

载波电话设备维护经验

人民邮电出版社编

16.38



ZAIBO DIANHUA SHEBEI WEIHU JINGYAN

重 印 说 明

随着电信建设事业的发展，邮电事业补充了大批年轻的新生力量，他们迫切要求我社及时出版一批电信设备维护经验方面的书籍。

本书是我社1966年5月出版的。收集了载波电话机的部件如放大器、振荡器、滤波器、振铃器等综述性的维护检修经验的文章。这些文章是从以前出版的《邮电技术通讯》杂志上选出的。书中举例的设备有些程式较老，有的还是早期进口机器。但是书中介绍的技术内容大多是维护载波机方面带有共性的经验，对维护国产新型载波机也有参考作用，比较适合新工人参考。为此，我们予以重印。

编 者

1974年5月



A401187

目 录

重印说明

与载波机电气质量有关的问题

谈谈载波机中的屏蔽和地气	(1)
--------------------	-----

部 件

检查放大器杂音的方法	(13)
群放大器的谐波与串杂音	(22)
提高放大器主谐波差值的办法	(28)
36千赫晶体振荡器的原理与改进	(31)
为什么有些 36 千赫晶体振荡器在低温下起振困难	(38)
滤波器的检修方法	(40)
用频率交叉法检修带通滤波器	(60)
解决滤波器衰耗特性不稳的经验	(69)
检修带通滤波器的点滴经验	(73)
载波机振铃器中继电器的维护	(75)
NJ 型振铃器的性能及维护	(88)
怎样抑止载漏	(121)
技术问答	(126)

談談載波機中的屏蔽和地氣

我們知道，當導體中有電流流過時，其周圍空間將產生電磁場。反之，如果將導體置于電磁場之中，則該導體在電磁場的作用下，也將產生感應電動勢。這種感應電動勢有時為人們所利用，成為有益的電能，有時卻成為不希望有的干擾。此外，當電路中兩個網孔的公共支路有阻抗時，這兩個網孔中的電流將發生交連。在載波機中，地氣往往被用作公共的支路，因此地氣綫中的阻抗也就往往成為交連干擾的一個根源。在傳輸質量要求很高的載波機械中，對各種干擾的限制是嚴格的。為了使得某些電路元件或導綫不與外界電磁場發生相互干擾，必須慎重考慮屏蔽與接地問題。

一、電屏蔽和磁屏蔽

1. 電屏蔽

根據靜電學原理，如在帶電導體 A 所形成的一個均勻電場中放入另一導體 B （見圖 1 a ）， B 上將產生感應電荷，其分布如圖所示。此時導體 B 必產生一個新的電場，它與原電場的方向相反、大小相等，因而在導體 B 內兩者相互抵消，使在 B 內無電力綫存在（圖 1 b ）。因此，可得出這樣的結論：處於電場中的任何導體，其內部的合成電場為零。顯然，如果在空心導體內安置一個電路部件，就可以使它不受到外界電場的干擾。

如果在一個空心導體 A 中放入一個帶電導體 B （圖 2 a ），

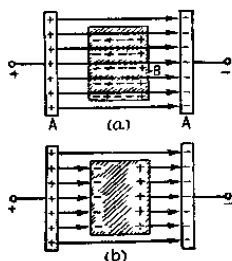


图 1

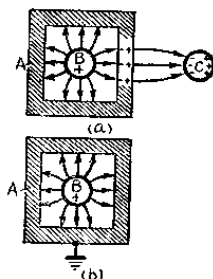


图 2

則导体 A 上将产生感应电荷，并在其外部空间形成一个新的电场（图中只画了一小部分），这一新的电场势必影响邻近的导体 C ；如果此时将导体 A 接地，则 A 上的正电荷就被大地的负电荷中和，导体 A 的外部将无电场存在，于是邻近的导体 C 也就不再受到导体 B 的影响（图 2 b）。由此可见，接地的空心导体能起到电场的隔离作用，故称之为电屏蔽。诸如载波机上许多导线的隔离层、元件的金属壳盒及电子管罩等等，都是起着电屏蔽的作用。

