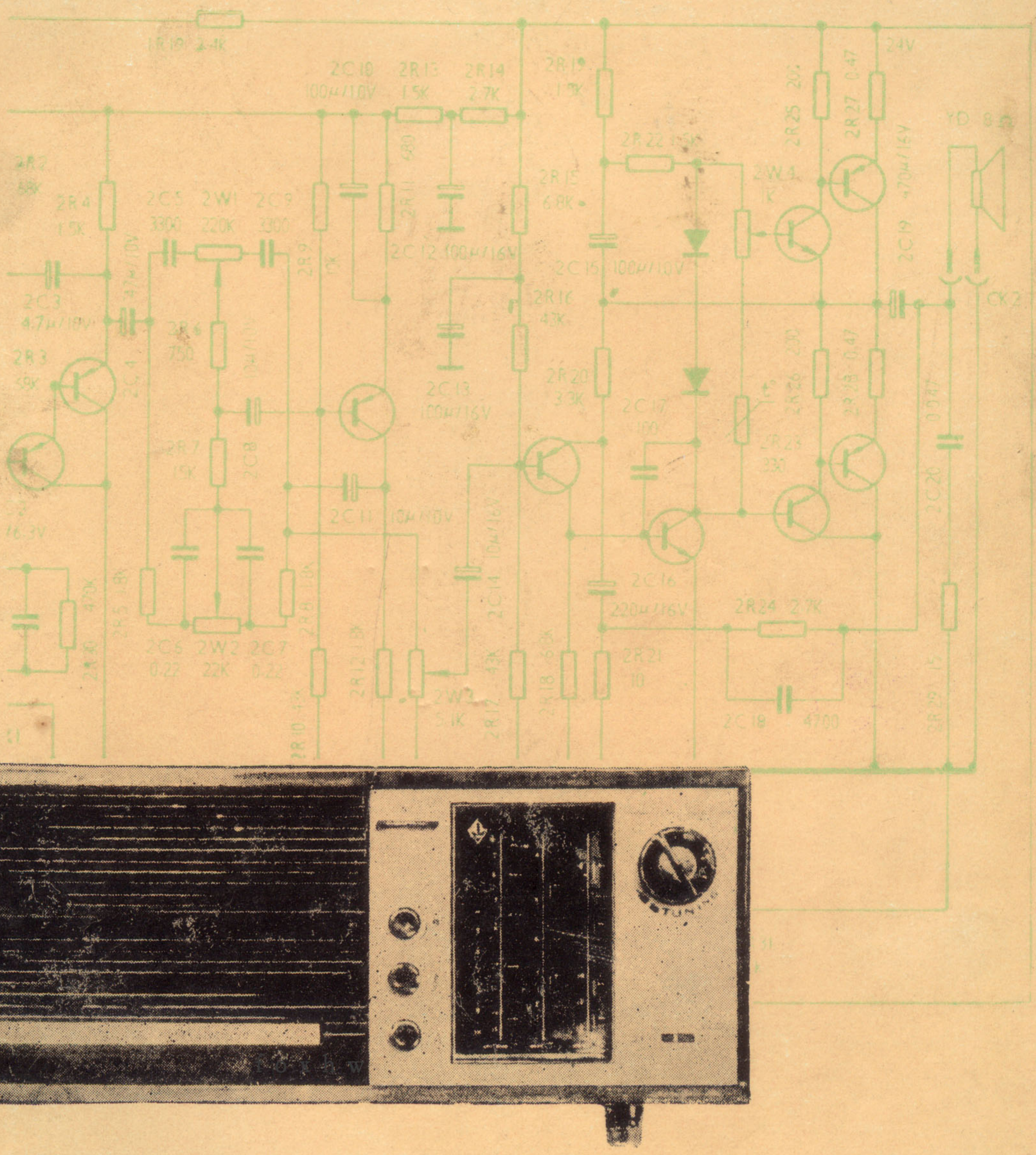
中学科技丛书

初级晶体管收音机

林超杰

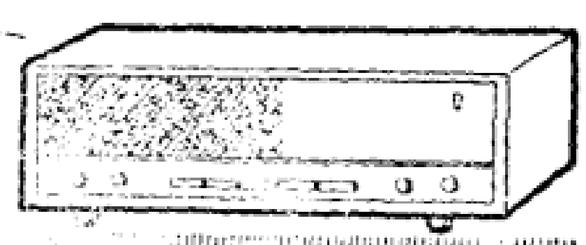
上海教育出版社



CHUJI JINGTIGUAN SHOUYINJI · CHUJI JINGTIGUAN SHOUYINJI

Radio 广播爱好者论坛 http://swl.126.com

初识晶体管收音机



林 超 杰

上海教育出版社

中学科技丛书

初级晶体管收音机

林 超 杰

上海教育出版社出版

（上海永福路123号）

新华书店上海发行所发行　江苏宜兴印刷厂印刷

开本787×1092 1/16　印张7.5　字数176,000

印数1—50,000本

统一书号：7150·2085　定价：0.61元

目　录

第一章　绪论 …… 1
　第一节　声音是怎样传播的 …… 1
　第二节　无线电广播是怎么一回事 …… 2
第二章　几种常用的元件 …… 7
　第一节　电 阻 器 …… 7
　第二节　电 容 器 …… 9
　第三节　电 感 器 …… 14
　第四节　扬声器和耳机 …… 19
　第五节　晶体二极管 …… 20
第三章　实验前的准备工作 …… 24
　第一节　几种必要的工具 …… 24
　第二节　怎样做好焊接工作 …… 27
　第三节　底板的制作 …… 29
　第四节　怎样绕制线圈 …… 32
　第五节　元件的检查 …… 34
第四章　最简单的收音机——矿石机 …… 41
　第一节　矿石机的电路 …… 41
　第二节　怎样装置矿石机 …… 42
第五章　来复式单管收音机 …… 46
　第一节　收音机的质量要求 …… 46
　第二节　对晶体三极管的认识 …… 47
　第三节　三极管的偏置电路 …… 50
　第四节　怎样在矿石机上加接低放 …… 52
　第五节　1-V-1式单管收音机 …… 56
第六章　来复再生式二管机和四管机 …… 64
　第一节　来复再生式二管机 …… 64
　第二节　推挽式放大电路 …… 67
　第三节　来复再生式四管机 …… 69
　第四节　用四管机放唱片 …… 72
第七章　电视伴音接收器 …… 74
　第一节　超再生式检波电路 …… 74

第二节　简易两管超再生式电视伴音接收器……75
第三节　参考电路……77
第八章　稳压电源……79
第一节　整流电路……79
第二节　滤波电路……82
第三节　稳压管和稳压电路……83
第九章　检修初步……86
第一节　故障及其原因……86
第二节　检修方法……86

附　录

一、一些常用的电学知识……91
二、参考电路……93
三、常用国产晶体管的特性……98
四、万用表使用初步知识……98
五、小型变压器的绕制……100
六、部分元件的修理……106

第一章　绪　论

当我们打开无线电收音机，转动旋钮，便会听到从伟大首都北京传来的声音，发自党中央的号召，鼓舞人心的捷报，绚丽多采的节目，……。这是多么奇妙啊！北京离我们那么远，那里的声音竟能够传到我们的耳边！我们一定很想知道，这里面的奥秘是什么？我们也一定很想亲自动手试试，装置一架能听到首都声音的收音机。

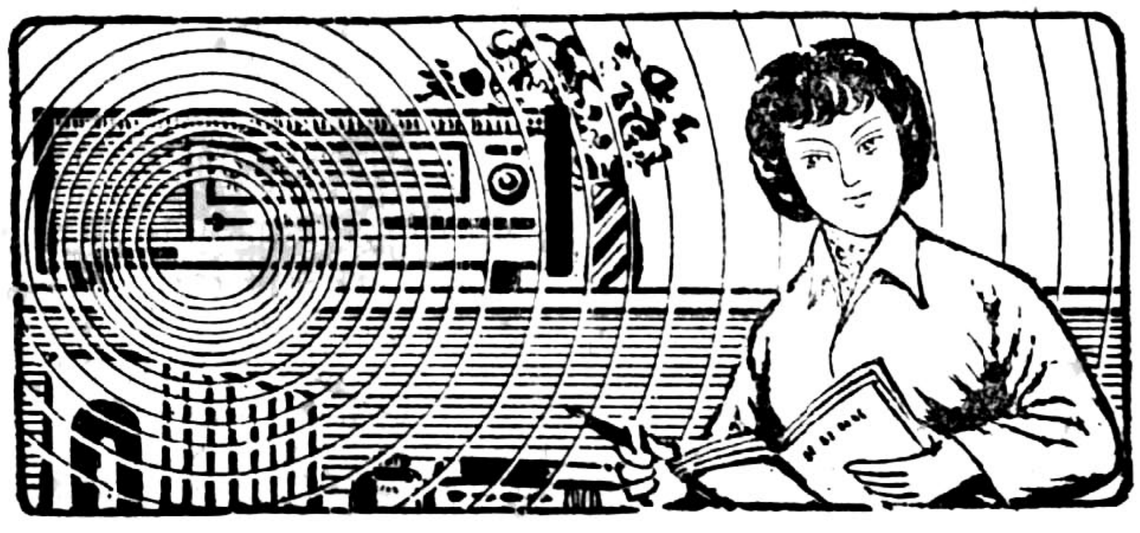


图1—1　收音机里传来了党中央的号召

无线电确实有趣。它不仅能够给我们带来远方的声音，还能够给我们传来远方的图象呢！不是吗，电视机曾多次给我们传来祖国各地工农业生产的捷报和华主席、叶副主席和邓副主席等党中央首长英姿勃勃的讲话场面。

其实又何止这些，近代无线电科学已经发展成为一门尖端的科学，有了这门科学，我们能做的事情可多呢！你看，一位少年选手在河岸上正用遥控机操纵着一艘漂亮的船模，它忽而向左，忽而向右，一会快速破浪前进，一会又停了下来……。这真是一门又奇妙又有用的科学。多少青少年被它吸引住了，都想学会它、掌握它。好，就让我们一起努力吧！

第一节　声音是怎样传播的

无线电广播技术研究的是怎样把远方传来的信号变成为我们需要的声音，所以，我们的学习要从声音的传播原理开始。

我们熟悉的鼓，如果不去敲击它，它是不会发出声音的。同样，如果我们不说话，谁也不会听到我们的讲话声。这是什么原因呢？只要用手摸摸刚被敲击的鼓皮或正在讲话的喉咙，我们就会明白的。原来，它们都是在振动着的。

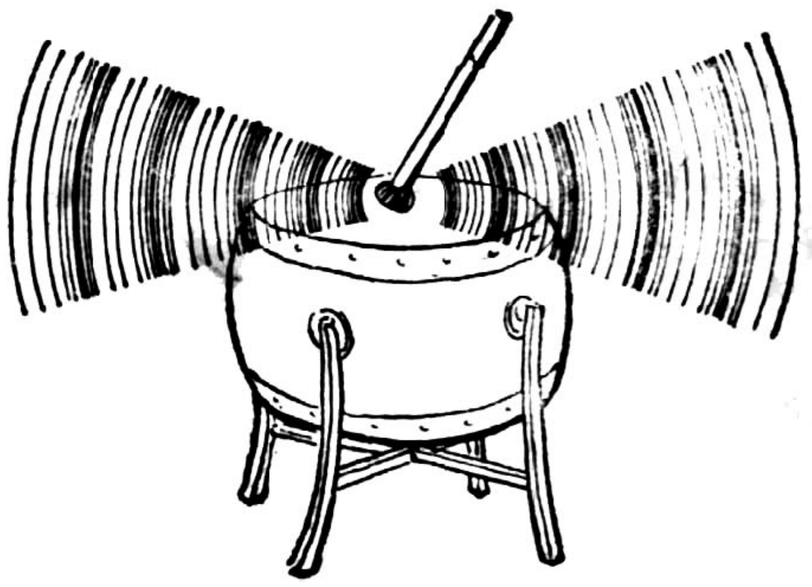


图1—2　击鼓

大量的实验证明，一切发出声音的物体——声源——都是在振动着的。这样，我们就弄清楚了声音传播过程中的一个重要问

题——发声。

曾经有人做过一个实验。把电铃的四只角用弹簧悬挂在支架上，然后再放进玻璃罩里。电铃接通电源后，我们看到电铃的敲锤不断地敲击铃盖，同时听到了铃声。但是，

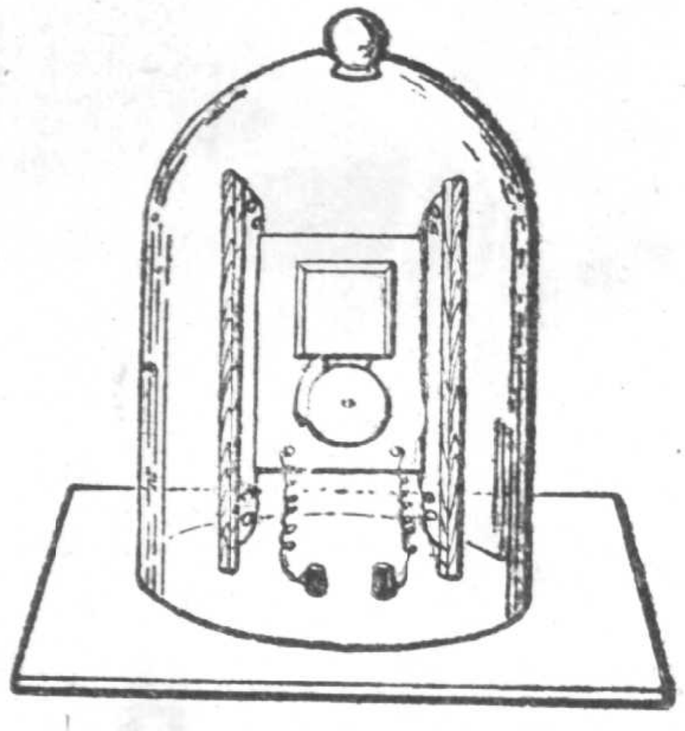


图1—3　放在玻璃钟罩里的电铃

当用抽气机逐渐地抽去玻璃罩子里的空气时，可以发现，尽管电铃的铃锤仍旧在敲击着，但随着罩子里空气的减少，听到的声音也一点一点地轻了下来。最后，就几乎听不到铃声了。重新让空气慢慢地进入罩内，电铃声就又逐渐响了起来，这是什么缘故呢？要理解它，先让我们分析一个大家都非常熟悉的现象。

向平静的水面扔一块小石子，就会使水面激起一层波浪，波浪以小石子为中心逐渐向外传播，形成了图1—4所示的水波。产生



图1—4　水波的形成

水波的原因是，落石处的水发生了振动，并带动周围的水一起振动，进而在更广泛的水域内引起振动……，振动就这样一步一步地向四周传播，形成了水波。这一下子就清楚了，原来是水把振动传播出去的，我们把这种起着传播振动的媒介作用的物质叫做媒质。

在上述实验中，抽空玻璃罩里的电铃虽然在振动，但却听不到声音。这是因为罩内失去了传播振动的媒质——空气的缘故，可见，媒质是传播声音的必要条件。

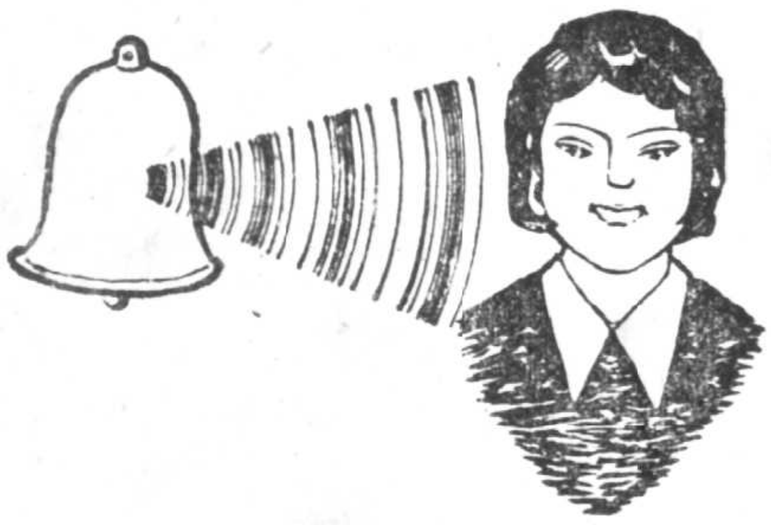


图1—5　声波的传播

声波在传播过程中会作用到人的耳朵，使耳膜相应振动，这就造成了人的听觉。图1—5示意说明声波传播的全过程。

第二节　无线电广播是怎么一回事

在上一节里，我们知道声音通过媒质以声波的形式传播。实践告诉我们，这种依靠媒质直接传播声音的方式不可能将声音传得很远。一个大型乐队的乐声只能传播几百米，即使用了功率十分强大的扩音机，其传送距离也不会超过几十公里。然而，人们的社会活动却需要听到远方的声音，怎么办呢？一种有效的办法就是用无线电广播技术进行信息的远距离传送。

一、无线电波和它的发送

打开收音机，传来了远方电台的播音，是什么东西把电台和收音机“连通”起来

的？是“无线电波”——一种电磁波。

电磁波又是什么？我们知道，电荷的周围有电场，电流的周围有磁场，这就是产生电磁波的依据。在有交流电流通过的地方，四周空间有电场和磁场存在，并且，这个电场和磁场的强弱和方向又都跟随着交流电流一起变化。实验证明交流电流的频率低于几十千赫时，它所产生的电场和磁场只能在一个很小的空间里存在，但是，当交流电流的频率高于几十千赫时，情况就完全不同了。这时，电流所产生的变化的磁场（或电场）会在它的外围产生一个变化的电场（或磁场），而这个电场（或磁场）又会在它的外围产生一个新的变化的磁场（或电场），……。于是，这些交替产生的电场和磁场就以导线为中心，用300000公里/秒的速度向四面八方传播出去，这种交替产生、由近而远地传播的电场和磁场，叫做电磁波。

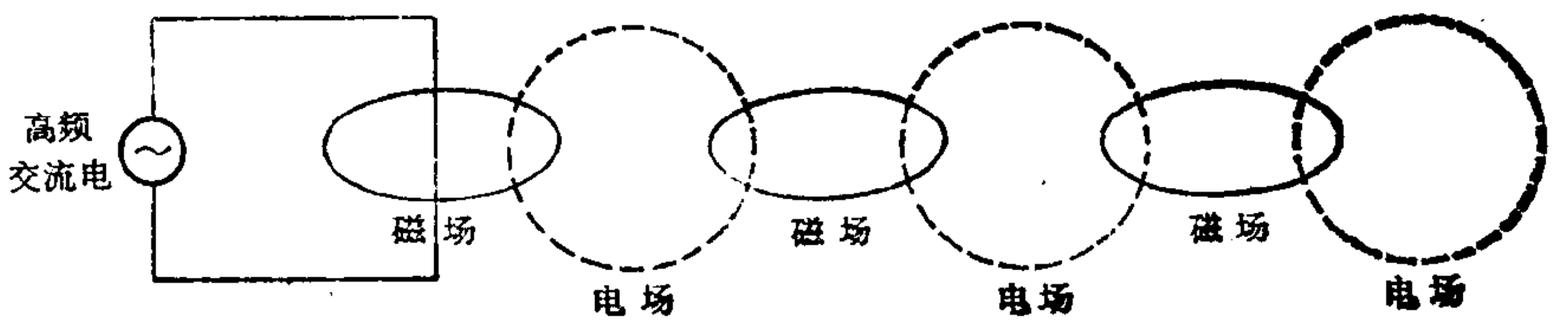


图1—6　电磁波

电磁波的传播距离很可观，强大的电磁波可以传到非常遥远的地方。

电磁波可以用频率来表示它们之间的差异，也可以用电磁波在完成一次全振荡（从零值到最大值，再回到零值，接着到反方向最大值，最后回到零值）的时间内向外传播的距离——波长来表述。例如某电磁波在完成一次全振荡的时间内向外传播了1000米，它的波长就是1000米。我们经常听到电台自报×××千周、×××米，例如990千赫、303.03米，这里的990千赫表示电台的工作频率，而303.03米就是它的波长。

无线电波（也包括其他电磁波）的波长λ可以用下面的公式求算：

$$\lambda(\text{米})=\frac{300000000(\text{米/秒})}{f(\text{赫})}$$

电磁波的频率范围很广，无线电波只占它的一小部分，表1—1列出了无线电波的频率和波长的范围。

表1—1

名　称	频　率	波　长
长　波	低于100千赫	3000米以上
中　波	100千赫～1600千赫	3000米～180米
中短波	1600千赫～6000千赫	180米～50米
短　波	6000千赫～30兆赫	50米～10米
超短波	30兆赫以上	10米以下

普通的无线电波本身不含有任何信息，要利用它传递信号，还得进一步动脑筋。简单的办法是“打电报”，用电键控制电波，使它按特定的组成以“点”（很短时间的波）和“划”（稍长时间的波）发送出去，收听的一方再按规定译成文字。这种方法不很方便，而且不能传送音乐，也不能把讲话的感情表达出去。为此，人们想了办法把语言、音乐等信号“载”到无线电波上，让信号跟随着无线电波送到遥远的地方，这种办法叫做“调制”。

我们现在使用的调制方法有两种：调幅和调频。

1.调幅

调幅的工作概况可以用图1—7来解释。一种叫做高频振荡器的设备会产生一个幅度较弱频率不变的高频交流电，再用高频放大器将这个高频电流放大到需要的程度。同时

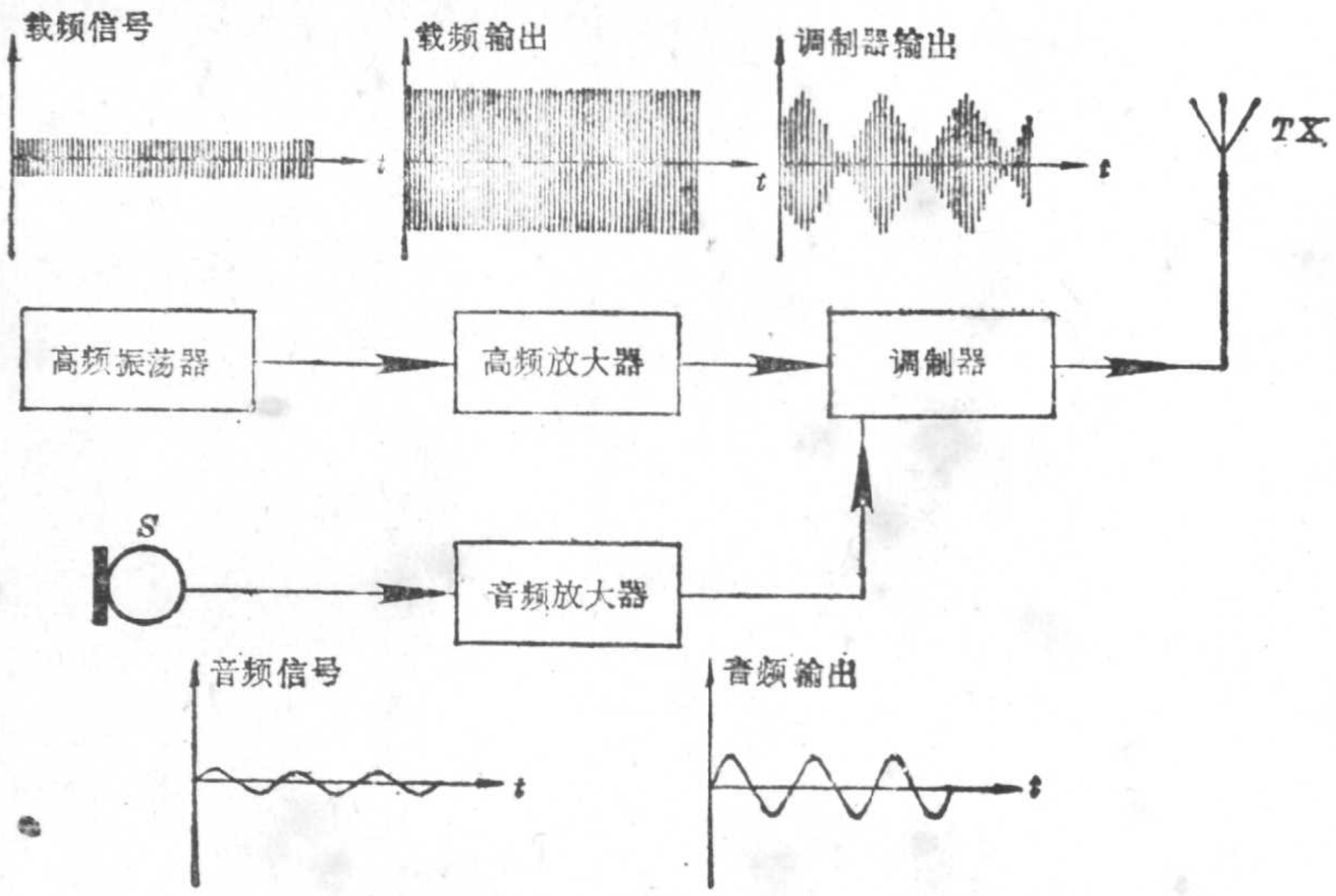


图1—7　调幅过程示意图

在电台的播音室里，话筒将广播员的声音转变成音频（20赫～20000赫这段频率称为音频）交流电流（当然，获取音频交流电流的方法很多，例如电唱头能将唱片槽纹的变化转变为交流电流，放音磁头能将磁带上的磁性变化转变为交流电流），由于这些交流电流一般是十分微弱的，必须经音频放大器把它们放大到适当的程度。上述高频和音频信号最后都输入到调制器，在调制器的输出端得到强度随着音频电流而变化的高频交流电，于是，音频信号就被“载”到高频交流电流上了，这个过程叫做调幅。我们将经过调幅的高频交流电流送到天线上去，天线就向外发送出含有我们所需信号的无线电波，这种无线电波叫做调幅波。中波和短波广播用的都是调幅波。

2.调频

我们将调制器电路改变一下，使调制器输出的高频交流电流的强度保持不变而频率跟随着音频信号变化，这种调制方式叫做调频，见图1—8。经过调频的无线电波叫做调频波。

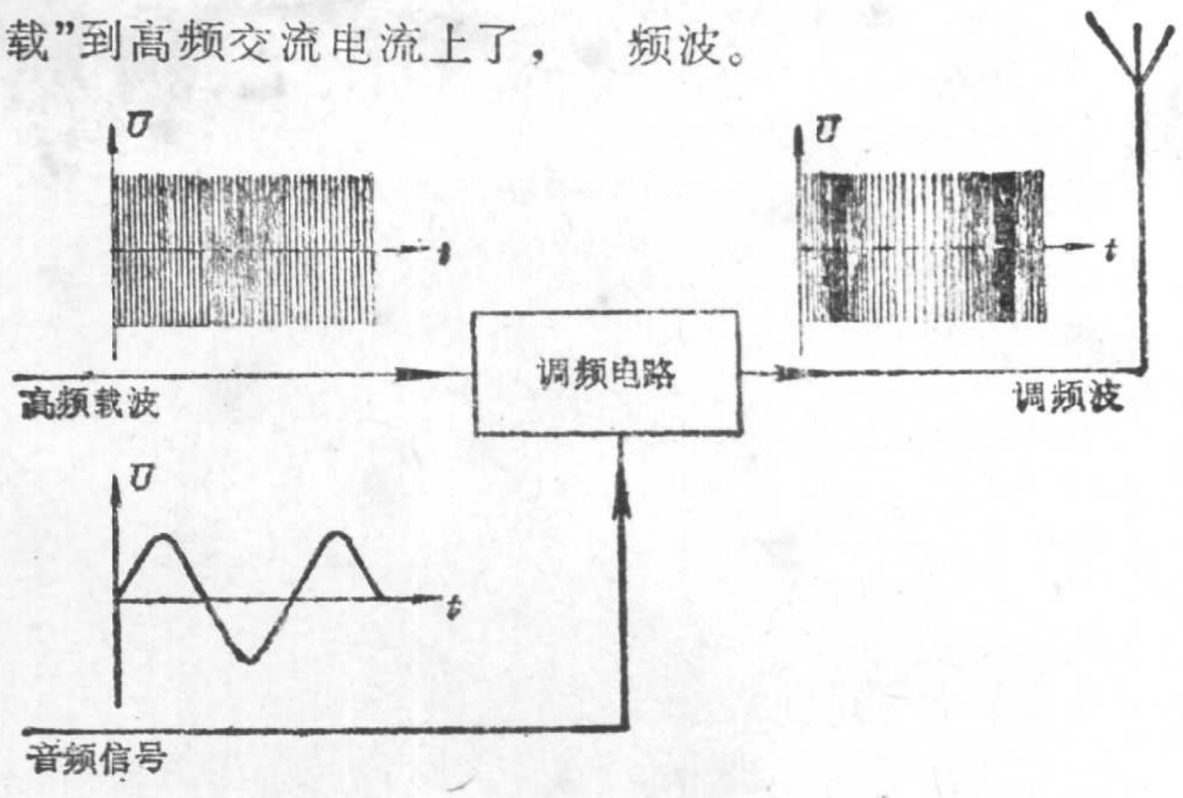


图1—8　调频过程示意图

调频波在传送过程中不受外界杂声源的干扰（因为杂声干扰一般都产生调幅波），这是很大的优点。但是由于它的频率不断变化，并且变化范围可以达到±75千赫，所以，在

中波和短波不适宜于使用。超短波广播和电视因载波频率很高，±75千赫的变化对于它们来讲只是极小的变化，没有任何不良影响，所以，超短波和电视广播都使用调频。

不论是调幅还是调频，都达到了将信号“载”在无线电波上传送出去的目的。不过，既然两种电波的特性不同，它们的接收方法也就不一样了。这是我们应该注意的。

二、无线电波的接收

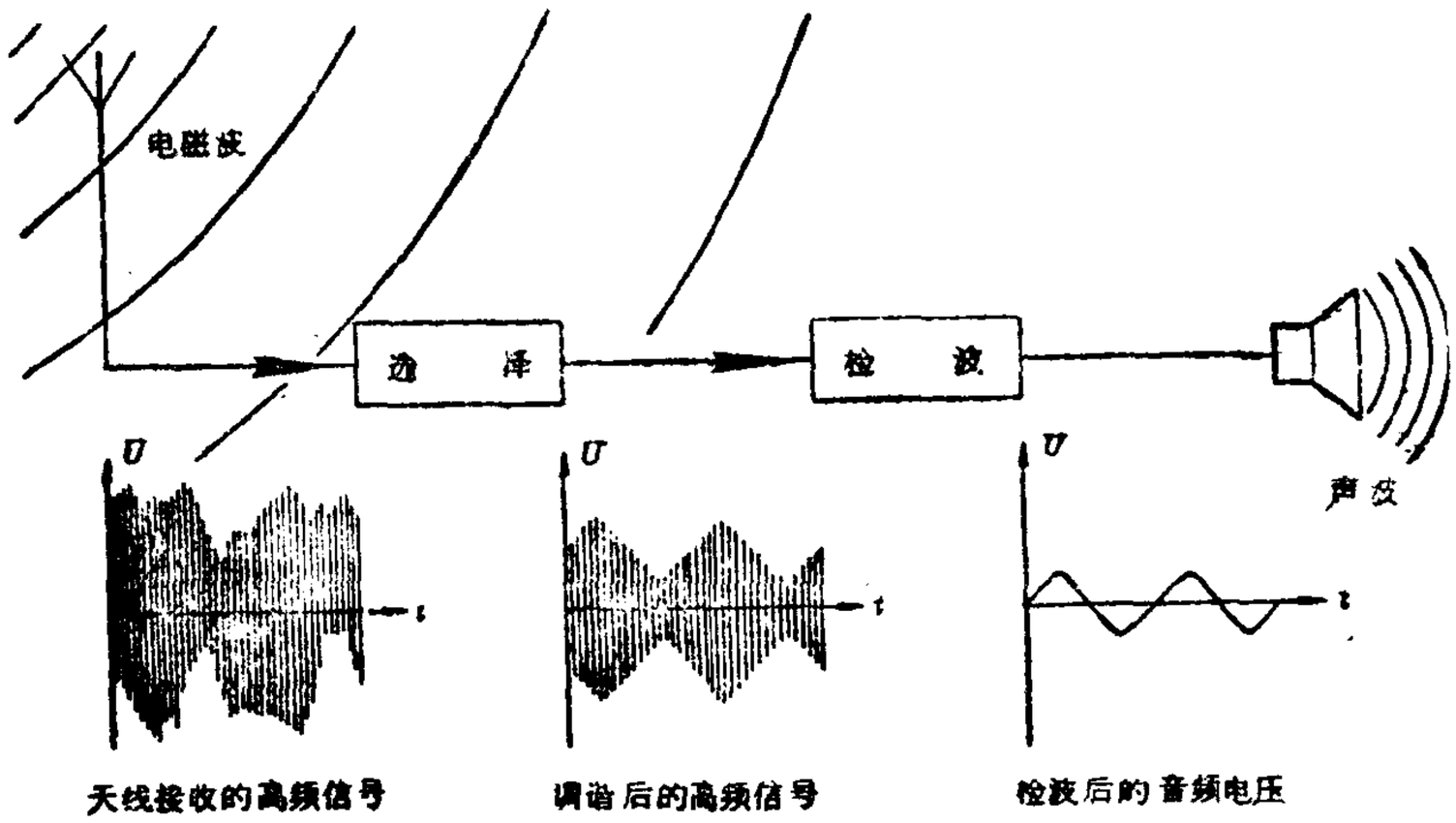
我们已经初步明白了无线电波的作用以及发送无线电波的简单原理和过程。这个过程，是以无线电波为媒质，完成我们所要求的、将信号传送到千万里之外的整个过程的前半部。为什么呢？这是因为，无线电波虽然传了过来，却不能够使我们的耳朵产生听觉。它的频率太高了，远远超出了人类耳朵能够感受的范围。因此，我们还有一半事情要做，那就是把载在无线电波上的音频信号“检”出来，重新把它转变成为人耳能够听得见的声波。这后半个过程，就是接收的过程。

怎样完成接收工作呢？读者们一定会说：这好办！只要将发送的过程倒过来就行了。是的，确是这样。只要：①先用天线把无线电波重新转变为经过调制的高频交流电流；②从这个高频电流中“检”出它所“载”来的音频交流电流；③最后再设法把音频交流电流转变为声波。办法倒是不错，只是忘记考虑一件事。

前面在介绍无线电波的发送时，没有讨论电台之间的相互关系。假使全世界只有一个电台，那么，刚才说的办法当然是没有问题的。可是，实际的情况并非如此，空间里有着千百个电台在广播，它们同时向外发出千百个带着各式各样不同内容的无线电波，若是就照上面说的办法去做，那么，出现在我们耳朵里的将不是一个电台的播音，而是许多混杂在一起的、各不相同的播音，它们将使我们什么也听不清楚。这就要求我们在上述的三个环节之外，再加上一个环节——挑选出一个我们需要的无线电波的环节。平时我们在使用收音机时，转动旋钮，收听某电台的播音，就是这个挑选的环节。

从上面的分析中可以归纳出，完整的接收过程有四个工作环节：

①将无线电波重新变为带有信号的高频交流电流。这个环节由天线完成。



天线接收的高频信号　　调谐后的高频信号　　检波后的音频电压

图1—9　天线电波的接收

②从许多频率不同、内容也不同的高频交流电流中选出需要的那一个电流。这个环节由“调谐电路”完成。

③将音频交流电流从高频交流电流中

"检"出来。这个环节由"检波器"完成。

④将音频交流电流重新还原成为声波。这个环节由"扬声器"或"耳机"完成。

图1—9是上述四个环节的示意图。有必要强调指出，这四个环节是接收无线电波所必不可少的、最基本的四个环节。

任何一架收音机，不管是最简单的"矿石机"，还是相当复杂的八管、九管乃至更多管的超外差式收音机，都必须完成这四个环节，少一个也不行。高级的多管收音机不过是为了提高性能，在基本环节外再加入一些别的环节，象高放、低放、中放等等罢了。

我们可以把整个无线电波的发送和接收过程简单地写成：

声波——→音频电流——→无线电波——→音频电流——→声波

在这个完整的过程里，前半个过程是发送过程。这个过程我们暂时还没有条件去实践。我们能够实践，而且是即将要实践的，是后半个过程，就是接收过程。

按照循序渐进的原则，我们在本书里只介绍一些基础的、必不可少的知识。在初学阶段，不宜于一下子就钻入较深的理论中去，所以，我们应以实践为主，通过实践，来取得对无线电波的接收原理和技术的感性认识。

第二章　几种常用的元件

要装成一架收音机，即能够完成上一章所说的接收过程的机件，要用到好几种元件。只有对各种元件有了一定的认识之后，才能很好地动手去实践。

第一节　电 阻 器

电阻器是一种具有一定数值的电阻的元件。在收音机（和其他的电子仪器）中，它有降低电压(简称降压)、分去电流（简称分流）、限制电流（简称限流）和产生电路中需要的某些数值的电压（产生压降）等多种作用。

一、电阻器的分类和符号

电阻器通常简称为电阻，除少数阻值很小的电阻外，是用电阻率比较大的材料制成的。在电路中用字母R来表示。它在电路图中的符号和实物外形见图2—1。

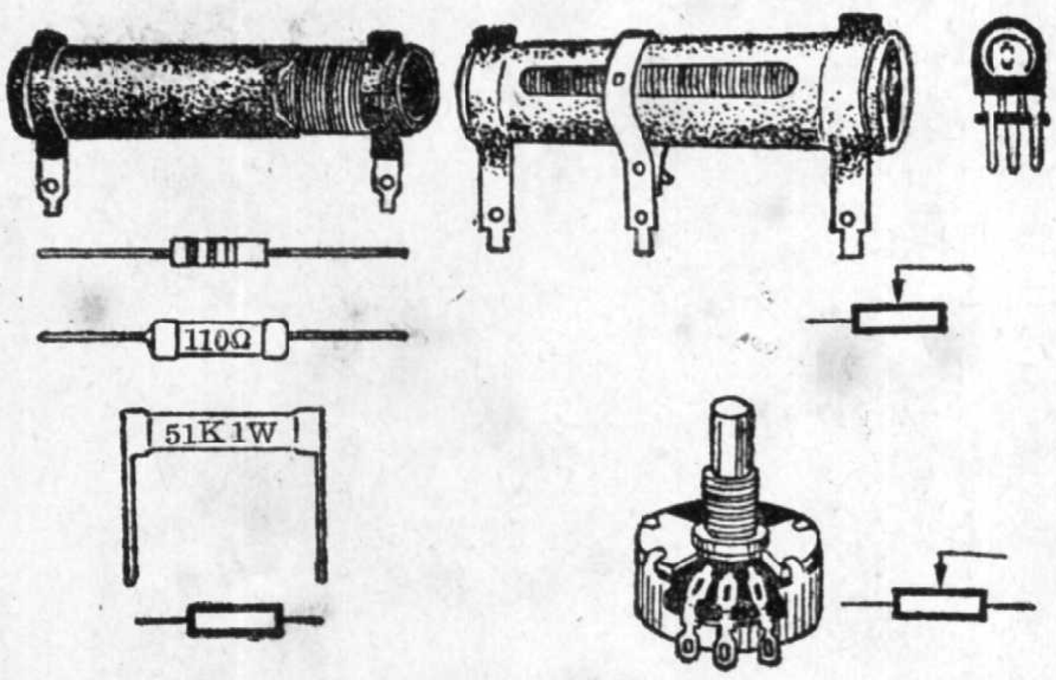


图2—1　各种电阻器的外形和符号

按照制成材料的不同，电阻器可以分为碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器和线绕电阻器等好几种。另外还有特种用途的热敏电阻、光敏电阻等。在一般的晶体管收音机里，大多数用的是碳膜电阻器。

按照结构的特点来分，电阻器又有固定电阻、可变电阻和电位器等三种，而其中的可变电阻又有好几种不同的形式。

二、电阻器的特性参数

每一只电阻都有它自己的特性。电阻的特性有阻值方面的、频率方面的、温度方面的、功率方面的、耐压方面的、阻值稳定性能方面的等多种。在一般晶体管收音机里，可以只考虑它的阻值方面和功率方面的特性。

1.标称阻值和误差

在电阻器上面，一般都标出它的阻值大小，这个阻值就叫标称阻值。市售电阻的阻值通常从几欧到几十兆欧。

在标注阻值时，凡不满1千欧的，都标注为若干Ω，例如330Ω，有时干脆只标注330。1千欧到不满1兆欧的，标注为若干

KΩ或若干K，例如5.1KΩ或5.1K。1兆欧以上的，则标注为若干MΩ或若干M，例如2.2MΩ或2.2 M。

目前国产的电阻器，除了供特种用途如仪表等使用的外，都是按标准化系列阻值生产的。表2—1列出了标准化系列产品的标称值。各档阻值的电阻，其阻值都是标称值的1倍、10倍、100倍、1,000倍、10,000倍、100,000倍和1,000,000倍。例如330Ω是3.3的100倍，5.1K是5.1的1,000倍，4.7M是4.7的1,000,000倍等。

表2—1

系列	误差	电阻的标称值
E24	Ⅰ级 ±5%	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
E12	Ⅱ级 ±10%	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2
E6	Ⅲ级 ±20%	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

表中的“误差”栏是指产品的实际阻值偏离标称值的程度，“+”表示阻值偏大，“—”表示阻值偏小，表中所列百分数则表示偏离的程度。例如Ⅰ级电阻器的误差是±10%，它表示实际阻值可以比标称值大10%，也可以比标称值小10%，譬如一只误差为Ⅰ级、标称值是5.1K的电阻，实际阻值在5.1K±510Ω之间。

表2—1列举的，是适合于一般用途例如收音机、扩音机等使用的电阻器的误差等级。较精确的还有±0.5%、±1%和±2%等。在晶体管收音机中，并不要求很高的精确度。±5%和±10%的都足以满足要求。简易收音机更是连±20%的都不成问题。

旧式的电阻器大多数不按照标称值生产，而是按整数值生产，例如500Ω、15Ω、40K、500K等。选用时，只要挑选最接近的阻值就行了，譬如500Ω和510Ω可以互相代用，250K和240K可以互相代用。

2.额定功率

额定功率也叫耐热功率。

工作时电流从电阻中通过，电阻就要消耗功率，消耗的功率转变为热量向周围发散。当电阻消耗功率而产生的热量来得及发散到空气中去时，热量不会在电阻里积累起来，电阻的温度不会升高。如果产生的热量来不及发散到空气中去，热量就要在电阻里积累，而且会越积越多，使得电阻的温度升高。温度的升高会引起阻值变化和产生噪声等。如果温度升得很高，电阻就要烧毁。

电阻器使用时温度会不会升高是由两方面因素决定的。一个因素是实际消耗在电阻上的电功率的大小，这是因为消耗的电功率越大，热量的产生就越快，越不容易散发掉。另一个因素是电阻器本身的特性——额定功率。一只电阻器在正常工作时允许消耗的最大功率，叫做电阻器的额定功率，由于电阻器所用材料以及体积大小不同，它们的耐热功率是不同的。一般说，线绕电阻器的额定功率较大，体积大的电阻器的额定功率也较大。

电阻器在使用时，实际消耗的功率不得超过它的额定功率。为了保证安全可靠，所用电阻器的额定功率应比实际消耗的功率大100%到200%。例如通过电阻的电流(I)是0.1安，电阻的阻值(R)是200Ω，则电阻实际消耗的功率$P=I^2R=0.1^2\times200=2$(瓦)，此时应选用额定功率为4～6瓦的电阻，一般可选用5瓦。

电阻器额定功率的标称值有1/20瓦、1/16瓦、1/8瓦、1/4瓦、1/2瓦、1瓦、2瓦、3瓦、5瓦、10瓦、20瓦或更大。在晶体管收音机里，大多数电阻消耗的功率都很小，因此，选用1/8瓦已经够安全了，甚至选用1/16瓦或1/20瓦的都可以。当然，少数几只电阻可能要选用大于1/8瓦的，请读者注意零件表上的说明，或者按照电路图中电

阻符号的标记选用。在电路图中，电阻器应该具有的额定功率用不同的符号来表明，如图 2—2。

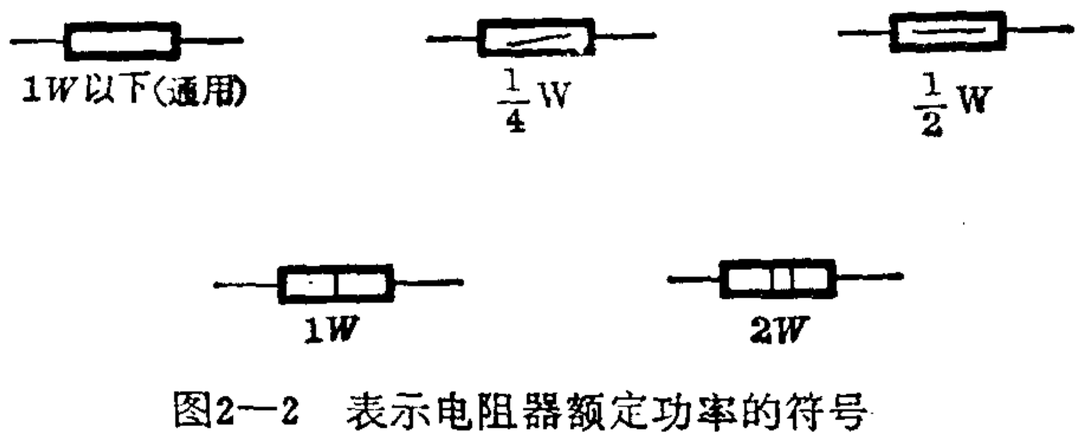


图2—2　表示电阻器额定功率的符号

最后让我们来看图 2—3 所示的那只电阻。从图中可以知道，这只电阻器的标称阻值是22KΩ，误差为±5%，额定功率是 2 瓦。

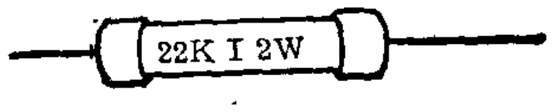


图2—3

第二节　电 容 器

电容器是一种具有充电和放电能力的元件，在各种电路里，起着隔直流“通交流”、滤波、调谐等重要作用。

一、电容器的种类和符号

电容器的结构是很简单的，由两块金属箔和夹在中间的一层薄薄的绝缘薄膜（通常叫电介质薄膜）组成。各种电容器的具体构造可以很不相同，但是，基本结构都是一样的。

按所用电介质分类，电容器有纸介电容器、云母电容器、瓷介电容器、空气电容器、玻璃釉电容器、电解电容器等好多种。若按结构特点分类，电容器又有固定电容器、可变电容器和半可变的微调电容器等。图 2—4 是各种电容器的外形和符号。文字上我们用字母C来代表电容器。

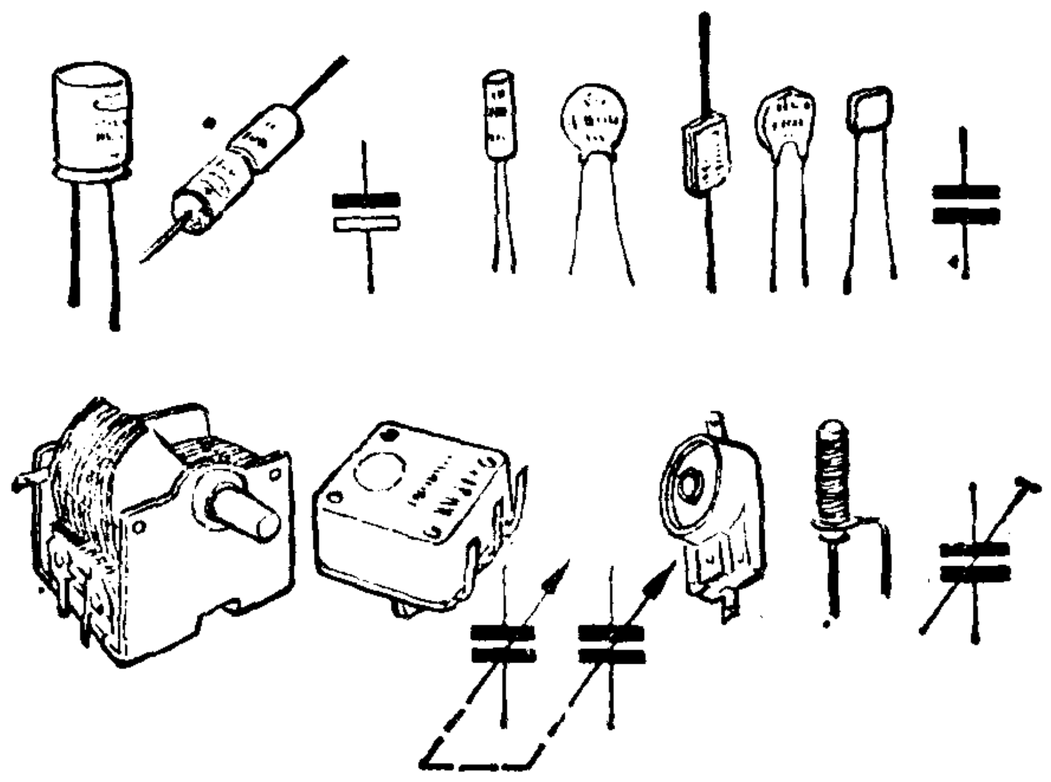


图2—4　各种电容器的外形和符号

固定电容器有着一定值的电容量，它们适用于电容量不需要调节的地方。可变电容器的电容量可以在一定的范围内任意调节，常用在电容量需要调整的电路如调谐电路中。半可变电容器的电容量可以在一定的范围内适量调节，它们多数用在调谐电路中作为频率微调。

在晶体管收音机里，除了大容量的电容

器用电解质电容器外，其他绝大多数采用金属化纸介电容器、云母电容器、瓷介电容器、涤纶电容器和玻璃釉电容器等。

二、电容器的特性和特性参数

电容器的主要特性有电容量、耐压和绝缘电阻三个方面。选用时应按电路的需要挑选特性合乎要求的电容器。

1.电容量和它的误差

电容器的电容量一般简称为容量。它表示电容器充电、放电能力的大小。

什么是电容器的充、放电能力？为什么电容器会有这种能力？这可以用图2—5来

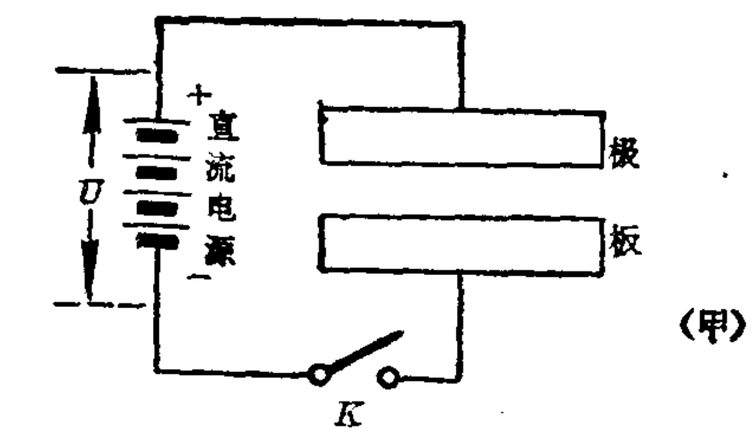


图2—5　电容器的充电过程

解释。在图中，我们特意将极板——即电容器的两块金属箔——画得厚些，这样可以画出极板内部电子的移动情况。图2—5(甲)是开关未接通前的情况。这时，电容器两块极板都不带电，两块极板之间也没有电压。将开关合上，如图2—5(乙)，由于电源电压U的作用，电子从电源的负极流到电容器的下极板上，同时，上极板的电子则被电源的正极拉走，在电子移动的过程中，电路中形成了电流，这样，电容器的上极板因缺少电子而带上正电，下极板则因多出电子而带负电，两块极板带电的结果，在极板间的电介质里形成了一个电场，使极板间产生电压U_c。应该指出，U_c的方向正好和U的方向同极性，所以U_c有抵销U的作用。

在开关刚合上时，电容器两端电压U_c为零，随着电荷不断地积累，极板间介质里的电场也不断增强，U_c随着增大，最后，$U_c=U$，电荷停止移动。此时把开关切断，原来没有电的电容器就带上了电。这就是电容器的充电过程。

应该强调指出，若电容器的质量良好，那么，充电过程结束时，电容器两端电压U_c等于电源电压U。

现在，把电容器两端的引线从电源上拿下，注意不要用手直接接触引线，然后将这两根引线接到图2—6的左边电路上，电容

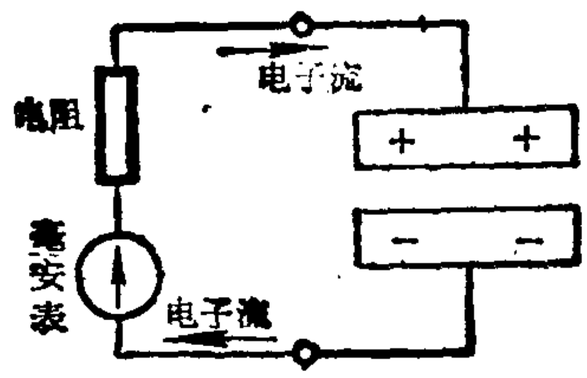


图2—6　电容器的放电过程

器两极板间的电压就会驱使下极板多余的电子沿着毫安表和电阻流到上极板，这时，毫安表会指示出电流，很明显这时的电流方向跟充电时相反，随着时间的流逝，极板间积累的电荷逐渐减少，极板间电压U_c逐渐降低，最后，下极板多余的电子全部转移到上极板，两块极板重新不带电，电介质里的电场消失，U_c也就下降到零。这就是放电的过程。

从上面的叙述中可以归纳出下述几点：

(1) 电容器的充电过程事实上就是介质中电场的建立过程，而放电过程就是介质中电场的消失过程。如果介质损坏或绝缘性能不好，使电荷可以从介质里“漏过”，介质里的电场不能正常建立，电容器的充电能力就要被削弱甚至完全丧失。所以，介质必须

保持良好的绝缘性能。

（2）电容器充电完毕时，电容器两端电压同电源电压相等。放电结束时，电容器两端电压等于零。

（3）从充电开始到充电结束，从放电开始到放电结束，电路里都有电流通过，但两个过程的电流方向相反。在任何时候，一个良好的电容器的介质里没有电流通过，绝对不能把充电和放电时电路里有电流通过当作是电荷从介质里通过。

（4）刚开始充电时，电容器两端电压 U_c 等于零，这时，在全部电源电压的作用下，大量电子在电路中移动，所以这时电路里电流最大。随着充电过程不断地进行，电容器两端电压 U_c 很快升高，电源电压 U 被抵销，剩下的差数（$U-U_c$）越来越小，电路里电流就越来越小。最后，当 $U_c=U$ 时，也就是电容器两端电压最高时，电路中电流等于零。这就是说，电容器两端电压最小时，电路里电流最大，而电容器两端电压最大时，电路里电流反而最小。这个关系很重要，因为当我们将电容器接到交流电路里去时，就产生了电流的变化领先于电压变化的结果。

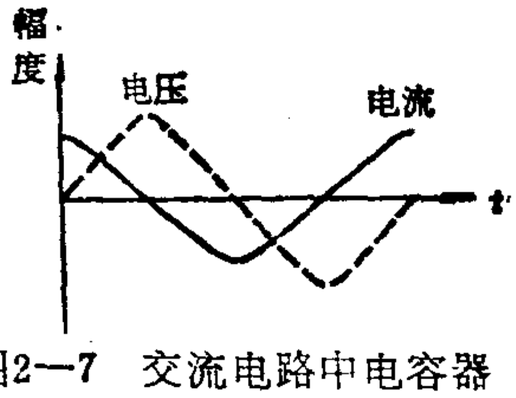


图2—7　交流电路中电容器电压和电流的相位关系

进一步的实验还可以发现另一个现象，将几个不同的电容器接到同一个电源上去充电，然后分别让它们用图2—6的办法放电，我们会看到，尽管各电容器的充电电压一样，放电的多少却不一样。这说明不同的电容器的充电、放电能力不相同。电容器的这个特性就是本节一开始时提出的“电容量”。由此可见，容量是电容器的重要特性参数。

容量的单位是“法拉”，简称“法”，用字母“F”表示。“法”是一个非常大的单位，实际上，我们总是取“法”的一百万分之一来做单位，叫做“微法”（μF）；或取它的一万亿分之一来做单位，叫做“微微法”（μμF或pF）。

按照通常的习惯，1～10000微微法的容量用微微法为单位，例如6800pF；而大于10000微微法的容量改用微法做单位，例如33000pF标为0.033μF；470000pF标为0.47μF等。

电容器的实际容量同它的标称容量之间往往也存在着一定的差别，也就是存在着误差，这个误差同电阻一样，用百分数来表示。常见的容量误差等级有三种：±5%、±10%和±20%。对于普通的晶体管收音机，误差±10%和±20%的电容器都能使用。在个别对容量的精确度要求较高的地方，譬如调谐电路，可以在所用电容器的两端并联一只微调电容器来补偿容量的误差。

2.耐压

上面说过，电容器只有在它的介质完好的时候，才能正常工作，一旦介质损坏，电容器就坏了。这就提出了一个新的问题。因为介质的绝缘能力是有一定限度的，当加在介质上的电压超过了介质所能耐受的程度，介质就会被“击穿”而变成导体。因此，每只电容器都有它特定的耐受电压的能力——耐压。目前国产电容器的耐压有多种。低的有6伏、12伏、25伏、50伏等，高的有160伏、400伏、1千伏、2千伏等。

选用电容器时，加在电容器上的电压不允许超过它的标称值。有些制造厂为了确保工作的安全，在标注耐压时有意把数值压低一些。有时我们在标称耐压为6伏的电容器上加上7伏电压，电容器没有损坏，就是因为这个缘故。但是，这毕竟是不安全的，万一电压发生波动，电容器极易被击穿。

3.绝缘（漏电）电阻

电学知识告诉我们，世界上是没有绝对完美的绝缘体的，所谓绝缘，事实上不过是电流极难通过罢了，所以，在电容器的介质

里，总是有漏电存在的。我们把绝缘体呈现的电阻叫做绝缘电阻或漏电电阻。良好的电容器的绝缘电阻一般都很大。

电解质电容器与其他电容器不同，它的两个极板有正负之分，使用时应正确联接，

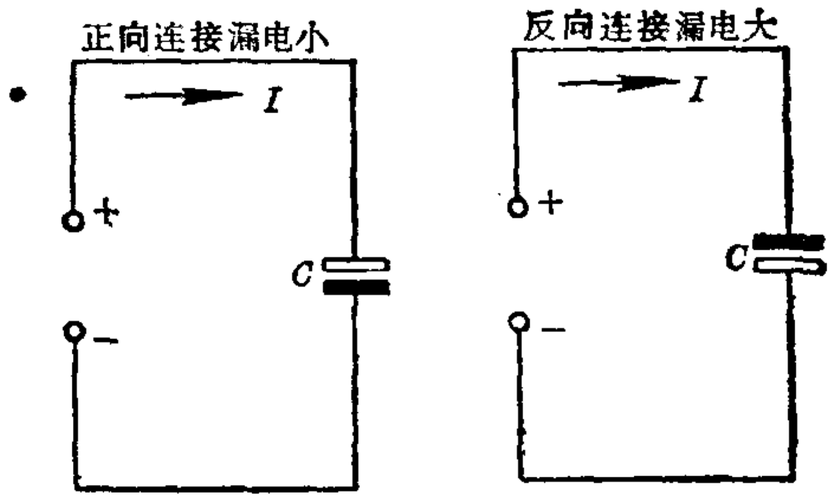


图2—8　电解电容器的正向和反向联接

即电容器正极接电路电压的正端，电容器负极接电路电压的负端，不能接反，否则绝缘电阻会大大减小，破坏电路的工作，甚至于使电容器击穿。

三、电容器的隔直“通交”作用

照图 2—9 那样，将一只 30μF、150 伏的电容器同 6 伏小电珠串联起来，然后把它们先后接到 6 伏交流电和 6 伏干电池（直流电）上去，我们会发现，接交流电时小电珠

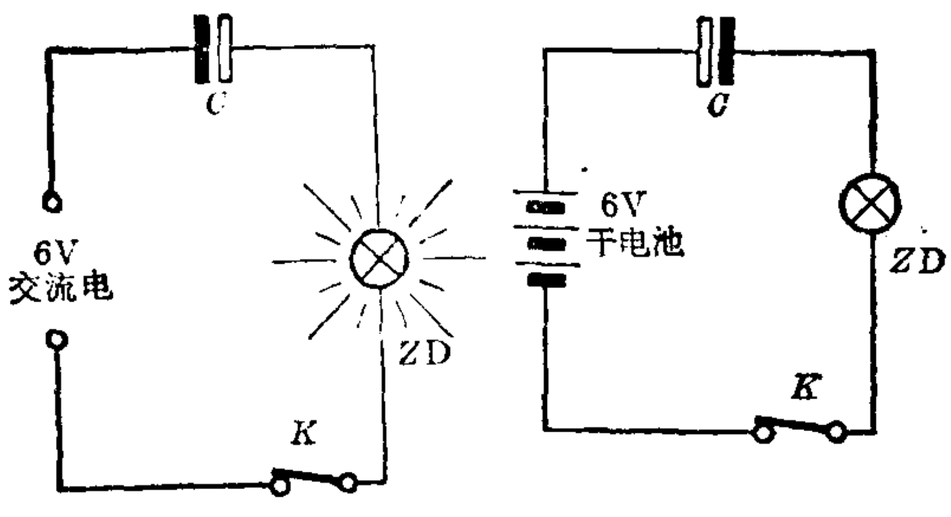


图2—9　电容器的隔直“通交”作用

发光，而接直流电时小电珠不发光。这说明电容器能让电路中的交流电“通过”，而将电路中的直流电隔断。这个作用就叫做隔直“通交”作用。这是什么道理呢？

关于隔直作用，实际上在前面讨论充、放电作用时已经解释过了。因为直流电的方向不变，所以只有在刚接通电路时，有一个很短暂的电流——充电电流——通过，以后就没有电流了。这样，直流电即被隔断了。但是若接上交流电，情况便大不相同。

让我们参看图 2—10，讨论电容器在电源交流电压的作用下，其端电压和电路电流的关系。

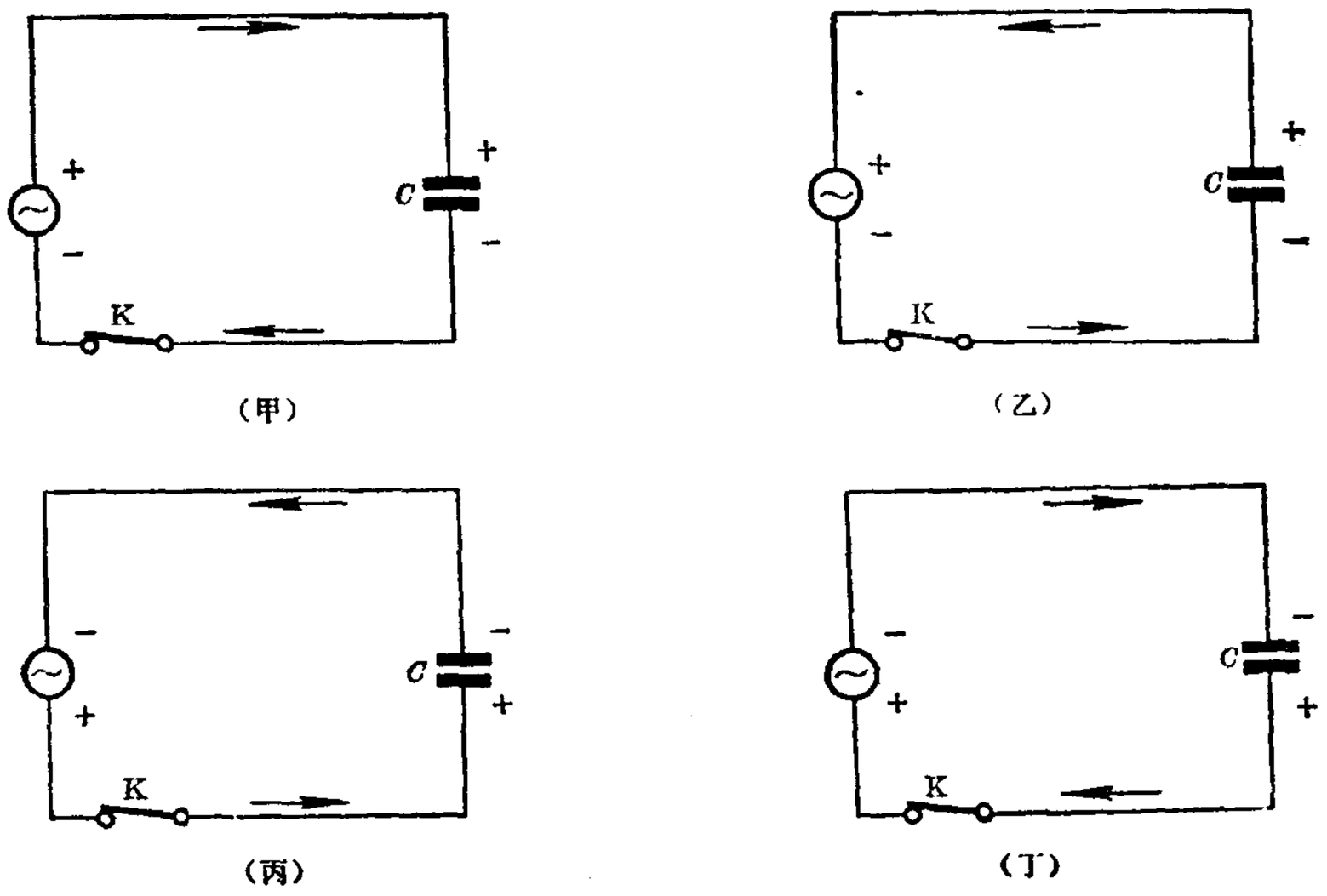


图2—10　电容器的“通交”原理

（1）设开关在电源电压由零向正方向增大的瞬间合上，在第一个四分之一周期内(见图甲)，电源对电容器充电，电容器的电压逐渐升高，充电电流因此而逐渐变小，在四分之一周期的时刻，电容器的充电电压达最大值，充电电流下降到零。

（2）在第二个四分之一周期内（见图乙），电源电压开始下降，电容器跟着放电，此时电流方向与充电时相反，电容器电压由最大值下降，但放电电流却逐渐增大，在二分之一周期的时刻，电容器电压下降到零，放电电流达最大值。

（3）在第三个四分之一周期内（见图丙），电源电压的方向与前半周相反，并且由零开始增大，因而电容器被反向充电，电流由最大值逐渐下降(此电流与前四分之一周期的电流方向相同)，在四分之三周期的时刻，电容器电压达反向最大，反向充电电流下降到零。

（4）在最后一个四分之一周期内（见图丁），电源电压反方向下降，于是电容器反方向放电（此电流的方向与第一个四分之一周期的充电电流的方向相同），数值逐渐增加，在完成一个周期的时刻，电容器电压下降到零，反向电流达最大值。

就这样，电路中的电流始终不断，产生了电容器的“通交”作用，“通交”只是依靠电容器的充电和放电能力在电路中维持一个电流而已，我们绝不可以为交流电流真的通过了电容器里的介质，这也就是为什么在通交两个字上打上引号的缘故，图 2—11 可以帮助我们加深对这个问题的认识。图中活塞左右移动时，封闭管道里的水随着活塞来回流动，在管道中形成水流，但水却始终未通过活塞。

四、电容器的容抗

电容器虽然能够“通交”，但不是让交流电流畅通无阻地通过的，它对交流电流呈现出一定的阻碍作用，这个阻碍作用叫做容抗。容抗的符号是X_C，单位是欧姆(Ω)。

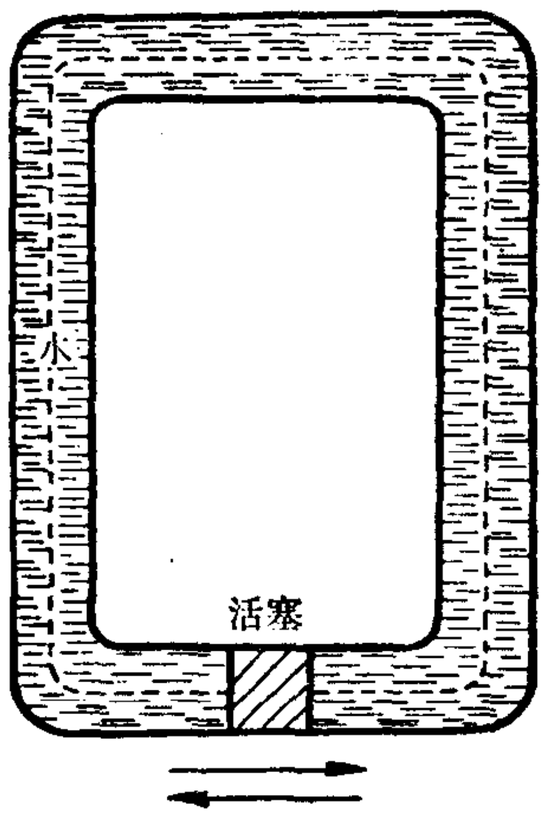


图2—11　水始终不会通过活塞

产生容抗的原因是因为电容器的充电、放电能力受容量大小的限制。

容抗的大小跟什么因素有关呢？我们可以照图 2—12 那样做几个简单的实验。实验告诉我们，当交流电的频率一定时，容量越大，容抗越小；而当电容器的容量一定时，交流电的频率越高，容抗越小。详细关系可参考附录(一)。

五、电容器的并联使用

当我们一时找不到所需容量的电容器时，可以将几只电容器并联或串联起来，串联使用的情况不多，这里略去不谈，只介绍电容器并联使用的方法。

并联使用接法如图 2—13。电容器并联时，总容量等于各并联电容器的容量之和，例如一只 120pF 和一只 680pF 的电容器并联，总容量等于 120 pF＋680pF＝800pF。并联电容器的耐压与各并联电容器中耐压最低的那只相同。例如 63 伏耐压、160伏耐压和 250 伏耐压的电容器并联，实际耐压只有 63 伏。

