

# 少年晶体管收音机

少年儿童出版社

SHIANNIAN JINGTIGUAN SHOUYINJI

## 内 容 提 要

少年们喜欢自己动手装置收音机。本书从最简单的收音机开始，由浅到深，介绍了一些晶体管收音机的装置方法及其工作原理，还介绍了一些参考电路和电视伴音接收机、外接电源等的装置方法，可以供初学装置收音机的少年参考。

少年科技活动丛书

少年晶体管收音机

《少年晶体管收音机》编写组编

郑孟熙、毛之价等绘图

少年儿童出版社出版

(上海延安西路 1538 号)

由新华书店上海发行所发行 上海市印十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.75 字数 188,000

1978 年 9 月第 1 版 1978 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—100,000

统一书号：R13024·25 定价：0.62 元

## 前　　言

少年们喜欢自己动手装置收音机。在这本书里，我们从最简单的收音机开始，由浅到深，介绍一些晶体管收音机（包括电视伴音接收机、外接电源）的装置方法及其工作原理，供初学装置收音机的少年读者参考。

英明领袖华主席发出了“一定要极大地提高整个中华民族的科学文化水平”的伟大号召。为了在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国，我们不仅要努力学习革命理论，参加革命实践，不断提高自己的政治觉悟，而且要努力学习为三大革命运动服务的文化科学知识和技术，养成爱科学、学科学、用科学的优良风尚。我们希望这本书对于少年读者掌握电子技术方面的知识和技术能有一定的帮助。但是限于我们的水平，书里一定存在着许多缺点和错误，希望读者批评指正。

参加本书编写工作的有光明中学、东宁中学、光辉中学、黄浦区少年宫和黄浦区教师红专学院等单位的有关同志。

在编写过程中，我们曾参考有关书刊，并收进了一些资料，不一一列出，在此致以深切的谢意。

《少年晶体管收音机》编写组

## 目 录

第一 章	最简单的收音机.....	1
第二 章	能够选择电台的简单收音机.....	17
第三 章	有一级低频放大的晶体管收音机.....	35
第四 章	来复再生式晶体管单管收音机.....	55
第五 章	晶体管二管收音机.....	77
第六 章	晶体管三管收音机.....	95
第七 章	晶体管四管收音机.....	113
第八 章	超外差式晶体管五管收音机.....	122
第九 章	超外差式晶体管六管收音机.....	150
第十 章	晶体管收音机参考电路.....	164
第十一章	电视伴音接收机.....	192
第十二章	外接电源.....	215
第十三章	简单测试器的制作和测试方法.....	235
附 录		

一、晶体管型号命名方法(259)    二、晶体二极管的主要参数  
(259)    三、晶体三极管的几个主要参数(261)    四、使用晶  
体管时的注意事项(262)    五、用万用电表鉴别晶体三极管的  
方法(263)    六、常用晶体管特性表(265)    七、振荡线圈和  
中频变压器数据表(270)    八、小功率变压器常用标准铁芯每  
匝伏数表(272)    九、漆包线规格查对表(274)    十、常用晶  
体管收音机电路图符号(276)

# 第一章 最简单的收音机

人们的认识，都是一步又一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。我们初学装置晶体管收音机，最好也从简单的开始。

请看图 1-1。用一只晶体二极管和一个耳机并联起来，再接上天线和地线，就成了一架最简单的收音机。

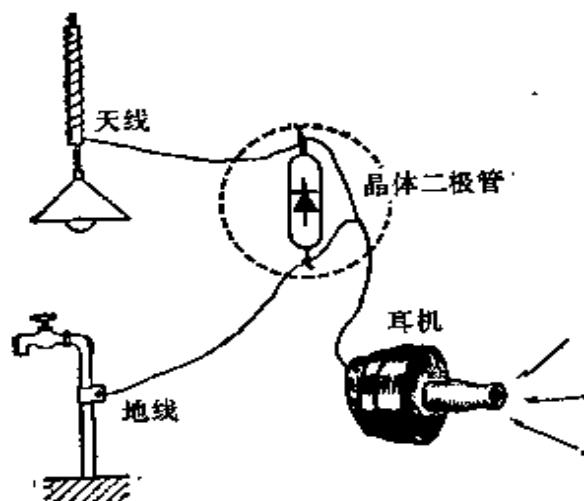


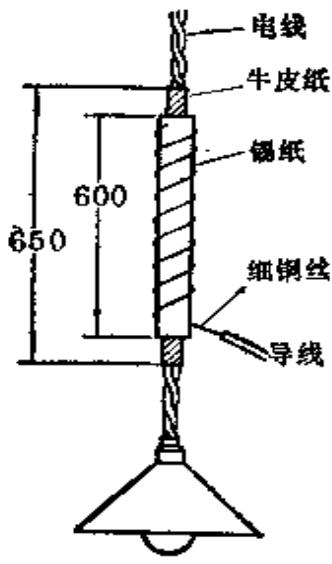
图 1-1

这个装置十分简单，人人都会做。用它收听广播也挺有意思，每到夜深人静时，声音清晰响亮，在上海地区可以收听到北京中央人民广播电台和本市人民广播电台播送的节目。

## (一) 需用的元件和安装方法

1. 天线 如图 1-2。这里是借用电灯的电线，作为收音机的天线。方法是：裁一条长约 650 毫米、宽 15 毫米的牛皮纸

符号  $\vee TX$



(各图单位都为毫米)

图 1-2

表示的方便，常用规定的符号和字母表示各种元件。代表天线的符号和字母已在图 1-2 中注明。以后在介绍每一种元件时，我们都把这种元件的符号和字母注在图上。

2. 地线 如图 1-3。因为自来水管通到地里，所以是一根很好的地线。安装方法是：找一块铜片，焊上一根导线，将铜片两端各钻一个孔，用螺丝固定在自来水管上。导线的另一端准备引入收音机内。

和一条长 600 毫米、宽 15 毫米的锡纸（锡纸可以用包装香烟的金属箔连接起来代替），先把牛皮纸条裹紧在电线上，再将锡纸包在牛皮纸外面。找一根几米长的铜导线，一端剥去包皮，露出一米左右的细铜丝，绕在锡纸外面，另一端准备接收音机。

在进行上面的操作时要特别注意安全，操作前先要将电灯熄灭，电线的绝缘层一定要完好，如果有破损，就切不可以利用这根电线来制作天线。

在收音机的电路图里，为了

符号  $\perp M$

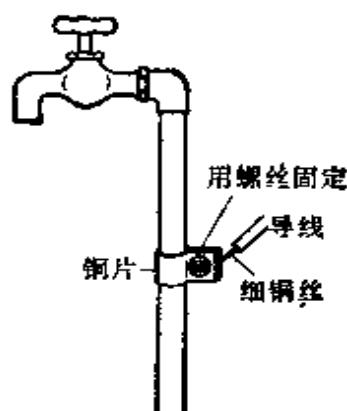


图 1-3

要注意：切不可以利用煤气管来装地线。因为煤气是可燃气体，遇到雷雨，有大量电流通过，会引起煤气管发热或产生火花，很容易发生事故。

3. 晶体二极管 外形和符号如图 1-4。本机用型号为2AP9 的晶体二极管。晶体二极管有两个电极——正极和负极。为了便于识别，一般都用涂有颜色的小点来区别。涂有红点的一端为正极，另一端为负极。也有些二极管涂有白点的一端

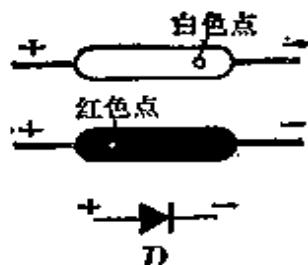


图 1-4

为负极，另一端为正极，本机用的 2AP9 型二极管就是这样。在二极管的符号中，三角形箭头代表正极，短黑线代表负极。

4. 耳机 耳机分为耳塞式和头戴式两种。外形和符号见图 1-5 (甲)。耳塞式耳机的阻抗有 10 欧姆(直流电阻 8 欧姆)、800 欧姆、1500 欧姆等几种。头戴式耳机的阻抗有 2000 欧姆和 4000 欧姆两种。我们这只最简单的收音机选用 800 欧姆或 1500

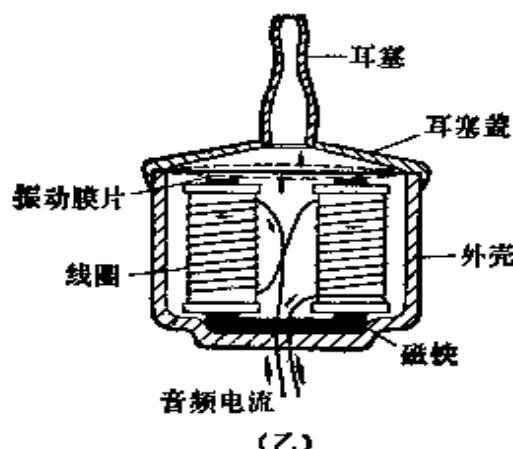
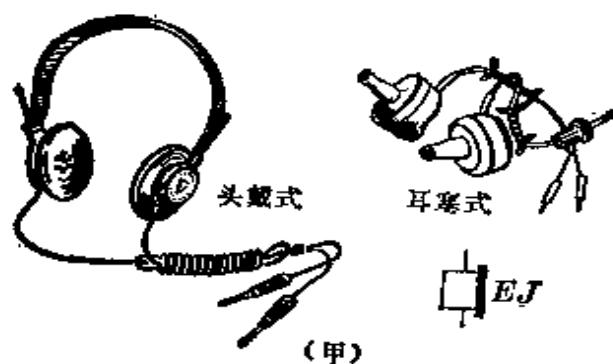


图 1-5

欧姆的耳机。阻抗为10欧姆(直流电阻8欧姆)的耳机是专供多管晶体管收音机直接接在输出变压器上代替扬声器用的。

耳机是一种电声元件。它能把包含有声音信号的音频电流转变成声音。图1-5(乙)是耳塞式耳机内部结构图(头戴式的结构同它一样)。从图上可以看出，耳机里面有一块薄铁片做的振动膜片，振动膜片的下面装有磁铁和线圈。当忽强忽弱的音频电流通过线圈时，磁铁的磁力也发生忽强忽弱的变化，振动膜片就忽被吸引忽被释放，产生振动。膜片的振动又引起周围空气的振动，发出声波。

具备了上述各个元件之后，就可以进行装配了。不过，在装配之前还应先检查一下元件的好坏。

检查耳机好坏，只需将耳机的两根引出线头与一节1.5伏电池的两极相摩擦。这时，如果耳机发出了清晰的“咯咯”声，说明耳机是好的；如果耳机无声，则说明耳机有毛病，需检查、修理好以后才能使用。

检查二极管的好坏，可照图1-6将耳机与一节电池串接

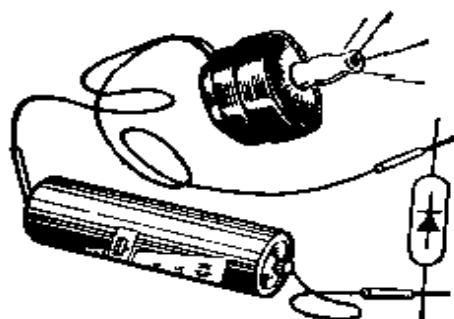


图 1-6

起来，用耳机的一个头和电池的一个头去碰二极管的两个极，听听是否有“咯咯”声。然后把二极管两个极的引线倒过来再碰一次。如果两次声音差不多响，或两次都无声，说明二极管已损坏不能使用；如果两次“咯咯”声大小不一样，一次很响，一次很小几乎无声，说明这只管子可以使用。

如果识别二极管正负极的色点看不清楚，也可以用图

1-6 的方法来识别二极管的正负极。声音很响的一次，同电池正极相触的一端就是二极管的正极。

整个机子可以安装在一个小小的木制机座上。机座的参考尺寸见图1-7。制作机座要选用干燥的木板，因为潮湿的木板会漏电，降低收音机的效能。

为了固定二极管和连接天地线、耳机方便，可使用四只接线柱和一个接线架。它们的外形和符号见图 1-8。每只接线柱上装一个焊片，供焊接元件或导线用。

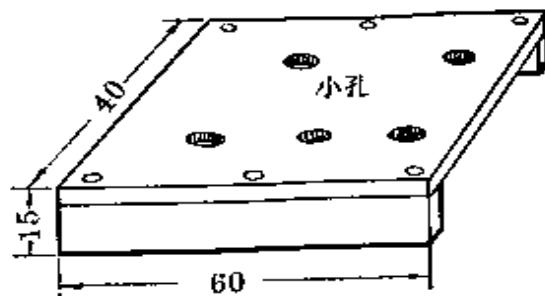


图 1-7

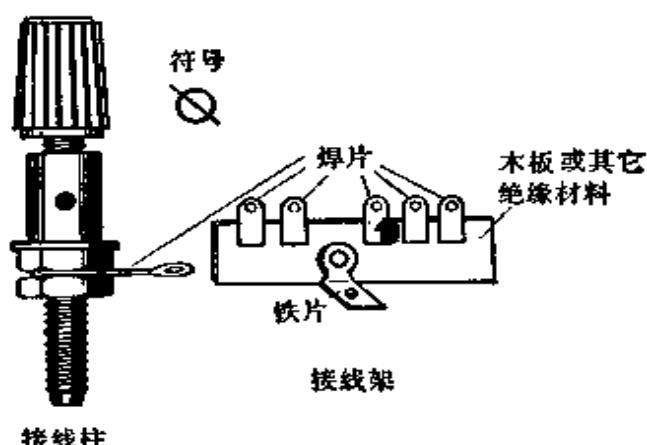


图 1-8

装配时先装上四只接线柱，并把接线架用螺丝固定在机座上，见图 1-9。

然后开始焊接。焊接的步骤如下：

用一根导线将耳机焊片 6 与天线焊片 1 连接；再用一根导线从天线焊片 1 连接到焊片 4。

用一根导线从地线焊片 2 接到焊片 3；再用一根导线从焊片 3 接到耳机焊片 5。

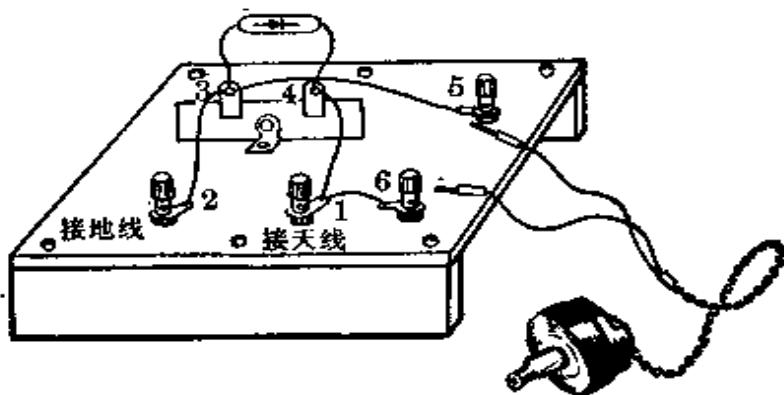


图 1-9

将二极管负极焊到焊片 4 上，正极焊到焊片 3 上。

焊接时，要用小刀或砂皮把元件和接线的焊接处刮干净。因为元件和导线上可能染有污垢或锈物，这些东西不除掉，焊接就不牢，容易出现假焊。假焊的接头，从表面上看好象焊牢了，实际上内部接触不良。清洁搞好以后可给元件和线头上锡，也就是在要焊接的地方涂上少许松香溶液，再用电烙铁在要焊接的地方涂上一层锡。在焊元件接头时，应把两个元件放在一起或者绞合起来，用镊子或钳子夹住。然后用电烙铁头靠住要焊的接头处，待焊锡熔解，注入接头内部，就迅速移开电烙铁头，使接头冷却。最后再用钳子轻轻拉一下，看看是否焊接牢固了。

焊接晶体管收音机，以选用25瓦电烙铁比较适宜。因为功率太大的电烙铁温度太高，晶体管很容易被烫坏。焊接晶体管的动作必须迅速，二极管的焊接时间不要超过三秒钟。并且要用镊子或扁嘴钳夹住晶体管的管脚（如图 1-10），使电烙铁发

出的热量可以沿着镊子或扁嘴钳散去。电烙铁移开以后，镊子或扁嘴钳还不能马上松开，要等锡完全冷却了才可以把镊子或扁嘴钳从管脚上拿开。

焊接完毕以后，应再检查一遍，看接线有无差错。检查无误以后，将天线和地线分别接到天线接线柱和地线接线柱上，再在耳机接线柱上接好耳机，戴上耳机，便可以听到电台的广播节目了。

如果你有兴趣的话，还可以将机座做成一个火柴盒大小的木盒子，将整个机子装在里面。这样使用和收藏都十分方便。小木盒可以参照图 1-11 制作，也可以根据自己的喜爱自行设计。

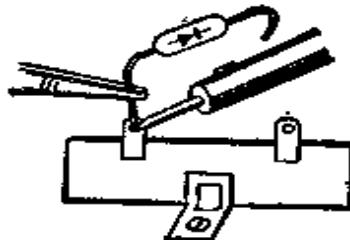


图 1-10

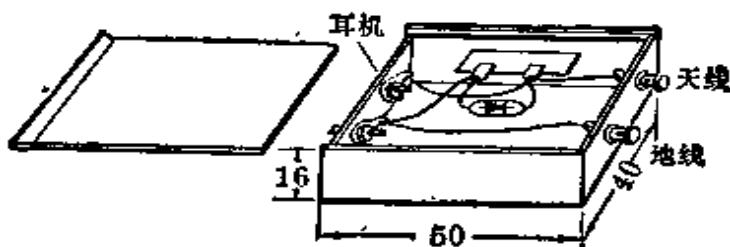


图 1-11

收音机装响了，你们一定很高兴吧！同时，你们的脑子里也一定会有许多问题在打转：广播电台播送的节目是怎样传到收音机里来的呢？收音机又怎么会发出声音的呢？下面，我们就来谈谈这些问题。

## (二) 无线电广播

敲击鼓面时，我们用手接触鼓皮，可以感觉到鼓皮在振动。鼓皮的振动会引起周围空气分子跟着振动，使鼓声向四周

传播。人讲话时，喉咙里有一条声带在振动。声带振动引起周围空气分子振动，使声音由近及远地向外传播。我们把声音在空气或其他媒介物中传播的形式称为声波。声音的传播就象一块石头丢在水里，水波向四面传播的情况一样，只是我们的眼睛能看见水波，而看不见声波。

无论何种波，都具有一定的频率、波长和速度。以水波为例（见图 1-12 水波剖面图），当一个波从水平面开始升起，上升到一定的高度后便开始下落，下落到一定深度后又回到水平面，这个全过程叫做一周。往后，不断重复这个过程。我们把从水平面至上升的最大高度的距离，或水平面至下降最大深度的距离叫振幅。波在一秒钟内所经过的周数叫做频率。频率通常用字母  $f$  表示。它的单位有周/秒，千周/秒，兆周/秒；简称为周(C)，千周(KC)，兆周(MO)。它们之间的关系是： $1\text{MC}=1000\text{KC}$ ,  $1\text{KC}=1000\text{C}$ 。

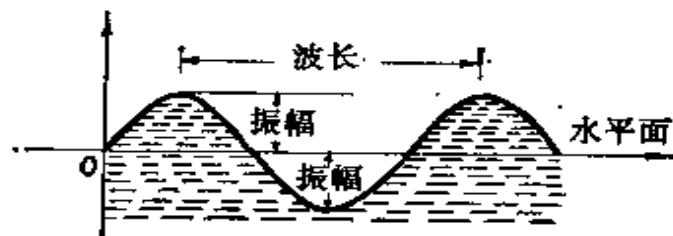


图 1-12

波经历一周传播的距离叫做波长。波长的单位有米(m)，厘米(cm)，毫米(mm)，微米( $\mu$ )。 $1\mu=1/1000\text{mm}$ 。波在每秒钟内传播的距离叫做波速。波速的单位有米/秒和公里/秒。

人耳能听到的声音频率大约是 16 周到 20000 周，叫做“音频”或“低频”。声音在空气中传播速度很慢，约 340 米/秒。中途损失很大，传播不远。如果仅仅靠声音在空气中传播，

从北京到上海，那么即使这种声音比雷声还响几百倍也是无法传到的。假设可以传到，也要花上一个小时的时间才行。

能不能想办法使声音传得更远更快呢？

能！把声音变成电信号就可以达到这个目的。电流的速度特别快，每秒钟可跑 30 万公里，相当于一秒钟沿地球赤道跑七圈半的距离。利用电流来传播声音信号，瞬息之间就可以把声音送到很远很远的地方。我们日常使用电话，就是利用电流来传播声音信号的例子（图 1-13）。我们打电话时，对着送话器讲话。送话器有一个奇妙的作用，能将我们讲话的声音转变成每秒几十周到一万周的音频信号电流。这个电流被增音器加强后，用电话线传



到要通话的地方，再由受话器还原成声音。听电话的人便从受话器里听到我们讲话的声音。利用长途电话，即使是相距几千公里的同志也可以相互通过电话商量工作。



图 1-13

我国现在广泛使用了电话会议机。利用电话会议机，有关部门不必将在各地工作的同志集合到一起，就可以召开会议，及时传达党中央的指示，或交流、汇报工作。

有线广播也是用电流来传播声音信号的。它通过话筒将声音变成音频信号电流，再由放大器将音频信号电流增强后，用导线把电信号传送到各地。到达目的地后，再由喇叭把音频信号电流还原成声音，供大家收听(图 1-14)。

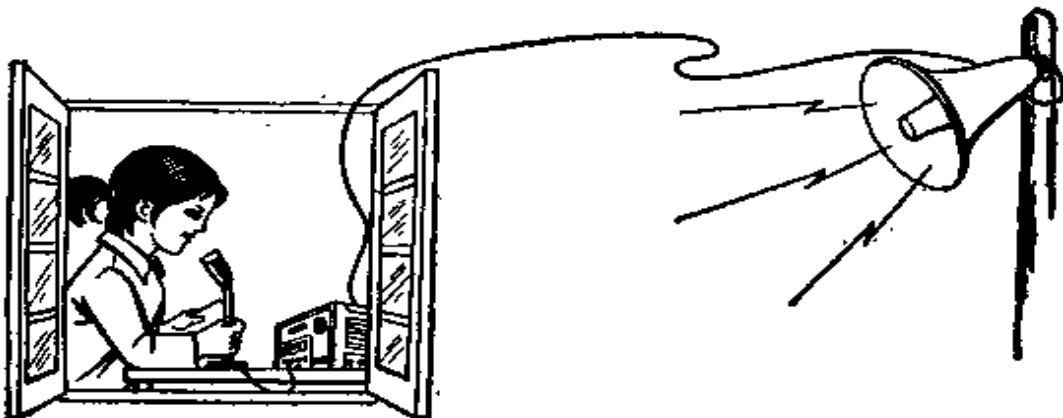


图 1-14

用电流来传输声音，有很多优点：加快了速度，增加了传播距离，保密性强等。但是输送电流需要铺设大量的传输导线，而且很多情况下难于铺设传输线。能不能不用导线来传输信号呢？

无线电波的发现，给广播通讯事业开辟了广阔的途径。

无线电波是自然界中客观存在着的一种我们看不见摸不着的电磁波。它的频率很高，一般为几十万周到几十亿周。无线电波的速度与电流的速度一样，每秒钟跑 30 万公里。它有一个很重要的优点，就是不需要传输线和任何媒介，可以在空间里向四面八方传播。如果能够想法让声音“坐”上无线电波，那么不用铺设传输线，在十分之一秒钟内，北京的声音就能飞到全世界的每一个角落。无线电波还可以传向宇宙深处，实现星球之间的通讯。我国第一颗人造地球卫星发出的响彻

云霄的《东方红》乐曲，就是由无线电波传到地球上来的。

那么，怎样让声音“坐”上无线电波呢？

在无线电广播台里，由高频振荡器产生一种用来运载声音信号的无线电波——载波。它具有一定的频率和不变的振幅。不过，声音还不能直接“坐”上载波，必须先由话筒将声音转变为音频信号。音频信号的频率和振幅随声音的频率和强弱而变化。再通过一种叫做调制器的装置，用音频信号调制载波，产生一种新的电波——调幅波（参见图 1-15）。调幅波

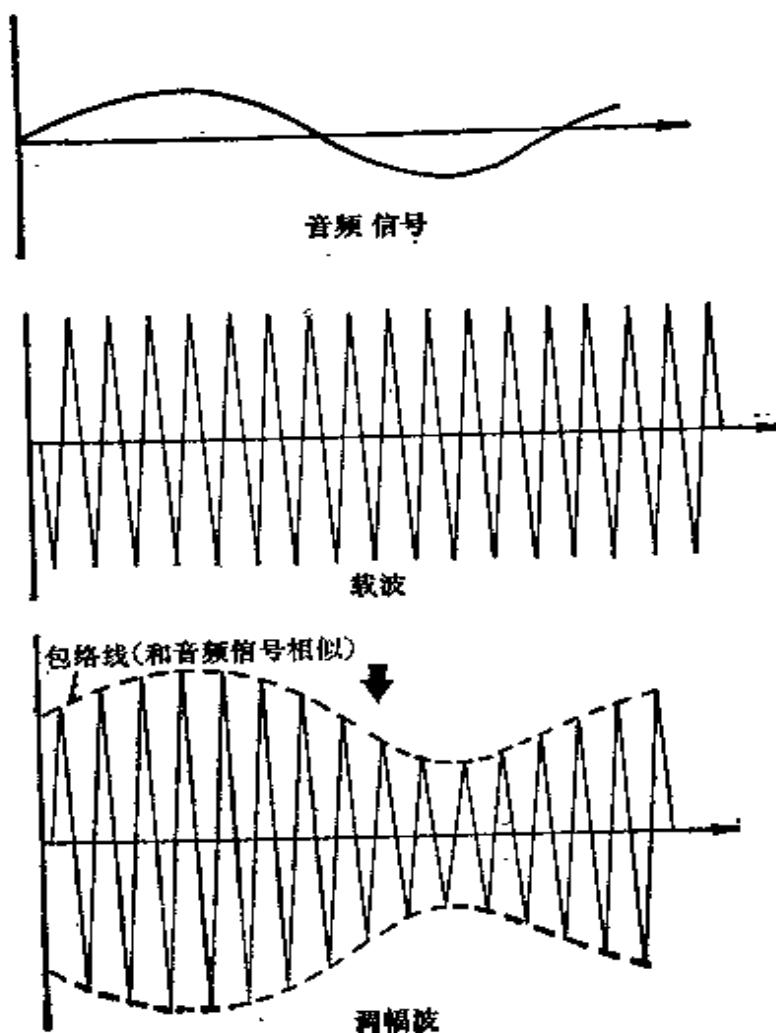


图 1-15

的频率和载波的频率相同，而振幅却随音频信号而变化。它的包络线就代表了音频信号。这时我们说声音信号已经“坐”上了载波，下一步就是如何让载波“起飞”了。

将从调制器输出的调幅波送入高频放大器放大，增强能量，然后通过天线向空中发射出去，这样无线电波便带着声音信号，传向四面八方（如图 1-16）。

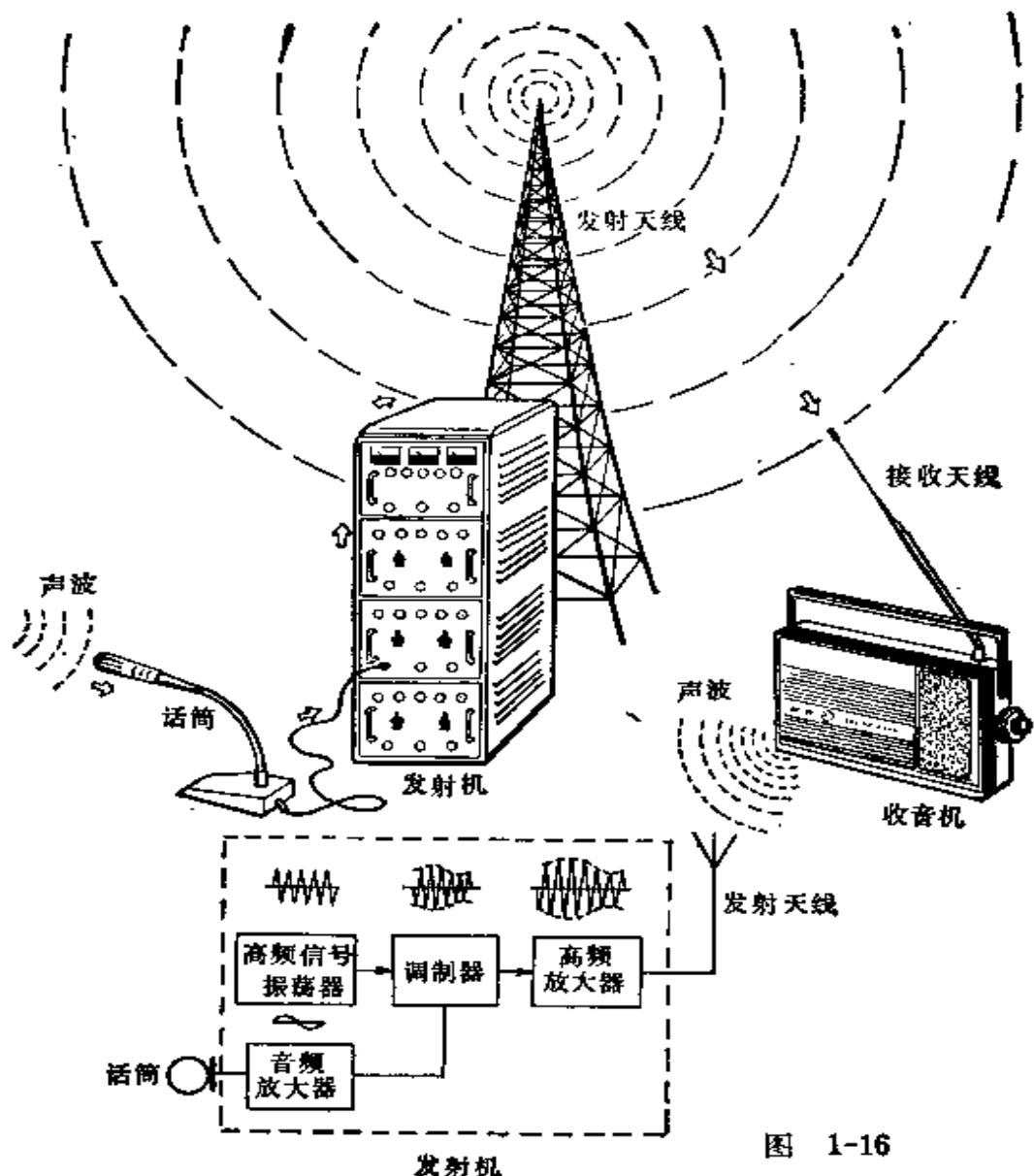


图 1-16

### (三) 最简单的收音机的收音原理

上面我们了解了无线电广播电台是怎样发送声音信号的，那么收音机又是怎样接收无线电波并把声音还原出来的呢？

原来，收音机的天线接触到空中飞来的无线电波，在天线、地线之间会感应出与电台发射机里相同的高频调幅信号。把高频调幅信号直接送到耳机里，耳机是不会发声的。因为高频调幅信号的频率很高，每秒钟要变换几十万次到几百万次。这么快的振动，耳机的振动膜片根本适应不了，无法产生声音。因此在送入耳机之前一定要将音频信号从高频调幅信号中取出来，然后再用音频信号去推动耳机发出声音。从高频调幅信号里取出音频信号的过程叫做检波。在晶体管收音机里，担负检波任务的元件是晶体二极管。

晶体二极管有一个重要的特性——单向导电性。这个特性只允许电流从二极管的正极流向负极，而不允许反过来流。二极管符号中三角形箭头指的方向就是允许电流导通的方向。

二极管的单向导电性我们可以通过图 1-17 的实验看出。当用电池的正极接二极管正极，电池负极接二极管负极时，从电表中可以看出电路中有电流流通，如图 1-17 (甲)。这时

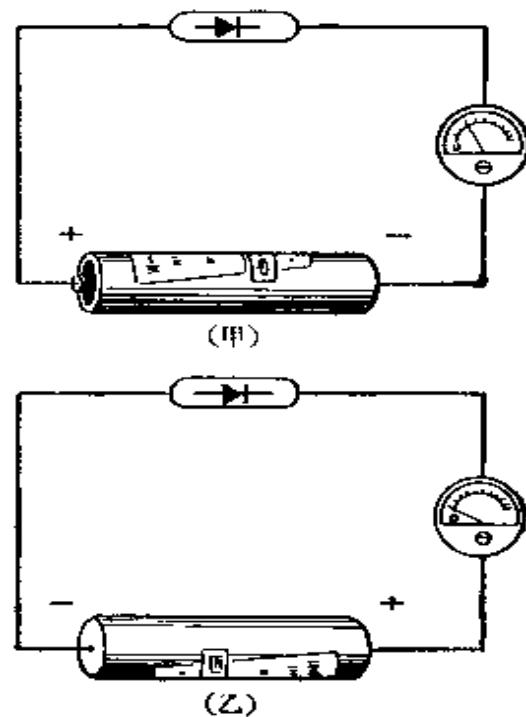


图 1-17

二极管导通，它的两端加的是正向电压。加上正向电压时，二极管的电阻很小，一般只有几百欧姆，叫正向电阻。将电池反过来，负极接二极管正极，正极接二极管负极，这时从电表中可以看到，电路里基本上没有电流流通，如图 1-17（乙）。这时二极管不通，它的两端加的是反向电压。加反向电压时，二极管的电阻很大，一般为几百千欧姆，叫反向电阻。二极管的这个特性有点象轮胎上气门阀的作用。气门阀只允许空气从气筒里被打进轮胎，而不允许空气从轮胎里跑出来。

从天线与地线之间感应出来并加到晶体二极管两端的高频调幅信号如图 1-18（甲）。它的正半周对二极管加的是反向电压，二极管不导通，电流被阻塞，只能绕道通过耳机。而它的负半周对二极管加的是正向电压，二极管导通，电流顺利地通过二极管，不再绕道流过耳机了。因此，流过耳机的电流，只有高频调幅信号的正半周，而负半周被削去了，如图 1-18（乙）。高频调幅信号剩下的正半周中包含着高频电流、直流电流和音频信号电流三种成份，它们流过耳机时，音频信号电流吸动耳机膜片，振动空气，发出声音来，如图 1-18（丙）。

从上面的叙述中，我们就可以了解这架收音机收音的简单过程：电台发射的无线电波由天地线接收到后送给二极管检波，二极管从高频调幅信号中“取出”音频信号电流送给耳机，耳机将音频信号电流还原成声音。

适合作检波用的晶体二极管的型号有 2AP1~2AP7, 2AP9~2AP17 等。根据晶体二极管的单向导电性，除了可以用图 1-6 的办法，来识别二极管的正负极以外，还可以用万用表来识别二极管的正负极。方法是：将万用表的量程开关拨到量电阻欧姆值的  $R \times 100$  或  $R \times 1000$  档（注意：不要用  $R \times$

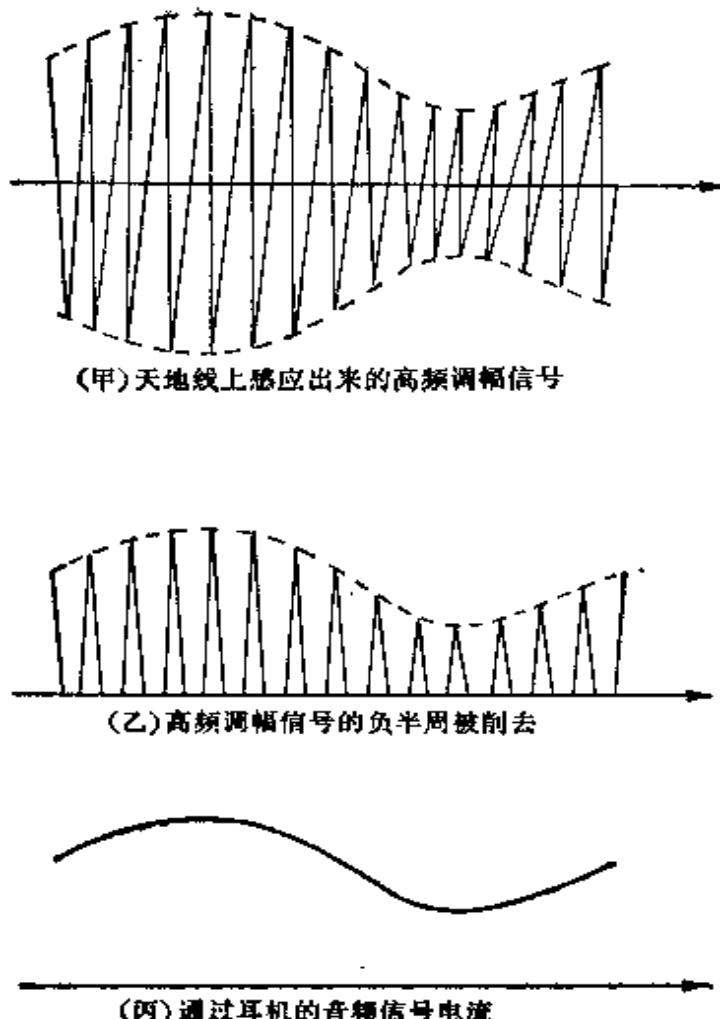


图 1-18

1 和  $R \times 10k$  档), 按照图 1-19 所示的方法测量二极管的阻值。万用表的黑表棒是接表内电池正极的, 红表棒是接表内电池负极的。如果测出的电阻值较小, 只有几百欧, 那么表明二极管两端加的是正向电压。此时表内电池的极性与二极管的极性相同, 黑表棒接的一端是二极管的正极, 红表棒接的一端是二极管的负极, 这时测得的电阻称正向电阻。如果测出的电阻值很大, 约在几百千欧以上, 表明二极管两端加的是反向

电压。此时表内电池的极性与二极管极性相反，红表棒接的一端为二极管正极，黑表棒接的一端是二极管负极，这时测得的电阻叫反向电阻。

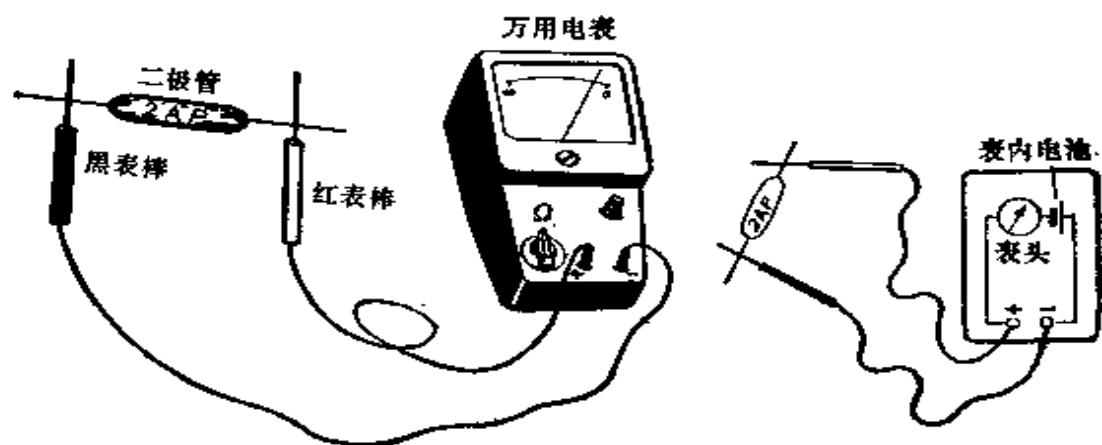


图 1-19

检查晶体二极管的质量好坏，也可以用测量正反电阻的方法判断。正反电阻值相差愈大，说明管子的质量愈好。一般正向电阻应在 1000 欧以下，反向电阻最好在 200 千欧以上。如果正向电阻有几千欧，而反向电阻只有几十千欧，这样的二极管使用起来效果就很差。如果正向电阻、反向电阻都非常大，那么这只管子内部可能已经断开，不能使用了。