2. 磁屏蔽

假如在一个均匀磁场中放置一块铁磁体，则磁力线将引起如图 3 a 所示的变化。这是因为铁磁物质的磁阻比空气的磁阻小，结果磁力线走了捷路。如同在一个具有若干并联支路的直流回路里，电阻最小的支路流过的电流总是最多的道理一样。铁磁体的磁阻与它的几何尺寸及导磁率有着如下关系：

$$R_m = \frac{l}{\mu S}$$

R_m ——磁阻； l ——铁磁体的平均磁路长度； S ——铁磁体的截面； μ ——导磁率。可见 μ 愈大，铁磁体的磁阻愈小。故若选取一种 μ 值很大的铁磁体放置在均匀磁场中，则磁力线的分布将如图3b所示；如果将这一块铁磁体做成空心的结构，则磁力线的分布将如图3c所示，空腔内可以做到无磁力线通过。也就是说，可以使得一个铁磁体的内腔空间不受到外界磁场的影响。同理，对于放置在铁磁体内腔空间的一个磁场，该磁场也不会影响到这一铁磁体的外部空间。磁力线的路径如图4所示。上述这种借助于铁磁体取得磁场隔离效果的装置，称之为磁屏蔽。诸如载波机中的一些变压器盒、部分仪表零件的外罩等，都起到了这种作用。

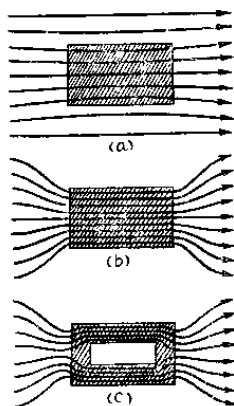


图 3

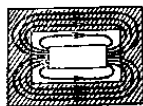


图 4

在实用上，屏蔽体的结构是多种多样的：有封闭式的，也有不封闭式的；有圆的，也有方的。甚至只用一块金属板作为隔离的；这是因为有时只需要屏蔽某一个场中的一部分空间或一侧。灵活地选取屏蔽的结构形式会使载波机设计得更加经济合理。此外，为求磁屏蔽效果良好，可如上面指出的那样，选

用导磁率高的材料作为屏蔽体，但在实际使用上为了节约优质材料，往往不这样做，而是采用厚度较大的一般铁磁材料作屏蔽，同时改善屏蔽体的形状和结构，使得磁回路中的磁阻尽量减小。

处在交变电磁场中的屏蔽体，其内部会产生涡流，由于涡流产生了一个新的附加电磁场，根据楞次定律，这一新的电磁场将阻止原电磁场的变化，从而削弱其干扰影响。频率愈高，上述作用就愈显著。一般我们将这种作用称之为电磁屏蔽。在载波设备中，许多屏蔽体往往同时兼作电屏蔽和磁屏蔽。同时为了在较宽的工作频带内得到良好的屏蔽效果，还可根据上述原理选用各种不同的材料，制成各种结构比较复杂的屏蔽。

3. 地气的作用

载波机中的地气就是各电路中的相对零电位点。其实，某些电路中的相对零电位点不与大地同电位。例如在某些载波机的个别电子管电路（如 312 型载波机线路放大器的功率输出级）中，为了提高电子管的屏压，常将阴极接至甲电池的负极（-24 伏），在这种情况下，其相对零电位比绝对零电位（大地）就要低 24 伏。

载波机中的地气可分为工作地气和保护地气两种（这时电池地气也包括在工作地气之中）。在特别考究的情况下也划分为电池地气、工作地气和屏蔽地气三种的，这样划分可防止屏蔽体或电源中的杂散电流通过地线，交连到工作电路中去，这里不拟讨论。

（1）所谓工作地气乃是电路中各相对零电位点，如电子管电路和不平衡四端网络等的各地气点。这些地气点是信号回路的一部分（如图 5 所示），实际上已成为两个网络的公共支路。

如果各点的地气都是理想的，則 $U_a = U_b = U_c = U_d = U_e = U_f = U_g = 0$ ，各网孔电流在地气回路中并不产生电压降，因而各网孔之間以及两个网络之間也不会因地气交連而产生干扰。如果 a, b, c, d, e, f, g 各点用导綫互相連接起来，然后接至公共地气点（如图 6 所示），則由于导綫中存在电阻和电感，这时将有如下关系：即 $U_c > U_b > U_a$ 以及 $U_g > U_f > U_e > U_d$ 。于是各网孔电流将不能保持原有的关系，网络特性要发生变化。由于上述原因，网孔 12 中的电流要干扰网孔 11，网孔 23 中的电流要干扰网孔 22 和 21。而且在公共地气回路中也可能产生回路电流 I ，以致造成两个网络間的交連干扰。可見工作地气各点必須都保持在零电位，也就是說工作地綫中不能存在电阻和电感，否則將造成电路中的特性失真和相互干扰。