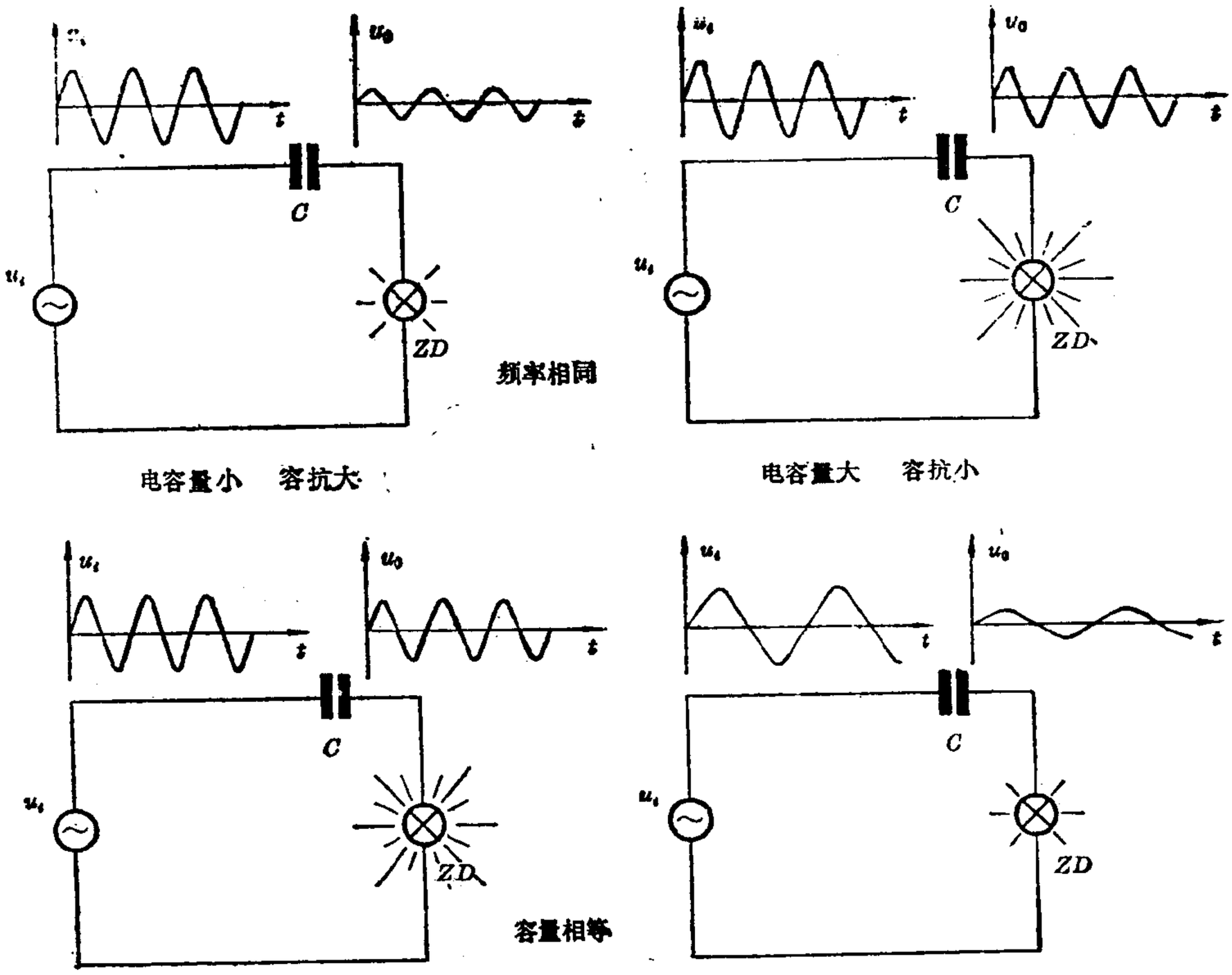


图2—12　电容器的容抗跟容量和频率的关系

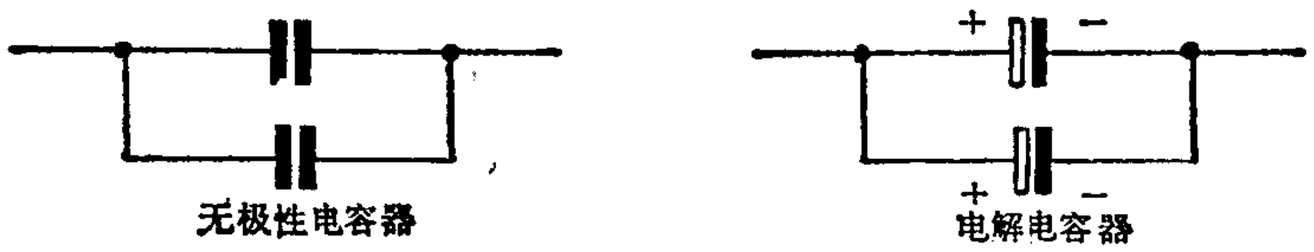


图2—13　电容器的并联

第三节　电 感 器

电感器是各种线圈和变压器的总称，这类元件全都是依据电磁感应的原理进行工作的。从结构上讲，它们又都是用绝缘导线如漆包线、丝包线、纱包线等绕在支架上制成的。工作在较高频率电路里的电感器用铁氧体磁芯或不用磁芯，工作在低频电路的电感器则用硅钢片或合金片为磁芯。

一、线　　圈

收音机里使用的线圈有好几种，它们是天线线圈、振荡线圈、高频和低频扼流圈等。这些线圈的外形、符号如图 2—14。

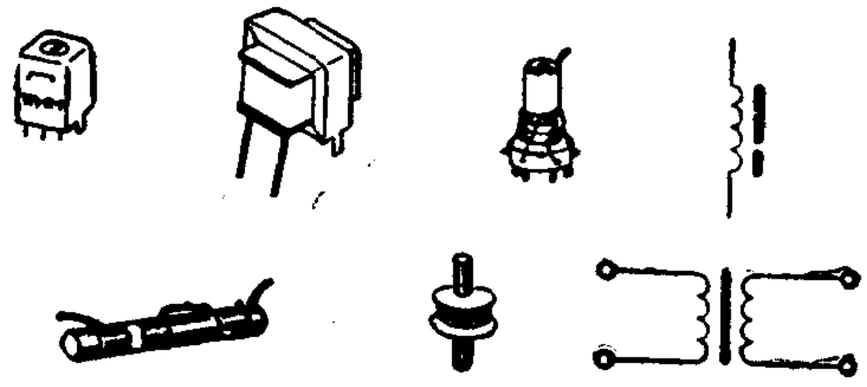


图2—14　各种电感器的外形和符号

线圈的绕法有几种，如平绕、叠绕、蜂

房绕等。随着工作波段的不同，收音机线圈又有中波线圈和短波线圈之分。

各种线圈有的只有一个绕组，有的有两个或更多个绕组。只有一个绕组的线圈依靠自感现象来工作，而有两个以上绕组的线圈则依靠互感现象来工作。

1.自感现象和自感系数

什么是自感现象呢？这可以用图 2—15 来说明，图中交流电源的电动势驱使交流电流通过线圈 L，在线圈中和线圈周围产生交

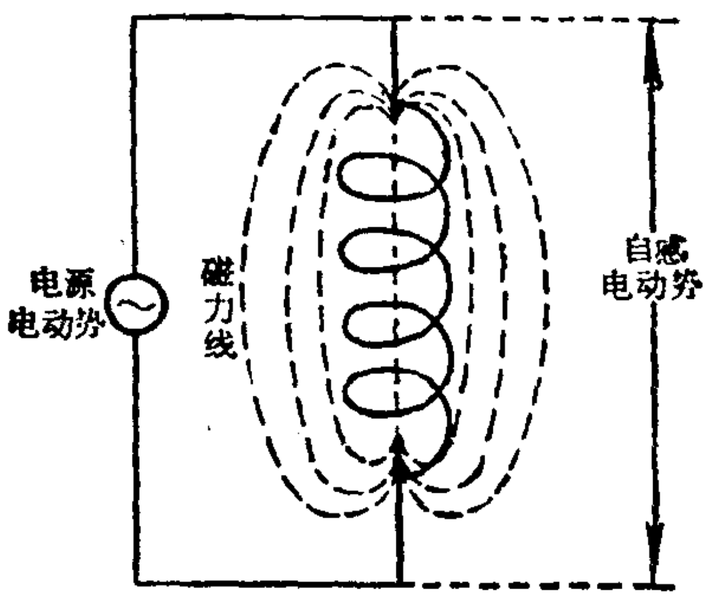


图2—15　自感原理

变磁场，而这个交变磁场既然穿过线圈，又会在线圈中产生感生电动势。这个现象就是自感现象，所产生的感生电动势叫做自感电动势。根据楞次定律可以知道，自感电动势的方向必定阻碍原来磁场的变化。

自感电动势的大小除了跟磁通量的变化率有关，还跟线圈的某种特性有关，这个特性叫做自感系数。在其他条件相同的情况下，线圈的自感系数越大，它产生的自感电动势也越大。

自感系数又叫电感量，简称电感，用字母 L 表示，它的单位是亨利，简称亨(H)，亨的千分之一叫毫亨(mH)，亨的百万分之一叫微亨 (μH)。

一只线圈的自感系数跟它的几何尺寸、绕法、圈数和磁芯材料有关。特别重要的是磁芯材料，同一只线圈，用硅钢片芯或铁氧体芯时的电感要比用空气芯时大许多倍。这就是说，使用硅钢片芯和铁氧体芯，可以用较少的圈数得到较大的自感系数，从而减少了铜线的长度，也就是减小铜线的电阻。这样，可以大大减少铜线上电能的损失，高频线圈绝大多数使用铁氧体芯就是因为这个缘故。

2.互感现象和耦合系数

一只线圈 L_2 放在另一只线圈 L_1 的交变磁场中，受到磁场的作用而产生感生电动势的现象叫做互感现象，如图 2—16。

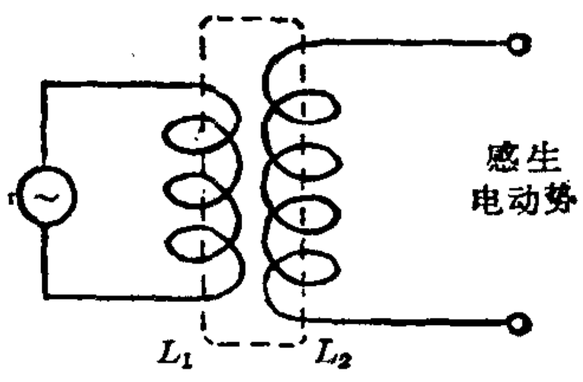


图2—16　互感原理

在互感现象中，接电源的线圈(如图2—16里的 L_1)叫做初级线圈或原线圈，受初级线圈的磁场作用而产生感生电动势的线圈(如同图中的 L_2)叫做次级线圈或副线圈。

一般初级线圈只有一个，而次级线圈却可以有一个、二个、三个甚至更多。究竟需要多少，应根据具体要求确定。

在互感现象中，次级线圈的感生电动势同初、次级两线圈之间的“互感量”有关，

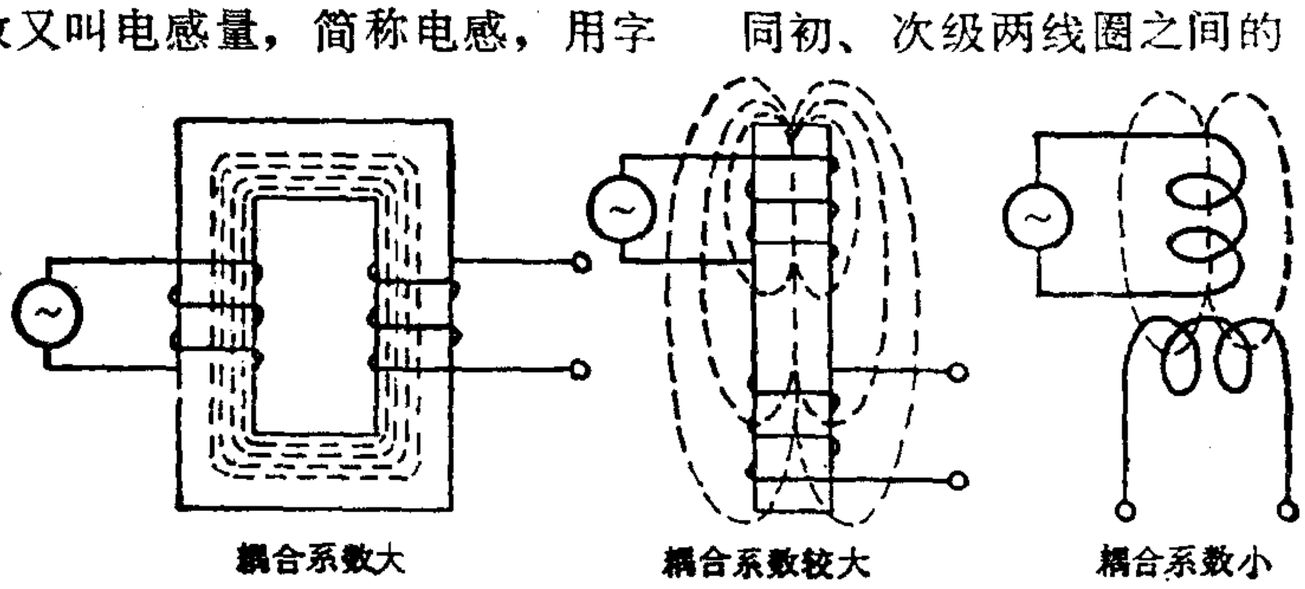


图2—17　各种情况下的耦合系数

互感量的大小则由两个方面的因素决定，一是两个线圈各自的电感量，另一是两个线圈之间的耦合系数。耦合系数的大小取决于两个线圈的匝连程度，也就是初级线圈产生的磁通量穿过次级线圈的程度。将两个线圈绕在一个闭合的磁芯如硅钢片芯上，因硅钢片导磁能力很强，初级线圈产生的磁通量几乎全部穿过次级线圈，这时的耦合系数最大，次级线圈产生的感生电动势也最大。

将两个线圈绕在不闭合的磁芯如磁棒上，初级线圈所生磁通量有一部分不穿过次级线圈，耦合系数就要小一些。

若两个线圈互成角度，耦合系数将更小，当两线圈互成直角的时候，耦合系数接近于零。把两个线圈中的一个用金属罩屏蔽起来，耦合系数就等于零，这时次级线圈的感生电动势也就等于零。

3.线圈的感抗

上面讲过，自感电动势的方向要阻碍原来磁场的变化，而原磁场又是线圈中的电流产生的。所以，自感电动势就势必阻碍电流发生变化，换句话说，线圈将对交流电的通过有一定的阻碍作用。这种阻碍作用叫做感抗。感抗用X_L来表示，单位是欧姆。因为直流电没有变化，不会诱生感生电动势，因此，线圈对直流电的感抗等于零。

感抗的大小跟通过线圈的交流电频率以及线圈的电感量有关，图2—18说明线圈的感抗同交流电频率以及电感量的关系。

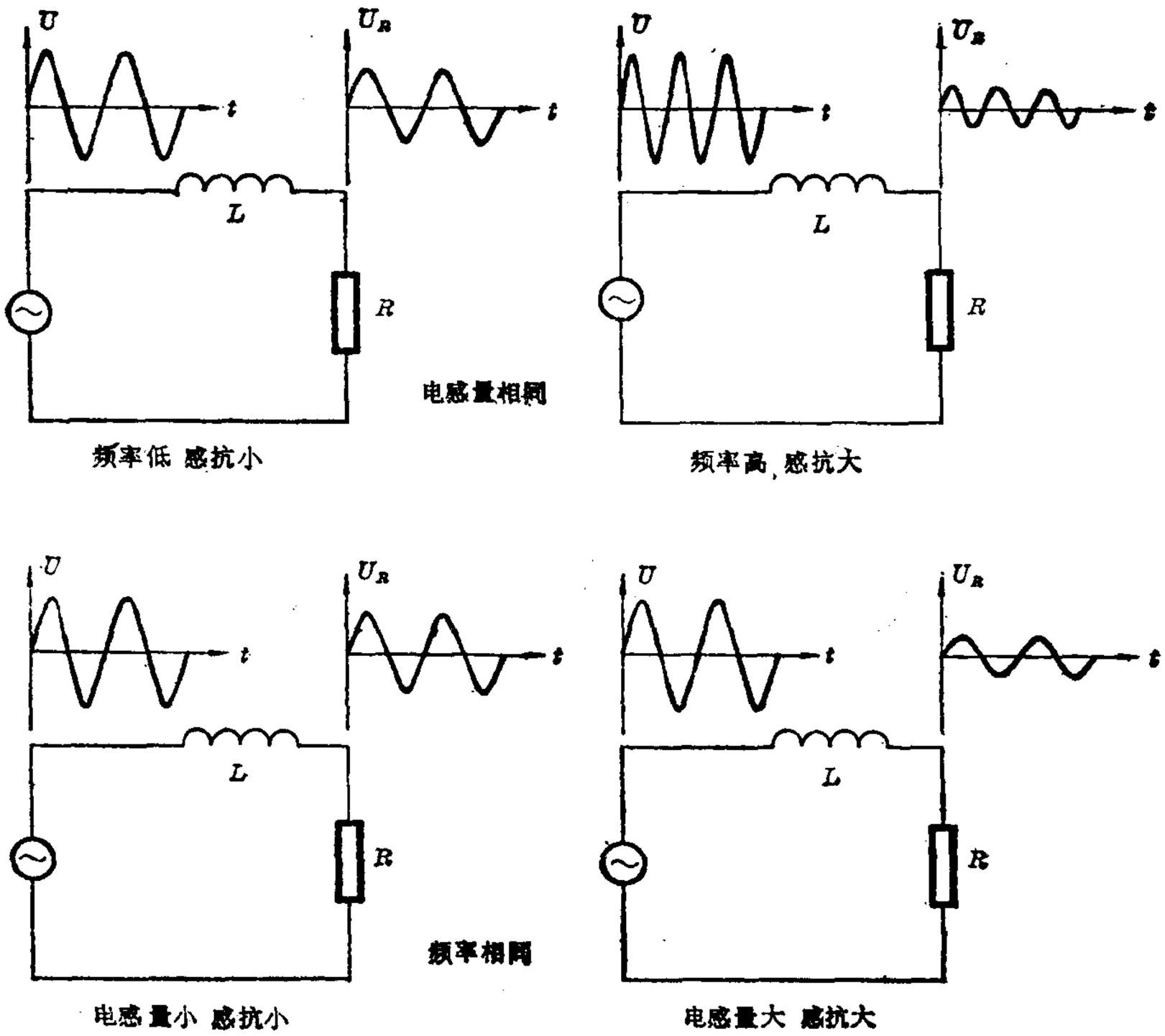


图2—18　感抗跟电感和频率的关系

4.线圈的品质

同样是绕线圈，有的用线比较粗，有的用线比较细，有的还要用多股绞合线，有的在铜线外镀银。这是为什么呢？原来，在高

频电路中，线圈的能量损失比在低频电路中大，这些能量损失包括导线电阻的热能损失、漏磁损失、涡流损失、骨架的介质损失等等。能量损失的结果使输入的电能受到无谓的消耗，因此，这些损失越小越好，损失越小，表示线圈的品质越高。在后面介绍各种线圈的绕制方法时，我们将给读者指出提高线圈品质的具体措施。

5.线圈的阻交通直作用

线圈对于通过它的交变电流（包括交流电和脉动直流电）有感抗，而对于直流电流则没有感抗，它的这种作用叫做阻交通直作用。利用这种作用，可以阻碍交变电流的通过，使电路中的交变电流大大减小，用作这种用途的线圈叫做扼流圈。

二、变 压 器

变压器和线圈一样是依据电磁感应现象的原理进行工作的，但是具体的作用却不同。

在收音机里，我们用变压器来改变电压的大小，即变压，以满足我们对电压大小的要求。我们还用它来改变阻抗（电阻、容抗和感抗合称阻抗）的大小，即变阻。此外还可以用它来隔断电路里的直流电成份，而让交流电成份传送出去，达到“耦合”的目的。

1.变压器的结构、分类和符号

收音机里使用的变压器按工作频率来分，有高频变压器、中频变压器和低频变压器几种。从工作的性质来划分，则有耦合变压器和电源变压器两种。中频变压器和输出变压器、输入变压器等都属于耦合变压器，它们的任务是变阻或者是隔断直流、传送交流。电源变压器的任务则是改变电压的大小。

低频变压器一般都有一个由硅(矽)钢片或其他合金片叠成的铁芯，外形如图2—19，在铁芯上绕二组或二组以上的线圈，就成了一只低频变压器，见图2—20。

中频变压器习惯上叫做中周。简易收音机里不需要这种变压器，所以，这里不作具体介绍。

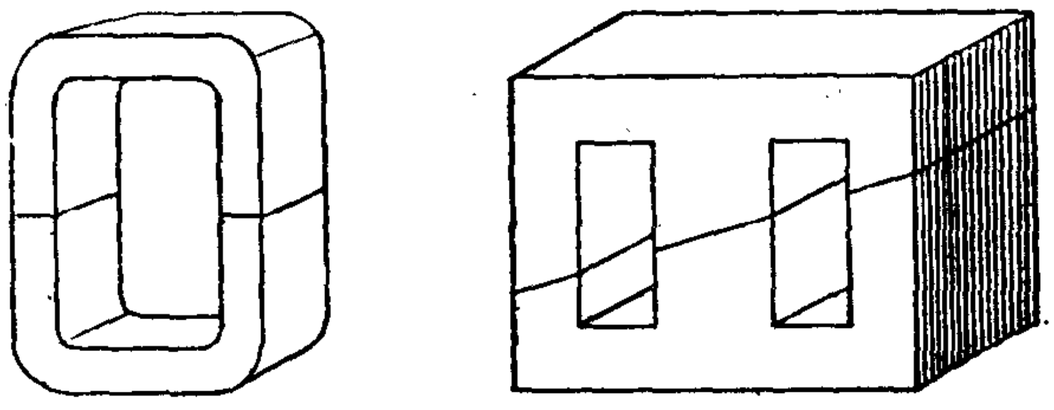


图2—19　铁芯的外形

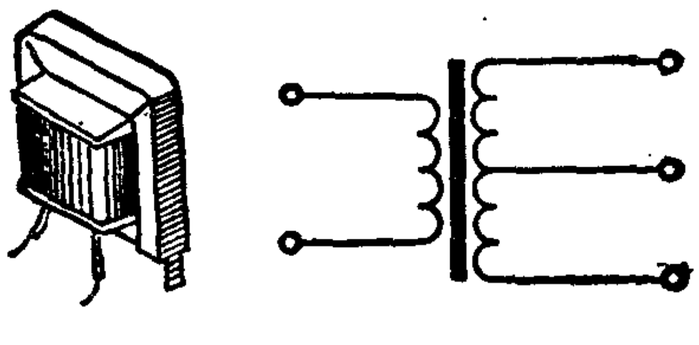


图2—20　低频变压器的外形和符号

2.变压器是怎样变压的

变压器有一个很有用的本领，就是能够将交变电压升高或者降低。我们知道，各种用电器使用的电压是不一样的。譬如一般小功率晶体管的集电极需1.5～6伏电压，而大功率晶体管的集电极却要用12～24伏电压，当然还有需用更高电压的。但是，我国的供电电压一律都是220伏，如果不设法改变电压的大小，就不能使晶体管正常地工作。怎么办呢？办法就是用变压器来把电压升高或降低到所需要的大小。

变压器这种升降电压的本领是从哪里来的呢？这要从感生电动势讲起。我们在介绍互感现象时曾说过，当变压器的初级线圈接

上交变电流后，它所产生的交变磁场会使初级线圈自己的每一圈以及次级线圈的每一圈都感生出一个电动势，这就是变压器能够改变电压的依据。

如果略去变压器的损失，那么，初级线圈产生的交变磁场应全部穿过次级线圈。换一种说法，穿过初级和次级线圈的磁场应该是一样的。因此，不管是初级还是次级线圈，它们的每一圈产生的感生电动势E是相等的。整个初级线圈的感生电动势$E_{初}=n_{初}E$（$n_{初}$为初级线圈圈数），而整个次级线圈的感生电动势$E_{次}=n_{次}E$（$n_{次}$为次级线圈圈数）。由此得出：

$$E_{初}/E_{次}=n_{初}E/n_{次}E=n_{初}/n_{次}。$$

又因为$U_{初}\approx E_{初}$，$U_{次}\approx E_{次}$，$\therefore U_{初}/U_{次}\approx E_{初}/E_{次}\approx n_{初}/n_{次}$。从这个式子就可以看出，只要$n_{次}\neq n_{初}$，则$U_{次}\neq U_{初}$，也就是电压被改变了。这样，我们只要根据需要，适当选择$n_{初}/n_{次}$，就可以得到需要的各种电压。如果同时需要几种不同的电压，那也只要多绕几个次级线圈，便能够解决问题。

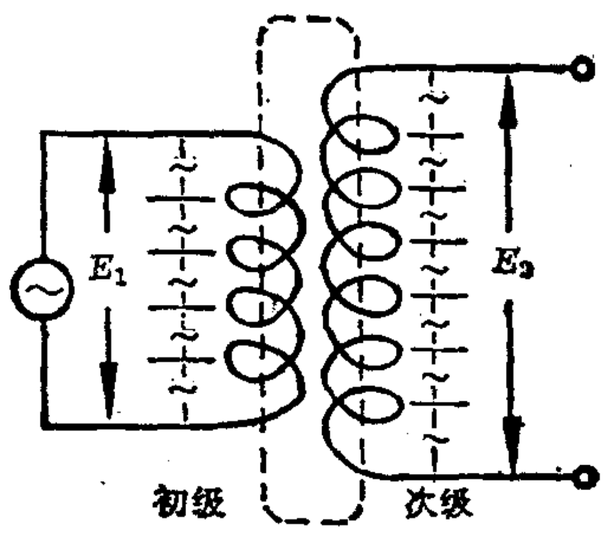


图2—21　变压器的变压原理

3.变压器的变阻作用

变压器在进行变压的同时，还做了变阻的工作，也就是把阻抗改变了。变压器怎样改变阻抗的呢？以图2—22来说明。在图2—22甲中变压器的初级线圈跟交流电源接通，次级线圈不接负载。这时初级线圈L_1有交流电流I通过，I使L_1产生感生电动势E_1，这个感生电动势接近等于电源电压U_1。此时，L_1对电源所呈现的阻抗是很大的。

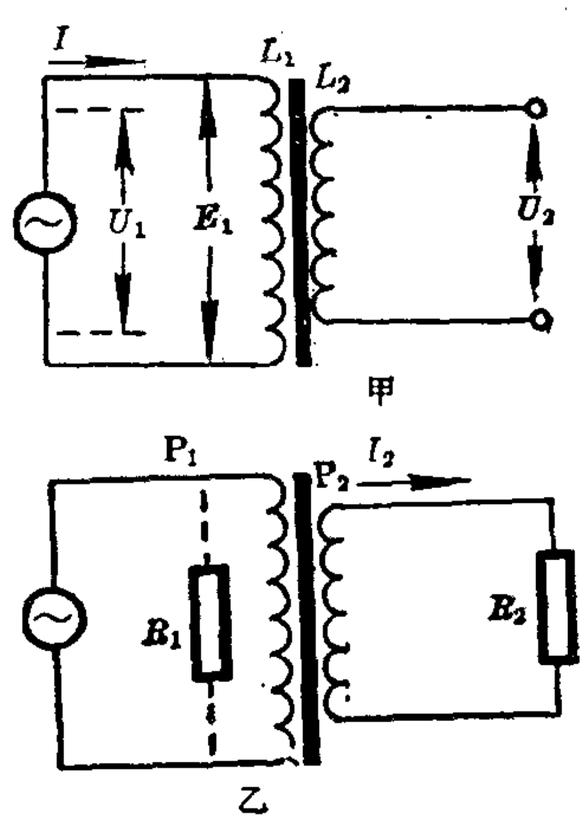


图2—22　变压器的变阻原理

若将次级线圈同电阻R_2接通（图2—22乙），次级电路就有了电流I_2。楞次定律告诉我们，I_2产生的磁场方向总是要阻碍原磁场的变化，这就使初级线圈的感生电动势E_1降低，I_1必然增大，也就是说L_1对电源呈现的阻抗降低了。实验和理论分析都揭示，R_2越小，I_2越大，I_1也越大，R_1就越小。这说明，初级线圈对电源呈现的阻抗随次级线圈所接负载阻抗的大小而改变。

现在，再来讨论R_1和R_2间的具体关系。我们仍然暂时略去损失，因而初级消耗功率P_1等于次级消耗功率P_2。从电功率公式可得：$P_1=U_1^2/R_1$，$P_2=U_2^2/R_2$，所以有$U_1^2/R_1=U_2^2/R_2$，把式子变形得$U_1^2/U_2^2=R_1/R_2$，因为$U_1/U_2=n_1/n_2$，$\therefore R_1/R_2=U_1^2/U_2^2=n_1^2/n_2^2$，或者$R_1=R_2\cdot n_1^2/n_2^2$。这个式子的意义是：变压器初级线圈对电源所呈现的阻抗R_1不但同次级负载阻抗R_2成正比，还同变压器初、次级线圈圈数比的平方成正比。这就解释了变压器能够改变阻抗的原理。在收音机里，我们就是利用变压器的这个作用进行阻抗的“匹配”。

4.变压器的隔直作用

前面已经讲过，变压器的初级线圈和次级线圈并不接通，只是依靠交变磁场传递电能。很明显，如果在初级电路中接一个直流

电，它是不会也不能传送到次级电路中去的。因此，当我们将一个脉动直流电送到变压器的初级线圈中去，这个电流的直流成分就将被隔断，而它的交流成分*却被传送到次级电路里去，这就是变压器的隔直作用。在晶体管收音机中，我们用输入变压器把前级晶体管集电极电路的交变信号送到后级晶体管的基极电路里去，而将前后二级晶体管电路的直流电隔开。

有必要顺便指出：变压器不能在纯直流电路中使用。

第四节　扬声器和耳机

在第一章里我们说过，无线电波接收过程的最后一步是将脉动电流重新转变为声波，这步工作就是由扬声器或耳机完成的，扬声器和耳机统称为电声变换器。

一、扬　声　器

扬声器习惯上叫做喇叭。它有好多品种，我们这里只介绍业余爱好者一般采用的电动式扬声器。

电动式扬声器的外形和结构参阅图2—23，可以把它分成两个大部分，其一是一块很强的磁体以及附属的磁路导板和磁芯，它提供一个恒定而又强大的磁场。其二是一张锥形纸盆和附属的音圈、弹簧板。扬声器的全部零件都固定在它的盆架上。

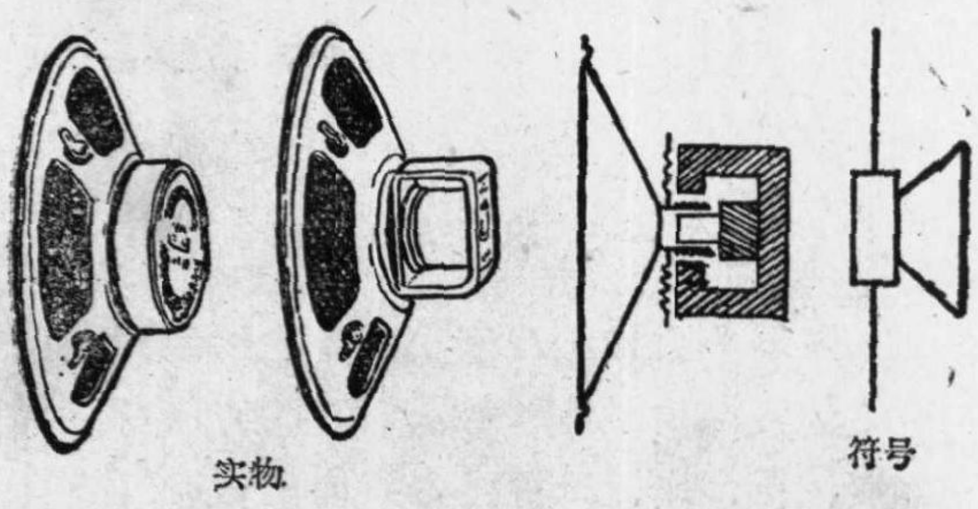


图2—23　电动式扬声器的实物和构造示意图

电动式扬声器用的磁体有两种。一种是铝镍钴合金，俗称永磁体（应该指出，这种叫法是不恰当的，凡是能够长期保持磁性的磁体都是永磁体，所以，后面谈到的钡铁氧体也是一种永磁体）。还有一种是钡铁氧体，俗称恒磁。铝镍钴合金制成的永磁体磁性持久性好，而且跟同体积的钡铁氧体磁体比较，磁性要强得多，可惜的是铝镍钴合金成本高昂。

电动式扬声器是这样工作的：在没有交变电流通过音圈时，磁芯和磁压板之间的空隙中只有一个由永磁体产生的恒定磁场。音圈在空隙里静止不动。但是当音频交流电流通入音圈时，音圈就要产生一个交变磁场，这个磁场同永磁体在空隙中保持的恒定磁场相互作用，使音圈受到一个变化的力的作用，它带着纸盆一起振动，激励空气而产生声波。

国产的电动式扬声器有圆形和椭圆形两种。圆形的口径有ϕ55（ϕ表示直径，ϕ55表示扬声器的口径是55毫米）、ϕ65、ϕ102、ϕ165、ϕ200、ϕ250和ϕ300等多种。椭圆形的有103×161、120×190等几种。袖珍式和小型晶体管收音机一般选用ϕ55、ϕ65和ϕ75三种。

扬声器和其他元件一样，也各有自己的特性。表明扬声器质量的特性参数有好多种，其中最主要有：①额定功率，②音圈阻抗，③频率响应。简易式的晶体管收音机对频率响应要求不高，所以本书里就不去研究它了。我们只讲前面两种。额定功率是扬声器能够进行正常工作的最大输入功率。小型电动式扬声器的额定功率有0.1VA、0.25VA、0.5VA、1VA、1.5VA和2VA等几种。小型晶体管收音机常选用0.25VA的。扬声器的音圈也是一种电感线圈，因此它对通过它的交流电流要呈现一定的阻抗。我们把音圈

* 我们可以将脉动直流电看作是由纯直流电和强度不大于纯直流的交流电组成。

对某一特定频率的交流电流的阻抗叫做音圈的阻抗，小口径扬声器的音圈阻抗是在1000赫交流电时的阻抗，中等口径的是在400赫时的阻抗，而大口径的则是在200赫时的阻抗。专为晶体管收音机设计的扬声器的音圈阻抗多数是8Ω，当然也可用3.5Ω、4Ω、16Ω和25Ω的。

在使用扬声器时，应将它装在适当的助音箱里，因为助音箱可以使扬声器发出的声音悦耳动听，同时，也起了保护扬声器的作用。晶体管收音机的外壳，同时也就是扬声器的助音箱，所以，就不必另外再用助音箱了。

二、耳　机

扬声器放声比较悦耳动听，但是有两种情况使我们不得不另外找一种发声的元件。一是晶体管收音机的输出功率太小，推不动扬声器，如单管机。另一是要避免影响别人的工作和休息，只想个人收听。

耳机就是这样一种元件。它有小型的和大型的两种。小型耳机的放音口前有一根细长的管子，如图2—24。使用时将管子插在耳道里，所以，习惯上又叫耳塞。大型耳机的放音口是平的，用的时候将放音口贴在耳道外边，所以习惯上叫做听筒。

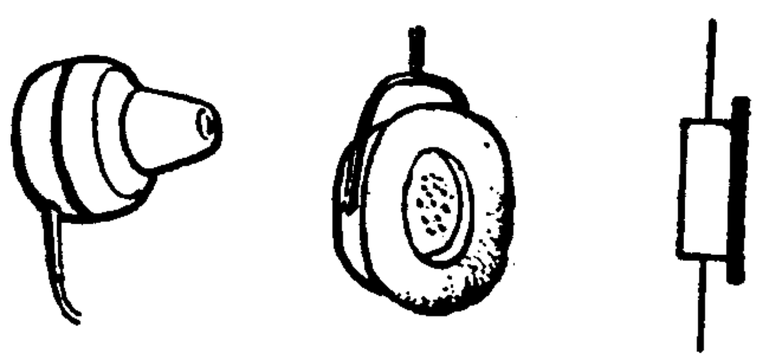


图2—24　耳机的外形和符号

耳机的结构见图2—25(甲)。它的工作原理可以用图2—25(乙)来解释。从图中可以看出，在没有电流通过（或者只有一个纯直流电流通过）线圈时，振动膜受到的是稳定磁场的作用，它不振动，也就没有声音。

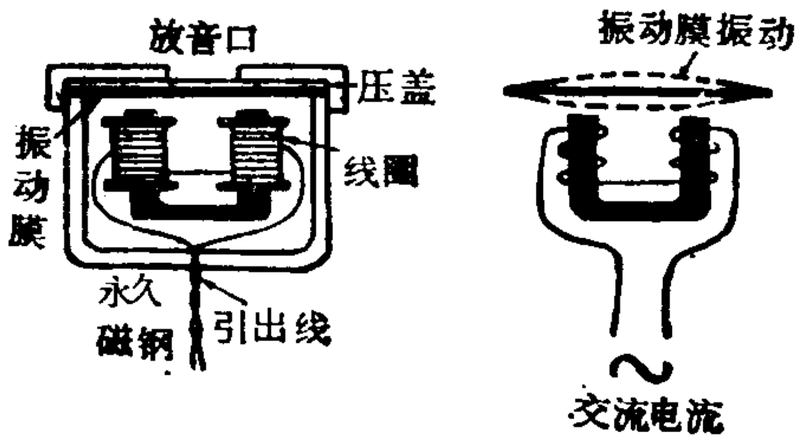


图2—25　耳机的结构和工作原理

当音频电流通入线圈时，电流产生了交变磁场，这个磁场使振动膜受到一个变化的磁力，于是振动膜就振动起来，耳机发出了声音。

和扬声器一样，耳机的线圈也有一定的阻抗。国产耳机的阻抗有8Ω、600Ω、800Ω、1600Ω和2000Ω等几种。8Ω的耳机由于阻抗低，必须通过输出变压器，才能接到晶体管的集电极电路。600Ω以上的属于高阻抗，它们可以直接接到集电极电路里。矿石收音机和单管收音机都不用输出变压器，所以，只能使用600Ω以上的耳机。读者们在选购时必须注意这个问题。

第五节　晶体二极管

第一章里我们讲过，在接收的过程中有一个检波的过程，这项工作用电阻器、电容器和电感器都无法完成，我们还得依靠另外一种元件，它叫做二极管。晶体管收音机中的二极管又名半导体二极管（或晶体二极管），因为它是用半导体材料制成的。那末，半导体材料又是什么呢？

一、半　导　体

从我们日常的生产实践和生活经验中，我们已经知道了有些物质导电能力很强，例如银、铜、铝、铁等等。我们把这类材料叫做导体。还有一些物质基本上不导电，象塑料、云母、玻璃、胶木、橡胶、干木材、化学纤维等等。我们把这一类材料叫做绝缘

体。但是，自然界里还有一些物质，它们的导电能力虽然比导体弱，却比绝缘体强。这种材料就是半导体。锗、硅(矽)、硒、氧化铜等就是半导体材料。为什么物质会有这种性质上的不同呢？

物理学的研究告诉我们，物质都是由原子组成的，而原子又是由带正电的原子核和核外电子组成的。不同物质的原子，结构是不一样的。譬如氢原子，它的原子核由一个带正电的质子构成，而核外电子也只有一个。但是硅原子的原子核却是由14个带正电的质子和14个不带电的中子组成，核外则有14个带负电的电子。

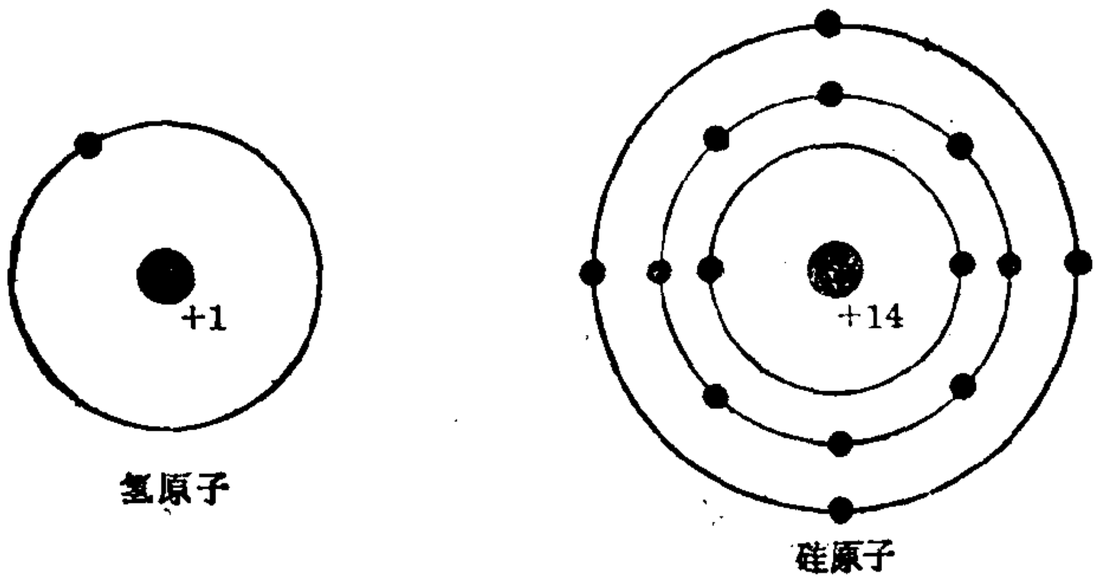


图2—26　不同的原子有不同的结构

大家都知道，正电和负电之间存在着吸引力，所以原子里的电子受到原子核的束缚。既然各种物质的原子有不同的结构，我们就很容易看得出，这些原子的核外电子所受的束缚力不会是一样的。即使是同一个原子，核外的各个电子受到的束缚也不会是一样的。在有些物质的原子里，它的最外层电子受到的吸引力非常弱，这种电子很容易挣脱所受的束缚而跑到别的地方去，象图2—27那样，这种挣脱了束缚而在物质内部各个原子之间跑来跑去的电子，叫做“自由电子”。自由电子非常容易在外界作用(例如电场)之下作定向运动而形成电流。很明显，如果物质里面存在大量自由电子的话(各种金属就是这样的)，那末它们一定有很好的导电能力，是良导体。反之，另外有一些物质，物质里面的核外电子受到极强的束缚，只有极少量的电子能够成为自由电子，这类物质就成了良好的绝缘体，象上面说到的云母、橡胶等。

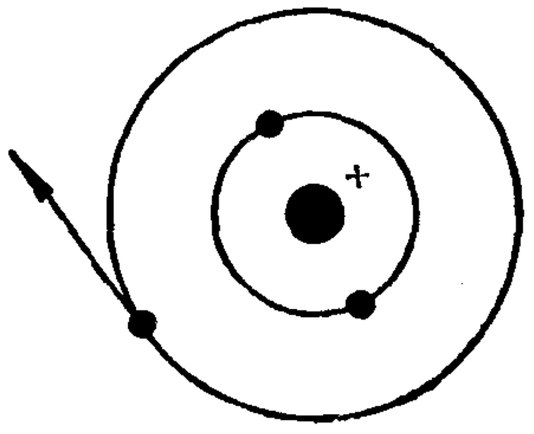


图2—27　原子失去一只电子

那么，半导体又怎样呢？原来，在半导体材料里，核外电子所受的束缚既不象导体那样弱，也不象绝缘体那样十分严紧。所以，半导体里的自由电子比绝缘体里多，而比导体里少。因此，半导体材料的导电性能介于导体和绝缘体之间。

二、P—N结和它的单向导电性能

从上面的叙述来看，读者们也许会这样想，半导体并没有什么大用处。把它作导体用，嫌它的导电性能不够好，把它作绝缘体用，又嫌它的绝缘能力太差。是的，确实是这样。这就是在40年代以前，这些材料并没有在电子技术中显身手的缘故。但是，人们对自然界的认识从来就是没有止境的，在跟自然界作斗争的科学实验过程中，人们发现了一个非常有趣而又非常有用的现象：在纯净的四价半导体材料(如锗和硅)里面掺入少量“杂质”——三价元素(如硼)或者五价元素

（如磷）——以后，半导体材料的导电能力会大大增加，成为良好的导体。这是因为纯净的四价半导体材料里掺进了少量三价元素以后，里面会出现许多很容易移动的“带正电”的“空穴”；而如果掺进了少量五价元素，里面又会出现许多容易移动的带负电的电子，即自由电子的缘故。为了区分它们，我们把掺进三价元素的半导体叫做P型半导体，把掺进五价元素的半导体叫做N型半导体。

请读者们注意，不要小看了P型和N型半导体，不要以为它们也不过是一些导体罢了。要知道，就是这些P型和N型半导体开辟了电子技术的一条新的道路。近代的尖端技术之一——晶体管的应用，直到大规模集成电路，都离不开P型和N型半导体。是它们把电子技术引入到体积小、重量轻、耗电省……的新天地中，使我们以前不能实现的理想变成了可能的现实。举例说明，如果用电子管来制成一台每秒能进行一万次运算的计算机，其体积之大如同一栋楼房，而用晶体管制成的能力相同的计算机，大小只不过相当于一只普通的写字台。如果应用大规模集成电路，则就可以把它制成只有烟盒那样大。看，P型和N型半导体不是极其有用吗？

那么，怎样来使用它们呢？请看下面的实验。

将一块半导体材料的一部分做成P型，另一部分做成N型，这两个部分的交界面就构成了一个P—N结，象图2—28那样，还在P型半导体和N型半导体的两端各引出一根导线，这样的一个结构却具有和半导体材

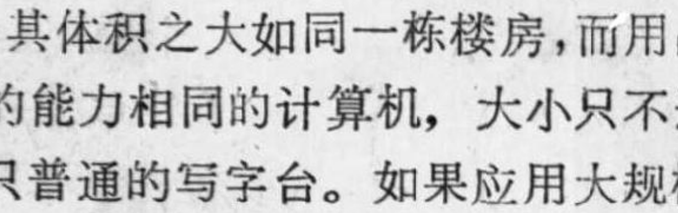


图2—28　P—N结的构成

料完全不同的特性——单向导电性。可以用图2—29来说明。甲图中，当电源的正极接P型半导体、负极接N型半导体时，在电源电压的作用下，P型半导体里的空穴向N型半导体移去，而N型半导体里的电子向P型半导体移去，形成了电流。所以，这时P—N结是导通的。如果将电源反接如图乙，则不论是空穴还是自由电子都不能移动，电路里没有电流，所以，这时的P—N结是不导通的。

这个实验清楚地说明P—N结具有单向导电的性能。

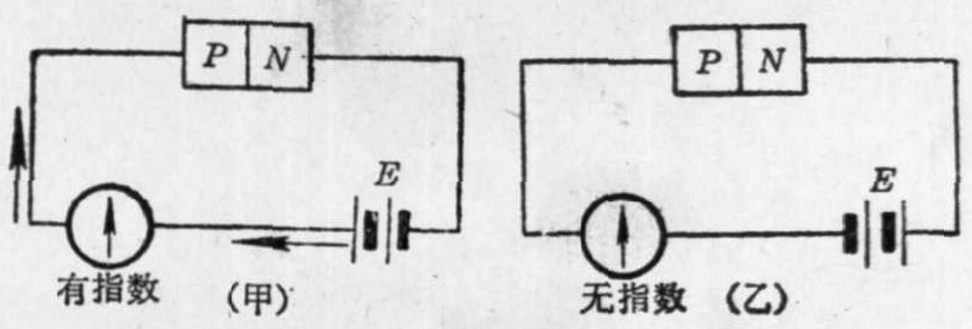
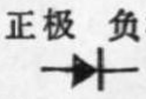


图2—29　P—N结的单向导电性

三、晶体二极管和它的特性

P—N结焊上电极的引出接脚并装上管壳就成了晶体二极管，它的符号是 

，外形见图2—30。晶体二极管（以下简称二极管）的主要特性有：①最大整流电流，②反向电流，③反向击穿电压，④最高工作频率等。下面加以简单说明。

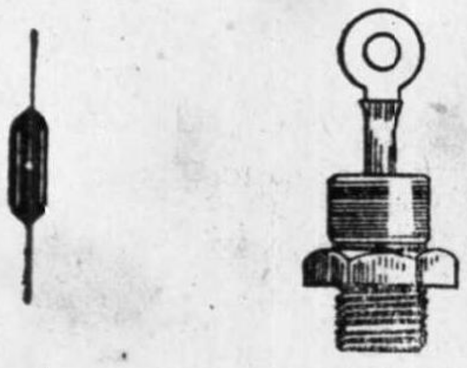


图2—30　二极管的外形

1.最大整流电流

二极管接在交流电路里，它的两个电极忽而正接象图2—29（甲），忽而反接如图2—29（乙）。当正接时通过它的电流叫做整流电流，这个电流不能太大，否则二极管会耐受不了。二极管能允许通过的正向电流的最大值，就叫做二极管的最大整流电流。通常用毫安或安为单位。在使用二极管时，要注意其工作电流不得超过它的额定最大整流电流。

2.反向电流

在上面曾讲过P—N结反接时，它是不

导电的。事实上，这只是理想状态。实际的情况是，反接的 P—N 结或多或少还是有电流通过的，这个电流就叫做二极管的反向电流。

反向电流的存在，说明二极管的单向导电性能并不是那么完整的。所以，反向电流越小，表明二极管的单向导电性能越好。

一般地说，小功率硅二极管的反向电流很小，只有 1 μA 或更小。锗管的性能就要差些，小功率锗二极管的反向电流可以达到几百 μA。若温度升高，反向电流还会更大些。

不论是整流用的二极管，还是检波用的二极管，使用时都应选用反向电流小的管子。具体选择方法请参阅第三章。

3.反向击穿电压

二极管反接时，基本上不导通。但是，如果不断加大反向电压，到了某个数值，反向电流会突然增大，表示二极管已被击穿，如图 2—31所示。二极管发生反向击穿时的电压叫做反向击穿电压。在晶体管特性表中，二极管额定最高反向工作电压约为它的反向击穿电压的一半或2/3。我们使用二极管时，二极管实际受到的反向电压必需小于它的额定最高反向工作电压，以防止二极管击穿。

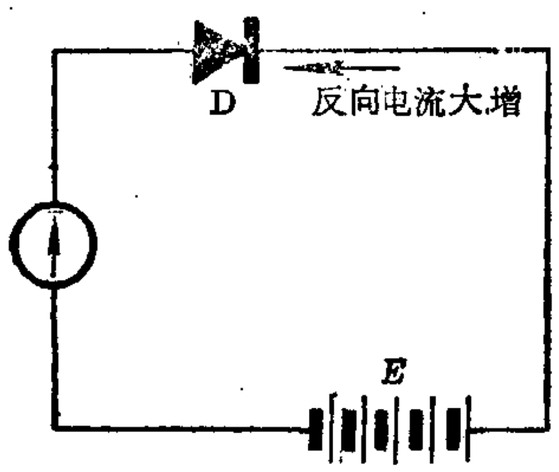


图2—31 二极管的反向击穿

4.最高工作频率

有的二极管主要在低频交流电路里工作，有的可以在高频交流电路里工作。由于制造工艺上的不同，各种二极管适用的频率范围也就不同。2CP4、2CP6、2CZ11、2CZ14 等只能在较低频率的电路里工作，而 2AP1、2AP9、2AP10 等却可以工作在高频电路。

二极管能够依照它原来的特性良好工作的最高频率，叫做二极管的最高工作频率。我们应该按照电路的工作频率的高低来选取二极管。具体选用请注意有关章节的介绍。

二极管的一些特性请参阅附录。

第三章　实验前的准备工作

在第二章里，我们认识了几种主要的元件。但是，还有一些关于实验的知识和必须的准备工作我们并不曾理解。如果不理解它们，往往会给实验造成许多不必要的麻烦，还会使实验失败。为了使我们的实验工作顺利地得到预期的结果，我们必须仔细地和耐心地弄懂这些知识，千万不要急躁，急于求成和不求甚解的态度，对科学实验是没有好处的。

第一节　几种必要的工具

任何一种实验，都需要使用一些工具，我们的实验也不例外。本节里，将给大家介绍几种必要的工具，读者可以根据自己的条件，尽量配备它们。当然，能多配备一些其他工具更好。

一、电　烙　铁

电烙铁是用来做焊接工作的，是我们进行实验的必不可少的工具之一。它的外形见图 3－1。

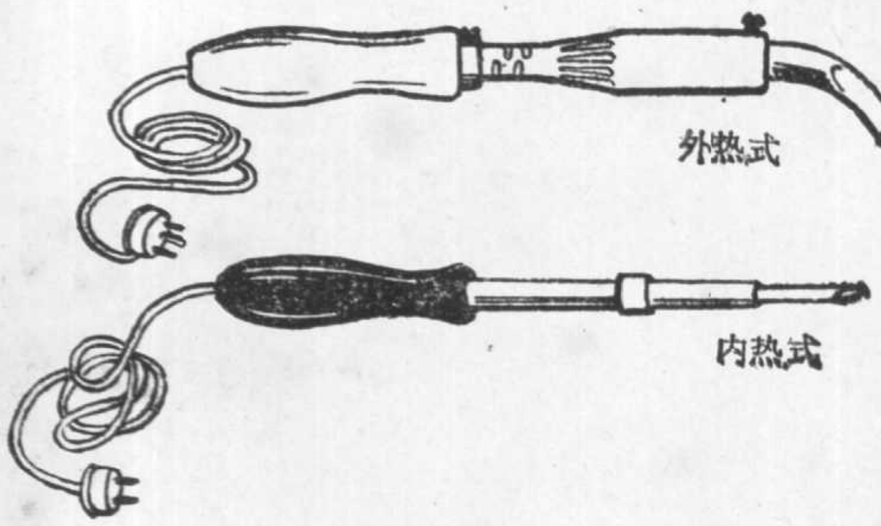


图3—1　电烙铁的外形

目前我国市售的电烙铁有两种不同的结构形式——外热式和内热式。外热式电烙铁的电热丝装在烙铁头的外面。内热式电烙铁的电热丝则装在烙铁头的内部。内热式电烙铁的效率较高，重量轻，体积小，温度上升较快，使用比较方便。但是由于电热丝温度比较高，又比较细，所以容易损坏。

使用烙铁时应该留心些，不要让它从高处摔下来，因为热的电热丝很脆，容易震断。不要让电烙铁长时间接通电源，特别是内热式的，若长时间通电，电烙铁的电热丝容易过热，会因脆性增大而损坏。所以，最好断续使用，即用一会儿后，切断电源让它冷却一段时间，再继续使用。

电烙铁的电功率有 20 瓦、25 瓦、45 瓦、75 瓦等许多种。在做晶体管电路的实验中，不宜用电功率大于45瓦的电烙铁，因为晶体管电路中的元件大多数是小型的，甚至是微型的，这些元件不仅体积小，而且引线细而短，焊接时电烙铁的热量非常容易通过引线进入到元件的内部，如果我们使用大功率电烙铁，它们发出的热量过多，非常容易把元件烫坏。

买来的新电烙铁，烙铁头上是没有锡的，如果立刻就用来焊接，那是很困难的。所以，先要对烙铁头进行一番加工——“吃锡”。所谓“吃锡”，就是使原来没有锡的烙铁头沾上一层薄薄的锡。“吃锡”的方法如下：把电烙铁接通电源，等烙铁头已经热到可以熔锡时，用锉刀将烙铁头锉光，然后将烙铁头在松香里蘸一下，马上用焊锡在烙铁头已锉光的部位上来回摩擦几下，焊锡就会逐渐沾在烙铁头上了。以后就可以用吃过锡的烙铁进行焊接。

旧的电烙铁有时因为长时间没有使用，

或者因为连续使用时间过长，烙铁温度升得太高而使烙铁头发生“烧煞”现象，原来已吃过锡的烙铁头被烧得焦黑而不能再沾锡了，这时，就要让它重新“吃锡”，可以用对新烙铁头上锡一样的方法处理。

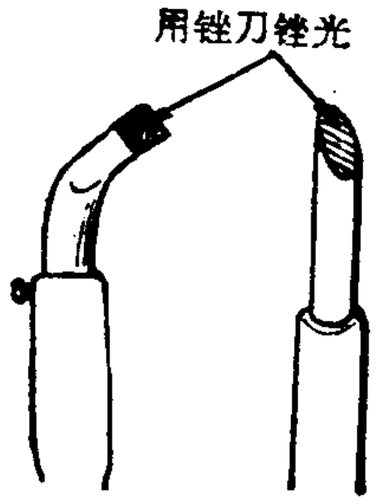


图3—2　烙铁头的处理

使用电烙铁还要注意，不要让风直接吹在电烙铁上，特别是小功率的电烙铁。因为这会使电烙铁失去大量热量，导致烙铁头的温度降低，无法熔锡。

在使用的间歇时，要将电烙铁搁在支架上，如图3—3。这样做既可以避免烙铁将桌面烧坏，还可以使烙铁正常发热。

电烙铁除了柄是用胶木或木材制成的外，其它部分都是用金属制成的。如果烙铁芯子的绝缘不好，通电后的220伏交流电就会漏到它的金属部分上去，当手接触这些部分时，就会感到麻手，甚至造成触电事故。因此，电烙铁使用时应该细心谨慎，在没有必要时，不要用手去触及它的金属部分。对于旧烙铁，每隔一段时间，最好能够用测电笔测试一下，看有没有漏电存在，以确保安全。电烙铁和熔锡的温度可高达400℃或更高一些，这样高的温度对人身和衣服会造成损害，初学者在使用时，必须多留心一些。



图3—3　电烙铁支架

电烙铁使用时间一长，它的烙铁头会因高温和化学作用而被腐蚀，出现凹陷。这时应将它锉平，重新吃锡。烙铁头经过多次整新，如长度缩得过短时应该换用新的烙铁头。

二、焊接辅料

单有电烙铁，不能进行焊接，还得有不可缺少的辅料——焊药和焊锡。

焊锡不是纯锡，纯锡的熔点较高，不容易熔化，不适宜用来焊接。我们用的焊锡是锡铅合金，它的熔点较低。不同用途的焊锡，含铅百分比不一样，应选用熔点比较低的焊锡，如市售的“焊锡条”。

此外，还要准备好焊药。为什么要焊药呢？这是因为焊接时，被焊的金属表面会因高温而产生一层氧化薄膜，这层氧化薄膜会阻碍焊锡和金属表面的接触，焊药的功用就是清除这层薄膜，使焊锡和金属表面顺利融合。电子实验时常用的焊药有焊油和松香。我们认为，焊油虽然使用方便，但是它有一定的腐蚀性（即使是中性焊油，也很难避免腐蚀性），并且在焊接完毕后，焊油残留在焊接点上，它会吸附灰尘，造成高频漏电，影响机件的工作，所以最好不用它。我们建议读者采用松香做焊药。

三、万用表

在装机器以前，需要先将所用元件仔细检查一下，装好机器以后，需要测定机器各部分的电压、电流是否正常，还要进行调试。这就需要一种能够测量电压、电流和电阻的仪表，最常用的这种仪表叫做万用表。

万用表种类很多，价格相差很大。业余使用的万用表不必十分精确，但是灵敏度最好还是高一些。万用表的灵敏度是指它所用的“表头”满度电流的大小。常用表头的灵敏度有50微安、100微安、200微安、500微安和1毫安等几种。这几种表头中，当然以50微安的最好。但是，灵敏度越高的电表，价格越高，一般说，灵敏度为100微安～500微安的万用表，对于初学者来说已经够用了。万用表的灵敏度往往还可以用Ω/V来表示。Ω/V的意思是：当表头接上1伏电压时，应



图3—4　万用表的外形

串联多少欧的电阻，使表头指针正好满度。例如一只100微安的表头，把它接上1伏电压时，电路中应串联$\frac{1\text{伏}}{0.0001\text{安}}=10000\,\Omega$的电阻才能把电流限制在100微安，见图3—5。于是，用这只表头装成的万用表，灵敏度就写成10000Ω/V。

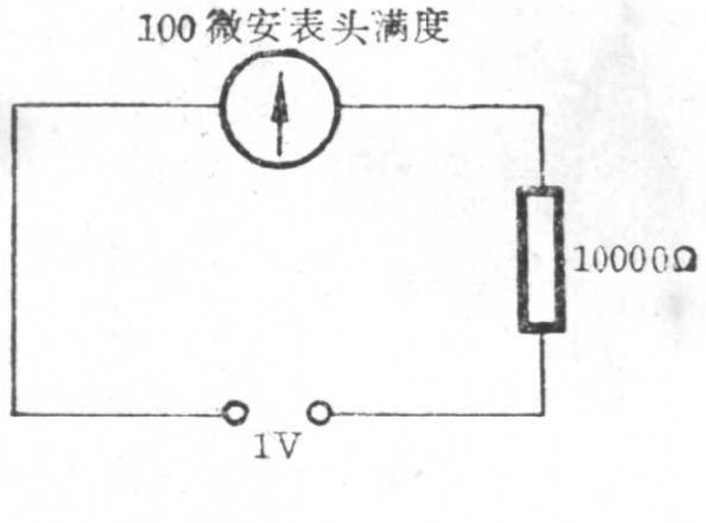


图3—5　10000Ω/V的意义

在初学的情况下，一台具有下表所列几档测量范围的万用表，已经足够应用了。

电阻档	直流电压档		交流电压档	直流电流档	
R×1	0～1伏	0～0.5伏	0～10伏	0～0.5毫安	0～1毫安
R×10	0～5伏	0～2.5伏	0～50伏	0～5毫安	0～5毫安
R×100	0～10伏	0～10伏	0～250伏	0～50毫安	0～10毫安
R×1K	0～50伏 或	0～50伏	0～500伏	0～100毫安 或	0～50毫安
R×10K	0～250伏	0～100伏			0～500毫安
	0～500伏	0～500伏			

万用表的详细介绍请参阅附录。

四、手　摇　钻

在做电子实验时，总是需要在一些地方打上几个洞的，手摇钻是专门用来打洞的工具。用手摇钻打洞还要有钻头，钻头有粗有细，可以按照需要换用。在晶体管收音机的实验过程中，最常用的钻头是直径3毫米的，打印刷线路板上的接线小孔则要用到直径1毫米的钻头。

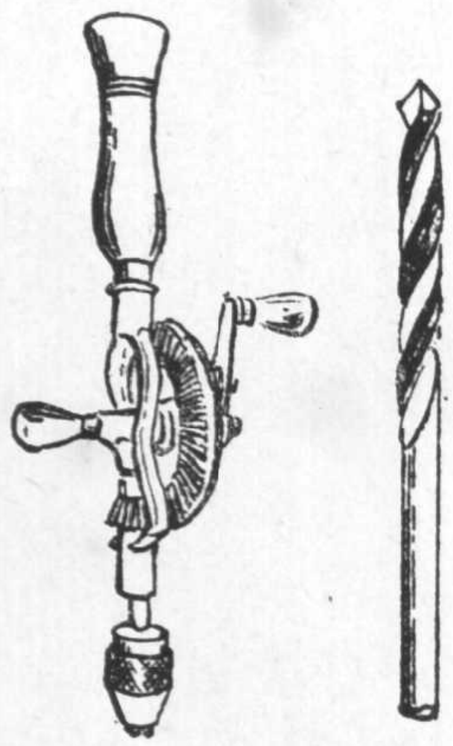


图3—6　手摇钻和钻头

使用手摇钻必须注意两点：

（1）钻头应垂直于被钻的金属板或胶木板。

（2）整个摇钻要用手持稳，绝不可让它晃动，特别是使用1毫米钻头时。如果摇钻晃动，会将钻头弄断。

钻洞参照下面步骤进行：

（1）在需要打洞的地方打一个×号，×号的中心对准洞的中心。然后用冲头在×号的中心处打一个印痕，这样可以保证钻洞时不会打偏。

（2）摇钻上的钻头一定要夹紧。

（3）钻洞时以适当的压力加在捏柄的上端（力加大了会把钻头弄断，力加得小了则钻得慢），一般说，钻头越细，板越松软，压力应越小。

（4）摇动转柄时要全神贯注，不要违反

上面所述注意要点，当胶木板或铁板将要打穿时，应把压力减小些，以免摇钻突然向前（或向下）冲去，防止钻头搞断。

五、其他小工具

除了上面讲的几种工具以外，还要准备以下几种小工具：

（1）小剪刀　用来剪线、剥除导线外表绝缘层等。

（2）镊子钳　钳线，钳小螺丝、小零件等。

（3）尖头钳　钳较大螺丝、较粗较硬的线。

（4）100毫米、200毫米螺丝刀各一把。

如果有条件，还可以准备测电笔、电工刀、扁圆锉刀、钢锯等。

第二节　怎样做好焊接工作

焊接工作做得好不好，是我们的实验做得成功不成功的一个重要环节。常常有这样一些初学者，辛辛苦苦装了好多时间，完工后机器却连一点声音都没有，或者有时响有时不响，或者声音太轻，至于所用的元件都已经事先仔细检查过，检查电路也没有什么毛病。那么到底是什么原因？找来找去，费了好大的功夫，甚至还得请教有经验的同志，最后才发现，是因为有一根线头没有真正焊接好。所以，我们希望初学的读者一定要花功夫，耐心地练好焊接本领。

焊接时应该注意的事项如下：

（1）把要焊接的线头用砂皮砂光，必要时用小刀将线头刮到完全显露出金属光泽。

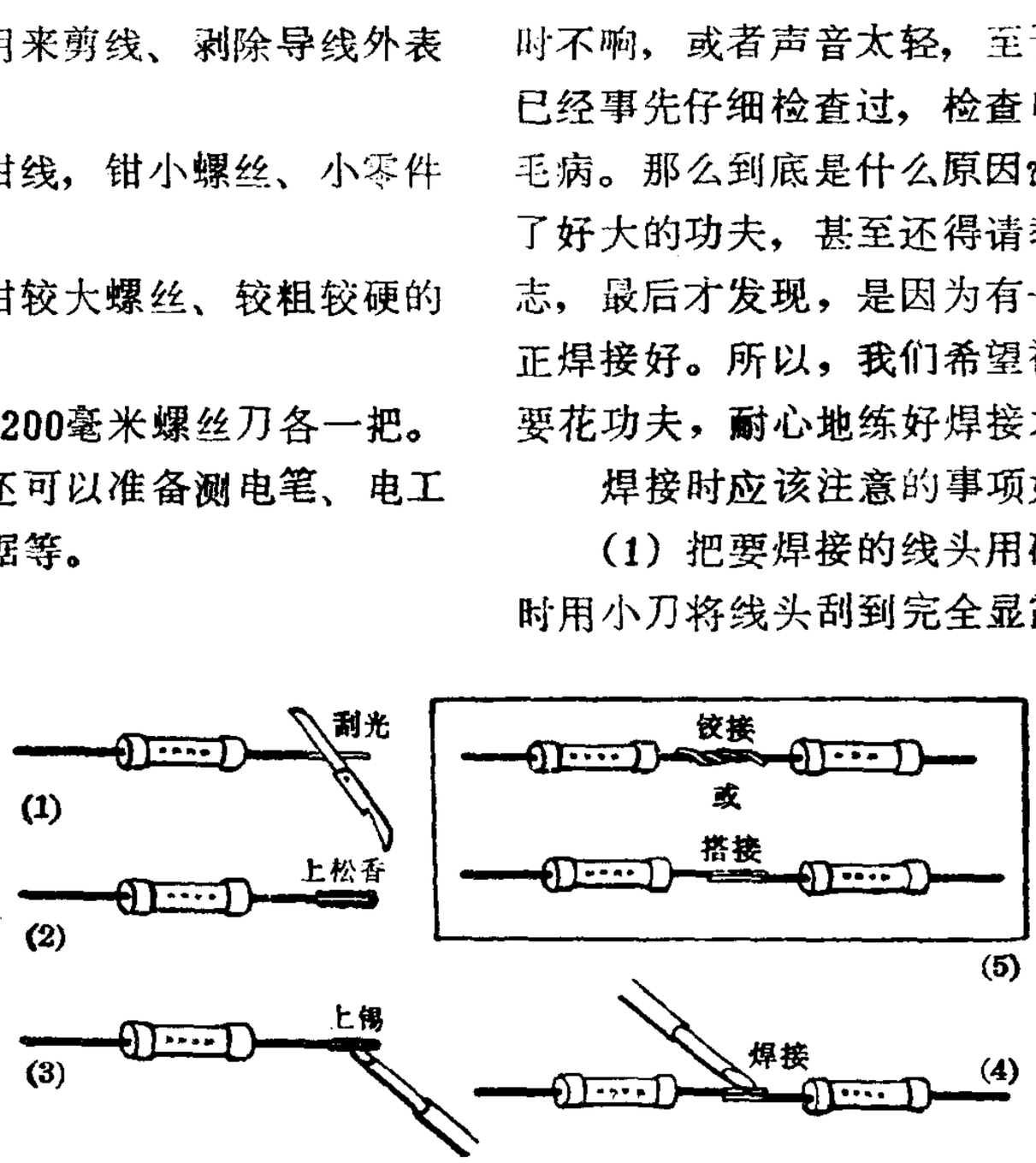


图3—7　焊接方法

（2）正式焊接前，各个线头都要先“上锡”（又叫做“搪锡”），线头的“上锡”和烙铁头的“吃锡”实际上是一回事。方法是这样的：将线头刮光的部分放在松香上，用烙铁头将线头加热，使线头沾上松香，再把线头和烙铁移去。在烙铁头上蘸上锡，然后将烙铁头搁在线头上（如果是接线，搁的时间稍长些还不要紧，但也要注意不要把接线外面的塑料绝缘层烫坏。如果是电阻器、电容器、特别是晶体管，搁的时间不能过长，一般不超过3秒钟，免得热量过多地传到元件内部，把元件烫坏。必要时，可以用尖嘴钳钳住元件引线帮助散热），同时捻动线头，这样，线头就会沾上一层锡。我们千万不要贪图省事，不经过上锡就去焊接。

有一点应注意，成品印刷线路板上的铜箔一般已经镀过银或上过焊剂，可以直接焊接。但自制的印刷线路板，若不经过处理是很难焊接的，可以在装制前先用砂皮把各个焊接点擦光，然后再焊接。

（3）元件经过上锡后就可以焊接了。焊接有两种处理情况，一种是暂时性的，一种是永久性的。凡是实验性机件，用不了多少时间就要拆掉，焊接时不必搞得很牢固，只要把两根导线用焊锡搭住就行了，见图3—7。凡是装好后要使用一段较长时间的机件，是

永久性的，这种机件的焊接一定要牢固，焊接时两根线头应该绞合起来，象图3—7所示那样。

焊接现在已经没有困难，只要将蘸了松香和焊锡的烙铁头放在焊接点的上面，让烙铁头在焊接点上接触几秒钟，拿开烙铁，焊锡便自行凝固，焊接工作到此结束。顺便提一下，烙铁刚拿开时，焊接点上的焊锡不会立即凝固，这时拿着元件或线头的手不可抖动，免得锡在凝固时受到扰动而不结实。

一定要防止“假焊”。所谓“假焊”，是初学的同志很容易疏忽而又常常发生的一种情况。假焊的地方，从外表上看，焊得好好的。实际上呢？它们并没有真正焊好，锡只是“空摆架子”。图3—8（甲）就是假焊的情况，假焊的线头是经不起拉力的，只要稍为用一点力，线头立即就跟锡分离。发生假焊的原因

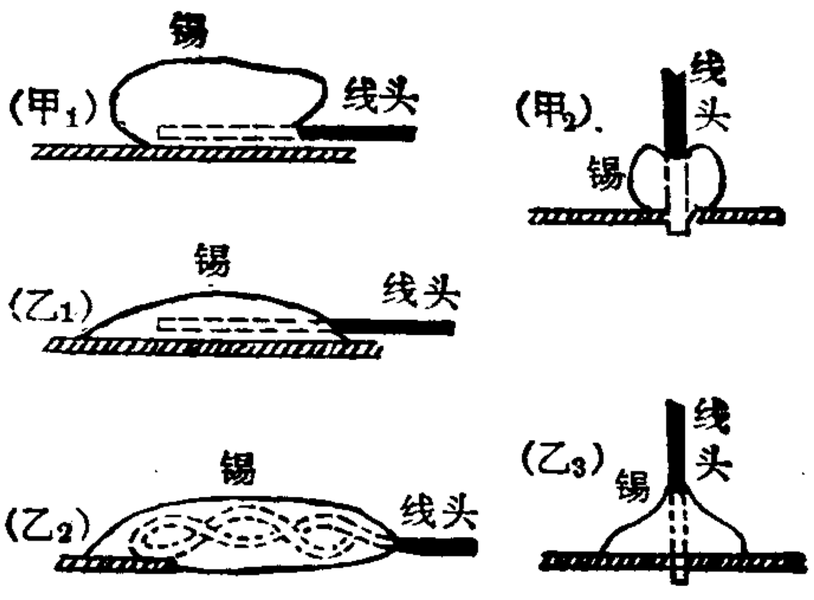


图3—8　假焊和真焊

是因为线头事先没上锡，烙铁头在线头上停留的时间太短，或者焊接时烙铁头不停地在移动而松香又用得过分少。本节一开始指出的那种故障，主要就是由假焊造成的。是否是假焊，只要等焊锡凝固后，用一点力气拉一拉线头，看它会不会松脱。如果松脱了，就是假焊，必须重新焊接。有些初学者在焊完后，不敢去拉，生怕把线头又拉了出来，这种心理是有害的。试想，焊得好的线头，怎么会一拉就脱出来呢？所以，焊完后拉线头，是一种很有价值的检验方法。