## 第二章 能够选择电台的简单收音机

第一章里介绍的最简单的收音机虽然可以收听到广播，但是我们从耳机里同时听到的往往是几个电台的播音，它们相互干扰，含混不清，这种现象叫做混台或者叫串台。这是由于天空中布满了从各地电台传来频率不同的无线电波，而上面这架最简单的收音机不会挑选电台，它将这些无线电波都接收了下来，还原成声音，因而发生了耳机里同时有几个电台播音的情况。改变混台现象的办法是加装具有选择电台能力的电路——调谐回路。

调谐回路能在许多电台发出的不同频率的无线电波中，挑选出我们需要收听的一种频率的无线电波送去检波，并还原出声音，而不让其他频率的无线电波通过。

人们用选择性来表示收音机挑选电台能力的大小。选择性好的收音机能清晰地分辨出相邻的电台，选择性差的收音机容易发生混台的现象。选择性好坏用分贝(db)表示，分贝愈大，表示选择性愈好。

图 2-1 就是本章所要介绍的一架能够选择电台的简单的收音机。

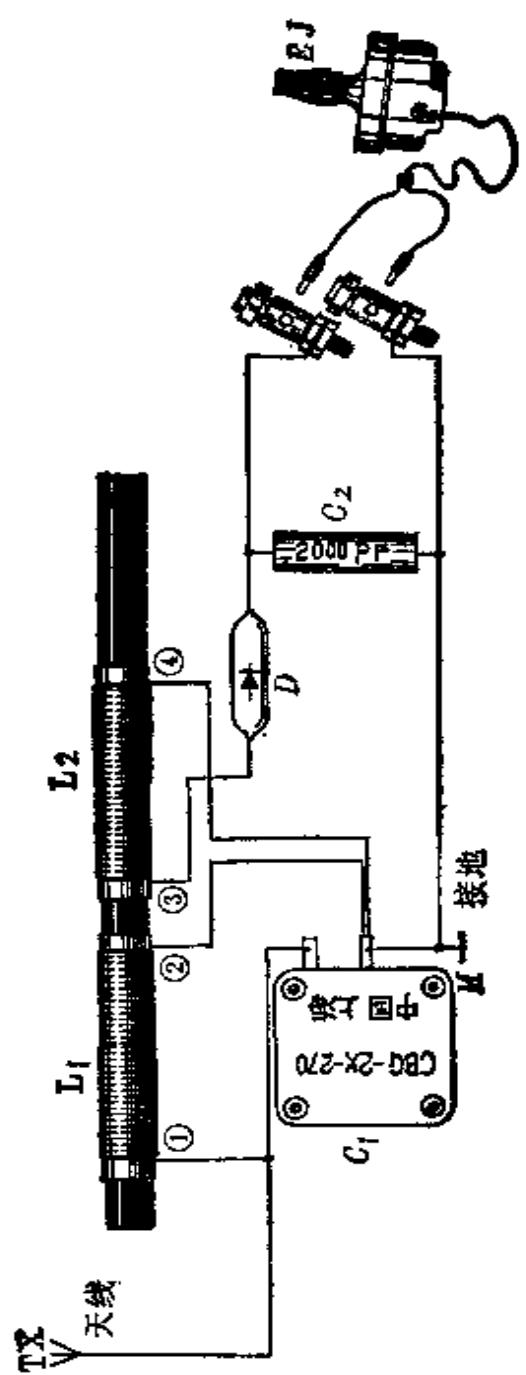


图 2-1

## (一) 所用的元件

### 天线和地线装置

磁棒	长 120 毫米 M <sub>4</sub> 型	1 根
L <sub>1</sub>	初级线圈 70 圈	1 只
L <sub>2</sub>	次级线圈 70 圈	1 只
C <sub>1</sub>	单连可变电容器 270p	1 只
C <sub>2</sub>	固定电容器 2000p	1 只
D	2AP9 型晶体二极管	1 只
EJ	耳塞机(或头戴式耳机)	1 只

另外,还需要以下辅助元件:接线柱 4 只,接线支架 1 只,旋钮 1 只,磁棒支架 1 副,导线若干。

## (二) 部分元件介绍和制作

上述元件中,晶体二极管和耳塞机我们已经熟悉了,现对其他元件分别介绍如下:

1. 天线 天线和地线配合起来接收无线电波。简单收音机的天线除了第一章介绍的一种外,在条件允许的地方,可以象图 2-2(甲)那样装置室外长天线。室外天线的效果比较好。

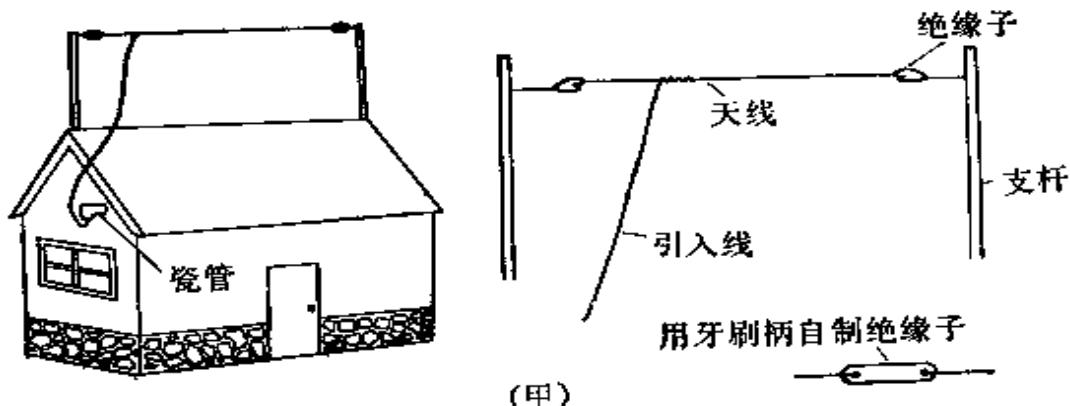
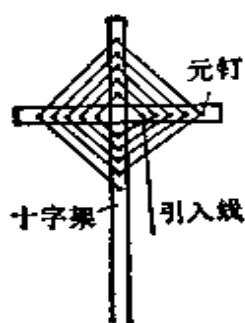


图 2-2

方法是：在屋顶的两头，各竖一根竹竿作支杆。天线就挂在这两根支杆之间。天线可以用铜、铁等金属丝制成，不论裸线或有绝缘包皮的导线都行。为了避免天线上的电能损失，天线和支杆之间要用绝缘子隔绝起来。绝缘子可买市售现成品，也可以自制。找一根废的塑料牙刷柄，在两端各穿一个孔，就是一个不错的绝缘子。天线用引入线与收音机连接。引入线与天线连接处要用焊锡焊牢，以免日久松脱或氧化，影响电流通过。引入线进入墙壁处，向下垂弯一个小钩，防止雨水滴入瓷管。天线的引入线要用有绝缘包皮的导线，不宜用裸线。

如果受环境限制，不能装置室外长天线，那么可采用蛛网



(乙)  
图 2-2

式天线代替。它是绕制在一个横直各约一米左右的十字形木架上的蛛网式天线圈，相邻两只元钉的间距约在 2~5 厘米之间，如图 2-2(乙)。这种天线方向性强，如果装置时设法使它能作水平转动，利用它的方向性，可以提高收音机的选择性。

天线应尽可能装得高些，这样效果更好。装时要注意安全。

## 2. 地线 简单收音机的地线除前一章介绍的一种外，在

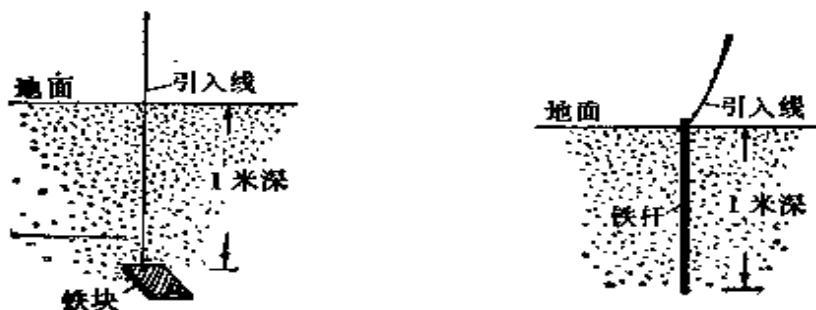


图 2-3

没有或远离自来水管的地方，还可以采用图 2—3 的方法。

用一块比砖头大的废铁件，焊上一根导线，埋在离地面 1 米深的地方，将导线与收音机连接起来。也可以用一根 1 米多长的铁杆插到地里代替废旧铁件。废旧铁件或铁杆要埋在潮湿的地方。因为潮湿的泥土容易导电。天线和地线的引入线，要选用较粗的导线，用铜线比铁线效果好，用多股绞合线又比用同样粗细的单根导线好。

雷雨时，应将天线的引入线和地线的引入线直接联起来，让天线上接收到的强电流直接通入地下，防止发生雷击事故。

3. 磁性天线 将线圈绕在磁棒上，就制成了磁性天线。  
磁性天线的实物外形和符号如图 2-4 所示。

磁棒由铁氧体做成，它能大量聚集空间的无线电波，从而提高收音机的灵敏度。因此，

晶体管收音机广泛使用磁棒制作磁性天线。一般多管的晶体管收音机采用磁性天线以后，不再使用室外天线。而这架简单收音机由于没有放大能力，收音的效果主要决定于天线接收无线电波的多少，所以在采用磁性天线后还要加装室外天线，尽可能多地接受天线电波。

目前，普遍采用的是直径 10 毫米的圆柱形磁棒，如图 2-5 (甲)。它的长度分为 50 毫米、70 毫米、120 毫米、140 毫米和 170 毫米等数种。还有一种扁形磁棒，如图 2-5(乙)。它占的位置小，特别适用于结构小巧的收音机。扁形磁棒的规格有  $50 \times 13 \times 5.5$  毫米、 $80 \times 16 \times 5$  毫米和  $100 \times 17 \times 4.5$  毫米等。

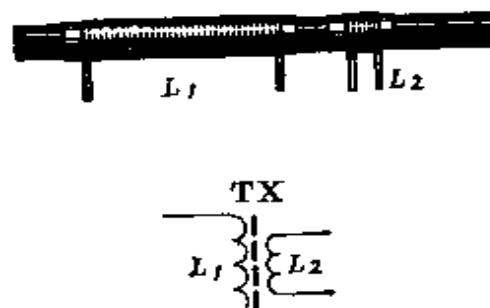


图 2-4

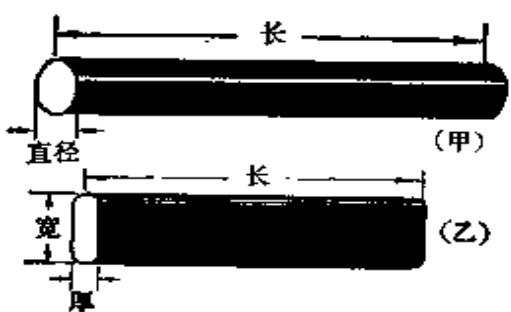


图 2-5

几种。扁形磁棒的使用效果与同等截面积的圆柱形磁棒相同。磁棒愈长效果愈好；只要机壳放得下，应尽量选用比较长的。由于使用的材料不同，磁棒又分中波磁棒和短波磁棒两种，分别适用于接收中波和

短波。选用时注意不要弄错。简单的收音机只接收中波波段，所以只用中波磁棒。

磁棒性质坚硬而脆，掉在地上容易碎成几段。若断了，可以粘合起来使用。用环氧树脂作粘合剂较好。拼接时要正好把断开的两段吻合，使粘合处的空隙尽可能小，并在磁棒上粘1—2层薄纸圈，以增加粘合强度。

磁棒上的线圈，可以选购市场上的现成品，也可以自己动手绕制。为了提高效率，绕制线圈的导线最好采用7股以上的绞合线。如果没有这种绞合线，可用直径0.07毫米的漆包线（如果没有0.07毫米漆包线，也可以用0.05~0.08毫米的漆包线）自己捻成7股以上的绞合线。为什么要用多股绞合线呢？原来高频电流通过导线的时候，电流集中在导线的表面，中心几乎没有电流通过。这种现象叫做“集肤效应”。由此可知导线的表面积愈大，愈容易让高频电流通过。单根导线的表面积不及用多根导线合成同样粗细的表面积大，所用多股导线更有利于高频电流的传导。

线圈不要直接绕在磁棒上，而要绕在一个比磁棒略粗的绝缘纸管上，这样绕制的线圈就可以在磁棒上自由移动位置，便于调整。绝缘纸管可用牛皮纸或青壳纸制作。制作纸管时，

先在磁棒上卷1—2层薄纸，然后在薄纸外面卷上三层牛皮纸或青壳纸，用胶水胶牢（如图2-6），晾干后就成一个绝缘纸管了。待在纸管上绕好线圈以后，抽去里面的薄纸，线圈（连同纸管）便可以在磁棒上移动了。

绕制线圈时，先用一条宽4毫米左右的牛皮纸条（也可以用棉纱线、塑料薄膜条）对折起来，把线头夹在牛皮纸的中间固定，如图2-7（甲）。然后一匝挨一匝地密绕，绕至6—7匝时，将牛皮纸条抽紧，使线圈紧固。当线圈绕到只剩下6—7匝时，再压上一条对折的牛皮纸条，绕到最后一匝，将线尾穿过对折的纸条，拉紧牛皮纸条，将线尾固定，如图2-7（乙）。有的线圈匝数很少，用上述方法不易固定导线头、尾，可用图2-7（丙）的方法。线圈如果要中间抽头，可采用图2-7（丁）的方法。

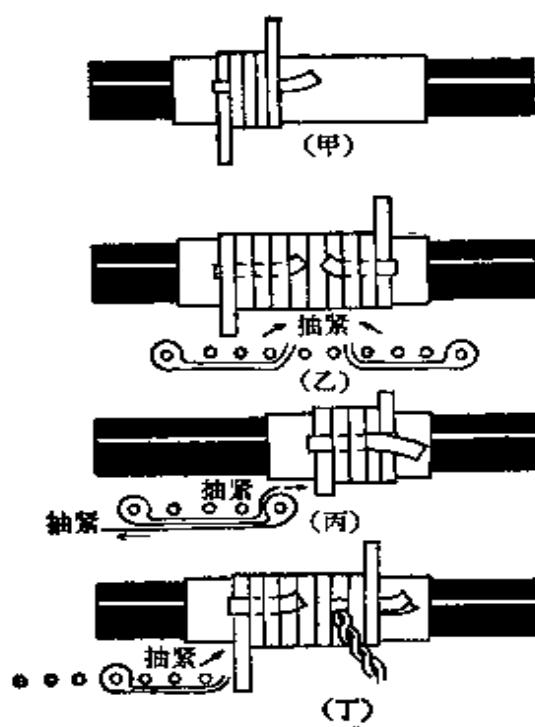


图 2-7

音机不同，要根据收音机的要求绕制。我们制作的这架能选择电台的简单收音机， $L_1$ 、 $L_2$ 都是70匝。线圈绕好以后，最好能把它烘干，再放入熔化了的石蜡中浸一浸；或者用电烙铁把石蜡熔化滴在线圈上，再把电烙铁靠近线圈，使石蜡渗透到



图 2-6

线圈的各个部分。这样可以防止线圈受潮，也使线圈不易松散。

绕制成的线圈还要刮去线头上的漆，再上好锡以后才能使用。做这项工作必须十分小心。因为线的直径很小，极易折断，一旦断了几股，线圈的效能就大大降低了。应该用小刀或细砂纸轻轻地去刮线头上的漆，绞合紧后再上锡。

检查线圈好坏，可以将万用电表的量程开关拨到  $R \times 1$  档，用表笔测线圈的直流电阻。这个电阻很小，一般只有几欧或者不到 1 欧。电阻的大小根据线圈圈数的多少而定，圈数愈少，电阻愈小。如果测时万用电表指针不动，说明线圈内部断路，不能使用。

没有万用电表，可以用图 1-6 的办法检查。将线圈的两个线头分别接触电池的一头和耳机的一头，在接通的瞬间，耳机能发出“咯咯”声，说明线圈是好的，可以用。若耳机无声，则说明线圈内部断路。

线圈是由导线绕制而成的，对直流的电阻很小，所以能让直流电顺利地通过。但如果把线圈接到交流电路里，情况就不同了，它会产生和电源相反的电压出来。这种现象称为自感现象。反方向的电压阻碍了交流电流的通过。同一个线圈，对频率愈高的电流阻碍作用愈大。

如果把两个线圈放置在一起，只要它们不是互成直角，那么当其中一个线圈中有交流电通过时，另一个线圈也会被感应出电压来。例如图 2-1 中，线圈  $L_1$  和  $L_2$  互相靠近套在磁棒上，当天线上接收到的变化的高频电流流过线圈  $L_1$  时，线圈  $L_2$  也会产生感应电压。这种现象叫做互感现象。两只线圈靠得愈近，互感作用愈大。

线圈自感的大小，用电感量来表示。电感量简称电感，符号是 L，单位有亨 (H)、毫亨 (mH)、微亨 ( $\mu$ H)。它们之间的关系是： $1H = 1000mH$ ,  $1mH = 1000\mu H$ 。

线圈的圈数愈多，直径愈大，它的电感量也愈大。线圈中如果放置着磁性物如磁棒、铁片等，那么它的电感量会大大增加。

4. 电容器 图 2-1 中， $C_1$ 、 $C_2$  是两只电容器。电容器简称电容，用字母 C 表示。在同一只收音机里，有许多只电容器。为了便于区别它们，一般除了在每只电容器旁写上字母 C 之外，还在 C 的右下方注上脚标 1、2、3、……这样看起来就不会弄错了。

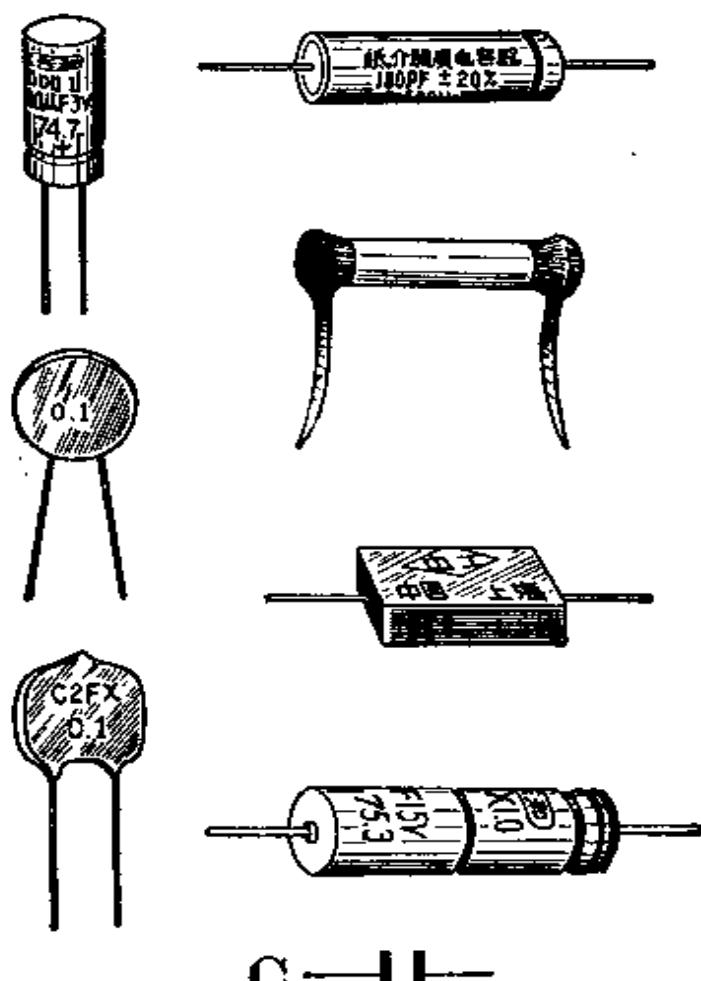
电容器是由两片(或两组)相互靠近，又彼此绝缘的金属片组成的。容器这个名称的概念，是盛放东西的器具。在无线电里，电容器是储藏电荷的器件。容器盛放东西的多少用容量来表示，电容器储藏电荷的能力用电容量表示。常用的电容量的单位有法 (F)、微法 ( $\mu$ F 或  $\mu$ )、微微法 ( $\mu\mu F$  或 pF、p)。 $1F = 1000000\mu F$ ,  $1\mu F = 1000000pF$ 。

直流电不能通过电容器，因而对直流电，电容器是断路；交流电能通过电容器，因而对交流电，电容器是通路。交流电的频率愈高，就愈容易通过电容器。

电容器按其结构来分有固定电容器、可变电容器和半可变电容器。

固定电容器是一种电容量固定不变的电容器，其外形和符号见图 2-8(甲)。因为用的绝缘介质不同，固定电容器的种类又有纸介电容、云母电容、瓷介电容、玻璃釉电容和金属膜电容等。

可变电容器的电容量可在一定范围内随意调节。按其要求不同，又分为双连可变电容器、单连可变电容器。双连可变

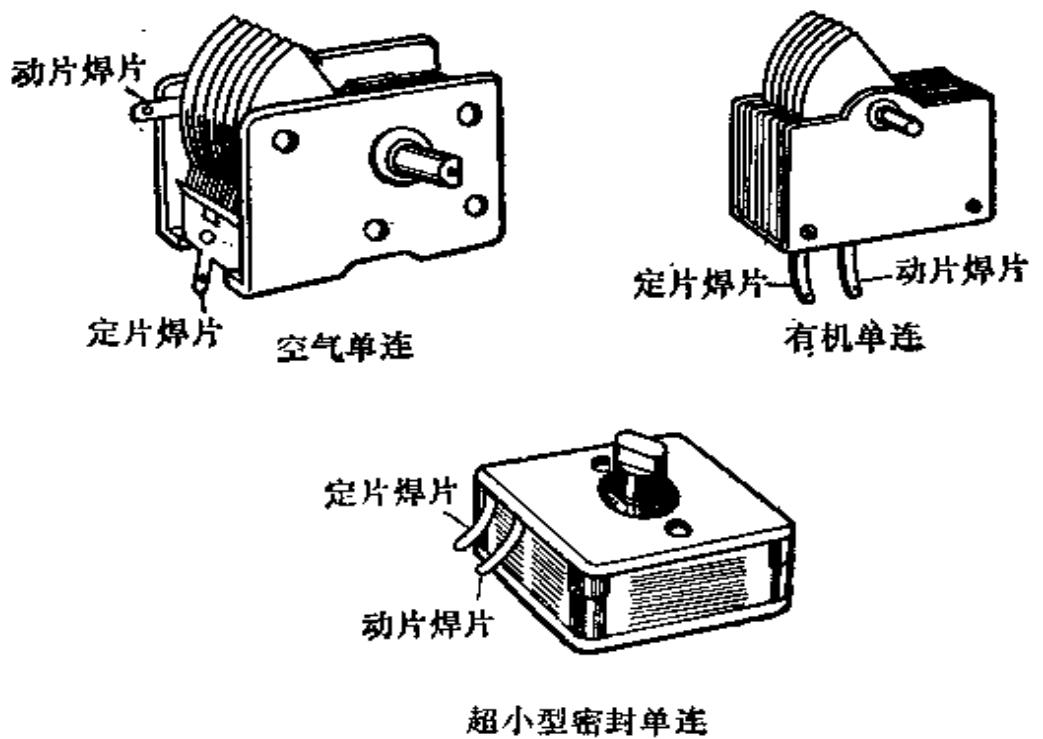


(甲)  
图 2-8

电容器在超外差式收音机一章里介绍，这里暂略。

单连可变电容器简称单连。外形和符号见图 2-8(乙)。它有一组定片和动片。定片与外壳绝缘，动片与外壳相连。使用时，定片与线圈 L<sub>1</sub> 的天线端连接，动片与公共地线连接。

动片与定片交叉地重迭在一起，彼此之间保持一定距离，并以空气、塑料薄膜或有机薄膜等材料作绝缘介质。介质的作用



C ——————

(乙)

图 2-8

是使动片和定片隔开，互不相碰。当动片全部转入定片之间时电容量最大。各种单连的最大电容量稍有不同，一般有 $360\text{pF}$ 、 $290\text{pF}$ 、 $270\text{pF}$ 等几种。当动片全部转出时电容量最小，约为 $9\text{pF}$ 左右。因此，将转轴旋动就可以改变单连的电容量，用以选择电台。

市售的单连有空气单连、塑料单连、有机单连和密封有机

单连等数种。空气单连可变电容器体积比较大，但是效果较好，而且耐用。后面三种单连可变电容器体积小，多在小巧的袖珍式晶体管收音机里使用。

选购单连时，可以将万用电表量程开关拨到电阻档  $R \times 10000$  上（即  $R \times 10k$ ），两根表棒分别接单连的定片和动片的焊片，然后慢慢地转换单连的转轴，使动片在定片间旋进、旋出。不论动片在那个角度，如果万用电表的指针都不动，则说明这只单连是好的，如果在旋到某一角度时指针有移动的情况，则说明就在这个角度上有碰片的地方，不能使用或需经过修理才能使用。

如果没有万用电表，也可以用一只耳机和一节干电池如图 1-6 的方法检查可变电容器。将干电池一个极通可变电容

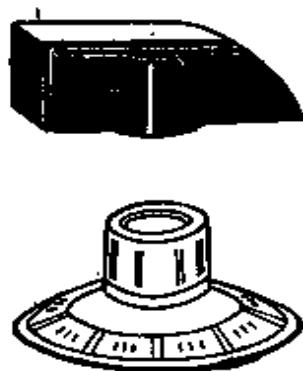


图 2-9

器定片，把耳机的一根线头在动片上摩擦，同时旋转可变电容器转轴，耳机应该没有声音。如果转到某个角度，耳机发声，说明在这个角度上可变电容器碰片。

5. 旋钮和刻度盘 旋钮用于可变电容器、电位器等需要转动调节的元件。实物外形如图 2-9。刻度盘是用于标明旋钮在调节中的不同位置的。

#### 6. 磁棒支架 磁棒支架

是专门用于固定磁棒的绝缘支架，分为圆形磁棒支架和扁形磁棒支架两种，实物外形如图

2-10。



图 2-10

7. 导线 用于接收机的元件。一般采用直径为0.5~1毫米的单股塑料铜线。

### (三) 装置和焊接

机座可参照图2-11制作。面板尺寸为 $140 \times 80$ 毫米；底板尺寸为 $140 \times 80$ 毫米。底板和面板上还要参照图上所示，钻几个小孔，分别用来安装接线支架、接线柱、磁棒支架、可变电容器等。

安装之前，照例要检查元件的质量，发现问题及时修复或调换。

按照图2-12将可变电容器C<sub>1</sub>、接线支架、接线柱和磁性天线装在机座上。注意磁性天线必须水平地安装，绝不能竖直放置。如果不用磁棒架，也可以用橡皮筋或胶质线将它固定在底板上。

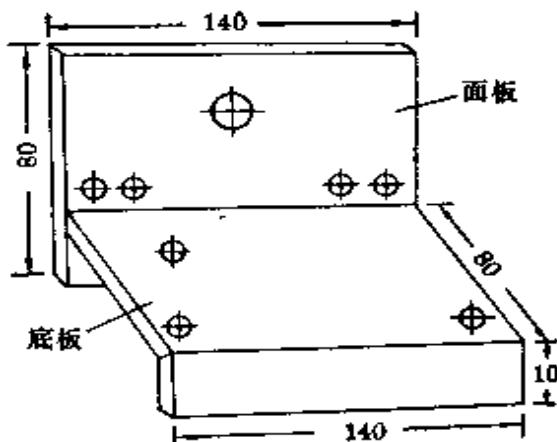


图 2-11

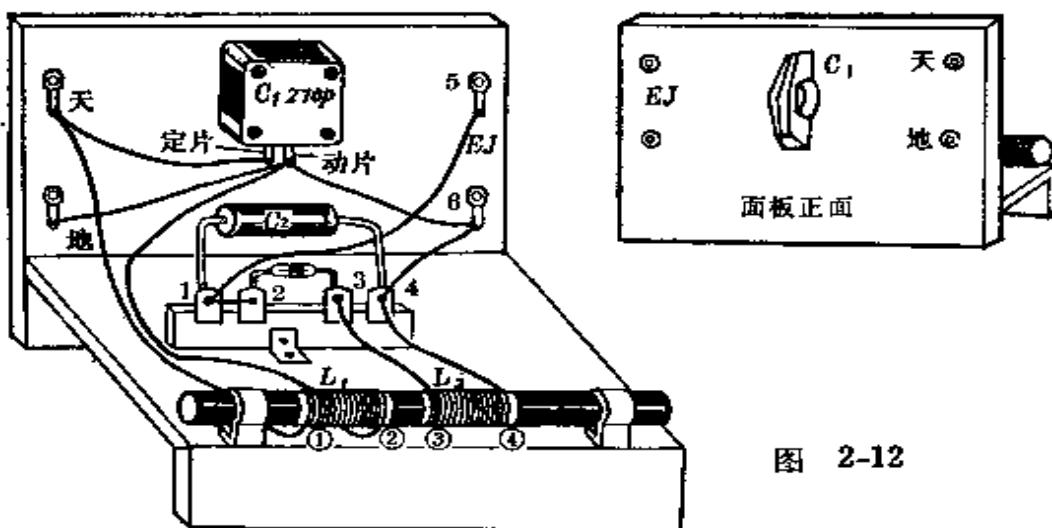


图 2-12

焊接步骤如下：

将初级线圈  $L_1$  线头①接到天线接线柱焊片；再用一根导线把天线接线柱与可变电容器  $C_1$  定片连接起来。

将初级线圈  $L_1$  的线头②接到可变电容器  $C_1$  动片；再用一根导线把可变电容器  $C_1$  动片与地线接线柱连接起来。

将次级线圈  $L_2$  的线头③接到接线支架焊片 3 上。

用一根导线把接线支架上的焊片 1 和焊片 2 连接起来；再用一根导线将接线支架焊片 1 与接线柱焊片 5 连接起来。

将次级线圈  $L_2$  线头④接到接线支架焊片 4 上；再用一根导线从接线支架焊片 4 出发，接到接线柱焊片 6；用另一根导线从焊片 6 接到可变电容器  $C_1$  的动片上。

将二极管正极焊到焊片 3 上，负极焊到焊片 2 上。

把固定电容器  $C_2$  2000pF 的两端分别焊到接线支架焊片 1 和焊片 4 上。注意：因为纸介电容器的两个电极大都有接高低电位之分，有黑圈的一端应接低电位（即焊片 4），另一端接高电位（即焊片 1）。

#### （四）调试

装置焊接完后，对照图 2-1 仔细检查接线是否正确。确定无误后就可进行调试。方法是：把天线和地线接到收音机的天地线接线柱上，再把耳机也接上，慢慢转动可变电容器旋钮，直到收到电台的播音。仔细听听声音怎样。如果声音不够响，可把线圈  $L_1$  和  $L_2$  靠近一些。如果发现还有几个电台混在一起的情况，可将  $L_1$ 、 $L_2$  分开一些，以消除混合现象。继续转动可变电容器的旋钮，还可以在其他位置找到别的电台。这只收音机选择电台就是靠转动可变电容器旋钮实现的。白天只能收到本地的强力电台，晚上收的电台多一些。

## (五) 本机工作原理

先介绍一下收音机的电路图和实体图。我们已知道，每一种元件都有一个符号和一个字母来代表它。如果把图2-1中各个元件的实物图形换成代表它们的符号和字母，并用直线代表元件之间相互连接的导线，整个图就变成了图2-13的形式。这种用元件的符号及字母和它们之间的连接线来表示收音机电路原理的图样叫做电路图，也叫线路图。而如图2-1那样画出了收音机的全部元件和它们之间接线的图样叫实体图。在电路图中，导线交叉处，凡是点上小圆点的表示相接，凡是未点小圆点的表示不相连接。初学无线电的少年读者，可以把电路图和实体图结合起来看，经过一个阶段的练习以后，要逐渐学会主要依靠电路图。

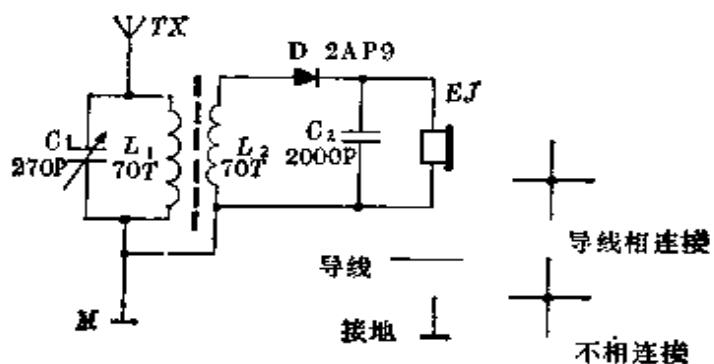


图 2-13

现在来谈谈调谐回路的作用。调谐回路由线圈  $L_1$  和可变电容器  $C_1$  组成，如图 2-14 所示。可变电容器  $C_1$  电容量的每一个固定数值，都对应着一个调谐回路的频率。在天线接收到的所有无线电波中，如果有与这频率相等的电台频率，那么这个电台频率的信号就受到调谐回路的

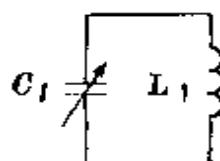


图 2-14

“特殊优待”——让它通过；而其他的电台频率的信号统统被“拦住”——不让通过。这种现象叫做谐振。被“优待”的电台频率信号顺利通过调谐回路后，被送去检波，并还原出声音。这样，只要变动可变电容器  $C_1$  的电容量，就可以分别和许多电台的频率信号一一谐振，这就起到了选择电台的作用。收听节目时，我们只需转动可变电容器  $C_1$  的旋钮就行了。

全机工作的简要过程是：天空中传播过来的各个电台发射的无线电波，被天线接收送到由  $L_1$ 、 $C_1$  组成的调谐回路中。调谐回路选择出一个需要收听的电台频率信号。这个电台频率的高频调幅信号通过线圈  $L_1$  时，由于互感作用，在次级线圈  $L_2$  上感应出了相同的高频调幅信号。高频调幅信号被输送到二极管去检波，从高频调幅信号中取出音频电流。取出

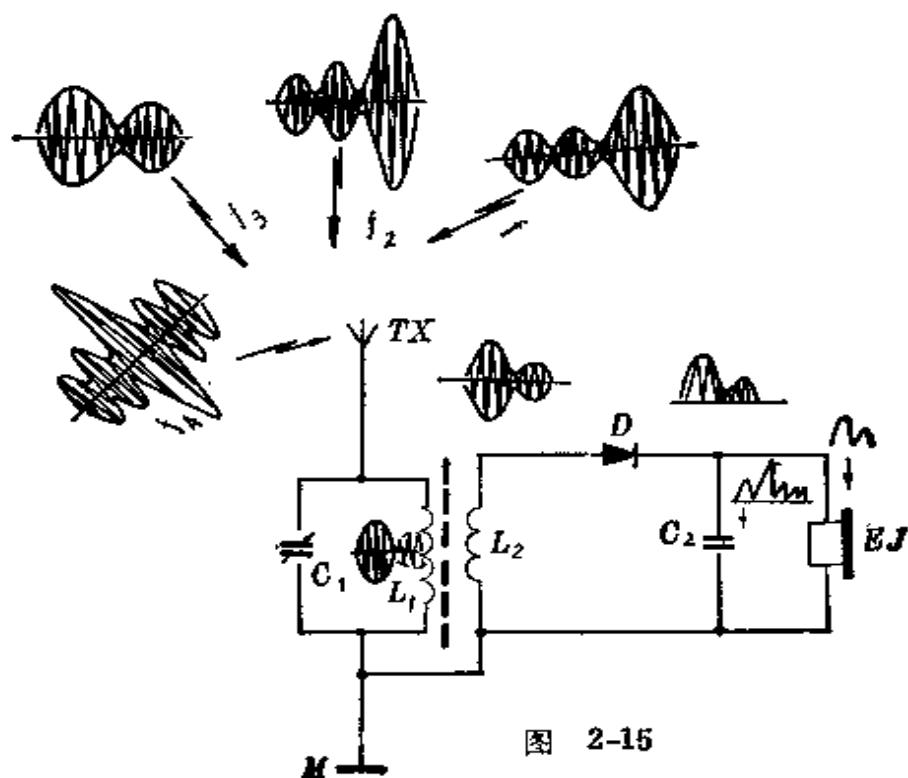


图 2-15

的音频电流中还包含着一部分残余的高频电流。残余的高频电流通过电容器  $C_2$  流入地。音频电流流经耳机，推动耳机里的线圈磁铁吸动振动膜片发声。整个工作过程可参见图 2-15。

有的少年读者可能要问：为什么只有高频电流通过电容器  $C_2$ ，而低频电流不通过它呢？原来，交流电流虽然能通过电容器，但也要受到一定的阻碍作用。不过，交流电的频率愈高，受到的阻碍作用愈小；频率愈低，受到的阻碍作用愈大。我们已把固定电容器  $C_2$  的数值选择在恰好使高频电流能顺利通过，而低频电流难以通过的范围。这样，就只有高频电流流过  $C_2$  到地线，而低频电流沿着耳机这一条比较容易通过的道路流入地线。

### （六）检修

如果发现收音机不响，就要进行检修。收音机不响的原因很多，大都是由于接线错误、接头接触不良或者元件损坏造成的。收音机的元件，接头较多，检修时要有的放矢。如果没有方向地瞎摸，是很难找出毛病的。一般可以采用逐步缩小范围的检查方法，一步一步地查明故障所在。具体的步骤和方法如下：

第一步，认真检查接线有无错误。如果是接线错误引起收音机无声，纠正接线错误后就能听到声音。

第二步，如果接线无误，把天线从接线柱上拆下来，接到线圈  $L_2$  的③端。这时若听到了广播声音，说明天地线、二极管、耳机是好的，问题出在线圈  $L_1$ 、 $L_2$  和可变电容器  $C_1$  这一部分。可仔细检查  $L_1$ 、 $L_2$  内部是否有断线，可变电容器是否碰片，几个接头及接线柱接触是否良好，有无假焊。若仍然无

声，就要做第三步检查。

第三步，将固定电容器 C<sub>2</sub> 焊开。如果焊开后听到了广播声，说明是 C<sub>2</sub> 内部短路，引起收音机无声，可换一只电容器。如仍听不到广播声，则说明二极管、耳机和天地线装置有问题。可逐个检查这些元件和它们的各个接头。

通过以上检查，一般都能找到毛病，排除故障。

### 第三章 有一级低频放大的晶体管收音机

从天线收到的信号是微弱的，检波以后就更弱了。用它直接去推动耳机发声，音量不足，所以我们听起来总觉得声音不够响亮。用什么办法可以增加音量呢？用加高、加长天线的办法，使接收到的电波更强一些，可以将音量提高一些。但是由于条件的限制，不可能无限制地加高、加长天线，因此用这个办法来提高音量，效果是很有限的。于是，人们想，能不能把检波后微弱的音频信号放大几十倍、几百倍，再去推动耳机发声，提高音量呢？这是比较容易做到的。在这一章里，我们学习装置一架有一级低频放大的晶体管收音机。这架收音机里有一个以晶体三极管为中心的放大电路，它能较好地完成放大低频信号的任务。