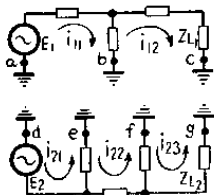


图 5

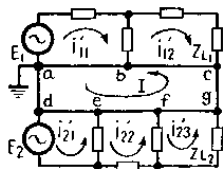


图 6

(2) 所謂保护地气就是前述静电屏蔽所应处的零电位点，这个电位可能和工作地气的电位相等，也可能不相等。凡是机器部件的盒子、盖子、机盘、底板和导綫的隔离网等的接地点都属于保护地气。上面已經指出，为获得良好的屏蔽效果，屏蔽必須有效地接地。

二、怎样运用屏蔽和地气

1. 导线的屏蔽

导线间的相互干扰主要是由于导线间的分布电容（即电场干扰）和交变电流所产生的交变电磁场作用所致。根据试验，两条长为 60 厘米的平行塑料跳线间的分布电容有 30~40 微微法，而工作频率为 30 千赫时，两对 60 厘米长的平行跳线间的串音衰减只有 10.5 奈。曾经有一对载频线和一对音频放大器的输入线（两者均未屏蔽）扎在一个线把中，结果音频放大器的输出杂音电平竟达 -6.2 奈，将载频线屏蔽后，杂音即下降至 -7 奈以下。由此可见载波机中导线屏蔽的重要性。

要有效地屏蔽交变电磁场，导线屏蔽体的导磁率和导电率都必需很高。由于一般导线的屏蔽只能采用铜丝网，其导磁率极小，因而只有设法提高导电率，以获得良好的屏蔽效果。至于对电场屏蔽的效果则取决于屏蔽体上的电位，最理想的情况是使整个屏蔽体上的电位都为零。为了获得这样的效果，在有些载波机的总布线中，将各导线的裸露隔离铜网互相靠紧，扎成一个线把子，然后在其中的一点或数点接通地气。由于一束隔离铜网中的电阻极小，屏蔽体中电位差极小，几乎全处在零电位，故收到很高的屏蔽效果。也有些载波机，导线的隔离铜网都加上绝缘层，使各导线的屏蔽彼此绝缘，然后在屏蔽体的一端或两端接地。这样做的理由是考虑到裸露着的屏蔽体之间虽能做到互相接触，使屏蔽中的电阻降低，但是，如果线束外层不能有效地封闭，则时间长了，由于铜网表面氧化以及搬运震动等造成机械变形，都可能造成接触不良，那时，即使仍有几点保持接触，其屏蔽效果也难以保证。因为屏蔽中的电阻不

可能絕對等于零（設为 R_{p1} 和 R_{p2} ），屏蔽体的各段就不一定能保持电位相等，以致两个屏蔽之間可能形成电流耦合（如图7）。

由此看来，导綫的屏蔽不但要絕緣，而且只能有一点接地。

但另一方面，如果上述屏蔽体兩端的电位差是由于干扰場的作用而产生的，那么由纵向电流引起的二次电磁場对干扰場有抵消作用，故屏蔽的兩端同时接地，对于抗干扰作用也可能有利，上述两种接地方式各有优点，有关具体选择使用問題，下面将作簡單介紹。

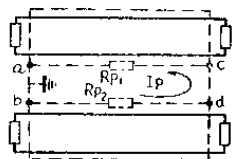


图 7

关于抗干扰作用也可能有利，上述两种接地方式各有优点，有关具体选择使用問題，下面将作簡單介紹。

(1) 平衡导綫屏蔽接地点的选择：当平衡綫对中两条导綫 a 、 b 間的距离 d 远小于 a 、 b 与另一系統 A 間的距离 D 时，則該綫对与 A 之間的相互干扰极小。但事实上，在載波机的布綫系統中，有时兩对綫扎得很紧（这时 $d \approx D$ ），而且互相平行，如果沒有有效的屏蔽，相互間的干扰将很严重。可見載波机中的平衡綫对也应该作有效的屏蔽。

