目录

基础篇

01 业余无线电的意义和历史

1.1 何谓业余无线电……(2)
1.2 业余无线电的历史……(3)

02 业余无线电台的联络方法

2.1 交谈的方法……(6)
2.2 DX 通信……(8)
2.3 收集奖状……(8)
2.4 移动无线通信的乐趣 ……(10)
2.5 分包通信 ……(11)
2.6 QRP 通信 ……(11)
2.7 享受技术的乐趣 ……(12)
2.8 特殊通信的乐趣 ……(13)
2.9 软件的乐趣 ……(14)

03 业余无线电在国际友好中的作用

3.1 在全世界交朋友 ……(16)
3.2 积极地走向海外 ……(18)
3.3 业余无线电爱好者乃“民间外交官” ……(19)

04 开设电台的方法与手续

4.1 重要的设台构想 ……(20)
4.2 电台许可证的申报过程 ……(22)
4.3 技术基准适合证明与担保认定制度 ……(24)
4.4 RTTY、FAX、SSTV 等的申请方法 ……(31)

使用篇

01 业余无线电的电波频段分配

1.1 频段分配 ……(34)
1.2 频段分配图的电波表示方法 …(38)

02 业余无线电台的使用方法

2.1 通信前的准备 ……(39)
2.2 通信的开始 ……(42)
2.3 通信方法 ……(48)
2.4 通信结束 ……(54)

03 QSL 卡的意义和功能

3.1 QSL 卡……(57)
3.2 制作方法和记录法 ……(58)

04 为使用制定的电波法规

4.1 遵守无线电台执照所记载的事项 ……(64)
4.2 无线通信的秘密受保护 ……(65)
4.3 停止发射电波 ……(65)
4.4 禁止事项 ……(65)
4.5 停止或限制使用业余电台 ……(66)
4.6 吊销业余电台的执照 ……(66)
4.7 取消无线电操作 ……(66)
4.8 发现不法无线电台时的处理措施 ……(67)

05 排除各种干扰的措施

5.1 TVI 及其对策……(68)
5.2 消除电话机干扰的委托办法 …(70)

06 紧急通信

6.1 紧急通信的实施 ……(71)
6.2 紧急通信的内容 ……(71)
6.3 联盟电台的使用 ……(72)
6.4 使用频率 ……(72)
6.5 训练通信的联络 ……(73)

应用篇

01 执照的变更手续和延长申请

1.1 变更内容 ……(76)
1.2 变更手续概要 ……(76)
1.3 无线电台执照的延长申请 ……(80)

02 业余电台使用的各频段的特征

2.1 1.9MHz 频段 ……(81)
2.2 3.5／3.8MHz 频段 ……(81)
2.3 7MHz 频段 ……(82)
2.4 10MHz 频段 ……(82)
2.5 14MHz 频段 ……(83)
2.6 18MHz 频段 ……(83)
2.7 21MHz 频段 ……(84)
2.8 24MHz 频段 ……(84)
2.9 28MHz 频段 ……(85)
2.10 50MHz 频段……(85)
2.11 144MHz 频段 ……(86)
2.12 430MHz 频段 ……(86)
2.13 1200MHz 频段 ……(87)
2.14 2400MHz 频段 ……(87)
2.15 5600MHz 以上的业余频段 …(87)

03 MF／HF 波段的电波传输

3.1 地面波传输 ……(88)
3.2 电离层电波传输 ……(89)
3.3 短波通信的干扰 ……(103)
3.4 电离层传播的各种问题 ……(105)

04 V／U／SHF 波段的电波传播

4.1 可视距离内的传播……(109)
4.2 视距外的传播……(113)
4.3 异常传播……(117)
4.4 V／UHF 波段中的远距离通信及其意义……(121)

05 分包通信及其应用

5.1 分包通信的历史……(125)
5.2 分包通信的应用现状……(126)
5.3 进行分包通信所需的器材和设备……(127)
5.4 设备的连接……(132)
5.5 TNC 的设定 ……(134)
5.6 分包通信的应用……(135)

06 卫星通信及其应用

6.1 什么是卫星通信？ ……(139)
6.2 卫星通信使用的器材和设备…(142)
6.3 应用……(147)
6.4 卫星通信所需要的基础知识…(152)

07 电视图像通信及其应用

7.1 电视图像通信应用的现状……(162)
7.2 通信所必需的机器和设备……(164)
7.3 电视图像通信的操作方法……(166)

08 传真通信及其应用

8.1 FAX 的发展过程 ……(169)
8.2 FAX 的原理 ……(169)
8.3 业余无线电 FAX ……(170)

09 RTTY 和 AMTOR 及其应用

9.1 RTTY 应用现状 ……(173)
9.2 RTTY 需要使用的设备 ……(174)
9.3 RTTY 的使用方法 ……(175)

9.4 RTTY 的基本技术 …… (177)

10 利用自然体的通信——月面反射通信

10.1 什么是月面反射通信 …… (181)
10.2 月面反射通信的操作方法 … (183)
10.3 EME 通信使用的设备 …… (184)
10.4 月面反射通信的信道设计 … (188)

11 中继台的原理与使用方法

11.1 什么叫中继台(repeater) …… (190)
11.2 音频静噪电路(tone squelch) …… (191)
11.3 调制方式 …… (191)
11.4 通信时间的限制 …… (191)
11.5 中继台的使用方法 …… (192)

12 奖状

12.1 奖状简述 …… (193)
12.2 奖状的申请和取得方法 …… (193)
12.3 国际奖状 …… (195)
12.4 日本国内奖状 …… (197)

13 竞赛(contest)

13.1 竞赛简述 …… (200)
13.2 参赛方法与心得 …… (201)
13.3 各种竞赛规则 …… (202)
13.4 提交文件填写时的注意事项 …… (204)

14 猎狐和业余无线电测向(ARDF)

14.1 必备的器材 …… (207)
14.2 实际比赛 …… (208)
14.3 其它 …… (209)
14.4 猎狐 …… (210)

15 CW 的记忆方法

15.1 练习的基础环境 …… (211)
15.2 熟记莫尔斯电码(电报码) … (211)
15.3 收报练习 …… (212)
15.4 发报练习 …… (213)
15.5 参加国家考试 …… (214)
15.6 进行轻松愉快的 QSO …… (214)

16 双边操作协议和在海外的操作

16.1 承认可以相互操作的国家 … (215)
16.2 没有达成相互使用协议的国家 …… (217)
16.3 关于外国公民在日本使用业余无线电台 …… (217)

技术篇

01 无线电设备的基础技术

1.1 频率的选择 …… (220)
1.2 收发信机的频率确定 …… (224)
1.3 频率的变换 …… (225)
1.4 收发信技术的基础知识 …… (226)
1.5 收发信机的主要质量指标 … (228)
1.6 SSB 发送机的知识 …… (231)

02 天线的基础技术

2.1 何谓天线 …… (233)
2.2 天线的选择方法和建造方法 … (235)
2.3 在产品目录中表示天线性能的用语 …… (243)
2.4 阻抗匹配 …… (246)
2.5 电缆接插件的安装方法和电缆的使用 …… (246)

03 移动电台的基础技术

3.1 运用移动台的特征 …… (249)
3.2 电子控制装置上的干扰 …… (249)
3.3 电源、设备、天线、同轴电缆的安装方法 …… (256)
3.4 无线设备安装后的检查与调整

……(256)
3.5 噪声的防止法……(256)

04 防止干扰的基础技术

4.1 干扰的主要原因……(264)
4.2 防干扰的基本措施……(266)
4.3 具体的措施……(267)
4.4 制造防止干扰的滤波器……(269)

05 业余无线电爱好者的计算机技术入门

5.1 计算机的工作原理……(274)
5.2 计算机的种类……(277)
5.3 程序设计……(277)
5.4 个人用计算机……(279)
5.5 硬件的应用……(280)
5.6 软件的应用……(281)

06 无线电设备的制作技术

6.1 输出功率 1W、7MHz 电报发射机的制作……(284)
6.2 稳压电源的制作……(288)
6.3 V／UHF 频带收信前置放大器的制作……(296)
6.4 各种工作法及知识……(302)

07 测量的基础技术

7.1 为何需要测量仪器和测量技术……(315)
7.2 万用表……(316)
7.3 示波器……(321)
7.4 低频振荡器……(326)
7.5 衰减器……(327)
7.6 栅陷振荡器……(328)
7.7 吸收型波长计……(328)
7.8 假负载……(329)
7.9 SWR 计(Standing Wave Radio Meter……(330)
7.10 便于使用的测定器和测量用具……(332)

08 业余电台的避雷技术

8.1 雷及其实质……(336)
8.2 雷的分布和统计……(339)
8.3 雷的侵入路径和危害……(340)
8.4 避雷技术……(343)
8.5 接地……(345)
8.6 附录……(350)

资料篇

01 数学公式／无线电工学 …… (354)
02 LC 滤波器的设计 …… (365)
03 风压计算法 …… (372)
04 网格定位 …… (375)
05 终端·软件·程序 …… (381)
06 英文字母解释莫尔斯符号 …… (386)
07 业余台用 Q 简语 …… (390)
08 JIS(ASCII), Baudot, AMTOR 码 … (392)
09 分贝换算表 …… (394)
10 同轴电缆 …… (396)
11 RS—232—C 规格概要 …… (398)
12 新的电波发射表示方法 …… (400)
13 日本业余无线电频段 …… (402)
14 国际字符表 …… (404)
15 DX 指向一览表 …… (406)
16 无线电爱好者用的大圈地图 …… (410)

基础篇

01　业余无线电的意义和历史
02　业余无线电台的联络方法
03　业余无线电在国际友好中的作用
04　开设电台的方法与手续

第一章 业余无线电的意义和历史

1.1 何谓业余无线电

国际上缔结了关于通信的条约，即国际电信条约。该条约附属的无线通信规则第1条（用语及定义）的第79项规定："业余无线电台是指进行业余无线通信的电台。"同条第78项对业余无线通信业务明确规定："业余业务不是为了金钱的利益，而是专为个人对无线电技术抱有兴趣，并经正当许可者从事自我训练、通信和技术研究的业务。"据此规定，日本也在电波法实施规则第3条第16项中把业余无线通信业务定义为："不是为了金钱的利益，而是专力由于个人对无线电技术抱有兴趣而从事自我训练、通信和技术研究的业务。"

也就是说，所谓业余无线电台就是进行业余无线通信业务的无线通信电台，规定以下三项内容：

(1)不以金钱利益为目的；

(2) 只为个人对无线电技术抱有兴趣的人服务；

(3)业务内容是：自我训练、通信、技术研究。

因此，仅以方便为由，或为了节约电话费用及商业销售而设立业余无线电台是违法行为。此外，使用已获许可的业余无线电台进行商业销售联系、交通信息交换和清理事故现场联络等业务，显然也是"目的以外的通信"。以从事上述业务为目的无线电台，如简易无线电台、专用无线电台等必须经过许可。所以，如果要从事上述业务，应该设立相应的无线电台。

再强调一下，业余无线电台归根到底是为了进行业余无线通信业务（自我训练、技术研究）并经许可的无线电台。

业余无线通信的联络方法将在下章详细叙述。作为参考，下面先介绍一下美国业余无线电联盟（ARRL）出版的《业余无线电爱好者手册》中有关业余无线通信的说明。

"一年365天，全世界的业余无线电爱好者都随时相互进行着通信。通信是人们切磋有趣的技术，进行富于变化的、激动人心的试验，发现新朋友的手段。业余无线电家作为具有共同的广泛兴趣的人们，通过全球规模的'友谊之桥'，进行空中通信，交换思考的话题，互相学习。因此，业余无线通信具有超越国境、增强理解和友谊的作用。这一点是其他爱好所无法实现的。"

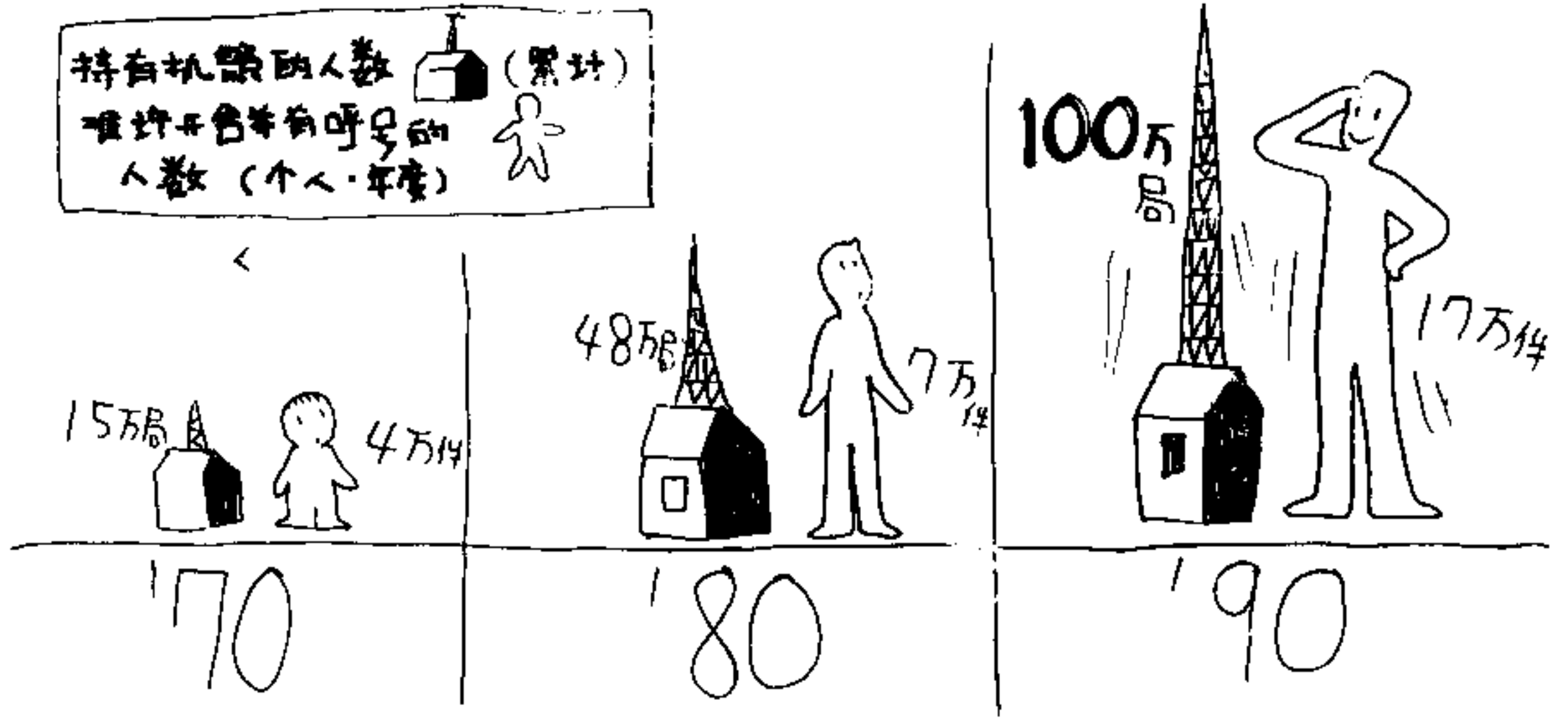


图 1　业余无线电台执照数量

1.2 业余无线电的历史

本节通过回顾业余无线通信的沿革，简单介绍当今日本使用的大量频率分配问题。

麦克斯韦从理论上早已揭示：在现实生活中存在着电波这一自然现象。后来，赫兹又通过试验证明了电波的存在。这是 19 世纪后半叶的发现，距今已有约 100 年的历史（为了纪念这一伟大业绩，把频率的单位定义为赫兹，把磁通密度的单位定义为麦克斯韦。赫兹的试验是用波长为 10cm 的 UHF 电波进行的）。

受赫兹试验的影响，马可尼（G・Marconi）在 20 世纪初期使用中波或长波波段的电波，成功地进行了著名的横跨大西洋的传播试验。继这一试验成功之后，不少业余无线电专家个人和商业通信者使用了长波和中波，并开始随意使用电波，从而出现了电波干扰的问题。

于是，1912 年制定了法律。美国的业余无线电专家只准使用在当时还完全不能进行远距离传送的 1.5MHz 以上的电波。

但是，后来经过业余无线电专家的反复试验，结果证明：波长短的短波，即使用很小的功率也能进行距离相当远的通信。这一业绩的问世，就为业余无线通信分得了大量的频率。

第二次世界大战前，日本的业余无线通信只有包括商业试验台在内的私立无线电台和无线电话试验台。我们的先辈们受到当今时代无法想象的严格限制，从事着业余无线通信活动。

当时的呼号由 J5CC 和 J2NP 组成（有关这方面的详细情况，请参照 CQ 出版社出版的《业余无线通信的历程》一书，JARL 编）。

随着战争的爆发，同时禁止了业余无线

通信。第二次世界大战结束后，1950 年日本公布了《电波法》，遂使日本的业余无线通信遵循国际基准而获得许可。翌年，对无线电从事者进行了国家考试，产生了 100 多位 1 级业余无线电技师和 2 级业余无线电技师（当时只有此两级）。

可是，无线电台直至 1952 年才获许成立。新的呼号为 JA1～JA8. 信越地区为 JAIWA. 北陆地区为 JA2WA。这同现在日本的呼号的分配情况大不相同（此后不久，信越地区改为 JA∅. 北陆地区改为 JA9）。1955 年前后，关东地区的呼号使用了 JA1VZ. 从而结束使用 2 位码的历史，开始使用 AAA 3 位码（JA1WA～ZZ 的重新分配是 1955 年进行的）。

众所周知，呼号的分配因呼号分区的不同而异，有些呼号直到 1962 年仍使用着 2 位码双字母后缀。

当初，日本只设立了 1 级和 2 级业余无线通信技师，1955 年又分为 1 级、2 级、电信级、电话级四级。2 级也要求 CW 考试。各级业余无线通信从事者操作范围的变迁见表 1—1 所示。1957 年开始，JARL 实施保证认定制度。1965 年开始实施业余无线电教育课程讲习会制度，并逐步确立了现在的制度。

表 1—1　业余无线通信从事者操作范围的变迁

资格	1950 年	1958 年 11 月	1961 年 4 月	1982 年 7 月
1 级业余无线电技师（有 CW 考试）	许可设业余无线电台适用所有操作范围	同左	同左	同左
旧制度 2 级业余无线电技师（没有 CW 考试）	8MHz 以下 5MHz 以上 适用天线功率为 100W 以下的无线电话	废止 （1968 年以后，降为电话级）		
2 级业余无线电技师（有 CW 考试）		8MHz 以下 28MHz 以上 适用天线功率为 100W 以下的所有方式	全波段 适用天线功率为 100W 以下的所有方式	同左
电信级业余无线电技师（1991 年 5 月，改称为 3 级业余无线电技师）		8MHz 以下 50MHz 以上 适用天线功率为 10W 以下的无线电信通信	8MHz 以下 21MHz 以上 适用天线功率为 10W 以下的无线电信通信	8MHz 以下 21MHz 以上 适用天线功率为 10W 以下的所有方式 （1991 年 5 月改为 8MHz 以下，18MHz 以上，天线功率为 25W 以下）
电话级业余无线电技师（1991 年 5 月改称为 4 级业余无线电技师）		8MHz 以下 50MHz 以上 适用天线功率为 10W 以下的无线电话通信	8MHz 以下 21MHz 以上 适用天线功率为 10W 以下的无线电话通信	8MHz 以下 21MHz 以上 适用除天线功率为 10W 以下的莫尔斯码通信以外的所有方式

02 业余无线电台的联络方法

为了长期享受业余无线通信的乐趣，首先需要了解“联络方法”。特别是最近以来，无线电爱好者较多地使用单按键操作。

数十年来，无线电爱好者拥有量已相当多，只要看一看他们的情况就可了解，除去一部分人之外，大部分人是业余爱好者。因此，多了解一些“联络方法”是业余无线通信的重要内容。

近年来，业余无线通信入门者往往使用UHF的FM频率，并使用其中的特定频率与特定的成员进行通信，或只在汽车上进行联络。作为“有线电话”的代用品，极为方便。但仅从这一点看，先辈们好不容易在世界上争得的频率分配方案就失去了意义。

电波有其固有的波长（频率），天线和其它无线设备的尺寸，以及电波的传播方法都取决于电波的波长。所以，“业余无线通信的方法”也受其较大的影响。

另一方面，通信的形式也对“联络方法”产生较大的影响。通信形式大致可以分为以下几种：CW（莫尔斯码通信）、SSB和FM声音通信、图像通信（FAX、SSTV）、文字通信（RTTY、AMTOR）、低速数字通信（HF信息包通信）、高速数字通信（分包通信）、电视通

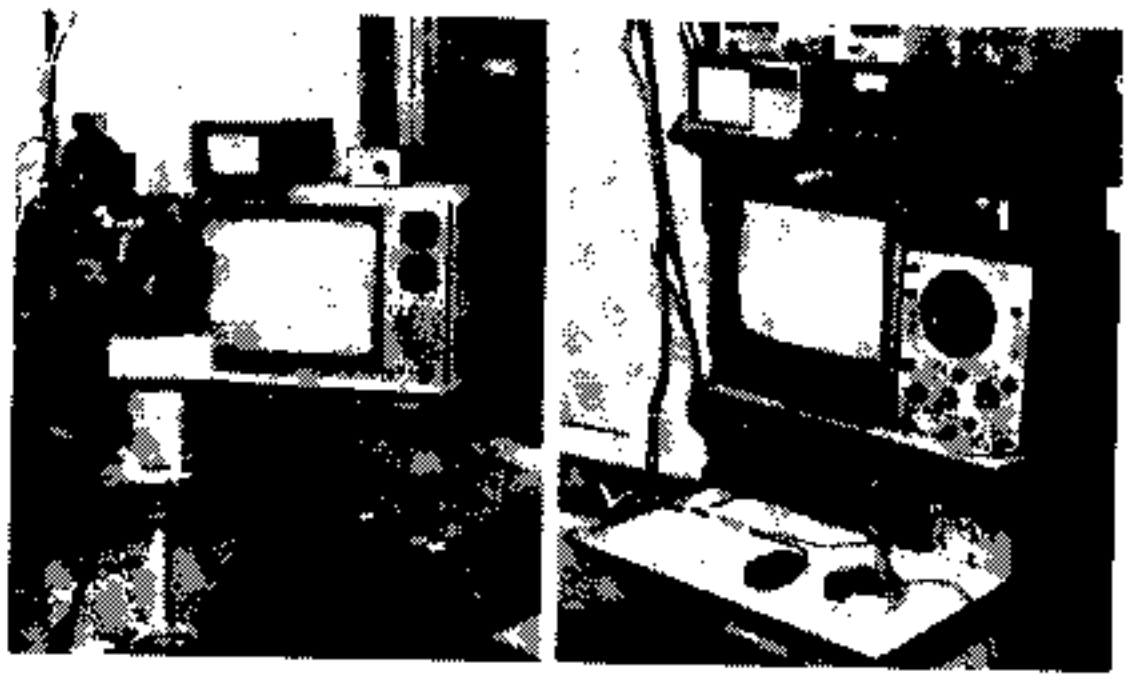
表2—1　频率的分类

学术名称

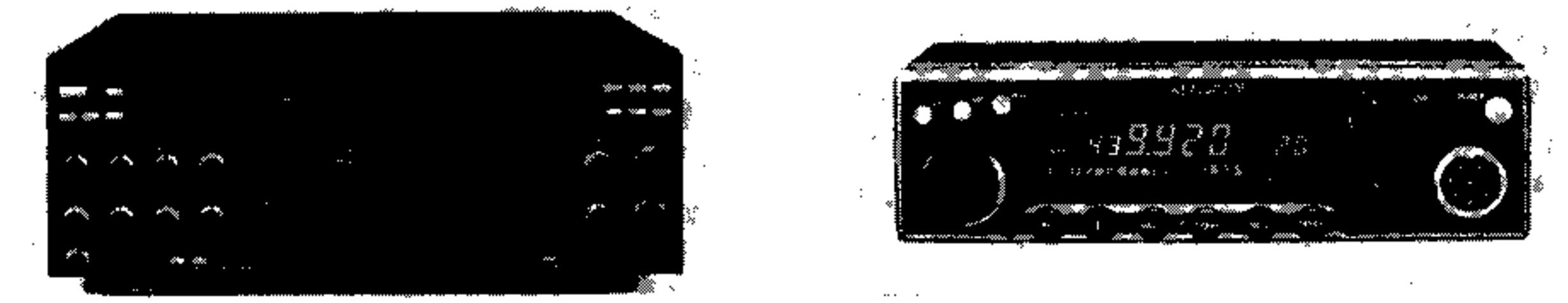
MF	0.3～3MHz
HF	3～30MHz
VHF	30～300MHz
UHF	300～3GHz
SHF	3～30GHz

普通名称

HF低频段	1.9,3.5,3.8,7MHz
HF中频段	10,14,18MHz
HF高频段	21,24,28MHz
VHF	50,144MHz
UHF	430,1200,2400MHz
SHF	5.6,10GHz



照片2—1　ATV台的一例(JA1AKA)



照片 2—2　HF 机与 UHF—FM 机面板的比较

信（ATV）、高技术特殊方式通信（一般不使用，如为了进行技术试验的通信、使用数字调制方式的超高速信息包通信、频谱扩散通信——尚未许可——等等）。从台数来看，最多的是 FM 声音通信台。

以这种通信方式为纵轴，以上述所用频带为横轴，表现出各种“业余无线通信联络方法”。有趣的是，由于自己使用的通信形式不同，就大体决定了对业余无线通信的看法或价值观。

如果经常只使用电源开关和话筒进行操作，显然不会产生有关“技术”的疑问和兴趣。如果采用经常旋转各种旋钮、拨号盘的通信形式，自然就会产生“技术”上的疑问和兴趣，从而也就能够理解《电波法》规定的业余无线通信的定义，即“根据对技术的兴趣进行自我训练”。

话归正题，以上述频率和通信形式为 2 个坐标轴，来列举该平面上分布的“业余无线通信的各种娱乐方法”。

基本上可以说，业余无线通信的乐趣的根源在于：“电波的传播具有不确切性，它要受到太阳黑子和气压等自然界众多而难以预测的因素的影响，同时还要受到日常生活中相互制约而产生的不规则的运用时间的影响，因此只能享受偶然通信的乐趣。”

以打电话为例，如果像商业通信那样，“只要一呼叫，就会把自己的想法准确地传达给对方”，这种方便性决不会成为业余无线通信乐趣的重心。最近引人注目的数字通信的网络构成问题也与商业通信不同，由于“业余地”运用网络的各个环节，而产生了“网络的不确切性”，为了解决这种“不确切性”，才会引起兴趣。假如一开始可靠性就很高，那么业余无线通信的兴趣也就消失了，由此可以说明上述“不确切性的魅力”。

如果看到这一点，再继续阅读以下的说明，就可以更容易地理解业余无线通信的娱乐方法。

2.1 交谈的方法

交谈就是无拘无束地聊天。对方可以是本地台，也可以是国内的远方地方台或海外台，经常通过业余无线电台与自己的亲密朋友海阔天空地进行长时间的交谈，才会真正享受到业余通信的乐趣。即使说“业余无线通信是从交谈开始，以交谈告终”，也毫不言过

其词。

特别是同海外台交谈，采用业余无线通信以外的方式，绝对体会不到这种乐趣。同特定的海外台进行通信，由于时差的关系，一般以按预定时间进行通信为主。偶然与久未通信的台进行交谈，当然更可享受到“真正”的乐趣。

交谈不仅仅限于用电话（SSB、FM）方式进行，还可以采用 CW、RTTY 和信息包等各种通信方式进行。如果考虑到信号干扰问题，在小功率台的情况下，采用 CW 方式更容易地享受到聊天的乐趣。为了享受通信的乐趣，必须准备以下一些设备。

2.1.1

同本地台交谈

同本地台交谈，一般采用 VHF、UHF。从易于装设和防止干扰来看，最好选用定向天线。输出功率以使用 10W 为标准，不必要的输出尽量不要使用。

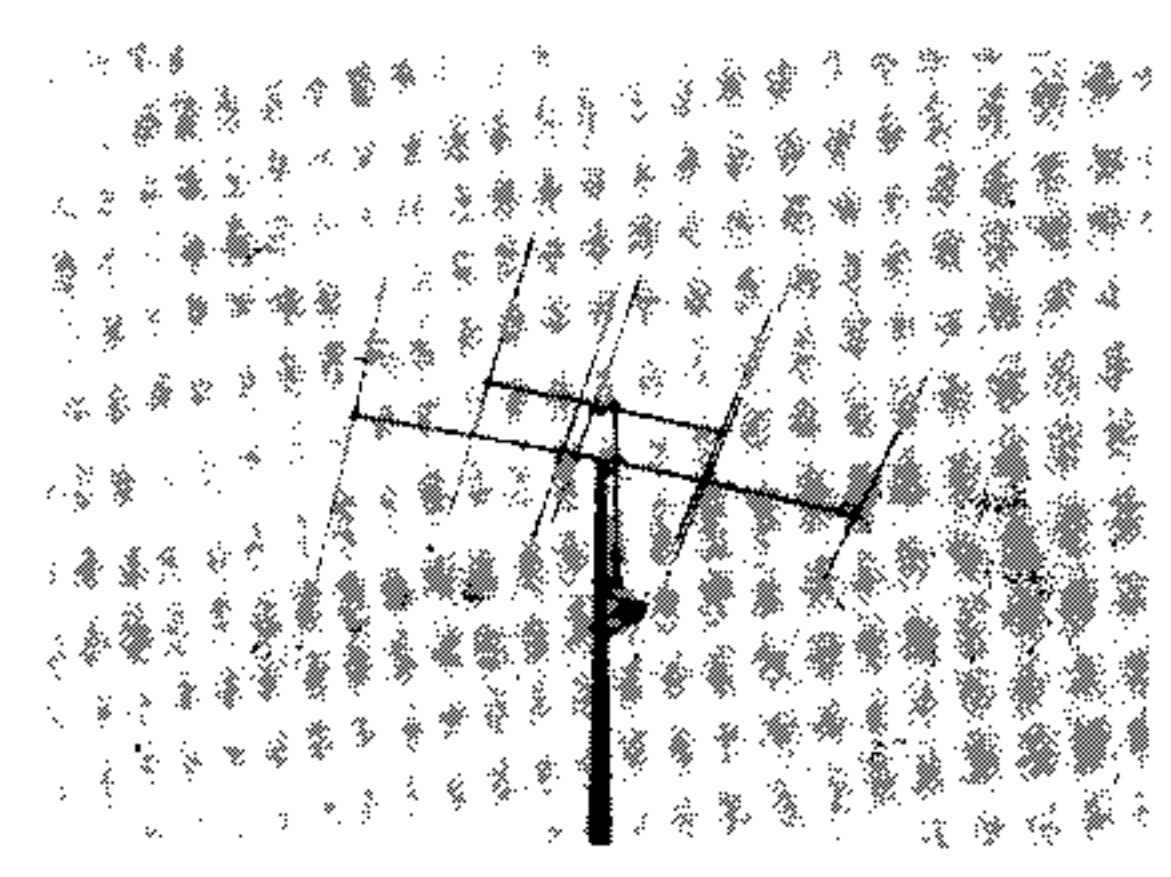
此外，采用 VHF／UHF 进行通信时，要加上“奇妙的旋节”，运动中的电台也能收到。在进行“业余无线通信”过程中，始终要注意用日常自然说话的调子进行交谈。

2.1.2

同国内远距离台交谈

如果是初级台，使用 21／28MHz 频率，1、2 级台使用 14MHz 频率。使用 21／28MHz 频率传送信号，要想充分运用可以利用的时间，选用输出功率为 10W 的 SSB，就可以满意地进行交谈。

如果输出功率为 10W，需要有 3 单元定向天线。当然，采用 CW 通信方式，可以使用更小的天线。如果输出功率为 100W 以上，则使用偶极天线、带人工地网的垂直天线也能充分享受聊天的乐趣。



照片 2—3　定向天线的实例

当采用 HF 通信方式同国内台交谈时，要尽量防止国内台同海外台通信的干扰以及海外台之间通信的干扰。

2.1.3

同海外台交谈

业余无线电台有很多长处，但如果没有中等以上的设备，就不能充分享受它的乐趣。可是也有例外，比如使用 CW 通信方式，或在太阳日照充分的春天和秋天使用 HF 通信方式，再选用高频段，特别是 28MHz、输出功率 10W 的 SSB 及 4 单元定向天线，就可以在早晨同美国西海岸、在中午同大洋洲、在晚上同欧洲等海外台进行交谈。

同海外台交谈，除特殊场合外，都需用英语进行，所以平日要学习英语。

通过同海外台交谈进行国际友谊活动，是业余无线通信最重要的功能之一。

外出旅行和出差时，可能会与日常聊天的海外台或国内远距离台见面，可请他充当自己的向导，或者自己充当相识电台的向导。在这种情况下，会更实际感受到“使用业余无线电台的好处”。

DX 通信

DX 是 Distance 的省略词，意为远距离电信（CW），DX 通信意为同远距离台的通信。但实际上是指以获得奖状或创造高超联络纪录的“名次”竞赛为最终目的所进行的通信。因此，从物理意义上说，距离远的台和稀有电台的价值更大。以提高得分为目的的活动叫做“DX 猎奇”。

人都有竞争心和荣誉感，所以，能够使人享受 DX 乐趣的电台也就日渐增多。可以说，在竞赛过程中，参加的台数越多，越会获得高分，心情也会越高兴。相反，得分低的人，运气就不好。

从这个意义上说，现在最受欢迎的是美国业余无线电联盟（ARRL）制定的 DXCC 通信形式。

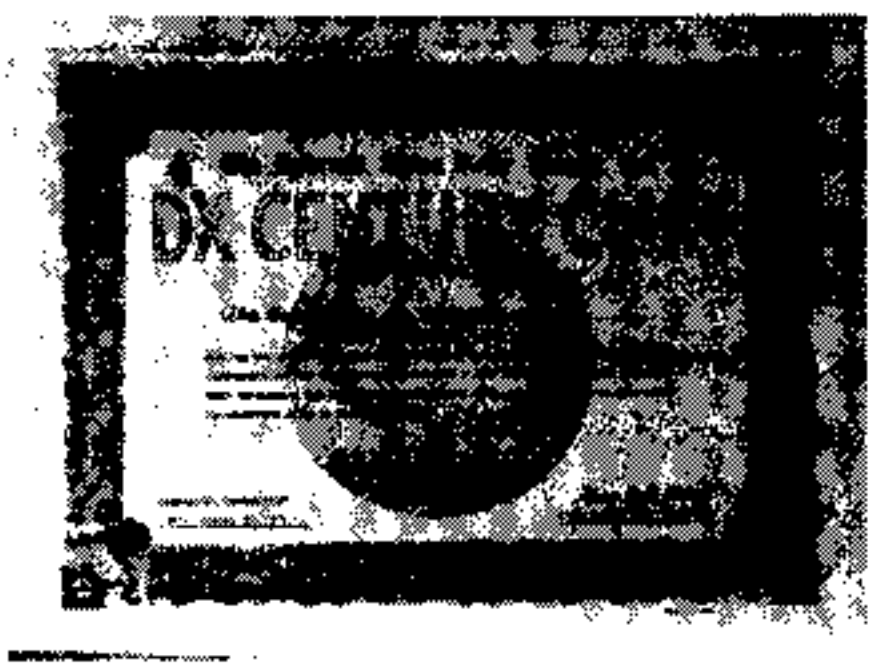
可是，前提条件是竞技的参加者必须遵守规则（法律）和方法。因此，需要十分克制自己，不能发生因热情过高而破坏规则和方法的现象。

在享受 DX 通信乐趣过程中，也包括自己亲自到海外易于得高分的地方去，从那里发送电波。这样做，手续相当麻烦。

DX 通信形式虽然不完全取决距离远近，但国外距离较远的台或得分高的稀有的台，同时呼叫的人多。因此，输出功率为10W 就不够。即使输出功率为100W，仍需要使用相当大的定向天线。无论从哪方面说，DX 通信都是高级无线电爱好者寻找乐趣的形式之一。

2.3 收集奖状

前节谈到的“DX 猎奇”，严格说来是为了获得“DXCC—DX Century Club”这种奖状。DXCC 奖状并不以获得一张就结束，但这里仅介绍获得一张奖状的娱乐方法。



照片 2—4　DXCC

照片 2—5　QSL 卡片一例

获得奖状的具体方法将在应用篇第 12 章介绍。下面叙述“获得奖状的乐趣”。

奖状，即有海外的，也有国内的。为了获得海外的奖状，要具备前节谈到的有关 DXCC 的设备和掌握使用技术。而国内的奖状是以国内通信为对象，所以任何人都可以做得到。

那么，收集奖状会带来什么乐趣呢？

第一，可以把奖状装饰在房间里，向来访的朋友夸耀一番。从这个意义来说，奖状的纸张要好，印刷要美，成为上等的装饰品最受欢迎。

第二种乐趣是在自己使用业余无线通信过程中实现了目标，并参与了竞赛。抱有一定目标去运用自己的电台，不间断进行业余无线通信，可以发现更自然和深奥的乐趣。

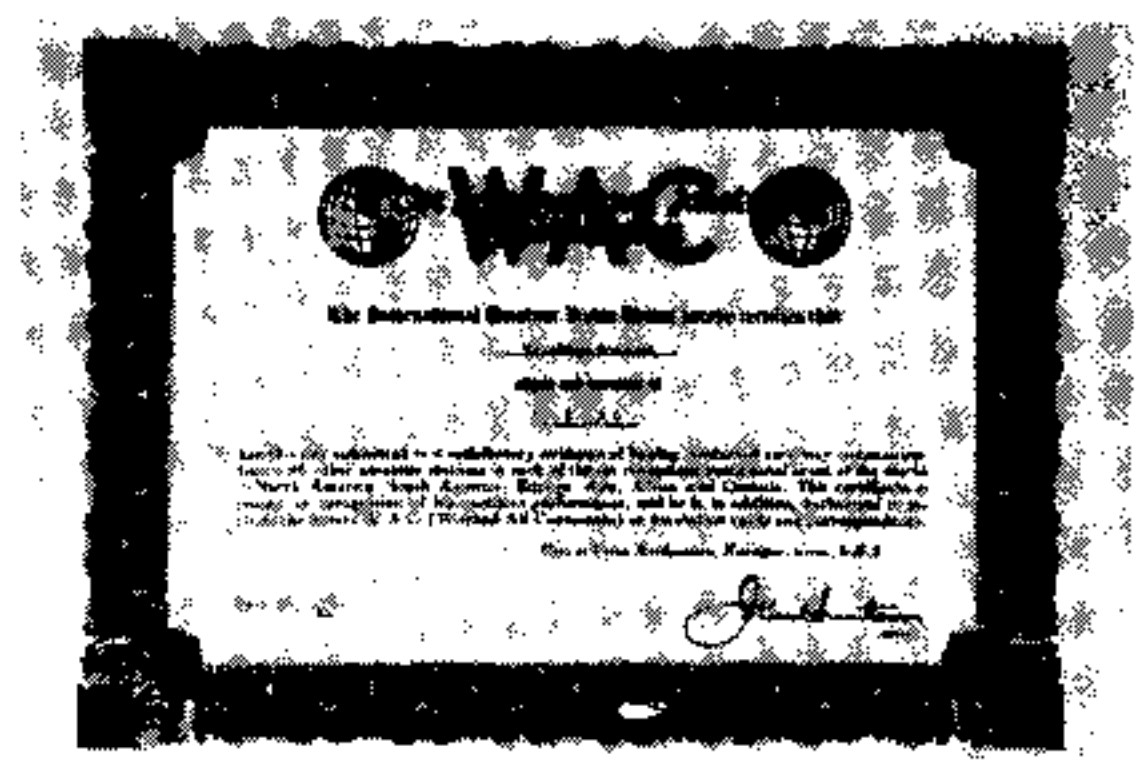
第三，收集奖状是一个积极的娱乐方法，比如，自己可以到一些得分高的地方去，为其他电台“服务”（这种娱乐方法的缺点是自己不能与当地台通信，因此不能提高自己的得分）。

为了收集奖状，要有必要的设备，准备什么设备因奖状而异，不能一概而论。输出功率大的发射机，应配备大的定向天线。从依靠设备获得奖状来看，当然是以尽量小功率的设备获得的奖状，其价值更高。

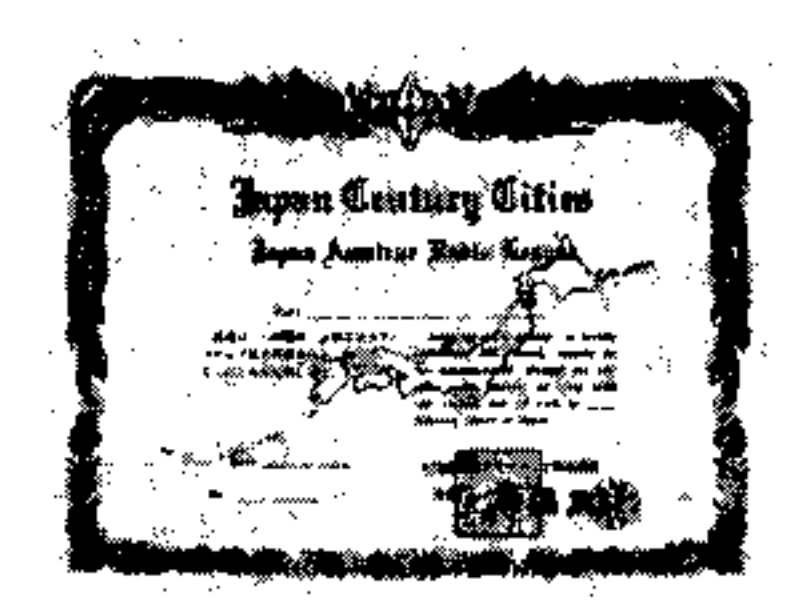
照片 2—6　收集奖状的乐趣(JA5MG)

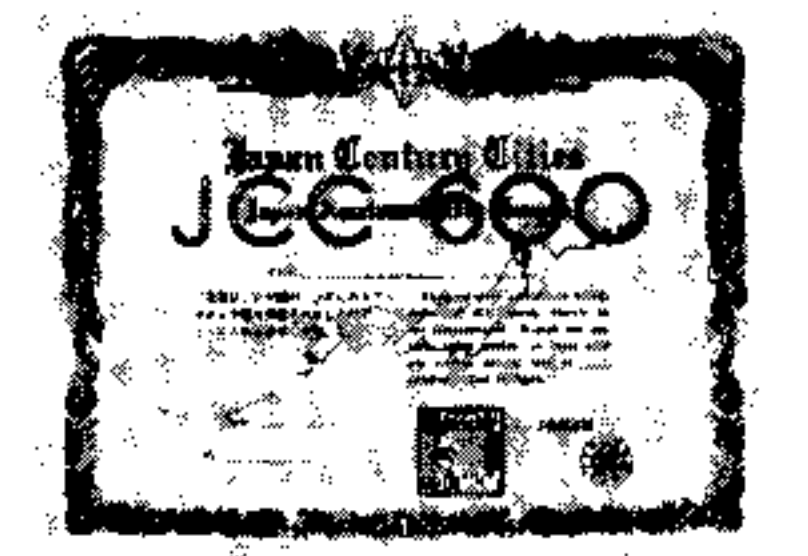
具有代表性的奖状，详见应用篇第 12 章。海外著名的奖状有：WAC（同六个大陆通信）；WAZ（同世界 40 个地区通信）；DXCC（同世界 100 个以上区域通信，世界上约有 300 多个这样的区域，比国家数还多）。

日本国内的奖状有：AJD（同 1～∅的所有社区通信）；WAJA（同日本的所有都道府县通信）。通信时，需要提出证明通信的“QSL 卡”。



照片 2—7　WAC 奖状





照片 2—8　JCC 奖状

移动无线通信的乐趣

在汽车上（少数情况下在轮船和飞机上）装置设备，在运行中享受业余无线通信的乐趣，叫做“移动通信”。现在，有相当多的人在进行这种通信。

在汽车上装备的无线通信机，使用144MHz 频段或 430MHz 的 FM 频段为最多。一般是在集体成员和友人们组成的特定小组内进行通信。

使用 VHF／UHF 频段在汽车与汽车之间，或汽车与固定通信台之间进行移动通信，有时还需要使用中继台。

移动通信的主要内容有问候、汽车的位置等运行情况、交通状况等。

一个人单独驾驶汽车时，通过无线通信与别人交谈，有助于消除寂寞和防止打盹。由数台组成一个小组相互通信时，即使有的汽车因中途受阻而落在后面，也不必等待，通过信号就可取得联系，这样就能够提高运行效率，商量吃饭和休息等事情。在这种情况下，与其说是对业余无线通信的爱好为主，还不如说获得的“实利”更大。实际上可以经常发现，有人就是由于频繁驾驶汽车才开始爱好业余无线通信的。

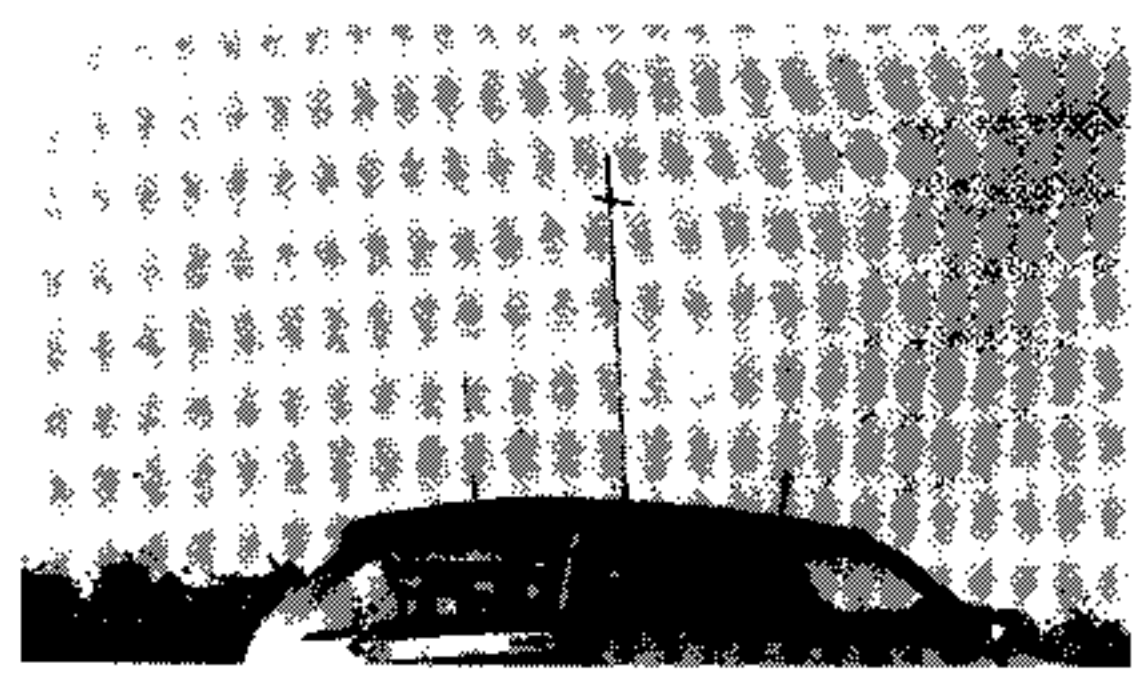
可是严格说来，仅以特定对象通信或以实利为目的的通信形态，并非业余无线通信的本来目的（参照日本电波法令）。所以，应该使用专用无线通信去做。

与使用 VHF／UHF 频段的这一部分人不同，还有少数人从汽车上以全国的无线电爱好者，或者海外的无线电爱好者为对象进行通信。这时，使用的频率为 3．5MHz 到 28MHz 这一频段，电波形式采用 SSB。由于频率较低，所以天线也要长，像旗竿一样安装在汽车尾部的保险杠上，为了不超过道路的高度限制，常用绳索把天线引倒在汽车的前方。东京的移动台与旧金山的移动台通信，经常听到互相瞒怨交通混乱的情况。因此，以天线尺寸大一些为宜。

关于通信机，VHF／UHF 的移动通信用小型收发两用机以及天线等，市场均有大量产品出售。而 HF 移动通信机的种类则很少，特别是天线及其安装用的附件，或许不太容易买到。

移动无线电台的操作者，大部分情况下又是汽车的驾驶者，必须小心谨慎，安全驾驶，不可大意。

照片 2—9　UHF 移动台的实例



照片 2—10　HF 移动台的实例

分包通信

分包通信是数字无线通信的一个分支，是最近引人注目的通信形式之一。通信时，使用电子计算机，通信者用键盘发送信号，接收者通过显示画面接收信息。

通信形态主要有以下 4 种：

(A) 直接用 1 对 1 的键盘进行会话通信(RTTr 和 AMTOR 通信)；

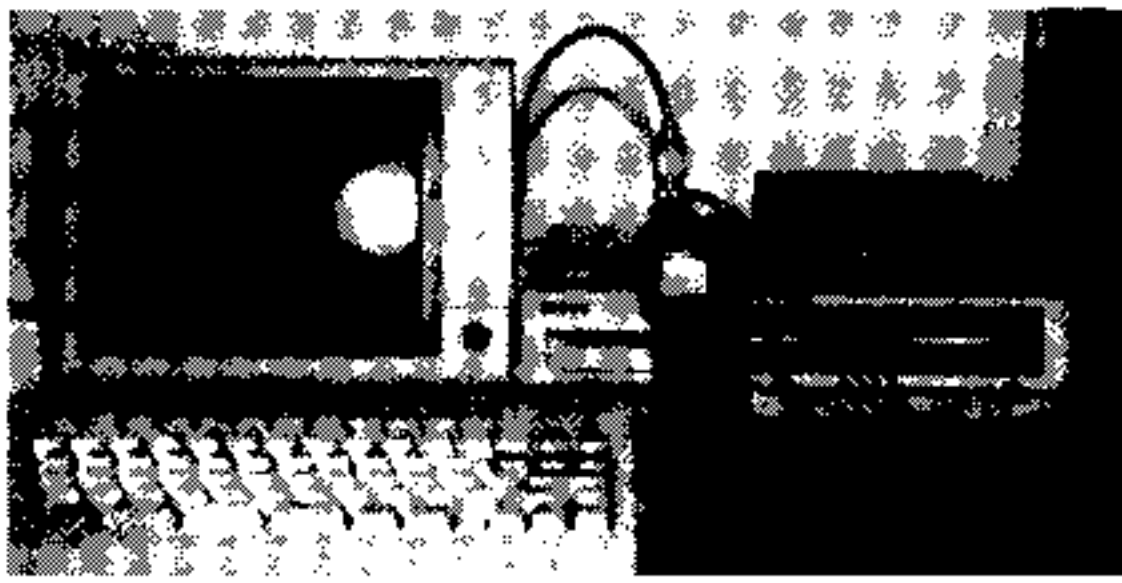
(B) 经多级中继同远距离的键盘通信；

(C) BBS 电子计算机通信；

(D) 利用自动应答机的值班和传话通信。

在分包通信中，(A)、(B) 两种方法，从系统的特性上说，对方的应答有时不能迅速返回而延迟，所以使会话错过机会，或者不协调，从而感到没有什么意思(如果仅以键盘寻取会话的乐趣，当然可以采取 RTTY 或 AMTOR 形态)。

BBS 与个人专用计算机通信大体相同。它的乐趣在于：就好像在广场设置的黑板上书写大家都喜欢看的内容，既可以看别人写的东西，也可以自己写上想写的东西。还可以同特定的台发送和接收信息。但无论怎么说，这种场合的“意志疏通”都不是即时的，所以它只能说是无线通信的一种稍为特殊的形态。但是，它同使用公共电话线路进行的个人专用计算机通信相比，其优点是不必交费。但通信内容重要的话，还是选择别的方式为宜



照片 2—11 信息包通信使用的个人专用计算机、便携式通信机和 TNC

(有线专用计算机通信方式，最受计算机爱好者的欢迎)。

最近，追求技术的无线电爱好者引人注目，他们构筑全国的中继网络，开发更高速度码的使用技术，使用人造卫星同其他国家的无线电爱好者进行通信。

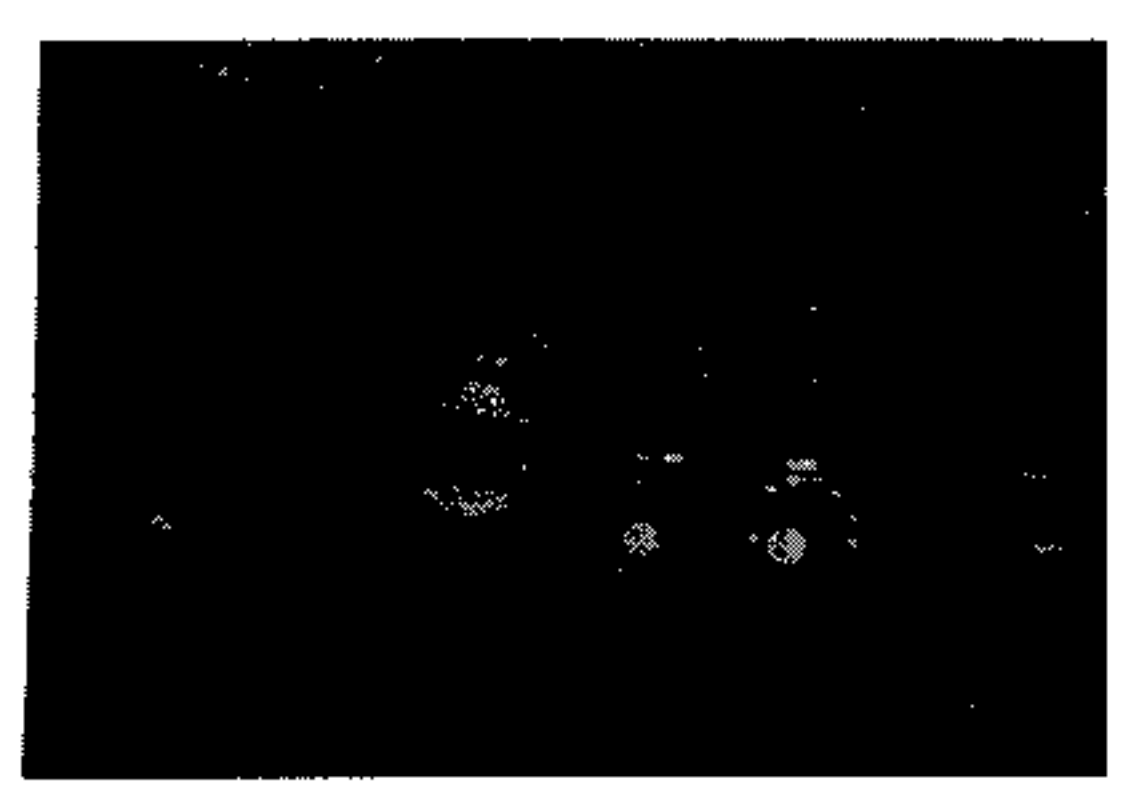
为了享受分包通信的乐趣，除准备一台 VHF／UHF 的 FM 收发两用机之外，再准备 TNC(终端节点控制器)、个人专用计算机和终端软件等三种东西，就可以开始简单地进行分包通信。

2.6 QRP 通信

QRP 意为小功率。QRP 通信是用数百 mW 到数 W 的小功率来享受通信的乐趣。大部分情况下是自己制作小功率发射机，用其进行通信。

QRP 通信的主要乐趣有以下两种：

(A) 能实际享受到用自己制作的小型发射机同外国和远距离的地方进行通信时的激情；



照片 2—12　QRP 组件(Heath HW9)

(B) 增强挑战精神，即用通常的功率能够进行通信是理所当然的，而自己则要试用小功率通信的可能性。

这不是为了同别人进行竞争，而始终是以自己制作为基准所享受的乐趣。因此，如果吹嘘“自己的发射机能用几 mW 的功率把信号送到远方”或“用 QRP 把信号送到任何国家”的人，就不能纯粹地享受到 QRP 的乐趣(因为竞赛时功率较大，使自己不知不觉中偏离了对 QRP 的理解)。

实际上，能用自己制作的简单机器同外国通信所感受到的惊奇和激情，可以说像是一段故事。为了享受 QRP 的乐趣，一般使用 CW 通信形式。这是因为使用 CW 通信形式，与使用 SSB 形式相比，可以用较小的功率与相当远的地方进行通信。

接收机可以购买市售的产品；发射机可以购买成套组件，或自己收集元件亲自制作(如果使用石英晶体固定发射频率，那么用几个三极管就可能简单地制成发射机，参照技术篇第 6 章)。天线也不必使用那种纵入云端的定向天线，而使用那种从一根竖杆上吊下的偶极天线。频率主要使用短波段，最好使用 21.150MHz 左右的美国初级台频段。利用美国的被级台，可以悠闲自在地与通信对方聊天。用 1W 左右的 QRP，也能愉快地同美国的西海岸通信。

QRP 的真正乐趣，与其说是为了如何用小功率同远方进行通信，倒不如说是体验电波的奇异性，也就是体验用自己制作的、看上去很简单的装置就能把自己的想法传送到远方。并且，尝试到这种朴素的体验的人，才能容易理解业余无线电的真正魅力。

2.7 享受技术的乐趣

业余无线通信是通过操作高级技术的机器来享受乐趣，因此，如前节所述，把这些技术掌握在手里，即使用自己制作的一部分装置进行通信，也能够感受到前所未有的激情和获得莫大的喜悦。

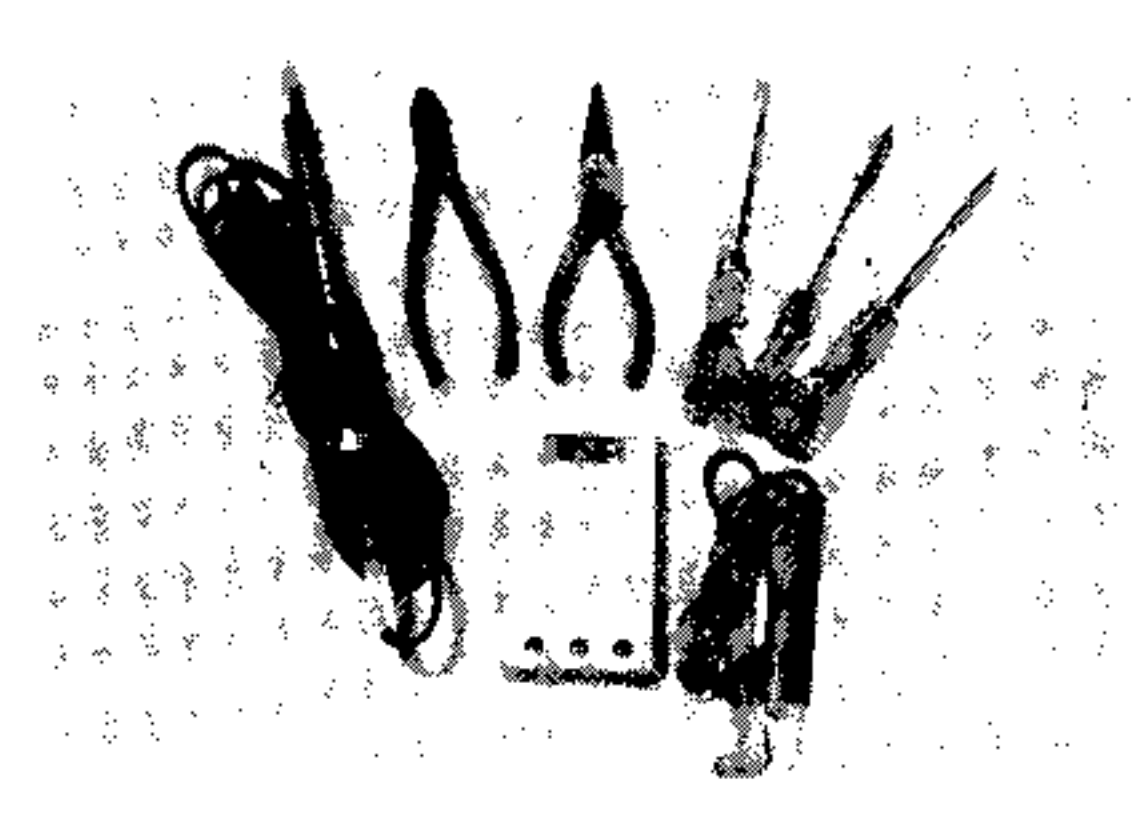
本来，业余无线通信就是一边培育着对这种技术怀有朴素兴趣的人，一边发展起来的。因此，有充分的理由要求给业余无线通信分配公用电波。

但现在与过去的情况不同，能够自己制作与多数电台使用的设备具有相同性能的收发机的人，是不多的。因此，开始时是从汽车上拆下移动用收发机，放在自己家里用于联络，并为此制作电源、话筒放大器和天线调谐器等附件。此外，自己制作天线也非常有意思。

无论如何，为了享受技术上的乐趣，以市售机器所不具备的频率和方式为研究对象是最有趣、最尖端的。“技术”上的任何改革，都会有一定困难，但在业余无线通信中，技术本身也是一种乐趣，应把困难放在一边，而应首先试验工作。“做好一件东西的喜悦”是人的

本能。即使是再简单的工作，喜悦的激情也不会改变。这是在书本中只读道理所无法比拟的、新鲜的喜悦。进一步讲，通过自己制作的装置，自己亲眼证实了书本中所写的原理，这种乐趣才是最大的乐趣。

为了享受制作的乐趣，开始可以购买市售的成套组件，再准备烙铁、钳子、扁嘴钳、各种改锥等工具及万用表。假如要想自己制作接收机和发射机，那么就需要准备测试振荡器和示波器。这些工具和仪表的使用方法，请参照技术篇第 5 章。



照片 2—13　应准备的各种工具

2.8 特殊通信的乐趣

前面谈到，业余无线通信所用的形式，主要是等幅电码电报（CW）和电话（SSB 或 FM）。使用电报和电话以外的电波形式和运用方式的通信，叫做特殊通信。主要有：

(A) 键盘通信；

(B) 图像通信；

(C) 电子计算机通信。

下面简单介绍这些通信方式。

2.8.1 键盘通信

键盘通信是通信的两个台，相互用键盘和显示器（过去是打印机）进行通信。发信端每打一次键，同时打的字就在对方的显示器上一个一个地显示出来，它就像把信上的写的文章互相发出，以疏通彼此的想法。RTTY 和 AMTOR（AMTOR 与 RTTY 不同，具有纠错功能），主要使用短波段。前面谈到的信息包通信也有一部分使用键盘方式。

键盘通信的爱好人数，比 CW 和电话要少。它可以享受相当悠闲自得通信的乐趣。即使用 1 个小时同美国和法国的台聊天，谁也不会瞒怨时间长。但要求具有准确掌握英语知识、快速打键的能力。如果用不通或不准确的英语进行通信，就会感到有失面子。

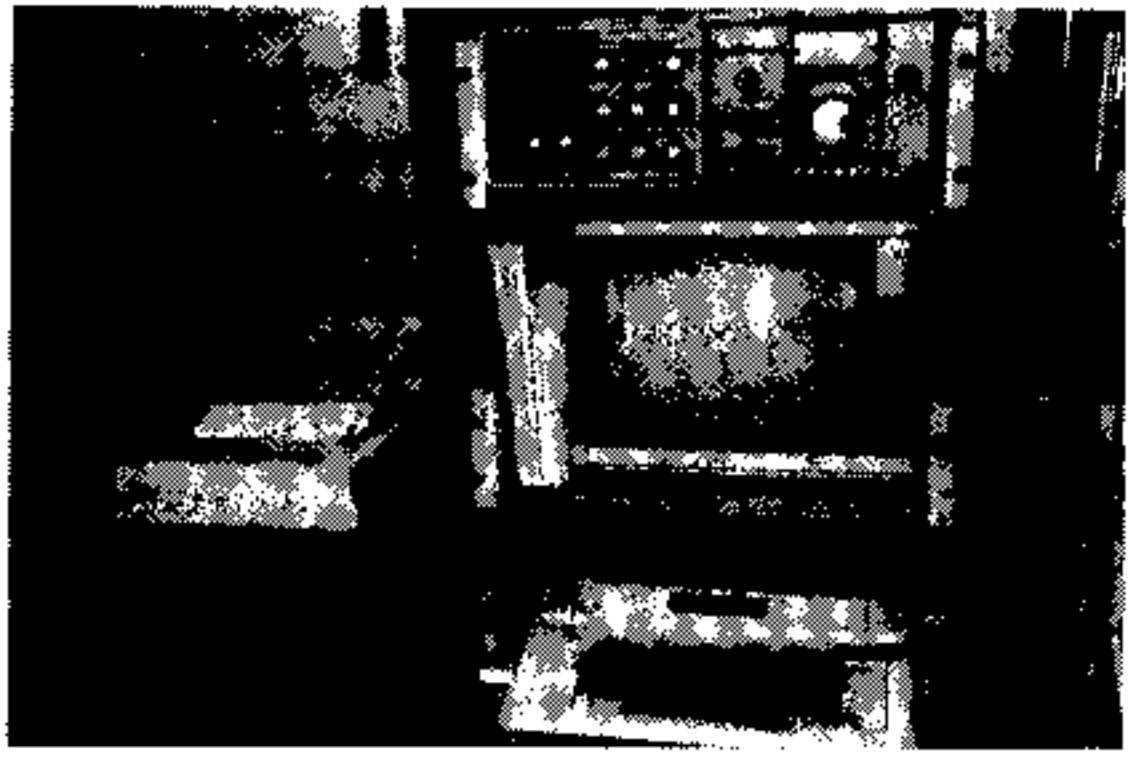
2.8.2 图像通信

图像通信是像文字那样发送“画面”。发送的信息量比语言和文字的多。现在主要使用传真、SSTV（慢速扫描电视）和 ATV（标准制式电视）三种形式。

传真是对过去 NTT 使用的微型屏幕进行改进而成的，主要使用 VHF、UHF 频段。

SSTV 是慢速扫描电视，发送 1 帧画面，需要数秒的时间。析像清晰度为 128 行左右，能以与 SSB 一样的频带传送信号，所以可以用短波段与外国进行通信，颇受人们的欢迎。

ATV 是标准制式电视。使用 5MHz 至 10MHz 这样的宽频带，所以可用 1200MHz 以上的微波进行通信。最近，也可用 NTSC 制



照片 2—14　RTTY 台的实例

照片 2—15　SSTV 台的实例(JA41×1)

式的彩色电视进行通信，同时又由于便携式摄像机和录像机的普及，将能够使用相当高的技巧来享受这种通信的乐趣。

2.8.3 电子计算机通信

现在进行的电子计算机通信，就是 2.5 节中介绍的信息包通信。请参照 2.5 节的内容。

2.9 软件的乐趣

业余无线电主要使用天线、收发信设备等硬件进行通信。前面介绍了操作“硬件的乐趣”。与此相应，还存在着勿须操作设备的“软件的乐趣”。

2.9.1 视觉 QSO

所谓视觉 QSO，指不是通过电波，而实际在地面相遇而交谈(俗称地面 QSO，但由于易与通过地面波进行通信搞混，故称视觉 QSO)。

与通过空中电波相识的朋友，在地面上相见时，会很激动和高兴。即使是多年从事无线电活动，对方的印象与在电波通信中建立的印象也往往不一致。

通过电波通信，有时感到很严肃而印象不好的人，见面一看，却是一个寡言少语、诚实的绅士；有时想象很苗条的人，却是一个胖子，或比想象的老和年轻等等，总之会遇到各种惊奇，还会发现世界上类似有人手里一握上什么东西马上就来精神一样，有人只要一拿起话筒，连人也变了样。因此，视觉 QSO 的

照片 2—16　野外通信的实例

价值是很大的。

每当旅行和出差到远方去，遇到通过电波通信相识的朋友时，也往往激起感慨：从自己家中那个飘摇不定的天线发出的电波，会传送到那么远的地方吗？

如果这些通信对方是外国的台，那么感慨还会更深。不言而喻，它会有助于国际友好（详见基础篇第 3 章）。

如果有通过电波相识的外国朋友来访，自己利用假期去陪同访问，不用说，他对日本的影响一定会加深。

2.9.2

野外运用

所谓野外运用，是指从自己的家里走出去，在野外设立业余无线台进行通信。一般是组成一个小组外出。还可以体验到野营等业余无线电以外的乐趣。

野外业余无线通信，并不须专业天线建设者来参加，而必须只靠自己架设天线，所以当然要了解天线的架设方法和天线的电性能。那时，实际感受到从一个木棍支起的金属棒上，能够顺利地发射电波，同远方进行通信，是一件很有意义的事情。

2.9.3

集体的乐趣

业余无线电还有结成各种小组而享受到的乐趣。小组有在 JARL 登记注册的，也有未登记注册的；有成立 30 多年的，也有成立几个月的。从小组活动内容来看也有多种，有按地区、职业场所、通信形式组成的爱好会，有相同兴趣的爱好会，以及按特定频率组成的小组等。

活动形式也不尽相同。有的小组未在地面召开过一次见面会；有的小组不是主要通过电波联系，而大部分人是在集会中多次见面的朋友；甚至有的小组，大部分成员除去交纳会费，领取会报之外，什么事情也不做。这种小组的发展趋势，与其成员的活动能力高低成正比，或取决于召集人是否是个好人才。

这种小组的优点是：交换信息；接受操作方法和技术指导；协调天线建设和野外操作；进行小组集会以及推荐 JARL 会员，等等。

JARL 登记注册小组一览表，每年发表在《JARL 新闻》上。

业余无线电在国际友好中的作用

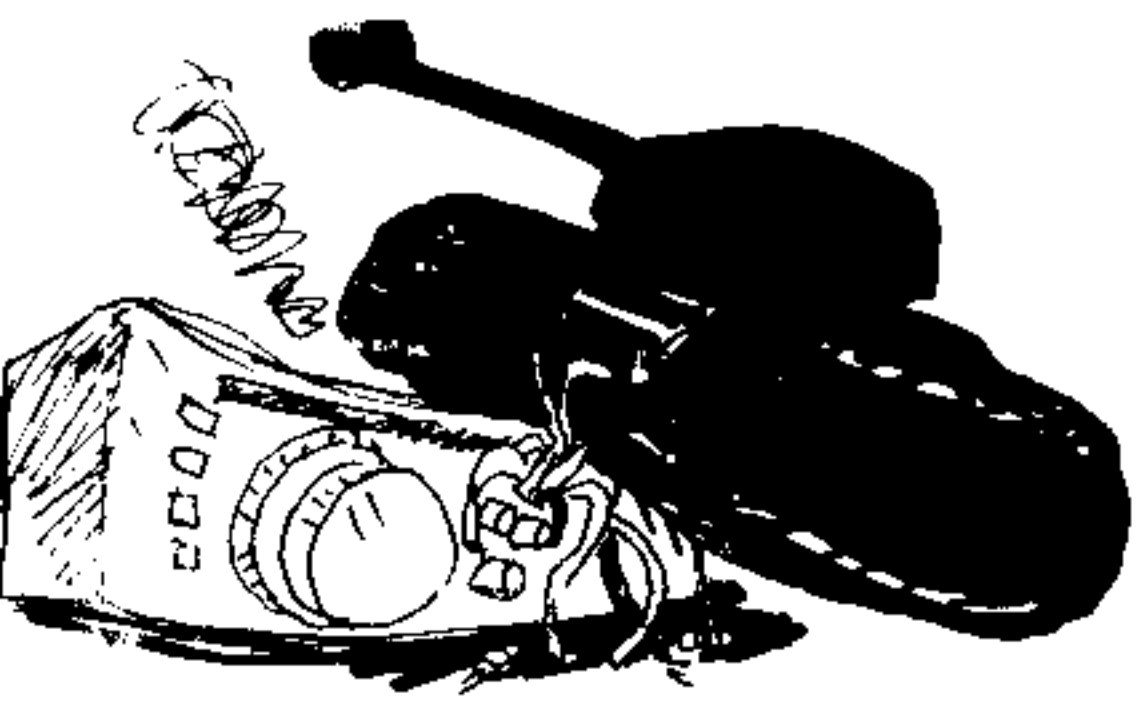
3.1 在全世界交朋友

作为今日之业余无线电爱好者的我们，能对社会做出的贡献之一是，通过和海外进行通信来加深相互理解、建立友情并有利于世界和平的大局。

在说明业余无线电的优越性时，人们多以DX(远距离)通信为例。确实，人在家中坐而能实时地和全世界的友人交谈——这样的享受是舍此无它的。

只要环境条件良好，则即便不是使用家中设置的天线，也能从小轿车中、或者是船上和海外友人互相通信。

以业余无线电和外国进行互相通信，常常要受到该国的社会(政治)形势的影响。



举例而言，如某一国家一旦进入了战争状态，则该国不但会禁止电波的发射，即便只是接收也是不许可的。这该是一种常识。业余无线电属于真正爱好和平的人，任何业余无线电爱好者都是渴望和平的。这一点可说是无可置疑的。

和海外台通信时，几乎全都使用的是英语。可是，一般而言我们日本人有生以来就生活在只有日语的环境里，对于是世界通行语言的英语可说是学起来深感困难。这是由于日语和英语是迥然不同的两种语言体系、必须从零开始学起的缘故。

业余无线通信的乐趣，原来是在于以自己的决窍来交换对方的诀窍。这是由于我们业余爱好者那时还处在自行制作几乎是所有装置的时代，既为调整伤过脑筋，也有许多有趣的发现，很想用这些经验来换取对方所提供的信息。

和对方头一次通信时，都要介绍自己的姓名、QTH、所用的通信装置以及天线。这正是还残留着上述传统的表现。

像现在这样使用的都是厂家生产的装置

时，介绍所用装置几乎已经没有意义了。但在自制时代，介绍设备配置的本身就等于是在互通诀窍了。

作为一例，今设某台介绍了末级所用的电子管并对调制方式做了说明。在很早以前是有过这种情况的：对帘栅极进行调制时，正在因产生负调制而苦恼的时候，刚好就联系上了采用同样的末级管并且也是对帘栅极进行调制的业余台。于是就有了请教如何才能很好地加以调制的机会，这可以说是伴有“自我提高”的业余通信了吧。

可是，只要是出生在日本一般家庭里的人，就没有从小就能熟练地讲英语的。因此，在进行 DX 通信时，新手被称为“lover stamp QSO”。经常采用的谈话方式是对哪个台都使用同样的“台词”。

如果多少有了点进步，最好是把“台词”稍微加以改变。对于外语，通常都是听的能力不如说的能力，因此不妨积极地提出问题而请对方放慢回答的速度以使自己能够比较从容地听懂。

据说语言这种东西如果不在 3 岁以前就做好讲那种语言的准备，口中的肌肉和舌头的动作就不灵光了。这意味着成了初中生之后再学英语是做不到发音完美的。所以，我们不能发音完美乃是理所当然的一件事，与其夸父追日倒不如经常提醒自己要尽量地讲得对方容易听明白为好。

交谈的内容最好是与业余无线电有关的事项，如果是技术性的内容当然就更好了。谈天气自然也可以。此外，如果有不解之处，就不妨直率地提出来。

需要提请注意的是业余通信时的话题。列为禁忌的是宗教与政治，而对于宗教尤其要特别注意。在外国，宗教与生活密切地关联在一起，世界各地有各式各样的宗教，有时宗教上的对立还会酿成大的问题。

持续从事业余无线电的时间一长，就能和世界各地的人交上朋友，有许多人都有每天定时互相通信的友人。

由于工作关系，一般人的自由时间是从晚饭后至就寝前，具体多在下午 8～9 点开机(on air)。日本的这个时间对于中南美来说是早上，那里的人们多在上班之前接通开关、发射电波。东南亚的时间大致与日本相同或者是晚一小时，基本上和我们一样也是饭后放松的时间。

虽然不能说“同好则成友”，但通过在相同的时间以同样的频率来互相通信，伙伴的圈子是会自然而然地扩大开来的。

此外，当每天都通话时，就会觉得单凭“lover stamp QSO(意为‘打上发烧友烙印的QSO’)”是不够了。于是就会抱着找点有趣话题的想法来看报纸，也会特别留意有关通信

对方所在国的报导。这样一来二去也就很自然地培养了自己的国际观。

会常常感到自己的英语词汇不够用。急急忙忙地翻手头上的英日词典和日英词典的机会也会多起来。

语言这种东西很奇怪，只听一次或两次，那是左耳进、右耳出，不会被存储到脑细胞里去的。可是一个单词听到了好几次之后，总会想用词典来解疑，一旦明白了它的意思就几乎是能够彻底把它记住了。

3.2 积极地走向海外

业余无线电之乐趣在于能和各国的人交谈，如果还爱好旅游，那就近于尽善尽美了。

许多的人由于工作的关系而有出差到西欧诸国和美国的机会，但如不是受到了外国发烧友的邀请，恐怕是不容易碰上访问其它国家的机遇的。

对于互相通信得很亲密的对方，当然是寄过包括全家人在内的自己的相片的。因此和电波上的友人初次会面时脸是能认出的，可得到的印象还是往往不同。尤其是从相片上是不能看出身高的。

此外，已成为常识的是，最近的SSB（单边带）通信为了提高可懂度而使用了压缩动态范围的所谓语音处理器（Speach processor）。这使原声有了相当的改变，以至于在实际相会时常为声音的不同而吃惊。[1]

如果受到了海外发烧友的邀请，建议您即使是需要生挤时间和需要找人借钱，也一定要接受邀请才好。

同时还希望您能意识到自己是一名由日本政府授予了世界上惟一呼号（call sign）的民间外交官才好。这样讲是因为，政府授予呼号就意味着政府发给了一种身份证。

这种旅行和原先的只用日语即万事足矣的旅游不同，肯定会得到形形色色的体验与发现。有时也许会卷入小规模的麻烦事中去也未可知，但解决了它也会使局内人大大地成长一轮的。

另一方面，日本也已在国际社会中占重要地位，从许许多多的国家都有客人到日本来。

当业余无线电的友人来日时，应该尽可能地予以欢迎。不过，在招待上不必“勉为其难”，以平常方式接待即可。

业余无线电爱好者乃“民间外交官”

最近已达到了传给各国的是关于日本的准确信息这种局面了，但即便是这样、也不时能听到在外国的社会课教材中仍有在富士山前站着一个着武士装男子的照片。因此，我们有义务把日本的现实正确地传达到国外去。

从业余无线通信也可听到，同一个人在和西欧诸国通信时是一种态度，而和发展中国家的友人通信时则是另一种态度。从其只言片语即可使人感觉到：对西欧诸国是平等对待，而对发展中国家的人们则抱有某种“偏见”。

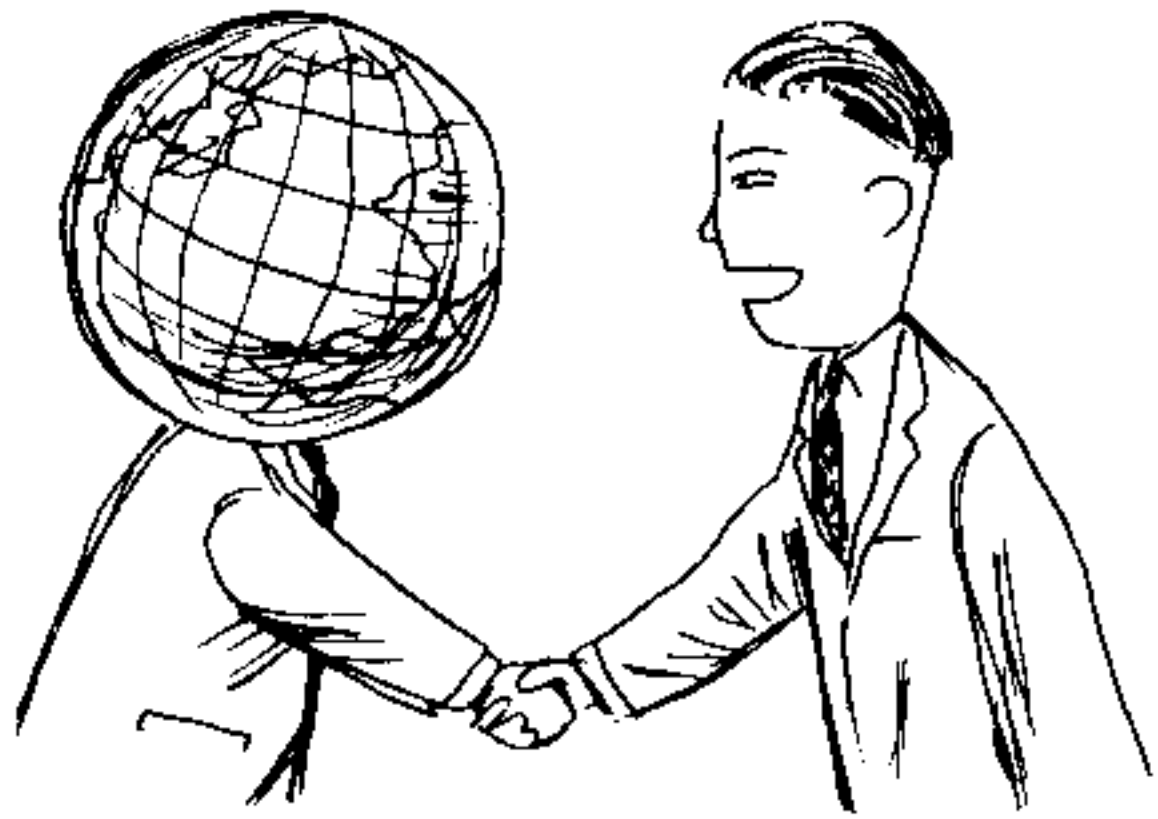
我们既是业余无线电爱好者，又是一个普通的人，一定要怀着互相尊敬的心情才好。

就专业通信而言，出于能传输更多信息量的考虑，在与海外通信上使用由卫星中转的超高频(SHF)这一作法已经是常规了。

然而，卫星通信需要庞大的设备投资，还不能说已经在发展中国家也普及了，现在仍有不少国家依靠着短波通信。

我们业余爱好者虽然也能够进行卫星通信了，但常识告诉我们，简便地和海外通信就还是要使用短波。

对于商业电台来说，对短波的需求确实



是比以前下降了。可是发展中国家由于电话尚待普及，因而正积极利用短波波段以资弥补。

就是这样一个宝贵的波段，我们业余爱好者却能在相当宽的范围上自由地使用，这是十分幸运的。如前所述，这是前辈们给开创的天地，我们决不能忘记。

业余无线电真正的存在价值就在于，我们爱好者每一个人都应认识到，我们是“民间外交官”，通过业余无线电来培养正确的国际观，对国际友好和国际和平做出贡献。

4.1 重要的设台构想

4.1.1 考试合格之后

即使业余无线电爱好者(ham)的考试合格了，在取得邮政大臣或地方电气通信监理局长(含冲绳邮政管理事务所长，下同)所发给的无线爱好者(特殊无线技师除外)许可证以及无线电台执照之前也是不可以发射电波的。

对于第4级以及第3级业余无线技师的培训班结业者或国家考试合格者来说，是由JARL事务局或财团法人日本业余无线电振兴协会统一承办许可证申请手续。

由于从申请到拿到许可证需要若干时间，因而在此期间可以研究一下业余无线电的玩法儿(应参看基础篇第2章)并整理出要做成什么样儿电台的构想。

无线操作者许可证为终身有效，所以是可在任何时候开设电台的。

此外，如表4—1所示，在无线从事者中，各级业余无线技师的无线电设备操作范围是按照资格的级别规定的。

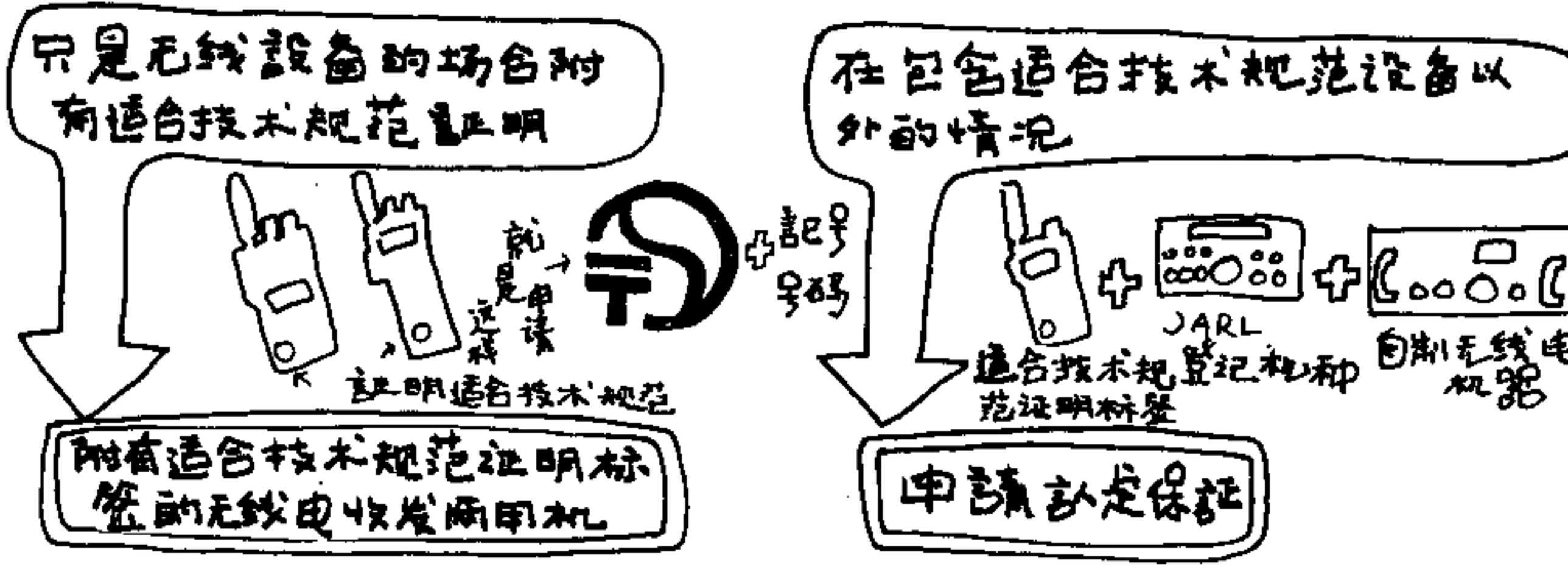
表4—1 各级业余无线技士可以操作的无线电设备

资格	操作范围
第1级业余无线电技师	业余无线电台设备的操作
第2级业余无线电技师	天线功率在100W以下的电台设备的操作
第3级业余无线电技师	天线功率在25W以下、使用电波频率在18MHz以上或8MHz以下的电台设备的操作
第4级业余无线电技师	天线功率在10W以下、使用电波频率在21MHz以上或8MHz以下的电台设备的操作 (以莫尔斯电码进行的通信操作除外)

4.1.2 牢牢地打好基础

取得了业余无线技师的资格、办完了规定的开设电台手续之后，就能够运用电台了。

业余无线电的使用方法很多，可以是互



相通信或自制无线设备，可以是猎取各项奖状或参加爱好者的集会等等，面广而底深，应该说是一种能给人以无穷乐趣的享受。

4.1.3

考虑电台的构想

当准备开设电台时，首先是要在考虑好想以什么频率来和什么样儿电台通信之后，再来决定以多大的预算设置什么样儿的天线和无线电设备。

还有必要考虑设置电台场所的周围状况以及地理条件。

这时也有一法可供采取，那就是立即加入JARL（日本业余无线电联盟），参加其支部活动，接受OM（前辈）的指导，或者是参加当地的俱乐部等，和OM与伙伴们商量。

下面我们就来考虑一下在选择无线电设备与天线时所必须的最小限度的极为常识性的一些事项。

［频带］

业余无线电能够使用很多的频带和电波形式。

就从中选择所用的频率而言，我们可把频带大致上分为HF（高频）带、V／UHF（甚高频／特高频）带、SHF（超高频）以上带这样三大块，分别考虑一下这些电波的传播情况与使用方法。

HF带使用的是地面波与电离层反射波，国内自然不在话下，即便是海外也能自由地相互通信。可以说是“HF带无国界”。

以第4级与第3级的资格虽然不能使用10MHz带与14MHz带等面向DX（远距离通信）的频带，但是如果巧妙地选择其它频带、季节与时间，则即便是天线功率10W的无线电设备也能够和海外台相互通信。

HF带的天线总不免会形体很大，因而不适合作为移动用，而无线电设备也几乎都是全波段机，又大又重。

V／UHF带的电波传输方式为有如光线那样的很强的直线传播性质，通常只限于与可视范围以内的电台互相通信。这个频带的无线电设备多为适于移动用的小型手机，天线也变得很小，拿来拿去很便利。

就SHF带以上的频率而言，现状是尚有待于业余无线电积极开拓与利用。这一频带的特点是可用带宽非常之宽，电波为直线传播且受雨、雪的影响而会产生传播损耗。

这是一个能使人享受开发、研究各种通信方式和进行传播实验之乐的频带，它目前尚处于技术研究的前沿地区。

［居住环境］

如果不是住在住宅密集地带，就能够比

较自由地享受业余无线电的乐趣而不会给周围添麻烦。既可以拉起大到某种程度的天线，电波干扰也比较小。

反之，如果是住在住宅密集地带或住宅大楼里，就会受到种种制约。像天线的安装方法啦，电波干扰啦，或者是美观上的问题等等，需要从邻里关系的角度来考虑的事项很多。有时甚至会达到不能运用业余无线电的地步。在这种场合就不宜使用 HF 带而可使用 V／UHF 带的小型无线电装置来享受移动运用之乐，也不必担心邻里会抱怨了。

〔经济条件〕

所设电台是必须具备在申请许可证时所申报的无线电设备的。如果到了所申请的日期还不能买到该无线电设备，或者是自制未能及时完成，就得办理申请撤消等变更手续了。因此，有必要在申请之前就把无线电设备置办完毕。

4.1.4
从量力而行出发

在考虑电台的构筑时，常会编织一个很大的梦，并且这个梦还会由于东也想要、西也想要而膨胀开来。但是具体到进行设台准备阶段时是会受到种种因素制约的。有道是“量力而行方为捷径”，所以还是把长期计划和近期计划区别开来考虑为好。

既然是不置办好无线电设备就不能申请，则上策自然就是从不勉强的计划开始了。

业余无线电台即使是在启用之后，也是可以在任何时候根据自己爱好方式的改变来对电台设备加以变更的。

4.2
电台许可证的申报过程

4.2.1
电台许可申请书为何物以及如何能搞到空白件

拿到无线电操作许可证之后，下一步是办理设台申请手续。

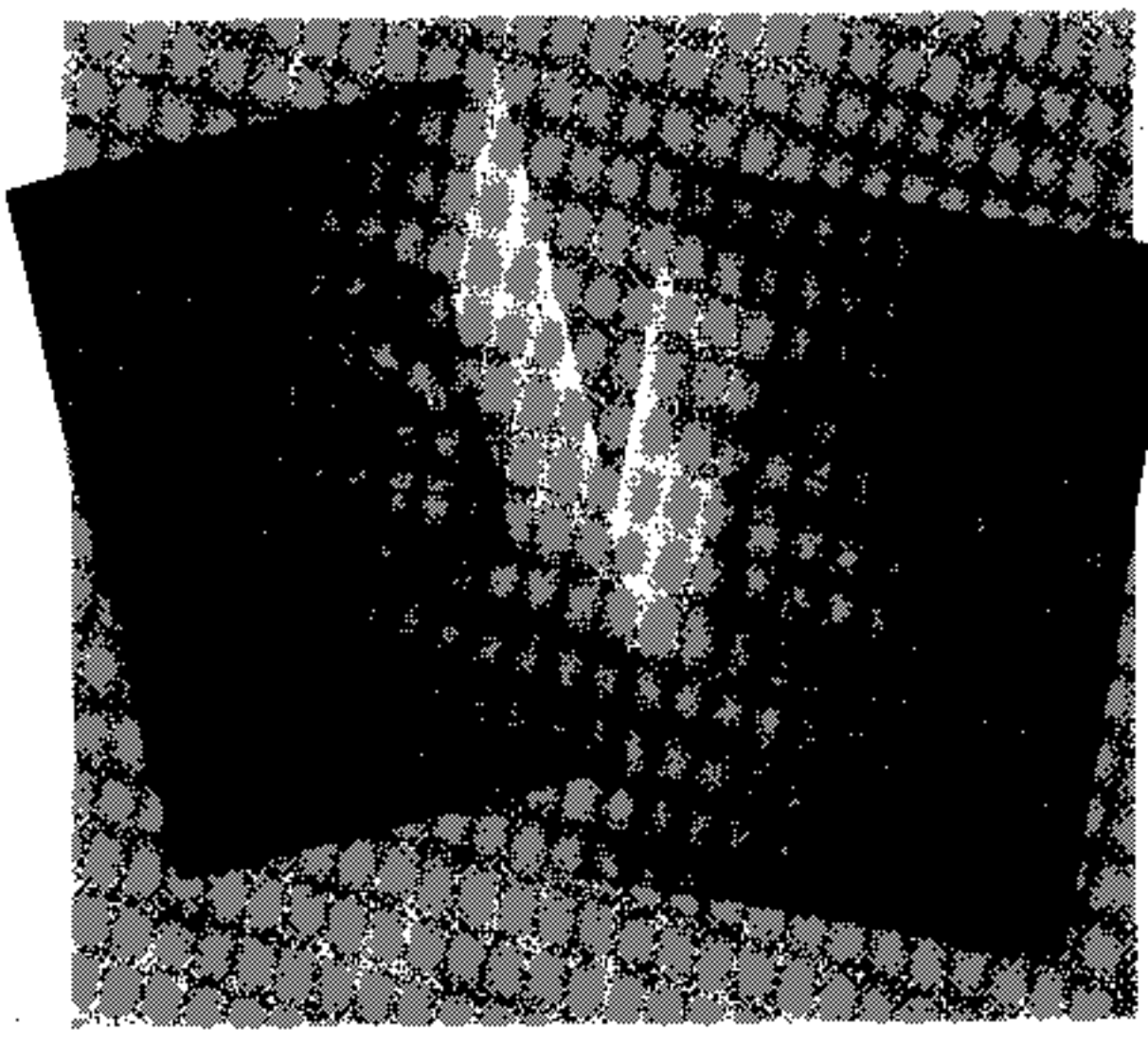
办这个手续时用的是 JARL 所出售的《业余台个人设台用空白件》。

此空白件分为个人设台用与社团设台用两种(照片 4 -1)。

4.2.2
填写前应仔细阅读说明

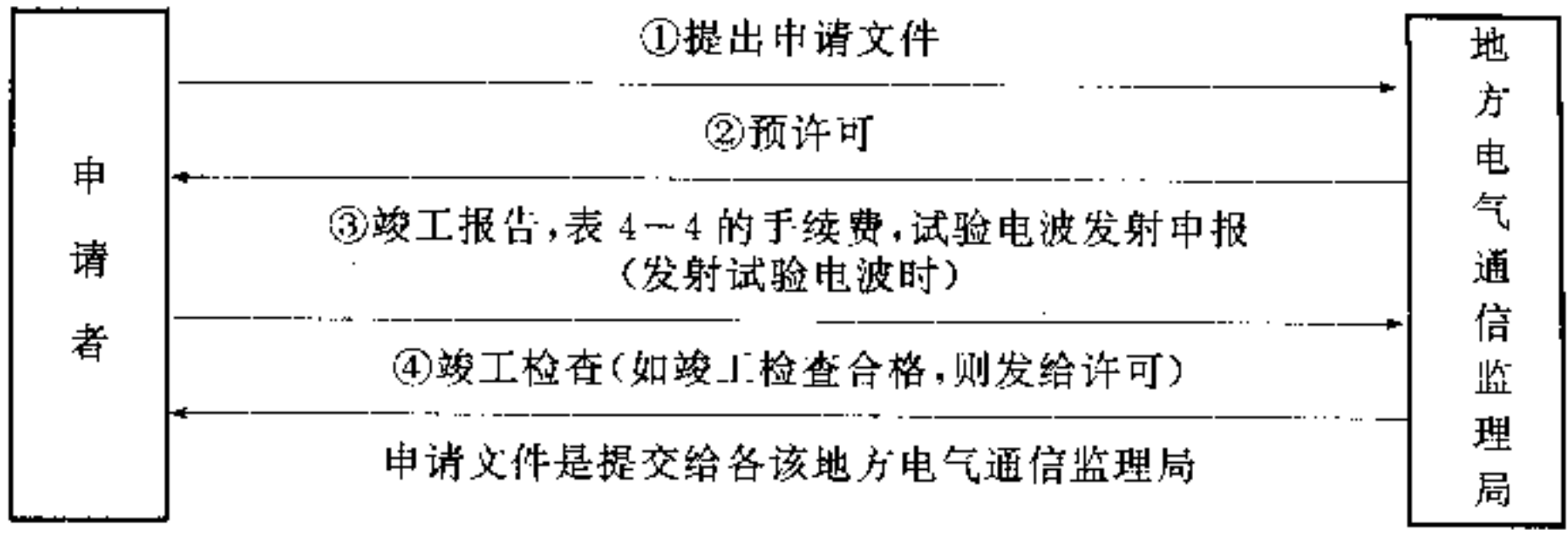
关于申请书的具体填报方法，在设台用空白件的《业余台(个人用)设台申请文件的写法》中有说明。应该仔细加以阅读，并应在确实看清楚了之后，再用圆珠笔等进行填写。

为了填写申请书中施工设计书一栏，有必要预先买好所用的无线电设备，阅读该设备的使用说明书，或者是根据载有施工设计数据的样本等对所应填写的事项与数据加以



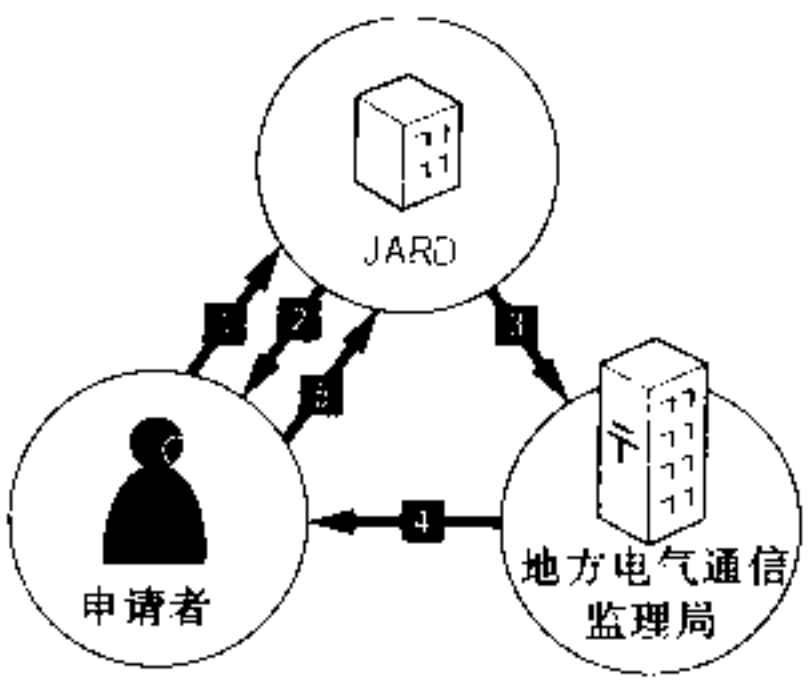
照片 4—1　设台用空白件两套(个人用与社团用)

图 4－1　申请电台许可证的一般性手续概要



●在只使用技适证明收发两用机（贴有“技适证明标签”的无线电收发两用机等）的条件下申请许可的场合

从向 JARD 提交《业余电台所用无线电设备的技术基准适合证明书发给请求书》（以下简化为《证明请求书》）以及许可申请文件起、到发给电台许可证为止的办手续过程是如下所述：



●在使用 JARL 登记机种或自制机、以及把这些无线电设备与技适证明收发两用机相搭配的条件下申请许可的场合

从向 JARD 提交《业余电台所用无线电设备的保证认定请求书》以及电台许可申请文件起、到发给电台许可证为止的办手续过程是如下所述：

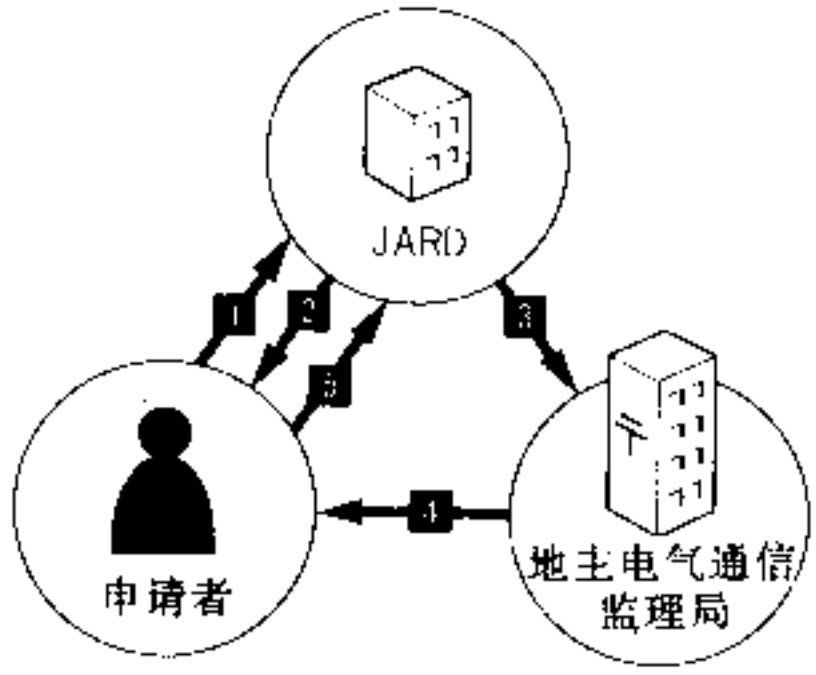


图 4－2　简易的许可申请手续

文件的流向	文件的内容
1 申请者→JARD	①申请手续文件 ②技适证明书发给等的手续费 ●发射机 2 台为止　1,000 日元 ●发射机 3 台为止　1,300 日元 ●发射机 4 台以上　1,500 日元
2 JARD→申请者	①把许可申请书交给地方电监时的年月日的通知 ②用以使电台管理规范化、确保正常运用的活页印刷品 ③安全设施、工作文件、收发干扰等的调查报告书用空白件
3 JARD→地方电监	①技适证明书 ②业余电台许可申请文件
4 地方电监→申请者	①无线电台许可证 ②无线电台许可凭证*
5 申请者→JARD	调查报告书

* 按发射机的台数发给

文件的流向	文件的内容
1 申请书→JARD	①申请手续文件 ②保证认定费　3,000 日元
2 JARD→申请者	①把许可申请书交给地方电监时的年月日的通知 ②用以使电台管理规范化、确保正常运用的活页印刷品 ③安全设施、工作文件、收发干扰等的调查报告书用空白件
3 JARD→地方电监	①保证认定书 ②无线电台许可申请文件
4 地方电监→申请者	①无线电台许可证 ②无线电台许可凭证*
5 申请者→JARD	调查报告书

* 按发射机的台数发给

确认。

当施工设计栏的填写内容与在保证认定请求书等所填写的设备不符或有误时，财团法人日本业余无线电振兴协会（以下简称之为 JARD）将退回申请文件要求更正，因此应看着使用说明书正确地填写施工设计栏的内容。

4.2.3

许可证的申报过程

在开设天线功率在 100W 以下电台的场合，能够利用 JARD 的技术基准适合证明制度与保证认定制度，预许可、竣工报告以及竣工检查等繁琐步骤被省去，能够以简易的手

续办理申请。在这种场合下，申请文件是提交给 JARD 监理部业务课。而在申请开设天线功率超过 100W 的电台的场合，则是把文件直接提交给管辖无线电设备设置场所的地方电气通信监理局。

在接受 JARD 的技术基准适合证明与保证认定的场合下，申请文件填好后，近畿地方以外地区设台者是提交给东京的 JARD 监理部业务课，近畿地方设台者是提交给大阪的 JARD 关西支所。

其后，申请文件经 JARD 予以证明及保证之后，一起送交各该地方电气通信监理局。

与此同时，申请者会收到 JARD 寄来的《关于技术基准适合证明书或担保认定书的发给》（以下称为《通知书》）以及《调查报告书》填写用空白件。

这份《通知书》是在接到许可证之前的期间向 JARD 与电气通信监理局查询时所必需的，应妥善保管不使遗失。

电台许可证通常约从技术基准适合证明日及担保认定日起算的 1 个月之后，与电台执照一起由地方电气通信监理局直接送交申请者处。

4.3 技术基准适合证明与担保认定制度

前面讲过，在通过国家考试与培训课程讲习会取得了业余无线电的资格之后想自己拥有个人电台来加以运用时，需办理设台手续。

允许使用的电台天线功率随业余无线技师资格的级别而异：第 4 级业余无线技师为 10W 以下，第 3 级为 25W 以下，第 2 级为 100W 以下。

从设台许可的申请起、到地方电气通信监理局长发给许可证为止的一般性手续大致上是如图 4—1 所示。

此外，在天线功率为 100W 以下的电台场合，如果使用的是由 JARD 业已证明适合（符合）电波法令所规定的技术基准的无线电设备（具有保证认定或适合证明的标签），则申请时可省去“预许可”与“竣工检查”。于是既可缩短时间，又能节省下竣工检查的费用。在这种情况下，到执照下达为止的过程如图 4—2 所示。

图 4—3　无线电台许可凭证（左）与技适证明标签

4.3.1 技术基准适合证明制度（只用技适证明收发两用机的场合）

供业余电台使用的无线电设备可由 JARD 证明它是适合于电波法第 3 章的技术基准的。

在只使用经过这一技术基准适合证明（以下简称之为技适证明）的条件下申请业余电台许可的场合，能由 JARD 发给技适证明书，可省去预许可与竣工后的检查，从而能以简易的手续取得执照（经过这一技适证明的收发两用机上贴有图 4—3 所示的《技适证明标签》。此标签上标有标志和以 K 打头的“符号号码”）。

在只用技适证明收发两用机（贴有技适证明标签的机种）的条件下申请设台的场合需要的文件请看表 4—2。

表 4—2　需要提出的文件

●请求 JARD 发给技师证明的场合

必要文件	提出份数	备　考
①业余电台所用无线电设备的技术基准适合证明书发给请求书(共用的设备也需为每份许可申请书分别提出)	1 份	发给技师证明书等的手续费以邮政转帐或银行转帐方式交款，把其转帐承办证明书贴在指定栏内。在 JARD 的窗口提交文件时，也可当场交费
②电台许可申请书	1 份	电台的天线功率在 50W 以下时按 7，300 日元、超过 50W 时按 14,600 日元在指定栏贴印花
③电台事项书及施工设计	1 份	
④回信用信封*1	2 个	写上申请者住址、姓名(贴上回信用邮票)
⑤发给技师证明书等的手续费*2	在《业余电台所用无线电设备的技术基准适合证明书发给请求书》(上面的①)上贴上邮政转帐承办证明书	

*1 信封所贴邮票的面额是，许可状邮寄用为 62 日元，通知书邮寄用为 72 日元

*2 发给技师证明书等的手续费：用申请书空白件所附的转帐传票在邮局或银行交款，并把承办证明书贴在上表①的指定栏内

发射机 2 台为止－1,000 日元，发射机 3 台＝1,300 日元，发射机 4 台以上＝1,500 日元

●请求 JARD 加以保证认定的场合

必要文件	提出份数	备　考
①电台许可申请书 ②电台事项书及施工设计书(正本)	1 份 1 份	电台的天线功率在 50W 以下时按 7，300 日元、超过 50W 时按 14,600 日元在指定栏贴印花
③业余电台所用无线电设备的保证认定请求书（共用的设备也需为每份许可申请书分别提出）	1 份	1. 在请求 JARD 的保证认定时必要 2. 以邮政转帐或银行转帐方式交保证认定费等款时，贴上转帐承办证明书
④发射机系统图	1 份	所用发射机如为 JARL 登记机型则不要*1
⑤回信用信封(贴回信用邮票)	2 个	写上申请者住址、姓名
⑥开设同意书	1 份	开设在学校、公司、公共建筑物等场所时提出
⑦保证认定费等（以邮政转帐或银行转帐方式付款的方法见《申请文件的写法》)	在保证请求书上贴上转帐承办证明书	

*指截至平成 4 年 3 月 31 日为止的已登记机型

●直接提交地方电气通信监理局的场合

必要文件	提出份数	备　考
①电台许可申请书	1 份	许可申请手续(印花) 14,600 日元
②电台事项书及施工设计书(正本)	1 份	
③发射机系统图	2 份	
④回信用信封(贴回信用邮票)	1 个	写上申请者住址、姓名
⑤开设同意书	1 份	开设在学校、公司、公共建筑物等场所时提出
⑥试验电波发射报告	1 份	
⑦竣工报告	1 份	需交检查手续费(印花)

4.3.2 保证认定(JARL 登记机型与自制发射机)

JARD 对于提交来的《业余电台所用无线电设备的保证认定请求书》(以下简称之为保证认定请求书)与电台许可申请文件(施工设计书)根据保证基准进行审查。对认为是适用于业余电台的无线电设备进行保证认定(证明)，将申请文件统一提交地方电气通信监理局。

4.3.3 提出的文件与提交单位

(1)提出的文件

在请求 JARD 进行保证认定或发给技适证明的场合（天线功率在 100W 以下的电台）下与在不请求的场合（天线功率超过 100W

图 4—4 调查报告书

的电台）下，所提出的文件是不同的。对此应加注意。

此外，在既有天线功率在 50W 以下的"加以移动的电台"又有天线功率超过 50W 的"不移动的电台"的场合下，必须就它们分别提出文件方可。

应提出的文件已在表 4—2 中给出，请充分加以确认。

(2)提交单位

①不请求 JARD 进行保证认定的场合（天线功率超过 100W 的电台）

直接向管辖设置场所的地方电气通信监理局申请。这时的接受申请单位。

②请求 JARD 进行保证认定等的场合（天线功率在 100W 以下的电台）

向下述单位提出：

〒 170 东京都丰岛区巢鸭 1—24—3 小岛大厦 财团法人 日本业余无线电振兴协会 监理部业务课 收

不过，如设置场所属近畿电气通信监理局辖区（大阪府，兵库县，奈良县，京都府，和歌山县，滋贺县），则向下述单位提出：

〒 543 大阪市天王寺区大道 3—8—31 财团法人 日本业余无线电振兴协会 关西支所 收

4.3.4

调查报告书

《调查报告书》(以下简称之为报告书)的空白件(图4—4)是与通知书一起寄给申请者。

此《报告书》系供JARD对由其予以保证认定或技适证明过的业余电台的无线电设备现况加以确认的，是由被许可人自身来对取得了许可的业余电台就电波法令定为义务的事项加以确认。

拿到电台执照之后，必须及时地使无线电设备开始工作，还应填上下述必要事项来把《报告书》写好，尽快提交JARD监理部认证课：

①根据保证认定而开设的电台应填入该发射机的型号，根据变更保证而改换或增设的电台应填入该发射机的型号。

②在①的发射机中如为自制（含对于具有技适证明的发射机或JARL登记机型的改造)发射机，则应填上天线功率测试值。

③天线功率超过10W的发射设备对于高压电(交流300V/直流750V)的安全对策。

④天线等的保安对策。

⑤首次开设的电台是否备齐工作文件。

⑥使用50MHz以下波段的发射机的广播接收干扰(电视干扰，广播干扰)的调查。

4.3.5

实地调查及实地试验

(1)实地调查

对于未提交4.3.4所述《报告书》的电台(被判断为没有无线电设备或者是与申请内容不同）或者是虽已提交了《报告书》但其记载内容与申请内容不同而被认为有实际调查必要的电台，作为保证人的JARD会长将派出委托者进行实地调查。

(2)实地试验

遇有未提交《报告书》的电台（天线功率

业余电台(社团)的理事、成员变更报告

平成　年　月　日

……电气通信监理局长先生

许可人　事务所所在地

社团名称

代表者姓名

以平成　年　月　日第　号取得许可的社团用业余电台

(呼号　　)因已(欲)如别纸所示对其理事及成员加以变更，故根据电波法实施细则第43条第4款之规定特此报告。

(注)①此变更报告只需提出1份。
②更换理事(干部)、代表者时，应将"已(欲)"中的"已"字划去。
③②以外的成员变更时，应将"理事及成员"中的"理事及"三字划去。
④应附以变更后的"社团成员名簿"1份。

图4—5　《社团台成员变更报告》的格式例(A4开)

10W以下的电台除外）且该台的发射机又不是登记机型与技适证明收发两用机而认为有必要进行是否适合于电波法第3章的技术基准的试验的场合，有时会派遣试验员进行天线功率等的测试。

4.3.6

社团台的利用

拿到了无线电从事者许可证（以下简化成“操作证”)、再申请开设电台到取得执照，通常需要1～2个月。

如果在这段时间里无论如何也想运用一下试试，则可采取成为社团台成员的方法来一试身手。社团台通常称为俱乐部台。

当学校、地区、工作单位等的俱乐部拥有社团台时，如果俱乐部成员取得了从事证，就常常采用这种办法。

这时要注意的是，必须是成为该社团台的成员之后才能运用。变更社团台成员时，只要提交报告即可。

办理这一手续所需要提出的文件如下：

①业余台（社团）成员变更报告1份（图

成员名簿

职务	姓名	*住址	*简历	*生年月日	天线从事者许可证号码	备考*
理事会长（代表者）						
理事						
理事						
监事						

（填写时注意事项）①有*号者只理事填写，一般成员则无填写必要。
②简历栏请填写在某某学校学习、在某某公司作某某工作等。
③有×号栏内，如个人开设有业余电台时也可填写其呼号。

[注] 有*号栏内只是代表者或干部才填写，一般成员无此必要。备考栏内可根据情况填以“新入”、“更换”、“增加”等字样，以表示出变更情况。

图 4—6 《社团成员名簿》的格式例（A4 开）

4—5）。

②社团成员名簿 1 份（图 4—6）

③不要手续费。

接受报告单位是管辖该电台的地方电气通信监理局长。

一定要遵守上述注意事项。

4.3.7

开设天线功率超过 100W 的电台时

（1）现在 JARD 的保证认定等是只对天线功率在 100W 以下的无线电设备进行的，如果申请的是超过 100W 的电台，则需作为“不移动的电台”直接向管辖电台无线电设备设置场所的地方电气通信监理局长申请。

个人申请开设超过 100W 的电台时，应提出以下文件：

①电台许可申请书 1 份

表 4—3 电台许可申请手续费

基本发射机的天线功率	手续费金额（必须以印花缴纳）
50W 以下的场合	7,300 日元
超过 50W 的场合	14,600 日元

根据所装备的发射机中天线功率最大的发射机（基本发射机）的天线功率，把上表所列金额的印花（不可用现金或邮局汇款）贴在《电台许可申请书》上（这时，印花应无划痕，不可盖注销印记）

表 4—4 竣工检查手续费

(a) 基本发射机的检查手续费金额

天线功率	手续费金额（必须以印花缴纳）
50W 以下者	14,800 日元
超过 50W 者	21,200 日元

(b) 发射机有 2 台以上时基本发射机以外各台应缴纳的手续费金额

天线功率	每 1 台的手续费金额（必须以印花缴纳）
50W 以下者	3,900 日元
超过 50W 者	5,300 日元

②电台事项书及施工设计书（正本） 1 份

③执照等邮寄用信封（写有对方的邮政号码、地址、收信人名称并贴有 62 日元的邮票） 1 个

④发射机系统图 2 份

⑤许可申请手续费（印花）

应在《电台许可申请书》的指定栏内贴以与手续费相当面额（表 4—3）的印花，再将写好的申请文件提交给管辖设置场所的地方电气通信监理局。

此外，除下述事项外，其填写要领与电台天线功率在 100W 以下的场合相同：

(a) 年月日（电台许可申请书部分）；

(b) 施工竣工的预定日期（1 栏）；

(c) 施工设计书所附的发射机系统图（22 栏）等。

关于填写例等可参考超过 10W 而在 100W 以下时的填写例。

试验电波发射申报书

平成　年　月　日

电气通信鉴理局长先生

事务所的所在地
（个人则填地址）

社团名称
（只限社团填写）

代表者姓名
（个人则填姓名）

今因以平成　年　月　日第　号取得预许可的业余电台（呼号　　）将如下所示发射试验电波，特此申报。

1. 需要发射的理由　为在接受竣工检查之前进行无线电设备之调整与试验。
2. 发射日期及时刻　由平成　年　月　日起至竣工检查之日止
3. 发射电波的形式
频率
天线功率

（注）通过 JARD 申请许可时，没有必要提出。

图 4—7　《试验电波发射申报书》的格式例（B5 开）

印花

电台施工竣工报告书

平成　年　月　日

……电气通信监理局长先生

事务所所在地
（个人填地址）

社团名称
（个人不填）

代表者姓名
（个人填姓名）

今因以平成　年　月　日　第　号取得了预许可的业余电台（呼号　　）之施工已竣工如下，谨根据电波法第 10 条特此报告。

1. 指定施工竣工期限　平成　年　月　日
2. 施工竣工月日　平成　年　月　日

（注）仅当申请天线功率超过 100W 的电台许可时方为必要。

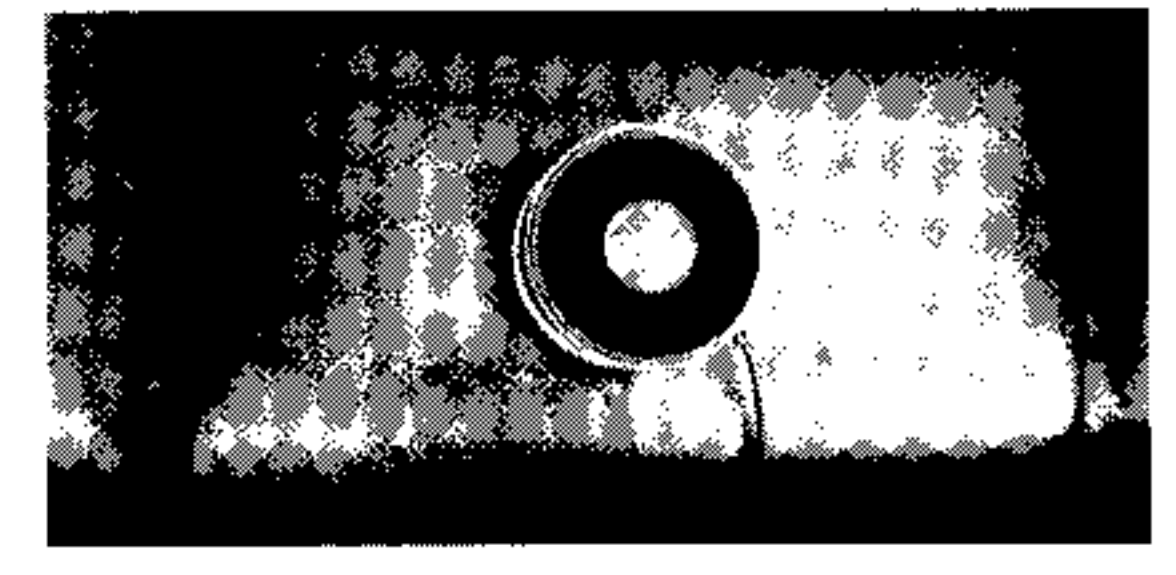
图 4 -8　《电台施工竣工报告书》的格式例
（B5 开：182×257mm）

（2）将上述申请文件提交地方电气通信监理局长。由该局进行文件审查，给予预许可。

其后，于施工完成之前（原文如此——译知。接受了施工竣工检查并合格后，发给电台执照，也就取得了正式的许可了。

4.3.8

照片 2—1　加工成柔软灵活的麦克风的使用--例。



照片 2--2　用于录音机的脚踏开关在 PTT 上使用例，市场上有售。实际是用脚跟踩着使用。

通信。所谓移动车载台一般指数量最多的小汽车上装置的无线电台。汽车上使用流动电台的基本点是“方向盘第一，通信第二”。这句话的意思是要把安全驾驶放在首位。

即使在车上，通信时再繁忙，遇到交通上的紧急情况时，都必须中断通信。

这里好像有些啰嗦，但是司机和乘车人都要将安全第一放在心上，要牢牢记住业余无线电活动到底是第二位的事情，不要超过对汽车行驶安全的注意。

那么，让我们具体地考虑一下怎样去做。关于无线电台的安置方法，在本书的技术篇中有详细的描述。基本的原则是，放置在稳定的场所，在不遮挡面板的地方固定好（同时兼顾安全、日照和美观）。

麦克风的软线不要妨碍汽车的方向盘的操作，在另外地方安装 PTT（送话开关），要开动脑筋安装在便于操作的位置。

另外，大家都很清楚，过强的输出功率，与接收能力不平衡，也容易引起汽车电子线路的误动作。

为防止忘记关掉无线电台的电源开关，可设置与汽车的操作键连动的电源电路，通过对汽车这个键的操作关掉无线电台的电源。使用汽车电台时，要携带驾驶证是不用说的。重要的是不要忘记携带从事无线电台的许可证和无线电台的执照。

实际进行 QSO 通信时，内容要简洁，抓住要领，使一次通话时间尽量简短。

有时偶尔拉开了与对方通信间隙时，应防止从其他台来的干扰或传输状态的变化，要努力使得 QSO 通信更加顺畅。

使用汽车流动台时，必须注意由于移动而发生的环境变化以及随之而来的传输状态的变化。相反，如果对方的通话中途中断，也不必惊慌失措，必需认真考虑予以解决。如果对方电台不是汽车流动台，也要互相配合好。

QSO 通信时，在自己电台的呼号后边，要清楚地说出“我是移动台”和目前大致的所处的“地址名”。不要使用“半固定”“便携”等说法。

由于汽车台的周围有噪音，应将麦克风放在适当的位置上，用适度的音量提高清晰度。但是，有时大音量反而会使清晰度下降，请大家务必注意。

操作拨号盘和按钮等操作动作，原则上在停车时进行。如果是 CW 通信也是如此。

车上的人操作电台时，要十分小心，不要给司机或其他同车人造成干扰。因为在使用汽车移动台时，操作者往往很兴奋得意忘形，易作出干扰别人的动作，因此操作汽车电台时要举止慎重，有节制。

使用移动无线电台时，即使从自身利益考虑，大家都要互相提醒，共同努力搞好交通安全，共同遵守道德和规则。大家都按这些要求做，使用汽车移动台无疑对自己是一种愉快的享受。

照片 2—3　左下的安全驾驶证被叫做 SD 卡，在得到使用许可后一年时间，如果无事故，无违反交通安全的事情发生，就可得到此卡。一旦受到表彰，就会产生自信，并且会更加冷静。

表 2—1　注音代码

文字	注音代码	表示发音（下面有线的是表示强调）
A	Alfa	AL FHA
B	Bravo	BRAH VOH
C	Charlie	CHAR LEE
D	Delta	DELL TAH
E	Echo	ECK OH
F	Foxtrot	FOKS TROT
G	Golf	GOLF
H	Hotel	HOH TELL
I	India	IN DEE AH
J	Juliett	JEW LEE ETT
K	Kilo	KEY LOH
L	Lima	LEE MA
M	Mike	MIKE
N	November	NO VEM BER
O	Oscar	OSS CAH
P	Papa	PAHT PAH
Q	Quebec	KEH BECK
R	Romeo	ROW ME OH
S	Sierra	SEE AIR RAH
T	Tango	TANG GO
U	Uniform	YOU NEE FORM
V	Victor	VIK TAH
W	Whiskey	WISS KEY
X	X-ray	ECKS KEY
Y	Yankee	YANG KEY
Z	Zulu	ZOO LOO

2.2 通信的开始

2.2.1 注音代码

QSO 通信时，首先必须正确地将本台的呼号传给对方电台。呼号由 26 个拉丁字母和数字构成，例如，JA1RL。读呼号时（用假名不能正确表达）读成“J. A. I. R. L”. 开始时，呼号有时不能正确地传达到接收台。

特别是在通信条件不稳定，或者出现 B 和 V，P 和 T 等发音相似的字母时更加严重。除了呼号，接收方接收正文时，收听到有相似发音的单词时，也同样会发生错误。

出于以上原因，为说明每一个文字的拼音，使用表 2—1 拉丁字母代码。表中列出拉丁字母的发音，关于国际音标文字请查字典。请注意，不能用片假名拼记。表中各个下线部分表示强调。

JA1RL 就变成“Juliett. Alfa. one. Romeo. Lima”。除此之外也有用地名作代码的，目的是为了判别文字。一定要使用共同规定的代码，否则会引起混乱。

用 JA1RL 作为本台的呼号的基本形式，如下：

2.2.2 CQ 的呼叫方法

①CQ CQ CQ
②这里是……
③JA1RL　JA1RL　JA1RL
④请……

①～④是为便于说明编写的号码（以下同样）。CW 通信时，将②④的电信符号置换掉，变成：

①CQ CQ CQ
②DE
③JAIRL　JAIRL　JAIRL
④K

呼叫三遍 CQ（或者对方电台），本地电台的呼号也反复念三遍。这种方式有时用3×3来表示。

①句的“CQ”也可以变成“CQ@@”的形式。其含义是为了指定 QSO 通信的对方电台，将表示地区和使用频带的语言和表示数字等语言加到@@处。不必三遍都重复“CQ@@”，可以适当地混合发送。在指定区域方面有各种各样的表示：

大陆名：Africa（非洲），Europe（欧州）等。

国名：国名或其简称。或用乡村名等。

区域名：JA8 等。

本地：近距离通信，随不同波段的变化，物理距离不同。

DX：与“本地”相反的远距离通信，但要注意，它不一定与物理距离相对应。HF 带域一般是指向其他大陆。

［例如］
CQ　DX
CQ　Africa
CQ　AF　（CW 用：意思同上）
CQ　NO JA

最后的 CQ NO JA 发出时，该电台指的是 JA（海外电台说 JA 时，一般指的是所有日本电台）以外的电台，因此在日本就不能呼叫该台。对于该台来说，虽然对亚州地区的通信

操作的要领

● 合上装置的开关之前

・首先判断是否有适合使用无线电台的环境。例如将电台移动到山中等人烟稀少的地方操作起来很方便。操作电台时，请注意是否干扰了你周围对业余无线电不感兴趣的人。

特别是从喇叭发出来的声音，对局外人来说，仅仅是单调的杂音。在深夜使用时，为了不影响家人休息，应使用耳机。

・确认了装置的旋钮在正常位置后，方可打开开关。

在打开开关的同时，有时会发出极响的声音，或者有时一开机就处于发射状态，这是按键处于不正常位置所致。还要防止孩子们淘气摆弄机器，最好把机器放在别人触摸不到的地方。

● 接收频率＝发射频率？

最近生产的机器，操作很方便。特别是在频率上下了很大功夫，且装有微机芯片，可进行多种多样的控制。

机器有多种功能，如使发射与接收频率稍微错开的 RIT 或 CLARIFIER；能够使频率错开很大的双 VFO 和 SPLIT：用于中继台环境的 SHIFT 或 Duplex（这是业余用语，不是原来的意思）等。

如果不能熟练地运用这些功能，反而使操作变得更麻烦。现在除了 DX 远征通信之外，一般的 QSO 通信通常使用相同的频率。

电源开关合上后，一定不要忘记确认频率控制状态。如果频率始终错开的话，怎么呼叫也没有回答。有时自认为发出的 CQ 信号

已经开通，但由于各种各样的原因，还希望与别国电台进行 QSO 通信。出于礼貌，海外台没有议论这件事，请大家注意。

这些情况说明，不满足频段和条件，就不可能进行 QSO 通信。使人感到没意思和难为情。

在 CQ 之后，有时要附加发射频带的波长和频率。这是在很久以前，为防止发射机的高次谐波造成误会而使用的方法。现在其使用意义已变得不重要了。

另外，要指定所参加比赛的名称，俱乐部和团体，指定传输状态等很多事项。

[例]

CQ　新年聚会(New year party)

CQ　NYP(CW 状态)

CQ　○△□俱乐部成员

CQ　散射通信(Scatter)

在呼叫收到此电波的电台，无论是谁，都请回答时使用“CQ”。收到 CQ 呼叫的电台不予回答是不礼貌的。另外，对指定对方台的 CQ 信号，只有符合指定条件的电台才可回答，否则也是不礼貌的行为。

③的本台呼号可以直接发生，必要时，使用注音代码回答。移动应用时，将表示区域的数字与“便携”(portable)，“斜杠”(stroke)，“/”(cw)附加在一起(打电话时不说“bye”)。例如，JA1RL 在的 1 区域范围移动时，变成：

- JA1RL portable 1(one)
- JA1RL／1(SW)

不会干扰他人，实际上已干扰了其他电台。有时竟忘记自己已经发出呼叫信号。

● 电波发出之前

在执照规定的范围内，可以用任何频率发出电波。实际运用上，有惯用的各种规则。

- 使用电波形式还是卫星通信，由使用频带的划分来决定（参照应用篇第 1 章）。如不遵章行事，不仅找不到 QSO 的对方电台，还会干扰其他电台。
- DX“远征”电台经常在预定的频率发射，DX 电台也有其发射频率。一般来说，很多电台并不发射电波，而是调到监听的频率（接收）。在此波段处，一边收听详细的 OM. 为编辑杂志等工作获取信息，一边注意不要发出电波。
- 像由 JARL 主办的比赛，有时限定了使用频率范围，如果逸出频率范围，就会被取消比赛资格，还对没有参加比赛的电台施加了干扰。

● SSB 的频率

以 SSB 电波方式通讯时，无线电收发两用机所显示的频率是被抑制的（不是理想状态）载波(carrier)频率。在被抑制的载波频率 3kHz 区域存在 USB(LSB)电波的能量。

因此在频带上端（下端）附近的频率处，一旦发出 USB(LSB) 电波，就会逸出业余频率。例如，在 21.447～21.450MHz 处，不可以发出 SSB(习惯用 USB) 电波。同样，在 3528kHz 或 7033kHz 以下频带处，一旦发出 LSB 电波，就会逸出音频频带（参照图 2—2）。

移动使用时，若想要强调运动场所，在呼号的后边附加上场所。不加限制地移动时，应强调使用场所，请对方台的定向天线朝向自己这边，有时要附加 QTH。

［例］
JA1RL 便携1(one)晴海无线电爱好者会场
JA1RL 巢鸭
JA1RL 东京

④的“请”应用例子很多，例如：

- (请)接收
- 如果有收听电台者，(请)进行 QSO 通信。
- (请)结束(over)
- (请)准备(standing—by)
- (请)呼叫 CQ 并做好准备(calling Cq and stan—ding—by)

这里 standing--by(准备好接收，请发射)，不要说成 stand by(待机)。

2.2.3 呼叫对方电台

想要与已经发出 CQ 的电台和结束 QSO 通信的电台进行 QSO 通信时，就要从自方发出呼叫，JA1RL 呼叫 JA1YRL 时，基本形式变成：

［例］
①JA1YRL　JA1YRL　JA1YRL
②这里是(DE)
③JA1RL　JA1RL　JA1RL
④请(K)

(　)内的内容是 CW 通信时使用。

例子中用的是 3×3 的形式，根据条件和状况的不同，可尽量减少呼号的反复次数，使呼叫简洁化。特别是呼叫对方电台的呼号时，1～2 次就已经足够了。用电话方式时，本台的呼号使用语言代码，对方台不必用。

另外，在本地电台之间已经顺利进行了 QSO 通讯、已相互很熟悉的情况下，1×1 就

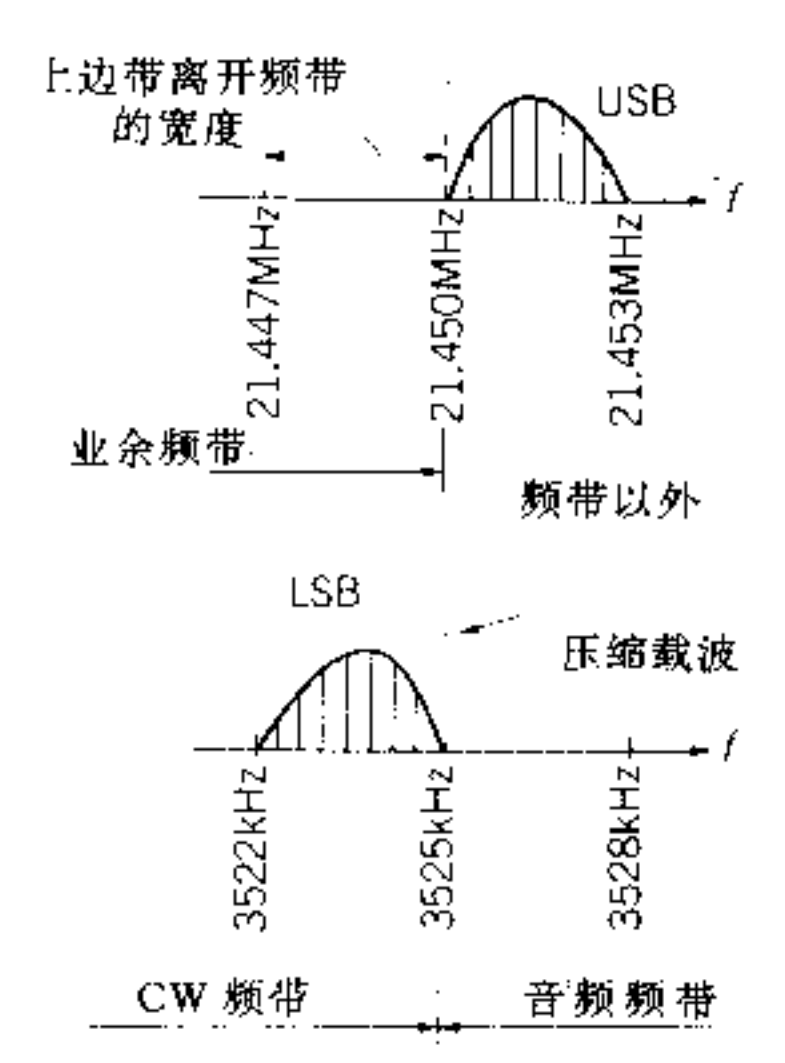


图 2-1　3525kHz 和 21.450MHz 的 SSB 的能量

● 通道检测

发出电波前，为了确认该频率是否在使用，人们常进行“通道检测”。

所谓通道，是表示一个特定频率的称谓，不是国际习惯用语，也不是确切的表达词。

发射和接收能力平衡的电台，确认频率的空闲时间比连续发射时间更长，就没有必要进行“通道检测”。业余无线电通讯，本来就多少有些干扰，通讯时，将通讯内容传达给对方就可以了，不要说些题外的话，缩小通话时间，可以减少一些干扰。在等待对方回电的时间里，更不应该用该频率干别的事。

希望大家互相礼让，使更多的电台使用这狭窄的频率。

● CQ 本地

朋友们组成的团体或俱乐部之间呼叫时，使用“CQ 本地。”这种情况下，指定团体的呼号或俱乐部的名称就更加清楚了。

足够了。

关于④的“请”，应用如下：

・(请接收)

・如果听到了，(请)回答

・(请)结束(over)

・(请)准备(standing－by)

・正在呼叫你，(请) 做好准备 (calling you and standing－by)

这个例子与CQ④关于“请”的例子相似，只是有CQ和you的区别。

如果对方有许多电台呼叫（成群的呼叫状态），从周围情况判断可以确定多数电台在呼叫同一电台时，有时可以省略①（根据不同情况，有时②④也省略）。

结果，呼叫时间最短时，本台的呼号只呼叫一次，自己看情况斟酌处理就可以了。如果对方台受到大量的成群的呼叫，有时呼叫方省略呼号的前缀，只将呼号中一部分传达给对方。

当然，在一般情况下，呼叫已发出CQ信号的电台时，仅使用自己的呼号的呼叫方法是不妥当的。

CW通讯时，重要的是能够以正确的速度发出呼叫信号。如果打键的速度很快，对方有时能跟上其速度节拍，将回答信号打过来，有时跟不上，就不能够接收信号。两方速度不一致时，应与慢速保持一致，这也是QSO通信的一条规矩。

2.2.4 对于呼叫的回答

在发出CQ之后和进行QSO通信之后被呼叫时，确认对方电台的呼号并进行回答，

如果指定所谓自己的QTH区域，就不会错误地认为信号很强就是本地通讯。“CQ本地”不是国际上的表达方式。

● CQ－・・－－－

接收到CW频段时，常常听到CQ信号：

CQ……－・・－－－

请注意，这是表示想要进行日语通信，不懂为何意的海外电台会与CQDX(－・・－－－)混同。对不懂日语的初学者，最好不要用“CQ”的语句。

・波段和波长(经常使用的词)

如本文已叙述过的，在呼叫CQ时 附加波长和频率，原有技术上的意义已淡漠了，而使用如下表那样的数字。

● 呼叫频率

以V／UHF的FM方式设定了呼叫频率（参照运用篇第1章业余・频带使用划分：俗称主要通道），这是为QSO通信连络设定而使用的频率，呼叫完成后，发出QSY信息；转移到其他频率。

MHz 频带	M	MHz 频带	M
1.9*	160	18	17
3.5	80	21	15
3.8	75	24	12
7	40	28	10
10	30	50	6
14	20	144	2

* 是起始频带，也可以说成是上限边带(Topband)。国外使用1.8MHz。

FM形式频率被频繁地用于发出CQ呼叫，使用频度（即无线电台密度）及使用形态的地域性很强。在电台极少的地区，为了不给他人造成干扰，也有用呼叫频率进行QSO通讯的例子（当然不是原定的使用方法）。一般

进入 QSO 通信。这时被呼叫方对于对方的呼叫(呼出),呼叫方对于对方的回答,都应表示感谢。

①JA1RL
②这里是
③JA1YRL
④呼叫发出,谢谢您了(通常向被呼叫方致谢等)
⋮
⋮(以下是通信内容)

确信对方在呼叫自己,然而由于对方的信号弱,或者由于对方有成群的电台在呼叫,弄不清呼叫符号时:

①QRZ (QRZ?)
②这里是(DE)
③JA1YRL
④请再呼叫一次(K)

呼叫符号的一部分不清楚时,

①JA1R Something (JA1R?)
②这里是(DE)
③JA1YRL
④请再呼叫一次(K)

如此这般,不清楚的文字,请对方再次呼叫,一定要确认了对方的呼号之后再开始通信。

成为 QRZ 对象的电台,应先传送呼号之后等待回答。呼叫符号相似的电台有时会同

来讲,这样的使用方法,会使许多电台受到干扰(特别是在首都范围更为显著)。在无线电台密度高的地区,尽量使用对多数电台适宜的,高效率的联络设定。也就是说,必须麻利地发出 CQ 呼叫。

[方法 1]

用呼叫频率发出 CQ. 有回答时,移向其他频率。

[方法 2]

预先找好移动频率(确认没有干扰),用呼叫频率发出 CQ 的同时,指定接收频率。例如,以下面内容发出 CQ:

"CQ 这里是 JA1YRL 43☆, 将接收 O△"。

使用这种方法,在 CQ 发出后的时间,使用预先找好的定频率。结束后,将返回频率再次设定为呼叫频率。

• Stand by JA

"stand by"是"请待机"(命令语气)的意思。因此标题应变成"日本电台,请待机"。假如日本电台听到这句话,必须等待指示的到来。

• handle (name)

日本同行之间以电话形式进行 QSO 通信时,相互通报姓名,而与海外进行 QSO 或 CW 的外文 QSO 时,不局限于如此格式。即 My name is. . . . 有时代换成 Handle is. . . 。

一般将姓名的一部分,或其变形作成相似形,例如:Nobuyuki, 可以变成 Nob 和 Yuki。

在不同的国家,OM (男操作员) YL (女操作员)之间的称谓是不同的,要注意。

时呼叫。因此在还没有认真搞清前，就不能进入 QSO 通信的主题。

2.3 通信方法

2.3.1 QSO 的成立

QSO 通讯说的是从发射开始到结束为止的全过程。业余的 QSO 通信只限于其自我训练，即使由于条件变化和干扰等中断通信，也不是什么特别大的问题（只是遗憾的事情）。

但是，交换 QSL 卡片要想获得奖状时，必须判定 QSO 是否成立。QSO 成立的最低条件是能够确认相互的。因此，不认可其他电台的中继行为。

- 呼号
- RS(T) 报告

另外，一般性地（不是比赛和 DX "远征"等）使用 QSO，习惯上报出姓名和 QTH. 特别是与海外进行 QSO 时更不要忘记。

2.3.2 RST 报告

表示 QSO 的电波接收状态的是 RST 报告。原则上根据 RST 代码表（参照表格栏）中所列的基准进行报告。电话方式采用 RS，CW 方式采用 RST，用 2 位或 3 位数字表示。

用电话方式发送时，或者读成 2 位数（59：fifty mine），或者将每一位分开读（5、9：five nine），两种方法都可以。

最好的状态是 59(9)。实际上经常使用所谓 59^+，是超过 59 的报告，这是超出了原来定义的表示方法。

必须实事求是地发送 RST 报告。如果不管电波的强弱，随随便便地发出 59 的报告，

● RST 报告

R：**可读性**(Readability)

1. 不能辨读
2. 勉强能够辨读
3. 谈起来相当困难，还是能够辨读
4. 实用上不困难，能够辨读
5. 完全能够辨读

S：**信号强度**(Signal streagth)

1. 微弱，勉强能够接收
2. 很弱
3. 弱
4. 弱、然而容易接收
5. 一定程度的强
6. 适度的强
7. 相当强
8. 强
9. 极强

T：**音调**(Tone)

1. 极粗的音调
2. 很粗的交流声，没有一点乐音感。
3. 粗的低调的交流声，音调与乐音有些接近。
4. 多少有些粗的交流声，接近乐音。
5. 乐音，但音色被调制。
6. 被调制的声音，不时有点走调
7. 与直流接近的声音，残留一点纹波。
8. 真正直流声，稍微有一点～纹波的感觉。
9. 完全的直流声（完全清澈的音色）

● RS 报告的发送方法

以电话方式发送 RS 报告时，只说数字是很简洁的。但偶尔会有以下的表达方式（只在

结果不理解通信内容，这岂不是矛盾的。

如果你称对方的报告是 59，对方的心情也许很好，对方会依据 59 的报告说很多话，但结果几乎都听不明白，反而使情绪变坏。

另外，因为没有接收到 59，引起情绪不好，也是一件头疼的事情。好不容易接通某个电台，欣喜之余，互相传送一些鼓励对方的报告，好像也是很现实的，是理所当然的。

2.3.3

QSO 的内容

只要确认呼叫符号和交换 RST 报告，就能满足 QSO 的成立条件，在极短的时间内就可结束 QSO。实际上，进行 DX "远征" 等通信，就是如上述进行的 QSO 通信。

但是，一般的 QSO 通信是更佳的享受。通信时，看不到对方的表情、姿势，不知道对方的年令，对于不同年令的人采取适度的对答是困难的。然而，采取"坐在无线电台前就是绅士"的基本态度就可以了。

禁止工作上的连络（如选举活动，布置会场等业务禁止使用业余无线电）和禁止传送猥亵的内容，对别人的传言（特别是中伤的内容）等等也要慎重。

现在的业余无线电的 QSO 通信是单向的通话方式，与一般电话（Telephone. 有线的）不同，通讯时，相互交替地发送出谈话内容，形成一组一组地交替通讯。

其他的电台（例如 JL5□□□）呼叫某电台（例如已发出 CQ 信号的 JK9□□□），然后开始 QSO 时，JK9□□□发出一组谈话内容之前，发出如下的 1×1 的呼叫符号：

①JL5□□□
②这里是(DE)
③JK9□□□

在一组谈话内容后面发出：

①JL5□□□
②这里是(DE)
③JK9A□□□
④请(回答)($\overline{\text{KN}}$)

RS 报告处于 59 状态时）。

- 可读性 5 信号强度 9
- Readability 5, Signal strength 9
- *QRK 5, S9 等等

● **S 表头指示和报告**

现在的无线电收发两用机，很多都带有 S 表头指示。S 表头的指示值如果能够正确地表示 RS 报告的 S（信号强度）值，但因表本身的固有缺陷，也不能过分地依赖它。

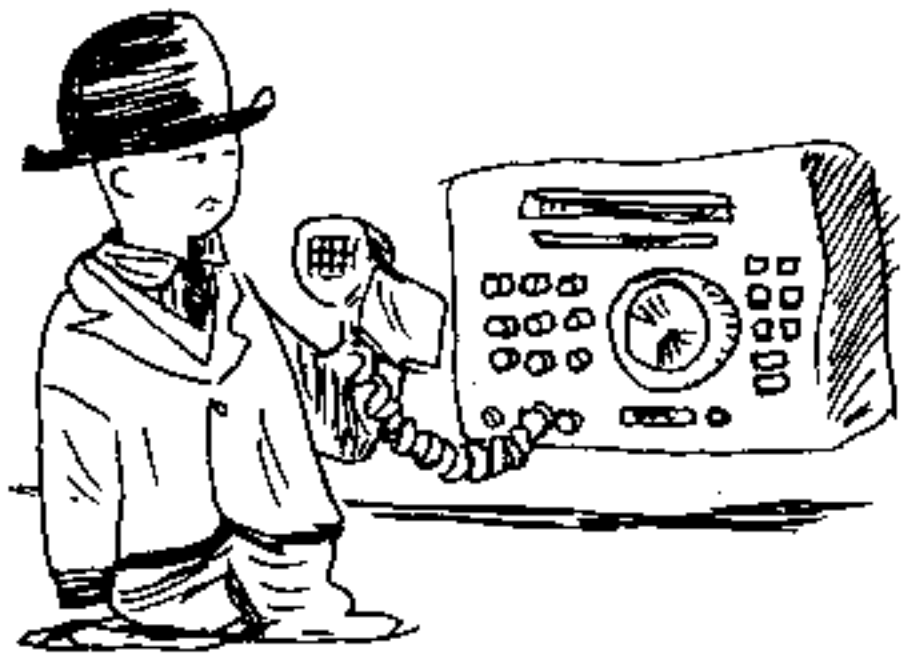
实际上，由于制造厂家和机器型号，以及不同机器的差异，即使用同一个天线接收同一个信号，其指示也不可能完全一致。这是由于电路设计和机械常数的不同造成的，现在还没有解决的办法。S 表头是以 RS 报告为目的，但不是绝对的。

● **比赛时的 RST 报告**

在竞赛时，RST 报告作为竞赛成份，与其他信息（QSO 的一系列号码和都道府县号码等）一起被交换。在竞赛中，面对各种各样变化的信号；送出的 RST 报告自然也经常变化。实际上，RST 大部分是 59（或 599）。以为了在日记上便于记载为理由，而用 CW 形式通信时，使用了简略形式（例如 5NN），以使通信时间大大缩短。但是，这时的 RST 报告已失去了原来的意义，所以上述想法是不令人满意的。

● **数字的简略形式**(CW)

竞赛时，RST 作为竞赛成份必须与其他数字和文字一同发送。但是数字的发送需要一定时间（例如 O 的长音有 5 个），因此，当数字的前后状况容易判断时，可使用以下简体。



CW 的$\overline{KN}$是表示不接收来自其他台的呼叫。使用 PHONE(电话)方式时,没有必要使用注音代码。

一般 QSO 通讯的第一阶段内容是 RST 报告,姓名、QTH、问候等等。RST 报告是使 QSO 成立所必需的,姓名、QTH 和问候等对于通信来讲是很重要的。特别是与海外进行 QSO 时,一般应向对方致以问候,问候时请搞清对方的时间。

用电话方式介绍姓名和 QTH 时,按照不同情况(空中状态、QTH 的知名度等)或使用日文通话表(参照资料篇),或使用注音代码,力争减少错误。

下面是金泽市铃木先生通话的一个例子。根据相互间的信号很强等不同情况,可不使用日文通话表,使得 QSO 通信简化。

[用电话型式通信的例子]

JL5□□□ 这里是 JK9□□□

早上好。感谢您接收我的呼叫。贵台的信号从石川县金泽市听起来是58,是 five·eight,我叫铃木今后请多关照,这是我给您的回话。

JL5□□□ 这里是 JK9□□□,请回答。

[用 CW 的例子]

L□□□DE JK9□□□ GM DR OM BT TNX FER CALL UR RST 589 IN KANAZAWA $\overline{BT}$ MY NAME IS NOB NOB HW?

$\overline{AR}$ JL5□□□ DE JK9□□□$\overline{KN}$

作为第二阶段,规定要介绍装置和天线、

---

1. ·—(=A)
2. ··—(=U)
3. ···—(=V)
4. ····—(不变化)
5. ·····(不变化)
6. —·····(不变化)
7. —···(=B)
8. —··(=D)
9. —·(=N)
0. —(=T)

根据不同的场合,也使用

0———(=0)

● 业余无线电的 Q 简语

无线通信使用 Q 简语的同时,业余无线电也使用 Q 简语,其本意已刊登在资料篇中。Q 符号原来用于 CW 通讯,根据疑问符"?"的有无变化其含义。

实际上,电话或文章(杂志和会报)中也使用 Q 符号,并且多与业余无线电中所表示的意义相吻合。这里介绍经常使用的业余无线电的 Q 简语。特别是在电话或文章中,作为名词使用的例子很多,这里采用尽可能接近现状的简单表达。

QRA	姓名
QRH	频率不稳定(现代的产品是否无缘)
QRK	可读性
QRL	正在通讯中 忙
QRM	他台干扰
QRN	天电噪音
QRO	功率增加,高功率
QRP	功率减少,小功率

气候、交换 QSL 卡等。同时随着 RST 报告一起，也可以发送关于音质的报告。

[用电话方式的例子]

JL5□□□　这里是 JK9□□□

已经明白了，佐藤先生。感谢您从高知发来的 47 报告。现在我使用 O△□ 50W 无线电收发两用机，带人工地网的垂直天线。这里天气晴朗，是温暖的一天。QSL 卡已通过 JARL 寄出。贵方情况如何？以上是我的回答。

JL5□□□ 这里是 JK9□□□. 请回答。

[用 CW 的例子]

R JL5□□□ DE JK9□□□ OK

MASA TNX FB REPT FRM KOUCHI

$\overline{BT}$

MY RIG IS 50W ES ANT GP

$\overline{BT}$ WILL QSL

VIA JARL NW WX HR FINE HW?

AR JL5□□□ DE

JK9□□□$\overline{KN}$

第三阶段是有关装置和天线技术的话题，为获奖而进行的信息的交换，业余无线电以外的趣味话题，介绍乡土人情以及扩大通信圈等通信内容。

在允许的范围内，可以继续传递双方的情况、条件等。要注意，不要无意义地喋喋不休地拉长时间，应简明扼要地进行 QSO 通信。

这里所说发出“明白”(R). 意思是所接收的内容全部明白了，再次地重复(AGN 等)就没有意义了。

有人使得 QSO 冗长的主要原因是将接收的内容重述一遍“＊＊，了解了。”请适当地编排好会话内容，尽量简短。

通信条件不好时，使一次的发送内容尽量少。根据需要重复发送内容。使用 V／UHF 频带时，QSO 通信开始传送 QTH. 让对方的天线朝向本电台，确保十分强的信号之后，进入 QSO 通信。有的电台自以为通信条件好，就发送过多的信息，这样会使得对方不知从何说起。如果已习惯了 QSO 通信，并且是与熟悉的电台进行通信，就会享受会话式的

QRQ　速度提高

QRS　速度降低

QRT　发送中止，关闭电台，停止无线电通信(有时也意味死亡)

QRU　无事

QRV　使用

QRX　稍等一下

QRZ　呼叫的对方电台是谁

QSB　衰落

QSL　通信卡片，明白

QSL?　是否了解

答：QSL 或 No (Negative)

比赛或短 QSO 使用

QSO　通信

QRP　转信

QST　ARRL(美国业余无线电连盟)的机关杂志。

QSX　听取

QSY　频率变更，移动

QSY UP5：频率上升 5kHz

QTC　注意，通知

QTH　住址，使用地

● QRZ　station (! ?)

一次 QSO 结束时，有时立刻听到类似“有 QRZ station 吗？”的询问。QRZ 是有呼叫电台时使用的符号，不可以代替 CQ 使用。

一般呼叫时应使用 CQ，并含有不清楚自己是否被呼叫的含义。但是，像 DX 远征那样一连串电台连续呼叫时也可以用 QRZ (“QRZ station”是误用)

● 无线电收发报业余爱好者使用的略语。

多数略语与 Q 简语一样也用于 CW，也

QSO 通讯。这时，每每容易忘记的是 ID (identification)（标识）。通话时间长时，规定以适当的间隔（标准 10 分钟）发送呼号。

2.3.4 Round・table QSO（圆桌 QSO）

一般情况，QSO 是一对一进行，根据不同需要，可在多个台之间进行 QSO。就像圆桌旁就座几个人轮流讲话一样，所以称之为圆桌 QSO。

几个台约定好时间，集合时，其中的一个电台按顺序呼叫其他电台（请在圆桌边就座），这是开始 QSO 的好方法。

还有一个方法，是加入正在进行 QSO 的同伴之中。这时，呼叫“中断”，加入 QSO。具体来说，某电台在对方电台（或者下一个电台）切换间隙发出：

・break

・break “自己电台的呼叫符号”

以这样短的信号表示想要参加 QSO 的意思后，等待指示。呼叫中断方，能够愉快地参加 QSO，必须以不妨碍所有的台接收信号为条件。

被打断一方的 QSO，因为通讯的连续性，有时抓不住打断的时机，特别是 FM 情况。由于电波的强信号可以抑制弱信号的特性，再加上在电台切换时，没有予先设置适当的时间间隙，有时中断根本插不进来。

对此，可采取两种办法解决，一种方法是，电台切换时稍稍将时间拉开，以使下一个电台出现；一种方法是，在说了“明白”之后，用一点时间接收信号，然后再继续通信。将这

在电话或文章中使用。有时在电话中使用就不合适。

OM　前辈，老练者（old man 的略称）。姓名不详时也使用（与 Mr. 同）。比赛时的 YL／OM 部门，OM 单指男性。

OT　Old Timer 的略称，指从事几十年以上业余无线电的 OM。

YL　指女性（Young Lady）。与 XYL 的区别指独身女性。

XYL　前（ex）YL 即夫人

FB　优秀的工作（Fine Business）

BF　FB 的反意（日式用语）

73　再见（Seventythree→一般转向）。决不是 Seventy two three (723)

88　YL—OM 之间的再见（原来意思是 Love 和 Kiss）

WX　天气（Weather）

TX　发射机（Transmitter）

RX　接收机（receiver）

TRX　（XCVR）Transceiver（发射接收机）

Rig　无线电设备

VY　非常（very 的简语）

Hi　代替笑声（CW 和文章用。电话中将 Hi 误说成“是”）

Pileup　（单数 Pile）许多电台呼叫一个台时用语。呼叫电台非常多时，移为 dog・pile.

final　发射机末级，结束

Silent　Key 死去

● 使用普通的日语

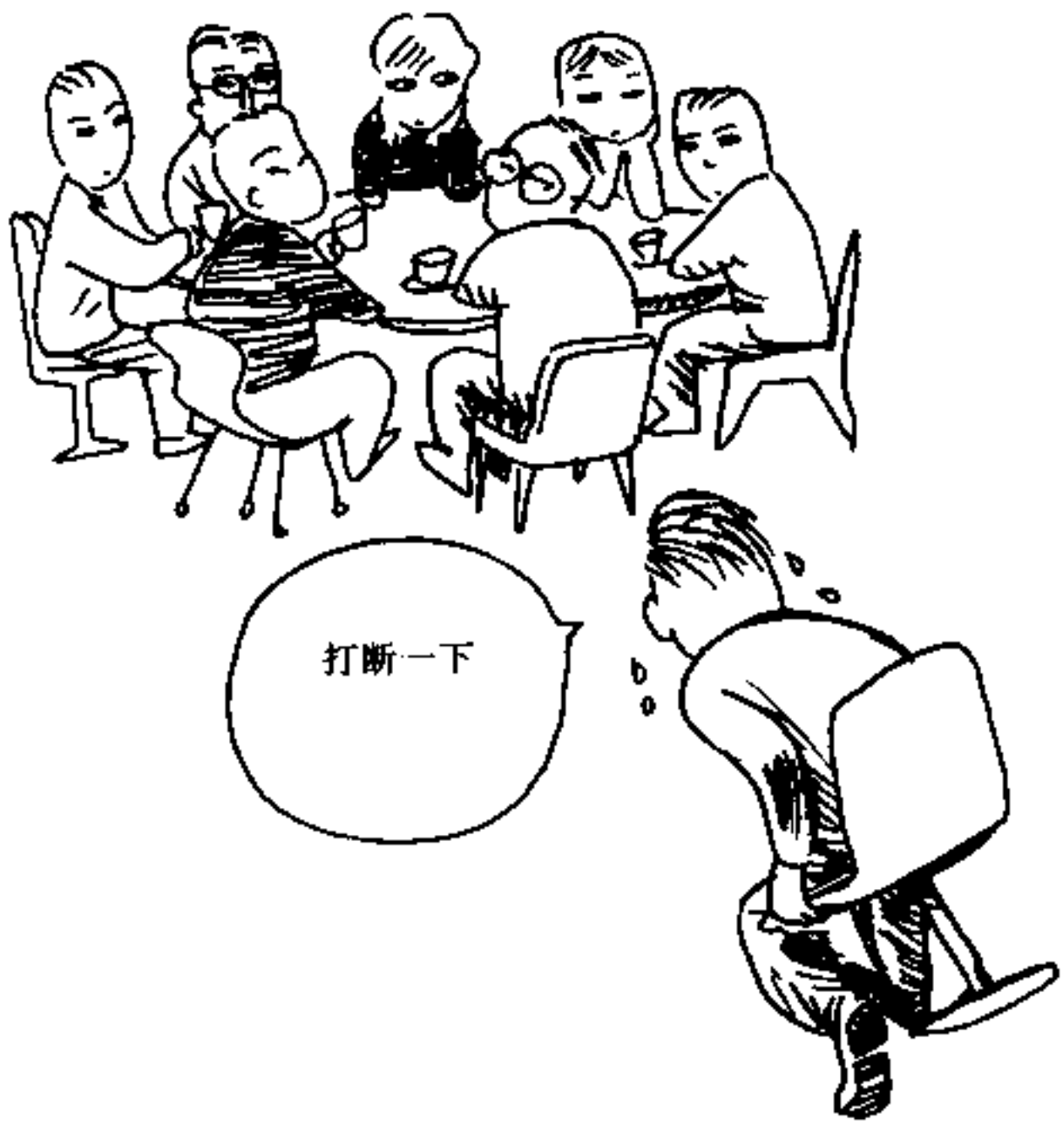
使用电话收听国内 QSO 时，常常会传出不可思议的日本语。自己正在说话，有时会传

台急需时，也使用“中断”，所以要辨明情况。

在进行 Round・Table QSO 时，几个电台通讯的原则是依次发送，随意地变更顺序是造成混乱的原因。大家针对共同的题目传送适当数量的情报内容，如果一次送出太多的信息，轮到自己讲话时，往往不知该从何说起。

如果是彼此非常熟悉的同行之间通信，可以不特别规定发送的顺序，只要适当地判断大家讲话的气氛，下一个电台就可以接着发送。当然，也有同时发送的危险，因此，一次发送必须简短。

如果熟练了，QSO 通信可接近普通会话状态。但是如果入迷过了头，常常忘记 ID。为便于加入 Round・Table QSO 通讯，请不要忘记 ID。



段时间称之为 break in・time（中断进入时间）。

被中断的电台发出“QRZ”，以便确认呼叫符号，促使其参加 QSO。另外，对于特定电

来莫名其妙的象是第三者说的话，如“你的信号是 59 吧”等等。

这话是从其他业务用语传过来的，它不是恰当的业余用语。除此之外，以下用语也不恰当。

现着，电断、价值，朋友先生，商业广告基础，八方，使用中，强制半固，（在桥和高速公路）上空，（指中继台和特定频率）窗口。

奇怪的语调和声调的抑扬也不恰当。另外，略语和 Q 简语用得过多也是值得考虑的问题。QSO 也应象普通的会话一样，使用普通的日本语。

通信结束

在 QSO 的最后，话题说完了，事情办完了，为传达结束的意旨，进行告别问候（发出结束信息）。告别问候有各种各样方式，但共同点是对于能进行愉快的 QSO 表示感谢，期望还能再相会。

以下举出简洁的例子。请注意不要太啰嗦，一旦发出结束信息，尽快结束。

［用电话型式通信的例子］

……到点了，叫我去吃早饭。今天能进行 QSO 非常感谢。盼望以后还能通过其他频带相会。

JL5□□□这里是 JK9□□□73

［用 CW 形式通信的例子］

……TNX FB QSO HPE CU AGN SN 73Masa JL5□□□ DE JK9□□□ $\overline{\text{SK}}$

QSO 结束后，基本原则是，发出 CQ 或者首先使用 CQ 的电台具有使用该频率的优先权。然而，该电台用 QRT 或 QSY 时，就放弃了该权利。这时候权利转移到对方电台。在结束语的最后，加进这个含义就不会发生混乱。

［例］

这里 QRT (QSY 移向 * *)了，(PHONE) CL ($\overline{\text{HK}}$ QSY) (CW)

这时呼叫该电台是不礼貌的。相反，被呼叫时，回答对方也是不礼貌的。同时，没有该频率优先权的一方，为了明确此事，有时进行追加说明。

与被许多电台呼叫的电台进行 QSO 通信时，发送出很长的问候信息也是不礼貌的，希望尽可能地简化发送信息。

无论何时，基本的要求是使 QSO 的结束干净利索，不给待机的其他电台增加麻烦。

2.4.1 日记的形式和记录

电波法规定，业余无线电台必须配备的书籍之一是电台日记(Log)。这是为了记录业余无线电台的使用状况而预备的。

记录事项主要是何时以什么频率发射电波。QSO 通讯对方的姓名、装置和有关交换 QSL 卡的信息等也是记录的内容。同时也记录执行紧急通信和发现不法电台的情况等特殊内容。

将上述内容都归纳到日记的栏目里是有困难的。首先以图 2--2 的 JARL 发行的版本为例作介绍。当然，也可使用市场上销售的各种各样的本子。

自己在笔记本上划线，以自己喜好的格式记录是最好的，使用自己能够正确理解的记录方法就可以了。一般用以下方法记录。

①发信日期

例如：3／31 和 3. 31。在每页的开头，事先记好年月，在频繁 QSO 通信时，年月是共同的，可以只记录日期。

②发送时间

一般以 JST（日本标准时）的 24 小时记录。但是，QSO 大部分是与海外进行通信，记录 QSL 卡时，使用 UTC (GMT) 更加方便。这种情况下，JST 的早上 9 点之前是 UTC 时间的前一天，记日记时要注意（法令规定用 JST 时间记录）。

与 DX "远征"电台进行象 QSO 那样非常短时间的通信时，有时仅记录开始时刻。

③对方的呼号

月	日	通信时刻（开始）	对方台的呼号	呼叫	回答	RST 对方台	RST 本台	使用电波 型式	使用电波 频率	使用电波 无线电功率	通信时刻（终了）	备注	QSL 发送	QSL 接收
3	21	08：05	JL5XYZ		✓	58	47	SSB	7.057	50	08：13	高知市，佐藤先生，偶极天线，500WJ	✓	
		09：10	CQ					CW	3.511	50	：	NG		
		：									：			
①		②	③	④		⑤		⑥	⑦	⑧	②	⑨	⑩	
		：									：			
		：									：			
		：									：			
		：									：			
		：									：			
		：									：			

图 2—2　JARL 日记一例。

发出了 CQ 信号，但发生了不能进行通讯的情况，这时记录对方的呼号。

④呼叫／回答

是呼叫还是回答，在相应的地方作上记号（例如打上✓）。自己发出 CQ 时，接收的第一个回答，也可以填在回答栏中。进行圆桌·QSO 时，相应的电台也可以对号入座进行记录。

⑤向对方电台发送 RS(T)和从对方电台接收 RS(T)。

⑥使用的电波形式

可以用 A_1／A_3／A3J／F_3 或 CW／AM／SSB／FM 等表示法。

⑦使用的频率

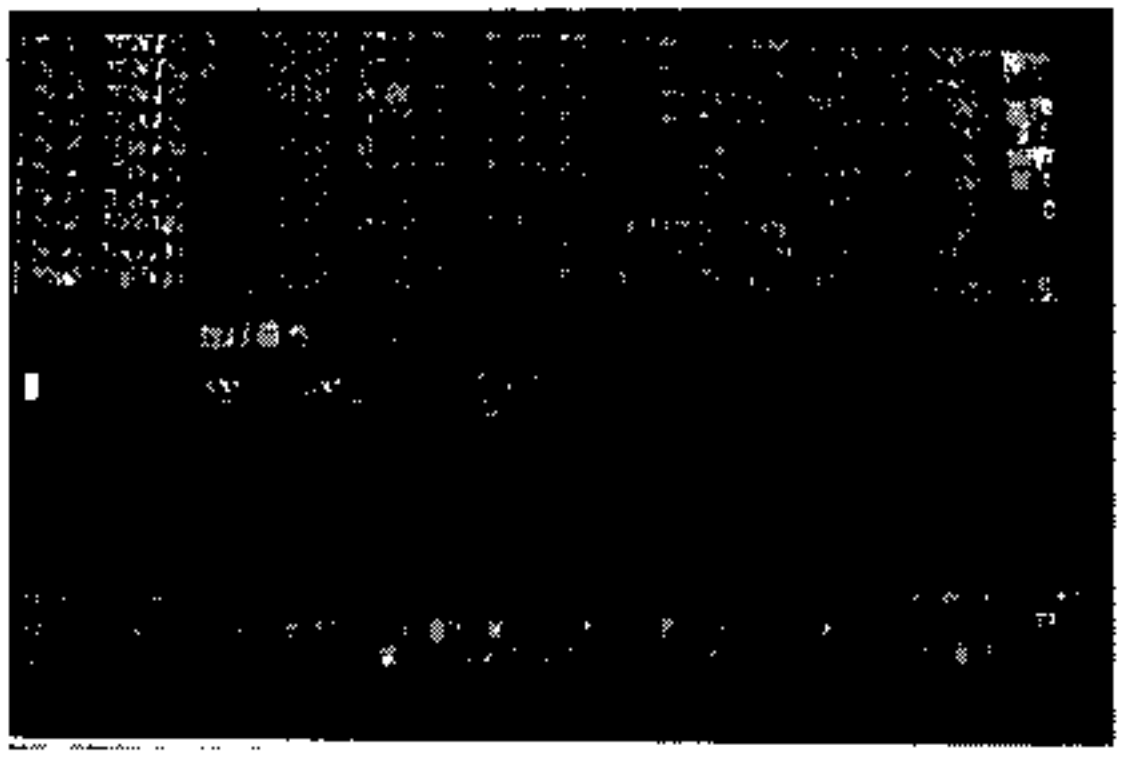
可以记录 50 或 14 等等频带。而象 50，110 这样的详细记录，作为数据参考是方便的。

⑧使用电功率

有执照的发射机，如果只有一台，发射功率是固定的，不需每次都记录。有多台发射机的情况，应记录进行 QSO 通讯的天线功率。

⑨备注栏(Remarks)

这是备忘录栏，记录对方电台的姓名，



照片 2—4　日记软件的画面一例。

QTH（或是移动的地点），设备、天线以及 QSO 通信中获得的数据。

因为没有规定必须在一行以内记录一个电台的有关事项，所以数据多时，跨几行记录也是可以的。用自己做的日记时，可将左右两页合成一个图页使用，将各种各样的数据分类记载，也可以增加设置姓名和 QTH 等栏目。

⑩交换方法

这是为 QSL 卡交换数据而设置的栏目，记录交换方法和确认寄出／收到等事项。

交换方法有四种，经由 QSL 管理局（日本的 QSL 局是 JARL）；直接邮寄（Direct）；SASE（邮寄供对方回信用的信封）；不交换（No）。为此规定了 B（或者 J）、D、S、No 记号，以便于在日记上填写。例子中没有专用栏，记录在备注栏每行的最后。

QSL 的寄出／收到的确认，除图 2—1 的例子之外，还规定：／（斜线）为寄出的记号；＼（反斜线）为收到的记号。×表示 QSL 卡交换完成的记号，在右侧栏目记录。左侧栏目可以记录 QSL 卡交换方法的记号。这样做可以节约空间。

也可以将寄出的记号记作 O。记号的确定，最好是符合各自的环境。QSL 管理人员的特殊数据最好记入备注栏。

最近，有销售个人计算机用于进行日记管理程序的软件，利用这些软件也是一种方法。特别是在以奖状收集为目的时，使用检索功能完备的软件就很方便（参看照片 2—4）。

俱乐部电台通讯时，因为是几个人在通讯，必须记录使用者的名字。例中所示的日记中，没有专用记录栏，可利用备注栏或右边栏目之外的地方记录。

QSL卡的意义和功能

3.1 QSL 卡

在业余无线电领域，称通信证（通信证明书）为 QSL 卡。这是业余无线台同事之间通信和证明通信的唯一文凭。邮递卡的形式很多，最原始的 QSL 是用 Q 符号[1]，表示接收证的互相传递 因此，所谓 QSL 卡是两电台之间相互通信的证明。

QSL 是证明通信（QSO）的卡片，不论是愉快的交谈，辛苦的工作，难为情的事情，以及各种各样的想法等都会纷纷进入 QSO 通信之中。在相互得到 QSL 卡时，就可以说终于完成了 QSO。

无线通信中，在最初与对方联系时，为了使 QSL 卡记录方便，重要的一点是通知对方必要的最低限的信息。例如相互间呼叫符号的确认、时间和场所，电波的强弱和质量（不是方法和 QSO 内容的质量），传输状态等等。业余无线通信中，在很多重要因素不确定的情况下，QSL 卡起到很重要的作用。

由于 QSL 卡也记录了一些技术和设备方面的想法，可以成为证明通信技术和设备（投资）好坏的重要证明。例如，某个期间如何与很多电台通信，QSO 通信困难的电台如何超过其他电台，掌握声音和 cw 的发出方法是否很困难等。

QSL 卡的另一个重要功能，是在本刊其他章节中提到的，为了申请参加某个运动会或申请奖状，记录没有错误、正确的 QSL 卡是不可缺少的。

人们从古时起，一直喜欢使用信件和卡片联络。作为通信的媒体，它将双方的心连接起来，将丰富的感情和自己的见解交织在一起。从信封、便笺、卡片的设计，一直到文字都凝聚了艺术的美。业余无线电使用的 QSL 卡同时具有问候信，恋爱信、贺年卡、新年卡一样的作用。

QSL 卡可堂堂正正地作为优秀的 QSO 通信的纪念品，同时，也可起到补偿贫乏的 QSO 内容（特别是外国语的 QSO）的目的，具有结束通信的作用。同时也是该台表达感想、主张、感情的工具。

卡片的设计，可以设计的复杂一点，栏目多一些，也可以设计的简单些、仅仅设计几个必要的栏目。不管是哪一种，都是具有个性的设计。

QSL 卡与一般卡片的不同点是，呼号在其有效期内是世界上唯一的。更进一步来说，它包含了各种各样的内容（国籍、地域、某种程度的个人情况）。因而，它与一般卡片等媒体不同。可以说 QSL 卡包含业余无线电的略语，简语，共同话题等有关 QSO 的庞大的信息量。

从这个角度来看，QSL 卡对于业余无线电通讯，无论从意义还是功能上，都是很重要的。

QSL 具有“静”和“动”两方面特点。所谓“静”是喜好者的设计和愉快的回忆；所谓“动”是作为努力成果的体现。从这一点来看，也许 QSL 卡是比实际的 QSO 通信还重要的极其珍贵的物品。正因为如此，QSL 卡已成为收藏的对象。

顺便说一下，在 QSO 通讯中，每每使用“QSL”。它表示“贵电台的报告和内容已全部了解，此事就此打住”的意思，而不是指 QSL 卡。将发送信息缩短成“OK QSL！那么下次？”这样极端的省略是在向目的地移动时使用的。

3.2 制作方法和记录法

3.2.1 QSL 卡的条件

QSL 卡只要具备能够证明通信的最低限度的功能就可以了。其它如尺寸、材料、设计等是不受限制的。极端地讲，可以用石材雕刻的艺术品，也可以用金箔和树叶一类的材料。所要选择和要实际考虑的是卡的尺寸、设计，以及更加经济。QSL 卡应适用于以下的邮寄方法，即后面所叙述的交换法中提到的 JARL 和外国办事处，可经过它们寄出或用邮政明信片或放入信封直接寄出。

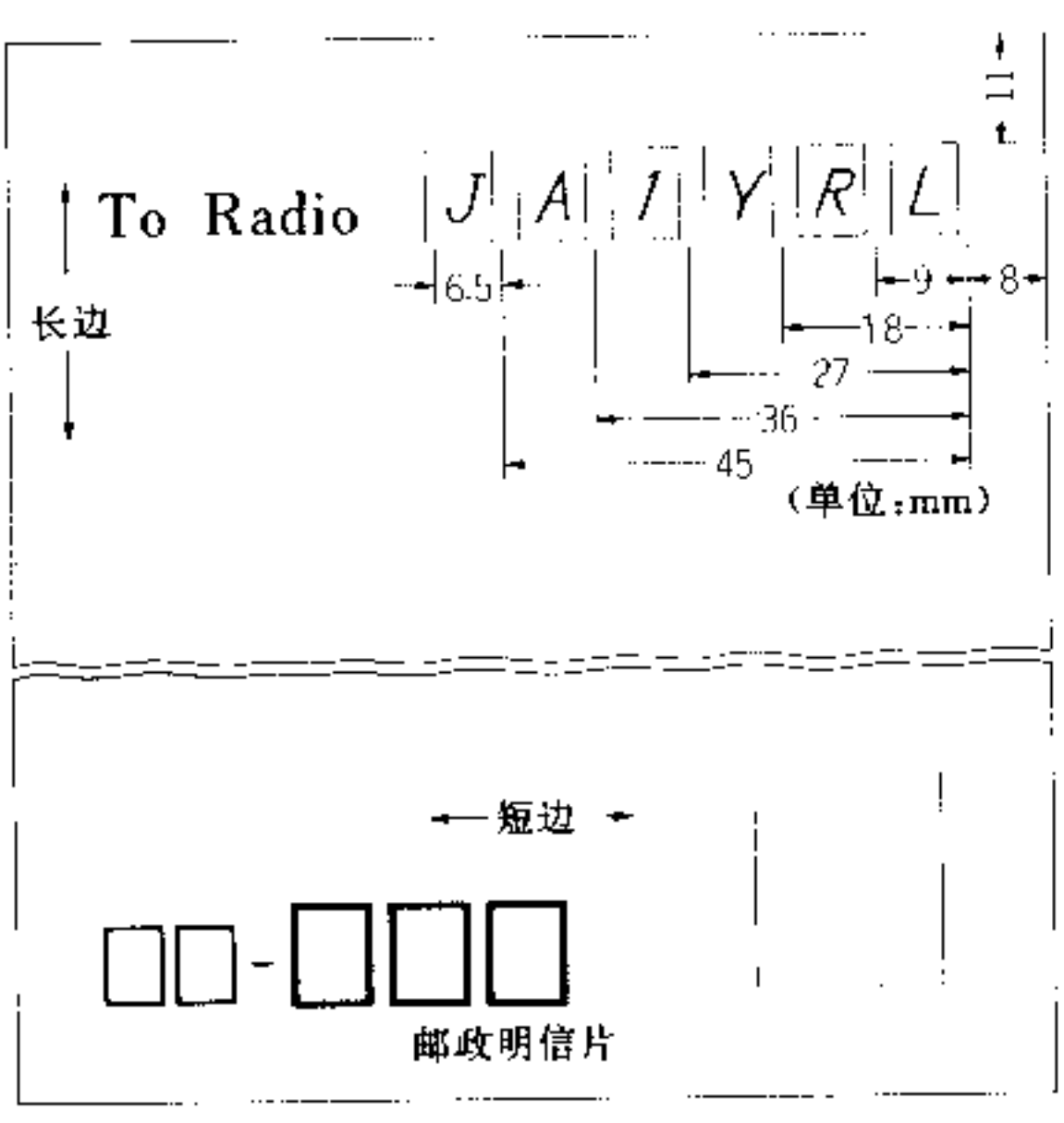


图 3—1　按照 JARL 规定，在框线内填写转寄对象的符号。

关于 QSL 卡的尺寸和材料，JARL 的规格概括如下：

1. 尺寸为长边 14～15cm，短边 9～10cm，重量 2～4g 以内。

2. 发送地点（对方电台）的呼号写入框线（或者是填写位置）如图 3—1 所示。

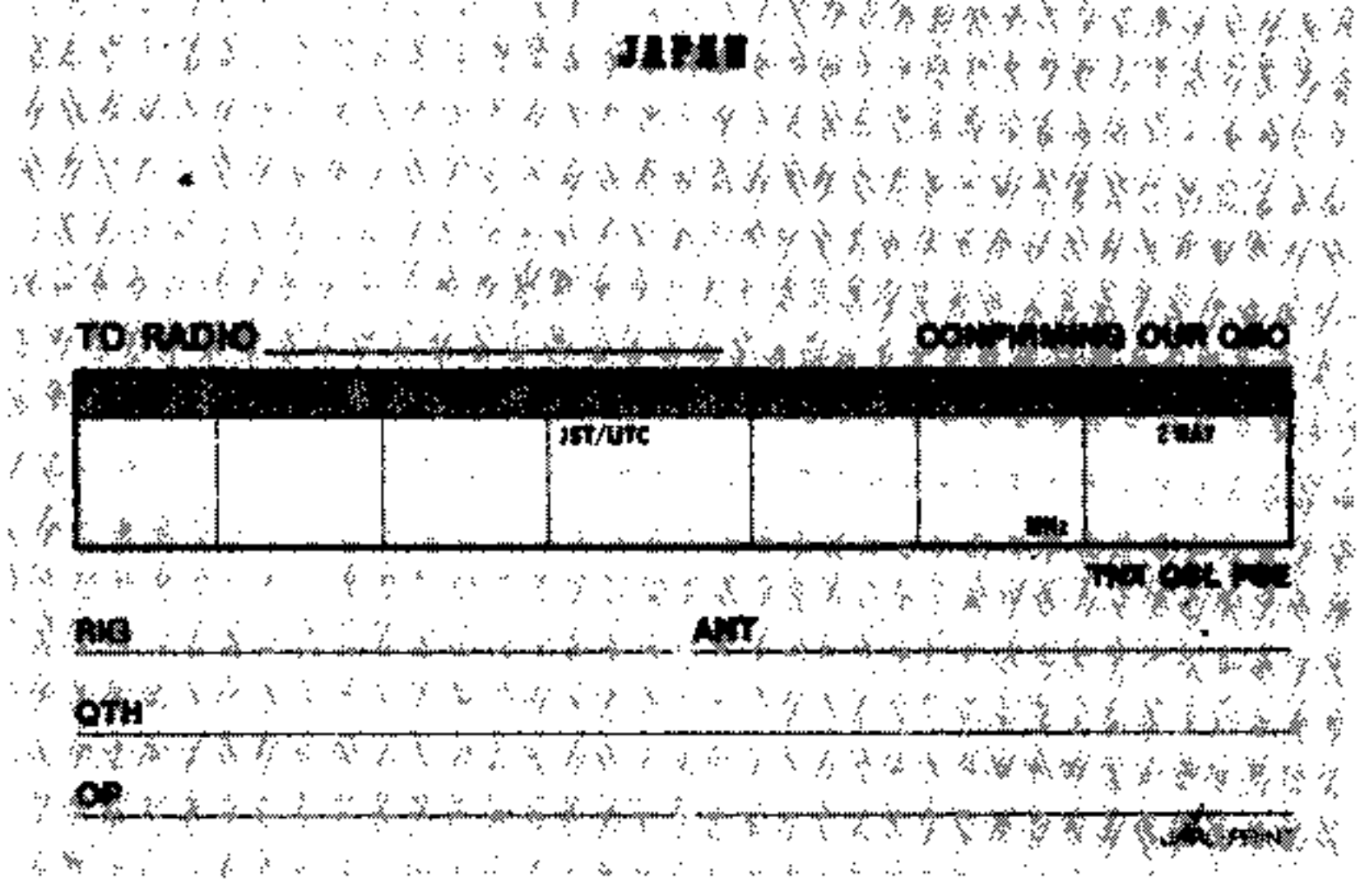
3. 材料是质量均匀的纸，记载发送地点呼号的纸面应是白的或者是淡色的。

另一方面，国内的邮政明信片的规格是长边 14～15cm，短边 9～10.7cm，重量 2～6g，表面是白色或者是淡色。卡片上有“邮政明信片”或者相应文字（post Card），还有填写邮政编码的框线。

来自国外的 QSL 卡和明信片的大小各种各样。14×9cm 左右尺寸的为多，考虑到要放入信封，尺寸不能太大。

经比较可以看到，QSL 卡与明信片的大小和材料能全部满足 JARL 要求的规格。

QSL 卡必须记录的事项要与完成 QSO



照片 3—2　JARL 标准卡

通信后写入日记（电台日记、QSO 记录用纸）的内容没有差异。

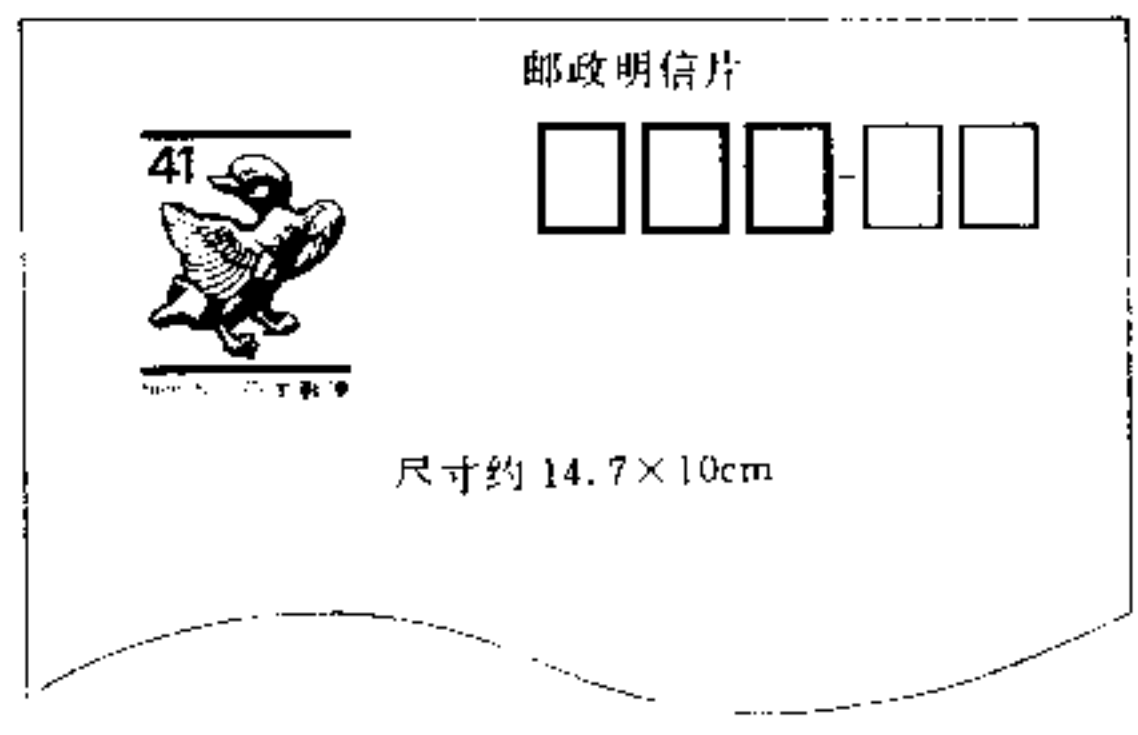
QSL 卡必须记录的事项如下：

1. 本台的呼号
2. 已完成 QSO 通信的对方台的呼叫符号
3. 通信证明文字
4. QSO 通信的年月日
5. 进行 QSO 通信的时刻(UTC 或 JST)
6. QSO 的频率(MHz)
7. 对方电台的信号强度(RST)
8. 电波形式(MODE)
9. QSO 通信时本台地点

除此之外，为了使对方便于回复 QSL 卡，尽可能地用日文、英文两种文字下面的内容：本台地址，邮政编码，姓名（相应的电话号码），完成 QSO 通信的无线电设备（RIG）和输出（input 或 outputW），天线（Auth. H：地面上的高度），QSO 的致谢（TNX FB QSO 等）。如设备注栏，可使内容更加充实。

照片 3—2 是 JARL 标准卡，使用这种已做好的卡片（其中有市场销售品），在上面书写后，再贴邮票，这也是一种制作方法。

当然也有全部手写，或者根据自己的爱



照片 3—1　公制明信片（私制的也是同样大小）

好印刷的办法。这里简单说明一下有关必需记载的各个项目要特别注意的方面。

(1)本台的呼号

因为是要作成 QSL 卡，应设计得引人注目。移动使用时，必须在备注栏中斜线（／）后边的某处，明确地写上使用场所（区域、都道府县和市、町、村名、郡名、山名等，尽可能写详细）。同时写明在陆上移动体（M），海洋上（MM）、空中航行（AM）等不同的运动方式。

(2)已进行 QSO 通讯的对方电台呼号

To 或者 To Radio 的后边写入对方电台的呼号。对方移动使用时，应写上(1)中所述的书写要求。

To Radio

Op. Mukuno JA1ZOH

Confirming☑Our QSO □Ur Reception Report

DATE 1991	□JST □UTC	RST	MHz	2WAY
Mar. 17	9-45	599	14	CW

☑Pse QSL Tnx□ (QSL #)

Rig. IC-760Pro Input 200W

Ant. TA-33

Rmks. Tnx

Makoto WATANABE JH1VCI

Post Card

□□-□□□

照片 3—3 满足 JARL 的标准，也可作为明信片使用的卡片在白底上印上红字。很便宜，在反面可以完全自由地进行设计。明信片中书写表格占到长边的 1／2 的地方。

(3)证明文字

QSL 卡是 QSO 通信的证明书，因此证明文字是必要的。写入 Confining Qur Qso (也可用日文)。

(4)进行 QSO 通信的年月日

因国内外通信，最好用公历。将月日记入栏目时可以用欧文(AUG・15 等)表示，或者像 1989. 08. 15(或者 15. 08. 1989)那样的顺序书写。

(5)QSO 通信时刻

明确是用 UTC (coordinated Universal Time＝世界时)，还是使用在 UTC 上加 9 小时的 JST (Japan Standard Time＝日本标准时)时间表示后，将 QSO 开始时刻用 24 小时表示写入。向国外通信时，当然使用 UTC。可以认为 GMT (Greenwich Mean Time＝E) 与 UTC 是一样的。QSO 时，利用 JJY 广播的报时，UTC 制式减去 9 小时，与自己的电子表对时。用这种对时方法，不会因匆忙而搞错时间，很方便。

(6)QSO 的频率

以 MHz 形式记录。10m 等用 m 表示，容易与用 10Mz 频带混淆。

(7)对方的信号强度

用 R (Readability) 1～5, S (Singnal strengh) 1～9, T (Tone) 1～9 的顺序表示。例如电话是 59，电报是 599。

(8)电波形式

双方使用 SSB 进行 QSO 通信时，写法是 2WAYSSB, 或 2XSSB。双方的模式不同时，正确的写法是 URSSB／Mrcw。

(9) QSO 通信时的使用场所

在(1)中的本台呼号的地方填写。如果别的栏目记载着本台的住址，并就在此地进行 QSO 的话，就不要记使用场所。以上的项目都很重要，当记录时写错了，最好不要修改。因为经过修改的 QSL 卡作为通讯证明是无效的。应在新卡上重新填写。

3.2.2 设计

把包含文字、构思整体的结构和配色称之为设计。到目前为止，我们已经知道，尺寸和材料如符合 JARL 标准，就可用于转寄或邮寄等所有邮寄方式。一些必要的记录事项和其他事项也已说清楚了。QSL 卡在运动会、DX 远征，或是申请各种奖状的活动中充分发挥了其功能这已经足够了。但是，就象对贵重物品一样，谁都想偿试一下，做一个优秀的独一无二的 QSL 卡设计。

QSO 常常会出现通信的缺欠问题，QSL 卡能够给予一点补救。

优秀的设计不只是技能的高低。不论是寄出还是收到 QSL 卡，大家都希望通过交流

照片 3—5　以自己的艺术作品为题材作成的卡片。

带来愉快。

照片是个很普通的例子

现在有很多专门印刷 QSL 卡的公司（请翻看杂志调查一下），这些公司得益于高质量的照相机制做漂亮的 QSL 卡。自己也可以偿试制作美丽、低价的 QSL 卡。

3.2.3

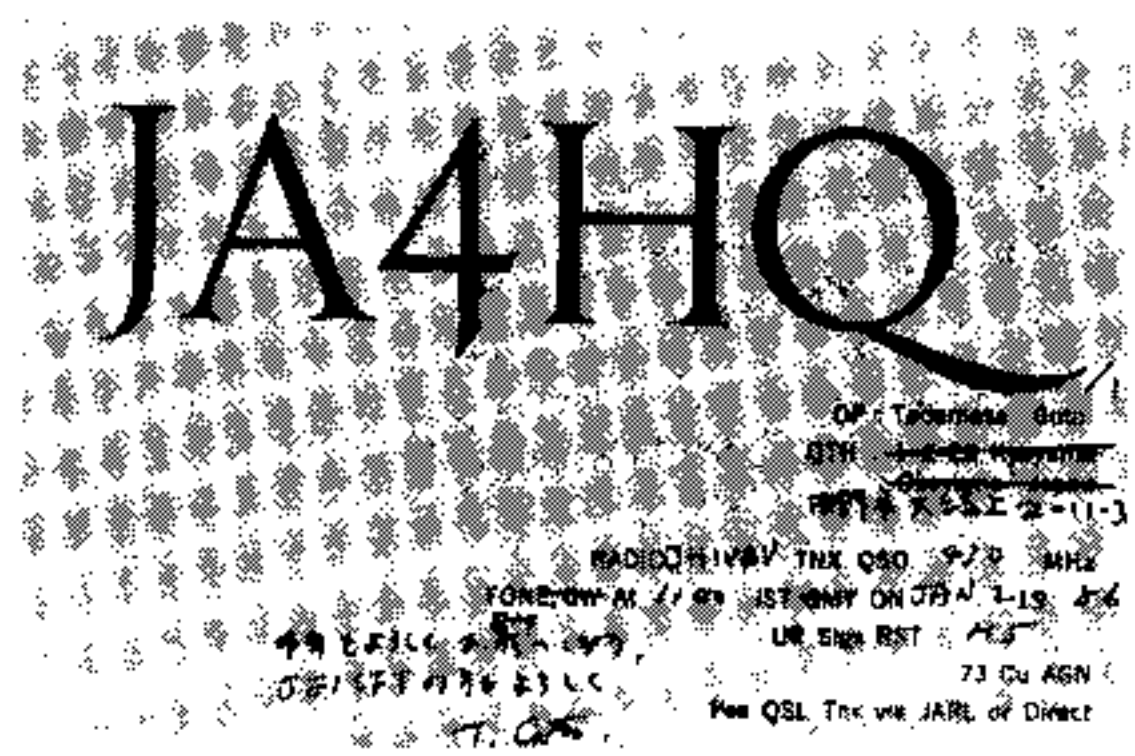
QSL 卡的交换方法

国内有许多 QSL 卡要一件一件地邮寄到国外去，即费事又费钱。现在有一种将卡集中起来，合理地、经济地转寄的方法。

在日本，JARL 一直在办理这项业务。QSO 通信时所说“卡片由 JARL 办理”或者“Via the Buro”等内容就是表示使用这种方法。经过 JARL 将 QSL 卡寄到国内会员电台或海外台时，按转寄的规定来办理。

QSL 卡有标准和规定的限制，例如规定，在国内，收寄双方必须是 JARL 会员，在国外，有的国家不能转寄。如果符合条件，无论有几枚 QSL 卡，都能给予转寄，所以是一种经济方便的通信方法。

1. 如前所述，尺寸和材料及书写格式应



照片 3—4　全白的底，印上银色的字，是简洁又豪雅的佳品。

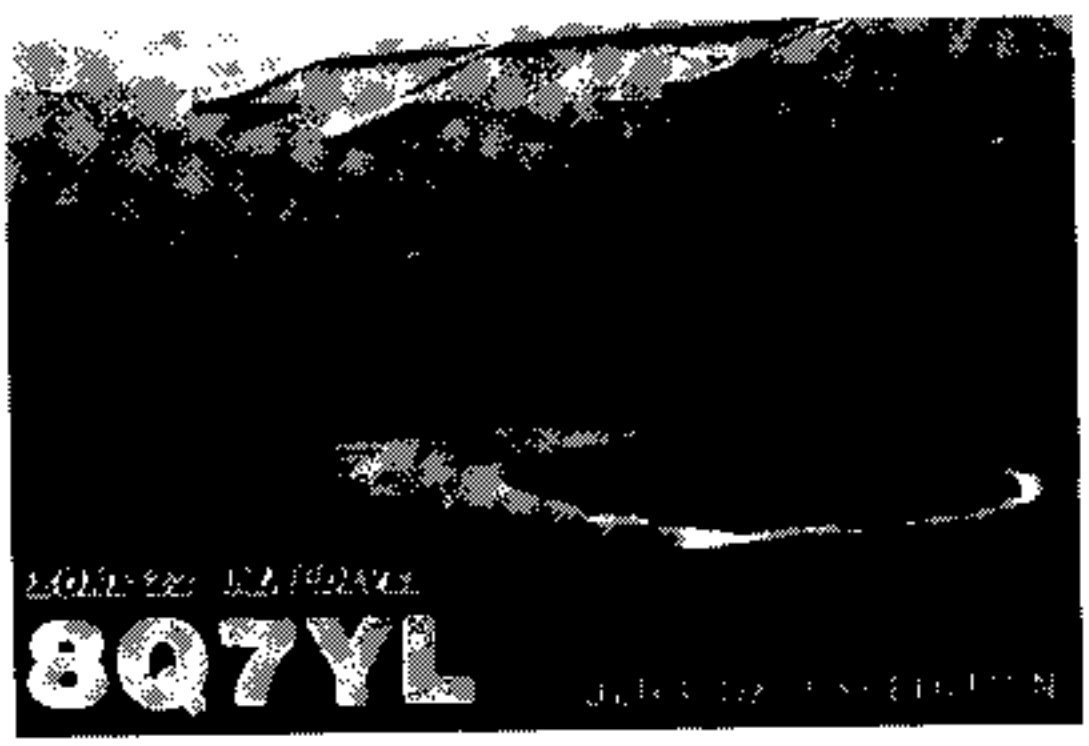
符合 JARL 标准。

2. 不属于 QSL 记载的内容，按国家的法律给予禁止，不应违反公共秩序和良好的习俗。

3. 粘贴的粘胶、标签和封条也应受场所和内容的限制。

4. 为了便于 JARL 整理 QSL 卡，首先按地区集中，然后将呼号的第 2 个字母按字母表顺序集中整理。

5. 整理发往国外的 QSL 卡时，应将对方的呼号的第一个字按字母表或数字顺序汇总。



照片 3—6　用自己拍下的照片作素材的一例。照片是在飞向“远征”电台的飞机中拍下的。

照片 3—7　用插图构成的卡片，配色很鲜艳，后面还用英文写有设计说明。

6. 不符合标准的卡要毁弃（来自国外的卡例外）。

7. 原则上每月寄发一次。

8. 经由 QSL 管理人员寄送时，在目的地电台框线的左边写上 Via. 框线内写上管理人员的呼号(QSO 电台的呼号写在其他地方)。

9. 寄往 JARL 的装有 QSL 卡的信封中，绝对不要放入现金和书信。必须在信封上用红字写“内有 QSL 卡”字样。

10. 没有 QSL 管理局的国家，就不能转寄。(这些国家的一览表随时在变动，请参照 JARL 新闻和无线电杂志)。这种情况，可去询问 QSL 管理人员，是否可直接邮寄。

11. 将 QSL 卡寄往 JARL 的地址是：

〒170 東京都豊島巣鴨 1—14—2

日本业余无线电联盟事务局 QSL 局。

以上是由 JARL 交换 QSL 卡的方法。然而，当确认了对方是 JARL 会员之后还不回信，就变得徒劳了。这可能是由于 QSL 管理人员或国外卡片局频繁变动引起的，所以应经常做些调查，有效地使用 QSL 卡。有的外国电台说，经 JARL 通过国外卡片局转寄的 QSL 卡几乎没有希望到达目的地。但是，从 5 年统计的数字表明中，有 70%的回收率。

● 国外卡片管理局和 QSL 管理员

收到 QSL 卡越快越好，其方法是将 QSL 卡直接邮寄到对方国家的卡片管理局，将对方国家寄来的 QSL 卡整理汇总，再分寄到各电台。(国外卡片管理局的一览表参照书后的资料篇)。

为了搞好 QSL 卡的服务和方便起见，与国外电台进行远征 QSO 通信时，常指定 QSL 卡的管理员。这样经由 JARL 可很方便地交换 QSL 卡，所以要了解清楚管理员的变动情况。

QSL 管理员以世界范围而论，数量太多，而且经常变化，因此要翻阅国外的 call book 或 DX 机关杂志等书作调查。

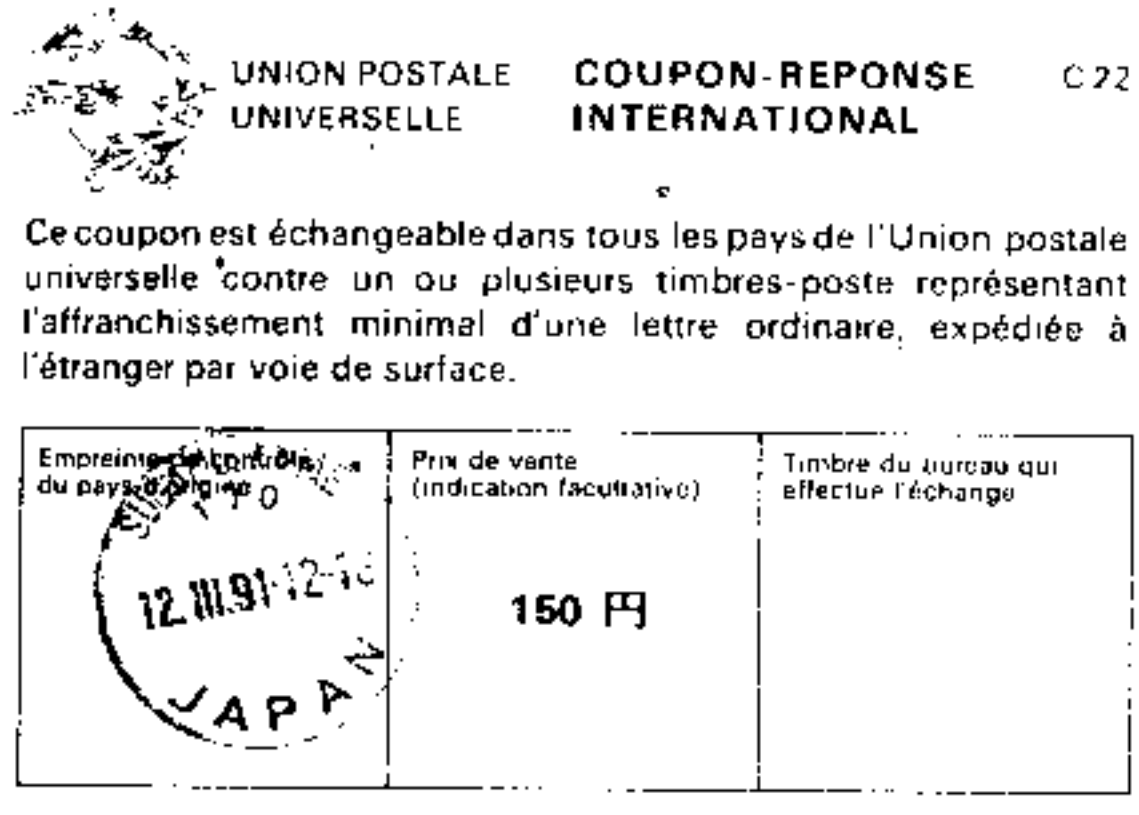
● 邮寄时的注意点[*5]

在国内邮寄是不成什么问题，但往国外寄情况就复杂一些，有的国家邮政条件恶劣。自己做好调查的同时，最好与邮电局商量一下，是否要挂号以及所需的费用。

3.2.4 SASE 和 IRC

所谓 SASE 就是 Self addressed Stampeel Envelope，是在给对方回信用的信封上写明自己电台的通信地址，贴上邮票，一同寄出。所谓 QSL 卡的 direct (直接)交换，这种方法已出现。向国外寄信时，如果有对方国家的邮票，就要贴足邮票；如果没有，可买 IRC。将必要数额的 IRC 一同寄出的方法叫做 SAE (Self adressed Envelope)方法。

所谓 IRC，International Reply Coupon.


UNION POSTALE UNIVERSELLE
COUPON-REPONSE INTERNATIONAL
C 22

Ce coupon est échangeable dans tous les pays de l'Union postale universelle contre un ou plusieurs timbres-poste représentant l'affranchissement minimal d'une lettre ordinaire, expédiée à l'étranger par voie de surface.

Empreinte du contrôle du pays d'origine	Prix de vente (indication facultative)	Timbre du bureau qui effectue l'échange
12.III.91 JAPAN	150 円	

照片 3—8　IRC　1991 年 4 月是 150 日元。
在邮政局购买。左边盖有生效图章。

照片 3—9　向短波收听者发行的卡片。

就是国际回信用邮资券。如果是万国邮政联盟成员国，那么，1 枚 IRC 相当于到目的地国的海上邮寄费用的邮票。航空邮寄时，根据不同的国家和不同的时期，等效的邮票枚数不同，要到有公告的邮局询问。

3.2.5
SWL 卡 *6

主要接收业余电台通信的人称之为 SWL (Short Ware Listener). SWL 接收业余台的通信，有时也寄发接收报告。SWL 卡的记录内容与前面叙述过的 QSL 卡的记录内容大致相同，将接收报告书的内容代替(3)的通信证明文字内容，填写在上面。并且记录通信对方。

如果是会员的话，SWL 卡也能够经由 JARL 寄出。

业余电台在接收 SWL 报告时，核对日记后，如果符合，就回寄对于 SWL 的回答卡。如照片所示。如果卡上没有所报告的项目的话，去掉通信证明文，进行改写（例 Confirming Report）. 下面可填写与 QSL 卡大致相同的内容。SWL 可经由 JARL 转寄，从左往右在标准框线里填上 SWL 数字，写出框线外也可以。委托 JARL 转寄时，将所有的卡按国内、国外，SWL 的顺序汇总整理。

为使用制定的电波法规

在电波法令中，制定了使用无线电台（包括业余电台，以下相同）的一般通则以及处罚的规定。通则主要是为业余电台的使用而制定的。本章记述了按照通则，应该遵守的事项和违反通则时的处罚规定。

文中的“法”以及“施行”，各指电波法和施行规则。

4.1 遵守无线电执照所记载的事项

业余电台的执照中，记载着目的，通信的对方，通信事项，无线设备的设置场所，呼号，电波形式以及频率等。准许使用电台的人，在使用时，必须按照执照上所记载的事项进行操作。

(1)禁止目的以外的使用

业余无线电台的使用范围不能超出执照上记载的目的，通信对方以及通信内容的规定，除此之外，可在下列情况使用：

①遇难通信（船舶或是飞机遇到重大而紧急的危险情况时，首先发出遇难信号，再进行无线通信）。

②紧急通信

③接收广播

④为进行无线电设备的试验或调整进行通信。

⑤为训练紧急通讯而进行的通信。

⑥紧急抢救人的生命的通讯（仅限于其他通信系统完成紧急通信任务有困难时使用）。

业余电台开设的目的，“不是为了金钱，而是根据个人对无线电技术的兴趣，专门进行的个人通信技术训练以及对通讯和技术的研究。”因此，如果超出了无线电台执照书中记载的目的、通信对方或通信内容的范围，就被禁止使用。

如违反了使用规定，判一年以下徒刑或处以 20 万日元以下的罚款。（法 110 条第 3 号）

(2)无线设备的设置场所，呼号，电波的形式、频率。

在使用业余电台时，有关无线设备的设置场所（在使用移动业余电台时指移动范围），呼叫符号，电波形式以及频率范围，必须按照执照中记载的有关规定。

违反使用规定，处以一年以下徒刑或 20

万日元以下的罚款(法 110 条第 3 号)

(3)天线功率

业余台在使用时的天线功率，应在许可证上记载的范围内。除了遇难通信外，必须是进行通信所需的最小功率值。如果超出了指定的天线功率，在使用时就不能够严格地进行控制。其操作者将被处以一年以下徒刑或 20 万日元以下罚款(法 110 条第 3 号)

4.2 无线通信的秘密受保护

波法 59 条中有保护无线电通信秘密的规定："任何人除了法律特别规定的某些场合外，窃听特定对方的无线通讯，并泄漏其通讯的存在和内容或者窃用都是不允许的。"

所谓"法律特别规定的某些场合"是指适用于法 80 条第 2 号的场合（如果认为无线电台违反了电波法式根据电波法制定的规定，可向邮政大臣举报）。所谓"对特定方进行的无线通信"，指的是通信对方被具体的限定所进行的无线通信。该通信是主动的，或是偶然的被接收到，知道了其通信的存在和通信内容，叫做"窃听"。电波法中，所谓"窃用"是指违背发送人或接收人的意愿，利用了别人无线通信中的秘密。

泄漏别人的通信秘密并窃用者，被处以二年以下的徒刑或者 30 万日元以下的罚款(法 109 条第 2 项)

4.3 停止发射电波

业余电台发射电波的质量被认为不符合邮政省命令中的规定时，令其临时停止发射(法 72 条 1 项)。被命令临时停止发射电波的业余电台，必须立即停止发射该电波，必须努力使电波质量符合邮政省命令。

如果继续使用被命令临时停止发射电波的无线电台，被处一年以下徒刑或者 20 万日元以下的罚款。(法 110 条第 5 条)

4.4 禁止事项

(1)禁止虚假的通信

不允许通过业余电台的无线电设备，为自己和给予他人利益，或者以损害他人为目的，发射虚假通信。

发射这种通信的人被处以 3 年以下徒刑或 50 万日元以下的罚款。(法 106 条)

(2)禁止主张用暴力破坏政府的通信

不允许用业余电台的无线设备发射主张用暴力破坏日本国宪法或破坏基于宪法成立的政府的通信。发出这种通信的人，被处以五年以下的监禁(法 107 条)。

(3)禁止猥亵的通信

不允许和用业余无线电台设备发出猥亵的通讯。发出这种通信的人被处以一年以下的徒刑或 30 万日元以下的罚款(法 108 条)

(4)禁止使用暗语

在实验无线电台及业余无线电台的通信中，不要使用暗语(法 58 条)

停止或限制使用业余电台

业余电台的持照人在更换许可证时，规定该电台在三个月内停止使用。或者规定某一期间限制通信时间、频率或功率（法 76 条第 1 项）。

①违反电波法或者广播法或根据这些法制定的命令时停止使用

②不遵守电波法或者广播法或者根据这些法律制定的处分时停止使用。

不遵守停止使用处分的人，给予以下的惩罚：

(a) 使用被停止使用的业余电台，被处以一年以下的徒刑或 20 万日元以下的罚款（法 112 条第 5 条）。

(b) 违反限制的容许使用时间、频率和无线电功率者处以 20 万日元以下的罚款（法 112 条第 5 条）。

4.6

吊销业余电台的执照

(1)业余台的执照被吊销。

业余电台的持照人成为没有日本国籍的人时，该业余电台的执照被吊销（法 75 条）。但是侨居在日本的美国、德国、加拿大、澳大利亚以及法国等国籍的人除外，因为这些国家与日本缔结了相互使用协定。

(2)暂时取消使用业余台的许可

业余电台的持照人在申请新的执照时，暂时取消该台的执照（法 76 条第 2 项）。

①以不正当的手段得到业余台的执照，或通信事项的许可，或天线设备设置场所变更的许可时。

②以不正当的手段得到无线设备变更工程的许可。

③以不正当手段变更被指定的电波形式以及频率、呼叫符号、功率以及使用容许时间时。

④不服从停止使用业余电台的命令，不遵守业余电台容许使用时间的限制，以及不遵守对无线电功率和频率的限制。

⑤犯了违反电波法或广播法规定的罪行，被处以罚款以上的处罚，或在接受处罚后，或在刑满后两年内。

4.7

取消无线电操作

无线电操作者在申请新的许可证时间，取消其资格，或者规定三个月的期间内停止其操作（法79条）

①违反电波法或者根据电波法制定的命令，或不遵守给予的处分时。

②以不正当手段得到无线电操作者的执照。

③产生显著的身心缺陷，已不适应从事无线电工作时。

另外，受到停止从事此项业务的处分的人，违反其处分进行无线电设备的操作时，被处以10万日元以下的罚款（法113条第5条）。

不法电台的报告书

19　　年　　月　　日

电气通信监理局长 先生
（电气通信部）

住所

许可人

姓名

电话号码

由于下列情况，我认为是未得到许可开设的无线电台（不法无线电台），因此根据电波法第 80 条的规定进行举报。

* 不法无线电台的使用者	住所	
	姓名	
	联络对象	
	车辆登记号	
有关不法电波的事项	呼叫名称等	
	电波的形式和频率	
	接收的时间	
	频度高的时间带等	
通信概要和其他特别有参考的事项（应尽可能地详细填写）		

* 不明确时，应填写上 *

图 4—1　发现不法电台时，向地方电气通信监理局提出报告书的一例(B5 规格)

4.8 发现不法无线电台时的处理措施

所谓不法无线电台，说的是市民的高功率无线电设备，非法的无绳电话，业余频带内的不法电台（例如，不呼叫呼号，被错误地认为是业余无线电台）。

在发现这样的不法无线电台时，应该按照以下的要领根据电波法第 80 条向各地方电气通信监理局报告。80 条中还规定，发现违反法令使用电台时也应该报告。

(1)报告书的格式

对报告书的格式还没有特别的规定。图 4—1 是一个例子。

这种格式的报告书，在联盟事务局会员业务部业务科和联盟各地方事务局（除关东地方事务局之外）都有。必要时，应在信封里一同寄去回信用信封（贴上 62 日元邮票），申请使用该报告书。

(2)报告书的填写方法

各个内容都要尽可能具体、易懂地填写。如能确认汽车上的不法电台，应填写该车辆的牌照号(number)。

(3)报送单位

各地方电气通信监理局电气通信部，或者冲绳邮政管理事务所电气通信监理部。

第5章 排除各种干扰的措施

5.1 TVI 及其对策

TVI (Television Interference)，是指由于受业余电台电波的影响，电视画面出现倾斜和水平条纹，或者混入声音等等。

(1)TVI 产生的原因

产生 TVI 的原因，大致分为以下两条：

①来自发射机寄生振荡（特别是高次谐波）。

②来自发射机的基波。

(2)TVI 的检测方法和对策

①寄生振荡

如果在电视机的特定通道产生干扰，首先要用表 5—1 检查一下，产生 TVI 的电视机的某个通道的频率是业余电台发送频率的高次谐波。

例如，发出 52MHz 的信号频率，在电视机的第三通道发生 TVI. 而其他通道没有时，可以认定 52MHz 的 2 次谐波是产生 TVI 的原因。

像这样，高次谐波干扰电视是不可能避免的，因此，可采取衰减业余电台高次谐波的办法来减少干扰。使用 LPF (低通滤波器) 和天线耦合器是一种方法。

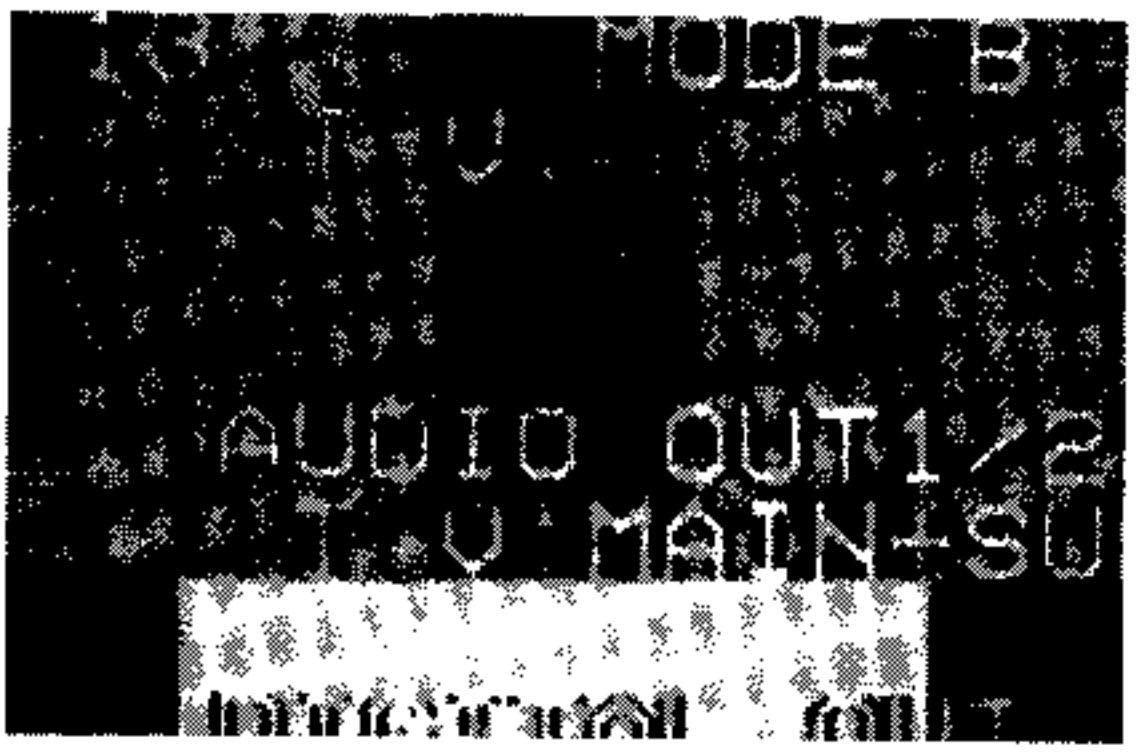
②基波

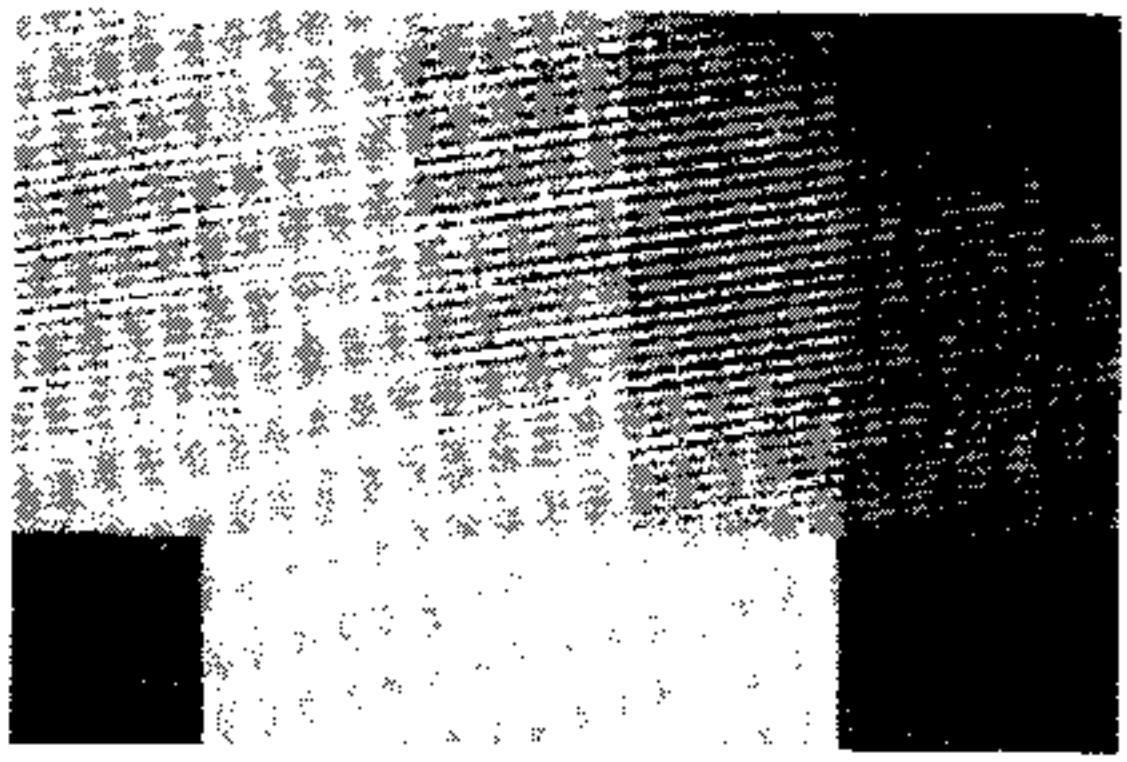
由基波产生的干扰，发生在电视机的所有通道，或与发射频率没有高次谐波关系的几个通道。业余台的基波通过电视的天线系统，或直接进入电视机内部，产生调制或被检波。因此，可以在电视机上采取消除业余台基波的措施。在业余电台不可能办到。

例如，将电视天线拆掉，在没有干扰的条件下，在电视天线端子处安装上 HPF (高通滤波器) 消除来自业余台的基波，或者安装上陷

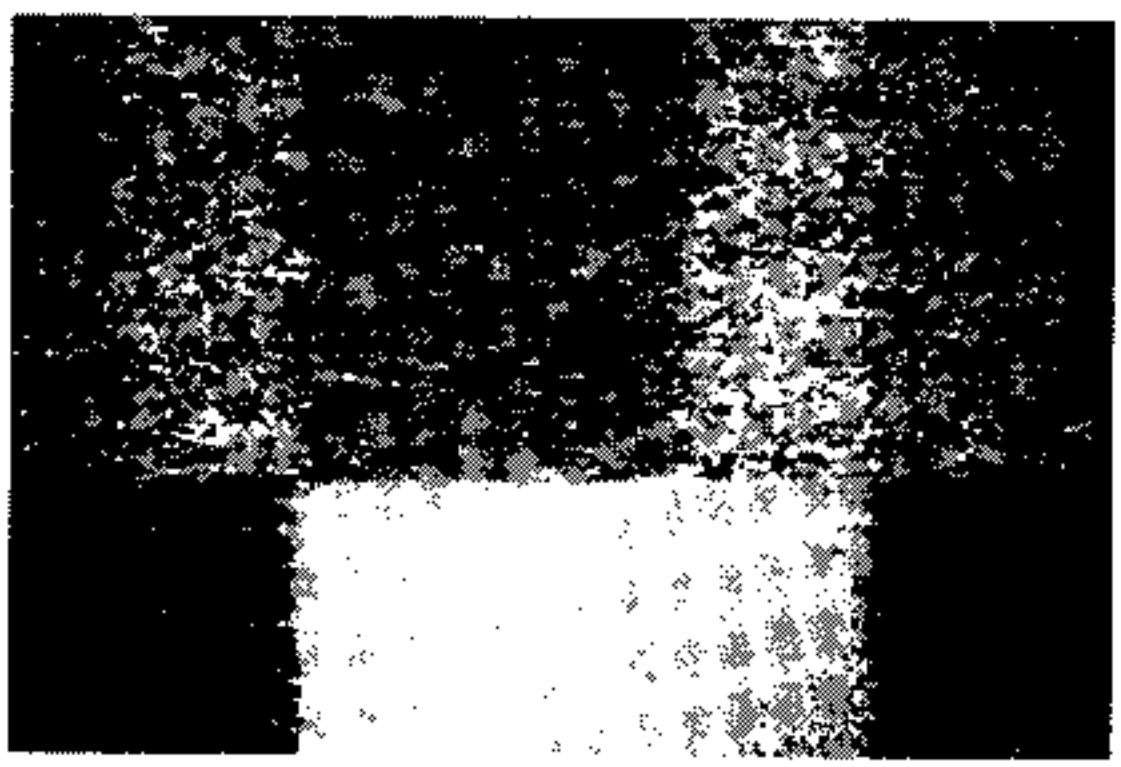
表 5—1

	频率		频率
1	90MHz—96MHz	7	188MHz—194MHz
2	96MHz—102MHz	8	194MHz—198MHz
3	102MHz—108MHz	9	198MHz—204MHz
4	170MHz—176MHz	10	204MHz—210MHz
5	176MHz—182MHz	11	210MHz—216MHz
6	182MHz—188MHz	12	216MHz—222MHz





照片5—1　由模拟实验产生的干扰一例。左边是正常的图像，旋转电视机的增音器旋钮，产生如右边的干扰。50MHz 频带50W*。



照片5—2　从 BS 调谐器的中频直接进入的干扰。是1200MHz 频带的手持机。*

照片5—3　实际发生的干扰一例。CW 键按下时，发出21MHz 频率。

波器，减衰基波。

③“业余无线电与电波干扰／原因和对策”以及向大众发行的小册子“各位近邻请多关照”。

关于对付 TVI 的详细办法，可参考“业余无线电与电波干扰／原因和对策”（每册100 日元，邮费 72 日元）。还可参看在附近散发的有关 TVI 的小册子“各位近邻请多关照”。借助于这些说明书的帮助，对防干扰是有益的。

(3)委托电视机生产厂家采取措施。

如果在电视机天线端子处安装了 HPF 还发生 TVI 干扰现象时，这是因为电视机内部混入了基波。可根据不同种类的电视机采取不同的措施。

无线电爱好者本人不能解决干扰问题时，可以征得被干扰住户的同意，请电视机生产厂给予解决，并要做以下调查。

①生产厂名

②型号（数字和字母表构成）

③症状：尽可能详细。

电视机：图像及伴音都有干扰，还是仅仅其中之一有干扰。

立体声音响：是放音和收音两者都有干扰，还是仅仅其中之一受到干扰。

④被干扰住宅的住址、姓名、电话号码。

以上事项调查完后，用电话委托 JARL 监查指导委员或 JARL 地方事务局来处理。在关东地区发生电波干扰时，委托联盟事务局会员业务部业务科。在委托时，请将发生干扰的频带，所用发射机的型号地段，功率，天线以及从发射天线到电视天线或者到立体声音响的距离等事项一起通知被委托方。

(4) 调查 TVI 事项访问被干扰住宅时的注意事项。

为进行 TVI 调查或者为采取防止措施，访问受到干扰的住户时，不使住户情绪恶化，使其配合合作是解决问题的第一步。即使干

扰的原因是基波的干扰，也要十分谨慎地说话，切忌说“贵府的电视机不好”等话。电视机的主人往往想不到，因为业余台就在附近，而电视机又没有排除业余台基波的设计，所以受到干扰。

假如住户的情绪变坏，就会拒绝在电视机上安装 HPF，或者拒绝申请在电视机内部采取防干扰的措施。为了不使这类事发生，有必要向对方说明并请对方理解业余无线电爱好者的工作。同时，要很好地倾听对方的苦衷，努力使对方明白自己正在诚心诚意地帮助他消除干扰。

5.2 消除电话机干扰的委托办法

在电话机上发生干扰时，与前面第(3)项所述。在得到被干扰住户允许，请电视机生产厂家采取措施的承诺之后，对以下各项进行调查：

①生产厂名，型号名称。

②被干扰住户的住址、姓名、电话号码。

③干扰的具体状况

④业余电台的住址、姓名，呼号，电话号码，使用发射机的型号名称，发生干扰的频带，发射无线电功率，从发射天线到受到干扰的有线电话机的距离等等。在关东地区，委托联盟事务局业务科，在其他区域，委托最近的各地方事务局。可通过电话直接委托。

另外，关于 NTI 制式的产品，直接从业余台打没有局号的 113 电话最方便，与其商谈有关解决的措施。

·万一发生电波干扰时，最先想看的就是这本小册子“业余无线电和电波干扰／原因和对策”。由 JARL 事务局颁布。1 册 100 日元（含税），邮费 72 日元。

·关于电波干扰最令人耽心的是使近邻关系恶化。为了避免陷入这样的僵局，最好事先散发这种小册子。这种小册子也是由 JARL 事务局颁布的。5 册为一组，100 日元（含税），邮费 72 日元。

紧急通信

在发生地震、台风、洪水、电波、雪灾、火灾、暴动和其他紧急事件时，或者在发生危险的某个场合，不能利用有线通信，或者利用起来非常困难时，为了救助人的生命、救灾、确保交通通畅或者维持秩序所进行的无线通信业务叫做“紧急通信”(法 52 条)。

JARL 为了在业余台实行紧急通信及为圆满地进行此项训练，规定了以下基本事项。

6.1 紧急通信的实施

①依靠许可人独立的判断，在其责任范围内实施紧急通信。

②紧急通信所必要的经费（也包含与二次灾害有关的费用）在许可人的责任范围内负担。

③实施紧急通信后，按图 6—1 的格式，向有关地方电气通信监理局长提出报告书。

6.2 紧急通信的内容

在接到紧急通信的委托时，在确认该通报符合以下的各项内容之后，尽可能地响应。

(1) 有关人命的救助。

(2) 天灾的预报（包含主要河流的水位）以及有关天灾及其他灾害的状况。

(3) 急需的气象、地震、火山等的观测资料。

(4) 在紧急事态之际，有关事态的恢复处理，交通管制及秩序的维持，或对于紧急事态的处理措施。

(5) 有关暴动的情报联络及紧急处理措施。

(6) 在特殊灾害时对于犯罪所采取的必要的紧急处理措施。

(7) 有关遇难者的救护。

表 6—1　紧急通信频率

频带	通信方式等	紧急通信频率	备注
3.5MHz	CW AM SSB	3.525kHz±5kHz	
7MHz	CW AM SSB	7.030kHz±5kHz	
14MHz	CW AM SSB	14.100kHz±10kHz	
21MHz	CW AM SSB	21.200kHz±10kHz	
28MHz	CW AM SSB	28.2MHz±10kHz	
50MHz	CW AM SSB	50.10MHz	
	FM	51.00MHz	注
	FM	51.50MHz	
144MHz	CW AM SSB	144.10MHz	
	FM	145.00MHz	注
	FM	145.50MHz	
430MHz	CW AM SSB	430.10MHz	
	FM	433.00MHz	注
	FM	433.50MHz	
1,200MHz	CW AM SSB	1.294MHz	
	FM	1.295MHz	注

(注)该频率仅用于建立联络，建立联络后，按照 JARL 制定的“业余频带使用划分”改到使用频率上。

(8)在紧急事态发生时，有关列车运行，铁路运输问题。

(9)铁道线路、道路、电力设备，电信电话电路的破坏、干扰的情况以及用于其修理复原的物资材料的准备及搬运，确保救灾人员到位，及其他紧急措施的有关事项。

(10)中央防灾会议；地方防灾会议、非常灾害对策本部，灾害对策本部以及紧急灾害对策本部相互间发送和接收有关灾害救护及其他紧急措施所必要的劳务、设施、设备、物资以及资金的筹措、分配和输运等事项。

(11)根据灾害救助法第 24 条以及灾害对策基本法第 71 条第 1 项的规定，都、道、府县的知事(首长)对参与医疗、土木、建筑工程、运输的有关人员发布的工作命令。

6.3 联盟电台的使用

本联盟所开设的电台(JAIRL 台等)是为了圆满地完成紧急通信的联络设定和通信的疏通，能够采取有关符合紧急通信的必要的措施。

6.4 使用频率

业余台紧急通信时使用的频率，按表 6—1 中的规定。但是，根据不同的事态，认为用其他频率有效时，也可以使用。

19　　年　　月　　日

○○电气通信监理局长　先生

许 可 人　住所

社团名称

电话号码

姓名

关于实行紧急通信(报告)

业余电台（呼号！　　）．从○月○日○○小时○○分开始，简单叙述实行紧急通信的原因，实行了紧急通信。

其实施状况，如下所记，根据电波法第30条的规定，进行报告。

记

1. 实施时间

2. 通信状况

（简单记述所使用的电波形式、频带，通信对方的呼号等通信状况）

3. 所受理的通报内容

（简单记叙通报的发出者，对方地址，通报的次数及其摘要等）

4. 其他

（记录有参考价值的事项）

图 6—1　“紧急通信的实施报告书”的一例格式。

6.5 训练通信的联络

①实施紧急通讯训练之前，实施者应预先向联盟事务局或者地方事务局联系实施日期、时间、使用频带，电波的形式以及参考事项。

②在训练中，如遇到需紧急通信的情况，必须立即中止紧急通信的训练。

使用篇中的几点注释

*1：电波法第5章第61条通信方法中，邮政省令无线电台使用规则第13条别表第2条的略语表4“Q简语”。

*2：小汽车，自行车，电车，湖中的船（指陆地内）等的移动物体中的通信叫做移动使用填写格式呼号／M・区域・移动地名等。

*3：在邮政省发行的“邮政号码簿”的邮政利用卡等地方详细地解释了明信片・第2种邮件的有关问题。

*4：委托印刷时，如果是专用的QSL卡，资料和样品很多，但是委托时没有明确是专用QSL卡，后来会很后悔，在非专业印刷的地方应耐着性子反复地校正。

*5：因有一些其他原因，IRC有时不能用，因此，有时将美元纸币认入其中，进行SAE通信。因为美元是绿色的，被称为绿色的邮票。但是完全没有安全的保证。

*6：对短波收听者的服务也是很重要的事情。本来SWL开始时的通信技术不稳定，经过实践锻炼，就可以享受到无线电爱好者的乐趣。尽可能地给予回信指点帮助。

应用篇

01 执照的变更手续和延长申请
02 业余电台使用的各频段的特征
03 MF／HF 波段的电波传输
04 V／U／SHF 波段的电波传播
05 分包通信及其应用
06 卫星通信及其应用
07 电视图像通信及其应用
08 传真通信及其应用
09 RTTY 和 AMTOR 及其应用
10 利用自然体的通信——月面反射通信
11 中继台的原理与使用方法
12 奖状
13 竞赛
14 猎狐和业余无线电测向
15 CW 的记忆方法
16 双边操作协议和在海外的操作

1.5.01 执照的变更手续和延长申请

在开设业余电台之后，变更执照所规定的内容以及变更相应的无线设备时的手续和延长执照的手续如下所述。

由于有关变更手续有很多事例，这里仅介绍基本内容。

1.1 变更内容

1.1.1 无线电设备的变更

无线设备的变更，原则上必须事先取得邮政大臣的许可并接受变更检查（电波法第17条、第18条）。但是，对于电波法执行规则指定的非重点事项，也有只需提出申报的情况（电波法执行规则第10条、别表第1号）和只需取得许可不需要检查的情况（电波法执行规则第10条的3、别表第2号）。

无线设备变更后，如果电波型式、频率和发射功率等指定事项与原执照有出入，则有必要进行指定事项的变更申请（电波法第19条）。

有关无线设备的变更，其内容和所需手续如表1—1所示。

1.1.2 无线设备以外的变更

在需要变更无线设备以外的事项或修改执照中记载内容时，必须提出申报或申请（参照表1—2）。

1.2 变更手续概要

业余电台从申请变更到取得新执照的手续流程如下（参照图1—1）。

根据变更的内容，所需的手续有只需提出申报、提出变更申请取得许可和接受变更检查等情况。

在必须经过申请取得许可或接受变更检

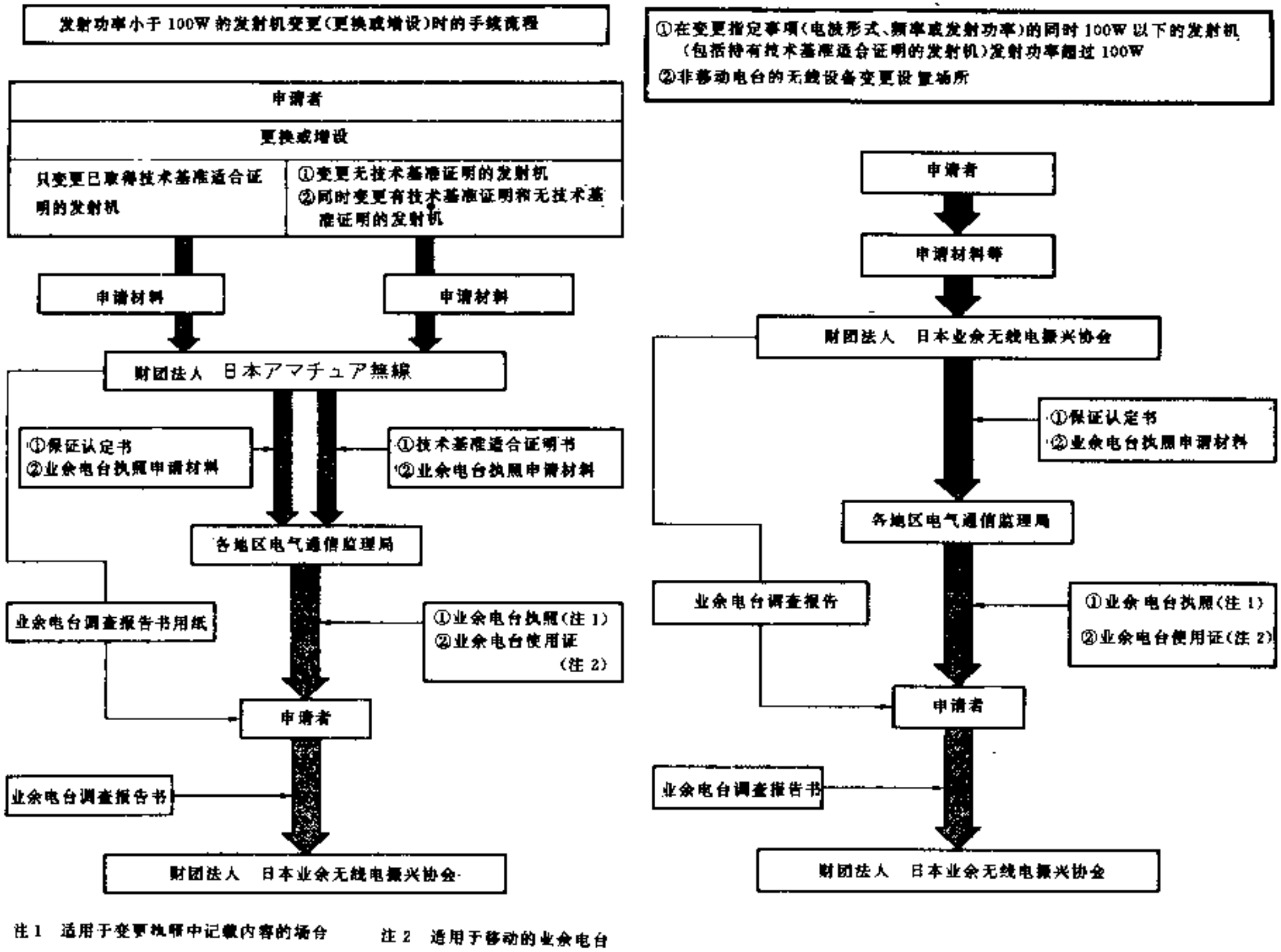


图 1—1 取得执照的手续流程

查的情况下，发射功率在 100W 以下的业余电台如果得到财团法人日本业余无线电振兴协会（JARD）的技术基准适合证明或保证认定，就可以省略邮政大臣的许可和变更检查。

1.2.1

只需提出申报的手续

在下列情况变更时，业余电台需要用变更申报书向直接所属的地方电气通信监理局或冲绳邮政管理事务所（仅限于冲绳地区）提出申报。

① 变更执照编号

② 变更无线设备的常置场所

③ 变更移动范围（移动电台）

④ 变更发射机的一部分（在不影响指定事项的情况下）

⑤ 更新或增加信道（在不影响电波方式或电气特性的情况下）

⑥ 变更执照所有者的姓名或团体（俱乐部）的名称

⑦ 变更通信事项

⑧ 其他

1.2.2

接受技术基准合格证明和保证认定手续

对于变更部分的技术基准合格证明和保证的认定，是证明那些已经取得执照的电台在更换、增设无线设备时符合电波法的一项制度。

在需要技术基准合格证明和保证的认定时，要将业余电台变更申请书（或申报书）、技术基准合格证明申请、保证认定申请以及两枚回信用的信封一起寄到财团法人日本业余无线电振兴协会监理部业务科（テ１７０東京

表 1—1　无线设备的变更和手续

变更内容		履行手续	备注
1 发射机的更换或增设		提出变更申请，得到许可并接受变更检查	发射功率小于 100W 的发射机在更换或增设时，如果持有 JARD 的技术基准适合证明并得到保证认定，则可作为少量变更，不必得到许可及不必接受检查。
2 发射机的拆除		提出变更申报	直接向各地电气通信监理局提出
3 发射机的变更	(1) 发射功率小于 100W 发射机的变更 (2) 发射功率超过 100W 发射机更换器件但不影响指定事项	提出变更申报	在对已取得执照的发射机进行改造时，如附加电键电路，改变末级正电压、附加线性放大器增加功率以及用追加局部振荡器或变频器的方法，扩大发射频率范围等工作都作为发射机的变更项目。
	(3) 发射功率超过 100W 发射机更换真空管或半导体器件，但不影响发射功率	提出变更申请得到许可，但不必接受变更检查	
	(4)更换或增设以下设备 (不包括附属于开台的发射机的情况)*： 低速扫描图像传输设备，传真机，无线电传机	同上	直接向电气通信监理局提出
	(5)上述情况以外的变更	提出变更申请，得到许可并接受检查	对发射功率在 100W 以下的发射机进行变更时，如果已得到 JARD 的技术基准适合证明和保证认定，则可不必得到许可，也不必接受变更检查
4 改变空中电波方式		提出变更申报	直接向各地电气通信监理局提出

* 详细请参照电波法施行规则的附表第 2 号 2—(8)

都豊島区巣鴨 1—24—3)，如果电台设置位置处于近畿电气通信监理局的管辖范围内（如大阪府、京都府、兵库县、奈良县、滋贺县、和歌山县等地）则应向财团法人日本业余无线电振兴协会关西支所(〒 5 4 3 大阪府大阪市天王寺区大道 3—8—31)提出申请。另外，在使用自制器材的情况下，在提出申请的同时还要附上设备系统图一份（本人还要保存一份留底）。

(1)发射机的增设、更换和拆除

①发射机的增设手续

在申请书(或申报书)的希望变更栏目中的增设项上划“✓”；在无线电台事项书和工程设计书的第 22 栏（工程设计栏）中填入要增设的发射机；在增设的发射机栏中的变更种类的“增设”两字上划“0”。

同时在第 19 栏(变更项目表示)的 I22 上划“0”。这时，如果需要变更第 21 栏(希望使用的频率范围、发射功率、电波形式)，可在变更申请书（或申报书）下面的指定事项上划“✓”，并在第 21 栏中写入今后使用的频率、发射功率及电波形式。此栏是不能省略的，而且要在变更项目表示栏中的 2 1 H 上划“0”。

②更换发射机的手续

首先，在变更申请书（或申报书）的更换栏中划“✓”，在无线电台事项书和工程设计书的第 22 栏中写入更换后的发射机，然后在变更种类中的更换上划“0”。

同时在第 19 栏(变更项目表示)中的 23I 上划“0”。如果需要变更第 21 栏(希望的频率范围、发射功率、电波形式)，应在 21H 上划“0”，并在指定事项的相关栏中划“✓”。

③拆除发射机的手续(不需要保证认定)

首先在变更申请书(或申报书)中的拆除栏上划“✓”。在无线电台事项书和工程设计书的第 22 栏中的拆除项上划“0”，并在第 19 栏的 I 上划“0”。这时，如果第 21 栏(变更项目的表示)有变化，也应在 22H 上划“0”。然后在

表 1—2　无线设备以外的变更和手续

变更内容	履行手续	备注
设置场所的变更*1	提出变更设置场所的申请得到许可，接受变更检查*	发射功率在 100W 以下的业余台，如果得到 JARD 的保证认定，可不必得到许可，也不必接受检查。在需要相关的电气通信监理局知道变更结果的情况下，还要提出指定事项(呼号)变更的申请
常设场所的变更*2	提出常设场所的变更申报	在需要相关的电气通信监理局知道变更结果的情况下，要提出指定事项(呼号)变更的申请
移动范围①(移动台)	移动范围的变更申请通信事项的变更申请	仅限于追加或删除空间无线通信业务的情况
移动范围②(移动台变更为非移动台)	提出由移动台变更为非移动台的移动范围变更的申请，得到许可并接受变更检查	发射功率在 100W 以下的业余电台如果得到 JARD 的保证认定，则可不必得到许可，也不必接受变更检查
姓名的变更	订正申请	需要事先提出执照订正申请或重新申请执照
社团名称或代表人的变更	提出社团章程的变更申报或代表人的变更申请	需要事先提出申报
社团成员的变更	提出变更成员的申报	变更后应尽快提出申报社团干部（理事）人员变动时应事先申报
电波的形式、频率、发射功率的变更	提出指定事项的变更申请	由于无线设备的变更影响指定事项内容时要提出相应的申请

*1 非移动台的场合　*2 移动台的场合

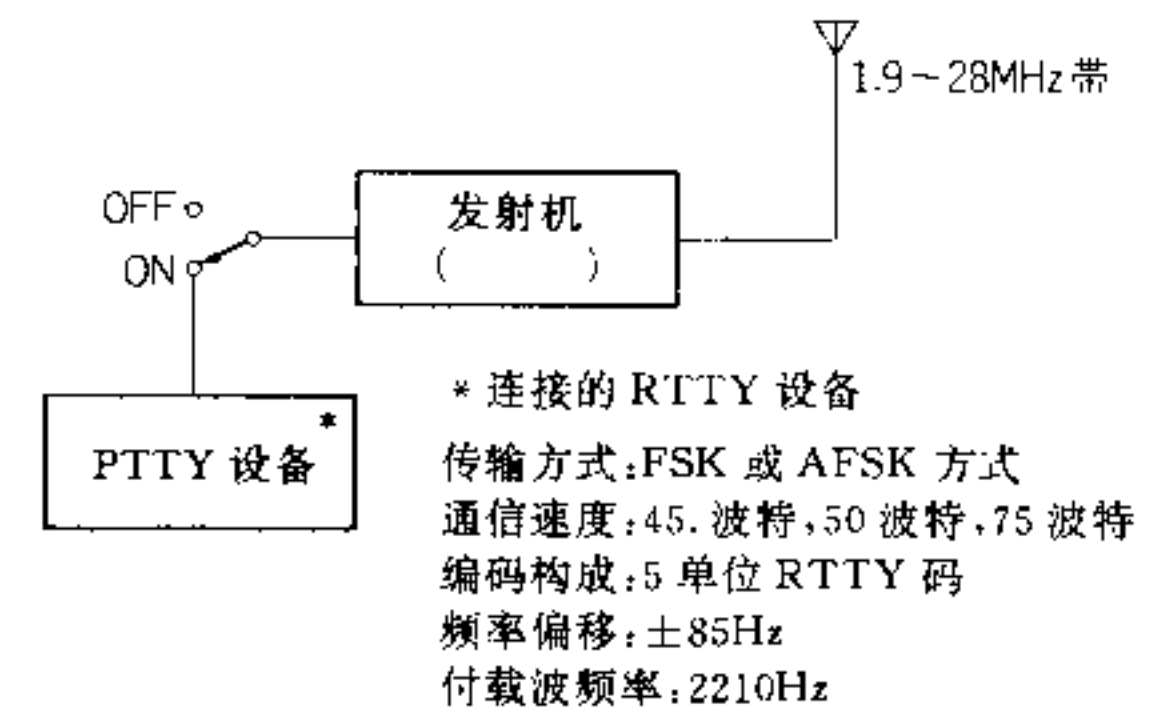


图 1—2　信号发送设备举例

把印刷电传设备、计算机等自动编码设备作为附属设备使用时的举例。
译者注.RTTY:无线电传(印刷)机
FSK:移频键控
AFSK:音频移频键控

申请书(或申报书)指定事项上的适当位置上划“√”。

(2)附属设备的追加

在追加 RTTY 和 FAX 等附属设备时，也要提出指定事项变更的申请。

首先要在变更申请书(或申报书)的〈附属设备〉中的追加上划“√”，并在无线电台事项书和工程设计书的第 22 栏（工程设计）中写入设备今后的使用状态，然后在变更种类的变更上和第 19 栏(变更项目表示)中的 22I 上划“0”。

这时，如果要变更第 21 栏（希望的频率等)的内容，则应在 21H 上划“0”，并在变更申请书(或申报书)指定事项中的适当位置上划“√”。

另外，在附属设备象图 1—2 所示的接续的情况下，应在变更的保证认定申请书反面的第 5 栏(发射机的附属设备)中写入各设备的方式和规格。在追加附属设备时，如果不增加占有频带宽度、不改变主载波的调制方式，可省略变更检查，所以，在这种情况下，可以直接向所属的地区电气通信监理局或冲绳邮政管理事务所(仅限于冲绳地区)提出申请。

(3)无线设备(非移动台)设置场所的变更

关于无线设备设置场所的变更，一般来

说，在新设地点进行筹建工程时，需要提出无线设备变更申请，并得到认可，同时还必须接受变更检查。但发射功率在 100W 以下的业余电台，由于已经得到 JARD 的保证认定，则不需要认可和变更检查。

(4)从移动台到非移动台的变更

从移动台变更为非移动台时，需要履行无线设备的移动范围（从移动到非移动）和设置场所（从常设场所到固定设置场所）的变更手续。必须提出申请并得到许可，还要接受变更检查。但发射功率在 100W 以下的业余台，如果已得到 JARD 的保证认定，则不需要许可和变更检查。

例如，发射功率在 50W 以下的电台要变更其发射功率为 50W 以上时，在进行指定事项和无线设备变更的同时，可进行移动范围和设置场所的变更。也就是说两类（无线设备和无线设备以外的）变更可以同时进行。

1.3 无线电台执照的延长申请

业余电台执照的有效期限为从发照日起的五年。希望延长执照的，必须在执照到期之日的一个月之前提出执照的延长申请。

延长申请应向所属各地的电气通信监理局或冲绳邮政事务管理局（仅限于冲绳地区）提出（应在执照到期的一个月之前送到）。

实际上，在执照到期的三个月之前提出延长申请比较适当，但要注意不能更改执照的内容。

另外，在执照的有效期内，在延长申请之前所使用的无线设备没有变更，或者就变更的部分已对原填写的工程设计书提出变更许可申请或申报的场合，可以省略“工程设计书”。

对于由于在设备的变更、增设时不影响发射机而省略了工程设计栏的人，要填写其它各项内容。

在移动台的情况下，要填写无线电台事项书和工程设计书（正面）的第 20 栏（参考事项）以及背面的第 22 栏（工程设计），并将以上两栏填写的发射机台数（无线设备的发射机台数）写入适当的位置。同时在印有“内有执照”字样的回信用的信封上也要写明无线电台执照及证明的数量。

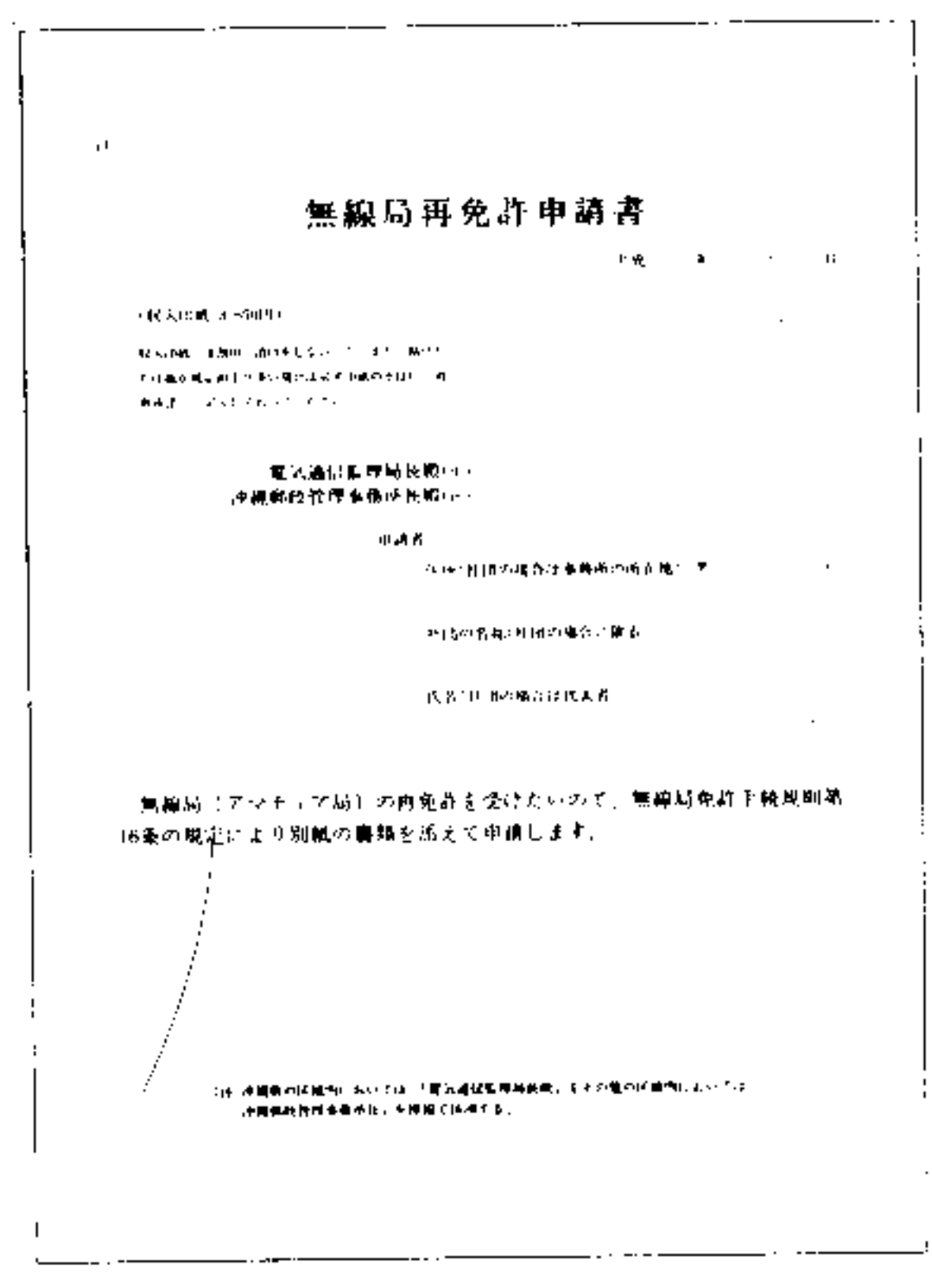

無線局再免許申請書

図 1—3 “延长许可申请书”式样举例

第2章 业余电台使用的各频段的特征

允许业余电台使用的频段分布在从1.9MHz到249GHz的很宽的范围。但是目前实际上常用的波段仅仅是市场上出售的无线设备所用的1.9MHz至1200MHz这一范围。更高的频率只有极少数业余爱好者在实验中使用。

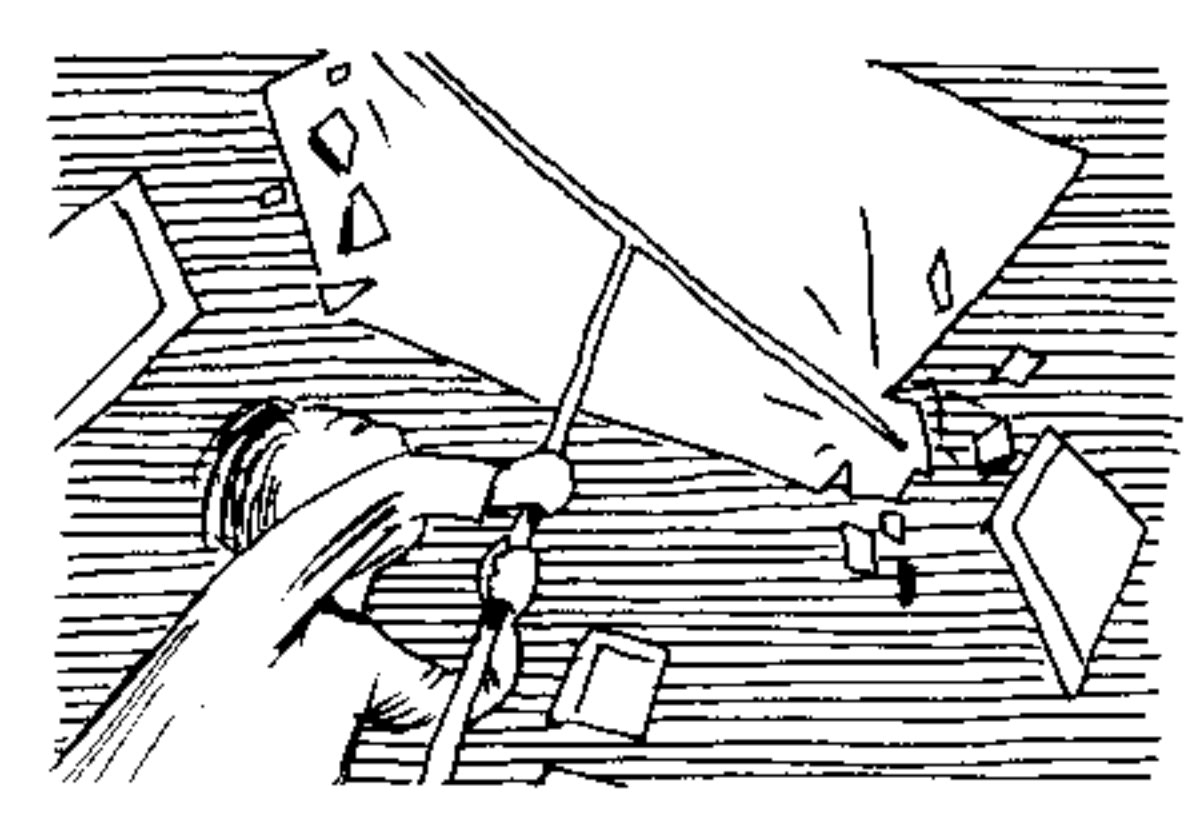
由于各业余频段的频率不同，其电波的传输方式、使用的设备、应用的形式等等都具有不同的特征。下面对常用的频段进行介绍。

2.1 1.9MHz频段

这个频段是允许业余电台使用的唯一中频(MF)频段。这个频段的DX需要在夜间传送电波，特别是当通信双方都处于日出日落的时间带时，其通信状态是最好的。白昼和黑夜的交替时间形成的通道称为“灰线”通道，但它出现的概率不高，持续时间也短。

1.9MHz的小频段只有从1.9075MHz到1.9125MHz的5kHz的宽度，是CW的专用。

在频段的使用上，DX QSO习惯使用的频率主要在1.805MHz、1.825MHz和1.910MHz附近。因此，有时要采用在1.805MHz附近接收，在1.910MHz附近发送的异频收发方法(在1.805/1.825MHz附近的频率在日本不能使用。这一频段的波长较长，为160m左右，很难架设满足需要的天线。缩短的偶极子天线和垂直天线可以说是比较实用的天线。另外，由于电离层的衰耗比较大，在进行DX通信时需要一定的功率。



2.2 3.5/3.8MHz频段

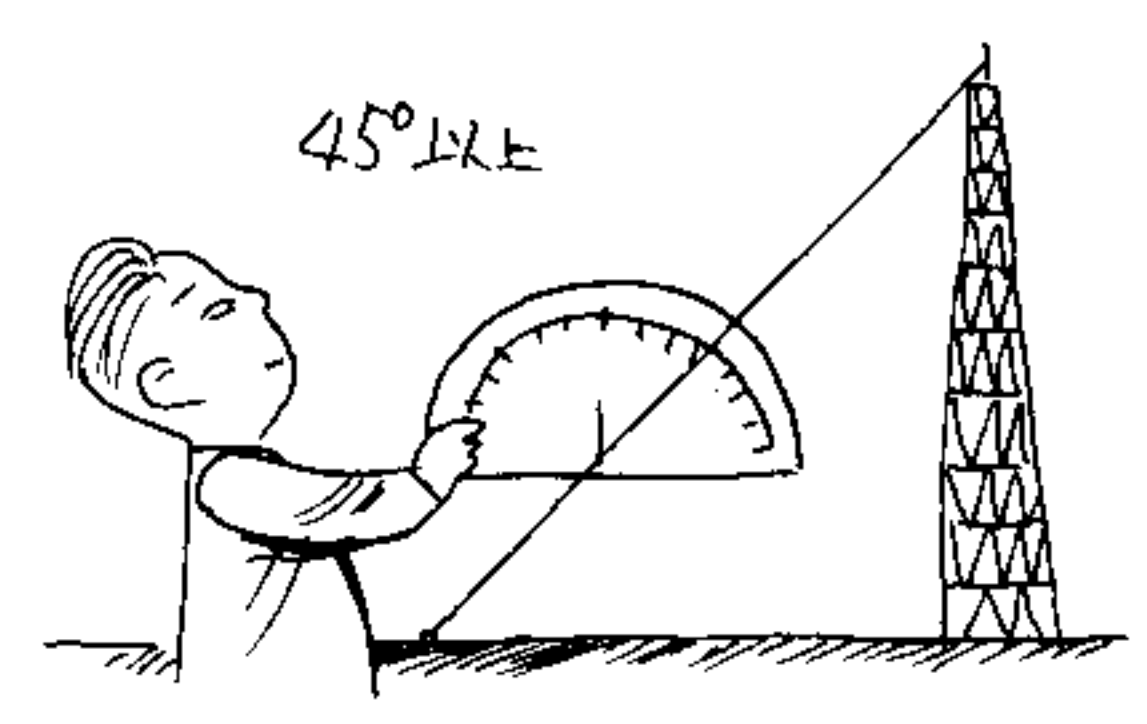
在日本，把从3.500MHz到3.575MHz的75kHz称为3.5MHz频段；把从3.791MHz

到3.805MHz 的14kHz 称为3.8MHz 波段，而在国际上则把它们看作是一个频段。

电波的传输方式与 1. 9MHz 频段相似，白天的接收仅限于近距离电台。远距离电台则要在夜间才能联络，特别是在日出日落的时间带内效果较好。此外，这两个波段在夜间比 1. 9MHz 效果好，但是对远距离电台的联通概率较低，联通时间也较短。这两个频段在 11 月～1 月的冬季效果最好，可全球联络。

日本国内的 QSO 对 CW/SSB 都使用 3.5MHz 频段。海外电台则对 CW 使用 3.5MHz，对 SSB 使用 3. 8MHz 段。由于 3.8MHz 频段只有14kHz 的频宽，在使用上要特别注意。

有的电台使用二单元或三单元的定向天线，但大多数电台则使用偶极子天线、垂直天线等天线。



2.3 7MHz 频段

7.000～7.100MHz 的 100kHz 频带属于 7MHz 频段。这一频段日本国内的 QSO 而非常拥挤，在夜间 DXer 们也很热闹。

电波的传输方式基本上与 1.9MHz 和 3.5／3.8MHz 频段具有相似的特性，但 DX 的开通概率较高，开通时间也较长。特别是早晨和黄昏的时间对国内的 QSO 是最合适的，可进行日本全国的 QSO. 因此日文 CW 的使用也很盛行。很多电台在狭窄的波段内相互拥挤，使人想到了上下班时的交通高峰。

此外，早晨和黄昏的时间也是 DX 电台开通的好机会。一年之中，几乎没有不能开通 DX 的日子。从傍晚到深夜可收到北美、南美方面的信号，从深夜到黎明则可收到来自欧洲和非洲的信号。整个夜晚都可收到大洋洲的信号。从季节上看，从春季到秋季都是进行 DX 的最佳季节。

这个频段所使用的天线一般以偶极子、倒 V 形天线以及垂直天线为主，但使用二单元、三单元的旋转定向天线的电台也不少。

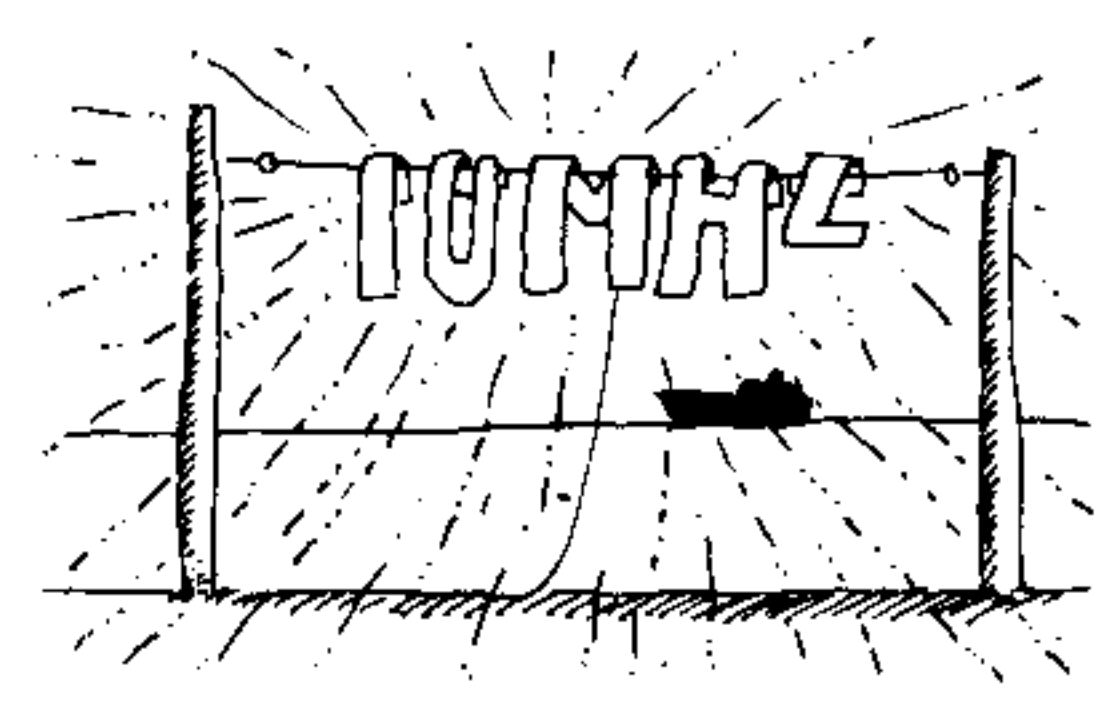
2.4 10MHz 频段

本频段是日本在 1982 年 4 月开放的，是 HF 波中历史较短的业余频段。在 HF 波中这个频段附近的电波特性比较稳定，并且较适于海外通信，所以多用于商业电台。这个频段处于 DX 主要使用的7MHz 和14MHz 频段之间，一年四季都可进行全球通信。

这个频带宽度为从 10.100MHz 到 10.150MHz 的50kHz，由于频带比较狭窄，是

国际的 CW 专用频段，不能用 SSB 方式。此波段一般不用于竞赛，DX 远征也不可以使用。因此此波段比较空闲，能够很清晰地收听到 DX 之间 CW 的对话信号。

也许是这个频段在世界上的利用率不高，使用定向天线的电台很少，几乎都是使用偶极子或垂直天线。而且这个频段只有持有一级、二级执照的业余电台才能使用。



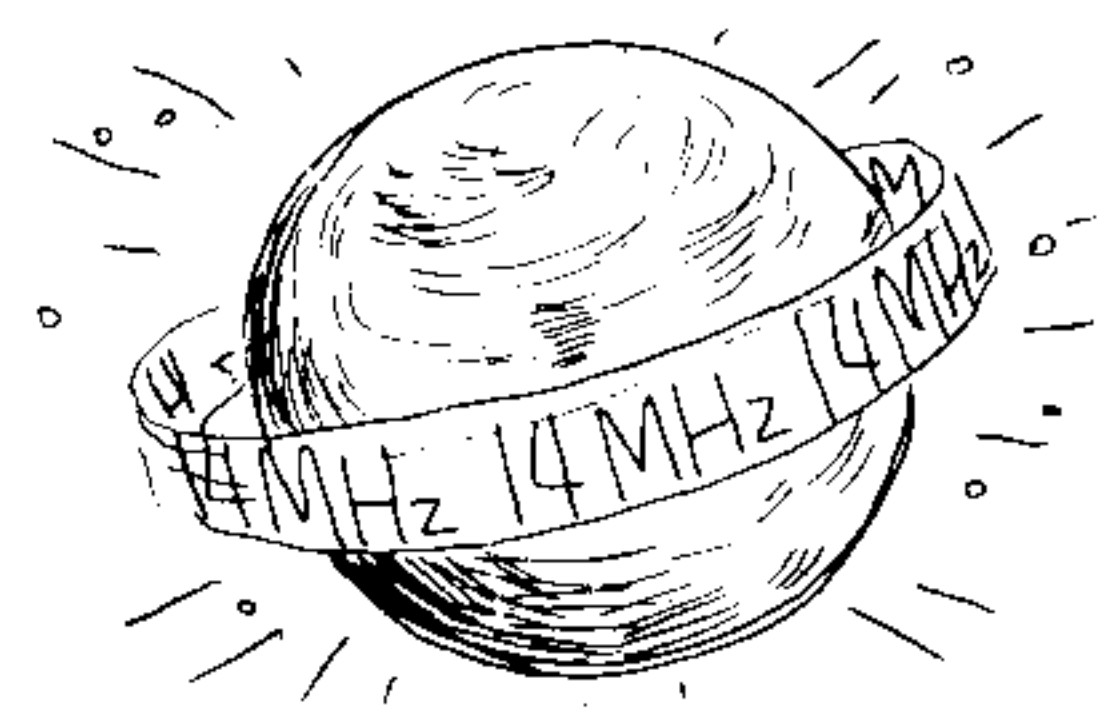
2.5 14MHz 频段

从 14.000MHz 到 14.350MHz 属于 14MHz 频段。不用说，此频段作为 DX 的主要频段也是很有名的。

本频段的特征是由于太阳活动和季节的变化对通信有些影响，但可进行全球通信。

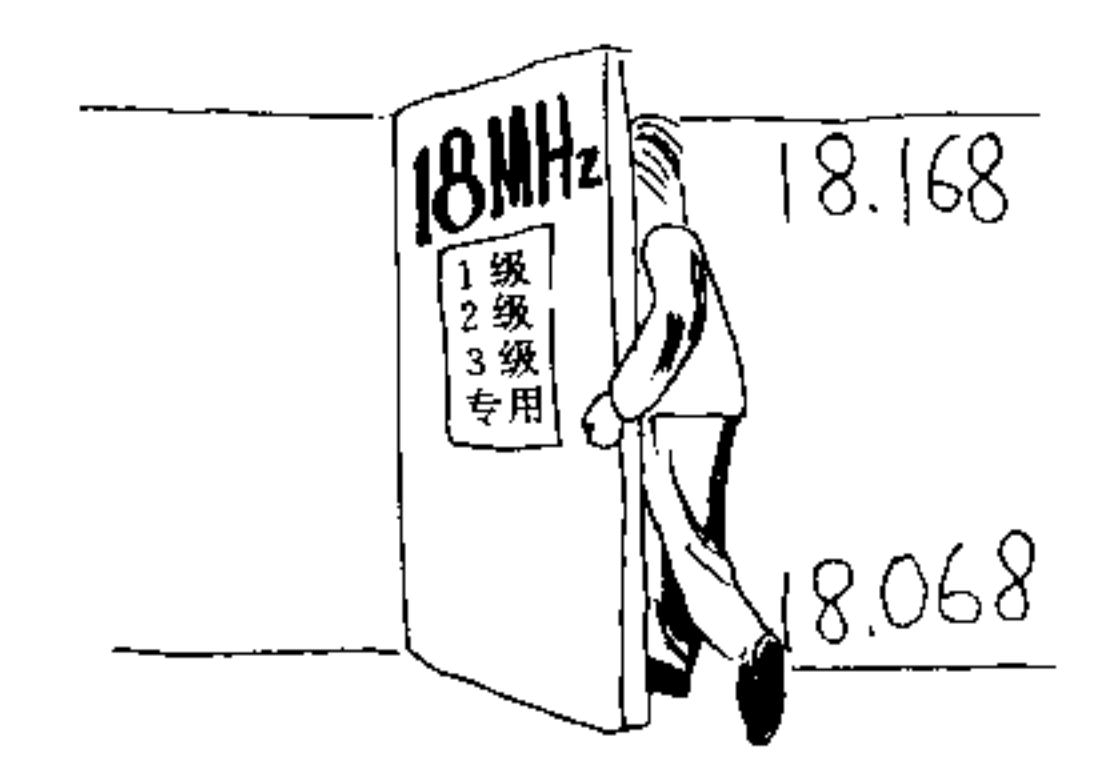
本频段是世界范围的 DX 频段，所以在使用上大多电台都是以进行 DX QSO 为目的，几乎可以所有的 DX 远征都要使用这一频段。因此与其它频段相比，日本国内的 QSO 不太活泼。

14MHz 电波的波长是 20m，比较容易架设天线。由于进行 DX 的电台较多，所以大多使用定向天线。本频段只限于一级、二级业余电台使用。



2.6 18MHz 频段

从 18.068MHz 到 18.168MHz 的 100kHz 属于 18MHz 段。本段和 10MHz、24MHz 频段一起由 WARC—79(世界无线电行政大会)规定准许供业余业务使用，日本从 1989年7月1日开始允许业余电台使用。本频段具有后述的21MHz 频段和前面的14MHz 频段的中间特性，只限于一级、二级和三级业余电台使用。



21MHz 频段

从 21.000MHz 到 21.450 的 450kHz 是 21MHz 频段。这个波段对于 DX 电台并不是随时可用的，但在不同的时间和季节能够分别适合于国内 QSO 和 DX QSO。

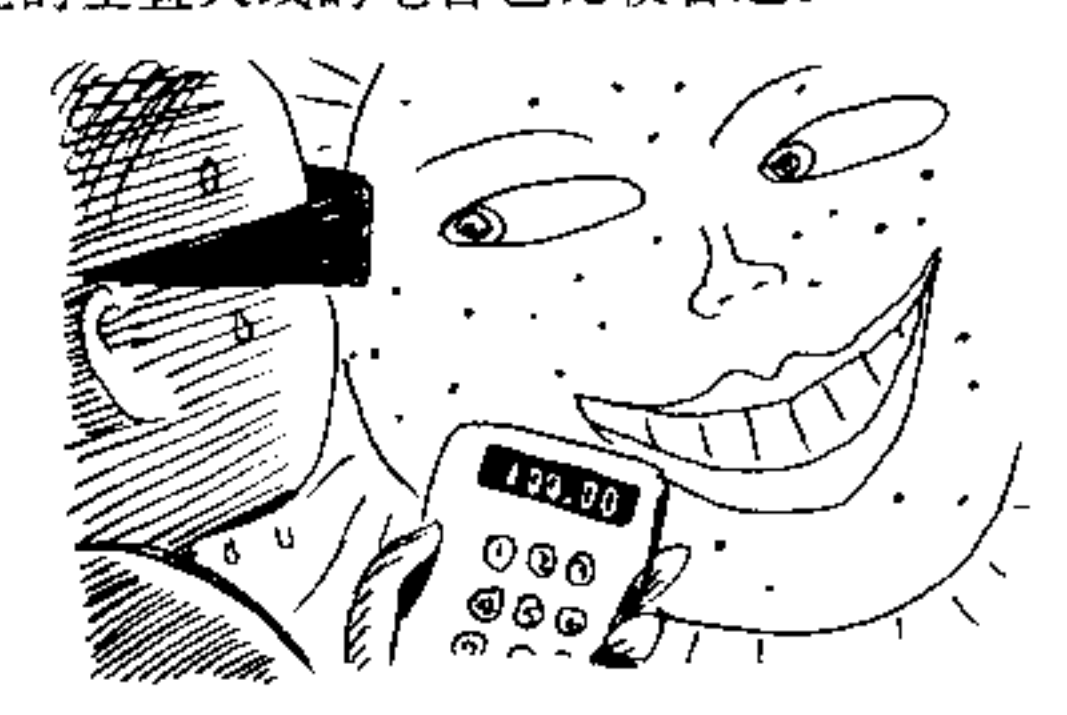
在太阳活动的高潮期，21MHz 波段是 DX 联络的主要频段。只要条件允许，以较小功率也能体会到 DX QSO 的乐趣。由于本频段频带较宽，天线尺寸又较小，所以成为 HF 的入门频段。

