

天线的接地线、野外基地电台的接地系统、人工接地系统，对射频的接地系统来作一讨论。希望能提醒各位，电力接地系统是一回事，射频接地系统又是另外一回事。也让常抱怨有很好接地系统，说话的"嘴"，或选台的"手"，却依然常被"电"的朋友，别老把抱怨指向电力接地系统。

天线的接地线

好的射频接地系统，不但可以确保操作安全，更可以避免一切不必要的干扰发生。有些业余无线电人员常抱怨，不知何故，收发机变成了"烫手山芋"，不敢去碰它。（相信曾被射频电流"电"过的人，印象一定极深刻）。

所以，若想好好的享受操作业余无线电的乐趣，所有的设备都应有好的接地系统。一般市（家）电的接地系统是不够的，因为这是针对 60Hz 电源设计的，并不适合射频使用。原因是，60Hz 的四分之一波长很长很长（约五百万公尺），但是，频率升高，波长随之变短，例如，到了高频的 14MHz 波段，四分之一波长大约是 5 公尺左右。万一接地板到收发机接地点的拉地线，刚好是工作频率的四分之一波长，那么，收发机就变成高压点，这个时候，就是常被电"咬"的罪魁祸首。如果改变波段，却又恢复正常。

有些人常被这些因不良接地所引发的问题搞得神经兮兮。笔者就是其中之一，有时手持麦克风，手却麻麻的，有好几次还使数据通讯系统失灵，电脑当机。不良的接地系统所隐藏的危机是既深、且广、又远的。

四分之一波长的接地拉线有如一个阻抗匹配变压器，不适合接地系统。四分之一波长导线一端接到阻抗很低的物体（例如接地）时，另外一端就会变成高阻抗，而原本接地点就须要低阻抗，这样形同没有接地一样。万一拉接地系统的导线长度，恰好，或很接近工作波长（频率）的四分之一（或四分之一的奇数倍），那么，就等于没有接地，有时候甚至会比没有接地还糟。

波段（公尺）	中央频率(MHz)	长度（公尺）
80	3.725	20.25
40	7.125	10.60
20	14.150	5.22
15	21.150	3.56
10	28.300	2.67

各波段的虚接地网所需导线长度。(QST Jan 1989 P.41)

如果你曾经历类似情况，也还没解决，或者是你有接地系统的问题悬在那里，可别灰心。刀可伤人，亦可是好工具。虽然四分之一波长的接地导线可以造成伤害，了解之后，它也可以变成一个理想的工具。

所谓的 " 虚接地系统网 " (counterpose), 就是利用四分之一波长的导线构成, 如果把几条每段长四分之一波长的近端接在一起, 远端空接, 让它呈绝缘状态。如此一来, 接在一起的近端就会呈现比较低的阻抗, 好像接地一样。

要制作四分之一波长接地网系统很简单, 取四段工作波长四分之一长度的导线, 其中一端接在一起, 接到收发机的接地端子; 另一端则随意分开, 但是尾端要绝缘, 这就形成了四分之一波长的阻抗匹配变压器。要注意尾端绝缘的处理, 一定要确保处置妥当, 而且最好要藏放在人畜不易触及的地方。它虽不致于有严重的意外, 但是触电时那种麻热的感觉, 还是会令人感到不安的。

制作四分之一波长接地网系统的导线不用很粗, 这与一般接地系统使用的导线要求尽量粗大不一样, 一般利用 **RG-8** 馈送线的隔离网就够用了。当然, 若有好的接地系统, 就不用虚接地网系统了。例如, 接地系统导线只有 **5** 公尺长, 对 **40** 公尺波段及 **80** 公尺波段而言, 此接地系统可说是挺理想的, 因此, 就不用虚接地网系统了。

一般而言, 虚接地网系统的四分之一波长导线只适用于单一波段, 如果多条不同波段的虚接地网线接在一起, 因为会彼此影响, 不适合多波段用途; 换句话说, 每次只能使用单一波段的虚接地网系统, 不同波段的虚接地网线应切离。

野外基地电台接地系统

美国陆军针对如何提高移动指挥电台的射频接地系统效率, 做了一项研究, 并提出一份报告。通常部队的电台都是设在拖车上, 并且使用垂直天线。以往这类电台使用的射频接地系统, 是把接地电缆接在铜条上, 而铜条则埋在地底约 **1** 公尺深, 呈辐射状。通常这足以有效达到射频接地系统的基本需求, 也可以满足射频阻抗的匹配, 但它也不是最佳的处理方式。