还要防止“松焊”。所谓松焊，指的是焊好后接点上的焊锡凝固得不够紧实，而有些象“豆沙”那样松松散散的，甚至内部有裂痕。引起松焊的原因有三种。一种是电烙铁的温度不够高。我国市电电压规定是220伏，但是有时由于特殊的原因，供电电压不足220伏。75瓦以上的电烙铁因功率较大，电压低一些还不至于使电烙铁的温度低到不能用的程度，小功率电烙铁就不行了。另一种是气温过低或有风吹。45瓦以下的电烙铁发热能力本来不很强，气温过低或者风一吹，它就显得“捉襟见肘”，结果是焊锡熔得不彻底。还有一种原因是焊接手法不熟练，在电烙铁刚离开接点时，锡还未凝固，拿元件的手就抖动了，这等于是在锡凝固的过程中加以搅动，结果当然不理想。

发生松焊时，接点的电阻要增大，造成电能不必要的损失。因而会降低机器的效力，使收音机的工作效果变差。

至于有没有松焊，是很容易检查的。凡是松焊的地方，焊锡的外表一定是相当粗糙而没有光泽的。没有松焊的焊锡，表面很光滑，而且显示出金属特有的光泽。

初学者还有一些应该注意的事项：

（1）焊锡不要用得太多。我们主要的不是靠锡来把两个线头接通而是让线头自己接通。锡只是用来固定线头，保证它们间的接触牢靠而已。如果我们依靠锡来接通，收音机的效果是不会很好的，因为锡的电阻率比铜要大得多。正确的做法是在能够保证焊牢的前提下，尽量少用锡。

（2）防止由于锡用得太多或摊得太开引起短路。这在小型机器里特别重要。小型机器的线路板比较小，线和线之间的距离很近，假使不留意，锡太多或摊得很开，往往会把邻近的两根本来不应该接通的线搭了起来，这种毛病有时很不容易发现，增加了不少困难。

（3）焊接点上的锡应圆滑些，不要让锡在焊点上拉成一个尖的突起。尖的突起不仅

不美观，有时会阻碍刻度拉线盘的转动，还会使机器在高频波段工作时效果变差。防止突起的办法简单得很，只要焊接时不要忘记用松香就行了。

我们希望初学的读者重视焊接工作，以保证实验能够得到预期的、良好的效果。我们建议，在第一次正式做装配收音机的实验之前，先找一些废旧器件、接线，反复练习焊接，直到能够掌握好焊接的要领，能够保证不出现上述几种弊病为止。

第三节　底板的制作

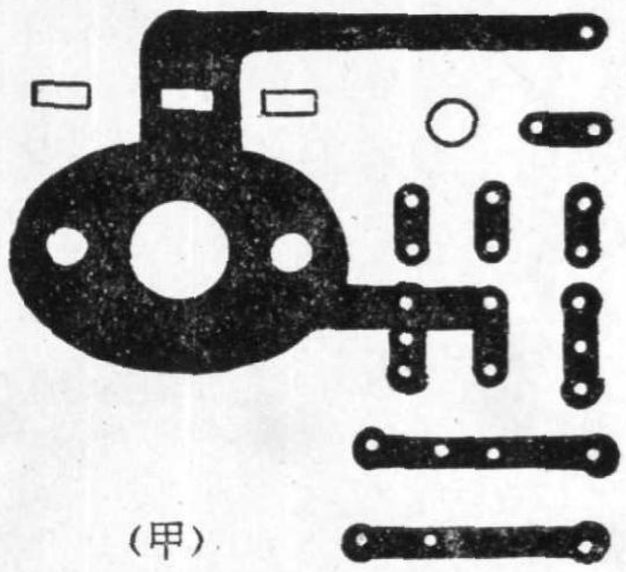
一架收音机，即使是最简单的矿石机，也得由好多个元件联结起来才能组成。高级的晶体管收音机，单是电阻器，就要用到四、五十只。这么多的元件，如果只是简单地按照电路图将它们联接在一起，那就必然要碰线。这样的收音机不是不响，就是一会儿好一会儿坏。摇一摇不响了，再一摇又唱了，检查故障时简直无从着手。因此，各个元件必须固定在一定的位置上，这就要有一块“底板”。产品晶体管收音机用的底板都是印刷线路板，这种印刷线路板我们可以自制，如果没有材料，也可以用胶木板做底板。

一、印刷线路板

印刷线路板是一种敷有薄铜箔的纤维板。人们按照电路的需要，把铜箔无用的部分“烂”去，剩下有用的部分当作接线，然后把元件插在线路板相应的位置上，利用剩下的铜箔将各元件连通。线路板可以自己制作，具体的方法如下：

1.设计线路板

各元件的位置不能随意安排，因为印刷线路板利用铜箔做接线，所以“接线”间不可以相互交叉，这就要求我们精心安排各元件



（甲）

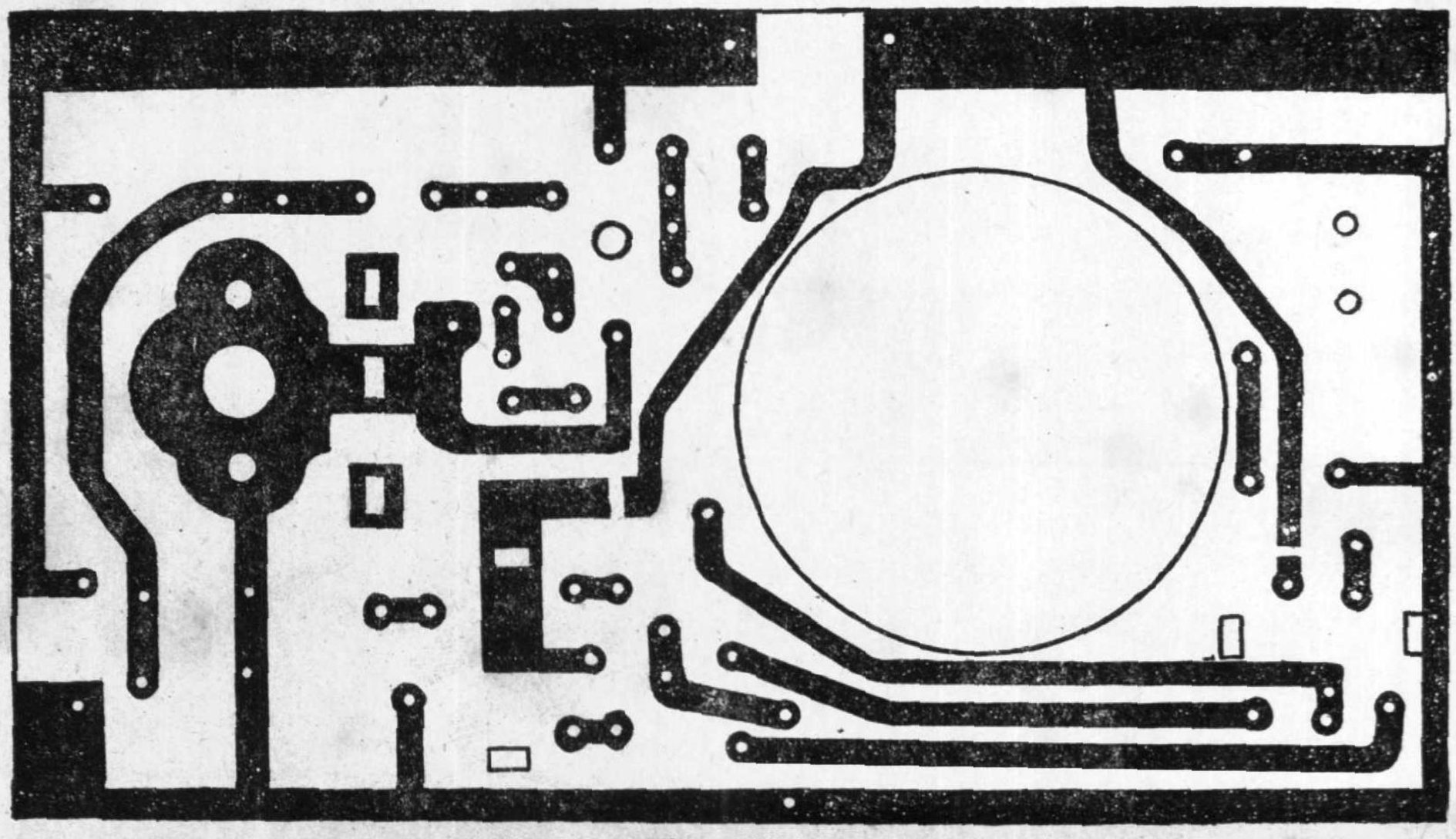


图3—9（乙）

的位置。设计安排有一个总的原则，输出端（接晶体管的集电极）和输入端（接晶体管的基极）不得靠近，后级管子不得靠近前级管子等等。要满足这些要求，对一个初学者来讲，是比较困难的，我们只要求大家初步了解这些原则。

图3—9是本书用到的两块线路板，（甲）为单管机印刷线路板，（乙）为四管机印刷线路板，它们都是按实际尺寸绘制的。读者在做完单管机实验后如果不准备保留它，那么，可以不必烂制单管机的印刷线路板，在做实验时把单管机装在四管机的印刷线路板上，以节约用料和时间。

2.描绘电路

铜箔纤维板上不需要的那部分铜箔，是用药水将它烂掉的。要保留的那部分铜箔，当然不能跟烂铜箔的药水接触，所以必须“保护”需要保留的那部分铜箔。办法是用漆将这部分铜箔涂盖起来。为此，要先在裁割好的铜箔纤维板上用铅笔按图3—9的样子把板描好。这项工作是需要耐心的。描的时候，注意线条的边缘要直，线条要细些，描错的地方要抹去，免得涂漆时涂错。描好以后，仔细核对一遍，然后再涂漆。漆可以用任何一种快干漆，但最好是喷漆。因为喷漆干得最快，漆要调得稀一些。

涂漆可用小号毛笔，笔的质量要好一些，以免笔毛脱落影响工作。涂漆时要注意漆层的厚度，不要太厚也不要太薄，而且要均匀。漆的边缘必须清晰光洁，不能让漆滴在无用的地方。涂完后经过仔细核对，确实没有差错了，把纤维板平放，让漆凉干。

3.烂制

烂制线路板所用的药水是三氯化铁溶液。烂一块四管机线路板只需要用10克三氯化铁（溶解在250克的清水里），溶液配制好以后，倒在浅盆子里，然后将漆层已经干透的线路板浸入，不断地搅动溶液，未被涂盖的铜箔就会渐渐地腐蚀掉，再把纤维板取出，用清水漂净晾干，最后用漆的溶剂如香蕉水、松节油等将纤维板上的漆统统擦去，印刷线路板就烂好了。烂制过程中，若铜箔腐蚀得太慢，可将三氯化铁溶液加热到50～60℃，这样便可加快烂制速度。线路板烂好后还要仔细检查一遍，看看有没有无用的铜箔遗留下来，若有的话，就要用小刀将这些铜箔刮掉，并且把接线的边缘整修光洁。

用漆涂盖好的纤维板待漆干透后就要送去烂制，不要放置太久，因为时间一长，漆会硬化，擦去时比较困难。

4.打洞

线路板烂好后还要去打洞，打洞的部位在图3—9里已经标明。洞的直径较小，不超过1毫米。打好洞的线路板，可以算是完工了。

5.镀银

线路板的铜箔经过烂制，在表面上往往形成了一层氧化薄膜，给以后的焊接带来了困难。产品的印刷线路板一般都要镀上一层银，自制线路板也可以镀银，并且方法很简单。

（1）用少许硝酸银溶解在水里，然后将线路板浸入，慢慢地铜箔上就会镀上一层银。

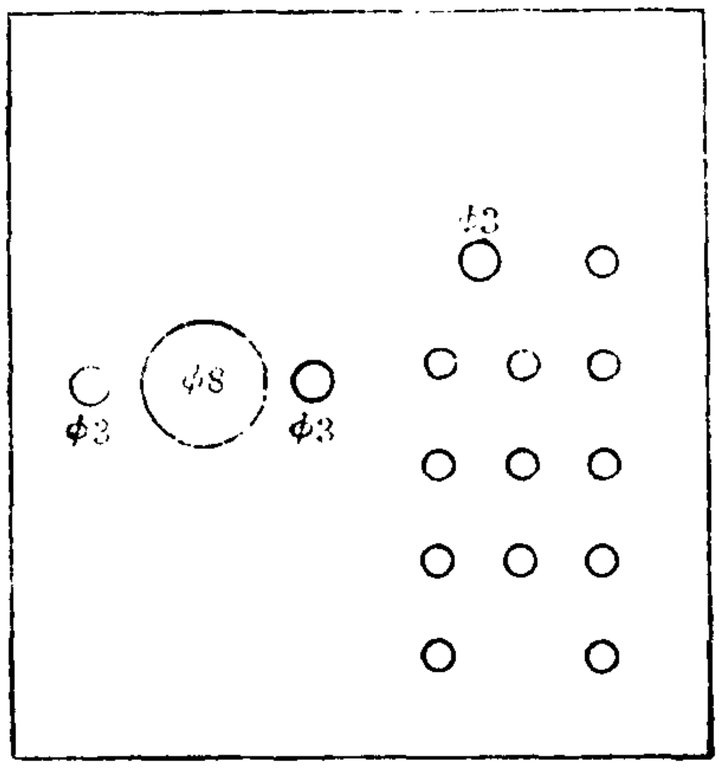
（2）利用废显影液也能将线路板镀银，做法同上。

镀了银的线路板应该用清水漂洗干净。

二、自制胶木底板

如果没有铜箔纤维板，也可以用厚1毫米的胶木板来做底板，甚至还可以用三夹板。由于简易晶体管收音机只收听广播段的电台，工作频率不高，用三夹板的效果还是可以的。图3—10是为本书介绍的单管机和四管机设计的胶木底板的实样。

先按照图3—10所示的尺寸裁好胶木板，照图中的位置在胶木板上画好应钻孔的小圆圈，然后用手摇钻在画好的部位将孔钻



单管机底板

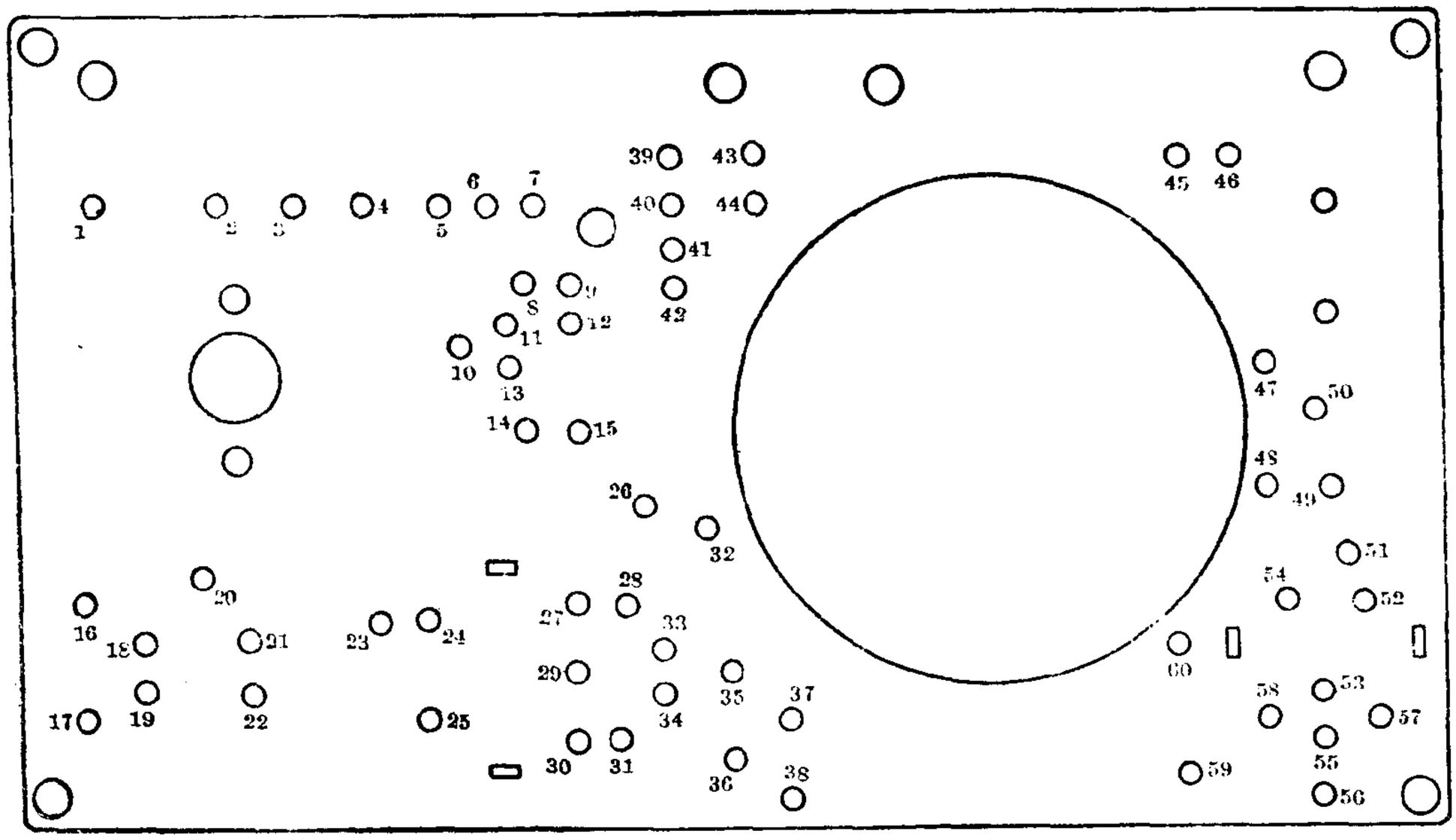


图3—10　四管机底板

好，除注明者外，孔的直径应为2毫米，打洞时要注意：

1.不要用力太猛。胶木板很容易打穿，用力太猛不仅要墜断钻头，而且会把胶木板弄裂。

2.胶木板上有些孔的距离较近，如果打洞时不谨慎，把洞打歪了，在装上铆钉后，铆钉的边缘就要碰在一起。为避免出现这种情况，我们在画小圆圈时一定要画得准确，手摇钻在钻洞时要握得正，握得稳，动作可以慢一些。

3.照图把孔全部钻好后，还不能马上装铆钉。因为不管打洞时怎样当心，胶木板的背面总有一些毛刺，装铆钉前应该先用锉刀、刮刀或砂皮等将洞孔背面的毛刺修整一下。修整完毕，才可以敲铆钉(用2×3毫米铜质穿心铆钉)，方法如下：

从胶木板的正面把铆钉推入胶木板的孔里，将胶木板翻转，放在平钢板上面，然后用梅花冲正对铆钉洞口放好，用锤头敲击梅

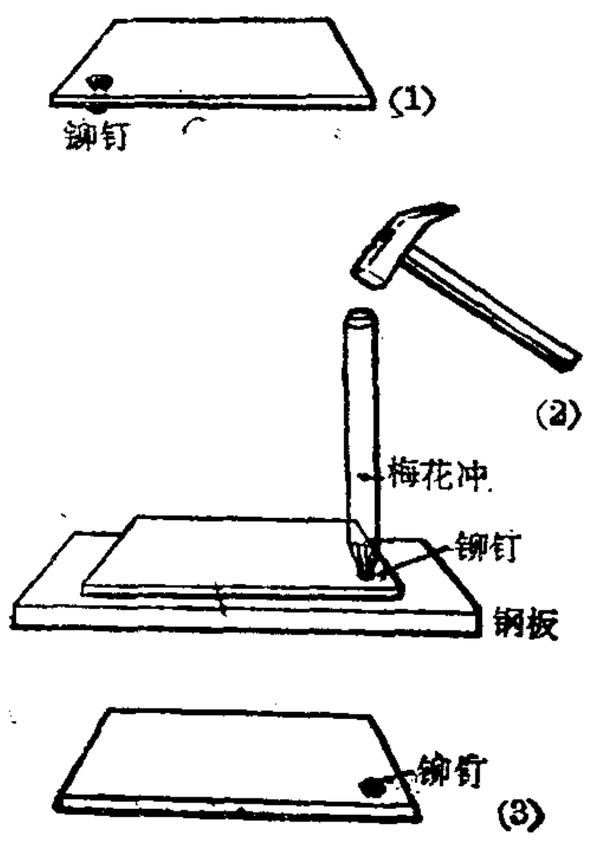


图3—11　打铆钉

花冲，铆钉的背面便会豁开成梅花状，铆钉被牢牢地铆在胶木板上。

若没有梅花冲，也可以用一枚大铁钉(至少用8～10厘米长的)代替，但是，铁钉的尖头成四方锥，铆钉只豁开四瓣，豁开后用锤头敲打铆钉，把它铆牢。

把全部该铆的铆钉都装好后，底板就可用来装收音机了。

第四节　怎样绕制线圈

简易晶体管收音机里用的线圈有两种，一种是调谐线圈(通常也叫天线线圈)，另一种是高扼圈。

一、调谐线圈

调谐线圈和可变电容器组成“调谐电路”。调谐电路的任务就是选择电台——从天线感生的许许多多个含有不同信号的电流中挑选出我们需要的电流。调谐线圈一般有初级和次级两个线圈，绕在同一个骨架上。

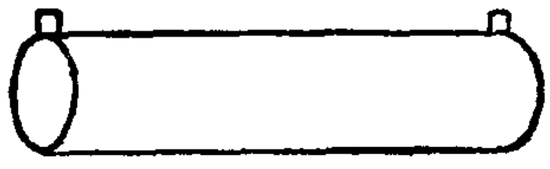
在广播段晶体管收音机里，由于采用了导磁能力很强的磁棒做调谐线圈的磁芯，调谐线圈能够直接从电磁波感生出足以进行工作的(但仍然是很微弱的)电流，所以可以把外接天线省掉，因此除了收听远地微弱信号外，晶体管收音机一般不另外加接天线。

磁棒按外形分有扁形和圆形两种，按工作频率分有低频(MX型)和高频(NX型)两种。我们这里选用圆形的，读者如已有扁形的一样可以用。磁棒除了工作频率和形状不同之外，还有尺寸上的不同，圆磁棒直径有8毫米和10毫米两种，长短有80毫米、100毫米、120毫米、140毫米、160毫米、180毫米和200毫米等多种。磁棒越长，接收微弱信号的能力越强，不过当长度达到160毫米后，即使再加长，效果的提高也不怎么明显，所以，本书实验中我们选用长度为140毫米、直径10毫米的圆形磁棒。为了满足部分读者安装单管机的需要，我们在表3—1里另外介绍一只用于55毫米长扁形磁棒的调谐线圈。

绕制调谐线圈用的线采用ϕ0.07×7或ϕ0.07×28的多股丝漆包线。所谓ϕ0.07×7的意思是直径0.07毫米漆包线7股绞合成1根，ϕ0.07×28是直径0.07毫米漆包线28股绞合成1根。股数越多的线，效果越好。但根据实验结果，用7股丝漆包线的效果已经不错了。

线圈圈数多少跟磁棒尺寸以及配用的可变电容器的最大容量有关。具体圈数参阅表3—1。读者可以自行选配。

线圈应绕在骨架上，市场上有一种适用于直径10毫米圆磁棒的塑料骨架(图3—12)，可供使用。若自己动手，也可用纸做，选用0.12毫米厚的牛皮纸，照图3—13的尺寸剪好。另外剪一张约宽4厘米、长6厘米的牛皮纸，把它绕在磁棒上作为骨架的衬芯，这层衬



塑料骨架

图3—12

表3—1

配用电容	磁棒				
	扁　形　55	10×80	10×100	10×120	10×140或10×160
170pF	φ0.07×5 初级120 次级12				
270pF	φ0.07×7 初级82 次级7	φ0.07×7 初级70 次级8	φ0.07×7 初级70 次级7	φ0.07×7 初级40+40 次级8	φ0.07×7～28 初级62 次级6
360pF		φ0.07×7 初级60 次级8	0.07×7 初级60 次级8	φ0.07×7～28 初级55 次级6	φ0.07×7～28 初级52 次级5

芯在做好骨架后是要拿掉的，所以衬芯纸筒不要绕得太紧，也不要用胶水粘住，只要在两端用玻璃胶水纸贴住，衬芯做好后，将做骨架的牛皮纸包在衬芯外面，共绕四层，每层之间都要用胶水粘牢，等胶水干透，就可以绕制线圈。绕制时先绕初级线圈，用一张小

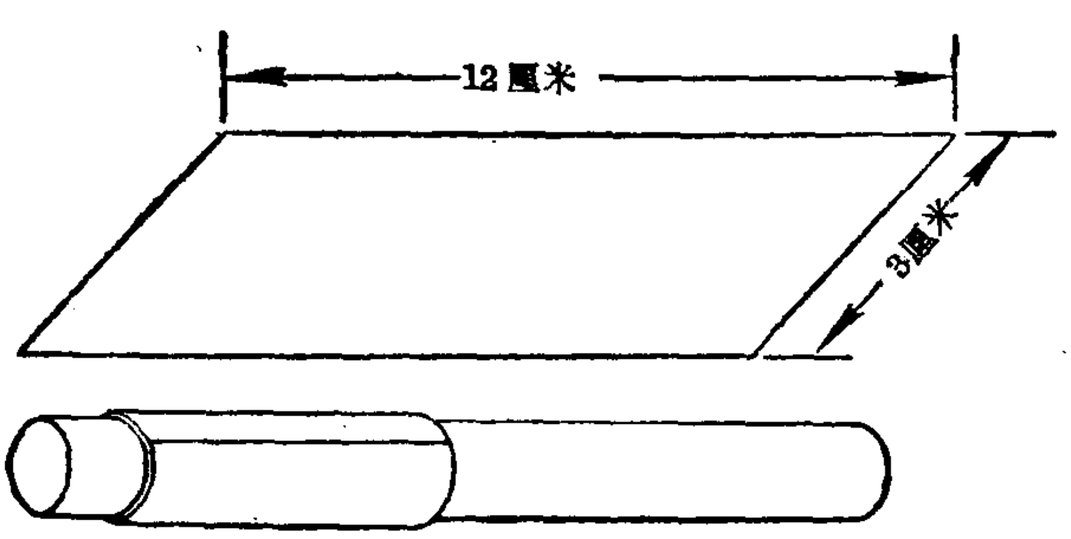


图3—13

纸条(要牢固些的)或薄布条照图3—14那样把线头夹住，在上面绕三、四圈后将小纸条收紧，绕到58圈左右，再夹上一张对摺的小纸条，等绕满62圈，把线尾从小纸条中穿出，拉紧线尾和纸条，初级线圈便绕好了。在离初级线圈3～4毫米的地方，用同样的线(如果初级线圈用28股，则次级线圈可改用7股)以同一方向绕6圈作为次级线圈。这样，整个调谐线圈便告完成。绕好的线圈最好能够用清漆(俗称蜡克)薄薄地涂一层，使线圈不会松散。绕制时线头和线尾都必须留得长一些，因为装机时，往往是直接将线头(尾)接至其他元件。线圈外形如图3—15，此线圈配用270p的可变电容器。

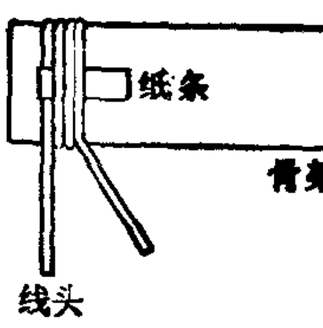


图3—14

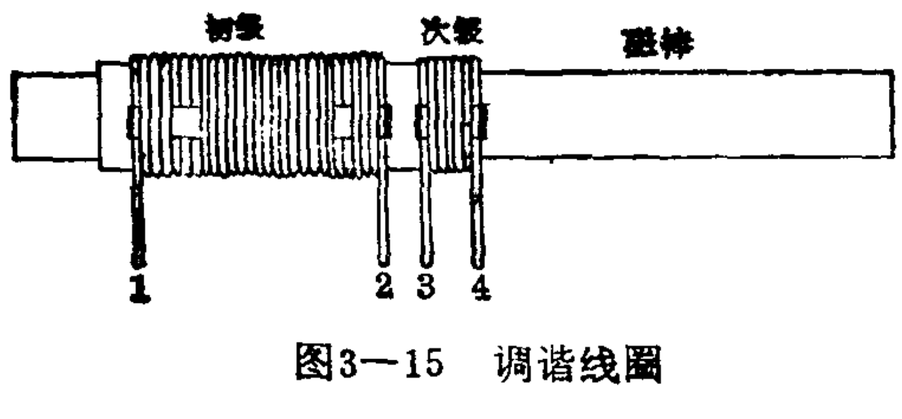


图3—15　调谐线圈

绕制完毕，应将衬芯抽掉，线圈便可在磁棒上自由移动。

二、高　扼　圈

简易晶体管收音机里都要用到高扼圈，

高扼圈也能自己绕制，而且比调谐线圈简单，但是因为线很细——单股φ0.08～0.12毫米的漆包线，绕制时必须细心，否则很容易把线弄断。

高扼圈也有磁芯，是一根3×15的锰锌铁氧体。绕制前先要用较硬的纸板如青壳纸、红钢纸(薄的)等照图3—16剪2块小衬圈作夹板，把它们套在磁芯上，相距约5～7毫米。并用清漆或胶水把它们粘在磁芯上。

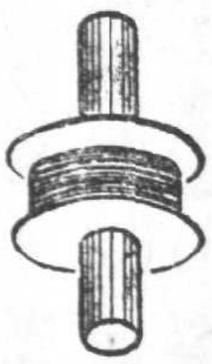


图3—16 高频扼流圈

高扼圈本来应该绕成蜂房式，但这要使用蜂房式绕线车，自己绕制时可以用乱绕法，乱绕虽然不及蜂房式，但已完全可以满足简易收音机的需要。

高扼圈的线头一般都是直接引出，不另外用引出线，线圈圈数约300圈，绕好后整个线圈用石蜡封好，以防受潮。

第五节　元件的检查

在进行科学实验时，准备工作做得越精细，成功的可能性就越大。在这一节里，我们介绍一下元件的检查方法。

一、调谐线圈

对于调谐线圈，主要检查它的圈数是否正确，它有没有断线。检查圈数并不需要仪器，直接数一数即可。断不断则要靠万用表。测量之前，先用砂皮将线圈的线头砂亮，砂的时候当然要很小心，因为多股线中每一股的直径都很细，用力稍为大一点，就会把线弄断，而弄断了又不很容易发觉，特别是28股的，就更难发觉了。多股线弄断一根后，线圈的效能便要变差一些。漆砂掉后，应把多股线绞紧，拧成一股，这样可以减少断线的可能，而且以后焊接时比较方便。线绞紧后，用万用表$R\times1$档去测量，不论是量初级或量次级线圈，万用表的指针都打到接近零的地方，因为它们的电阻都很小。如果万用表指针不动，表示线圈断了。

二、高扼圈

高扼圈的好坏主要是通不通和有没有短路。这两种情况都可以用万用表测出，如果万用表指针有偏转，一般说高扼圈是好的；如果指针打到底，则表示高扼圈内部短路，这只高扼圈必须拆开重绕。

三、可变电容器

可变电容器的好坏，情况比线圈复杂。新的工厂产品一般是不会有毛病的，旧的可变电容器可能有以下几种毛病：碰片、短路、漏电、接触不良、极片松动、定位脚断损(限于密封式可变电容器)、定片紧固螺丝松动等。检查方法如下：

1.碰片或短路

将万用表两根表棒分别接在定片和动片的两只脚上，选择开关放在$R\times1$K档。旋转动片转轴，不管转到哪里，万用表指针都不应该偏转，如果动片在某一位置时万用表指针偏转一下，说明在这个位置上电容器有短路。若动片不论放在哪里，万用表指针都指

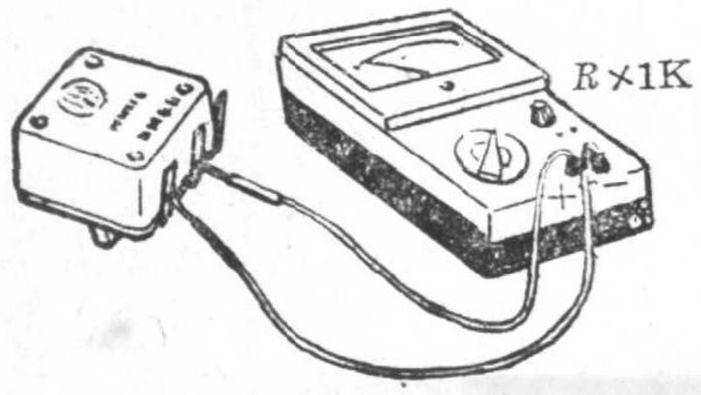


图3—17　判断可变电容器有否短路

在零点，则说明可变电容器的定动片已经完全短路，不能使用了。空气式可变电容器，碰片处可以用眼睛直接找出来。

2.漏电

按照图3—17检查可变电容器时，如果万用表指针始终有一个角度不大的偏转，则

表示可变电容器有漏电，也不能使用。

3.接触不良

这种毛病用万用表检查不出，我们只好等机器装好后，在调试和试听时再判断。若装好的收音机其他都正常，但在调节可变电容器选择电台时，收音机里“克勒”、“克勒”声不断，多数就是这种毛病引起的。

4.定片紧固螺丝松动

也不能用万用表查出。装了这种可变电容器的收音机，使用时工作很不稳定，在接收时，电台忽有忽无，忽而在这里收到，忽而又在另一个地方收到。

5.定位脚断损

可变电容器的动片最多只能旋转180°，在密封式可变电容器中，若定位脚断损，动片就会“团团转”，结果刻度盘上电台的位置完全被打乱。这种毛病是最容易查出的，只要动片转轴“团团转”，就是定位脚坏了。

上述这些毛病中，除第3、4两种外，都能在事先查明。

四、固定电容器

固定电容器的质量，主要看它的容量足不足，漏电怎样。就容量来讲，大容量电容器可以用万用表来作粗略的测定，小容量电容器就比较麻烦。

1.大容量电容器

指的是容量在0.047μF以上的各种电容器(电解质的另外介绍)。测定时万用表放在$R\times1$K档(最好放在$R\times10$K档)，如图3—18那样，把被测电容器接到万用表的两支表棒上(注意手不可同表棒铜头接触)，即可看到万用表指针向右晃动，然后回到零点，

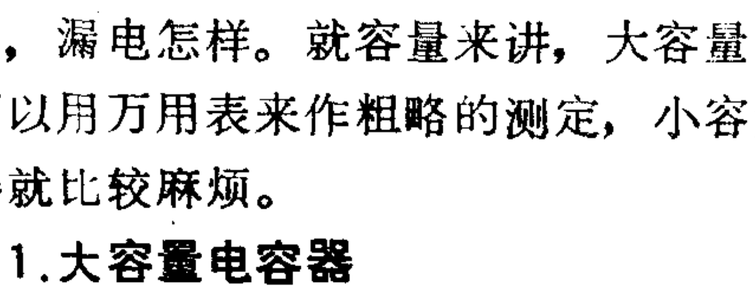


图3—18　测定电容器容量足不足

这是因为电容器进行了充电。电容量越大，指针晃动的格数越多。如果电容器接上时指针不动，表示电容器已经没有容量了，若指针晃动格数比正常电容器的晃动小得多，则说明电容器容量已经不足。

有时将表棒刚接到电容器上，指针略动一动，看得不清楚，可以立即将两根表棒对调，再接到电容器上，电表指针的第二次晃动要比第一次大一些。

2.小容量电容器

指的是电容量在0.047μF以下的电容器。这些电容器容量小，就是用$R\times10$K档去量，除了容量在0.01μF以上的指针会略动以外，其他的都不能使指针晃动。在这种情况下，我们得借助万用表交流电压的500伏档，还要用到220伏的市电电源。用这个方法时要特别注意安全，千万不可让人体的任何部位——主要是手指——碰到220伏电压，以免发生触电危险。具体接法请参阅图3—19。照图接好电路，万用表指针应有指数。如果没有指数，电容器就是没有容量了。

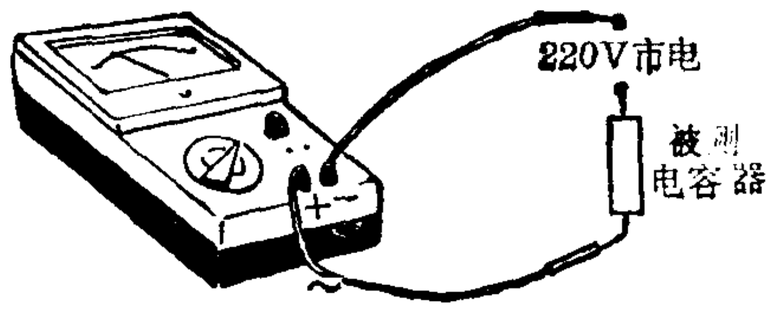


图3—19　用交流电和万用表检验电容器

表3—2为几种容量的电容器接上后，万用表指针相应的指数。

表3—2

容　量	100～200p	300p	510p	1500p	2200p	4700p	6800p
指　数	20～35V	50V	75V	150V	170V	200V	220V

上述测量法，仅适用耐压大于250伏的电容器。

3.电解电容器

电解电容器也可以用上面第1点介绍的方法来测试。但是，由于电解电容器的两根线头有正极和负极之分，而且小型电解电容

器的耐压一般比较低，晶体管收音机里常用的多数是耐压 6 伏的，因此在测试时就有一些补充注意事项。(1) 不 要经常用万用表的黑表棒去接电容器的负极，和用红表棒去接正极，因为在万用表的电阻档，黑表棒与电表内的电池正极接通，如果黑表棒接电容器负极，就使电容器实际接的电压极性与电容器规定极性相反，时间一长，容易使电容器损坏。(2) 不要用 $R\times10K$ 档来测试。因为这一档使用的电池电压一般较高，多数在 9 伏以上，用它来测试很容易将电容器 击 穿。(3)电解电容器的容量都比较大，测试 时 电表指针晃动角度很大，甚至会超过满度，在满度处停留一段时间，这样指针容易损坏，所以测试时最好改用 $R\times100$ 档，让指针晃动角度减小。

以上介绍的是测试容量的方法。至于另一项漏电的测试就简单得多，只要照 图 3—18 的接法用$R\times$ 1 K档(最好是 $R\times10K$ 档，但测电解电容器时除外) 测试。除电解电容器外，电容器充电时指针晃动，充电完毕指针应退到“∞”，表示绝缘良好。如果指针退不到∞，而在某处停止不动，则表示电容器有漏电。很明显，漏电电阻越小，漏电越严重。漏电的电容器不能使用。不过，电解电容器不同，它的漏电电阻一般都不可能很大，根据实验观察，只要漏电电阻大于200K，还是可以在简易晶体管收音机里使用。

五、固 定 电 阻 器

固定电阻器--般只要测定它的阻值就可以了。接法同图3—18。测试时，万用表选档开关应随所测电阻阻值大小而改变。例如阻值几欧到几十欧的电阻应该用$R\times1$ 档测试，几十千欧到几百千欧的电阻应该用 $R\times$ 1 K 档测试。

固定电阻器的损坏多数属于变值和断路两方面。接上表棒后万用表指针不动，说明电阻已经断路。如果万用表指数同该电阻器的标称值相差很多(大于20%)，例如标称值 1000Ω 的电阻用万用表测量有2000Ω，则电阻器已经变值。变值和断路的电阻器不能使用。

六、电 位 器

电位器的测试比固定电阻器要复 杂 些。除了测定有没有断路、变值以外，还要检查接触是否良好，带开关电位器要试验开关好坏。断路的测试方法和固定电阻器一样，接法见图 3—20。因为简易晶体管收音机中 的电位器都用 4.7KΩ 的，所以测试时选 档开关放在 $R\times100$ 这一档上。

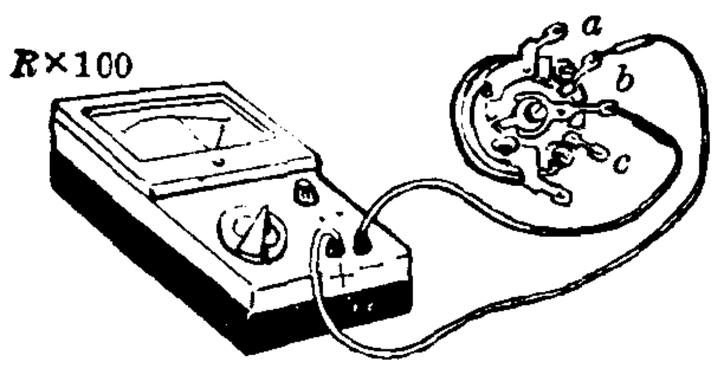


图3—20 测量电位器的好坏

测试接触好不好，只要把图 3—20 中两根表棒的任何一根接到中心焊片 b (滑动接触片的引出头)上，然后将转轴缓缓转动，这时电表指针也应该缓慢地变动。若表棒分别接 a、b 两焊片，当转轴顺时针转 动 时，电表指针指数应缓慢而平稳地 增 大，最 后 在 4.7K 处停止。当转轴逆时针转动时，指 针指数会缓慢而平稳地减小，最后在“零”处停止。若表棒接 b、c 两焊片，则指针变 化 情况应同上面相反。假使出现下面的情况，就表示电位器已经坏了：

1.电表指针指不到“零”。若表棒接 a、b 焊片，这只电位器是不能将音量关轻到无声的。若表棒接 b、c 焊片，这只电位器不能将音量开到最响。

2.指数大于4.7K，电位器已经变值。如果变值不严重还可以使用。如果 变 值 到 大于 10K，应该废弃不用。

3.转动转轴时，电表指数不平稳，而是

不断地跳动，这说明电位器的接触不良，跳动越厉害，接触越不好，这种电位器用在收音机里，会造成很大的噪声，甚至在某些位置上会使收音机无声，必须经过修理，才能使用。

电位器开关的损坏，主要是接不通（开不上）、切不断(关不掉)和时通时不通三种。试验时，将万用表表棒接开关焊片，如图3—21。万用表选档开关放在$R\times 1$档。顺时针捻动转轴，使开关发出“喀”一声，电表指针应从∞(表示不通)摆动到满度(即$R=0$)。若这时指针指数不等于零，表示开关接触不良；若指针不动，则表示开关已损坏。然后逆时针捻动转轴使开关又一次发出“喀”一声，指针应退回至∞，表示切断。若这时指针指数不能退回∞，这只开关便是关不掉的。应该反复试验几次，看看开关是不是始终良好。

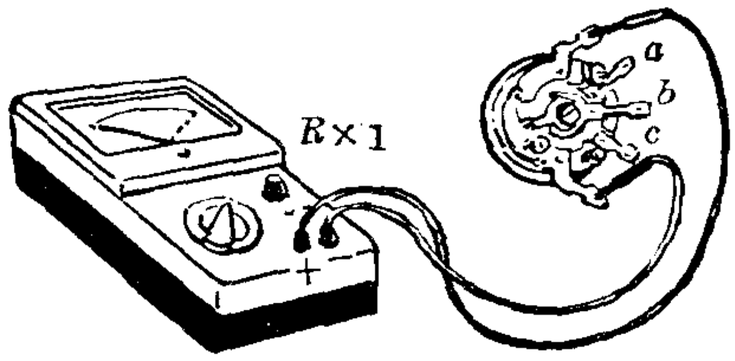


图3—21　判断开关的好坏

七、输出、输入变压器

使用输出和输入变压器，首先要判断哪一个是输出，哪一个是输入，用错了，收音机是不能工作的。有一些产品输出和输入变压器的外形完全相同，只是线圈外包上一层颜色纸作为标记，例如上海有些产品以绿色表示输出，红色表示输入，但也有些产品没有任何标记，这就要设法将它们区别开来。

判别的办法有好几种，但原理都是利用输出变压器用线粗，直流电阻小，而输入变压器用线细，直流电阻大。最方便的方法是用万用表测定它们线圈的直流电阻。虽然各地产品的规格并不相同，但总的来说，输出变压器初级线圈(有三个线头)的直流电阻大约不超过50欧；而输入变压器初级线圈(只有两个线头)的直流电阻多数都有几百欧。假使没有万用表，也可以用一节干电池和一只2.5伏的小电珠，按照图3—22那样串联起来。若小电珠能发光，这只变压器就是输出，若小电珠不会发光，则它是输入变压器（当然，还有一个可能是变压器内部断线了）。

判别了输出、输入变压器后，就应该进一步检验它们的好坏。输出、输入变压器主要检查断线、短路、线圈与铁芯碰线三个方面。

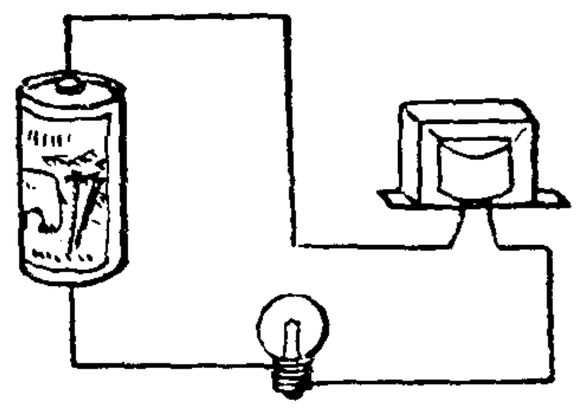


图3—22　用干电池、小电珠判别输出、输入变压器

如果是自己绕制的，还需要检验线头有否接反。

1.断线的检查

断线的检查只要用万用表就行。把电表表棒接线圈的线头，如果电表指针不动，就说明已断线。请注意，目前产品输出、输入变压器线头的安排都是同一组线圈在铁芯的同一边，所以，如果电表表棒象图3—23(乙)

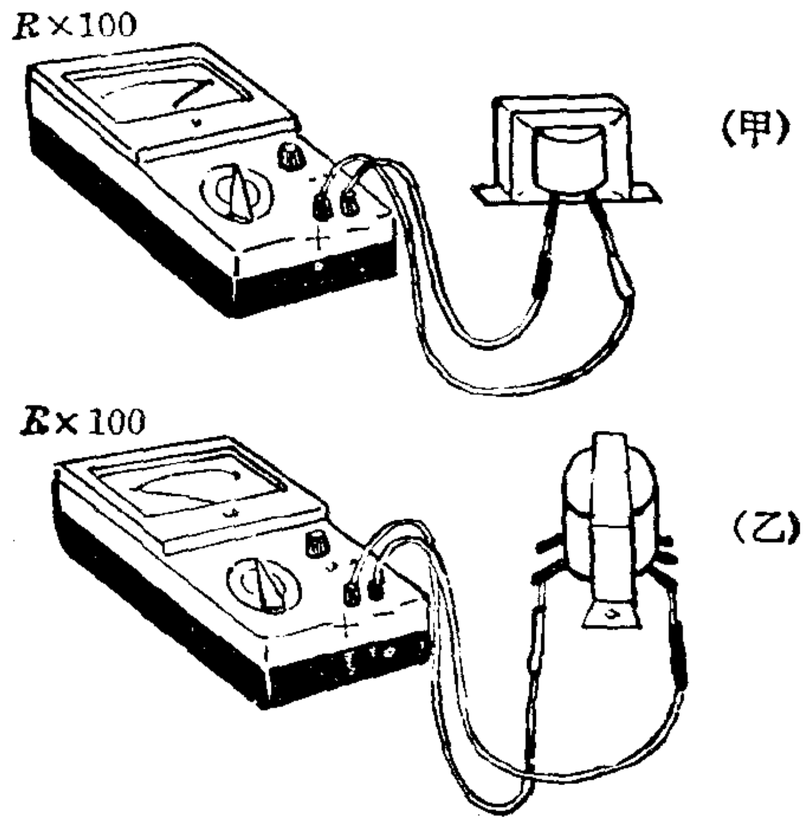


图3—23　测试输出、输入变压器

那样去测，指针是不应该动的。

有时会碰到下述两种情况：

(1)电表指针晃动，电阻值有几千欧或更大。这是因为线圈受潮后铜线发霉变细，甚至将断而还没有断，这种情况常见于输入变压器。这样的变压器是不能使用的。

(2)测量时指数时有时无，表示线圈内部已有断线，但断处有时还能相接触；或者是线圈的漆包线与引出线之间的焊接不良。这样的变压器也是不能使用的。

如果手头没有万用表，可以用一节干电池和一副耳机来检查有否断线。接法见图3—24。已断线的变压器在线头搭接的过程中，耳机里没有声音。若有"喀喀"声，则变压器没有断线。

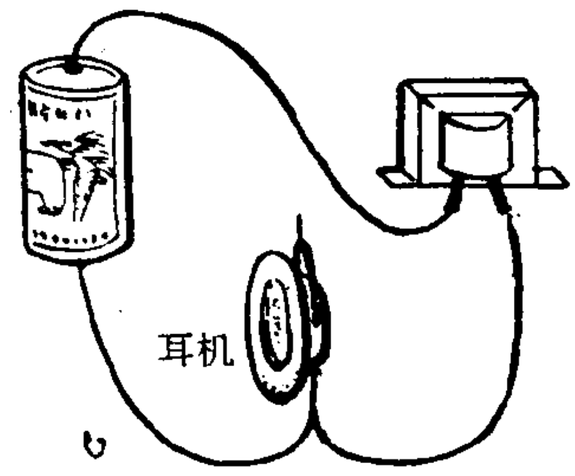


图3—24　用干电池和耳机检查断线

2.短路的检查

输出、输入变压器的线圈由于各种原因，会发生短路。短路的输出和输入变压器会使收音机不能工作，或者音轻，或者音质变坏。

短路可能发生在一组线圈上，也可能发生在初、次级两组线圈之间，还可能发生在线圈和铁芯、铁壳之间。要一一加以检查。

(1) 线圈内部短路

输出、输入变压器线圈内部短路有三种可能，一种是一组线圈(初级或次级线圈)完全短路，第二种是一组线圈局部短路，第三种是两组线圈(初级和次级线圈)之间短路。现在分别说明它们引起的故障和检查方法。

图3—25是上述三种短路情况的图示。甲图左边画出的是整个线圈（不论是初级还是

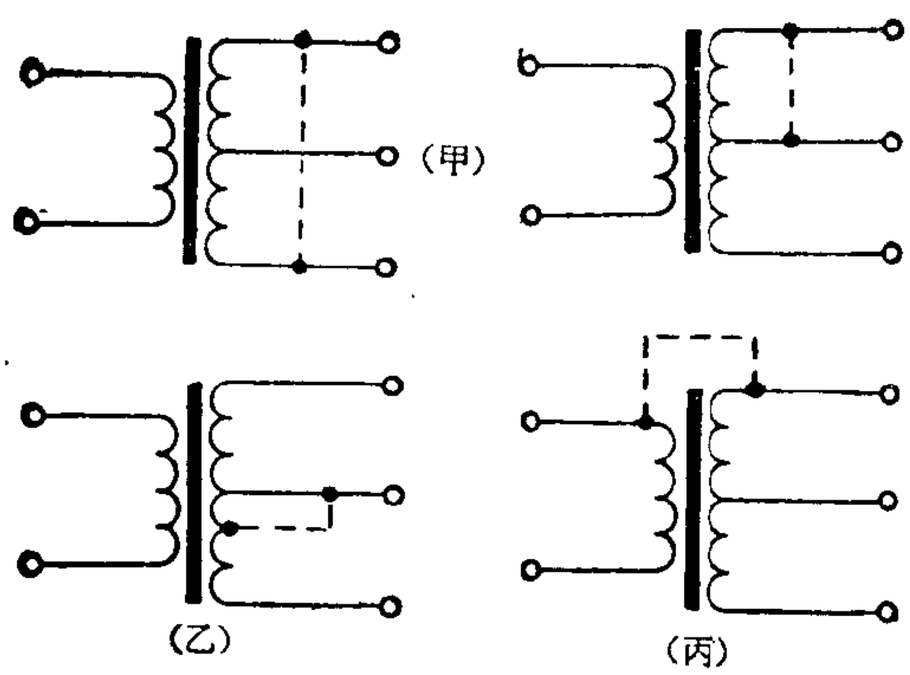


图3—25　线圈的短路

次级）短路，发生这种短路会使收音机无声。甲图右边画出的是半个线圈（不论是输入还是输出）短路，发生这种短路会使收音机音量大大减轻、音质变坏。乙图画出的是局部（即线圈的一部分，可以是一圈、二圈或一层线、二层线）短路，发生这种短路会使收音机音量减轻、音质变坏。丙图画出了初、次级线圈之间的短路，这种情况将使收音机无声。

短路不难用万用表检查出来。因为输出、输入变压器每只线圈都有一定的直流电阻，所以，如果按照图3—23甲那样去测量某个线圈的电阻时，万用表指针指数为零，就说明这个线圈短路了。同理，输出、输入变压器的初、次级线圈是互不接通的，若照图3—23乙那样去测量初、次级线圈之间的绝缘电阻时，万用表指针指数为零，就表示初、次级线圈之间短路了。

至于线圈局部短路，是不容易查出来的。尤其是只有少数几圈短路，更不容易查出，只有用短路测试仪，才能直接显示出局部短路的存在。这里，只介绍用万用表检查输入变压器次级线圈有较多圈数（例如一、二层线圈）短路的方法。晶体管收音机用的输入变压器次级两组线圈是双线并绕的，它们的直流电阻基本上相同，如果用万用表(选用$R\times10$档)分别测量次级两组线圈的电阻，发现它们的直流电阻不一样，便可断定电阻小

的一组有局部短路存在。有一个可靠的，但是缺点很大的办法，就是将需要检查的输出或输入变压器换到一架工作正常的收音机上去试，若换上去后收音机的音量变轻、音质变坏，被检查的这只变压器就是有短路的。这个办法的缺点是麻烦，而且容易使那架收音机损坏。

（2）线圈同铁芯、铁壳之间短路

这种短路是容易查出的。将万用表选档开关放在$R\times100$上，把两根表棒分别接线圈的一个线头和铁芯，如图3—26。若电表指针指数为零或仅几十千欧，就说明有短路存在。

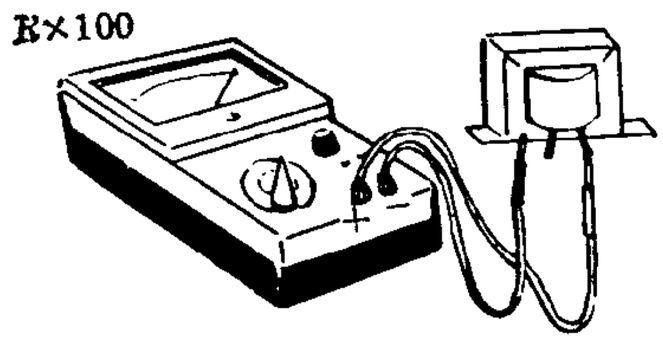


图3—26　线圈——铁芯短路

3.线圈有否接反

产品输出、输入变压器不会有这种毛病，但自己绕制的却因经验不足很容易发生。好在这种毛病还不难查出，方法见图3—27。把万用表选档开关放在$R\times10$($R\times100$也可以）档，如果检查输出变压器，则在它的半个初级线圈（线头1、2)接一只耳机，然后用万用表表棒去接触它的次级线圈，不要始终接上，而是搭搭放放，记牢这时耳机声音的响度。将耳机改接整个初级线圈(线头1、3)，重复刚才的试验，若这时耳机发出的声音比刚才响，说明线圈内部接头的接法是对的。若这时耳机发出的声音比刚才轻，则说明线圈接法反了，将任意半个线圈的线头对调便可以得到正确的接线。

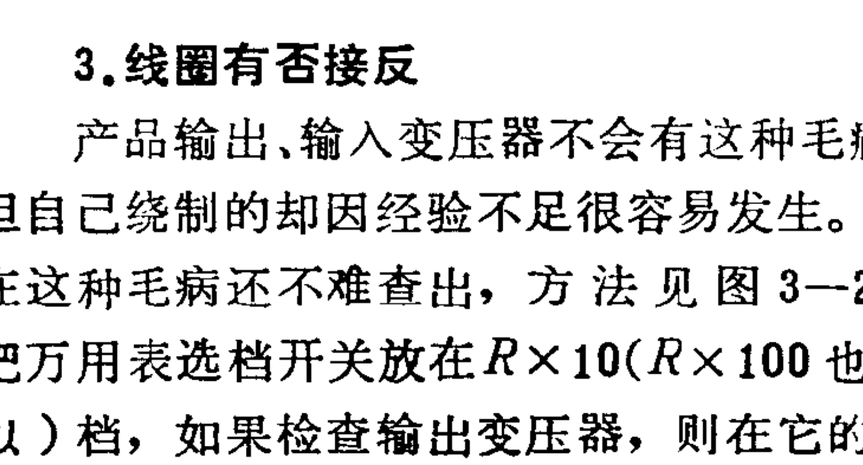


图3—27　检查输出、输入变压器的线头是否接反

八、耳机和扬声器

耳机和扬声器的好坏，同变压器情况相似，也是看有否断路、发霉和短路。但因耳机和扬声器还有振动膜(或纸盆)和永磁体，因而检查步骤就比较复杂些。

检查有无断路，可以用万用表的$R\times100$档，将表棒接触（不要接上不放）耳机引出线或扬声器音圈接线柱，耳机或扬声器里应发出“喀喀”的声音。若没有声音，就说明耳机线圈或扬声器音圈已断路。注意，耳机的引出线较长，很多情况下，不是线圈断了，而是引出线断了。所以在检查耳机时，还得测试一下引出线是不是断了。检查方法见图3—28。把耳机上盖掀开，拿去振动膜，露出线圈线头，用万用表测量某一根引出线的两个线头，就可以判断引出线有无断线。

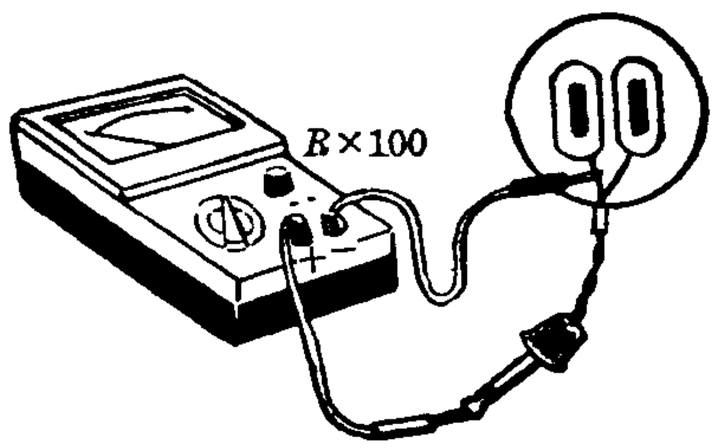


图3—28　检查耳机引线

在进行上述检查时，若耳机或扬声器只发出微弱的“喀喀”声，或耳机里响声时有时无、时响时轻，则多数是耳机或扬声器线圈发霉使直流电阻变大，线圈将断未断。耳机或扬声器发声微弱，还可能是永磁体磁性不足。

在完成了上述检查之后，应再进行下面的检查：将耳机或扬声器串联一只几十欧的电阻（高阻抗耳机可不接电阻）接到电压不

大于几伏的交流电源上，仔细听它发出的声音，若声音发沙——带一种“吱吱”声，那么，耳机的膜片或扬声器的音圈必定是与磁芯相碰了。对于扬声器来说，还可能是音圈脱胶，或者在磁隙间有铁屑吸附着。有这种毛病的耳机或扬声器接到收音机上，发声必定沙哑而且失真。

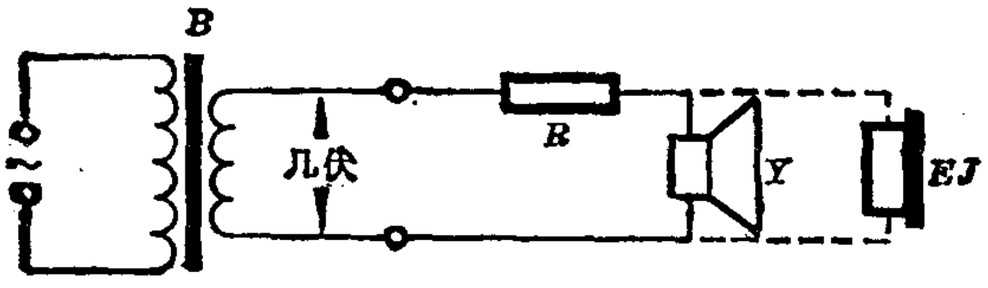


图3—29　检查耳机膜片或扬声器音圈有无碰到磁芯

九、晶体二极管的检查

检查晶体二极管，首先要注意型号。我们已经知道，各种型号二极管的最大工作电流和最高工作频率是不同的。用错型号，不是不能正常工作（例如低频管用在高频电路里），就是损坏（例如小电流管用在大电流场合）。

其次是检查正、反向电阻。将电表的黑表棒接二极管的正极，红表棒接二极管的负极——正向连接——时，电表指数较小，应在几百欧到几千欧之间，越小越好。反向连接，电表指数很大，应在几十千欧到几百千欧以上，越大越好。正向和反向电阻相差越大，表示二极管的单向导电性能越好，若不论正向连接还是反向连接，电阻都是一样大，说明二极管已失去单向导电性能。若正向连接时指针不动，说明二极管已断路。若正向和反向连接时指针指数为零或只有几欧、几十欧（大功率管除外），说明二极管已击穿。

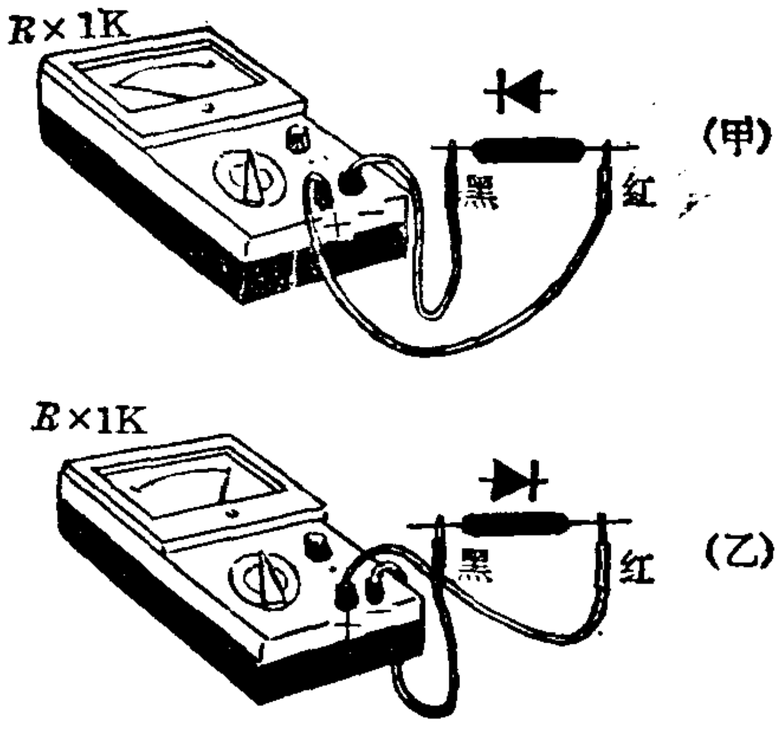


图3—30　检查二极管的正、反向电阻

有了上述基础知识，我们就能明白怎样去挑选合适的二极管。以做检波的二极管为例，检波二极管工作于高频电路，这里是广播段，应选最高工作频率高于1600千赫的。因为检波电路的工作电压和工作电流很微弱（电压不满1伏、电流不满1毫安），参考附录三，可以看出，任何2AP系列的晶体二极管（例如2AP1、2AP9和2AP10）都能满足要求。

顺便指出，任何一只坏了一个结的高频晶体三极管，例如坏了一个结的3AG1，只要好的那一个结的单向导电性能良好，都可以用来代替2AP系列二极管做检波工作。

第四章　最简单的收音机——矿石机

结构最简单的收音机是按照第一章所说的，刚好能完成最基本的四个环节的收音机。这种收音机在检波前和检波后都没有加用放大器。这种结构的收音机习惯上叫做0—V—0式收音机。这里的第一个“0”表示检波前没有放大，“V”表示有一级检波器，第二个“0”表示检波后没有放大。

读者可能会问，现在很多人都直接实习装六管机，甚至更复杂的机器，为什么还要介绍这样简单的收音机？我们认为，学习科学，应该从最基本的原理和简单的实践开始，这样可以通过循序渐进的原则，获得扎实的基本训练，包括基础知识和基本技能技巧。只有有了扎实的基础，才能在今后进行高级的、复杂的实践中，不会因为缺少必要的训练而感到困难。这就是我们介绍矿石机和下一章的单管机的理由。我们希望读者不要因为这种收音机已经没有人去用它而不愿意去理睬它。

第一节　矿石机的电路

最简单的0—V—0收音机用一只晶体二极管做检波。在过去晶体管还没问世的时候，用一块“矿石”（这种矿石也有单向导电作用）做检波，因此习惯上我们就把这样的收音机叫做矿石机。现在虽用晶体二极管做检波，但这类收音机仍叫做矿石机。

既然一架矿石机刚好能完成收音过程的四个环节，它的结构就必然只有四个部分。它的电路如图4—1。图中的L_1是天线线圈的初级，它有双重功用。一方面它代替了天线，在感受到电磁波的作用时产生感生电压。另一方面它和可变电容器C_1组成调谐电路，

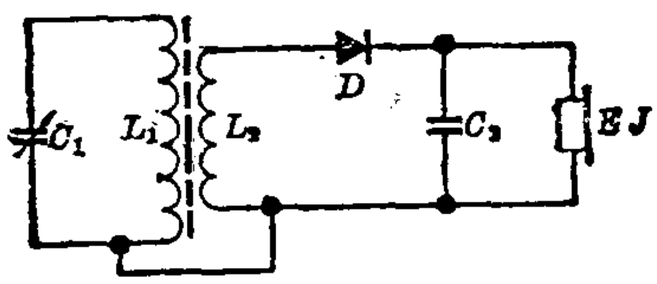


图4—1　矿石机电路图

对感生电压进行选择，选出所需电台信号。L_2是次级线圈，它从L_1在磁棒中产生的磁场感生一个电压，送到二极管D。由于二极管的单向导电作用，L_2送出来的高频交流电被“割”去半周，若把这个电流直接加在耳机上，因为它的变化太快，耳机膜片来不及跟随它振动，仍然不会有声音。因此，在耳机两端还得并联一只电容器C_2，利用电容器充、放电能力，把削掉半周的高频电流变为音频脉动电流，这个电流通过耳机，耳机便发出声音来。图4—2是这个全过程的图解。

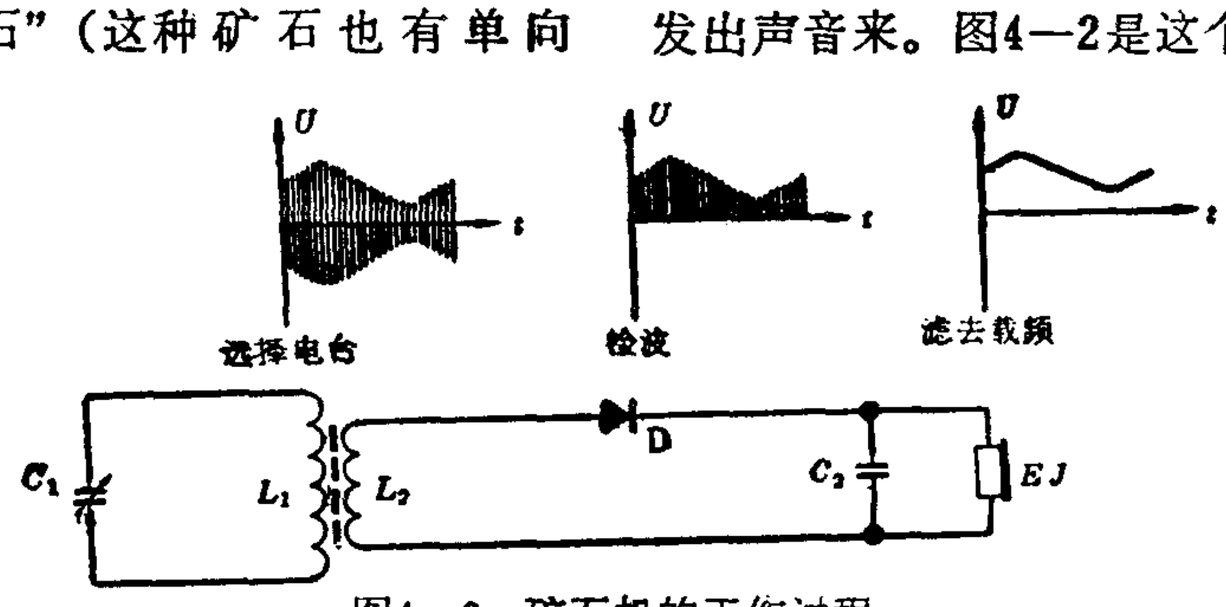


图4—2　矿石机的工作过程

在实验时，常常不用 C_2，也能从耳机中听到声音，这是什么缘故呢？原来，耳机的引出线一般都比较长，两根金属导线之间是绝缘层，相当于存在一只电容器，人们把它叫做潜布电容。另外，耳机线圈绕组也存在潜布电容，而且容量要大得多。这些电容都并联在耳机线圈的两端，无形中等于有了电容器 C_2，因此，不用 C_2 也能放出声音来。

矿石机所用各元件的规格如下：

线圈	见第三章第四节介绍的磁棒线圈
C_1	2×270P密封双连可变电容器(我们选用双连，是为了使读者在今后学装超外差式收音机时不必再另行购买。若读者只准备学习本书范围的内容，则可以选购 1×270P 密封单连可变电容器或其他最大电容量为 270P 的单连可变电容器)。
D	晶体二极管，2AP 系列都可以用。
C_2	100～270P，瓷片、云母、玻璃釉、涤纶电容器都可以。
耳机	600Ω以上的高阻抗耳机。

第二节　怎样装置矿石机

学习装置电子设备，要养成一个良好的习惯：耐心、仔细、做好充分准备；要按照电路从最后一级逐级、逐件向前级装过去，或者从最前面一级逐级、逐件向后级装过来，而不是这一级装一个元件，那一级装一样东西，东装装、西装装。特别是在装元件较多的机件时更应遵循这一原则。

在第三章里，我们已经做好了装置前必要的准备工作。在这个基础上，我们来进行今后的实验。

考虑到装矿石机只是我们今后进行一系列实验的入门过程，实验成功、取得经验后就要拆掉，而印刷线路板又不适宜反复拆装，所以，即使读者有了第三章介绍的自制印刷线路板，也还是请你们另外再找一块16厘米×7.5厘米左右的三夹板，作为实验用的临时底板。先按图 4—3 在三夹板上安装