太阳活动对这个频段的电波传输有很大影响，太阳黑子的相对数量（SSN）成为予测这一影响的基准。如果 SSN 的月平均数超过 100 以上，就很容易进行全球的 DX。在太阳活动低潮时，虽然 DX QSO 不是完全不可能的，但日本与美国东海岸和英国以及欧洲纵深地区的 QSO 非常困难。

DX 的盛行期是春、秋两季，大致从早晨到中午从日本对北美和南美方面、下午对亚洲和大洋洲方面、夜间对欧洲和非洲方面信号比较强。

每年的五月到八月，突发 E 电离层（E_s）发生频度较高，国内 QSO 比较容易进行。这一期间是国内不同地区的电台之间通信的好机会。而在其它季节，主要依靠地面波进行 QSO，通常最大联络范围只有 50～100Km。

由于电波波长约为 15m，所以这个频段的天线以旋转定向天线为主。进行 DX 的电台常使用六单元、七单元以上的定向天线，此外由于初学者较多，使用较为初级的无方向性的垂直天线的电台也比较普遍。



2.8

24MHz 频段

从 24.890MHz 到 24.990MHz 的 100kHz 是 24MHz 段。这个频段和前面所述的10MHz、18MHz 频段一起由 WARC—79 规定准许供业余业务使用，日本从1989年7月1日开始使用。本频段具有前述的21MHz 频段和后述的28MHz 频段的中间特性。

28MHz 频段

28MHz 频段是 HF 波段中频率最高的段，频宽为从 28.000MHz 到 29.700MHz 的 1.7MHz，因而也是最宽的频段。

电波的传输方式与 21MHz 频段非常相似，但不如 21MHz 频段稳定，对国内通信和 DX 的开通概率都很低，时间也比较短。但在环境较好时，由于电离层的衰减很小，即使发射功率不大，也有可能出人意料地和偏远电台进行 QSO。从五月到八月是利用突发 E 电离层 E_s 进行国内 QSO 的季节。而在冬季和太阳活动处于低潮的时候（SSN 值较小时），只能利用地面波进行近距离的 QSO。

在通信条件较好时，很多人为避开 21MHz 频段的拥挤而使用这个频段。

1.7MHz 的频带虽然很宽，但并不是所有频率都被利用，其中 CW 集中在 28.000MHz 附近，SSB 集中在 28.500MHz 附近。本频段是 HF 波段中唯一可以使用 FM 调制方式的，FM 的频率为 29.000～29.300MHz。在菲律宾和欧洲使用了中继台，把29.510～29.590MHz 作为中继台输入频率，把29.610～29.700MHz 作为输出频率。此外，29.300～29.510MHz 还是 HF 波段中唯一被指定的卫星频段。28MHz 频段使用的天线与21MHz 频段相同，多使用多单元定向天线或带人造地网的垂直天线。

2.10

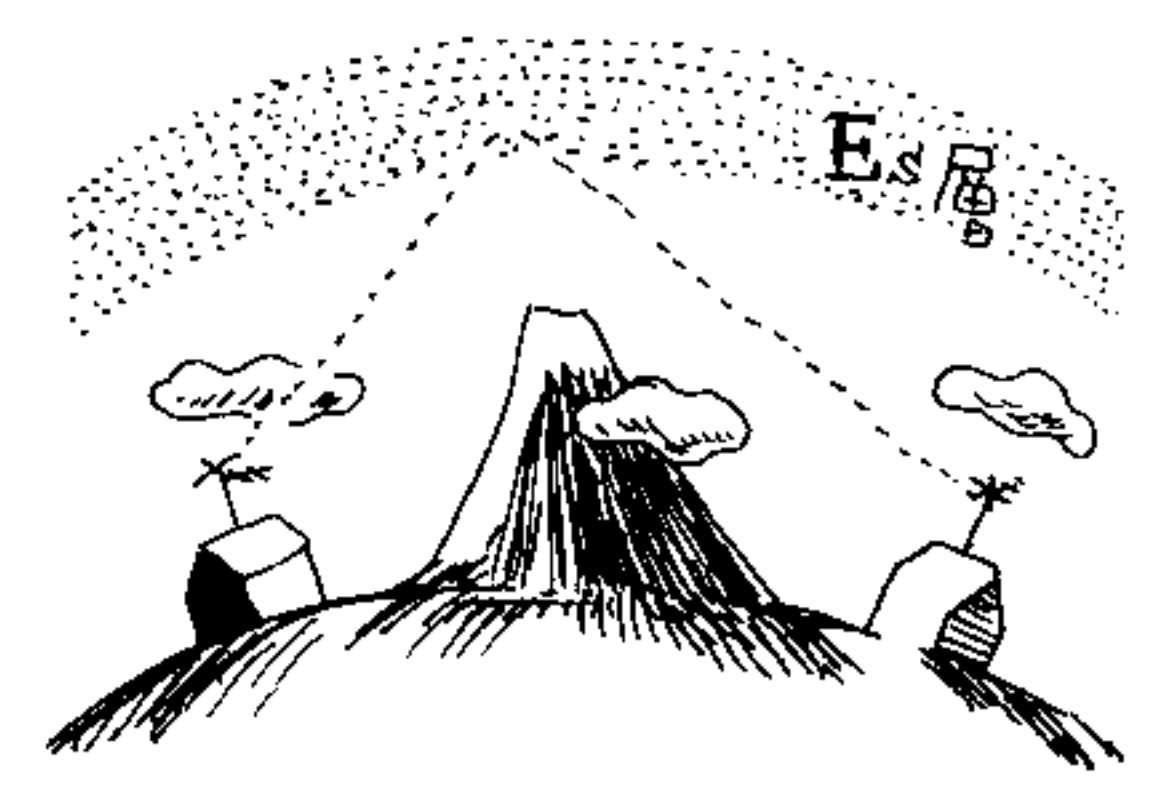
50MHz 频段

本频段是业余无线电入门的最佳频段。频带较宽，为 50.000MHz～54.000 的 4MHz 带宽，传输方式采用 CW、SSB、FM 以及 AM 等模式。由于波长约为 6m，适合进行天线实验，制做高频电路也比较容易，所以有很多业余爱好者自制天线设备和天线。

50MHz 的电波一般利用地面波进行传输，如果两台之间无任何障碍物，通常可在 100～200Km 距离内进行通信。此外，还可以利用山岳的反射和折射的现象进行通信。

在 50MHz 频段还可以利用突发 E 电离层（E_s 层）、赤道横断传输（TEP）、电离层散射、极光反射、流星散射以及大气层不连续面进行异常传输，但这些异常传输方式都受到太阳活动的影响。

利用 E_s 层的异常传输，适合于国内的 QSO. 通常在五月到八月期间，可收到 500～1000km 距离的电台信号，可进行较远距离的 QSO。在发生散射时，还会收到整个区域的电



台信号。与海外之间进行的 QSO 可利用 TEP、电离层反射（F 层反射，E_s 层多次跳越反射等）方式。在初春和初秋可以利用 TEP 在相同经度上的地区之间进行 QSO（例如在 JA 与 VK 之间）。另外，在太阳活动的高峰期还会有很少的在全球范围开通 DX 的机会，特别是在每年的三月、六月和十月要注意留心。

在 50MHz 频段内还可以利用 AM 方式操作，一般在 50.600MHz 附近可以听到。FM 方式把 51MHz 作为呼叫频率，主要在 51～52MHz 范围内使用，但电台数量少于 144MHz 和 430MHz 频段。

CW／SSB 的天线主要使用水平定向天线，FM 则使用垂直天线。另外，还有很多爱好者使用便于移动的便携式电台。

2.11

144MHz 频段

144MHz 频段与 430MHz 频段一样，利用率都是非常高的。在 144MHz 至 146MHz 的 2MHz 带宽中，拥挤着很多电台。

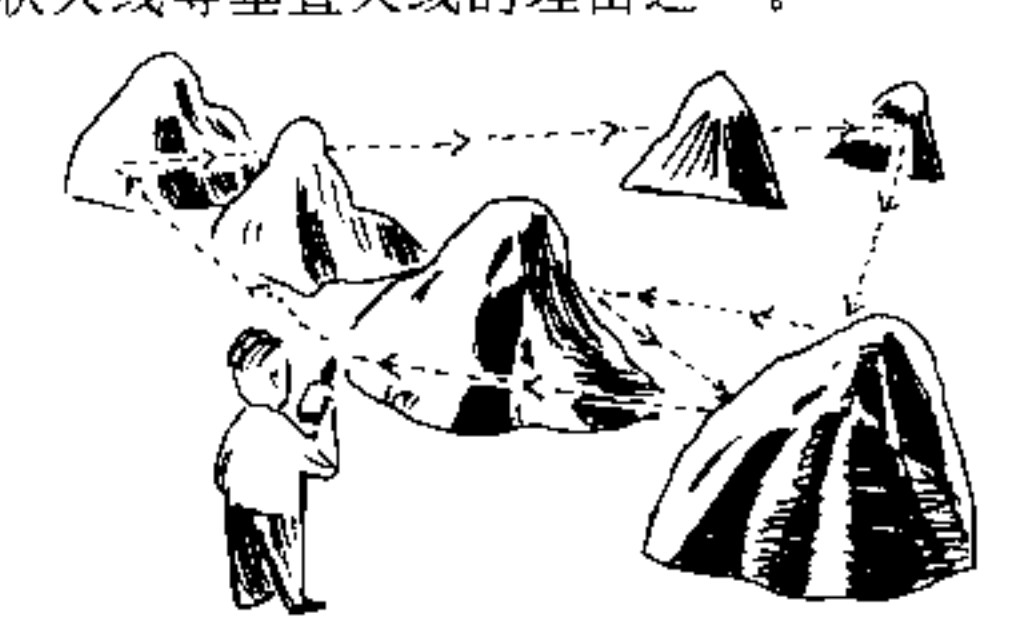
电波的传输方式，以利用地面波进行较近距离通信的正常传输方式为主，但利用山岳反射和山岳折射的远距离通信也很盛行。另外，采用异常传输方式，利用发生频度较低的 E_s 层、TEP 以及大气层不连续面等媒介可能进行预想不到的远距离 QSO。

在 144MHz 频段中 CW、SSB、FM 等方式都是常用的。CW 常在 144.100MHz 以下可以听到。与 7MHz 频段相同，具有日文 CW 较多的特征。在 144.100MHz～144.500MHz 之间，经常可以听到 SSB 的信号，特别是远距离通信常使用 144.100MHz～144.200MHz 之间的频率。此外，与 50MHz 频段相同，星期六、星期日山区使用移动电台的人也很多。

FM 的呼叫频率位于从 145.000MHz 到 145.600MHz 的 FM 频段的中心，在此频段中有很多电台，其中有很多是移动台。

在 JARL 业余频段的划分中，规定 145.800MHz～146.000MHz 为卫星通信专用。

在本频段中，八木天线等定向天线也可用于垂直极化波。这也是移动电台使用移动鞭状天线等垂直天线的理由之一。

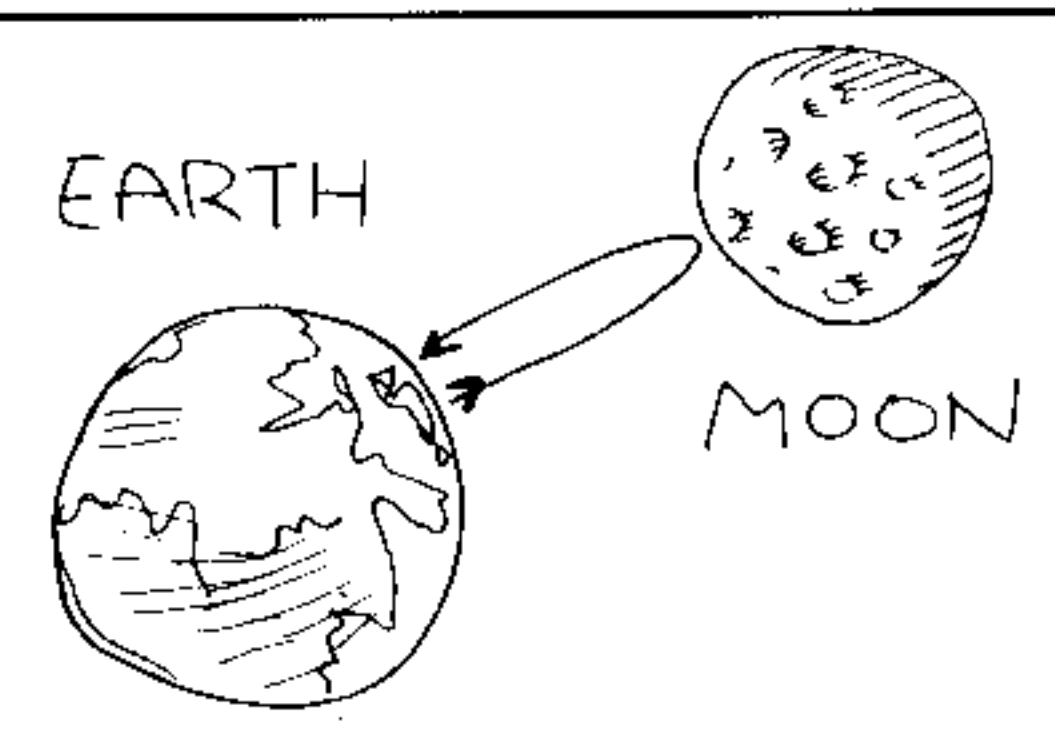


2.12

430MHz 频段

从 430MHz 到 440MHz 的 10MHz 带宽属于 430MHz 频段。无论如何，其最大的特征就是可以使用中继台。430MHz 频段的通信几乎都是采用正常传输方式，利用地面波或山岳反射以及山岳折射。在这个频段，也可以利用大型建筑物的反射进行通信。

在430.100MHz 以下可以听到为数不多的 CW 电台。SSB 的数量也不算多，但可以在



430.100 ～ 430.400Hz 附近收到。在431.000～431.500MHz 频带内进行数据通信，特别是分包通信。431.900～432.100MHz的频带用于月面反射(EME)通信、流星散射通信、极光通信等国际通信。

在这个频段内使用 FM 方式的电台最多，主要集中在433.000MHz 的呼叫频率附近。此外，利用中继台的电台也很多，分配给中继台使用的频带为 434.000 ～435.000MHz 以及 439.000～440.000MHz。435.000～438.000MHz 是业余卫星使用的频带，438.000～439.000MHz 是 FM 的专用频带。

430MHz 频段属于 UHF 波段，因此同轴电缆和同轴接头的损耗不能忽视，要使用低损耗的器件。此外还要使用与天线直接相连的前置放大器和发信用的功率放大器。

由于可以使用中继台，手持便携式无线设备和车载电台等可移动的 FM 设备很受业余爱好者的欢迎。

多数电台使用高增益的定向天线，也有些电台使用无指向性有增益的直线阵列天线。

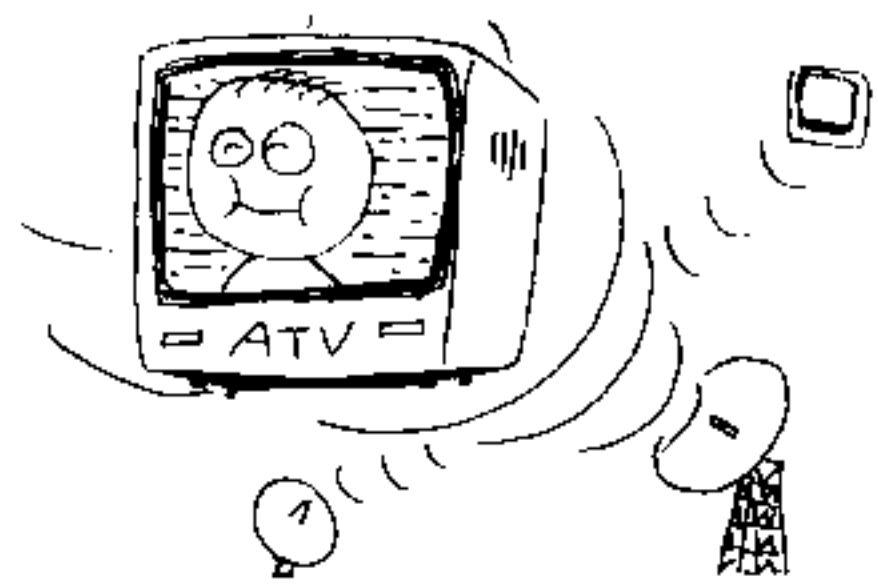
2.13 1200MHz 频段

1200MHz 频段具有 1260～1300MHz 的40MHz 的带宽。把从 1.9MHz 频段到430MHz 频段的所有频段的宽度都加起来也不到 40MHz。最近在市场上出现了很多本频段适用的无线电器材，包括手持便携型、车载型和全方式的固定电台。

本频段的绝大多数电台都使用 FM 方式，分组包通信很盛行，也能进行 ATV 通信。还可利用中继台进行通信，且不像430MHz 频段那样混杂。

与 430MHz 频段相比，同轴电缆和接头的损耗对本频段的影响更加严重。如果不使用极低损耗的电缆，信号功率就会损失掉。

在天线方面，八木天线和直线阵列天线是主流，由于波长约为 23cm. 非常短，所以用抛物线天线进行试验也很有意思。



2.14 2400MHz 频段

本频段在技术上与 1200MHz 频段相同，频段特性也非常相似。

目前，以 ATV 通信为主，主要进行各种具有技术意义的通信。

此外，由于可以设置中继台，今后本频段的通信会逐渐兴盛起来。

2.15 5600MHz 以上的业余频段

本频段是要求有空腔谐振器和抛物面天线等微波技术的频段。传输距离一般在可见范围内，主要用于技术试验。

第3章 MF/HF波段的电波传输

在进行无线通信时，由于电波要通过受自然现象支配的空间，所以情况是比较复杂的。另外，由于自然现象和人为因素都可能形成噪声，这些都会对电波传输产生影响，因此在研究电波传输问题时，综合地考虑各种因素是很关键的。

人们是通过实践和理论两方面来理解电波传输方式问题的。也就是说，工程上的处理是为实用服务的。而在理论上的研究则证明了自然现象和电波传输的关连及其因果关系。以下以业余无线电所需的内容为中心，介绍有关电波传输的各种问题。

3.1 地面波传输

如表3—1所示，在MF／HF波段可以利用沿着地面传输的地面波和依靠电离层反射的天波进行电波传输。通常以利用天波为主，但从对电波的有效利用来说，地面波的利用也不能忽视。以下首先叙述地面波的问题。

在图3—1中的图(a)、图(b)和图(3)中分别表示了海上、潮湿地带和干燥地带三种条件下地面波的传输特性。在这些图中的纵座标上，当发射功率为1kW时，接收电场强度用dB(μV／m)表示。因此，当发射功率(注：是天线发射的等效各向同性辐射功率eirp，而不是发射机的输出功率)为100W时，读数应减去10dB、10W时减去20dB、1W时减去30dB。根据通信距离可以知道接收信号

表3—1

波段	允许业余无线业务使用的频段(kHz)	主要传播方式注1	
		近距离 2000km以下	远距离 2000km以上
MF	1907.5～1912.5	地面波(昼间)	电离层波(夜)
HF	3500～35.75 3791～3805	地面波或电离层波	同上
	7000～7100	同上	同上
	10100～10150	同上	电离层波(昼间)
	14000～14350	同上	同上
	18068～18168	同上	同上
	21000～21450	同上	同上
	24890～24990	同上	同上
	28000～29700	同上	同上

注1，近距离和远距离的划分因频段而异，本表中以2000km为分界点。

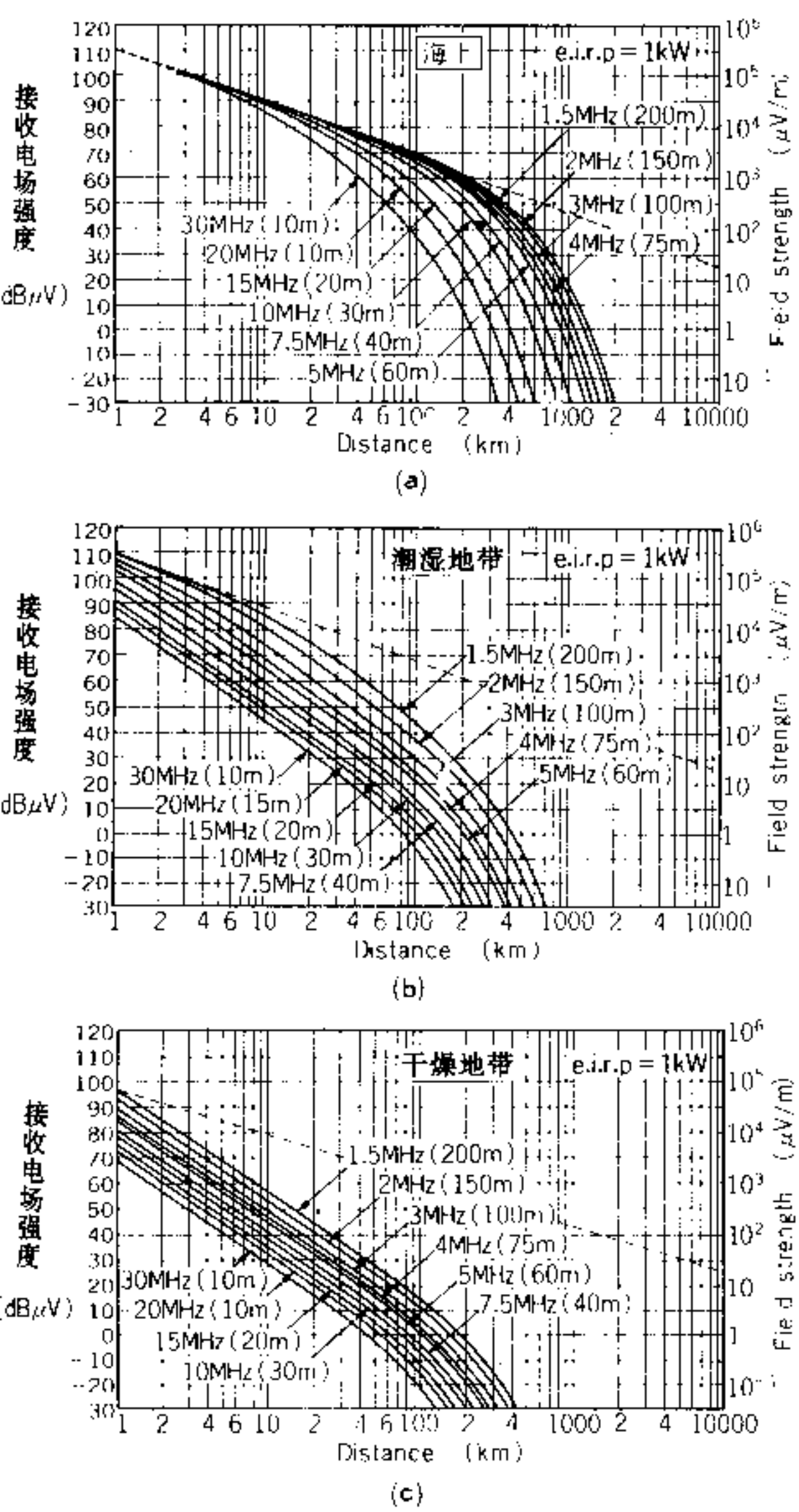


图 3—1　地面波传播(接收电场强度)

的电场强度。另外，图 3—1 中的结果应以使用垂直接地型天线而且对地面波具有较好发射效率为条件。

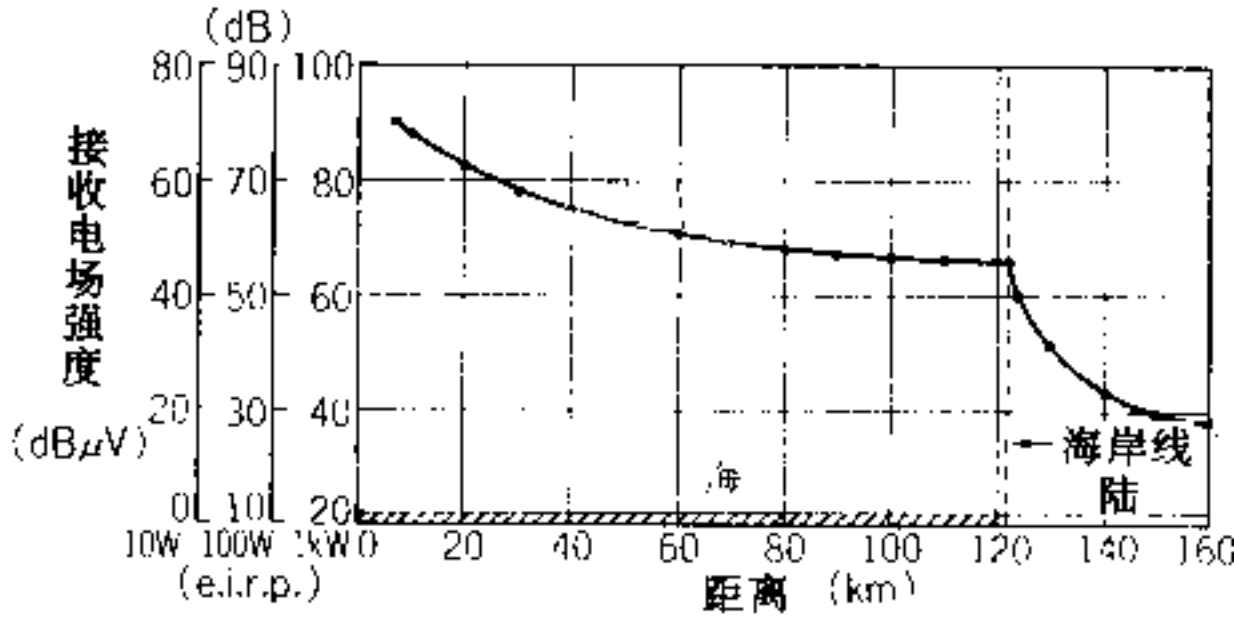


图 3—2　发送点为海上，接收点为陆地时的电场强度变化

图 3—1(a) 的适用范围为船舶之间、海岸与岛屿之间以及隔海相望的两岸之间。

图 3—1(b) 中的地表面，可以是潮湿地带或沿着河流的河滩地带。测试地面波能沿着河流传输多远的移动试验是很有趣的。测试地面波沿着河流的传输距离，可能在进行灾害通信时会有用处。

图 3—1(c) 中的干燥地带应为地表干燥的耕地且地下水位在地面 10m 以下的地区。在此图中，由于地面波传输距离较近，因而可使用来估计能够利用天波进行 QSO 前的越距范围。

以上概要说明了地面波的传输状况，但应注意以下问题。在图 3—1(a) 的情况下，如果发送点在海上，而接收点在陆地时，从海上传来的地表波经过海岸进入陆地时会产生如图 3—2 所示的电场强度急速衰减的现象。

因此，在进行海上船舶与陆地之间通信时，陆地电台应设在距海岸 1—2km 以内的位置。

3.2 电离层电波传输

本节将在 1. 9MHz 至 29. 7MHz 的范围内讨论由电离层反射的天波是怎样传播的问题。

3.2.1 电离层的成因

地球受到各种宇宙现象的影响，其中最

主要的是太阳的影响。例如 X 线、紫外线等射线和带电粒子等。

除此之外还有来自其他天体的宇宙射线。由于这些外来能量使大气层电离，从而在距地面 50～100km 的地球上空产生了电离层。

3.2.2

电离层和临界频率

电离层的成层状态随时都有复杂的变化。在表 3—2 中列出了各层的标准名称。

图 3—3 是用电子密度分布表示的正午和夜间零时电离层的成层状态，上面的横轴是与电子密度对应的穿透频率，表示了电波垂直向上辐射时可被反射的极限频率。此频率称为临界频率 f_c。

如图所示，F_2 层的 f_c 在夜间低于白天，而 F_1 层和 D 层则在夜间消失。对于 E 层，由于观测电离层的国际标准在 1MHz 以上，所以没有夜间的观测值，实际上 E 层和 E_c 层在夜间也是存在的。

表 3—2　各电离层的名称

高度范围	领域	各层名称
50～90km	D	D
90～140km	E	E_1　E_2　E_3　E_s注
140km 以上	F	F_1　$F_1$1/2　F_2

注：突发的 E 层，E_s 高度为 105～110km

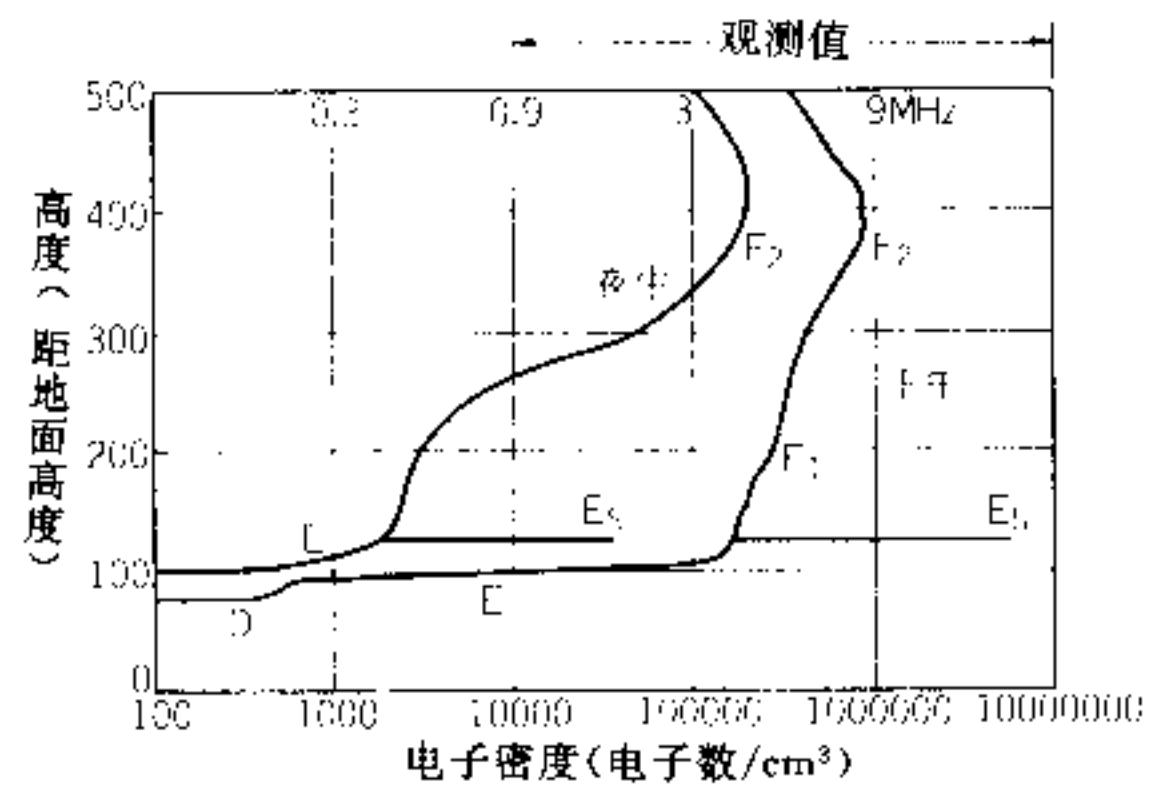


图 3—3　电离层的高度分布

3.2.3

电离层的变化

电离层主要受太阳的影响，并会出现以下的变化。

日变化

图 3—4 是 3 月份东京上空电离层平均日变化量图。利用垂直向天空发送的观测电波来观测 F 层的临界频率 f_c、E 层的临界频率 f_oE、以及对突发 E 层（E_s 层）的完全反射成分的临界频率 f_bE_s、部分反射成分的临界频率 f_oE_s 和反射的最低频率 f_{min}。在图的上部表示了各主要层高度的变化情况。

图 3—5 是典型的处于静成层状态的日变化量的例子。

图 3—6 表示了太阳表面活动频繁，大约从十一时开始发生表面爆炸，产生的强烈 X 射线和紫外线照射到 D 层，使 D 层的吸收异常增加，从而使 f_{min} 上升的状态。恐怕在这一

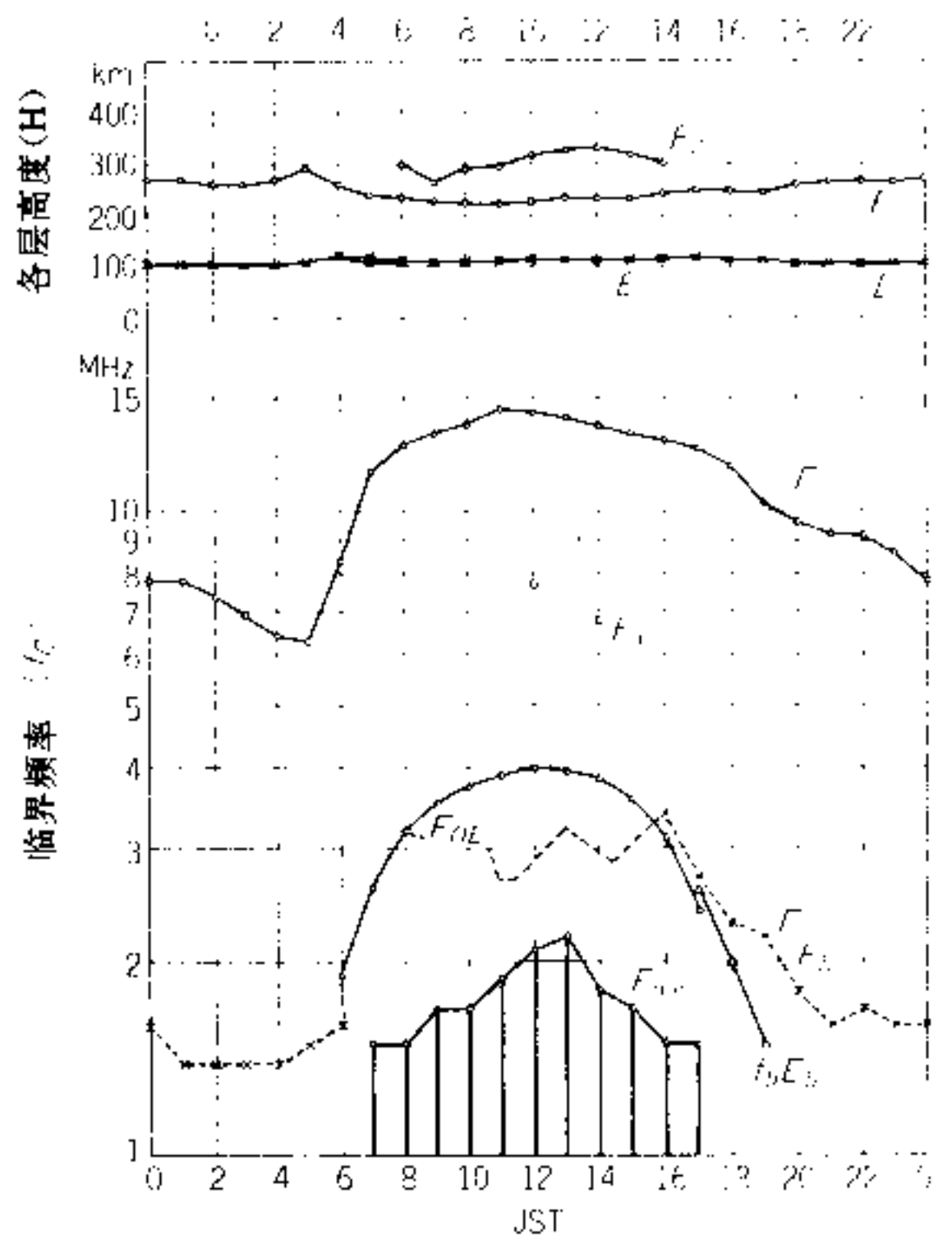


图 3—4　电离层日平均变化一例（1981 年 3 月东京上空）

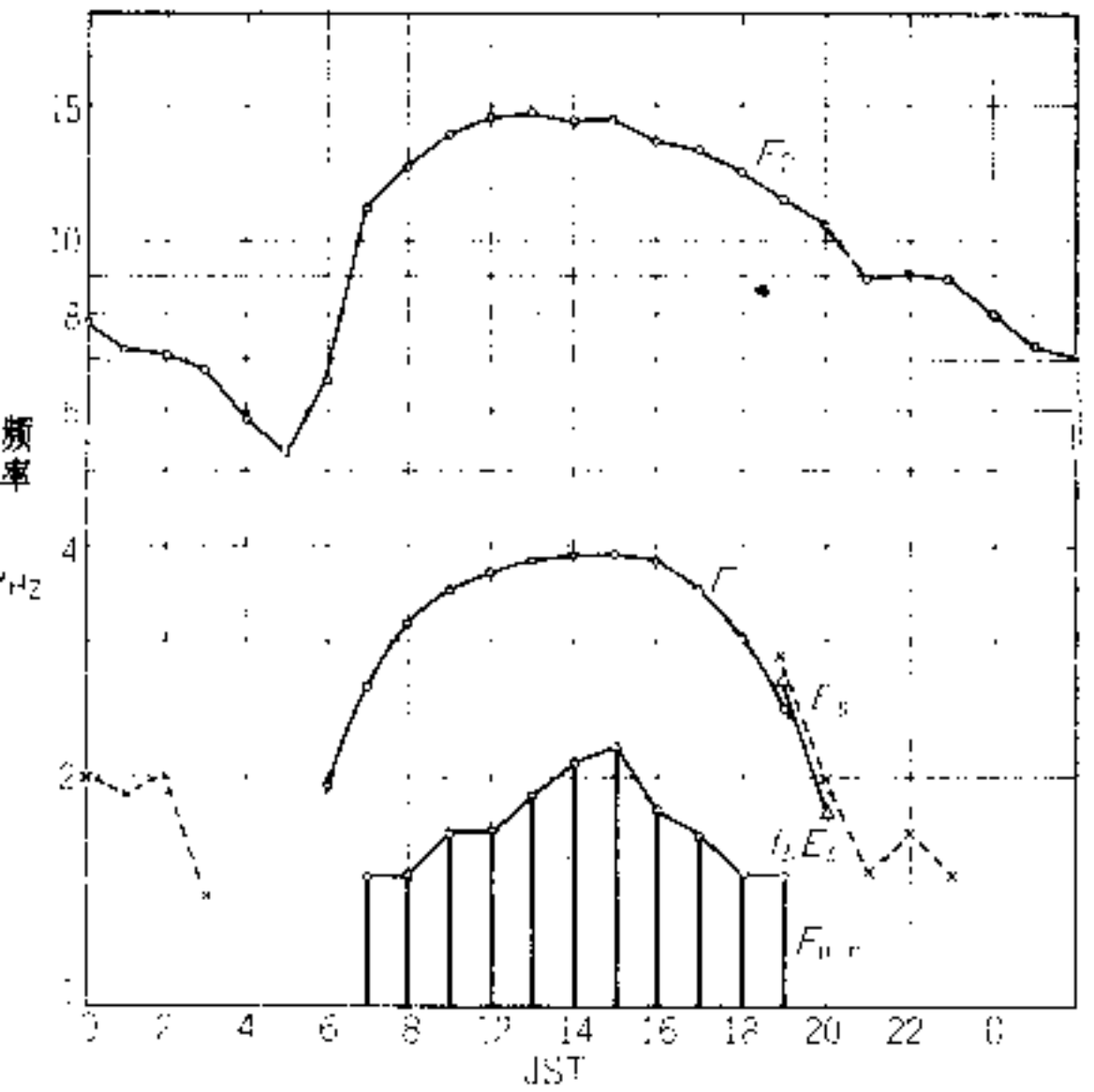


图 3—5　在具有稳定成层状态时的日周变化例

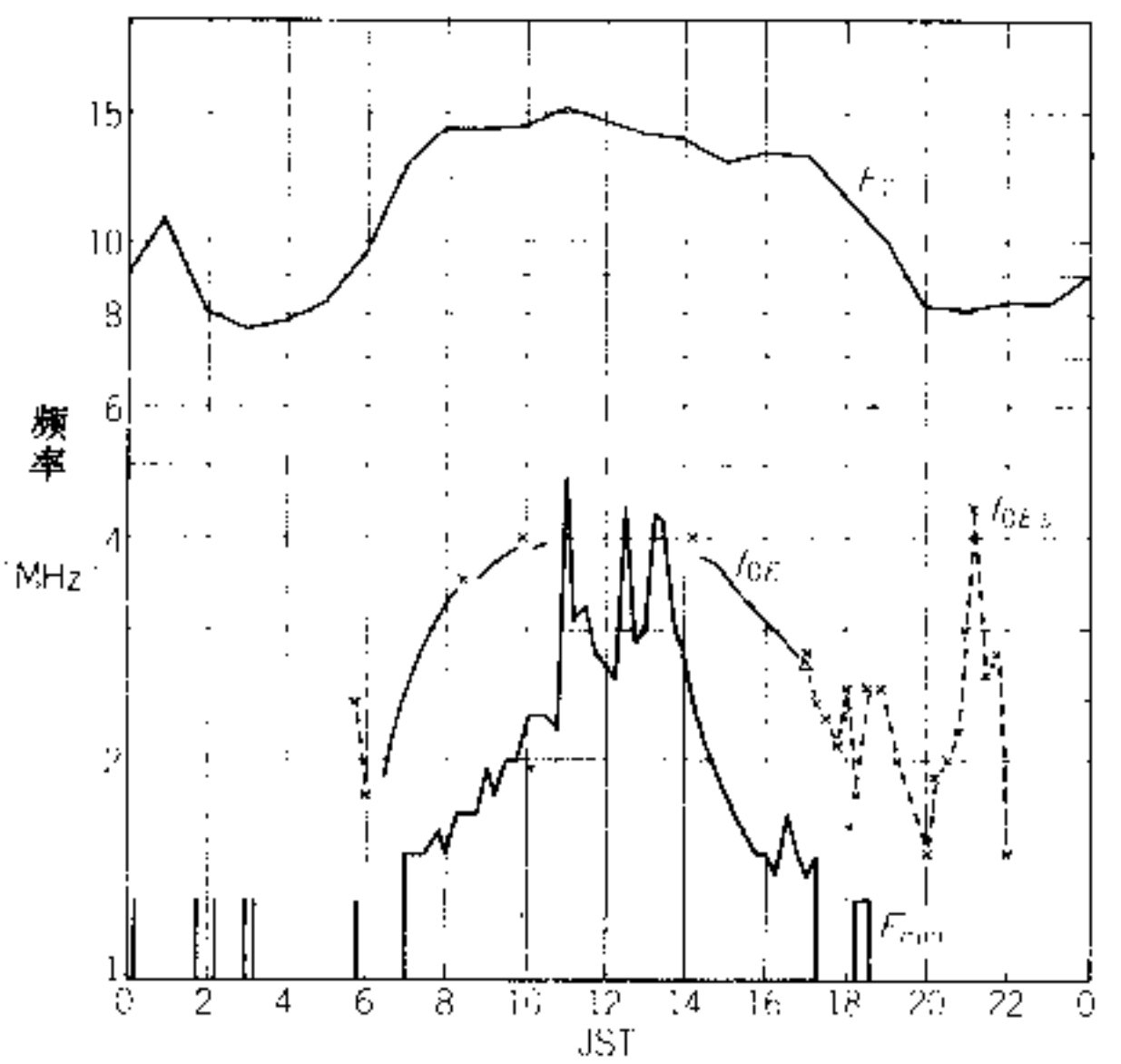


图 3—6　在太阳活动较活泼状态时的日周变化例

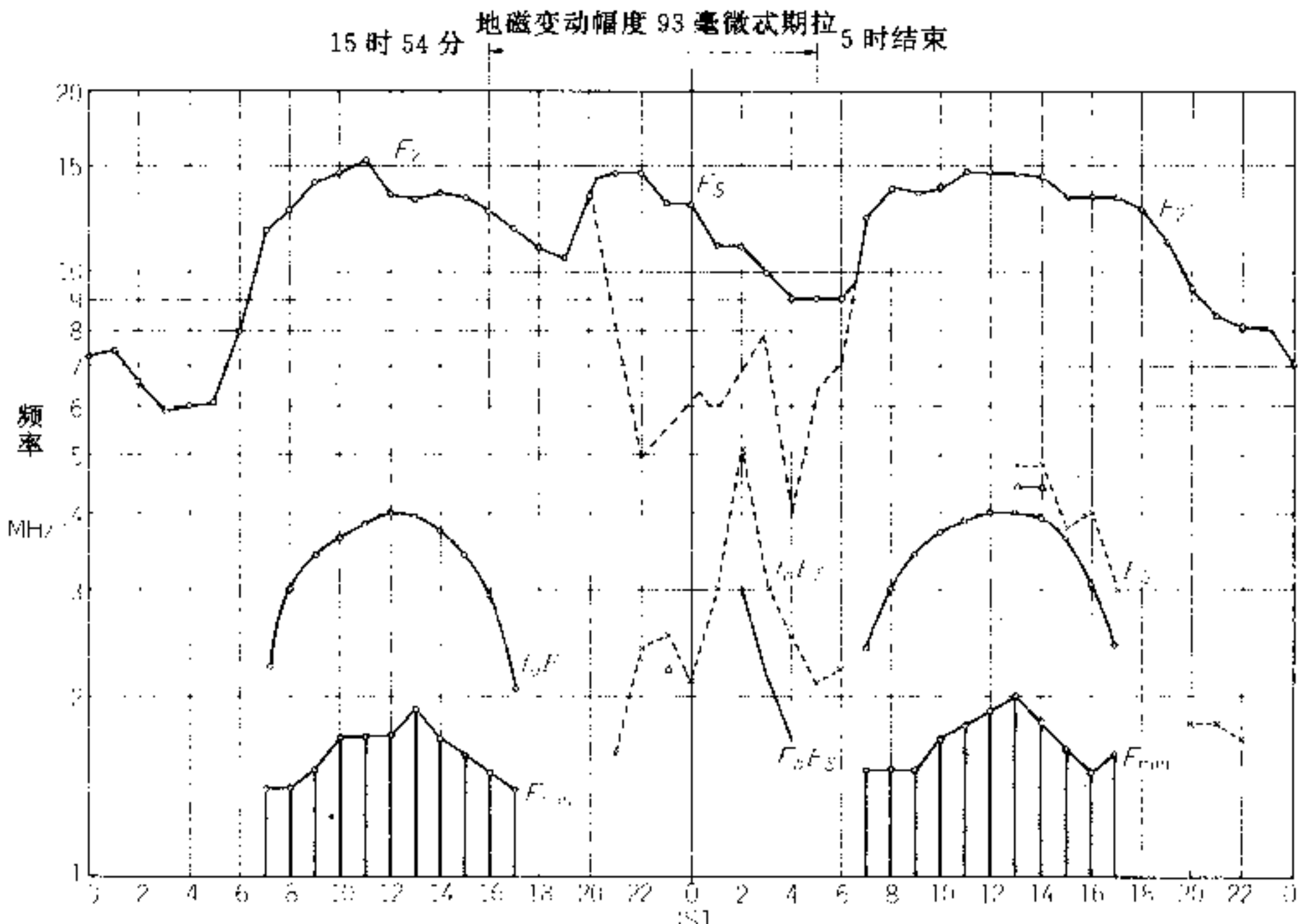
天，从日本时间的十一时到十四时由于 D 层的吸收，在 7MHz 频段内不可能进行国内 QSO。

图 3—7 是由于地磁变化剧烈而发生电离层风暴的举例。在图的上端，表示了磁暴的起止时间为日本时间十三时五十四分至次日五时，地磁的最大变化幅度为 93 毫微泰斯勒。

与此相对应，去观察图中 F 层的日变化量，可以看到在地磁活动初期电离层的日变化比较平稳，但在十五时五十四分磁暴开始的大约三 小时以后，也就是十九时日落之后，电离层的电子密度明显增加，二十时以后 F 层发生散乱，f_o 成为一频率范围。

这一频率范围称为扩散 F. 其频率称为 f_{oF}。在图 3—7 的例中，电离层在第二天由于阳

图 3—7
当地磁在活泼地变动电离层发生风暴时的日周变化例



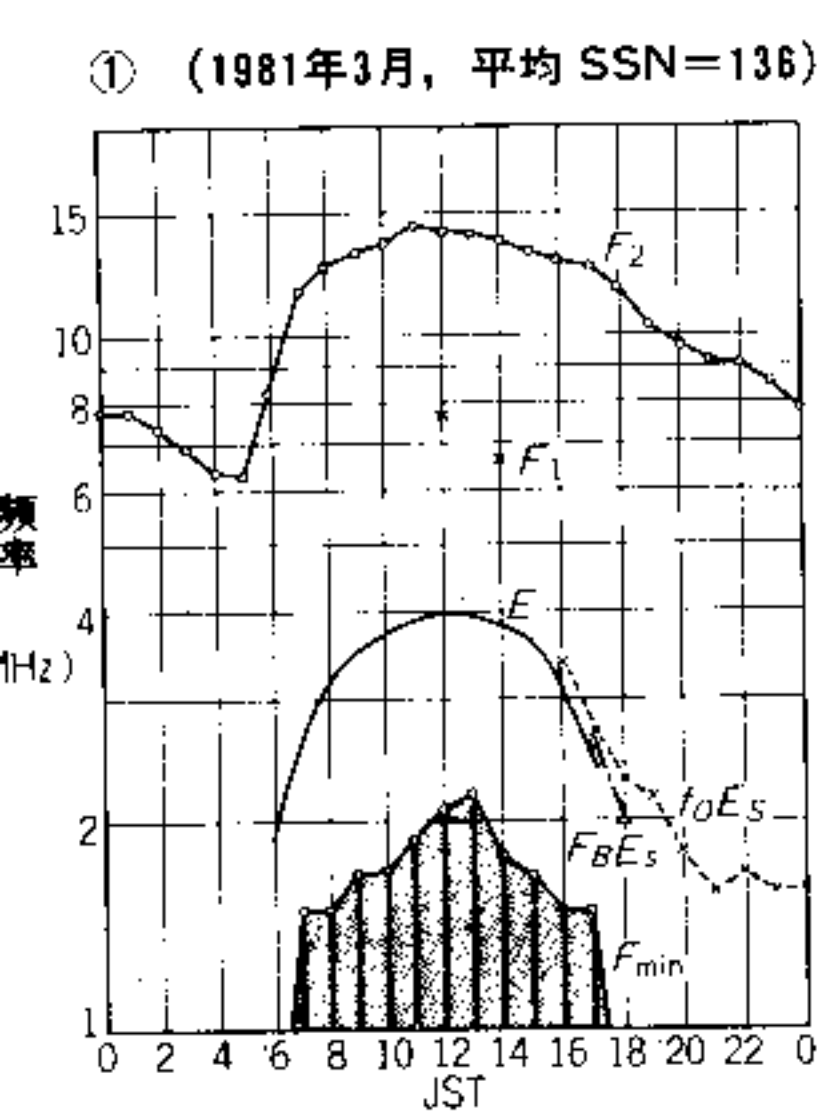


图 3—8 季节变化举例

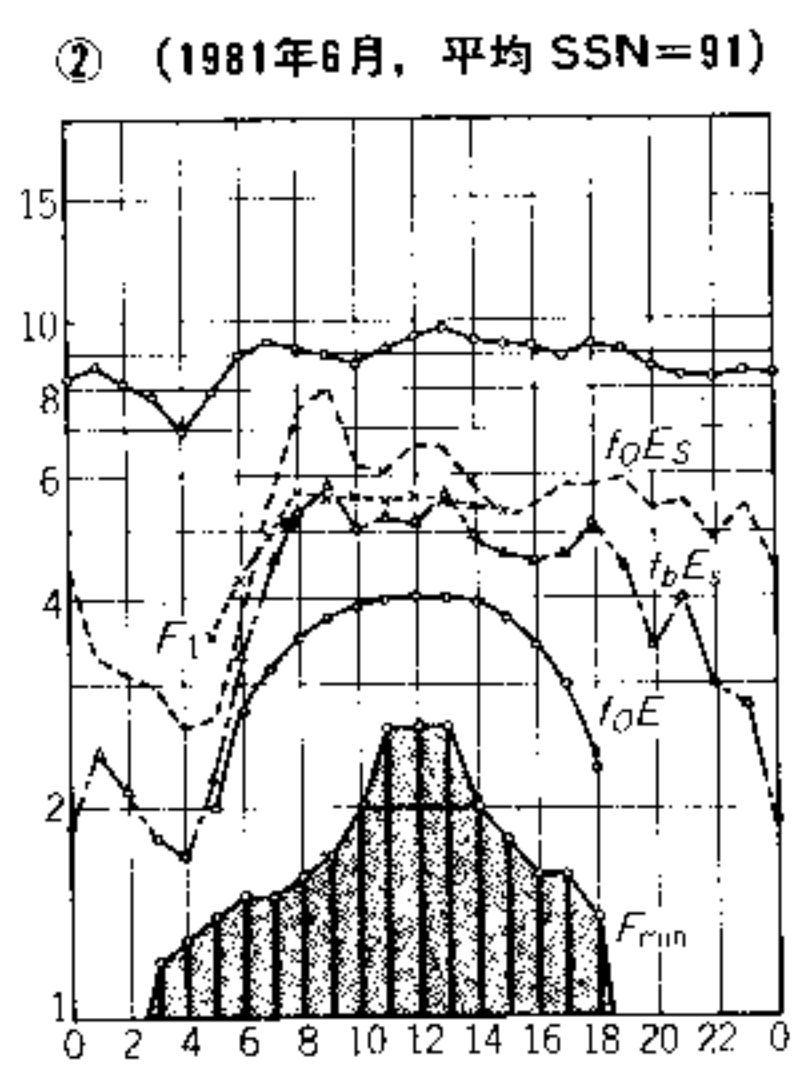


图 3—9 季节变化举例

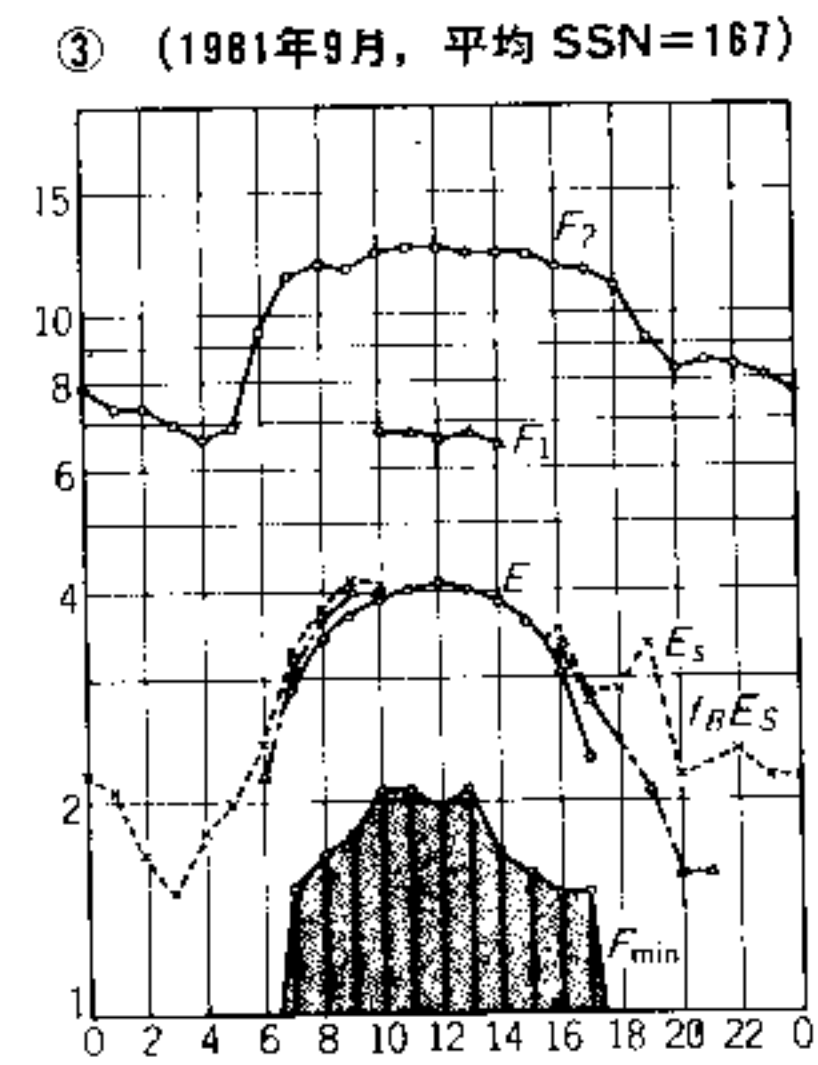


图 3—10 季节变化举例

光的照射恢复了正常。但对我们来说，在恶劣的情况下，F 层的 f_c 曲线降低或上下波动会使通信状态劣化持续两、三天。

季节变化

正午时太阳的高度，以夏至为最高，冬至为最低。电离层的四季划分为：2、3、4 月为春季，以春分为中心；5、6、7 月为夏季，以夏至为中心；8、9、10 月为秋季，以秋分为中心；11、12、1 月为冬季，以冬至为中心。

图 3—8 为 1981 年 3 月，太阳黑子数(SSN)为 136 时的测量结果。与冬季相比，在 f_c 上升的同时保持 10MHz 的时间也增加了，f_oE_s 和 f_{min} 也有所上升，但 F_1 层和 E_s 层并不发达。

图 3—9 是同年 6 月，太阳黑子数为 91 时的典型夏季举例。F_2 层的日变化曲线较平坦，但 F_1、E、E_s 变得富有变化，同时 f_{min} 上升，形成了夏季传播曲线特有的圆弧形态。

图 3—10 是同年 9 月，太阳黑子数为 167 时的情况，日出时 F 层的 f_c 缓慢上升，F_1 层和 E_s 层则在衰退。f_{min} 也有所下降，预示着秋天的传播。

图3—11是同年12月，太阳黑子数为150时的情况，F 层的日变化状况成为 f_c 白天较高，日落后明显下降，在日出前降到最低点的典型冬季型，同时 E 层的 f_oE 也比较低。另一方面，白天的 f_{min} 值也有所下降，而且曲线比较平稳。这种冬季电离层的日变化状态，以冬至为界，逐渐向下一年的季节变换过程推移。

太阳活动周期变化(年变化)

太阳活动强弱大约以 11 年为周期不断反复，与此相对应的电离层的变化实例，夏季如图 3—12，冬季如图 3—13。图中 F 层、E 层以及 f_{min} 的变化都与太阳活动成比例。这样，把电离层每年随太阳活动的情况而发生的变化称为太阳活动变化。

图 3—14 的上部为月平均电离层 f_c 的最高值和早晨 f_c 的最低值随年代推移的变化情况，下部为从 1957 年到 1991 年太阳黑子数的变化情况。

表 3—3 为从 1750 年到现在，太阳黑子数超过 100 的年月的线状图表。太阳黑子数超过 100 时，28MHz 波段的电波可传遍全球。

参照图 3—14，各波段过去的传播状态对现在以至于将来都具有深远意义。

3.2.4 F 层的传播

为了利用电离层波进行高效通信，如图 3—15 所示，需要减少电波通过 D 层①、E 层②所产生的衰耗（第一种衰耗）、主要反射层 F 层③的反射衰耗（第二种衰耗）以及利用大地进行反射时产生的大地反射衰耗④等等电波在电离层和大地之间进行反射传播时产生的各种衰耗。也就是说，对于所希望的通信距

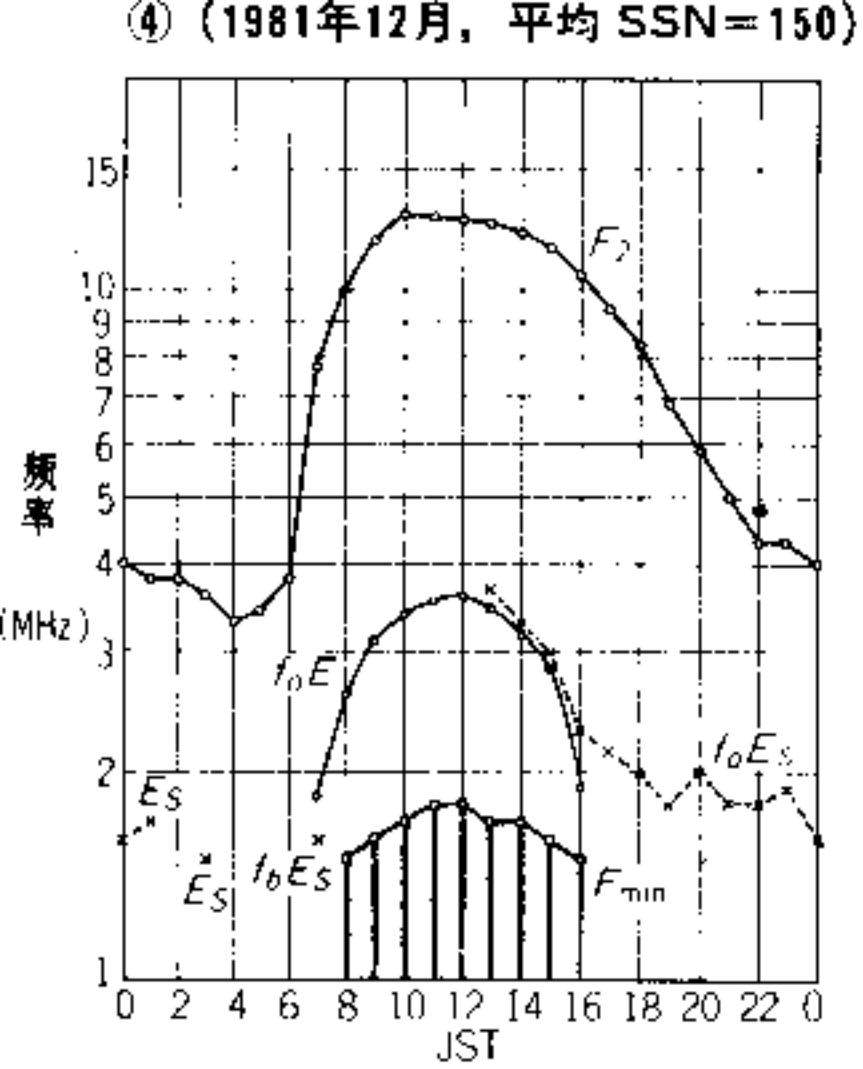


图 3—11　季节变化举例

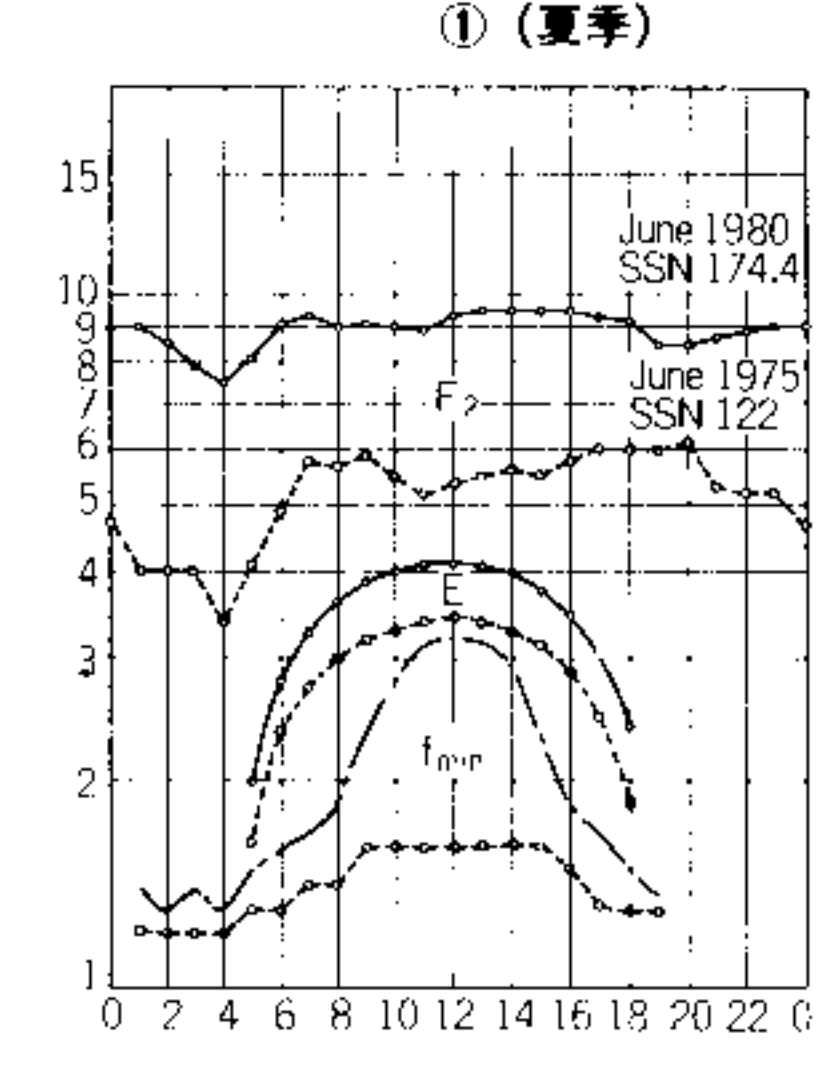


图 3—12　季节变化举例

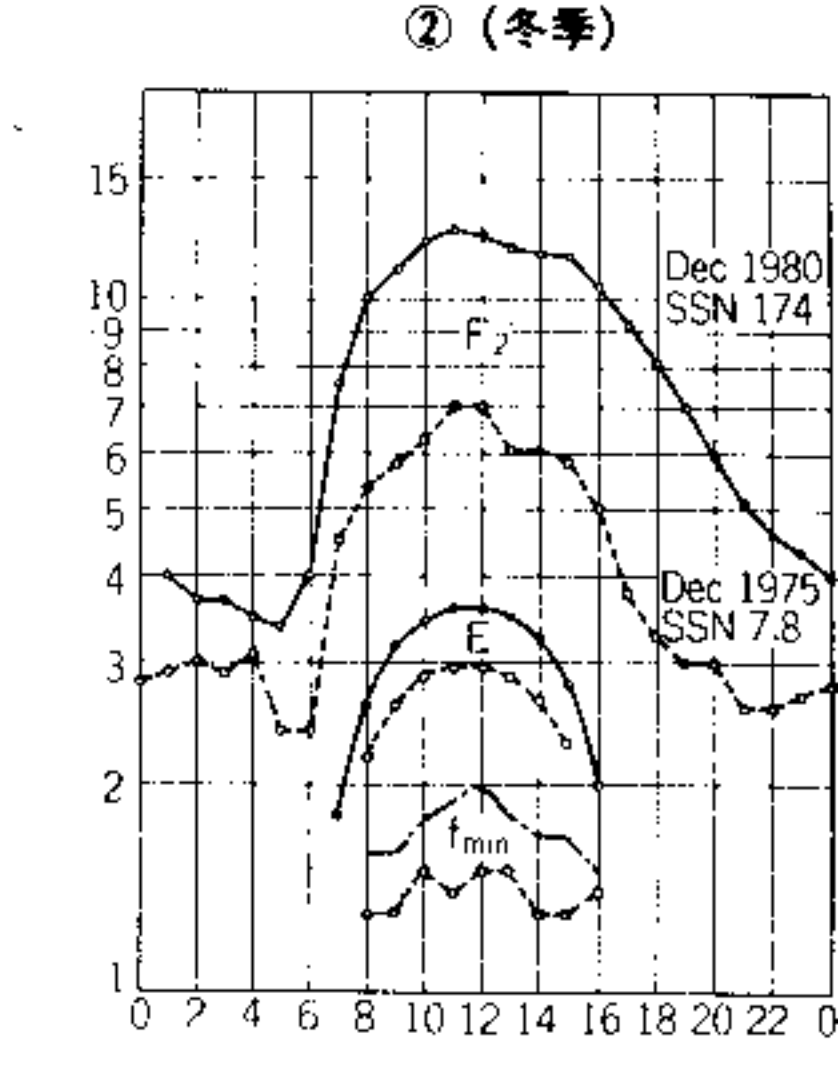


图 3—13　季节变化举例

离，需要选择通信时间、使用频率以及电波的发射角度。

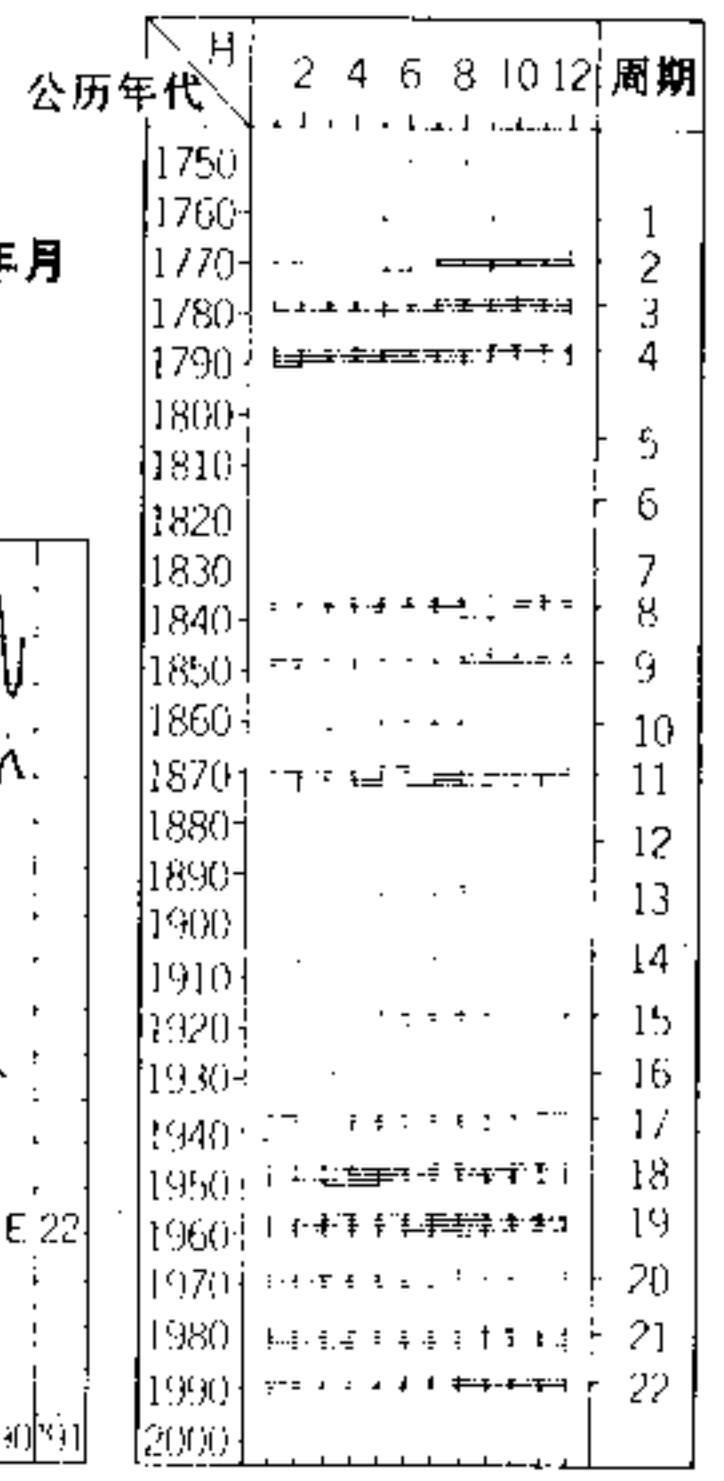
在考虑这一问题时，要像图 3—16 那样，假设大地上的天线向一半球发射电波，所发射的电波根据图 3—15③的位置，即电离层的反射点（顶点）临界频率来决定入射角，由此可以估计通信距离。在实际通信中，要使用具有适当发射仰角的天线。

3.2.5
通信距离和临界频率

F 层的临界频率为 10MHz，如果使用的频率为 7MHz，由于使用频率为临界频率的 70%，可以忽略 F 层的反射损耗。只需要考虑由于在 F 层进行反射而往返通过 D 层、E 层时产生的衰耗。

以下进行举例说明。假设天线的发射功率为 10W，电波频率为 7MHz，用图 3—17①的仰角为 90°的角度发射，由 F 层反射后的电场强度相当于图 3—17 中通信距离为 0km，即约为 24dBμV。随着通信距离的延长要不断减小发射角度，在图中可以参考角度和距离的对应关系。

表 3—3
SSN 超出 100 的年月



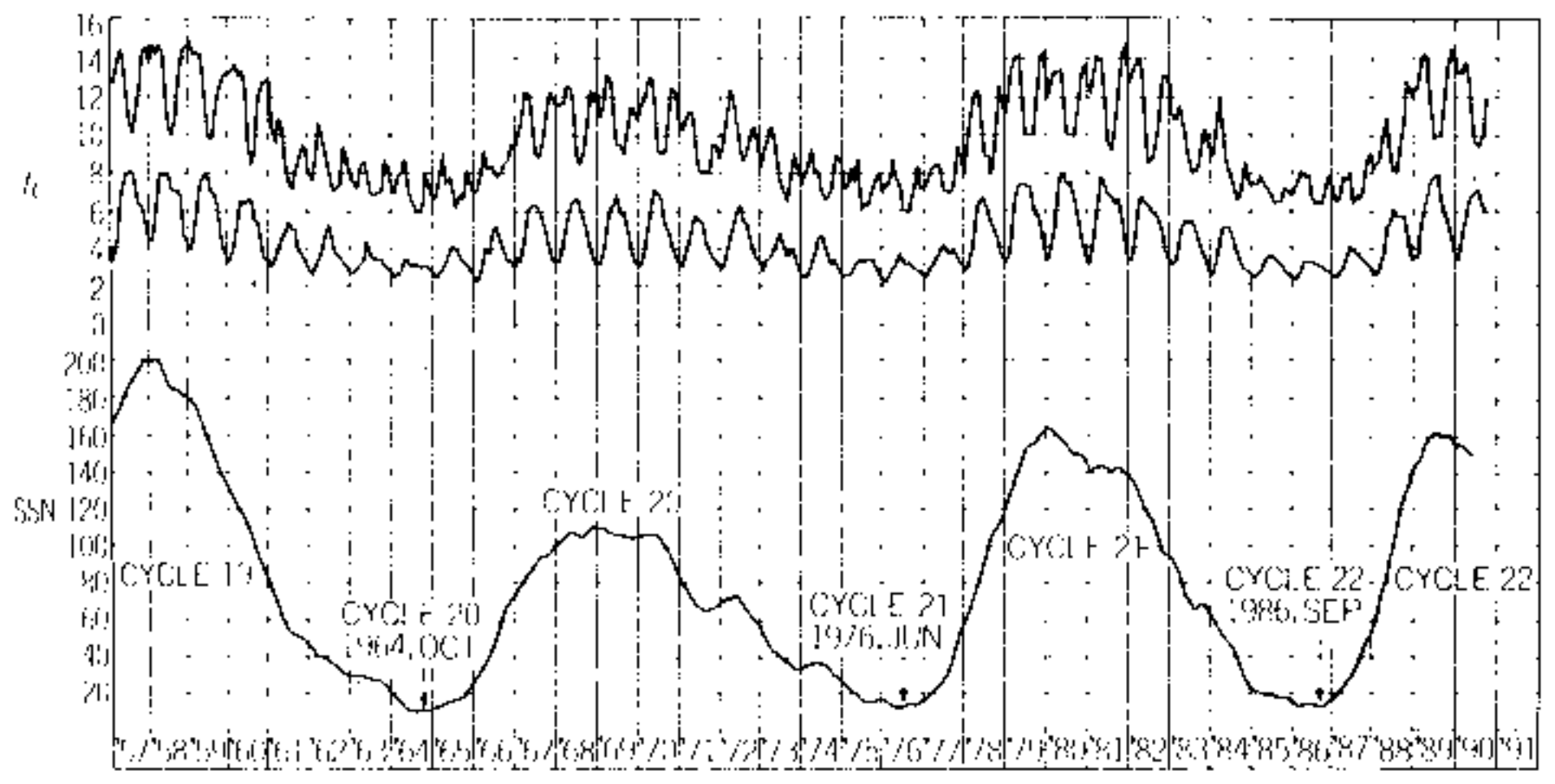


图 3—14　1957 年月平均 f_c 的最高值和最低值及相对应 SSN 的年变化曲线图

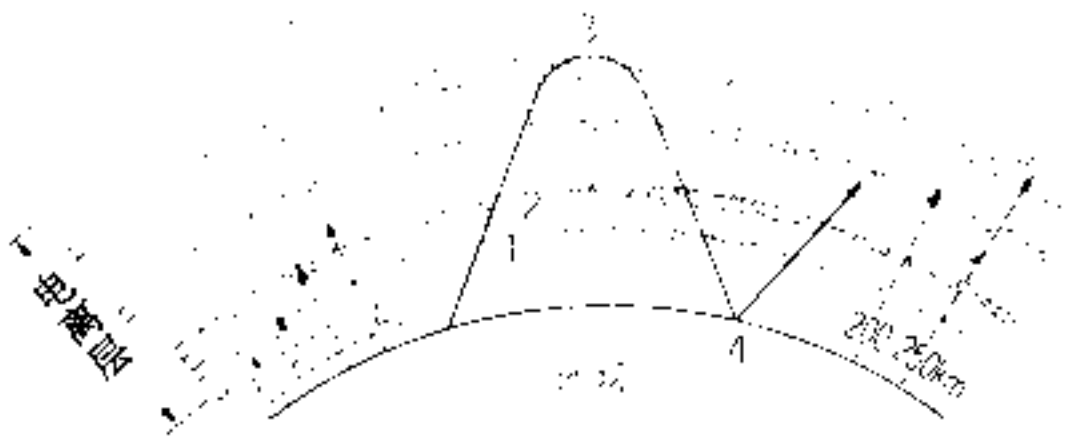
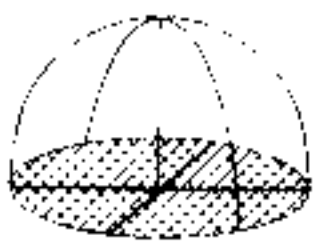


图 3—15　电离层传播的状态

处于自由空间的情形



各向同性的放射
（在地上情形）

图 3—16　在自由空间的放射和各向同性的放射

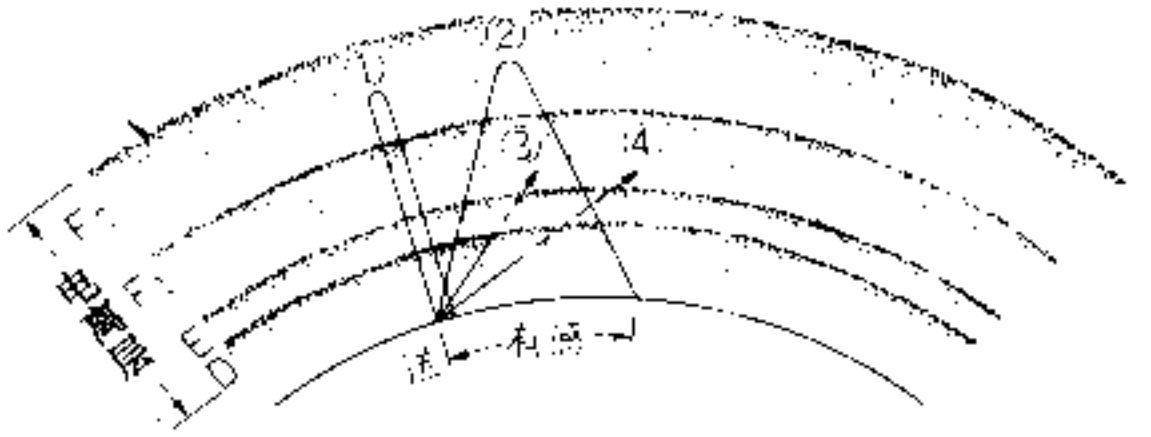
地面距离超过 800km 以上，接收到的电场强度会低于 0dBμV. 超过 1200km 则低于 −10dB. 即低于一般接收机接收下限的 0.3μV. 而接收不到。

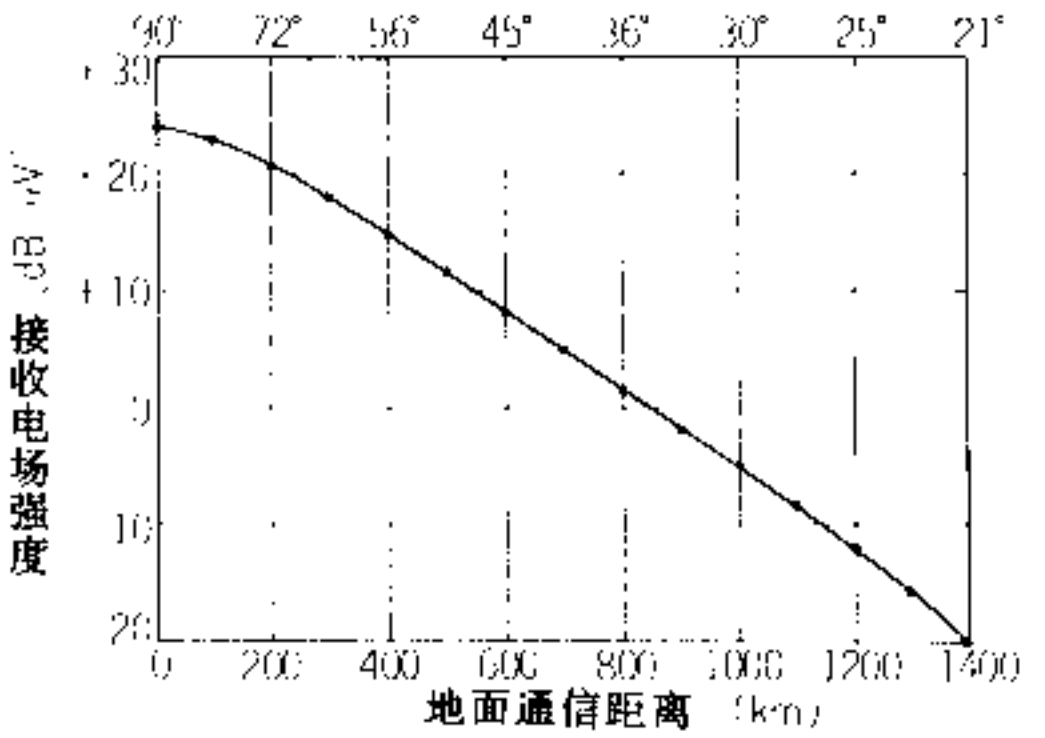
归纳以上情况，在使用频率低于 F 层的临界频率时，利用电离层波的跳跃距离，可以在 1000Km 范围内通信，超过这一范围则会由于第一种衰耗的存在而不能通信。

图 3—18 是减小第一种衰耗（通过 D 层产生的衰耗）使电波传播距离超过 800Km 的情况。利用天波通信时，可以应用正割定律，即电离层对倾斜入射电波的反射频率高于垂直入射电波的反射频率。

如果图中 F 层的反射点临界频率 fc 为 8. 8MHz. 使用频率为 14MHz. 根据图 3—20F 层的传播距离特性，纵轴的 fc 为 8.8MHz 的点与 14MHz 的参数曲线的交点对应的横座标为 800km. 发射仰角为 36 度。

这样，我们可以知道，如果像图 3—18① 那样用天线发射 14MHz 的电波，仰角超过 36 度，电波就会穿透电离层，仰角小于 36 度的电波被电离层有效反射（②），一次反射距离





但是：天线发射电功率
F 层反射
F 层看到的反射层高 320km

图 3—17　使用频率比 fc 较低时的传播

在 800—3000km 之间(参照图 3—19)。

从发射点利用地面波可传播的最远点到利用电离层波可通信点的距离称为越距。

图 3—20 为上述 fc 与通信距离以及发射角度的关系。即通信距离在 2000km 以内的，利用 F 层传播(一次反射)的距离特性。纵轴为反射点的 fc. 横轴下侧为通信距离，上侧为与距离对应的发射仰角，从 1. 9～28MHz 的各业余波段作为参数用曲线表示。

应用举例

如果 fc 为 7MHz. 在 7MHz 以下无越距，由于第一种衰耗，电离层电波会逐渐减弱，但在接收机的接收临界距离可以使用。

假设 fc 为 MHz. 使用频率为 10MHz. fc＝7MHz 与 10MHz 波段曲线的交点对应的横轴距离为 680km. 在 680km 以内的范围为无 F 层反射的越距，而在 680km 以外的区域为可用电离层通信的地带。这时，电波的发射仰角最好在 50 度以下。

在 14MHz 波段的情况下，如果 fc＝7MHz. 同样，交点约为 1200km. 在此范围以外为可通信区域，在此范围内则成为越距。而

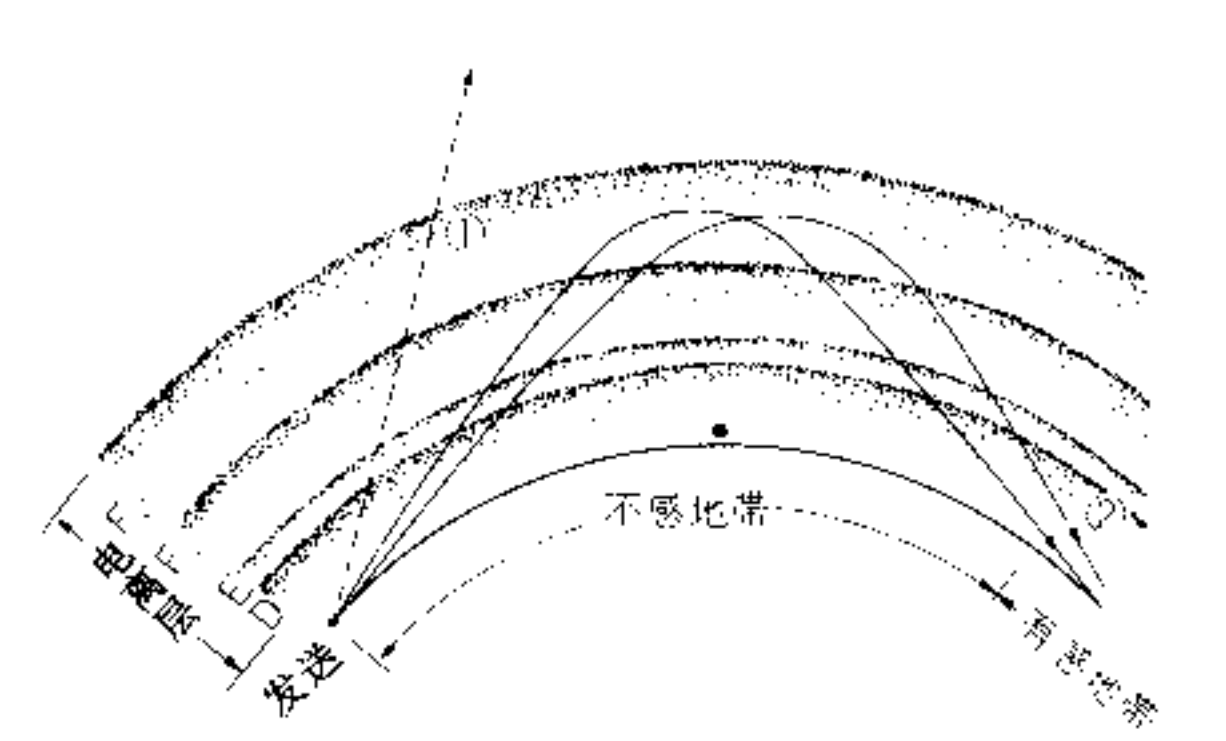


图 3—18　使用频率超过一定范围时的传播

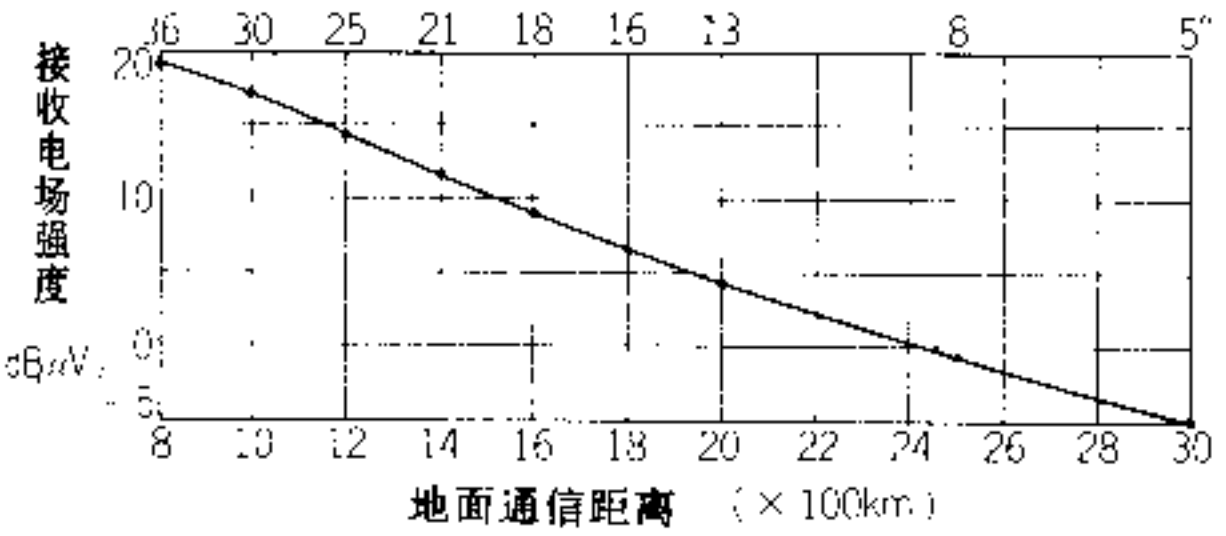


图 3—19　14MHz 频带 F 层传播距离特性(一次反射)

有效发射仰角最好在30度以下。

在上述的 F 层传播距离特性图中，由于通信距离与发射角度并非直线的比例关系，而较难读取，所以在图3—21中表示了实用的假定电离层高度的发射角度与通信距离的关系。

如上所述，对于通信距离选择频率要包含多种因素，因此通常利用《日本中心的短波传播曲线集》即参考文献(1)。该书中有使用方法的解释，可作为参考。

在此，举实例说明为业余无线电而公布的传播予报图的使用方法。

图3—22是1979年10月，太阳黑子相对数为 155，通信距离为 250Km 的国内用曲线图。根据具体情况假定通信方向。

3.2.6

MUF 和 LUF

图 3—22 中所示的 MUF 是对特定通信线路距离可使用的最高频率（Maximum UsableFrequency）的缩写。MUF 是根据电离层观测值或电离层的世界分布图计算得出的。LUF 是最低有效频率（Lowest Useful Frequency）的缩写。MUF 曲线是根据反射点的 fc 和距离特性（图 3—20）计算出的日变化量的月平均值，LUF 曲线是在第一种衰耗的日变化量的平均值的基础上，参考发射方、接收方的性能得到的结果。在该图中，LUF 的设备条件如表 3—4 所示。图的使用方法：

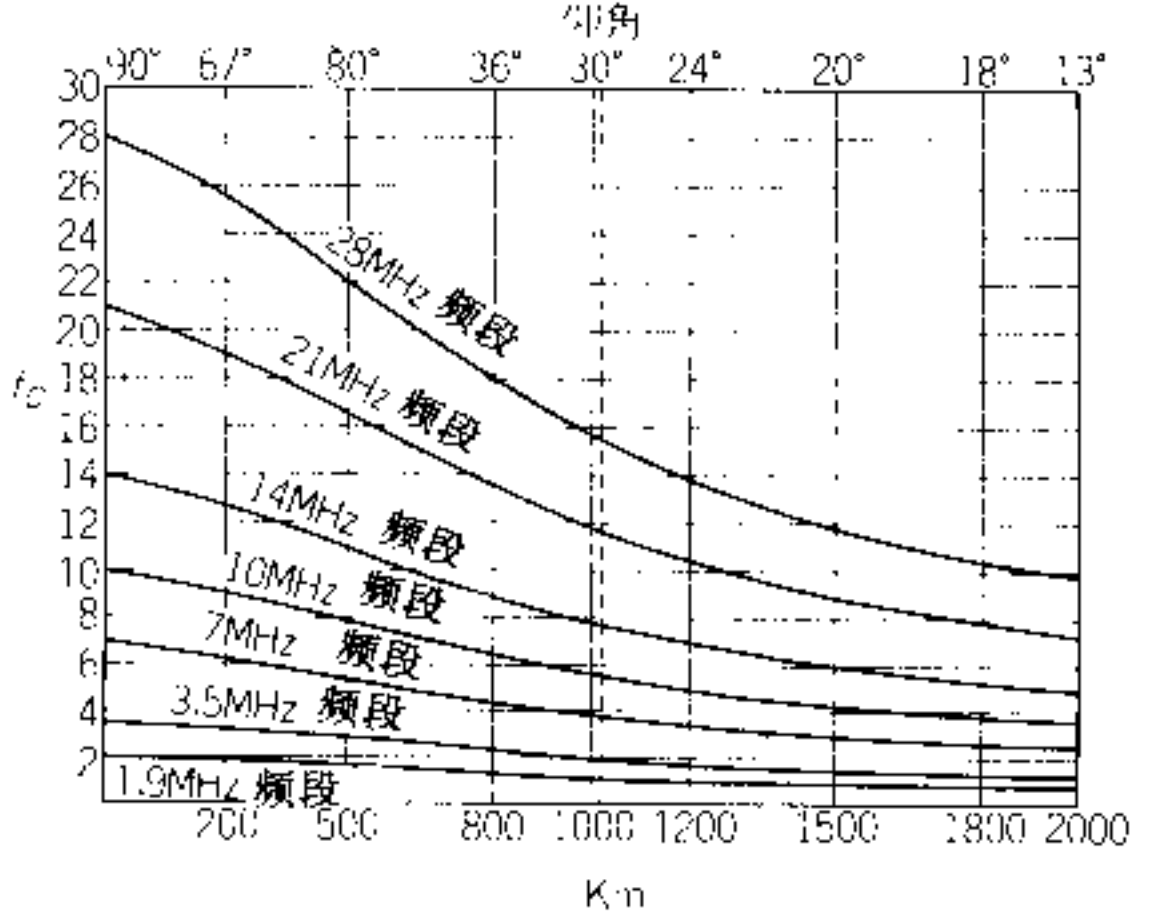


图 3—20　F 层传播距离特性(一次反射)

这张预报图从直观上可以看到各波段的可通信时间，即：14MHz 波段 10：30～16：00；10MHz 波段 6：15～18：30；7MHz 波段 5：00～22：30；3.5MHz 波段按照 LUF①曲线的条件，15：00～次日 8：15；2MHz(1.9MHz)波段 16：15～次日 7：00。

但仔细观察一下，由于 14MHz 波段的可通信时间带接近于 MUF 曲线，而较易受到 F 层日变化的影响，通信状态很不稳定，10MHz 波段的可通信起止时间虽然受到 F 层日变化的影响，但整体上要低于 MUF 曲线 4MHz，在中午前后距 LUF 曲线也有 4MHz 以上，因此在可接收持续时间内通信状态是稳定的。7MHz 波段的可通信起止时间也受到 F 层日变化量的影响。当然，由于 7MHz 大大低于 MUF 曲线，所以通信状态稳定，但在 10：15～13：00 间与 LUF 曲线之间的间隔小于 2MHz。这意味着在这一时间段内太阳光线最强，第一种衰耗最大，既使通信状态稳定，信号强度也很弱。

由于上述标准予报图需大量篇幅，出现了图 3—23(1)(2)那样的简化表示方法。这种表示方法的说明请参照参考文献(2)。

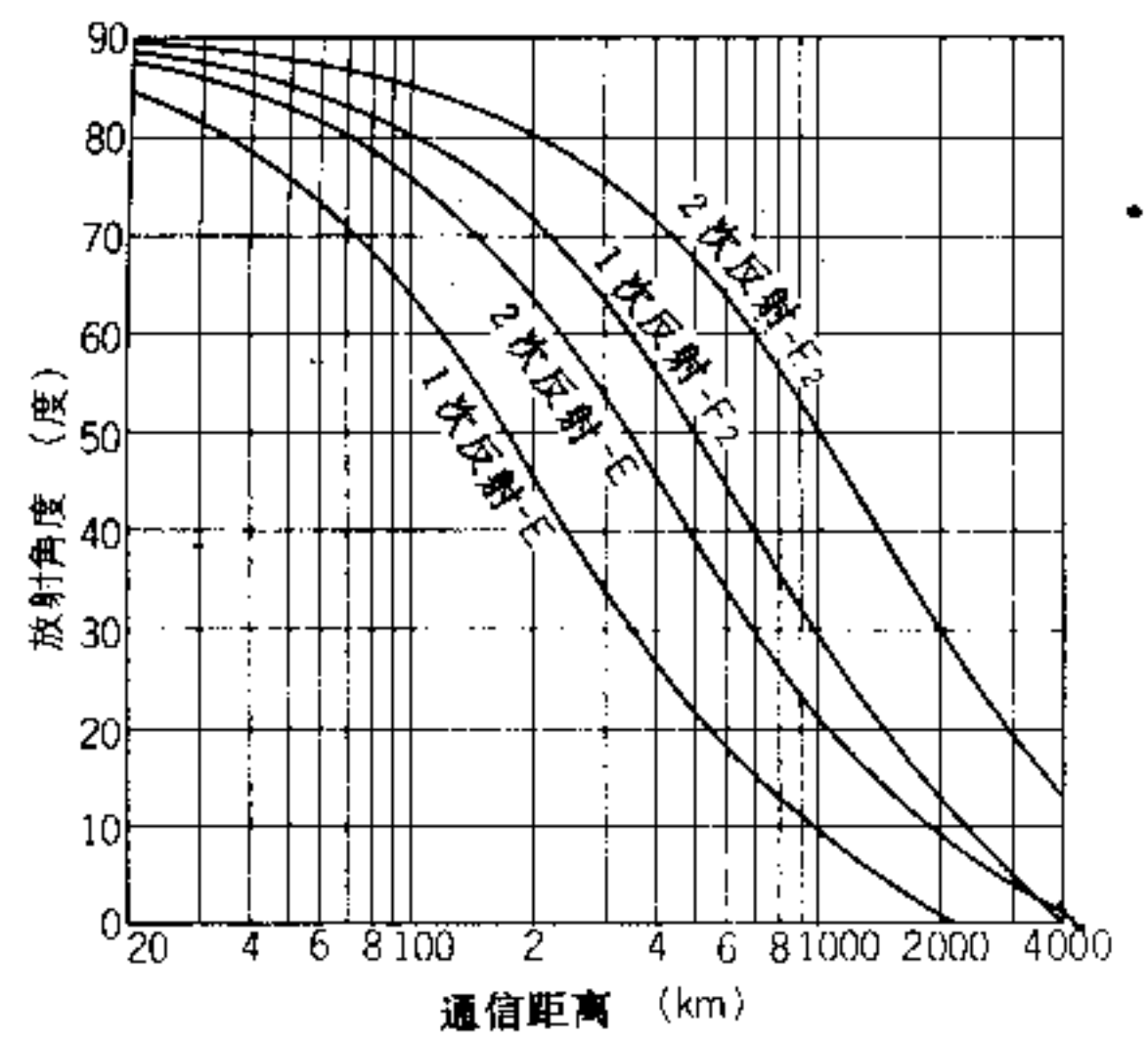


图 3—21　发射角度和通信距离的关系（常见的反射高度为 F_2 层 320km，E 层 105Km）

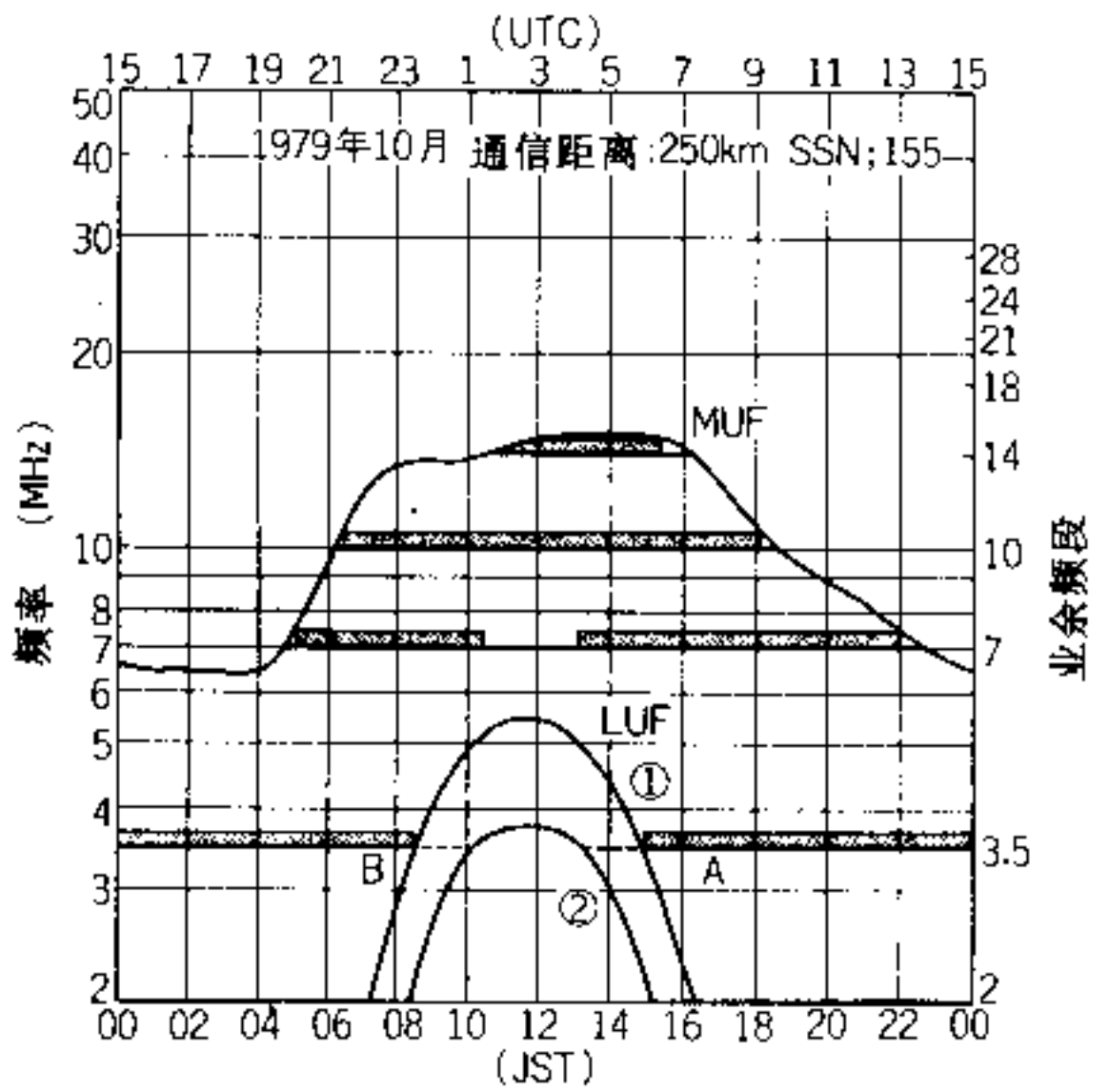


图 3—22　MUF／LUF 曲线举例

3.2.7
向海外通信的实际状况

作为实例，考虑一下东京和北美西部洛杉矶之间用 14MHz 通信的情况。如图 3—24 所示，电波沿最短路径传播。东京 T 点至洛杉矶 S 点距离约为 8300km，假设通过三次跳跃传送，按算术计算一次跳跃距离约为 2767km，从东京发射的电波沿最短路径在地表距离约 1383km 的 A 地点上空附近形成反射点，进行第一次反射。

然后电波在到达洛杉矶之前，在最终反射地点 B 的上空形成反射。A、B 两点分别称为日本方面和北美方面的控制点。计算两地点反射的 MUF，并采用其下限值画出的曲线如图3—25所示。

MUF 曲线中 A 到 B 的区间由日本方面控制点的 F 层日变化量支配，B 到次日 C 的区间则由北美方面控制点的 F 层日变化量所支配。

LUF 曲线是在累计了电波每次通过 D 层、E 层时产生的第一种衰耗的基础上，考虑了太阳活动情况和发送、接收设备性能后得到的曲线。这张图的使用方法与国内予报图（图 3—22）相同，但 14MHz 波段的变化较为复杂，对此，进行以下说明。

表 3—4　LUF 接收基准

LUF 计算条件	2000km 以下
	发射功率 100W 发射天线的增益 0dB 最低所需电场强度 3dBμV／m
	2500km 以上
	发射功率 1kW 发射天线的增益 10dB 最低所需电场强度 3dBμV／m

假设在 5：00～12：00 之间使用输出功率为 100W 的发射机，发、收两端都使用增益为 5dB 的天线时，根据 LUF 曲线，可得到该时间段为不可开通时间段。

12：00～16：00 间，两控制点的 MUF 曲线充分保证了 14MHz 的使用。在 16：00～20：00 之间，MUF 曲线比 14MHz 低 2MHz 左右，但由于以后将要介绍的前向散射，会造成信号减弱、不稳定，但仍有通信的可能性，这一可能性用虚线和代表散射的 S 来表示。

在夜间的 20：00～21：00，是两控制点的

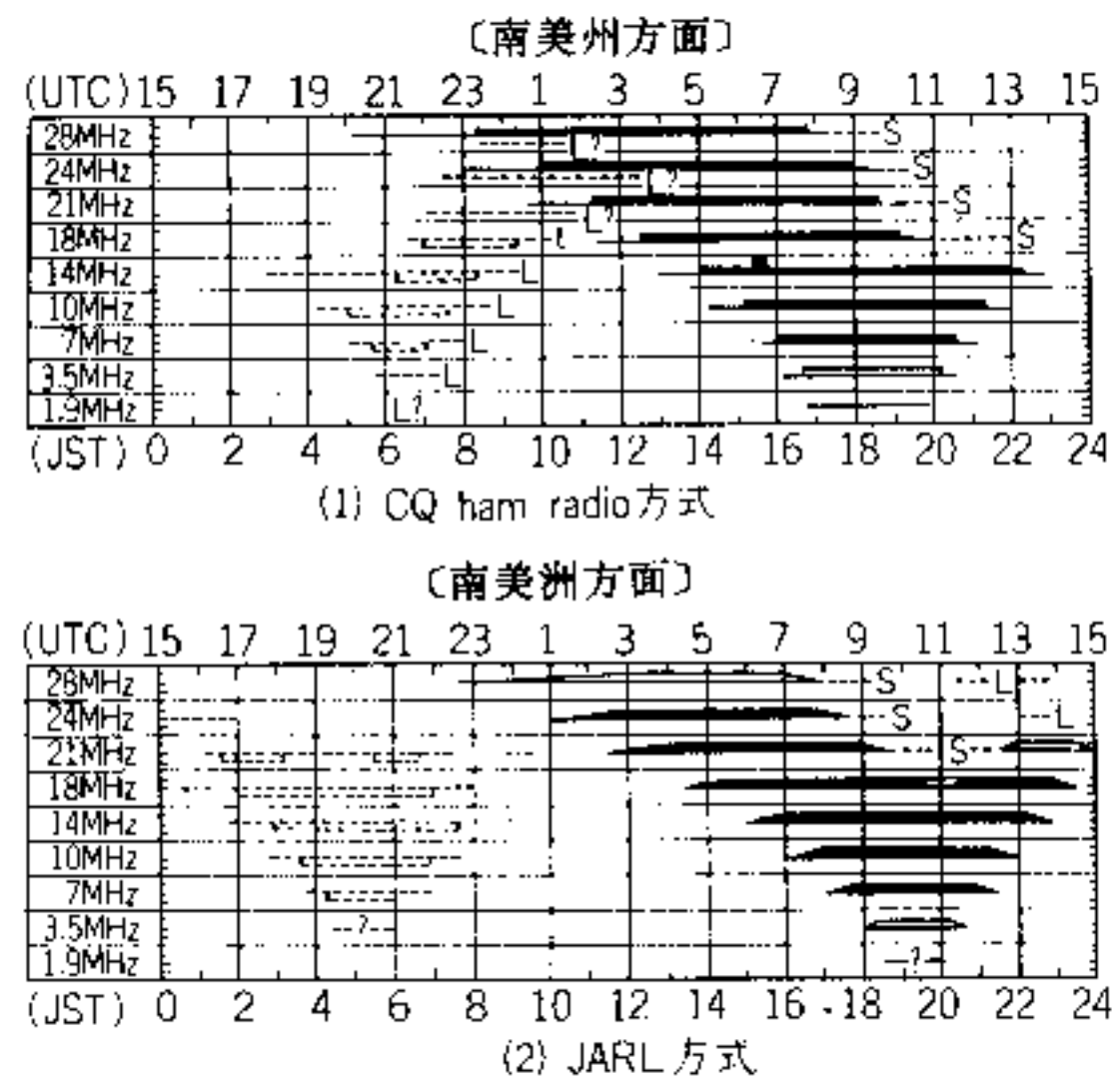


图 3—23　预报线图〔南美洲方面〕

MUF 的上升时间。夜间没有 LUF. 信号较强，但由于月平均开通概率较小，在图 3—26 中用双线表示。同样，23:00～次日 5:00MUF 曲线与 14MHz 接近，考虑到在这段时间内容易受到 F 层日变量的影响而不够稳定，也用双线来表示。

3. 5MHz 看上去可以稳定通信，但对夜间成层状态的变化较敏感，不一定总是像预报曲线表示的那样稳定接收，因此也用双线表示。由于 1. 9MHz 的接收条件更差，仅用单线表示出可能通信的时间带，具体情况由每天的电离层成层状态来决定。

图 3—26 是包含以上内容的线状图。

图 3—27 是日本至北欧（斯德哥尔摩）的预报曲线，受控制点影响的方式与东京至北美（日本以东）之间的方式不同。MUF 曲线的 A 至 B 之间受北欧方面控制点的 F 层日变化量的支配，B 至次日的 C 点之间受日本方面控制点的支配。

此外，MUF 曲线与 LUF 曲线有交差的部分，意味着在这一时间段内不能通信。LUF 曲线在 13：00～0：00 之间出现波动，这是因为考虑了电波的最短路径经过北极圈附近而产生的衰耗。

图 3—28 是表示由于太阳活动使 MUF 曲线和 LUF 曲线发生变化的图。实线是太阳活动最频繁的状态，虚线则相反，表示了平稳期的状态。由此可见，LUF 变化不大，而 MUF 有大幅度变化，业余波段可进行国际通信的时间带和频率范围在很大程度上受到太阳活动的限制也是可以理解的。

3.2.8 利用 E 层以及 E_S 层进行传播

在通信距离超过 2000km，使用频率超过

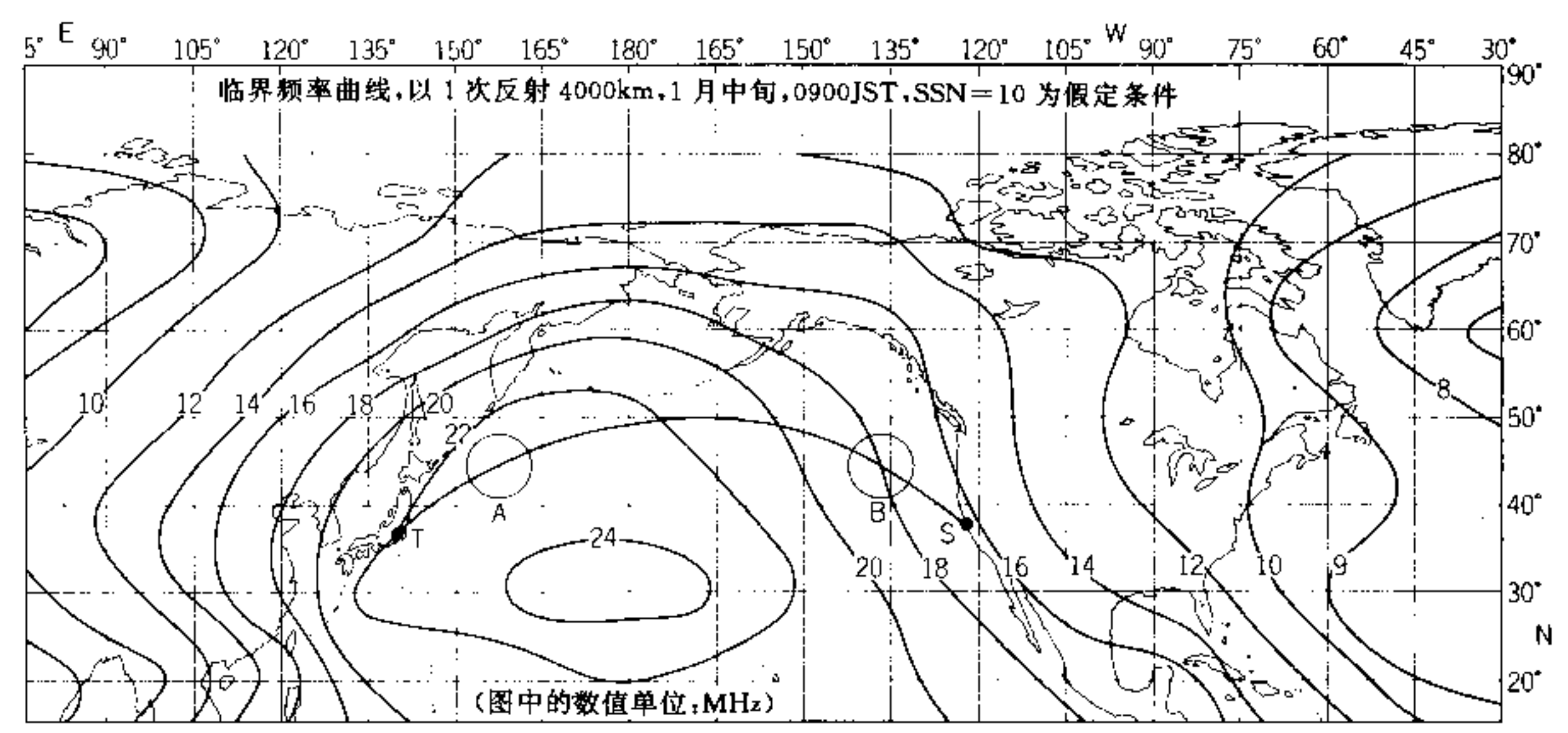


图 3—24　最短路径和反射点，控制点

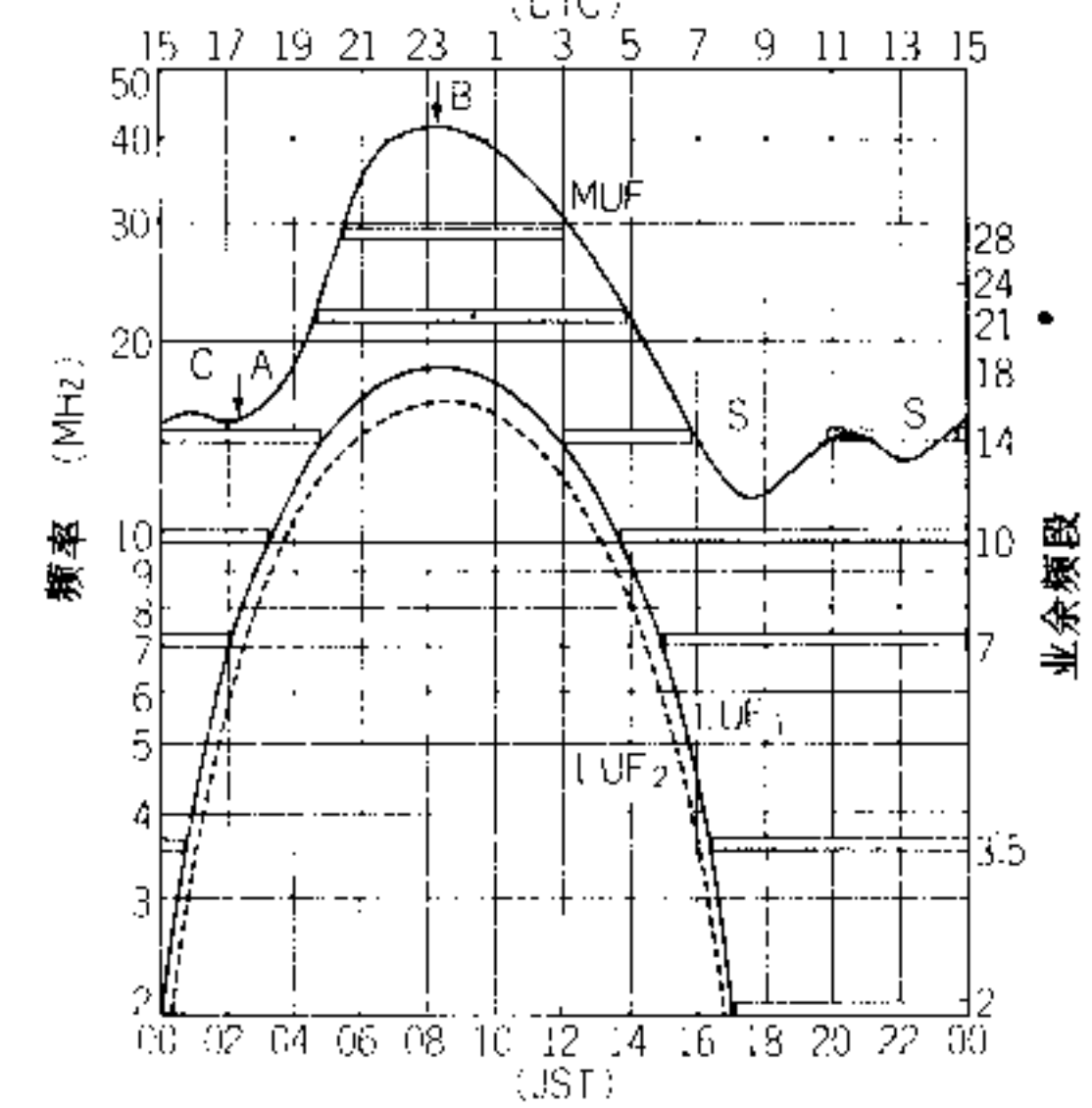


图 3—25　传播预报图(东京—北美西部)

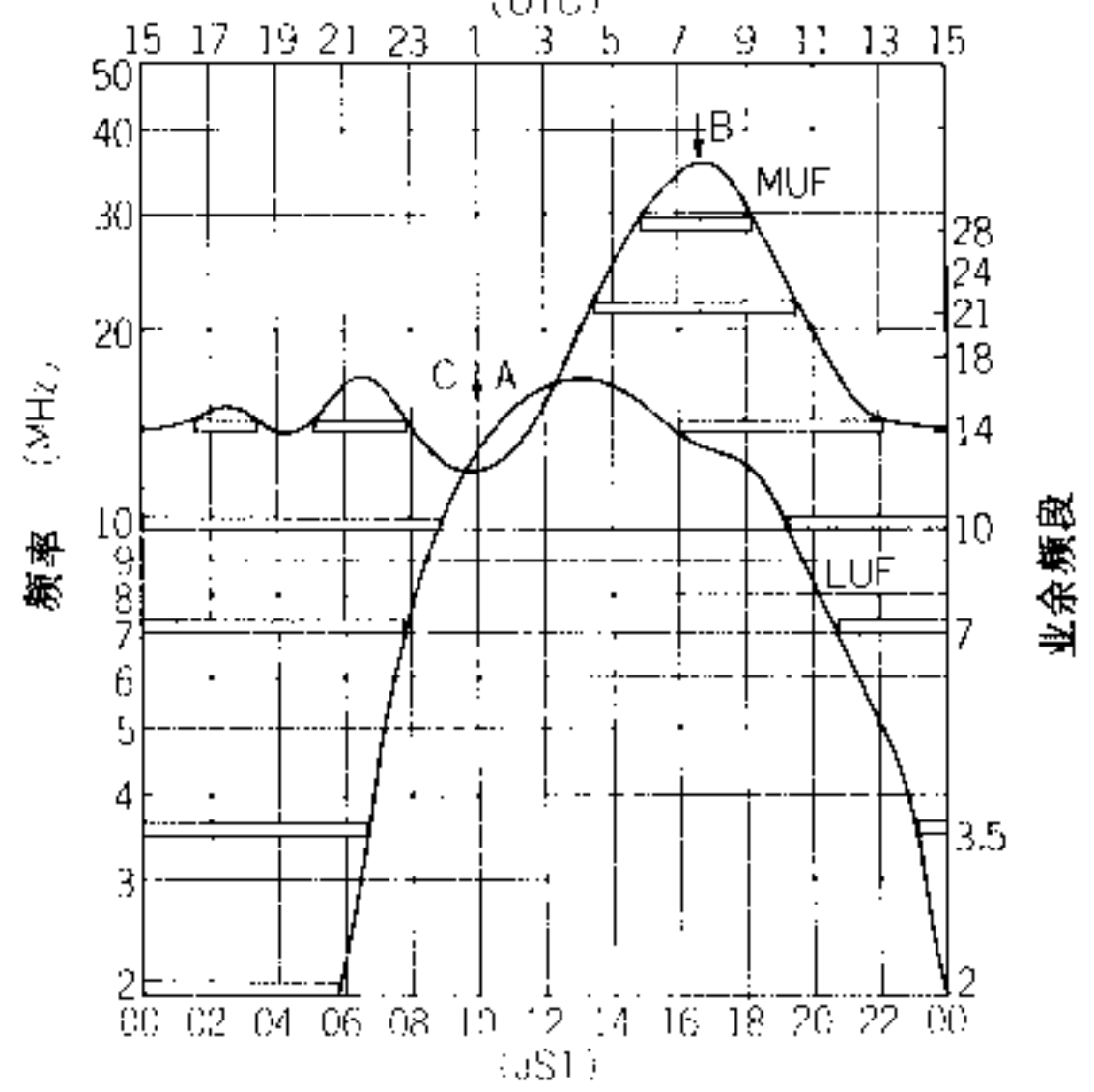


图 3—27　传播预报图(东京—北欧)

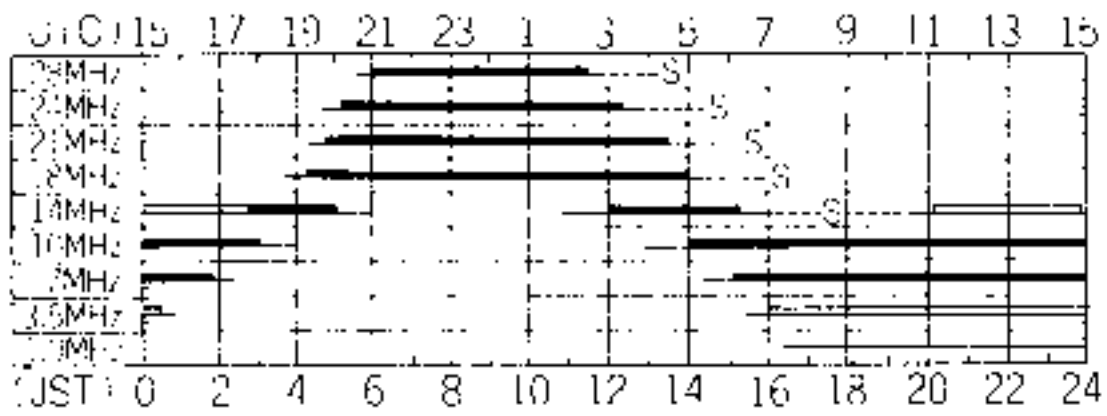


图 3—26　预报线图

3.5MHz 的场合，利用 F 层传播比较适当，但在通信距离小于2000km 时，利用 F 层、E 层以及 E_s 层进行传播会出现微妙的情况。

这里必须要注意的是 E_s 层的两个性质。其一是好像 E 层的延长线一样，有一个完全反射电波的频率范围。其二是如果超过这一频率，电波不仅在 E_s 层有反射，而且穿透 E_s 层的电波在高于 E_s 层的 F_1层和 F_2层也会产生反射，即会产生所谓分反射。

前者的在 E_s 层完全反射的频率范围和后者的产生分反射的频率范围之间的临界频率称为 f_bE_s(参照图3—29)。

E_s 层在距地面约110km 的高空产生，由于其产生和消失都无规律，甚至其产生也是不可予知的，所以称其为突发 E 层(Sporadic E layer)，简称 E_s。E_s 层水平方向直径约为200km，在相当于 f_bE_s 频率的电子密度的电离气体中，厚度为0.5～2km，水平直径为数km 的电离云称为斑状电离云呈不规则分布。

在北半球的夏季，会产生沿东西方向或南北方向分布的、具有数小时寿命的、巨大的斑状电离云，形成 E_s 层。在日本附近，这一 E_s 层的水平移动速度为70～80/sec，在一天之内，上午和下午的移动方向不同。

一般局部地区产生的 E_s 层的寿命为一小时左右，并在产生、消失的不断反复过程中移动，所以利用 E_s 层通信的要领是内容简略。

另外，E_s 层被认为是进入 E 层区域的流星尘气化时产生的气体。这一点，现在已被通过观测火箭检测 E 层的气体，并发现了流星所携带的金属离子这一事实所证实。

下面利用图3—30、图3—31说明 E 层以及 E_s 层受季节变化或太阳活动影响的情况。

如图3—30 1的①、②曲线所示，E 层的临界频率 f_oE 每个月都明显受到太阳活动的影响，看一下以一个月为100，用百分比来表示 f_oE_s 的出现频度的曲线，就能知道 E_s 层的发生与太阳活动几乎无关而具有受季节变化支配的特征。

图 3—30 1和图 3—30 2分别表示了正午和夜间零时的值。图 3—31 同样是表示了

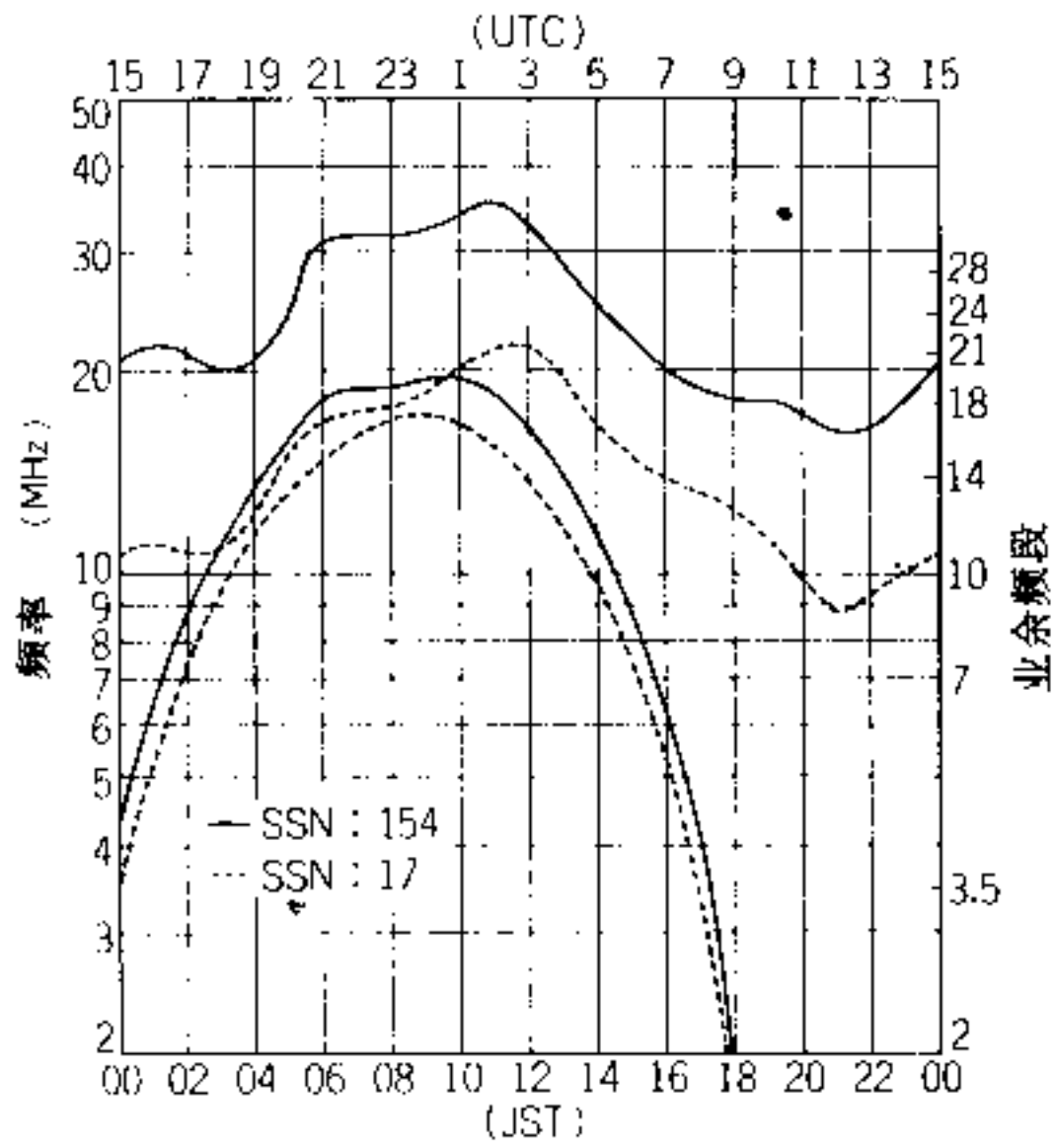


图 2—28　太阳活动对 MUF／LUF 的影响

正午和夜间零时的情况，其使用方法与图3—30相同。

3.2.9
利用 E_s 层传播所存在的问题

如上所述，由于 E_s 层的产生、消失很不稳定，所以利用 E_s 层的 QSO 的要领是必须简略。利用 E_s 层的通信，在1500km 的传播距离附近开通概率最高。此外，由于在较高频段的 E_s 层反射呈上述的分反射特性，并含有散乱的反射因素，因此天线的波束宽度（水平及垂直面）不能过窄。图3—32表示了在散射的情况下，天线的半功率点宽度 β 和距离对衰耗的影响。例如，当通信距离为1000km 时，如使用半功率点宽度 β＝20°的天线，传播损耗约为2.5dB，而若使用 β＝10°的天线，传播损耗将增加到9dB。

图3—33是 E_s 层传播随时间变化的实例。8点到14点之间产生的 E_s 层如图3—30和图3—31所示，f_oE_s 和 f_bE_s 的值最高，形成了所谓浓厚的 E_s 层，在250km 至2000km 范围内对较高频率的电波也能很好传播。16点左右开始产生的 E_s 层虽然 f_oE_s 值较高，但 f_bE_s

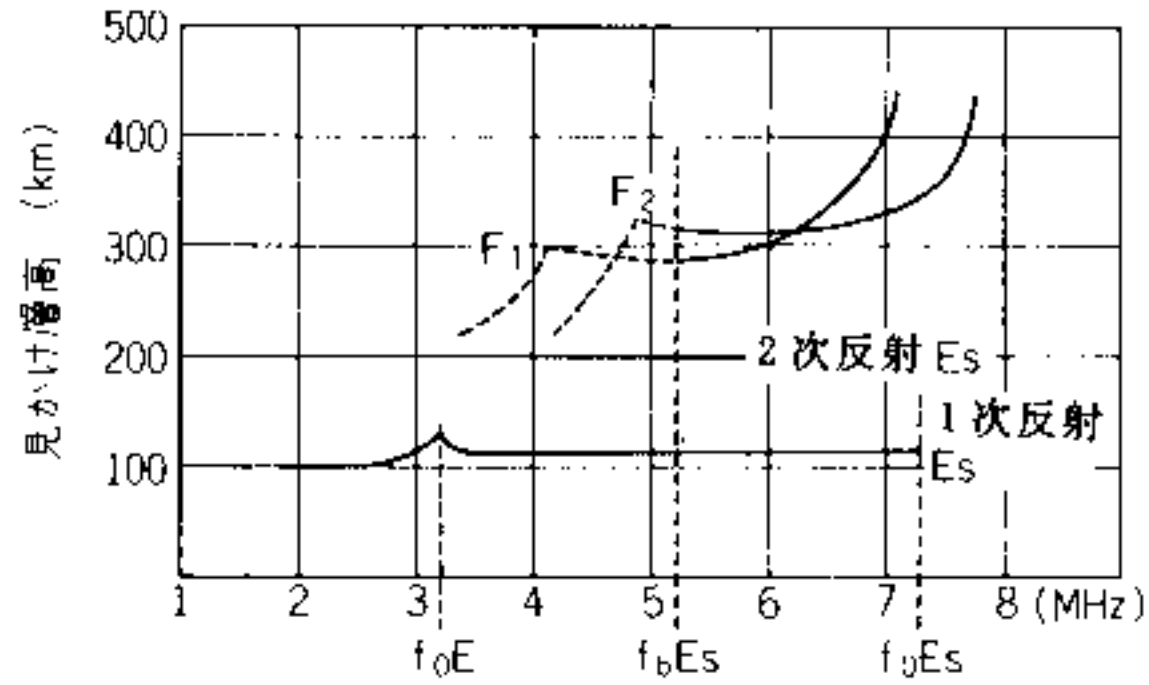


图 3—29　E_s 层的完全反射和分段反射

变得很低，E_s 层的反射呈散射状态，对500km 至2000km 以上的远距离通信较为有利，易于传播的频率多为30MHz 以下。

另外，如上所述 E_s 层具有对 f_bE_s 以下的频率完全反射的性质。例如，使用7MHz 在白天进行500km 左右距离通信时，突然会产生位于200km 以内的近距台的电波侵入而远地台的电波消失的现象，或者在理应能用 F 层传播的时间带内收不到远地电波而只能收到近距台电波的现象。这些都与这一性质有关。

图3—34是 E 层或 E_s 层的传播（一次反射）距离特性图。其使用方法与图3—20相同，而波段的参数曲线是根据 E 层反射得到的距离特性。

假设 E_s 层突然产生，f_bE_s 为6MHz，那么如果在此之前以30～50度仰角发射的电波利用 F 层反射能传播500km 以上的距离，由于6MHz 的 f_bE_s 的出现，以相同条件发射的电波就只能反射到170～350km 的范围以内。这时 f_oE_s 一般也会随之升高，如果按14、21、24及28MHz 的顺序由低频波段向高频波段寻找，就可以找到与在500、1500km 范围内的远距离台进行 QSO 的机会。

E_s 层多发时间带的实例可参照图3—33。

3.2.10
利用散射传播

(1)后方散射

后方散射包括两种情况，其中一种是图

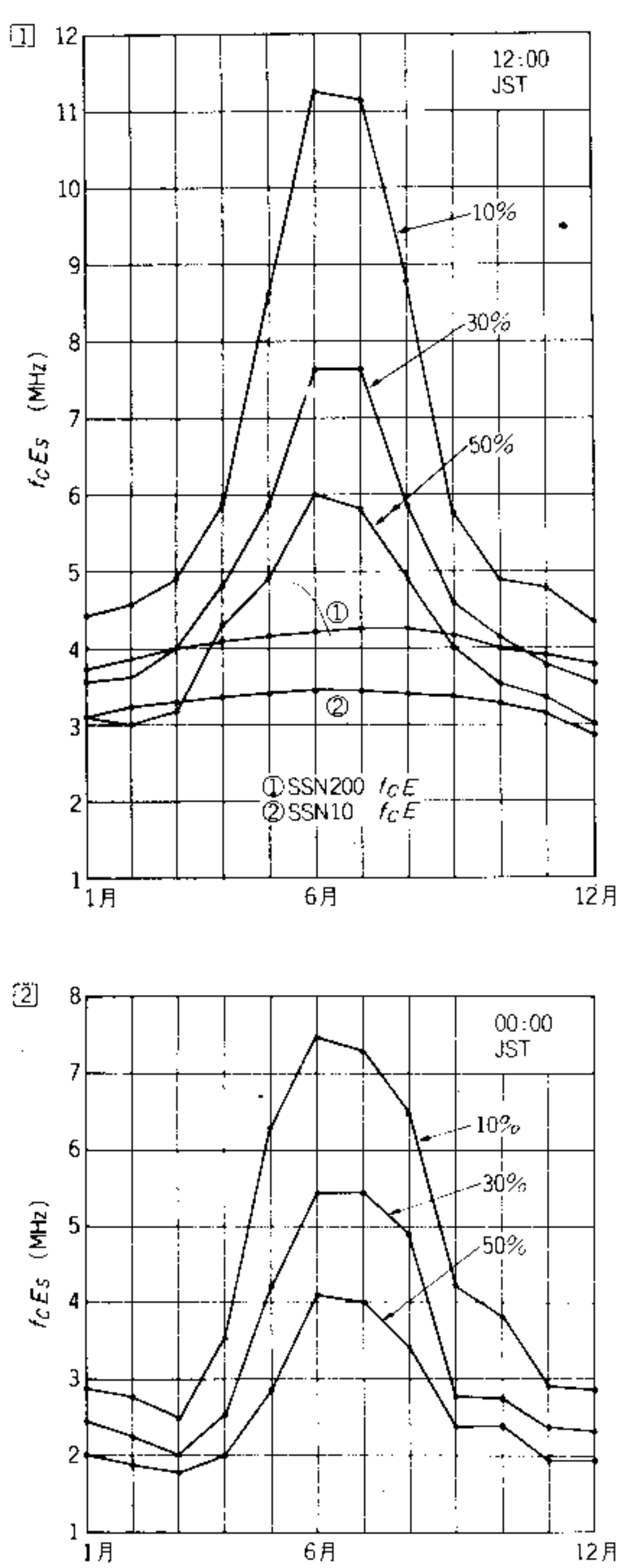


图 3—30　临界频率 fcE_s 的季节变化举例

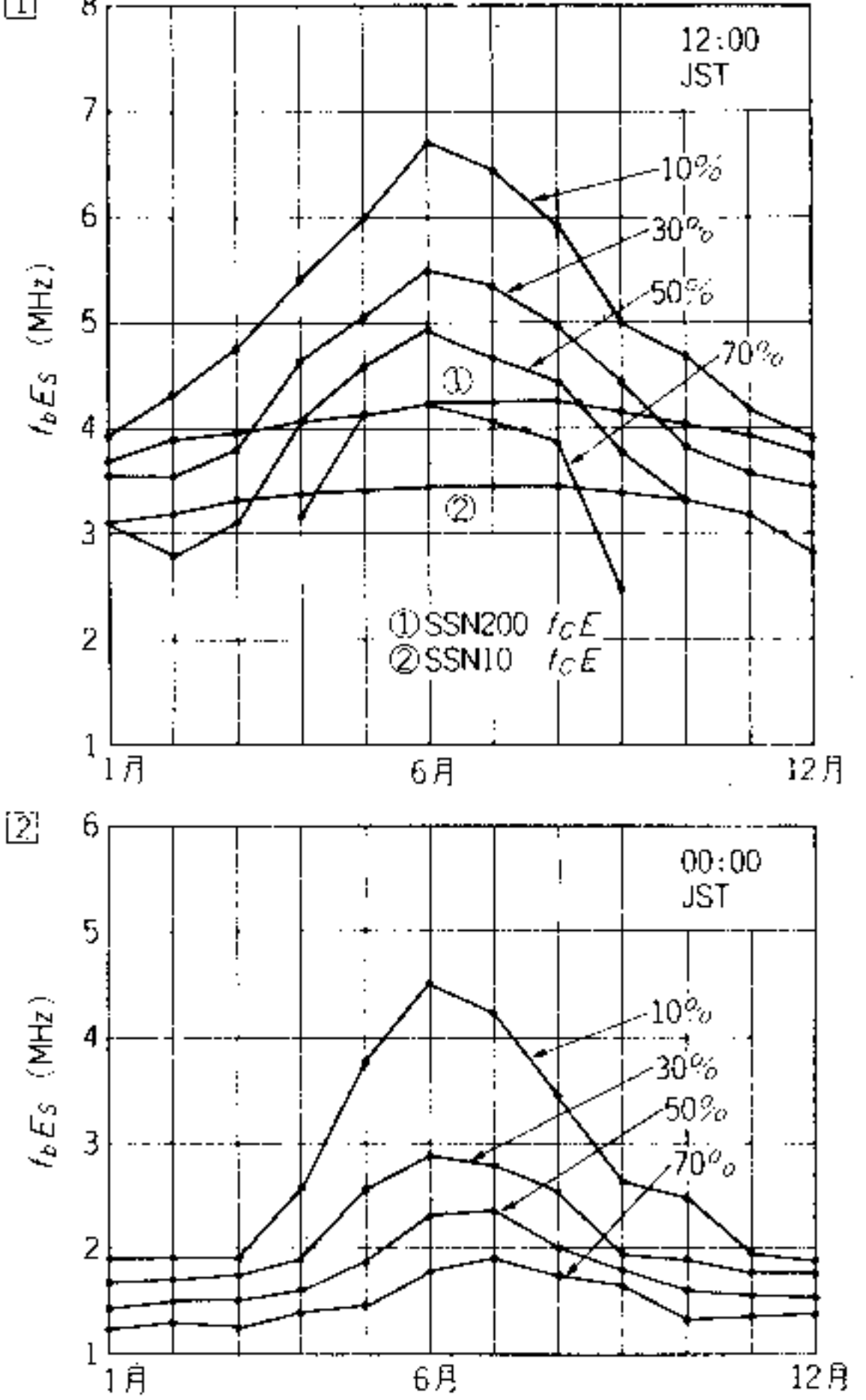


图 3—31　边界频率 f_bE_s 的季节变化举例

3—35 中①～③所示的由于电离层的不均匀形成的反射；另一种是图中④、⑤所示的经过电离层一次反射后，由于陆地、群岛或海面波浪等反射面的不均匀而形成的散射。

在日常通信中经常会遇到以下几种情况，一是尽管在发收电台之间隔着不可接收区域也能收到较强信号；二是信号强度随时间变化；三是电波的来源方向也经常变化。其主要原因就是后方散射。

图 3—35 中的①的例子在日本较少发生，当太阳黑子数超过 100，而且发生很大的磁暴时，会沿东北至西北方向出现。②是夏季 E_s 层发生时的情况，根据定向天线的方向，在极端的情况下，发射台反而能收到较强信号。在夜间出现 E_s 层的情况下，从日本的东北到西北常会出现这种情况。③是由扩散 F 层形成后方散射，这种情况只有在发射功率相当大时才会出现。

我们在日常能够感觉到的后方散射包括②的 E_s 散射以及④和⑤所示的经过电离层一次反射，由于地面或海面的不均匀所产生的散射波的一部分。一般后方散射波的强度比正常传播的信号强度低 40dB。

图 3—36 是在白昼地区产生的后方散射

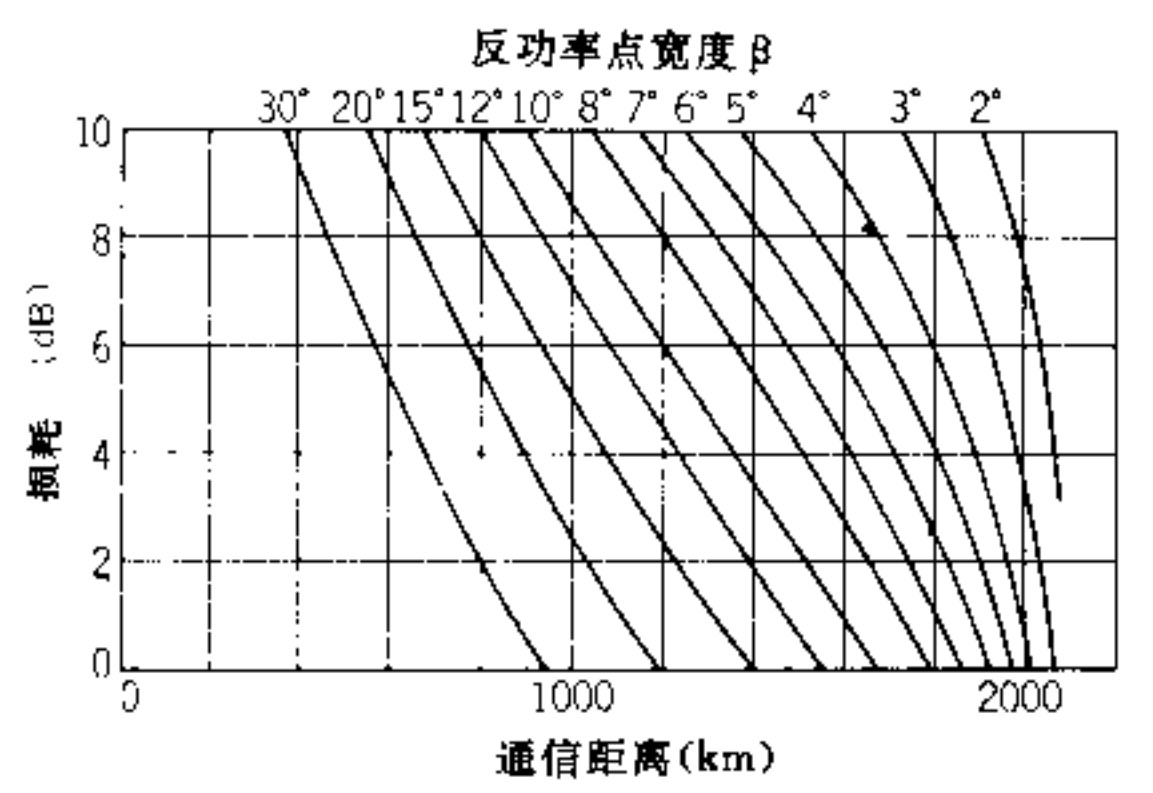


图 3—32　在有散乱性反射情况下，天线的半功率点宽度和通信距离的关系

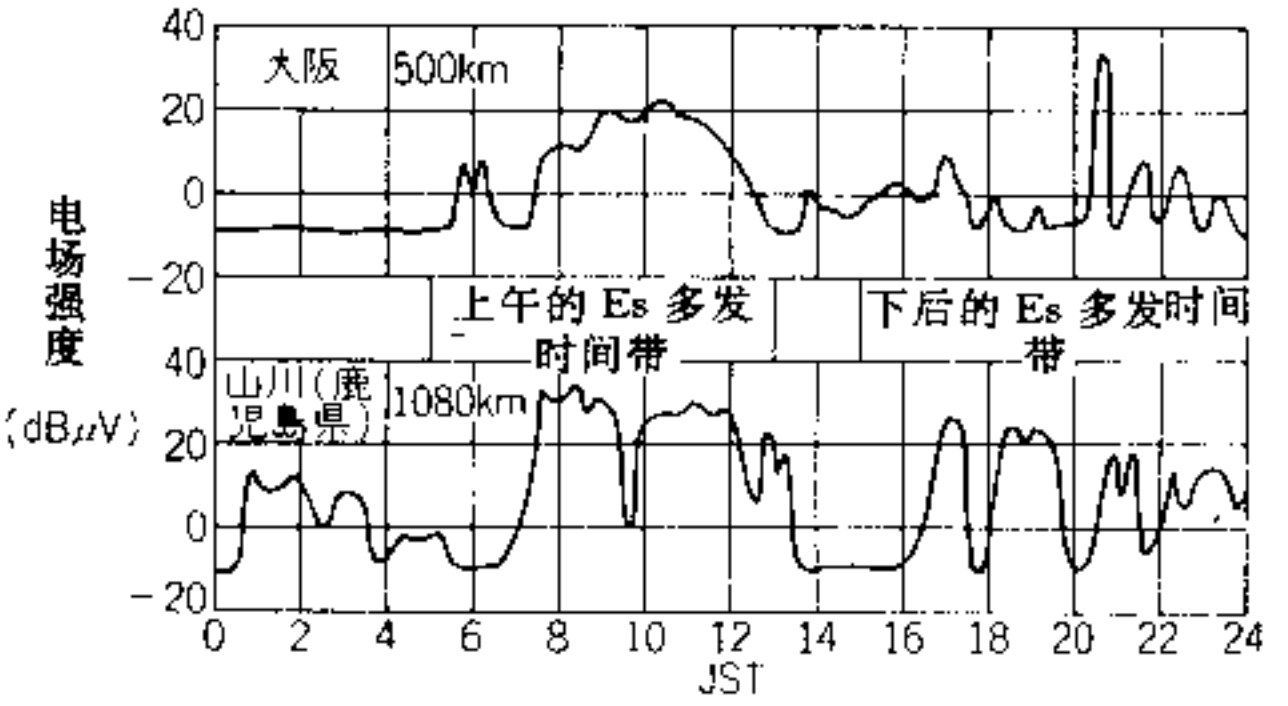


图 3—33　E_S 传播的时间性变化实例

波被夜间地区所接收的例子。也就是说，从发射点发射的电波应在Ⓐ点反射后到达接收点，但由于夜晚的关系，在Ⓐ点附近 MUF 低于所用频率，电波会穿透电离层。另一方面，从发射点发射的电波在Ⓒ点反射到达地面，在散射点Ⓢ形成大地散射。这一散射波的一部分在还保持着原有 MUF 且距离白昼较近的Ⓑ点反射，到达接收点。其现象是，在发射点使用无方向性天线或使用直接对准接收点的方向性天线时，接收台接收不到信号，而将发射点的天线对准Ⓢ点时反而可以接收到。

(2)前方散射

在前方散射中也包含有由电离层自身产生的散射和由大地或包含岛屿的海洋产生的散射两种情况。常发生于 MUF 的极限场合或使用的频率略高于 MUF 的场合。

在使用比日本——北美西海岸的 MUF 予报值略高的 28MHz 进行 QSO 时，会出现将方向性天线对准东面时接收信号强度高于沿最短距离的东北方向接收到的信号的现象；对欧洲台进行 QSO 时，西或西南方向的信号强度也高于实际的西北方向，这些都是前方散射的实例。图 3—37 中的①和②分别是日本和北美之间以及日本和欧洲之间的前方散射地区。图中虚线所示的最短距离的 MUF 在 28MHz 以下，因而电波不能传播。实线的 MUF 足够高，满足传播条件。在实线相

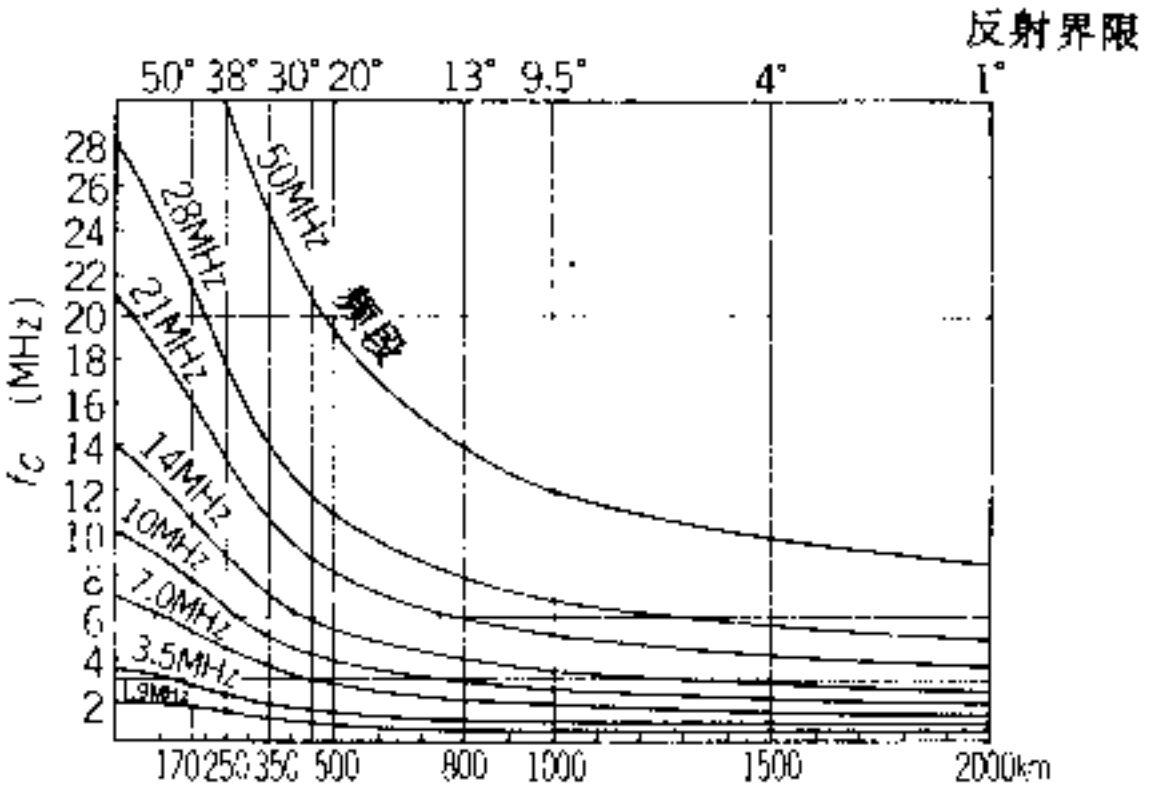


图 3—34　E 层或 E_S 层传播(一次反射)距离特性

互交叉点附近的海面、群岛或陆地成为这些路径中的前方散射源。

而且从 E 层到 F 层的电子密度也会发生沿地球磁力线的不规则分布，这也是前方散射或后方散射产生的原因之一。

3.2.11 电波的入射方向和入射角度

电波的入射方向，通常是最短距离方向。但由于上述的前方散射，电波的入射方向会从实际方向向南偏移，或由于北极圈电离层电子密度的分布状态，欧洲和北美东部电台的接收方向会向北偏移。现在很多业余电台一般都采用旋转式定向天线，因而可以体会到以上现象。

以下是有关发射角和入射角的问题。在

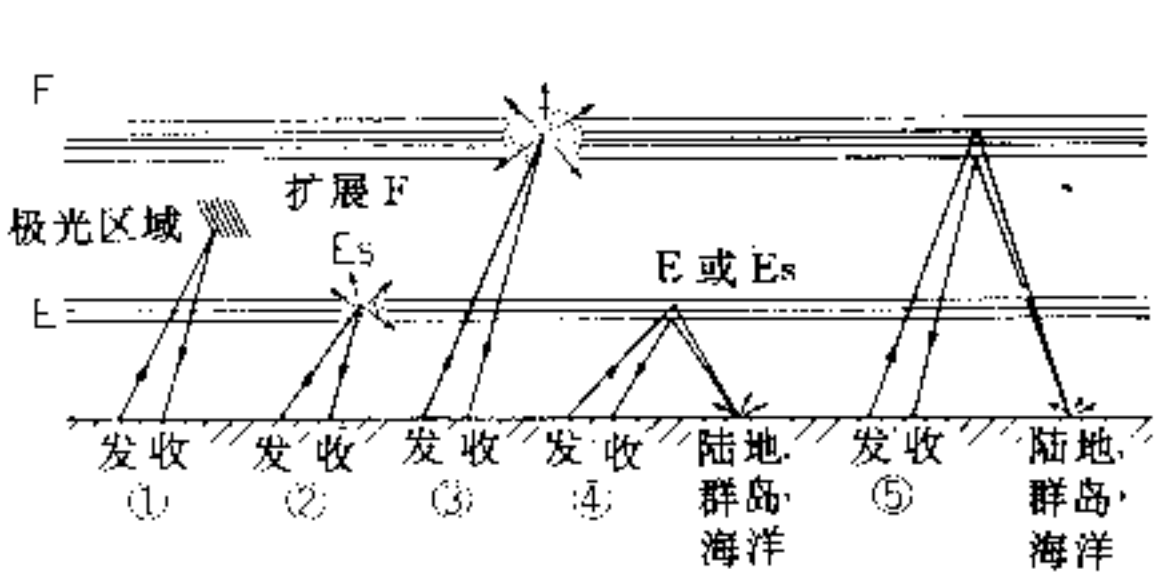


图 3—35　后方散射的状况①

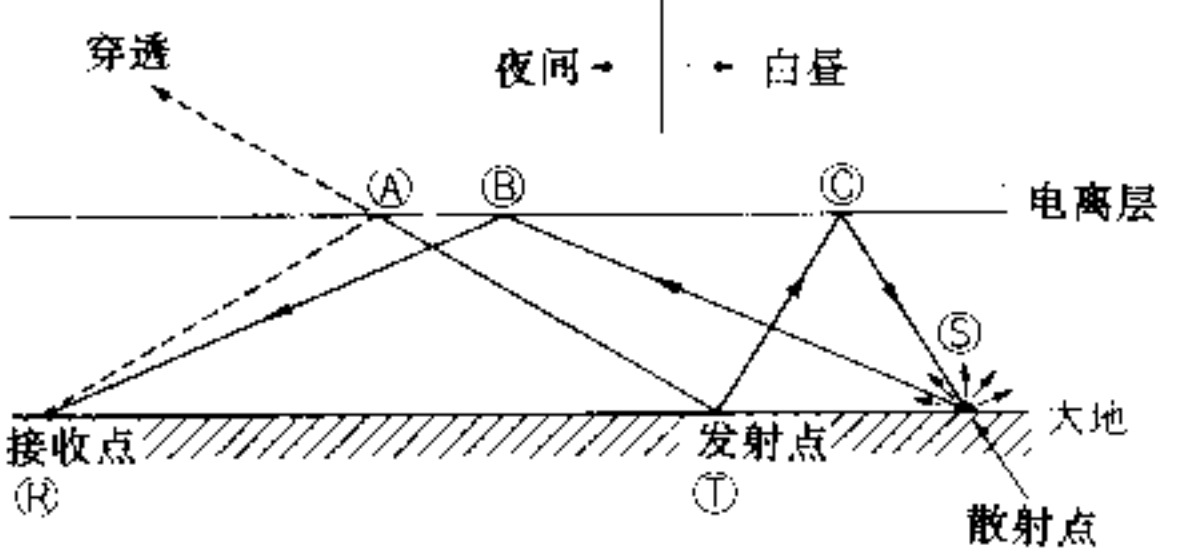


图 3—36　后方散射的状况②

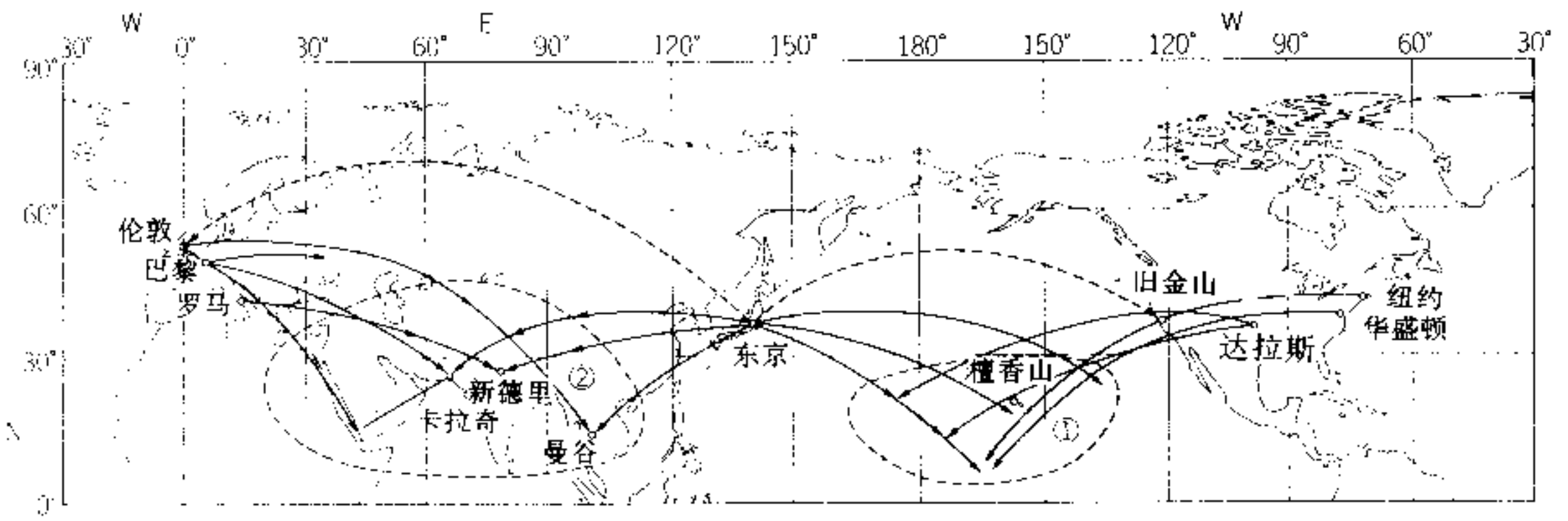


图 3—37　前方散射的发生地域

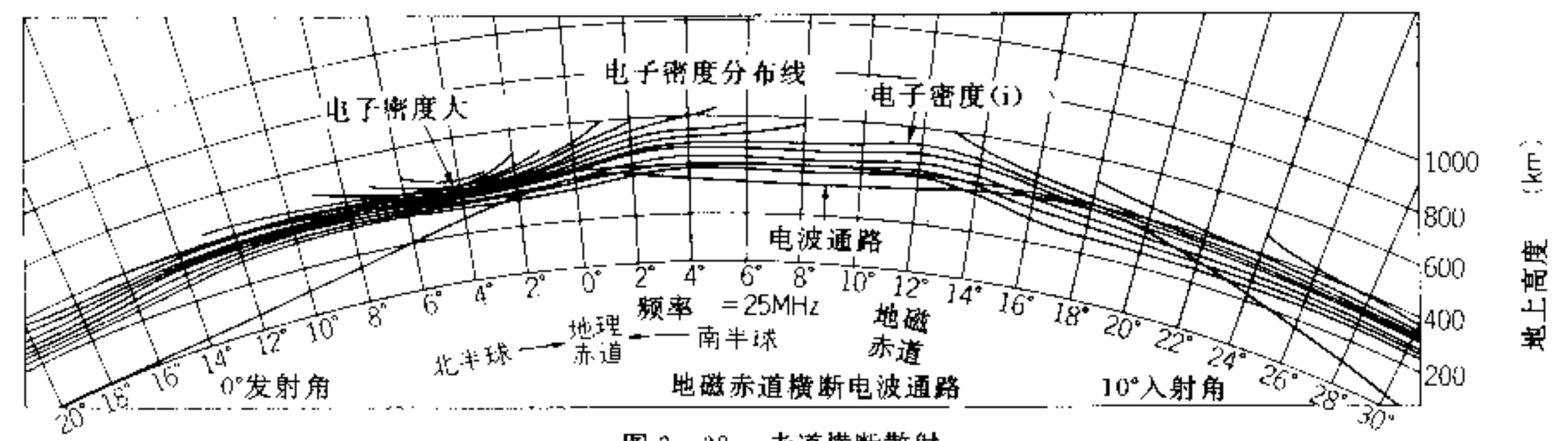


图 3—38　赤道横断散射

图 3—38 的例中，发射台和接收台分别位于赤道的南、北两侧，由于与发射端和接收端对应的控制点的 F 内电子密度分布状态不同，因而发射角和入射角也不同，发射端的发射角为 0 度，而接收端的入射角为 10 度。对于东西方向的通信也会出现类似的情况。这一现象可以归纳为以下几点。

(i) 当电波的通路全部处于白昼或夜间时，发射角与入射角大致相同。

(ii) 当发射端处于夜间，而接收端处于白昼时，发射角小于入射角。

(iii) 当发射端处于白昼，而接收端处于夜间时，发射角大于入射角。

综合以上因素，在通过赤道进行南北方向通信时，受时差的影响不大，但应注意由于与地磁分布有关的电子密度分布的差异以南北季节差异而产生的发射角与入射角的不同。

对于东西方向的通信中，在数百 km 以内不会出现问题，但在经过两次以上反射进行传播时，应注意由于发射端和接收端之间的时差，各自控制点所对应的电离层电子密

度分布的差异。

在一般的业余通信中，根据所用电波频率，发、收两端的天线角度在以下范围内比较适当。在 7～21MHz 波段，作为 DX 使用，角度约为 10～30 度；在 21～28MHz 波段，则最好使用 20 度以下的小角度。此外，如果垂直面内的方向性过于狭窄，由于发射时的发射角和接收时的入射角不易重合，会影响通信效果，因此最好参考图 3—22 来确定天线的立体波束宽度。

3.3 短波通信的干扰

3.3.1 各种干扰现象

电离层是随时都在变化的，有时也会发生异常变化，干扰通信状态。这称为电离层干扰，其主要原因是太阳表面变化。一是从太阳活动的下降期到最低潮期间发生的、具有与太阳自转周期 27 天的同步的规律性的干扰。二是由于太阳表面的耀斑或称为爆炸现象而产生的干扰。

前者是由于从太阳表面的某些部分不断涌出带电粒子流，并以 27 天为周期扫描地球，会发生不伴生有德林格尔现象的磁暴，成为电离层干扰的原因。后者如图 3—39 所示，由于太阳耀斑的出现，在不同时间会表现出各种干扰现象。

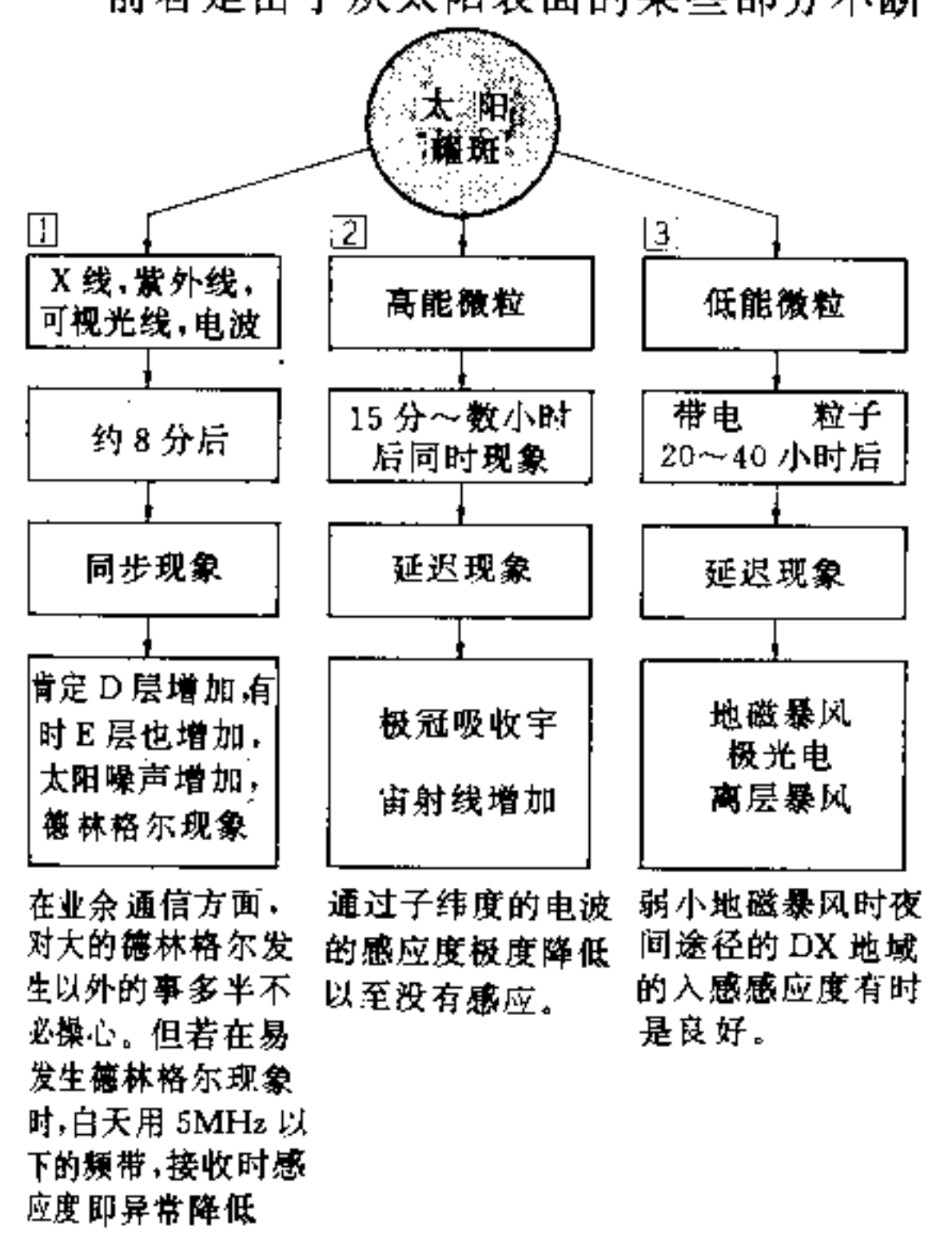


图 3—39 太阳耀斑和电波干扰

在图 3—39 中，表示了太阳耀斑和电波干扰之间的关系。在图 3—39 1 中，由于在太阳耀斑发生时会放射大量的 X 射线和紫外线，大约在八分钟之后到达地球，使电离层下部的 D 层（有时包括 E 层）的电子密度异常增加。从而使电波被吸收造成突发性的短波通信中断。

由于这种现象在短波波段内比较显著，因此被称为 SWF (Short Wave Fade out) 的短波中断现象，也称为德林格尔现象，其特征为位于向阳半球的通信路径受到影响，干扰的持续时间一般为十分钟左右。而且，太阳耀斑发生时不仅是 X 射线和紫外线的增加，太阳电波也会增加，偶尔还会使可视光线增强。

在太阳耀斑发生后大约八分钟，会出现德林格尔现象，经过十几分钟～数小时的时延，发生极冠吸收现象。如图 3—39 2 所示，由于耀斑的产生，从太阳释放出的高能粒子到达地球，由于受到地球磁场的影响而集中于南、北两极的极冠区域，并促使上空的 D、E 层发生电离，形成了电波的强吸收层。如果发生极冠吸收现象，在几天之内，白昼通过北极圈和南极圈的电波将会中断。

在图 3—39③的过程中，随着磁暴的开始，会出现电离层风暴。即由于太阳耀斑的发生，放射出的带电粒子中的能量较低的部分，根据图 3—39②，将在一两天之后到达并覆盖整个地球，并作用于地球磁场产生磁暴。其结果，会使电离层特别是 F_2 层发生变化，并造成临界频率的降低和层高的增加。

这些低能量粒子云进入极冠地带会出现极光。F_2 层的临界频率的降低会使通常不能穿透电离层的低频短波穿透电离层。而使接收端收不到信号，同时，极地的通信也会由于电波吸而受到干扰。

在由图 3—39 的②到③的推移过程中，有一段时间差，在发生电离层风暴之前的这段时间内，夜间地带上空的电离层密度会有所增加。

在业余的 DX 通信中，在上述时间段内，可以体验到良好的通信状态。例如，从傍晚到深夜，北美东海岸的电台到日本的信号很强；从午夜到拂晓，欧洲方面的电台到日本的信号很强。

第二天可开通经由高纬度地区传播的电台和南北半球中纬度地区的电台，都是由于以上原因。

太阳表面耀斑的规模越大，所产生的影响日夜通信的电离层风暴就越强烈，是一个客观事实，但图 3—39 中①的规模大，并不一定导致②和③的剧烈反应；反之，①的规模较小时，也有可能导致图中②和③的过程发生剧烈变化。也就是说，可以认为短波通信的状态不仅受到 X 射线以及紫外线的影响，也在很大程度上受到由太阳表面释放的带电粒子的干扰。

3.3.2
电波警报和电波干扰预报

短波远距离通信是通过电离层进行的，但电离层的状态是不稳定的，太阳耀斑或地球磁暴发生时，通信状态会产生上述的变化，在干扰严重时会造成通信中断。电波警报就是通过预测以上现象，预报无线通信的状态并向短波通信的使用者发出通知的手段。更进一步，在无线通信，无线导航较发达的国家，还会在各自范围内充实电波警报的内容，并实施电波警报服务。

能够使日本业余爱好者易于接收的电波警报是日本标准频率发播台 JJY，如参考文献（3）所示，在 ID 识别表示栏中表示的时间内利用莫尔斯码表示表 3—5 中所列的电波警报。

这里应注意的是预报 U 时的内容。如果从 9 点到 16 点预报的是 U，而在 17 点以后用予报 N 时，意味着伴随着太阳耀斑对通信产生干扰的可能性很大。

如果日夜持续预报 U，则表示将会产生磁暴，并发生电离层干扰，使通过高纬度地区进行的 DX 通信中断。如果预报为 W，则会中断全球范围内的远距通信和国内的短波通信。

此外，预报 U 还意味着从 11 月下旬到下一年 2 月的冬季会发生冬季异常衰减。例如在中午，5MHz 等低频的 JJY 信号强度异常低下时，可以预报 U。关于 U 和 W 的电波警报的背景，可参照参考文献（3）。也可以利用预报电波干扰的电话服务。

JJY 的电波警报是针对远东和太平洋地区的。另外，根据参考文献（3），WWV 以美国本土和大西洋为对象，WWVH 以美国西海岸和太平洋为对象，进行包括气象预报在内的

表 3—5　电波警报的形式

N	电波传播稳定，无异常现象时
U	预计电波传播将发生异常现象时
W	预计电波传播将发生异常现象或正在发生异常现象时

注：在上午发出 U，傍晚又返回 N 时，白天发生 SWF 的可能性很大

语音报警业务，但在日本有时不易收听。由于2.5、5、10和15MHz的5MHz系列的标准频率信号会出现WWV、WWVH、JJY、BSF以及BPM的相互干扰，因此最好根据参考文献(3)，抓住各波段的发射间隙或无干扰的时间及频率。

JJY的8MHz干扰较少，易于使用，由于与7MHz的传播状况相似，并且可以反映从日本全国用7MHz对日本关东地区的传播情况，以及予测在距东京250km范围内F_s的发生动态，因此，8MHz不仅仅是标准频率信号，其发射电台也当作为引导台。

3.4 电离层传播的各种问题

3.4.1 衰落

由于复杂的电离层变化，在接收点接收到的信号强度会出现周期性变化。电离层的变化包括电离层的移动、电波极化方向的旋转、电离吸收的时间变化、经过电离层反射电波束的分散或集中所产生的电波变化以及MUF的变化等因素。

(1)同步性衰落

这是一种最单纯的衰落，由于电离层的电子密度的分布状态是随时变化的，所以其表现形式为，如果电离层反射来的电波束分散，会造成信号强度减弱；反之，则会造成信号强度增强。例如在接收短波广播时，其接收特性与后面所述的选择性衰落不同，虽然会出现音量强弱的变化，但不会影响音质。

(2)选择性衰落

这是一种干涉性衰落，在相近的频率下产生的衰落不同。在接收短波广播时，信号的上下边带会产生不同的变化，因此随着音量的变化，音质也受到很大影响。

(3)干涉性衰落

这种衰落不仅产生于电离层传播，而且产生于对流层传播。在接收点会收到通过不同途径传来的电波，由于其各自相位的变化，合成电波也产生变化并形成衰落。接收时的感觉与上述的选择性衰落相似。变化周期为几分之一秒至几秒，变化幅度较大。

(4)跃变衰落

在使用MUF附近的频率时，由于临界频率随时间变化，会产生跃变衰落，使接收信号时有时无。特别是清晨和黄昏容易出现，周期以分钟为单位。

(5)吸收衰落

在电离层中，会产生由于吸收现象而出现的衰落，其极端的例子是德林格尔现象(即：电离层因太阳爆发引起的短波无线电通信障碍现象)。周期较长，为数分钟至一、两个小时。

(6)极化衰落

这种衰落的起因是当垂直极化波或水平极化波在电离层反射或通过电离层时，会由于地球磁场而形成正常波和异常波。正常波和异常波到达地面时一般会形成椭圆极化波，其长轴在不停地旋转。电波的长轴方向与天线的极化方向一致时，天线接收到的信号最强，而短轴方向与天线的极化方向一致时，信号则最弱。

由于椭圆极化波的旋转而产生的衰落称为极化衰落，也称为极性衰落、磁衰落或法拉弟衰落。周期为几分之一秒到一小时以上。这种衰落会影响宇宙通信和方向测量。

(7)散射衰落

电波通过电离层时，由于电子密度的不规则分布，会产生前方散射，散射波的相位相

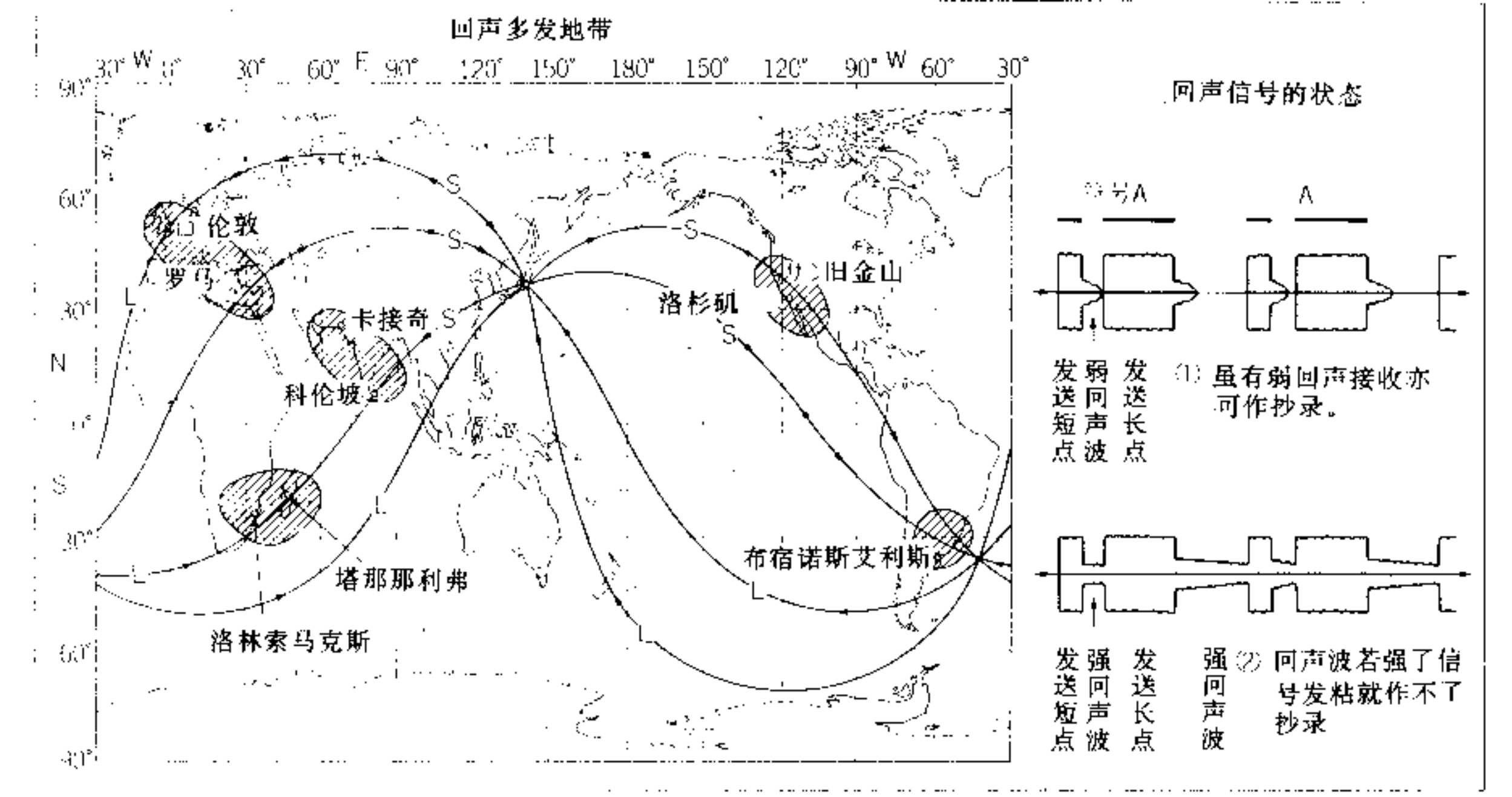


图 3—40　依电波的传播情况而产生反响（回声）

互增强或抵消使电波若隐若现。这种现象在对流层传播时也会出现，但其原因是大气环流。

(8)平流层衰落

电离层出现反常时，或在极光地区及其附近传播的电波会产生衰落，有时在赤道地带也会出现。衰落的周期为 1～100Hz. 接收时的感觉与用低频调制的 A2 电波相似。

3.4.2 回声

从发射点发射的电波经过两个或两个以上不同的路径到达接收点时，如果各电波的时间差大到一定程度，就会在接收端听到类似回声的音色或连续模糊的音色，这种现象称为回声。

(1)反向回声

电波主要沿最短路径的最短距离传播，但根据电波通路上的 MUF 和 LUF 的状态，电波也可能沿相反的最长距离传播（即所谓 Long path）. 这时会由于两者的时间差而产生回声现象。这种回声称为反向回声。图 3—40 表示了回声的多发地带，其中日本以西多发生在秋、冬季的傍晚，而日本以东则经常出现于早春季节。

(2)环球回波

由发射点发射的电波，环球一周或两周后，到达接收端的信号仍然很强，并与经最短距离传来的信号合成的回声。

(3)邻近回声

在发射点附近可感觉到的回波，是由反方散射和来自发射点的地面波形成的。

(4)长时延回声

信号的一般时延在 0. 3 秒以内，但有时也会遇到时延为数秒至 1 分钟的长时延信号，并产生回声。这种回声的判断比较困难，其原因和发生时间也不明确。

(5)极地回声

通过极地附近的短波信号会产生一种独特的溃散，有时听起来好像回声。常出现于来自北美东部的电台信号。

(6)多径信号回声

这种回声是由于电离层反射机构的复杂性而产生的。由于电波的反射路径不同，各路

径信号的时间差会产生回声。在SSTV、传真以及数字通信等脉冲性电波的场合下，多路信号回声会降低信号质量。

3.4.3

对称点效应

在地磁经纬度上，对任意一点，都在地球的另外一侧存在一对应的点，称为对称点。日本的对称点，大约在南美（阿根廷）东侧的大西洋上。在对称点之间进行两地通信时，电波在无数条最短路径中选择MUF和LUF条件最好的路径进行传播。

因此，在接收点接收到的电波中，来自对称点的信号强度较强，如选用适当的频率和发射功率，则在一天中都可以通信。这种情况称为对称效应。在日本使用10MHz附近的频率，调整电波的接收方向，就能在二十四小时之内与阿根廷的布宜诺斯艾利斯或巴西的圣保罗之间进行通信。

3.4.4

电波噪声

电波噪声有各种类型，这里只介绍与业余无线电有关的人为噪声以外的电波噪声。

(1)大气电波杂音

这类噪声也称为大气噪声，其原因是雷电放电。其种类包括以下几种。

a)喀呖噪声

在山岳地带的雷电发生初期常收到这种噪声。音调尖锐，可感觉到断续的“喀呖”和“啪啦”声，是近距离电源噪音。

b)嘶嘶噪声

在上述的雷电发展为落雷的过程中，或出现砂暴、暴风雪时，会产生这种持续可闻的强烈的嘶嘶噪声，并会在天线引线和地线之间出现连续放电的现象。发生沙沙噪声时，应尽快采取避雷措施。

c)持续噪声

连续发生“喀呖”声或“噗噗”声的噪音，音调相对柔和，是远距离噪声。特别是传播状态较好时，易干扰正常通信。

d)啸声干扰

啸声干扰是音频电波杂音。以前在长距离电话中常可听到由于电波干扰产生的笛鸣声。在城市附近，由于有线广播的感应和大功率无线广播的干扰，较难测出啸声。啸声常被用于研究围绕地球的磁场。

(2)太阳噪声

在来自地球以外的噪声中，最直接的就是太阳噪声。它也是予测无线信道通信状况的重要依据。太阳噪声中有噪声在数秒中急剧增加的爆发射电和在数分钟至几十分钟内增加的大爆发射电。

在人为噪声较少的地区，使用信噪比（S／N）较好的接收机、用20MHz以上的频率，可以检测出太阳活动高潮的太阳噪声。

(3)宇宙噪声

宇宙噪声是在银河中心部广泛分布的电波噪声。使用高增益天线进行宇宙通信时，如果宇宙噪声的发生部分和太阳噪声进入天线的射束范围，则会干扰微弱的目的信号，影响通信效果。

3.4.5

电波传播的可逆性

如果电波能从A地传播到B地，那么相反从B地发出的电波也能够传播到A地，这一电波传播的可逆性是成立的。但在实际通信中，会出现能够接收到对方的电波，但用与对方相同，或性能超过对方的设备呼叫对方却得不到应答的现象。这一现象是产生电波传播不可逆的误解的原因。

其实这是由于对方电台受到外部干扰、发送频率与接收频出现误差，以及电台的接收灵敏度和天线不匹配影响有效发射功率等原因造成的。也就是说，由于一端电台接收性能较好，但发送功率不足等原因，使双向可逆通信不能成立。

另外，与相距数公里功率较小的附近电台同时呼叫对方电台时，常会出现附近电台通信成功的情况，其原因可能是操作不当或天线角度水平或垂直方向不适。这时应在考虑自己电台的位置以及周围地形地物的基础上重新检查天线的发射特性。

3.4.6

HF 波段的电波传播和气象

在 HF 波段中，与 VHF 波段一样，气象对传播不产生影响。但电波频率在 21MHz 以上时，通信状况会受到电台周围的地形、空气导电率、电容率及湿度等条件的影响，使天线的有效发射功率和垂直面内的发射特性发生变化。

而且，在冬季的中午，在 50km 高空会出现温度异常升高，使通过的电波产生异常衰减的冬季异常现象，这种异常现象也不是通过地面温度计就能测定的简单问题。

由于气象的变化改变电波的传播特性的场合，气象条件并不是唯一的因素，也应该对周围的地形地物、导电率、电容率等环境做一番调查。

▶参考文献

(1)日本中心の短波伝搬曲線集、郵政省電波研究所編、財電気通信振興会発行
(2)電波伝搬予報図とその見方、JARL NEWS、1月号、p.20、1980
(3)標準電波局の近況、JARL NEWS、3～6月号、1989

第4章 V/U/SHF波段的电波传播

电波传播这一术语对于业余爱好者来说含意是很深的，但即使在大学的讲义中也仅揭示了其本质的一部分，所以真正能够计算或预测自己发射到对方电台信号强度的业余爱好者是很少的。

在想要与DX台通信的情况下，毫无目标地发射电波是徒劳的，重要的是要考虑如何才能增加通信成功的机会，或在电波异常传播时分析其形成原因。掌握了有关电波传播的知识，会使业余无线电活动会更有趣味。

下面，介绍掌握V／U／SHF波段电波传播所需的基本内容。但是，目前还有很多现象没有得到合理解释，还残存着很多等待业余爱好者解决的研究课题。

由天线发射出的电波在空间扩散后，传播到接收电台时，会减弱到原信号强度的数十亿分之一。信号减弱的量称为传播衰耗，由于数值巨大，一般用dB(分贝)表示。dB与电信号功率、电压、电场强度的关系表示在本书后的资料篇中，必要时请自行参照。

另外，为了使读者能够自己计算传播衰耗，在资料篇中还列出了简单的计算公式，可参照本文中的图表进行计算。

4.1 可视距离内的传播

4.1.1 自由空间传播

电波在空间传播，最基本的情况是在自由空间中传播。电波在自由空间中传播，相当于在宇宙空间中安置有发射和接收设备及其天线。但是，即使在地球上，如果信号的频率较高而波长较短，电波也能够仅沿传播路径前进，即在大多数情况下电波的传播可以忽略大地的影响，而视同于自由空间。例如，微波的中继线路和卫星线路都可以认为是电波在自由空间中传播。

从自由空间中的无方向性天线发射的电波以天线为中心沿球面半径方向传播。因此，当空间距离增加一倍时，电波的强度减弱为原来的1／4(－6dB)。而且当信号频率每增加一倍，通过相同距离电波的信号强度就会衰减6dB。这种衰减称为自由空间传播损耗，其损耗特性示于图4—1。

例如，当发射功率P_t＝10W (40dBm)，计

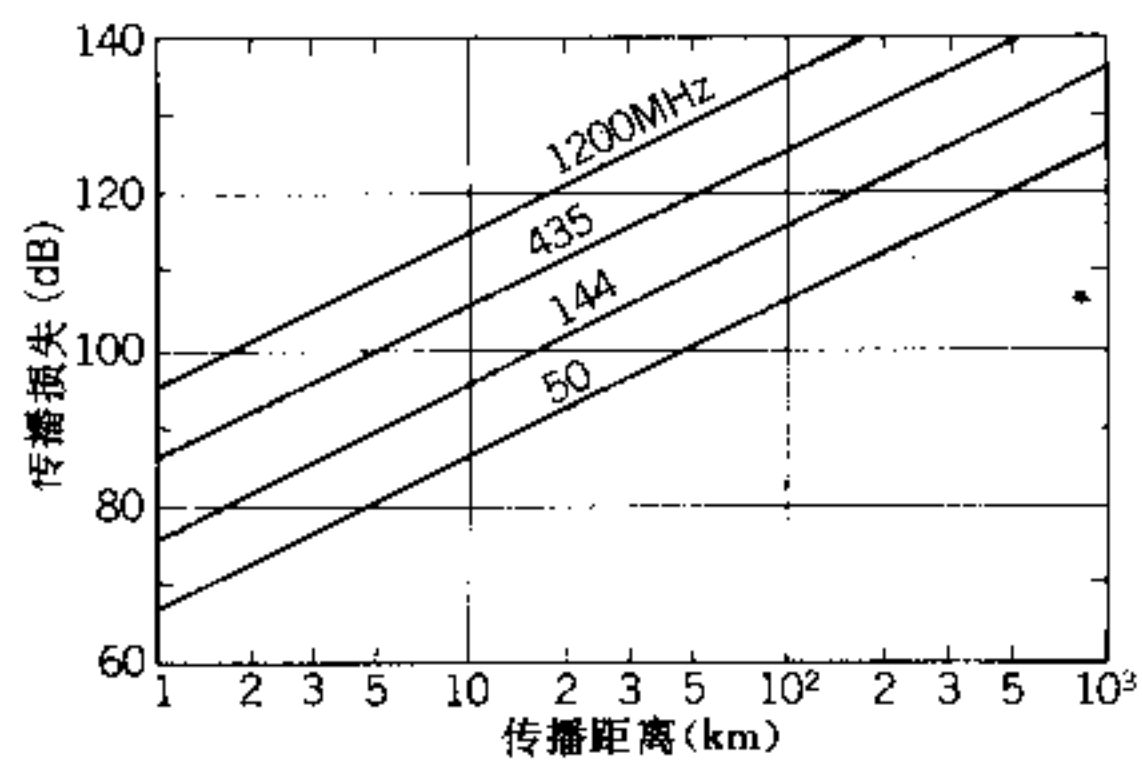


图 4—1　自由空间传播损耗

算接收信号功率时，在频率为 50MHz 的情况下，距发射源 50km 处的自由空间传播损耗可以根据图 4—1 求得为 100dB，接收电平为

$$P_r = 40 - 100 = -60\text{dBm}(10^{-6}\text{mW})$$

用接收电压来表示时，相当于 53dBμV。接收机的灵敏度一般在 0dBμV 以下，用功率表示时，相当于－113dBm 以下，说明接收机可以收到很微弱的信号。

自由空间传播是电波传播的基本状况，一般在判断接收电平的高或低时，总是用自由空间传播的损耗做为标准。利用式 4—1 可以计算任意频率的信号与传播距离相对应的自由空间传播损耗。

4.1.2

平面大地传播

在天线高度较低的近距离通信时，大地反射的影响是不可忽视的。如图 4—2 所示，接收天线接收到的是直接波和大地反射波的合成波。这时，对直接波和大地反射波都可看做是通过自由空间传播，但由于大地反射波被大地反射时相位变化了 180°，所以在接收天线形成了几乎反相的合成。如图 4—3 所示。

也就是说，在图 4—2 中，直接波和反射波的相位差 θ 与两者传播距离的差成比例，而在图 4—3 中则表明了，角度 θ 变小时。合成接收电平会急速下降。这时，与式 4—1 相应的接收电平的计算公式可用式 4—2 表

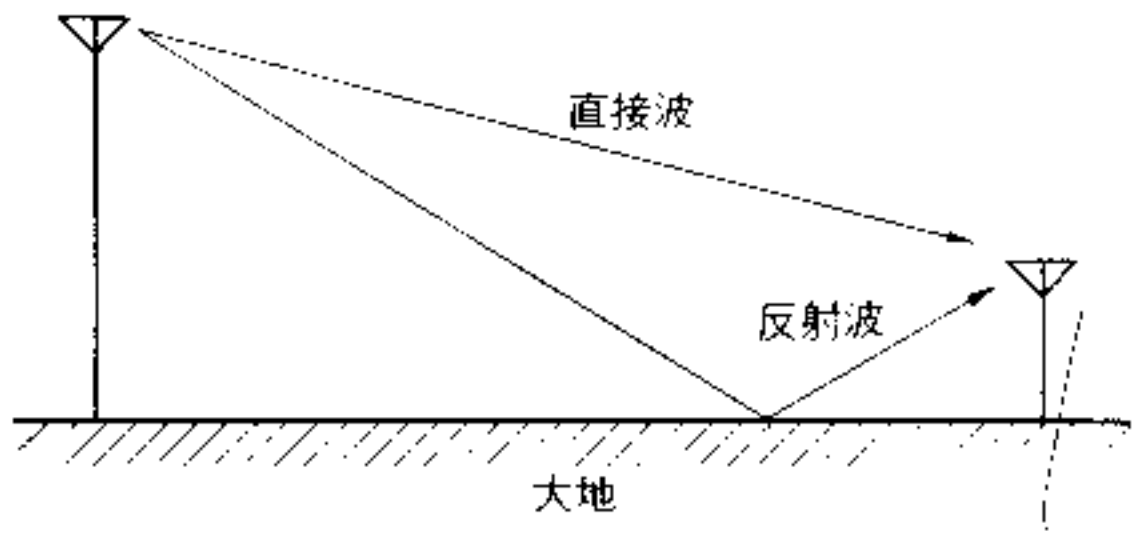


图 4—2　平面大地传播模型

图 4—3
二波干扰强度计算模型

示。

图 4—4 是在信号频率分别为 50MHz、144MHz、发送、接收天线分别为 5m、10m 的情况下，计算得到的自由空间传播损耗和平面大地传播损耗。在图 4—4 中，应注意以下问题。例如通信频率为 50MHz，发送、接收天线高度为 10m 时，在 200m 以内的范围内电波为自由空间传播，而在 200m 以上的距离中为平面大地传播。当频率为 144MHz 时，600m 以内为自由空间传播，600m 以外为平面大地传播，而对于 50MHz 或 144MHz 的接收信号电平都是一样的。

也就是说，在平面大地的条件下计算传播损耗时，需要计算自由空间和平面大地两种情况的传播损耗，并且必须选择其中损耗较大的结果。

4.1.3

球面大地传播

当传播距离较大时，就不能忽略地球的曲率。这时的电波传播路径称为球面大地传播路径。如图 4—5 中所示，利用与反射点在同一平面的假想平面大地，可以把球面大地转换为平面大地。但发、收双方的天线高度，

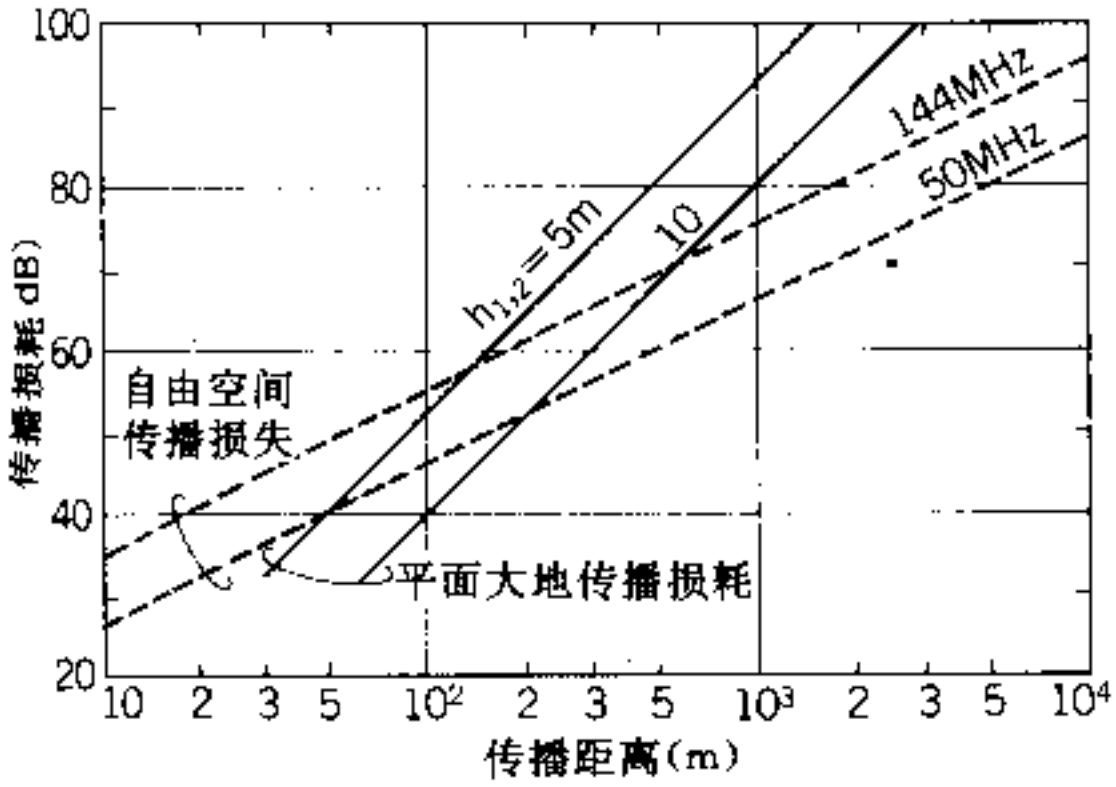


图 4—4　平面大地传播损耗

要按图 4—5 中所示的那样，把 h_1 和 h_2 分别变换为 h'_1 和 h'_2。发、收双方的天线高度可用式 4—3 进行计算。

4.1.4

天线·高度·模式

式 4—2 是 θ 较小时的近似公式。在发送、接收天线间距离较近的情况下，用自由空间的传播损耗来替代实际损耗，有缺乏严密性之嫌。传播距离短，不能说不存在反射波，严密解应使用图 4—3 所示的参数，用 4—4

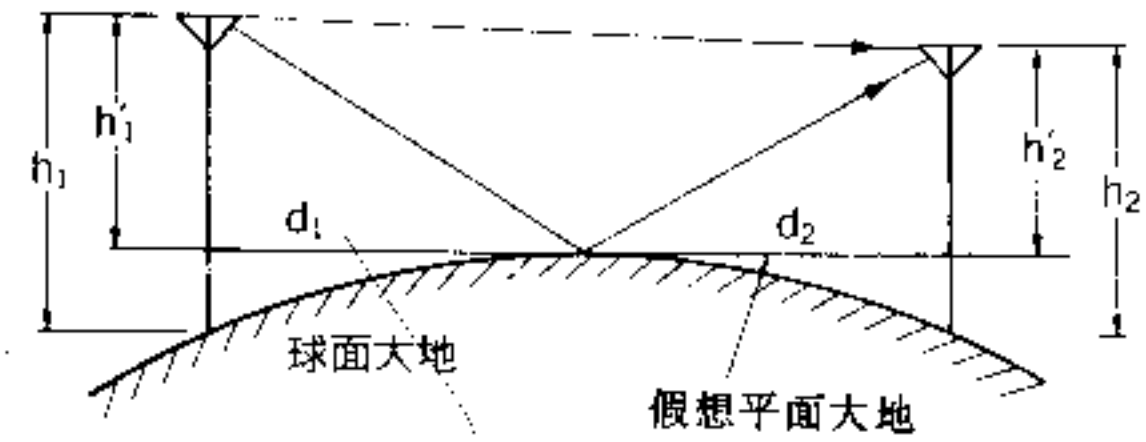


图 4—5　球面大地传播模型

式进行计算。

根据 4—4 式，传播距离逐渐缩短或固定传播距离而逐渐增加天线高度都会使 θ 增大，从而使传播损耗会出现周期性变化。这称为二波干涉，如图 4—6 所示。

图 4—6(a) 是在传播距离一定的情况下，变化接收天线的高度时，接收信号强度的相对变化，当天线高度超过一定的范围时，接收到的信号强度反而会降低。图 4—6(a) 所示的特性称为天线高度模式。频率越高或距离越近，变化的节距（高度模式的峰值之间的距离）就越短。

例如，信号频率为 1200MHz，发射天线高度为 10m，传播距离为 10km 的条件下，天线垂直方向的节距为 63m。也就是说，如果接

传播损耗的计算公式

在计算传播损耗的公式中使用的变量和单位都是通用的，可参照相关的图表确认和使用。

(1)自由空间的传播损耗(Γ_0)

$$\Gamma_0=20\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad \cdots\cdots (4—1)$$

其中

Γ_0: 传播损耗(dB)

λ: 波长(m)

d: 传播距离(m)

(2)平面大地传播损耗(Γ_t)

$$\Gamma_t=20\log\left(\frac{d^2}{h_1\cdot h_2}\right) \quad \cdots\cdots (4—2)$$

其中

Γ_t: 传播损耗(dB)

h_1, h_2: 发射，接收天线高度(m)

(3)球面大地传播中天线高度的修正

$$h'_1=h_1\frac{d_1^2}{2\,ka} \quad \cdots\cdots (4—3)$$

$$h'_2=h_2\frac{d_2^2}{2\,ka} \quad \cdots\cdots (4—3')$$

其中

h'_1, h'_2: 变换后的发送、接收天线高度(m)

d_1, d_2: 从发射、接收天线到反射点的距离(m)

Ka: 8.5×10^6(m)（请参照正文）

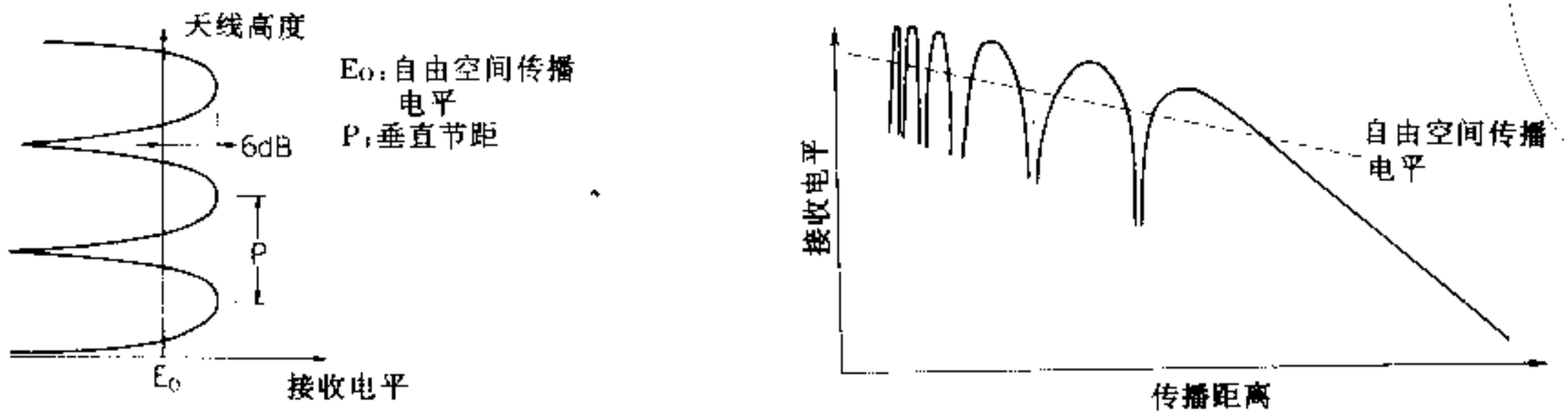
(4)平面大地传播损耗的严密解(Γ_t)

$$\Gamma_t=\Gamma_0+10\log(2-2\sin\theta)$$

$$=\Gamma_0+20\log\left|\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right| \quad \cdots\cdots (4—4)$$

$$\theta=\frac{4\pi\,h_1h_2}{\lambda d}$$

其中



(a) 天线高度特性曲线　　(b) 近距离传播损失距离特性

图 4—6　二波干扰特性曲线

收台设在 100m 高的山丘上，尽管可以看到发射台，信号也很弱。在电视广播中，由于发射天线较高，高度模式的影响就更加明显。另外，垂直方向节距 P 的计算，可将 4—4 式变形，并可用 4—5 式进行计算。

图 4—6(b) 是接收信号强度随距离周期性变化的距离特性。这一干涉波形的平均强度是自由空间传播强度（自由空间传播损耗）。实际上，在近距离就用自由空间传播损耗来替代。由于干涉结果随天线的高度变化，在对方台接收不到信号或信号很弱时，可以用指向性天线减弱反射波的强度或调整天线的高度。

在汽车等天线位置经常变化的情况下，由于实际上移动台的天线较低，主要受到邻近反射所形成的多波干涉的影响，而不会出现 2 波干涉减弱信号的现象（在海上会形成 2 波干涉）。

大地或海面等的反射系数会随着频率、极化方向、反射角度以及反射面的凹凸状况等条件发生变化，当反射系数为 0 时（反射波受到建筑物等障碍物的遮挡达不到接收天线时），不会出现高度模式影响和沿传播方向变化的干涉起伏。（请参照文献(1)）。

Γ_t: 传播损耗(dB)

(5) 高度模式的半节距(P)

$$P=\frac{\lambda d}{2h_1} \quad \cdots\cdots (4—5)$$

$$P'=\frac{\lambda d}{2h_2} \quad \cdots\cdots (4—5')$$

其中

P: 高度模式节距(m)

(6) 可视距离(d_1)

$$d_1=4.1\sqrt{h_1} \quad \cdots\cdots (4—6)$$

其中

h_1: 天线高度(m)

d_1: 可视距离(km)

(7) 求绕射系数(U)的方法

$$U=\frac{h}{r_s} \quad \cdots\cdots (4—7)$$

$$r_s=\sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1+d_2}}$$

其中

λ: 波长(m)

d_1: 发射天线与障碍物之间的距离(m)

d_2: 接收天线与障碍物之间的距离(m)

h: 视距外障碍物的高度(m)

(8) 城市传播损耗(Γa)

$$\Gamma_a=69.55+26.16\log f-13.82\log h_1 a(h_2)+$$
$$+(44.9-6.55\log h_1)\log R \quad \cdots\cdots (4—8)$$

$$a(h_2)=(1.1\log f-0.7)h_2-(1.56\log f-0.8)$$

其中

Γ_a: 传播损耗(dB)

R: 传播距离(1～20km)

h_1: 发射天线高度(20～200m)

h_2: 接收天线高度(1～10m)

f: 频率(150～1500MHz)

4.2.1

球面绕射传播

在图 4—7 中，由于地球的曲率使发射、接收天线互不可见，所以上述的球面大地传播路径模式已不适用（此时天线高度已成负值）。在这种情况下，电波的传播方式比较复杂，图 4—7 中的传播路径称为球面绕射传播路径，接收电平的计算方法也可以使用复杂的近似公式。其详细内容可参考文献(2)。图 4—8 是把自由空间传播损耗标准化的传播损耗。

从图 4—8 可以看到，当发射、接收天线的距离超过可视距离后，电波强度会很快减弱，因此，为了使电波有效传播，就希望尽量增加天线的高度。另外，从天线到地平线的距离(可见距离)可用式 4—6 计算。

根据 4—6 式，当天线高度为 10m 时，可视距离至多为 13km，而天线高度为 20m 时，可见距离仅仅增加了 5km，为 18km。但是，如果对方台也具有 10m 高的天线，那么可视距离就成为两台的可视距离之和的 26km。另一方面，如果在传播路径中存在建筑物或山峰，就会破坏传播路径的可视性。利用图 4—9 可以简单地判断两台之间是否可视。有关图 4—9 的使用方法，在文献(3)中有详细论述。

在可见光范围内计算可视距离时，4—6 式中的系数应从 4.1 修正为 3.6，该距离比电波的可视距离要短一些（其理由将在后面说明）。

4.2.2

山岳绕射传播

电波的传播路径并不都是象前面所说的那样的理想情况，一般在传播路径上会遇到山岳、丘陵以及建筑物等障碍，使电波在发射、接收天线之间不能直线传播。在这种情况下，预测电波由于障碍而发生的变化有很多方法，其中最简单是图 4—10 中所示的山岳绕射传播法。

在图 4—10 中，可以认为电波传播路径上的山的厚度很小。在无障碍的情况下，发射、接收天线之间的电波传播可以认为是自由空间传播、平面大地传播或球面绕射传播。图 4—11 是以自由空间的传播电平为基准，根据障碍的存在，计算电波损耗程度的参数。其中，横轴的绕射参数 U 可根据 4—7 进

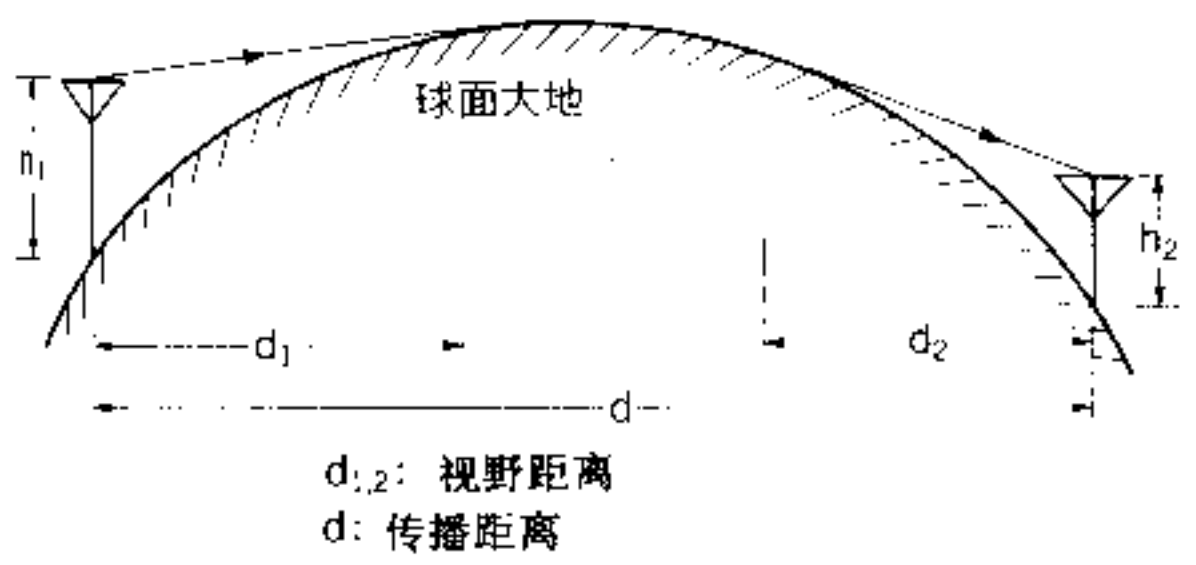


图 4—7　球面绕射传播模型

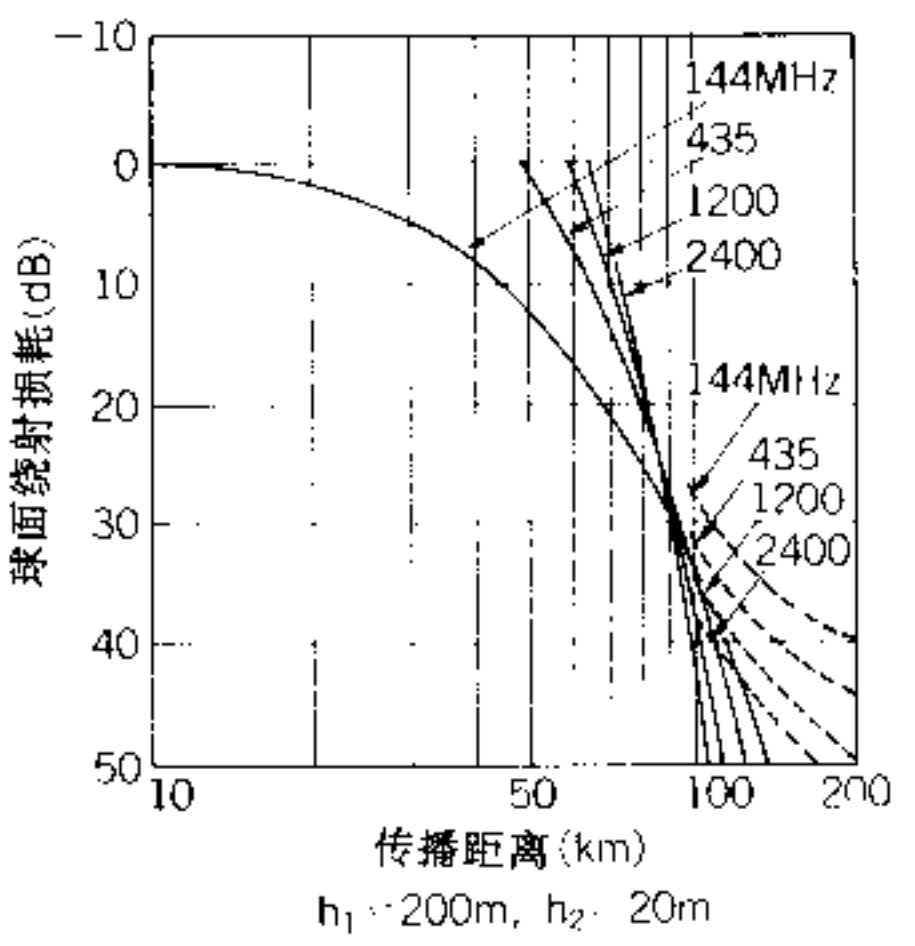


图 4—8　地球绕射传播损失

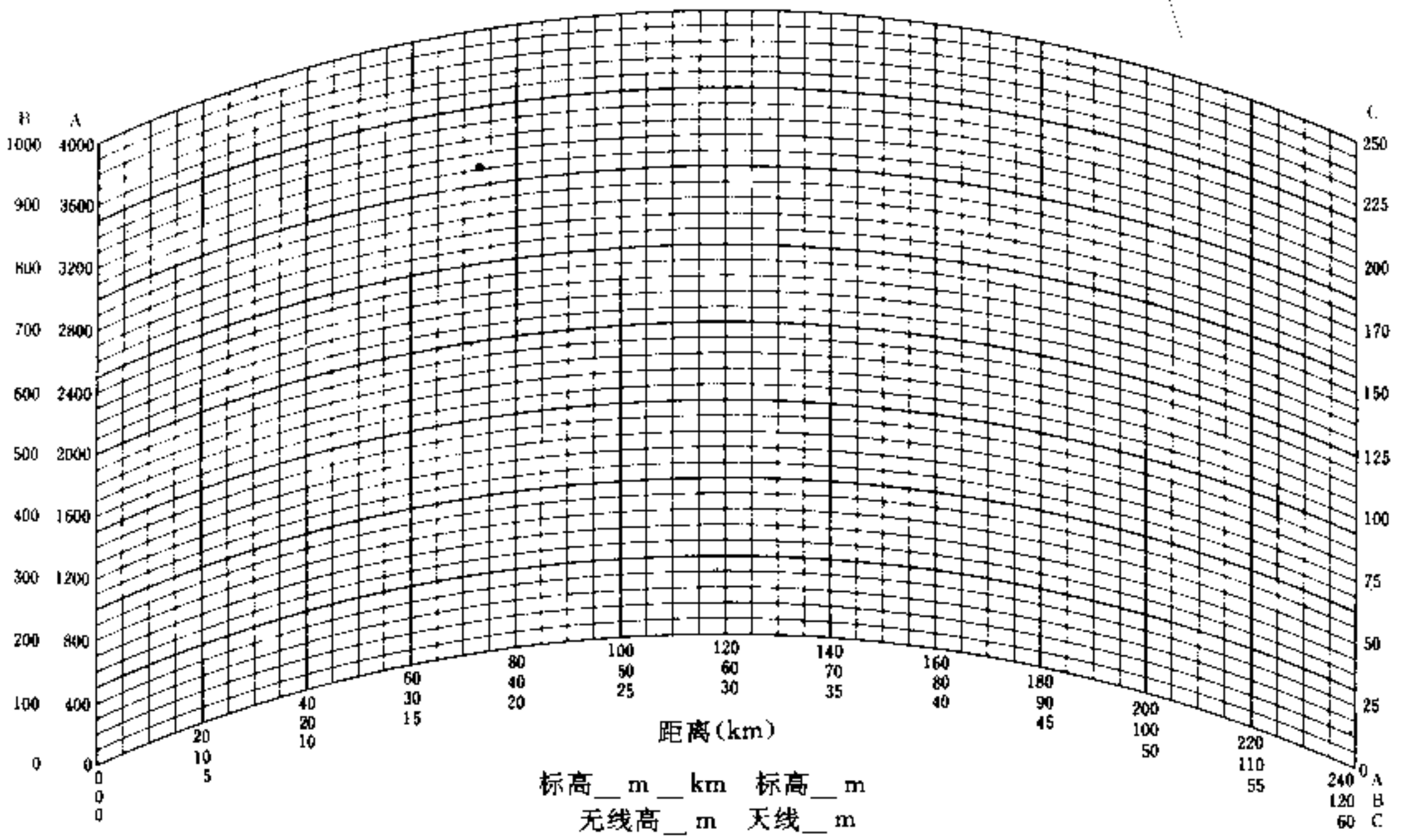


图 4—9 视距图

行计算。

根据图 4—11，在 h=0 的情况下(障碍物与电波的直线传播路径几乎相切)，电波的强度要比无障碍时下降 6dB。存在多个障碍的计算方法请参照文献 (3)，也可以用如图 4—12 所示的那样，把多个障碍物近似地变换为一个假想的障碍物。另外，前面曾作出障碍物的厚度很薄的假设，但在实际的山岳及建筑

关于 dB

把某一数和基准值的比取对数再乘以 10 的表示方法称为 dB。例如把 1W 的功率用放大器放大为 100W 时，放大器的增益 G 为

$$G=10\log\frac{100}{1}=20\text{dB}$$

在用电压表示电场强度的场合下，其平方后的值才与功率成正比，所以要对分式进行平方运算。例如，把 1V 的电压放大为 10V 时，放大器的增益 G 为

$$G=10\log\left(\frac{10^2}{1^2}\right)=20\log\frac{10}{1}=20\text{dB}$$

也就是说，20dB 的放大器可以把功率放大 100 倍，或把电压放大 10 倍。相反，衰减器的增益是 −dB。在讨论传播损耗时，损耗用正值表示。dB 和电功率以及电压的关系如表 4—1 所示。

dB 本身是一个相对值，但在用来表示功率、电压和电场强度时，也常代表绝对值。一般，功率以 1mW 为基准、电压以 1μV 为基准、电场强度以 1μV／m 为基准。例如 1mW=0dB、10μV=20dBμV、100μV／m=40dBμV／m，为表明基准，在 dB 的后面付加基准单位。

表 4—1 dB 和电功率及电压(电场强度)的关系

dB	−20	−10	0	3	6	10	13	20	20	40
电功率	10^{-2}	10^{-1}	1	2	4	10	20	10^2	10^3	10^4
电压	10^{-1}	0.32	1	1.4	2	3.2	4.4	10	32	10^2

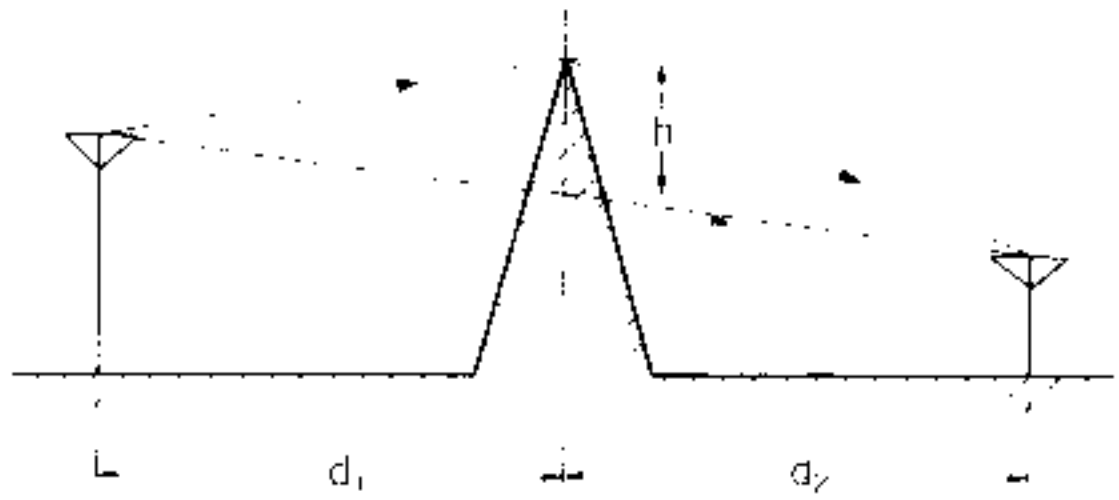


图 4—10　山岳绕射传播模型

物的情况下，已经证明这种近似模型是适用的。

作为一个特例，在球面绕射传播路径上存在障碍时，电波的接收电平反而比无障碍时上升了，这称为障碍增益（请参照文献(4)）。这是由于在发射、接收天线和障碍之间是自由空间传播路径，即使在考虑到山岳绕射损耗的情况下，综合起来也还是比无障碍的球面绕射传播损耗要小。如能巧妙利用这一现象，则可以和意想不到的远地电台进行通信。此外，由于障碍的形状也会改变绕射规律（有时甚至会出现损耗低于自由空间损耗的情况），因而对各种形状的山岳、建筑物进行试验也是意思的。

4.2.3
移动传播

以上说明了发射、接收天线都是固定的情况，而移动台是边移动边通信的，其电波传播条件与以前的不同，所以需要特别说明。

在移动传播的情况下，移动台的天线高度只有 1～2m（如图 4—13 所示），发射和接收天线之间被建筑等障碍物遮挡。由于移动台周围的建筑物反射，电波几乎是来自接收天线的各个方向。其电波状态如图 4—14 所示(参照文献(5))。

这种现象并非只发生在城市市区，在发射、接收天线之间无障碍物的郊外或山区也有同样现象。例如在无线电测向运动中，使用方向性天线，会感到电波来自不同方向。电波通过各方向的反射由于多波干涉会出现图

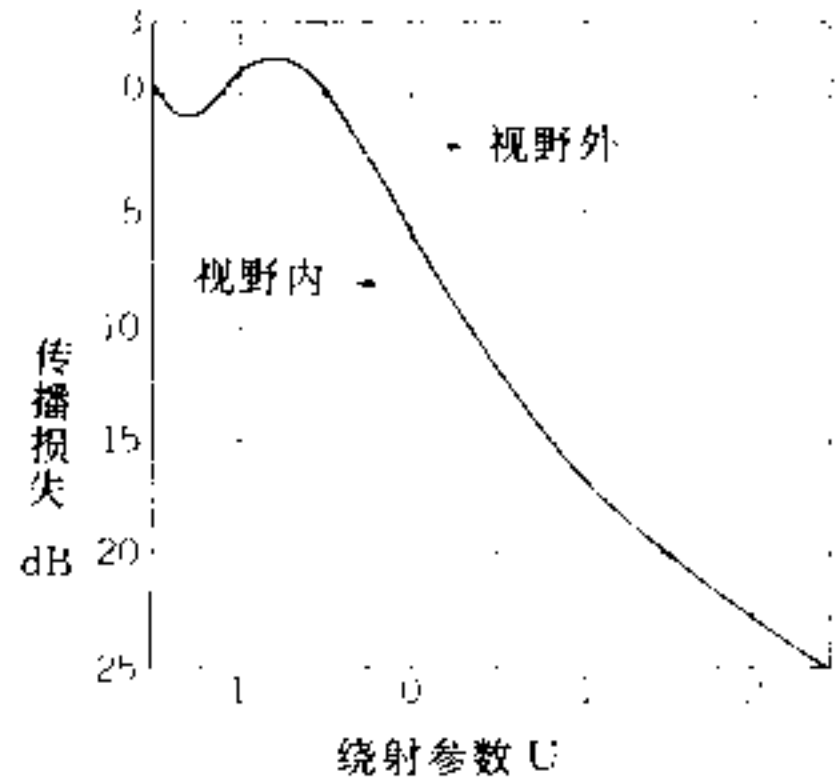


图 4—11　山岳绕射损失

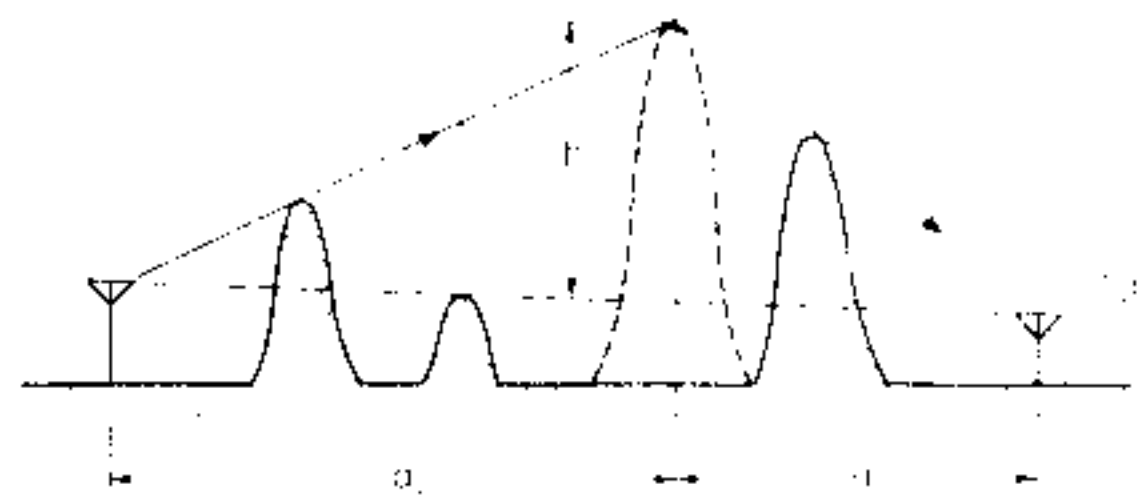


图 4—12　多重山岳绕射传播模型

4—15 中所示的驻波。

这种驻波最短的间距为半波长，例如频率为 435MHz 时，电波大约每 30～60cm 出现一次强度的波谷。因此，当停车接收的信号较弱时，移动汽车会改善接收效果。

汽车在移动时，车载电台接收到的信号电平并非图 4—15 所示的驻波电平，而是电波的平均电平(一般为 10～100m 区间内的平均值)。这一平均电平与信号的可懂度有关。图 4—16 是在市区求平均信号电平的曲线图。其中的虚线是自由空间的电波传播电平，可以看到在市区由于建筑物造成的遮挡损耗，使信号电平低于自由空间传播电平约 30dB。这也是用手持机在郊外可远距离通信，而在市内只能近距离通信的原因。

4—8 式是计算图 4—16 的公式。这一公式是由日本发明的世界著名公式（参照文献(6)）。

移动无线台也常在室内使用，但室内的电波传播极为复杂，其详细内容请参照文献(7)～(9)。

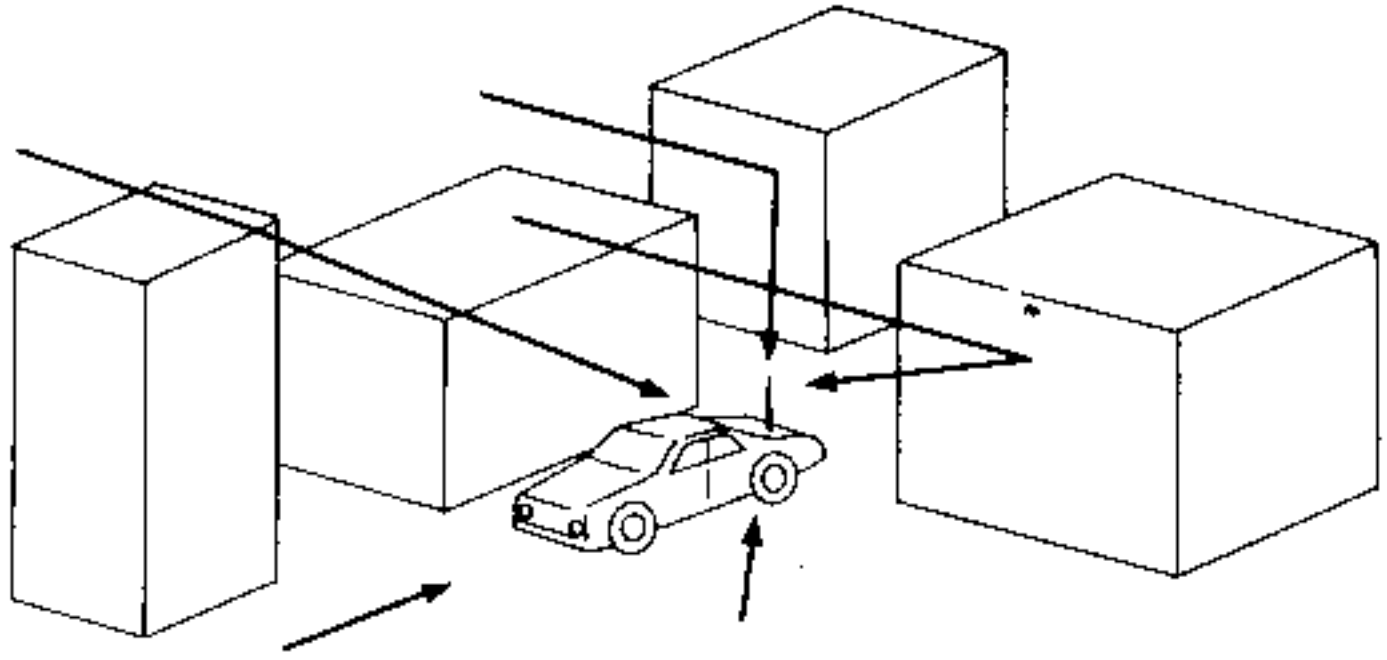


图 4—13　市街地带传播模型

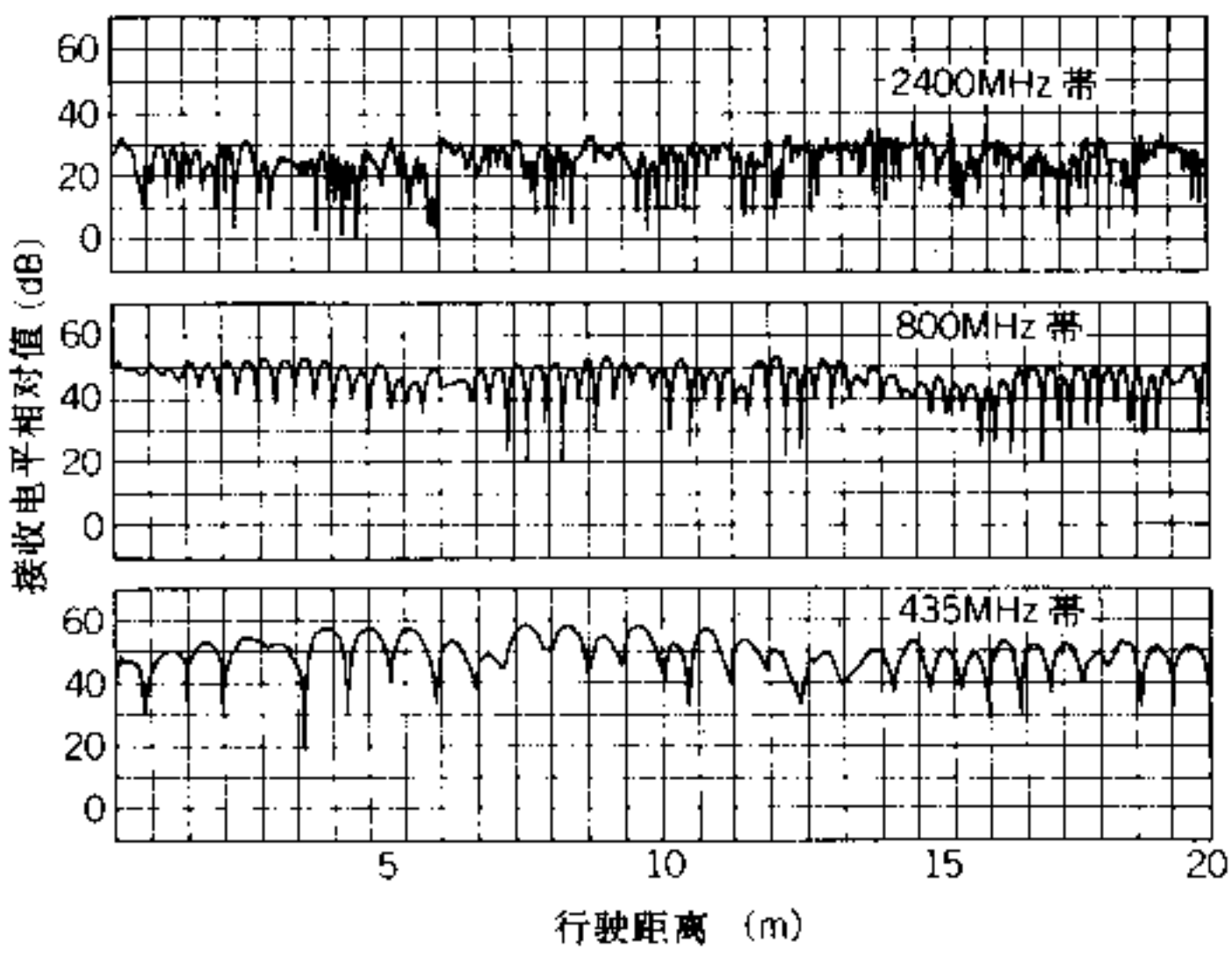


图 4—15　市街地带路上的驻波测定举例

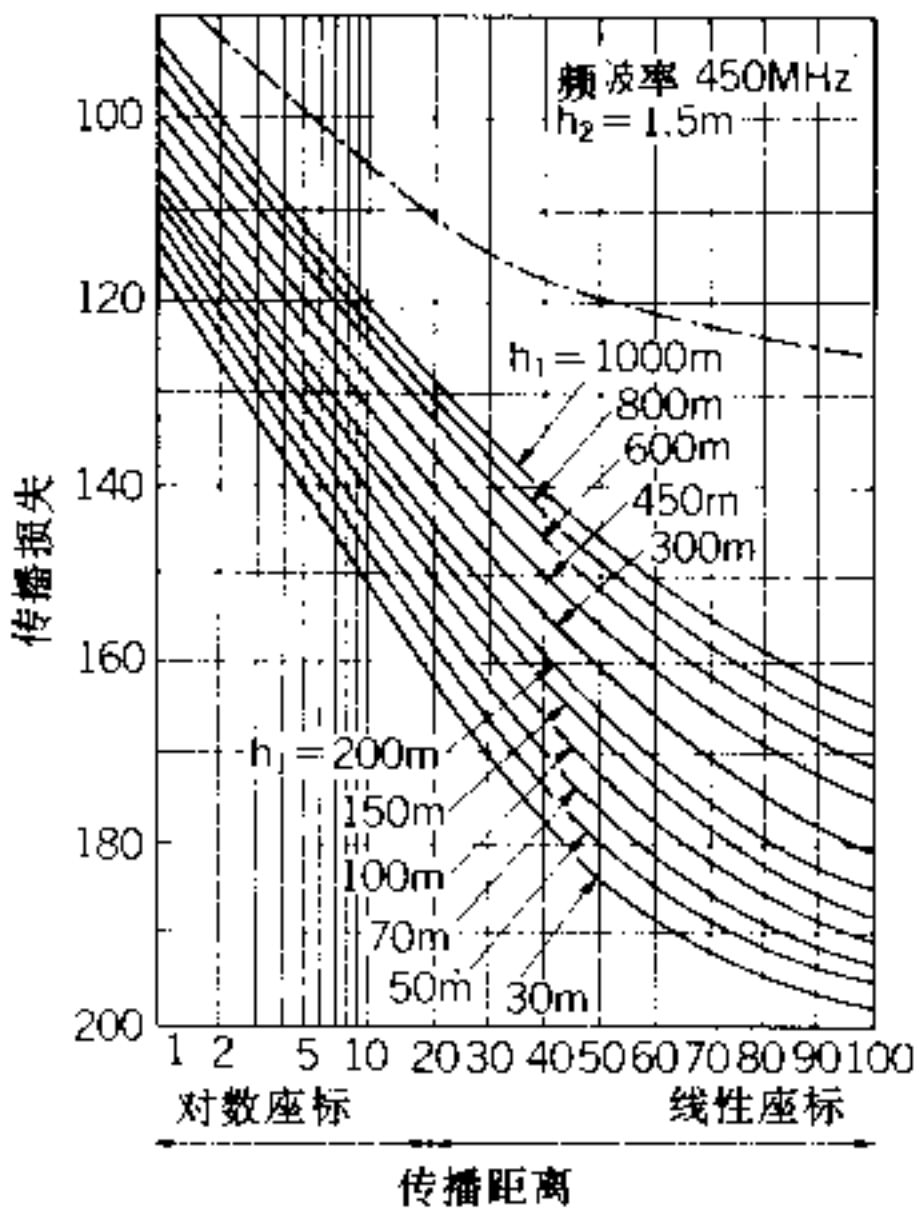
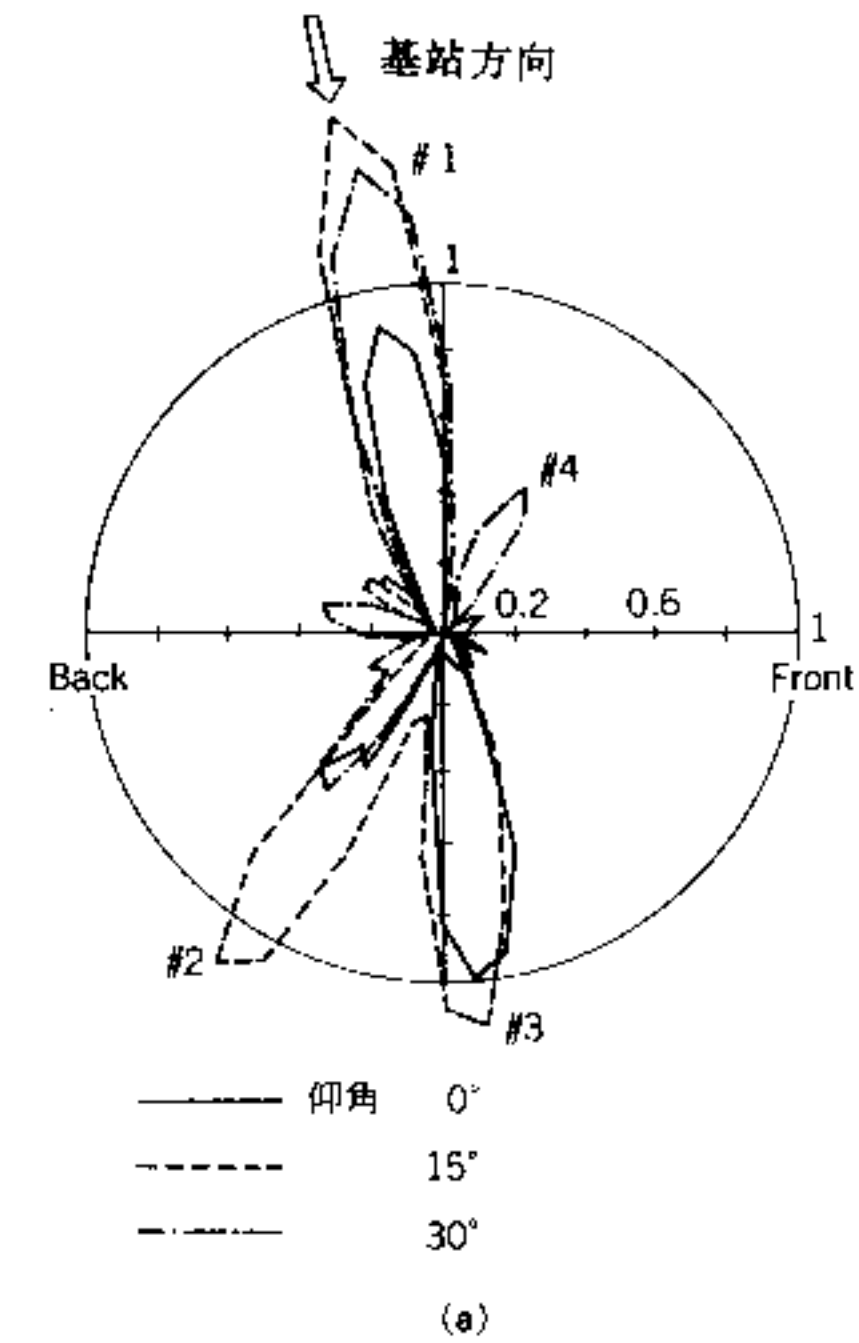


图 4—16　市街地带传播损失



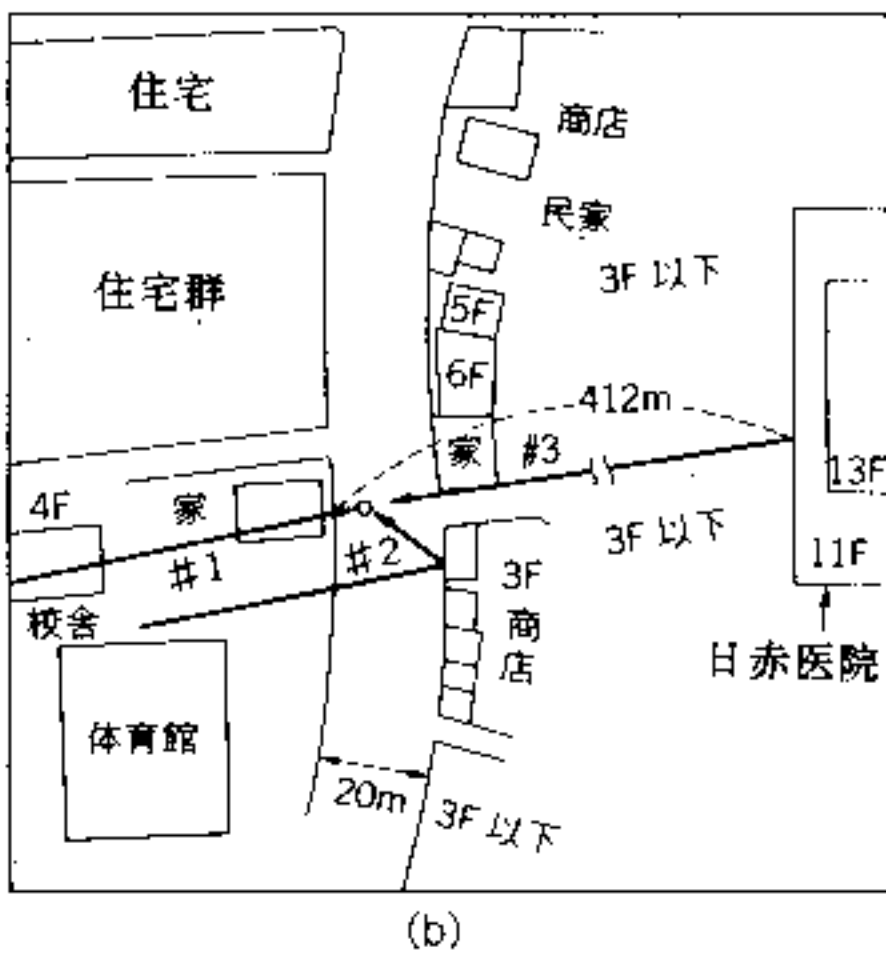


图 4—14　多路波的入射角分布

异常传播

在无线台间相互通信时，由于远地台的电波强度随时间段和季节变化，可懂度也会出现复杂的变化，所以对于 DX 来说是很能体现技巧和水平的。在 HF 波段电离层影响电波的传播，而在比 VHF 波段更高的频段上，影响电波传播的不是电离层，而是大气的状态。下面介绍由于大气干扰产生的电波异常传播以及电离层在特殊场合下的传播机理。

4.3.1

大气使电波传播路径发生弯曲

一般人都认为电波和光一样是直线传播的，但实际上，它们的传播路径都如图 4—17 所示的那样略微向下弯曲。这是由于地面上大气的密度不同所致。如果用折射率表示大气的密度，地面为 1.0003 而距地面 12km 的高空则为 1，与真空折射率几乎相同。虽然折射率的变化很小，但对电波的传播却有很大影响。对电波的传播方式产生影响的是距地面 12km 以上的空间和对流层。

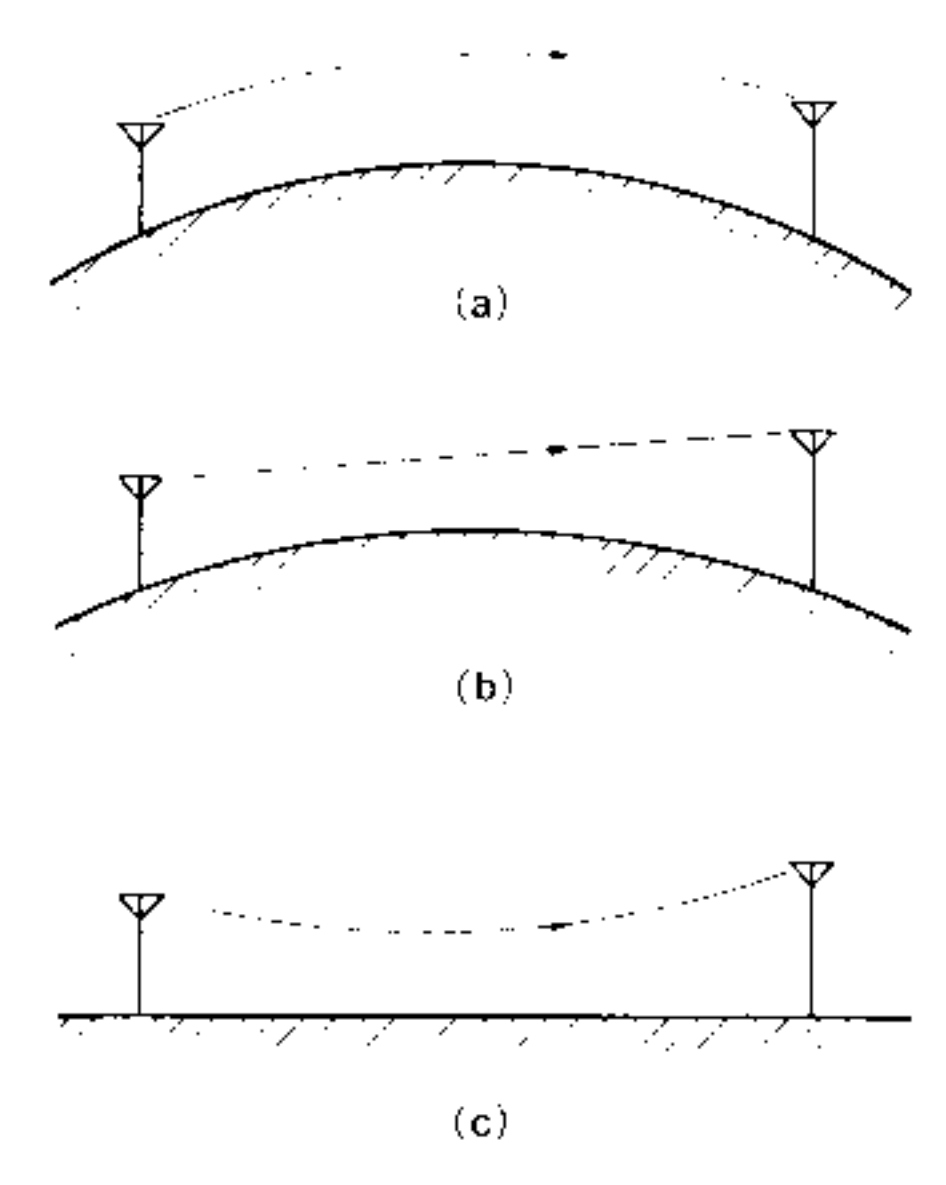


图 4—17　对流层内传播模型

在图 4—17(a) 中，电波的传播路径和地面都呈弯曲状，对这种情况的解析比较复杂，所以在图 4—17(b)、(c) 中将电波的传播路径用直线表示，或增加地球的半径，使地面成为平面，电波的传播路径形成曲线的解析方法比较简单。这两种方法都可以简化对异常传播的解析。在图 4—17(c) 中，适当增大了地球半径，其比例因气候而不同，在日本平均值为 $K=1.333(4/3)$。

即，地球的平均半径 $a=6370km$，而在电波的传播上 $K\times a=8500km$。这也是在可视距离的计算公式 4—6 式中，电波和光的比例系数不同的原因。K 随季节不同而变化，冬季变小，夏季变大。所以电波的传播效果夏季优于冬季，低纬度地区优于高纬度地区。K 的取值可以是 0～无限大，也可以是负值。K 为无限大时，表示电波可沿地面无限传播，但实际上在不同地区 K 值是不同的，所以地球的另一侧不可能进入电波的可视距离。

4.3.2

K 型衰耗

电波的强度随时间变化称为衰落。在 DX 通信中具有代表性的是 K 型衰落，在图 4—

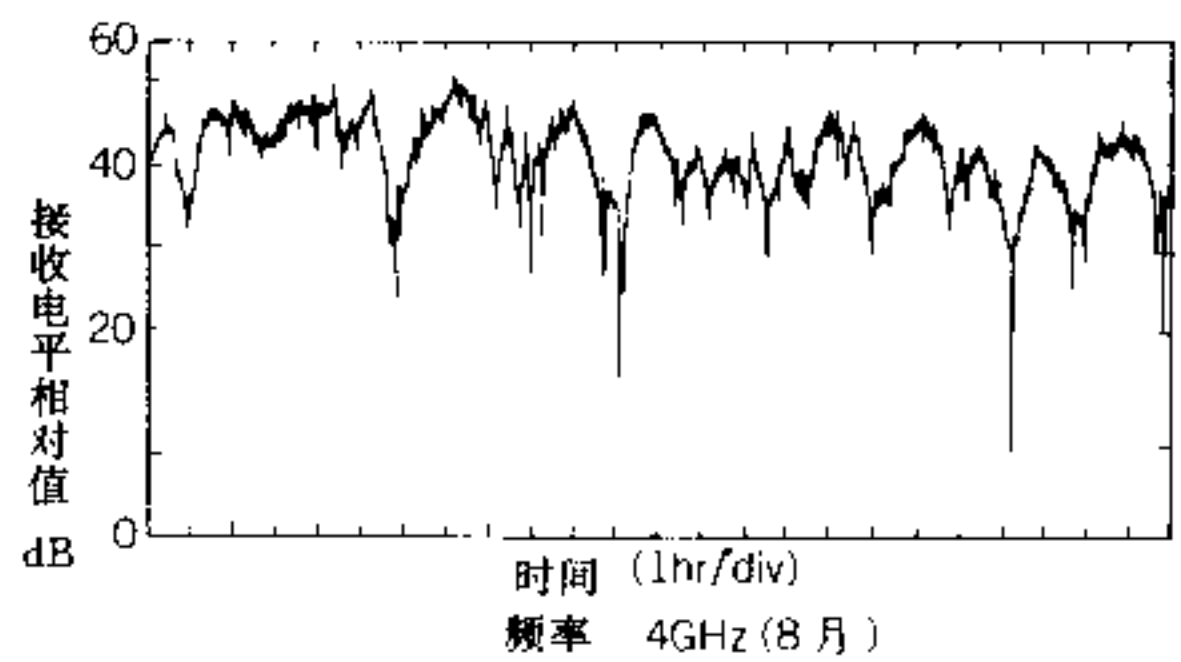


图 4—18　K 型衰落的记录举例

18 中电波的强度以缓慢的周期变化。其原因是，在较近距离上，电波沿图 4—5 所示的球面大地传播，由于 K 值随时间变化，会使直接波和反射波的相位差发生变化，而导致接收电平发生变化。另外，在远距离上，如图 4—7 所示的球面绕射路径上，由于 K 的变化使大地的绕射损耗发生变化，也会导致接收电平发生变化。此外，K 的变化还与下一节所述的大气波导的发生有密切的关系。

4.3.3

大气波导传播

大气的折射率随着距地面高度的增加而减小趋近于 1，但有时也会出现高度增加折射率变大的现象。这称为大气的逆转现象。这种现象与在风和日丽的冬天，使烟囱里冒出来的烟横向拖得很大的温度逆转层十分相像。图 4—11 是折射率随高度的变化和电波的传播形式。

在图 4—19 中，划有斜线的部分是大气逆转层（大气波导）的区域，在大气波导层中的天线所发射的电波被封闭在大气波导层内，可以传播到意想不到的远方（其原理与海市蜃楼相同）。相反，如果接收天线在大气波导层之外，既使相距很近也会收不到信号。而且，即便接收天线在大气波导层之内。其接收电平也会由于电波的集束和发散而极不稳定。

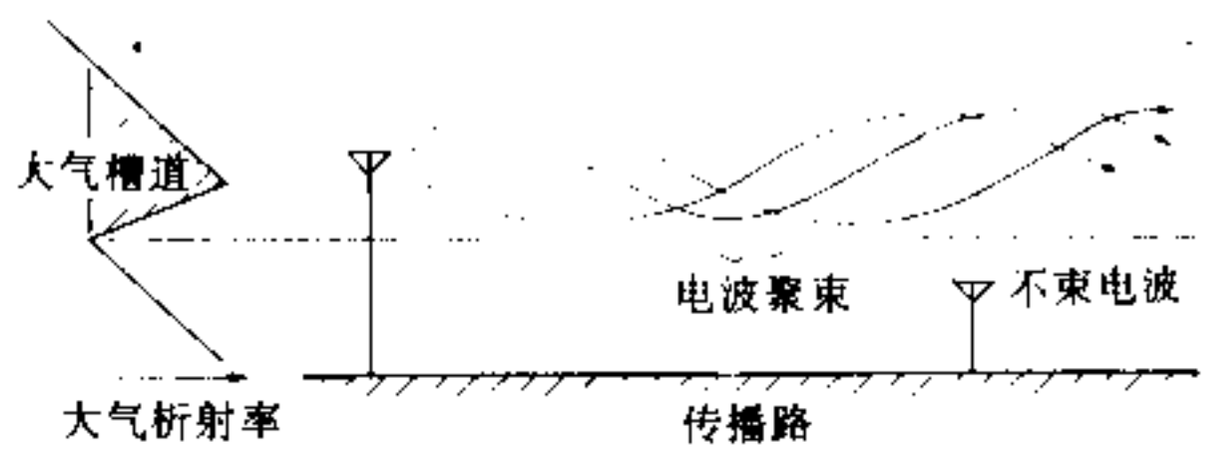


图 4—19　大气槽道内传播模型

大气波导现象在季节变化时，以及在海洋风与陆地风交替的黄昏和黎明容易发生。其原因是在空中如形成温度逆转层或高温度层，会使局部的大气折射率高于其上下的区域。

另外，由于在地面形成的大气波导层会以数 m／sec 的速度上升，并引起图 4—20 所示的接收电平的剧烈变化，信号频率越高，其影响越明显。

也就是说，风和日丽的天气对电波来说是容易发生紊乱的天气；而刮大风能把大气波导层吹走的天气反而是电波稳定的天气。

由于业于爱好者可以利用大气波导进行 DX 通信，在湿度较高的海岸或盆地等易于发生大气波导的地方进行通信试验是很有意思的。

4.3.4

降雨的影响

现在业余爱好者使用的频带没有什么问题，但在 SHF 波段中，如果信号频率超过

功率、电压以及电场强度的关系

功率、电压和电场强度的关系如下式所示。在功率和电压的换算中，使用了开路电压，但在美国等国家也有使用连接负载的闭路电压的情况，要注意的是两者之间有 6dB 的差。另外，在自由空间传播损耗下，当发射功率是 $1kW_{erp}$（用 λ／2 偶极天线发射的 1kW 功率）时，在 70km 处的电场强度为 70dBμV／m. 并成为一个标准。

$V=113+P$　　(50Ω)

$=115+P$　　(75Ω)

$E=139.4+20\log f_{MHz}-\Gamma_0$

其中

V：以 1μV 为基准的电压(dBμV)

P：以 1mW 为基准的功率(dBm)

E：以 1kerp 功率发射时的电场强度（dBμV／m）

f_{MHz}：频率(MHz)

Γ_0：传播衰耗(dB)

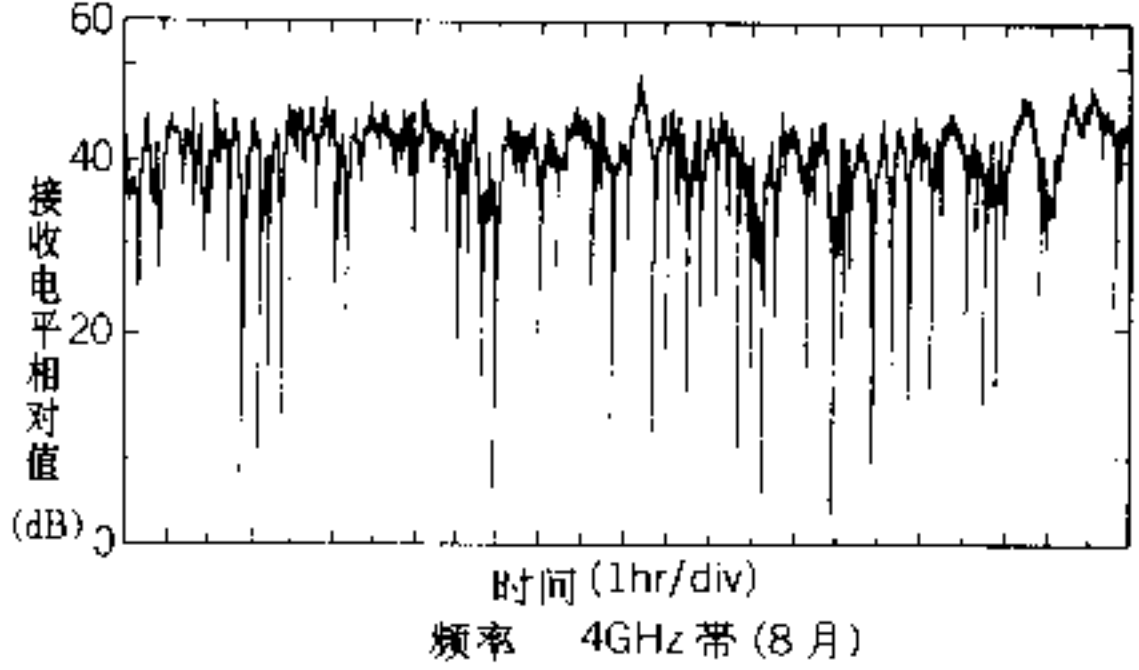
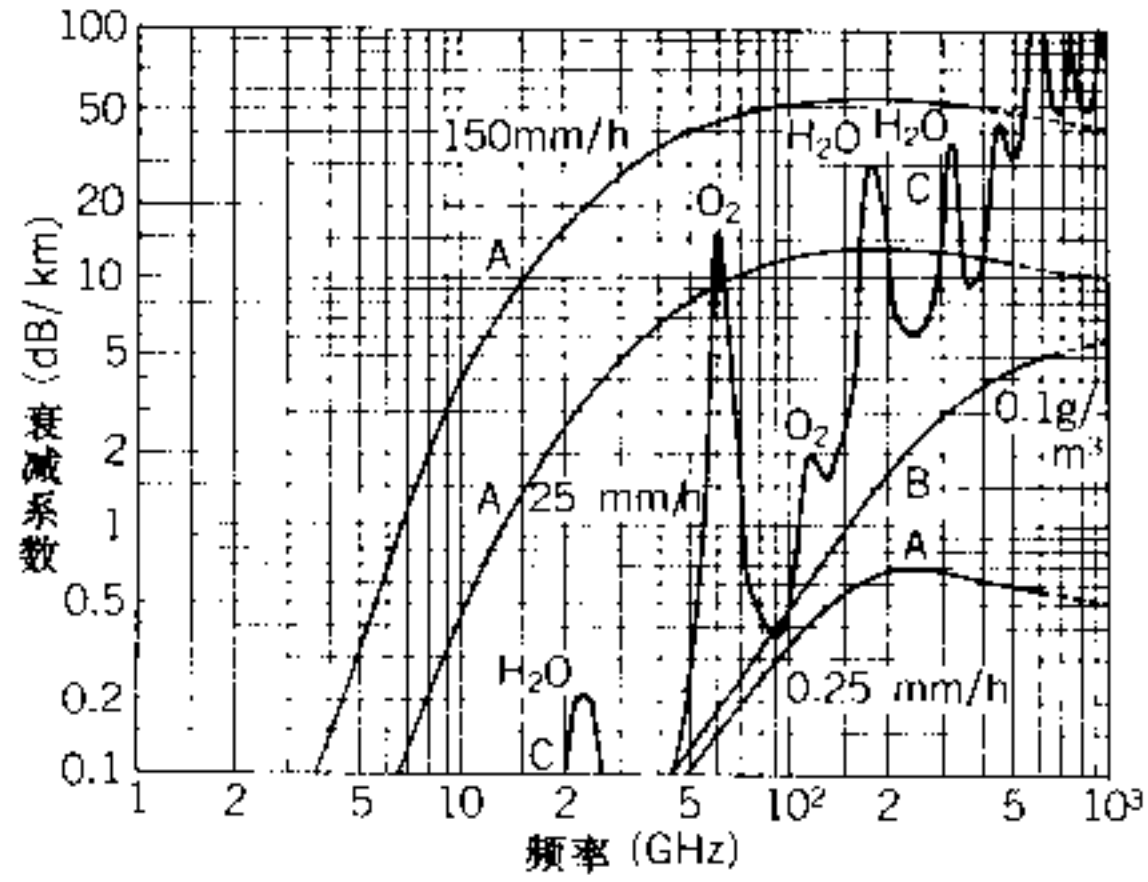


图 4—20 大气波导型衰落的记录举例

10GHz，接收电平就会因降雨产生损耗。图4—21表示了由于降雨使电波衰减的比例，例如信号频率为24GHz，降雨量为25mm／h(大雨)时，衰减系数为4dB／km，如果降雨区为1Km电波衰减4dB；降雨区为2km则电波衰减为8dB(参考文献(10))。

在SHF波段，由于降雨会使电波出现很大损耗，既使在电台附近无雨，但在电波传播路径上只要有降雨都会使信号电平产生衰减。由于降雨使接收电平降低的现象与图4—22中的损耗相比，比较缓慢，而且由于降雨时的接收电平不会高于晴天，所以与损耗相区别而称为衰减(降雨衰减)。

此外，在SHF波段中，由于下雪、水蒸汽以及氧气对信号的衰减与降雨衰减相比几乎都是可忽略的。



A：降雨 B：雾 C：大气气体

图 4—21 大气气体降雨衰减系数

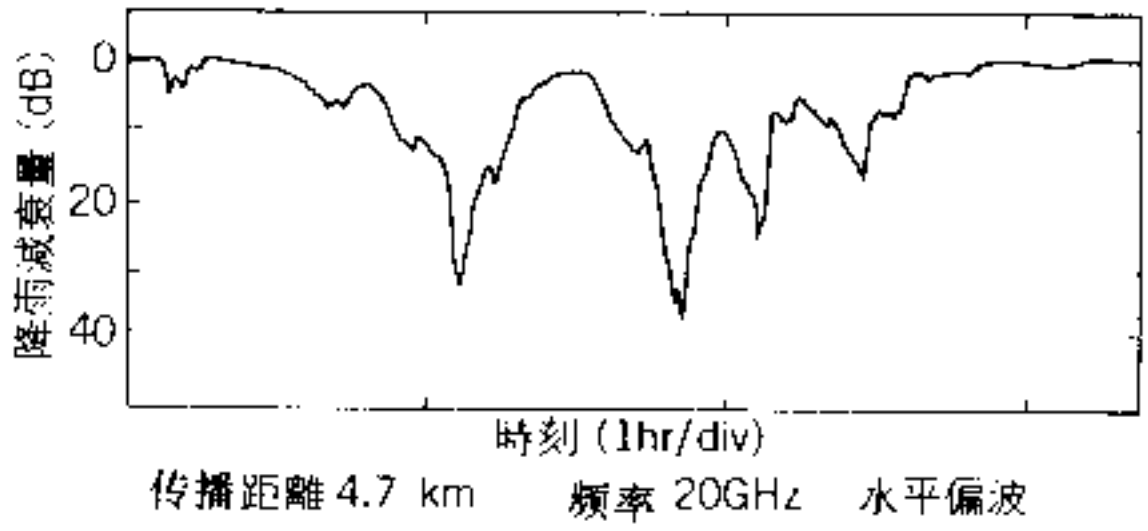


图 4—22 降雨衰减量测定举例

4.3.5 对流层散射传播

由于地球表面的曲率，在发射、接收天线之间视距以外的区域里，接收电平会随距离增加而急速降低，但试验结果表明，在某一区域内接收电平几乎没有降低。其原因是图4—23所示的当发射、接收天线的电波射束在途中交差时，由于交差区域被大气的折射率的变化所干扰使电波发生散射，接收天线可以收到这种散射波。

这一现象与卫星通信初期发射的反射卫星(1960年8月)的原理相同，大气的扰动起到了反射镜的作用。此外，还可以利用降雨区或后面要叙述的流星等自然条件进行反射，但由于其接收电平都不稳定，DX通信前需要充分的准备。图4—8中的虚线是对流层散射形成的传播损耗(参考文献(4))。

4.3.6 突发性E (E_s)层传播

如HF波段电波传播一节中所述，电离层对于HF波段以下的电波进行反射，而VHF以上频率的电波将会穿透电离层。但E_s层也属于电离层，并在E层的高度突然发生，也会反射VHF波段的电波。E_s层的成因目前还不清楚，也不像电离层那样与太阳活动有关。

但是，例如文献(11)以及(12)中所述，也许流星形成的电离气体与E_s层的形成有关，这也是有待于今后研究的领域。关于E_s层的

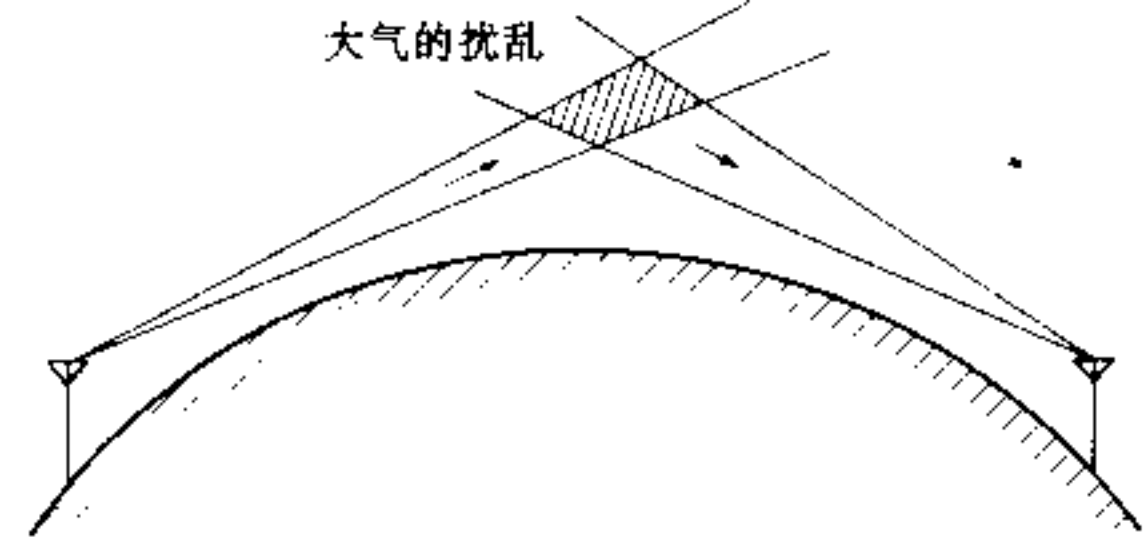


图 4—23　对流层散射传播模型

性质，由于业余爱好者的关心，已经基本搞清（参考文献(B)）。

E_s 层可大致分为三类。包括稳定地沿赤道扩展的 E_s 层、在极地发生的极光 E_s 层和在温带地区发生的 E_s 层。其中温带地区发生的 E_s 层，发生的范围涉及数 km～1000km，厚度为 500～2000m。其形状比较复杂，有时也会同时发生多个 E_s 层。E_s 层发生的高度一般在 95～135km 高空（由于发生高度与 E 层相同，所以称为突发性 E 层），其发生季节集中于夏季，如图 4—24 所示。

在一天中的变化如图 4—25 所示，有上午十时左右和傍晚前后两个峰值。另外，根据测定，E_s 层的移动速度为 60m／sec. 所以可用于通信的时间较短。

当 E_s 层发生时，以前穿透电离层的 VHF 波段的电波被突然反射，一次反射距离可达 2600km，二次反射距离可达 4000km。但 144MHz 以上的电波一般会穿透 E_s 层，能反射 144MHz 电波的 E_s 层极少发生。

4.3.7
横穿赤道的传播(TEP)

在太阳黑子发生较多的年份，在横穿赤道的电波传播路径上 VHF 波段的电波一般可在 4000～9000km 范围内传播，称为 Trans Equatorial Propagation (TEP)。在 TEP 中，特别是 50MHz 以上的频带在春秋季节发生频度最高。据测定在夜晚 20 时左右，48MHz 的电波可持续通信 6～8 小时，102MHz 的电

