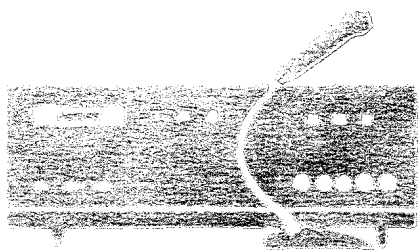


电子管收音机

东北三省职业技术教育教材编写组编



2.1

辽宁科学技术出版社

电子管收音机

Dianziguan Shoukuoyinji

东北三省职业技术教育教材编写组编

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: $13 \frac{3}{4}$ 字数: 320,000 插页: 1

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

责任编辑: 刘绍山

责任校对: 周 文

封面设计: 邹君文

印数: 1—24,000

统一书号: 15288·161

定价: 2.35元

前 言

为了适应中等职业教育不断发展的需要,东北三省职业技术教育协作会无线电教材编写组在编写了无线电专业课教学大纲的基础上,编写了一套专业课教材,计有:《电工基础》、《晶体管电路基础》、《脉冲电路基础》、《晶体管收音机》、《电子管收音机》、《晶体管录音机》、《晶体管黑白电视机》、《彩色电视机》等八本。

这套教材可供三年制职业中学无线电专业的师生在教学中使用,也可供二年制无线电专业的师生选用。

为了使教材既切合职业中学的教学实际,又遵循无线电专业本身的科学规律,我们在教材的编写过程中认真注意了如下几个问题:

1. 力图体现以基本晶体管电路为基础,以晶体管收音机、电视机为重点的适应职业中学培养目标的知识体系。

2. 努力保持八本教材在专业整体上的系统性,处理好它们之间的纵横关系。

3. 教材内容尽量浅显通俗,着重基本原理、基本概念的叙述和分析,注意知识的由浅入深、循序渐进。

4. 根据学生的基础实际,尽可能避免繁复的数学推导。对必要的定量分析尽量采用简化计算方法,以便于理解接受。

5. 结合职业中学的特点,在教材中体现了对实验和实习教学的足够重视,用较大的篇幅编写了实验和实习的设计思路、实验和实习的原理、实验和实习方法及实验和实习的结果分析等内容。

6. 根据职业中学的教材特点,各章节中均有不少例题,每章章末均有小结和适量的习题,以供教师在教学中参考和学生复习之用。

7. 为了贯彻“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的战略方针,在处理好传统教材和现代科学文化新成就的关系及培养学生能力,适应知识更新的需要方面做了一些不成熟的尝试。

《电子管收音机》一书是无线电专业的一门专业技术课。主要讲授电子管及电子管电路的基本原理,电子管收音机及扩音机的原理与故障分析、排除方法。实习内容有:典型六灯电子管超外差收音机的安装、调试,电子管6瓦扩音机的安装、调试,电子管收音机和扩音机的故障分析、排除等。全书内容,既有较系统的理论叙述,又有通俗、实用的实践知识的传授。本书由武明浦同志在原作《电子管收音机及其电路基础》的基础上修订,并增补了有关电子管扩音机的内容后编写而成的,全书由黑龙江省教育学院王兴铁、朱文华同志审订。

由于职业教育的发展尚属初创阶段，在教学领域内有许多问题均有待于进一步探讨。虽然我们主观上希望本套教材能对职业中学教学工作有所贡献，但因时间仓促，经验不足，加之这套教材没有经过教学实践的检验，错误和不妥之处在所难免，恳请广大师生及其他读者提出宝贵意见，以便进一步修订。

东北三省职业技术教育教材编写组

1985年2月

目 录

第一章 电子管	1
第一节 二极管.....	1
第二节 三极管.....	6
第三节 四极管.....	14
第四节 五极管和束射四极管.....	16
第五节 七极管和其它电子管.....	18
第六节 电子管使用常识.....	22
本章小结.....	23
习题一.....	24
第二章 电子管基本电路	26
第一节 三极管电压放大器.....	26
第二节 负反馈电路.....	38
第三节 去耦电路.....	41
第四节 音调控制电路.....	42
第五节 功率放大器.....	44
第六节 电子管振荡器.....	51
第七节 二极管整流器.....	56
本章小结.....	60
习题二	60
第三章 电子管超外差收音机原理	62
第一节 收音机的组成.....	62
第二节 输入回路.....	63
第三节 变频器.....	64
第四节 中频放大器.....	66
第五节 检波器.....	69
第六节 自动增益控制电路.....	72
第七节 音频电压放大器.....	73
第八节 功率放大器.....	74
第九节 附加电路.....	75
第十节 电源供给电路.....	78

第十一节 典型整机的电路分析	79
本章小结	85
习题三	86
第四章 电子管超外差收音机的检修	87
第一节 检修的基本要领	87
第二节 常见故障的分析与排除	90
本章小结	105
习题四	106
第五章 电子管扩音机原理	107
第一节 扩音机的组成	107
第二节 前级放大级	108
第三节 推动级	112
第四节 功率放大级	114
第五节 电源供给部分	119
第六节 电子管扩音机整机电路分析	123
本章小结	127
习题五	128
第六章 电子管扩音机与扬声器的匹配	129
第一节 基本知识	129
第二节 定阻式扩音机的匹配	131
第三节 定压式扩音机的匹配	138
第四节 电压法计算扩音机的匹配	139
本章小结	142
习题六	142
第七章 电子管扩音机的使用、维护和检修	144
第一节 电子管扩音机的使用和维护	144
第二节 电子管扩音机常用检修方法	145
第三节 电子管扩音机常见故障的分析与排除	149
本章小结	168
习题七	169
第八章 实习	170
实习一 电子管超外差收音机的安装	170
实习二 电子管超外差收音机的调试	181
实习三 6瓦电子管扩音机的安装	190
附录	195