試驗結果表明：平衡导綫屏蔽皮单端接地和兩端接地所得的屏蔽效果相接近。經過严格測試，在低頻段单端接地的效果比兩端接地的稍好；而在高頻段兩端接地的又比单端接地的稍好一点。至于其分界頻率需視屏蔽綫的結構而定，一般在五、六十千赫左右。

关于平衡导綫屏蔽皮单端接地点的选择問題，在一般情况（ $d < D$ ）下，由于两根平衡导綫对于外界电磁場的干扰有相互抵消作用，而且屏蔽的接地与否又与防止干扰的关系不大，故在选择屏蔽单端接地点时，主要是考虑如何有效地防止該綫对其他电路的干扰。在同一綫对中，起干扰作用最大的是最高电

平点。因此，屏蔽的地气应接在最高电平点。

(2) 不平衡导线屏蔽接地点的选择：在不平衡的线对中，有一根导线是接通地气的，其电位应与屏蔽相同(为零)。现以图 8 所示的一对不平衡导线 ab 和 cd 为例：信号从 ac 端输入，从 bd 端输出。并设导线 cd 是接地的，为零电位线。当电流从 ac 流到 bd 时，在线段 ab 上将有电压降，即 $U_{ac} > U_{bd}$ 。因

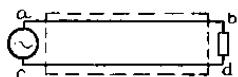


图 8

而 b 点的电位低于 a 点。对于抵抗外界干扰能力较弱的不平衡系统来说，屏蔽的地气必需接在电位较低的 b 点，以降低外界电场的作用；同样， cd 线也应在电平

最低点接地。

以上所讲的对平衡与不平衡线对屏蔽的单端接地点的选择，是以同一线束中各对导线的信号电平相接近为前提的。如果各对导线的信号电平相差较大，则屏蔽接地点应结合具体情况，从有效地防止干扰和被干扰方面考虑。高电平线对外界的干扰作用大于其被干扰作用，其屏蔽的地气应接在最高电平点，因为这一点对外干扰作用最大；低电平线受外界干扰的作用大于其干扰作用，其屏蔽地气应接在最低电平点，因为该点对外来干扰最敏感。至于如何划分高低电平的界限，则需视具体情况而定。

有些载波机中利用单心隔离线的隔离皮作为不平衡线路的一根导线，认为这与同轴电缆的作用一样。其实则不然，因为同轴电缆的内外两个导体是同心圆，因此两个导体上的反向电流在外界所产生的电磁场可以互相抵消，如图 9（图中实线表示内导体所产生的电磁场，虚线表示外导体所产生的电磁场）。并且同轴线的屏蔽效果愈向高频愈好，愈向低频愈差。而在单

心隔離綫中，由于屏蔽网的編織不均匀，銅网与心綫不能严格保持同心的关系，而且运用頻率又低，故其屏蔽效果不能与同軸電纜相比。另一方面，由于用屏蔽皮作为載流回綫，而各个回路在屏蔽皮上所产生的电压降（因为屏蔽网的阻抗不可能等于零）又不尽相等，这样在几个回路之間可能造成电流耦合的干扰，如图 10 所示。因此，我們认为在三路或十二路載波机中，除非考虑得特別周到（例如：所用单心隔離綫的质量較好，每一个不平衡回路只准一点接地，并且各屏蔽网之間完全絕緣等），否則用它构成回路的效果不会太好。

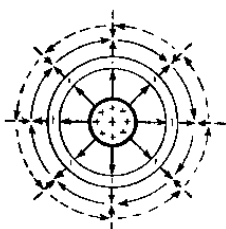


图 9

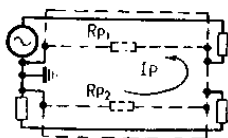


图 10

2. 部件的屏蔽

部件屏蔽的目的在于尽量削弱电磁場的干扰。載波机中变压器的磁心大多数都是由高导磁率的錳鋅鉄淦氧或坡莫合金等做成的。由于这些磁性材料的导磁率极大，所以它对微弱磁場的干扰极为敏感。尤其是某些变压器的輸入电平很低，故要求杂散电磁場干扰所引起的感应电势必須很小。在高增益放大器（如載波机綫路放大器）中，輸出与輸入的电压比可大至七百倍（增益 6.55 奈），如同一机盘中的輸入与輸出变压器間有一点电磁耦合就很容易引起寄生振蕩。此外，由于綫圈中的感应

