

Magnetic Small Antenna

Homemade guide

几种不同馈电方式的经济适用小环天线
制作、调试与应用

BG7RWZ 实验整理

QQ: 2058714

2016-12-15

一、经济适用小环天线简介。

这种天线，有叫磁小环天线的（Magnetic Small Loop Antenna），有叫磁环天线的（Magnetic Loop Antenna），也有叫小环天线的（Small Loop Antenna）。

这款经济适用小环天线全貌，见图 1。



图 1 用磁环变压器馈电的小环天线完整实体图

本天线，经几个月时间实际通联，证明能够可靠工作在 14、18 及 21 兆业余频段。14 兆驻波比、在电台显示屏上显示不起表；18、21 兆不大于 1.5。可以耐受 100 瓦功率长时间通联发射而电容极间不会击穿打火。装配完成的一副天线重量，感觉比一只陶瓷真空电容轻。

近期，本人在阳台上、及在室内窗前安置本天线，成功与香港、广东、海南、

湖南、湖北、江西、山东、陕西、云南、贵州等地火腿电台进行了通联。其他几位火腿同好，按此款天线的电容元件及相近的环参数制作的天线，也都或在室内、或在阳台、或把本天线水平吊挂在窗外，成功与国内多地、甚至远至日本、克罗地亚、匈牙利的火腿电台进行了通联。（室内发射，偶尔试验所为。朋友们勿长时间室内大功率发射，以免受伤害。）2017 年春节期间，广西河池火腿在自己家屋顶用此小环天线，傍晚 6 时在 21 兆频率、用 0.5 瓦功率、CW 模式，通到了澳洲东南部的纽卡斯尔。从这小小的成功体会到：这是一款成本经济、效果实际的“经济适用”小环天线。为我们身处蜗居、无法上楼顶架设倒 V、甚至不便从窗口、阳台伸出一条几米长的渔竿天线去通联的火腿，提供了另一个实用可行的可选项。小环天线不是最好的天线，但确实是可供实用的天线。观其效果，诚如老外一篇评价小环天线的文章题目所言——**Underestimated Magnetic Loop HF Antenna**（被低估了的磁环短波天线）。

这副天线的神奇之处，在于其所用的这个小小的可变电容器。当初我只是看它的片距比其他电容大一些，拿来作试验。开始时小瞧了它，认为大不了能承受 50 瓦就顶天了，没想到试验下来它竟然能扛住 100 瓦发射而不打火。我又用相同的电容再做了一个电容盒，再次试验，一样能承受 100 瓦并同样完成多次通联，这样就排除了偶然因素。然后介绍给几位火腿同好去试验，他们也相继在 100 瓦成功通联。大家都惊讶此电容实为 DIY 小环天线的神器。