附录一	电子管收音机常见故障现象和原因一览表	195
附录二	电子管扩音机常见故障现象和原因一览表	200
附录三	国产收音机常用电子管的性能表	208
附录四	国产扩音机常用电子管的性能表	210

第一章 电子管

电子管也叫真空管，它是构成电子管收音机和扩音机的重要器件。

电子管的种类繁多，用途极广。按电极的多少来分，有二极管、三极管、四极管、五极管、束射四极管和复合管；按电子管的用途来分，有电压放大管、变频管、中频放大管、功率放大管和整流管等。

在这一章里，我们学习在电子管收音机和扩音机中常用的几种电子管的构造、性能、参数和工作原理，从而掌握使用电子管的基本知识。

第一节 二 极 管

一、电子热发射

金属内部有许多与原子核结合较弱的自由电子。这些电子处于不断地运动状态中。虽然它们的运动速度达到100公里/秒，但由于受导体内正电荷的吸引，因此不能脱离金属内部而飞出金属表面。当金属导体加热后，导体内部自由电子的运动速度增大，当导体的温度达到一定程度时，金属导体内部的自由电子就获得足够大的能量而克服正电荷的吸引，飞出金属导体表面，跑到金属导体周围空间。我们把用加热方法，使金属导体发射电子的现象叫做电子热发射。

在实践中，人们发现用电流来加热金属导体是最方便最简单的方法。在电子管中，用来产生发射电子的金属导体称为灯丝，而加热它的电流称为灯丝电流。

为了得到电子发射，需要把灯丝加热到很高温度，需要很大的灯丝电流。实验结果表明：如果在灯丝表面涂上一层某种金属或氧化物，就能够降低灯丝发射电子的温度，因此灯丝消耗的电流也比较小。

在灯丝上涂上一层容易产生电子发射的物质的过程叫做活化，而这种灯丝叫做活化灯丝。

电子管的工作基础就是利用从灯丝中发射出来的电子。电子管中应接近真空，而用抽气方法，真空度只能达到千分之一甚至只有百分之一毫米水银柱。电子在这样的真空中运动，会受到残余气体分子的阻力的影响。为了使电子在电子管中能稳定地工作，里面的气压必需小于百万分之一毫米水银柱。为了得到这样的真空度，在电子管中放入金属镁、钡等化合物，使它们熔化并且蒸发。蒸发后的蒸流沉积在电子管的玻璃壁上，形成银色或暗黑色的金属薄层的收气剂。这层金属薄膜强烈地吸收余下的气体，使管内的气压下降到百万分之一毫米水银柱。

二、二极管的构造

二极管是最简单最基本的一种电子管。它本身是一个密封的玻璃管或金属管，管内抽成高度真空。管内装有两个电极，一个叫做阴极，另一个叫做屏极。阴极是用来发射电子的。我们采用电流加热，使通电的金属导体产生热电子发射。电子管的阴极按着加热的方式分为直热式和旁热式两种。直热式阴极是灯丝加热后直接发射电子。它通常是用钨丝或敷钍钨丝弯成各种形状而制成的，其构造和图形符号如图 1—1 所示。旁热式阴极是由金属或金属表面上涂有一层钽或铯等氧化物构成的。一般为圆桶形，里面有一根折叠形或螺旋形、麻花形的灯丝。依靠灯丝通电发热后，使阴极间接加热。灯丝用钨丝或钨钼合金丝制成，表面涂有氧化铝绝缘层与阴极套管绝缘，其构造和图形符号如图 1—2 所示。在电

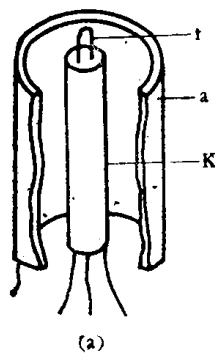
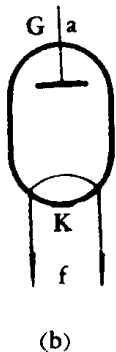
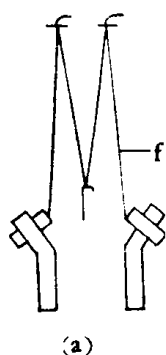