为了有效改善射频接地系统效率, 美国陆军做了几项不同的实验, 包括以并联方式围绕电台周遭。接地铜条的埋设深度地做了试验。这些不同条件下的特性, 包括接地阻抗与射频阻抗都一一记录下来。另一组接地采取串联方式, 一样有不同埋设深度, 也都一一被记录下来。

逐一分析这些记录资料, 并且配合实际的发射讯号测试, 所得到的结论是: 最好的射频接地系统是使用四条串接的接地管, 埋设深度以 **30** 公分到 **60** 公分之间为宜。

这个实验结论值得业余无线电同好参考。尤其是设置野外机动电台时, 此射频接地系统应是理想的参考资料。

人工射频接地系统

最理想的射频接地系统是，把电台架设在咸水面上，以泡在此水面下的金属板为接地。在海面上的移动台，与此条件就相去不远。然而大部份陆地上的电台都不能够达到如此境界。尤其是在高楼大厦的公寓内设置电台，要有理想的射频接地系统更是难。就算是电台设在独栋房的一楼，离接地处只有几公尺，它只能保证有很好的电力接地系统，提供电力接地的安全，不见得会有理想的射频接地系统。

例如，你也许会认为，利用一公尺左右的导线接往 **2.5** 公尺长的妥当接地桩，是一很理想的接地系统。但是，**2.5** 公尺是 **10** 公尺波段的四分之一波长，不管接地系统有多好，从发射机端看去，如果工作波段是 **10** 公尺，那是一个阻抗特性很高的端点。以射频观点而言，这是一个很糟糕的接地系统，发射机也就处在无接地状态，成为热 (**HOT**) 状态，你可能因而随时射频触电。假如你的嘴唇碰及麦克风，或手等身体部份触及收发机，而有发麻的感觉，那肯定是被此 " 热 " 态修理了，必须赶紧改善。

介于收发机接地端子与接地系统之间的任何长度导线，总会有阻抗存在。这会影响到射频接地，而接地系统又是天线系统的一部份，所以，接地系统的阻抗会降低天线系统的效率。

比较好的接地系统

为了解决上述问题，你可以提供一个低阻抗环境给收发机的接地端子。如何做呢？除了良好的电力接地系统外，并联一段四分之一波长（工作频率）的导线，另一端保持开路，不接到任何物体上。此段导线可以蛇行放在地板上，或沿墙存放。

由于是四分之一波长，不接任何物体的远端，阻抗特性无穷大；反应到收发机的接地端子，阻抗特性就很低，理论上，阻抗为零。这也就是最理想的射频接地系统了。也就是说，一条四分之一波长导线可以提供最理想的射频接地系统。但是，工作频率通常是随意变换的，如果要保持理想的射频接地系统，此条导线岂不是要随时替换？

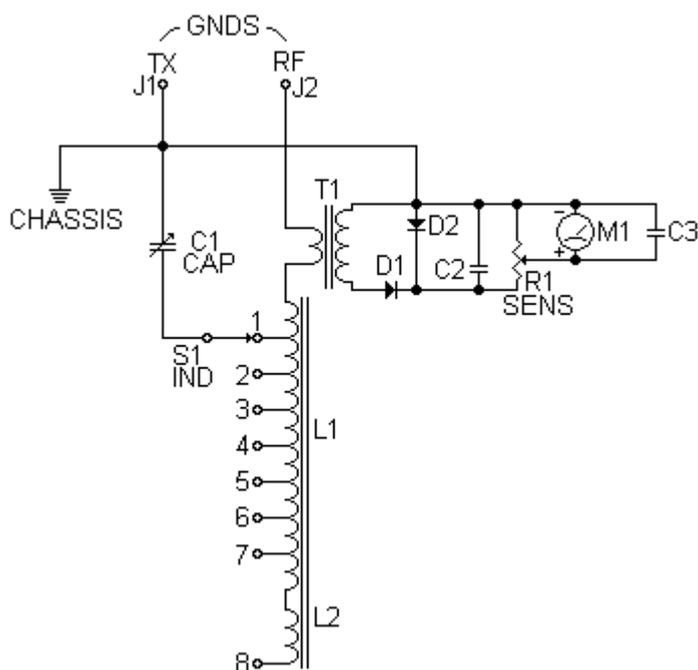
碰到的不只上述问题，**10** 公尺波段的四分之一波长只有 **2.5** 公尺，而 **160** 公尺波段，长度就要 **40** 公尺！这就有点不好处理了，加上前面提过的频率变更时，导线长度的调整问题，这些问题要如何解决呢？对应到天线去的话，马上就有了答案。一组天线不是可以藉著调谐器而适用在好几个波段吗？对了，那就是射频接地系统调谐器。