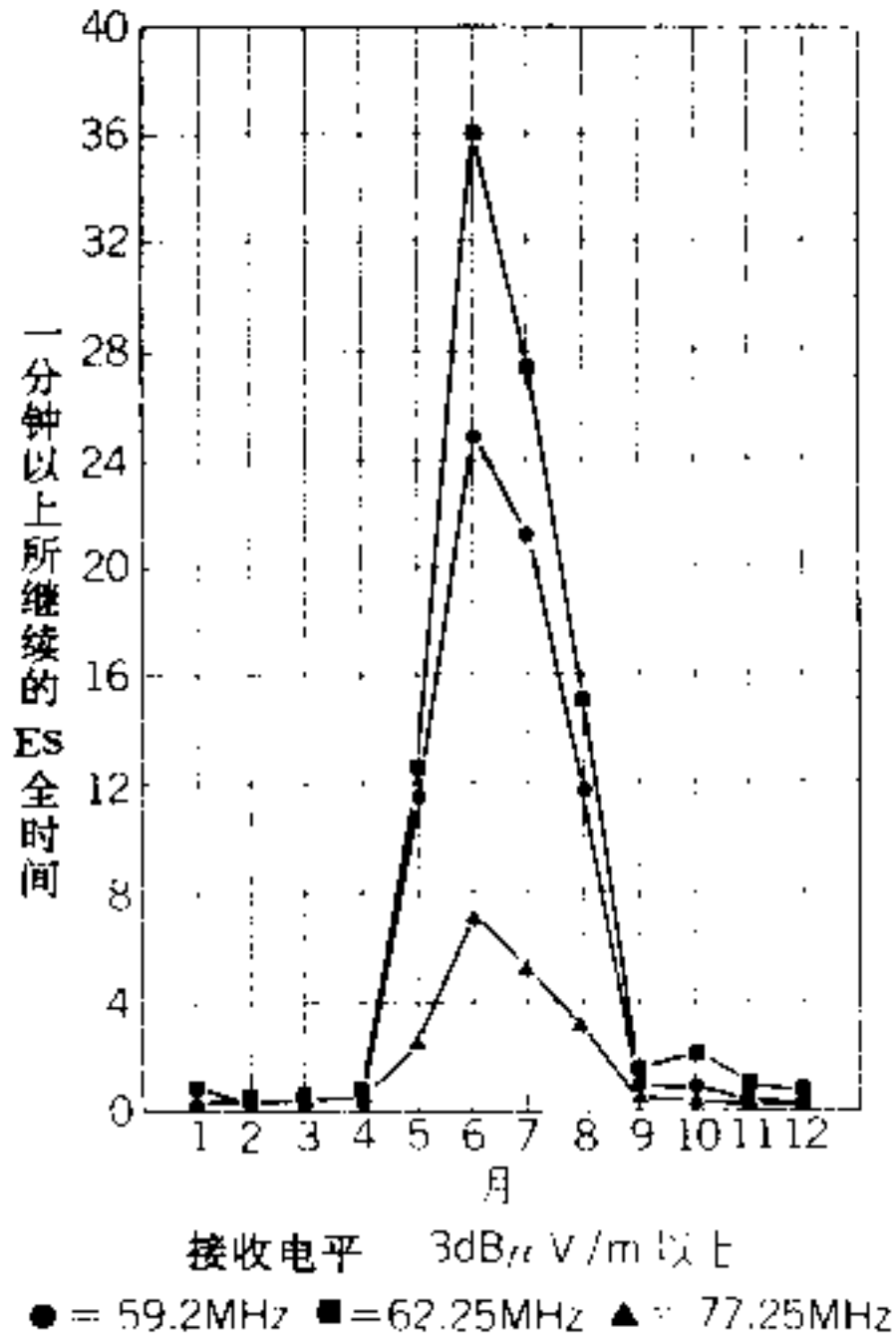


图 4—24　E_s 的季节变化特性

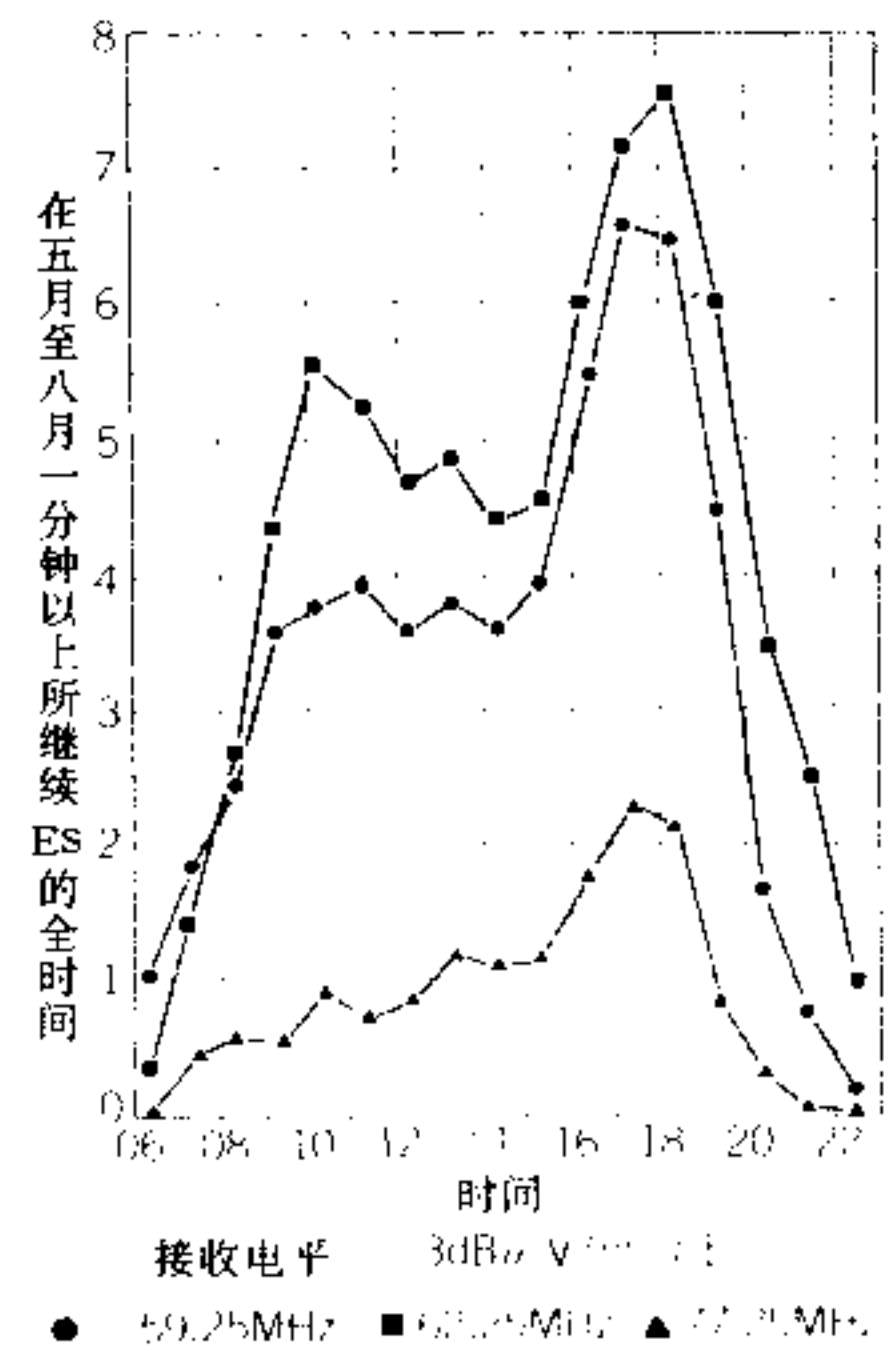


图 4—25　E_s 的日变化特性

波可持续通信 2～4 小时(参考文献(14))。

ETP 的发生原因如图 4—26 所示，由于沿着地球磁力线的电子密度(扩散的 F 层)的紊乱，使电波发生两次前向散射的传播模式(参考文献(15))。

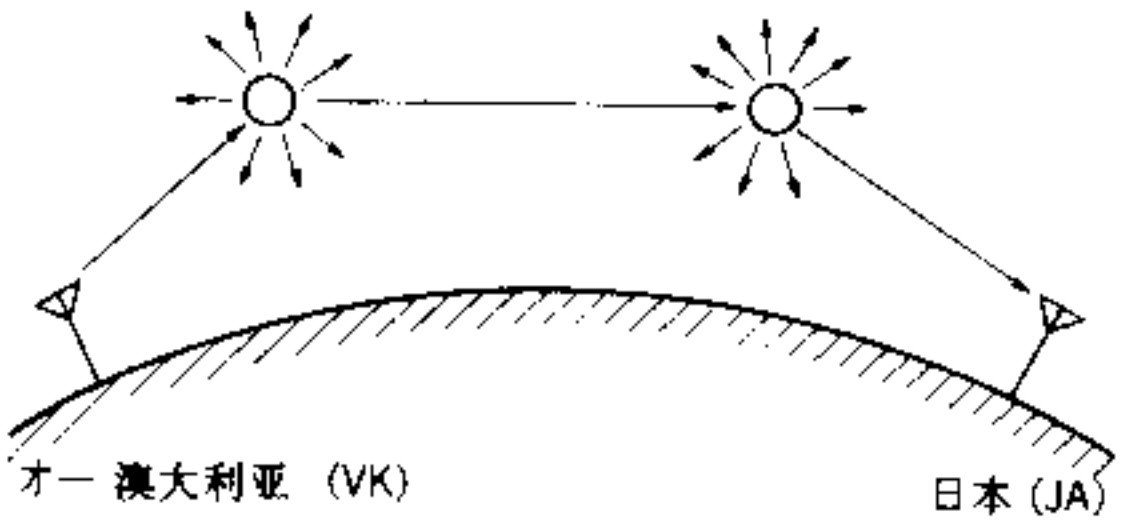


图 4—26　TEP 传播模型

▶参考文献

(1)渋谷茂一：電波伝搬基礎図表，初版，コロナ社，p.207，1976

(2) CCIR SG-5 Rept. 715-2, Propagation by diffraction, ITU, p.60, 1986

(3)黒川廣二，渋谷茂一：マイクロウエーブ伝搬解説，12版，コロナ社，1975

(4)明山哲，西尾亮：250MHz 帯における海上移動伝搬特性，信学論 B，Vol.J71-B, No.2，2 月，1988

(5)坂上修二：移動通信伝搬路における900MHz 帯多重波伝搬特性—振幅・周波数特性と到来角—，信学論 B，Vol.J70-B, No.12，p.1522，12月，1987

(6)奥村善久，進士昌明：移動通信の基礎，電子通信学会，p.24，1986

(7) A. Akeyama, T. Tsuruhara, Y. Tanaka：920MHz mobile propagation test for portable telephone, Trans. IECE Jap., Vol.E65, No.9, p.542, 9 月，1982

(8) T. Tsuruhara, A. Akeyama, K. Satoh：Mobile radio propagation characteristics in urban areas in the uhf band, Trans. IECE Jap., Vol.E66, No.12, p.724, 12月，1983

(9)加地正毅：大規模建物内における UHF 帯電波伝搬特性，信学論B，Vol.J70-B, No.10, p.1200, 10月，1987

(10) CCIR SG-5 Rept. 719-2, Attenuation by stmospheric gasses, ITU, p.167, 1986

(11)貫 JA1CO：1988 今年の伝搬予測，JARL NEWS，日本アマチュア無線連盟，1 月，1988

(12)新野賢爾，蛇川八千代：VHF 電離層前方散乱と流星の関係，電波研究所季報，Vol.23, No.123／124, p.63, 6—9月，1977

(13)CCIR SG-6 Rept. 259-6, VHF propagation by regular layers, sporadic E or other anomalous ionization, ITU, p.295, 1986

(14)栗城功，一ノ瀬 優，[illegible]，渡辺千代松，田之畑一男：VHF 帯の赤道横断伝搬モードについて，電波研究所季報，Vol.14, No.75, p.555, 11月，1968

(15)新野賢爾：赤道地域電離層不規則電離シンチレイション，電波研究所季報，Vol.20, No.108, p.231, 5 月，1974

4.4 V／UHF 波段中的远距离通信及其意义

4.4.1 流星通信

流星进入大气层时，由于燃烧（气化）而形成的圆柱状电离气体立刻扩散，当气体的圆柱直径扩散到与电波的波长大致相同时，会出现电波的反射现象。离子化的流星余迹会使电波出现反射，其反射能力与电子密度成正比。

电波的频率不同，反射率也不同，流星余迹的电子密度对 25～60MHz 范围内的电波影响最大。流星的体积和速度直接决定了余迹的规模及其电子密度。流星余迹反射的信号与被电离层反射传播的信号无大区别。也就是说，在距地面 80～120km 高空的 E 层产生电离。但用肉眼观察到的流星亮度与电波的反射强度不一定一致。

流星余迹传播电波的距离与 E 层反射的

传播距离相同均为 2000km 左右，在 800～1600km 的距离范围内比较适合于通信。由流星产生的电离的持续时间是电子密度的函数。大型高速的流星会使大量的空气分子电离，形成相对密度较高的电离层，而且在流星的初期燃烧时电离作用最大。

所有被电离的空气分子通过电子的接触再结合所要的时间，比起少数离子与电子结合所需的时间要长的多。随着时间推移，由于越来越多的自由电子与离子结合，会使电子密度降低，当电子密度实质为零时，电波的传播也就终止了。

电波的反射强度以及反射持续时间都与电波的频率有关。在 VHF 波段通常反射的持续时间为 2～3 秒，但在极少数情况下也有持续 1～5 分钟的情况。我们把听到的非常短促的信号称为“乒信号”这是由于电子密度非常低并在短时间内降到能反射电波的密度以下的缘故。

这样的流星轨迹称为“低密度轨迹”(under dense traie)。持续时间较长，使接收台能接收对方台的文字或语言的信号称为突发信号。能充分反射一定频率的信号的流星轨迹称为：“过密度轨迹”。流星轨迹通信使用的频率一般为20～110MHz，144MHz 的高频信号受到设备性能的限制，而较低频率则受到季节的影响，而且会受到电离层反射的影响。因此，一般流星通信使用频率的范围在40～50MHz，作为业余波段50MHz 是典型波段。

图4—27是沿地球轨道进入大气层的流星在一年之间的空间密度变化曲线。通常，流星形成反射的频度约为一小时 10 次，多集中在深夜到黎明的时间段内。这是由于地球围绕太阳公转时，其前进方向的部分恰好是处于黎明的区域，出现流星的概率较大。而在地球的另一侧则是傍晚的地区，只能遇到来自与地球前进方向相反方向上或侧方向上的流星，而且流星的速度也相对要慢一些。因此所形成的电离也较弱。在地球的前进方向上(黎明的地区)电离较强，持续时间也较大。

除此之外，还可以利用流星群活动较多的时期进行通信。表 4- 2 是一年内主要的流

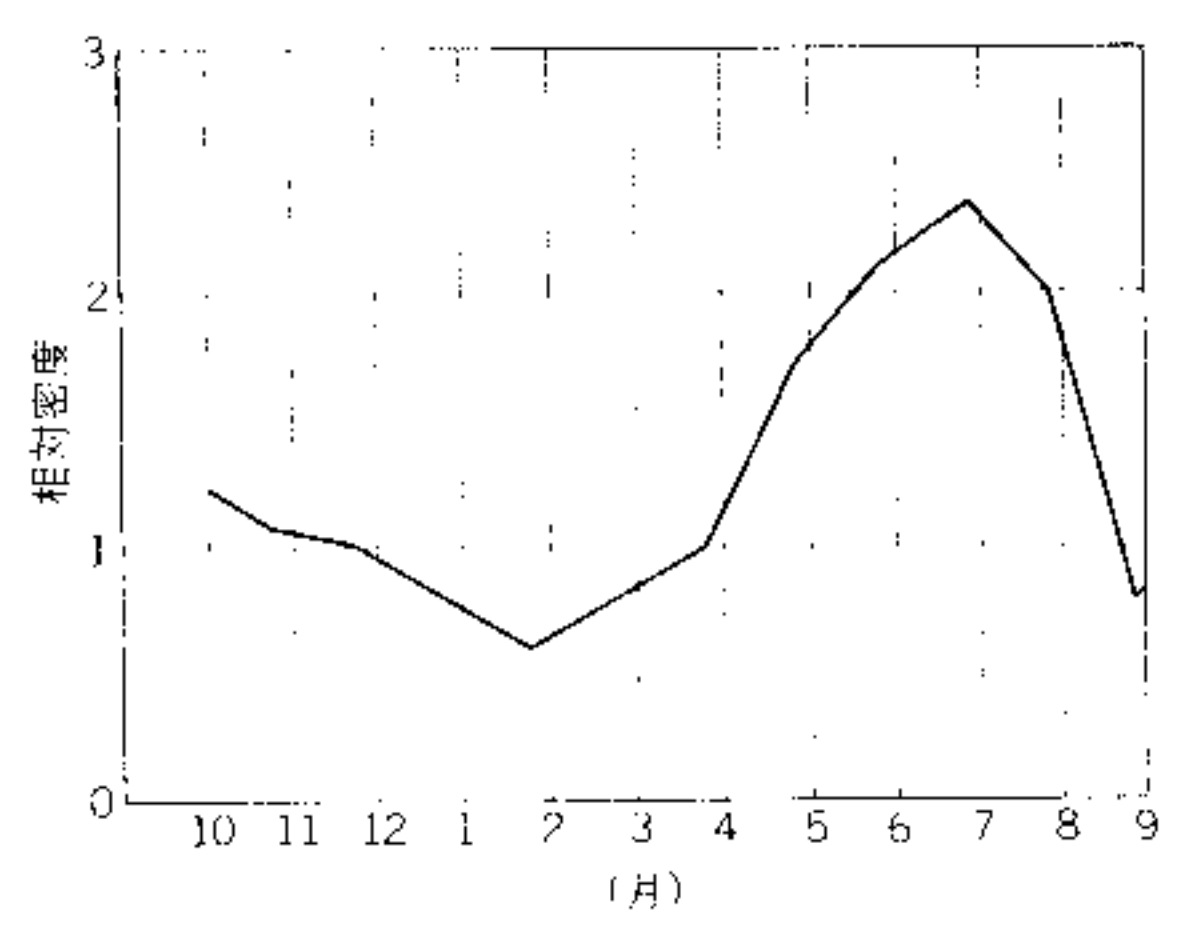


图 4—27　顺着地球轨道流星的空间密度变化举例

表 4—2
一年内流星群

流星群	日　　期	最大日期	每小时出现次数	电子产生强度
四分仪座	1 月 2 日～5 日	4 天	45	中
古琴座	4 月 20 日～23 日	22 天	12	强
水缸座 η	5 月 3 日～10 日	5 天	12	强
绵羊座	6 月 2 日～17 日		70	中
水缸座 δ	7 月 27 日～8 月 1 日	30 天	22	弱
英仙座	8 月 7 日～15 日	12 天	50	强
猎户座	10 月 18 日～23 日	21 天	30	强
天牛座 S. N 群	10 月 26 日～11 月 16 日	6 天，11 天	16	弱
狮子座	11 月 14 日～19 日	17 天	60	强
双子座	12 月 11 日～16 日	14 天	70	中
小熊座	12 月 21 日～23 日	23 天	13	中

星群，其中 8 月的英仙星座和 12 月的双子星座比较典型。进行流星通信时，大多利用这些流星群。在一年中也有许多利用零散流星进行通信的机会。

4.4.2

进行流星通信的设备

·发射机的输出功率越大越好，但至少应不小于 10W。应使用调谐精度较高和稳度性较好的设备。

·接收机的 NF 要尽量低，例如 NF 在 20dB 以下。频率稳定性好，调谐精度应不大于 1kHz。

·天线增益最好在 20dB 以上。使用六单元的八木天线也可以通信。如希望进行远距离通信，天线高度应不低于 20m，进行近距离通信可适当降低天线高度。

·其他还应准备秒表和记录通信内容的录音机。

一般情况下利用 SSB 方式进行流星通信。也有使用 AM、CW 以及分包通信方式的。通信的基本原则是尽量缩短内容，迅速进行。突发的持续时间一般只有数秒，能持续数分钟的现象非常少见，因此操作技巧是很重要的。

特别要注意的是，在通信开始时应确认对方的呼号。如果同时存在多个不确定，对方就会形成不知是主动发出 CQ 好还是等待对方的 CQ 好的矛盾局面。发出 CQ 时，为了和普通的 CQ 相区别，多采用 CQ、MS (Meteor Scatter) 的方式。主动发出 CQ 时，最好在接收的间隙内短暂地发送 CQ 和自己的呼号各一次。在 CW 时，最好以高速插入的方式进行。

在单位时间内突发较少发生时，宜使用标准的通信方法。目前，在日本大多使用以一分钟为单位交替发射，接收的方式，通信频率为 50.130MHz～5kHz。利用这一标准方式，可以有效地利用通信过程中的突发现象。此外，还有一个优点就是由于各电台同时发射、接收，在距离较近的电台之间也不易产生干扰。

不论使用哪种方式，都应根据环境条件选择效率较高的一种。使用标准方法利用流星群时，由于流星的辐射点会随地球的自转而发生变化，所以要及时适当调整天线的方向。通信时反复发射十分必要的内容。

作为其它的通信方法，还可以利用微弱的流星残留的浮游电离气体产生的前向散射进行通信。但由于这种方法要求接收机的带宽为 200Hz，在接收机的天线端子检出的电场强度为 20～－30dB (0dB＝1μV／m)，而且发射输出功率为 1kW，因而不符合当前的标准。

还有一个感知流星流入状况的方法就是接收距离为 800～1600km 以外的发射功率为 1kW 以上的 FM 台的信号。

4.4.3

水面反射通信

在讨论 V／UHF 波段通信的场合，经常会听到“水面反射通信”一词。是由于当移动台在河流或湖泊等水面上或在水面附近时，会出现与意想不到的区域进行通信的可能性。

水面和沼泽地与普通地面相比的确是很好的地线。因此在这种环境下假设某一天线的辐射波与天线高度相适，信号应非常清晰，但也不一定会得到很大增益。

另外，水面上空的大气折射率与其它地区不同，但认为仅仅由于空中的状态就可以进行长距离的传播也是不够妥当的。如果在这种条件下 DX 成为可能，也许是在水面的条件之外，周围的地形传播障碍较少的理由。如果能提取出仅由于“水面”而产生的传播要素，对其进行比较、研究，才可能发现可称为水面效应的内容。

注意到接收电波的强度取决于发射、接

收两点之间的传播路径的状态以及接收设备的设置场所，根据自己电台周围状况以及其它条件综合判断接收效果是很重要的。在此基础上，结合表示“水面反射通信”特征的试验数据，很有希望解析“水面反射通信”的问题。

▶参考文献

(1)東京天文台編纂：理科年表，丸善，1988

(2)月刊天文別册：'88天文観測年表，地人書館

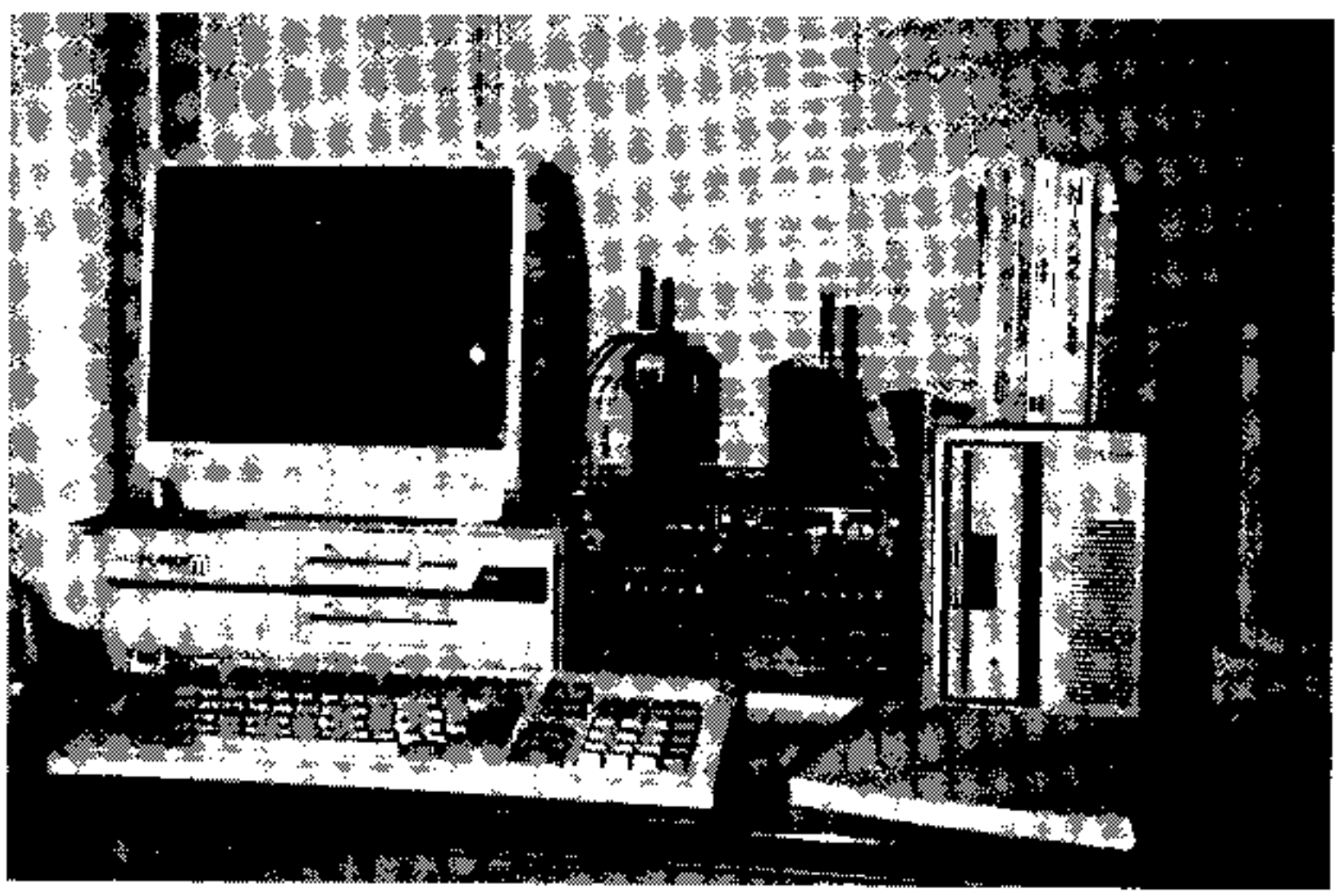
(3)JARL NEWS, Jan., p.28, 1988

5.1 分包通信的历史

分包通信是六十年代根据有线通信中计算机之间的数据通信的设想，作为一种通信手段而出现的。后来在将模拟电话网改造为可进行数字、数据交换的数字网的过程中，由ARPA 网等系统证明了分包设想的有效性，并使其有了长足的发展。

使用无线信道的分包通信，是以 1970 年在夏威夷大学开发的 ALOHA 系统为开端的。为使夏威夷群岛的各个岛屿用天线联系起来共同使用夏威夷大学的计算机系统而建立起来的网络实验，为分包技术积累了非常丰富的宝贵经验。

业余无线电中的分包通信是从加拿大开始的。由 VE7APU (Doug Lockhart) 组成了 VADCG (Vancouver Amateur Digital Communication Group)，并根据 SDLC 规程制作



照片 5—1　分包电台的一例

了 TNC。

1981 年 10 月在美利兰德州召开了第一次 ARRL 计算机网络会议，在会议上，对在各地区零散活动的分包通信小组规程的统一问题上达成了统一意见。

1981 年 10 月，KD2S (Den Conners) 在亚利桑那州赤松设立了 TAPR 公司（Tucson Amateur Packet Radio Corporation）。TAPR 先后生产了 TNC—1 和 TNC—2. 为分包通信技术的普及做出了贡献。TAPR 到目前为止仍在积极开展工作。

目前作为分包通信的标准规程，并具有经典意义的 AX. 25 是由 AMRAD (Amateur Radio Research And Development Corporation)、RATS (the Radio Amateur Telecommunication Society) 以及 AMSAT 等企业、团体相互协作，把 CCITTX. 25 (有线分包交换规程）进行适合于业余活动的修改后形成的。1984 年 9 月 15 日在 ARRL 数字通信特别委员会上确定方案，并于同年 10 月 26 日在 ARRL 理事会上得到承认。成为由 ARRL 发行的《AX. 25 业余分包无线链路层规程 Vol. 2. 0 1984 年 10 月》。

日本从 1985 年起对无线电分包通信就比较关注，并随着 TNC 价格的降低普及到了目前的程度。

5.2 分包通信的应用现状

5.2.1 分包通信

分包通信是数据通信的一种方式，在业余无线电中特指符合“AX. 25”规程的业余无线通信。

分包通信中的“分包”(packet) 一词的原意是小包裹。分包通信方式是在内含传送信息的信息包里附加发信人和收信人的地址等信息，把信息像传送包裹那样进行处理的通信方式，是能够进行高速数据传输的高可靠性通信方式。

(1)分包通信的特征

分包通信方式有以下特征。

①可传送任意的比特(二进制代码)组合

分包通信可传送以比特为单位的任意数据。即分包中的信息部分的数据不限于字符编码，除文字外，还可以传送计算机存储器中的内容以及语音数据、图像数据等内容。

②有严格的差错控制

在分包通信中，使用了能严格检验差错的 CRC 冗余校验码。在检验分包中信息部分的同时还对地址部进行检验，因此具有较高的可靠性。

(2)AX. 25 规程

目前作为分包通信的标准规程的 AX. 25 规定了 OSI 参考模型中的第二层（数据链路层）。即 AX. 25 对通信线路上发生的比特差错进行检出，恢复，以便向对方台无误地传送分组(帧)的协议。

在运用 AX. 25 规程时，需要使用终端节点控制器 TNC (Termind Node Controller) 装置。

但 AX. 25 没有包含第三层（网络层）以上各层的协议，所以对电子信箱，文件传送等业务的处理，只能依靠操作者来完成。

(3)帧

分包通信的传送单位称为帧。帧有以下三种基本形式。

①信息(I) 帧

含有被传送信息的帧。并具有传送控制功能。

②监视(S) 帧

用于链路监控的帧。其中没有信息字

● S(监视),U(无编号)帧

标志 01111110	地址	控制	FCS	标志 01111110

● I(信息)帧

标志 01111110	地址	控制	PID	信息	FCS	标志 01111110

图 5—1　分组(帧)的构成

段。

③无编号(U)帧

用于传送设定通信模式的要求、应答以及报告异常状态的帧。

④帧的构成

图 5—1 中表示了帧的结构。帧是由其中的各个字段组成的。

①帧标志序列

在帧的前后各有一个 8 比特的“01111110”序列，称为帧标志符，用于传送同步和各帧始终的标志。

②地址字段

地址字段表示发送设备的地址。其中也含有命令／响应信息。

③控制字段

含有帧类型的识别信息，并含有关于传送确认的各种控制信息。

④PID 字段

PID (Protocol Identifier) 是规程的识别符，只存在于信息帧中，表示第三层的规程种类。

⑤信息字段

由要传送的信息构成。传送的信息保持了“透明”性。有些帧可以不包含信息字段。

⑥帧校验字段(FCS)

利用 CRC 方式进行差错控制的比特序列。校验误差的范围包括地址、控制、PID、信息等各字段。

5.3 进行分包通信所需的器材和设备

进行分包通信时，需要基本的无线电设备，TNC、终端设备(微机或文字处理机)等三个最基本条件。作为分包通信的基础，这里只考虑利用 V／UHF 波段的 F2 方式进行以文字为主的通信所需要的设备。关于 HF、卫星或图像、语音等方面的应用，应在 V／UHF 波段基本技术的基础上进行。另外，考虑到一些应用技术所必须的信息多来自应用于 V／UHF 波段的网络 (BBS)，所以 V／UHF 波段的运用不仅是基本技术，而且是必须要掌握的技术。

5.3.1 无线电设备

在 V／UHF 波段进行分包通信的设备，用一般的可用于 F3 方式的移动式无线收发信机或手持式无线电收发信机就可以了。分包通信的长处之一就是可以从这样一些简单的设备开始通信。

关于天线设备，由于只需要能达到最近的相邻分包通信电台，然后可依靠中继传送。如只考虑使用最基本的功能，使用较简陋的设备也无妨碍。但以上是最下限的条件，如

果希望舒适地使用，则应持有用 F3 能自由自在地进行局部地区 QSO 的设备。

在日本，分包通信主要使用的波段是 430MHz 和 1200MHz。这是因为分包通信是较新的通信方式。从地面波的延长等因素考虑，144MHz 波段是最有利的但由于分包通信在通信性质上很难与现存的其他通信模式混合，所以使用了比较空闲的高频波段。

在东京、大阪等大城市的近郊，430MHz 频段由于现存的 F3 的 QSO，已经非常混杂。因此，大城市都主要使用 1200MHz 波段。相反在大城市以外的大部分地区，430MHz 波段比较空闲，而 144MHz 波段则在一些地区几乎没有被使用。在这些地区可以自由选择适于传播的波段进行分组通信。实际上利用 50MHz 和 29MHz 波段的电台比较常见。在这些波段上可以利用 E_s 层和 F 层的传播进行远距离通信，所以颇具魅力。因此，要根据自己所在的地区来选择使用波段，并且事先需要收集相关的信息

5.3.2 TNC

TNC (Termind Node Controller) 是分包通信所必须的处理所有复杂规程（协议）的设备（见照片 5—2）。TNC 是装有微处理器的专用计算机系统，其内部进行的处理非常复杂。

但是，使用者感觉不到 TNC 的这一复杂性，使用者可以在不考虑规程内容的情况下轻松地进行分包通信。

在市场上有多种 TNC 产品，可以认为各种 TNC 在 V／UHF 波段上对一般 QSO 的基本性能都是一样的。这是分包通信的基本条件，各种设备的性能不应有明显的差别。

各厂家推销的 TNC 仅在基本性能以外有所差别。其中有些功能是不能简单增补的。

・适用于 HF：如果不能适用于 HF 段，进行分包通信时就需要使用附加的调制解调器。有些机种不能适用于 HF。

・适用于分包以外的通信模式：有些机种可用一台设备进行 RTTY、AMTOR、CW 等操作。

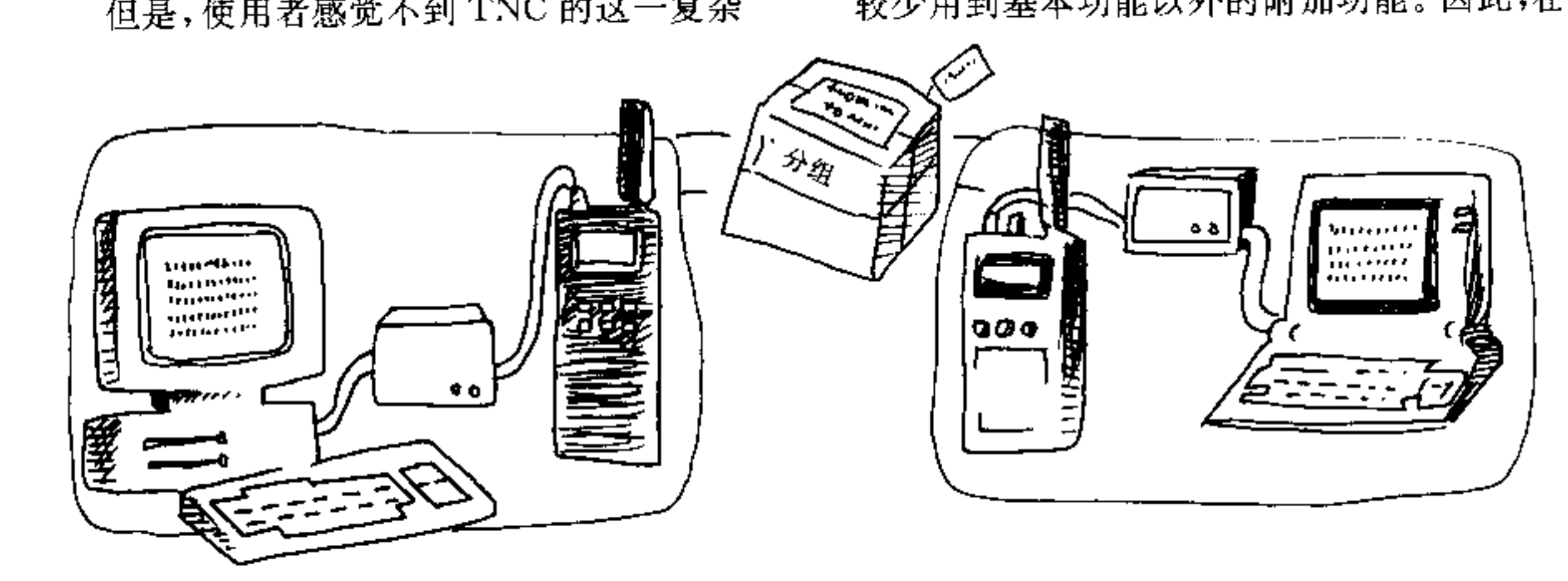
・适用于卫星通信（JAS—1）：日本的 JAS—1 业余卫星采用了特殊的调制方式

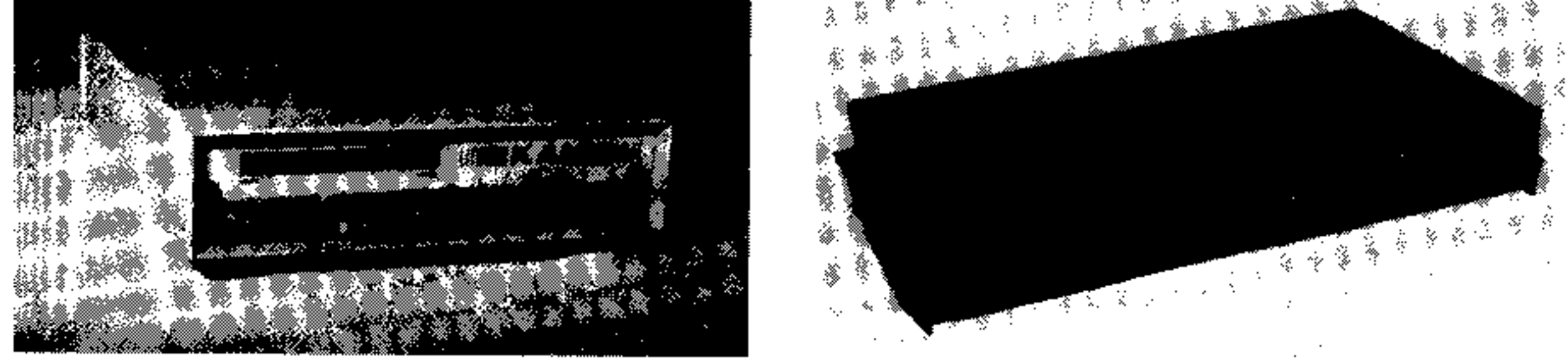
・电源：有 AC100V 或 220V、DC13.8V、电池、另附交流整流电源等各种形式。

除此以外，有些机种还具有下列方便的功能。

・无人值守功能（微型电子信箱）
・监听扬声器
・调谐指示
・麦克风切换
・双波段对应

可以认为所有 TNC 都具有最基本的功能。在 V／UHF 波段的一般分包 QSO 中比较少用到基本功能以外的附加功能。因此，在





照片 5—2　TNC 举例

入门时几乎没有必要使用附加功能较丰富的 NTC，使用最一般的 NTC 较为适当。

5.3.3

终端装置

终端装置至少要具备显示来自 TNC 的数据和把从键盘输入的数据传送给 TNC 等最基本的功能。由于在 TNC 和终端装置之间使用 RS—232C 接口，所以终端装置应具有 RS—232C 端口。

在日本 V／UHF 波段的分包通信中，信息大多用日文汉字表示。因此，如果终端装置不能处理汉字，则收到的信息几乎成为密码而不可识别。

除了专门用来与海外通信的情况以外，终端必须要具备汉字功能。

符合这些条件的终端有以下三类。

- 终端(打印机)
- 微机
- 文字处理机

OSI 参考模型

OSI (开放系统互连) 参考模型的主要概念是通信功能的分层结构。把通信功能划分为七层，并从物理媒体开始从 1～7 顺序编号。

在七层结构中的每一层都利用其下层提供的服务与对方的相应层相互配合实现对其上层的服务。这时，决定该层与对方相互之间发送、接收信息的规则称为协议或规程。

OSI 参考模型中各层的功能如下。

①第一层(物理层)

第一层是为了利用电缆和电磁波等物理媒体作为通信线路，对所提供的电气、机械以及物理的条件进行管理，以保证比特序列的传送。例如规定使用频率、电波形式、调制方式、通信速度等方面。

②第二层(数据链路层)

第二层对在进行通信的系统之间产生的错码进行校验和恢复，来保证由比特序列构成的帧准确无误地传送到对方。

③第三层(网络层)

第三层构成通信网，对到达通信对方终端系统的中继和路由选择功能进行管理，并保证终端系统之间的数据传送。

④第四层(传输层)

第四层是保证通信双方之间数据传送的层次。在传送差错发生较多的情况下，具有可根据差错检测／恢复规程提高数据传送可靠性的功能。

⑤第五层(会话层)

第五层对通信双方的数据传送方式和通信的同步(开始和结束等)进行管理。例如对于较长的文本可以页为单位进行确认，并使之逐页传送等方法。

⑥第六层(表示层)

其中终端打印机如 RTTY 中有名的 ASR32. 最近附加 CRT 的 RTTY 装置也较为常见。能处理汉字的终端装置较少，所以一般也可以省略。如果有，当然也可以使用。

微机

为了进行分包通信而考虑购买微机恐怕并非上策。微机具备许多功能，但需要较多的投资。如果只是进行文章的通信处理，后面所介绍的文字处理机有明显的价格优势。

没有特殊需要，我们不推荐使用微机。但考虑到业余无线电今后的发展，微机的重要性也在日益增加。准备进行数据通信的业余爱好者也应学习和掌握微机。

微机本身还不能作为完整的终端设备。只有在微机上运行被称为终端软件的程序，它才能作为终端设备使用。进一步在终端软件上进行汉字输入，还需要汉字前端处理软件。不具备以上软件的微机，即使具有 RS—232C, 也不能作为终端设备使用。当然，有关设备也可以自制，但是这是极为困难的工作。

今后，作为终端使用的微机主要是 16 位和 32 位的微机。这主要是因为汉字都是用 16 位比特表示的，所以在处理时比 8 位微机要简单的多，而且 16 位微机的 CPU 和存储器以及其它附属部分的价格也很便宜，从成本上考虑也没有选择 8 位微机的必要。

很多用户的微机终端都可以使用由业余爱好者自己编制的终端软件。除此之外还有很多可用的无偿软件。一般来说，这种软件的数量与微机用户的数量成正比。

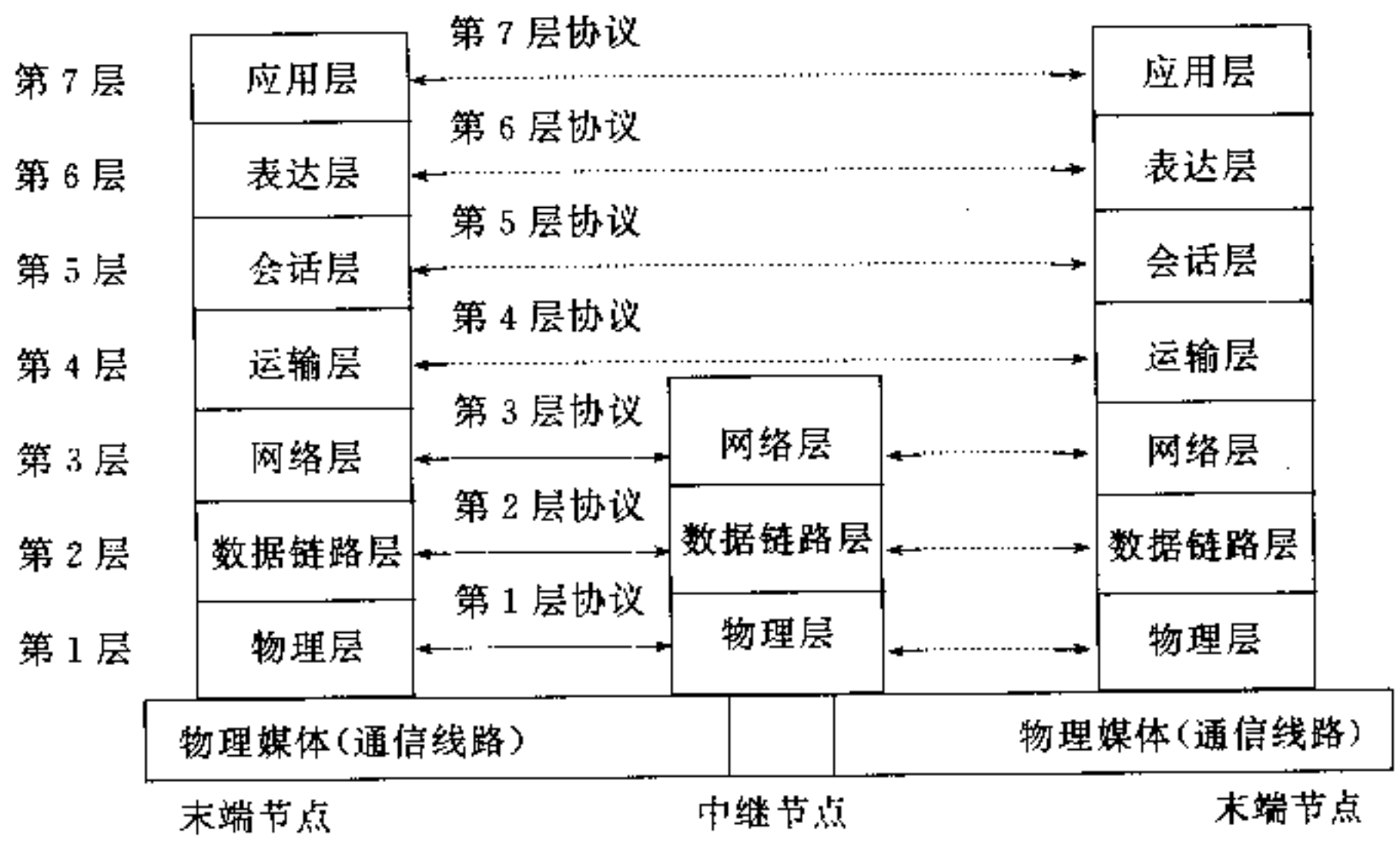
微机是比较复杂的设备，要使用和掌握它就需要读许多参考书，在这里我们不可能详细说明，读者可以请教专家或研究有关的参考书和计算机杂志。

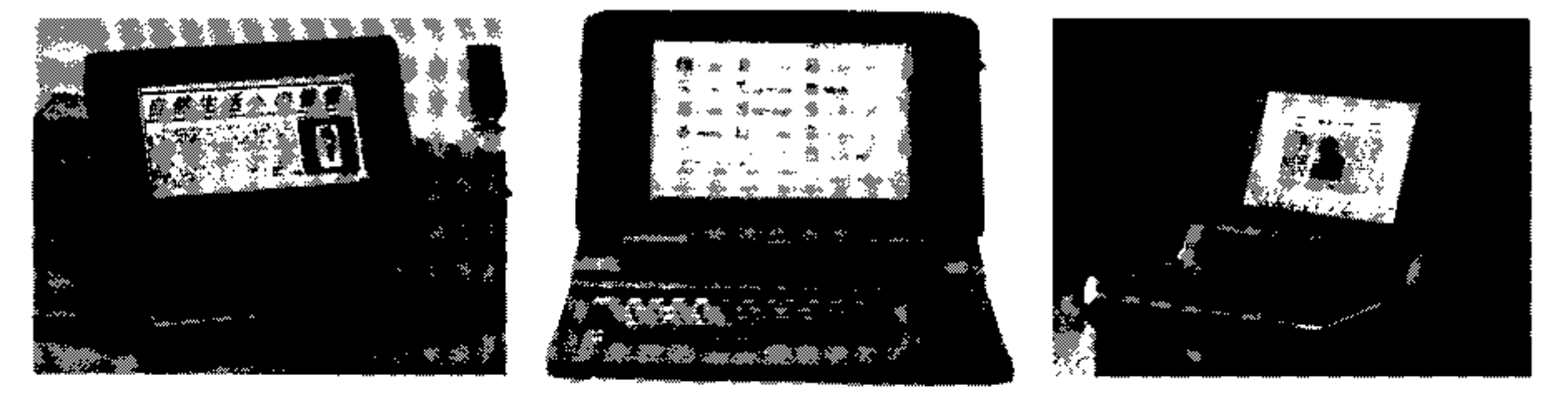
第六层使在系统内传送的数据具有统一的格式，并根据需要对用户特有的数据格式和系统的统一格式进行相互变换。

⑦第七层(应用层)

第七层对电子信箱以及文件传送等应用规程进行管理

OSI 参照模型





照片 5—3　自右是佳诺瓦道 α60(佳能),OASY－S30LX－11(富士通),迷你书院 WD－A351(夏普),通信性能也有任选部件(据各公司的商品目录)

文字处理机

日本的汉字文字处理机是 1978 年开始出现的。当年 9 月东芝推出的世界上第一台汉字文字处理机 JW10 的价格为 760 万日元。此后文字处理机的价格和功能的变化大家都很清楚了。但是,把带有通信功能的文字处理机作为终端来使用，则是 1986 年才开始的。文字处理机的基本功能是编辑和印刷文章，而作为通信终端则是由于计算机通信的普及和用户对于廉价汉字终端的广泛需求。

作为分包通信终端使用的文字处理机，必须具有通信功能。需要注意的是,有些文字处理机的铭牌上虽注有通信功能，但实际上只有在同型号设备之间进行通信的特殊通信功能。因此,要选择不仅具有通信功能,而且能适用于计算机通信的设备。

文字处理机一般都具有文章的编辑、印刷和存储的基本功能，因此一般不需要把文章的编辑作为可选功能。但有些笔记本型的文字处理器把这些功能作为可选功能，购买时要另外指明。

通信功能大多作为可选功能，至少也需要另配专用电缆。这里特别要注意的是,在使用较旧型号的文字处理机进行分包通信时，有时会配不到作为可选件的通信适配器。

由于文字处理机几乎每半年就会出现新的型号，所以在这里详细介绍文字处理机的种类也没有多大意义,只能是一般论述。文字处理机一般可分为以下三种类型。

(1)便携式文字处理机

这种机型以液晶显示的可移动型为主。虽可移动,但不如笔记本型轻便。这种机型都具有文章编辑、印刷、存储等基本功能，并可使用直流电源以方便移动。价格比较便宜,因而被认为具有作为分包通信入门时最佳的价格特性。

(2)笔记本型文字处理机

这种机型是把便携式文字处理机的打印部分却除后形成的小型、轻便的文字处理机。一般重量只有 1～2kg，可放在书包内携带。打印设备作为附属可选件,在必要时连接使用。这种文字处理机比便携式机型使用方便,但价格较贵。

(3)中型机／商用文字处理机

这种机型具有大型的显示装置。价格与微型计算机相差无几，文章编辑功能比计算机的要丰富。与计算机综合比较,在打印功能上占有优势。在只用于文章编辑时,文字处理机优于微机。

设备的连接

在分包通信中，需要把终端设备、TNC和无线电设备相互连接起来。

TNC和无线电设备之间一般按图5—2的方式相互连接。

信号线要使用尽量短的屏蔽电缆。因为电缆的长度有时会与波长一致而导致产生回波。

TNC可以用电台静噪后的信号作为输入。没有静噪的信号也可以使用，但使用静噪的信号，可以减少数据包间的冲突，提高效率。而且，最好不要使用中继台（中断时间为零的数据中继台除外）。

终端设备与TNC之间用RS—232C（参照图5—3）的标准电缆连接。有关RS—232C的详细资料请参考资料篇。RS—232C是美国电子工业协会（EIA）制定的规格。RS—232C最初是用于调制解调器、TNC等设备（DCE，即数据通信设备）与计算机、文字处理机等终端（DTE，即数据终端设备）之间连接的接口规则。

RS—232C使用25芯D—SUB的标准接插端口。TNC上装有25芯D—SUB的插座（见图5—3）。在终端上也一般装有25芯D—SUB的插座。在以上两者之间由两端装

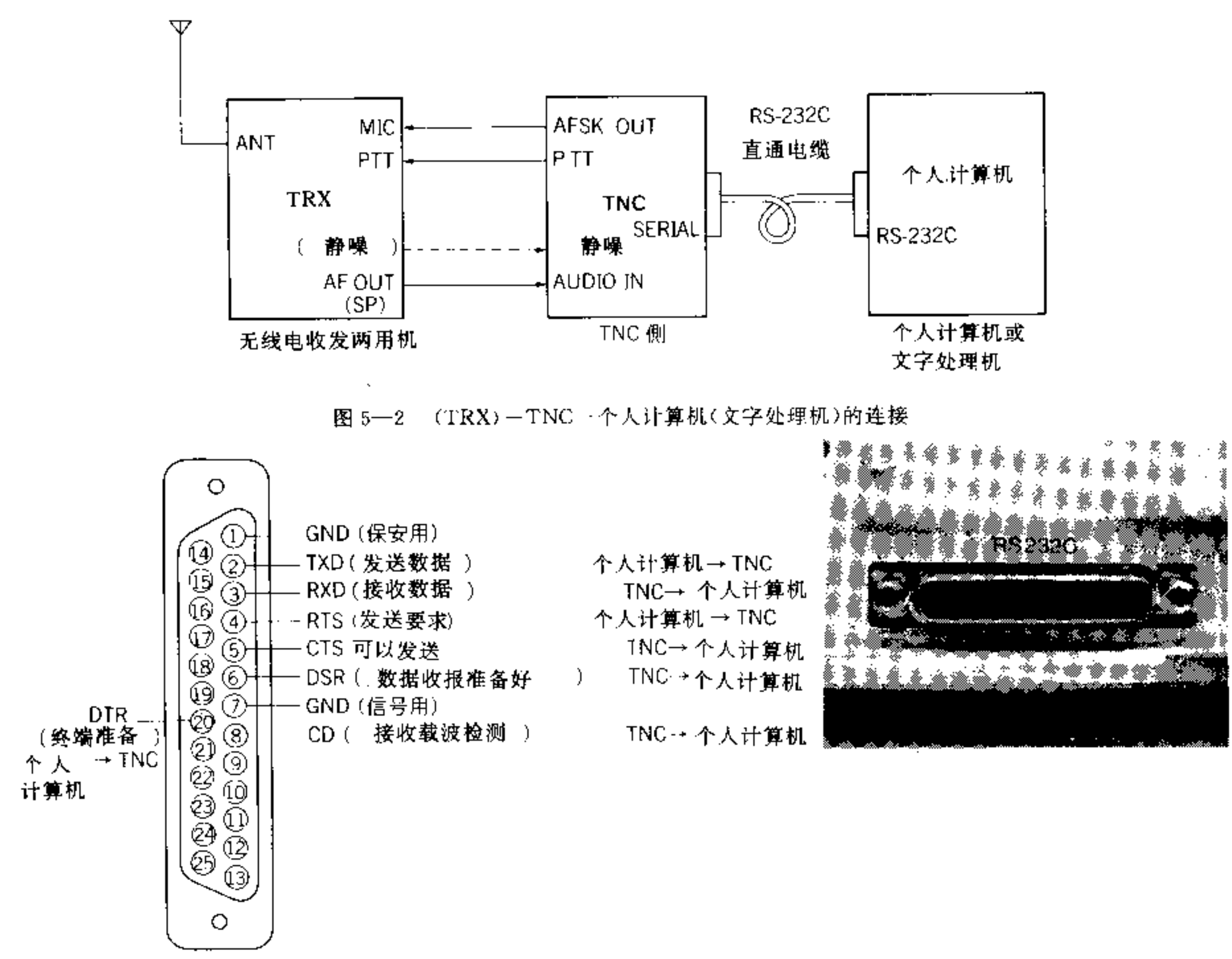


图5—2 （TRX）—TNC—个人计算机（文字处理机）的连接

图5—3 RS—232C连接器插座配置（从个人计算机、TNC看电缆的端面）

照片 5—4　D—SUB 直连电缆

照片 5—5　连接 TNC 和终端(个人计算机)

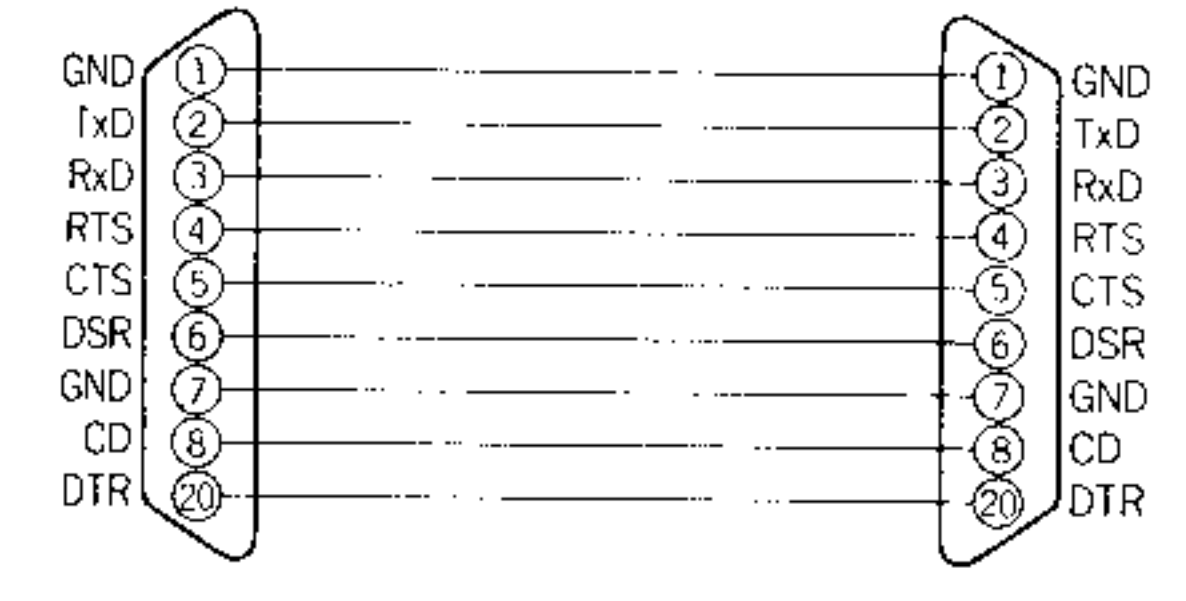


图 5—4　直连电缆

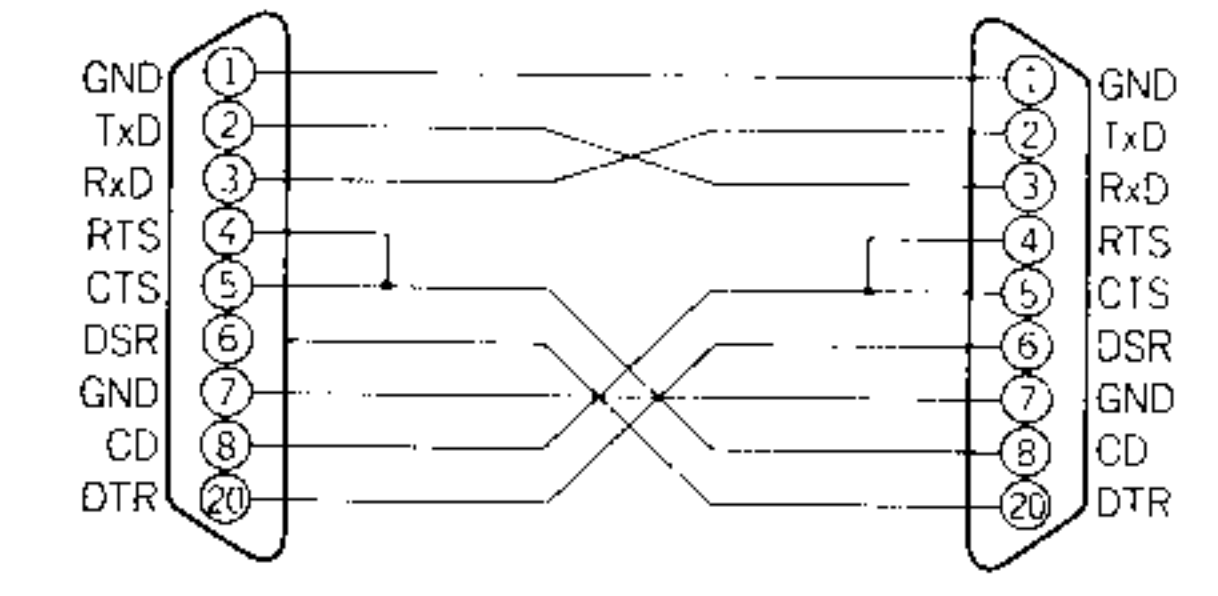


图 5—5　交叉电缆

有 25 芯 D—SUB 插头的标准电缆连接。(参考图 5—4、照片 5—4)

在一部分文字处理机和计算机上可能装有 9 芯插座或其它 D—SUB (25 芯)以外的接插件，也可能装有 25 芯 D—SUB 的插头，这时，用户可以购买或制做专用的连接电缆。在购买电缆时可指定“某某设备与调制解调器连接用的电缆”。

自制电缆时应注意以下问题：

- 电缆应使用 8 芯以上的屏蔽线
- 电缆长度应在 15m 以下
- 应使用 25 芯 D—SUB 的标准插头。
- 使用非标准接头时应参照有关手册，连接相应的芯线。

偶尔也会出现用计算机作为 DCE 的情况。在这种场合下要使用交叉电缆（参考图 5—5)。交叉电缆能够在计算机之间或计算机与文字处理机之间连接使用，所以常备一条比较方便。

TNC 与终端之间象照片 5—5 那样连接后，再将设备设成通信方式。对于微型计算机，应运行通信程序。文字处理机则应选择进入通信状态。这时必须要考虑以下 4 个参数。

- 通信速度(波特速率)
- 字长(字符长度)
- 奇偶校验位
- 停止位长度

各个 TNC 以上参数的初始值可能不同。因此，需要参照 TNC 的手册，查找这些参数，并使终端的参数与这些参数一致。

在这种正确配置的状态下，打开 TNC 的电源后，可显示起动信息。

TNC 的设定

5.5.1 TNC 的状态

TNC 有所谓状态这一概念，用以使对 TNC 的命令和对外通信的文字序列不致发生混乱。TNC 有以下三种状态。

・命令状态

命令状态是对 TNC 传送指令的状态。在这种状态下，来自终端的文字序列都被解释为对 TNC 的命令，而不会对外发送。

・会话状态

会话状态是与对方进行通信的状态。在这种状态下，来自终端的字符序列都被解释为发送给对方终端的电文，并发送给对方。

・透明状态

透明状态是一个特殊的状态，在这种状态下，来自终端的文字序列都被传送到对方终端，这种状态与会话状态最大的区别就是直接传送所有数据。利用这一特性，可以处理二进制数据和语音、图像等文字以外的数据。

不理解各种状态的切换方法就会出现差错。至少也应掌握命令状态和会话状态的进出方法。希望能够反复练习。

5.5.2 TNC 的设置

TNC 有许多命令和参数，但必须使用的参数并不多。以下对最低限度的参数进行说明。

・MY CALL

设定本局的呼号，这是不能忘记的。

・CONMODE　CONV

在连接时设定进入会话状态。虽然也可以设定为透明状态，但是为了避免在启动时出现麻烦，应设定为会话状态。

・AX25L2V2　ON

这是为切替 AX. 25 规程的版本 1 和版本 2 而使用的参数。现在大多使用版本 2，所以，应为 ON。

・CMSG　OFF

TNC 在连接时可以自动发送事先设定好文字序列(CTEXT)。在掌握适当的使用方法之前，应置为 OFF。

・BEACON　A

TNC 能够以一定的间隔发送事先设定的文字序列(BTEXT)这称为信标。由于信标在一些特殊场合(SOS 等紧急通报)以外时使用只会增加干扰，所以原则上应禁止发送。

・8BITCONV　ON

在会话状态下使用 8 比特编码。如不设定为 ON 就不能转化为可读的汉字，所以一定要设为 ON。

・USERS　1

可同时连接的电台数为 1。TNC 具有同时与多个电台通信的 QSO 功能。但在没有习惯以前使用这一功能会产生极大的混乱，非常危险。

・STREAMSW　01

控制开关设定为 01(控制 A)。这一参数是允许同时与多个电台通信时，在各联络电台之间进行切换的控制字符的控制开关。一般这一控制字符的初始值设为 $7C，但这一值会使汉字的一部分发生变化，所以有时需要另行选择。

・TXDELAY　70

把从打开 PTT(进入发送状态)到 TNC 开始实际发送数据之间的延迟时间设定为 700ms。这一时间不仅必须要比 PTT 从 ON 到发出稳定电波的时间要长，而且也要比对

方接收机的静噪反应时间长。

因此，这一参数值在开始时应设定为较长的时间。另一方面，从通信效率方面考虑，这一时间完全是浪费，应尽量将其缩短。

随着技术的掌握，可将这一时间缩短到适当的范围。

·AWLEN　8

在 TNC 与计算机之间的 RS—232C 上使用 8 比特编码。因此，这一参数必须为 ON。

·PARITY　0

设定无奇偶校验位。与 AWLEN 配合使用。在变更这些参数时，终端（计算机或文字处理机）的参数也要更改，请不要忘记。

除上述参数之外，还有许多命令或参数，原则上都可使用 TNC 出厂时推荐的缺省值，或叫默认值。

随着不断地熟悉设备，利用手册理解并记忆其含义是十分重要的。

5.6 分包通信的应用

运用业余无线台的第一步往往是监听，在分包通信中，不是用耳朵去监听，而是用眼睛监视文字，并以此作为分包通信的起点。

5.6.1 监视

在分包通信中，把监视也称为监听。日本业余爱好者可以根据ＪＡＲＬ的波段划分搜索分包信号使用的频率。如果用耳去确认分包通信的声音，只是听到一种刺耳的声音。在使用时首先应打开ＴＮＣ的监视状态。

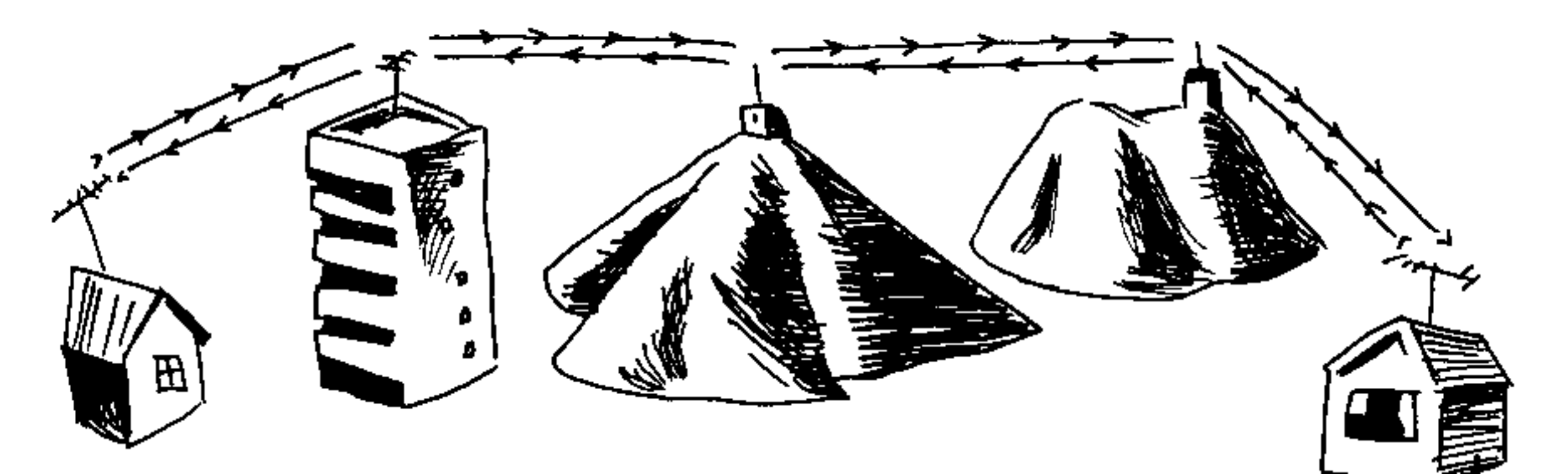
```
cmd:MONITOR ON
MONITOR WAS ON
cmd:
```

如果能接收到信包，在显示器上应该有所显示。如监视效果不佳，可检查在接收分组时 TNC 的 DCD 灯是否工作。在连接正确，有信号时，如果 DCD 灯不亮，可调整接收机的电平。在接收信包信号时，DCD 灯应一直亮灯。当接收到噪声或信包以外的信号时，DCD 会闪烁。

另外，有时由于静噪过量，会出现信包不完整而无法监视的情况。因此，打开静噪开关时，应确认 DCD 的状态。

在监视过程中会出现奇异字符或画面混乱的情况。这是由于通信双方字符编码不同或是接收了图像等字符以外的数据。

```
JR1□□□>JF1□□□:Hello
JF1□□□>JR1□□□:Good morning
JN1□□□>CQ:Please connect me!  !
```



以上的第一行是由 JR1□□□ 向 JF1□□□发送"Hello"的显示内容。第二行是 JF1□□□对 JR1□□□的应答。第三行是 JN1 发出 CQ 的内容。以上的举例都是左端的电台发出的信号被直接收的情况。以下再列举一些使用中继转接的情况。

```
JR1□□□>JF3□□□, JH1□□□:
  Hello
JR1□□□>JF3□□□, JH1□□□*:
  Hello
JF3□□□>JR1□□□, JH1□□□:
  Good evening
```

在上例中，JR1□□□和 JF3□□□通过 JH1□□□进行 QSO。最初由 JR1□□□发送的信包（第一行）通过 JH1□□□中继（第二行）后，送到 JF3□□□。反之也有同样过程。在此例中，监视台可以"看到"相关的三个电台的通信状况（对于可接收信号，一般称为"看到"）。在多段数字中继时，一般只能看到中继台的一部分。

```
JR7□□□>JK2□□□, JH7□□□,
  JA1□□□*, JH1□□□, JH2□□□,
  JH2□□□:
JA7□□□>JK2□□□, JH7□□□,
  JA1□□□, JH1□□□*, JF2□□□,
  JH2□□□:
JA7□□□>JK2□□□, JH7□□□,
  JA1□□□, JH1□□□, JF2□□□*,
  JH2□□□:
```

在上例中，由 JA7□□□发出的信包经过 5 个台中继后到达 JK2□□□，并在途中可以看到中继的状况。JH7□□□中继的信包又经过 JA1□□□中继的过程是以上显示的第 1 行和第 2 行。随后又由 JH1□□□和 JF2□□□中继（第二行）。在监视中继信包时，用*表示发射电波的电台。无*号的信包是从左侧的电台发出来的。

5.6.2

QSO 的练习

通常 QSO 可称为谈话。一开始就与其它电台连通也可以，但最好是首先进行自身的练习。在自我连接时可利用在显示器上可看到的分包中继台，向其发送连接请求。

```
JN1□□□>JF1□□□: 你好
JF1□□□>JN1□□□: 今天请多
关照！！
```

如可见到以上通信内容时，可选择信号较强的一方作为自身连接的对象。

```
cmd:CJR1□□□VJF1□□□
 * * * CONNECTED to JR1□□□
```

PTT 灯亮，成为发送状态。稍后 CON 灯亮。这时就是以 JF1 为中继台，进行自身连接。

输入适当的文字后，TNC 的 STA 灯会变亮。在通信过程中 TNC 的 PTT 灯亮，表示进行发送。片刻之后就可以显示出经 JF1□□□传来的文字序列。然后，经过 JF1□□□传送来应答信号，STA 灯关闭，表示完成了一个信包的发收。

```
HELLO TEST (输入的文字列)
HELLO TEST (传来的文字列)
.
.
```

^c　返回命令方式。

cmd: D 断开。

```
 * * * DISCONNECTED
```

这样，利用自身连接；可进行通信练习。最好反复进行，习惯并掌握之。

5.6.3

链路中断

在 QSO 中，会出现以下的显示，并使 CON 灯关闭的现象。

```
 * * * retry count exceeded
 * * * DISCONNECTED
```

这种现象称为链路中断（断线），由于干扰及其它影响，使通信不能进行，也收不到对方的应答，这时 TNC 自动成为中断状态。例

如，在自身连接时，调小无线设备的前置放大器开关，就可以看到不可接收信号的现象。

在和其他电台进行 QSO 时，基本上与一般业余无线电通信相同，但有一点是有很大区别的。在以往的业余无线电通信中，进行通信的电台使用的频率被占用，其他电台不能同时使用。而在分包通信中，可以对某一频率进行时间分割，并由多个电台同时利用。

因此，在分包通信中，人工的“信道检测”已没有意义。在正在进行分包通信的信道中，允许其他电台突然开始发射。但在分包以外的通信方式中不能这样发射。

当然，在同一频率上进行通信的电台数过多会降低通信效率，并可能导致通信中断。但是，由于没有一个衡量频段内信号混杂程度的客观指标，所以只能凭经验去掌握。

具有这一特点的分包通信，不能与其他通信方式混用同一频段，但其本身的频率利用率是比较高的。

5.6.4
QSO

进行 QSO 前，要搜索一下正在进行通信的电台，可待对方通信结束后进行呼叫。例如 JF1□□□与 JN1□□□QSO 结束时，可试着呼叫 JF1□□□。

```
cmd:C JF1□□□
* * *CONNECTED to JF1□□□
```

这样，连接就成功了。但也有失败的情况。

```
* * *JF1□□□busy
* * *DISCONNECTED
```

这是对方还在通信的情况，对方不能接受其它连接要求，对此发送出表示忙的信包，表示不能接收。即表示出只可以与其对手进行交流。

```
* * * retry count exceeded
* * * DISCONNECTED
```

这时表示前述建立链路的过程没有成功。也就是说，本台的信号没有到达对方，可能是其它信号所干扰等原因。

利用 JF1□□□与自己进行 QSO 时，应不会出现以上现象。

5.6.5
中继功能的利用

分组通信具有中继功能。TNC 对接收到的分组进行分析，以判断是否是发给自己的。也就是说，TNC 可能接收到与自己毫无关系的信包。利用这一点，可以让各 TNC 具有对带有特殊信息的信包进行中继的功能。

AX.25 最多可以指定 8 个中继台。把这一数字中继功能与典型的话音中继台进行比较就能看到它的优点。

中继功能的使用很简单、方便。

```
cmd:C JG7□□□V JF1□□□,
FA7□□□
* * * CONNTECTED to JG7 via
JF1□□□,JA7□□□
```

中继的顺序可按远近距离排列。可以认为各分组通信电台都具有中继功能，所以分组通信系统是一个中继系统。

5.6.6
UI 无编号信息格式

以下介绍中继功能的有趣的利用方法，即 UI 格式。分组通信的基本形式是一对一的链接，所以进行多电台连接的“圆桌”QSO 是比较困难的。

但也可利用 UI 格式，不需要链接而进行 QSO。

```
JF1□□□>CHAT:请问这次会议的情况。
JHØ□□□>CHAT: 地点在世田谷的老地方
JR2□□□>CHAT:时间是下午 3 点
JN1□□□>CHAT:联络频率为 1292 MHz
JHØ□□□>CHAT:430 是 439 MHz
JE1□□□>CHAT:我从 4 点开始参加
```

在参加时会有以下形式。

```
cmd:UNP CHAT
UNPROTO was CQ
cmd:K
我也参加
```

在其他电台可以看到以下内容。

```
JR1□□□>CHAT:我也参加
```

这种方法使用了 UI 格式，不能说是可靠的方法，但却很实用。利用中继功能则会有以下过程。

```
JF1□□□>JH1□□□ *, CHAT: 请问这次会议的情况
JHØ□□□>JH1□□□ *, CHAT:地点在世田谷的老地方
JR2□□□>JH1□□□ *, CHAT: 时间为下午 3 点开始
JN1□□□>JH1□□□, CHAT: 联络频率为 1292 MHz
JN1□□□>JH1□□□ *, CHAT: 联络频率为 1292 MHz
JHØ□□□>JH1□□□ *, CHAT: 430是 439 MHz
JE1□□□>JH1□□□, CHAT: 我从 4点开始参加
JE1□□□>JH1□□□ *, CHAT:我从 4点开始参加
```

在参加时会有以下形式

```
cmd:UNP CHAT V JH1□□□
UNPROTO was CHAT
cmd:K
我也参加
```

在其他电台可以看到以下内容

```
JR1□□□>JH1□□□ *, CHAT:
我也参加
```

这样，通过把大家都能见到的主要电台指定为中继台，就能够与可视距离外的电台进行圆桌 QSO，其可靠性也有所提高，而变得非常实用。

利用 UI 格式的多站中继可以很方便地实施在与非常远的电台之间的 QSO。这时，应记住，还存在比连接效率更高的可进行 QSO 的方法。

▶参考文献

(1)秦正人、山内雪路：ダイナミック・ハムシリーズ6・パケット通信ハンドブック，CQ 出版社，1987

(2)関根慶太郎：新しいアマチュア無線技術・パケット通信の楽しみ方，オーム社，1987

(3)関根慶太郎：AX.25とディジタル通信特集，HAM Journal，No.43，1985

6.1

什么是卫星通信?

人类成功地发射人造地球卫星三十年后的今天,已经进入了宇宙开发的时代。在此其间空间技术的发展日新月异。所发射的宇宙飞行物体也达到4000个以上。

这些卫星与地球之间是依靠电波进行控制、通信以及广播的。而且,目前利用卫星的通信已经成为业余无线电爱好者十分感兴趣的领域。

6.1.1 人造地球卫星

在发射到宇宙空间的众多飞行物中,环绕地球飞行的称为人造地球卫星。

最早的人造地球卫星是1957年10月4

表6—1 业余卫星及其今后的计划(1990年2月)

名称 / 项目	Phase Ⅰ					Phase Ⅱ			RS(原苏联)	
	OSCAR1	OSCAR2	OSCAR3	OSCAR4	OSCAR5	OSCAR6	OSCAR7	OSCAR8	RS1	RS2
国际登录号	1961－AK2	1962－X2	1965－16F	1965－108C	1970－8B	1972－082B	1974－89B	1978－26B	1978－100B	1978－100C
发射日期	61.12.12	62.6.2	65.3.9	65.12.21	70.1.23	72.10.15	74.11.15	78.3.5	1978.10.26	
停用日期	62.1.1	62.6.20	65.3.24	66.3.	70.3.	77.6.	81.6	83.6.24		
形状(cm)	30×25×20	30×25×20	43×30×28	1边60*1	40×30×15	16×30×44	直径42.5*2	38×38×38	不明	
重量(kg)	4.5	4.5	13	20	17	14	高36	27	不明	
协作国	美国	美国	美国	美国	美国,澳大利亚	美国	美国,加拿大,德国,澳大利亚	美国,加拿大,德国,日本	原苏联	
周期(分)	92	91	104	588	115	115	115	104	120	大体同左
轨道倾斜角(度)	81.2	74.3	70	27	102	101.6	101.7	99	82	
远地点高度(km)	460	380	940	33550	1480	1480	1448	910	1724	
近地点高度(km)	240	210	910	160	1435	1442	1449	898	1688	
使用频率 上行线/下行线/信标(MHz)	－/－/144.983	－/－/145.0	144.1/145.9/145.85	144.1/431.94/431.928	－/－/29.45,144.05	145.95/29.50/29.450,435.10	145.9,29.145/29.45,145.95/29.50,145.972,435.1,(2304.1)	145.9,145.95/29.45,435.15/29.402,435.095	145.89/29.37/29.401	

*1:三角锥, *2:八角柱

日，原苏联发射的卫星 1 号。其远地点为 950km. 近地点为 225km. 沿倾角为 65°的轨道飞行，发射后的最初 3 周左右持续发射频率为 20MHz 和 40MHz 的信标，在空间飞行了大约三个月。

此后，又相继发射了以通信或科学观测为目的的各种卫星。这些卫星大多是以约 100 分钟为周期绕地球飞行的，在用于通信时，受到了很大的限制。1964 年 8 月美国发射的同步通信卫星 3 号于当年 9 月 11 日静止在日期变更线上空，成为最早的同步卫星。

在日本和美国之间利用同步通信卫星 3 号进行通信的同年 10 月，在东京奥林匹克运动会期间向美国传送了电视图像，拉开了国际卫星中继广播的序幕。

自此之后，各国发射了很多同步卫星，不仅保证了全球稳定的通信线路，而且广泛地应用于通信、广播、气象观测、数据中继、航行支援等领域。

另一方面，轨道卫星也在诸如各种观测、大地遥测遥感以及标定电波源等方面得到应用，甚至可以说，提起现代技术就不能不提到卫星。静止卫星轨道被认为是有限的资源，所以，要由国际上统一协调。

作为宇宙飞行体，除人造地球卫星以外，还有人造恒星和宇宙探索飞船等种类。

6.1.2 业余卫星

在卫星 1 号发射成功后的第 4 年，美国的业余无线家把装有信标发射机和电池的容器放在先驱号火箭中发射成功了。

这一发射使发射机持续发射了两周的信号，在世界各地都能收到。这就是最早的业余卫星，称为 OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio，即载有业余无线电的轨道卫星)1 号。后来，西方各国的主要业余卫星都沿用了 OSCAR 的顺序编号。

1990 年，日本的业余卫星 JAS—16／高士 2 号被称为“富士—OSCAR20”，以德国为主发射的 Phase 3—C 被称为“OSCAR13”。另外，UoSAT D，E 和 AMSAT—NA 系列的 4 个微型卫星有“OSCAR14”至“OSCAR19”的编号。

另一方面，原苏联也发射了业余卫星，其命名使用了 RS (Radio Sport) 编号序列。现在已发射了 RS10 和 RS11 业余卫星。到目前为止已经发射的业余卫星和今后的计划大致如

表 6—1　业余卫星及其今后的计划(1990 年 2 月)续

Phase Ⅲ	Phase Ⅱ	RS	Phase Ⅲ	Phase Ⅱ		RS	Phase Ⅲ	Phase Ⅱ	
P—Ⅲ—A	UO—9	RS3～8	OSCAR10	UO—11	FO—12*4	RS10, 11	OSCAR13		JAS—1b
80.5.23 发射失败 85	1981—100B 81.10.6 43×43×74	1981—120A～F 81.12.17	1983—058B 83.6.16 135	1984—021B 84.3.2 36×36×59	1986—61B 86.8.12 40×40×47 50	1987—54A 87.6.23	1988— 88.6.15	1990.1 UoSAT-D, E Microsat 的 合计 4 个	1990.2. 44×44×47 50
美国，欧洲	美国，英国	原苏联	德国，美国， 加拿大*3	美国，英国	日本	原苏联	德国， 美国， 加拿大*3	英国，美国*5	日本
计 650 划 57 值 33800 1500	95.5 97.5 555 近似圆轨道	119 82.9 约 1700	700 26 33505 3951	98 98.6 690 圆轨道	116 50 1497 1480	105 82.9 1000 圆轨道	椭圆	～900 极地圆轨道	106 99 1600 900
	—／—／ 7.05， 14.002， 21.002， 29.510， 145.825， 435.025， 2401，10G	145.9／ 29.4／ 29.4	435.103， 1269.45／ 145.901， 436.55／ 145.8，436	—／ —／ 145.826， 435.025， 2401	145／ 435／ 435.795	21，145／ 29，145／ 29，145	435， 1269／ 145， 2400／		145／ 435／ 435.795

*3：匈牙利和日本，*4：Fuji-OSCAR12. (JAS—1). *S：阿根廷

表 6—1 所示。

业余卫星用于业余无线电业务，其首要条件是对所有业余爱好者开放。

到目前为止，是把中继台装载在单独的卫星中形成宇宙空间的中继站，将来可能在大型公共卫星中搭载业余业务专用通信装置。

另外，在大型项目的宇宙空间站中，会有许多宇航员，这些人在空间站中也可进业余无线电活动，这可能形成宇宙移动台。不同情况下的业余卫星以及业余宇宙台也会具有多种特性。

6.1.3

业余卫星通信的特征

利用卫星进行通信的方式是卫星通信，其形态也是多种多样的。使用卫星进行的通信与地面上的通信有许多不同之处。其主要特征如下。

(1) 卫星可以看成是在宇宙中飞行的中继器。因此，只要能“看到”中继器，在使用上就与地面通信相同。“看到”就意味着电波可以到达。

所以，在进行电报或电话通信时，必须双方电台都能同时“看到”卫星。

(2) 在地球台看来卫星的相对速度变化较大时，地面与卫星之间的通信频率受到不可忽略的多普勒偏移。这时必须进行频率补偿。

(3) 在卫星的方向随时间变化时，要调整天线的方向，使天线射束对准卫星。

(4) 通过卫星的电波在到达对方台（或到达本台）时，会产生不可忽略的时延，在摩尔尼亚轨道或静止轨道上大约会产生 1／4 秒的时延。此外，在长距离的传播过程中，电波强度也受到很大衰耗。

(5) 由于电离层的影响，在 HF 波段最好使用高端。

6.1.4

卫星通信的方法

在电离层和对流层通信中，经常能实现在较好条件下才能实现的。通信，也能体会到予测和证实传输条件的乐趣。

而卫星通信则可体会到利用在预测轨道上出现的卫星进行发送、接收的阶段性乐趣，以及在卫星的覆盖范围的边界附近与对方电台进行争分夺秒通信的惊险场面等不同的体验。

到目前为止的卫星通信以 CW 以及电话为主，这些都是所谓模拟通信。

这些信号通过上行信道送到卫星，由卫星进行频率搬移后经过下行信道发送。接收到下行信号的电台就成为通信的对方台。这时可进行实时通信。

利用卫星还可以进行数字通信。目前在地面上进行的数字通信以分包通信为主。其中包括通过中继方式进行的分包通信和以存储转发方式进行的电子布告板（RBBS）和电子信箱通信。

现在，利用卫星进行分包通信已成为可能。通过世界范围内的实时或非实时的通信，可以体会到与 CW／SSB 不同的通信乐趣。

6.1.5

卫星通信信道

进行卫星通信的条件之一，是要保持电台与卫星之间的电波具有一定强度。因此要对卫星信道有深入的理解。

这对于发射机的输出、天线增益、接收放大器以及电缆衰耗等电台设备的准备有很大作用。如无以上条件的准备，只凭差不多的感觉设置设备。不但不能很好地通信，而且盲目地增加发射功率还会对周围的环境产生影响。

· Phase2 和 Pheas3

被称为 Phase2 的通信卫星，由于在高度

为1000km的较低轨道上运行，其周期大约为2小时。而Phase3在远地点到达静止轨道的长椭圆轨道上运行，运转一周需要将近半天的时间。

当然其业务区域会有所增加，在远地点的运行也较容易由手动控制进行天线跟踪和多普勒补偿。这种方式由前苏联的通信卫星摩尔尼亚首先使用，所以该轨道也称为摩尔尼亚轨道。

另外，Phase4静止卫星的计划也在实施中，(参照图6—1)。以上Phase2、3(即阶段2、3)等称呼是国际业余卫星组织AMSAT使用的区别方法。

6.2 卫星通信使用的器材和设备

通常把包括卫星在内的所有与卫星通信有关的器材和设备统称为卫星通信系统。我们的电台也是整个业余卫星通信系统的一部分。

6.2.1 卫星通信系统

卫星通信系统可以分为空间部分和地面部分。在两部分之间是传输信道。空间部分当然是卫星，而地面部分则是我们的电台。

一般把卫星上的电台称为空间站。地面上的电台称为地面站（在有关的通信法令中，把空间站定义为在人造卫星上开设的业余电台）。

卫星通信系统包含了卫星通信使用的频率和电波形式以及通信方式，还包括与此相适应的通信设备和卫星及其使用方法 对我们来说，由于卫星的功能、性能和运行轨道决定了大部分的系统要点，所以，地面站可主要考虑与卫星相关的发送、接收设备、天线以及附属设备。

在地面站和空间站之间的通信信道包括有上行信道和下行信道。为避免相互干扰，上行信道和下行信道一般使用不同的频段（在5600MHz波段有两个卫星使用的频段，在同一频段上可进行上行、下行传输）。波段的组

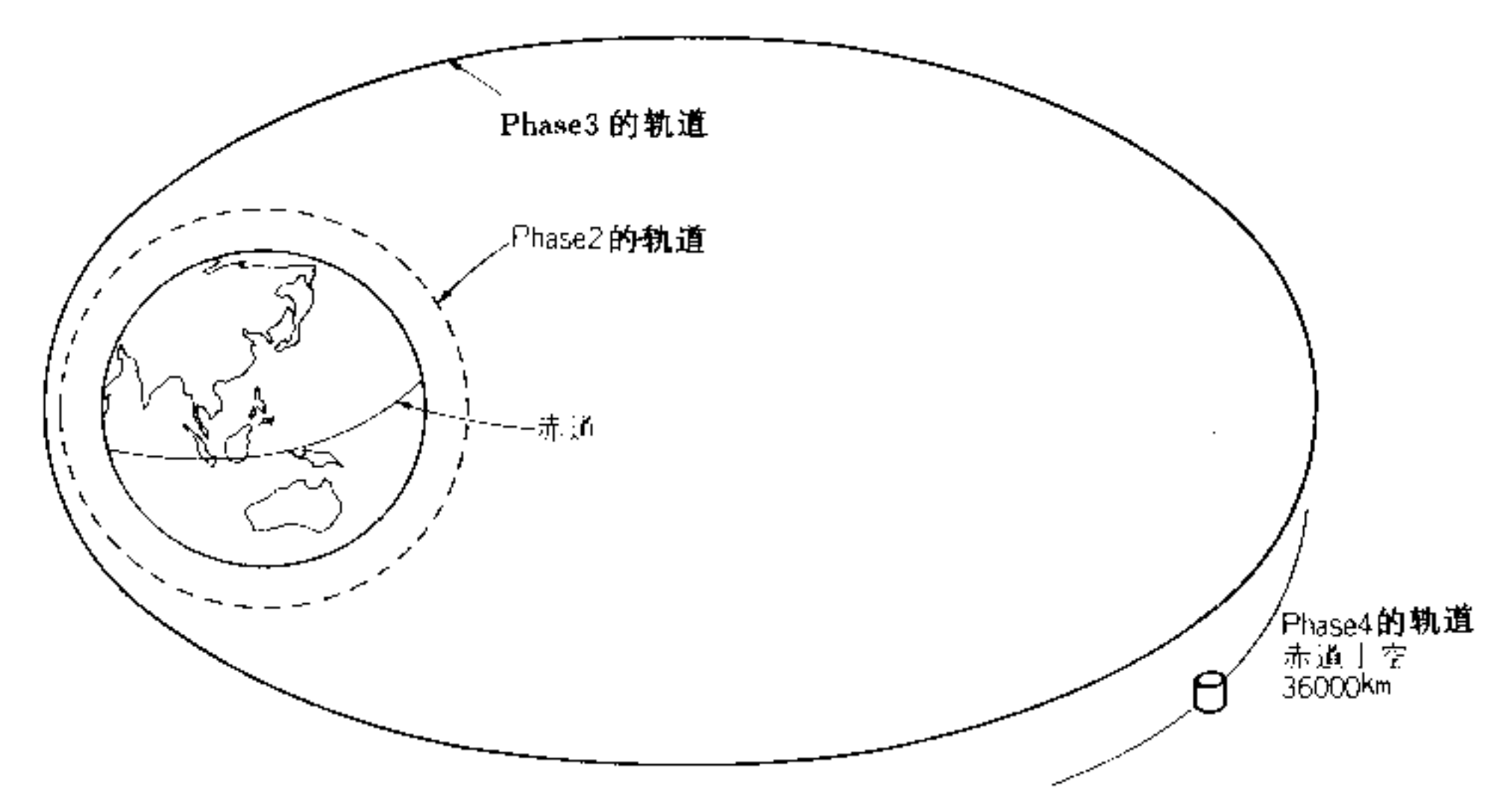


图6—1 卫星的轨道

合有简便的称号，如表 6—2 所示。

以 JAS—16 为例，在 J 方式下，上行信道使用了 145MHz 频段，下行信道使用了 435MHz 频段。在业余无线电通信时，除了要考虑卫星转发器的制造条件，还要根据地面上信号混合情况决定频率的组合。JAS—16／富士 2 号使用的频率如表 6—2 所示。

来自卫星的电波一般强度较弱，而且可覆盖全球，为了更好地进行通信和使用，要在国际通用卫星中设定业余卫星通信的专用频段。

6.2.2

卫星通信设备

在地面站中包括以下主要设备。

(1) 天线

由于原则上上行信道与下行信道分别使用不同的频段，所以发射和接收要使用不同的天线，适合于直线和圆极化波的天线比较理想，有自动跟踪功能的天线就更加方便。发送、接收天线的增益要根据使用频率和卫星的条件来确定。

(2) 发送设备

要具备必要的输出功率，并与所使用的电波形式相适应。

(3) 接收设备

应具备较强的抗干扰能力。在频率调谐上精度高的比较好用。也就是说波长 10 Hz 的优于波长 100 Hz 的。

(4) 前置放大器

在接收机与天线之间的电缆损耗不能忽略，或主接收机的噪声指数不十分小时，需要用前置放大器在低噪音条件下放大天线的输出信号，使信号强度和信噪比达到适当的值。

(5) 功率放大器

在电缆较长，功率损耗较大时，设置在天线附近向天线提供必要的功率。

(6) 滤波器

一般与发送、接收天线安装在同一场所。为防止大功率的发射机的高次谐波和寄生信号，在适当的地方根据需要使用滤波

表 6—2　发射机应答器的运用方式

方式	上行线路	下行线路
A	144	29
B	435	144
J	144	435
L	1270	435
S	435	2400

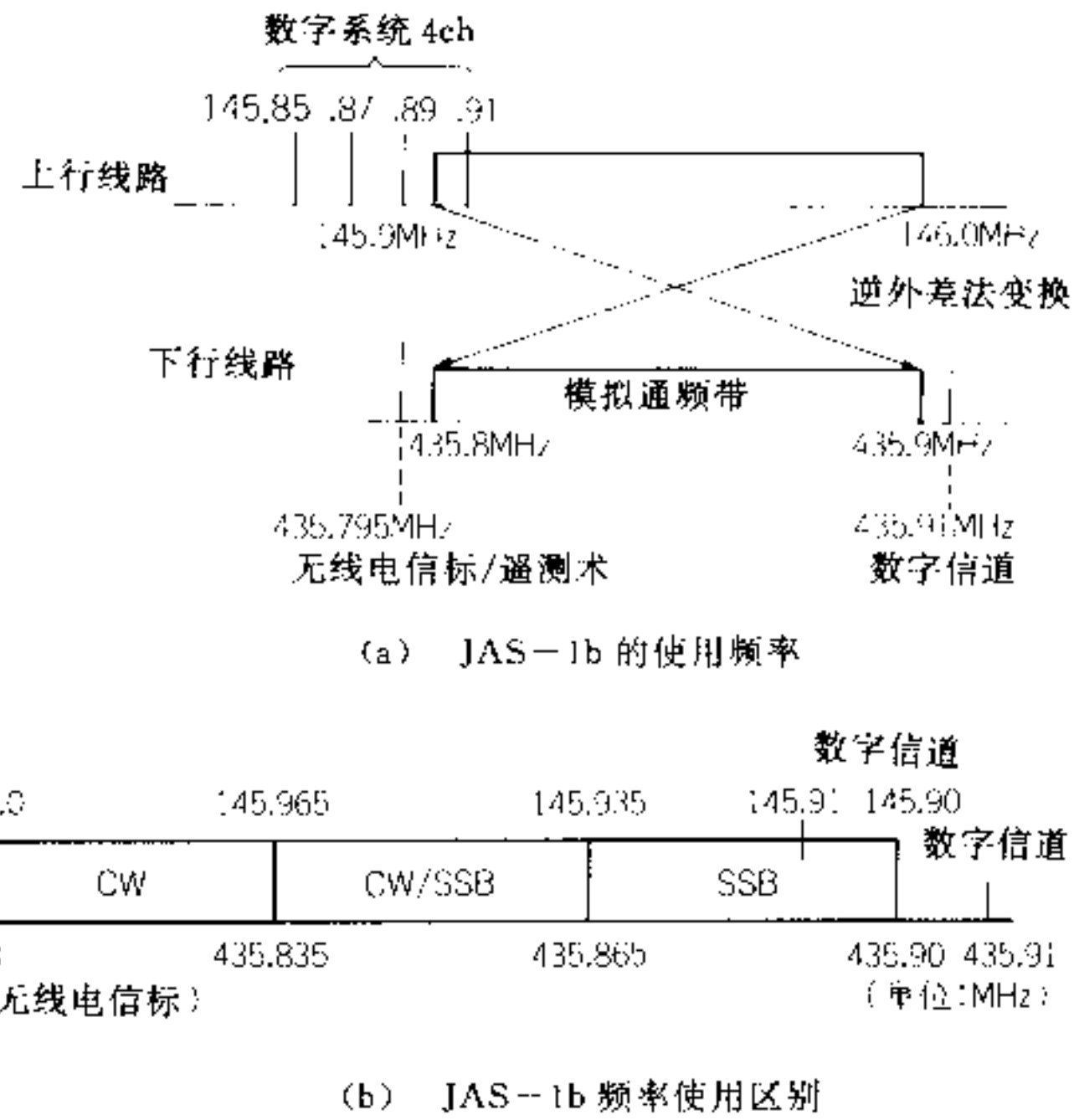


图 6—2　JAS－1b 的使用频率

器。

(7) **频率控制装置**

用于自动补偿多普勒偏移。一般与轨道计算程序配合使用。

(8) **数字通信设备**

用于分包通信，还需要使用与 PSK 信号对应的 TNC 和微机等设备。对于不适用于 PSK 的 TNC 则需要加用 PSK 调制解调器。

对(2)、(3)中的发射、接收机，需要两台在两个波段上组合使用，但在市场上也可以见到专为卫星通信设计的发射和接收功能一体的异频设备。

6.2.3

天线系统和前置放大器

在卫星通信中，一般来说由于传输衰耗较大，所以希望天线有较强的方向性，即需要有较大的信号增益。

实际上在 HF 频带使用偶极子或八木天线，在 144 或 435MHz 频带几乎都使用 8～10 单元的八木天线，在 1200MHz 频带使用 20 单元的八木天线或抛物面天线。

另外，还需要考虑极化方向的问题。卫星上的发射、接收天线大多使用直线极化或圆极化，如果发射、接收信号都使用圆极化，则应使其旋转方向一致。

例如在 JAS—1b／FO—20 卫星上的接收天线为圆极化，但由于卫星姿态的变化，上行线路的信号使用圆极化而不是使用线极化。此外，在下行信道的发射天线上也发射圆极化波。上行信道、下行信道都根据卫星的运行姿态使用方向相反的圆极化。其状态如图 6—3 所示。

因此，如果使用圆极化，接收天线应具备左旋和右旋方向的切换功能。在市场上的可用开关切换左、右圆极化的正交八木天线，使用比较方便。

当然，使用线极化的天线也可进行发射和接收。

当卫星的姿态变化较显著时，与其发射、接收双方都使用圆极化，不如双方分别使用圆极化和线极化，以消除极化波重合的麻烦。另外，在用线极化的天线接收圆极化波，或相反的情况下，增益将比正常时降低 3dB，如图 6—4 所示。

为了使天线的射束能够跟踪卫星移动，

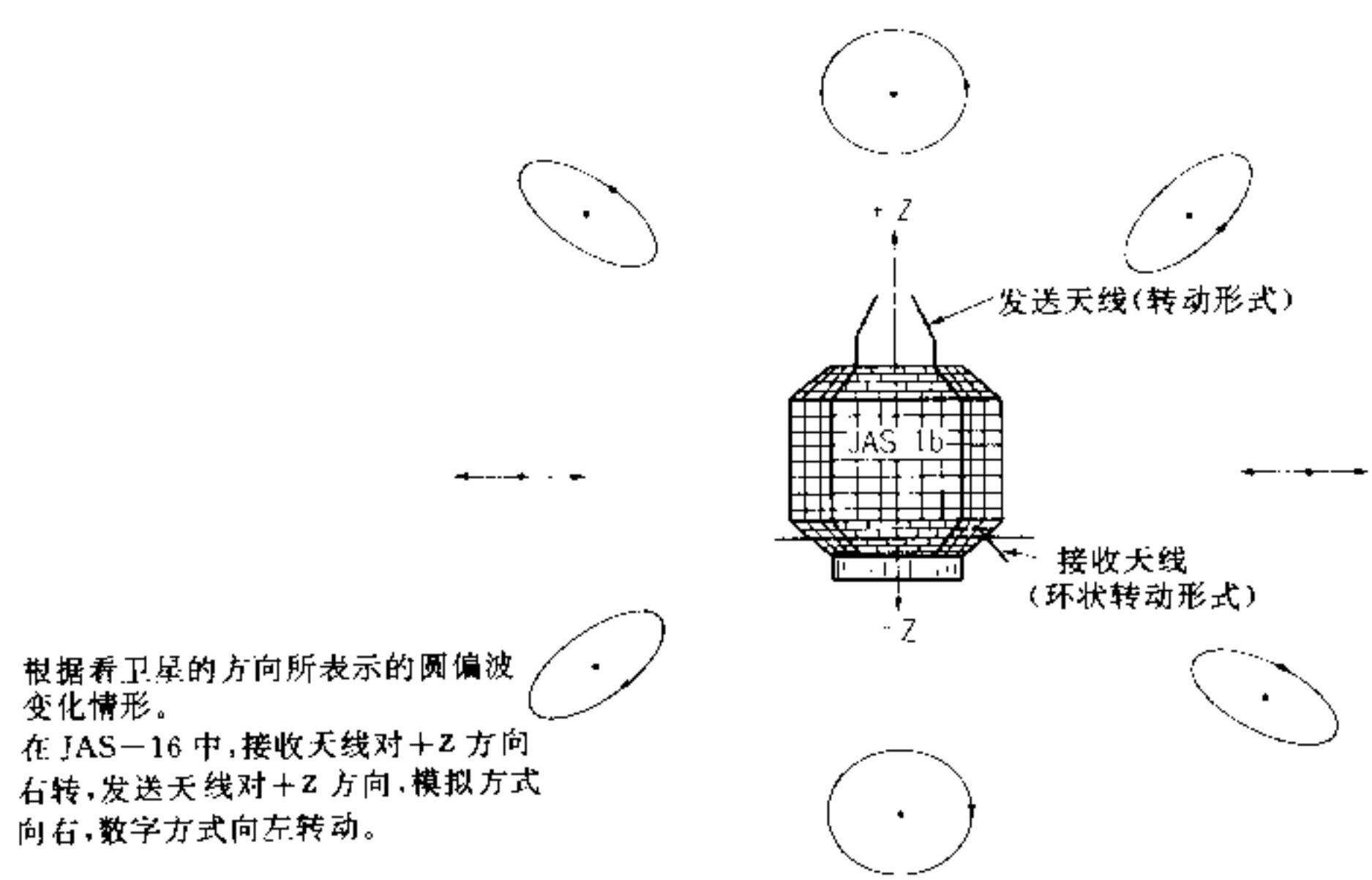


图 6—3　圆偏波和卫星的姿态

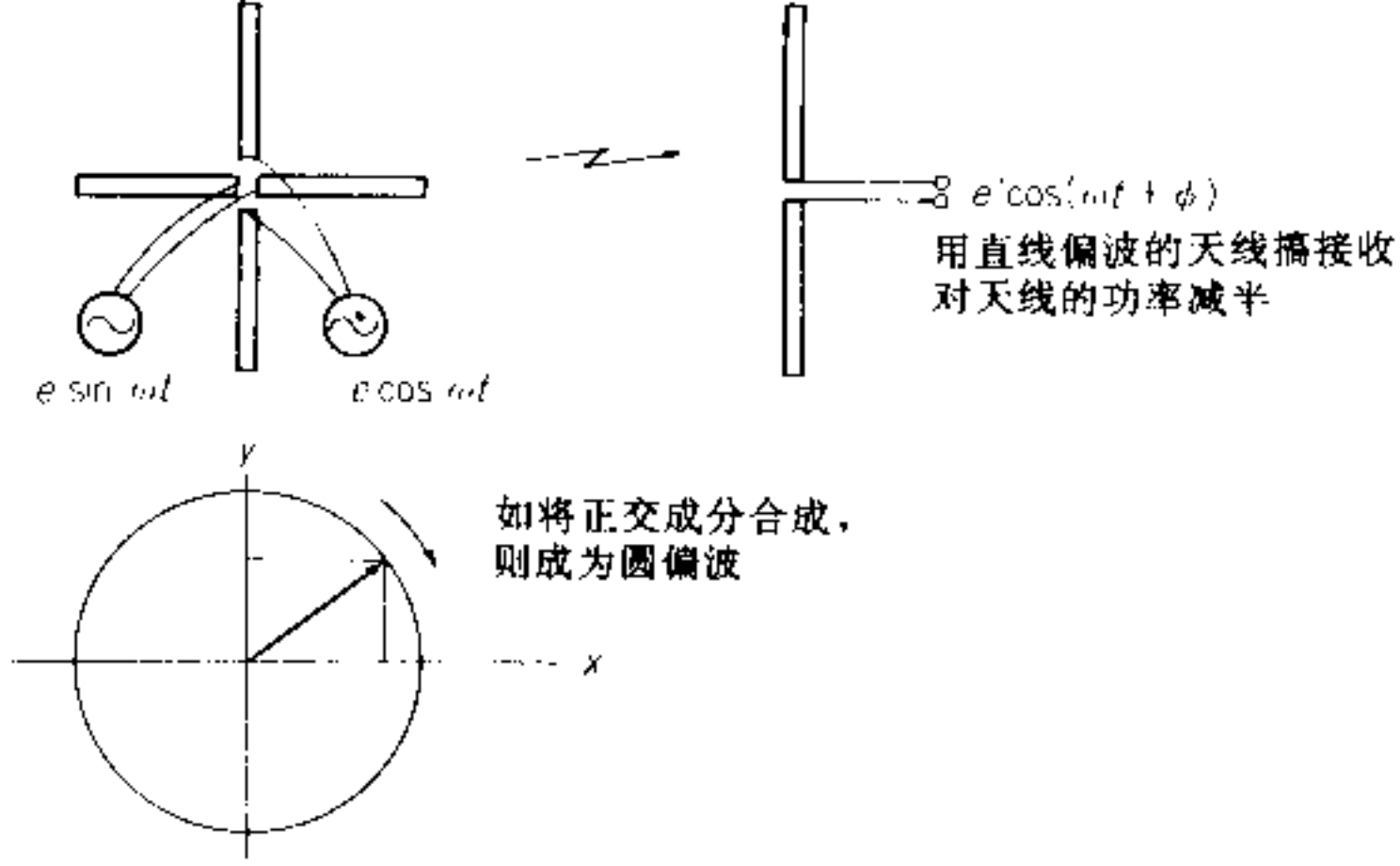


图 6--4　圆偏波和直线偏波

在通信时使用天线驱动装置比较方便。一般把发送，接收天线集中安装在可沿水平轴和垂直轴旋转的台架上，按照室内机房提供的驱动信号和电力完成跟踪动作。

跟踪信号是根据轨道计算得到的，在市场上可以买到有关的微机计算软件。另外，可沿水平轴、垂直轴旋转的天线驱动装置也有成品出售。

除了长椭圆轨道卫星的近地点之外，由于卫星的运动比较平稳，考虑到天线的波束有一定范围，也常用手动调整天线，同样能得到较好效果。

·传输线

天线和发送、接收装置之间是用传输线连接的。传输线有很多类型，在这里我们考虑同轴电缆。

同轴电缆，除了不同种类具有不同的传输特性之外，同一条同轴电缆也会由于所使用的频率不同而形成信号的衰耗不同。因此应根据实际需要选择电缆，通过同轴电缆的特性表（见资料篇）可以看到，对于同一条电缆通过的信号频率越高衰耗越大，而对于同一频率的信号电缆的直径越大衰耗越小。

另一方面，在安装时较细的电缆容易操作，特别是在与可动式天线连接时要考虑到电缆的弯曲性能以及连接部分的保护。

连接电缆的接头必须安装合格，否则会增加传输衰耗（参照接头部分）。

如果由于电缆的衰耗造成发射输出的大幅度下降，最好换用衰耗小的电缆。但是由于一般衰耗小的电缆不易弯曲，所以有时仅在可动部分连接易于弯曲的电缆。这时要注意电缆的接续损耗。

·滤波器

为了消除谐波和寄生频率等不需要的信号，在前置放大器前面使用适当的滤波器是很有效的。这时必须选择在所希望的频带内能有效工作的滤波器。根据需要，也可以在发射端使用滤波器。

·前置放大器（preamplifier）

在卫星通信中，经常在接收机上安装前置放大器。这是把天线接收的微弱信号尽量放大的手段（在其他章节里，对前置放大器有详细探讨，这里只叙述要点）。

前置放大器一般具有以下特性

（1）低噪声

（2）增益适当

（3）频带宽

（1）一般用噪声指数（NF）作为噪声指标。无噪声的理想放大器 NF＝1（→0dB）. 市场上的 V／UHF 频带用的放大器 NF 为 1～3dB。

一般认为噪声指数 NF 应小于 2(3) dB. 目前很容易得到 NF 小于 1. 3(1)dB 的设备，但也没有必要追求更小的 NF。

（2）增益除了补偿电缆等器件造成的传

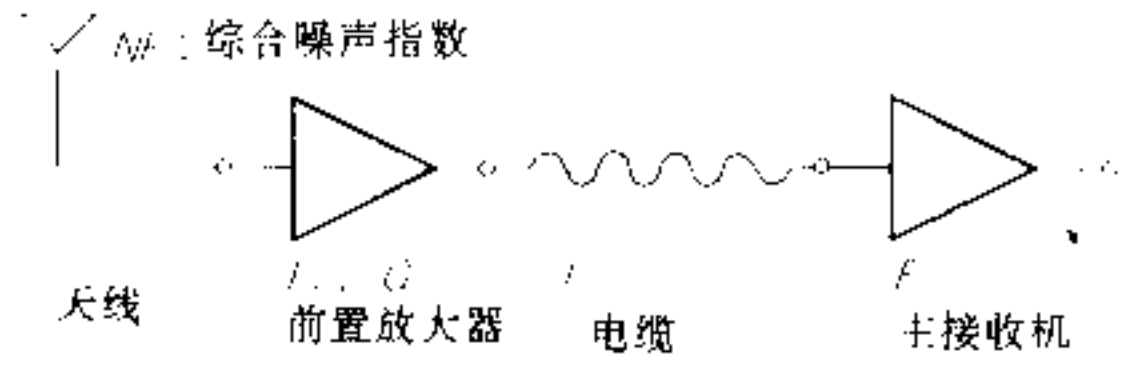


图 6—5　含有前置放大器的接收系统

输衰耗之外，还有减小噪声的效果，所以希望增益较大。但另一方面，由于前置放大器频带较宽，带外无用信号的进入会造成交叉调制。

在使用上应根据前置放大器的输入确定综合噪声指数范围，然后再求出前置放大器的增益和噪声指数。

在图 6—5 中，设综合噪声指数为 NF. 前置放大器的噪声指数和增益分别为 F_p 和 G_p. 电缆损耗为 L. 主接收机的噪声指数为 F_r。

有以下关系式

$$NF = F_p + 1/G_p \cdot L + (F_r - 1)/G_p \cdot L \cdots \text{(a)}$$

举例来说，设电缆损耗为5dB，即 $L=1/3$，主接收机的噪声指数为8dB，即 $F_r=6$，综合噪声指数为3dB，即 $NF=2$，求该前置放大器的增益。仅为补偿电缆损耗的增益 $G_p \geqslant 3$，而且设前置放大器的噪声指数为1dB，即 $F_p=1.3$，则由(a)式可得到

$$2 = 1.3 + 3/G_p + (6-1)3/G_p$$

$G_p=25$ 相当于 14dB. 所以增益为 15dB 左右较为适当。

(3) 频带宽会造成带外信号的进入，所以在前置放大器前设置滤波器是很有效的。但要注意的是，滤波器的特性有时会影响前置放大器的特性。

· 外部噪声的存在

在通过天线与信号同时接收的噪声或噪声状的干扰电平过高时，会使天线的输出信号与噪声之比 (S/N) 变小，改变前置放大器的 NF 也不能改善这一信噪比。

这时的噪声主要是从瞄准卫星的天线的主波束或副波束进入的各种噪声，例如图 6—6 的天空温度 Tsky 和地面温度 Tgrd 造成的

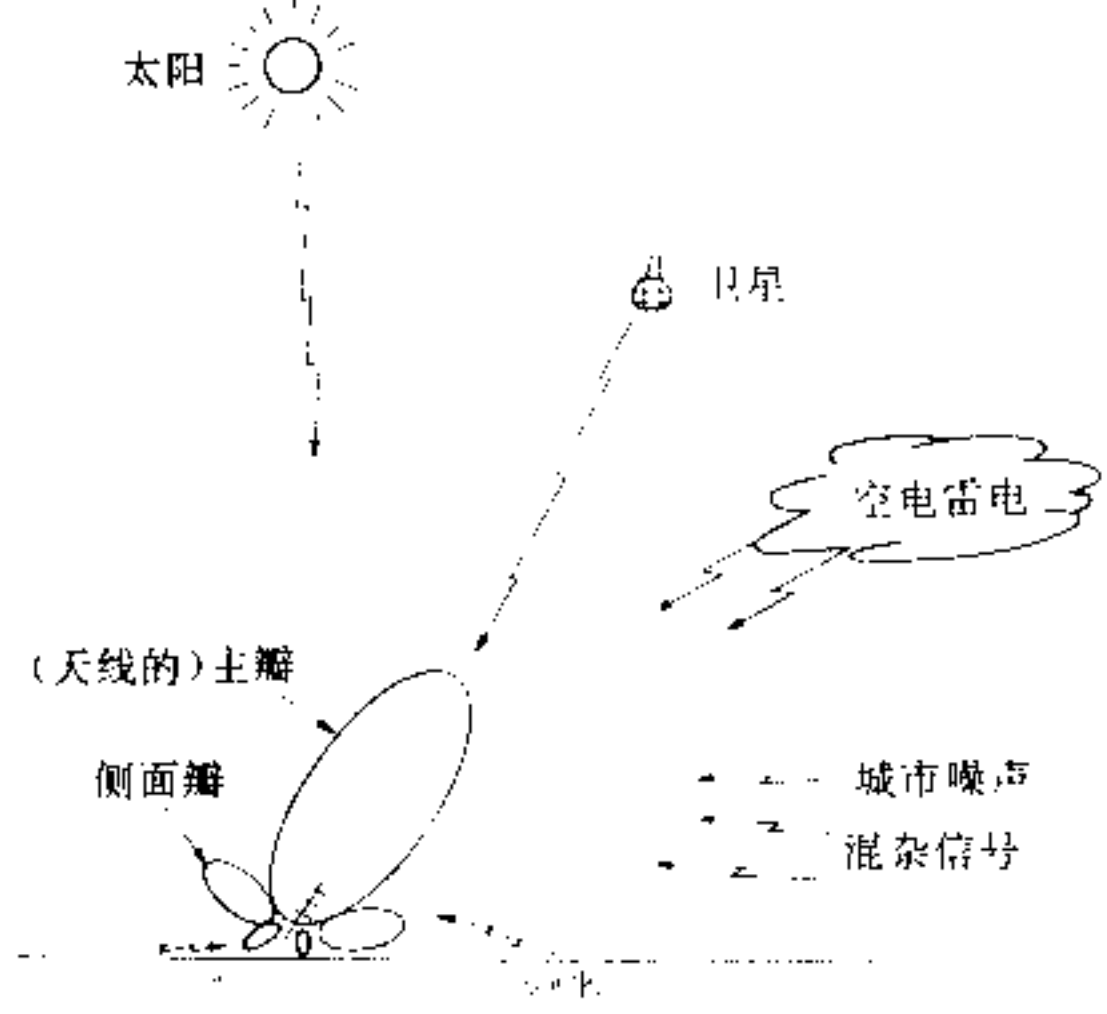


图 6—6　无线和周围的噪声

噪声，或太阳附近的 Tsun 形成的太阳电波(太阳噪声，持续时间较短)，杂音电波或城市噪声以及干扰等形式的噪声。

增强天线的指向性，使之只接收有用信号，是比较有效的抗噪声方法。

· 天线的安装

如果天线安装在室外，应首先考虑防水的问题。要避免直接浸水。另外，室外温度的变化也会引起特性变化。

根据测量，一年中的温差在 40℃以上，在一天内温差也有 10～20℃ (有阳光直射时会更大)。所以要事先掌握所使用的前置放大器的温度特性。

此外，在天线罩中很少的空气流动也会形成露水，时间长了会产生积水，应引起注意。昼夜的温差会改变天线罩内的气压使空气流动。

· 用温度表示的噪声量

从天线进入的噪声功率和前置放大器、接收机的噪声，有时不是用功率值，而是产生与同样功率值噪声的阻抗器件的温度来表示的。

阻抗器件的噪声输出用绝对温度表示时为 300 度(如果以 20℃为标准，即为 293K)，噪声指数为 NF 的前置放大器的噪声温度为 $(NF-1) \times 300K$。地面的温度约为 300K. 宇

宙的黑暗部温度约为 3K。NF 为 2（3dB）的前置放大器为 300K。

6.2.4 模拟通信系统

目前，广泛使用的卫星中继器是采用接收CW、SBB 等上行已调制信号，经过外差变换后用其他频率发送到下行信道的工作方式。在这种方式中，由于信号被原样返回地面，所以称为线性中继方式，中继器也叫做线性变换器或线性转发器。

上行信道发来的信号，只要在限定的频带内就可以原样返回地面，所以实际也可以传送数字信号。以前的中继器只有这种工作方式。只是出现了数字调制信号的中继器之后，才相对地把上述中继器称之为模拟中继器。

6.2.5 数字通信系统

以前的卫星大多装载着上述的线性中继器，只是进行了一些传送已调制数字信号的试验。而在 JAS—1“富士”卫星上首次使用了数字通信中继器。

现在，业余无线电数字通信主要是指分包传送，在卫星上也采用了这种方式。所使用的设备与地面进行的分包通信设备没有本质区别。

• JAS—1b

JAS—1b 的数字上行信道（发射电波）为 AFSK（F2），所以需要 FM 发射机。下行信号用相移键控（PSK）进行调制，可用一般的 SSB 接收机接收，但要使用 PSK 解调器。上行线路中，把数字信号用曼彻斯特码进行变换后用 FM 波发射信号，需要使用编码电路和 FM 发射机。

调制解调器统称为 MODEM。在地面接收到的 PSK 信号，经过调制／解调器成为数字信号，再经过 TNC 进入微机等可输入／输出文字的设备。

目前，在市场上有与 JAS—1b 对应的，带调制/解调器的 TNC。使用的分包通信采用 AX.25规程（链路级）。TNC 是符合以上规程并按该规程进行数据处理的处理器、有关分包通信的详细内容，请参照应用篇的第五章。

1988 年下半年发射的 RS—14（Radio-M1）卫星，是搭载在 RUDAK—2 发射的。1990 年 1 月 23 日发射的 Microsat 之一的 OSCAR16（PACSAT）使用了与 JAS—1b 相同的分包通信方式。

6.3 应用

进行卫星通信之前，要掌握卫星的可利用时间和其他一些卫星通信所必须的知识。

6.3.1 卫星的可利用时间

除同步卫星外，一般能够看到卫星的时间都是间断的。因为在卫星的有效期内，卫星的运行轨道不会有很大变化，所以看到该卫星的时间基本上是有规律的。

在有关杂志上刊登着每一颗卫星的轨道参数以及轨道日程表（记载着某一地区，例如在东京，可见到卫星的初始时间，卫星的通过时间，通过方向等内容）或可使用日期等内容。根据这些信息可以知道本电台可见到卫星的时间表。但是，在可以见到卫星的时间段内不一定都可以通信。

管理卫星使用的团体，为了予定卫星的状况或安排试验计划，一般事先制订卫星的使用日程表，并事先发出通知，根据这些信息，可以知道卫星是否可以使用。如果卫星使

用者在能见到卫星的时间段内也不能通信，应考虑到卫星可能处于中止使用的状态。(关于轨道可参照 6.4.1)

6.3.2 在应用上的几条规定

在卫星通信中，QSO 在本质上与地面通信没有什么区别，但由于卫星通信使用了中继器，需要若干条规定。

·应用方式

目前，通过模拟转发器（线性中继器）进行 QSO 时，能够使用的仅有 CW 和 SSB。当然，任何信号都可以通过，但语音信号只能通过 SSB。其理由如下。

一个中继器器的带宽并不很宽，输出功率也很有限。为了能使多个 QSO 同时通信，要使用窄带通信方式。因而 SSB 或 CW 比较适当。

另外，伴有连续载波的通信会浪费中继器的电能，所以对卫星通信不合适。

以 JAS—1b 为例，中继器的通带为 1000kHz，输出功率为 1W。其他卫星也有相近的指标。因为 SSB 使用的带宽约为 3kHz，最多可容纳 20 至 25 对 QSO。但在 FM 的场合下，一条信道要占用 15 至 16kHz 的带宽，且信道之间有 20kHz 的间隔，所以只能容纳 5 对 QSO。

AM 和 FM 需要不断发送载波，所以在发射功率方面效率很低。QSO 的卫星通信提倡使用 SSB 和 CW 方式，避免使用 FM 方式也是出于以上理由。JAS—1b 的频率分配如图 6—2(b) 所示。

·使用频率

在业余频段中有卫星用的频带。由于业余卫星是全球共用的，不使用共同的频段就没有意义。因此，卫星用的频带与各国的国情无关，是由国际上统一规定的。在规划新的卫星时，应根据国际规则决定使用频率。

·发射功率

另一点要注意的是，上行信道的发射功率不要超过规定范围。这是让尽可能多的地面站能够利用卫星所要考虑的问题。这是由于在多个 SSB 通信时，如果其中的一个信号过强，中继器的 AGC 就会工作去抑制其他信号。

因此，应牢记不能使上行信道的信号强度超过规定范围。即使有用大功率进行 QSO 的能力，也不可滥用。

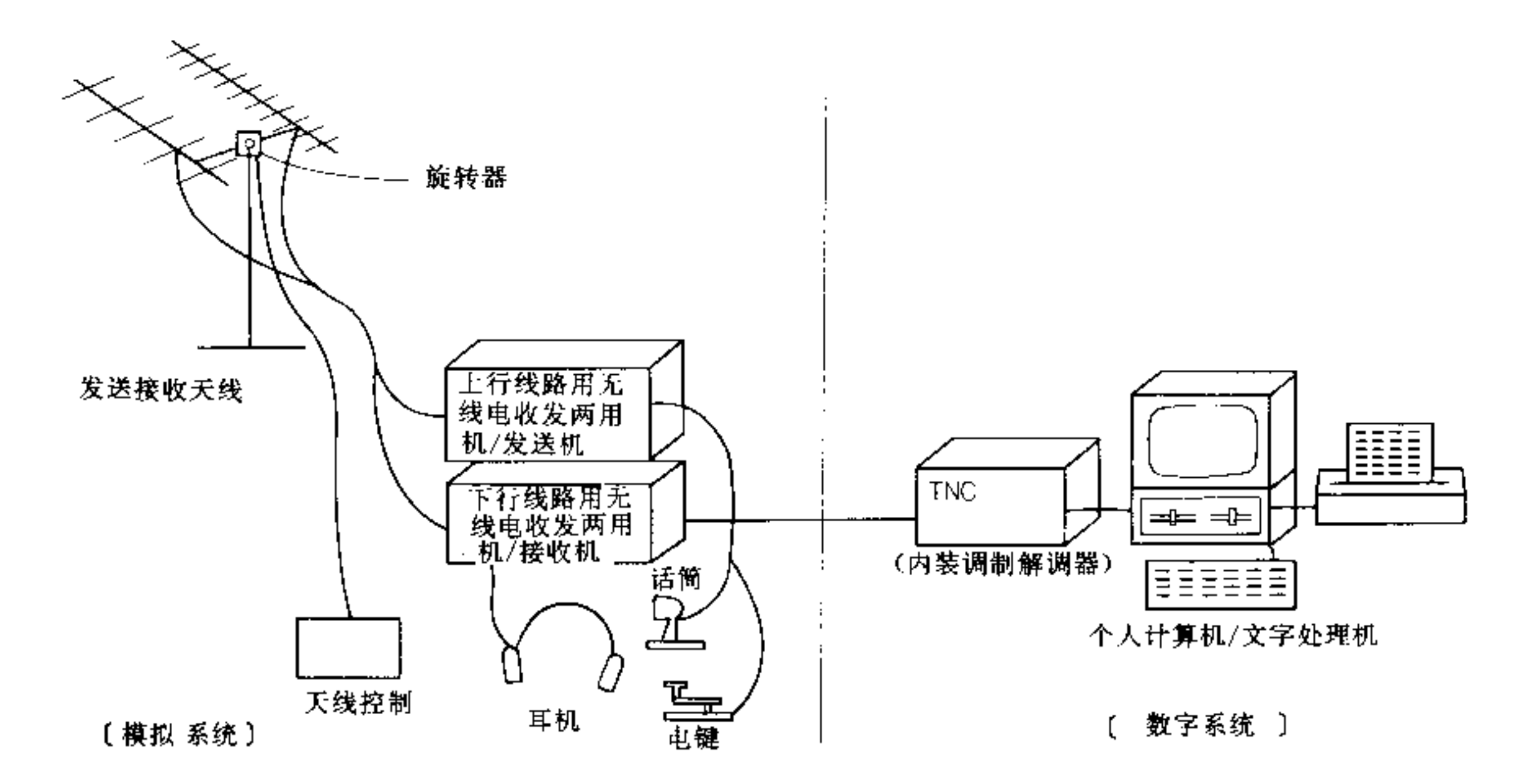


图 6—7 卫星通信设备的构成举例

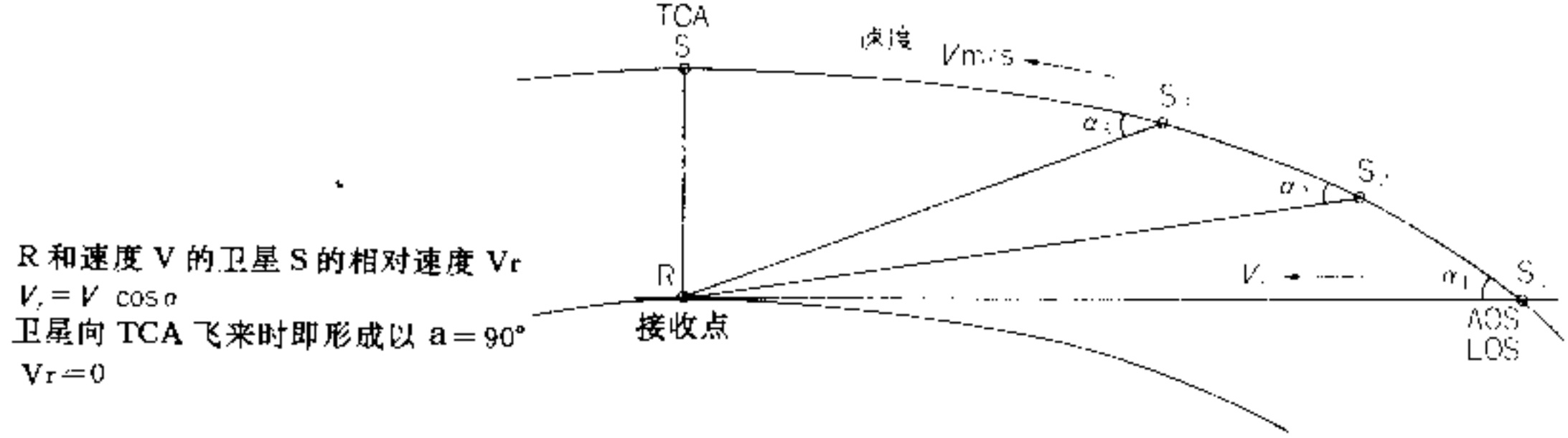


图 6—8　地面和卫星的相对速度及多普勒频率变化

向卫星发射电波进行 QSO 时，还需要进行环路测试和多普勒偏移处理。图 6—7 是标准通信设备的构成。

6.3.3

环路测试

用本站的上行信号经卫星变成下行信号来认所发送的信号，这种操作称为环路测试。在模拟卫星通信中，可事先利用环路测试确认本站发送的信号，同时可以掌握中继器的工作状态。

·环路测试的方法

在可以看到卫星的时间内，首先用接收机搜索可用频带内的空闲信道，并以此确定环路测试的频率。然后固定该接收频率，通过上行信道发送本站的呼号，并捕捉通过卫星返回的信号。

在环路测试中，逐渐改变发送信号的频率，直到在下行线路中接收到本站发送的信号。这时的发送信号如为 CW，还需要进行音频的调制。知道了上行频率和相应的下行频率，并迭加上多普勒偏移量，就可事先求出发送、接收频率的概略值。接收机能够接收到本站发送的信号时，环路就形成了，环路测试也就成功了。

但是，还没来得及高兴，信号就会很快消失，这是因为卫星是相对运动着的，其相对速度也不断变化。因此需要经常补偿频率的变化量，以保持环路的继续。在 phase3 的情况下频率变化比较缓慢。

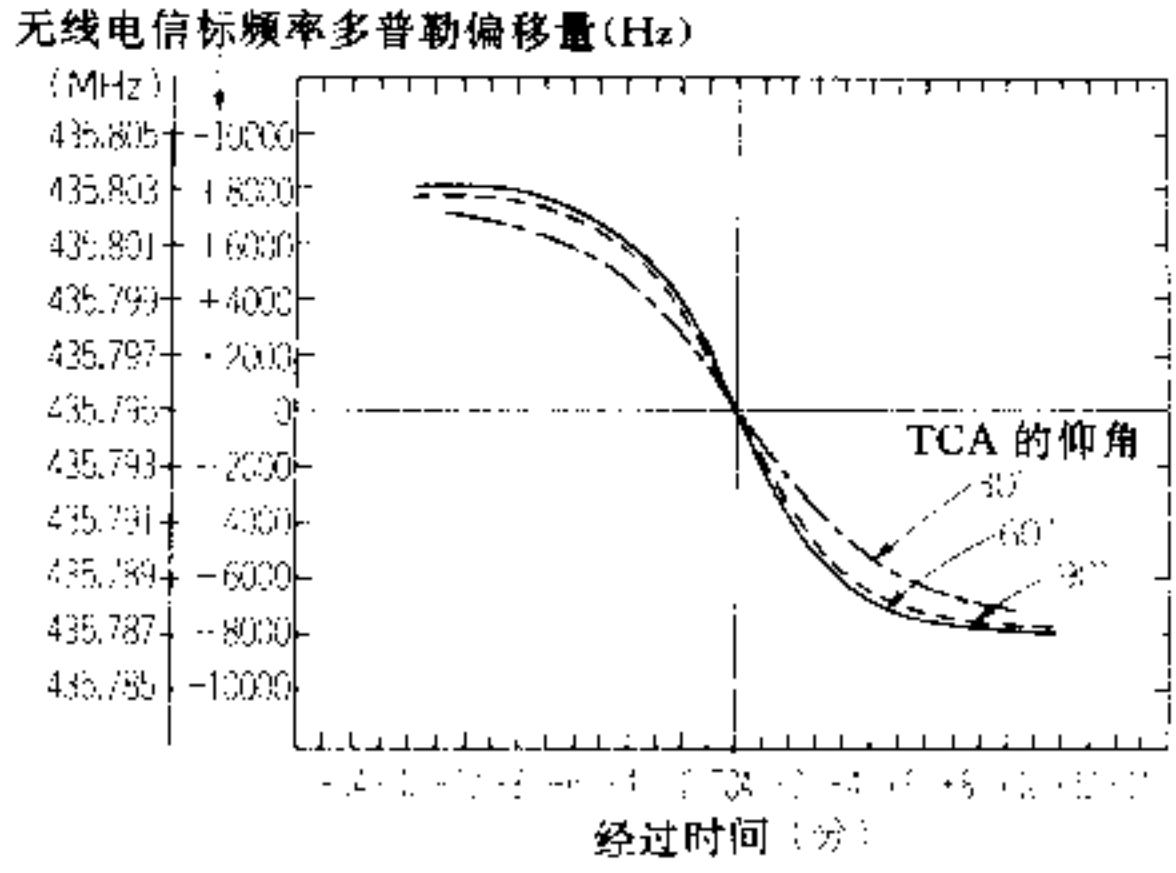


图 6—9　JAS－1／FO—12 的多普勒频率变化举例

6.3.4

多普勒偏移的补偿

卫星移动的速度是由其运行轨道决定的，轨道距地面越远，相对地球运动的速度就越小。由于电台与卫星之间的相对速度的变化（视线距离的变化），就产生了多普勒偏移（请参照多普勒效应）。

在 phase3 卫星的情况下，在轨道远地点附近，运行速度为 3km／S 左右，而 Phase2 在 1500km 高度上以约 7km／S 的速度运行。在地面观察这些卫星，其相对速度随着在轨道上的位置而变化（图 6—8），所以需要对接收频率进行多普勒补偿。

补偿有两种方法，一是改变发射频率，二是改变接收频率。

(1) 改变发射频率

当进行 QSO 的两个地球站受卫星移动

的影响相同时，这种方法比较有效。首先，根据接收频率调整发射频率，形成自身环路，然后调整上行线路的频率以保持环路。

因为这时下行线路的频率是双方共用的，所以保持自身的环路也就保证了对方的接收。

(2) 改变接收频率

当进行 QSO 的两个地球站 A 和 B 受卫星移动的影响不同时，即使 A、B 两站使用共用频率各自形成环路，随着时间的推移，两个环路的频率也会逐渐失去一致性。

例如，A 站在卫星的 LOS 附近，而 B 站在 AOS 之后，当卫星沿 A→B 方向移动时，两站的环路频率在某一瞬间相互一致，但立即由于其后的频率变化而出现差距，使通信无法进行。

这时，只要固定各站的发射频率，改变接收频率跟踪下行线路，就可以进行通信。经过多次反复，可以掌握频率的变化规律。

在可进行自身监视的情况下，改变发射频率是行之有效的方法。在不能进行自身监视的情况下，不如固定发射频率，用接收频率进行跟踪的方法比较可靠。

由一个人对于天线和频率同时进行手动控制比较困难，可以采用自动控制天线或一维跟踪等方法。当然，进行频率自动跟踪也不难。

如果有用于频率控制的外部端子，可利用轨道计算值求出多普勒偏移量进行控制，或检测接收频率与基准频率的差值进行控制。

6.3.5 通信

・CW／SSB

完成环路测试、并掌握频率变化规律后，就可以发出 CQ 或搜索正在进行呼叫的电台进行通信。能够在保持环路的条件下通信当然很好，如果在通信过程中对方信号消失，则可以放弃环路频率，试着改变接收频率进行通信。

同时考虑天线跟踪和频率变化的通信操作不是件容易的事，要经过反复训练才能掌握。实际上，对于运动速度较快的卫星最好使用可自动跟踪的天线，这样可以使用方向性较强的天线，以增大增益。

・分包通信

使用数字调制信号进行 QSO 有两种方法。一种是利用以前一直在使用的线性中继器（模拟系统用中继器）中继数字信号，这种方法把信号的差错，干扰信号和波形失真都传送到接收一方。例如在 OSCAR10 上进行的试验。

另一种方法是使用数字信号专用的中继器的方法。目前，在业余数字通信中分包通信是主流，所以使用的是与之相对应的数字中继器或可进行存储—转发处理的中继器。

到目前为止，可以公开进行数字通信的卫星只有 JAS—1／FO—12. 在 FO—12 终止使用后，还会发射 JAS—1b／FO—20. 以下将对该卫星进行说明。同时，与 FO—20 具有相同功能的小卫星（OSCAR16—19）也已经发射成功，并以 J 方式进行工作。

・利用 FO—20 进行通信

上述的 JD（J 方式数字通信）方式在本质上与地面上的分包通信是一样的，具有 6.2.5 所叙述的设备，就能进行分包通信。在通信时，应注意以下几点。

（1）上行信道是 AFSK，其频率为 145MHz. 可以认为频率的多普勒偏移影响不大。偏移量最大为±2.5kHz. 所以在通带内用手动调整 2—3 次即可。

（2）下行频率为 435MHz. 其多普勒偏移为±8 kHz. 由于使用 SSB 方式接收，频带比较狭窄，在使用时手动跟踪是必要的。利用 PSK 信号的解调器检测出信号频率的偏差并输出，根据这一输出来控制接收机的局部振荡频率。如果接收机具有从外部控制频率的

端子，此法则更加方便。

JD 的下行信号强度很强，捕捉到信号后可以锁定。但遇到较大干扰时，锁定可能失效。

(3) 要事先协调解调器的信号输出和 TNC 的输入，以及设定 TNC 的参数。关于卫星在 JD 状态下的工作时间，可以通过"JARL NEWS"、PC—VAN，以及卫星的 BBS 得到卫星的使用日程表。

(4) JAS—1b 中的分组通信使用了存储——转发方式，也称为电子信箱。发送台和接收台都用其呼号表示，也可作为布告板(BBS)使用。

关于 JAS—1b 电子信箱的使用方法，在"JARL NEWS" 1990 年 2 月号上已经有详细说明，其命令表如表 6—3 所示。

在 JD 方式中 FO—12 一直发送帧标志序列，在其中可插入遥测数据帧。如果解调器和 TNC 正常工作，遥测数据如图 6—10 所示。

表 6—3　电子信箱的命令

B	布告板命令。按信息的新旧顺序显示送给全体用户的电子邮件
F	只显示 15 个已写入的最新信息
F*	显示 50 个已写入的最新信息
F<d>	显示所有由<d>指定日期的已写入信息
H	用户命令一览和简单的功能说明
K<n>	消除由<n>指定编号的信息。如果其他站在读取某条信息，则该信息不能消除。信息消除由信息的写入站和信息的目的站进行
M	按信息的新旧顺序显示到本站来的信息
R<n>	读取由<n>指定编号的信息
U	显示正连接"富士"卫星的站的呼号和 SSID
W	把信息写入"富士"卫星。在回答了有关目的地和标题的询问之后，发送电文(信息的内容)，发送结束后使用<RET>

(注 1) 命令名和对方站的呼号可以使用大写或小写文字

(注 2) 电子信箱没有结束使用的命令。用 TNC 命令实现断开

```
JAS1b RA 91/02/06 05:49:58
467 484 675 678 841 840 851 829 270 738
615 000 359 373 384 380 383 380 651 000
725 725 724 665 999 643 876 846 9B5 000
110 111 111 000 111 100 001 101 110 000

JAS1b RA 91/02/06 05:50:58
480 487 674 678 832 839 852 830 307 748
616 000 357 372 384 380 383 380 652 000
722 723 729 665 999 643 875 846 9B6 000
110 111 111 000 111 100 001 110 110 000

JAS1b RA 91/02/06 05:51:58
488 483 674 676 834 840 848 833 280 762
615 000 355 372 383 380 383 379 652 000
725 720 725 665 999 643 875 846 9B9 000
110 111 111 000 111 100 001 111 000 000

JAS1b RA 91/02/06 05:52:58
489 485 673 677 836 840 850 831 362 746
615 000 354 372 383 380 382 379 652 000
724 725 724 664 999 643 875 846 9B9 000
110 111 111 000 111 100 001 101 110 000

JAS1b RA 91/02/06 05:53:58
468 487 672 675 812 839 850 831 259 722
615 000 354 372 383 380 382 379 652 000
721 723 729 664 999 643 875 846 9BA 000
110 111 111 000 111 100 001 110 110 000

JAS1b RA 91/02/06 05:54:58
473 489 671 675 812 839 851 829 342 726
616 000 353 372 383 380 382 379 652 000
725 721 725 663 999 643 875 846 9BA 000
110 111 111 000 111 100 001 111 000 000
```

图 6—10　数字系统遥测数据举例

6.4 卫星通信所需要的基础知识

6.4.1 卫星的轨道和轨道预测

卫星围绕地球旋转的路径称为卫星轨道。卫星轨道是卫星通信中很重要的因素。计算卫星将在何日何时通过何地的工作称为轨道预测。

卫星围绕地球的重心做惯性运动，从地球上的某一点观察卫星时，由于地球的自转，卫星的轨道会相对偏移。因此，一般在地面上看到的卫星总是来自不同方向。

掌握卫星轨道需要 6 个轨道参数。JAS—

1 的轨道参数如表 6—4 所示。在表中可以看到这些参数经过很长的时间才会发生很小的变化。这是由于卫星受到各种十分微弱的外力的结果。轨道参数可以通过对卫星的观测计算得出，表中的数据是通过（美国宇航局）NASA 发表的。

利用轨道参数进行轨道予测的计算可以应用天文学的算法，也可以利用市场上出售的计算程序用微机进行计算。

一般的卫星运行轨道是以地球重心为中心的圆轨道或是单一焦点的椭圆轨道，其轨道形状是多种多样的。决定卫星运行轨道的轨道参数也称为开普勒轨道要素。

①轨道长半径或平均运动

②离心率

③轨道倾斜角

④近地点系数

⑤平均近点离角

⑥升交点赤经

其中轨道长半径(semi-major anis)、离心率（eccentricity）和轨道倾斜角（inclination）是可以直接观测到的轨道参数。图 6—11 为轨道参数示意图。

近地点和远地点表示了轨道的椭圆形状。轨道平面与赤道平面之间的夹角称为轨道倾角。卫星在赤道平面上运行时，轨道倾角为 0°，而通过南北两极的极地轨道，倾角为 90°。轨道倾角为 0°的卫星为同步卫星，倾角为 90°左右的卫星有 OSCAR9—11 等。

卫星通过同一点，例如升交点*的最小时间间隔称为运行周期。运行周期也是描述卫星运行的参数。轨道参数是根据对卫星的观

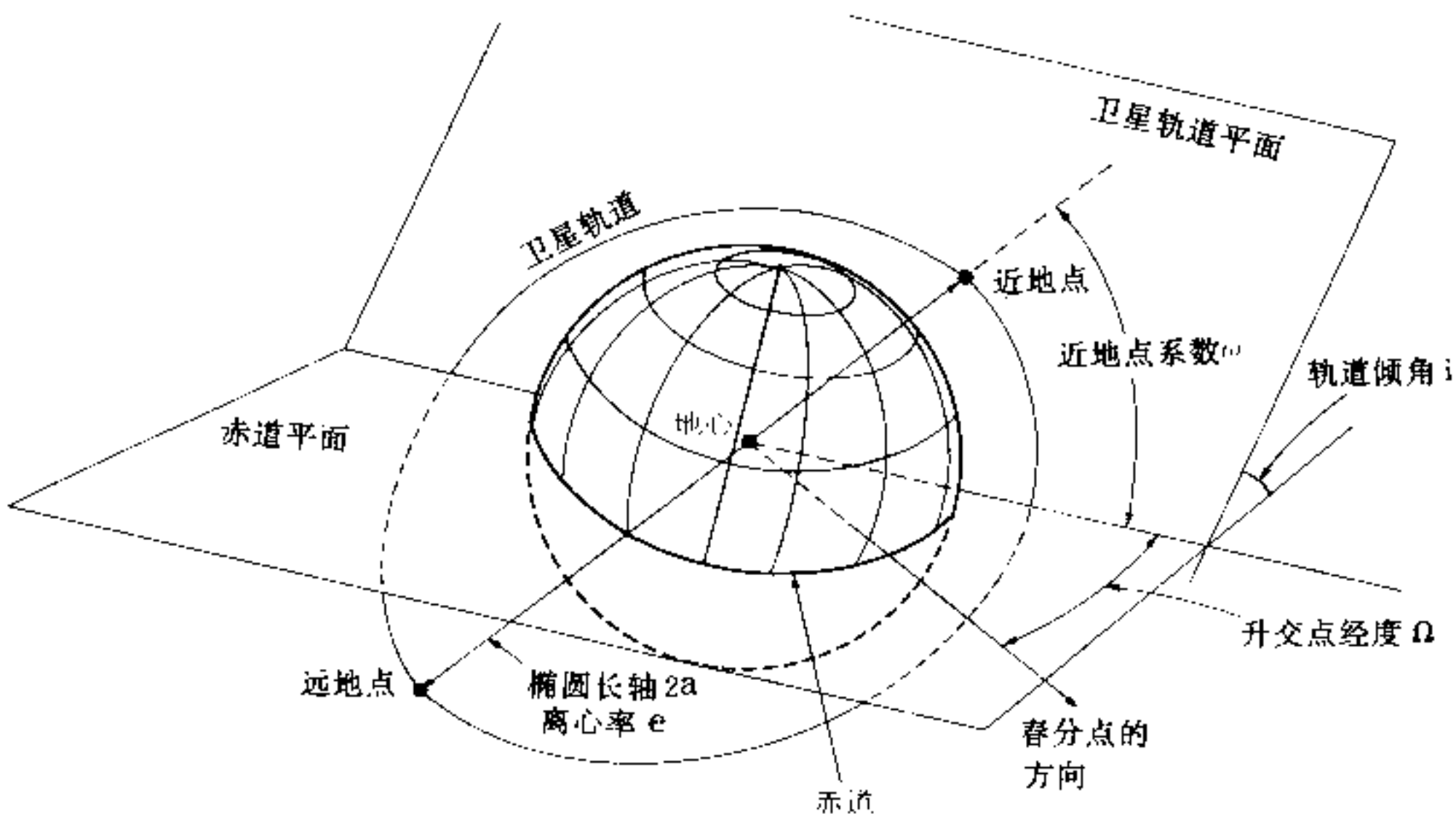


图 6—11　轨道参数

表 6—4
轨道诸元举例
(JAS—1／FO—12)

诸元	1986 年 9 月 1986:238.08549735	1989 年 8 月 1989:239.90769459
离心率	0.0011058	0.0011468
轨道倾角　度	50.0133	50.0165
升交点赤道经度　度	212.4497	77.8627
近地点系数　度	254.668	166.2441
平均近地点张角　度	105.7886	139.8696
平均运动　次／日	12.44392336	12.44400978

* 在 3 年时间内，轨道的离心律和平均运动值都略有增加

测所决定的，但卫星经过较长时间运行后，其轨道会由于各种原因而出现逐渐的变化。因此，轨道参数需要经常更新。

卫星轨道在地面的投影图，即在地面上表示卫星运行状态的轨迹图，对于掌握卫星状态是非常有用的。

关于卫星的运行和地面上某地可进行通信的时间，可用以下的示例说明。

· JAS—1b

该卫星轨道为近地点约为 900km，远地点约为 1700km 的椭圆极轨道，卫星运行周期约为 112 分。其覆盖范围如图 6—12 所示，是一个圆形区域，近地点时半径为 3200km，远地点时半径为 4100km。在此圆形区域内的电台可以同时看到卫星。随着卫星的运行，表示覆盖范围的圆形区域也在不断移动。

如图 6—12 所示，卫星距地面的高度越大，其覆盖范围也就越大，如果卫星像 Phase3 那样在静止轨道附近具有远地点，其覆盖范围半径可达 9000km，可通信地域十分辽阔。

让我们观察一下 JAS—1b 和 OSCAB 的地面轨迹。图 6—13 是 JAS—1b 的运行轨道。由于卫星是围绕地球重心做惯性运动的，如果地球没有自转，卫星轨道将与地球相对静止。由于地球的自转，卫星每环绕地球一周，地面都相对地移动一段距离，所以地球上的人会感到卫星在不断偏移。

JAS—1b 的运行周期约为 11 2 分，在此时间内地球约自转 28°。地球在地面上的轨迹如图 6—13 所示。在地面的某一点观察卫星，会感觉到卫星有时从南向北飞，有时又从西北飞向西南，运行方向是经常变化的。

在图 6—13 中，约有一半是在夜间。卫星在夜间通过时称卫星进入日阴，也称为地球形成的日食。在此期间由于太阳能电池不能产生电力，中继器只能依靠电池工作。另外，卫星在运行周期内完全不进入日阴的情况称为全日照，太阳能电池的发电量会增加，卫星的温度也会上升。JAS—1b 在发射约200天后日阴逐渐减少，在大约270天左右的全日照之后又逐渐进入日阴。

OSCAR13的情形则完全不同。地球自转和卫星的运转在远地点附近循环，卫星的轨迹成为图6—14所示的状态。卫星在图中各点的高度各不相同，把该图与相应的覆范围图重合就可以得到能看到卫星的时间和地点。

以上所述能看到卫星的时间和地点，根＋据卫星轨道的不同是多种多样的。使用

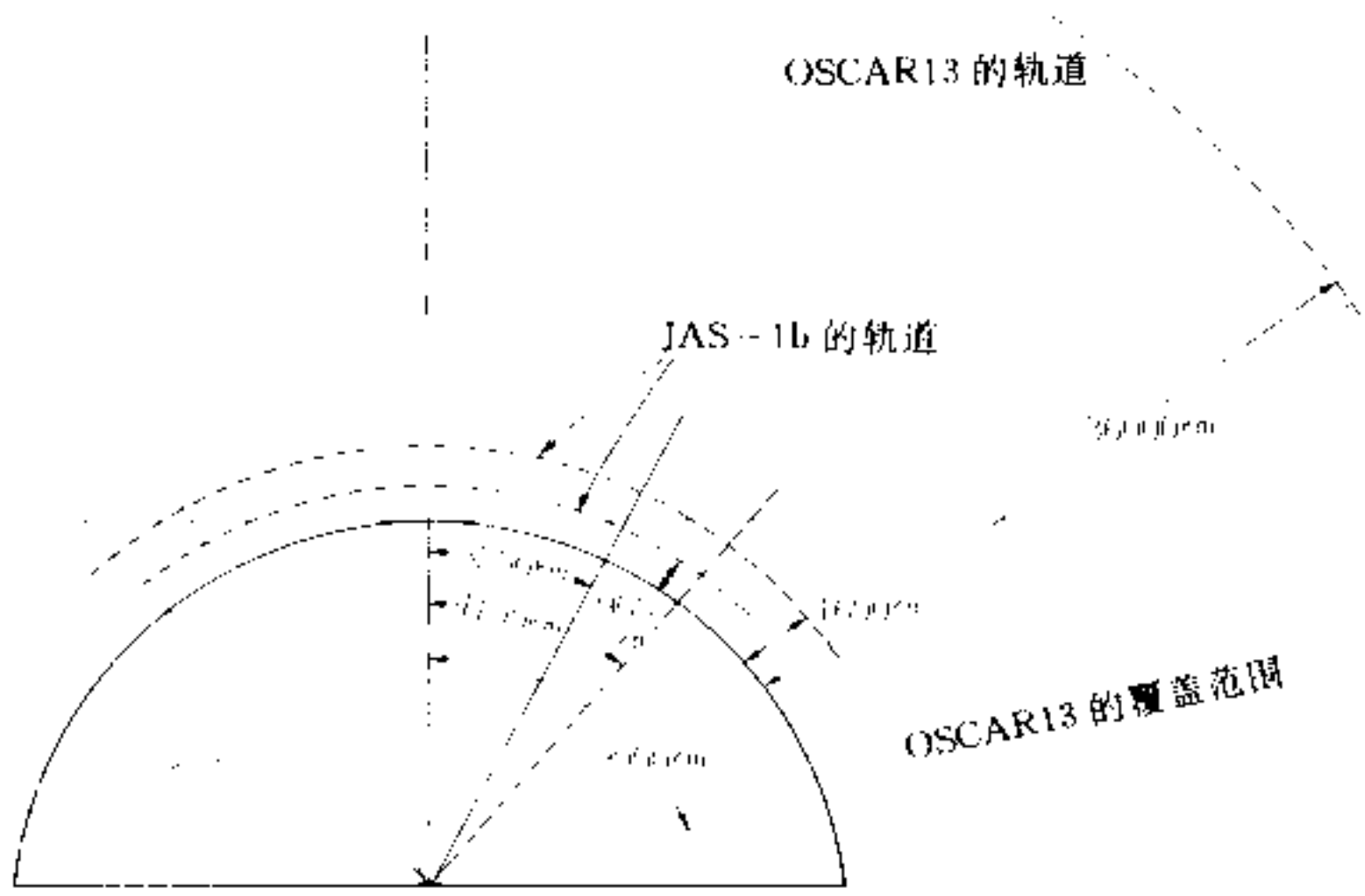


图 6—12　JAS—1b 和 OSCAR13 的有效区域(覆盖范围)

JAS—16 的跟踪图可以很容易地掌握其规律。也可以使用微机的专用程序进行计算。

6.4.2

信道设计

在卫星通信中，需要把具有一定强度的信号发送到卫星，但信号不能过强。同时要能接收一定强度的来自卫星的信号，并解读其内容。

因此，必须掌握电台与卫星之间的信号状态，并由此设定电台的发送和接收设备。这种工作称为信道设计。其主要因素如下。

(1) 卫星所需的上行信道信号功率

(2) 与之相适应的电台有效发射功率

(3) 下行信道到达的本地台功率

(4) 可接收信号的本台设备

(5) 本台与卫星之间的信号衰减量

信号的调制方式不同，所需要的发射功率也不同，在这里为简单起见，只考虑 CW 或 SSB。

·以 JAS—1b 为例的电路计算

·首先求(5)的电波衰减。卫星通信中的传输信道绝大部分都是自由空间。从天线发射出的电波随传输距离扩散，其强度与传播距离的平方成反比，逐渐减弱。自由空间的损耗为 A，并可由下式求出。

$$A=\frac{\lambda^2/4\pi}{4\pi r^2}=\frac{\lambda^2}{16\pi^2 r^2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(a)$$

其中 λ 是信号电波的波长(m)，r 是台与卫星之间的距离(m)。

JAS—1b 的轨道与地面的距离在900km 至4000km 范围内变化，可以从这两点求出 A 值。

在上行信道(145MHz)中

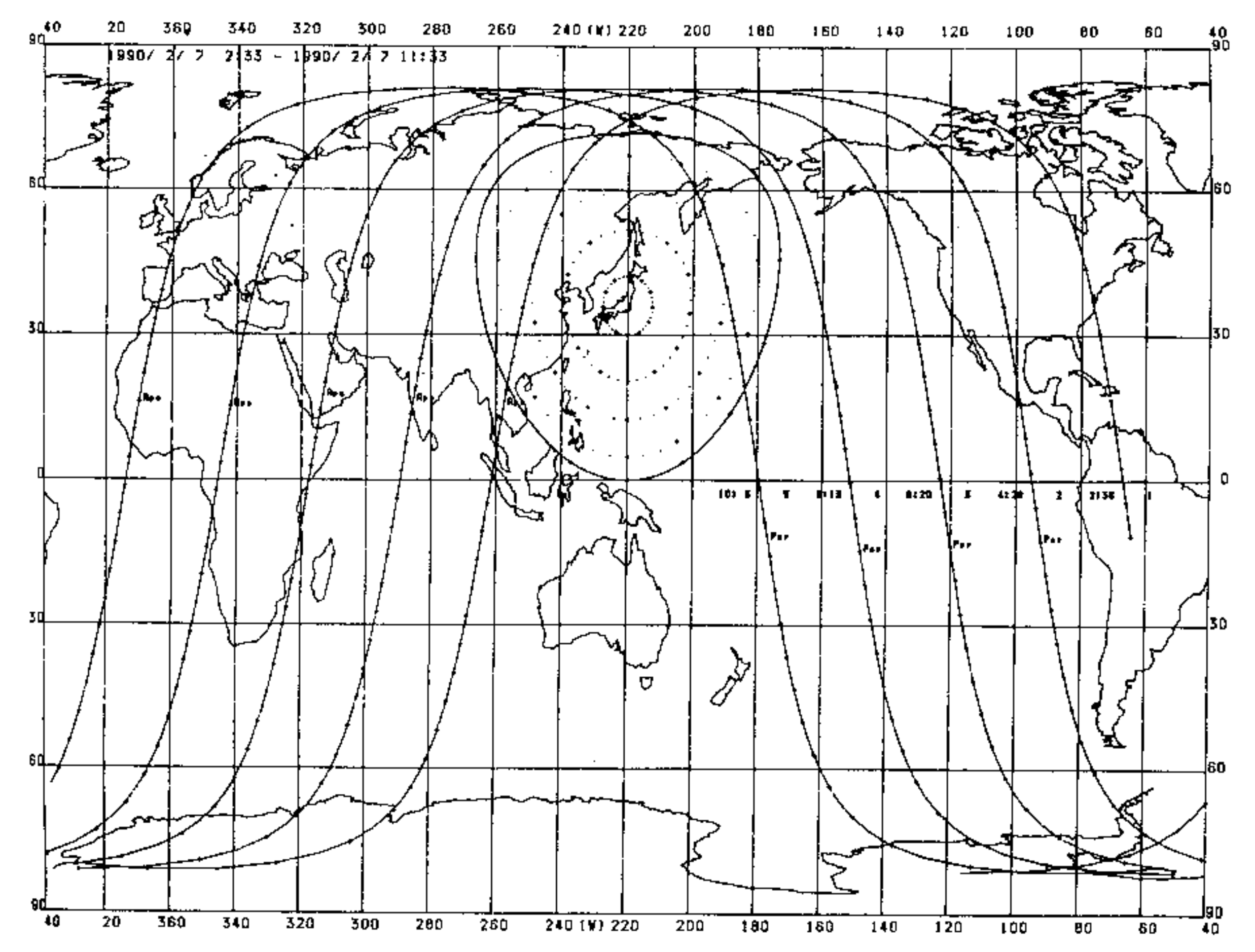


图 6—13　JAS—1b 的轨道

A＝－135dB (900km)

－148dB (4000km)

在下行信道(435MHz)中

A＝－144dB (900km)

－157dB (4000km)

频率、距离和自由空间损耗的关系如图6—15所示。

(1)至(5)中有以下关系

$$\frac{Pr}{Pt}=\frac{GrGt\lambda^2}{(4\pi)^2r^2}=G_rG_tA \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (b)$$

Pr 和 Gr 分别是天线的接收功率(W)和天线增益，Pt 和 Gt 分别是天线的发射功率(W)和增益。

用 dB 表示数值时有

Pr＝Gr－Gt－Pt－A …… (c)

Pt＝Pr・Gr・Gt・A …… (d)

・关于 JAS—1b 的上行信道

在设计上，当 JA 的中继器输入为—90 dBm 时。输出为 1W。在 SSB 通信时，频带宽度约为 3kHz 是卫星通频带 100kHz 的大约 1／30，因此，输入为此—90dBm 低 15dB 的—105dBm 是很充分的。因此

Pr＝－105dBm

另外，卫星的接收天线增益为

Gr＝＋0.5dBmax

上行线路的传播损耗为

A＝－135／－148dB

根据(d)式，发射功率为

距离：	900km	4000km
Pr	－105dBm	－105dBm
－Gr:	－0.5dB	－0.5dB
－A:	＋135dB	＋148dB
＋) －Gt:	10dB	10dB
＋Pt＝	19.5dBm	32.5dBm
＋) L:	3dB	3dB
Pt'	22.5dBm	35.5dBm (3.5W)

L 是发射机与天线之间的传输损耗(包括失配损耗等)，假设 L 为3dB。如果加上 L＝3dB 的损耗，P't 为22.5dBm 或35.5dBm。对于不同的通信方式都存在一个可了解通信内容的最小 S/N(RF 信噪比)，在信道设计中应

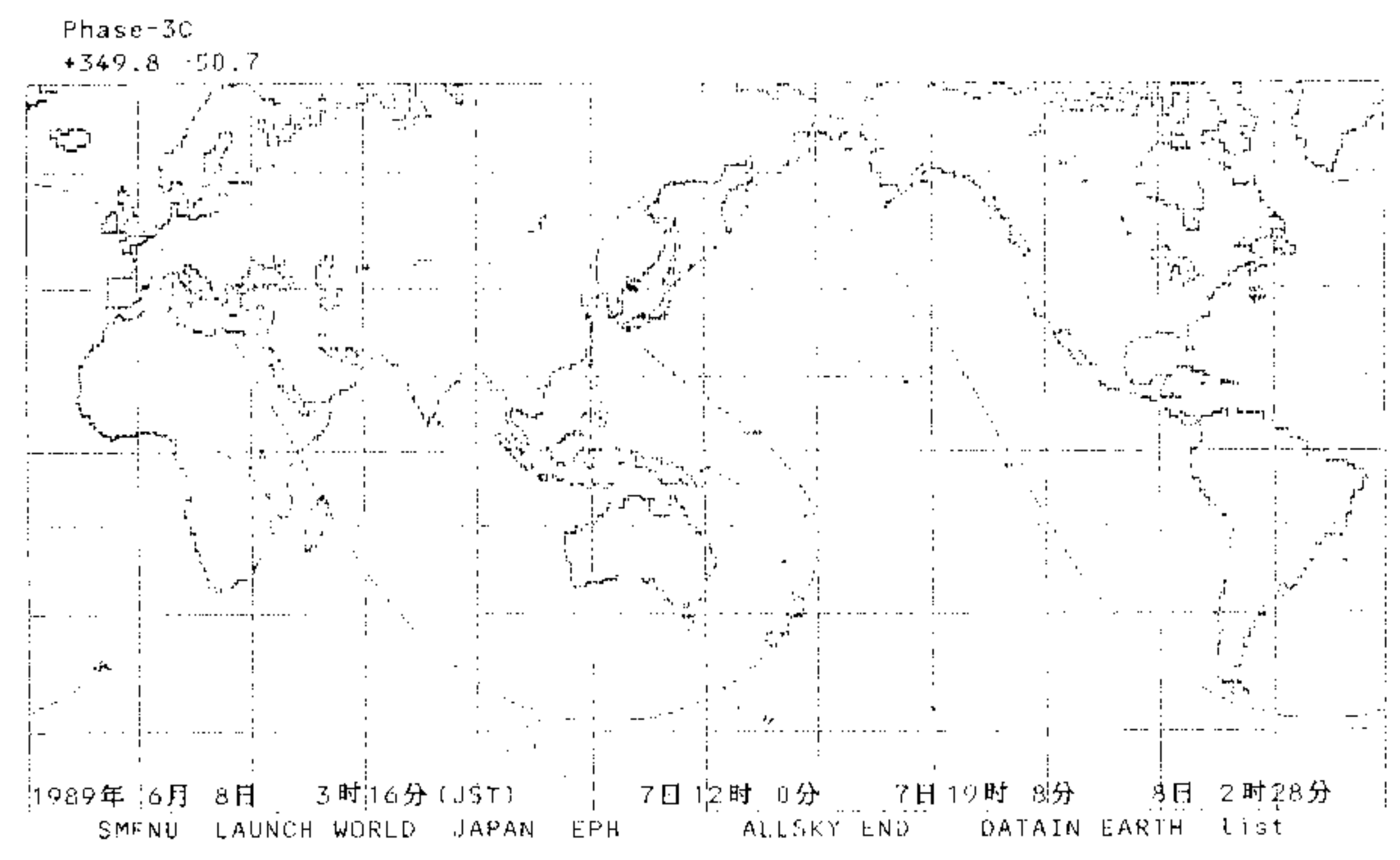
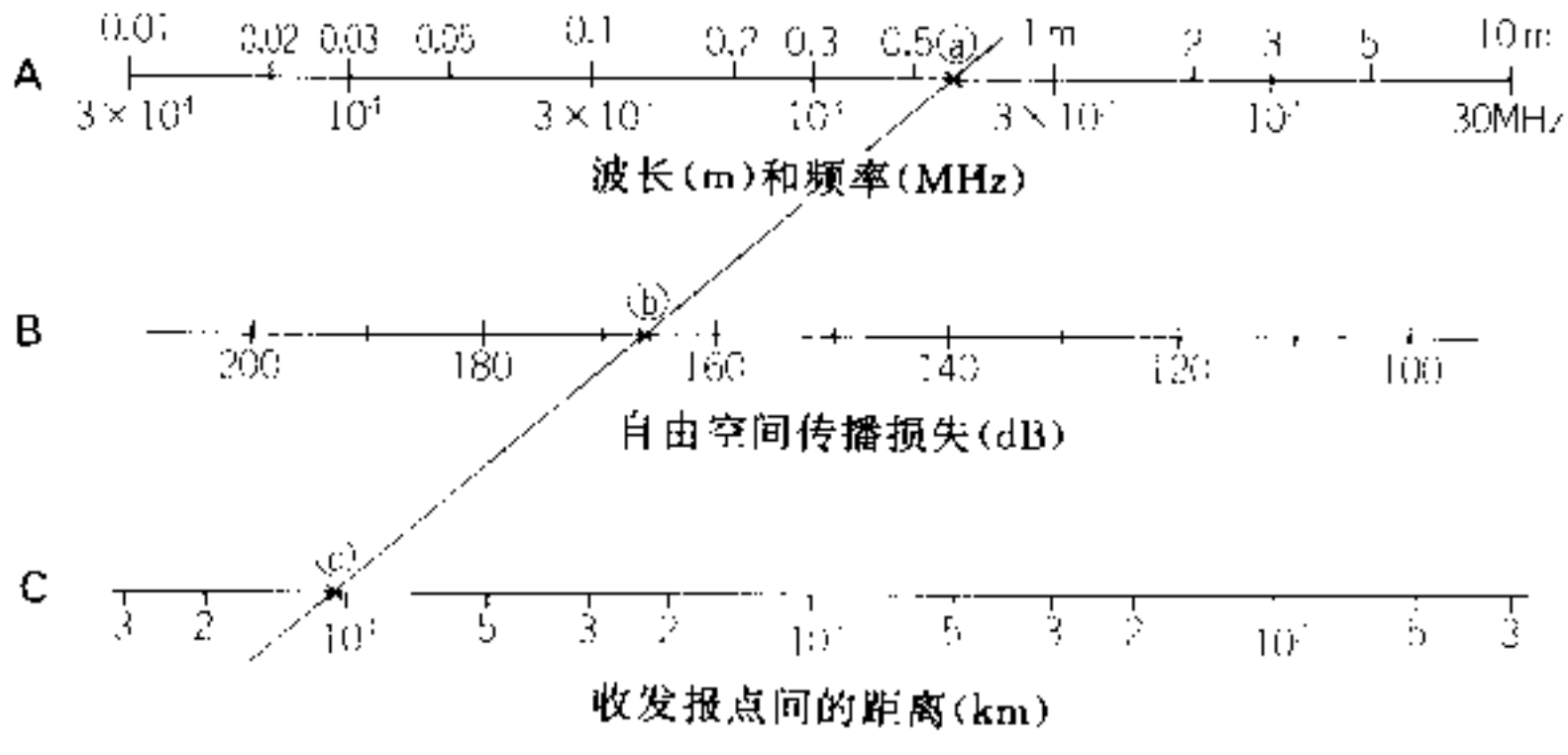


图 6—14 OSCARB 的轨道



将使用频率取在 A 线上ⓐ将收发报点间的距离取在 C 线上ⓒ点将ⓐ—ⓒ用直线连结，从 B 线上即可求得自由空间传播损失

图 6—15　自由空间中的传播损失

确定该值。大体上在 SSB 中 S/N 应大于 10dB，在 CW 中应大于 0dB。

［注］在除信号以外没有其他干扰的情况下，上行信道的功率可以是很小的值，但在实际上卫星中继器会收到多个上行信号，以及来自地面的其他电波，由于中继器输入干扰电平的增加和 AGC 的动作，有时需要有超过计算值 10 至 20dB 的功率。

·关于 JAS—1b 的下行信道

JD 中继器的输出为 1W. 在 SSB 的情况下，约降低 15dB. 其计算过程为

距离：	900km	4000km
Pt:	—15dBW	—15dBW
+Gt:	4dB	4dB
+A:	—144dB	—157dB
+)Gr:	13dB	13dB
Pr=	—142dBW	—155dBW
=	—112dBm	—125dBm
+)L:	—5dB	— 5dB
Pr'=	—117dBm	—130dBm
①No:	—139dBm	—139dBm
②S/N=	22dB	9dB
③NF:	7dB	7dB
S/N=	15dB	2dB
④Pr	—112dBm	—125dBm
No:	—139dBm	—139dBm

术语说明(本文中有“*”标志的词汇)

***静止卫星**

人造卫星的轨道平面与地球的赤道平面一致，且卫星的运行周期及方向均与地球自转相同时，在地球上观察到的卫星是静止的。符合这一条件的轨道是赤道上空高约 36000km 的轨道，称为静止卫星轨道(Geostationary Satellite Orbit, GSO)。

这一轨道是利用价值很高的重要轨道，其使用权由国际上有关组织负责协调。

***摩尔尼亚轨道**

原苏联的通信卫星摩尔尼亚(闪电)最先使用的轨道，倾斜角约为 63°。远地点高度约为 36000km. 由于能在一天之内两次覆盖同一地区，因而可以在高纬度地区替代静止卫星。

***轨道卫星**

指静止卫星以外的其他卫星，从地球上某一点观察此类卫星时，卫星是移动着的。由于在 200～300km 高度的轨道上空气阻力较大会在短时间内坠落，一般在 500km 高度以上的轨道上可长期运行。

此类卫星的运行轨道有 1000km 左右的，也有象 GPS 那样的 2000km 轨道，或远地点为 36000km 的长椭圆轨道以及 100000km 的高轨道。

***上行(下行)信道**

上行(下行)信道是地球站向卫星(或卫星向地球站)传送信息的信道。

***轨迹**

NF:	4dB	4dB
S／N	23dB	10dB

L 为天线与接收机之间的传输损耗，为 5dB。

①频带宽度为3kHz 时，在频带内的噪声为

No＝KToB＝－139dBm

②输入信号的 S/N 是 P'r 与 NO 的比，用 dB 表示时为差值。

③如果接收机的噪声指数 NF＝7dB，S／N 就会降低相同的值。在电缆损耗和接收机的 NF 较大时，由于信号 RF 与噪声之比（信噪比 S／N）变小，即使在卫星距地球较近的条件下也难以保证 SSB 的通信质量。

在 SSB 中，S／N 大于 10dB 才能保证接收质量。在天线的输出端子上连接前置放大器可以改善接收条件。如果平均每个信道的中继器输出大于－15dBW（30mW），则 S／N 会增大，通信的可懂度也会增加。

④在天线连接前置放大器的情况下，电缆的损耗为 5dB. 如果前置放大器的 NF 为 2dB. 增益为 15dB. 综合 NF 大约为 4dB（请参照前置放大器有关内容）。这时可以考虑用 NF＝4dB 的接收机直接与天线连接。

在 AOS 和 LOS 处可懂度较差，但卫星距电台的距离小于以上两点时，可以保证通信效果。

CW 与 SSB 相比，S／N 较小也可通信。

6.4.3 多普勒效应

设有电波的发射点 A（波源）和电波的接收点 B（观测点）。

（1）如果 A 点发射的电波频率为 fo. 且 A、B 两点都不移动，则在 B 点可以接收频率为 fo 的信号（请参照图 6－16(a)）。

（2）在连结 A、B 两点的直线上，如果 A 和 B 以 υm／s 的速度做相向运动，接收频率 f 可由下式表示。

$f = fo(1 \pm \upsilon / c)$ ...（a）

其中 C 是电波的传播速度（3×10^8m/s），υ 为 A、B 两点的相对运动速度，相向运动时为“十”，反之为“一”（请参照图6—16(b)）。

（3）当 A 的运动方向与连结 A、B 的直线方向不同时，情况又如何呢？

这时与（2）的情况相同，随着 A—B 间距

在某一观测点观测到的卫星通过的路经。

＊AOS. LOS. TCA

AOS 是 Acquisition Of Signal（信号捕获）的缩写、LOS 是 Loss Of Signal（信号丢失）的缩写，TCA 是 Time of Closest Approach 的缩写。AOS 表示在观测点可接收到信号，LOS 表示已不能接收到信号，AOS 和 LOS 通常都意味着出现该现象的时刻。

对于这些时刻，需要根据观测点周围的地形及传输条件对一般计算值进行修正。在城市里受建筑物的影响也很可观。

TCA 是观察点距卫星最近的时刻，这时，由于卫星运动而形成的多普勒偏移为零。

＊远地点、近地点和轨道倾斜角

一般卫星运行轨道为椭圆轨道，地球的重心恰好在椭圆轨道的一个焦点上。因此在轨道上距地球较远的点和较近的点，被称为远地点和近地点。这些点对地球的地理座标是随时变化着的。

卫星轨道的平面与地球赤道平面之间的夹角称为轨道倾斜角，这一角度是决定卫星业务范围的重要因素之一。

＊中继器

在卫星通信中，中继器是把从上行信道接收到的信号通过下行信道发送的设备。为了避免信号间的干扰，需要使上行信道和下行信道所使用的频率有较大的差别，所以在业余卫星中常使上行、下行信道分别使用两

离的变化，频率也发生变化。如图 6—16(c) 所示，视线方向的距离变化为 $v\cos\varnothing_1$，这是 A 到达 A_1 位置时的瞬时值。在 A_2 位置时瞬时值为 $v\cos\varnothing_2$，$\varnothing=90°$时变化为零。

当波源 A 和观测点 B 的视线距离发生变化时，在 B 点观测到的 A 频率随距离的变化而变化。这种现象称为频率的多普勒偏移(Doppler shift of frequency)。随着距离的变化，观测到的频率偏移原有频率的现象称为多普勒效应(Doppler effect)。

在这里以卫星为例进行计算，在 FO—12 的情况下，轨道为 116 分钟周期的圆轨道，半径约为 6370+1500=7870km. 因此圆周轨道长度约为 49000km. 速度约为7.1km/秒。

下行信道的信标频率 fo 应该为 435.795MHz，在图中视线方向上 AOS 处的$\varnothing_1$角约为20°，因此接收频率 f 为435.803MHz，TCA 时$\varnothing_3$角为90。且 f=fo。"富士"卫星的多普勒频率偏移状况如图6—16所示。

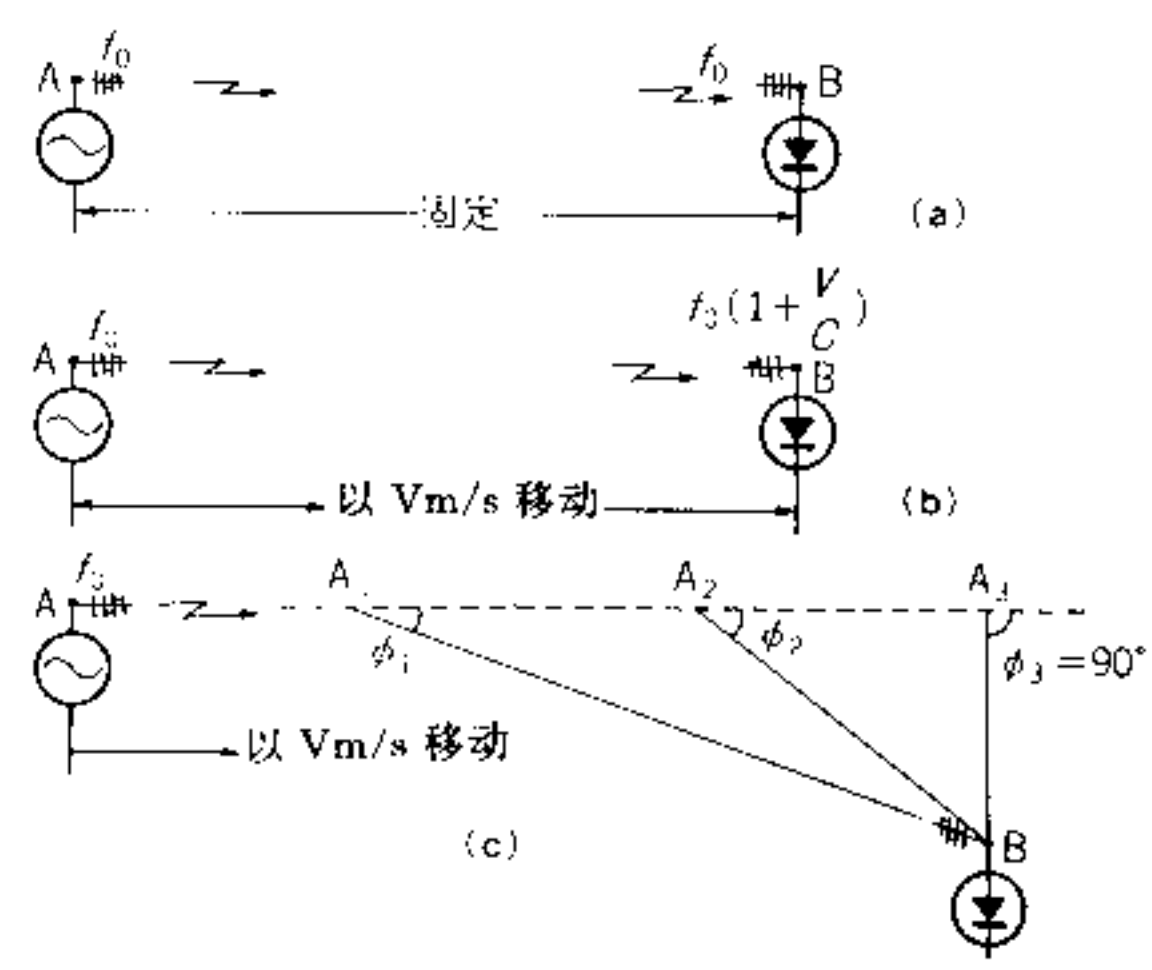


图 6—16　多普勒效应

·遥测(Telemetry)及其命令(Command)

卫星在宇宙空间飞行时，其状态是通过遥测数据传送到地面的。

在这些数据中包含了掌握卫星状态所必须的最基本内容，在地面可以根据这些数据判断卫星的工作状态。这一操作通常称为"健康诊断"，在卫星应用中是非常重要的操作，应尽可能多地收集数据，以掌握卫星的变化状态。数据的主要项目包括电源电压、电流、

6.4.4 卫星的应用管制

个不同的波段。频率选择要适应于通信目的。

***载体部分**

卫星由使命部分和载体部分构成。使命部分是卫星完成业务目的所必须的装备，而容载使命部分并提供电力，保证使命部分完成使命的部分称为载体部分，为此而使用的设备称为载体设备。载体部分也构成了卫星的外观。

***自由空间传输损耗**

电波在自由空间中传播时，由于电波的射束与传播距离成比率地扩散，其强度也与距离的平方成比例地减弱。这种现象称为自由空间传输损耗。在卫星通信中，除低仰角传输的场合外均可适用。

***覆盖范围**

卫星在某一时刻可(用电波)"见到"地球表面的范围称为刻时刻卫星的覆盖范围。卫星的天线波束角度较大时，卫星的高度越高，其覆盖范围就越大。

当卫星的天线波束角度较小时，进入波束内的区域就是该卫星的覆盖范围。

***姿态、轨道控制**

为了使卫星具有相对于地球较理想的姿态，就要赋与卫星必要的功能使其能控制自身的姿态。这种功能包括被动和主动两种方式，前者用于倾斜控制，而后者常用于轴向旋转控制和加速(气体喷射器)控制。

一般对于旋转卫星的轨道不进行控制，但对于同步卫星，由于其位置已经确定，为了

各部分的温度、信号发射功率以及许多决定卫星工作的控制开关的设定状态等。

根据以上数据进行判断，并根据予定计划对卫星进行的操作称为应用管制。为应用管制所发送的信号称为命令。

·目标跟踪(Tracking)

在地面上必须要准确掌握卫星的状态及其运行轨道。当卫星脱离运载火箭后，要予测予定轨道上有可能发生的偏差，如果予测准确，就可以在下一次观测时捕捉到卫星。由于卫星轨道是随时间变化的，所以跟踪卫星的操作称为目标跟踪。

以上三项作业统称为 TTC(Tracking, Telemetry and Command)，相关的台站称为 TTC 站。在表 6—5 中表示了 FO—20 的遥测项目及其解读方法。

▶参考文献

1:JAS 1ガイドブック，JARL アマチュア衛星委員会，JARL

2:宮廻 一，衛星通信工学，ラテイス刊

3:Amateur Satellite Experimenters Handbook，ARRL

使其不偏移某一容许范围，就需要经常利用加速器控制其在轨道上的位置。

***主瓣和副瓣**

在表示天线方向性的图中，主波束方向性的立体部分称为主瓣，而在其周围的其他部分称为副瓣。

***升交点**

卫星的轨道平面与地球赤道平面相交时，卫星轨道上有两个点在赤道平面上，其中卫星从南半球飞向北半球的点称为升交点，卫星从北半球飞向南半球的点称为降交点。

表 6—5　FO—20 的遥测结果

模拟遥测的格式和换算公式

格式(电报每分钟约 100 字)

J.	H	1A	1B	1C	1D
		2A	2B	2C	2D
		3A	3B	3C	3D
		4A	4B	4C	4D
		5A	5B	5C	5D

换算公式

1A	太阳能电池电流	19.1 x (N + 0.4)	mA
1B	蓄电池充放电电流	38.1 x (N　52.4)	mA
1C	蓄电池端电压	(N + 4) x 0.21	V
1D	蓄电池 1/2 电压	(N + 4) x 0.088	V
2A	总线电压	(N + 4) x 0.19	V
2B	+5V 稳压	(N + 4) x 5.050	V
2C	JTA 发射机输出	2.0 x (N + 4)	mW
2D	校正电压	(N + 4)/50	V
3A	蓄电池温度 1	1.39 x (64.5　N) dog. C	
3B	载体温度—1	[illegible]	
3C	载体温度—2	[illegible]	
3D	载体温度—3	[illegible]	

数字遥测的格式和换算公式

格式

JAS 12　FF　YY/MM/DD　HH:MM:SS

XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX YYY
SSS SSS SSS SSS SSS SSS SSS SSS SSS SSS

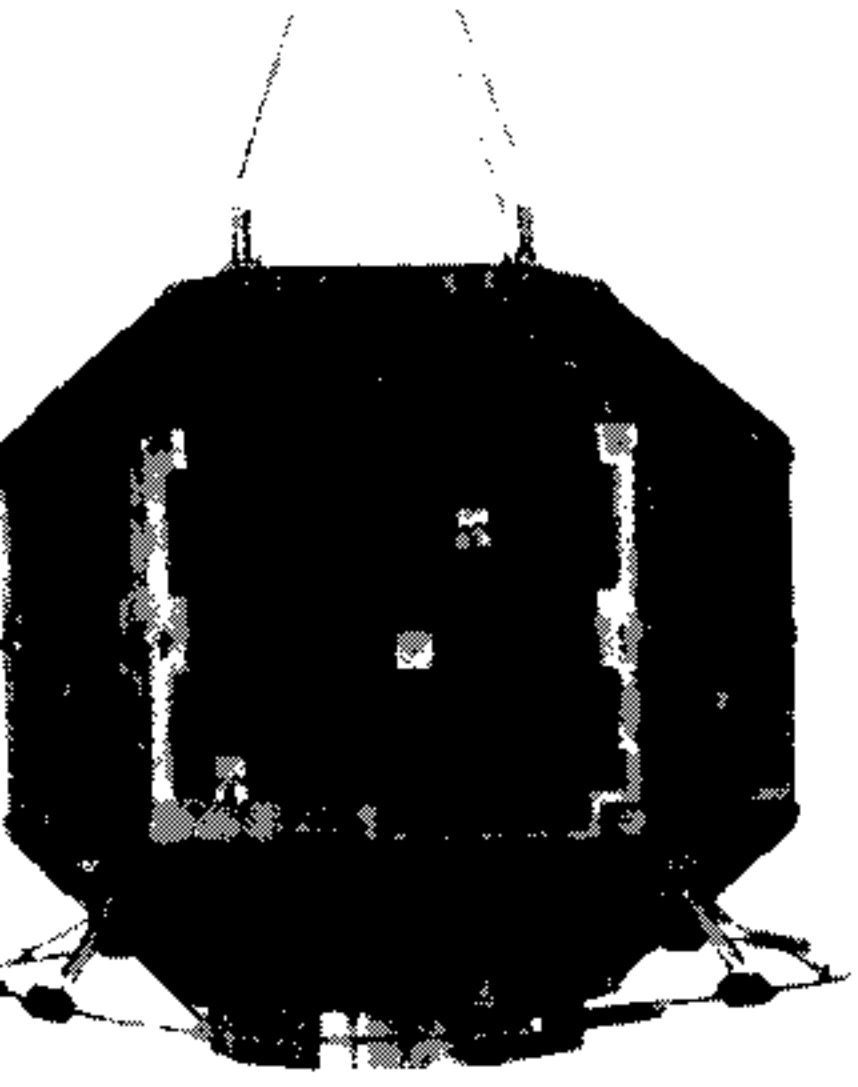
这里的 FF 是帧指示码,具有以下意义:

RA:	实时遥测		ASCII
RB:	实时遥测		Binary
SA:	存储遥测	ASCII	
SB:	存储遥测	binary	

YY/MM/DD	年/月/日
HH/MM/SS	时/分/秒
XXX	模拟数据
YYY	系统状态
SSS	系统状态(二进制)

模拟数据的换算公式

#00	太阳能电池电流		1.21 x (N　4)	mA
#01	蓄电池充放电电流		3.82 x (N　5051)	mA
#02	蓄电池端电压		N x 0.122	V
#03	蓄电池 1/2 电压		N x 0.0[illegible]	V
#04	总线电压		N x 0.0272	V
#05	+5V 稳压		N x 0.00[illegible]	V
#06	−5V 稳压		N x 0.00[illegible]	V
#07	+10V 稳压		N x 0.0120	V
#08	JTA 输出功率		5.1 x (N　15　.561)	mW
#09	JTD 输出功率		5.5 x (N　1[illegible])	mW
#10	校正电压#2		N/50	V
#11	补偿电压#1		N/50	V
#12	蓄电池组温度			
#13	JTD 晶体管温度			
#14	载体温度	#1	[illegible]	
#15	载体温度	#2		
#16	载体温度	#3		
#17	载体温度	#4		
#18	温度校正电压	#1	N/50	V
#19	补偿电压	#2	N/50	V
#20	太阳能电池面板温度	#1	[illegible]	
#21	太阳能电池面板温度	#2	[illegible]	
#22	太阳能电池面板温度	#3	[illegible]	
#23	太阳能电池面板温度	#4	[illegible]	
#24	工程数据			
#25	温度校正电压	#1	N/[illegible]	V
#26	温度校正电压	#2	N/[illegible]	V
#27	#01 的累积值		N　[illegible]	V
#28	工程数据			



照片①▲业余卫星「富士 2 号」

照片②◀将「富士 2 号」研究的 H—1 火箭

照片③▼「富士 2 号」的操纵的(JJIZUT)

第7章 电视图像通信及其应用

7.1 电视图像通信应用的现状

7.1.1 概要

在信息化社会中，图像是现代媒体的核心内容，这一事实是任何人也不能否定的。电视广播、CATV、电视录像装置、“首领系统”(交互可视图文)、文字多路广播以及最近的卫星电视广播和高清晰度电视都是图像媒体的一族。在业余无线电领域里，也一直在探讨电视图像的传输，并不断对其进行改良。

在电视图像的传输中有两种主要方式，其中一种称为“ATV”(业余无线电视)，用于传送活动图像。另一种称为“SSTV”(慢扫描电视)，用于传送静止图像。

7.1.2 ATV 的使用方法及其特征

我们一般所使用的语音 QSO 是一种无线电话，而不是单一方向的无线电广播。同样，ATV 也不是单纯模仿电视广播，而是可以相互看到对方，介绍设备，显示天线等进行视觉通信的典型。当然，过去也曾有过由于没有通信对方而形成广播形式的时代。

ATV 由手持摄像机拍摄，经过编辑加工、加入字幕等特殊效果，在制作过程中可享受录像制作和无线电通信的双重乐趣。不言而喻，在传送图像的同时也传送了声音。ATV 的特征是由于基带(调制前信号的传输带宽)为 4.5MHz，所以不能用 HF 或 VHF 波段传输，只能用 430MHz 以上的频带(最近以 1.2GHz 或 2.4GHz 为主)进行通信。因此，平原的电台之间，在半径为 50Km 的区域内可进行图像质量良好的通信。

ATV 的图像调制方式与声音调制相同，也有 AM(调幅)和 FM(调频)两种方式。430MHz 以前多用于 AM 方式，但最近 ATV 多使用 1.2GHz 以上的 FM 方式

我们日常所喜闻乐见的电视广播(VHF)是 AM—TV，而由广播卫星和通信卫星(SHF)等图像传送是 FM—TV。AM—TV 方式抗噪声能力较差但发送设备比较简单，而且传输频带比较狭窄为 4.5MHz，接收端可以使用(具有 AM—TV 解调器的)家庭电视接收机。与此相对，FM—TV 方式的发送

照片 7—1　ATV 台的一例

设备较复杂，传输频带也较宽为 18MHz，而且需要专用的图像解调器，但这种方式的优点是通信区域比 AM—TV 方式扩大了一倍。

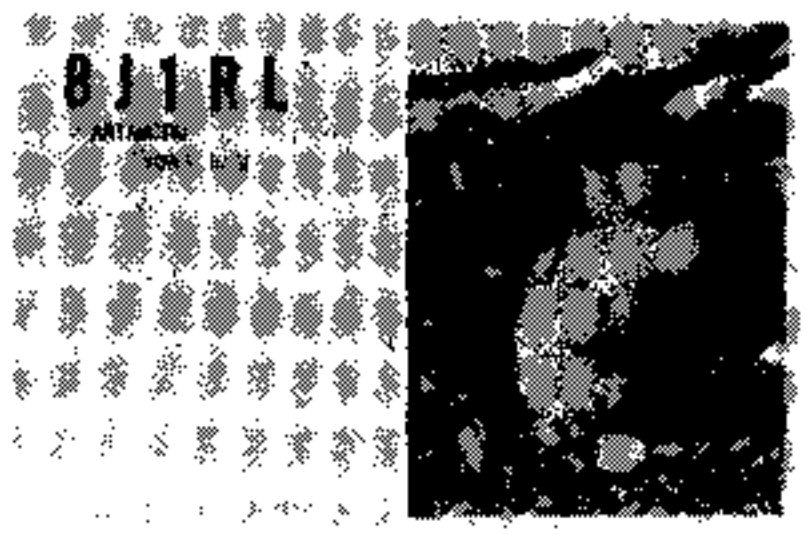
7.1.3

SSTV 的使用方法及其特征

在图像传送中，只传送静止画面，但可以与遥远的外国电台通信的方式称为 SSTV。

最近，可视电话正在开始普及，而在业余无线电领域里，早在十几年以前就已开始了类似的通信。初期的 SSTV 使用雷达等设备使用的长余辉显像管，必须在很暗的房间中使用。后来利用扫描变换器数字化，提高了解像度和改善了灰度等级，监视器也可以使用普通的电视监视器了。

最近几年，由于 LSI 技术的进步，SSTV 正在向彩色化发展。在开始时是使用串行方式的彩色，需要在黑白摄像机前变换彩色滤光镜，美国的罗伯特公司生产的 1200C 型彩色扫描变换器被称为 TMCC 方式，由于可以



照片 7—2
与南极的昭和基地之间的 SSTV－QSO（参照本文）

使用普通的彩色摄相机，使彩色 SSTV 得到了快速的发展，并且正在逐渐成为主流。

SSTV 的扫描线为 128 线或 240 线，可在 8 秒或 12 秒内传送一帧静止图像，所以只要与语音传送相同的 3kHz 带宽，就可用 HF 的发射机进行通信。因此，DX 的图像通信可在世界范围内进行。

1974 年 12 月，第一次实现了业余电台与南极的昭和基地之间的 SSTV QSO，成为人们一时的话题，后来由于可以利用通信卫星对该基地进行现场实况转播，在今天看来已经很一般，但在当时却是很有戏剧性的。

7.2.1 ATV 的设备

①视频设备

包括摄像机、录像机、电视监视器和字幕幻灯机等。

②图像调制器

AM 或 FM 方式的视频振荡器。

③声音调制器

在声音与图像同时传输时，需要使用声音调制器。不论图像调制使用 AM 还是 FM 方式，声音都使用 FM 的副载波传输。

④发射机和接收机

一般使用 UHF 或 SHF 频带的无线电收发两用机，或变频器。如有与天线直连的接收放大器则更好。

⑤天线

使用指向性较强的高增益天线。

⑥照明器具

最好使用小型聚光灯和进行基础照明的日光灯。

7.2.2 ATV 的代表性商品

★TV—1275 (ICOM)

把 IC—1275 (1200MHz 全波段收发两用机)与 TV—1275 (ATV 适配器)进行组合，可实现 AM—ATV 的发射接收。

★FTV—140A

FTV—140A 是 FM—TV 信号发生器。把 FTV—140A 与 UTV—1200B、—2400E (1200／2400MHz 上行变换器) 组合可实现 FM—ATV 的发送及接收。

7.2.3 SSTV 的设备

①视频设备

包括摄像机、录像机、监视器、字幕幻灯

照片 7—3　IC—1275(上)，TV—1275(下)

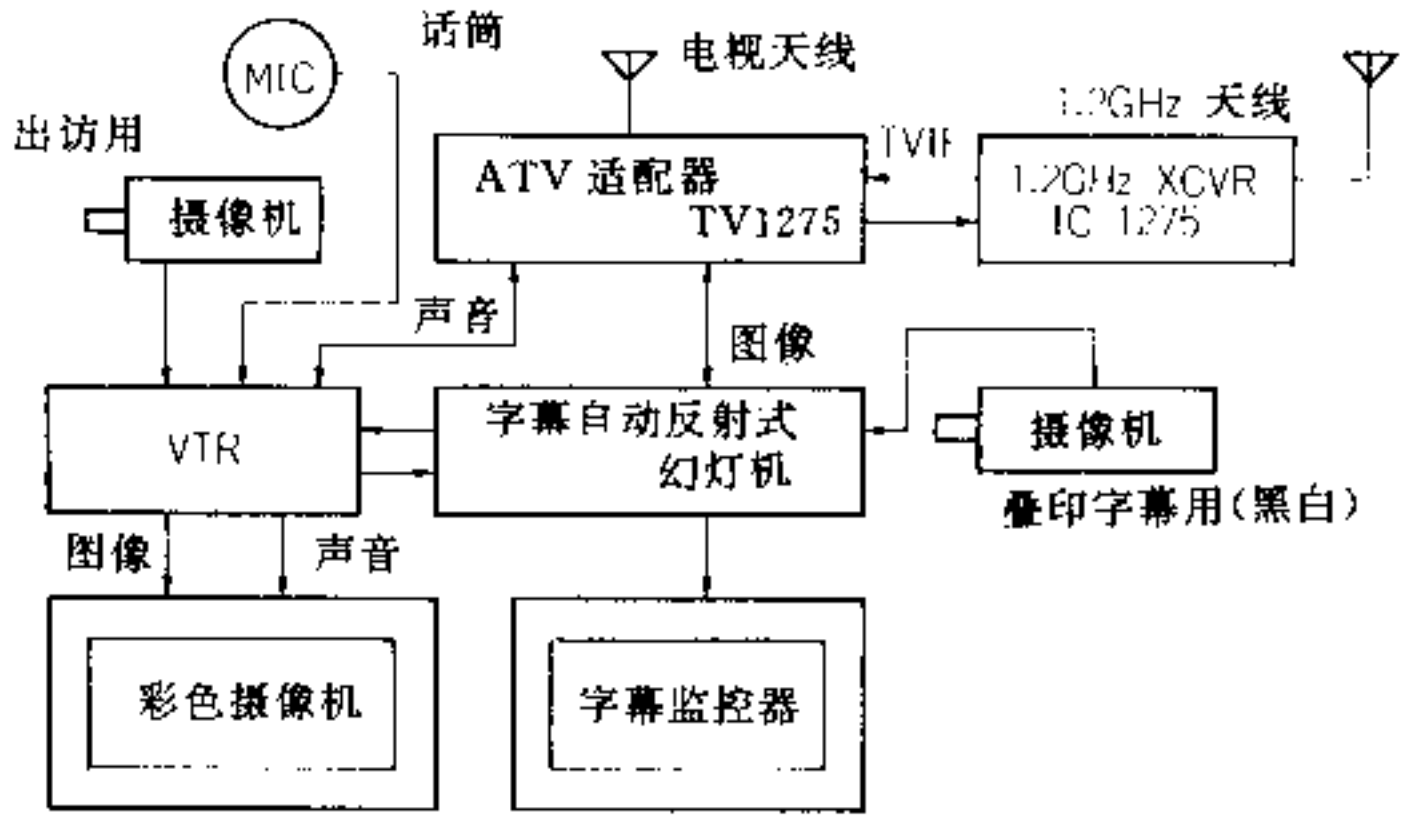


图 7—1
使用 ICOM TV—1275 的 ATV 台的组成举例

机(在 SSTV 的情况下,还可以使用盒式录像设备录像。)

②扫描变换器

进行 A/D、D/A 变换，并可进行画面存储的变换器。最近多使用彩色扫描变换器。具有与微机组合的接口设备。

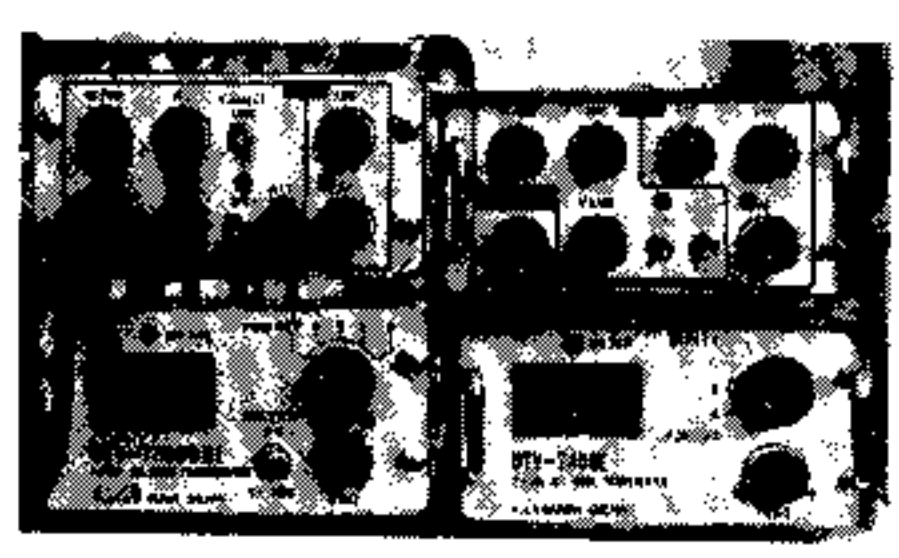
③发送/接收设备

可进行 HF～UHF 的音频传送，可使用 SSB 或 FM 方式。

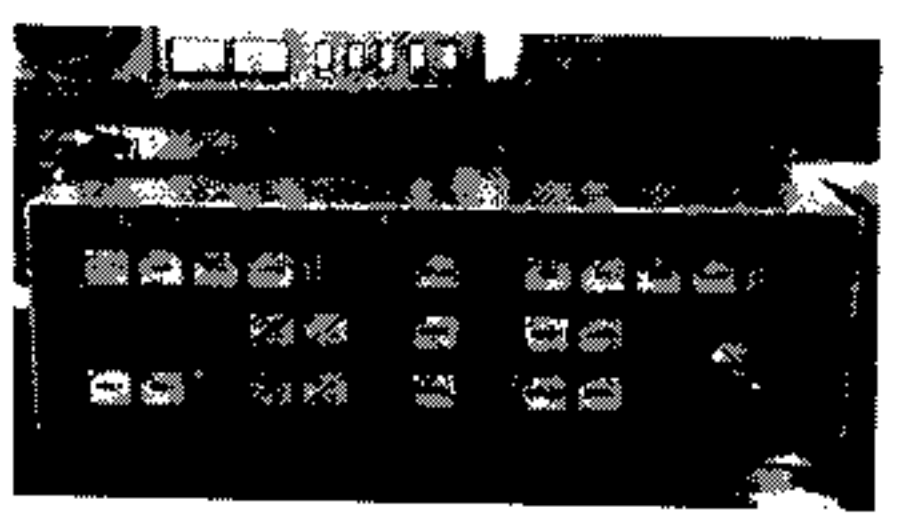
④天线

可使用一般的天线。但增益较低的天线会造成 DX QSO 的困难。

⑤照明



照片 7—4　FTV—140A(上)，UTV—1200B(下左)，UTV—2400E(下右)



照片 7—5　Model 1200C

照片 7—6　自制 SC—77

小型聚光灯等。

7.2.4 SSTV 的代表性产品

★Model —1200C (ROBOT 公司)

彩色扫描变换器。传送一张彩色图片的速度可选择 12 秒、24 秒、36 秒和 72 秒等速度。可与微机连接。

★FSCR—400A (泰克公司)

多系统微机接口，可用于 SSTV 以外的 FAX 和 RTTY 等场合。

★Q—7070 (东野电气公司)

业余无线电用通信计算机。SSTV 的发送是它的可选功能，并可用于 FAX、RTTY 以及气象 FAX 等场合。

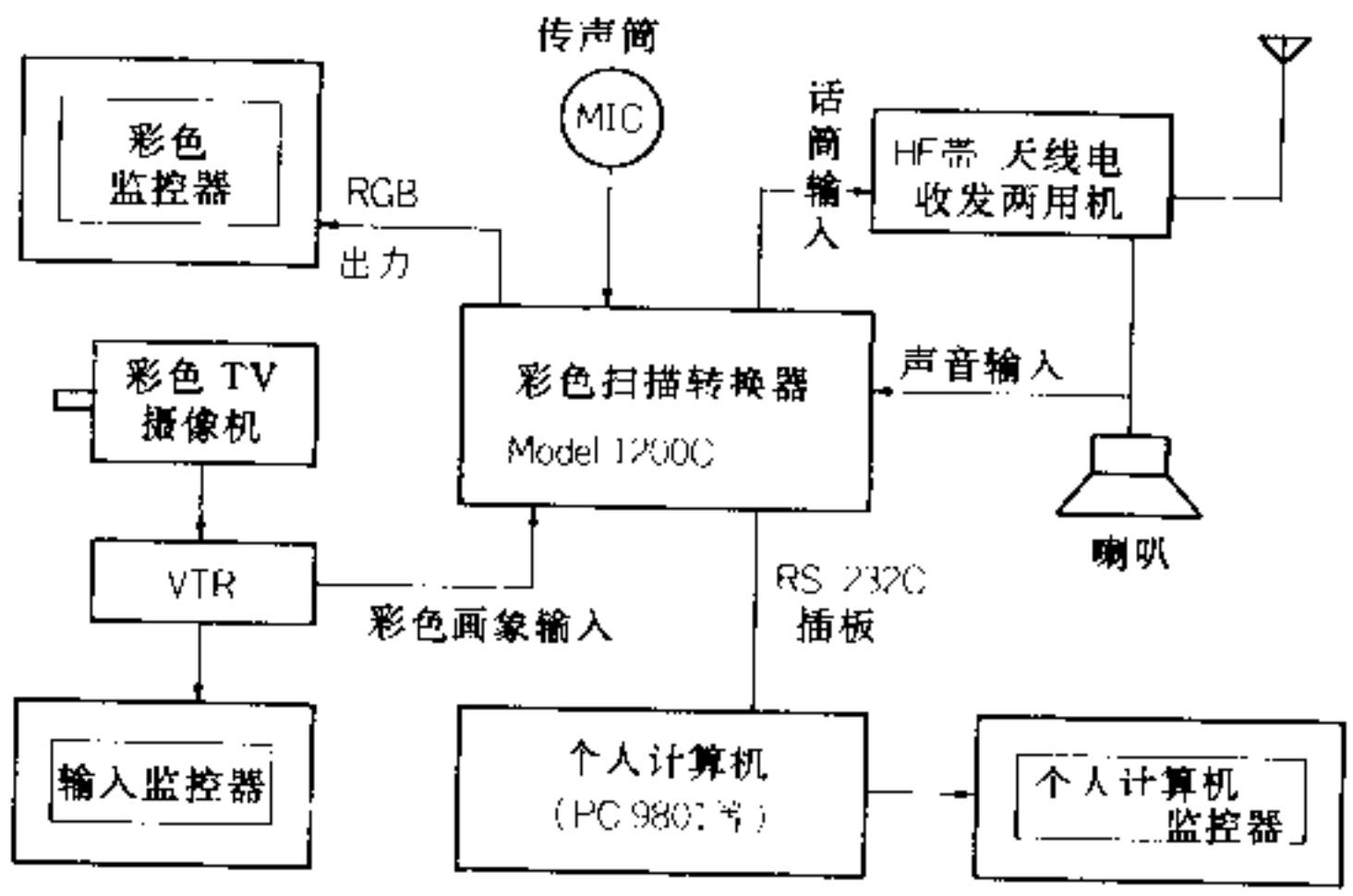


图 7—2　RoBoT 公司使用 Model—1200C 构成 SSTV 台的例子

照片 7—7　SSTV 电台举例(JA1XVY)

★SC—87 (JASTA)

彩色扫描变换器配套设备。由“SSTV 者” —日本业余无线电联盟的 SSTV 协会分发。以前曾使用黑白图像用的 SC—77，曾经是 JA 的主要设备。

7.3 电视图像通信的操作方法

7.3.1 在 1200MHz 频带上操作 ATV 举例

·CQ 的发送方法

利用摄像机、录像机或计算机的画面表示本台的呼号，音频信号用 435MHz 监视（守听频率）。这时容易出现的问题是：方向性较强的天线应向哪个方向发出 CQ。ATV 与声音不同，如果信号强度低于 S9+40dB，就会因图像模糊而得不到应答（在 AM—ATV 的情况下）。显示自身电台的 QTH，比较容易使对方的天线方向对准自己。

·应答方法

如果可接收到 CQ 电台的信号，可用 435MHz 的指定频率用语音应答，或是利用对方图像准备的时间以发送图像的方式应答。在波道内和反向波道中同时发送信号可以实现图像的双向通信，但实际上几乎没有实例。

照片7—8 ATV的移动应用传送外景

关于通信的内容，没有定规，有时如同可视电话，有时可进行录像观摩，也可以利用 ATV 直接传送外景，对通信内容进行监视也很有意思。

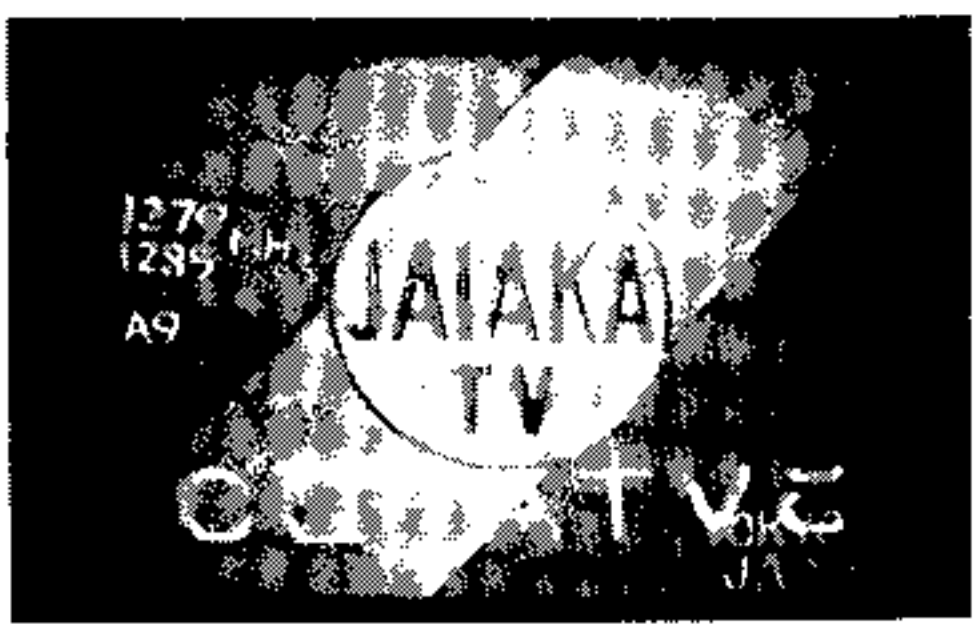
★使用频率

在 JARL 规定的范围内，常用的频率有 1279MHz、1285MHz 和 2412MHz 等。

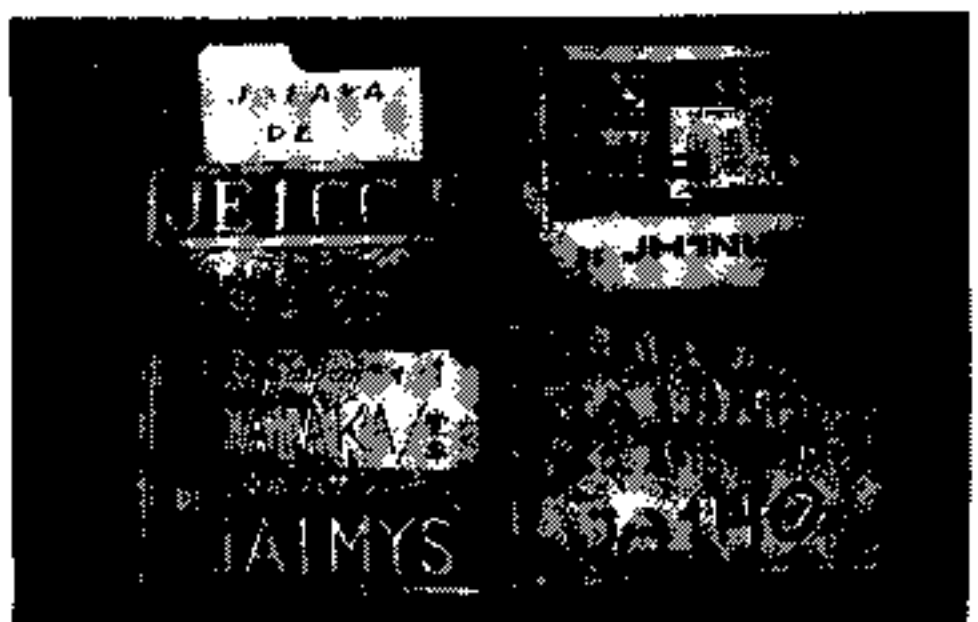
7.3.2 在 HF 频带上操作 SSTV 的举例

·CQ 的发送方法

把 CQ 的画面（静止图像）用慢扫描变换



照片7—9 ATV的信号传呼举例（Q的字幕为横向。JA1AKA）



照片7—10 由ATV形成的QSO图像举例

器或计算机进行存储。然后把D／A变换后的SCFM信号(啸声)与发射机的话筒连接进行发送。发送一幅图像用8～36秒，由于CQ较长，如不小心在DX频率窗口使用，会遭到谴责。

·应答方法

把接收机的输出端连接到扫描变换器或微机的接口上，从显示器上进行监视。由于SSTV与ATV不同，没有固定的频道，所以不准确地调整频率就不能解调出清晰的图像。接收对方台呼号后，可以把它和本台呼号一起放在画面上，通过扫描变换器等设备连接到发射机的话筒上进行应答。

应答内容可以是介绍QTH、QRA、电台设备、天线以及SSTV设备等。把"橡皮图章"式的QSO(固定的部分)做成幻灯片存在VTR或微机的存储器中比较方便。

★使用频率

HF段的中心，14.230MHz、21.340MHz和28.680MHz都是经常使用的。

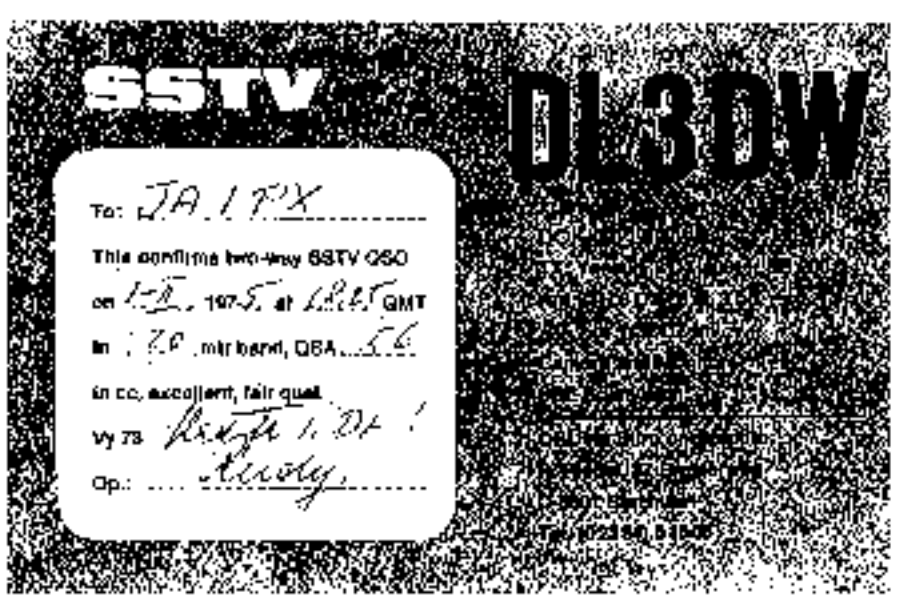
由于SSTV可以与DX进行QSO，QSL卡的传送也是乐趣之一。本节中有具有SSTV风格的QSL卡。DI1IJ的卡片所用的设备是罗伯特公司使用长余辉显像管的SSTV监视器。

照片7—14 由SSTV进行传呼的例子(JA1XVY)

照片7—11 利用ATV QSO图像的QSL(JK1HSP)

照片7—12 ATV台的QSL

照片7—13 SSTV台举例(JA1PX)



照片7—16 SSTV台的QSL举例

照片7—13 SSTV—QSO的图像举例

表 7—1　电视图像通信方式的比较

[SSTV 和标准电视]

	标准电视	黑白 SSTV	彩色 SSTV
扫描线数	525 条	128 条	240 条
纵横比	4：3	1：1	4：3
一张画面的传送时间	1／30 秒	约 8 秒	12／24／36／72 秒
图像信号频带	4.25MHz	0.9kHz	0.9kHz
调制方式	AM	SCFM	SCFM
		白……2300Hz	
		黑……1500Hz	
		同步……1200Hz	
调制极性	负	正	正
传输带宽	6MHz	3kHz	3kHz

[ATV 方式(1200MHz AM 方式)]

电波形式	A5(图像)　A9(图像和伴音)
最高图像频率	4.5MHz
占有带宽	9MHz(双边带)
声音最高调制频率	7.5kHz
声音最大频率偏移	±25kHz
图像传输频率	1282MHz
声音传输频率	1282±4.5MHz

照片 7—17　SSTV 台的 QSL 举例

▶参考文献

(1)荒川賢，JA1AKA：初心者のためのアマチュア・テレビ講座，CQ ham radio，1986年9月～1987年5月号連載

(2)冨永弘文，JE1ENI：カラー SSTV，CQ ham radio，1月号，

(3)神原克彦，JG1DDT：スキャンコンバーターによるカラーSSTV システム，CQ ham radio，7月号，1987

(4)宮崎好宏，JA3CF：FSCR 400A の機能と使用感，CQ ham radio，1月号，1988

(5)栄本勝，JA3AHG：Model 1200C のコンピューターオペレーションについて，HAM Journal，2月号，1988

传真通信及其应用

8.1 FAX 的发展过程

传真（Facsimile 以下简称为 FAX）的历史比较久远，发明于 1843 年。但直到二十世纪七〇年代才被广泛普及，在日本同时期开始大量生产有线传真机。目前，FAX 正以更快的速度普及，不仅是作为办公用品，而且已经开始进入家庭。

业余无线 FAX 是从 1945 年在美国进行的 VHF 波段的试验开始的。

在日本，最近几年有线 FAX 已被高速 FAX 设备所取代，低速的旧设备则被转移到廉价的旧货市场上。这些旧设备受到开拓精神旺盛的业余无线电爱好者的青睐，他们把这些陈旧的设备改造为无线电用的气象 FAX 以及新闻 FAX 机，不仅可用于接收，还可以用于发射。这种作法在很多业余爱好者中产生了共鸣，他们的人数还在不断增加，并不断改造成为高性能的设备。

最近，在美国业余无线电 FAX 的使用也得到了许可，以此为契机，业余 FAX 在世界范围内得到了承认。如上所述，业余无线电的 FAX 是与有线 FAX 共同发展的。

目前，常用的无线电 FAX 包括在 HF 波段利用 SSB 发射的带宽为 3kHz 的 F4 和在 V／UHF 波段利用 FM 发射机的 F4。

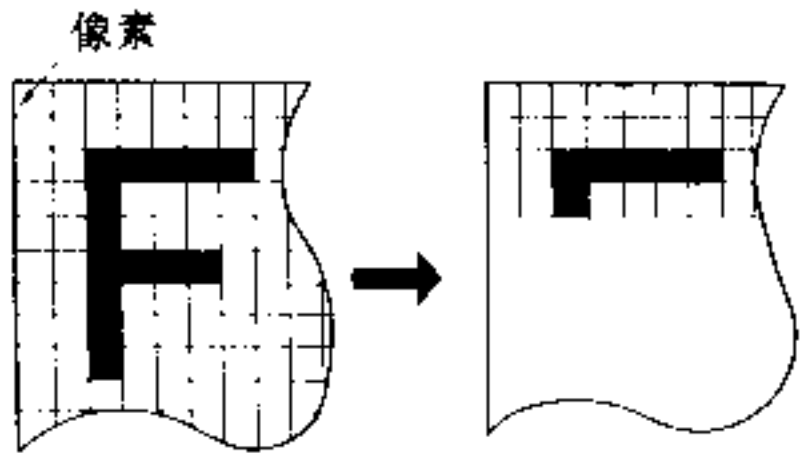
8.2 FAX 的原理

用电信号传送文件、图表或照片时，首先要把原图分割为许多微小单元，并把各原图单元的灰度变换为电信号。图 8—1 是这一原理的示意图，在图 8—1(a) 中是把原图细分为许多小的四边形，在经过变换后，从左至右，自上而下地按顺序发送。在接收端也按相同的顺序进行接收，在图 8—1(b) 中再现出所接收到的记录图。

图中小的四边形称为“图素”从左至右的方向称为主扫描，自上而下的方向称为副扫描。副扫描的间隔越小，线密度（每毫米内扫描线的数量）就越高，由于像素面积小，图像

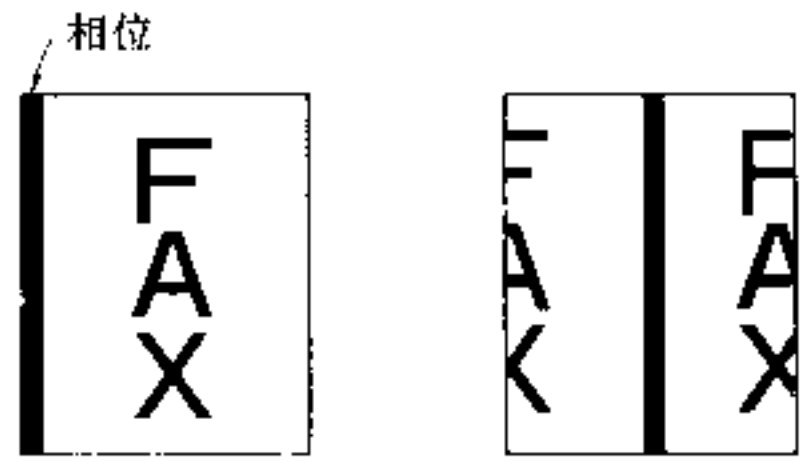
表 8—1　FAX 主要规格一览

FAX		传送时间（A4 稿纸一张）	线密度（线／mm）	协动系数	扫描速度（扫描／分）	调制方式	传输频率（Hz）
业余无线电 FAX		9 分钟	3.85	265～295	120	SCFM	1900
有线用	G1	6 分钟	3.85	264	180	FM	1900
	G2	3 分钟	3.85	264	360	AM－PM－VSB	2100
	G3	1 分钟	3.85／7.7	—	(4800bit／s)	PSK	1800



(a) 原图　　(b) 记录图

图 8—1　FAX 的原理图



(a) 原图　　(b) 记录图

图 8—2　同步偏校的记录图

质量较好，但会延长发送时间。一般在标准方式下，线密度 d＝3～4 线／mm，在高分辨率方式下 d＝6～8 线／mm。

在 FAX 通信中，发射端的扫描要与接收端相互同步。其中主扫描的同步称为“引同步”，在使用滚桶的设备中则称其为“旋转同步”。同步对于 FAX 是十分重要的。

另外，在发射端和接收端之间，主扫描的起始位置也要求一致，这称为“相位同步”。相位不同步，就会出现图 8—2(b) 中所示的现象，同步信号进入画面，造成原稿的分割。由于一般设备都采用自动工作方式，从头开始的接收一般不会出问题，但中途开始接收，或 SSB 的使用中不正确的调谐常会造成同步失调。

在表 8—1 中对业余无线电 FAX 和有线 FAX 的主要规格进行了比较，但最近业余爱好者使用的微型传真机在不断增加，所以业余无线电 FAX 已不再包括原来的 SCFM（参照 FAX 用语）方式的 FAX。

8.3 业余无线电 FAX

8.3.1 机型的现状

业余无线电 FAX 的最大特征是使用 FM 调制方式的有线用设备或是将设备改造成这种调制方式。表 8—1 中第 1 组(G1)的设备主要采用 FM 调制方式，所以很容易改造为无线电用设备。

由于篇幅所限，在这里不能详细介绍各种机型的改造方法，在参考文献中列举了有代表性的业余改造机型，供读者参考。

要注意的是，在 G1 和 G2 设备中，接收记录用纸较难买到。

改造为业余用设备的主要规格如表 8—1 中所示，其旋转速度（扫描速度）为 120rpm，其“协动系数”（参照 FAX 用语）以 280 左右为标准，按此标准可在 9 分钟内传送一张 A4 原稿。根据试验，即使是扫描速度为 240rpm 其解像度也不会有明显变化。在干扰较少的情况下，在短波波段也可使用 240rpm 方式。

表 8—2　个人计算机的 FAX 接收一览表

型号	厂家	使用个人计算机	特征
TN2—24MK2/23MK2	达斯克电机	各种机型(要软件)	有 PC—9801专用软件
PK—232J/JM	WORD	同上	有 PC—9801/IBM—PC 专用软件
KAM/KPC—4J/—2J	东京 HIGH POWER	同上	同上

最近，利用微机和多功能 TNC 接收 FAX 的系统已经商品化。表 8—2 是这些系统的一览表。这些设备都只能表示两级灰度。最新的微机的确提高了分辨率，但使用微机接收图稿还尚未普及。但这种方式具有以下优点：

1)无需记录纸等消耗品

2)可简单地变更旋转数和协动系数

3)可保存必要的图稿

4)即使是途中接收也较易取得同步

5)可处理(加工)接收到的图稿

由于有线 FAX 逐渐变化为数字方式，利用这种设备向 SCFM 方式改造比较困难。今后的业余无线电 FAX 将会以微机系统为中心。

表 8—3　JMH 频率表

JMH	3622.5kHz
JMH2	7305 kHz
JMH3	9970 kHz
JMH4	13597 kHz
JMH5	18220 kHz
JMH6	23520 kHz

在业余无线设备上要调谐到低于表中频率 1.59kHz 的频率，并使用上边带

8.3.2 使用的要点

业余无线电 FAX 的第一步可以从接收气象 FAX 广播开始。日本气象厅的天气图 FAX 有两个系统，其中 JMH(参照表 8—3)是对社会开放的，由于可较方便地使用业余无线电设备接收，所以被广泛利用。

特别是每日两次的测试图广播，对于判断设备状态是很有效的。但是所广播的测试

FAX 用语

＊协动系数

发送 FAX 原稿的滚桶直径与扫描线密度的乘积称为协动系数。当协动系数与滚桶的旋转速度一致时，接收到的图稿与原稿最为相似。协动系数越大分辨率就越高，但图稿的传送时间也会成比例地延长。

一般来说，对于业余无线电 FAX 的协动系数没有严格的规定，根据所改造设备的不同，使用的协动系数值为 265～295。由于气象图 FAX 的协动系数为 576，由业余无线使用的协动系数接收时，会得到横向展宽的图稿。

由此，使副扫描速度降低为原来的一半就会得到基本正常的图稿。

＊SCFM

SCFM 是副载波调频的缩写，这种调制方式是用 SSTV 或 FAX 等图像信号调制音频载波的频率并作为发射机的音频放大器的输入信号。

在短波波段的图像通信中，干扰和天电噪声是最有害的。这些有害因素会影响图稿的质量，会干扰同步造成图稿混乱，有时还会造成设备停止工作。

事实已经证明 SCFM 以及直接调频(FM)方式比调幅(AM)方式有更好的抗噪声特性，已经被 CCITT 作为国际 FAX 等国际图像通规程采用。

图为了防止过黑接收，已进行了相当的白化处理。因此，严格的调整应使用测试图的原稿（可从图像电子学会索取）进行。另外，如不在SSB设备的USB位置接收JMH，则会形成黑白颠倒的负像。

使用SSB设备时特别要注意的是正确调谐收发频率。如果频率误差超过30Hz，有些机型将不能开始工作。此外，应使用稳定性较好的无线电设备，否则会造成接收过程中的灰度变化或中断扫描。

短波波段的FAX，最有意思的是与国外电台的通信。

接收到高质量图稿的窍门是使用定向天线，把主要信道以外的多路径电波反射等无用信号消除掉。

作为经验，在短波波段使用的频率越高，多路径电波反射回波的影响就越小。另外，利用高轨道的卫星（Phase Ⅲ—C等）进行的通信，在今后也会有较大发展。

照片8—1 利用中转台再现中间色调的记录图屏幕亮度（由JF3HHO提供）

▶参考文献

(1)笹田路次郎：フォクシミリ新画像通信（エレクトロニクス選書），秋葉出版

(2)HAM Journal No.32：フォクシミリ通信のハード＆ソフト，CQ出版社

(3)記載事項改造機器：Panafax1000・1000TC，2000・VF5・VF9S

(3)HAM Journal No.36：続フォクシミリ通信のハード＆ソフト，CQ出版社

(4)記載事項改造機器：Netax1000S，1000SR・Panafax3000，4000，4500，6300・COPIX4000

(5)CQ ham radio 1987年11月号：特集ミニFAXで楽しむ画像通信，CQ出版社

(5)保坂陣久，JK1EWY：パナファクス3000のすべて，電波実験社

(6)佐々木周平，JA3XOC：NTTミニファクスを無改造でイメージスキャナーに，PCワールド6月号，p.78，ソンビューターワールドジャパン，1986

(7)伊佐友一，JR6DJ：ミニFAX BRS局の作り方，CQ ham radio11月号，p.237，CQ出版社，1987

SSTV与业余无线电FAX有以下的频率关系：

副载频1900Hz

白信号频率2300Hz

黑信号频率1500Hz

同步信号频率1500Hz (FAX)

同步信号频率1200Hz (SSTV)

＊SSTV和FAX

SSTV与FAX的调制方式和副载波频率基本相同，所不同的只是同步信号。SSTV和FAX这两种方式都已计算机化，并都在努力提高记录密度。

另外，有关利用分包通信方式进行图像通信的研究也在积极进行。到目前为止，在利用微机进图像通信时，其输入手段仍然是使用FAX或SSTV系统。

根据对以上各项内容的考察，各种方式都是通过微机进行图像通信处理的，因此可以予见今后业余爱好者的设备会很快地微机化。在不远的将来可能会出现综合型的新型设备，业余爱好者的图像通信也将会有更大的发展。

第9章 RTTY和AMTOR及其应用

9.1 RTTY 应用现状

RTTY (Radio Teletype，即无线电电传打字)是以无线电方式进行电传通信。在发送一端用键盘替代话筒或电键输入信息，而在接收端则把来自对方的文字印刷在纸上或显示在显示器上。可以使用的文字包括 26 个英文字母(大写)、数字和一些符号。这种方式只用眼和手进行通信，所以对于听力有障碍的业余无线电爱好者特别适当。

RTTY 的使用方式包括与电话、电报相似的对话和 DX 通信，还可以进行通信竞赛以及用许多文字构成图案等。

RTTY 最多使用的频段是 14MHz，在 21MHz 和 28MHz 也集中了很多业余爱好者。在 3.5MHz 和 7MHz 可进行通信竞赛和试验。关于电波形式，在 HF 波段使用 F1，在 V／UHF 波段则使用 F2。

在 70 年代曾使用了机械式设备，而在 80 年代后固态化的 RTTY 设备已成为主流。最近，除了分包无线电通信外，还出现了可用于 RTTY 的多模式数据控制器，从事 RTTY 的爱好者也在不断增加。

AMTOR 包含在广义的 RTTY 中，其终端设备可以沿用以往的 RTTY 终端，是利用由微机实现编码变换的设备进行差错校验的通信方式。AMTOR 与以往的 RTTY 相比较，误字、漏字都很少。

现在，在 RTTY 和 AMTOR 方面都有成形的硬件产品。而在电传机的连接和各种附加设备等方面还为业余爱好者留有充分的发挥余地，这也是这种通信方式的特征之一。

RTTY 需要使用的设备

9.2.1

收发设备

在 HF 波段，最好使用具有 FSK (RTTY) 方式的收发信机。接收机的性能是非常重要的，但具有 FSK (RTTY) 方式的机型，接收性能都不成问题。在不具有 FSK 方式的 SSB 发射接收机中，由于是使用 SSB 方式接收信号，滤波器的频带过宽往往造成较弱的 DX 信号难以解调。

在 AFSK 方式中可以发射等价的 F1 信号，在 AMTOR (A 方式) 的使用中需要使用发射／接收切换时间较短的收发信机。在 V/UHF 波段，由于是以 F2 信号为主，所以只须在 FM 收发信机的话筒端子上接入 AFSK 信号，而不需要专门的设备。

9.2.2

RTTY 使用的附加设备

以下列举五个 RTTY 台的构成示例。文中的 TU 指终端单元（包括解调器），是把扬声器端子产生的音频信号变换为电流的通断（或电压的高低）的设备。音调键控器是用于 AFSK 的设备，也称为调制器，可产生与发送编码的“传号”和“空号”相对应的两种音频信号。

(1)机械设备＋自制 TU

现在可以搞到的机械设备是美国 Teletype 公司的 Model—32ASR (照片 9—1)或是将其日本仿制的谷村新兴公司的 L—75。这两种设备都具有接收穿孔和纸带发送功能。这种设备可连接自制 TU，在无 SSB 收发信机的情况下，需要使用音调键控器。

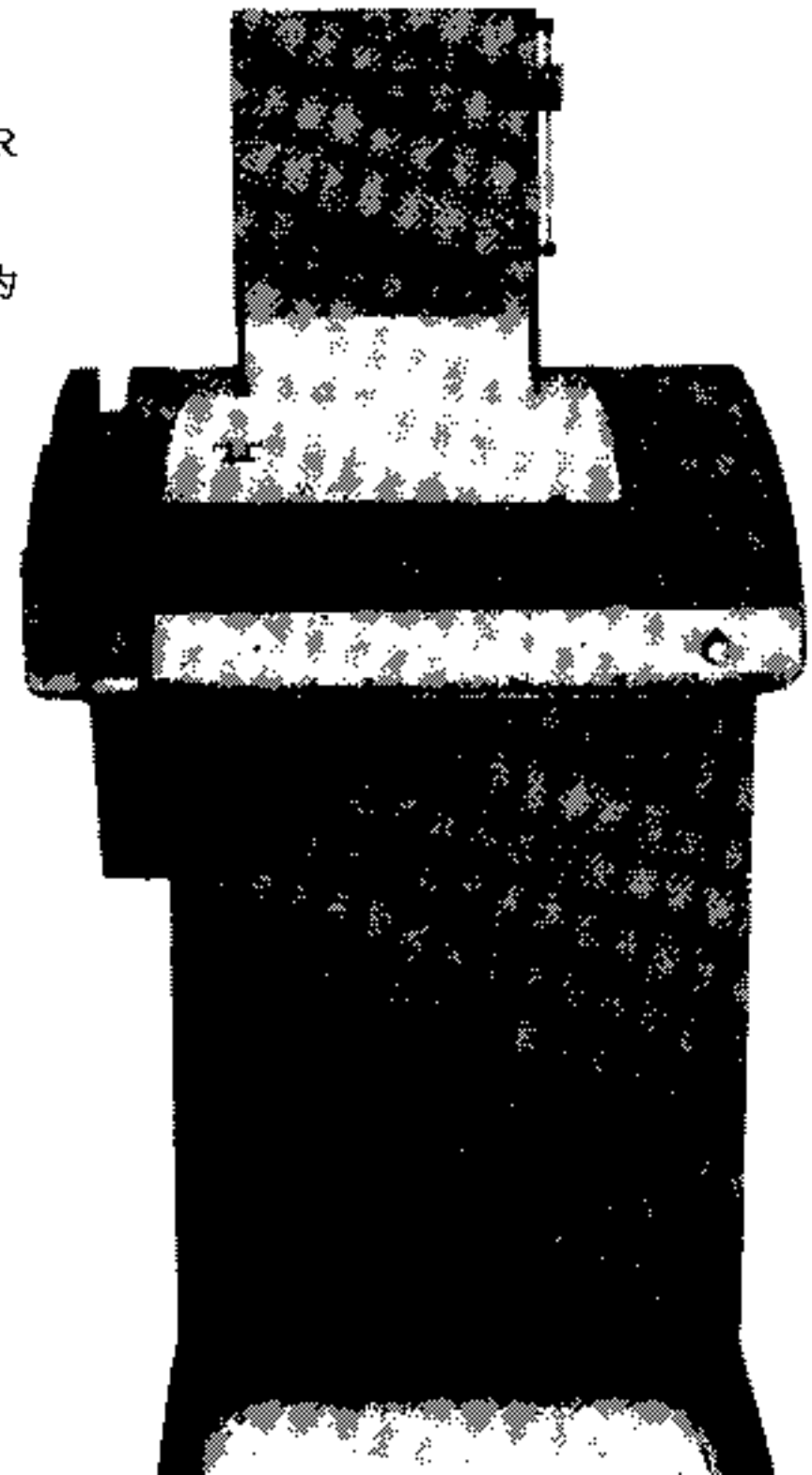
(2)利用微机进行 RTTY

(a) 自制 TU、音调键控器和接口

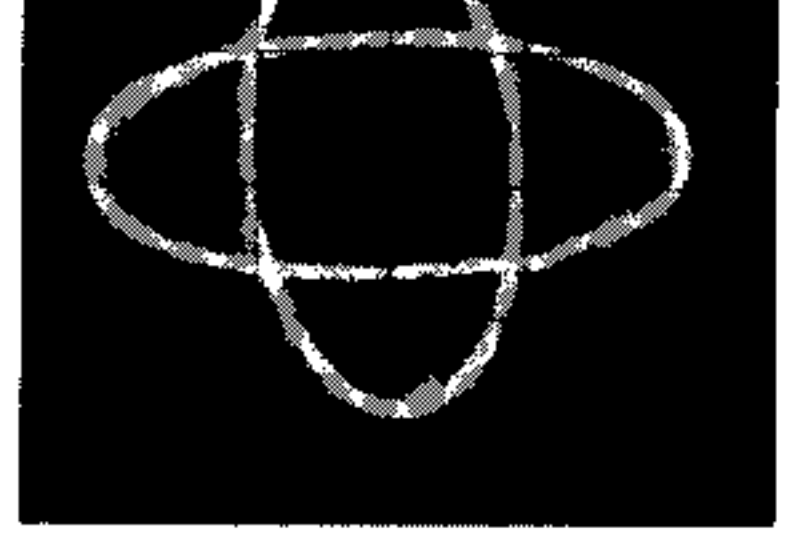
在已有的微机上附加上适当的接口，并连接自制的 TU（在 AFSK 的情况下还要制做音调键控器）。软件可以使用 BASIC 语言。微机不一定必须能处理日文假名或汉字，但最好装有软盘驱动器。对于喜欢动手的业余爱好者来说，微机是能够以低成本进行 RTTY 的好方法。在美国产的软件和接口中也有与 AMTOR 相对应的产品。

(b) 使用全方式数据控制器

美国 AEA 公司的 PK232 以及 KANTRONICS 公司的 KAM 等产品，本身是分包无线电的 TNC (Terminal Node Controller)，但也能用于 RTTY (包括 AMTOR 和 ASCII)。在微机上有 RS—232C 接口板，只须配合适当的终端软件（通信软件）。在 PK232 和 KAM 上都具有用于观察交叉图的示波器端口，所以调谐操作非常容易（参照照



照片 9—1 M—32ASR 型电传机，一般也称为 ASR—32



照片 9—2　交叉图形

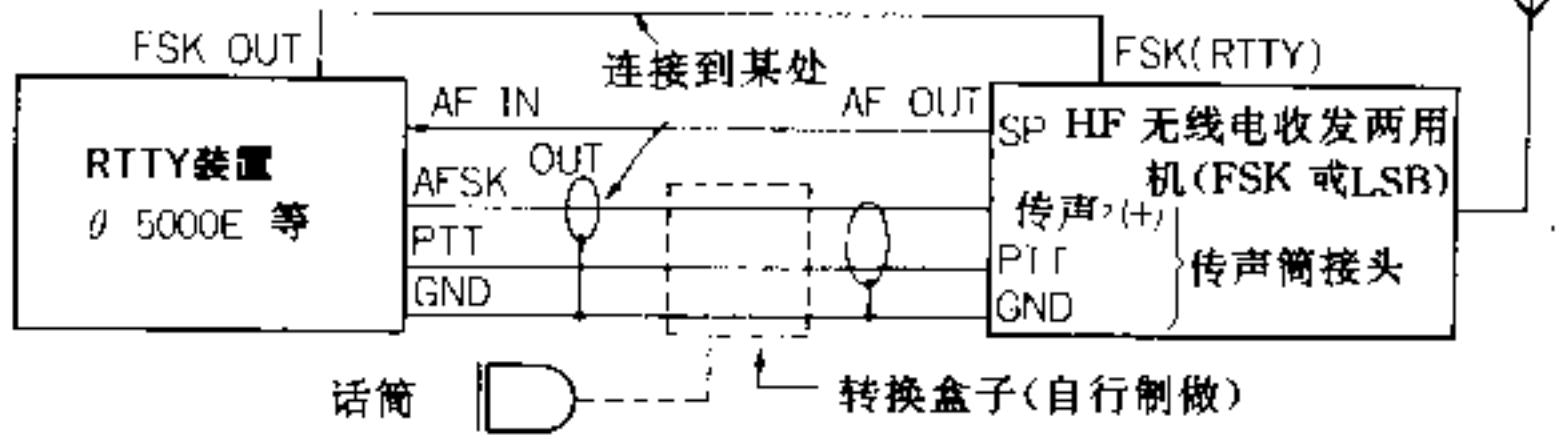


图 9—1　连接方法

片 9—2)。几乎不需要自制设备。

(c)使用 RTTY／AMTOR 的附加装置

在 TONO 公司的 θ—777、θ—7070 或 PROCR 的 CT—100 上用 RS—232C 电缆连接微机，只要在微机上运行终端软件就能够方便地进行 RTTY 的发送和接收。

(3)使用成套的 RTTY 专用设备

TONO 公司的 θ—5000E 是这种设备的代表产品，可应用于 BAUDOT(通常的五单位 RTTY)、ASCII(计算机常用的七位或八位代码)、AMTOR(业余无线电的一种带纠错的电传) 和 TOR(海上通信常用的带纠错的电传)等方式。这种设备装有显示器并附带键盘，所以不需要其他外部设备。

·RTTY 装置与 HF 无线电收发机的连接举例。在具有 FSK 方式的无线电收发机中，不需要把 AFSK OUT 连接到话筒输入(+)端口上。

·在 VHF—UHF 的 F2RTTY 的情况下，也用同样方式连接，但要在 AFSK OUT 与话筒输入(+)端口之间加入 VR(10～50KΩ)，在调试时应避免过调制。

如上所述，选择无线电设备应不成问题，但在与此相关的 RTTY 或 AMTOR 设备方面则有各种不同的做法和机型。业余爱好者可以根据经济条件、微机的有无、自制水平和时间等因素进行选择。具有通信功能的打字机也可以作为(2)中的数据终端来使用。线路连接方法如图 9—1 所示。

9.3 RTTY 的使用方法

在世界范围内，RTTY 使用的频率为 14.07～14.10MHz、21.07～21.10MHz 以及 28.07～28.10MHz。在有些国家也使用 7.045MHz 和 3.59MHz(不能从日本 QRV)等频率。主要频带在 14MHz，其中 14.07～14.08MHz 主要用于 AMTOR(可听到“瞿瞿”虫叫声)，14.08～14.10MHz 用于五单位 RTTY(可听到“嘟噜”声)。110 波特的 ASCII 也可以使用，但由于差错较多而实用价值不大。使用上的注意事项如下。

(1)频移量和波特率

在五单位的 RTTY 中，频移量为 170Hz，标准速率是 45.45 波特，也有些电台使用 50 波特或 75 波特。此外也有频移量为 425Hz 的电台。移频方向为传号频率高，空号频率低(向下移频)。

AMTOR 只使用 7 比特的 100 波特速率，频移量为 170Hz，移频方向与商用通信系

统一致，与 RTTY 相反(向上移频)。

(2)使用的语言和编码

基本通信方法与 CW 相同，但在习惯上几乎所有的业余爱好者都使用英文（不使用缩写和 Q 简语)进行通信。日本的 QSO 则经常使用罗马字拼音，而不使用商用 RTTY 常用的 Z 编码。

(3)CR 和 LF 的重要性

CR (Carriage Return, 回车) 和 LF (Line Feed, 换行) 在电传机的收发信中是很重要符号。标准的 RTTY 一行有 72 个字符，在通信开始时，传送 CR 和 LF, 然后在每行的 72 个(或小于 72 个)字符后传送 CR 和 LF 符号。

用微机编制软件时，不能单纯用 RETURN 键发送五单位码的 CR 和 LF，要用专门的发送符号启动开始和结束时的 CR 和 LF。

(4)LTRS 和 FIGS

用五单位码(每一单位代表“0”或“1”两种信息)可传送的“状态”只有 $2^5=32$ 种，但在实际上可以用五单位码可传送 58 种字符，这是因为在普通的电传打字机上在每个打字杆上都上列和下列两个印字模（一般分别为大写和小写字符)，其中下列文字称为 LTRS 字符，上列文字称为 FIGS 字符。

在接收过程中，由于噪声干扰等原因，会出现丢失 LTRS 或 FIGS 符号，字符发生差错的现象。使用 UOS (Unshift—On—Space, 遇空格自动变成下列状态)。可防止这种现象。在固态 RTTY 设备中多具备此功能。

在使用 ASCII 终端(微机等)时，感觉不到以上两种字符的存在。

(5)RY 和 QBF

RY 和 QBF 都是在以机械式设备为主时使用的重要符号。通过 R(第 2、4 比特为传号)和 Y(第 1、3、5 比特为传号)的交替编码(互补代码）的互相传送，可便于接收机正确调谐，并易于进行使电传机工作在最佳状态的微调。QBF (THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG' S BACK 12345678910 TIMES) 是包含有所 26 个字母和数字的著名短文，经常被用于电路测试。目前，以上符号和短文的必要性都已经不大，RY 和 QBF 的使用也应频度也应限制在最小限度。

(6)RTTY 的频率表示

业余 RTTY 被称为向下移频方式，在没触动键盘时，传号为频率较高的信号，在打字后移频开始，空号表现为频率较低的信号。在 FSK 方式的设备中，频率度盘所显示的是传号频率（也有表示空号频率的机型)。在 AMTOR 中，所说的“频率”也是指所发射载波的较高频率。

因此，按度盘指示的 14.090MHz 频率发射时，会出现 14.090MHz 与 14.08983MHz 交替变换的载波。

应该注意的是，使用 HF 波段的 SSB 收发机在 AFSK 方式下进行 RTTY 的情况。在业余 RTTY 中，TU 的输入频率和解调器(音调变换器）的振荡频率必须一致，一般使用 2125Hz／2295Hz 频率时。而在 LSB 的情况下，由于在话筒端子上加了 2125Hz／2295Hz 频率的信号(2125Hz 为传号)，从天线发射的传号频率为“度盘显示－2.125kHz”。在商用 RTTY 中“频率”的定义与业余 RTTY 不同，指的是传号和空号信号的中心频率。

(7)存储器的问题

在机械式设备时代，把数据转变为穿孔纸带形成了很好的存储媒体。在微机中，则可以利用程序或外部存储设备存储通信的电文。但是，使用存储器的通信在 RTTY 领域里被称为橡皮邮戳，并不受到欢迎。用存储器产生 CQ、QTH、RIG 等内容的确比较时髦，但 RTTY 的乐趣之一就是用手输入适合于 TPO 的文章进行通信。

另外，经常借助于存储器进行通信，就很难提高打字水平。如果养成习惯，可以在 45 波特的 RTTY 上全速打字。

RTTY 的基本技术

有线电传机是把表示字符的传号和空号按一定的规则变换为直流电流（60mA）的ON／OFF 信号进行通信的。具体来说，就是用手由键盘输入或由设备读取纸带（已穿孔的纸带，相当于不挥发存储器）的方式向对方发送电文。

另一方面，由对方送来的信息可以由打印机打印出来或显示在显示器上。即电传机是不使用话筒和电键（CW 用）的通信方式。而使用无线电信道就形成了 RTTY。近来发展起来的 AMTOR，是把原来用于船舶与海岸之间进行电传通信的 TOR（Telex Over Radio）方式由英国的 G3PLX 改良为业余专用的一种通信方式。

以上是电传机为机械方式时的基本概念。这种方式在利用直流的 ON／OFF 进行发射、接收这一点上与电报（CW）有些相似，所不同的是，电报是由电键发送莫尔斯码，而在接收时主要由人边收听边译码。在电传机中，把输入的文字编码以及把编码变换为文字直至印刷都是由设备来完成的。

关于国际五单位码的编码构成请参考本书的资料篇。在 AMTOR 中是把五单位码（异步式）变换为七单位码（同步式）之后进行通信的。

RTTY 的发送，接收系统的原理如图 9—2 所示。

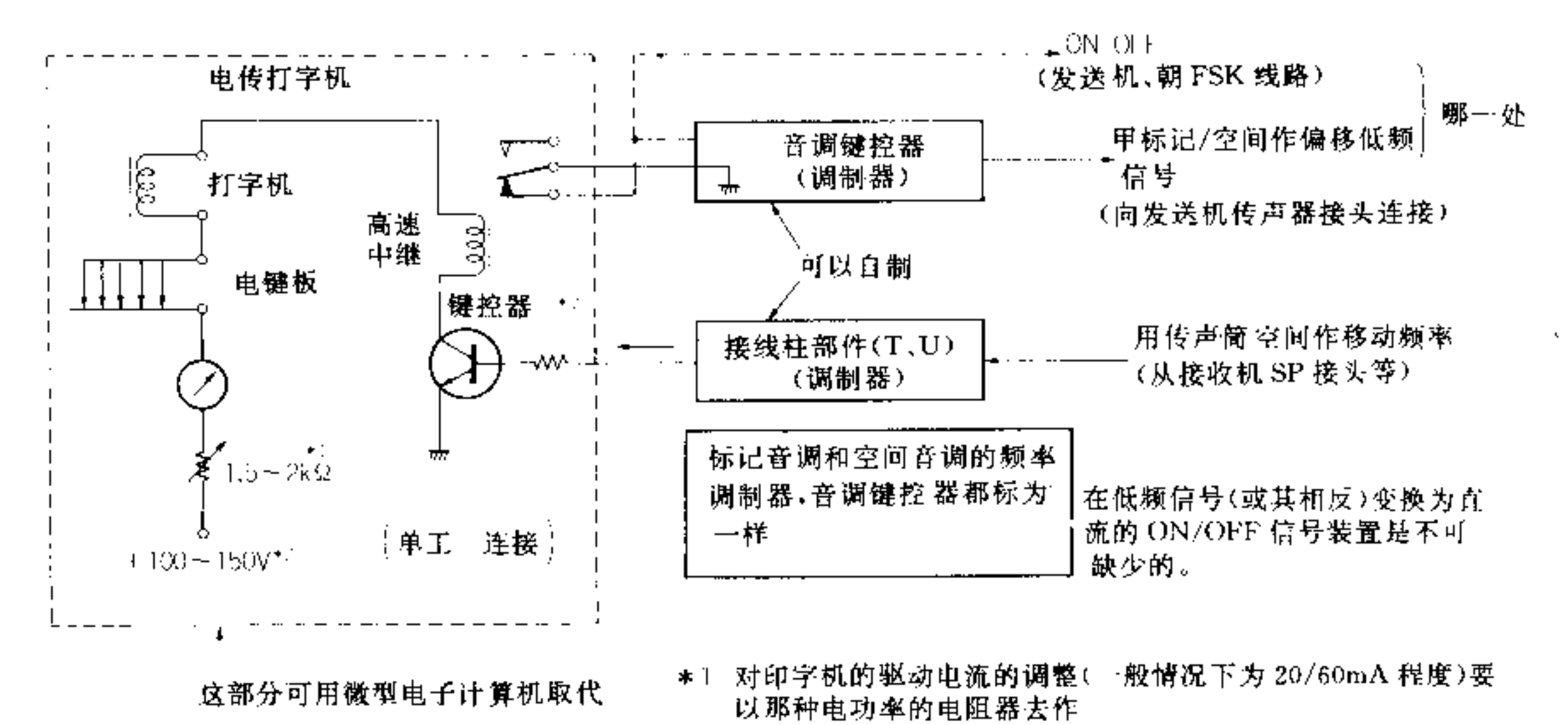


图 9—2　RTTY 发送、接收系统原理图

术语解说

＊波特(BAUD)

单位时间传送的信息数据比特数。例如在五单位 RTTY 的情况下，比特(即每位)时间为 22ms，其波特值为 1／22(ms) ＝45.45(波特)。波特值越大数据的传输速度就越快。

＊博多(BAUDOT)

国际五单位码。由人名 Emile Baudot 而来。在欧洲也称为博多码。

＊异步方式

五单位 RTTY 的通信方式，也称为起止同步方式。由起始脉冲使电传机开始打印字符，由终止脉冲停止操作。AMTOR 采用的是同步方式，所以没有起始和终止脉冲。

＊ARQ

是 Automatic Request(自动请求重发)的缩写。ARQ 是 AMTOR 的一种通信方式。发送端要等待接收端的确认，每次传送三个字符。

＊FEC

是 Forward Error Correcting(前向纠错)的缩写。FEC 是一种单工通信方式，不需要接收端的确认信号。FEC 的可靠性不如 ARQ，但适合于快速通信。

＊变字(garble)

在 RTTY 领域内，由于电波传播干扰和电传机故障等原因，正常文字发生异变的现象。每个发生异变的文字称为 HIT。

＊KSR (Keyboard－Send－Receive，键盘发—收)

指打印机与键盘的组合，是使用 RTTY 所需要的最基本设备。

＊ASR (Automatic－Send－Receive，自动发—收)

是 KSR＋纸带穿孔机和纸带发送机的组合。利用微机的 RTTY 系统也相当于 ASR。

＊RO (Receive Only，只收)

不带键盘，接收专用的电传设备。

＊TD (Transmitter Distributor)

纸带发送机。把穿孔后的纸带输入到 TD 中，就能够发送纸带上的数据。美国人读作“Tee Dee”

＊穿孔机(Perforator)

把由键盘输入的文字转换为纸带上的孔洞序列的设备。穿孔器在接收信号的同时不能穿孔。代表性产品有 Model—19ASR 等。

＊复穿孔机(Reperforator)

▶参考文献

(1)難波田了，JA1ACB：連載・テレタイプの基礎知識，CQ ham radio，1～8月号，1973

(2)難波田了，JA1ACB：連載・Kleinschmidt，HAM Journal，No1(1973)，No2,3(1975)，No6,7(1976)

(3)難波田了，JA1ACB：Model-32ASR のすべて，HAM Journal No8，p.148-154,1975

(4)斉藤酉爾，JA7SSB：RTTY ターミナル・ユニットの製作，HAM Journal，No 3，p.43-48,1975

(5)関根慶太郎，JA1BLV：UART その構造と応用，HAM Journal，No4，p.95-103,1975

(6)関根慶太郎，JA1BLV：First In—First Out その構造と応用，HAM Journal，p.92-99，1976

(7)Irvin M.，Hoff，W6FFC：The MAINLINE UT-4，RTTY Journal，March，1975(CQ ham radio，1975年12月号技術展望 p.348-350に JA2DHX/1による抄訳あり，具体的製作例は文献(4)と(22)を参照のこと)

(8)長谷川伸一，JA3AUQ：連載・ハムのテレタイプ技術，HAM Journal No9,10,12(1977)，No13(1978)

(9)中塚義孝，JA4NHM：TU-170の試作，HAM Journal No17，p.109-116,1979，また，Jol.誌No21，p.124-125，1980も参照のこと

把从键盘输入的文字以及接收到的数据转换为纸带上的孔洞序列的设备。Teletype 公司的 Model－14、Model－32ASR 等都是较为有名的产品。

＊传号(MARK)

在电传机中，指打印机的 60mA 环路电流闭路状态（ON 状态）。当起始脉冲（由“空号”使电流 OFF）到达时，该状态具有“传号”的意义。“传号”是与“空号”相对应的，在纸带上用孔洞代表传号。

＊空号(SPACE)

指电传机的打印机电流处于 OFF 的状态。在持续空号时，电传机的打印机和复孔机会处于空转状态。消除空号机构可以防止空转状态，但在固态式 RTTY 中则无此意义。注意不要把空号与键盘的空格相混淆。

＊空格自动转换下列(UOS)

参照“RTTY 的使用方法”中的（4）(LTRS 和 FIGS)。

＊RTTY

RTTY 是 Radioteletype（无线电电传）的缩写。在美国也读 ritty 的发音。在狭意上只具有五单位（博多）的含义，但有时也代表 AMTOR、ASCII 以及 HF 分包等内容。

＊AMTOR

AMTOR 是 Amateur Microprocessor Tele－printer Over Radio（由无线电传送的微处理器化的业余电传打字机）的缩写。是把专用的 TOR（Telex Over Radio. 无线电传）修改为业余用的 G3PLX。有 A（ARQ）、B（FEC）和 L（ARQ 监听）三种模式。Z_AMTOR 是 AD7I 所开发的使用 Z80CPU 的设备，基本上与 AMTOR 相同，同时具有发送 CW－ID 和选择 FEC 等扩展功能。

＊RATT

RATT 是 Radioteletypewriter（无线电电传打字机）的缩写，是一军用词汇。

＊AFSK

AFSK 是 Audio Frequency Shift Keying 音频移频键控）的字头。在 HF 波段中与 SSB 收发机相配合，用于发送 F1 信号，在 V／UHF 波段用于 FM 发送 F2 信号。对于前者要注意避免调制音频中的杂波和过调制。

＊FSK

FSK 是 Frequency Shift Keying（移频键控）的字头。是在 RTTY 发送时，在发射机的局部振荡器或 VFO（可变频率振荡器）上直接实现发射频率的移频，可以得到质量良好

[18] Martinez, J. P., G3PLX: Amtor, an improved error-free RTTY system, QST, June, p. 25-27, 1981

[19] Newland, P., AD7I: Z Amtor, An Advanced Amtor Code Converter, QST, Feb., p. 25-34, 1984

[20] Ingram, D.: RTTY TODAY, p.112, Universal Electronics, Inc., 1984

[21] 田辺哲川進, JA1BRS: 人気3機種 RTTY 実例集, CQ ham radio, 5月号, p. 248-254, 1980

[22] 田中勝美, JA3EBB: RTTY システム設計技法, CQ ham radio, 5月号, p. 240-247, 1980

[23] Ferrel, O. P.: Guide to RTTY Frequencies, p. 192, Gilfer Associates, Inc., 1983

[24] 小坂雅夫, JA1BYL: ST-6の調整と局のまとめ方, HAM Journal, No37 p. 120-125, 1984

[25] 小坂雅夫, JA1BYL: AMTOR/ASCII モード対応 ST-6の改造と評価, HAM Journal, No40, p. 38-41, 1985

[26] 永田康孝, JA1JDD: APPLE 用 RTTY システムのハードとソフト, CQ ham radio, 9月号, p. 411-418, 1983

[27] 永田康孝, JA1JDD: RTTY「デモジ」の多数決回路, HAM Journal, No50, P. 51-63, 1987

[28] 永田康孝, JA1JDD: RTTY「デモジ」の多数決回路 実用回路の設計, Ham Journal, No53, p. 45-51, 1988

的 F1 电波。

＊Modem

是 Modulator＋demodulator（调制与解调器）的缩写。本来专门用于利用电话线路的数据通信，现在经常转用于 RTTY。Modem 在构成上是 TU＋音调调制器。

＊TU（Terminal Unit）

TU 是把产生于接收机 SP（扬声器）端子的 RTTY 低频信号转换为直流的 ON／OFF 信号的译码设备。TU 有多种译码方式。

＊**音调调制器**

是把直流的 oN／oFF 信号转换为低频（例如 2125Hz／2295Hz）信号的装置。在具有 FSK 功能的收发信机上不需要此装置。

＊NNNN

在 RTTY 中，当关闭 MAILBOX（邮箱）或 SELCAL（选择性呼叫）的电文结束时使用此记号。一般被用作电传机打印机的终止符。

＊SELCAL

SELCAL 来源于 Selective Calling（选择呼叫）。本来用于使 RTTY 的 AUTO—START 台自动工作（大多直接使用呼号）。用 NNNN 做终止符。在 TOR 或 AMTOR 中，用于 ARQ 方式下与对方通信（起动对方电台），可看作是一种同步信号。

＊**MASTER（主呼方）**

在 AMTOR 的 ARQ 方式下，首先呼叫对方的电台。

＊**SLAVE（被呼方）**

在 AMTOR 的 ARQ 方式下，在准备就绪的状态中被对方呼叫的电台。在一次通信过程中，MASTER 和 SLAVE 的关系始终是不变的。

＊**反向移频**（Reversed Shift）

在 BAUDOT 或 AMTOR 中，指移频方向是非正常的。切换“POLARITY（极性）”或“SENSE（方向）”可使其恢复正常。在接收端也可进行切换。有时也称反向移频为 UP-SIDE—DOWN（上下倒易）。

＊**监视示波器**

用于 RTTY，使其易于调谐。把传号和空号信号分别输入 X 轴和 Y 轴（X、Y 轴可互换）以得到正交图形。可以使用单纯的示波器或 XY 示波器。由于不需要扫描电路，爱好者也可自制。在 FAX 接收时也可以使用。

㉕津田稔，JA1DSI：AMTOR 対応機２機種をみる……フロッ CWR-685E＋AMTOR10A TONO θ 5000E，モービルハム 5 月号，p. 79-85，1984

㉖津田稔，JA1DSI：RTTY 入門，p. 185，電波実験社，1986

㉗津田稔，JA1DSI：TEST REPORT，AEA PK 232，モービルハム，10月号，p. 70-86，1986

㉘津田稔，JA1DSI：TEST REPORT，KANTRONICS KAM，モービルハム，7月号，p. 75-78，1987

㉙Gacher，D. J.，G3LLZ et al.：TELEPRINTER HANDBOOK，R. S. G. B.，1973

利用自然物的通信——月面反射通信

10.1 什么是月面反射通信

利用月球可以进行通信。向月球发射甚高频(VHF)以上的电波，并接收被月球表面反射的电波，进行 QSO. 这种通信方式称为月面反射通信 (Earth Moon Earth. (地—月—地通信)，简称 EME 通信。

地球与月球之间的距离大约 38 万 Km，利用反射波会带来很大衰减，从而使返回地面的电波信号非常微弱。因此，进行 EME 通信，对业余等级的操作者来说，必须配置最大功率的发射机、高增益的天线设备以及高灵敏度的接收机。

进行 EME 通信，不但要有高超的无线电通信的技巧，而且还必须熟知天文学、机械工程学等学科的知识，因此潜心钻研趣味无穷。

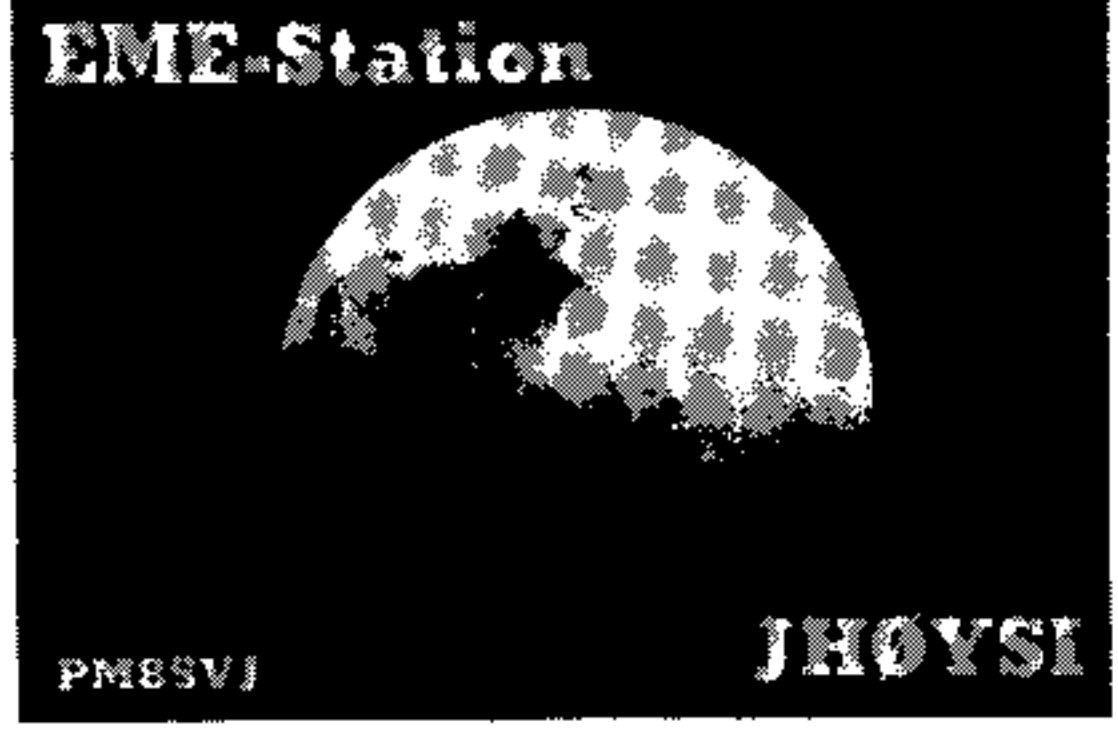
10.1.1 月面反射通信的发射历史

利用月球作为反射体进行通信的尝试始于20世纪 30 年代。但实际上首次成功地从月球接收到反射电波是 1946 年在美军实施的戴安娜(月亮女神)计划[1]中实现的。由于在第二次世界大战中雷达的应用取得了很大进展，使用雷达装置用 111. 5MHz 成功地实施了上述计划。K4ERI 的数名业余爱好者也参加了上述活动。此后，进而运用月面反射通信的方法在夏威夷和华盛顿之间开通了供海军使用的电传电报电路。通信卫星出现以来，通信的商业化成为必须要考虑的问题。

为了从天文学的角度研究月球，我们把不同波长的雷达面对月球。这时会发现，EME 通信具有衰落(fading)现象。原因之一表明与电离层有关。关于对电离层理论的研究成为以后利用从人造地球卫星发射的电波的理论基础。

由业余无线电爱好者提出的对 EME 通信的挑战，1946 年以后一直持续进行下来。1950 年，用 144MHz 由 W4AO 首次检测出来自月面的回波(echo)[2]。

但是由于远未达到通信(指双向互通)的要求，其后，很多热衷于业余无线电通信的人们在经历了多次制作(设备)。多次失败的千辛万苦之后，终于在 1960 年用 1296MHz 由 W6HB 和 W1BU 首次实现了用月面反射方



照片 10—1　以美丽的月亮为题材的“饭田赏月俱乐部”(JHØYSI)的 QSL 卡

照片 10—2　描绘 EMEer 的追求的 SM6EOP 的 QSL 卡

式进行的交互通信[3]。

1964 年，用 144MHz 在 W6DNG 和 OH1NL 之间首次交互通信成功以后，又分别于 1967 年用 2304MHz 在 W4HHN 和 W3GKP 之间，1970 年用 220MHz 在 WB6NMT 和 W7CNK 之间交互通信获得成功。

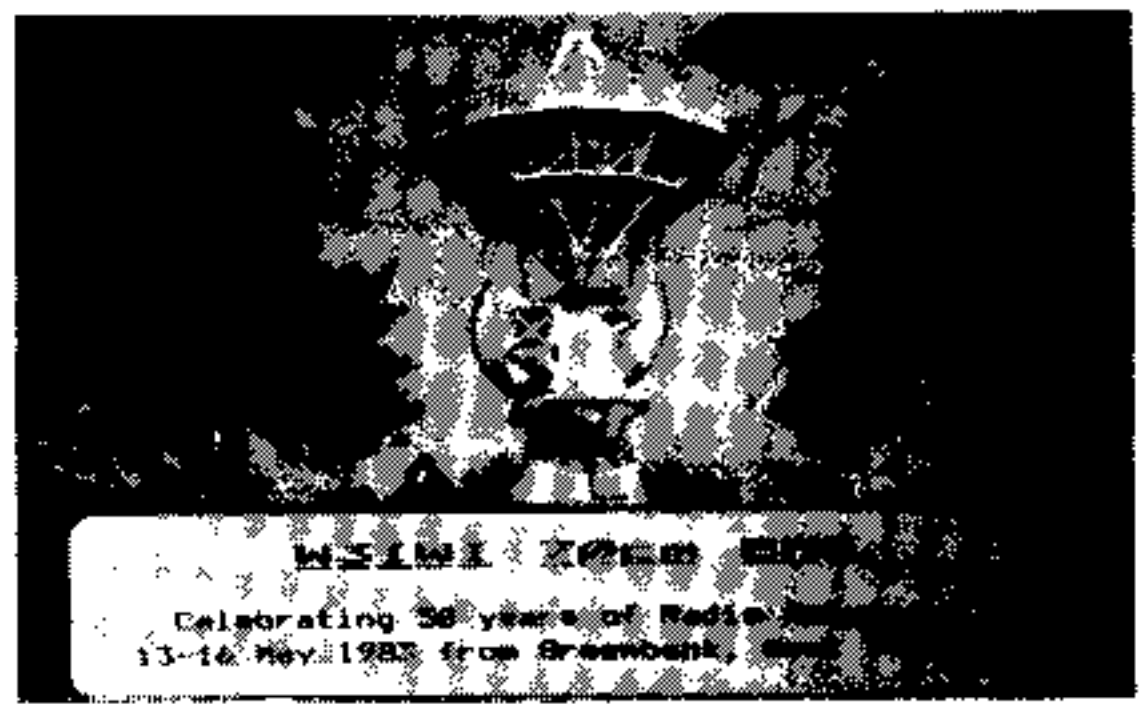
进入 1987 年以后，用 3300MHz 在 W7CNK 和 WA5TNY 之间进行了交互通信，甚至用 5600MHz 成功地检测出了回波。1988 年 WA5VJB 和 W7CNK 成功地用 10GHz 进行了 EME 通信。

日本于 1975 年 3 月用 430MHz 在 JA1VDV 和 WA6LET 之间首次进行了月面反射交互通信。同年 8 月，又尝试了用 144MHz 在 JA6DR 和 W6PO 之间的交信。

随后，在日本以 144MHz 和 430MHz 为中心进行 EME 通信的电台不断增加。目前，受理的为进行 EME 通信而申请大功率电台使用许可证的电台数量有 30 余家。

10.1.2 月面反射通信的现状

目前，使用最活跃的频带是 144MHz、430MHz 和 1200MHz。在世界范围内，各频带为此开设的业余电台数量分别约为 500 个、200 个和 50 个。此外，在 50MHz 和 2300MHz 等频带上也有热心的爱好者进行着不定期的通信活动。在频率超过 3300MHz 的频带上进



照片 10—3　使用电波天文台大型天线的超级电台 W3IWI／8 的 QSL 卡

行的 EME 通信称为微波 EME 通信，近年来在 3300MHz 以上频带内进行 EME 通信的尝试也逐渐活跃起来。

由于日本人的住宅相对狭小，所以与世界其它国家广泛使用 144MHz 的趋势有所不同，日本比较流行使用天线较小的 430MHz。

另外为了避免由电离层产生的极化方向偏转现象，使用抛物面天线在 1200MHz 频带进行 EME 通信的质量比较稳定[4]，EME 信号观察及监听通信（EME Signal Watch & Listen）也开展得比较活跃。

进行 EME 通信时，发射机功率要达到 500W，当对端设备功率较大时，用小功率也能进行通信。在海外也有借用电波望远镜等大口径天线设备进行通信的示例。以常说的 EME 超级电台（Super Station）（照片 10—3）等为挑战对象，出现了功率为 50W 的 EME 电台，这些电台从日本成功地用 144MHz 和 430MHz 进行了 50W EME 通信。

月面反射通信的操作方法

10.2.1 EME 通信的运用

进行 EME 相互通信时，从通信双方的两个电台所在地必须同时能看到月球，同时看到月球的时间段叫做月球窗口(Wlidow)。

EME 通信也和通常的 QSO 一样有两种方式，一种是值守相关频段搜寻对方电台的随机 QSO. 另一种是按预先确定好的频率和时间进行通信的定期 QSO。此外，还举行 EME 通信竞赛，在国外远征活动的应用也很盛行。

在 430MHz 和 1200MHz, 由于由考虑与月球轨道有关的一些因素（如赤纬圈与地球的距离等）以及宇宙间的噪音等级等，因此大多数情况下事先约定一个月中的某一个周末来进行通信，也叫做周末 EME 通信（EME Weekend）。有时，还通过 EME 新闻刊物或在用 14MHz EME 通信网上事先安排日程。

EME 通信几乎都是用 CW 进行的，传送环境良好时也有用 SSB (USB) 进行往复 QSO 通信的。

月球运行轨迹可根据天文观测年表或物理年表中的日期算出 [5]。近来由于个人计算机的普及应用，用计算机来计算月球轨迹已成为可能。已有一些软件包问世[6]。

10.2.2 操作格式(Format)

由于在 EME 通信时往往把沉浮于噪声中的信号当作通信的对方，所以按照预定的程式进行通信可以提高对信号的辨别能力。具体有操作格式和 Report（报告）码两种方式。不管何种方式，只要通信状况良好，便可采用常用的 RST Report 或自由间隔（free interval）方式进行通信。

①操作格式

进行定期 QSO 的收发，两端都要正确校准标准时间，144MHz 每间隔 2 分钟、430MHz/1200MHz 每隔2分30秒钟，用反复收发的格式进行发/收操作(参阅表10—1)。

②Report 码

由于 EME 通信伴随有很快的周期性衰减，容易丢失电码的短符(点符)，因此使用的是以长符（划符）为基础的叫做 TMO 码（参阅表 10—1）的 Report 码。需要注意的是用 144MHz 和用 430／1200 MHz 进行通信时，电码的含义稍有不同。

最近，还有用 YYY 代替 QRZ? 的动向。使用这些电码，两端相互确认了呼号和信号 report 以后，就算确认了通信。

10.2.3 竞赛(Contest)

以进行 EME 通信活动为目的，ARRL 主办的国际 EME 通信比赛 1990 年前举行了 13 届。参加比赛的电台数每年都有所增加。1987 年获 144MHz 个人组单人操作第一名的 W5ON 与 278 个电台进行了相互通信。而 430MHz, DL9KR 与 90 个电台进行了交信。据说，W5ON 还用这种模式与 100 个国家进行了交信。该年春季，法国无线电联盟(REF)也举办了 EME 通信比赛。

这些比赛中通常交换的 Report 是竞赛号码(Contest Number)。然而，由于美国举办的 VHF 赛，EME 通信采用的是记分制，因此要取得好名次，EME 的运用技巧是必不可少的因素。

表 10—1 在 EME 使用的格式和 TMO 码

	144MHz	432MHz
SKED TIME	60 分	30 分
间隔	2 分	2 分 30 秒
起始发射台	东边的台	西边的台
T	可免强检出	可免强检出
M	识别部分呼号	识别全部呼号
O	识别全部呼号	识别全部呼号，信号为 Q5 时
R	识别全部呼号，接收“0 时”	识别全部呼号，接收 M／O 时
通信成功	一端发送 RO，另一端发送了 RR 时	一端发送 RM／RO，另一端发送了 RR 时
73／SK	接收 RR 之后发送	接收 RR 之后发送

10.2.4

传递特征

①电离层的影响(法拉第偏转)