此款小环天线采用磁环变压器给主环馈电，电路简图如图 2：

主环(Main Loop), 好多人这么叫，而因为其作用是调节谐振频率，也有称其为调谐环的 (Tuning Loop)。

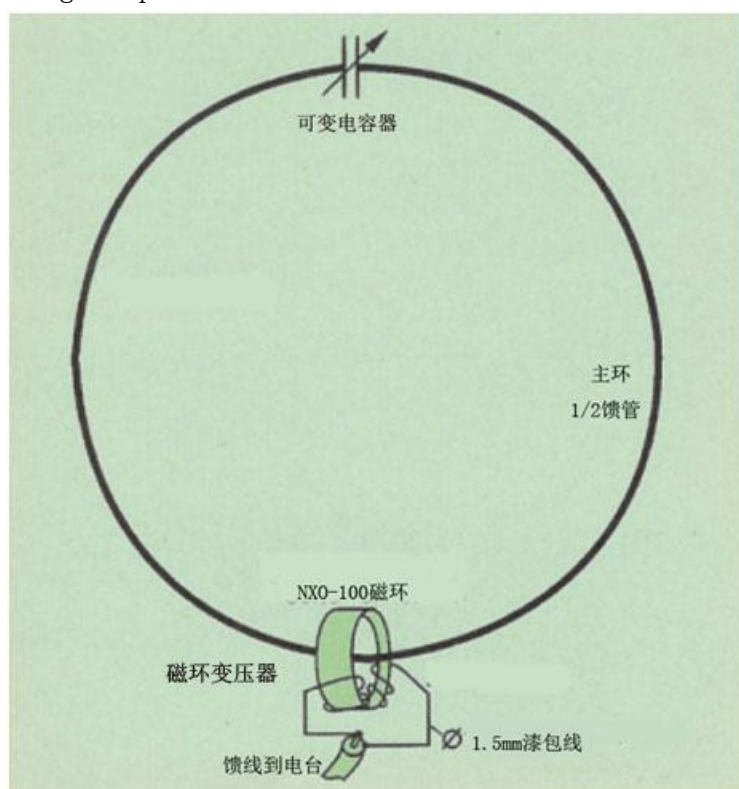


图 2 用磁环变压器馈电的小环天线电气连接图

二、材料准备：

- 1、1/2 或 7/8 馈管、4 米；（7/8 经测试效率高些，频率范围两者无区别）
- 2、与馈管相配的 N 头两只（装于馈管两头）；
- 3、37pF 瓷板可变电容一只（淘宝店址：
<https://item.taobao.com/item.htm?spm=alz09.2.0.0.WUBCgb&id=36537297959&u=k6b470p0d1a>）；（当然其他的可变电容器也一样可用，尽量选片距大一点的，最好是瓷支架的）
- 4、减速旋钮或普通旋钮一只（轴孔直径 6mm，淘宝地址：
<https://item.taobao.com/item.htm?spm=alz09.2.0.0.rfCGIJ&id=42732194854&u=n6b470pc722>）；
- 5、100x70x55 透明盖防水接线盒一只（淘宝地址：
<https://item.taobao.com/item.htm?spm=alz09.2.0.0.rfCGIJ&id=39425465915&u=n6b470pa7fd>）；
- 6、N 座两只，（装于防水盒两侧）；
- 7、NX0-100 小磁环一只，做磁环变压器用，尺寸：外径 x 内径 x 高度=45x26x15mm。（淘宝地址：
<https://item.taobao.com/item.htm?spm=alz09.2.0.0.YwTE0A&id=43846280358&u=16b470p9807>）或尺寸相近的磁环，只要内径能套入主环馈管并留有空隙可以穿绕几匝 1.5mm 直径的漆包线就可以用；
必须提醒注意的是：做小环天线耦合馈电用的磁环变压器，不能随便见到一只磁环就拿来用。应该用镍锌铁氧体材料，磁导率 $\mu = 100$ ，型号为 NX0-100 的磁环。如果用错了材料电阻率低的磁环，其本身就变成了一只单匝短路线圈，很易产生涡流发热而可能出意外。而如果用了磁导率很高的磁环，则容易出现“磁饱和”而降低效率甚至不能形成有效耦合，使做出来的小环天线无法应用而归于失败。后面说到的巴伦其所用磁环亦应同样注意此点。
网上有很多介绍判别磁环材质、业余条件下自行测量磁环磁导率的方法，可以参照来加以判断。
- 8、直径 1.5mm 的漆包线、或者 1.5 平方的多股胶皮线半米；
- 9、M 座一只；
- 10、2.5 平方单芯铜线 20 厘米；
- 11、32 外径 PVC 管 1.5 米；
- 12、32PVC 三通一只（顶部沿两头直通方向锯开一条 20 毫米宽的开口）；
- 13、NX0-100 大磁环一只，外径 X 内径 X 高=60X42X15，做巴伦用。
- 14、塑料束紧带若干条，长度足够把防水盒扎紧在 PVC 管上即可。

三、制作

- 1、主环制作，把两只 N 头分别装到馈管两头，备用。
- 2、电容器装到防水盒上，装好旋钮；把两只 N 座分别装在防水盒两侧。

- 3、用 2.5 平方单芯铜线，把两边 N 座分别焊到可变电容的动片与定片接线焊片上。注意，焊接时，铜线应把 N 座的芯极与外壳焊连在一起，即把馈管芯与屏蔽层短路。另外，连接 N 座与电容的导线，不要随便拿一条细漆包线或截面很小的接电灯的胶皮线就用，截面过小会影响到驻波调不下来。电容盒内的连线，除了用粗线外，还应该尽可能地“要短，要直，不要平行靠近，要跨越时尽量垂直交叉”。焊接处，熔锡包裹要饱满，焊接面积要大。电容盒实物见图 3。