图 1—1 直热式阴极和直热式二极管图形符号

图 1—2 旁热式二极管和它的图形符号

子管收音机和扩音机中，一般都采用旁热式阴极的电子管。

屏极用来吸收从阴极发射出来的电子。它是用镍、钼或钽金属制成扁筒形或圆筒形、矩形围绕在阴极外面，见图 1—2a。

在电子管电路中，用 G 表示电子管， K 表示阴极， a 表示屏极， f 表示灯丝。

三、二极管的工作原理

如图 1—3 所示，我们在灯丝两端加上电源 e_f ，在屏极与阴极之间加上电源 E_a ，其方向是屏极接正极，阴极接负极。接通电源，阴极被灯丝加热后，金属导体内部的自由电子获得较大热能，飞出金属导体表面，在阴极周围形成电子云。自由电子在屏极电源 E_a 正电场力的作用下飞向屏极，在屏极和阴极的回路中形成电流 I_a 。如图 1—4 所示，如果把屏极和阴极回路中电源 E_a 的正极和负极的极性调转过来，也就是说屏极接负，阴极接正。那么，管内的电场力也将调转过来。这时屏极将排斥电子，有可能将在阴极周围

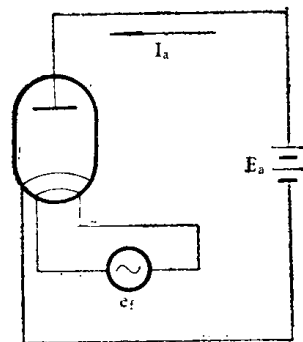


图 1—3 二极管屏极接正电压

的电子推回阴极，显然，在屏极和阴极回路中将没有电流通过，即 $I_a = 0$ 。如图1—5所示，如果在屏极和阴极之间接上一个交流电压 U_a ，显然是上述两种情况的交替。即屏极为正时，屏极和阴极回路中有电流通过，也就是说二极管导通；屏极为负时，屏极和阴极回路中没有电流通过，也就是说二极管不导通（或称二极管处于截止状态）。总之，在电压

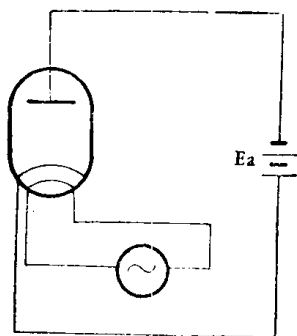


图1—4 二极管屏极接负电压

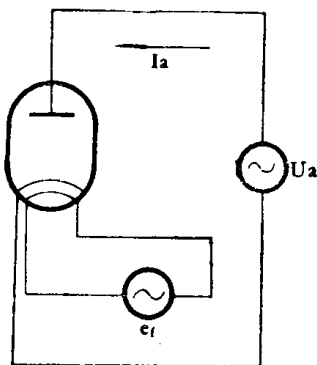


图1—5 二极管屏极阴极间接交流电压

U_a 的交变过程中，正半周时二极管导通，负半周时二极管不导通。于是便在屏极和阴极的负载上，产生了单向脉动电流 i_a 。这就是二极管的单向导电性。这一重要特性，使二极管得到了广泛的应用。如同晶体二极管一样，它用作信号检波和电源整流。

四、二极管的特性曲线

要对二极管特性进行数量上的分析，首先要知道屏流 i_a 的大小与哪些条件有关。对二极管来讲，影响屏流 i_a 大小的，一是阴极的温度，二是屏极所加的电压。在工作中二极管都有额定的灯丝电压 e_f ，所以阴极的温度是不变的，也就是说阴极发射电子的能力是不变的。我们对二极管特性进行数量分析时，是在固定灯丝电压下，研究屏压和屏流之间的变化关系的。用一条曲线表示二极管的屏压 U_a 和屏流 i_a 之间变化的关系曲线，叫做二极管的特性曲线或叫伏安特性曲线。

我们用实验的方法来描绘二极管的特性曲线。如图1—6所示，在二极管的灯丝上接上额定电压 e_f 加热阴极后，调节滑动电阻，使屏压 U_a 从零开始逐渐增高，相应的屏流也随之逐渐增加。将每调节一次屏压 U_a ，在电压表和电流表上读出的相对应数值记下来。我们用横坐标表示屏压 U_a 。用纵坐标表示屏流 i_a ，就可以描绘出二极管的特性曲线，如图1—7所示。

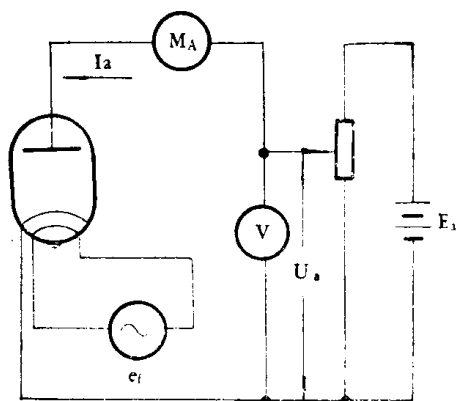


图1—6 测量二极管特性曲线的实验电路

从二极管特性曲线上可以看出，当屏压 $U_a = 0$ 时，屏流 i_a 并不为零，而是有一个微小的数值。曲线中间有一部分向上弯曲，说明屏压 U_a 增加时，屏流并不是按比例很快的增大。曲线最后一段逐渐趋于平直，说明随着屏压的增加，屏流不再增大。