通过电离层的电波受地磁引力的影响，其极化方向要发生偏转。因此月面反射电波的极化方向相对于发射时的极化方向会产生偏转，这种现象叫做法拉第偏转。这种现象会使接收的信号强度变弱，使通信无法完成。

在这种情况下，如果能把接收信号的极化波进行偏转，可以得到良好的接收效果。在没有偏转设备的情况下，可用以下方法加以解决。

• 144MHz，如果等待 30～60 分钟，极化方向会转回原来位置，可耐心等待下去。

• 430MHz，2～3 小时内极化方向发生很大偏转的情况不多见。所以，同一方面的窗口(window)将持续同一状态。而且大多数情况下，极化方向的状态与前一天同一时刻的极化状况大体相同。

②月球振动的影响

由于月球表面凹凸不平，所以到达月球的电波被反射回来后，其中含有各种各样的相位和振幅。此外月球到地球的相对距离经常发生变化，各种成份的反射波混杂在一起，势必要发生干涉现象使信号强度变复杂并引起非常快的衰减，通常称快衰落(fast fading)前面提到的引起法拉第偏转的衰落叫慢衰落(slow fading)。

10.3

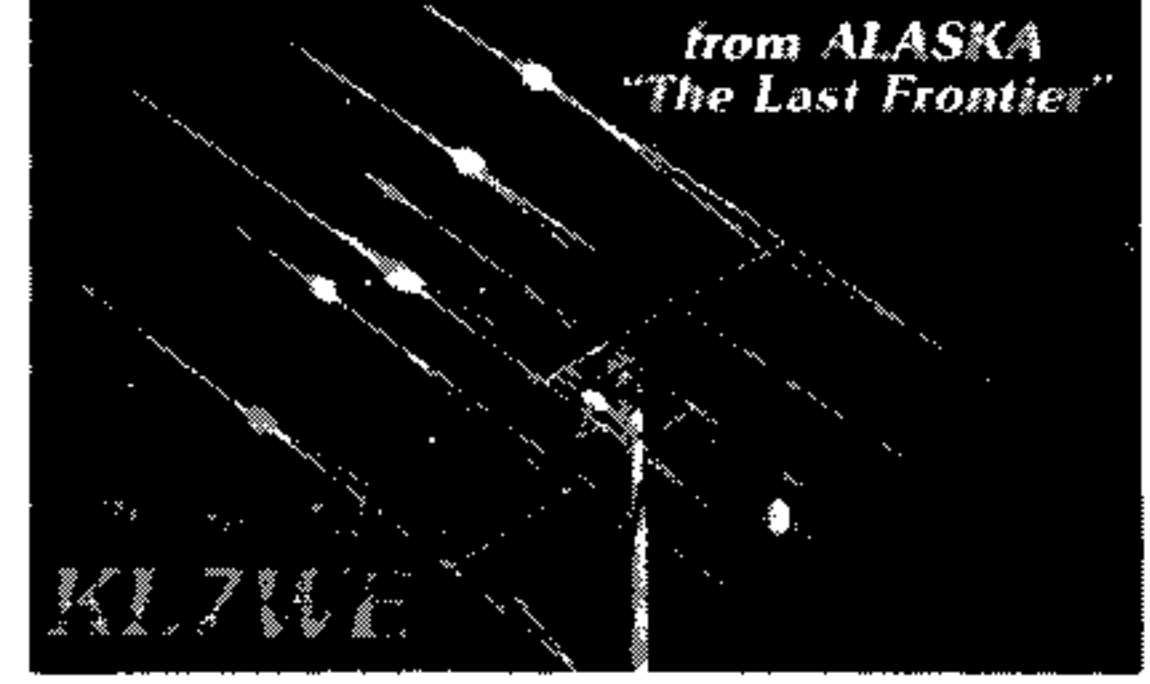
EME 通信使用的设备

10.3.1

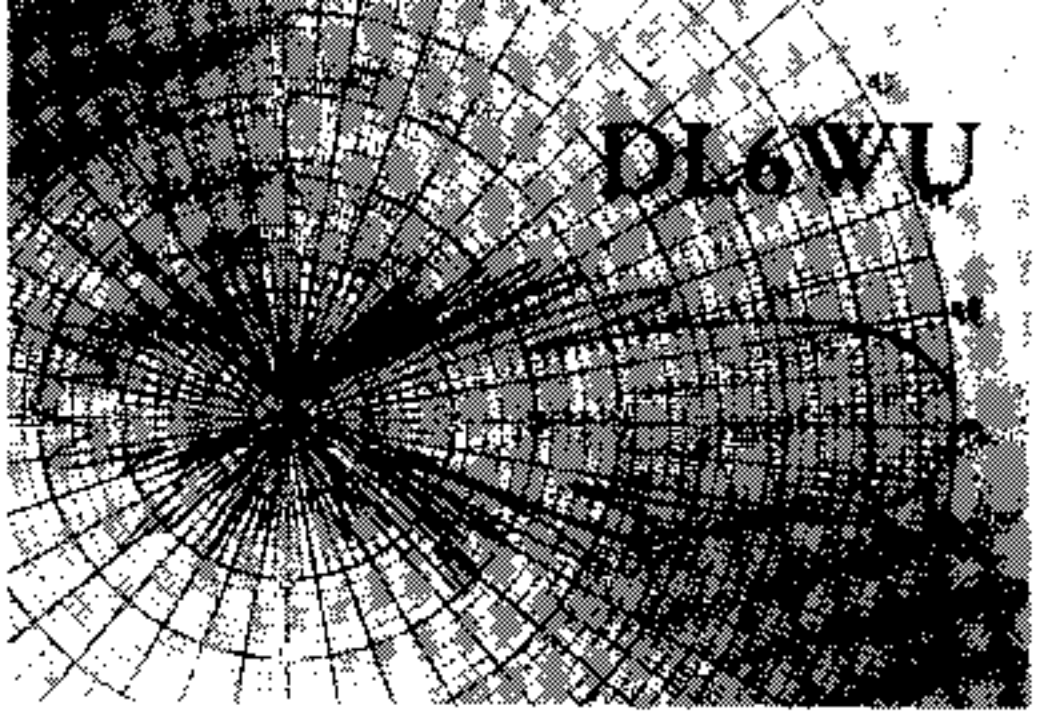
发射机

发射机有 4CX 系列和 8877、7289 等几种类型，且大多数设备的末级采用电子管器件。在发射机中广泛采用了 Strip—line(微带线)结构的电路(7)。在微波频段内，使用的主要部件是行波管(TWT)或者速调管，也叫克莱斯管(Krystron)。

随着半导体器件性能的不断提高，目前，1200MHz／100W，2300MHz／20W 等使用的发射机也有采用半导体器件的。有报道说，在 10GHz 使用砷化镓(GaAs) FET，功率数百毫瓦的设备接收到回波(echo)的实验取得



照片 10—4　由 6 根八木天线构成的 KL7WE の EME 天线(QSL)



照片 10—5　描绘自行开发的 1200MHz18.6 波长的八木天线方向特性的 DL6WV 的 QSL 卡

成功。此外还有报道，430MHz／500W 使用的设备，利用了并联使用的晶体管[8]。

这些发射机末级产生的热量采用强制风冷的方式加以驱散。但有时为了减少噪音并提高低温下设备的效率和稳定度，近来用水冷方法降温的趋势逐渐多起来。

10.3.2
接收机

接收机中主要有变频器（transverter）和全方式收发器(all mode transceiver)，都装有外部低噪音前置放大器。特别是 UHF 以上频段使用的接收机，由于天线的噪音温度比较低，如果把前置放大器安放在离天线馈电点较近的地方，能得到良好的接收效果。这种接收机叫做天线安装型（antenna mount）或杆顶型(mast head type)。

前置放大器需要有低噪音特性，所以一般用 GaAs FET[9]。近来，作为一种低噪音器件 HEMT-FET[10] 已引起人们的关注，并已开始用于一部分 EMEer 中。

为了改善接收信号的信噪比（S／N），曾经使用晶体滤波器（Crgstal filter）和音频滤波器(Audio filter)来进行滤波。在美国用数字信号处理的方法检出月面反射波的实验已获得成功，这种方法将得到进一步推广普及。

10.3.3
天线

在 500W 标准发射功率的情况下，S／N 为 0dB，必须使天线具有 20～30dB 的增益。为了提高增益，在 144MHz～430MHz 的范围内，多采用由 2～48 个八木天线构成的阵列(参阅图片 10—4)。

单个八木天线也能得到高增益（图片 10—5)，144MHz 的长度为五倍波长(10 米)，430MHz 的长度为十五倍波长（10.5 米)，这些都已被实用化。1200MHz 也成功地用八木天线进行了 EME 通信。

给叠合天线阵供电的方法，可用低损耗的同轴电缆或对称电缆。对称电缆的优点是损耗小、重量轻、价格便宜，但缺点是对恶劣天气的适应性较差。

其次，在 UHF～SHF 段，为了避免叠合方式带来的损耗以及结构的复杂性，多采用抛物面（parabola）反射镜式天线（图片 10—6)。特别是 1200MHz 以上的频段，几乎所有的电台都用抛物面天线。抛物面天线的优点是适用于多种频段。

只要更换或增加馈源，就可方便地使一个抛物面天线用于其它频段。据报道，还有将抛物面天线同时用于 144MHz～1200MHz 范围中的三个频段的。此外，为了解决法拉第偏

照片 10—6
在 430MHz 使用抛物面天线的 JA4BLC 的 QSL 卡

转现象，只旋转尺寸很小的馈源就能使极化方向旋转，从而提高通信效率，这也是抛物面天线的一个优点。

10.3.4 天线的驱动和指示装置

在天线的驱动装置中，使用较多的是 AZ—EL 方式，AZ(Azimuth) 为方位角，EL (Elevation) 为仰角。市场出售的采用 AZ 方式的装置中，多装有旋转器(Rotator) 及链轮(Sprocrot)等减速装置。EL 方式的小型天线，使用市场出售的仰角旋转器。也有时把 2 台旋转器并用，驱动 430MHz 段的 16 单元八木天线。大型天线的 EL 机构可用丝杠 (lead screw)和传动器(Actuator)等自行制作。

天线基座的旋转轴可以采用与地轴平行的赤道仪 (polar mount) 方式，由于这种方式跟踪简单，故已被有的电台使用。

进行 EME 通信，首先要正确判断天线的方位。即使在晴朗的夜晚，一旦出现无法确认方位的情况，或者月亮被乌云遮住，或者雨天根本无法确定月亮的位置的时候，都可以利用天线角度指示器。在进行 EME 通信时，为增加天线增益，波束变窄，对指示器的精度要求更高，所以，各种各样的指示器是自行制作的。

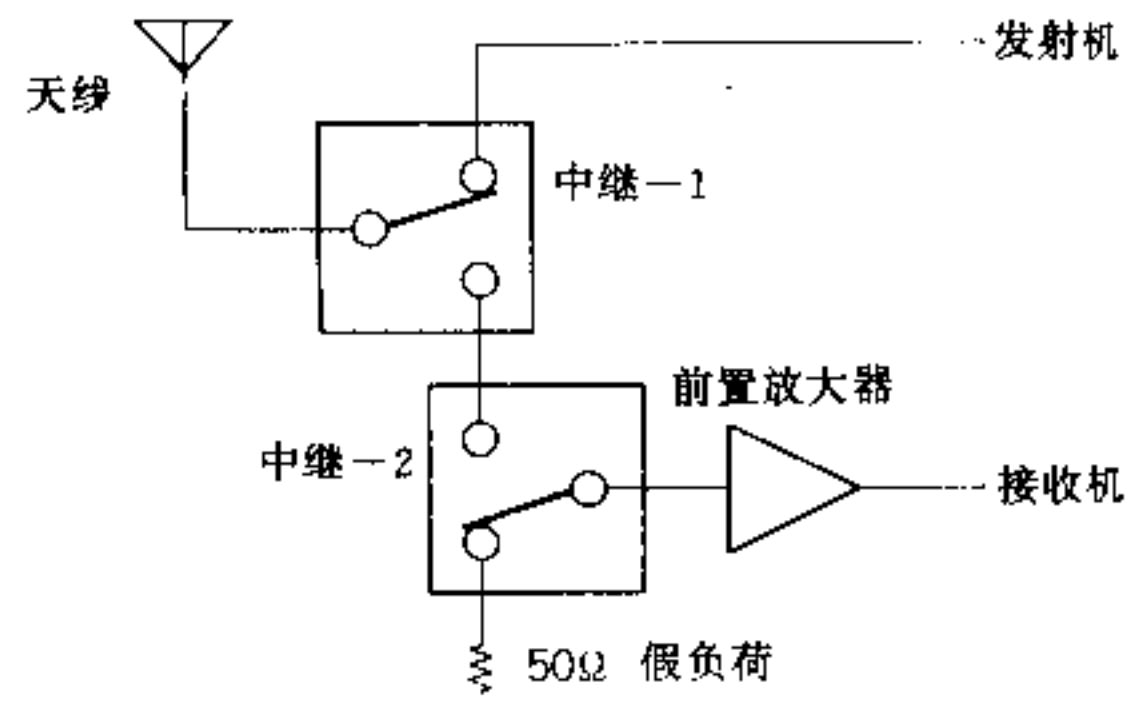


图 10—1　为增加隔离的中继连接方法

在同步机构方面，最近的与旋转角度连动的精密电位器的输出电压可用数字电压表来读取电压值。另外，使用光学旋转式编码器(rotary encoder)以全数字化方式来表示旋转角度也走向了实用化[12]。

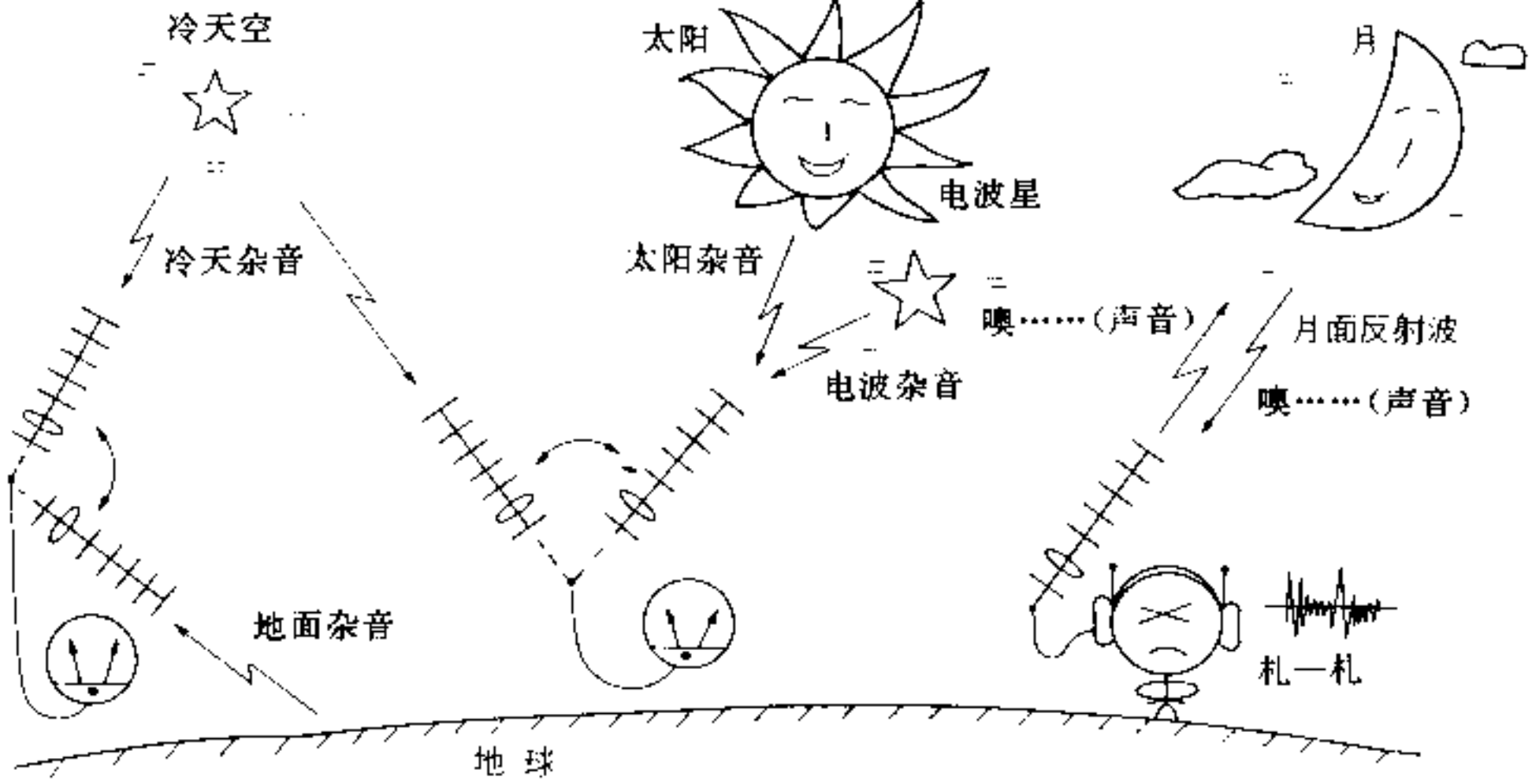
在 1200MHz 以上的频段，由于天线波束较窄，而进行 EME 通信时往往要频繁调整方位角，所以有的电台使用计算机来计算天线的方位并用自动跟踪装置对计算得到的方位自动进行修正。

10.3.5 转换继电器(Stand—by relay)

天线的转换继电器必须具有这样的功能：通过继电器后无反射无损耗并且发射端电信号向接收端的泄漏控制在最低范围。例如，在不损坏前置放大器的前提下，假定通过 500W 的电信号向接收端漏出不超过 10mW，则要求继电器的隔离为 47dB。

一般市场出售的继电器，满足以上条件的很有限，所以必须确认适用频率及有关构造等，才能选用。因为提高绝缘性能，所以有时也会象图 10—1 那样，把两个继电器串联使用。

10.3.6 系统性能的确认



(1)地面杂音的测定　　(2)太阳电波是杂音的测定　　(3)回声检测

图 10—2　在 EME 上使用的系统性能评价方法

进行 EME 通信，如果各部分性能达不到要求的话，通信无法进行。所以，必须对各部分性能进行确认。对接收性能有影响的各因素有：天线增益和接收噪音温度（天线噪音温度、接收电缆损耗、接收音噪音指数等）。影响发射性能的有天线增益、发射功率、发射电缆损耗等。因为目前尚没有供业余电台使用的精密测定仪，所以按下述方法进行综合判断。

①地面噪声(ground noise)

由于地球表面温度大约 290°K，与前置放大器和宇宙间噪音相比；地面会产生更大的噪声。当天线指向宇宙空间时，噪音会从天线的侧波瓣 (Side lobe) 进入天线。这是使接受效果变差的主要原因。反之，如果把地面噪声作为信号源有效地加以利用，可作为接收性能的一个参照而加以使用(图 10—2①)。

也就是说，天线指向地面时接收机的输出电平与天线指向天空时的输出电平的差值与接收系统的综合噪音温度有关，所以这个差值越大越好。下面将要提到的太阳噪声和电波量的测定也与天线的增益有影响，但是地面噪音的测定与天线增益无关，所以要合理地调整前置放大器。

②太阳噪声(Sun noise)

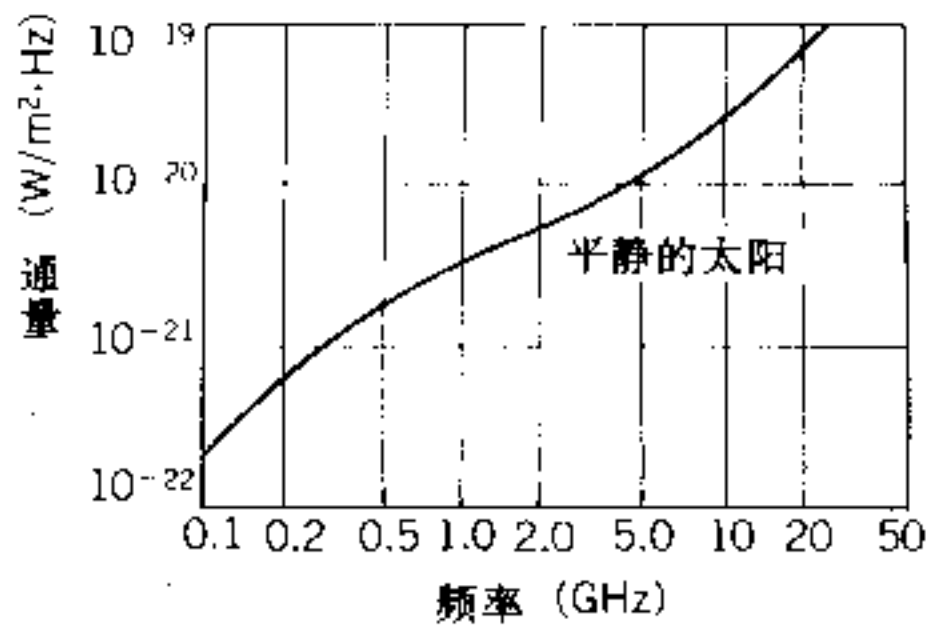


图 10—3　太阳噪声的频率特性

如图 10—3 所示，太阳的频带很宽并放射电波噪声，所以可把它作为信号源加以利用。或者说，可利用噪音强度（天线指向太阳时与指向没有太阳的天空 (cold sky) 时接收机输出电平之差）判断接收系统的优劣。把这个差值与其它电台得到的值进行比较，能够作为改进系统的参考依据（参阅图 10—2②）。

此外还可用太阳噪声来测定波束的宽度。因为太阳活动很活跃，所以产生的噪声量是经常变化的。因此，常常要考虑对不同时间下测定的值进行比较。

③电波星

作为稳定的信号源，如图 10—2②所示，也可利用除太阳以外的其它电波星（射电

星)。作为能用业余等级天线接收的电波星有仙后座 A (Cassiopeia A)、天鹅座 A 和射手座 A 等等。

用太阳噪声和电波星，测定天线增益参数，可以互相进行验证。

④**回波试验**(echo test)

电波的传播速度为 30 万 Km／秒，往返月球一次大约需要 2. 5 秒。因此在发送结束后 2. 5 秒内，会在发送频率不远的频率上听到自己发出的电波声，这就叫回波（图 10—2③）。

这种频率上的偏差是由于月球和地球上观测者的相对速度而产生的，因此称为多普勒频移(Doppler shift)。144MHz 频段最大频移是 0. 3kHz. 430MHz 是 1. 3kHz. 1200MHz 大约是 4kHz。因此，在 1200MHz 以上的设备加装 RIT 等，或选用双 VFO 或者发射和接收分开的设备是很必要的。

根据回波强度的大小，可以自行对系统性能作出评价。

10. 3. 7

进行月面反射通信(EME)必须履行的手续

EME 通信被认为是一种在外层空间进行的无线电通信业务，因此在执照上通信目的一栏中除应填写业余业务外，还必须填写“含外层空间无线电通信业务”的字样。

此外，在取得 V／UHF 频带 50W 以上信号的许可时，还要向日本地方电信监理局提交申请并应得到日本业余无线电联盟的批准。办理这种手续要比通常的申请花费更长的时间，所以最好提早做好各项准备。

10. 4 月面反射通信的信道设计

10. 4. 1

电路设计

公式(1)是雷达方程，能表示月面反射波的强度。$Pr=\frac{PoGt}{Lt}\cdot\Gamma\cdot\frac{Gr}{Lr}$ ……(1)

公式(1)中 $\Gamma=\eta\cdot(\frac{\lambda D}{16\pi d^2})^2$ …… (2)

其中：

Pr: 接收的月面反射波的能量

Po: 发送信号功率

Gt: 发射天线增益

Lt: 发射端滤波器损耗

Γ: 传递损耗

Gr: 接收天线增益

Lr: 接收端滤波器损耗

η: 月球反射系数

d: 月球到地球的距离

D: 月球直径

接收端的噪声能量由天线噪声、接收端滤波器噪声和前置放大器噪声产生，可用公式(3)表示。$Pn=KT's$B …… (3)

其中：

Pn: 接收端噪声能量

K: 波尔兹曼常数(Boltzmann)

1.38×10^{-23}J／度或 J／K

Ts: 接收端噪音温度

B: 接收机带宽

公式(3)中

$Ts=\frac{Ta}{Lr}+(1-\frac{1}{Lr})\mathrm{Tt}+\mathrm{Tr}$ ……(4)

其中：

Ta: 天线噪音温度

Tt: 接收端馈线温度

Tr: 接收机噪音温度

根据以上各式，接收的月面反射波的信

号／噪声(S／N)如下所示。

$$S/N = Pr/Pn \quad \cdots\cdots (5)$$

$$= \frac{PoGtGr}{LtLr} \cdot \frac{\Gamma}{k\,Ts\,B} \quad \cdots\cdots (6)$$

表 10—2　信道设计举例①

月面反射通信传输损耗的计算

诸元	符号	数值	单位
到月面的距离	d	384400	km
月球直径	D	3476	km
反射率	η	0.07	
波长 144MHz 435MHz	λ	2.08 0.689	m

↓

传输损耗	$\Gamma_{(144)} = 6.64\times10^{-26} \rightarrow -251.8$dB
	$\Gamma_{(435)} = 7.3\times10^{-27} \rightarrow 261.4$dB

10.4.2
电路设计实例

根据 10. 4. 1 提供的电路设计方法设计的有关 144MHz 和 435MHz 的信道如表 10—2，表 10—3 和表 10—4 所示。

表 10—3　信道设计举例②

接收系统的噪声功率参数

参　数	符号	数　值		单位
		144MHz	435MHz	
前置放大器噪声指数	NF	1.2	0.65	dB
接收机噪声温度	Tr	90	47	K
天线噪声温度	Ta	200	103	K
系统噪声温度	Ts	290	150	K
接收机带宽	B	100		Hz
噪声功率	Pn	4×10^{-18}	2.07×10^{-19}	W
噪声功率[dB]	Pn	−184	−186.8	dBW

表 10—4
电路设计举例③

小　结

参　数	符号	数　值		单位	备　注
		144MHz	435MHz		
发射功率	$P0$	27	27	dBW	500W
发射馈线损耗	Lt	−1.5	−1.0	dB	144…10D—2V　20m 435 10D—2V　10m
发射天线增益	Gt	22.5	24.5	dBi	144 … 10 单元八木天线 2 列 4 段 435 … 21 单元八木天线 2 列 4 段
(实际发射功率)	EIRP	(+48.0)	(+50.5)	dBW	
传播损耗	Γ	−251.8	−261.4	dB	
接收天线增益	Gr	22.5	24.5	dBi	
接收信号功率	Pr	−181.3	−186.4	dBW	
接收系统噪声功率	Pn	−184	−186.8	dBW	
月面反射波的信噪比	S／N	+2.7	+0.4	dB	

▶参考文献

01 Jack Mofenson：RADAR ECHOES FROM THE MOON，ELECTRONICS，April p.92，1946
02 Lunar DX on 144Mc！：QST，Mar.，p.11，ARRL，1953
03 W. Orr，W6SAI：Project Moon Bounce，QST，Sept.，p.62，ARRL，1960
04 杉本隆雄 JH3EAO：1296MHz EME の受信システムについて，HAM Journal，No.48，1月，p.17，CQ 出版社，1987
05 石井郁夫 JA4AIF：EME に関する予備知識，CQ ham radio，1月，p.215，CQ 出版社，1975
06 森七郎 JA6CZD ほか：パソコンによる月追跡プログラム集，HAM Journal，No.37，4月，p.104，CQ 出版社，1984
07 前田公男 JA9BOH：430MHz 4CX250B×2 リニア・アンプ製作のノウハウ，HAM Journal，No.37，4月，p87，CQ 出版社，1984
08 西山隆雄 JA4EIV：EME用430MHzプリリミナリ・ステージPA，HAM Journal，No.49，4月，p.12，CQ 出版社，1987
09 山藤薫 JH1BRY：430MHz 帯用超低雑音プリアンプ，HAM Journal，No.14，4月，p.66，CQ 出版社，1978
10 大久保尚史ほか：衛星通信用低雑音 HEMT 増幅器，FUJITSU，vol.38 no.1，p.25，1987
11 Bill Tynan W3XO：DSP New Technique Offers Promise for Ultra Weak Signal Reception，QST，Dec.，p.66，ARRL，1987
12 又賀義郎 JA4BLC：アンテナの精密制御システム，HAM Journal，No.56，7・8月，p.1，CQ 出版社，1988
13 又賀義郎 JA4BLC：月面反射 EME 通信 歴史と現状そして理論，HAM Journal，No.37，4月，p.2，CQ 出版社，1984
14 渡部健一 JR4AEP：トキュメンタリー・ストーリー月面反射通信成功，CQ ham radio，7月，p.216，CQ 出版社，1988
15 J. D. Stewart WA4MVI：VHF Propagation Handbook，Nampa Offset Printing，Inc.，1982
16 小西良弘：放送用 SHF 受信機の設計，産報，1974
17 森本雅樹：星の一生，日本放送出版協会，1981
18 森本雅樹：望遠鏡をつくる人びと，岩波書店，1987
19 F.G. スミス：電波天文学，初版，法政大学出版局，1981
20 畑中武夫：電波天文学，第6版，恒星社，1981
21 森本雅樹：天体観測セミナー，初版，恒星社，1982
22 西山・海部：宇宙の観測1　光と電波による観測，初版，恒星社，1981
23 小川賢司他：宇宙電波天文学，初版，共立出版，1988

第十一章 中继台的原理与使用方法

11.1 什么叫中继台(repeater)

众所周知，如果登上山顶，可以和相当远的地方进行通信。本世纪 30 年代，以此为着眼点开始在高层建筑或山顶设置无线电中继台，在中继电台中使用两个频率 f_1 和 f_2。结果，把接收电波频率 f_1 的检波信号作为发送电波频率 f_2 的调制信号，从而研究海拔高度较低的地方架设的固定电台或移动电台相互之间交互通信的可行性(参阅图 11—1)。

最初的中继台都是有人值守的电台，设专人进行转接操作。随着科学技术的发展，无人值守的中间电台成为可能，这种完成中继功能的电台被称为 repeater。

由于同时使用了两个频率的电波，中继台中的收发设备距离很近时，两个电波之间会互相影响。因此，发射频率与接收频率之间必须要有一定间隔。在日本，规定 430MHz 频段要相差 5MHz，1200MHz 要相差 20MHz。

发射和接收可共用一根天线，也可分别使用各自的天线，无论哪种情况，强大的发射

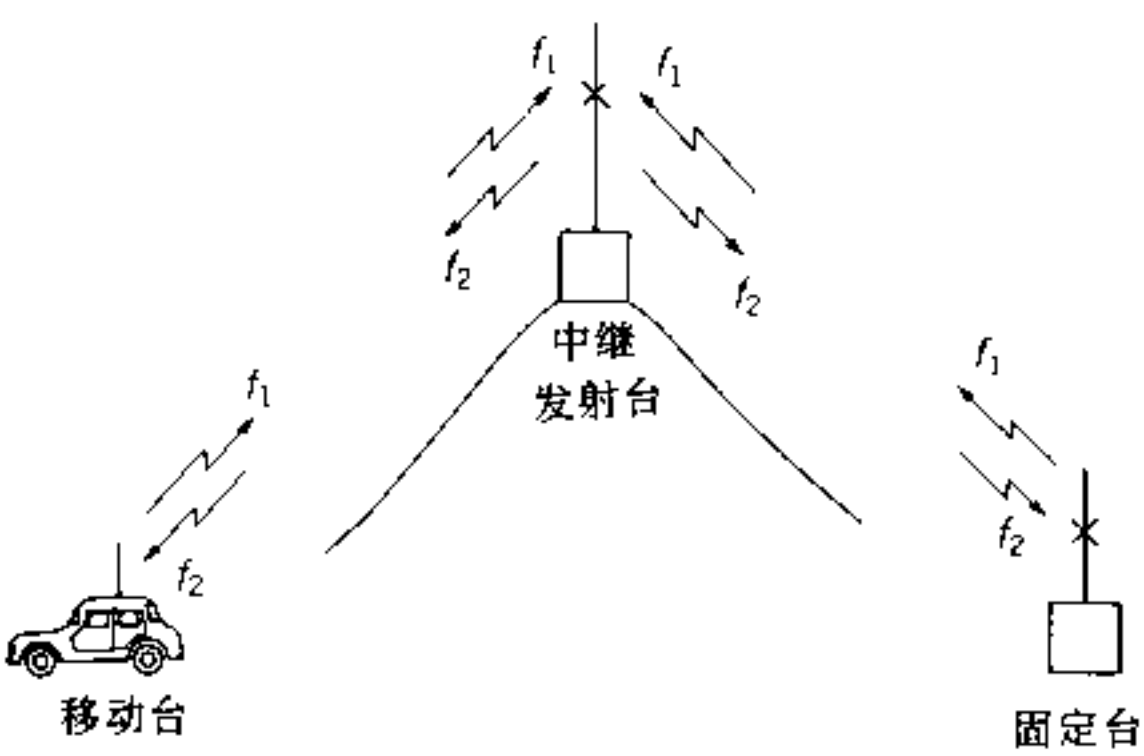


图 11—1 中继的概念

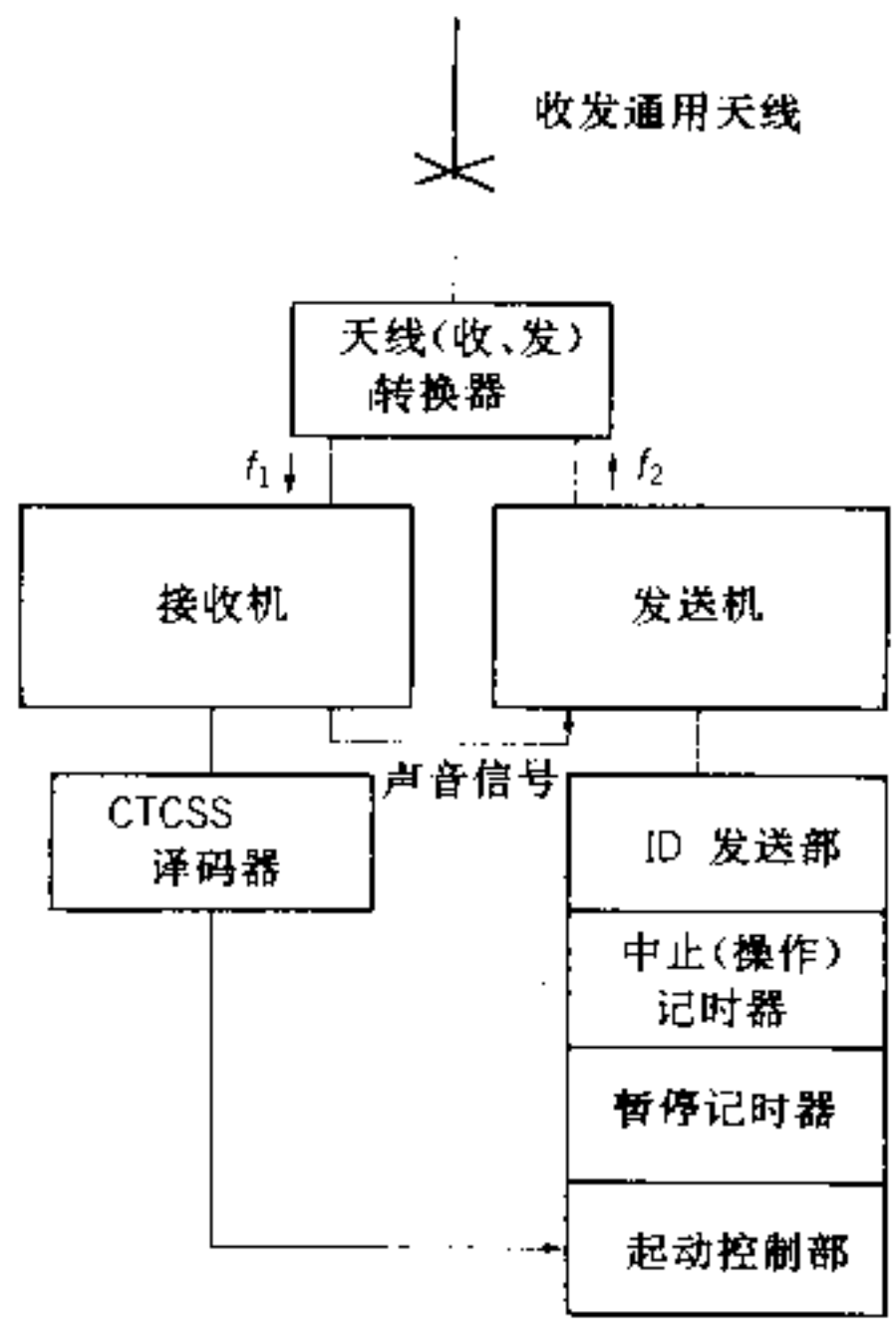


图 11—2 中继站的基本构成

电波都会叠加在接收机的输入信号上。为了防止降低接收机的灵敏度，必须使用天线收发双工器(duplexer)，双工器由性能极好的滤波器构成(参阅图 11—2 和图 11—3)。

用于中继台的接收机要求 24 小时无故障不间断工作。因此，超外差式 (super heterodyne) 本地振荡器和用于重发的发射机等都对频率的准确度要求很高。JARL 规定的标准误差范围是 430MHz 2ppm. 1200MHz 1ppm。日本不批准个人设中继台，JARL 作为批准机关，有关运营的事宜均委托 JARL 承认的“管理团体”进行管理。

11.2 音频静噪电路(tone squelch)

为了节省电力消耗延长设备使用寿命，进而避免发射无用电波，只有采用把接收的输入信号适当加以放大后再发射出去的办法来控制中继台的发射机。一般情况下，根据叫做 COR (carrier operated Relay, 载波控制转发)的接收输入信号，用载波打开或关闭静噪电路(squelch)的方法进行控制。但是在日本，为了防止发生误操作，采用的是 CTCSS (Continuous Tone Coded Squelch System, 连续音频代码静噪系统)同时使用了亚音频(目前为 88. 5Hz) 的连续调制波。要检出这种 CTCSS 信号，发射机要置 ON 状态。这种方法对防止 430MHz 由于 144MHz3 次谐波产生误操作有特别良好的效果。

其次，即使在 29MHz 也准许开设中继台，日本在该频段已开设了多个中继台。这种情况下，接收输入信号与发射输出信号之间的频差仅为 100kHz, 所以接收地点与发射地点完全分离，利用 430MHz 在两端之间形成环路。这不再是 CTCSS 而叫做 TB(Tone Burst)。瞬间的 88.5 Hz 信号一被输入，就使发射机在一定时间内保持 ON 状态。

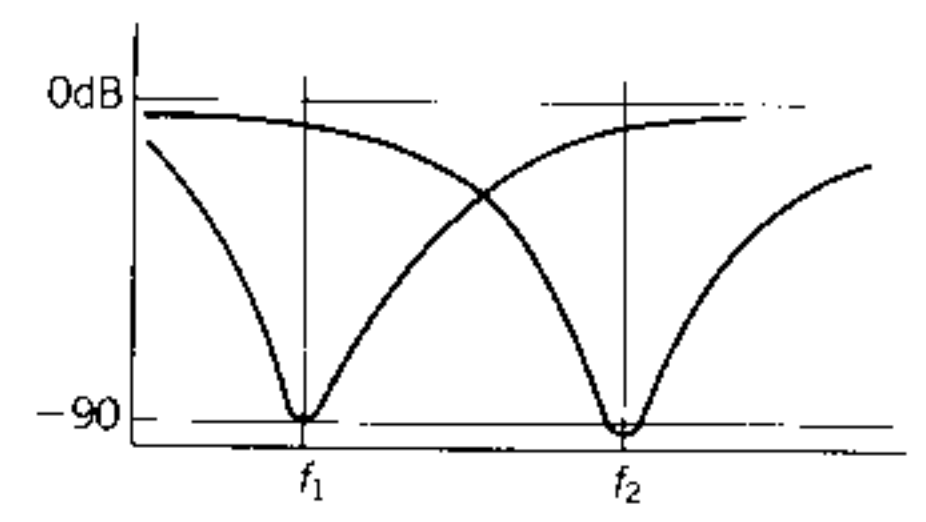


图 11—3　天线(收、发)转换器特性举例

11.3 调制方式

任何中继台使用的电波限用调频波(FM)，不仅电话通信(F3)，而且莫尔斯电码通信或分组通信等所用的 F2，传真通信用的 F4 和 F9，SSTV (Slow Scan Television)用的 F5 等等，只要占用带宽在 16kHz 以内的 FM 电波，就可以按中继方式进行通信。

11.4 通信时间的限制

按规则规定中继台在 10 分钟以内应发出一次电台标识，呼叫代码为 ID。有时是中继台每被访问一次就发出一次电台标识，也有的时候是每隔 3 分钟左右发出一次电台标

中继用语

* access　发射电波使中继台动作。
* up－ring　向中继台发射的电波(上行信道)。
* down－ring　从中继台发出的电波(下行信道)。
* **自动有线接续**(autopatch) 在美国等国家中，不仅允许第三者参与通信，还允许通过市话网进行除电文以外的各种通信。这样在中继台中要有能在双音频信号(DTMF)的控制下与市话线进行接续的功能。从车载台等移动台通过中继台与市话线进行的接续叫自动接续，而设在固定位置的电台与市话线的直接接续叫做电话接续(phone patch)。以上任何一种接续方式在日本都是不允许使用的。
* **单工方式**(Simplex mode) 指单方向通信，即用同一个频率交互进行收发。业余无线电通信大都采用单工方式进行通信。即使在不通过中继台也可以进行通信的情况下，双方在沟通联络以后最好使用单工方式。
* **双音多频信号**(DTMF—Dual Tone Multi Frequencies)

从高群和低群的混合频率中，同时产生两个频率，对这两个频率编码让其代表数值等含义，这种传送方式就是双音频方式。按纽话机使用的拨号音信号是很典型的双音频信号。

* **天线收发双工器**(duplexer) 中继台中发射天线和接收天线是共用的也有时使用其它系统的天线。即使这样，为使收发不受互相影响，必须使用高Q值的调谐电路(如谐振腔谐振器等)把各自的信号分离开。天线收发双工器就是指这种分离收发信号用的调谐器。把其插入其它系统的天线单元中叫做陷波器(trap)。
* **双工方式**(duplex mode)

发射(上行信道)和接收(下行信道)分别采用各自专用的频率进行通信的一种方式，即中继台工作方式。即使卫星通信也一样，只是不叫双工而叫上行／下行信道。

识。一般情况下，电台标识使用莫尔斯电码方式和F2电波，有的中继台也用语音合成的F3电波发送电台标识。如果ID的调制度太深，则会影响通话。通常调制度在10～20%左右比较合适。

为防止长时间发射带来的不便，中继台中通常设有超时定时器，一般定时3分钟即可，因为通信效率高时通信时间不会很长。多个使用者合用中继台时定时器常定为1分钟，相当于有线电话的一次通话时间，这样既避免了那些无用的通信，一旦发生故障也能减少由于长时间连续发射所造成的影响。

但是，对需要较长时间才能完成一幅画面传送的传真通信等来说，如果也是3分钟切换一次的话，会在画面中形成不应有的黑色条纹。诸如此类情况，则要根据中继台管理部门的经验进行判断，从而设定定时时间。

当中继台的使用者暂时中断发送信号时，中继台发射机不会立即停止工作，而要持续大约1～5秒的时间。这是因为在移动中使用中继台时，QSB较明显，则接收输入信号会变弱，CTCSS信号也会变得断断续续，在这种状况下可在一定的短时间确保中继台继续处于中转发射状态。

利用中继台进行通信的情况下，必须要有适宜中继台用的收发设备。在430MHz频段，对接收频率来说，设定的发射频率可偏低5MHz，1200MHz同样可低20MHz，这是最基本的要求。其次的要求就是在发射时能用CTCSS的88.5Hz的信号进行调制，且频偏可为±500Hz。

例如，对用439.52MHz接收听到的中继台，其发射频率应该定为434.52MHz。

11.5 中继台的使用方法

因为中继台为多人所用，所以通信应该简洁。

使用中继台的通信，通信内容尽量简短或分句，最好象打乒乓球那样一来一往地进行交互通信。当对方的信号强不必使用中继方式时，要采用单工方式(Simplex)进行通信。

奖状

12.1 奖状简述

业余无线电界的奖状，也称作 Award. 听起来倍感亲切，它是对在业余无线电通信中所取得的成绩的肯定和证明。可以说，对业余爱好者颁发任何奖状都是对他们永远爱好业余无线电通信活动的一种激励。

以取得 DXCC 或者 JCC／JCG （后面将有介绍）等奖状为奋斗目标的业余无线电爱好者很多，每个频段都活跃着很多人，他们进行了大量的工作。有些人不分昼夜地不断搜索着尚未取得联系的电台，直到取得联系后尚罢甘休，这种艰辛如果没有亲身体验是无法体会到的。

此外，几乎所有的奖状也都对 SWL 颁发。

12.2 奖状的申请和取得方法

12.2.1 QSL 卡

为了取得奖状，有必要先得到 QSL 卡。要得到 QSL 卡不是件容易的事，同时还要对已取得的 QSL 卡进行整理。然而有一种说法，叫作“奖状从整理开始，到整理结束”，可见对 QSL 的整理对获奖是多么重要。使用个人计算机对 QSL 卡进行整理是一种可取的方法，实际上就是利用计算机完成对卡片的各种管理。

12.2.2 申请书

在收集了获奖所必须的 QSL 卡以后便可提出申请。申请书用表 JARL 有售，使用很

方便。申请不同的奖状(DXCC, WAS 等)要使用不同格式的申请表，这种情况下可直接与颁奖单位联系，索取申请表。

随申请书要另附一份 QSL 卡清单，上面要把提交申请所必须的 QSL 卡的有关内容填写清楚。此外，为方便申请 JARL 颁发的各种奖状(如 JCC、JCG、AJA 等)，还出售《AJA 申请书》可作为申请用表使用。

12.2.3

GCR (General Certificates Rule)

所谓 GCR 就是 QSL 卡的持有证明，在 QSL 卡清单的最后一栏要有签名才有效（通常要由 2 名 JARL 会员签名作证)。在申请时应提交 QSL，但 GCR 可对此加以简化。由于可以代替提交 QSL 卡，所以在为 GCR 进行签名时一定要认真核实各项内容。

有些奖状的取得(如 AAA、WAZ 等)不仅要符合 GCR 标准，还要有由所在国业余无线电代表机构出具的证明。在日本，JARL 的事务局业务科以及各地方事务局都办理该项业务（手续费 200 日元)。还有的奖状不按 GCR 标准，提出申请必须提交 QSL 卡(DXCC、WAS 等)。各种奖状中，也有些根本不要任何证明，只根据本人宣誓进行授奖(如 WPX 等)，其实这种奖状应该是最理想的。

12.2.4

申请费用

向国外提交申请时，可购买 IRC (International Reply Coupon—国际用回信邮票券)。这种邮券在日本大邮局都能买到。提交一份申请时需购买 10 枚 IRC 券。

申请日本国内颁发的奖状时，可使用“定额小汇票”，这也需在邮局办理。然而使用“定额小汇票”时，收款人栏内空而不填。不论是 IRC 券还是汇票，均按信函邮寄。如果仅作为申请用的邮资，则寄邮票也是可以的。

12.2.5

运用地点

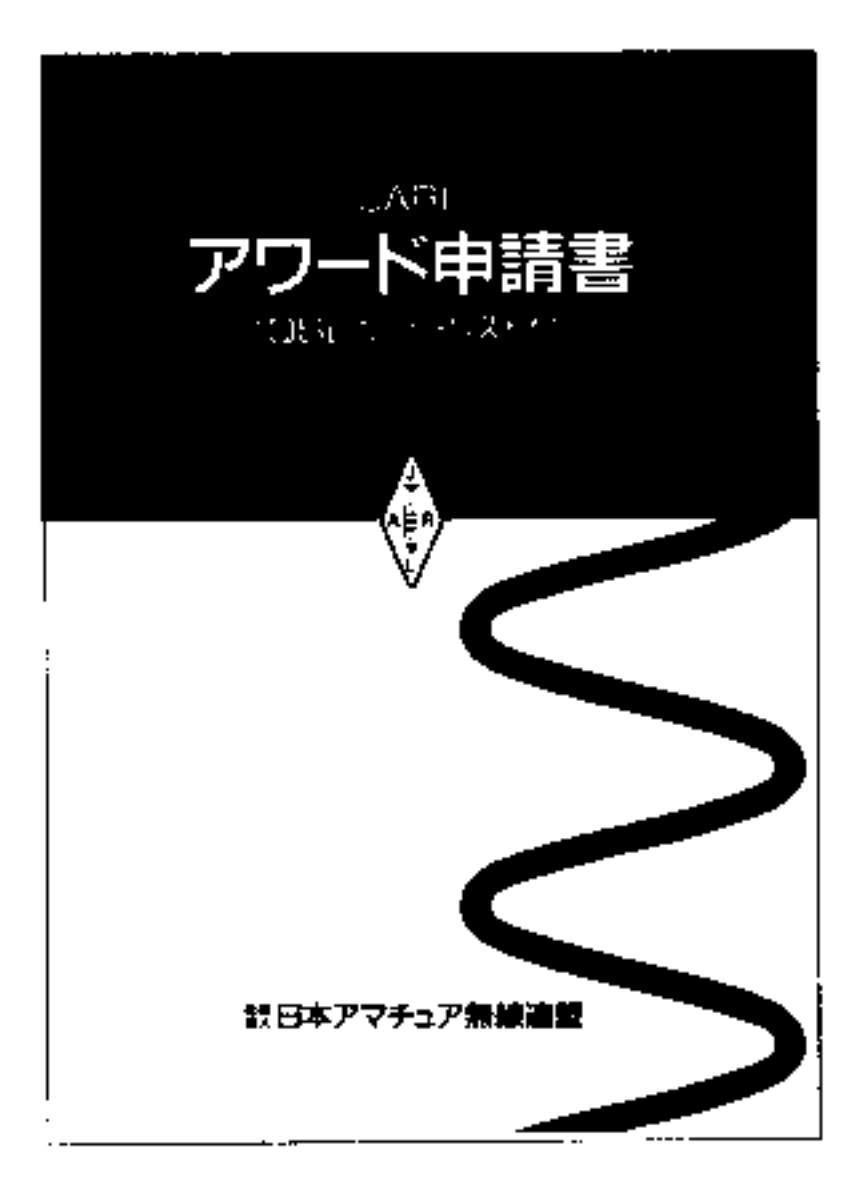
如果对申请人的运用地点未做特殊规定，对国外奖状的申请在同一国家内，对日本国内奖状的申请在同一都道府县内有效。由于 JARL 颁发的 AJA 奖可以在日本全国范围内都有效，所以该奖被认为最适合经常调动工作的社会阶层。对对端电台的移动没有具体规定，一般只要明确记载移动地点即认为有效。

・其它

以上各项工作准备就绪以后就可提出申请。当然最好把申请书和 QSL 卡清单等复印留底，以备查用。

下面将介绍几种有代表性的奖状的颁发标准。有关其它各种国内外颁发的奖状，请参阅有关书籍。本文中所谓“国外奖状”是指以海外的 QSL 卡作为申请条件的奖状。

●申请授奖时，使用 JARL 发行的 Award 申请书很方便，申请书每套定价 400 日元(含税)，邮资 250 日元。大型书店、电料行等处均经办出售申请书的业务。



国际奖状

▶WAC (Worked All Continents)

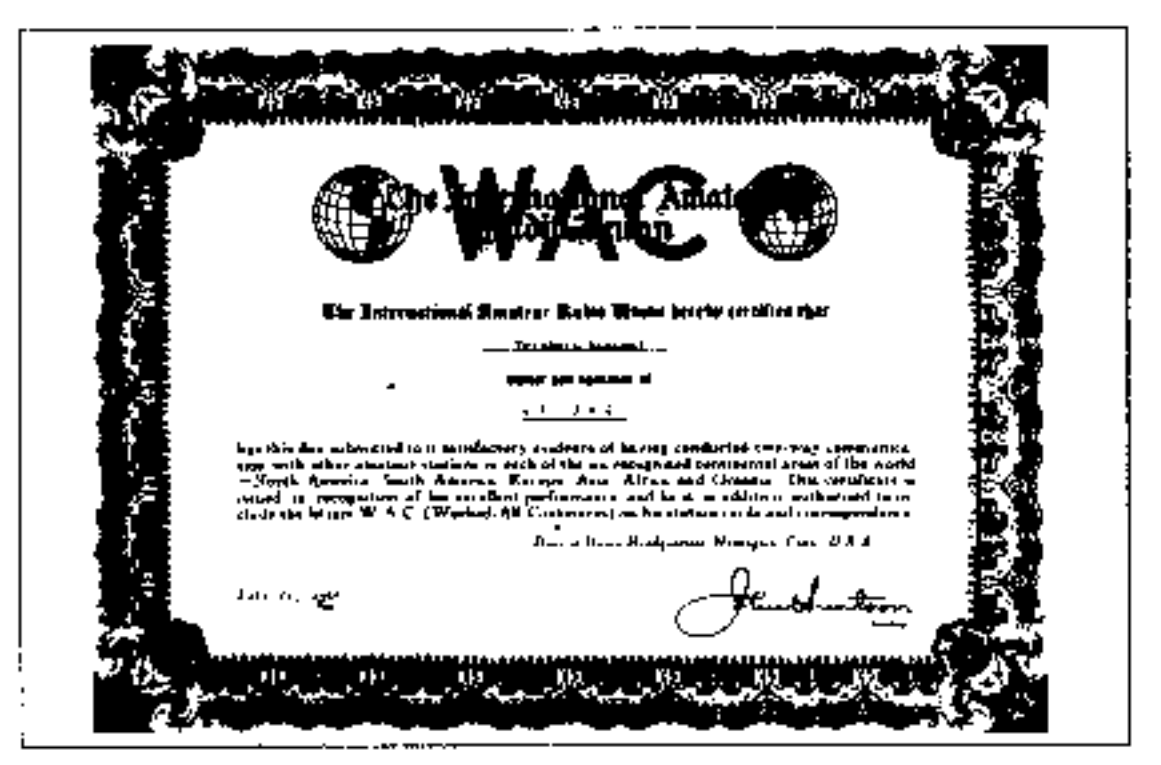
颁发单位:IARU

申请条件:在 6 大洲取得 QSL 卡者

申请方法:申请书+QSL 卡+QSL 卡回寄用信封+400 日元

申请地址:JARL 事务局业务课　〒170　東京都豊島区巣鴨 1—14—2

参考:由 JARL 代办申请。包括 MIX／CW／Phone／SSTV／RTTY／FAX／卫星／5 band 等各种类型的申请以及 6band／QRP／1. 8／3. 5／50MHz 等贴有特殊标记的申请。

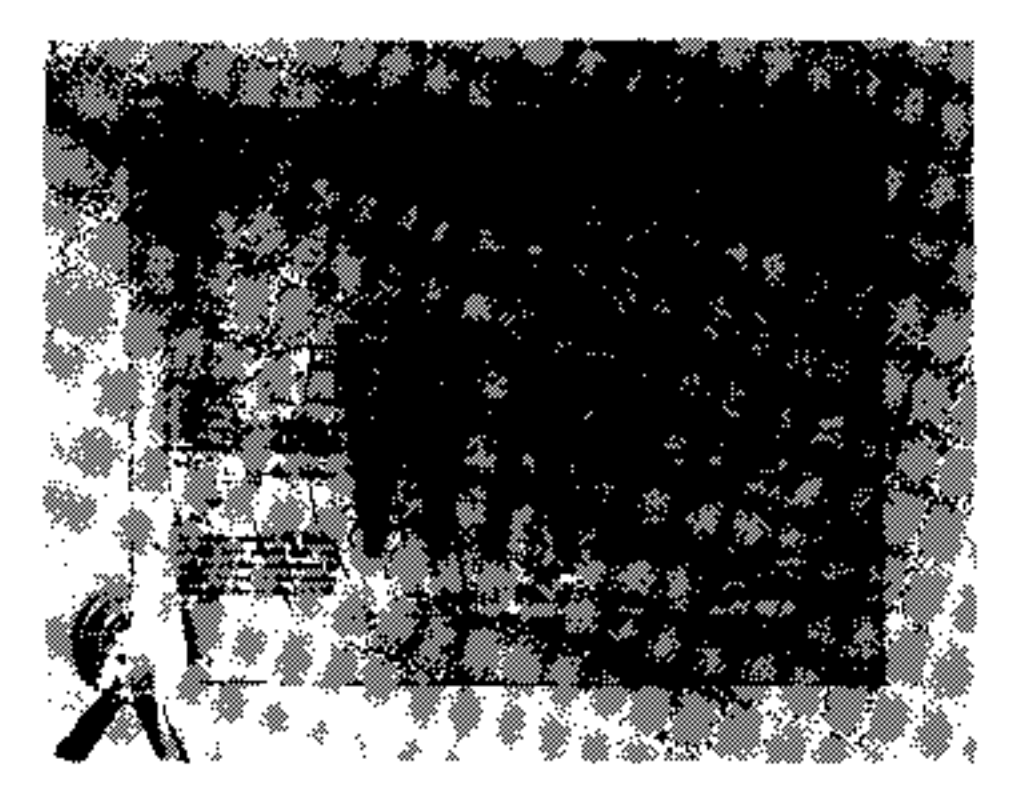


照片 12—1

▶WAZ (Worked All Zones)

颁发单位:CQ Communications, Inc.

申请条件:在 CQ 公司指定的 40 个区域取得



照片 12—2

QSL 卡者。

申请方法:特定申请书* +JARL 的 GCR+10 美元

*CQ Communications, Inc.
76North' Broadway, Hicksville, NY11801, U.S.A.

申请地址:Leo Haijsman
31 De Marco Rd., Sudburg, MAO1776, U.S.A.

参考:可申请的种类有,MIX band／单边带／CW／5band／WARC band／RTTY／160m／卫星等。

▶DXCC (DX Century club)

颁发单位:ARRL

照片 12—3

申请条件:在 ARRL 制定的 DXCC"国家"表中,取得 100 个以上"国家"的 QSL 卡者。

申请方法:特定申请书+10 美元申请费+QSL 卡+回信用邮资

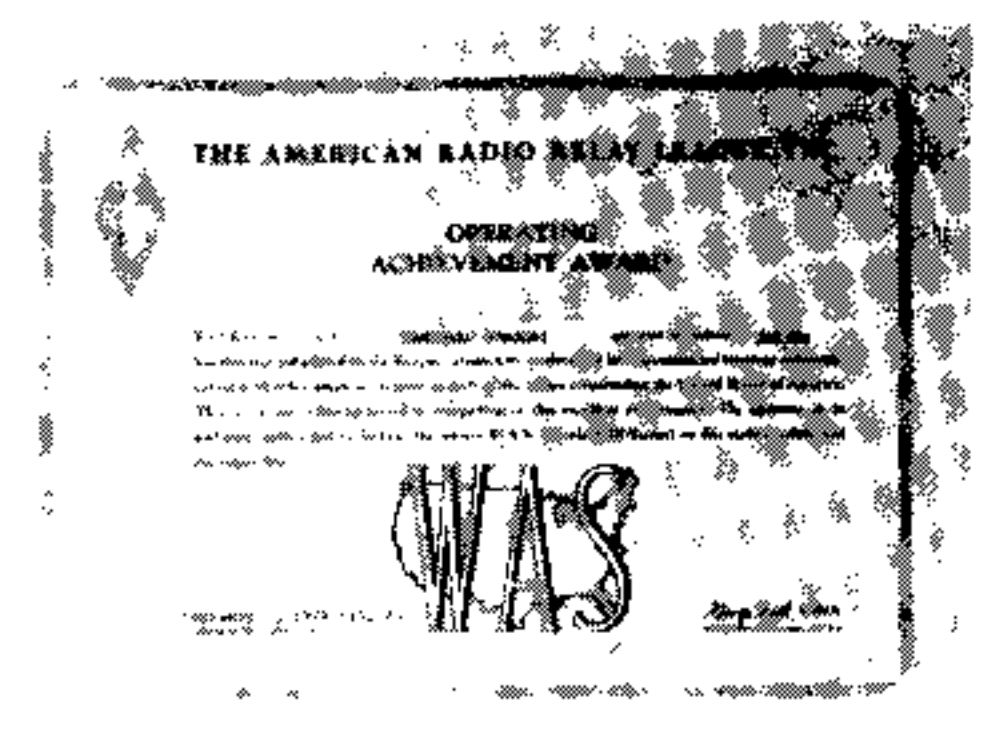
(注:会员一年可申请一次,非会员可申请二次)

申请地址:ARRL DXCC DesK, 255Main st., Newington, CT 06111, U.S.A.

参考:包括基本奖在内有 12 种。

▶WAS (Worked All States)

颁发单位:ARRL



照片 12—4

申请条件：从美国的 50 个州取得 QSL 卡者。

申请方法：特定申请书＋QSL 卡＋回信用邮资

申请地址：ARRL WAS Award, 225 Main St., Newington, CT 06111, U.S.A.

参考：除 10 种以外，也有贴特殊标签的。

▶WPX (Worked Prefix)

颁发单位：CQ Communications, Inc.

申请条件：从不同前缀（px）的电台按以下方法取得 QSL 卡者。

Mixed mode……400 前缀

CW mode……300 前缀

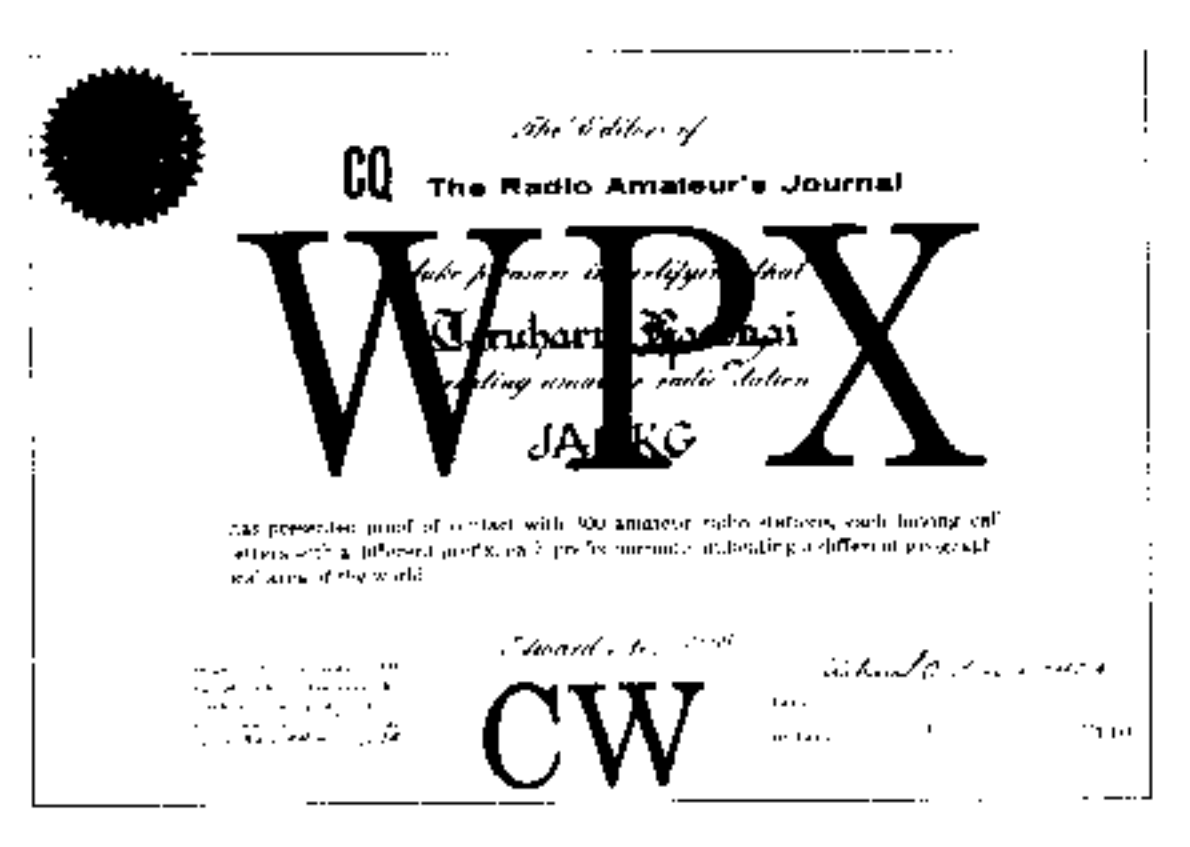
SSB mode……300 前缀

• 按频带(band)背署

1.8MHz……50PX（日本为 1.9MHz）

3.5MHz……175PX

7MHz……250PX



照片 12—5

14MHz……300PX

21MHz……300PX

28MHz……300PX

（以上每 50PX 背署一次）

• 按大陆背署

北美洲……160PX

非洲……90PX

南美洲……95PX

亚洲……75PX

欧洲……160PX

大洋洲……60PX

申请方法：特定申请书（本人誓约）＋10 美元

申请地址：N. V. Koch K6ZDL

P. O. Box 1351, Torrance, CA 90505, U.S.A.

▶USA—CA (USA County Award)

照片 12—6

颁发单位：CQ Communications, Inc.

申请条件：从美国的 500 个县（相当于日本的郡）取得 QSL 卡者，以后每 500 个县最多到 3079 个县颁发标签。

申请方法：指定申请书*＋10 美元

*用 1.25 美元向 CQ Communications Inc. 索取，参照 WAS 各项。

申请地址：Dorothy H. Johnson WB9RCY 333 South Lincoln Av., Mundelein,

照片 12—7

IL60060, U.S.A.

参考：奖状为特大版奖状。

▶ADXA (Asian DX Award)

颁发单位：JARL

申请条件：从亚洲 30 个国家取得 QSL 卡者

申请方法和申请地址：同 AJD。

参考：ADXA—HALF，即在亚洲 15 个国家取得 QSL 卡。

▶ADXA—HALF (Asian DX Award)

颁发单位：JARL

申请条件：从亚洲 15 个国家取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址：同 AJD。

参考：ADXA，为在亚洲 30 个国家取得 QSL 卡者。

12.4 日本国内奖状

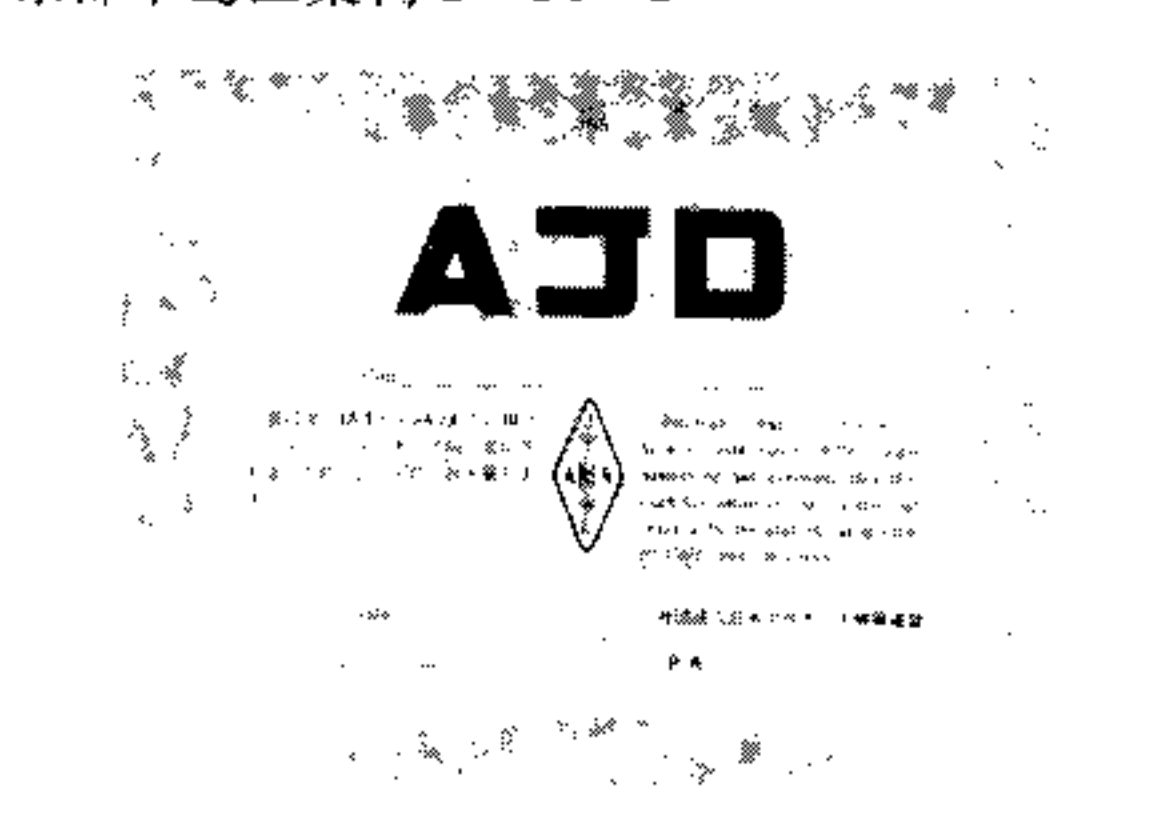
▶AJD (All Japan Districts)

颁发单位：JARL

申请条件：与日本国内的 10 个呼号区进行通信并取得 QSL 卡者。

申请方法：GCR＋500 日元（JARL 非会员 1000 日元）

申请地址：JARL 事务局业务课　〒170 东京都丰岛区巢鸭 1—14　2



照片 12—8

▶WAJA (Worked All Japan Prefectures Award)

颁发单位：JARL

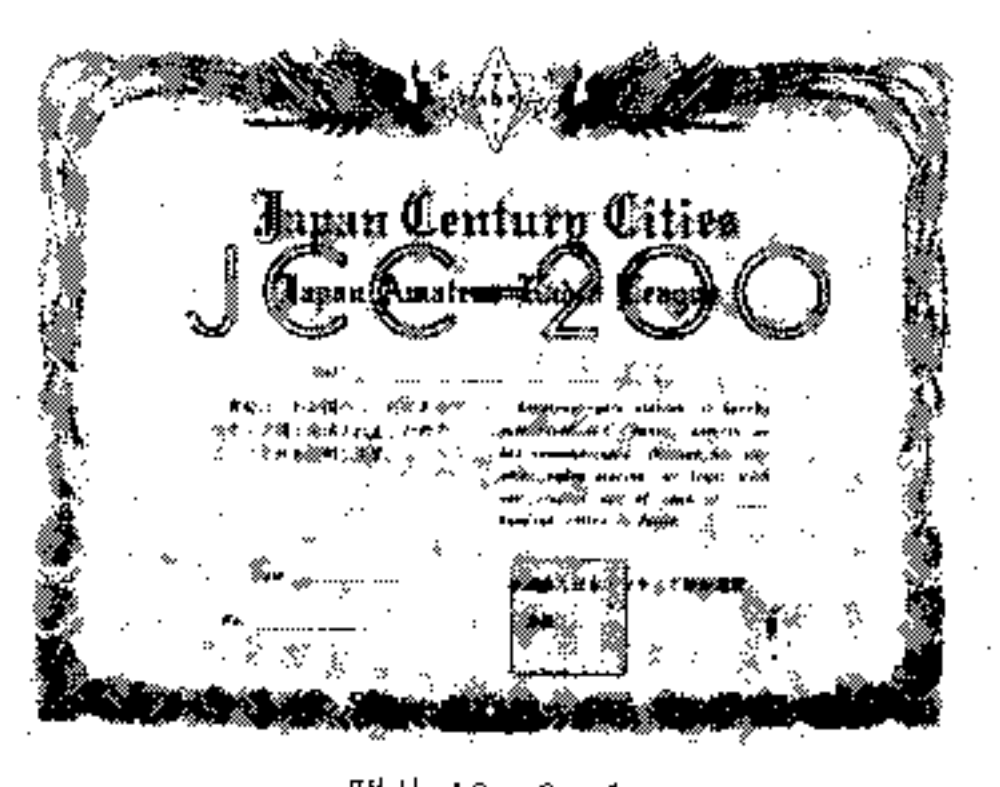
申请条件：与日本国内的 1 都 1 道 2 府 43 个

照片 12—9

县进行通信并取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址：同 AJD。

▶JCC (Japan Century Cities Award)



照片 12—9—1

照片 12—9—2

颁发单位:JARL

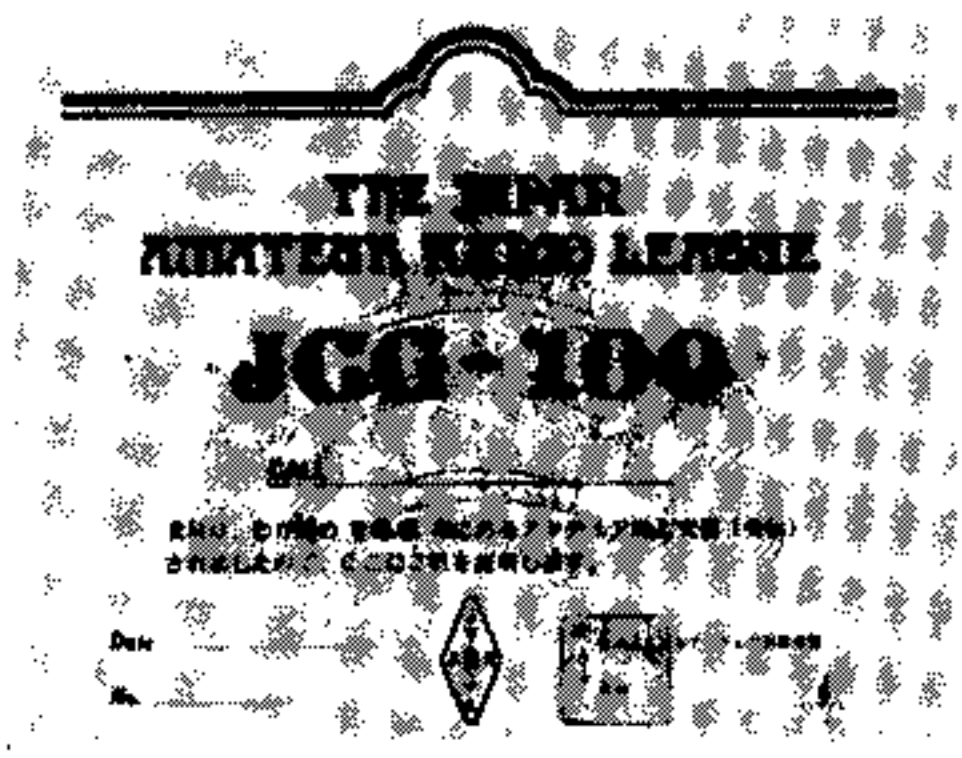
申请条件：与日本国内 100 个不同城市进行通信并取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址:同 AJD。

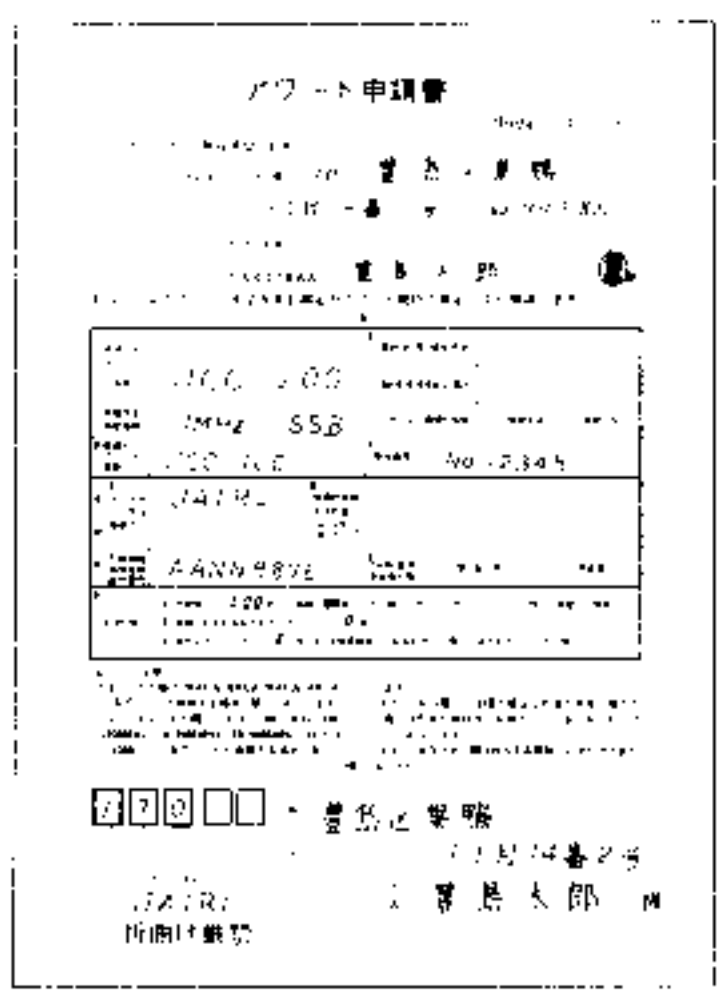
参考：以后每达到 100 个市最多到 600 个市颁发一次标签。

▶JCG (Japan Centurg Guns Award)

颁发单位:JARL



照片 12—10



申请书举例

申请条件：与日本国内 100 个不同郡进行通信并取得 QSL 卡者。

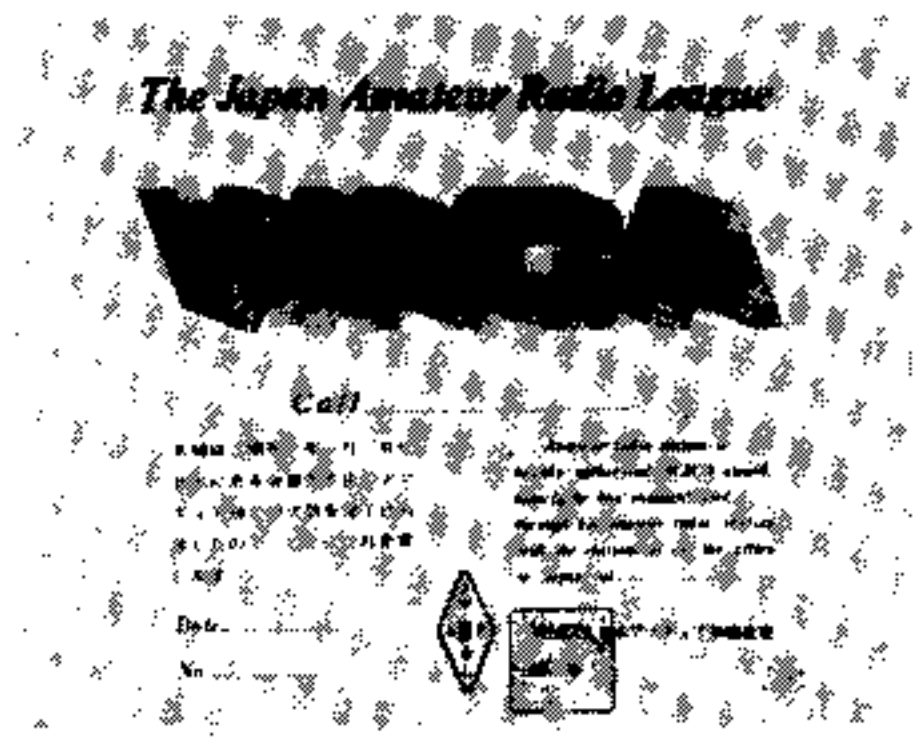
申请方法和申请地址:同 AJD。

▶WACA (Worked All Cities Award)

颁发单位:JARL

申请条件：与日本国内所有的市进行通信并取得 QSL 卡者

申请方法和申请地址:同 AJD。



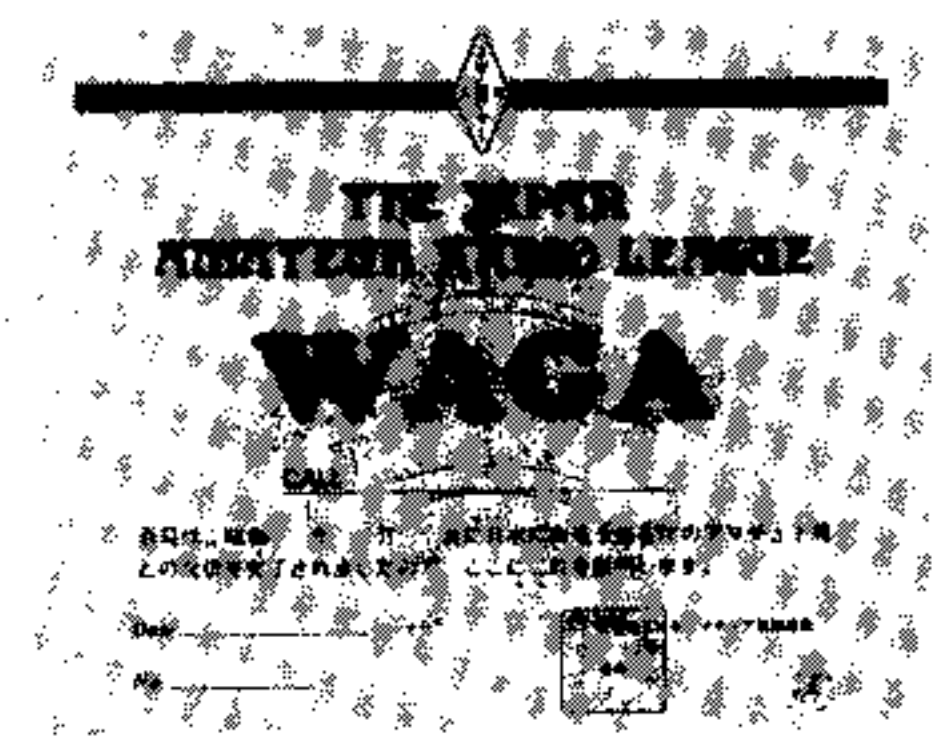
照片 12—11

▶WAGA (Worked All Guns Award)

颁发单位:JARL

申请条件：与日本国内所有的郡进行通信并取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址:同 AJD。



照片 12—12

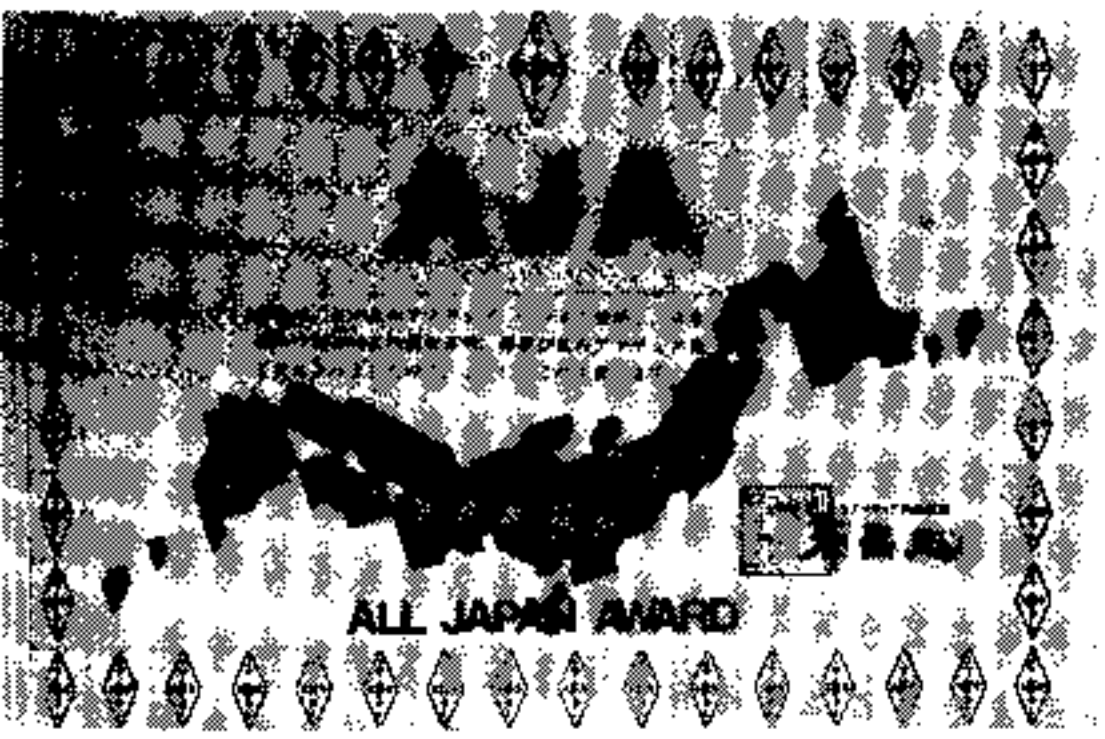
▶AJA (All JaPan Award)

颁发单位:JARL

申请条件：用 2 个频带以上并在 1000 个地区以上(包括市、郡和区)取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址:同 AJD。

参考：以后每达到 500 个地区颁发一次标签。



照片 12—13

▶业余卫星“富士”奖

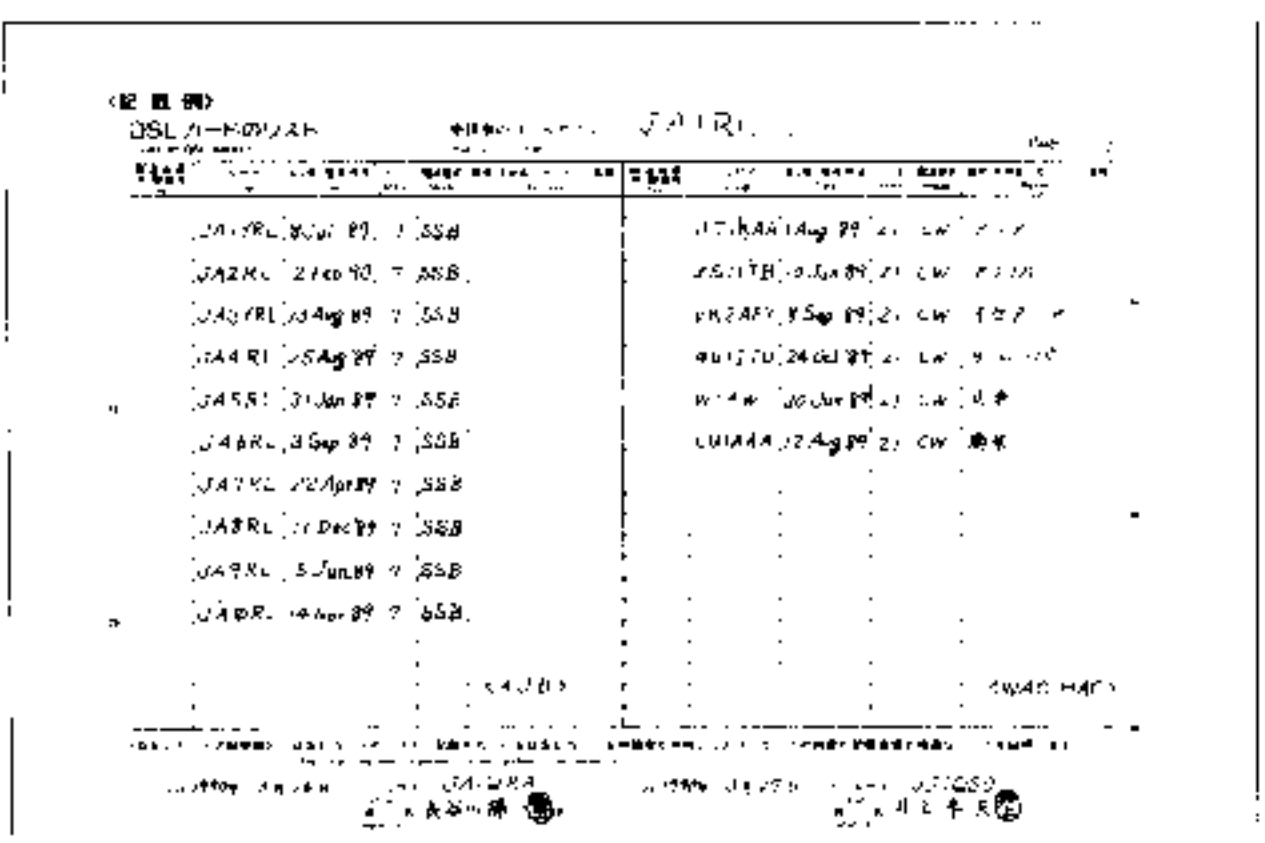
颁发单位:JARL

申请条件：利用业余通信卫星“富士”(仅限CW 和 SSB 的情况)与 10 个不同电台进行通信并取得 QSL 卡者。

申请方法和申请地址:同 AJD。

照片 12—14

GCR 记录举例



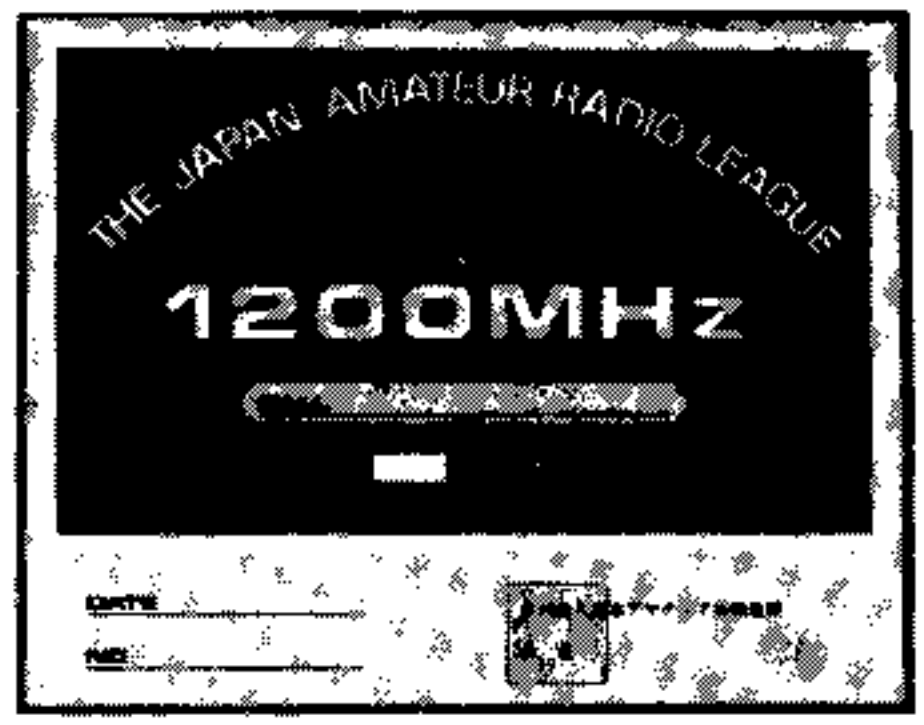
▶日本颁发的其它奖状

50MHz—100,

144MHz—100

435MHz—100,

1200MHz—10(50, 100, 200, 300, 400, 500)



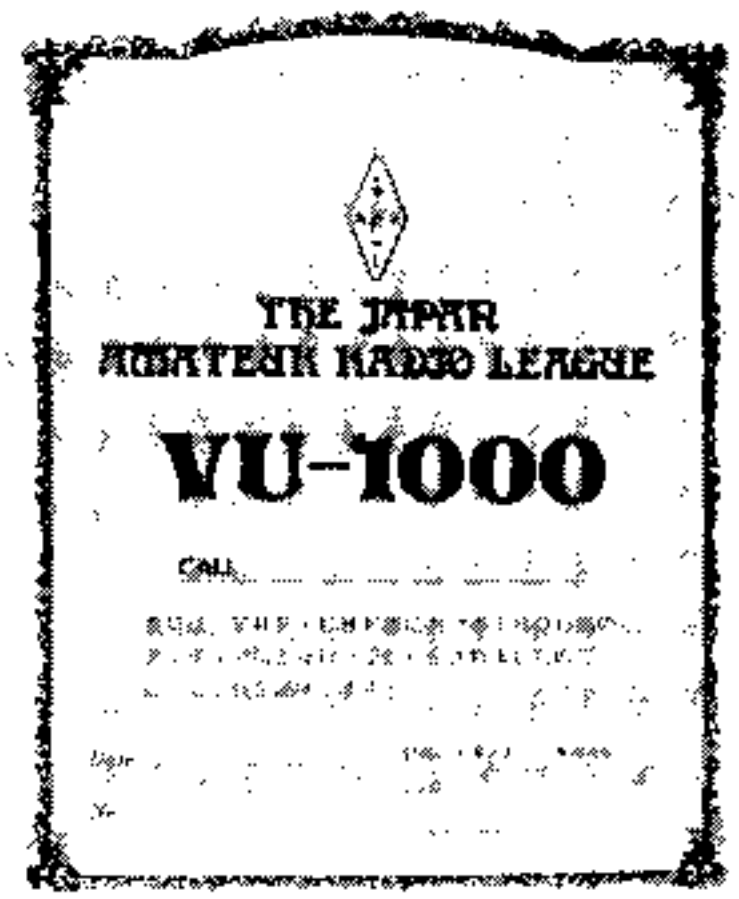
照片 12—15

2400MHz—10(50, 100, 200, 300, 400, 500)

5000MHz—10(50, 100, 200, 300, 400, 500)

V.U—1000(50, 144, 430MHz, 100 个电台)

申请方法和申请地址:同 AJD。



照片 12—16

以上由 JARL 颁发的各种奖状的详细规定请向 JARL 事务局业务科进行咨询，随信请寄回信用信封及邮资。

竞赛 (contest)

13.1 竞赛简述

关于业余无线电通信的竞赛，一般来说，是以在一定时间段内与尽可能多的地区尽可能多的电台进行通信作为评分标准，这里所说的时间段少则 4 小时，多至 48 小时。

这种比赛有操作者与电台间互相追赶的意义，所以无线电竞赛也叫做“无线电运动”(Radio Sports)。既然是竞赛首要是就是要遵守比赛规则(rule)。超出电台执照范围或超出操作人员持有的操作证书核准的项目范围的任何操作都应严格避免。要知道，那些认为只要别人不知道犯规就没关系的人是没有参赛资格的。

按照竞赛种类的不同，对能够参赛的电台或者能够成为通信对象的电台有不同的限制。例如，JARL 举办的 AJA 赛就只允许在日本国内使用的电台参赛，所以即使是日本人，但如果在海外也没有参赛资格。换句话说，在参加 AJA 赛的过程中，即使与地处海外的电台交换了竞赛号码(contest number)，这种通信对竞赛来说也视为无效。

在比赛过程中，象通常的通信一样，QTH、姓名或者天气状况等都不必交换，而只交换固有的竞赛号码。竞赛号码象市郡的比赛那样，最长 10 位最短 4 位，由数字或者字母等构成。所以在比赛中，与某电台通信时间不足 1 分钟的情况很多。

对一次比赛也没参加过的电台来说也许不相信这一点，1 分钟内与 3～5 个电台(1 小时与 200 多个电台）交换竞赛号码的情况也不稀奇。由于在比赛中只确认竞赛号码不发送其它信息，所以象这样快步调的通信是有可能实现的。

只交换竞赛号码对通信对方是否有点不礼貌，没有任何寒暄问候好不好？在这些方面不必考虑过多。因为对对方电台来说，只发送尽可能短的呼号和竞赛号码可以说是最高的礼节。

参赛方法与心得

参赛的电台有各种各样的目的。有的电台想获得高一级别的奖状并以此为目的，也有的电台不论做出多大努力对获奖都不太感兴趣，参赛只是喜欢比赛的气氛，还有的电台以能够进行大量 QSO 为乐趣或者为了获奖而搜寻珍奇的电台。不管参赛目的如何都没关系。能让尽可能多的电台参加比赛，会使比赛变得趣味无穷。

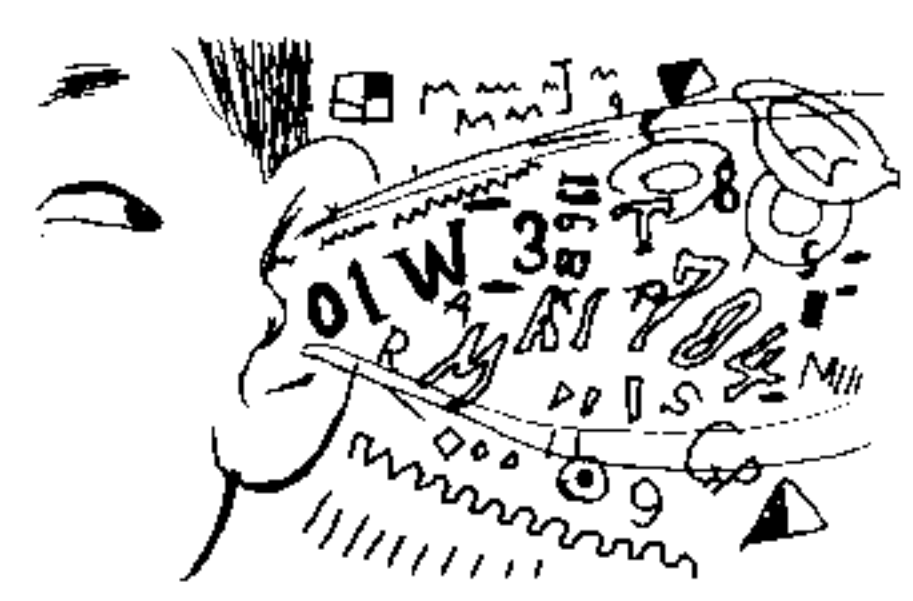
参加比赛并不需要什么特殊的机器设备，只需为参加比赛开发出使用方便的收发设备，掌握能取得高分的各种机器使用方法、在比赛中运用各种技能（把握传播的状况，在信号混乱辨别不清的情况下，能迅速找出对端呼号和竞赛号码的能力等）这些都是必不可少的。

参赛电台的参赛时间可按各参赛电台情况自己确定，不一定要占满比赛的全部时间。从一开始就必须参加全部 24 小时的情况是不会有的。往往根据自身的身体状况，工作学习情况调整参赛时间，当然还要得到家庭成员的支持和协助，只要心情愉快地参加比赛就会感受到其中的乐趣。

由于长时间连续参加比赛，可增大与珍稀电台通信的机遇，但这时不仅混杂的信号会增多，竞争对手也多起来。因此应该总是一如既往地无忧无虑地进行 QSO。

在比赛中，与那些很少出现的市或郡相比，信号强的电台更多见。

即使有所说的珍稀电台，如果信号不是太强，也不容易听到。在干扰的阴影下面，要注意弱信号电台，这也许会带来意外的收



另一方面，盲目参赛会给别的电台带来很多麻烦，所以最重要的是完全熟知所参加的竞赛的规则。如果发错了竞赛号码，或者呼出了对方电台以外的其它电台，不仅自己心感不安，而且给对方造成很多麻烦。

例如 JARL 举办的日本国内比赛，因为只允许在竞赛 QSO 规定的频率范围内进行，如果在规定频率范围以外交换竞赛号码，这一方面给未参加该项比赛的电台造成麻烦，另一方面也违反了竞赛规则，这些都要引起足够的重视。

关于竞赛规则的细节 13. 3 中做了说明，但这里不可能对所有竞赛规则都加以说明。如果已颁布实施的规则尚有不明之处，请向竞赛主办单位进行咨询。不了解规则就盲目参赛，乐趣会减少一半。

在理解掌握了规则以后，还要准备好有关表格，如：电台日记（log Sheet）、得分系数检查表（multiplayer check list）和重复通信检查表等。

为避免整理过程中表格不够用，事先准备的各种表格数量要充足。关于各种表格的填写方法将在 13.4 中进行说明。

各种竞赛规则

本节将以 JARL 举办的竞赛为实例对有关规则进行说明。我们通常所说的规则，相当于比赛中的规章和法律，这就象国家的宪法一样。国内竞赛也好，DX 竞赛也好，规则基本上大同小异。

13.3.1 JARL 举办的日本国内竞赛

(1)竞赛日期和时间

竞赛的开始时间以及结束时间均以 JST 表示。只有在这个时间内进行的号码交换作为竞赛 QSO 才是有效的。

(2)参赛资格

只确认日本国内业余电台以及 SWL 的参赛资格。比赛期间，即使与地处海外的电台交换了竞赛号码，这种通信（或收信）也不被承认。

(3)使用频段

当然即使在比赛中，也有的电台是以普通通信为乐趣。因此，对比赛时使用的频段必须加以限制。比赛一定要在规定的频段进行。电报和电话除可使用各自的频段外，电话进而还分为 AM／SSB 和 FM 两种。

(4)参赛门类和比赛项目

门类分为电报电话和电报 2 个门类，只通话不通报或既通话又通报者属于前一个门类。比赛项目按使用频率（multi－band, Single band 即多频带和单频带）、个人电台或团体电台等划分。

(5)通信方法

(a)呼叫

·电话……CQ　　CONTESE（或 CQJA CONTESE）

·电报……CQ　　TEST（或 CQJA　　TEST）

(b)交换竞赛号码

交换按以下格式构成的竞赛号码，按照 RS(T) 电码的对方台信号报号＋本台使用地点代码＋所用发射机的额定输出功率

比赛不同，使用地点代码也不同。ALL JA（全日本）赛是指都府县的支局号，市或郡的比赛是指市或郡的代号。而“6m 以下”野外日比赛时按不同频段，都府县支局号以及市郡分别编号，这些要加以注意。

所用发射机的额定输出功率是关于发射机输出端子最大天线功率，小数点后四舍五入。额定输出功率的值为 1 位数时，前面加“00”，为 2 位数时，前面加“0”，使其构成 3 位数字。例如，1W 则表示成“001”，10W 表示成“010”。

(c)发送操作员的姓名

对于团体电台，在呼叫及回答时，在呼号之后要发送操作员的姓名。

(6)禁止事项

(a)通过中继台进行通信

(b)混用不同频段进行通信

(c)比赛中变更使用地点

(d)个人电台在同一频段或在不同频段同时发射 2 个以上的电波

(e)团体电台在同一频段同时发射 2 个以上的电波

(f)同一团体电台在多个地点使用

以上 6 条为禁止事项，如果违反将被取消参赛资格。

(7)得分(point)

●业余电台

如果建立联络后，双方能完全交换竞赛号码，即可按规定得分。任何一方不能确认竞赛号码时不能得分。

●SWL 电台

能完全接收到发端台（记入通信台栏内

的电台）以及收端台（通信的对方台）的呼号和发端台向收端台发送的竞赛号码时，可按规定得分。

●重复交信／接收

在同一频带与同一电台仅进行一次交信或仅接收一次时，得分有效。第二回或第二回以上通信或收信不得分。

(8)得分系数(multiplayer)

指明每个频段通信对方台的使用地点，以不同地区（ALLJA 赛按都道府县，市郡赛按不同市郡，并按竞赛号码列出）的数量表示通信地区数。

要取得高分，增加通信（或收信）的电台数固然很重要，但是通信地区数的影响也很大。例如通信电台数为 100，通信地区数为 10，可得 1000 分，而 50 个电台 20 个地区同样也能得 1000 分。

(9)总成绩的计算方法

・多频段……（各频段得分之和）×（各频段通信地区数之和）

・单频段……（该频段得分之和）×（该频段通信地区数之和）

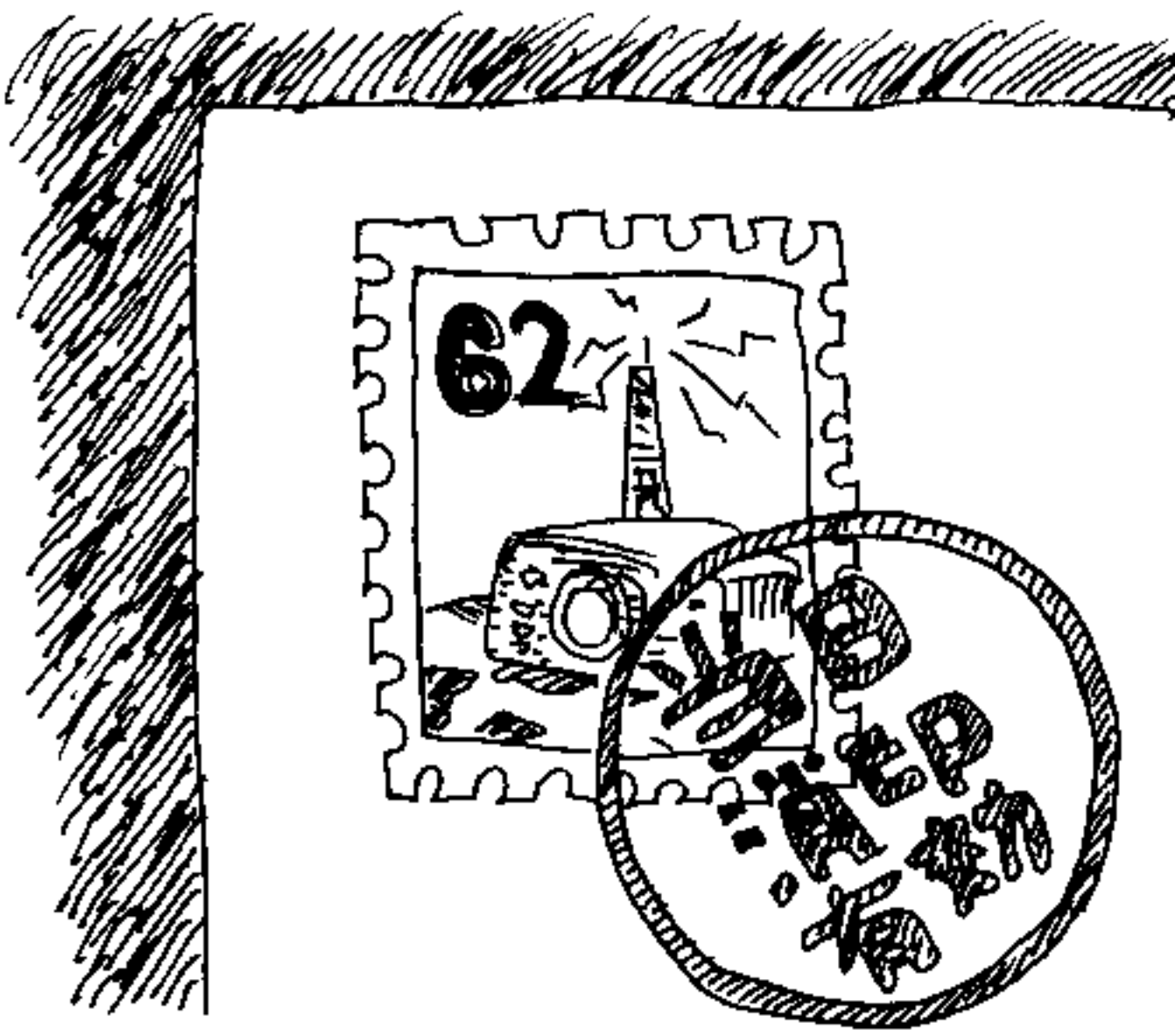
(10)提交文件

同一执照持有人只能为一个门类提交一个项目，否则失去参赛资格。同一呼号是这样，即使呼号不同但如果使用呼号的是同一个人，也只能申报一个项目。对于欲申请获奖的电台要提交检查表（check list）（包括重复通信／收信检查表，通信地区检查表）以及记录比赛情况的电台日记(log sheet)。不仅对获奖电台，其它电台如果不填写检查表，就不能正确计算得分，也不能正确统计通信地区数。所以，希望将所有的通信电台都填入检查表中。

有关填表的实例参看 13.4 节。

●文件提交的截止日期

文件提交的截止日期必须在竞赛规则中写明并以邮戳为准。但是即使在截止日期当天投入邮筒，由于邮局收集处理等方面的原



因，可能盖销的是次日的邮戳。所以最好在不迟于截止日期的前一天把提交文件投入邮筒或直接去邮局交寄。

●失去比赛资格

只要遵守比赛规则、遵守电波法并且提交的各种文件填写正确无误，就不会被取消比赛资格。

以上是对 JARL 主办的日本国内竞赛有关规则的说明。尽管有些项目以前参加过，在参赛前也要详细阅读 JARL 颁布的有关规则（可参阅 JARL News 或其它有关杂志），因为与以往举行的竞赛相比可能会有差别。

13.3.2 DX 竞赛

在日本比较容易参加的 DX 竞赛有：

・JARL 主办的“ALL ASIAN DX”赛

・ARRL (U.S.A.) 主办的“ARRL DX”赛

・US CQ 公司主办的“CQ WPX”赛和“CQ WWDX”赛

・WIA（VK 协会）／NZART（ZL 协会）共同主办的“VK／ZL／大洋洲”赛等

DX 竞赛与国内竞赛的主要区别是：

①使用 UTC(GMT) 时间，几乎都从

0000(0900JST)开始计时。

②使用英语交换竞赛号码。

③提交的文件多数可用 JARL 印制的表格，但宣誓等文件必须用英文书写。

13.4 提交文件填写时的注意事项

将有关事项全部填入 JARL 印制的电台日记(log Sheet)和汇总表(Summary Sheet)或者大小内容相同的表格中。因为漏填某些内容会失去比赛资格，所以对全部内容确认无误后方可寄出。

团体电台务必将操作员呼号(或姓名)以及操作员资格等填写清楚，只填呼号会被取消资格，要特别注意。图 13—1 是汇总表填写实例，图 13—2 是电台日记填写实例。

●汇总表(Summary Sheet)

①竞赛名称：此栏填写如"ALL JA, 6m AND DOWN"等竞赛名称的全称，不能缩写。因为在几天内可能有 PH(电话)部门和 CW(电报)门类的多项比赛，如果竞赛名称填写不全，CW 部门的记录表可能被误计入 PH 门类，这点一定要注意。

②参赛部门和项目等：JARL 主办的国内竞赛，部门和项目要按代码填写(如 C14 等)。当然在名称栏内也可填写诸如"个人电报 14MHz"。但时常会发生代码和名称不一致的现象。填写代码时务必按 JARL News 登载的规章进行确认。

③呼号(Call sign)：填写该项比赛中使用的呼号。如果在从常设地点移动后参加的比赛，应将移动后的呼叫地区号写在斜线后面。

④通信电台数：按不同频段分别填写有效的通信电台数(不包括重复的通信和不能确认的通信)。

⑤得分(point)：将各频段的得分记入本栏。

⑥通信地区数(maltiplayer)：将与之通信的都府县支局或市郡等的数量，按不同频段记入本栏。

⑦合计栏：以单频段参赛者，在本栏记入该频段通信台数、得分以及通信地区数的合计。以多频段参赛者，在本栏记入各频段通信台数、得分和通信地区数的总和。总得分为得分合计与通信地区数合计的乘积。

⑧住址：此处填写的住址为取得联系所用，与常驻地址不同也无关紧要，不要忘记填上联系电话。

⑨姓名(团体名称)：填写执照持有人姓名或者执照持有团体的名称，请写全称不要缩写。

⑩无线电操作证书等级资格：无论是个人电台还是团体电台均填写所具有的最高等级资格。

⑪指定的天线功率：作为竞赛号码的内容要交换天线的额定功率。这里填入的不是指具体使用时的发射功率而指的是执照上记载的功率(如执照上记载的功率是 100W，尽管使用 10W 的天线，此处仍应填 100W)。

⑫移动地址：野外日比赛(field day contest)必须填写此栏。其它比赛在常设地点以外使用时填本栏。移动地址的填写要尽量详细(如填写街区或经纬度等)。

⑬建议(团体电台操作者填写)：填写参加比赛的感受等。为供主办单位今后参考之用，请提出具体建设性意见。此外，此处还要填写团体电台全部使用者的呼号(或姓名)以及每个人的等级资格。

⑭签字盖章：本来表中各项内容应由填表人亲笔书写，但由于表格是事先印制的，有

关内容填写完毕后由本人亲笔填入填表时间和姓名后再盖上图章。

⑮收件人名址标签：用于获奖后奖状的寄达。填写确实能收到的地址和邮政编码。

●电台日记(log sheet)

①竞赛名称等：为便于主办单位对电台日记中记录的内容进行审查，汇总表和电台日记要分别装订成册。即使汇总表填写正确，但如果未填电台日记，也容易引起错误。所以务必在全部操作日志上把竞赛名称、呼号、使用频率、页号等都写清楚。

②日期和时间：填写竞赛号码交换成功时的日期和时间。

③通信电台：填写包括移动地点在内的对方台呼号。不承认呼号的简写（如将A1YRL简写为"J"不被承认）。

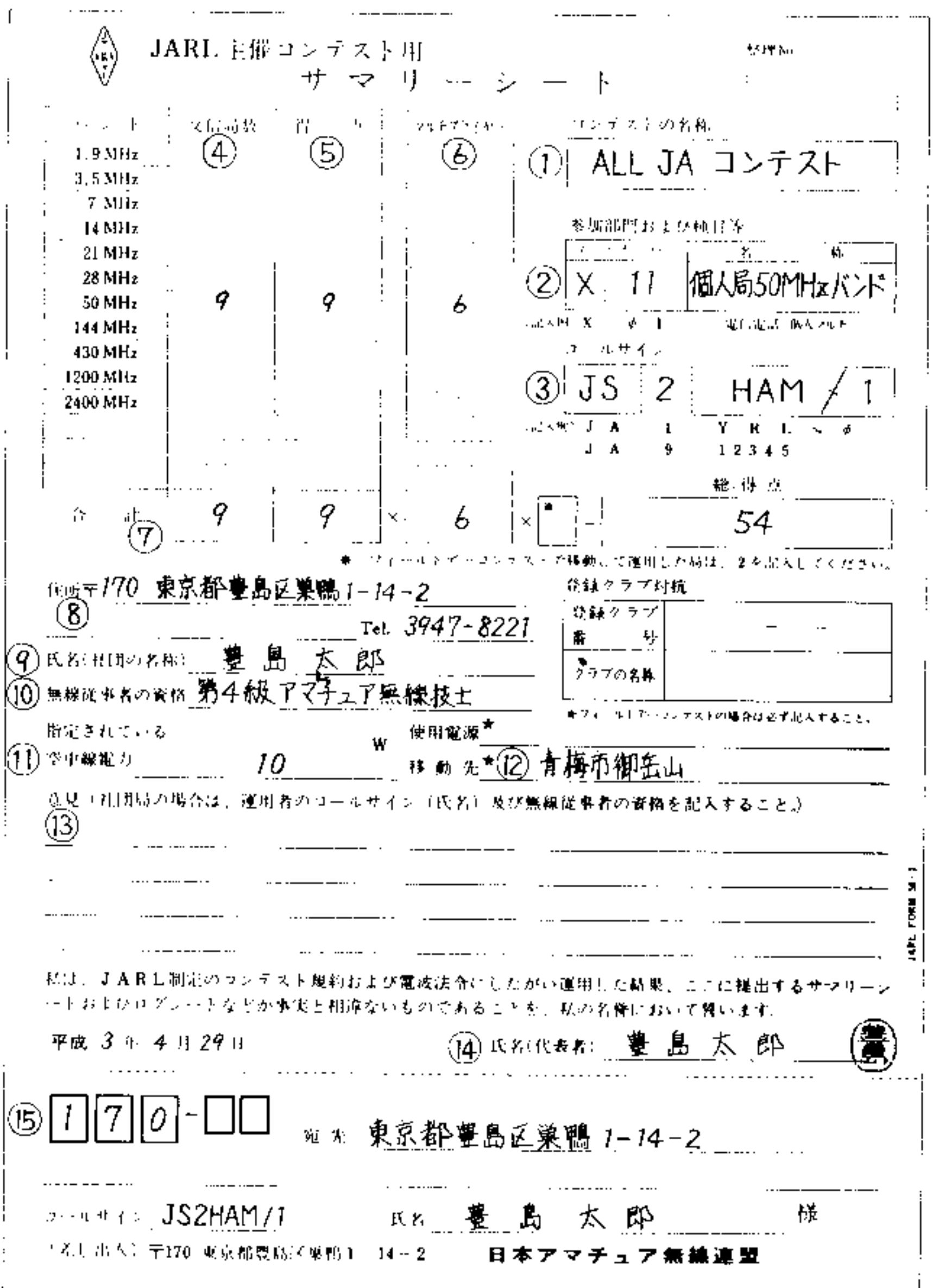
④发射号码和接收号码：本栏记入发出的号码和接收到的号码。

⑤得分系数（multiplayer）：产生新的通信地区时，将该地区的地区号（都府县支局号或市郡号等）记入本栏。

⑥得分：将有效通信（的确相互交换了竞赛号码）的得分记入本栏。

⑦通信电台小计：有效的通信电台小计

图 13—1　观察记录表举例


JARL主催コンテスト用
サマリーシート

バンド	交信回数	得点	マルチプライヤー
1.9 MHz	④	⑤	⑥
3.5 MHz			
7 MHz			
14 MHz			
21 MHz			
28 MHz			
50 MHz	9	9	6
144 MHz			
430 MHz			
1200 MHz			
2400 MHz			
合計 ⑦	9	9	× 6

コンテストの名称 ① ALL JA コンテスト

参加部門および種目等

② X 11 個人局50MHzバンド

コールサイン ③ JS 2 HAM / 1

総得点 54

* フィールドデーコンテストで移動して運用した局は，2を記入してください。

住所 ⑧ 〒170 東京都豊島区巣鴨1-14-2 Tel. 3947-8221

⑨ 氏名(社団の名称) 豊島 太郎

⑩ 無線従事者の資格 第4級アマチュア無線技士

指定されている空中線電力 ⑪ 10 W

使用電源*

移動先* ⑫ 青梅市御岳山

登録クラブ対抗

登録クラブ番号	—
クラブの名称	

*フィールドデーコンテストの場合は必ず記入すること。

(見人(社団局の場合は，運用者のコールサイン，氏名，及び無線従事者の資格を記入すること。)

⑬

私は，JARL制定のコンテスト規約および電波法令にしたがい運用した結果，ここに提出するサマリーシートおよびログシートなどが事実と相違ないものであることを，私の名誉において誓います。

平成 3 年 4 月 29 日　⑭ 氏名(代表者) 豊島 太郎

⑮ 1 7 0 - □□　宛先 東京都豊島区巣鴨 1-14-2

コールサイン JS2HAM/1　氏名 豊島 太郎 様

(名)出人 〒170 東京都豊島区巣鴨1-14-2　日本アマチュア無線連盟

JARL FORM SM-1

LOG SHEET　19 93　① ALL JA CONTEST

Call JS2HAM/1　Band 50 MHz　Sheet No. 1/1

DATE TIME 月 日	時分 JST UTC	③ STATION	WKD.	EXCHANGE SENT	④ RCVD	⑤ MULTI.	PTS.	⑥
4/28	21 01	JS2ABC		591010	591810	18	1	
	05	JO2MNL		↓	581910	19	↓	
	② 12	JQ3PIN		581010	572210	22		
	23	JP3BOO/1		571010	581110	11		
	35	JS2HIJ		591010	591850			
	50	JK7EFG		581010	570710	07		
	53	JS2SUG/1		↓	581110			
22	07	JK4XYZ		571010	573850	38		
	15	JM4JKK		581010	583850			
	⑨ 19	JO2MNL		591010	581910	重複	0	

TOTALS 小計 ⑦ 9　TOTALS 小計 ⑧ 6 9

図 13－2　电台日记举例

数记入本栏。

⑧通信地区和得分小计：将本页中记载的不同通信地区数合计以及得分合计填入本栏。

⑨重复通信或不确实通信：与同一电台用同一频率只有一次通信为有效通信，第二次以上的重复通信不能得分。还有不确实的通信（如呼号或竞赛号码不准确）也不能得分。遇到这种不能得分的情况，应将它们原封不动记录下来并且注明“重复”或“不确实”等字样，得分栏为 0。

●关于电台日记填写内容的省略

发射号码或得分等项内容有时会出现相同内容连续出现的情况。本来是希望所有内容均照原样准确填入，但在不影响审查时正确理解的前提下，有些内容可以省略。这时，可用“↓”或“”等记号来表示与前面内容相同。

猎狐比赛 无线电测向(ARDF)

猎狐(fox hunting)就是把发出电波的电台当作“狐狸”，持有接收机的“猎手”们来寻找“狐狸”所在的位置。原来猎狐是在田野中徒步进行的，现在也有使用汽车在方圆数十公里的范围内进行的猎狐。

最近，将猎狐的规则与越野识途比赛(orierteering)的规则加以合并，创造了一种叫做狐狸定向（Foxteering 这是在日本创造的新词）的业余无线电爱好者的运动，正在逐渐开展起来。其基本技术都是准确测出无线电波的到来方向。仅凭这一方面还不行，参赛者还应具有识别地图的能力，持续行走的体力，在开车参赛的情况下，与驾驶员之间协同配合的能力等多种技能。

因为参加者（猎手）无需发出电波（通常禁止发射任何电波），所以没有无线电操作证书的人也可参加。让没有从事过无线电通信的朋友们尝试一下，一定会很有趣的。

14.1 必备的器材

参加活动所必备的器材包括接收机、天线及其它器材和物品等。接收机未必一定要用专用的接收机，一般日常使用的带有信号强度指示表（S meter）的无线电收发信机(transceiver)即可。

想取得好名次，非下苦功不可。有时收发信机在距猎物近到 100 米的时候，即使除去天线，信号强度表也还是打到头而不能正常工作，赶到了目标旁边，还可能毫无结果。

这是因为 FM 专用机通常没有增益旋纽，必须对其进行改造。再有机壳系塑料或树脂类等物制成因而不能屏蔽电波。所以机芯应当用金属物遮挡。简单的办法可用铝箔或铝饭盒把机器套起来，铝壳上固定好天线耳机等接线端子的位置。从这些简单的工作中可显示出每个人的手段和技能。

天线是最基本又是最重要的器材，鞭状天线（whip antenna）垂直向上时，电波发射的效果最好，接收时也一样。但这时无法判断电波的到来方向，因此必须配备具有方向性的天线。

一般如图 14—1(a) 所示，假定接收到的是从某特定方向到来的强电磁波，象图 14—1(b) 那样就能有效地接收到从特定方向到来的弱电磁波。图(b)所示形状的天线由于零点比较尖锐，与图(a)所示天线相比，更有利于

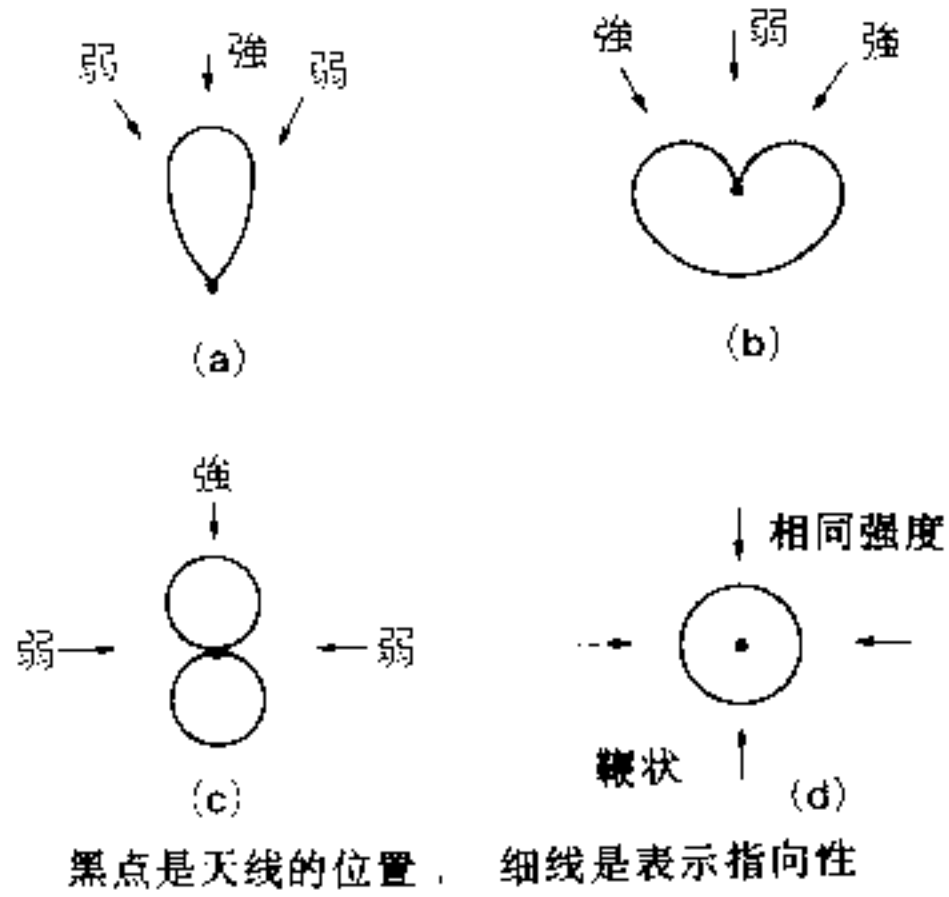


图 14—1　天线的指向性

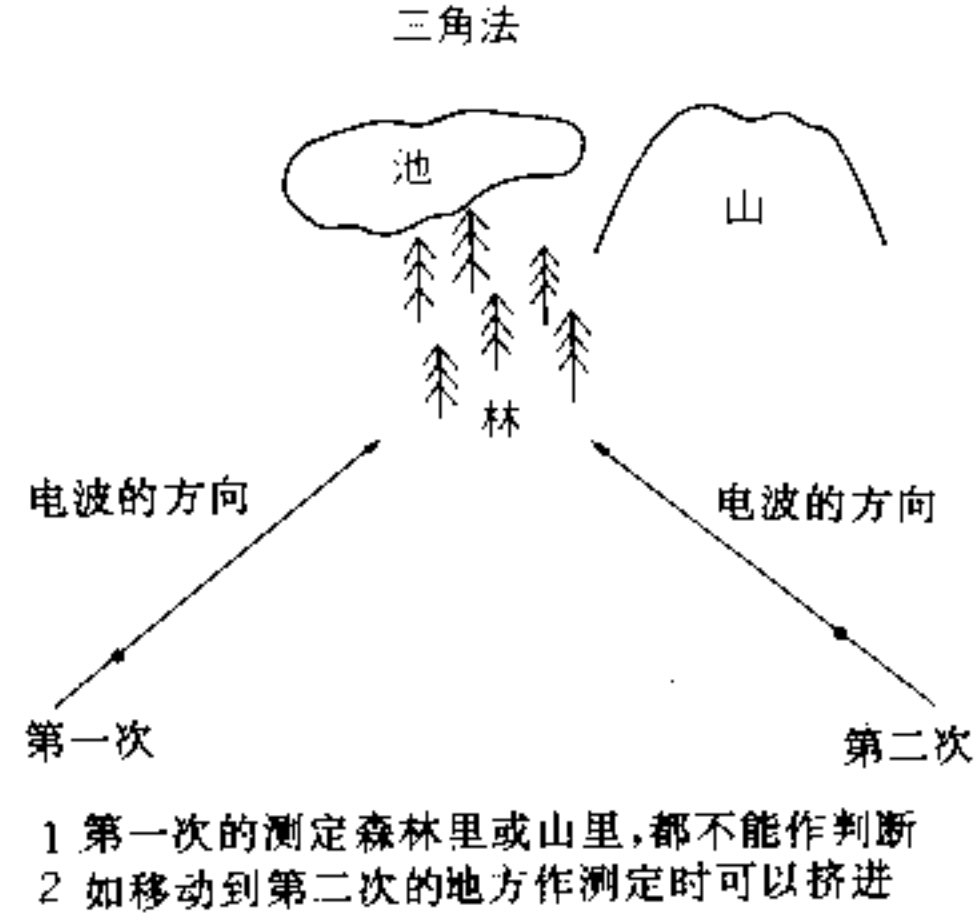


图 14—2　用三角法确定电波的方向

对特定方向电波的接收。

图 14—1(a) 型天线的一种即所谓八木天线，这种天线特别便于携带，市场上可以买到。还有 HB9CV 型移相馈电式 2 单元天线也用得比较多，有的商店把它与专用接收机一起出售。图(b)型通常是端射天线阵(end fire array)或 3.5MHz 频带环状天线(loop antenna)等，参照有关资料自己制作天线一定也是很有趣的。

单独使用环状天线或偶极天线（dipole antenna)时，天线的定向性如图(c)所示。但是使用这种形式的天线无法判定电波来自左右(或前后)的哪个方向。

对天线的使用没有任何限制，既然可以带着天线进入山间田野，那么就有可能把它们带到公园等场所，所以最好选用比较小的天线。在参加了几次比赛以后，便能确定出使用哪些大小适中有利参赛的天线。

其它器材包括衰减器(attenuator)。有时虽然仅距目标数十米远，但接收机的增益钮已不能调整而且信号强度指示器也会失去正常状态。发生这种情况时可在天线与接收机之间接上衰减器，对信号进行适当衰减。衰减器如在猎狐中使用，由于不要求精度，也可以自制。

电源也是非常重要的设备。如果使用充电电池，要把电充足，同时也要准备好备用的干电池。除了与无线电通信有关的器材外，还要准备一些物品，如为适应恶劣的环境，要备好结实的鞋和衣服，还要准备地图支架、指北针和尺子(有带尺子的指北针)以及铅笔等物品。

14.2 实际比赛

有关猎狐和狐狸定向的比赛时间、地点等如果刊登在 JARL News 或专刊的醒目位置是很理想的。

报名时一定要认真了解清楚比赛时间，比赛场所等。场所确定以后，最好事先实地查看一下。

比赛当天应尽早进行检录，可利用比赛开始前的时间与其他参赛者交流一下情况，也可让他们看看自己的器材。但要注意，在比赛中不允许与其他人交换信息。比赛开始前还要集会，会上发布的有关内容一定要听清楚不要有遗漏，如找台顺序，比赛结束时的汇

照片 14—1　一齐出发(猎狐)

照片 14—2　从某一点开始接收信号

集地点(会与出发地点不同)等。

比赛终于开始了。在比赛中不论使用什么类型的天线，用三角法测量定位是基本方法(图 14—2)。测定基点要尽量选在易于眺望的制高点上，还要注意不要选在能检测到反射电波的地方。高压铁塔等物体有时也会带来意想不到的影响，选点时也要注意。

开始接近隐蔽电台时，就感到电波很强，此时也能看到其它参赛者的身影。但是如果在周围到处寻找也找不到目标时，最好暂离此地并重新进行测定。

一旦发现目标，也不要到处宣扬。取得捕获目标的证据(一般为盖章或标签等，也有在目标处设人的情况)后，悄悄离去进而继续搜寻下一个目标。

当全部“狐狸”都被找到以后或者比赛结束时间已到，马上汇集到集合地点。即使成绩

照片 14—3　猎狐打戳处

不能令人满意，也不要中途退出比赛。这样会给主办者增加忧虑。有时也许会评选敢斗奖之类的奖，因此还是要出席比赛结束后召开的新闻发布会与其它参赛者交流一下参赛感想，特别是多听听别人失败的教训对以后参赛是会有帮助的。

14.3 其它

●在比赛中迷失方向以后

这时可能想放弃比赛，但一定要坚持下去并用自己的力量返回到原来的路上。虽然随身带有无线电发射机，也决不能呼叫主办者。

●误入局外人的地界并注意到以后

首先要对自己的过失表示歉意，然后把正在进行业余无线电比赛，因怕失去比赛资格才冒然闯入贵宅等情况礼貌地解释清楚。

这种意外事件的发生，以后也许会变成对业余无线电通信的更深理解。

有关术语

八木天线

八木天线的辐射振子（带有电缆的振子）的前后两端分别装有引向振子和反射振子，它是一种指向一个方向的天线。在“猎狐”中使用八木天线时反射振子的后面装上把手，可减少天线的抖动提高定向的准确性（参阅图 14—3）。

三角法

三角法是将 2 个测量点和 1 个目标点在地图上画出三角形来测量定位的一种方法。如果测定方向准确即使不知道到目标点的距离，也可经过 2 次测定推断出目标所在位置。

定向性

改变天线的方向会使接收信号忽强忽弱，这种天线的灵敏度随所定方向变化的性质叫做天线的定向性。使用八木天线只能收到一个方向的电波。在猎狐时，如果收到某一方向的电波最强，这时天线所定方向即为“狐狸”所在方向。

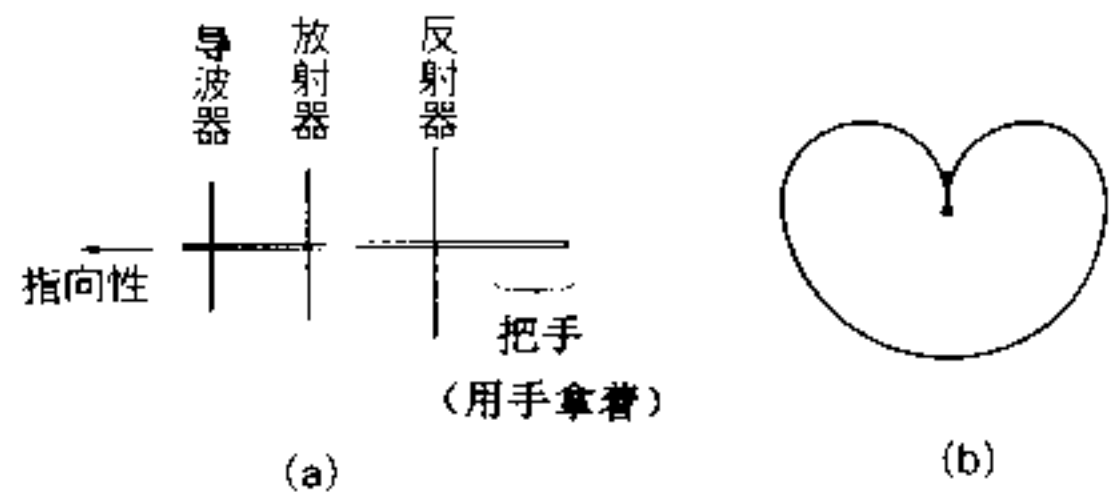


图 14—3

再有，天线的方向和电波强度画在图上则如同图 14—3(b) 所示为尖凹形，这种特性叫心形特性。在这种情况下，如果把凹进去的地方对向“狐狸”的方向，电波最弱。

14.4 猎狐

日本目前开展的狐狸定向运动是从中国传入的。1978 年 4 月，在匈牙利召开的国际业余无线电联盟第1区大会(IARU Region I)上制定了世界范围内通行的竞赛规则，1983年对原规则进行了修订后得到《业余无线电测向锦标赛规则》(The Rules of Championships in Amateur Radio Direction Finding)。

JARL 参考该规则编写了《狐狸定向运动入门手册》，按规则进行的全国性和地方性的比赛很多。

因为在《入门手册》中详细规定了有关比赛的组织、裁判、发射机(狐狸)的设置方法、比赛中禁止的会话、对裁判结果有疑义时的申诉等内容，已经举行过这种形式的全国性比赛。

●比赛要点

狐狸：5只，每隔1分钟依次发出 ID 信号，信号功率0.1～10W。

比赛场所：高低差200m 以下，标准全行走距离2～7km。

频率：144MHz 段，3.5MHz 段

组别：按年龄分以下4组，在各组中决定名次。

- YL(女子组)年龄不限
- JN(青少年组)　18岁以下
- OM(成年组)　19岁以上，39岁以下
- OT(中老年组)　40岁以上

有关细节请参阅原版《入门手册》。

平日总把自己关在屋里的无线电爱好者们是不是可以在向别人介绍“猎狐”和“狐狸定向”之前先参加到这些新兴有趣的运动中来尝试一下呢？

15 CW的记忆方法

进行业余无线电通信，用CW（电报）传递通信内容，这更是妙趣横生。CW是包括业余无线电通信在内的所有电信通信的基础，而西文CW则是世界上所有业余无线电爱好者通用的语言。

要掌握用CW进行通信的技术，就如同学游泳或学开汽车一样，必须集中进行强化训练以提高自身的技能。如果在掌握CW的训练中真的吃了一点苦的话，不久得到的回报将是数百倍的喜悦和欢乐。没有什么简便的练习方法，另一方面，年龄和天生记忆力等对掌握CW也没什么影响。在精神放松的情况下进行训练，自然会有所体会。

15.1 练习的基础环境

因为CW的练习是对头、手、眼睛、耳朵的一种综合训练，集中一段时间进行强化练习的收效很好，所以应该创造一种环境，使练习能专心致志地进行。一个人单独练习，组成小组一起练习或交差编组进行练习，不管采用什么方法，只要适合自己就行。此外，搜集各种针对初学者的辅导材料，听取各方面的意见和忠告，也是非常重要的事情。

临阵磨枪是不行的，因此要处理好“紧张”和“放松”的辩证关系。

15.2 熟记莫尔斯电码(电报码)

熟记莫尔斯电码（参阅资料编，资料06）是最基本的要求，也是最困难的事情。记忆的方法有很多。比较流行的方法有以下几种。

·**发音联想法**（莫尔斯电码·—代表字母A.记忆时可与Away（发音アウエー）或亚铃（发音アレー）等词一起联想记忆，此外莫尔斯码·——还代表假名イ，这时可以联想伊藤（发音イトー）一起记忆。

·**象音法**（开始时反复聆听以每分钟50字或80字的速度产生的与信号声音有点相象的声音，从而进行识别电码信号音的训练）

·**音感法**（业余爱好者对象音法的改进）

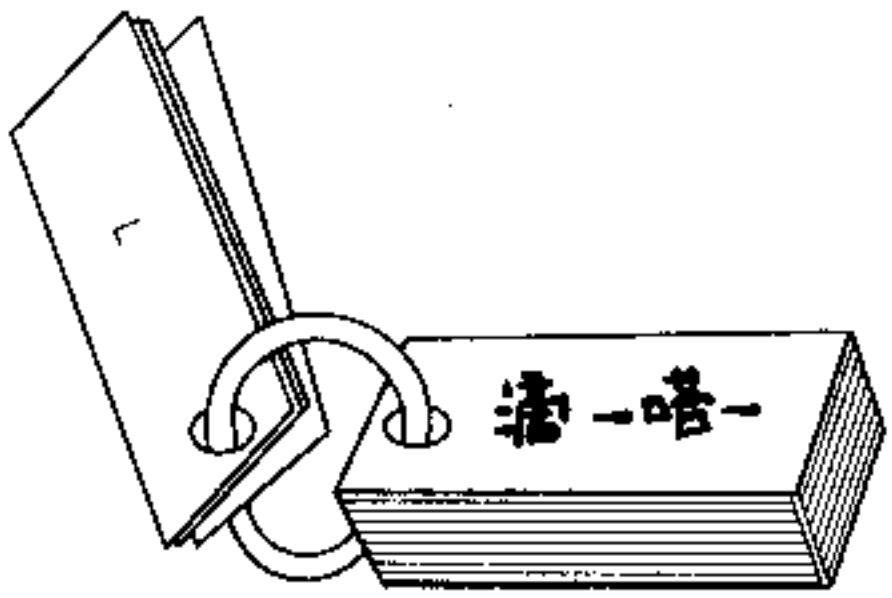


图 15—1　记忆卡片

·的大一法（用与莫尔斯码·——信号音接近的声音的感觉，嘴里默诵“的大”一边想像一边记忆 A 或日本イ。

一般业余无线电爱好者，受环境条件所限，实际上采用的是吸取了象音法长处的音感法，并配合“的大一法”进行练习。日本市场上出售供练习使用的磁带（也有 CD 或计算机软盘）和只用“的”和“大—”两种代码书写的表格或卡片。磁带和卡片一起使用是可以一口气把莫尔斯电码记住的（参阅图15—1）。

用发音联想法进行练习时，随着速度的加快，所联想的发音与信号音会很不协调，从而影响速度的进一步提高。对 2，3 个不容易记忆的字符，可以不拘形式，干脆先放弃它们，然后再用发音联想法进行记忆。莫尔斯电码共有 71 个码，只要稍做努力，谁都能记住它们。

要避免使用那些速度比较慢的练习磁带。一般如选用速度从每分钟 25～30 字开始的磁带进行练习，把电码完全记住以后，可以达到业余三级水平考试要求的速度。在此基础上再继续提高速度也是比较乐观的。

是从西文开始练习好，还是从日文开始练习好目前还有争论，可以说各有利弊。事实上日文的假名比英文字母要多，感觉也比英文困难。所以，一旦先掌握了日文再练习英文也就觉得容易了，这种观点是有说服力的。

但是进行业余无线电通信，如果不会西文 CW 就不能按 CW 进行 QSO。所以，一般情况下，还是先从西文开始，待达到业余 3 级或业余 2 级水平以后，再练习日文。练习日文的同时，西文的技能自然也就会提高的。

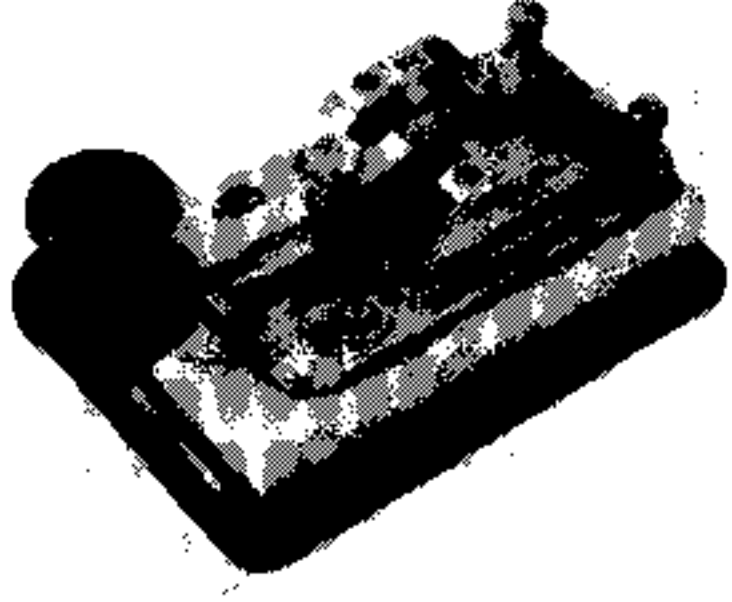
15.3 收报练习

在粗略记忆了莫尔斯电码以后，如果文字和电码之间的转换能够运用自如的话，就可以开始练习收报。练习时把磁带上信号音翻译成文字或符号并用笔抄录下来。这个过程是由收听信号音→识别电码→把电码翻译成文字→用笔抄录等一连串动作组成的。初级阶段时会感到难度很大，有点望而生畏。不要害怕漏掉个把字，要以能收多少就收多少的心情投入训练。随着练习的进行，从电码到文字的转换好象变成了一种条件反射，漏抄的电码自然也会减少。当某速度的练习磁带能够抄下 80%左右时，最好换用高一等级的磁带进行练习。

磁带反复听了几遍以后，不知不觉地记住了磁带的内容，甚至在收听到电码之前已经无意中记下了文字。如果拍发的电文是类似于实际操作的普通电文，不仅可以改变练习的紧张气氛，效果也不错。

确定自己使用的书写字体进行速记练习也是十分重要的，对西文字母来说，不论使用印刷体还是手写体，大写还是小写都可以，但应该统一使用一种字体。各种字体混在一起使用，会产生不易辨别的文字，这会给参加国家考试造成不利，所以应绝对避免字体的混用。记录用笔也要握着合适，要选用那些长时间作记录手腕不易发酸的笔等。

尽量从早期的训练开始，就进行在听下一个电码的同时才抄写前一个电码的所谓



照片 15—1　标准电键

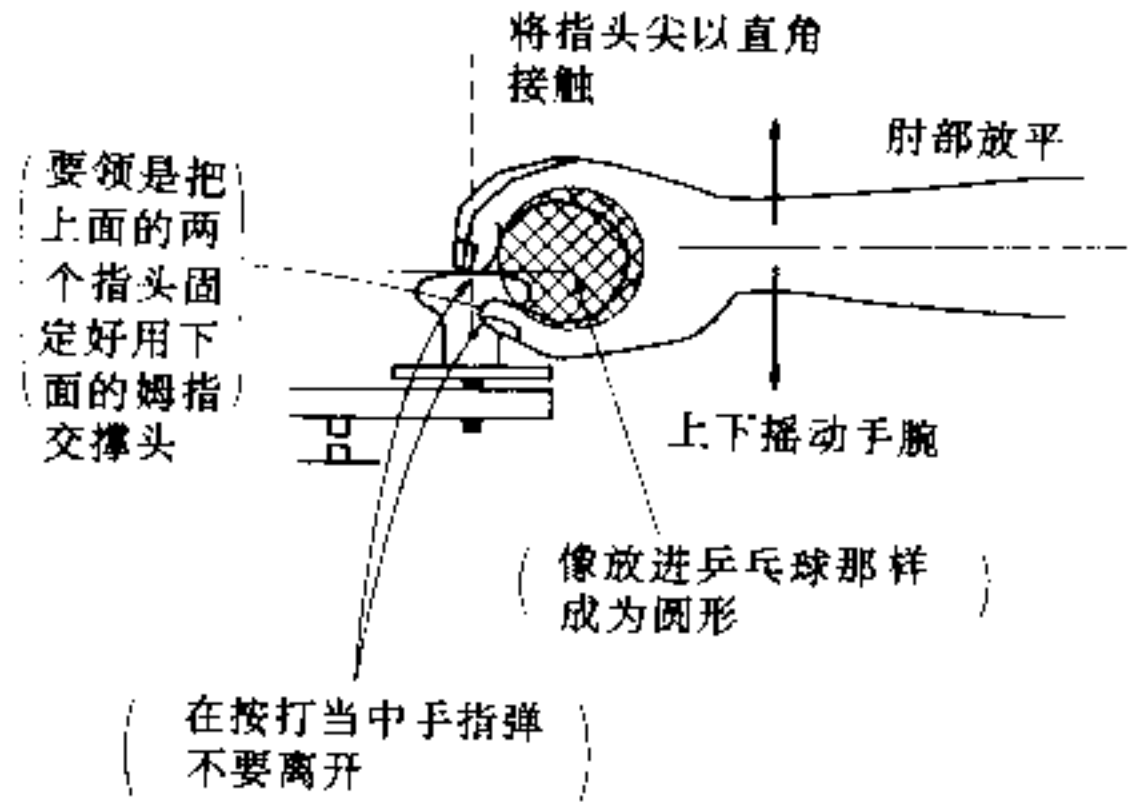


图 15—2　电键的操作方法

"压码"练习，这样的练习能使收报能力飞速提高，可比喻为从对"基本单字的理解"飞跃到对"词组→句子→段落的理解"。

例如，每天只要练习 15 分钟就很有效。暂时速度总上不去，对这一时的不顺也会感到烦恼。所谓学习台阶现象对从事任何训练都是不可避免的。只要持之以恒地坚持练习下去，定会看到未来的曙光，迈上更高一级的台阶。所以要有永往直前不达目的势不罢休的精神，决不可半途而废。

15.4 发报练习

在确实能识别以每分钟40～45个字的速度发出电码能力的以后，即可以每分钟25～30字的速度开始练习发报。在这一阶段中，通过一周左右的练习，即可掌握电键的基本操作，并能达到用与可靠抄收同样的速度进行发报的水平。

对 CW 基本技术建议先从叫做标准电键的"手键"(日本叫作"纵振型电键")(如照片15—1所示)开始练习。开始握键的姿势要接受老手的辅导，决不可我行我素。

按键的基本姿势是要确保肩、肘、腕、手掌、手指尖等部位用力自然，并且背要挺直，肩要放松、肘部要放平，小臂内侧稍留空隙。按键时指尖挺立，食指和中指弯曲呈弧状并用指尖正前方轻轻按住按纽，大姆指也呈圆弧状并从下方轻轻扶住按纽(以手掌中能放入一个乒乓球或小个鸡蛋的程度为宜，见图15—2)。

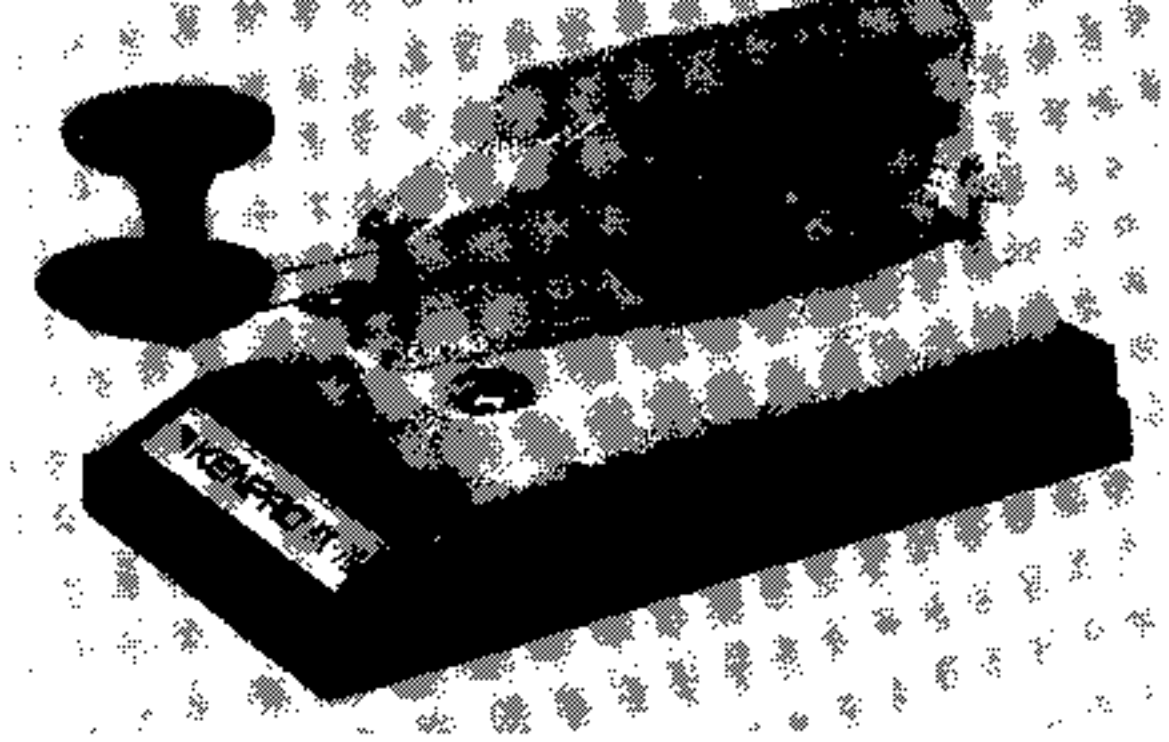
在好久没有练习以后，电键的空隙和弹簧往往不能处于最佳位置，应先进行调整。从而使空隙加大，键簧调紧，使手腕至少有10cm上下活动按键的余地。

从点符开始渐渐过渡到划符，完全把握住电码的节奏，认真仔细地一个码一个码地进行练习，直到所发出的电码都能被感觉良好地听到为止。

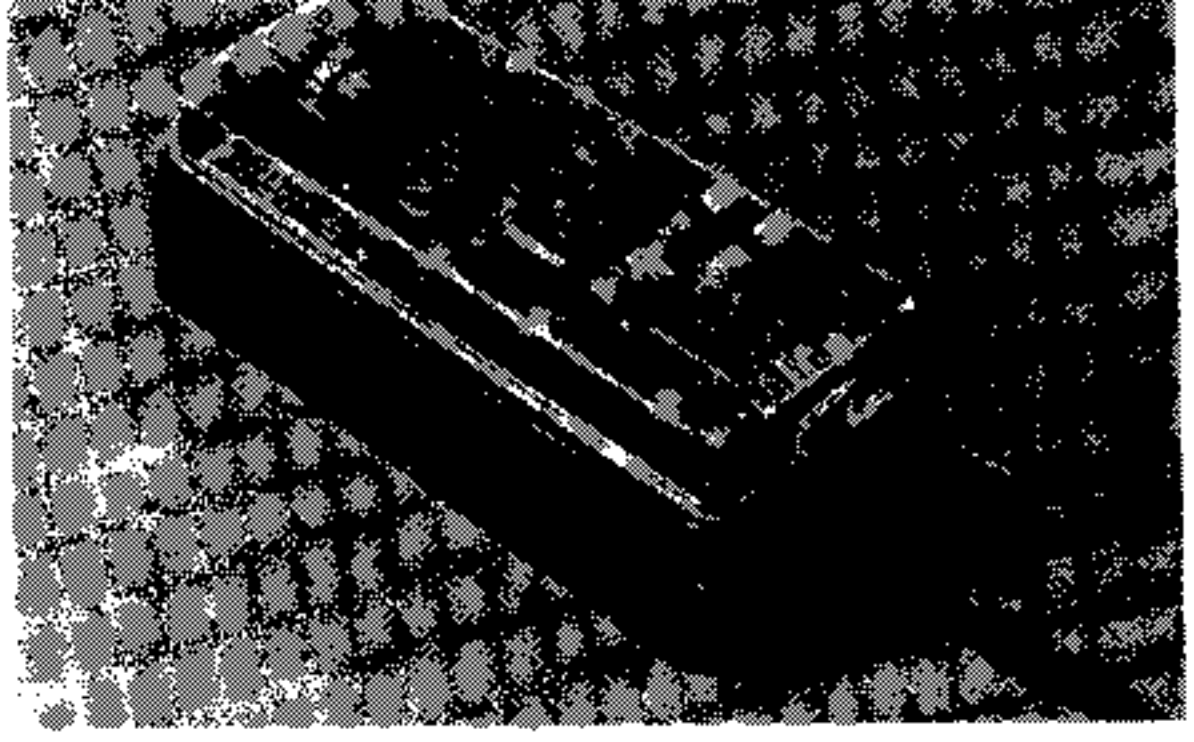
在取得了一定进步以后，如果动作熟炼，速度自然就会提高，这时应考虑提高速度。有时由于过去乱练会引起不良的后果，使自己的意志一样，无法控制手的运动，使发出的电码信号比例失调，常称为"坏手"。不良习惯形成后，想改变它是不容易的，所以练习时决不能性急，否则会事倍功半。

电码与电码之间的间隙，要有意识地留足才行。在字与字之间数"1"，在一句话结束后数"1、2、3"，就会形成符合标准的间隔。

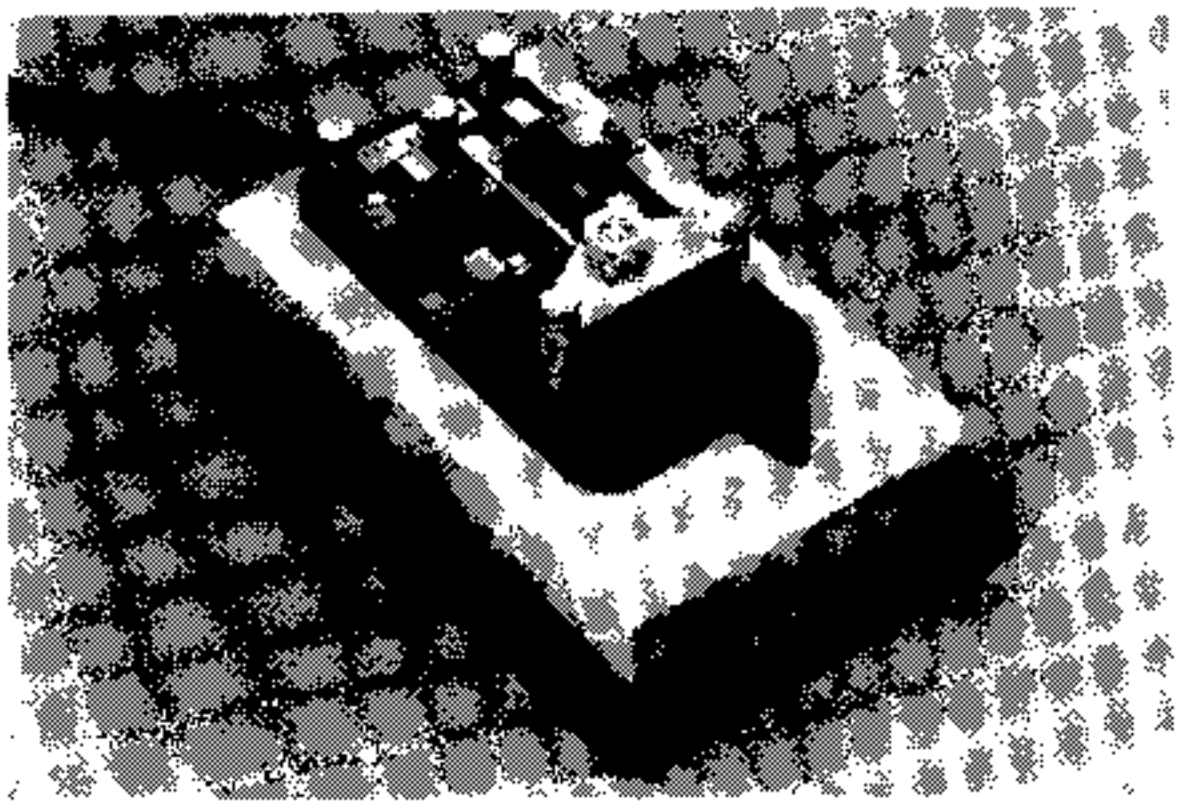
因为发报速度必须随收报练习而得到提高，故练习时间占总时间的20%左右就足矣。



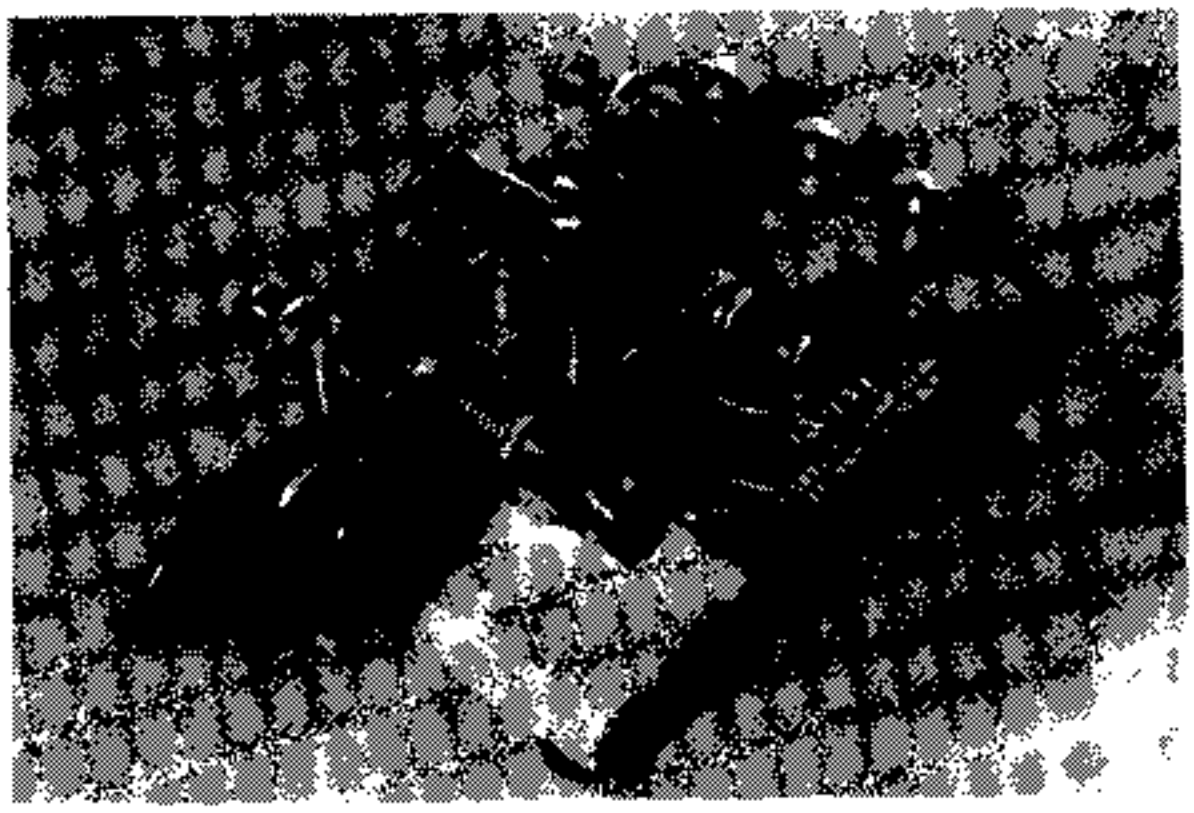
照片 15—2　纵向弹性(标准)电键



照片 15—3　快速发报键(双向扳键)



照片 15—4　往返键(手动键兼用)



照片 15—5　电动手动两用键

15.5 参加国家考试

用 CW 进行 QSO 必须持有执照。凡通过国家业余一级、二级无线电技师考试，电信技术（CW）科目合格者，应付各种情况比较容易。因为这种考试是面对每一位应考者的，即使出点小错也不要泄气，无论如何也应该坚持到最后一刻。

考收报时，想不出来的字即为漏字，进而连续出现几个漏字的危险很大，练习时这方面要多下工夫。

15.6 进行轻松愉快的 QSO

实际的 QSO，从语言到电码（本人意愿的表达）以及从电码到语言（对方意思的理解）都需要实时(real time)进行，在学习阶段，可能有一种艰难和深奥的感觉，但不久这种紧张的感觉就会完全消失而被愉快的心情所取代。

开始时，可以一边监听缓慢的 QSO，一边准备一些适合自己的“橡皮图章”式的 CW QSO 定型模式。“习惯成自然”，只要有这种精神，经验就会慢慢积累起来。

另外，在 CW 中 Q 简语使用很频繁（参阅资料编，资料07）。还要注意进行高效率的 QSO。使用时当然要遵规守礼，有时彼此适当地放慢速度以照顾对方也是一条根本的原则。进行 CW 的 QSO 不是比速度的快慢，而是传递诚意和信息的一种手段。

16.1 承认可以相互操作的国家

日本公民希望在其它国家架设业余无线电台时，如果该国与日本已有双边协议，只要办理适当的手续，用持照人持有的日本执照即可开台。

1992年8月以前已经与日本签订协议的国家有美利坚合众国、德意志联邦共和国、加拿大、澳大利亚、法国以及大韩民国等6个国家。

表16—1 在外国操作的有关事项

资格	法国	澳大利亚	加拿大	德国	美国
一级	相当于E级 全波段 全方式 ・输出功率500W	相当于Unrestricted 全波段 全方式 ・输出功率120W	相当于Advanced-Amateur级 全波段 全方式	相当于B级 全波段 全方式 ・输出功率750W	在本人执照规定的电波形式、频率、以及输出功率的范围之内。同时要在最高级操作范围内。
二级	相于D级 全波段 全方式 ・输出功率100W		注：要在本人执照规定的电波形式、频率、输出功率的范围内		
三级	相当于B级 全波段 全方式 除10MHz、14MHz以外 ・输出功率10W	相当于Combined 在3.5MHz、21MHz、28MHz及50MHz以上 ・输出功率10W	相当于Amateur HF波段的电报 (AI・FI) VHF波段的全方式 上面的注也适用	相当于A级 用3.5MHz、21MHz、28MHz的部分进行CW，在SSB & RTTY方式和144MHz以上的全方式 ・输出功率150W	
四级	相当于C级 只能30MHz以上进行电话 ・输出功率10W	相当于Limited 在30MHz以上除去CW方式 ・输出功率10W	相当于Digital级 在30MHz以上除去CW方式 上面的注也适用	相当于C级 144MHz以上 ・输出功率75W	除上述条件外，限于30MHz以上
许可证有效期限	3个月	1年	1年	3个月	1年
申请费	100FF	A$35	免费	15M	免费

希望在以上 6 国开台，必须事先取得执照或操作许可证。但由于从提出申请到获得批准通常约需 60 天的时间，所以要留出比较充裕的申请时间。

值得注意的是，某些国家可能使用不同的频段和不同的市电。在海外运用的操作范围等如表 16—1 所示。对不同国家来说，能在与日本等级资格相当的级别中，选用适当的方式(mode)、频段(band)以及输出功率等。

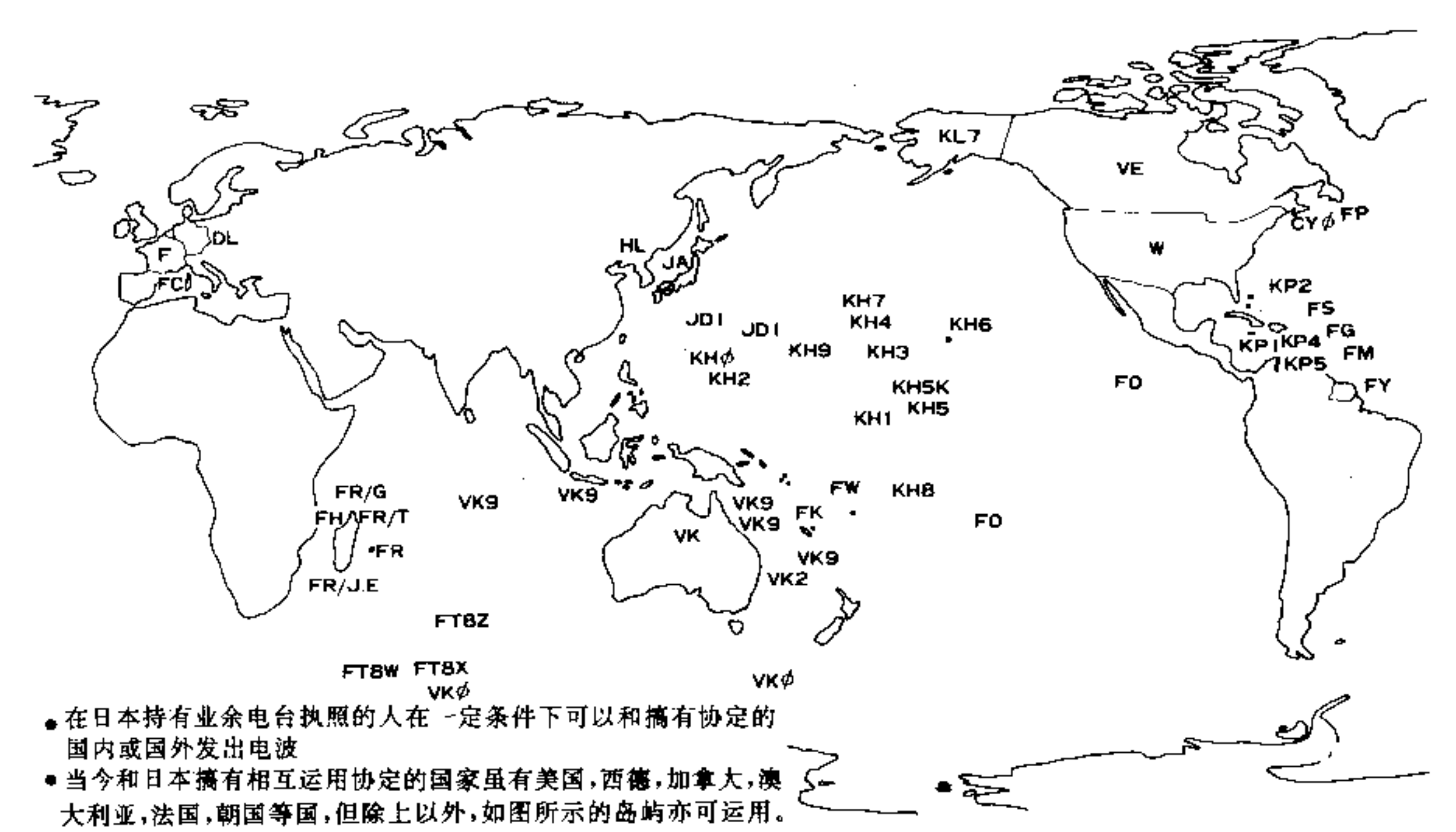
在美国，与本人从事无线电通信的等级资格无关，只要选用的电波型式、频段、天线输出功率等没有超出所持有的执照上记载的范围并且在 extra 级的使用操作范围内的运用都被认为是允许的。再如在加拿大，只承认现在的执照允许的范围内且与本人无线电等级资格对应于加拿大级别操作范围内的运用操作。

表 16—1 还给出了各国的申请手续费。申请费必须在外汇专业银行对换成被申请国货币或者汇寄银行转帐支票。申请时必要的申请书以及有关申请的要点说明等材料，请函致 JARL 国际课索取，同信封中装入回信用信封(12cm×23.5cm)并贴足 72 日元的邮票。指定被访问国的申请只要一收到，即会办理相关手续。因为要涉及到除本国外其它各国的主权和领土等问题，在现有执照或许可证允许使用的地区，要如图 16—1 所示用地区前缀来表示。

・在日本，业余无线电台执照的持有人，在一定条件下，可从与日本签有协议的国家向其它国家发讯。

・目前已与日本签订双边操作协议的国家有美、德、加、澳、法、韩等国。除以上 6 国的本土外，如图中所示，在许多所属岛屿也可开台。

・当然必须要事先申请操作许可证，手续上的有关详情请询问 JARL 国际课。



- 在日本持有业余电台执照的人在一定条件下可以和搞有协定的国内或国外发出电波
- 当今和日本搞有相互运用协定的国家虽有美国，西德，加拿大，澳大利亚，法国，朝国等国，但除上以外，如图所示的岛屿亦可运用。
- 当然，首先必须取得运用许可证，关于申请手续的方法，可向 JARL 国际科询问

图 16—1　可以运用的地区

没有达成相互使用协议的国家

即使那些没有达成双边操作协议的国家，有的也允许使用业余无线电台。对这些国家来说，大致需要以下手续，即要持有英文版的业余无线电操作证书和无线电台执照。以上英文操作证书和执照可向颁发单位（地方电信监理部门）申请免费获得。因各地情况有别，一般需要几天时间，所以最好留出充裕的时间。申请用表可向 JARL 国际课索取。

向国外有关部门提交的文件应包括：

- 申请书
- 前面提到的英文证书和执照
- 护照影印件
- 申请手续费

各国对申请的批准内容也各不相同，仅给出的签证时间就有 3 个月和 1 年等等。此外，规则也有修改的可能，所以到达该国以后应立即前往有关主管部门，对提交申请时的各种情况重新加以确认。有些国家禁止携带无线电收发报机入境，这也应事先了解清楚。

16.3

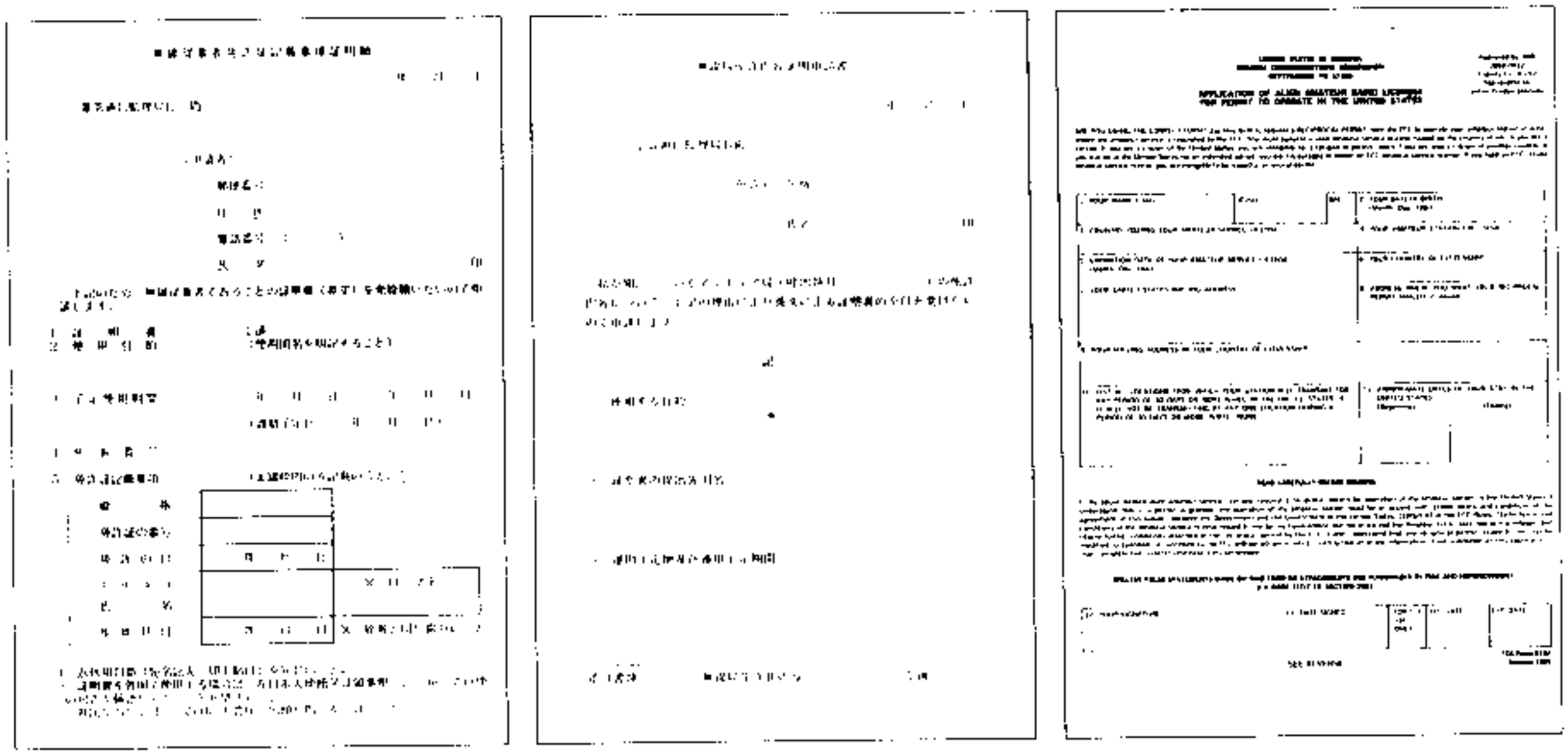
关于外国公民在日本使用业余无线电台

来自上述达成双边操作协议国家的公民，当然可以以个人名义在日本架设业余无线电台，手续和日本人完全一样，申请书必须用日文填写。因此，也可以填写委托书指定委托代理人。允许操作的内容根据申请人的不同资格有所不同，允许的有效期，在日本有永久居留权者为 5 年，其他人为 1 年。外国人在日本使用的电台呼号，分配的地区前缀缩写为7J#。

除此之外，具有本国无线电操作资格的芬兰公民和爱尔兰公民，以及前述美国、德国、加拿大、澳大利亚、法国、韩国等 6 个国家中具有操作资格的公民要向邮政大臣递交登记的姓名和呼号等，登记证明收到之后即可以社团成员身份使用俱乐部(club)电台。登记用申请表可向地方电信监理部门、JARL 地方事务局或 JARL 国际课索取。

上述国家以外的公民，如果已取得日本无线电操作等级资格证书，也可成为社团成员使用俱乐部电台。

对本章内容如有不明白之处可打电话向 JARL 国际课询问，电话号码是（03）5395—3106。



照片 16—1　在国外运用时必要的材料举例。执照证明申请(左),无线电台执照内容证明申请书(中),向 FCC(美国)提出的申请书(右)(因国度不同,申请书有差异)。在 JARL 国际科备有各种资料。

技术篇

01　无线电设备的基础技术
02　天线的基础技术
03　移动电台的基础技术
04　防止干扰的基础技术
05　业余无线电爱好者的计算机技术入门
06　无线电设备的制作技术
07　测量的基础技术
08　业余电台的避雷技术

无线电设备的基础技术

众所周知，无线电技术的高速发展，业已日新月异，本文就运用无线电设备方面所需要的基础技术知识，作如下说明。

1.1 频率的选择

在天空中由于有不同频率的无数电波信号，当接收机连接好天线的时候，即可把这些信号接收进来。于是我们根据所需频率选择出需要的电波信号。对发射机也是同样，当要发送所需的频率的信号时，也必须进行多次的“频率选择”工作。

频率的选择，要应用称为“滤波器”的元件或电路即可进行。在滤波器方面，如图 1—1 所示，具有只能通过特定频率范围的信号，称为“带通滤波器（简称 BPF）”；只能通过低于此频率的信号，则称为“低通滤波器（简称 LPF）”；可以全部通过高于此频率的信号；则

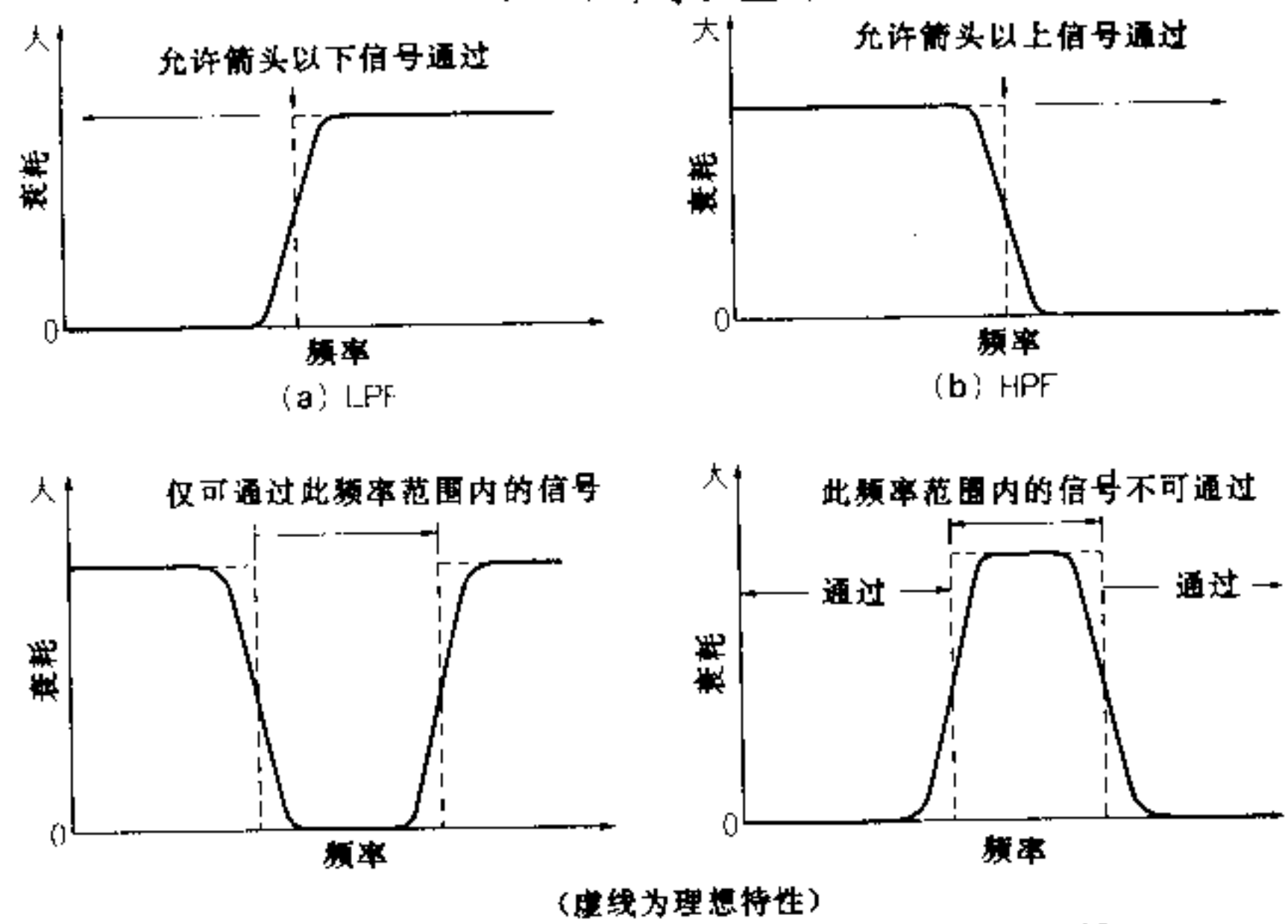


图 1—1　各种滤波器

称为“高通滤波器（简称 HPF）”三种基本型。此外还有能阻挡特定频率范围的信号通过的则称为“带阻滤波器（简称 BEF）”，以及不改变振幅即可尽量变换信号相位的“全通滤波器”。对此均属专业性技术，本文就不作介绍。

滤波器的构成：一般有感应圈和电容器构成的“LC 滤波器”；OP 放大器（运算放大器）等有源元件和电阻或电容器构成的“有源滤波器”；用晶体的“晶体滤波器”；利用机械振动的“机械滤波器”等。

在我们的收发信机中，多半使用的是 BPF，使用特别多的是由一个 L 和 C 所组成的“LC 谐振电路”。在此，就有关谐振电路的基础知识加以说明。

1.1.1
LC 谐振电路及选择过程

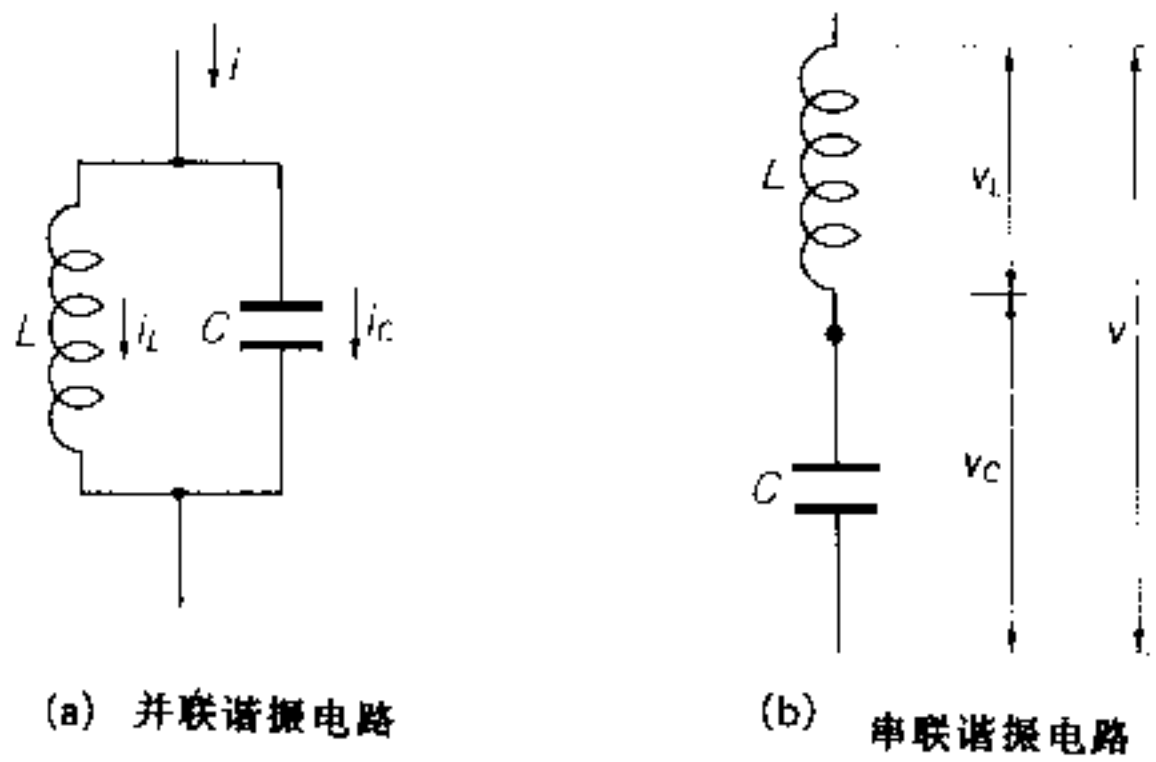
在谐振电路方面，把 L 和 C 并联连接的称为“并联谐振电路”（参照图 1—2a），把 L 和 C 串联连接的称为“串联谐振电路”（参照图 1—2b）。

两者都以频率 fo 为“谐振”频率点。

$fo = 1 / (2\pi\sqrt{LC})$　π 为圆周率

L 的单位定为亨利[H]，C 定为法拉[F]，计算结果 fo 的单位即为赫兹[Hz]。

在并联谐振电路中，谐振时，电路形成的谐振阻抗最大，这时在谐振电路的两端所发生的电压最高，而电路电流很小。



(a) 并联谐振电路　　(b) 串联谐振电路

图 1—2　LC 谐振电路

在串联谐振电路中，谐振时，虽然 L 和 C 的两端各自产生的电压最高，但谐振电路两端的电压 U（即在 L 产生的电压 U_L 和在 C 产生的电压 U_C 相加）却变得最低。这时电路的阻抗为最小，谐振电路的电流为最大。

LC 谐振电路，其特征是用品质因素 Q 值来确定 L 所发生损失电阻的大小（为严密起见，在 C 所产生的损失虽然应该考虑，但由于 C 的损失与 L 比较非常小，通常都忽略不计）。若串联等效的损失电阻为 r 欧姆[Ω]，L 的感抗为[H]，谐振频率 fo 为[Hz]，即可求得 Q 值

$$Q = \frac{2\pi foL}{r}$$

Q 没有单位而只是数值，这个数值只是表示电路在谐振时的含意，正确的说法应该称“谐振时的 Q”，一般只称 Q 值。

线圈的 Q 值，虽然也有 100～200 的，但实际上在收发信机上组装时的 Q 值，有几十就可以了。

谐振电路，为了获得良好的选择特性，常采用多级谐振电路。图 1—3 是将谐振频率附近扩大，所表示的是 Q 值的大小和谐振曲线的关系。

在谐振频率附近，谐振电路的 Q 值与通频带（信号下降 3dB 的频率范围）B 的关系为

$B = fo / Q$（对于双调谐电路，在 2 个谐振电路耦合的电路上，B 有少许展宽）。

1.1.2
分布参数电路

在 UHF（超高频）频带以上，一般地电感线圈和电容器等部件，就将不再具有原有的功能，所以要用分布参数电路。

所谓分布参数电路，是由同轴线，贴附在接地板上的单线，用 2 根电线形成的平行线，在印刷底板上按特定的尺寸配置的条状线

路，金属空腔（空腔谐振器，参照图 1—4）等所构成。

例如，将特性阻抗 50Ω 的同轴电缆切成正好是波长的 1／8 长度，使一端为短路，从另一端来看，电抗与 50Ω 的电感等效，若变换其长度，则电感量也随之变化。因此，如果在此线路上配有电容器，亦能构成谐振电路。

若将此线路的长度变为波长的 1／4，则电感量即呈无限大，这时的线路产生与上述的并联谐振同样状态的谐振。分布参数谐振电路的 Q 值比 LC 谐振电路的 Q 值高很多，这是它的特征。

在无线电通信方面，与其说将离使用频率一定比例的无用波排除，不如频带宽度以外的干扰和无用波滤除为多。从技术角度来看，当使用频率低时的谐振电路的 Q 虽小也是可以的，而当使用频率带高时那就需要大的 Q 值。

例如，以 Q 值为 100 谐振频率为 10MHz 的谐振电路，其谐振电路的频带即具有

谐振频率(10MHz)/Q(100)＝(100kHz)

这样由中心频率离开 50kHz 时即可得到 3dB 的衰减。可是，当中心频率为 100kHz 时，Q 值仍为 1000 的谐振电路，在离开 50kHz 之处就不能得到同样的衰减。

在这种情况下，假使谐振频率成为 1000MHz，所要求的 Q 值应变为 10000，但 LC 谐振电路上由于电感中的损耗，就难以得到那种高 Q 值。

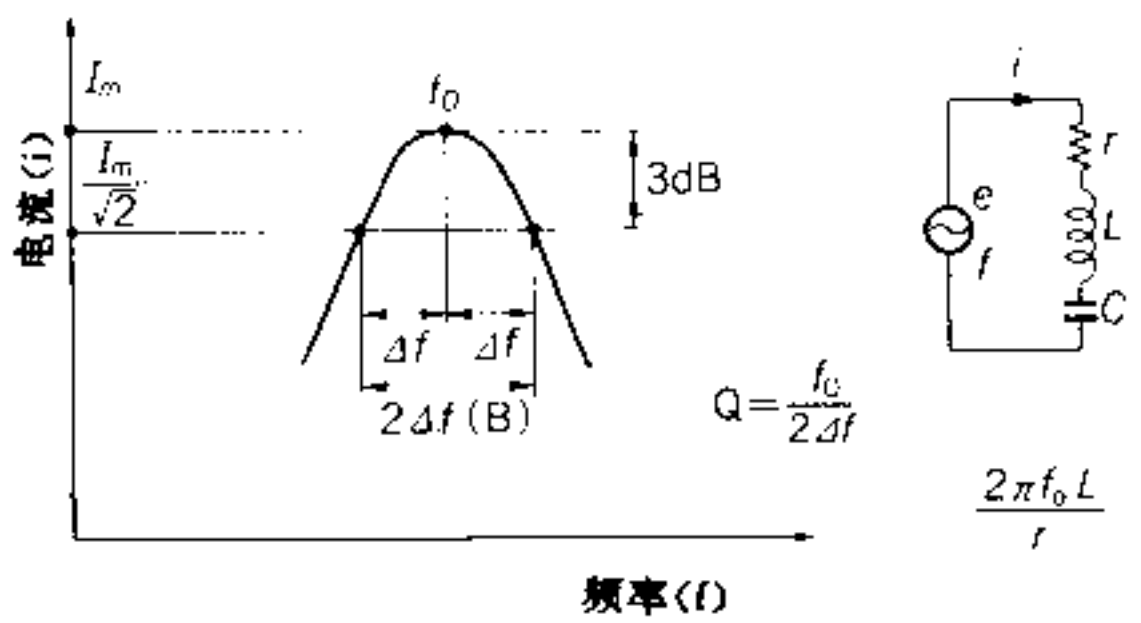


图 1—3　扩展谐振频带可由 3dB 带宽求得 Q 值

分布参数电路，由于需要的电缆长度为使用波长的几分之一，频率低所需电缆长、体积大，所以仅在频率高的场合才使用分布参数型的谐振电路。

可是，在大约 430MHz 频带的情况下，如图 1—5 所示多为使用“螺旋空腔型”的谐振电路。这是将电感用分布参数电路实现的谐振电路，该电路以小型且能获得高 Q 值为其特征（频率若增高，则电感线圈的 Q 值就会急剧减小，在 UHF 情况下，出现 Q 值减到 10 以下的情况）。

1.1.3 晶体滤波器和机械滤波器

在 SSB（单边带）通信时，要求滤波器通带窄、阻带衰减大，通常带通为 3kHz，这种 BPF（带通滤波器）在收发信系统里双方均使用。这种要求，因为在 LC 谐振电路上得不到所希望的特性，所以要使用“晶体滤波器和机械振动滤波器”。

滤波器的特性，如图 1—6 所示是以 6dB 衰减的通过频带宽 B_1 和 60dB 衰减的频带 B_2 来表示其概略的特性，如果要了解其详细的特性时，就要用座标图来表示。

另外也有使用形状系数（用 B_1 除 B_2 的值，亦可称为形状比）来表现其特性。形状比越是接近 1 越为理想的 BPF，但通常都在 1.5 乃至 2 的范围。SSB 用晶体滤波器的特性实

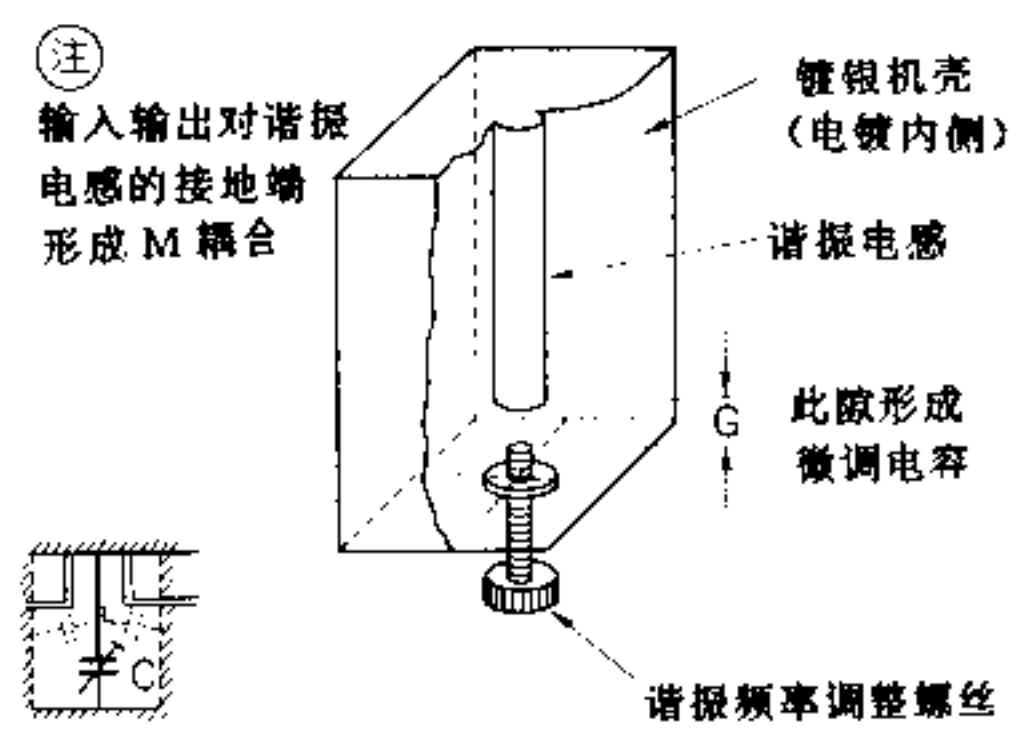


图 1—4　空腔谐振器一例

例如表 1—1 所示。

理想的 BPF，传输频带的频率特性是平坦的，而且相频特性也呈线性，但这样的滤波器的形状比会扩大。从而在通常设计时就要舍弃一部分传输频带的平坦性（将不平坦状况可以说成是有波动）使形状比得以完善。

总之，传输频带在一定的情况下，形状比是由下列三个要素去决定。

a. 舍弃传输频带的平坦性，缩小形状比。

d. 降低中心频率。

c. 增加使用的晶体数（滤波器的阶数）。

通常对廉价的滤波器则采用 a 的方法，对高价的滤波器则采用 c 的方法。还有，当舍弃传输频带的平坦性时，则相位特性即成为线性。为此，对于信号的各频率成份（例如声音信号，其频率是由各种各样多数的正弦波所组成）由于其迟延不相等，使波形变形，因而使 SSB 的“音质”变坏。

将具有同样传输频带的几个滤波器重叠，也就是使用“8 个 8MHz 频带的晶体滤波器和 8 个 455kHz 的陶瓷滤波器”的场合，将两方的特性搭配，如果设计的好，就应该能够获得传输 16 个的 8MHz 频带的晶体滤波器同样效果，但是现实情况下很难成功。特别是相位特性劣化显著时，不能忽略不计。

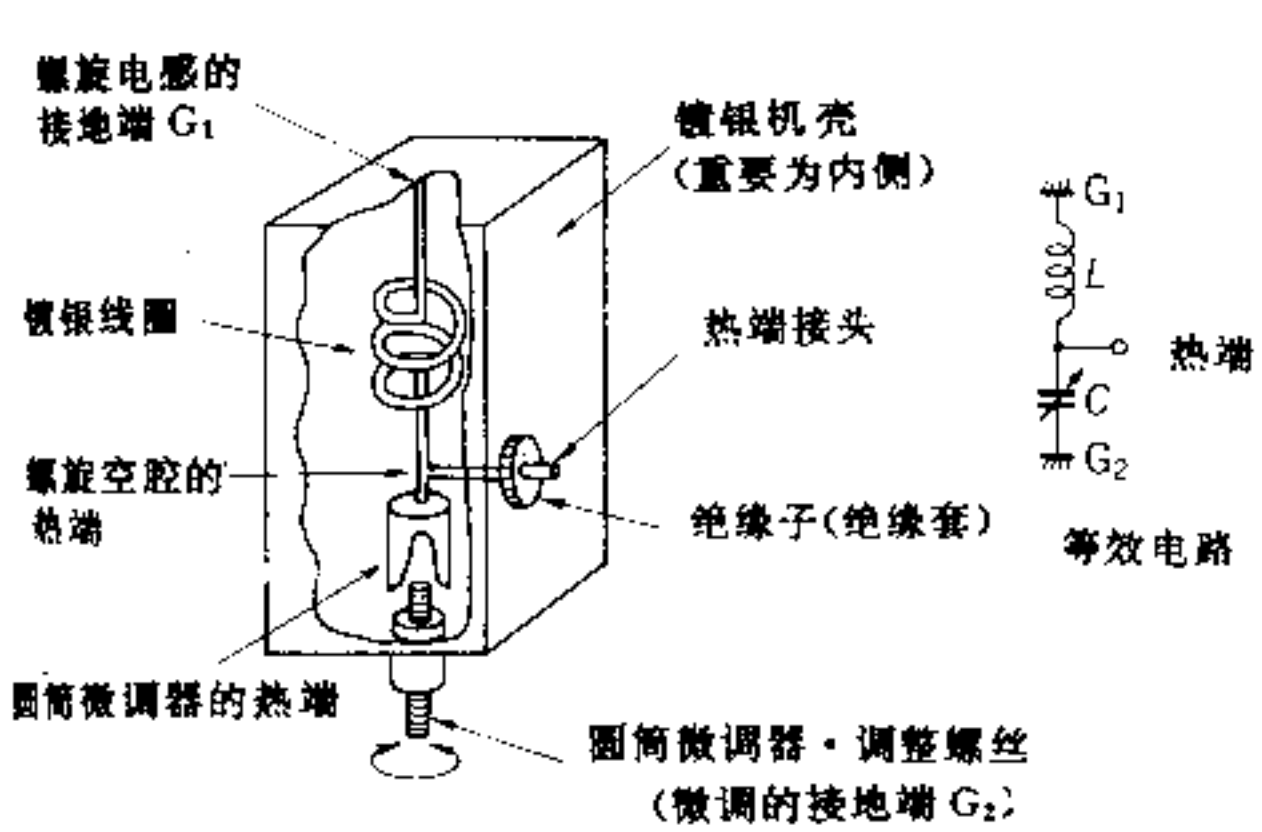


图 1—5　螺旋空腔一例（单元件形）

表 1—1　晶体滤波器的特性实例

项　目	规　格
额定中心频率	8830kHz
中心频率偏差	±150Hz 以内
通过频带宽	在 6dB 为±1.3kHz 以上
折断特性	在 20dB 为±1.7kHz 以下
	在 60dB 为±2.5kHz 以下
	在 80dB 为±3.4kHz 以下
脉动	2dB 以下
插入损耗	6dB 以下
保证衰减量	在±3.4kHz～1MHz 范围为 80dB 以上
输入输出终端阻抗	600Ω／15pF

由于机械振动的机械滤波器不同于 LC 滤波器，在大功率信号时会受到破坏，所以只能在低功率的发信机上使用。

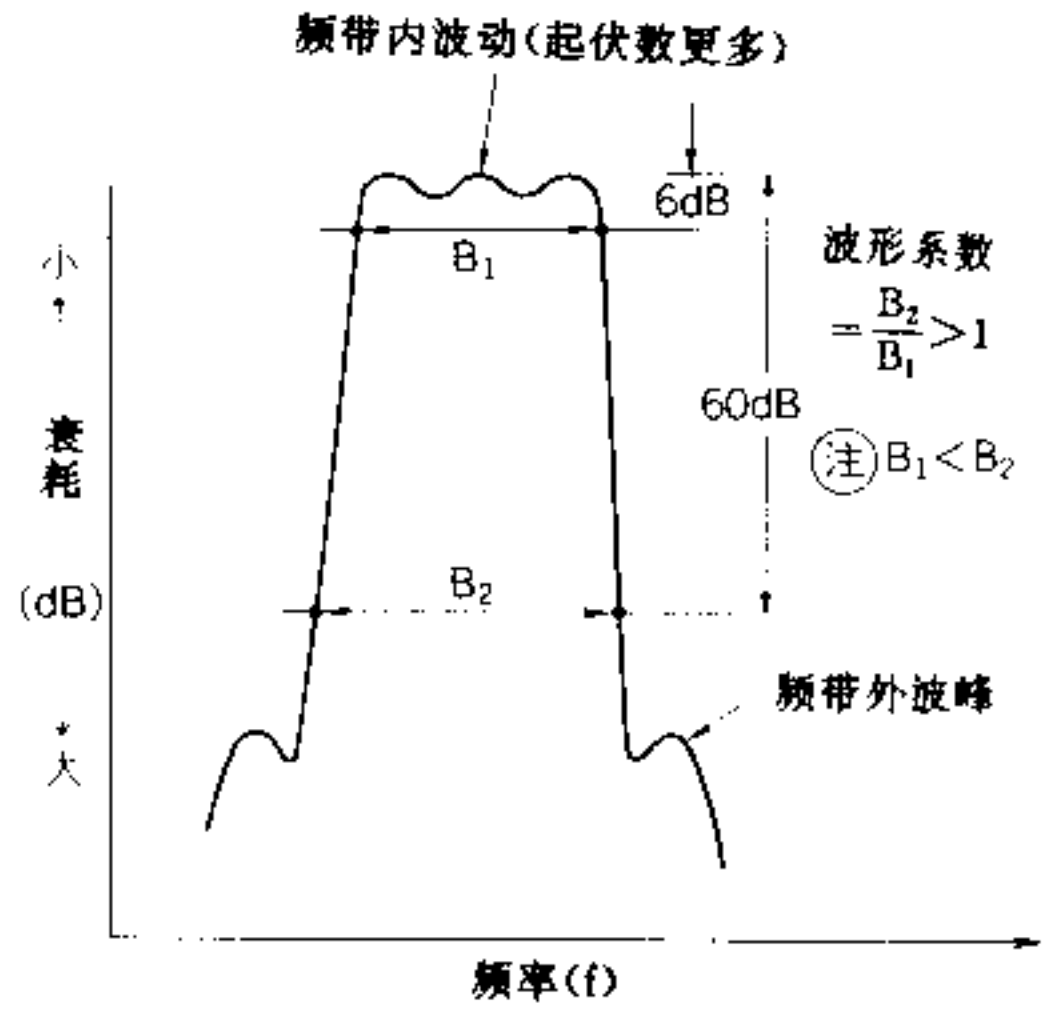


图 1—6　BPF 的特性实例
（SSB 用多元件晶体滤波器）

收发信机的频率确定

近来的收发信机，对调谐的频率表示有用数字式的数字表示，从刻度上读出频率的那种模拟方式的机器几乎见不到了。数字式虽然给人以频率准确且稳定的好印象，但实际上却会产生各种误差。下面，看看所涉及的问题和相应处理方法。首先，要考虑的问题是“现在所表示的频率是否正确”。

如图 1—7 所示，为 VFO（视频振荡器）使用 CPU（电子计算），作频率合成器控制方式的收发信机的示意图，但这种装载 CPU 的场合，所表示的却不是真实的频率，而是从 CPU 产生的“所需的频率数据”。

实际发射，或者所接收的频率，是基于这个数据来控制 PLL（锁相环路）电路，以机内的标准晶体振荡器的频率为基准，即可“合成”所需要的频率。从而，所得到的频率的准确度是由标准晶体振荡器的准确度来决定的，所以如果不校正标准振荡器的正确频率，那么刻度盘所示的频率和实际的频率就不一致。

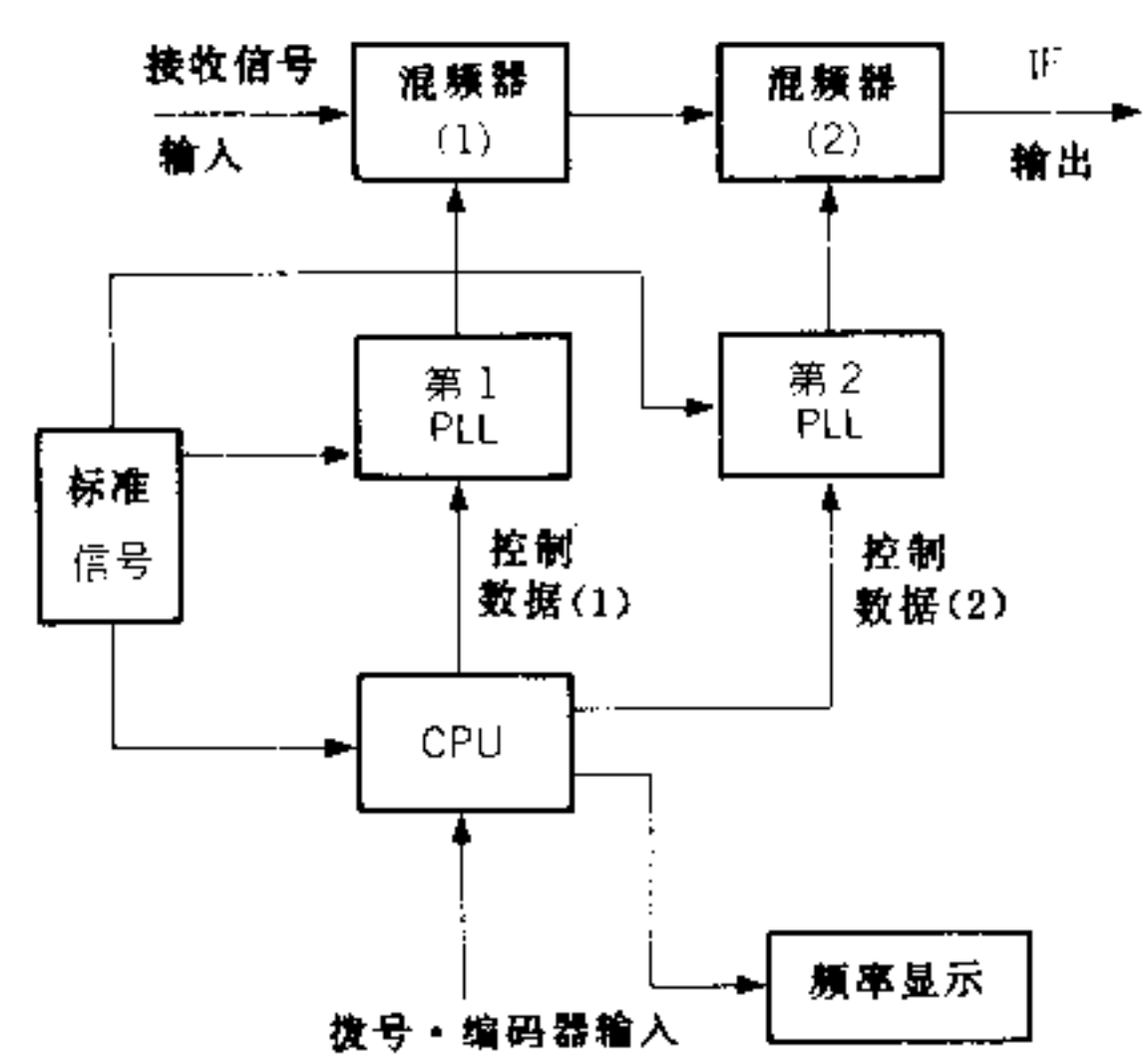


图 1—7　装载 CPV 型 VFO 的示意图

在此，接触到频率的稳定性和频率正确度的问题。所谓稳定性，就是在一定时间之内表示频率的变化程度，如果稳定性高，那么振荡器的“精度”就高。所谓准确度是，因为存在有“频率的偏移”，即使稳定性好，也不一定振荡出正确的频率。也就是说正确的频率也得需要“校正”。不过如果稳定性不好，不管怎样花费时间校正，其准确度也是低下的，所以说“经常保持高度的准确度，就要有高度的稳定性”。

稳定性和准确度，是以振荡频率分别表示其偏差。其数值通常很小，由于在小数点以下还会有很多零，所以要以 10 的负多少方指来表示。

一般晶体振荡器的稳定性，是晶体的振荡频率在 MHz 频带，不需任何相应措施的廉价晶体振荡器其稳定性就有 1×10^{-5}程度，在温度补偿型（TCXO）的场合有$\pm2\times10^{-6}$程度，放入恒温槽（OVEN）的高度稳定型的场合有$\pm1\times10^{-7}$乃至$\pm1\times10^{-9}$程度。

晶体振荡器的频率，在长时间连续工作的情况下，其稳定性是很高的。而在起动时由于变动非常大，所以不论使用什么样的高级标准晶体振荡器，在打开开关的瞬间，其准确度就呈现出极其恶劣状态。

通常所表示的稳定性，一般的是用（10 的 −5～−6 次方）在起动后一小时以上的数值，高稳定性的要用（−7～−8 次方）具有 12 小时以上连续动作之后的保证值。

那末，如果标准频率构成了高准确度，VFO 的频率高准确度问题还是没有解决。因为，近来的接收机也好发送机也好，最终所需的频率，都是 VFO 信号，实际上是用各式各样的本地振荡器（local. oscillator. 以下简称本振）将产生的信号混频，进行频率变换。

在频率变换中，对 VFO 的频率，由于各种本振的频率是由加法或减法算出的，所以最终的频率准确度均不高。

各自的本振，虽然都具有晶体振荡器，但由于费用的问题，对方才讲的在 VFO 上要用高度稳定性的器件就很困难。而且各本振的振荡频率，用无补偿方式，就混入了完全没有校正的东西，所以作为整体频率的准确度就颇为降低。

因此，只准备一台高稳定度、高准确度的标准信号振荡器，所有的本振都取自这个标准信号源再用 PLL 合成方式来设计，这就是高级机采用的方法。如果具有这样的方式，再用标准振荡器进行校正，就可能形成正确的频率接收和发送。

1.3 频率的变换

改变信号的频率即称谓频率的变换。在变换方面有“倍增”和“外差法变换”(混频)。单讲“频率变换”时，指的就是后者的外差法变换。

1.3.1 频率倍增(倍频)

将输入信号的频率作整数倍（尽可能达到三倍左右才有实用性）变换即称谓“频率倍增”。

声音信号或 SSB(单边带）信号，是由多数的正弦波形成，各自的成分的频率间隔即成为重要的因素。也就是说 SSB 信号，若改变各成分的频率间隔，在解调时就会失去作为声音的性质。在“倍增”方面，由于输入信号的所有频率均作了整数倍变换，构成信号各正弦波的频率间隔也都变宽，所以对于 SSB 或声音信号就不能应用“频率倍增”来变换频率。

对以频率变化包含信息的 FM(调频)，或是信号自身是单一频率正弦波的 CW(连续波）场合，就能够应用倍增来进行频率的变换。

倍增的工作原理，就是利用放大器的畸变，在有畸变的放大器的输入端加入单一频率的正弦波，在输出端除了产生与原来频率相同的正弦波(基波)之外，还有作 2 倍、3 倍、…，如此整数倍频率的正弦波（二次谐波、三次谐波…)。在频率仅少许离开复数的正弦波方面，就会出现整数倍以外的复杂成分(交调成分)。

倍增就是利用这种原理，使 C 类放大器产生失真，再用滤波器(多使用 LC 谐振电路)从中取出所需的频率成分。

倍增，从前面所述的理由，却不是在接收机上使用的事。不过，与后面所述的外差法频率变换相比较，由于电路构成单纯，所以在 FM 或者 CW 专用发信机方面能被广泛使用。

1.3.2 外差振荡器的频率变换

外差振荡器的频率变换（一般所说的频率变换，指的就是外差法频率变换）是将信号在频率轴上作平行移动的变换方式。

现在已经广泛用于发信机或接收机上。由于频率是以平行移动作变换，所以对频率偏高也好偏低也好，SSB 也不改变其波形。

其工作原理，是当输入正弦波 f_1 和 f_2 两个信号时，输出为两信号相乘，由三角函数展开，可得到频率为 f_1、f_2、f_1+f_2、$f_1\sim f_2$(～符号是表示由大减小。若 $f_1>f_2$、则为 f_1-f_2；若 $f_1<f_2$、则为 f_2-f_1。）的 正弦波，这里的 f_1+f_2或者 $f_1\sim f_2$ 不论哪个都可用滤波器选择出

来。

由乘法器构成的是“平衡混频器”（也可称作平衡调制器或平衡调幅器）。在这个电路上，作为输入所加的两个频率 f_1、f_2 要想办法不要出现在输出端。

另外，对于微弱信号的频率变换，要使用 MOSFET（金属氧化物半导体场效应晶体管）等元件。

输入信号 f_1 和本振信号 f_2 的选择应考虑以下两方面：

a. 输入信号及本振信号的频率以及它们整数倍的频率，都要与变换所需的频率离开。

b. f_1+f_2 和 $f_1\sim f_2$ 两个输出成分频率，所使用的滤波器性能都能充分分离（尤其是在谐振电路进行分离的场合，这是个重要条件），只选择一种频率的信号。而且当本振信号的振幅或频率不够稳定时，对输出信号或频率也有影响，另外在本振使用 PLL 的场合，在本振信号上含有的频率噪声仍然会在输出出现，若是发信机的频带中就会散发着“沙—”的噪声，那么接收机，就会连弱信号也听不到。

在 SSB 信号方面有 USB（上边带）和 LSB（下边带）两种，应用频率带，可以将任何一方统一起来使用。当把 SSB 作外差频率变换的时候，利用加法去变换频率虽然没有问题，但利用减法的时候则 USB 成为 LSB. LSB 则成为 USB，这种情况要加以注意

1.4 收发信技术的基础知识

发信机的基本功能有如下五项：

a. 信号（载波信号）的产生（振荡）

b. 应发送信息的运载（调制）

c. 频率的变换（变频）

d. 所希望频率成分的取出（滤波器）

e. 从天线发射所需的能量（功率放大）

接收机的基本功能有如下四项：

a. 所希望频率成分的取出（滤波器）

b. 放大

c. 频率的变换（变频）

d. 信息的取出（解调）

这些功能，分别配置在收发信机的各部分。特别是放大，频率变换（混频），滤波器功能等，要进行数次处理。在此举最简单的例子加以说明。图 1—8 所示为 SSB 发信机的构成图，图 1—9 所示为 SSB 接收机的构成图。

1.4.1 SSB 发信机的构成和作用

进入传声器的声音变换为电信号，用音频放大器放大加在调制器上，本地振荡器（1）所产生的高频信号 f_1 也同时加在调制器上，随之发生两个 SSB 信号（USB 和 LSB）。而后由滤波器（1）即可取得任何一个所需要边带的 SSB 信号。

如此继续 2 次频率变换，即可得到所需频率的信号。通常，图中的频率 f_1 是固定的，f_2 VFO 刻度盘（主调谐）是可变的，f_3 是随频带的转换而变动（例如转换固定振荡器）。f_1 虽然大体上是固定的，但 f_2 和 f_3 的功能则根据发信机种类而有所不同。

最新式的发信机，f_2 也是固定的，仅有 f_3 在较大范围内是连续变化。将这样所得到的信号，经功率放大，最后由滤波器把不需要的辐射成分滤掉后再送入天线。

1.4.2 SSB 接收机的构成和作用

图 1—9 即为 SSB 接收机的构成。由天线输入的信号，在滤波器（1）进行频率选择（在

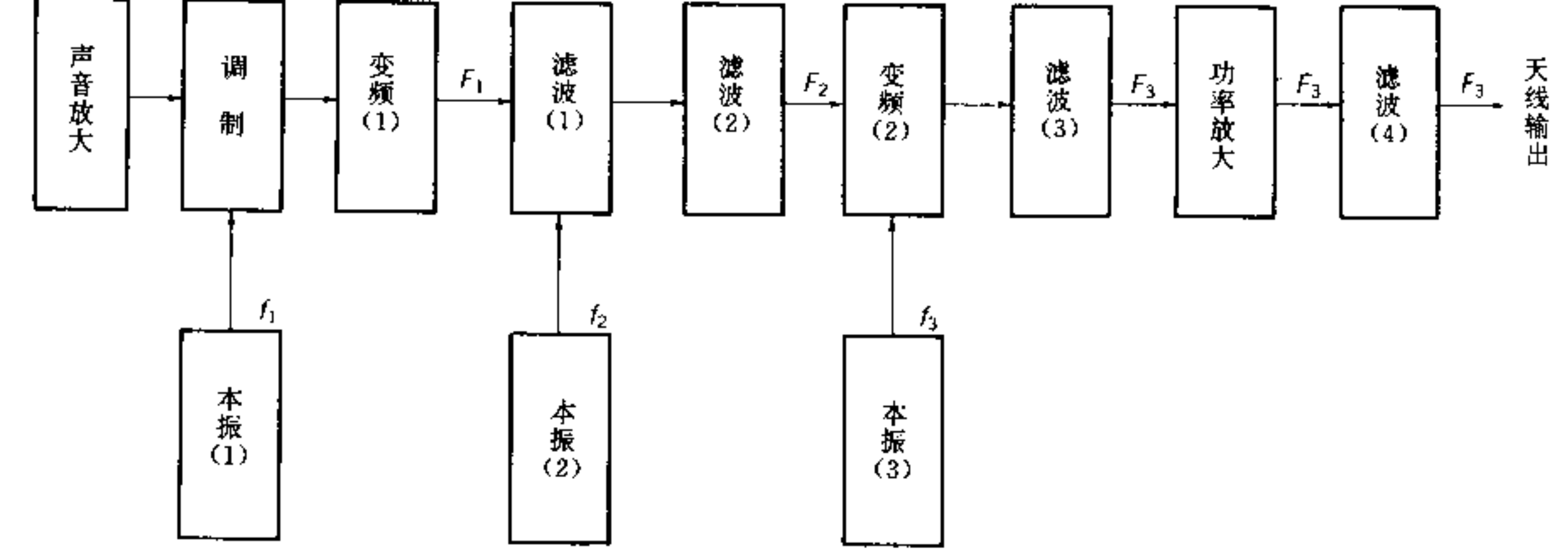


图 1—8　基本 SSB 发送机的构成

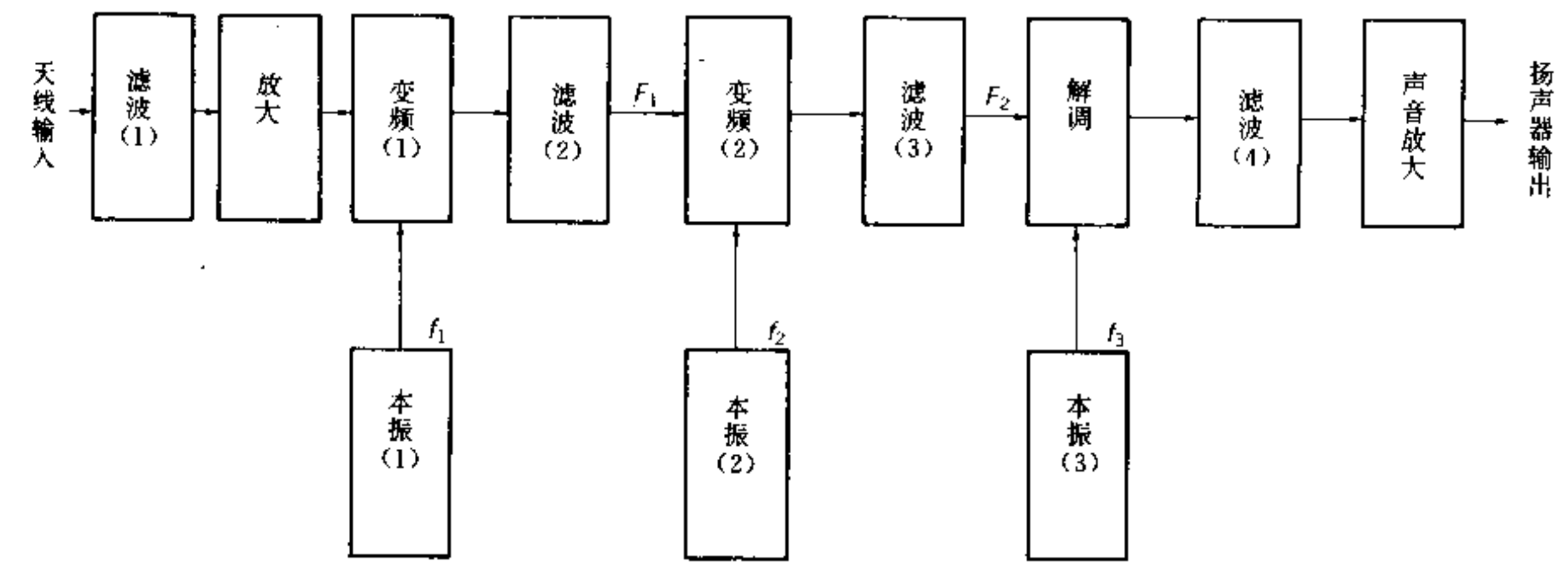


图 1—9　基本 SSB 接收机的构成

此所使用的是可通过所有波段频带的滤波器)，在频率变换之前要进行 20～30dB 放大。

频率变换电路，由于会产生噪声，所以在进行放大时，要使有用信号比噪声大一些才行。

在一般情况下高频带的接收机，由于外来的噪声比较大，所以接收机的灵敏度是取决于进行频率变换之前放大器的增益（由于 VHF 和 UHF 频带都会减少外来噪声，所以在放大器本身所产生的噪声，以及天线馈线的信号衰减都会影响其灵敏度）。如后所述，接收机的性能，不仅是取决于灵敏度的高低。

频率变换(1)，是前面讲的外差法频率变换(混频器)，输出信号由输入信号、本振信号 f_1 的和和差的频率得到。再用滤波器(2)(普通为 LC 型)，即可任意选择所需的频率(F_1)。

该信号接着频率变换(2)、本振(2)(f_2)，应用滤波器(3)，进而变换为较低频率(F_2)滤波器。

1.4.3 使用的是晶体滤波器等特性良好的部件

即使是滤波器(2)，其工作频率高且传输频带也宽。而滤波器(3)，由于是晶体滤波器，

它具有所希望的频带(若是 SSB 即为 2.7kHz 左右，若是 CW 即为 500Hz 左右)，所以接收机整体的选择性即取决于这个滤波器。

比喻说，能通过粗管和细管连在一起的管子的物体的大小是取决于细管的内径。所以这种信号经解调后变换为低频信号（声音)，由扬声器输出。

1.5 收发信机的主要质量指标

从厂商的产品目录上了解收发信机的性能，或者在实际操作中需要评价其性能，为此，就有关基本知识加以说明。

接收机的基本性能指标，有“灵敏度”，“动态范围”，“选择性”，“频率稳定度”等，下面分别加以说明。

1.5.1 灵敏度

所谓灵敏度，就是在一定的输出功率和 S／N 比下(信号／噪声)，能接收多小的微弱信号，通常在 S／N 为 10dB 的时候，表示接收可能的输入信号电压。即使是同样的接收机，接收信号不同（SSB 或 CW）灵敏度亦有差异，并且还需要注意由所使用滤波器的频带而出现的大幅度变化（在一般情况下 CW 要比 SSB 的灵敏度高，滤波器的频带愈窄灵敏度愈高)。

但是，对实际电台来说，能够接收到微弱信号的大小，应由天线的性能和接收机的性能两方面来决定，尤其是在 1200MHz 以上的频带，主要决定于连接天线和接收机(或者是天线和接收用前置放大器)的馈线长度。

也就是说，不论使用灵敏度多么高的接收机，当天线的接收效率较低使天线输出功率小的时候，或者是天线能很好捕捉信号而在馈线上却使信号衰减时，都难以达到理想的接收效果。

反之，也可能用天线的性能来弥补接收机灵敏度低的不足。能接收微弱信号的可能性，主要由信／噪比来确定。

信号与噪声之比即称谓 S／N。简单来说，如果在接收机的输入存在 1μV 的噪声，那比它小的信号就被掩埋在噪声之中得不到接收［实际上在 SSB 是因 S／N 有 10dB 的限度，如果有了 1μV 噪声，信号必须在 3μV 以上］。

如果将信号放大，噪声也同时放大。由于收信机内部噪声的存在，所以接收机输出的 S／N 要下降。我们定义接收机输入端的 S／N (dB) 与输出端的 S／N (dB) 之比称作噪声系数。用噪声系数来衡量收信机内部噪声的大小。

不仅是接收机，天线也由于温度的关系而产生噪声，所以在 UHF 以上的频段也不能忽视这种噪声。

那末，在此考虑一下关于天线的性能。电波在空中边传播边衰减，随之到达接收点。在接收点上，有都市噪声、天电等各种各样的噪声都会和所需信号一并进入天线。这些噪声，在短波段上是很大的，而在 UHF (1200MHz 段以上)却很小。

怎样提高天线的增益才能接收弱信号的问题用图 1—10 来作说明。图(a) 为低增益天线，图(b) 为高增益天线。如图所示，空中的噪声（箭头）由四面八方到达天线，接收信号通常是从一个方向到达(长线传播除外)。

图中的圆或椭圆，画的是天线的指向特性，所谓天线的增益低或是高，就是说明这个指向性的迟钝或是敏锐。总之，增益高的天线，就是指天线把收进电波的能力都能集中在特定的方向上。

从图上可以看出，提高天线的增益其指向性也就敏锐，并封住噪声，由于能接收的只是所需的信号，因此 S／N 就会增大。

但是，无论提高多少天线的增益，信号的空间密度（在单位体积中所含有信号的能量）也是微弱的，如果与噪声的空间分布密度相等，S／N 即将成为 0dB，这时天线的增益不论提高多少，仍然有“听不见的信号”

与短波相比，即使空间噪声为相当小的微小波带，对可能接收信号的限度，也要被天线噪声（由天线以外进入的噪声）所限制。

有关噪声，还有一个重要问题，即所谓“噪声功率与放大器的频带比例增加”。这与方才所说的天线问题同样，由于噪声对于频率是同样分布的（这样的噪声称为白色噪声），所以若扩大放大器或者接收机的频带，按其比例噪声也会增大。

在不妨碍接收机接收信号的情况下，频带应尽可能窄小，不仅可以防止混杂信号，而且对接收灵敏度的提高也是有用的。

归纳以上的说明，归根到底，就是把接收机的增益不论提高多少，听不到的信号（在天线输出功率的 S／N 小或者接收机的噪声系数大的时候）仍然听不到。

1.5.2 动态范围

通常在频带里虽然存在着由本地电台来的强信号，但由于接收机的天线电路或高频电路的滤波器的频带具有 50kHz（根据情况也有数 100kHz），所以当接收弱信号的时候，本机的强信号，实际上也一起被放大。

实际上要抑制与有用中频信号相差数 kHz 的信号，虽然在 IF（中频）电路有晶体滤波器承担，但到达这个滤波器，强弱各种信号都会挤在一起被放大。从而为接收弱信号而去提高高频放大器的增益，则强信号也会一起被放大，接收机随即产生饱和（交调）现象，听到的强信号都成为干扰信号。

当接收弱信号时，邻近的频率（或者是离开的频率）有多大强力的信号也不发生交调的问题，则用“动态”表示。所谓动态范围，就是在接收当中使可能接收到的最低输入信号而不发生交调时，所允许的邻近频道强信号的最大值，但是应当注意这也就是单一的强信号无畸变时的接收能力。当接收单一的强信号时，在天线电路上接入衰减器即可改善畸变。

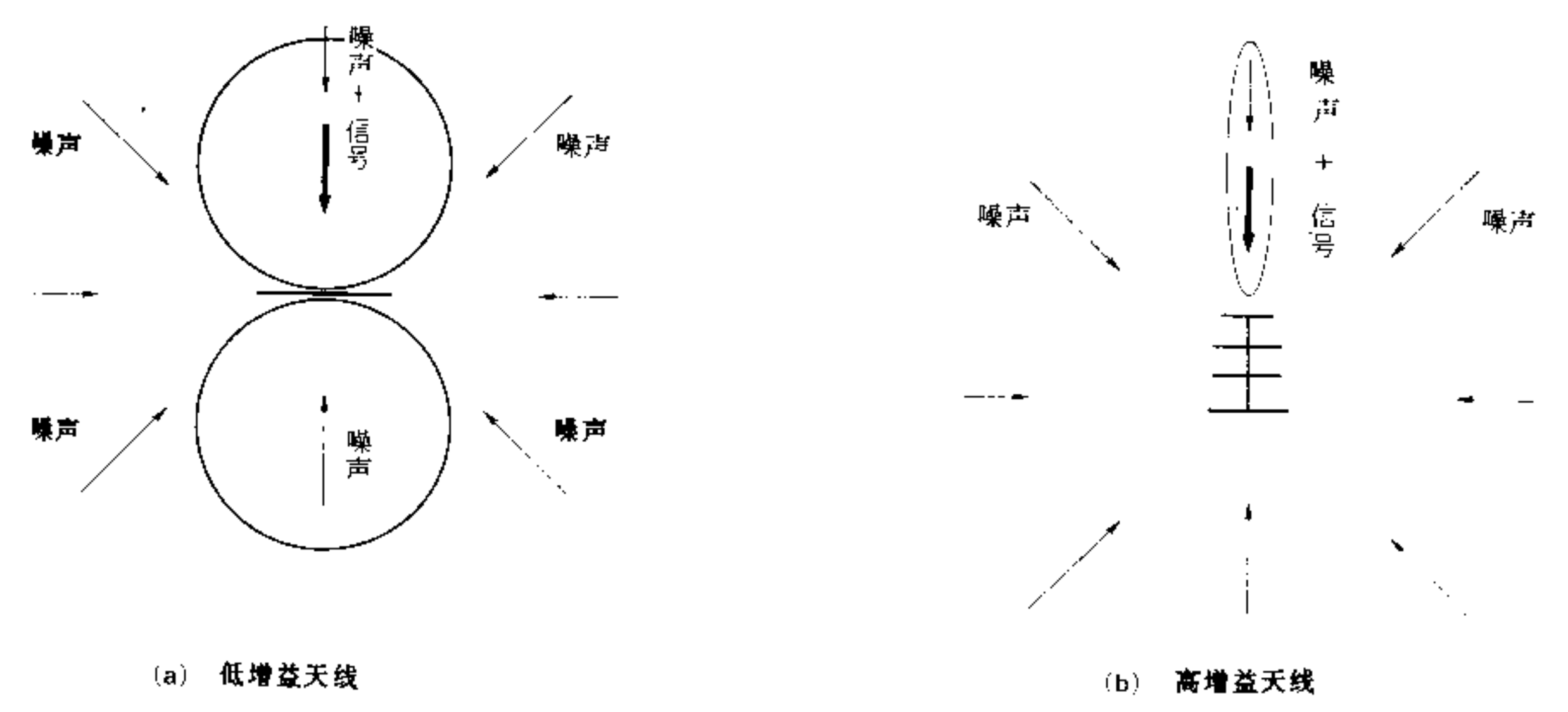


图 1—10　天线的增益和接收信号的关系

1.5.3
选择性

选择性就是表示可能接收信号的带宽，反过来说是表示有的信号在接收中与邻近信号的频率离开多大距离才可免除干扰，大体上它是由 IF 段所装备的晶体滤波器的性能来确定。

选择性，由于过窄或过宽都会得不到流畅的接收，所以按以下所示的值较为适当。

- 本地电台的 SSB 通信　3kHz
- DX(远距离)电台的 SSB 通信　2.2kHz
- 一般的 CW (等幅波)通信　500Hz
- DX 的 CW 通信　200Hz
- RTTY(无线电电传) 通信　500～250Hz
- UHF(超频率) 的 FM(调频) 通信　15kHz

在表达选择性方面，还有在滤波器的介绍中说明的那样将 6dB 的通频带与 60dB 的通频带进行比较，在 6dB 的通频带相同条件下，60dB 的频带则以狭窄为好。

如已说明的那样，在 IF 的滤波器以前，由强力信号而产生交调的时候，在 IF 上无论使用怎样优越的滤波器，也不可能把它去除掉。

1.5.4
频率稳定性和本机振荡器的纯度

在发信机(或接收机)上最后的发射频率(或接收频率)，是由信号频率与若干个本机振荡器(简称本振)的频率经变频和处理而得到的。所以，只要有一个本振频率发生变化，对发射电波的质量或接收信号的质量立刻受到影响。

本振的性能，主要要求频率稳定性要高，也就是频率的变化程度要小。表示由数分钟乃至经过数小时的变动 的“长时间稳定性”(一般所指的就是这种频率稳定性) 和表示急速变动(作为 FM 噪声观测到)的短时间稳定性均要好。

在长时间稳定性不好的装置上，接通电源其频率就马上变动，在通信连络当中频率会慢慢地变动。在旧式的装置上，由于是用度盘确定收发信号的频率，而且本振（特称 VFO) 使用的是 LC 振荡器，所以本振的长时间稳定性就不好。

由于在时间变化的同时还有温度的变化，L 或 C 的值也随之变动，因而频率就会稍有变动，所以在通信连络当中，常有手离不开度盘的情况。

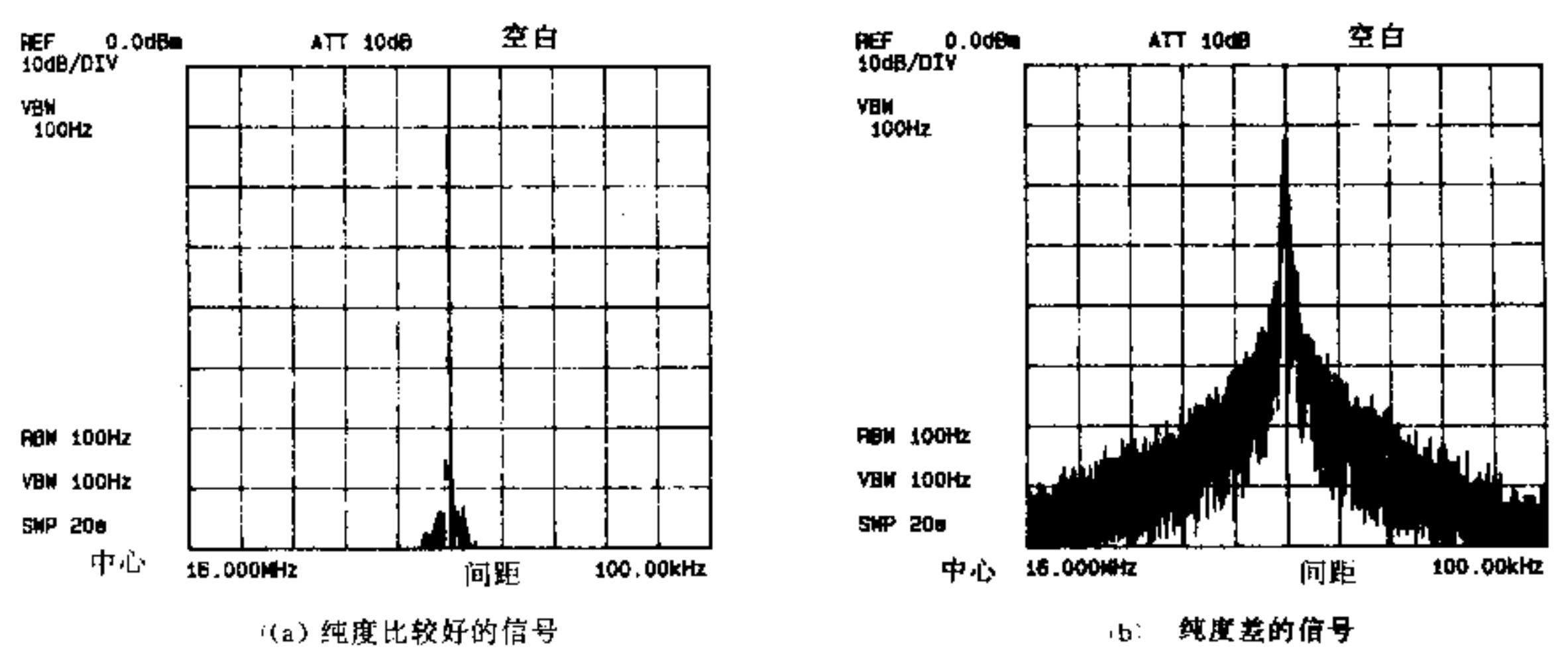
近代的装置，由于采用的是 PLL(锁相环路) 方式的 VFO，虽然会得到晶体振荡器波动的长时间稳定，但另一方面在 LC 振荡上不怎么成问题的短时间稳定性的不良现象却会有所表现，所以附近电台如果进行着强力的发射，就会增加其频带内的噪声水平，形成无法处理现象。

这是因为本机的发信机的短时间稳定性不好，把噪声也一起送出，或者是自己的接收机本振短时间稳定性不好，因而发生了所谓“摆动噪声”。(判断是哪儿不好，可以在接收机的天线电路上，在本地电台的电波处于十分衰减的状态下，将选择性较好的特殊晶体滤波器插进去看看，如果噪声消失，则原因是在自己的接收机，如果不消失即判断是本地电台发信机的问题)。

短时间稳定性用数值来表示，多使用所谓 CN 比(或者本振的纯度)的用语。(参照图 1—11)。

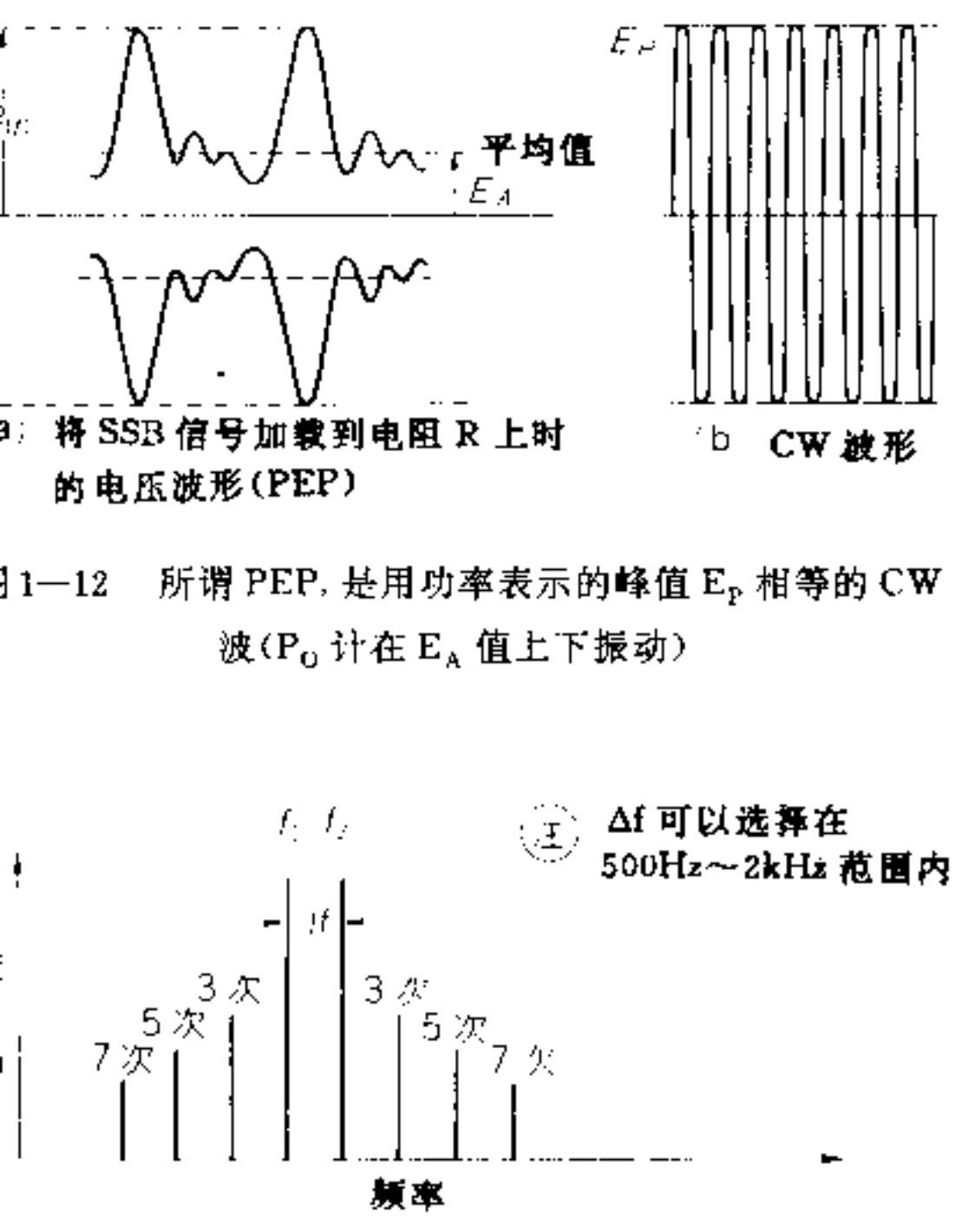
假设在 CN 比仅为 40dB 的发信机上连接 500W 输出的线性放大器并从增益为 10dB 的定向天线发射电波，同时就会散布出 0.5W 的噪声，那末在数 km 的范围里，频带就会完全被掩埋在噪声里。

最后为了能正确使用 SSB 发信机，下面简要介绍主要技术指标。



(a) 纯度比较好的信号　　(b) 纯度差的信号

图 1—11　用频谱分析仪观测到的情况(下部越宽纯度越差)



(a) 将 SSB 信号加载到电阻 R 上时的电压波形(PEP)　　(b) CW 波形

图 1—12　所谓 PEP，是用功率表示的峰值 E_P 相等的 CW 波(P_O 计在 E_A 值上下振动)

图 1—13　IMD 由 2 信号法测定
(用频谱分析仪即能直接观察频谱)

1.6.1 峰值包络功率(PEP)

在 SSB 发送机上，用 PEP (Peak Envelope Power，参照图 1—12) 表示其输出功率。PEP 是在 SSB 发信机或雷达等调制包络复杂的电波场合使用的高频功率的定义之一，它是以 RF (射频) 功率形成最大振幅的瞬间功率(图中 e (t)) 来表示。

由于声音的波形在不断地变化，尽管可以用语音启动 SSB 发信机作 RF 输出功率的测定，但在没有 PEP 专用测定器的情况下，是求不出正确的 RF 输出功率的。

发信机上的功率表等通常的 RF 功率计，是计量平均值的东西 (图中 E_A)，所指示的仅为 PEP 值的 1／3 左右，所得到的数值是完全不可靠的。

在 SSB 发送机的功率测定方面，如果不了解这些事情，因为会产生“不出动力”的误解，所以应当注意。

SSB 发信机的情形，在出现“ALC(自动电平控制)表指针摆起程度的信号”与 CW 时同样程度的最大功率时，那就没有必要去留心指示小的问题。

1.6.2 IMD (Inter Modulation Distortion)

(互调失真)

在 SSB 发信机上，形成有称谓 IMD(交调失真)特殊畸变的问题。IMD 如图 1—13 所示，在发射频率附近有较宽的畸变成分，是在邻近频率产生所谓“溅泼(splatter)”干扰的原因，所以应当注意。

测定 IMD 是以 2 信号法的两个正弦波，例如在发信机的调制接线柱上（传声器接头）加入 700Hz 和 1600Hz 的正弦波，即可用频谱分析仪等频率分析器进行高频率输出功率的观测。

现在使载波的频率为 21.300MHz，如果形成了畸变，不仅只是观测到 21.301600MHz 和 21.300700MHz 这两个成分，而且实际上在它们两旁（每隔 1600—700＝900Hz）均可观测到畸变成分。

对它们都编上号次，从靠近信号一方，按奇数的次数名附加为 3 次畸变，5 次畸变（偶数畸变为 21MHz 的倍数，由于远离频带之外，用滤波器可以除掉，所以完全没有实际损害）。

当前使用的半导体式 SSB 发信机的情形，IMD 是以 3 次“－30dB”即为能实现的数值，超过－40dB 数值，在做“NFB(负反馈)技术”等高超的技术方面是比较困难的。

2.1 何谓天线

从高高耸立在铁塔上的多单元天线，以至放置在汽车顶盖上不够 10cm 的天线。这些天线和业余无线电台都有着密切的关系。在有线通信方面，电能只存在于电线中，是从发送一端向接收一端传送。在发送一端，将变压器置于发信机与电线中间以达到匹配，从而把信号能量有效地送入电线。

无线电通信的情况也同样是由发信机的能量，通过发射电力与空间的匹配，有效地发射电波。这时相当有线通信的变压器那一部分就是天线。天线也和变换器同样都可以用于发射和接收，在发射时用良好的天线，在接收时的效率也是好的。

2.1.1 半波长偶极天线

发射机的高频电功率馈送在调谐电路上，在电路中就有电流流动，这时大部分的电功率在电阻部分被消耗。在一般情况下由于线圈的损失要比电容器大，所以线圈发热，最后也有损坏的情况。在这时，电波的电功率几乎不向外部发射(参照图 2—1)

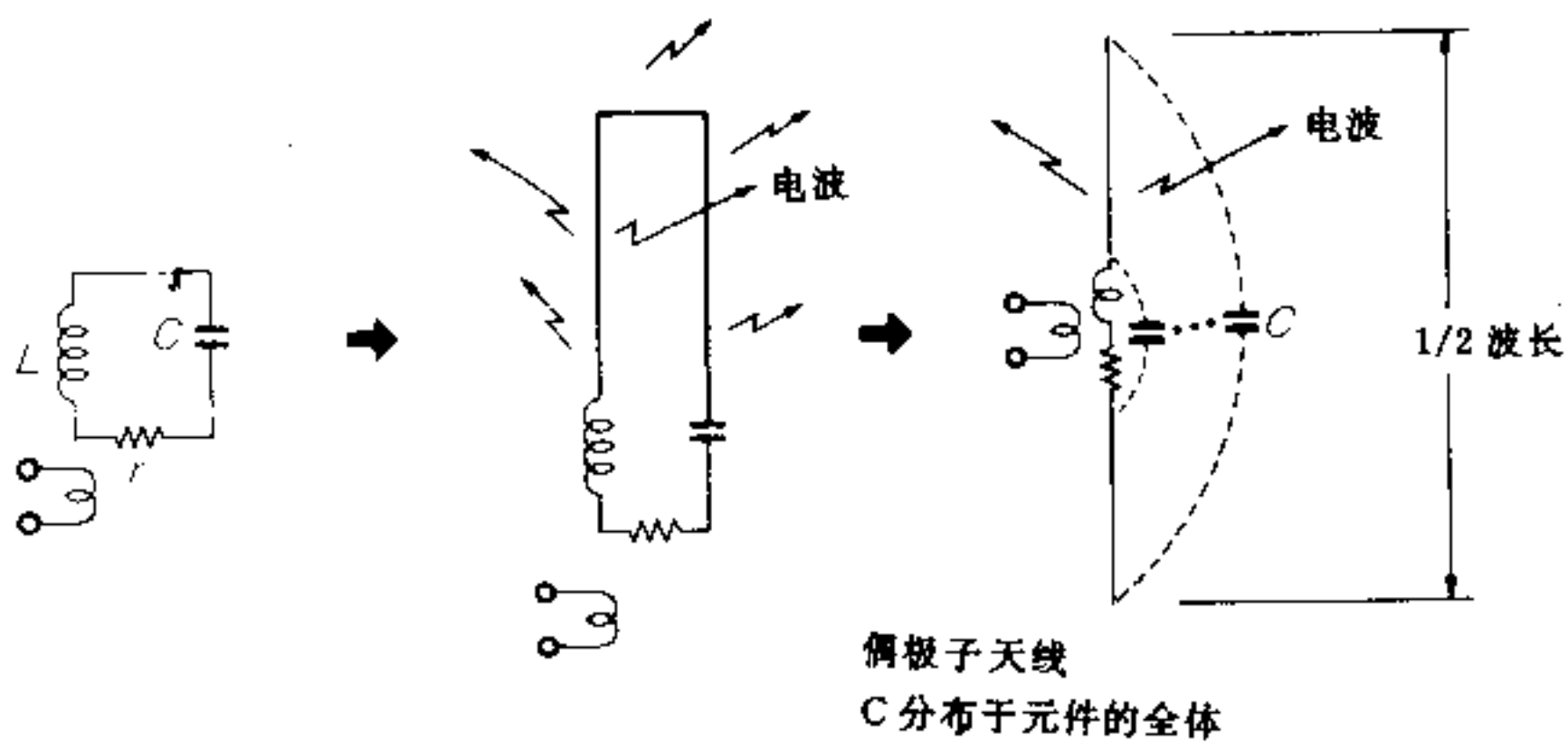


图 2—1　调谐电路向天线的演变

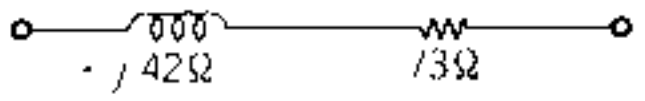


图 2—2　1／2 波长偶极天线的阻抗

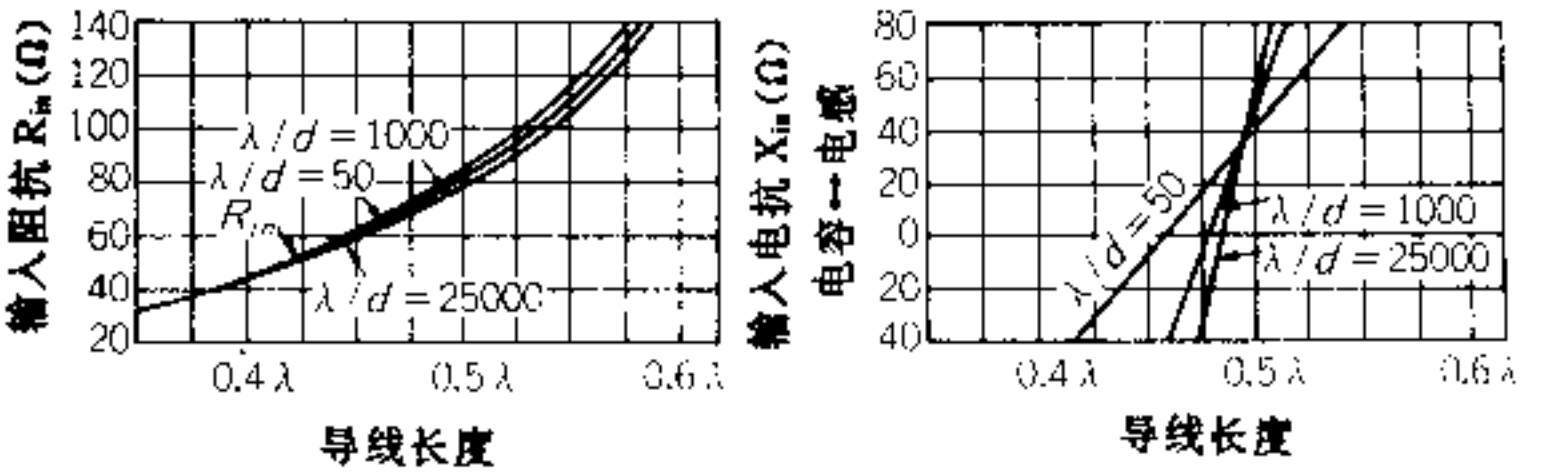


图 2—3　天线长度与阻抗的关系

若增加图中的调谐电路结线部分的长度，则由这部分的电流和电压会在空间发生磁场和电场，它以每秒 30 万 km 的速度进行传播，这就是电波。将调谐电路进一步延伸，使整体的长度为送入高频信号波长的 1／2，那就是我们所要了解的 1／2 波长偶极天线。

电波，由于在任意长度的导体上均可发生，所以天线的长度不必须是 1／2 波长，不过这时发送的效率好，天线与使用频率谐振。因此，1／2 波长偶极天线作为各种天线系统的基本元件被广泛应用。

2.1.2
半波长偶极天线的阻抗特性

将 1／2 波长偶极天线的中央部切断，在此处连接高频信号的天线称作偶极天线。中央部所呈现的阻抗，约为 73Ω 的电阻和约 42Ω 的电感性电抗成分串联(参照图 2—2)。

这种电阻成分，是由送入的电功率向空间放出电波而发生的，若假想将偶极天线的电波发生功能置换为 73Ω 的电阻，这样在 73Ω 的电阻器上若消耗了电功率，则电功率即将全部变换为热，如果向天线的 73Ω 上供给电功率，则电功率就会作为电波从天线向空间传播，而不会成为热的损失。

另外电感性电抗成分虽然不会干预电波的放射能量，但在天线和馈线（电缆）匹配的时候是有害的。如果把天线的长度变为略小于 1／2 波长即可使阻抗趋近于零（参照图 2—3）。我们在配合调整的时候，以逐步接近法来改变天线的长度，将这种电抗成分接近于零，即可把天线调谐在使用的频率上。

照片 2—1　偶极天线

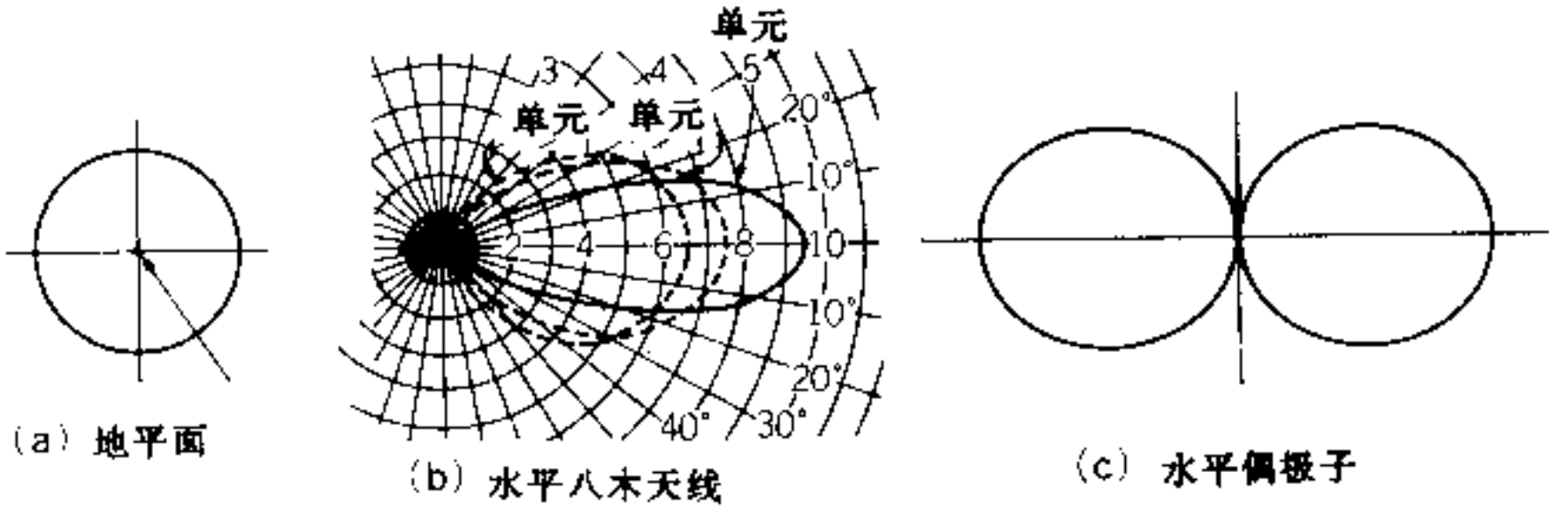
2.1.3
天线的增益，指向性

由于天线不是放大器，所以不可能发射出超过输入电功率电波能量。天线的增益指的是所希望特定方向的电波强度，在一般情况下是用与送往偶极天线同样电功率时所形成的电波强度的比作为定义。换句话说，在用偶极天线时，能把不是所要传播方向的电波，集中到所希望方向的能力即为增益。也就是说，增益好的天线只往指定方向发射电波，这就是所谓指向性优良。

即使在水平方向上没有指向性，也可设法使天线在垂直方向发射的电波变窄，例如移动电台用的多振子直列天线，就是增益较高的天线。

在一般天线用于地面上的场合，如其水平方向和垂直方向分别用图表示，对于某一方向的增益可以由原点往该方向所引出线段的长度表示出来(参照图 2—4)

图 2—4　水平指向性一例



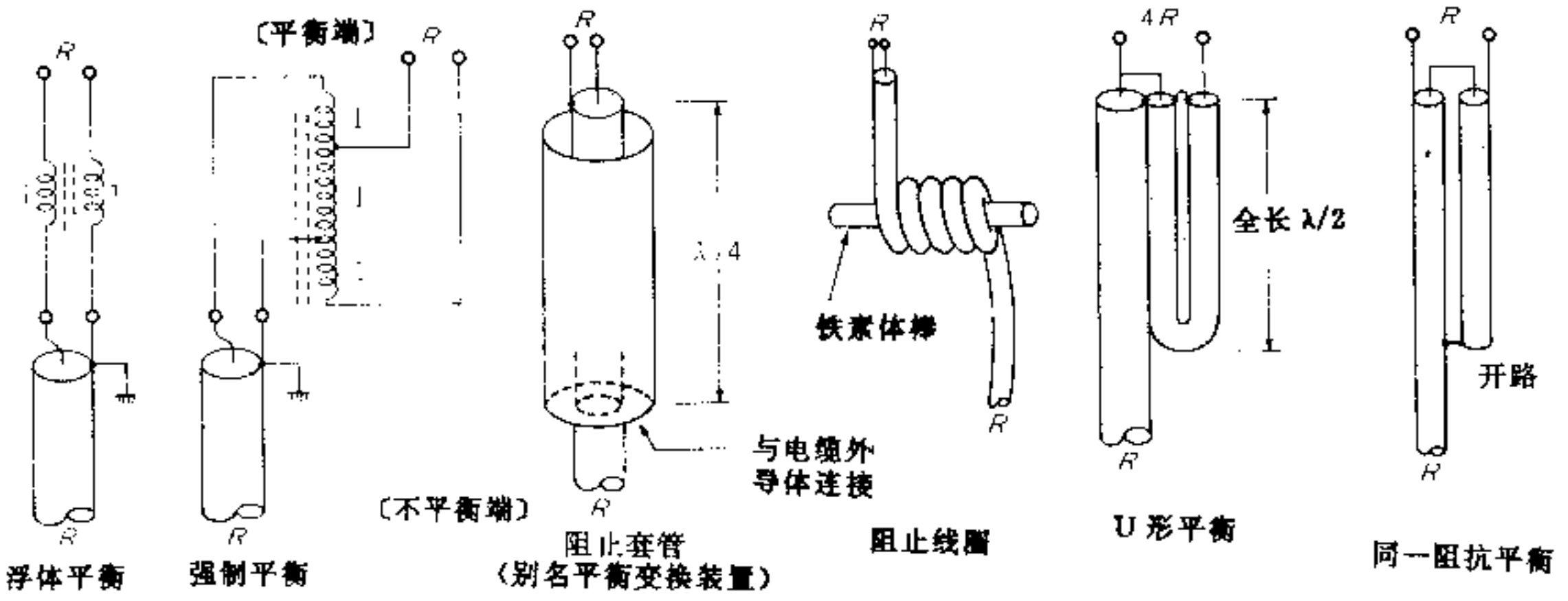


图 2—5　各种平衡不平衡变换器

2.1.4
平衡—不平衡变换“转换”器(Balun)

大部分的天线在构造上或是在电气方面虽然都对称，但其馈电线却使用非对称构造的同轴电缆。因此若直接把两者连接起来，本来应该在电缆内部流动的高频电流就会从供电点泄漏，向外部导体的外侧流出，从而使匹配恶化，也是导至形成 TVI(电视信号干扰)等的原因。

防止这种情况的部件有平衡不平衡变换器，它是高频变压器的一种，形式也是多种的(参照图 2—5)。

然而，阻抗的失配却不是泄漏电流的原因。

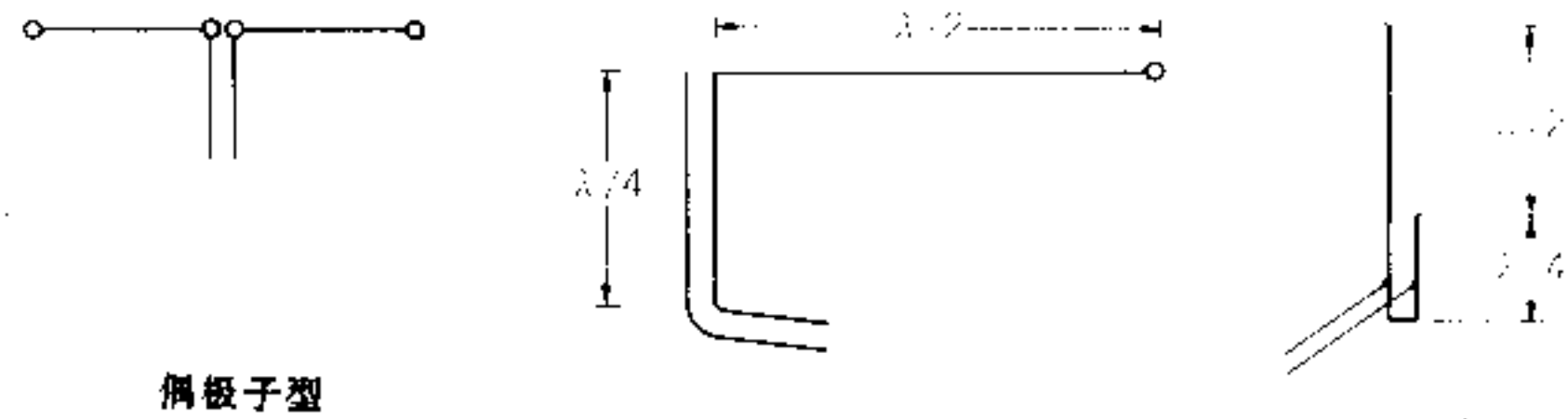
2.2 天线的选择方法和建造方法

按固定电台和移动电台分别叙述其天线的选择方法。

2.2.1
固定电台的天线

固定电台的天线，主要受驻地情况的制约，定向天线和全方向性天线是为天线选择时的重点。

全方向性天线，是在水平面内的全方向能均等地保持通信能力的天线。垂直接地天线（多略称 GP）或垂直直列天线均可算作这一类。由于没有必要过于扩展横向空间，对设



折叠偶极子型
（折叠固定连续偶极子）

反 V（IV＝反向 V）型

图 2—6　各种偶极天线

置场所的限制较少，所以作为初学使用很适合。安装地点不需要搞塔，在阳台的适当场所安装一根主杆就可以了，但必须注意所用主杆自身的强度以及支撑它的场所的强度。

全方向性天线，多备有地线和称为辐射体的部分，都是呈水平或倾斜向下伸出的电导体，形成电的接地线。其长度要用 1／4 波长的奇数倍。在建筑物侧面安装的场合，还必须考虑要有一定的间隔。

定向天线，是只按特定的方向辐射电波的天线。因此，要使用能改变方向的旋转器。在与地上的对方进行通信时，仅以水平面转动即可，当用 V／UHF 带进行卫星通信时，还要使用仰角旋转器。

2.2.2 各种天线的构造及其特点

1）偶极天线（doublet antenna）

构造极简单，是为天线的基本形式，广泛用于各频段。

水平型的是在振子（天线线条）的垂直方向上有指向性。

垂直型的在水平方向无方向性，在 VHF 的移动电台的通信方面是为便当的天线。

有种种变形，举几例如图 2—6 所示。

2）GP（垂直接地）天线（ground plane antenna）

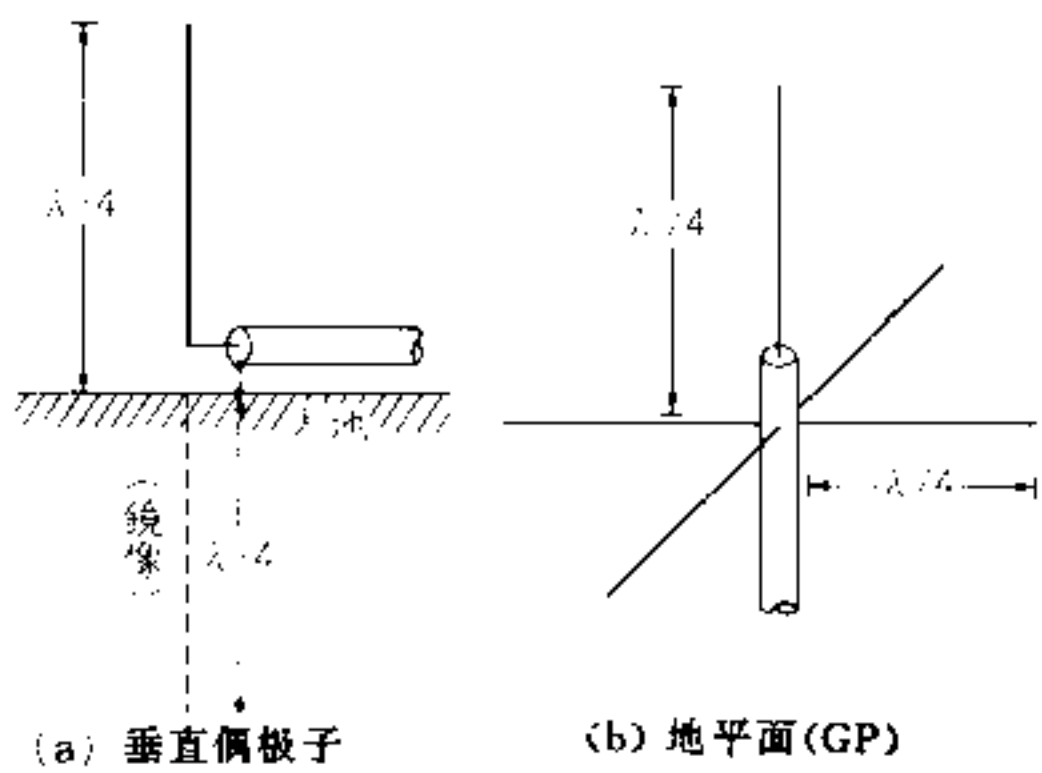


图 2—7　GP 天线

是垂直型偶极子的一种，从地面垂直树立 1／4 波长的导线，在一端与地面之间叠加上高频，地面能起到良导体作用，根据电的镜象可作为 1／2 波长天线进行工作（参照图 2—7）。

当实际的地面没能很好接地时，可在 V／UHF 带的水平方向把 1／4 波长的导线牵拉 2 根乃至数根作为地线，把它接地（地平面），这样的天线在水平面内无方向性。

3）长线天线（long wire antenna）

这是牵拉的长导线作为天线，其本身所使用的频率不一定正好谐振。因而需要配用调整电路（天线调谐器等）（参照图 2—8）。如果懂得这种天线的使用方法，那末不论在哪

照片 2—2　鞭状天线(28MHz 用)

照片 2—3　盘锥形天线(1200MHz 用)

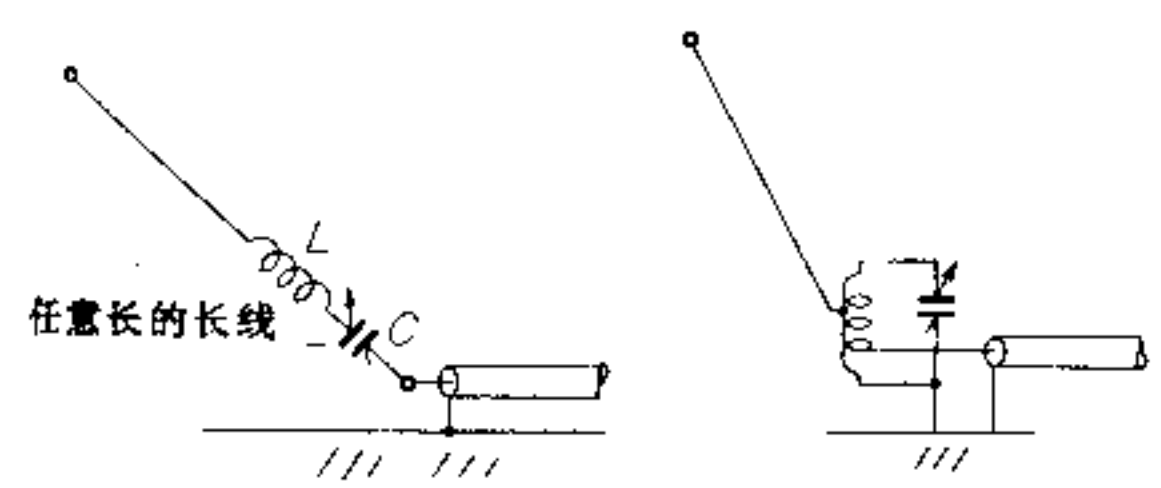


图 2—8　长线天线

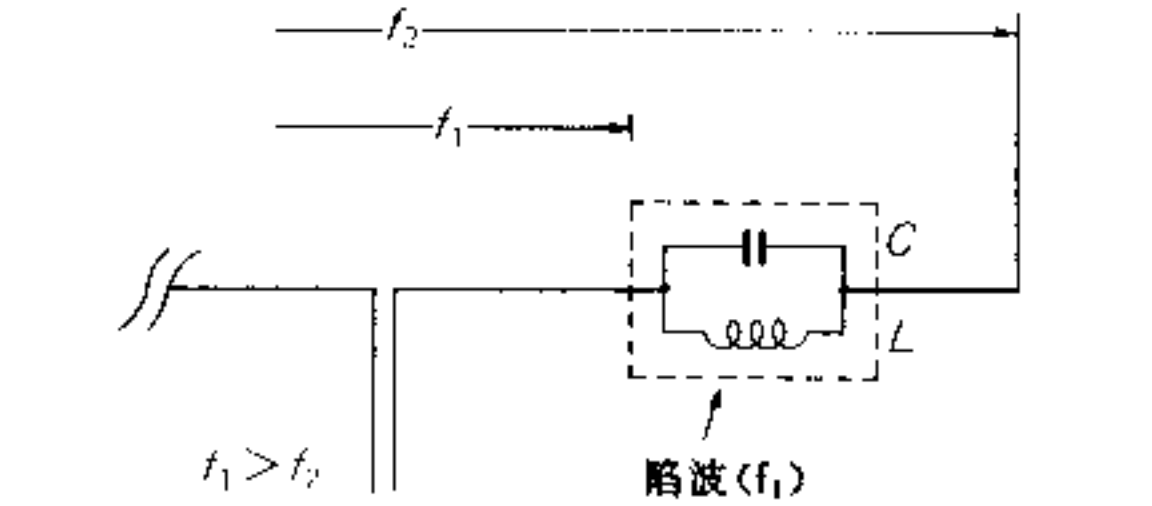


图 2—9　格栅天线

儿都可以简单地发出电波，并且在急用或作移动应用时均为有效。

4)鞭状天线(whip antenna)

这是从天线的外观上起的名称，即以鞭状(鞭子)的形态作为天线的总称。与上述的长线同样需要配合调整电路等（也有内附调整部件而不需外加电路的）（参照照片 2—2)。

5)盘锥形(超高频)天线(discone antenna)

这是 GP 天线的一种，是把 1／4 波长的垂直元件换成圆盘(dise)，再装上代替地线的圆锥形 (cone) 斜面构成的天线，在宽广的频率范围可以取得无调整即可匹配。由于几何尺寸的宽容量较大，所以容易自行制作(参照照片 2—3)。