为了简便起见，我们在上一架收音机的基础上，增加一些元件，来装置这架收音机。

图 3-1 是这架收音机的电路图和实体接线图。

#### (一) 所用的元件

磁棒 120 毫米 M <sub>4</sub> 型	1 根
L <sub>1</sub> 、L <sub>2</sub> 初次级线圈各 70 匝	
C <sub>1</sub> 单连可变电容器 270p	1 只
C <sub>2</sub> 电解电容 20μF	1 只
D 晶体二极管 2AP9	1 只

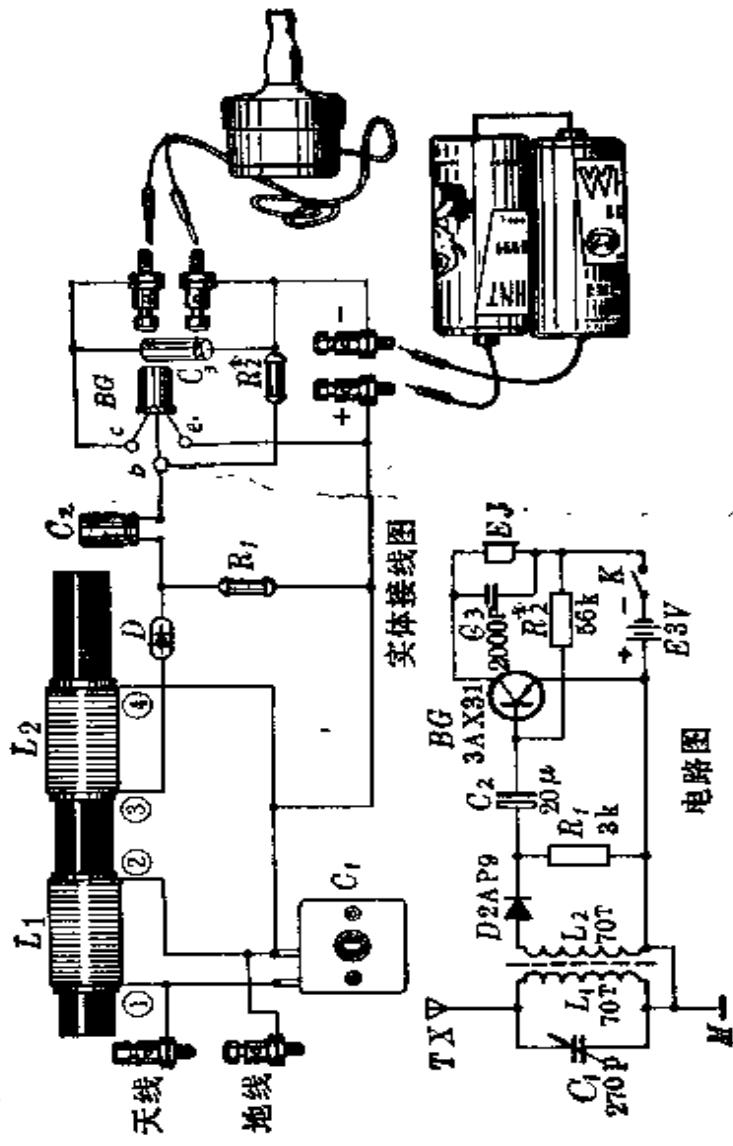


图 3-1

EJ	耳塞机	1 只
$R_1$	电阻 $3k\Omega$	1 只
$R_2^*$	偏流电阻(阻值待定)	1 只
BG	晶体三极管 3AX31	1 只
E	一号干电池	2 节

其他辅助元件:接线柱 6 只,接线支架 2 只,旋钮 1 只,磁棒支架 2 只,电池夹 1 只,螺丝、导线若干。

另外,还要准备一只  $100k$  电位器和一只  $10k$  固定电阻,作调试用。

## (二)部分元件介绍和制作

1. 电阻器 电阻器简称电阻,通常用字母 R 表示。电阻是晶体管收音机的常用元件之一。电阻的种类很多,有碳质电阻、碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻、线绕电阻等数种。它们的实物和外形如图 3-2 所示。在晶体管收音机中一般选用体积较小的碳膜电阻或金属膜电阻。

电阻器用来控制电路中电流或电压的大小。电阻值的单位是欧姆,简称欧,通常用字母  $\Omega$  表示。常用的单位还有千欧姆( $k\Omega$ ),兆欧姆( $M\Omega$ )。它们之间的换算关系为:  $1k\Omega = 1000\Omega$ ;  $1M\Omega = 1000k\Omega$ 。

电流通过电阻时,电阻要耗散功率,并发出热量。电阻一发热,阻值就会略有变化。如果通过它的电流过

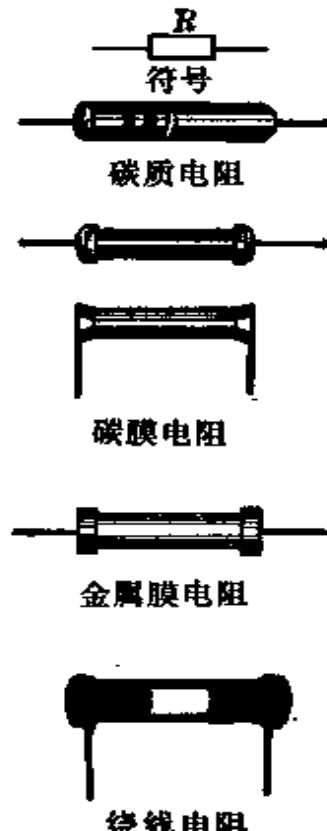


图 3-2

大，电阻就会发烫甚至烧毁。人们把电阻所能承受的最大功率称为额定功率。功率的单位是瓦特，简称瓦，通常用字母W

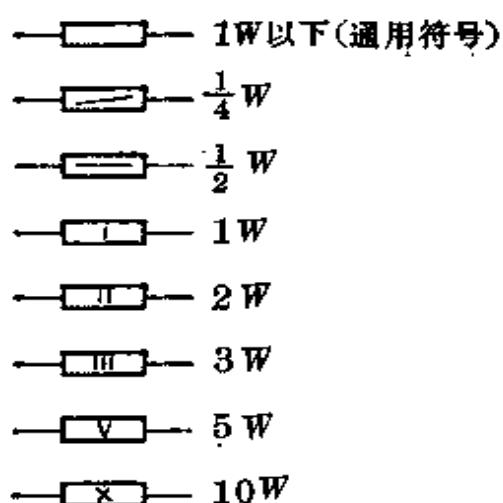


图 3-3

表示。在晶体管收音机里一般采用 $\frac{1}{8}$ 瓦或 $\frac{1}{4}$ 瓦。如果机壳许可，也可以采用瓦数较大一些的电阻。电路图中常在电阻的符号上标明电阻器的功率(见图 3-3)。

2. 电位器 电位器是一种电阻值可以调节的电阻，分为大型、小型和微调电位器等三种。它们的实物外

形和符号见图 3-4。大型、小型电位器常用在多管晶体管收

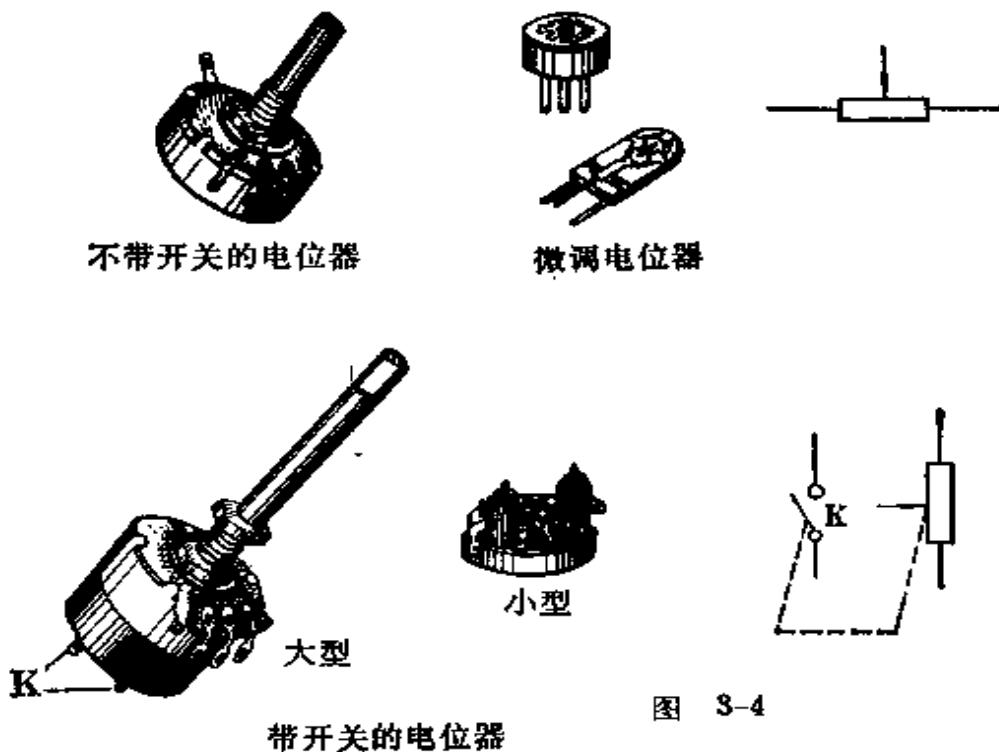


图 3-4

音中控制音量大小或音调高低。电位器上常附有一只开关，可以控制电源的通断，这样可省去一只电源开关，使用起来也很方便。小型晶体管收音机多采用小型电位器，其常用阻值有 $4.7k$ 、 $10k$ 等几种。

电位器的内部结构如图3-5所示。它里面装有一块马蹄形的电阻片。电阻片的两端接通到电位器外部两旁的两只焊片上。电阻片上装有一个可以转动的活动臂。活动臂与当中的那只焊片接通。旋转电位器转轴，就可以改变活动臂在电阻片上的接触位置，从而改变当中的一只焊片到另外任意一只焊片之间的电阻值。



图 3-5

对电位器的要求是转动灵活，接触良好。接触稍有不良，容易产生“沙沙”的摩擦声。检查电位器的质量，可先用万用电表测量电位器的总阻值是否符合要求（测量时两根表棒接在两旁的两只焊片上，当中的那只焊片空着），然后将一根表棒接触当中的那只焊片，慢慢地转动电位器的转轴，这时如果表头的指针从头到尾平稳地移动，没有突然跳动的情况，说明是好的。检查开关的好坏，可将万用电表的两根表棒，分别接到开关K的两只焊片上，转动电位器的转轴，开关接通或断开时应有“卡”的清脆响声；当开关接通时，指针应向右摆，指到零电阻；开关断开时，指针应回到最左的位置不动。“开”、“关”的动作要多做几次，注意每次反应是否都正确。

用电位器作可变电阻时，可将电位器当中的那只焊片与两边的任意一只焊片连接起来使用；或者干脆就只用当中的那只焊片与两边的任意一只焊片，剩下的另一只焊片空着不

用,如图 3-6 所示。

3. 电解电容器 电解电容器简称电解, 是一种固定电容器。它与其他固定电容器比较, 有两个不同的特点: 第一, 电容量大, 一般都有几个微法到几百个微法; 第二, 有正负极性, 使用时不能接反, 否则它的绝缘介质容易被击穿。电解电容器的实物外形和符号如图 3-7 所示。

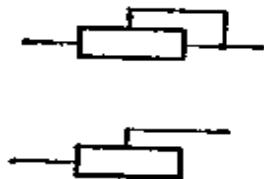


图 3-6

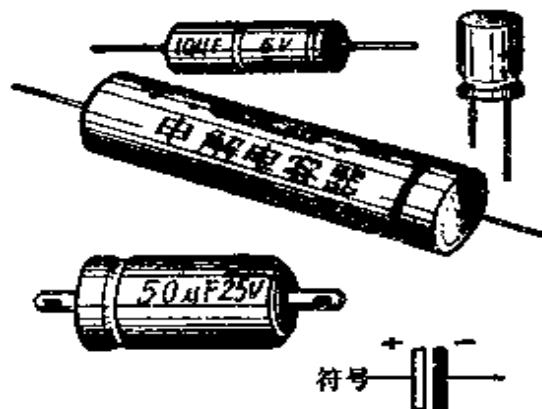


图 3-7

晶体管收音机中常用的电解电容器的容量有 $5\mu F$ 、 $10\mu F$ 、 $30\mu F$ 、 $50\mu F$  和  $100\mu F$  等几种; 耐压有 3V、6V、10V 和 15V 等几种。耐压超过 15V 的电解电容器体积较大, 只要机座放得下, 也可用。

有些引线从两端引出的电解电容器的极性已在外壳上表明。如果是铝壳而没有标明极性的, 那么与铝壳接触的一根引线是负极, 另一根是正极。也有一些小型电解电容器的正负极引线是从同一边引出的, 一根较长, 并在外壳上标有“— + →”箭头记号的引线是正极; 另一根较短, 而没有标明记号的是负极。

焊接电解电容器时，动作要快，最好用镊子夹住引线，否则电烙铁的高温会使封口的密封层破坏和使内部短路。

电解电容器长时期不用，容易发生漏电现象。漏电过大的电解电容器就不能使用。

检查电解电容器质量，可用万用电表测量它的漏电电阻。将量程开关拨到  $R \times 10k$  (或  $R \times 1k$ ) 档，用红表棒接触电解电容器的负极，黑表棒接触电解电容器的正极。表棒刚搭上，指针迅速向右摆动 ( $R \rightarrow 0$  方向)，然后慢慢向回摆，指针停在位置所指的电阻数值，就是电解电容器的漏电电阻。这个电阻愈大愈好。如果漏电电阻低于 50 千欧就不宜使用了。指针摆动的幅度表明电容量的大小。电容量大的电解电容器摆动幅度大。没有万用电表的可以参照图 1-6 利用一只耳机和一节电池组成的电路，将电容器接入电路检查。摩擦电池，如果第一下“咯咯”声很响，第二、三下以后逐渐减小至无声或声音微弱，说明这只电解电容器基本上是好的；如果始终不响，或始终都很响，就不能使用，需另换一只电解电容器。漏电的电解电容器还可以修复，修复的办法是在电解电容器的两端加上一个与它耐压相等、正负极性相同的直流电压，经过几小时以后，一般可以恢复使用。

4. 晶体三极管 三极管是晶体管收音机的一种关键性元件。收音机依靠它把微弱的信号放大几十倍、几百倍以至几百万倍。晶体三极管在电路图中用字母“BG”表示，它的实物外形和符号见图 3-8。

晶体三极管根据工作的频率不同，又分为低频管和高频管两类。高频管用作高频放大，低频管用作低频放大。

晶体三极管有三个电极——发射极、基极和集电极。发

极用字母“e”表示，基极用“b”表示，集电极用“c”表示。这三个电极各有它的作用，千万不能搞错。在装接时要弄清楚三只

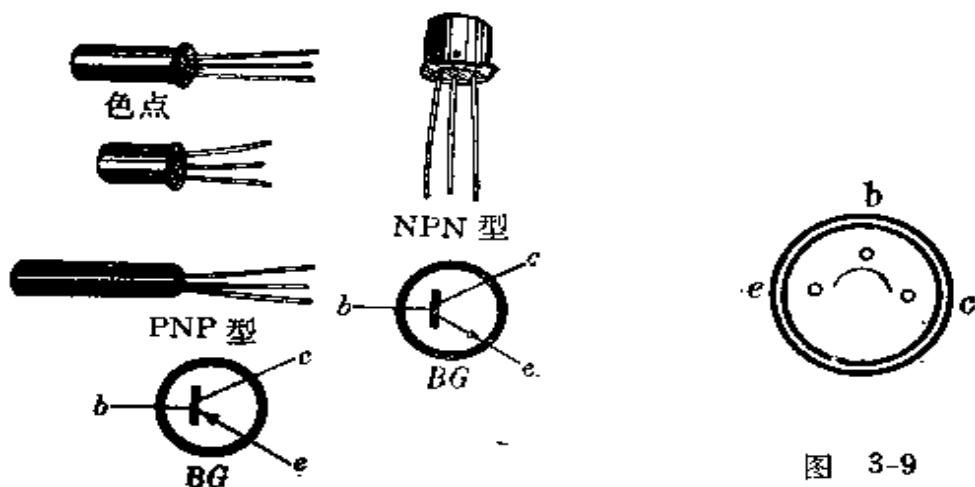


图 3-8

图 3-9

脚的极性，并做上记号。很多常用三极管的三只管脚排成等腰三角形，例如低频管 3AX1~3AX5, 3AX21~3AX24, 3AX31；高频管 3AG1~3AG4 等。这类管子管脚的极性很容易区分，只要把管子翻过来，管脚向上，三角形较长的一条边（底边）正对自己，从左边第一只管脚开始，按顺时针方向，第一只管脚为发射极 e，第二只管脚为基极 b，第三只管脚为集电极 c（参见图 3-9）。

晶体管三极管的型号很多，管脚排列的方法也不一致，本书附录部分列出了一些常用的晶体三极管管脚排列情况，可供接线时参考。识别管脚还可以用万用电表，方法也见附录。

衡量晶体三极管质量好坏的参数很多，初学者主要应注意选择三极管的短路电流放大倍数（用字母“ $\beta$ ”表示）和穿透电流（用字母“ $I_{ceo}$ ”表示）。放大倍数  $\beta$  值越大，说明三极管放大性能越好；但是  $\beta$  值过大，也会使工作性能不稳定，一般  $\beta$

值以 $30\sim200$ 比较适宜。穿透电流 $I_{ceo}$ 小一点好, $I_{ceo}$ 过大的管子不仅噪声大,而且容易发热,甚至烧坏。小功率晶体三极管的穿透电流 $I_{ceo}$ 一般在几十微安( $\mu A$ )到几百微安,超过2毫安( $mA$ )就不宜使用了。微安( $\mu A$ )、毫安( $mA$ )和安培( $A$ )都是电流强度的单位,它们之间的换算关系为: $1A=1000mA$ , $1mA=1000\mu A$ 。但是 $I_{ceo}$ 也不能为零,如果为零,说明管子中的发射极或集电极已脱焊或断开,也不能使用了。

检查三极管质量可用万用表,方法见本书附录。如果没有万用表,可以用下述方法作粗略的检查。如图3-10,把一节1.5伏干电池,一个5k电阻和一只耳塞机串连起来,组成一个检查器。用这个检查器的两个触头去接触三极管的任意两只脚,在耳机中会听到“喀”的声音。然后倒换两个触头,再一次去碰三极管的这两只脚,又能听到“喀”声,但两次声音响度不一样,一次很大,一次很小。再用这个方法分别去接触其他脚,如果每次调换触头后的声音响度都相差较大,说明此管子的放大倍数比较大。如果没有声音,那就是断路了。如果两次声音响度差不多,那么管子的放大倍数可能比较小。初用这种方法检查,因经验不足,可能会感到困难;多试几只,有了经验了,就会判断得准确些。

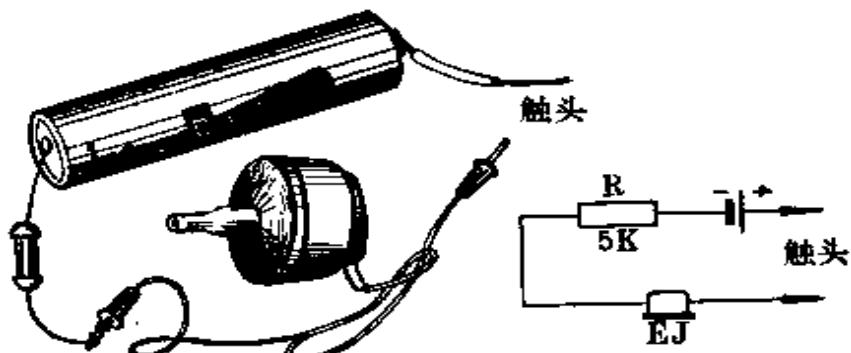
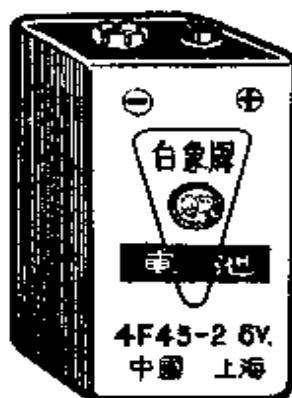


图 3-10

5. 电池 电池用作晶体管收音机的直流电源。晶体管收音机用的干电池有圆柱形和层迭式两种。圆柱形电池是大家常见的。层迭式电池的外形见图 3-11。在电池的符号中，短而粗的黑线代表电池负极，长而细的黑线代表正极。

圆柱形干电池有 1 号、2 号、4 号、5 号等几种，每节的电压都是 1.5 伏。圆柱形干电池的号数愈大，则它的体积和容量愈小。1 号、2 号电池的容量大，使用时间长，但是它的体积大，占的位置也大。4 号、5 号电池体积小，节省位置，但使用时间较短。



电池符号  $\begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array}$  E

图 3-11



图 3-12

层迭式电池分为 6 伏和 9 伏等。一架收音机只需 1 只电池就够了，因而具有重量轻、地位省的优点。它的缺点是使用时间短，大都用于体积小、重量轻的袖珍式晶体管收音机。

电池可根据机壳的大小和自己的要求选用。从节省位置、减轻重量的角度考虑，用 4 号、5 号和层迭式电池较好；从经济上合算的角度考虑，用 1 号、2 号电池较好。

6. 电池夹 为了使用方便，可以自己动手做一个电池夹。用木板、铜片、螺丝制成如图 3-12 的形状就行了。长 75 毫米、宽 70 毫米、高 40 毫米的电池夹，可装两节 1 号电池。如用其他电池，电池夹尺寸可根据电池大小自行设计。在电池夹的正极、负极上各焊上一根导线，准备接到收音机里使用。

### (三) 装置和焊接

为了简便起见，我们利用上一架收音机的机座来装置这架有一级低放的晶体管收音机。将原来焊接在接线支架上的元件和机座上的接线拆下来。拆时要用镊子夹住管脚或线头，再用电烙铁把接头上的锡烫化，然后轻轻地把管脚或线头拉开。拆卸完毕以后，还要在机座上钻三个孔，把新增加的两只接线柱和一个接线支架装上去。装的位置见图 3-13。新增加的两只接线柱作连接干电池用。

焊接之前照例要仔细检查元件的质量。

焊接步骤如下：

把电阻  $R_1$  焊在焊片 2 和焊片 4 上。把电解电容器  $C_2$  的正极焊在焊片 2 上，负极焊在焊片 6 上。把固定电容器  $C_3$  焊在焊片 7 和 9 上。

将线圈  $L_1$  的线头①接到可变电容器  $C_1$  的定片；再用一根导线把天线接线柱与可变电容器  $C_1$  定片连接起来。

把线圈  $L_1$  的线头②接到焊片 4 上；再用导线将焊片 4、焊片 5、电池正极接线柱、可变电容器  $C_1$  动片、地线接线柱五处连通。

把线圈  $L_2$  的线头③接到焊片 1 上。线头④接到焊片 4 上。用一根导线将焊片 2 与焊片 3 连接起来。

用一根导线连通电池负极接线柱和焊片 11。用另一根导

线连通焊片 10 和焊片 7。

用一根导线连通焊片 11 和 9。用另一根导线连通焊片 6

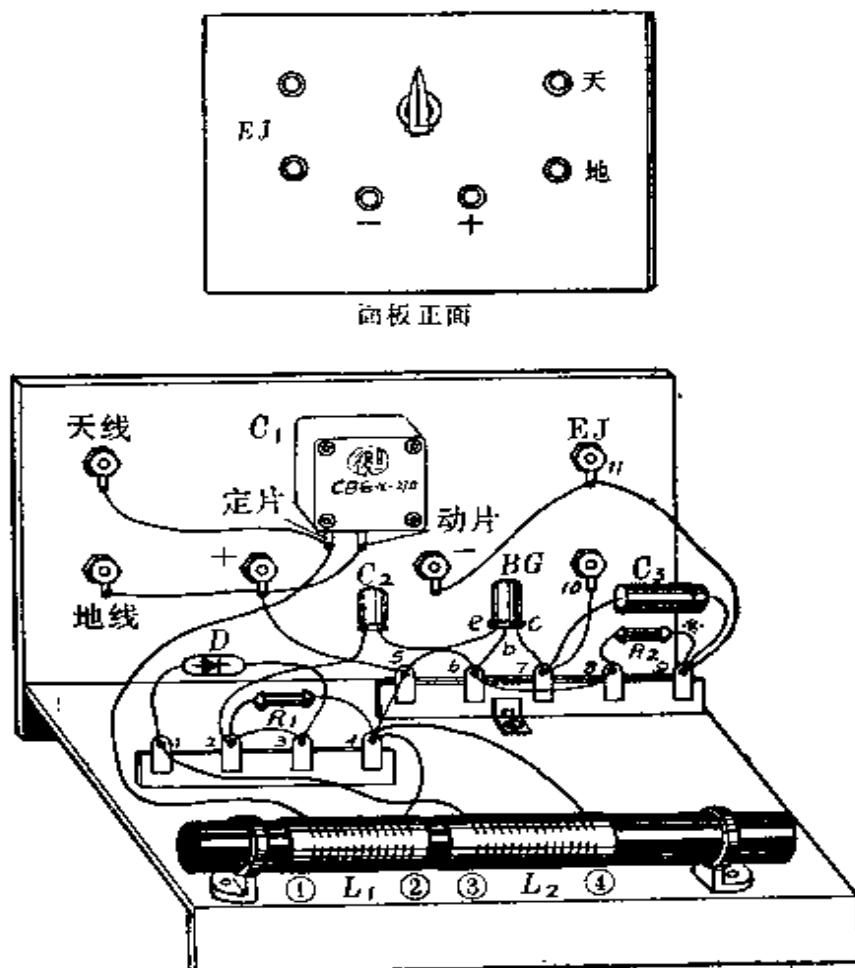


图 3-18

和焊片 8。

晶体二极管和晶体三极管应在全部接线焊好以后，再焊到焊片上。它们焊接的位置是：二极管正极焊到焊片 1 上，负极焊到焊片 3 上；三极管 e、b、c 三只脚分别焊到焊片 5、6、7 上。注意：R<sub>2</sub>\* 应焊在焊片 8 和 9 上，但因为它的阻值要到调试时才能确定，所以这里暂不焊接，放到调试中焊接。

焊接完毕后，先要检查一下焊接的质量，看看有无漏焊、假焊、松动、断线等不正常情况。然后将线路校对几遍，看看有无错接、漏接、反接等情况。校对可以对照电路图进行，也可以对照实体图进行。实体图容易看懂，少年读者大都欢喜看它，而不愿看电路图。但为了今后进一步学习的需要，应该练习照着电路图装置焊接收音机和校对线路。为此，可以在校对之前用铅笔将电路图完整地画在纸上，一边查看收音机的线路，一边对照电路图。每检查好一根接线或一个元件，就用钢笔在纸上重复画一下。如果钢笔画的接线与铅笔画的不相符合，那么这根线就接得不对；如果钢笔画完了，还有的铅笔线上没有被钢笔重复画过，那么这些线是被漏接了；如果钢笔和铅笔画的线路完全符合，那么说明接线正确无误。

#### (四) 调试

调试可分两步进行：首先把放大电路以前的检波和调谐回路部分调试好，然后再调试放大部分。

第一步，调试检波和调谐回路部分。这一部分基本上就是第二章讲的“能够选择电台的简单收音机”。先在天线、地线接线柱上接好天地线，然后将耳机并联在  $R_1$  两端（即将耳机的两个头分别与焊片 2、4 相接）。转动电容器  $C_1$ ，收听电台播音。如果能收到电台，说明前面部分是好的，可以进行第二步调试。如果收不到电台，可将焊片 2 上焊接的电解电容器  $C_2$  的正极引线焊开，然后再用耳机收听。如果仍然无声，便是前半部分有问题，这时可照第二章介绍的办法检修，排除故障。收到电台以后，将  $C_2$  焊接好，再进行第二步调试。如果焊开  $C_2$  后就收到了电台，说明前半部分是好的，问题出在后面放大部分。放大部分的检修见本章末检修部分。

第二步，调试放大部分。用一只  $100k$  的电位器（没有  $100k$  的电位器，用  $470k$  或  $560k$  的电位器也可以）和一只  $10k$  的固定电阻串联，代替  $R_2^*$  接入电路（即接在焊片 8 和 9 上）。将电池接在电池接线柱上（注意电池的正极、负极不要弄错）。把耳机在耳机接线柱上接好，慢慢地转动电位器，细心收听。听到电台播音后，再反复调节电位器几次，到声音最响最清楚为止。然后小心地焊下电位器和电阻，用万用电表测出电位器和电阻串联的总阻值，这个阻值就是  $R_2^*$  实际所需的阻值。找一只与这个阻值相等或相近的电阻焊在焊片 8 和 9 上。如果一时找不到阻值相近的电阻，也可以采用下面方法改变电阻的阻值：取一只比需要阻值略小的碳膜电阻，将电阻两端的引线分别绕在万用电表的两根表棒上，如图 3-14 所示。一边看着表头上的读数，一边用小刀细心地在电阻上刮去一层碳膜，它的阻值就会变大。这样边刮边看，刮到需要的阻值为止。万一刮得过多，电阻值太大了，可以用一支软铅笔（比如 6B）在刮过的地方涂上一层石墨（即铅笔芯）粉，使阻值变小。边涂边看表头，涂到需要的阻值为止。如果涂得太多，电阻值太小了，又可以再刮掉一点。在刮时应注意，不要把电阻器上的螺纹刮断，否则这只电阻就要失效了。在刮过的地方要涂上一层绝缘漆或快干胶，以防时间长了受潮变质。没有万用电表，可以把这只电阻焊好以后再刮，边刮边听耳机的声音，直

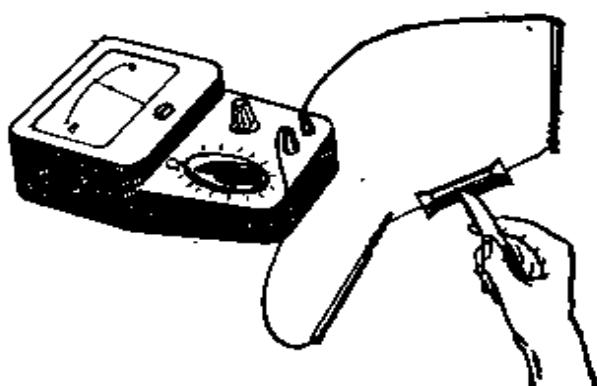


图 3-14

到声音满意了为止。

调试好  $R_2$ \* 后，再要调节一下  $L_1$  和  $L_2$  的位置。调节时要兼顾收音机的音量和选择性(方法见第二章)。

### (五) 本机工作原理

着重谈晶体三极管和放大电路。

我们知道，晶体三极管的功用是放大电信号。那么，它是怎样完成这项工作的呢？

前面已经谈到过，晶体三极管的三个极各有一定的作用。发射极  $e$  的作用是“发射”电流，基极  $b$  的作用是“控制”电流的大小，集电极  $c$  的作用是“收集”电流。如图 3-15，在晶体三极管的发射极  $e$  和基极  $b$  之间接上一个电压  $E_b$ 。电池正极接发射极  $e$ ，电池负极接基极  $b$ ，这个电压叫做基极  $b$  和发射极  $e$  之间的正向电压。再在发射极  $e$  和集电极  $c$  之间接上一个电压  $E_c$ 。电池正极接发射极  $e$ ，负极接集电极  $c$ ，这个电压叫做集电极  $c$  和发射极  $e$  之间的反向电压。这时，在  $e$  和  $b$  之间的正向电压作用下，发射极“发射”电流。电流流经基极  $b$  时，一小部分电流通过基极  $b$ 、电池  $E_b$ 、流回发射极  $e$ ，这个电流叫基极电流  $I_b$ ；其余的大部分电流在  $c$  和  $e$  之间的反

向电压  $E_c$  的推动下，继续流向集电极  $c$ ，然后经过电池  $E_c$ ，流回发射极  $e$ ，这个电流叫集电极电流  $I_c$ 。基极电流  $I_b$  比集电极电流  $I_c$  小得多，一般情况下，只有集电极电流  $I_c$  的百分

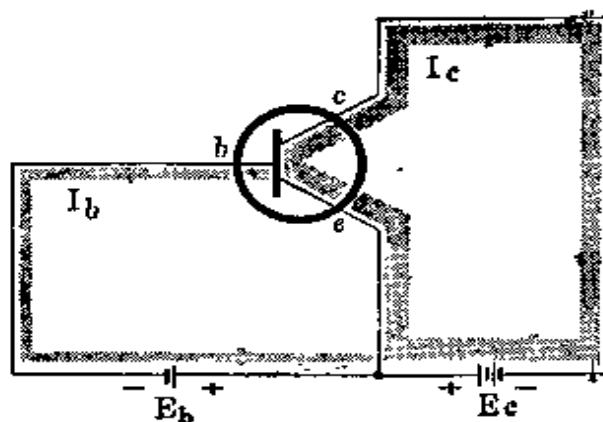


图 3-15

之儿。

理论和实践证明，只要基极电流  $I_b$  发生微小的变化，就会引起集电极电流  $I_c$  发生很大的变化。这样，如果在基极  $b$  和发射极  $e$  之间接入一个信号电流，那么信号电流将使基极电流  $I_b$  发生波动，从而引起集电极电流  $I_c$  相应地发生更大的波动。于是在集电极电流中就出现了与输入基极  $b$  的信号电流波形相同，而幅度大得多的信号电流，也就是被放大了的信号电流（参见图 3-16）。如果在基极  $b$  与发射极  $e$  之间输入

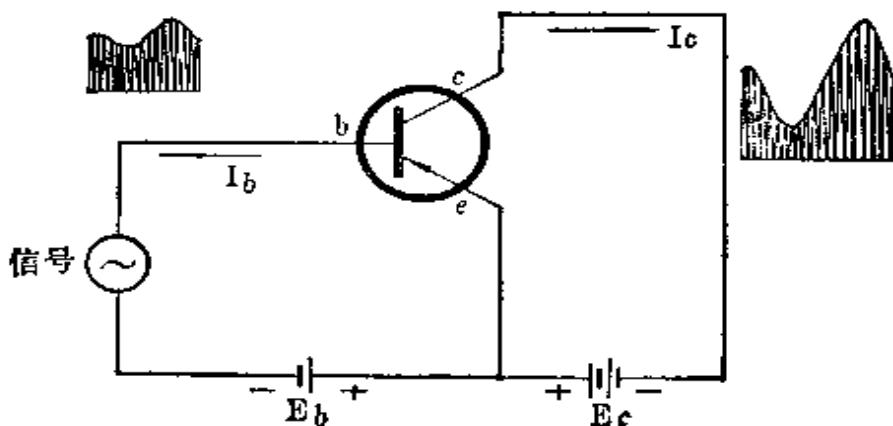


图 3-16

的是音频信号电流，那么在集电极  $c$  和发射极  $e$  之间接入一只耳机，放大了的音频电流就会通过耳机，并推动耳机发出宏亮的声音（见图 3-17）。把耳机换成一只电阻  $R_o$ ，当被放大的

信号电流通过  $R_o$  时，便会在  $R_o$  两端产生一个电压降，因此在电阻  $R_o$  上就得到一个与输入信号电压波形相同，而幅度大得多的信号电压  $V_{Ro}$ ， $V_{Ro}$  也就是

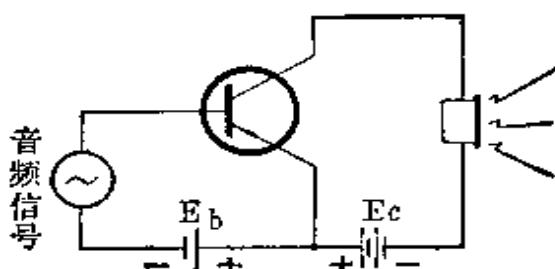


图 3-17

被放大了的信号电压(见图3-18)。以后我们在装多管收音机时,会遇到多级放大器。在多级放大器中, $R_c$ 上被放大了的信号电压 $V_{Rc}$ 还要取出来送到下一级去继续放大。

图3-18所示的电路,叫做放大电路。其中 $R_c$ 称为集电极负载电阻;由集电极c、电阻 $R_c$ 、电池 $E_c$ 和发射极e组成的回路叫做集电极回路;由基极b、电池 $E_b$ 和发射极e组成的回路叫做基极回路。在集电极c和发射极e之间加的反向电压叫集电极电压;在基极b和发射极e之间加的正向电压叫做基极偏压。

在图3-18所示的放大电路中,集电极电压和基极偏压各

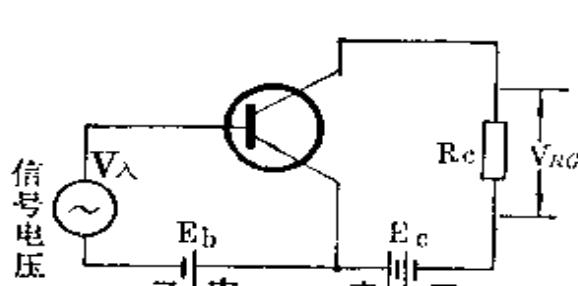


图 3-18

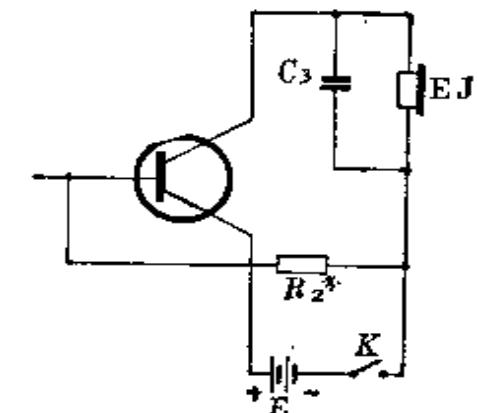


图 3-19

用一组电池来供给,这样一架收音机要用两组电池,很不方便。能不能只用一组电池来供给这两个电压呢?行!只需要将电路稍作改动,就可以达到这个目的。我们把图3-1中的放大部分画出来,就成为图3-19的样子。它与图3-18不同的地方仅仅是取消了基极b和发射极e之间的电池 $E_b$ ,另用一只电阻 $R_2^*$ 把电池E的电压降低以后供给基极b做基极偏压。 $R_2^*$ 叫做偏流电阻,调整它的大小就可以改变基极偏压。

的大小。这种给基极提供偏压的电路叫做偏置电路。图3-19中的偏置电路由电源E和偏流电阻 $R_2^*$ 组成。偏置电路有好几种，图3-19所示的偏置电路叫固定偏置电路。

在前面的装置过程中，少年读者已经知道 $R_2^*$ 的阻值要在调试中才能确定，这是为什么呢？原来，三极管的正常放大作用是有条件的。要使三极管正常地放大信号，基极电流 $I_b$ 的变化必须保持在一定的范围内。 $I_b$ 过大和过小都会引起失真（放大后的声音变得难听，改变了原来的模样），或者使三极管失去放大能力，严重的还会烧坏三极管。为了使三极管有效地、不失真地放大信号，就必须选择一个适当的基极电流 $I_b$ ，使三极管处在最佳状态下工作。基极电流的大小是由基极偏压控制的，而基极偏压又是由偏流电阻 $R_2^*$ 供给的，因此，可以用调节偏流电阻 $R_2^*$ 阻值的办法来达到选择合适的基极电流 $I_b$ ，让三极管在最佳状态下工作的目的。选择合适的基极电流必须在没有信号输入的情况下进行，这时的基极电流叫做偏流。选择合适基极电流的工作叫做调偏流，通常也叫做“选择工作点”。由于每只三极管的性能不同，晶体三极管偏流电阻的阻值只能给出一个供参考的大概数值，因此确切的阻值要通过调试才能确定。调偏流的方法我们在前面调试时已经实践过，调试的电路可用图3-20表示。