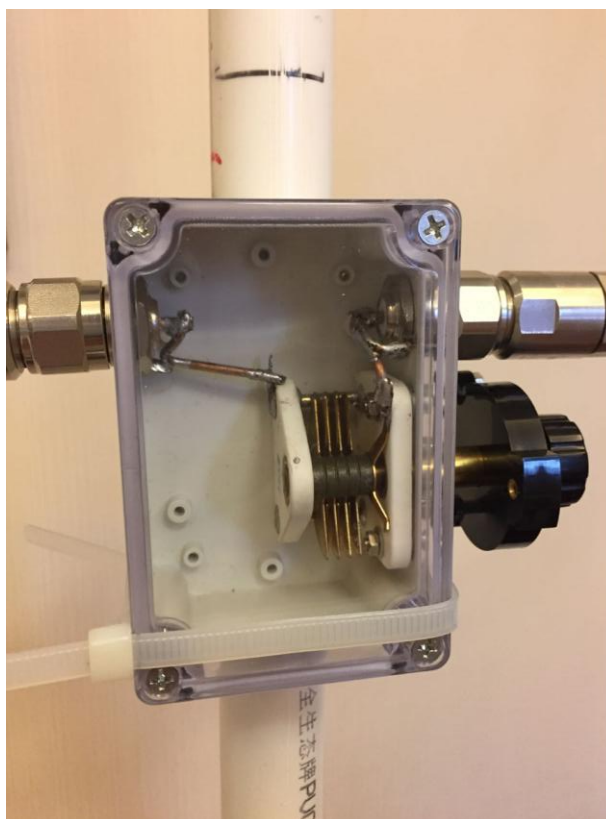


图 3 电容盒

- 4、把小磁环套入主环，用 1.5 漆包线在磁环绕两匝，这个两匝的线圈的两头，分别焊在 M 座两极上。见图 4。同样，熔锡包裹要饱满，焊接面积要大。
- 5、把三通单通这端套入 PVC 管的端头、成 T 型。
- 6、把防水盒用束紧带扎牢在 PVC 管另一头距三通约 1.3 米位置。
- 7、把主环从三通顶部开口槽卡入，注意卡好后主环馈管在三通两边的长度应相等，并用束紧带固定好。
- 8、把主环两端 N 头分别与防水盒两边 N 座旋紧（注意先套入磁环变压器）。参见图 1。
- 9、磁环变压器也用束紧带固定在三通旁。这样，防水盒与磁环变压器，分别位于主环的最底部与最顶部，180 度相对，参见图 1。（电容盒置于环的下部比较稳，也利于调节操作）。



图 4 磁环变压器装配图

- 10、把连接天线与电台的馈线在大磁环上绕 10~12 匝，做成一个电流型巴伦。注意，绕制前，先根据磁环尺寸算出每匝长度乘以匝数，预留合适的长度后再开始绕制，使得绕好后，馈线的 M 头伸出磁环约 10 厘米即好，在近巴伦这端的 M 头亦即伸出巴伦 10 厘米的这一端的 M 头接磁环变压器，远离巴伦另一端的 M 头接电台，不要搞错。巴伦的绕法、接法参见图 5。

四、调试

- 1、用你合适的工具和方法把小环天线立起来，注意周边远离大型物件尤其金属物体，远离墙壁，更不可把环靠在墙壁上调试。同时使小环天线底部离地面约一个环直径左右。然后用绕好巴伦的馈线连接磁环变压器与电台。参考图 1、图 5 及图 6。