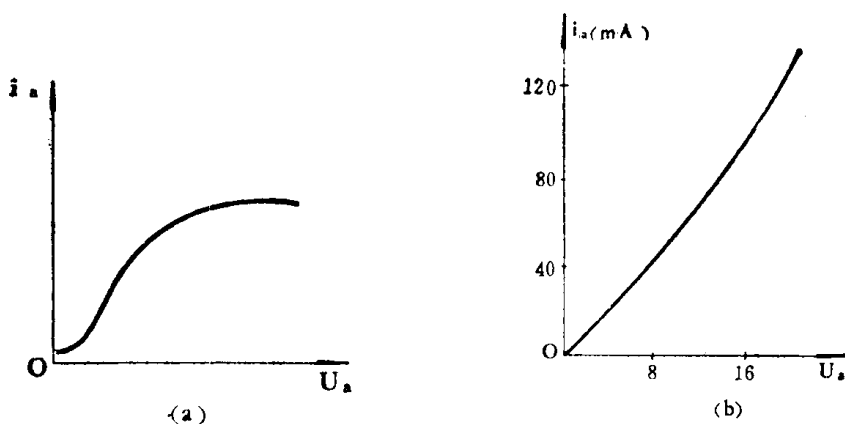


图 1—7 二极管特性曲线

下面我们来分析二极管特性曲线这种变化的实质。阴极加热后会不断地发射电子，如果屏极未加屏压，这些电子就形成一层电子云，包围着阴极，就好象热水上面的蒸气一样。电子云的存在将排斥从阴极继续跑出来的电子，还可能把一部分速度较小的电子重新推回到阴极的金属导体里面去。但速度较大的电子却仍能从阴极的金属导体里面跑出来。当阴极温度达到一定，跑出来的电子与排斥回去的电子数目相同时，就达到了动态平衡。这时电子云的厚度不再改变，但是还有极少数的电子，具有很高的速度，能够完全克服电子云中电子的排斥和阴极导体中正电荷对它的吸引而到达屏极。这就说明了为什么从特性曲线起始处来看，虽不加屏极电压，却有极微小屏流产生的原因。

当屏极加上很小的正电压时，在屏极和阴极之间便形成了电场，对电子云中的电子产生吸引力，把部分具有较大速度的电子吸向屏极而形成屏极电流。由于电场力还不够大，那些速度较小的电子，还不能突破电子云的阻力，无法到达屏极。这就是说电子云中只有一部分电子能够到达屏极而形成屏极电流。所以屏流虽有所增加但并不显著，这就是特性曲线中下半部分缓慢上升的那一段。随着屏压的增加，吸引电子的电场力也增加。这时有越来越多的电子冲破电子云的阻力而到达屏极，同时电子飞向屏极的速度也增大了。所以屏流增加很快，或说屏流和屏压不成比例地急剧增加。这可从曲线逐渐向上弯曲的那一段上看出。我们把这一段叫做非线性区。当屏压继续增加到足够大时，阴极发射的电子全部跑到屏极上去，电子云消失。这时即使再增加屏压，屏流也不再增加，这就是特性曲线上部出现的那段平直部分。在特性曲线上一概并不画出上部平直的一段，因为在达到这种状态时，氧化物阴极二极管已被烧坏。所以在一般情况下我们只利用特性曲线上升的那一部分。

五、二极管的参数

除了用特性曲线之外，还利用一些参数来表示二极管的性能，以便对不同的二极管进行比较和选用。

(一) 二极管的内阻

在二极管的屏极和阴极之间，加上一定的正电压时，就有一定的屏流。这说明在屏极

与阴极之间存在着电阻,这个电阻就叫做二极管的内阻。

二极管屏极电压和通过的电流是不成正比例的。通过对二极管特性曲线的分析可知,它们关系是非线性的。这就说明二极管内阻的数值将随着工作状态的不同而发生变化。所以,不能用简单的电压与电流之比来表示它们的意义。所谓二极管的内阻是指:在某一工作状态(工作点)下,二极管屏压变化一个很小的数值时(用 ΔU_a 表示),屏流也相应变化一个很小的数值(用 Δi_a 表示)。这两个变化量的比值就叫做二极管在这种工作状态下的内阻,用字母 R_i 表示。即

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta i_a}$$

可见,二极管在某一工作点的内阻,反映了在该点二极管屏流变化与屏压变化的依存关系,以及屏流随屏压变化的快慢程度。内阻的数值也反映了特性曲线上该点曲线的倾斜程度。显然,对应于特性曲线趋于平直的一段,当电压改变时,电流变化趋于零,所以在这种情况下,二极管的内阻 $R_i \approx \infty$ 。

(二) 二极管的最大屏极反峰电压

在二极管屏极与阴极之间,通过负载电阻 R_{fz} 加上一个交流电源 E 。如图1—8所示,当电源电压为正半周时二极管导通,回路里有电流通过,电源电压一部分被降在负载 R_{fz} 上,另一部分则加到二极管的两端。如图1—9所示,当电源电压为负半周时二极管不导通,回路里无电流通过,负载 R_{fz} 上无电压降,即 $U_{fz} = 0$,于是电压全部反向加到了二极管的两端。如果这个电压足够高,超过了屏极和阴极之间的绝缘强度时,就会使二极管击穿而损坏。在有关电子管手册中都标明了二极管所能承受的最大反峰电压数值,叫做二极管