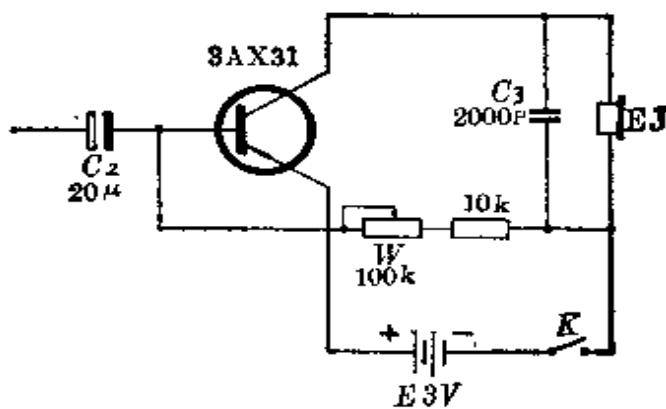


图 3-20

10k 这只固定电阻起

保护作用，以避免转动电位器时，阻值过小，造成电流过大而烧坏管子。

从前面图 3-8 中，我们已经看到，晶体三极管除了 PNP 型外，还有一种 NPN 型的管子。NPN 型三极管的符号箭头方向是向外的，而 PNP 型三极管箭头方向是向内的。应注意的是，NPN 型三极管接上电源时，极性与 PNP 型三极管相反，集电极 c 接正极，发射极 e 接负极。电路中电流方向也与 PNP 型三极管相反，电路如图 3-21 所示。PNP 型管和 NPN 型管的判别方法见本书附录。

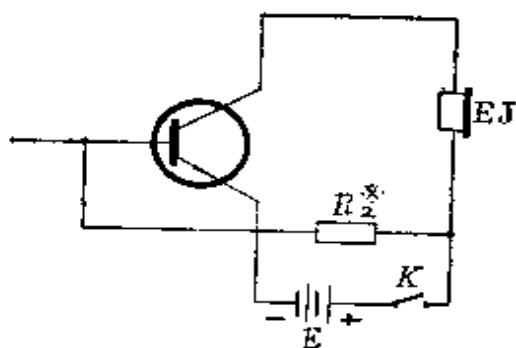


图 3-21

熟悉了晶体三极管和放大电路以后，再了解本机的工作过程就容易了。

参看图 3-1，从天线接收到的无线电波，经过调谐回路，选择出需要收听的电台频率信号，由线圈  $L_1$  耦合给线圈  $L_2$ ，再送给二极管  $D$  检波；检波后的音频信号电流流经  $R_1$  到地； $R_1$  是检波负载电阻，它上面得到的音频信号电压通过电解电容器  $C_2$  送到三极管基极 b 和发射极 e 之间，由三极管将信号放大；放大后的音频电流从集电极输出，推动耳机发声。 $C_3$  的作用是让残余的高频电流由此处通过，不让它进入耳机。 $R_2^*$  已经说过，是偏流电阻。右上角的符号“※”表示这个电阻的大小要在调试以后才能确定。

### (六) 检修

着重谈放大电路的检修方法。放大电路是这架收音机最

主要的组成部分，也是比较复杂、容易出故障的地方。检修时，首先应检查线路有没有错接，漏接，假焊；电池和耳机有没有接好。初步检查没有发现问题，再按下面步骤进一步检查放大电路。

第一步，将耳机取下，接在  $R_1$  两端。转动电容器  $C_1$ ，此时应能收到电台播音（因收音机前面部分已经调试好）。将耳机与  $R_1$  上端（焊片 2）相接触的那只脚移到晶体三极管的基极 b 上，也应能听到广播声。如果无声，应断开晶体三极管基极 b 再试听。此时若听到了广播声，则说明三极管的基极 b 与地短路或是管子损坏，检波部分送来的音频电流直接在基极 b 处流入地线，未能被放大并送去推动耳机发声。断开基极 b 后，如果仍然听不到广播声，说明电解电容器  $C_2$  没有接好或者已经损坏。因为  $C_2$  是音频电流到三极管基极 b 的通路， $C_2$  不通，音频电流就不能送给三极管放大。

第二步，检查晶体三极管的管脚是否接错，电池正负极是否接反，偏流电阻  $R_2^*$  是否接好。这些是初学者最容易出毛病的地方。如果这些地方都没有毛病，那么是偏流没有调正确或者三极管不能使用了。应再仔细地调节偏流电阻  $R_2^*$ 。调整仍无效，可换一个三极管试试。

## 第四章 来复再生式晶体管 单管收音机

人的听觉能力是有差别的。有的人听觉很灵敏，对很轻微的声音也能听得清楚；有的人听觉比较差一些，只能听见比较响的声音。

与此相类似，收音机也有灵敏和不够灵敏的差别。通常用“灵敏度”来衡量收音机接收微弱电台信号的能力。对于“灵敏度”高的收音机，天线上只要加有一点微弱的信号，就会发出响亮的声音。它不仅能收到近地电台的强信号，而且能收到远地电台的微弱信号，所以能收听的电台多。而对于“灵敏度”低的收音机，必须在天线上感应到比较强的电台信号，它才能收到，所以它只能收到较少的近地强力电台。

上一架收音机装了一级低频放大，声音宏亮，听起来比较满意。但是，它有一个很大的缺点，就是必须安装一副天、地线，收集较强的电台信号；去掉了天、地线，这架收音机的收音效果就很差，使用很不方便。如果我们能想办法进一步提高收音机的灵敏度，使它不用天地线也能收到较多的电台，那岂不是方便得多了吗？同时，去掉了天、地线，还能把机壳做得更加小巧玲珑，可以随身放在口袋里或握在手里收听，那可是多么好哇！

在这一章里，我们向大家介绍一架灵敏度较高的来复再生式单管收音机。它使用一只晶体高频管，既担任高频放大，

又兼作低频放大，一管两用。由于它比上一架收音机增加了一级高放，因而大大提高了灵敏度；同时还由于采用了再生电路和倍压检波电路，进一步加强了收音机的灵敏度、选择性和稳定性，因此不用装天、地线，就能使我们听到很多电台的播音。

图 4-1 是这架收音机的电路图和实体接线图。

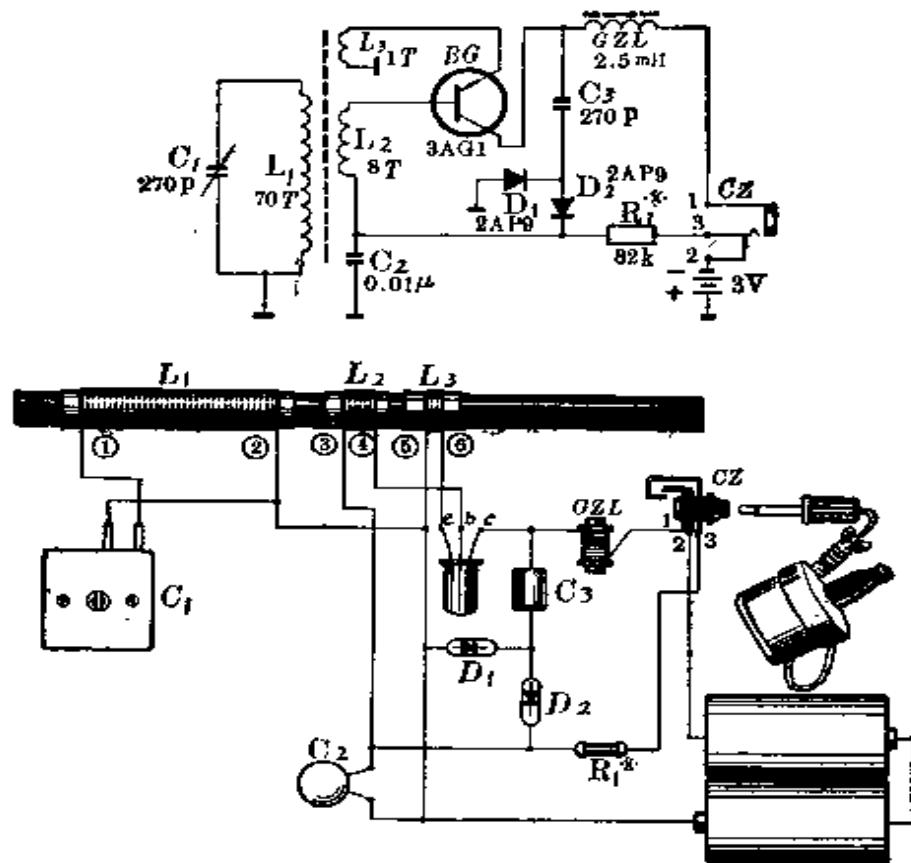


图 4-1

电路图中几处接地之点，只要用一根导线全部连通就可以了（参见实体图）。如果收音机装接天、地线，那么这根导线应与地线相接。

### (一) 所用元件

**磁棒 M<sub>4</sub> 型 10×80 毫米**（就是直径 10 毫米，长度 80 毫

	米)磁棒		1 根
L <sub>1</sub>	70匝	用 $\phi 0.07 \times 7$ 纱包线绕制	1 只
L <sub>2</sub>	8 匝	( $\phi 0.07 \times 7$ 表示七股绞合 线, 每股直径 0.07 毫米)	1 只
L <sub>3</sub>	再生线圈	1 匝	1 只
C <sub>1</sub>	单连可变电容器	270p	1 只
C <sub>2</sub>	0.01μ		1 只
C <sub>3</sub>	270p		1 只
GZL	高频阻流圈	2.5 毫亨(mH)	1 只
D <sub>1</sub> 、D <sub>2</sub>	晶体二极管	2AP9型	2 只
BG	高频晶体三极管	3AG1 型 $\beta$ 值最好 为 80~200	1 只
EJ	耳机		1 只
CZ	微型耳机插口(连插塞)		1 副
R <sub>1</sub> *	偏流电阻(阻值待定)		1 只
5号干电池			2 节
旋钮和频率刻度盘			1 副
底板	长 90 毫米、宽 60 毫米、厚 1.5 毫米层压板 (或纸胶板、胶木板)		1 块
圆形磁棒架			1 副
铆钉	空心铜质铆钉 2×2 毫米(即直径 2 毫米、 长 2 毫米)		若干只
接线若干			

## (二) 部分元件介绍和制作

1. 高频阻流圈(GZL) 高频阻流圈又叫高频扼流圈, 简称高扼圈。它在电路中的作用是阻止高频电流通过, 而让音

频电流通过。高频阻流圈的实物外形和符号如图 4-2 所示，它是用漆包线在绝缘骨架上绕一定的圈数，中间加上磁芯制成的。适用于小型晶体管收音机的高频阻流圈电感量一般为 2.5 毫亨(mH)左右。

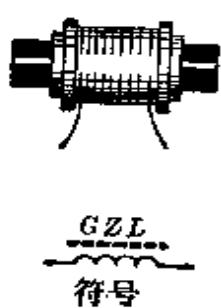


图 4-2

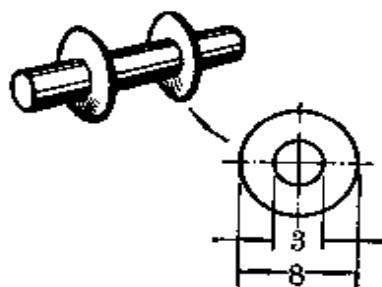


图 4-3

高频阻流圈在市场上有成品出售，也可以自制。自制的方法是：用一根直径 3 毫米，长 15 毫米的磁芯，两端各套一个内径 3 毫米，外径 8 毫米的纸板垫圈（如图 4-3）作线圈骨架，以防绕线时线包塌下来。线圈用直径 0.1 毫米漆包线在磁芯上乱绕约 500 匝，然后用石蜡封牢。如果用直径为 6 毫米，长约 15 毫米的磁芯，那么只要绕 260 匝就可以了。如果有废旧中周变压器或振荡线圈，可从中拆下小磁芯来绕制。如果能找到如图 4-4（甲）那样的小磁环做高频阻流圈的磁芯，只需绕较少的匝数，便能获得较好的效果。例如，外径 8 毫米，内径 3 毫米，厚 2 毫米的磁环，用直径 0.1 毫米的漆包线绕 250 匝；外径 18 毫米，内径 8 毫米，厚 5 毫米的磁环，用直径 0.15 毫米的漆包线绕 200 匝。为了便于绕制环式高扼圈的线圈，可以用竹片或铅丝做一个象图 4-5

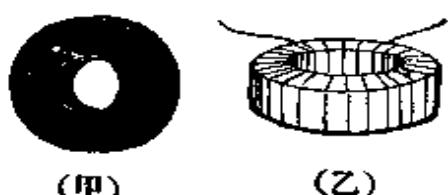


图 4-4

少的匝数，便能获得较好的效果。例如，外径 8 毫米，内径 3 毫米，厚 2 毫米的磁环，用直径 0.1 毫米的漆包线绕 250 匝；外径 18 毫米，内径 8 毫米，厚 5 毫米的磁环，用直径 0.15 毫米的漆包线绕 200 匝。为了便于绕制环式高扼圈的线圈，可以用竹片或铅丝做一个象图 4-5

那样的小穿梭。穿绕时要小心，不要损伤或弄断漆包线。绕好后的外形如图 4-4 (乙)。

如果找不到磁芯，可以用一个直径为 5 毫米的硬纸卷圆筒，用 0.06~0.08 毫米的漆包线在上面绕 500 匝，也能制成一只高频阻流圈。还可以用一只炭膜电阻来做骨架，只要把炭膜电阻表面的保护漆和炭层用小刀刮除干净，然后用 0.06~0.08 毫米的漆包线在上面绕 500 匝左右，把线端焊在电阻的两只脚上，如图 4-6。

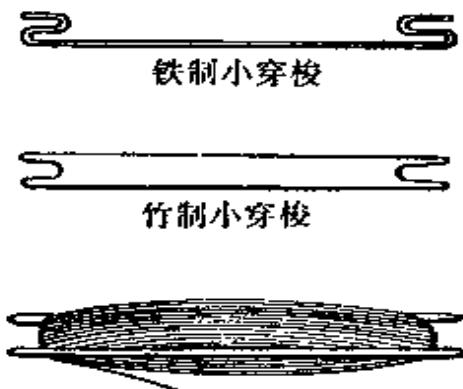


图 4-5



图 4-6

在绕制过程中，漆包线上如有漆皮脱落的地方或断线的接头处，都要用绝缘纸垫好。绕好后，为了防止线圈受潮，可放在 120℃ 的蜂蜡或石蜡溶液中浸渍，等看不到气泡后取出。

高频阻流圈的直流电阻一般约 25~40 欧姆。检查高频阻流圈好坏，可以用万用电表测量它的直流电阻。如果直流电阻很小，说明内部有短路的地方；如果直流电阻极大，说明内部断路。条状小磁芯制成的高频阻流圈在底板上安装时，可先在安装的位置钻一个圆孔（圆孔的直径应稍大于磁芯直径），然后在圆孔周围和磁芯上涂上胶水，将磁芯嵌入孔内胶牢，如图 4-7 (甲)。用小磁环制成的高频阻流圈在底板上安装时，可用尼龙线或普通棉线将它直接绑扎在底板上，如图 4-7 (乙)。

2. 耳机插口和插塞 (CZ) 微型耳机插口和插塞 (也叫插头) 的形状和符号如图 4-8。插塞未插入时内外簧片 (也叫动定簧片) 在接触点是接通的, 插塞插入后接点自动断开。

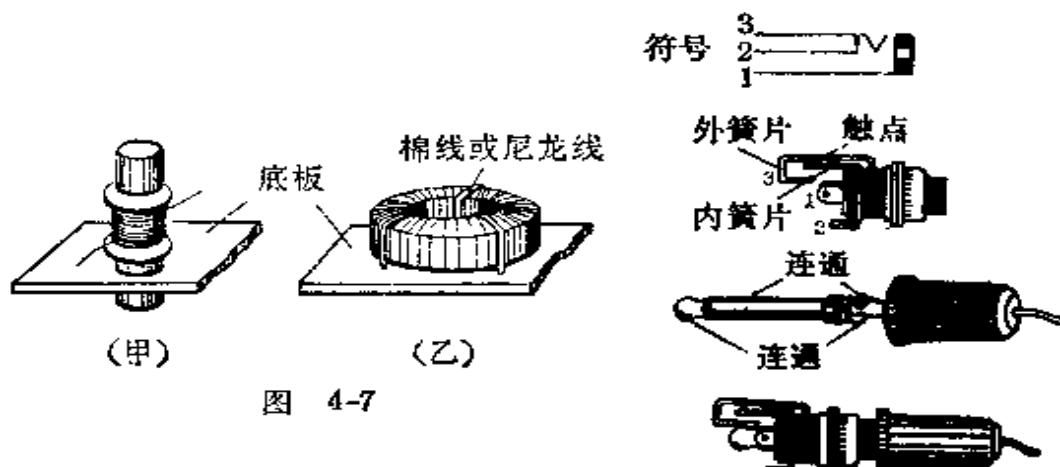


图 4-7

图 4-8

在这架收音机里, 我们用耳机插口兼作电源开关, 因此要改制一下, 使接点的作用正好与原来相反, 即在插塞未插

入时两簧片处于断开状态, 而插头接入后才接触。改制的方法很简单, 只要用镊子夹住插口的内簧片向下适当弯折一下, 然后将插塞插入试一试, 看插入后是否能使两簧片接通, 拔出后是否断开, 如图 4-9。

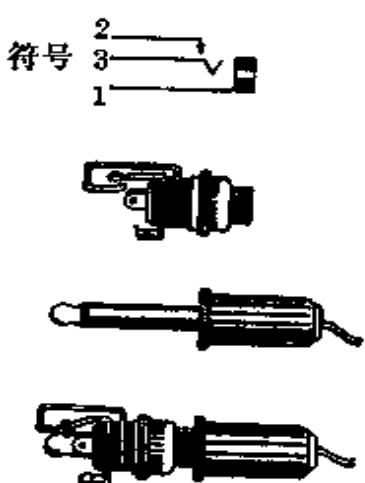


图 4-9

市售微型插口和插塞的规格主要有两种: 3.5 毫米和 2.5 毫米。这两种本机都可以用。

3. 底板 市售成品收音机的底板大都采用印刷电路板,

但对于初学的少年读者来说，最好先用自制的铆钉底板来装置晶体管收音机，这样收获比较大。做底板的材料可采用层压板、纸胶板或胶木板，厚度1.5毫米左右，太厚不容易加工，太薄又容易变形。底板的尺寸要根据电路的情况和机壳的大小来决定。铆钉采用空心铜质铆钉。铆钉的直径以1.7~2毫米比较合适。铆钉的长度视底板的厚度决定，一般以比底板厚度高出0.5~1毫米为宜。

在底板上装铆钉要钻孔。在挑选钻头时，应注意钻头的规格应与铆钉的外径相仿，使孔眼的大小能恰好让铆钉塞进而又不会掉下来。钻孔之前，在应该钻孔的地方先用小冲头或大元钉冲一个凹痕，这样钻孔时就不会偏了。装铆钉的方法见图4-10。将铆钉揿进小孔后，用冲头或大元钉冲一下，使它略微张开，但不必把口冲裂，然后用小锤轻轻把铆钉敲扁，这样打出来的铆钉既牢固又美观。

为了便于焊接，还要给铆钉两面都上锡。上锡时注意不要让锡塞住铆钉孔。为此，在上锡时可先将一根钢针插入铆钉孔，待锡凝固后拔出。

4. 电池夹 本机电源电压为3伏，用两节5号电池。电池要直接装在底板上，因而电池夹也就要制作在底板上。电池夹的制作方法见图4-11。在底板放电池的位置上钻四个孔，孔距大小与电池的尺寸相仿。用0.5毫米厚的磷铜皮剪成四

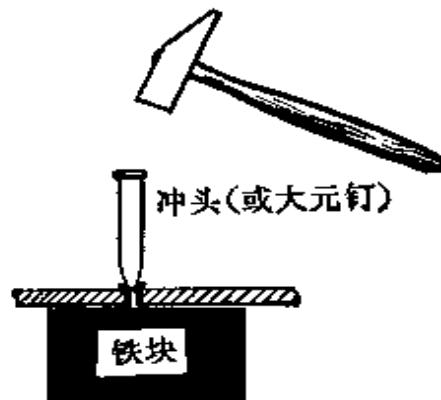


图 4-10

块长 20 毫米, 宽 7 毫米的夹片, 钻孔后弯折成形, 然后用铆钉分别铆在底板的小孔上。制成功后用电池试装一下, 看松紧是否合适。如果不合适, 可以适当调整夹片的弯度, 使电池能牢靠地夹在上面, 接触良好。

本机底板上(图 4-15)16、17、18、19 四个小孔是供装电池夹用的, 孔 16 作电池正极, 孔 19 为电池负极。电池夹应在底板上铆好所有铆钉后, 在安装元件之前做好。

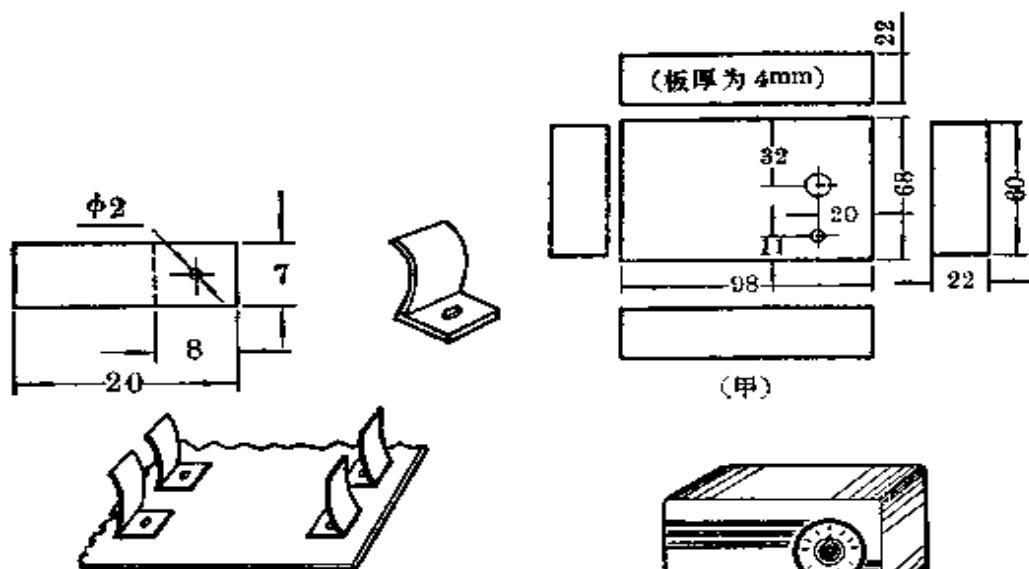
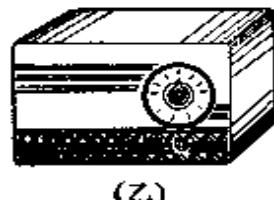


图 4-11



(乙)

图 4-12

5. 机壳 机壳可用三夹板、塑料板、有机玻璃等材料做。图 4-12 为参考尺寸和外形(材料用三夹板), 少年读者也可以自己设计制作。制作时注意, 机壳面板上供穿过单连可变电容器 C<sub>1</sub> 的轴柄孔和耳机插口孔要同底板对准。

### (三) 装置和焊接

第一步, 排列元件位置。元件排列是否适当, 与收音机收

音的效果优劣有很大关系。元件的排列首先要考虑电气上合理，其次要考虑充分利用空间，使各元件的位置排列尽可能整齐、均匀、紧凑、接线短捷。排列时，通常用一张与底板一样大的较厚实的纸板或铅画纸放在桌上，把要装配的较大的元件在纸上试摆位置。大元件安排好了以后，整个轮廓就清楚了，剩下的空余地方安排晶体管、电阻、电容等小元件（参见图4-13）。磁棒应横放在机壳上部，高频阻流圈等电感元件要距离磁棒远一点。元件排列好了，就在纸上画出固定它们位置的小孔，然后将纸样复印在底板上钻孔。

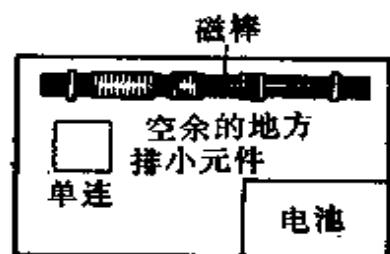


图 4-13

本机的元件排列可参见图4-14，底板钻孔的位置参见图4-15。为了方便起见，还可以对每一个小孔编上号码。1~15号小孔要铆上铆钉，16、17、18、19是装电池夹的4只小孔，20、21是装磁棒架的两只小孔，23、24、25是分别装高频阻流圈、耳机插口、单连可变电容器的孔。

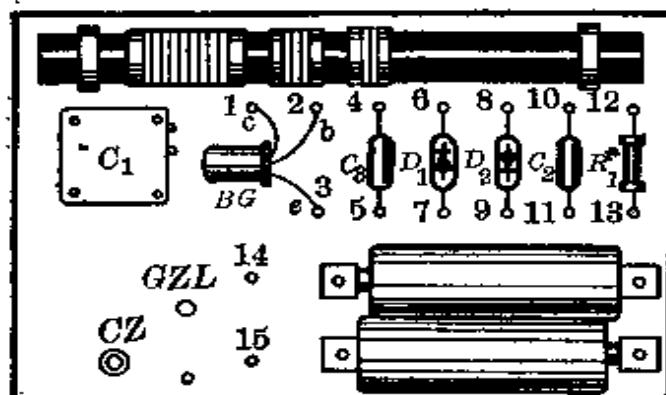


图 4-14

第二步，安装元件。安装元件之前，要逐个对元件进行质量检查。确认可以使用后，用砂纸或小刀将焊接部位刮净，并

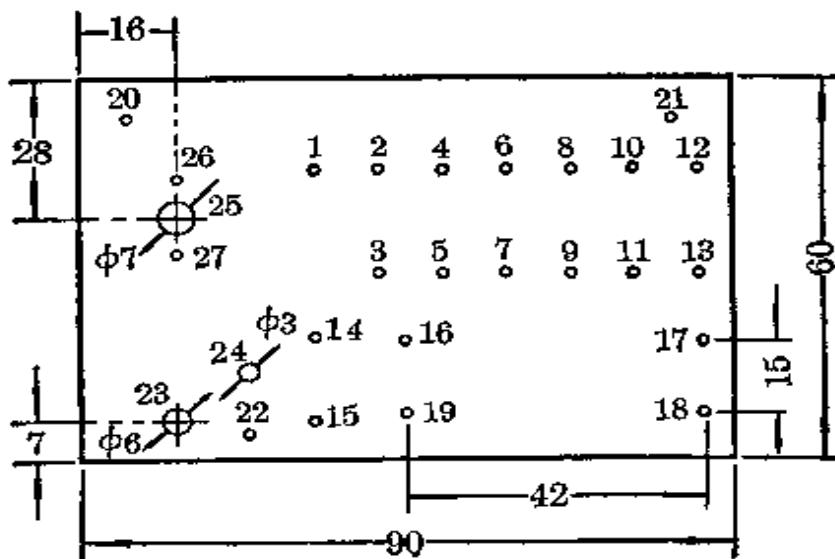


图 4-15

上好锡。然后对照图 4-14，按下列次序进行安装。

- (1) 装磁棒。在小孔 20、21 上装上磁棒支架，并把磁棒和线圈装上。
- (2) 装可变电容器  $C_1$ 。把单连的轴柄装入孔 25，并在小孔 26、27 中装上固定螺丝。
- (3) 装高频阻流圈 GZL。先在孔 24 周围和高频阻流圈磁芯上涂上胶水，再将磁芯嵌入孔内粘牢。
- (4) 装耳机插口 CZ。将耳机插口的装配螺帽旋下，对准底板上孔 23 装上，然后在底板背面用原来的螺帽旋上拧紧。
- (5) 上述大元件安装完毕后，再将其他元件（偏流电阻  $R_1$  除外）插入各有关的孔中。小元件安装方法参见图 4-16。在安装晶体三极管和二极管时，特别注意管脚不要插错。

第三步，焊接。首先将已插入铆钉孔的元件焊接在铆钉上。注意，焊锡的用量要适当，过多、过少都不好，最好是刚好能遮没焊接点，整个焊点呈一个隐约可见接点轮廓的光滑小

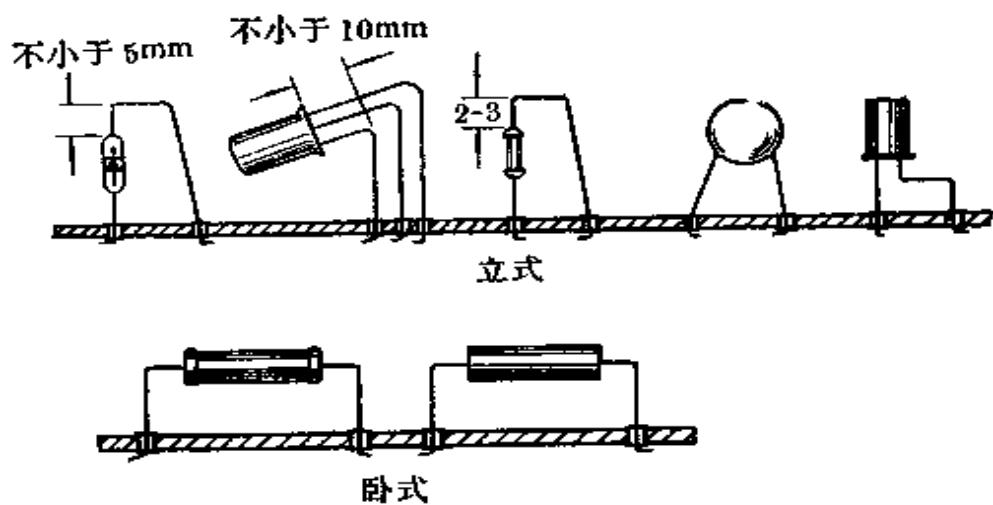


图 4-16

球面，这样既牢靠又美观。

连接元件用的导线，可用直径 0.6 毫米左右的裸铜线。

各元件的连接，可以按照图 4-1 电路图或实体图进行。下面列出一个焊接的顺序，供大家焊接时参考。

将磁性天线 L<sub>1</sub> 的线头①焊到单连可变电容器 C<sub>1</sub> 的定片焊片上。用一根导线将 C<sub>1</sub> 动片焊片与底板孔 7 连接。

将 L<sub>2</sub> 的线头④焊到底板孔 2 上；线头③焊到底板孔 12 上。

将 L<sub>3</sub> 的线头⑤焊到底板孔 11 上；线头⑥焊到底板孔 3 上。

将高频阻流圈 GZL 的内线头焊到底板孔 14 上，外线头焊到耳机插口 CZ 的焊片 1 上。

从底板反面孔 19（电池负极）焊一根导线穿过孔 22 引到耳机插口 CZ 的焊片 2 上。

耳机插口 CZ 的焊片 3 用一根导线与底板孔 15 焊接。

照图 4-17 底板反面导线连接图，将孔 5、1、14 用导线连

接；将孔 4、6、8 用导线连接；将孔 9、10、12 用导线连接；将孔 11、7、16 用导线连接；将孔 13、15 用导线连接；将孔 17、18 用导线连接。

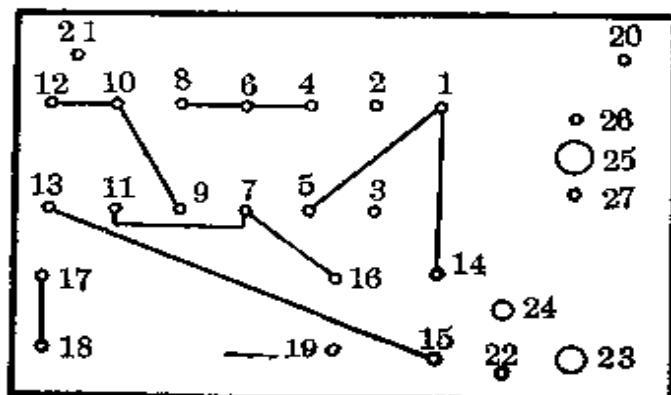


图 4-17

焊接完毕以后，再仔细检查一下各个焊点是否有松动、假焊等现象，并对照图 4-1 校对两遍。

#### (四) 调试

第一步，调整高频三极管偏流电阻  $R_i^*$ 。如图 4-18，用一只  $10k$  的固定电阻和一只  $500k$  的电位器串联，代替  $R_i^*$  接在底板孔 12 与 13 之间；在集电极电路中，即高频阻流圈与

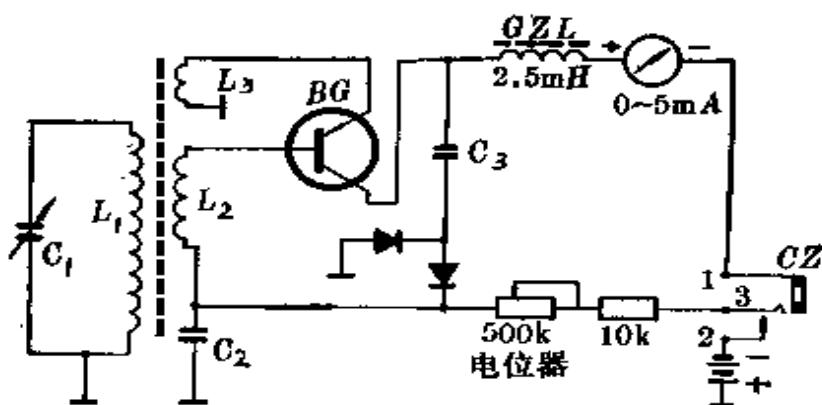


图 4-18

耳机插口焊片 1 之间串联一只 0~5 毫安直流电流表，或万用表测量直流电流的 5 毫安档（可将高频阻流圈焊到耳机插口焊片 1 的那根线焊开，把电表串入）；将再生线圈  $L_3$  从磁棒上取下。做好上面的准备工作以后，装上电池（注意电池的正、负极性不能接错），插上耳机插塞，电源自动开启。转动 500k 电位器，同时眼睛看着电表，当指针指到 1.2 毫安时，停止转动电位器。这时调节可变电容器  $C_1$ ，应能收到电台播音。转动收音机放置方向，听听声音强弱的变化。当磁性天线正对电台方向时，声音应最强。再缓缓调节 500k 电位器，找到声音最响最清楚，而噪声最小的一点停下。小心地焊下 500k 电位器和 10k 固定电阻，用万用电表测出它们的串联总阻值，找一个同样大小阻值的固定电阻焊在孔 12 与 13 之间。取下电流表，仍旧把高频阻流圈的那个头接到耳机插口焊片 1 上。

没有电流表或万用表，怎么调试偏流呢？下面介绍两种不用电表的调试方法。

第一种方法：用一只微调电阻器，串联一只固定电阻代替  $R_1^*$ ，安装焊接在底板上（例如，本机可以用一只 100k 的微调电阻器串联一只 10k 的固定电阻代替  $R_1^*$ ），调节微调电阻器，到耳机发出的声音最满意时停止。调节好以后，最好用漆将微调电阻封住，不让它因为震动而改变了阻值。

第二种方法：先粗略地估算偏流电阻的大小，然后用几个比估算阻值略大一些或者略小一些的固定电阻装上去试听，选用效果比较好的。

估算偏流电阻的大小可用下面的公式：

$$R^* = \beta \cdot \frac{E_o}{I_a}.$$

上式中,  $R^*$  为偏流电阻的大约数值 ( $k\Omega$ ) ;  $\beta$  是三极管的放大倍数;  $E_o$  是电源电压(伏),  $I_o$  是三极管集电极电流(毫安)。

例如,如果三极管放大倍数  $\beta$  为 80, 电源电压为 3 伏, 集电极电流为 1.2 毫安,那么偏流电阻的大约阻值为

$$R^* = 80 \times \frac{3}{1.2} = 200 (k\Omega)。$$

然后,用 150k, 180k, 200k, 220k, 240k 等固定电阻分别焊接到收音机上试听,一个一个比较,效果好的就作为选定的偏流电阻固定在底板上。

这个公式的计算是粗略的,往往由于管子的  $\beta$  值不准确和其他原因,计算的结果与  $R^*$  实际所需阻值相差较大,所以少年读者在应用这个方法调偏流电阻时,只能把计算结果作为参考数字。

第二步,调节再生。把线圈  $L_3$  装到磁棒上,逐渐向靠近  $L_1$ 、 $L_2$  的方向移动,这时如果感到声音加强了,说明  $L_3$  的方向放对了。继续使  $L_3$  靠近  $L_1$ 、 $L_2$ ,声音会愈来愈响,但噪声也愈来愈大。靠得太近了,再生过强,耳机里会发出强烈的啸叫声,甚至将电台的播音全部淹没。因此要适当地调节  $L_3$  在磁棒上的位置,使  $L_3$  处于恰好在声音最响而又未引起啸叫声的位置上。如果  $L_3$  装到磁棒上以后,声音反而变小了,那么是  $L_3$  装反了。这时只需将  $L_3$  取下,倒过来,重新装上去;或者将  $L_3$  的两个线头⑤和⑥交换一下,焊在底板上,就行了。

第三步,调试频率范围。调试频率范围,就是调整收音机接收电台的频率范围,使收音机能够接收到整个中波波段,即频率 535~1605 千周(KC)。在实际调试中,以本地区常能接收到的中波波段的最高和最低电台频率为标准。在上海地区,

$C_1$  电容量调到接近最大时，即定片接近全部旋入，密封单连右旋接近到顶时，应能收到 560KC 的电台。如果  $C_1$  电容量调到接近最大，仍收不到 560KC 的电台，可把线圈  $L_1$ ，缓缓向磁棒中心移动，使线圈电感增加，到收到 560KC 电台为止。有时移到磁棒中心，仍然收不到，那是由于  $L_1$  的匝数太少，电感不足，可将  $L_1$  增加几匝。如果  $C_1$  电容量调到接近最小时收不到 1500KC 的电台，那是因为  $L_1$  电感太强了，可把  $L_1$  推向磁棒端头或拆去几匝，直到能收到为止。高频端调好以后，还要反过来复试一下低频端 560KC 是否仍能收到。

频率范围调整好以后，应再调整一下再生线圈  $L_3$ ，使再生处在最佳的一点上。最后用蜡把  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  的位置固定下来。

在调试中，可能会遇到下列一些问题：

(1) 没有偏流。产生这种现象的原因多半是电源供给集电极电压的电路不通，可以逐步检查电池接触点、耳机插口、耳机、高频阻流圈、再生线圈  $L_3$  和各个焊点，看看有无接触不良、断线、假焊等情况。高频阻流圈和再生线圈  $L_3$  的线头上漆没有刮干净，表面上焊住了，实际上线路不通，是初学者常常产生的毛病。

(2) 偏流很小，调节不起作用。大多是因为电源供给基极电压的电路不通，可检查耳机插口、电位器和线圈  $L_2$ 。当基极电压未加上时，集电极电路中流过的小电流是管子的穿透电流  $I_{ceo}$ 。有时三极管管脚接错了，或者电池没有电了，也可能产生这种现象。

(3) 偏流很大，调节不起作用。本机偏流不宜超过 3 毫安 (mA)。如果测出偏流大大超过 3 毫安，调节又不起作用，那么机内一定有严重漏电、短路或者是管子已被击穿的情况，可

着重检查集电极与发射极、基极与集电极偏流电路两端有没有碰线短路现象。找出以后，及时排除故障。如果管子已被烧坏，要换一只新的。有的处理品管子穿透电流很大，偏流也调不小，这种管子甚至不用偏流电阻就能工作，但很不稳定，一般不宜使用。