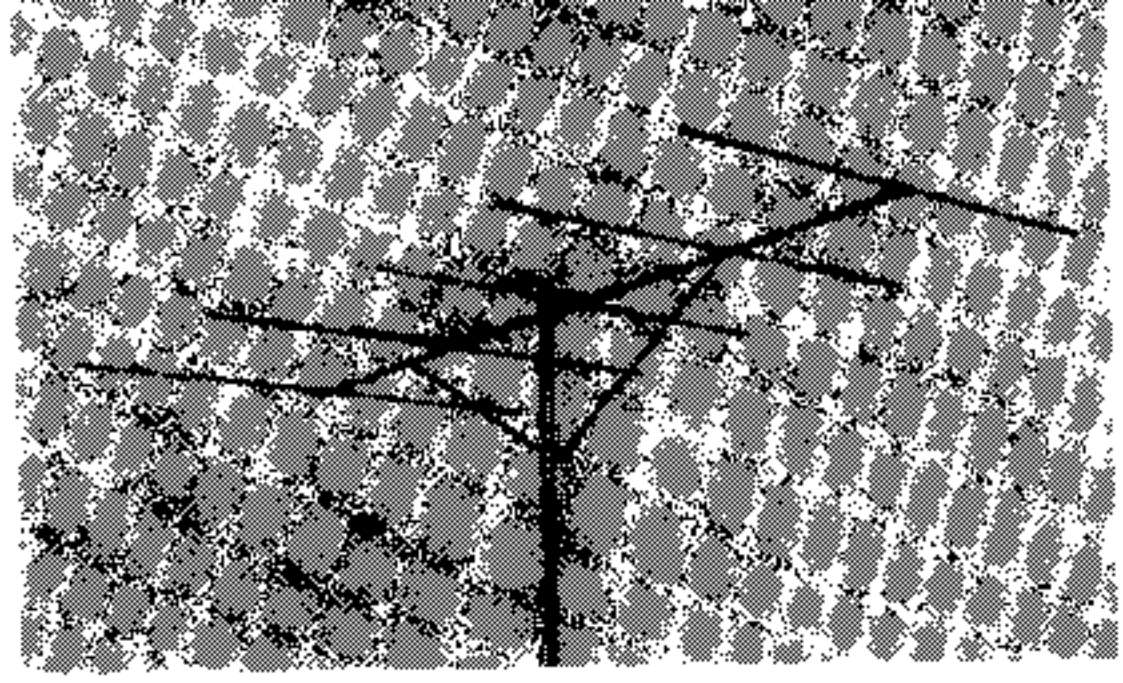
6)带陷波器的天线(trapped antenna)

在运用多个频段的场合，若使用各频率分别调谐的天线是没有问题的。可是最近一台无线电收发信机就可以用 HF 带的全频带，甚至还可能使用 144MHz 和 430MHz. 每当更换频段时就有天线也要更换的麻烦，而且设置多副天线就需要宽阔的场地。为此研究出用一个天线以复盖多段频率，而且电缆也只用一根的便利装置。

如图 2—9 所示，在第 1 频率的 1／2 波长偶极天线的两端，连接调谐在这个频率(f_1)上的 LC 电路，因为 LC 电路的阻抗十分高，高频电流到此处就会停止，所以不论怎样不会影响偶极子原来的动作。正是因为看到这个调谐电路用“陷波电路”捕捉到高频电流才被命名为“TraP”。

如果加上比陷波电路的频率低的高频，则陷波电路即为 L 成分，与带有加长元件的偶极子进行着同样的工作。如果把这个时候的天线整体按第 2 频率 (f_2) 进行调谐来确定出延长元件，那末这个天线就可能用两个频率进行工作。

如果在延长元件之前再装上第 2 频率的陷波电路即成为 3 频带天线，进一步用同样



照片 2—4　八木天线(20MHz 用)

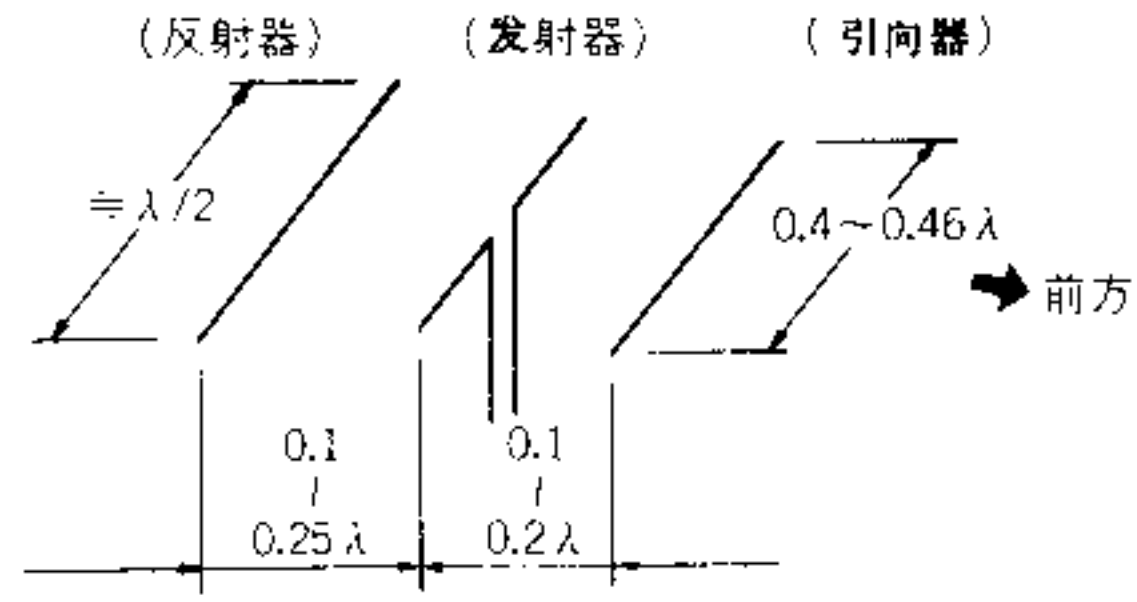


图 2—10　八木天线

方法有可能全部复盖 1.9MHz 到 28MHz 各段。可是在陷波电路与振子之间有着相互的影响所以比较难以调整。

多单元陷波天线，也可用作高增益的多频带天线。

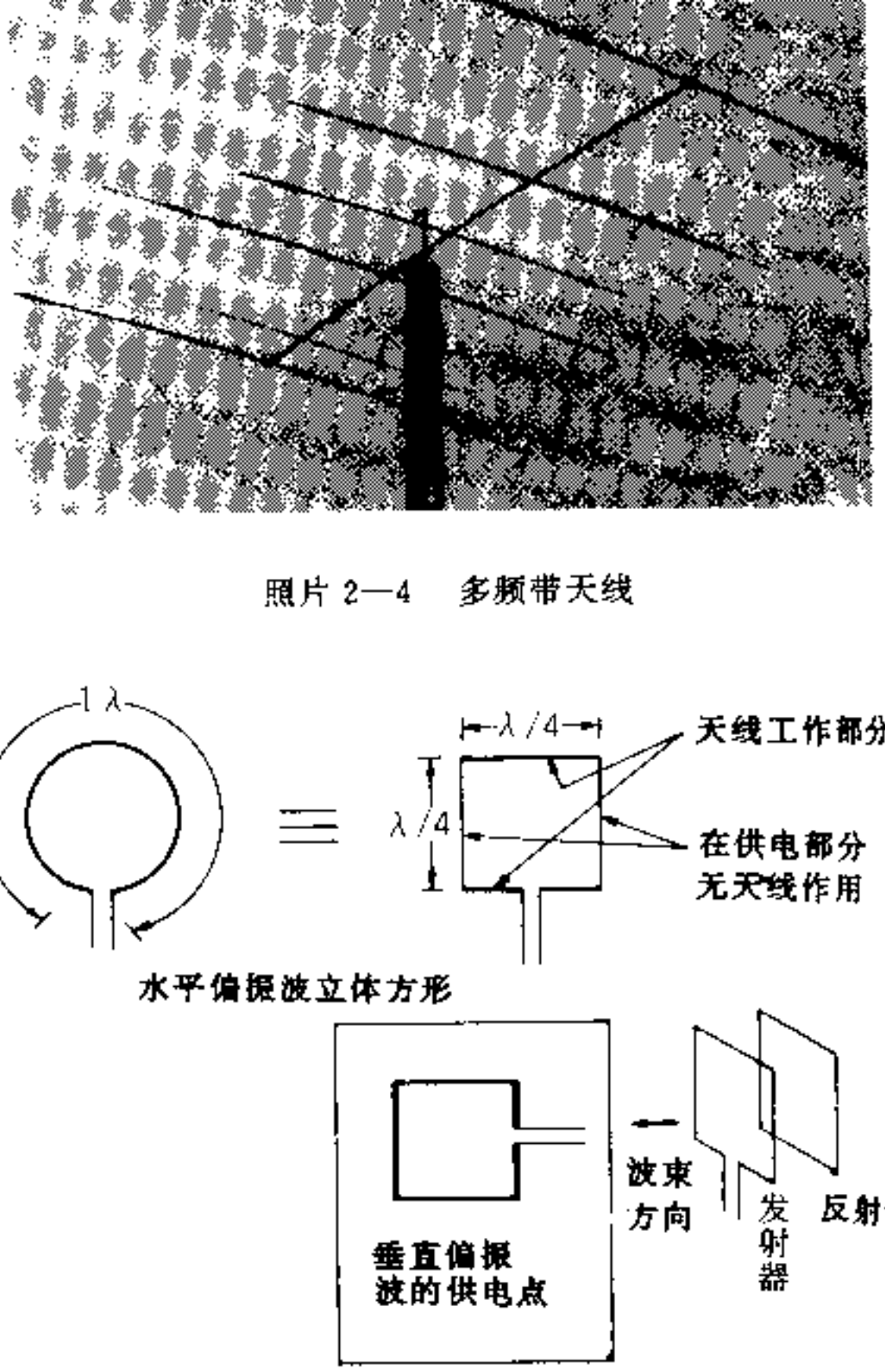
7)八木宇田天线(Yagi－Uda antenna)

一般称谓八木天线。

这是日本在 1925 年发明的天线，电视天线几乎都用这种方式。在业余频带方面也遍及全范围使用。其构造是在馈线连接发射天线(辐射器)的后面有一只反射器和在前面设置的几只引向器的简单装置（参照图 2—10)。把这全部元件合起来称为五单元。也有以 UHF 用的 30 单元获得 20dB(100 倍)左右功率增益的事例。

在各单元上加进前述的陷波电路的多频带天线业已商业化被广泛应用(参照照片 2—4)。

8)方框天线(CQ＝cubical quad antenna)



照片 2—4　多频带天线

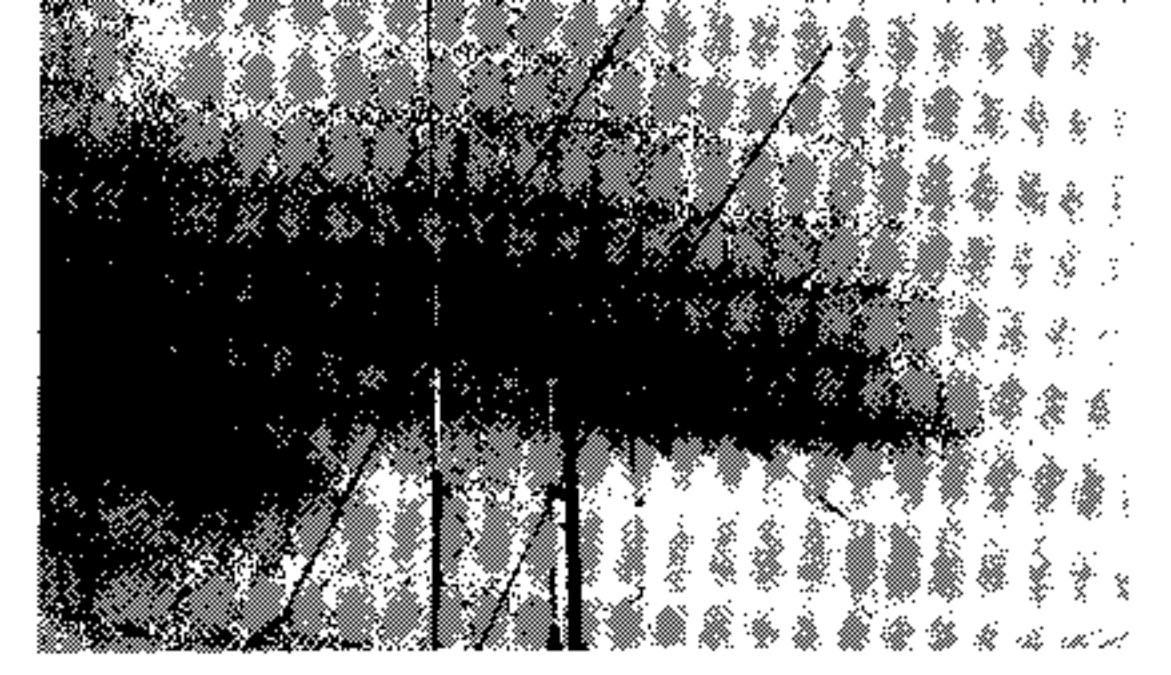
图 2—11

na)

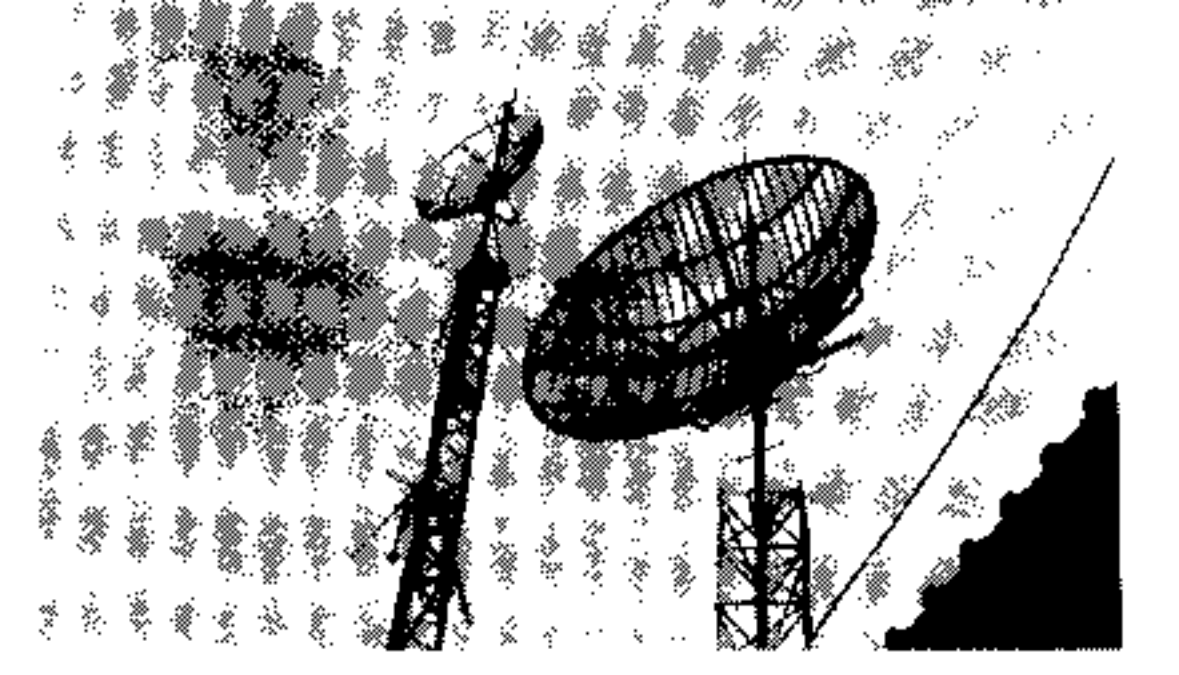
如图 2—11 所示，它是由全周长为 1 波长的两个以上环圈重叠构造的定向天线，因为所要的元件，不需要如同八木天线那样用管子，用容易搞到的电线就可以，所以只具有反射器的 2 单元 CQ 成为 HF 带自制天线的主流(参照照片 2—5)。

9)HB9CV 天线

它是取发明者的呼号而命名的天线。基本上用 2 单元，就是把两个振子之间直接用称为移相线的电线连接起来，即可得到定向性。当元件间隔取得 1／4 波长的时候，后面的元件由于移相线而使 λ／4 相位滞后，而且还是连接在反相位上，所以可以进行合计 3／4λ 滞后发射。当这个电波送到前方的元件时，因为由此又进一步 1／4λ 滞后，随即形成合



照片 2—5　2 件 CQ 天线(眼前为 GP)



照片 2—6　抛物面天线

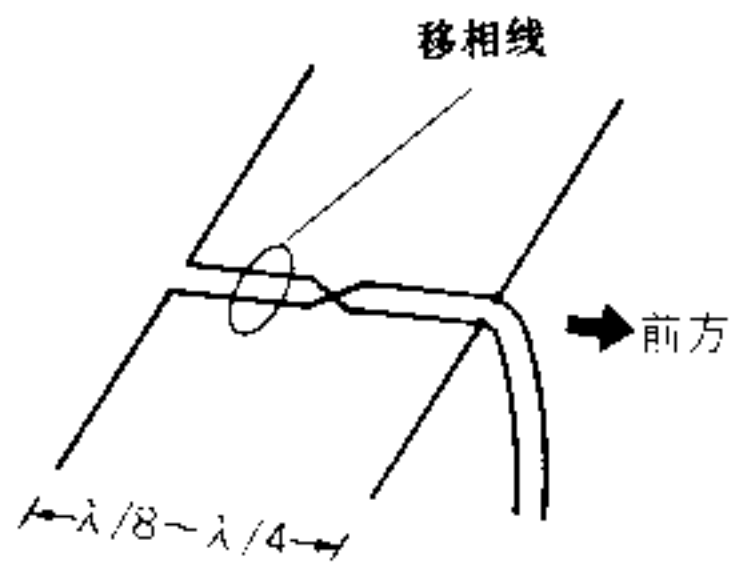


图 2—12　HB9CV 天线

计 1λ 滞后与前方的单元成为同相位。因此就会增强。同样后方发射被抵消（参照图 2—12)。

前后的间隔如在 1／8 波长左右，也会得到充分的定向性，所以这是容易自制定向天线之一。

10)抛物面天线(Parabolic antenna)

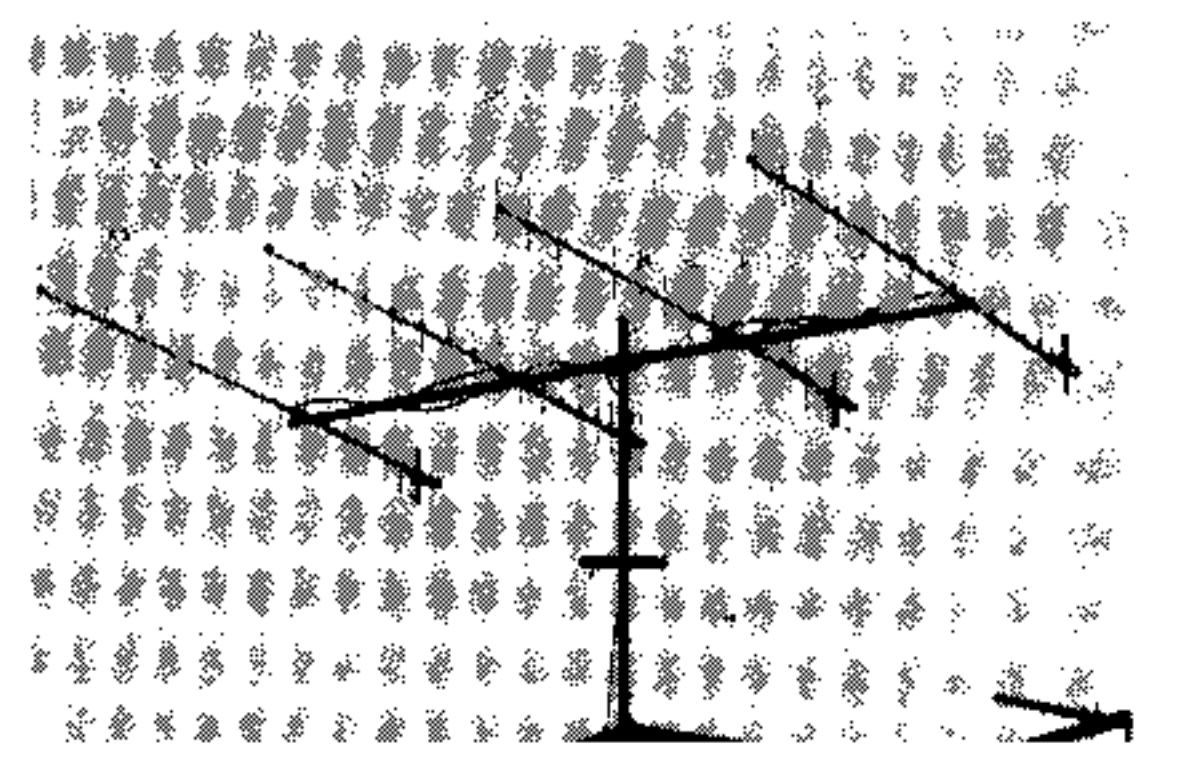
电波是与光同样朝直走向空间，如果使用对波长比较大的半径 a 的反射镜，就能够形成具有增益的天线。增益 G 是按下式以面积和波长之比来确定。

$$A=\pi a^2$$

$$G=\frac{4\pi A\cdot K}{\lambda^2} \qquad K=0.5\sim0.8$$

$$\lambda=\text{波长}$$

但是在波长较长的 HF 或 VHF 段要得到八木或 CQ 以上的增益尺寸就过大，所以要在 430MHz 以上才可使用，特别在宇宙通信或 EME 方面广泛使用（参照照片 2—6)。也可以自行制作。



照片 2—7　叠式天线

11)堆叠式天线

若把同一型式的天线以适当隔离作 2 座并列，再把各条馈线一起缠绕起来，其增益可形成 2 倍。把天线作好调整，并以多个排列成堆叠式天线，其构造和馈线的连接虽然比较复杂，但会容易获得好的结果（参照照片 2—7)。

2.2.3 固定电台天线的架设方法

在选择天线的时候，往往把注意力只朝向这样或那样的电气性能上，但也应当把目光转动移到耐风速、受风面积等问题上。这样才好判断在自己的塔架上安装的可能性。从竖立起天线，就要考虑好不能有振子脱落或塔架倒塌等事故的问题。

作为固定电台天线的架设方法，大体有四种。应根据自己住处的状况和投资多少等

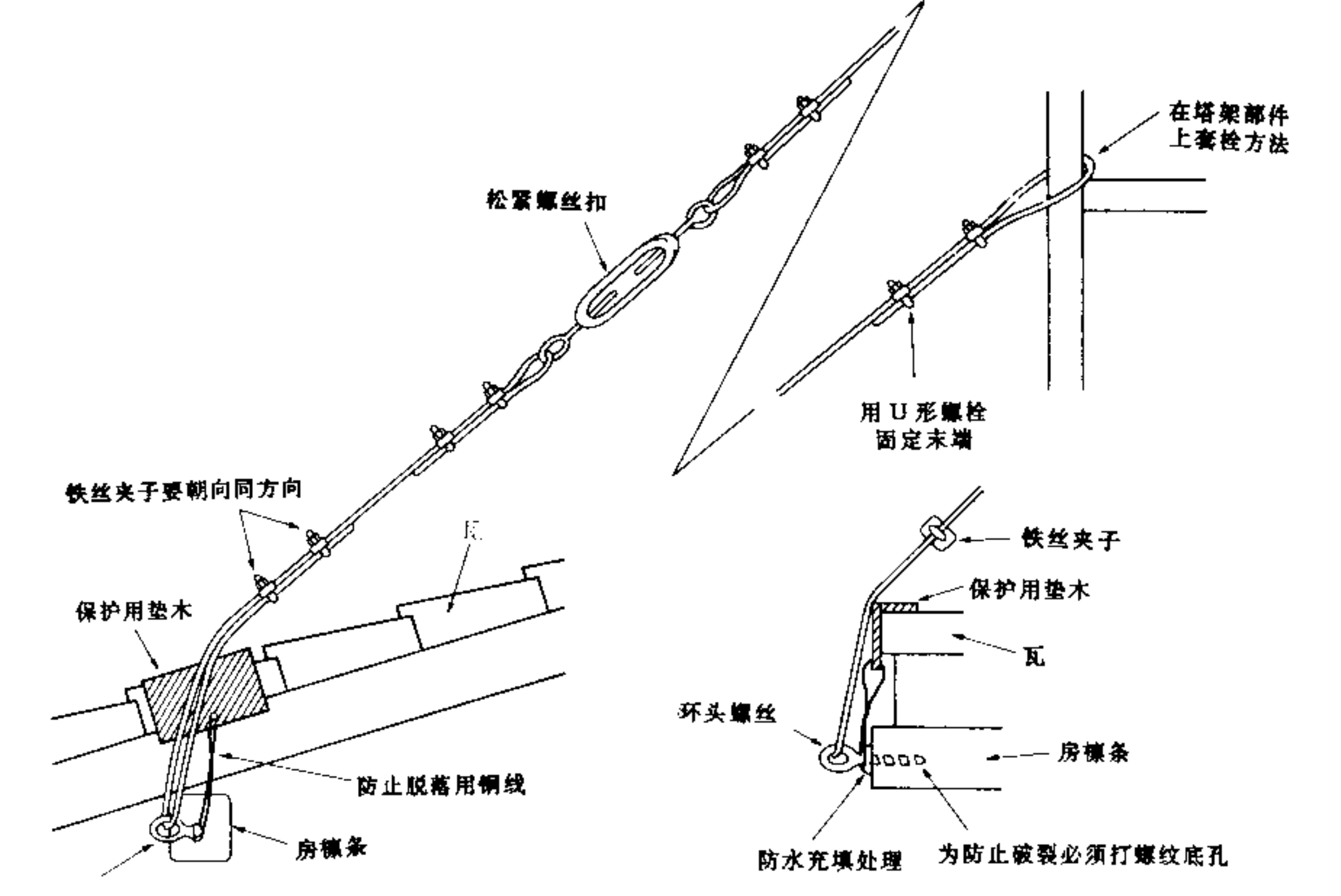


图 2—13

去选择适合自己的方法(参照照片 2—8)。

1)屋顶塔架

这是在屋顶上竖立铁或铝制的塔架，在它上面设置天线的方法。在地方狭窄的城市地区特别有效，在能确保场所的同时利用屋顶的高度可以使天线架得高。也可能设置旋转器。屋顶塔架应在四个方向用钢丝拉线牵拉支撑，对钢丝拉线的拉桩的设置方法很重要。

在日本房屋的房檩子或者柱子上开个螺纹底孔扭进环头螺丝，开螺纹底孔不能把木头弄裂(参照图 2—13)。而且还不能够用钉子代替环头螺丝，否则因为受牵拉有脱掉的危险。房檩子在房山人字板(破风板)上多为看得见的东西，所以要很好确认钉子的痕迹。在扭进环头螺丝的根处，为了防止浸入水分，要涂抹防水充填剂。

拉线要使用紧线器，重要的是 4 根以同样的强力拉紧，如果仅在塔的一只脚上加重，尤其对铝塔有被扭曲之患。为了在房顶上分散负重，在塔脚上垫上角铁也有效。

当施工的时候，尽可能不要几个人同时往塔上攀登，另外对铝制的塔架，要用圆木作支柱加以增强直到施工完了。

2)竿式

在简易无线电或 MCA 等业务性无线电方面多用这种方式。它与电视天线的架设方法虽然有些相似，但对使用的材料应注意要有高强度。常见的是只安装一根无方向性的天线，对旋转器的装设，也可以利用专用的接合器部件。这种方式的强度也是取决于拉线的伸张方法，对于拉桩的施工方法，与上述的屋顶塔架式同样需要注意。

3)自立塔

作为业余无线电专家，期待有个自用的塔。虽然可以准备高度达 30m 级的，但要考虑

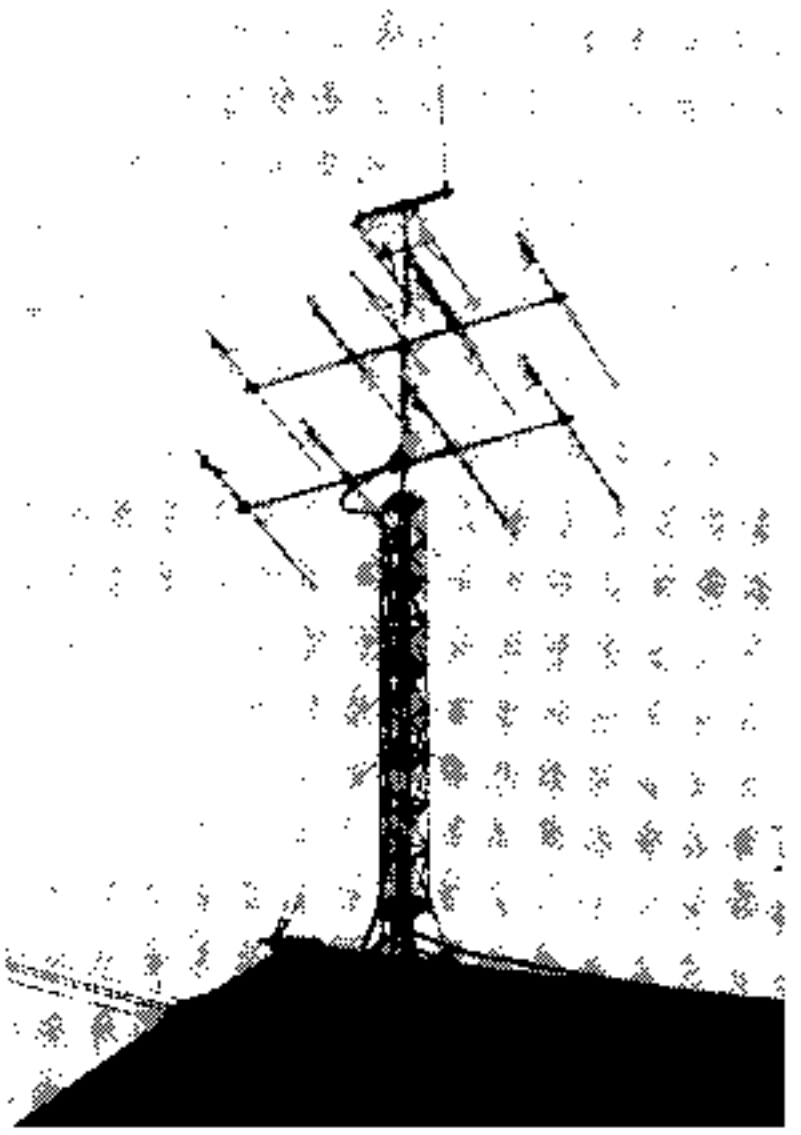
必要的地基以及基础施工。若用混凝土地基，塔架高度为 10m 级时，地基尺寸约为 1. 2(纵)×1. 2(横)×2m(深)；若高度为 20m 级时，尺寸为 1. 6×1. 6×3m；当高度达到 30m 级时，要用 3. 1×3. 1×3. 5m 的规模进行基础施工。

塔架的强度，最低限度也要有 40m／s 耐风速，在强风地带要选用 60m／s 的设计。最近已有不少塔架发生倒塌的事故事例。现在持有塔架的人，对过大受风面积的天线其强度需进行检验，对塔架本体的维修检查也要留心。另外，打算建塔的人们在选定场地的同时，对于塔架本体有无安全保障，是否具备了强度计算资料等，都要充分作好认定。

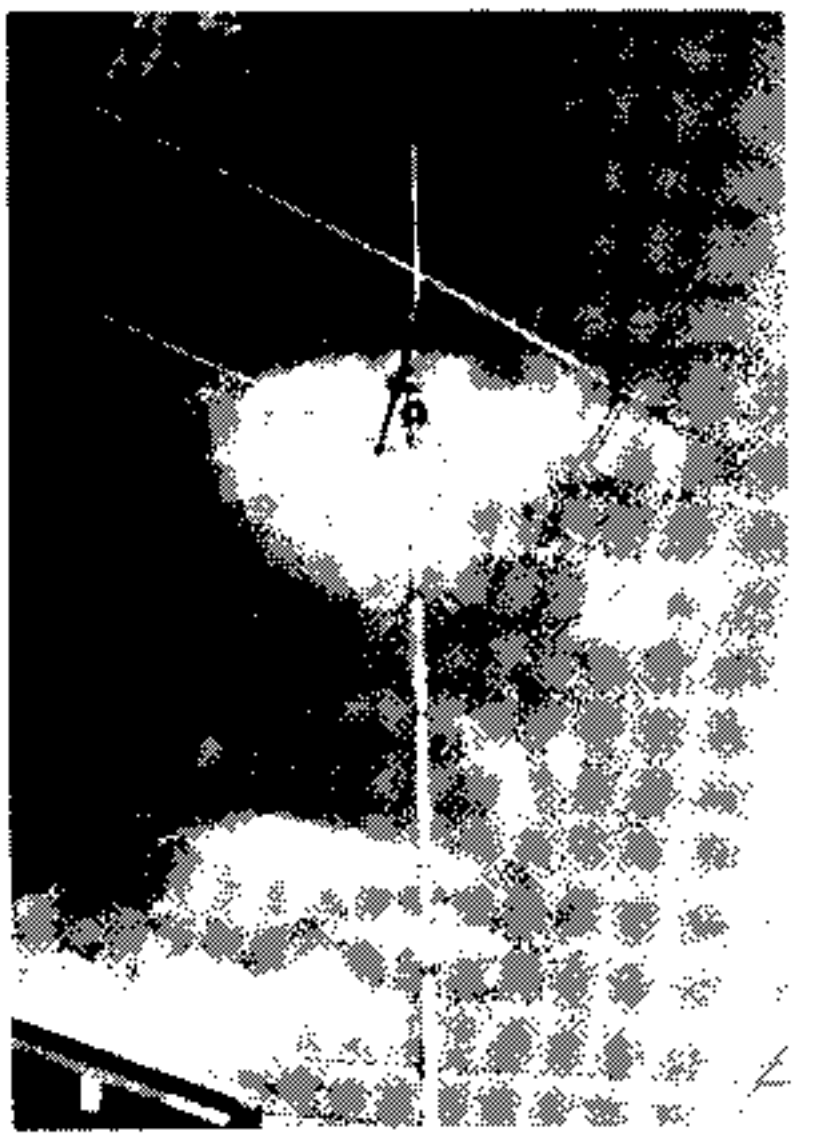
4)自升式塔架

这是在使用时拱起来，不用时即可放下的伸缩式的塔架。而且在风比较强的时候是以不伸出来为前提的。混凝土基础尺寸为 1×1×1. 5m. 比自立型小，在狭窄的场地也能建立起来。在强风时和不使用时必须放下。另外，在拱起来的塔架上面不可进行天线施工。

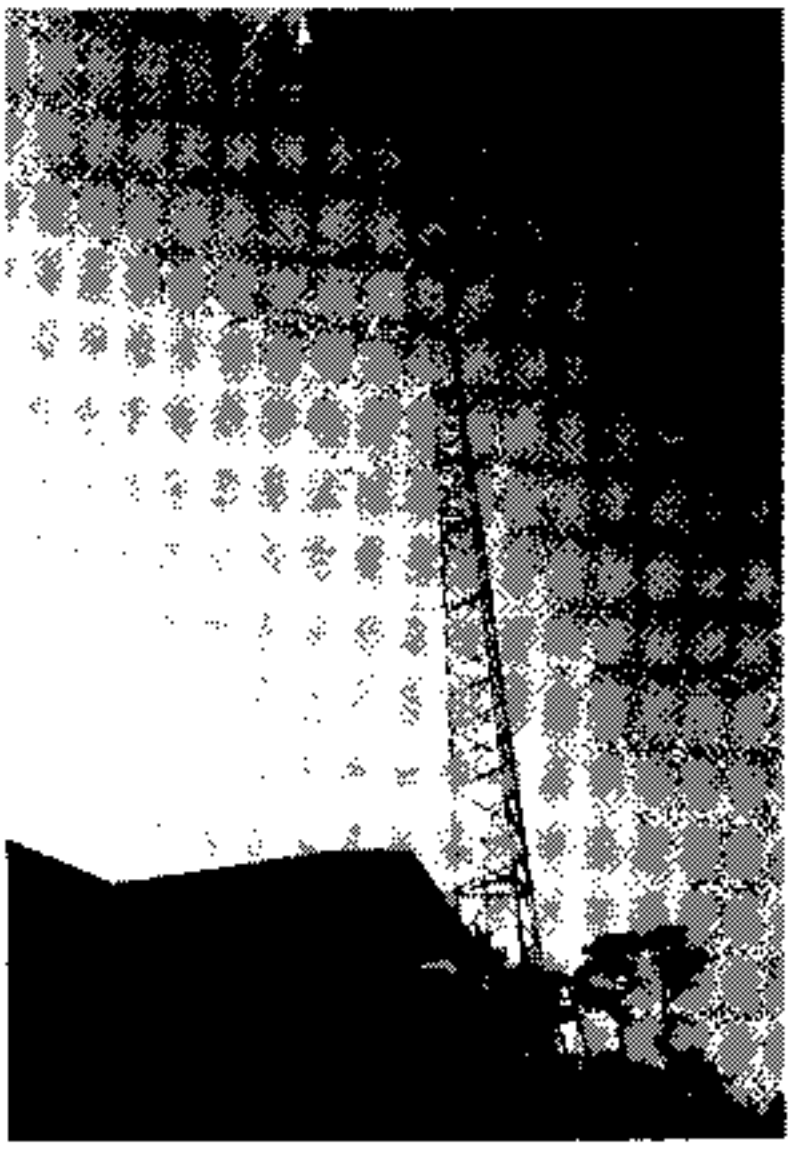
①屋顶塔架式



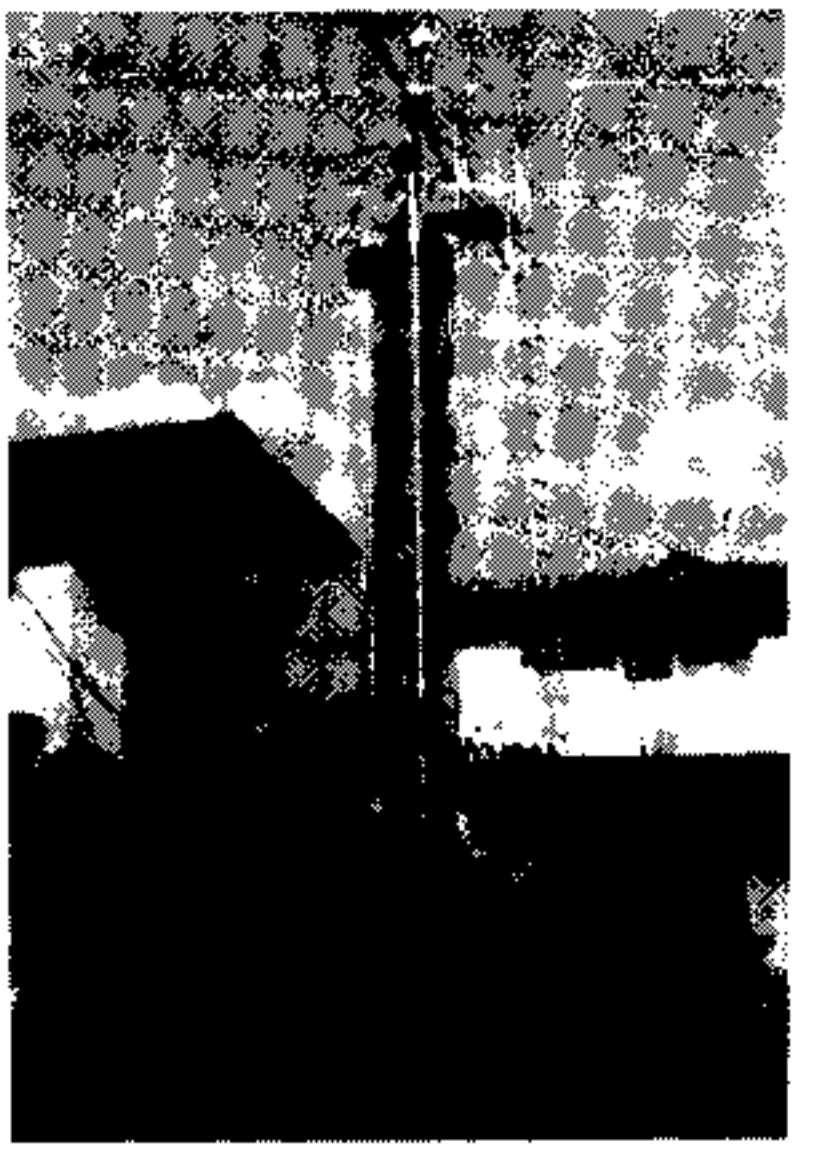
②竿式



③自立塔架式



④曲柄向上塔架式



照片 2—8　四种方式

2.2.4
主杆及其种类

装设天线采用旋转轴用的管子。不用铝制管，要使用铁管。不是什么样的铁都可以用，要选用材质为 STK 的一种。其中 STK—41 比较容易弄到，像导线管等容易弯曲的不能用。铁管的规定长度为 5.5m。按表 2—1 的强度对使用的定长所实现的情况，是由旋转器约 1.5m 处用主杆支座支承，余下的 4m 作为安装天线使用。主杆支座，为了在转动器内部防止横方向的过分力量，需要作调整找正主杆中心。

常使用的主杆，有直径和皮厚（括弧内）42.7(3.2)、48.6(3.2)、60.5(3.2) mm 几种。根据耐风速和天线的受风面积，需要在此基础上。通过改换直径使强度增加，把 48.5(3.2)mm 插入 60.5(3.2)mm 的二重构造的作法即可实现。这样在转动器或桅杆支座上就可以不使用特别的部件。

当配置天线的时候，要使上部一方的受风面积小些，并使用轻体物件有利于稳定性，必须避免形成头重脚轻(倒挂)的现象。

主杆的尺寸和其所要装设的天线综合的受风面积，大致如表 2—1、表 2—2 所示，对于预定要用的天线，希望事先鉴定一下受风面积为好。

2.2.5
关于天线的法律

设置天线塔，不论从地上或者从建筑物的顶上，如果超过 15m，就需要到居住的市区街村的建筑科办理申请认定手续，这时由于要审查强度计算等有关资料，所以必须充分合乎法律规定才行。

当有超越地上 20m 的场合，还应当负有设置避雷针的义务。

表 2—1　桅杆的种类和装设天线可能受风面积

		桅杆的种类(材质 STK—41)						
		Φt	Φt	Φt	Φt	Φt	Φt	ΦΦt
装设天线的可能受风面积合计 (m^2)	耐风速 40m／s	0.5	0.8	1.4	1.9	2.5	6.8	1.3
	耐风速 60m／s	0.2	0.3	0.6	0.8	1.1	3.6	0.6

●条件：桅杆全长 5.5m，在下部 1.5m 位置装设支座，上部 4m 为装设天线部分。

表 2—2　主要天线及其及受风面积

频率(MHz)	天线形式	吊杆长(m)	最大元件长(m)	受风面积(m^2)
7	2 件	5.3	13.5	1.06
14	4 件	11.0	11.0	0.90
21	4 件	7.3	7.3	0.33
28	4 件	5.5	5.4	0.25
7、21、28	7 为偶极子 21、28 为 3 件	3.7	10.5	0.40
14、21、28	3 件	4.2	8.5	0.52
50	7 件	6.7	3.1	0.22
144	9 件×2	3.7	1.0	0.52
144	9 件×4	3.7	1.0	1.08
430	25 件×2	5.0	0.4	0.65
430	25 件×2×2	5.0	0.4	1.30
1200	45 件×2	3.4	0.2	0.25

2.2.6 车载电台的天线

车载天线，因为车的方向不断变化，所以一般要使用无方向性天线。作为天线，有称为鞭状天线的λ／4 型、5λ／8 型，或者把它们作堆垒处理成为高增益天线。它们都是以车体作为接地板（面）而使用。设置的地方或者装设的方法都会影响到天线的性能。

不用车体作为接地板也是可以的，已经研制出很多所谓非接地型天线。

最近在车上装设天线的方法如图 2—14 所示，其中车顶旁侧式已很长时间作为最简便的安装场所被广泛使用。但是在最近的车上因为没有雨流子（流水沟）的车逐渐增多，又可以把天线的高度降低，所以在轿车的行李箱盖上设置的情况就多了起来。

车载天线应当切实注意勿使在行驶中脱落或发生紧固螺丝松掉事故，给行人造成以伤害。另外，根据有关道路交通法规，不可设置超过地面高度 3.8m 的天线。

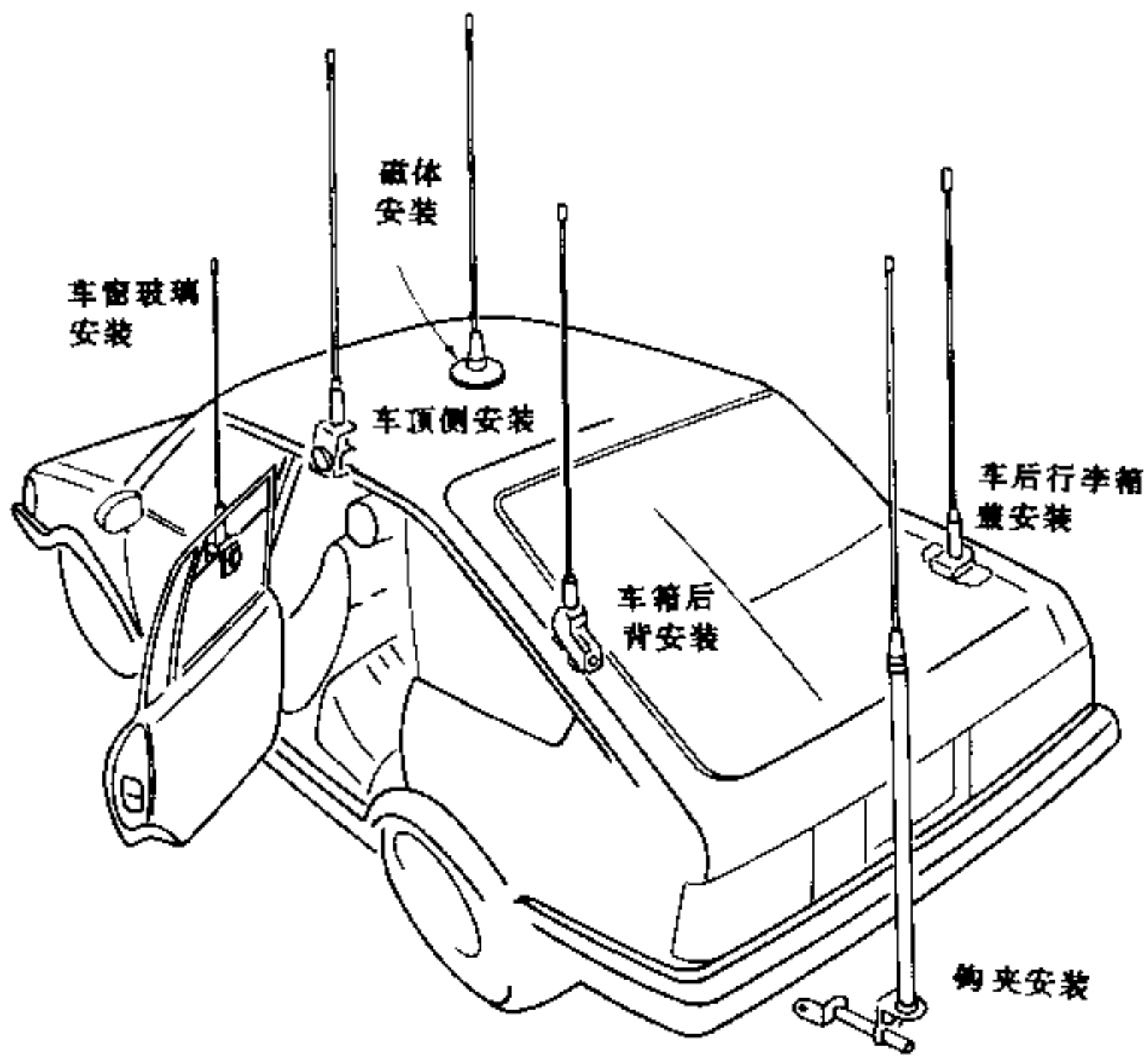


图 2—14　车载天线的安装场所

2.3 在产品目录中表示天线性能的用语

下面所整理的是表示天线性能用语的意义。

a. 频率

天线的结构是由能使用的频率确定的，用一种天线对哪个频率都可适应的事，一般是办不到的。业余无线电所使用的天线，几乎都是“调谐型”。为提高天线效率，对天线的长度均以频率的半波长为基本，因此，从外观上也能够 辨别出使用的频带。

b. 阻抗

正确的叫法是特性阻抗。同轴电缆应选择和天线相同的阻抗(Ω)。现在与业余无线电同样都使用 50Ω"不平衡"。所谓"不平衡"就是表示电流可通地，也就是把馈线的一端在接地的状态下使用。具体来说就是所使用的同轴电缆。"平衡"是两端都对地浮空，所使用的是如同带状馈电线那样的平行型馈线。

C. VSWR

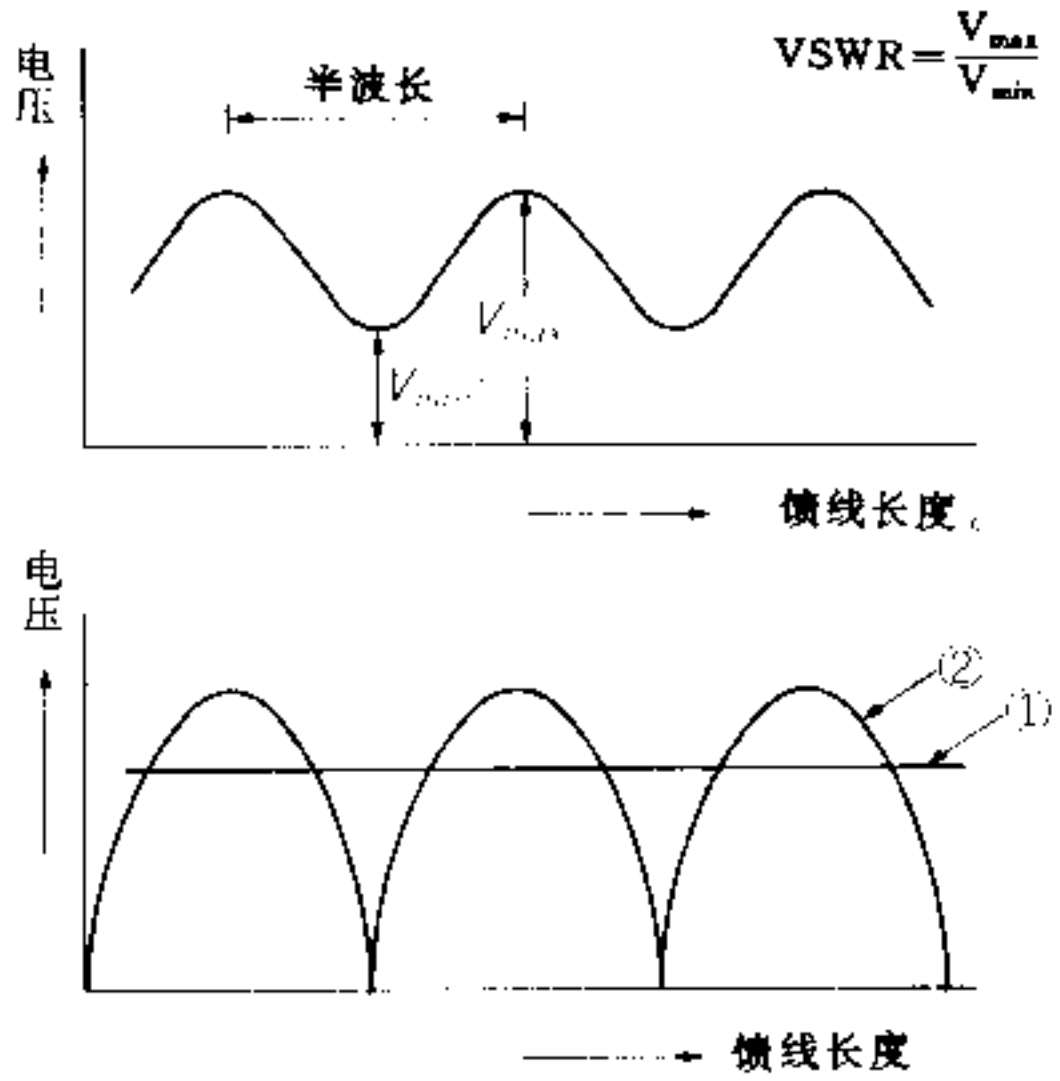
这是 Voltage Standing Wave Ratio 的字头组成的名称，亦称谓电压驻波比，而且亦可简称为 SWR。

天线与馈线同轴电缆的阻抗不同，那么高频能量的一部分会反射折回，与进行的部分干扰汇合发生驻波。VSWR 就是表现这种驻波的大小的。

VSWR 值，对于入射功率和反射功率的比例关系，在 1.5 时为 4%，在 2 时为 11%。(参照图 2—15)

d. 增益

增益的定义是"在测试天线和基准天线上给与同一功率的信号时候，在最大电场方向上接收的功率之比"。



① 匹配状态 VSWR=1

② 极度恶劣状态 VSWR=∞

图 2—15　馈线上的驻波

该比值用 dB 表示，即为增益的值。作为基准天线的，有等方向性（定向性为球形）的点源(Isotropic)天线和半波长的偶极天线。为了明确这个基准的差异，以前者作基准的电合则用"dBi"，后者则只用"dB"或"dBd"来表示。也有把前者叫做绝对增益，把后者叫做相对增益的。

点源天线虽然是假想的东西，但是理论上作处理比较简单，所以常被选用。半波长偶极子，是能实现的最为基本的天线。在两者之间在理论上有 2.15dB 的差别，也就是在相同的天线上用 dBi 表示的数值比用 dBd 表示大出 2.15(参照图 2—16)。

e. 方向性

天线所指的方向的发射强度称为指向性。如图 2—17 所示，定向性以极座标圆图表现的情形较多。这种图样是以最大方向为基准(OdB)，将角度作为参数描绘的。

方向性虽然为立体性形式，但通常是以元件所包含的面（电场面或 E 面），以及与其正交的面（磁场面或 H 面）来表示（参照图 2—18）。

对有明显表现指向性的天线，就有半功率角。它是从最大点使功率增益变成一半的两点所夹的角度，用这个角度的大小，可以表示波束的锐度，这个角越小则波束就越尖锐。

前后比（FB 比）是以最大方向（前方）为基准，在后方所示的是发射电功率降低多少的比率。

f. 极化形式

从直线状的发射元件会发射"线性极化"的电波，这时，对于大地使电场呈垂直的场合即为垂直极化波，呈水平的场合即称为水平极化波。如果极化波面没调谐，则通信能力会急剧下降，所以对收发信号的极化波面一定要调合好。从车载电台的通讯考虑在 V/UHF 带方面用垂直极化波比较多，这是由于

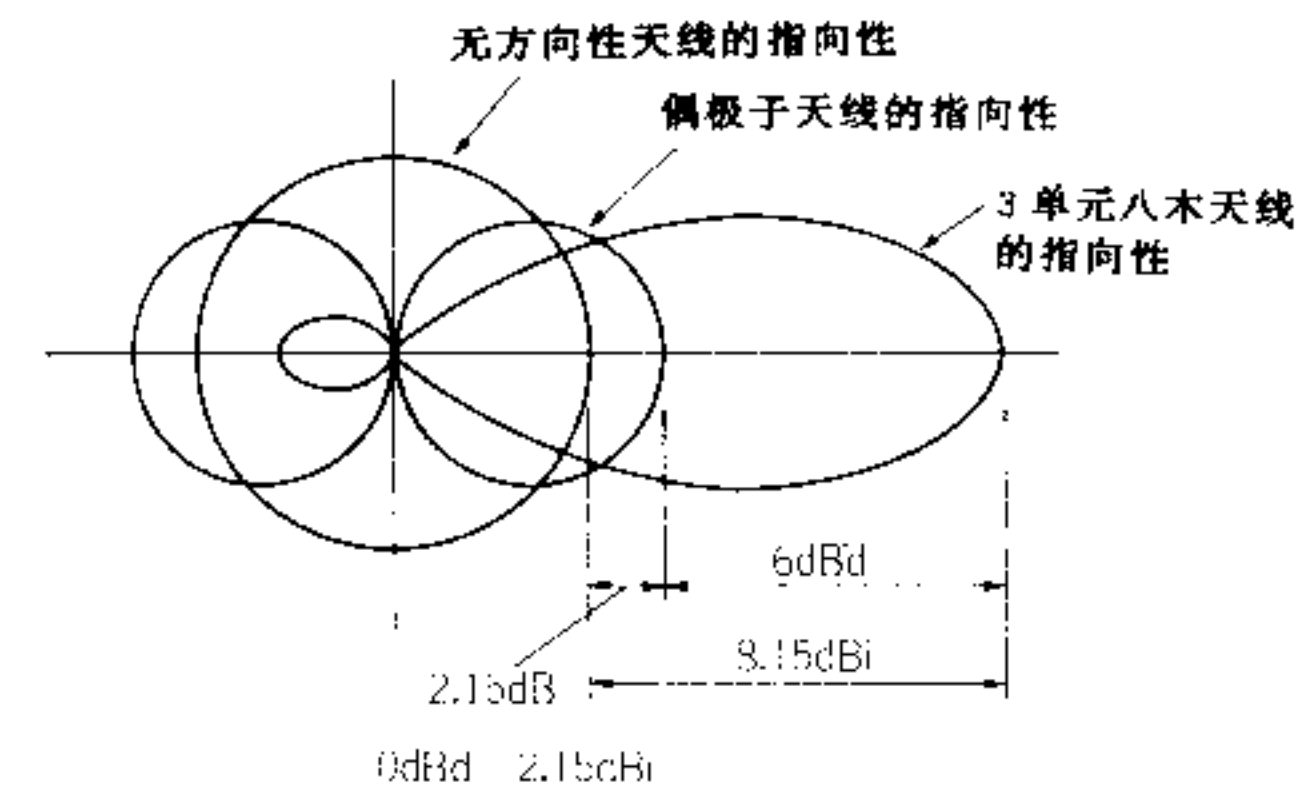


图 2—16 dBi 和 dB 的关系

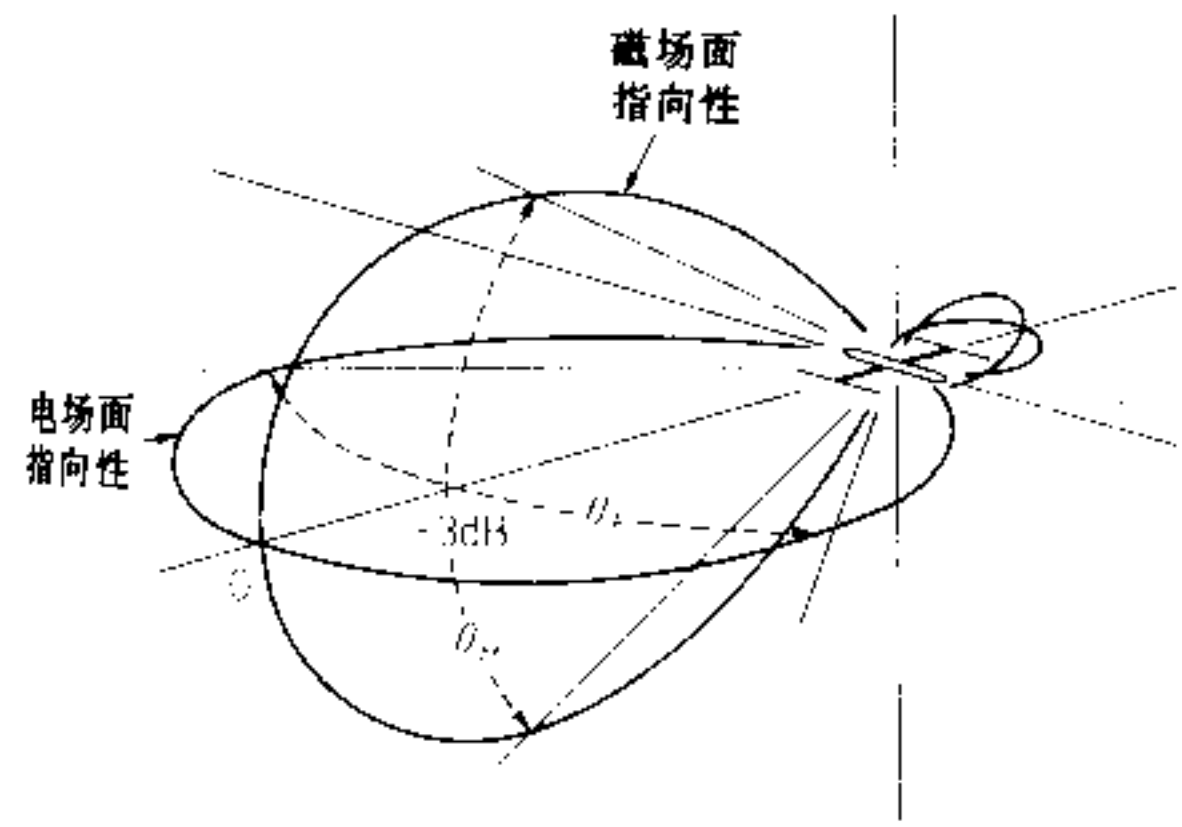


图 2—18 指向性(立体图)

车载用无方向性水平极化波天线用得较多的缘故。

在 HF 频带方面，由于每逢电离层的反射时就会使极化波面变化，所以两方面的极化波天线就混杂在一起。人造卫星多使用圆极化波，即使用直线极化波，由于卫星本体是转动着的，所以还是采用圆极化波的方法为好。

g. 电缆接插件

业余无线电所使用的同轴电缆接头，有

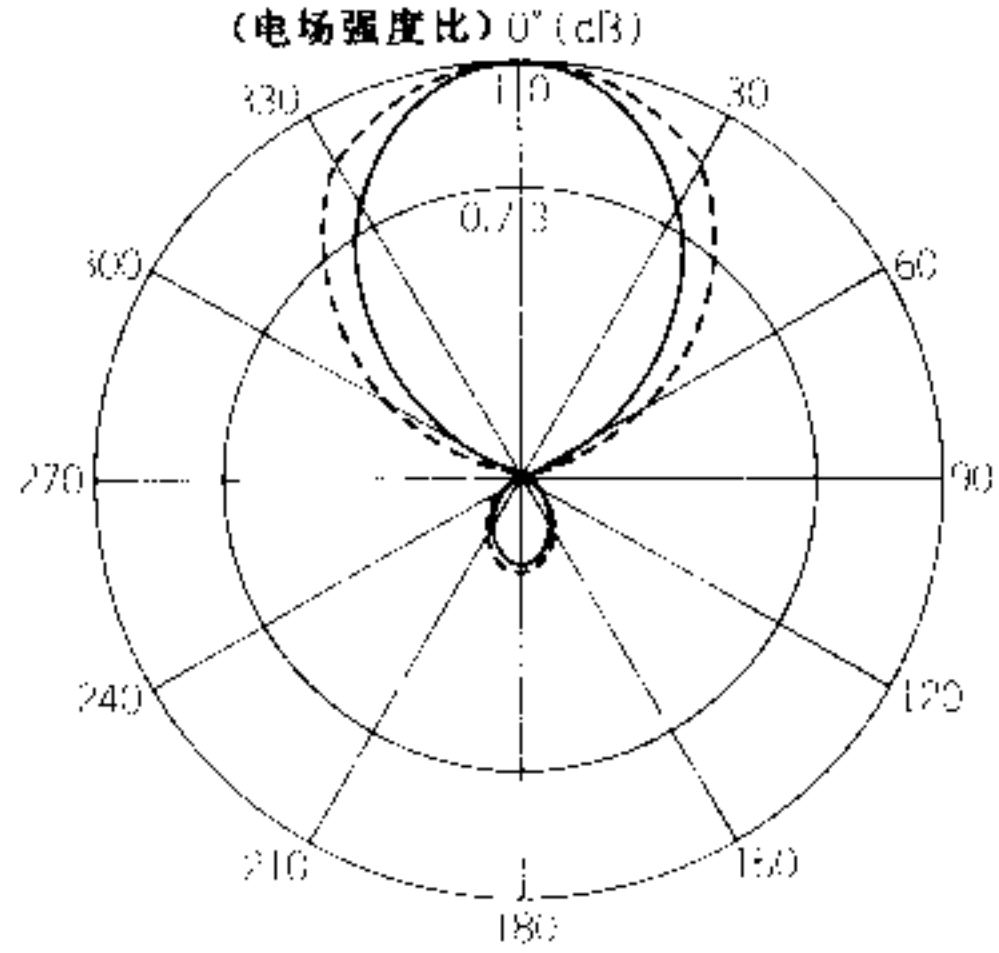


图 2—17 指向性图(圆形图样)

M 型、N 型、BNC 型和 TNC 型。在 M 型和同型连接器的螺丝若是英制螺丝牙构成的，则为 UHF 型。无线电机上的插座，为便于通用是采取松动的螺丝牙构成。M 型的构造虽然简单结实，但缺少有关阻抗的规格，若用在 200MH 带以上就存在若干问题。最近所使用的有一部分是改进的部件。N 型、BNC 型、TNC 型是选择配合 50Ω 的（也有 75Ω 的），BNC 和 TNC 型适用于细电缆或小型天线。

h. 耐风速

表示天线能够耐风速不致被破坏的能力。在通信中通常为 60m／s，在无线电爱好者中，用 40m／s 左右的比较多。

i. 风压负载，受风面积

铁塔或电杆所受的力，一方面来源于天线的本体，但另一方面由于风压的力量非常大，所以要从受风面积求出风压负重，依此确认其强度是关重要。有关风压负重等问题，可以参照资料编。

阻抗匹配

发信机的输出功率阻抗，馈电线同轴电缆的特性阻抗和天线的阻抗，如能取成同样的值那是最为理想。如果阻抗的值不一致，在其点上的高频能量的一部分就将反射回来，即发生所谓不匹配损失（或称反射损失），为使阻抗一致，就应当匹配。

阻抗的程度以 VSWR 的值来表达。VSWR 与反射功率的关系式如下：

$$VSWR=\frac{1+\sqrt{Pr/Pi}}{1-\sqrt{Pr/Pi}}$$

Pi：入射电功率

Pr：反射电功率

不匹配损失 L 如下式。

$$L=10\log\frac{Pi}{Pi-Pr}(dB)$$

$$=10LOG\frac{(1+S)^2}{4S}(dB)$$

S 为 VSWR 的值。

对于天线可用 SWR 计测得 VSWR 的值。虽然也可以读到 1.5dB 以下的细小数值，但为此微小差别一喜一忧则未免有些苛求。

用 SWR 计在插入点上测定阻抗，以指示出所求得的 SWR. 然而这与前面定义的 SWR 有些不同。

2.4.1
天线耦合器

除开 HF 带，现在所用的天线几乎都是无调整型。实际上连接电缆，如果能得到 1.5 以下的 SWR 就足够了。

天线耦合器，是调配发信机，与天线之间阻抗的部件，对天线的性能不该有什么变化（但是应用天线耦合器会使发信机的工作有适宜的效果）。

如 HF 频带的天线，在窄频带上频率的变化而带来阻抗变化大的时候，在发信机上使用耦合器就有效。对于频率的变化也有能作自动调整的自动调谐器。

2.5

电缆接插件的安装方法和电缆的使用

2.5.1
高频同轴接插件的特征

作为业余无线电用的高频同轴接插件多为 M 型、BNC 型、N 型等，这些都可以按以下所示的特点分别作出有效利用。

· M 型接插件

在业余无线电装置上，使用 M 型接插件的比较多，价格便宜也是一个原由吧。这种接插件，因为没有采取阻抗配合，所以必须用于 200MHz 以下的频率。另外其构造虽较简单，但对铝线的焊接多少有些困难。

与美国的 UHF 型接线柱虽然极其相似，但连接螺丝的节距不一样，所以应注意不要混淆。接线柱的安装方法如图 2—19 所示。

· BNC 型接插件

小型容易装卸的接插件，可用于 V/UHF 带的手边机或仪器上。BNC 型接插件，由于采取了阻抗配合，所以它是必须根据同轴电缆的特性阻抗来选配。

最高使用频率为 4GHz。但是，能适合的同轴电缆要有 5D—2V、5C—2V 以下粗细的才行。BNC 型接插件的安装方法如图 2—20 所示。

·N 型接插件

高频性能良好，耐气候性优越的接插件。最高使用频率可达 10GHz. 构造结实。主要用于 UHF 带以上的高频段。N 型接插件，也需要选择得与所使用的同轴电缆相适应。但与 BNC 型接插件不同，它是大体上与同轴电缆相配合的接插件。N 型接插件的安装方法如图 2—21 所示。

2)高频同轴电缆的使用

高频同轴电缆标有 3C—2V、5D—2V、10D—FB 等型号，前头的 3 和 5 数字，是表示外部导体的概略内径 mm 单位，后面的 C 和 D. 是表示特性阻抗，50Ω 的物件为 D. 75Ω 的物件为 C。而且最后的 2V 或 FB 是表示电缆的构造或者是绝缘体的材质。例如 2V 就是内部绝缘材料用的是聚乙烯充填型，外部导体的编造是在外皮上施加一层乙烯缠线。

同轴电缆是根据其特性阻抗的不同而用在不同的场合。在电视接收天线上使用的是 3C—2V 型号的 75Ω 系列同轴电缆，在业余无线电方面，几乎都使用的是 5D—2V 或 10D—FB 型号的 50Ω 系列电缆。

同轴电缆的粗细，如果是同样的构造和材质，越粗其损失就越小。此外，频率越高，其损失也就越大。

为此，当用于 V／UHF 频带这样高频率的场合或电缆比较长的时候，应当尽可能使用损失小的电缆。

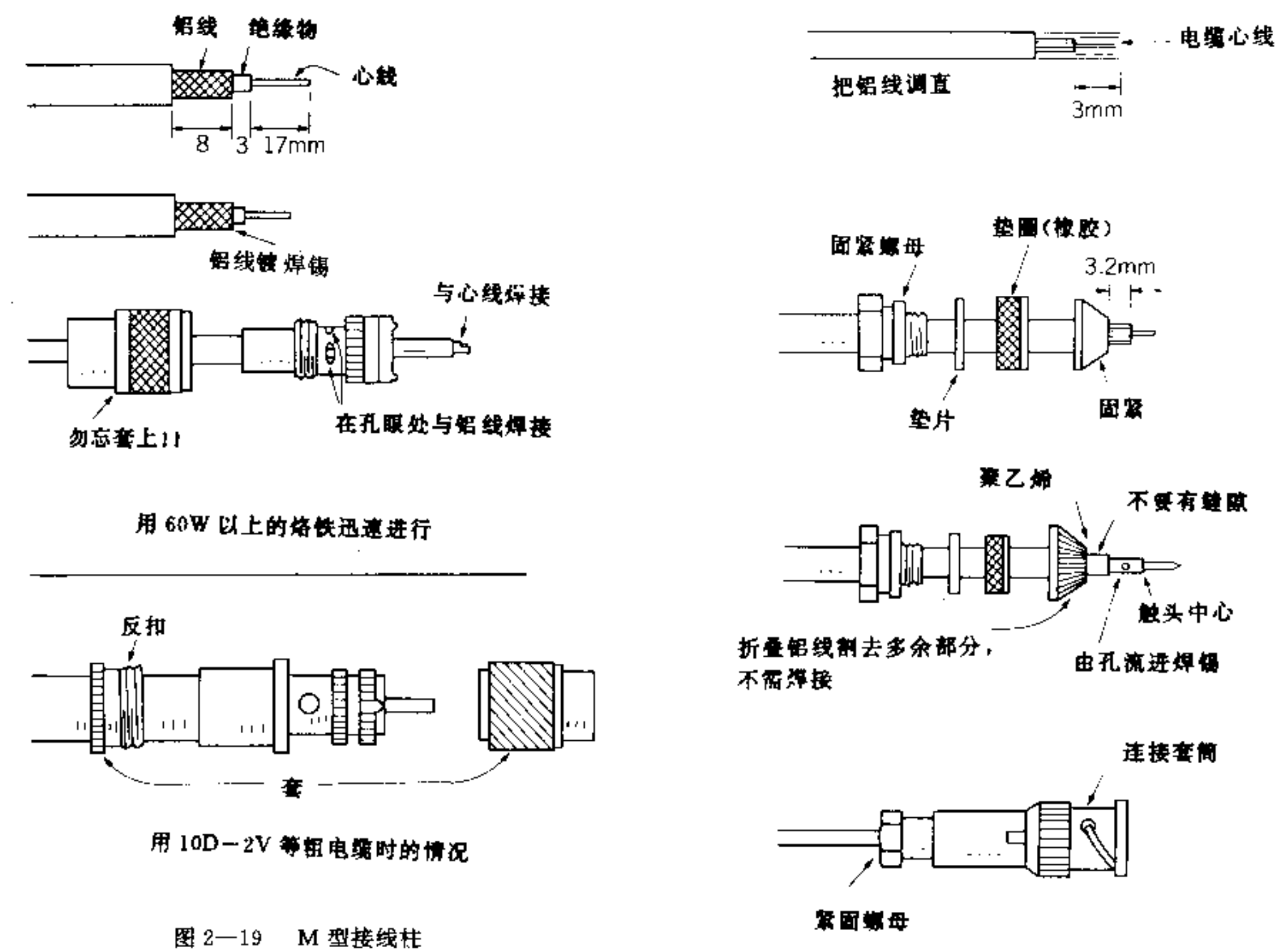


图 2—19　M 型接线柱

图 2—20　BNC 型接线柱

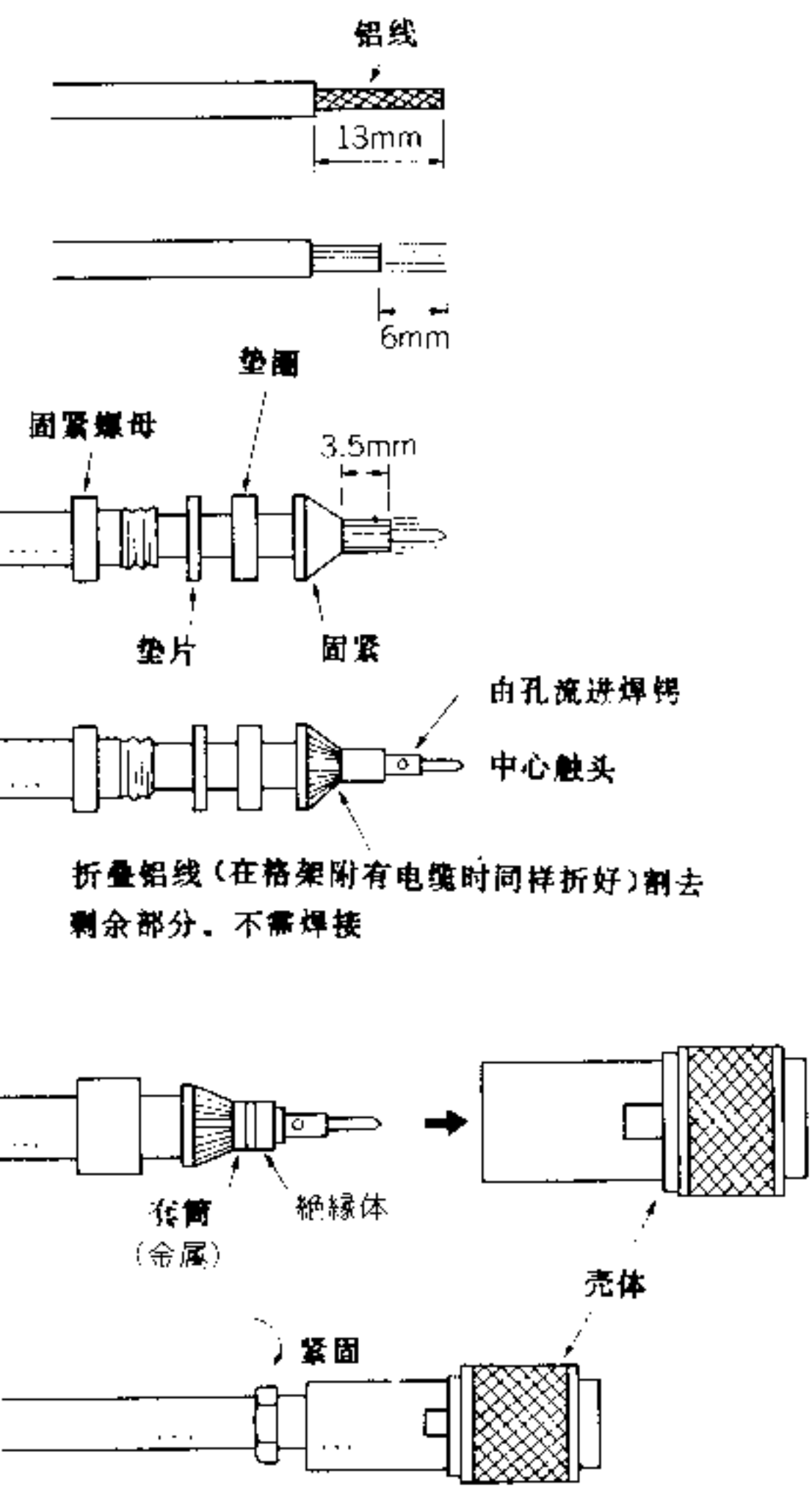

铝线
13mm
6mm
垫圈
固紧螺母
3.5mm
垫片
固紧
由孔流进焊锡
中心触头
折叠铝线（在格架附有电缆时同样折好）割去
剩余部分。不需焊接
套筒
（金属）
绝缘体
壳体
紧固

图 2—21　N 型接线柱

3·1 运用移动台的特征

在运用移动台方面，首先安全运转第一是不言而喻的事，人与电台相互间形似伴侣，舒适的业余无线电是为享乐生活中不可缺少的事。

运用移动台，由于会遇到转移环境的急剧变化，所以要对天线或运用技术开动脑筋，当遇到恶劣情况，会不知不觉地马上受到干扰，为此事先就要时常存有能够充分对应的心地。

而且运用移动通信，是说明其能移动的最大特征。也就是说能有效地利用移动时间，并在移动当中得知新的信息或丰富的话题，另外在移动前通过电波还会增加与新伙伴接洽的机会。

3·2 电子控制装置上的干扰

本章叙述关于无线电装置会对汽车的电子设备产生怎样的影响，而为了能最大限度地制止那些干扰可采取如下措施。

（1）无线电装置及天线要安装在距离下列各种设备 20cm 以上。

a. 有关发动机的控制单元 ECI (EFI、E-GI)，电动汽化器，发热体。

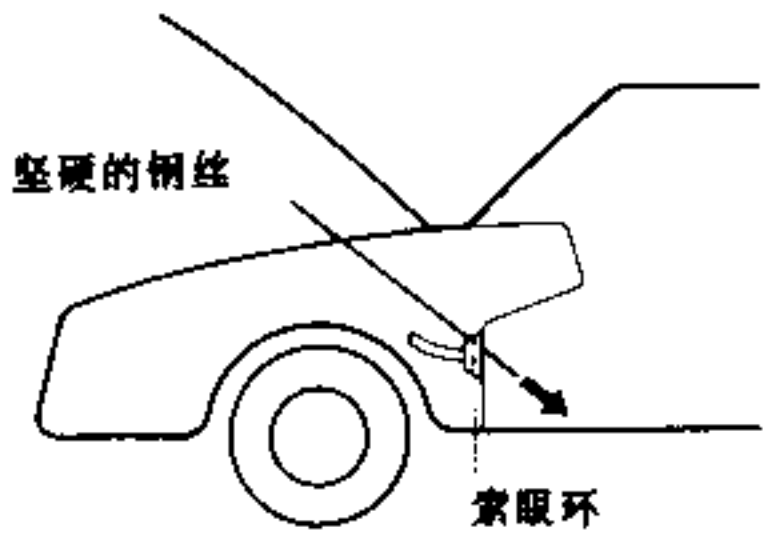
b. 有关变速器的控制单元，ELC 自动装置，5 速变速器，4WD

c. ECS／EPS／ABS 控制单元，自动巡航，全自动的空气调节器，自动加热器等

（2）由于从天线的同轴电缆上会漏泄、辐射电波，所以要远离计算机（控制装置）或汽车电气配线，另外在与电气配线交叉的场合，一定要搞成直角配线。

（3）不要搭载输出功率大的无线电装置（10W 以上）。

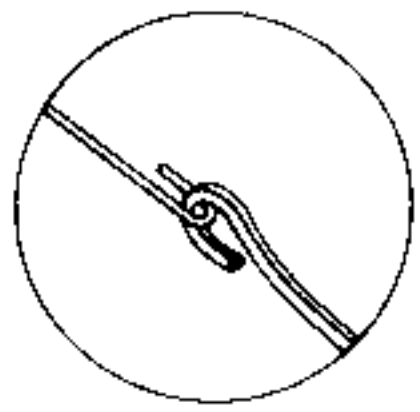
■由车箱里向发动室的配线



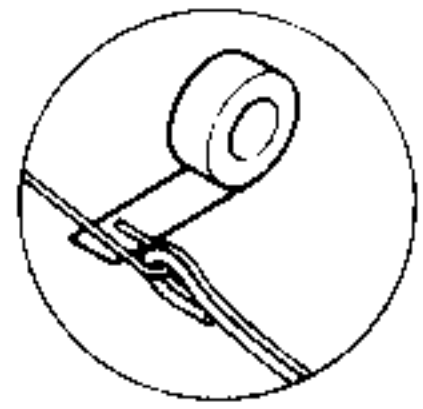
① 把坚硬的钢丝由发动机室穿过索眼引向车箱内

② 在钢丝上接装电缆后拉向发动机室

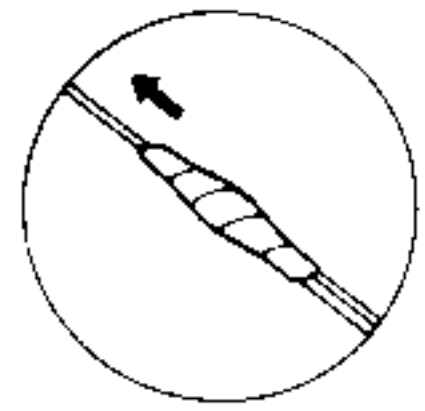
■钢丝和电源用电缆的对接方法



在钢丝头头上钩缠电源用电缆



用钳子把钢丝头夹紧后用绝缘带缠紧

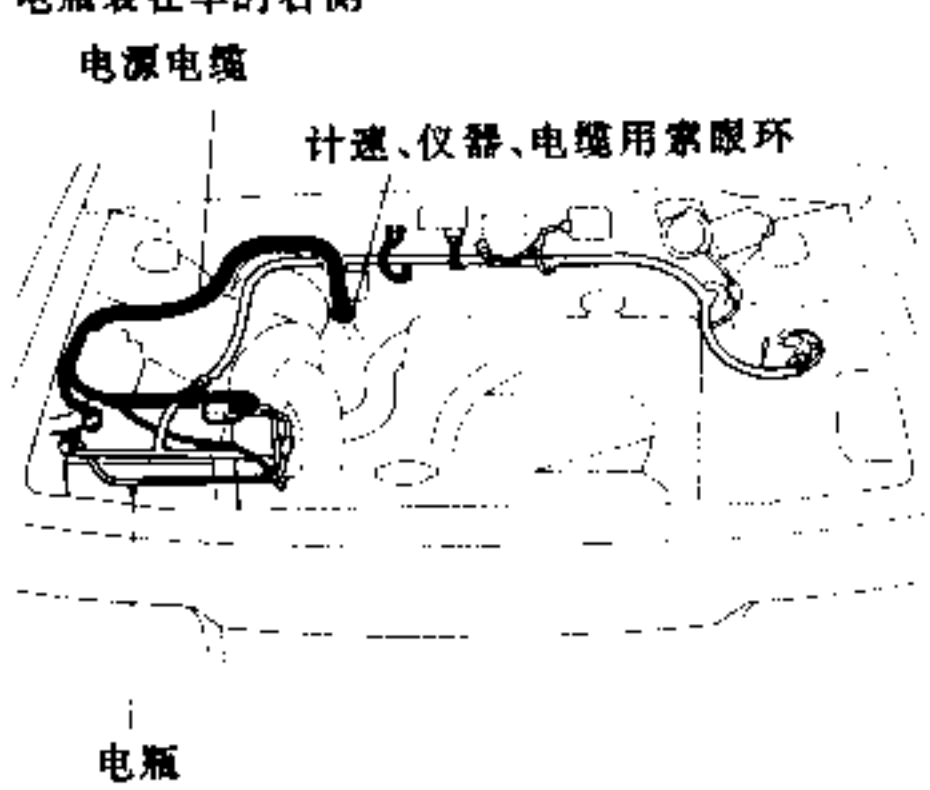


把钢丝拉进发动机室使电源电缆由车内向进入发动机室

【注意】

· 作业时要慎重行事不要损坏导线、电缆等

图 3—1　电源电缆的配线



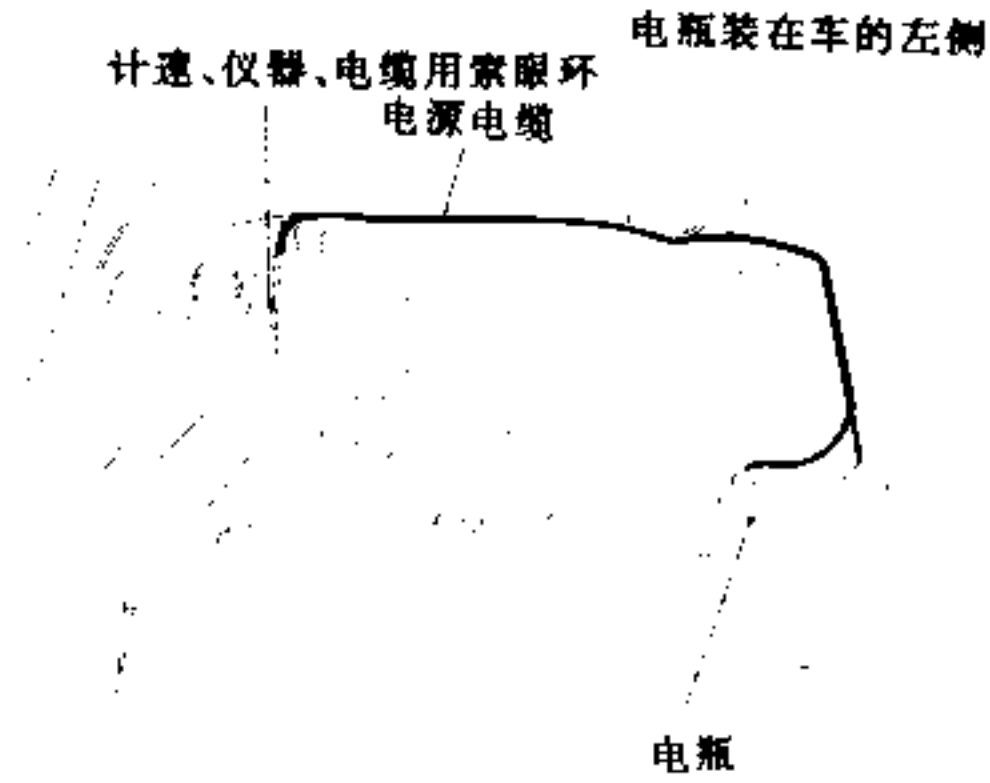
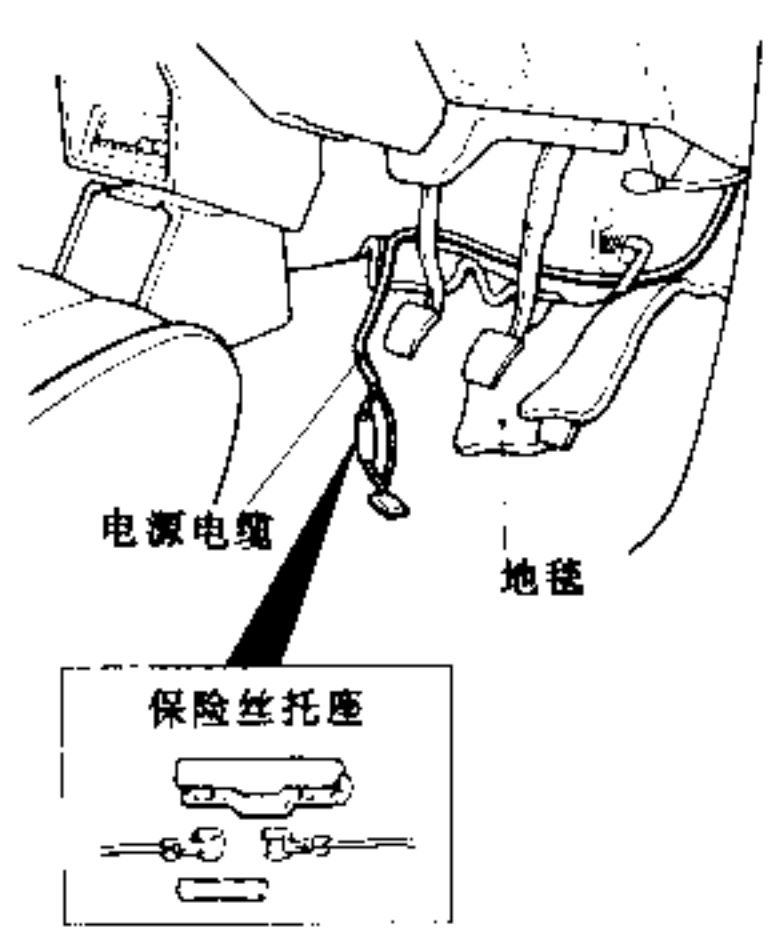
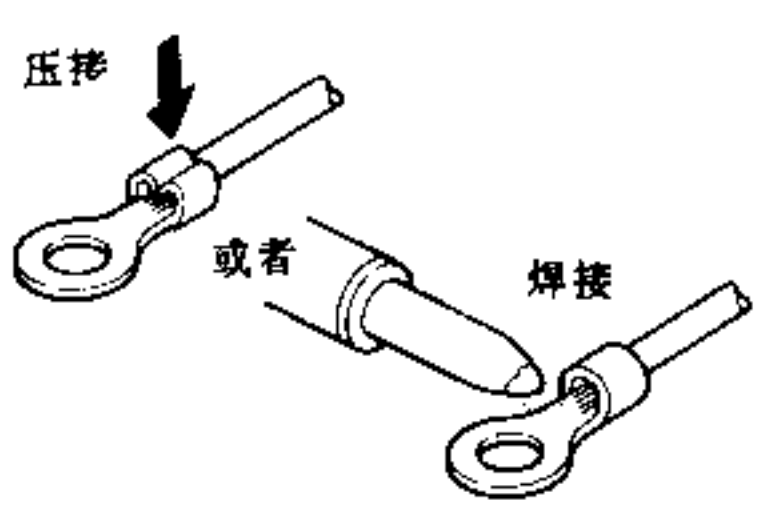


图 3—2　发动机室内的配线



■车箱内

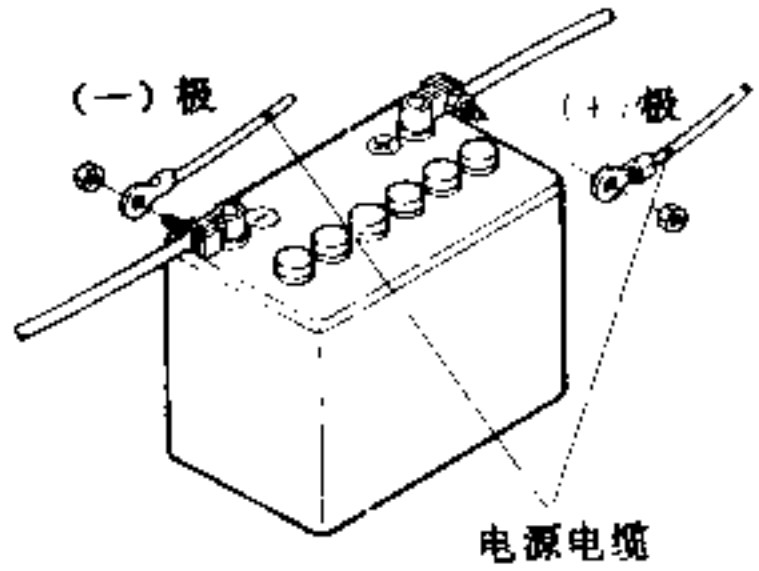
① 电源电缆在不妨碍踏板动作等情况下翻开地毯，由地毯下通过



■电瓶的连接

① 如图的样子压接或者焊接电源电缆端子

② 在电源电缆的(+)极和无线设备的电源电缆之间要设置保险丝托座



② 将电源电缆牢固地装接在电瓶的接头上

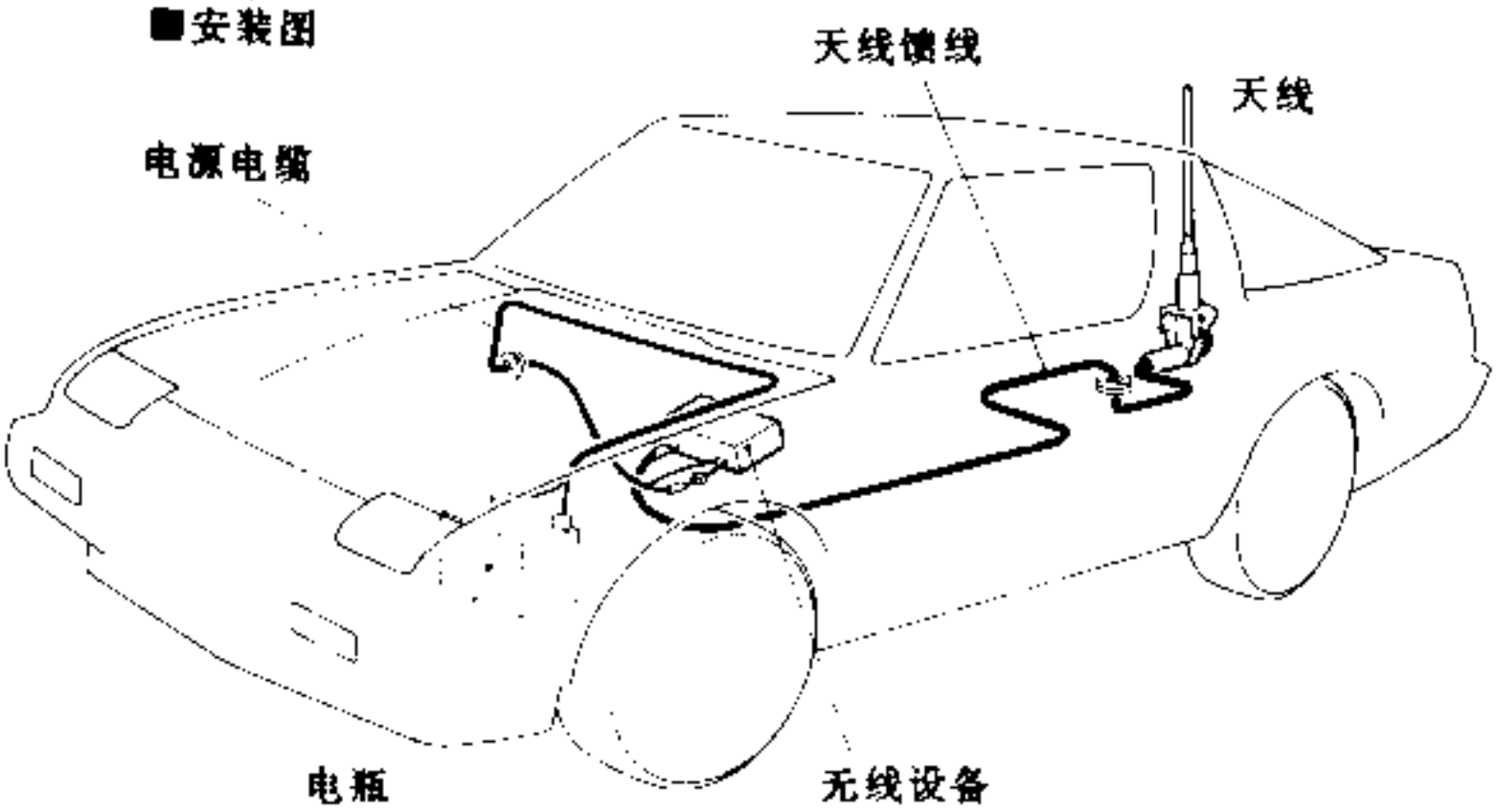
【注意】

电瓶的电源电缆一定要在无线设备和天线的安装工程完成之后才可接装到电瓶上

在电瓶一侧也希望装设保险丝

图 3—3　电瓶配线

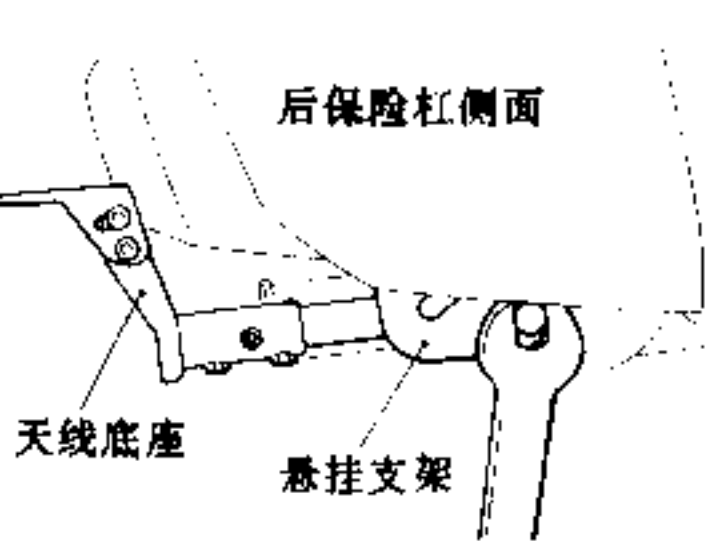
■安装图



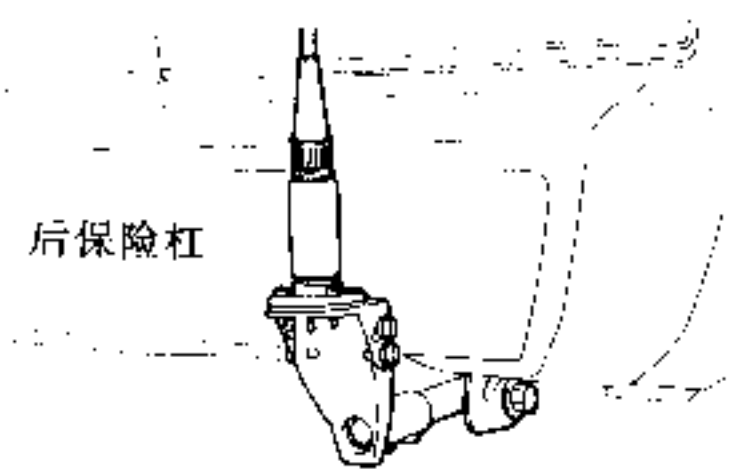
在两门式的车辆上，把天线安装在悬挂支架部分的一例。无线电机配置在操纵台中央。电瓶装在左侧的一例。

（悬挂支架：在后保险杠下部，栓挂牵拉缆绳等部分）

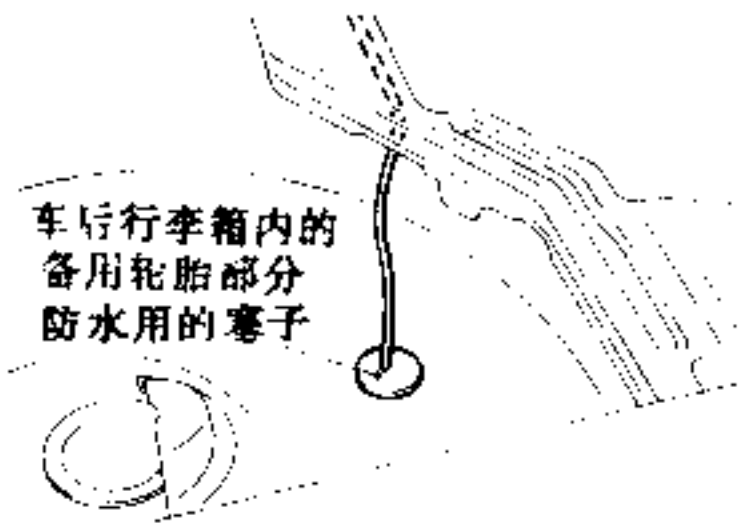
图 3—4　两门式的情形



① 在悬挂支架上把天线底座装好



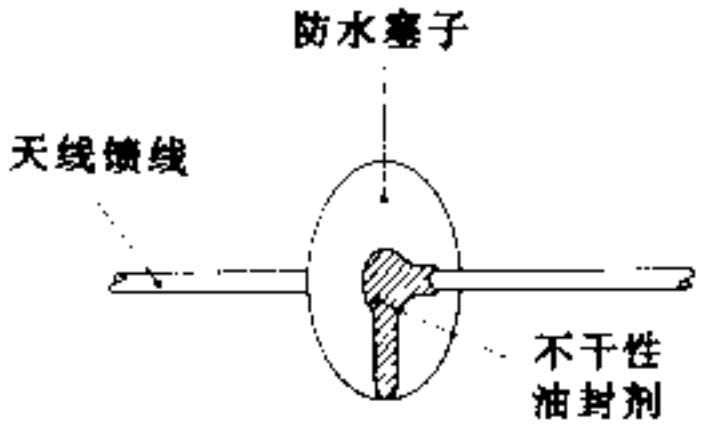
② 天线的装置角度要适当、固定牢靠



■天线同轴电缆的拉进方法

① 同轴电缆要避开排气管，从车后行李箱下方通过防水用的塞子拉进车后行李箱内

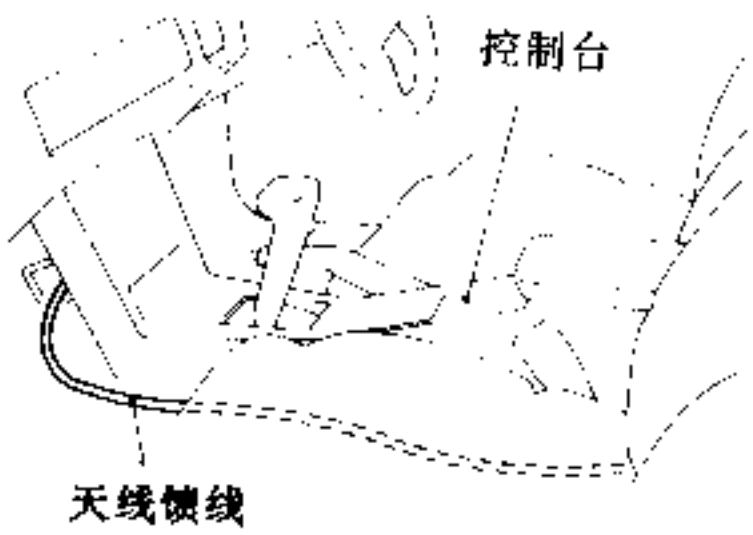
图 3—5　天线的安装



■把防水塞子按如下方法加工后使用

① 用刀具、小刀等搞个切口

② 在图中的斜线部分涂抹不干性油封剂，切实不要泄漏雨水



① 将拉进后行李箱内的同轴电缆，取下后座位后，在车箱内通过中央部分，拉到操纵台中心

② 把同轴电缆拉到无线电设备附近后，当电缆松驰时，要用夹子等完全固定在地板上，决不可卷成圈圈状。

图 3—6　同轴电缆的引进方法

最为标准的四门式轿车，天线在车尾行李箱上，电瓶装在右侧，无线设备装在工具箱下部的一侧

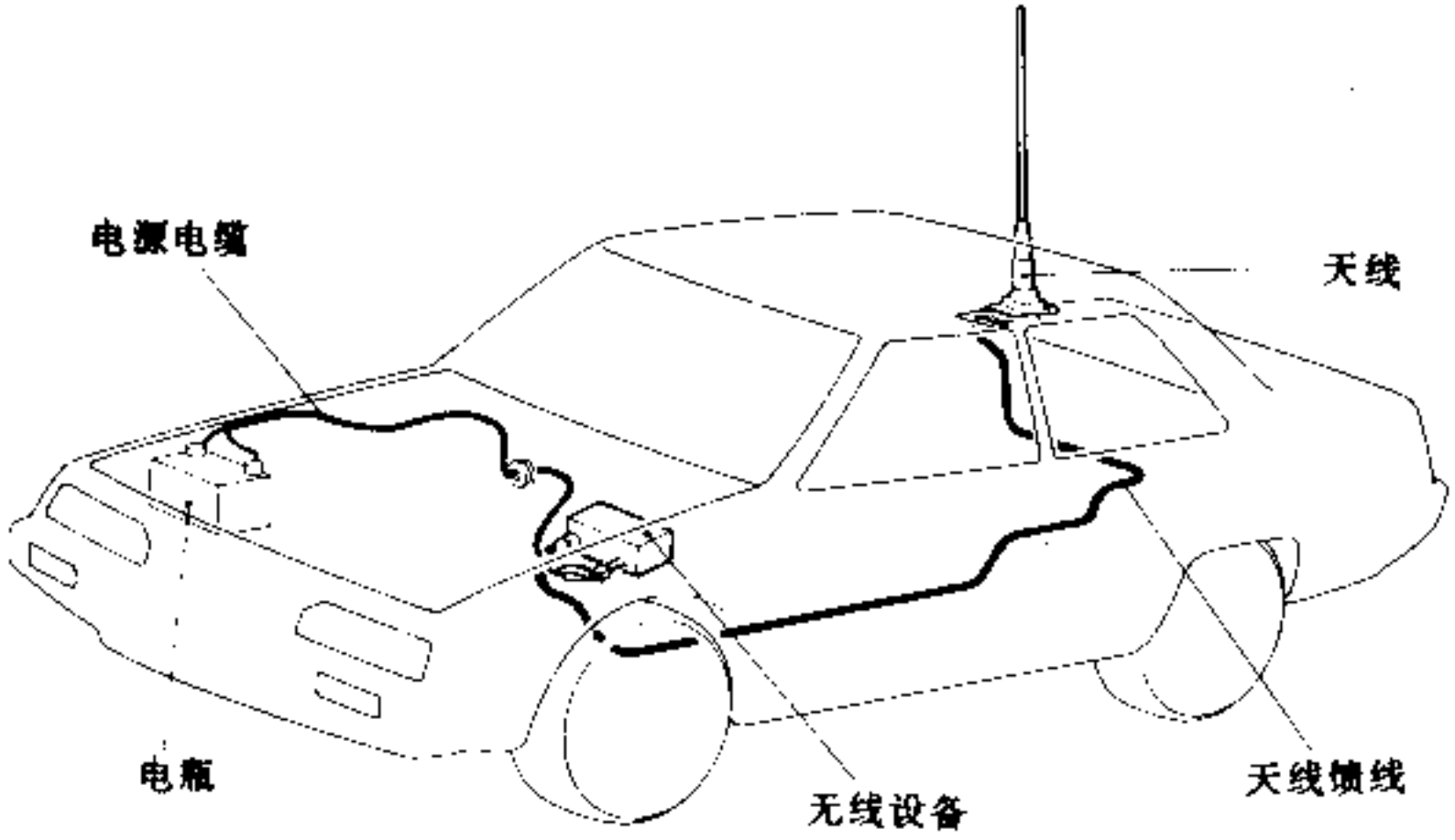


图 3—7　四门式的情形

利用工具箱下部安装的一例，由于最近的操纵盘能用塑料制做，因此要在内侧加个大眼的平垫圈以增加强度。特别对无线设备要接地线

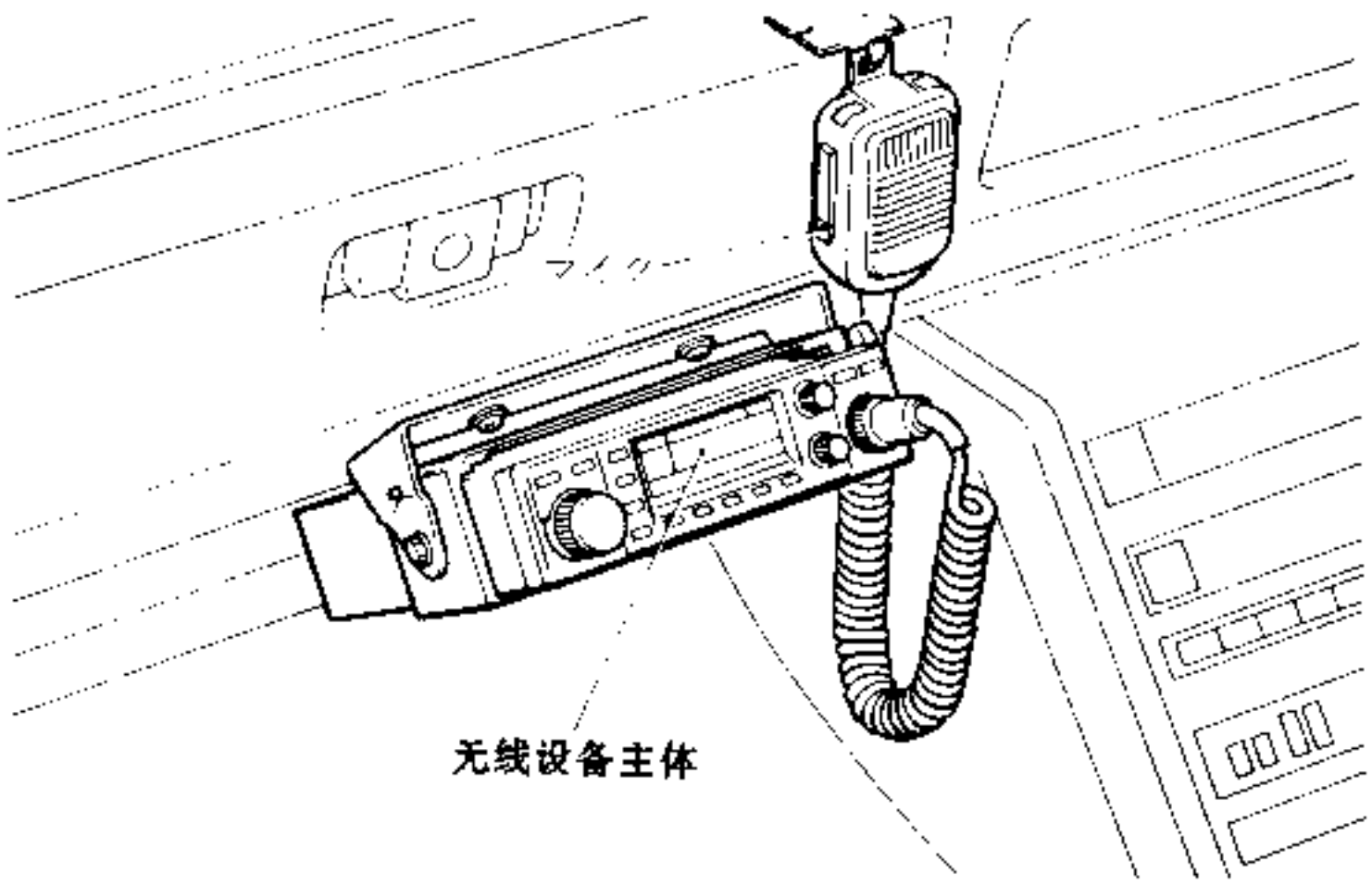
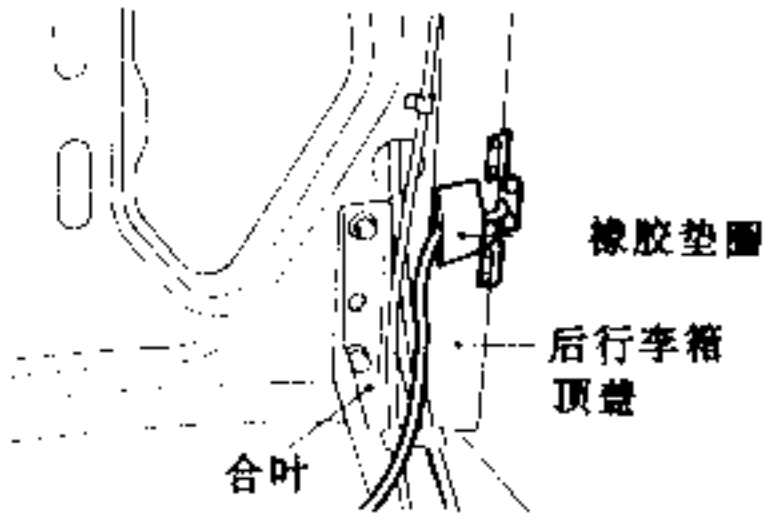


图 3—8　无线电设备状态

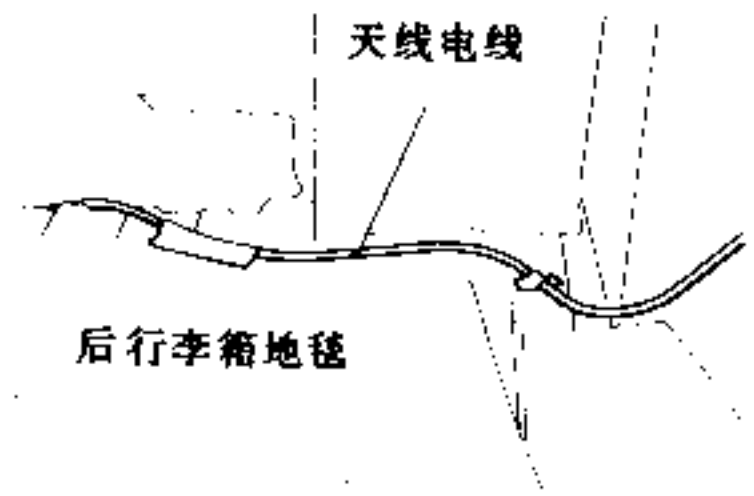
■天线的安装方法

1　在车尾行李箱顶盖上切实固定好天线底座，当打开车尾行李箱时，天线不应与车后窗和车顶有抵触



■同轴电缆的配线

① 车尾行李箱顶盖上的挡风雨条，在与共轴电缆接触的地方要附加橡胶垫圈，要注意如不搞好将会在导入电缆处漏进雨水



② 把同轴电缆搭在车尾行李箱的合叶处拉进，通过车尾行李箱室内地面配线

③ 取下后坐椅从车尾行李箱室拉进同轴电缆

图 3—9　天线和同轴电缆的安装

在两门的车辆上，安装车顶旁边型天线的场合，把天线电机塞装在操纵台中心样式，以及电瓶悬装在车辆右侧的一例

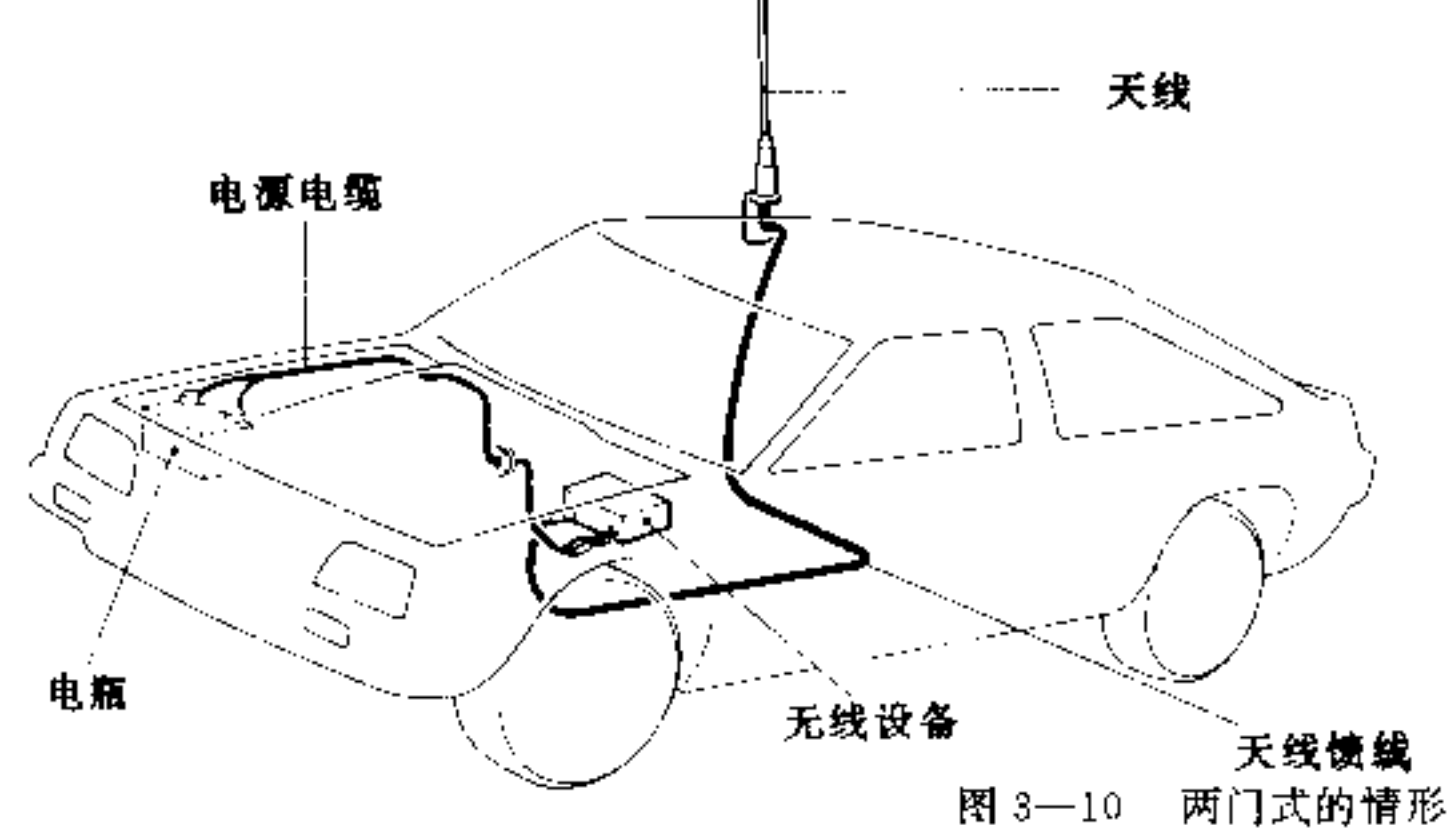


图 3—10　两门式的情形

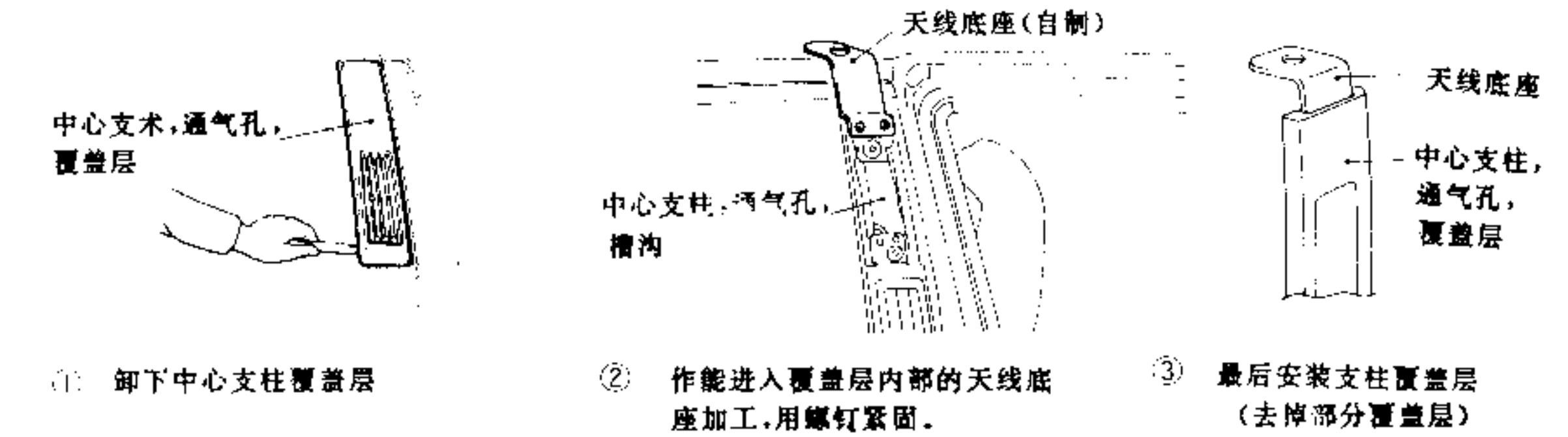


图 3—11　车顶旁边底座的安装

在发动机罩凸出型货车上有车顶沟的场合，安装车顶旁边天线一例。无线设备装在操纵台中心支架上，电瓶装在车的右侧一例

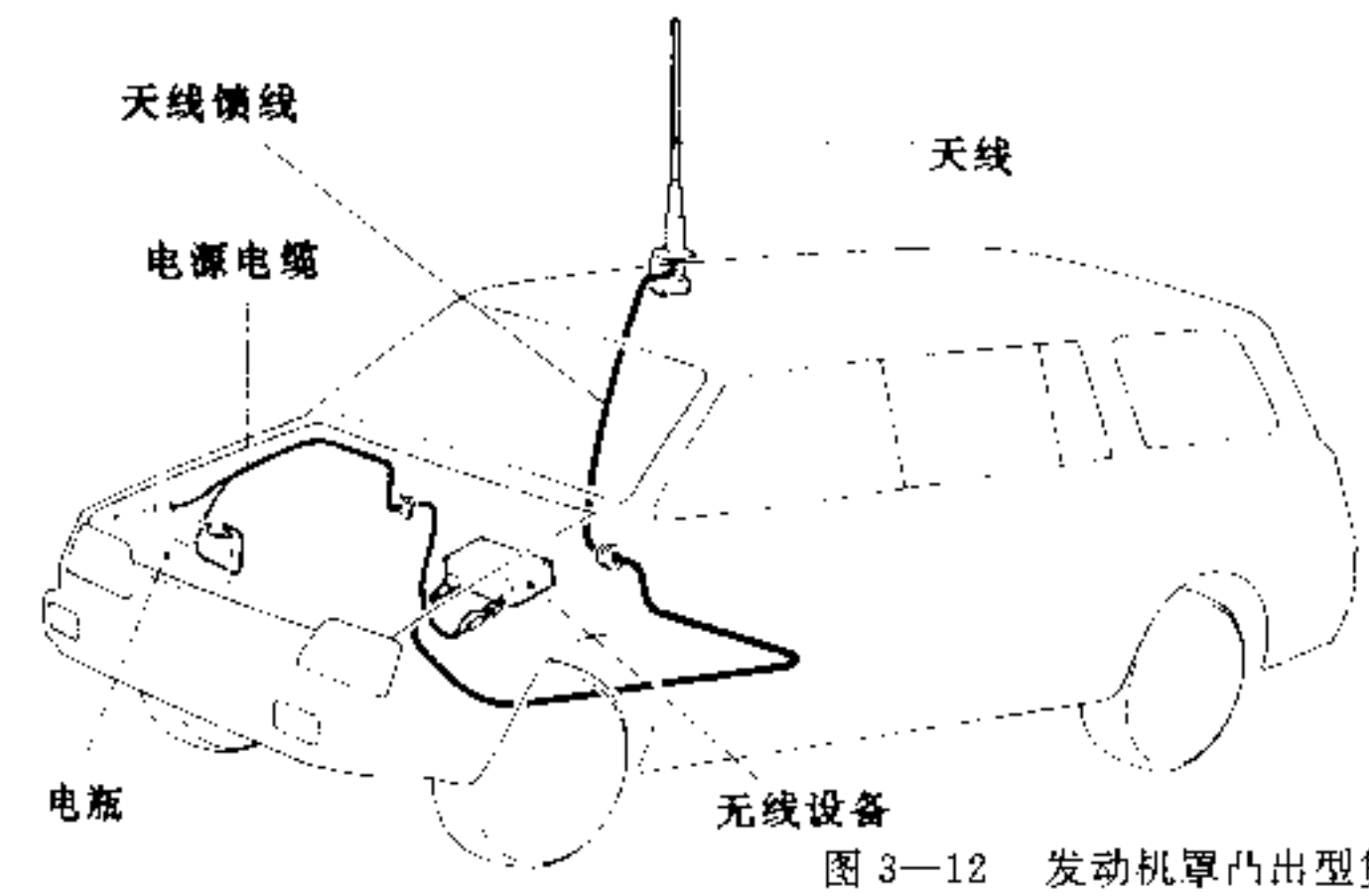
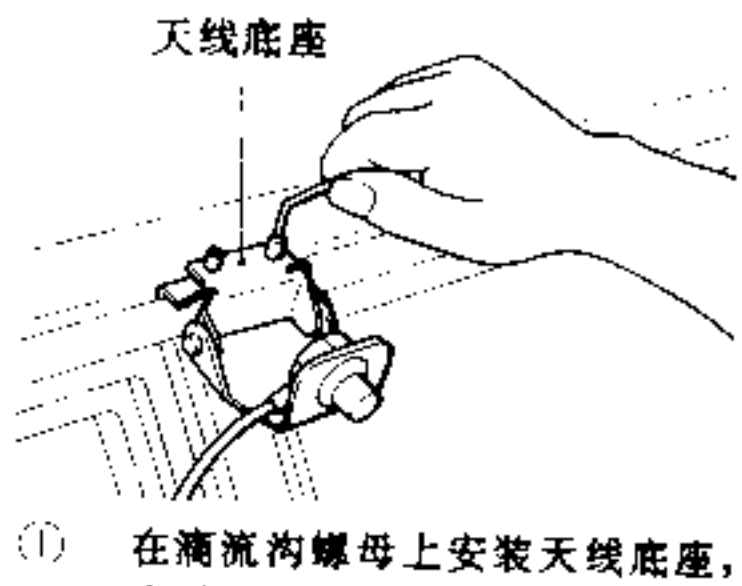
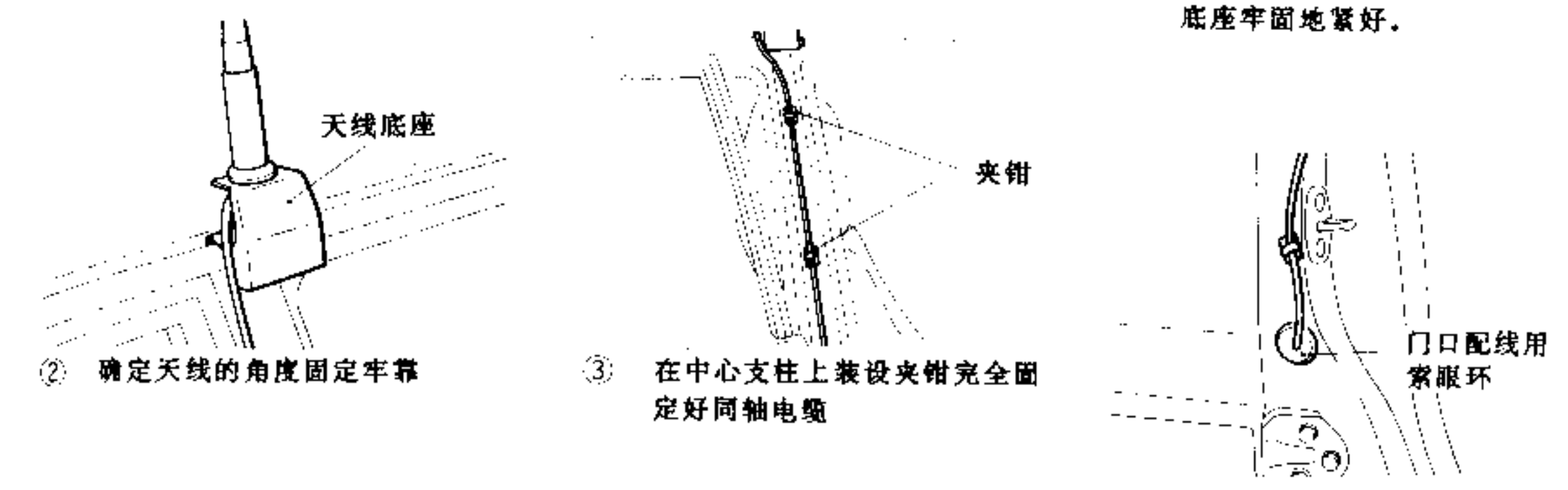


图 3—12　发动机罩凸出型货车的情形



① 在滴流沟螺母上安装天线底座，这时底座与车身导通应把天线底座牢固地紧好。



② 确定天线的角度固定牢靠

③ 在中心支柱上装设夹钳完全固定好同轴电缆

④ 通过中心支柱的门口配线用的索眼环部向车箱内拉进同轴电缆。电缆通过索眼环之后，如前所述必须涂抹油封剂，以防止漏水

图 3—13　同轴电缆处理

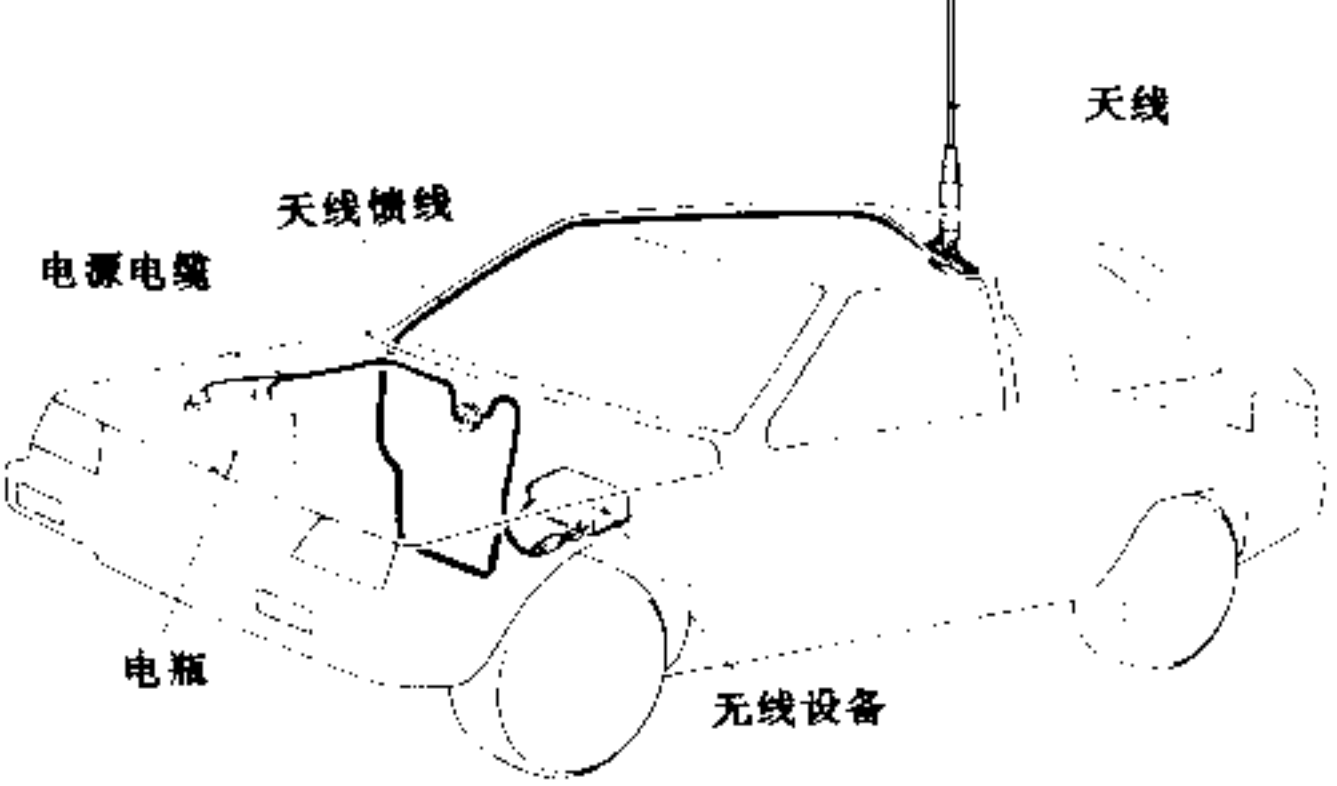


图 3—14　轿车后箱盖型的情形

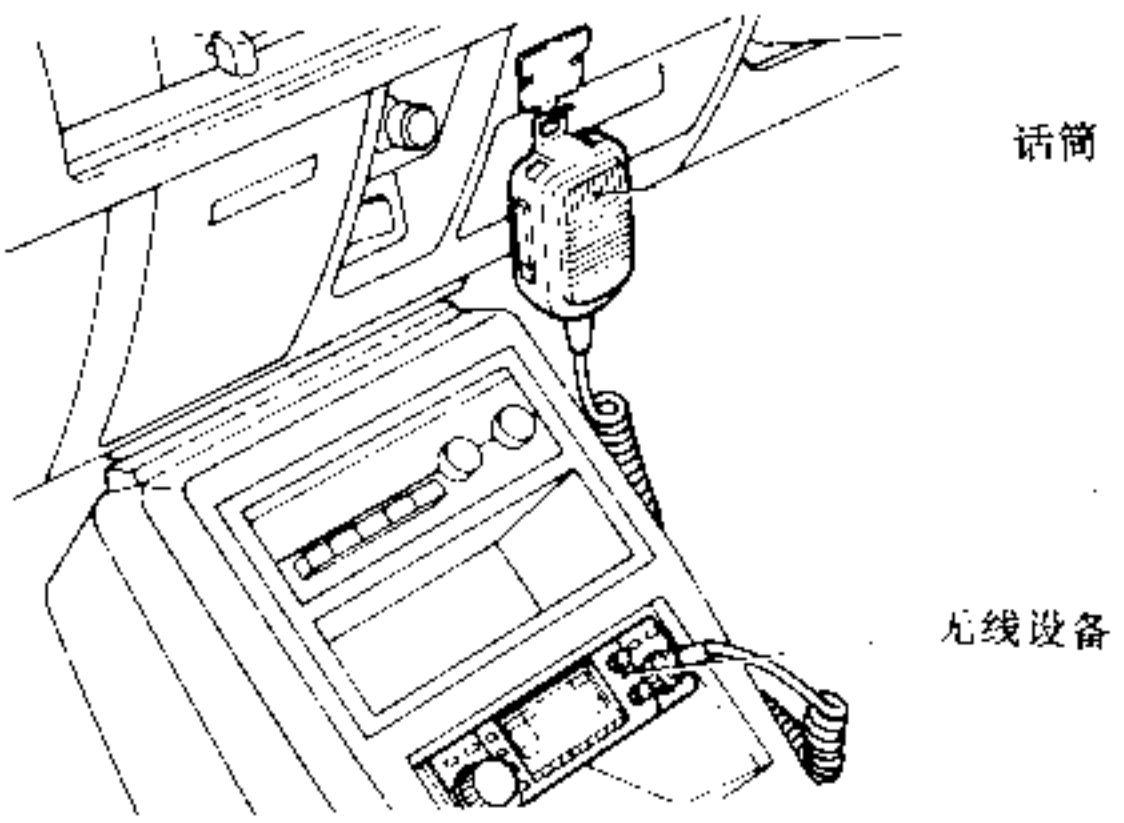


图 3—15　无线电设备装设状况

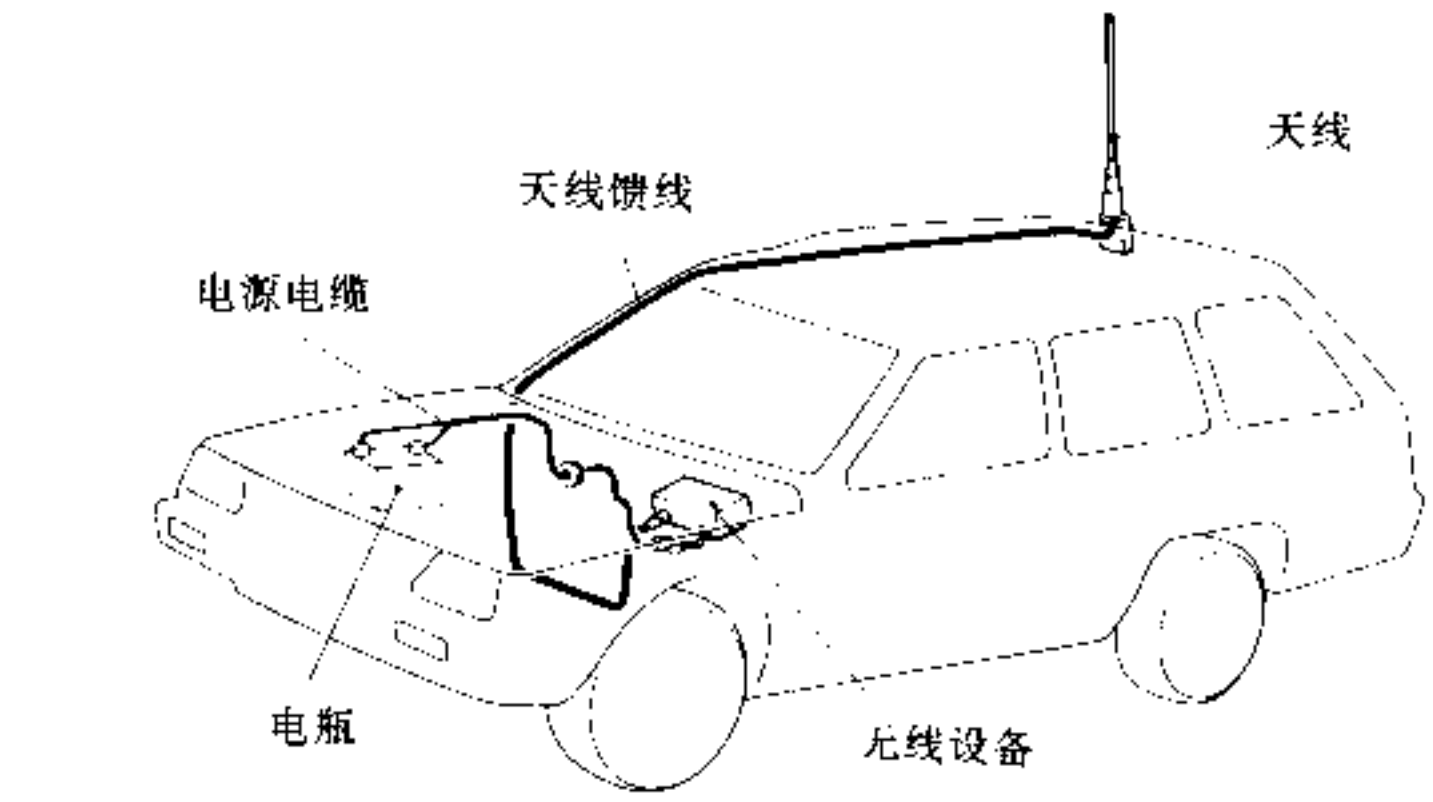
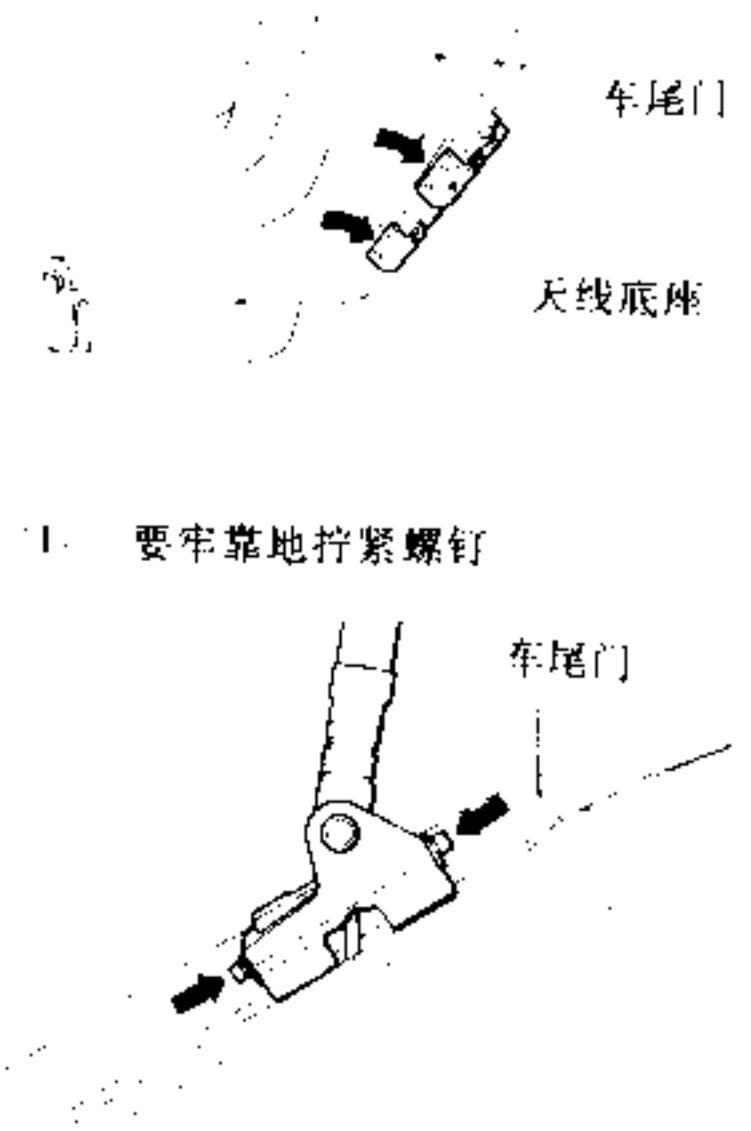


图 3—17　两箱汽车的情形

在轿车后箱盖的车尾门侧部装设天线底座一例，无线电机装设在操纵台内，电瓶装在车的右侧一例

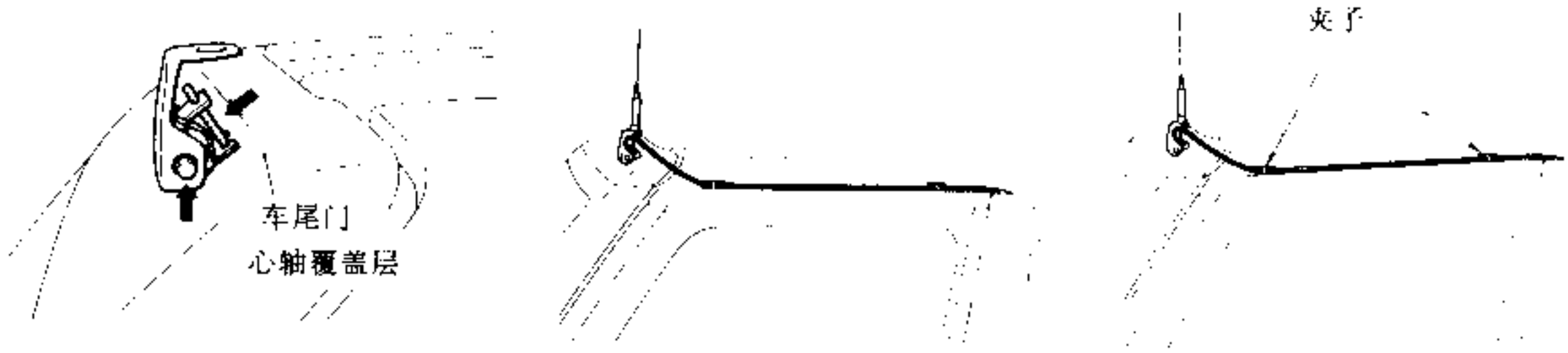


① 要牢靠地拧紧螺钉

② 要适当选好天线的角度，再拧紧螺钉

两箱汽车的货车型天线。在车尾门上部安装天线底座。无线设备装在操纵台箱内。电瓶装在车的右侧一例

图 3—16　在车尾门装设天线底座

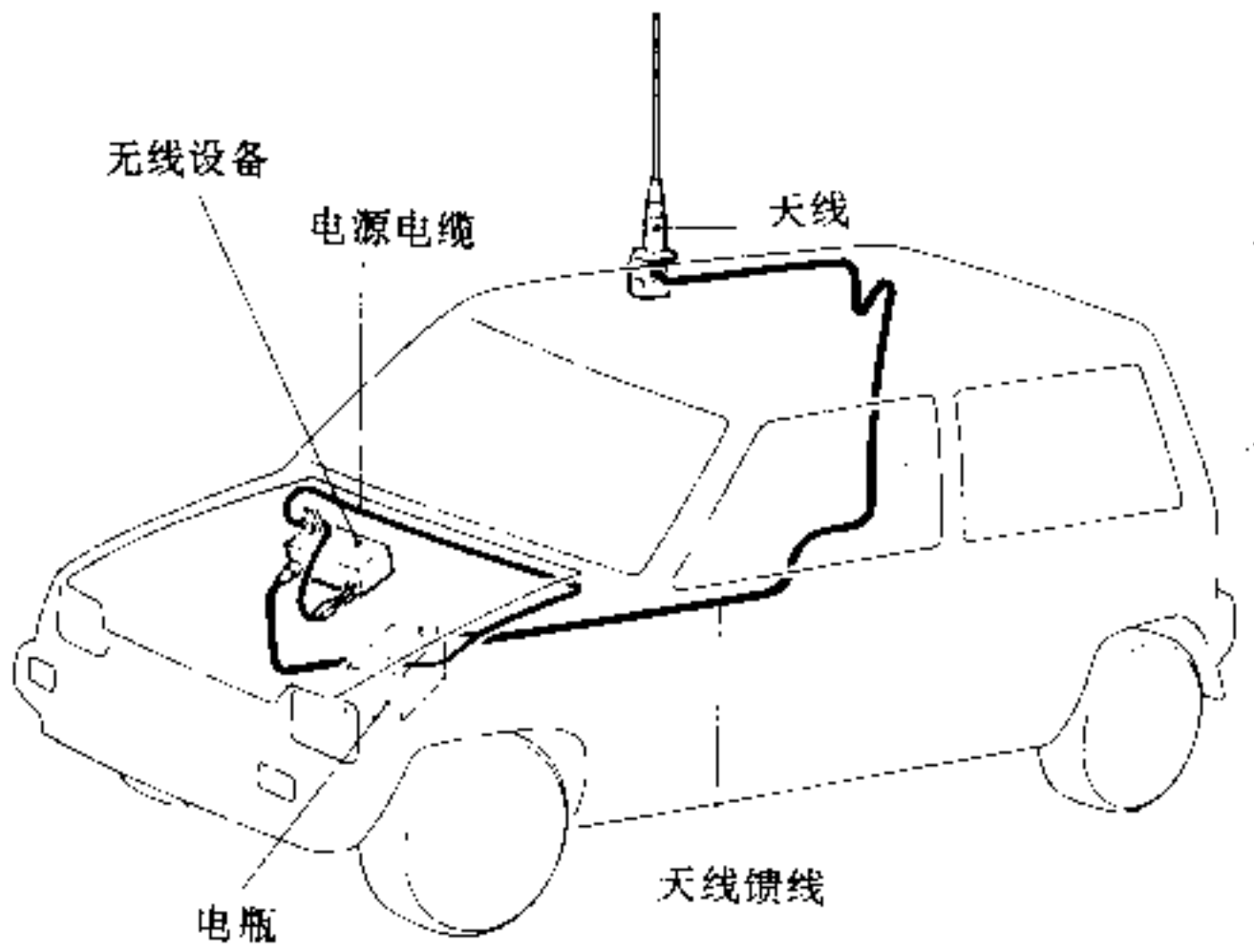


① 在车尾门心轴覆盖层上牢靠地装设天线底座

② 要适当装好天线的角度

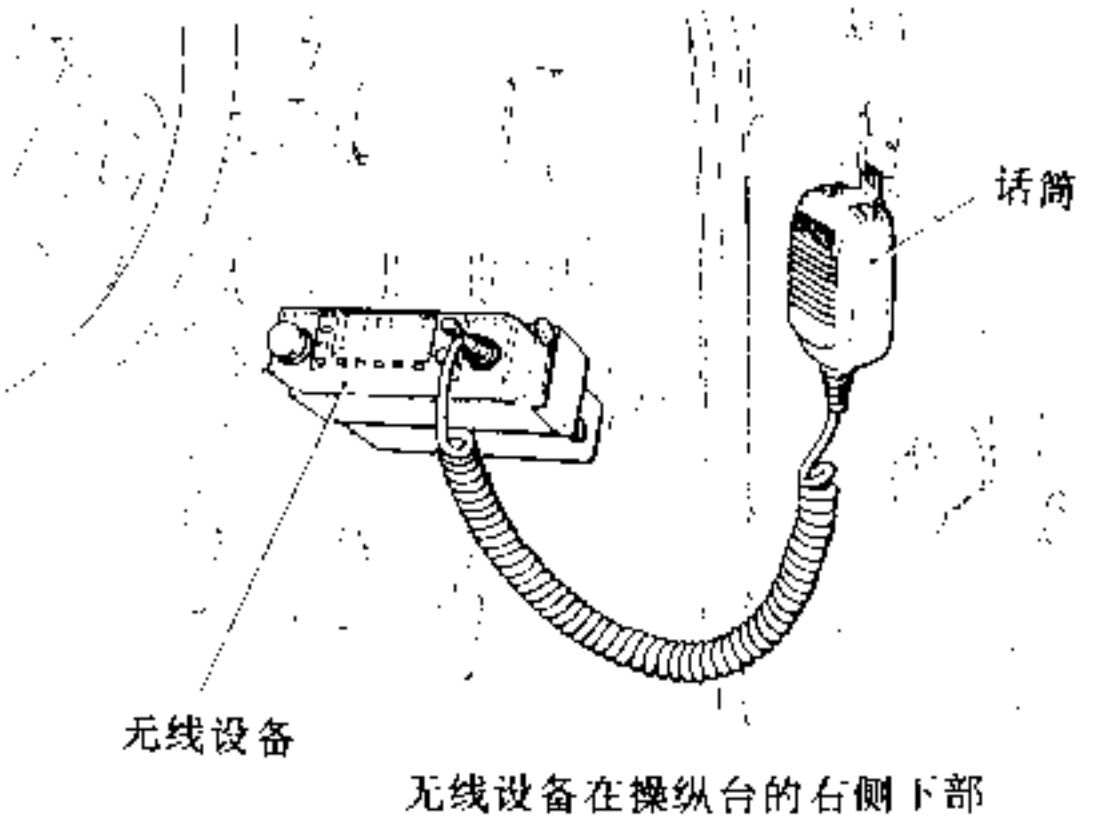
③ 在车顶旁边装设卡子上穿过同轴电缆并固定好

图 3—18　车尾门上装设天线底座的方法



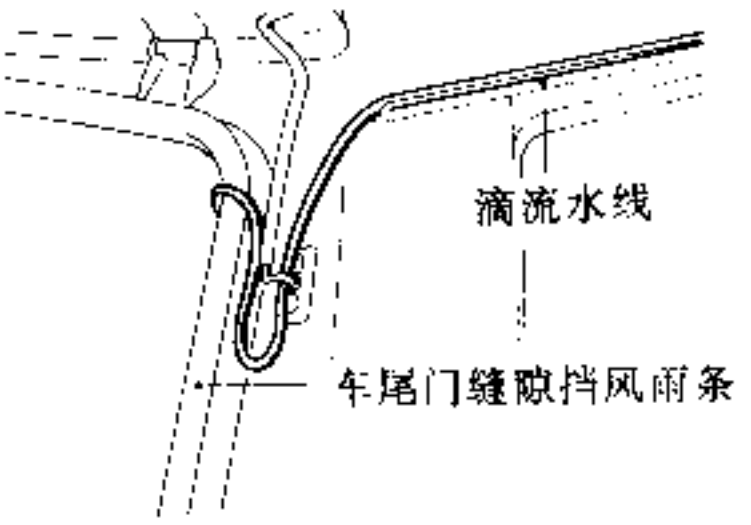
轻四轮车的侧鞭型天线。无线设备装在驾驶席右侧的操纵盘下部。电瓶装在车的左侧的一例

图 3—19　轻四轮车的情形



无线设备在操纵台的右侧下部

图 3—20　无线电设备装设状况



共轴电缆沿滴流水线路向后拉。在车尾门外向上弯曲一次共轴电缆，越过挡风雨条拉进车箱内（为了防雨水浸入）

单箱型天线在车顶侧的一例。无线是在仪表盘的下部，电瓶装在驾驶座下部一例

图 3—21　在车顶侧安装底座

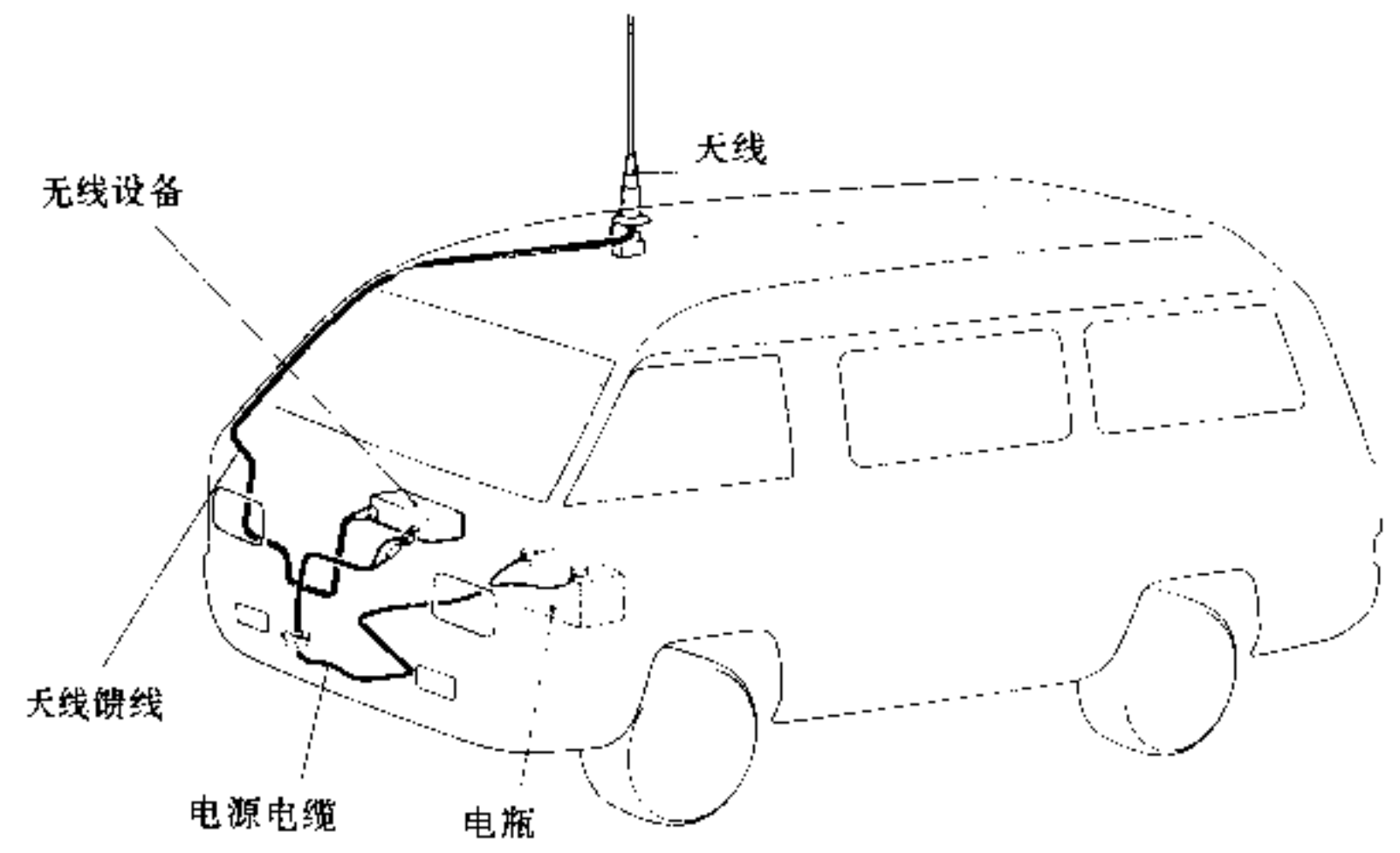
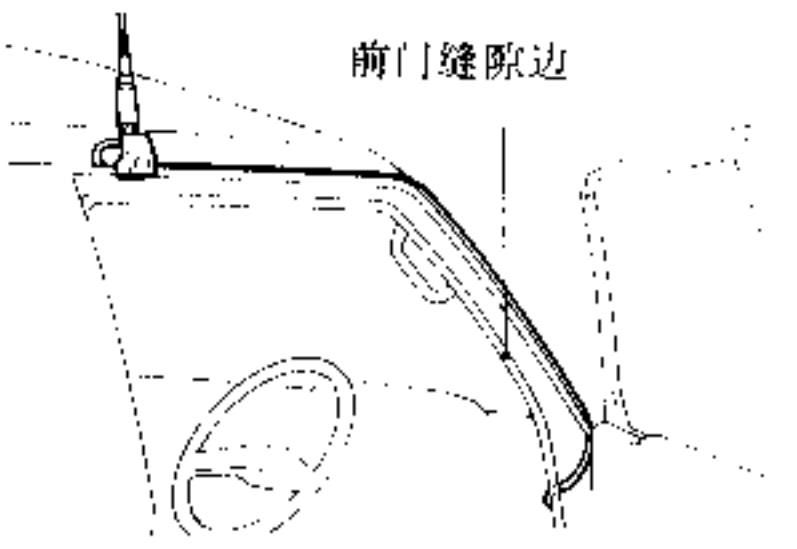


图 3—22　单箱型的安装图



① 在滴流水槽螺母部装好天线底座

② 沿滴流线穿通同轴电缆

③ 掀开前门缝隙边，穿通同轴电缆

图 3—23　车顶侧天线安装方法

3.3 电源、设备、天线、同轴电缆的安装方法

至今需要遵守的基本事项，以及按车种分别对电源电缆的配线、无线电装置、天线的安装，同轴电缆配线的方法等，依次用图例作说明。

从图 3—1 至图 3—6 的车为两门型，天线为后背馈电线下垂箍圈安装类型图例。

从图 3—7 至图 3—9 为四门轿车型，天线为车后行李箱顶盖安装类型图例。

从图 3—10 至图 3—11 为两门型，天线是在车顶侧面安装图例。

从图 3—12 至 3—13 为发动机罩型的运货车，天线是在车顶侧面安装图例。

从图 3—14 至图 3—16 为轿车后箱盖型，天线在车尾门为鞭状的类型图例。

从图 3—17 至图 3—18 为 2 箱汽车型，天线在车尾门上安装图例。

从图 3—19 至图 3—21 为轻四轮车，天线为侧鞭状安装图例。

从图 3—22 至图 3—23 为单箱型，天线为侧鞭状安装图例。

3.4 无线设备安装后的检查与调整

(1)在电瓶上连接好电源电缆，打开无线电设备的电源(ON)。

(2)接通无线电设备和天线之间的 SWR 仪表进行发信，调整天线的长度或同轴电缆的长度使 SWR 形成低值(1.5 以下)。这时要注意，一定要在周围没有反射电波障碍物的场地上操作。

(3)发动机要在慢速度状态下作发信，并确认无电波妨碍。例如在发信当中汽车指示灯类或其它电子机器有否错误指示，以及发动机的慢速转动是否变快了等等都要确认一下。

如果遇到有什么障碍的时候，在变化同轴电缆引入位置的同时，还要对 SWR 再一次作调整确认。

如能对上述事项充分注意，就能够使无线电机在汽车的电子部件所给与的影响限制在最小限度。

3.5 噪声的防止法

在运用移动方面最为困难的事，是由车辆本身发出的各种噪声。这些噪声在向无线电收发两用机混入过程中，有直接辐射和二次辐射两种情况。

(1)直接辐射

从发生源辐射出来的噪声有直接混入天线(包含同轴电缆)，电源软线，扬声器软线和无线电装置主体等情形。另外在发生源连接的配线上流动的噪声电流，也会有由电源电路混入的情形(由传导混入)。

(2)二次辐射

由发生源或者由连接发生源的配线辐射出来的噪声，坐落在车体上或其他配线上，也会从那里再次辐射出来成为混入的噪声。发

动机室的开启发动机罩用的钢丝索等，是容易形成辐射的物件。

汽车噪声的发生源分类如下

a. 发动机主体

b. 车身的关系或不能阻挡由外部传来的噪声

c. 电装备品

d. 自己装配的电子附件之类

按以上 4 个项目逐项细分其发生源，随即采取相应的措施。

3.5.1

发动机主体

将由发动机发生的噪声再细分每个发生源，大体上有点火系统和发电及充电系统这两个系列。首先在最易发生杂音的火花塞、点火线圈等所构成的点火系统上采取措施。当前车上的点火系统多为放电型，由于会产生约 40000V 的电压，所以必须设法采取减小杂音的措施。

首先，对火花塞，可应用噪声抑制器，它是装在火花塞电缆端的附件，4 汽缸发动机用的是由 5 根一组构成的，用它与火花塞电缆相串连，即能部分抑制噪声的发生。

另外还有插销厂商市销的可变间距型的火花塞电缆，其噪声抑制效果较大，其构造是将金属电阻线在铁氧体心上卷为稀密交错的可变间距，并在其上面加以特殊的绝缘覆盖，其内部具有 15～25kΩ 的碳膜电阻，所以几乎不具有阻力。如能在头上与噪声抑制器组合起来使用效果更好。

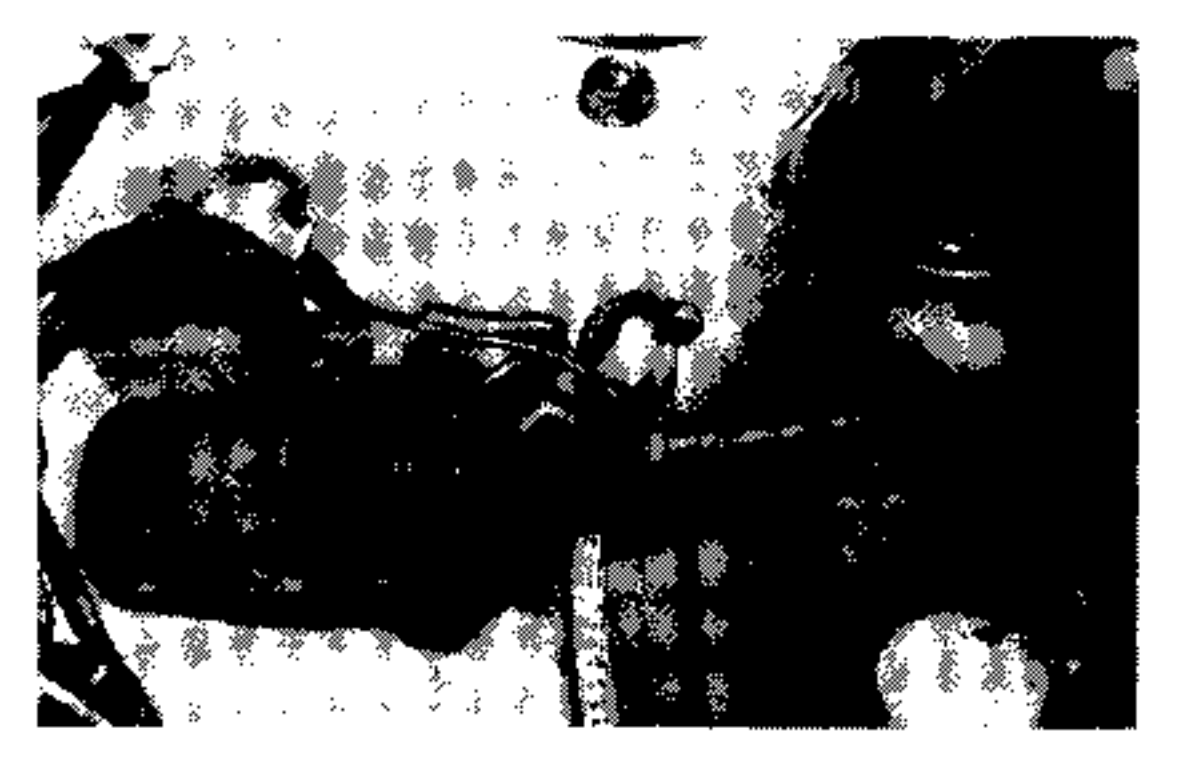
其次带有电阻的火花塞也有一定的效果，各火花塞厂商在这种火花塞的品号上都必定标有“R”字样，带电阻插销对“帕里帕里”声音的杂音特别有效。

把火花塞更换为带电阻（R 型）的时候，能和现有的火花塞上的数据相吻合即可。这是称为热价，是为发动机所设定的最适宜的火花塞。

接着是对配电盘的接触点部分采取措施。当前的汽车几乎都采用完全晶体管方式，在晶体管内是无接触点的，有影响的也就是检测线圈和转动体。所以从配电盘主体发出的杂音几乎不必担心。另外不论是接触点方式，或者是不完全晶体管方式，由于在接触点之间流动的电流只有数毫安，所以几乎没有火花放电。

旧有的点火方式最容易出现噪声，那是因为有数百毫安到数安的电流在流动，所以在接触点之间就会发生很强的火花。对这种场合，虽然装有消除火花用的电器，但还要补加 0.25μF 左右的电容才能有效果。如果放入过大容量，则会引起接触点的粘合，对发动机产生不利的影响。

点火线圈如果是小型的新式线圈，几乎不会向外部发出噪声，可是以往使用的筒状



照片 3—1　点火线圈本身焊接编组线都在车身上完全接地

照片 3—2　交流发电机也要完全接地

型却会发出想不到的噪声。其措施是把线圈主体的一部分涂料剥下焊接上编织线，一并紧固装在机身的螺丝上，也要接地。而且还要在点火线圈表示有⊕的一头装上 0. 25μF 左右的电容器，这样即可断绝噪声。

以上是对点火系统采取的措施。随后要对发电及充电系统的噪声抑制采取措施。充电电路是由调节器和电压调整器所构成，最近的调节器几乎都是 IC 型，由于电压调整器的转换作用而使火花杂音全消。从调节器发生火花放电而产生的噪声虽然几乎消失，但机身要用编织线接地。交流发电机的调节器在发送时渗入电波中的“休…休”的声音要比接收时的杂音多。

使用夜间空气调节器使调节器加大负荷时容易发生噪音。另外蓄电池的内部电阻增大，容量降低往往是和由调节器接受充电的情况是同样的。

当出现这样的交流噪声时，把市销的 50A 容量的 LC 滤波器，串联在交流发电机的 B 端上作简单处理(参照图 3—24)。

当汽车部件老化或者故障时，不论采取什么措施，也难以防止噪声。蓄电池的不良是充电系统的噪声发生源，所以使用二年左右应更新为宜。

在调节器中二极或三极的塑料接点等，因发动机的振动而产生接触不良的情形，使蓄电池的液体泄漏，出现调节器接点异常过热现象。这时可将接点取出再行喷涂接点复活剂等，完全损坏者应予更换。

电压调整器，IC 式的例外，在使用旧式继电器时，剩下外壳的一部分塑料焊接上接地线，在完全与机体结合之后，还要检查在外部接线柱上是否接入了 0. 25μF 左右的电容器。

3.5.2
消除车体噪声的相应措施

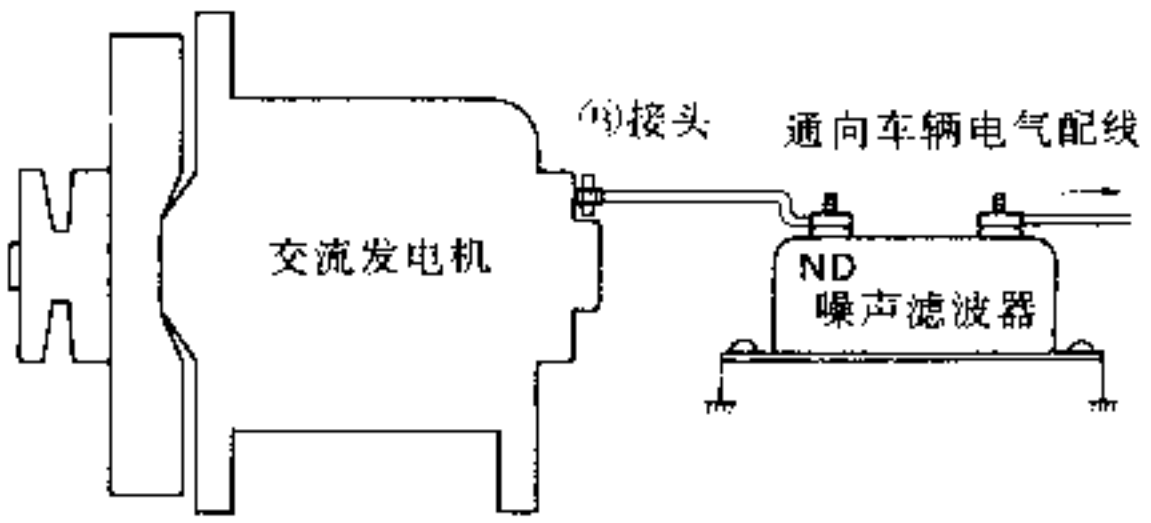
车体的接地是消除噪声的有效办法。从发动机主体不论产生多少噪声，如能使车体的接地良好，就可以消除向外部漏泄。首先如图3—25所示尽可能仔细地对各个部位，用编织线接地，需采用直径为8mm～10mm 中有孔眼的圆头接线柱和数米接地用的编织线。

车体为从前面掀开发动机罩的形式，利用左右两面装有折叶的螺栓，在发动机罩的顶盖旁和车身之间剪一段充余些的编织线，把两面装有的圆头接线柱和螺栓一起系紧，这时一定要使左右两面的折叶接地良好。

车体为从前面玻璃窗旁向前掀开发动机罩的形式，与上述的形式比较容易发生杂音。这种形式也同样利用装有的折叶和螺栓，将发动机罩旁和车身旁都利用安装散热器的螺栓一起系紧，对前防撞器也同样利用安装的螺栓，使左右的汽车大梁间和防撞器作好接地。

在前门上由于折叶是装在一上和一下，所以必须从上下两个地方实施接地。因为门

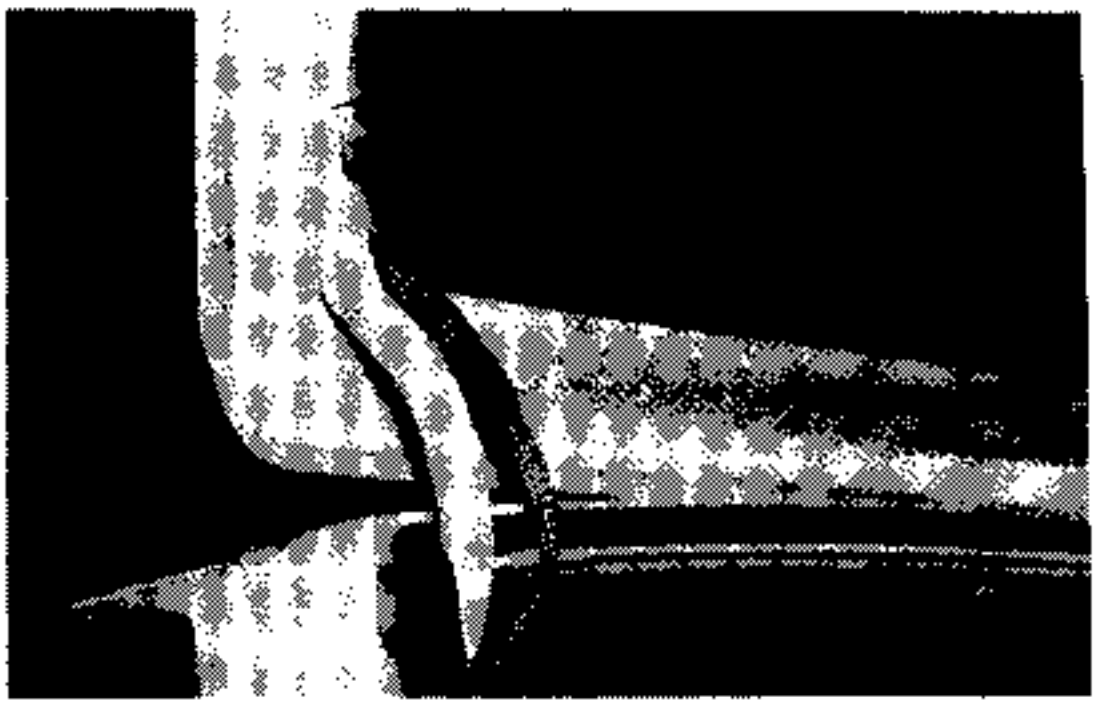
照片 3—3　当出现交流噪声时，加进直列噪声滤波器为宜



如上图所示，在(B)接头和车辆电气配线之间安装噪声滤波器

图 3—24　在交流发电机上接装噪声滤波器

照片 3—4　右前门折叶部的接地状态



照片 3—5　大篷货车、后箱盖轿车的后门的接地状态

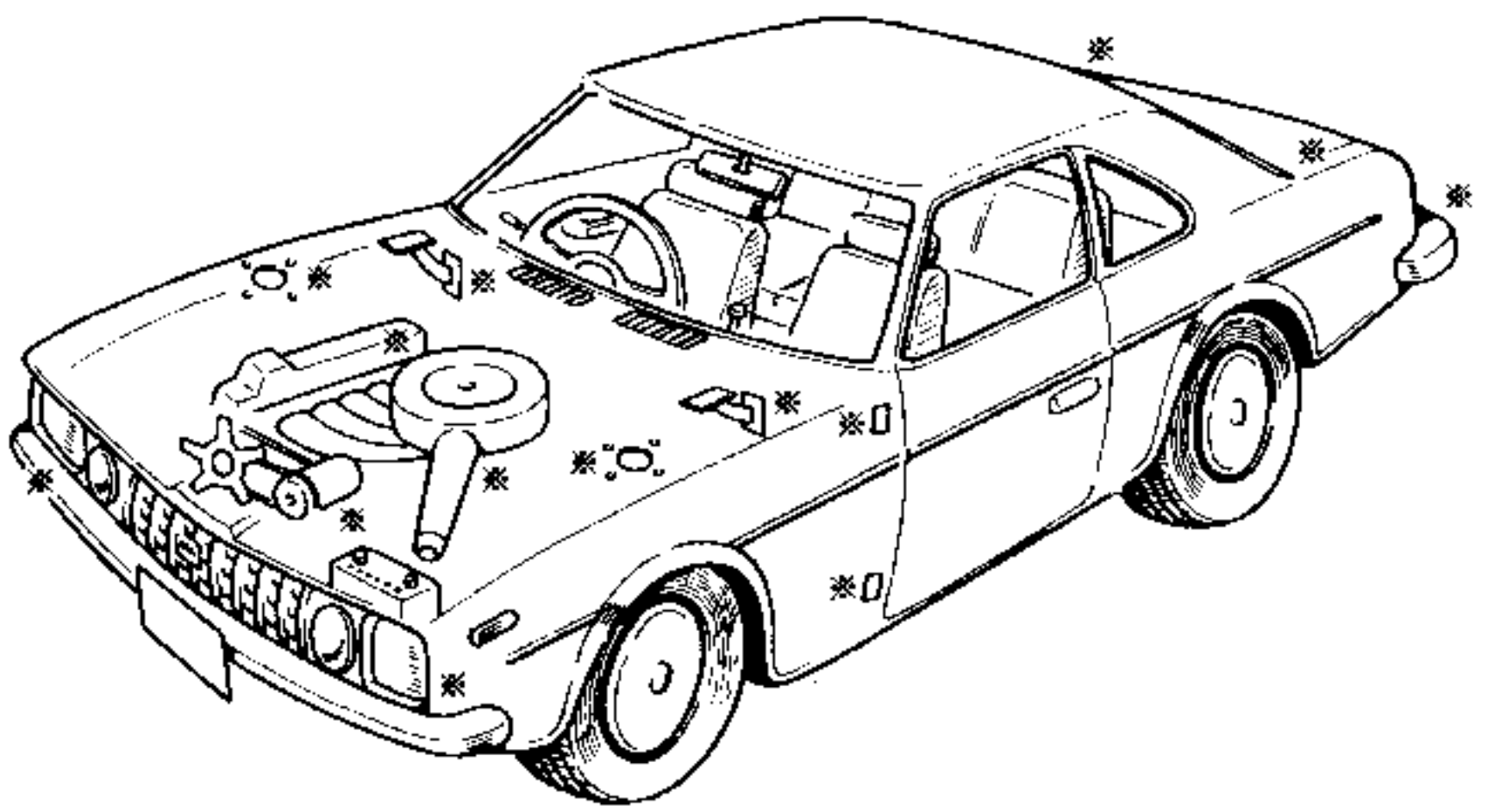


图 3—25　防噪声接地的主要地方

的开闭比较剧烈，编织线的长度取决于开闭门的需要。

车尾行李箱盖可按发动机罩完全同样的要领去做，轻型客货两用车以及轿车后箱盖型车辆，打开后背车门取下上面的塑料覆盖物，利用折叶螺丝扣一起系紧。背后防撞器也要完全接地。特别是在背后防撞器上装设天线底座的场合，要细心去做。可是在最近由于多半用玻璃纤维增强材料（FRP）或氨基甲酸乙酯制造，所以也有不需要这种作业的场合。

以上所见到的部分接地完成之后，再要减小杂音，就需对车的以下部分进行良好的接地。车辆本身是由发动机、传动装置和其它附件所构成。在厂商那里虽然大致用细线作了接地，但为了慎重起见还要用粗编织线作接地。

消音器在车体上并不传导振动，都是用橡胶圈吊在上面，却容易发生噪声。由于消音器多有生锈的情形，所以尽可能利用夹箍等进行接地。

平头型汽车由于发动机是装在座位的下面，完全没有接地的机罩，而且距离操纵台很近，所以会正面蒙受杂音。对这种情形的接地，用发动机罩型的同样要领，利用散热器附近的螺栓一起系紧即可。

3.5.3
抑制电器噪声的措施

车辆的电器虽已被大量使用，但厂家采取了相应的措施，使电器产生噪声的发生点相对集中，再分别用相适应的电容器或滤波

照片 3—6　在消音器的夹箍上作接地的状态

器进行抑制。

在一般情况下由于电动机的动作而产生的杂音，可用附加 0.25μF 的电容器来消除。从闪光式方向指示灯发生“咔其咔其”音响的杂音，则用接入聚酯电容器的办法可消除。下面将各种与消除噪声有关的电容器或滤波器示于图 3—26 和图 3—27 中，仅供参考。

3.5.4

消除附属品噪声的措施

电子汽车附属用品虽然种类很多，但均没有采取消除噪声的措施。

空气清洁器在杀菌用紫外线的电路上产生噪声，必须在其电源电路上附加 0.25μF 的电容器，并且尽可能远离无线电机主体。另外室内照明用荧光灯产生的杂音，可用电源滤波器或电容器来消除。背后蜂鸣器或扬声器上的杂音，可用 0.25～0.5μF 的电容器来消除。

3.5.5

消除无线电机附近噪声的措施

前面介绍了抑制噪声发生源的措施，下面举例说明防止噪声流入无线电装置的问题。首先在无线电装置的电源上接入 LC 滤波器。把市销的 5A LC 滤波器稍为加工，电源软线使用 5D—2V 同轴电缆，把心线接在电源的⊕上，外面的隔离线接在⊖上，从发动机房引向室内，在靠近无线电装置处通过 LC 滤波器供给电源。

应当注意使无线电装置本体与车身接地良好，否则从天线同轴电缆上将会混进噪声。

其次天线底座对车体呈浮空状态下就会捡拾外部的噪声。而且这样辐射的效果不好，SWR 变坏，所以必须将底座与车身导通，并检查是否搞好了接地。

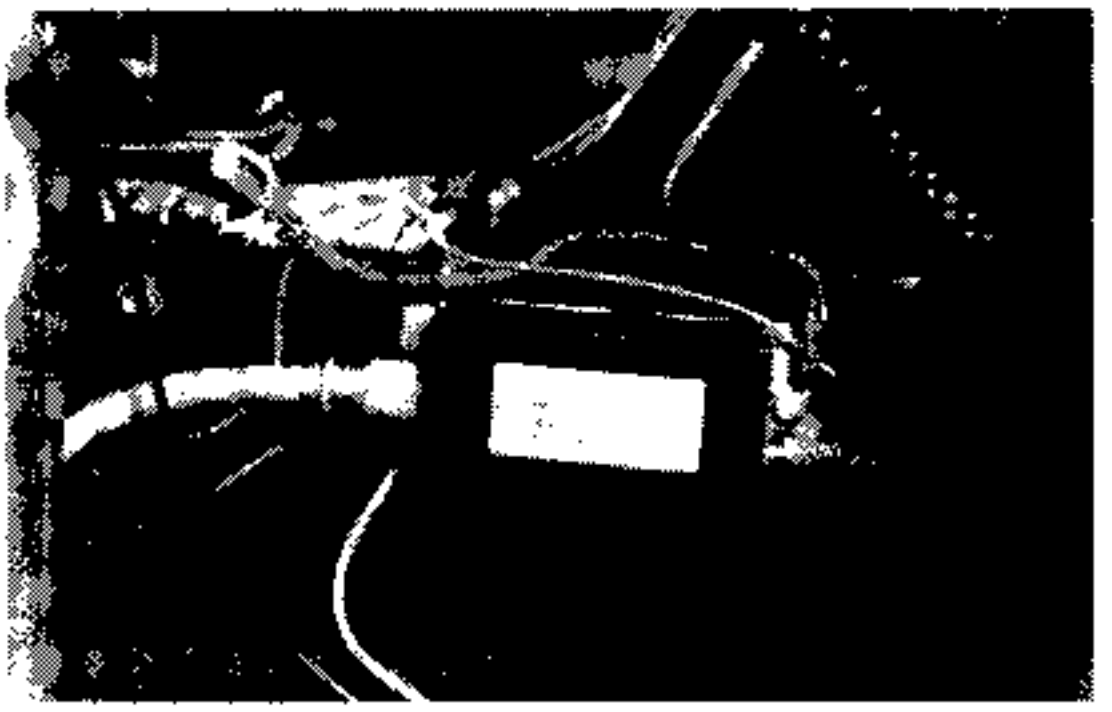
若采取以上措施后，仍然还残存噪声，应当再次从头检查看有无忽略的地方，关键要找出噪声的发生点。

3.5.6

防止噪声进入扬声器的方法

移动电台在工作时，最重要的是在 QSO 中对运行操作不要产生障碍，从外部来的噪

照片 3—7　利用 5D—2V 同轴电缆，从发动机房蓄电池引进无线电装置电源



照片 3—8　电源是从发动机房的蓄电池引进的 5D—2V，通过加工的行式噪声滤波器分配在各无线电装置上（滤波器要装在无线电装置的近处）

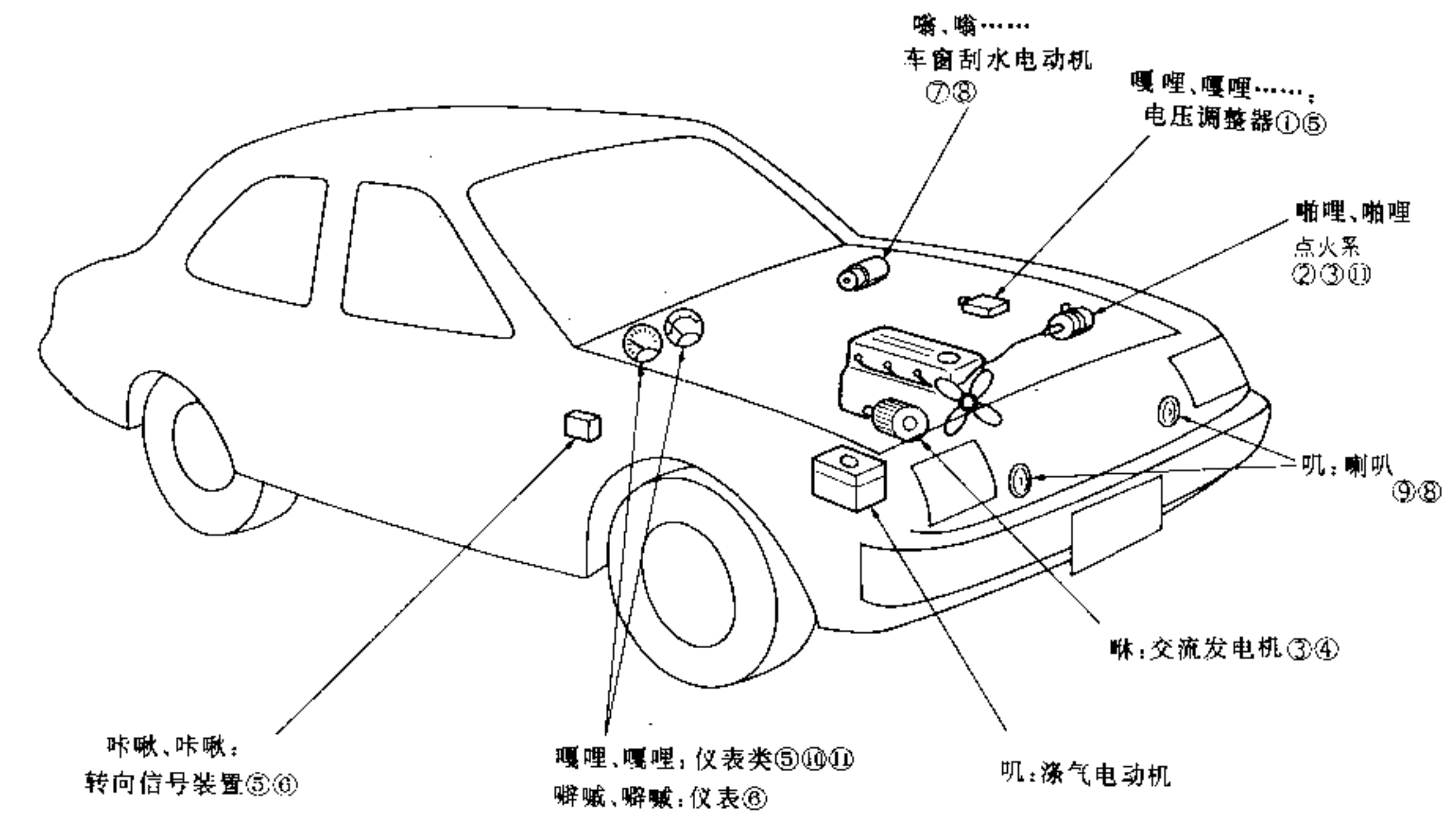


图 3—26　从各种电器上发生的各种噪声根源及声音

音也不要进入话筒。最近有小型的便于使用的话筒或增益高的电容式话筒，其中有在错将 ON（误发信）按动时会产生蜂音的产品。像这样的产品在安装时要特别注意。

通常使用收发信机所附的动态型手持式话筒，要装在仪表板的中央，或者便于左手操作的地方，用两面胶带把吊钩固定起来，以便把扬声器悬挂在下面。这是标准的作法。可是这种型式会影响运行中驾驶盘的操作，并且在操作变速箱时会带来一定妨碍。

通常话筒（PTT）开关是装在变速杆上。四轮拖动车在转移变速杆上安装要比装在变速杆上顺手，不会妨碍运转操作。在方向盘上装变速杆的汽车，由于横卧式变速器的杆上动作较多，所以对配线的往返要充分留有余地。

如果没有适合安装的场所，而且距离仪表板较远，手又够不着的那种车，可以利用支撑办法等加工成臂状，在其顶端装上开关。此外也有将开关改造为脚踏形式，用脚作 ON／OFF 的方法。

还有便于使用的转向柱盖（在方向盘下部所装设的光源开关或车窗刮水器开关，用塑料制的盖构成能左右或上下分开的样式），打开盖把预备开关装入其中，这是只在操作杆的侧面提拉的方法，既不妨碍操作又方便舒适。在 ON AIR 中如能用红灯等作表示那就更好。

其次是无线电装置的配线，这是件重要的作业。特别是电容式话筒，用了放大器放大，因此会捡拾外部噪声，所以要注意。从发动机房来的电气配线（束线）或电线等，若作并行迂迴，在 QSO 中会在发信波上会迭加“休休”或“帕里帕里”等噪声，所以必须把配线编成交叉状。尤其是对仪表电缆、起动机电线、发动机拉线等，从发动机舱会把噪声带到室内，所以不要用乙烯带子把话筒电缆和这些线类缠在一起，应尽可能想方设法采取直角交错的方式作配线。

目前的汽车从安全方面考虑，很少有从蓄电池的一端直接连通电源的，即使在保险丝盒附近，几乎都是经由继电器或开关的电源。通往预备开关的电源，接在点火器的插口上较为适当。在插口的里侧连接着 W 型的簧

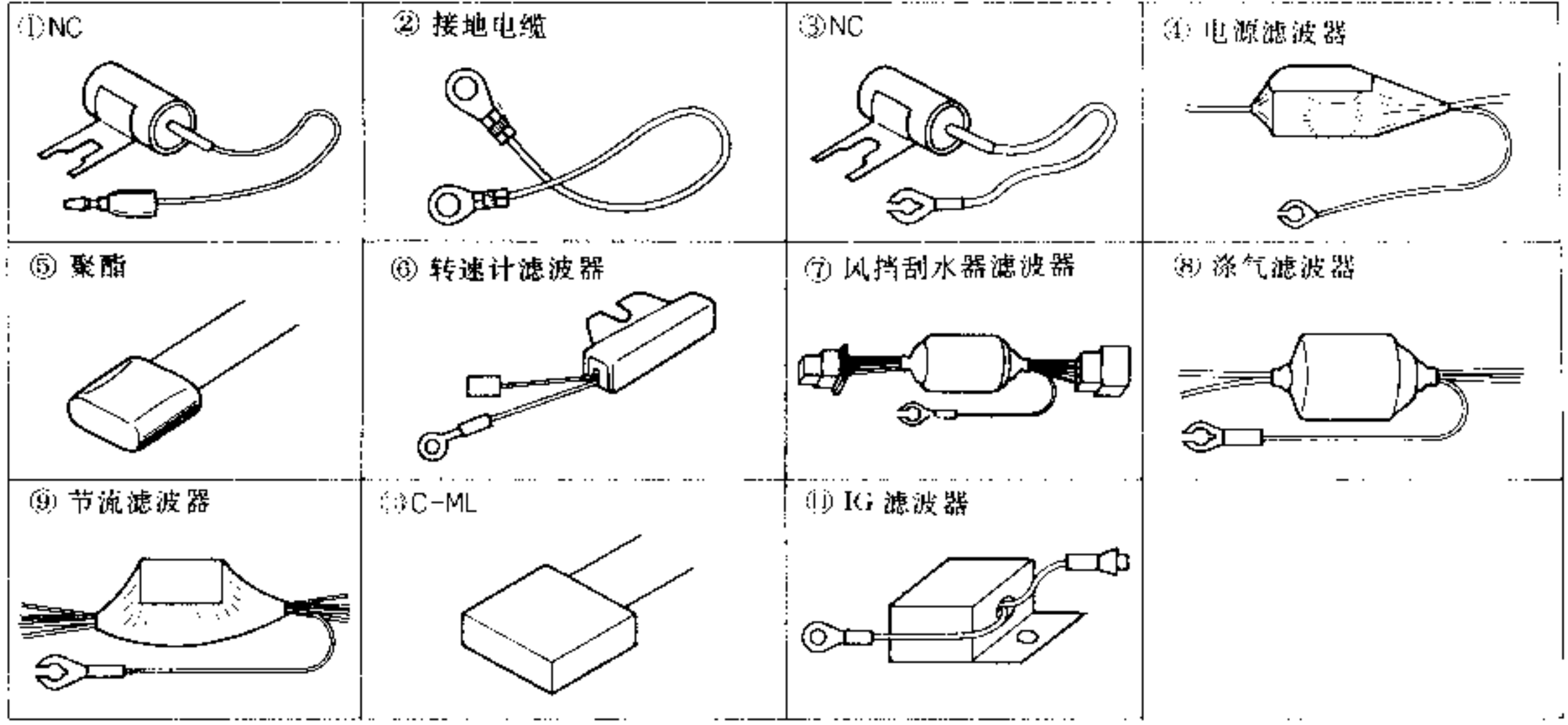


图 3—27　防止发生噪声措施用部件(参阅图 3—26)

片塞孔,从那里取出一根就可以了。发动机钥匙锁定在关电源位置时接线较为安全。当然在 ACC 的位置上也可以使用。

其次为使外来的噪音不进入话筒，尽可能想办法靠近门口设置。若是活动型的场合，通常是在前窗上部的遮光板上夹持装设，在遮光板用螺丝装好，从前方朝向自己把活动型话筒伸送到门口。这个方法的好处是在行车当中不留有任何郁闷的感觉。

另外的方法是在右边的中心支柱上安装活动话筒，从头的后部右边把活动型话筒拉过来再从耳边使话筒靠近口部。在车顶盖装个钩子,不用的时候就挂在那里。在乘用车上没有柱状物的场合，可利用顶盖架安装部分(左侧为宜）作固定，仍然是从头的后方把活动型话筒拉持到口边。

无线电装置的扬声器要用外部扬声器，应尽可能靠近耳边装设以便提高其所取性。厂家所制造的也有把活动话筒安装在头后部扬声器的一端再朝向耳边的结构。

要特别注意在车辆上固定扬声器时，如果扬声器的接地一边与车体接触，则会对扬声器电路呈现环路,混入杂音,所以在安装时要把接地一边隔开。

在独自一个人乘坐的时候，即可无牵挂地作 QSO. 但是当有对无线电不怎么感兴趣的人同坐在车上的时候，为了少添麻烦，应尽可能贴近耳边。在这种情况下,也有使用袖衬扬声器来适应例子。

3.5.7 话筒的改进

在此介绍能有效消除外来噪音的改进事例。

●原理

如图 3—28 所示将 1#和 2#话筒的输出功率作反相连接，当进入 1#扬声器和 2#扬声器的声音相同的时候，就会相互抵消使输出功率为零，反之只在一侧进入声音即为正常输出功率而放大。如果周围的噪音以相等的路径输入两方的话筒，那么在输出端噪声即为零。而 QSO 声音是从一方的话筒进入的，所以输出声音就被放大。

由于使用的是两只话筒，所以对于相互间的距离或定向性均会带来微妙的影响，下面举例说明,仅作参考。

在电路图上是利用电容话筒内的 FET (场效应晶体管）起反相放大作用。图 3—

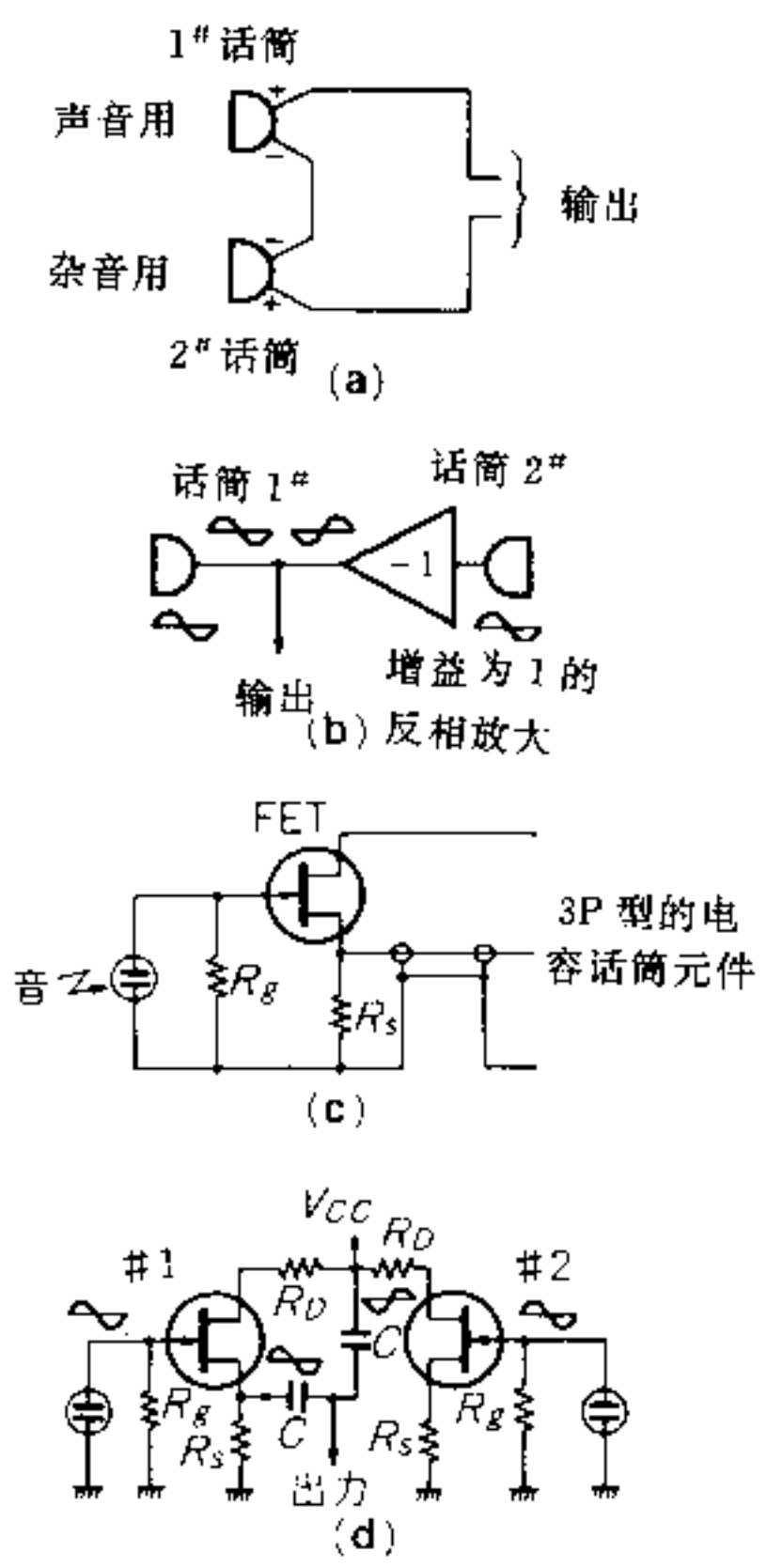


图 3—28　除噪话筒的原理及电路图

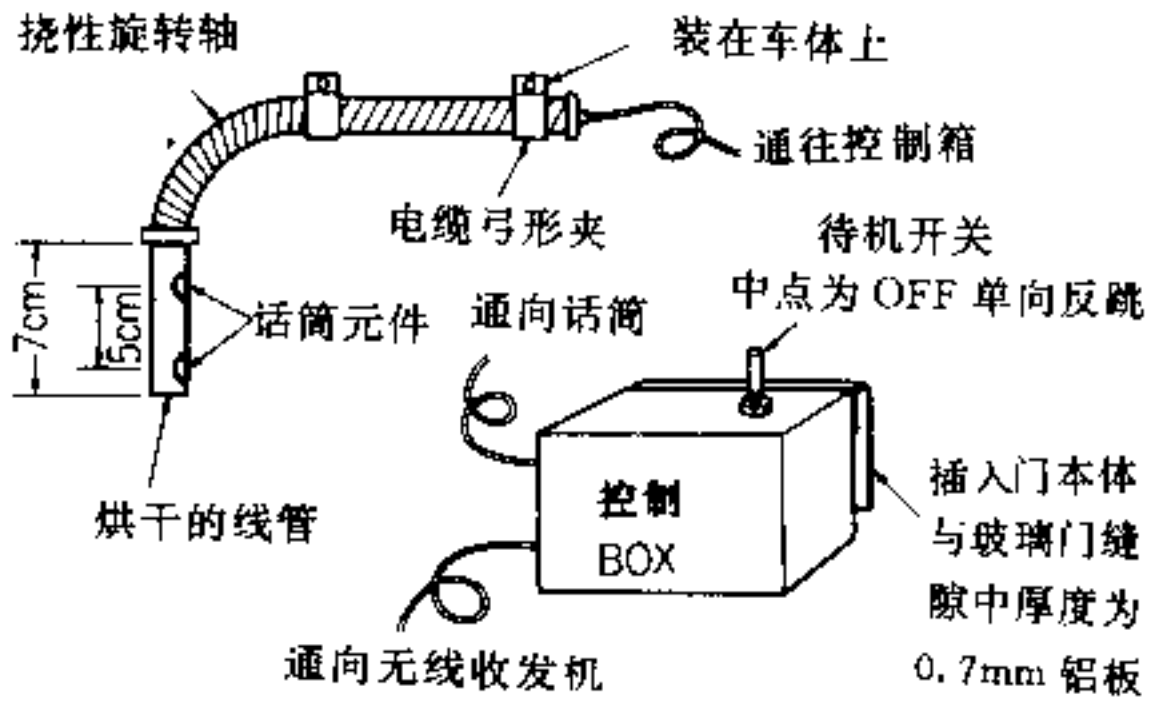


图 3—29　挠性旋转线的加工图及控制箱的示意图

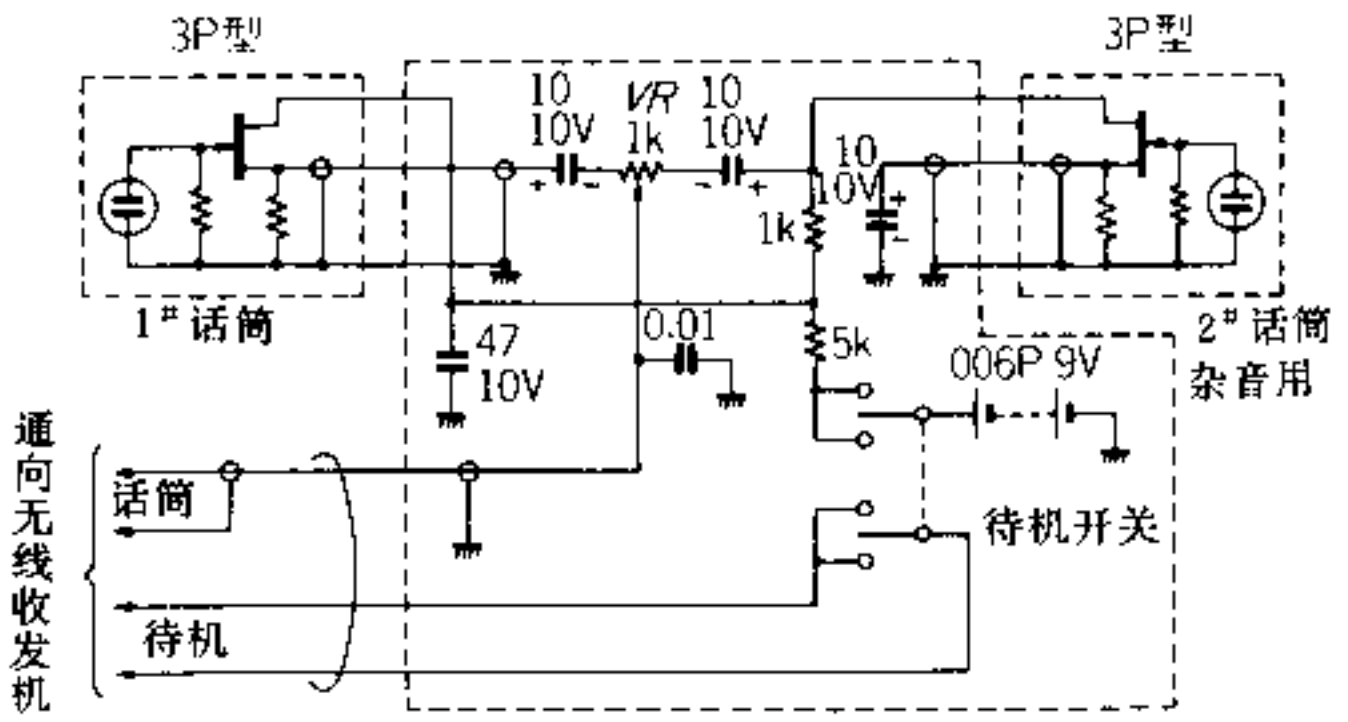


图 3—30　控制箱的电路图

28(d) 上可以看到 1#方的电路使用的话筒元件，由于输出功率是从 FET 的源极取出的，所以与栅的输入为同相位。另一方 2#的电路由于是从 FET 的漏极取出输出功率，所以就成为反相放大 180°的反相位输出。把 1#和 2#电路的输出功率合而为一，就可消除噪声。

从哪一方的话筒输入声音都行，如图 3—29 所示可在一根挠性旋转线上空出 5 厘米的间隔装设两个话筒元件。控制箱安装预备开关，如图 3—30 所示将电路组装在小箱里，如图 3—29 在前门的置物槽处插入控制箱固定好。

●制作和调整

预备开关以中立为 OFF，而以单侧返回在相反侧能锁住的形式为好。如果搞不到时，可以增设别的按钮形式的开关。

话筒元件需要两个，尽可能选用同规格和批号相同的为好，当然还要用内装 IC 型的(在电路图上为 3P 型)。底板可用市销通用型试验板，按箱的大小吻合适当切割使用。对话筒元件为起防风作用要用海绵罩子覆盖。

调整是转动 1kΩ 的 VR 只为取得 1#扬声器和 2#扬声器的增益平衡，要准备的东西有带式录音器（收录两用机等），头戴受话机。把无线电收发两用机的话筒输出连接在带式录音机的话筒输入上，用头戴受话机一边听一边转动到噪音最小的地方即将 VR 定位。这时在 1#扬声器和 2#扬声器中间位置讲话时，声音变小，由此可以确认在靠近 1#扬声器讲话听到的声音会大起来。对噪声的衰减量在 10dB 左右，颇有效果。

(1)*三菱自動車工業㈱, SERVICE MANUAL(技術編-19, 1985 年 9 月刊)「アマチュア無線機取付要領／自動車電話の現状」('85-9 No. 1110064)
(2)*塩谷清, JA1HXI：ノイズ・キャンセル型マイク, モービルハムハンドブック, CQ 出版社, 1980

4.1 干扰的主要原因

业余无线电台对其他电子设备，例如电视机、收音机、音响设备、电话机等的工作产生的影响就叫“干扰”，在受影响的设备名称上加个干扰的英文词头 I，即称为“TVI”、"电话 I" 等。总之，这些“I" 对于业余无线电活动是个最大的敌手，如果措施不当，将会搞坏与邻居的关系，最坏的情况是难以继续搞业余无线电活动。

本文将概述干扰的原因，并对一般的防止措施办法作简要说明。

干扰的原因大致有以下几方面，由业余无线电台发射基本频率的电波（基波）而引起的干扰；由高次谐波或寄生振荡波（失真）而引起的干扰；由业余无线电台的电波成为激发源在机器内部产生新的分量而引起的干扰。

另外，从技术上看产生干扰的原因，①主要是业余无线电台的问题；②主要是受影响的机器本身有缺欠的问题；③双方相互构成的复杂因素而发生的问题（即双方都有责任的情况）。在这三方面的问题中，当然对前两项都比较容易采取措施（但是第二种情况虽然在技术上容易解决，而持有那个机器的主人，若不认为自己所持有的机器有缺欠，这样业余台的个人力量是解决不了的）。第三种情况在技术上就更难办了，目前还没有有效的措施。尤其在一般情况下几乎都相当于这种情况，所以对这种事态不允许乐观。

下面关于干扰的主要原因分别作说明。

4.1.1 基波的影响

业余无线电台发射电波的输出功率越大天线与对方的机器越近就越容易产生影响。干扰对方不仅限于电子设备，而且在距天线特别近处受到 UHF (430、1200、2400) 数十瓦以上的电波辐射时，曾有过会引起对眼球机能损伤的事例报告，所以应对过强的 QRO 须特别慎重。

由于基波的影响：

a. 在天线的近处（取决于功率大小，大体为数十米以内），即使在一点点的引线上也会感应出数伏特的高频电压。这种电压，如果是电视机或收音机的电波所产生基本电压的数

千、数万倍，就会降低设备的灵敏度，在高频电路上也会产生交扰调制，在全部波道里就要发生花道现象（这样的问题，多用高通滤波器解决）。

b. 由于目前的 TV 装置对干扰波的排除能力明显地提高，所以影响音频设备的干扰（音频I）事例显得多起来。这种干扰是在设备内部（特别是在第一级）感应了高频电压，低频放大元件，晶体三极管或 FET 输入特性的非线性，经："检波"变成音频信号，才能从扬声器里听到"嘎嘎"的声音。

小型的音响装置，使用 IC 的电话机等，由于是向外部拉出引线，所以容易产生干扰。另外在磁带录音机或 VTR（磁带录像机）中，在磁头的线圈上受感应，也会产生干扰。这样的影响，主要是在 SSB 和 CW 上，而在 10W 左右的 FM 上几乎没有什么影响。

总之，这种干扰在发信机方面能够采取的措施就是降低电功率，或者根据情况移动一下天线的位置，多数的场合，是要对受影响的装置加以改进，对此可以求助于 JARL（业余无线电手册）（参阅运用编第 5 章）。

4.1.2

高次谐波或寄生振荡波的影响

发信机不但能发射基波及其整数倍的高次谐波外，有时还发射出无倍数关系的寄生振荡波等。这种"无用"电波的频率，若和电视的频率一致，就将在特定的波道上引起花道现象的混入干扰。

主要业余频带的高次谐波与电视发送的频率的关系如表 4—1 所示。例如 50MHz 的 2 次谐波与电视 3 频道一致，可以看出在此处要引起干扰。原因完全在业余无线电台方面，要立即采取措施消除干扰。由于措施仅是在自己方面，所以比较容易作到。

在发信机的输出和天线馈线之间插入具有良好特性的"低通滤波器"，就能使那些无用电波衰减下来。

但是，如果发信机的屏蔽或接地不完善，那就会在滤波器前端发射高次谐波（也可能从电源泄漏），引起 TVI。

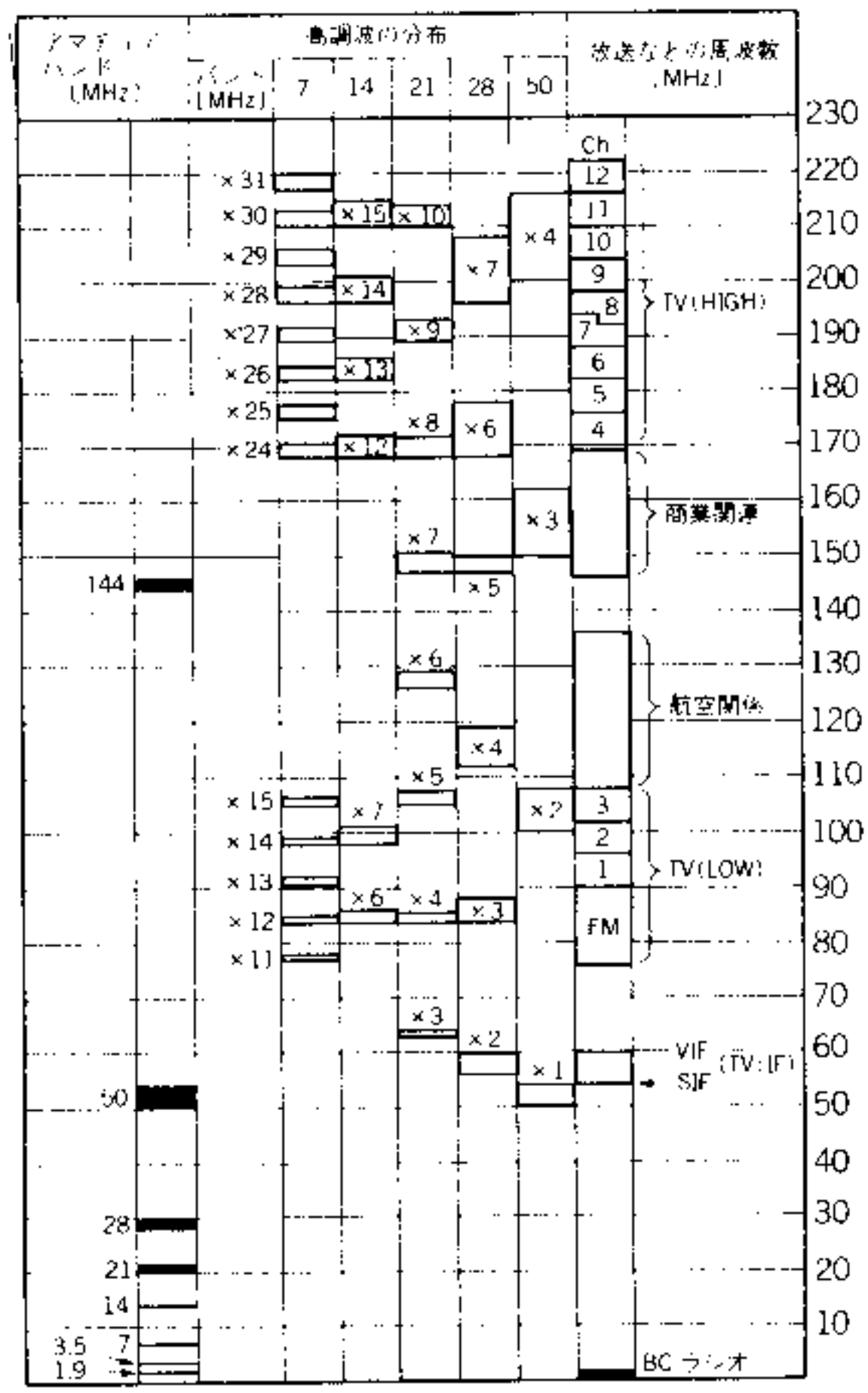
4.1.3

互调干扰影响

在具有非线性特性放大器的输入端，如果加进 f_1 和 f_2 两个频率的信号，由于交扰调制，可产生 f_1+f_2、f_1-f_2 新的和与差的频率成分，如果接收机高频段的频带范围较宽（天线电路的滤波器的特性较平坦）以及近处有强力信号存在，或者是近处的强力信号和原本通信所使用的信号产生交扰调制，就会发生意想不到的影响。

此外，虽少有，但在被腐蚀的天线拉线或

表 4—1　主要业余频带的高次谐波与发送波的关系



水管等的接合部也具有非线性，使感应的基波“频率倍增”，例如发生电视广播频率的2次发射，即可引起TVI。由交扰调制而产生的干扰，很难查清原因，采取措施也较困难。

4.2 防干扰的基本措施

如前所述，由于使用特性不理想的滤波器，或者与发射频率相同的电波引起的TVI除外，其它干扰，是由业余无线电台电波感应的高频电压（或者电流）进入机器，由于机器内部的非线性经检波，混进该机器的原本的机能上，这样的机理而发生的。基本措施如下：

a. 连接机器的各种导线，不要引入感应的高频信号。

b. 为使机器内部不感应出高频信号，高频部分要严加屏蔽。

c. 改善机器的非线性特性，使输入功率增大也不会发生非线性畸变。

前二项措施在机器上容易实现，要改善其非线性特性要困难一些。

下面要说明的是稍为具体的方法。

首先复习一下关于高频信号的感应。电波是由电场和磁场形成的，对于开路的导线，由电场感应“高频电压”。对于环状的导线会由磁场感应“高频电流”。把导线作为电路的一部分来考虑，在通常情况下，在阻抗高的地方为电压的状态，在阻抗低的地方则以电流的状态产生干扰信号。即使把电路短路以降低阻抗，电压感应虽没有，但电流感应依然存在。

在机器中发生上述高频电压或电流的连接导线有①电源引线；②扬声器或耳机等的输出导线；③低频线路输入线，拾音输入等信号输入线；④天线等。通过各个引线都可进入机内。诗大一点来说，不论连接什么样的金属“线”，它们都有发生干扰的可能性。

为防止干扰最基本的措施，是配装滤波器，使这些线上所感应的高频信号不致进入机器。

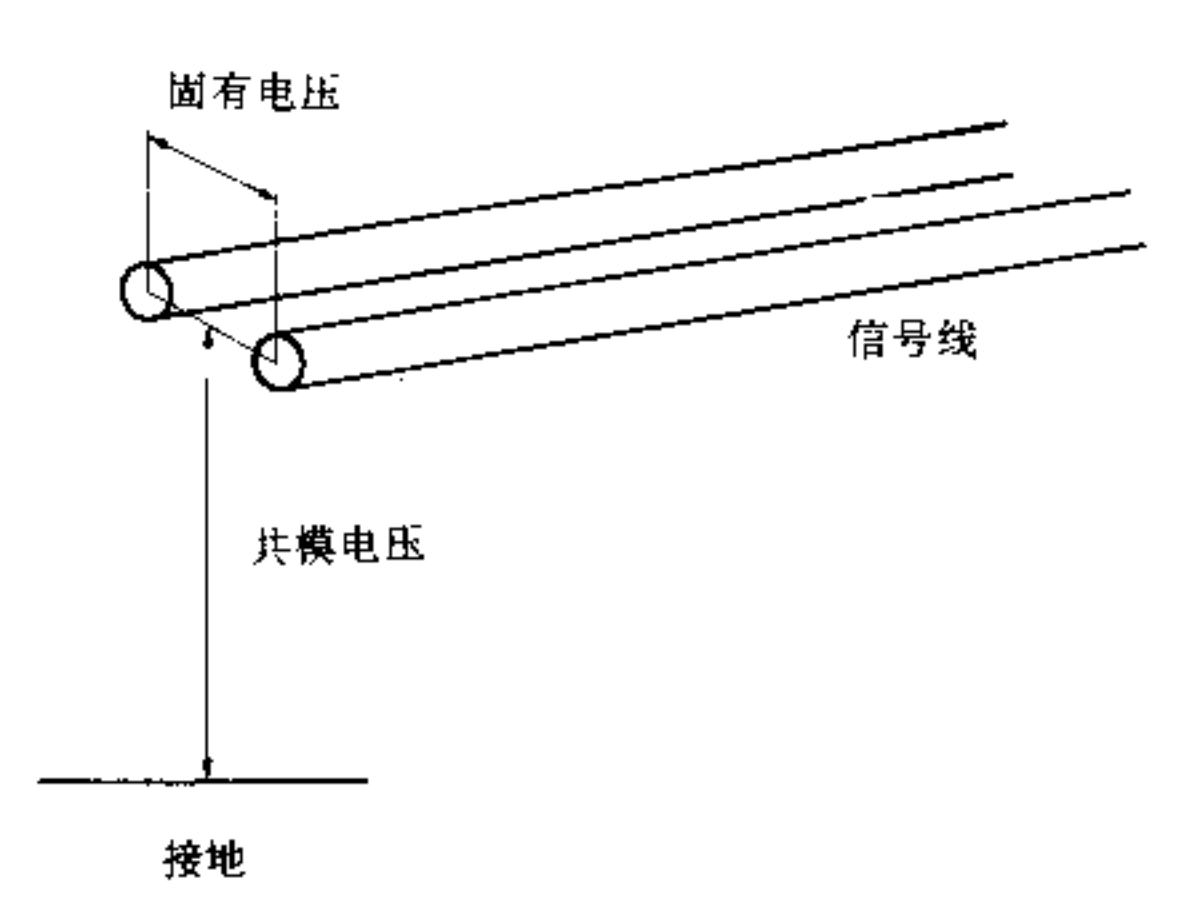


图 4—1　固有电压和共模电压

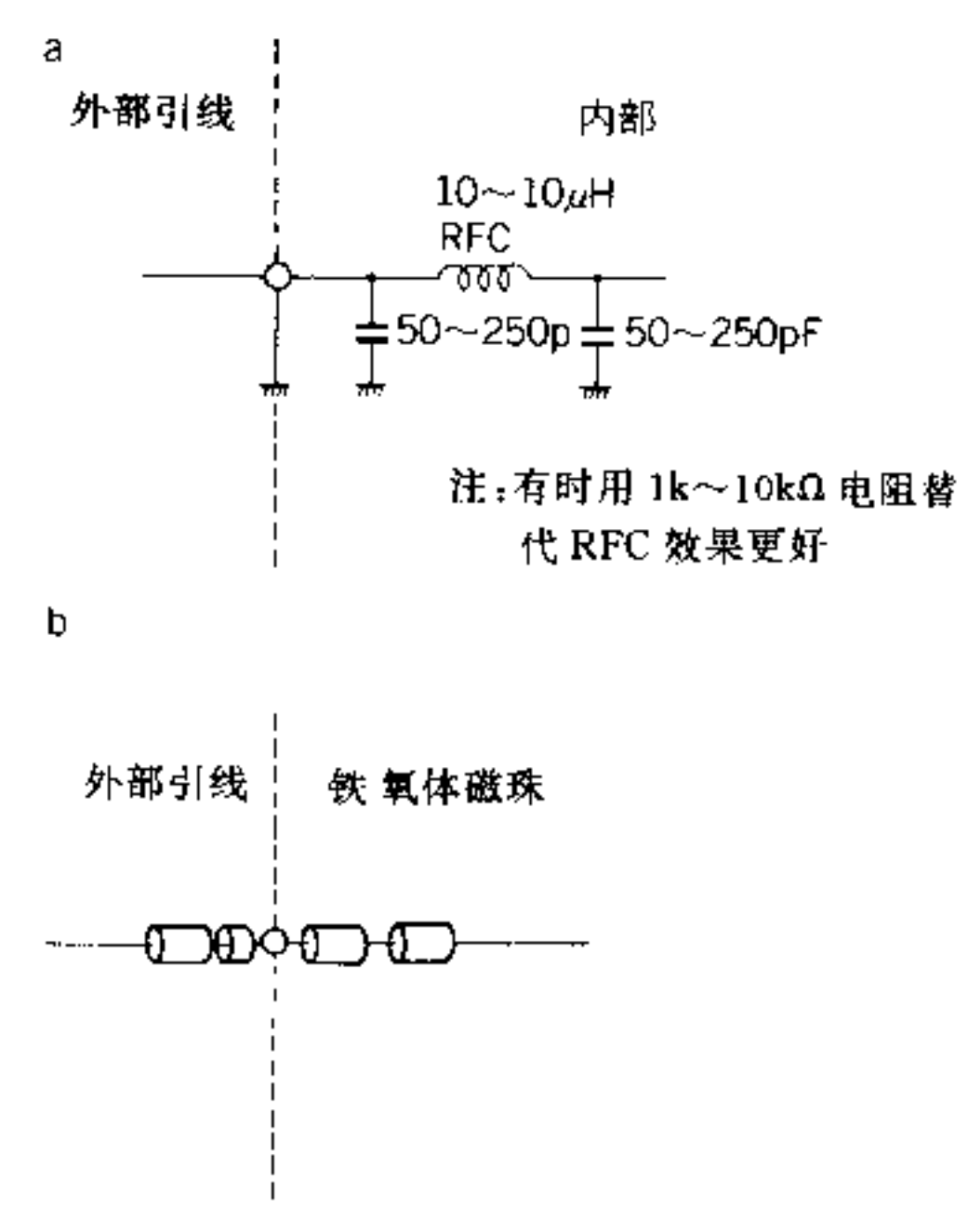


图 4—2　低通滤波器

对高频信号的感应再稍加说明如图 4—1 所示，例如当考虑电源线路时，交流虽然是用 2 根线传导的，但从高频电场来看，这两根线是处于同电位，和接地之间就会感应高频电压。将这种感应称为“共模”，在采取防干扰措施时，必须认真考虑。

分析电路时应该了解从机器一边所看到信号的通路，与从干扰措施方面所看到的信号通路是不一样的。例如电源滤波器，在 100V 电源线的线间虽然可以看到接入 LC 滤波器，但这样的滤波器在共模感应高频信号方面则完全没有效果。

这时，把电源线或信号用屏蔽线作为一根线缠绕在铁氧体棒上，就能有效地阻止在共模上高频电流通过。

其次容易忽略的是，对于低频信号有效的接地电路上，往往对于高频起不到接地功能。尤其是音频机器的措施，更应加以注意。例如在音频机器内部的印刷线路底板上，作一点接地，只在接地版图的一个地方连接在壳体上。在这样机器的输入接头上，当装进如图 4—2 所示的滤波器时，即使把电容器的接地一边连接在印刷线路底板的接地的图形上，也完全没有效果，只有脱离壳体干扰才停止。

以上虽然重点说明了受干扰的机器，但与受干扰机器相反，在发送机上连接的所有导线上，也会发射“高频”而形成干扰的原因。或者不得不考虑有流出的问题。

从而，在天线馈线上不论加进特性多么好的低通滤波器，如果从电源线路漏出高次谐波信号，这些信号充斥在再发射的空间，通过某个路径潜入电视装置里，就会发生 TVI。

4.3 具体的措施

关于常见的干扰防止措施说明如下。

在任何机器上都一样，在电源引线上装进滤波器是个行之有效的措施。尤其是能有效阻止共模的干扰。关于滤波器的具体制作方法待以后阐述。

在一般情况下，如果在机器上侵入了高次谐波，并非必定要发生干扰，当串入某种强度以下的高频时，机器仍能正常工作，如果超过某种限度（临界值）就将发生干扰。如前所述，不要忘记若将发送机的输出功率搞得很大，那将很快地产生干扰。

4.3.1 发信机必须实施的措施：

a. 在发信机和天线馈线之间必须装配为防止高次谐波的低通滤波器。

b. 妥善调整天线，尽可能降低 SWR. 可能的话应控制在 1. 5 以下。如果天线系统的 SWR 高，低通滤波器的特性就不理想，高次谐波就不会充分衰减。

c. 作好发信机或线性放大器的接地。可是由于插座的关系，使高频得不到良好的接地，此时需按图 4—3 的模式进行结构安排。

4.3.2 音频机器采取的措施

在音频机器上通过扬声器的电缆、其他机器（例如磁带录音机，(CD 唱盘设备等）的输入线等会引入高频。

为了防止干扰，在各个接头上需按图 4—2 的模式装配小容量的电容器（50～250pF）和 RFC（或者根据情况串接数 kΩ 电阻的办法也是有效的）滤波器，以及在信号线上穿入铁氧体磁珠（特别是磁带录音机中，将磁头和

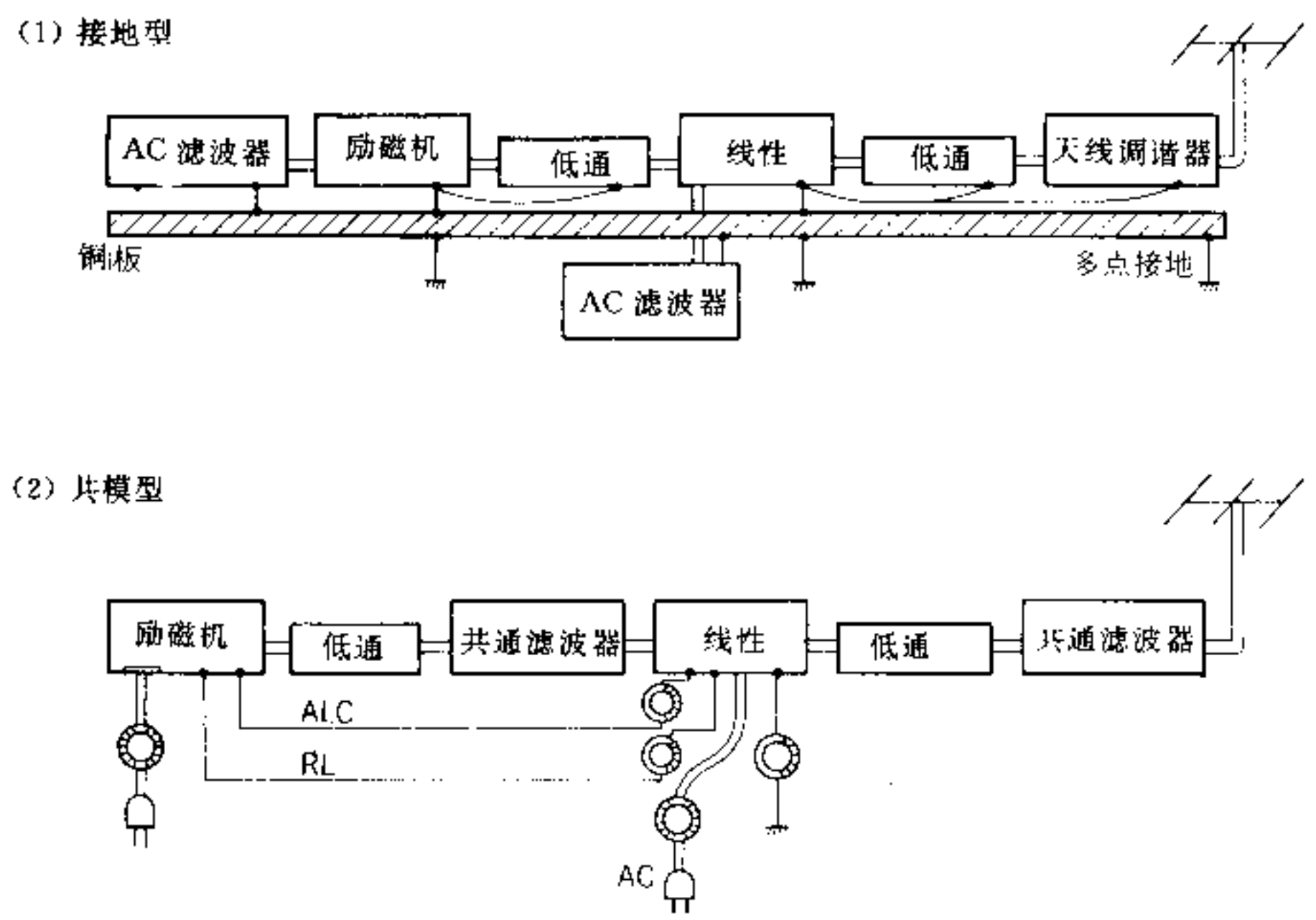


图 4—3　抗干扰措施的装置

初段在连接的信号线上穿进铁氧环磁珠能达到预期的效果)。

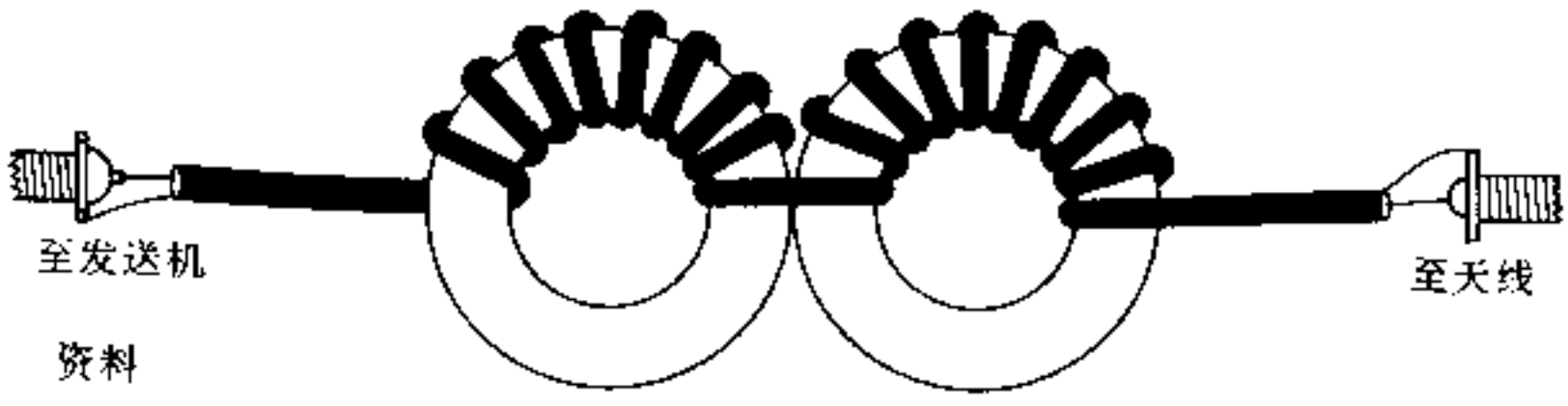
尤其是收音机或 TV 等，内部装有调谐器的机器，由于会从天线以共模混入高频，所以用下面讲的电视接收机同样的滤波器装入天线上也有效果。

对于音响设备，在发信机一端采取的措施是，在馈线上如图 4—4 所示装配滤波器，也有效果。

4.3.3 电视装置采取的措施

当电视在全波道上都发生同样的干扰时，那是由基波产生，应按图 4—5 所示，在天线端子上装配滤波器或高通滤波器。

若仅在特定的波道上发生干扰，这是由高次谐波产生的，就必须在发信机上合理装配低通滤波器。



资料

10～100W 输出的场合：使用 2 个阿米东圆环磁芯 FT－82－61 至天线用 1.5D－2V 电缆在每个磁芯上各绕 8 匝

500W 输出以下的场合：使用 2 个阿米东圆环磁芯用 2.5D－2V 或 3D－2V 电缆尽量绕满磁芯

图 4—4　天线用共通滤波器

制造防止干扰的滤波器

4.4.1 TV 用高通滤波器

在此介绍的是 VHF 用高通滤波器，可获得 80～90dB 以上的衰减量，与市销的比较一点也不逊色(参照图 4—6)。

a. 有关使用的部件

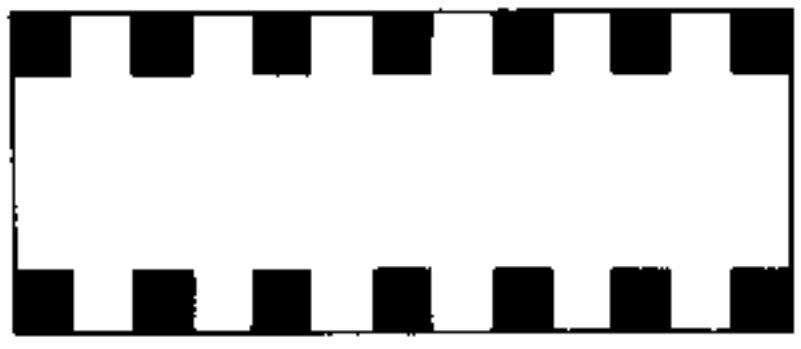
①输入变压器

使用圆环柱心 FT—37—61 按图 4—7 的方法接线。

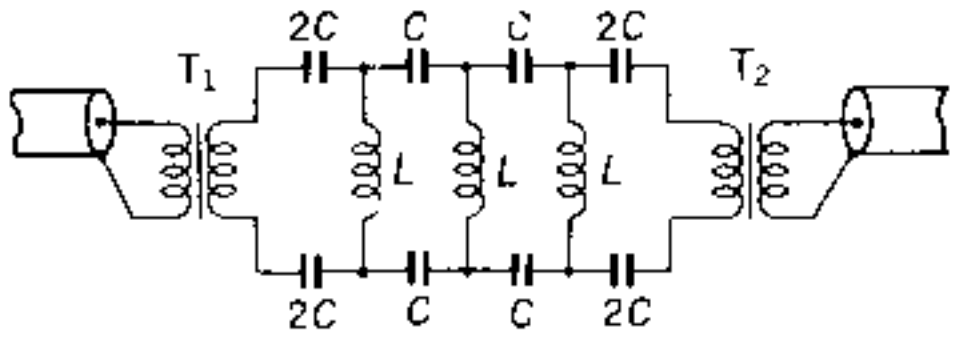
磁芯和线卷数	通过损失(dB)				
	90MHz	100MHz	150MHz	200MHz	
FT—37—63# 4 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	0	0	1	1	在试制品中宽频带性最好
FT—37—61# 3 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	2	2	2	3	
FT—37—43# 3 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	1	2	2	2	
FB—801 外皮双股 3 匝 0.5φ聚乙烯绝缘线	1	0	2	2	在磁芯棒上卷线时线圈之间要间隔开
TV 的 IF 用圆磁芯 6φ 12mm 铁氧体 3 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	1	0	2	3	宽频带性不好
TV 的 IF 用圆螺旋磁芯 5φ20mm 铁素体 4 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	1	0	1.5	2	
TVAFC 用螺旋磁芯 5φ20mm4 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	2	1	0	3	
阿米东 T—50—12# 5 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	0	1.5	4	5	
TV 眼镜形磁芯 2×2 匝双股 0.5φ 聚乙烯绝缘线	1	1	1.5	1.5	
TV 眼镜形磁芯 2×2 匝双股 0.3φ 聚乙烯绝缘线	1	2	2	2	改变 75Ω：300Ω 的成品配线

图 4—5　共模遮断用变压器的特性

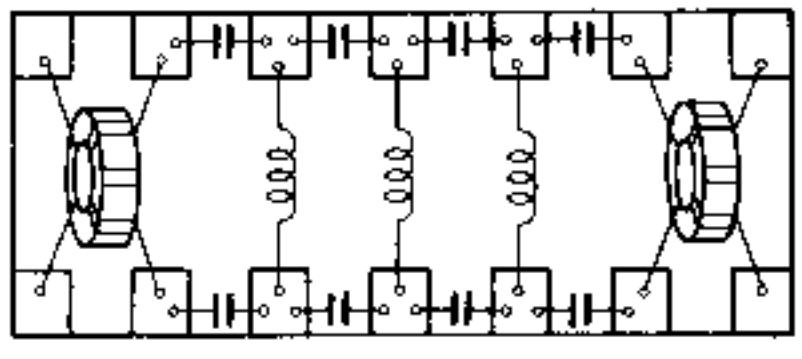
即制板



电路图



实体图

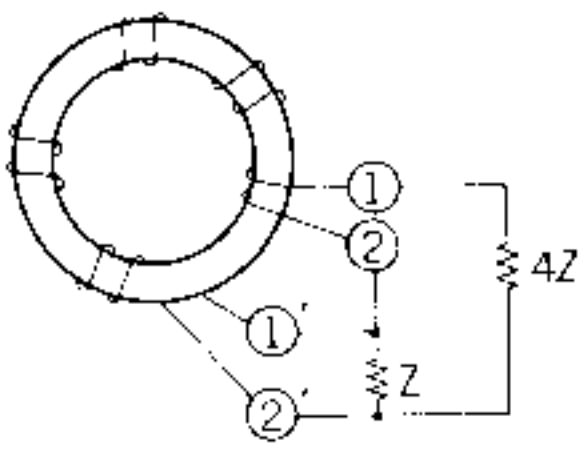


T_1,T_2 ： FT-37-61 に 4T
图上省略接线状态绕线方法
参照图 4—7
L:0.8μH（参照本文）
C:2.5pF　2C:5pF

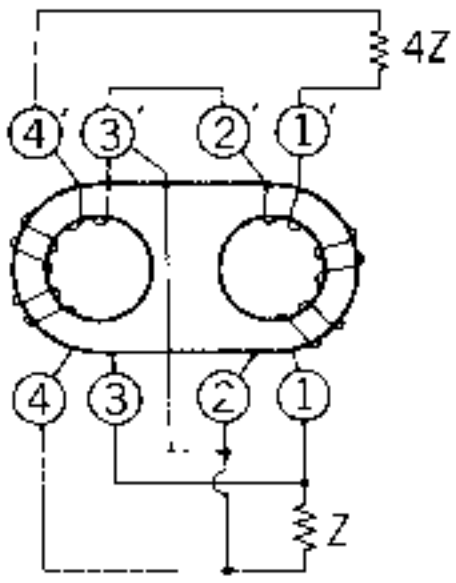
图 4—6　NKDXC TV1 滤波器

〔圆环磁芯的场合〕

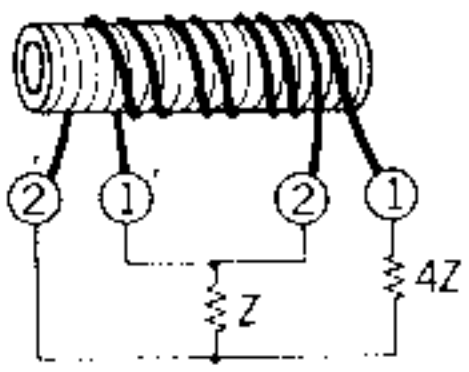
1:4(75Ω:300Ω)



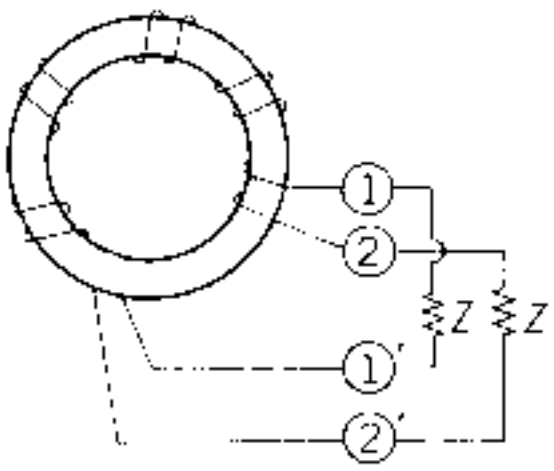
〔眼镜形磁芯的场合〕

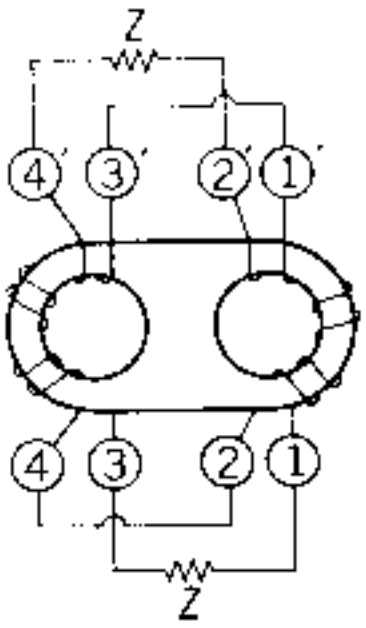


〔螺旋磁芯的场合〕



1:1





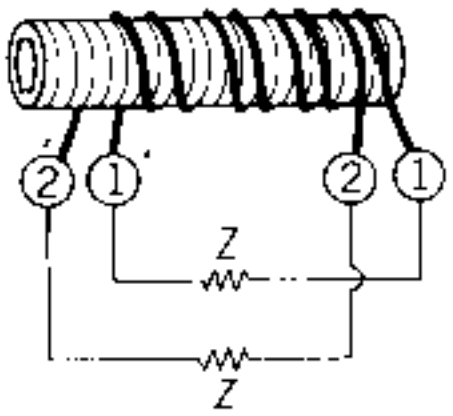


图 4—7　输入输出变压器的绕线方法

除此而外也可以使用双孔柱心，或 TV 装置的 IF 或 AFC 上使用的螺纹磁心。

②输出变压器

要与 TV 的输入阻抗相吻合。

输入功率为 75Ω 时即把前面输入变压器作反向，如果输入功率为 300Ω 即按图 4—7 的 1:1 变压器改变结线。

③电容器

使用小型圆片陶瓷。电容量为 2.5pF（2.2pF 或 3pF 的亦可）。

④线圈

用线径为 0.7～0.8mm 的聚乙烯绝缘线绕 18 圈，使用电位器的轴等 6mm 直径的圆棒作芯，在其上面缠绕，而后拔出芯轴，即可做成能空芯挺立的密接线卷。

这种代用空芯线圈，电感量约为 0.8μH，若在圆环柱心 T—50—12 上缠绕 21 圈 0.5mm 线也是可以的。

b. 制作方法的要点

电容器的引线尽可能短些，而且要多用焊锡致使看不到引线以消除引线电感（参照图 4—8），引线长了会使衰减特性变坏。

但是，由于焊锡时的热量可能使电容器的绝缘性能变坏，所以要求短时间的快速焊接。

使用这种滤波器，TV 的画面若出现似恶化损耗的形象，多为电容器的容量消失的情况。

c. 滤波器的插入位置

希望尽可能靠近电视装置，但在 TV 馈线上感应的基波电压从电视线在 TV 天线起入／2 整数倍处是为电压的较高部分，能避开那个位置会有好的效果。

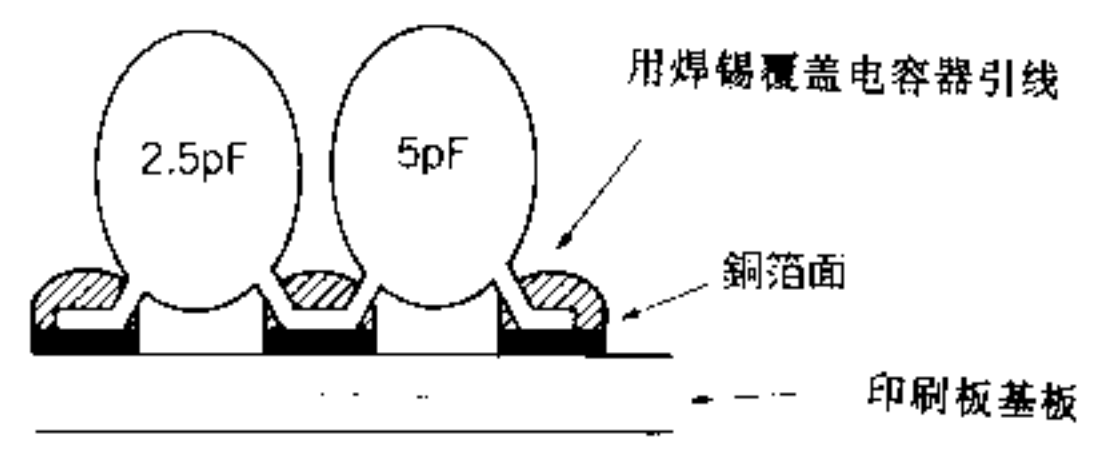


图 4—8　电容器的装配方法

d. 使用平接线板的滤波器

在用印刷底板制作有些费事的时候，也可以使用市售的平接线板进行组装（参照图 4—9）。在不易弄到 7P 的接线板的时候，也可用 8P 的接线板来切割做成。

里面的线头铆接部分的浮置容量，实测的结果没有什么问题（参照图 4—10）。

这种方法用印刷底板制作也很节省，由于工作方便，所以比较合适。

4.4.2 电源滤波器

最近一般用差动型、同相型兼用的滤波器作为噪声滤波器，由于可以除掉各种市售

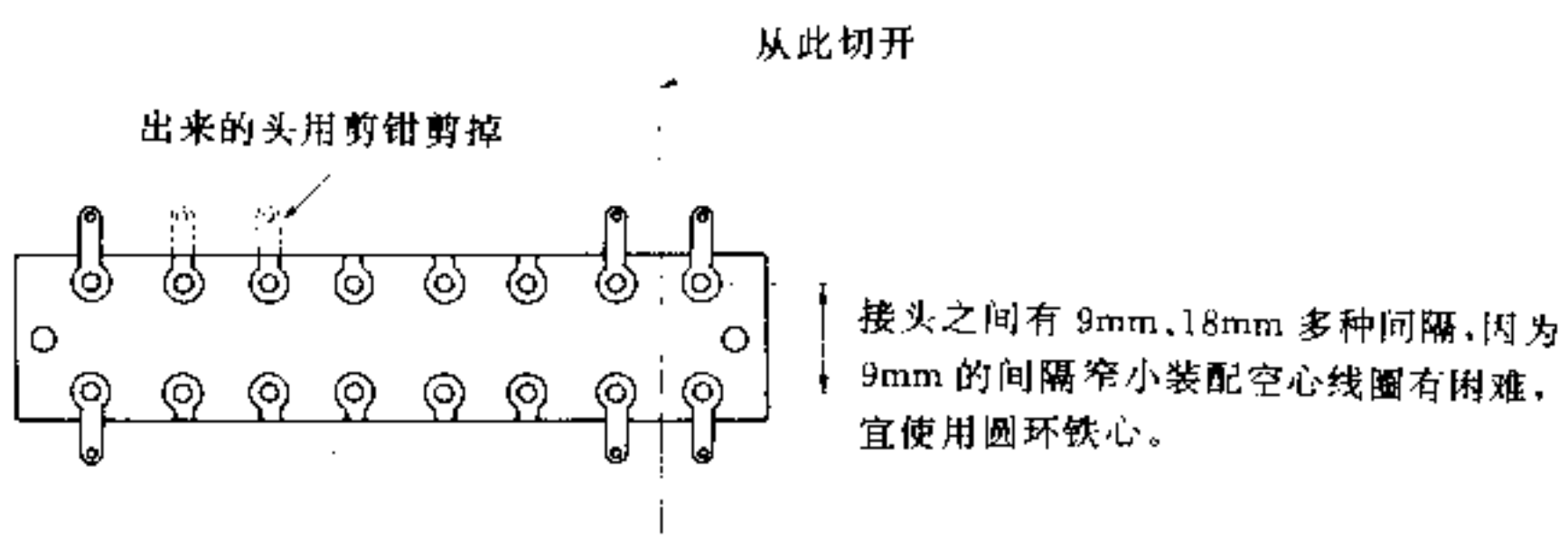


图 4—9　用平型接线板替代印刷板

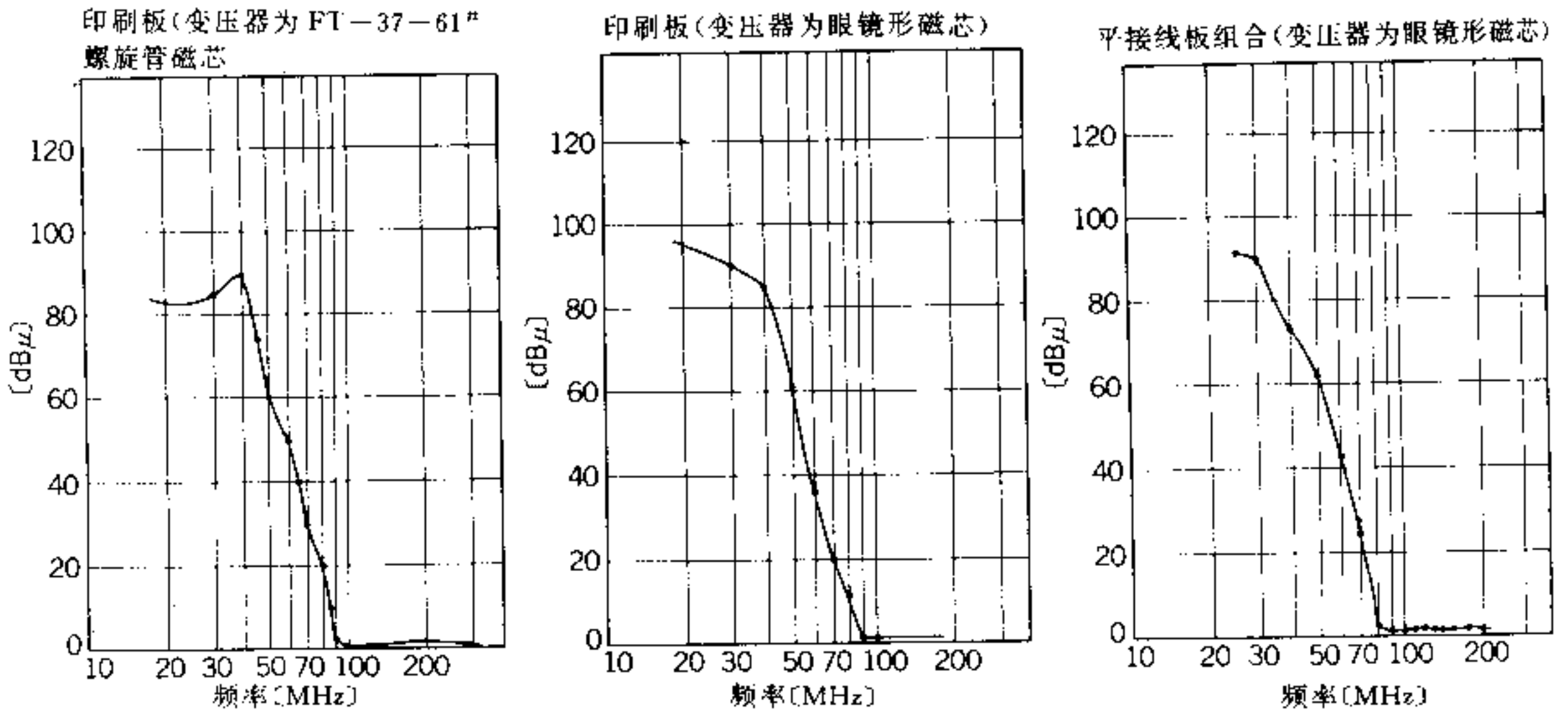
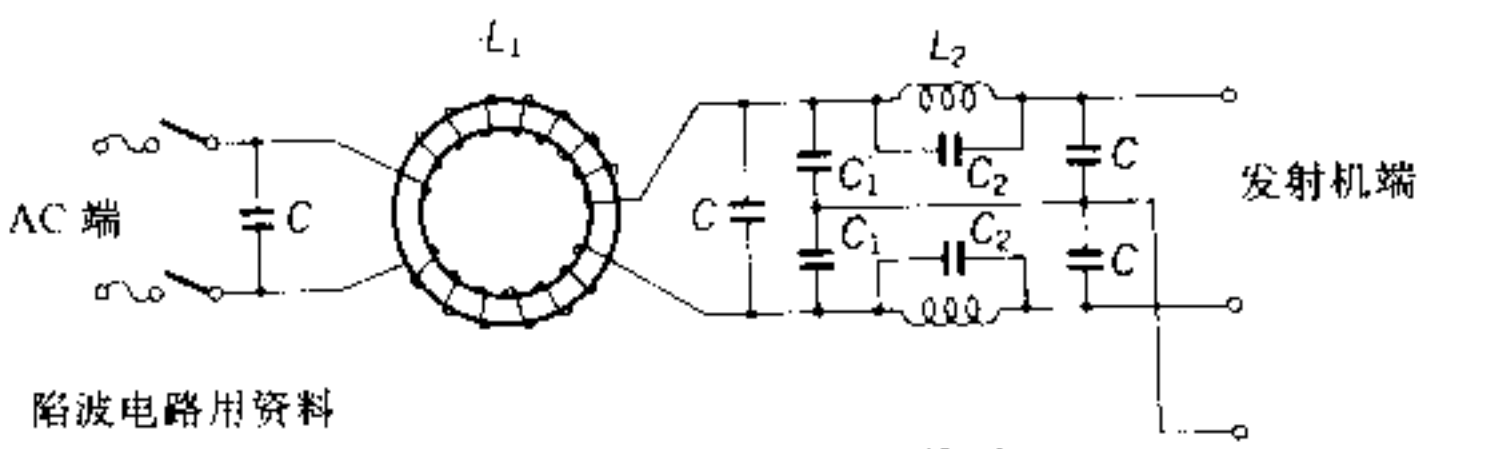


图 4—10　自制高通滤波器的特性

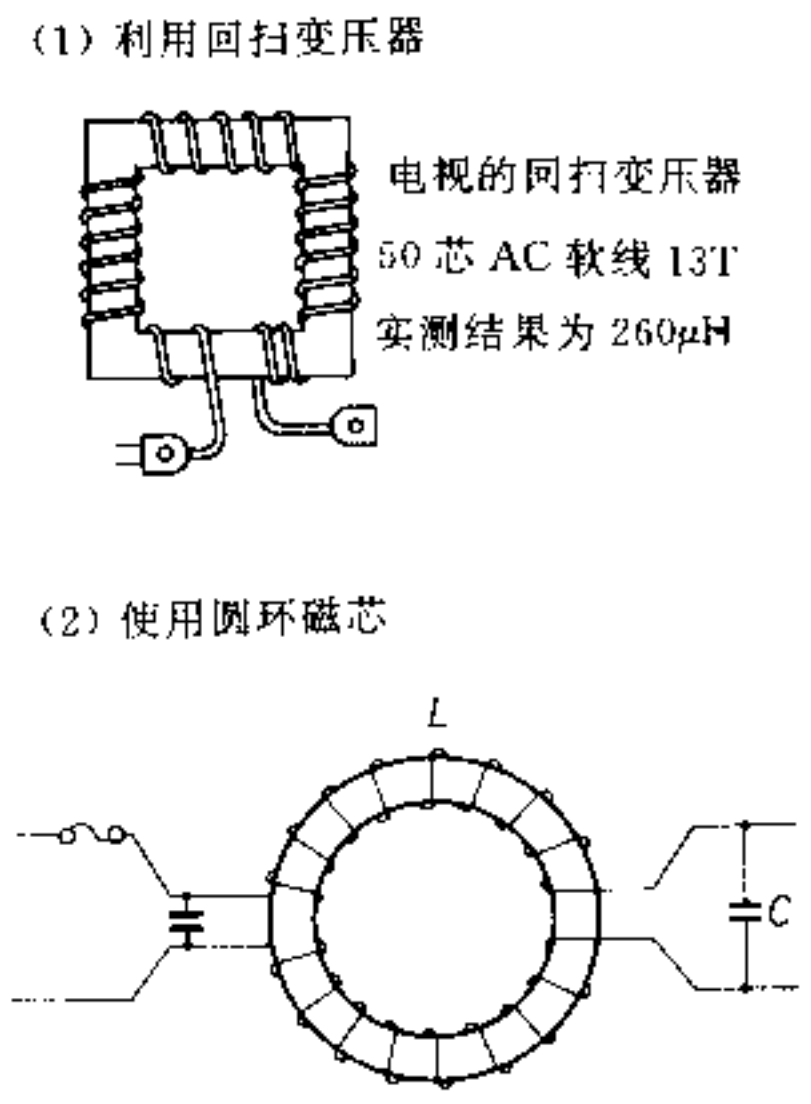


陷波电路用资料

MHz	L_2				C_2
3.5	阿米东	T-200-2	1.6φ	54T	50pF
7	阿米东	T-200-2	1.6φ	45T	20pF
14	阿米东	T-106-6	1.6φ	22T	30pF
21	阿米东	T-106-6	1.6φ	19T	不要
28	阿米东	T-106-6	1.6φ	13T	不要

C_1：磁盘陶瓷　150VAC 另 1.4KVDC 0.001～0.005μF
C_2：磁盘陶瓷　500VDC
C_1：参照本文

图 4—11　发送用电源滤波器



L：阿米东 FT－114－43 用 1.2mmIV 线一侧用 13T 得到 100μH
C：磁盘(圆板)陶瓷
150VAC/1.4kVDC 0.001～0.005μF
为防止事故，必须使用保险

图 4—12　接收用电源滤波器

铁心上的线圈再行绕线，所以铁心是可利用的材料。

也可使用铁氧体线圈，电视的扫描变换器的铁心，磁性天线的铁心。

在除掉线圈再行绕线的时候，没有必要多去考虑铁心的磁饱和，由机器的电流容量确定绕线的直径，能绕成 100～200μH 电感量即可。

虽然形成了电感也可使用铁心材料，但电源线路的干扰波由于不能预测阻抗，所以不必严格考虑有 100μH 程度以上的电感量就可以了。

在电源滤波器上应注意，对于共模噪声要维持较高的阻抗值，输入输出要远离，避免无用的感应。

尤其是输入方面的电源线和机身间的分布容量尽可能减得小些，输入方面的共模噪声会经由机身漏往输出端，应注意。

a. **发射用电源滤波器**(参照图 4—11)

L_2 是在指定的频率上谐振的陷波电路，对于以外的频率则起电抗的效果。

也可以把数个频率部分进行串联。

陷波电路部分由在外壳内部的隔板隔开，C_1 上使用穿心电容器效果较好。

b. **接收用电源滤波器**(参照图 4—12)

接收方面制作滤波器的要点，或许是在受害方面不希望有接地的问题，由于经常在通电状态下使用，所以安全问题至关重要。

准备好如图 4—12 所示那样简单的部件，如果具有同等的效果，那末①的型式能少发生问题，比较安全。

电视、VTR 等的电源引线并成小束而且要短，在电源滤波器输出端，应当注意不要再次检拾电波。

为了不使干扰对业余无线电活动造成制约，要紧的是经常应当把防干扰的措施技术经常放在心上。

▶引用文献

(1) JARL：アマチュア無線ハンドブック、CQ 出版社、1981
(2) 原田直記、JA6PA：HAM Journal No.31、CQ 出版社、1982
(3) 神戸幸生、JA2JA：電波障害ハンドブック、電波実験社、1980
(4) 山村英穂：トロイダルコア活用百科、CQ 出版社、1983
(5) 月刊ファイブ　ナイン：草野利一、JA1ELY、連載　すぐ役立つ RFI 対策
(6) NKDXC　No.300：北九州 DX クラブ会報、インターフェア対策特集号、1981

5.1 计算机的工作原理

自七十年代初期有了市销的微型处理机以来，电子技术已飞跃发展。当前个人计算机的性能提高和普及，给信息化社会带来了莫大的影响，这种浪潮也正在改变当今的业余无线电。现在的16比特(二进制信息单位)个人计算机的上等机种，已具有远远超过大约15年前的称为IBM360大型计算机的性能。

另一方面计算机也被组装在各种无线电机上，其性能更进一步得以提高。与10年前的无线电收发两用机最典型的差别，是微型处理机可以随意使用，应用很广。从而就我们业余无线电爱好者来说，关于计算机的知识已经是不可缺少的学问。

计算机经常作为电子电路的一部分装配在无线电装置上，而个人计算机则通常由显示器、键盘、软磁盘或硬磁盘等几部分组成。为了有所区别，把前者叫着微型处理机，把后者叫着个人用计算机，两者通用时只称计算机。

5.1.1 计算机的构造

图5-1所示为计算机的硬件结构。这种结构，对微型处理机和个人用计算机均可完全通用。但是通常微型处理机经常不具有图中※记号的部件。

其核心部件就是CPU (Central Processing Unit) (计算机中央处理单元)，是控制全部系统操作的部分。CPU具有按照计算程序按顺序执行命令的功能、逻辑判断功能、运算功能、存储等以及能读写CPU以外各部门之间的数据等功能。计算机的小型化，实际上就是用LSI(大规模集成电路)实现CPU的问题。

在存储方面，存储器有两种，能够每一次随意读写其数据的RAM(Random Access Memory—随机存取存储器)和预先用别的手段编排好内容，由CPU直接读出的专用ROM (Read only Memory—只读存储器)。计算机的电源若被切断，则RAM的内容即全消失，而ROM与电源无关，能够永久读出同样的内容。

当用RAM记忆接收机的度盘状况时，每逢切断接收机电源，就消失了前头的数值，

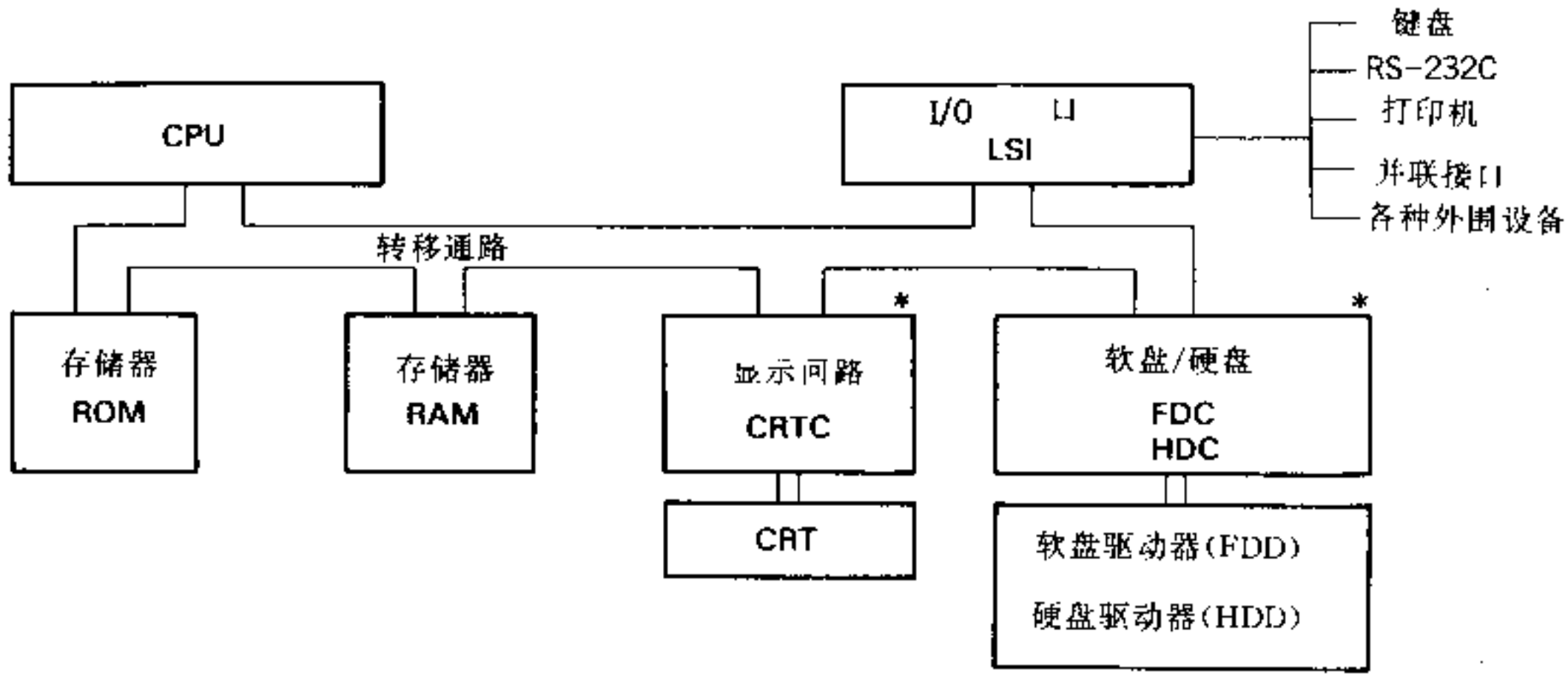


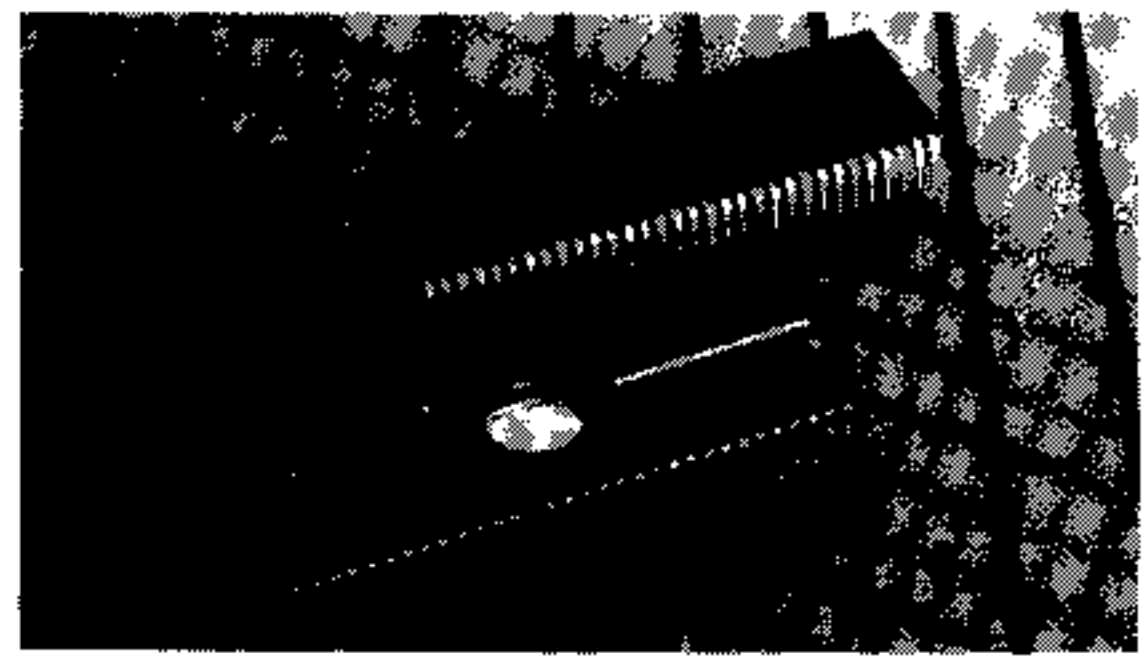
图 5—1　计算机的构成(硬件)

这样极不方便。因此，使用消耗电流较少的 RAM—IC. 利用锂电池等即使切断电源还能够“支撑”的器件也很多。“如果电池耗用完，度盘或记忆的内容即行挥发”的无线电机，是就是这种 RAM 的内容会丢失的机器。

在技术上，如果具有 CPU 和存储器，计算机的功能就完全能很好地执行。可是用它在操作中由于与外界完全交换不了信息（信号)，所以简直还是没有用。因此需要有与外界能相互交往息信的部件，这就是所谓外设(Peripheral—外围设备）部分，或者是 I／O (Input／Output—输入输出通道)部分。

个人用计算机和微型处理机的不同之处就在于这部分。个人用计算机为处理大量“数据”和社会信息持有 CRT (阴极射线管）显示器、键盘、打印机、软磁盘、硬磁盘、绘图仪或扫描仪等各种“外围装置，”尤其是在最近备有为通信服务的 RS—232C 接口等多种 I／O。而微型处理机，是以与电子电路和信号相互交往为目的，多数场合以并行接口为中心。

最近将 CPU、ROM、RAM、并行和串行接口（I／O 部分）都集中在一个 IC 上，有各种市售的“单芯片微型处理机”，对 RTTY (无线电电传打字电报发射）或 CW 的解读／发生等均显示有很好的性能。用户可以随意写



照片 5—1　单芯片微型处理机一例

入 ROM (存储程序表)，也能够抹除（参照照片 5—1)。用它来制作业余无线电的附加装置是非常有用的。

如图 5—1 所示，连接各部分称为“总线”的部件，相互交换数据的为”数据总线”，对其存储或为进行 I／O 指定地点的称为“地址总线”。于“16 比特”等的称呼法，在多数场合，是表示数据通路的“宽度”，例如“16 比特”在 CPU 上的数据总线是以 16 根组成为一组，能一次相互交换 16 比特数据的意思。

接着说明计算机的操作。用一句话来说，计算机的存储如图 5—2 所示是被叫着“地址”的附加号码，按顺序排列的一些像小盒子样的东西，在一个一个的盒子里，都记忆着“命令(指令)”或者是“数据”。前者为代码区，后者为数据区。在最近的程序编排手法方面，代码区的内容由于程序执行中没有变化的问

题，所以这部分就可能 ROM 化。不言而喻数据区必然是用 RAM 去实现。

CPU 当开始执行程序时，预先须知道要从哪个地址开始（这将以后叙述，是 OS—控制系统的任务）。例如图 5—2，代码是从 1000 地址开始，CPU 首先从 1000 地址读出指令 1（把这叫着检出），即作解释、实行。继续下一个从 1001 地址读出指令 2，随作解释、实行。如此按地址的顺序取得指令去逐步执行，但在途中，如果遇有“跳向另一个地址接着执行”的指令时，那就要把执行的流向分岔去作。

这些指令基本上有如下几个种类：

- 从数据区的存储器里，把数据写进 CPU（负载指令）
- 从 CPU 把数据写进数据区（存储指令）
- 数据的运算
- 比较判断
- 跳转
- 命令块的分支以便子程序作同样的共同处理。

下面介绍一下 CPU 的内部结构。从编程表的立脚点，把 CPU 的内容作抽象表现为图 5—3 所示的“程序设计模型”，这就是 8 比特有代表性的称为 6800CPU 的例子。程序设计模型随 CPU 的型号又各自稍有差异，所以为了掌握使用新的 CPU，首先必须充分理解这些内容。