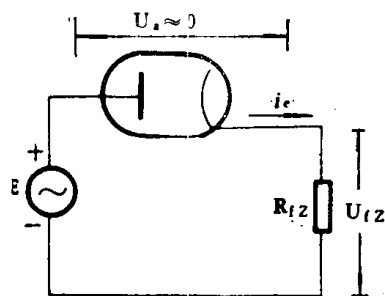


图1—8 二极管屏阴之间加正电压

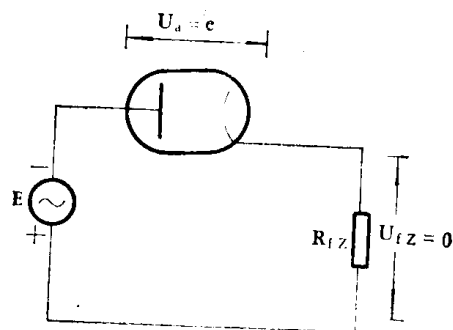


图1—9 二极管的屏极反峰电压

最大屏极反峰电压(U_{max})。在使用时,不得超过这个数值。如图1—10所示,在实际工作中负载 R_{fz} 位置常接有大容量的电解电容器。在交流的负半周时,电容器的电荷来不及释放。这个电压与电源电压串联相加后加到二极管两端,所以二极管在工作时两端实际存在的反向电压接近于电源电压峰值的两倍。

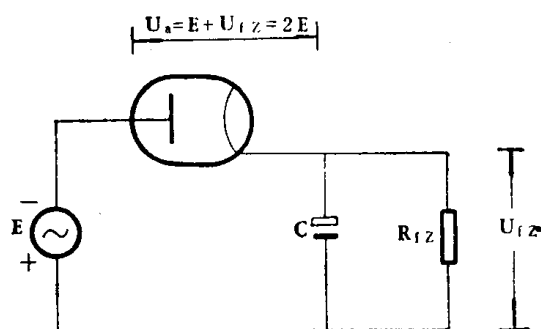


图1—10 二极管接有电容时的情况

(三) 二极管的屏极损耗功率

二极管在工作时, 电子受到屏极电场的加速, 以很大的力量撞到屏极上, 电子的动能转化为热能, 这样就会使屏极温度升高。这好象用锤子猛烈敲打金属板时, 金属板将会发热的道理一样。屏极上产生的这种热量是无用的损耗, 叫做二极管的屏极损耗。

屏极损耗的功率用 P_a 表示。它与普通金属导体通过电流时所消耗的功率一样, 等于屏极和阴极之间电压 U_a 与屏流 i_a 的乘积, 即

$$P_a = U_a i_a$$

不相同的是普通导体消耗功率使整个金属导体产生热量, 而二极管内部消耗的功率都集中在屏极上, 这样将使屏极温度急剧上升。如果屏极温度超过一定的限度, 就会使二极管损坏。

电子管的屏极虽然在制造过程中进行过除气处理, 但仍含有残余气体。当屏极温度过高时, 这些残余气体就很可能释放出来, 从而影响电子管的真空度。另外, 屏极发热会使阴极额外受热, 在过热的情况下阴极上的氧化物将会失去发射电子的能力, 使电子管衰老而失效。因此, 规定了二极管所能承受的屏极损耗功率, 叫做二极管的最大屏极损耗功率。

为了使屏极温度不至于过高, 通常使屏极通过辐射的方式来散发热量。一般情况下采取两种方法来实现: 一是屏极经过黑化, 即使金属表面变为黑色, 以增加它的辐射散热率。黑化后的屏极比用同样材料做成而未黑化的屏极温度要低得多; 二是增大屏极面积来降低屏极的温度, 因此常常在屏极的主体上再附加一些侧面来加大散热面积, 如图 1—11 所示。

(四) 二极管的最大整流电流

允许连续不断地流过二极管的最大平均屏极电流, 叫做二极管的最大整流电流 ($I_{m \cdot x}$)。二极管的最大整流电流在电子管手册中都有标明, 在使用中不要超过额定值, 否则将会损坏电子管。在选用管子时, 要使二极管的最大整流电流比负载电流大些。

(五) 二极管的最大峰值屏流

二极管在导通的正半周内, 外加电压达到峰值时, 屏流也将达到最大值。所谓最大峰值屏流, 是指二极管在安全范围内, 允许的最大瞬时的屏流值。最大峰值屏流取决于阴极发射电子的能力。

选择整流管时, 主要从整流管工作时负载所需的直流电压和直流电流来考虑。整流管最大整流电流应比负载电流大, 而整流管的最大屏极反峰电压, 不能低于为满足直流电压输出所需要的交流电压峰值的二倍。



图 1—11 5Z4P 电子管的屏极结构

第二节 三极管

三极管是在二极管的屏极和阴极之间, 加装一个叫控制栅极的电极而制成的。三极管

虽然只比二极管多了一个电极，但却使三极管具有了能够放大微小电信号的能力。正因为三极管有放大作用，才有了电子管收音机的诞生。

一、三极管的构造

三极管的构造如图 1—12 所示。在屏极和阴极之间增加的控制栅极简称栅极，用符号 g 来表示。三极管中的栅极由栅丝和边杆组成。边杆起支撑栅丝、散热以及与芯柱脚相连