(4) 声音很小，选择性不好，加上再生后声音更低。这是  $L_2$  的二根头接反了，将它们对调一下。

(5) 装入机壳后再生变了。这是因为装入机壳时，有些接线或元件的位置有变动，可再调节一下。

(6) 选择性不良。因为加强再生可以提高一些选择性，所以如果再生还未加足，可先增加一些再生试试；如果再生已达到最佳程度，可以把  $L_1$  与  $L_2$  耦合的距离适当放大些。

调试是一项重要而比较困难的工作。初学的少年读者由于缺乏经验，在调试中遇到困难时，往往急躁起来，没有头绪地乱拨乱动。这样不但不能有效地排除故障，反而容易损坏元件。因此，在调试遇到困难时，我们一定要保持热烈而镇定的情绪，紧张而有序的工作，透过现象，抓住本质，细心和耐心地查清并分析故障的原因，进行排除。这样才能取得成功。

### (五) 本机工作原理

同前几次一样，收音机装响之后，我们还应该了解一下它的工作原理。

刚一接触来复式收音机，少年读者一定会很自然地问道：什么叫做“来复”？它有什么优点？

在第三章，我们已经介绍过有一级低放的收音机的工作过程。这个过程可以用一个简单的图式来表示，即图 4-19

(甲)。如果在检波之前，先用一只高频管把调谐回路选择出的高频信号放大，然后再送去检波和低放，即如图 4-19 (乙) 那样，就可以大大提高收音机的灵敏度。不过，采用这种办法效果虽好，但要增加一只高频管，整个收音机要用两只三极管。能不能只用一只高频管去完成两只管子的工作呢？行。只要如图 4-19 (丙) 那样，先将调谐回路选择出的电台信号送给高频管进行高频放大，然后送去检波，检波后的音频电流再送回高频管进行一次低频放大，最后送给耳机发声就成了。这种往返放大的方法就叫做“来复放大”，组成“来复放大”的电路叫做“来复式电路”。来复式电路一管两用，既提高了效率，又节省了管子，这就是它的优点。

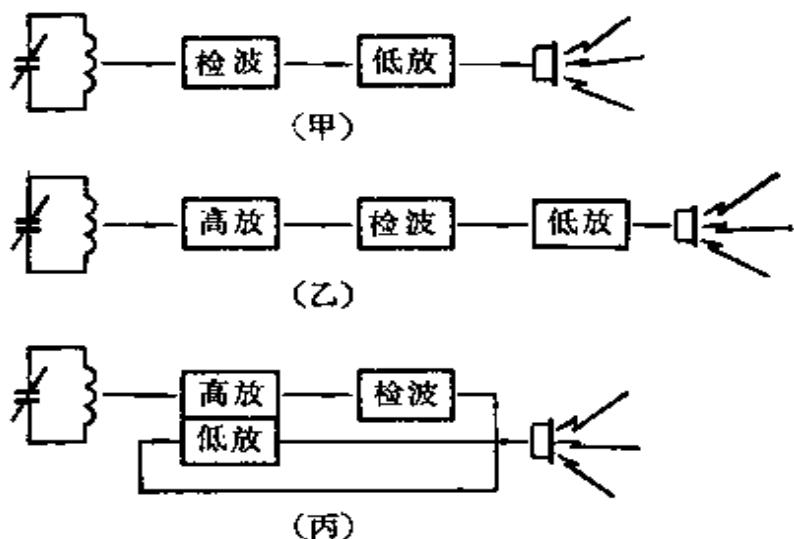


图 4-19

图 4-20 是本机的来复式电路，它的工作原理如下：

调谐回路选择出的电台信号由  $L_1$  感应给  $L_2$ ， $L_2$  上感应出的高频信号经高频旁路电容器  $C_2$  加到高频三极管 BG 的发射极 e 和基极 b 之间，由 BG 放大后，从集电极 c 输出。集电极电路分成电容器  $C_3$  方向和高频阻流圈 GZL 方向两个支路。

高频阻流圈对高频电流阻碍作用很大，对音频电流阻碍作用很小；相反，电容器  $C_3$  对音频电流阻碍作用很大，对高频电流的阻碍作用较小。于是，从集电极 c 输出的高频电流流到 A 点

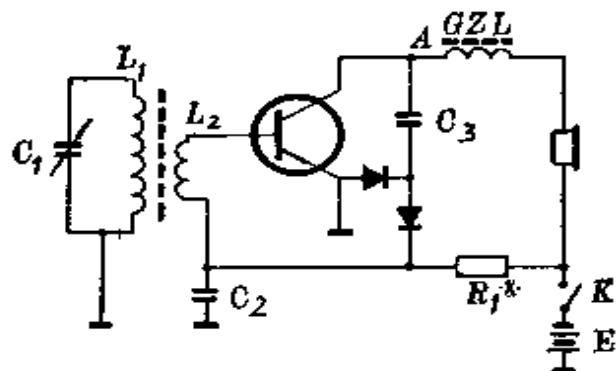


图 4-20

时，受到高频阻流圈的阻碍，便经过  $C_3$  被二极管检波，检波后的音频电流通过  $L_2$  加到 BG 基极 b，由 BG 进行低频放大。放大后的音频电流从集电极 c 输出，流经 A 点时，由于高频阻流圈对音频电流的阻碍作用极小（几乎等于短路），所以音频电流能顺利通过高频阻流圈，流入耳机。

那么，什么叫“再生”呢？

“再生”就是把放大后的输出信号，取出一部分送回输入电路中去，加强输入信号。实践证明，再生能够提高收音机的灵敏度和选择性。

本机的再生电路十分简单，只是在发射极 e 和地之间串接一只再生线圈  $L_3$ ，见图 4-21。 $L_3$  的匝数很少，只有 1—2 匝。当输出的高频电流流经  $L_3$  时， $L_3$  将一部分能量通过互感作用，回授给输入电路。这种再生电路的特点是回授量强，并且效果均匀。

装置再生要特别注意两点：

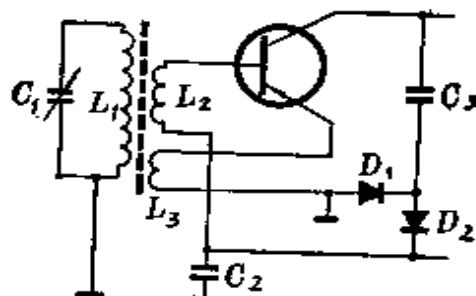


图 4-21

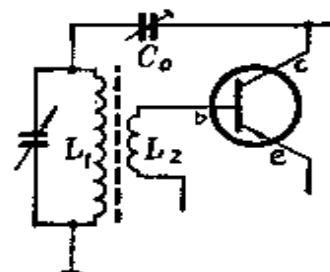
(1) 再生线圈的方向不能搞错。再生回授的输出信号应加强输入信号,这叫做正反馈。如果线圈的方向反了,回授的输出信号不仅不能加强输入信号,反而会减弱输入信号,降低收音机的灵敏度。这在电子技术中叫做负反馈。

(2) 要控制好再生量的大小。再生量适当可以提高灵敏度和选择性,但再生量太强,会在电路中引起振荡,使耳机发出强烈的嘶叫声。应将再生量调节在刚要产生振荡而又未发生振荡的程度。这时,收音机的增益最高,而又不产生啸叫。

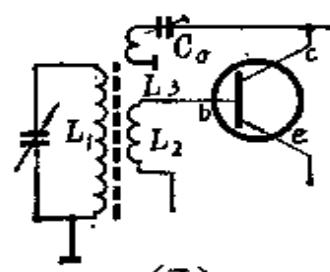
调试再生的方法已在调试部分谈过,这里不再重复。

比较常见的再生电路还有图 4-22 所示的几种。这几种再生电路都是从集电极 c 分出一个支路,将输出信号的一部分回授到输入端。图(甲)是从集电极 c 引出一根导线,通过微调电容  $C_0$  接到调谐回路的上端或  $L_1$  的抽头上。调节微调电容  $C_0$ ,可控制再生量的大小。图(乙)是从集电极 c 引出一根导线,串上微调电容  $C_0$  和再生线圈  $L_3$  到地。调节  $C_0$  或  $L_3$  在磁棒上的位置,可控制再生的大小。 $C_0$  叫再生电容,一般用 4/20p (即

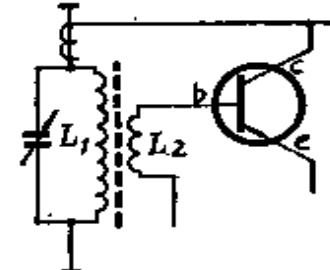
电容量可在 4p~20p 之间调节) 的微调电容。图(丙)是从集电极 c 上引出一根绝缘导线,在单连可变电容器  $C_1$  的定片上绕几圈(注意不要使绝缘导线的铜芯与定片相碰),改变它的



(甲)



(乙)



(丙)

图 4-22

圈数就可以控制再生量的大小。

为了提高检波的效率，本机采用了倍压检波。那么，什么是倍压检波呢？我们已经知道，二极管检波是利用了二极管的单向导电作用，把高频调幅信号的负半周截去，使它变成单向脉动电流。可是，正因为截去了负半周，使一部分能量白白地损失掉了。倍压检波电路多用了一只二极管，把被截去的负半周也利用起来，从而提高了检波的效率。

倍压检波的工作原理是（参见图4-23）：放大后的高频信号从三极管集电极c和发射极e两端取出。当信号在负半周时（即e为正、c为负时），电流从e流出。此时  $D_2$  两端加上的是反向电压，因而  $D_2$  不导通； $D_1$  两端加上的是正向电压，所以  $D_1$  导通。电流按虚线方向通过  $D_1$  给  $C_3$  充电， $C_3$  上的充电电压为上负下正。当信号在正半周时（即c正、e负时），信号电压与  $C_3$  上充电电压方向相同，迭加起来，按实线方向通过  $D_2$  和检波负载电阻R到发射极e。在检波负载R上取得的电压几乎就增加了一倍。

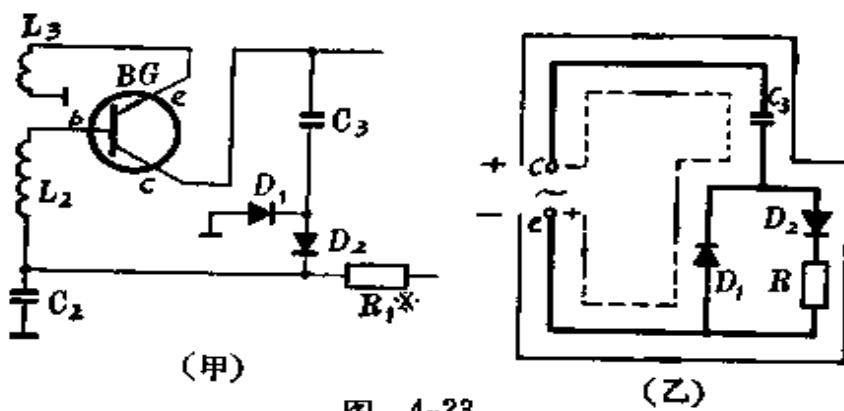


图 4-23

倍压检波还兼有自动控制音量的作用，可以加强收音机的稳定性。

在焊接时，二极管的方向不可接反，否则起不了自动控制音量和倍压的作用。

下面再把全机的工作过程简要地叙述一下：

请参看图 4-1，从调谐回路  $L_1$ 、 $C_1$  选择出的电台高频信号，经过  $L_2$  感应，送给 BG 高放。放大后的高频信号一小部分由再生线圈  $L_3$  回授到输入电路，加强输入信号；大部分经过  $C_2$  送给  $D_1$ 、 $D_2$  倍压检波。检波后的音频电流经过  $L_2$  加到基极 b，由 BG 进行低放。放大后的音频电流通过 GZL 流入耳机，推动耳机振动膜振动而发出声音。

$C_2$  是旁路电容，提供高频信号通路，让  $L_2$  感应出的高频信号顺利地通过它加到三极管发射极 e，避免走其他途经造成能量损失太大。同时， $C_2$  又是检波负载电容， $C_2$  的容量为  $4700p\sim0.01\mu F$ 。高频阻流圈 GZL 对高频电流起阻流作用，不让高频电流通过它到达耳机，而只让过来复放大的音频电流通过它到耳机，它的电感量一般在  $2\sim5$  毫亨 (mH) 之间。 $C_3$  是高频耦合电容，使高频信号可以顺利地加到检波器上去。它对低频信号阻抗很大，低频信号不容易通过它，这样过来复放大的音频信号就不会加到检波器上去。 $C_3$  的容量一般在  $100\sim1000p$  之间。

### (六) 检修

(1) 全无声 (连噪声也没有)。这是电路不通。发现后，首先应检查电池接触是否良好？耳机是否良好？如果没有问题，就需要仔细地检查全部电路，看是否有断线、假焊、错接等情况。特别要注意高频阻流圈和磁棒上的线圈，这是最容易出现断线的地方。排除故障以后，再调整一下三极管的偏流。

(2) 有噪声，但听不到电台广播或者广播声很微弱。这说

明三极管的电路是通的。为了便于检查，可以加接一根临时天线。方法是在可变电容器  $C_1$  定片上接一只 100p 左右的电容，再在电容上接一根导线，导线的另一头接到电烙铁外壳，用止动螺丝紧固牢，电烙铁应接通电源，如图 4-24。也可以把此线头缠到电灯线上。接上天线后，如果收到了电台广播，那么可能是下面几种原因：偏流电阻未调好；三极管的集电极 c 与发射极 e 搞错；二极管方向接反；三极管放大倍数  $\beta$  太小等。接上天线后，如果仍然收听不到广播，那么可能是调谐回路和三极管输入回路有故障，可仔细地检查  $C_1$  有无磁片； $L_1$  有无断线，两端是否短路； $L_2$  两端是否短路； $C_2$  是否断

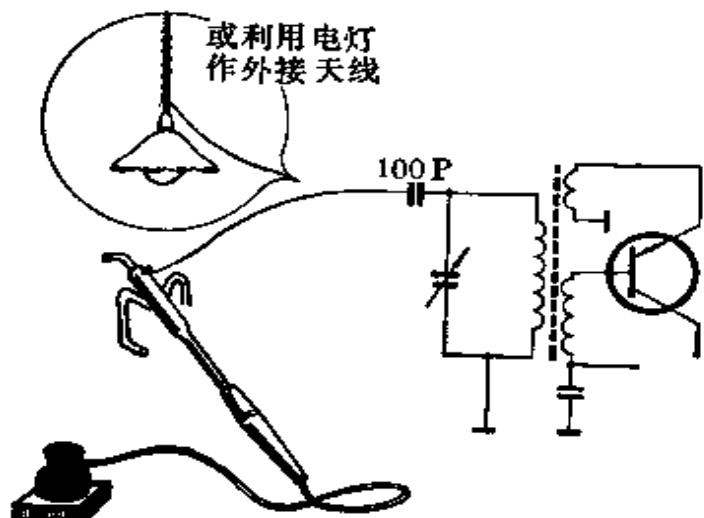


图 4-24

开；各个焊接点是否有问题等。

(3) 时响时不响。这是机内存在着假焊和接触不良的情况，或者电路中有相碰之处。可用夹子或螺丝刀拨动每个元件和引线，当拨到某个元件时，耳机发出了“咯咯”声，就说明这个元件焊接不良，重新把它焊好。

(4) 嘴叫。一般嘴再生太强所致。如果再生拆出以后，仍有嘴叫声，则可能是管子不良引起，应换一只好的管子再试。

## 第五章 晶体管二管收音机

单管收音机只能用耳机供一个人收听，这是它的不足之处。在这一章里我们向大家介绍晶体管二管收音机的装置方法及其工作原理。二管机能用喇叭(又名扬声器)放音，可供几个人同时收听。如果再加上良好的天、地线，还可以收听较远地区的强力电台。

二管机是在单管机的基础上，加一级低频功率放大电路制成的。新加的一级低频功率放大电路把原来只能推动耳机的音频电流进一步放大，达到能推动喇叭发音的程度。

图 5-1 是本机电路图和实体图。

从电路图中可以看出，左边部分实际上就是一架来复再生倍压检波的单管机，只不过耳机用一只  $R_2(2k)$  的电阻代替罢了。右边的部分是一级低频功率放大电路。这两部分之间，有一只电解电容  $C_5$ ，它的作用是把前级的输出信号输送给后一级继续放大。这种作用称为耦合。

### (一) 所用元件

磁棒  $M_4$  型直径 10 毫米长 120 毫米圆磁棒 1 根

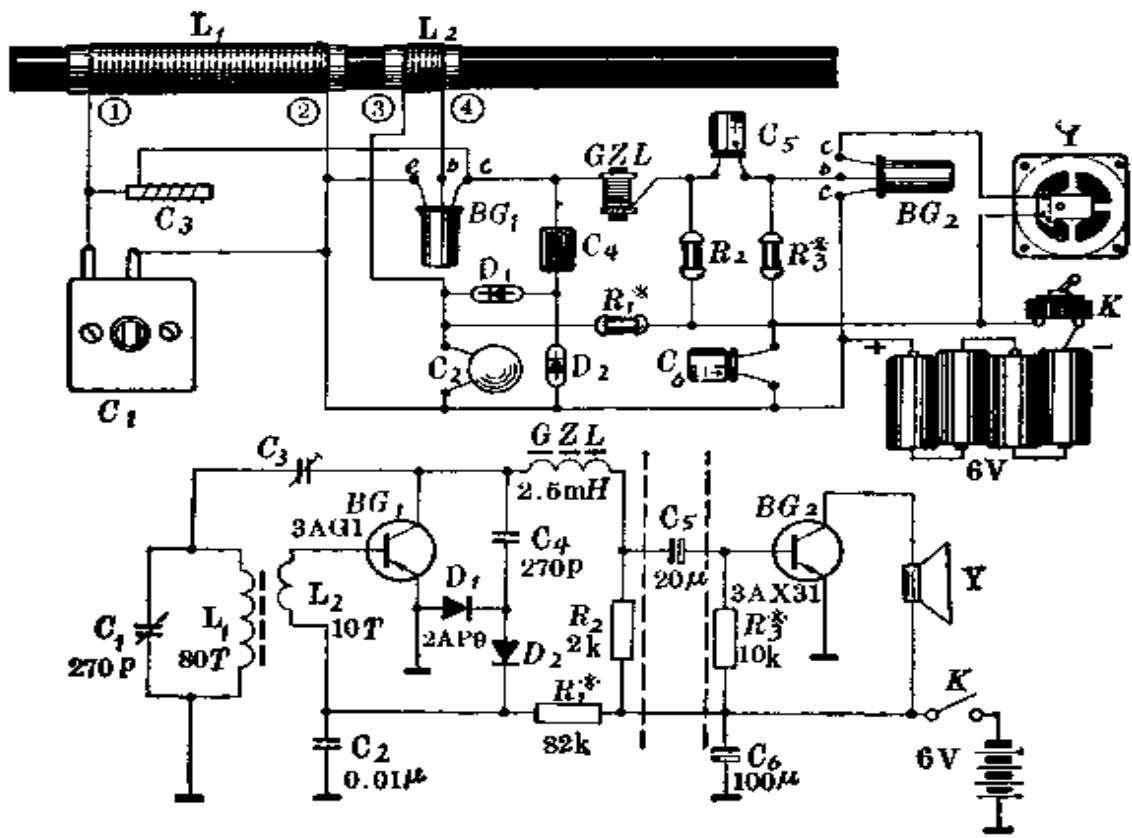
$L_1$  80 匝  $L_1, L_2$  都用  $\phi 0.07 \times 7$  纱包线绕制 1 只

$L_2$  10 匝 (若  $C_1$  采用 360p 可变电容器，则 1 只

$L_1$  改为 55 匝,  $L_2$  改为 6 匝)

$C_1$  270p 单连可变电容器 1 只

$C_2$   $0.01\mu$  瓷介电容 1 只



第一级来复再生

第二级低频功率放大

图 5-1

$C_3$	自制拉线微调电容	1 只
$C_4$	270p 瓷介电容	1 只
$C_5$	20 $\mu$ 电解电容	1 只
$C_6$	100 $\mu$ 电解电容	1 只
$R_1^*$	第一级偏流电阻	1 只
$R_2$	集电极负载电阻(2k)	1 只
$R_3^*$	第二级偏流电阻	1 只
GZL	2.5mH 高频阻流圈	1 只
$D_1, D_2$	2AP9 晶体二极管	2 只
BG <sub>1</sub>	3AG1 高频晶体三极管	1 只

BG <sub>2</sub>	3AX31 低频晶体三极管	1 只
Y	直径 65 毫米(2½英寸)舌簧喇叭	1 只
K	电源开关	1 只
	旋钮和频率刻度盘	1 副
	干电池 5 号	4 节
	电池夹 装 4 节 5 号干电池	1 个
	铆钉 2×2 毫米铜质空心铆钉若干	
	接线若干	

## (二) 部分元件介绍和制作

1. 微调电容 又称半可变电容。它的实物外形及符号见图 5-2。微调电容器的电容量的调节范围比可变电容器小得多，只有几到几十微微法。对于瓷介微调电容，只要调节它的旋转螺丝，就可以改变它的电容量。对于拉线微调电容，将它的拉线拆去几圈，就可以减少它的电容量。调节好以后，再将拆开的一段线剪去。

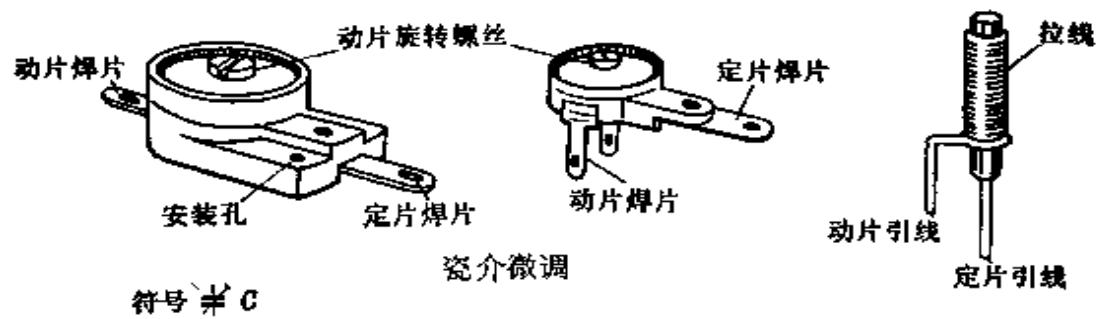


图 5-2

拉线微调

拉线微调电容可以自制。方法是：取一段长约 20 毫米的有绝缘包皮的单股导线或直径 1 毫米的漆包线，将其一端的绝缘包皮或漆层刮去约 3 毫米长一段(焊接用)，另一端用直径 0.3 毫米左右的漆包线平绕 6 匝左右，要绕得紧一些，留出

20 毫米长一端作接头。制成的拉线微调电容见图 5-3。外面密绕的漆包线是动片，里面的单股导线或漆包线是定片。

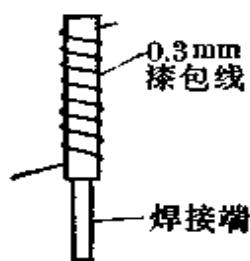


图 5-3

2. 喇叭 作用和耳机同，能把音频电流转变成声音。收音机常用的喇叭有舌簧式和动圈式两种。动圈式又分为永磁式和恒磁式。它们的实物外形和符号见图 5-4。舌簧式喇叭灵敏度较高，但音质较差；动圈式喇叭灵敏度稍低，但音质较好。

舌簧式喇叭阻抗较高，可以直接串接在集电极电路中；而动圈式喇叭阻抗较低，不能直接串接在集电极电路中，需要用输出变压器匹配。

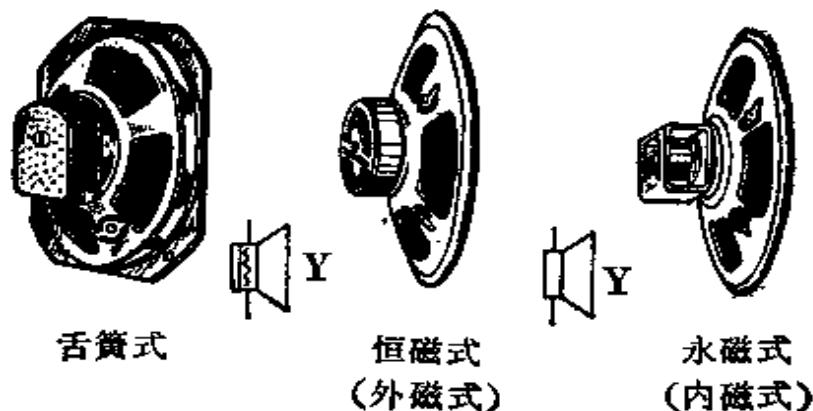


图 5-4

晶体管收音机用的舌簧式喇叭一般以选用直流电阻 80 欧姆、阻抗 600 欧姆的较好。动圈式喇叭音圈阻抗有 3.5 欧姆、4 欧姆、8 欧姆、16 欧姆、25 欧姆等数种，可根据需要选用。喇叭的口径有 55 毫米（2 英寸）、65 毫米（ $2\frac{1}{2}$  英寸）、80 毫米（3 英寸）、100 毫米（4 英寸）、165 毫米（ $6\frac{1}{2}$  英寸）等数种。还有一种口径呈椭圆形的喇叭，它的规格有 65 毫米 × 100 毫米。

米 ( $2\frac{1}{2} \times 4$  英寸)、100 毫米  $\times$  160 毫米 ( $4 \times 6$  英寸)、120 毫米  $\times$  190 毫米 ( $5 \times 7$  英寸) 等几种。口径大的喇叭声音丰满，音质比口径小的喇叭好。只要体积许可，应尽可能选用口径大的喇叭。喇叭的额定功率有 50 毫瓦、100 毫瓦、250 毫瓦、500 毫瓦、1 瓦等几种。一般口径大的喇叭额定功率也大。

3. 电源开关 电源开关的作用是接通或断开电源。电源接通，收音机开始工作；电源断开，收音机停止工作。常用电源开关的实物外形和开关的符号见图 5-5。



图 5-5

4. 电池夹 本机电源电压为 6 伏，用 4 节 5 号干电池。装 4 节 5 号电池的电池夹市场上有成品出售，也可以自制。制作方法见图 5-6。用 1.5 毫米厚的塑料板或有机玻璃板，按图 5-6(甲)尺寸锯下同样的三块；按图 5-6(乙)锯下两块，一块加工成图 5-6(丙)样子，另一块加工成图 5-6(丁)样子。再取约 0.5 毫米厚的磷铜皮，按图 5-6(戊)剪下三条，分别装到(丙)、(丁)两块上使成图 5-6(己)的样子。最后用胶合剂(塑料板用万能胶，有机玻璃用氯仿或香蕉水)胶成图 5-6(庚)形状。胶牢以后，按图 5-6(庚)所示的位置旋上两个直径为 3 毫米，长约 5 毫米的螺钉。各个接点分别标上“+”、“-”符号。各磷铜片的弯度都要调整好，使每节电池装入后都能接触良好。

收音机使用 5 号电池有小巧、重量轻的优点，便于外出携带。但是 5 号电池使用时间不长，经济上不大合算。如果是放在家里收听，可以装置外接电源。外接电源的装置方法可参考本书第十二章。

5. 底板 通过单管机的制作，少年读者对在底板上打

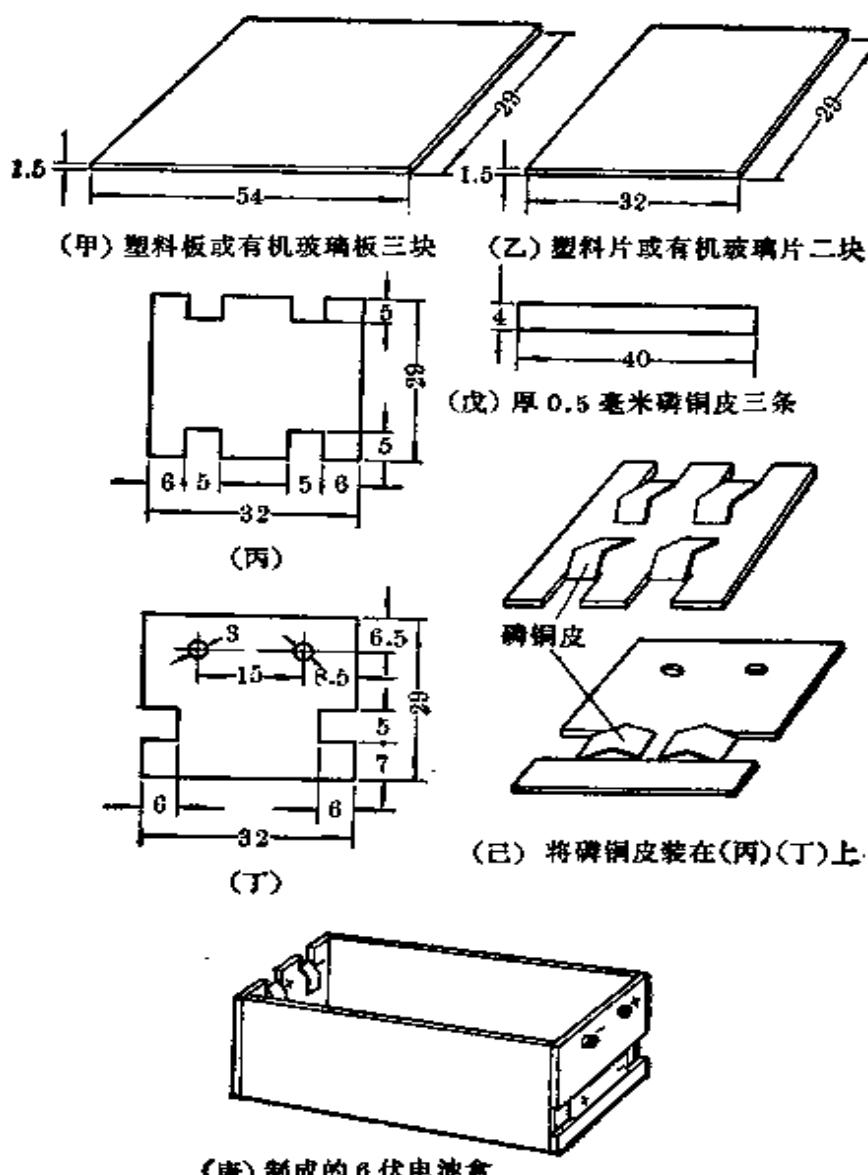


图 5-6

铆钉制作的方法已经比较熟悉了，本机的底板可以自行设计，也可以按照图5-7的图样制作。图5-7以及后面的图5-10的尺寸与实际尺寸一样，各焊接孔的地位是按照小型元件的大小确定的。如果少年读者采用的元件也是小型的，可以把

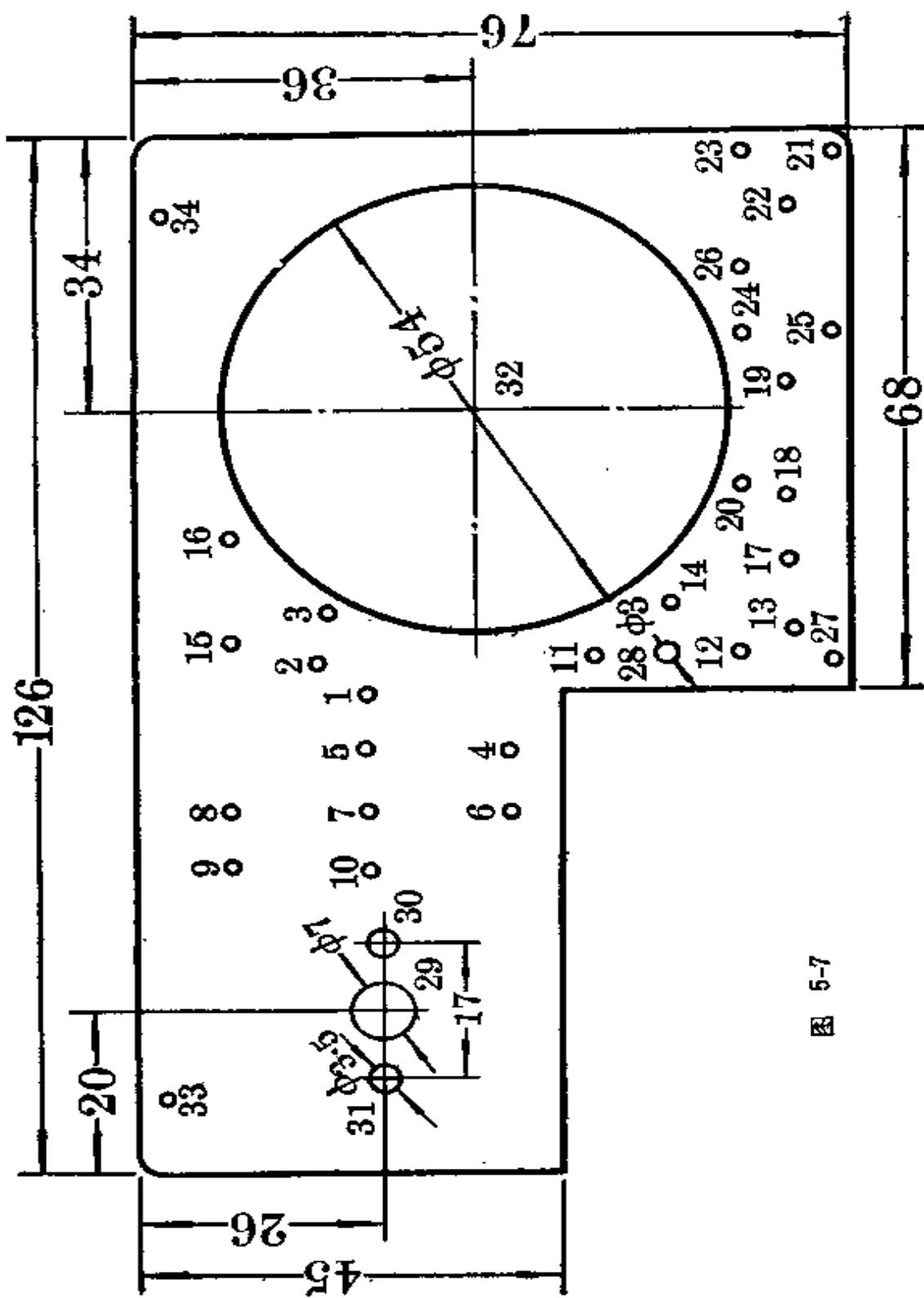


图 5-7

图 5-7 直接复印在底板上落料钻孔。图中 1-27 号小孔铆上铆钉，待焊接时作焊接点。孔 28 安装高频阻流圈。孔 29 是密封单连 C<sub>1</sub> 转轴的穿孔。30、31 为固定密封单连的两只螺丝穿孔。33、34 是固定磁棒架的螺丝穿孔。32 是直径 54 毫米的圆洞，安装舌簧喇叭。

6. 机壳 自制机壳的尺寸要根据底板的大小确定。少年读者可以根据底板的尺寸和自己喜爱的样式设计。如果采用图 5-7 的底板，也可照图 5-8 的样式和尺寸制作，材料可用 4 毫米厚三夹板。电源开关装在机壳侧面。机壳做好后，为了美观起见，可将整个机壳涂上油漆或者贴上一层装饰板，面板最好能用喇叭布或金属网进行修饰。

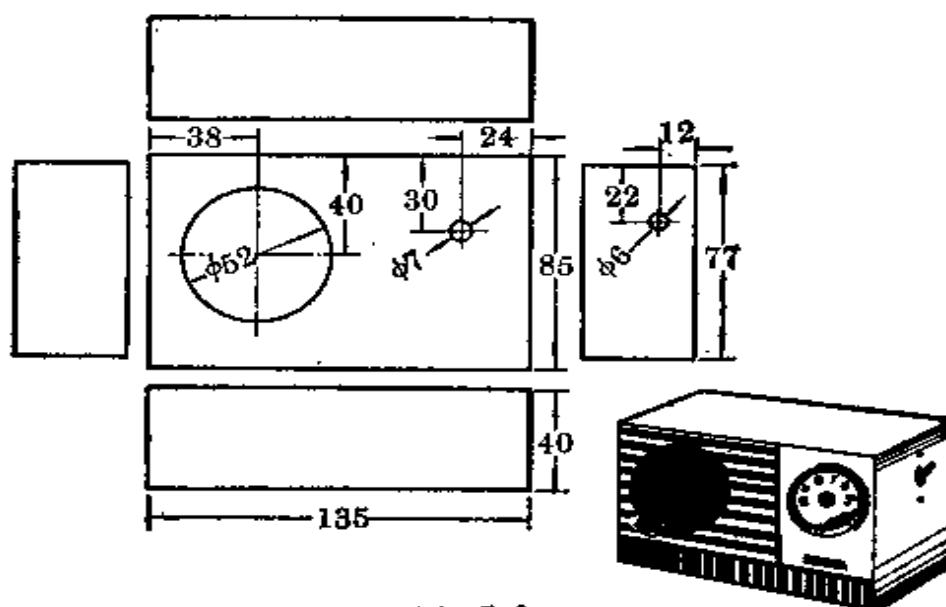
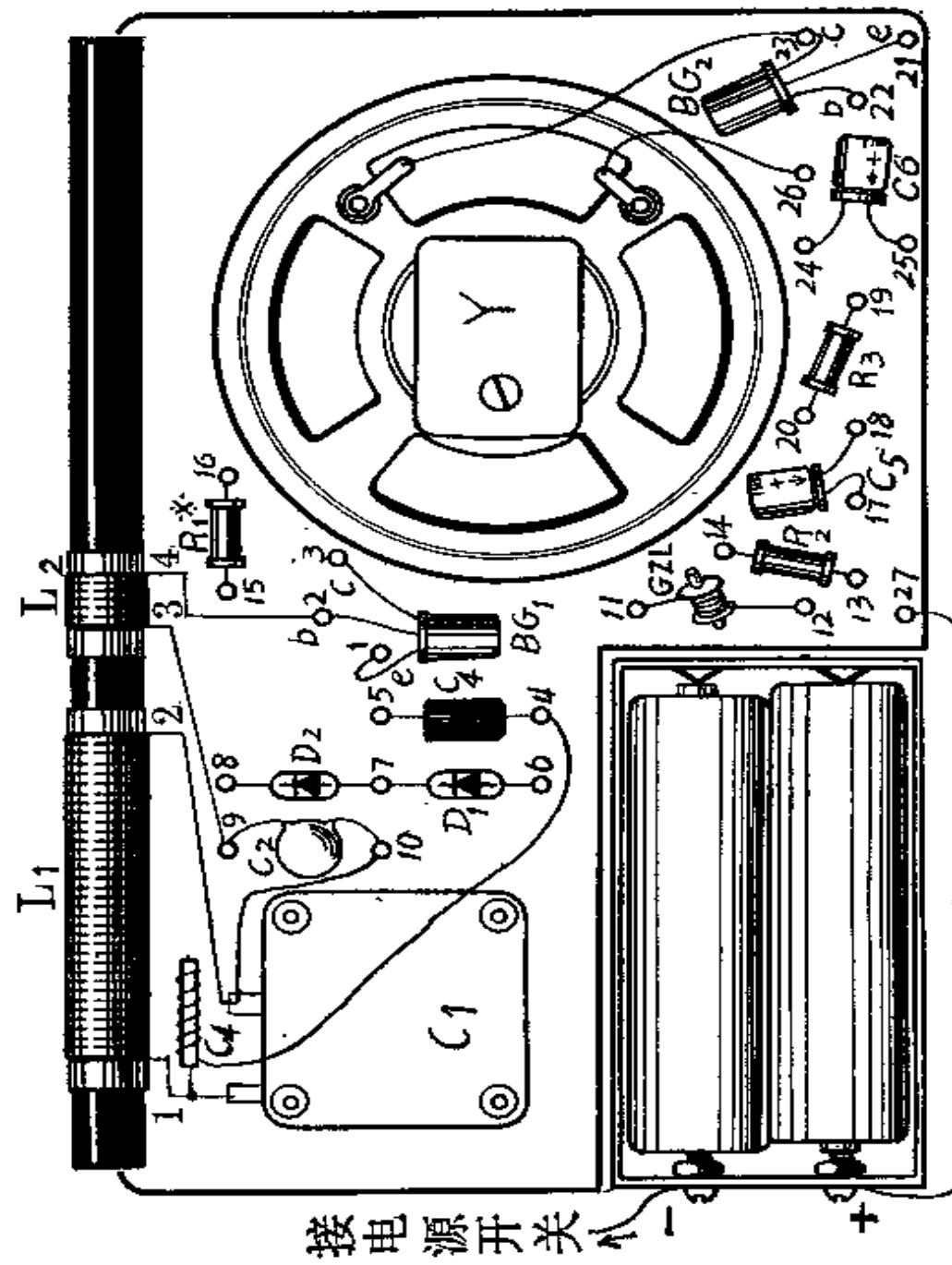


