

关于中继台之基础知识

中继台是专业无线通讯系统不可缺少的重要设备。对于增大通讯距离、扩展覆盖范围，扮演着举足轻重的角色。中继台由收、发信机等单元组成。通常工作于收发异频状态，能够将接收到的已调制的射频信号解调出音频信号传输给其它设备。同时，还能将其它设备送来的音频信号经[射频调制](#)后发射出去。上面提到的其它设备有各种系统使用的控制器、无线接驳器等，也包括互联所需要的其它中继台。将中继台收到的信号直接通过自身的发射机转发出去，这是中继台最基本的应用。因此，中继台必须能够收发同时工作，并且发射时不能影响接收机的正常工作。

介于中继台工作的基本特点，再加上多台中继台组合在一起使用对中继台的技术指标相对于移动台要有更高的和更特殊的要求。除一台中继台组成的单信道常规地面通讯系统之外，还可以利用中继台经同轴电缆、功分器、架设多幅分布天线，实现楼宇、酒店等建筑物地下和地面的覆盖通讯，此外多台中继台组成集群系统以及各种带状或星形结构的通讯网。中继台调试集成安装的指标直接影响到系统的通讯距离和系统网络语音质量及功能。

中继台通讯距离的工程计算

1、[无线电波](#)传输损耗工程实用公式： $LM(dB)=88.1+20lgF-20lgh_1h_2+40lgd$ ，式中：F—通讯工作频率(MHz); h_1 —通讯对象 A 点天线高度(m); h_2 —通讯对象 B 点天线高度(m); d —A 点和 B 点的通讯距离(m)，上述实用公式仅限于 VHF 150MHz 和 UHF 400MHz~470MHz 频段，并且地形起伏高度在 15m 左右，通讯距离在 65km 范围内。

2、系统无线设备通讯距离的计算(以下举例说明):

(1)假设已知条件:

a.系统工作频率: TX 465MHz RX 455MHz;

b.中继台参数和架设数据: 发射功率: 20W(43dBm), 接收灵敏度: -116dBm, 同轴电缆损耗: 2dB(1/2"馈管 40m 长、5dB/100m), 全向天线增益: 9.8dBi, 天线架设高度: 30m;

c.对讲机参数、发射功率: 4W(36dBm), 接收灵敏度: -116dBm, 对讲机天线增益: 0dBi, 对讲机高度: 1.5m.

(2)中继台与对讲机的系统增益在本例中，所谓系统增益就是对讲机发射信号给中继台接收机允许衰减的最大值，若不考虑电缆损耗和天线增益的条件下：系统增益(dB)=发射功率(dBm)-接收灵敏度(dBm)；若考虑电缆损耗、天线增益的条件下，本例系统增益为： $SG(dB)=Pt+PA-(RA+CL+RR)=36+0-(9.8-2-116)=144.2(dB)$ 。式中：Pt——对讲机发射功率，PA——对讲机天线增益，RA——中继台天线增益，CL——同轴电缆损耗，RR——中继台接收灵敏度。

(3)如果系统增益等于电波传输的损耗，则说明通讯距离的电波能量已达极限，若系统增益小于传输损耗则表明通讯可能建立不起来。将系统增益代入电波传输损耗工程公式： $144.2=88.1+20lg455-20lg1.5\times30+40lgd$ $144.2=88.1+53.2-33+40lgd$ $35.9=40lgd$ $d=7.9km$ 。

(4)上式仅计算了上行信号(对讲机发给中继台)可通讯的保守距离，而未计算下行信号(中继台发给对讲机)可覆盖的距离，通常由于中继台发射功率较大，其下行信号往往优于上行信号的通讯距离。由于系统通话是双向的，因此系统的保守通话距离往往以上行信号为准来计算。

通讯系统中的干扰

1、系统中的干扰有很多，有些是产品制造中不可避免的，有的是在系统集成时产生的，我们主要讨论后者，在日常通讯中经常碰到的干扰主要有两种：同频干扰和互调干扰。

2、同频干扰是指在一个系统中的工作频率受到了另一个系统相同频率的干扰。虽然两台发射机标称频率相同，但多少还是有所差异，当一台接收机同时收到两台发射机信号时，会产生两个发射频率差异的差拍干扰，如果两发射频率相差 1kHz，在接收机中即可听到 1kHz 的差拍声，另外尽管发射频率相同，其频率的相位也不一定相同，因此会产生低频交