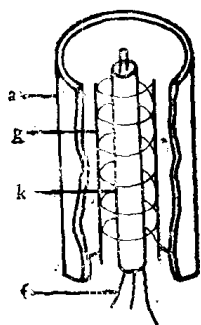


图 1—12 三极管的构造

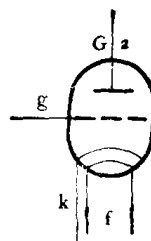


图 1—13 三极管的图形符号

接的作用。栅丝用细金属丝绕制成栅网形或螺旋形，它把阴极包围在中间。小型三极管的栅丝是用镍丝、镍锰、镍铬或镍钼合金丝绕制的。大型三极管的栅丝是用钼丝、钨丝或钼钨合金丝绕制的。三极管中的栅极之所以绕制成栅网形，是为了使从阴极发射出来的电子能够通过这些空隙到达屏极。从三极管的三个电极相对位置来看，栅极与阴极之间的距离远小于栅极与屏极的距离。三极管的图形符号如图 1—13 所示。

二、三极管的基本电路

三极管除了灯丝电路外（在电子管中一般不画出），还有两个最基本电路，即屏极回路和栅极回路。屏极回路是指屏极与阴极的电路，屏极与阴极间的电压叫做屏压，同样用符号 U_a 表示。屏压在一般情况下总是正的，即屏极电位高于阴极电位，因此在屏极回路中有屏流 i_a 通过。屏极回路所接的正电源叫做屏极电源，用符号 E_a 表示。栅极回路是指栅极与阴极之间的电路，栅极与阴极间的电压叫做栅压，用符号 U_g 表示。栅压在一般情况下总是负的，即栅极电位低于阴极电位，因而在栅极回路中没有电流通过。栅极回路所接的负电源叫做栅偏压，用符号 E_g 来表示。三极管的基本电路如图 1—14 所示。从图中可以看出在电子管电路中，各极电压都是对阴极来说的，以阴极为公共端。

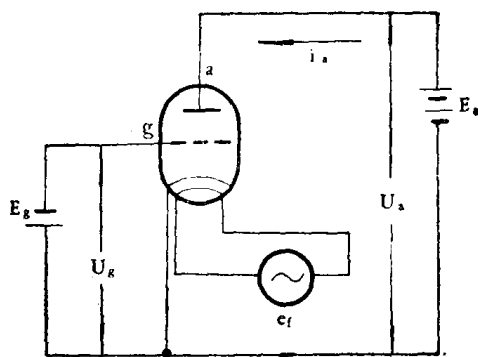


图 1—14 三极管基本电路

三、三极管的放大原理

首先分析一下栅极在三极管中的作用。如果在三极管的栅极加上一个比阴极高的电压。栅极就会吸收由阴极发射出来的电子形成电流，从栅极经外电路又流回到阴极，如图 1—15 所示。在这同时，如果屏极接有很高正电压，屏流要比栅极没接正电压时增大很多。这是因为栅极加上了正电压后中和了一些阴极附近的电子云，减少了电子云对阴极发射的电子的阻力。另一方面，由于栅极离阴极很近，在栅极电场作用下，使一些原来动能较小的电子增加了动能而飞向栅极。除了少数的电子碰到栅极上形成栅流外，绝大多数电子穿过栅极的空隙而飞到屏极上去，使屏流增加。

如果在栅极上加上比阴极低电压，栅极电压在阴极周围形成的电场是阻止电子飞向屏极的，如图 1—16 所示。一些初速度较小的电子被排斥回阴极，所以屏流比未加负栅压

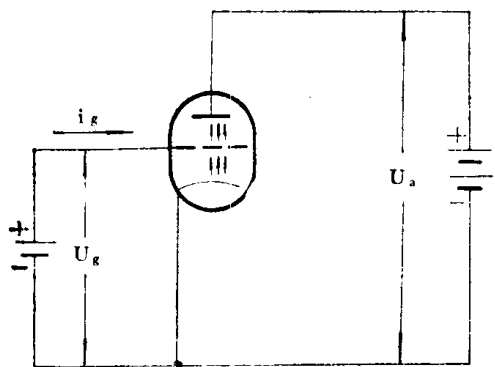


图 1—15 三极管栅极正压

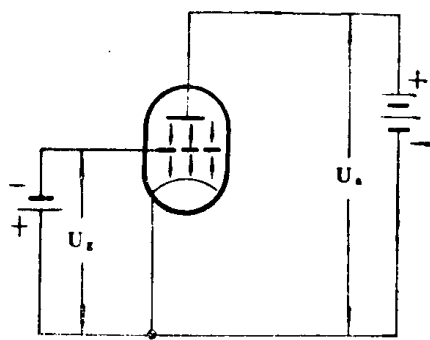


图 1—16 三极管栅负压

时要小。栅极所加负压越大，对电子排斥力越大，屏流越小。当栅极负压大到一定数值以后，屏极在阴极周围所形成的正电场完全被栅极所形成的负电场所抵消。这时阴极所发射的电子全被栅极负电场排斥回阴极，屏极电流为零，如图 1—17 所示。我们把屏极电流为零的状态叫做截止状态，使电子管屏流呈截止状态时的栅极负电压，称为截止负栅压。