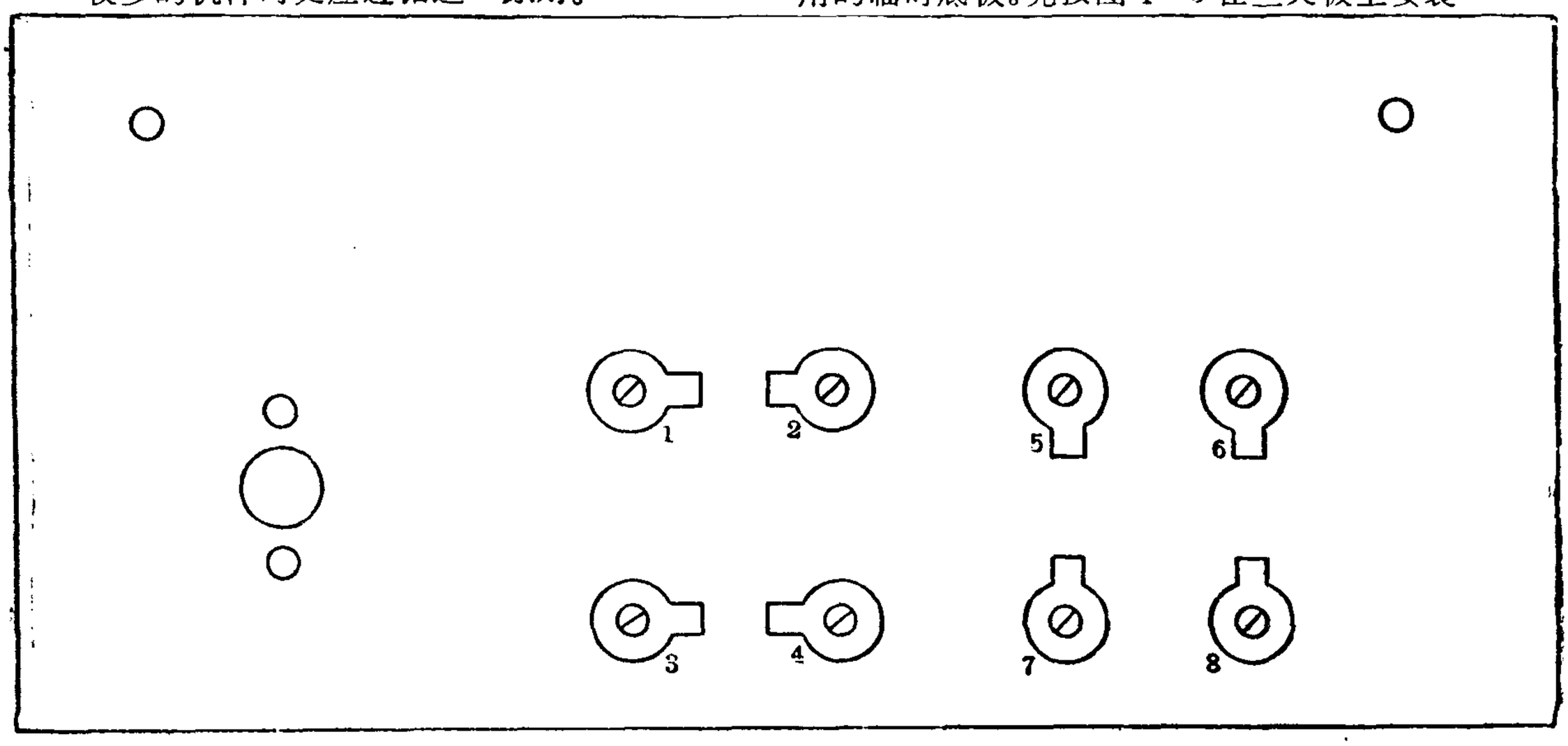


图4—3　三夹板制成的临时底板

8 颗3×4的螺丝，每颗螺丝夹紧一枚焊片，焊片可以用薄铜皮或食品罐的白铁皮剪成。另外在临时底板上安装天线线圈和可变电容器。当然，如果你用的是第三章介绍的胶木板底板，则可以按图 4—4（乙）安装天线线圈和可变电容器。

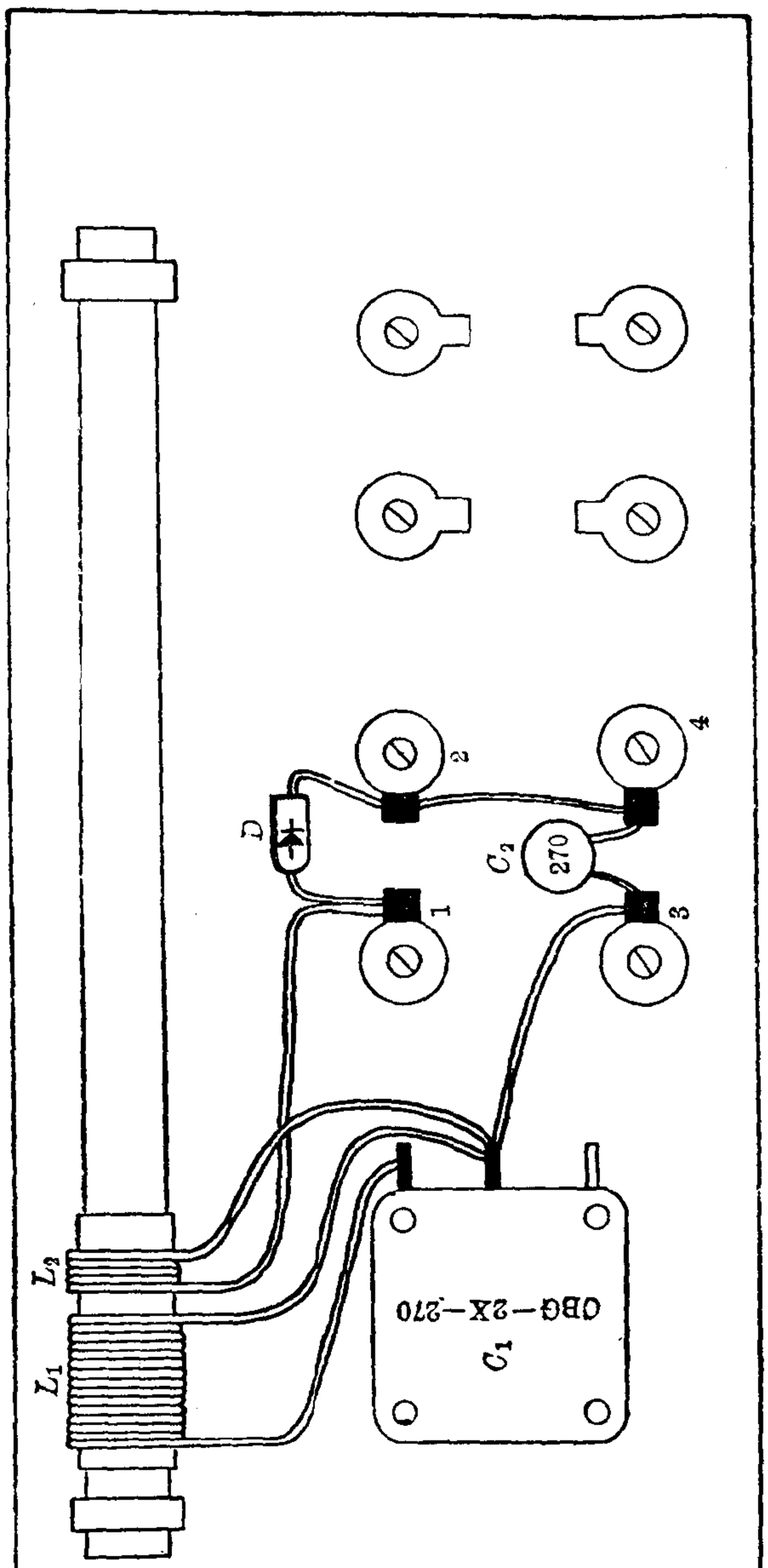


图4—4（甲） 用临时底板的矿石机实体接线

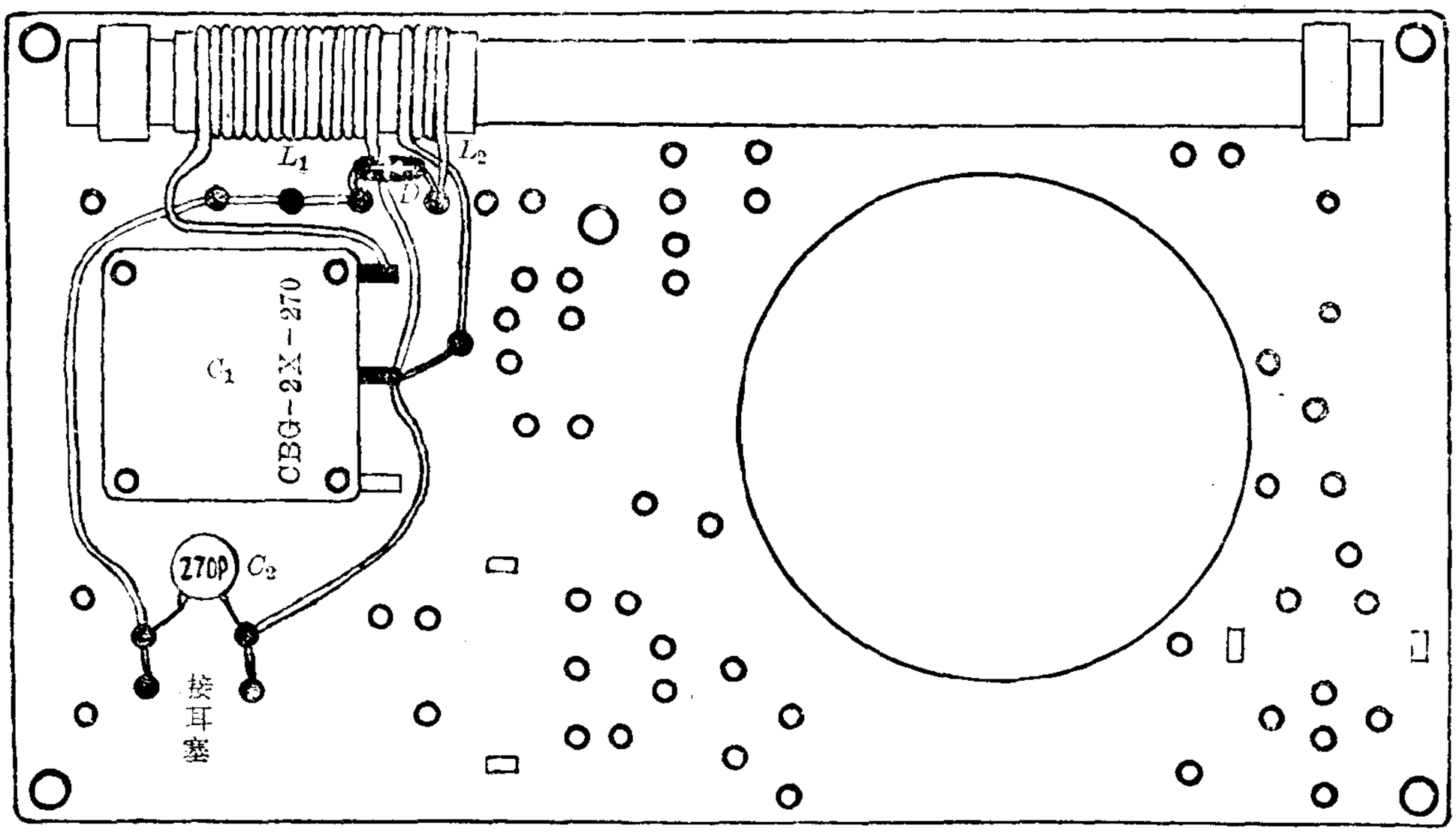


图4—4(乙)　用胶木底板的矿石机实体接线

装接步骤如下：

一、固定可变电容器和天线线圈

用螺丝将可变电容器固定在底板上，要注意螺丝不能过长，否则螺丝会伸到电容器里面，把定、动片顶住而不能旋动，甚至将可变电容器搞坏。

磁棒天线线圈要用磁棒架来固定，磁棒架在底板上要装得牢靠。

二、焊接各个元件

我们采用从后级往前装的顺序。

(1) 先装 C_2。将 C_2的两个线头分别焊在焊片 3 和 4 上。

(2) 用导线将焊片 2 和 焊 片 4 连 接 起来。请注意，导线不要很长，只要比焊片 2 和 4 之间的距离略长一点就可以了。

(3) 将晶体二极管 D的负极焊在焊片 2 上，正极焊在焊片 1 上。二极管 D的引线脚不要剪短，因为前面说过，这架矿石机是过渡性质的，很快要被拆掉。若现在将 D的引线脚剪短，以后再用时就感到不方便。

(4) 用导线将焊片 3 和可变电容器的动片连接起来。

(5) 将天线线圈次级线圈的线头 3 焊接到焊片 1 上。

(6) 将次级线圈另一个线头 4 焊到可变电容器的动片上。

(7) 将初级线圈线头 1 焊到可变电容器的定片上。

(8) 将初级线圈线头 2 焊到可变电容器的动片上。

到这里，矿石机的全部焊接过程便告结束。仔细将接线同图4—1的电路核对一遍，看看有没有错接、漏接。在肯定接线完全正确之后，可以开始试听。

三、试　　听

矿石机由于电路简单，只要按照我们介绍的步骤接线，装好的机器总是成功的。

先用夹子将耳机引线的两个线头固定在焊片 3 和 4 上。如果是离电台较近的地方，那么，旋动可变电容器，便可以听到电台的广播。改变天线线圈方向，使声音最响，这

是因为磁性天线是有方向性的。如果住的地方离电台较远，电台的广播声很弱，有可能听不到声音。遇到这种情况，需要临时拉一根天线。可以用一根10米以上的导线横架在室内高处作为天线，再另用导线（废漆包线即可）将天线引入下来（导线和天线必须接通），引线同天线线圈的线头1绞合在一起但不接通。这样做，是利用绞合处的电容把天线感应到的电动势送入矿石机，此时再旋动矿石机的可变电容器，就能够听到电台的播音。

试听结果，是只能收到本地电台以及中央台。显然，矿石机的效果肯定是不能令人满意的。唯一令人满意的是，它不耗电，而且可以连续不断地使用。那么，怎样提高矿石机的接收效果呢？这正是我们要研究的。要找到提高接收效果的途径，我们还得学习一些有关知识。

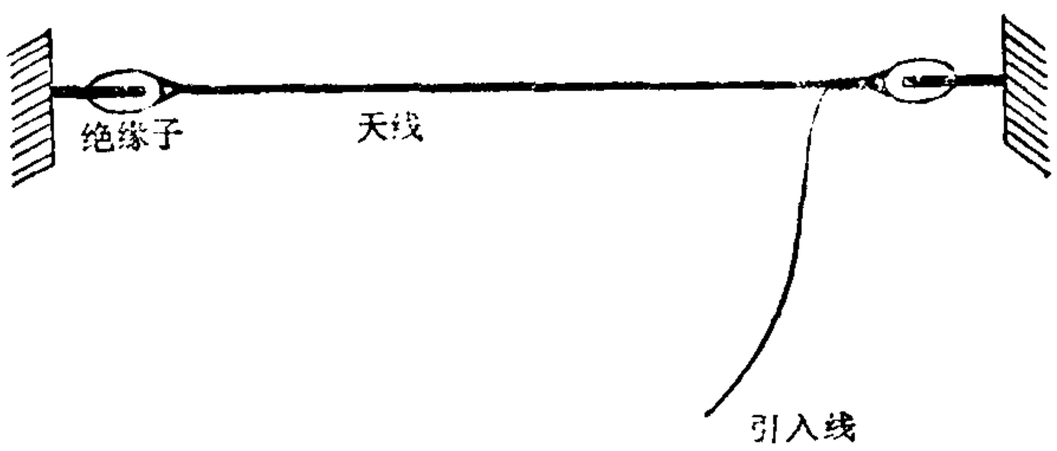


图4—5　架设简易室内天线

第五章　来复式单管收音机

上一章已经给我们指出了矿石机存在的问题，并且指出，必须设法提高收音的效果。怎样提高？提高什么？要用什么元件？电路组织怎样？这一连串的问题，等待着我们去解决。

第一节　收音机的质量要求

要提高收音机的效果，首先要弄清楚，对一架收音机的质量有哪些要求。为了搞清楚这一点，让我们先分析一下矿石机的缺陷是什么。

一、矿石机的缺陷是什么

在试听了矿石机之后，我们将会发现，矿石机最大的缺陷有三点：

1.能接收的电台太少，除了本地电台以外，外地电台只能收到中央台，其他的电台一概收不到。

2.电台混杂不清，在收听某一个电台时，耳机中同时混入别的电台的播音，存在所谓"夹音"。严重时，电台混杂到分不清的地步。

3.声音实在太轻，甚至加接了室内天线，耳机发出的音量还是只能供一个人勉强收听。

要提高收音效果，当然少不了从这三个方面着手。

二、收音机的基本质量要求

1.灵敏度

刚才提到，矿石机收不到外地电台。一架收音机接收微弱电台的能力用灵敏度来表示。灵敏度越高，收音机接收微弱电台的能力就越强。

2.选择性

矿石机不能将电台分隔清楚，收音机分隔电台的能力用选择性来表示。选择性越强，收音机分隔电台就越好，发生夹音的可能性就越小。

3.输出功率

矿石机的音量很小。收音机放音时音量的大小同它的输出功率有关。在别的条件相同的情况下，输出功率越大，放音的音量就越大。

4.失真度

收音机应该忠实地将原来的声音一点不走样地重放出来，但实际上这是不可能的。收音机重放声音时，多多少少总要有些走样——即失真。失真度在10%以内，我们人耳是听不出来的，所以，凡是失真度小于10%，就叫做不失真。

收音机的失真度大小同它使用时的音量大小有关。一架收音机的音量开得越大，失真度也越大。将收音机的音量逐渐开大到即将出现失真时，收音机的输出功率叫做最大不失真输出。很明显，收音机的最大不失真输出越大，效果越好。

5.信噪比

所谓信噪比，是指收音机工作时，发出的有用信号跟噪声的比值。一架收音机工作时，不可避免地要发出一些噪声，同有用信号相比，当然是噪声越小越好，也就是信噪比越大越好。信噪比越大，收音机放出的声音越清晰。

以上，我们介绍了对收音机最起码的一

些质量要求。至于优质收音机，还有更多的要求，这里就不一一叙述了。

三、怎样改进矿石机

从上面的分析，我们可以看出，要改进矿石机，首先得提高它的灵敏度和选择性，还得提高它的音量，使它不用天线也能接收稍远一些的电台。

怎样使矿石机发出较大的音量呢？我们可以在检波之后，将检波输出的音频电流进行放大，再让放大了的电流去推动耳机。在检波后加接一级音频放大（以后简称低放）的收音机，可以简写为0—V—1式收音机。

怎样提高矿石机的灵敏度呢？可以在检波之前先将高频交流电流加以放大。在检波前加接一级高频放大（以后简称高放）的收音机，简写为1—V—0式收音机。如果同时加了一级高放和一级低放，这样的收音机就叫做1—V—1式收音机。当然还有别的改进办法，但是，饭是一口一口地吃的，我们最好也是循序渐进，不要祈求一步登天。所以，还是从0—V—1式着手吧！

改进的原则是有了，具体问题却还没有解决。因为在我们已经理解了的元件中，没有一种是具有放大能力的。现在的任务，就是先找出一种具有放大能力的元件，然后再确定它的电路结构。

第二节　对晶体三极管的认识

晶体三极管便是具有放大能力的一种元件。

一、晶体三极管的结构

在第二章里，我们提到P—N结和它的单向导电性能，并且介绍了利用P—N结制成的晶体二极管。那么，晶体三极管又是用什么东西制成的呢？原来，三极管是由两个P—N结构成的。图5—1是三极管的结构示意图和符号。以图5—1(甲)为例，NPN型三极管由两个P—N结对接构成。由于具体构造不一样，两块N型半导体中的一块是发射电子的发射源，这块半导体就叫做发射区，它的引出脚叫做发射极(*e*)，另一块N型半导体却能收集发射极发射的电子形成电流，这块半导体就叫做集电极(*c*)，它收集的电流叫集电极电流(I_c)。当中那块P型半导体构成第三个电极——基极(*b*)。

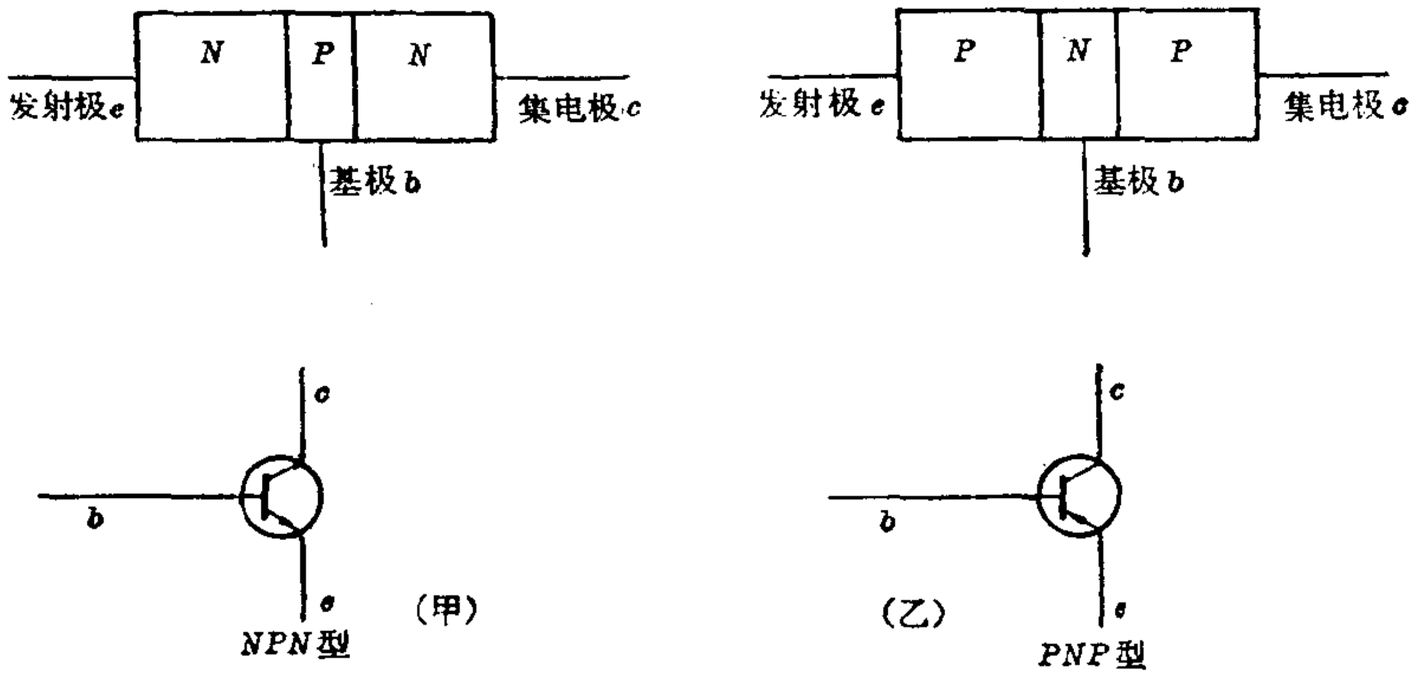


图5—1　晶体三极管的结构示意和符号

目前我国生产的硅三极管多数是NPN型的，而锗三极管则多数是PNP型的。NPN型和PNP型三极管工作时最根本的区别在于内部电流方向的不同。NPN型的集电极电流由集电极流向发射极，而PNP型的集电极电流则由发射极流向集电极。

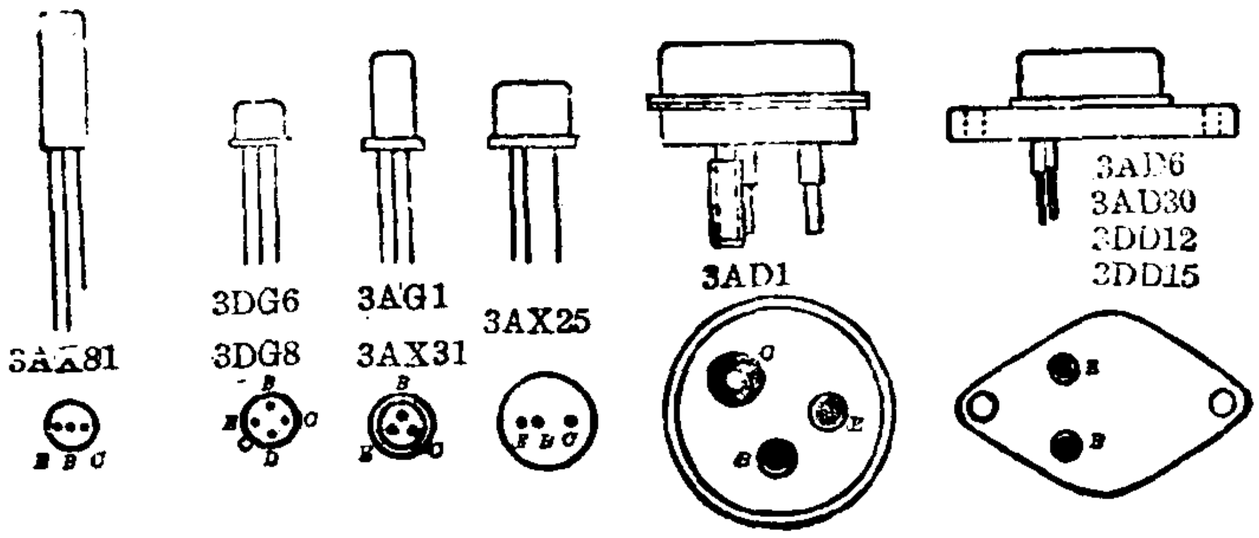


图5—2　几种三极管的管脚排列

图5—2是几种常用晶体三极管的管脚排列和外形。

二、怎样判别三极管的三个电极

晶体三极管的三个电极通常叫做管脚。每种三极管的管脚都有一定的排列。有些管子在某管脚旁标一个色点代表集电极，但也有少数管子管脚旁的色点却是代表发射极。在使用这类管子时，最好先查阅特性说明，免得接错。但是，在手头没有特性说明或者管壳上的型号褪掉而无法查阅时，为保证正确使用，可以用万用表来判别管脚。此时万用表选档开关应放在$R\times100$或$R\times1K$档上，不可以随意放在$R\times10K$档，因为这一档的电压较高，可能会把管子击穿。在测定小功率管时，电表也不应放在$R\times1$档上，因为这一档的电流较大，也可能将管子烧毁。

我们知道，三极管是由两个P—N结对接组成的，它的基极同集电极组成一只二极管，同发射极组成另一只二极管。拿PNP型三极管来说，基区是N型半导体，集电区和发射区都是P型半导体。因此，当我们把红表棒接到基极，用黑表棒分别接触集电极和发射极，二极管都应导通，电表指针的指数很小，仅几百欧到2～3千欧。而把表棒对调后，二极管就不导通，电表指数很大，要在几百千欧以上。因此，判别基极可用以下办法：把红表棒接到任意一只管脚上，如图5—3中的“1”，用黑表棒接触剩下的任意一只脚如“2”，设这时电表指示导通。然后将黑表棒改接剩下的另一只脚如“3”，设电表仍指示导通。那么，红表棒所接的管脚“1”就是要找的基极。若测试结果不是这样，说明红表棒接触的不是基极。将红表棒轮流改接“2”和“3”，一定有满足图5—3所示的情况，从而找出基极。

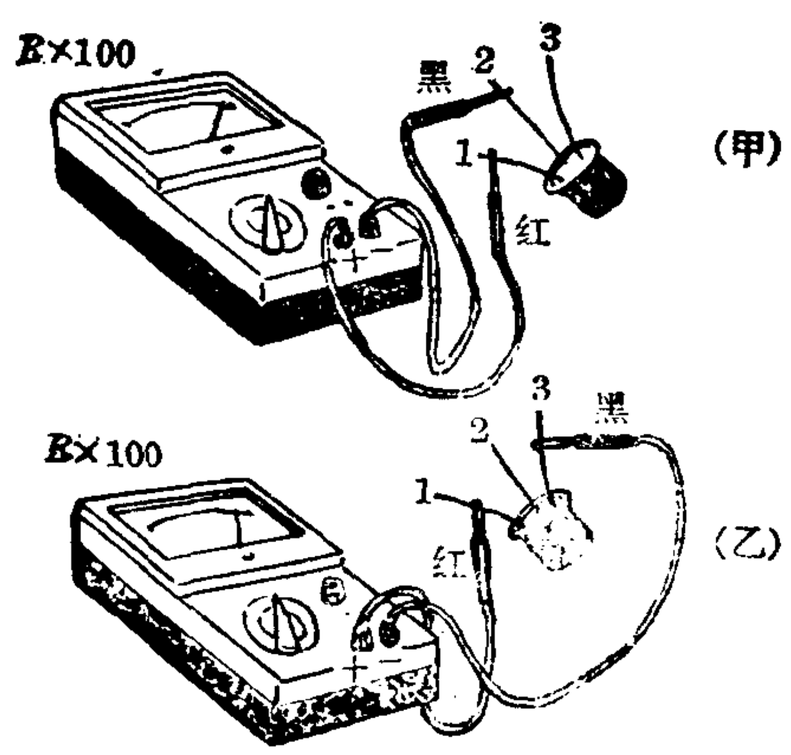


图5—3　找基极的方法

找到基极后，剩下的两只脚一只是集电极，另一只是发射极，只要能确定其中一只，另一只也就确定了。进行判断的依据是，当集电极和发射极间的电压极性正确时，管子的放大能力比较强；电压极性接反，管子的放大能力就很小。以PNP型三极管来说，集电极应该接电源负极，发射极则接电源正极。具体判别办法如下：将万用表红表棒接到“3”(或“2”)脚上，此时仍设“1”脚为基极，黑表棒接剩下的一只脚。再

用一只100K左右的电阻跨接在基极和红表棒上，设这时电表指针指数较小。把两根表棒对调，重测一次，设这次电表指数较大。那么，在指数较小的那一次，红表棒所接的脚是集电极，如图5—4中的“3”。

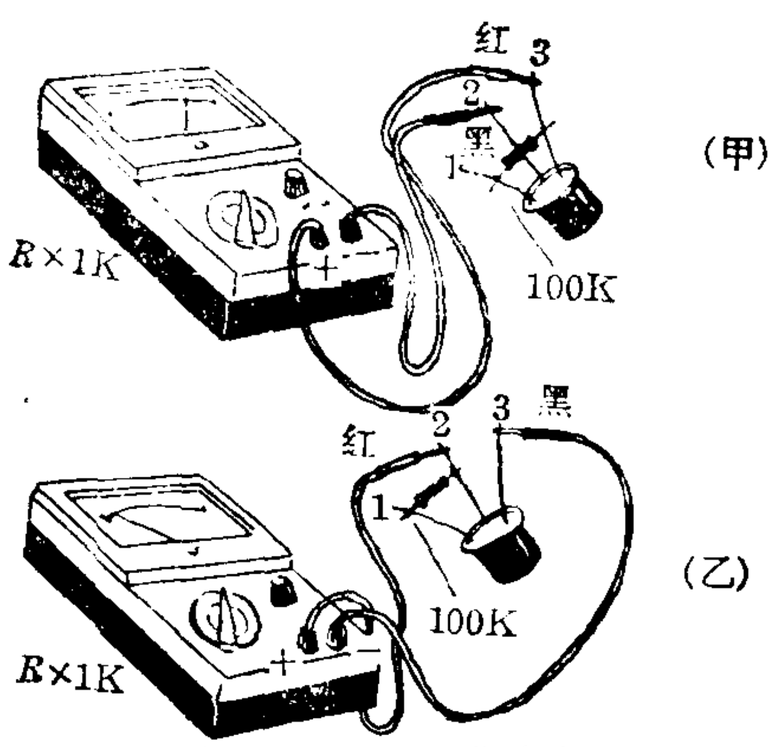


图5—4　判断集电极

上面的介绍以PNP型管子为例。如果是NPN型管子，只要在测试过程中把表棒的红、黑位置对调就行。

在做图5—4的测试实验时，假使电表指数每次都很大(在几十千欧以上，甚至几百千欧)，那么，这只管子的放大能力一定是很小的，甚至没有放大能力，管子不能使用。

三、晶体三极管的主要特性参数

同二极管一样，每一个三极管都有自己的特性，只有当管子的特性参数符合电路的要求时，电路才能良好地工作。一个三极管有好多方面的特性，对一位初学者来说，主要地要懂得下面几种。

1.集电极——发射极反向截止电流

当三极管的基极开路，集电极和发射极之间加接规定极性的电压时，通过三极管的集电极电流习惯上叫做穿透电流，用I_{CEO}表示，见图5—5。

良好的小功率锗三极管，I_{CEO}应该小于500μA。小功率硅三极管的I_{CEO}极小，一般都在1μA以下。

三极管的I_{CEO}跟管子的温度有关，温度越高，I_{CEO}越大，所以测试时不要长时间用手捏住管子。

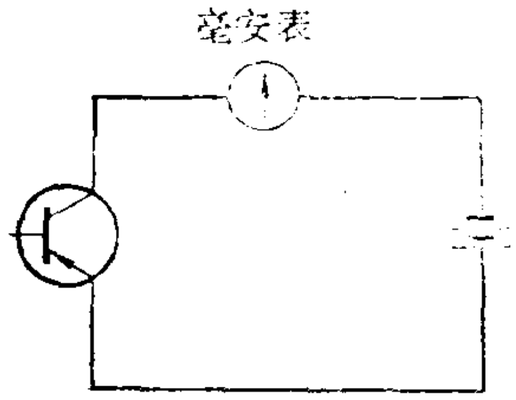


图5—5　测I_{CEO}的电路

在测量I_{CEO}时，若电表指数不停地变动或增大，表示管子的性能不稳定。若小功率锗管的I_{CEO}大于1mA，管子质量就比较差，很容易损坏，工作效果也不好。这两种情况的管子都不宜使用。

2.集电极最大允许电流

三极管工作时，集电极电路里有电流I_C通过。当I_C变化时，三极管的特性会跟着发生变化，特别是它的放大能力。I_C增大时，三极管的放大能力将随之下降。I_C过大，不仅要使放大能力大大降低，而且有可能使三极管温度升得太高而损坏。允许通过集电极而不致于使特性参数有过大变化的最大电流，叫做集电极最大允许电流，用I_{CM}表示。

使用三极管时，不应当让集电极电流I_C大于管子的I_{CM}。

3.集电极——发射极击穿电压

前面讲过，当三极管基极开路，集电极和发射极之间加上规定极性的电压时，在集电极中有电流I_{CEO}通过，I_{CEO}是很小的，但是当电压U_{CE}的数值增大到一定程度，I_{CEO}就会突然增大，管子“击穿”。击穿的管子将永久损坏。允许加在集电极和发射极之间而不造成击穿的最大电压叫做集电极——发射极击穿电压，用BV_{CEO}表示。

使用时，不应该让$U_{CE}>BV_{CEO}$，免得管子被击穿。

4.集电极最大允许耗散功率

三极管工作时，集电极要消耗一定的功

率，而使管子的温度升高。集电极允许消耗而不破坏管子性能的最大功率，就叫做集电极最大允许耗散功率，用 P_{CM} 表示。

5.三极管的电流放大系数

前面曾经提到，晶体三极管具有放大能力。什么是三极管的放大能力呢？让我们用图 5—6 来解释。接通电路时，可以看出电路中串接的两只电流表各有一个指数，分别指示当时的基极电流 I_b 和集电极电流 I_C。改变 R 的阻值，使 I_b 增大(或减小)，就会看到 I_C 跟着增大(或减小)。还可以看到，I_C 的变化比 I_b 的变化大好多倍。这就是说，晶体三极管的基极电流 I_b 的微小变化，能引起集电极电流大得多的变化。如果用交流电源代替可变电阻 R，我们就可以得到一个变化比脉动电流 I_b 的变化大很多倍的集电极脉动电流 I_C，如图 5—6(乙)表示的那样。很明显，让这个 I_C 去推动耳机，耳机膜片的振动将比直接用 I_b 推动时强大得多，当然耳机发出的声音也就响得多。这就是三极管的放大作用。

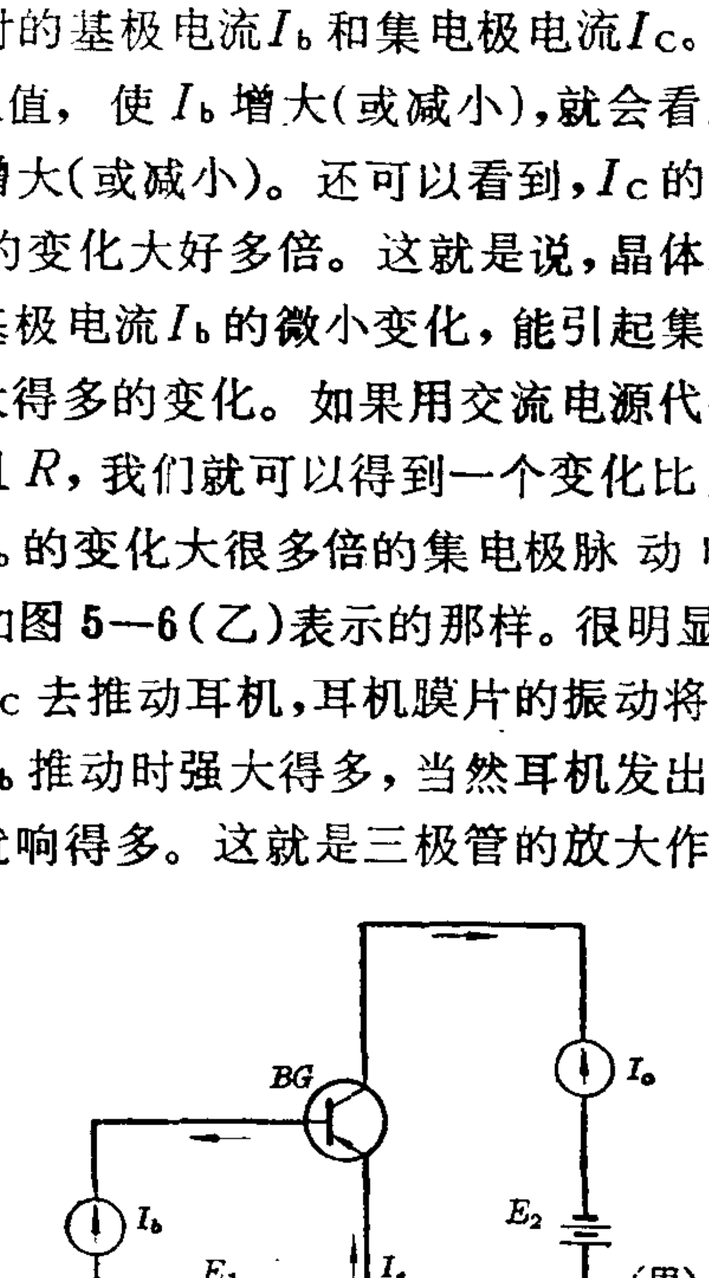


图5—6　三极管的放大作用

晶体三极管的放大能力通常用“共发射极电流放大系数”来表示。电流放大系数有两种。一种表示集电极电流 I_C 和对应的基极电流 I_b 的比值，用 $\overline{\beta}$ 或 h_{FE} 代表，称为直流电流放大系数。

$$\overline{\beta}=\frac{\text{集电极直流电流}I_C}{\text{基极直流电流}I_b}$$

$\overline{\beta}$ 表示的是三极管的静态特性。

另外一种电流放大系数表示集电极电流的变化量和对应的基极电流变化量的比值，用 β 或 h_{fe} 代表，称为交流电流放大系数。它表示的是三极管的动态特性。

$$\beta=\frac{\text{集电极电流变化量}}{\text{基极电流变化量}}=\frac{\Delta I_C}{\Delta I_b}=\frac{I_{C2}-I_{C1}}{I_{b2}-I_{b1}}$$

同一只管子的 $\overline{\beta}$ 值和 β 值并不相等，但实验揭示，当 I_b 和 I_C 都较小时，$\overline{\beta}$ 近似地等于 β。一般常用 $\overline{\beta}$ 代替 β 来估算三极管的放大能力。$\overline{\beta}$ 越大，说明管子放大能力越强。

即使是同型号的三极管，它们的 β 值也不相等。三极管的 β 约在 20～150 之间，也有小于 20 和大于 150 的。β 太小的管子放大能力太低，没有实用价值。β 太大的管子特性不稳定，工作性能不够好，除了单管机因管子少，以及少数特殊情况外，不采用 β 在 150 以上的管子。就多数情况来说，选用 β 在 60～100 左右的管子是比较恰当的。

第三节　三极管的偏置电路

上节讨论三极管的放大作用时，我们从图 5—6 看到，不仅在晶体管的集电极——发射极电路中串入了直流电源，在基极——发射极电路中也串入直流电源。读者也许要奇怪，只要在基极电路中串入交流电源，不就可以使集电极电流发生变化了吗？何必多此一举，再串入直流电源呢？不，这不是多此一举，而是必需的。假使不串入直流电源，三极管是不能按照我们的需要正常地工作

的，它在放大的过程中将产生很大的失真。为什么呢？

让我们重温一下上节讲过的一些知识吧！我们知道，当三极管的基极开路，集电极——发射极之间接上规定极性的电压时，集电极电路里有电流 I_{CEO} 通过（图 5—5）。请注意，这里说的基极开路，明确指明基极上没有电压，也没有电流。如果我们改动一下电路，按图 5—7 在基极上接一个反向电压——基极接正极、发射极接负极（这里仍以 PNP 型三极管为例），我们发现，集电极电流 I_C 虽然比 I_{CEO} 减少了，但因为 I_{CEO} 本来就很小，减少后的电流与原先的 I_{CEO} 一样，都可以看作近似等于零，因此，只要基极电流 I_b 为 0，三极管集电极电流基本上就等于零。只有当基极接上正向电压（对 PNP 型管子来说，b 接负，e 接正），I_b 不等于零了，I_C 才会增大。这也就是为什么 I_{CEO} 被叫做截止电流的缘故。现在，让我们分析图 5—8。

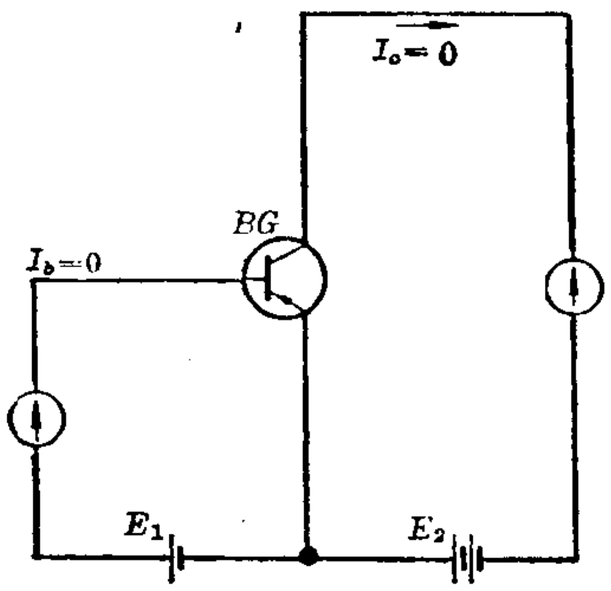


图5—7

这里，三极管的基极电路只串入一个交流电源。根据上面的说明可知，在交流电源的负半周时，基极电流 $I_b \neq 0$，这时，集电极电流 $I_C \neq 0$，且随 I_b 变化。但当交流电源处于正半周时，$I_b=0$，在这半个周期里，I_C 都等于零，这就是说，在基极输入交流电的时候，有半个周期的时间集电极不工作——没有输出，从而造成极严重的失真。这当然是不能允许的。怎样解决这个矛盾呢？办法是有的，在没有交流电输入，即没有信号输入时，在基极上提供一个适当的电流——我们把这个电流叫做基极偏流（简称偏流），使在整个基极输入信号电压的变化过程中，集电极都有电流流通，而且 I_C 忠实地跟随基极输入信号变化，这样才能保证三极管工作时不造成失真。提供适当偏流的电路，就叫做偏置电路。常用的偏置电路有好几种，它们各有利弊。这里，我们只介绍本书中使用的偏置电路——分压式偏置电路。

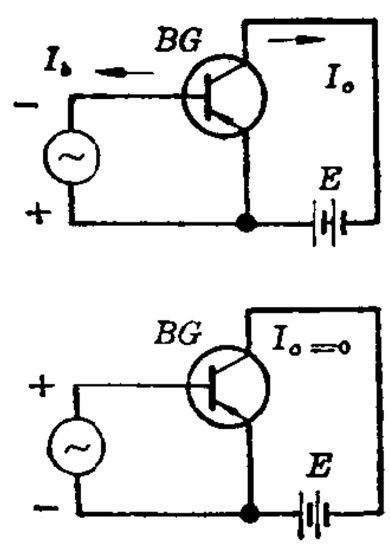


图5—8　信号源正半周时 I_C 截止

图 5—9 是分压式偏置电路的电原理图。图中的 R_1 和 R_2 组成分压电路，使基极得到正向电压，产生偏流。R_3 是三极管的负载电阻。习惯上将 R_1 叫做上偏流电阻，R_2 叫做下偏流电阻。由于各晶体管所需要的偏流不同，在设计时，不可能事先准确地计算好，必须在调试时实地确定最佳的偏流值，因此，一般总是先确定下偏流电阻，然后通过调整确定上偏流电阻的数值。在大多数情况下，R_2 的阻值约 3.9K～10K，R_1 则约为 15K～150K。在实际电路中，我们常用微调电阻代替 R_1，以便调试时确定偏流的大小。

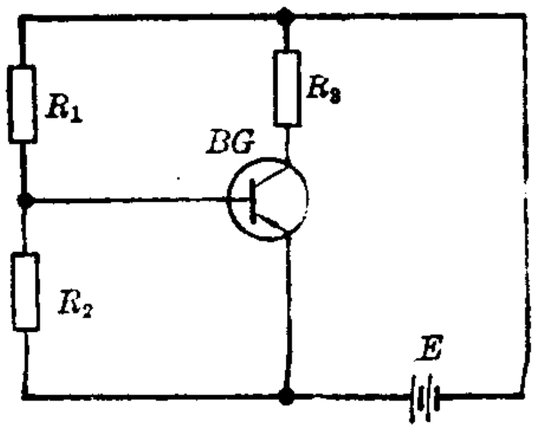


图5—9　分压式偏置电路

我们已经知道，三极管集电极电流容易受温度的影响，特别是锗管影响较大。如果不采取补救措施，那么，当温度升高时，I_C大大增加，会使三极管发热；当温度降低时，I_C大幅度降低，势必影响音质。

补救的方法是在发射极电路中串入阻值为几欧到1K的电阻R_e，如图5—10，必要时还可以在R_2上并联热敏电阻来减小温度的影响。加接R_e后会减小三极管对交流信号的放大能力，为了充分发挥三极管的放大作用，通常在R_e两端并联一只容量适当的电容器C_e，这只电容器叫做发射极旁路电容。在高频电路中，C_e的容量约为0.01μF～0.047μF，在低频电路中，C_e容量为10μF～100μF。

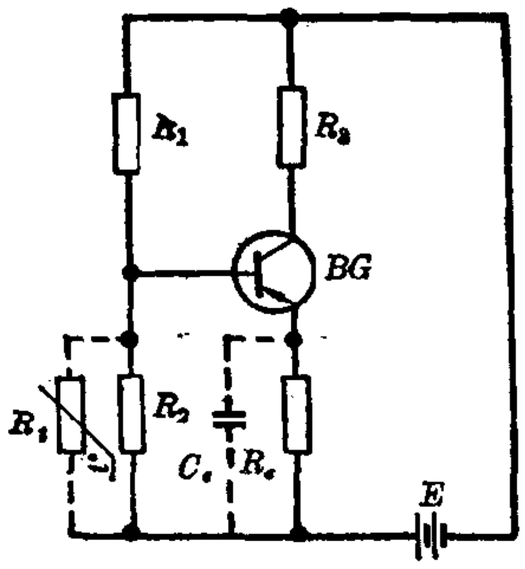


图5—10　减小温度影响的办法

第四节　怎样在矿石机上加接低放

现在，我们对晶体三极管已经有了一个初步的认识，可以利用它来改进矿石机的工作了。改进的第一步，是用三极管将二极管检波后输出的微弱电流加以放大，好让耳机发出较响的声音。这就是本章第一节里提到的0—V—1式收音机。

一、耦合和耦合电路

既然要在二极管检波后加接三极管低放，就要求我们将检波管的输出电压传送到放大管的基极上去，来控制放大管的集电极电流，取得放大的效果。那么，能不能将这两部分电路——检波管的输出电路和放大管的输入(基极)电路直接联接起来，象图5—11那样呢？实际上是能够的。但是，在上一节我们刚讲过，三极管的基极要有一个适当的偏流才能良好地工作。这里，我们把二极管直接接到了三极管的基极上。大家还记得，经二极管检波后的电流是脉动直流电，这个脉动直流电接到三极管基极上去，势必要改变基极的偏流，影响三极管的工作。要得到良好的效果，必须仔细选择R_2才能达到目的。即使仔细地选择了R_2，由于线圈L_1感生的电压有强有弱，也很难保证三极管始终能够取得适当的偏流。所以，这种办法，对于初学者是不很适宜的。我们还得另想办法。

在电子学里，通过某种方法将信号电压从一个部分传输到另一个部分的过程叫做“耦合”，完成耦合工作的那部分电路叫耦合电路。耦合方式有直接耦合如图5—11，还

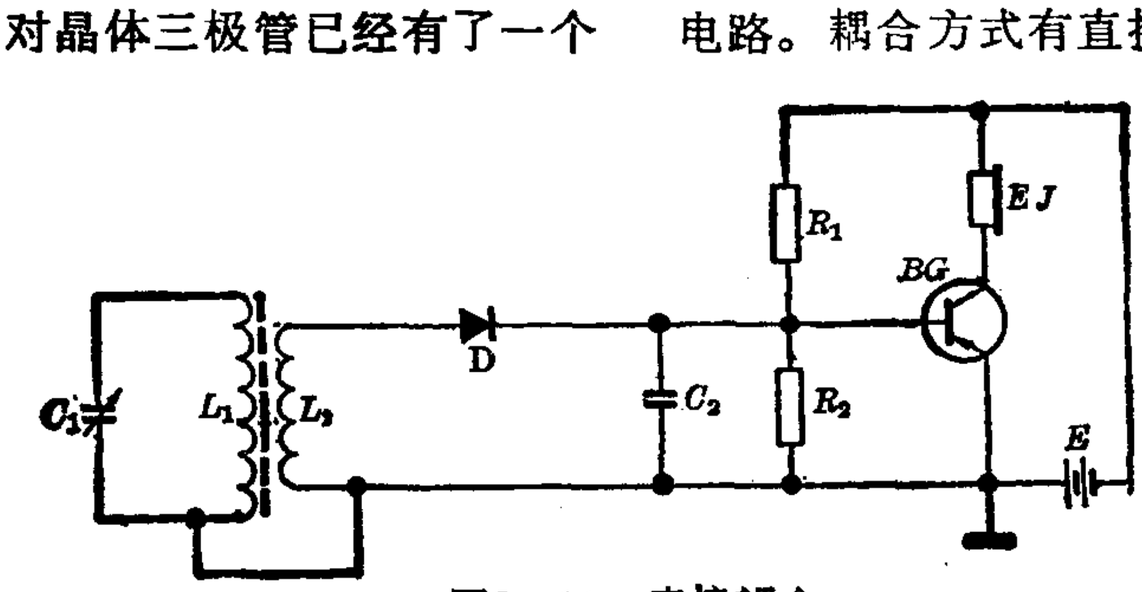
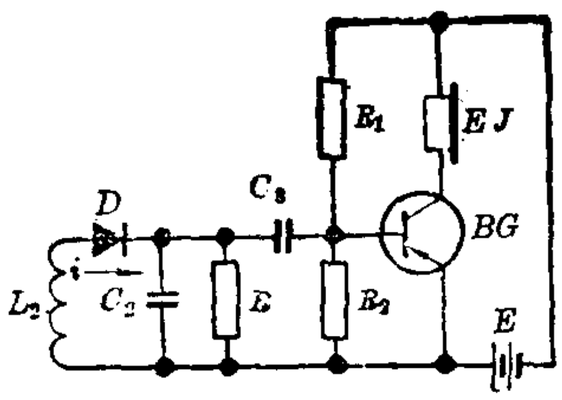
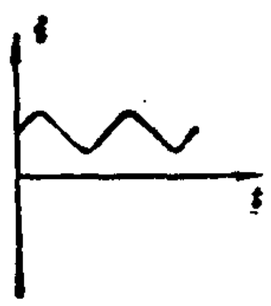


图5—11　直接耦合

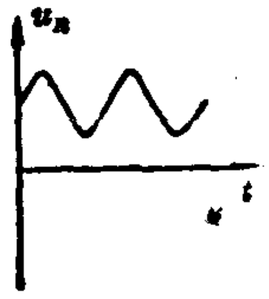
有阻容耦合、变压器耦合等。这里先介绍阻容耦合。阻容耦合用一只电阻器和一只电容器来完成耦合的任务。具体电路见图5—12。图中电阻R是检波二极管D的负载电阻，C_3

是耦合电容器，R_2 有双重作用。一方面它是放大三极管的下偏流电阻，另一方面是耦合电路的耦合电阻。这个电路的工作原理是这样的：检波二极管 D 和 C_2 将线圈 L_2 感生的高频交流电转变为音频脉动直流电流，这个音频脉动直流电流流过检波管的负载电阻 R，在 R 两端产生一个脉动直流电压。我们可以把 R 当作是一个电源，因 C_3 和 R_2（R_1 和三极管的影响暂不考虑）串联后接在 R 的两端上，所以 R 两端的电压使 C_3—R_2 电路中有一个电流通过，因为 C_3 有隔直作用，通过 R_2 的电流就只剩下脉动电流中的交流成分，如图 5—13。R_2 上电流的变化使三极管基极电流跟着变化。结果是三极管的集电极电流也随着变化。这样，C_3—R_2 就完成了信号传输的工作，也就是完成了耦合工作。

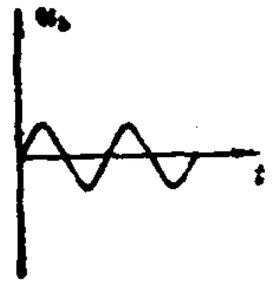




检波二极管输出电流



负载电阻R两端的电压



经过C_3的隔直作用后加在R_2两端的电压

图5—12　阻容耦合电路

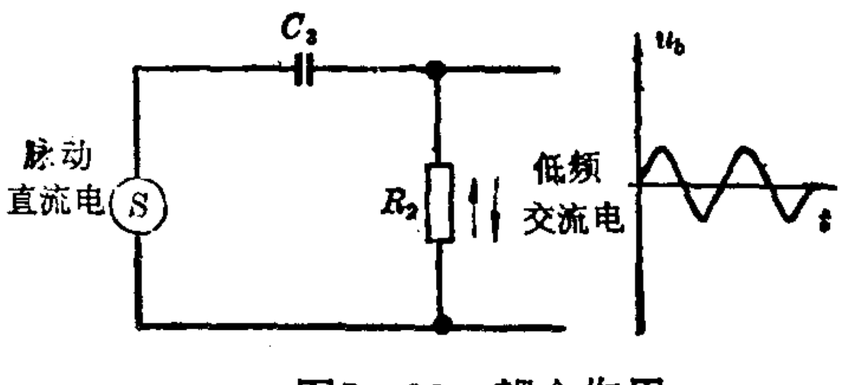


图5—13　耦合作用

阻容耦合的优点在于用的元件少，电路简单，效果也不坏。所以，很多场合都采用这种耦合方式。

图5—14是采用阻容耦合的 0—V—1 式单管收音机的电路。由图可以看出，虚线的左边那部分实质上就是第四章里介绍的矿石机。只不过用 R 来代替原来的耳机。虚线的右边那部分就是本章图 5—9 所示的电路，而把耳机串入到三极管的集电极电路中。这个电路里各元件的数值如下：

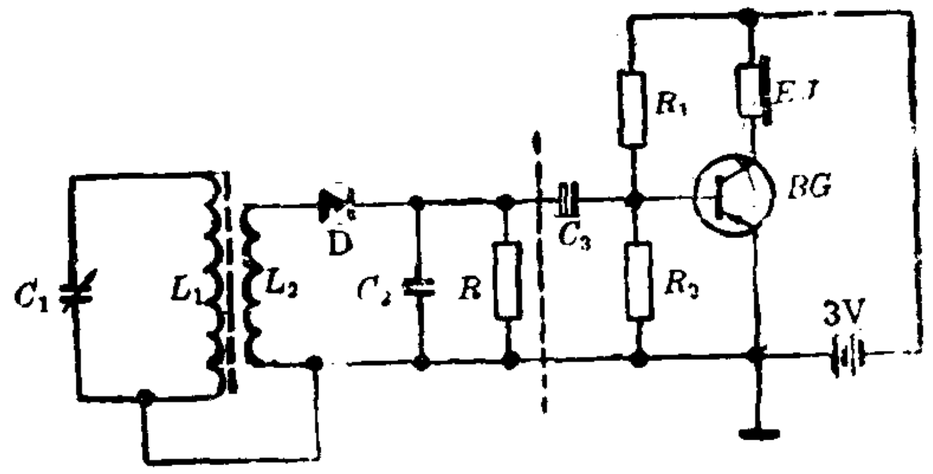


图5—14　0—V—1 收音机电路图

C_1		R	1～2K	BG	3AX31B 低频三极管，β60～100（也可以用 3AG1，这样在接着安装 1—V—1 式单管机时便不需要更换管子了）
L_1		C_3	10μF/6V 电解电容器		
L_2	同前	R_1	100K　微调电阻器		
D		R_2	4.7K		
C_2					

二、怎样装置 0—V—1 式单管机

0—V—1 式单管机用三极管做低放之后，效果当然比矿石机好。但正象后面第五节里要说的那样，存在着许多不足。读者可以不装它，直接试制 1—V—1 式单管机。由于 1—V—1 式要多用一些零件，对一些经验很少的读者来说，直接试装往往会装不

好。所以我们还是认为，“按步就班”先试装本节的0—V—1式单管机，以训练必要的实验技巧。

具体装法仍以用临时底板作依据（请参阅图4—4(甲)）。

把已装好的矿石机的耳机卸下来。在焊片“3”、“4”上焊上电阻 R。把电容器 C_3 的正端焊在焊片“4”上，负端焊在焊片“7”上。用导线将焊片“3”和“5”连接起来。将电阻器 R_1 边上一只脚和当中的一只脚分别焊在焊片“7”和“8”上。把电阻器 R_2 焊在焊片“5”和“7”上。最后，将 BG 的基极焊在焊片“7”上，将发射极焊在焊片“5”上。集电极 C 应该焊在焊片“6”上。但因为接着还要进行调试，暂时不要焊上，这样全部装接即告完成。完成后的实体接线如图5—15(甲)。

如果用胶木板底板装置，则请参照图5—15(乙)的样子进行。

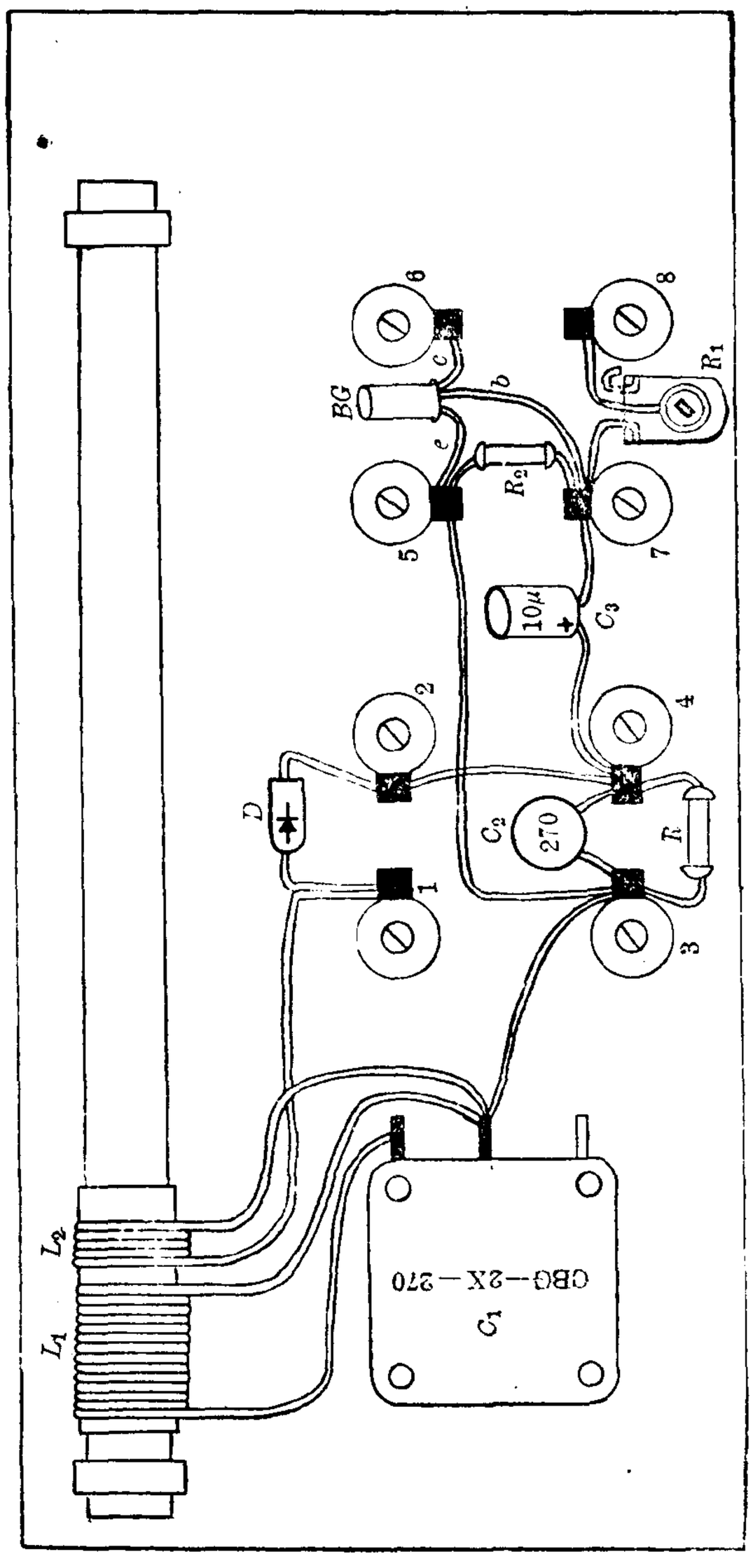


图5—15(甲)　0—V—1式单管机的接线

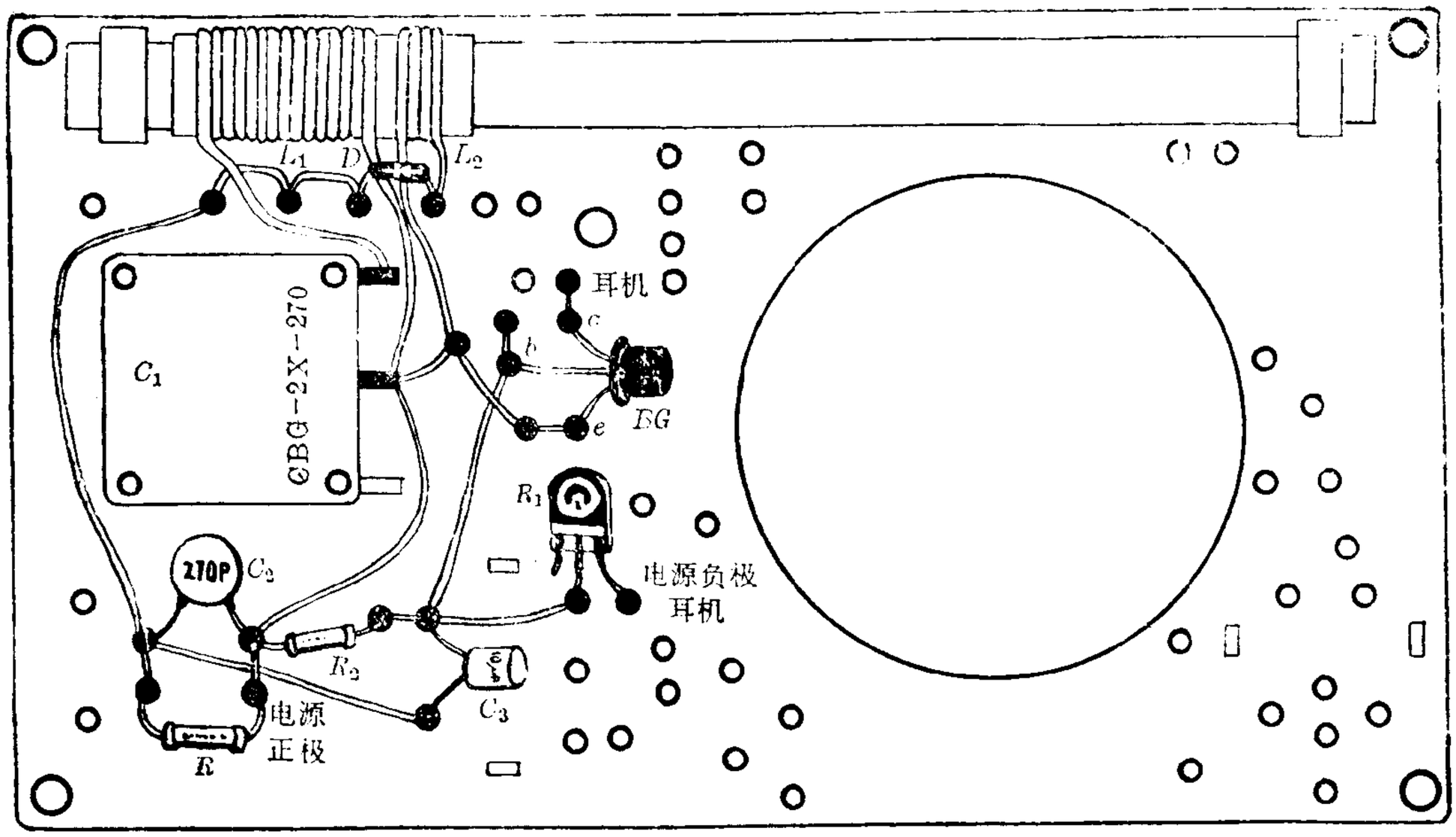


图5—15(乙)　0—V—1式单管机的接线

三、调试方法

1.仔细检查接线有否接错，特别是三极管的 c 和 e 有没有接反。这是我们第一次实际使用三极管，由于还不很熟悉，是很容易接错的。若接错不但收音机不会工作，而且会把三极管烧坏。还有电容器 C_3 也不要接反，接反了会使收音机工作效果变坏，时间长了也要把 C_3 弄坏。

2.核对无误之后，就可以进行调试。先接耳机，将耳机的两个线头分别夹紧在焊片“6”和“8”上。再接电源，将3伏电源(两节干电池串联)的正极接在焊片“3”上，负极接在焊片“8”上。用螺丝刀将 R_1 的接触点转在当中位置。

把万用表的选档开关放在0～5毫安(或近似的别的档级)。将红表棒跟三极管的集电极接通，黑表棒则接焊片“6”。观察电表指针有没有指数。在正常情况下，这时电表指针应约有0.5～1毫安的指数。戴上耳机，调节可变电容器，应该听到电台的播音。继续调节 R_1 的大小，我们会发觉到，R_1 的阻值越小(即接触点越是靠近固定接脚一端)，播音声越响，电表指针指数也越大。但不要让电流过大。因为 R_1 阻值小到某一个数值时，电流会突然大大增加，而播音声反而没有了。这表示三极管的集电极电流已经达到饱和而不能工作了。这会损坏管子的，应立即将 R_1 的接触点往回转，使 I_C 不超过1.5毫安。反过来，增加 R_1 的阻值，播音声就要减轻，电表指针指数也要减小，最后也会失去播音声，电流减小到只有几百微安，这表示三极管已达到截止状态。这虽然不会损坏管子，但收音机不能工作，也是不正常的。总之，应让 I_C 保持在1毫安左右。这样，调试的第一步——调三极管集电极电流的工作点便已完成。现在可以拿掉万用表表棒，把三极管的 C 脚焊在焊片“6”上，继续进行试听和调试。

转动磁棒的方向，可以观察到，当磁棒横向对着电台的方向如图5—16时，电台播音声最响。这是因为磁棒天线线圈具有方向性的缘故。

转动可变电容器 C_1，在接近完全旋进

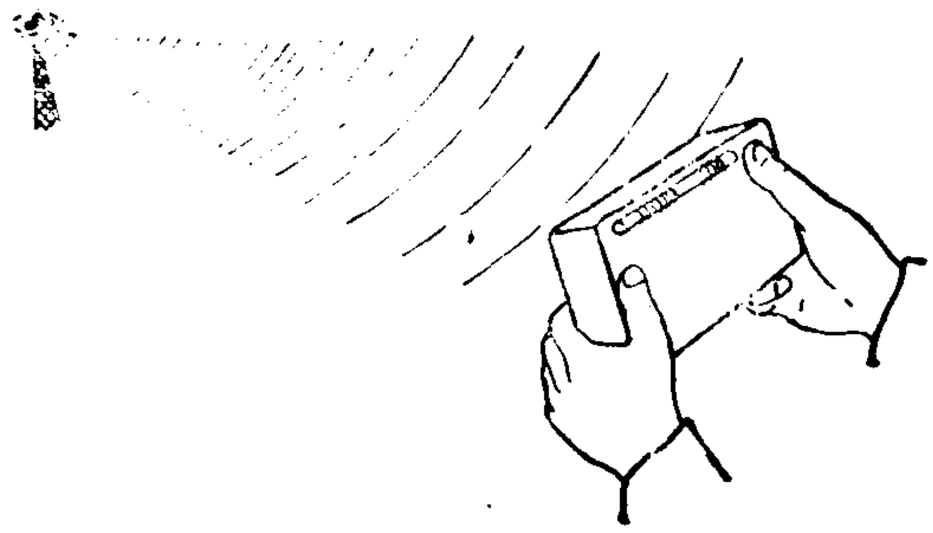


图5—16　磁棒最好的接收方向

(即容量将近最大)时，应该能收到中央人民广播电台(以后简称中央台)第一套节目的播音，而在 C_1 旋在半当中附近时，应该能收到上海人民广播电台(以后简称上海台)990千赫的节目。当然，这是假定读者在上海地区收听，如果离上海较远，那是收不到上海台的，这就要以当地电台为依据了。如果在上海台外语讲座播音时间进行调试，那么，当 C_1 接近完全旋出时，应该可以收到日语或法语的教学广播。若能在 C_1 上套上一只刻度盘，那么，在560千赫处应该收到中央台第一套节目，在630千赫处是中央台第二套节目，在792千赫、990千赫、1300千赫和1422千赫处则是上海台节目。不过，实际情况是可能有出入的。如 C_1 完全旋进，只能收到中央台第二套节目，这表示 L_1 的电感量不足或 C_1 容量不足。一般说，良好的可变电容器的容量不会不足的，所以多数是 L_1 的电感量不足。L_1 的电感量不足，一般是线圈圈数太少或者磁棒质量不好，这就应该检查 L_1 的圈数，若圈数正确，基本上可断定那是磁棒的质量不好。这虽然可以用增加 L_1 的圈数来弥补，但是，我们认为，这不是一个好办法。因为质量差的磁棒会使整机的灵敏度降低，我们还要用这根磁棒做一系列的实验，为了保证这些实验能够得到良好的成绩，最好还是换一根质量比较好的磁棒。

顺便指出，把线圈 L_1 从磁棒的旁端向中心移动，可以增大 L_1 的电感量，不过，增加的数量并不很大。在我们需要略为增大 L_1 的电感量时，移动 L_1 位置是最方便的办法。

调试时，若发现将 C_1 完全旋出，还是收不到上海台的日语、法语广播，这表示 L_1 的电感太大。这时应减少 L_1 的圈数。要耐心地试验，拆一、二圈就试听一下，只要在 C_1 接近完全旋出时能收到日语和法语的广播，就不要再拆了。

调试工作到这里便已经完成。下一步的工作是从试听中找出0—V—1式单管机的不足之处。

四、0—V—1式单管机的缺点

试听的结果告诉我们，尽管有了一级低频放大，放音确实比矿石机响不少，但还是存在着许多令人不能满意的地方。

1.灵敏度太低

和矿石机相比，灵敏度可以说没有什么提高。原来收不到的电台仍然收不到，室内天线仍然需要使用，只不过是原来收听声音较轻的电台现在比较响了。

2.选择性太差

C_1 在很大范围内旋转时，都会收到某一一个电台，例如 C_1 从完全旋入到旋出了一半还多这一大段范围内，都收听到中央台第一套节目。结果是不管 C_1 旋在哪里，都是两个甚至三、四个电台混杂在一起，分也分不开，顶多某一个电台比较响些。