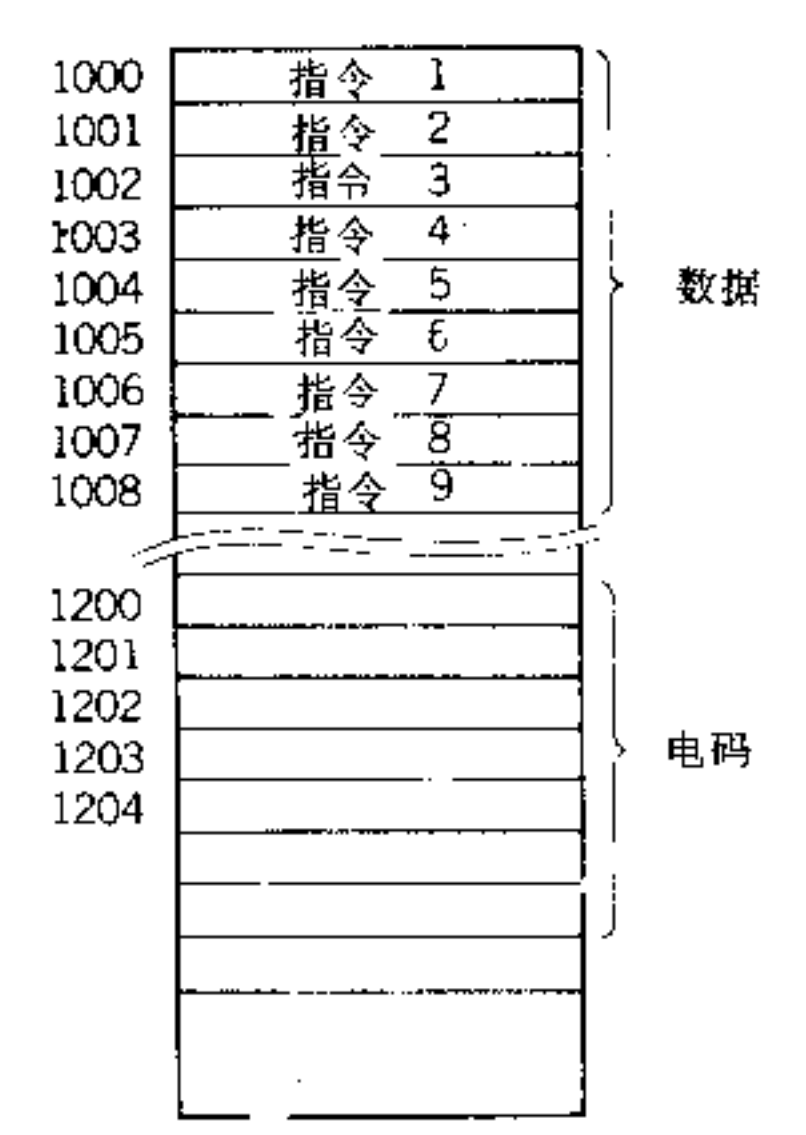


图 5—2　计算机的存储器

简单说明一下图 5—3，累加器 A 和 B 是与前述的存储器相互交换输入数据的地方，CPU 即行运算这个累加器的数据，并作比较判断。累加器本来就是“加法计算器”。CPU 有多个与累加器机能相似的寄存器，用以记录和处理数据，即可使各种处理高速化。

变址寄存器 IX 是能够运行复杂程序的寄存器，在这写进某值 X，从存储器读到的指令就会以 X 作地址校正。

例如，当 X 为 5 时，虽执行的指令是“读进 1200 地址的数据”，但却不是 1200 地址，而是读进了 1200＋5＝1205 地址的数据。使用这种性质，就会一边变更 X 值一边重复同样的指令，处理连续地址的数据是很方便的。

程序记数器 PC 是控制程序执行的装置。也就是 CPU 从 PC 所指示的地址读出指令。跳转指令，就是改写 PC 值的指令。

堆栈指针 SP，在向子程序作跳转时，或者需要插入执行别的地址的程序时，一般是用于记忆返回地址，也可在数据的交接等方面使用。

标志寄存器，是表示运算结果的正负或比较结果等的寄存器，根据这个数值在程序

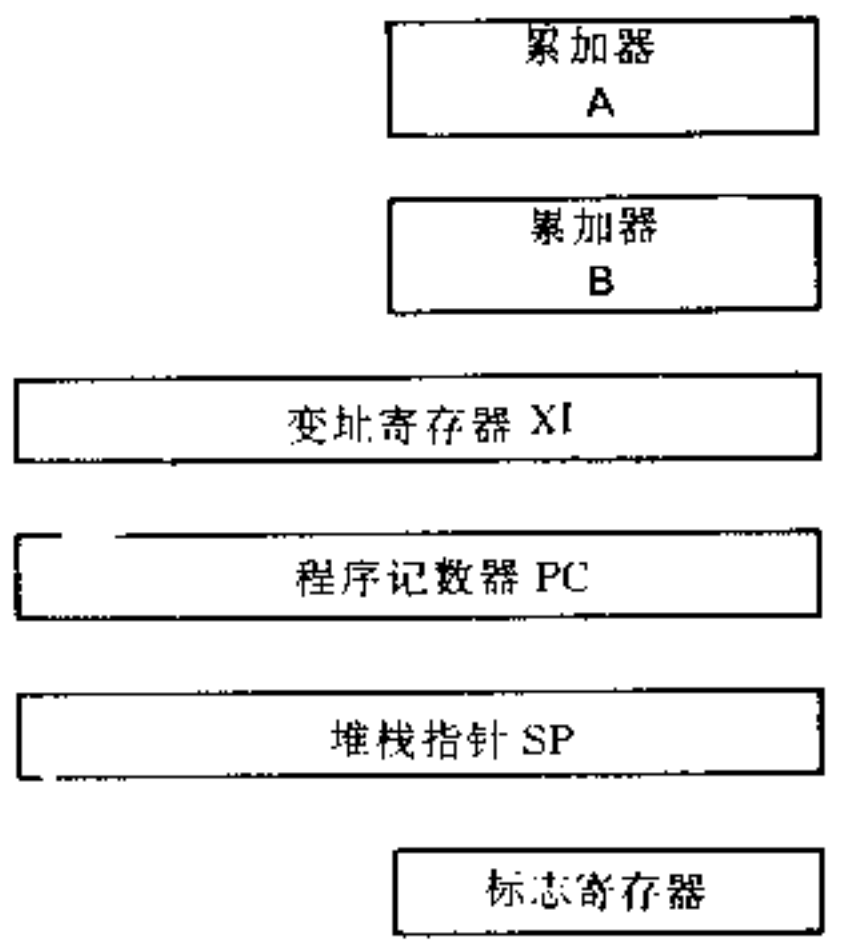


图 5—3　CPU 的程序设计模型

分支的情况下使用。

5.2 计算机的种类

5.2.1 CPU 的种类

A. 4 位 CPU

是为最小规模的微型处理机，多用于家电产品上。在初期的无线电装置上也曾装载过。

B. 8 位 CPU

Z80、6809 等比较有名，是单芯片微型处理机的主角，现在用于无线电装置、分包通信的 TNC 上都采用，在计量器等方面也被使用。大约在 10 年前也曾经是个人用计算机的主角，所用存储器的大小有最大为 64K 字节和许多小的机种，而现在除了游戏机以外在个人用计算机上已经不使用。

C. 16 位 CPU

总线用 16 位、而在性能方面接近 8 位的 8086，稍加提高性能的 80286，以及正规的 16 位的 68000 或 68010 等，是现在个人用计算机的主角。在电台日志的整理，无线电装置的控制，文字处理。数据库等方面用途十分广泛，但在搞电路计算等正规的计算等方面，若不与称为“数值运算处理器”的 LSI 配合使用，会感到能力不足。

另外，16 位的微型处理机也有用作复杂控制的。

D. 32 位 CPU

正规的 68020，具有和 16 位机的兼容方式的 80386 就是这种，具有远远超过个人用计算机的性能，在所谓“工程技术工作站”(EWS) 上被使用，其性能已超过上一代高性能的小型电子计算机。

在最近的 16 位个人用计算机系列中，虽然也采用 80386，但它是利用 8086 的兼容方式产品，在使既往的 16 比特用的软件以高速运行上均具有一定优点。顺便提一下运行速度的改善，若以 8086 运行所要时间定为 1，则 80286 约缩短一半，而 80386 缩短为四分之一左右。

5.2.2 系统的种类

计算机的种类如前所述有中心计算机；个人用计算机和微型电子处理机（微型处理机）等。详细情况可参考本节第 1 项。

5.3 程序设计

所谓程序，就是在存储器上以计算机语言正确地作好排列。在计算机上广泛使用以“0”和“1”表示的二进制数，如表 5—1 所示把每个 4 位二进制数都用十六进制数来表示。例如，“10110110”这样的数，前 4 位的“1011”＝BH 和后 4 位的“0110”＝6H 读为“B6H”，再如“0110110”，乃是以“0011”＝3H 和“0110”＝6H 读为“36H”(H 即表示 hexadeci-

mal＝十六进制）。

这样使用十六进制或二进制数所表示的指令（机器语言）作出的程序设计，实际上是极其不自然的，这要进一步用人们都懂的语言来写程序，对此如图 5—4 所示使用计算机程序的翻译方法，有下列几种方式。

(a) 使用 CPU 原本的指令、助记符作程序设计的方法（汇编程序）

(b) 用“if”或“while”这样近似人类语言话语的（高级语言）作出的程序，再“翻译”成机器语言（自动编码器）

(c) 同时进行翻译和执行，也就是把人们作的程序一面“解释”一面直接执行（解释器）。

作为(b)方式的代表广为人知的有 FORTRAN、PASCAL 和 C 语言等，作为(c)的方式 BASIC 语言较为著名。当然这些是语言的名称，而不是程序的方法，如编译性 BASIC 和解释性 C 语言。

为了编制没有缺陷（错误动作：即未按设想去动作）的程序，需按以下步骤进行：

1）在面向电键盘之前，首先自己要考虑恰当想写出什么样的程序，搞什么样的程序动作（程序的作法）。

2）画出程序的构造图（流程图）

3）作出子程序的输入输出的约定，以及在程序中所使用变量的作用一览表。

4）面对电键盘开始编制程序（实际即为写制程序）

实际上编程是比较困难的，但作为努力目标应坚持到底。

表 5—1　2 进—16 进变换表

10 进	2 进	16 进
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

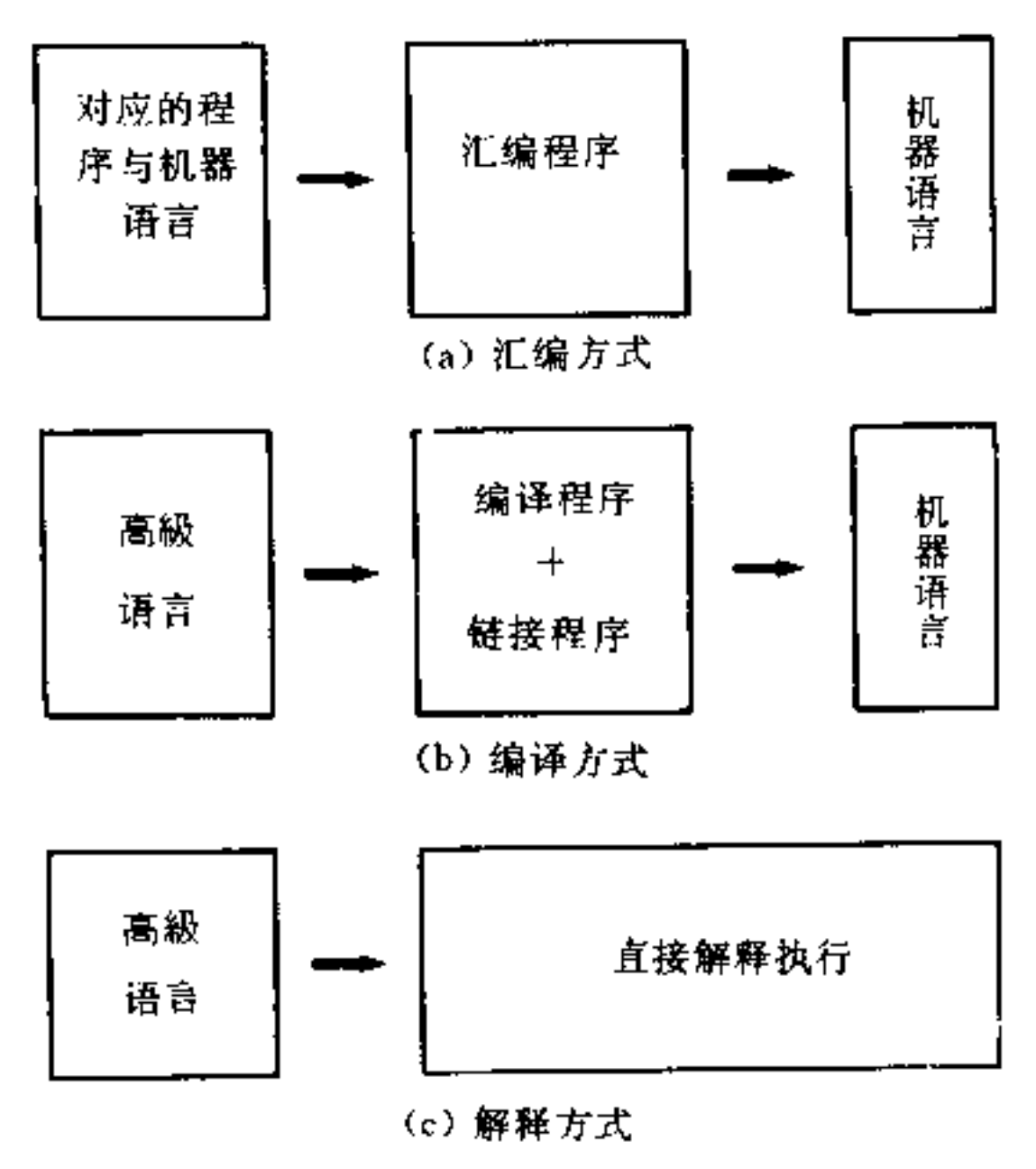


图 5—4　程序设计的方法

个人用计算机

现在人们常使用的个人用计算机很多，其中较多使用的有 PC8801、PC9801(和它的兼容机)，以及 IBM—PC 的各种机器（在 IBM—PC 方面有 XT 和 AT 这两个样机，前者使用的是 8088 普及版，其性能处于 PC9801E 与 PC88 之间，后者使用的是 80286 高性能版，相当 PC9801RX 的 286 模式)。

IBM—PC 因为不是用日本语，在日本除爱好者以外是鲜为人知的，而在美国却以压倒多数被使用，在日本有许多厂商制造兼容机输出外，不管怎么说其最大的长处，是可提供 PDS(公用软件）谁都可以利用的免费软件，向使用的人们公开，如果满意，就再交付一定的金额，以此充满市场。另外，在商业基础的装置上，也开始用卫星跟踪软件或电路解析软件等，优质的软件与国产的软件比较能以数分之一的价格搞到手。

IBM—PC 用的软件在 PC98 上不能运行，但汇编程序、链接程序、编译程序的同类开发用软件却与 MS—DOS(后述)有兼容性，当然用于图形操作的软件是没有兼容性的。

除此之外，从美国的 Apple、Mackintosh 开始，也有各式各样的日本产机销售。

个人用计算机由程序控制执行，管理磁盘(软磁盘或硬磁盘)文件，以及各种应用等，为了便于使用个人用计算机，可以使用 OS (操作系统)。其中有 MS—DOS、PC—DOS、CP／M、UNIX 等，但现在 16 位个人用计算机的主流是 MS—DOS。

接着说明有关 OS 的主要功能。

个人用计算机的 OS 的最大功能，原本是在异机种之间能以同样的程序从事运作（称为兼容性)。

机种不同，为什么不能以同样的程序从事运作，那是因为在图 5—1 的构成图上可以了解到显示、电键盘、FDC、HDC 等全部元件的地址配置和动作原理都不相同。在具有完全同一功能的 I／O 电路上，从 CPU 方面看到的地址，例如虽只变动 1 个地址也会丧失原有功能。

一般，用户程序所进行的 I／O 处理（图像、键盘、软盘等的存储器以外的访问）如图 5—5 所示，可以考虑 (a) 操作调用，或者是系统调用)，(b) BIOS 调用，(c) 硬件的直接访问，这三种方法。

根据机种虽然硬件不一样，但从 OS 来看，把这些个不同点都作共同化处理的程序叫做 BIOS (Basic I／O Subroutine)．简单来说，系列虽相同但改变样机硬件也要改变，这时通过 BIOS 保持调用方法不变。另外，如果 OS 的形式相同，即使机种不同其操作调用的功能和调用法是同样的。

从而，在用户程序访问 I／O 时，如果全部使用系统功能调用，那末在异机种之间也就形成程序的兼容性。

在有名的 MS—DOS 上，完全没有关于

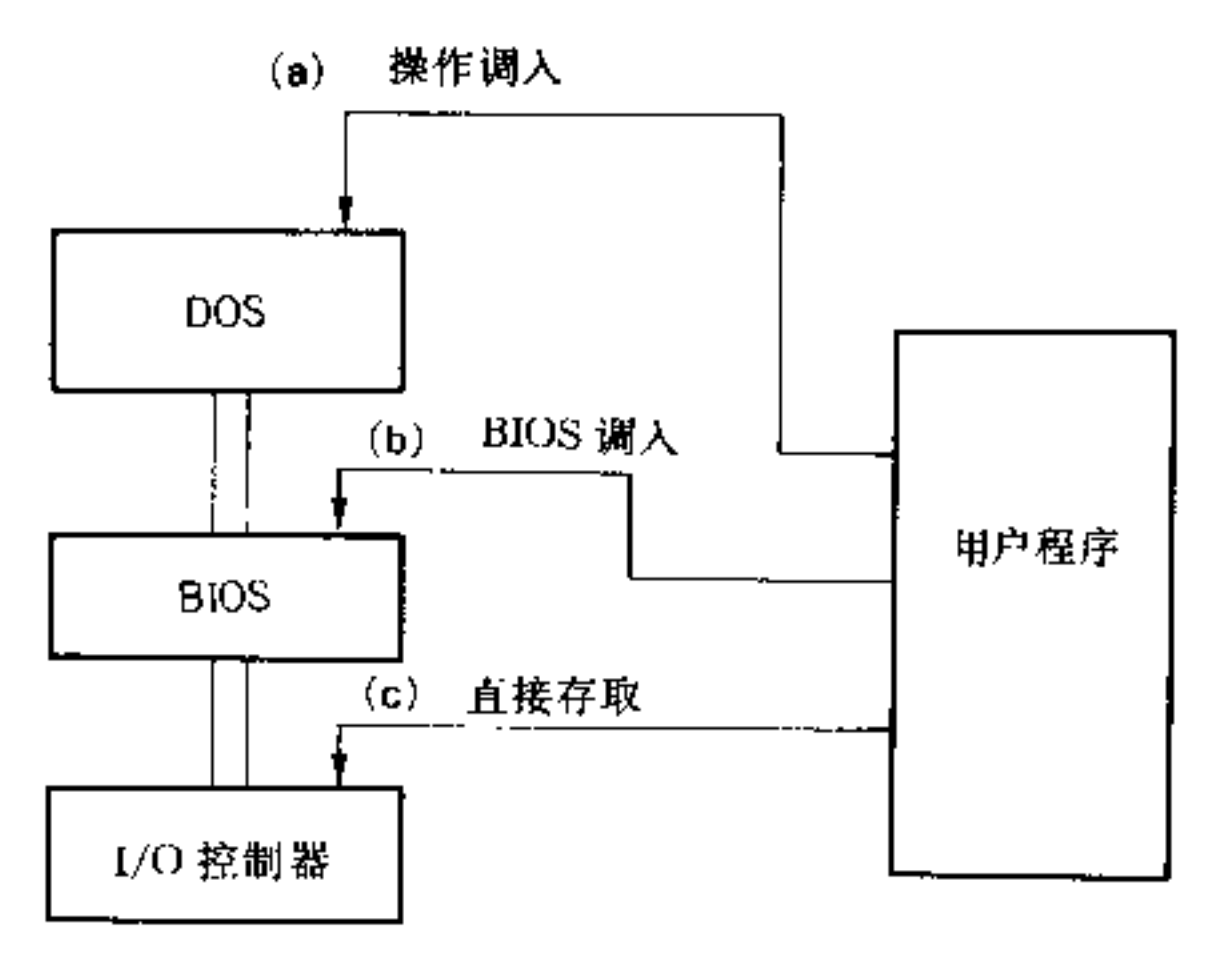


图 5—5 从用户程序设计所见 I／O 的操作

图形的系统功能调用，对这部分直接访问BIOS或硬件是必要的。因此，具有图形显示的程序就完全形成不了兼容性。

5.5 硬件的应用

计算机，时至今日在许多机器上已被使用，在业余无线电的发信机或接收机（包括便携或无线电收发两用机）方面尤其多采用微型电子计算机。

对硬件所应用的微型电子计算机，在图5—1的构成元件之中，是由CPU、ROM（预先写入程序）、RAM（变量，暂时数据的记忆）。I／O接口这四个部分构成。基本上如图5—6所示，是由多个输入接口和输出接口形成，都是处理逻辑信号（通常为5V和0V的"H／L"的电压信号）。例如，判读波段开关的信号，所输出的则是切换必要电路的信号。

这种微型电子计算机，常使用的是把上述四个部分装在一个芯片上的"单片微处理机"。单片微处理机不仅仅是无线电爱好者用的机器，在电冰箱、烤面包电炉、空调器等家用电器上也被广泛应用。可是这些都是以大量生产为前提，通常是在LSI制造时就把ROM（程序）部分装进去的"掩模ROM方式"，虽然不是以我们无线电爱好者为实验的对象，但在最近也在芯片内装有P—ROM，使用P—ROM写入器就可简单地写入程序的装置。

这些LSI，单片上包含有CPU，4至8K字节的P—ROM，200～500字节的RAM，2个串行口，3～7个的8位并行口，定时器等。由于内部具有多种机能，所以是相当高级的装置，只用1个IC和晶体，以5V电源就能实现机器的控制。另外单片微处理机，由于总线不暴露在外面，所以有利于抑制噪声的发生，以C—MOS型单片计算机为好。

还有应该写进P—ROM的程序，以开发如图5—6那样的装置较为方便。在电子计算机方面，有在P—ROM上附有紫外线抹除窗口不论多少次都可能消去的，虽然也有不附窗口一次就可写进去的装置，但在实验或开发当中，还是有必要使用附有窗口的。

程序语言，简单的东西就用汇编程序去进行。单片微处理机为8比特，其构造或指令形态都很适合简单的汇编程序。不过最近，由于出现了单片微处理机用的交叉C自动编译器，所以使用C语言也可以写程序。

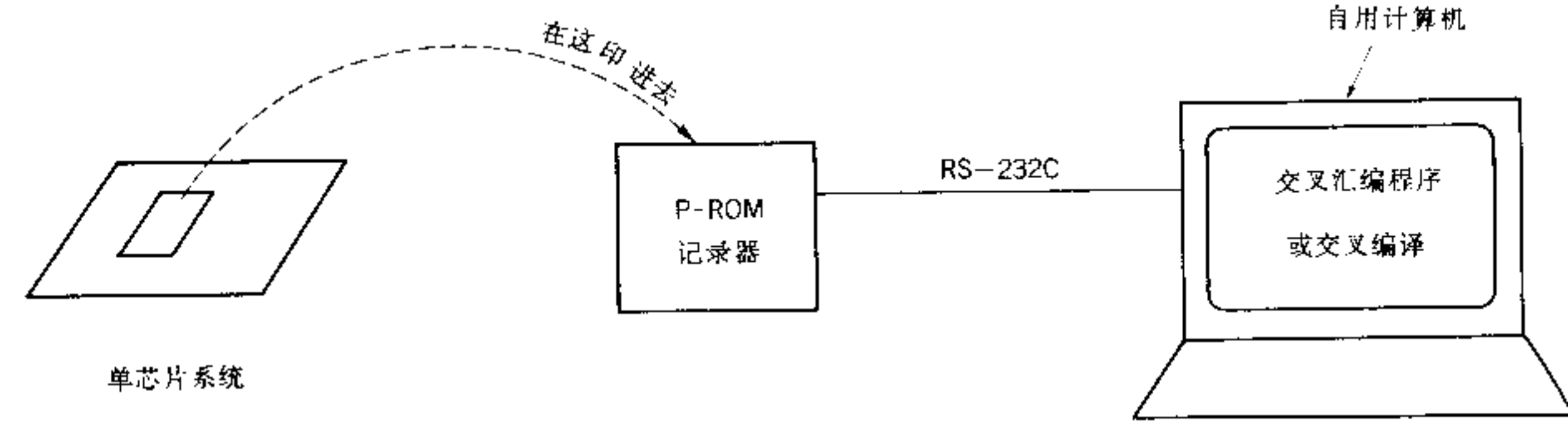


图5—6　单片微处理机的开发装置

在图 5—6 的作法上，由于完全没有检查错误的手段，所以在编程的电子计算机打开开关，总会呈现“成功或超控”。当为超控时，没有别的办法，只好把程序表再作一次修正。

从而，制作软件时是要想尽一切办法由每一小部分作起逐步积累。另外利用没有使用过的接口，在程序的适当地方对这些端口进行“标记信号”输出，再用示波器检查端口，就能够推测出是哪方面的程序超出了控制范围(把这称为中断点)。

下面举几个单片微处理机简单实验的例子。

(1)CW 键控器和 CW 译码器

所谓标准的电子设备键控器，用 20 个左右的分立的 IC 元器件就能实现，另外也有销售专用的 LSI。可是使用这些部件要求其功能是“标准的”，作不到一般化的东西。如果要模仿“手法”搞出手发一模一样的信号，预先记忆好标准的文本，这样的高功能最适于用单片机去实现。

还有 CW 译码器，使用普通个人计算机用 BASIC 等书写译码程序的例子比较多，这也是单片微处理机上恰好能实现的功能（但是在显示译码结果方面，要有液晶显示器或打印机等)。

(2)对 RTTY 的应用

把从终端送来的 ASCII 符号变换为 RTTY 的信号，以及把接收到的数字信号变换为 ASCII 符号都可用单片机。

特别是终端设备(TU) 的信号，由于电波在传播中的噪声或干扰等都会带来相当大的畸变，所以如果装进多个决定判断算法，也可能大大减少其错字率。这是有开发前景的领域。

5.6 软件的应用

在业余无线电方面利用个人用计算机的情况，大致来分，有供为直接操作无线电的；和与操作无关专供业余无线电活动作事务处理用的。下面将分述这些情况。业余无线电的目的是为“自我训练”。即使是自己制造简单的东西也能欣赏业余无线电的乐趣，实在是件好事，不要忘记这种“姿态”。

(1)对数字通信的应用

数字分包通信和个人计算机关系很密切，一般常把计算机通信和分包通信看成一回事。众所周知在通信方面，TNC 和终端软件是不可缺少的。在个人电子计算机里加进软件[亦可称为“终端软件”等]作为高功能的终端使用。终端软件所具备的功能，是文件的发送和接收，预约通信联络的功能，通信联络日志的自动管理，把从屏幕上越出消失的接收电文再调回来（滚动）的功能，记录短电文作发送的功能，在不中断终端软件的情况下能够从中自由地执行 MS—DOS 指令的功能，以及表示接通信道以来的时间的计时功能等等。

终端软件有市售品，用很小费用即可买到，有 PDS (公有软件＝是以作者的好意免费公开的软件，使用者得从礼仪上向作者提出使用报告书，但不许可作修改等)，共享用软件等，流通着各式各样的软件。选择方法的要点，与其搞单一功能不如注重随意使用。例如当发送文件时，当其只要求写入文件名称不如在窗口上表示出名称录（文件名称一览)，仅用光标和回车键对所有希望的文件名字能够进行发送的作法是很方便的。另外，不要选用必须记忆一个一个繁琐指令的软件，如能选用只使用功能键的就较为方便。

当自己想要开设 BBS 布告栏时，BBS 的

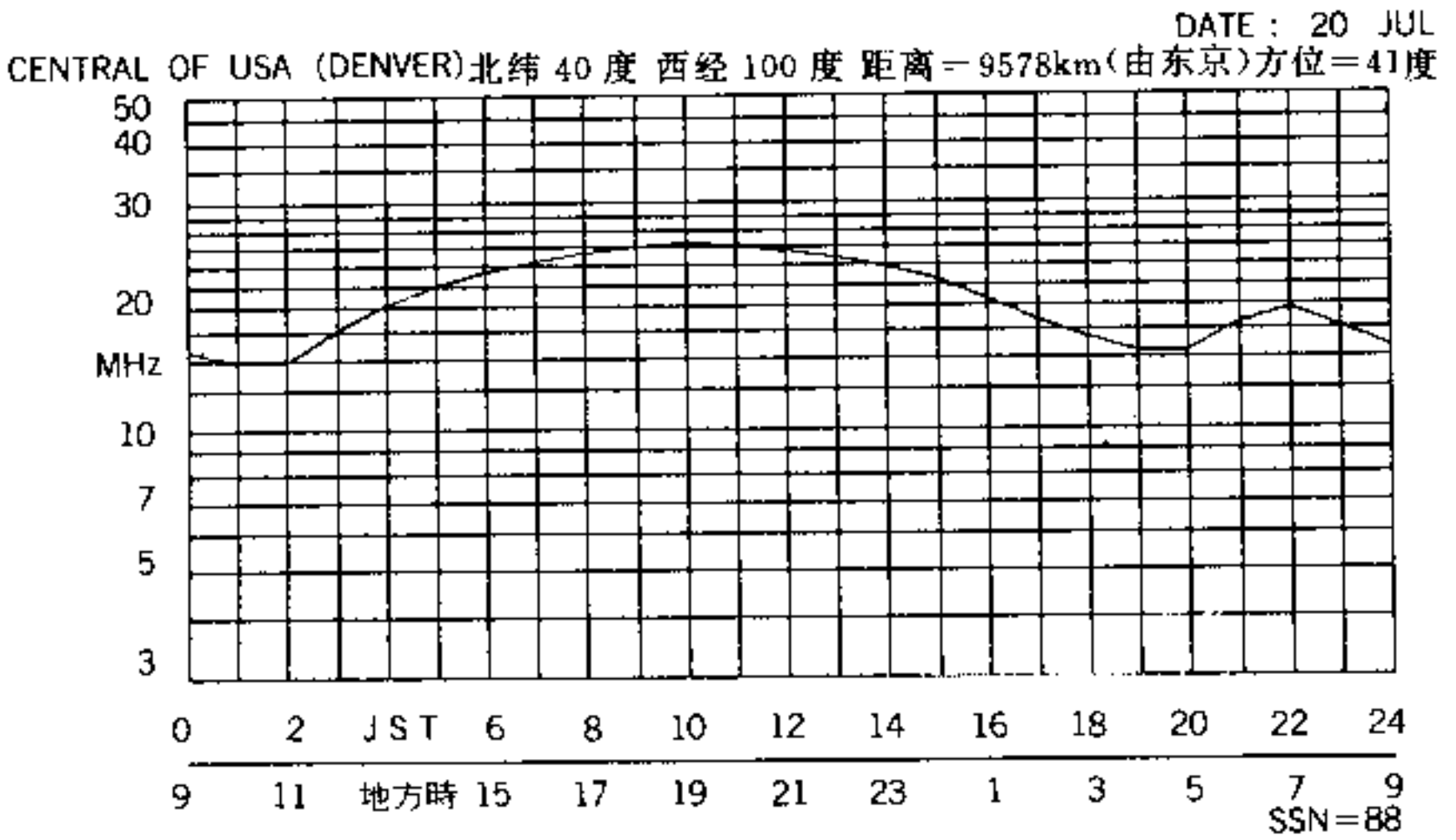


图 5—7　MUF 的预测曲线

软件是必要的，由于 PDS(公有软件)的流通，很容易搞到。

(2)发送、接收机的控制

最近的发送、接收机，为了用计算机进行控制，多数具备接口［CI—V (ICOM)，CAT (八重洲无线电)］。其详细规格各公司虽然不一样，但其共同点是使用串行的 S／S(起止)方式的信号，数据方面是由 8 比特的二进制的数据构成的。

传送速率有用 4800 波特固定的形式和从 600 至 9600 波特之间可设定的形式。控制项目有频率、方式、存储器、滤波器等的设定和读出等，能从控制面板上进行控制，以及许多功能可以用计算机进行控制（对于增益或音质等功能却不能控制）。

把这些功能有效地利用在正规的应用上虽然较少，但若组装在前述的终端软件上，就会感到像电话拨号盘那样在特定的 RBBS 上可以自由存取，那是很方便的。其他，在卫星通信上也可以用于作多卜勒频移的校正。

(3)电台日志的整理

当第二次遇到电台突然呼叫自己的名字，或者想不起对方的名称又很难翻到从前的记录时，就会深切地想要这种日志整理的程序。

作为功能，就是从对方的呼号检索通信日时或姓名的数据，都市名称或地区名称，是否确认通信联络，是否发给或收到卡片这些有代表性的功能。也有些市售的软件，但不一定都局限于为“业余爱好者”作成的东西，可以预料到对于方便使用或项目的长度等会存在不令人满意的问题。最近为建立数据库所用的软件，由于出现了价格可以承受的产品，所以还是打算自行编制为好。

简而言之，电台日志的整理按原有数据库的操作，检索速度是一个重要问题。检索速度是受数据库的软件（买来的部分）限制，而且用软盘还是硬盘那是有数倍差异的。所以对用软盘的检索速度不满意的人，建议再一次一定用硬盘试试。

(4)传播预测程序

当与海外通信联络时，如果知道与对方通信联络有无可能那就方便，使用电离层的电波传播状态，大体上可以从平均太阳黑子数、季节、时间、对方的位置等推断出来。当然为了精确，对于电波传播路经的电离层，得使用实际观测数据和大型计算机来进行计算。

对于某个地点，把通信联络可能的最高频率称为 MUF. 最低频率称为 LUF。也就是在用于通信联络的频率处于 BUF 和 LUF 之间时，就可能与对方通信联络，如果 LUF 比 MUF 高，用什么样的频率也不能通信联络。

MUF 会受到太阳黑点数很大影响，基于相当简单的电离层模式用个人用电子计算机就能够求得（也有相当的误差，并且如果不明确 LUF 就始终不能预测）。顺便显示出对方的方位、距离、对方的地址等是很方便的。图 5—7 就是用那样的曲线由计算机描绘出来的一例。

(5)电子线路的设计

使用个人电子计算机，进行电子线路的模拟，实际上没有作出线路也可求得静态工作点、增益、频率特性、相位特性、输出波形等电路程序解析，特别在放大器或滤波器的设计上可发挥威力。但是当使用这些软件时，一定要掌握电子线路的基础知识。

▶参考文献

(1) Robert B. Rose, K6GKU : MINIMUF, A Simplified MUF -Prediction Program for Microcomputers, QST, p. 36, ARRL, Dec. 1982

(2) John E. Anderson, WD4MUO : MINIMUF for the Ham and the the IBM Personal Computer, QEX, Nov., p. 7, ARRL, 1983

6.1 输出功率 1W、7MHz 电报发射机的制作

6.1.1 发信机的构成

介绍自制低功率无线电设备，有较高的实用性，对初学者制作出成功率较高的输出功率 1W 的 7MHz 电报发射机很有用。

首先，为确保其频率的稳定性需采用晶体振荡器。在我国，7MHz 频带的通信范围是 7000～7030kHz，所以采用 VXO（压控晶体振荡器）来包揽这个频率范围。

用 7MHz 频带单独送出输出功率 1W 的连续载波信号，在晶体振荡器后面虽然也有可能未加注意连接到功率放大器上，但为送出电信符号而采用键控方式，那样简单可不行。

原振荡也用晶体振荡，作为 VXO 当频率在规定范围内变化时，要求有良好的频率稳定性，一定要防止产生自激振荡。

因此，作为键控法及缓冲用，应在晶体振荡器和功率放大器之间装设缓冲／激励放大器。

6.1.2 发信机的制作方法

图 6—1—2 是按图 6—1—1 构成图的内容制成的，输出功率 1W、7MHz 电信发送机的电路图。

首先，晶体振动子要准备 7000～7030kHz 的上限 7030kHz 的物件。从这个频率向往 7000kHz 开展 VXO 动作。

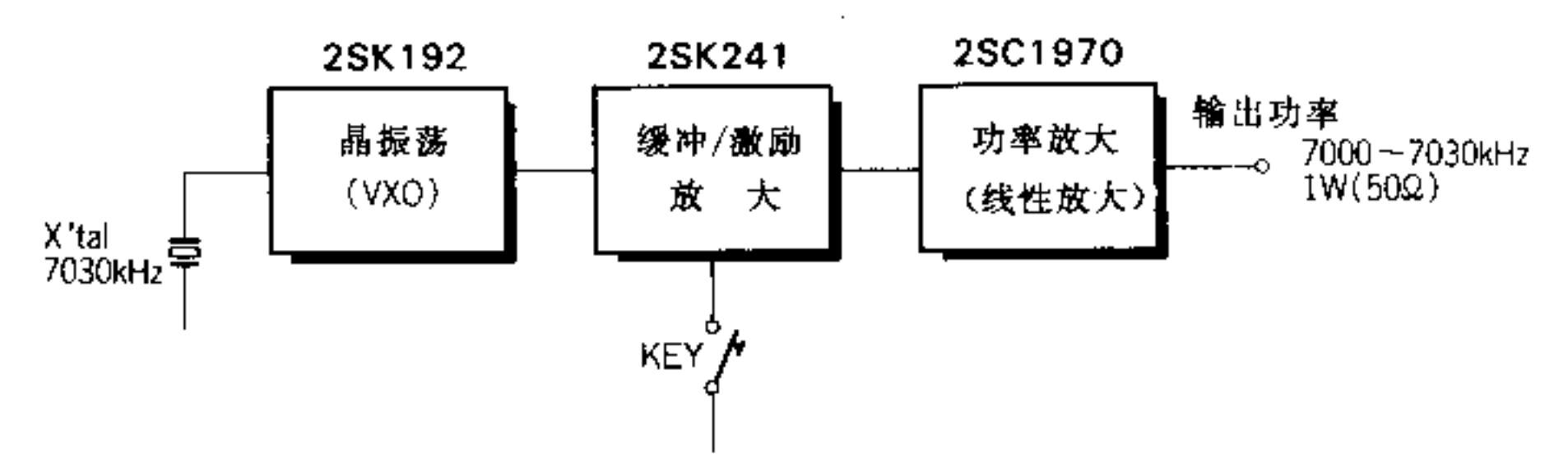


图 6—1—1 输出功率 1W、7MHz 电报发射机的构成

在晶体振动子串联插入 VXO 用的线圈的电感。假定晶体振动子的内部静电容量为 10pF 来计算，大约电感量为 51μH。

这种电感，在以后设定 VXO 的可变频率范围时由于必须作调整，所以要把一部分调换为电感可变的线圈(L_1)。

FCZ 研究所的 1.9MHz 用的线圈(10SIR9) 由于是以 390pF 电容组成对 1.9MHz 并联谐振而产生的，所以其电感约为 18μH。再加上 RFC 的 33μH，那末正好为 51μH。

在发信机上使用的功率放大器，虽然有调谐放大方式和宽频带放大方式，但在 3.5MHz 或7MHz 的频率情况下，由于用宽频带放大方式比较容易作，所以本机采用的是宽频带放大方式。从图6—1—2上可以看出，由于采用宽频带放大方式，在 T_{r3}的输出，全然没有调整的余地。

因为宽频带放大方式没有频率的选择性，所以功率放大器就必须要采用失真小的线性放大，对自激振荡也必须加以注意。

在 T_{r2}的源极上串进的 1kΩ 电位器，功能是为改变缓冲／激励放大器的增益从而调节功率放大器的激励功率。在调机时，调节这个电位器的阻值，就能够使输出功率从 0.8W 变化到饱和值(约 1.3W)。

在功率放大器上采用宽频带放大方式的场合，为得到在电波法令上所规定的杂散衰耗，接入低通滤波器是不可缺少的。为此，装进了 2 段串接的低通滤波器。关于这种滤波器的设计法，可参照资料篇。

开始动手装配时。按表 6—1—1 所列备齐需要装配的元件，按图 6—1—2 所示在印刷电路板上进行装配。

功率放大用的晶体三极管(T_{r3})所装的散热器尺寸为 15×15×20mm。如图 6—1—3 所示为印制图形的一例。此外关于印制电路板的制作方法，可参照本章第(四)。

印刷电路板加工完了之后，即可进行组装。对 L_4～L_6 的环形磁心的卷绕方法，可参照照片 6—1—1。对二极管 (D) 要配置在使 T_{r3}的热容易传导的地方（但要注意导线的绝缘）。

在完成装配之后，必须对照规定值将 T_3 的空载电流加以调整。为此，可在 L_4 进行装配前进行。

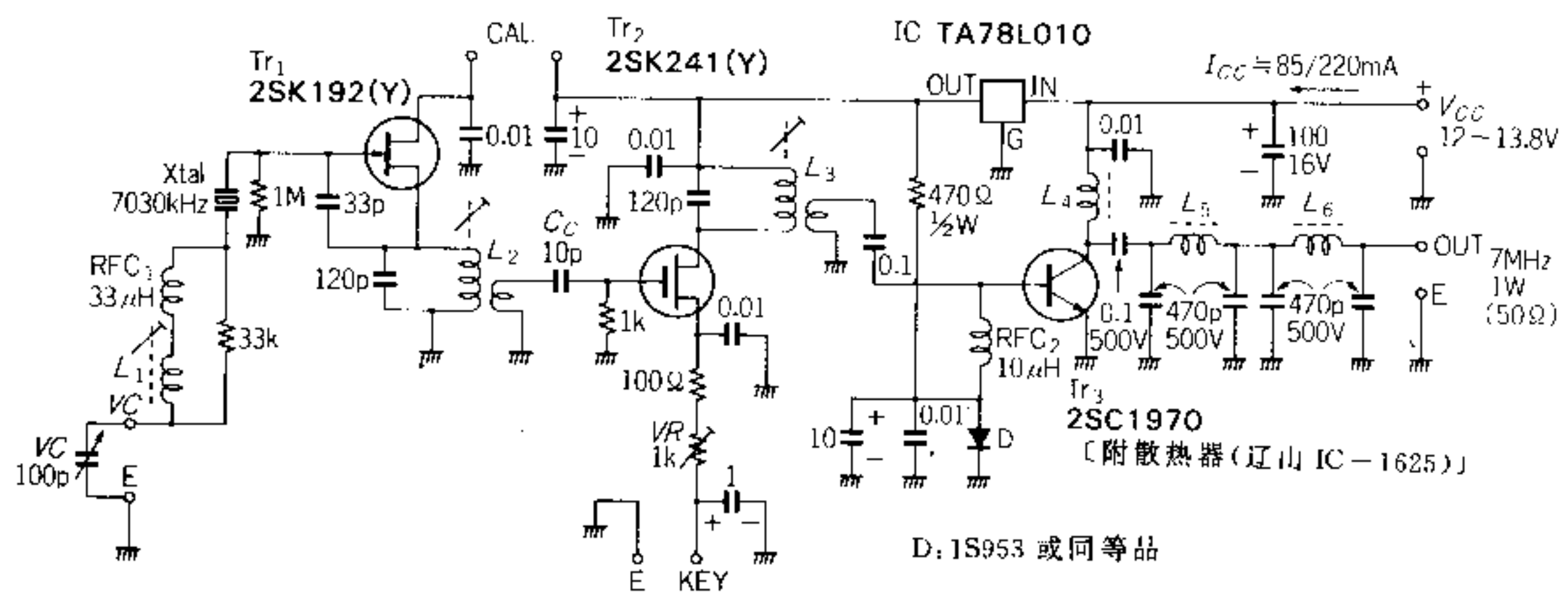


图 6—1—2　输出功率 1W、7MHz 电报发射机电路图

6.1.3
调整和结果

图 6—1—4 是为本机在正常工作时各部分的电流。其中关于 T_{r1}和 T_{r2}，大体没有什么问题。问题在于功率放大用的 T_{r3}的空载电流(60mA)．这是根据使用的二极管或三极管，也可能形成不了如图 6—1—4 所示的那样恰在 60mA 前后。

图 6—1—5 所示的是 T_{r3}的空载电流测定法及其调整法。

表 6—1—1　装配印刷板所要部件一览表

部件名	种类及规格	数量
半导体部件（附属品）	FET...2SK 192(Y)	1
	2SK 241(Y)	1
	Tr...2SC 1970	1
	散热器	1
	绝缘用部件	1
	IC...TA78L010	1
	D...IS953	1
水晶振动子	7030kHz(HC18／u)	1
线圈	FCZ 研究所...10SIR9	1
	10S7	2
	RFC...10μH	1
	33μH	1
	铁心...T－37－6(	2
	FT－37－61(	1
	0.4EC 线	1m
电容器	陶瓷...10pF	1
	33pF	1
	120pF	2
	470pF(500V)	4
	0.01μF	5
	0.1μF(50V)	1
	0.1μF(500V)	1
	可变电容器...100pF	1
	电解...1μF	1
	10μF16V	2
	100μF16V	1
电阻器	固定(1／4W)...100Ω	1
	470Ω(1／2W)	1
	1kΩ	1
	33kΩ	1
	1MΩ	1
	半固定(7Φ)...1kΩ	1
印制板	50×100mm	

空载电流的测定是在 L_4 连接直流电流计进行的。这时若不接通 C(0.01μF)，将会引起异常振荡，所以要切实注意。

T_{r3}的空载电流，即使不正好为 60mA，如图 6—1—5 所示的那样在 50～70mA 的范围也是可以的。如果数值太大，可以在二极管加入 R_s 或 R_P 作调整。在试制样机时曾须串入 4.7Ω 的 Rs。

搞完空载调整即行安装 L_4 完成印刷电路板。在输出端子上连接能够测定 5W 范围的高频功率计，再临时在电路板的 VC—E 一端连接可变电容器使其工作方便。

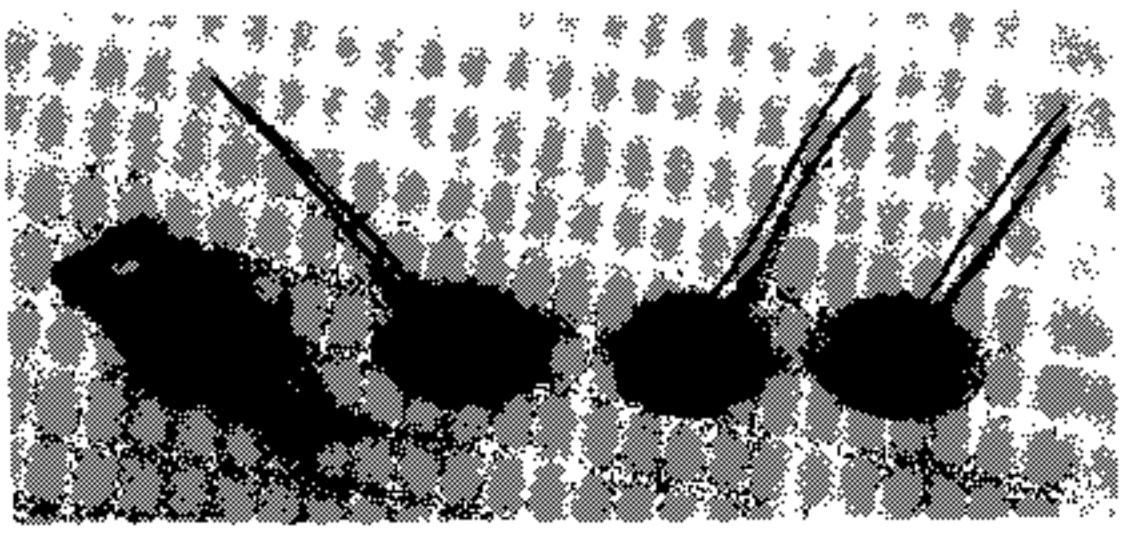
因为分别把 CAL 及 KEY 的连接处短路就会出现输出功率，L_2 晶体振荡器产生稳定振荡，再从 L_3 使输出功率调整到最大。转动 VR 时，如在 0.8～1.2W 的范围内改变输出功率则好，如果出现异常，则用 VR 使输出功率调整为 1W。

顺利调整了输出功率，即行准备用数字频率计测定频率并作 VXO 的 L_1 的调整。

首先，在调到最大 VC 的容量时，调整 L_1 使频率达到 7000kHz。如调整顺利，可再把 VC 的容量调到最小来看看。这时如果频率接近在 7030kHz，即可终止 VXO 的调整。

对于这种调整，在没有数字频率计的情况下，利用频率比较准确的接收机也可以进行。

本机如图 6—1—6 那样连结起来装入盒



照片 6—1—1　在圆环磁心上卷绕线圈
由左 L_4、L_5、L_6(L_5 和 L_6 同样)

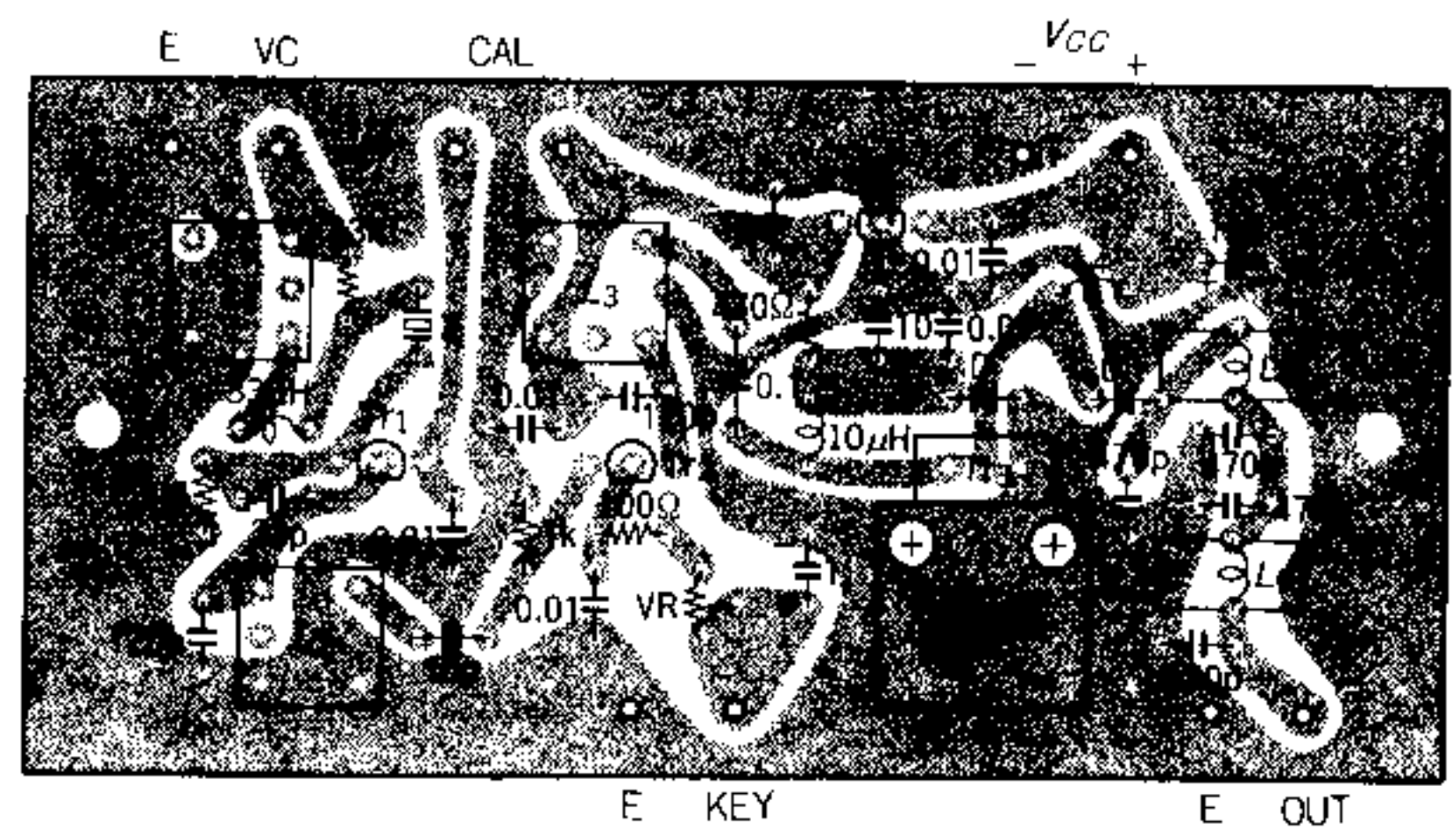
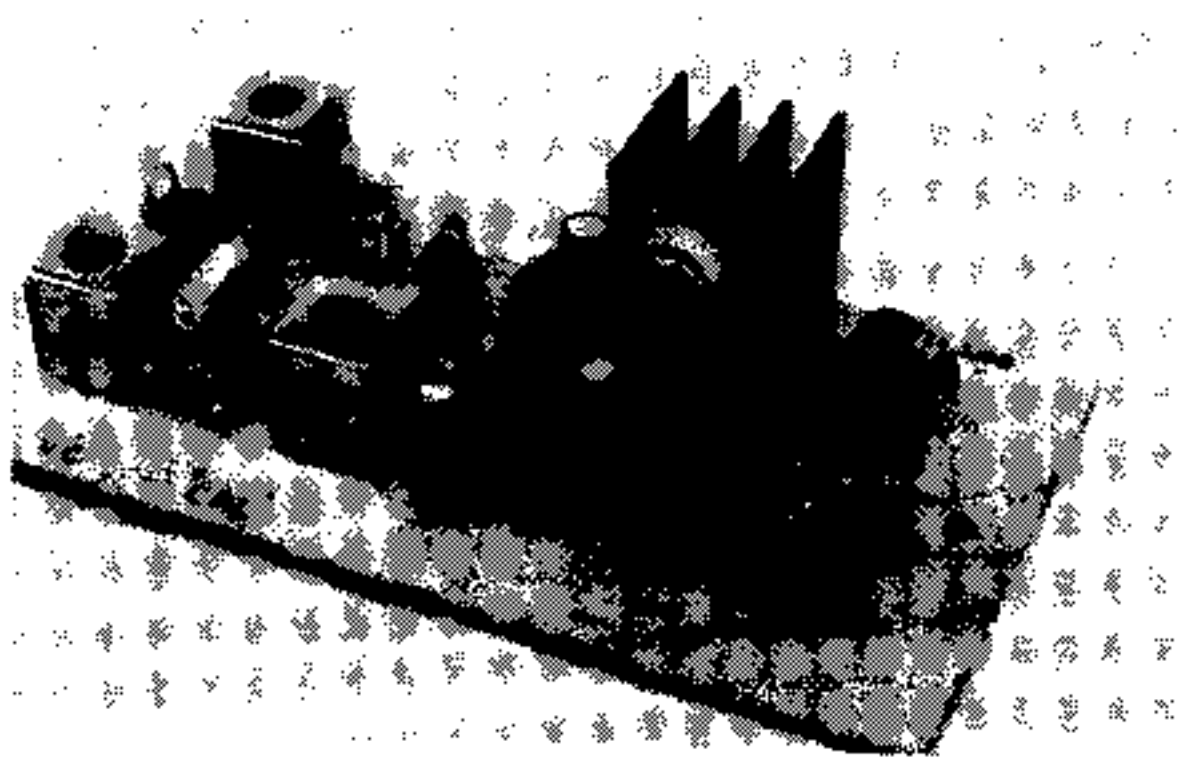


图 6—1—3　印制电路图形

照片 6—1—2
完成的印制电路板，二极管热结合在 T_{r3}上



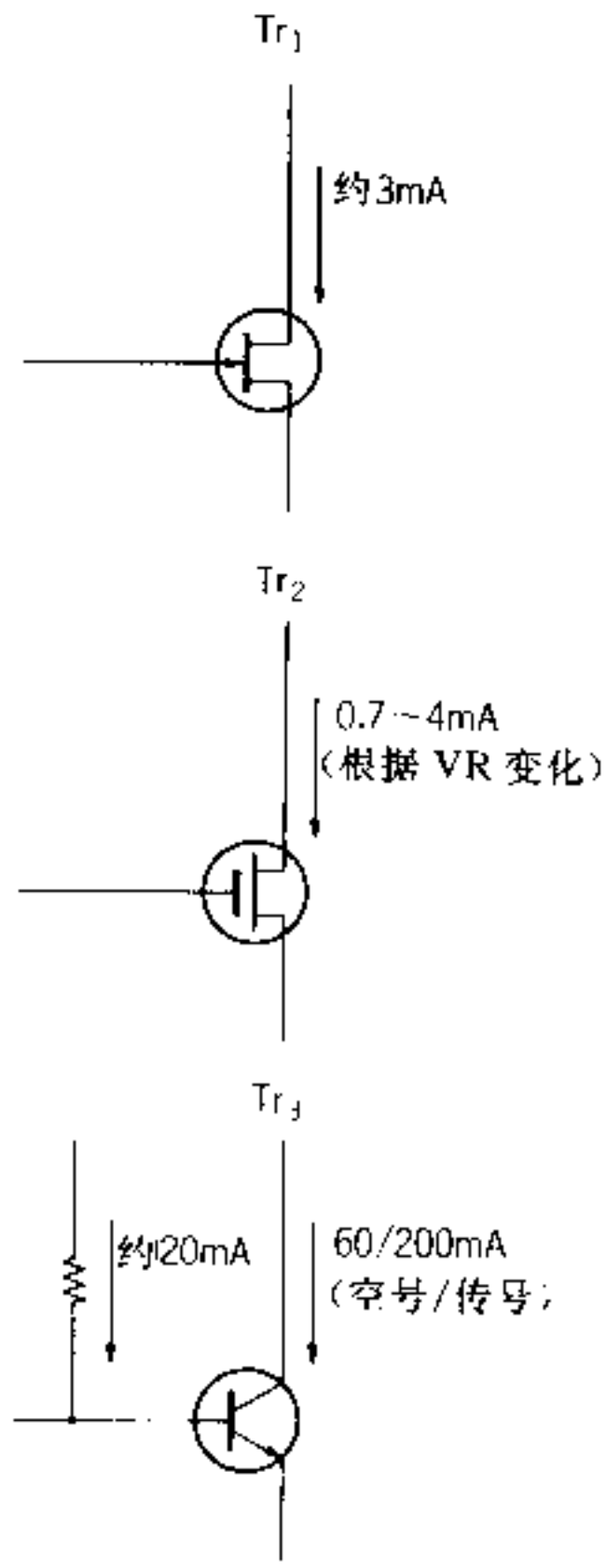


图 6—1—4　在正常工作时的电流值

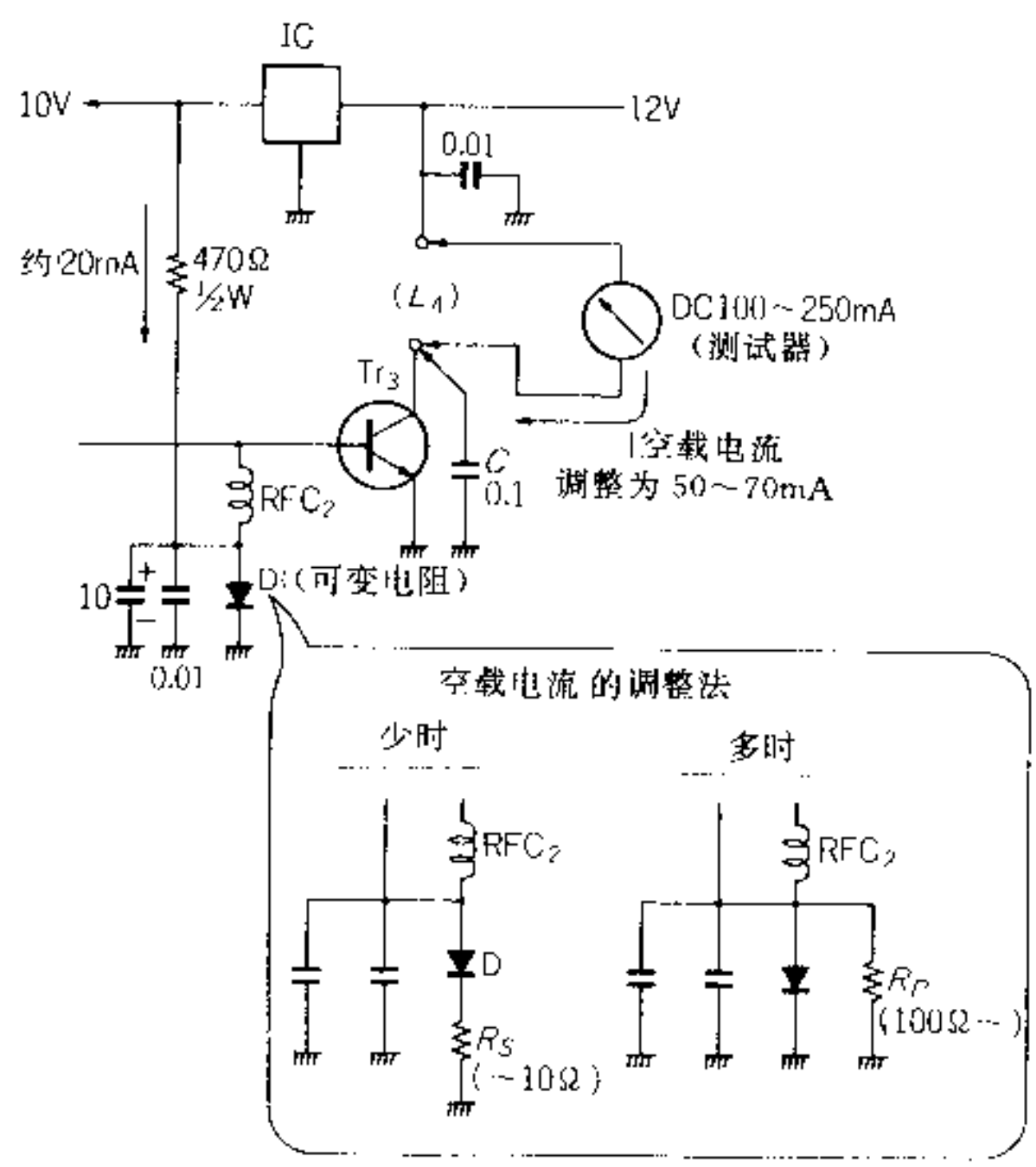


图 6—1—5　T_{r3}空载电流的测定与调整

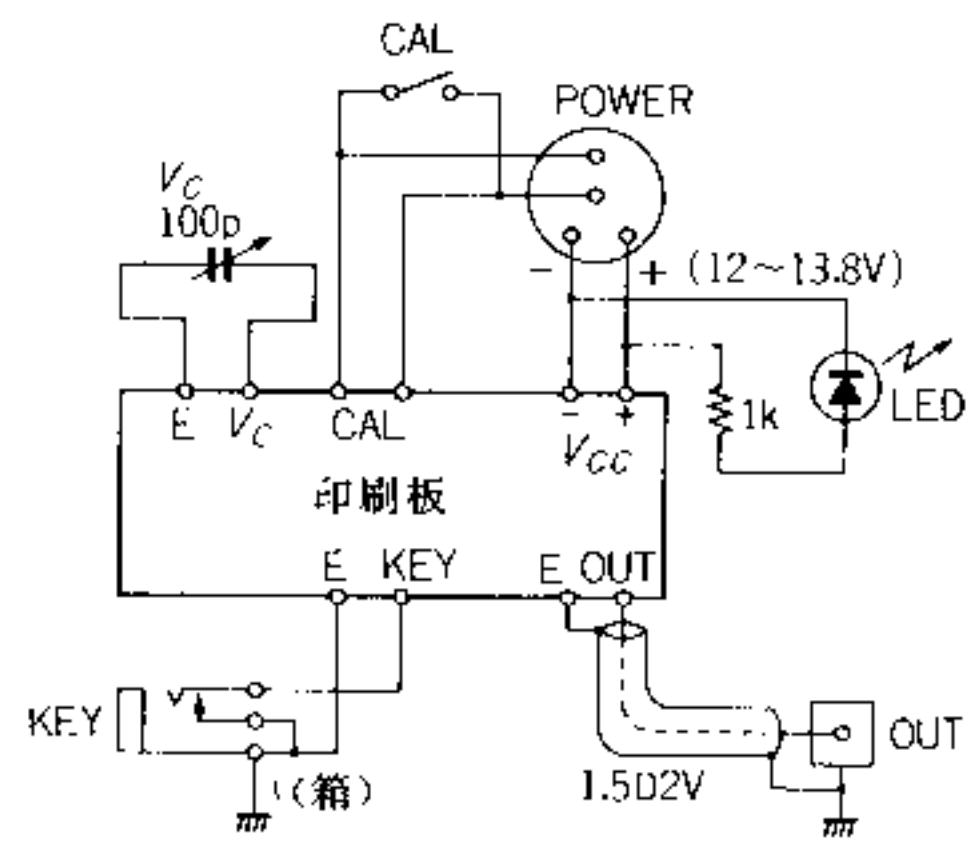
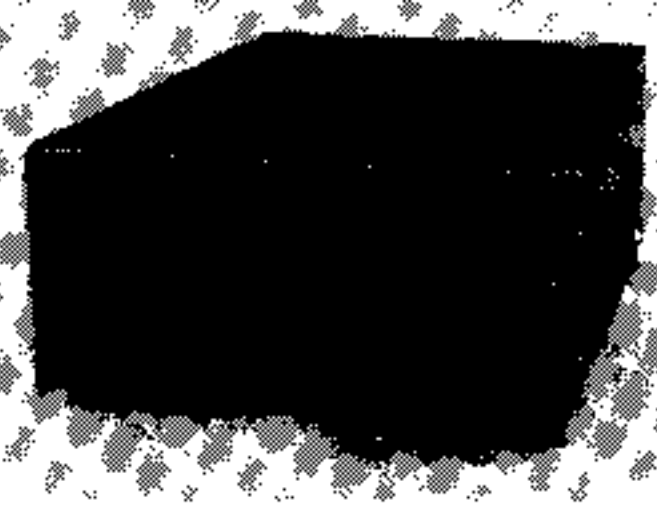
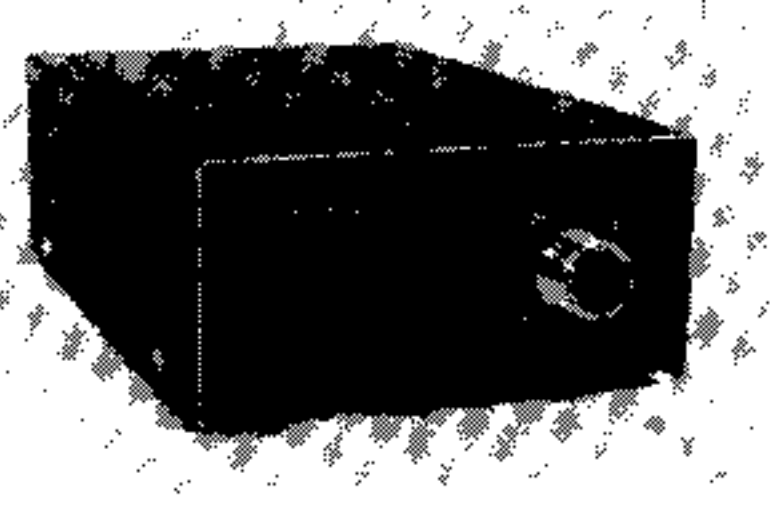


图 6—1—6　装盒时的接线法

照片 6—1—3　内部的样子



照片 6—1—4　外观(正面)



照片 6—1—5　外观(背面)

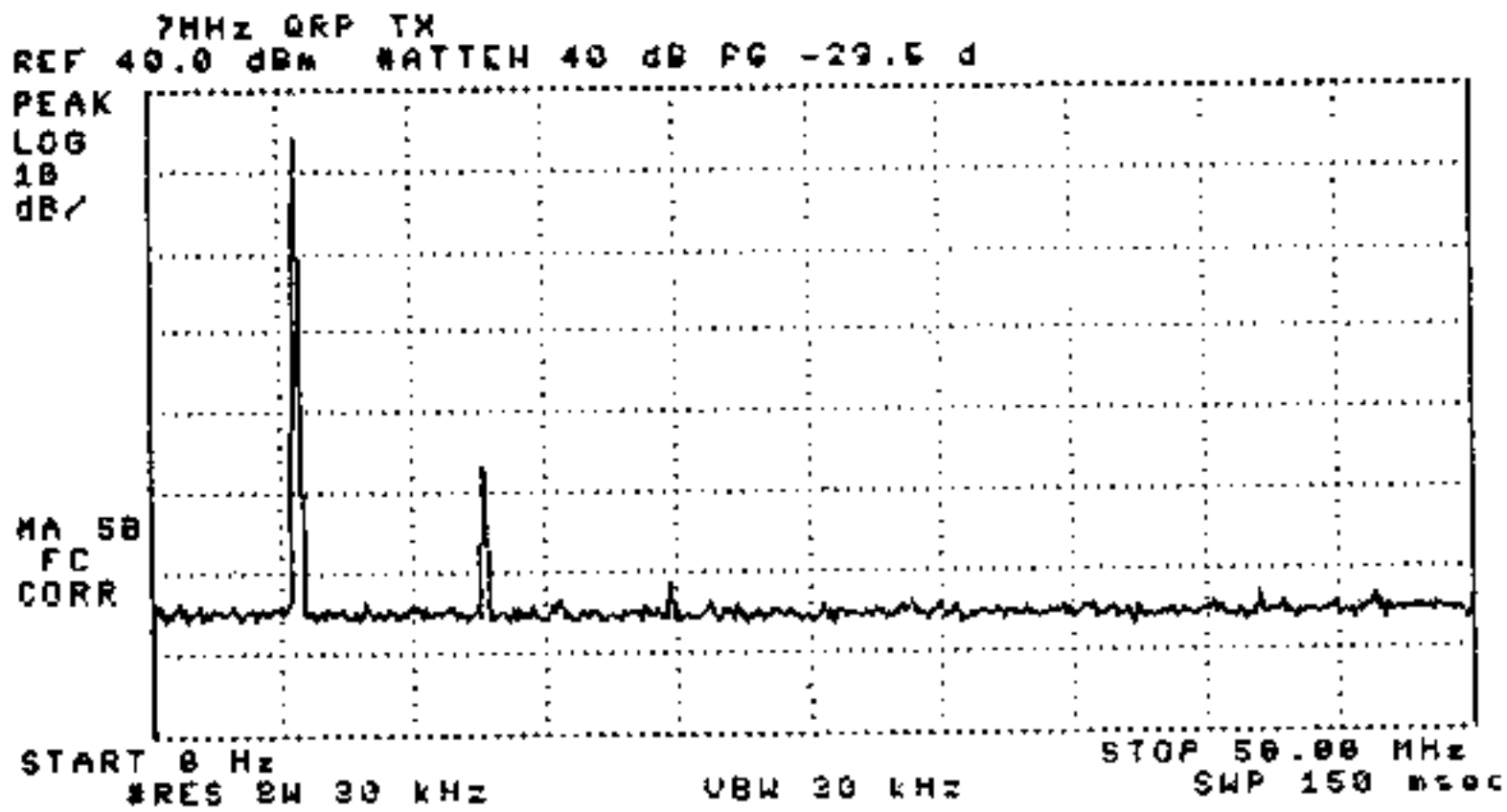


图 6—1—7　本机的寄生特性

子里。为妥善维护 VXO 的频率稳定性，主要是装入盒子要严实，还有在 VXO 用的高频扼流圈上使用带磁心的微型电感器，可能温度特性不好。那末在试制机上也可使用无柱心的蜂窝状线卷，但是在选定这种线圈上一定要加以注意。

最后图6—1—7是表示本机的寄生频谱特性。作为简单的无线电装置，虽不能说是最好，但在电波法令所规定的40dB 上是通过了的。另外，抬起电键时的输出功率约为0.7μW。

6.2 稳压电源的制作

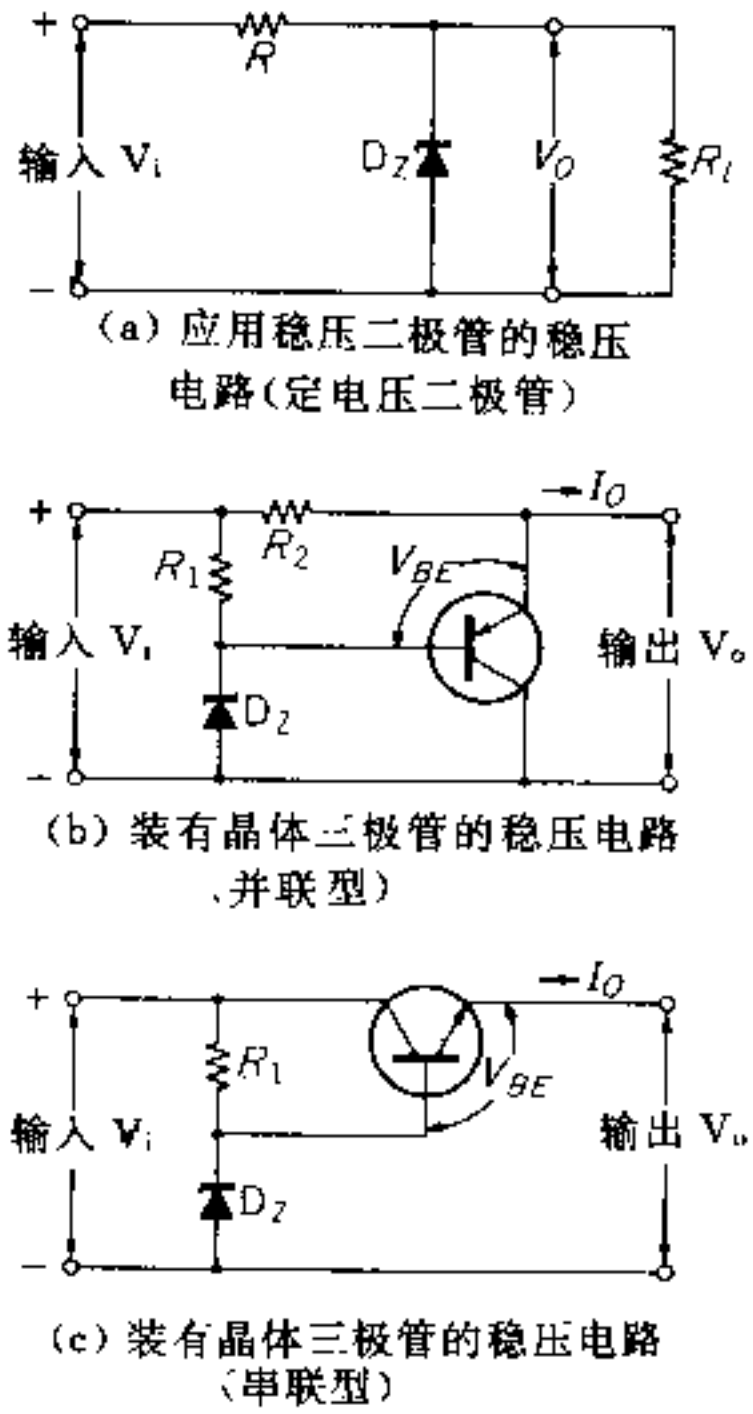
在固定电台使用作移动用的无线电收发通信机的场合，必须要用稳压电源。只用简单的整流电路由于电压波动较大，而且脉动电平高，交流声也就多，所以不适宜作电源。

对输出功率 10W 级移动用无线电收发机的固定电台用电源，自制一台合适的稳压电源是最适当的。

6.2.1 各种稳压电路

要得到稳定的电源电压有多种方式，有代表性的各种稳压电源电路如图 6—2—1 所示。

(1)应用稳压二极管的稳压电路



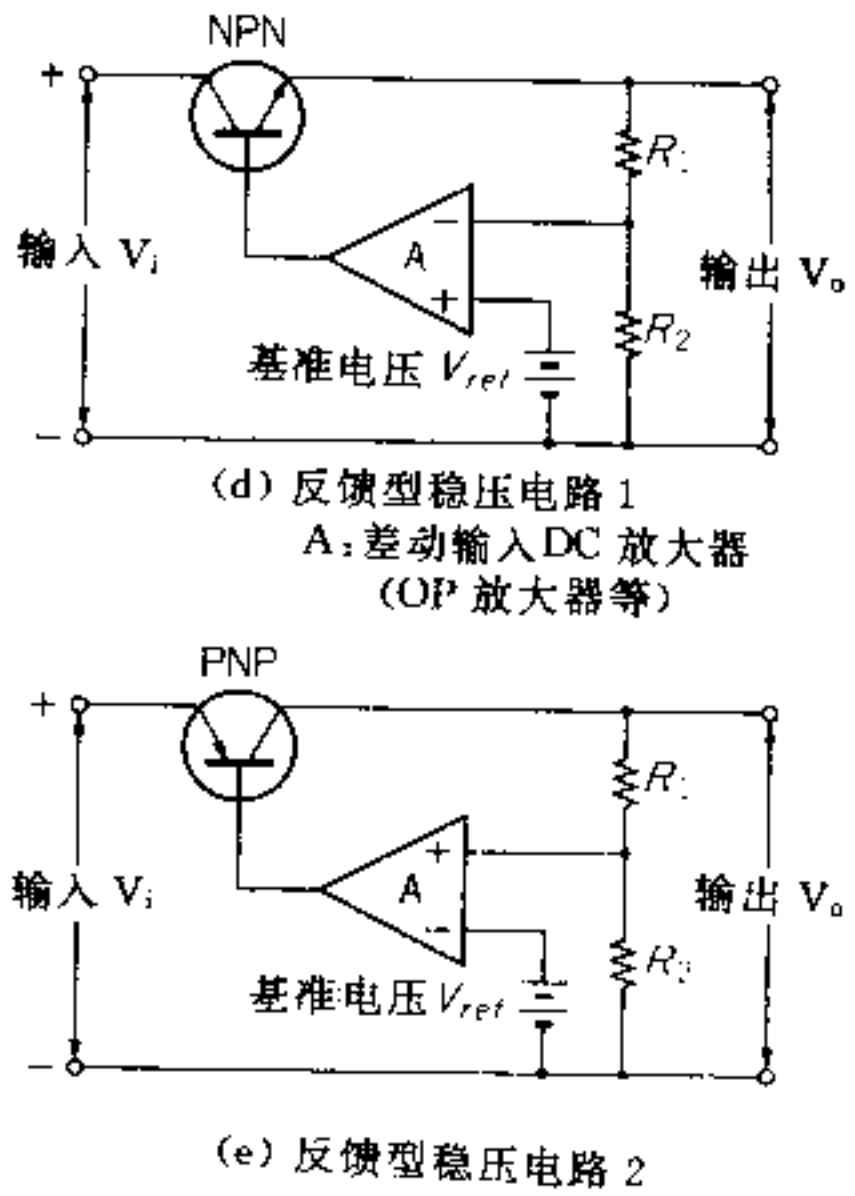


图 6—2—1　各种稳压电源

最简单的方法是利用齐纳二极管，也称为稳电压二极管的硅二极管，当反方向的电压增加，达到所谓稳压值时，电阻迅速减少，使反向电流急剧增加的半导体元件。

例如额定为 9V 的稳压二极管，在反方电压不够 9V 的时候，表现有较高的电阻值，如果增加反向电压达 9V 以上，则二极管的内部电阻会急剧减小，这样就会使反向电流急剧增加。

对图 (a) 的电路稍加说明。如果通过限流电阻 R 输入比稳压电压高的输入电压，如输入电压发生变化，由于稳定电压是恒定的，所以电阻 R 上的电流也会产生相应的变化。可是负载上的电流由于稳压电压恒定，所以不会变化。当输入电压变化时，利用稳压二极管端电压的微小变化，引起二极管电流较大的变化，使电阻 R 上的电压也发生较大的变化，通过电阻 R 的电压调节作用，使输出电压基本保持恒定。

稳压二极管的定电压电路，在小功率电路上多被使用。

(2) 晶体三极管和稳压二极管组合起来的稳压电路

在仅用稳压二极管构不成电流容量时，可以使用具有放大作用的晶体三极管作组合装配。

先用小型的稳压二极管作好基准电压，而后将大功率、晶体三极管等组装在一起，即可得到较大功率的电源。

这种方式虽有图 (b) 的并联型和图 (c) 的串联型，但并联型的一般很少使用。

(3)反馈型稳压电路

是输出电压为可变型的电路。而且其稳定程度较比前二者都优越(参照图(d)、(e))。

如图所示输出电压 V_o 的变化用反馈网络 R_1、R_2 取样的反馈电压，与稳压二极管的基准电压 V_{ref} 相比较，其差值电压经比较放大器 (A) 放大后，使调整管的基极电压发生相应的变化，经调整管的调整作用使输出电压基本稳定。

图 (d)、(e) 是表示得到相同极性的输出电压时的构成实例，图 (d) 为 NPN 型晶体三极

管，图（e）为 PNP 型晶体三极管的使用实例。

6.2.2 电源的保护电路

当保险丝达到电路断流程度的时间长了，就难以再得到保护效果。另外在需要自动复原的保护功能时，可以应用电子电路来作保护电路。

代表性的保护电路，有限制电流型，跌落型（fallback），另外考虑负载方面的保护，还有过电压跳闸保护电路。

图 6—2—2 所示为用于稳压电源的各种保护电路。

6.2.3 13.8V・4.5A 稳压电源的制作

移动用无线电收发信机，基本型式是功率为 10W，输入电压为 13.8V，电流为 3.2～4A。所以实际上应制作具有 13.8V・4.5A 容量的稳压电源。

6.2.4 电路

图 6—2—3 所示的是所制作稳压电源的电路图

a. 变压器（T_1），使用的是东洋电制“HT－205”。具有最大 20V・5A 的容量，12V、16V、18V、20V 的输出抽头。本机使用的是 18V 分支。

b. 整流器（D_1），使用的是 GI（通用仪器）制“KBPC10—02”（200V・10A）。这种整流器具有金属制的散热器，装在外壳上可提高散热效果颇为适用。

c. 平滑电路用的电容器，是以输出电流每 1A 为 1000μF 作大致要求，在本机电路上使用的是 4700μF，耐压 50V 的元件。

d. 控制用功率晶体三极管（T_{r1}）上使用的是普通的 2N3055（东芝）。这种晶体三极管的最大额定值为 $I_c=15A$，$P_c=115W$，$T_j=200℃$，作为电源用特性很合适。

e. 驱动用晶体三极管（T_{r2}），用具有复合晶体管构造高增益特性的 2SD560（NEC）。额定值为 $I=5A$，$P_c=30W$，$T_j=150℃$，作为驱动用已足够。

f. 误差电压检测用晶体三极管（T_{r4}），使用的是一般的 2SC945. 作为基准电压用（ZD_1）. 使用的是稳压二极管 RD6.2EB（稳压电压范围：5.8～6.6V，稳压电流：20mA）的 500mW 型式（NEC）。

g. 本机的电压可变范围，在无负载时为 10.2～16V，用电位器 VR_2 作调整。

h. 保护电路在晶体三极管上使用的是 2SC945 跌落型。短路时的保持电流值可用电位器 VR_1 来设定，大约为 0.7A 左右。检测负载电流的电阻 R_3、R_4. 用水泥电阻 0.33Ω（5W）和 0.22Ω（5W）并联，其合成电阻值约 0.13Ω。

6.2.5 制作

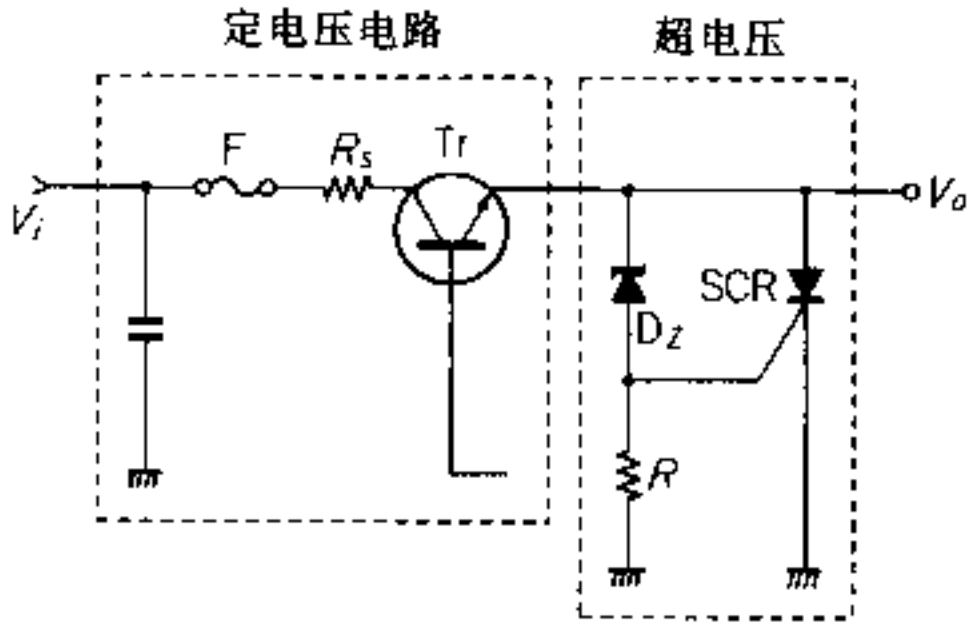
图 6—2—4 所示的是印制电路板图一例。不光是电源，外壳组装是自制机的成功要领。并且误差检测以及保护线路都在电路板上进行了合理布局。变压器、桥式整流器、装在散热器上的控制用晶体三极管等都直接装在外壳上。

(1)印刷电路板的制作和部件的安装

按 10×7cm 尺寸切割好印制电路板，用蚀刻办法作出图形化的印制板。印刷板可使用环氧有机玻璃、该材料具有耐热性和良好的稳定性。

印制板上由于所装的水泥电阻会发热，所以在装配时要注意。不要太靠近板面，使引线伸出离开板面，要易于散热。

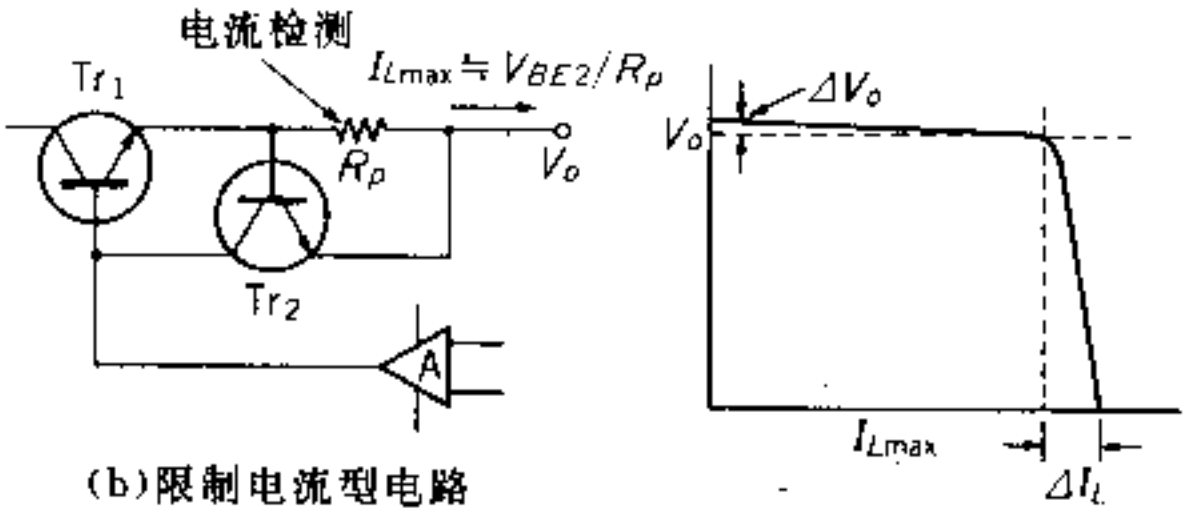
装配部件之后，将铜箔面用焊锡作全面妥善焊接。由于电流值比较大，所以要避免有伤斑和不匀的地方，从而可以减轻在图形上



(a) 超电压跳闸电路

输出电压若比额定值高会使输出自动短路，强制降低输出电压的电路。

这个电路的稳压二极管，使用的是稳压值比输出电压稍高的器件。若从设定电压值 V_o 上升，因为闸流晶体管(SCR)的栅电压高于正电位，即成导通状态，使输出短路。

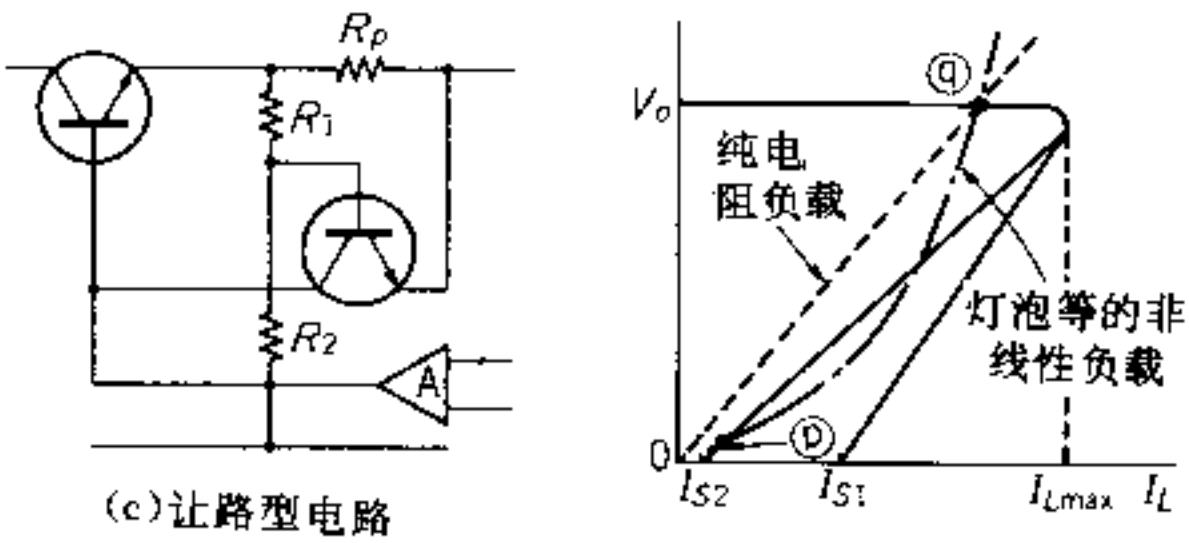


(b)限制电流型电路

在 R_P 的电压下降量超过 Tr2 的基极发射极间电压(0.6V)的场合，Tr2 的集电极和发射极即可导通，由放大器"A"旁路 Tr1 的基级电流。

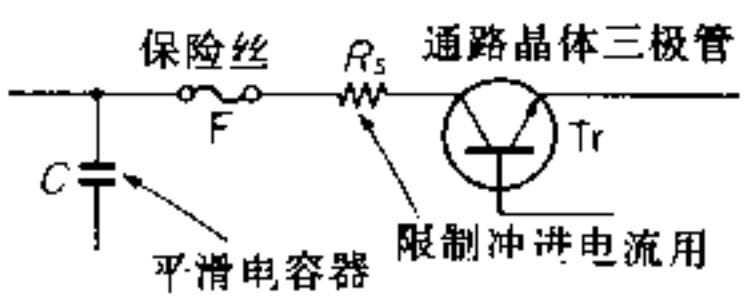
ΔV_o：稳压电源的负载变动特性成分

ΔI_L：稳流电路的定电流特性成分



(c)让路型电路

利用输出电压的一部分作为偏压即可简单构成 Tr2 的基极电压。将负载短路时的电流作为 I_S 时，如果形成 I_S，那样的特性，对灯泡负载也无问题，可以起至 P 点，可是，如果形成 Ts2 的样子，则输出电压不停在 q 点，而停在 P 点上，且不能复原。短路状态经过长时间仍然继续时，通路晶体三极管的超载措施会生效。

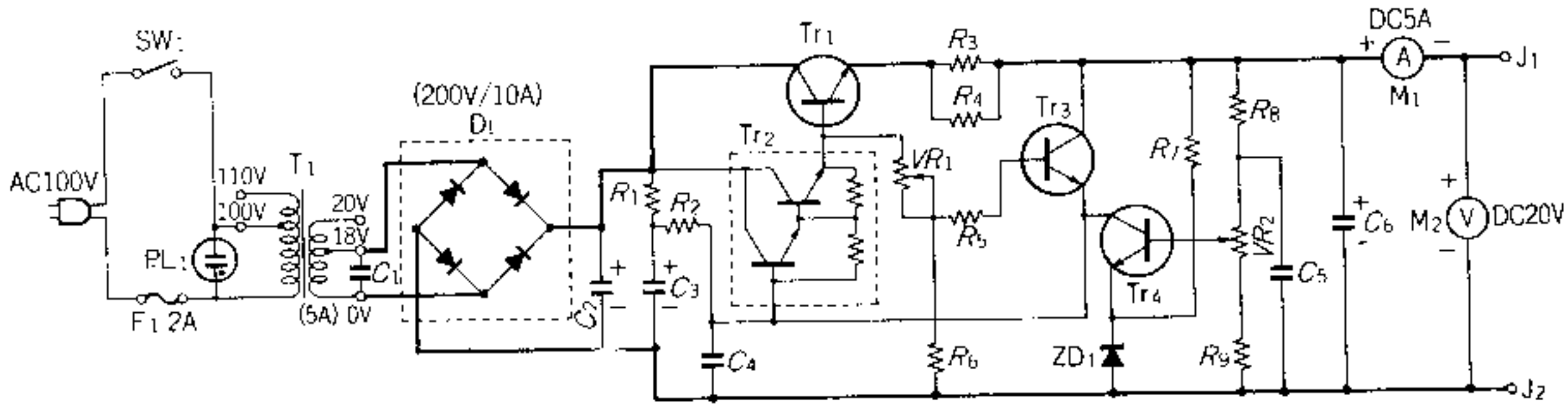


(d) 保险丝插进型

图 6—2—2　各种保护电路

表 6—2—1　部件表

SW_1	交流电型衬套开关	C_2	4700μF (50V)
F_1	小型保险丝托(保险丝管 2A)	C_3	100μF (50V)
T_1	20V／5A (东洋电：HT—205)	C_6	100μF (35V)
D_1	200V／10A (G1：KBPC10—02)	M_1	DC15A (38 型)
Z_{D1}	RD6.2EB	M_2	DC20A (38 型)
T_{r1}	2N3055 (东芝)	散热器	130×100×35mm. 附散热片
T_{r2}	2SD560 (NEC)	机体	RC—2 (铝)
$T_{r3,4}$	2SC945 (NEC)	软线	AC 附插头 2m (2A 以上)
R_1, R_6	10kΩ (1／4W)	配线材	0.75mm2 以上的乙烯线
R_2	1kΩ (1／4W)	底片	环氧有机玻璃
R_3	0.33Ω (5W) 胶泥电阻	VR_1	小型半固定 5kΩ (B)
R_4	0.22Ω (5W) 胶泥电阻	VR_2	小型半固定 1kΩ (B)
R_5	100Ω (1／4W)	PL_1	110V 霓虹灯(中，附 R)
R_7, R_8, R_9	1.5kΩ (1／4W)	J_1, J_2	陆军接头(㊀红黑)
C_1, C_4, C_5	0.01μF (聚酯树脂)	橡胶衬套	(中)



（注）粗线处应使用 0.75mm² 以上的线

图 6—2—3　13.8V・4.5A 稳压电源的电路

的电压降低等损耗。

(2)控制晶体三极管的散热

控制晶体三极管 T_{r1}的集电极发射极之间的功耗，最大额定值为(13.8V、4.5A)时，即为 50W。

使用 2N3055 时，如不设置大型的散热器，会导致周围的温度上升，以最大额定值作长时间运用等，是形成故障的原因。

该装置的尺寸为 12×10×3.4cm，在底座厚度为 0.5cm 附有散热片的散热器上使用硅脂安装晶体三极管。在绝缘云母薄片和晶体三极管以及散热器的表面上，都不要忘记涂抹硅脂，否则散热效果不佳。(参照图 6—2—5(b))

(3)测量仪表

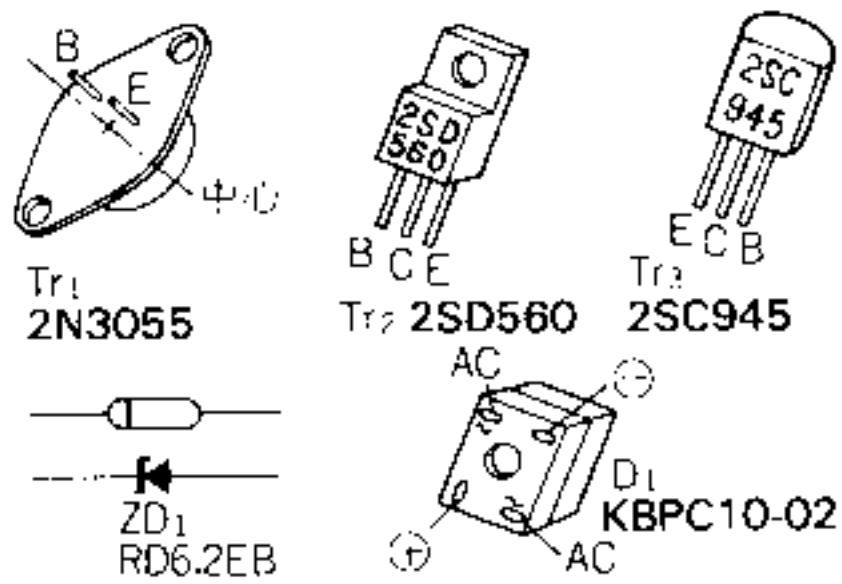
为了解输出状态，要设置电压表和电流表，以 38 型的直流电压表（全刻度：DC20V 量程）和直流电流表(全刻度：DC5A 量程)比较适当。

(4)机壳

选用比较牢固的外壳，本装置使用的是“RC—2”。面板等的基底部分的厚度为 2mm，外观尺寸为 20×12.5cm，深度为 15.5cm。

这种机壳上没有散热用的通气孔，要用钻子打孔，按本装置的情况可在上部和左侧面，各打直径 7mm 小孔 5 个（参照图 6—2—5）。

(5)配线材料



对配线所使用线材的粗细也应注意。如果使用的不是适应电流值的粗细的线材，就会形成电阻，从而使电路电流的一部分被发热消耗。

在使用 5A 左右电流的场合，要使用 0.75∅以上的乙烯电线本机使用的是经径 1.25mm 的乙烯电线。但是对于指示用氖泡、电压表的引线，用细号的乙烯线就足够了。

AC 线路的软线，仍然要用 0.75∅的并附有插头为好。

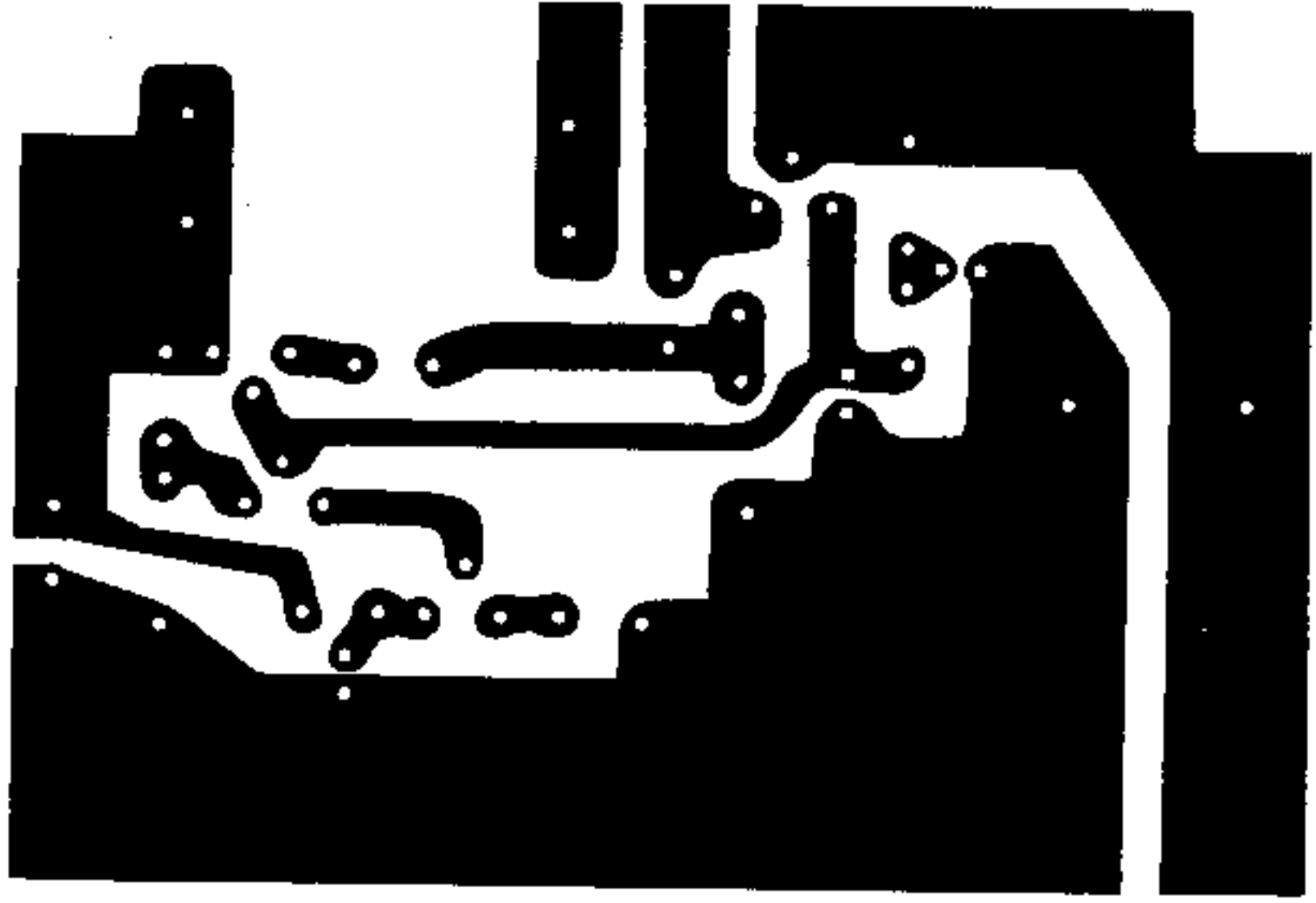
(6)其他

在本文所说明的各种部件，绝非必须要用与此相同的部件，如果具有同等额定值，也可以使用其他部件。

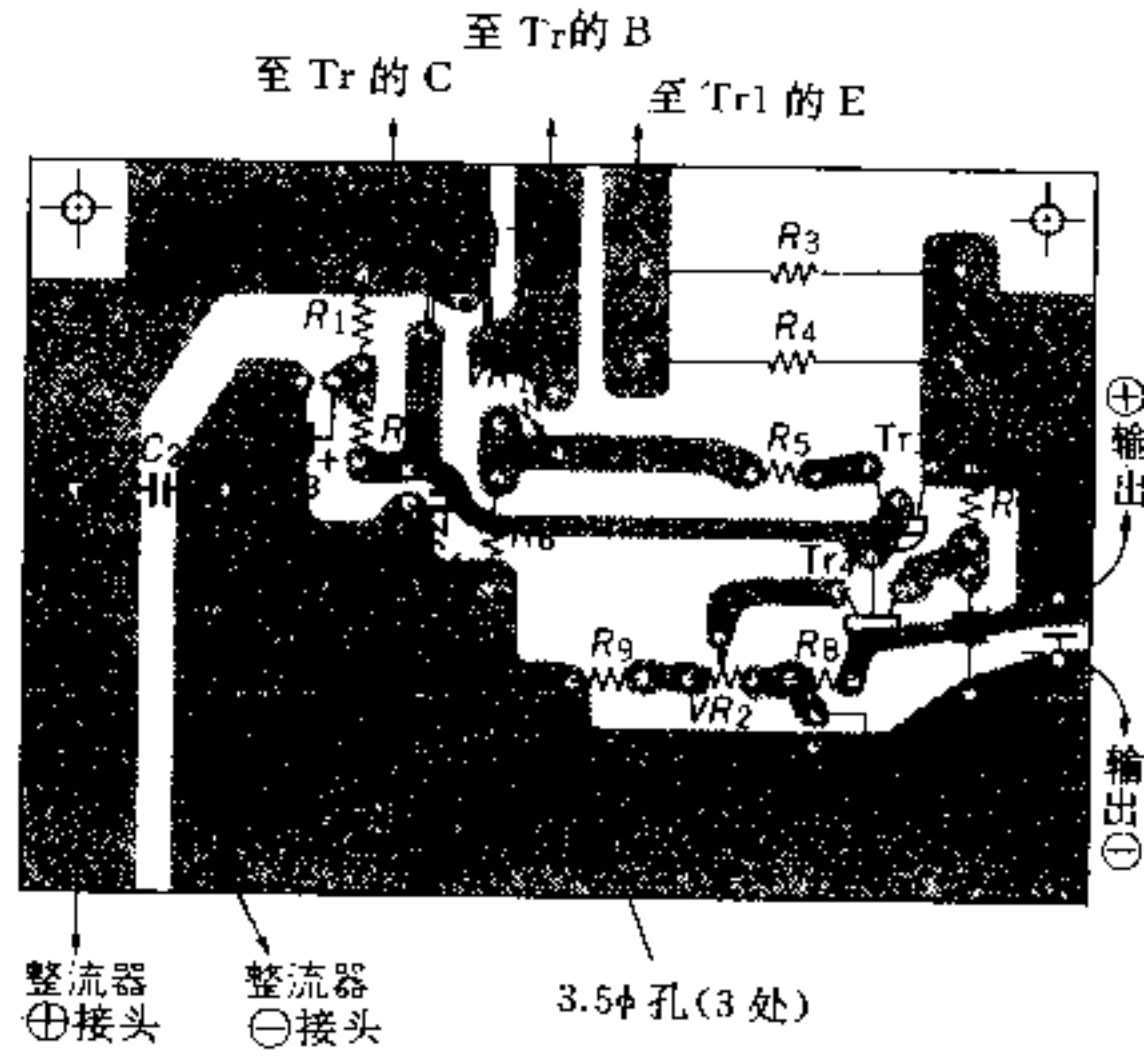
6.2.6 调整

制作完成之后，即行作输出的调整和保护电路的检验(参照图 6—2—6)。首先，电位器 VR_1 和 VR_2 都在中央部分安置好。

图 6—2—4　制作图



(a) 印刷电路图形(原尺寸大小,铜箔面)



(b) 实际组装图

底板的结合

在保险丝座上放进保险丝，开启电源，如果没有差错，氖泡亮，电压计应该显示出电压值。

这时要观察一下从部件里是否有异常的声音，急剧地发热、发烟等现象。如果有异常状态，应立即切断电源再行检查电路。

(1)输出电压的调整

在输出接线柱 (J_1、J_2) 上不作任何连接，即行试转一下电位器 VR_2. 这样来确认仪器(电压计)的指示可在 10～16V 范围内变化。

在使用测试仪表的场合，要以 DC20V 量程在输出接头上连接测试棒，这样来确认为好。

(2)保护电路的设定

在输出接线柱 (J_1、J_2) 上不作任何连接，即行转动电位器 VR_2. 将输出电压值调到 14V。而后从输出接头用粗线(内部电路的配线使用 0.75∅以上的线材)试作一下短路。

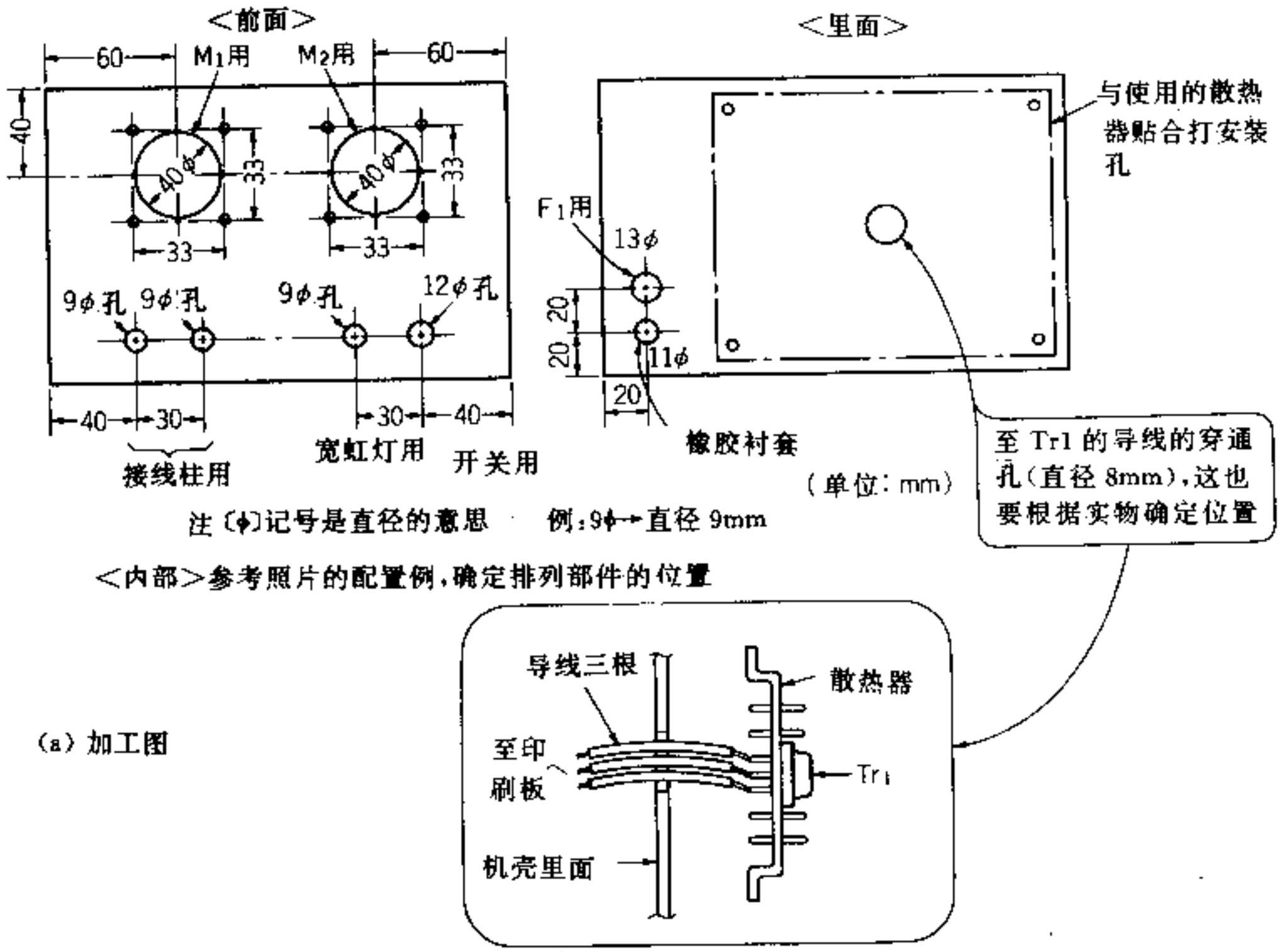
这样作了，电压表 M_2 即落到 0V. 电流表也必然表示为低值。这时转动电位器 VR_1. 如能使电流表 M_1 的值调整到 0.7A 就可以了。调整完了之后取下短路用的线，这样来确认电压计 M_2 的指示恢复到 14V 的情况。

(3)连接负载，设定输出电压

准备好管状电阻 3Ω(40W)，和 10W 级的 FM 无线电收发信机，作为负载。这时，在无线电收发信机上应连接假负载。

在电压计 M_2 的指示为 13. 8V 处调整电

图 6—2—5
机壳加工图



(a) 加工图

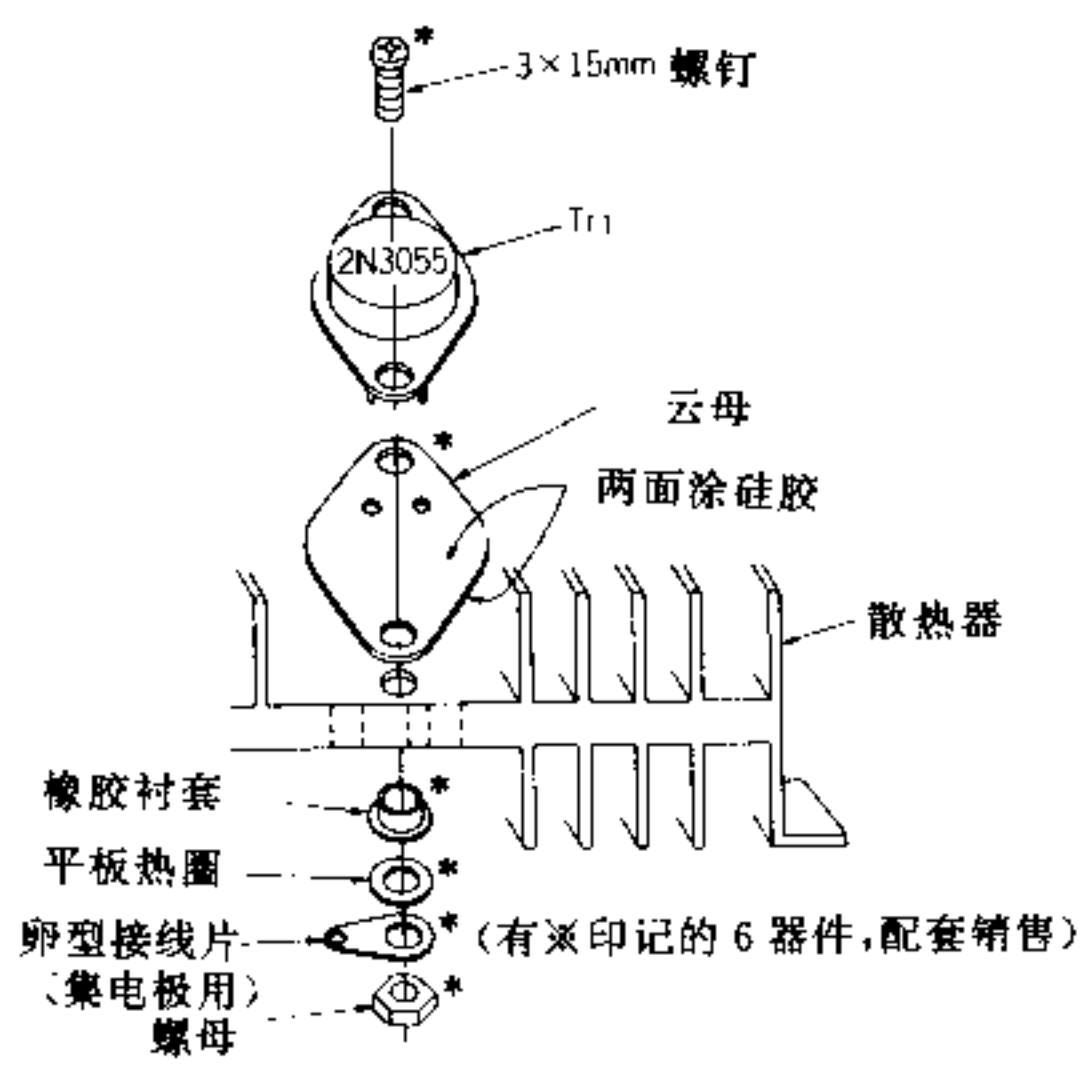
位器 VR_2, 在有 3Ω 的电阻的时候,电流计 M_1 应该显示出 4. 7A 左右。那末无线电收发信机上,即形成 3. 2～4A 左右的值。

(4)工作特性

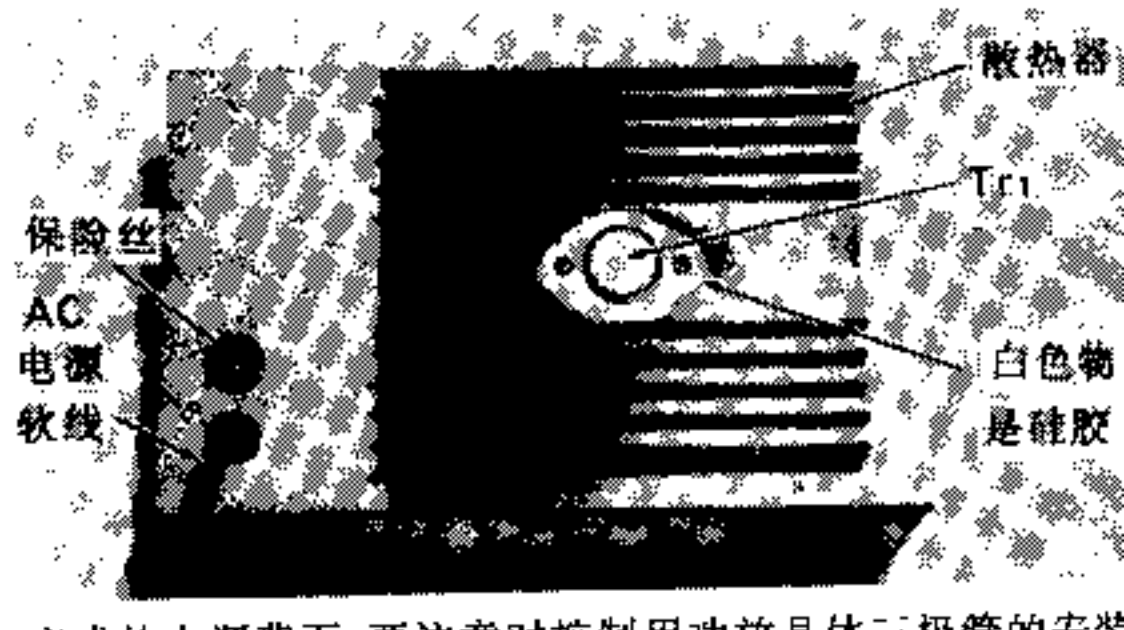
本装置的工作特性如图 6—2—7 所示。形成交流声的脉动极低，可以看出具有良好的稳压电源特性。

▶参考文献

(1)西田和明, JA1ISN, 矢野勲, JA1VRC：パワーサプライ設計と製作, CQ 出版社, 1980

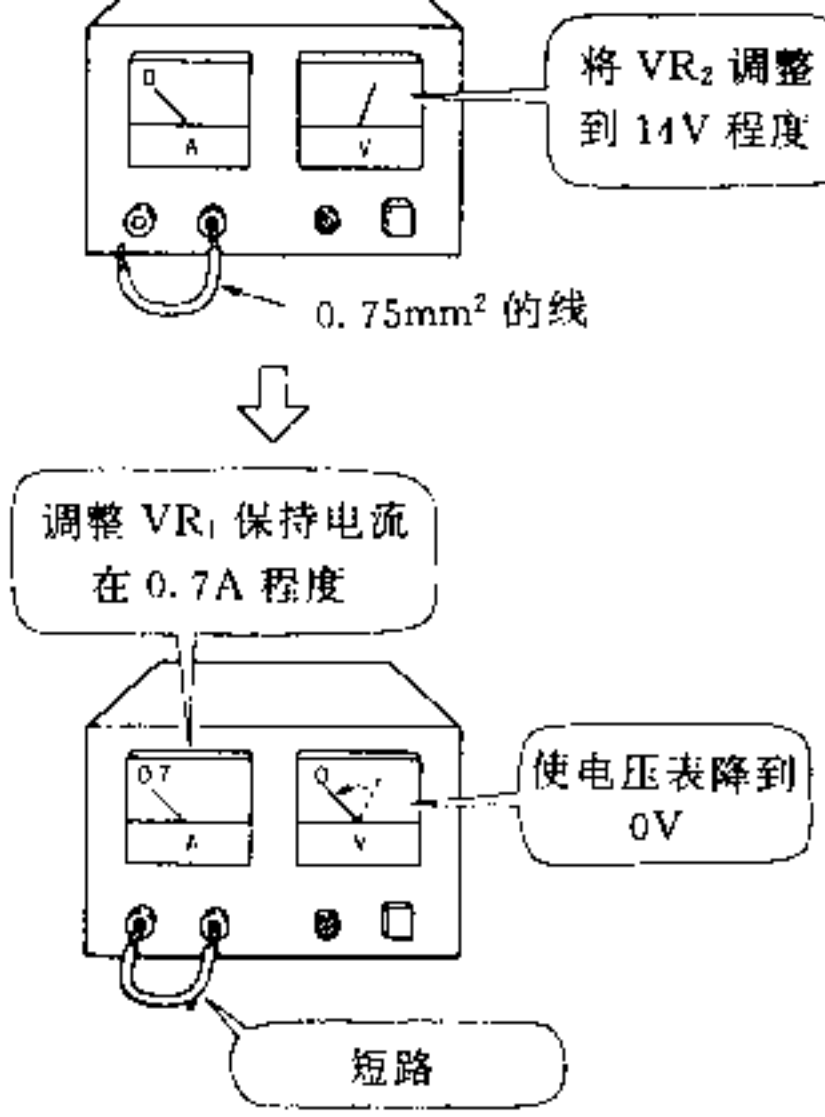


(b) 功放晶体三极管的安装方法

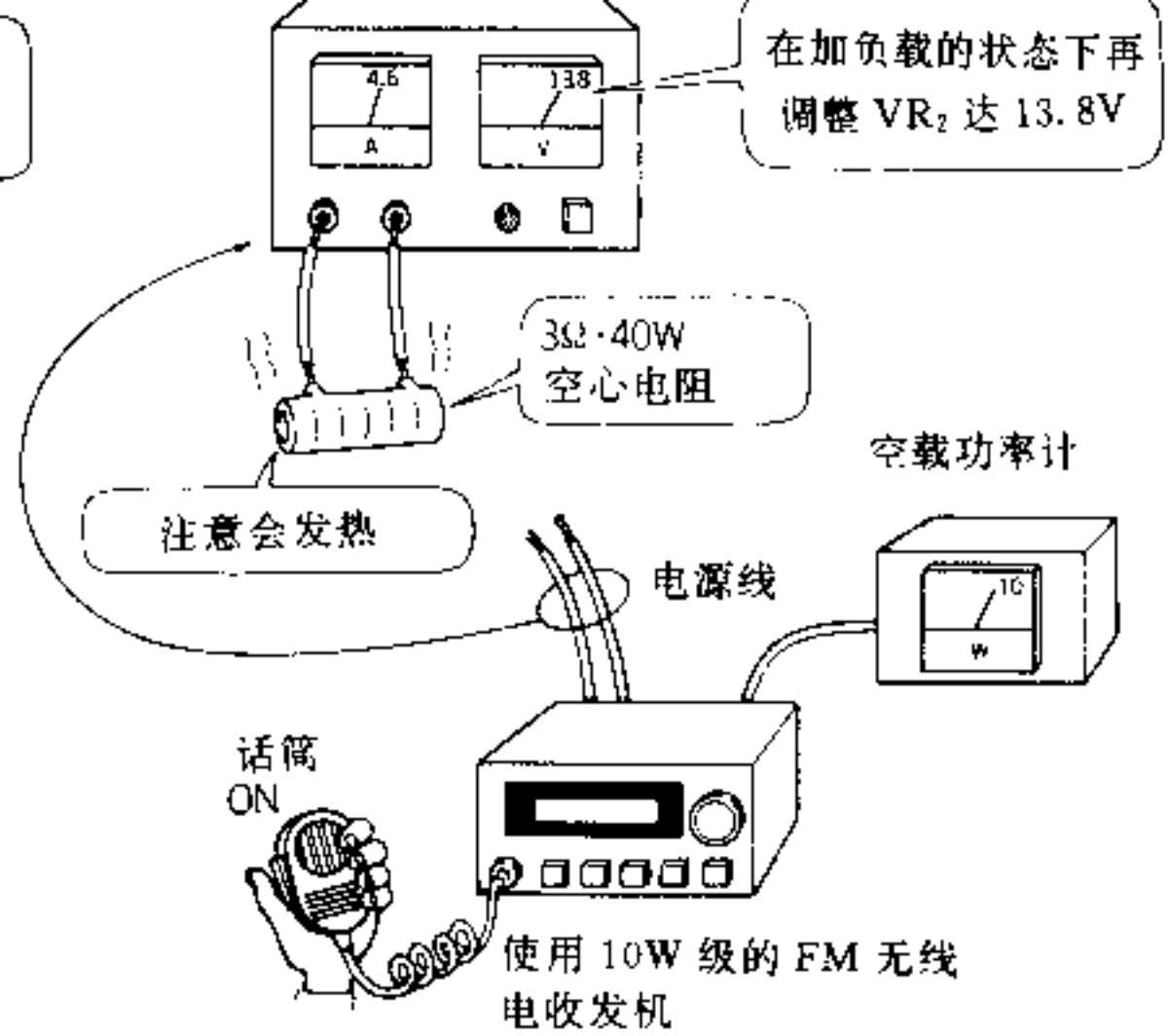


完成的电源背面,要注意对控制用功放晶体三极管的安装

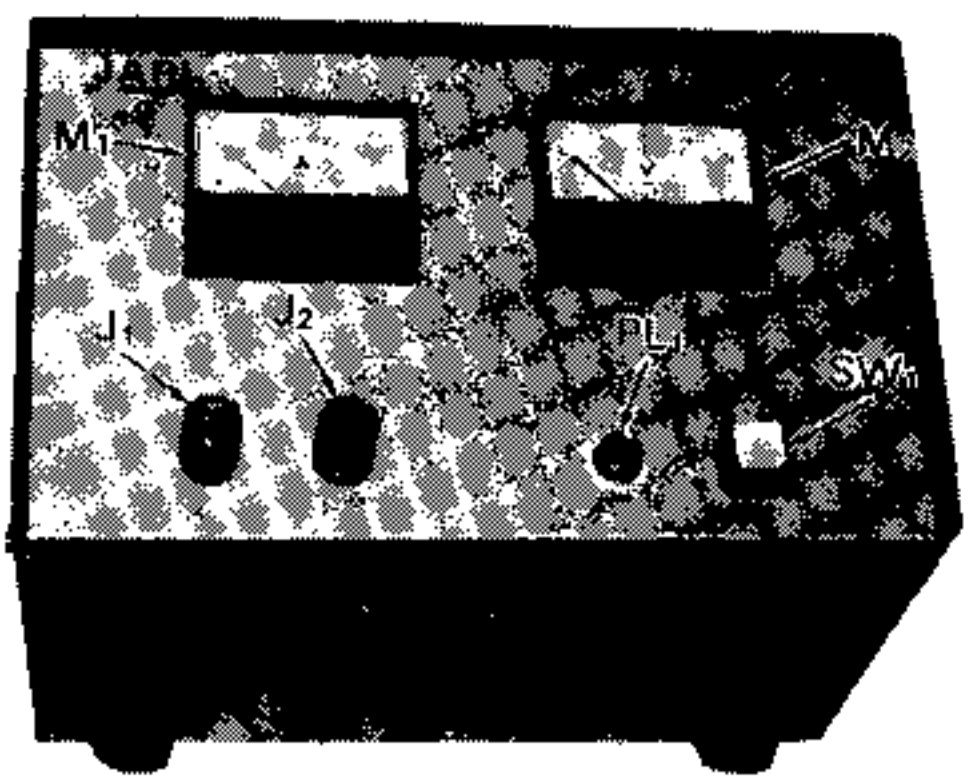
图 6—2—6



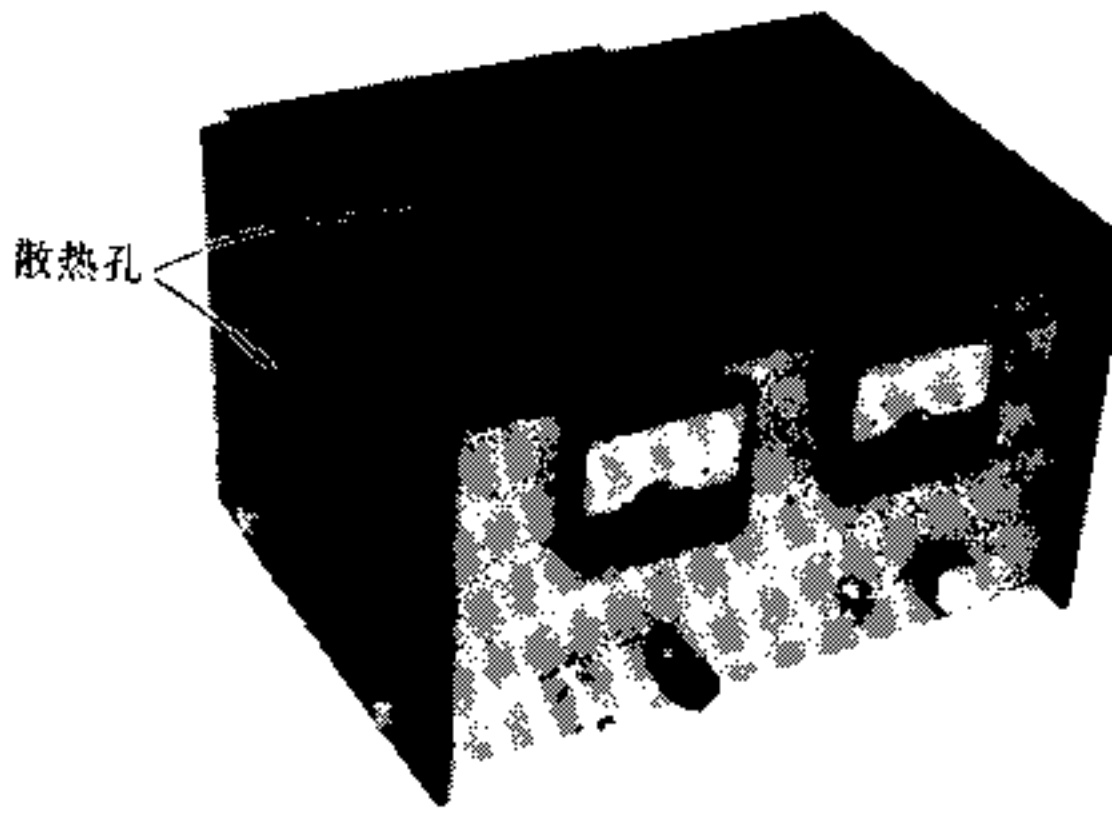
（1）保护电路的调整



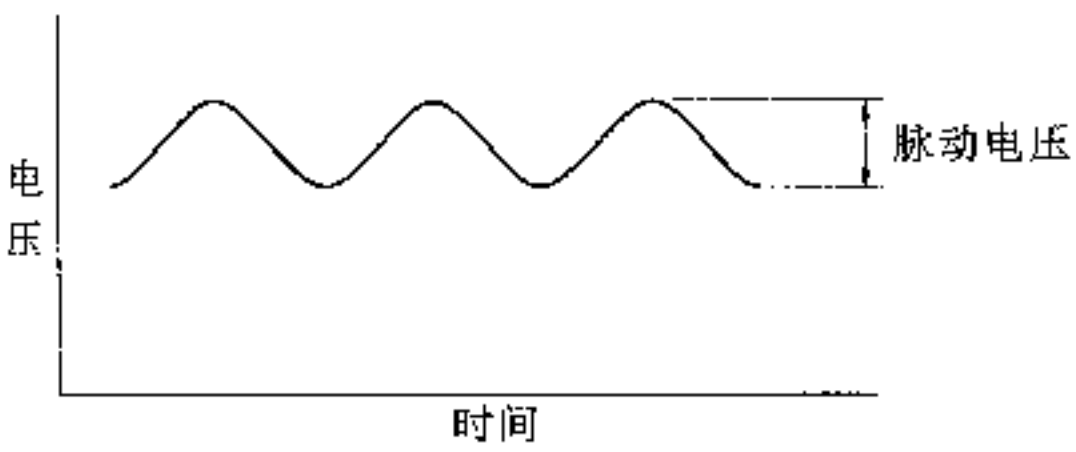
（2）加负载的输出调整
（连接电阻或无线电收发机）



前面面



外观



输出电压	负载电阻	负载电流	脉动电压
12.0V	3Ω	4.00A	太小测不出
14.0V	3Ω	4.66A	太小测不出
14.3V	3Ω	4.77A	0.04V

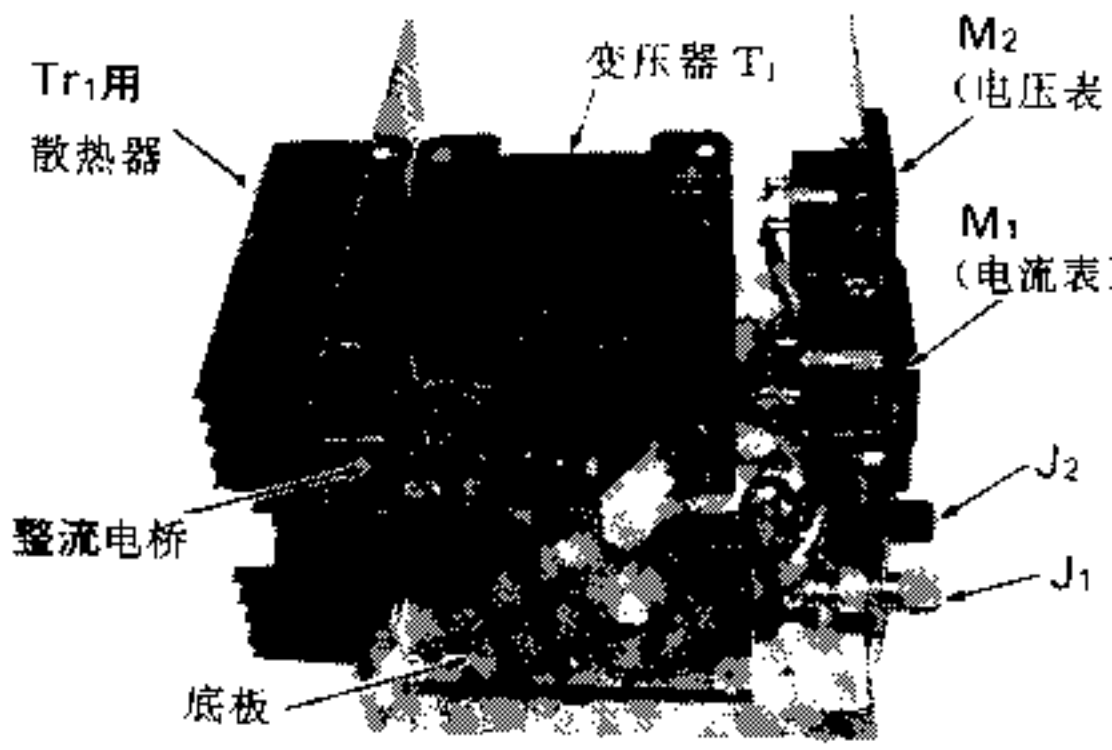


图 6—2—7　工作特性

V／UHF 频带收信前置放大器的制作

6.3.1 前置放大器

当今在运用中的电台的接收状况“都不够理想，其原因被认为是接收机的灵敏度不够高(？)…”因此在天线和接收机之间补加为谋求提高灵敏度的高频放大器，称为前置放大器。

在 V／UHF 频带，使高增益的天线尽可能架高，对通信距离的增大有明显的效果，但是连接了多道高增益的天线，因为连接的电缆会由接续器而带来损失，以及距离地面高的天线也会由于长长的电缆而带来损失问题。

空中线路输出功率的降低，虽然提高发信机的功率可以得到补偿，但在接收的场合则用前置放大器作补偿…，前置放大器本当有那样的效果。

另外对移动或在城市里连小型天线也不能使用的场合，使用前置放大器是否能把杂波抑制掉而显露出信号，在这里对前置放大器的有效性进行研究，并进行简单制作，下面介绍取得一定预期效果的组装实例。

6.3.2 前置放大器的性能

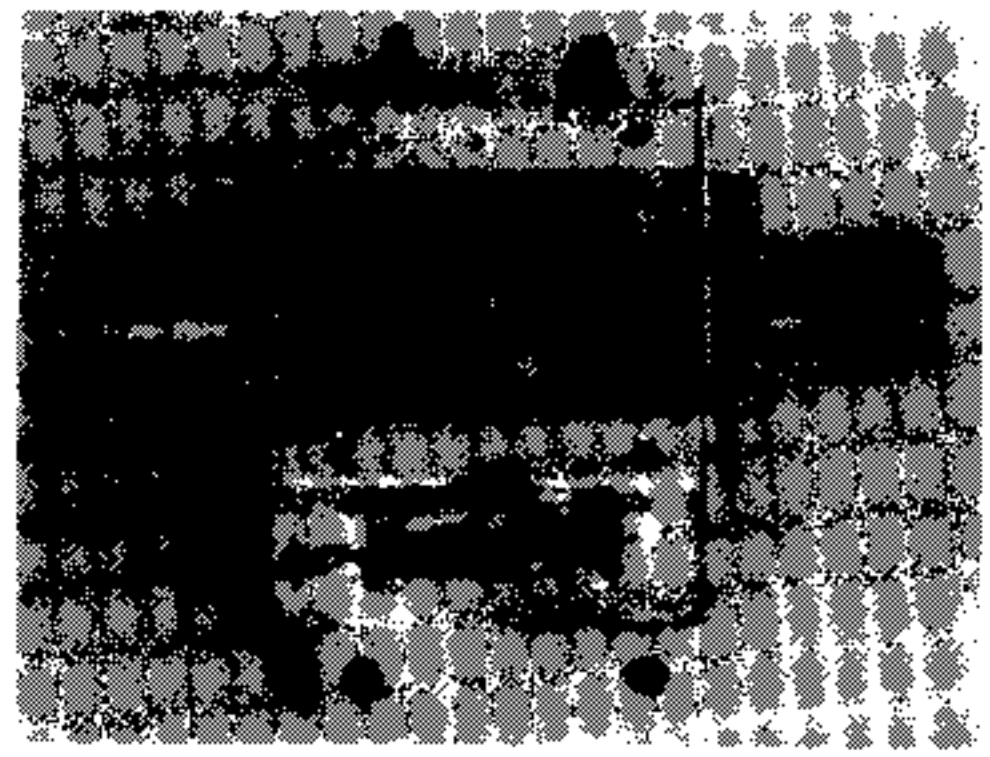
市售的前置放大器所表示的性能，有噪声系数(NF)为 1.1dB，增益为 18dB 等。厂家制造接收机（最近几乎都为无线电收发两用机）的时候，对灵敏度特性，2 信号特性（交扰调制或接近频率信号易受抑制的程度），以及 AGC（自动增益控制）特性等，会有顾此失彼的情况，通常只能考虑适应平均操作状态，为满足大多数使用者作出了均衡的设计。

在那样的机器上，如果只把连接前置放大器的输入电平极端增高，那末 S 表的指针确实会摆动出好的情况，但是却容易受到交调或邻近信号的抑制等的恶劣影响。重要的是，既要使 S 表能很好摆动来提高整体的增益，又要使收听弱信号不受限制。为搞清楚接收的信号内容，在对信号放大的同时，存在噪声的大小的比例的问题。

把这个信号（Signal）对噪声（Noise）之比，称为信噪(S／N)比。对灵敏度的规定，在接收机输出额定功率和 S／N 假定为 10dB 的情况下，接收天线上所需的最小感应电动势即称为灵敏度。

所谓噪声系数（NF），表示接收机输入端 S／N 与输出端 S／N 的比值。如果接收机没有内部噪声，那末输入 S／N＝输出 S／N，NF＝1 即为 0dB。这当然是理想的接收机，但实际上 NF 必定比这个数值大。所以，如果 NF 能变小，那么灵敏度就可以提高。

所说的“附加前置放大器即可提高灵敏度(S／N)！”是否这样？如果把温度、频带宽度等比较复杂的因素全部忽略使问题变为理想化，那末整个系统的 NF＝前置放大器的 NF＋{(接收机的 NF－1)／前置放大器的增益}就能成立。例如将 NF＝3dB，增益＝10dB



照片 6－3－1　按基本型作成无线机的 430MHz 的前置放大器，打开盖子的状态。FET 为3SK121，无铁氧体磁珠电源电路为了接头调整器

的前置放大器附加在 NF＝10dB 的接收机上(在 V／UHF 机上一般为 2～3dB 左右)(3dB 是为功率比的 2 倍，10dB 是为 10 倍)，如果代入上面的式子则

$$2+\{(10-1)/10\}=2.9$$

所说的 2. 9 倍再以功率比换算即成为约 4. 5dB. 这样含有前置放大器的综合接收系统的 NF 特性，就变为 4. 5dB。

这与不含前置放大器的接收系统相比较，则 NF

$$10-4.5=5.5.\text{dB}$$

表现出改善的效果。也就是 S／N 提高为 5. 5dB 的意思。

可是所改善的是对于单信号的灵敏度，而对为增加增益所伴随的 2 信号特性的恶化问题还是避免不了。

例如考虑用便携式装置来看。在小的输出功率上用小型天线，是以少功率消耗（电池）取得收发信号的均衡而设计的，是以对 2 信号特性作某种程度牺牲和挑选接近临界点的低信号电平构成的。NF 也应当是十分低。

在这样的便携式装置上即使附加前置放大器，在稍微上升一点灵敏度的同时，反而会由于交调或邻近频率的信号对灵敏度抑制引起令人烦恼的结果。

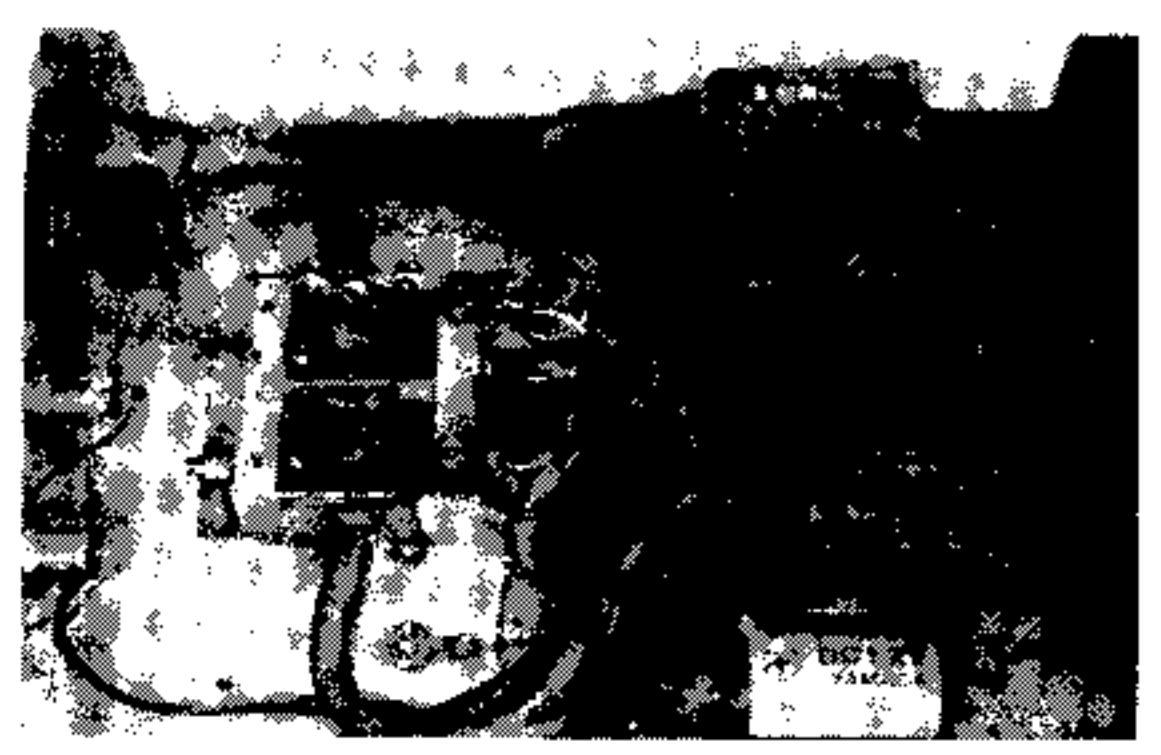
在移动装置中，与便携式装置相比较比灵敏度更重视 2 信号特性的设计，这样由交调或邻近频率的信号而对灵敏度抑制的烦脑就会减少，假若有那种现象，就从那个地方或方向躲避开，也就是前置放大器有效的场合。

现在使用 V／UHF 带的固定装置多为全方式型，尤其是结合 SSB 的运用，在多半的装置上都标有 RF GAIN CONTROL 或 ATT. 对于音量，配有另外的调整机能，当由于输入过大信号而会有畸变，即有交调或邻近频率的信号抑制，如能调整使输入电平下降达到可躲避点，即可解决问题。

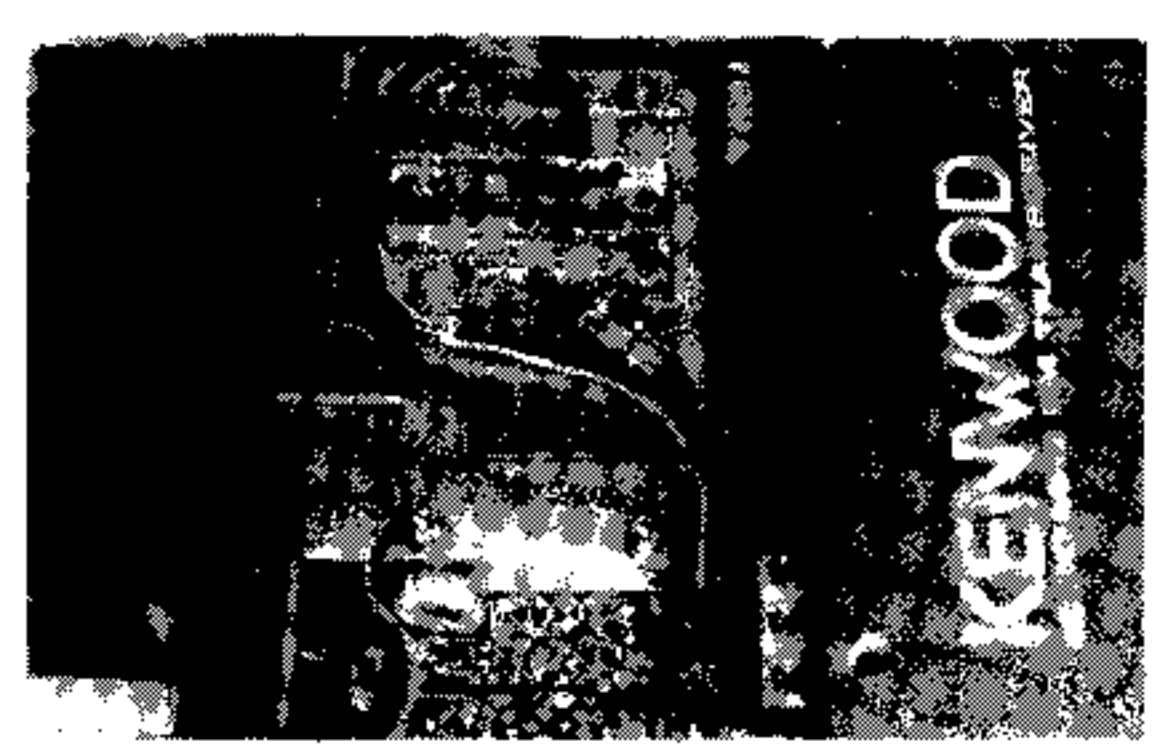
最近的装置对 2 信号特性有所考虑，即使在这样的装置里加进前置放大器，仅从 2 信号特性的恶化情况来看，前置放大器也未发挥期待的效果。

这样按接收机的不同用途进行设计，有的在于天线（也包含其方向），以及噪声环境等，由于种种场合的不同有好也有坏，所以在使用的装置上附加前置放大器以期待提高其性能之前，应对自己使用中的接收系统和使用状况再作一次研究是必要的。前置放大器好似一种良药，如果用好了，确实效果很好，如果使用方法不当，就会出现意想不到的危害。

在业余爱好者方面，首先可以试装一下看看，虽然是一项正确的方法，但不要忘记以提高天线的增益和输入信号的 S／N 是确实



照片 6－3－2　将不使用接续器的同轴电缆线直接接在收发转换的继电器上，是装在盒子里的器件。FET 为 3SK121，430MHz 频带用



照片 6－3－3　把市销配套元件(1200MHz 用)用粘结剂在无线收发机的电池盒上固定的地方，是打开盖子的状态。FET 为 MGF1402

有效的手段。

6.3.3

前置放大器的硬件

通常在人们生活的地方，从电气化产品和汽车等，经常发生颇多的人为噪声回旋在空间。汽车等是在人为的杂音当中能特地作选择移动的。不论怎样优越的前置放大器，也不可能把这种外来的噪声减低下来。

从而，除非在相当好的环境里，即使能确保某种程度以下的 NF. 而要追求在它以上的噪声特性，这是不现实的。反过来说，如果外来噪声也比前置放大器的噪声小，那末前置放大器的 NF 为 3dB 也好，为 0.5dB 也好，其差别几乎都判明不出来。

V／UHF 的场合，在都市地区为 430MHz，田园地带则为 144MHz 以上，如果达到 1200MHz 确实能使外来噪声减低，前置放大器，尤其是天线直下型前置放大器能发挥出效果。相反在外来噪声多的地方或频带上，即使把前置放大器的 NF 搞小，也没有明显的效果。

下面介绍使用在任何一所销售通信器材的地方都可以买到的砷化镓（GaAs）FET 2SK571、MGF1202、MGF1402、3SK121 的前置放大器的制作实例。

在 V／UHF 频带上，随着频率的增高，对低频率不成问题的寄生电容或只是配线用电线的电感就不能忽视，而要考虑这些影响，尽可能地用单纯的电路搞短配线乃是成功的窍门。

因而对部件的布置是很重要的，有许多前辈人的制作，积累实践经验创造出正统的前置放大器的基本型。在此以典型的方法用这种基本型进行制作。

外壳小的大的都可以，主要是能使输入输出的线圈对所需频率能够进行调谐，这样对常规的动作就不会有多大影响。另外在不使用印制板的匣子上，在固定的部件之间，亦可利用空间安置连接其他部件，采用空间配线法进行制作。

6.3.4

制作的程序

(1)自己画出要想搞的前置放大器的电路图，备齐所需全部部件（参照 6—3—1 图～6—3—6 图）。

(2)备好容易在铜或黄铜箔等金属上焊接用的焊锡，装上各种部件，再焊成能伸进摄子和焊烙铁尖操作大小的两个并列空间。

(3)在分成两间的间壁板上，开一个能通过 FET 漏极的 2mm 小孔。

(4)在输出的间隔下方，开一个供给电源的穿心电容的通孔。

(5)完成以上作业，按匣子的形状加工盖子。

▶到此阶段经过加工的前置放大器配套元件（有 144、430、1200MHz 用，附有 FET 的成品等）均有销售。

(6)在使用 3SK121 的场合，要在输入的间隔下方，开一个为供给第 2 栅极电压的穿心电容的通孔。

(7)输入输出电缆插座。

(8)所使用的微调电容器如果是活塞型的，那就开孔安装。

(9)在间壁板上预先镀上一层薄焊锡，可以方便下一步的工作。

(10)在串通漏极的小孔两侧装上接线支架，这时一边用摄子或细改锥按住，从下面就容易地使用大的焊烙铁（60～100W）。

(11)在使用 3SK121 的场合，从第 2 栅极一边的接线支架往间壁板上装 R_2 的电阻。从源极一边的接线支架往间壁板上装 R_1 的电阻。在不使用 3SK121 的场合，不论从支器的哪一边装 R_1 都可以。

(12)在使用 3SK121 的场合，要焊接输入间隔里的穿心电容器，从第 2 栅极一边的支持器焊接 R_3，焊接输出间隔里的穿心电容

器。

(13) 所使用的微调电容器，如果不是活塞型的，那就要焊接。

(14) 按所定长度切下的电镀线，在输出一边的微调电容器和穿心电容器上焊接。

(15) 按所定长度切下的电镀线，焊接在输入一边微调电容器和地线之间。

(16) 为作理想的输出电路，要在电缆插座上作配线。如果作为输出接头不使用电缆插座，那末就将同轴电缆直接焊接。

(17) 为作理想的输入电路，要在接续器上作配线。如果作为输入接头不使用接续器，那末就将同轴电缆直接焊接。

(18) 从金属盒的外侧把电源电路焊接在所有的穿心电容器上。

▶到此阶段经过加工的前置放大器配套元件也都有销售。

(19) FET 的漏极，通过铁氧体磁珠，焊在输出一边的线圈离微调电容器 1／3 左右位置的线圈线上，把门电路焊在输入一边的微调电容器上，把源极分别焊接在两边的支持器上。

(20) 供给电源，确认各部分的电压误差在30%以内。

6.3.5

前置放大器的调整方法

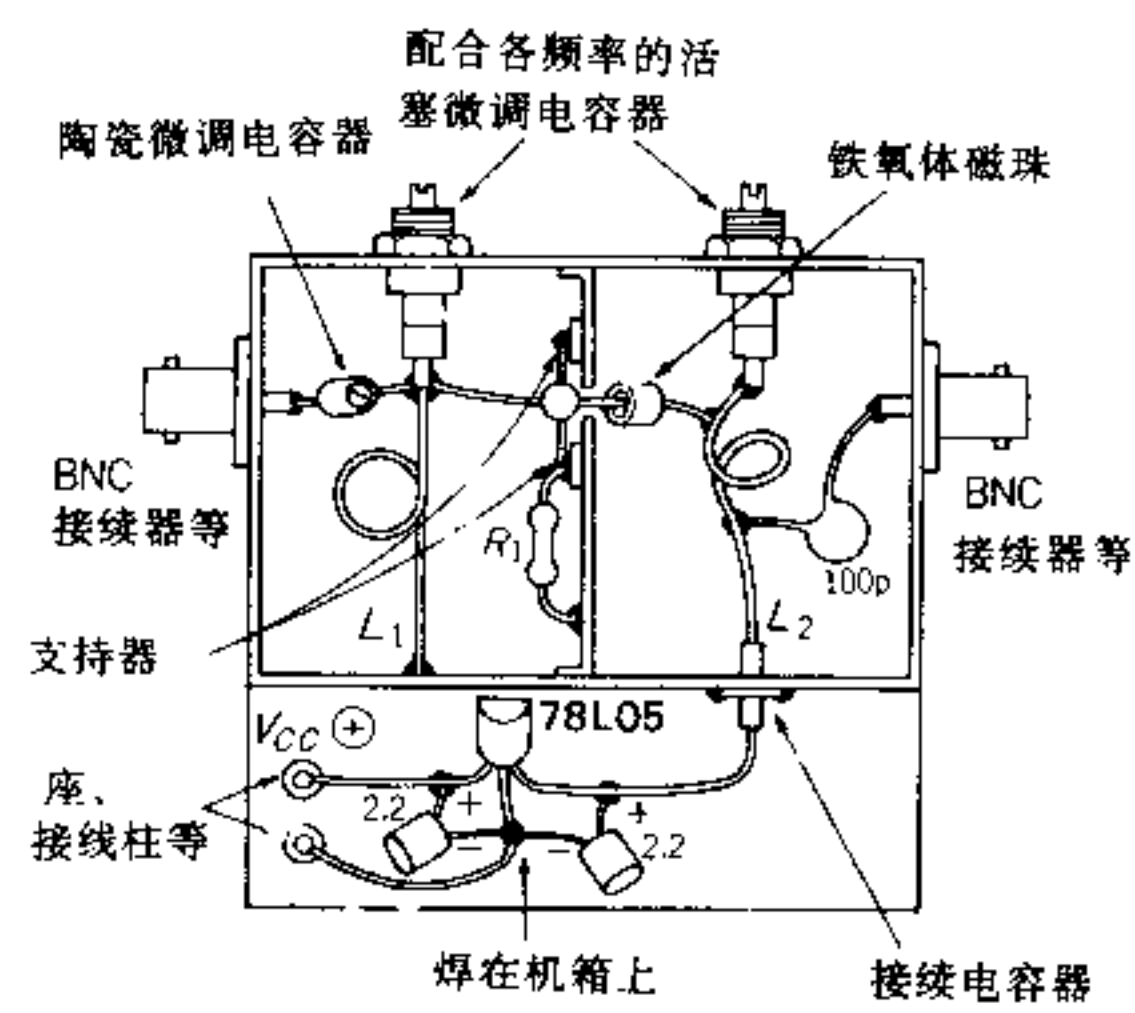
(1) 调整时，为防止意外发送信号，事先把话筒和收发开关取下来。这时自己不要太自信。

(2) 使用中继接头等，在天线和装置之间连接上前置放大器，供给 9～15V 的电压。

(3) 将度盘设在频带的 1／3 左右的频率上。

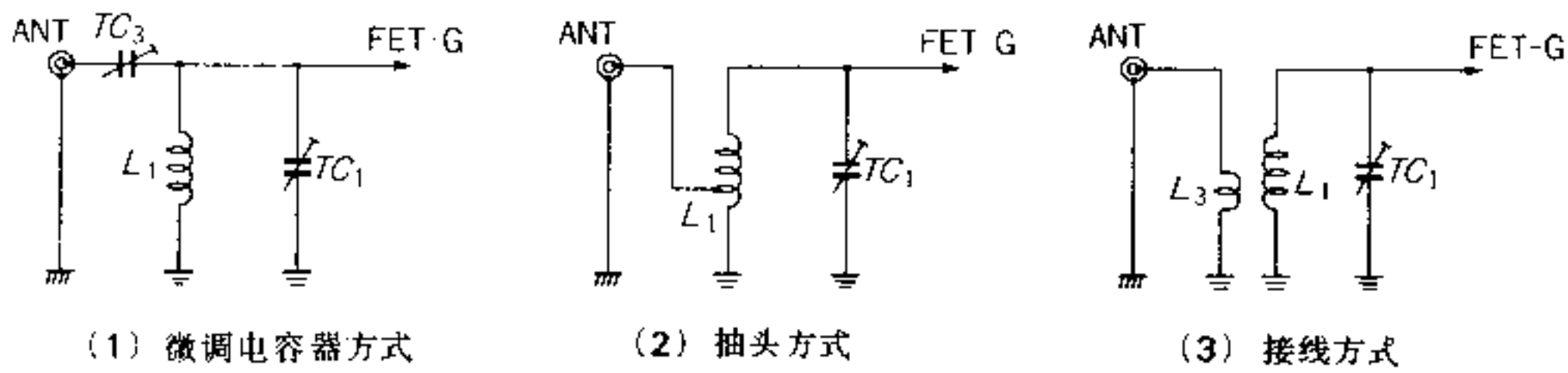
(4) 首先要找到 S2～5 信号强度的电台，与能控制功率的友台取得连络交往。

(5) 转动输入一边的微调电容器，使 S 表读数最大，这时 S 表如果打过头，那末就另行探索适当强度的电台，或要求可以联络的电台降低功率。



从图上看到黑点的部分是焊接点实际上在这上面有盖子。

图 6—3—1　部件配置的一例　430MHz

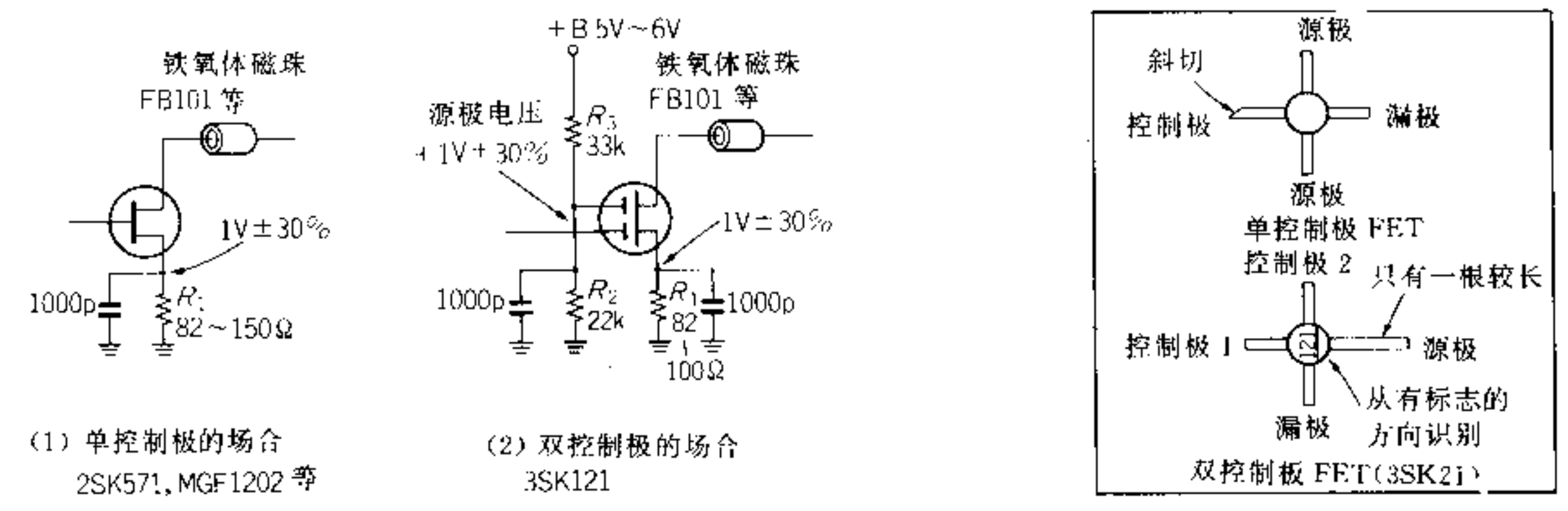


(1) 微调电容器方式　　(2) 抽头方式　　(3) 接线方式

	L_1, L_2	L_3, L_4	TC_1	TC_3
144MHz	0.8 φ 10cm	0.8 φ 3 cm	20pF	10pF
430MHz	1.0 φ 5cm	1.0 φ 1.5cm	10pF	5pF
1200MHz	2.0 φ 3cm	2.0 φ 9 mm	6pF	2pF

各种线成为线圈状，在排除微调电容器的位置上如能采取调谐则收缩线圈，在加入微调电容器的位置上，如能采取调谐则延伸线卷，在微调电容器的中间能调谐

图 6—3—2　输入电路



(1) 单控制极的场合
2SK571、MGF1202 等

(2) 双控制极的场合
3SK121

图 6—3 3 FET 电路

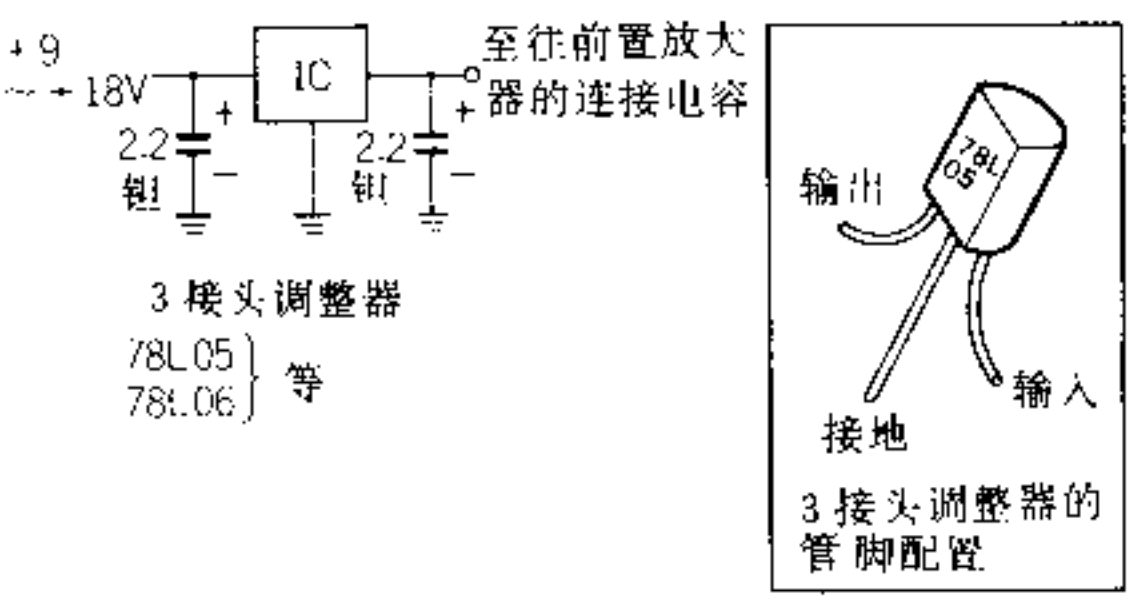


图 6·3—4 电源电路

(6) 然后将度盘设在频带的 2／3 程度的频率上。

(7) 同样要找到 S2～5 程度的电台，对得以交往的电台则可要求调整功率。

(8) 转动输出一边的微调电容器，使 S 表读数最大。如这时 S 仪表仍然超限，那末再另行探索适当强度的电台，或要求对方电台降低功率。

(9) 将装上前置放大器时与未装时的差别作比较。了解一下究竟有什么样的差别。如果搞坏情况就会完全没有动作，这要重新查看电路和各部分的电压，向正常方面设法再作调整。

(10) 要确认一下频带内全部可以听到的是否有不均衡的情况。

(11) 附加转换电路，作系统整修。把前置放大器的输入短路，确认一下收发转换继电器等是否正常。

(12) 最后要确认一下与用前置放大器单体作的实验，应当是几乎没有什么差别。

6.3.6 发生故障的处理

(1)低频率的振荡

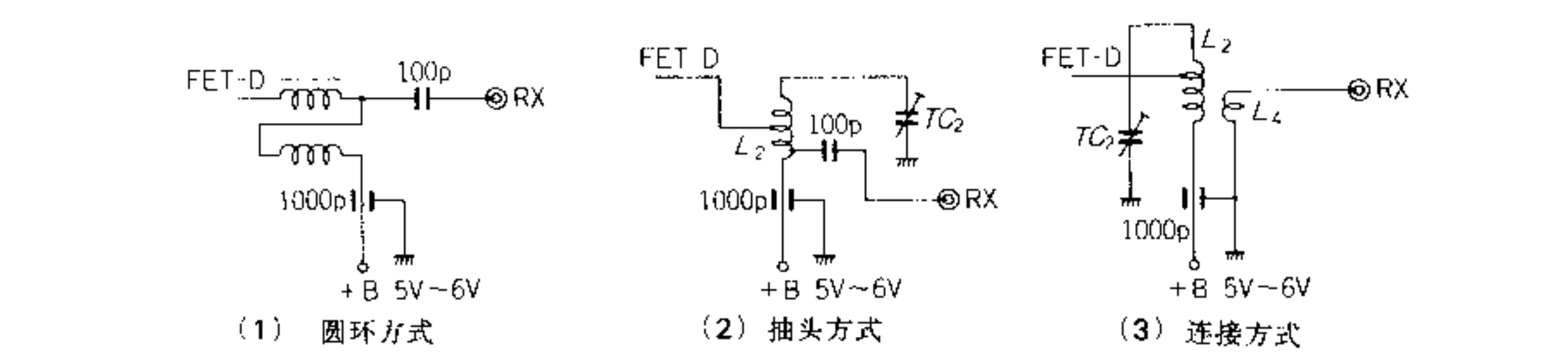
在电源线路上装进电容器(0.1～10μF)。

(2)高频率的振荡(S 表打过头)

把 FET 的漏极连通线圈的分支位置移到离开微调电容器稍远的位置装上试作矫正，亦可从输入一边的调谐点和输出一边的调谐点试作参差调谐。

(3)发生交调较多的时候

原则上是会减少接收机的高频增益，同样使 FET 的漏极连通线圈的分支位置移到



(1) 圆环方式　(2) 抽头方式　(3) 连接方式

图 6—3—5 输出电路

离开微调电容器稍远的位置装上试作矫正。也就是说，NF 呈降不下去的程度，就会降低增益。

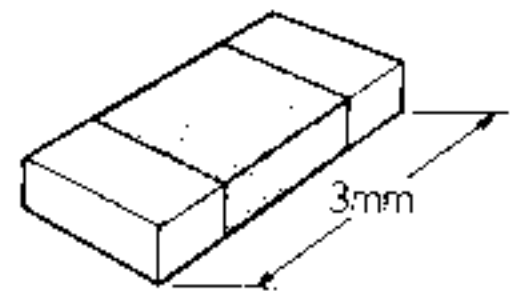
6.3.7

接续和收发信转换方法

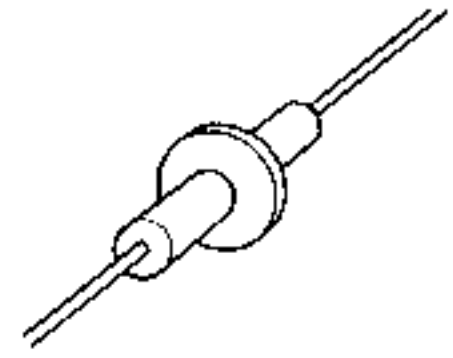
前置放大器如果装在无线电收发两用机里，按原有的收发转换即可照样使用。但是如果装在天线和接收机的天线接头之间的时候，就要发生收发转换的问题。载波控制，也就是利用发送信号的转换方式，会使电路的反应时间慢些，FET 的输入强度会增加，虽然不致一下子被破坏，但随着时间也会逐渐劣化。尤其是在 CW 或 SSB 方式，转换电路问题较多，所以要尽可能避免为宜。

同样的问题也可以发生在线性放大器或功率扩展器中，制作载波控制电路，比利用 PTT 直流的转换信号方面，信号线也只出现一条，这是确实的。实际上，在背部机箱背板的插座上输出的机种正在增多。另外与 10W 以上的发送装置组合时，如图 6—3—7 所示的样子发送时前置放大器的输入也是需要采取短路等保护措施。

通常虽然都称为夹头电容器(ハンダコン)、β电容器(ベタコン)、钮扣电容器(ボタンコン)等，但在文章中怕误解为焊锡焊接(ハンダブサ)所以都标记为β电容器(ベタコン)把陶瓷电容器没有涂漆的引线和电极小的一边接地



在搞不到手的时候也可以像上面那样用片状电容器代用(容量为 1000pF)。这种场合要立着用



接续电容器，是把中心圆盘部分焊接在金属部分上(容量为 1000pF)

图 6—3—6　用于 V／UHF 的部件

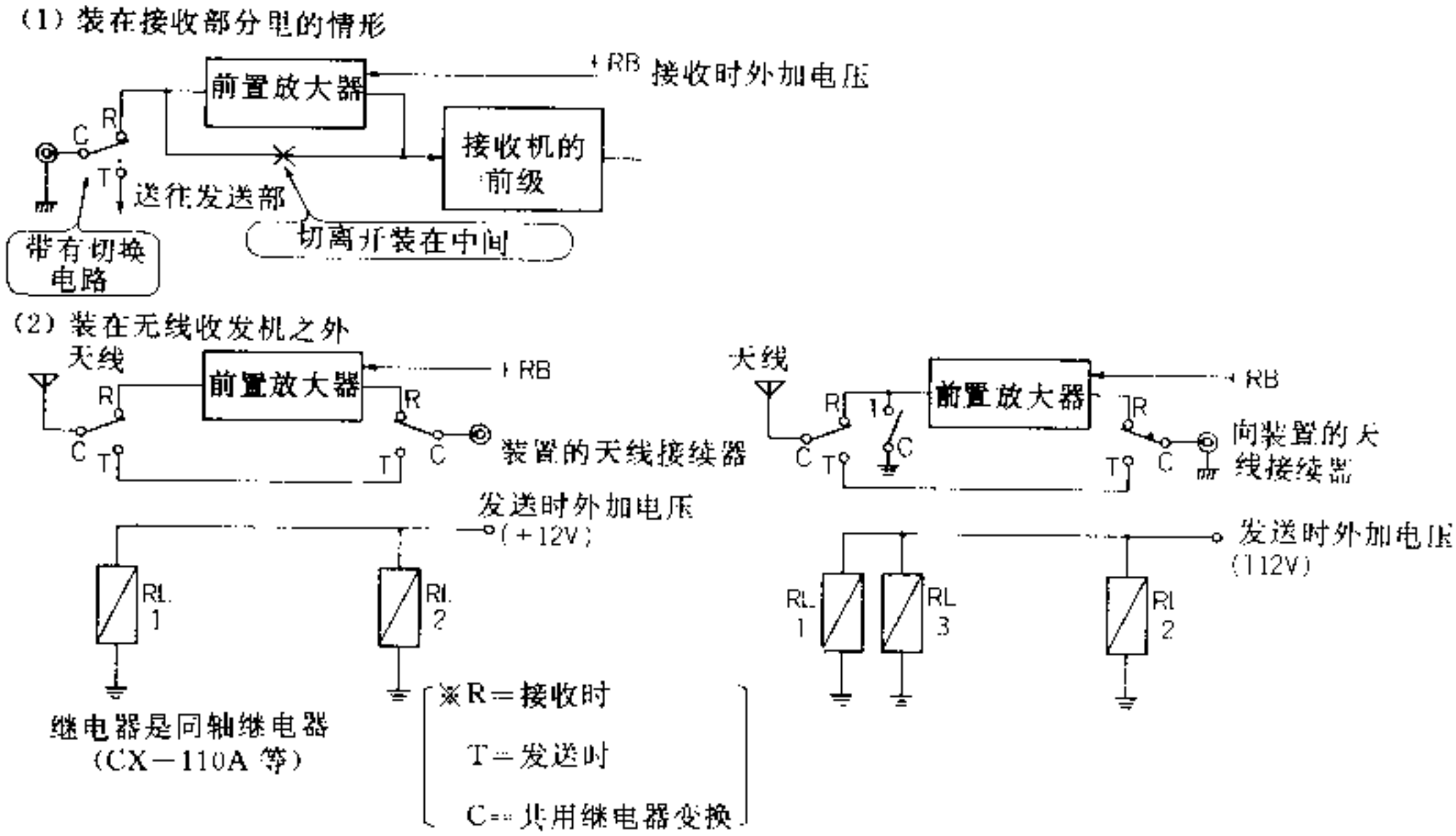


图 6—3—7　接续方法

弱，为了能很好作超电压保护，如图 6—3—8 那样多有把二极管作反向并联的方法。以此如不发生意外问题固然很好，但由于二极管特性的非线性产生的畸变或附加容量等而会容易发生种种故障。从而在信号通过的系统里尽可能不要搞多余的东西，对电路也好、系统也好都作简单的处理是非常必要的。由于装了前置放大器，在交调或邻近频率的信号抑制上受到烦恼的时候，即将这个二极管去掉看看也是个办法。

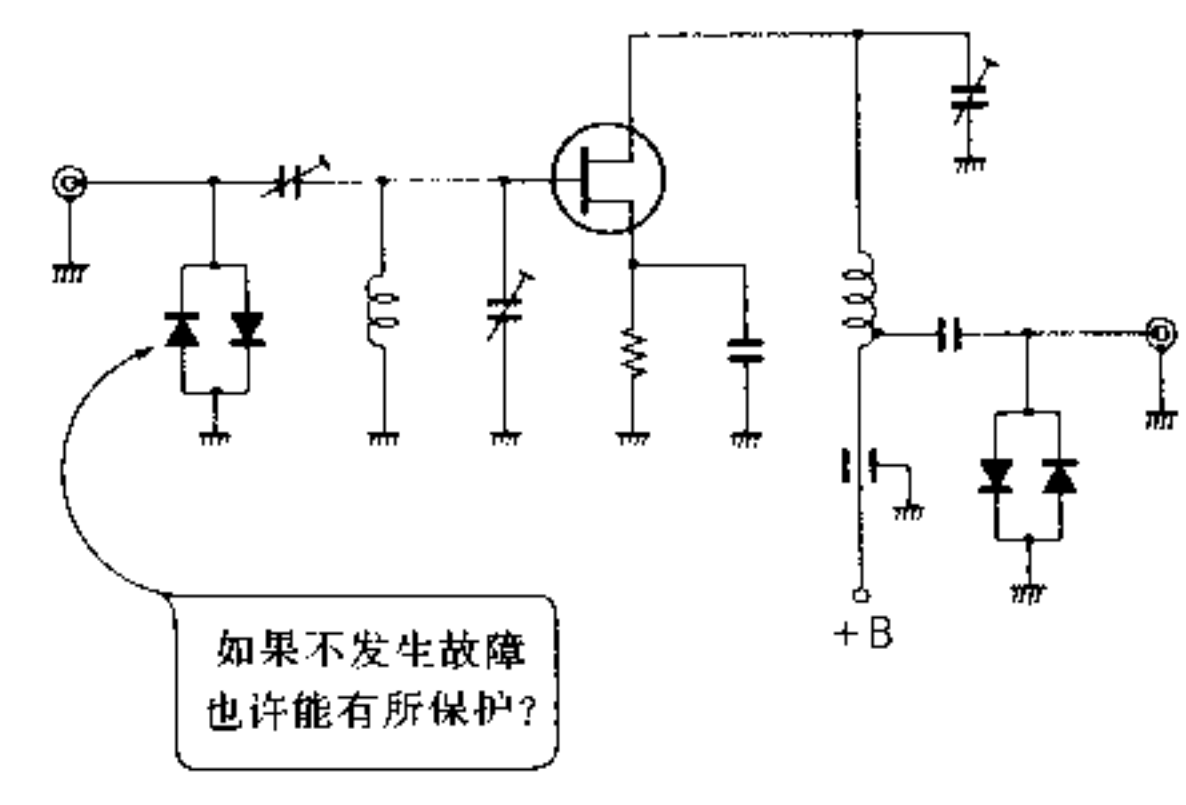


图 6—3—8　使用二极管的收发保护电路

▶参考文献

(1) CQ ham radio 編，アマチュアの V・UHF 技術，CQ 出版社，1977

(2) V・UHF ハンドブック，CQ 出版社，1971

(3) The ARRL　Handbook for Radio Amateurs（英語版），ARRL

(4) G.R. Jessop, G6JP, 関根慶太郎，JA1BLV 訳：RSGB VHF/UHF MANUAL，CQ 出版社，1985

(5) 金輪晴夫，JA1JHF 他：ノイズ・フィギュアを考える，CQ ham radio，2 月号，CQ 出版社，1977

(6) 1200MHz マニュアル，電波実験社，1986

6.4 各种工作法及知识

在自制和维修业余无线电装置的时候，如果不了解电子部件、机构部件的处理和工作方法，作业就难以顺利运转。

在此，关于无线电装置的工作，必须掌握的工作方法、技术和知识加以介绍。

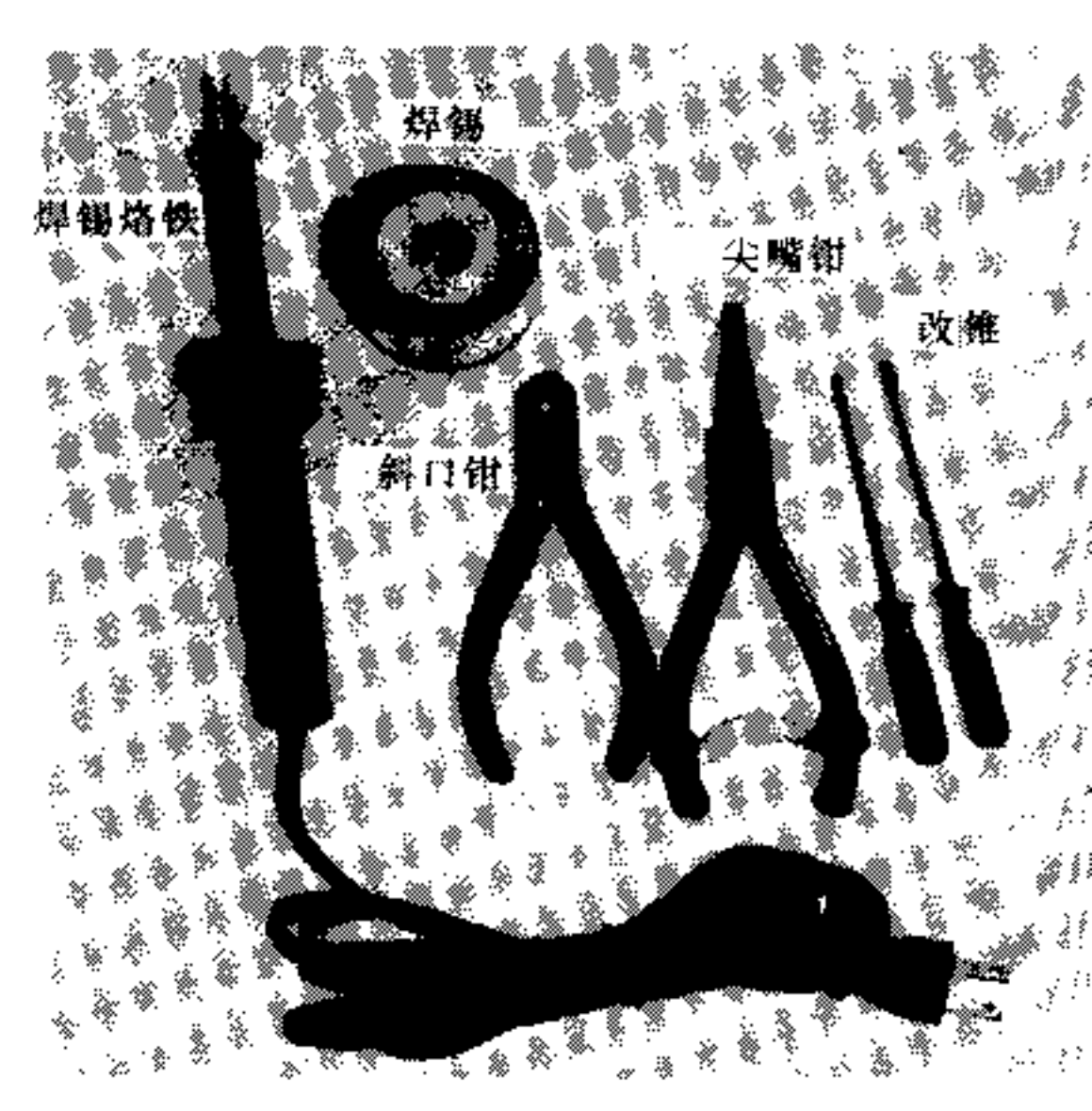
6.4.1 工具

要开展工作，工具是必需的。是否有合适的工具，会决定作业的进度和质量。

下面介绍的工具种类，是无线电爱好者必须齐备的物件(参照照片)。

a. 改锥(螺丝刀)

通常叫螺丝刀，应准备有小型和中型的改锥。改锥应该与螺丝或小螺钉头上的沟型相吻合，有前头平直一字型螺丝用的和十字



照片 6—4—1　最少限度应具备的工具

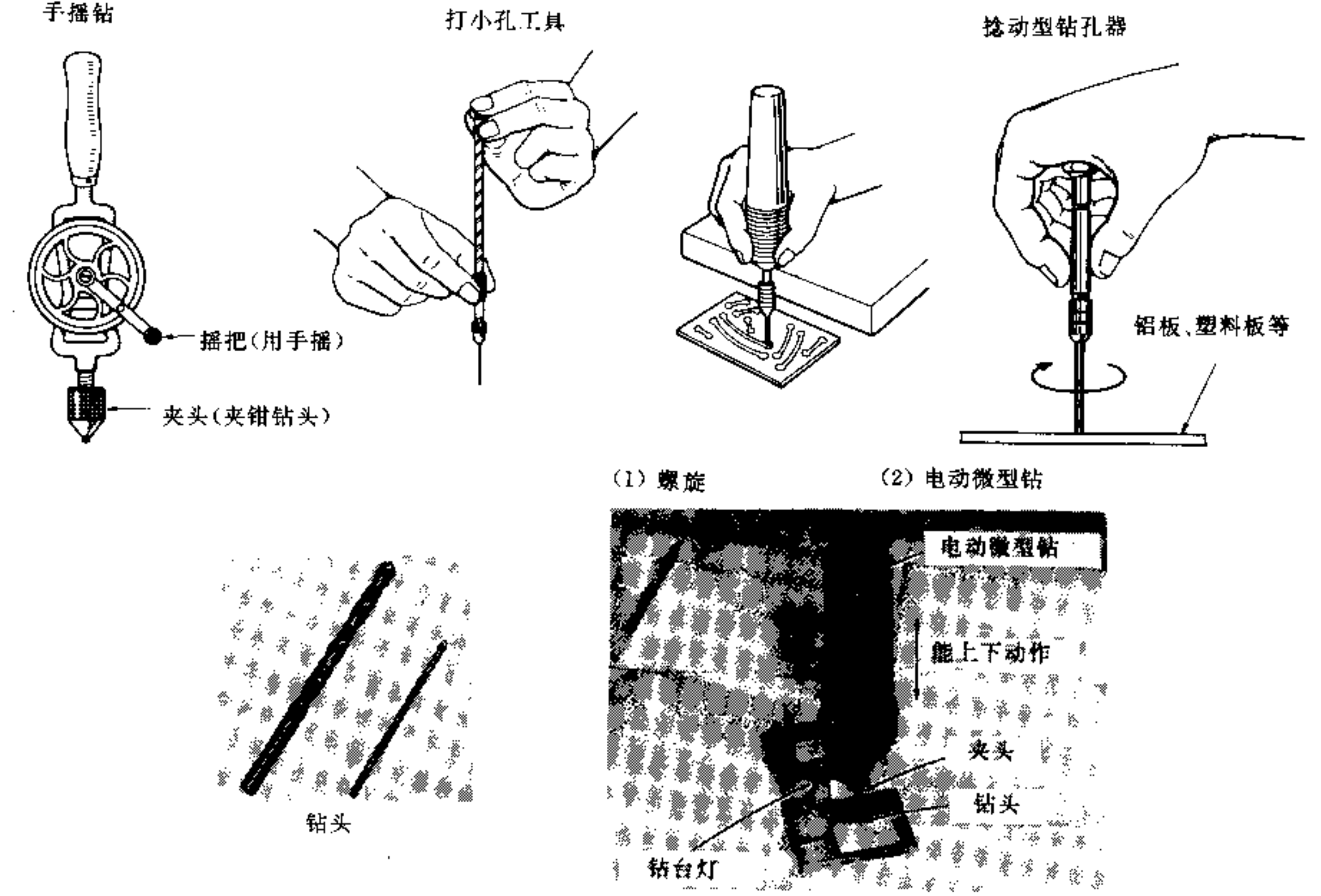


图 6—4—1　钻孔器

型螺丝用的两种。

小型的改锥，是作旋扭等安装对接螺丝用（一字型前头宽约 3mm），中型的改锥，要适应螺丝直径为 3mm 的小螺钉。如组成几把齐全一套改锥那就更为方便。

b. 无线电钳子

通常叫尖嘴钳。是一种具有可挟物件和切断的机能，尤其是前头细长好似仙鹤嘴的样子，最适宜在狭窄地方的作业。往螺丝钉上螺母时，可以挟住螺母防止空转，在配线时可以用它切断或弯曲线材。可是由于钳头细小，对硬质材料的切断或扭曲会损坏钳嘴，应加注意。

c. 剪线钳(斜口钳)

在配线时使用，是为剪切线材或剥去绝缘外皮用的工具。具有比尖嘴钳更锋利的刀口，剪切利落。可是对于硬质钢丝线，由于会损坏钳口，所以应加注意。在剪切硬质线的时候，最好使用称为“电工钳”的强力工具。

d. 钻孔器(参照图 6—4—1)

希望齐备手摇式的手钻和在底板上钻孔的小型电动钻孔器。

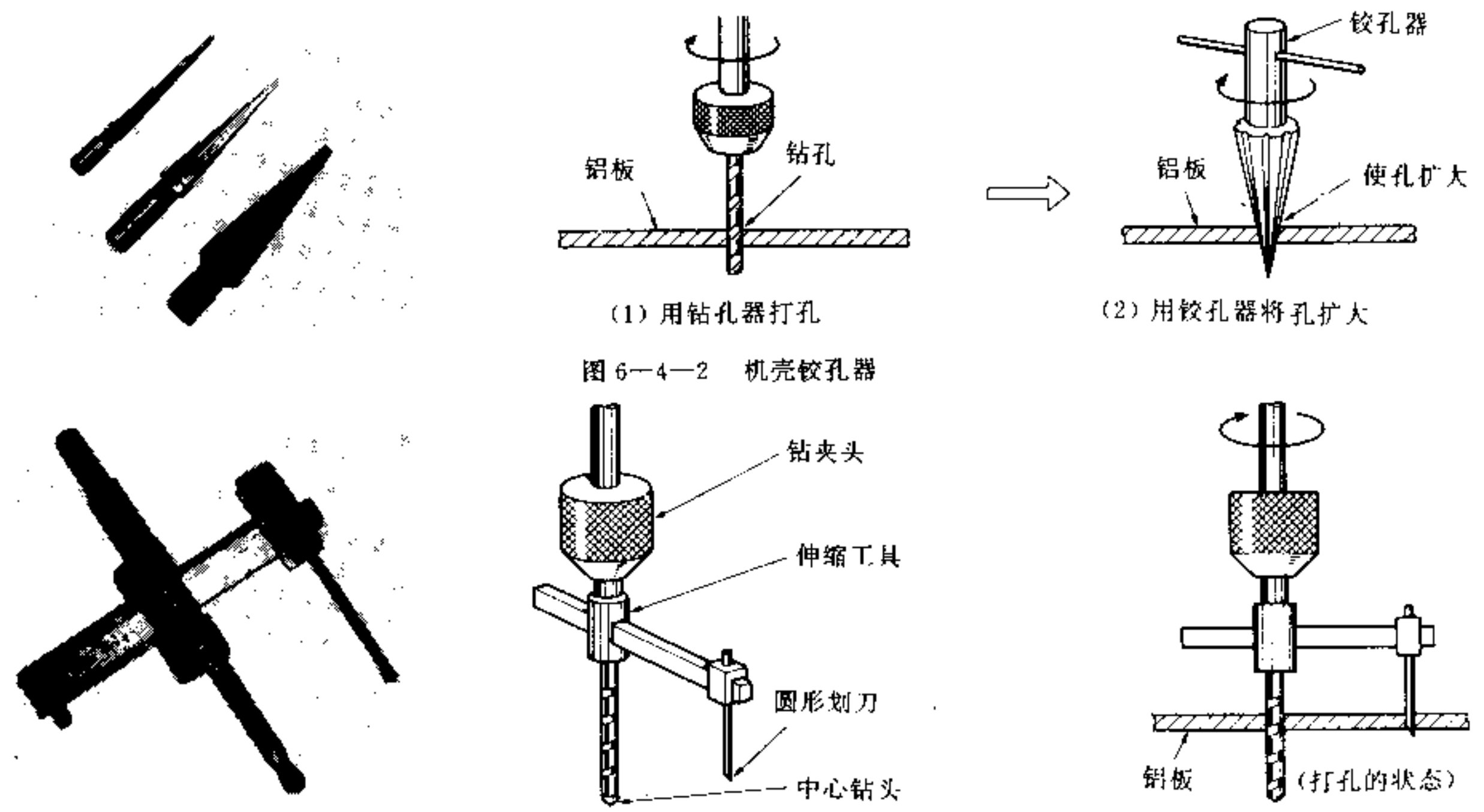
手摇钻要具有能装进最大到 4. 5mm 的钻头，钻头应备有 1Φ、3. 2Φ、4. 0Φ“注：1Φ 即直径为 1mm 的意思）的各种，在多种情况下便于使用。

电动钻，不是木工日常使用的大型钻，而是用一只手握着使用的方便工具。这种称为电动小型钻孔器市上有卖的；适合在印刷底板上钻孔。装上 1Φ 的钻头，即可简单地用一只手作业，也有卖附座架的(参照照片)。

e. 底板铰刀(扩孔器)(参照 6—4—2)

是在稍微扩大圆孔时使用的圆锥（逐渐变粗）状有刃的工具，多在电位器、乒乓开关、灯座等打孔时使用。

刀头直径为 3mm，最大处直径为 11mm 就可以了。底板铰刀使用到根尖（最大直径处），可扩大成光洁的圆孔，应注意对铰刀各



(1) 用钻孔器打孔　　(2) 用铰孔器将孔扩大

图 6—4—2　机壳铰孔器

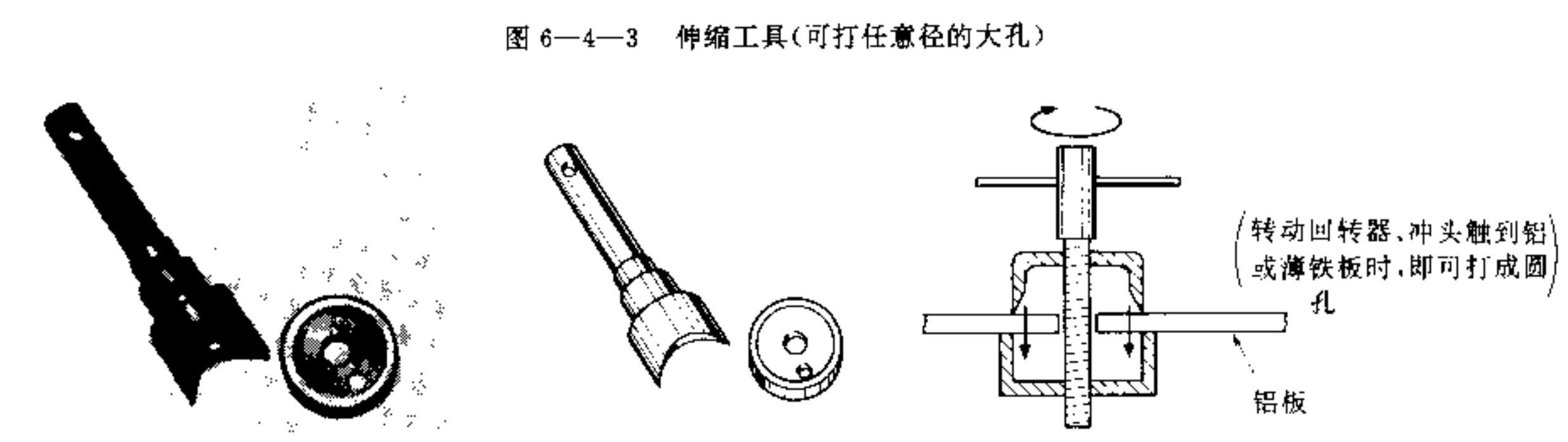


图 6—4—3　伸缩工具(可打任意径的大孔)

图 6—4—4　机壳冲孔器(可按确定径的大小打光洁孔)

段均匀使用。需要搞大孔的时候，可以使用雪佛莱工具(参照 6—4—3)或座架钻孔器(参照图 6—4—4)。

f. 电烙铁

电的通路就是电线。在焊接时，就要使用焊锡烙铁和焊锡。用电烙铁把焊锡熔化，再把两根电线固定在一起。

发热元件的热容量有各种规格。如果备有 30W 的电烙铁，即可用于焊接晶体三极管或 IC 电路上，用途广泛、方便。特别是 IC 专用的烙铁（有 15～20W，烙铁尖能小到 1mm 程度）由于可以手转，所以使用在 IC 电路比较多的场合。

在购买电烙铁时，对烙铁尖部不要裸铜棒的，要选用覆盖一层铝的氧化物，或者特殊铁的电镀等施加耐腐蚀处理的烙铁。如要烙铁尖长久使用，在使用时不要去磨擦（这种烙铁尖是经过表面耐腐蚀处理的，绝不可用锉刀去打磨，用湿抹布或海绵擦拭，可以长期保持其表面洁净。参照图 6—4—5。应注意打磨是会缩短烙铁寿命的）。

g. 焊锡(参照图 6—4—6)

称为焊锡丝的细长焊锡，以使用直径为 1mm 程度并充填助熔剂芯的焊锡最为适宜。

焊锡是锡和铅的合金，作为好的焊锡有称为“低熔点晶体焊锡”的制品。这种焊锡的成分是由锡 63%、铅 37%合成的标准焊锡。

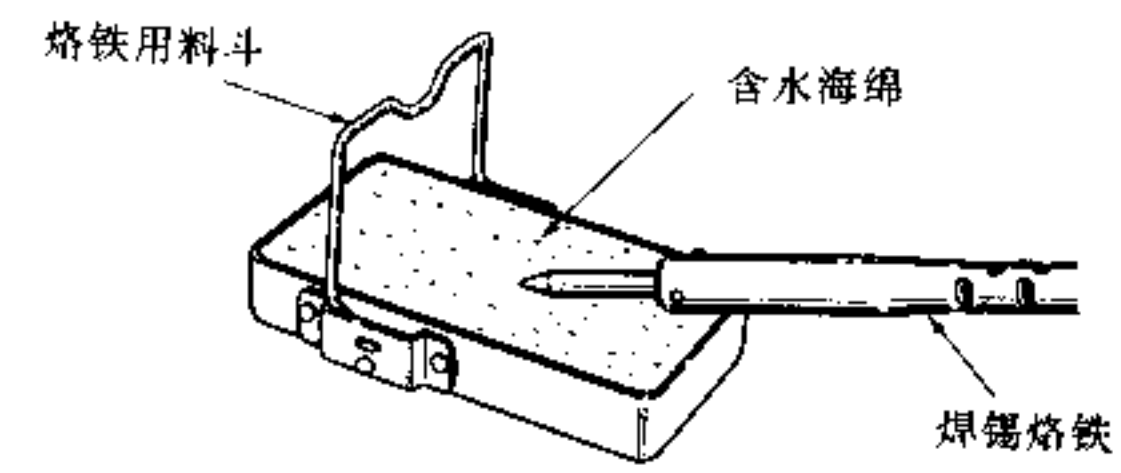
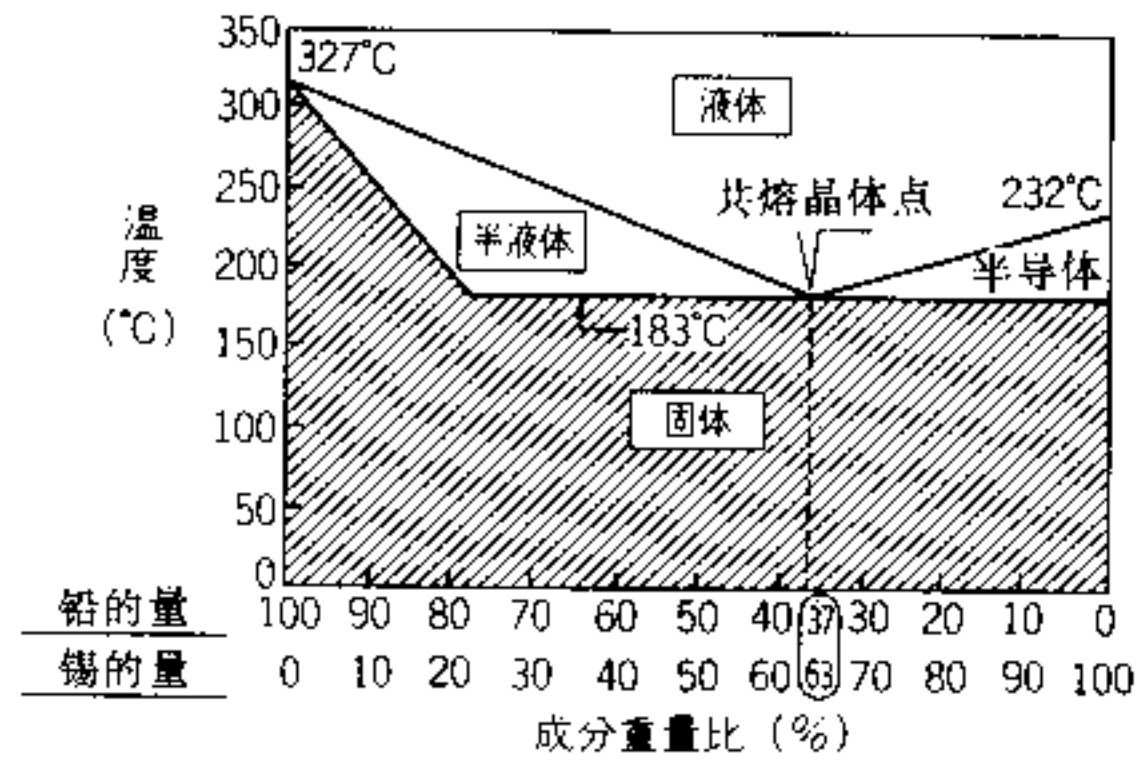


图 6—4—5　烙铁尖清理器



<低共熔晶体焊锡的状态图>

在低温下即行熔化，而且马上能固化的良质焊锡共分量比铅为 37%，锡为 63%

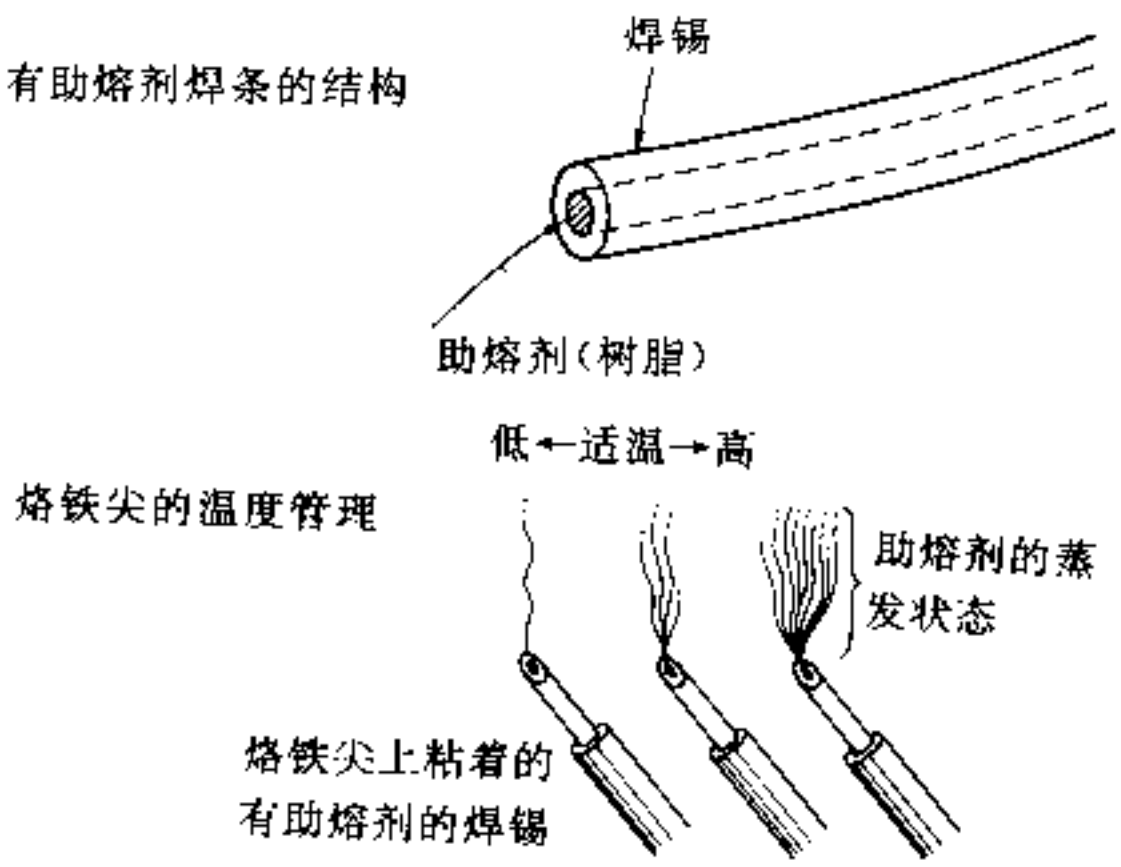


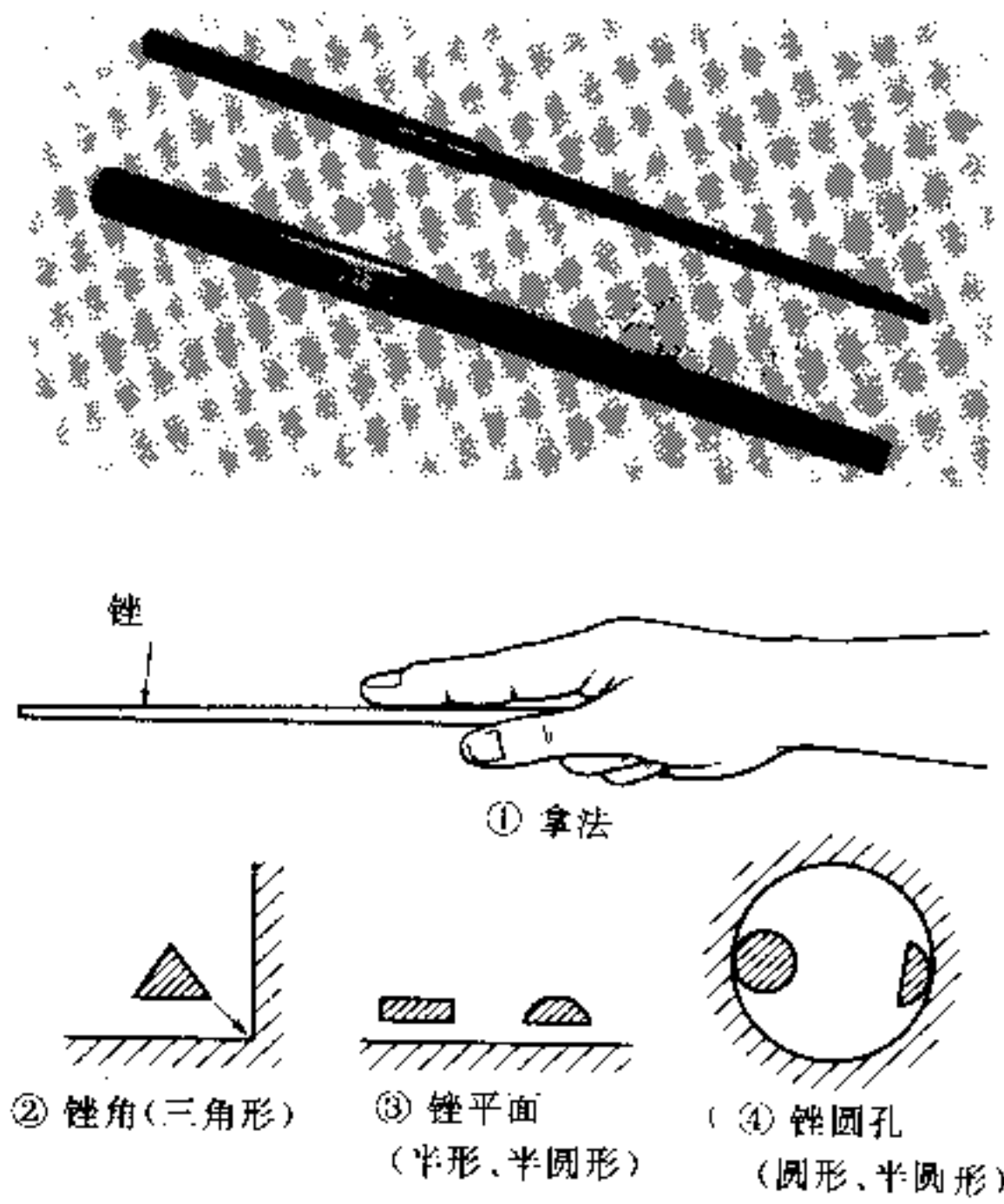
图 6—4—6　焊锡

虽然也有其他不同成分比的制品，那要根据用途去分别使用。

h. **助熔剂**（钎焊焊剂）

是为除去作焊接的金属表面上的氧化物，使焊锡能很好熔合起来的药剂。用于对印制电路板、不锈钢、铝等作焊接时较为方便。

i. **锉刀**（参照图6—4—7）



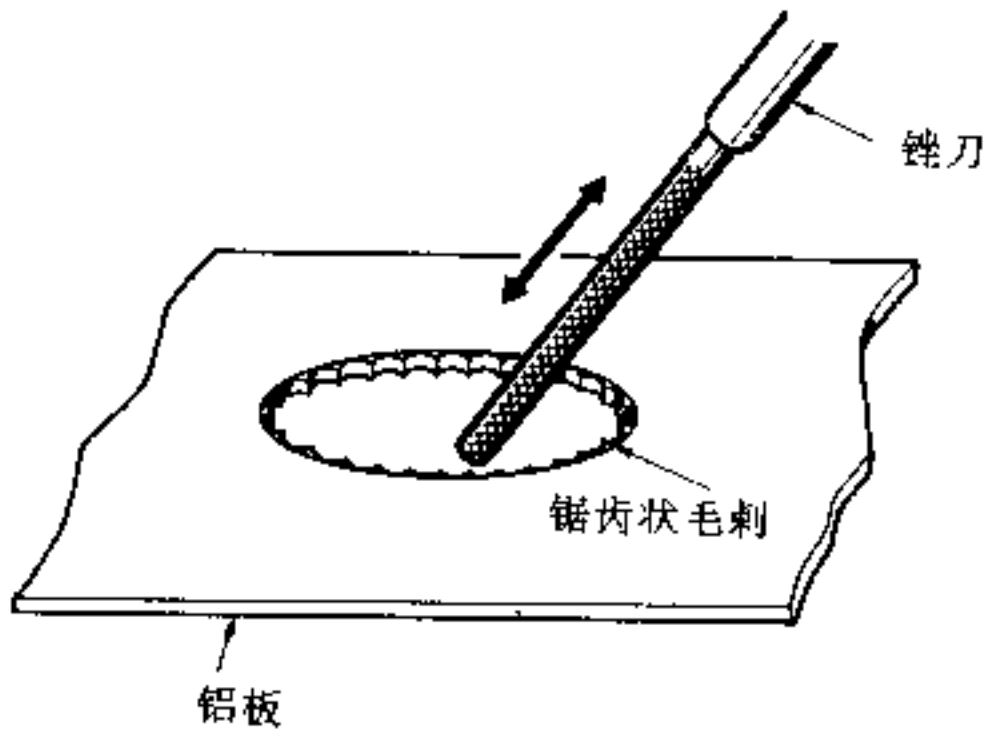


图 6—4—7　锉刀

用于扩大孔眼，弄掉钻孔上的毛刺（孔眼边缘的锯齿状物）是很便当的。

最好备有小型的由板锉、圆锉、方锉、半圆锉、三角锉等各种形状组成的组锉。另外还有粗纹和细纹的锉，可根据用途分别使用。

6.4.2 工作技巧（手法）

以下，作为无线电业余爱好者自身必须具有的技巧。当然所介绍的不过是些基本的事情，尚希望大家在应用或扩展上多多练习

本领。

(1)焊接

能轻易地搞出良好的作品，要取决于焊接工艺，如图 6—4—8 所示以及图 6—4—9 所示的样子，按要领即可完善地进行作业。

电气制品的厂商为了提高质量，差不多都在公司里举行“焊接技术竞赛”等活动，是有其一定的重要性。从无线电业余爱好者来说，应当不要漏掉这个空。仍然要经常进行练习。

(2)印制电路板的制作方法

顺妥地解决好电路，在制作若干个同类同样电路的时候，采用印刷电路板是为最好的方法。

作为搞印制板的方法，有早先推行的“手描图形制作方式”和现在多用的“照像图形制作方式”。

a. 手描图形制作法

参看图 6—4—10，图上表示的是早先就有的制作法，虽然多少有些费事，但能准确无误地作成底板。描绘图形用笔，可以在专用零件商店里买到。虽然可以用万能墨水作代用，但还是用蚀刻液（腐蚀铜箔的溶液）浸蚀的方法，达到腐蚀铜箔的目的。

蚀刻液的主要成分是三氯化铁，是一种化学药品。在出售印制板材料商店和化工商

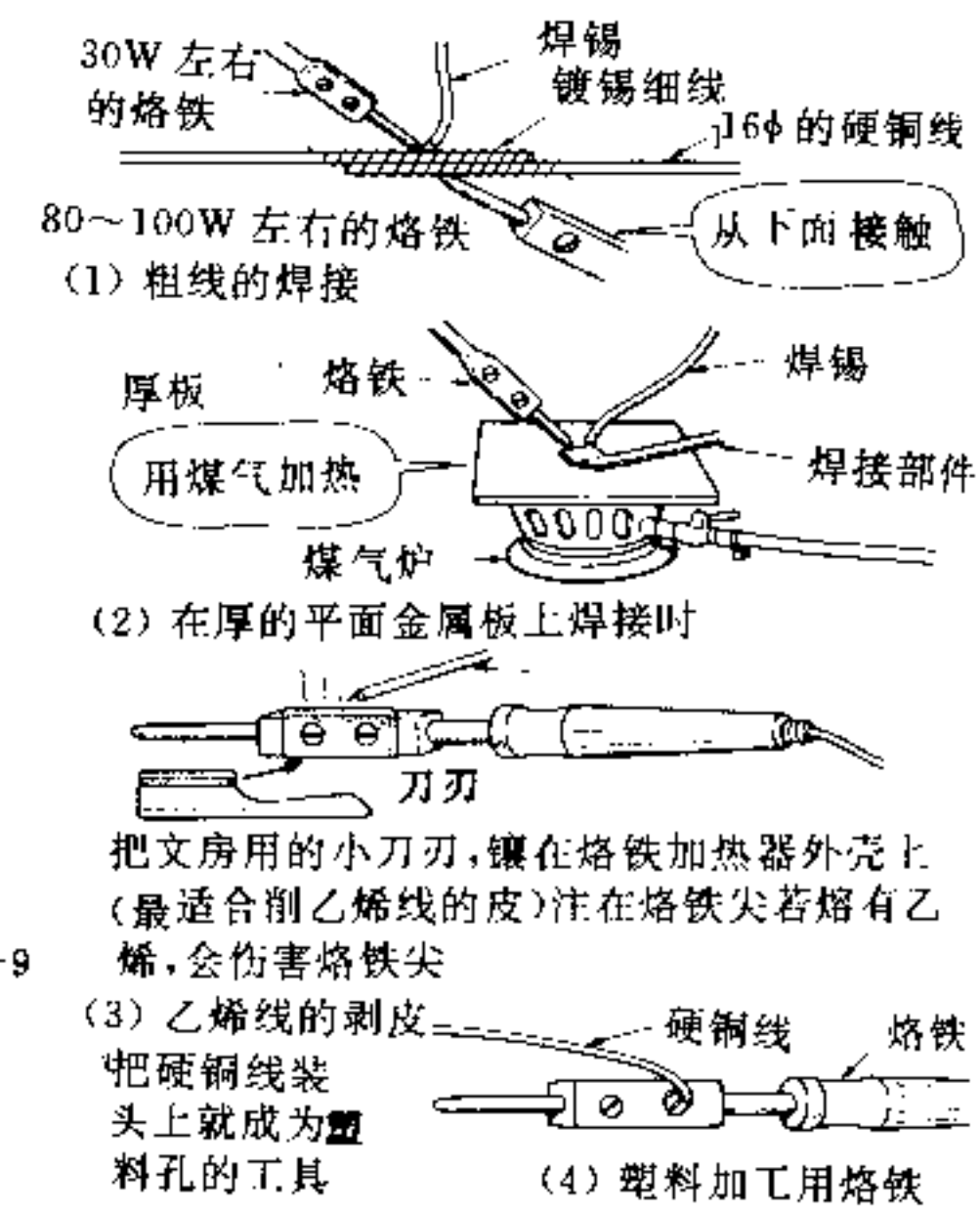


图 6—4—9 焊锡烙铁的应用法

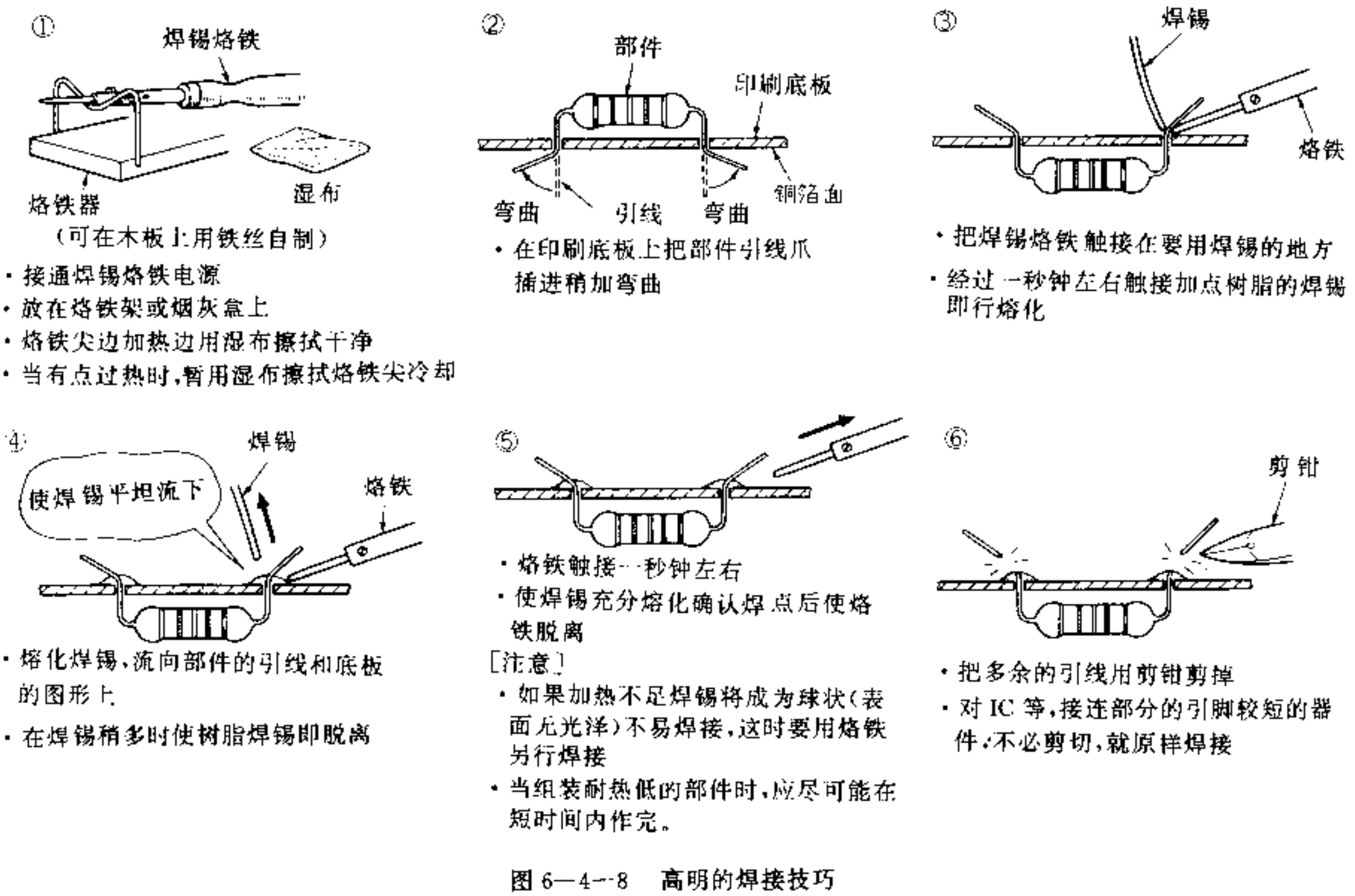


图 6—4—8 高明的焊接技巧

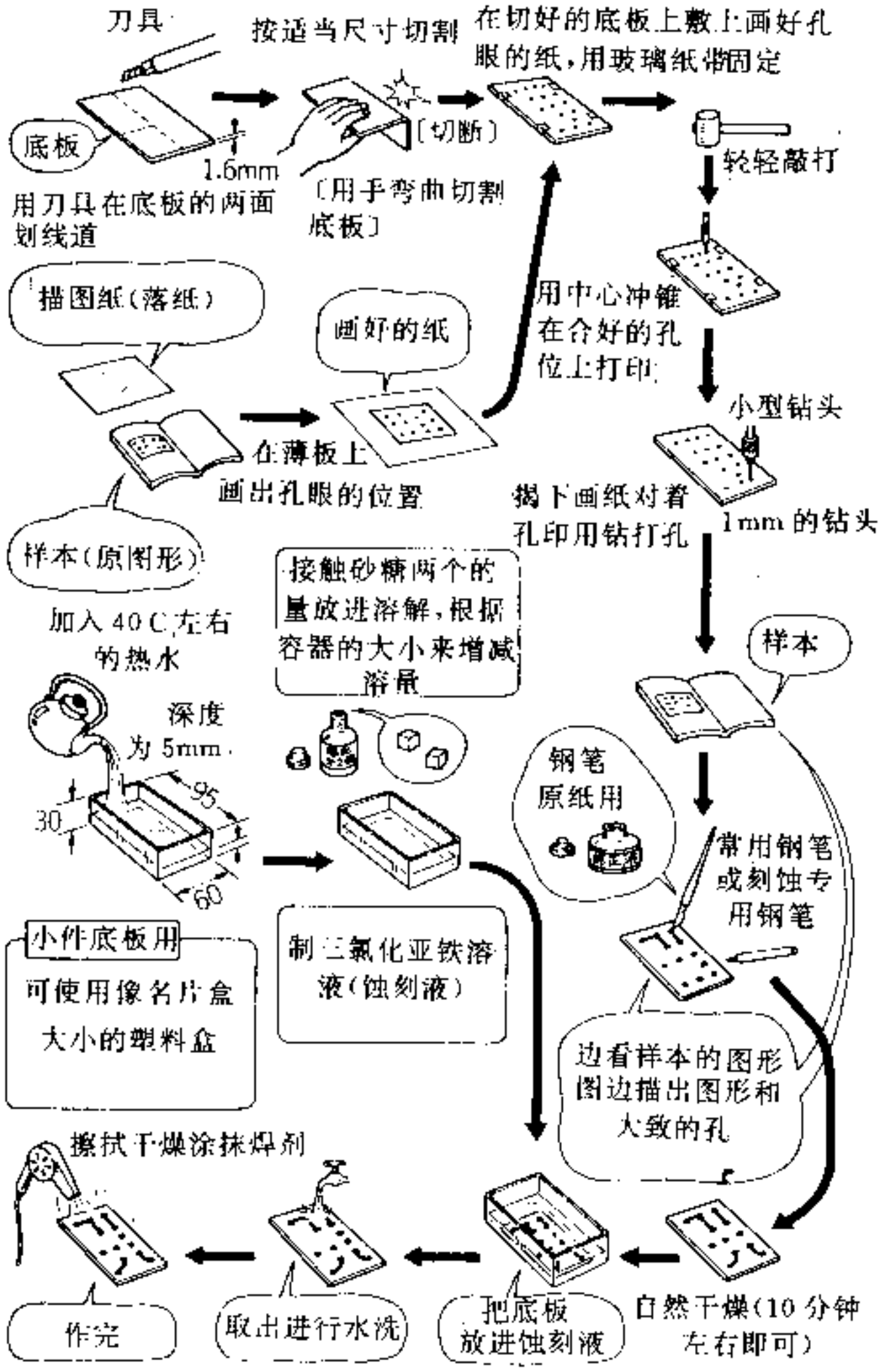


图 6—4—10　正规的手描图形作成法

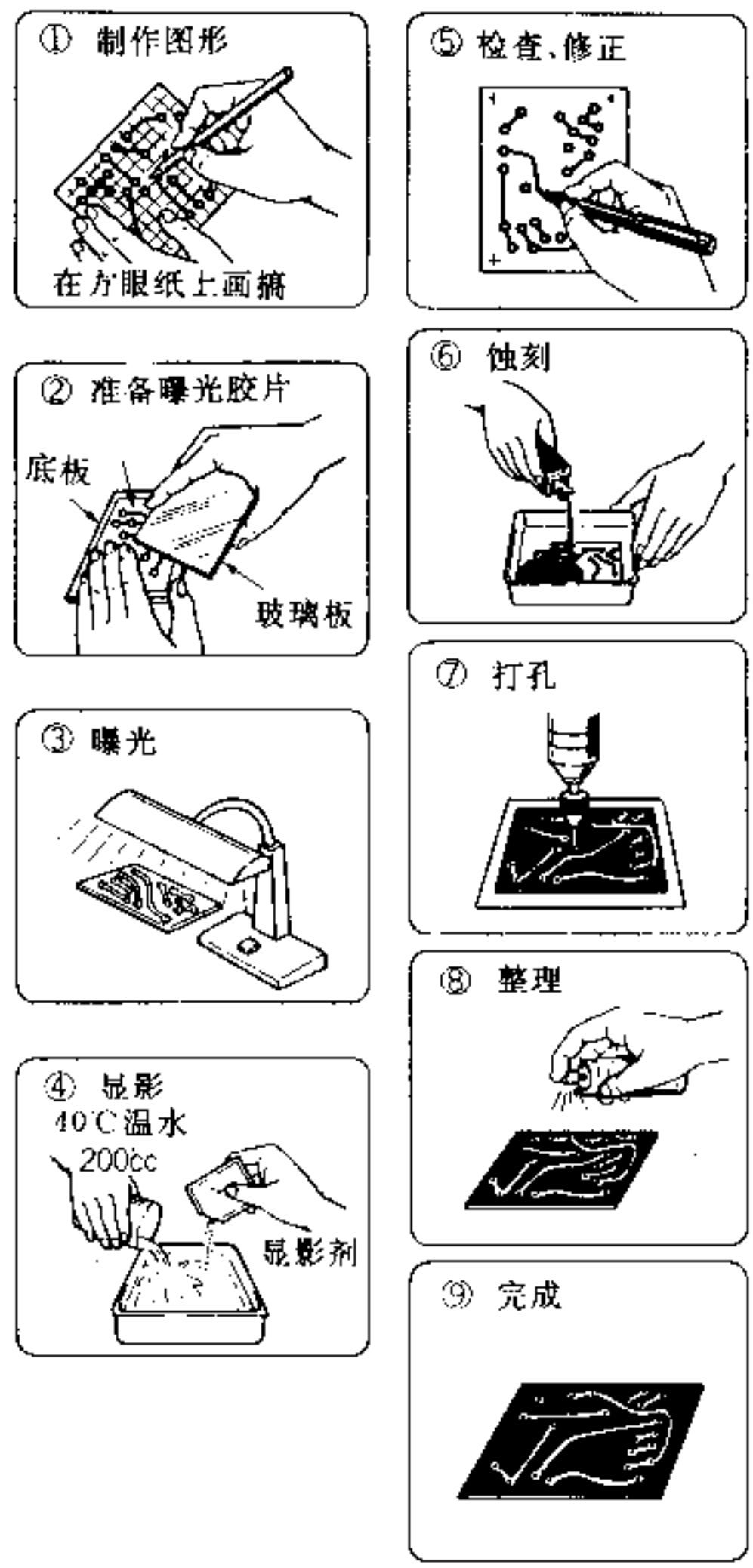


图 6—4—11　照像图形作成法

店里有售。

b. 照像图形制作法

作为最近的照片底板的作成方法有“拍照图形方式(光蚀刻技术)”。这种方式是在印刷电路板的铜箔面上涂抹感光剂（用光搞硬化／软化的抗蚀剂），将图形胶片覆盖在上面，经过投射光线感光后，即行现像。

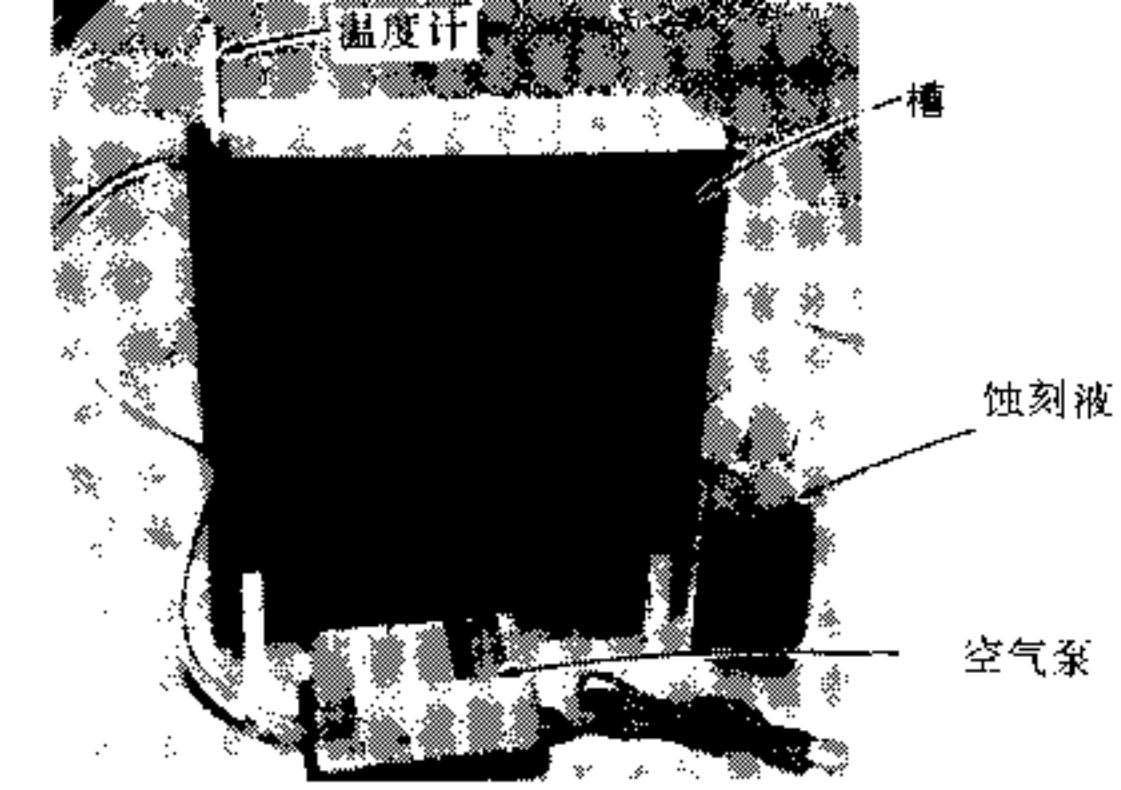
完成现像之后，描绘图形以外的部分溶掉(或者留下)，只剩下图形部分和感光剂。这种感光剂由于是性质较强的蚀刻液，所以还要进行蚀刻液处理，只保留图形部的铜箔部分，这样就制作出与原图同样的印刷图形。如能将原图胶片完好地保存，不论何时作多少块同样的刷印图形都是可行的。

如果有人想要用市售的底板用感光剂来涂抹作成拍照用底板，可以利用由三和电气公司销售便于使用各种尺寸的“正片感光底板套件”。印相的光源可以借助于台灯或阳光。

图 6—4—11 为作业程序示意图可作参考。

c. 便于作成印制板用的商品

在图 6—4—12 和图 6—4—13 上所介绍的是最近在作成印制板方面，所利用非常便



照片 6—4—2 使用装有空气泵的蚀刻装置(市场上有售),即能在短时间内完成利落的蚀刻

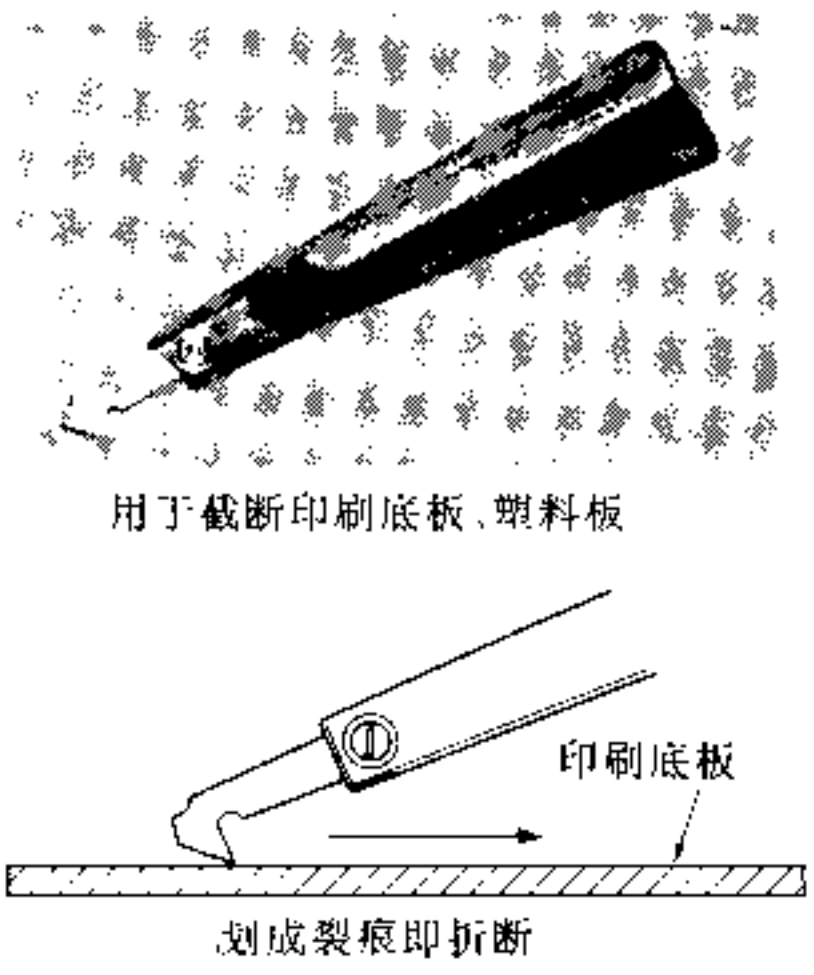


图 6—4—12　截断器(P 截断器)

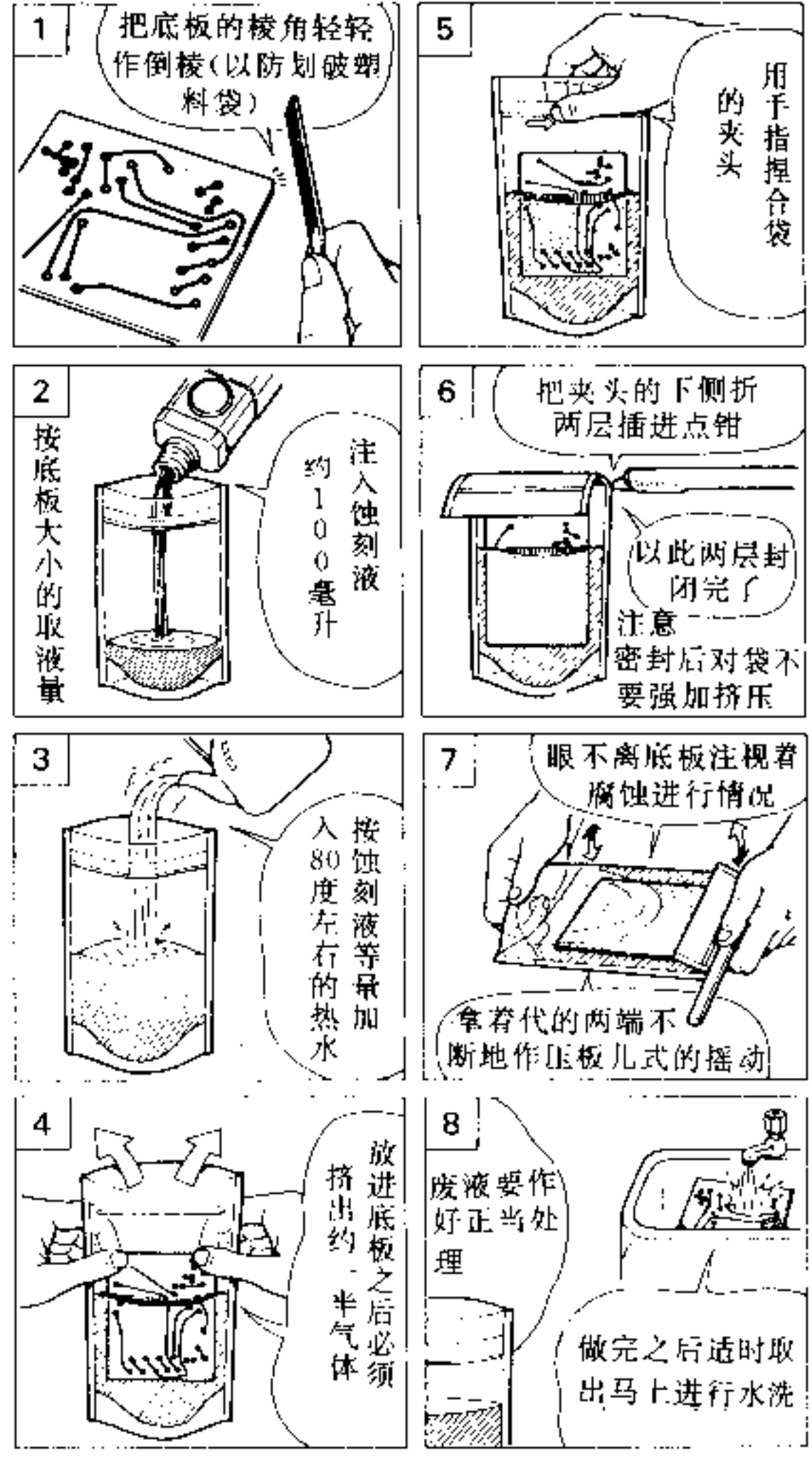


图 6—4—13　市销有非常便当的乙烯组件型蚀刻容器

于作业的多种多样的市销商品。

(3)钻孔器的使用法

手摇钻的钻头，如图 6—4—14 所示，一定要垂直安装，如果装不垂直，钻头会摆动随即折断。

当操作手摇钻的时候，不要使手摇钻倾斜，要保持在垂直状态下进行，即使在中途倾斜，也会折断钻头。

经过手摇钻加工后，要作善后清理。即弄掉孔眼周围的锯齿状毛刺。由于这个毛刺会挫伤配线，所以应加注意。必须用锉或使用比孔径大一点的钻头，把毛刺处理干净。

(4)电线剥皮钳

这是能干净利落地剥去各种粗细乙烯电线外皮的工具。如图 6—4—15 所示能作到芯线不致被削成伤痕。

(5)吸锡器

在印刷图形底板上误将部件焊接的时候，可再用烙铁加热，把部件取下来。如果搞不好，过度加热则会损坏图形和部件。

这个时候最好使用吸锡器，能简单地除掉不用的焊锡，保持板图不被损坏，而且可以顺便取下部件如图 6—4—16 所示。

(6)划线针和中心冲头

这是在搞金属板工作上不可缺少的工具。当描划要剪切地方的线时即作“划线针”用，当标示打孔的位置时即作“中心冲头”用。划线针和中心冲头合而为一的两用工具

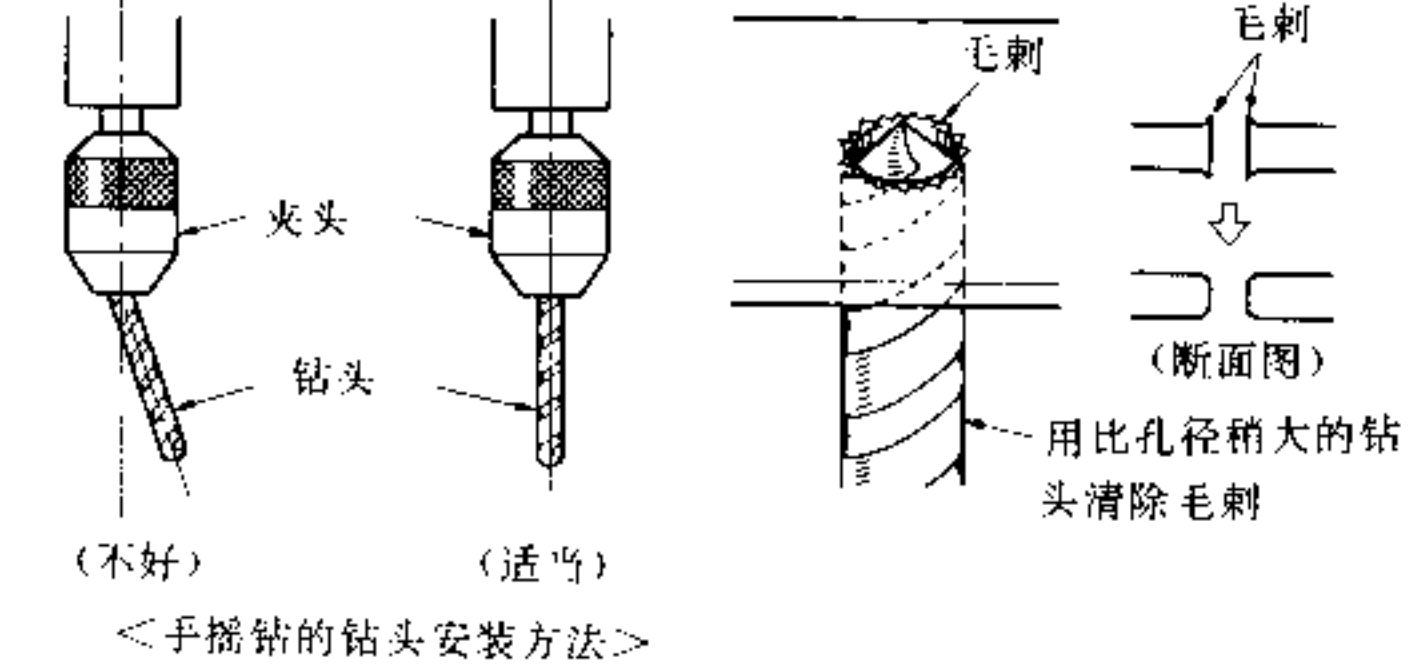


图 6—4—14　手摇钻的使用方法

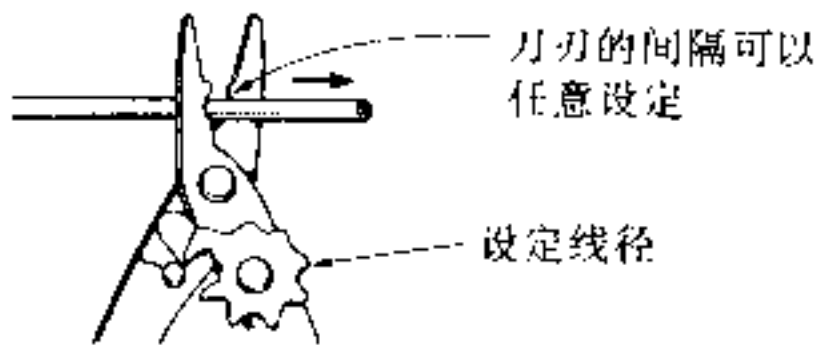


图 6—4—15　电线剥皮钳

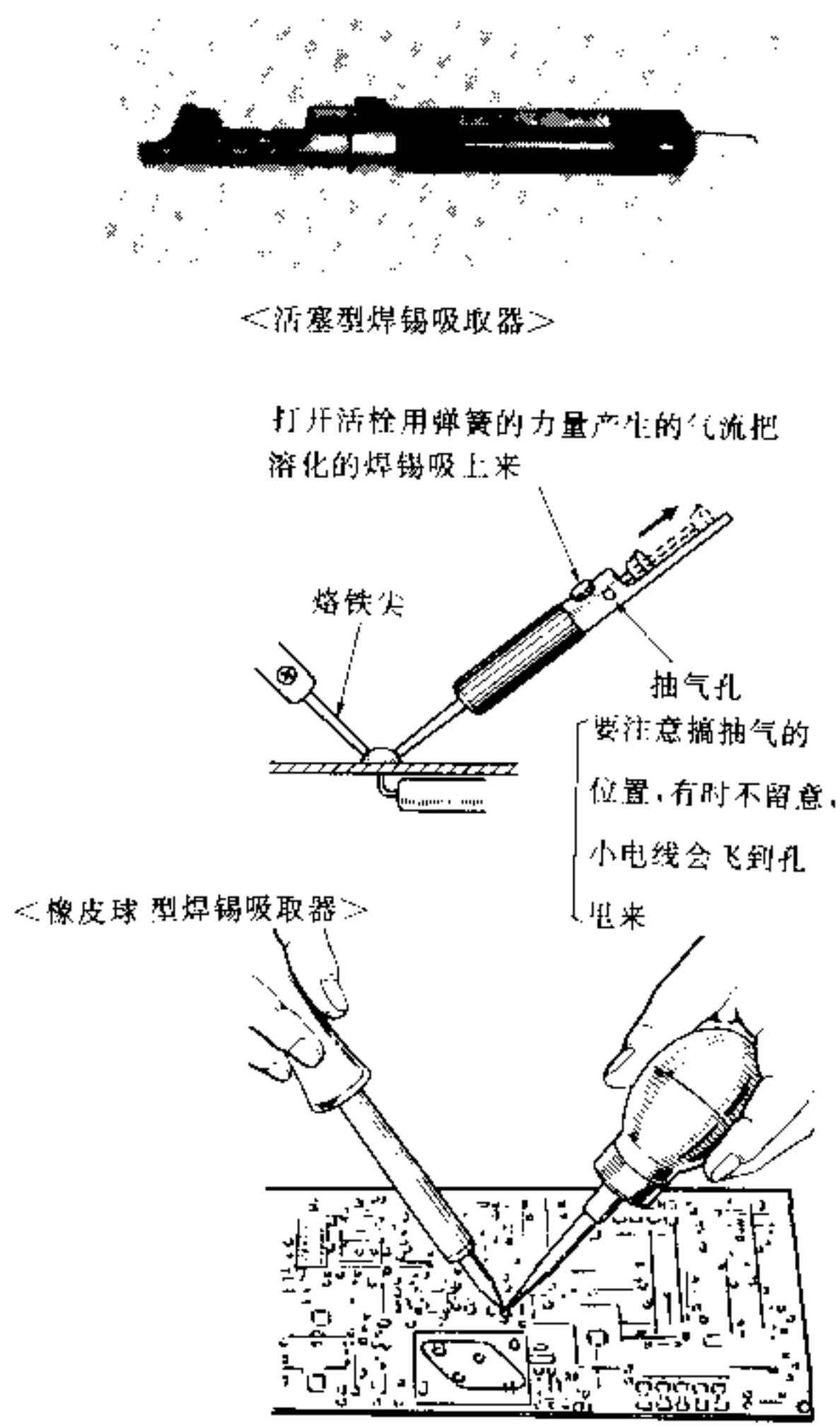


图 6—4—16　焊锡吸取器

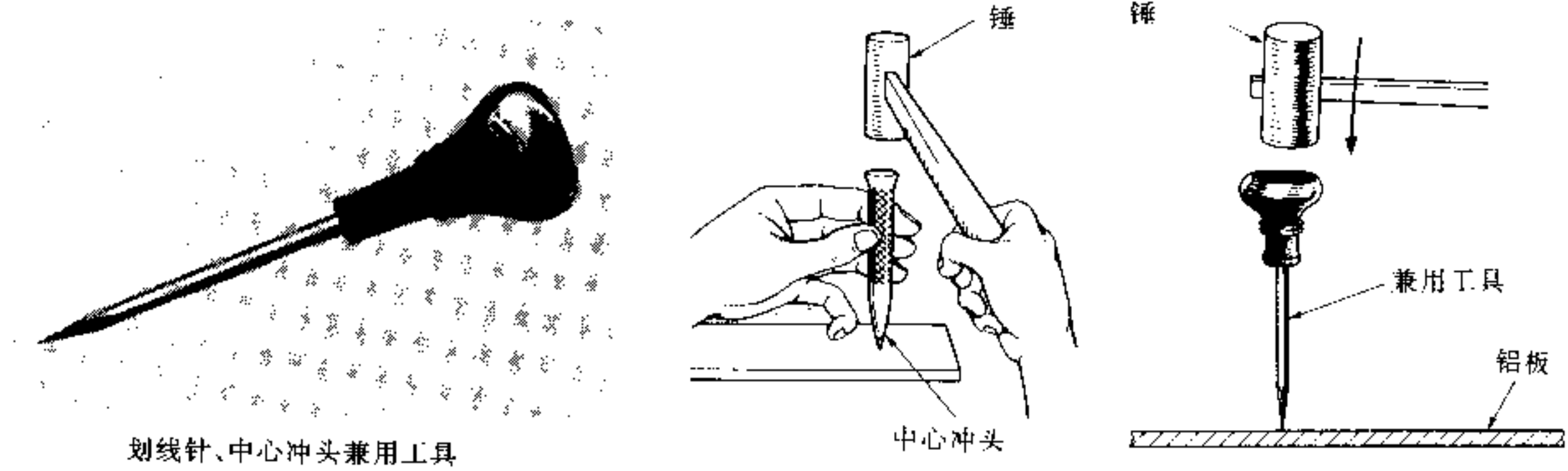
有市售品(参照图 6—4—17)。

(7)手动步冲器

在薄的金属板上，用一只手即可冲出各种各样孔眼的工具，即可冲出小方孔，又可冲出顺次加大的孔眼(参照图 6—4—18)。

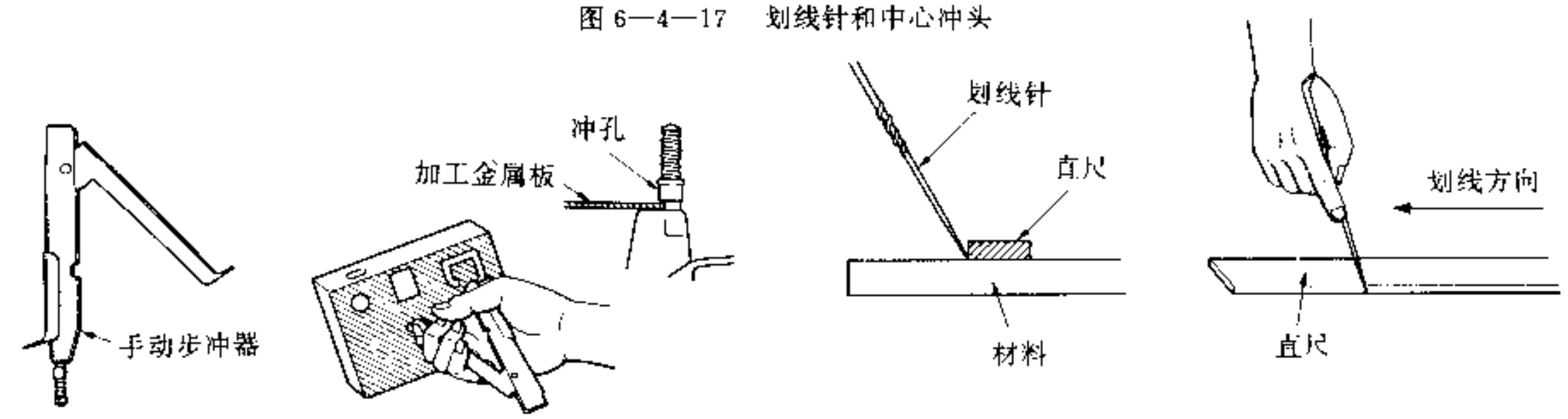
(8)零件箱

是为放置零部件用塑料制造的部件箱，内有间隔板，可以摆放大大小小各式各样的零部件。按种类作好整理，在搞制作时即能顺畅地取出各种部件。如图 6—4—19 所示。



划线针、中心冲头兼用工具

图 6—4—17　划线针和中心冲头



各种手动打孔工具

图 6—4—18　手动步冲器

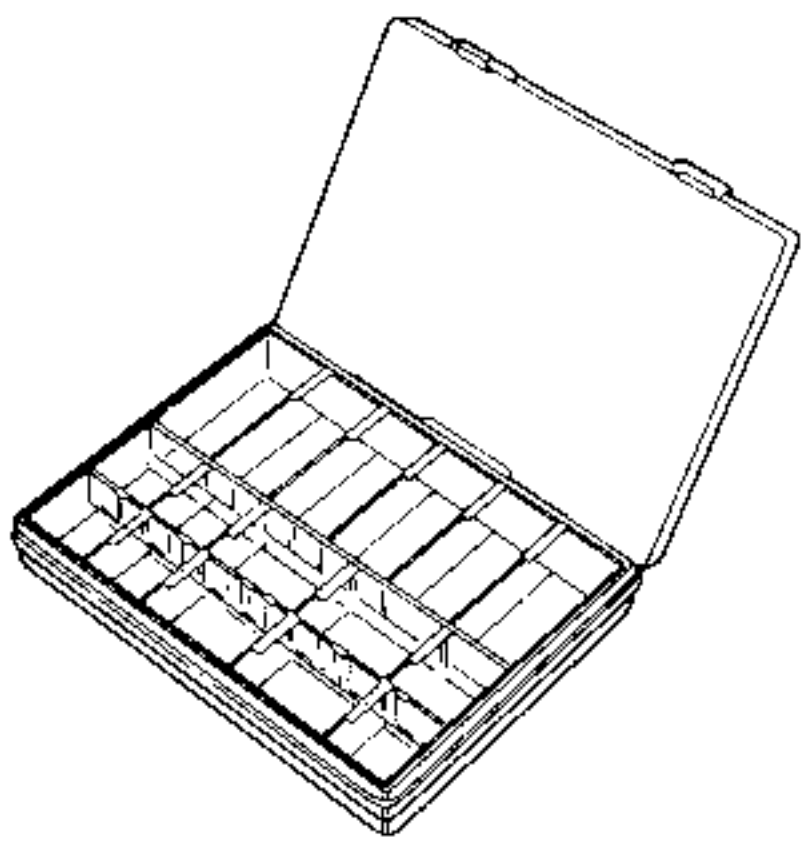


图 6—4—19　零部件箱

6.4.3 零部件的处理方法

电子零部件有其各自的性质，如果弄不清它们的用法，将会由损坏等而牵连出现故障。参考图 6—4—20 对零部件的处理应加以注意。

6.4.4 在印制板上组装零部件的顺序

如果先组装大的部件，对以后的作业会造成一定麻烦。而且如果把怕热的半导体等先组装，也会由于热的积蓄带来不良后果，所以一般都以电阻→电容器→半导体等顺序进行作业。

(1)电阻的组装

对电阻的引线，如果从其根部弯曲会造成损坏，因此要离根部 1mm 以上作弯曲为宜。

使颜色标记排列一致进行组装，不致把电阻值误解搞错，看起来也顺妥。

如果得不到足够的使用空间时，就立着

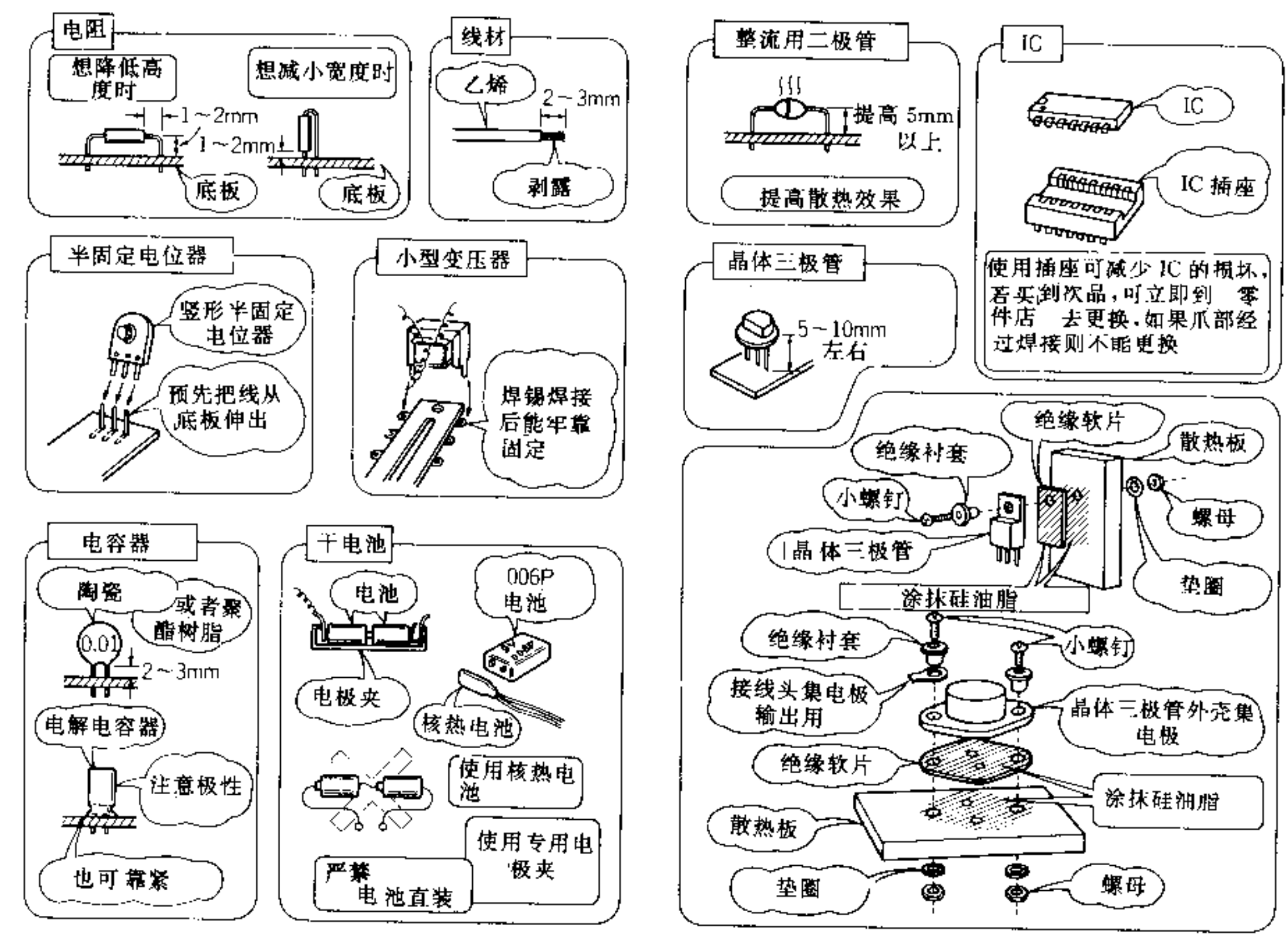


图 6—4—20　零部件的处理方法

组装，在高度得不到一定高的时候，可以把电阻躺着组装。

(2)半固定电阻器的组装

钮扣型的电阻，可以紧贴在 IC 用的万能底板上，竖型的电阻，由于爪的宽度不同，要在底板上连接拉出线，在拉出线上焊接半固定电阻器(拉出线亦可称为引线)。当然，在使用自制的印刷板时，就要配合所使用的半固定电阻器的形状来确定打孔的位置。

(3)电容器的组装

如果与电阻器是相同形状的样式，就用与电阻同样的办法去组装。对于在一个方向伸出两根引线的样式，就距底板浮出 1mm 左右作组装。陶瓷、云母、苯乙烯等由于没有极性，所以不必担心其组装方向。

电解或钽的电容器由于有极性（⊕和⊖）这要注意。如果错误地连接反了，这样的电容器将会破裂成为没有用的东西。

(4)半导体类的组装

晶体三极管或二极管，为了散热要在距印刷板面 5mm 以上作组装。

在晶体三极管上装散热器的时候，要在中间充入绝缘云母（或者胶片），对这部分不要忘记涂抹硅脂，假如不这样去处理，搞多少散热器也是效果减半。

对于高贵的半导体，如晶体三极管、IC 等，自然是在试制的时候最好使用“插座”。

(5)同轴接插件的处理方法

无线电装置使用同轴电缆与天线连接。常用于电缆上的接插件有 M 型和 BNC 型。

接插件和同轴电缆的连接，要有基本的工作法而不是自己任意行事，一定要按正式

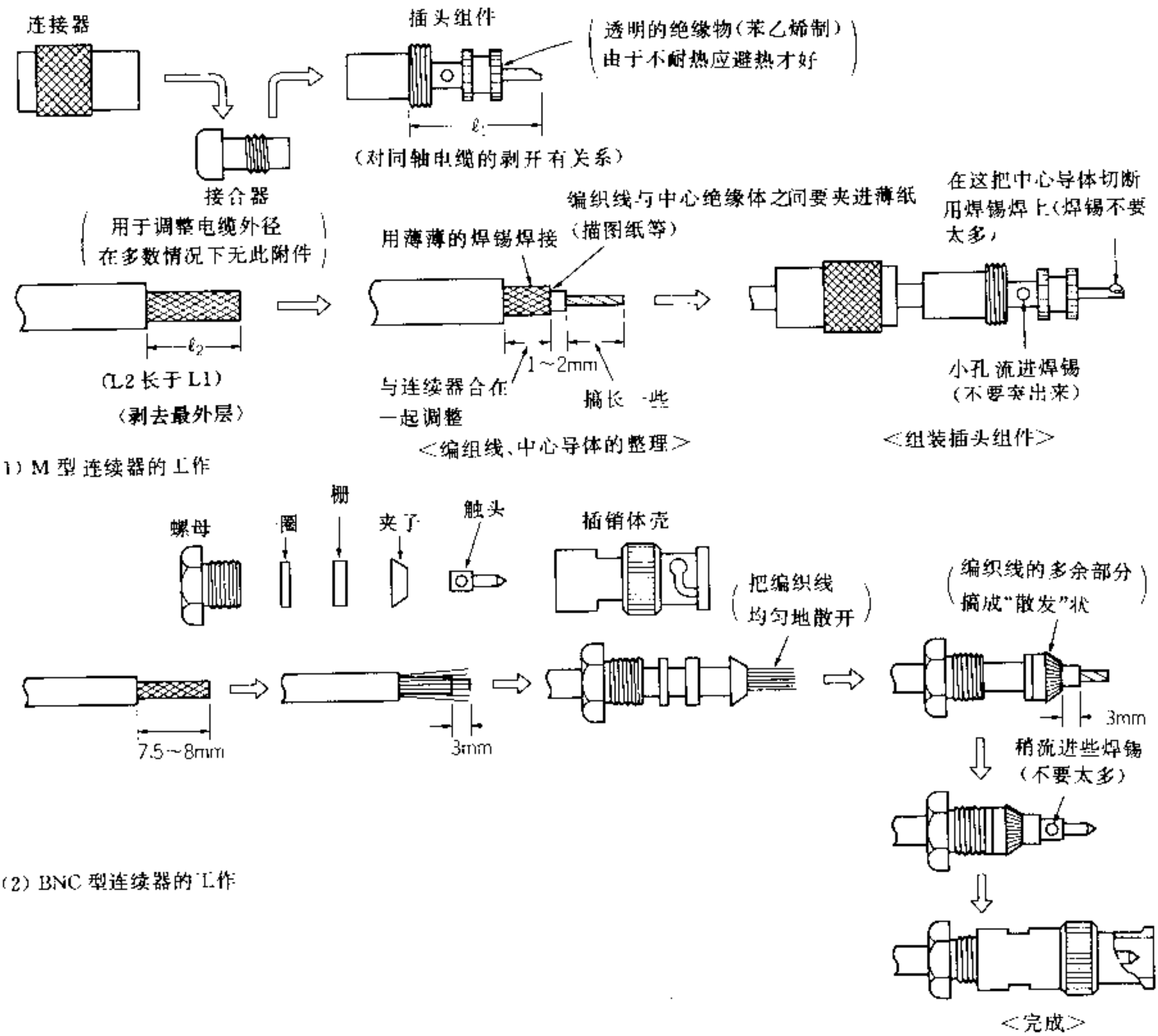


图 6—4—21　同轴接续器的工作法

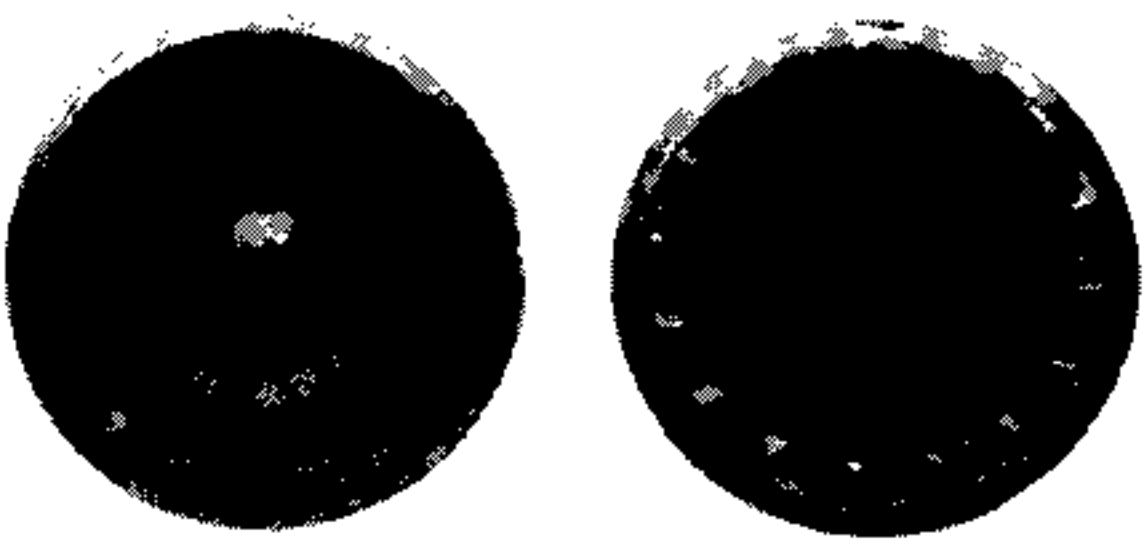
作法进行，以求避免连接不妥当。希望参照图 6—4—21 所示的连接工作法。

6.4.5 元件的阅读法

在元件上均标有所确定的记号，而且还表示有所规定的数值。这在工作上对问题的了解就很方便。在图 6—4—22 上所表示的是主要元器件的图形符号，可以在与电路图对照时作为参考。另外在图 6—4—23 上所示的是电阻器和电容器的数值以及符号的阅读法，均可作参考。

名称	图符号	说明
天线		
地线(接地)	①　②	①大地地线　②电路上的地线
配线	①　②	①交差状态　②接连状态
屏蔽线		芯线　编缆线(地线)　保护层
电阻器		石墨P型　实心型　不论哪种型符号相同
可变电阻器	①　②　③　④	①,②　③附开关　④半可变
线圈	①　②　③	表示开头卷绕　①为空心　②有磁芯
变换器(变压器)	①　②　③	磁芯　①高频用线圈　②活动磁芯　③铁心变压器
电容器	①　②	①聚酯树脂　陶瓷　①苯乙烯　②电解

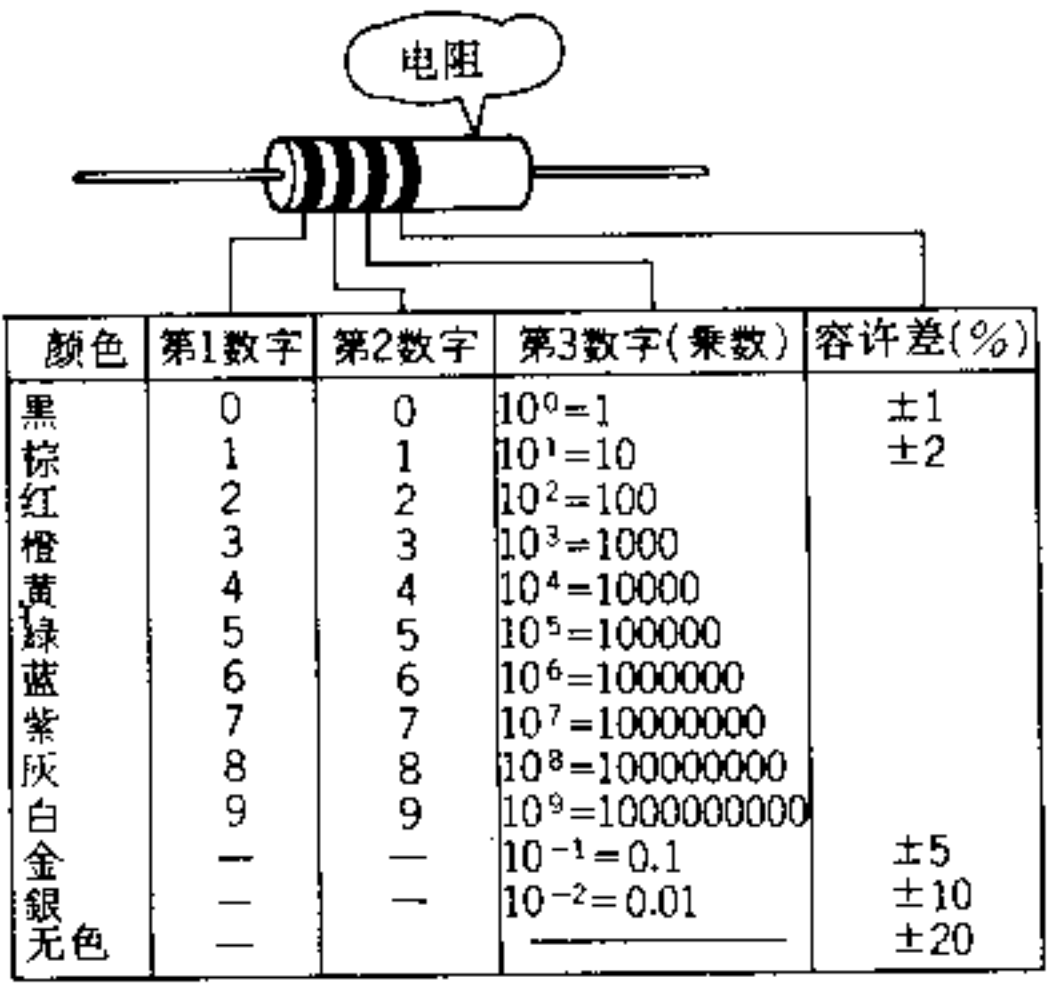
名称	图记号	说明
可变电容器	①　②	单联　双联　①是半可变
二极管	阴极　①　②	①整流器检波器稳压　阴极标记
晶体三极管	C　E　B　①(NPN)　②(PNP)	ECB　CBE　集电极　发射极　基极
真空管	P　G　K　H	(P)阳极　(G)栅极　(K)阴极　(H)放热器
扬声器		
耳机	①　②	①磁性的　②水晶
交流电源		AC100V　插销
开关	①　②	①单极　②双极
保险丝		玻璃　保险丝夹托　保险丝(保险丝管)
直流电源电池		
仪表		



M 型接续器的雄(P,上)和雌(J)

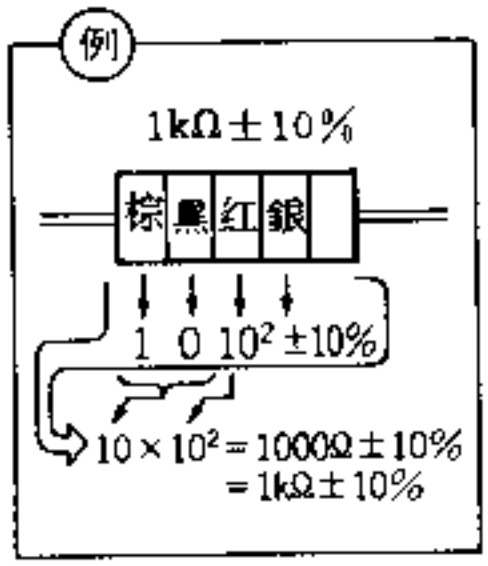
N 型接续器的雄(P,上)和雌(J)