由上述可知，改变栅极上所加的电压，就可以控制飞往屏极的电子数目，即屏流的大小。所以把栅极又叫做控制栅极。由于栅极距阴极很近，它的电场对阴极周围电子的影响就很强烈；又由于栅极包围着阴极，对屏极电场起屏蔽作用，因此屏极电场对阴极的影响就被减弱。这就是说，栅极电压对屏流的控制能力远远大于屏极电压对屏流的控制能力。这正是三极管为什么能够放大交变信号电压的原因。

图 1—18 是一个简单的三极管放大电路。在栅极电路中输入一个交变信号电压 U_{sr} ，当信号电压 U_{sr} 为正半周时，等于抵消了一部分栅极负电压，使栅极电压向正方向变化。这时屏流也随着信号电压的增加而增大；当信号电压为负半周时，信号电压与栅极电压同相，从而栅极负压变得更负，这时屏流也将随着信号电压的降低而减小。这样，随着信号电压 U_{sr} 的变化，屏流也跟着发生更大的变化。为了从屏流的变化中得到所需要变化的电压，我们在屏极电路中串入一个负载电阻 R_a 。当屏流流过负载 R_a 时，便在负载 R_a 上产生了随信号变化的电压。如果 R_a 足够大，则输出电压变化的幅度要比栅极输入信号电压变化幅度大很多倍，而且变化规律也与输入信号电压一样，这就达到了电压放大的目的。

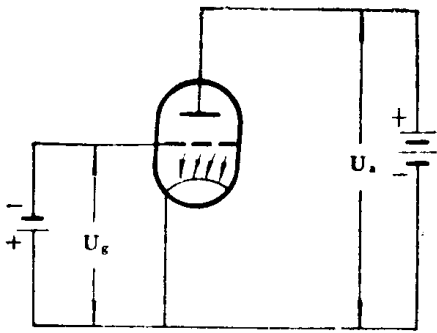


图 1—17 三极管截止栅偏压

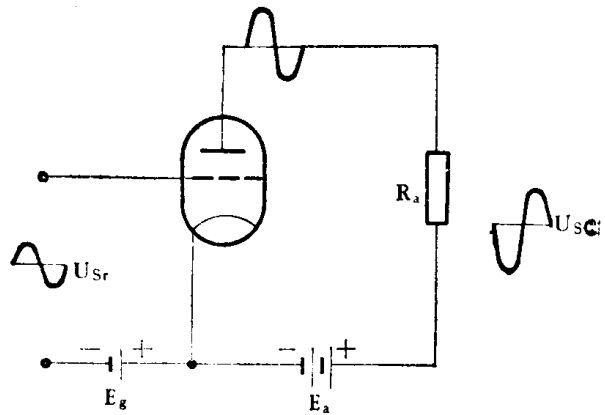


图 1—18 简单三极管放大电路

从实验知道,当电子管6N2的屏压 U_a 为250伏,负载电阻 R_a 为50千欧时,若输入信号电压使 U_g 从-3伏变化到零伏,变化范围为3伏。则屏流 i_a 将从0.4毫安变到2.4毫安,这时屏流在负载电阻 R_a 上所产生的电压,就从20伏变化到120伏。输出电压变化范围为100伏。结果是输出电压比输入信号电压放大了三十三倍多。由此可知,一个很小的输入信号电压通过三极管以后,就得到了一个比输入信号大好多倍的输出信号电压,这就是三极管的放大作用。

在电子管收音机、扩音机等设备中,电子管的栅极上都加上一个比阴极低 的 直 流 电 压,叫栅偏压。下面我们研究一下栅偏压的作用。

当我们把一个交变信号电压,加到栅极进行放大时,要选取工作点。如果不加负偏压,工作点为零,如图1—19所示。当输入信号电压 U_g 为正半周时,栅极为正,这时将会产生栅极电流(简称栅流)。由于栅流产生,直接影响了屏流的增加速度,使屏流变化的正半周峰值降低,产生失真,同时栅流的产生,也将消耗输入信号的功率。如果把工作

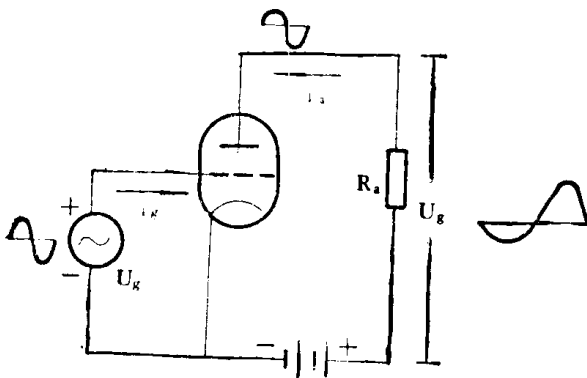


图 1—19 未加栅偏压的放大电路

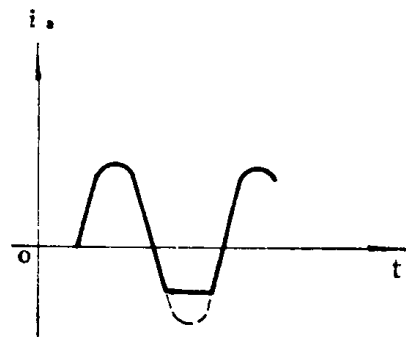


图 1—20 信号下半部被切割

点选的过低,即在栅极加上一个较高的栅偏压,在输入信号电压为负半周时,就很可能使三极管的工作处于截止状态,屏流的波形在下部被切割,产生失真,如图1—20所示。要想使三极管不失真地放大信号,就必须选择合适的栅偏压,使三极管工作在最佳状态。