3.声音仍然较轻，远远不能满足要求

这些缺点0—V—1式电路是不可能解决的。

第五节　1—V—1式单管收音机

0—V—1式单管机中，只加用了低频放大，被放大的是检波器输出的低频电流。如果某个电台的信号较弱，那么，它在 L_1 内激起的感生电流必定也较弱。它遭受到调谐电路和检波器的损耗以后，就没有多少剩余的能量，去推动低频放大。这样，低频放大

也就无从发挥作用。

现在的关键，就在于在检波之前，先将高频电流加以放大，使高频电流在经过调谐电路和检波器的损耗之后，还有足够的能量去推动低频放大。经过这样的改动，收音机的结构成了下面的形式：

天线——→调谐电路——→高放——→检波——→低放

这就是 1—V—1 式收音机的结构形式。

这个电路的性能确实比前面的 0—V—1 式来得好。那么，是否满意了呢？不，还可以改进，而且可以有好几种改进的方法。

一、改进的方法

1.倍压检波

本章中，直到现在都是用一只晶体二极管担任检波。这种检波属于“半波”检波，它的输出电压比较低，按照理论分析，它的输出电压的平均值只有输入电压的 0.45 倍（原理请参阅第八章关于半波整流的介绍）。如果我们能够设法在输入电压不变的情况下增大检波器的输出电压，便可以进一步提高收音机的性能。方法之一就是使用倍压检波。

倍压检波是什么意思呢？让我们参阅图 5—18。这里使用了两只二极管 D_1 和 D_2。D_2 相当于前面介绍的检波管。D_1 则是为了“倍压”而加入的。它的工作原理是这样的：当信号源的上端极性为负，下端极性为正时，D_2 处于反向的状态，是不导通的。但这时 D_1 却处于正向状态，是导通的。所以，有一个电流沿着图 5—18(乙) 的箭头方向流通，使电容器 C_1 充电，电容器 C_1 充电结束后它两端的电压将等于充电的电源电压。当信号源电压转换极性，成为上端正、下端负时，D_1 转为不导通，D_2 则开始导通，如图 5—18(丙)，可以看出这时 C_1 因充电获得的电压同信号源的电压是同向的，这等于是两只电池串联。显然，这时加在 D_2 两端的电压将不是信号源电压，而是信号源和 C_1 串联的总电压，即两倍的信号源电压。作为一个检波器，既然 D_2 的输入电压是信号源电压的两倍，它的输出电压也就比半波检波时高出一倍。设信号源电压的最大值为 50 毫伏，那么检波器 D_2 输出电压的最大值将有 100 毫伏。这样，虽然没有用放大管，只是多用了一只电容器 C_1 和二极管 D_1，就取得了提高电压一倍的效果，从而改进了检波部分的工作性能。

2.再生

由于调谐线圈 L_1 有电阻存在，会使它

高频放大的电路跟低频放大的电路结构基本上一样，不再另行介绍。不同的是所用三极管必须是能够在高频段工作的“高频管”，如3AG1、3AG2、3AG21、3DG6……等等。本书中选用 3AG1。

经过改进，加入高放的收音机，就是 1—V—1 式收音机，它的基本电路结构示意见图5—17。

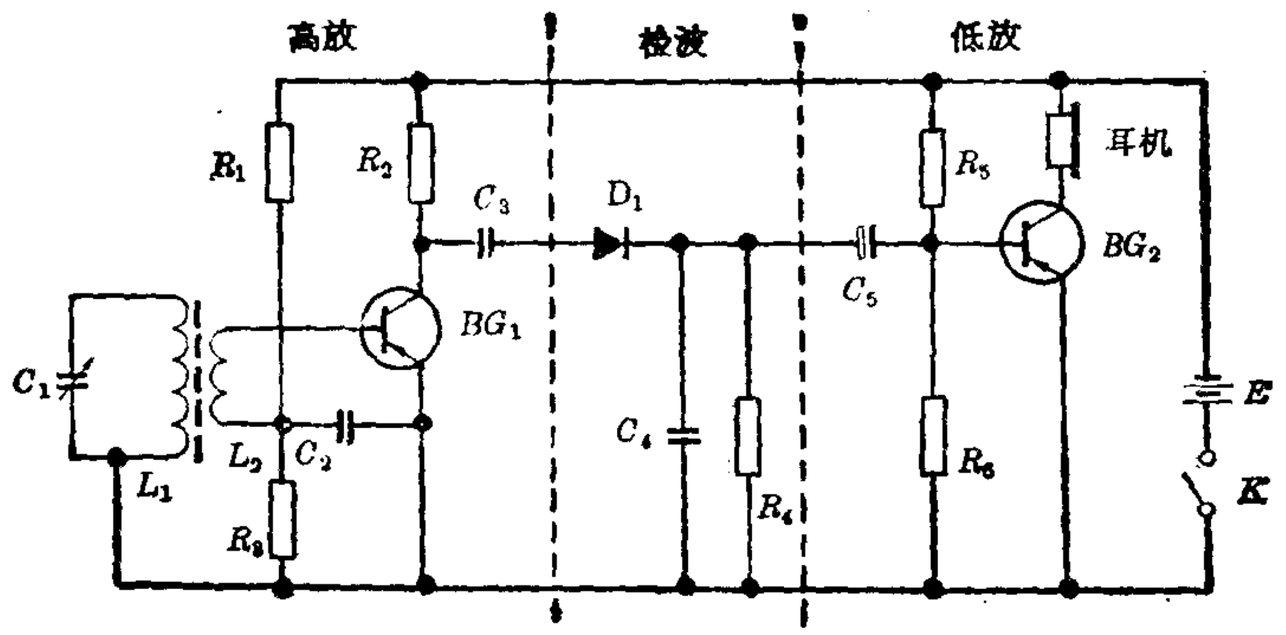


图5—17　1—V—1 式收音机电路结构

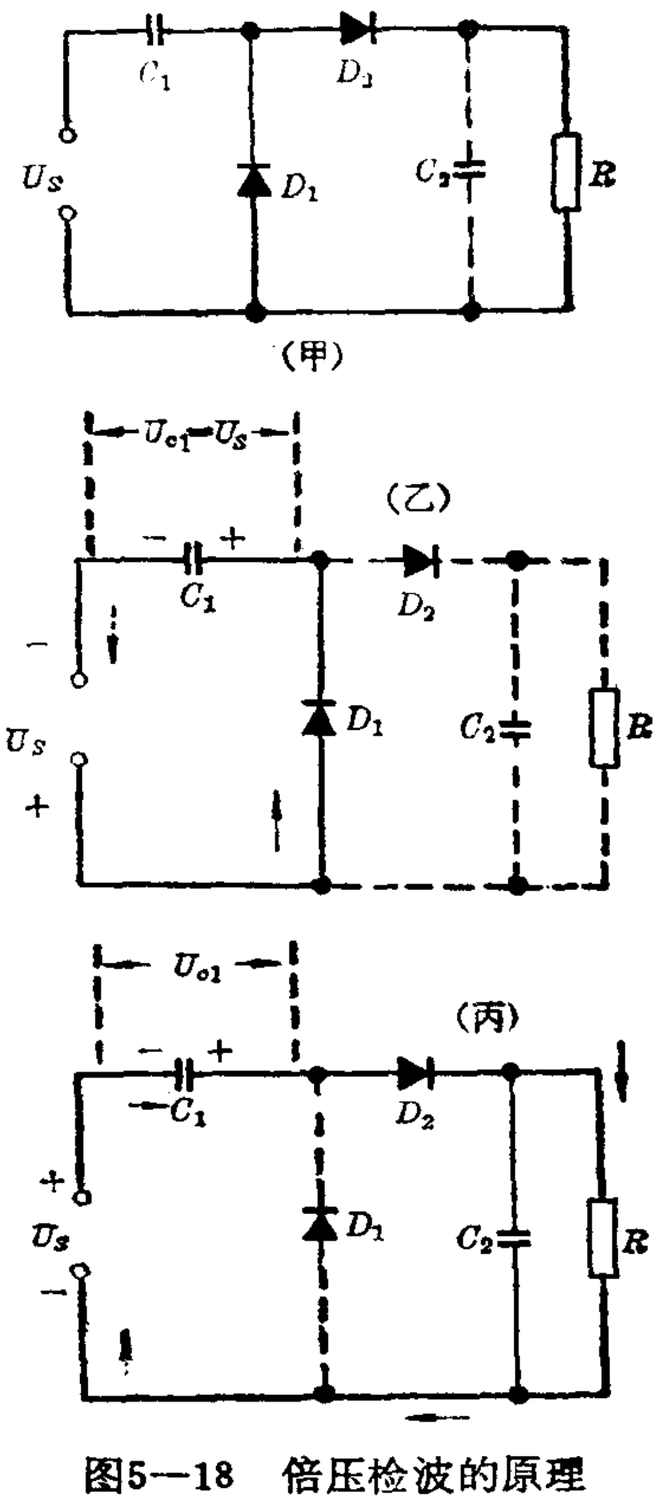


图5—18　倍压检波的原理

产生的感生电流受到损耗，使输出降低。电阻是客观存在的，是无法避免的。除了使用多股绞合线或者用较粗的铜线来减小电阻以外，并不能把电阻从电路中消除掉。但是，我们可以采用别的办法来补偿电阻造成的损失，这个办法就是“再生”。

什么是再生呢？它怎样补偿线圈电阻所

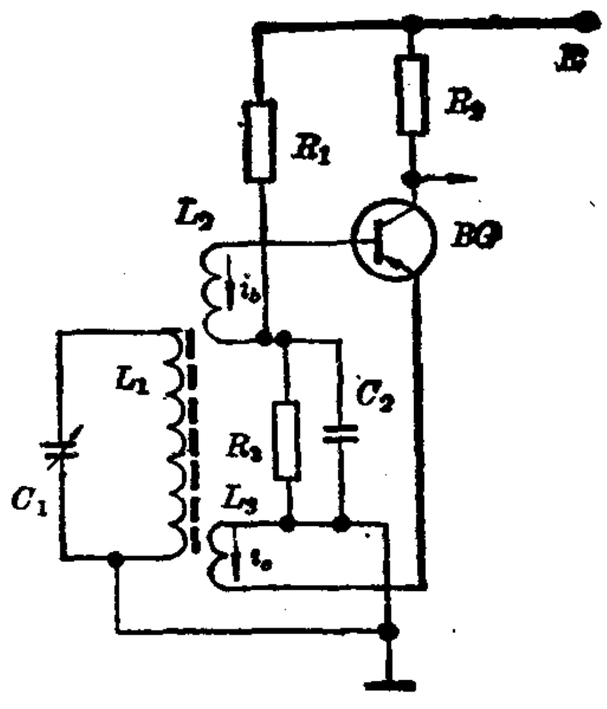


图5—19　再生的原理

造成的损失呢？请看图 5—19。从图中我们看到，高放管的发射极并不直接接“地”（在无线电技术中，接“地”并不是真的接到大地），而是经过一只线圈 L_3 再接地。L_3 就叫做再生线圈。

当放大管的基极电流 I_b 因为 L_3 的感应作用而增大时，发射极电流 I_e 跟着增大。同样，I_b 减小时，I_e 也减小。由于线头接法的安排，我们可以看出，I_b 流过 L_2 的方向和 I_e 流过 L_3 的方向相同。因为 I_b 在 L_2 中的方向跟 I_e 在 L_3 中的方向相同，又因为 L_3 和 L_2 绕在同一根磁棒上，所以 I_e 的磁场使得 L_2 感生一个电流来增强 I_b，这就是再生。

很明显，只要设计安排得当，完全可以使 I_b 受到的损失从 I_e 的感生电流中得到恰当的补偿。这样，我们就巧妙地将各种因素造成的损失“抵销”掉了。

再生不仅可以从发射极电流取得，也可以从集电极电流取得。不单可以用线圈耦合来实现，也可以用电容器耦合来实现。

二、1—V—1 来复再生式单管收音机的电路

图 5—17 的 1—V—1 式收音机用两个三极管分别担任高放和低放的工作，它不是单管机而是二管机（请注意，收音机中使用的二极管是不算到管数里去的）。为了节省管子和一部分元件，往往使一只高放管同时兼做低放的工作，就是不用图 5—17 中的 BG_2，而将检波器输出的音频电流送回到高放管 BG_1 的基极电路中去，由 BG_1 再将音频电流放大。这种做法就叫做“来复”。使用“来复”可以省去一个做低放的管子，而仍能得到与用独立的低放管大体相同的效果。所以目前的简易晶体管收音机里都采用来复电路。

图 5—20 就是综合了上面改进措施的单管机电路。它并不怎样复杂，但效果比 0—V—1 式收音机要好得多。

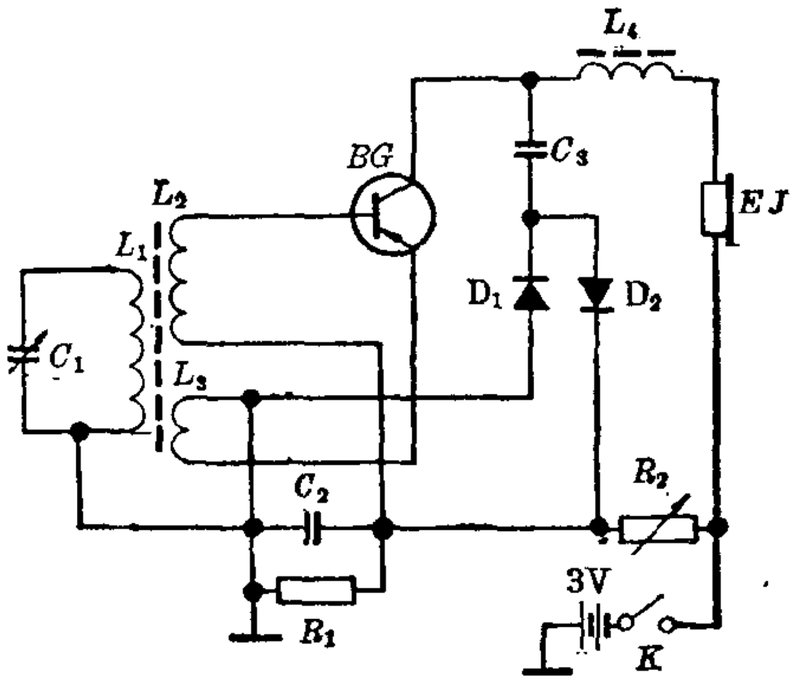


图 5—20　来复再生式单管收音机电路

图中各部分的工作概况如下：

L_1、C_1 组成调谐电路。

L_2、BG 组成高放部分。R_1、R_2是 BG 的基极偏置电阻。C_2 是旁路电容器，由于它对高频交流电呈现的容抗很小，因此，BG 的基极电路里的高频电流可以从它旁路到地线，而不必流经 R_1，免除了 R_1 对高频电流的损耗。

L_3 是再生线圈。它是一只只有 1～2 圈的线圈。

L_4、C_3、D_1、D_2、R_1 和 C_2 组成倍压检波电路。L_4 叫做高频扼流圈，它对高频电流的感抗相当大，当 BG 集电极的高频电流输送出来时，它迫使这个电流流过容抗很小的 C_3，到达 D_1、D_2。D_1是倍压管，D_2是检波管。D_2检波后的输出电流流经R_1，在R_1两端产生一个音频脉动直流电压，促使 BG 的基极电流不但跟随 L_2 送来的高频电流变化，而且也随 D_2 送来的音频脉动直流电流变化。就是说，BG一方面做了高放的工作，另一方面又做了低放工作，完成了“来复”。

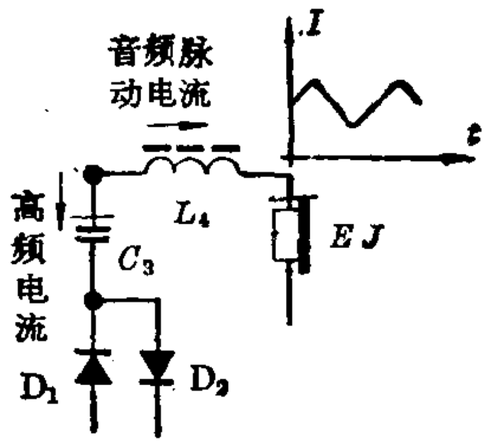


图5—21　C_3、L_4的作用

BG和C_3、L_4、耳机等组成低放电路。BG集电极的电流有两个成分，一个是高频成分，另一个是音频成分。高频成分经C_3送到D_1、D_2。因 C_3容量很小，对音频电流容抗很大，所以音频成分经 L_4 送到耳机发出声音。

图 5—22 就是这架单管收音机整个工作过程的方框示意图。

本机应用元件如下：

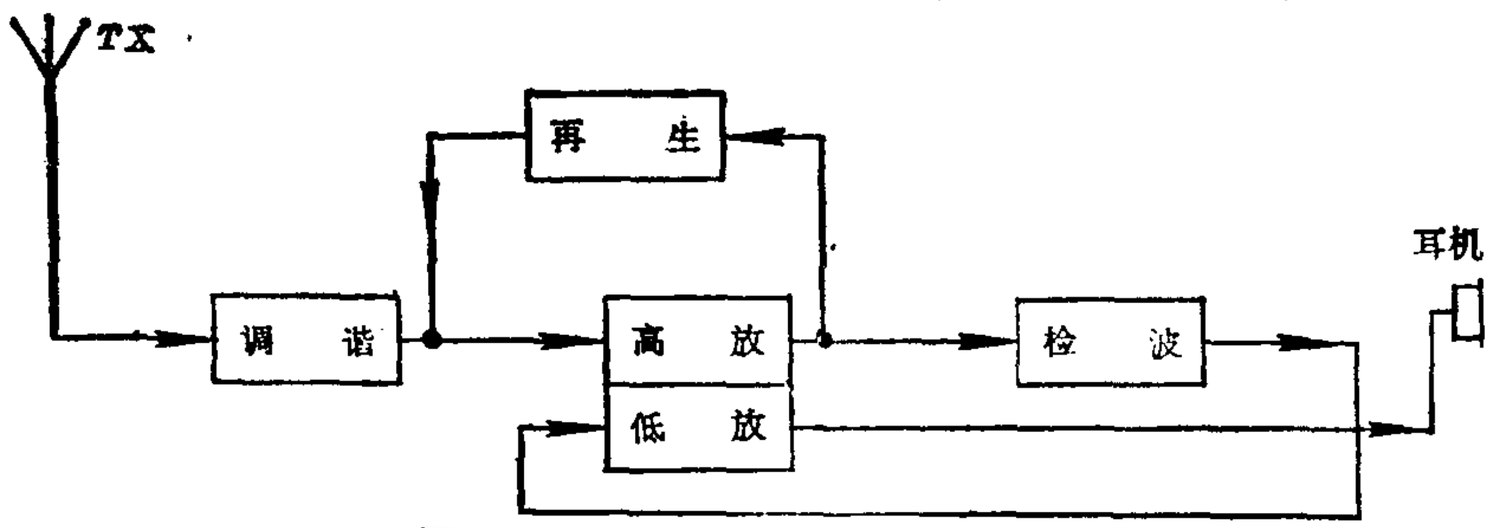


图5—22　来复再生式单管机工作过程

C_1	同前	D_1, D_2	2AP系列	BG	3AG1（或其他锗小
L_1		R_1	43K～51K		功率高频三极管）
L_2		R_2	150K 微调电阻器		β60～150
L_3	见下文说明	耳机	同前面实验		
L_4	见第三章第四节	电池	3伏干电池		
C_2	0.01μF～0.033μF	K	单刀单掷电源开关		
C_3	100P～270P	（如装在四管机底板上，可利用4.7K电位器上的开关）			

三、具体装置步骤

这架单管机经过上面的改进后，效果已经有相当程度的提高，可以正式使用了。后面的二管机和四管机不过是它的一种改进，因此可以将它装在印刷板上。本节里，除了仍用胶木板底板为例介绍具体装法以外，另外给出用四管机印刷板装置的单管机实体接线和用单管机专用胶木底板的实体接线图，见图5—24。读者可以根据自己的需要选装。

既然是在上一节的单管机的基础上改进的，有一部分元件接线不必更动。只要在装接之前，先把图5—15中的若干根接线、R_1、R_2、R_3三只电阻器和C_2、C_3两只电容器拆下来，就可以继续照图5—20的电路装接下去。

1.增绕线圈 L_3

将磁棒线圈卸下来，用第三章介绍的方法在磁棒的另一端绕一只圈数为1圈的线圈作为L_3，线头作为“5”、线尾作为“6”。

2.接好“地线”

用直径为0.4～0.6毫米的铜线按照图5—24(甲)那样将铆钉⑩、C_1的动片㉑、㉒、㉕、㊳、㊻、㊾、㊻、㊺连接起来，作为本机各元件的公共接地点。根据一般习惯，这些连接铜线可以焊在底板的背面。

3.连接调谐线圈

将L_1的线头“1”接在C_1定片上，线头“2”接在C_1动片上。L_2的线头“3”接在铆钉③上，线头“4”接在铆钉⑪（即BG的基极）上，并且用铜线将铆钉⑪、⑬连接起来。L_3的线头“5”接在铆钉⑮(即BG的发射极）上，并用铜线将铆钉⑭、⑮连接起来。线头“6”则接到C_1的动片上。

4.安装电位器

因要利用电位器的开关控制电源，所以要先将电位器按图5—24（甲）的位置固定好。

5.装接基极电路

将电阻R_2装在铆钉①、②上，电阻R_1装在铆钉⑱、㉑上，电容器C_2装在铆钉⑲、㉒上。用铜线将铆钉①、⑯、⑳、㉖和电位器开关的一只脚连接起来，将开关另一只脚与铆钉㊿接通。

6.装接集电极电路

将高扼圈L_4照图5—24（甲）的位置固定好。由于L_4不便于用螺丝夹紧，可以在将它的磁芯插入洞孔之后，把磁芯和胶木板用石蜡粘住，将L_4的两个线头分别接在铆钉⑨和㊶上，并用铜线分别将铆钉⑧、⑨、⑫以及㊴、㊵、㊶、㊷连接起来。将电容器C_3焊在铆钉⑧和⑦上，用铜线把铆钉⑤、⑥、⑦连接起来。把二极管D_1的负极焊在铆钉⑥上，正极焊在铆钉⑩上。最后，把二极管D_2的正极焊在铆钉⑤上，负极焊在铆钉④上，并且用铜线将铆钉④、③、②、⑱、⑲连接好。

由于铜线焊在底板背面，而全部元件却焊在底板的正面，所以各线脚的位置不要搞错。还要注意一点，就是现在常有两根甚至三根线头焊在一只铆钉上，象铆钉⑨上就有三根线头，焊接时要留心，不要在焊接一根线时让前一根线头脱出。这一点对初学的同志来说，是不容易的，必要时，可以先用几根铜线反复做练习，直到熟练后再正式焊接，免得临场手忙脚乱，让烙铁长时间接触元件，而使元件损坏。

还有，电阻器的安装有立式和卧式两种方法，电容器也有立式和卧式两种外形。一般说，晶体管收音机底板的排列地位比较紧凑，最好还是用立式元件和立式安装。

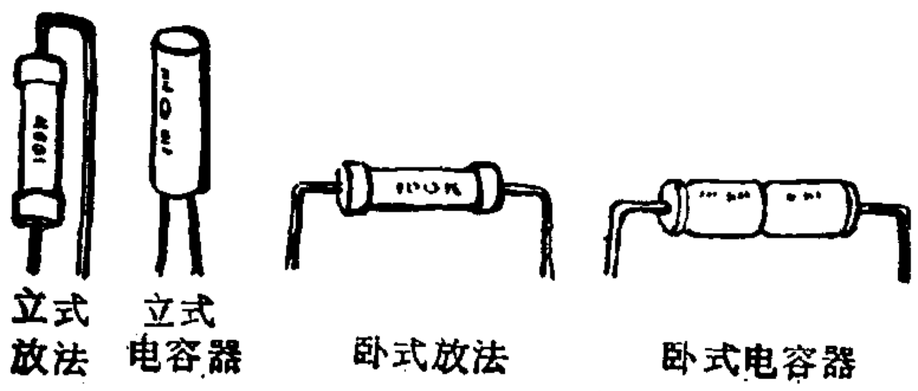


图5—23　电阻、电容的安装

到这里，来复再生式单管机的装接便告完毕。可以进行调试。

读者也可以按照图5—24(乙)或(丙)装接这架单管收音机，次序同上面说的一样，

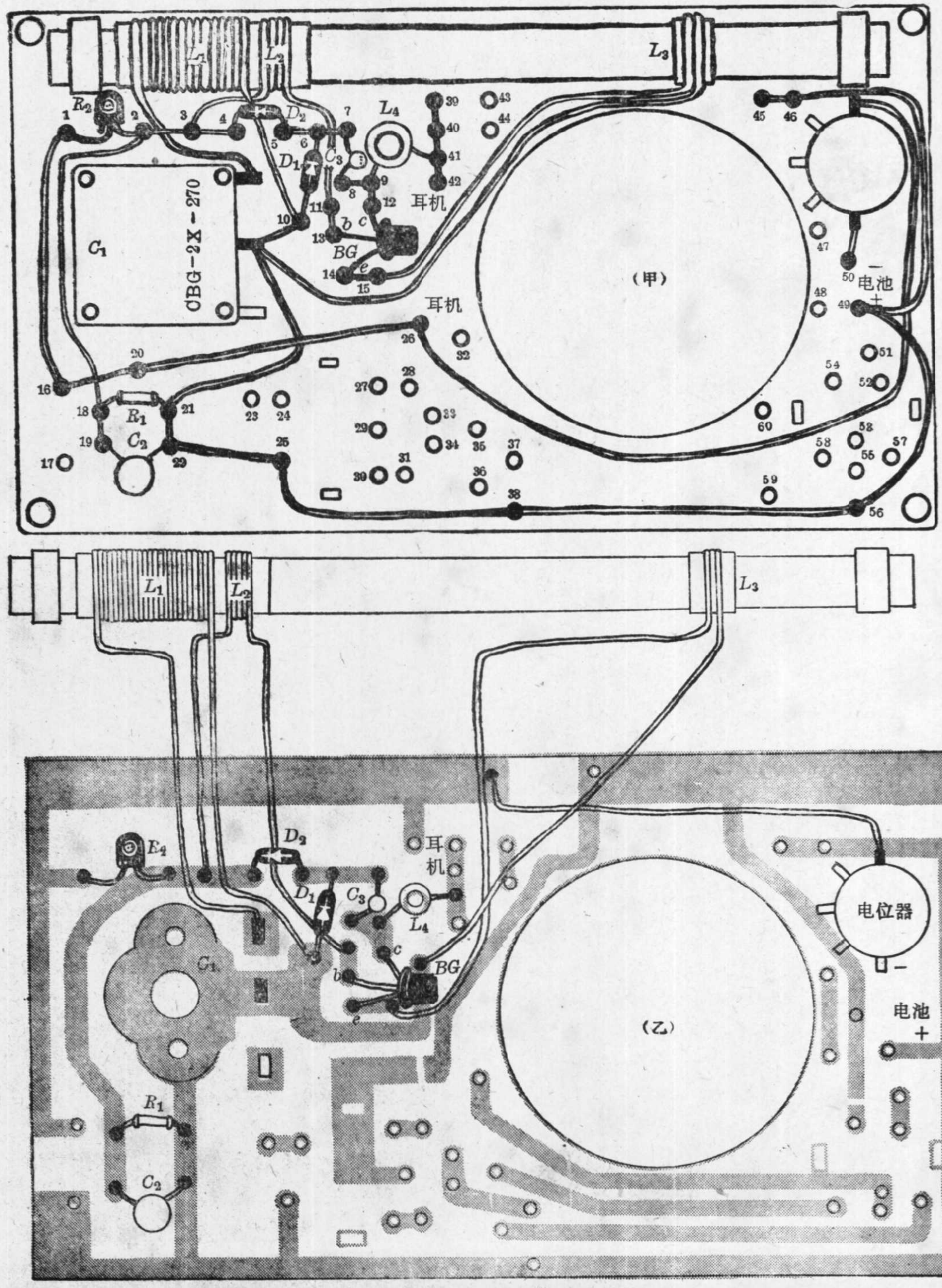
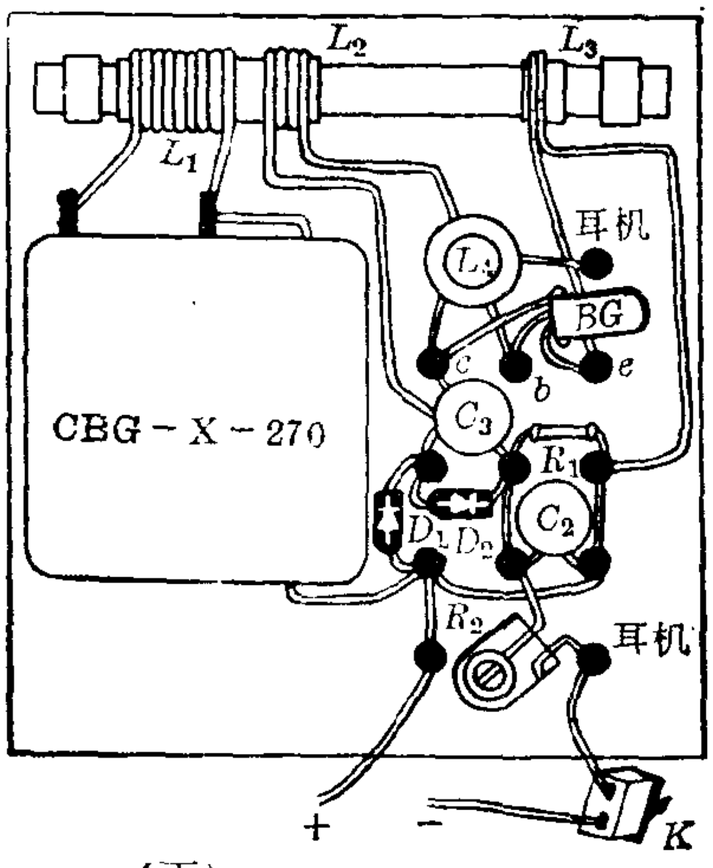


图5—24　来复再生式单管机的实体接线图

也是从线圈 L_1、L_2、L_3开始，最后装集电极电路。



（丙）

图5—24　来复再生式单管机的实体接线图

四、调试步骤

1.仔细核对接线

这架收音机名为单管机，实质上却是二管机，电路结构比上一架试验性的单管机复杂，所以，千万不要认为已经有了一些经验，就“掉以轻心”。要注意三极管的集电极和发射极不能接反，二极管的正、负极也不可接反。

2.调整集电极电流

核对接线完毕。将 R_2 的接触点转在一半阻值的地方，电源开关放在“关”的位置上。

将耳机两根线头分别接在铆钉㉖和㊷上。电池的正极接在铆钉㊾上，负极接铆钉㊿。照图5—25将万用表的红表棒接在电源开关注有“－”号的焊片上，黑表棒接电池的负极，量程开关放在0～5 mA 档上。

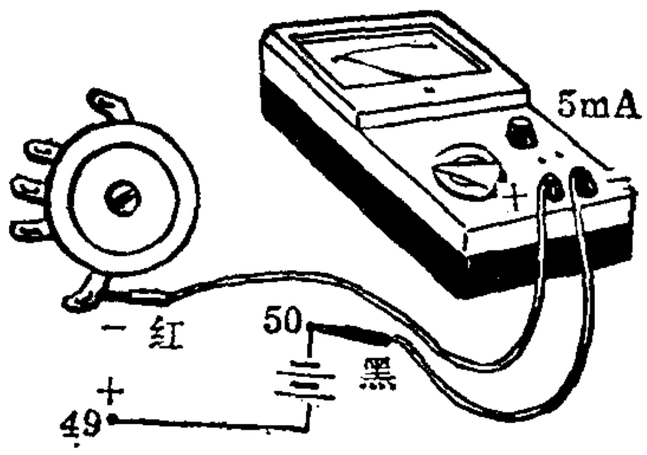


图5—25　测I_C

开启电源开关，万用表指针应指示某一数值。调整R_2，使万用表指示I_C在1mA左右。旋动可变电容器 C_1，应能收到电台。这说明单管机装接无误、元件完好。旋动 C_1 至电台广播声最响，表示调谐电路已和所接收的电台谐振。缓慢调整 R_2 使电台广播声最响，同时观察万用表，看看 I_C 是否过大。如已大于 1.5 mA，将 R_2 往回转，使 I_C 不超过 1.5mA。这时，可以取下万用表表棒，将电池负极直接接上电源开关。

3.调整再生

经过上面的步骤后，可以着手调整再生。调再生是一项技术要求较高的工作。再生调得好不好，对单管机以及所有的再生式收音机都有很大关系。再生调得好，收音机的音质、灵敏度和选择性都较好。反之，再生调得不好，收音机不是灵敏度低，选择性差，就是音质差，甚至产生啸叫，直到不能收听。所以，我们必须耐心仔细地进行调整。

（1）首先，检查有没有再生。将再生线圈 L_3 向 L_2 一端移近，到某一个位置，就会在耳机里听到“嚯……”的叫声——再生啸叫。这说明有再生。如果 L_3 移到 L_2 旁边，仍然没有叫声，但是电台声比原来响些，说明是回输不够。回输不够的原因有这样几种：

三极管的 β 值太小。可以换一个 β 值大一点的管子试试。

三极管的 I_C 不够大。可以调整 R_2，使 I_C 略为增大一些。

再生线圈 L_3 圈数太少。可以再增加一圈。

高扼圈 L_4 的圈数不足。如果方便，可以重绕 L_4，增加 50～100 圈。若重绕困难，也可以改变 L_4 位置，把它靠近 L_2。

如果L_3越是靠近L_2，电台声反而越轻，则表示L_3接反了。应该将L_3两个线头的焊接位置对调。

（2）调试再生的强弱。按照理想的要求，再生回输的大小应该正好补足高放管输入回路——包括调谐电路和三极管基极——发射极电路——的损失。这种程度的再生可以获得最高的灵敏度和最好的选择性。但是这种再生，很容易因为电路中某一因素的变化而变得过强，产生上面所说的啸叫，破坏收音工作。另外因为再生回输大小会随着接收频率的增减而增减，在整个波段（从525 KHz到1605KHz）里再生不可能都恰到好处。因此，开始调试再生强弱时，应将可变电容器C_1调在接收频率的高端，即1400～1600 KHz附近。然后移动L_3，注意耳机里的电台声，以不出现啸叫为准。

（3）调试再生的均匀度。调好波段高端的再生强弱后，再将C_1旋至波段的最低端，可以收听中央台第一套节目，调整L_3位置，使这里的再生也能达到上面说的程度。重新将C_1旋至高端，看看再生是不是太强。如果不太强，能达到上面说的标准，就表示再生的均匀度已经能够满足我们的要求了。假若发现高端再生已经过强，那么，就要降低一点集电极电流I_C，重新照上面步骤调试一遍。必要时，还要改变L_4位置和L_3圈数以及三极管的β值。直到在C_1从低端旋到高端的整个范围内，再生强弱基本均匀为止。

一般说，这个过程需要反复进行多次，才能得到良好的效果。可以说，调再生是简易收音机调试过程中最关键的一步。至此，整个单管机的调试工作就告结束。

这架单管机的灵敏度较高，调试好以后不需要任何外接天线，就足以接收中央台第一套和第二套节目以及全部本地电台。音量也足够响，甚至把耳机放在离耳朵0.5～1米远的地方，也能清晰地听到广播声。

本机的电源只用3伏电压，而不用6伏。不过，用3伏电压也有缺点，那就是下一步改装成二管机后，电源改用6伏时，再生回输要增强，再生需要重新调试。如果读者想省去这步手续，那么，可以在装单管机时就使用6伏电压。

第六章　来复再生式二管机和四管机

在做完第五章介绍的实验后，我们一定会感到，来复再生式单管机虽说可以不用天线，音量也比矿石机大得多，但毕竟还是要用耳机。这总是不够方便的。再说，又不能供几个人同时收听。因而，新的改进又提到我们的面前。

第一节　来复再生式二管机

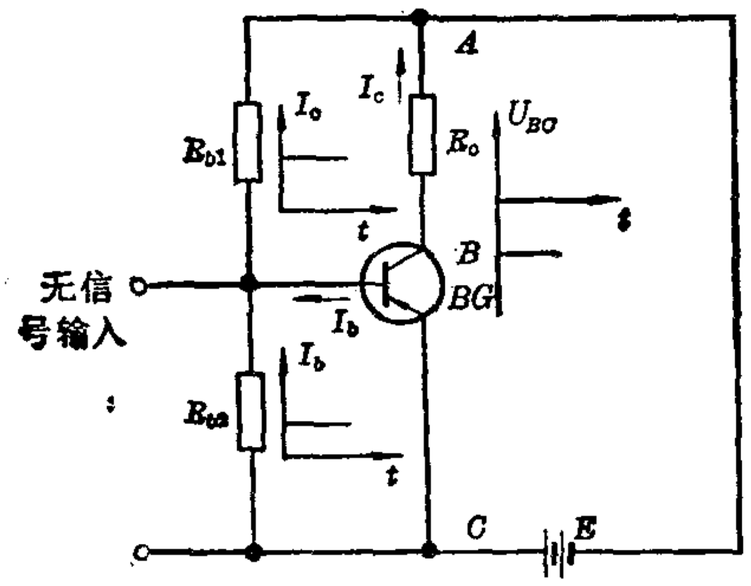
要增加单管机的音量，就得对单管机输出电流进行再一次放大，这样，收音机的结构就改变成：

高放——→检波——→低放——→低放

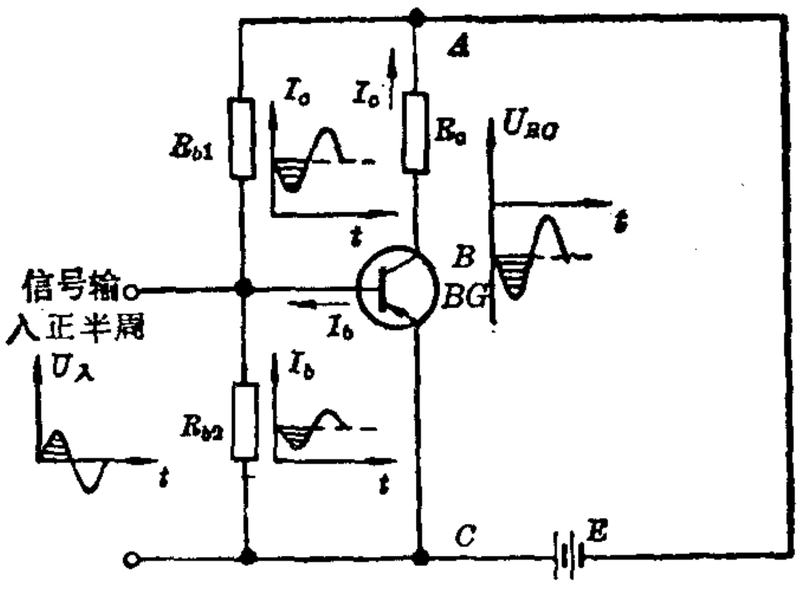
这就是一般所说的 1—V—2 式结构。

一、具体电路

1—V—2式收音机的具体电路见图 6—2。电路的前半部分就是前面介绍的单管机电路，所不同的，仅仅是原来耳机的地方改接一只 200 Ω～2KΩ的电阻器 R_3。R_3叫做放大管集电极负载电阻。它有什么用呢？让我们用图 6 — 1 来解释。（甲）图是简化电路，



（甲）



（乙）

（丙）

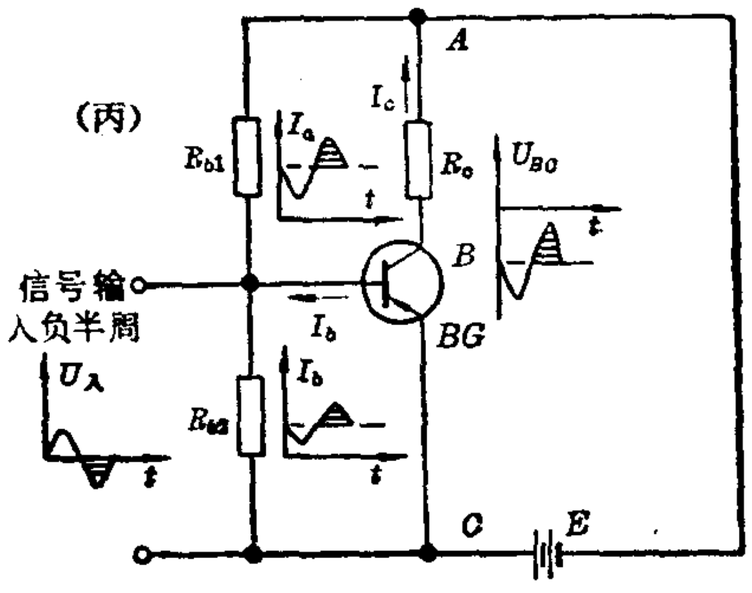


图 6—1　负载电阻R_C的作用

它说明放大管各部分的电压、电流，在没有信号输入时都没有变化。此时B点——即集电极——得到一定的负电压。当有信号输入时，情况将如图（乙）和（丙）。（乙）图中，输入信号处于正半周。这时，放大管基极由R_{b1}、R_{b2} 提供的负电压被信号电压抵销一部分。我们知道，对锗管来说，基极只有得到负电压才有电流，负电压越高，基极电流I_b越大。既然基极负电压降低了，I_b就减小，集电极电流 I_C 也就跟着减小。I_C流经 R_C（即图6—2中的 R_3），它在 R_C 上产生一个压降。I_C 的减小，使 R_C 上的压降也减小。这就使 C、B 两点间电压增大，亦即 B 点对 C 点的电势变得更“负”。如图中图线U_{BC}所示。（丙）图中，输入信号转为负半周。这时放大管基极的负

电压升高，使 I_b 增大。而 I_b 的增大又使 I_C 增大。I_C 的增大使 R_C 的压降也增大，使 C、B 两点间电压降低，这就使 B 点对 C 点的电势没有(甲)图中那么“负”，如(丙)图中图线 U_{BC} 所示。由此可以得出：

(1) 由于负载电阻 R_C 的作用，使得放大管集电极——发射极之间产生了一个随信号变化的电压 U_{BC}。而且由于 I_C 的变化大于 I_b 的变化，U_{BC} 的变化一般就大于信号电压的变化。从而取得了放大的作用。

(2) U_{BC} 的变化恰好跟信号电压变化的方向相反，或者说：集电极放大了的输出电压跟信号输入电压的相位相反。

图 6—2 中电容器 C_4 的作用是耦合，原理前面介绍过，这里不再重复。电路里不再使用耳机，而改用扬声器。这是因为这架二管机已经可以推动扬声器工作了。

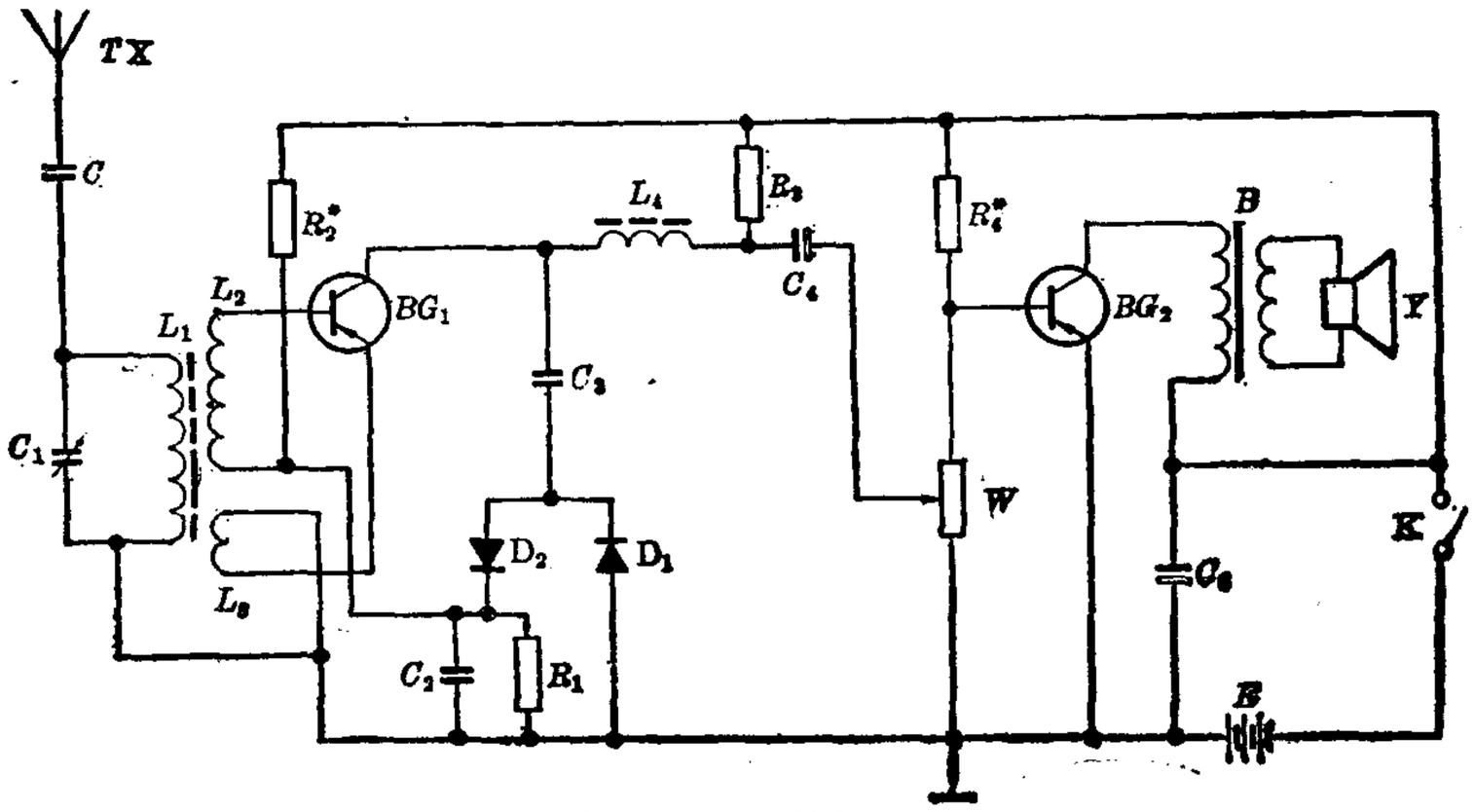


图 6—2　来复再生式二管机电路图

除了改用扬声器之外，电路还有以下改动：

电池用 6 伏，使收音机有较大的输出功率。

在电池组的两端并联一只电容器 C_5，以改善收音机在电源电压降低后的工作性能。

低放管 BG_2 的下偏流电阻改用 4.7K 电位器来控制音量大小。

由于扬声器音圈阻抗小，加用输出变压器 B 与 BG_2 的输出相匹配。

新加入的元件数据如下：

C_4	10μF/6V电解电容器	R_4	100K 微调电阻器
C_5	50～100μF/6V电解电容器	B	输出变压器(可用E19型)
R_2	1K～2K碳膜电阻器	W	4.7K连开关电位器
		Y	φ65mm电动式扬声器
		BG_2	3AX31B晶体三极管 β60～150

二、装置步骤

仍以自制的胶木板底板为例。

1.将单管机的耳机卸下来　把电阻 R_3 焊在铆钉㊴和㊸上。用接线将铆钉㊸和㉖连接起来(这一步也可以暂时不做，见“调试步骤”)。

2.固定输出变压器　将输出变压器固定在铆钉㉔、㉕和㉗、㉙、㉚之间的两个方孔上。初级线圈三个线头依次插入铆钉㉗、

㉙（接初级线圈中心抽头）和㉚上，次级线圈两个线头分别插入铆钉㉔和㉕里。输出变压器的骑马铁夹同地线接通。

3.焊接低放管 BG_2 的基极电路　　先将 BG_2 的发射极焊在铆钉㊾上，基极焊在铆钉㊽上，集电极焊在铆钉㊶上。将电容器 C_4 的负极焊在铆钉㊵上，正极焊在铆钉㊹上，并用接线将铆钉㊹和电位器的中心焊片连

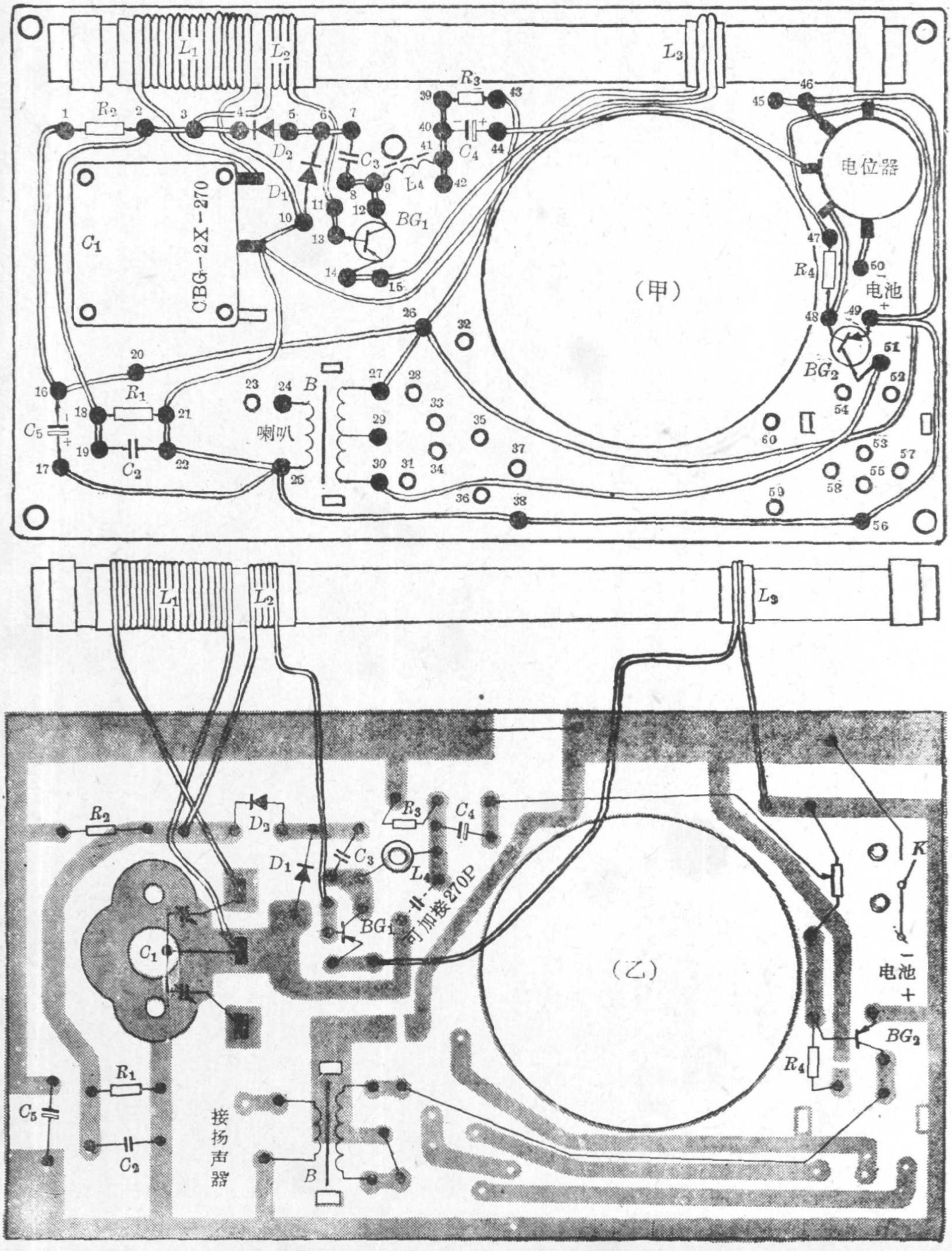


图 6—3　来复再生式二管机实体接线图

通。电位器焊片①接到铆钉㊻上，焊片②接到铆钉㊽上。将电阻 R_4 焊在铆钉㊼和㊽上。用接线将铆钉㊼同电源开关焊片接通。

4.焊接低放管BG_2的集电极电路　用接线将铆钉㉚和㊶接通，焊牢铆钉㉗里输出变压器的线头。将铆钉㉔和㉕里的输出变压器次级线圈线头焊牢，同时各引出一根10厘米或更长些的接线，以备调试时接扬声器。最后将 C_5 负极焊在铆钉⑯上，正极焊在铆钉⑰上，用接线将铆钉⑰、㉕接通。

接好后的实体接线见图 6 — 3 。由于已经做过单管机实验，有了一定的经验，从现在起，实体接线图中各元件不再画出实物而只给出符号。

用印刷线路板装置的实体接线见图6—3（乙）。装时请留意，输出变压器B_2初级线圈中心抽头暂时空着不用，不要插到线路板的洞孔中。另外，不要漏接图中画出的连线。

三、调试步骤

1.检查接线

元件有无漏接错接，注意C_4的正、负极，接反了会因极性反接使C_4漏电增大而引起失真。

2.调整低放管的集电极电流

电源开关放在“关”上，接上电池，注意电池正、负极不要接错。将扬声器的音圈接在铆钉㉔、㉕的两根线上。电阻器 R_4 旋在中间位置。

将万用表的选档开关放在0～25毫安或0～50毫安档上，红表棒接铆钉㉗，黑表棒接铆钉㉖，开启电源开关，这时万用表指针应有指数，这个指数就是低放管 BG_2 的集电极电流I_{C_2}，I_{C_2}的正确数值应在2～5毫安之间。若指数不合要求，即可旋动R_4的接触片。电流调好后，即可用接线将铆钉㉖、㉗接通。一般说，I_{C_2}略大些（接近5毫安），收音机的音质可以好些，而 I_{C_2} 略小些（接近2毫安），则音质相对说略差，但较省电。

3.调整高放管BG_1的集电极电流

由于将耳机换成了R_s，电阻值有变动，BG_1的集电极电流I_{C_1}一般也略有变化，可以重新调整一下。调整时万用表红表棒接铆钉㊸，黑表棒接铆钉㉖，调好后应该用接线将铆钉㊸同㉖连接起来。

4.最后复调

完成上述调试步骤后可以试听，试听时进行复调。复调的目的是使收音机取得最佳的工作效果。复调工作同装接一样，既可从调谐电路开始逐级向后，也可从 BG_2 集电极电流 I_{C_2} 开始逐级向前。复调事项和方法同前，但要有灵活性。这里所说的I_{C_1}在1～1.5毫安、I_{C_2}在2～5毫安范围内，指的是一般情况。由于半导体的特性以及工艺关系，即使同一型号的晶体管，特性也不会都一样，这就要求我们灵活些。调 I_{C_1} 时不必照前面说的，只要不太大或不太小都可以。我们应以灵敏度最高、选择性最强而又不产生再生啸叫为标准。复调 I_{C_2} 则以音质最好为首要标准，其次是得到最大的音量。因为I_{C_1}和I_{C_2}都不能太大，因此复调时，旋 R_2、R_4 要慢一些，免得损坏三极管。

第二节　推挽式放大电路

上一节实验的1—V—2式二管机，虽然比单管机的音量大，能够推动扬声器了。但是，我们一定会觉得音量仍然不能令人满意，人多一点或外界噪声大一些，音量就显得不够了。要求我们继续改进它。怎样改进？是不是再加低放？是的。

我们知道，推动任何一种用电器去做功，都需要有一定的电功率。有的用电器的功率灵敏度较高，只要很小的电功率，就能推动它，例如耳机。但有的用电器的功率灵敏度较低，需要较大的电功率才能推动，例如扬声器。小型扬声器如本书里用的直径65毫米的，功率灵敏度还算不低，只需要有0.25瓦

的电功率，便能发出较响的声音。大型扬声器如直径200毫米以上的，则需要1瓦以上的推动电功率。

上述二管机的输出电功率不足20毫瓦，难以推动扬声器。为什么它的输出功率比较小呢？原因是三极管只有有限的放大倍数，要得到较大的输出电功率，就必需再加低放，把较小的电功率进一步放大成为较大的电功率。担任放大电功率工作的低放级又叫功放级。功放级因为要输出较大的电功率，它的集电极电流就比一般低放级要大。那末，再加一只三极管做低放，做成三管机行不行？行。也有这种收音机。不过为了用最简单的方法取得较满意的效果，我们不这样做，而是采用另一种低放电路——推挽放大电路。

一、什么是推挽放大电路

要理解什么是推挽放大电路，让我们先来观察一个锯木的例子。大家知道，用人工锯大木料是很费劲的。往往要用两个人，分别在两头挡锯，当一边的人拉锯时，另一边的人则推锯，两个人一推一拉地工作。如两个人协调得好，比一个人锯，不但速度快，而且把得稳，锯出的木材也平直。就是说，效果好得多。也许读者会说，推和拉，用力方向相反，不是会相互抵销吗？不会的。这是因为推拉的人是相向站立的，这个人推的时候那个人在拉，对锯子来说，用力的方向是一致的。



图6—4　两个人一推一拉锯木

推挽放大电路，就是仿效这个道理，用两只三极管同时担任放大工作。通过精心安排，使它们中的一只在“推”时，另一只却在“挽”（就是“拉”），两只管子你“推”我“挽”地工作。图6—5是它的电路。图中，B_1是输入变压器，它的次级线圈由两组完全相同的线圈L_2和L_3组成。B_2是输出变压器，它的初级线圈由两组完全相同的线圈L_4和L_5组成。如果把L_2、L_3看成一组线圈，那么，线头b就是B_1次级线圈的中心抽头；同样，线头e是B_2初级线圈的中心抽头。

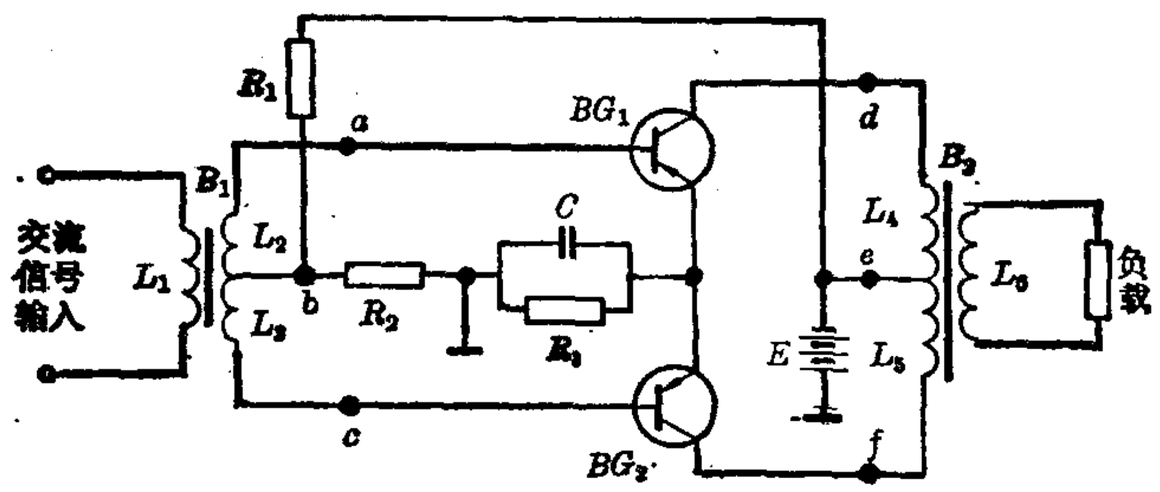


图6—5　推挽放大电路

两只放大管的基极分别接B_1次级线圈的两端，这种接法使BG_1和BG_2得到的信号电压相位相反。为什么呢？我们可将图6—5简化为图6—6。设输入信号处于正半周，这时，输入变压器次级线圈的a端和c端之间有一个感生电压，极性是a端为正，c端为负。中心抽头b点对a点来说是负的，但对c点来说却是正的。很明显，当输入信号处于负半周时，则c端极性为正而a端为负，b点对a点来说是正的，对c点来说，则是负的。所以，a端也就是BG_1基极的电压，始终跟c端，也就是BG_2基极的电压的相位相反。由三极管

的工作原理可以知道，在这种接法中，当BG_1的基极电流减小时，BG_2基极的电流却增大，反之，当BG_1基极电流增大时，BG_2基极电流却减小。

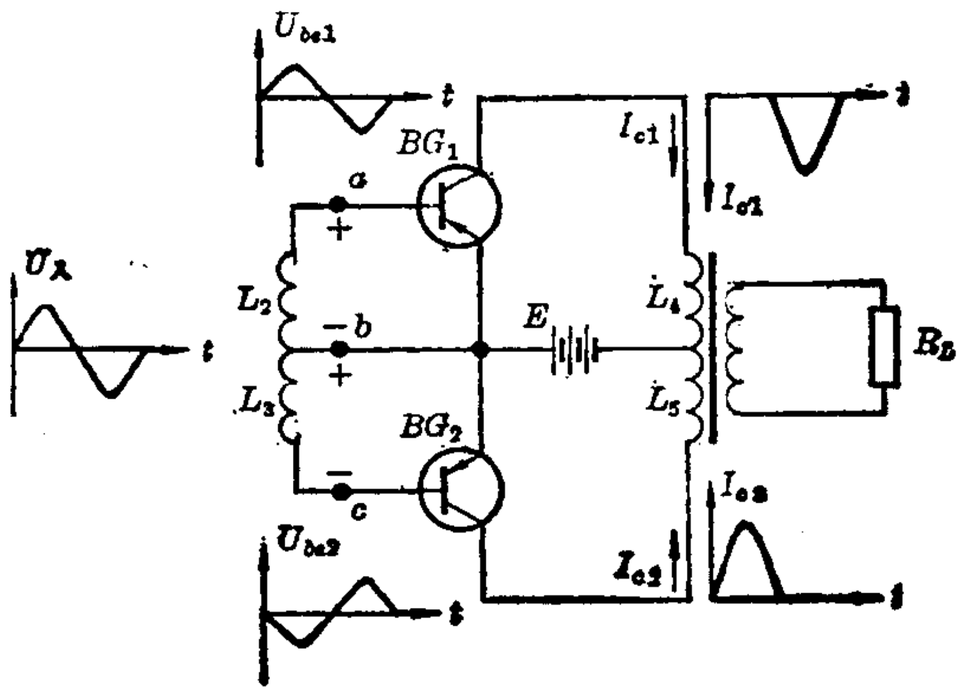


图6—6　推挽放大电路原理

在第五章第二节里讲过，三极管基极电流增大时，它的集电极电流也相应地增大。这样，我们就可以看出，当BG_1的基极电流因信号输入而减小时，它的集电极电流随着减小；而同时，BG_2的基极电流则因信号输入而增大，它的集电极电流也随着增大。

读者也许要问，两个集电极电流的变化恰恰相反，一个增大，一个减小，岂不是要相互抵销，变成不变化了吗？不，不会的，因为我们并没将两个集电极直接连接。前面讲过，两个人一推一拉，对锯子来说，力的方向相同，原因是两个人是相向站立的。现在，既然两个三极管的集电极是分别接在输出变压器的初级线圈的两端，电流I_{C1}和I_{C2}在线圈中流通的方向相反（犹如两个人相向站立），那么，对整个线圈来讲，I_{C1}和I_{C2}的变化就成了“同向”的，它们并不会抵销，反而是相互增强，成为一个变化较大的电流。也就是说，是输出变压器的初级线圈把原来变化相反的I_{C1}和I_{C2}合成为一个统一的变化较大的电流。这就是推挽放大的工作原理。

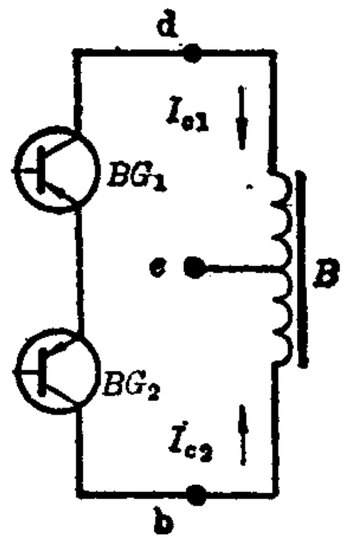


图6—7　Ic_1和Ic_2的流向相反

正象两个人“推”“拉”锯子锯木效果较好一样，用推挽电路做低放，可以收到输出功率大、工作稳定、失真小的效果。

二、推挽放大电路对元件的要求

既然推挽放大电路要由两个三极管一推一挽地工作，它们的工作应该对称才行。这就是说，两个管子的工作性能必须一样。要做到这一点，对元件就提出了相应的要求。

1.两只推挽放大管必须是“配对”的。也就是它们须是同型号的，β值相等，穿透电流也要相等。严格一点的话，还要求它们的特性曲线相同。这样的管子不是很容易找到的。幸好人类的耳朵对失真度并不是最敏感的，只要总的失真度不超过10%，我们的耳朵是分辨不出来的。因此，可以降低一点要求，就业余条件来说，两管子的β值相差一点（例如一个管子的β65，另一个管子的β52），穿透电流也相差一些（例如一个管子的I_{CEO}=150μA，另一个管子的I_{CEO}=230μA），装成的收音机的失真度还不致于显著到耳朵能够感觉出来。当然，我们应该尽可能选用配对的管子，只有在不得已时，才降低要求。

2.输入变压器次级线圈的两个分线圈L_2和L_3以及输出变压器初级线圈的两个分线圈L_4和L_5都要求对称。这一点并不难做到，只要绕制时采用双线并绕法就行。关于双线并绕法请参阅附录五。

第三节　来复再生式四管机

一、具体电路

将图6—2稍为更改一下，在BG_2的后面再加一级推挽功率放大，便成了一架来复再生式四管机。具体电路见图6—8。

这里，我们把输出变压器B_2移到后面，改接至BG_3和BG_4的集电极。将BG_2的集电

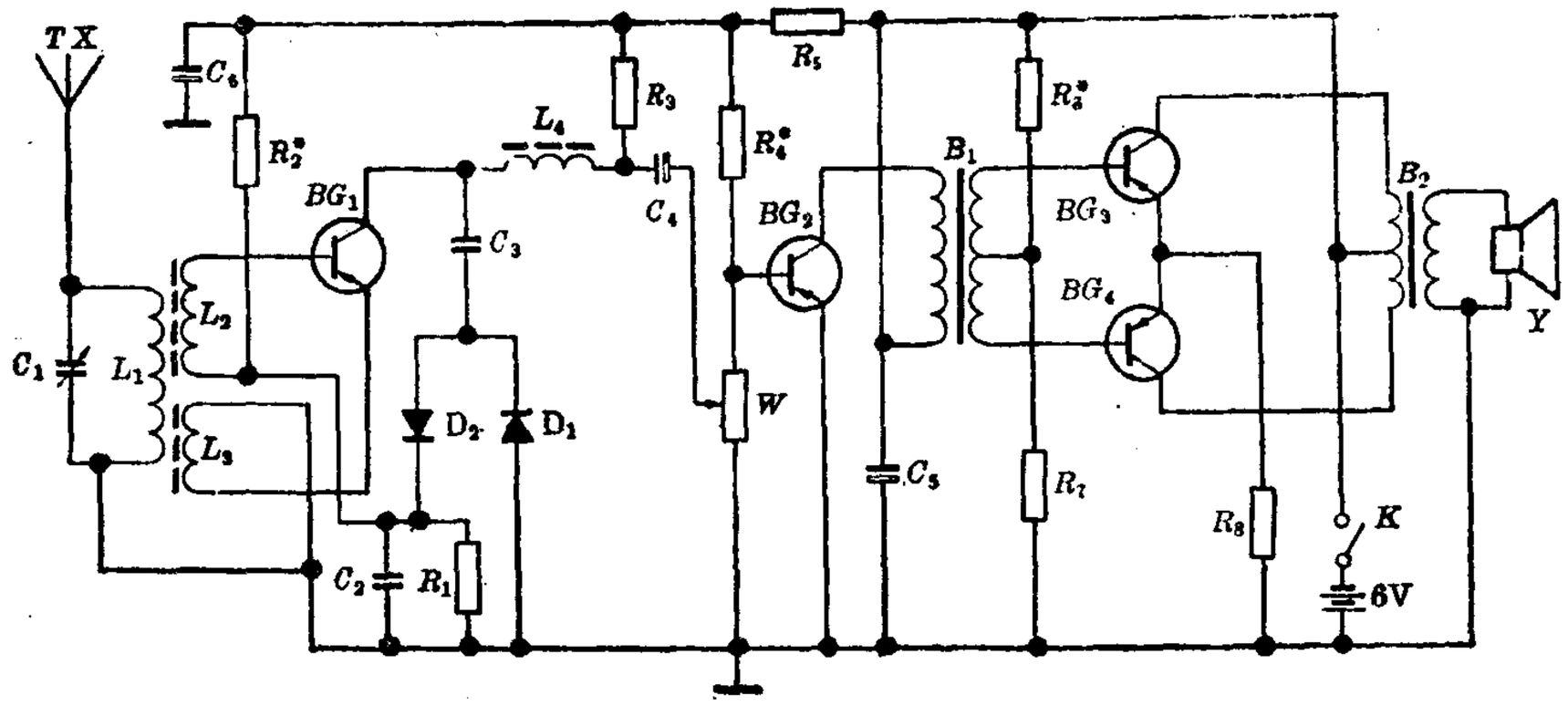


图6—8　来复再生式四管机电路

极接输入变压器的初级线圈。图中推挽放大的电路跟图 6—5 基本一样，只是省去了发射极电阻上并联的旁路电容器，省去这只电容器并不是为了节省元件，而是因为不用它时，BG_3、BG_4 的放大倍数虽略有减小，但是却能够改善音质，提高工作稳定性。

二、退耦是什么

读者可以从图中看到，在电源电路中多接了电阻器R_5和电容器C_6。R_5、C_6组成一个退耦电路。为什么要用它，它为什么叫做退耦？

我们知道，放大管集电极输出电压跟基极输入电压的相位相反。这个关系在两级和两级以下的放大电路里不会引起什么麻烦，但是在三级或更多的放大电路里，却是一件很讨厌的事。要理解它，还得从电源的内电阻讲起。

我们知道，任何导体都有电阻存在。既然电源内部也是由导体——例如干电池内部的电解质和发电机内部的铜线——组成的，那么，它的内部也必然存在电阻。电源内部的电阻叫做电源的内电阻。在一般的电路图中，并不将内电阻画出，但实际上它却是存在的。这个内电阻串接在放大管的集电极电路里，成为放大管集电极负载的一部分。

现在让我们分析图 6—9。我们将电源的内电阻 R_r 画在电路中，它同电源串联。从图中可以看出，对BG_1来说，它的集电极负

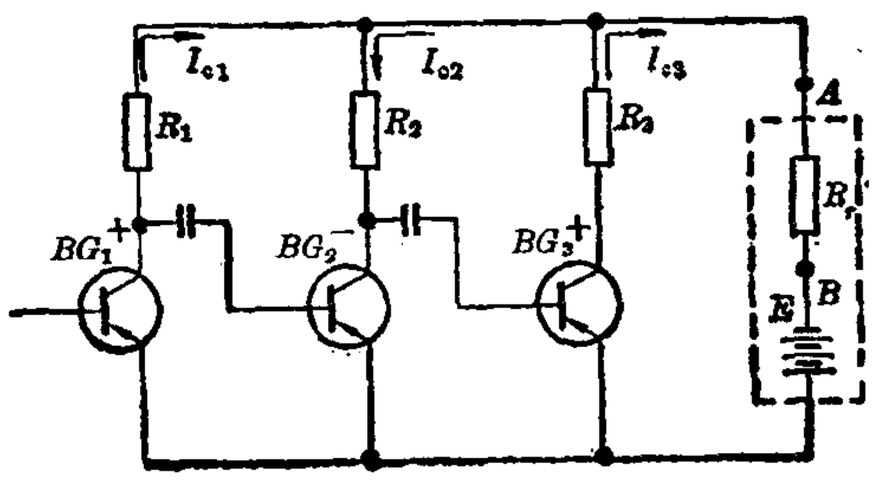


图6—9　电源内电阻造成正反馈

载由 R_1、R_r 串联构成；对 BG_2 来说，它的集电极负载由R_2、R_r 串联构成；而对BG_3来说，它的集电极负载则由 R_3、R_r 串联构成。这就是说，R_r是各放大管的公共负载。