人工射频接地系统

想法有了，让如何做呢？首先拿一部天线调谐器试用，果然，机壳会触电的现象马上消失，这就让人信心大增。收发机虽说是高频全波段，但是，此地

环境加上法规的限制，大多数人常用的波段不外是 10、15、20、40 公尺波段，顶多再加个 80 公尺波段。

线路描述



C1	365pF 可变电容
C2, C3	0.01 或 0.02 陶瓷电容
D1, D2	1N914 或 1N4148 矽二极管
J1, J2	M 型座，注意 J2 与机壳绝缘
L1	26 号漆包线，绕 36 圈。分别在第 4、8、12、16、20、24 及 28 圈抽头
L2	22 号漆包线绕 13 圈
M1	100 或 200uA 小型电流表
R1	10K 欧姆 A 型（线性）可变电阻
T1	初级 1 到 3 圈，次级 36 圈，使用 26 号漆包线

如上图、表所示，是此人工接地系统的线路及零件，以 C1、L1、L2 串列组成，它是接在收发机的接地端子与一小段导线之间。收发机接地端子接妥在电力接地系统，这是为了安全理由，与射频接地系统无关。

此线路可以在 40 公尺到 10 公尺波段内使用。利用 C1 与 L1 环路之间设一变压器 T1，来取得流经此线路的电流，并且利用电表 M1 监测。当此电表的指针最大时，表示处于共振状态，也就是相当于提供了四分之一波长的导线。所以发射机的接地端子有最佳的射频接地系统。

工作原理

电容与电感串联而取得共振时，在该频率有很低的阻抗。当发射机发射时，如果接地端子没有好的射频接地，射频电流会流经 **C1**、**L1**、**L2**，当与发射频率产生共振时，电流最大。这时可以利用开关 **S1** 来选择不同的 **L1** 位置，以便取得与工作频率共振的条件。

变压器 **T1** 的初级与 **C1** 及 **L1** 串接，因为此处可以得到最大电流。初级取得的射频电流，感应到次级，经由 **D1** 及 **D2** 检波，**C2** 滤波，并以 **R1** 电阻做灵敏度控制，把转换成的直流电压用电表 **M1** 监测；跨接在电表上的 **C3** 是用来去除射频干扰的，所以 **M1** 可以用来间接反映线路的共振。此时，发射机的接地端子有很好的射频接地。

为了有最理想的射频接地效果，**J1** 与发射机接地端子之间的导线要保持最短距离。因为串联线路在共振时有很低的阻抗特性，这个串联线路由 **C1**、**L1**、**L2** 组成，外接一小段导线，并且与 **J2** 形成一个环路，提供很低的射频接地阻抗，也就是提供四分之一波长的电子长度。

制作

此线路应装在金属盒内，尺寸以 **14.0 × 7.5 × 5.0** 公分左右为宜。电容 **C1** 是一般接收机选台电容，其最大电容量是 **365pF**，这里的耐压可以不必计较，因为串联线路属高电流低电压，不会有问题。**M1** 电表也没有什么特别要求，小型电表满刻度是 **100** 或 **200uA** 都可以。

操作

线路上的 **J1** 端子与发射机上的接地端子间的导线，尽量保持最短距离。当然，发射机的接地端子也要与电力接地系统接妥。然后在 **J2** 上接一长约 **4** 公尺左右的导线。注意 **J2** 所接的导线另一端要保持开路，不要触及任何物体，更不要在上机工作时让人触及，最好用胶带包好裸露部份，因为发射机工作时，此导线端点是电压点，有射频高压出现。

选好想工作的波段后，先不要全功率发射，输出功率以 **5** 到 **20** 瓦为宜，然后才发射。调整 **C1**，试著不同的 **S1** 位置，直到找著 **M1** 读数最大才停止。如果 **M1** 指针超过满刻度，可以调 **R1**，使指针回到刻度内。

所有业余无线电台设置情况都不一样，很难说应该把握什么原则要领，只能自己试过之后，才能了解大概情形。像我的电台在 **40** 公尺波段时，**S1** 的位置在 **8**，更高频率波段则往上切换，这样可以提供更低的电感。

如果你在 10 公尺波段把 C1 及 L1 都设在最低位置，在 M1 却得不到最大读数，可以把 J2 后头的导线切短一些，再试看看。如果碰到类似情况，在 40 公尺波段上，C1 及 L1 最大位置上也找不到共振点，那就需要延长 J2 上的导线。

顺便一提的是，如果你想适用于 80 公尺波段，同样地，只需延长 J2 上的导线。不过，话说回来，高频波段内最需要射频接地系统的是，介于 10 公尺到 40 公尺波段。因为 80 公尺波段或 160 公尺波段，天线本身就够长了，而且因为波长拉长了，电力接地系统本身就可以提供良好的射频接地了。

