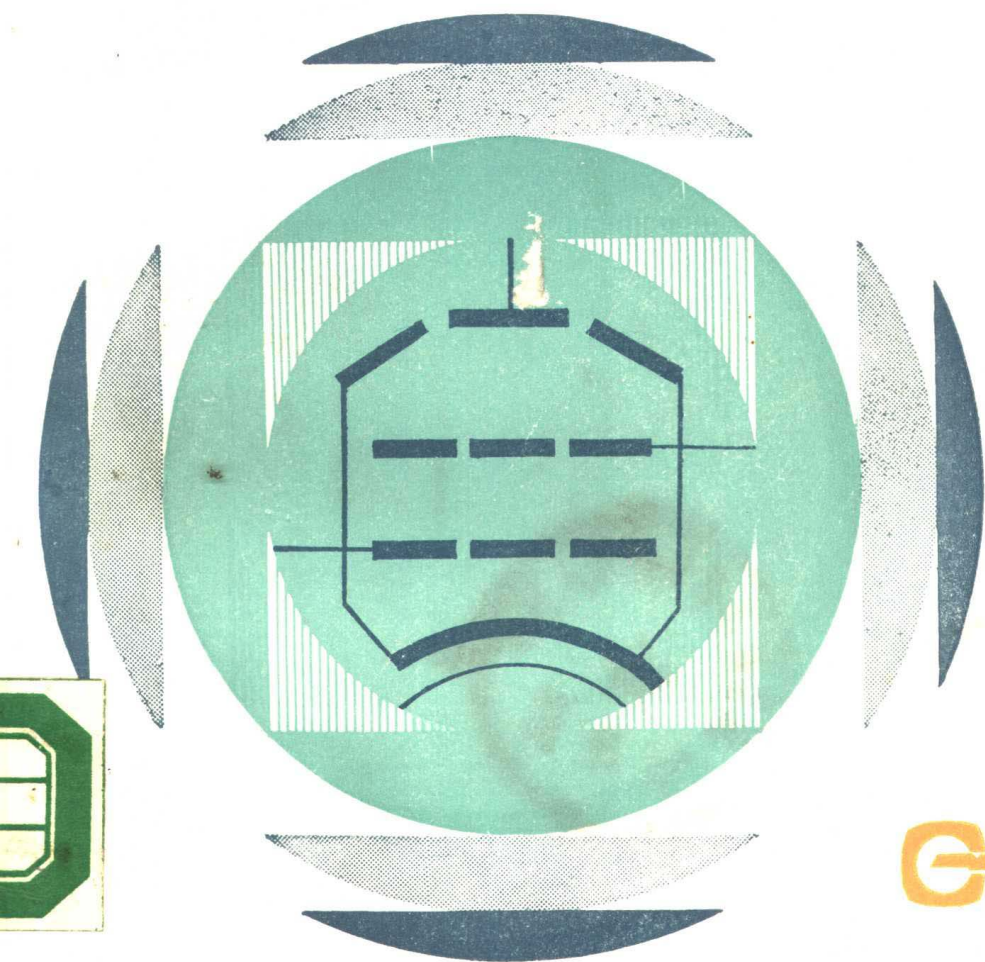


电子管

收音机的装配与维修



电子管收音机 装配及维修

赵鸿钟 编著

甘肃人民出版社

责任编辑：王化鹏

封面设计：郭宝林

电子管收音机的装配与维修

赵鸿钟 编著

甘肃人民出版社出版

（兰州第一新村51号）

甘肃省新华书店发行 兰州新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张7.625 字数160,000

1984年4月第1版 1985年4月第2次印刷

印数：45,301——101,380

书号：15096·62 定价：0.89元

前 言

今天在无线电爱好者当中，主要采用半导体元器件制作收音机，这无疑有它的优点。但是，使用电子管来装配收音机仍有它的独到之处。电子管是最早被使用的电子放大器件，用它装配收音机，调试容易，功率大，音质好，青少年学习起来容易成功，对学习无线电知识了解电路原理更有便于接受的特点。因此编写一本既有电子管收音机的安装、调试、检修方法，又能详细讲解电路原理的普及书实属必要。本书不仅能使读者学会操作、体验实验的乐趣，而且可以在看电路时无师自通，根据原理自行改进电路。