图 5-8

### (三) 装置和焊接

装置之前照例把所用元件逐个检查一遍，确认完好无损后，才可以安装。

图 5-9



对照图 5-9，先将磁棒、可变电容器、高频阻流圈等大元件固定在底板上（电源开关装在机壳上）。然后把其他元件要焊接的部分刮净，上好锡，插入各自的铆钉孔内（注意：晶体二极管、三极管应等到其他元件、接线都焊接完毕后再插入铆钉孔内焊接好）。

焊接时可首先将装入铆钉孔内的元件焊在铆钉上，然后开始接线。接线的步骤，可以根据图 5-1 的电路图，自己试着连接，也可以参照下面步骤进行：

将磁性天线 L<sub>1</sub> 的线头①焊接在可变电容器 C<sub>1</sub> 的定片焊片上；线头②焊在 C<sub>1</sub> 的动片焊片上；将 C<sub>1</sub> 动片和孔 10 用导线连接。

将磁性天线 L<sub>2</sub> 的线头③焊在孔 9 上，线头④焊在孔 2 上。

将拉线微调电容 C<sub>3</sub>（这里也叫再生电容）的一端焊接在 C<sub>1</sub> 的定片焊片上，另一端焊在孔 4 上。

将高频阻流圈 GZL 的一端焊在孔 11 上，另一端焊在孔 12 上。

照图 5-10 底板反面接线图，将孔 16、14、20、24、26 用导线连接；将孔 1、6、10、27、25、21 用导线连接；将孔 15、8、9 用导线连接；孔 5、7 用导线连接，孔 3、4、11 用导线连接；孔 12、13、17 用导线连接；孔 18、19、22 用导线连接。

用一根导线将电池正极接到孔 27 上，再用一根导线将电池负极接到开关的一只脚上，开关的另一只脚用导线接到孔 16 上。

用两根胶质导线将喇叭的两只焊片分别连接到孔 26、23 上。

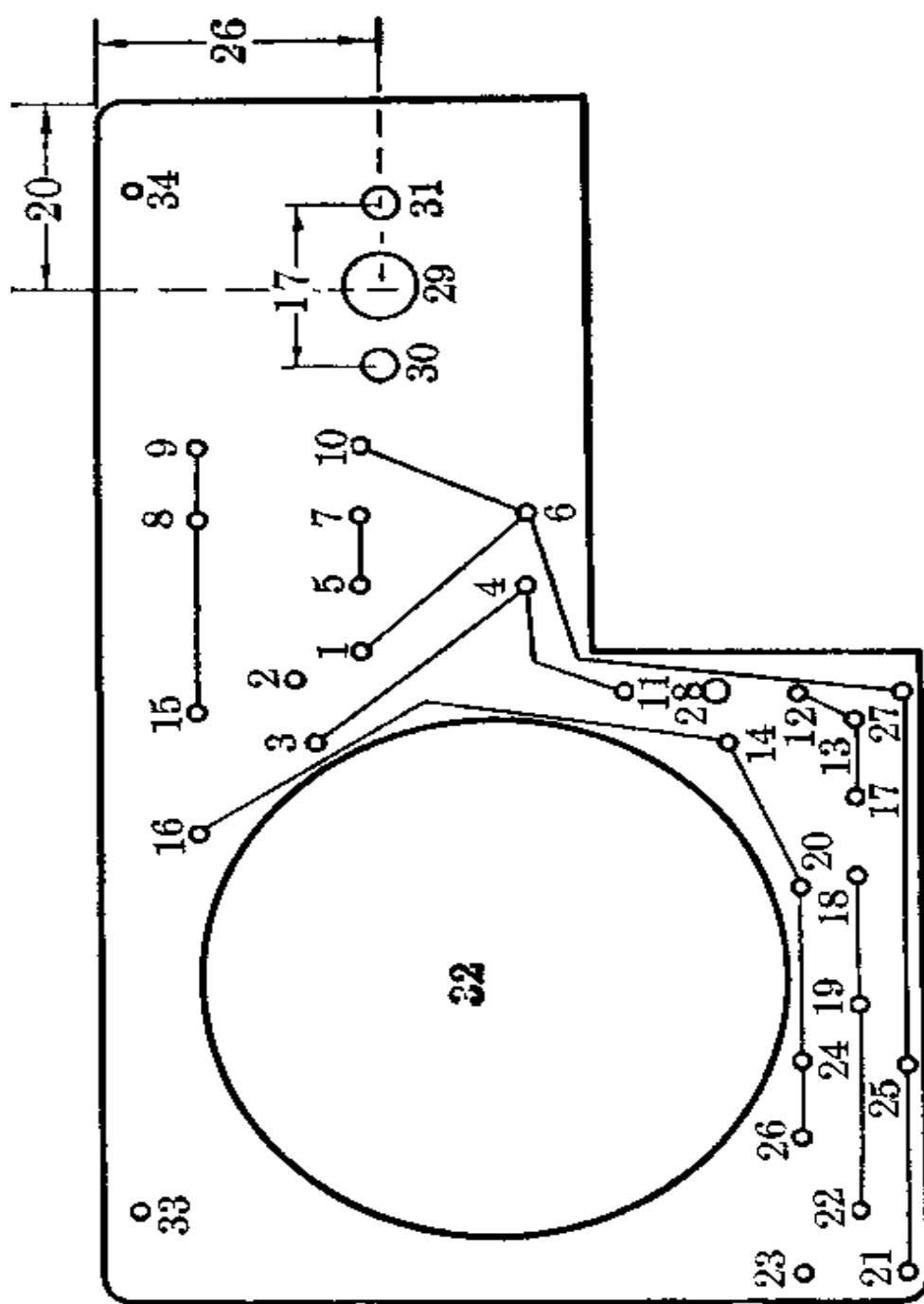
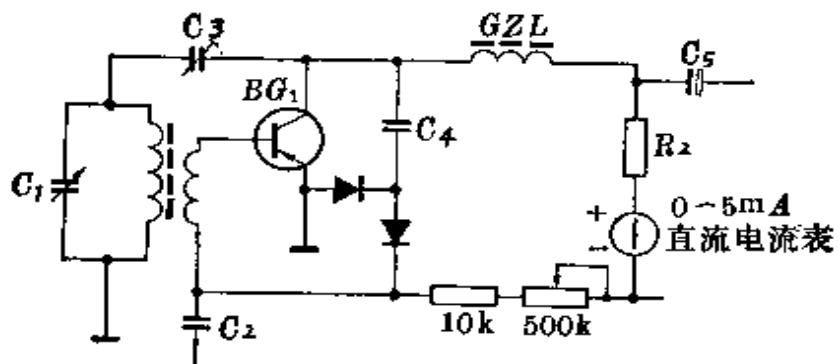


图 5-10

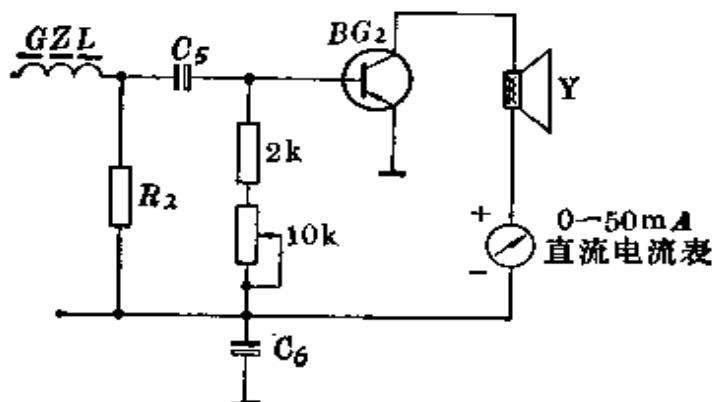
焊接完毕以后，照例仔细检查一下各个焊点有无松动、假焊等不正常现象，并对照图 5-1 校对两遍线路，看看接线有无错误。

#### (四) 调试

(1) 调整  $BG_1$ 、 $BG_2$  的偏流电阻。调整三极管偏流电阻的方法可照前一章进行，这里不再详细叙述。本机与单管机的区别



(甲) 调整高频三极管  $BG_1$  的偏流电阻



(乙) 调整低频三极管  $BG_2$  的偏流电阻

图 5-11

别，在于多用了一只三极管，因此要调两只三极管的偏流电阻。可先调好  $BG_1$ ，然后调整  $BG_2$ 。调整高频三极管  $BG_1$  的偏流电阻时，将万用电表（用直流 0~5mA 档）如图 5-11(甲)

串联在集电极电路中，即把  $R_2$  焊在底板上孔 14 的一端焊开，将表头负极与孔 14 相接，表头正极与  $R_2$  焊开的一端相接。10k 电阻和 500k 电位器串联接在孔 15、16 之间。 $BG_1$  的静态偏流（即在没有接收电台广播时三极管的偏流）应调节在 0.8~1.2 mA 之间。调整  $BG_2$  的偏流电阻请参看图 5-11（乙），电表的量程要大一些，用 0~50mA 的直流电流档。电位器要小一些，用 10k 或 5k 的电位器。固定电阻阻值也要小一些，用 2k。调整时，将喇叭接到孔 26 上的那根导线焊开，把电表串接在喇叭与孔 26 之间，电表正极接喇叭的已焊开的那只焊片，负极接孔 26。10k 电位器与 2k 电阻串联，接在孔 19、20 之间。 $BG_2$  的静态偏流可调节在 10~18mA 之间。

如果没有万用电表，也可用耳机调整。先将第一级调响，然后调响第二级。调整第一级时，将耳机串接一只 5~10 $\mu F$  的电解电容；然后并接在  $R_2$  两端，并将  $C_5$  断开（如图 5-12）。不用电表调偏流的方法，前一章已介绍过，这里不重述。第一

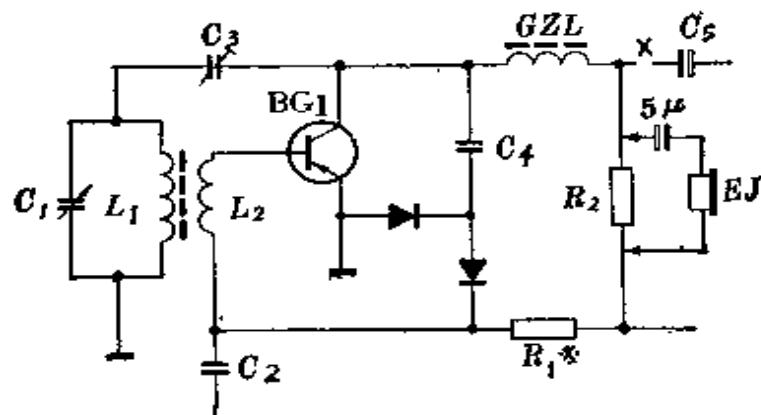


图 5-12

级调好，收到电台广播以后，将  $C_1$  的位置保持不动，将  $C_5$  接好，然后调节第二级。调节第二级可直接听喇叭的声音，调到

声音最大最清楚时为止。第二级调好后，还应再回头调一下第一级的偏流电阻  $R_1^*$ 。这次调  $R_1^*$  时不要再用耳机，直接听喇叭里的声音。 $R_1^*$  调好后再略为调一下第二级的偏流电阻  $R_3^*$ 。用这种方法调偏流最好加接一个临时天线（参见图 4-24）。

(2) 调整再生和频率范围。三极管的偏流调好后，把再生电容  $C_3$  接好（因为有时为了调节的方便，可把再生电容  $C_3$  在调节偏流时断开），旋转可变电容器  $C_1$ ，试听电台的播音。如果发生啸叫声，是再生太强了，将拉线微调再生电容  $C_3$  拆除几圈，到声音最响而又未引起啸叫时为止。如果声音微弱，说明再生太小了，可把  $C_3$  外面绕的漆包线接长再加绕几圈。在整个频率范围内，调节再生应该以再生最强的一个电台为标准，再生调整在将叫未叫的一点为最佳。

调整频率范围的方法在单管机一章中已详述过，可照前述方法进行。

### (五) 本机工作原理

先介绍一下级间耦合。经过前面的实践，大概已经体会到，要使收音机的声音足够大，靠一只晶体三级管组成的单级放大器是不行的，只有将多个单级放大器组合在一起，构成多级放大器，对信号进行“接力”放大，才能办到。

在多级放大器中，级与级之间是怎样联系的呢？

从图 5-1 电路图中可以看出，本机由两级放大器组成。第一级是复合再生放大级，第二级是低频功率放大级。两级之间有一只电解电容  $C_5$ ，它的作用是将前一级放大了的输出信号传送给后一级的输入端，继续进行放大。 $C_5$  的这种作用称为级间耦合。 $C_5$  叫做耦合电容。

完成级间耦合任务的电路叫做耦合电路。在多级放大器

中，级与级之间是靠耦合电路来联系的。

对耦合电路有如下一些要求：第一，要把前级的信号尽可能多地传送到后级。第二，尽可能减少失真。第三，加入的耦合电路不影响前级和后级的工作点。

常用的耦合方式有阻容耦合和变压器耦合两种。

(1) 阻容耦合。如图 5-13，本机第一级和第二级之间的耦合是由  $R_2$  和  $C_5$  共同完成的。 $R_2$  是前一级的负载电阻，阻值一般为 1.2~3 千欧。前一级放大输出的信号就从  $R_2$  上取出，再通过电容  $C_5$  耦合到后一级的基极上(如图 5-13)。这一种耦合方式就叫做阻容耦合。耦合电容  $C_5$  的作用除了耦合之外，还起着隔直流作用。就是不让前一级集电极上的直流电压加到后一级的基极上。我们知道，前一级集电极负电压有几伏以上，而后一级基极负电压只有零点几伏。如果让前级集电极电压加到后级基极上，会严重地破坏后级的工作点，甚至烧坏三极管。耦合电容的容量一般在  $5\sim 20\mu F$  之间。

阻容耦合电路简单，成本低，而且耦合信号频率较宽，所以常常采用。阻容耦合的缺点主要是效率低，即中途损耗大，不能把前一级输出的信号大量传送到后一级。

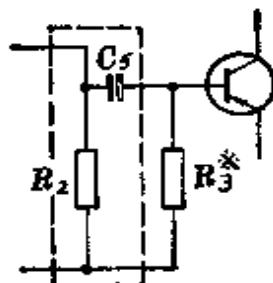


图 5-13

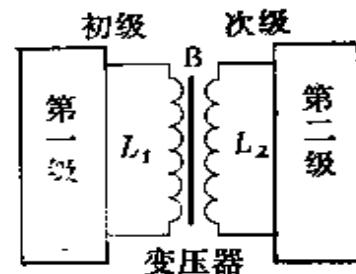


图 5-14

(2) 变压器耦合。变压器耦合是利用电感的互感作用来实现耦合的，如图 5-14 所示。变压器是在铁芯上绕初、次级

两只线圈制成的。当第一级放大器的输出信号电流通过变压器器初级线圈  $L_1$  时, 次级线圈  $L_2$  中就会感应出相同的信号电流, 送入第二级输入端, 进行“接力”放大。这样, 变压器就完成了把前级输出的信号传送到后一级输入端的任务。因为初级线圈  $L_1$  和次级线圈  $L_2$  之间是绝缘的, 所以又隔断了直流, 保证了前后级之间的工作点相互不受影响。把图5-1二管机中的阻容耦合改成变压器耦合, 电路就变成了图 5-15 的形式。

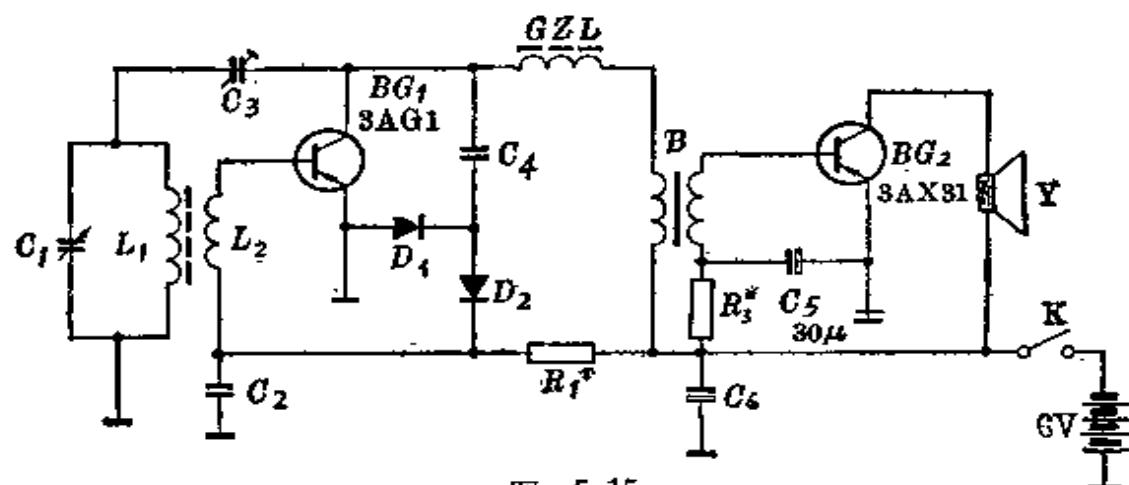


图 5-15

变压器耦合克服了阻容耦合效率低的缺点, 它能把前一级的信号尽可能多地传送到后一级。为什么变压器耦合的效率比较高呢? 原来, 放大级之间的连接还有一个互相配合的问题。配合得好, 传送信号的损耗小, 效率高; 配合得不好, 传送信号损失大, 效率低。互相配合的要求, 是前一级的输出阻抗要与后一级输入阻抗相同, 这叫做“匹配”。阻抗不匹配, 传送信号损失就大, 因而效率低。这好象两根自来水管相连接的情况一样, 两根自来水管交接处, 管径大小、螺纹规格必须互相配合, 否则两根管子就连接不好, 即使勉强连接上, 也要漏水, 造成损失。

在晶体管多级放大器中，输出阻抗一般较大，有几千欧；而输入阻抗较小，只有几百欧。两者相差很多，不相匹配。阻容耦合并不能改变这种阻抗不匹配的状况，因而传送信号的效率很低。

变压器不仅有耦合作用，而且还有一个变换阻抗的作用。适当地选择变压器初、次级的线圈匝数，就可以提高后一级的输入阻抗，使它与前一级的输出阻抗接近或相等，实现阻抗匹配，从而大大减少了传送信号的损失。这就是变压器耦合能克服阻容耦合效率低的原因。

事物都是一分为二的。变压器耦合也有它的缺点，这就是成本较高，制作麻烦，失真大，传送信号的频率宽度不大。

现在谈一谈全机的工作过程。本机工作的大致过程如图 5-16 的方框图所示。前而部分来复、再生、倍压检波的工作原理与单管机相同。所不同的是经过来复音频放大的信号，在

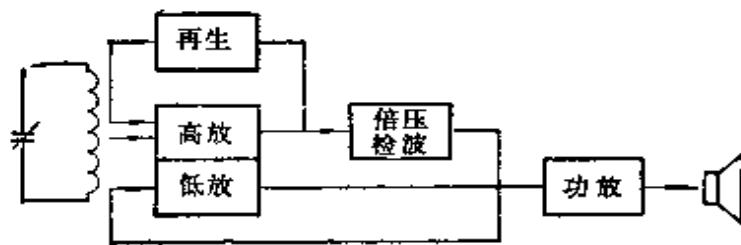


图 5-16

通过高频阻流圈以后，不是送给耳机，而且由阻容耦合到下一级低频管  $BG_2$  的基极作功率放大，再由  $BG_2$  集电极输出的音频电流（这时的音频电流已比第一级来复再生电路输出的大得多）去推动舌簧喇叭发出声音。电路中， $R_2$  和  $C_5$  的作用已在前面讲过。 $C_6$  为旁路电容，一般容量为  $30\sim100\mu F$ 。电池用旧了内阻会增加，这时如果没有  $C_6$ ，信号容易通过电池内

阻产生反馈，引起低频自激而发出“咕、咕……”的叫声。 $R_3$ \*是 $BG_2$ 的偏流电阻。

### (六)检修

二管机发生故障，检修时可采用分级检查的办法。结合我们在检修单管机故障中累积的经验，估计产生故障的大致原因，逐步缩小故障所在的范围，一直到查明故障的所在。

如果收音机无声，首先检查电源部分。电源部分没有问题，再判断问题出在第一级还是第二级。可断开 $C_5$ ，将耳机并接在 $R_2$ 两端，转动可变电容器 $C_1$ 。这时如果收到了广播声，则说明第一级是好的，故障出在第二级，可按第三章讲过的方法检修；如果听不到广播，那么说明故障出在第一级，可按照第四章检修来复再生式单管机的方法检修。

## 第六章 晶体管三管收音机

在二管机的基础上再增加一只三极管和部分元件，就可以进一步制成三管机了。三管机比二管机响得多，而且由于使用了动圈式喇叭，音质也有所改善。在三管机上装一只电位器控制音量，还可以根据需要随时调节音量的大小哩！

图 6-1 是一架来复再生式晶体管三管机的电路图和实体接线图。不难看出，它的第一部分就是我们装过的来复再生式单管机电路。第二级是低频放大电路，也叫前置级放大。第三级是功率放大级。在这个电路中， $BG_2$ 、 $BG_3$  采用了分压式偏置电路。 $R_3^*$ 、W 分别为  $BG_2$  的上偏流电阻和下偏流电阻， $R_4^*$ 、 $R_5$  分别为  $BG_3$  的上偏流电阻和下偏流电阻。调整  $R_3^*$ 、 $R_4^*$  就可以分别改变  $BG_2$ 、 $BG_3$  的偏流大小。第一级与第二级之间由  $BG_1$  的负载电阻  $R_2$  和耦合电容  $C_5$  组成阻容耦合电路连接。第二级与第三级之间用输入变压器  $B_1$  耦合。本机使用动圈喇叭。动圈喇叭的音圈阻抗只有 8 欧姆，不能直接接入集电极电路，要用一只输出变压器  $B_2$  与电路匹配。

### (一) 所用元件

磁棒	M <sub>4</sub> 型直径 10 毫米、长 140 毫米	1 根
L <sub>1</sub>	62 匝 L <sub>1</sub> 、L <sub>2</sub> 都用 $\phi 0.07 \times 7$ 纱包线绕制	1 只
L <sub>2</sub>	7 匝	1 只
C <sub>1</sub>	270p 小型密封单连	1 只
C <sub>2</sub>	0.01μF 瓷介电容	1 只

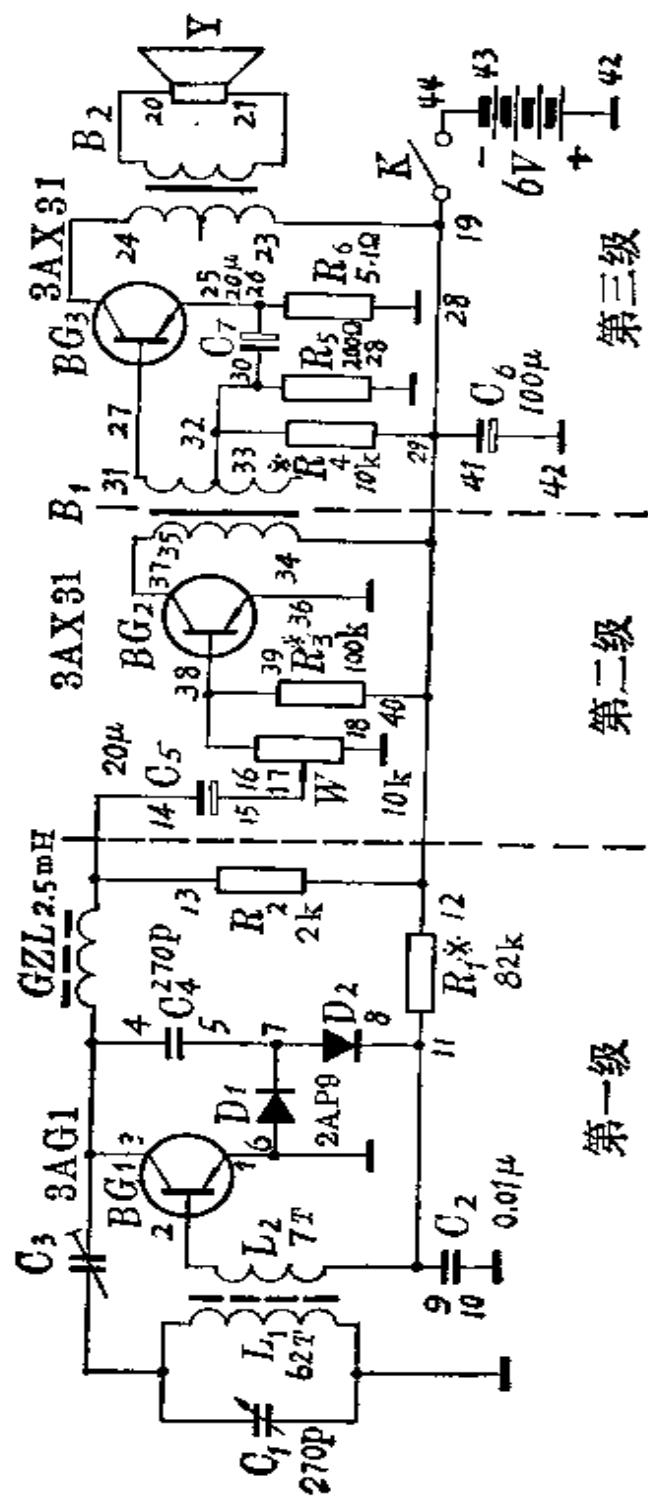


图 6-1

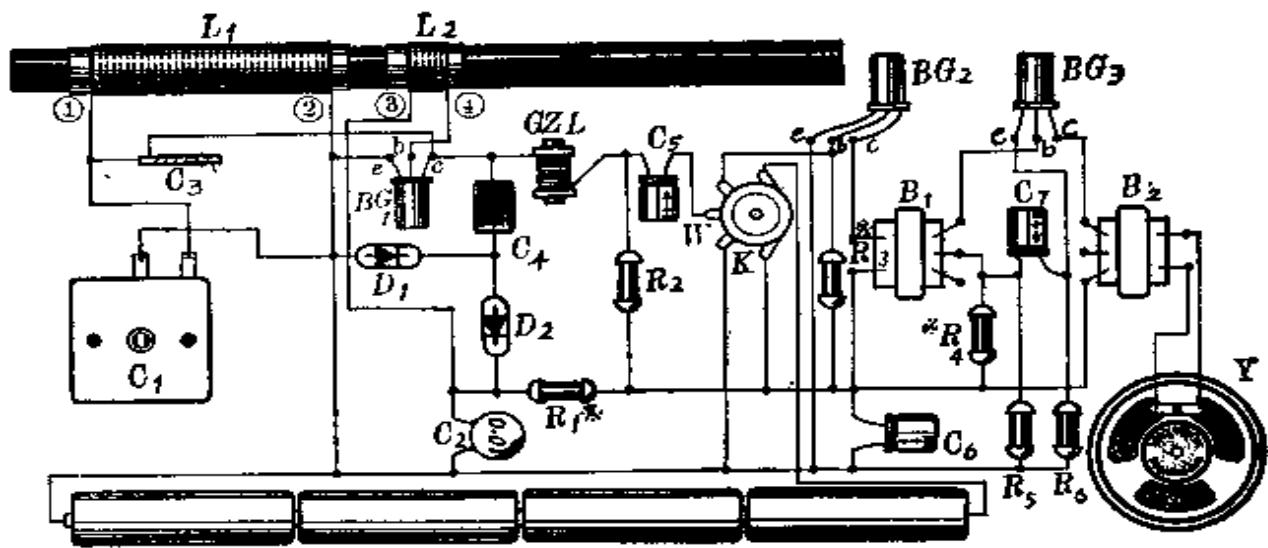


图 6-1

C <sub>3</sub>	自制拉线微调电容	1 只
C <sub>4</sub>	270p 瓷介电容	1 只
C <sub>5</sub> 、C <sub>7</sub>	6V、20μF 电解电容	2 只
C <sub>6</sub>	6V、100μF 电解电容	1 只
R <sub>1</sub> *	第一级偏流电阻(约82k)	1 只
R <sub>2</sub>	2k 电阻	1 只
W	10k(或4.7k)连开关电位器	1 只
R <sub>3</sub> *	第二级偏流电阻(约100k)	1 只
R <sub>4</sub> *	第三级偏流电阻(约10k)	1 只
R <sub>5</sub>	200Ω 电阻	1 只
R <sub>6</sub>	5.1Ω 电阻	1 只
GZL	2.5mH 高频阻流圈	1 只
B <sub>1</sub>	小型输入变压器	1 只
B <sub>2</sub>	小型输出变压器	1 只
D <sub>1</sub> 、D <sub>2</sub>	2AP9晶体二极管	2 只

BG <sub>1</sub>	3AG1 高频晶体三极管	1 只
BG <sub>2</sub> 、BG <sub>3</sub>	3AX31 低频晶体三极管	2 只
Y	直径 65 毫米(2½英寸), 8Ω 动圈喇叭	1 只
电池	5 号	4 节
电池夹	装 4 节 5 号干电池	1 只
磁棒架		1 副
底板		1 块
铆钉若干		
接线若干		

## (二) 部分元件介绍和制作

1. 输入和输出变压器 输入和输出变压器(简称“输入”、“输出”)的实物外形及符号见图 6-2。变压器是在闭合的铁芯上绕上两组或两组以上的线圈构成的。线圈分成初级线圈和次级线圈。由于线圈的“互感”作用，变压器具有传送交流信号的本领。变压器的另一个作用是“变换阻抗”。适当地选择初、次级线圈匝数比，便可以实现放大器前后级输出与输入的阻抗匹配，以及末级放大电路动圈喇叭的匹配。输入变压器用于低频放大器的级间耦合。输出变压器用于末级放大电路与动圈喇叭间的耦合。

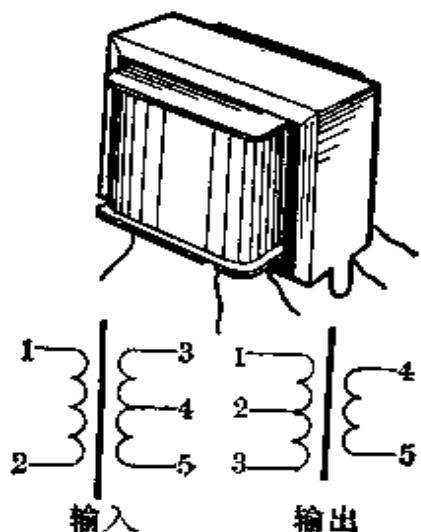


图 6-2

我们装置的晶体管收音机采用“推挽式输入、输出变压器”(什么叫做“推挽式”在第七章中介绍)。推挽式输入变压器

的初级有两根线头(1、2)；次级则有三根线头(3、4、5)，其中4为中间抽头。推挽式输出变压器的初级有三根线头(1、2、3)，其中2为中间抽头；次级线圈一般为两根线头(4、5)，有的也有三根线头，是预备连接阻抗不同的喇叭用的。用8欧姆喇叭时，选用0~8欧两根线头。

推挽式输入、输出变压器也可以用在如本机那样的单边放大电路中。使用时，输入的次级线圈只需要一半，即用3、4两个头，另一半空着不用；输出的初级线圈需要全部用上，即用1、3两个头。所谓“单边放大电路”是相对于“推挽式放大电路”而言的，它们之间的区别，在第七章介绍。

输入和输出变压器市场上有成品出售，也可以自己绕制。绕制的步骤如下：

(1) 选择铁芯。铁芯的大小要根据机壳的大小来决定。如果装置的是袖珍式收音机，就要采用小型铁芯，它的尺寸如图6—3。如果收音机机壳较大，可采用较大的铁芯（例如电子管收音机的废旧输出变压器铁芯）。

(2) 制作线圈架。线圈架的大小要以刚好能插进铁芯为度。如果采用图6-3所示的小型铁芯，则可按图6-4(甲)剪一块青壳纸，依虚线折起来粘成图6-4(乙)样子；再用硬纸板，照图6-4(丙)，制作两块护线板，护线板上的小孔供引线穿出之用；然后将护线板从线筒两端套入，粘成图6-4(丁)

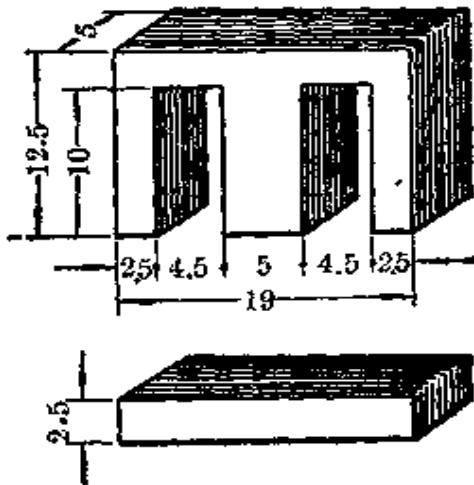


图 6-3

那样的线架。

(3) 绕制线圈。如果有绕线机, 绕制线圈就很准确而且方

便。如果没有绕线机, 也不要紧, 可以用手绕, 也可以自己做一个如图 6-5 那样的简易绕线机。绕制时要把漆包线排得紧密、整齐, 不要绕得太乱, 否则绕成后的线包体积很大, 会放不进铁芯的窗口里去。一般是先绕初级再绕次级, 线的层与层之间不必垫

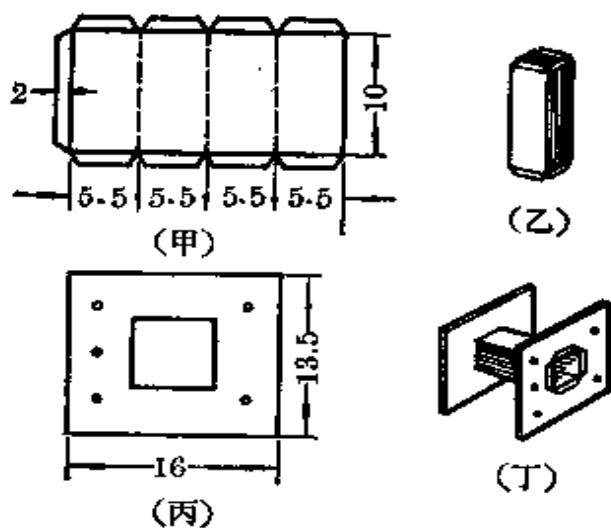


图 6-4

纸,但是在初级线圈绕好以后,要用绝缘性能良好的薄纸(如黄蜡绸、牛皮纸、玻璃纸等)包上一、二层,然后再绕次级线圈。由于用的漆包线比较细,绕制时要非常小心,不要把它碰伤或拉断。线圈的头、中间抽头和尾不能用细线直接引出,应该用多股绞合线作引出线。在制作时将多股绞合线与细漆包线焊牢以后

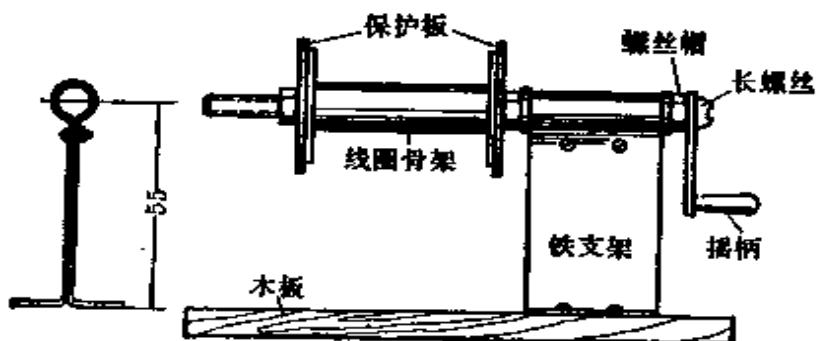


图 6-5

再引出，焊接的地方也要用薄纸包好(防止与线圈短路)，并压紧在线圈内，这样引出线就牢固了。整个线圈绕好以后，要用黄蜡绸或牛皮纸紧紧裹上两层，并在线包外面标明初级和次级引出线各个线头的记号。最后用万用电表欧姆档检查一下线圈内部是否有短路和断路的情况。

输入变压器初级与次级匝数之比，一般为 3:1。如果铁芯采用图 6-3 的规格，那么初级用直径 0.07 毫米漆包线绕 1500 匝，次级用同号线绕 1000 匝，并在 500 匝处抽出一根头成为推挽式，见图 6-6。为了使抽头两边的线圈直流电阻平衡，避免放音失真，次级要采用双线绕法(见图 6-7)，即两根线并列在一起，同时绕 500 匝，然后将一组线圈的尾端与另一

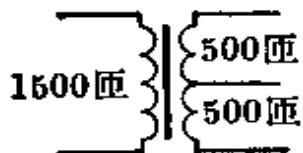


图 6-6

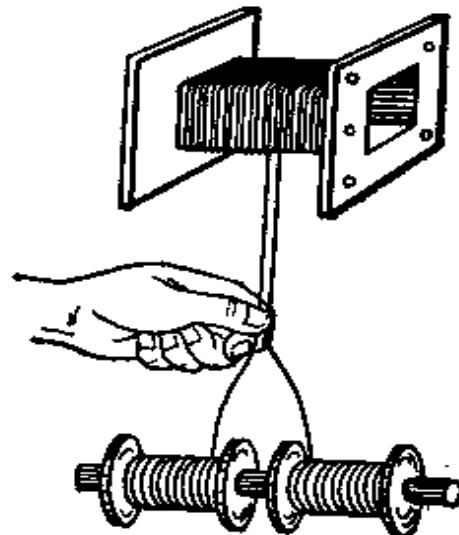


图 6-7

组线圈的始端相连作为中心抽头，如图 6-8 (甲)。这样，抽头两边的线圈不但匝数完全相等，而且直流电阻也相同。

输出变压器的初级和次级线圈匝数比，由末级放大电路输出阻抗和喇叭的阻抗来决定。不同阻抗的喇叭和不同输出

级电路，输出变压器的初、次级匝数比也应该有所不同，否则会使收音机的音量减低，音质变坏。如果铁芯采用图 6-3 的规格，推挽式输出的初级线圈可用直径 0.12 毫米漆包线双线并绕 230 匝，将一组的尾端与另一组的始端相连作为中心抽头，如图 6-8 (乙)。次级线圈配用音圈阻抗为 8 欧喇叭时，可用直径 0.31 毫米漆包线绕 100 匝；配用 3.5 欧喇叭时，只要用同号线绕 70 匝就够了。