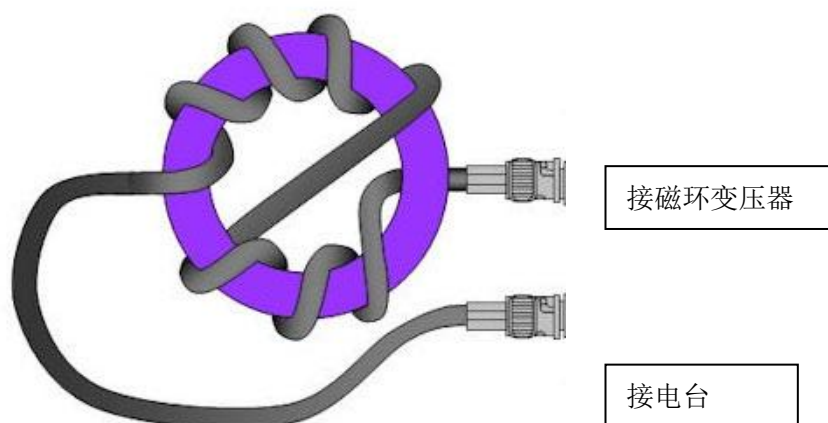


图 5 巴伦绕法



图 6 巴伦与磁环变压器的连接

- 2、电台通电，频率设置于 14.270 兆赫（其他频率按下述同样操作）、CW 模式，背噪调到刚好能听到。如果 CW 模式下背噪不明显，可先设在 SSB 模式下。
- 3、缓慢调节小环天线可变电容器，至某点背噪开始变大，再慢慢调到背噪最大声处、并同时观察到电台的 S 表显示最大时停止。
- 4、电台调至 6 瓦功率，转换到 CW 模式，按电键发射，看电台驻波显示，若驻波

未小于 1.5，在发射的同时微调一下电容，注意要在发射状态下观察和调整驻波，可能需反复多次，至驻波最小。

- 5、多位朋友按上述参数制作的小环天线都能调整到驻波比 1.5 以下。调节时，可一手调电容，一手按电键，眼睛观察电台驻波显示。注意，手动调节，不可避免人体感应，比如调节时驻波最低到了 1.2，但手一离开旋钮，驻波又回升了，比如跳上 1.6 了。对此，有一个规律，驻波欠调一点或者过调一点，就是有意不调到最低，总会有一个方向是手离开旋钮后驻波就回落的。例如，手调观察到驻波由高变低再升高，最低驻波是 1.2，这时把旋钮往回旋一点让驻波升回到 1.6 或更高的位置，这样手一离开，驻波就会回落。可能要反复一两次，就能把驻波调整到我们观察到的最低点 1.2。如果这样欠调后试发射，驻波不回落反而升高了，那就把旋钮再旋过去一点，让驻波越过 1.2 升到 1.6 或更高，这样手一离开驻波就会回落，同样可能要反复一两次，就能把驻波调整到 1.2。熟练了，就能按此方法好快调到最低。
- 6、把电台功率升到 50 瓦，试发射，若驻波没明显回升，继续到 75 瓦，试射，若仍无回升，调至 100 瓦试射，无异常，即可开始通联。如果在某个功率级别处驻波有增大了，就按上述操作方式，把驻波调低。
- 7、小环天线在可接受的驻波下工作带宽很窄，往往可能只有几十 KHz，因此，转换频率时即使在同一业余频段内跳转频率若跳跃过大，如从 14.270 跳到 14.220，应降低功率试发射检测驻波是否在合适范围内，不合适，则应按前述方法予以调整。另外，带宽窄还表现在调节时极易滑过谐振点，这点初次使用尤应注意。可变电容器动片哪怕只是旋过半个大头针帽大小的角度就可能错过了谐振点。所以，如果不是用减速旋钮而用了普通旋钮的话，更要小心微调。实践中，有些朋友做好了小环天线，总说驻波调不下来，最后往往都发现是其调节电容的手法动作太大错过谐振点造成的。后来经试验体会到小环天线调节过程中拧动旋钮时要“屏神宁气、紧捏轻拧、似非动而微动”，又都把天线调好了。差一点，好好的一副天线被自己判了死刑。