书内共分五章。第一章主要向那些已经了解或初步知道有关半导体收音机的读者，介绍一些电子管及其基础电路。第二章介绍收音机中常用元件的作用、性能、规格及选用要点。这对于全面了解收音机的性能是十分必要的。第三章通过典型的六灯超外差式收音机的装配及调测的全过程，系统地介绍了现代超外差式收音机的全部内容，也为第四章的检修提供了可靠的依据。第五章简要解答人们经常遇到的一些常识性问题。最后的附录收入了一些装配和检修时有用的数据。

由于水平所限，一定存在不少问题，希望广大读者能够及时给以批评指正。

编 者

目 录

第一章 电子管及其基础电路	(1)
一、电子管的结构及工作原理.....	(1)
二、基础电路.....	(18)
三、收音机中的附加电路.....	(43)
第二章 收音机的元件及选用	(53)
一、电阻.....	(53)
二、电位器.....	(59)
三、电容器.....	(63)
四、高频线圈.....	(72)
五、中频变压器.....	(80)
六、输出变压器.....	(82)
七、电源变压器.....	(98)
八、扬声器.....	(108)
九、其它元件.....	(112)
第三章 收音机的装配	(118)
一、焊接知识.....	(118)
二、几种常用小工具.....	(123)
三、收音机的装配举例.....	(125)
四、试听与调测.....	(142)
五、音调控制电路及立体声.....	(147)
第四章 收音机检修概要	(171)

一、检修的一般方法·····	(171)
二、各级主要故障的查找与排除·····	(172)
第五章 收音机常识问答·····	(198)

附 录

一、自制收音机电路图例一·····	(210)
二、自制收音机电路图例二·····	(211)
三、自制收音机电路图例三·····	(212)
四、红波六灯收音机·····	(213)
五、上海144型六灯收音机 ·····	(214)
六、电阻、电容、电感并联计算图·····	(215)
七、几种常用电子管参数及符号·····	(216)
八、常用小功率变压器铁芯规格尺寸表·····	(222)
九、常用漆包铜线规格表·····	(225)
十、我国收音机等级划分标准·····	(231)
十一、无线电技术中常用单位及代号·····	(236)
十二、倍数和分数计量单位名称及代号·····	(237)

第一章 电子管及其基础电路

本章首先概括地介绍收音机中常用电子管的结构、工作原理及使用常识。并较详细地讲述标准六灯超外差式收音机中，各级基本电路的组成及工作原理。以便为理解后面几章的内容准备必要的基础知识。

一、电子管的结构及工作原理

本章只讲述真空式电子管，不涉及普通收音机以外的管子，故又称“真空管”。无论是二、三极管，还是更多电极的管子，它们所共有的结构，都是由抽成真空的玻璃（或金属）外壳及封装在壳内的阴极（及灯丝）和阳极组成。当然，多极管还有各种栅极。它们的外形可由图 1—1 看出。

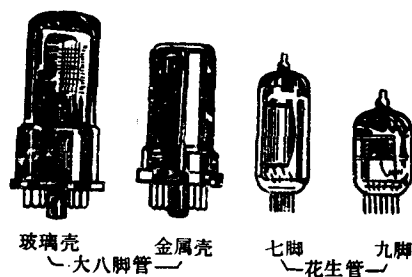


图 1—1 电子管

1. 二极管

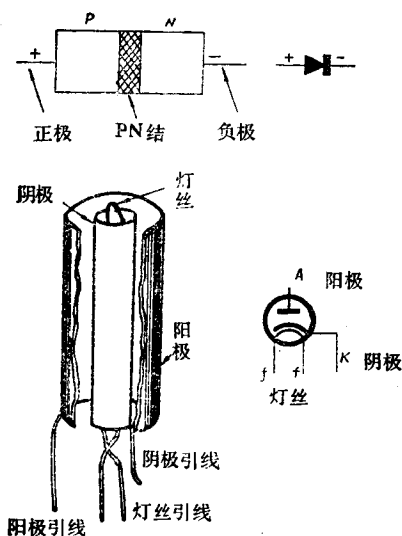


图 1—2 两种二极管的比较

首先比较晶体二极管和真空二极管的区别（如图 1—2 所示）。晶体管看不出相互间分离的电极，所以它又有“固体器件”之称。而电子管的各电极——阳极和阴极（有的管子阴极与灯丝合为一体，称直热式。分开的称旁热式。）是截然分离的。