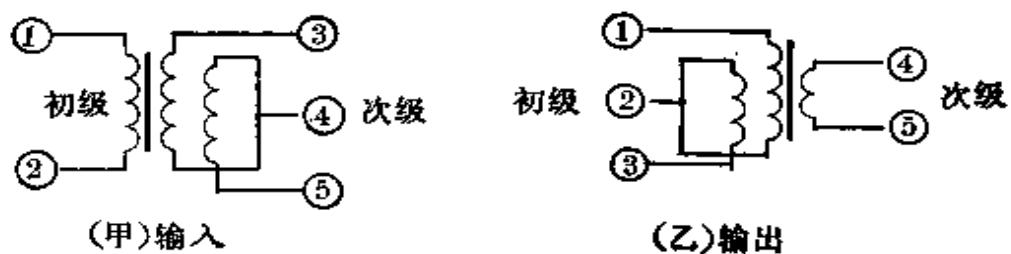


图 6-8

(4) 装配。线圈绕制好以后，经检查无误，就可插入铁芯。插铁芯时，不可用力过猛，以防硅钢片划破线架，造成短路或断线。铁芯要插得紧，插得平整。如果铁芯插得不够整齐，可用小榔头轻轻敲齐。

为了把变压器固定在底板上，还要给铁芯做一只夹壳。夹壳用镀锡薄铁皮或铝片做成。如果采用的铁芯是图 6-3 的小型铁芯，可照图 6-9 (甲)的尺寸剪裁成样，沿着虚线弯折成一个夹壳，如图 6-9 (乙)，然后套在铁芯外面夹紧。制成后的变压器如图 6-9 (丙)。夹壳下面的凸出部分，可以插入底板上安装变压器的小孔，弯折后把变压器紧固在底板上。为了防止变压器夹壳铁皮生锈，可在夹壳的表面上涂一层透明漆。

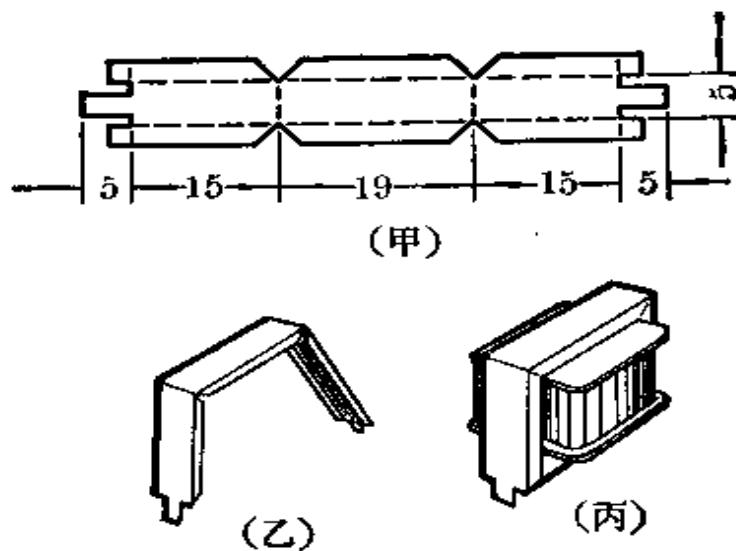


图 6-9

2. 底板 用 1.5 毫米厚的层压板、纸胶板或胶木板制作。图 6-10 画出了本机底板尺寸和钻孔位置，它与实际尺寸一样大小，可直接把它复印在底板上加工钻孔。钻好后，并在 1—44 号小孔上铆好铆钉。

3. 机壳 少年读者可根据底板的尺寸和喇叭大小，以及可变电容器、电位器等大型元件的位置情况，自己做一只。图 6-11 画了一个机壳的样式供大家参考。

本机所用的电池夹、高频阻流圈、拉线再生电容等可以买成品，也可自制。自制方法见前面各有关章节。

### (三) 装置和焊接

(1) 排列元件。三管机放大器的级数和所用元件比前有了增加，在底板上排列元件时考虑的因素相应的也要多一些。元件布局首先要考虑安排好磁棒、可变电容器、电位器、输入和输出变压器、喇叭、电池等大元件，并要注意与机壳对好位置，然后在空余的地方安排小元件。三管机的级数较多，各级

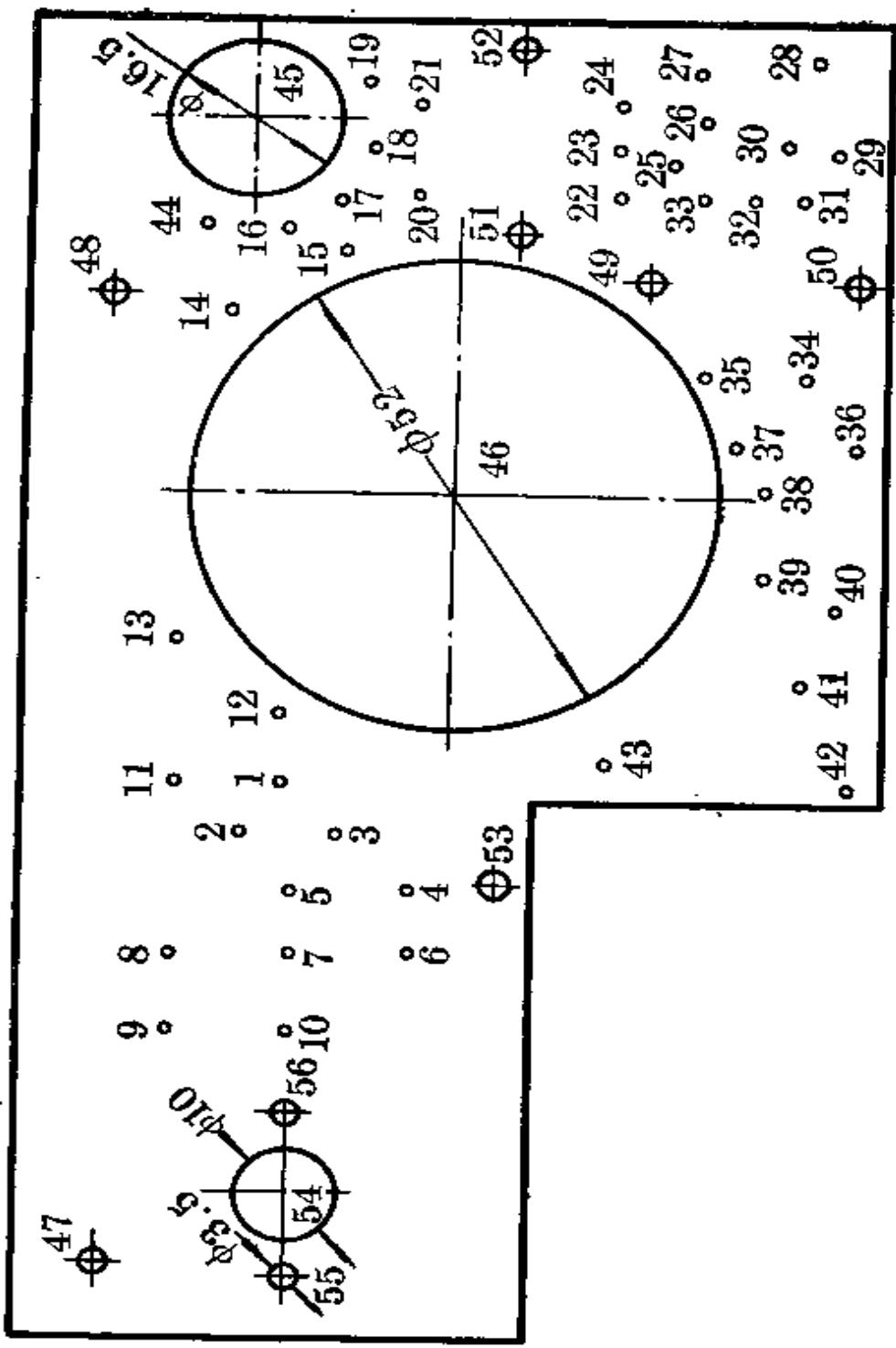


图 6-10

电路的元件应大体按照电路的先后次序排列，以免引起级与级之间相互干扰，产生自激现象。各级的排列应以大元件为

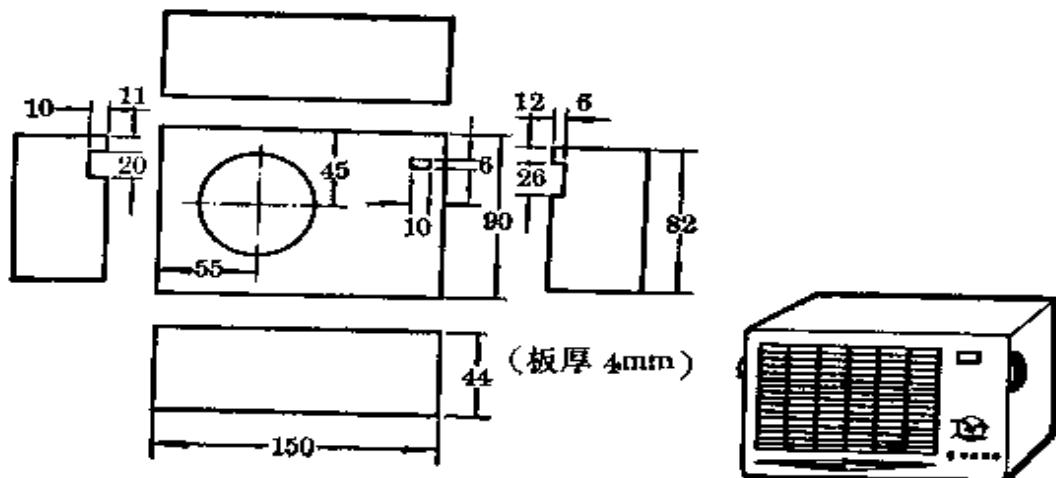
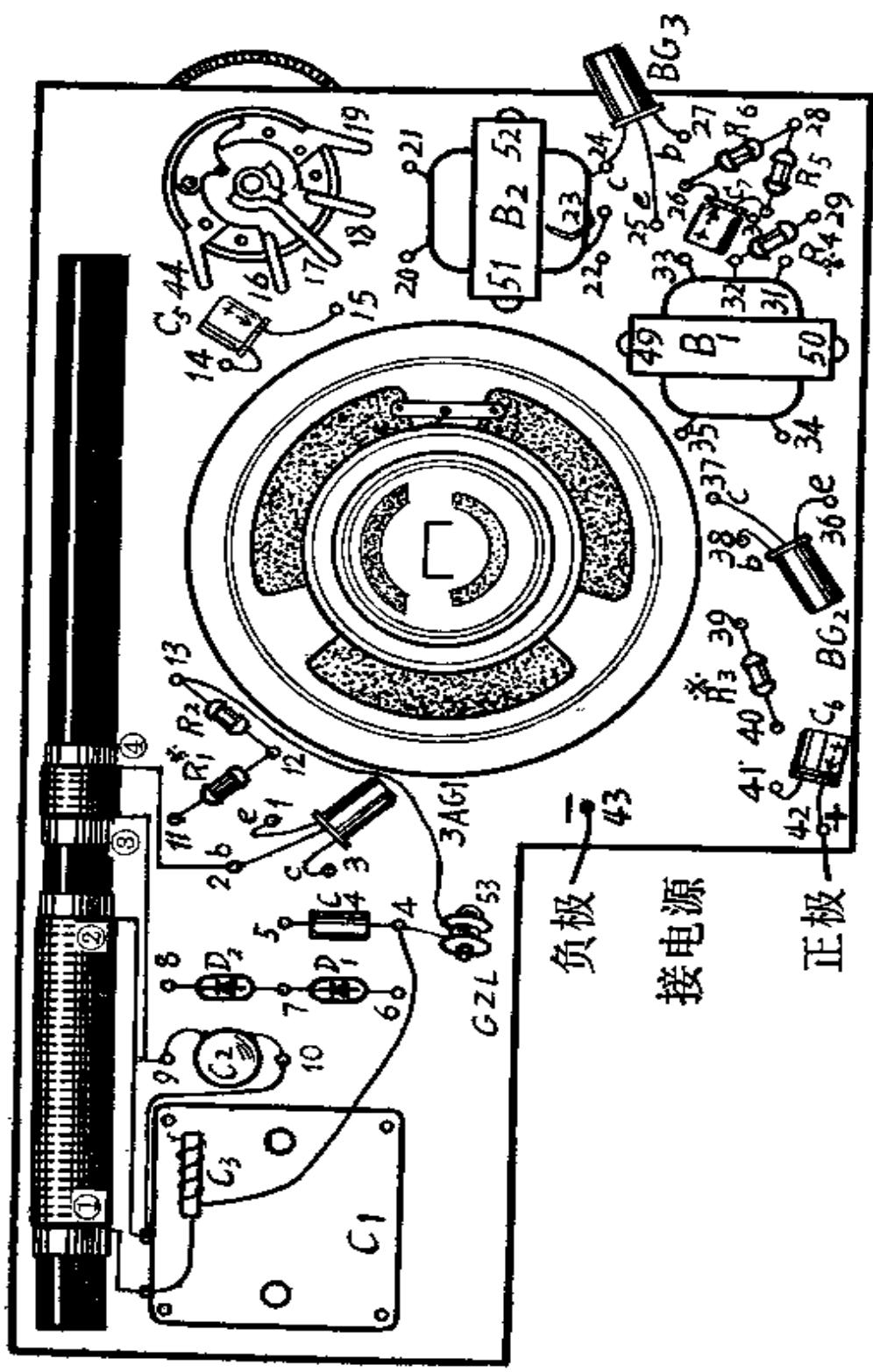


图 6-11

中心，小元件环绕安置。高频部分容易发生相互感应、彼此干扰的现象，元件要分排得紧凑些，使接线尽量短捷。输入、输出变压器铁芯位置要互相垂直，并尽可能远离磁性天线。喇叭一般装在机壳面板背面，不要固定在底板上，以减少喇叭振动时对其他元件的影响。喇叭的位置通常应装在低频部分一边，离磁棒远一些，以免磁棒被磁化。图 6-12 是本机元件排列实体图。少年读者可以按照这个图进行装置，也可以自行设计。

图 6-10 是图 6-12 的底板图，其中，孔 45 安装电位器，孔 46 安装喇叭磁头，孔 47 和 48 安装磁棒架，孔 49 和 50 安装输入变压器、孔 51 和 52 安装输出变压器，孔 53 安装高频阻流圈，孔 54、55、56 安装可变电容器，铆上铆钉的 1—44 号孔分别安装各小元件。

(2) 安装元件。在安装之前，照例要仔细地逐个检查一



次元件的好坏，确认无误后，将元件焊接部位刮净，上好锡，进行安装。首先按照图 6-12，将磁棒、可变电容器、电位器、输入、输出变压器、高频阻流圈等大型元件固定到底板上，然后把各个小元件( $R_1^*$ 、 $R_3^*$ 、 $R_4^*$ 除外)装入相应的铆钉孔内。注意：晶体二、三极管的管脚和电解电容器的极性不要弄错。

(3) 焊接。单管机、二管机的焊接，我们是从高频部分开始的。三管机的线路较为复杂一些，为了避免在焊接时过多地翻过来覆过去以至损坏高频部分的接线，最好从低频部分开始焊接。少年读者可以对照图 6-1 电路图和实体图自己进行。下面列出一个焊接的步骤供大家参考：

把装入铆钉孔的全部元件焊接在铆钉上。

将输出变压器次级线圈的两根引出线分别焊在底板上相对应的孔 20、21 上；初级线圈引出线的中心抽头 2 套上塑料套管留着不用，两边的两根线头 1、3 分别焊在孔 23、24 上(孔 22 空着不用)。

将输入变压器初级线圈的两根引出线，分别焊在底板上相对应的孔 34、35 上；次级线圈的三根引出线分别焊在相对应的孔 31、32、33 上。

将高频阻流圈的两根线头分别焊在底板孔 4 和 13 上。

将磁性天线  $L_1$  的线头①焊在单连可变电容器  $C_1$  的定片焊片上；线头②焊在  $C_1$  的动片焊片上。 $L_2$  的线头③焊在孔 9 上；线头④焊在孔 2 上。

将拉线再生电容  $C_3$  的一端焊在密封单连  $C_1$  的定片焊片上，另一端焊在底板孔 4 上。密封单连  $C_1$  的动片焊片与底板孔 10 用导线接通。

照图 6-13 底板反面接线图连接公共接线：将底板孔 18、

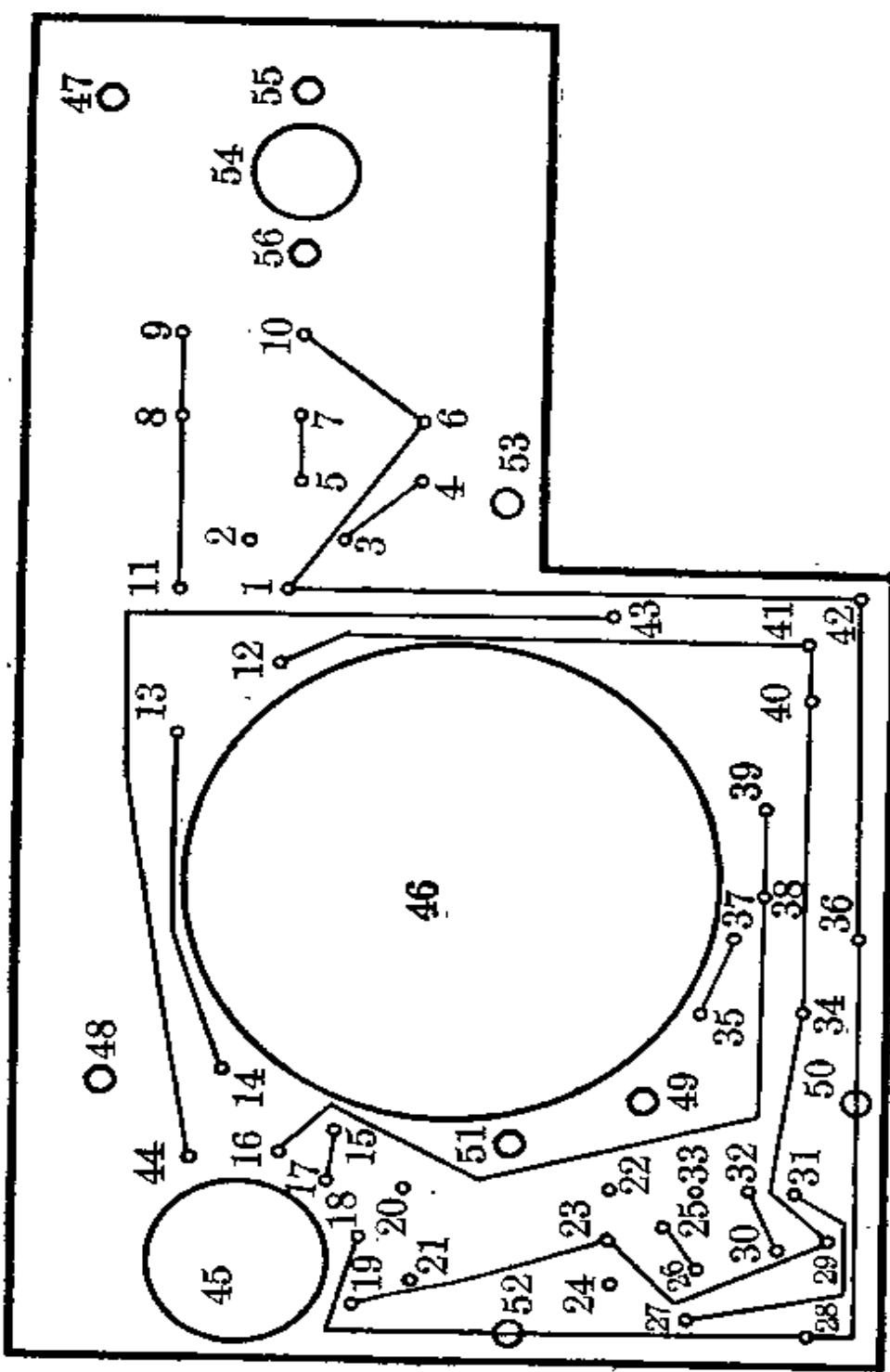


图 6-13

28、36、42、1、6、10 用导线连接。因为输入、输出变压器的外壳要接地，所以它们插入孔 50、52 的脚也应接在这根线上。

将底板反面上孔 27、31 用导线连接。

将底板反面上孔 19、23、29、34、40、41、12 用导线连接。

将底板反面上孔 15、17 用导线连接。

将底板反面上孔 39、38、16 用导线连接。

将底板反面上孔 13、14 用导线连接。

将底板反面上孔 43、44 用导线连接。

将底板反面上孔 9、8、11 用导线连接。

将底板反面上孔 5、7 用导线连接。

将底板反面上孔 3、4 用导线连接。

将底板反面上孔 30、32 用导线连接。

将底板反面上孔 25、26 用导线连接。

将底板反面上孔 35、37 用导线连接。

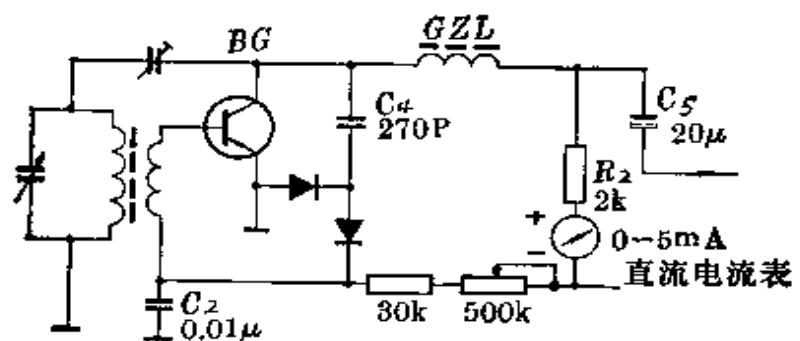
用一根胶质线将电池夹正极与底板孔 42 连接，再用一根胶质线将电池夹负极与底板孔 43 连接。

用两根胶质导线分别将喇叭上的两只焊片与底板上铆钉孔 20、21 接通。

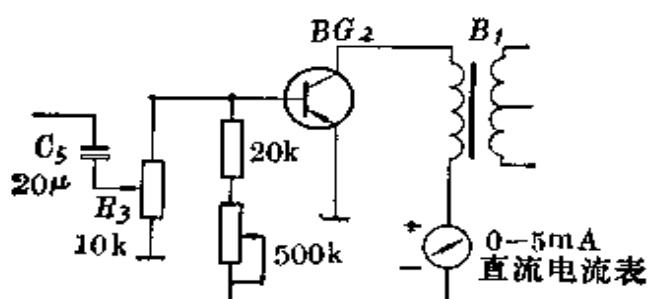
装置焊接完毕后照例要对全机线路检查几次，看一下是否有漏焊、假焊、松动、断线等不正常现象。并对照图 6-1 的线路图或实体接线图校对几遍，确认无误后便可进行调试。

#### (四) 调试

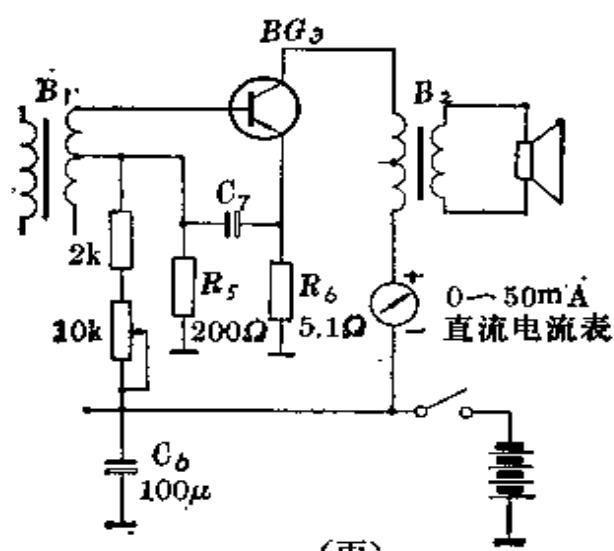
(1) 调整  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $BG_3$  的偏流电阻。调整的次序可以从第一级开始逐级调到末级。调整  $BG_1$  的偏流电阻时可如图 6-14 (甲) 所示，将一只 500 千欧电位器和一只 30 千欧电阻串联代替  $R_1^*$ ，接在孔 11 与 12 之间。把  $R_2$  在孔 12 上的一端



(甲)



(乙)



(丙)

图 6-14

焊开，将 0~5 毫安直流电表串在孔 12 与  $R_2$  焊开的那一端之间，正极接  $R_2$ ，负极接孔 12。 $BG_1$  的静态偏流调节在 0.8~1.2 毫安之间比较适当。

调整  $BG_2$  的偏流电阻时可如图 6-14 (乙) 所示，把孔 35 和 37 之间的连接线焊开，串入 0~5 毫安直流电表，电表正极接孔 37，负极接孔 35。用一只 500 千欧电位器和一只 20 千欧电阻串联代替  $R_3^*$ ，接在孔 39 和 40 之间。 $BG_2$  的静态偏流应调节在 1~2 毫安左右。

调整  $BG_3$  的偏流电阻如图 6-14 (丙) 所示。电表的量程要大一些，用 0~50 毫安挡。这是因为最后一级是功率放大级，为了获得足够大的输出功率去推动喇叭，三极管的工作点选得很高，静态偏流有十几个毫安，有信号时集电极电流就更大了，电表量程小了就不能适应需要。把输出变压器初级焊在孔 23 的那极引线焊开，串入电表，电表正极接输出变压器初级引线，负极接孔 23。用一只 10 千欧电位器和一只 2 千欧电阻串联代替  $R_4^*$ ，接在孔 29 和 32 之间， $BG_3$  的静态偏流调节在 10~18 毫安之间。

(2) 调整再生和频率范围。在单管机和二管机中已介绍过，可按前述方法进行。

### (五) 本机工作原理

三管机工作的大致过程如图 6-15 所示。本章开头时已说过，它比二管机增加了一级前置级放大。来复再生级输出的音频信号通过  $C_5$  耦合至  $BG_2$  基极，经  $BG_2$  放大后从  $BG_2$  集电极输出，并由输入变压器  $B_1$  耦合到  $BG_3$  输入端进行功率放大， $BG_3$  输出的功率由输出变压器  $B_2$  传送给喇叭。

$R_4^*$  和电位器  $R_3$  组成  $BG_2$  的分压式偏置电路。 $R_4^*$  是上

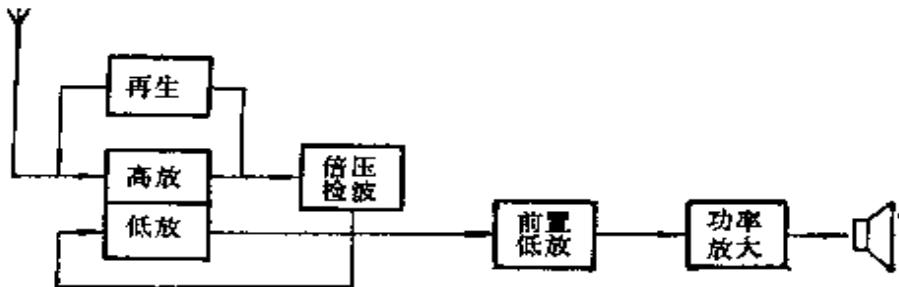


图 6-15

偏流电阻,调节这个电阻,可以改变  $BG_2$  的工作点。电位器 W (即  $R_3$ )是下偏流电阻,同时起控制音量的作用。W一般用4.7千欧或10千欧电位器。 $R_4^*$  和  $R_5$  组成  $BG_3$  分压式偏置电路。 $R_4^*$  是上偏流电阻,调节它的大小,可以改变  $BG_3$  的工作点。 $R_5$  是下偏流电阻,  $R_5$  的阻值一般为几百欧姆。 $R_6$  是发射极电阻,起稳定工作点的作用,一般只有几欧。 $C_7$  是旁路电容,输入变压器  $B_1$  从前级耦合过来音频信号通过它加到发射极上,以避免信号通过  $R_5$ 、 $R_6$  时造成损失。它的容量一般都有几十微法。输入变压器  $B_1$  是前后级的耦合元件并起阻抗匹配作用。输出变压器  $B_2$  用来保证末级放大电路和喇叭阻抗匹配以取得最大的输出功率。

本机检修方法可参阅前几章。

## 第七章 晶体管四管收音机

二、三管机虽然也可以用喇叭放音，但房间稍大一点，人多一点，就感到音量不足了。在这一章里，我们向大家介绍放音更宏亮的四管机的装置方法。

四管机只比三管机多用一只低频三极管，声音却大多了，而且还具有比三管机音质好，用电省的优点，这是因为四管机的功率放大级采用了推挽放大电路。推挽放大电路具有输出功率大、失真小和效率高的特点。

图 7-1 和 7-2 是本机电路图和实体图。将四管机线路与三管机进行对比，我们可以看出，四管机的前面两级与三管机一样，第一级是一个来复再生电路，既作高频放大，又兼作低频放大。第二级是低频放大电路，它把来复级输出的音频信号进行前置放大。四管机与三管机的差别主要在于第三级。

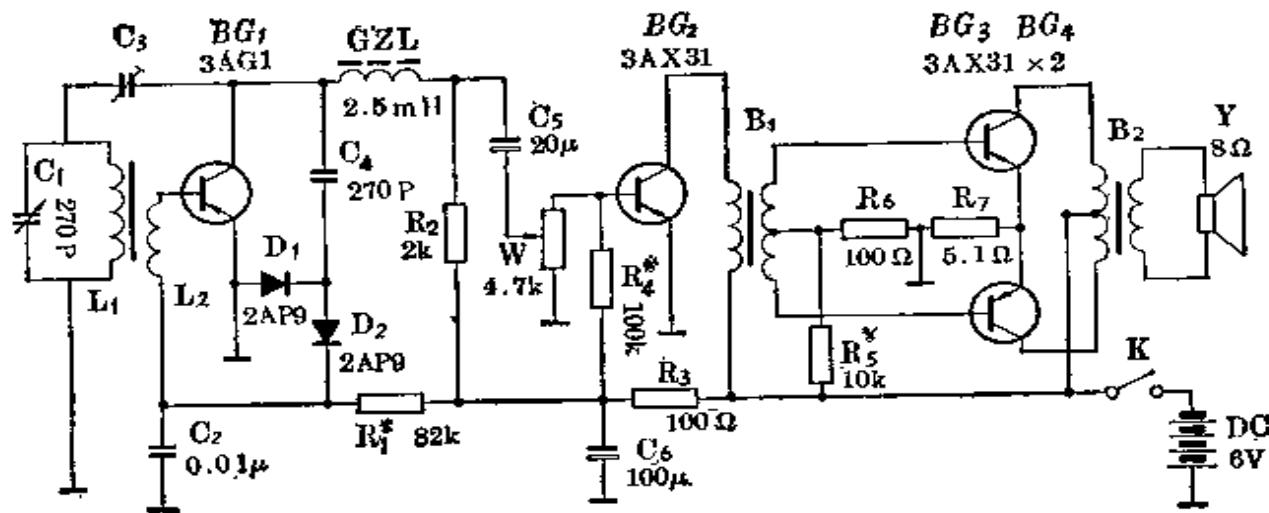


图 7-1

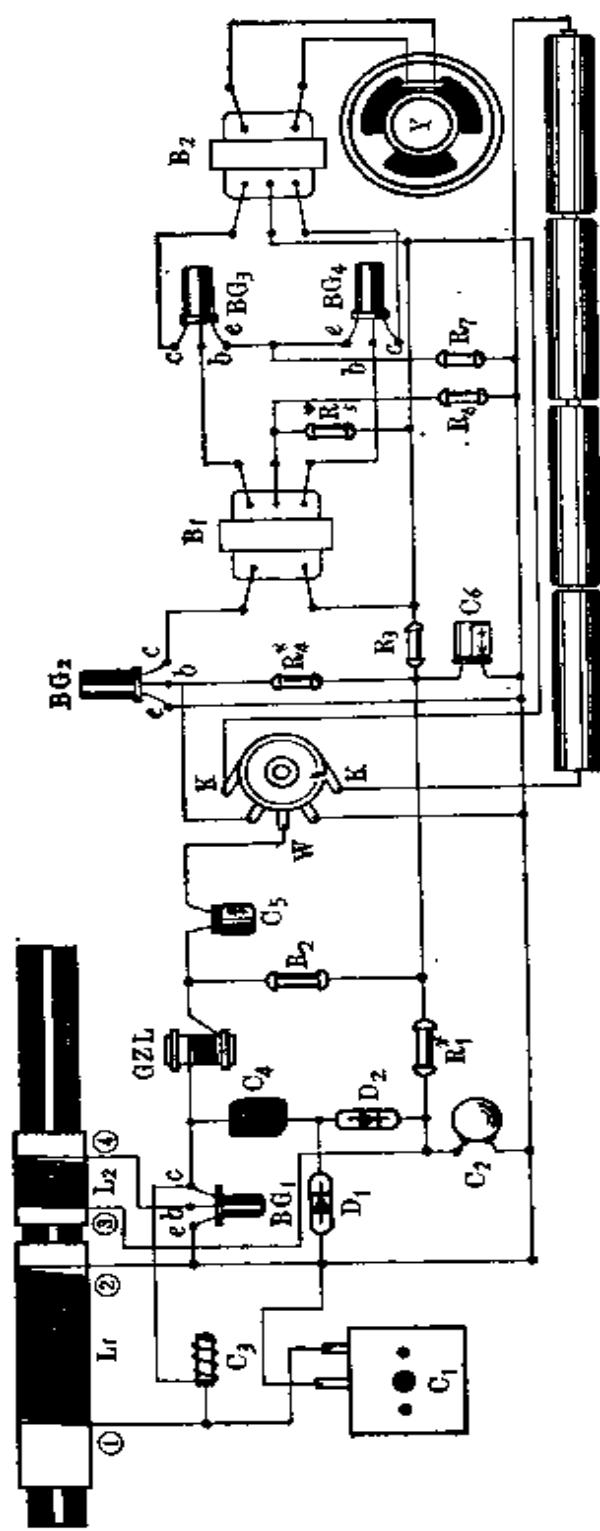


图 7-2

三管机的末级是单管功率放大器，而四管机末级则采用了由两个管子共同组成的推挽功率放大器。此外四管机还增加了一个退耦电路。

### (一) 所用元件

本机所用元件与图 6-1 三管机所用元件绝大多数相同，这里只将需要增加和变动的元件列出：

$R_5^*$ 10k 推挽功率放大偏流电阻	1 只
$R_6, R_3$ 100Ω 电阻	2 只
$BG_4$ 晶体低频三极管 3AX31	1 只

注意： $BG_4$  和  $BG_3$  组成一对推挽管，它们的放大倍数  $\beta$  和穿透电流  $I_{ceo}$  必须相近，否则会引起严重的失真。

### (二) 装置和焊接

本机的装置和焊接步骤与第六章三管机基本相同，可以参照三管机的步骤进行。为了简便起见，我们在三管机装置中已为本机的装置作好了准备，所以只要利用已装好的三管机，把增加的元件装上去，并作必要的改动就成了。增加和改动的地方如下：

(1) 将输出变压器  $B_2$  初级线圈中焊在底板上孔 23 的那根引出线改焊在孔 22 上，把初级线圈的中心抽头焊在孔 23 上。

(2) 将晶体三极管  $BG_4$  的集电极 c 焊在孔 22 上，基极 b 焊在孔 33 上，发射极 e 焊在孔 25 上。

(3) 把电解电容  $C_7$  从孔 30、26 取下不用。将原焊在孔 30、28 之间的 200 欧电阻  $R_6$  也取下，换焊一只 100 欧电阻作为  $R_6$ 。

(4) 把孔 29、33 之间的连接导线拆去，并把一只 100 欧

电阻  $R_8$  焊在孔 29、53 上, 再用一根导线把孔 53 和孔 33 连接起来。

上面各步完成以后, 按照图 7-1 核对一、二遍, 没有问题了就可以进行调试。

### (三) 调试

本机第一、二级偏流电阻和再生频率范围的调试与三管机同, 这里不再重复。下面着重谈谈末级推挽功率放大级偏流电阻的调试。

先从底板孔 32、29 上焊掉  $R_5^*$  ( $R_5^*$  是三管机调好的偏流电阻), 用一只 1 千欧的电阻和 10 千欧电位器串联代替  $R_5^*$ , 串入电路(焊在孔 32、29 上); 再从底板孔 23 上焊开输出变压器  $B_2$  中心引出线, 串入一只 0~50 毫安的直流电表, 电表正极接输出变压器中心引出线, 负极接孔 23, 如图 7-3 所示。

将可变电容器  $C_1$  全部旋进或旋出(或转到其他无电台位置), 开启电源, 慢慢调节 10 千欧电位器, 使电表读数在 2~5 毫安之间。调节好以后, 将音量开到最大, 选择一个声音最响的电台。

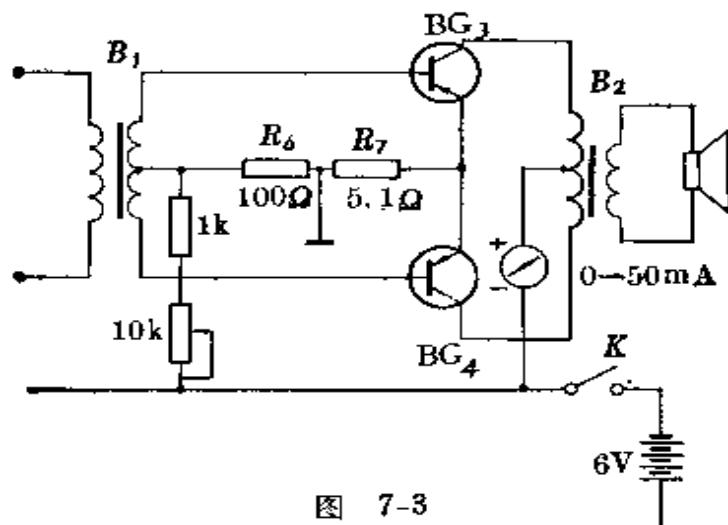


图 7-3

这时电表的指针应随着声音大小而变化，从几毫安到几十毫安。这个变化范围愈大愈好。末级偏流调整是否适当，对音质的影响较大。如发现有失真情况，可仔细地再调整一下偏流，直到声音宏亮动听为止。电流大，消耗电能也大，电池的寿命就短了，因此当声音满意以后，还要反复看一下无信号输入时，电流的大小是否在 2~5 毫安以内。在保证声音宏亮、清晰的条件下，静态偏流应愈小愈好。调试完毕，关闭电源，小心地焊下 1 千欧电阻和 10 千欧电位器，测出它们的串联总阻，选择同样的或相近的电阻焊上去。取下电表，电路恢复原状，调试就结束了。

#### (四) 本机工作原理

着重介绍一下功率放大器。

收音机接收到的信号是十分微弱的，而推动喇叭所需要的功率却比较大，因此要求末级放大器有较大的功率输出。通常把收音机的最后一级设计为功率放大器。对功率放大器的要求是：输出功率大，失真小，效率高。功率放大器有以下两种：

(1) 单管功率放大器。第五章的二管机和第六章的三管机的最后一级都是单管功率放大器。这种功率放大器三极管放大区域很有限，输入信号强了放大就容易失真。而且放大器的偏流要调得很大，无输入信号时仍然要消耗大量的直流电能，效率很低。单管功率放大器一般只适合于二、三管收音机。

(2) 推挽功率放大器。推挽功率放大器是由两只参数相同的三极管组成的放大电路，由这两只管子合作进行放大，图 7-4 是推挽功率放大器的原理图。

在无信号输入时，两只管子的基极电压都为零，因而  $I_b$

和 $I_e$ 也为零，管子停止工作，处于截止状态。

在有信号输入时，由于电路是对称的，在输入变压器初级线圈的中心线头分别到两端的两个头之间，会感应出一对大小相等、相位相反的信号电压，分别加到 $BG_3$ 和 $BG_4$ 的基极上。这时又有两种情况：