图 6—4—22　电气符号的读法



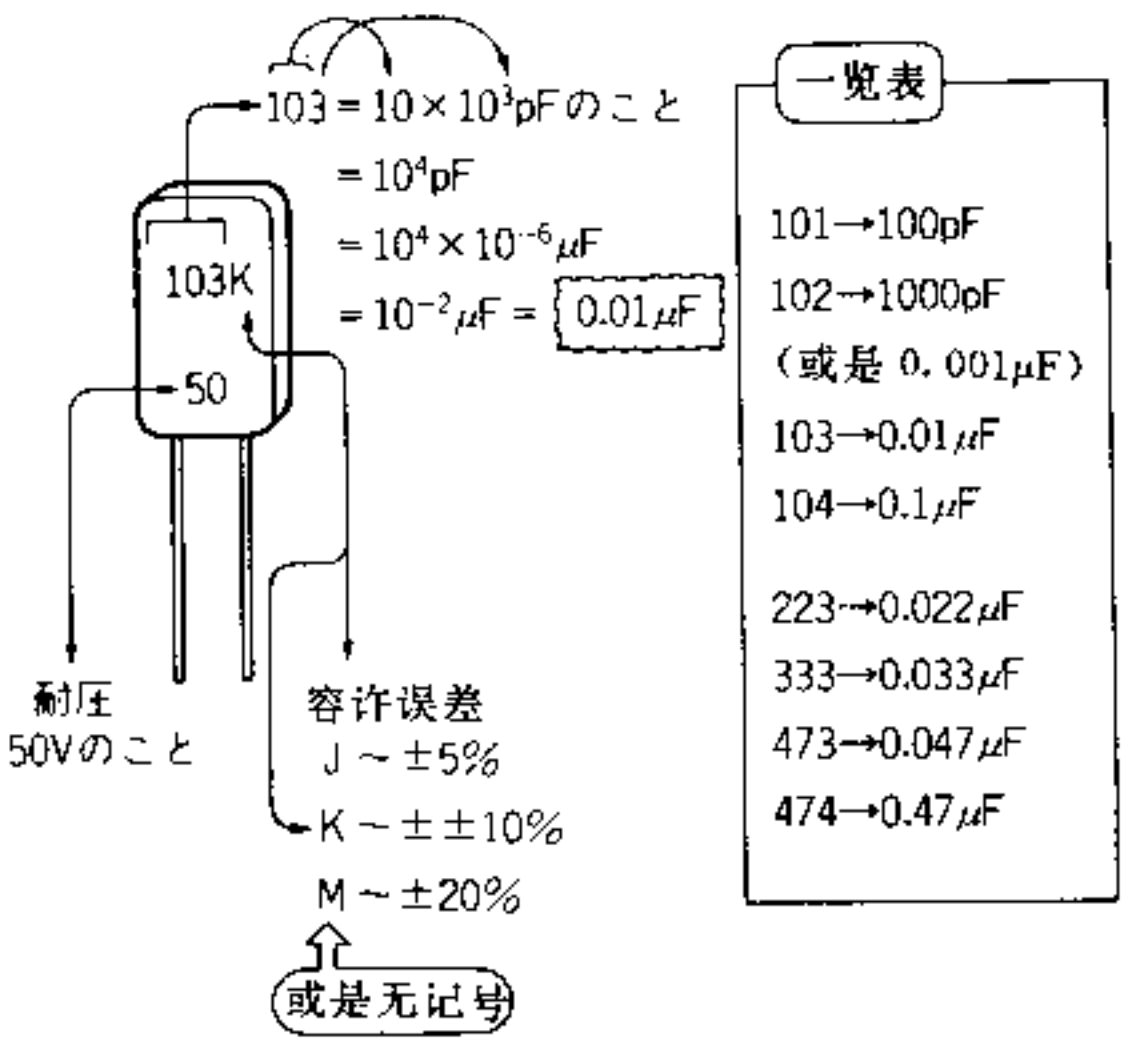
颜色	第1数字	第2数字	第3数字(乘数)	容许差(%)
黑	0	0	$10^0=1$	±1
棕	1	1	$10^1=10$	±2
红	2	2	$10^2=100$	
橙	3	3	$10^3=1000$	
黄	4	4	$10^4=10000$	
绿	5	5	$10^5=100000$	
蓝	6	6	$10^6=1000000$	
紫	7	7	$10^7=10000000$	
灰	8	8	$10^8=100000000$	
白	9	9	$10^9=1000000000$	
金	—	—	$10^{-1}=0.1$	±5
銀	—	—	$10^{-2}=0.01$	±10
无色	—		———	±20

<电阻值的读法>



号码	色	记忆的语言
0	黑	黑札〔0〕服
1	棕	小林一〔1〕棕
2	红	红胡〔2〕萝卜
3	橙	柑〔3〕子代代花
4	黄	四季〔黄〕色
5	绿	五月绿
6	蓝	德川萝卜〔六蓝〕
7	紫	紫式〔7〕部(女官)
8	灰	出租汽车〔8〕
9	白	白色圣〔9〕诞节

<0～9的颜色符号的记忆法>



<电容器的读法>

▶参考・引用*文献

(1)西田，伊原：ビギナースクール，CQ ham radio，5月号，8月号，CQ出版社，1983

(2)西田和明：電子工作入門，講談社

(3)西田和明：やさしいアマチュア無線の工作，CQ出版社

(4)西田和明：ハムのための工具と工作テクニック，ハムライフ，2月号，電波新聞社，1973

*1：「エレホビー」取り扱い説明書

*2：サンハヤト㈱カタログ

图 6—4—23　电阻、电容器的读法

技术 07 测量的基础技术

7.1 为何需要测量仪器和测量技术

我们今天所使用的装置，那是由于技术的进步和厂家的开发努力，而在这十年左右的期间里，经过真空管式，晶体三极管式，并随着LSI化其性能都已显著地提高了。自从引进了计算机，从业余爱好者的技术水平来看，呈现出相当大的差距，能否自行装配，察看配线图，甚至对电路方式的理解都有一定的困难。

那末，只好买厂家制造的装置。首先，收集各公司的商品目录，探讨其各种性能、外观和价格等，才能订购(买进)，而且送货上门的装置，信誉度较高，厂家对性能也作出了保证。

厂家对同样的装置要制造几百台几千台，要使全部产品的性能合格，就必须具备从设计到生产、质量管理等等技术，并且要有测量器和测定技术来支持这些工作。

那末对我们使用由这些技术所生产的装置来说，能完全不需要这种测定技术吗？

从天线乃至话筒，把全部装置都集中在机房，专为欣赏通信，那确实不需要测定器。一旦出现了故障，只好送往厂家，也得经过一个来月的修理才能送回来。

可是，作为业余无线电专家如能自觉地认识到：只进行装置的小范围使用就满足了吗？确实有音质差的电台，自己的电台靠得住吗？在黄金时间广播，为预防TVI，输出功率应为多少瓦？怎样制作附加电路？以及怎样与微型电子计算机结合……这些愿望理应作到，但是不论哪件事若没有测量仪器是难以实现。

下面介绍业余无线电台应装备的便于使用的测量仪器，以及使用法和测定法的说明等。

万用表

7.2.1 原理

万用表在与电气有关的地方，都应该具备，它也是一般的测量仪器(参照照片7—1)。

其构造，有 10μA～1mA 的高灵敏度直流电流计，把电阻器、电池、整流器等用旋转开关适当组合起来，集中在一个小型匣子里(参照图 7—1)。有模拟式(仪表型)和数字式两种。

照片 7—1

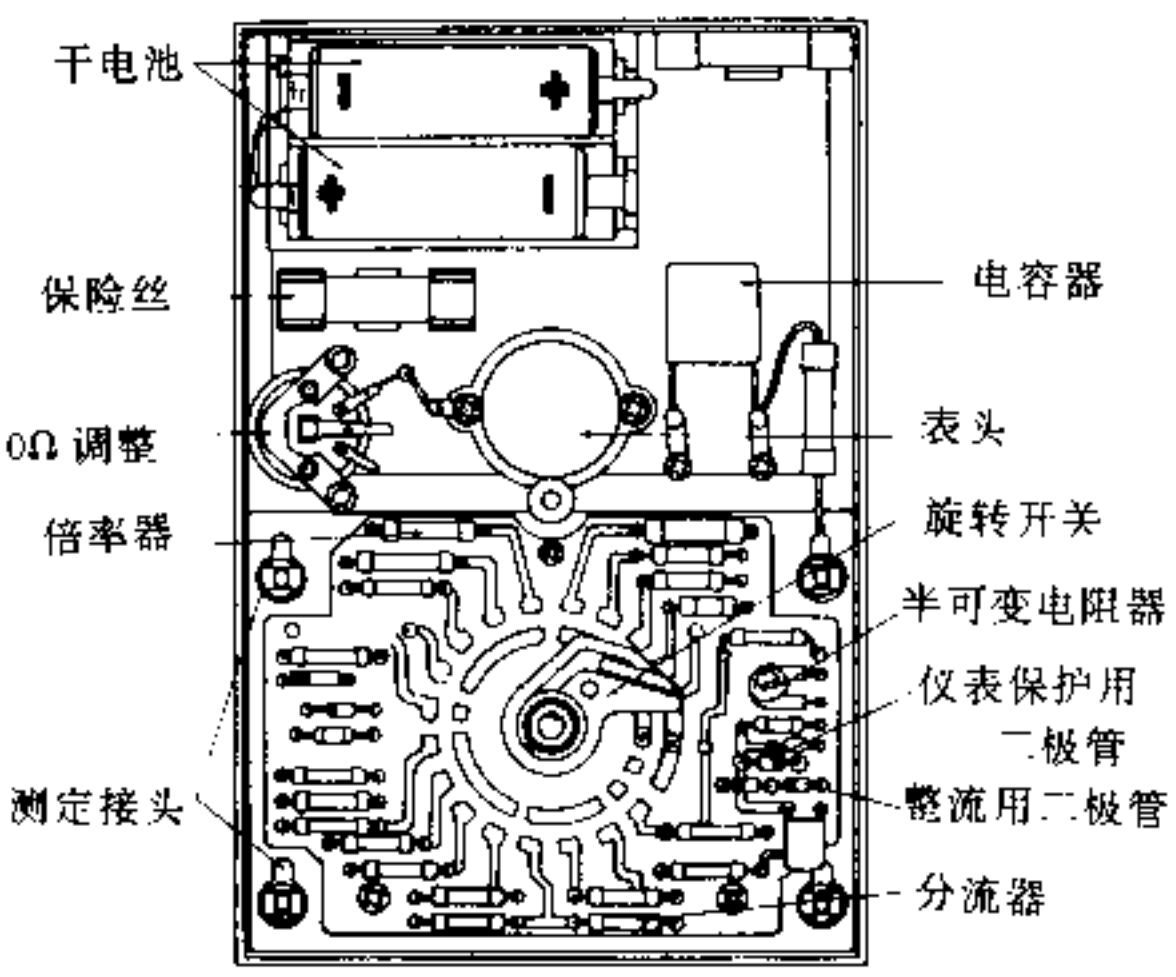


图 7—1

有这样一台万用表，就可以作直流电压、直流电流、交流电压和电阻的多种测试，能广泛用于家庭电气装置和计算机等的测定，是业余电台首先必备的测量器。

表 7—1 所示即为测量范围的一例。

7.2.2 测量误差

不论是模拟式或数字式，任何一种测定器都必然有误差。不过高级装置器的误差范围可能小一些，决不可能为零。万用表的误差，有 JIS—C1202 有规定。在市场上购到标有 JIS 标记的万用表，必须对这个误差范围内的精度有所保证(参照表 7—2)。

用作直流电压测量时的容许误差，为最大刻度的3%。也就是在100V 全刻度(100V

表 7—2
JIS－C1202
(选录一部分)

测量的种类	容许差%
直流电压 直流电流	最大刻度值的±3
交流电压 低频输出	最大刻度值的±4
电阻	刻度长度的±3

JIS＝日本工业规格

表 7—1　万用表的测量范围

直流电压(V)		1	2.5	10	25	100	250	1000	10kΩ／V
直流电流(mA)	0.1	1	2.5	10	25	100	250	1000	
交流电压(V)				10	25	100	250		kΩ／V
电阻(Ω)	R×1	R×100	R×1k						电池 3V

直流电压(V)	／	／	0.3	1.2	3	12	30	120	300	1200	100kΩ／V
直流电流(mA)	0.012	0.12	／	1.2	／	12	／	120	／	1200	
交流电压(V)	／	／	／	／	3	12	30	120	300	1200	10kΩ／V
电阻(Ω)	R×1	R×100	R×10k								电池 1.5V

范围)的位置上，测定某种电压恰好指示为100V，其实际值也只能说在97V到103V范围之内。

在此范围内如果测定为10V，作为全刻度的3%误差，也许会认为要加进最大3V的误差，那么所指示的就成为了7～13V之间，那样对10V的误差就成了30%。

为了防止有这样的误差，在测定器上备有多种量程，对所要测定的值，尽可能以接近的量程作测定。在各个量程把相当的刻度都在一条比例尺上作多重标记，作好对刻度不易读错量程的分配，并从印刷技术等方面突出产品的各自特征(参照图7—2)。

用数字技术和LSI相结合而产生的小型数字万用表(Digital Multi Meter)现已被广泛用以代替模拟式万用表。有3.5位，也就是表示从0到1999，而价格与以前的万用表无多大差别，而且其误差在直流电压量程里为±0.2～0.5%+1位，其输入阻抗为10～20MΩ，大大提高了性能。特别是"自动量程选择功能"等，具有能自动表示位数在3位以上的灵便功能，二极管的正向压降以及导通检查(蜂鸣器的响声)功能的仪器(参照照片7—2)。

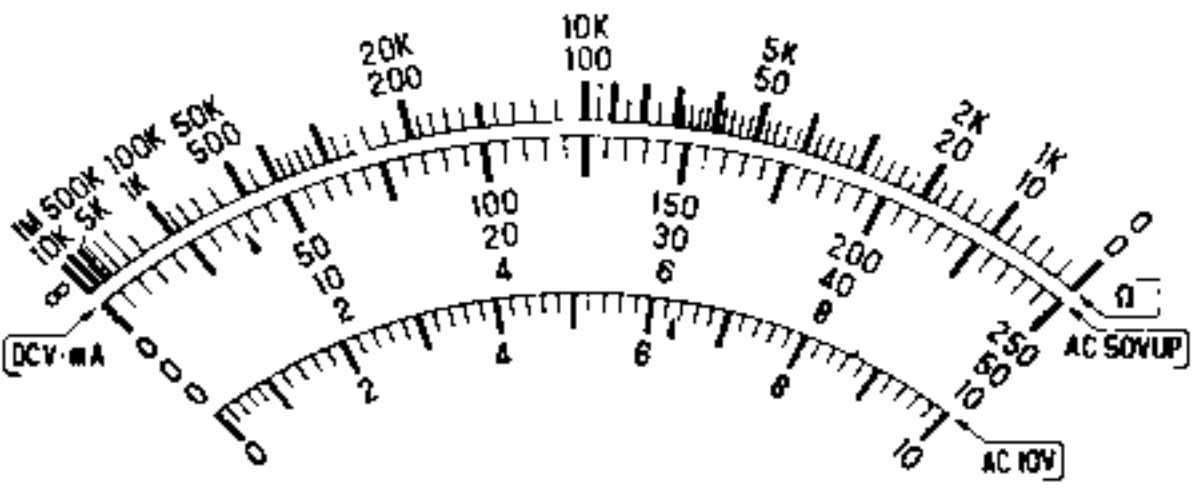


图7—2　万用表的刻度盘

照片7—2　小型数字万用表和附件的例(三和电气)

7.2.3 各测定项目的工作说明

电气电路的大部分，能用欧姆定律来说明。万用表的内部用欧姆定律容易理解。

在电压E伏特(V)的电源上如果连接R欧姆(Ω)的电阻，在这个电路上就会产生I安培(A)的电流(参照图7—3)。这就是欧姆定律，众所周知可用下式来表示。

$$E=I\cdot R \cdots\cdots (1)$$

E：电源电压(V) R：电阻(Ω) I：电流(A)

7.2.4 直流电压表

如果确定了I和R即可用(1)式确定E。例如把100μA全刻度电流表和已知的电阻器100kΩ作串联连接，即可从(1)式计算出

$$E=100\times10^{-6}(\mathrm{A})\times100\times10^{3}(\Omega)=10(\mathrm{V})$$

作为E如果加以10V的电压，则电流表会在全刻度有所表示，也就可以成为10V的电压表。这时的电流表，如果将电阻器变换为1MΩ，1kΩ，即可分别得到100V、1V电压。实际的万用表。如图7—4所示为用电阻器变换

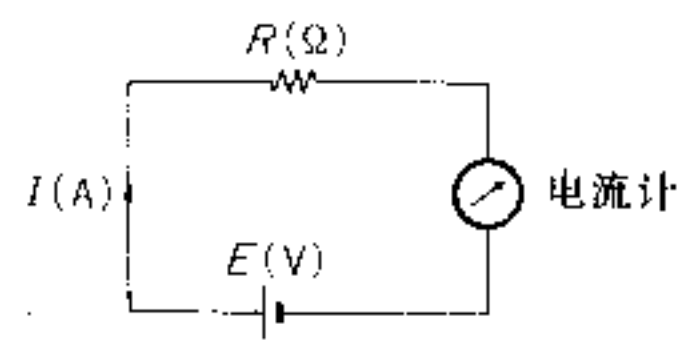


图7—3　欧姆定律

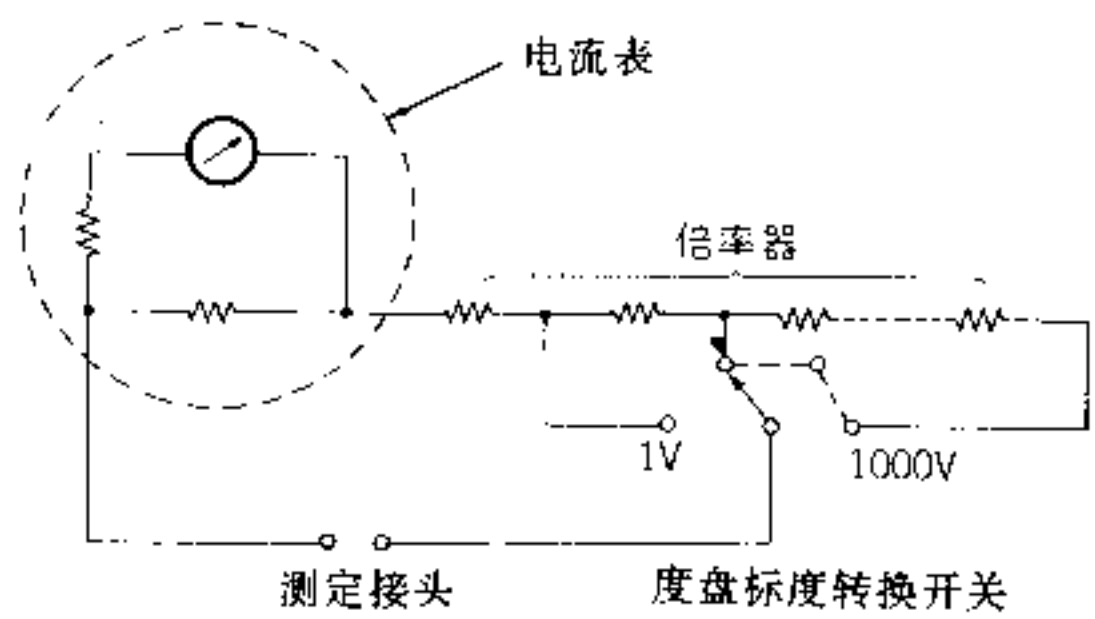


图7—4　电压表的电路例

0.5V～1kV 电压范围的电压表的电路。对用这类电阻器的装置称为倍率器。

■测定时的注意事项

用上述 10V 度盘标度的万用表，测定图 7—5 的集电极电压，因为接有 100kΩ 电阻的集电极电流被电压表的电流分流，这样本为 5V 却成为 2.5V. 其工作状态也失常。同样在 10V 表上，如将电流表变为 10μA. 电阻变为 1MΩ. 电压表大体上作出接近真值为 4. 5V 的指示。

从测定端看到万用表内部的电阻值，同在 10V 计上，前者是 100kΩ、后者是 1MΩ。对这个差异所表示的数值，用电压量程把上面的电阻值除开即 Ω/V。就是前者为 10kΩ/V，后者为 100kΩ/V 的意思。

在数字万用表中，这种数值与电压量程无关，大体上可定为 10MΩ 乃至 20MΩ。对此可称为输入阻抗。这是在低电压量程发挥的

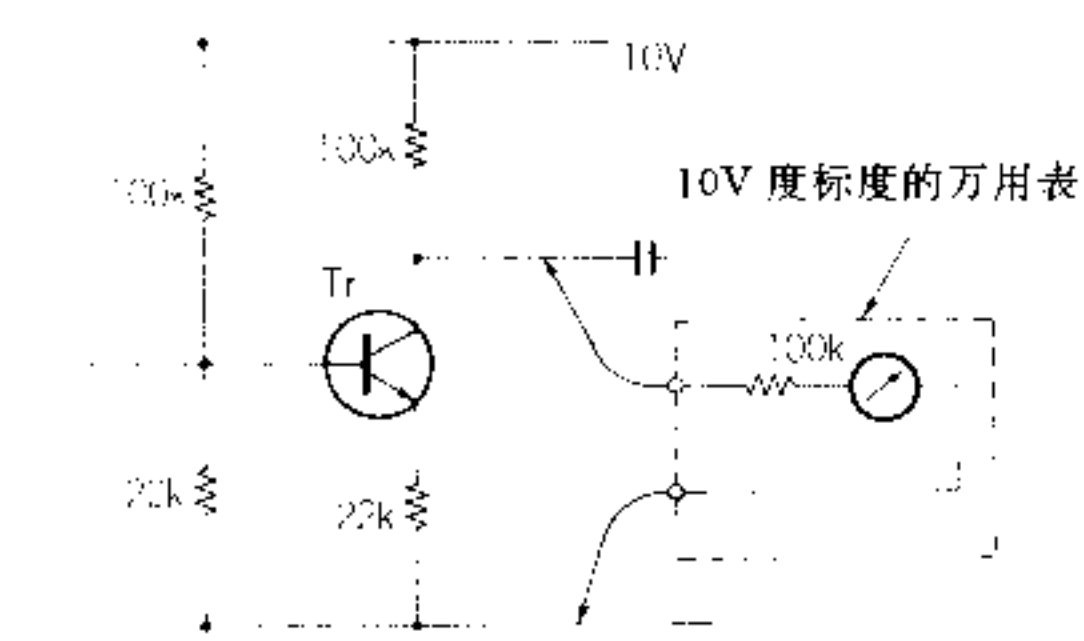


图 7—5　电压表的影响

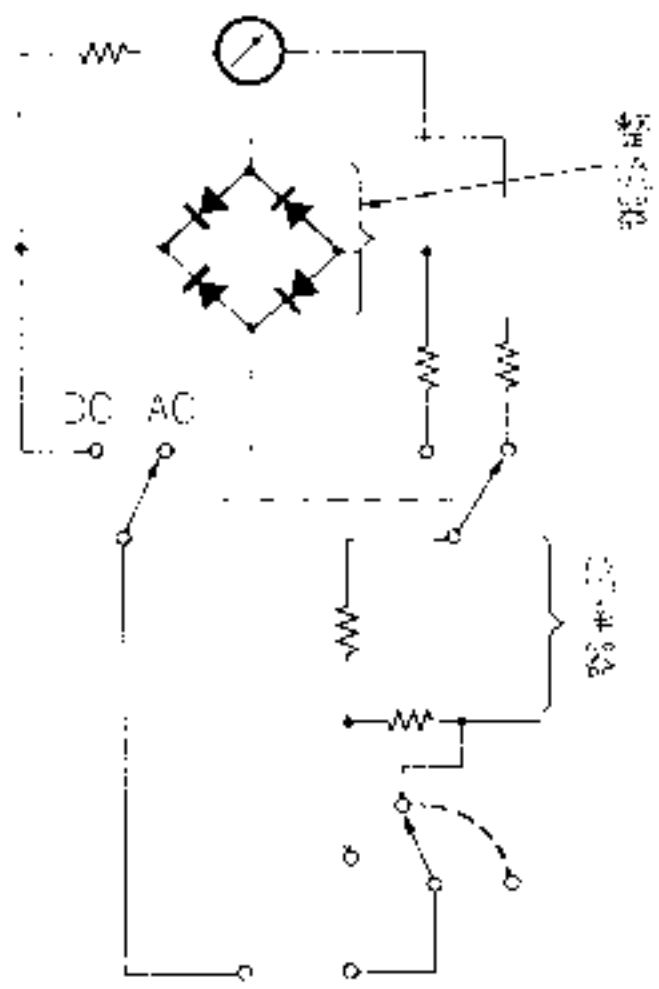


图 7—6　交流电压表的电路

优势，对上述电路的测定也几乎没有影响，可以得到正确值。另外还有各种附件，以便对直流交流大电流、容量、温度、频率、晶体三极管 h_{FE}等作检测。

7.2.5 交流电压表

在采用永久磁铁和可动线圈的电流表上流着交流电，也许指针左右摆动或者几乎静止不动。在万用表上，用半导体二极管作为整流器，即可构成交流电压表(参照图 7—6)。

■测定交流电压时注意事项

a. 由交流波形的差异而出现不同指示值

交流电压表所指示的是规定的正弦波的有效值。就是用相同值(伏特)的直流电压和同样的工作电压(如果加在相同电阻器上，同样会发热)，即交流电压波形的最大值(波峰值)相同，由于交流波形不同而使有效值产生大幅度的差异(参照表 7—3)。

从而，在作低频放大器的输出测定时，即使输出电压开始饱和，由于输出功率尚未完全饱和还在上升，并能用作波形观测，再加上直流电压，会指示出比真实数值约 1. 1 倍高的电压。

表 7—3　有效值

名称	波形	有效值	波形因数	峰值因数
		1	$\frac{有效值}{平均值}$	$\frac{峰值}{有效值}$
正弦波	A 0 π 2π	0.707A	1.11	1.414
半波整流波	A 0 π 2π 3π	0.5A	1.571	2
全波整流波	A	0.707A	1.11	1.414
方形波	A	A	1	1

b. 频率特性

整流器的特性虽然达到 10MHz 以上仍是平坦的，但受倍率器或内部配线的杂散电容的影响，综合起来的频率特性，根据产品或者是度盘标度不同而有很大差异。可是若达到数 10kHz 左右却无问题。另外，在高频的强电场内，因为会有对度盘标度无关的摆动情况，所以在发送机作调整时，应移动测试导线的位置以及接地点等等，确认这些不会对指示产生变化。

7.2.6

直流电流表

为了将一个电流表搞为多度盘标度，就要在电流表上并联分流器(参照图 7—7)。如果在电流表的接头间有可动线圈的电阻 r 欧姆，在全刻度上形成有电流 i 安培，那末这种电流表与 $e=i\cdot r$(V)的电压表是相同的。只是在电流表上的 e 值，一般为数 10mV 非常小。

用分流器，是为比电流表的标称值还大的电流 I 在电流表和分流器的并联电路上流动时，使两端的电压会在电流表的全刻度上表达出电阻器的作用。用计算式来表示：

$$\frac{r\cdot R}{r+R}\cdot I=r\cdot i \quad \therefore R=\frac{r}{\frac{I}{i}-1} \quad \cdots (2)$$

r：电流表的内部电阻(Ω)

R：分流器的电阻值(Ω)

I：具有分流器的电流表的度盘标度(A)

i：电流表单位的标称电流(A)

现在用内部电阻 1kΩ、100μA 的电流表来制作 1A 的电流表时，即可形成

$$R=\frac{1000}{\frac{1}{10^{-4}}-1}=\frac{1000}{9999}=0.10001\ (\Omega)$$

这样即可得知分流器有 0.1Ω 的作用。

在实际的万用表上用的是图 7—8 所示的电路。

■测量电流时的注意事项

在作电流测定时，一定要把插入电流计的地方，切断被测定的电路。而且如前所述必须有数 10mV 程度的电压降，遇有高频电流叠加在一起时，由于测定用引线与其它电路的连接也会形成不稳定的因素，所以对测定处所的选定，或者要附加旁路电容器等，都需要加以注意(参照图 7—9)。

如果电流表档的位置不动，就不应去测量电源电压，否则烧坏电流表，这样的事很

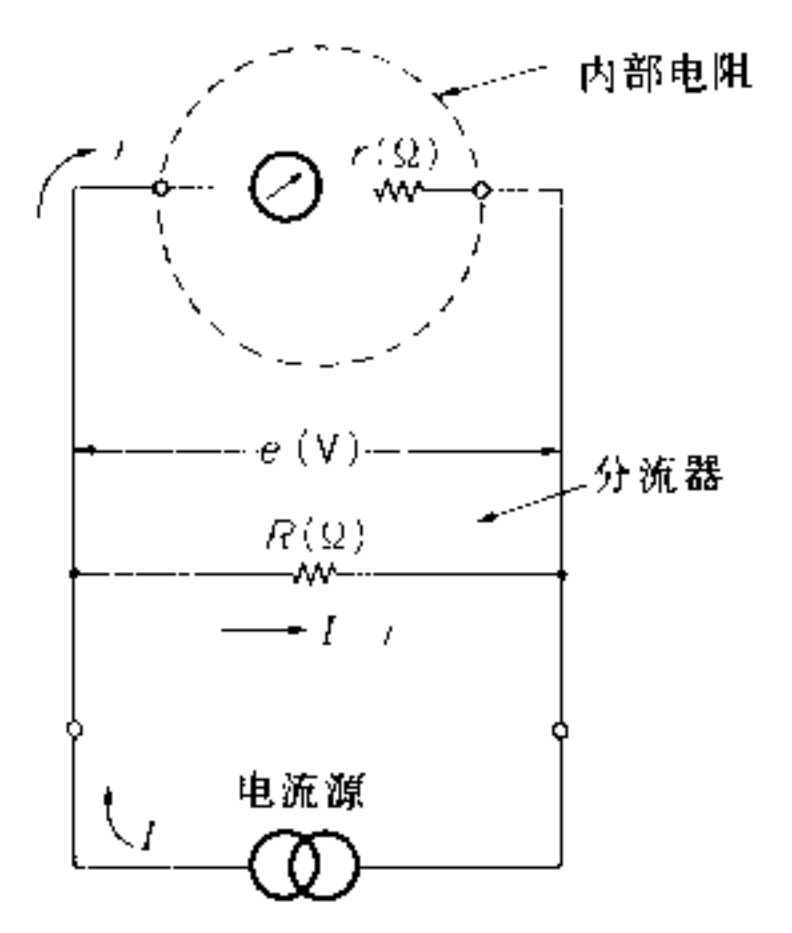


图 7—7　分流器

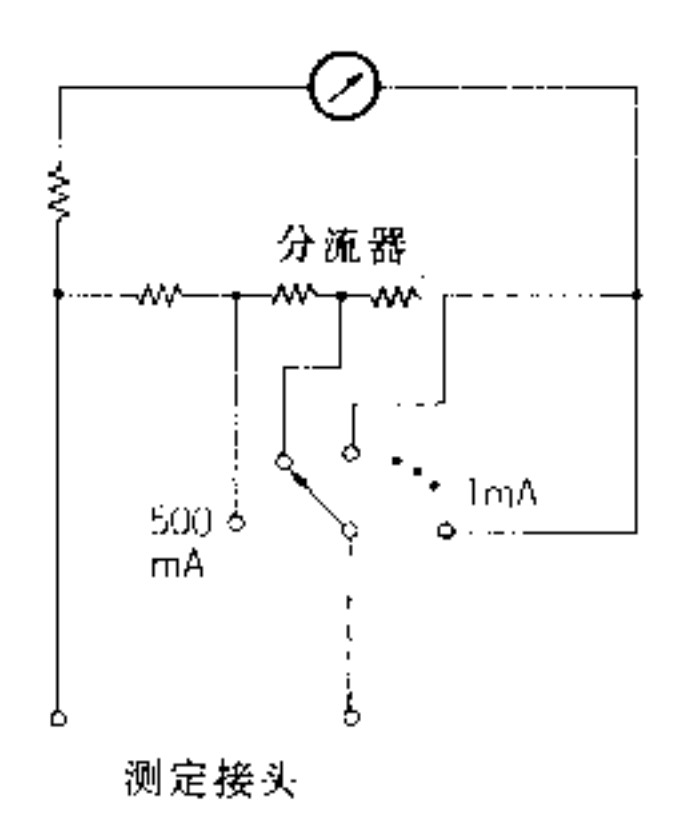


图 7—8　电流表的电路例

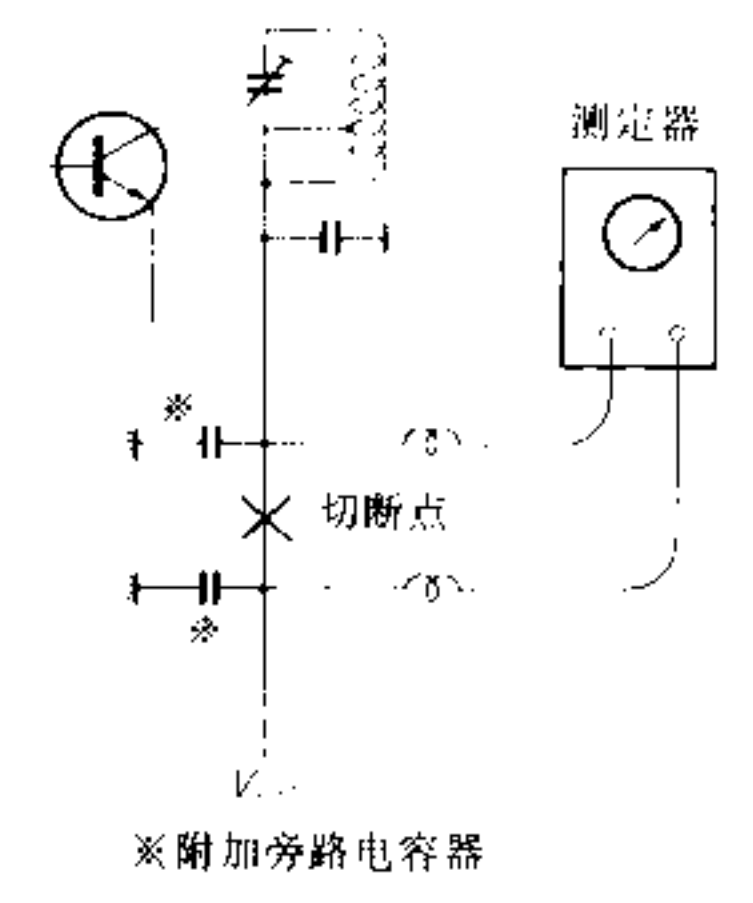


图 7—9　电流测定接头

多，所以应当留心才是。

7.2.7

电阻计

如图 7—10 上的电源 E(V). 将电阻 R(Ω) 和电流表作串联连接，使电流表正好成为全刻度即行调整分流器，随即在适当的地方切断电路，这就是电阻计的电路。如果把切断地方搞成短路，这个位置即为 0Ω。如果没作任何接连，电流表即指为 0，这就为∞Ω。例如把电阻 R 和相同值的电阻连接起来，则电流即成为 1／2，指针就指示在中央。(3)式所示的就是这种关系。

$$I=\frac{E}{R+x} \quad \cdots\cdots (3)$$

E：电源电压(V)　　I：电路中的电流(A)

R：电路的电阻(Ω) X：被测定电阻(Ω)

将电流表的指示全刻度位置搞在 0Ω，如果把刻度 0 的位置定为∞Ω，随着(3)式变化，则电流表即成为电阻计。刻度的中央，即为串联电阻的值，可取到 100Ω、1kΩ、10kΩ 和 10 倍档次，在同一的刻度上，即可表示出×1、×10、×100 的度盘标度(参照图 7—10(b))。

■电阻测定上的注意事项

从图 7—11 上可以理解到，在作电阻测定时，在测定直流电压时的⊕侧测试笔上出现负电压、而⊖侧却出现正电压。在判断电解电容器是否良好时，在电容器⊕极侧上连接万用表的⊖侧，即可从低电阻量程，顺次向高量程转换作短时间的测定。

另外，在电路上有晶体三极管或二极管的情况下，也会由于极性而使电阻值有差异(参照图 7—12)。硅晶体三极管和二极管，在一般情况下反向为∞(Ω)，正向若在×1 档为 100Ω 以下，即可认为是好品。

7.2.8

数字万用表

这种仪表的基本功能虽然与万用表基本相同，但将输入直流电压作 AD 变换，可表示出 4 位以上的数值，得到 0.1%程度的精度。

并且电压档的输入电阻是确定在 10MΩ 左右上，电阻测定是在 0.5V 左右的低电压下进行，所以因半导体的存在而产生的误差也就很少。另外具有各种接口以便与计算机连接作自动测定功能的仪器，缺点是价格稍高，指示上也稍微慢一些，而且全部的测定均需要电池或电源，这种仪器有便携式和台型。

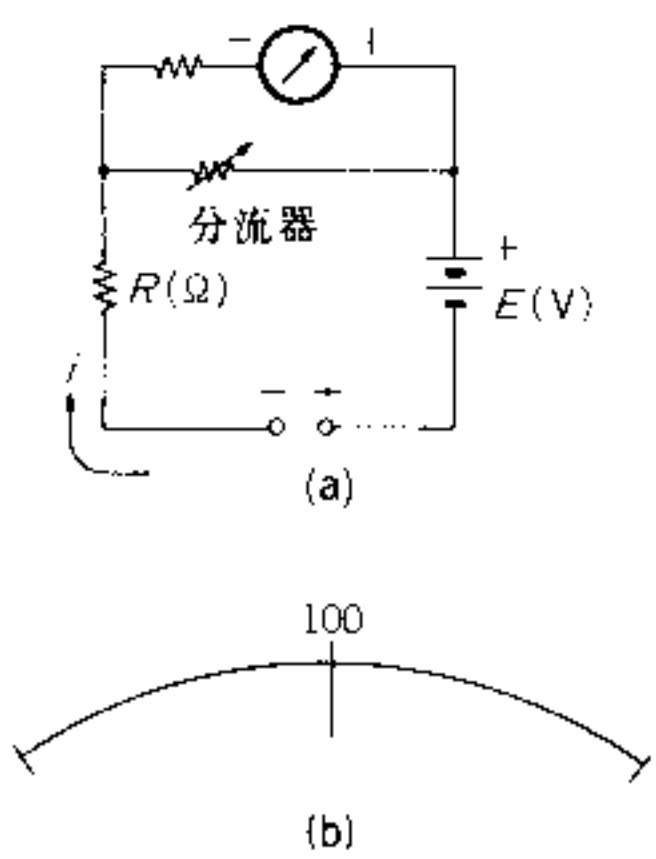


图 7—10　电阻计

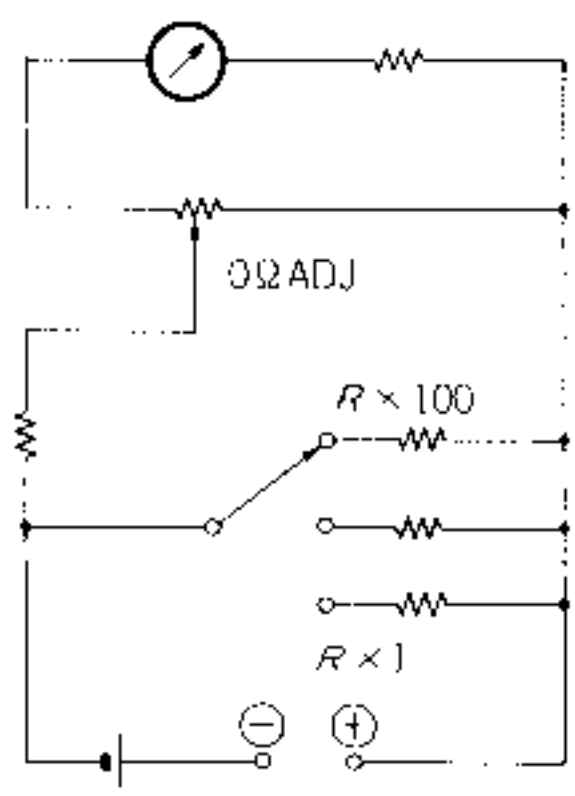


图 7—11　电阻计的电路例

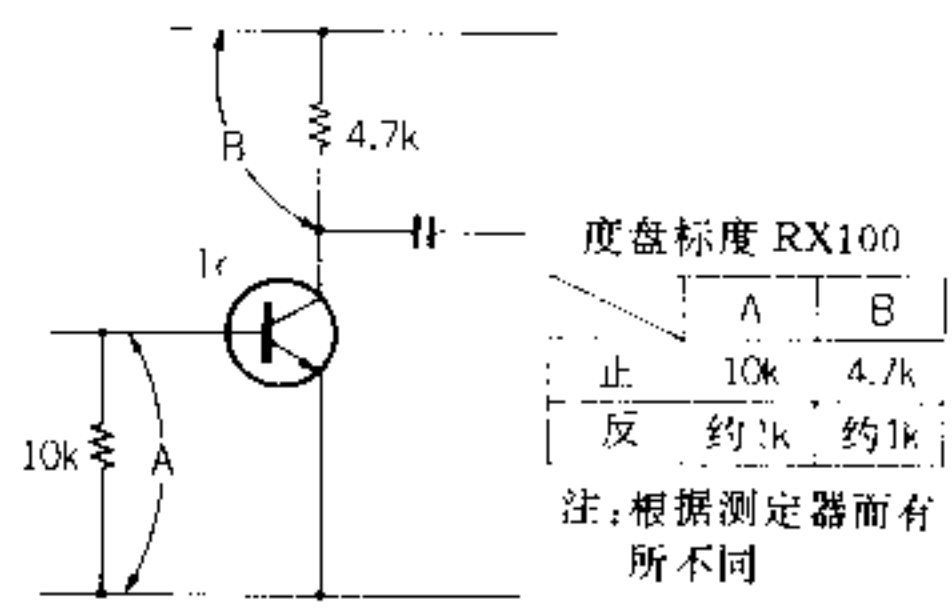
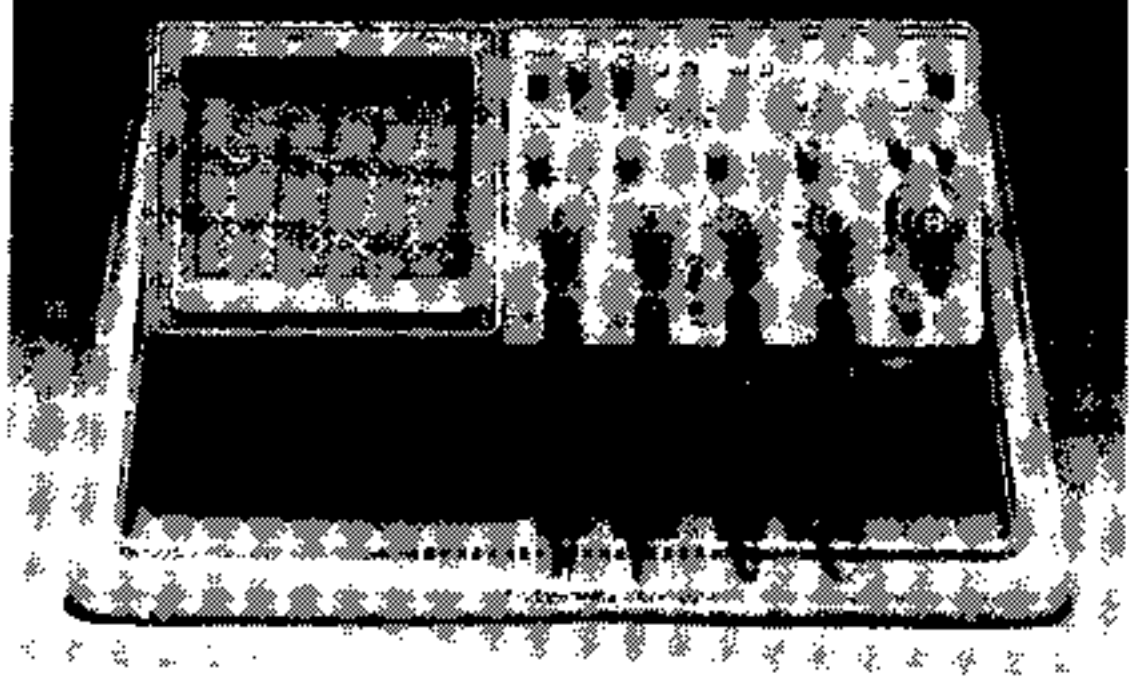


图 7—12　根据极性电阻值的不同



照片 7—3

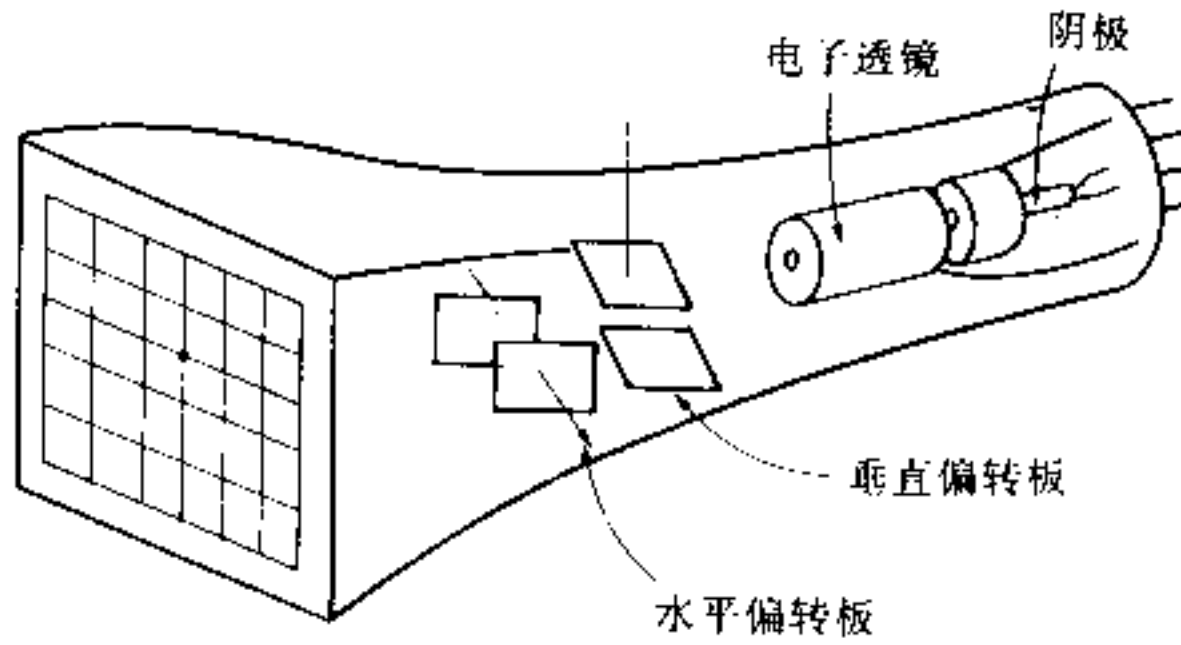


图 7—14　阴极射线管(CRT)

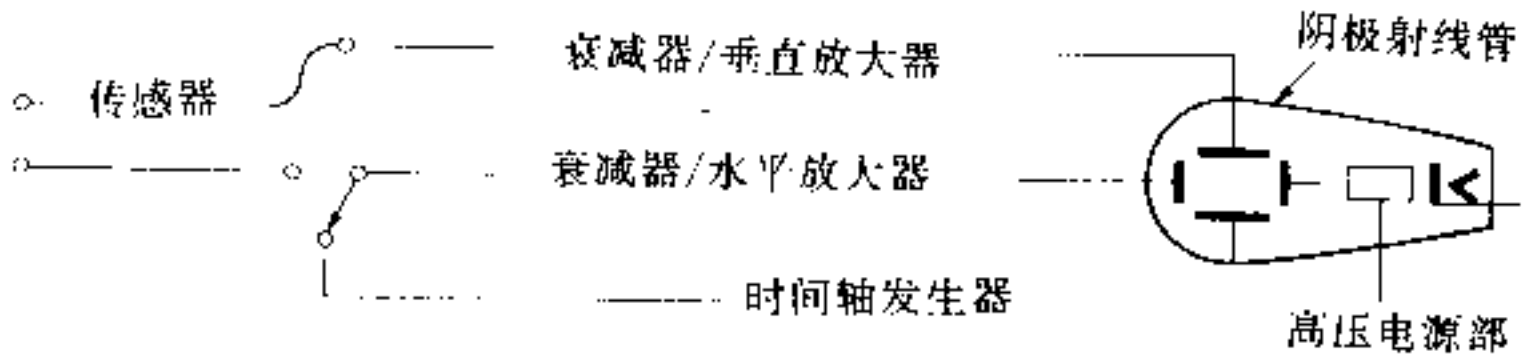


图 7—13　示波器的构成

7.3 示波器

示波器能测定从 mV 级的直流到高频的波形，也就是将电压或者电流随时间变化的规律（时域特性）唯一能直接观察到的测定器。可是因为价格与收发信机同等或许还高些，事实上未能普及应用，但这种仪器若设置在各个业余电台里，至少对 HF 带调整调制较为适合，能大大减少边带大范围污染的电波(参照照片 7—3)。

7.3.1 作用说明

示波器是由垂直放大器、水平放大器、时间轴发生器、阴极射线管、高压电源部分所构成(参照图 7—13)。

下面概略说明各部分的作用。

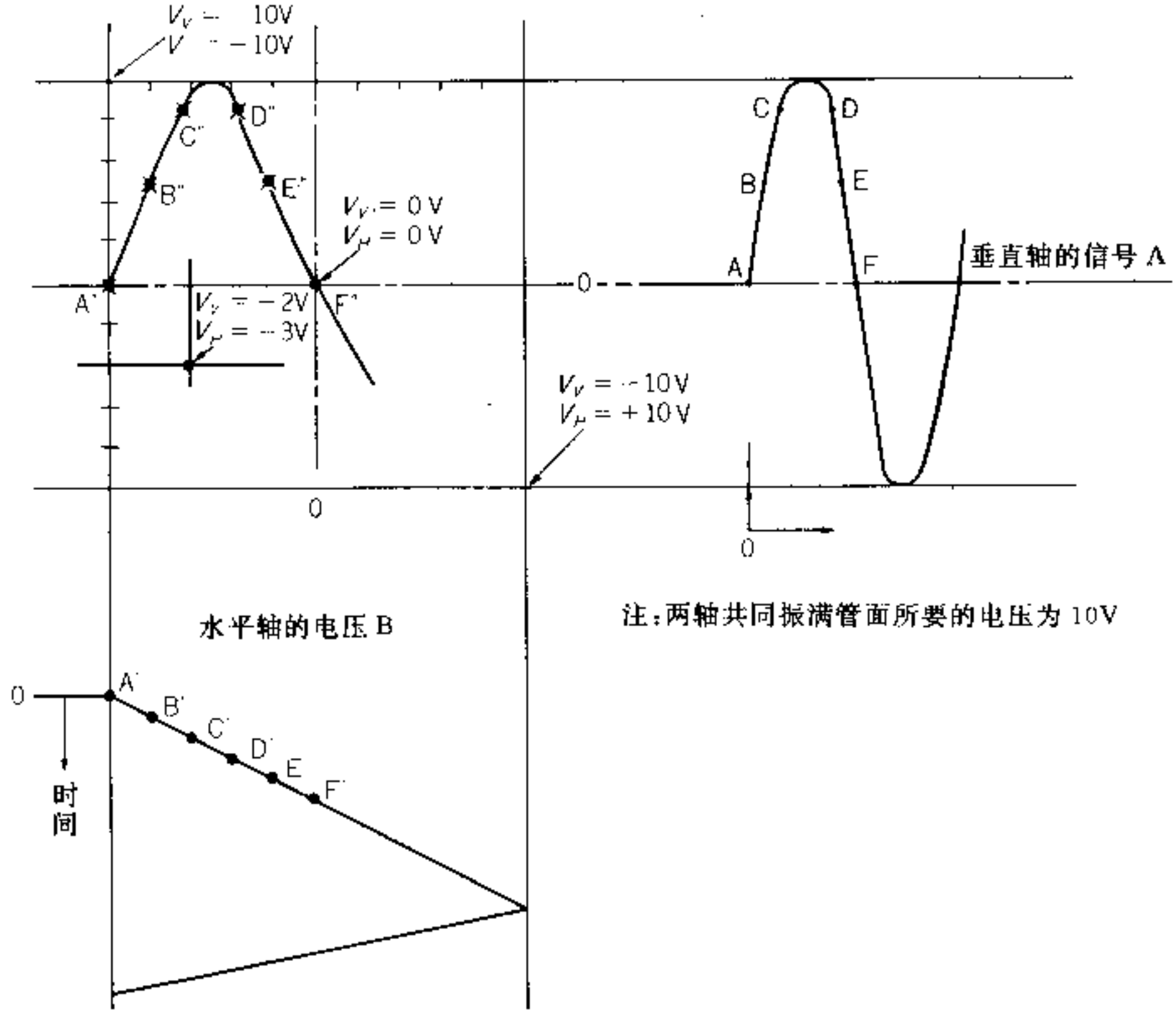
a. 阴极射线管(CRT)

在示波器上起主要作用的是阴极射线管，其原理与电视上用的无大差别，也是一种真空管。

如图 7—14 所示从阴极来的热电子，经过电子透镜被加速、聚焦，即在荧光屏上形成 0.5mm 以下的小亮点。在电子透镜和荧光屏之间，设有垂直和水平各一对偏转极，在板上附加正负的电压，带有负电荷的电子就被拉到正侧，这样荧光屏上的亮点即按附加的电压比例作移动。亮点的位置是取决于垂直、水平各偏转板所附加的电压。也称为偏转电压。

图中的荧光屏上的左上角，$Vv=+10V$，$Hv=-10V$，随之中央即为 0V，右下角就作出 $Vv=-10V$，$Hv=+10V$ 的亮点位置。如果在垂直一边加进信号 A，在水平一边加进随时间作直线性变化的电压 B，荧光屏上的亮点，如图 7—15 所示即以 A 和 B 所决定的

图 7—15　在偏转板上附加电压和亮点位置的关系



注：两轴共同振满管面所要的电压为 10V

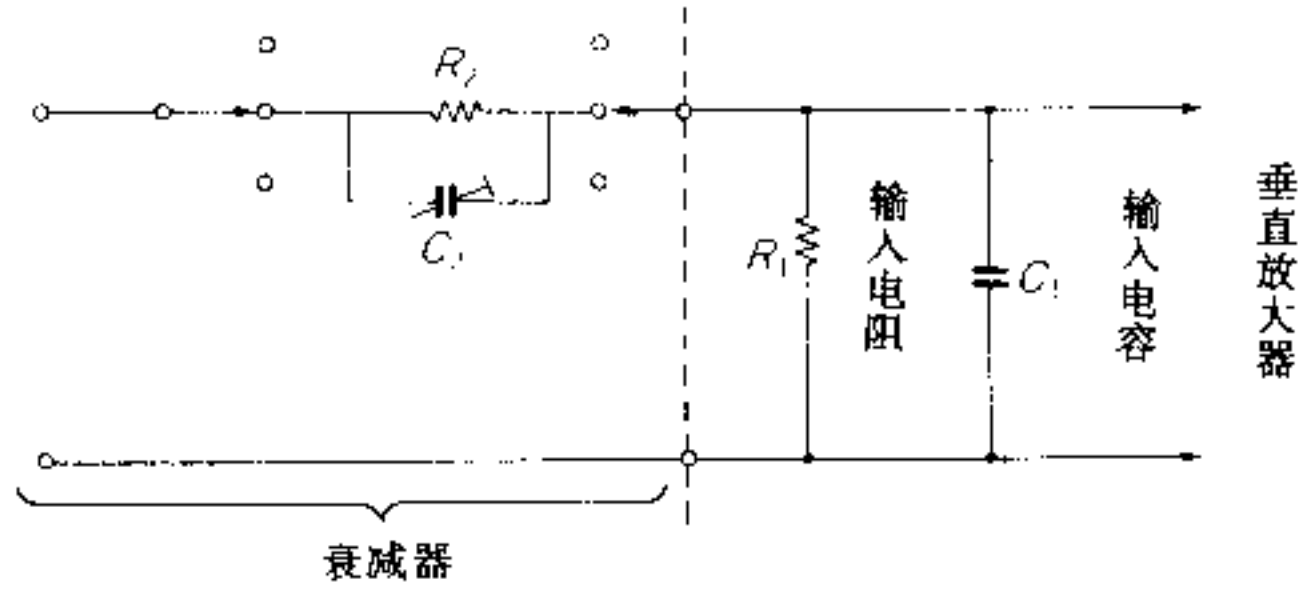


图 7—16
示波器的输入衰减器

位置顺次追寻，由左向右移动。这时看到的图形，我们比较熟悉，横轴为时间，竖轴为形成信号强度的波形。

电子是非常轻的，而且跑在真空管中的速度，有 10km／sec 那样快，所以只用两块偏转板就能观察到数 10MHz 左右的信号。

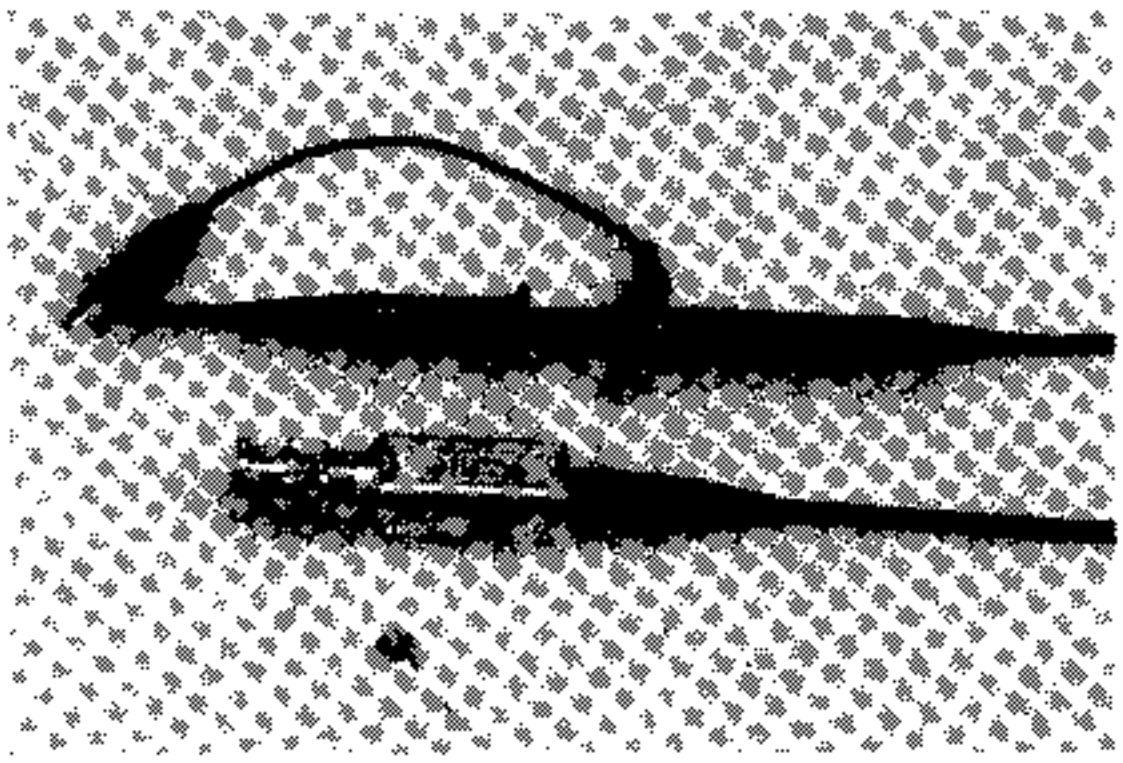
再就是决定图像的清晰度，可以用从 1kV 上下到 20kV 程度的高压电压。

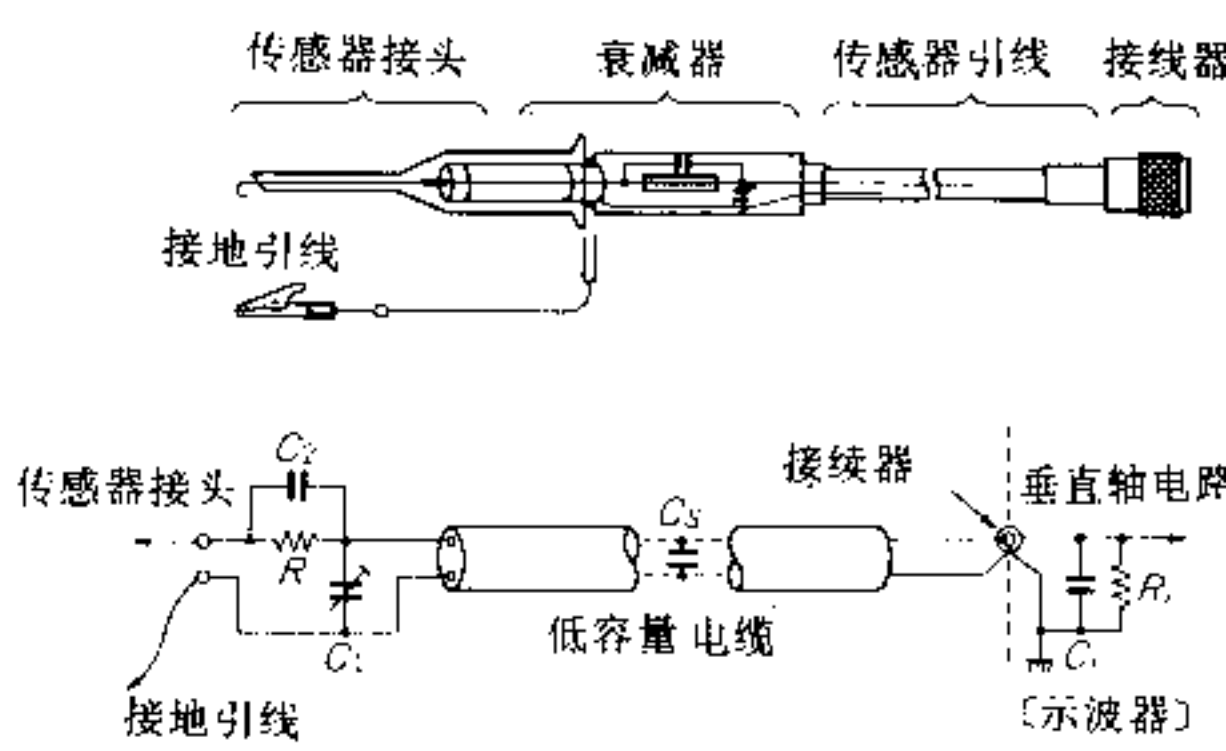
b. 垂直放大器

虽然还要依据阴极射线管的种类，但在荧光屏上使亮点作 1cm 偏转（移动）需要 2V 乃至 20V 左右的电压。一般性的示波器的最高灵敏度为 5mV／cm (5mV／div)，那末垂直放大器的增益最少也要 400 倍，特别是其特性从直流需要 10～100MHz 以上的宽频带幅度。而且，为了能够作到定量的观测，还要求有关放大倍数及直流电位的稳定性。

与万用表相似，为了改变全刻度的灵敏度，在放大器的输入一边要组装如图 7—16 所示那样的衰减器。

例如在输入端串联电阻 R_2，就会得出与放大器的输入电阻 R_1 的衰减比为 $\frac{R_1}{R_1+R_2}$。在高频率方面，放大器的输入电容 C_1 的电抗会变小，为了增加衰减比，在 R_2 上并联电容 C_2，如果满足 $\frac{R_1}{R_2}=\frac{C_2}{C_1}$ 的关系，从直流到高频





照片 7—4　传感器及其构造

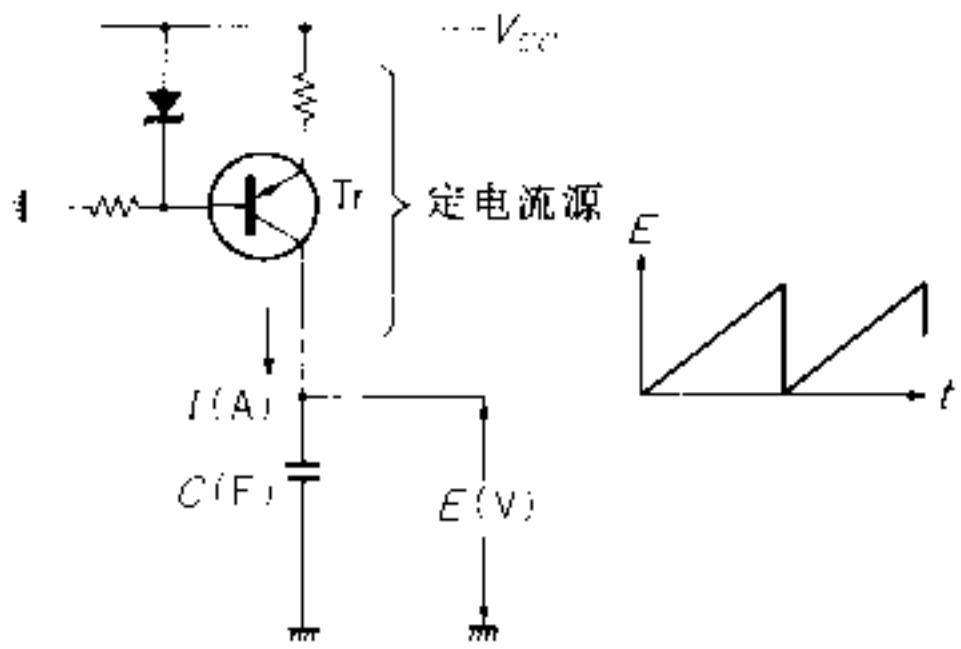


图 7—17　集总电压发生电路

即可得到同样的衰减比。但是，在直流方面的输入电阻虽然成为 $R_1+R_2(\Omega)$，但在高频方面则为 $\frac{C_1\times C_2}{C_1+C_2}\doteqdot C_2$ 的容量所支配。在一般情况下 R_1+R_2 为 1MΩ，输入电容容量为 10～30pF。

C. 探头

在万用表测定电压时介绍过，在加上仪表后，对电路的作用会产生某些影响。在示波器上也是同样，前项的衰减器，对直流性的即为 1MΩ. 对其高频方面就将 10～30pF 的容量加在测定电路上。

另外从引线上也会有感应，用屏蔽线也好，都要考虑平均 1m 附加 100pF 程度的容量。探头的作用就是减轻这种感应的。

与前项的衰减器同样的原理，串联电阻约为 10MΩ 那样高，这时并联的容量也是在 10pF 以下。灵敏度成为 1／10(参照照片 7—4)。探头的电容量(C_1)可以微调，观测校准用的方形波，要调整使水平部分平坦。也有以固定 C_1，用 C_2 来作微调的方式。

d. 水平放大器

是为水平偏转板放大所给与信号的部分，在一般情况下比垂直放大部的增益低，频率特性也狭小。另外也有供二现象观测用的垂直放大器与水平放大器上能切换使用的机种。

e. 时间轴发生器

这是为观测波形而发生加在水平轴上的随时间作直线性变化的电压(锯齿波电压)的部分。

如图 7—17 所示，在电容 C (F) 流进一定的电流 I (A). 则 C 两端的电压 E (V) 与 C 容量呈反比，与时间 t 成正比即呈直线性上升。

$$E=\frac{I}{C}\cdot t(V)$$

下面例举一个实际的数值。

用晶体三极管容易取得 I 的值为 0.1mA. 将水平放大器的必要输入为 1V。在此，从 100Hz 的信号看两个突出部分时，在 $t=\frac{1}{100\,(\mathrm{Hz})}\times 2=20\,(\mathrm{ms})$ 之间，E 若从 0 上升为 1(V) 就可以。用下式计算 $1(\mathrm{V})=20\times 10^{-3}\times\frac{1\times 10^{-4}}{C}$

$\therefore C=2\times 10^{-6}(\mathrm{F})$ 也就是 C 成为 $2\mu\mathrm{F}$。

实际上，将电流和容量的组合作 10～20 档变动，即可得到宽范围的频率（扫描速

度)。

可是，若使这样的电流继续流动，E 即会继续上升，亮点就会从阴极射线管面上飞掉。从而 E 在达到 1V 时就返为 0V，电路再次启动。在观测时间性信号作连续反复信号的时候，要保持与信号的一定关系，可成为反复的直线性波形。将这种波形称为锯齿状(锯齿)波(参照图 7—18)。

锯齿状波的上升边时间，如果不在经常观测信号的同一重复位置上，那就得不到静止的观测波形。对保持这种关系的办法称为同步。

锯齿波的重复频率从 1Hz 到 100kHz 左右，以管面会以多少秒跑动表示，用 sec／cm 表达从 0. 5sec 到 0. 1μs，尤其是应用可达 ns 的机种需要分成多段的转换。

f. 高压电源部分

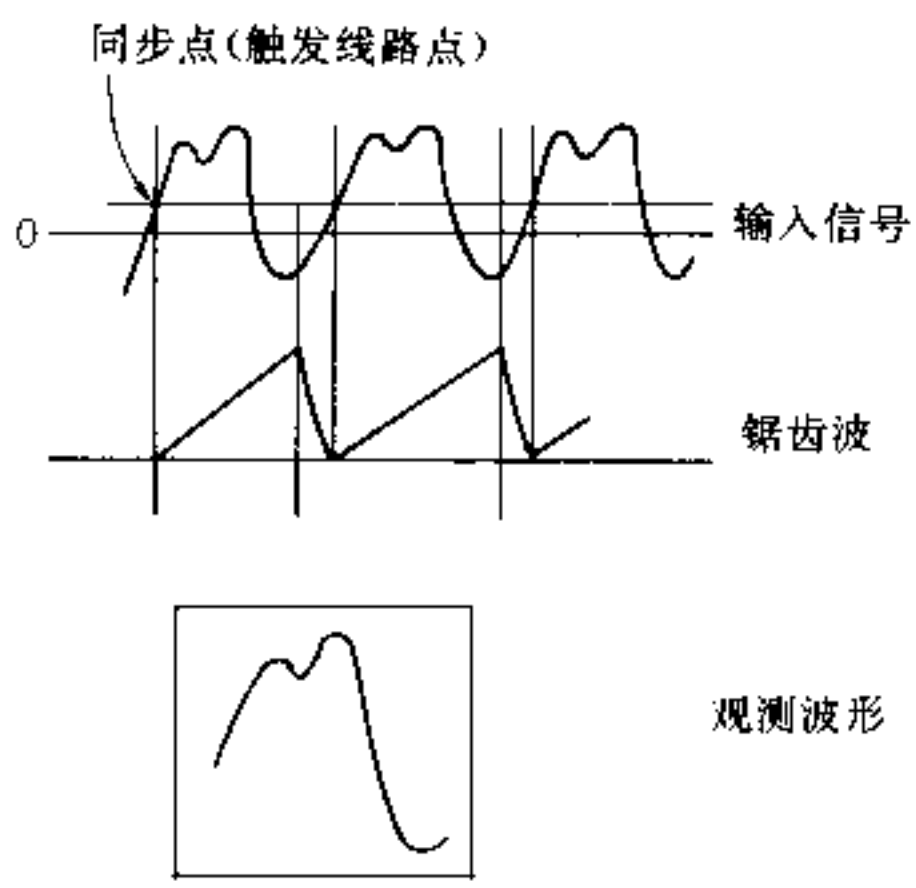


图 7—18　锯齿状波和同步

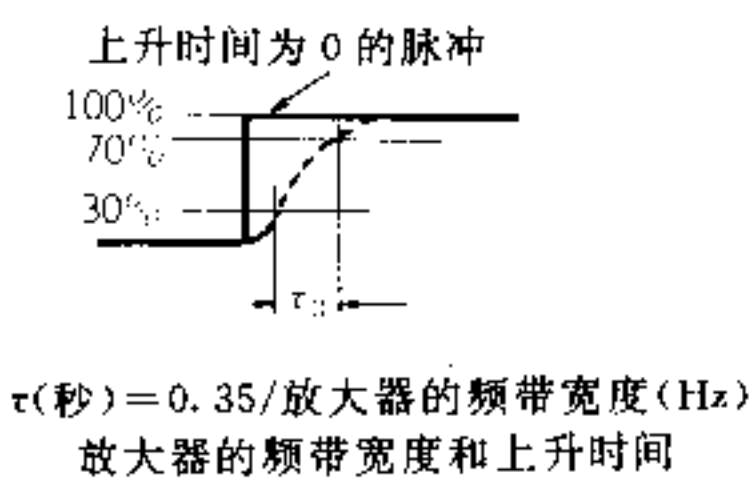


图 7—19　(脉冲)上升沿

用电源变压器虽然也有直接作成 1kV 的情况，但 100kHz 左右的高频电源更为普遍，在阴极射线管上要产生所要的 1～20kV 左右的数种直流电压。

电压虽高，但取得的电流却只有 1mA 量级。

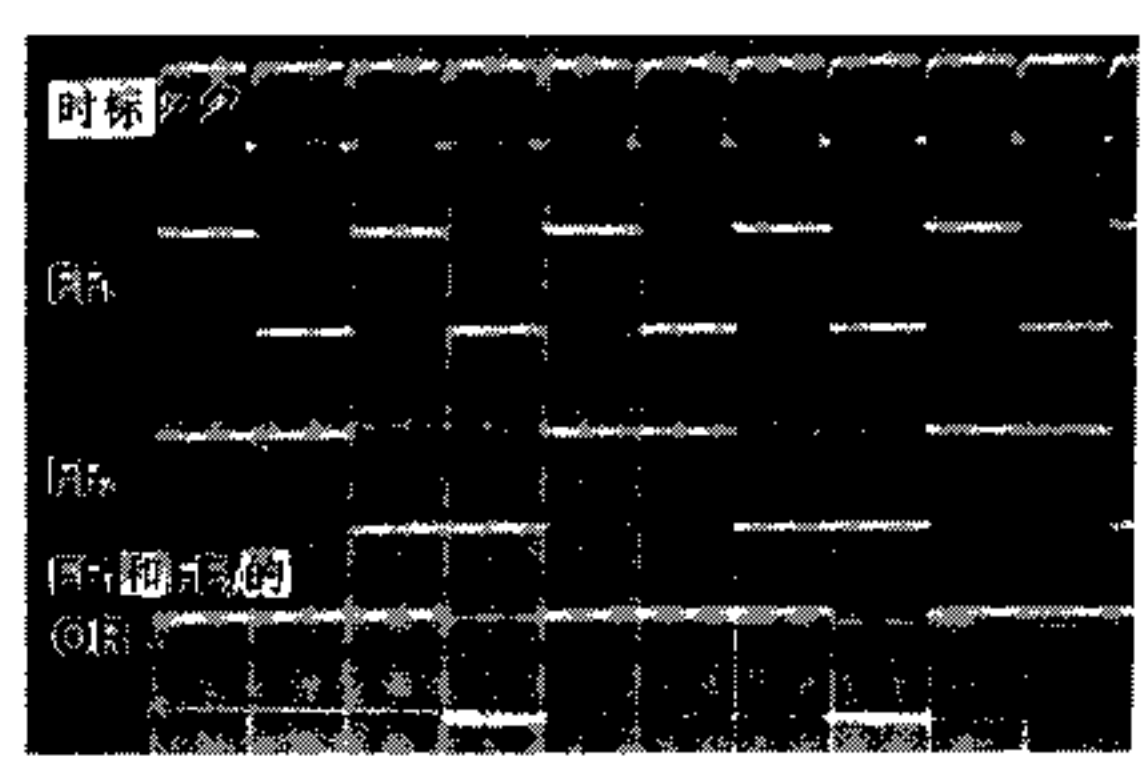
7.3.2

示波器在使用上的注意事项

a. 垂直轴的频率波段幅度

为了观察 7MHz 的发送波形，不是只要使用 7MHz 的频带宽度，即从直流到 7MHz 平坦的垂直放大器。例如示波器的频带幅度是从直流到 1MHz 的，到 7MHz 的灵敏度不仅颇为下降，而且电压也不正确还有可能看到 SSB 或 CW 的调制波形的现象。末级晶体三极管的输出波形畸变，例如要观察 7MHz 的第 2 或第 3 等的高次谐波等的有无，那个频带不言而喻是需要有 20～50MHz 的平坦度。从而，在 HF 带的收发信机的测定方面，最少限度也得有 100MHz 程度的频带宽度才符合要求。

另外在处理像计算机那样陡峻脉冲信号时，对脉冲的时间性却有重要的相对关系。形成这种基准的脉冲上升时间，通过放大器如图 7—19 所示的那样肯定会变缓 (τ_0)，将 τ_1 的上升边信号通过放大器则上升时间即为 $\tau=\sqrt{\tau^2_0+\tau^2_2}$。从而，要达到 10%以内的误差，



照片 7—5　表示多现象的一例(能表示电报的长音样子)

应最少限度使 τ_0 约为 τ_1 的三分之一。

在作观测 1μs 的上升边的时候，处于 1MHz、10ns 时，就需要使用 100MHz 以上的频带宽度的示波器装置。

b. 多现象观测

在需要作两种以上的信号相互关系的测定时，得具备有效的功能(参照照片 7—5)。2 现象的场合，用一方的输入信号在水平时间轴上加以同步，另一方的信号则有用 1～10μs 左右的周期相互切换使两者同时作显示的方法 (CHOP 方式)(双踪显示)，和在每个水平扫描上使两个信号相互表示的方法 (ALT 方式) (双线显示)。特别还有能同时表示 3～8 种现象的装置。

c. 发信电波的观测法

最近在无线电收发两用机方面，为看发信波形时而连接探头不得不另搞个盒子，尤其对同轴电缆也必须作精细加工。为避免这种麻烦，可使用 HF 带调谐电路，如图 7—20 所示从空间接收本台电波的观测方法。另外也有利用 SWR 计设置监测器接头输出，从那里用电缆连接在示波器上的时兴方法 (参照照片 7—6)。照片 7—7 的 (a)、(b) 是在 SSB 送信机上观测到双音调制信号的一例，(a) 为正常，(b) 为饱和(自动增速)，另外(c) 为 AM 电波 60%调制，(d) 为电报波的一例。

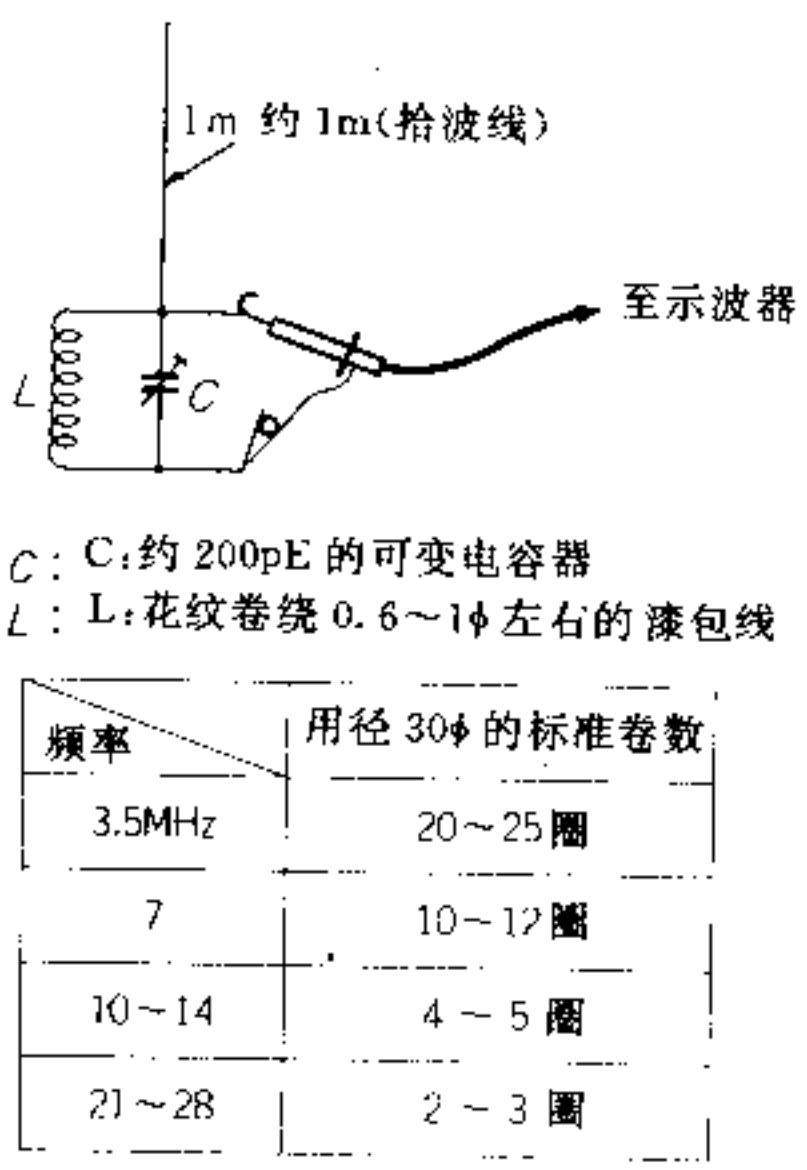
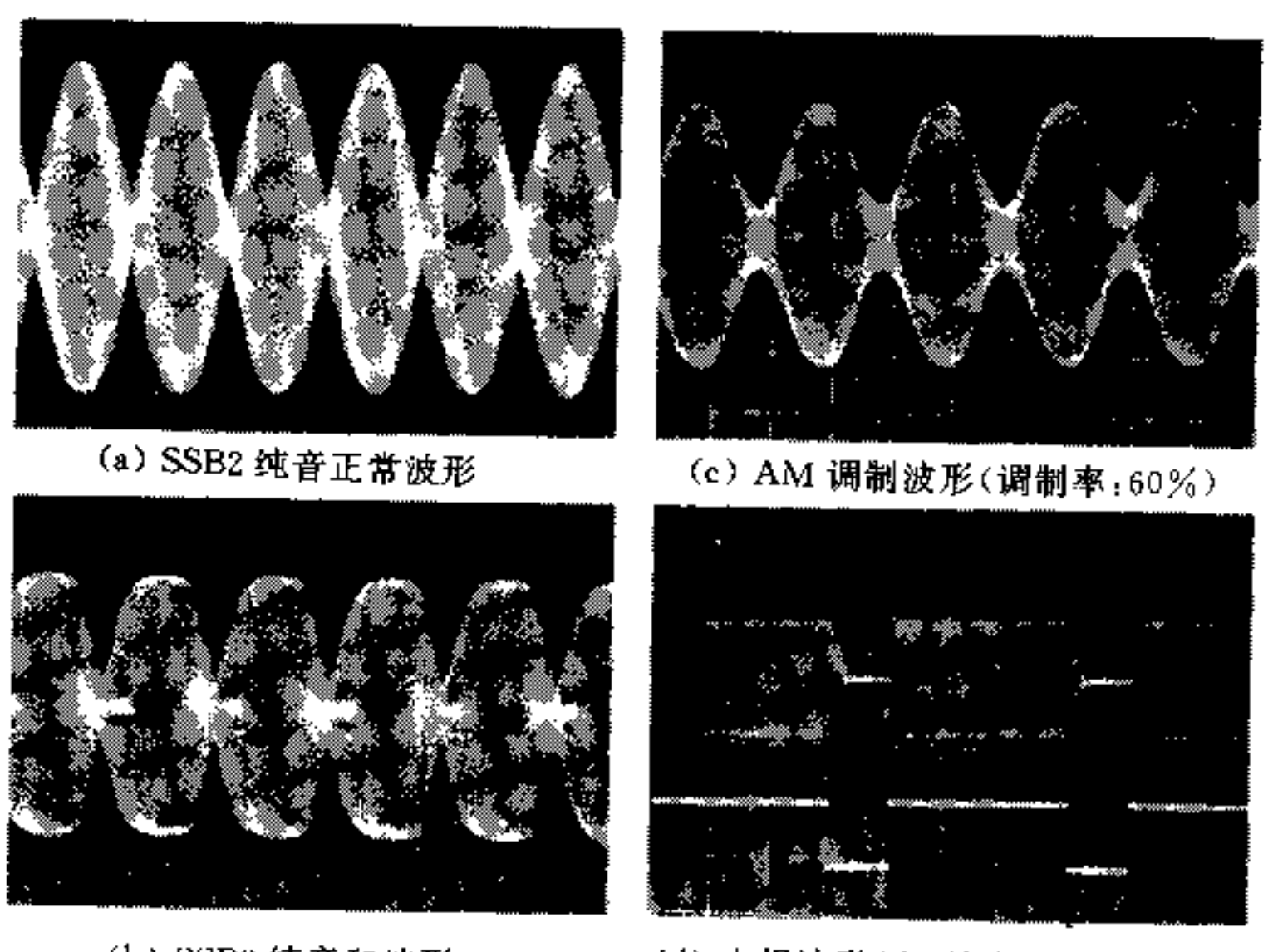


图 7—20　短波带测定法



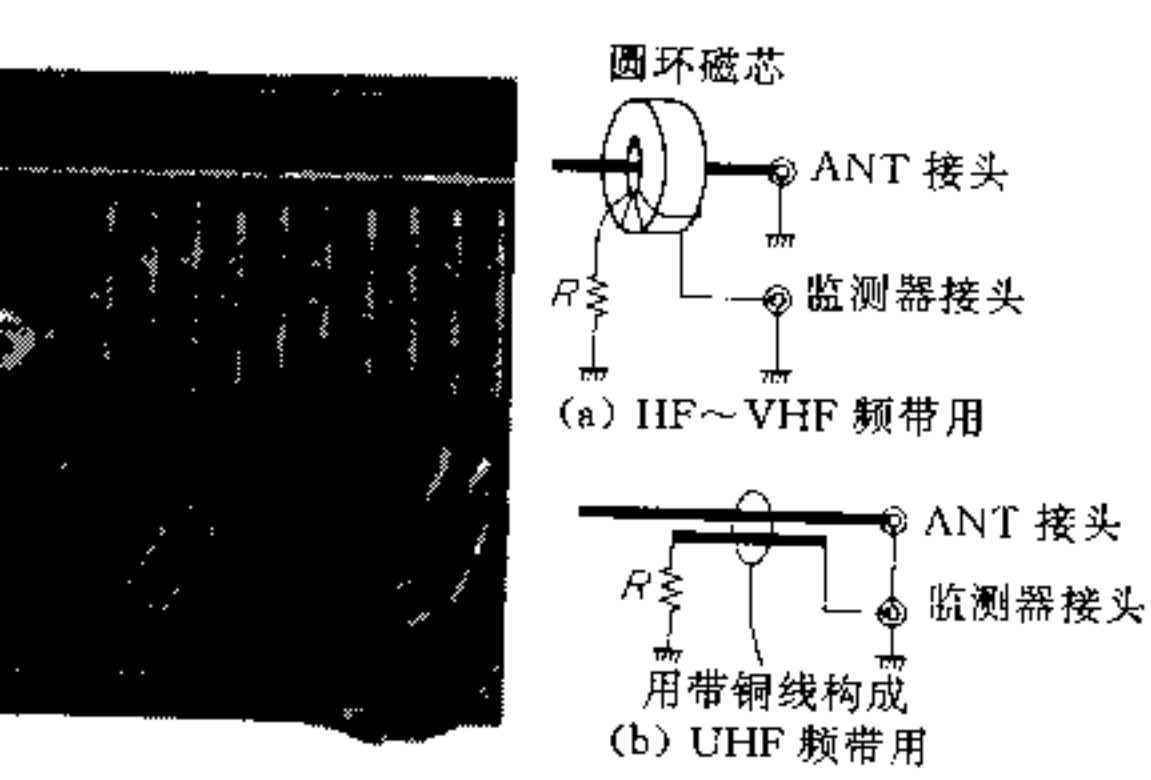
(a) SSB2 纯音正常波形

(c) AM 调制波形(调制率:60%)

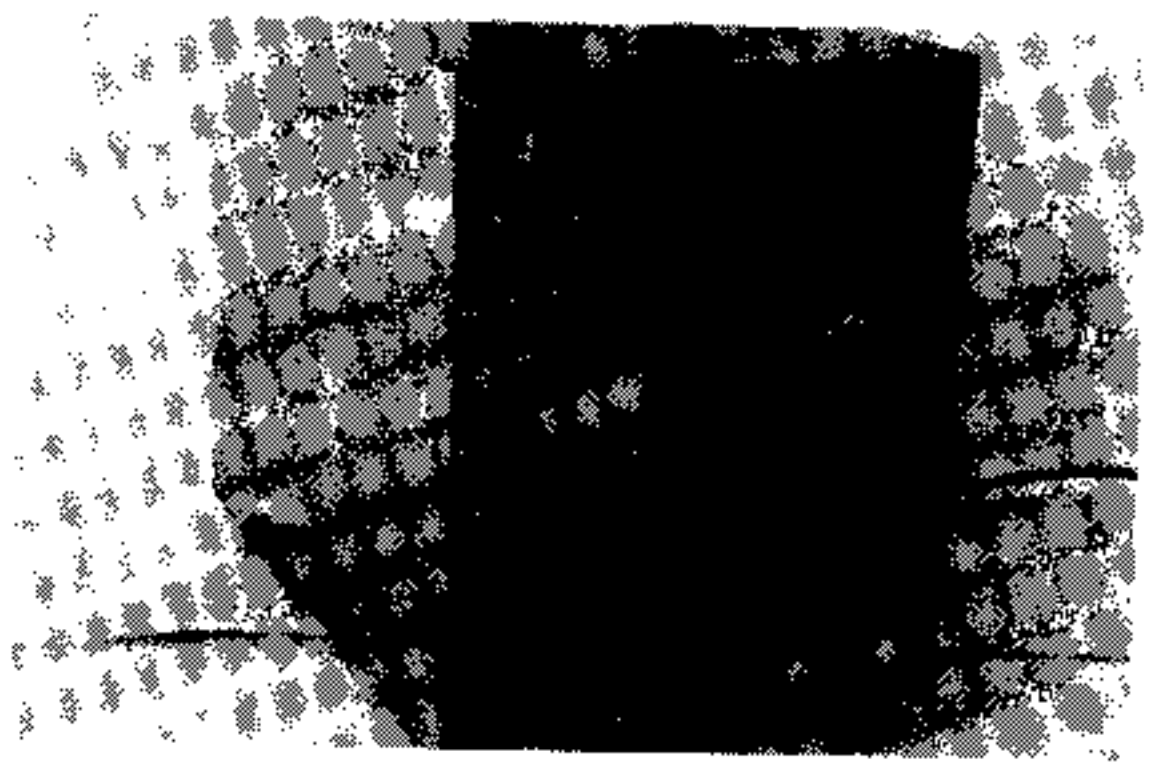
(b) SSB2 纯音和波形

(d) 电报波形(上:输出，下:发报)

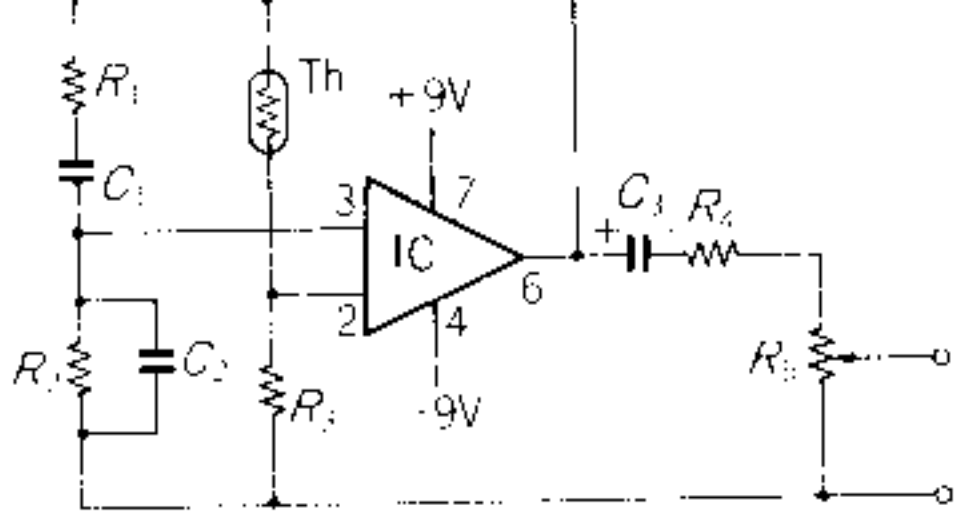
照片 7—7　双音调制信号



照片 7—6　组装的 SCOPE 输出接头(TS--950) 和 SWR 计利用的监测器输出接头电路一例



照片 7—8　自制低频振荡器的一例



〔1kHz CR 振荡器〕

R_1, R_2:16kΩ　　$f=\frac{1}{2\pi RC}$

R_3:1kΩ　　$\left(\begin{array}{l}R: R_1=R_2\\ C: C_1=C_2\end{array}\right)$

R_4:470Ω

R_5:1kΩ(VR)

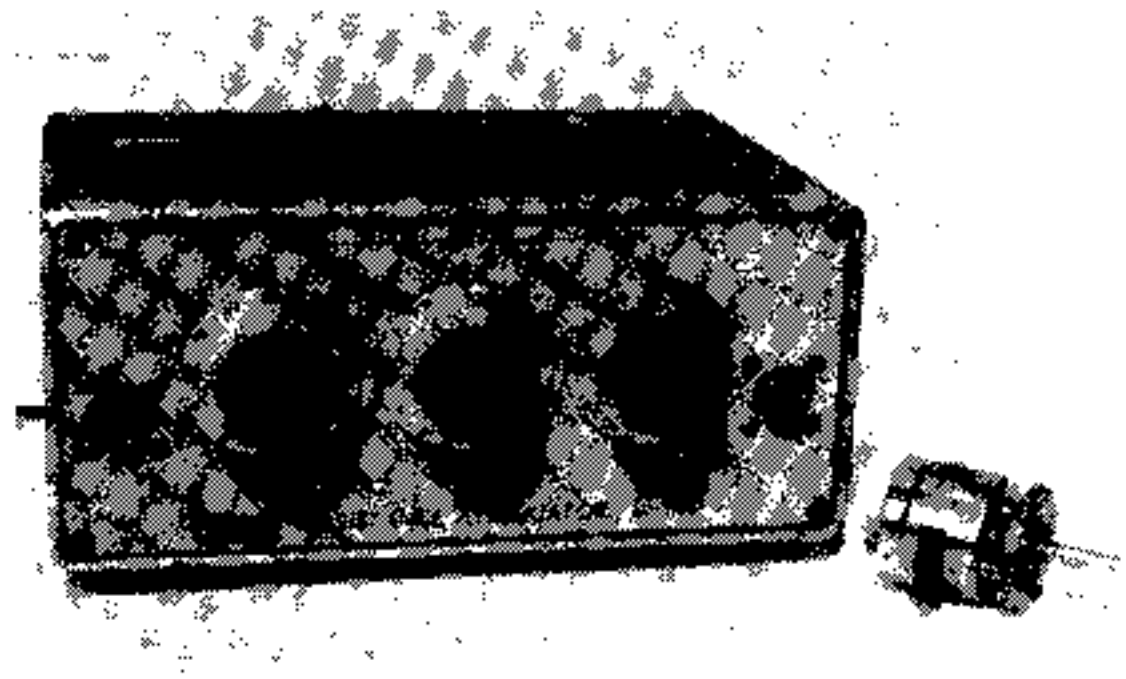
C_1, C_2:0.01μF

C_3:10μV 10WV

Th:热敏电阻(芝浦电子 STB —V120 等)

IC:OP 放大器 TL081 等

图 7—21　CR 振荡器



照片 7—9　高频用(50Ω. 左),低频用(600Ω. 右),可变衰减器

7.4 低频振荡器

所谓低频振荡器，就是发生从 10Hz 到 100kHz～1MHz 的正弦波、方形波的电路(参照照片 7—8)。用从 1 到 10 刻度的标度盘和量程转换开关来决定频率，输出电压最大多为 5V 程度。

其性能是以正弦波的畸变率分档，高级品虽然有 0.003%，而普及品仅能达到 1%左右，但对等的目的用 1%的已足够了。在发信机的调制测试要比由人声来的“啊、啊”可形成格外优越的信号源。可用于作 L、C 的测定，以及低频装置的测定。

电路是以 CR 和放大器组成的，当然可以自行制作。

输出功率固定在 1kHz 附近小型电池式的振荡器如图 7—21 所示，这也可成为 CW 练习器。作成 2 台频率稍有差异的设备，如果都搞成功了，那末形成 SSB 的两个单音测试信号发生器就很便当。振荡频率用下式确定。

$$f(\mathrm{Hz})=\frac{1}{2\pi\cdot R_1(\Omega)\cdot C_1(\mathrm{F})}$$

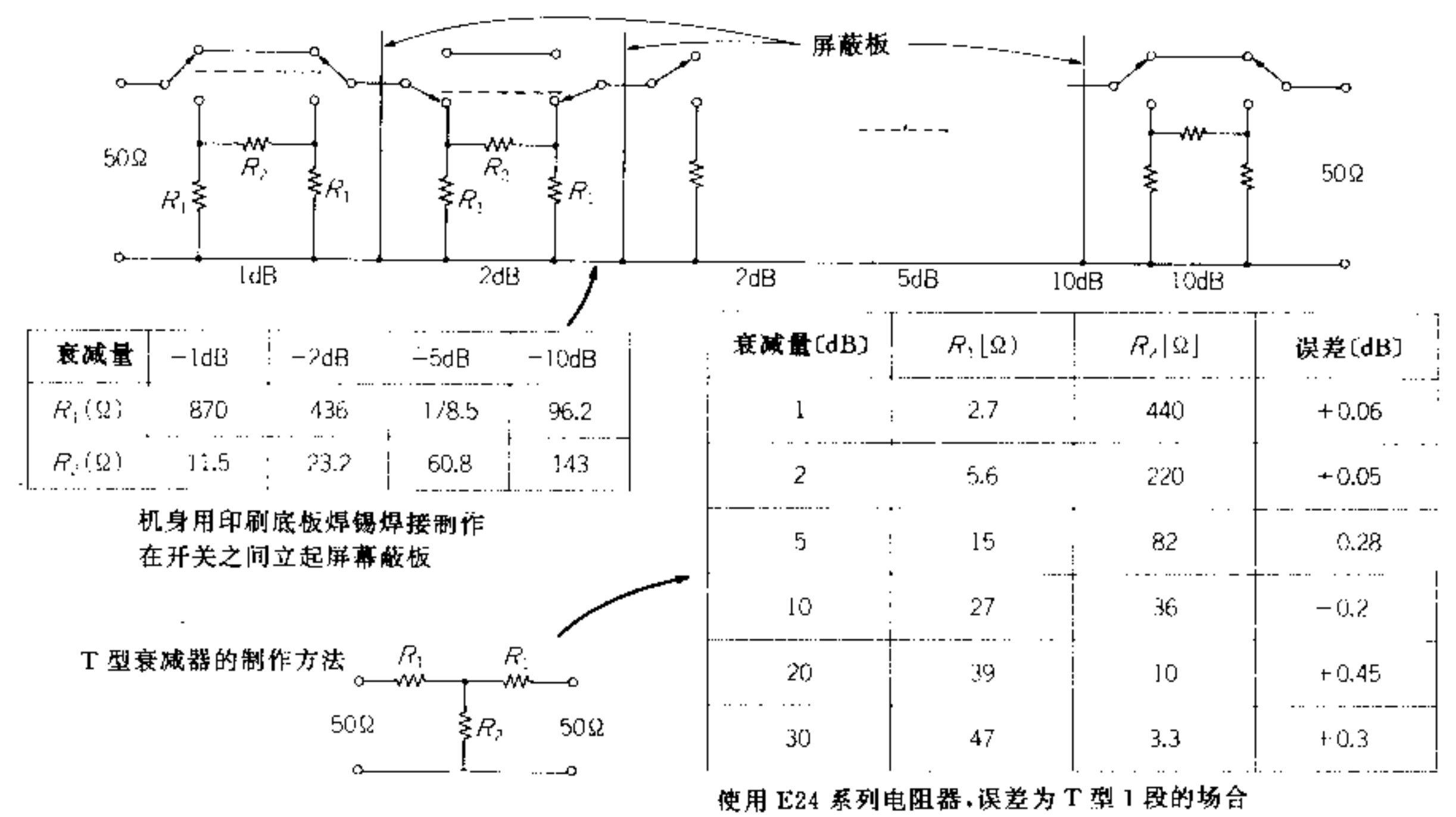
($R_1=R_2$, $C_1=C_2$ 的场合)

衰减器

为了在作高灵敏度收信机或低频放大器的性能测定时，要使输出电压正确，而且需要形成微弱的信号。首先要作出可能容易检测的 1V 左右的信号，对这种信号一般都是用电阻器组成的衰减器作衰减的。

如照片 7—9 所示是为市售可变衰减器的一例。

另外使用容易搞到的 E 系列的电阻和瞬动开关，按 1. 2. 5 及 10dB 组合起来，即可能自行制作 30dB 可变衰减器，其有关数值在图 7—22 上均作出表示。



衰减量	−1dB	−2dB	−5dB	−10dB
R_1(Ω)	870	436	178.5	96.2
R_2(Ω)	11.5	23.2	60.8	143

衰减量(dB)	R_1(Ω)	R_2(Ω)	误差(dB)
1	2.7	440	+0.06
2	5.6	220	+0.05
5	15	82	0.28
10	27	36	−0.2
20	39	10	+0.45
30	47	3.3	+0.3

使用 E24 系列电阻器，误差为 T 型 1 段的场合

图 7—22　30dB 可变衰减器(50Ω 用)

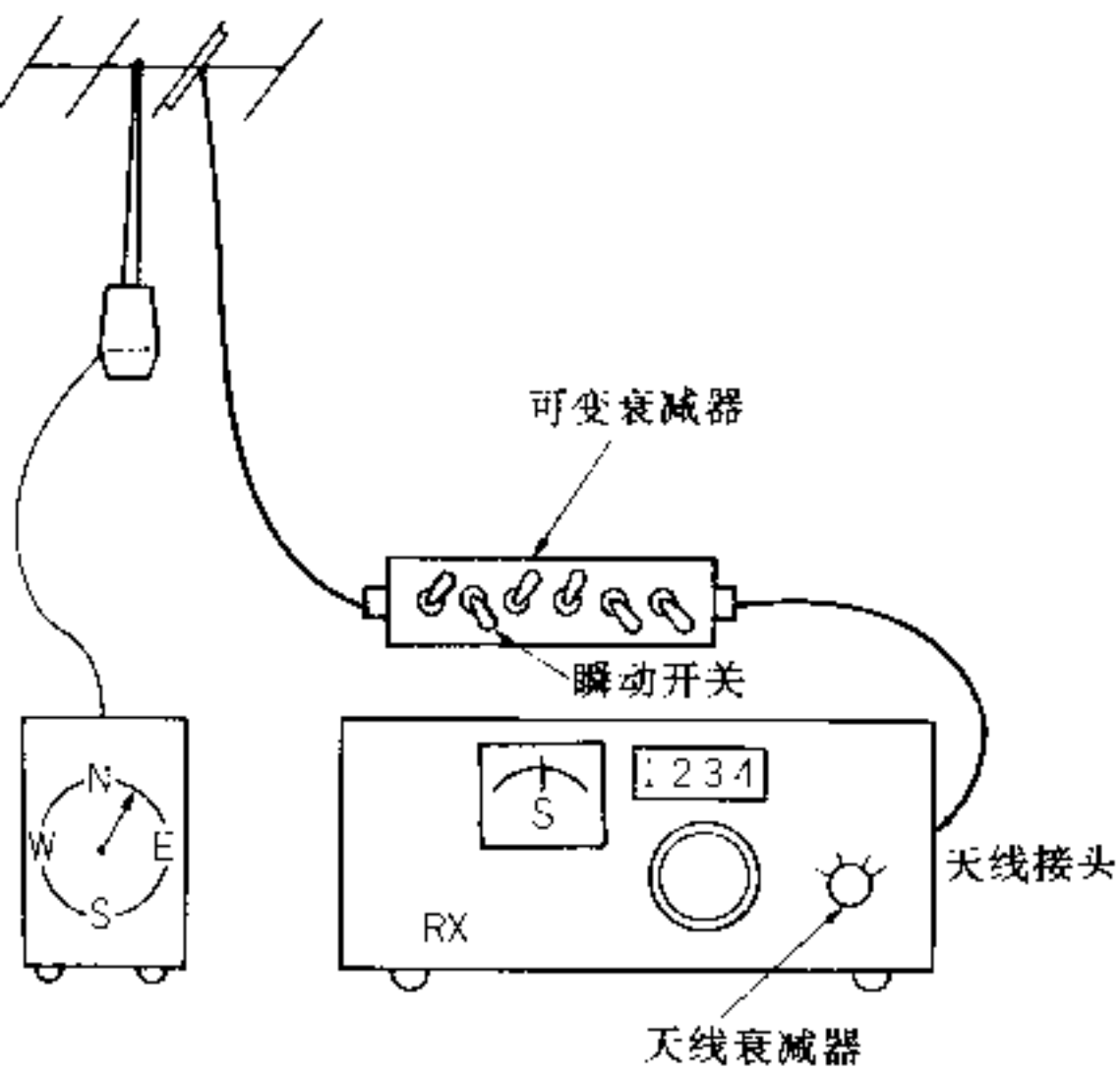


图 7—23　天线方向图的测定

7.5.1 使用事例

(1)天线方向图的测定

接收机的 S 表，是指示与 AGC 电压成比例的值，作为信号的强度。由于 AGC 受晶体管特性变化的影响而影响 S 的指示值，即使是同一装置，也免不了有所不同。从而在作天线方向图或增益测试时，只读出 S 表的值缺乏一般性。

照片 7—10　栅陷振荡器

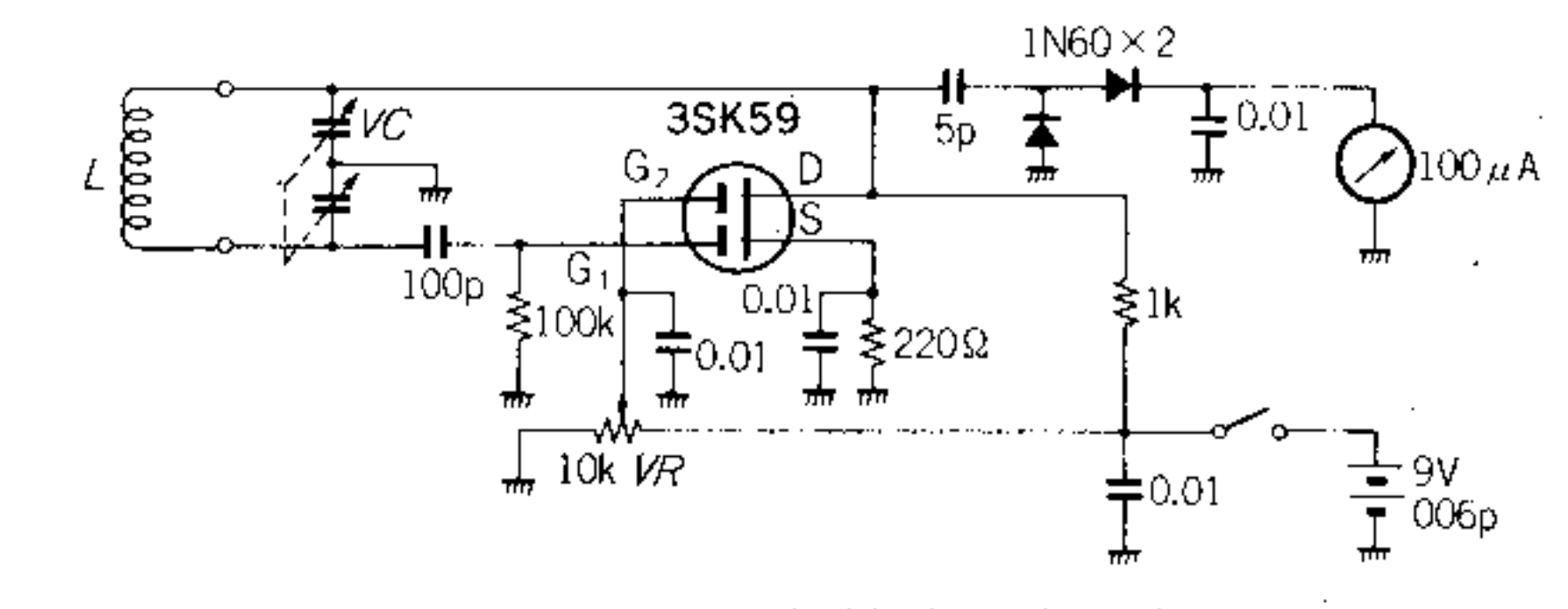


图 7—24　栅陷振荡器的电路一例

因此，将准确的衰减器安插在天线和接收机之间，在各个测定点使 S 的指示表示一定，这时从设定的衰减器，读到其值，就与接受机的 S 表的误差无关，即可描绘出天线方向图。如果在接收机里装有衰减器时，并能预先作好校正，这也可能进行广范围正常的测定（参照图 7—23）。另外信号源如前所述由 CR 振荡器加以调制，读接收机的低频输出功率，也能够作出天线方向图的测定。

(2)低频放大器的测定

在低频的场合容易制作衰减器，用普通的碳膜电阻器的组合办法，即能简单地实现。对于音量控制，需有准确刻度的衰减器来实现。

在低频放大器上，由于没装有像接收机那样的 AGC. 在测定时不要达到饱和，对过大输入功率要切实注意。而且希望用示波器一面监视输出波形一面作测定。

7.6 栅陷振荡器

栅陷振荡器是自制盛行的必需品（参照照片 7—10）。

在 LC 振荡器的线圈的近处，安置与其频率相近的谐振电路，振荡器的输出功率在谐振电路上被吸收而低落，输出指示的仪表即作栅陷振荡。因而若把振荡器的频率加以校正，即可了解到未知的 L 和 C 的谐振频率，在制作收发信机的调谐电路时，成为一种非常便当的装置。

另外可用于天线的谐振，晶体振荡频率，与已知的值 C 组合起来从谐振频率求得 L 的值。当然作为高频的信号源，搞接收机的工作校验也是可能的。

图 7—24 所示即为栅陷振荡器的电路一例。

7.7 吸收型波长计

在谐振电路上产生的感应电压经过整流能加以显示的装置，就是吸收型波长计。其精度虽然不好，但对发信机的倍频次数的确定，以及在发信输出功率的监控等方面具有实用

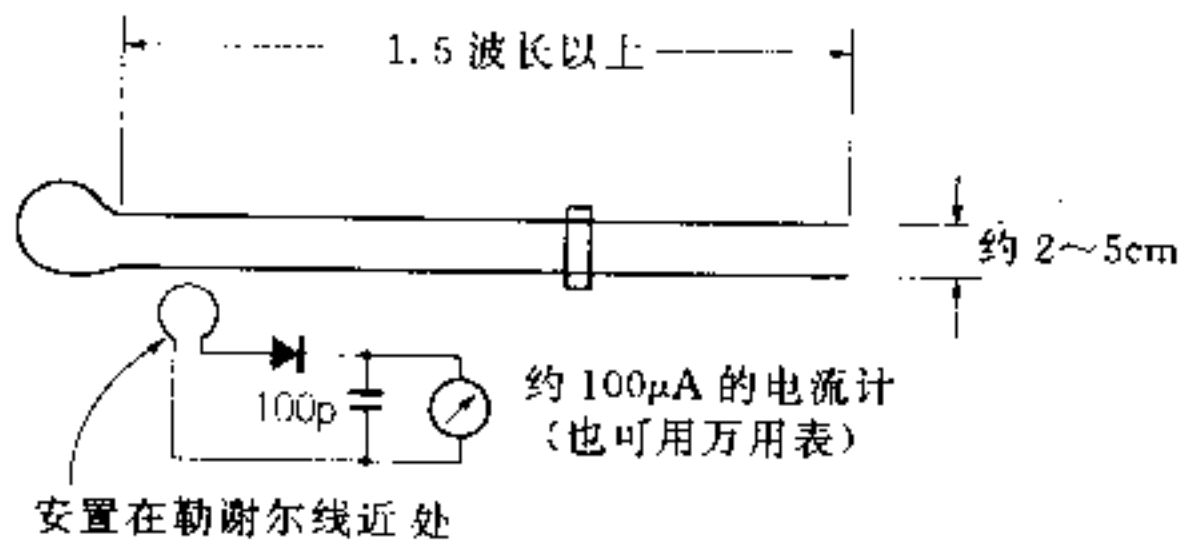


图 7—25　勒谢尔线

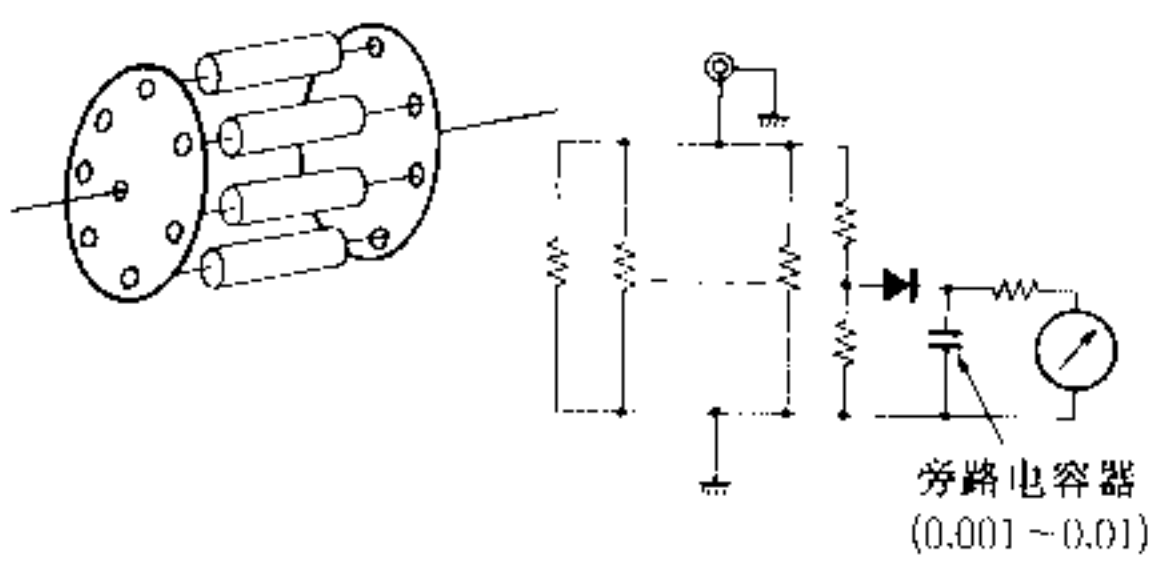
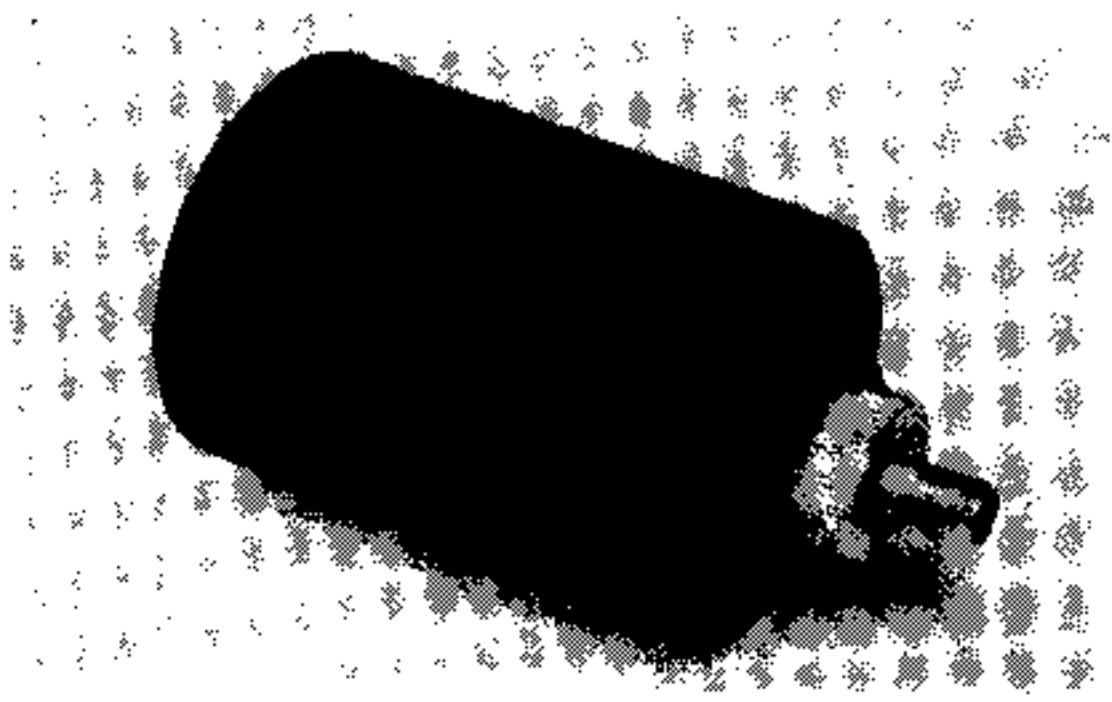


图 7—26

的性能。市售的栅陷振荡器一般也具有吸收型波长计的功能。

7.7.1 莱赫线（用来测射频频率的一种传输线）

频率若超过 100MHz，LC 谐振电路外形



照片 7—11

过于缩小，也就难以作成吸收型波长计。这时的有效方法，是用两根并行线作成勒谢尔线，从旁边加上高频功率，高频功率进入线上，如果有短路点或者开路点，在那里就会引起反射，与馈线同样会发生驻波。

如果改变到达这个终端的距离，就会在全长每 1／2 波长的整数倍上谐振，吸收高频功率。所以，在并行长线附近放置电压表，用手挪一挪短路点，对电压表的上升点如果至少能求得两个，其间隔就是被测定高频的 1／2 波长（用下降的 2 点也可以）。在频率 144MHz～2GHz 范围中均有效（参照图 7—25）。

7.8 假负载

在电波法方面规定必须备有发信机调整用的模拟电阻负载(假负载)设备。

在市售品方面有只为单一电阻型，还有可指示电阻器两端的电压，亦即功率计耗用的型式等。另外也有使用频率的上限从 30MHz 超过1GHz 的(参照照片7—11)。

内部有耐10W 以上功率的电阻器起主要作用。如果电阻器的尺寸接近测定波长，因为会从低频率时的电阻值偏移，所以对100W 以上时要用油把小型电阻器加以冷却，把电阻器的周围搞成特殊的形状，以改善高频特性。

在1W 水平的小功率场合，用极普通的碳膜电阻，即使达到430MHz 左右也没有什么问题。那末在10W 左右时，如图2—26所示用数只～10只左右1W 的小型电阻器并联组合起来，用这种合成电阻达到所需值也是可行的。

作为功率计的校正，是把表头旁路电容器的容量加大为100μF 左右，测试器测试时加50～60Hz 的可调电压就容易作到。此时，若有后述的可调变压器就更为方便。

SWR 计(Standing Wave Radio Meter)

如同电灯线的交流低频率，只拉两根电线，即使送入数 10m，功率也会由于电线自身的电阻而带来损失，根据欧姆定律可用 $P=I^2 \cdot R$ (W) 来考虑。如果频率增高，即使有同轴电缆线（以下简称电缆），由于线间的绝缘物以及导体自身也会增加损耗。

电缆是根据其构造来决定具有的特性阻抗。连接收发信机和天线所使用的同轴电缆线，一般所说的数值为 50Ω 或 75Ω。对于有代表性的高频电缆每米的损失可参考资料篇。

特性阻抗 50Ω 的电缆与波长相比无限长时，从一端送进高频功率，功率在电缆中向终端传送，是不会返回的。从发信这头来看这个电缆，与 50Ω 的电阻完全相同。反过来说，在信号源直接 50Ω 的电阻就会作出与无限长电缆同样的动作。

把无限长电缆在中途切断连接上 50Ω 电阻，从输入一端来看阻抗完全没有变化，所送进去的功率除去电缆的损失，全部被 50Ω 的电阻消耗。而且电缆内的电压变化也从送信一端仅在缓慢地下降(参照图 7—27)。

即使像这样有限长的电缆，若用与特性阻抗相等的电阻接在终端，即可形成与无限长电缆相等的电性能。

然而若取下这个终端电阻，传送电缆上的功率无去处，随即向发送一端往原来的电路上反传送。可是在电缆上，因为存在着从发信一端继续传送的功率、(入射波)，与反方向来的功率（反射波）互相干扰相遇，那末在电缆上就会产生电压的高低(参照图 7—28)。这种强度分布没有时间性变化乃是一定的，所以称为 Standing Wave (驻波)，将最大值与最小值之比，称为 SWR (驻波比)，或者称为 Voltage SWR (VSWR)。

在此重要的问题是，电缆内的电压会有比无驻波时高出部分（在高功率的场合由这种电压曾有过电缆的绝缘被破坏的事情)，在这个部分上会增加损失，比电压在低的部分上的损失减小要多，所以结果在电缆内的损失是为增加的势态。

然而，当传送频率低，而且电缆长度短等，在电缆本身上的损失少的时候，SWR 值在 2～3 就完全不必担心。可是在有驻波的时候，发送一端的阻抗就不会成为电缆的特性阻抗，电缆长，对终端电阻的值会起到大幅度变化，因此保证不了发送机的正常工作。

从而尽可能不要发生驻波，必须使电缆的特性阻抗和终端电阻（天线等阻抗）取得一致，对此可称为匹配。

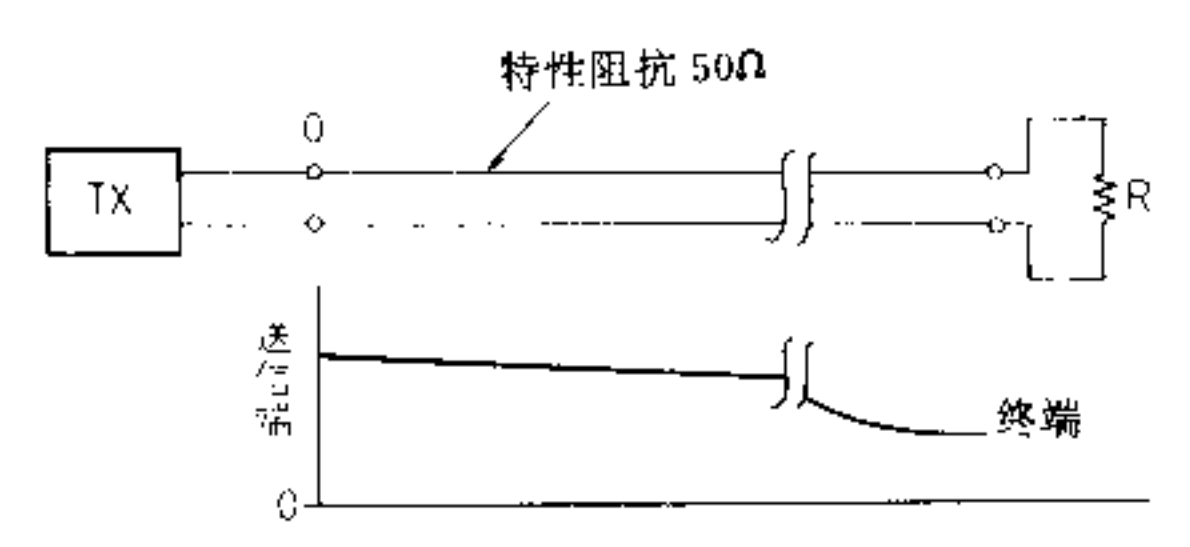


图 7—27　连接与特性阻抗相同电阻时同轴电缆上的电压分布

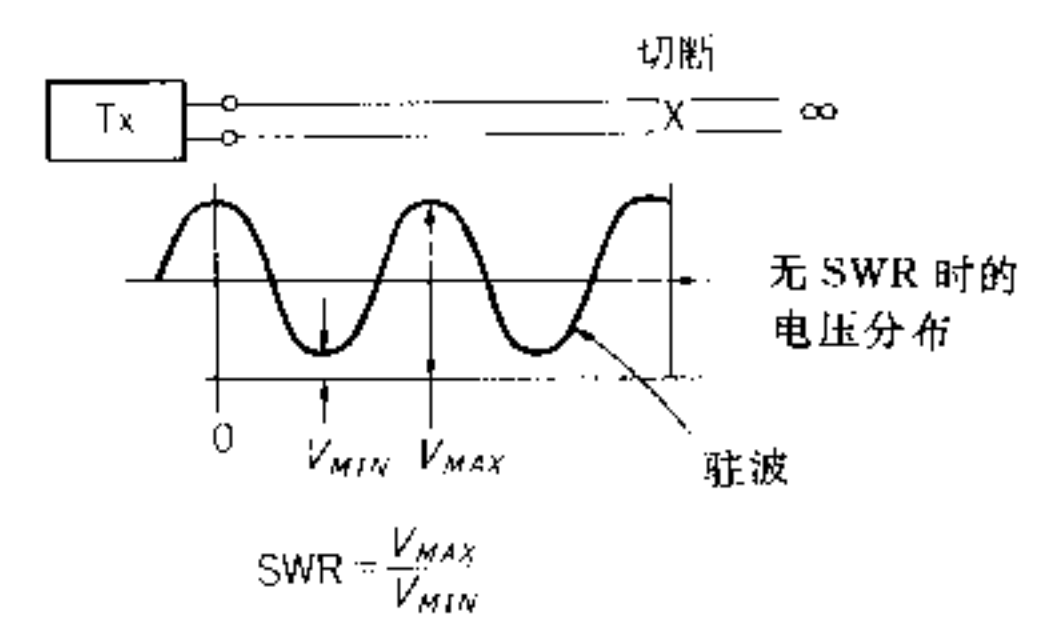
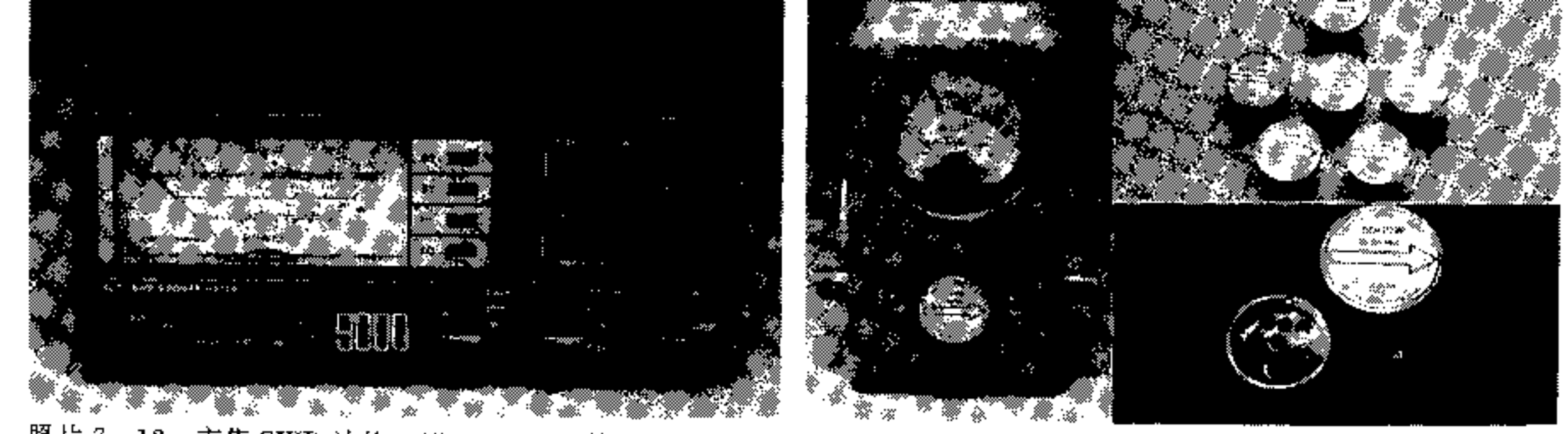


图 7—28　终端被断开时电缆上的电压分布



照片 7—12　市售 SWR 计的一例(SX—900(第一电波工业,左),Model—43(美.巴道公司),右)。SX—9000 附有自动测定机能(需要电源)。Model—43 根据部件的更换可以改变频带和功率

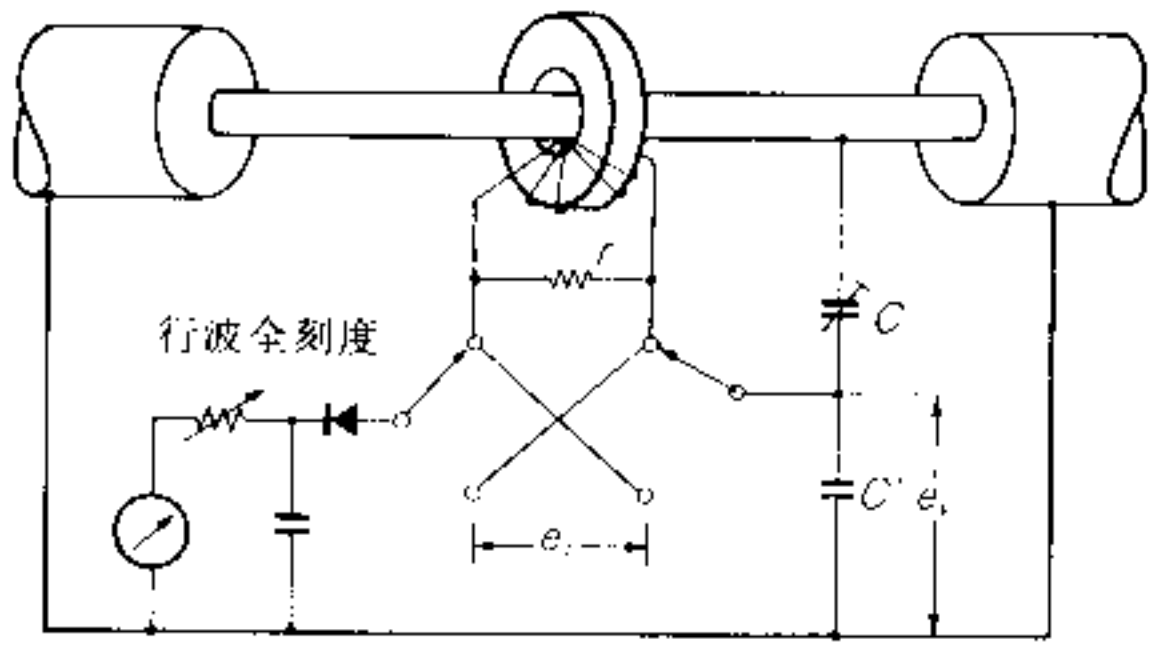


图 7—29　CM 型功率计的原理

7.9.1 SWR 计

在测定 SWR 方面,虽然直接在同轴电缆线的外皮任何一个地方打个孔,即可由此测定内部导体的电压,但那是不现实的作法。在照片7—12上所示的是 HF～V/U/SHF 频带用的市售 SWR 计的一例。SWR 计不是测量电缆上的电压分布的,而是在某个位置上测定电压和电流,以此来求出 SWR 的装置。

7.9.2 原理

切开连接在发射机和天线中间的电缆,如图 7—29 所示,这个设置可取得与导体内部所流动的电流成比例的电压 ei 的电流变换器,同时取得与内外部导体间的电压成比例的电压 ev。这个电压是由电容器而构成的分压电路上取得的。

在天线一侧连接 50Ω 的电阻,从发送一端送入功率,调整分压电路的电容器使 ei 和 ev 趋于相等,以及电流变压器的负载电阻 r。以这种状态如能连接到使 ei 和 ev 抵消,那末所合成的电压对发送功率无关则成为 0。

在此如果电缆的阻抗从 50Ω 下降,ei 的一方则比 ev 就会增大,如果上升则会减小,不论哪个场合的合成电压都不会成为 0,这就可以了解到电缆的阻抗从规定值(50Ω)的偏移情况。

另一方面,如果将 ei 和 ev 按上述相反作相加连接,则合成电压通过电缆与功率的平方根成比例。

将这两种连接用开关等作转换,或者用两个仪表可以分别读出的 SWR 计,已多有市售。再者,对于 SWR 和反射/入射功率的关系如表 7—4 所示。

表 7—4　SWR 和反射电力

SWR	反射功率/入射功率
1	0%
1.1	0.23
1.2	0.83
1.3	1.7
1.5	4
2	11
3	25
5	44

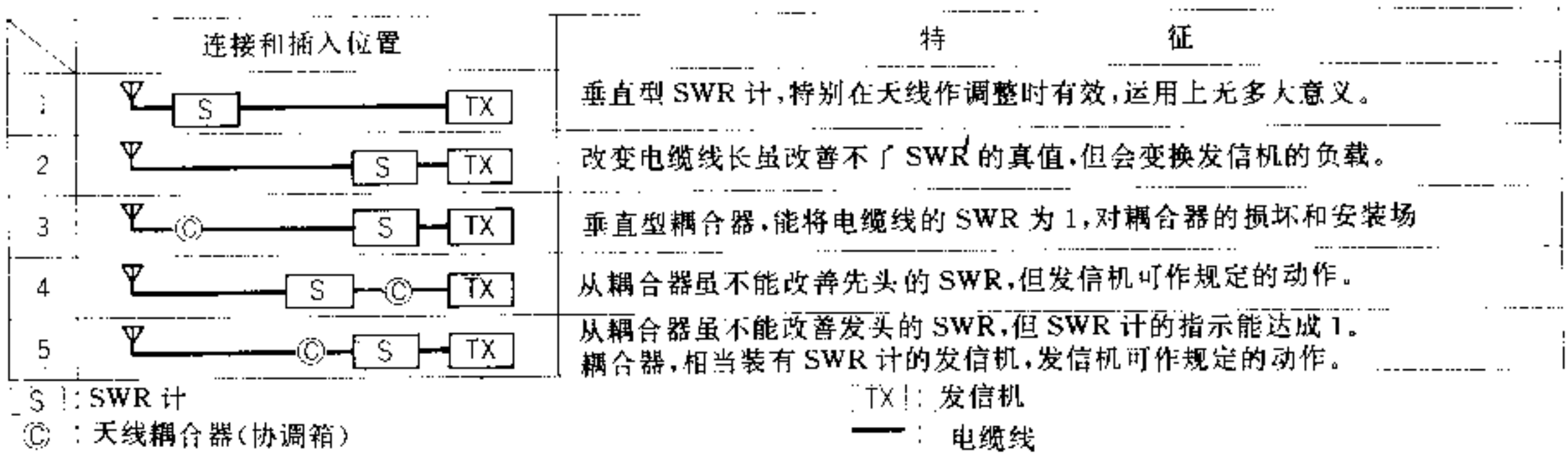


图 7—30　天线、电缆、耦合器、SWR 计、发信机的连接方法及其特征

7.9.3 测定上的注意事项

如果天线和电缆完全匹配，SWR 计即指示为 1，功率的指示也正确。

可是，当天线阻抗偏移 50Ω 时，电缆一端，即在连接 SWR 计某点的阻抗，随电缆长会向大的方面变化。因此，前述形式的 SWR 计，根据插入的位置使 SWR 达到 2 左右误差就小，若为 5 以上就不正确。而且通过功率的指示使 SWR 接近 1 时是正确的，如果 SWR 在 2 左右的场合，则会产生±30～40%的误差。

7.9.4 天线耦合器与 SWR 的关系

天线、电缆、天线耦合器、发信机及 SWR 计的连接和插入位置的事例，以及当时的工作特征如图 7—30 所示。

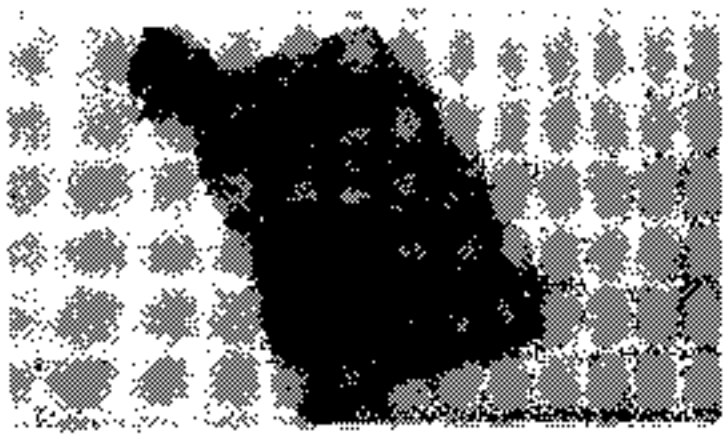
7.10 便于使用的测定器和测量用具

(1)LC 测定器(万能电桥)

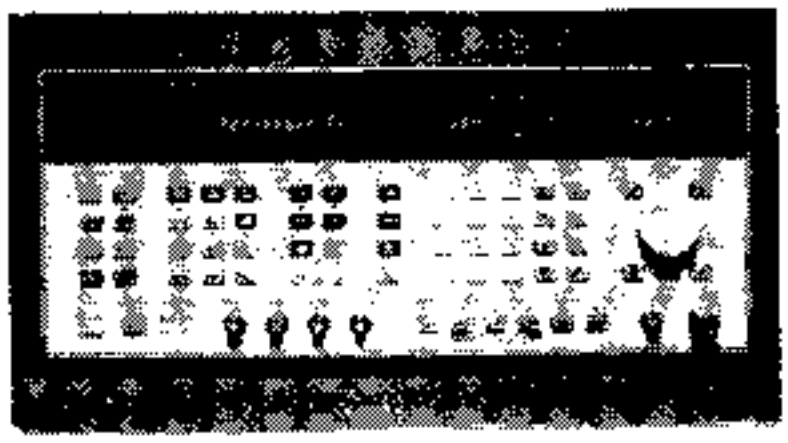
振荡器，示波器，如果具有其标准的容量，虽然能够从事测定 L 或 C 的值，但却难以取得 1%的精度。对电阻值，以至 L 及 C 的损耗能够一并作测定的装置是为万能电桥。

另外，仅作容量测定的 CR 振荡器和计数器组合起来的微处理器型，能校正测定值，正规的配套元件等均有销售（参照照片 7—13）。

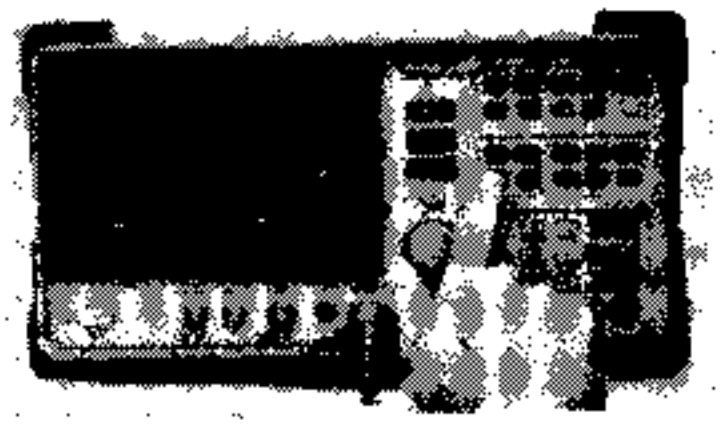
(2)信号发生器(SG)



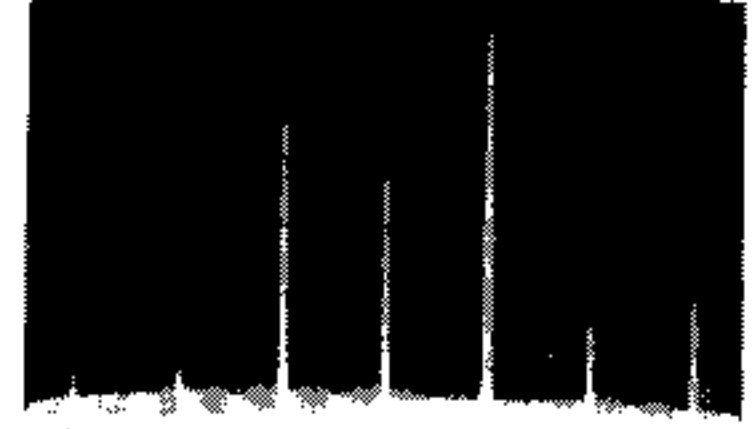
照片 7—13　利用 MPU 的 C 仪表用具一例

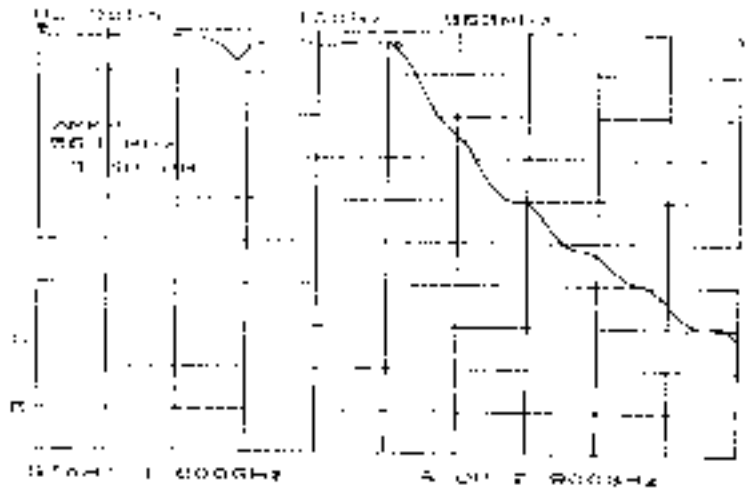


照片 7—14　SG 的一例



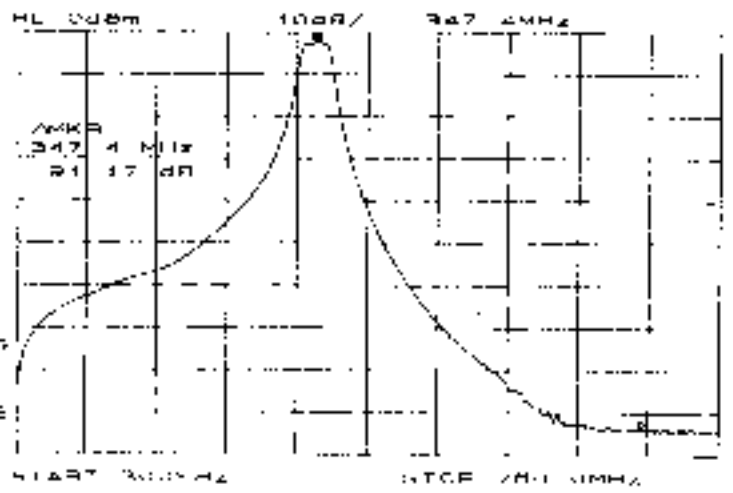
照片 7—15　波谱分析仪





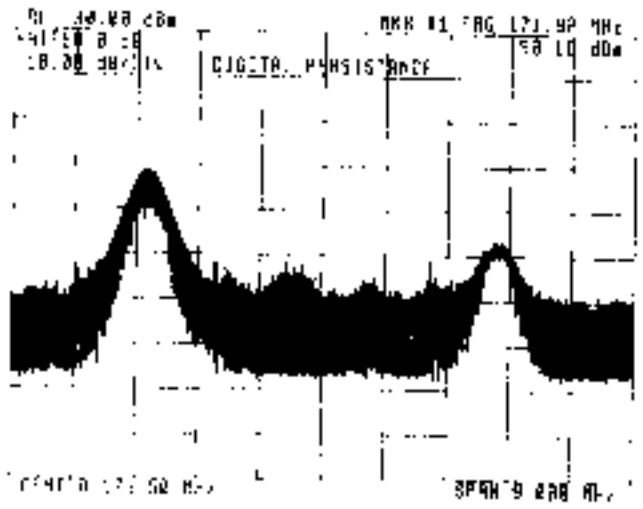
对 2.28Hz(LO)给与 145 MHz(RF)时的波谱一例。从左 2.135、2.28、2.425GHz(差为145MHz),斯皮耳纳画面

宽频带放大器的频率特性一例(描绘器)



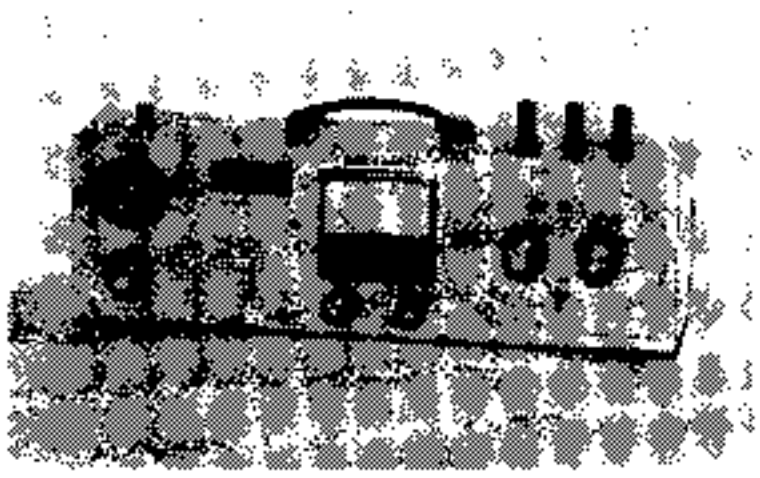
3.47MHz 带 ppF 的特性例(解析特性时间描绘器进行输出)

VHF—TV 附近的波谱(描绘器)

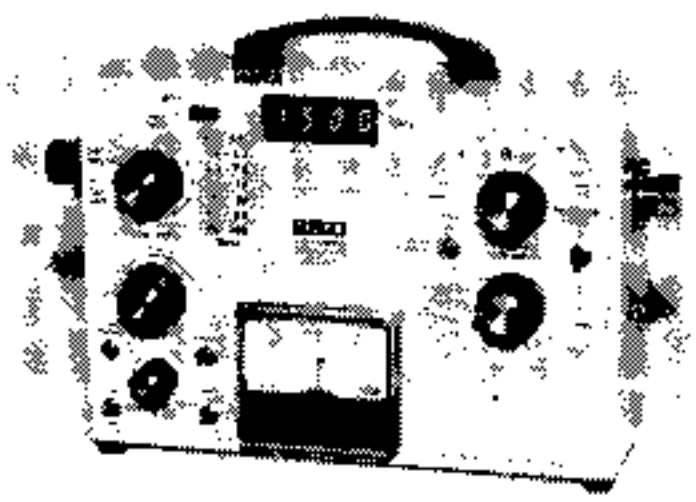


照片 7—16　频谱测定一例

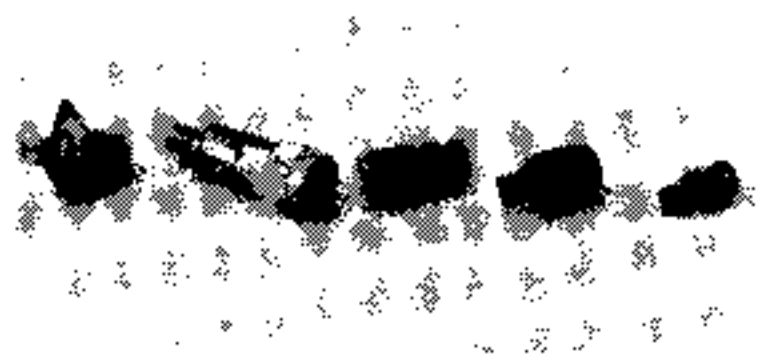
照片 7—17　内装频谱显示器的 HF 无线电收发两用机(IC-780)



照片 7—18　Q 测定器



照片 7—19　天线测定器



照片 7—20　变换接续器

这是接收机调整时不可缺少的装置。它用准确的频率,发生一定强度的信号。频率的稳定性,应比所测试接收机的频带特性还要稳定,在进行 430MHz 或 1.2GHz 的 SSB 接收机的测定时尤为重要。而且对信号要求的强度,特别为取得低电平,对箱体的构造,衰减器等都要加以细心注意(参照照片 7—14)。

对自制者来说这是一种希望得到的装置,二手货价格便宜容易搞到。

(3)波谱分析仪

示波器是测定信号波形随时间变化特性(时域特性)的仪器,频谱分析仪是测定在信号上包含哪些频率成分(频域特性)的装置(参照照片 7—15)。利用它进行频谱测定的实例如照片 7—16 所示。

横轴表示频率,可调范围从数 kHz 到数 10GHz。纵轴表示信号强度呈线性关系,刻度标尺可变化 10^4 倍。总之也有可表示 80dB 以上的频谱仪,以及内部装有计算机具有多种复杂功能的频谱仪。虽然也有廉价的二手货,但可靠性较差。

最简易的装置,早年就有频谱扫调指示的扫频仪作为接收机的附属品,最近才有装在无线电收发通信机内具有频谱分析功能的装置(参照照片 7—17)。

(4)Q 值测定器

上述的万能电桥,在作超过 10kHz 频率的测定时其误差较大。Q 值测定器可用在从 50kHz 到 50MHz 以及从 1MHz 到 250MHz 对 L、C 作测定的装置。在调谐线圈、滤波器用线圈等,以及在制作收发信机的所有高频用线圈方面是为有效的测定器(参照照片 7—18)。

(5)阻抗测定器

也可称为高频的万能电桥测定器。虽然有从 10kHz 到 1GHz 左右的部件或能测电路的阻抗特性等正规的仪表,但也有作天线系

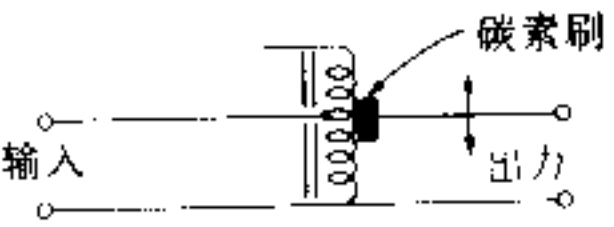
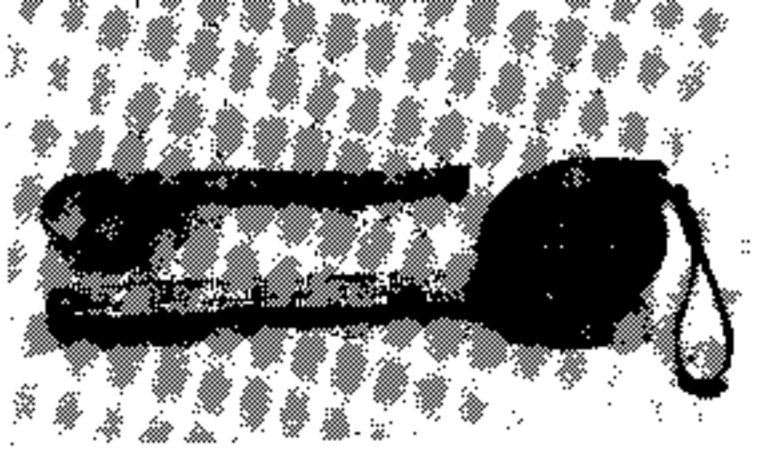


图 7—31　滑线电阻调压器

照片 7—21　滑线电阻调压器



照片 7—22　卷尺

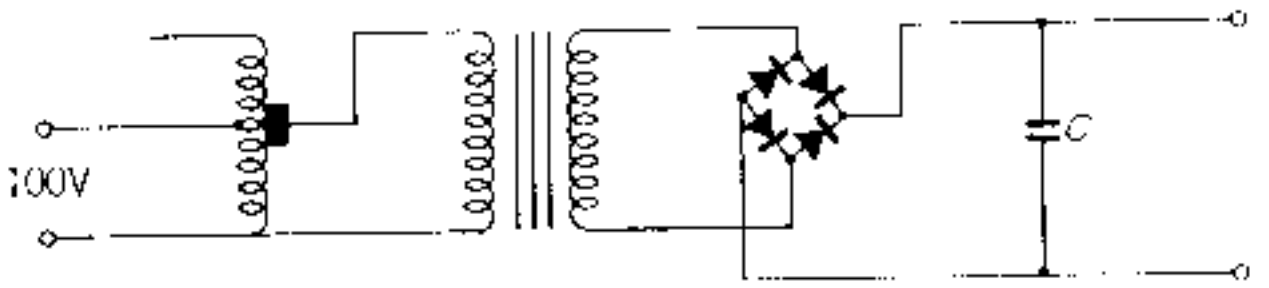


图 7—32　简单的可变直流电源

统测定的专用仪器(参照照片 7—19)

(6)变换接续器

属于测定器一类的输入输出阻抗，在高频系统方面大致为50Ω，在低频系统方面为600Ω，其输入输出阻抗应该统一。可是，作测定的装置的接头种类有多式多样，在 HF～VHF 频带上为 M 型，在低频上为 F 型和 RCA 插头座，小型无线电收发通信机等方面使用的是 TNC 或 BNC 型，其种类涉及多方面。

作测定的时候，在比较低频率的场合，利用鳄鱼夹等虽可大致作观测，但在高频方面却有影响，在准确程度上会有欠缺。在那样的场合，备有各种变换接续器就比较方便。(参照照片 7—20)。

各种变换接续器到专卖商店虽然可以买到，但如果对其材质和构造不去过分计较，那末自制也是可能的。如果准备好 N↔BNC, BNC↔M, 就一定能作成。而且收集各种接续器，以及用开关作转换用的接续器盒子均有市销。

(7)滑线电阻调压器

虽然不能称为测定器，但它是便当的工具。滑线电阻调压器如图 7—31 所示输入功率为交流 100V，输出功率是从 0V 到 130V 左右连续地从分流变电压器取得。可得到电流从 1A 到 20A 程度的调压器均有销售（参照照片 7—21)。

■使用实例

a. 电源电压稳定性试验

正规交流 100V 的机器，在一般情况下，应该能承受±10%的电压变动。如果有不稳定的情况，不仅在电源部分而且在任何部分都会引起故障。

b. 焊锡烙铁的温度控制

c. 简单的可变直流电源

在使用易损稳定性电源之前，要从 0V 缓慢地提高附加电压，即可进行晶体三极管电路，以及末级放大器等的试验。

d. 电灯的亮度控制

比赛时的室内照明应降低照明度等。

■使用上的注意事项

注意触电

从原理上，初级和次级的线圈是为共用的自耦变压器。因为电灯线必须从旁边接地，所以在输出一侧也有触电的危险。从而，要避免从输出一侧接直流整流作为直流电源的作法，如图 7—32 介绍的是用普通变压器作隔离。

(8)卷尺

在搞天线作业时是绝对需要的工具。长度和式样有多种多样，有 2m～5m 左右金属制的，以 3m 以上能够挺直的袖珍型较为方便。布制的等条杆软的物件，在高处作业时不

便于使用(参照照片 7—22)。

卷尺在布置电台室时也很有用。

▶テスター参考・引用*文献

(1) JIS C1201

(2)松下修他：マルチメーターとその周辺，トランジスタ技術，12月号，p.388，1987

＊1：鈴木隆二：新テスターの測定と応用，CQ 出版社，1965

(3)大滝淳：デジタル・テスター原理と使い方，誠文堂新光社，1989

▶オシロスコープ引用*文献

(1)山上日出夫他：オシロスコープとその周辺ツール，トランジスタ技術，12月号，p.350，1987

＊2：オシロスコープ活用法，CQ 出版社，1983

▶低周波発振器参考文献

(1)関口太郎：代表的 OP アンプの特徴と内部構造，トランジスタ技術，2月号，p.316，1987

(2)左野恭治他：10MHz 正弦波発振器，トランジスタ技術，12月号，p.418，1987

▶ SWR 計参考文献

(1) CQ ham radio 編集部編：アマチュアの V・UHF 技術，第3版，CQ 出版，p.249，1977

(2)山村英穂：トロイダル・コア活用百科，第4版，CQ 出版，p.

技术 08

业余电台的避雷技术

8.1 雷及其实质

雷是围绕在地球大气中所分散、积蓄的正负电荷，破坏大气的绝缘进行中和，乃为自然界的雄伟的放电现象。

雷现象，虽然在火山爆发、沙暴、大火灾等情况也会发生，但最为一般的放电，是由积聚的乱云（雷云）中所分散、积蓄的电荷而引起的火花放电。

本文将概略阐述作为业余无线电家需要了解雷所具有的特性以及避雷方法。

8.1.1 雷云的发生

在一般情况下，密集的云在降雨或降雪的时候，正负电荷虽然是分离的，但分离的电荷又会相互中和，而又分散，这样几乎不会引起火花放电。可是云中的电荷如果分离过快，数量急剧增加，其结果，就会发生空气分子的电离破坏现象。雷云和其他种云的不同是云中电荷分离作用的强弱状态的差异。

靠近地表有湿度较高的空气，在其上层有干燥的低温空气时，地表附近的大气和上层的大气即形成一种不稳定层，在这样的场合所发生的积乱云就是雷云。从雷云的发生机理来分类，有如下几种。

a. 热雷

在夏季日照比较强的天气里，地表附近的湿空气受热而发生上升气流，由这种上升气流而发生积乱云的雷，称为热雷。

b. 界雷

在暖空气和冷空气相接触的寒冷峰面上，会发生上升气流。由这种上升气流而发生的雷，称为界雷，亦可称为峰面雷。

c. 低气压性雷

由台风或者强的低气压形成上升气流而发生的雷，称为低气压性雷，或者称为涡雷。

雷云，以上述单一的原因发生的情况较少，而由综合的原因发生的情况较多。

8.1.2 雷云的构造

a. 电荷分离的机理和雷云内的电荷分布

在雷云当中存在着很强的上升气流，其上升速度都在 30m／sec 以上。

由于这股强劲的上升气流而使下层的湿

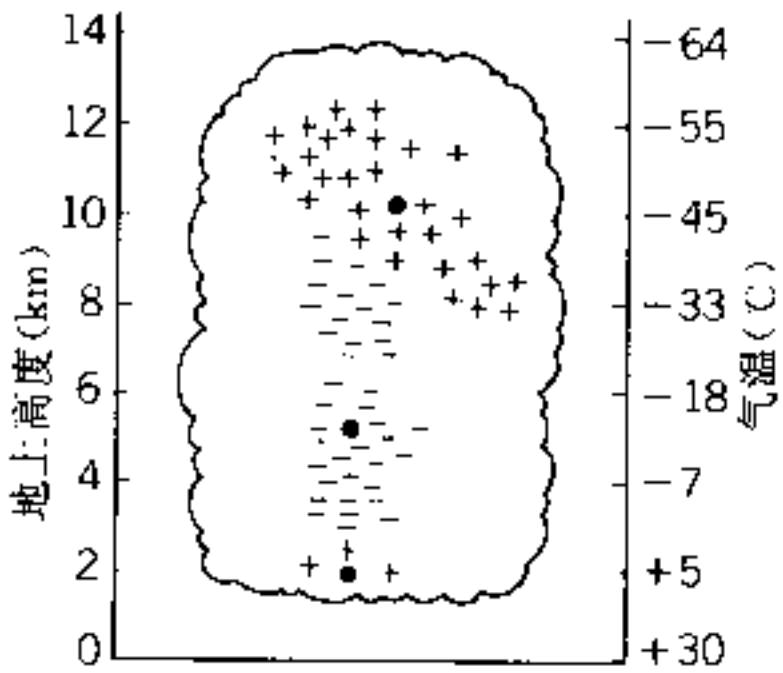


图 8—1　雷云内的电荷分布

空气急剧上升，受热膨胀的水蒸汽即变为水滴。进而向温度低的上层上升，水滴即将形成霰、冰雹、小冰片(冰晶)。在这个过程中因为排出潜热而使温度比较低的小冰片带有阳电荷，温度比较高的小冰粒(冰雹、霰等)带有阴电荷。

带有阳电荷的小冰片，由于上升气流而向云的上部运动，带有阴电荷的重体冰粒，由于重力而下降。

雷云内的电荷分布如图 8—1 所示，上层部分带有正电荷，下层部分带有负电荷，而且在云底的一部分多有带正电荷群的情形。

b 雷云的生命周期

雷云是一种很多雷云细胞的集合体。雷云细胞的寿命有 30 分钟乃至 1 小时，分为幼年期，成年期和老年期三个时期，图 8—2(a)是为幼年期的雷云细胞，这是正在成长当中的积云(积乱云)。

这种积云进一步发展，即成为图 8—2(b)的成年期开始降大雨。将这种状态的云称为积乱云。在这个时期最为频繁地发起雷放电，成年期则会继续 15～30 分钟。

不久在云中，上升气流即行衰退，散开了下降气流，而且雨也减弱，就成为如图 8—2(c)的老年期，雨降至 20 分钟左右即停，雷云细胞随即消失。

在雷云内，如果雷云细胞接连不断地发生、成长、消失，那末全部的雷雨活动就将持续转移别处。

8.1.3

雷放电

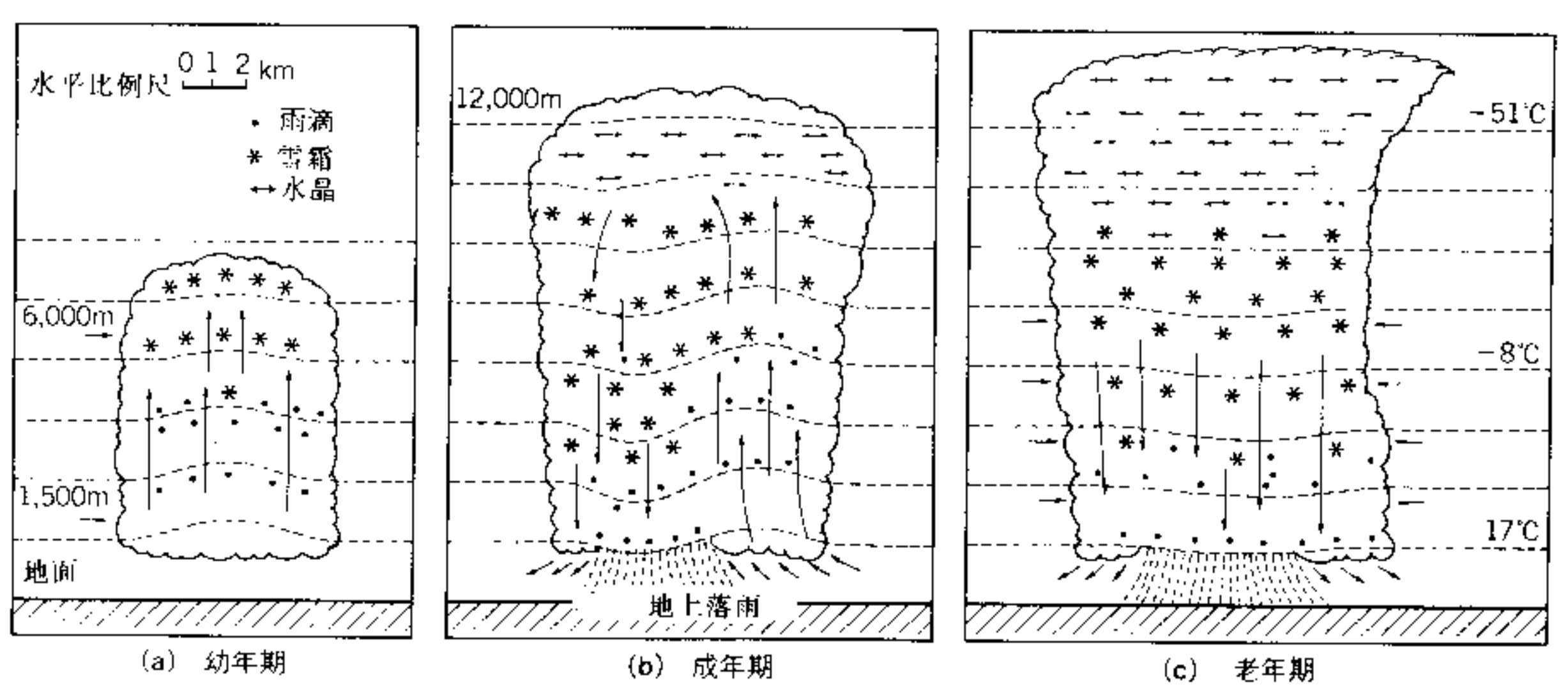
a. 雷放电的分类

雷放电是根据发生放电的对象可按下列情况作出分类。

(a) 云内放电：在同一个雷云之内的正负电荷之间发生的放电。

(b) 云间放电：在不同雷云的正负电荷之间发生的放电。

(c) 对地放电(落雷)：雷云的电荷，与大



(a)　幼年期　　(b)　成年期　　(c)　老年期

图 8—2　雷云的生命周期

图 8—3
对地放电的分类

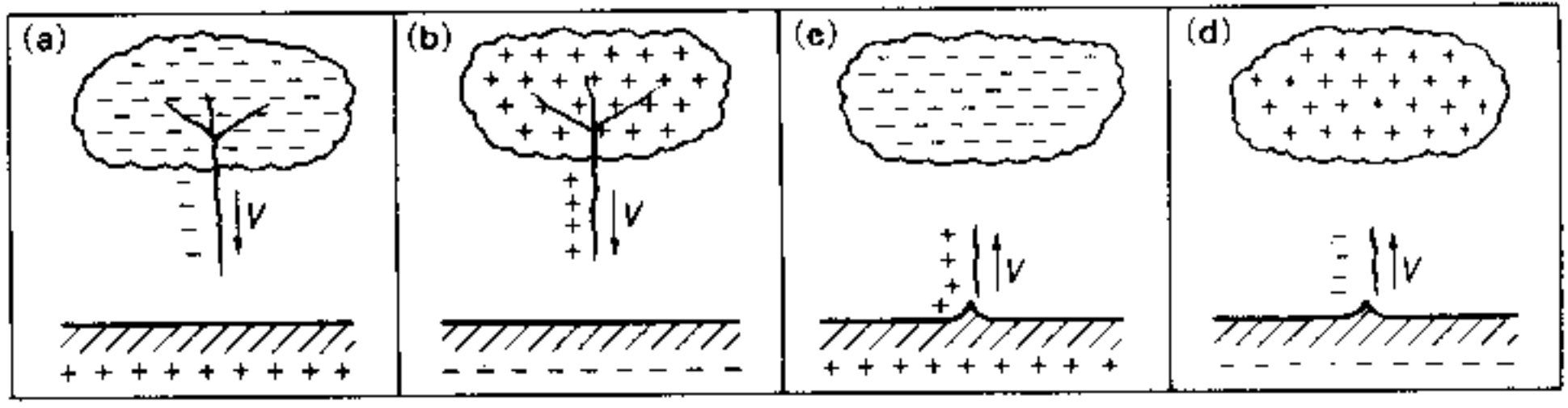
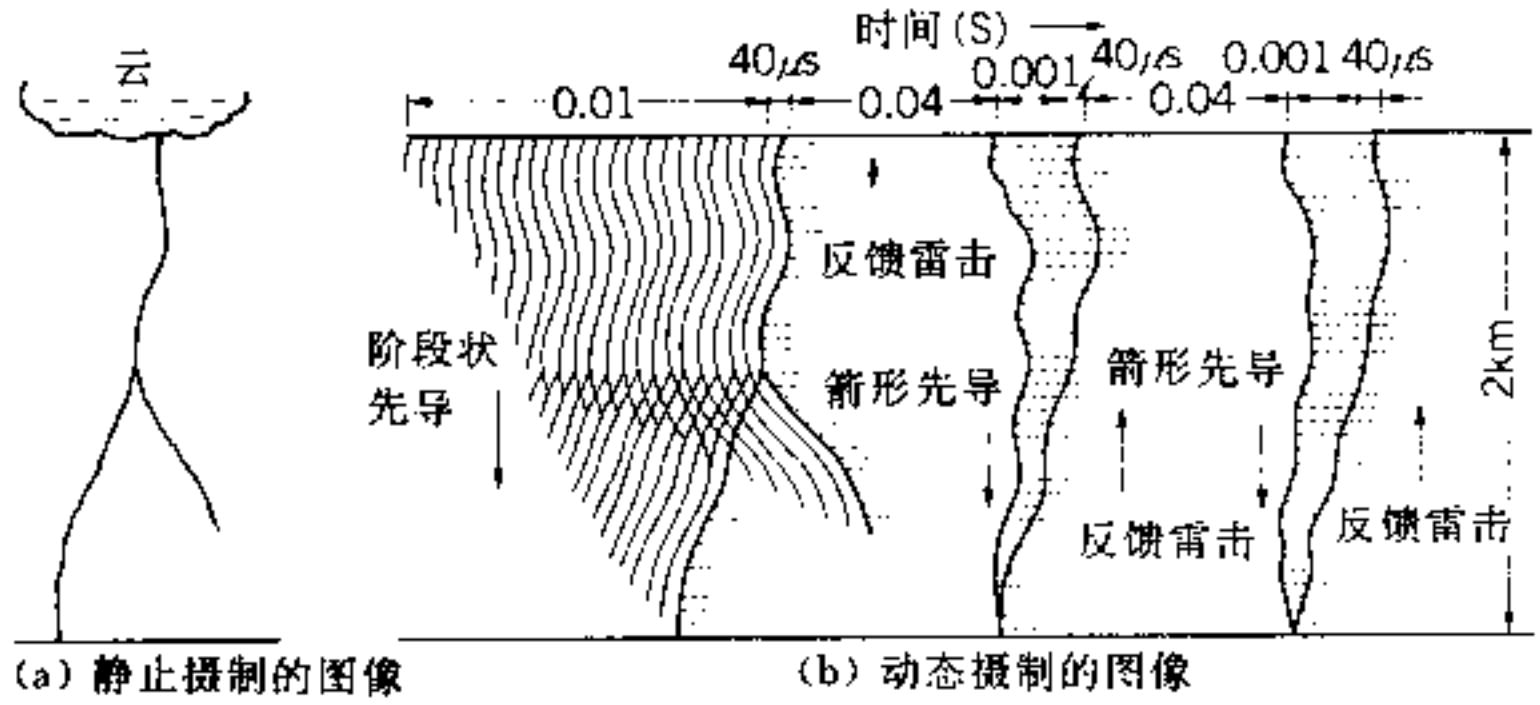


图 8—4　多重雷的放电过程



(a) 静止摄制的图像　　(b) 动态摄制的图像

地所感应的电荷之间发生的放电。

云内放电，云间放电，由于难以观测还有许多不大清楚的问题。关于对地放电，根据很多的观测和研究，业已了解其性质和过程，以及形成危害的原因。

b. 对地放电的形式

对地放电（落雷），如图 8—3 所示能够分为四种形式。

(a) 下向负电荷雷击：由雷云的负电荷部分，朝大地以负电荷的先导放电向下进展的雷，这种形式是最为普通的对地放电。

(b) 下向正电荷雷击：由雷云的正电荷部分，正电荷的先导放电向下进展的雷。

(c) 上向负电荷雷击：从大地朝向雷云的负电荷部分，以正电荷的先导放电向上进展的雷。这种形式，常见于高铁塔及山顶等的落雷的场合。

(d) 上向正电荷雷击：从大地朝向雷云的正电荷部分，以负电荷的先导放电向上进展的雷。

对地放电的经过如图 8—4 所示。图 8—4(a) 是用普通摄像机摄制的图形。图 8—4(b) 是用包伊兹摄像机（可分割时间摄影高速现象的特殊动态摄像机）摄制的照片所描绘的图形。

将落雷作时间分割，如图 8—4(b) 那样最初从云底的先导放电是为间歇性，以阶段状进展。对此称为阶跃前导，先头部分发光较强。

这种阶段状先导放电到达地表附近，与从地表的上升先导放电，两者相结合，就形成了在雷云和大地当中的放电电路。通过这种放电电路随同从大地的强烈发光而上升为大电流的反馈雷击(反程冲击)。

反馈雷击终了之后，稍隔时间，几乎以同样的路径，从云端奔往大地阶段的箭型先导放电（标枪导前），这种箭型先导放电电路到达大地，即上升为反馈雷击。

经过这种过程的反复，雷云的电荷的一部分被中和，落雷即随之完结。

反馈雷击虽然有仅现一次的落雷（单一雷击），但通常的落雷通过同一放电电路反复呈现反馈雷击的情况（多重雷）比较多，大部分的反复次数均为数次，根据情况曾观测到有 20 次以上的多重雷。

图 8—3(c)、(d) 所示的上向雷击，是先导

放电达到云端之后，从雷云比较缓慢地使反馈雷击电流流动的情形，和先导放电达到云端之后。从云端的箭型先导放电朝向大地进展，从大地使反馈雷击朝向云端上升的情形。

8.2 雷的分布和统计

8.2.1 雷的发生次数

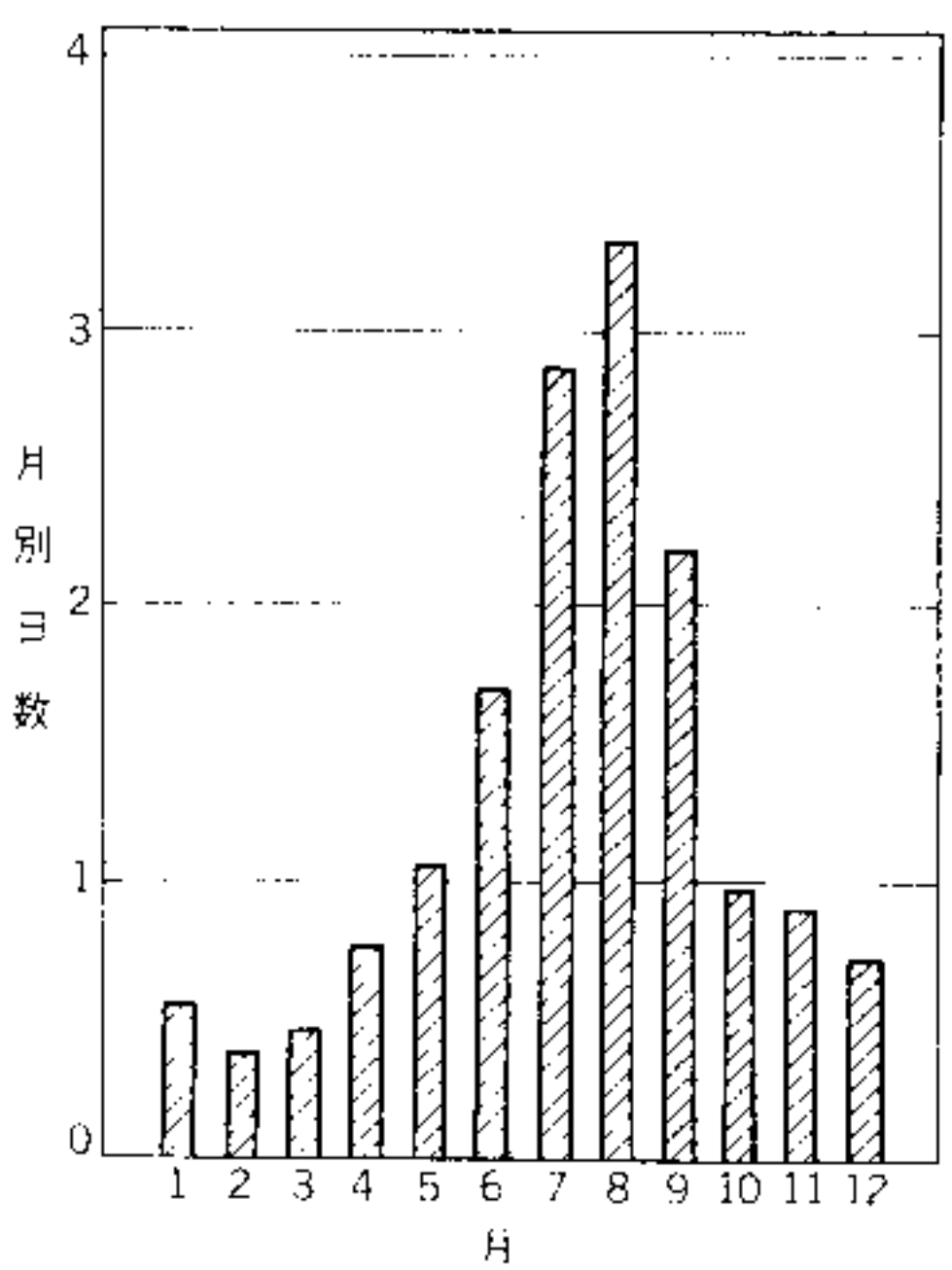
在全世界每年约发生 1.6×10^7 的雷云，据说每秒钟会发生约 100 次的雷放电，雷使地球整体的电气现象蒙受影响。

雷的发生是根据季节、时间和地区而不同。在日本按月份的雷雨发生次数如图 8—5 所示，8 月份为最多

在一天当中，在夏季的午后 2 时左右雷击较多。这是因为在炎夏的午后二时正是烈日照射易产生积乱云的原因。关于夏季以外的雷，因为几乎都是界雷，所以时间的依存性较少。

8.2.2 雷的分布

雷虽然有多发地区和少发地区，但雷的多和少，在一般情况下，是以年中雷雨的日数来表示。就是在一天里若听到有一次雷鸣声，即算为 1 个雷雨日数，在 1 年间按听到的雷鸣声的天数来表示有多少雷雨日。表示雷雨



主要是在气象官署 80 个地点观测的中程度以上的雷鸣和伴有雷光的雷鸣，月旬日数为全国平均日数(1951～1980 年)月

图 8—5　全国平均月份雷击日数

图 8—6　年间雷雨日数分布(IKL 等日数线)

表 8—1　雷放电的参数

	最小值注 1	代表值	最大值注 1
阶段状先导[阶跃异前]			
阶跃的长度[m]	3	50	200
阶跃间的时间间隔[μs]	30	50	125
平均进展速度[m／s]	1.0×10^5	1.0×10^5	2.6×10^6
在放电路上分布的电荷[C]	3	5	
箭型先导[标枪异前]			
进展速度[m／s]	1.0×10^6	2.0×10^6	2.1×10^7
在放电路上分布的电荷[C]	0.2	1	6
反馈雷击[反程冲击]			
进展速度[m／s]	2.0×10^7	50×10^7	1.4×10^8
电流瞬度[kA／μs]	<1	10	>80
波头长[μs]	<1	2	30
波高值[kA]注 2		10～20	110
波尾长[μs]			
放电电荷量[C]<连续放电除外>	10	40	250
放电路的长度[km]	0.2	2.5	20
	2	5	14
雷击			
雷击中的放电数注 3	1	3～4	26
放电间隔注 4	3	40	100
<无连续放电的场合>			
雷击持续时间[S]注 5	10^{-3}	0.2	2
放电电荷量[C]	3	25	90
<包含连续放电>			

注 1：大部分数据在此范围均应表示进去，实际只纳入测定值的最大值、最小值

注 2：在日本最大值 240KA，在波兰有 515KA 的测定例

注 3、4、5：雷击的多重度平均为 2.79，最大为 11，放电间隔的最大 0.426s 雷击继续时间最大为 0.51s

日数的图称为 IKL 图（Isokeraunic Level Map）。

图 8—6 所示的是日本的 IKL 图的一例。依此表现的雷。中心地区是北关东的山地和近畿地方的铃鹿山脉。中国地方的山地，九洲地方的山地和石川县多为日本海沿岸的中心。

但是，季节的雷雨日数，北陆地方与其他地方不同，北陆地方在冬季的雷相对较多，其他地方多发生在夏季。

另外，从世界来看，在南非洲、美洲的佛罗里达地方雷比较多，曾有 IKL 达到 150 以上的地区。

8.2.3 有关雷放电的参数

雷放电的电流值、电流波形、经过的时间等，各种雷放电都有很大差异。对地放电（落雷）的电流值、电流波形、经过的时间如表 8—1 所示。

8.3 雷的侵入路径和危害

8.3.1 落雷点

落雷多发生在铁塔等高处场所，也有不在高铁塔上的落雷，而在铁塔附近地方落雷的情况。

从云底发生阶跃前导，如图 8—4 所示那样为间歇性进展。而且最后段的阶跃前导的

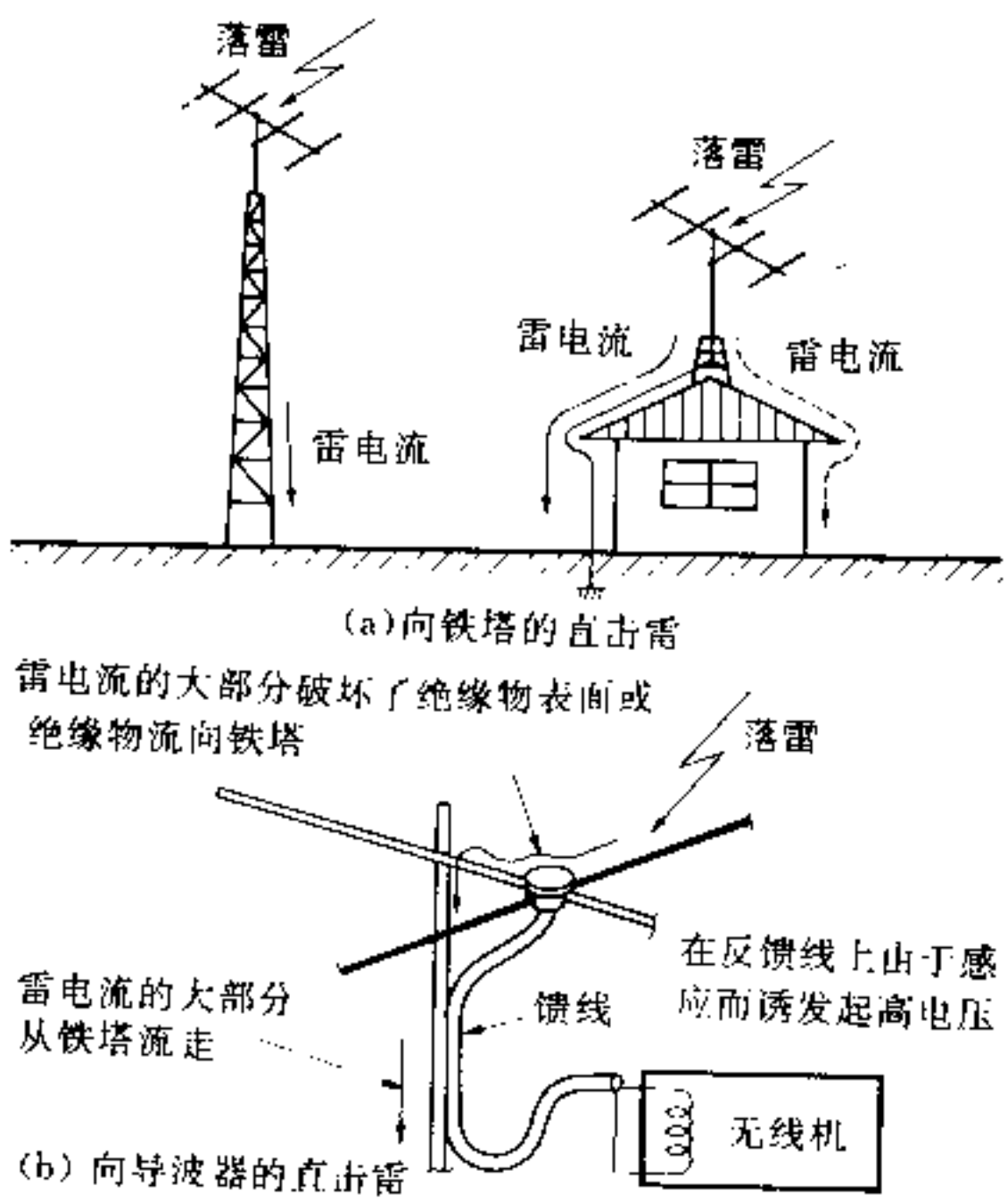


图 8—7　向天线的直击雷

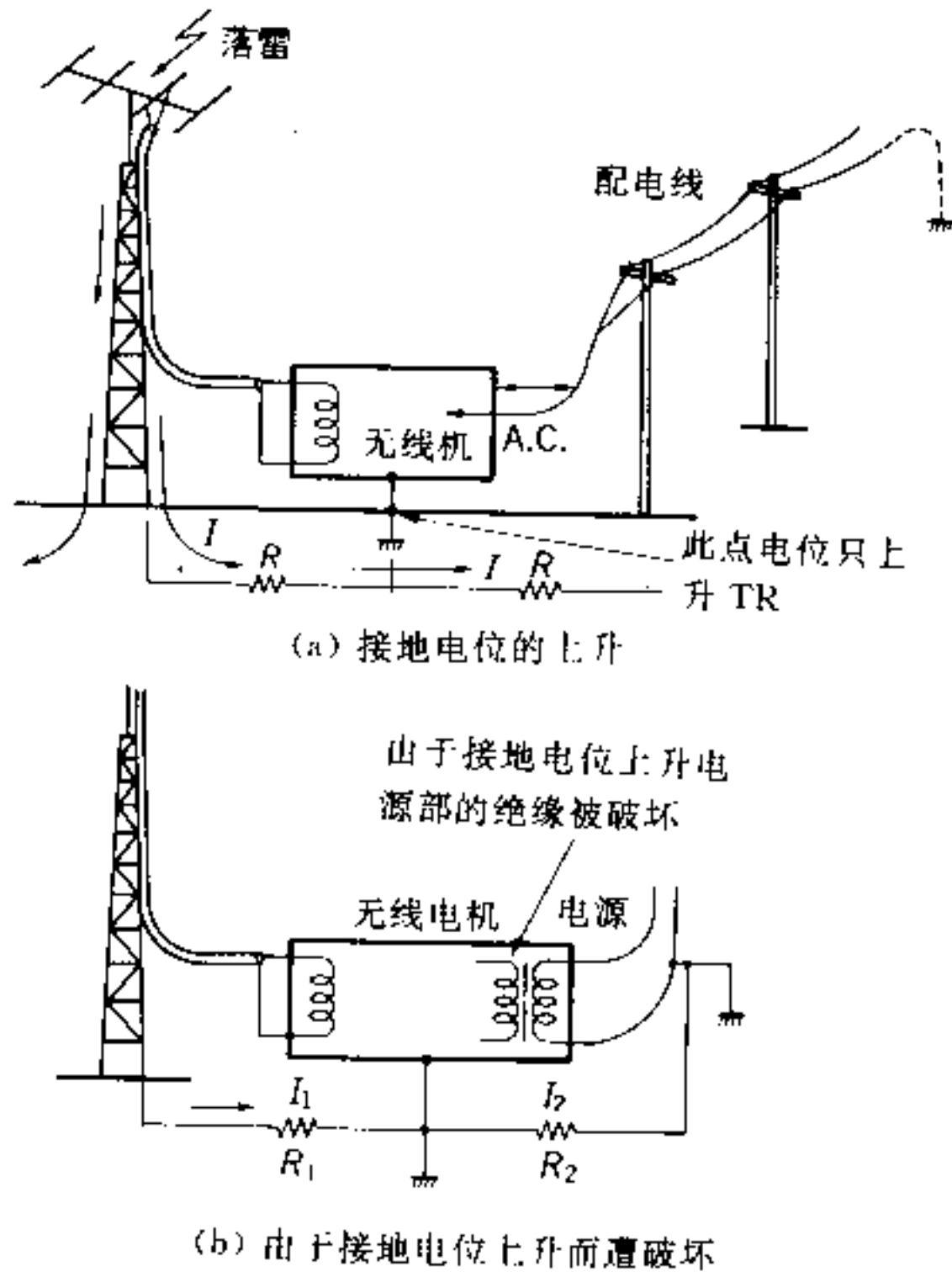


图 8—8　接地电位的上升

长度，有 50～200m. 落雷点就是根据阶跃前导的进展开始位置决定的。

8.3.2 雷的侵入路径

无线电装置或种种电气装置由于雷而受到的灾害，有往天线上落雷由直击雷而发生的，有从配电线侵入雷电流由感应雷而发生的。

a. 直击雷

在天线或铁塔上有了落雷的时候，雷电流通过图 8—7 的路径流向大地。也有向天线的引向器直击的情形，雷电流的大部分也是通过铁塔流向大地。在屋顶上有铁塔的场合，雷电流的一部分是通过被雨淋湿的屋顶或墙壁流向大地。

当雷电流流进铁塔，在铁塔上配置的天线馈线，由于电磁感应而会导出高电压。

雷电流通过铁塔流向大地，如图 8—8 所示使接地电位上升，由于这个值有时也会达到数十 kV。因而无线电装置的接地端子的电位也就上升，随之无线电装置机身的电位和 AC 输入功率之间就会发生很高的电位差。由于这种电位差使电源部分的绝缘被破坏，所以电源部分多有被损坏的情形。

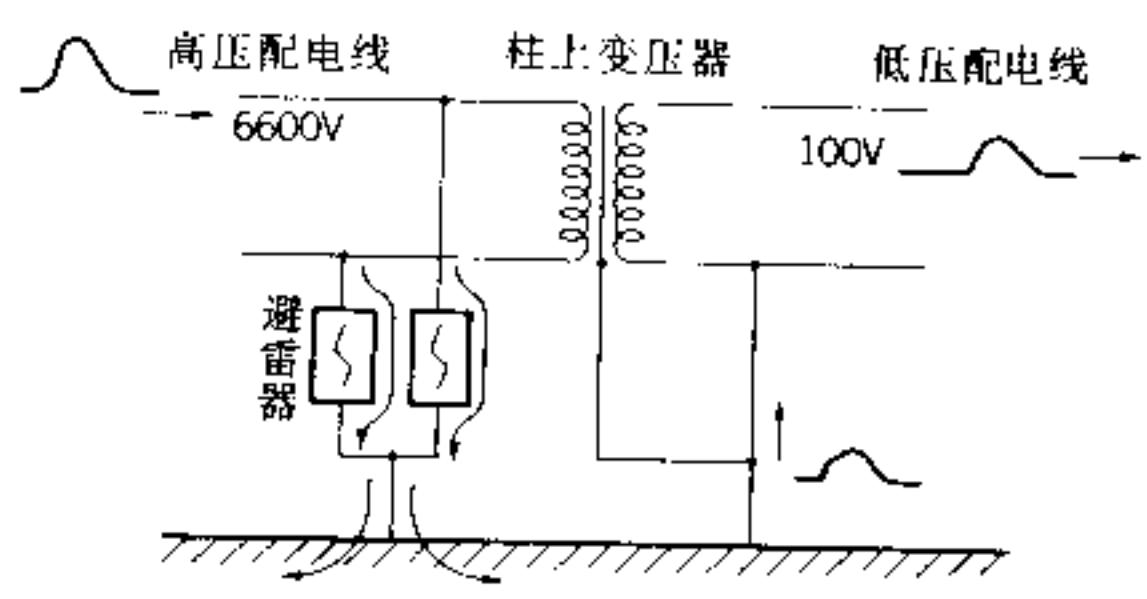


图 8—9　由避雷器作用而引起接地电位上升

当天线或铁塔上有了落雷，雷电流的一部分就从供电线侵入无线电装置，在无线电装置的高频部分上多有蒙受损坏的情形。

b. 感应雷

从配电线侵入的雷电流，称为感应雷。

图 8—9 所示为配电线的概略。在一般情况下电力是以 6600V 的高压作配电，应用柱

上变压器变换为 100V 的低压进行供电。在柱上的变压器，在高压一边由于雷或者电闸的开关而会发生异常过渡电压，为了保护机器要装设避雷器。

在配电线或配电线附近有落雷的时候，配电线上即会感应高电压，这种高电压由避雷器的作用使大电流流向大地，这种电流会使地线的电位上升。

这时因为低压一边的地线电位也同时上升，对无线电装置或家用电器就会外加脉冲性的高电压，由于这种电压而会造成各种电机被损坏。当临近有雷的时候，最好拔掉 AC 插销，即可避免遭受灾害。在无线电装置或电视机等方面，损坏电源电路的事例亦很多。

8.3.3 由于雷击对无线电装置的危害

无线电装置由落雷而遭到的危害，根据雷电流侵入路径所遭到的危害状态有所不同。其区别是，从配电线侵入感应雷而产生危害的情况比较多，在天线等由直击雷而产生事故的情况比较少。

图 8—10 是关西电子工业中心从昭和 51 年 6 月到 9 月在四个月之间，对电视机和变压器的电路遭到雷害事故进行调查记录卡的调查结果。

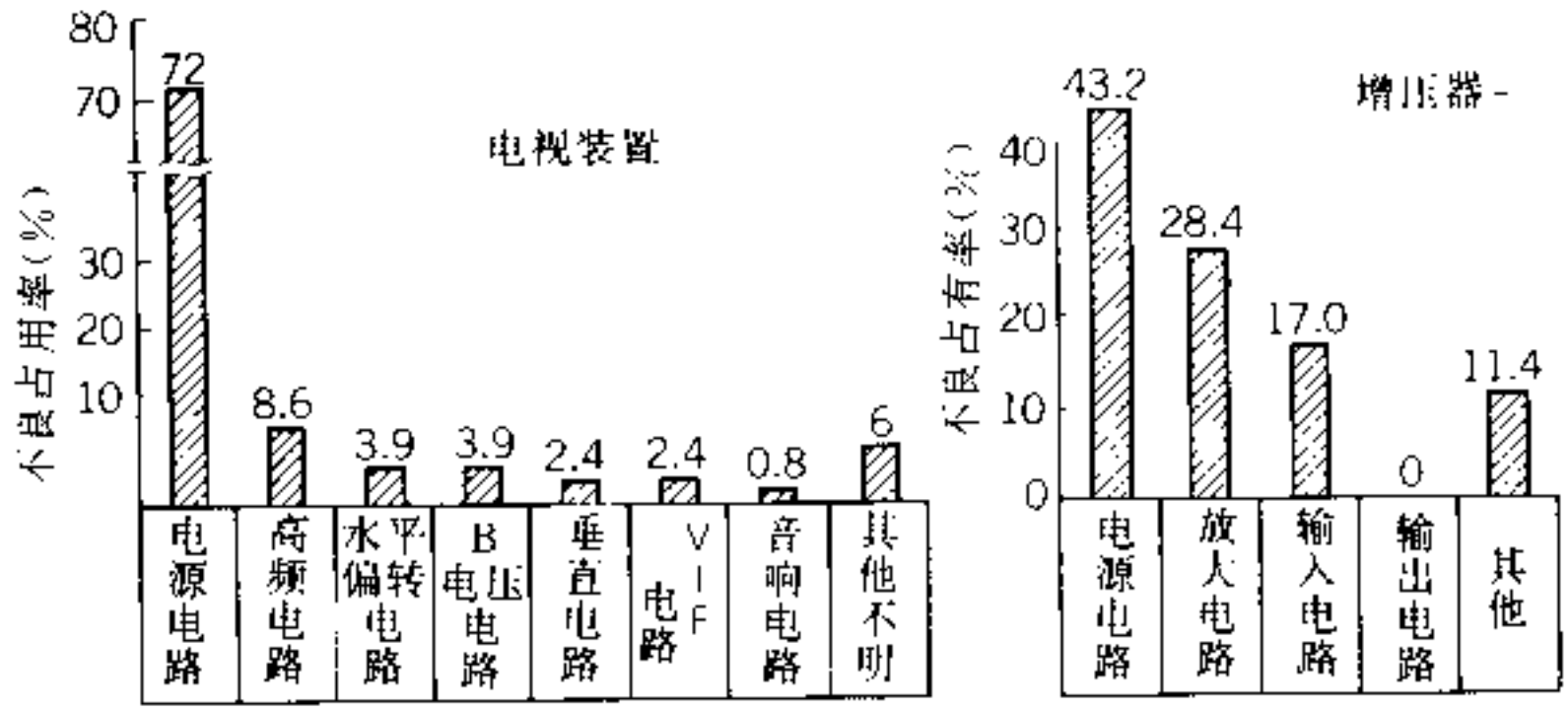
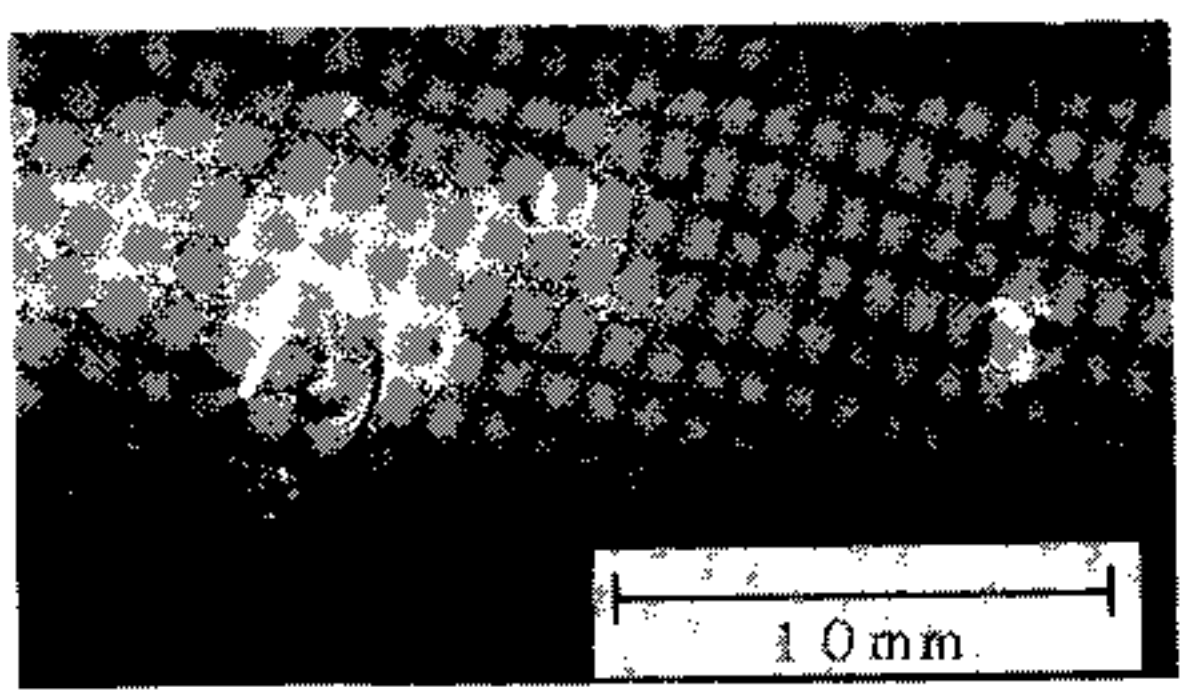


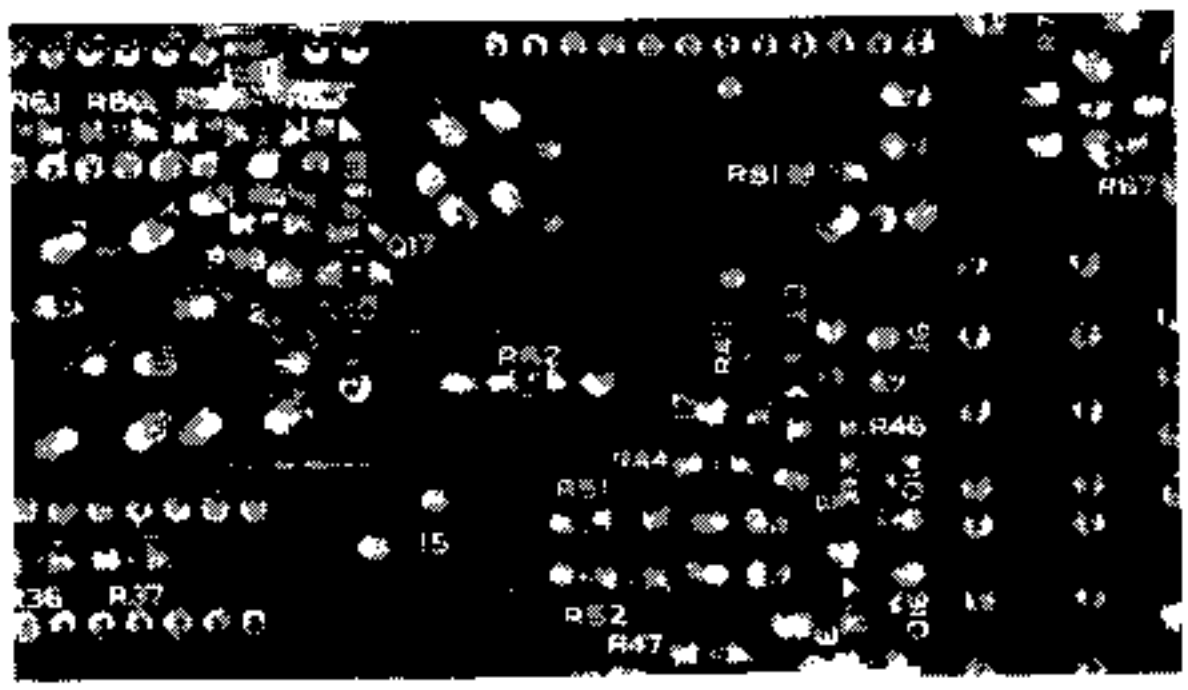
图 8—10 不同电路雷害不良占有率



(a) 电视天线由于落雷而产生的放电斑痕

(b) 由于雷电流的流入变了形的线圈

(c) 电源部分的破损



(d) 印刷板的烧毁

照片 8—1 由于雷电流遭受损坏的实例

由雷电流而使无线电装置遭到危害状况如照片 8—1 所示。照片 8—1(a) 是在电视机天线上遭到直雷击时，天线的放电痕迹。这个时候是在遭到直雷击的电视机天线上，连接有三台电视机，其中一台的高频电路以及电源电路均被严重破坏，以致不能修理再用，其他两台，只是电源部分被破坏，修理后还可以使用。

这种情形是直击天线的雷电流的大部分，通过天线的支柱，以及遭到破坏最严重的电视机流向大地，另外两台电视机，可以认为是由于雷电流促使接地电位上升而使电源部分遭到破坏的情形。

照片 8—1(b) 和 (d)，是由于雷电流的侵入而变形了的电路部件，和印刷配线板的破损状况。

8.4 避雷技术

8.4.1 避雷的基本措施

避雷害的基本措施，第一是要阻止雷电流的侵入。第二是将侵入的雷电流尽快地引入大地，而且为使雷电流流动所产生的电位差要减小。

避雷害措施，虽然可以按抑制噪音的措施来考虑，但雷的场合是具有大电流和高电压，而且其能量又很大，所以要特别加以注意。

8.4.2 避雷措施上使用的元件

a. 避雷器(arrester)

避雷器是把侵入的雷电流分流出去的元件。这种元件，是在外加了规定电压值以上的电压的情况下使电流顺流，在一定程度上保持元件两端电压具有非线性特性的元件，一般使用的有氧化锌避雷器（ZNR），或钮扣式避雷器。

氧化锌避雷器，具有电压非线性的特性，以氧化锌为主要成分的陶瓷元件，能制造工作电压从数十 V 到 500kV 级的超高压送电系统所使用的产品。

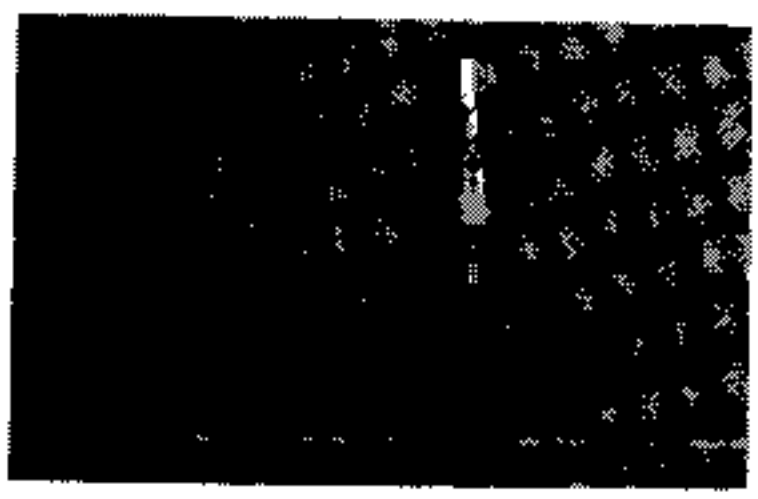
氧化锌避雷器，主要用于电源电路上，而且这种避雷器，由于静电容量大，所以在高频电路上不能使用(参看照片 8—2)。

钮扣式避雷器，是放电管的一种，在规定的电压为稳定放电起见，在内部充填有气体或设法制成放电电极的形状。这种钮扣式避雷器，是小型且静电容量也很小，在高频电路上也可以使用(参看照片 8—3)。

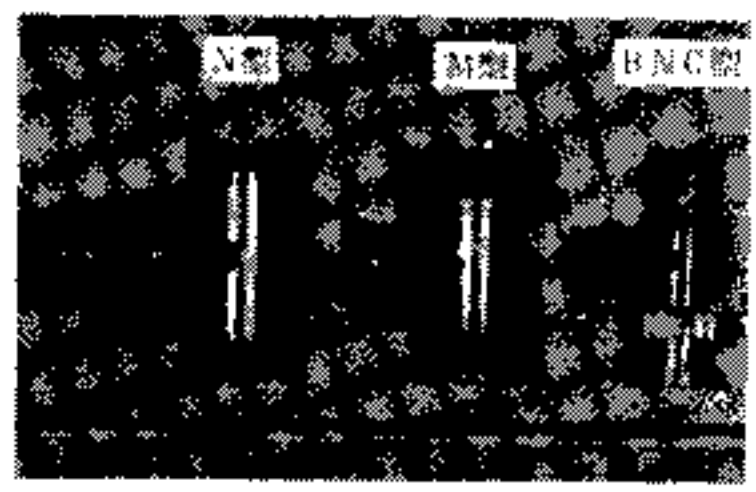
同轴避雷器，作为避雷元件是在内部装有钮扣式避雷器的同轴型避雷器。具有良好的高频特性，安装也很简便（参看照片 8—4)。

b. 绝缘变压器

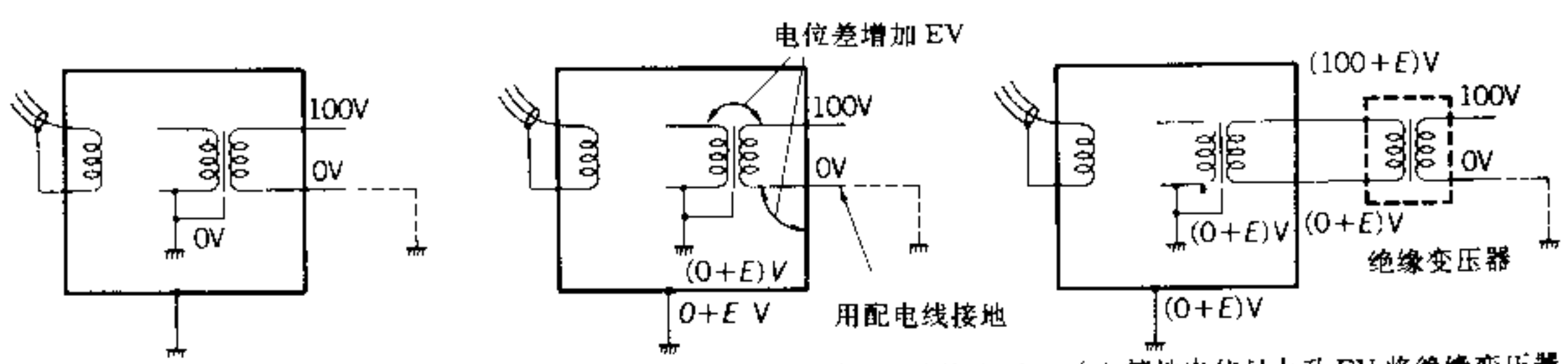
照片 8—2　氧化锌避雷器



照片 8—3　钮扣式避雷器



照片 8—4　同轴避雷器



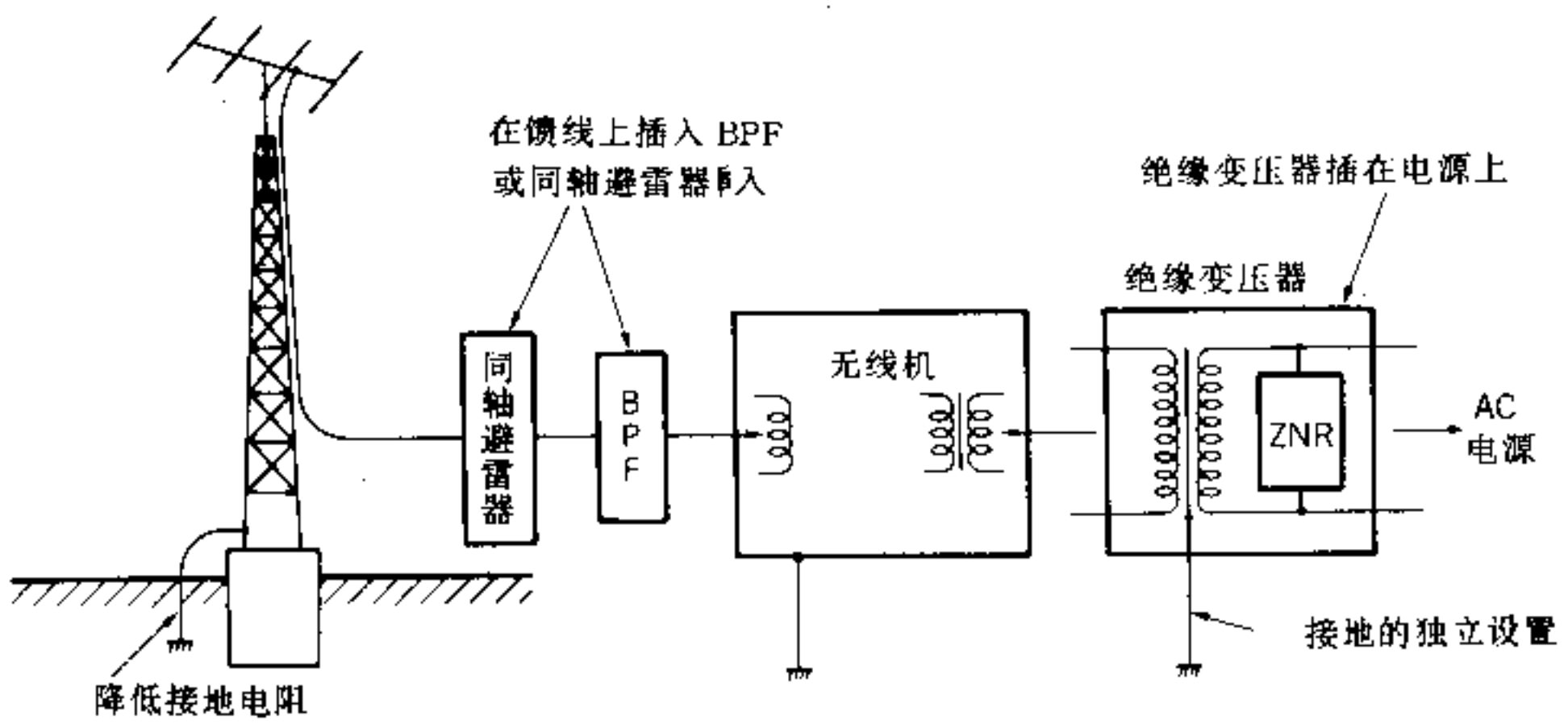
(a) 接地电位 0V

(b) 接地电位只上升 EV 若没有绝缘变压器，变压器的初极和次极之间或机身和电源之间的电位差上升，会引起绝缘破坏

(c) 接地电位只上升 EV 将绝缘变压器插进电源，绝缘变压器的次极以后的电位，只上升地电位上升的部分，就不会引起绝缘破坏

图 8—11　绝缘变压器的作用

图 8—12
雷害基本措施



绝缘变压器，是在初级／次级线圈之间有良好静电屏蔽，各线圈之间，各线圈与铁芯之间有高的绝缘，线圈匝数比为 1：1 的变压器。这种结构的线圈对于雷电压等的脉冲性电压可降低其转移率，即使在初级线圈上流进了雷冲击电压的情况下，也很少向次级线圈转移冲击电压(参照图 8—11)。

8.4.3 雷害措施

无线电设备的雷害，从雷电流的侵入路径来看，从天线等的直击雷而发生事故 的件数，莫如从配电线侵入感应雷所发生事故件数为多。

雷害的基本措施，是要阻止雷电流的侵入，对侵入的雷电流要迅速地引向大地，并且要减小由于流入了雷电流而产生的电位差。对此，其基本方法如图 8—12 所示。

a. 天线铁塔或屋顶铁塔，在其根部接地

在天线等有落雷的时候，为了使流来的雷电流能迅速地流向大地，要用粗而结实的接地线作好接地。

当落雷时，在铁塔上流动的雷电流通过接地电阻使地电位上升。因此，接地电阻在可能范围内应降低。

b. 在无线电装置和馈线之间插入同轴避雷器

当天线上有落雷的时候，雷电流的大部分虽然通过铁塔流向大地，但尚有一部分流入供电线。另外，在近处有落雷的时候，在馈线上就会产生出感应电压的情况，同轴避雷器能够有效地阻止诸如此类的冲击电压。

特别是插用同轴避雷器，还有保护由大气电场影响无线电装置的效果。

大气电场强度通常在地表附近有数百 V／m 程度，当在雷云通过时就会形成数 k～十数 kV／m 程度。因此基于地上的高天线在被绝缘的场合，受大气电场的影响天线就形成了高电压，在转换天线的时候，那种高电压就会外加在无线电装置上引起故障。同轴避雷器也是这种故障的防护措施。另外还有带通型的样式，尽可能插用窄带的 BPF 也是有效果的。

c. 在电源线路上插用绝缘变压器或避雷器

雷害事故的大多数，是从配电线侵入感应雷而引起的。

绝缘变压器是从配电线和电气机器之间用高的绝缘措施作好绝缘。因此，由于落雷即使接地电位上升，电气机器的电位和配电线都会独立变动，所以能够防止由接地电位的变动而带来的故障。

而且绝缘变压器，为使初级线圈和次级线圈之间的冲击转移率降低，对于从配电线侵入的感应雷，也可用绝缘变压器阻止那种雷冲击电压，从而减少向绝缘变压器的次级一边的转移，能够防止由雷冲击电压而引起的故障。

8.5 接地

8.5.1 接地的目的

如图 8—13 所示，在连接电气设备和大地的接头上相应位置的物件是为接地电极，使用的是金属板或金属棒。接地电极与电气器具结合的线，即为接地线(地线)。

接地的好坏，对接地型的天线能左右其电波的飞跃，是为形成 TVI、BCI 等的原因，也会对不必要的辐射有一定影响。而且在有落雷的时候，对其受害的程度也有一定影响。

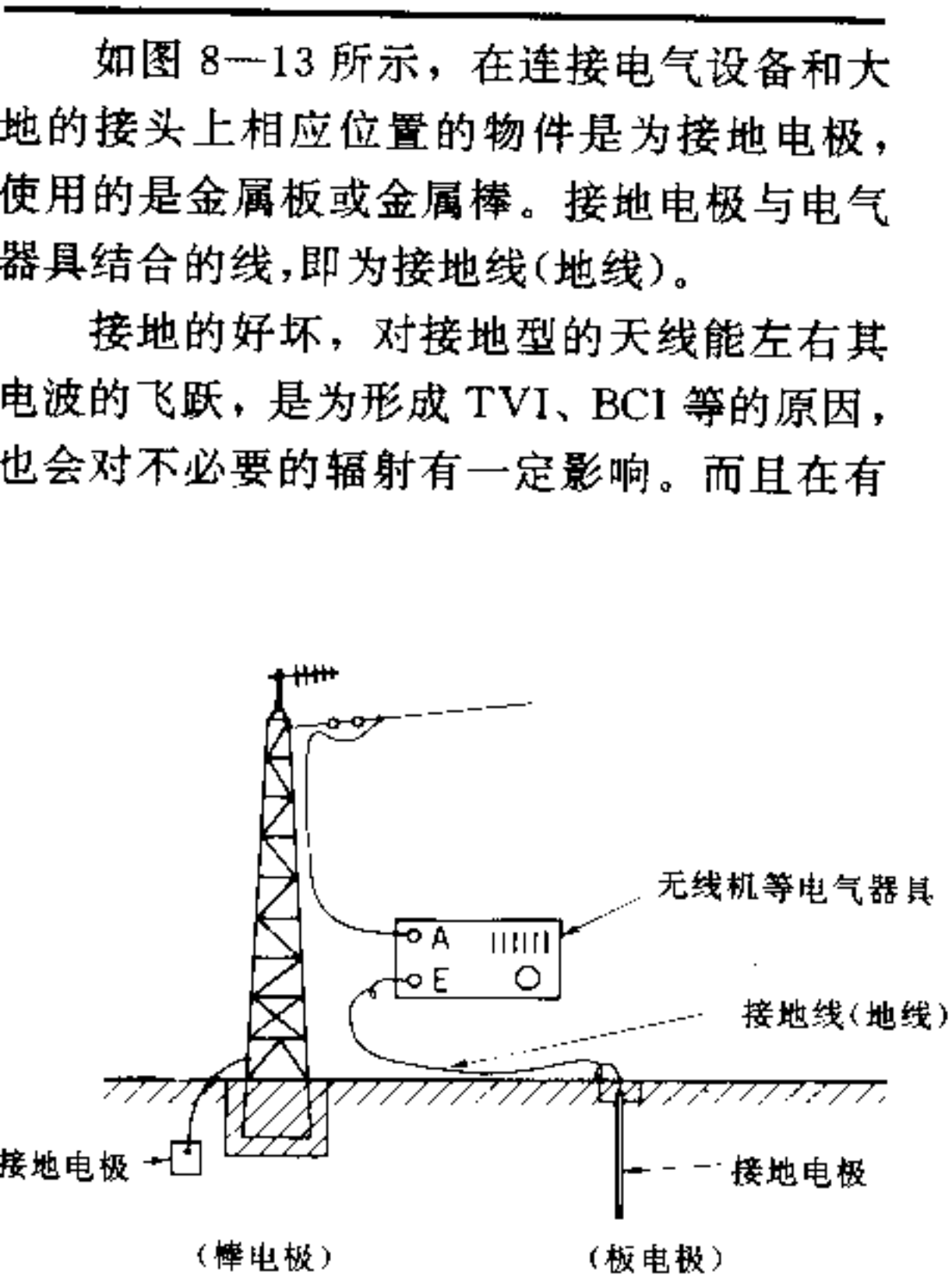
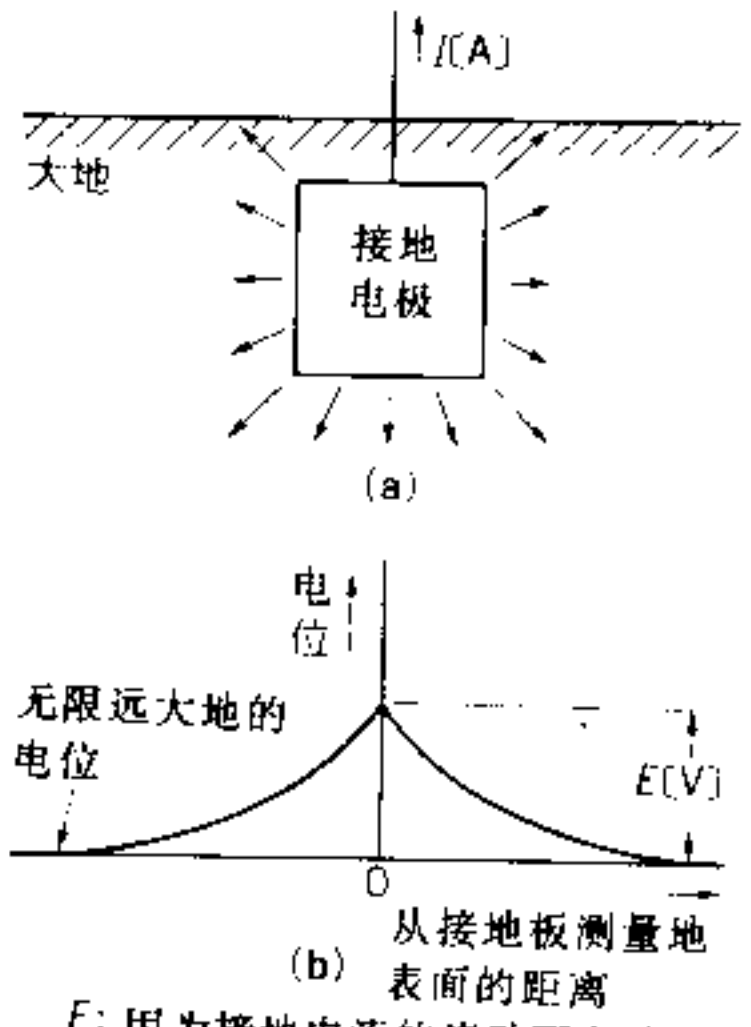


图 8—13　接地系统的名称

8.5.2 接地电阻

如图 8—14 所示，当认为在接地电极上流入了 I(A) 的接地电流，根据接地电极和与



E: 因为接地电流的流动而上升的电位接地电阻；$R=\frac{E}{I}(\Omega)$

图 8—14　接地电阻的意义

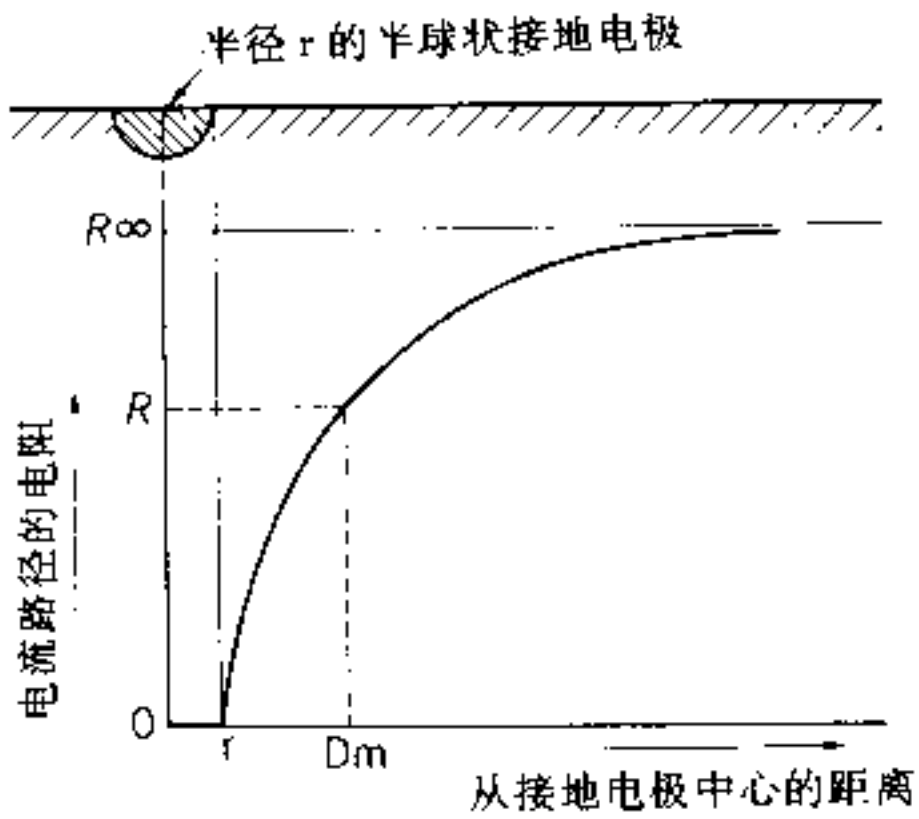


图 8—15　从接地电极的距离和电流路径的电阻

大地的接触电阻或大地自身的电阻等，接地电极对于无限远的大地会使电位上升。这时的电位若上升到 E (V)，根据欧姆定律接地电阻 R 即为

$$R = E / I\ (\Omega)$$

接地电阻是以下各部分构成，而且根据接地的方法或大地的导电率会有变化。

(a) 接地线和接地电极的电阻

(b) 接地电极和大地的接触电阻

(c) 由接地电极向远处流动电流的路径，即大地的电阻

通常，(a) 项的接地线和接地电极的电阻，可以忽略不计，接地电阻是 (b) 项的接地电极和土壤的接触电阻，以及 (c) 项的大地电阻所组成。在这当中，最为重要的是流动电流路径的电阻。

流动电流路径的电阻分布，如图 8—15 所示，在接地电极的半径的 2 倍范围分布路径电阻的 50%，在半径的 10 倍范围分布路径电阻的 90%。从这种情况，接地电阻的大部分即可用接地附近的大地电阻作决定。

8.5.3

直流接地和高频接地

接地，有必要分为直流的场合和高频的场合。在一般情况下对接地电阻的测定，为了预防由电气化学性影响而带来的测定误差，不用直流而用数百 Hz 的交流来进行。用这种频率的交流作测定的值，和用直流作出的测定值无大差别，把这个值称为固定接地电阻。

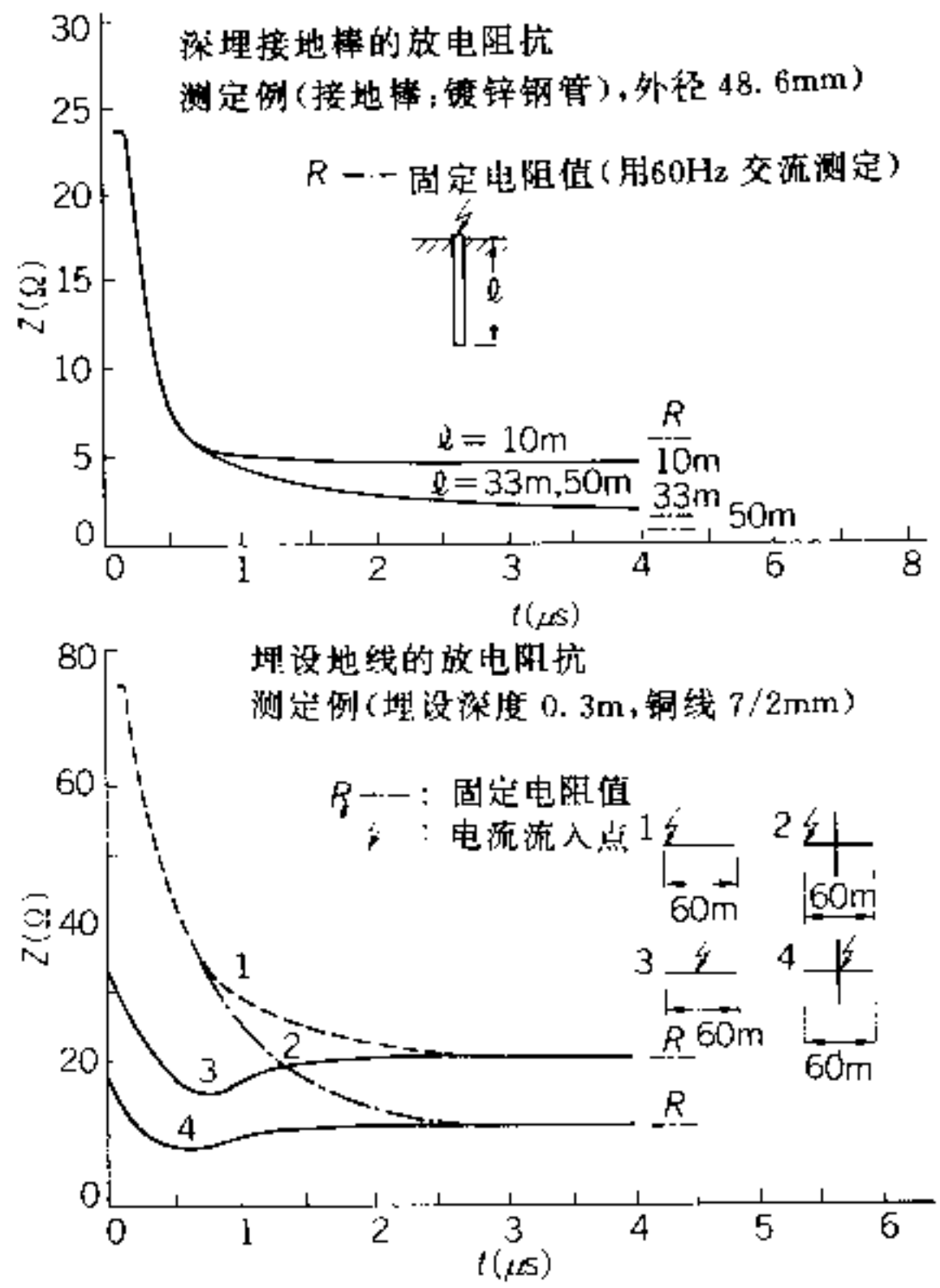


图 8—16　固定接地电阻和过渡接地电阻

然而，对于雷电流等的脉冲电流或高频电流，是对高频的接地电阻，也就是说一定要考虑过渡接地电阻的值。

应用接地棒或接地板作接地，其固定接地电阻和过渡接地电阻的值虽然无大差别，但根据埋设地线的接地施工方法，对固定接地电阻和过渡接地电阻的数值就会有所差异(参照图 8—16)。

8.5.4

接地施工

在接地施工方面，虽然有把接地棒或接地板埋入地里的方法，或者应用埋设地线等方法，但那要根据地质、地形，而且采用最为经济和有效的方法进行施工。

a. 打入式接地

从地表把金属棒或者角钢用锤子打进去的方法，由于简便而多被广泛使用的方法。对

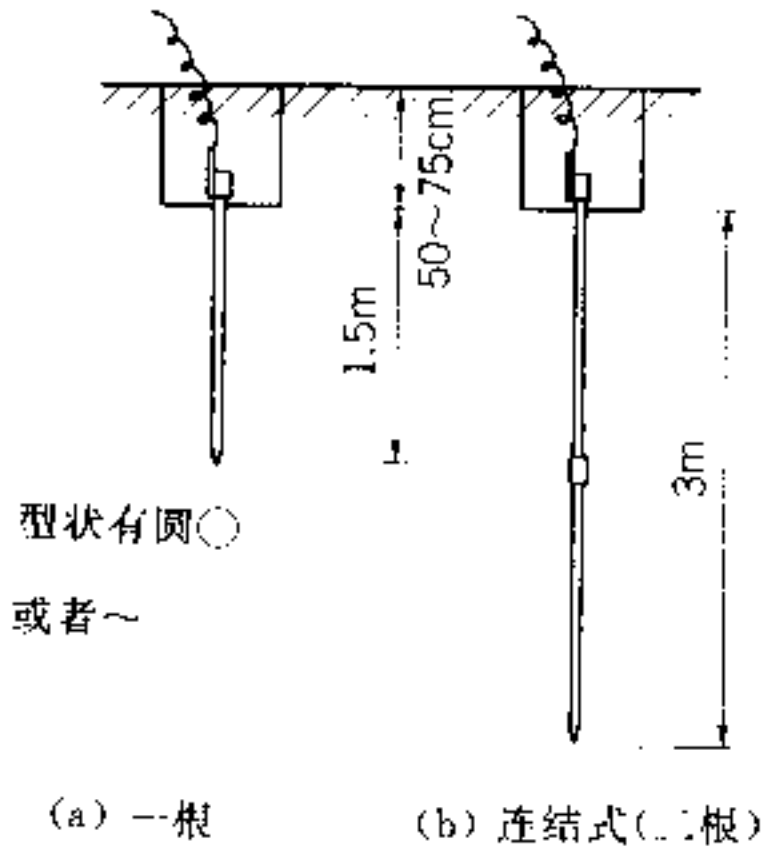


图 8—17　打入式接地

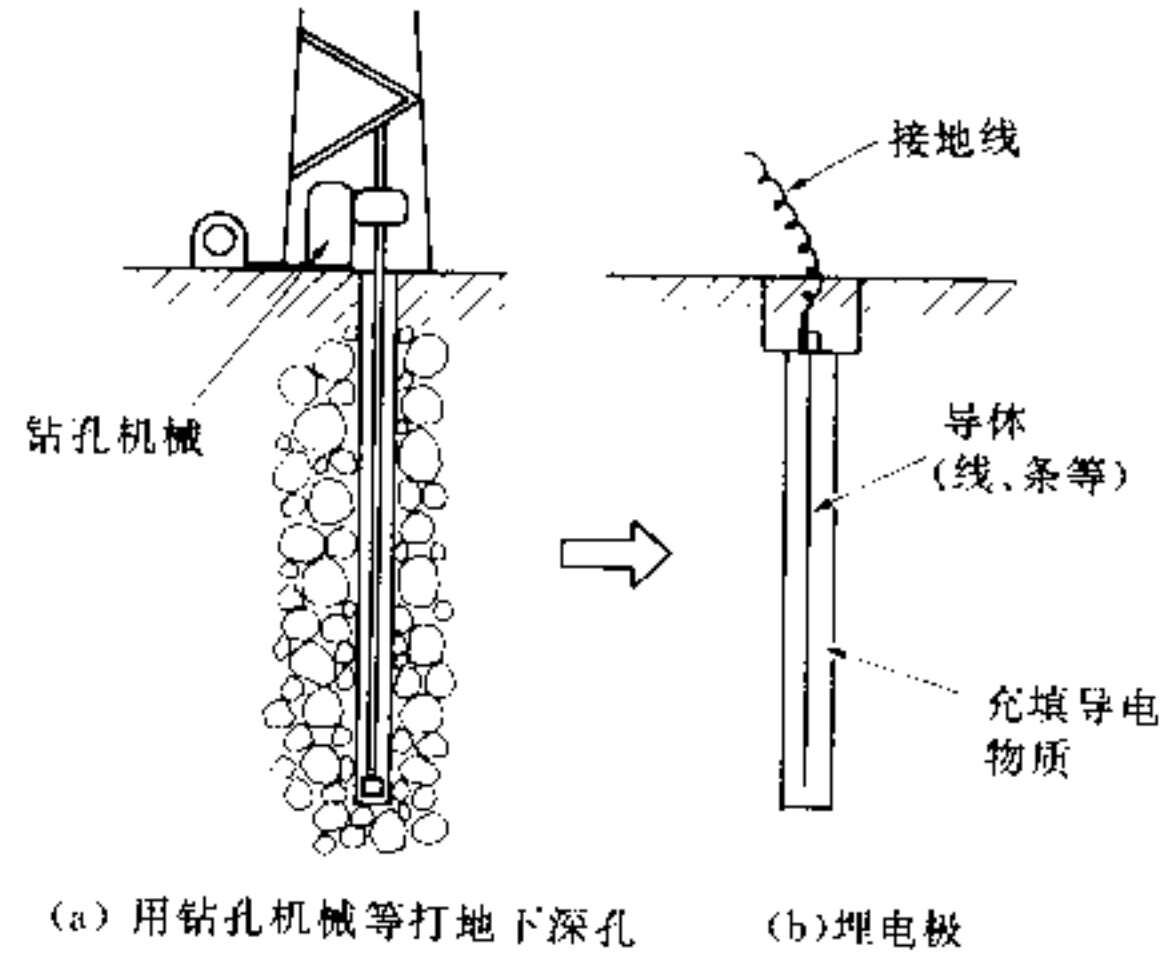
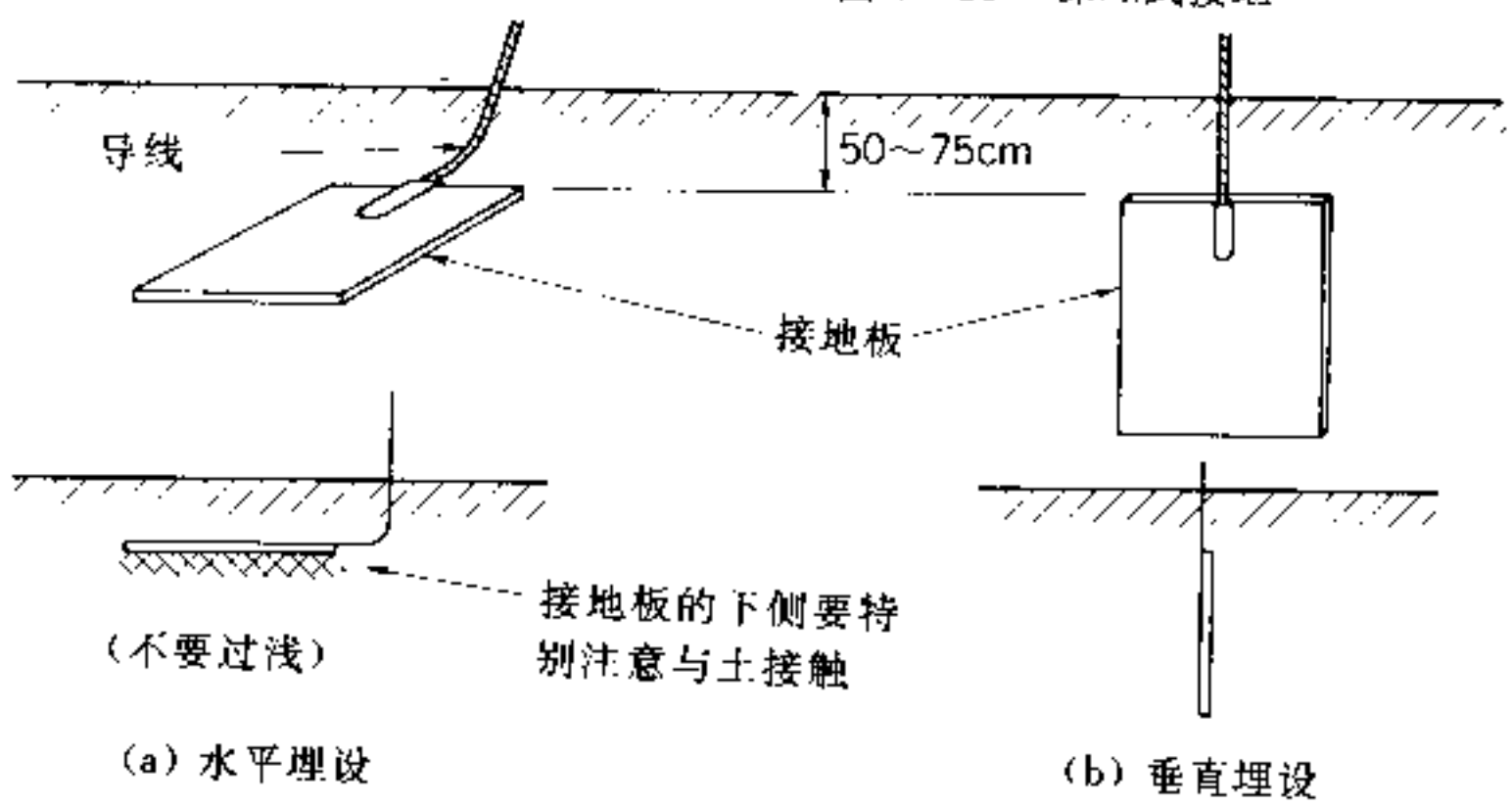


图 8—18　深埋式接地

图 8—19
埋设板式接地



于大地导电率高的场所是为有效的方法（参照图 8—17）。

在接地电极方面，多使用直径 10～14mm 的包铜钢棒，用二根或三根连结起来打进的作法比较多。另外也有使用包铜钢板 S 字形棒或不锈钢棒以及碳精电极棒等。

这种施工方法，在土质好的地方虽然便利，但在土中混有碎石、石头、岩石等要垂直打进深处是有困难的，所以要采取别的办法，有的得用钻孔机器打孔来进行施工。

b. 深埋式接地

是为使用棒状的接地电极的接地施工方法，应用钻孔机械在大地上打个深孔，在孔里充填金属棒、板条、管子等有导电性的物体作成接地电极的方法(参照图 8—18)。

这种施工方法，对地下深处有导电率高的地层是为有效方法。可是在大地导率高的地方，由于设置场所也得采用狭窄的地点，这样增高其施工费用是其缺点。

应用这种施工方法接地，倘若搞的过于深，却会有过渡接地电阻增加的倾向。

c. 埋设金属板接地

在地下 50～75cm 程度的深处，以水平或者垂直埋设金属板的方法。在电极方面虽然以使用铜板为主，但也有使用铝板或不锈钢板等。

埋设金属板的场合，在回填泥土时，要十分注意使电极和泥土紧密接触（参照图 8—19）。

这种接地法，避雷针的接地，一般都是采用这种方法。

d. 埋设地线

图 8—20　埋设地线式接地

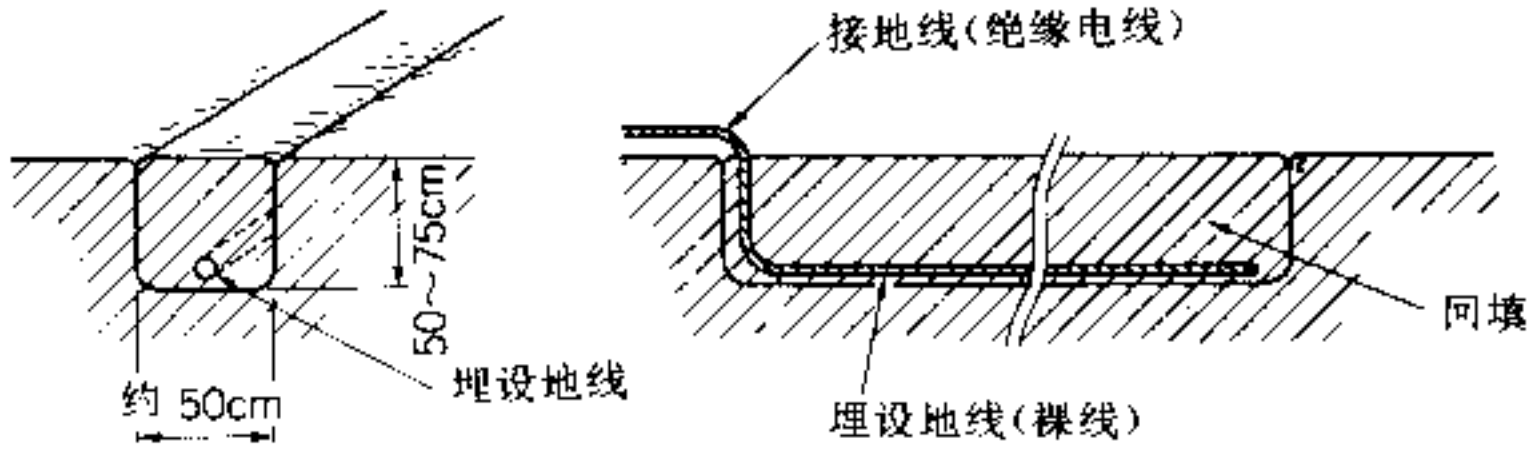


图 8—21　网孔状接地

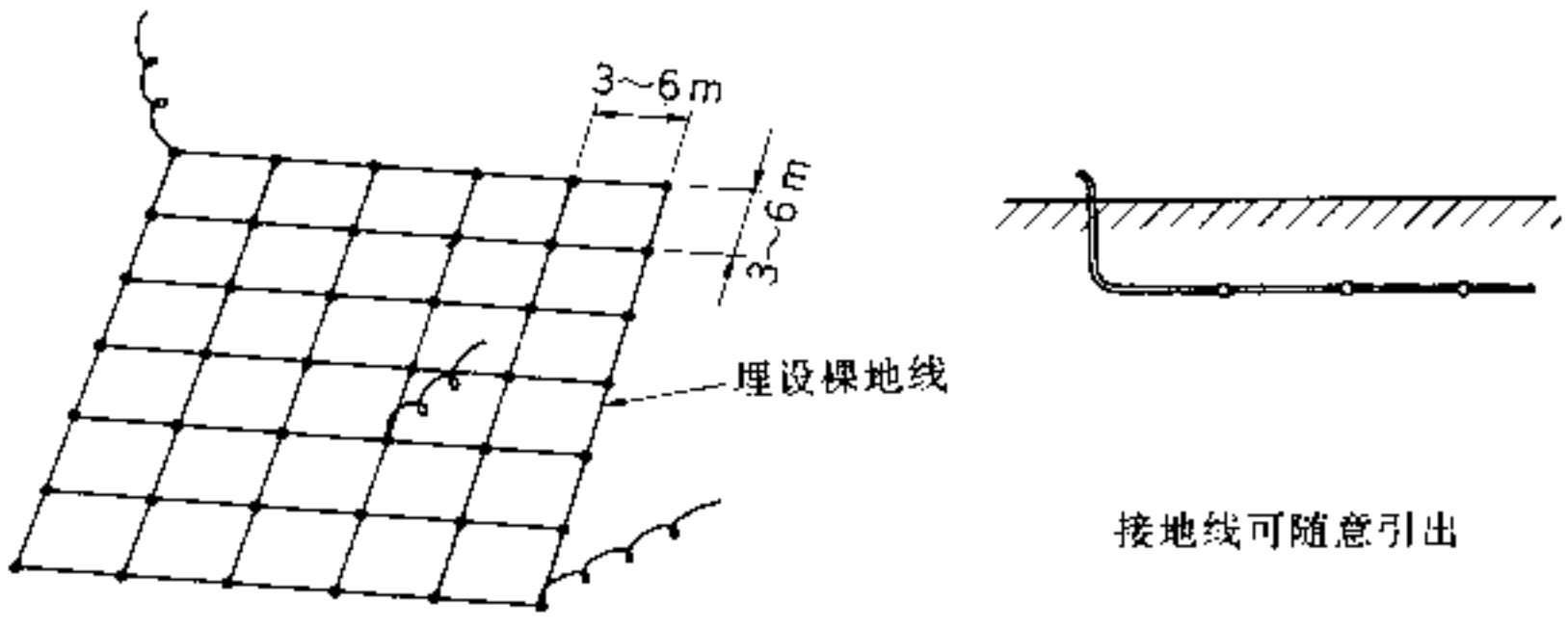


表 8—2
各种接地工作法

工作法	施工场所的大地导电率	施工面积	经久性	经济性
打进	适于导电率高的场所	窄面积即可	良	优
深埋设	适于导电率低的场所	窄面积即可	优	可
板埋设	适于导电率高的场所	中程度的面积	优	良
埋设地线	适于导电率中的场所	中程度的面积	优	良
网孔埋设	适于导电率中的场所	需要宽广面积	优	可

从地表挖掘 50～75cm 深的沟，往里面埋设裸体线的方法，对于埋设用的线，使用较多的是 38～60cm² 的多股铜线，也有使用铁丝或钢丝绞线(参照图 8—20)。

应用埋设地线接地，是在打不进棒电极的混杂砂石地质的地方，或者是在岩石地带，也可以进行施工，也不需要专用工具，是为比较简单的接地工作法。

埋设地线的形状，也是根据地形的状况来考虑使用各种方法，在这种场合，用一根长线搞成放射状比直放埋设为好，从其中心拉接接地线的作法，会使过渡接地电阻降低，成为良好的接地(参照图 8—16)。

e. 网孔状接地

这和应用埋设地线接地的方法虽然相似，但它是把裸体线搞成网孔状，将每个交叉点焊接起来进行埋设的方法。接地线从任何一个地方拉接都可以(参照图 8—21)

这种施工方法，是在必须取得低的接地电阻的场合上使用。主要在发电所、变电所等的地基内，当发生落雷或电力接地事故时，以缩小地表的接地电位梯度为目的而作如此施工。

f. 接地线的配线

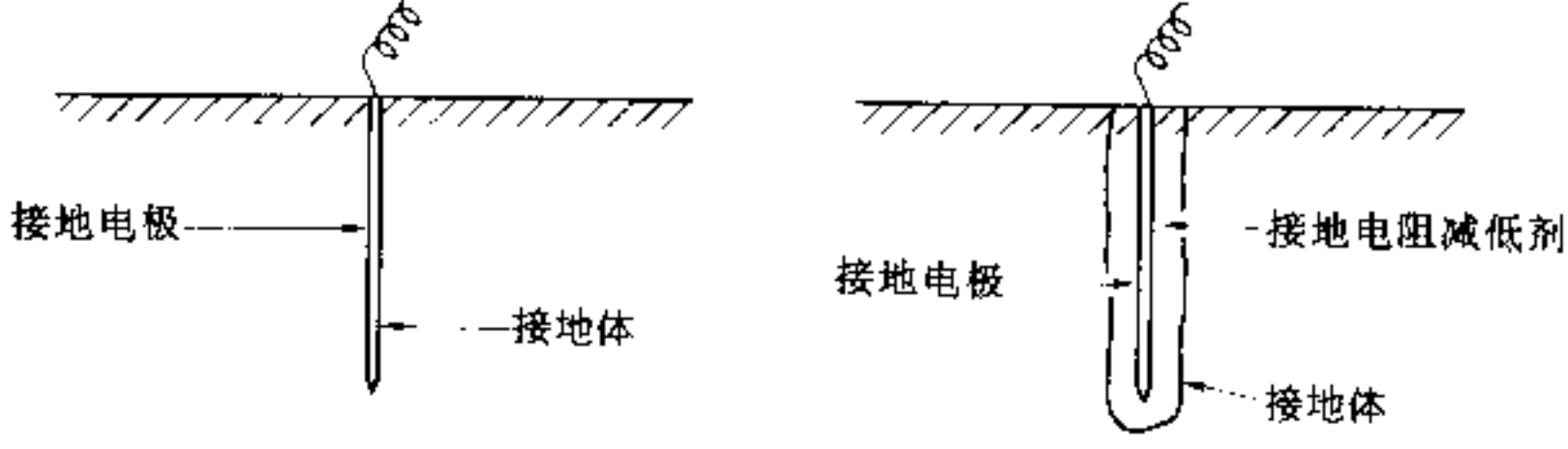
接地线，由于它是连接接地电极和接地以及连接电气机器担负重要任务的线，所以对其机械性强度和配线方法都很重要，应当加以十分注意。

在一般情况下用导线作配线的场合，有配线的感应系数和寄生电容，配线的感应系数的数值大小在频率较高的场合具有不容忽视的影响。因此接地线的长度应最短，而且尽可能少加弯曲，这对配线是很重要的。

8.5.5 接地电阻的降低

在一般情况下，在家庭内的电气器具上作连接的场合，除去特别的物件，接地电阻如

图 8—22
应用接地电阻减低剂的接地

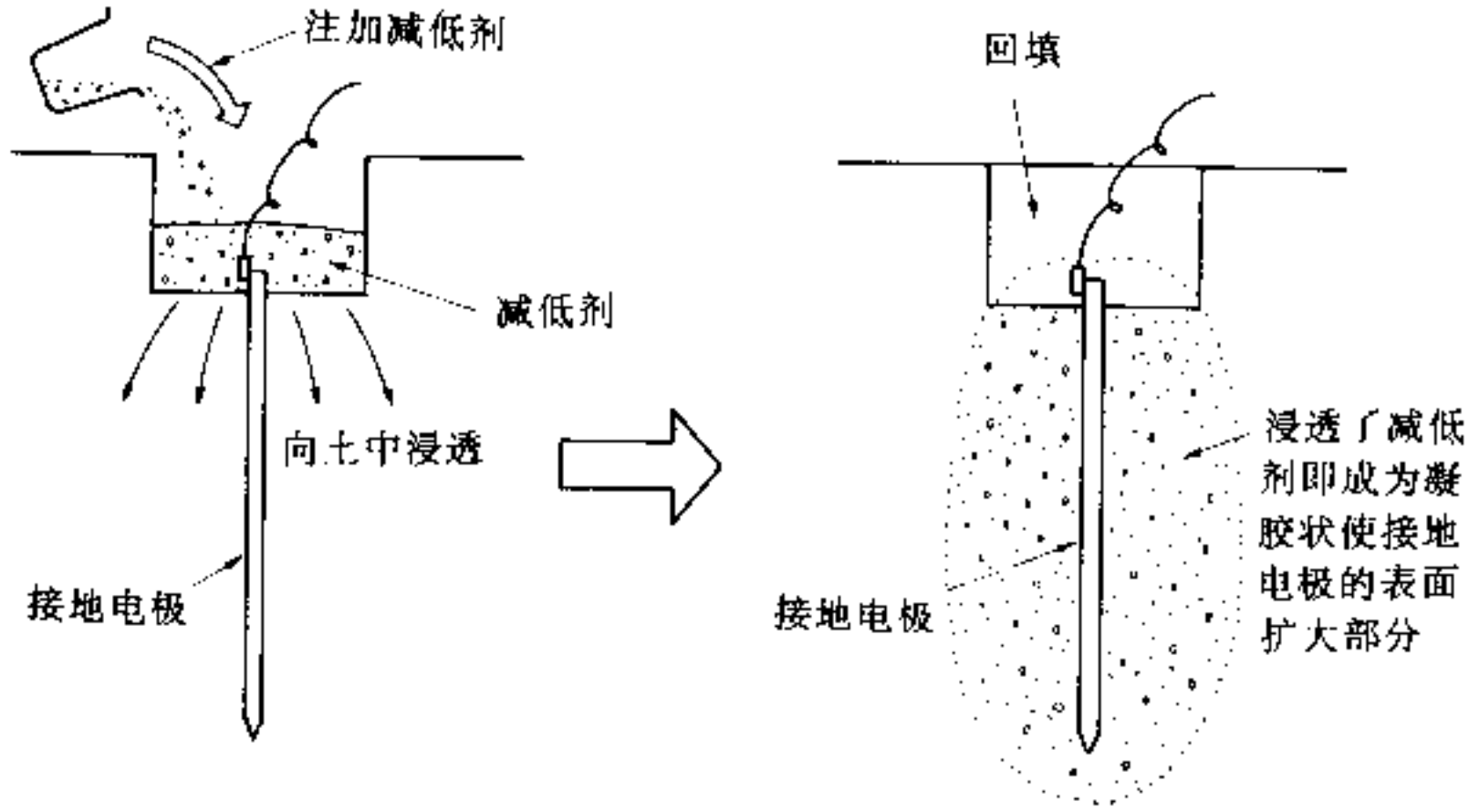


(a) 普通的接地

接地体与接地电极同样表面积

(b) 使用接地电阻减低剂的接地为使接地电阻减低剂成为接地体与土壤的接触面积扩大

图 8—23
应用电解质性的减低剂的减低法一例



(a) 减低剂的注加

(b) 处理后

果是在 100Ω 以下（相当第 3 种接地）固然为好，但要得到 100Ω 以下的接地电阻不是一件简单的事。

例如在关东亚粘土层（赤土）的场所，打进一根直径 14mm 长 1. 5m 的接地电极，其接地电阻就有 250Ω 左右。接地电阻的值，是由进行接地场所的大地导电率来决定。

降低接地电阻的方法有：

a. 将接地电极的形状加大，或者增加接地电极的数量。

b. 将接地电极周围的土壤的导电率作人工降低（改良土壤，使用接地电阻减低剂）等。

a 法是增加接地棒的根数或者是接地板的片数，以一定间隔埋入，有并联连接接地线的并联连接法，和加长埋设地线的长度或增加埋设地线的根数等并联连接方法。

这种场合，如果不把接地棒或接地板以足够的间隔即行埋设，那会降低接地电阻的减低效果（参照本文附录）；

b 的方法上有接地电阻减低剂。在接地电阻减低剂方面，有导电质性的和电解质性的。导电质减低剂，就是在接地电极的周围，采用敷设高导电性材料的作法，在提高土壤的导电率的同时，增大接地电极的表面，也就扩大了与土壤的接触面积，即可降低接地电阻（参照图 8—22）。

电解质减低剂，是应用化学性处理来改变电极周围土壤的性质的土壤改良剂，用变性尿素树脂等的含水树脂和木素掺进石膏、石灰等的混合物（参照图 8—23）。

8.5.6 关于大地导电率

导电率是表示电流的流畅程度，也就是电阻率越小的物质其导电率的值就越大。

表 8—3
地质和大地导电率

地质	地域	导电率 σ (mS／m)
第三世纪前的花岗岩	广岛　北部	0.12～0.26
	南部	0.12～0.24
第三世纪前及第四世纪地层	山口县南岸	4.55
第三世纪层	奈良县山地	14.5
	猪苗代地方	12.2
	伊豆	12.2
各种地质错杂	四国西北部	3.42
第四世纪层及第三世纪前的花岗岩	北海道旭川地方	12.6
	北陆西南部	15.6
	琵琶湖北岸	12.6
第四世纪层	琵琶湖西岸	21.3
	房总牧场	38.1
	关东平野	27.4～40.8
煤纪层	飞弹高地	0.73～3.13
	木曾川流域	2.11～2.49

导电率的单位，是用［S／m］（西门子每米），符号用［σ］（西古马）来表示。电阻率 ρ 的倒数即为导电率。

大地是为导电体，大地的导电率决定于岩盘、砂地、粘土质等的地质构造，以及降水量等，各个地方都会形成不同的值。

日本，因为地壳的构造比较复杂，大地导电率与欧美诸国比较也就相当复杂。

要了解每个地区的大地导电率的值，不仅对于接地施工，而且在进行电波传播或通信线的电磁感应故障的预测上都很重要。

大地导电率如表 8—3 所示，从地质学上表明古代的地区差不多都小，经过年代的更新，导电率的值也随之增大。

另外，支配大地导电率的东西是含水量和温度。因此，在寒冷地带冬季地表冻结的地区，与夏季比较，冬季的导电率是为夏季的二十分之一以下。

▶参考文献

(1)桜野長治：雲と雷の科学，日本放送出版協会，1969

(2)品山久尚：雷の科学，河出書房新社，1970

(3) B. J. MASON、大田正次、内田英次訳：雲と雨の物理，総合科学出版，1968

(4)竹内利雄：雷放電現象，名古屋大学出版会，1987

(5)佐藤和夫：空電，成山堂書店，1981

(6)関根慶太郎，首藤克彦：ハムの避雷対策，CQ ham radio，Vol.37，7月号，p251－280，1982

(7)首藤克彦：ハムの避雷対策，CQ ham radio，Vol.38，8月号，p395～403，1983

(8)首藤，石井，吉田，高田：アンテナ総点検，CQ ham radio，Vol.40，8月号，p291～313，1985

(9)鶴見，三本，関根，首藤：無線中継所における雷害防止の調査ならびに対策の研究，研究報告書，1977

(10)北川信一郎：雷雲の帯電機構，電気評論，Vol.66，7月号，p644，1981

(11)池田義一：雷害，静電気学会誌，Vol.5，No.6，p395，1981

(12)日本電設工業協会技術委員会：建築物の避雷設備に関する研究報告，電設工業，Vol.19，No.8，1973

(13)松原，多賀，本下，岡：埋設地線のサージ・インピーダンス，昭和50年電気関連学会関西支部連合大会論文集，G4-17，1985

(14)電気学会，電子通信学会，誘導調査特別委員会：日本の大地導電率，1969

(15)Salanave：LIGHTNING AND ITS SPECTRUM，The Univ. of Arizona press，1980

8.6 附录

接地电阻的计算接地电阻是根据接地电极的形状和大地电阻率（大地电导率的倒数）进行计算，可以求得其概略。

接地电阻的计算式，是从实测值求得的实验式，虽然提供有各种计算式，但在此所介绍的是 G. F. Tagg 的实验式。现将电极的形

状和计算式均在表 8—4 上作表示。

接地	接地电阻的实验式	接地电极的形状和参数
棒状接地	接地电阻 R $R=\frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{4l}{d}$	地面 d：电极的直径〔m〕 l：电极的长度〔m〕 ρ：大地电阻率〔Ω·m〕 R：接地电阻〔Ω〕
埋设板接地	接地电阻 R $R=\frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{2L^2}{W\times D}$	地面 L：电极的长度〔m〕 t：电极的厚度〔m〕 W：电极的宽度〔m〕 D：埋设深度〔m〕
埋设地线	接地电阻 R $R=\frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{l^2}{d\times t}$	绝缘电线 地面 导线 l：埋设地线的长度〔m〕 t：埋设的深度〔m〕 d：埋设地线的直径〔m

图 8—24　接地电极的形状和接地电阻

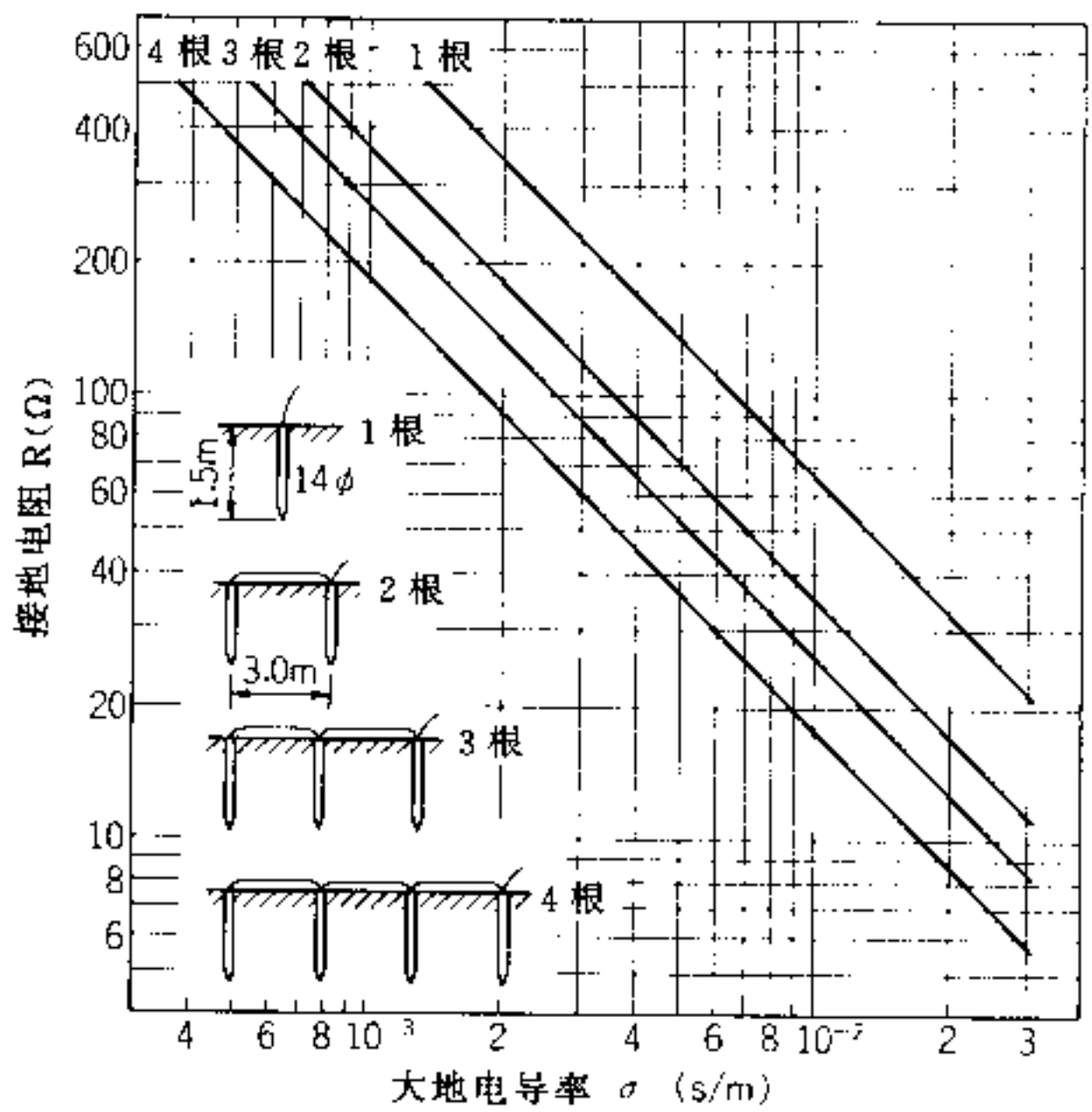
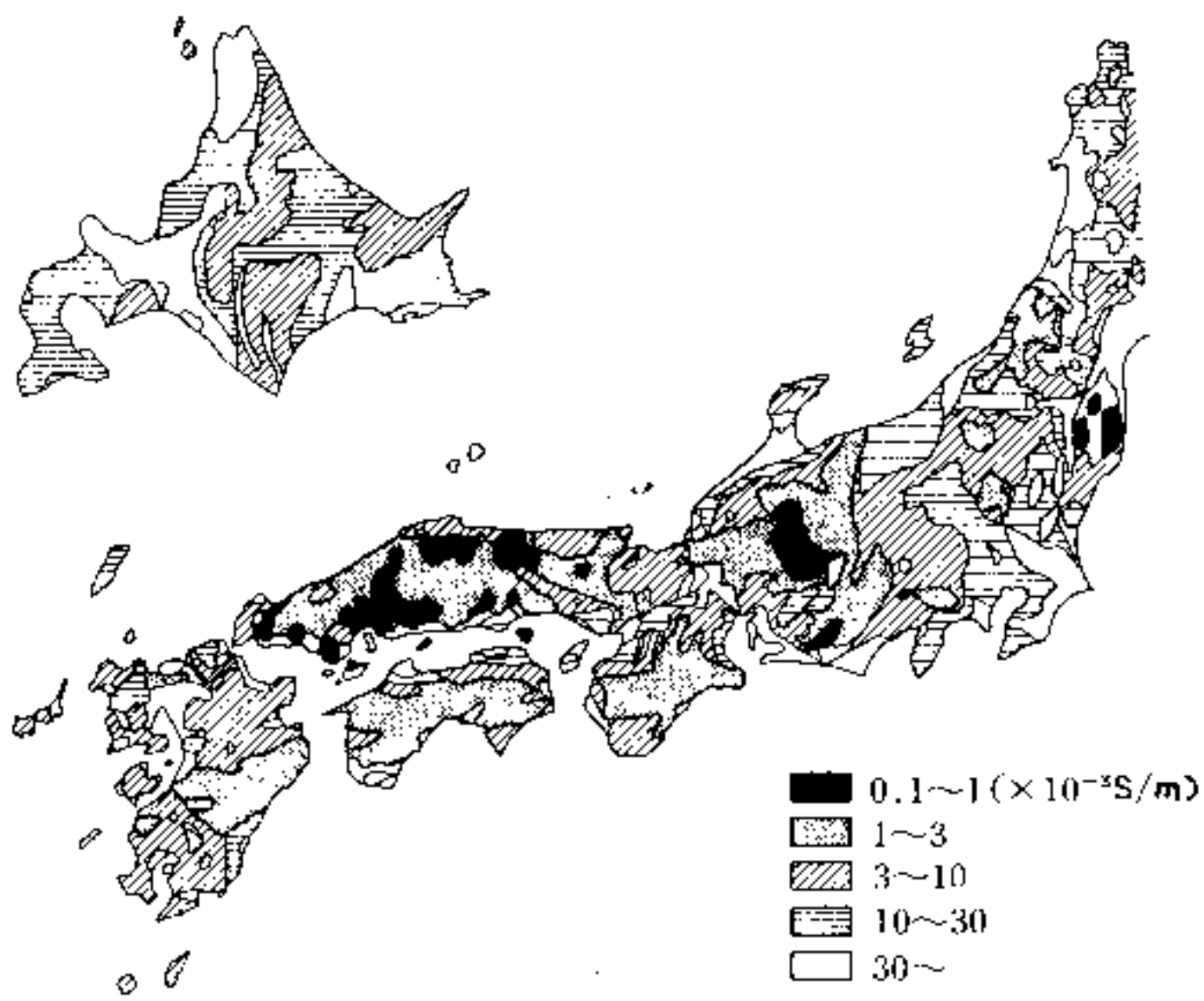


图 8—25　大地导电率接地樟的根数和接地电阻

表 8—4　日本的大地电导率

地方	大地电导率
北海道地方	⊙整体状况为 3～300[ms／m]. 但也有相邻却数值相差很大的地区。 ⊙面向海洋的平原部分，大致为 3～30[ms／m]. 但十勝东南部，石狩，釧路宗谷北部显示出较高数值，纲走，宗谷东南部为 3～10[ms／m] ⊙大雪，日高的丘陵地带为 3～10[ms／m]. 但在此西面 30～300[ms／m]的地区较多
东北地方	⊙岩手县的北上山地，福岛县的阿武隈山地为 1～3[ms／m]或 1[ms／m]以下。 ⊙奥羽山脉山岳部分，数值为 3～10[ms／m] ⊙日本内部和外围的平原部分，电导率较高，为 30～100[ms／m]. 局部的，也有 100～300[ms／m]的区域。 ⊙岛海山地，朝日连峰的丘陵部分，为 1～3[ms／m]
关东地方	⊙面临太平洋的东京、千叶、埼玉、茨城的关东平原部分，大概是 30～100[ms／m]. 东京湾、九十九里浜、鹿儿岛等沿海地区，也有 100～300[ms／m]的地方 ⊙关东平原，靠近丘陵的地区是 3～30[ms／m] ⊙栃木、群马、埼玉、山梨的丘陵部，是 3～10[ms／m]. 温泉地带，也有显示 30～100[ms／m]较高数值的地方。
中部地方	⊙朝海的平原部分，基本为 30～100[ms／m]的范围，紧靠山和海岸部分的志摩半岛地方为 1～3[ms／m]的较低数值 ⊙一般平原地区显示较高的电导率，丘陵部分显示较低数值，但丘陵地段的温泉和有大的河流流过的地区，显出高的电导率。
北陆地方	⊙平原部分是 30～100[ms／m]. 石川县手取川以西的大圣寺周围，高达 100～300[ms／m]。富山县鱼津市以东的带状平原地区是 10～30[ms／m]。 ⊙标高较低的山岳地段，是 10～30[ms／m]。 ⊙标高较高的山岳地段，是 1～10[ms／m]的较低数值。
近畿地方	⊙大阪平原、播磨平原、琵琶湖周围等地势较低部分，是 30～100[ms／m]. 也有部分高于 100[ms／m]的区域。 ⊙京都、奈良两个盆地，是 10～30[ms／m]. 六甲山北边的三田附近，显示 30～100[ms／m]的较高值。 ⊙山岳部分，大体为 1～3[ms／m]的低值，根据场所不同，也有 1[ms／m]以下的区域。
四国地方	⊙面临濑户内海的爱媛，香川的平原，是 10～30[ms／m]。 ⊙面朝太平洋的德岛县，在纪水道附近是 10～30[ms／m]。在高知县，除了物部川、镜川上游的河川平原的 10～30[ms／m]地区外，基本上低达 1～3[ms／m]. 爱媛县丰后水道附近为 3～10[ms／m]的程度。 ⊙四国山脉岳陵部分，低达 1～3[ms／m]. 此外，德岛市、阿南市附近为 0.3～1[ms／m]的极低数值。
中国地方	⊙山阳一侧的河川流域地带是 3～300[ms／m]. 山阴一侧，是 3～30[ms／m]。 ⊙罔山县的北部，鸟取、鸟根两县的背梁山岳部分，有 1[ms／m]以下的地带。
九州地方	⊙佐贺、筑后平原、熊本、宫崎、大分的平原部分，显示 30[ms／m]以上的值。在有明海沿岸，100～300[ms／m]范围的区域较多。 ⊙九州中部的山岳地带，是 1～3[ms／m]。

图 8—26　日本的大地导电率地图



资料篇

01 数学公式／无线电工学
02 LC 滤波器的设计
03 风压计算法
04 网格定位
05 终端・软件・程序
06 英文字母解释莫尔斯符号
07 业余台用 Q 简语
08 JIS (ASCII), Baudot, AMTOR 码
09 分贝换算表
10 同轴电缆
11 RS—232—C 规格概要
12 新的电波发射表示方法
13 日本业余无线电频段
14 国际字符表
15 DX 指向一览表
16 无线电爱好者用的大圈地图

数学公式

[1]虚数及复数

·虚数单位

$j=\sqrt{-1}$，　$j^2=-1$

·复数的加减乘除

$(a+jb)\pm(c+jd)=(a\pm c)+j(b\pm d)$

$(a+jb)\cdot(c+jd)$

$=(a\cdot c-b\cdot d)+j(a\cdot d+b\cdot c)$

$$\frac{(a+jb)}{(c+jd)}$$

$$=\left(\frac{a\cdot c+b\cdot d}{c^2+d^2}\right)+j\left(\frac{b\cdot c-a\cdot d}{c^2+d^2}\right)$$

·复数的绝对值

$|a+jb|=\sqrt{a^2+b^2}$

[2]三角函数

图 1 中，

$\sin\alpha=\frac{y}{r}$　$\cos\alpha=\frac{x}{r}$　$\mathrm{tg}\alpha=\frac{y}{x}$

$\mathrm{tg}\alpha=\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$　$\mathrm{ctg}\alpha=\frac{1}{\mathrm{tg}\alpha}$

$\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$

$\sin(-\alpha)=-\sin\alpha$

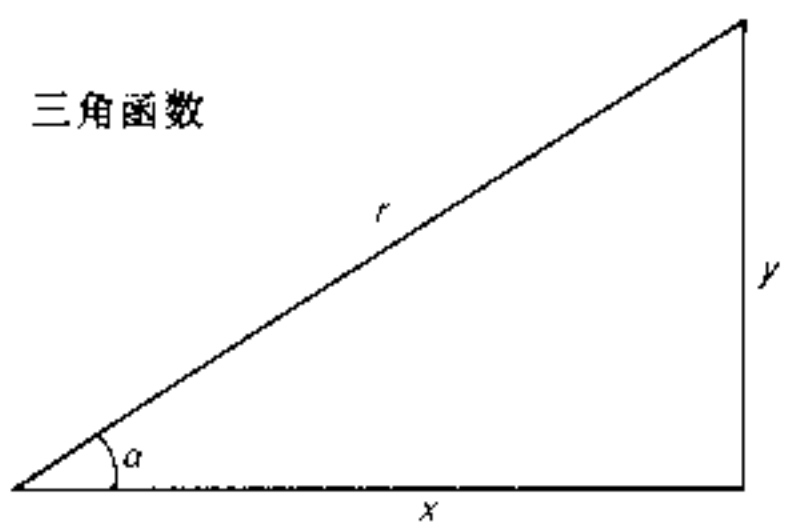
$\cos(-\alpha)=\cos\alpha$

$\sin(\alpha\pm\beta)=\sin\alpha\cos\beta\pm\cos\alpha\sin\beta$

$\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cos\beta\mp\sin\alpha\sin\beta$