电子管的阳极相当于晶体管的正极——流入电流，阴极相当于晶体管的负极——流出电流。这两种管子的导电

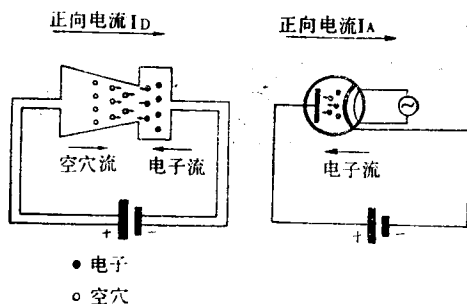


图 1—3 两种管子的导电机理

机理是完全不同的,如图 1—3 所示。晶体二极管在外加正向电压作用下,便形成数值较大的正向电流 I_D ,而电子管除了在阳极和阴极之间需加上较高的正向电压外,还必须给灯丝通电,把阴极烤热(高达 800°C 以上的温度),造成大量电子加速运动,以致能够逃脱金属阴极对它的吸引力,而跑到阴极表面以外的空间。这种现象,如同水被加热到一定温度时(尤其达到沸点时),会有大量水气(即水分子),飞出水面,跑到空气中一样。从阴极逃逸出来的电子在加有较高正电压(十几—一百伏)的阳极吸引下,便飞向阳极,流经电源 E_a ,形成回路电流 I_a 。

在电子学中,人们规定电子带负电,且电子运动的相反方向定为电流的正方向。对晶体管来说,它既有带负电的电子流,也有带正电的空穴流。其总电流的正方向,还是电子运动的相反方向,而空穴流的方向,就是电流的正方向。

无论是晶体二极管,还是真空二极管,它们形成的上述正向电流的现象,通常称为管子的单向导电性。正是这种特性,二极管才被广泛地应用在整流、检波……等电路中去。

有时为了更直观地了解管子的单向导电性能,往往以曲线的形式,表示出管子两端所加电压与通过管子的电流之间的关系,即如图 1—4 所示的伏安特性曲线。

从伏安特性曲线上看到,两种管子都具有单向导电特性。但是电子管在外加反向电压时,反向电流为零。而晶体二极管,却有数值微小的反向电流存在,且反向电压高到一定程度时, $I_{反}$ 的数值猛然增大,这时叫做管子(PN结)击穿,电压 U_z 称反向击穿电压。可见,晶体二极管的反向伏安特性要比电子管差。

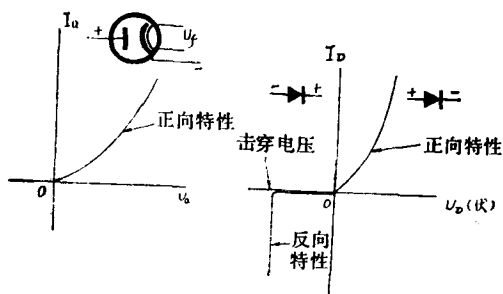


图 1—4 二极管伏安特性曲线

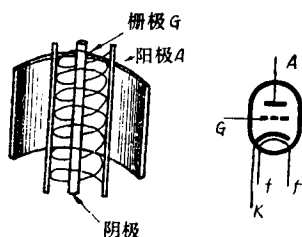
最后，需要指出的是，目前除特殊用途外（如超高频电路，高压整流电路等等），均为两只二极管，或二极——三极管、二极——五极管等，合装在一个管壳内，称复合管（后面有介绍）。

2. 三极管

二极管的结构，决定了它只具有单向导电的性能。然而，在收音机或其它电子管的设备中，还需要大量的多极管，在这些管子中，最简单，而又十分重要的，便是三极管了。它的结构和外形如图 1—5 所示。我们先将晶体管和电子管比较一下，发现它们不但在结构上不同，而且代表符号及工作原理等也是完全不同的。但是在电路中的功能上却有许多一致性。它们各电极的对应关系如下：