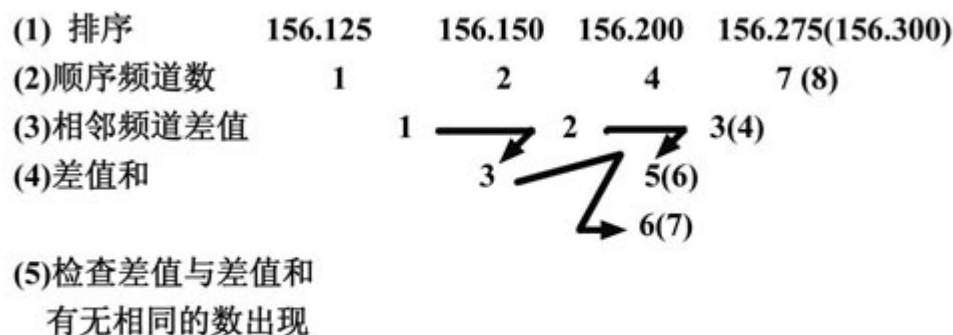
流声的干扰。

3、互调干扰是由电路中的非线性器件产生的，在我们日常工作中产生互调的原因主要有以下两种情况：(1)干扰信号侵入发射机的末级，从而同有用信号之间引起互调。此类干扰称为发射机互调干扰。(2)处于互调关系中的两个或两个以上的无线电信号被接收机接收，在接收机高放级产生互调，称为接收机互调干扰。

4、互调干扰主要反映在多信道系统或与其它系统安装在一起，多信道频率相互间或其它系统频率与多信道频率混合而产生，产生的主要机理有两种表现形式，如果我们用 A、B、C.....表示频率的数值，则有： $2A-B=C$ $A+D-C=B$ 或 $A+D-B=C$ 举例说明：某一系统有 4 个信道的发射频率分别为：1CH 160MHz、2CH 161MHz、3CH 162MHz、4CH 163MHz，如果不采取互调抑制措施，就会产生： $2 \times 160\text{MHz} - 161\text{MHz} = 162\text{MHz}$ (假)，即 1CH 的二次谐波进入 2CH 功放末级产生差频形成一个假的 162MHz，就会对 3CH 所接收的设备造成干扰。另外还会产生： $160\text{MHz} + 163\text{MHz} - 162\text{MHz} = 161\text{MHz}$ (假)，即 1CH 和 4CH 的和拍与 3CH 的差拍产生一个假的 161MHz，就会对 2CH 所接收真的 161MHz 频率产生干扰。

5、为了避免互调干扰，通常有两种做法：根据互调产生的机理在发射机功放输出端口加单向隔离器，对外部进入的信号进行衰减，不让其产生和频和差频。对于接收机采用大动态范围的器件，降低减小非线性。另一种方法是使用频率时，人为避开产生互调组合的频率。前者需要增加设备投入，后者较经济，但取决于所审批频率的可能性。

6、无(三阶)互调干扰频率的工程计算方法：(1)将所分配或使用的频率从低向高排序；(2)按最小信道间隔计算每个频率对应的频道数；(3)计算相邻频道数的差值；(4)求差值的和(按下举例方法求和)；(5)检查差值与和数中不得有相同的数出现。举例说明：现有一组频率 156.275MHz、156.150MHz、156.200MHz、156.125MHz 计算是否存在互调组合(如图一)。有相同的数字 3，表明这一组频率存在互调，只有将 156.275 MHz 频率向上调换成 156.300 MHz 或其它的频率才可避开互调组合。上面括号中的数字是被调换后的计算结果。