另外，我们已经知道，放大管集电极输出电压相位跟基极输入电压相位是相反的。假定某一瞬间 BG_1 集电极输出电压处于正向。那么，BG_2 基极输入电压也处于正向，它的集电极输出电压将处于负向。同理，这时BG_3的集电极输出电压将处于正向。也就是说，BG_1 和 BG_3的集电极输出电压是同相位的。从图 6—9 我们还可以看出，I_{C3}在R_r两端产生的放大了的电压，会通过 R_1 加到 BG_2 的基极上，造成“反馈”。既然由 R_r反馈到 BG_2 基极的电压跟BG_1送到BG_2 基极的电压同相，它就加强了 BG_2 的输入电压，从而使 BG_2 输出电压增强，进而又使 BG_3

的输出电压增强。这样使 R_f 两端的电压也增大。R_f 两端电压增大以后，反馈电压就相应增加……，经过多次这样的循环，电路就会产生振荡，引起叫声。对于收音机的低放电路来讲，这种反馈(叫做正反馈)是不能容许的，必须设法予以消除。消除的方法就是退耦，也就是用适当的电路将 R_f 引起的不必要的耦合“退”掉。

那么，R_5、C_6 为什么能退耦？这得分析图6—10。C_6 并联在 R_1 和 BG_1 串联电路的两端 C 和 D 上。由于 C_6 的电容量很大，在晶体管低放电路中，它一般至少用 50μF，

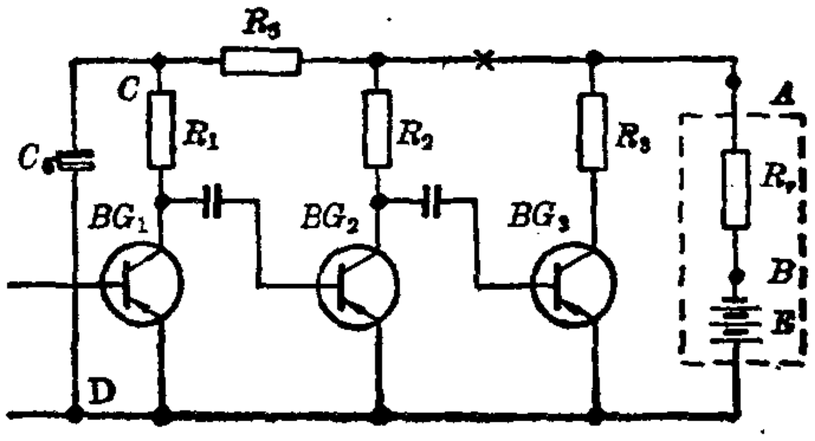


图6—10　退耦电路原理

甚至大到 200μF 以上，因而它对低频交流电的容抗很小，可以看成是短路，就是说，C 和 D 两点对交流电来说，相当于接通的。这样，I_{C3} 在 R_f 两端产生的电压就不可能加到 BG_2 的基极上，振荡即被抑制，R_5、C_6 完成了退耦工作。

图6—10中的 R_5 也可以改接在电路中打×符号的地方。其原理我们留给读者自己去分析。至于两级放大为什么不需要退耦，这里也从略了。

三、装接步骤

1.先拆除以下一些接线：铆钉㉗、㉘之间接线，铆钉㉚、㉛之间接线，铆钉㊼、电位器开关之间接线。

2.将输出变压器 B_2 初级线圈中心抽头插入铆钉㉙上，并将铆钉㉙、㉜接通。

3.装上输入变压器 B_1，将各个线头分别插入铆钉㉜、㉞、㊲、㉝、㊳里，并将它们焊牢。接通铆钉㉛、㉜，再接通铆钉㉞、㊵。

4.焊接 BG_2。用接线将铆钉㊼、㉘接通，将铆钉㉞、㊵、㉜接通。将铆钉㉜、电位器开关一只脚接通。把电阻器 R_5 焊接在铆钉㉖、㉜上。

5.焊接 BG_3 和 BG_4。将 BG_3 集电极焊在铆钉㉘上，连接铆钉㉗、㉘。基极接在

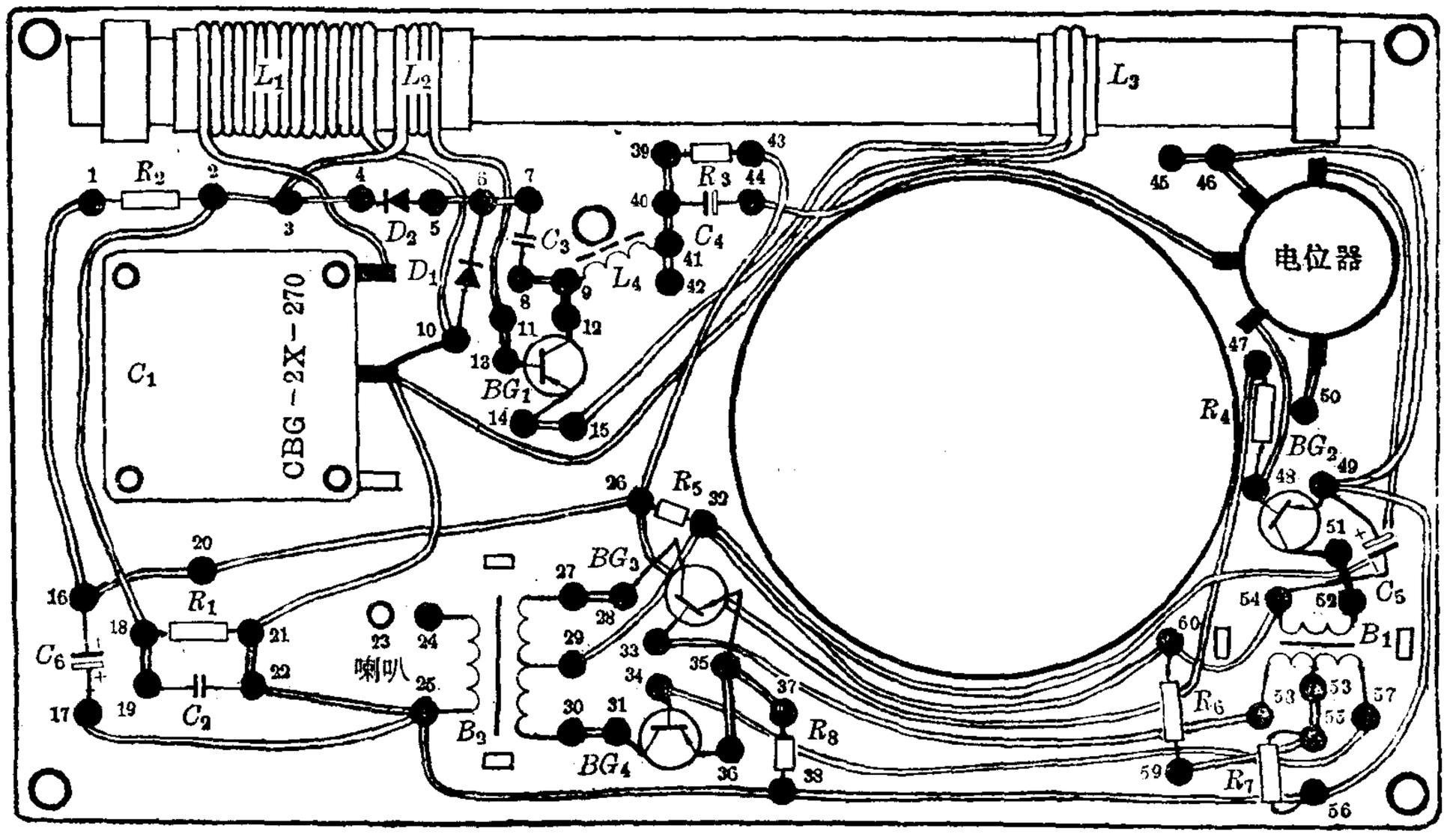


图6—11(甲)　来复再生式四管机实体接线图

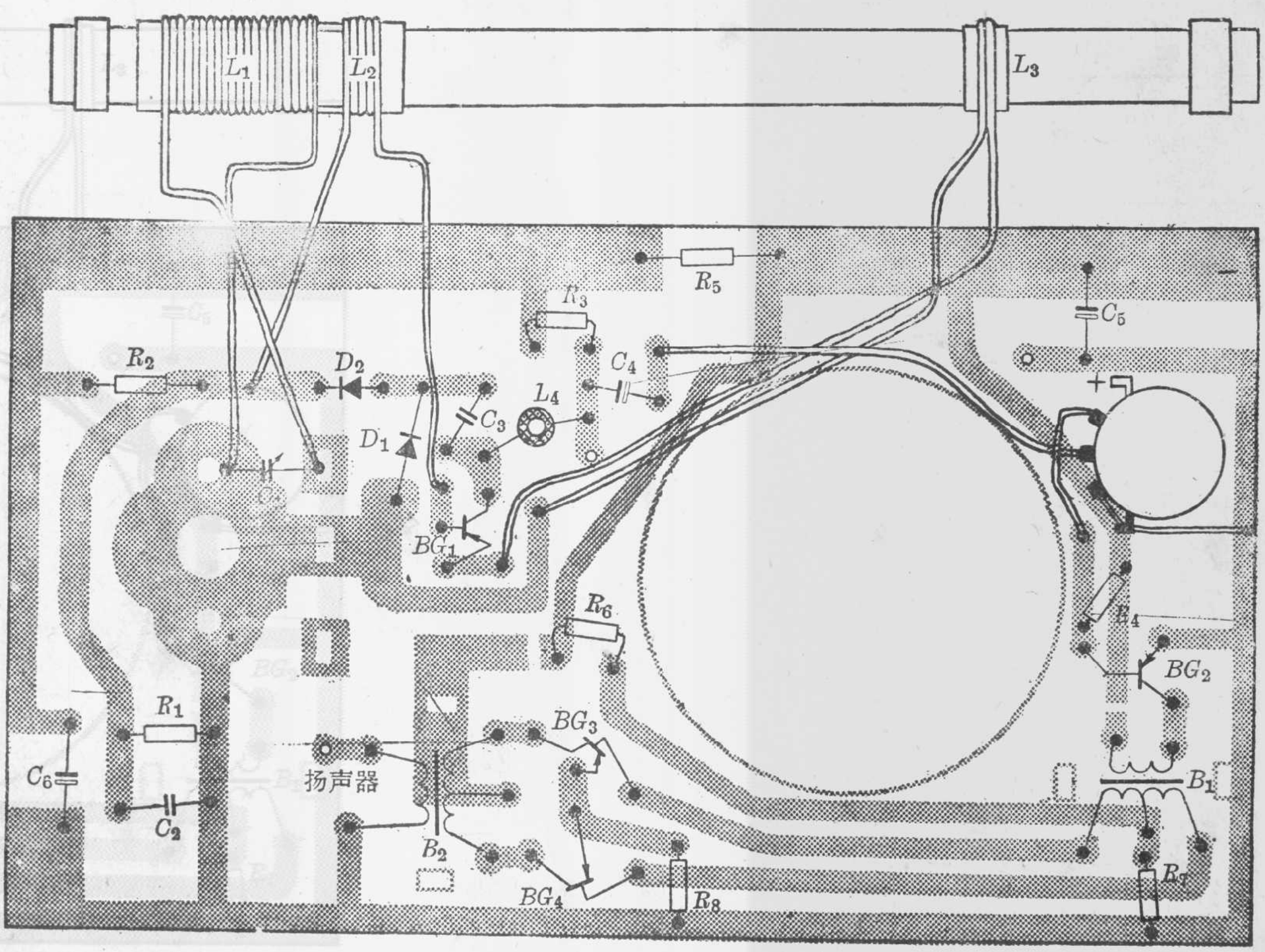


图6—11(乙)　来复再生式四管机实体接线图

铆钉㉝上，连接铆钉㉝、㊽。发射极焊在铆钉㉟上。将 BG_4 集电极焊在铆钉㉛上，连接铆钉㉚、㉛。基极焊在铆钉㉞上，连接铆钉㉞、㊼。发射极焊在铆钉㊱上，连接铆钉㉟、㊱、㊲，将电阻 R_8 跨接在铆钉㊲、㊳上。将电阻 R_7 跨接在铆钉㊺、㊻上，并用接线将铆钉㊺、㊾接通。最后将 R_6 跨接在铆钉㊾、㊿上。

至此改装工作全部完毕。

装接完毕的实体接线见图 6—11(甲)和(乙)。

四、调　试

因为是改装，BG_1、BG_2 没有什么大变动，工作电流一般不必重新调试。

至于 BG_3 和 BG_4，我们可以调整 R_6 的阻值，使它们的总电流在无信号时约为2～6毫安。若要求严格些，本来应该分别测定 BG_3 和 BG_4 的集电极电流，如果两者不相等，就应更换管子，使它们对称。但是前面已经说过，由于人耳对失真并不很敏感，所以只要两管性能基本相同，一般不必分别测定，只要测量两管的总电流就行了。

调试完毕，开大音量控制电位器，旋动可变电容器，应能正常收音。如果发现再生过弱、过强，或者电台不能收全，或有其他缺陷，可参考前几章说明，或者参阅第九章有关部分加以检查。

第四节　用四管机放唱片

来复再生式四管机只能用来收音。如果有一架电唱机，那只要再加接一些元件，就可以利用四管机来放唱片，充分发挥它的作用。改装也不算麻烦，从低放级 BG_2 起，全都不必变动，而只要改动高放级 BG_1 的基极电路就可以了，电路见图 6—12，图中把

BG_2以后的电路略去了。改装电路需要增加一只开关、三只电容器和5只电阻。它们的规格如下表。

K_1	微型单刀双掷拨动开关
C_7、C_8	4300～4700P电容器
C_9	0.022～0.1μF电容器
R_8	220K微调电阻器
R_9	15K碳膜电阻器
R_{10}	91～110K碳膜电阻器
R_{11}	100K碳膜电阻器
R_{12}	47～51K碳膜电阻器

改装步骤：

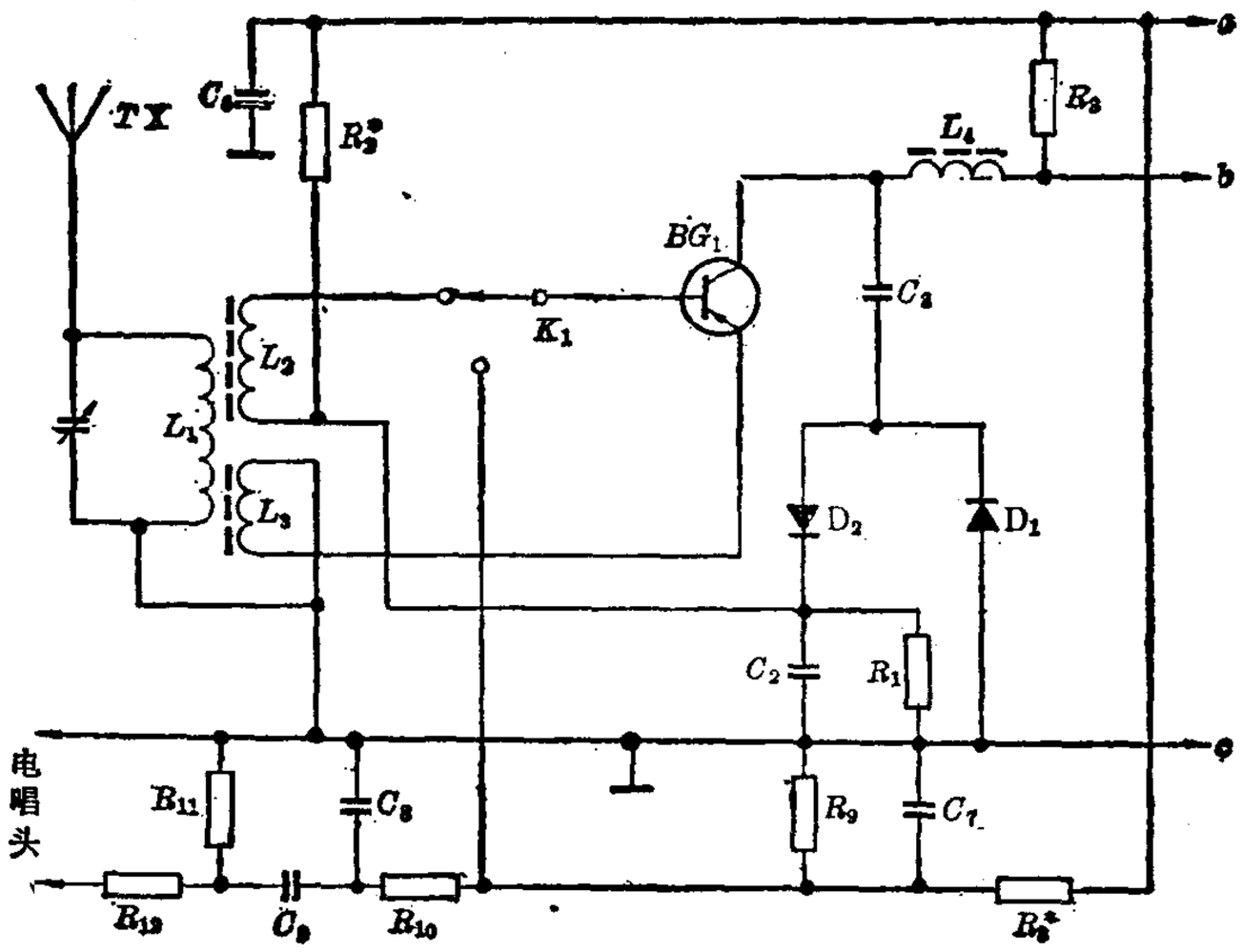


图6—12　四管机改装收音、放音两用机

将L_2线头从铆钉⑪上焊下。在底板左下角空余处装上一只微型单刀双掷开关。开关的掷刀接到铆钉⑪上，把拆下的L_2的线头接到开关的一档焊片上。

另外找一块2.5×5厘米的胶木板，照图6—13打好铆钉，并把各零件装好。用接线把图中“a”处同四管机中的铆钉⑯接通。金属隔离线（长短自行决定，但不要太长）接图中注“K_1”和“c”的两个铆钉。连接时要注意：金属网接c和四管机铆钉㉒，金属隔离线的芯线接图中“K_1”处和开关K_1的另一档焊片。

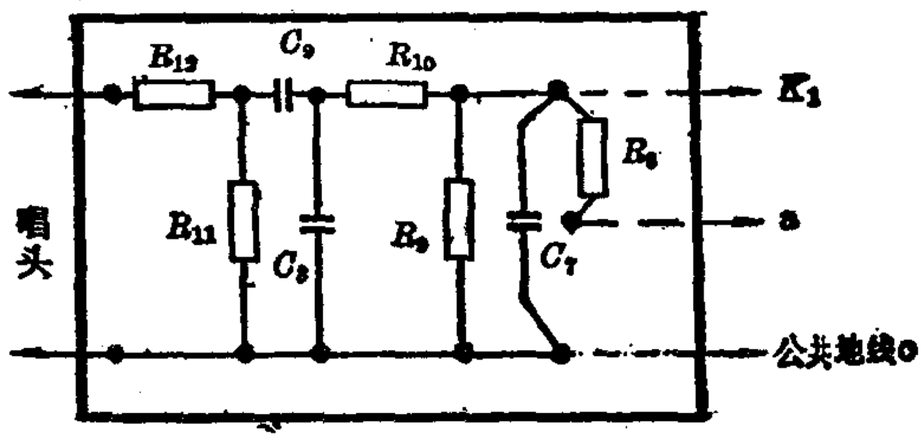


图6—13

接唱头的导线也应该用金属隔离线，隔离线的金属网接本底板的地线端。

如果想得到较好的音质，可以作下面的试验：

1.扬声器改用φ100mm、8Ω扬声器。更大直径的扬声器也可以用。

2.四管机的BG_3和BG_4的集电极和基极间各跨接一只0.01微法的电容器如图6—14。加接这两只电容器，可以使刺耳的高音有所减少，音质变得“软”而悦耳。

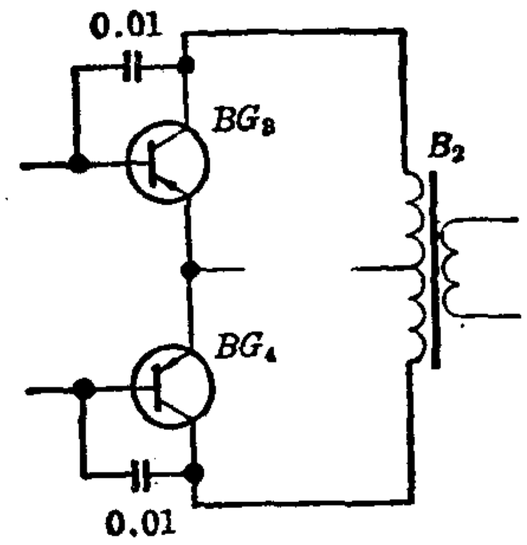


图6—14　改进音质的方法

第七章　电视伴音接收器

有些电视节目并不一定要“看”，只要“听”就可以了。这里介绍的就是一具简单的电视伴音接收器。它可以直接用耳机收听，也可以将它的输出接到放大器（例如四管机的低放部分，或者一架独立的放大器），由放大器将信号进行功率放大。

电视伴音同电视图象一样，是用甚高频（超短波）电磁波传送的。这种甚高频电磁波用一般的简易再生式电路不能得到满意的效果，还需要采取一些措施。这就是超再生式电路。

第一节　超再生式检波电路

前面讲过，再生式电路的原理是将晶体三极管输出的信号分出一部分，反馈到输入电路中去，补偿输入电路的损失，来提高三极管放大电路的效能。但是在普通再生式电路中，反馈不能过强，过强的再生，会使电路发生自激振荡，结果机器产生啸叫，不能正常收音。由于再生不能很强，放大电路的放大能力不能大幅度提高，限制了收音机的灵敏度，这就要求我们设法改进再生式电路，改进的方法是进一步加强再生，使电路产生自激振荡，而在这同时另外注入一个频率约几百千赫的电压——熄灭电压（也叫做控制电压）——使自激振荡不断地产生——熄灭——再产生——再熄灭。这样的自激振荡不会造成啸叫，却能进行正常的接收。产生这种振荡的电路就叫做超再生检波电路。它的简单工作原理如下。

一、调频波怎样转变为调幅波

电视台的伴音同一般广播电台相比，不但频率要高得多，调制方法也不一样。它不用调幅而用调频。如前所述，调频波的波幅保持恒定，而它的频率却随着调制信号改变，造成所谓的“频偏”。这种电波占据一条有一定宽度的频带。

接收调频信号时，调谐电路不是谐振在被接收电波的中心频率上，而是谐振在略高于电波最高频率的地方，也就是让被接收电波的中心频率落在谐振曲线线性部分的中点上。当调频信号输入时，随着调频波频率的变化，调谐电路中感生的电流以及它两端的电压也跟着变化，如图7—1。这样，调频波就被转换成调幅波了。这个过程就是通常所谓的“鉴频”。

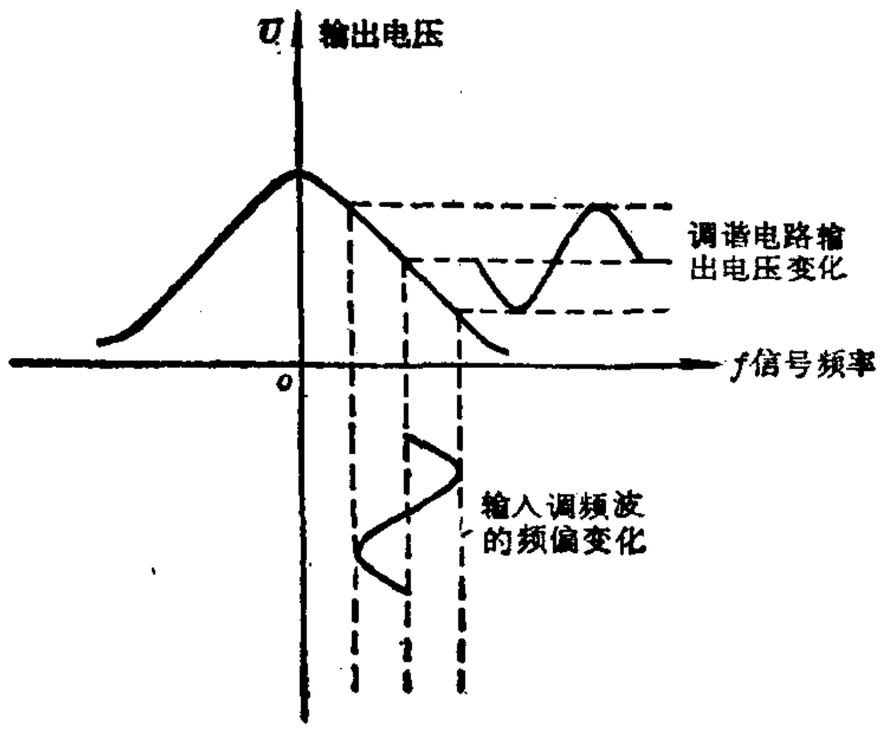


图7—1　调谐电路将“调频”转换为“调幅”

二、超再生的原理

图7—2是单管超再生式检波器的原理图。C_e和晶体三极管的极间电容C_{eb}构成三

点式反馈电路，通过它的正反馈作用使管子处于自激振荡状态。自激振荡的强弱由电容C_6的大小来控制，适当调整C_6的电容量，可以使电路工作最佳，当接收机处于自激状态时，它的接收灵敏度极高。

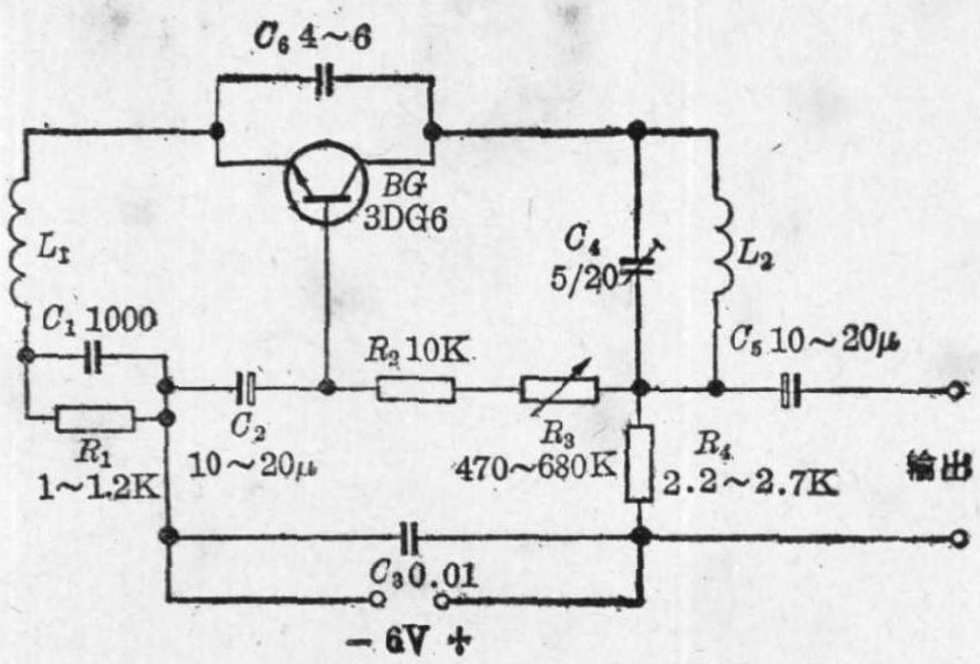


图 7—2　单管超再生电路

熄灭电压由C_1、R_1产生，它的频率也由C_1、R_1的大小决定。C_1、R_1串联在基极——射极电路中，它们对自激振荡电流有阻塞作用。当自激振荡电流增大时，R_1上的压降也增大，使振荡电流减小直至停止振荡。自激振荡停止后，C_1、R_1失去了作用，自激振荡又重新开始。这样，自激振荡便按一定的频率时而产生，时而熄灭。既然自激振荡不是一直存在着，它就不会影响收音工作的进行。于是超再生电路就既可得到较高的灵敏度，又可以进行正常的检波工作。

熄灭电压的存在，固然达到了使检波器灵敏度大大提高的目的，但同时也带来缺点，

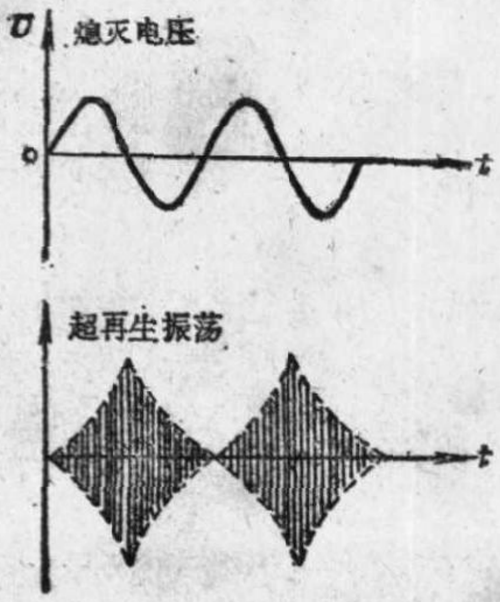


图 7—3　熄灭电压的作用

那就是它会在耳机（或扬声器）中造成一种“嘶……”的杂声——流水声。因此，装好后的超再生式接收器必须精心调节，使“嘶……”声最小而又有足够的灵敏度。

值得一提的是，超再生式电路的振荡能够向外发送，如果我们选择熄灭电压的频率，使它落在广播段的范围内，那么，只要将它的振荡线圈（L_2）靠近晶体管收音机的磁性天线，便能够从收音机中听到电视伴音的广播。

第二节　简易两管超再生式电视伴音接收器

上节介绍的单管超再生式电视伴音接收器输出功率不大，放音时音量并不够宏亮。为此，我们将它略加改变，在它的后面加一级低放，成为两管的超再生式接收器。

一、电　路

电路见图 7—4（甲）。

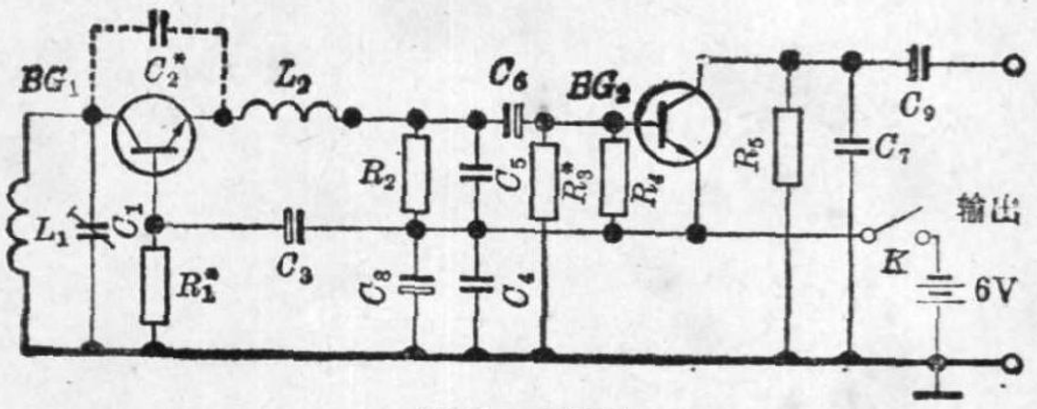


图 7—4（甲）

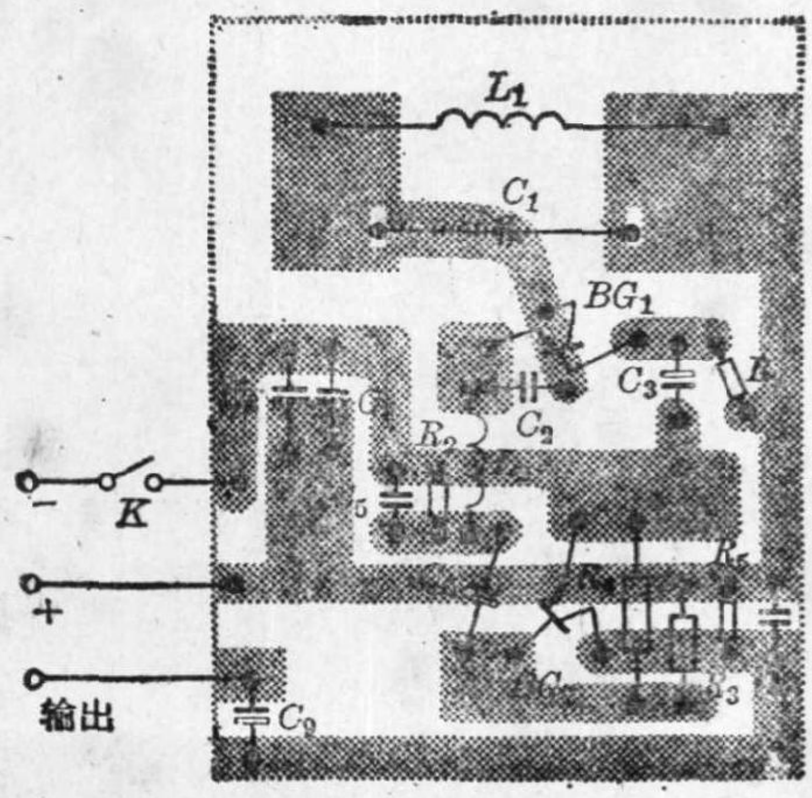


图 7—4（乙）

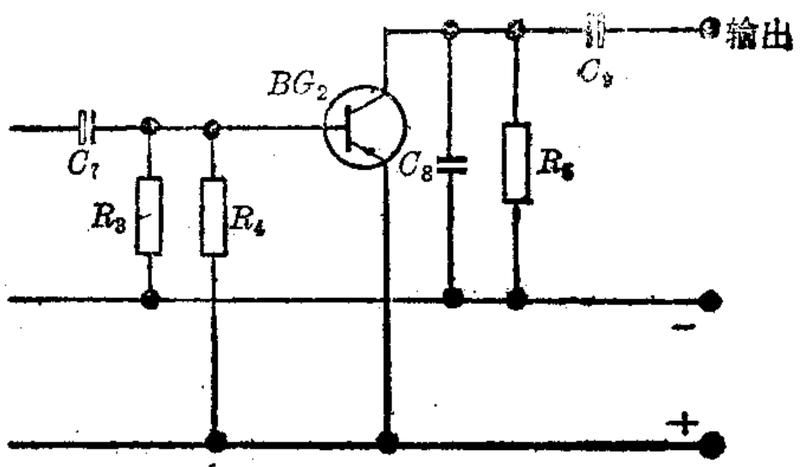


图 7—4(丙)

所用元件如下：

BG_1 3DG6、2G910或其它特征频率在300兆赫以上的NPN型硅三极管	C_1 5/20 P微调电容器
	C_2 4～6P，实验中取最佳值
	C_3 C_8 C_9 10～20μ 电解电容器
	C_4 0.01μ 金属膜电容器
	C_5 4700～6800P，实验中取最佳值
BG_2 3DG6	C_6 50～100μ 电解电容器
	C_7 2000～3000P
L_1 空心线圈，用φ1～1.5毫米的裸铜线绕制。线圈直径在10～15毫米之间，接收第五频道电视伴音时需要绕四圈，圈与圈之间相隔5毫米。如接收第八频道电视伴音应改为3圈。	R_1 约100～300千欧，可用一只20K固定电阻和一只470～680K微调电阻串联使用，整机调整时，取最佳值
	R_2 在800～1200欧之间，也由试验确定
	R_3 100K微调电阻
	R_4 5.1K
	R_5 2～3K
L_2 在1/8瓦碳膜电阻(100千欧以上)上用φ0.10漆包线绕50～80圈，最佳圈数由实验得到。	电源 6伏干电池或稳压电源

的中、短波机器中，不会造成什么麻烦，但在甚高频时，电感的作用就会变得显著起来，对整机的工作带来不良影响。

二、具体装置

图7—4(乙)是印刷线路板的实体接线图。

装接时应注意：

电容器C_1的动片应该通地，也就是接电源的正极端。装反了，在调整时就要产生严重的人体感应。

线圈L_1和C_2、R_1、R_2、C_5、C_3、C_4等元件的引线要短。因为引出线(即导线)本身具有电感，这些电感虽然很小，在普通

三、调　试

超再生式接收机调试包括下列各项：

1.确定检波管集电极电流。2.确定熄灭

电压的幅值和频率。3.确定L_2的圈数。

调试应在电视台播音时进行。先准备好一把非金属的螺丝刀（可以用坏的有机玻璃牙刷柄自己制成），柄尽量长些。用螺丝刀旋动C_1，这时，耳机或放大器中应出现"嘶……"的流水声，如果没有"嘶……"声，表示没起振荡，可以适当减小R_1阻值或略增大C_2电容，若还没有"嘶……"声，那就很可能是晶体管BG_1损坏或特征频率过低，应予以更换。

"嘶……"声出现后，表示电路已经起振，可以用螺丝刀缓慢旋动C_1，直到收到伴音广播，将C_1放在声音最响，音质最佳的位置上，然后，仔细调节R_1使音量更响，音质更佳。有时C_1和R_1要反复调节才能得到满意的效果。

在调整时，若出现刺耳的啸叫，应将C_2的电容减小一些。C_1和C_2需要同时反复调节。甚至R_1也要跟着一起调节。

前面说过，超再生电路会产生"嘶……"的流水声。在没有调频广播时，流水声较大，这是正常的。一旦收到信号，流水声就会显著减小，但不会完全消失，因为流水声本来就是超再生电路的特征。但如果有信号时流水声还是很大，那就要再次调节C_1、C_2、R_2并增减L_2的圈数。

一般地说，经过上述那些调整，本机是可以正常工作的。如音质还不够好，那就要调整R_3甚至调整R_5。调整R_3时应使BG_2集电极电流约为0.5～0.8毫安，若没有万用表，也可以用耳朵听，以音质最佳为准，R_5的大小对BG_2的增益和音质也有影响，不过，R_5用2～3K时，一般是能够收到满意效果的。

四、低放管改用PNP型锗管

因为BG_2起低放作用，所以并不一定要用3DG型高频管，完全可以用3AX型低频管代替，甚至是3AG型高频管也能勉强使用。

3AX型锗管集电极电压极性跟3DG型硅管正好相反，因此不能直接按原电路代用，而是要照图7—4（丙）的电路改变一下。

对代用的管子没有特殊要求，但β值不宜太低。试验的结果，不论是BG_1还是BG_2，β值都以70～100左右为好。

五、超再生式电路的优缺点

超再生式检波电路用的元件少，耗电量小。但它也存在着严重的缺点。由于电路工作于自激振荡状态，它的振荡能量会通过线圈L_1向外发射出去，从而影响邻近电视接收机的工作。虽然可以在检波级之前加一级调谐高放作为隔离，但电路组织以及调试工作都要变得复杂。其次，这种电路的"嘶……"声不能完全消除，人体感应也比较大。

要消除上述缺点，必须改用超外差式电路。

第三节　参考电路

本节抄录了两种电视伴音接收器电路，供读者选择。

一、感应式单管电视伴音接收机

这架接收机没有音频输出电路，使用时，只要将它的线圈L_1靠近晶体管收音机磁棒线圈，就可以从收音机中得到电视伴音信号。

电路和印刷线路如图7—5。

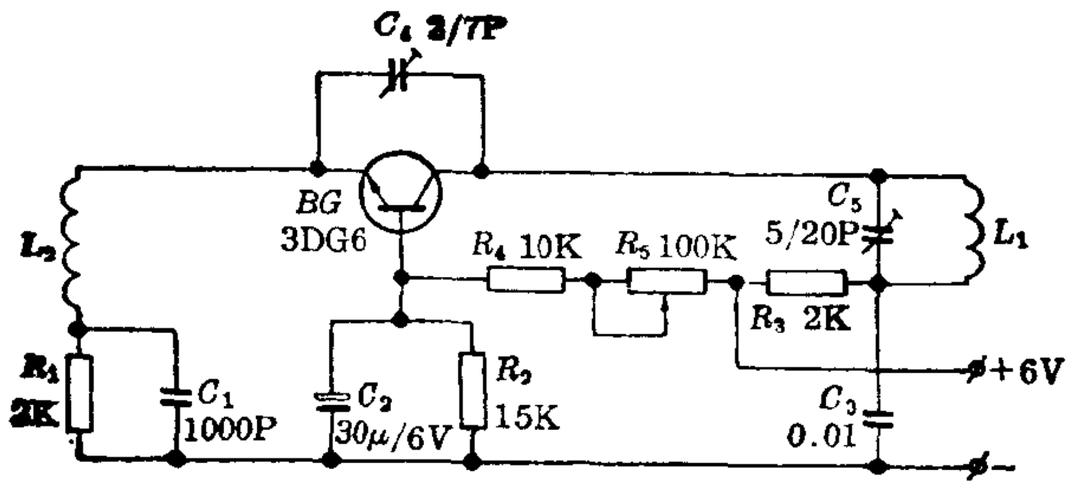


图7—5（甲）

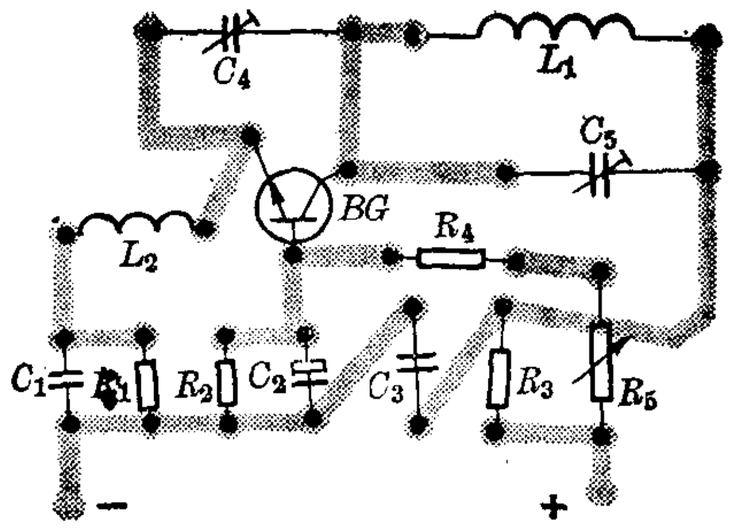


图7—5(乙)

元　　件　　表

BG	3DG6 或 2G910	R_1	2K
C_1	1000P	R_2	15K
C_2	30μ/6v 电解电容器	R_3	2K
C_3	0.01μ	R_4	10K
C_4	2/7 P 微调电容器	R_5	100K 微调电阻
C_5	5/20 P 微调电容器	L_2	绕法见上节L_2
L_1	绕法见上节的L_1		

二、超外差式电视伴音接收机

这是一架使用三只晶体三极管的超外差式电视伴音接收机。电路比较简单，效果还可以。但是，调试工作以及某些元件的自制则要困难些。我们认为，初学者最好在实验过上节介绍的超再生式接收器，取得了经验之后，再试装本机。

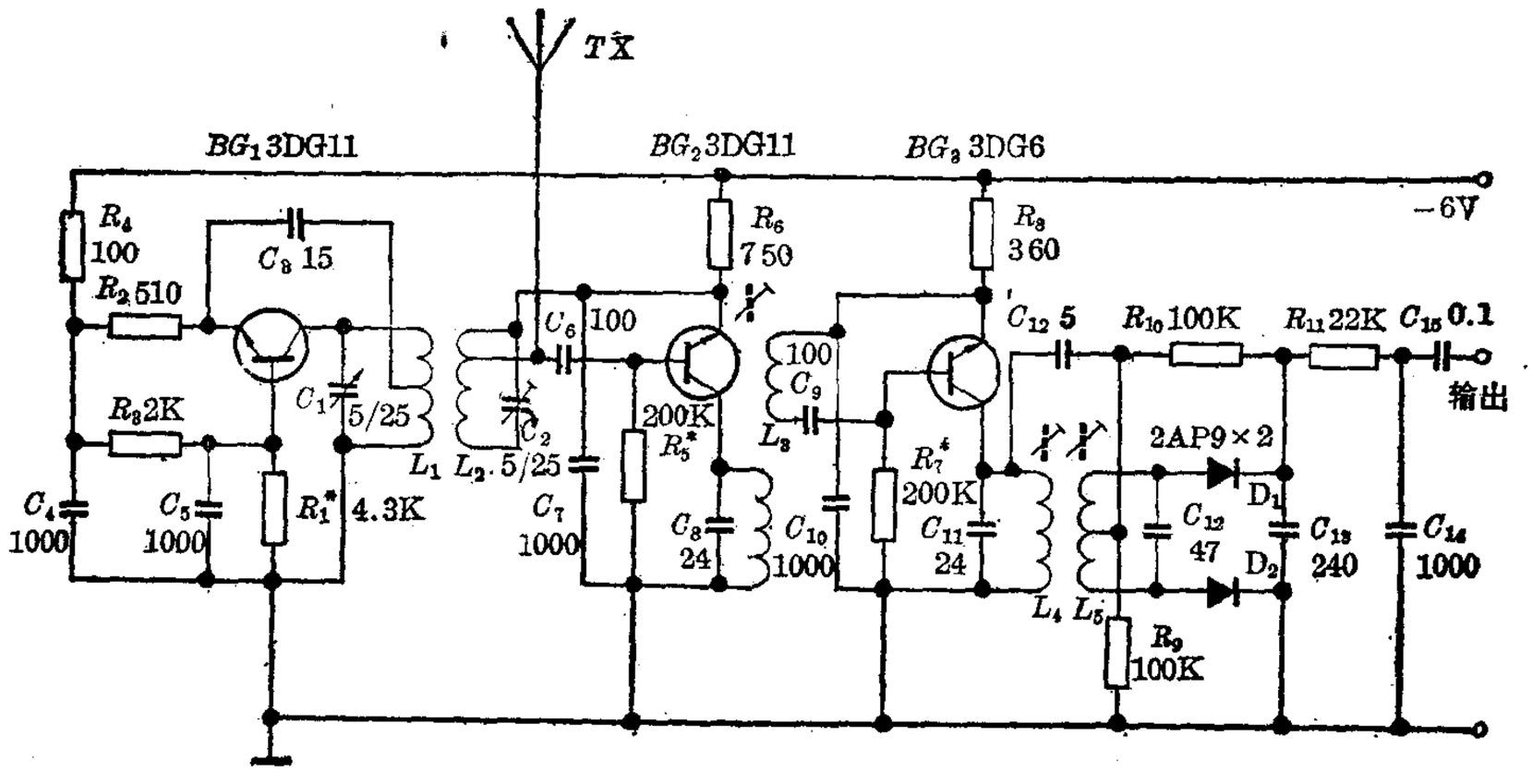


图7—6　超外差式电视伴音接收机电路图

注：原理及安装调试方法请阅《无线电》杂志1974年第10期。

第八章　稳压电源

一般的晶体管收音机都是用干电池作为电源供电的。干电池作电源有不少优点。①体积小、重量轻、直接装在机壳内，携带方便。②不会产生交流哼声。③收音机同其他用电器没有直接联系，相互之间的干扰要比用交流电源时小得多。

但是，干电池也不是没有缺点的。它的代价较大。另外用旧了的电池其电压会降低，内电阻增大，往往使收音机的灵敏度也降低，音质变坏，音量减轻。过旧的干电池还会引起啸叫和“卜……卜”的汽船声。如果电池锌质外壳蚀穿，还会把收音机里的零部件烂坏。

所以，有很多人喜欢把晶体管收音机装成两用的，即既可使用干电池，也可以使用交流电源。

晶体管一般只能用低电压的直流电，而不能直接使用220伏的交流市电。所以，首先要将220伏电压变为适合晶体管使用的低电压如6伏、9伏等。还要进一步将交流电转变为直流电，才能供给晶体管收音机使用。变压工作由变压器完成，它的原理已在第二章介绍过，具体自制方法可参阅附录五。

第一节　整流电路

整流，就是将交流电转变为直流电的过程。整流的原理其实同检波是一样的，所不同的在于检波是要从调制过的高频电流中“检出”高频电流中含有的音频信号，而整流只需将交流电（一般多数是低频的）转换成直流电就够了。

常用的整流电路有四种：①单相半波整流，②单相中心抽头式全波整流（以后简称全波整流），③桥式全波整流（以后简称桥式整流），④倍压整流。

一、半波整流

半波整流的电路和工作原理见图8—1。可以看出，它和检波电路是一样的。所以，原理也就不再复述了。应该指出的是，所用

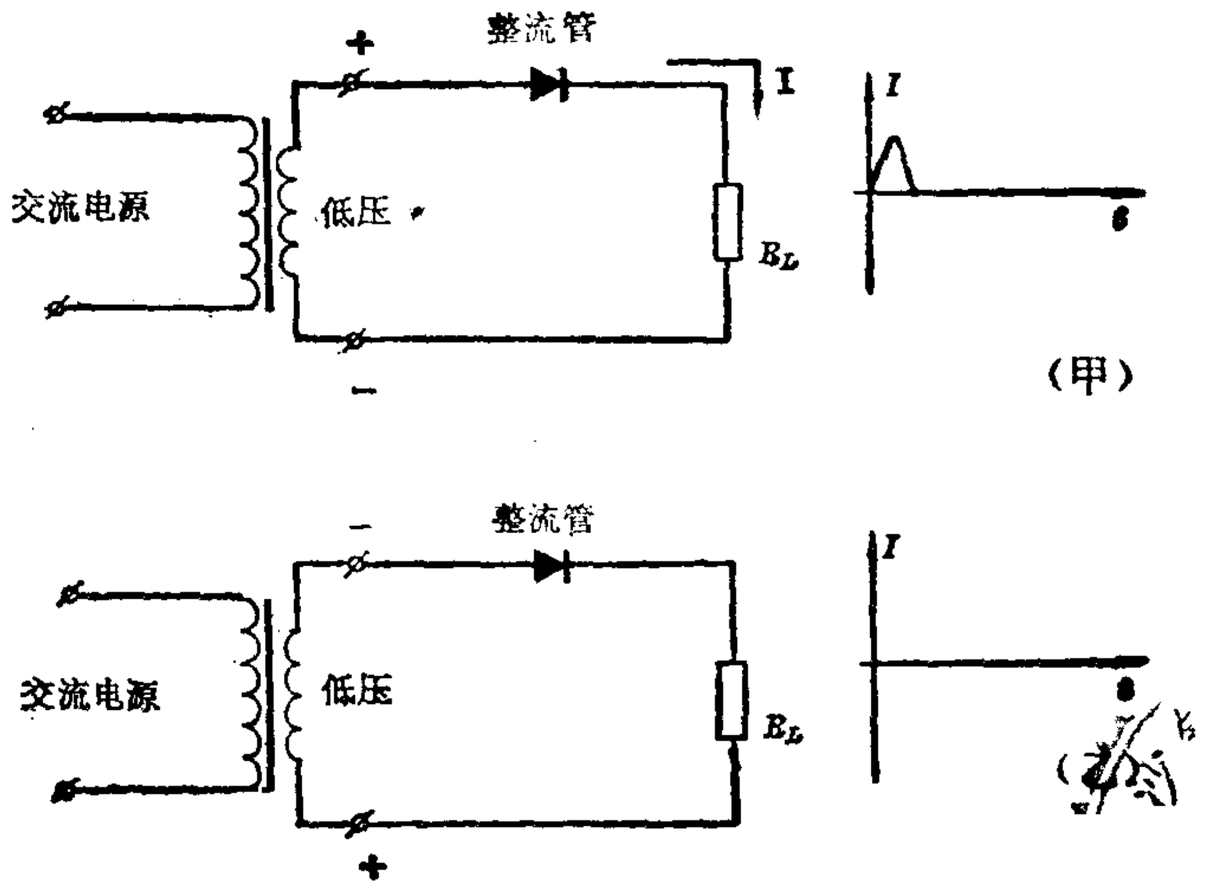


图8—1　半波整流电路

二极管应能承受较高的反向电压和较大的整流电流。为什么呢？

让我们看一看图 8—1（乙）。图中的交流电压对于整流管来说是反向的，也就是电压的正端加在整流管的负极上，而电压的负端则加在整流管的正极上，这时，整流管不导通。若是进行检波，这一点并不成问题，因为加在检波管两极间的电压很小，即使是较高级的收音机，也不会超过 2～3 伏，这么一点电压任何一只二极管都能承受得住。但对于整流来说，情况就不同了。因为它们往往在较高的电压下工作。就以晶体管收音机稳压电源来说，变压器次级电压的有效值有 8～9 伏，最大值达到 12～13 伏，当整流管不能够耐受时，它就会被击穿，变成导通，破坏了整流的作用。因此，必须挑选能够承受较高反向电压的整流管。

至于整流电流，比较容易理解。检波管所接电压较低，而它的负载电阻较大，一般都有几千欧，因而通过它的电流很小，通常不超过几百微安，甚至只有几十微安。可以说，任何一只二极管都能承受这个电流。整流管就不同。即使是一架单管机，也要用1毫安的电流（暂不计及滤波电路所需电流）。一架四管机，最大要用到80～100毫安。这就要求我们选用能够承受较大整流电流的二极管。

附录三列举了几种常用整流二极管的特性，读者可以根据需要选用。

半波整流电路用的元件少，但是输出电压低，输出电压稳定度差。在不用滤波器的情况下，半波整流电路的输出电压只有输入电压的 0.45 倍，如图 8—1 里变压器次级线圈交流电压有效值是10伏，那么，经过整流后加在负载上的电压就只有 4.5 伏。所以，除非元件不易得到，否则最好不用。

二、全波整流电路

半波整流只是在交流电的半个周期内工作，因而效果差。如果能够使整流电路在交流电的整个周期内都工作，效果就能大大提高。办法是使用两个相同的半波整流电路，照图 8—2 那样安排，使两个电路轮流工作半个周期，而让它们整流后的电流用同一方向流经负载。详细原理是这样的：设某一瞬间线圈 L_2 和 L_3 的电压极性是 L_2 上端“A”为正，而 L_3 下端“C”为负，这时中心抽头（L_2、L_3 的连接点）“B”对“A”是负的，对“C”则是正的。由图（甲）可以看出，这时 D_1 获得正向电压而处于导通状态，D_2 则获得反向电压而处于截止状态。D_1 整流后输出的电流沿箭头指示的方向经过负载流回线圈 B 点；半周后，线圈 L_2、L_3 的电压极性转向，根据同样的原理，可以知道，这时 D_2 处于导通状态，而 D_1 处于截止状态。D_2 整流后输出的电流沿图（乙）箭头指示的方向也经过负载流回线圈“B”点。两个半周期中通过负载 R_L 的电流方向是一样的，其合成波形如图8—2（丙）。这样，电路就完成了整流工作。由于交流电的两个半周期都有整流电路在工作，因此叫做全波整流。

全波整流电路虽然要用两只整流管，并

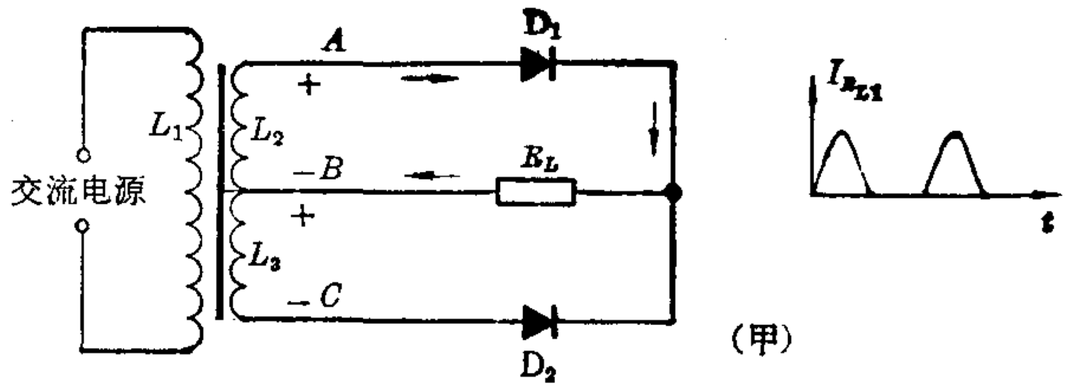


图8—2(甲)　全波整流电路

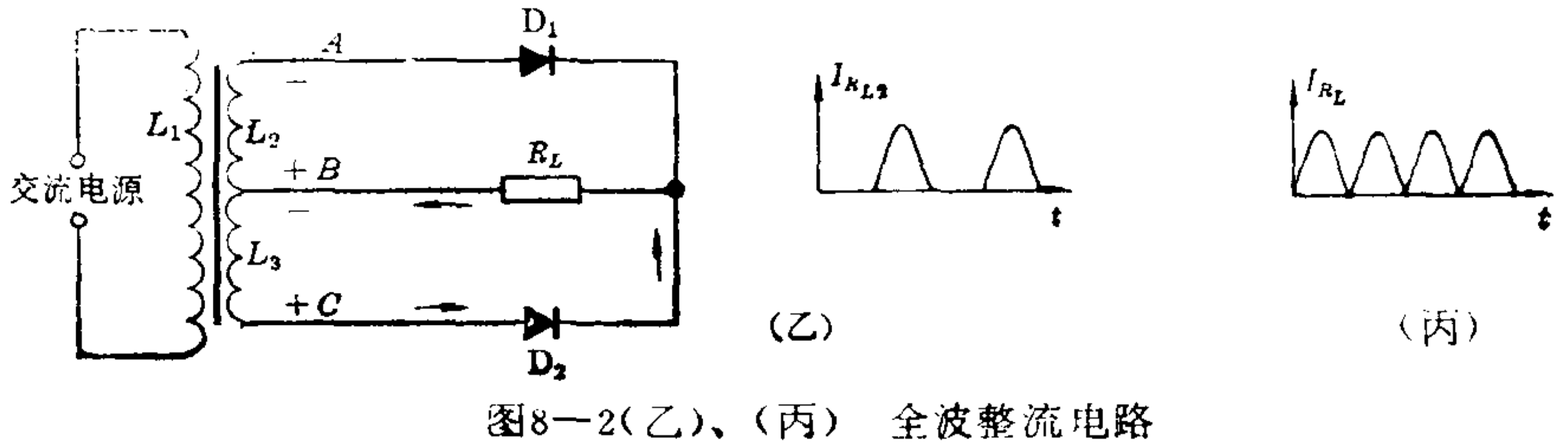


图8—2(乙)、(丙)　全波整流电路

且变压器次级要有两组线圈L_2、L_3，但是，整流效果提高很多，是很值得使用的。

首先，它的输出电压高，是半波整流电路的一倍。即在不用滤波器的情况下如果次级线圈L_2(或L_3)的交流电压有效值是10伏，它输出到负载两端的电压将有9伏，即L_2交流电压有效值的0.9倍。

其次，它的输出电压稳定度好。这一点将在第二节中讨论。

另外，每一只整流管只承担负载电流的一半，因而可以选用整流电流较小的整流管。

不过，全波整流也有缺点。①变压器次级需要两组电压相同(最好是内电阻也相同)的绕组如L_2、L_3。②整流管受到的反向电压要比半波整流电路高一倍。这可以从图8—2中看出。以(甲)图来说明。当D_1接正向电压时，D_2接反向电压而不导通。这个反向电压并不仅是L_3的电压，而是L_2和L_3两电压之和。因此，D_2上反向电压的最大值将是L_2、L_3两电压之和的1.414倍。假使L_2和L_3交流电压的有效值都是10伏，那么D_2受到的反向电压最大值是(10+10)×1.414=28.28伏。同半波整流相比，需要挑选能够承受更高反向电压的整流管。

三、桥式整流电路

全波整流电路的电源变压器次级要有两组相同的绕组，这一点在很多场合很不方便，而桥式整流电路可以取得全波整流的效果，但变压器只要用一组次级线圈就可以了。

具体的电路见图8—3。图中D_1～D_4是4只相同的整流管。工作原理是这样的：当某一瞬间变压器次级线圈L_2的电压极性为A端正、B端负时。整流管D_1、D_3获得正向电压而导通，但整流管D_2、D_4得到的却是反向电压而不导通。于是，整流电流从线圈L_2的A端流出，先经过D_1，在D_1D_2联接点处进入负载R_L，再由R_L流入D_3(电流好象也可以进入D_4，其实不能，因为A端

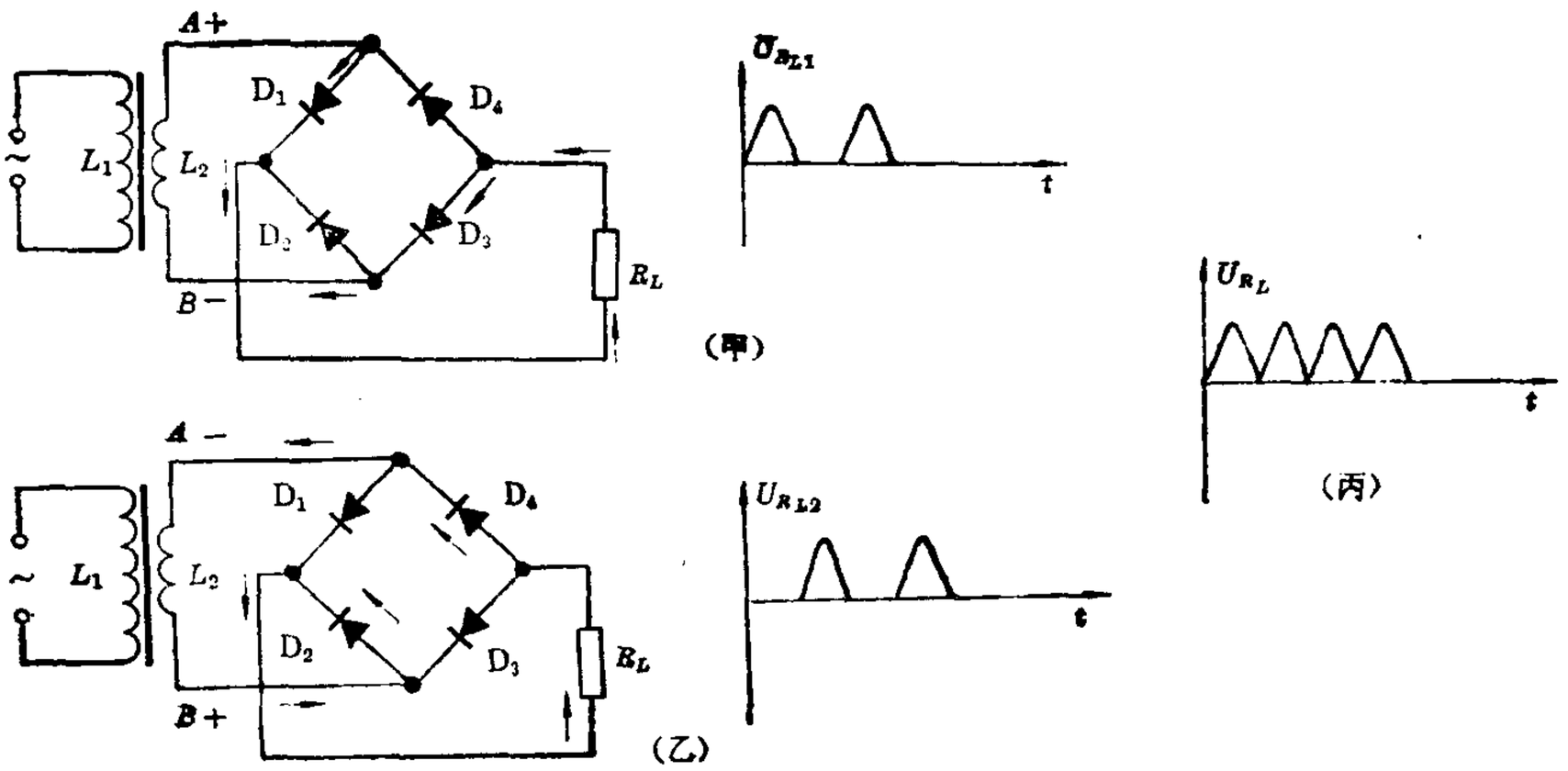


图8—3　桥式整流电路

是正电势，电流从A端流出，不可能再流回A端，而只能流向负电势处——即B端，完成一个循环），最后通过D_3进入线圈L_2的B端，如图8—3（甲）箭头所示。半个周期后，$L_2$$A$端电压极性转为负性，$B$端转为正性。这时$D_1$、$D_3$得到的是反向电压，它们不导通，$D_2$、$D_4$则获得了正向电压而转为导通。于是，整流电流从$B$端流出，先经过$D_2$，在$D_2$、$D_1$联接点处，进入负载$R_L$，再由$R_L$进入$D_4$，最后由$D_4$流到线圈的$A$端，如图8—3（乙）箭头所示。

由此可以看出：①交流电的两个半周期中都有电流流过负载R_L，因此是全波整流，②R_L中电流方向始终相同，就是说L_2的交流电已经被转变为直流电了。流经R_L的电流波形见图8—3（丙）。

桥式整流特别适用于晶体管电路，因为晶体管不象电子管，它没有灯丝，不需要灯丝的供电设备。

由图8—3可见，每只二极管承受的反向电压与L_2绕组上的电压相同，设L_2电压有效值是10伏，则桥式整流中每只二极管承受的最大反向电压为14伏，比全波整流时要降低一半。

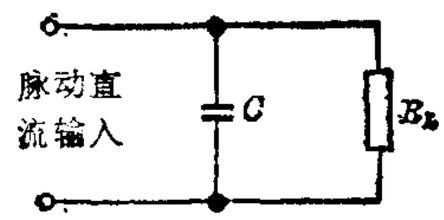
第二节　滤波电路

上述各种整流电路都只能提供脉动直流，因此，必须设法将脉动直流转变为纯直流，才能够代替干电池向晶体管电路供电。怎样做到这一点呢？

让我们回顾一下电容器和电感器的性能。我们已经了解，电容器有充、放电的本领，或者说它能隔直“通交”。电感器则能阻交通直。这就为我们提供了将脉动直流转变为纯直流的手段。

一、单只电容器滤波电路

我们把能够将脉动直流转变成纯直流的电路叫做滤波电路。单只电容器滤波电路见图8—4，电容器并联在负载R_L的两端。



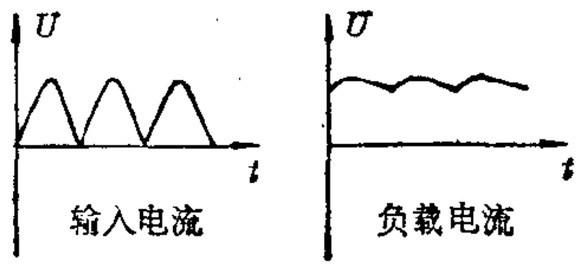


图8—4

滤波原理是这样的：当输入电流(压)增大时，电流的一部分流向R_L，另一部分使电容器C充电，当输入电流(压)减小时，电容器的电压大于R_L两端的电压，这时它就向R_L放电，电容器的这个放电电流弥补了输入电流的减少，使R_L得到较“平滑”的电流。

可以看出，电容器C的容量越大，它的充、放电能力越强，加在负载R_L中的电流就越平滑，或者说滤波作用越好。在要求不高的场合，可以使用单只电容器滤波。

二、单节Π式滤波电路

经过单只电容器滤波，得到的电流还不是真正的纯直流，流经R_L的电流仍然是脉动直流，只不过是“较平滑”（也就是“纹波”——脉动直流中变动的成分——减少了）罢了。这种纹波成分较少的脉动直流电用来供给推挽电路使用时，由于集电极电流以相反方向流经输出变压器的初级线圈，它的纹波成分产生的变化磁场在铁芯内自行抵销，所以不会造成麻烦。因而也就可以使用。但是，如果用来供给单端放大电路，就会造成很大的交流哼声——一种嗡嗡声，使收音机工作遭受破坏。因此必须设法进一步消除这种剩余的纹波。

办法是使用滤波效能强得多的单节π式滤波电路，见图8—5。从图中可以看出，除了原来的滤波电容器C_1之外，还增加了电感线圈L和电容器C_2。

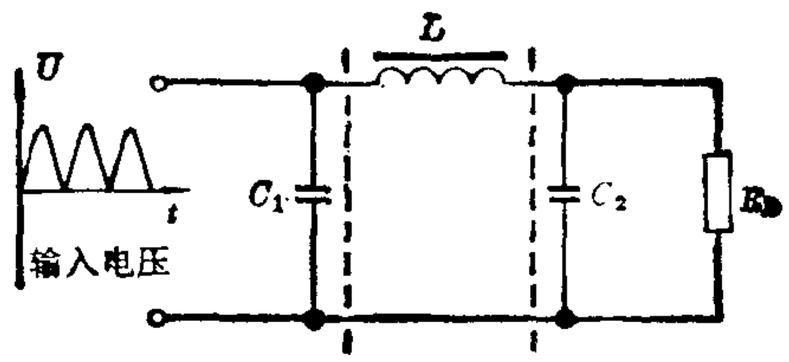


图8—5　单节π式滤波电路

前面讲过，电感线圈有阻交通直作用。这里，经C_1滤波后的脉动直流电在送到R_L之前，要经过电感线圈，由于线圈的电感很大，电流中的变动成分会受到线圈的阻碍而被进一步削弱。当它到达R_L和C_2并联的那部分电路时，纹波成分又再次被C_2的充放电所削弱。因此，R_L中的电流，其纹波成分便被削减到极小，基本上成了纯直流。这样的电流用来供给单端放大电路使用，就不会成问题了。在一般整流器中，都采用这种滤波电路。

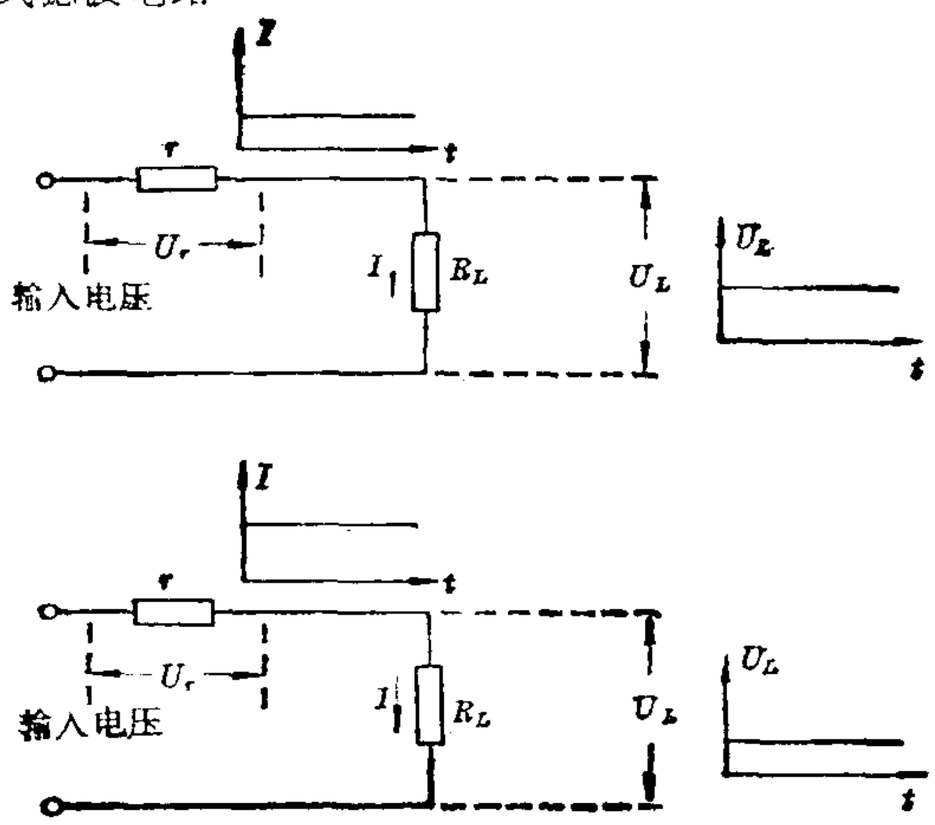


图8—6　负载电流变动时，负载R_L上的电压也变动

第三节　稳压管和稳压电路

单节π式滤波电路虽然解决了“纹波”问题。但是，问题并未全部解决，我们已经知道，任何导体都有电阻，电流流经电阻，会产生电压降。电流越大，电阻上的电压降也越大。假使负载电流不断在变动——例如四管收音机中推挽放大电路的电流——那么，整流电路和滤波电路的电阻（这就是通常说的电源内电阻）上的电压降必然跟着变动，负载得到的电压也随着变动，如图8—6所示。另外，如果交流电源电压发生变动时，负载R_L得到的电压也要变动。这会使晶体管的放大工作受到影响而产生失真。为了解决这些缺陷，必须另外使用一种能够“稳定电压”的设备。