·欧拉公式

图 1　三角函数



$e^{j\alpha}=\cos\alpha+j\sin\alpha$

$\sin\alpha=\frac{e^{j\alpha}-e^{-j\alpha}}{2j}$

$\mathrm{con}\alpha=\frac{e^{j\alpha}+e^{-j\alpha}}{2}$

[3]微分和积分

·微分

$\frac{dx^n}{dx}=nx^{n-1}$　$\frac{de^{ax}}{dx}=ae^{ax}$

$\frac{d\sin ax}{dx}=a\cos x$

$\frac{d\cos ax}{dx}=-a\sin ax$

$$\frac{d\{af(x)+bg(x)\}}{dx}$$

$$=a\frac{df(x)}{dx}+b\cdot\frac{dg(x)}{dx}$$

$$\frac{d\{f(x)\cdot g(x)\}}{dx}=\frac{df(x)}{dx}\cdot g(x)$$

$$+\frac{dg(x)}{dx}\cdot f(x)$$

·函数的微分

$f(X)$中的 X 是 x 的函数时，可按照下式求微分。

$$\frac{df\{X(x)\}}{dx}=\frac{df(X)}{dX}\cdot\frac{dX(x)}{dx}$$

·不定积分

$\int x^n dx=\frac{1}{n+1}x^{n+1}$　$\int e^{ax}dx=\frac{1}{a}e^{ax}$

$\int \sin ax\,dx=-\frac{1}{a}\cos ax$

$\int \cos ax\,dx=\frac{1}{a}\sin ax$

$\int \frac{1}{x}dx=\log_e x$

$$\int \{a \cdot f(x) + b \cdot g(x)\} dx$$

$$= a \cdot \int f(x) dx + b \cdot \int g(x) dx$$

$$\int f(x) \cdot g'(x) dx$$

$$= f(x) \cdot g(x) - \int f'(x) \cdot g(x) dx$$

式中：$g'(x) = \frac{dg(x)}{dx}$

$$f'(x) = \frac{df(x)}{dx}$$

·定积分

$F(x) = \int f(x) dx$时

$$\int_b^a f(x) dx = [F(x)]_b^a$$

$$= F(a) - F(b)$$

[4]富里叶级数展开

以一定周期 T sec 重复的时域波形 $f(t)$. 例如失真的正弦波，可表示为 $1/T$Hz 的正弦波（基波）与其整数倍频率的正弦波（高次谐波）之和（关于正弦波可参考无线电电工学）。

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

式中：$\omega_0 = 2\pi / T$

a_0, a_n, b_n 可由下式求得。

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos n\omega_0 t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \sin n\omega_0 t dt$$

上式中 $\cos n\omega_0 t$, $\sin n\omega_0 t$ 可用欧拉公式转换，表示成以下复数形式。

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \varepsilon^{jn\omega_0 t}$$

C_n 可由下式求得

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \varepsilon^{-jn\omega_0 t} dt$$

表 1
分贝的数值举例

比	功率的 dB	电压、电流的 dB
1	0	0
2	3	6
3	4.8	9.5
5	7	14
7	8.5	17
10	10	20
100	20	40
1000	30	60

[5]对数

当 $a = r^x$ 时，写成 $x = \log_r a$. 称 x 为 a 的对数，r 为对数的底。

$\log_{10} a$ 称为常用对数，$\log_e a$ 称为自然对数。$e \approx 2.718282$。此外，自然对数也可写成 $\ln a$. e 可写成 ε。

$$\log_r (a \cdot b) = \log_r a + \log_r b$$

$$\log_r a^n = n \log_r a$$

$$\log_r \left(\frac{1}{a}\right) = -\log_r a$$

$$\log_r \left(\frac{a}{b}\right) = \log_r a - \log_r b$$

[6]分贝(dB)

功率，电压，及电流的比（增益，衰减）可用分贝表示。

功率比 $A_p = P_2 / P_1$ 的对数表示 G_p 为

$$G_p = 10 \log_{10} A_p [\text{dB}]$$

电压比 $A_v = V_2 / V_1$. 电流比 $A_I = I_2 / I_1$ 的分贝表示分别为

$$G_v = 20 \log_{10} A_v, \ G_I = 20 \log_{10} A_I$$

分贝的数值举例如表 1 所示。

设比 A_1, A_2 的分贝表示为 $G_1 G_2$,

表 2　dB_m—功率—电压(50/75Ω 系列)的关系

dBm	功率	50Ω 时的端电压[V]	75Ω 时的端电压[V]
+10	10mW	0.71	0.87
+20	100mW	0.24	2.74
+30	1W	7.07	8.66
+40	10W	22.36	27.39
+50	100W	70.71	86.60
+60	1kW	223.61	273.86

表 3(a)　符号和单位

量	通常采用的符号	单位及名称
电压	V	V　伏特
电动势	E	V　伏特
电流	I	A　安培
功率	P	W　瓦特
电荷	C	Q　库仑
电阻	R	Ω　欧姆
电抗	L	H　亨利
电容	C	F　法拉
阻抗	Z＝R＋jx	Ω　欧姆
电抗	X	Ω　欧姆
导纳	Y＝G＋jB	S　西门子
电导	G	S　西门子
电纳	B	S　西门子
频率	f	Hz　赫芝
角速度	ω	rad／s　弧度／秒
波长	λ	m　米

表 3(b)　作单位用的幂数符号

幂数	符号	名称
10^{12}	T	太
10^{9}	G	吉
10^{6}	M	兆
10^{3}	k	千
10^{-3}	m	毫
10^{-6}	μ	微
10^{-9}	n	纳
10^{-12}	p	皮
10^{-15}	f	飞

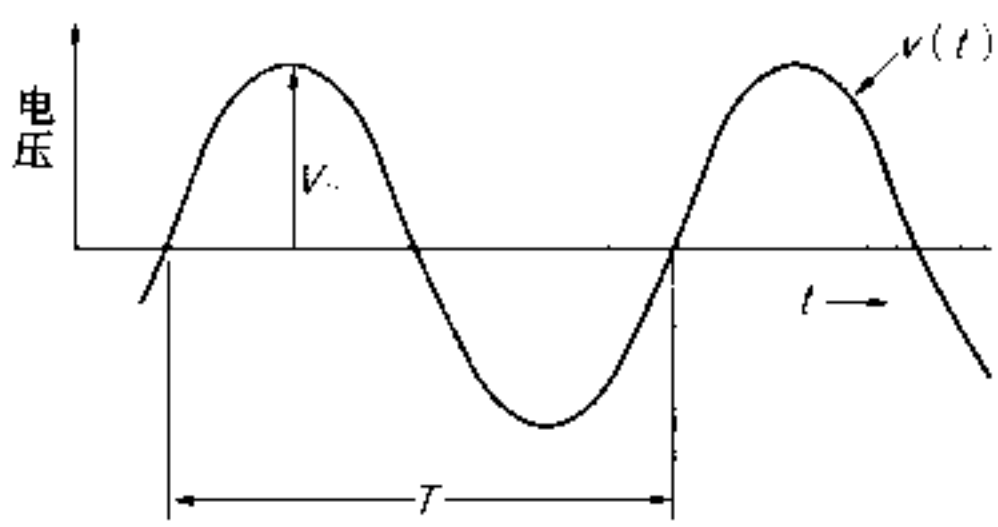


图 2　交流电压的瞬时值，最大值

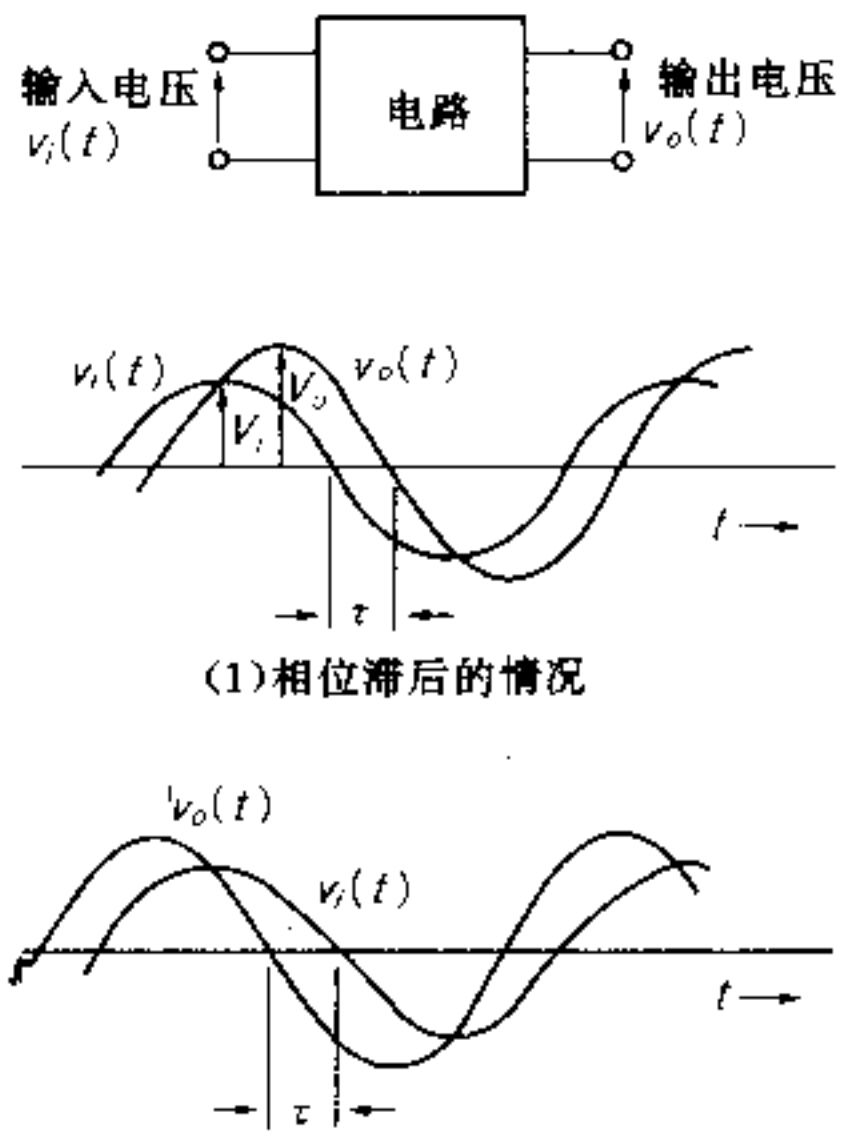


图 3　交流信号的相位

则：

$A=A_1 \cdot A_2$ 时，$G=G_1+G_2$

$A=A_1/A_2$ 时，$G=G_1-G_2$

$A=1/A_1$ 时，$G=-G_1$

· dBm

以负载电阻消耗 1mW 功率时所对应的电压为基准（0dB）来标识的电压可表示为 dBm。例如负载电阻为 600Ω 时

$0dB_m \approx 0.775[V]$

表 2 所示为 dB_m—功率—电压的关系。

无线电工学

[1]无线电工学中采用的量和单位[表 3(a)]，以及幂数符号[表 3(b)]。

以下记述的电压、电流，及其它符号，其单位均以表 3 为依据。

[2]交流电压的瞬时值，最大值，有效值（图 2）

· **瞬时值** $v(t)=V_0 sin\omega t$，$\omega=2\pi f$，$f=1/T$

表 4　相位角 θ 的复数表示例

相位角 θ	θ 的复数表示
0 (0°)	1
$\frac{\pi}{4}$ (45°)	$\frac{1}{\sqrt{2}}+j\frac{1}{\sqrt{2}}$
$\frac{\pi}{2}$ (90°)	j
$\frac{3}{4}\pi$ (135°)	$-\frac{1}{\sqrt{2}}+j\frac{1}{\sqrt{2}}$
π (180°)	−1
$\frac{3}{2}\pi$ (270°)	−j

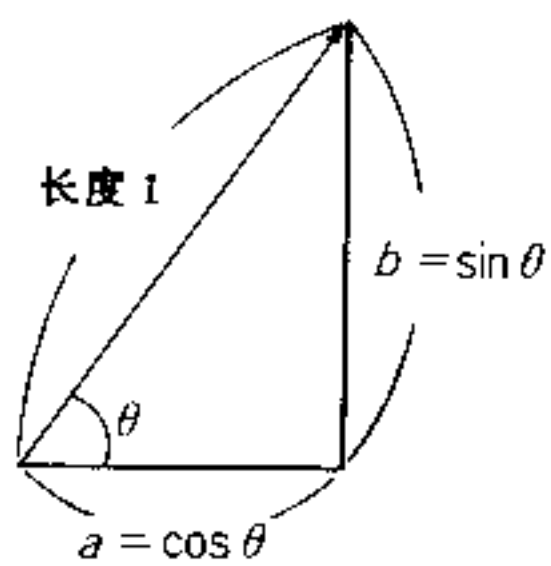


图 4　复数表示

V_0: 最大值

瞬时值按上式，或按 $V_0 cos\omega t$ 形式变化的波形称为正弦波。

· **有效值** $V_e=\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}\{V(t)\}^2dt$

$$=\frac{1}{\sqrt{2}}V_0$$

$$\approx 0.707V_0$$

表示交流电流时将 $v(t)$ 换成 $i(t)$，v_0, v_e 换成 I_0, I_e。

[3]交流(正弦波)信号的相位

输入电压和输出电压如图 3 所示，同一频率的两个交流信号用下式表示时，称作 V_0 相对于 V_i 相位滞后 θ。

$V_i(t)=V_i sin\omega t$

$V_0(t)=V_0 sin\omega(t-\tau)$

$=V_0 sin(\omega t-\theta),\ \theta=\omega\tau$

v_0 用下式表示时，称作相对于 V_i 相位超前 θ。

$V_0(t)=V_0 sin\omega(t+\theta)\quad \theta=\omega\tau$

[4]交流信号的振幅和相位的复数表示

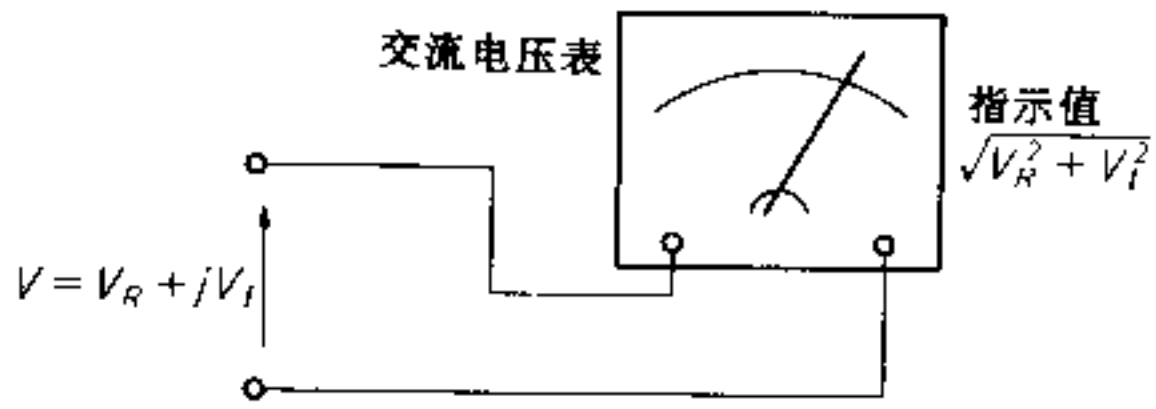


图 5　电压表的指示值

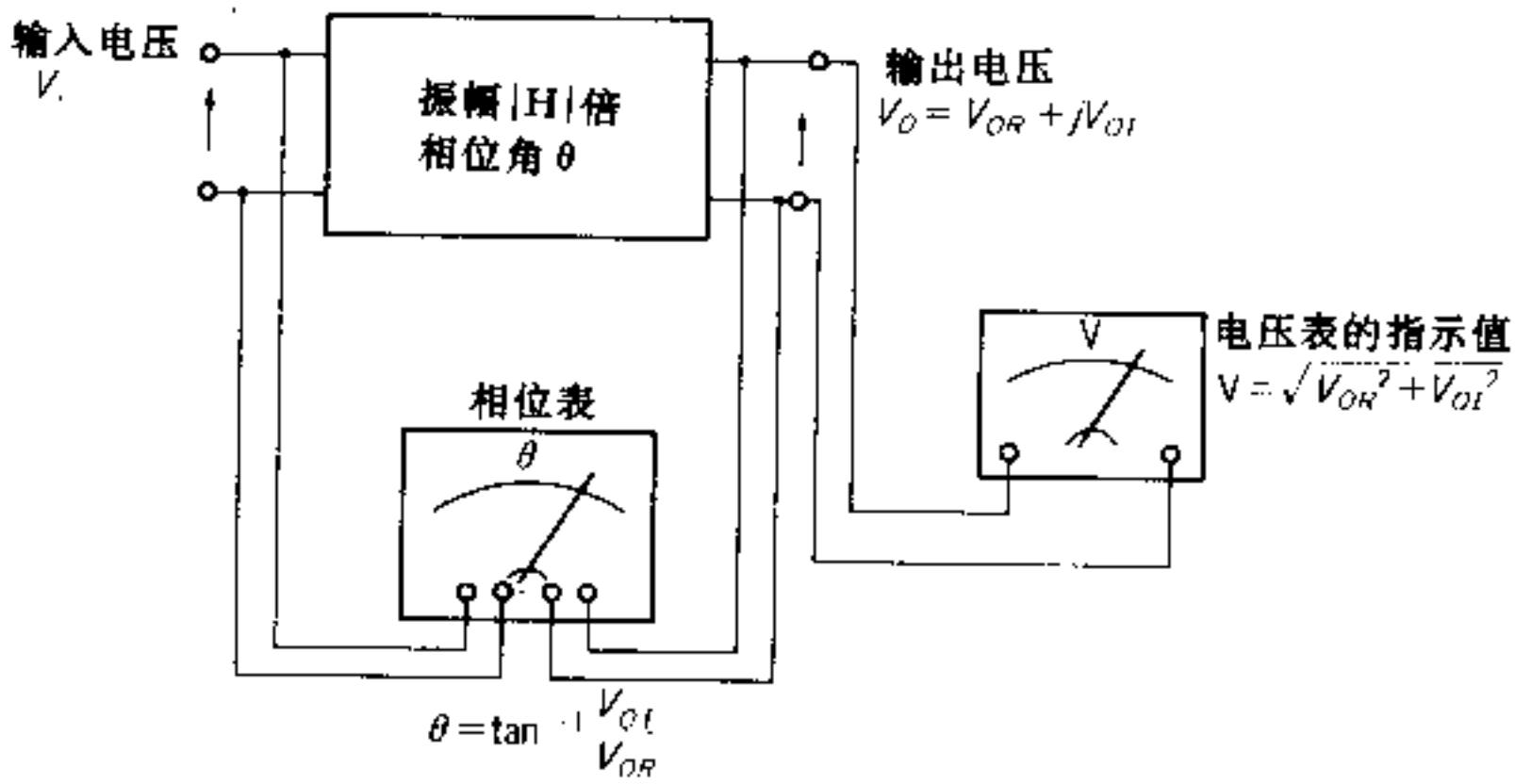


图 6　振幅、相位变化的复数表示

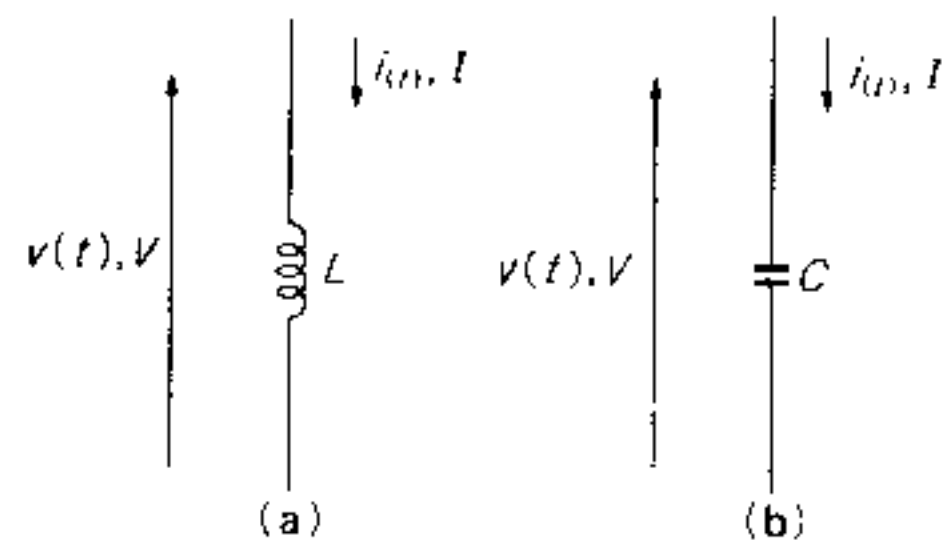


图 7　电感，电容上的电压、电流

相位超前或滞后的角度 θ, 可以如图 4 所示，用长度 a, b, 复数 $a+jb$ 表示。举例如表 4 所示。

因为 $a+jb=cos\theta+jsin\theta=\varepsilon^{j\theta}$，所以相位也可表示为 $\varepsilon^{j\theta}$。

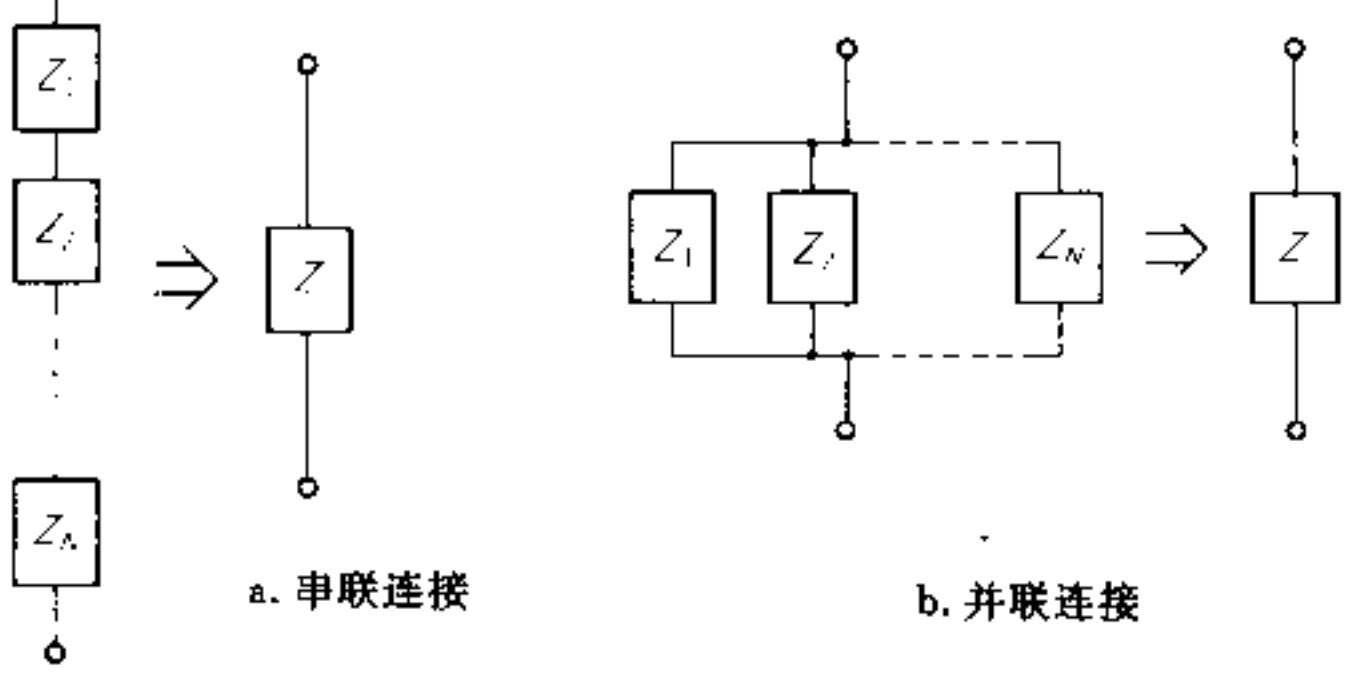
相位角为 θ_1 的交流信号进一步产生 θ_2 的相位变化时，总的相位角变成 $\theta=\theta_1+\theta_2$。

$\varepsilon^{j\theta}=a+jb$

$=\varepsilon^{j(\theta_1+\theta_2)}=\varepsilon^{j\theta_1}\cdot\varepsilon^{j\theta_2}$

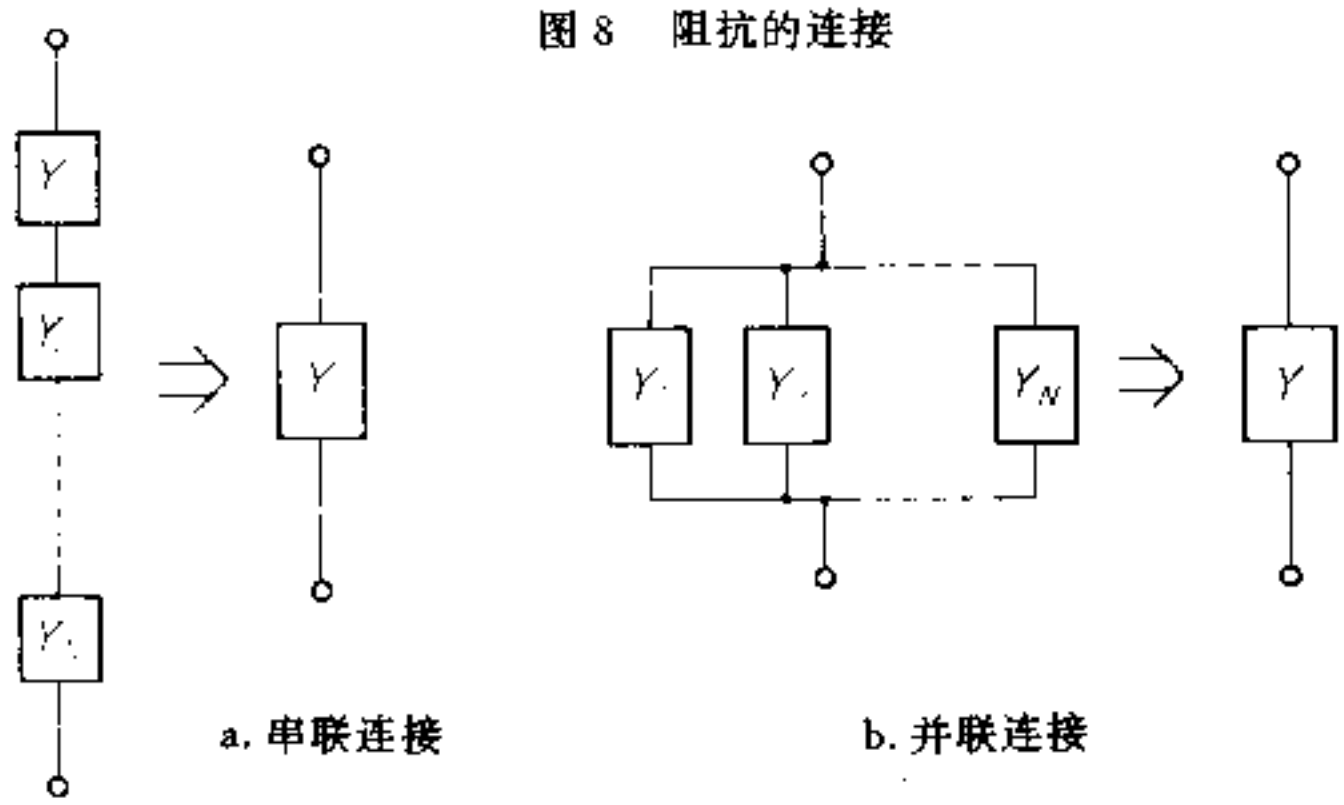
$=(a_1+jb_1)(a_2+jb_2)$

所以，相位角之和表示成复数形式时，是



a. 串联连接　　b. 并联连接

图 8　阻抗的连接



a. 串联连接　　b. 并联连接

图 9　导纳的连接

各复数形式相位角的乘积。

振幅为 V_e，相位角为 θ 的交流电压，看作图 4 中矢量长度变成 V_e 倍来考虑，则可表示为以下复数形式。

·电压的复数表示

$$V=V_e(a+jb)$$
$$=V_e\cdot\varepsilon^{j\theta}=V_R+jV_I$$
$$V_R=aV_e,V_I=bV_e$$

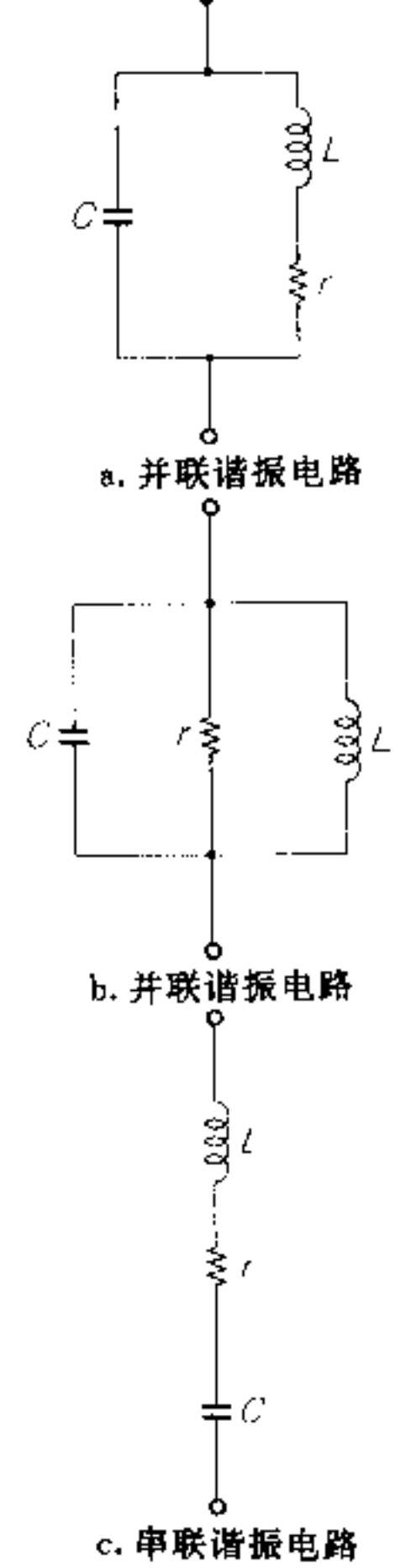
万用表等交流电压表表示电压 V 的振幅 V_e，电压表的指示值为

$V_e=\sqrt{V_R^2+V_I^2}$（参照图 5）。

交流电流的振幅和相位也同样可用复数表示。

如图 6 所示，在振幅增益为 $|H|$ 倍，相位变化为 θ 的电路输入端加上 V_i 时，输出电压 V_0 可参照图 6 表示成下式：

$$V_0=V_{OR}+jV_{OI}=|H|\cdot(a+jb)\cdot V_i$$
$$=|H|\cdot\varepsilon^{j\theta}\cdot V_i$$
$$=H\cdot V_i,H=|H|\cdot\varepsilon^{j\theta}$$



a. 并联谐振电路

b. 并联谐振电路

c. 串联谐振电路

图 10　谐振电路

H 是表示交流信号输入与输出间振幅，相位变化量的复数。

输出电压的电压表指示值为 $\sqrt{V_{OR}^2+V_{OI}^2}$，以输入电压 V_i 为基准的相位角可由 $\theta=\mathrm{tg}^{-1}\frac{V_{OI}}{V_{OR}}$ 求得

[5]电感及电容上的电压和电流

图 7(a)中

$$v(t)=L\frac{di(t)}{dt}$$

$i(t)=I_0 sin\omega t$ 时

$$v(t)=L\frac{dI_0 sin\omega t}{dt}=\omega LI_0 cos\omega t$$
$$=\omega LI_0 sin(\omega t+\frac{\pi}{2})$$

$v(t)$ 相对于 $i(t)$ 相位超前了 $\frac{\pi}{2}$ 并增大

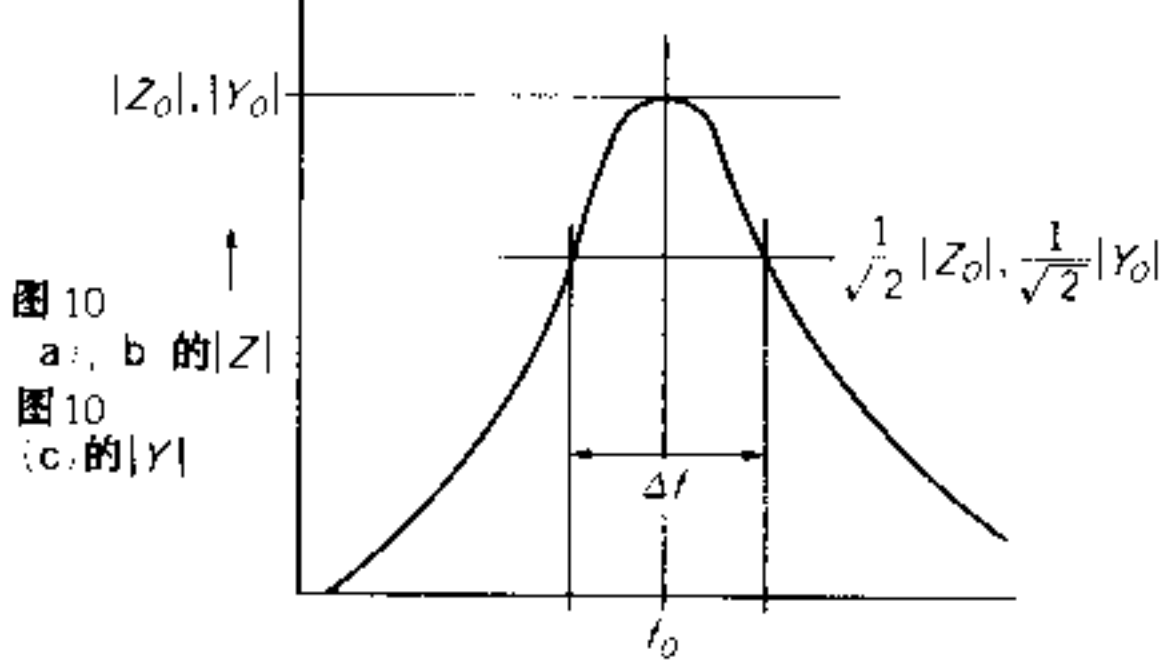


图 11　谐振电路的阻抗和导纳

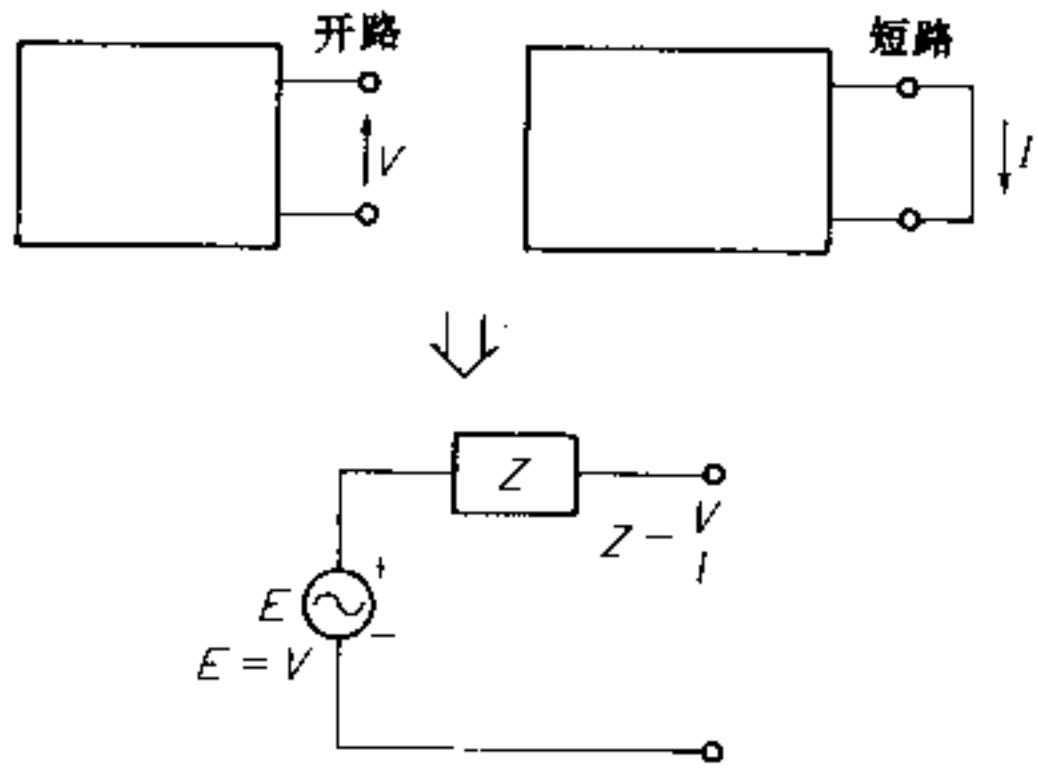


图 12　等效电源

ωL 倍，所以表示为复数形式时得到下式

$V=j\omega LI$

图 7(b)中

$$i(t)=C\frac{dv(t)}{dt}$$

$v(t)=V_0 sin\omega t$ 时

$$i(t)=C\frac{dV_0 \sin\omega t}{dt}$$

$$=\omega CV_0 sin(\omega t+\pi)$$

表示成复数为 $I=j\omega CV$

[6]交流阻抗和导纳

电压、电流和阻抗、导纳的关系如下

$$I=\frac{V}{Z}\qquad I=YV\qquad Y=\frac{1}{2}$$

电阻的阻抗为　$Z=R$

线圈的阻抗为　$Z=j\omega L$

电容的阻抗为　$Z=1/j\omega C$

导纳是阻抗的倒数。

·阻抗的串联、并联连接

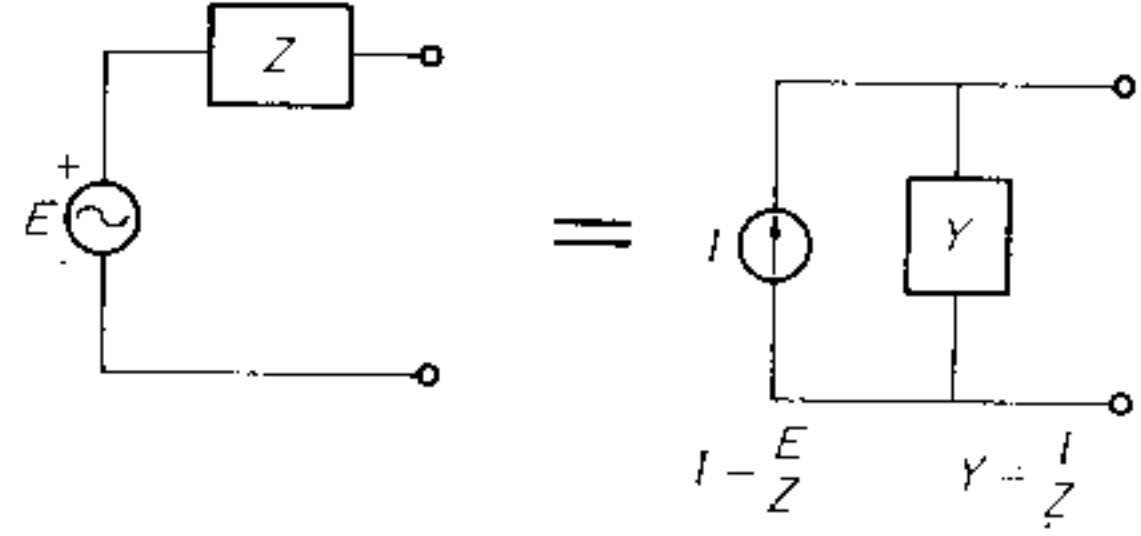


图 13　电压源与电流源的转换

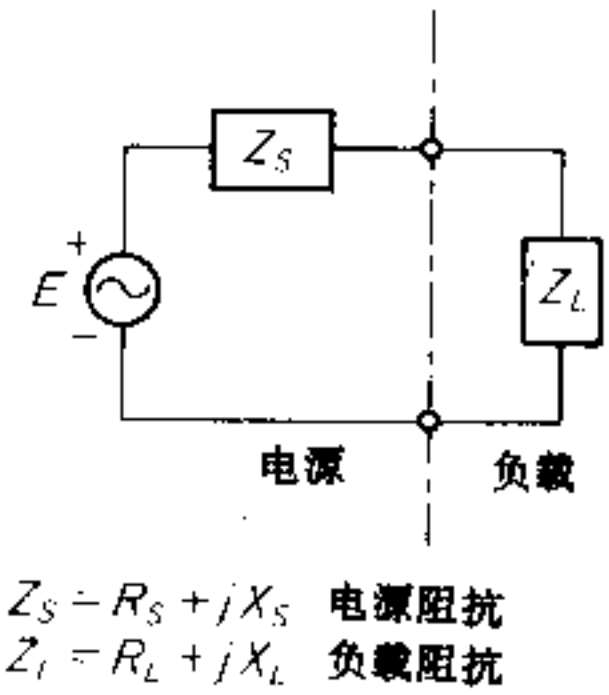


图 14　电源与负载的匹配

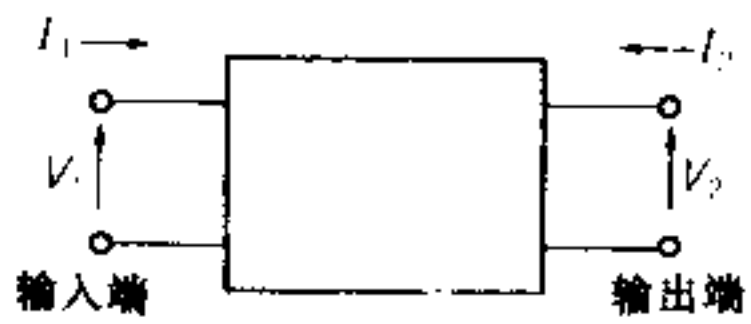


图 15　2 端对电路

图 8(a)中，

$Z=Z_1+Z_2+\cdots\cdots+Z_N$

图 8(b)中，

$$Z=\frac{1}{\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\cdots\cdots\cdots+\frac{1}{Z_N}}$$

·导纳的串联、并联

图 9(a)中

$$Y=\frac{1}{\frac{1}{Y_1}+\frac{1}{Y_2}+\cdots\cdots\cdots+\frac{1}{Y_N}}$$

图 9(b)中

$Y=Y_1+Y_2+\cdots\cdots\cdots+Y_N$

[7]谐振电路

图 10 中，谐振频率为

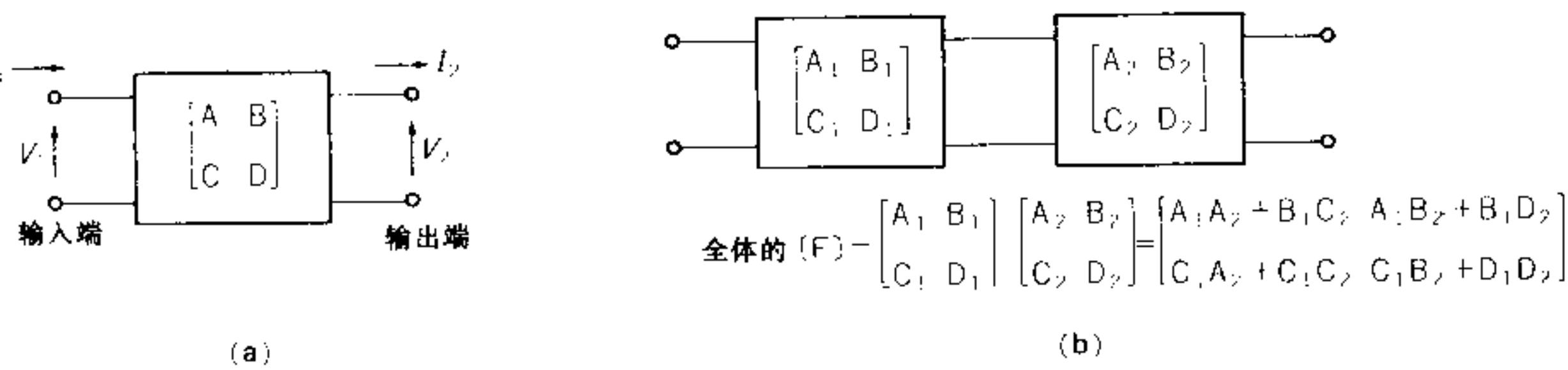


图 16　F 参数

$f_0=1/(2\pi\sqrt{IC})$ [Hz]

$\theta=2\pi f_0L/r$　　[图 10(a), (c)]

$=2\pi f_0CR$　　[图 10(b)]

电感用 μH、电容用 pF 表示时的频率可由下式求得：

$f_0\approx159.155/\sqrt{L[\mu H]\cdot C[pF]}$ [MHz]

图 10(a), (b) 电路的阻抗和图 10(c) 电路的导纳的频率特性如图 11 所示。

图 11 中的 $\triangle f$ 对应采用图 10 谐振电路的放大器的 −3dB 增益带宽，可由下式求得：

$\triangle f=f_0/Q$

[8]等效电源

端口开路时的电压为 V，短路时的电流为 I 的电路，是与图 12 中电源等效的。电压源和电流源可如图 13 那样进行变换。

[9]电源和负载的匹配

图 14 中，$R_L=R_S$, $X_L=-X_S$ 时，电源和负载达到匹配，供给负载的功率达到最大，为 $P=E^2/4R_S$。匹配状态时的功率也称为有功功率(Available Power：可利用的功率)。

[10]二端对电路

· Y 参数(导纳参数)

图 15 中的电压、电流采用下式表示时，$Y_{11}, Y_{12}, Y_{21}, Y_{22}$ 称作 Y 参数。

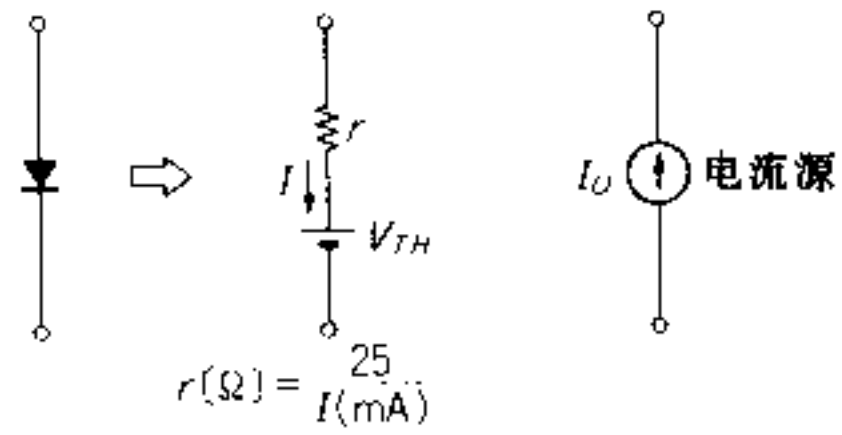
$I_1=Y_{11}V_1+Y_{12}V_2$

$I_2=Y_{21}V_1+Y_{21}V_2$

若将上式用阵列形式表示

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

图 17
二极管的
等效电路



(a)正向偏置时　(b)反向偏置时

称 Y 参数的阵列为 Y 矩阵。

Y 参数的具体含义如下：

Y_{11}: 输出端短路时的输入导纳。

Y_{12}: 输入端短路时从输出端到输入端之间的传输(相互)导纳。

Y_{21}: 输出端短路时从输入端到输出端之间的传输(相互)导纳。通常实数部分称作互导 gm。

Y_{22}: 输入端短路时的输出导纳。

· H 参数

图 15 中的电压、电流以下式表示时，

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$称为 H 参数

$V_1=H_{11}I_1+H_{12}V_2$

$I_2=H_{21}I_1+H_{22}V_2$

H 参数的具体含义如下：

H_{11}: 输出端短路时的输入阻抗。

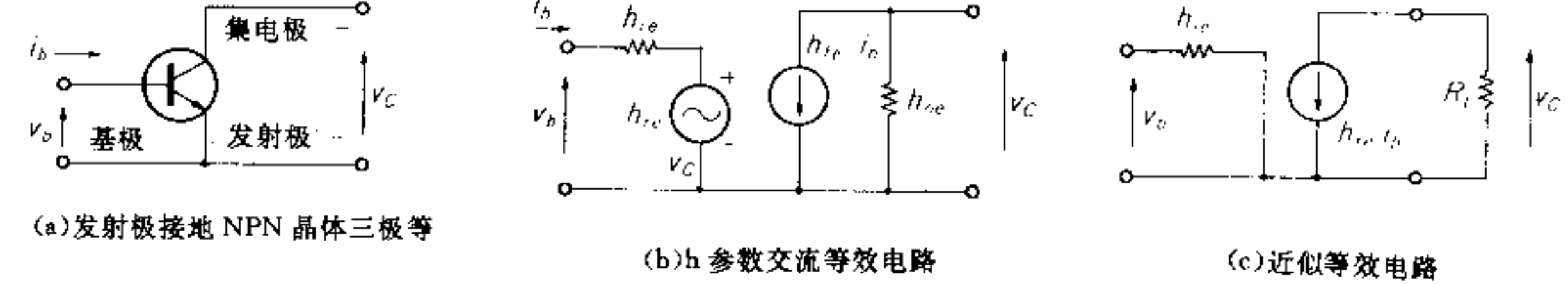
H_{12}: 输入端开路时从输出端到输入端的电压传输系数。

H_{21}: 输出端短路时从输入端到输出端间的电流放大系数。

H_{22}: 输入端开路时的输出导纳。

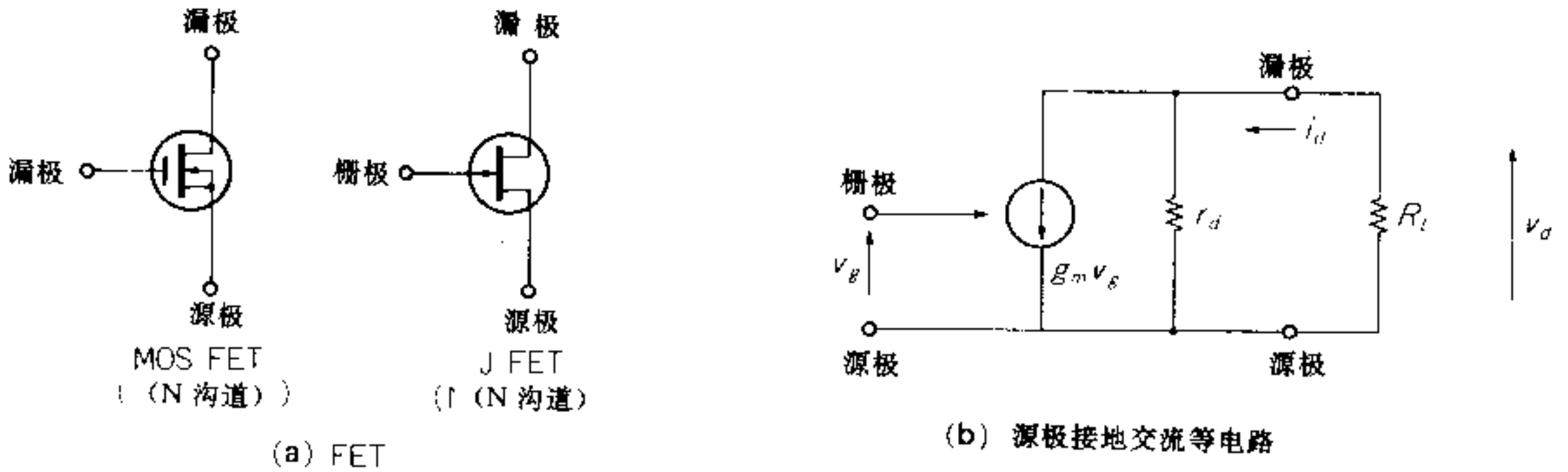
· F 参数

图 16(a) 中的电压、电流以下式表示时，



(a)发射极接地 NPN 晶体三极等　　(b)h 参数交流等效电路　　(c)近似等效电路

图 18　晶体三极管的等效电路



(a) FET　　(b) 源极接地交流等电路

图 19　FET 的等效电路

称 A, B, C, D 为 F 参数，或级联参数，其阵列称作 F 矩阵或级联矩阵。

$V_1 = AV_2 + BI_2$

$I_1 = CV_2 + DI_2$

$1/A$ 是输出端开路时从输入端到输出端的电压放大系数。

图 16(b)所示二端对电路级联时，整体的 F 参数可由各 F 矩阵的乘积求得。

[11]二极管 PN 结的近似等效电路

(图 17)

在室温下，硅材料二极管的正向结电压 V_{Th}、反向电流 I_0 约为 0.6V、$10^{-9}A$ 数量，锗材料二极管约为 0.2V、$10^{-5}A$ 数量。温度变化时，V_{Th}的变化约为$-2mV/℃$. I_0 在温度升高 10℃时约增大 1 倍。

[12]双极型晶体管的交流小信号特性

· h 参数

将共发射极晶体管看作 2 端对电路，用其 h 参数来表示晶体管的特性（以前章节中采用了大写字母 H）。

h_{ie}: 集电极短路时的基极输入电阻。

h_{re}: 基极开路时集电极—基极间反向电压传输比(“反向”意味着“从输出传向输入”)

h_{fe}: 集电极短路时基极—集电极间正向电流放大系数(“正向”意味着“从输入传向输出”)

h_{oe}: 基极开路时的集电极输出电导

根据 h 参数作出的共射极晶体三极管等效电路如图 18(b)所示。忽略 $h_{re}(\approx 10^{-5})$, h_{oe} $(\approx 10^{-5}s)$ 所得简化等效电路的集电极接上负载电阻时，图 18(c)的电压放大倍数如下式所示

$$\frac{v_c}{v_b} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L$$

右边的负号（—）表示相位相反，求振幅的放大倍数时省略掉负号(—)进行计算。

· a, β, f_T

a＝集电极电流／发射极电流：

共基极电流放大系数(约 0.95～0.999)

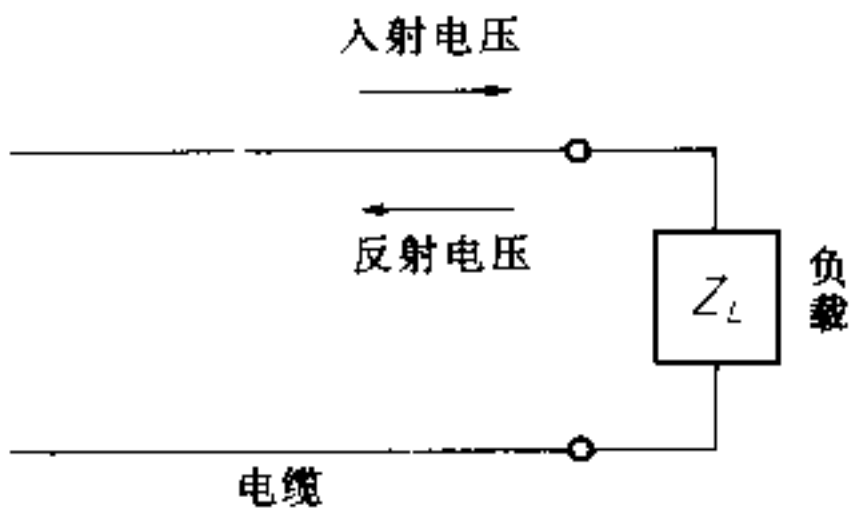


图 20　电缆和负载的匹配

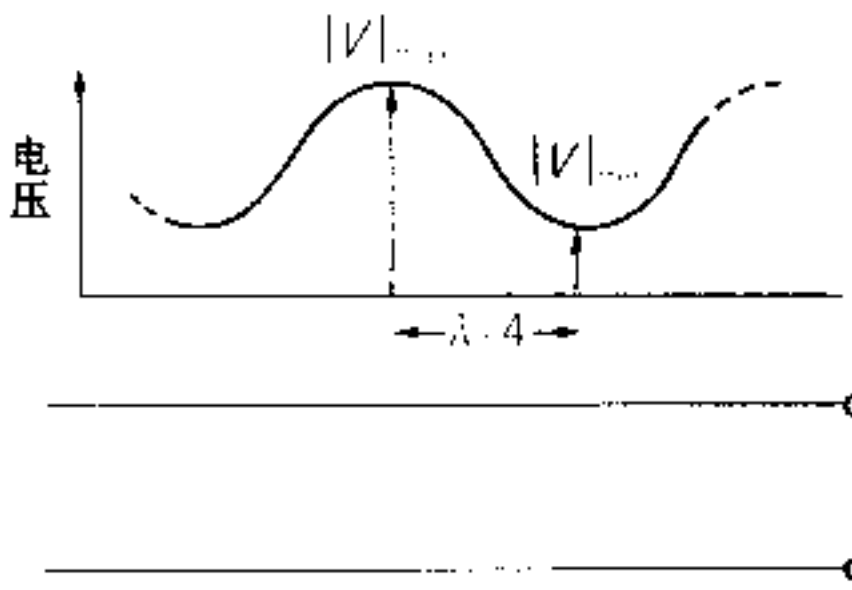


图 21　驻波

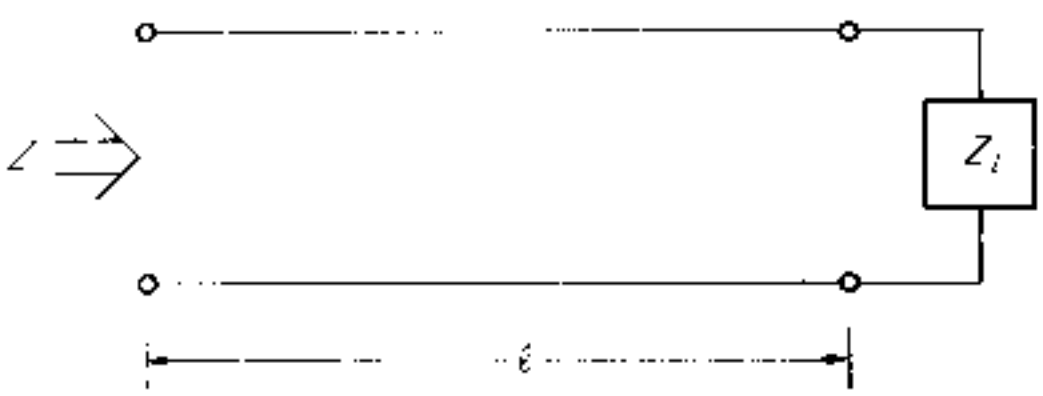


图 23　电缆端口处的阻抗

β＝集电极电流／基极电流

$=\dfrac{\alpha}{1-\alpha}=h_{fe}$: 共发射极电流

放大系数(约 20～1000)

f_T: $|\beta|=1$ 时的频率

[13]场效应晶体管(FET)的交流等效电路

MOSFET. *J*－*FET* 的交流小信号等效电路如图 19 所示。

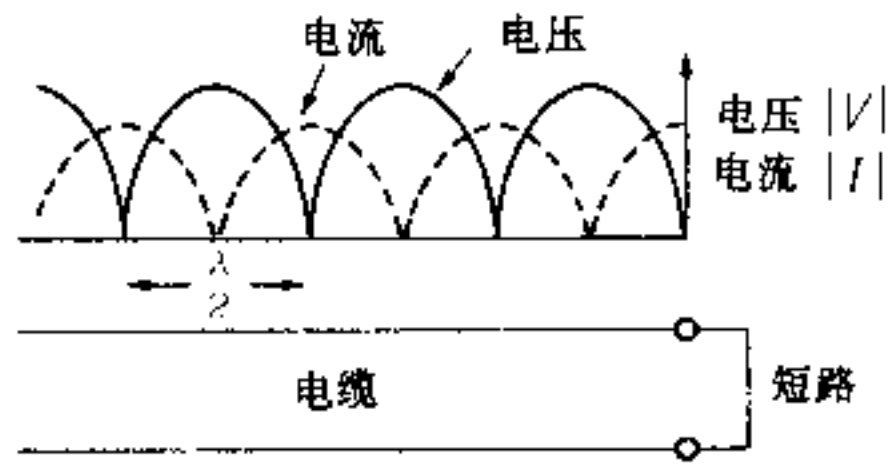
$g_m=i_d/v_g$: 栅极—漏极的互电导

$r_d=v_d/i_d$: 漏极输出电阻

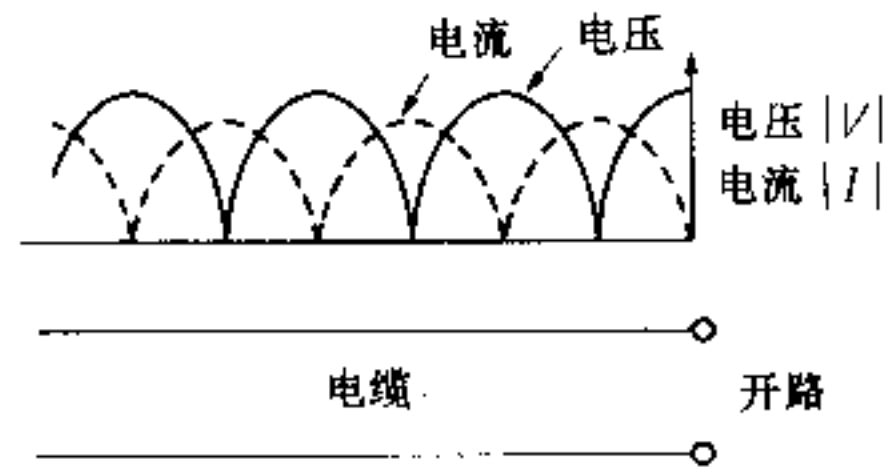
图 19 中，漏极接有负载电阻 R_L 时的电压放大倍数如下式所示。

[14]日本半导体元件的型名

※*S*#*n n n n* 的场合



a. 终端短路



b. 终端开路

图 22　终端短路、开路时的驻波

表 5
SWR 和反射功率

SWR	反射功率／入射功率
1	0%
1.1	0.23
1.2	0.83
1.3	1.7
1.5	4
2	11
3	25
5	44

※：表示(引脚数－1)的数字

S: 表示半导体元件

#：用从 *A* 到 *Z* 的字母，表示元件的种类。

[例]*A*: 高频用 *PNP* 晶体管

B: 低频用 *PNP* 晶体管

C: 高频用 *NPN* 晶体管

D: 低频用 *NPN* 晶体管

F: 可控硅

J: *P* 沟道 *FET*

K: *N* 沟道 *FET*

L: 光耦元件

R: 整流用二极管

表 6　印刷电路板上布线的宽度与特性阻抗

（图 24 的状况下）

特性阻抗	布线的宽度
50Ω	3.3mm
60	2.0
75	1.2
100	0.6

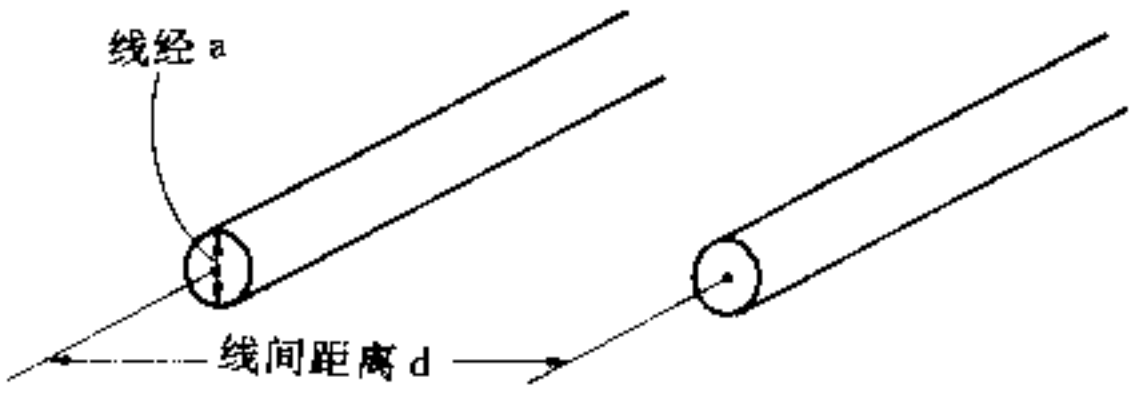


图 25　平行线

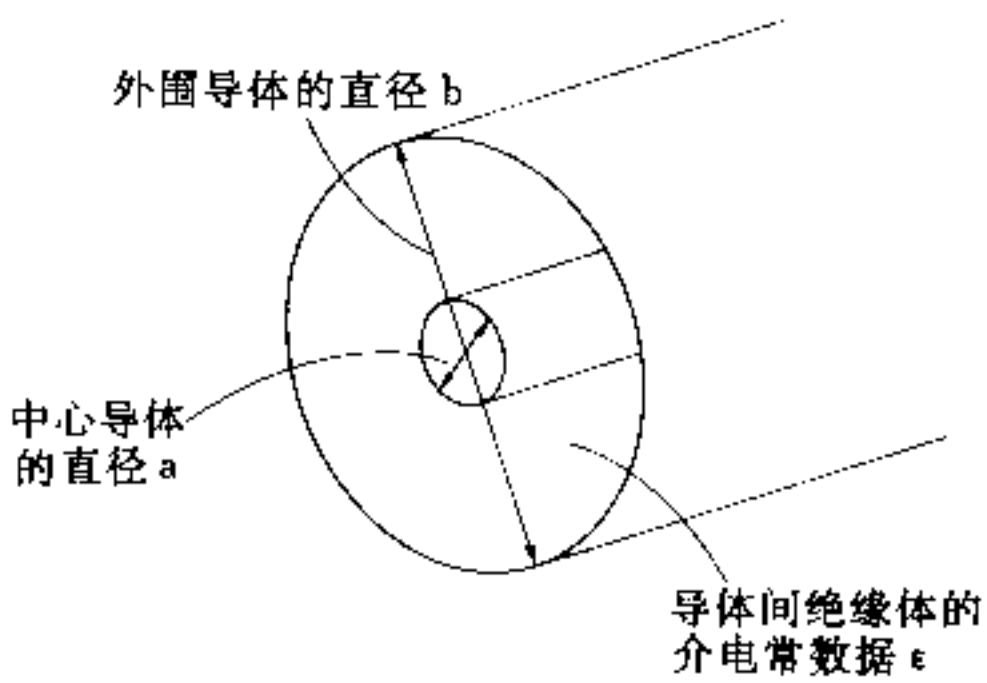


图 26　同轴电缆

S: 小信号二极管

V: 变容二极管

Z: 稳压二极管

n n n n: 表示登录号的数字

[15] 高频电缆和负载的匹配反射系数 K（图 20）

$K=$（反射电压／入射电压）

$=(Z_L-R_c)/(Z_L+R_c)$

R_c: 电缆的特性电阻

$R=0$, 即 $Z_L=R_c$ 时称为匹配（整合）。入射电压的功率全部被负载吸收。

・驻波比（SWR）（图 21）

$R_c \neq Z_L$ 时，入射电压和反射电压相干涉在电缆上相隔 $\lambda/4$ 间隔产生极大和极小

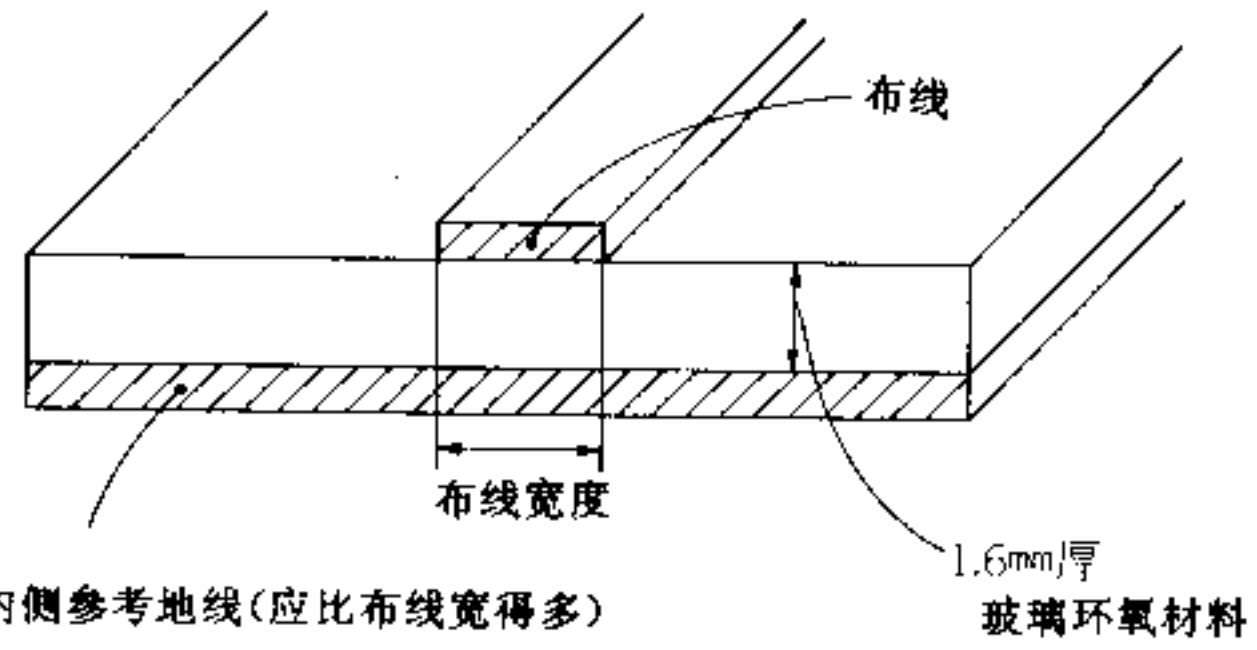


图 24　微细线条

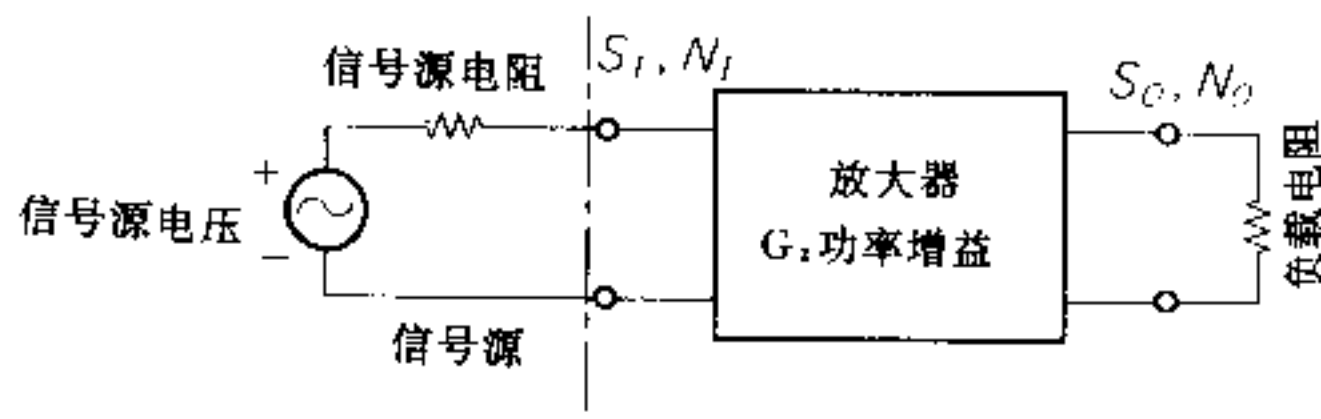


图 27　放大器的噪声系数

值。将此称为产生了驻波。驻波比 *SWR* 由下式给出。

$$SWR=|V|_{max}/|V|_{min}$$
$$=(1+|K|)/(1-|K|)$$

・驻波比和反射功率

电缆终端短路，或开路时的电压，电流的驻波（图 22）。

[16]从电缆看进去的阻抗

图 23 中

$$Z=Z_L\frac{\cos 2\pi x+j(R_c/Z_L)\sin 2\pi x}{\cos 2\pi x+j(Z_L/R_c)\sin 2\pi x}$$

式中，$x=l/\lambda$, λ 是波长，R_c 是电缆的特性电阻。

根据上式，l 为 $\lambda/2$ 的整数倍时，有 $Z=Z_L$。

$Z_L=0$, 即短路时的 Z

$Z=jR_c\tan 2\pi x$

$Z=\infty$, 即开路时的 Z

$Z=-jR_c\cot 2\pi x$

以上两种场合，Z 为纯虚数，表现为阻抗或容抗。

[17]信号传输通路的特性

・印刷电路板上的布线（微细线条，图

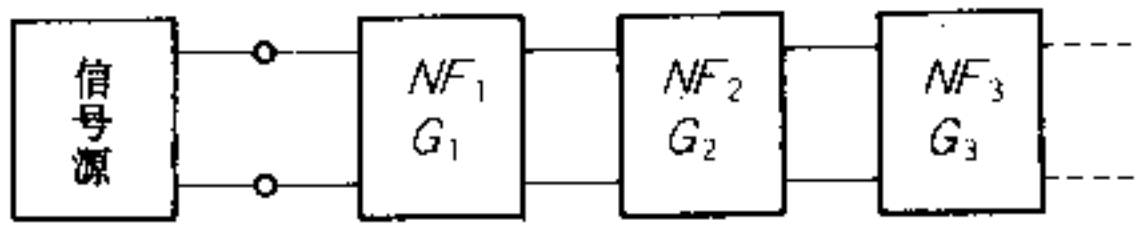


图 28　级联连接的放大器的噪声系数

24)示于表 6

・平行线(图 25)

$R_c \approx 276\log_{10}(d/a)[\Omega]$(空气中)

・同轴电缆(图 26)

$R_c \approx 138\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}\log_{10}\frac{b}{a}[\Omega]$

ε＝中心导体与外层导体间绝缘体的介电常数。

[18]同轴电缆的波长的缩短(图 26)

$\lambda=\lambda_0/\sqrt{\varepsilon}$ (λ_0:真空中的波长)

绝缘体采用聚乙烯材料时

$\lambda \approx 0.67\lambda_0$

[19]趋肤效应

在高频情况下，流过导体的电流集中在表面，随深度按指数规律减小。

在铜线情况下，流过电流为表面电流的 n 分之一处对应的深度 x 可由下式求出。

$x \approx 6.6\log_e n/\sqrt{f}\,cm$ (f: 频率[Hz])

$n=10$ 时，$x \approx 15.2/\sqrt{f}[cm]$，$n=100$ 时

$x \approx 31.4/\sqrt{f}[cm]$。

[20]噪声

・电阻的热噪声

噪声功率 P_n 为

$P_n=kTB[W]$

k: 波尔兹曼常数 $1.38\times10^{-23}[Joule/k]$

T: 绝对温度[K]，B: 频带宽度[Hz]噪声电压 e_n 为

$e_n \approx 7.43\times10^{-12}\times\sqrt{T\cdot B\cdot R}[V]$

(R: 电阻值[Ω])

・放大器的噪声系数 NF (图 27)

信号源电阻与放大器输入电阻匹配时 NF 由下式定义

$NF=(S_I/N_I)/(S_0/N_0)$

S_I:信号源的信号功率

N_I:信号源的噪声功率

将 $S_0=GS_I$(G:功率放大倍数)代入上式

$N_0=GN_I+(NF-1)GN_I$

放大器内部产生的噪声功率为

$(NF-1)GN_I$

・放大器级联连接时的　NF (图 28)

整体的 $NF=NF_1+(NF_2-1)/G_1+(NF_3-1)/(G_1\cdot G_2)+\cdots\cdots$

▶参考文献

(1)柳沢：回路理論基礎，電気学会，オーム社
(2)藤井：アナログ電子回路，昭晃堂
(3) Motorola Application Note：$AN556$
(4)宇田：無線工学 I，II：丸善
(5)星合他：新版無線工学ハンドブック，オーム社，1964
(6)田尾他：宇宙通信概論，地人書館，1966

LC 滤波器的设计

基准 LPF (巴特沃兹特性)

LC 滤波器的设计中，每次都要去求解复杂的计算式是十分麻烦的。实际上常常采用把具有基准特性的滤波器按照样表进行变换的方法。

基准滤波器称作基准低通滤波器（LPF）巴特沃兹特性的基准 LPF 的元件值如表 1，2 所示。巴特沃兹特性是指按照使通频带内振幅特性具有最大平坦范围来设计的滤波器特性。

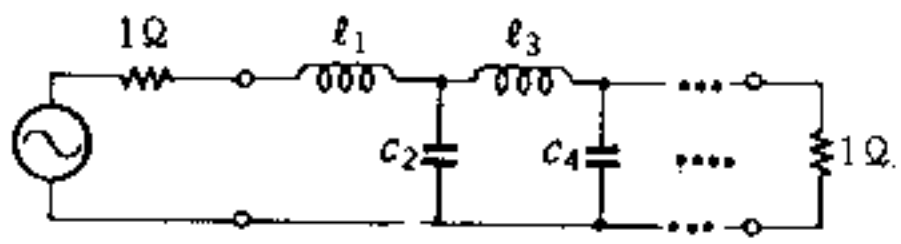
以　终端电阻：$r=1[\Omega]$

截止频率：$\Omega=1[rad/s]$

阶　　数：$N=2\sim8$

的方式来设计时，L 和 C 的值

表 1　基准 LPF 的元件表：巴特沃兹特性



N	l1	C2	l3	C4	l5	C6	l7	C8
2	1.4142	1.4142						
3	1.0000	2.0000	1.0000					
4	0.7654	1.8478	1.8478	0.7654				
5	0.6180	1.6180	2.0000	1.6180	0.6180			
6	0.5176	1.4142	1.9319	1.9319	1.4142	0.5176		
7	0.4450	1.2470	1.8019	2.0000	1.8019	1.2470	0.4450	
8	0.3902	1.1111	1.6629	1.9616	1.9616	1.6629	1.1111	0.3902
N	C1	l2	C3	l4	C5	l6	C7	l8

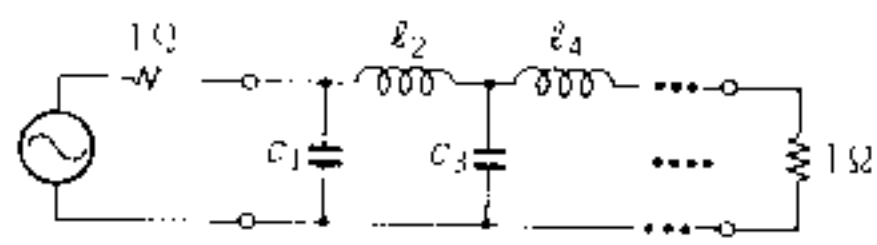


表 2　基准 LPF 的元件值表：切比雪夫特性(0.5dB 纹波，仅奇数次)

N	l1	C2	l3	C4	l5	C6	l7	C8	C9
3	1.8636	1.2804	1.8636						
5	1.8068	1.3025	2.6914	1.3025	1.8068				
7	1.7896	1.2961	2.7177	1.3848	2.7177	1.2961	1.7896		
9	1.7822	1.2921	2.7162	1.3922	2.7734	1.3922	2.7162	1.2921	1.7822
N	C1	l2	C3	l4	C5	l6	C7	l8	C9

表示为 $l_i[H]$, $C_i[F]$。

但截止频率是以－3dB 频率来定义的。另外，各个数值对于表中两种电路结构是可以通用的。按上(下)侧电路结构设计时，l_i, c_i 取表中上(下)侧所示数值。

在巴特沃兹特性的基准 LPF 中，任意角频率 Ω[rad／s]处的衰减量 A[dB]由下式给出

$$A=10\cdot\log(1+\Omega^{2N})\,[\mathrm{dB}] \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

计算结果如图 1 所示。此外可知为了在角频率 Ω_s 处获得大于 A_s[dB] 的衰减量，滤波器的阶数 N 必须是能够满足下式的整数。

$$N\geqq\frac{\log(10^{A_s/10}-1)}{2\cdot\log\Omega s} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

下面，给出以频率变换的方法，由 LPF 设计巴特沃兹特性滤波器的步骤。同时也参照表 3 所示频率变换表。

低通滤波器(LPF)的设计

设所要实现的低通滤波器规格如下所示。

终端电阻：$R[\Omega]$,

截止频率：f_c[Hz],

频率高于 f_1[Hz]时衰减大于 A_s[dB]

①设 $\Omega_s=f_1/f_c$, 由式(2)决定基准 *LPF* 的次数 *N*. 也可从图 1 求得。

②根据表 1,2 选择 *LC* 滤波器的结构，读取 l_i, c_i 的值。奇次情况下，不同结构所需的 *LC* 数量也不同。

③由频率变换作 $l_i\rightarrow L_i$, $c_i\rightarrow C_i$ 的变换。结构不变，但元件值采用 *R* 和 f_c 计算后由下式给出。

$$L_i=\frac{R}{2\pi fc}Li[\mathrm{H}] \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

$$C_i=\frac{1}{2\pi fcR}Ci[\mathrm{F}] \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

④按以上步骤得到的滤波器，计算其在频率 f[Hz] 处的衰减量时，设 $\Omega=f/f_c$, 可由式(1)或图 1 求得。

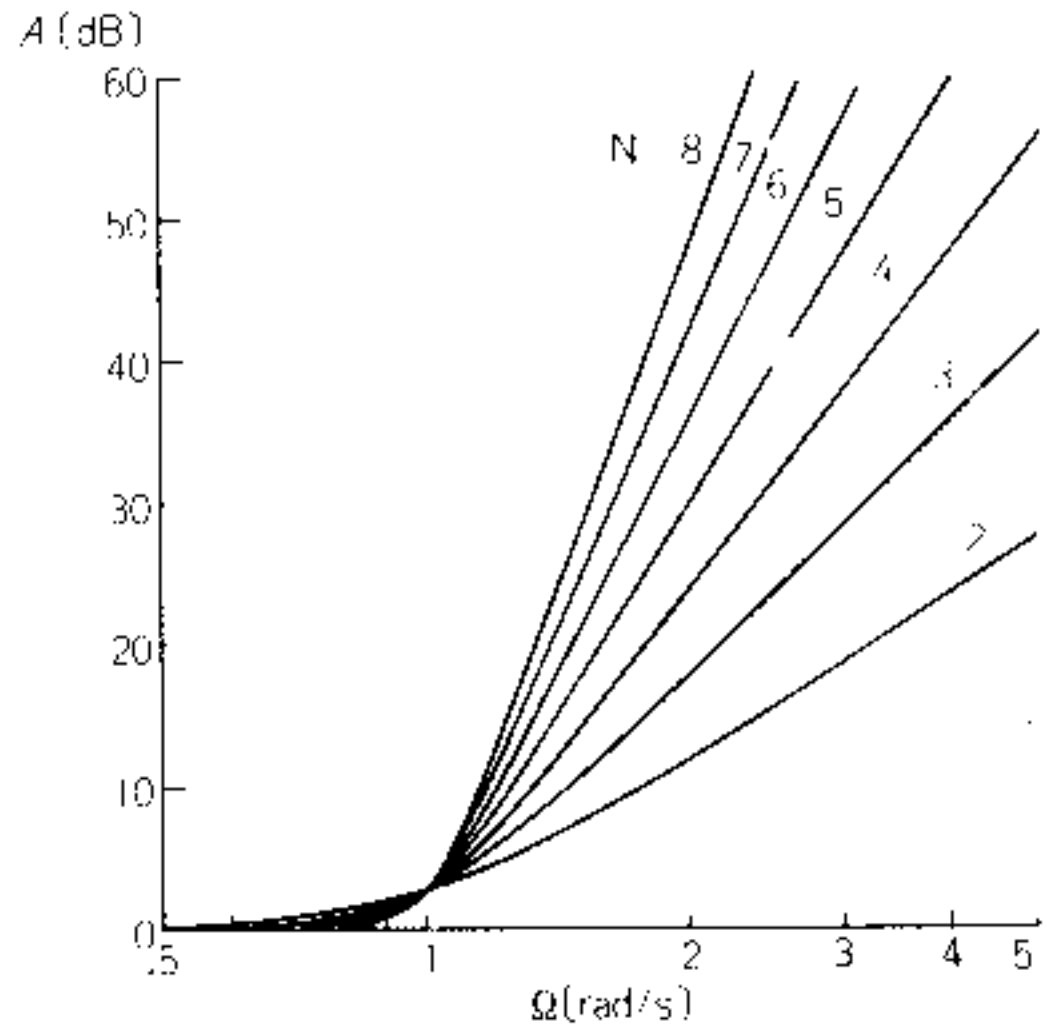


图 1　基准 LPF(巴特沃兹)的衰减特性

高通滤波器(HPF)的设计

HPF 可由基准 LPF 经 LP—HP(低通·高通)变换来实现。所实现的 HPF 的规格如下：

终端电阻：$R[\Omega]$,

截止频率：f_c[Hz],

频率低于 f_2[Hz]时衰减大于 A_s[dB]

①设 $\Omega_s=f_c/f_2$, 由式(2)决定基准 LPF 的数 *N*. 也可从图 1 求得。

②根据表 1 选择 *LC* 滤波器的结构，读取 l_i, c_i 的值。并通过以下频率变换，实现不同的滤波器结构。

③通过频率变换，$c_i\rightarrow L_i$, $l_i\rightarrow C_i$ 得到将基准 *LPF* 中 *L* 和 *C* 交换后的结构形式。

各元件的数值，采用 *R* 和 f_c 计算后由下式给出

$$L_i=\frac{R}{2\pi fc}\cdot\frac{1}{C_i}\,[\mathrm{H}] \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

$$C_i=\frac{1}{2\pi fcR}\cdot\frac{1}{L_i}\,[\mathrm{F}] \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

④按以上步骤得到的滤波器，计算其在频率 f[Hz] 处的衰减量时，设 $\Omega=f_c/f$. 可由式(1)或图 1 求得。

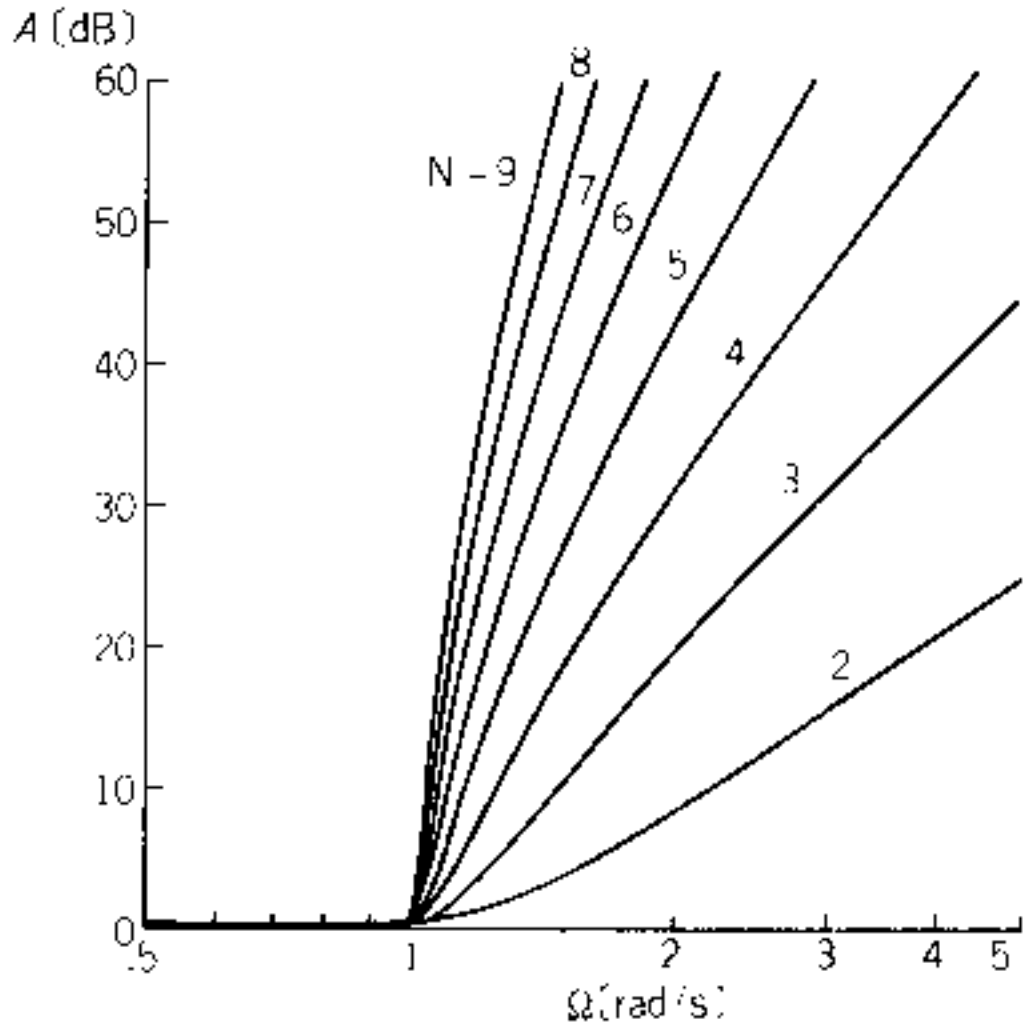


图 2　基准 LPF (0.5dB 切比雪夫)的衰减特性

带通滤波器(BPF)的设计

BPF 的实现，是将 N 阶 LPF 经 LP—BP (低通・带通)变换后，形成 2N 阶 BPF。

但是对宽频带的 BPF，也有通过将 LPF (截止频率 f_2) 同 HPF (截止频率 $f_1<f_2$) 的组合来实现的设计方法。所实现的 BPF 的规格如下：

终端电阻：$R[\Omega]$

通带频率：$f_1 \sim f_2$[Hz] (−3dB)

带宽：$f_b=f_2-f_1 (f_2>f_1)$

中心频率：$f_0=\sqrt{f_1 \cdot f_2}$ [Hz]

在频率低于 f_3，高于 f_4 处，衰减大于 A_s [dB]。但 f_1, f_2 确定后，f_b, f_0 也随之被确定，不能独立地设定所有参数。此外，若 $f_3<f_4$，则设 $f^2_0=f_3 \cdot f_4$。

①设 $\Omega_s=(f_4-f_3)/f_b$，由式(2)确定基准 LPF 的阶数 N，也可由图 1 求得。

②由表 1 选择 LC 滤波器的结构，读取 l_i, c_i 的值。然后，通过以下的频率变换，实现不同的滤波器结构形式。

③经过频率变换，需要比基准 LPF 多一倍的 LC 元件。其中 $l_i \to LC$ 串联电路，$c_i \to LC$ 并联电路。各元件的数值，采用 R 和 f_1, f_2, f_b, f_0 计算后由下式给出：

表 3　频率变换表

基准LPF	L_i	C_i
LPF	L_i	C_i
HPF	C_i	L_i
BPF	L_i C_i	L_i C_i

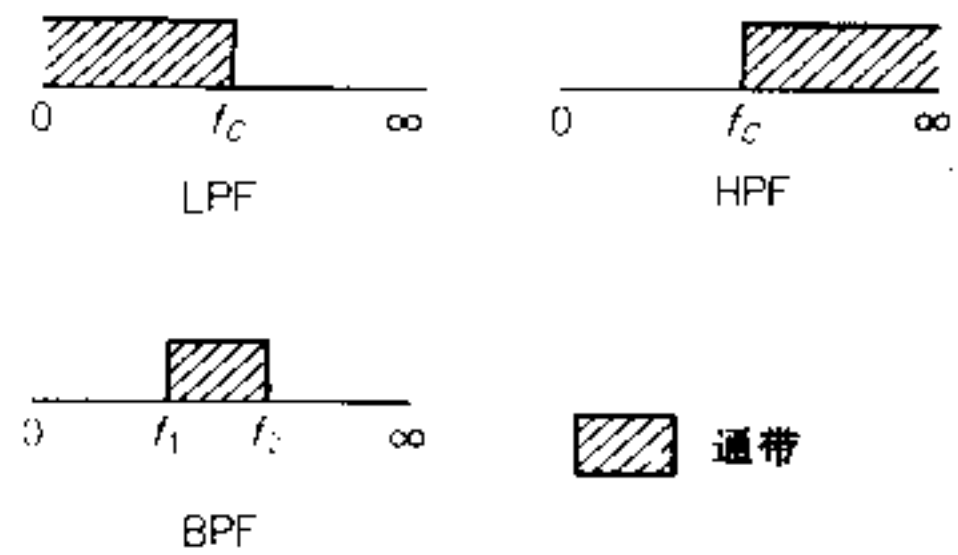


图 3　LPF／HPF／BPF

带宽比：$B=f_b/f_0$ …… (7)

$l_i \to LC$ 串联电路

$$L_i=\frac{R}{2\pi fo} \cdot \frac{l_i}{B}[\mathrm{H}] \quad \cdots\cdots (8)$$

$$C_i=\frac{1}{2\pi foR} \cdot \frac{B}{l_i}[\mathrm{F}] \quad \cdots\cdots (9)$$

$c_i \to LC$ 并联电路

$$l_i=\frac{R}{2\pi fo} \cdot \frac{B}{C_i}[\mathrm{H}] \quad \cdots\cdots (10)$$

$$C_i=\frac{1}{2\pi foR} \cdot \frac{C_i}{B}[\mathrm{F}] \quad \cdots\cdots (11)$$

④按以上步骤得到的滤波器，计算其在频率 f[Hz]处的衰减量时，设

$$\Omega=\frac{1}{B}\left(\frac{f}{fo}-\frac{fo}{f}\right) \quad \cdots\cdots (12)$$

可由式(1)或图 1 求得。

切比雪夫特性

由于切比雪夫特性允许通带内有纹波(振幅特性的波动)，所以其截止频率特性十分陡直。对允许的每个纹波量都有对应的元

件值表，其中 0.5dB 纹波的情况示于表 2。截止频率是以 −0.5dB（纹波幅度）来定义的。对偶数次切比雪夫滤波器，由于其两侧的终端电阻不能设计成相等的取值，所以元件被省略了。此外，与式(1)，(2)对应的衰减量及决定阶数的表达式也因过于复杂而被省略了。有关的衰减特性，与偶次阶数一起示于图 2。

关于设计，除阶数的确定和特性的确认采用图 2 进行外，其它均和巴特沃兹特性的设计一样。

滤波器方面，其它还有贝塞尔、联立切比雪夫等各种特性，根据使用目的加以划分。关于这些特性及偶数次切比雪夫的设计法，请参照滤波器的有关专著。

有源 RC 滤波器的设计

N 阶基准 LPF 的传递函数

有源 RC 滤波器也同 LC 滤波器一样，可以通过对基准滤波器的变换来设计实际的滤波器。这里最根本的，是表征滤波器特征的传递函数表达式 T (S)。N 阶滤波器的传递函数是 S 的 N 阶表达式，也可用 2 阶和 1 阶表达式的乘积来表示。

为了设计有源 RC 滤波器，往往采用 2 阶和 1 阶表达式乘积的方式比较方便。设 Π 为乘法运算符号时，表示为

N: 偶数的场合

$$T(S)=H\Pi\frac{\Omega_0^2}{S^2+\frac{\Omega_0}{Q}s+\Omega_0^2}\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

表 4　巴特沃兹基准 LPF 传递函数和 Sallen—Key 有源 RC 滤波器的规格化电容

N	Q	Ωo	Ωa	C_1	C_2	C_3
2	0.70711	1.0000		1.4142	0.7071	
3	1.0000	1.0000	1.0000	1.3926	3.5468	0.2025
4	0.54120	1.0000		1.0824	0.9239	
	1.30656	1.0000		2.6131	0.3827	
5	0.61803	1.0000	1.0000	1.3541	1.7529	0.4213
	1.61803	1.0000		3.2361	0.3090	
6	0.51764	1.0000	1.0000	1.0353	0.9659	
	0.70711	1.0000		1.4142	0.7071	
	1.93185	1.0000		3.8637	0.2588	
7	0.55496	1.0000	1.0000	1.3367	1.5317	0.4884
	0.80194	1.0000		1.6039	0.6235	
	2.24698	1.0000		4.4940	0.2225	
8	0.50980	1.0000		1.0196	0.9808	
	0.60135	1.0000		1.2027	0.8315	
	0.89998	1.0000		1.8000	0.5556	
	2.56292	1.0000		5.1258	0.1951	

N: 奇数的场合

$$T(S)=H\frac{\Omega a}{S+\Omega a}\prod\frac{\Omega_o^2}{S^2+\frac{\Omega_o}{Q}s+\Omega_o^2}\quad\cdots\cdots(14)$$

H, Ω_a, Ω_0, θ 是常数，分别具有以下含义。

H: 整体的增益系数

Ω_a: 1 阶区间的截止角频率

Ω_0: 2 阶区间的截止角频率

Q: 2 阶区间的电路通带峰起程度，选择度。

在各种特性中，以具有巴特沃兹特性和切比雪夫特性（0.5dB 纹波）的 LC 滤波器的设计为例，将各常数 Ω_a,Ω_0, Q 示于表 4、表 5。由于分别实现了与 LC 滤波器同样的设计特性，所以传递函数表达式式(13)、(14)，LC 滤波器的衰减特性图、衰减特性计算式，确定所需阶数的表达式，对两者都可通用。此外，因衰减特性图中的最小衰减量设为 0dB，所以增益系数是以 H=1(但偶数次切比雪夫为 0.9441)计算的。

实际 LPF 的传递函数

由于所选择的基础 LPF 的传递函数是以截止角频率 $\Omega=1$[rad／S]来计算的，所以对此以实际滤波器的截止频率 f_c[Hz]进行变换。为此，在式(13)、(14)中，Q 保持不变，将 Ω_a, Ω_0 变换成满足下式的 ω_a, ω_0 即可。

$$\Omega_a\rightarrow\omega_a=2\pi f_c\cdot\Omega_a\quad\cdots\cdots(15)$$

$$\Omega_0\rightarrow\omega_0=2\pi f_c\cdot\Omega_0\quad\cdots\cdots(16)$$

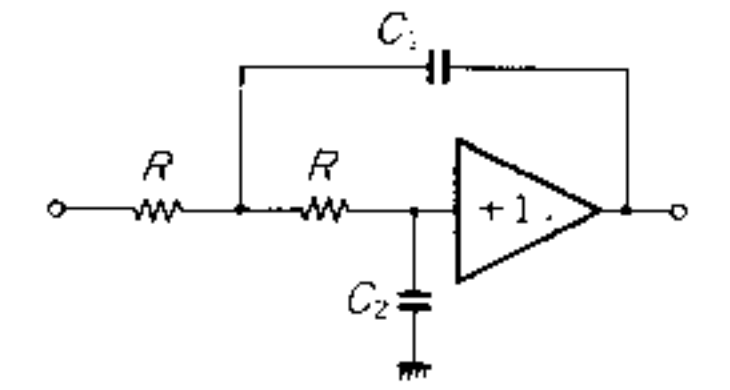
实现所得传递函数的一般方法，是把能实现 2 阶及 1 阶（或 3 阶）传递函数的有源 RC 滤波器电路级联在一起。使实际有源 RC 滤波器的传递函数与所希望的传递函数取得一致，以此确定元件取值即可。

HPF 的传递函数

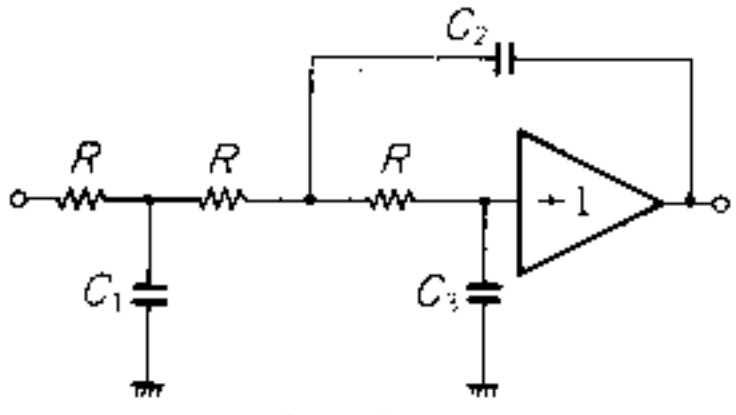
若把基准 LPF 的传递函数，经 LP—HP 变换成截止频率为 f_c[Hz] 的 HPF，可得下

表 5　切比雪夫(0.5dB 纹波)基准 LPF 的传递函数和 Sallen—Key 有源 RC 滤波器的规格化电容

N	Q	Ωo	Ωa	C_1	C_2	C_3
2	0.86372	1.23134		1.4029	0.4701	
3	1.70619	1.06885	0.62646	1.9160	9.5673	0.0762
4	0.70511	0.59700		2.3622	1.1878	
	2.94055	1.03127		5.7028	0.1649	
5	1.17781	0.69048	0.36232	3.1306	6.4578	0.2863
	4.54496	1.01774		8.9315	0.1081	
6	0.68364	0.39623		3.4507	1.8459	
	1.81038	0.76812		4.7138	0.3596	
	6.51285	1.01145		12.878	0.0759	
7	1.09155	0.50386	0.25617	4.3531	7.7419	0.4562
	2.57555	0.82273		6.2610	0.2360	
	8.84180	1.00802		17.542	0.0561	
8	0.67658	0.29674		4.5601	2.4905	
	1.61068	0.59887		5.3790	0.5184	
	3.46567	0.86101		8.0503	0.1676	
	11.5308	1.00595		22.925	0.0431	

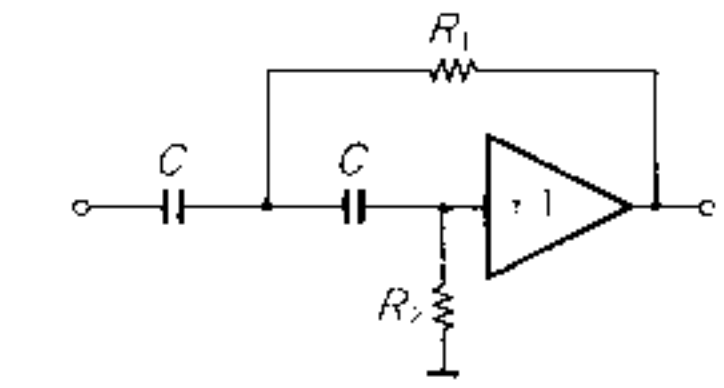


(a)2 阶电路

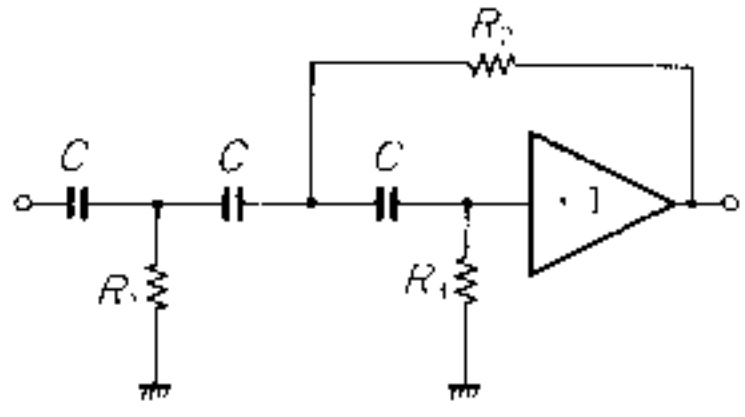


(b)3 电路

图 4　Sallen—Key 型 LPF



(a)2 阶电路



(b)3 阶电路

图 5　Sallen—Key 型 HPF

式。

N: 偶数的场合

$$T(S)=H\Pi\frac{S^2}{S^2+\frac{\omega_0}{Q}s+\omega_0^2}\cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

N: 奇数的场合

$$T(S)=H\frac{s}{s+\omega_a}\Pi\frac{s^2}{s^2+\frac{\omega_0}{Q}s+\omega_0^2}\cdots\cdots(18)$$

但 $\omega_a=2\pi f_c/\Omega_a\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$

$\omega_0=2\pi f_c/\Omega_0\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(20)$

Sallen—Key 型 LPF 的设计

实现 LPF 时，若限定电路的形式可使设计变得简单。图 4 所示采用 1 倍的放大器构成的 Sallen—Key 型 LPF 电路是一种比较容易实现的电路

表 4，表 5 的右侧所示的 C_1,C_2,C_3,是图 3Sallen—Key 型 LPF 中，设

$2\pi f_c=1$[rad／S](f_c:截止频率)

$R=1[\Omega]$

时的 C[F]的数值。

奇数次情况下直到标有 C_3 数值的部分，是为节省放大器，将 2 阶和 1 阶传递函数综合成图 4(b)所示的 3 阶电路来加以实现。其它部分，用图(a)所示的 2 阶电路来实现。

这些电路，需进行频率变换以实现所希望的截止频率$=f_c$[Hz]。

设定表中各个区间的电容值为 C_{in}，确定合适的电阻 R[Ω](各区间取值不同也可以)，实际 C 的数值 C_i 由下式计算

$$C_i=\frac{1}{2\pi fc\cdot R}\cdot C_{in}[F]\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

若用 Sallen—Key 电路来实现，增益系数没有自由度 (H=1)，偶数次切比雪夫特性的增益最大值为 1.0593(同 0.5dB 纹波相同)，其它为 1 倍(0dB)

Sallen—Key 型 HPF 的设计

采用单位增益 放大器的 Sallen—Key 型 HPF 电路如图 5 所示。设计截止频率为 f_c 的 HPF 时，首先确定对应的基准 LPF。设电路为与 LPF 情况下的图 4(a) (b) 相对应的图 5 (a) (b)。确定各区间电容，选取合适的 C[F]的数值，则由规格化电容 C_1, C_2, C_3 可求出各实际电阻值 R_i。

$$R_i=\frac{1}{2\pi fc\cdot C}\cdot\frac{1}{Cin}[\Omega]\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

关于最大增益，与 LPF 是相同的。

具体实现

放大器：用运算放大器作为电压跟随器是简单的。但根据目标特性和运算放大器(OP 放大器)的不同，即使在音频频域附近也会有特性劣化现象，有必要加以注意。

若阶数低，只需实现粗略的特性，则即使用源极跟随器和射极跟随器也能实现。

R，C：与所希望的特性有关，但若在 1KΩ～100KΩ，100PF～0.1μF 的范围设计则容易实现。

由于 RC 的精度会影响到特性，特别是在阶数高的场合，应当使用误差小的稳定可靠的元件。此外，C 选用聚苯乙烯电容那样的损耗小的电容器也是重要的。

本文中给出了能够用单位增益放大器实现的 Sallen—Key 电路，除此之外能够实现有源 RC 滤波器的方法还有很多种。关于其它回路形式和特性的设计，请参考有源滤波器的专门书籍。

▶参考文献

(1) Arthur B. Williams 著，加藤康雄監訳：電子フィルター回路設計ハンドブック，マグロウヒル，1985年

(2) M. S. Van Valkenburg 著，柳沢健監訳：アナログフィルタの設計，秋葉出版，1985年

(3)今田悟，深谷武彦：実用アナログフィルタ設計法，CQ出版社，1989

(4)柳沢健，金光磐：アクティブフィルタの設計，秋葉出版，1973

风压计算法

天线的强度

业余无线台的要素之一就是天线问题。尽量把高效益的天线架在高处，大概是作为一个业余无线台爱好者的所有愿望。但是，要达到高效益，势必使得天线大型化，并且要架设在高处，这必须要有高的柱子或铁塔之类的设施。

这些都肯定只能设置在露天空间，所以，要经受非常严酷的自然条件的考验。春天的阵风，秋天的台风等等。为了防止每年由强风引起的灾害，除了考虑天线的电气性能以外，还必须考虑天线的材料力学性能。

风就是空气的流动。由于空气也有重量，所以，如果风与什么东西相撞，会产生力。我们把这个力用速度压 q 来表示。

$q=120\sqrt[4]{h}$（在风速为 60m／秒的情况下）

q：速度压（kg/m^2）

h：离开地面的高度（m）

这个数字是在被认为日本的最大风速为 60m／秒的情况下进行计算的。电视塔等等都根据这一数据进行设计。在申请建设 15m 以上的塔建筑时，采用这一数据没有问题。但在内陆地，一般不会有超过 40m／秒的风。

由于速度压与风速的平方成正比，所以，$(40/60)^2=0.44\doteq0.5$

在市场上出售的天线中，有很多是以表 1 中数值的 1／2 作为耐风压来规定的。

风遇到物体时产生力，假如用 P 来表示风压力，则可以用下面的式子来表示：

$P=q\cdot c\cdot A_v$

这里，P：风压力（kg）

q：速度压（kg/m^2）

c：抗风面积，即使是同一面积，会由于结构、表面状态不同而发生变化。在 3 角铁塔中，将变为 2 倍。

A_v：外观面积，正对风的面的面积。如果是一根管子，则 A_v＝直径×长度

下面来看一下图 1 这种形状的 21MHz 天线受到的风压力的计算。

元件尺寸：直径 20mm，长 7.5m；

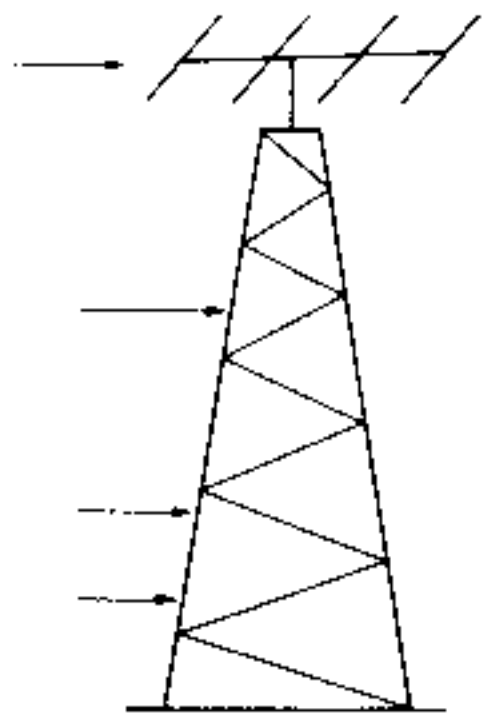
主杆尺寸：直径 50mm，长 8m；

离地高度 h：20m

风压力 $P=q\cdot c\cdot A_v$

表 1　建筑设计时使用的风压

离地高(m)	风压kg/m²
5	180
10	210
20	255
30	280
50	320
100	380



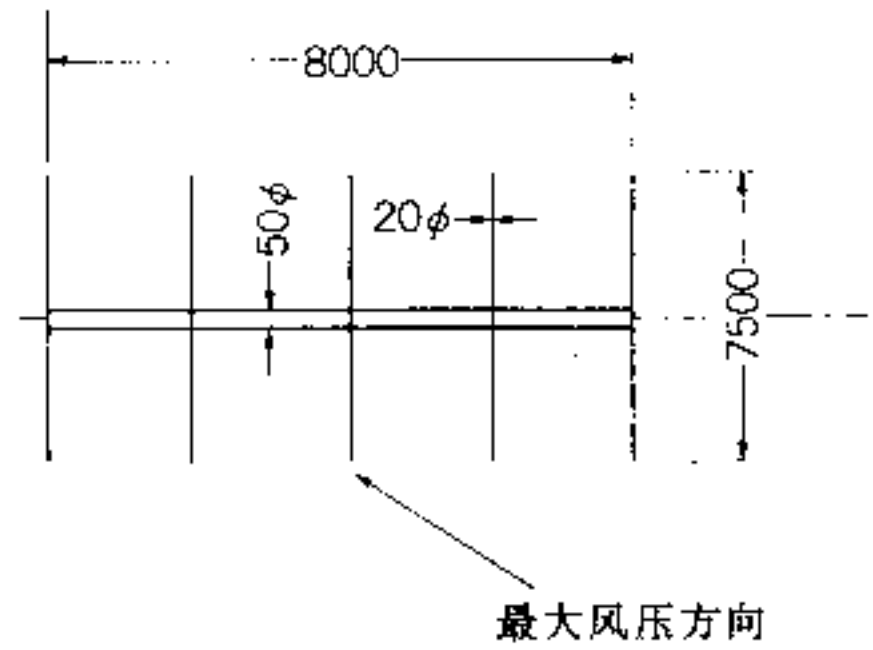


图 1　21MHz 水平 5 单元八木天线的风压计算

表 2

一般构造用炭素钢钢管

(选自 JISG34444－1977)

外径 (mm)	厚度 (mm)	重量 (kg/m)	参考 截面积 (cm^2)	截面二次矩 (cm^4)	截面系数 (cm^3)	截面二次半径(cm)
21.7	2.0	0.972	1.238	0.607	0.560	0.700
27.2	2.0	1.24	1.583	1.26	0.930	0.890
	2.3	1.41	1.799	1.41	1.03	0.880
34.0	2.3	1.80	2.291	2.89	1.70	1.12
42.7	2.3	2.29	2.919	5.97	2.80	1.43
	2.8	2.76	3.510	7.02	3.29	1.41
48.6	2.3	2.63	3.345	8.99	3.70	1.64
	2.8	3.16	4.029	10.6	4.36	1.62
	3.2	3.58	4.564	11.8	4.86	1.61
60.5	2.3	3.30	4.205	17.8	5.90	2.06
	3.2	4.52	5.760	23.7	7.84	2.03
	4.0	5.57	7.100	28.5	9.41	2.00
76.3	2.8	5.08	6.465	43.7	11.5	2.60
	3.2	5.77	7.349	49.2	12.9	2.59
	4.0	7.13	9.085	59.5	15.6	2.56
89.1	2.8	5.96	7.591	70.7	15.9	3.05
	3.2	6.78	8.636	79.8	17.9	3.04
	4.0	8.39	10.69	97.0	21.8	3.01
101.6	3.2	7.76	9.892	120	23.6	3.48
	4.0	9.63	12.26	146	28.8	3.45
	5.0	11.9	15.17	177	34.9	3.42
114.3	3.2	8.77	11.17	172	30.2	3.93
	3.6	9.83	12.52	192	33.6	3.92
	4.5	12.2	15.52	234	41.0	3.89
	5.6	15.0	19.12	283	49.6	3.85
139.8	3.6	12.1	15.40	357	51.1	4.82
	4.0	13.4	17.07	394	56.3	4.80
	4.5	15.0	19.13	438	62.7	4.79
	6.0	19.8	25.22	566	80.9	4.74
165.2	4.5	17.8	22.72	734	88.9	5.68
	5.0	19.8	25.16	808	97.8	5.67
	6.0	23.6	30.01	952	115	5.63
	7.0	27.3	34.79	109×10	132	5.60
190.7	4.5	20.7	26.32	114×10	120	6.59
	5.0	22.9	29.17	126×10	132	6.57
	6.0	27.3	34.82	149×10	156	6.53
	7.0	31.7	40.40	171×10	179	6.50
216.3	4.5	23.5	29.94	168×10	155	7.49
	6.0	31.1	39.61	219×10	203	7.44
	7.0	36.1	46.03	252×10	233	7.40
	8.0	41.1	52.35	284×10	263	7.37
267.4	6.0	38.7	49.27	421×10	315	9.24
	7.0	45.0	57.27	486×10	363	9.21
	8.0	51.2	65.19	549×10	411	9.18
	9.0	57.4	73.06	611×10	457	9.14

q: $120\sqrt[4]{h}$ (kg/m^2)

$\doteqdot 255$ (kg/m^2)

C: 圆棒的情况下为 1

Av: 元件外观面积 0.02×7.5×5＝0.75 (m^2). 主杆外观面积 0.05×8＝0.4 (m^2)

综合外观面积是稍微倾斜一点的风正吹的那个位置为最大，大约为 0.85m^2。

因为有 P＝255×1×0.85≒217 (kg) 的风压力作用在天线上，这个力通过柱子，传给塔、连线一直到地面或房顶等等，只要有一处无法承受这么大的力，天线就会倒塌。

详细的计算请参考专门书籍（或参考文献等），下面就受风力破坏最多的天线支柱部分进行计算。

天线支柱的强度计算

把一根长棒折成二段时，尽量抓住棒的二端用力弯比较容易。反过来考虑，就是说从中心开始向二端越远的地方，它能够支撑的力量就越小。就是说，与棒相垂直的方向上加上力 P. 乘以受力点到中心点之间的距离 l. 这个乘积超过一定值以后棒就会被折断。这个乘积我们叫弯矩 M 用 M＝P・l (kg・m) 来表示(参照图 2)。棒或者管，只要它的尺寸、材料确定了，它能承受的最大弯矩也就确定了。

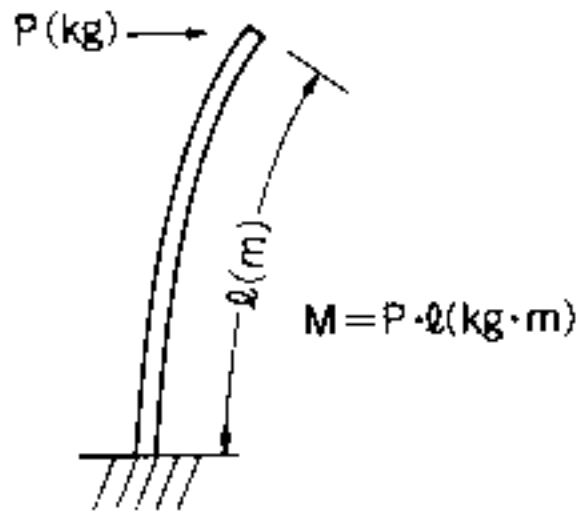


图 2　最大弯矩

为了计算弯矩，所用断面系数(Z)用一般结构炭素钢管(JIS. G3447)来表示。当加上弯矩 M 时，材料上产生的力(应力)为 f:

$$f=\frac{M}{Z}\ (\mathrm{kg/cm^2})$$

这个力的大小必须在材料的容许受力范围之内。一般市场上出售的商品中(容许受力)1600kg/cm²的商品很多。

前面举的图1的21MHz 的天线，如果把它安装在塔向上 2m 的位置，则可以计算出必须的管子的大小，

$$M=217\ (\mathrm{kg})\times 2\ (\mathrm{m})=434\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}$$
$$=43400\mathrm{k}\cdot\mathrm{cm}$$

从 $f=\frac{M}{Z}$ 可得到 $Z=\frac{M}{f}=\frac{43400}{1600}=27.125$

从表 2 可以看出，与此相近的 Z 的管子大小是直径 101.6mm，壁厚 4mm。另外，经常使用的直径 48.6mm，壁厚 2.3mm 的管子，断面系数 $Z=3.7\mathrm{cm}^3$，所以

$$M=3.7\times 1600=5920\ (\mathrm{kg}\cdot\mathrm{cm})$$

$$l=5920\div 217\doteqdot 27\ (\mathrm{cm})$$

只要把天线安装在比这个位置低的位置就没有问题了。

另外，所谓圣诞节枞树形的天线，弯矩异常大，所以必须十分注意。而且，断面系数 Z 与直径的 3 次方成正比，所以，与增加壁厚相比，应该使用直径更粗的材料。

铁塔、电线杆的情况下，可以采用同样的方法进行计算。

▶参考文献

(1)日本建築学会：鋼構造設計基準，第 2 版日本建築学会，1983

(2)日本建築学会：塔状鋼構造設計指針・同解説，第 1 版，日本建築学会，1981

(3)日本建築学会：建築基礎構造設計基準・同解説，第 1 版，1982

(4)内本場　恒，JA1FVF：アンテナ・タワーの強度について，CQ ham radio，8 月号，p.244，1980

网格定位

何为网格定位?

网格定位(Grid Locator)，就是把地球用纬度、经度线分割成网格状，用 A、B 等字母及数字来表示，最大可用 6 位来表示的定位方法。

譬如，东经 139 度 33 分 40 秒，北纬 35 度 41 分 30 秒的定位，可以用“PM95SQ”这样来表示。

以前我们都熟悉用郊外、地区等等这样的方法来划分，与此不同，现在采用在同样的条件下均等地划分地球，这样可以比较正确地表示每个地方的位置，同时也可用于进行距离的计算，这是一个合理的新的系统。正式的叫法应该是网格地理定位（Grid Square Locator）或 Maidenhead*（地名）Locator.

现在在演讲会、DX 远征、奖状等场合下经常采用前面的四位来表示（譬如 PM95 等）。

*梅登黑德，伦敦郊区的街名，在这里举行了这个会议。

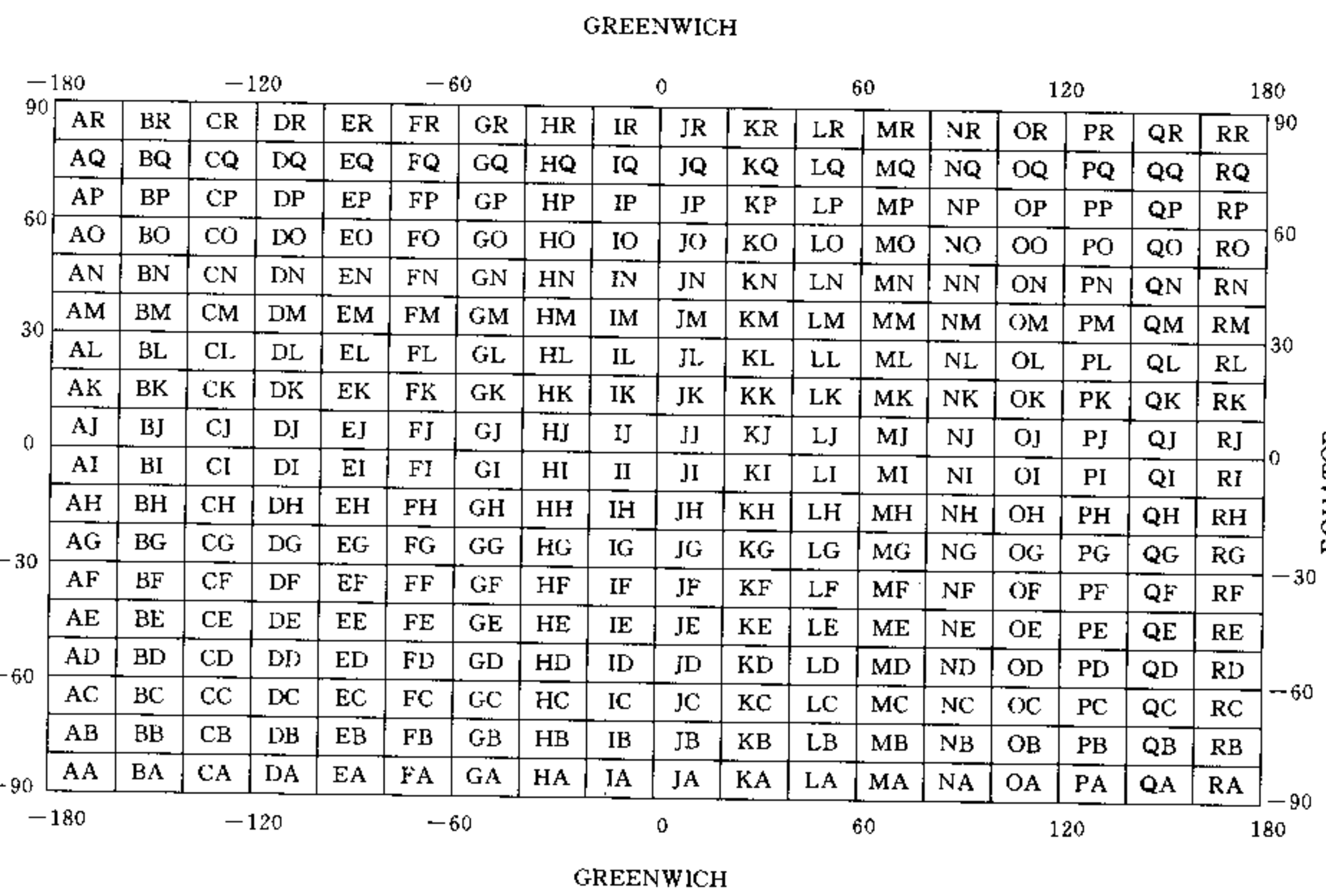


图 1　网格定位(Field)

分割方法以及表示法

下面来具体地说明分割方法以及表示方法。

第1段，把地球上西经180度、南纬90度的地方作为出发点，向东20度、向北10，这样逐步进行分割，由此，地球可被划分为18×18＝324个区域。这个我们把它叫做区域(Field)。每个区域可以象图1中表示的那样用AA～RR来表示。从图可以看到日本进入了PL、PM、PN、QL、QM、QN这六个区域。

第2段，把前面第一阶段分割的区域(Field)进一步进行细分，分割方法是每次向东2度，向北1度，这样可分成10×10＝100个区间，我们把它称作区间(Square)。如图2所示，每个区间可以用00～99的数字来表示。这二位数字在各个区域(Field)都是一样的。

一个区间(Square)的大小大约是横193km，纵111km(北纬30度附近)的长方形。由第1、第2两个阶段，地球可分割成324×100＝32400块来表示。

现在在演讲会等场合使用的四位的网格定位，就是讲到现在的这样分割法。就日本的情况而言，如图3所示，可以用4位来表示的陆地区间大概是80个。

如果要通过网格定位的方法进行距离计算或确定正确的方位，必须进行更进一步的细分，这就是每三段。

把一个区间(Square)每次向东5分，向北2分30秒进行分割，这样可得到24×24＝576个区段(SubSquare)，每个区间(Square)中都可用AA～XX来表示区段(SubSquare)。一个区段(SubSquare)的大小大约是横7.5km，纵4.6km(北纬30度附近)。

用6位来表示，按理说地球可以分割成324×100×576＝18662400个网格，每个小网格都可以用不同的记号来表示，这就是网格定位系统。

至此，我们在前面表示网格大小的时候都加了“北纬30度附近”这样的说明，这是因为地球的直径在赤道上是最大的，越靠近南极或北极，经度的宽度就越小。

如果拿日本附近作为例子，处在北纬30度的鹿儿岛县南部的“PM50”区间，大小是横193km×纵111km，而处在北纬40度的青森县南部“QNOO”区，大小则是横170km×纵

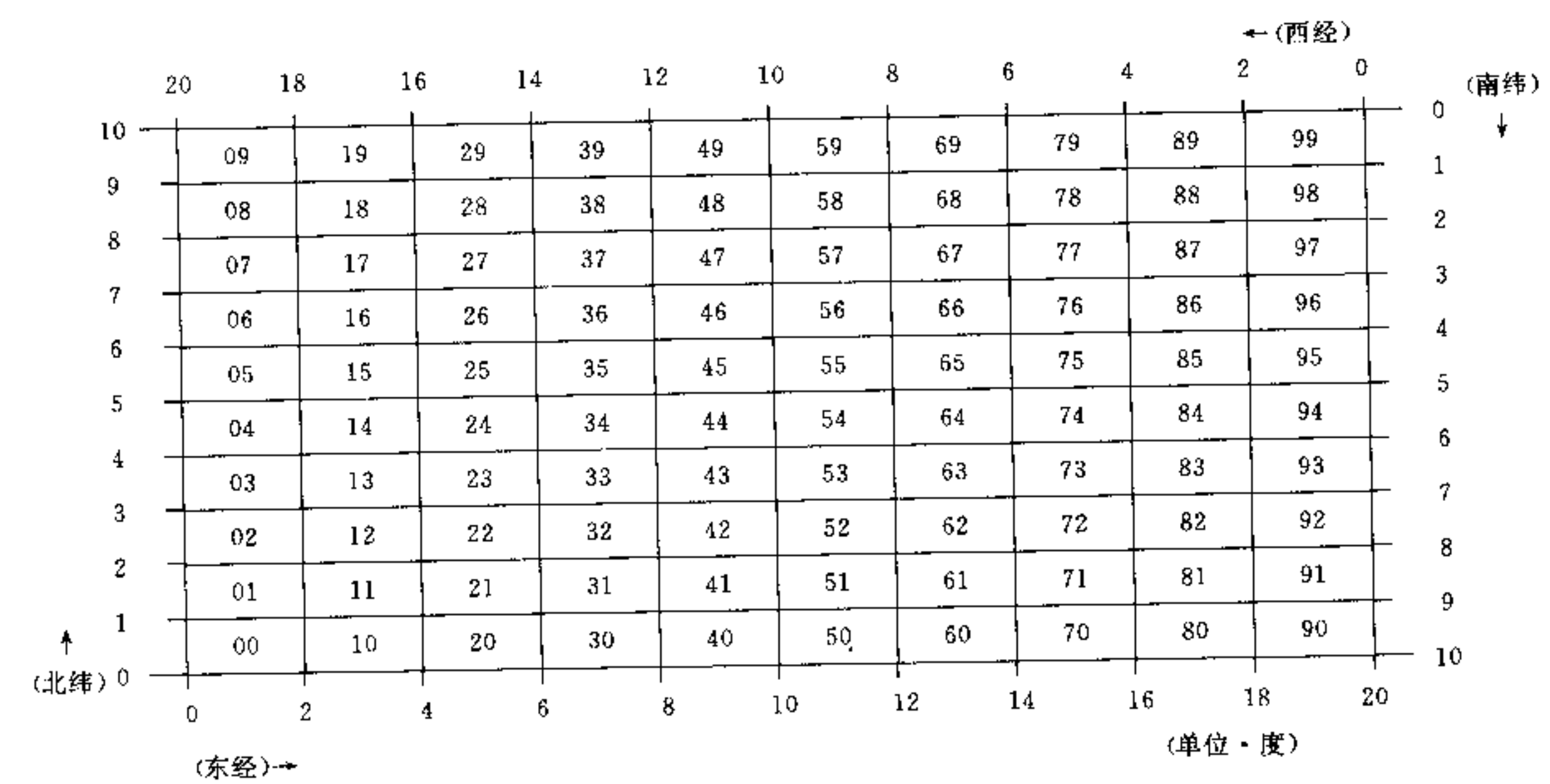


图2 网格定位(Square)

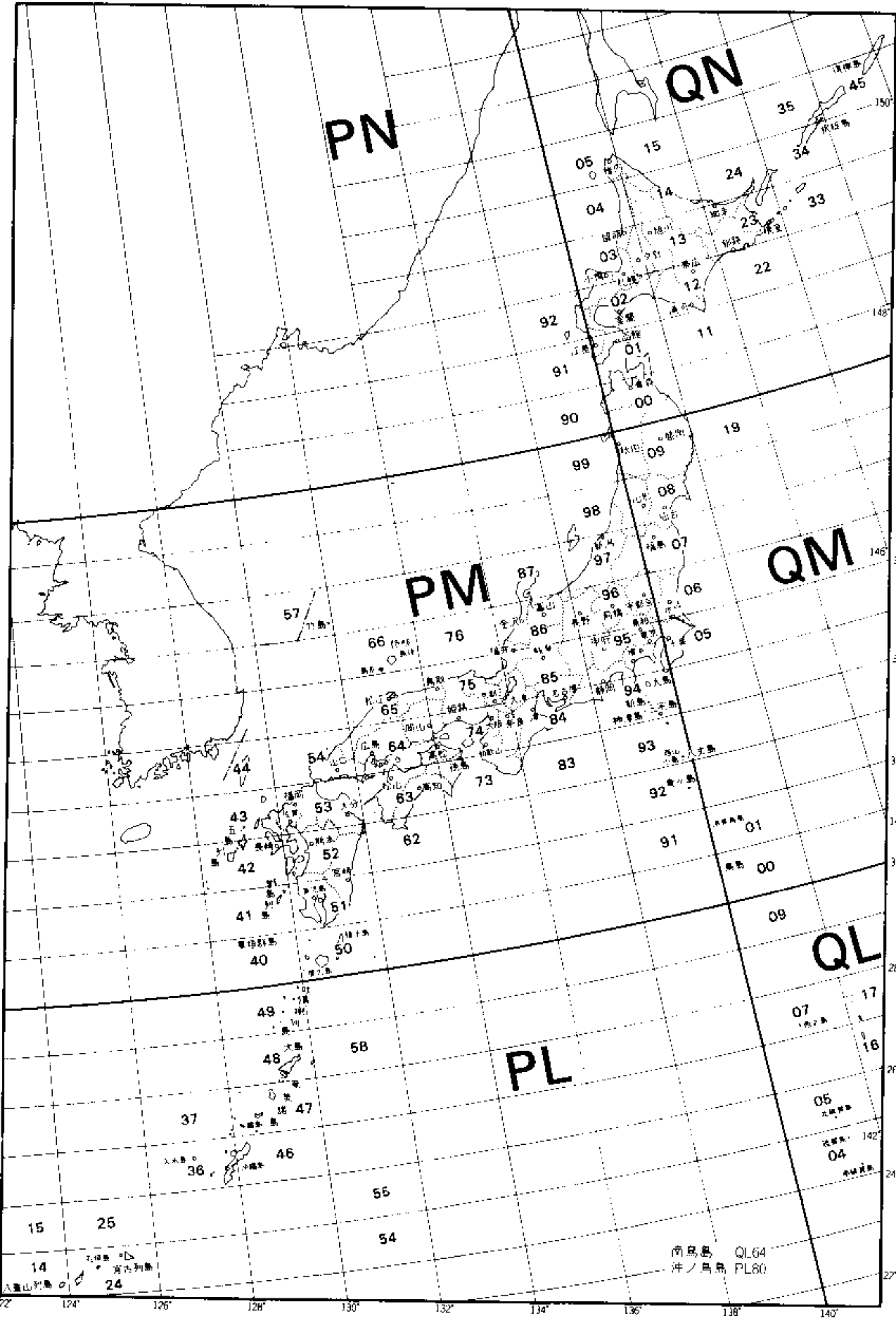


图 3　日本的网格定位图

111km，所以必须事先进行修正。

如果要用六位表示纬度，经度至单位分，必须要有地图。但有五万分之一的地图就可非常正确地满足要求了。假如要求获得秒单位级的、几乎没有误差的纬度和经度值，那么，国土地理院发行的一万分之一的地形图是最合适的了。

下面再次把网格定位的六位表示法的组成整理如下：

- 第 1 位记号＝区域（Field）的横轴（经度）
- 第 2 位记号＝区域（Field）的纵轴（纬度）
- 第 3 位数字＝区间（Square）的横轴（经度）
- 第 4 位数字＝区间（Square）的纵轴（纬度）
- 第 5 位记号＝区段（Sub Square）的横轴（经度）
- 第 6 位记号＝区段（Sub Square）的纵轴（纬度）

网格定位表示法

这里举一个具体的例子，即东经 139 度 33 分 40 秒，北纬 35 度 41 分 30 秒，来看一下网格定位如何表示。从图 1 可以看到，经度 139 度在 120 度和 140 度之间，所以应是 P。同样，纬度是 M。这二者组合在一起就是东经 139 度，北纬 35 度这一区域（Field），叫“PM”区域。

下面来看一下第 3、第 4 位数字（表示区间）的求法。在图 2 中，120 度对应于 0，所以在 18 度和 20 度之间应是 9。同样，纬度 35 度 41 分应是 5，所以与前面的“PM”区域合起来，就成为“PM95”。

最后看一下 5、6 位的表示法。表 1 是表示区段（Sub Square）的对照表。首先把 139 度 33 分 40 秒（139°33′40″）填入表中，这时，第 5 位记号是横轴，从表中看到，139°33′应是 S。假如是 138°33′，则应是 G。

第 6 位是纵轴（纬度），幅宽正好是 1°（见表），所以只要分、秒直接对照即可。例如：

表 1　区段（Sub Square）·5、6 位对照表

（注）（）内的纬度、经度数值可以根据所求位置改变使用，例如 PM95

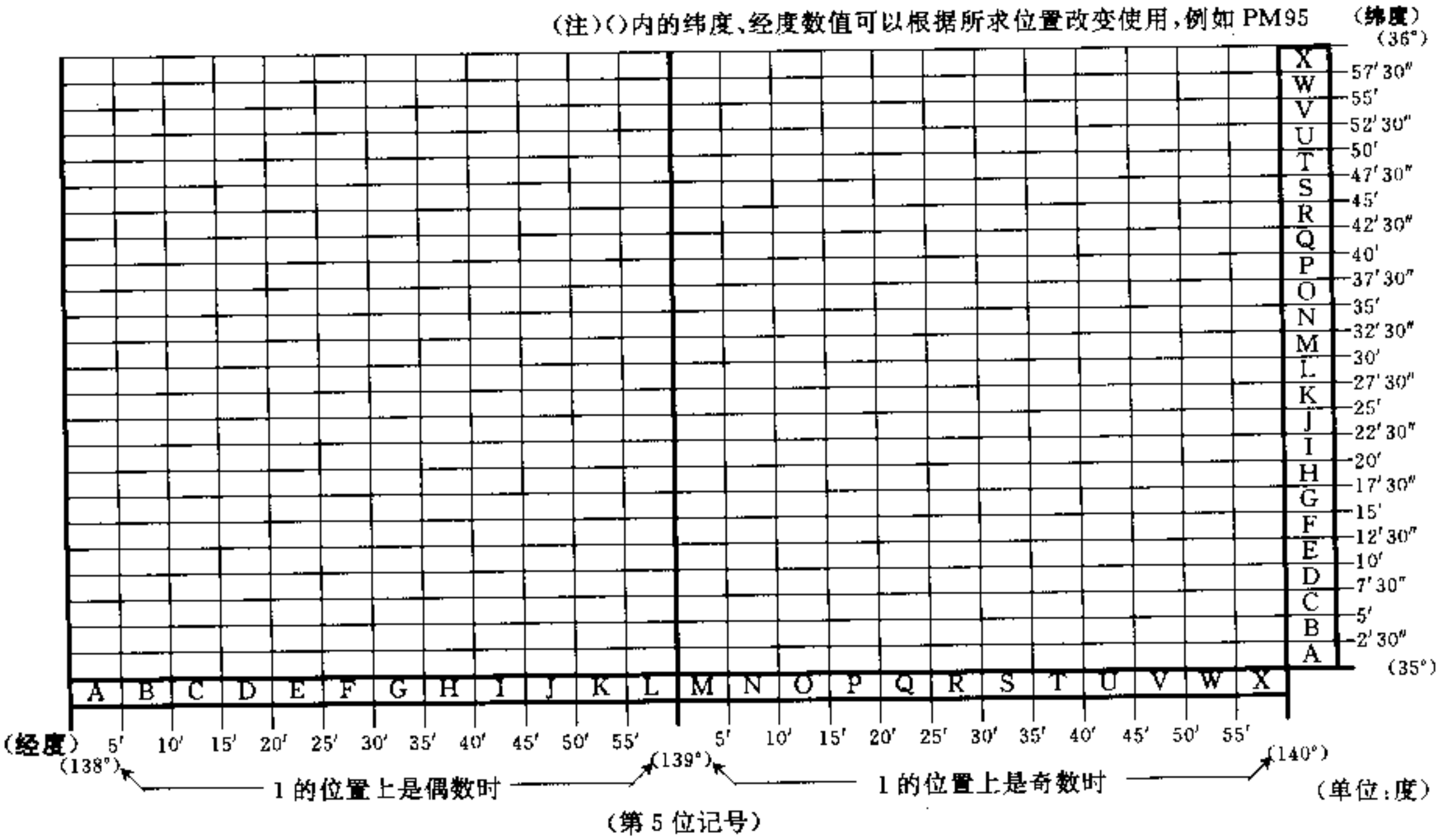
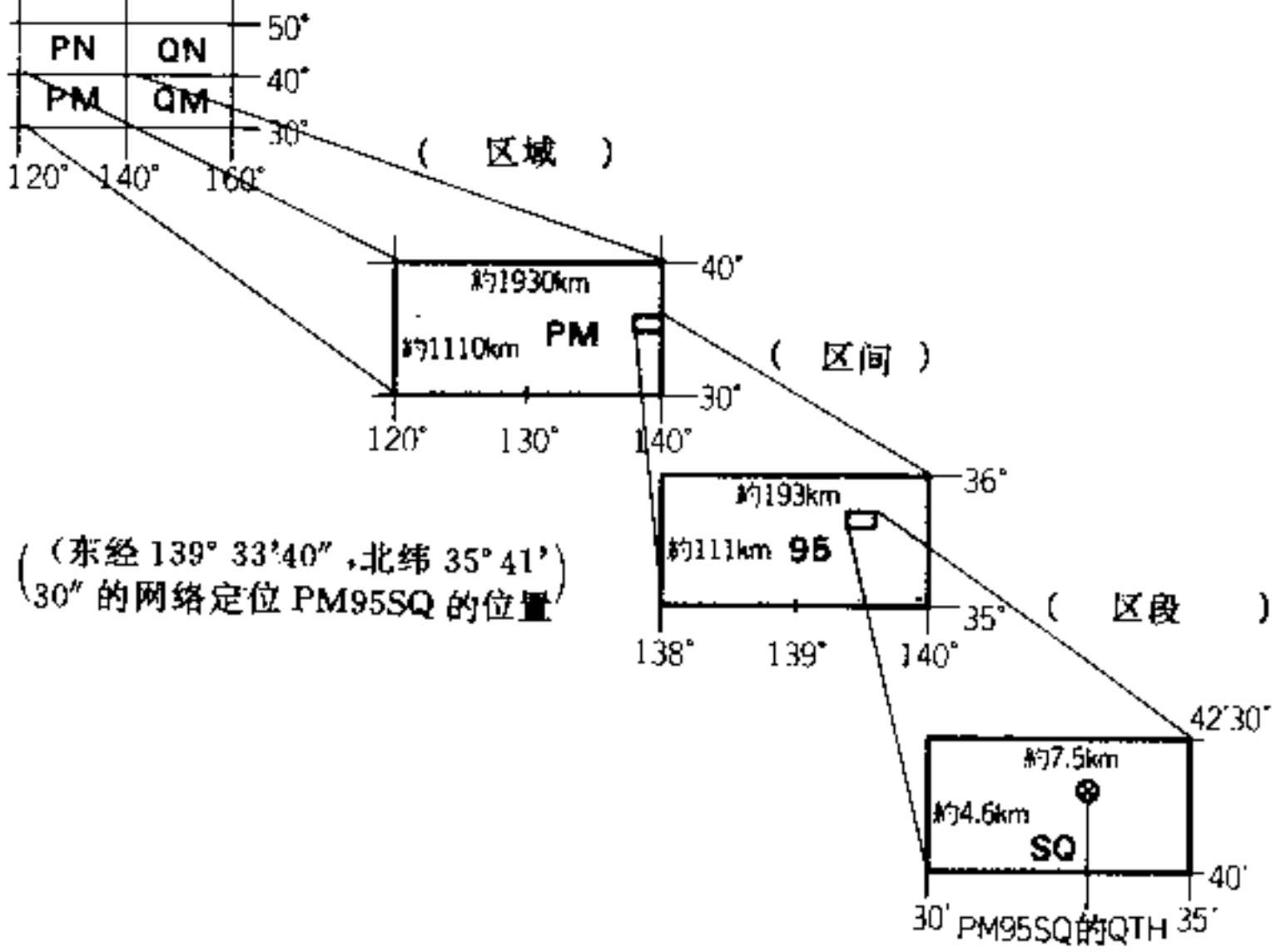


图 4　网格定位概念图



41′30″，从表 1 可以看到，它处于 40′ 与 42′30″之间，应是 Q。

从以上表示法可以看到，东经 139 度 33 分 40 秒，北纬 35 度 41 分 30 秒的 QTH，运用网格定位表示法应是“PM95SQ”。至今讨论的网格定位 6 位表示法的概念如图 4 所示。

定位的优点

至今这里说明的区段（Sub Square）对照表，方便起见，用了东经 139°～140℃，北纬 35°～36°，实际上要求的位置如果与此不同的话，只要把度数换掉即可使用。至此是把日本附近作为重点加以说明了。如果要求西经或者南纬的网格定位，则必须注意第 3 位以后，表的数值的左右、上下的相对意义与东经或北纬正好相反。

在移动运用的时候，如果目的地在地图上很清楚，那么只要在它周围预先用网格定位分割，运用时就很方便。

由计算求网格定位的方法

［例］东经 145 度 35 分 12 秒，北纬 43 度 19 分 42 秒的场合。

ⓐ $\dfrac{(145 + 35 \div 60 + 12 \div 3600) + 180}{20}$

$\fallingdotseq 16.279333$ …… ①

ⓑ $\dfrac{(43 + 19 \div 60 + 42 \div 3600) + 90}{10}$

$\fallingdotseq 13.332833$ …… ②

ⓒ 第 1 位记号——①的整数部分是 0，则是 A，是 1 则是 B. ……以此类推——［Q］

第 2 位记号——②的整数部分是 0，则是 A. 是 1 则是 B. ……以此类推——［N］

第 3 位记号——①的小数点后第 1 位数就是第 3 位记号，——［2］

第 4 位记号——②的小数点后第 1 位数就是第 4 位记号，——［3］

第 5 位记号——①的小数点后第 2 位数字乘以 2.4，取它的整数部分，和第 1 位记号的取法一样，0 则是 A、1 则是 B. ……以此类推——［T］

第 6 位记号——把②和第 5 位记号一样操作，换成 A、B、C、…… ——［H］

```
10 '*****************************************************
20 '*                                                   *
30 '*              MAIDENHEAD LOCATOR "GRID LOCATOR"    *
40 '*  THIS BASIC PROGRAM CONVERTS LONG./LAT INTO LOCATOR *
50 '*                 copyright Apr,1987  by JA1RJU     *
60 '*****************************************************
70 PRINT CHR$(12)
80 INPUT "ｺｰﾙｻｲﾝ ｦ ｲﾝﾌﾟｯﾄ ｼﾃｸﾀﾞｻｲ";N$
90 PRINT
100 PRINT "ｲﾄﾞ ﾄ ｹｲﾄﾞ ｦ ﾄﾞ, ﾌﾝ, ﾋﾞｮｳ ﾉ ｼﾞｭﾝ ﾆ ｲﾝﾌﾟｯﾄ ｼﾃｸﾀﾞｻｲ"
110 PRINT
120 INPUT "ｲﾄﾞ ﾉ ｲﾝﾌﾟｯﾄ ｦ ﾄﾞｳｿﾞ ! :";LA,LB,LC
130 PRINT
140 INPUT "ｹｲﾄﾞ ﾉ ｲﾝﾌﾟｯﾄ ｦ ﾄﾞｳｿﾞ ! :";GA,GB,GC
150 PRINT
160 LD#=LA+SGN(LA)*LB/60+SGN(LA)*LC/3600:LD=LD#
170 LD#=(LD#+90.000001#)/10
180 GD#=GA+SGN(GA)*GB/60+SGN(GA)*GC/3600:GD=GD#
190 GD#=(GD#+180.000001#)/20
200 A1=INT(GD#) : GD#=(GD#-A1)*10
210 A2=INT(LD#) : LD#=(LD#-A2)*10
220 A3=INT(GD#)
230 A4=INT(LD#)
240 A$=CHR$(A1+65)+CHR$(A2+65)+CHR$(A3+48)+CHR$(A4+48)
250 A$=A$+CHR$(INT((GD#-A3)*24)+65)+CHR$(INT((LD#-A4)*24)+65)
260 PRINT TAB(20) N$;" ﾉ ｸﾞﾘｯﾄﾞ・ﾛｹｰﾀｰ =  ";A$
270 PRINT TAB(45)"--------"
280 INPUT"ﾂﾂﾞｹﾏｽｶ ?  Y/N ";E$
290 IF E$="N" OR E$="n" THEN 300 ELSE 70
300 END
```

图 5　求网格定位的程序

如果要简单地说说网格定位的好处，可以举个例子。日本业余无线联盟(JARL)所在的东京都丰岛区・巢鸭车站附近是“PM95UR”，即使正确的纬度和经度都不清楚，但只要说各国通用的网格定位是“PM95UR”，那么，不管是谁都清楚 JARL 在东经 139 度 40 分至 139 度 45 分，北纬 35 度 42 分 30 秒至 35 度 45 分的大约 7.5km×4.6km 的网格区域内。

像这个例子，即使是不知道巢鸭及三鹰市的海外爱好者，只要告诉对方这里是“PM95OR”及“PM95SQ”，那么就可以让对方知道误差在 10km 以内的正确的位置。像这样方便的网格定位，很多无线电台都很理解。实际上被记录在 QSL 卡片上就更有意义了。

利用家用电脑求网格定位

图 5 是用家用电脑求网格定位的一个程序(NECN88 BASIC)。总共才只有简单的 30 行左右，只要打入呼号和纬度、经度，瞬间就可求得网格定位。另外，如果要用南纬和西经的值来表示，只需加上“－“(负)号即可。

这个程序用 N88 BASIC 写成，由 RS—232 与 TNC 相连，目的是互相之间可进行交流。

程序的组成是这样的，行 200—300 句进行初期化以后，行 400～550 主程序段是“当”语句（WHILE 词句），然后循环直至 QUIT $ 变成 Q。

如果按下 PF4，则 QUIT $ 变成 Q，程序就在行 555～560 终了处理后结束。如果按下 PF1～PF10 及 HELP 键，各种功能（在目录一览表中）就分别插入执行。

把由键盘一个一个输入的字符送入 TNC，如果是 ECHO 模型，则在 CRT 中边有显示。如果由 TNC (RS—232) 输入文字，则能一部分一部分输入，在 CRT 中表示。另外，在画面右上方，一直显示现时刻。

这个程序的功能，由功能键控制，各个功能表示如下：

PF1: TNC 命令方式

PF2: 磁盘文件发送

PF3: 磁盘文件接收

PF4: 程序终了

PF5: 磁盘文件发送／接收中断

PF6: 打印机 on／off 动作

PF7: 变换对话方式

PF8: 连接

PF9: 断线

PF10: 向 TNC 中传送 BTEXT 文。

另外，应该传送的 BTEXT 内容，只要把行 9610 的“btext This is.....”的文字列改变成喜欢的即可。

本程序中，画面 3—20 行是用于通信显示的，上面是日期和时间，下部是各种状态显示（“正常”、“磁盘文件发送”、“磁盘文件接收准备好”、“磁盘文件接收中”、“打印机工作中”）以及显示磁盘文件名。

在磁盘文件传送中，开头和结尾［EOF (End of File) 这样的文字］会自动显示出来。

磁盘接受文件时，首先要按下 PF3，这时会问要存的信息（数据）的文件名（如果不取新的文件名，前面原来存的信息会被冲掉），要给文件起名。然后会显示“准备好”字样。如果在文件送到之前再按一次 PF3 键，那么以后收到的信息会存入这个文件名下的软盘中。

在接受文件时，如果“EOF”这样的字样出现在一行的前面，那么软盘接受信息会自动终了。在不出现“EOF”的情况下，要按下 PFS 键，用动作来强行终了。但是，这时如果软盘在接受信息之中，正在实行 INPUT 语的场合，仅仅按下 PFS 键不会使动作发生变化，如果没有新的一行出来，不会回复到正常状态。

```
10' * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
20' *
30' *   PC—9800 PACKET 通信终端程序
40' *
50' *     注意与 TNC 间速度应定在 600 波特以下
60' *
70' *
80' *     (C) JA1BLV ·关根庆太郎
90' *                    AUG 1985
100' * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
105'
110'  主要变量(标志)一览
115' *   COM. INT 通信线路允许输入标志   ON(1),OFF(0)
120'     ECHO TNC 回显 ON(0),OFF(1)
125'     RS232C 通信线 XON XON(0),XOFF(-1)
130'     SSTOP 文件传送 ON/OFF GO(0),STOP(-1)
135'     OUIT $ 程序结束标志"Q"END
140'     PRT $ 打印机—ON/OFF ON("P"),OFF ("N")
145'
150'   TNC 控制码:
160'   CHR $ (17)=XON CHR $ (19)=XOFF CHR $ (3)=COMMAND MODE
170'     CHR $ (&H7F)=DELETE
180'
200'
210'初始化子程序
215'
220 CLS:CONSOLE 2,19,1,1
230 KEY 1,"Cmd:":KEY 2,"F-snd":KEY 3,"F-rcv":KEY 4,"Quit":KEY 6,"Prn-
tr"
240 KEY 5,"Stop":KEY 7,"CONV":KEY 8,"Cnnct":KEY 9,"D/C":KEY
10,"BText"
250 ON KEY GOSUB * CMMD, * SEND, * RECEIVE, * QUIT, * ABORT, *
PRT. ON, * NON, * CONNE, * DISCON, * BT
255 LOCATE 25,0:PRINT"AX. 25 パケット通信";
260 FOR I=1 TO 10:KEY (I) ON : NEXT I
270 LOCATE 0,22:PRINT SPC (70);:LOCATE 0,22:PRINT"==>NORMAL
MODE";
280 LOCATE 0,23:PRINT"=>PRINTER OFF";:PRT $ ="N"
290 LOCATE 0,2
300 OPEN "COM:E71XS"AS #1
310 ON COM GOSUB * TNC. LINE :COM ON :ON HELP GOSUB * ECHOX:
GOSUB * ECHO. INZ:HELP ON
320 RS232C=0:F. IN $ ="N"
325 GOSUB * TIME. DISP
330'
340'
350'
360'主程序
370'
400 * MAIN
490 WHILE QUIT $ <>"Q"
500 K $ =INKEY $
507 IF COM. INT =1 THEN COM. INT=0:COM ON
510 IF K $ <>""THEN PRINT #1,K $ ;
515 IF RIGHT $ (TIME $ ,2)="00"THEN GOSUB * TIME. DISP'12000
520 IF (ECHO<>0) AND (K $ =CHR $ (&H7F)) THEN PRINT CHR $ (8);"";
CHR $ (8);:GOTO550
530 IF (ECHO<>0) AND (K $ =CHR $ (13)) THEN PRINT:GOTO 550
540 IF ECHO<>0 THEN PRINT K $ ;
550 WEND
555 COM OFF : CONSOLE 0,24,,0
560 END
570'
574'
578'
580' TNC 线路处理
590'
600 * TNC. LINE
605 IF LOC(1)=0 THEN RETURN
610 T1 $ =INPUT $ (LOC(1),#1)
650 IF T1 $ =CHR $ (17) THEN RS232C=0
660 IF T1 $ =CHR $ (19) THEN RS232C=-1
680 PRINT T1 $ ;
690 IF RPT $ ="P"THEN LPRINT T1 $ ;
710 RETURN
960'
970'
```

```
980' PF1 命令处理
990'
1000 * CMMD
1010 PRINT #1,CHR$(3);
1020 RETURN
1960'
1970'
1980' PF2 文件发送处理
1990'
2000 * SEND
2005'
2010 COM STOP:CX=POS(0):CY=CSRLIN
2020 LOCATE 0,22:PRINT SPC(70);
2030 COLOR 4,,,:LOCATE 0,22:PRINT "File send mode  =>FILE NAME";
2040 INPUT FILENAME$
2050 COLOR 7,,,:LOCATE CX,CY:COM ON
2060 IF SSTOP=0 THEN OPEN FILENAME$ FOR INPUT AS#2 ELSE GOTO
2150
2062 COM STOP:CX=POS(0):CY=CSRLIN
2063 LOCATE 0,22:PRINT SPC(16);
2065 COLOR 7,,,:LOCATE 0,22:PRINT"正在发送文件";
2068 LOCATE CX,CY:COM ON
2069'
2070 WHILE (SSTOP<>-1) AND (NOT EOF(2))
2075 IF RS232C=-1 THEN GOTO 2075
2080 LINE INPUT #2,F$:F$=F$+CHR$(13)
2090 FL=LEN (F$)
2100 FOR I=1 TO FL
2105 F.CHR$=MID$(F$,I,1)
2115 IF RS232C=0 THEN PRINT #1,F.CHR$;ELSE GOTO 2115
2116 IF (ECHO<>0)AND (F.CHR$=CHR$(13)) THEN PRINT : GOTO
2120
2117 IF ECHO<>0 THEN PRINT F.CHR$;
2120 NEXT I
2125 FOR IT=1 TO 4000:NEXT IT
2130 WEND
2135'
2140 CLOSE#2
2150 SSTOP=0:COM STOP: CX=POS(0):CY=CSRLIN
2160 LOCATE 0,22:PRINT SPC(70);
2170 LOCATE 0,22:PRINT"==>NORMAL MODE";
2175 LOCATE CX,CY:COM ON
2180 PRINT #1,CHR$(13);"EOF";CHR$(13);
2190 IF ECHO<>0 THEN PRINT:PRINT"EOF"
2200 RETURN
2950'
2960'
2970'
2980'PF3 文件接收处理
2985'
2990'
3000 * RECEIVE
3005'
3010 IF F.IN$="GO"THEN GOSUB 3200 ELSE GOSUB 3100
3020 RETURN
3100'
3105'设定文件名
3110 PRINT #1,CHR$(19);:CX=POS(0):CY=CSRLIN
3120 LOCATE 0,22:PRINT SPC(70);
3130 COLOR 2,,,:LOCATE 0,22:PRINT "File receive mode =>FILE NAME";
3140 INPUT FILENAME$
3145 COLOR 7,,,:LOCATE CX,CY
3150 OPEN FILENAME$FOR OUTPUT AS#2
3152 COM STOP:CX=POS(0):CY=CSRLIN
3153 LOCATE 0,22:PRINT SPC(18);
3155 COLOR 6,,,:LOCATE 0,22:PRINT "准备好..<f3>"
3158 COLOR 7,,,:LOCATE CX,CY:COM ON
3160 F.IN$="GO":PRINT #1,CHR$(17);
3170 RETURN
3200'
3203'文件接收生成
3205'INPUT AND WRITE FILE
3210 IF SSTOP=-1 THEN SSTOP=0:GOTO 3410 ELSE SSTOP=0:COM OFF
TT$="":COM.INT=0
3212 CX=POS(0):CY=CSRLIN
3213 LOCATE 0,22:PRINT SPC(18);
3215 COLOR 6,,,:LOCATE 0,22:PRINT "正在生成文件";
3218 COLOR 7,,,:LOCATE CX,CY
```

```
3220'WHILE
3240 LINE INPUT #1,TT$:IF LEFT$(TT$,3)="EOF"THEN GOTO 3310
3245 IF(LEN(TT$)>10)AND LEFT$(TT$,3)="* * *"THEN GOTO 3270
3250 PRINT #2,TT$
3260 IF PRT$="P"THEN LPRINT TT$
3270 PRINT TT$
3280 IF SSTOP=0 THEN 3240
3290' WHILE END
3310 CLOSE #2:SSTOP=0
3400 F.IN$="N":CLOSE #1
3405 ON COM GOSUB600:OPEN"COM:F71XS"AS #1
3406 COM.INT=1:PRINT #1,CHR$(13);CHR$(10);
3410 CX=POS(0):CY=CSRLIN
3420 LOCATE 0,22:PRINT SPC(70);
3430 LOCATE 0,22:PRINT"==>NORMAL MODE";
3440 LOCATE CX,CY
3480 RETURN
3950 '
3960 '
3970' PF4 程序结束处理
3980'
4000 *QUIT
4010 QUIT$="Q"
4020 RETURN
4960'
4970'
4980'PF5ファイル送信/受信の終了のたあの割り込み処理
4990'
5000 *ABORT
5010 SSTOP=-1:PRINT #1,CHR$(13);CHR$(10)
5020 RETURN
5960'
5970'
5980'PF6 打印机 ON/OFF 处理
5985'
5990'
6000 *PRT.ON
6010 IFPRT$="P" THEN GOSUB 6100 ELSE GOSUB 6200
6020 RETURN
6100'
6105'PRINTER OFF ROUTINE
6106'
6110 CX=POS(0):CY=CSRLIN:COM STOP
6120 LOCATE 0,23:PRINT SPC(20);
6130 LOCATE 0,23:PRINT"=>PRINTER OFF";:KEY6,"Prntr"
6140 LOCATE CX,CY:COM ON
6150 PRT$="N"
6160 RETURN
6200'
6205'PRINTER ON ROUTINE
6206'
6210 CX=POS(0):CY=CSRLIN:COM STOP
6220 LOCATE 0,23:PRINT SPC(15);
6230 COLOR 6,,,: LOCATE 0, 23: PRINT" => PRINTER ON!";: KEY 6,"
PRToff"
6240 LOCATECX,CY:COM ON
6250 COLOR7,,,:PRT$="P"
6260 RETURN
6960'
6970'
6980'PF7 CONVERS 命令发送处理
6990'
7000 *NON
7010 PRINT #1,"CONVERS";:IF ECHO<>0THEN PRINT"CONVERS"
7012 FOR I1=1 TO 2000:NEXT I1
7015 PRINT #1,CHR$(13);
7020 RETURN
7960'
7970'
7980'PF8 CONNECT 命令发送处理
7990'
8000 *CONNE
8010 PRINT #1,CHR$(3);
8020 PRINT #1,"CONNECT";:IF ECHO<>0 THEN PRINT"CONNECT";
8030 RETURN
8960'
8970'
```

```
8980' PF9DISCONNECT 命令发送处理
8990'
9000 *DISCON
9010 PRINT#1,CHR$(3);
9015 FORI1=1 TO 1000:NEXT I1
9020 PRINT#1,"DISCONNE";
9030 FOR I1=1 TO 2000:NEXT I1
9032 PRINT#1,CHR$(13);:IF ECHO<>0 THEN PRINT "DISCONNE"
9040 RETURN
9560'
9570'
9580' PF10 BTEXT 命令发送处理
9590'
9600 *BT
9610 BTEXT$="btext This is JA1BLV,Sekine... in Nishiwaseda,Shinjuku"+
CHR$(13)
9620 BL=LEN(BTEXT$)
9630 FOR IB=1 TO BL
9640 IF RS232C=-1 THEN GOTO 9640
9650 PRINT#1,MID$(BTEXT$,IB,1);
9660 NEXT IB
9680 IF ECHO<>0 THEN PRINT BTEXT$
9690 RETURN
9960'
9970'
9980' <HELP>TNC 回显—ON/OFF 处理
9985'
9990'
1000 *ECHOX
10010 IF ECHO=0 THEN GOSUB 10100 ELSE GOSUB 10400
10020 RETURN
10080'
10090' ECHO ON->ECHO OFF(VAR ECHO:=1)
10100 PRINT#1,CHR$(3);
10110 FOR I1=1 TO 1000:NEXT I1
10120 PRINT#1,"ECHO OFF";
10130 FOR I1=1 TO 2000:NEXT I1
10140 PRINT#1,CHR$(13);
10170 ECHO=1
10180 CY=CSRLIN:CX=POS(0)
10190 LOCATE 50,1:PRINT SPC(29);
10220 LOCATECX,CY
10230 RETURN
10360'
10370' ECHO OFF->ECHO ON (VAR ECHO:=0)
10400 PRINT#1,CHR$(3);
10410 FOR I1=1 TO 1000:NEXT I1
10420 PRINT#1,"ECHO ON";
10430 FOR I1=1 TO 2000:NEXT I1
10440 PRINT#1,CHR$(13);
10450' FOR I1=1 TO 2000:NEXT I1
10460 PRINT"ECHO ON"
10465'
10470 *ECHO.INZ:ECHO=0
10475' (程序启动时,为设定屏幕由此开始执行一次)
10477'
10478'
10480 CY=CSRLIN:CX=POS(0)
10490 LOCATE 50,1:PRINT SPC(29);
10500 COLOR3,,,:LOCATE50,1:PRINT"PSE<HELP>TO echo-off mode";
10510 COLOR7,,,
10520 LOCATE CX,CY
10530 RETURN
11960'
11970'
11980' 屏幕右上日期时刻显示子程序
11990'
12000 *TIME.DISP
12020 CY=CSRLIN:CX=POS(0):COM OFF
12030 LOCATE65,0:PRINT RIGHT$(DATE$,5);
12040 LOCATE74,0:PRINT LEFT$(TIME$,5);
12050 LOCATE CX,CY:COM ON
12060 RETURN
```

英文字母解释莫尔斯符号

英文字母解释表

字母	解释法	发音 拉丁文 A、B、C、D…的英语式表示 （用国际音标表示）
A	ALFA	AL FAH (ælfə)
B	BRAVO	BRAH VOH ('bra:'vou)
C	CHARLIE	CHAR LEE ('tʃa:li)
		SHAR LEE ('ʃa:li)
D	DELTA	DELL TAH ('deltə)
E	ECHO	ECK OH ('ekou)
F	FOXTROT	FOKS TROT ('fɔkstrɔt)
G	GOLF	GOLF (gɔlf)
H	HOTEL	HOH TELL (hou'tel)
I	INDIA	IN DEE AH ('indiə)
J	JULIETT	JEW LEE ETT ('dʒu:ljet)
K	KILO	KEY LOH ('ki:lou)
L	LIMA	LEE MAH ('li:mə)
M	MIKE	MIKE (maik)

字母	解释法	发音 拉丁文 A、B、C、D…的英语式表示 （用国际音标表示）
N	NOVEMBER	NO VEM BER (no'vembə)
O	OSCAR	OSS CAH ('ɔskə)
P	PAPA	PAH PAH (pa'pa)
Q	QUEBEC	KEH BECK (ke'bek)
R	ROMEO	ROW ME OH ('roumiou)
S	SIERRA	SEE AIR RAH (si'erə)
T	TANGO	TANG GO ('tæŋgo)
U	UNIFORM	YOU NEE FORM ('ju:nifɔ:m)
		OO NEE FORM ('u:niform)
V	VICTOR	VIK TAH ('viktə)
W	WHISKEY	WISS KEY ('wiski)
X	X—RAY	ECKS RAY ('eks'rei)
Y	YANKEE	YANG KEY ('jæŋki)
Z	ZULU	ZOO LOO ('zu:lu:)

注：关于拉丁字母 A、B、C、D、…等的英语式发音，如果下面有横线，则表示语气强。［使用例］"A"发送时用"AL FAH"。

日文假名解释法表

文				字	
ア 朝日の ア	イ いろはの イ	ウ 上野の ウ	エ 英語の エ	オ 大阪の オ	
カ 為替の カ	キ 切手の キ	ク クラブの ク	ケ 景色の ケ	コ 子供の コ	
サ 桜 の サ	シ 新聞の シ	ス すずめの ス	セ 世界の セ	ソ そろばんのソ	
タ 煙草の タ	チ ちどりの チ	ツ つるかめのツ	テ 手紙の テ	ト 東京の ト	
ナ 名古屋 ナ	ニ 日本の ニ	ヌ 沼津の ヌ	ネ ねずみの ネ	ノ 野原の ノ	
ハ はがきの ハ	ヒ 飛行機の ヒ	フ 富士山の フ	ヘ 平和の ヘ	ホ 保険の ホ	
マ マッチの マ	ミ 三笠の ミ	ム 無線の ム	メ 明治の メ	モ もみじの モ	
ヤ 大和の ヤ	———	ユ 弓矢の ユ	———	ヨ 吉野の ヨ	
ラ ラジオの ラ	リ りんごの リ	ル るすいの ル	レ れんげの レ	ロ ローマの ロ	
ワ わらびの ワ	ヰ ゐどの ヰ	…	ヱ かぎのあるヱ	ヲ 尾張の ヲ	
ン おしまいのン	゛ 濁点	゜ 半濁点			

一 数字のひと	二 数字のに	三 数字のさん	四 数字のよん	五 数字のご
六 数字のろく	七 数字のなな	八 数字のはち	九 数字のきゅう	○ 数字のまる

ー 長音	区切点	「 段落	︿ 下向括弧	︾ 上向括弧

注：在发送数字的场合，如果确实不用担心会产生误解，则可以直接用通常的发音。
（例如："1500"，可以"せんごひやく，或者"ひとごまるまる"）
[使用例]1. "ア"表示送信
2. "バ"以及"パ"表示"はがきのハに 濁点"或"はがきのハに半 濁点"。

莫尔斯电码表

和文	欧文	モールス符号
イ	A	・—
ロ		・—・—
ハ	B	—・・・
ニ	C	—・—・
ホ	D	—・・
ヘ	E	・
ト		・・—・・
チ	F	・・—・
リ	G	——・
ヌ	H	・・・・
ゞ（濁点）	I	・・
ル	（ 左括弧	—・——・
ヲ	J	・———
ワ	K	—・—
カ	L	・—・・
ヨ	M	——
タ	N	—・
レ	O	———
ソ		———・
ツ	P	・——・
ネ	Q	——・—
ナ	R	・—・
ラ	S	・・・
ム	T	—
ウ	U	・・—
ヰ		・—・・—
ノ		・・——
オ		・—・・・
ク	V	・・・—
ヤ	W	・——
マ	X	—・・—
ケ	Y	—・——
フ	Z	——・・
コ		————
エ		—・———
テ		・—・——
ア		——・——
サ		—・—・—

和文	欧文	モールス符号
キ		—・—・・
ユ		—・・——
メ	=（二重線）	—・・・—
ミ		・・—・—
シ		——・—・
ゑ		・——・・
ヒ		——・・—
モ	/（斜 線）	—・・—・
セ		・———
ス		———・—
ン	＋加算記号	・—・—・
ゞ（半濁点）		・・——
一	1	・————
二	2	・・———
三	3	・・・——
四	4	・・・・—
五	5	・・・・・
六	6	—・・・・
七	7	——・・・
八	8	———・・
九	9	————・
〇	0	—————
符号		
長音		・——・—
、区切点	・ 終 点	・—・—・—
」段落		・—・—・・
下むき 上むき 括弧	） 右括弧	—・——・—
	" "引用符	・—・・—・
	， 小 読 点	——・・——
	重点，÷除法記号	———・・・
	？問 符	・・——・・
	' 略 符	・————・
	—連続線、横線 減算記号	—・・・・—
	×乗算記号	—・・—

(1)划的长度与 3 点相等。
(2)符号与符号(点或线)之间的间隔与 1 点相等。
(3)两字符之间隔与 3 点相等。
(4)两词之间隔与 7 点相等。

仅用于日本国内的缩语

コウ	公衆通信を表示する前置符号
カエ	公衆通信とその他の通信との切替符号
キ	貴局
ト	当局
チャク	着信局名
ルイ	種類

ヤ	字（語）数
ハツ	発信局名
タナ	発信番号
トキ	受付時刻
ウヘ	名あて
ウケナ	受信人名
ホホ	指定
ウウ	記事

ホレ	本文
オウブン	欧文通報
ワブン	和文通報
ラタ	和文通報の終了または訂正
ヌケル	短点が脱落ぎみです
キエル	字号が消えぎみです
ネバル	字号が密着ぎみです

CW 缩语

略语	意味
AA	All after...
AB	All before...
ABT	About
ABV	Abbreviate
ABVE	Above
AER	Aerial
AF	Audio frequency
AGN	Again
AL	All
ANI	Any
AR	发送结束符号
AS	要求等待发送符号
BCI	Broadcast interference
BCL	Broadcast listener
BCNU	Be seeing you
BCR	Broadcasting receiver
BCUZ	Because
BD	Bad
BK	Break in
BLW	Below
BT	But
BTR	Better
BTWN	Between
B4	Before
C	Yes
CC	Crystal controlled
C/O	Care of, Courtesy of
CFM	Confirm, I confirm
CK	Check
CL	Call, Close
CLD	Called
CLG	Calling
CN	Can
CNT	Cannot
CNU	Can you
CONDX	Conditions
CONV	Converter
CP	对特定对象群的呼叫
CQ	普遍呼叫
CRD	Card
CU	See you
CUAGN	See you again
CUD	Could
CUL	See you later
CW	Continuous waves
DEG	Degree (s)
DIFF	Difficult
DNT	Do not
DOPE	Dope

略语	意味
DR	Dear
DX	Distance
EL	Element
ER, RE	Here
ES	And
EX	机器调整或者实验发射调整符号时所使用的略语
FB	Fine business
FDR	Feeder
FER, FR	For
FM	From
FQ	Frequency
FRD	Friend
FRM	From
GA	Good afternoon
GA, K	Go ahead
GB	Good bye
GD	Good, good day
GE	Good evening
GG	Going
GH	Good hunting
GL	Good luck
GLD	Glad
GM	Good morning
GMT	Greenwich mean time
GN	Good night
GND	Ground
GUD	Good
GV	Give
HAM	Amateur
HH	英文通信改正符号
HI	Laughing
HLO, HLW	Hello
HM	Him
HPE	I hope
HR	Here, hear
HRD	Heard
HV	Have
HVNT	Have not
HVY	Heavy
HW	How
INFO	Information
INPT	Input
IRPT	I repeat
KEY	Key
KNW	Know
KWOF	Key with other foot
LID	Lid
LOG	Logbook

略语	意味
LSN	Listen
LUK	Look
LW	Low
LWR	Lower
MI	My
MIC, MIKE	Microphone
MNI	Many
MOD	Modulation
MRI	Merry
MSG	Message
N, NO	No
ND, NID	Nothing doing
NEWS	News
NG	No good
NIL	Nihil
NITE	Night
NM	No more
NW	Now
NY	New Year
OB	Old boy
OC	Old chap, old chum
OK	All correct
OM	Old man
ON	On
ONLI	Only
OP, OPR	Operator
OPN	Open
OT	Old timer
PA	Power amplifier
PART	Part
PM	Post meridian
PP	Push—pull
PSE	Please
PSED	Pleased
PWR	Power
R	Received
RAC	Rectified alternative current
RCD	Received
RCVR	Receiver
RFB	Received fine business
RIG	Running
RITE	Write
ROK	Received OK
RPRT	Report
RPT	Repeat
RU	Are you
RUF	Rough
RX	Receiver
SA	Say
SED	Said

略语	意味
SEZ	Says
SIG (S)	Signal (s)
SKED	Schedule
SN	Soon
SOLID	Solidly
SOS	遇难信号
SRI	Sorry
STDI	Steady
STN	Station
SUM	Some
SWOF	Send with other foot
TEMP	Temperature
TEST	Test, contest
TFC	Traffic
TK	Take
TKS, TNX	Thanks
TM	Traffic manager
TMW	To morrow
TRI	Try
TRUB	Trouble
TTT	这个集合连续发射三次，表示安全信号

略语	意味
TU	I thank you
	Universal time
TV	Television
TX	Transmitter
TXT	Text
U	You, Up
UFB	Ultra fine business
UNSTDI	Unsteady
UR	Your, You are
URS	Yours
VA	通信终了符号
VFB	Very fine business
VVV	调整符号
VY	Very
WA	Word after...
WB	Word before...
WD	Would
WID	With
WKD	Worked
WKG	Working
WL	Will, well
WN	When
WPM	Wards per minute
WRD	word
WRK	Work

略语	意味
WT	What
WUD	Would
WW	World wide
WX	Weather
XCUS	Excuses
XMAS	Christmas
XMTR	Transmitter
XTAL	Crystal
XXX	这个集合连续发三次，表示紧急信号
XYL	Wife
YD	Yesterday
YES	肯定(Yes)
YL	Young lady
YR	Year
2DA	Today
2NITE	Tonight
72	Peace and friendship
73	Best regards
88	Love and kisses
99	Go out

希腊文字

大文字	小文字	读法	主要被用于记号
A	α	阿尔发	角，系数，衰减系数，吸收率
B	β	培塔	角，系数，相位常数
Γ	γ	伽玛	传播定数，比重，角
Δ	δ	代尔塔	增量或减量，密度，角
E	ε	依伯西隆	导电率，自然对数底
Z	ζ	兹依塔	座标，系数
H	η	爱塔	效率，回差常数
			座标
Θ	θ ϑ	四塔	角，时间常数
I	ι	爱呵塔	单位矢量
K	κ	卡包	导电率
Λ	λ	乃姆达	波长
M	μ	弥优	透磁率，增幅率，微米级

大文字	小文字	读法	主要被用于记号
N	ν	纽	周波数(振动数)
Ξ	ξ	爱克剎爱	座标
O	o	奥米克戊	
Π	π	派爱	3.1416
P	ρ	罗	抵抗率，座标，体电荷密度
Σ	σ	西格玛	总和，面电荷密度，导时间
T	τ	套	常数
Υ	υ	优伯西隆	磁束，角
Φ	φφ	非	磁化率，角
X	χ	盖	相位差，座标，角
Ψ	ψ	伯剎爱	立体角，欧姆
Ω	ω	奥米轧	角速度(2πf)

业余台用Q简语

略语	问话(英文略)	回答(英文略)
QRA	请问贵台呼号?	本台呼号是……
QRG	能告诉我的频率是多少吗?	贵台正确的频率是…kHz(或MHz)。
QRH	本台的频率变化吗?	贵台频率在变化。
QRI	本台发射的音调怎么样?	贵台发射的音调:1 好 2 变化 3 不好
QRK	本台信号的可懂度怎么样?	贵台信号的可懂度:1 不好 2 非常不好 3 很好 4 好 5 非常好
QRL	贵台正在通信吗?	本台正忙(或正在与…联络),请勿妨碍
QRM	贵台信号受它台干扰吗?	本台 1 没有干扰 2 有点干扰 3 干扰比较大 4 干扰很大 5 干扰非常大
QRN	贵台受天电干扰吗?	本台 1 不受天电干扰 2 有点受天电干扰 3 受天电干扰很大 4 受天电干扰很厉害 5 受天电干扰非常厉害
QRO	本台要不要增加发信机的功率?	请增加发信机的功率。
QRP	本台要不要减小发信机的功率?	请减小发信机的功率。
QRQ	本台要不要发得更快一点?	请加快发信(1 分钟…字)
QRS	本台要不要发得慢一点?	请发信更慢一些(1 分钟…字)
QRT	本台要不要中断(中止)发信?	请中止发信。
QRU	贵台有没有要向本台传送的电文?	本台没有要向贵台传送的电文。
QRV	贵台准备好了吗?	本台准备好了。
QRW	本台要通知…贵台用…kHz(MHz)在呼他吗?	请通知…,本台正在用…kHz(或MHz)在呼他。
QRX	贵台何时再呼本台?	本台在……点再呼贵台[用…kHz(或MHz)]。
QRY	本台是第几位?(有关通信联络)	贵台是第　位。(有送通信联络)
QRZ	谁正在呼本台?	贵台正在被……[…kHz(或MHz)]呼叫。

略语	问话(英文略)	回答(英文略)
QSA	本台信号(…的信号)的强度怎么样?	贵台信号(…的信号)的强度:1 呼感觉不到 2 很弱 3 非常好 4 很强 5 非常强
QSB	本台信号有衰落吗?	贵台信号有衰落。
QSD	本台信号会断吗?	贵台信号会断。
QSG	本台可以发封…电报吗?	请发送…电报。
QSK	贵台能在发报间隙听到本台信号吗?如能,本台能以插入方式发信吗?	本台能在发报间隙听到贵台信号。请以插入方式中断本台发信。
QSL	贵台能把收据送过来吗?	本台将给贵台收据。
QSM	本台要重复一下给贵台发送的最后的电报(或以前的电报)吗?	请重复一下给本台发送的最后的电报(第…号电报)
QSN	贵台是用一kHz (MHz) 听本台(…呼号)的?	本台是用…kHz (MHz) 听贵台[…(呼号)]的。
QSO	贵台可以直接与…通信吗?	本台可以直接和…(通过…中转)通信。
QSP	贵台可以无偿地向…转信吗?	本台无偿进行转信。
QSU	本台就用这个频率[…kHz (MHz)](由…方式)发信或回答,可以吗?	请用那个频率[或…kHz (MHz)](由…方式)发信和回答。
QSV	本台就用这个频率[或…kHz (MHz)]连续发送可以吗?	本台正用…kHz (MHz) 收听…(呼叫)
QSW	贵台能用…kHz (MHz) 收听…(呼叫)吗?	好的,本台就用这个频率[或…kHz (MHz)]…方式)发射。
QSX	贵台能否用这个频率[或…kHz (MHz)](…方式)发射信号?	
QSY	本台变更一下频率再发信可以吗?	请变更成其他频率发信。
QSZ	本台需要重复发送各个字以及各个词组吗?	请发送二次各个字或各个词组。
QTA	本台取消第…号电报可以吗?	请取消第…号电报。
QTC	贵台要发送的电报有多少封?	本台需要向贵台(或给…的)发送的电报有…封。
QTH	用纬度和经度来表示(或用其他的表示法)贵台的位置是多少度	本台的位置是,纬度…,经度…(或其他表示)。
QTR	正确的时间是几点	正确的时间是…点。
QUA	贵台知道有关…(呼号)的消息吗?	有关…(呼号)的消息如下:

JIS (ASCII)，Baudot，AMTOR 码

表 1 中给出了多用于计算机数据通信等方面的 8 位 JIS 码，表 2 给出了 RTTY 等方面所用的 5 位 Baudot (波特)码及 AMT 码。其它还有汉字码，在此暂且割爱。

· JIS (ASCII) 码

著名的 ASCII 码（American National Standard Code for Information Interchange）示于表 1 从中间分开的左侧 7 位，是从 00～7F 的范围。反之，JIS 码则是在 ASCII 码上增加 1 位，将“假名”(注：日文中的假名)定义在从 80～FF 的范围。

00～1F 范围内称为控制码，没有文字定义，用于通信系统及装置控制方面。有关各自的含义作了附注。

码的读法是从所查字符的对应栏目按从横向到纵向的顺序读取。例如字符“J”的横向值为 4，纵向值为 A. 则码是 4A。同样“ア”的码是 B1。值 O～F 是 16 进制(Hexadecimal)数，示于表 3。于是刚才“J”的编码 4A 为 4(0100)和 A (1010) 即“01001010”。

此外，表示 16 进制数时，为能够区别于 10 进制数，习惯上在末尾加上“H”. 若是以字母开头的 16 进制数，则在前面加个“0”(20H. 0AH. 0B1H 等)。

· Baudot，AMTOR 码

以从前就有的 Budot 码及 Baudot 码为基础，考虑加进错误检测功能所作成的 AMTOR 码如表 2 所示。由表 2 可知，它与井然有序的 JIS (ASCII) 编码体系有所不同。

· 异步通信方式的传送顺序和速率

异步通信方式也称为“起止同步方式”或“S／S (start－stop) 式”。1 个文字(字符)的数据结构如图 1 所示。

即数据码(位)的前、后各附加 1 位起始位(必须是“O”) 和 1～2 位终止位（必须是“1”)。Baudot 码的停止位长度也有是 1.5 位的。

上述停止位长度是连续传送数据时的最小值，不作任何传送时停止位处于无限长状态[只有标记为(“1”)的信号，也叫休止状态、标记保持状态]

数据位的传送顺序是从低位(LSB)→高

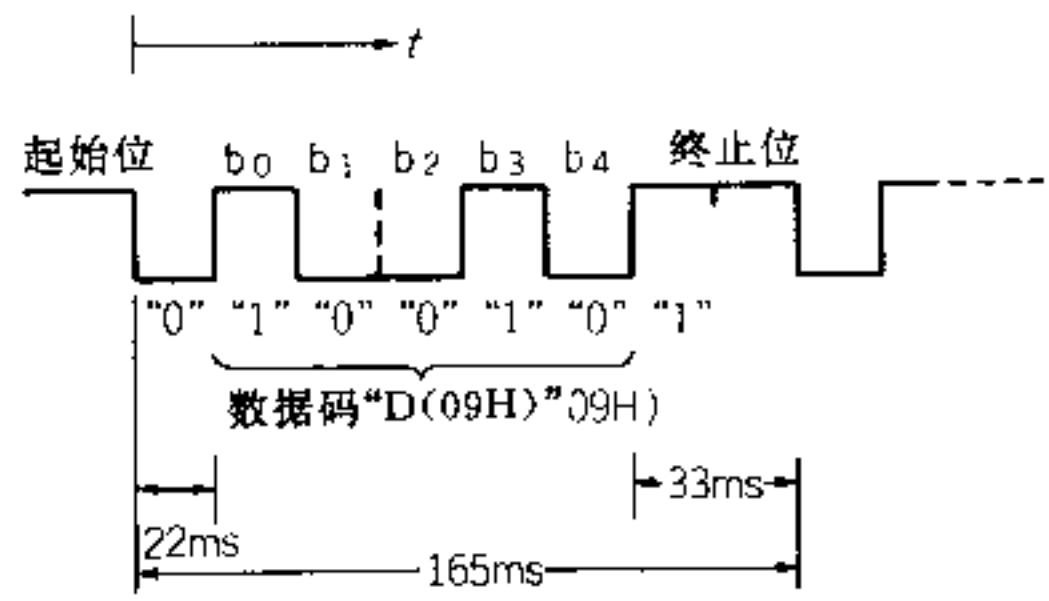


图 2　数据码的传送顺序

图 1　异步通信方式的传送顺序

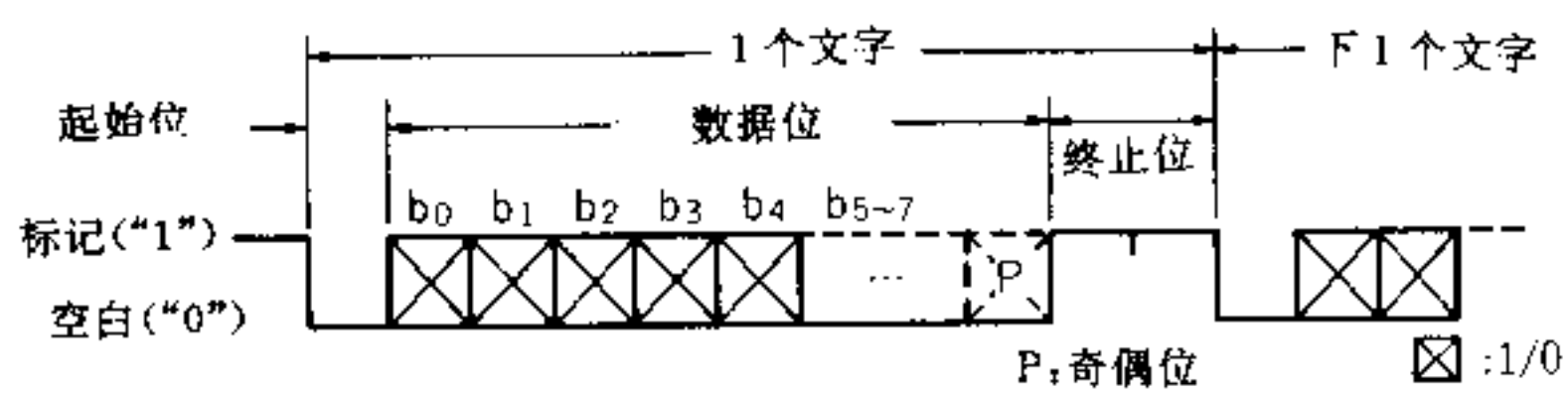


表 1　JIS 码表

[ASCII　7 位码可视为从中间分开，左边一半为 00～7FH. 只是第 5 列的符号￥要换成\。

b0—3 \ b4—7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	▼	p	未定义	未定义	未定义	ー	タ	ミ	未定义	未定义
1	SOH	DC_1	!	1	A	Q	a	q			・	ア	チ	ム		
2	STX	DC_2	▼▼	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ		
3	ETX	DC_3	#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ		
4	EOT	DC_4	$	4	D	T	d	t			・	エ	ト	ヤ		
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ		
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v			ラ	カ	ニ	ヨ		
7	BEL	ETB	▶	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ		
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x			イ	ク	ネ	リ		
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y			ウ	ケ	ノ	ル		
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ		
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{			オ	サ	ヒ	ロ		
C	FF	FS	,	<	L	¥	l	|			ヤ	シ	フ	ワ		
D	CR	GS	—	=	M	]	m	}			ユ	ス	ヘ	ン		
E	SO	RS	.	>	N	^	n	—			ヨ	セ	ホ	゛		
F	SI	US	/	?	O	—	°	DEL			ツ	ソ	マ	。		DEL

NUL: null
SOH: start of heading
STX: start of text
ETX: end of test
EOT: end of transmission
ENO: enquiry
ACK: acknowledge
BEL: bell
BS: backspace
HT: horizontal tab
LF: line feed
VT: vertical tab
FF: form feed
CR: carriage return
SO: shift out
SI: shift in
DLE: data link escape
DC1: device control 1
DC2: device control 2
DC3: device control 3
DC4: device control 4
NAK: negative acknowledge
SYN: synchronous idle
ETB: end of block
CAN: cancel
EM: end of medium
SUB: substitute
ESC: escape
FS: file separator
GS: group separator
RS: record separator
US: unit separator
SP: space
DEL: delete

位（MSB）。即 Baudot 码的文字“D(09H：01001)”如图2那样被传送出去。

此外，在 JIS(ASCII)码传送时，有时为了进行简便的错误检测，除 S/S 及数据位之外，将用于检错的奇偶位插在数据码与终止位之间(图1)。

1个文字如上述那样被构成，为了传送出去，每一位的传送时间是定好的，表示成波特(Baud)或 BPS(Bit per Second)，两者含义相同

在 JIS(ASCII)码中一般使用基数75的整数倍速率(75，150，300……)，直到19600(19.6K)为止(例外情况有110)。

此外在 Baudot 码中使用45.45(45.5)，50，56.8(57)，74.2(75)，100等各种速率，RTTY 中主要使用45.5的速率。

表 3　16 进制数码表

16 进制	10 进数	2 进数
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

表 2　Baudot／AMTOR 码表

Baudot Code (ITA2)	Hex	Character Letters	Figs (ITA2)	Figs (USA)	AMTOR (CCIR476)	Hex
00011	03	A	—	—	1000111	47
11001	19	B	?	?	1110010	72
01110	0E	C	:	:	0011101	1D
01001	09	D		$	1010011	53
00001	01	E	3	3	1010110	56
01101	0D	F		!	0011011	1B
11010	1A	G		&	0110101	35
10100	14	H		#	1101001	69
00110	06	I	8	8	1001101	4D
01011	0B	J	Bell	'	0010111	17
01111	0F	K	(	(	0011110	1E
10010	12	L	)	)	1100101	65
11100	1C	M	.	.	0111001	39
01100	0C	N	.	,	1011001	59
11000	18	O	9	9	1110001	71
10110	16	P	0	0	0101101	2D
10111	17	Q	1	1	0101110	2E
01010	0A	R	4	4	1010101	55
00101	05	S	'	Bell	1001011	4B
10000	10	T	5	5	1110100	74
00111	07	U	7	7	1001110	4E
11110	1E	V	=	:	0111100	3C
10011	13	W	2	2	0100111	27
11101	1D	X	/	/	0111010	3A
10101	15	Y	6	6	0101011	2B
10001	11	Z	+	"	1100011	63
01000	08	Carriage return			1111000	78
00010	02	Line feed			1101100	6C
11111	1F	Letter shift			1011010	5A
11011	1B	Figure shift			0110110	36
00100	04	Space			1011100	5C
00000	00	Blank			1101010	6A

每一位的传送时间是各速率的倒数，即45.5波特(BPS)的情况为1/45.45＝0.022(22ms)。因此，当1个文字的长度是7.5位时(终止位长1.5)，传送1个文字所需的时间是22×7.5＝165ms(图2)

分贝换算表

表 1　0～19.5dB 的 dB 换算表

衰减比←←			→+增益比	
电压比	电力比	dB	电力比	电压比
1.000	1.000	0.0	1.000	1.000
.944	.891	0.5	1.122	1.059
.891	.794	1.0	1.259	1.122
.841	.708	1.5	1.413	1.189
.794	.631	2.0	1.585	1.259
.750	.562	2.5	1.778	1.334
.708	.501	3.0	1.995	1.413
.668	.447	3.5	2.239	1.496
.631	.398	4.0	2.512	1.585
.596	.355	4.5	2.818	1.679
.562	.316	5.0	3.162	1.778
.531	.282	5.5	3.548	1.884
.501	.251	6.0	3.981	1.995
.473	.224	6.5	4.467	2.113
.447	.199	7.0	5.012	2.239
.422	.178	7.5	5.623	2.371
.390	.158	8.0	6.310	2.512
.376	.141	8.5	7.079	2.661
.355	.126	9.0	7.943	2.818
.335	.112	9.5	8.913	2.985

衰减比←←			→+增益比	
电压比	电力比	dB	电力比	电压比
.316	.100	10.0	10.00	3.162
.298	.089	10.5	11.22	3.350
.282	.079	11.0	12.59	3.548
.266	.0708	11.5	14.13	3.758
.251	.0631	12.0	15.85	3.981
.237	.056	12.5	17.78	4.217
.224	.050	13.0	19.95	4.467
.211	.044	13.5	22.39	4.732
.199	.039	14.0	25.12	5.012
.188	.035	14.5	28.18	5.309
.178	.031	15.0	31.62	5.623
.168	.028	15.5	35.48	5.957
.158	.025	16.0	39.81	6.310
.150	.022	16.5	44.67	6.683
.141	.019	17.0	50.12	7.079
.133	.018	17.5	56.23	7.499
.126	.016	18.0	63.10	7.943
.120	.014	18.5	70.79	8.414
.112	.012	19.0	79.43	8.913
.106	.011	19.5	89.13	9.441

换算表的用法

表 1 以 0.5dB 为间隔的到 19.5dB 为止的换算值。

以中间位置的 dB 为中心，右侧是功率比、电压比为正的情况，左侧是功率比、电压比为负(衰减比)的情况。

对 20dB 以上的情况，可先由表 2 查出高位数，然后再加上表 1 的低位数来求得。

[例 1]6.5dB 对应的功率比、电压比分别是多少倍?

功率比：6.5dB＝4.467 倍

电压比：6.5dB＝2.113 倍

[例 2]输入电压 E_1＝0.05V. 输出电压 E_2＝0.4V 时，放大器的电压增益是多少 dB?

[求解方法]

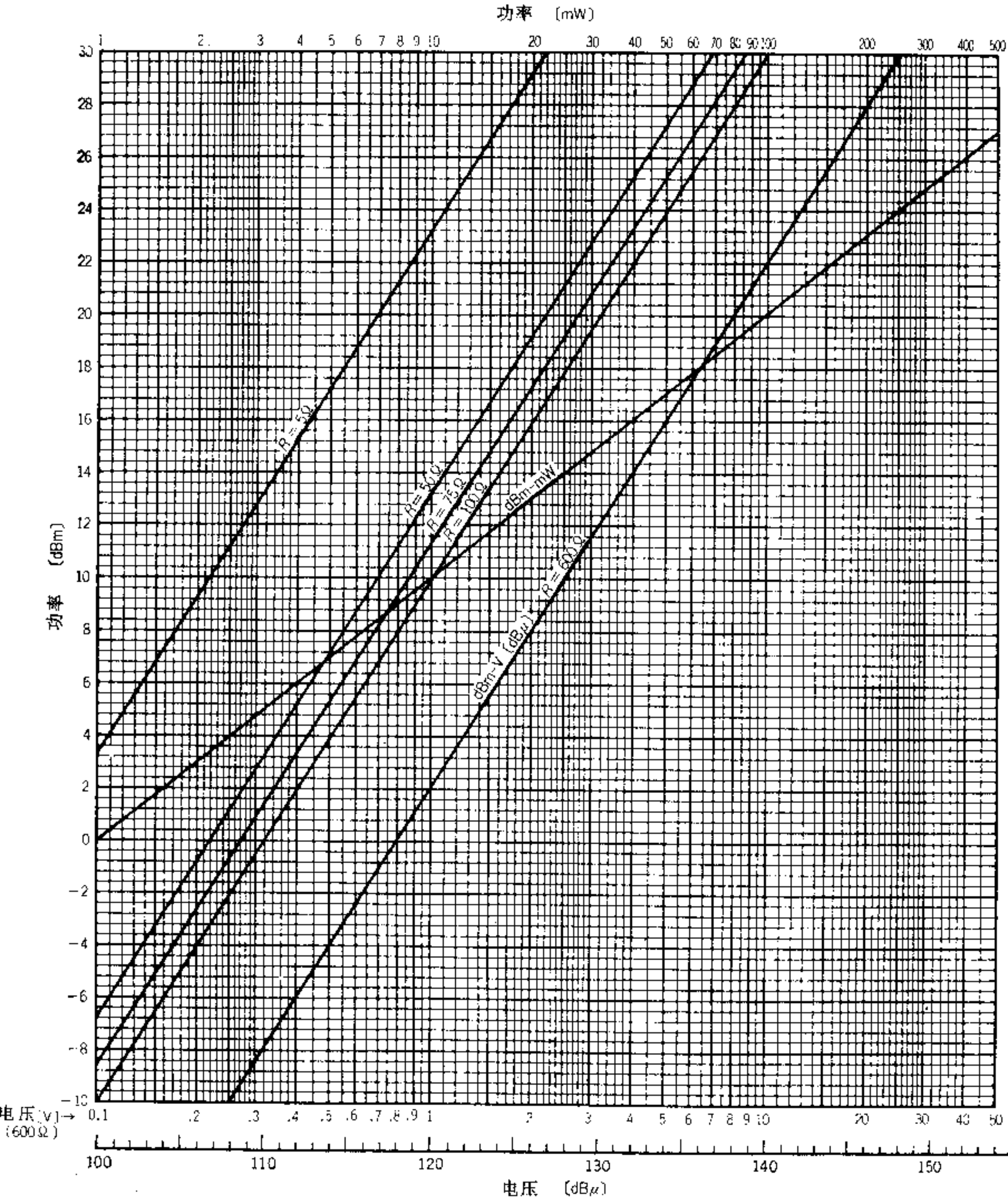
$$电压比=\frac{E_2}{E_1}=\frac{0.4}{0.05}=8$$

表 2　10～100dB 范围的 dB 换算表

电压比	功率比	dB	功率比	电压比
3.162×10^{-1}	10^{-1}	10	10	3.162
10^{-1}	10^{-2}	20	10^{2}	10
3.162×10^{-2}	10^{-3}	30	10^{3}	3.162×10
10^{-2}	10^{-4}	40	10^{4}	10^{2}
3.162×10^{-3}	10^{-5}	50	10^{5}	3.162×10^{2}
10^{-3}	10^{-6}	60	10^{6}	10^{3}
3.162×10^{-4}	10^{-7}	70	10^{7}	3.162×10^{3}
10^{-4}	10^{-8}	80	10^{8}	10^{4}
3.162×10^{-5}	10^{-9}	90	10^{9}	3.162×10^{4}
10^{-5}	10^{-10}	100	10^{10}	10^{5}

由于表 1 中没有电压比为 8 的值，所以找出近似值 7.943，求得结果为 18dB。

dBm－mW－V－dBμ 换算图表



［例 3］ 26dB 是多少倍？

［求解方法］

由表 2 求得 20dB 的功率比是 100 倍

电压比是 10 倍

由表 1 求得 6dB 的功率比是 4 倍

电压比是 2 倍

所以

功率比……26dB＝100×4＝400 倍

电压比……26dB＝10×2＝20 倍

在电压、电流比的场合，输入、输出端的阻抗要一致。

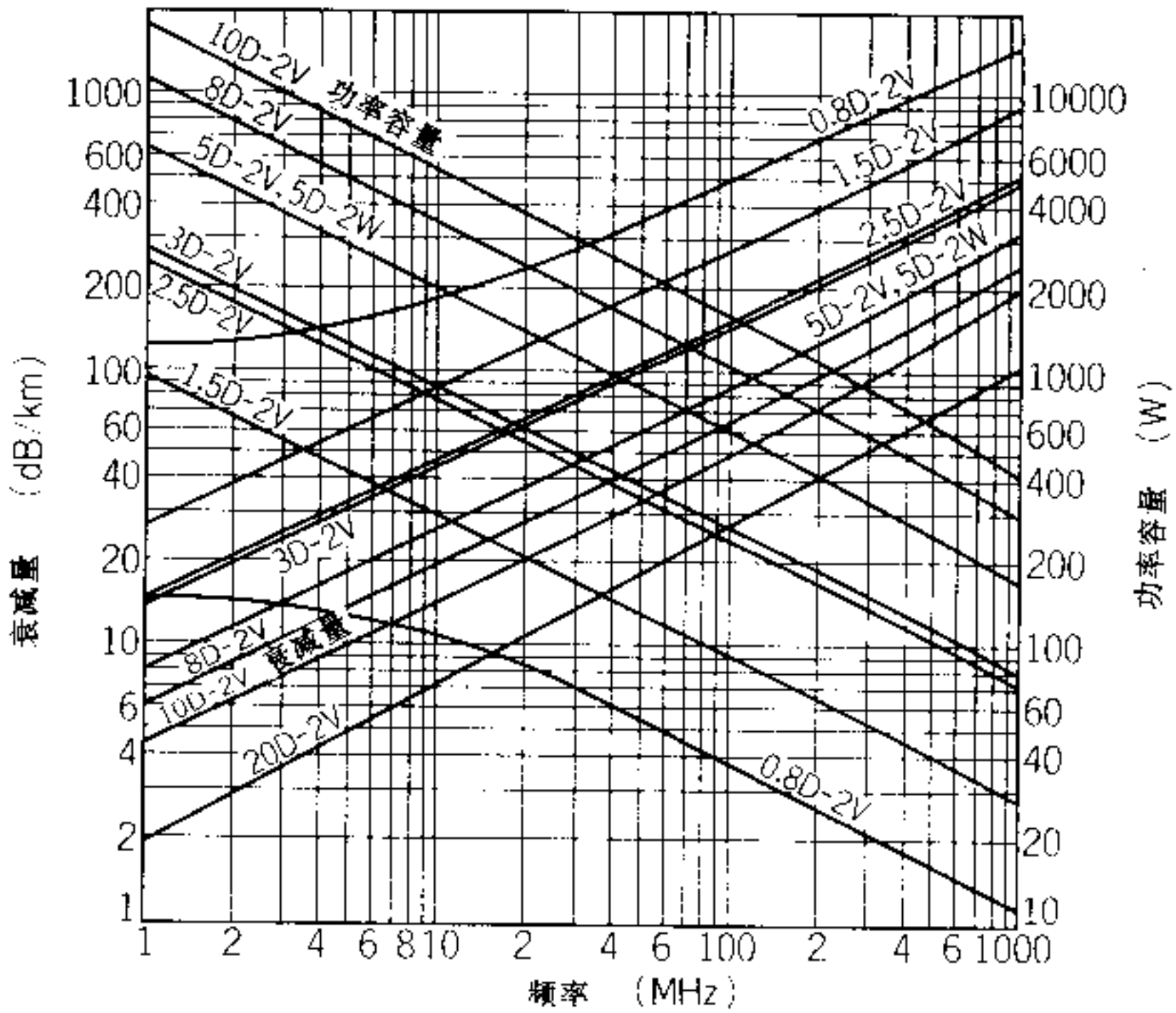
同轴电缆

高频同轴电缆的规格

	特性阻抗 Ω	衰减量标准值 dB/100m			中心导体结构 m/m	绝缘体聚乙烯外径 m/m	外部屏蔽构成	电缆外径 m/m	外层涂覆材料及颜色	概算重量 kg/100m	摘要
		MHz 30	MHz 200	MHz 2000							
3D－2V	50	8.0	22.5		7/0.32	3.0	C	5.7	PVC	5.0	
5D－2V	50	4.6	12.5		1.4	4.8	C	7.5	PVC	8.6	
8D－2V	50	3.0	8.5		7/0.8	7.8	C	11.5	PVC	19.0	
10D－2V	50	2.6	6.5		2.7	9.7	C	13.7	PVC	28.0	
3C－2V	75	7.0	19.5		7/0.18	3.1	C	5.8	PVC	5.0	
5C－2V	75	4.7	12.5		0.8	5.0	C	7.6	PVC	7.6	
7C－2V	75	2.9	8.0		1/0.5	9.4	C	13.4	PVC	23.0	
10C－2V	75	3.6	12.5		7/0.4	7.3	C	10.2	PVC	14.0	
RG－5/U	52.5	4.8	13.5	55	1.3	4.7	CC	8.4	PVC 黑	13.0	
RG－5A/U	50	4.7	12.5	50	1.31S	4.6	SS	8.3	PVC 灰	13.0	
RG－5B/U	50	4.7	12.5	50	1.3S	4.6	SS	8.3	PVC 黑	13.0	RG－5A/U 耐寒用
RG－6U	76	4.8	13.5	55	0.72CW	4.7	SC	8.4	PVC 灰	12.5	低容量电缆
RG－7/U	98	3.3	10.0	40	0.91	6.4	C	9.4	PVC 黑	12.0	
RG－8/U	52	3.5	10.5	45	7/0.72	7.2	C	10.3	PVC 黑	16.0	
RG－8A/U	52	3.5	10.5	45	7/0.72	7.2	C	10.3	PVC 黑	16.0	RG－6/U 耐寒用
RG－9/U	54	3.5	10.5	45	7/0.72S	7.1	SC	10.7	PVC 灰	20.0	
RG－9A/U	54	3.8	11.0	51	7/0.72S	7.1	SS	10.7	PVC 灰	20.0	至 10000MHz 可使用
RG－9B/U	51	3.8	11.0	51	7/0.72S	7.1	SS	10.7	PVC 黑	20.0	RG－9A/U 耐寒用
RG－10/U	52	3.5	10.5	45	7/0.72	7.1	C	12.0	PVC 灰	29.0	RG－8/U 外装品
RG－11/U	75	3.6	11.0	46	7/0.40T	7.2	C	10.3	PVC 黑	14.0	
RG－11A/U	75	3.6	11.0	46	7/0.40T	7.2	C	10.3	PVC 黑	14.0	RG－11/U 耐寒用
RG－58/U	53.5	7.5	20.0	83	0.81	3.0	T	5.0	PVC 黑	4.0	

低损耗电缆

电缆名	特性阻抗 Ω	标准衰减量(dB/10m)						静电容量 (pF/m)	波长缩短率 (%)	最高使用电压 (KV 有效值)	外径 (mm)
		50 MHz	100(144) MHz	200 MHz	400(430) MHz	1000(1200) MHz	2000 MHz				
5D－4E	50		0.54	0.78	1.12	2.74	—	74	92	0.8	7.4
8D－4AF	50		0.35	0.51	0.74	1.25	1.87	74	91	1.3	11.9
11D－4AF	50		0.26	0.38	0.57	0.95	1.48	74	91	1.8	15.3
15D－4AF	50		0.21	0.30	0.45	0.77	1.22	74	91	2.4	20.5
23D－4A	50		0.14	0.20	0.31	0.58	0.91	73	92	3.8	31
5D－FB	50		0.62	0.9	1.30	2.35		83			7.6
8D－FB	50	0.30	(0.47)	0.58	(0.86)	(1.56)		83			11
10D－FB	50	0.24	(0.38)	0.48	(0.72)	(1.35)		83			13
12D－FB	50	0.20	(0.32)	0.38	(0.56)	(1.10)		83			15.6
5D－SFA	50		0.50	0.72				83			17.6
8D－SFA	50	0.24	(0.38)	0.48	(0.72)	(1.35)		83			11.1
10D－SFA	50	0.20	(0.32)	0.38	(0.56)	(1.10)		83			13.0
12D－SFA	50	0.16	(0.27)	0.32	(0.48)	(0.93)		83			15.6



1、标准衰减量是指 20℃ 时的值。

2、功率容量是指内部导体最高温度为 85℃，周围温度为 40℃，SWR＝1 时的值。

3、同轴电缆的名称及简略符号含义如下。开头的数字表示外部导体的大概内径(mm)，后面的字符是特性阻抗，C 表示 75Ω 系列，D 表示 50Ω 系列，破折号后的数字表示绝缘方式，2 表示充填聚乙烯材料的绝缘形式。末尾的字符 V 表示单层外层导体网＋PCV 涂层，W 表示双层外层导体网＋PVC 涂层。

衰减量 dB	传送功率	衰减量 dB	传送功率	衰减量 dB	传送功率
0	100%	1.7	67.6%	3.4	45.7%
0.1	97.7%	1.8	66.1%	3.5	44.7%
0.2	95.5%	1.9	64.6%	3.6	43.7%
0.3	93.3%	2.0	63.1%	3.7	42.7%
0.4	91.2%	2.1	61.7%	3.8	41.7%
0.5	89.1%	2.2	60.3%	3.9	40.7%
0.6	87.1%	2.3	58.9%	4.0	39.8%
0.7	85.1%	2.4	57.5%	4.1	38.9%
0.8	83.2%	2.5	56.2%	4.2	38%
0.9	81.3%	2.6	55%	4.3	37.2%
1.0	79.4%	2.7	53.7%	4.4	36.3%
1.1	77.6%	2.8	52.5%	4.5	35.5%
1.2	75.9%	2.9	51.3%	4.6	34.7%
1.3	74.1%	3.0	50.1%	4.7	33.9%
1.4	72.4%	3.1	49%	4.8	33.1%
1.5	70.8%	3.2	47.9%	4.9	32.4%
1.6	69.2%	3.3	46.8%	5.0	31.6%

RS－232－C 规格概要

RS—232—C 是由 EIA (Electronics Industries Association) 制定的关于二进制数字序列传送方式的接口规格。是个人计算机及调制解调装置中普及最广泛的一种规格。

RS—232—C 和 CCITT (Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique) 推荐的 V. 24／V. 28 及 JIS (Japanese Industries Standard) X5101 (原 JIS C6361) 虽具有互换性，但 V. 24 仅记载了电路接法及引脚序列，V. 28 仅记载了电气特性。若在此基础上加上 ISO (International Standardization Organization) 2110 的机械特性，则可等价于 RS—232—C。

说起来所谓 RS 不过是“Recommended Standard 二推荐规格”的简略符，是没有强制力的。为此，1987 年 RS—232—C 被改订，成为 EIA—232—D 的正式规格，但仍多用“RS—232—C”来称呼。此外，EIA—232—D 追加了若干规则，基本上向下兼容了 RS—232—C。

RS—232—C 对 DTE (Date Terminal Equipment)、DCE (Date Circuit－terminating Equipment) 间的连接采用 25 针插入型接插件

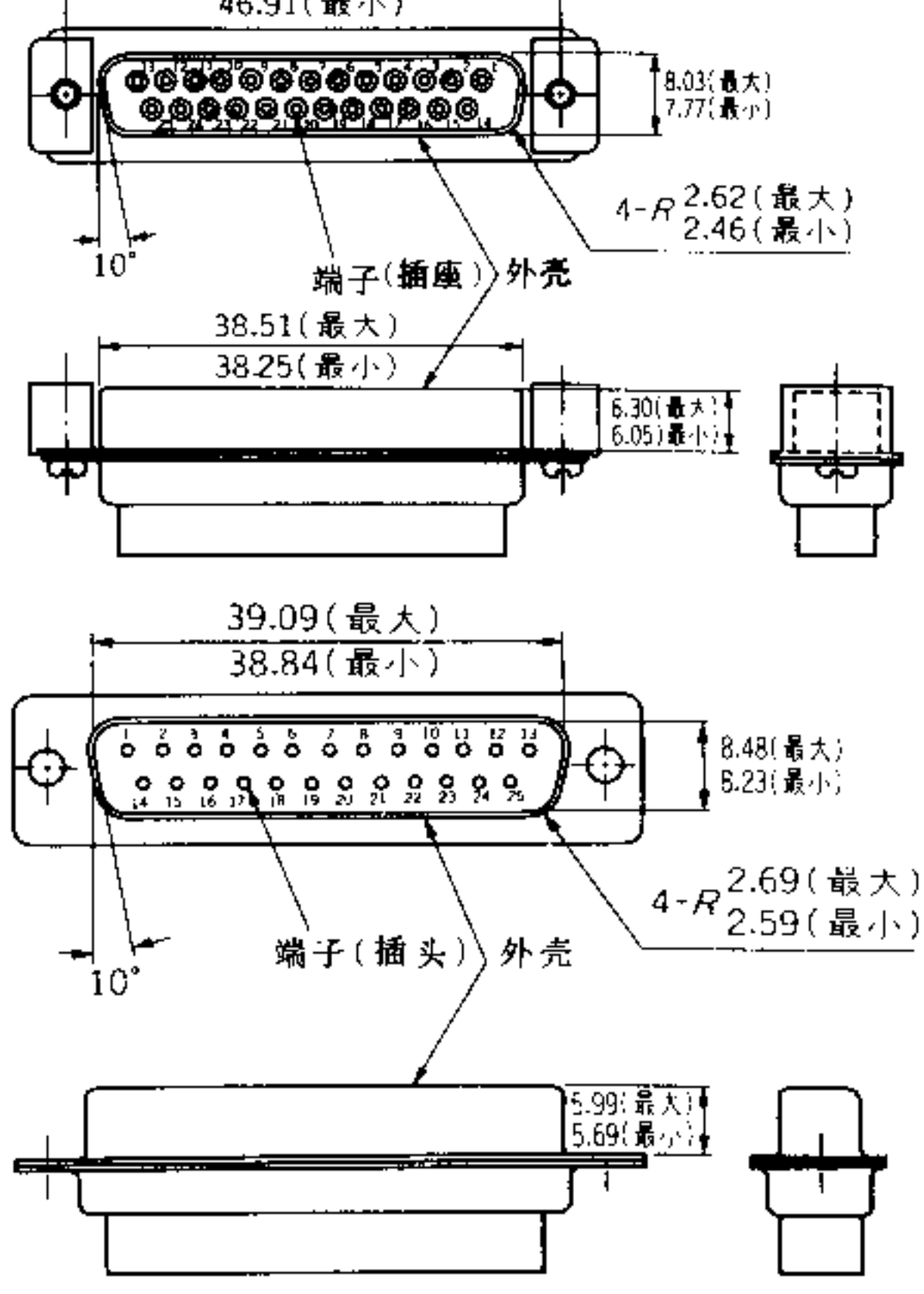
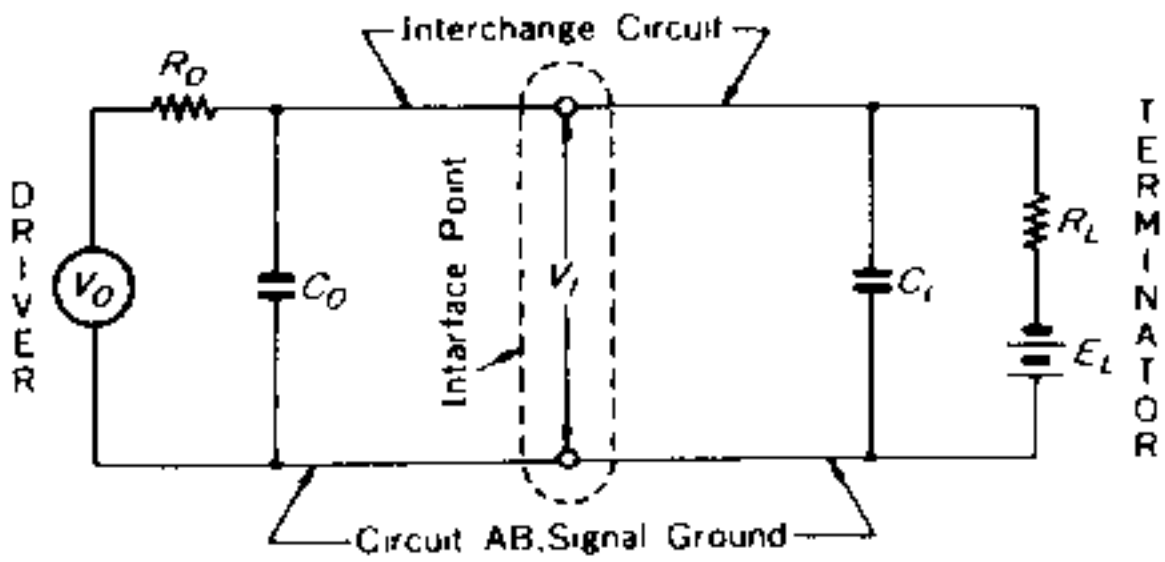


图 1　RS—232—C 的连接插口

- 接收端阻抗：±3～±5V 的范围内测得的 3～7kΩ，2500P 下以下
- 开路电压：25V 以下
- 信号电压：负载为 3～7kΩ 情况下为±5V～±15V
- 信号的识别：＋3V 以上(“0”)－3V 以下(“1”)

2 进制表示	电压极性	标记/空白	AZ 极性
1	＋	空白标记	A 极性
0	－		Z 极性



V_0：开始电压
R_0：电路的内部直流电阻
C_0：在包含电缆在内的端点上测得的总的实际容量
V_I：接点的电压
C_L：在接点上测得的总的负载容量(包含电缆在内，$C_L \leqslant 2500PF$)
R_L：端终直流电阻
E_L：负载的开路电压(偏置)

图 2　RS—232—C 的电气特性及标识法

(俗称 D—Sub. DD－25 如图 1)进行，其电缆长度在 15m 以下，是把电路的互相连接性能定为表 1，电气特性定为图 2 的这样一种规格。

表 1(a)　RS—232—C 的信号线

名称	简略符号			引脚序号
	RS－232－C.	CCITT	JIS	
安全保障用接地	AA	101	FG	1
信号用接地	AB	102	SG	7
发送数据	BA	103	SD	2
接收数据	BB	104	RD	3
要求发送	CA	105	RS	4
允许发送	CB	106	CS	5
数据设备准备完毕	CC	107	DR	6
数据终端准备完毕	CD	108／2	ER	20
被呼叫表示	CE	125	CI	22
数据通道接收载波检出	CF	109	CD	8
数据信号质量检出	CG	110	SQD	21
数据信号速度选择	CH／CI	111	SRS	23
发送信号的码元定时	DA／DS	113／114	ST1／ST2	24／15
接收信号的码元定时	DD	115	RT	17
从机发送数据	SBA	118	BSD	14
从机接收数据	SBB	119	BRD	16
从机要求发送	SCA	120	BRS	19
从机发送许可	SCB	121	BCS	13
从机接收端检出载波	SCF	122	BCD	12

表 1(b)　主要信号线的名称及其性能(数字表示引脚序号)

1 FG (FG)	Frame Ground	安全保障用接地端(注：框架地)
2 SD (TXD)	Transmitted Data	终端机需经调制器送往对方的数据
3 RD (RXD)	Received Data	经解调器后接收的数据
4 RS (RTS)	Request to Send	终端机向调制器提出发送请求
5 CS (CTS)	Clear to Send	响应 RS 后从调制器返回的允许发送信号
6 DR (DSR)	Data Set Ready	响应终端机的 ER 后调制器发出的许可信号
7 SG (SG)	Signal Ground	信号用接地
8 CD (CD)	Carrier Detect	接收端解调器检出来自对方调制器的载波
20 ER (DTR)	Data Terminal Ready	终端机发送/接收准备完毕

新的电波发射表示方法

在1979年日内瓦召开的世界无线电行政会议(WARC—79)上,对以前使用的《电波发射类别和必要带宽的表示方法》作了大量修改,据此,日本「无线电法」的有关规则也作了改正,并于1983年7月开始施行。虽然这些规定对业余无线电台可以除外,即已有许可证的电波发射类别及其以前的表示方法仍可使用,但由于来自国外QSL的新的电波

表1 电波类别的表示构成

主载波的调制方式			调制主载波的信号性质		所需发送信息的类型	
类别		符号	类别	符号	类别	符号
未受调制		N	无调制信号	0	无信息发送	N
幅度调制	双边带 单边带、全载波 单边带、减幅载波	A H R	不用副载波作为调制信号的含有数字信息的单信道	1	电报(人工收听接收)	A
幅度调制	单边带、抑制载波 独立边带	J B	用副载波作为调制信号的含有数字信息的单信道	2	电报(自动接收)	B
幅度调制	残余边带	C	模拟信息的单信道	3	传真	C
角度调制	调频 调相	F G	含有数字信息的双信道或多信道	7	数据传输、遥测、遥令	D
同时或按预定序列进行幅度调制和角度调制		D				
脉冲调制	未受调制 幅度调制 幅度或时间调制 位置或相位调制	P K L M	含有模拟信息的双信道或多信道	8	电话(包括声音广播)E	
			含有模拟信息的单信道或多信道与含有数字信息的单信道或多信道的混合系统	9	电视(图像)	F
					组合	W
脉冲调制	脉冲持续时间内的角度调制 上述方式的组合或其他方法	Q ✓	其他	×	其他	×
未包括在上述情况中的同时或按预定序列进行幅度、角度或脉冲调制,以两种或两种以上组合		W				
其他		×				

表3 必要带宽的表示方法举例

0.002Hz=H002 0.1Hz=H100 25.3Hz=25H3 400Hz=400H	2.4kHz=2k40 6kHz=6K00 12.5kHz=12k5 180.4kHz=180k 180.5kHz=181k 180.7kHz=181k	1.25MHz=1M25 2MHz=2M00 10MHz=10M0 202MHz=202M	5.65GHz=5G65

发射类别表示方法会经常见到，故在这里作概要介绍。

表 1 示出了电波类别的表示构成，表 2 是主要电波发射类别的举例。另外，占用的带宽用 H. K. M. G 四种字母和三位数字即共四位来表示，举例见表 3。

表 2　主要发射的表示方法举例

主载波的调制方式	发送类型	补充特性	原用符号	新的符号
幅度调制	未调制		A0	N0N
	不用单音调制的电报(用开关键控)用开关键控、用 1 个或 1 个以上单音调制的电报(特别情况下不用键控的调幅波)		A1	A1A
	电话	双边带	A3	A3E
		减幅载波、单边带	A3A	R3E
		抑制载波、单边带	A3J	J3E
		2 个独立单边带	A3B	B8E
	传真(直接或用副载波调制)	减幅载波、单边带	A4 A4A	A3C R3C
	电视	残留单边带	A5C	C3F
	音频多路电报	减幅载波、单边带	A7A	R7B
	未包括在上述情况中的例如电话和电报的复合	2 个独立单边带	A9B	B9W
频率(或相位)调制	不用音频调制，用键控移频的电报。通常用 2 个频率中的一个来发射		F1	F1A
	用音频调制键控或用调频波键控的电报(特别情况下不用键控的调频波)		F2	F2A
	电话		F3	F3E
	直接对主载波调频的传真		F4	F3C
	电视		F5	F3F
	四频双工电报		F6	F7B
	未包括在上述情况中的频率调制		F9	FXX
脉冲调制	未调制脉冲发射(例如雷达)		P0	P0N
	不用音频调制，用脉冲载波键控的电报		P1D	K1A
	用 1 个或 1 个以上单音调制键控，或者用脉冲调制载波作开关键控的电报(特别情况下不用键控的脉冲调制)	用 1 个或 1 个以上单音频作脉冲幅度调制	P2D	K2A
		用 1 个或 2 个以上单音频作脉冲幅度(或时间)调制	P2E	L2A
		用 1 个或 2 个以上单音频作脉冲相位或位置调制	P2F	M2A
	电话	脉幅调制 脉幅(或时间)调制	P3D P3E	K3E L3E
		相位(或位置)调制	P3F	M3E
		脉码调制(取样和量化后)	P3G	V3G
	未包括在上述情况中的脉冲调制		P9	×××

日本业余无线电频段

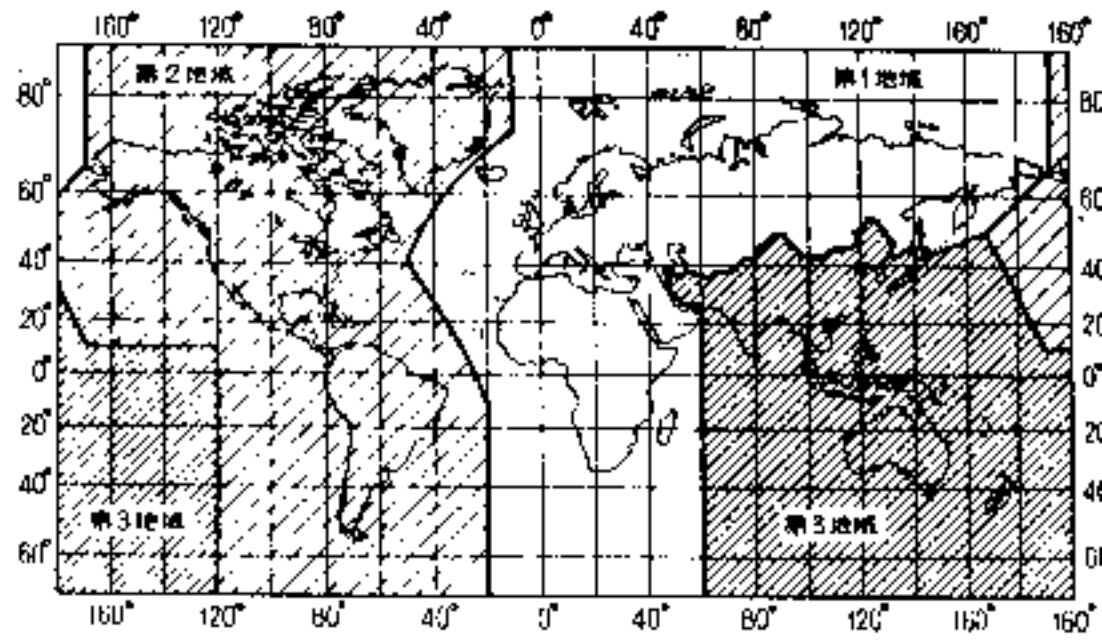
业余无线电台允许使用的频段

频率			电波发射类别	最大天线功率(W)
范围	略记	指定		
(kHz) 1907.5～1912.5	1.9M	(kHz) 1910	A1	500
3500～3575	3.5M	3537.5	A1、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5J、A9、A9C、F1、F4、F5	
3791～3805	3.8M	3798		
7000～7100	7M	7050		
10100～10150	10M	10125	A1、A3A、A3H、A3J、A4、A5J、A9C、F1、F4、F5	
14000～14350	14M	14175	A1、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5J、A9、A9C、F1、F4、F5	
18068～18168	18M	18118	A1、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A9C、F1、F4、F5	
21000～21450	21M	21225	A1、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5J、A9、A9C、F1、F4、F5	
24890～24990	24M	24940	A1、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A9C、F1、F4、F5	
(MHz) 28～29.7	28M	(MHz) 28.86	A1、A2、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5J、A9、A9C、F1、F2、F3、F4、F5、F9	50
50～54	50M	52		
144～146	144M	145		
430～440	430M	435	A1、A2、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5、A5C、A5J、A9、A9C、F1、F2、F3、F4、F5、F9	
1260～1300	1200M	1280	A1、A2、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5、A5J、A9、A9C、F1、F2、F3、F4、F5、F9、P0、P1、P2D、P2E、P2F、P3D、P3E、P3F、P9	10
2400～2450	2400M	2425	A1、A2、A3、A3A、A3H、A3J、A4、A5、A9、A9C、F1、F2、F3、F4、F5、F9、P0、P1、P2D、P2E、P2F、P3D、PE3、P3F、P9	1
5650～5850	5600M	5750	A1、A2、A3、A4、A5 F1、F2、F3、F4、F5、F9 P0、P1、P2D、P2E、P2F、P3D、P3E、P3F、P9	
(GHz) 10～10.25	10.1G	(GHz) 10.125		
10.45～10.5	10.4G	10.475		
24～24.05	24G	24.025		0.1
47～47.2	47G	47.1		
75.5～76	75G	75.75		
142～144	142G	143		
248～250	248G	249		
(kHz) 4630	4630K	(kHz) 4630	A1	500

(1991年1月1日现在

业余无线电频带分配表

在国际电信条约所属的《无线电规则》中，如右图所示，把世界划分为三个区域，并分别称为第一区、第二区和第三区(或 Region 1, Region 2, Region 3)。



在上述的区域划分中，分配给业余无线电的频带见下表。

从表中可看出，分配的频带随着区域的不同而有所不同。

日本属于第三区。但要注意，即使属于被分配的业余无线电频带，未经国家允许有的也不能使用。

第一区	第二区	第三区
1800—1810kHz 无线电定位	1800—1850kHz 业余	1800—2000kHz 业余 固定 移动(航空移动除外) 无线电导航 无线电定位
1810—1850kHz 业余		
1850—2000kHz 业余 固定 移动(航空移动除外)	1850—2000kHz 业余 固定 移动(航空移动除外) 无线电定位 无线电导航	
3500—3800kHz 业余 固定 移动(航空移动除外)	3500—3750kHz 业余	3500—3900kHz 业余 固定 移动
	3750—4000kHz 业余 固定 移动(航空移动〈R〉除外)	
7000—7100kHz 业余／卫星	7000—7300kHz 业余／卫星	7000—7100kHz 业余／卫星
10100—10150kHz	固定 业余	
14000—14250kHz	业余 卫星业余	
14250—14350kHz	业余	
18068—18168kHz	业余 卫星业余	
21000—21450kHz	业余 卫星业余	
24890—24990kHz	业余 卫星业余	
28—29.7MHz	业余 卫星业余	
	50—54MHz 业余	
144—146MHz	业余 卫星业余	
	146—148MHz 业余	146—148MHz 业余 固定 移动
	220—225MHz 业余 固定 移动 无线电定位	
430—440MHz 业余 无线电定位	430—440MHz 无线电定位 业余	
	902—928MHz 固定 业余 无线电定位移动 (航空移动除外)	

第一区	第二区	第三区
1240—1260MHz	无线电定位 卫星无线电导航(空对地) 业余	
1260—1300MHz	无线电定位 业余	
2300—2450MHz 固定 业余 移动 无线电定位	2300—2450MHz 固定 移动 无线电定位 业余	
	3300—3400MHz 无线电定位 业余 固定 移动	3300—3400MHz 无线电定位 业余
	3400—3500MHz 固定 卫星固定(空对地) 业余 移动 无线电定位	
5650—5725MHz	无线电定位 业余 空间研究(深空)	
5725—5850MHz 卫星固定(地对空) 业余 无线电定位	5725—5850MHz 无线电定位 业余	
	5850—5925MHz 固定 卫星固定(地对空) 移动 业余 无线电定位	
10—10.45GHz 固定 移动 无线电定位 业余	10—10.45GHz 无线电定位 业余	10—10.45GHz 固定 移动 无线电定位 业余
10.45—10.5GHz	无线电定位 业余、卫星业余	
24—24.05GHz	业余、卫星业余	
24.05—24.25GHz	无线电定位、业余 卫星地球勘探(有源)	
47—47.2GHz	业余、卫星业余	
75.5—76GHz	业余、卫星业余	
76—81GHz	无线电定位、 业余、卫星业余	
142—144GHz	业余、卫星业余	
144—149GHz	无线电定位 业余 卫星业余	
248—250GHz	业余、卫星业余	

国际字符表

（本资料根据 ITU 的其他资料制成）

AAA-ALZ	United States of America
AMA-AOZ	Spain
APA-ASZ	Pakistan
ATA-AWZ	India
AXA-AXZ	Commonwealth of Australia
AYA-AZZ	Argentine Rep.
BAA-BZZ	China
CAA-CEZ	Chile
CFA-CKZ	Canada
CLA-CMZ	Cuba
CNA-CNZ	Morocco
COA-COZ	Cuba
CPA-CPZ	Bolivia
CQA-CRZ	Portuguese Overseas Provinces
CSA-CUZ	Portugal
CVA-CXZ	Uruguay
CYA-CZZ	Canada
DAA-DRZ	Rep. of Germany
DSA-DTZ	Korea
DUA-DZZ	Rep. of Philippines
EAA-EHZ	Spain
EIA-EJZ	Ireland
EKA-EKZ	Union of Soviet Socialist Rep.
ELA-ELZ	Liberia
EMA-EOZ	Union of Soviet Socialist Rep.
EPA-EQZ	Iran
ERA-ESZ	Union of Soviet Socialist Rep.
ETA-ETZ	Ethiopia
EUA-EWZ	Byelorussian SSR
EXA-EZZ	Union of Soviet Socialist Rep.
FAA-FZZ	France and French community
GAA-GZZ	United Kingdom
HAA-HAZ	Hungary
HBA-HBZ	Switzerland
HCA-HDZ	Ecuador
HEA-HEZ	Switzerland
HFA-HFZ	Poland
HGA-HGZ	Hungary
HHA-HHZ	Rep. of Haiti
HIA-HIZ	Dominican Rep.
HJA-HKZ	Rep. of Colombia
HLA-HLZ	Rep. of Korea
HMA-HMZ	Dem. People's Rep. of Korea
HNA-HNZ	Iraq
HOA-HPZ	Panama
HQA-HRZ	Rep. of Honduras
HSA-HSZ	Thailand
HTA-HTZ	Nicaragua
HUA-HUZ	Rep. of El Salvador
HVA-HVZ	Vatican City State
HWA-HYZ	France and French Community
HZA-HZZ	Saudi Arabia
IAA-IZZ	Italy
JAA-JSZ	Japan
JTA-JVZ	Mongolian P.R.
JWA-JXZ	Norway
JYA-JYZ	Jordan
JZA-JZZ	Indonesia
KAA-KZZ	United States of America
LAA-LNZ	Norway
LOA-LWZ	Argentine Rep.
LXA-LXZ	Luxembourg
LYA-LYZ	Union of Soviet Socialist Rep.
LZA-LZZ	Bulgaria
MAA-MZZ	United Kingdom
NAA-NZZ	United States of America
OAA-OCZ	Peru
ODA-ODZ	Lebanon
OEA-OEZ	Austria
OFA-OJZ	Finland
OKA-OMZ	Czechoslovakia
ONA-OTZ	Belgium
OUA-OZZ	Denmark
PAA-PIZ	Netherlands
PJA-PJZ	Netherlands Antilles
PKA-POZ	Rep. of Indonesia
PPA-PYZ	Brazil
PZA-PZZ	Surinam
QAA-QZZ	Q Signals
RAA-RZZ	Union of Soviet Socialist Rep.
SAA-SMZ	Sweden
SNA-SRZ	Poland
SSA-SSM	United Arab Rep.
SSN-STZ	Sudan
SUA-SUZ	United Arab Rep.
SVA-SZZ	Greece
TAA-TCZ	Turkey
TDA-TDZ	Guatemala
TEA-TEZ	Costa Rica
TFA-TFZ	Iceland
TGA-TGZ	Guatemala
THA-THZ	France and French Community
TIA-TIZ	Costa Rica
TJA-TJZ	Rep. of Cameroon
TKA-TKZ	France and French Community
TLA-TLZ	Central African Rep.
TMA-TMZ	France and French Community
TNA-TNZ	Rep. of Congo
TOA-TQZ	France and French Community
TRA-TRZ	Rep. of Gabon
TSA-TSZ	Tunisia
TTA-TTZ	Rep. of Chad
TUA-TUZ	Rep. of Ivory Coast
TVA-TXZ	France and French Community
TYA-TYZ	P.R. of Benin
TZA-TZZ	Rep. of Mali
UAA-UQZ	Union of Soviet Socialist Rep.
URA-UTZ	Ukrainian Soviet Socialist Rep.
UUA-UZZ	Union of Soviet Socialist Rep.
VAA-VGZ	Canada
VHA-VNZ	Commonwealth of Australia
VOA-VOZ	Canada
VPA-VSZ	British Overseas Territories
VTA-VWZ	India
VXA-VYZ	Canada

VZA-VZZ	Commonwealth of Australia
WAA-WZZ	United States of America
XAA-XIZ	Mexico
XJA-XOZ	Canada
XPA-XPZ	Denmark
XQA-XRZ	Chile
XSA-XSZ	China
XTA-XTZ	P.D.R. of Burkina Faso
XUA-XUZ	Cambodia
XVA-XVZ	Vietnam
XWA-XWZ	Laos
XXA-XXZ	Portuguese Overseas Provinces
XYA-XZZ	Burma
YAA-YAZ	Afghanistan
YBA-YHZ	Rep. of Indonesia
YIA-YIZ	Iraq
YJA-YJZ	Vanuatu
YKA-YKZ	Syria
YLA-YLZ	Union of Soviet Socialist Rep.
YMA-YMZ	Turkey
YNA-YNA	Nicaragua
YOA-YRZ	Romania
YSA-YSZ	Rep. of El Salvador
YTA-YUZ	Yugoslavia
YVA-YYZ	Venezuela
YZA-YZZ	Yugoslavia
ZAA-ZAZ	Albania
ZBA-ZJZ	British Overseas Territories
ZKA-ZMZ	New Zealand
ZNA-ZOZ	British Overseas Territories
ZPA-ZPZ	Paraguay
ZQA-ZQZ	British Overseas Territories
ZRA-ZUZ	Rep. of South Africa
ZVZ-ZZZ	Brazil
2AA-2ZZ	Great Britain
3AA-3AZ	Monaco
3BA-3BZ	Mauritius
3CA-3CZ	Equatorial Guinea
3DA-3DM	Swaziland
3DN-3DZ	Fiji
3EA-3FZ	Panama
3GA-3GZ	Chile
3HA-3UZ	China
3VA-3VZ	Tunisia
3WA-3WZ	Vietnam
3XA-3XZ	Rep. of Guinea
3YA-3YZ	Norway
3ZA-3ZZ	Poland
4AA-4CZ	Mexico
4DA-4IZ	Rep. of Philippines
4JA-4LZ	Union of Soviet Socialist Rep.
4MA-4MZ	Venezuela
4NA-4OZ	Yugoslavia
4PA-4SZ	Sri Lanka
4TA-4TZ	Peru
4UA-4UZ	United Nations
4VA-4VZ	Rep. of Haiti
4WA-4WZ	Rep. of Yemen
4XA-4XZ	State of Israel
4YA-4YZ	Intl. Civil Aviation Org.
4ZA-4ZZ	State of Israel
5AA-5AZ	Libya
5BA-5BZ	Rep. of Cyprus
5CA-5GZ	Morocco
5HA-5IZ	Tanzania
5JA-5KZ	Colombia
5LA-5MZ	Liberia
5NA-5OZ	Nigeria
5PA-5QZ	Denmark
5RA-5SZ	Madagascar
5TA-5TZ	Islamic Rep. of Mauritania
5UA-5UZ	Rep. of Niger
5VA-5VZ	Togolese Rep.
5WA-5WZ	Western Samoa
5XA-5XZ	Uganda
5YA-5ZZ	Kenya
6AA-6BZ	United Arab Rep.
6CA-6CZ	Syria
6DA-6JZ	Mexico
6KA-6NZ	Rep. of Korea
6OA-6OZ	Somalia
6PA-6SZ	Pakistan
6TA-6UZ	Sudan
6VA-6WZ	Rep. of the Senegal
6XA-6XZ	Madagascar
6YA-6YZ	Jamaica
6ZA-6ZZ	Liberia
7AA-7IZ	Indonesia
7JA-7NZ	Japan
7OA-7OZ	Rep. of Yemen
7PA-7PZ	Lesotho
7QA-7QZ	Malawi
7RA-7RZ	Algeria
7SA-7SZ	Sweden
7TA-7YZ	Algeria
7ZA-7ZZ	Saudi Arabia
8AA-8IZ	Indonesia
8JA-8NZ	Japan
8OA-8OZ	Boptswana
8PA-8PZ	Barbados
8QA-8QZ	Maldive Is.
8RA-8RZ	Guyana
8SA-8SZ	Sweden
8TA-8YZ	India
8ZA-8ZZ	Saudi Arabia
9BA-9DZ	Iran
9EA-9FZ	Ethiopia
9GA-9GZ	Ghana
9HA-9HZ	Malta
9IA-9JZ	Zambia
9KA-9KZ	Kuwait
9LA-9LZ	Sierra Leone
9MA-9MZ	Malaysia
9NA-9NZ	Nepal
9OA-9TZ	Rep. of Zaire
9UA-9UZ	Burundi
9VA-9VZ	Singapore
9WA-9WZ	Malaysia
9XA-9XZ	Rwanda
9YA-9ZZ	Trinidad and Tobago
A2A-A2Z	Botswana
A3A-A3Z	Kingdom of Tonga
A4A-A4Z	Sultanate of Oman
A5A-A5Z	Bhutan
A6A-A6Z	United Arab Emirates
A7A-A7Z	Qatar
A8A-A8Z	Liberia
A9A-A9Z	Bahrain
C2A-C2Z	Rep. of Nauru
C3A-C3Z	Principality of Andorra
C4A-C4Z	Rep. of Cyprus
C5A-C5Z	Rep. of Gambia
C6A-C6Z	Commonwealth of Bahamas
C7A-C7Z	World Meteorological Organization
C8A-C9Z	P.R of Mozambique
D2A-D3Z	P.R. of Angola
D4A-D4Z	Rep. of Cape Verde
D5A-D5Z	Liberia
D6A-D6Z	State of the Comoro
D7A-D9Z	Rep. of Korea
E2A-E2Z	Thailand
H2A-H2Z	Rep. of Cyprus
H3A-H3Z	Rep. of Panama
H4A-H4Z	Solomon Is.
H6A-H7Z	Nicaragua
H8A-H9Z	Rep. of Panama
J2A-J2Z	Rep. of Djibouti
J3A-J3Z	Grenada
J4A-J4Z	Greece
J5A-J5Z	Rep. of Guinea Bissau
J6A-J6Z	St. Lucia
J7A-J7Z	Dominica
J8A-J8Z	St. Vincent and the Grenadines
L2A-L9Z	Argentine Rep.
P2A-P2Z	Papua New Guinea
P3A-P3Z	Rep. of Cyprus
P4A-P4Z	Aruba
P5A-P9Z	Dem. People's Rep. of Korea
S2A-S3Z	P.R. of Bangladesh
S6A-S6Z	Singapore
S7A-S7Z	Rep. of Seyshelles
S9A-S9Z	D.R. of Sao Tome & Principe
T2A-T2Z	Tuvalu
T3A-T3Z	Kiribati
T4A-T4Z	Cuba
T5A-T5Z	Somalia
T6A-T6Z	Afghanistan
T7A-T7Z	Rep. of San Marino
V2A-V2Z	Antigua and Barbuda
V3A-V3Z	Belize
V4A-V4Z	St. Kitts and Nevis
V5A-V5Z	Namibia
V6A-V6Z	Micronesia (Federated States of)
V7A-V7Z	Rep. of Marshall Is.
V8A-V8Z	Brunei Darussalam
Y2A-Y9Z	Fed. Rep. of Germany
Z2A-Z2Z	Rep. of Zimbabwe

DX 指向一览表

本一览表汇集了字头、地区、地区中的网点、方位以及距离东京的大概距离。

在一览表中的地区，有的是事先确定的，也有的是按照 VE、VK、W 的呼叫范围列出的。另外，在已经统一的国家中，也有一部分重复地区。

关于网点（参照　页），虽然是以该地区的首都为基准，但也有一部分（诸岛等）由于从地图上读取的原因，稍微有些误差。方位用360°表示，括号中是长距离通路的方位。

Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
1A0	SMO of Malta	JI61EU	323(143)	9860
1S	Spratly Is	OJ58WS	230(50)	4071
3A	Monaco	JN33RS	328(148)	9965
3B6	Agalega	LI80HK	257(77)	10027
3B7	St. Brandon	MH05AA	251(71)	10177
3B8	Mauritius	LH70TG	249(69)	10592
3B9	Rodriguez Is.	MH11QQ	246(66)	10064
3C	Equatorial Guinea	JJ51AX	299(119)	13278
3C0	Pagalu Is.	JI29TJ	298(118)	13927
3D2	Fiji	AH12FC	138(318)	7216
3D2/C	Conway Reef	RG79HR	144(324)	7395
3D2/R	Rotuma Is.	RH88OC	135(315)	6644
3DA0	Swaziland	KG55WS	256(76)	13249
3V	Tunisia	JM56BV	321(141)	10587
3W	Vietnam	OK36AA	246(66)	3952
3X	Rep. of Guinea	IJ38AM	323(143)	14157
3Y/B	Bouvet Is.	JD16QK	224(44)	16047
3Y/P	Peter Is.	EC21MX	156(336)	15203
4J1	Maiyj Vysotskij Is.	KP40GG	354(174)	9228
4S	Sri Lanka	MJ96WX	257(77)	6738
4U1ITU	ITU Geneva	JN36CG	330(150)	9802
4U1UN	United Nations	FN30WR	25(205)	10877
4W	Yemen	LK25ET	285(105)	9434
4X	Israel	KM71NX	304(124)	9154
5A	Libya	JM92AU	314(134)	10700
5B	Cyprus	KM65QG	307(127)	9043
5H	Tanzania	KI94OE	271(91)	11576
5N	Nigeria	JJ16UE	305(125)	13147
5R	Madagascar	LH32SM	256(76)	11361
5T	Mauritania	IK18XA	330(150)	13295
5U	Niger	JK13AA	312(132)	12544
5V	Togo	JJ06ME	309(129)	13593
5W	Western Samoa	AH46CE	128(308)	7485
5X	Uganda	KJ60GP	281(101)	11417

Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
5Z	Kenya	KI89JG	276(96)	11154
6O	Somalia	LJ34AA	275(95)	10054
6W	Senegal	IK14SL	331(151)	13883
6Y	Jamaica	FK17QU	39(219)	12933
7O	PDR of Yemen	LK23MA	283(103)	9322
7P	Lesotho	KG31SG	255(75)	13680
7Q	Malawi	KH75MU	268(88)	12221
7X	Algeria	JM16JE	324(144)	11224
8P	Barbados	GK03VC	24(204)	14228
8Q	Maldive Is.	MJ74IE	259(79)	7619
8R	Guyana	GJ17VE	26(206)	15038
9G	Ghana	JJ05BP	310(130)	13713
9H	Malta	JM75GW	318(138)	10248
9J	Zambia	KH45AG	269(89)	12795
9K	Kuwait	LL49AI	295(115)	8306
9L	Sierra Leone	IJ38SD	323(143)	14305
9M2	West Malaysia	OJ13AH	236(56)	5188
9M6	East Malaysia	OJ61AX	222(42)	4051
9M8	East Malaysia	OJ62AU	224(44)	4621
9N	Nepal	NL27NS	277(97)	5149
9Q	Zaire	JI76NG	285(105)	12989
9U	Burundi	KI47QP	279(99)	12002
9V	Singapore	OJ21BO	232(52)	5280
9X	Rwanda	KI58AA	280(100)	7384
9Y	Trinidad & Tobago	FK90PM	27(107)	14464
A15/A	Abu Ail	LK14JU	285(105)	9684
A15/J	Jabal at Tair	LK05WN	287(107)	9574
A2	Botswana	KG26VI	263(83)	13584
A3	Tonga	AG29MA	134(314)	7829
A4	Oman	LL93CM	284(104)	7951
A5	Bhutan	NL47UO	274(94)	4711
A6	United Arab Emir.	LL74GQ	288(108)	8049
A7	Qatar	LL55RM	290(110)	8242
A9	Bahrain	LL56IM	291(111)	8257

Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
AP	Pakistan	MM63OQ	287(107)	6123
BV	Taiwan	PL05RI	239(59)	2179
BY	China	OM89KU	285(105)	2628
C2	Nauru	RM31LA	138(318)	4902
C3	Andorra	JN02RM	330(150)	10350
C5	Gambia	IK13MA	330(150)	13994
C6	Bahamas	FL15QE	35(215)	12356
C9	Mozambique	KG64LA	259(79)	12803
CE	Chile	FF57KM	98(278)	17246
CE0A	Easter Is.	DG53PC	103(283)	13522
CE0X	San Felix	FG04BJ	86(266)	16136
CE0Z	Juan Fernandez	FF17JO	98(278)	10224
CY0	Sable Is.	GN03AV	14(194)	10969
CY9	St. Paul Is.	GN07CE	13(193)	10614
CN	Morocco	IM74GA	331(151)	11636
CO	Cuba	EL93GD	40(220)	12304
CP	Bolivia	FH64WK	56(236)	16701
CT	Portugal	IM58PT	335(155)	11103
CT3	Madeira Is.	JM82MQ	339(159)	12029
CU	Azores	HM68AA	350(170)	11686
CX	Uruguay	GF25CA	88(268)	18582
D2	Angola	JI62QM	282(102)	13699
D4	Cape Verde	HK84MA	340(160)	14029
D6	Comoros	LH19MQ	263(83)	11278
DL	Fed. Rep. Germany	JO41LA	331(151)	9251
DU	Philippines	PK05MM	221(41)	3034
EA	Spain	IN80TM	332(152)	10783
EA6	Balearic Is.	JM19HN	328(148)	10557
EA8	Canary Is.	IL28BD	336(156)	12482
EA9	Ceuta and Melilla	IM75NG	331(151)	11258
EI	Ireland	IO73EH	341(161)	9617
EL	Liberia	IJ56KM	319(139)	14354
EP	Iran	LM55UT	297(117)	7616
ET	Ethiopia	KJ99JA	284(104)	10263
F	France	JN18ET	333(153)	9817
FG	Guadeloupe	MK06RD	25(205)	13857
FH	Mayotte	LH28HM	262(82)	11190
FK	New Caledonia	RH20MA	152(332)	6964
FM	Martinique	FK94MS	25(205)	14038
FO	French Polynesia	BH53SO	115(295)	9811
FO/T	Tubuai Is.	BG57JU	120(300)	9847
FO/M	Marquesas Is.	BI50AA	110(290)	8934
FO0X	Clipperton	DK50OG	69(249)	11206
FP	St. Pierre & Miq.	GN26MX	11(191)	10721
FR	Reunion	LG79SC	249(69)	10821
FR/G	Glorioso Is.	LH39PN	262(82)	10929
FR/J	Juan de Nova	KG99SG	258(78)	12016
FR/T	Tromelin	LH75FU	254(74)	10576
FS	Saint Martin	PK88OQ	26(206)	13601
FT/W	Crozet	LE54PL	229(49)	12584
FT/X	Kerguelen Is.	ME40LX	219(39)	11668
FT/Z	Amsterdam & St.Paul	MF83SU	224(44)	10348
FW	Wallis & Futuna	AH16AG	132(312)	7117
FY	French Guiana	GJ45GA	19(199)	15386

Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
G	England	JO01AA	337(157)	9538
GD	Isle of Man	IO84GI	340(160)	9463
GI	Northern Ireland	IO64XL	341(161)	9481
GJ	Jersey	IN99CE	336(156)	9863
GM	Scotland	IO85AT	341(161)	9227
GU	Guernsey & Dep.	IN99HL	336(156)	9834
GW	Wales	IO82AM	339(159)	9621
H4	Solomon Is.	QI91VV	153(333)	5373
HA	Hungary	JN97NM	324(144)	9048
HB	Switzerland	JN47GM	329(149)	9645
HB0	Liechtenstein	JN47UM	328(148)	9560
HC	Ecuador	FJ10EM	54(234)	14543
HC8	Galapagos Is.	EJ50DR	64(244)	13570
HH	Haiti	FK48GA	35(215)	13091
HI	Dominican Rep.	FK58MA	32(212)	13255
HK	Colombia	FJ34CU	45(225)	14392
HK0/M	Malpelo	EJ94TA	53(233)	13884
HK0/S	San Andres & Pro.	EK92VN	47(227)	13132
HL	Korea	PM37MU	284(104)	1114
HP	Panama	FJ09PE	48(228)	13564
HR	Honduras	EK63ST	50(230)	12654
HS	Thailand	OK04PL	247(67)	4579
HV	Vatican	JN61EU	324(144)	9862
HZ	Saudi Arabia	LL34FM	293(113)	8799
I	Italy	JN61EU	323(143)	9840
IS	Sardinia	JM49NF	324(144)	10209
J2	Djibouti	LK11MX	283(103)	9832
J3	Grenada	FK92VG	27(207)	14256
J5	Guinea Bissau	IK21UX	329(149)	14127
J6	St. Lucia	FK94MA	25(205)	14109
J7	Dominica	FK95RM	25(205)	13943
J8	St. Vincent & Dep	FK93PF	26(206)	14179
JD1/M	Minami Torishima	QL74AN	128(308)	1861
JD1/O	Ogasawara	QL17CA	165(345)	1079
JT	Mongolia	ON38MA	307(127)	3075
JW	Svalbard	JQ94MM	348(168)	6789
JX	Jan Mayen	IQ61HD	349(169)	7908
JY	Jordan	KM72UI	303(123)	9061
KC4	Antarctica	JA00AA	180(0)	13933
KC6	Rep. of Belau	PJ77GI	183(3)	2993
KG4	Guantanamo Bay	FL20MA	36(216)	12859
KH0	Mariana Is.	QK28MA	164(344)	2395
KH1	Baker, Howland Is.	FI48TT	121(301)	5972
KH2	Guam	QK23JK	166(346)	2491
KH3	Johnston Is.	AK56RX	99(279)	5428
KH4	Midway Is.	AL18RG	89(269)	4121
KH5	Palmyra, Jarvis	AJ95AU	106(286)	7079
KH5K	Kingman Reef	AJ96EK	104(284)	6725
KH6	Hawaiian Is.	BL11VA	87(267)	6295
KH7	Kure Is.	AL18FK	89(269)	4034
KH8	American Samoa	AH45LA	127(307)	7632
KH9	Wake Is.	RK39GH	117(297)	3209
KL7	Alaska	BP52AU	34(214)	5586
KP1	Navassa Is.	MK78MK	37(217)	13006

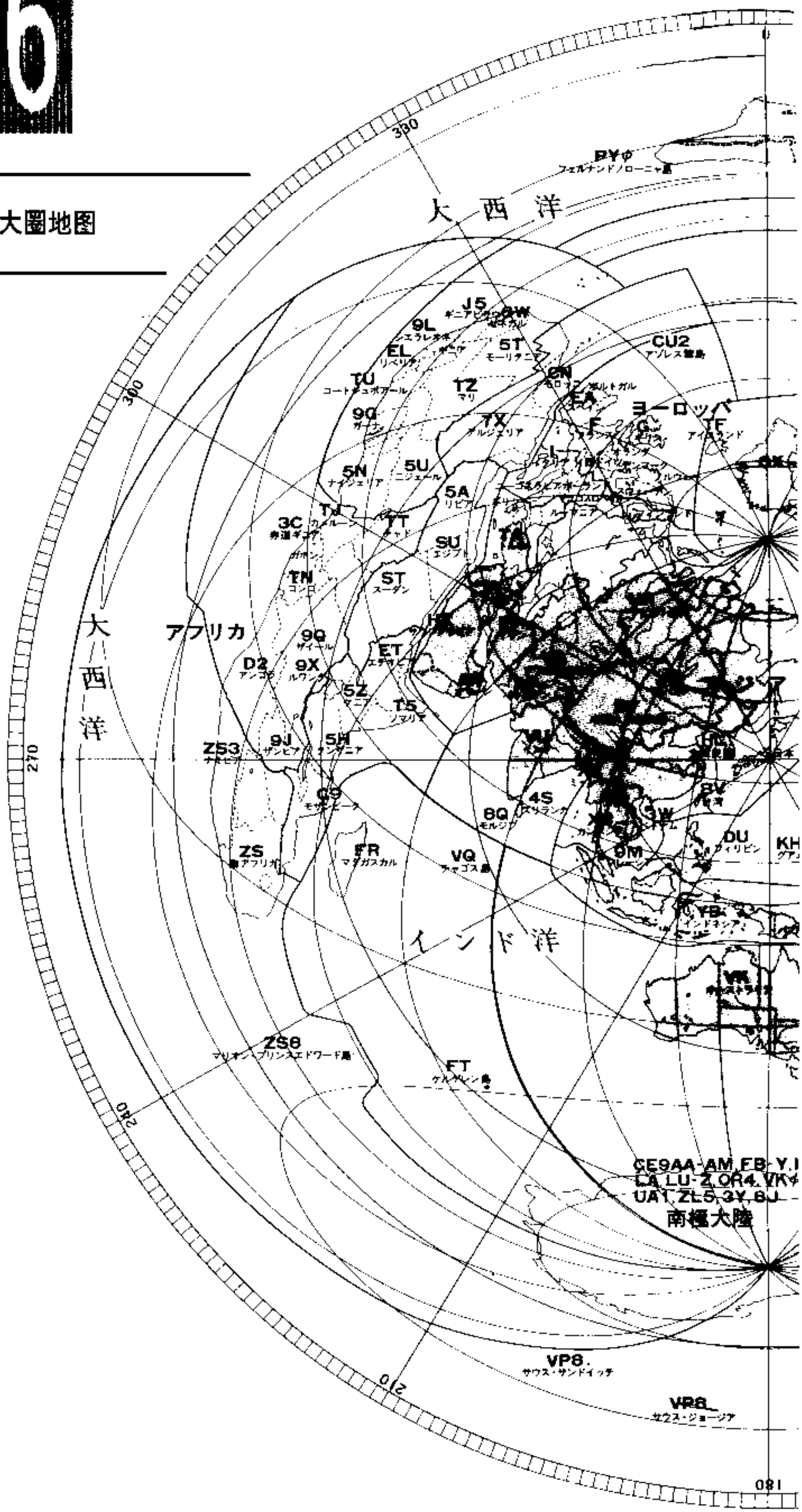
Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
KP2	Am. Virgin Is.	FK76MX	27(207)	13507
KP4	Puerto Rico	FK78EM	29(209)	13450
KP5	Desecheo Is.	FK68SJ	30(210)	13380
LA	Norway	JP50AA	336(156)	8130
LU	Argentina	GF16KH	100(280)	18160
LX	Luxembourg	IN39DQ	332(152)	9489
LZ	Bulgaria	KN12SU	318(138)	9111
OA	Peru	FH18UE	62(242)	15519
OD	Lebanon	KM73RT	305(125)	8970
OE	Austria	JN88PA	326(146)	9230
OH	Finland	KP20KM	333(153)	7648
OH0	Aland Is.	KP00AE	333(153)	8052
OJ0	Market Reef	JP90NH	333(153)	8064
OK	Czechoslovakia	KN08AT	327(147)	9010
ON	Belgium	JO20ET	333(153)	9474
OX	Greenland	GQ22CS	1(181)	7843
OY	Faroe Is.	IP71JX	345(165)	8766
OZ	Denmark	JO65GP	333(153)	8719
P2	Papua New Guinea	QI51AU	169(349)	3037
P4	Aruba	FK52WE	36(216)	13891
PA	Netherland	JO22LW	334(154)	9303
PJ	Neth. Antilles	FK52WE	35(215)	13909
PJ/S	St. Maarten et al	FK88LC	26(206)	13636
PY	Brazil	GH80QA	34(214)	17367
PY0F	Fernando de Nor.	HI47FU	345(165)	16394
PY0P	St. Peter a Paul	HJ50QW	342(162)	15800
PY0T	Trindade & M.V.	HH50QW	323(143)	17997
PZ	Surinam	GJ25OT	22(202)	15245
S0	Western Sahara	IL13XM	333(153)	12346
S2	Bangladesh	NL53KU	268(88)	4850
S7	Seychelles	LI76RQ	263(83)	9749
S9	Sao Tome & Prin.	JJ30GK	299(119)	13639
SM	Sweden	JO99AE	334(154)	8133
SP	Poland	KO02WG	327(147)	8655
ST	Sudan	KK65GT	292(112)	10703
ST0	Southern Sudan	KJ55PA	285(195)	11284
SU	Egypt	KM50QA	304(124)	9721
SV	Greece	KM18TA	315(135)	9495
SV/A	Mount Athos	KN20EE	316(136)	9304
SV5	Dodecanese	KM36WE	311(131)	9365
SV9	Crete	KM25NJ	312(132)	9619
T2	Tuvalu	RJ98UH	132(312)	6323
T30	W. Kiribati	RJ61AU	131(311)	5245
T31	Central Kiribati	FI48TT	121(301)	6620
T32	E. Kiribati	BJ11SX	104(284)	7260
T33	Ocean Is.	RI58AA	136(316)	5228
T5	Somalia	LJ22NF	275(95)	10054
T7	San Marino	JN63GW	325(145)	9691
TA	Turkey	KM69JW	310(130)	8745
TF	Iceland	IP05AA	351(171)	8745
TG	Guatemala	EK55HA	52(232)	12329
TI	Costa Rica	EK80AA	51(231)	13219
TI9	Cocos Is.	EJ65WN	57(237)	13351
TJ	Cameroon	JJ63ET	300(120)	12926

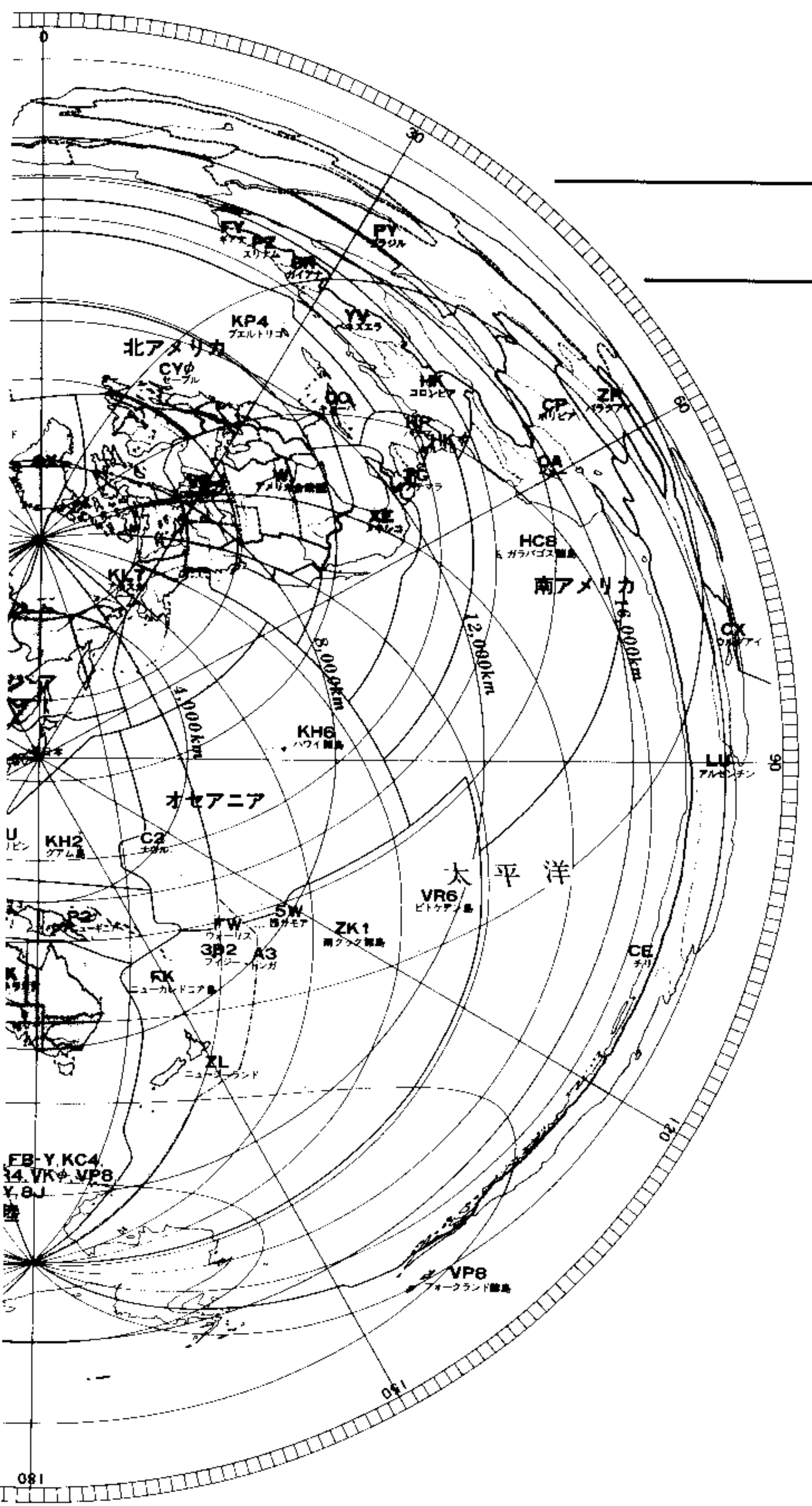
Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
TK	Corsica	JN41LX	326(146)	10017
TL	Central Afr. Rep.	JJ84GI	293(113)	12195
TN	Congo	JI76PA	290(110)	13195
TR	Gabon	IJ50IO	295(115)	13381
TT	Chad	JJ77WG	301(121)	11835
TU	Ivory Coast	IJ85VD	314(134)	14018
TY	Benin	JJ16JM	308(128)	13418
TZ	Mali	IK62AS	321(141)	13323
UA0	Asiatic RSFSR	QP00AA	1(181)	2734
UA1	European RSFSR	LO06AA	323(143)	7343
UA2	Kaliningradsk	KO05WM	329(149)	8387
UA9	Asiatic RSFSR	MO68AA	320(140)	5437
UB	Ukraine	KN58AA	319(139)	8277
UC	Byelorussia	KO44AE	325(145)	8124
UD	Azerbaijan	LN40WM	305(125)	7652
UF	Georgia	LN21WX	308(128)	7858
UG	Armenia	LN21WA	306(126)	7900
UH	Turkmenistan	LM97AM	299(119)	6809
UI	Uzbekistan	MN41LX	300(120)	6331
UJ	Tadzhikistan	MN50AA	296(116)	6007
UL	Kazakhstan	LO91AA	307(127)	5971
UM	Kirghizia	MN72GM	298(118)	5584
UO	Moldavia	KN66XX	319(139)	8556
UP	Lithuania	KO35AA	328(148)	8229
UQ	Latvia	KO38WA	329(149)	8070
UR	Estonia	KP30WA	329(149)	7910
V2	Antigua & Barbuda	FK97VE	25(205)	13731
V3	Belize	EK67EM	49(229)	12270
V4	St. Chr. & Nevis	FK97JG	26(206)	13702
V5	Namibia	JG88QM	268(88)	14330
V6	Fed. Micronesia	QJ57WK	150(330)	3532
V7	Marshall Is.	PJ39WE	119(299)	4877
V8	Brunei	OJ75WM	222(42)	4251
VE1	Halifax, N.S.	FN84TP	16(196)	10807
VE2	Montreal, Quebec	FN35SM	22(202)	10418
VE3	Toronto, Ontario	FN03QP	27(207)	10380
VE4	Winnipeg, Man.	EN19NV	33(213)	9017
VE5	Saskatoon, Sask.	DO72HC	35(215)	8363
VE6	Edmonton, Alta.	DO33RN	37(217)	7901
VE7	Vancouver, B.C.	CN89NG	44(224)	7586
VE8	Yellowknife, NWT	DP32EK	29(209)	7322
VK0/H	Heard Is.	MD67SB	215(35)	11703
VK0/M	Macquarie Is.	QD96KP	169(349)	10172
VK1	Canberra, C.T.	QF45NG	172(352)	7918
VK2	Sydney, N.S.W.	QF57OU	170(350)	7793
VK3	Melbourne, Vict.	QF23LT	175(355)	8155
VK4	Brisbane, Queens.	QG63ML	167(347)	7129
VK5	Adelaide, S. Aus.	PF96HW	181(1)	7813
VK6	Perth, W. Aus.	OF79WW	201(21)	7876
VK7	Hobart, Tasmania	QE38PV	174(354)	8735
VK8	Darwin, N. Terr.	PH56KL	191(11)	5395
VK9/Y	Cocos-Keeling Is.	NH88KE	228(48)	6916
VK9/L	Lord Howe Is.	QF99WN	162(342)	7716
VK9/M	Mellish Reef	QH73XL	161(341)	8126

Prefix	Countries	Grid Loc.	Dir. (LP)	km
VK9/N	Norfolk Is.	RG31XC	154(334)	7756
VK9/W	Willis Is.	QH55AU	187(347)	5851
VK9/X	Christmas Is.	OI20UM	221(41)	6212
VO1	St. John's, Nfld.	GN47IN	8(188)	10702
VO2	Goose Bay, Labr.	GO03FH	12(192)	9956
VP2E	Anguilla	FK88OF	25(205)	13585
VP2M	Montserrat	FK96CS	25(205)	13772
VP2V	Brit. Virgin Is.	FM76MX	27(207)	13497
VP5	Turks & Caicos	FL41VM	32(212)	12859
VP8/F	Falkland Is.	GD08XD	147(327)	17694
VP8/G	South Georgia Is.	HD16MM	187(7)	17878
VP8/O	South Orkney Is.	GD70MM	175(355)	17182
VP8/SA	South Sandwich Is.	HD73ID	198(18)	17307
VP8/SH	South Shetland Is.	GC08XA	163(343)	16803
VP9	Bermuda	FM82JD	21(201)	12065
VQ9	Chagos	MI54RL	251(71)	8411
VR6	Pitcairn Is.	CL55BB	111(291)	11618
VS6	Hong Kong	OL72BG	246(66)	2847
VU	India	ML88QM	276(96)	5715
VU4	Andaman & Nicobar	NK63MA	252(72)	5413
VU7	Laccadive Is.	MK61MA	265(85)	7218
VY1	Whitehorse, Yukon	CP20MR	35(215)	6395
W0	Omaha, Nebraska	EN21XG	38(218)	9785
W1	Boston, Mass.	FN42MJ	22(202)	10822
W2	New York, NY.	FN30AR	25(205)	10877
W3	Philadelphia, PA.	FM29NW	26(206)	10910
W4	Atlanta, Georgia	EM83ER	36(216)	11070
W5	Dallas, Texas	EM22JS	44(224)	10430
W6	California	DM07AM	54(234)	8507
W7	Salt Lake City	DN40WR	47(227)	8845
W8	Cleveland, Ohio	EN91UL	30(210)	10486
W9	Chicago, Illinois	EN61TU	33(213)	10171
XE	Mexico	EL00AA	55(235)	11073
XF4	Revilla Gigedo	DK49AI	64(244)	10382
XT	Burkina Faso	IK82XM	315(135)	13324
XU	Kampuchea	OK04NE	242(62)	4325
XV	Vietnam	OL31EA	246(66)	3952
XW	Laos	OK18OA	251(71)	4069
XX9	Macao	OL72BU	247(67)	2904
XZ	Burma	NK86FX	257(77)	4656
YZ	German Dem. Rep.	JO62LM	330(150)	8969
YA	Afghanistan	MM44NI	291(211)	6377
YB	Indonesia	OI34QE	219(39)	5229
YI	Iraq	LM23GD	301(121)	8354
YJ	Vanuatu	RH44XA	148(328)	6593
YK	Syria	KM83CM	304(124)	8784
YN	Nicaragua	EK72BE	50(230)	12808
YO	Romania	KN32CM	319(139)	8885
YS	El Salvador	EK64KA	52(232)	12539
YU	Yugoslavia	JN94LQ	321(141)	9329
YV	Venezuela	FK60MM	35(215)	14341
YV0	Aves Is.	FK85TQ	27(207)	13824
Z2	Zimbabwe	KH53OG	266(86)	12880
ZA	Albania	JN91WM	319(139)	9490
ZB	Gibraltar	IM76PH	332(152)	11257
ZC4	UK Bases, Cyprus	KM64HQ	307(127)	9070
ZD7	St. Helena	IH75UP	293(113)	15930
ZD8	Ascension Is.	II33EW	313(133)	15953
ZD9	Tr. da C. & Gough	IF43FE	254(74)	17382
ZF	Cayman Is.	EK89RA	41(221)	12572
ZK1/N	North Cook Is.	AI90MK	115(295)	8144
ZK1/S	South Cook Is.	BG09RE	123(303)	8333
ZK2	Niue	AH51XA	130(310)	8065
ZK3	Tokelau	AI41LA	124(304)	7083
ZL	New Zealand	RE79ME	154(334)	9192
ZL7	Chatham Is.	AE25GX	150(330)	9879
ZL8	Kermadec Is.	AG11XF	143(323)	8493
ZL9	Auck. & Campbell	BD48NN	163(343)	10035
ZP	Paraguay	GG15SS	60(240)	17970
ZS	South Africa	KG45CU	259(79)	13723
ZS8	P.E. & Marion Is.	KE84UW	233(53)	13593
ZS9	Walvis Bay	JG77MA	269(89)	14511

资料16

无线电爱好者用的大圈地图




0
30
60
90
120
150
180
FY
PZ
エリナム
PY
ブラジル
KP4
プエルトリコ
YV
ベネズエラ
北アメリカ
CYφ
セーブル
HK
コロンビア
CP
ボリビア
ZP
パラグアイ
HC8
ガラパゴス諸島
南アメリカ
KL7
アラスカ
12,000km
16,000km
8,000km
4,000km
KH6
ハワイ諸島
LU
アルゼンチン
オセアニア
KH2
グアム島
C2
ナウル
太平洋
VR6
ピトケアン島
5W
西サモア
FW
ウォーリス
ZK1
南クック諸島
3D2
フィジー
A3
トンガ
FK
ニューカレドニア島
CE
チリ
ZL
ニュージーランド
VP8
フォークランド諸島