四、三极管的静态特性曲线

在灯丝电压保持恒定时，三极管屏压、屏流和栅压之间也成一定的函数关系，但三个因素不能用一条曲线来描述，通常我们用两条曲线来描述，即屏极特性曲线和屏栅极特性曲线。所谓静态特性曲线是指电子管屏极回路中未接入负载电阻时所测定的特性曲线。

（一）三极管的屏极特性曲线

屏极特性曲线是指当栅压 U_g 固定不变，屏压 U_a 和屏流 i_a 之间的变化关系曲线。改变栅压为某一固定值，可以得到另一条屏极特性曲线。许多这样的曲线就组成三极管的屏极特性曲线族。

图1—21是测量屏极特性曲线族的实验电路。把栅压固定在某一数值上，然后调节滑动电阻 R_1 ，使屏压 U_a 从零开始逐步升高。屏流 i_a 也将随着屏压逐步升高而逐步增大。每改变一次屏压数值便可得到一个相应的屏流数值，用描点法就可以在直角坐标系中得到一条曲线。然后变动栅压的数值，用同样方法得到不同栅压时的屏极特性曲线，很多这样的

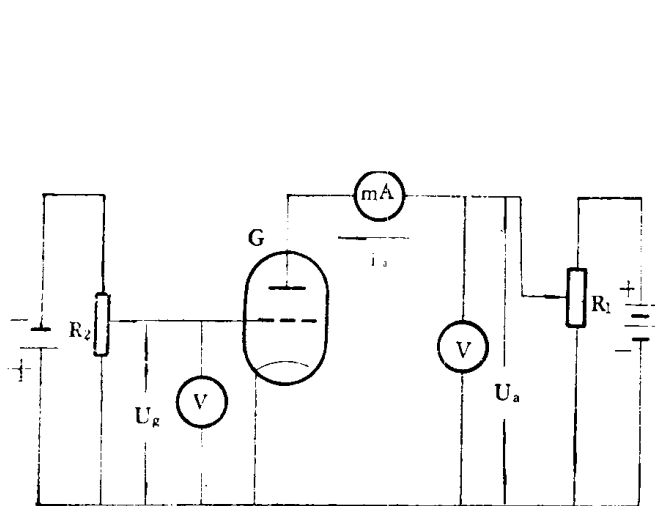


图1—21 测量三极管静态特性曲线实验电路

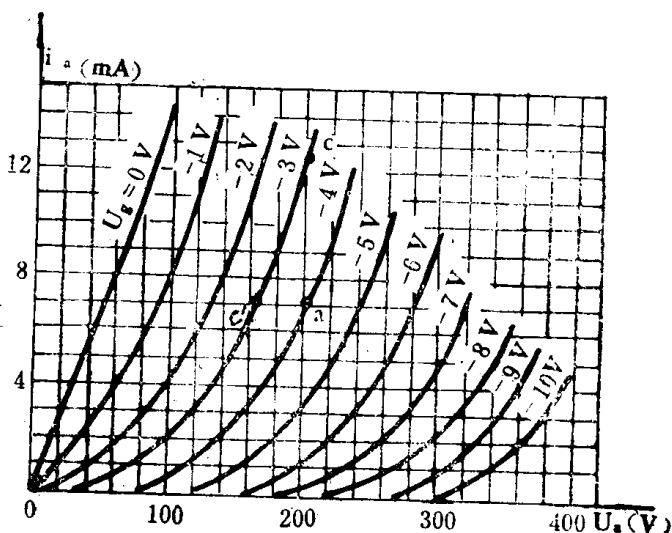


图1—22 6N1屏极特性曲线族

曲线就组成了一组屏极特性曲线族。图1—22是三极管6N1的屏极特性曲线族。由图可以看出，它的每条曲线形状和二极管的特性曲线相似， U_g 越负，曲线就越向右移。这是因为栅压为负时，它在阴极周围产生一个对电子具有排斥力的电场。当屏极在阴极周围形成的电场对电子吸引力小于这个排斥力时，就没有屏流产生。只有当屏极电场在阴极周围对电子的吸引力大于栅极电场的排斥力时才会出现屏流。

曲线族上还反应了栅极控制屏流的能力要比屏极的大得多。例如，当屏压为200伏时，栅压变化1伏（从a点的-4伏变到c点的-3伏），屏流变化约为5.5毫安（从7毫安变到12.5毫安）。如果栅压保持-3伏不变，而使屏流由12.5毫安回到7毫安，屏压就需要由c点的200伏下降到c'点的162伏。这就说明了，要使屏流同样发生5.5毫安的变化，栅极电压只需要变化一伏，而屏压就要变化38伏。也就是说栅压控制屏流的能力是屏压控制屏流能力的38倍。