五、通联

- 1、调整好驻波，即可通联。本天线适合在阳台上通联，我是用摄影用摄影灯的三脚架把小环天线立起来，把三脚架立好，把三脚架中心柱拉出约 20 厘米，把小环天线的支撑 PVC 管套入三脚架的中心柱，即可使用。调节三脚架使小环天线底部离地面约一个环直径左右的高度。周边勿靠墙，离开大型金属物体。
- 2、小环天线，辐射最强方向是沿环平面向两边“劈”出去的方向。而与环平面垂直的两侧是所谓“零点”、即辐射最弱的方向。把辐射最强方向对准通联对象的方位，有助于改善信号；而把零点方向对准干扰信号方向有助于消除干扰。可据此调整小环天线的方向得到相对好的信号效果。
- 3、小环天线，为了方便安装需要，也可以水平放置，这样也是可以进行通联的。

六、耦合环馈电方式的小环天线：

如果不用上面的磁环变压器的耦合馈电方式，可以采用经典的、与主环共面的耦合环来馈电的方式，其电气连接如图 6、实体图见图 7。实质上仍是变压器耦合馈电。

前面提到，我们通俗叫它主环的外面这个大环，因为其作用是调节天线实现谐振，故又有称其为调谐环（Tuning Loop）的。而里面这只小环，因为它通过电磁耦合给主环馈电，所以，故称其耦合环（Coupling Loop），但也有叫它激励环、驱动环的（Driving Loop）。