具有稳压作用的晶体管叫稳压管，这是一种特殊的二极管。

我们已经知道，一只晶体二极管在接上反向电压之后，是不导通的，如果我们将反向电压逐渐增大，到了某一个电压时，二极管就会被击穿，电流急剧增大。稳压管也是这样，当反向电压超过某一数值，通过管子的电流就会突然增加，以后，即使通过稳压管的电流大幅度变化，稳压管两端的电压也基本恒定，从而给我们提供了一个很好的稳压途径。

图8—7是一个最简单的稳压电路。由图看出，流经限流电阻R的电流I由稳压管电流I_D和负载电流I_{RL}两部分组成。当输入电压由于某种原因增大或负载电流减小时，假设负载电阻上的电压（即U_{RL}）也随着增大，于是I_D增加，I也增加，R的降压U_R也增加，从而使U_{RL}降低。因此，U_{RL}就能够保持着几乎不变的数值。达到了稳压的目的。

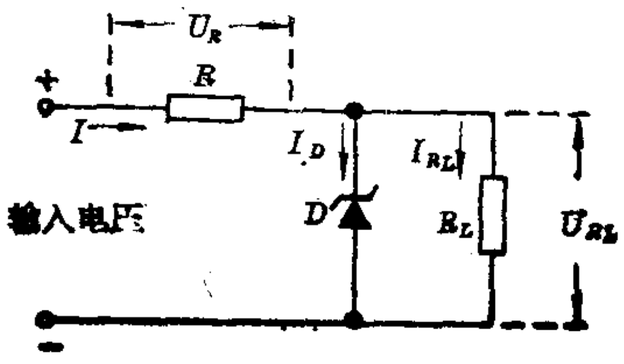


图8—7　稳压管的稳压原理

上面这个电路的优点是结构简单，用料省。缺点是工作范围小。若负载电流或电源电压变化太大，它就不适用了。怎么办呢？

从串联电路的特性可以知道，电阻上的电压跟电阻的阻值成正比。在图8—8中，设由于某种原因 U 突然增大，很明显，U_1 和 U_2 都将跟着增大。但是这时如果能调整 R_1，使 U_1 增大一些，那么，是可以保持 U_2 不变的。当然，不能依靠人工来调整 R_1，因为人工调整的速度是跟不上的。

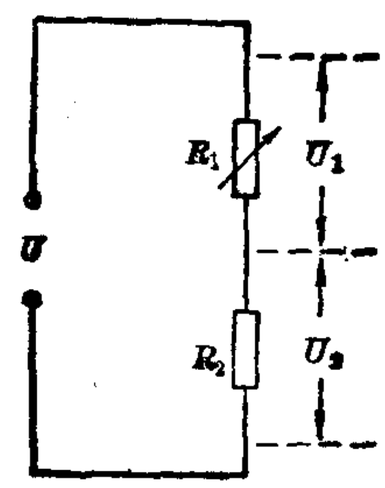


图8—8

这时，就得求助晶体三极管，用它代替 R_1 来自动完成调整工作，使负载得到稳定的电压。图 8—9 是常用的晶体三极管稳压电路，这个电路能提供 6 伏稳定的电压，供本书介绍的几架收音机使用。图中的 BG 是调整管。它的工作原理请参阅有关书籍，这里不叙述了。

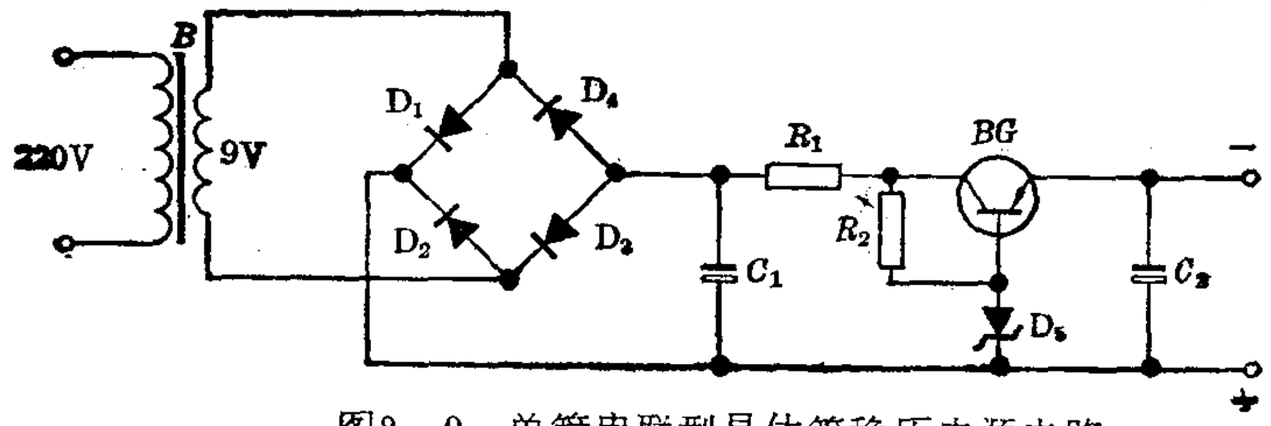


图8—9　单管串联型晶体管稳压电源电路

这个稳压电源虽然是最简单的，但是，只要调整得好，当负载电流从零增大到满载，输出电压的变化不超过 1 伏。

电源所用元件见表8—1。

图 8—10 是这具稳压电源的实体接线图。安装方法简单叙述如下：

先照图8 —10 烂好印刷板。

表8—1

电源变压器 B	次级线圈 9～10 伏，电流容量 100 或 200毫安
整流管 D_1、D_2、D_3、D_4	2CP 型 整流二极管，电流 100 毫安
滤波电容器 C_1	100 μF～500μF/16 伏电解电容器
滤波电容器 C_2	50μF～500μF/10 伏电解电容器
调整管 BG	3AX81 或 3 AX83，β在 30 以上，最好加散热板
稳压管 D_5	2CW7C，任何稳定电压是 5.8 ～6.5 伏的稳压管都可以使用，例如 2DW7。如果一时找不到稳压管，可以用 8～9 只硅二极管如 2CP 正向串连
限流电阻 R_1	15～20Ω1/8 瓦碳膜电阻
偏流电阻 R_2	270～330Ω1/8 瓦碳膜电阻(这只电阻的阻值最好由实验确定。方法是改变它的大小，直到输出电压最稳定)

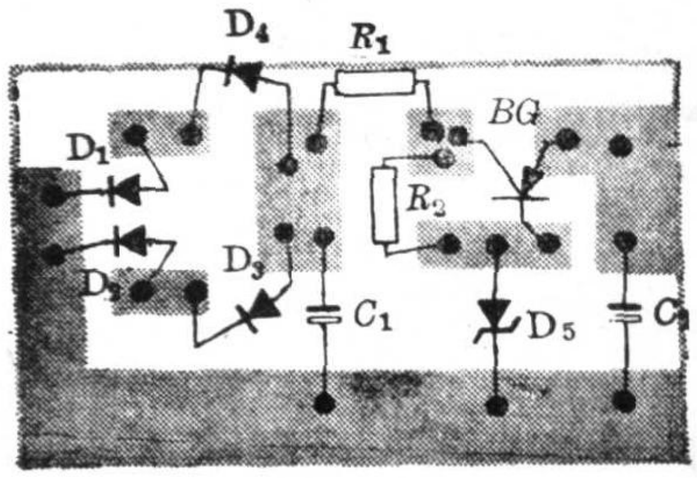


图8—10 稳压电源实体接线

将$D_1 \sim D_4$装在印刷板上，装前必须搞清楚二极管的正负极性，极性接反了是不能正常工作的，甚至可能损坏元件。

将C_1装好，也要注意正负极性。

将R_1装上印刷板，再装R_2，R_2不妨先用一只470Ω微调电阻，待安装完毕进行调试时找出最佳值，再用固定电阻将微调电阻换下。

装上三极管BG和稳压管D_5。装D_5时必须把它接成反向，就是D_5正极接BG基极，负极接地线也即整流输出的正端。如果用硅二极管如$2CP$代D_5，则应将串联二极管的正极接地，而将负极接BG的基极。

最后安装C_2，也要注意正负极性。

这个稳压电源是很可靠的，R_2一般用300Ω即可，并不一定要进行调试。若要调试，则R_2应先用微调电阻代替，把微调电阻调在1/2附近，然后让稳压电源向收音机供电，用万用表测量C_1两端的电压，这个电压应该为13伏左右。接着测量C_2两端的电压，这个电压应该为6伏左右，然后把收音机的音量开足，C_2两端电压应该基本上不变动（变化不超过1伏），若C_2两端电压不够稳定，就要调整微调电阻，直到C_2两端电压基本稳定为止。此时切断电源，拆下微调电阻，测量它的阻值，换上阻值跟它相同的固定电阻，调试工作便告完成。

假使在无负载（就是电源未跟收音机连接或收音机电源开关未接通）时，测得C_2两端电压高于正常的数值而接近等于C_1两端电压。但一接上负载，C_2两端电压立即下降，收音机音量开得越大，C_2两端电压越低。这时就应该检查调整管BG的集电极——发射极间是否已经被击穿。如击穿了，应该调换一只。

第九章　检修初步

刚装好的收音机，如果在装接前仔细将元、部件逐个检查过，安装时又十分仔细，那末，经过调试之后，收音机是基本上能够满意地工作的。

但是，科学实验往往不会一帆风顺，而是常常要出现一些意想不到的事情。虽然在装机前各种准备工作很充分，装好后也仔细核对过，证明没有接错，但也会出现收音机不会发声、音质不好、……等等故障。这是因为装的时候，不慎将元器件搞坏了。另外，收音机使用一段时间后，也会产生各种故障。遇到故障，我们的头脑一定要冷静，认真地去进行分析。

总的来说，一架收音机发生故障，主要的原因不外乎是：

①元、部件损坏了，

②接线断路（包括假焊、脱焊）或短路，

③元、部件的规格不符要求或者是变值了，

④装接错误，

只要耐心地进行检查，是不难把故障排除的。

检修时最好备有一些简单的仪器，象信号发生器、信号寻迹器等。但是，简易收音机的检修，也不一定需要这些仪器。只要有一只万用表，一般的故障是够应付的。在这一章，我们介绍一些借助万用表的检修方法。

检修工作一定要顺序进行，就是从最后的一级开始，逐步向前级检查过去。这是因为故障可能同时在几个部分出现。不先排除后级的故障，那么，即使排除了前级的故障，后级的故障仍然存在，我们就会被迷惑。当然，有一些故障只会发生在前级，例如再生太强引起啸叫，这时，只要检查高放级就行，并不需要在后级上花工夫。

第一节　故障及其原因

晶体管收音机的故障，主要有表9—1所列几种。

第二节　检修方法

一、无　声

1.电源正负极性接反

我们知道，PNP型晶体管的集电极应接电源的负极，而NPN型晶体管的集电极应接电源的正极。接反了，晶体管不能工作，收音机当然无声。不仅无声，时间稍长，还会使晶体管损坏。因此，晶体管收音机无声，必须首先检查电源正负极性是不是接反了。在确定没有接反之后，才可以着手进行下一步检查。

2.短路、断路、假焊和脱焊

假焊和脱焊比较容易查出。用镊子顺序夹住各级的各个元、部件，轻轻地摇动它，如果摇动时扬声器中发出“喀……”的声音，就表示被摇元、部件有假焊存在，应立即重新加以焊接。脱焊一般可以直接看出，不难纠正。

元、部件的外部断路和接线断路也容易发现。如果是元、部件引线的根部断了，往往需要调换。

元、部件的引出线和接线短路，是可以看出来的。如果是接线的外层绝缘损坏，应

表9—1　　故障及其原因

无声	1.电源接线正负极性接反。 2.扬声器音圈断路(包括脱焊、假焊)。 3.输出变压器初级线圈中心抽头或次级线圈断路(包括脱焊、假焊)。 4.晶体三极管内部短路(击穿)或断路。 5.滤波电容器(如图8—9中的C_1和C_2)短路。 6.输入变压器初级线圈短路或断路 7.高频扼流圈(如L_4)断路。 8.天线线圈中次级线圈L_2或再生线圈L_3断路。 9.可变电容器(如C_1)短路(碰片)。
音轻	1.电池陈旧，内电阻太大(这时如果音量开大，扬声器中有卜、卜……的自激振荡叫声，音质很差)。 2.扬声器陈旧，磁体磁性不足，或者音圈局部短路(这种情况很少)。 3.输出变压器初级线圈局部短路(伴有音质变差)。 4.晶体三极管特性变差(穿透电流变大、β降低)。 5.输入变压器初级或次级线圈局部短路。 6.滤波电容器(如图8—9中的C_1和C_2)严重漏电。 7.晶体二极管正向电阻变大。 8.再生线圈(如L_3)接反。 9.晶体三极管BG_1特性改变，使原调整的基极偏流太小(这时伴有灵敏度大大降低)。如果基极偏流过分小，将不能工作。
失真	1.输出、输入变压器内部局部短路。 2.推挽功率放大管(如BG_3、BG_4)，严重不配对，特别是其中的一只损坏或焊接不好。 3.低放管(BG_2)基极偏流过小。如果收音机音量开大时不失真，音量开小时失真，则是推挽放大管基极偏流太小。 4.耦合电容器(如C_4)断路(或失去容量)。 5.耦合电容器严重漏电。
时响时轻	1.三极管内部结构松动，管子时好时坏。 2.接线未焊好，时通时不通。 3.电位器中心接触片松动，有时接触好，有时接触不好。 4.可变电容器动片接触不良。
啸叫	1.退耦电容器和滤波电容器断路(包括脱焊、假焊)。如果用新电池时不啸叫，电池旧了就有啸叫，则一定是滤波电容器(如图6—8中的C_6)断路。 2.再生过强(L_3圈数过多或离L_2太近)。 3.高放管(BG_1)的基极偏流太大。
噪声	1.焊接不良。 2.晶体三极管质量不好。
刚开机时机器正常，使用不久，音量变轻，音质变坏。	这种故障基本上是由于低放管或推挽放大管，特别是推挽放大管的质量不好，而基极偏流又调得较大，在开始时管子温度低，穿透电流小，过不久，管子温度升高，穿透电流随着显著增大，又引起温度进一步升高，最后使管子过热而无法工作。

调换新的接线，免得以后再次发生故障。

电阻器绝少发生内部短路，但断路则不少。在简易收音机中，由于电流较小，电阻断路也不多见。用万用表测量电阻，若阻值无限大，就表明这只电阻已经断路。

各种电容器，尤其是电解电容器，比较容易发生内部短路——即击穿。用万用表电阻档($R\times100$或$R\times1000$)测量电容器，若电表指示电阻接近或等于零，就表示电容器内部已经短路。测可变电容器时须旋动动片。

大容量电容器(0.1μF以上)的断路可以用万用表电阻档测出。1μF以上用万用表$R\times1000$档，1μF以下用万用表$R\times10000$档，将万用表表棒接到电容器上，如果电容器是好的，电表指针应先摆动至某一指数，然后慢慢退回原点。若指针并不摆动，说明电容器没有容量或者断路了。

线圈、扬声器和变压器的断路及短路也可以用万用表检查。

晶体三极管的检查方法前面已经介绍过，这里不再重复。但要指出，硅三极管的集电极——发射极正向电阻，在基极开路时是很大的，即使用$R\times10000$档测量，电表指针也只是略为偏转，不要轻易认为它的集电极—发射极已经断路。只有在基极加上了偏压，而电表指针仍不动，才能认为它的集电极—发射极已经断路。

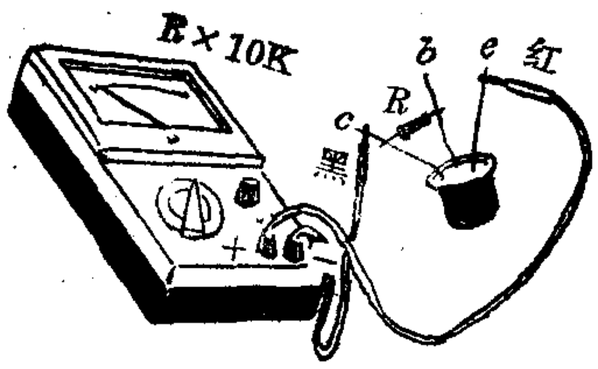


图9—1 测硅NPN型三极管c—e间断路的方法

印刷电路板铜箔间的短路难以发现，检查时困难较大。当我们对所有的零、部件和接线都进行了仔细的检查后，收音机仍然无声，就要考虑印刷板本身的故障了，检查也是逐级进行，看看是哪一级、哪一部分不能工作，然后再仔细检查这一部分的线路板。可以用锋利的小刀把可疑的地方挖一条深槽。如果原来的判断是正确的，经这样一挖，可以将内部短路消除，使收音机正常工作。

二、音　轻

将音量电位器开足，看收音机的音质是不是变坏了，并且有卜、卜……的自激叫声。如果是这样，应先换上新电池，再听一遍。多数情况下，可以解决问题的。若仍然不行，再照下面的方法进行检修。

音轻可能因为是高频部分工作正常而低频部分工作不正常，或者是高频部分工作不正常而低频部分良好。这两种情况较容易判断出来。这里以四管机为例进行分析。

接通电源后，用手捏住旋凿的金属部分接触低放管基极，在离开扬声器10～20cm处应该可以听到嗡嗡声。如果听不到，那末，十有八九是低频部分有毛病。反之，则多数是高频部分的毛病。

低频部分发生音轻故障的原因有：

1.扬声器磁体的磁性减退，扬声器音圈松脱，这两种原因都要引起音质变坏，可以换一只扬声器，也可以将扬声器换在正常放音的收音机上试听，以确定其好坏。这种毛病在小型扬声器里较少。

2.输出或者输入变压器内部局部短路。这种故障较常见，如果内部短路不严重，用万用表就很难查出，在没有别的仪表的情况下，只好换一只试试。这种毛病同时会造成音轻和高音变差、声音失真等现象。

3.低放管和功率放大管性能变差。如三极管的穿透电流太大(用万用表的$R\times1000$档测量锗三极管的集电极——发射极正向电阻，当红棒接c、黑棒接e时阻值只有几千欧甚至更小)，或β很小(照上面方法测正向电阻时，在c、b两极间再跨接一只几十千欧的电阻，电表指针指数不增大，或仅稍增大)。

4.滤波电容器严重漏电。滤波电容器(如

C_6、C_5)用的是电解电容器，这种电容器多少总会有一些漏电，但是，如果漏电电阻小于50千欧，说明电容器已经严重漏电，不能继续使用了。

高频部分发生音轻故障的原因有：

1.晶体二极管正向电阻变大。一般的高频晶体二极管如2AP9、2AP10或高频三极管改制的二极管，如果用万用表$R\times1000$档测量它的正向电阻(黑棒接二极管正极，红棒接二极管负极)，阻值约为1K～3K。若测出正向电阻大于10K，甚至更大，那么，这只二极管的检波效率将很低，造成收音机音轻。

2.再生线圈接反。可以先将高放管(如BG_1)的发射极和地线短路(如果再生线圈接在集电极电路，那末，应该将再生圈短路)，若短路后音量增大，就表示再生线圈接反。应该换个方向重接。

3.高放管BG_1特性改变，使基极偏流太小。可以断开集电极接线，用万用表的电流档(0～5毫安)测量高放管的集电极电流。若集电极电流小于0.5毫安，就应该将高放管上偏流电阻(如R_2)的阻值换小些，使I_C增大到0.6～1毫安。图9—2是测量I_C的接法，图中表棒的颜色是根据PNP型管子的特性注出的。若高放管是NPN型管子，应将两根表棒对调一下。

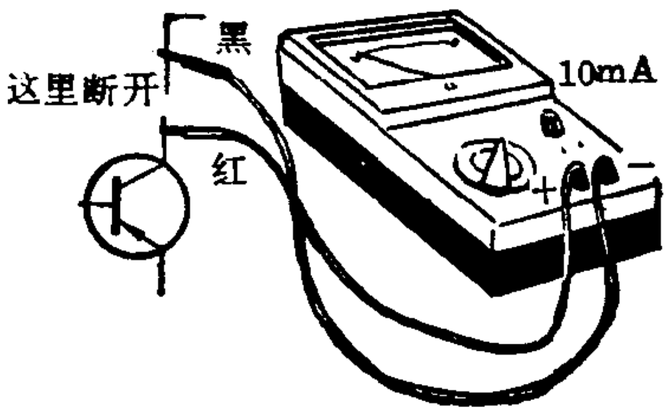


图9—2　测集电极电流

三、失　　真

1.由于输出、输入变压器内部局部短路。

2.推挽放大管严重不配对，或其中一只损坏。可以按照检查三极管的方法，检查两只管子的I_{CEO}和β值。或者将二只推挽放大管的集电极焊下来，分别用万用表0～10毫安档测它们的静态电流(即把音量关到最轻)，只要两管的静态I_C相差不到一倍，是不会造成显著失真的。

3.低放管或推挽放大管基极偏流太小。有二种方法可以判断。一种是用万用表0～1伏(直流)档测基极电压，对PNP管，黑棒接基极，红棒接地，NPN管反之。锗管基极应有0.2伏或稍大的电压。硅管一般有0.4伏～0.6伏电压。若电压过小，可将上偏流电阻的阻值减小些。还有一种方法是切断集电极电路，测量静态I_C，一般低放管静态I_C应有2～4毫安，推挽放大管静态I_C(两管总电流)应有2～6毫安。

4.耦合电容器断路或严重漏电。检查方法前面讲过，不再重复。

四、播音声时轻时响

1.晶体管内部结构松动。可以在收音机工作时用手指轻轻弹拨管子，若弹拨时收音机发出“锵、锵……”的声音，或发出“咔、咔……”的声音，说明晶体管有毛病，当然，必须先排除元件假焊的故障，应予调换。

2.电位器和可变电容器的检修参阅附录。

五、啸　　叫

产生这种故障的原因上面都已介绍过，不再重复。

六、噪　　声

晶体三极管质量不好，引起“嘶、嘶……”噪声，可以用逐级短路的办法加以确定。用一只大容量电容器(电容量50μF或更大)接在基极和地线间，将信号短路。对于推挽放大，电容器应跨接在基极—基极之间。短路的顺序是，先短路高放管，再短路低放管，最后短路推挽放大管。短路到哪一级噪声消失，就说明噪声是前级的管子质量不好引起的。

例如短路高放管，有噪声，但短路低放管，没有噪声了，或者噪声减小很多，那么，初步可以断定是高放管的质量不好。

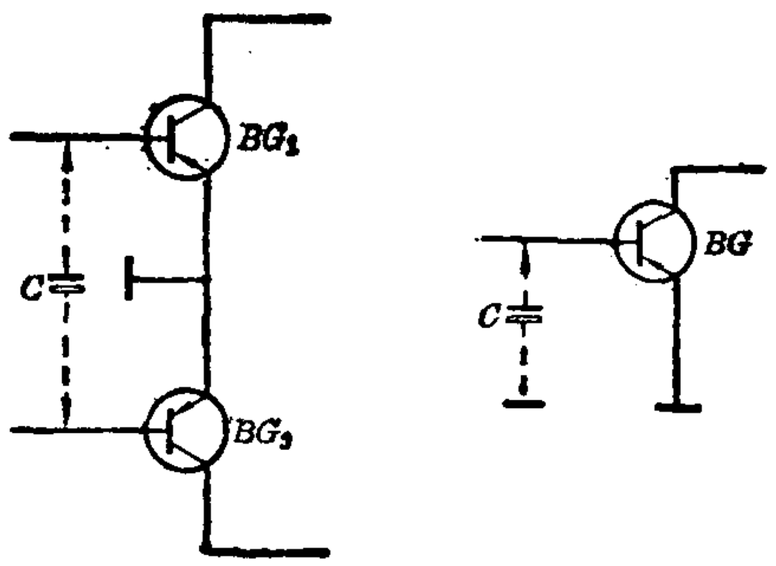


图9—3　用短路法寻找噪声

七、刚开启时机器工作正常，使用不久便失灵

先让收音机工作，等声音开始变轻、音质变坏时，用手逐个触摸晶体管。哪一个管子发热，毛病就出在那个管子上。若手头没有管子可以更换，我们应先关掉电源，让管子冷却下来，然后再测量它的静态集电极电流，并把静态电流调至适当的数值，再让收音机继续工作一段时间。如果管子不再发热，那就可以暂时不调换它。当然，这并不是一个很好的办法。

检修结束后，让收音机工作一段较长的时间，以观察会不会出现新的故障。为了确保检修的可靠性，可以拍打收音机的机壳（当然不能把机壳打坏），让它经受震动的考验，不要怕弄坏机器。因为若是拍几下，收音机就坏了，这样的机器是不可靠的。

结　束　语

在完成了本书各实验之后，读者一定学到了一些必要的实践知识，懂得了怎样逐步改进收音机的工作性能。但是，科学没有止境，我们对收音机的认识只不过是最初步的，收音机的工作性能并不曾达到完善的程度。

在试听一段时间后，我们一定会发现，高放式收音机尽管经过了不少改进，仍然存在着两个很大的缺点：

一、选择性较差，甚至很差。往往在收听这个电台时，另一个电台的播音也串了进来。

二、灵敏度较低。除了本地电台外，外省、市电台是很少能够收到的。

要解决这两个问题，用高放和再生，已经不能达到目的。这就要求我们进一步去探索新的收音机结构原理。这新的结构原理就是超外差式电路。这种电路，将在另一本《中学科技》丛书里进行探讨。我们希望读者们能积极响应党中央、华主席向科学进军的号召，在学完简易收音机的装置后，不停顿地继续向新的知识领域进军。

附　录

一、一些常用的电学知识

Ⅰ. 电阻的串联和并联

1. 串联

电阻串联联接电路如图10—1。

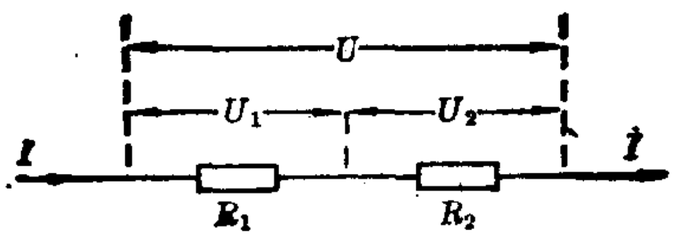


图10—1　电阻串联

电路的基本特点有：

(1)通过各电阻的电流相等。

(2)电路的总电阻R_T等于各分电阻R_1、R_2……之和，即 $R_T=R_1+R_2+\cdots\cdots$。

(3)电路的总电压 U 等于各分电阻两端电压U_1、U_2……之和，即 $U=U_1+U_2+\cdots\cdots$。

(4)电路消耗的总电功率 P_T等于各分电阻消耗的电功率P_1、P_2……之和，即$P_T=P_1+P_2+\cdots\cdots$。

串联电阻可以得到下面几种效用：

①取得较大的，或者某些特殊规格的阻值，例如需要一只 8 K电阻，但一时找不到，可以用一只4.7K 电阻和一只3.3K 电阻串联来代替。也可以用一只 5.6 K电阻和一只 2.4K 电阻串联来代替。又例如，万用表中往往需要一些阻值比较特殊的，一般不易买到的电阻，用串联电阻就不难解决，譬如1110Ω 的电阻是买不到的，但是只要用1.1K(即1100Ω) 的电阻和 10Ω 的电阻串联，便得到了1110Ω。

②取得耐热功率较大的电阻，例如某电路需要一只10瓦、200Ω的电阻，而手头却有 2 只 5 瓦、100Ω 电阻，那么，将它们串联后，总耐热功率为10瓦，总电阻为200Ω，正好符合需要。

③组成分压电路来取得较小的电压，在上面我们指出了，$U=U_1+U_2$，所以不论是U_1还是U_2都小于U，这就使我们有可能从总电压 U 中分取一个较小的电压（U_1或U_2）来供给用电器使用，这种为了分取一个较小些的电压而把电阻串联的电路，就叫做分压电路。例如晶体三极管基极电路中的上、下偏流电阻组成的就是一个分压电路，见图10—2。图中R_2两端的电压U_2就

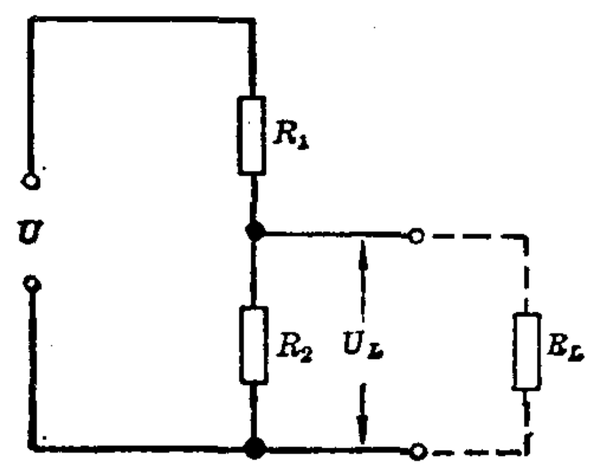


图10—2　分压电路

是用电器(晶体三极管基极电路) R_L需要的电压。

2. 并联

电阻并联连接电路如图10—3。电路的基本特点有：

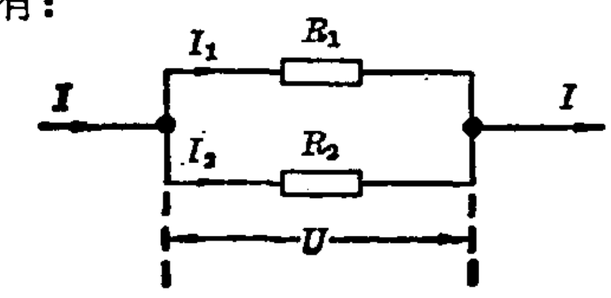


图10—3　电阻并联

(1)各电阻两端的电压相等，都等于U。

(2)总电流等于通过各电阻的电流之和，

即：

$$I=I_1+I_2+\cdots\cdots$$

(3)电路的总电阻R_T等于：

$$R_T=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots\cdots}$$

(4)电路消耗的总电功率P_T等于各分支电阻消耗的电功率之和，即$P_T=P_1+P_2+\cdots\cdots$。

使用并联电阻可以得到下面几种效用：

①取得较小的阻值，例如需要用一只15Ω的电阻，就可以用2只30Ω电阻并联来代替。

②取得耐热功率较大的电阻，设需要一只10瓦200Ω的电阻，可以用2只5瓦、400Ω的电阻并联来代替。

③组成分流电路来减小通过某一部分电路的电流。上面曾指出，并联电阻电路的总电流等于各分支电阻中电流之和，即$I=I_1+I_2+\cdots\cdots$。很明显，不论是I_1，还是I_2，都小于I。这就有可能利用这个特点来使通过某一用电器的电流小于电路的总电流。担任这种工作的电路称为分流电路。万用表中，扩大电流档的量程就是用的分流电路。

Ⅰ．电容器的串联和并联

1．串联

电容器串联联接电路如图10—4。

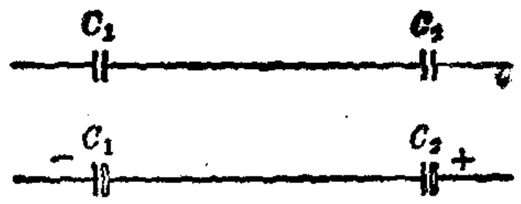


图10—4　电容器的串联

串联总电容量等于

$$C_T=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots\cdots}\cdot$$

电路中使用串联电容的目的有二个：

(1)减小电容量，例如两只100P的电容器串联，总电容量减为$C_T=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}$

$=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=50P$。一般情况是不需要串联电容的。但在超外差式收音机的振荡电路却要用到它。

(2)增大电容器的耐压，例如两只容量相等的耐压都是450伏的电容器串联，总耐压增大为900伏。

必须指出，分配在各个电容器两端的电压是跟电容器的电容量成反比的，电容量越小的那只电容器两端电压越大。而不是平均分配。举例说明：电容器C_1耐压为6伏，容量100微法，电容器C_2耐压为6伏，容量为50微法。如将它们串联后，接到10伏电压上。粗一看，两只电容器总耐压为6＋6＝12伏，应该是没有问题的，其实不对。设C_1两端分配到的电压为U_1，C_2两端分配到的电压为U_2，则$U_1:U_2=C_2:C_1=1:2$，即$U_2=2U_1$。按上面接法，$U_1+U_2=10$伏，所以$U_1+2U_1=3U_1=10$伏，$U_1=3.33$伏，$U_2=6.67$伏。串联的结果，C_1两端只分配到3.33伏电压，但是C_2两端却要分配到6.67伏电压，超过了它的耐压，它将被击穿。因此，很少使用电容器串联的方法，在不得已使用时，也是将容量相等的电容器串联。

不仅这样，还要指出，由于电容器（特别是电解质电容器）总是有不同程度的漏电。但是上面的分析并没有考虑这一点，由于漏电的存在，串联时即使是容量相等，各个电容器两端分配的电压，还会因漏电电阻大小的不同而变得不相等。为了解决这个矛盾，可在每只电容器两端各并联一只阻值为0.5～2兆欧的电阻，从而使各电容器两端的电压不致于因为漏电电阻相差太大而造成过大的差异。

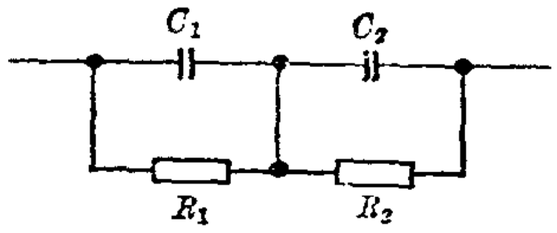


图10—5　串联电容接用平衡电阻

2.并联

电容器并联电路如图 10—6。

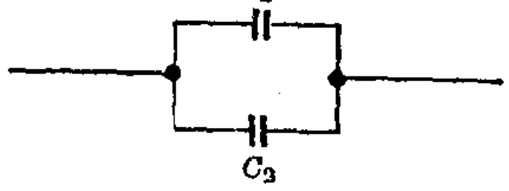


图 10—6　电容器的并联

并联电容主要特点是总电容量C_T为各个分电容量C_1、C_2……之和，即

$$C_T=C_1+C_2+\cdots\cdots。$$

电容器并联时，耐压应照各并联电容中耐压最低的一只计算。譬如，耐压450伏的电容器跟耐压300伏的电容器并联，总耐压只有300伏。

电容器并联使用主要是为了增大电容量，检修各种电子电路中的电容器时，有时怀疑某只电容器已失效，这时我们可用一只适当的电容器并联在被怀疑的电容器的两端，而不必将原电容器拆下，用的就是并联原理。

Ⅲ．电容器的容抗

电容器对交流电呈现的阻碍作用叫做容抗，符号X_C。

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC}。$$

式中X_C单位为欧姆(Ω)，频率f的单位为赫兹，电容C的单位为法拉，例如一只容量10微法的电容器，在频率100赫兹的交流电路中呈现的容抗X_C为

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC}=\frac{1}{2\times3.14\times100\times10\times10^{-6}}$$

$$=\frac{10^6}{6280}\doteq160\,(\Omega)。$$

Ⅳ．线圈的感抗

线圈对交流电呈现的阻碍作用叫做感抗，符号为X_L。

$$X_L=2\pi fL。$$

式中X_L的单位为欧姆，频率f的单位为赫兹，电感L的单位为亨利。例如一只电感量是10毫亨的线圈在1000千赫兹的交流电路中呈现的感抗X_L为

$$X_L=2\pi fL=2\times3.14\times10\times10^{-3}\times1000$$

$$\times10^3=6280(\Omega)。$$

Ⅴ．LC调谐电路的谐振频率

收音机选择电台用的LC调谐电路的谐振频率（不考虑线圈的电阻和电容器的漏电）为

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}。$$

式中各物理量的单位同上。

例如一只电感量是300微亨的线圈同一只电容量为270微微法(pF)的电容器组成调谐电路，其谐振频率为

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$=\frac{1}{2\times3.14\sqrt{300\times10^{-6}\times270\times10^{-12}}}$$

=760000赫兹=760千赫。

二、参考电路

这里给读者介绍几种确有实效的简易收音机的电路。这些电路有些是各工厂过去的产品，供读者检修时参考，也可以照这些电路做实验，还有一些则是业余爱好者自行设计的。

1．636型单管晶体管收音机

这架单管机是厂产品，结构比较简单，整机安装在95×60×29毫米的小型塑料盒子里，携带方便。它能接收整个广播波段。

它的天线线圈在φ10×70毫米圆型磁棒上绕制，初级L_1用7股φ0.07毫米丝漆包线绕60圈。次级L_2用同样的线同方向绕12圈，L_1和L_2之间相隔3～4毫米。

高频扼流圈GZL用φ0.13漆包线(或线径相近的其他漆包线）在M4φ6×15磁芯上乱绕300圈。

I_C调整至1～1.5毫安。耳机用800Ω或其他高阻抗的。

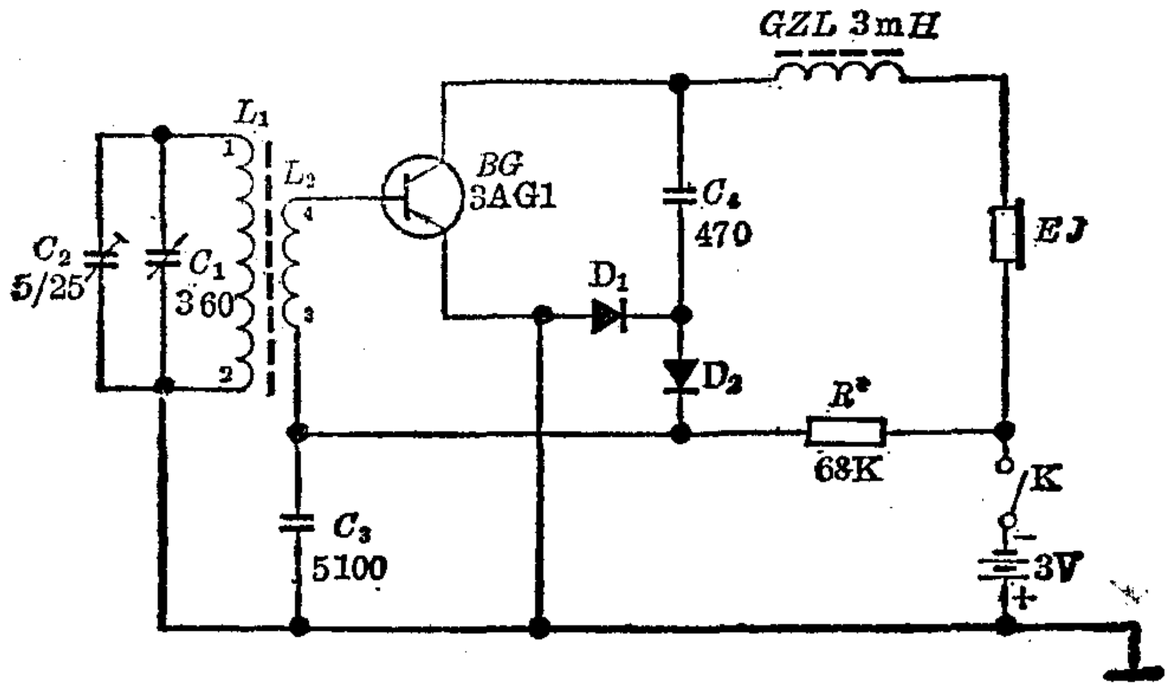


图10—7　636型单管晶体管收音机电路图

2.二管晶体管收音机

这个电路获得再生的方法与第五章介绍的单管机不同，BG_1输出的高频信号经半可变电容器C_1送入L_1的抽头端，L_1“2”～“3”间的绕组实际上起了再生圈的作用。天线线圈的数据见图10—9。

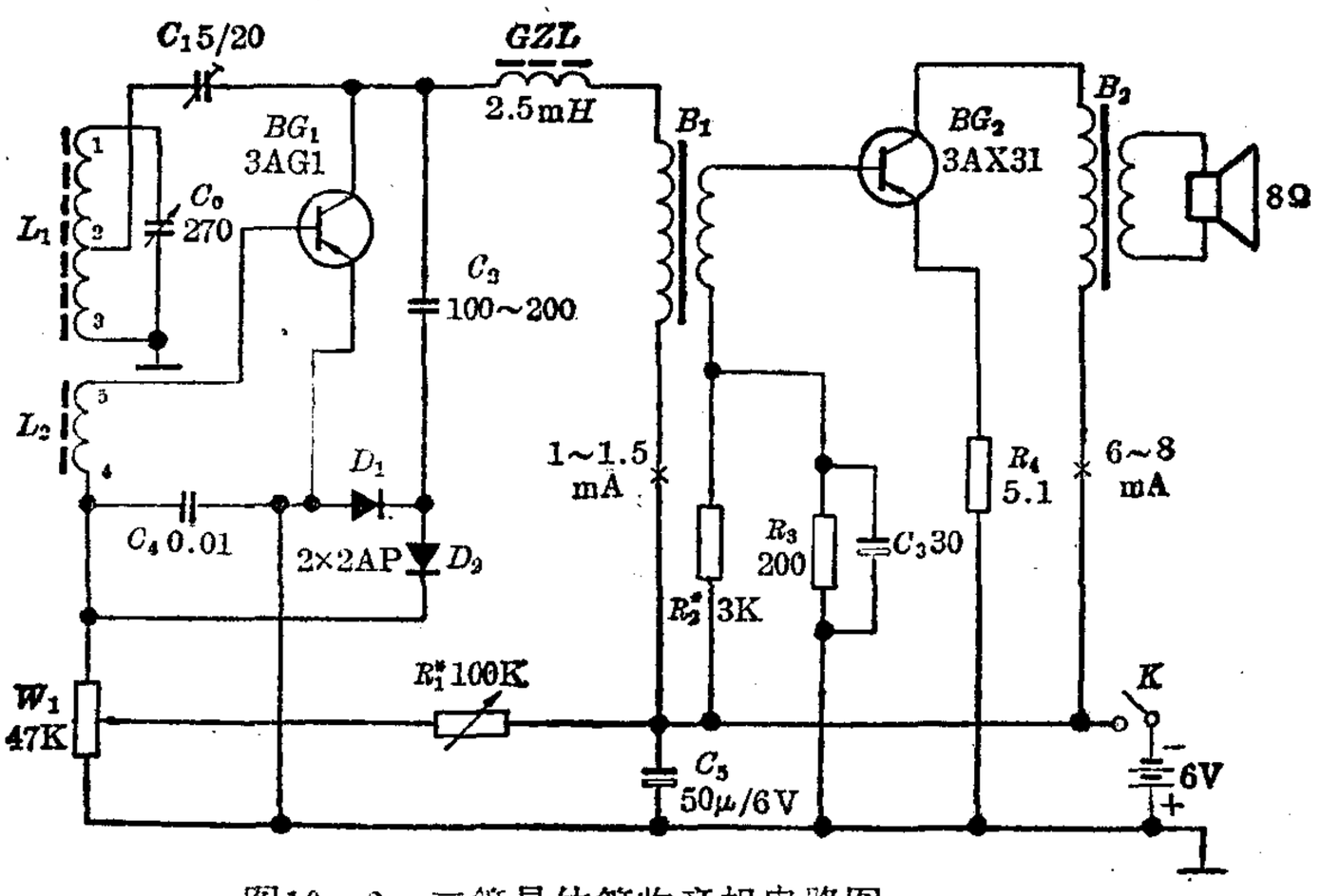


图10—8　二管晶体管收音机电路图

3.67—4型晶体管来复式收音机

这架四管机也是厂产品，在设计上有些特点，那就是它的高放级输出不经电容器而经高频变压器(B_0)耦合到检波二极管(D)。调整灵敏度时，波段的高端（1000千赫以上）用3/10 pF微调电容器，低端(800千赫以下）则调整高频变压器（B_0），使它在500千赫谐振。这样，整机在整个广播段的灵敏度比其它型式来得均匀。

这个电路的另一个特点是高放管BG_1的集电极电流较小，只要0.6～0.8毫安就可以，而且对三极管的β值要求不高。

本机天线线圈和高频变压器的绕法见图10—9和图10—10。

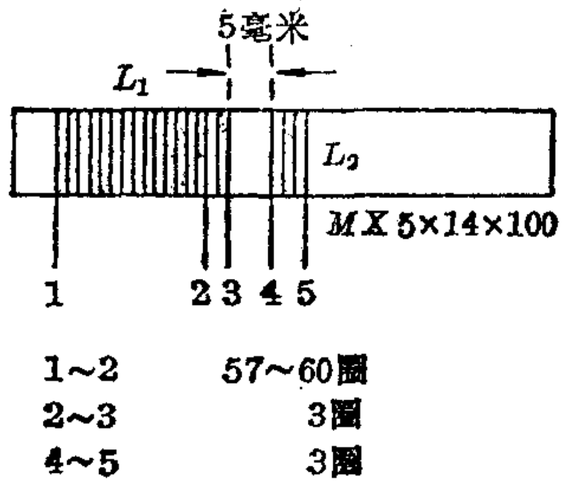


图10—9　天线线圈

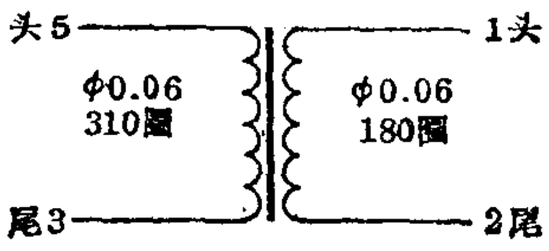


图10—10　67—4型四管机的高频变压器

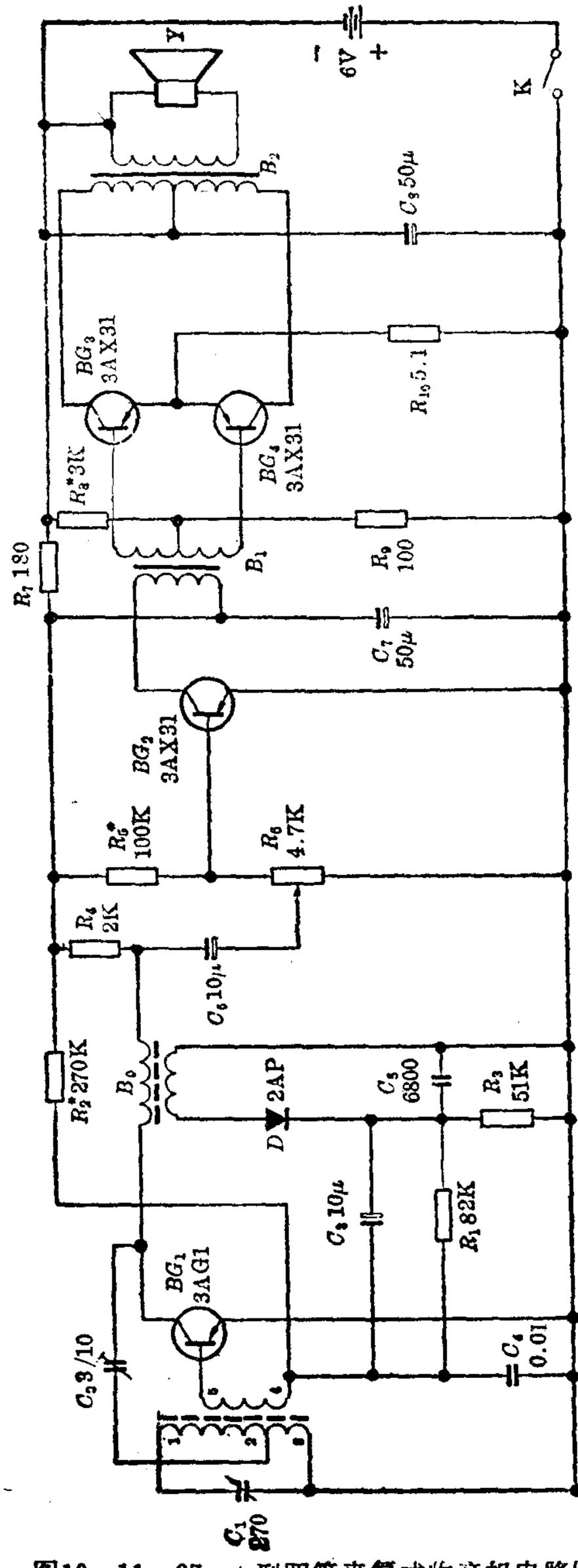


图10—11　67—4型四管来复式收音机电路图

输出和输入变压器都可用E19型。

4.MG 69—4型晶体管来复式收音机

这是另一种厂产品四管机。它与第六章介绍的四管机效能基本相同。

MG69—4型四管机的天线线圈数据如图10—12，在5×14×100扁磁棒上用φ0.07×7丝漆包线绕制。高扼圈GZL用φ0.08漆包线在φ3×5磁芯上乱绕300圈，输出、入变压器都采用E19型。

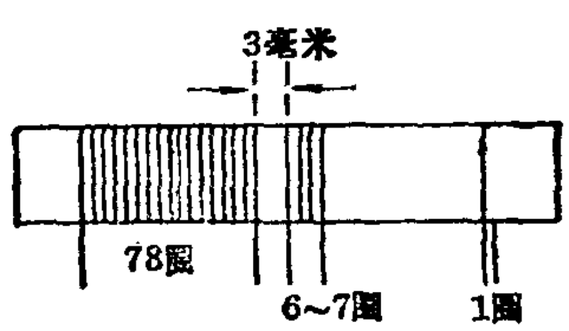


图10—12　MG69—4型四管机天线线圈

MG69—4型四管机低端灵敏度的调整是改变高扼圈的位置和角度，波段高端灵敏度的调整则是改变L_3的圈数和位置。

5.硅管四管来复式收音机

这是一架全部使用NPN型硅三极管的四管来复再生式收音机。硅管的温度稳定性比锗管好，所以，较适宜于在温度变化大的地区使用。由于硅管温度稳定性好，因而R_9和C_{12}可以省去不用。R_1也可以省去，只要调整R_2的阻值使BG_1集电极电流维持在0.8～1.2毫安左右。

电路中的检波管用一只硅二极管（不能用2CP型，因2CP型是低频二极管，在高频电路中不能工作）和一只锗二极管，这样的效果稍好些。

本机中R_{13}是负反馈电阻。加入R_{13}后，音质有所改善，R_{13}阻值小一些，负反馈量大，音质好，但音量减轻。

应该注意，NPN型晶体三极管的集电极接电源正极，这跟PNP型锗管正好相反。

如果没有3DG6，则3DG8、3DG12都可以代用，功放级应该选用输出电流大，饱和压降小的晶体管。

电路中电容器C_2可以改用270P的，天

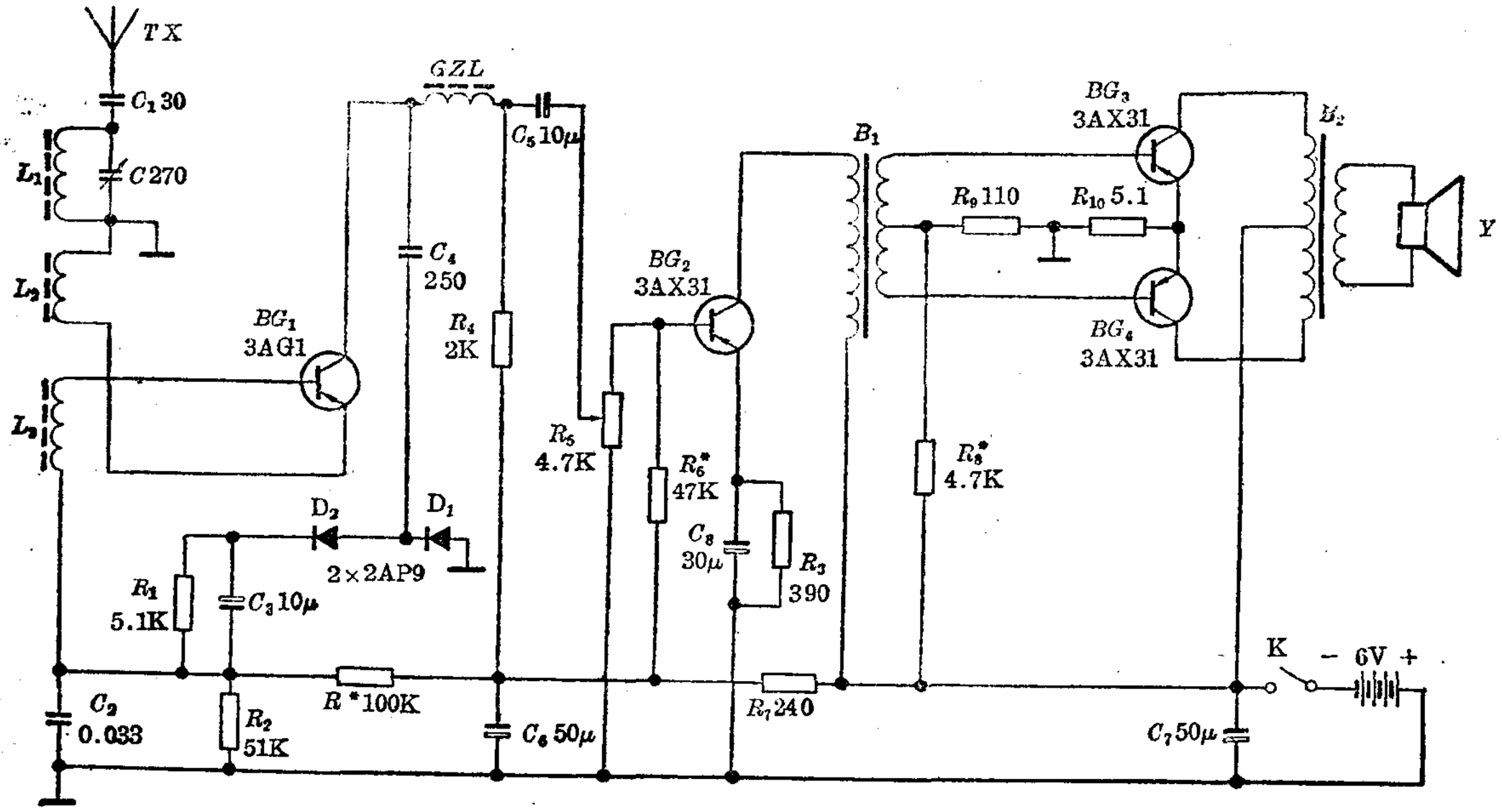


图10—13　MG69—4 型四管机电路图

线线圈规格同图10—9。

输出、输入变压器仍然用 E19 型。高扼圈GZL可按照MG69—4 型的规格绕制。也可用电感量为 2.5 毫亨的成品。

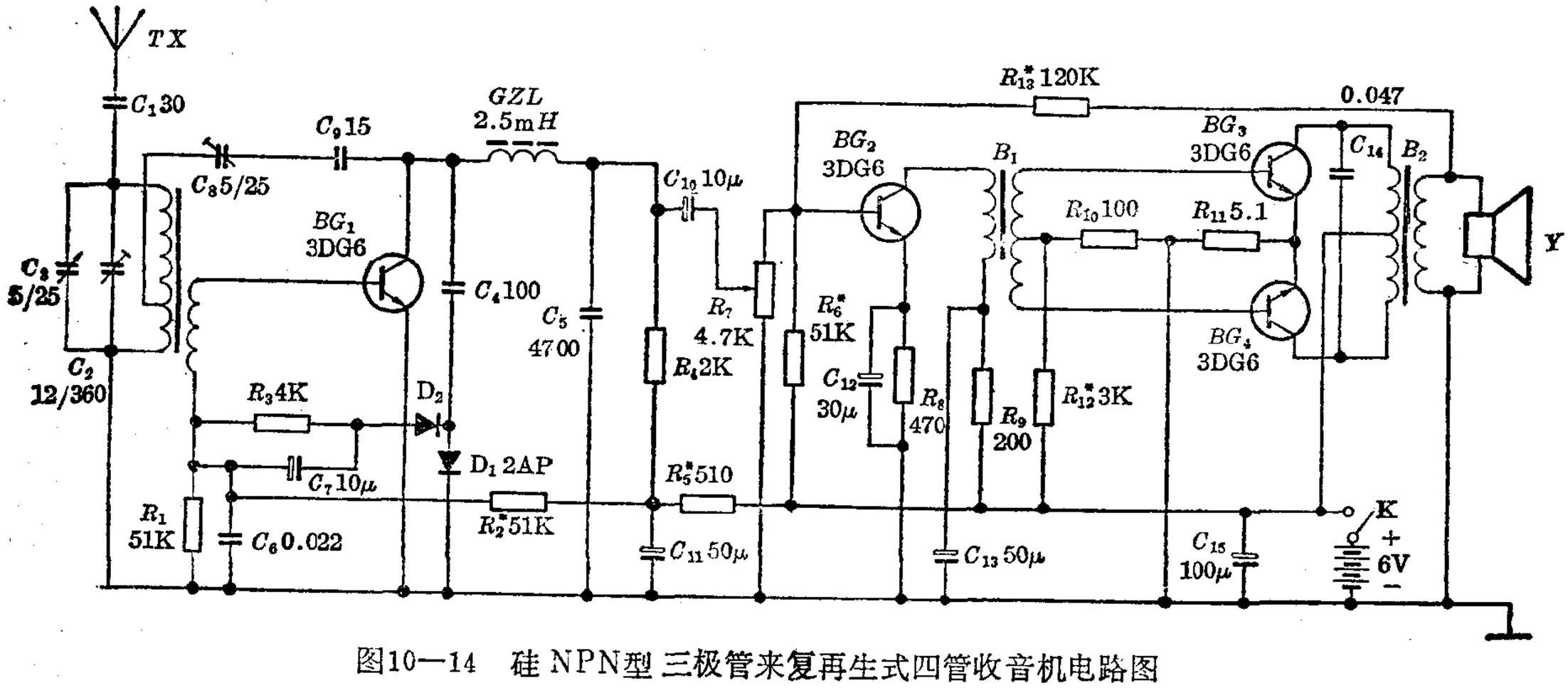


图10—14　硅 NPN型 三极管来复再生式四管收音机电路图

6.107B 型放唱、收音两用四管机

这架收音机的再生电路也比较特别，属于“混合式再生”，由 C_3、L_3 和 L_4 两部分组成，C_3 调整波段高端灵敏度，L_4 调整低端灵敏度。

为了改善音质，加了两路负反馈。一路是 R_9 和 R_6，另一路是 C_{10} 和 C_{11}。

天线线圈绕在φ10×170磁棒上。除 L_2、L_3用 φ0.07×7 多股丝漆包线外，其余都用 φ0.15 丝漆包线绕制。L_5 和 L_3 相距3～5毫米，L_2 和 L_1 相距10～12毫米，L_4 应绕成可移动的。圈数如下：L_1　12 圈；　L_2 46～47圈；　L_3　8 圈；L_4　5 圈；L_5　8圈。

输入变压器		输出变压器	
初级线圈	φ0.15漆包线绕1100圈	初级线圈	φ0.29 漆包线双线并绕155圈
次级线圈	φ0.13漆包线双线并绕365圈	次级线圈	φ0.41 漆包线绕15圈

为了得到较大的输出功率和较好的音质，所用输出、输入变压器的铁芯比较大，截面积为 10×10 毫米²。

扬声器可以用直径 100毫米～165 毫米、音圈阻抗 4 Ω～8Ω 的。扬声器口径越大，音质越好。

各管集电极电流为：BG_1 (3AG1) 0.6

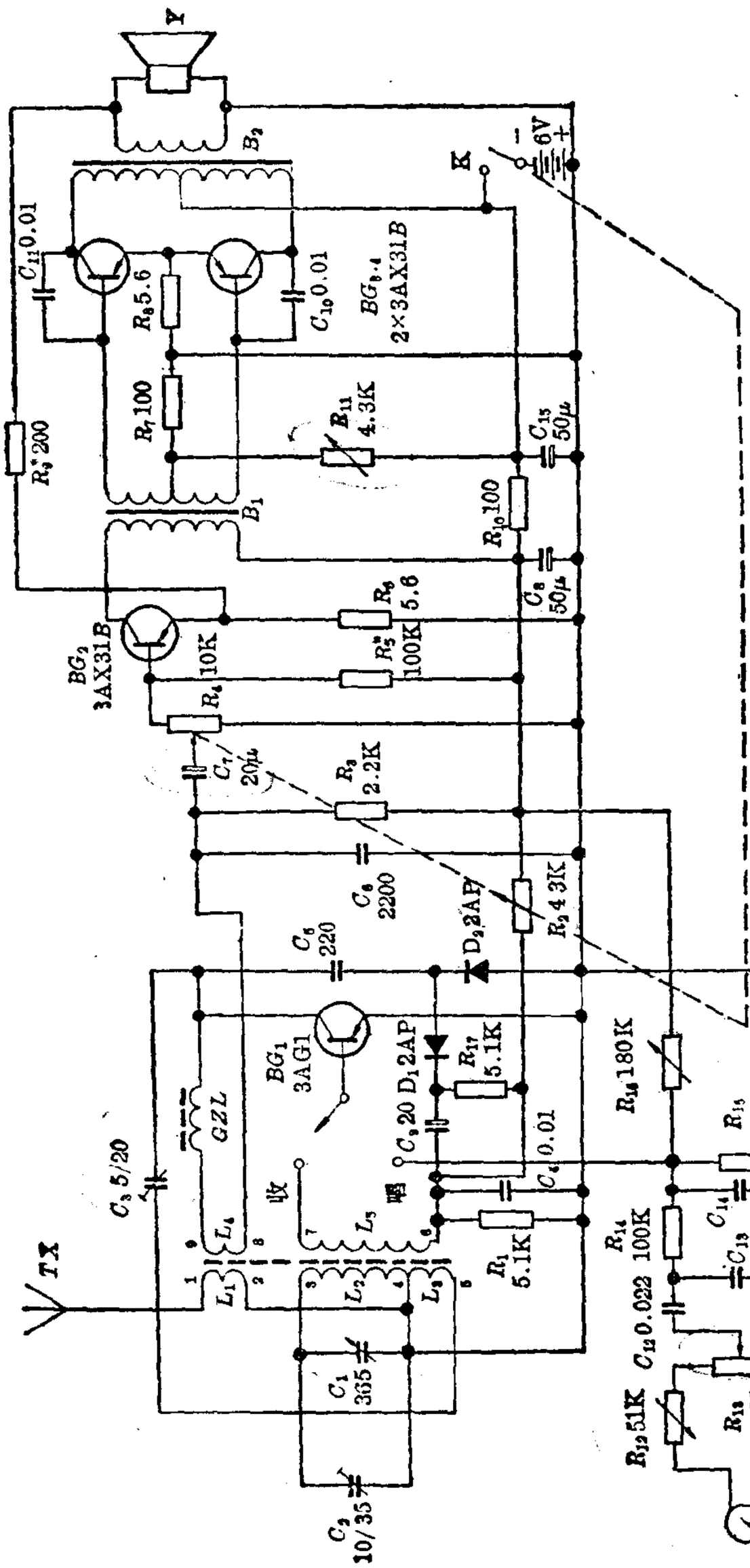


图10—15　107B型收唱、收音两用四管机

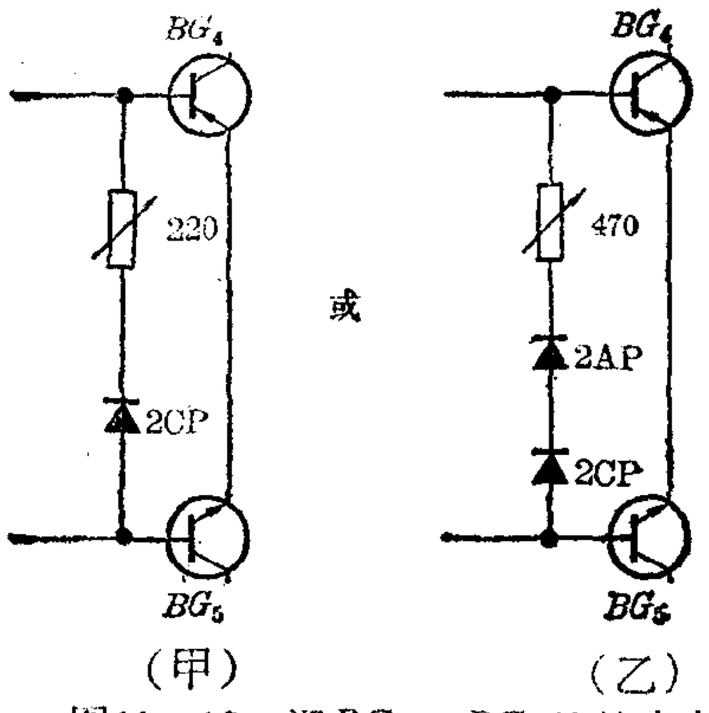
～1.2毫安，BG_2（3AX3，可用3AX31）1～3毫安，BG_3、BG_4（可用3AX81）2～6毫安(无信号时)。

7.简易OTL五管机

电路特点是不用输入和输出变压器。这种电路的频率响应好，失真度小。见图10—17。

线圈L_1绕70圈，L_2绕7～8圈，L_3绕成可移动的，以便调整再生强弱。本机高频管BG_1用任何型号的高频小功率管如3AG1、3AG2、3AK20、3AK21等。低放管BG_2（3DG6）也可用3DG8，除BG_3的β值要求高一些，其余各管的β值有60～90就够了。必须注意的是BG_4和BG_5应该配对。

装好后，先将W_3调至中间位置，开启电源，测量B点和地线间的电压，看B点电压是否等于$\frac{1}{2}$电源电压，即$\frac{1}{2}\times4.5$伏$=2.25$伏。若不等应调整W_3，使之相等。然后调整W_1，使BG_1的集电极电流在1毫安左右。调



（甲）　　（乙）

图10—16　调BG_4、BG_5的静态电流

接。以上调整时，每调一次静态总电流，都应重新测量B点的电压是否等于$\frac{1}{2}$电源电压。好后，检查整机在无信号时，总电流是否在6～8毫安范围内，过小的静态总电流会使音质变坏，音量减小。过大的静态总电流会将BG_4和BG_5烧坏。如果发现静态总电流过小，而BG_1集电极电流又正常时，可以在BG_4和BG_5两个基极之间的二极管上再串联一只220Ω微调电阻，并调整它，使总电流合乎要求〔见图10—16(甲)〕。若总电流还是调不上去，可按照图10—16(乙)的电路改接。以上调整时，每调一次静态总电流，都应

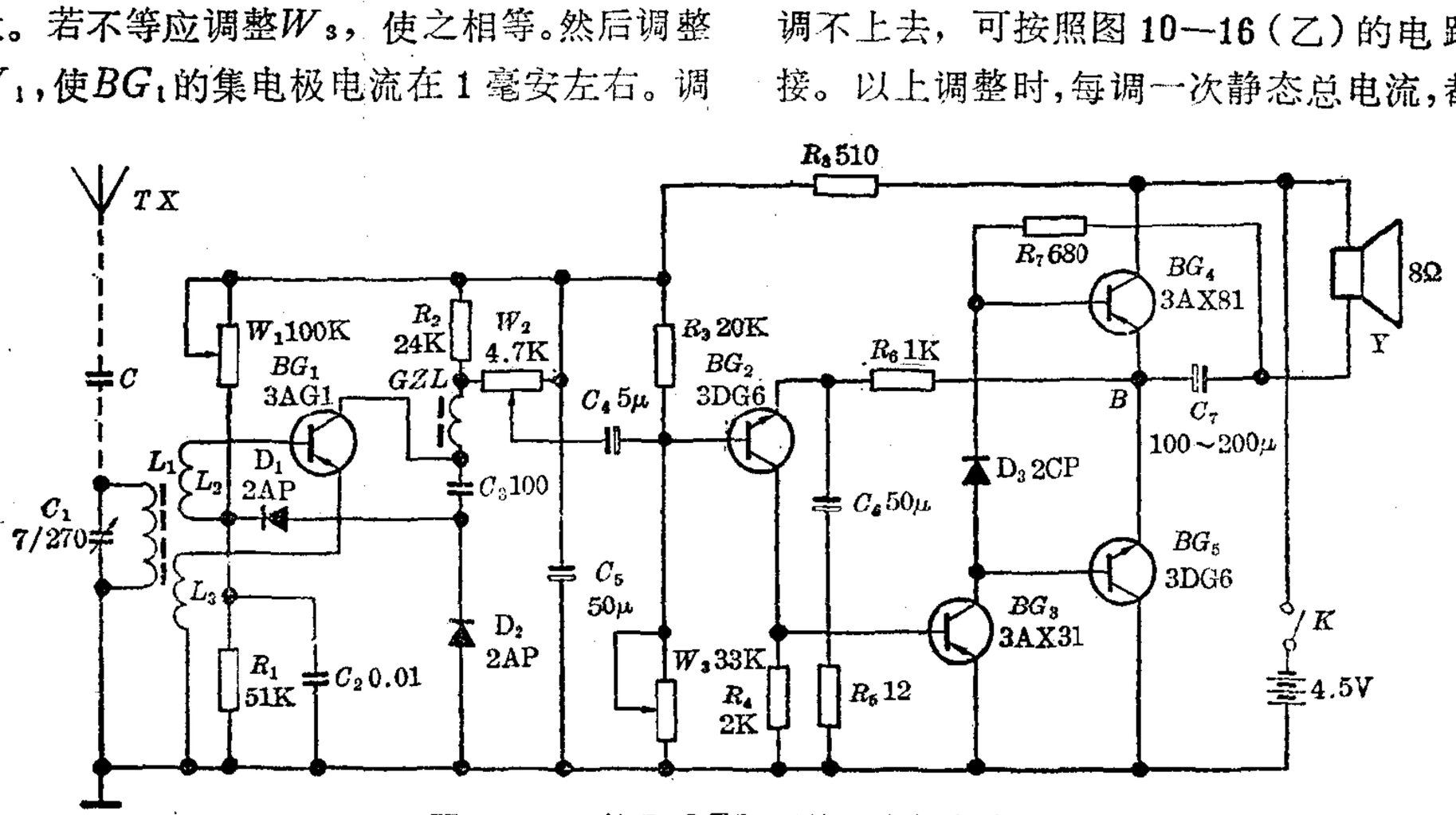


图10—17　简易OTL五管收音机电路图

关于无输出变压器（OTL）电路的原理请参考有关书籍。

三、常用国产晶体管的特性(见 第111～113页)