图一

中继台的关键技术参数与天馈系统

1、中继台的关键技术 中继台的技术参数除发射功率，频率稳定度，调制特性，接收机灵敏度，音频输出功率和失真，调制接收带宽等技术参数与对讲机、车载台相同或较高外，根本的区别在于全双工工作，即接收信号的同时，又要发射信号，其关键的技术参数是双工工作时的接收灵敏度，即自身的收发干扰情况如何，好的中继台发射时应不影响接收机的灵敏度。中继台若存在收发干扰，意味着接收机灵敏度的下降，在系统工作时，直接影响到对

讲机和车载台的通讯距离。

2、形成中继台收发干扰的因素：(1)发射机大功率信号串入接收机前端造成接收机的阻塞，使接收灵敏度下降。(2)发射机边带频谱中的接收机频率成分过大形成类似于同频干扰的情况，使接收机灵敏度下降。

3、解决中继台收发干扰的要点除了中继台自身发射机和接收机有较高的技术指标外，重要在于发射机天线端口和接收机天线端口要有较高的隔离衰减。目前发射机和接收机天线端口之间隔离通常有 2 种方法：(1)双工器方式；(2)收发天线同轴垂直间隔方式。

4、使用双工器的优缺点：(1)使用双工器的优点：收发共用一根天线，一根电缆，架设方便；通常使用陷波型双工器，体积小，重量轻，插损小，有较好的收发隔离性能，能保证良好的收发干扰指标。(2)使用双工器的缺点：要求天线频带较宽，往往天线对收发频率不能兼顾；陷波型双工器的阻带很窄，当设置多信道使用时，所使用的频率有所限制，必须限定在双工器的阻带宽度内。

5、使用双天线的优缺点

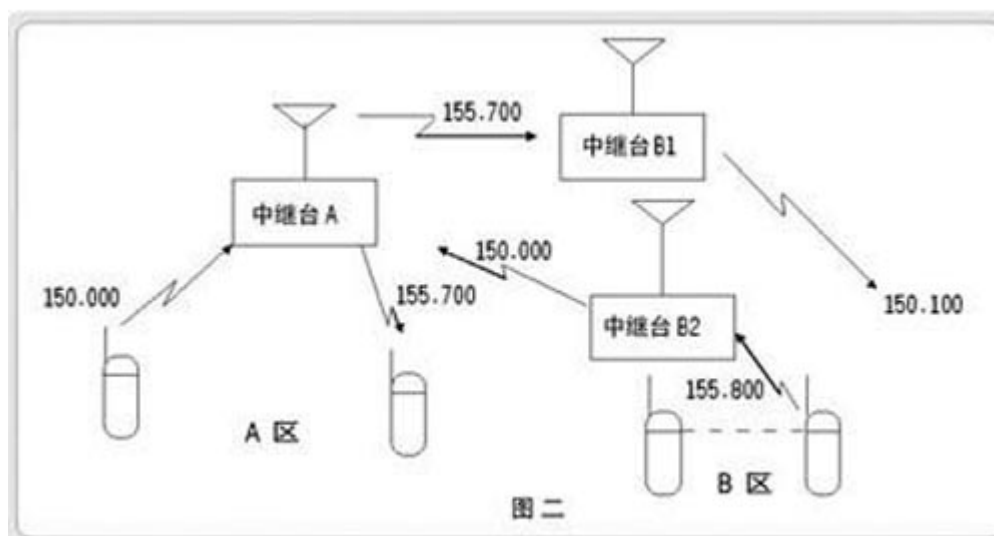
(1)使用双天线的优点：收发分别使用各自的天线，可获得较好的匹配及增益；可在较宽的频率范围内，任意设置信道所用的收发频率。(2)使用双天线的缺点：双天线要达到一定程度的收发隔离，架设时有严格的要求，往往不易满足，导致收发干扰指标恶化，严重影响通讯距离。(3)使用双天线架设的要求：双天线水平架设时，两天线间的水平距离应 $\geq 390\lambda$ ；双天线同轴垂直架设时，两天线间的垂直距离 $\geq 9\lambda$ 。