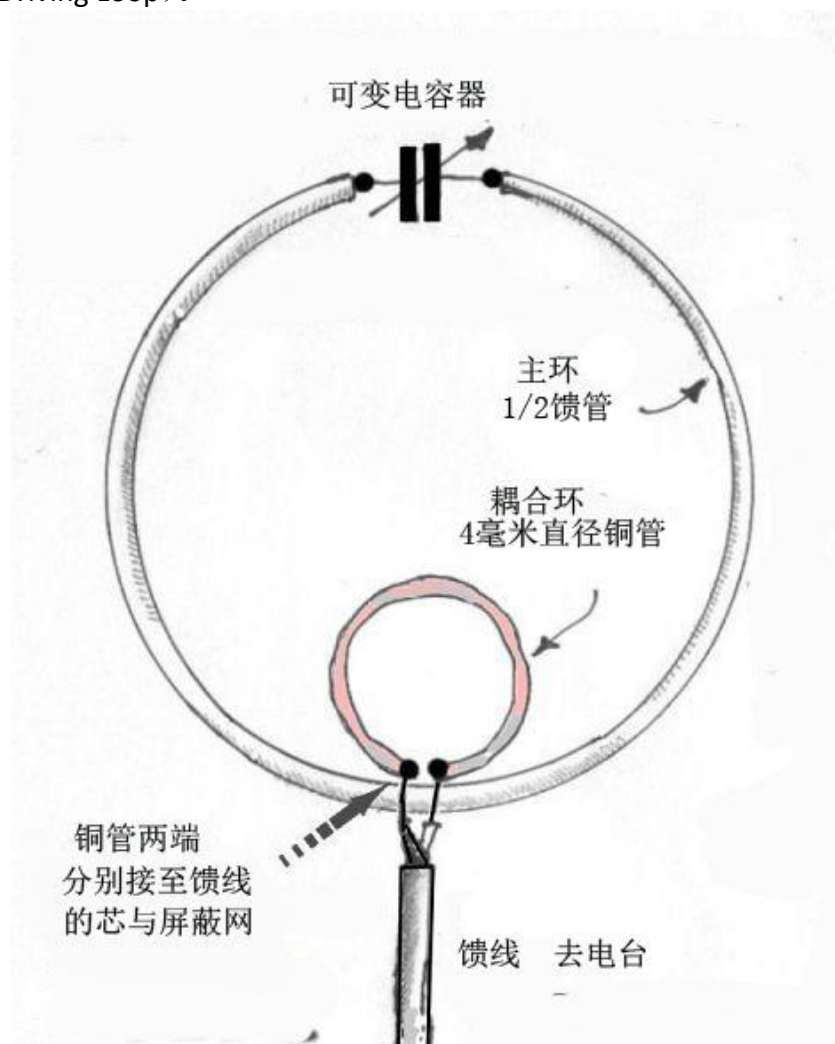


图 6 用耦合环馈电的小环天线电气连接图



图 7 用单匝耦合环馈电的小环天线实物图

做法：

- 1、省去前面第一部分备料的 7、8 两项。而另备长度 1.0 米，直径 4 毫米的铜管一根。
- 2、把铜管弯成椭圆形，椭圆的上弦弯成与主环弧度完全吻合、然后紧贴主环并固定，与主环相贴的长度不少于 30 厘米，椭圆铜管环（馈电环）两头分别焊在 M 座的两极，做好并安装好的馈电环见图 8。两个环的平面必须平行、固定在同一平面上，否则对效率与驻波比有不利影响。
- 3、架起小环天线时，为了稳定及便于调节操作，可以把电容盒放在下部，馈电环放在上部
- 4、然后，用前述带巴伦的馈线把电台与耦合环连接好，即可同样按前述步骤调试好后进行通联。



图 8 耦合环与主环的装配图

七、电容耦合馈电的小环天线

最后，再介绍同样简便实用的采用电容耦合的小环天线，国外叫“Patterson”环。它不用前面所述的变压器耦合馈电方式，而是用电容耦合的方式给天线馈电。电路如图 9。

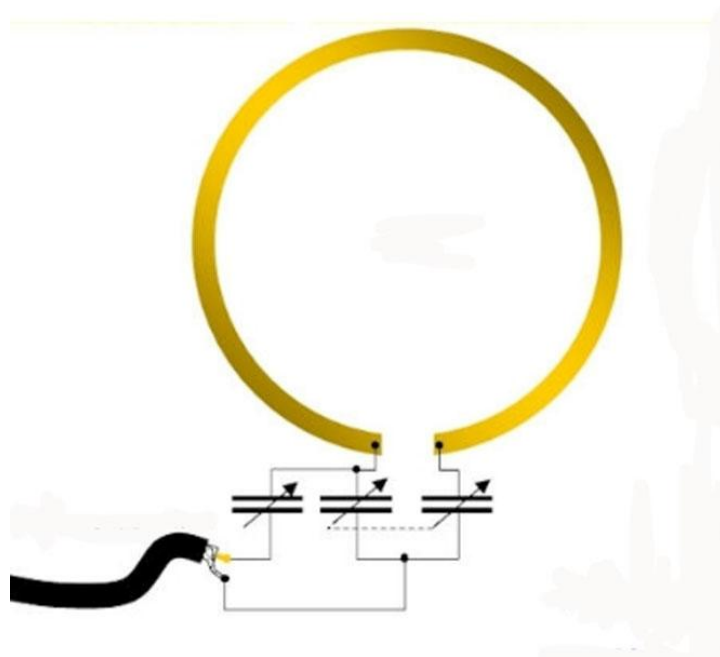


图 9 Patterson 环

Patterson 环还有另一个变种电路型式，电路如图 10，因为是上世纪 60 年代

美军在东南亚作战时开发使用这种环天线，故又得名“Army Loop”（军用环）。

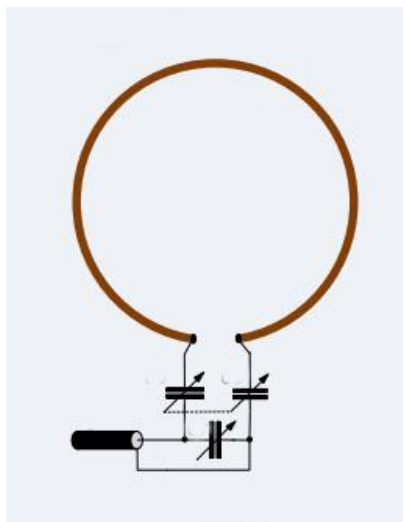


图 10 军用环（Army Loop）

这两种小环天线功效一样，只是图 10 的调谐电容有点特殊性，两组定片在结构上是相互绝缘的。从图 10 这个电路可以看也，图中的双联可变电容器（频率谐振调节用）的两联是彼此绝缘的。而不像普通双联可变电容器那样，两组动片是通过转轴在电气上是相联结的。正因为这个可变电容器是两联定片绝缘的，所以，可以在中间接入一只单联可变电容器来调节阻抗匹配。我制作的 Army 环用的这个调谐用的双联可变电容器每联容量 215pF ；而中间这个阻抗匹配用可变电容器我用的是每联 490pF 的双联可变电容器的一联。完成后的作品如图 11。