四、万用表使用初步知识

国产万用表有很多种型号，它们的测量范围各不相同。但是，总的来说，不外乎下述几种用途：

1.测电路中的电流，一般只能测量直流电流。

2.测电路上的电压，包括交流电压和直流电压。

3.测电路或元件的电阻。

现在以MF—30型万用表为例说明它的使用。

电表的外型如图10—18。

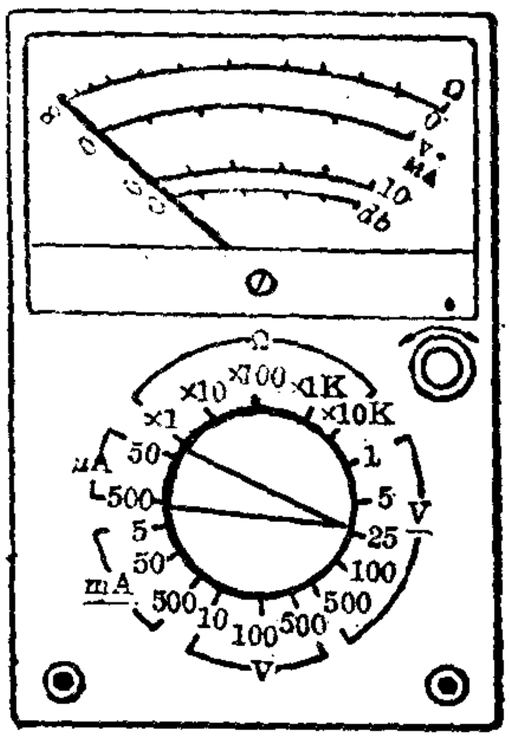


图10—18　万用表外型

电表的面板上有4样东西：表头，零值调整电位器，量程变换开关和表棒插座。

使用之前，先要搞清楚表头表面上的刻度。刻度共有四条。从电表的上面顺序向下数去，第一条是电阻刻度，它的标值从右向左逐渐增大，当指针满刻度时，指示表棒间电阻为零；而当指针在原点不动时，指示表棒间电阻为无穷大(∞)。量程变换开关(也就是选档开关)不论放在$R\times1$，还是$R\times10$、$R\times100$、$R\times1$K和$R\times10$K各档上，测量电阻时都用这条刻度来读出被测电阻的阻值，但需注意，当用$R\times1$档时，刻度上的标值就是被测电阻的阻值。而用$R\times10$档时，要将刻度上的标值乘以10倍，才是被测电阻的阻值。当用$R\times100$档时，则要将刻度上的标值乘以100倍，才是被测电阻的阻值。其余各档类推。

第二条是电压和电流的共同刻度。它的标值从左向右逐渐增大，指针停在原点不动时，指示表棒间的电压或电流为零，而指针满度时，则指针所指示的标值就是选档开关所处档级的数值。例如当选档开关放在100档上，若指针指数满度，表示表棒间电压是100伏。这条刻度上的标值有三组。一组是0～10，另一组是0～25，还有一组是0～500。测量时，把各组标值乘以适当的倍数就可以。譬如当选档开关放在0～100伏档，我们读数时，只要将0～10那组指数乘以10倍，或将0～25组的指数乘以4倍，读者可自行选择适当的倍乘数。

第三条是专为0～10伏交流电压刻制的，只有选档开关放在10伏交流档上时，才从它那里读出电压的数值。

第四条是电平刻度，这里从略。

使用前，还要观察表头指针在静止时是否对准零值。如果静止时，指针不对着零值，那就要用小螺丝刀旋动指针零位调整螺丝，使之对准，否则测得的数据就有较大的误差。

下面分别说明电阻、电压和电流的测量方法。

1.电阻的测定

测量前必须调整电表的零值。将两根表棒短路，让电路接通，这时指针向右偏转。观察它是否正好指在电阻刻度的零值上，若指针不指在零值上，就要旋动零值调整电位器，使指针指在零值上。将选档开关放在适当的量程上。测量时，最好是让电表指针指在刻度的中部，指针偏转角度过大或过小读起来都不方便，准确度也低。如果对被测电阻一无所知，那可以先放在$R\times1$K档试测，再根据实际情况更换量程。例如测量时指针偏到满度(习惯上叫做指针打到底)，表示电阻阻值很小，可以改用$R\times1$档，如指针仅仅略微偏转，就要改用$R\times10$K档。测量高阻值电阻时，手不能接触电阻的两根引线或表棒的金属头，如图10—19。因为人的两只手之间也有电阻，阻值在几十千欧到几百千欧之间，在手接触到电阻引线时，人体的电

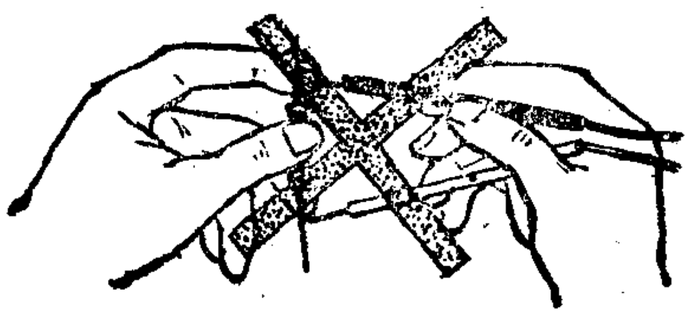


图10—19

阻就跟被测电阻并联，使测量结果大大偏离。

当选档开关放在各电阻档时，不要让两根表棒不必要地短路，免得缩短内部电池的寿命。一旦测量完毕，立即将选档开关拨到电流、电压档，或将表棒拔掉。

如果测量前调节零值电位器时，虽将电位器顺时针旋到尽端，指针仍不能达到零值，表示电表内部电池已经用旧应该换用新的。

2.电压的测定

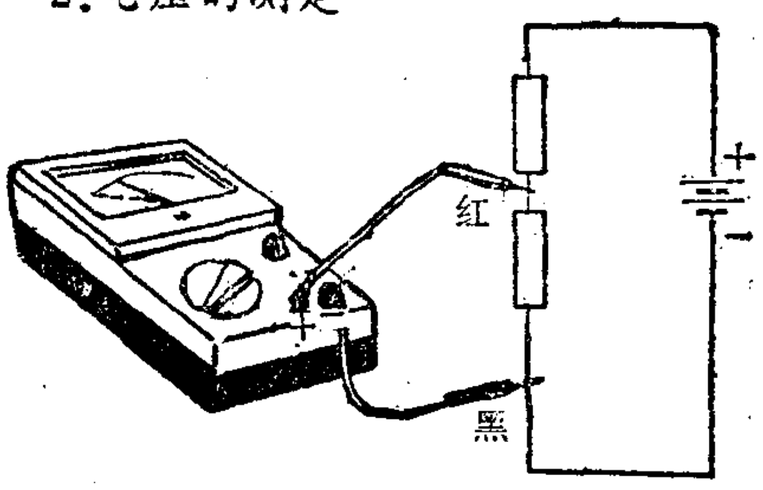


图10—20　电压的测量

测电压比较简单，只要将选档开关放在适当的电压档上（注意交流和直流的区别），然后将表棒并联在被测电路的两端。

测量时应留心表棒正负极性不要接错，若接错指针要反走，会把指针打弯，甚至损坏线圈的转轴。

3.电流的测量

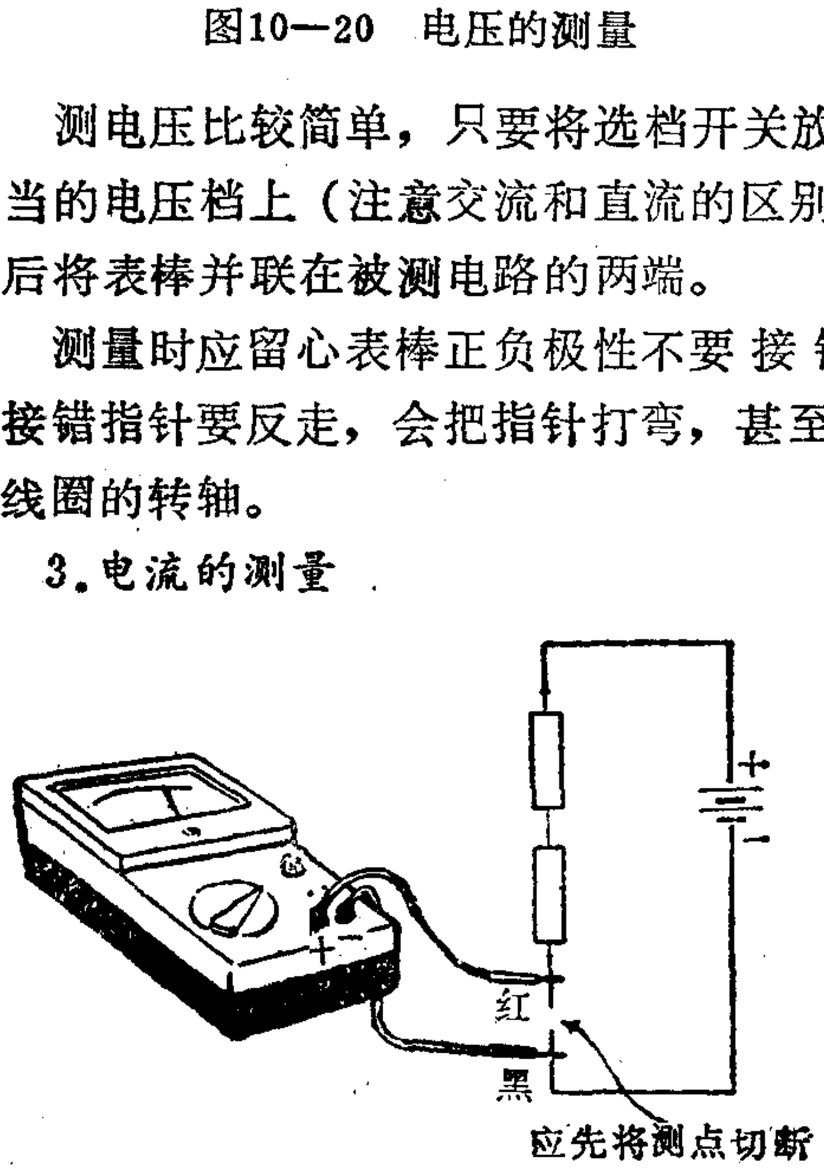


图10—21　电流的测量

测量电流须将电路切断，这是因为电流表必须跟被测电路串联，在测电流时，选档开关应放在适当的电流档上并注意表棒的正负极性。电流表绝对不能并联到电路上，因为电流表本身的内阻很小，若将它并联到电路上，即使电路的电压不大，通过电流表的电流也要大大超过它的量程，容易将电表弄坏。对于初学者来说，这一点尤其重要。

五、小型变压器的绕制

晶体管收音机里的变压器——输入变压器、输出变压器和电源变压器都可以自己绕制。

绕制变压器最好备一架绕线机。通常使用的绕线机有单速和双速两种。单速绕线机的外形如图10—22。

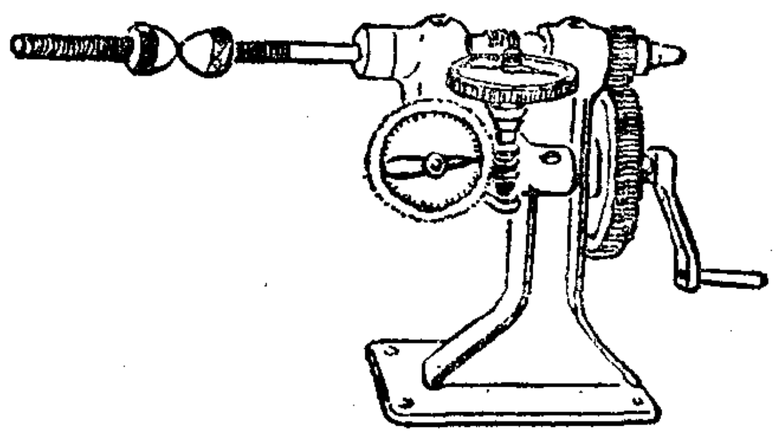


图10—22　单速绕线机

单速绕线机的摇柄转一圈，线轴转4圈。双速绕线机的摇柄转一圈，线轴有转3圈和8圈两档，这两档由变速齿轮转换。

单速绕线车的计数表有上、下两个数字盘，各有一枚指针。上盘水平装置，下盘竖直装置，每个盘上面都刻有100个格子。上盘每格指示1圈，也就是线轴每转1圈，上盘指针偏转一格，所以100格共指示100圈。下盘每格指示100圈，线轴转动100圈(即上盘指针偏转100格)，下盘指针偏转一格。双速绕线机的计数表只有一个数字盘，但有一长一短二枚指针，盘上有内外两圈数字，外圈刻100格，每格指示一圈，由长针指示。内圈共刻51格，每格指示100圈，由短指针指

示。每次开始绕线圈时不要忘记将两枚指针拨到“零”的位置上，否则记录的数字就不正确。计数表读法见图10—23。

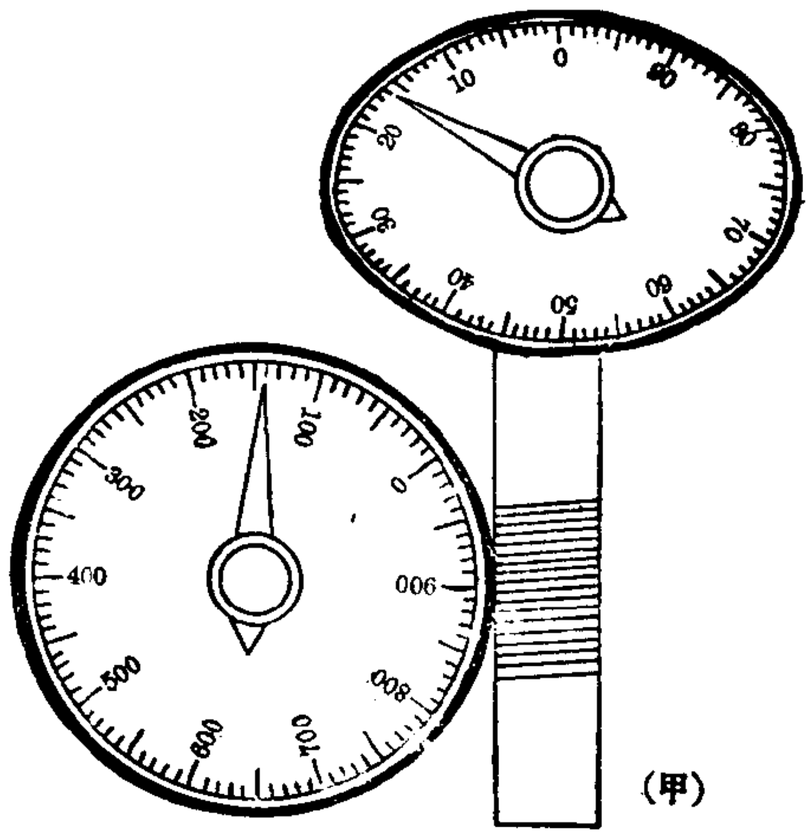


图10—23　计数表读法

绕线机也可以自己制作，见图10—24，它

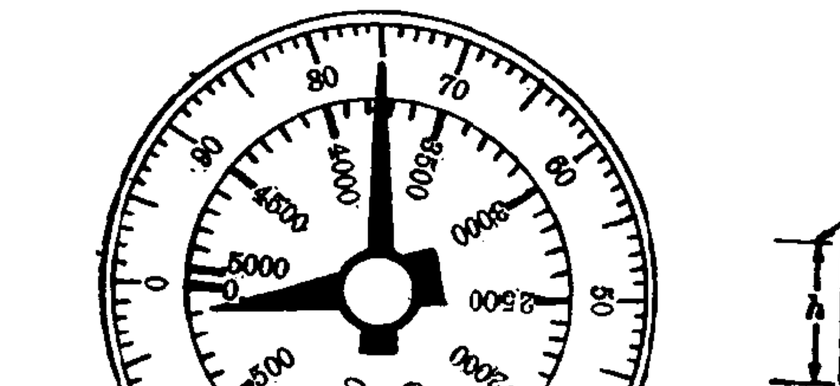


图10—24　自制绕线机

的使用效果并不差，只是没有记数表，要凭自己记忆，而在圈数较多时，很容易将圈数记错。

另外，绕制线圈时还应准备一只线架，把线筒穿在线架轴上，让它能够自由地转动。漆包线不要拉得过松和过紧。过松容易使漆包线“打结”，过紧会把漆包线拉断，线架可以照图10—25的样子，自己动手做一只。

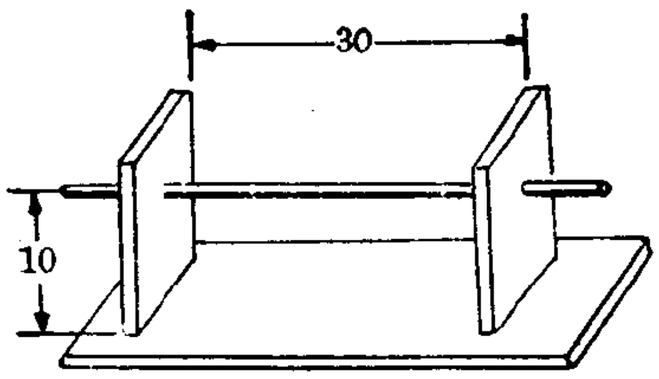
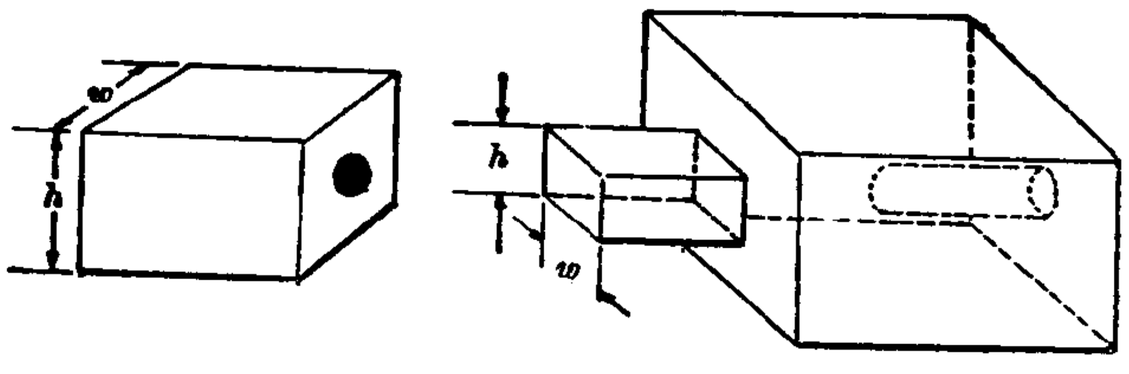


图10—25　线架

木芯是必要的，应该多准备几只尺寸不同的木芯子。它的外形见图10—26(甲)，厚



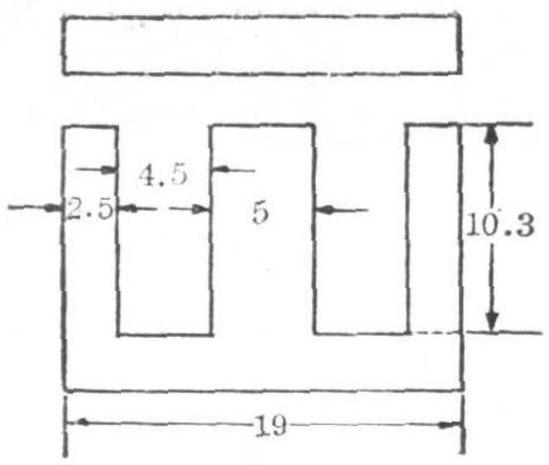
(甲)　　(乙)

图10—26　木芯

度 h 和宽度 w 应同铁芯截面相称，而长度 l 可以比铁芯稍大些。绕小型晶体管收音机输出、输入变压器时，木芯可以照图10—26(乙)制作，这是因为这些变压器的铁芯尺寸很小，例如5×5.5毫米，而一般绕线机的绕线轴直径却有11毫米。图中的 w 和 h 根据铁芯实际尺寸确定，如配合E19型铁芯，则 w 和 h 应分别为5.5毫米和5毫米。

1.输入变压器

晶体管收音机最常用的输出、输入变压器是E19型。这种输出、输入变压器的铁芯尺寸见图10—27。



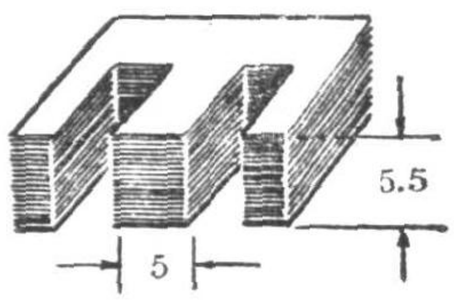


图10—27　E19型矽钢片

铁芯所用绕线骨架市上有出售，外形见图10—28。使用这种骨架效果较好，若买不到，只好按尺寸用硬质纸料如青壳纸、薄红钢纸，硬纸箔自己制作。

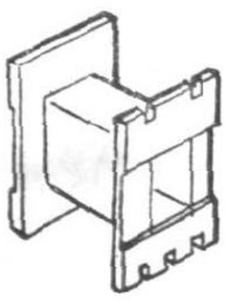


图10—28　绕线骨架

E19型输入变压器的初级线圈，用直径0.06毫米漆包线绕1800圈，绕成后，直流电阻约为360～440Ω。次级线圈用直径0.06毫米漆包线双线并绕1000圈，绕成后，每边直流电阻约160～200Ω。

这种变压器由于工作电压低，层与层之间不衬绝缘纸，所以，最好采用高强度漆包线绕制。

绕制方法：先绕次级线圈，将两根漆包线线头上的漆用砂皮砂去，不要留到线圈绕好后再砂。因为漆包线很细，极容易断，若绕好后再砂，可能一不小心把线头齐根弄断，那就要麻烦得多，按照图10—29把两根线头分别放进二个嵌线槽里（中间和边上各一槽），用少许胶水纸将线头粘在骨架上。然后开始绕制，虽不必排整齐，但因绕线地位小，还是要尽可能排齐。绕满1000圈，就可将线剪断，将线尾用砂皮砂净。两根线尾的放置位置很重要，参见图10—30，注意不可嵌错，否则变压器不能工作。线尾也用胶水纸粘牢，防止在绕初级线圈时将它们不慎弄断。接着用宽约9毫米的玻璃胶水纸在次级线圈的外面包两层，将次级线圈同初级线圈绝缘。然后用同样的方法（但改为单线绕）绕制初级线圈。线圈的线头和线尾分别嵌在骨架另一面的两个嵌槽里。初级线圈的外面也用胶水纸包两层。将五个线头、线尾分别焊在软接线上。注意，这一步并不容易，因为要在五个线头、线尾都焊好，才能用胶水纸把线圈包紧，往往在焊后面几个线头时，会把前面已焊好的线头弄断。所以必须十分仔细。包好绝缘后就可以将线圈连同骨架一起从木芯上取下来。

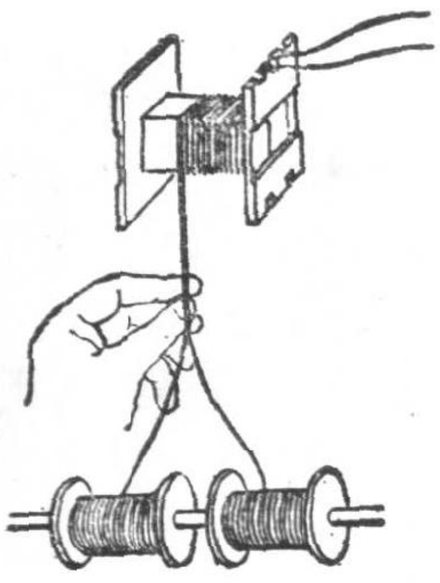


图10—29
次级线圈线头安排法

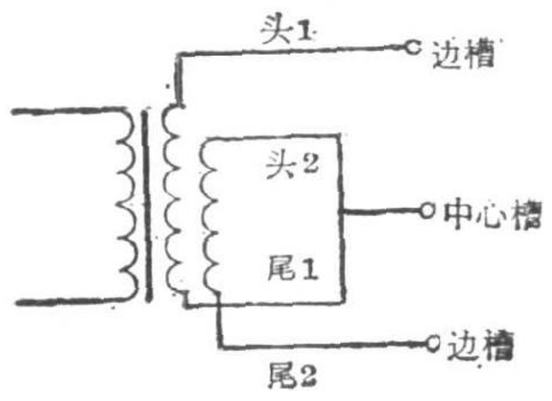


图10—30　线头引出法

小型输出、输入变压器绕好后，一般不需要浇封。但也可以用石蜡（不要用蜡烛油，这种蜡带有酸性，日子久了，会将漆包线腐蚀断）浇封。

插矽钢片：E19型输入变压器初级线圈中直流电流不超过5～6毫安，不会使铁芯产生磁饱和现象，所以，可以用对插（或叫交叉插）方法如图10—31。矽钢片最好是一片对一片插。初学者因经验不足，有时感到一片对一片插困难，也可以用二片对二片或三片对三片插，但不要超过三片。插装时，先插E形片，要尽量插足片数，到插紧

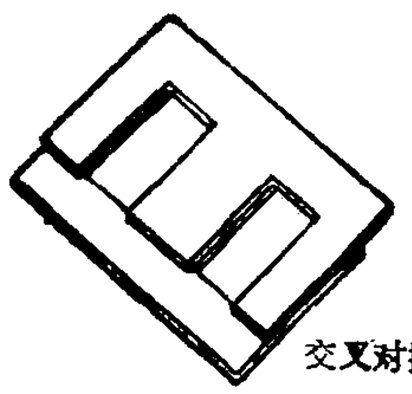


图10—31

为止，然后，再插 I 形片。插完后，用锯头将矽钢片敲紧，使 E、I 两半之间的空隙减到最小。矽钢片敲紧后，再装上骑马夹，输入变压器便告制成。

2.输出变压器

E19型输出变压器所用矽钢片铁芯同输入变压器完全相同，绕法也一样。

它的初级线圈用直径 0.12 毫米漆包线双线并绕 310 圈，绕成后，每组的直流电阻约 16～22 Ω。次级线圈用直径 0.29 毫米漆包线绕 129 圈。绕成后，直流电阻约 1～1.2 Ω。它的铁芯也可以对插。

这种输出变压器原是配合 3AX31 型低频三极管做推挽放大，而次级线圈是配合音圈阻抗 8 Ω 的扬声器。在用 6 伏电源电压时，输出功率可以达到 200 毫瓦。

3.电源变压器

电源变压器的绕法同输出、输入变压器大同小异。但是由于它的初级线圈要接 220 伏交流市电，电压较高，因而对绝缘的要求就严格些。

首先，我们先要了解它的一些特性。电源变压器的初级线圈直接接 220 伏交流市电，供应整架收音机所需的全部电能，同时，它自己也要消耗一定的电能，如果设计和绕制不当，它就会被击穿，或者发热，两种情况都会把变压器烧坏。其次，由于它的初级线圈接交流市电，而交流电的架空输电线相当于一根天线，无线电波在架空电线上同样要产生感生电流。这样一来，电台的播音信号就会从电源线经过变压器进入到收音机，同时把频率 50 赫的市电一起带到收音机里。结果，当我们把可变电容器调到某个电台时，就会出现交流哼声，没有电台的地方却没有交流哼声。这种交流哼声叫做调制交流声，它是很讨厌的。为了消除调制交流声，必须在电源变压器的初级线圈和次级线圈之间加一层“静电屏蔽”（或叫“静电隔离”）。静电隔离是一圈不闭合的薄金属片，一般多用薄铜皮来做，并用引线引出，跟收音机的地端接通。

这样，电源变压器除了要有初级线圈之外，还得有静电隔离和若干个次级线圈。

现向读者介绍两种供收音机使用的电源变压器：

第一种是代价较低廉的。它用14×14毫米的矽钢片做铁芯。这种变压器体积小，重量轻。但是本身耗电较大，容易发热。而且只能供给一台四管至七管的晶体管收音机使用。

第二种用 16×16 毫米的矽钢片做铁芯。它的代价要大些，体积和重量也较大。但是本身耗电较小，长时间使用也不会发热。它能同时向二至三台晶体管收音机供电。

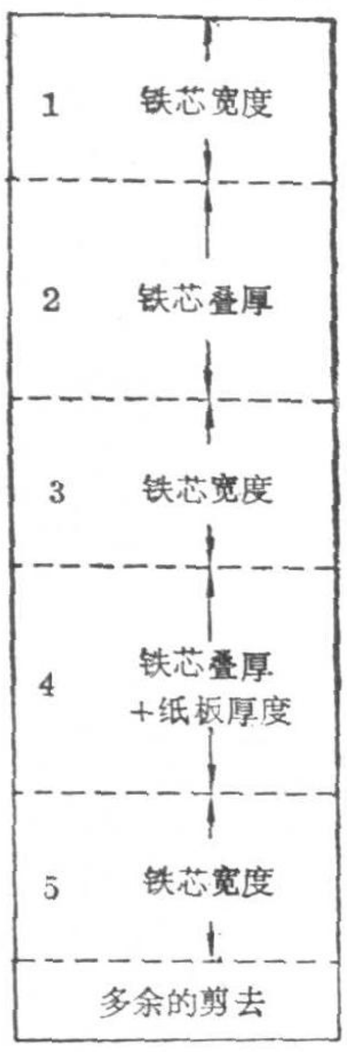
这两种电源变压器的数据如下：

第一种：		
	初级线圈 220伏	φ0.08～0.09毫米漆包线绕 6200圈
	次级线圈 9 伏	φ0.19～0.21毫米漆包线绕 220 圈
第二种：		
	初级线圈 220 伏	φ0.12 毫米漆包线绕 3960 圈

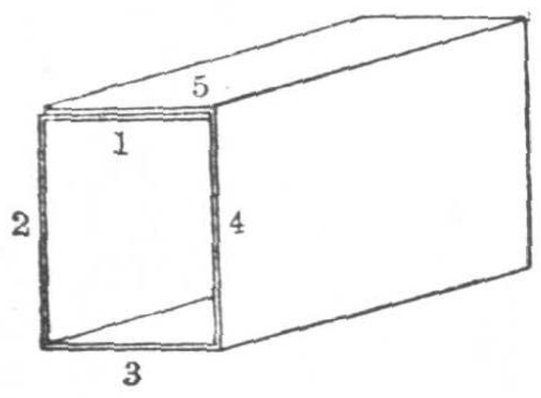
次级线圈9伏　　φ0.41毫米漆包线绕170圈

准备工作：

（1）做骨架。电源变压器线圈的骨架一般要人自己动手去做。自制骨架的材料有青壳纸，薄红钢纸，硬纸板等。材料的厚度随矽钢片的大小而各异。小尺寸矽钢片的绕线地位很有限，因此骨架材料不宜太厚，有0.5毫米足够了。如果找不到上述材料，也可以用马粪纸代用，当然它的效果要差得多。先根据矽钢片绕线窗口的长度，裁好纸条，尺寸参照图10—32(甲)，用刀子在各虚线处



(甲)



(乙)

图10—32　骨架的自制

轻轻地划一条槽，然后按编号将纸板卷屈成为骨架。如图10—32(乙)。卷好之后，把1与5两层之间用胶水粘牢，外面最好再包一层黄蜡绸，或包3～4层牛皮纸。这不仅是为了牢固，还能使骨架有足够的绝缘能力。

（2）裁绝缘纸。这里介绍的电源变压器铁芯绕线窗口都很小，因此一般使用白蜡纸(或叫玻璃纸，这种纸厚度只有0.04～0.06毫米)作为层间绝缘衬纸。裁纸时，使纸的宽度比矽钢片绕线窗口长度略大0.5毫米，以防衬纸包上线圈后宽度缩短。

（3）做头片。由于各线圈线径都较细，线头不宜直接引出，特别是直径在0.20毫米以下的。可按图10—33预先做几个头片，所有线头都经头片引出。

（4）做静电隔离。用薄铜皮制成，宽度比绕线窗口的长度小2~3毫米，长度比初级线圈外层周长稍短一些．在铜皮的一端焊一根头片作引出线。

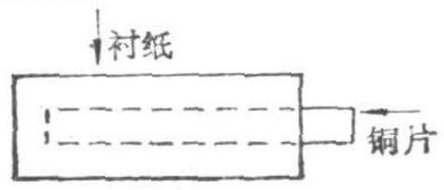
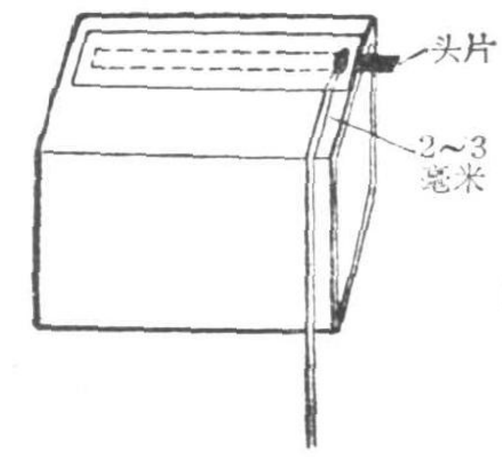


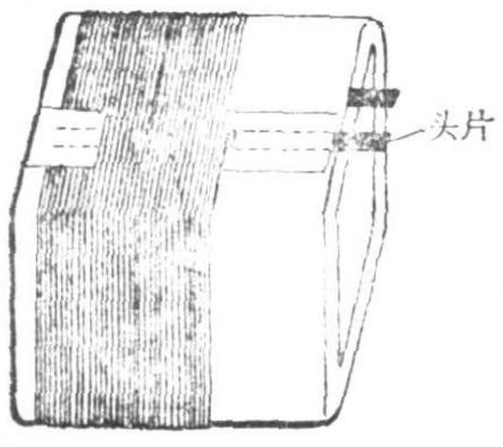
图10—33　头片

绕制方法：

先把绕线机圈数表指针放在零位，将线头焊在头片上，锡要尽量少，焊好后，用绝缘衬纸把焊接点盖住，如图10—34(甲)。电源变压器各线圈绕制时要排齐，最外面的那圈(即每一层的第一圈和最后一圈)跟骨架边



(甲)



(乙)

图10—34　头片使用法

缘应留2～3毫米的距离。一层绕完，衬上绝缘纸，再绕下一层。到了最后一层，绕几圈后，放上一片头片，再继续绕到结束，将线尾焊在这个头片上，如图10—34(乙)。

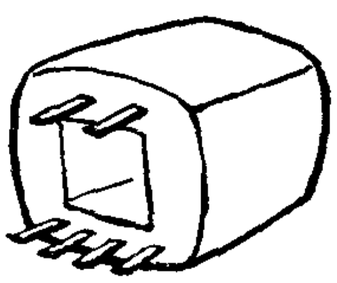
初学绕线的读者往往在“排齐密绕”这个问题上发生困难。不是“叠线”,就是线和线靠不紧，形成空档。其次怕将线拉断，绕时不敢用力，结果使绕成的线圈很松。为防止线圈“滑脱”,往往把线圈绕成宝塔形(见图10—35),占用过多的绕线空间，使线包厚度增加，矽钢片插不进，这些技巧问题都要经过反复练习才能得到解决。



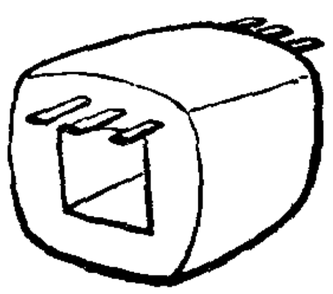
图10—35 宝塔形线包

初级线圈绕好后，最好包上一层黄蜡绸和一层牛皮纸，若没有黄蜡绸，则最少要包3层厚牛皮纸，以保证足够的绝缘强度。

接着，包上静电隔离。包时要注意两点：①拉得要紧，不然的话绕其他线圈时铜皮受压变皱，弄得高低不平，后面的线圈就很难绕。②铜皮的两端不能相碰，否则形成短路，变压器要烧坏的。可以事先将铜皮夹在两张比铜皮长一些的薄牛皮纸中，再包上去。静电隔离引出头片一般安排在初级线圈引出线的同侧。没有铜片做静电隔离，也可以用直径0.1毫米的漆包线绕一层，引出其中的一个线头，让另一个线头空着（切不可将两个线头接在同一头片上),这样代替铜皮做静电隔离，效果还可以。静电隔离同次级线圈也要绝缘。这里介绍的变压器的次级都是低压，所以只要衬二层牛皮纸，绝缘能力已经足够。如果次级有高压，那就至少要衬四层以上的厚牛皮纸。



(甲)



(乙)

图10—36

各组线圈的头片不要都放在线包的同一侧，可以分别放在线包的不同侧旁，如图10—36。用骑马夹固定的变压器适宜采用甲图的方法，而卧式变压器则以乙图的安排为宜。另要注意头片之间不要距离太近，以防止短路。

线圈全部绕好后，外面包3层牛皮纸，并在纸的相应位置上注明各头片间的电压。

插矽钢片：

插片之前，先按照矽钢片绕线窗口的宽度剪好4条厚牛皮纸或青壳纸，将它衬在矽钢片窗口和线包断面之间，如图10—37，然后开始插片。

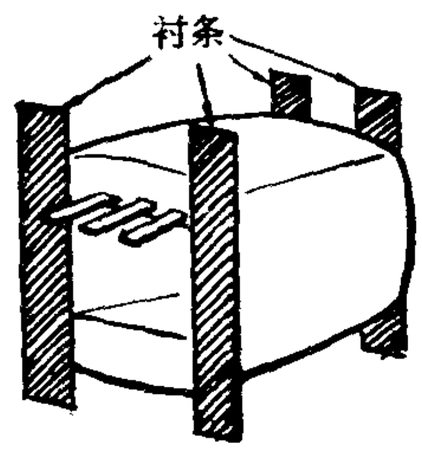


图10—37

电源变压器工作于交流电，铁芯不会产生直流磁性饱和。所以它的矽钢片都是交叉插的，一般是2～3片交叉一次。矽钢片间的空隙要尽可能小，片数要插足。

试验：

变压器完工后，将初级线圈跟电源接通，用万用表交流电压档核对次级线圈电压，请注意，次级电压只有在初级电压正确时才会符合原设计要求。所以还得要先测量初级电压，看是不是220伏。如果不是，那么，可以用下面式子算出在新的初级电压下次级应有的电压。

$$\text{次级应有的电压} = \frac{\text{次级设计电压} \times \text{初级实际电压}}{\text{初级设计电压}}$$

例： 初级设计电压220伏，实际测得190伏，次级设计电压9伏，

则

$$\text{次级应有的电压} = \frac{9\text{伏} \times 190\text{伏}}{220\text{伏}} = 7.8\ \text{伏}$$

如果万用表指示7.8伏，这只变压器的圈数就是正确的。

电压核对完毕后，不要切断电源，让变

压器在空载条件下通电20分钟，如果变压器绕制良好，那么，第一种变压器只感到温度略有上升，而第二种变压器应该没有什么温度的上升。若空载通电几分钟内变压器温度急剧上升，变压器内部一定存在短路，必须找出原因。

变压器各个线圈之间以及各个线圈跟铁芯之间的绝缘很重要，电源变压器各线圈间以及线圈跟铁芯间的绝缘能力应有1000伏以上。就业余自制条件来说，也至少要有500伏以上，才能算是安全。初学者可以用万用表$R\times10$ K档（如有$R\times100$ K档更好）测量线圈之间以及线圈跟铁芯间的电阻，

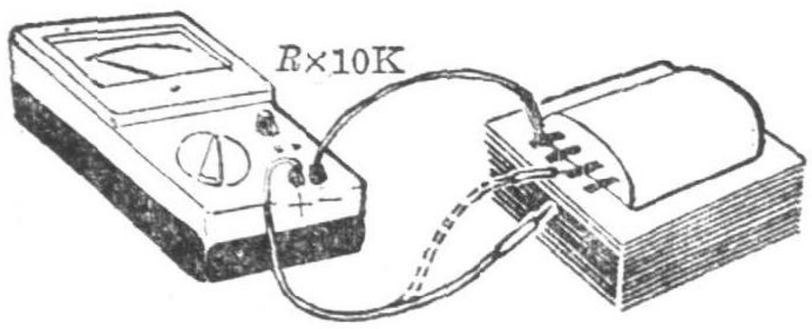


图10—38

电阻值应在20 MΩ以上。

浸漆：

通过上述试验的电源变压器可以浸漆。浸漆前先将变压器放在炉子上烘数小时，变压器温度保持在100℃左右。然后把变压器浸入绝缘清漆(俗称凡立水)，过20分钟拿出来烘干，变压器经过这样的处理可以防止潮气侵蚀，增强绝缘能力。如果没有绝缘漆，也可以用石蜡浇浸。浸蜡前也要先把变压器烘热，以驱赶线包内的潮气。

六、部分元件的修理

有一部分元件发生非内部的损坏，是可以加以修复的，特别是固定元件，修复后能够长期正常工作。

1.固定电容器

云母电容器和小型立式电解电容器的引出线很容易发生所谓“齐根断”的损坏。只要

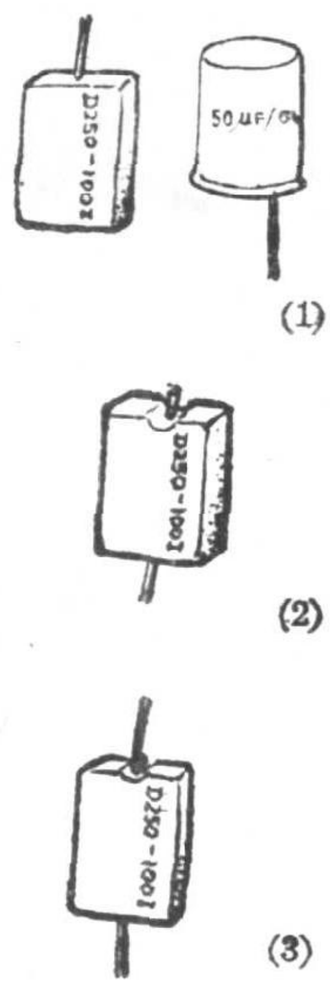


图10—39
焊电容器断头

它内部不短路，不漏电，完全可以修复。图10—39所示引出线“齐根断”的电容器，因为断头太短，焊接时困难很大，有时即使焊上接线也不牢固，为此，我们可以用什锦小锉刀将断头周围的胶木或环氧树脂锉去一些，使线头露出约1～1.5毫米长，但不要锉入太深，防止将内部构造锉坏，缺口可以宽一些，在缺口处焊上接线，电容器便修复了。

2.密封可变电容器

密封可变电容器常见的损坏有三种：

（1）动片接触点接触不良，使用时收音机中发出“喀喇、喀喇”的杂声，这是因为动片轴跟弹簧压片之间有污物，修复时先用小刀将防尘罩盖撬开，并将四角上的紧固螺丝卸下来取出弹簧压片，将压片接触点上的污物和动片轴圆片上的污物用无水酒精（不要用汽油或其他溶剂，这些溶剂会溶坏里面的有机薄膜）揩净，必要时还得用小刀将污

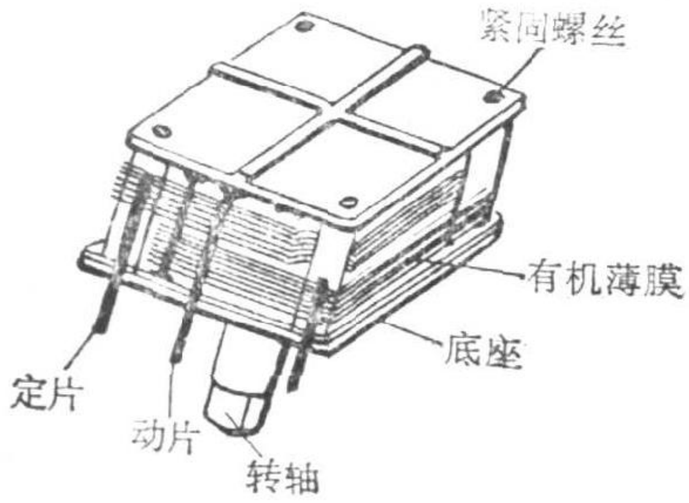


图10—40

物刮除。然后按原状重新装好。

（2）有机薄膜损坏，发生短路。

密封可变电容器动片和定片之间的介质是有机薄膜，使用日久后，有时会磨破，造成动、定片间短路，碰到这种毛病，要将整

个可变电容器拆开，找出损坏的有机薄膜，更换后把电容器重新装好。进行这项修复工作要仔细些，不能粗心大意。装好后，用万用表检查，看故障是否已经排除。

（3）动片团团转

密封可变电容器的塑料底板上有一小截突出的小圆柱——转轴定位脚。它的功用是限制动片的旋转幅度，使它的转轴只能旋转180°。如果定位脚坏了，动片就会团团转，这时，刻度盘指针的活动将不受限制。碰到这种毛病，也要将整个电容器拆开，在定位脚的位置上用氯仿胶上一个新的定位脚。定位脚的材料选用溶剂能够溶化的塑料。

3、固定电阻器

固定电阻器的引线很容易“齐根断”，修复方法很简单，把断头端金属盖帽上的漆刮去，用较快的速度上好锡，然后焊上引线。

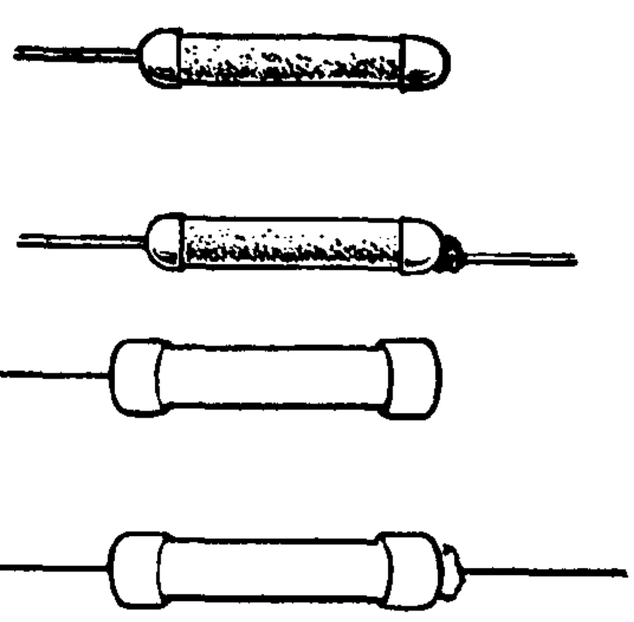


图10—41　焊固定电阻器的断头

修复工作的关键是焊接时间要短，否则电阻器受热时间较长，盖帽会脱落下来。

4、电位器

小型电位器结构紧密，拆卸时，常常会被弄坏。内部的损坏，如弹簧压片松动等不容易修好，但如果是接触不良引起“嚓啦、嚓啦”声，或时响时不响，则只要用汽油滴入活动接触部位来回旋转，再用汽油冲洗一下，便可将接触点间污物清除。

若是碳膜磨损引起杂声，可以将盖罩揭出，用药棉蘸些无水酒精轻轻抹拭，这样修复的电位器寿命并不长，只能应急维持一段时间。

电位器上的电源开关有时也会接触不良，需要对开关触点进行清洁处理，或扳动触点的位置。

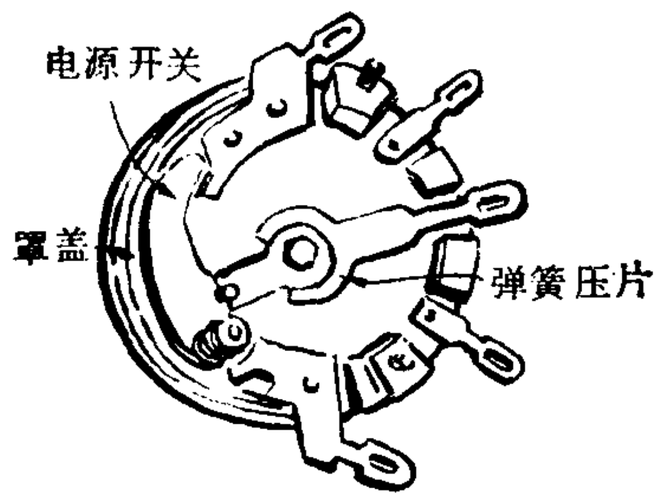


图10—42　小型电位器的检修

大型电位器的故障有：①内部弹簧滑动接触片上积有污垢，影响接触性能；②滑动接触片的弹性不足，造成接触不良；③引出焊片的铆钉松动；④转轴加油过多，油污渗到碳膜上；⑤碳膜磨损等。有时也会发生附连的电源开关损坏。检修时先将电源开关“关”掉，重新装配时就不会把位置搞错。

①滑动压片上有污垢。罩盖卸下后，将转柄向里推，就可以将弹簧滑动压片取下，用清洁的棉花把接触点抹拭干净。

②滑动压片压力不足。拆下压片后，将压片的接触臂弯曲一些。

③引出焊片松动。用钳子把焊片上的铆钉轧紧，注意不可用力过大，否则碳膜会损坏。

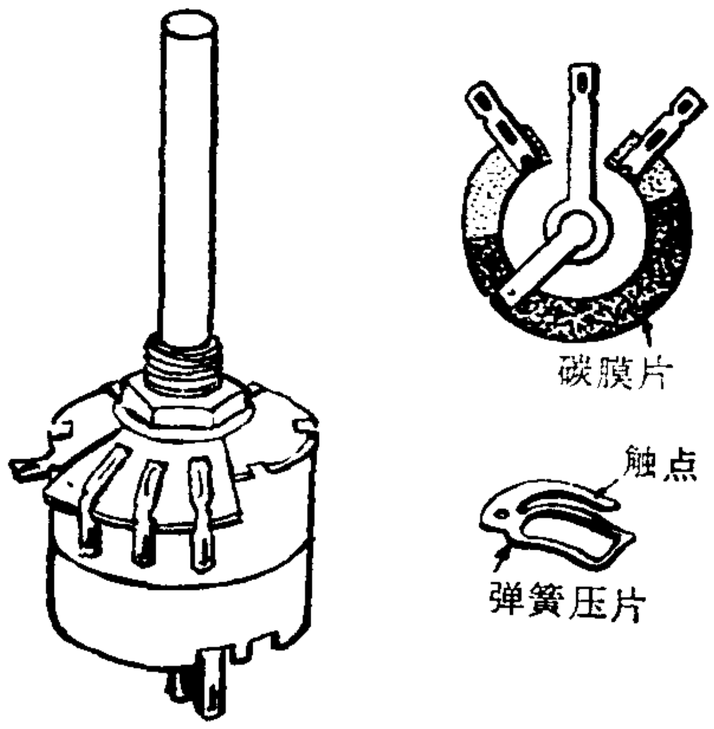


图10—43

④油垢渗到碳膜上。可以用酒精、汽油、最好用四氯化碳揩拭。

⑤碳膜磨损。将滑动压片的接触臂向碳膜完好的地方扳过去，不过，使用寿命不长。

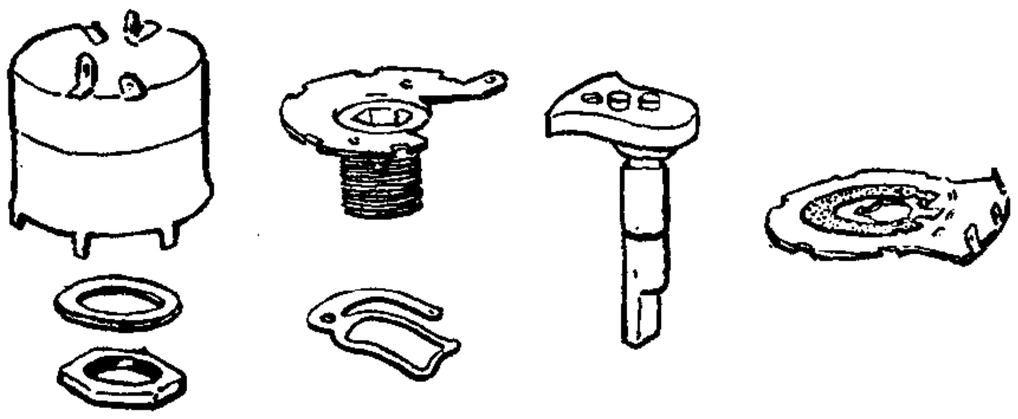


图10—44　电位器的内部结构

电源开关损坏，例如胶木制的拨头破碎是不能修理的。办法是找一只碳膜已坏，但开关好的同样的电位器，把罩盖拆下来换上。

5.扬声器和耳机

(1) 耳机

耳机内部损坏的情况不多。比较多的是耳机线有毛病。耳机线的毛病一般都是断线。

耳机线断路一般发生在耳机壳外和插头处，见图10—45。这是因为耳机线在这里有一层套管。耳机使用时耳机线在套管端点的地方弯来弯去，时间一长，造成断路。断线位置并不难找，让耳机同收音机接通，然后捏住耳机线从一端开始向另一端不断轻轻弯曲，当在某处听到耳机里发出"喀喀"的杂声时，这一处就是断头所在。若是靠近插头那端断路，只要将断线重新接好。若是靠近耳机那端断路，就要用薄刀在耳机壳的粘合处仔细剖割，使外壳上下两半分开，再揭开上盖，露出内部结构，用镊子将耳机线的两个线头仔细拉出，注意不要用力过猛，把线圈的引出线拉断。然后，把耳机线同线圈引出线焊开，剪去耳机线断线部分后重新焊好。用万用表电阻档复查，若表棒接上去时，耳机有声音发出，并且电表指针稳定在额定的阻值上，说明耳机线已经修复。



图10—45
耳机线容易损坏的部位

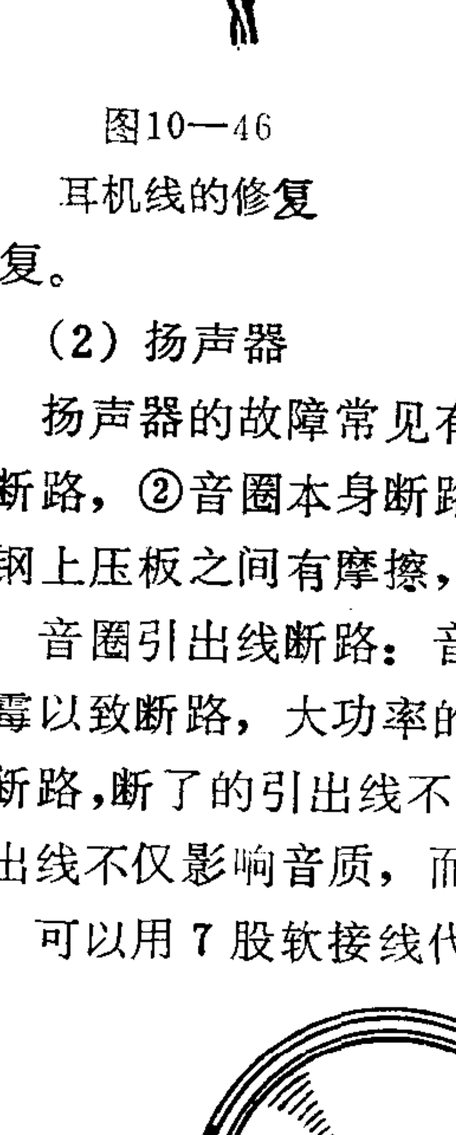


图10—46
耳机线的修复

(2) 扬声器

扬声器的故障常见有三种：①音圈引出线断路，②音圈本身断路，③音圈同磁芯或磁钢上压板之间有摩擦，声音发沙。

音圈引出线断路：音圈引出线常因受潮发霉以致断路，大功率的机器则因振动剧烈而断路，断了的引出线不能再用，因为过短的引出线不仅影响音质，而且很不牢固，修理时，可以用7股软接线代用。引出线要留得长一些，使它有自由振动的余地，但又不宜过长，免得振动时碰着纸盆架，发出噪声。

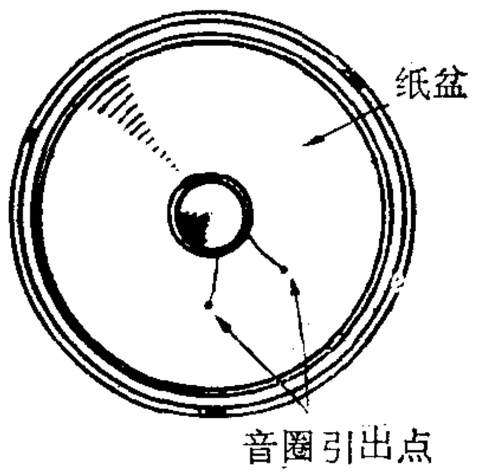


图10—47　音圈引出点

音圈断路：

①剥离纸盆。剥离纸盆时必须小心进行。剥坏了的纸盆一般不能再用。先将纸盆边缘上的压条剔下来。用滴管把香蕉水滴入纸盆的边缘，直到粘合处开始脱胶，用薄

刀轻轻地撬起纸盆。

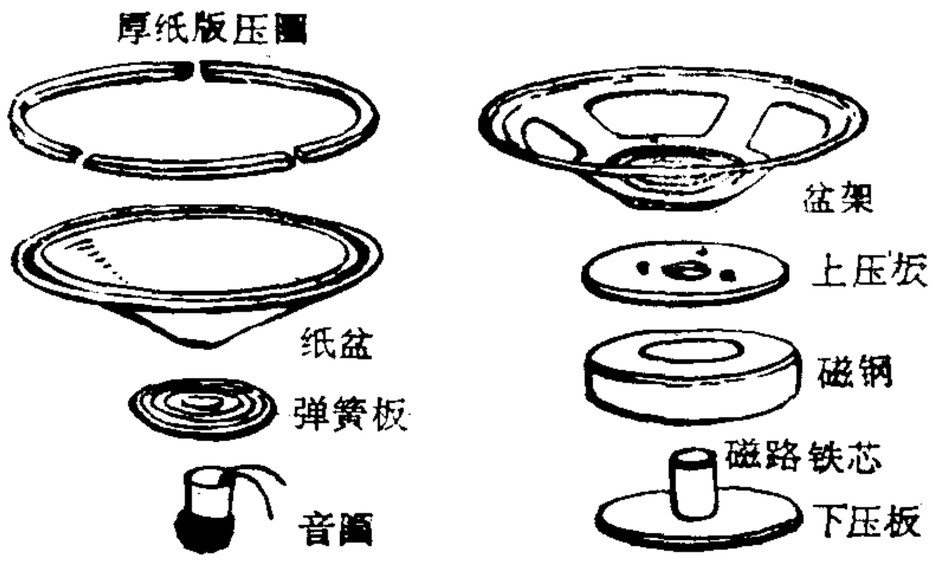


图10—48　电动式扬声器的各个组成部分

②分离纸盆、音圈和防尘罩。使音圈引出线脱焊，把音圈线头从纸盆上剥起，然后在防尘罩、纸盆、音圈粘合的地方滴上香蕉水，等清漆溶解后，把它们分离开来。

③剥离弹簧板。在弹簧板边缘和盆架粘合的地方滴上香蕉水，等清漆溶解就可以把弹簧板连同音圈一起从盆架上拿起来。取出后，将音圈跟弹簧板分开(使用香蕉水)。随后，检查上压板和磁路铁芯之间的音圈空隙里有没有杂物。如果有，用小纸条塞入空隙里将它们全部剔除。最后，用橡皮胶布将空隙封没，防止铁屑等杂物进入。

④确定音圈规格。拆下旧音圈，记下它的圈数和直径，测定漆包线线径。

⑤重绕音圈。先根据扬声器磁路铁芯直径车制一根长6～8厘米的铜芯或木芯(如用木芯，木质要硬)，在正中打一直径12毫米的圆孔，将铜芯装在绕线机上。剪一条宽约4厘米的牛皮纸或道林纸(纸厚0.08～0.12毫米，两面要光滑)，在铜芯上包一圈，纸要拉紧，接口处不可重叠，两端用玻璃胶水纸粘牢(见图10—48)。这层纸衬不是音圈骨架，却很重要，一定要做好，纸衬太薄，音圈绕好后直径太小套不进铁芯，纸衬太厚，音圈绕好后直径太大，会碰上压板中心孔，结果都不能用。再用厚0.08～0.12毫米(扬声器直径越小，用得越薄)两面光滑的牛皮纸剪一条宽约3厘米的纸条，在纸

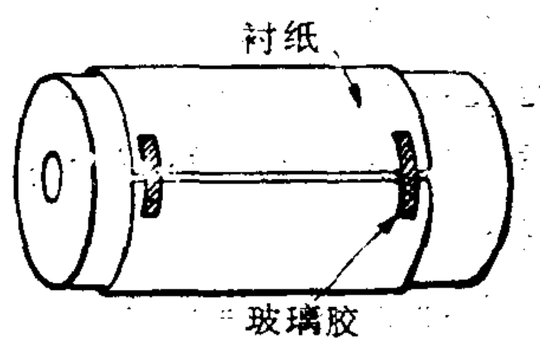


图10—49　绕音圈的纸衬

衬上包一层作为音圈骨架，在骨架外面涂一、二层调得很稀的清漆，以增加骨架的强度，等清漆干透，在上面绕音圈。假定线圈绕在骨架的左端，则线头应该用胶水纸粘牢在铜芯的右端，开始绕制时，不必顾及线圈的疏密，在绕到离骨架左面边缘约1厘米处才排线，计算圈数，绕满应有圈数的$\frac{1}{2}$时，暂停绕制，在线圈上面涂抹一～二层很稀的清漆，干透后再往回绕第二层，直到绕足圈数为止，线尾用胶水纸粘在铜芯上，在线圈外面涂一～二层既不很稠也不很稀的清漆，将线圈牢牢封固。最后，照图10—49那样用涂

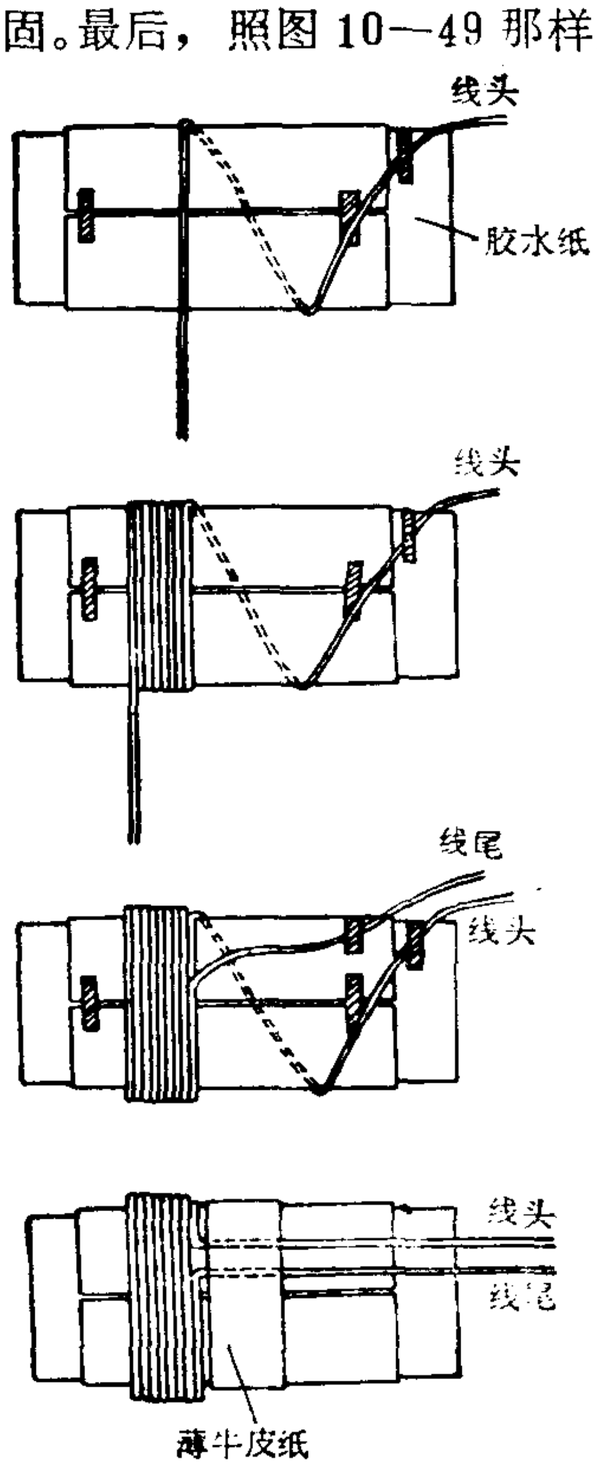


图10—50

上清漆的狭条薄牛皮纸把线头和线尾包住。整个音圈再涂一层清漆，待到干透后，把音圈从铜芯上取下来，取下时注意不要把音圈捏得变形。

⑥装配音圈、弹簧板。把音圈骨架近线圈端多余的部分剪去（留下1毫米），在骨架内衬一圈薄纸，然后连衬纸一起插入上压板和磁路铁芯间的空隙里，若插入后发觉衬纸太薄，音圈可以摇动，就需要在骨架内侧再插入一层纸条，务必使音圈不动。音圈插入的深度应使线圈宽度的正中线和上压板厚度的正中对齐。在弹簧板正中央剪一个圆孔，圆孔的直径和音圈骨架相同，然后把它套入音圈，音圈的线头要从圆孔中伸出，揿住弹簧板边缘让它和盆架底部贴平，整片弹簧板也要保持平整，然后在弹簧板外缘和弹簧板及音圈骨架接合处涂一圈清漆，清漆干固后，在离弹簧板约2毫米处将音圈骨架多余部分剪去，剪口要平。

⑦装纸盆。把纸盆在中央剪一圆孔，套入音圈骨架。音圈的线头从纸盆圆孔中穿出。套纸盆时，既不能碰歪音圈，又要使纸盆中央圆口紧贴弹簧板，还要使纸盆边缘正好贴到盆架上，当这些要求都满足时，就可以揿压纸盆外口边缘，在纸盆外缘和纸盆中心圆孔及音圈骨架接合的内外两面都涂一圈清漆（可用直径约0.5毫米的铜丝蘸着清漆逐步滴入），然后把压圈贴在纸盆的边缘上。

⑧接引出线，装防尘罩。在离音圈骨架约1厘米的地方用缝衣针钻两个相距约2厘

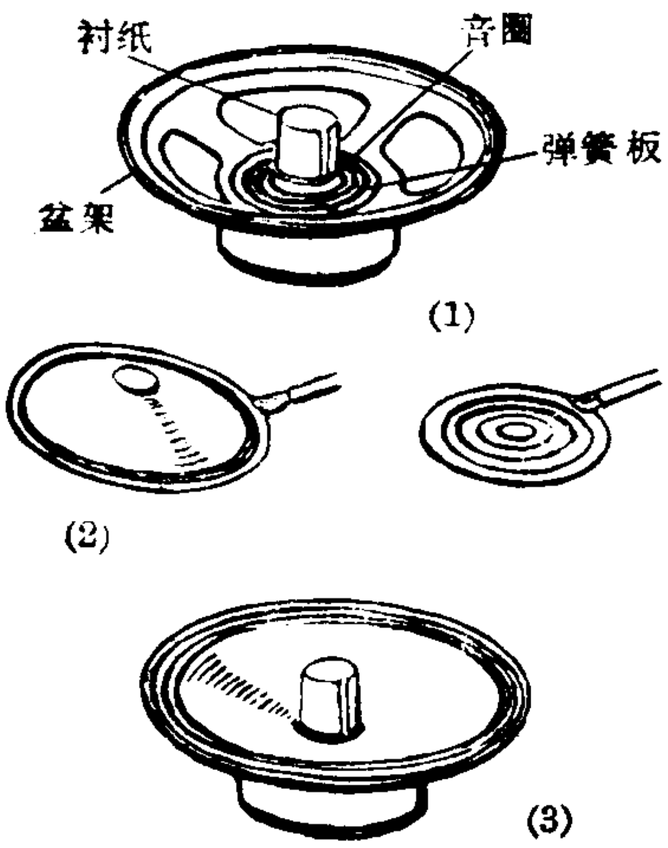


图10—51

米的小洞，将两根引出线分别从纸盆背面穿过小洞，在洞口处与音圈线头焊接起来，多余的线剪掉。用清漆将洞口音圈线封固，把引出线的另一端焊到引出线接线架上。

将扬声器倒复在平台面上静置一天。等清漆完全干固，取出音圈骨架内侧的衬纸，这时，纸盆应能自由地前后振动。用万用表的表棒接触音圈，扬声器就会发出正常的"喀喀"声。此时，可以将防尘罩胶上。

音圈同磁芯或上压板发生摩擦：一种原因是磁芯——上压板圆孔间的空隙里有铁屑等杂物，另一种原因是磁芯位置不正。对于前一种原因可以参照音圈断路一项中所述方法加以修复。后一种因为要拆卸磁钢压板，而这种工作不单要有一定的工具，而且搞得不好，会使磁钢失去部分磁性，影响扬声器的性能，我们认为还是请有经验的人去做，这里就不介绍了。

常 用 二 极 管 特 性 表

参数名称 / 型号	最大反向电压峰值（V）	最大整流电流平均值（mA）	截止频率（MHz）	备　注
2AP1	20	16	150	色点标为正
2AP2	30	16	150	〃
2AP3	30	25	150	〃
2AP4	50	16	150	〃
2AP5	75	16	150	〃
2AP6	100	12	150	〃
2AP7	100	12	150	〃
2AP9	10	5	100	色点标为负
2AP10	20	5	100	〃
2AP11	10	25	40	色点标为正

常用高频小功率晶体管(锗P-N-P型)特性表

参数名称	I_{CEO}	h_{fe}	f_T	BV_{CEO}	I_{CM}	P_{CM}
单　位	μA		MHz	V	mA	mw
测试条件	$V_{CE}=-6V$	$V_{CE}=-6V$ $I_E=1mA$ f=1KHz	$V_{CE}=-6V$ $I_E=1mA$	$I_C=1mA$		
3AG1B		20～200	≥25	≥10	10	50
3AG1C		30～200	≥40	≥10	10	50
3AG1D		30～200	≥50	≥10	10	50
3AG1E		30～200	≥65	≥10	10	50
3AG11		17～250	≥20	≥10	10	50
3AG21	≤200	20～250	≥10	≥10	10	50
3AG22	≤200	30～250	≥30	≥10	10	50
3AG24	≤200	30～250	≥50	≥10	10	50
3AG25		≥20	≥40	≥10	10	50

常用高频小功率晶体管(硅N-P-N型)特性表

参数名称	I_{CBO}	h_{FE}	f_T	BV_{CEO}	I_{CM}	P_{CM}
单　　位	μA		MHz	V	mA	mw
*测试条件	$V_{CB}=10v$	$V_{CE}=10V$ $I_C=3mA$	$V_{CE}=10V$ $I_C=3mA$ $f=30MHz$	$I_C=100\mu A$		
3DG6A	≤0.1	10～200	≥100	≥15	20	100
3DG6B	≤0.01	20～200	≥150	≥20	20	100
3DG6C	≤0.01	20～200	≥250	≥20	20	100
3DG6D	≤0.01	20～200	≥150	≥30	20	100
3DG8A	≤1	10～200	≥100	≥15	20	200
3DG8B	≤0.1	20～200	≥150	≥25	20	200
3DG8C	≤0.1	20～200	≥250	≥25	20	200
3DG8D	≤0.1	20～200	≥150	≥60	20	200
3DG12A	≤1	≥20	≥100	≥30	30	700
3DG12B	≤1	≥20	≥200	≥45	30	700
3DG12C	≤1	≥20	≥300	≥30	30	700

* 系3DG6型晶体管测试条件，其余型号的测试条件略有不同。

常用低频小功率晶体管(锗P-N-P型)特性表

型号	直流参数		极限参数		
	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	BV_{CEO} (V)	I_{CM} (mA)	P_{CM} (mw)
3AX1	≤500		12	30	150
3AX24	≤550		12	30	150
$3AX_{71}^{31}A$	≤1000	30～200	12	125	125
$3AX_{71}^{31}B$	≤750	50～150	18	125	125
$3AX_{71}^{31}C$	≤500	50～150	25	125	125
$3AX_{71}^{31}D$	≤750		12	30	100
$3AX_{71}^{31}E$	≤500		12	30	100
3AX81A	≤1000	30～250	10	200	200
3AX81B	≤700	40～200	15	200	200
3AX81C	≤1000	30～250	10	200	200

整流二极管特性表

型号 \ 参数名称	最大整流电流 (mA)	最高反向工作电压峰值 (V)	最高工作频率 (KHz)
2CP6A	100	100	50
2CP6B	100	200	50
2CP10	5～100	25	50
2CP11	5～100	50	50
2CP21	300	100	3
2CP22	300	200	3
2CZ11A	1000	100	3
2CZ11B	1000	200	3