电子管	晶体管
阴极K	发射极e
栅极G	基极b
阳极A	集电极c

和真空二极管相似,除特殊场合,如超高频或大功率管等,一般常用的三极管都是复合型三极管,或二极——三极、三极——七极管等等。



和晶体三极管一样,真空三极管的功能,远比二极管完善。这是因为,在阴极与阳极的空间,增加了一个螺旋状的栅极。因此,只要重点分析栅极的作用就可以了。

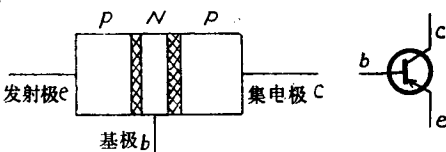


图 1—5 三极管的结构及符号

当在栅极——阴极间加上适当大小(几毫伏~十几伏)的直流电压时,这个电压便改变了阴极表面的电位。因此,影响堆集在阴极表面的热电子飞向阳极的数量,正如图 1—6 所示。从图中清楚地看出,当栅极 G 的电压为不同的数值时,阳极电流数值也做相应的变化。栅极电压越负,阳极电流便越小,如果 E_g (即 U_{gk}) 甚负时,可完全克服阳极上电压对热电子的吸引,而使 $I_a = 0$ 。这个控制作用,又可比喻为阀门控制水流量的大小那样。

从上面的分析结果,不难想到,当做为被放大的信号电压 U_g 加在 G_1-K 之间时,由于它的变化, i_a 便有相应的变化,即栅极电压 U_{gk} 对阳极电流有明显的控制作用。这个被

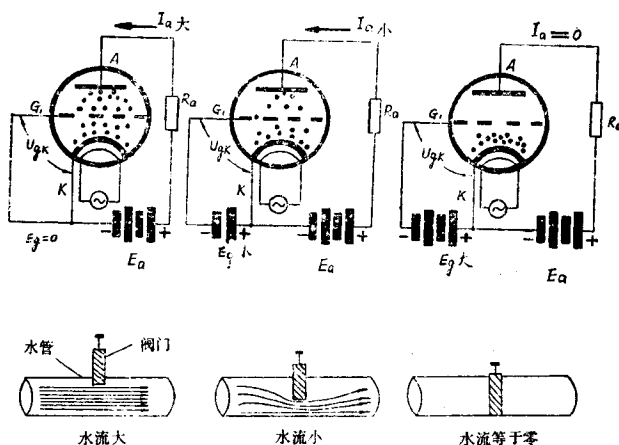


图 1—6 栅极控制阳极电流

控制的 i_a ，流过阳极电阻 R_a ，在其上造成的电压 $i_a R_a$ 便反映了 U_{gk} 的变化规律。由于 R_a 数值较大（几十千欧～上百千欧），所以电压 $i_a R_a$ 也相当大，它要比 U_{gk} 高几十～上百倍。这就是电子管放大信号电压的原理。

需要指出的是，在分析电子管放大原理时，没有涉及栅流 i_g 与阳流 i_a 间的关系。原因是栅极 G_1 上的电压，对阴极总为负值，且栅极又是网状，它不能直接吸收电子而形成栅极电流 i_g ，所以 $i_g = 0$ 。相反，它却要排斥电子，使热电子集中于栅网的匝间飞向阳极。