当得到最高的 M1 读数时，装此部线路的机壳本身就几乎是射频接地。如果 J1 与发射机接地端子之间的导线够短的话，那就是更理想的接地。

也许你会在某些波段频率上，M1 得不到最大读数，甚至指针都不动，那就恭喜你了，因为你的系统本身已经有很好的射频接地系统了。

小心事项

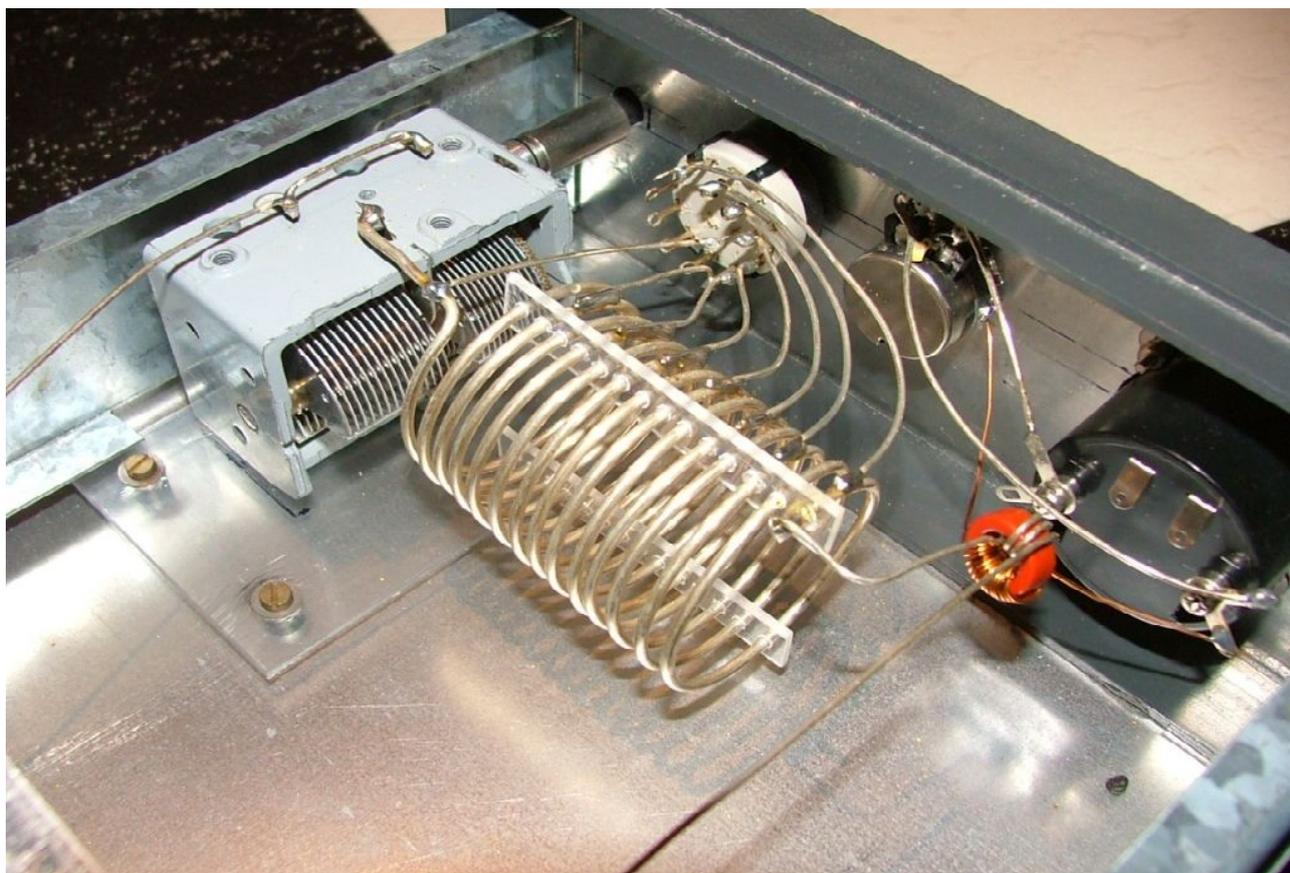
虽然 J1 及发射机接地端子都已经处在电力接地系统，但是，这对某些频率而言，可能并不是射频接地，尤其是在做调整时，如果手碰机壳，虽然没有安全顾虑，但会影响 M1 的读数。