电动势与线圈的匝数成正比，故线圈特别多的变压器受外界磁场的影响也特别大。例如某些3路和12路载波机中音频放大器的输入变压器，其次级线圈有一万多匝，因而受外界的干扰来得特别明显。以上所举的这些例子说明了载波机中的某些变压器必须作比较严密的屏蔽。

变压器需要屏蔽的地方有初次级线圈之间以及整个变压器的外部。初次级线圈之间的屏蔽可以防止初级电路中的杂散电场影响次级电路。这种屏蔽可以在两线圈之间加一层接地的金属皮(一般都用铜皮)。至于整个变压器外部屏蔽的目的是防止电磁场的干扰。为防止电场干扰，通常都用一接地的简易金属盒将变压器隔离起来；为防止磁场干扰，对于在低频电路中运用的变压器，屏蔽盒的材料最好用导磁率较高的硅钢，甚至采用坡莫合金，并使铁心与屏蔽盒互相隔离，这样能使绝大部分的干扰磁通沿屏蔽盒壁通过而不进入变压器的铁心。从试验得知，将一个增益为6.5奈的三级放大器的输入变压器加做由一层硅钢片做成的屏蔽后，放大器的杂音可降低1奈左右。有时用一层硅钢片做的屏蔽，其作用尚嫌不足，则可用两层硅钢片，两层中间需要夹一层铜片，以互相隔离。由于铜的导磁率远比硅钢片为低，故大部分磁通先沿外层屏蔽盒通过，其中一小部分可能穿过铜皮进入第二层屏蔽，穿过两层屏蔽进入铁心的磁通是极少的。这如同电源滤波器中的两只电容和一只电感构成的 π 形低通滤波器的作用一样。在这种屏蔽中，铜皮层本身还是一个良好的电屏蔽，所以通称这种屏蔽结构为复合电磁屏蔽。为改善某些载波机的电路杂音，常常改变一下音频放大器输入变压器的位置。试验证明，也可将变压器加装适当的屏蔽来获得与改变位置同样的效果。有些高质量的载波机中，已将一些关键性的变压器采用了坡莫合金做成的复合屏蔽，以提

高机器的质量。

3. 地气的选择

在载波机的电路中，有许多元件都要接通地气，利用地气作为电流回路或屏蔽保护。这些地气点一般是用比较粗的导线连接起来，然后选择其中最灵敏的一点接到与机器底盘相连的地气端子上去。

在电子管电路中，第1级最为灵敏，其阴极回路的接地点应直接接地，以使其余各点回归至地的电流，不会耦合到第一级而产生寄生振荡。在多级放大器中，由于前面几级都比较灵敏，故这些级阴极回路的接地点最好都直接接地；属于同一级的交流回路的地气最好接在同一点上而后入地（如图11），如果因机盘结构或

元部件布局方面受到限制，也可以将各点分别接地，切忌将不同放大级的地气点用

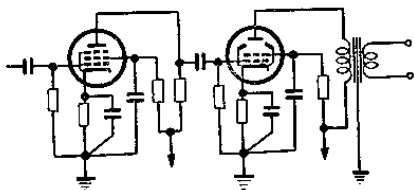


图 11

导线连在一起后入地；功率放大级变压器的屏蔽地气应另外单独接地。如果不按上述这样做，就有可能因级间耦合而造成振荡。

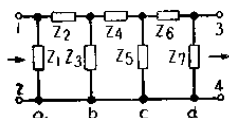


图 12

在不平衡型的无源四端网络（如图12）中，共直母线（图中2、4端子之间的一段线）都应处于该电路中的零电位。如果输出端母线中的电位高于零电位，则从1、2端输入的信号有可能

从1、2端输入的信号有可能

会通过这条直通母綫的感应而漏至3、4端。这种现象在防卫度要求較高的滤波器（如分路带通）中，将会明显地降低阻带衰耗，造成严重的路际串音。不平衡型四端网络接地点的选择也是根据前面分析的結論，选在该网络的最低电平点（即輸出端，图中端子4）。这样，对靠近輸出端的这段直通母綫（图中的 $c-d-4$ ）上的任何感应干扰都将不起作用。而在輸入端的直通母綫段（如 $2-a-b$ 段）即使存在一些輕微干扰，經网络衰减以后，也就不会在輸出端出現。反之，如果将地气接在輸入端（端子2），則輸出端的直通母綫段（例如 $c-d-4$ ）就有被感应干扰的可能。当然这并不象完全不接地綫那么严重。