图 11 “Army Loop” 小环天调节电容盒图
（下为谐振电容，上为匹配电容仅用一联）

这个小环天线与前述的馈管环配合，工作频率为 14~21 兆。耐受功率 100 瓦。同样经过了通联实战。

“军用环”小环天线的调整、应用方法：

1、如同前述，将天线用馈线与电台连接好，打开电台电源，将频率调到 14.270 兆赫，将功率调到 6 瓦，将背噪调到刚好能听到。

2、将匹配电容动片旋出到中间位置，然后调节谐振电容，至背噪最大且电台 S 表显示最大。

3、确认电台功率设置为 6 瓦，设定为 CW 模式。然后按电键发射，发射的同时调节匹配电容至驻波最低，再微调一下谐振电容，进一步降低驻波比。再反过来调节一下匹配电容，如果驻波比不再下降，即已调好。可以按前述方法继续提升功率试射。如在提升功率后驻波比有所上升，微调一下匹配电容即可。如果驻波比回升较大，可反复调节谐振电容与匹配电容至得到满意的驻波比为止。

八、进一步的建议：：

如果 Ham 们在制作上述“经济适用”的小环天线成功之后，期望进一步完善小环天线，那么有以下建议提供参考：

- 1、小环天线提高效率的一个重要因素是，尽可能低的接触电阻。由此考虑，建议用直径粗一点的馈管比如用 7/8 馈管来做主环，以降低环自身的电阻，同时将天线各处原本采用接头连接的地方，改为焊接。即取消主环与可变电容之间的公母头及磁环变压器或耦合环与馈线相连接的接头，这两处均改为直接焊接，且熔锡包裹要丰满，焊接面积要大。但这样处理，不便于户外通联使用时携带。
- 2、同样，出于降低接触电阻的考虑，小环天线的调谐可变电容器可以采用容量和片距合适的双联可变电容器串联使用，接线只焊接在两组定片的焊片上，从而避开可变电容器动片转动轴与弹性接触片间的滑动接触，减少接触电阻。
- 3、可变电容器的极片，在装配前尽可能地进行一遍清理，尤其那些日子久了的拆机电容，极片表面都往往有氧化锈迹，更应该认真清理掉，可用窄的手术刀片或者修一条窄而薄的竹片、插入片间轻轻刮去氧化层。这样能有效地提高电容器的 Q 值，能在一定程度上提高小环天线的效率。曾经有爱好者做过测试，在接收试验中可变电容器清理极片后的接收灵敏度明显比清理前有明显提高。
- 4、磁环变压器上的线圈，对不同的频率有其最佳匝数，最好在磁环上多绕几圈，做几个抽头，用一个波段开关或分线器切换不同的匝数，这样可以在使用时在不同的波段选择不同的匝数来求得最佳的效果。参见文后图 11。.
- 5、在户外架设小环天线，操作者在调节天线时要天线、电台两头跑，不方便；另外，人体感应也是令人不快的事。要避免两头跑和消除人体感应，可以对可

变电容器采用电机驱动，实现对小环天线可变电容器的远程调节。采用转速低至 0.5 转/分的直流减速电机再配以调速板，就可解决这个问题。采用调速板，粗调时电机满压或适当超压令其快转，迅速到达谐振点附近；电容旋到背噪开始变大的位置后，电机降压慢转，这样可以精细而轻松地调到驻波最佳处。用普通直流电机就可以取得很好的效果，而不必动用技术稍显复杂，而成本、时间、精力方面投入又相对要大的步进电机。这是我做第一个小环天线时采用直流减速电机调节电容的实际感受。参见文后图 12.



图 11 带抽头的磁环耦合线圈



图 12 电动机驱动控制的电容盒。

电容 175pF，与前述馈管环配合，覆盖频率 7~14 兆，承受功率 100 瓦。



图 13 用另一种电容做的调节盒。双联电容 130/380Pf，串联接入使用，与前述的馈管环配用，覆盖频率 14~21 兆，承受功率 100 瓦。也进行过通联。