值得试看看

使用人工接地系统，不但保护发射机，还可以避免 TVI 等问题。射频干扰并不是都由谐波造成的，幸运的话，也许可以一举解决多年的 TVI 电视干扰问题，尤其是住在公寓或大楼的朋友，可能因为 TVI 而激怒邻居，或干脆藏起麦克风，这都不是好结局。

以往楼顶的电视天线总会因操作电台而稍受干扰；比较严重的是电话线，使用中的电话筒里，会传出像是用 AM 模式收听 SSB 讯号的声音，而且还很大声！自从使用此人工射频接地系统后，这些问题都消失于无形了。

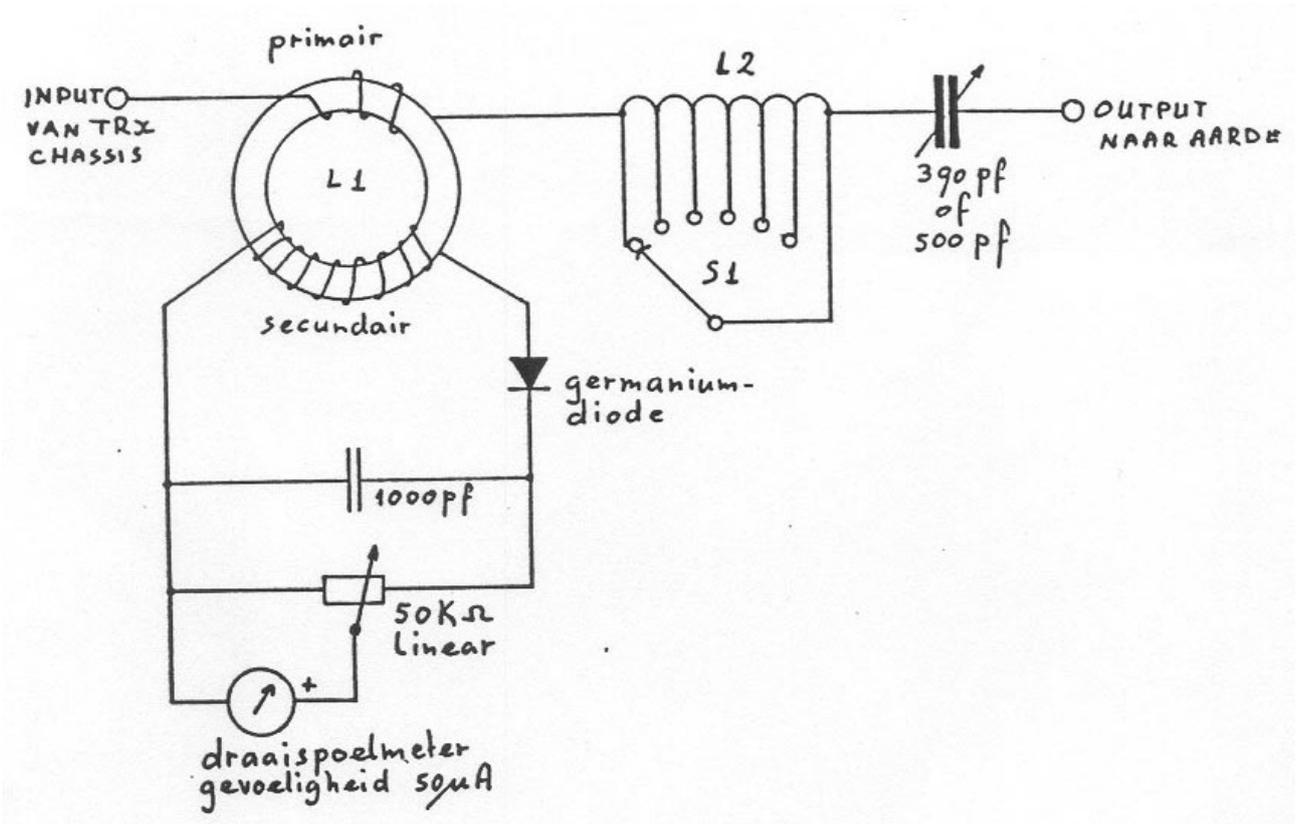
Home mode Artificial Ground
This Artificial Ground has been designed by
Colyn Baillie-Searle GD4EIRP



人工地的内部视图



人工地装置的前端



人工地示意图

L1 初级=2 圈绕在 T50-2 磁环, 2mm 的导线

L1 次级= 12 圈, 0,5 mm 的导线

L2 = 12 圈, 2 mm 的导线, 空心线圈直径 37 mm

可变电容器 = 390 至 500 pF

人工接地系统

VR2UPU BD7MJO 2018.03.31 从网络上收集