虽然平时 $i_g = 0$ ，但并不排除极少数能量较大的电子，撞到金属网上，被栅网吸附，形成微弱栅流的可能，如图 1—7 所示。

通过以上的分析，便可知道，真空三极管是电压 U_{gk} 控制电压 U_{ak} ，故又称电子管为电压控制器件。而且栅网越

密、距离阴极越近，控制作用越强。或者说，抵消阳极电压对阴极表面的影响越明显。

对于电子管，也用一些参考数字表示它的主要性能。这如同用电流放大系数 β 等表示晶体管的放大性能一样。对真空三极管经常用下述的三个参数来反映其性能。

放大因数

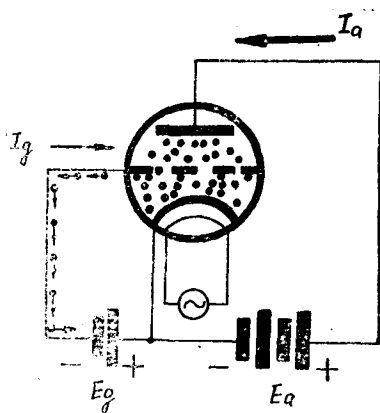


图 1—7 栅流的形成

$$\mu = \left. \frac{U_{ak}}{U_{gk}} \right|_{I_a \text{ 不变时}}$$

μ （读音为米尤）表示在维持屏流 I_a 不变的情况下，阳极电压 U_{ak} 要比栅极电压 U_{gk} 高出多少倍才行。这正说明， U_{gk} 对 I_a 的控制能力比 U_{ak} 要强，通常 μ 的数值为几十。

跨导

$$S = \left. \frac{i_a}{U_{gk}} \right|_{U_{ak} \text{ 不变时}}$$

S 表示在阳极电压 U_{ak} 维持不变的条件下，栅极电压 U_{gk} 对阳极电流 i_a 的控制能力。或理解为，在 U_{ak} 不变时，栅压 U_{gk} 若有一个单位（如 1 毫伏）电压变化时，将引起阻流 i_a 有多少毫安变化。跨导 S 的单位是毫安/伏。

内阻

$$R_i = \left. \frac{U_{ak}}{i_a} \right|_{U_{gk} \text{ 不变时}}$$

R_i 是电子管的阳极——阴极间的交流电阻。它表示，在栅极电压 U_{gk} 不变的情况下，阳极电流若有一个单位（如1毫安）的变化时，将引起阳极电压 U_{ak} 有多少伏的变化。 R_i 的单位是欧或千欧。

以上介绍的三个参数，只是电子管所具有的，可供选用管子时参考，尤其是放大因数 μ 和跨导 S ，实用价值很高。

在晶体管中， $\bar{\beta}$ 及 $\bar{\alpha}$ 都是描述管子放大能力的参数，它们之间存在着互相转换的数字关系如 $\bar{\beta} = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$ 。对电子管来说， μ 、 S 、 R_i 既然也是描述管子特性的参数，它们相互之间必然也存在着一定的数字关系。

即

$$\mu = SR_i$$

就是说，放大因数 = 跨导 × 内阻，这种关系也是十分明显的，因为：

$$\begin{array}{ccccc} \frac{U_{ak}}{U_{gk}} & = & \frac{i_a}{U_{gk}} & \times & \frac{U_{ak}}{i_a} \\ \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\ \mu & & S & & R_i \end{array}$$

以上所述电子管的三个参数，不独三极管具有，凡是三个电极以上的管子（多栅管），都有这些参数，并且还用其它一些参数来描述管子多方面的特性，在此就不谈了。

3. 束射四极管

这种管子实际是一种功率输出管，它能够输出较大的

信号电流。因此，在阳极负载上会产生一定的信号功率。

为了能够形成较大的阳极电流 i_a ，且管子的体积又不太大，在电极的结构上做了一些巧妙的安排。我们从图1—8看出。束射四极管（以下简称为功率管），在结构上的一些特点：

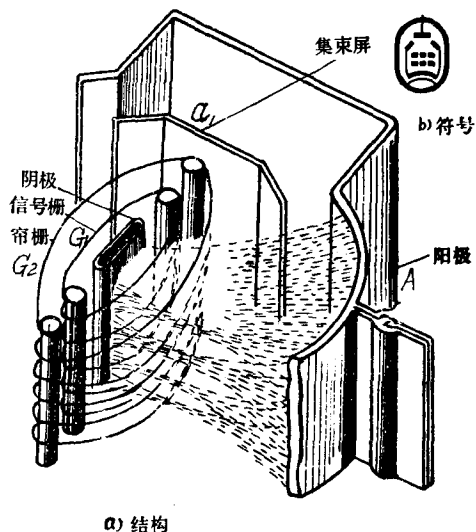


图1—8 束射四极管的结构与符号

① 阴极为椭圆形。这就增加了阴极有效发射面积，即增大了热电子发射数量。

② 在控制栅极 G_1 和阳极 A 之间，且距 G_1 较近的空间，又增加了一个栅网状电极——帘栅极，其上加的直流电压，与阳极等值。它可帮助阳极，共同吸引穿过 G_1 的电子，使之加速飞向阳极。因此，阳极电流比没有帘栅极的三极管为大。帘栅极还具有另一个更重要的作用——屏蔽作用。