有人认为，将不平衡四端网络直通母綫的輸入輸出两端（如图12中的2，4端子）同时接地，可以更加有效，实际上却不然，其理由已在前面作了說明。

通过以上的分析，說明屏蔽和地气对載波机的电气质量关系极大。在載波机的装配过程中，对这些問題一般都作过比較慎重的考虑与試驗，所以在維護中最好能保持原来的情况，不要任意改动。否則，可能在某一方面得到一点改善，而在另一方面造成不良的后果。当然，对个别設計或装配不够合理的机器或部件，可以在严格实验的基础上作某些必要的改进。

检查放大器杂音的方法

放大器产生的杂音有各种各样的情况：有时是听不到的高频振荡，有时是可闻的周率声；有时象沙沙的雨声，有时似噗噗的汽船声；还有的呈喀嘸声和交流声等等。放大器产生的杂音会在不同程度上影响通信质量，严重的甚至会阻断通信。因此消除放大器杂音是保证通信质量的一个重要方面。本文以三路载波机群放大器为例，谈一谈放大器产生杂音的原因及其检查方法。

一、放大器产生杂音的原因

对于群放大器，除要求有足够大的增益外，还要求它的杂音、频率失真和非线性失真都相当小，因此都设计成为具有强负反馈的多级放大器（一般为三级）。对单级的阻容耦合放大器来说，在工作频带内，输出与输入之间存在 180° 的相位差，因此，在一个三级负反馈放大器第一级的输入和第三级的输出也就相差了 180° ，这时经反馈回路到输入形成的反馈是负反馈，一般不会引起振荡。但在工作频带以外，每个放大级都要介入一定大小的附加相移；在低频段是超前的，在高频段是落后的。当各级在某频率下的附加相移之和（如反馈电路含有惰性元件，还应加上该频率下反馈电路的相移）达到 180° 时，放大器中原所安排的负反馈变成了正反馈。如果这时从输出反馈到输入的信号也足够大，满足振荡的幅度条件，那么放大器便会在该频率下引起振荡。虽然在设计放大器的时候已采取了多

种稳定措施，但由于元件的变值或更換，以及維護上的种种原因，都可能使放大器变得不稳，以致产生振荡。如果振荡产生在音频范围，就会使放大器停止工作，阻断通信。这是因为低频振荡包含許多諧波成分，这些諧波会落到載波通路，造成很大杂音；如振荡产生在高频段，虽不阻断通信，但却使放大器过負荷，成为非线性串音的主要原因。在放大器中，除了上述通过反饋回路所引起的振荡外，还有一种由于寄生耦合所引起的振荡，即寄生振荡。例如，輸出变压器的磁場交連到輸入变压器，有可能引起高频振荡，因此輸出与輸入不但不能挨得太近，而且还应在前几級輸入采取良好的屏蔽接地措施，以削弱或割断这种寄生耦合。寄生耦合也可能通过公用电源产生。因为放大器各級常合用一套电源，因此不論是屏极电源或灯絲电源都可能把后一級的輸出耦合到前級去。就屏极电源來說，由于它有一定的內阻，因此下一級的信号会在电源內阻上造成一个压降，这个电压便加到前面各級，有可能滿足振荡条件而形成寄生振荡。一般为滤去电源中的交流成分和削弱上述耦合，在屏压供給电路都接有去耦节，但如果去耦电路不良仍有可能引起低频振荡，这是因为頻率愈低这种去耦作用愈差的緣故。常見的呈噗噗汽船声的杂音一般都是上述低频振荡。避免这种振荡的根本办法是采用直流內阻小的自动稳压設備来供电，同时采用良好的去耦电路。通过灯絲电源的寄生反饋主要是通过灯絲和阴极間（对旁热式而言）的漏电形成，它可能經管座或引綫产生，也可能存在于管子內部。为了消除这种寄生耦合和交流声（尤其是在前几級影响較显著），必須在前几級采用质量較好的电子管和絕緣良好的管座，同时还可以采用有中心抽头的变压器或平衡电阻供电的方法来解决。寄生振荡还可能是由于工艺和布綫上的原因引起的；例如，电子管的极間电容、杂散