6、双天线架设后中继台收发干扰指标的测试：

(1)使用对讲机测试方法：首先将对讲机发射功率设置最低档，中继台置于不转发状态：摘掉对讲机天线，短时间间断发射，让对讲机与中继台逐步拉开距离，直到中继台接收对讲信号有杂音止，此时再将中继台置于转发状态或使用中继台的话筒发射，听中继台的杂音不应有变化，若杂音加强或静噪电路关闭听不到杂音，说明存在收发干扰。(2)使用仪器测试方法：使用 RF 射频信号源，输出端口接仪表自带天线或对讲机天线，将信号源输出调至中继台接收有杂音止(中继台处于不转发状态)，此时启动中继台的发射，听杂音不应有明显的变化。

中继台组网方案

1、二次接力中继方案一(图二)



说明：(图中的频率为说明组网通讯方式而假设)

本方案使用 3 台内置双工器的中继台，可将 A 区和 B 区联网。

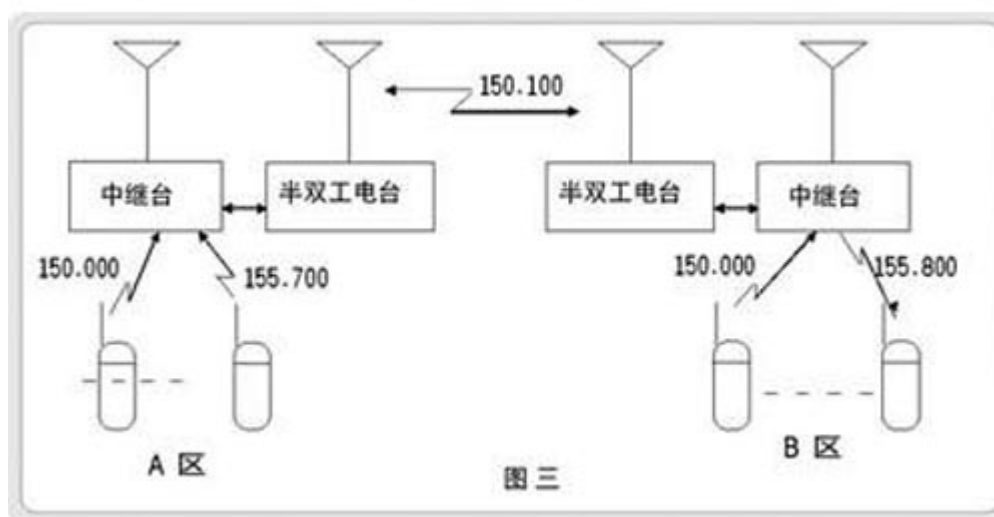
对讲机设置 2 个信道：1CH TX 150.000 RX 155.700 在 A 区使用；2CH TX 155.800 RX 150.100 在 B 区使用。

中继台 A 的频率设置：TX 155.700 RX 150.000.

中继台 B1 的频率设置：TX 150.100 RX 155.700.

中继台 B2 的频率设置：TX 150.000 RX 155.

2、二次接力中继方案二(图三)



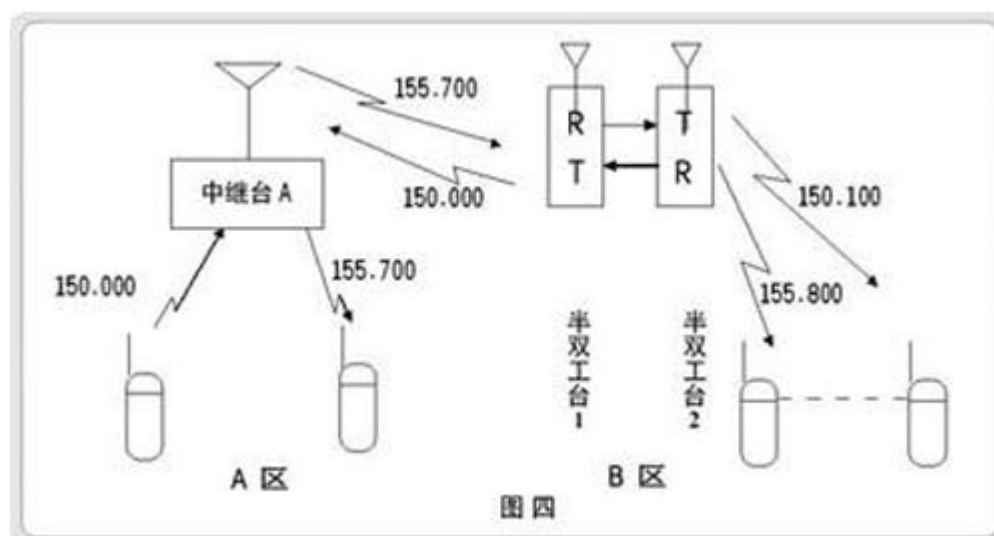
说明：(图中频率假设)