③在帘栅极 G_2 与阳极A之间，增加一对∩型板，此板称“集束屏”，记作 a_1 、 a_2 ，在管子内部已经和阴极连在一起了，即集束屏极的电压与阴极相等（0V）。它将迫使已经越过 G_2 的电子流，只得沿着∩型板的“开口”方向，成束状射向阳极。可见，电子流成束状后，密度增大，故电流 i_a 被加大了。因为电流的定义是：单位时间内，流过单位截面积的电子流。显然，电子流的密度越大，电流就越大。

④控制栅极 G_1 与帘栅极 G_2 的栅网匝距相等且各匝间相互对齐。这样的绕制方法，能使阴极发射的电子集中在匝间穿行。由于匝线对齐，造成电子可能穿越的线匝空间增大，即被带正电压的 G_2 俘获的机会大大减少。因此，再次增大了电子射束的密度，故 i_a 又增大一些。

⑤帘栅极 G_2 与控制栅极 G_1 间的距离，比 G_2 到阳极A为近。这就增大了 G_2 ——A之间的空间距离，使飞向阳极的高密度的电子流，在这个空间停留的时间相对延长了。而那些速度较高的电子，撞到阳极上可能从阳极金属板内打出电子来。这些电子称“二次电子”。它们会被存在于 G_2 ——A间的高密度的电子云所排斥，重新被阳极A吸引成为 i_a 。不难设想，如果没有这个高密度的电子云，二次电子很容易被带正电压的 G_2 吸收，成为 i_{g_2} 。这种现象会使放大电路工作不稳定，造成“负阻”振荡。

综上所述，束射四极管所以能输出较大的电流，是由于在结构上采取了一些措施，造成阳极电流 i_a 较大，且比三极管和其它多极管大得多。如束射四极管6P1的阳极电流为30~70毫安，而三极管6N2，阳极电流为2.3毫安，五极管6K4阳极电流为11毫安。

4. 五极管

五极管的结构和三极管十分相似。不过，它比三极管又多了两个栅极，这就改善了三极管的性能，通常参数 μ 、 S 、及 R_i 都比三极管为高。它的基本结构见图 1—9。增加的这些栅极，分别称为帘栅极 G_2 ，抑制栅极 G_3 。 G_2 的作用与束射管的 G_2 相同。 G_3 的作用，即相当于束射四极管中 G_2 —A之间的电子云， G_3 能够避免二次电子落入 G_2 。这是因为在电路中， G_3 总是和阴极K连接（也有的管子在内部已将 G_3 与K连接好），故 G_3

上的电压与阴极K的电压相等（0V）。当阳极被来自阴极的高速电子撞出二次电子后，这些电子受到低电位 U_{G_3} 的排斥（抑制），又重新被阳极吸引过去成为 i_a ，而不至落在带正电压的 G_2 上。可见，这就克服了“负阻”振荡，这正是 G_3 被称为“抑制栅”的原因。

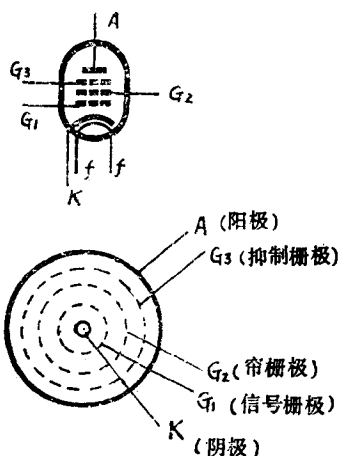


图 1—9 五极管的结构示意及符号

在此，还需简要地谈一下帘栅极的一个重要作用——“屏蔽原理”。如图 1—10所示，由于增加了帘栅极 G_2 ，使得帘栅极电压的影响产生的 i_{g_2} ，不会对栅极回路 G_1 造成影响。因为 i_{g_2} 经 G_2 “入地”了。因此提高了放大电路工作的稳定性（即输出回路的电压，不会反过来再影响输入回路的