本方案在 A 区使用了一台标准的中继台(内置有双工器)，而在 B 区使用 2 台半双工电台组合互控的中继台，B 区组合中继台使用 2 付天线，对讲机设置了 3 个信道：1CH TX 150.000 RX 155.700 在 A 区使用；2CH TX 155.800 RX 155.100 在 B 区与 A 区通话；3CH TX 155.700 RX 150.100 在 B 区自中继。

半双工电台 1 的频率设置：TX 150.000 RX 155.700.

半双工电台 2 的频率设置：TX 150.100 RX 155.800.

3、两区自动漫游方案一(图四)

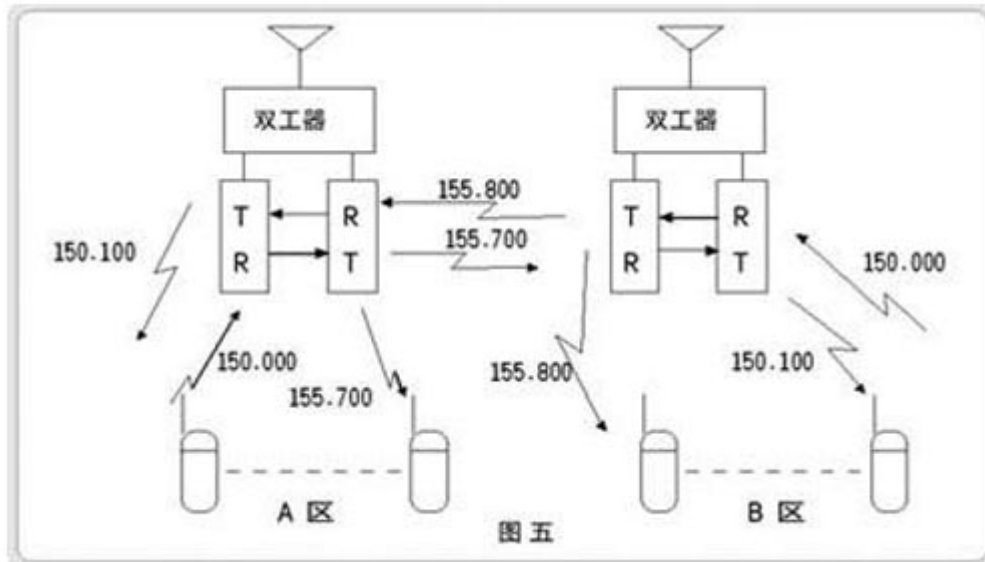


说明：本方案 A、B 两区各使用了一台中继台和一台半双工电台，半双工电台使用收发同频半双工工作方式，而且仅做两区互联的链路。

对讲机设置两个信道，频率：1CH TX 150.000 RX 155.700; 2CH TX 150.000 RX 155.800.

并且设置这两个信道快速扫描，由于这两个信道 TX 频率相同，无论搜索到哪个区均可进行通话，因此无论在哪一区均不需人工切换信道，从而达到自动漫游的功能。

4、两区自动漫游方案二(图五)



说明：本方案 A、B 两区均使用半双工电台组合互控的中继台，对讲机编程三个信道，并且进行扫描搜索：1CH TX 150.000 RX 155.700 A 区自中继；2CH TX 150.000 RX 155.800 B 区自中继；3CH TX 150.000 RX 150.100，A、B 区相互通讯

每部半双工电台收发频率接近，均在双工器允许的带宽内，故使用双工器进行收发隔离。