当输入信号在正半周时（上正下负）， $BG_3$ 基极为正，发射极为负，加的是反向电压，因此 $BG_3$ 不工作；而 $BG_4$ 的情况恰好相反，基极为负，发射极为正，加的是正向偏压，因此 $BG_4$ 工作。它将输入信号的正半周放大，在集电极输出一个放大的负半周信号，如图7-4(甲)所示。

当输入信号在负半周时（上负下正），情况与信号处在正半周时恰好相反。 $BG_4$ 不工作， $BG_3$ 把输入信号的负半周放大，并在集电极输出一个放大的正半周信号，如图7-4(乙)所示。

这样，输入信号变化一周，两只三极管轮流工作了一次。它们把放大的两个半波衔接起来，便在输出变压器 $B_2$ 上得到了一个完整的输出波形，如图7-4(丙)所示。这就象两个人合作拉锯一样。两只三极管一推一拉互相协作地进行工作，所以称为“推挽”放大。

采用推挽电路的功率放大器，在无信号输入时，管子不工作；有信号输入时，才从电池吸取电能，因而效率高，省电。推挽电路还有输出功率大，失真小的优点，因此广泛地被采用。

四管机工作的大致过程如图7-5的方框图所示。它与第六章三管机的区别主要在于将单管功率放大器改为推挽功率放大器。这个改变提高了输出功率，减少了失真。四管机第一级和第二级的线路与三管机类同，经过 $BG_2$ 放大的音频信号，

由输入变压器  $B_1$  感应到推挽功率放大级，由  $BG_3$ 、 $BG_4$  进行功率放大，功放输出的功率由输出变压器传送给喇叭。

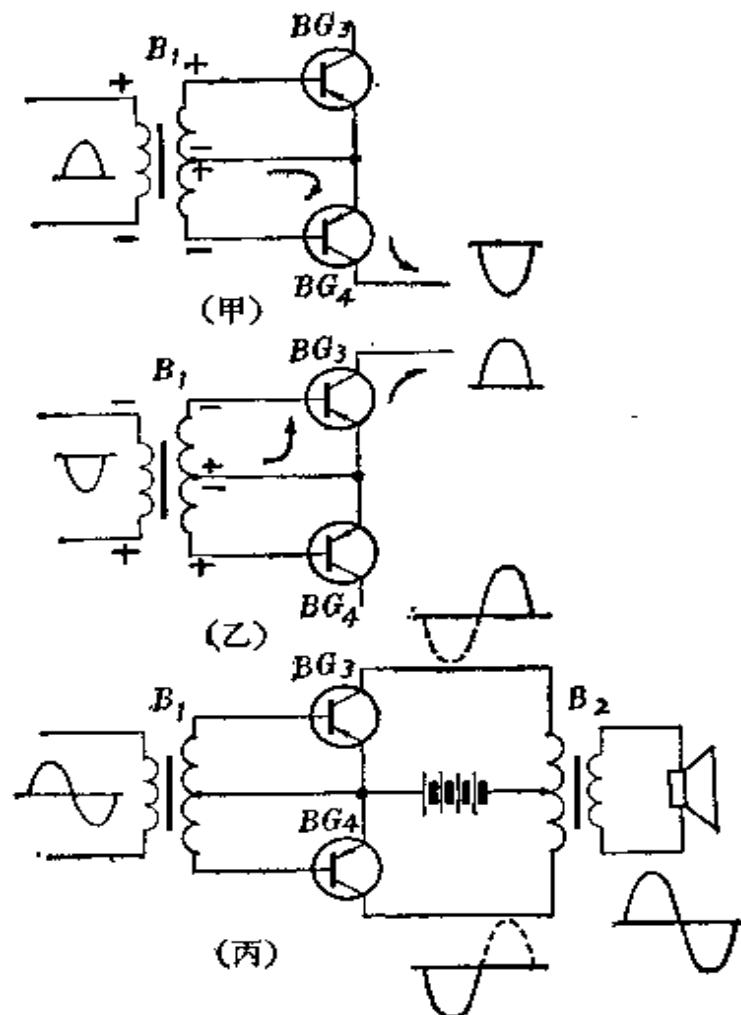


图 7-4

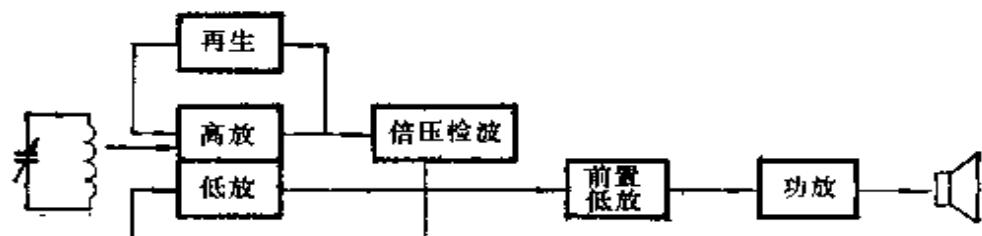


图 7-5

$R_5^*$ 、 $R_6$  组成功率级分压式偏流电路。 $R_5^*$  为上偏流电阻， $R_6$  为下偏流电阻。调节  $R_5^*$  可选择功放级偏流。 $R_7$  是发射极电阻。输入变压器  $B_1$  起第二级与第三极之间的耦合和阻抗匹配作用，同时还起倒相作用，即将输入信号倒成两个大小相等、相位相反的信号分别送  $BG_3$ 、 $BG_4$ 。输出变压器  $B_2$  将  $BG_3$ 、 $BG_4$  的输出信号对称地耦合给喇叭，同时使喇叭和推挽功率放大器阻抗相匹配，保证输出最大功率。

### (五) 检修

这里向大家介绍通过测量电流、电压检修四管机的方法，其他方法可参阅第九章检修部分。

要使收音机能正常收音，必须靠它的各个管子和元件都处于正常的工作状态。当收音机发生故障时，各级的电压和电流就可能发生变化，因此我们可以用万用电表测量各级电压、电流数值的方法来检修收音机。一架标准的来复式再生收音机各级工作正常时，三极管的工作电压、电流数值如下表所示：

测量项目 三极 管名称	集电极电压 $V_c$ (单位:伏)	基极电压 $V_b$ (单位:伏)	发射极电压 $V_e$ (单位:伏)	集电极电流 $I_c$ (单位:毫安)	全机总电流 (单位:毫安)
$BG_1$	3~5	0.1~0.2	0	0.5~1.5	
$BG_2$	4.5~5.5	0.1~0.3	0	1.2~2.5	3.5~10
$BG_3$ , $BG_4$	5~6	0.1~0.3	0	2~5	

在依次测量各级的电压、电流时，如果发现某一个三极管的电压或电流数值与上表所列的有明显的不符，就说明这一

级有问题，可检查这一级的各个元件、接线和焊接点。尤其要过细地检查影响较大的元件，如偏流电阻，集电极负载，通向电源的接线和三极管等。

测量时，电表的量程应稍大一点，以免发生意外。一般，测量电压可用 10 伏的一档；测量电流可用 5~10 毫安的一档。电表的极性不能弄错。在测量各级电压、电流之前应先检查一下收音机的电源电压，如果电池组两端的电压低于 4.5 伏就不宜使用，要换上新电池以后再进行测量。测量前还先要将可变电容器调节在无电台信号位置上，因为测量电压、电流都必须在无信号输入的情况下进行。

用上述方法检修收音机比较迅速可靠，但需准备一只万用电表或能够测量电压、电流的电表。

## 第八章 超外差式晶体管五管收音机

前面，我们介绍了一至四管来复再生式收音机。这类收音机的特点是：从天线上接收到的高频信号，在检波前并不改变它原来的载波频率，就直接进行放大。所以，这类收音机也叫做直接放大式收音机。它的优点是线路比较简单，安装容易，调试方便，收听近地电台的效果尚好。但它存在着许多缺点：收音机对频率高端和频率低端的电台信号放大不一样，灵敏度不均匀；容易产生自激啸叫，灵敏度很难提高，在远离电台的地方，尤其是偏远山区，收听效果不好；选择性也比较差，在收听某个电台信号时，附近强电台的信号常常挤了进来。

超外差式收音机能够克服上述缺点。这类收音机的特点是：被调谐接收的信号，在检波之前，不管其电台频率（即载波频率）如何，都换成固定的中频频率（我国是 465 千周），再由放大器对这个固定的中频信号进行放大。这样解决了对不同频率的电台信号放大不一致的问题，使收音机在整个频率接收范围内灵敏度均匀。同时，由于中频信号既便于放大又便于调谐，所以超外差式收音机还具有灵敏度高、选择性好的特点。图 8-1 是表示超外差式收音机工作过程的方框图。

超外差式收音机各级的作用如下（参看图 8-2 电路图）：

**变频级：**变频级是以变频管  $BG_1$  为中心组成的电路。它的作用是把输入信号的载波频率转换成固定的 465 千周 (KC) 中频。变频级包括本机振荡电路、混频电路、选频电路三个部

分。本机振荡电路的任务是产生一个高于输入信号载波频率 465 千周的高频等幅信号。混频电路的任务是将输入信号  $f_\lambda$

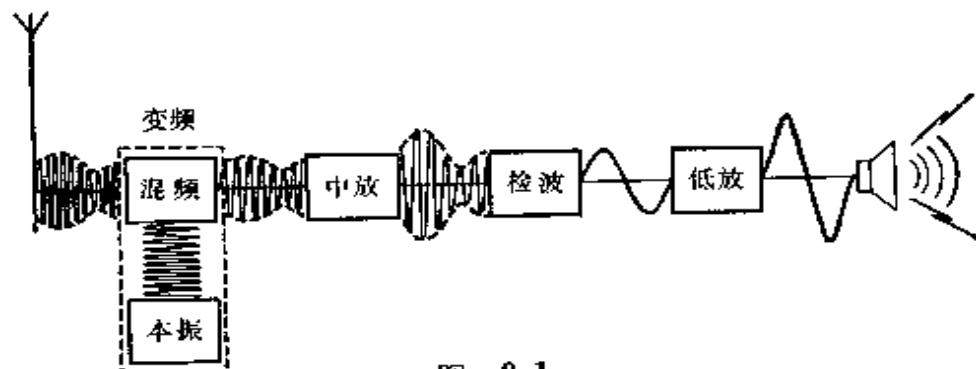


图 8-1

与本机振荡电路产生的高频等幅信号  $f_{本}$  一起送入变频管  $BG_1$  内混合，利用晶体三极管的某些特性获得一个新的频率信号。新信号的频率恰好等于  $f_{本}$  与  $f_\lambda$  两个信号频率之差，即  $f_{本} - f_\lambda = 465$  千周，而新信号的包络线仍然保持输入信号的样子不变。事实上混频后产生的新信号不只 465 千周的中频一种，选频电路的任务就是将我们需要的 465 千周的中频信号选择出来，耦合给下一级，而将不必要的信号成份滤掉。选频的主要元件是中频变压器。

中放级：中放级是以中放管  $BG_2$  为中心组成的电路。它的主要任务是把变频级输送来的中频信号放大。被放大了的中频信号还要经过一次选频，滤掉不必要的信号成份，然后输送给检波级检波。

检波级：输入信号变换为 465 千周的中频信号，只是载波频率发生了变化，加在载波上的音频信号并没有改变。这种中频信号人耳是听不见的，还要经过检波，将音频信号取下来。担负检波任务的是以晶体二极管 D 为中心组成的检波电路。

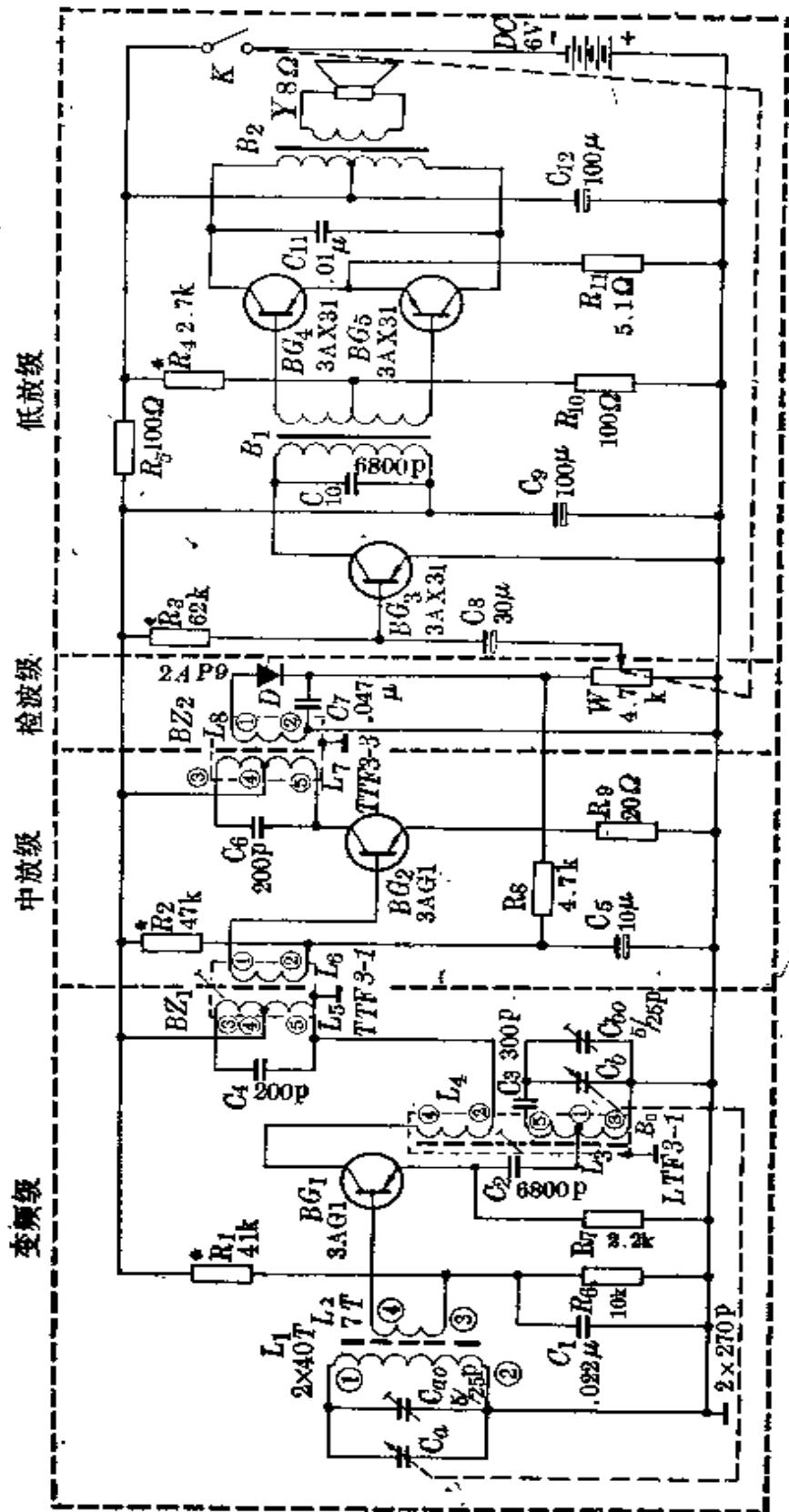


图 8-2

低放级：这一级实际上又分为两部分：以  $BG_3$  为中心组成的前置低放和以  $BG_4$ 、 $BG_5$  为中心组成的推挽功率放大。它们的作用与前一章讲述的四管机低放部分相同。

在这一章，我们先介绍一架超外差式五管机的装置方法。图 8-2、8-3 是这架收音机的电路图和实体接线图。它是在标准超外差式收音机电路的基础上加以简化而成的，元件少，安装比较容易。

### (一) 元件

磁棒	$M_4$ 型，直径 10 毫米、长 140 毫米	1 根
$L_1$	40 匝 $\times 2$ $L_1, L_2$ 都用 $\phi 0.07 \times 7$	1 副
$L_2$	7 匝 (用 9 股的更好) 纱 包线绕制	1 只
$C_a, C_b$	7/270p $\times 2$ 小型密封双连	1 只
$C_{a0}, C_{b0}$	5/25p 瓷介微调电容	2 只
$C_1$	$0.022\mu F$ 电容	1 只
$C_2, C_{10}$	$6800\mu F$ 电容	2 只
$C_3$	$300\mu F$ 电容	1 只
$C_4$	$200\mu F$ 电容	1 只
$C_5$	$10\mu F$ 电解电容	1 只
$C_6$	$200\mu F$ 电容	1 只
$C_7$	$0.047\mu F$ 电容	1 只
$C_8$	$30\mu F$ 电解电容	1 只
$C_9$	$100\mu F$ 电解电容	1 只
$C_{11}$	$0.01\mu F$ 电容	1 只
$C_{12}$	$100\mu F$ 电解电容	1 只
$R_1^*$	变频级偏流电阻(阻值待定)	1 只

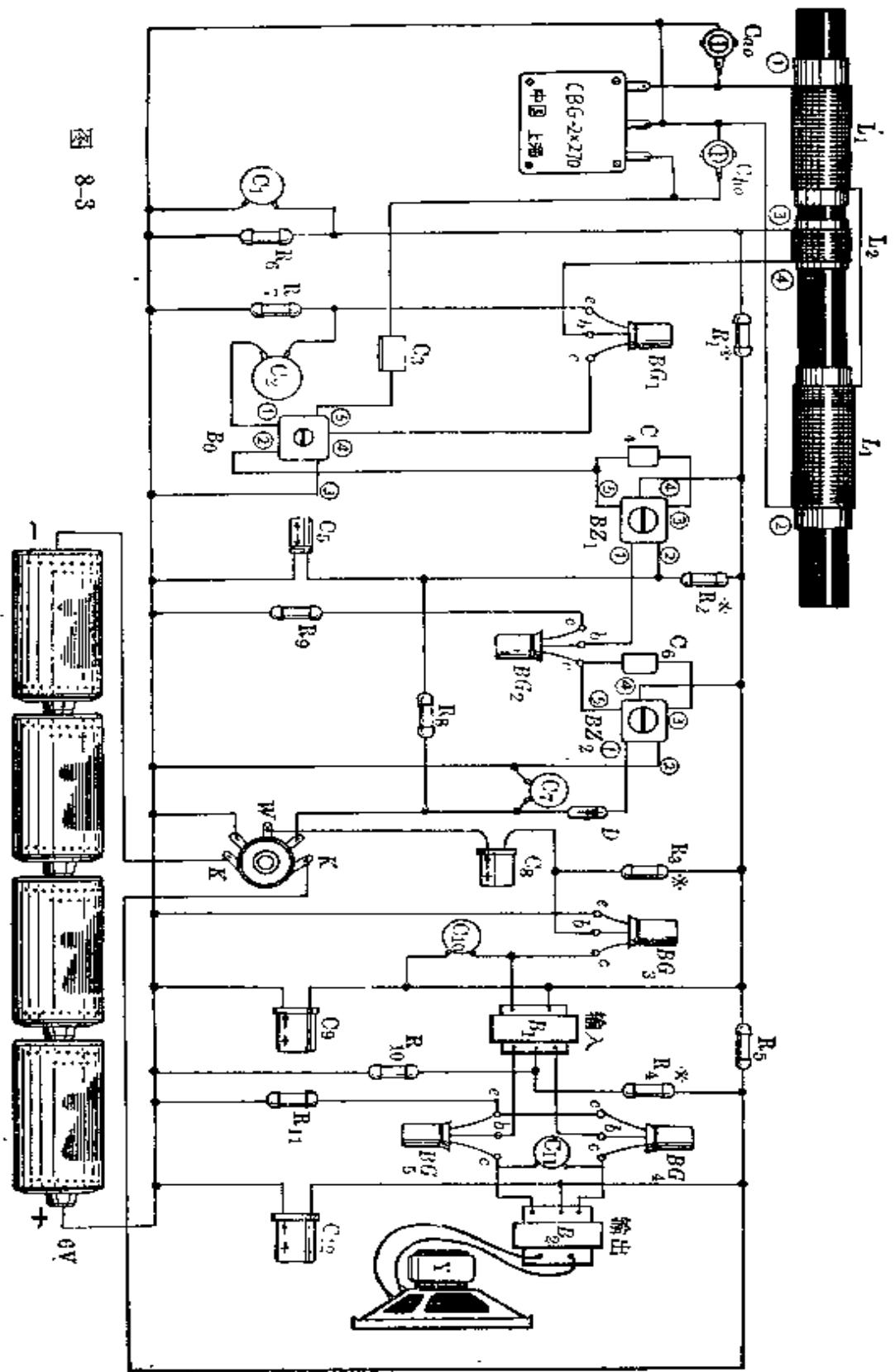


图 8-3

$R_2^*$	中放级偏流电阻(阻值待定)	1 只
$R_3^*$	低放级偏流电阻(阻值待定)	1 只
$R_4^*$	低放级偏流电阻(阻值待定)	1 只
$R_5, R_{10}$	100 $\Omega$ 电阻	2 只
$R_6$	10k $\Omega$ 电阻	1 只
$R_7$	2.2k $\Omega$ 电阻	1 只
$R_8$	4.7k $\Omega$ 电阻	1 只
$R_9$	20 $\Omega$ 电阻	1 只
$R_{11}$	5.1 $\Omega$ 电阻	1 只
W	带开关 4.7k $\Omega$ 电位器	1 只
D	2AP9 型晶体二极管	1 只
$BG_1, BG_2$	3AG1 型高频晶体三极管	2 只
$BG_3, BG_4, BG_5$	3AX31 型低频晶体三极管	3 只
$B_0$	LTF3-1 振荡线圈	1 只
$ZB_1$	TTF3-1 中周	1 只
$ZB_2$	TTF3-3 中周	1 只
$B_1$	小型输入变压器	1 只
$B_2$	小型输出变压器	1 只
Y	8 $\Omega$ 动圈喇叭	1 只
DC	电池(6V)	4 节
其他	磁棒架、机壳、底板、电池夹、 $2 \times 3$ 毫米铆钉、接线等	

下面介绍一下新遇到的元件及部分元件的制作方法。

1. 中频变压器 中频变压器常称中周。它是超外差式收音机的一种重要元件,能起到耦合和选频的作用,将前级输出的中频信号耦合给后级,并排除中频信号以外的其他干扰。

信号。它对收音机的灵敏度和选择性的好坏有很大的影响。

晶体管收音机常用的中周的实物外形、结构和符号见图8-4。它是由绕在磁芯上的两个彼此不相连接的线圈组成的。

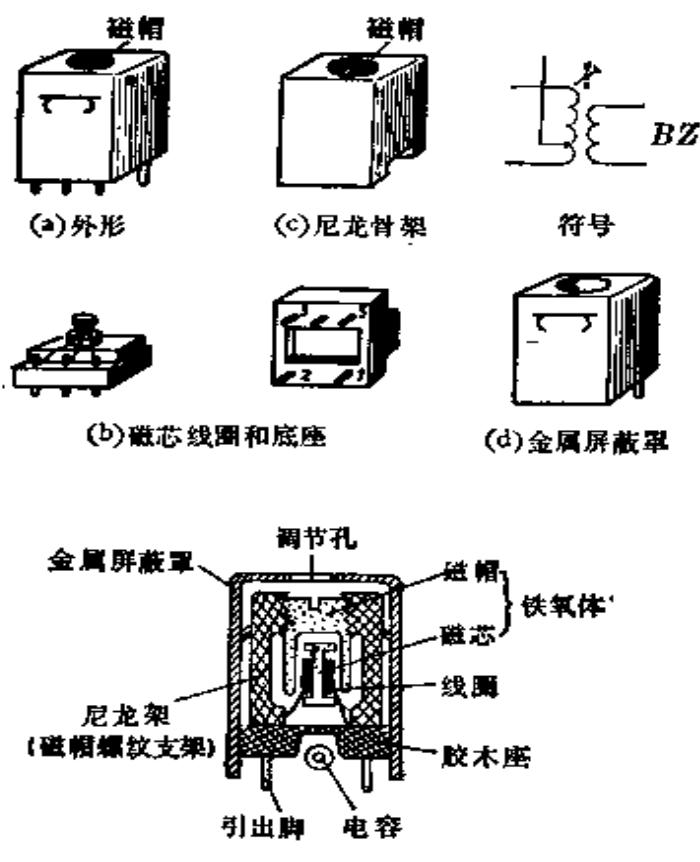


图 8-4

连接前一级的线圈叫初级，连接后一级的线圈叫次级。磁芯胶在底座上，底座底下有五个引出脚，脚旁注有号码（未注数字的一个为第4脚），见图8-4(b)。磁芯和线圈外面套有一个尼龙骨架。尼龙骨架上面有一个磁帽，磁帽可在尼龙骨架里旋进、旋出，见图8-4(c)。磁芯和磁帽都用铁氧体

做成，旋动磁帽可以调节线圈的电感量。所以，这种中频变压器叫做“调感式”中周。整个零件装在一个金属屏蔽罩内，以避免同其他元件互相干扰。

晶体管收音机中使用的中周有单调谐和双调谐两种。一般用单调谐。它的初级和电容组成一个调谐回路（参看图8-2有关部分），另一个回路不调谐。

市场上供应的单调谐中周按体积大小分有： $7 \times 7 \times 12$ 毫

米<sup>3</sup>(TTF-1 或 200 型),  $10 \times 10 \times 14$  毫米<sup>3</sup>(TTF-2 或 203 型),  $12 \times 12 \times 16$  毫米<sup>3</sup>(TTF-3 或 201 型),  $20 \times 25 \times 36$  毫米<sup>3</sup>(TTF-4 或 202 型)数种。可根据收音机体积的大小选用。单调谐中周一套有三只, 分别称为第一中周、第二中周、第三中周, 用型号的最后一个数字标明。例如 TTF-3-1(即第一中周), TTF-3-2(即第二中周), TTF-3-3(即第三中周)。这三只中周, 每只特性各不相同, 装配时不能相互调换。本机线路经过简化, 只需用 TTF-3-1 和 TTF-3-3 两只中周。如果罩上型号字迹不清, 可根据磁帽上的色标, 来判别它是第几中周。例如 TTF-3 型中周, 磁帽上的色标顺次为: 白(第一中周), 红(第二中周), 绿(第三中周)。

2. 振荡线圈 振荡线圈也是超外差式收音机中一种必要的元件, 它的实物外形与中周相同, 内部结构也与中周相似。它按体积大小, 也有  $7 \times 7 \times 12$  毫米<sup>3</sup>(LTF-1 型),  $10 \times 10 \times 14$  毫米<sup>3</sup>(LTF-2 型),  $12 \times 12 \times 16$  毫米<sup>3</sup>(LTF-3 型)等数种。磁帽上的色标为黑色。

中周和振荡线圈可以用现成的出厂产品, 也可以自己绕制。绕制的匝数、线径、程序请查书末附录。线径比规定的细一点也行, 只是不能太粗, 粗了不但绕不下, 效果也比较差。线可以乱绕, 层间也不需垫绝缘纸。绕好后, 将各个线头刮去漆, 按附录表上电路图的号码, 分别在底座接线柱上绕几圈, 然后用锡焊牢。线头不能绷得太紧, 太紧容易绷断。绕完线, 还要按表上电路图用万用电表测量一下, 看接头是否正确?例如, 振荡线圈的 1、3、5 应该相通, 2、4 也应该相通, 而两组线圈之间应该不通。没有万用电表, 也可以用第二章里介绍过的用耳机和一节电池串联起来进行测定。确实符合要求了, 再

在线圈上滴一些万用胶或熔化了的蜡，防止线圈松动。

3. 双连可变电容器 简称双连。它由两只单连相合而成，两组动片和同一根转轴相连接。双连的实物外形和符号如图 8-5。

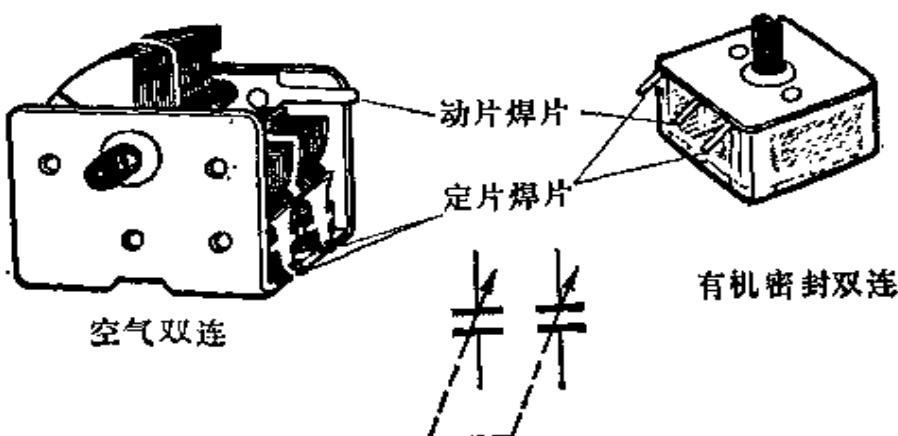


图 8-5

双连又分为两种：一种是组成双连的两连最大容量不一样。例如有一种双连，一连动片为 11 片，容量为  $7/250\text{pF}$ ；一连动片为 9 片，容量为  $7/290\text{pF}$ （这一连动片与定片的间距比上一连小）。这种双连称为“差容双连”。装接时，容量较大的一连接在输入回路，容量较小的一连接本机振荡回路。另一种是组成双连的两只单连容量一样，叫做“等容双连”，例如  $2 \times 7/270\text{pF}$ ,  $2 \times 12/360\text{pF}$  等。使用双连时，应根据振荡线圈参数选配合适的。本机因用 LTF-3-1 振荡线圈，需要的配定是  $7/270\text{pF}$ ，所以选用等容的( $2 \times 7/270\text{pF}$ ) 有机密封双连。焊接时，动片（密封双连中间的一个焊片）应接地。

## （二）安装

超外差式收音机零件比较多，安装时除了要做到前面几章说过的要求以外，还应做到下列各点：

(1) 各级电路元件的排列应按照电路前后顺序,以免前后级之间发生干扰,引起自激。要以大元件为中心,小元件围绕大元件排列。变频级与中放级要靠得近一些。各个中周应尽可能避免并靠在一起。

(2) 中周屏蔽罩接地要良好。本机接地点是电源正极,中周的外壳应与电源正极焊接好。

(3) 中放、检波级要离磁棒远一点,尤其是最后一个中周,一定要注意离开磁棒,以免产生啸叫声,影响正常收音。

(4) 高频部分电路的接线要尽量地短,不要单纯地追求美观、整齐,而将各接线平行排列。各接线不平行排列,可以减小线与线之间的分布电容,使收音机工作稳定可靠,性能良好。

(5) 各级电路尽量采取一点通地(即各级要接地的元件都尽可能放在一个地方接地)。

(6) 元件分布力求均匀,接线整齐、美观。还可采用彩色线区别电路,方便检查。例如用红、蓝、黄颜色的套管,分别套在三极管的e、b、c三个脚上,焊接时就不容易搞错等等。

本机的元件排列和接线可分别参考图8-3、图8-6和图8-7。

### (三) 调试

调试前先要对照图8-2线路图,进行认真的检查:

(1) 检查各元件的连接是否正确无错误。例如,三极管、二极管的管脚有没有接错,中周、振荡线圈接线是否正确,电解电容的正负极有没有接反,中周的级序前后有没有调错,输入、输出变压器有没有调错等。

(2) 检查各元件的参数是否正确。例如应该焊5.1欧电

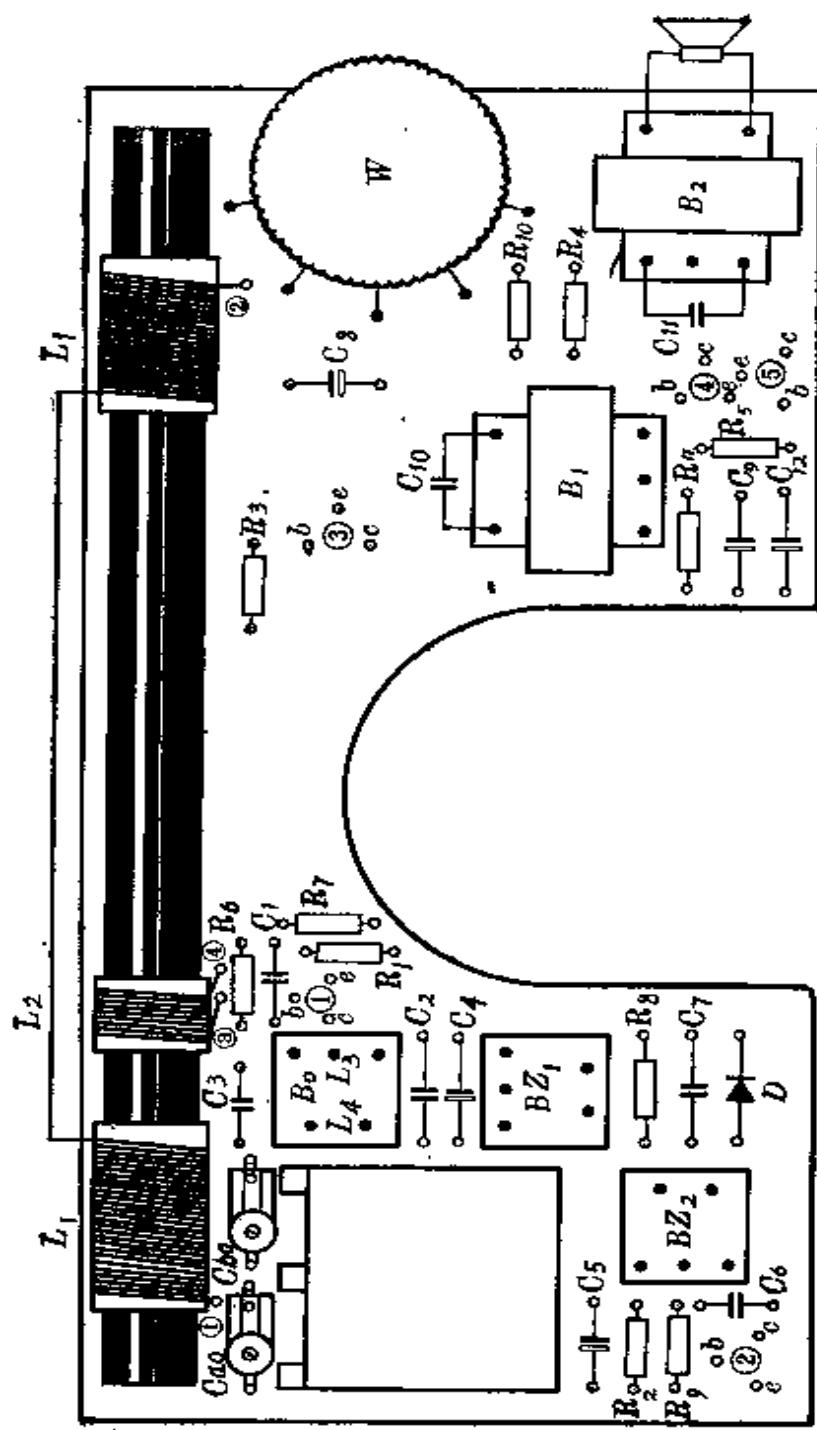
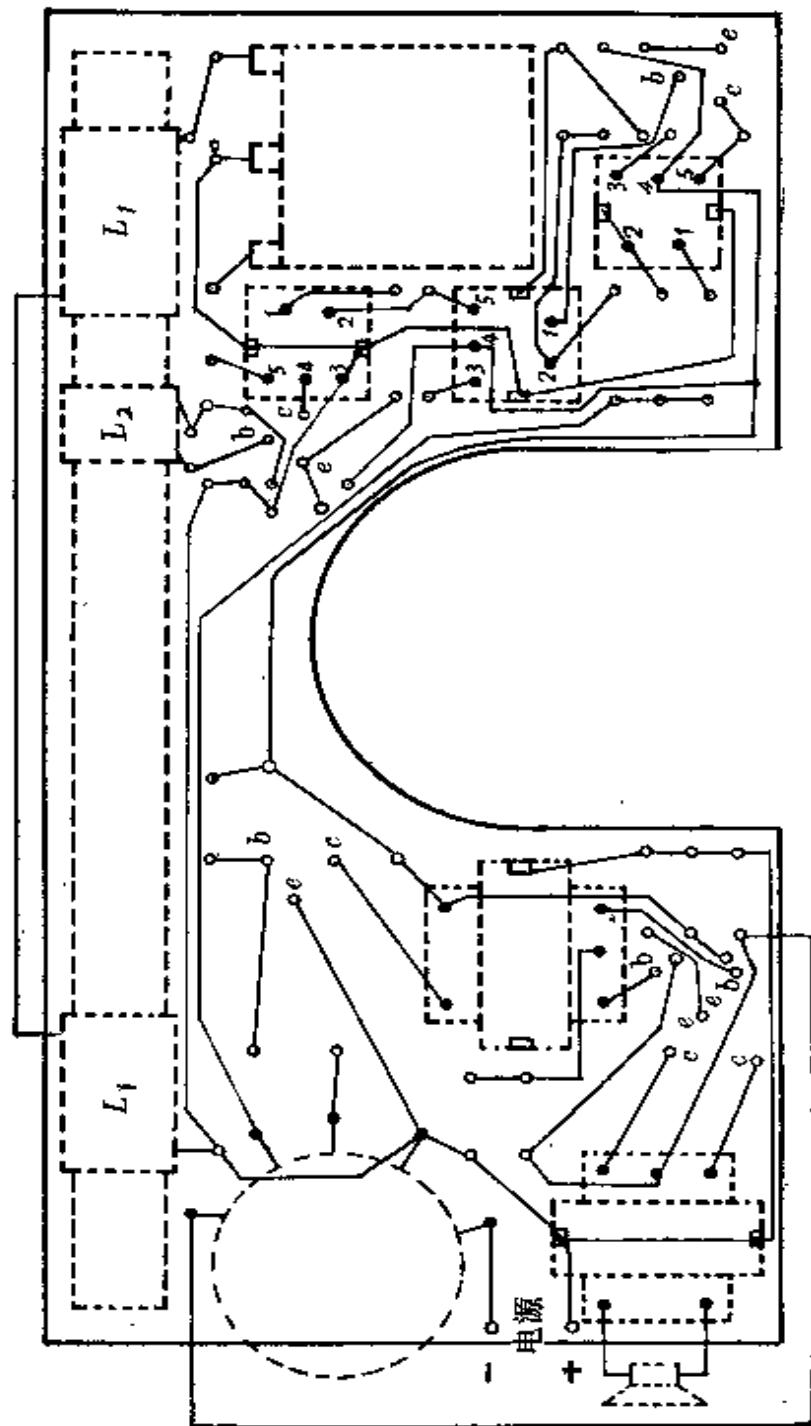


图 8-6

图 8-7



阻的地方，有没有错焊上 5.1 千欧的电阻等等。

(3) 检查各个焊点，看有没有假焊、脱焊的地方。检查各连接导线和各元件的裸体部分之间有没有相碰的地方。

(4) 整机检查时，还应注意把滴入机内的锡珠、线头等清理干净，以防止通电后造成短路。

检查无误以后，就可以通电试验。在接通电源时，最好在电路中串入一只电流表，即将电流表(或万用电表的电流档)的表棒接在电源开关(断开位置)的两端接点上，看一看表针摆动的情况。如果发现电流太大(正常时整机静态电流在 15 毫安以下)，可能电路有短路；如果没有电流，可能电路有断路；都应立即进行检查。如果电流在 7~15 毫安之间，喇叭有“咯咯”声，便可进行调试。我们这里主要介绍没有仪器或只有一个万用电表时的调试方法。当然，调试收音机最好有一个万用电表，或者有一个电流表表头也好，这样可以使偏流调得准确些。

调整工作有四项：

(1) 调整晶体三极管的工作点(即调偏流)。收音机各级

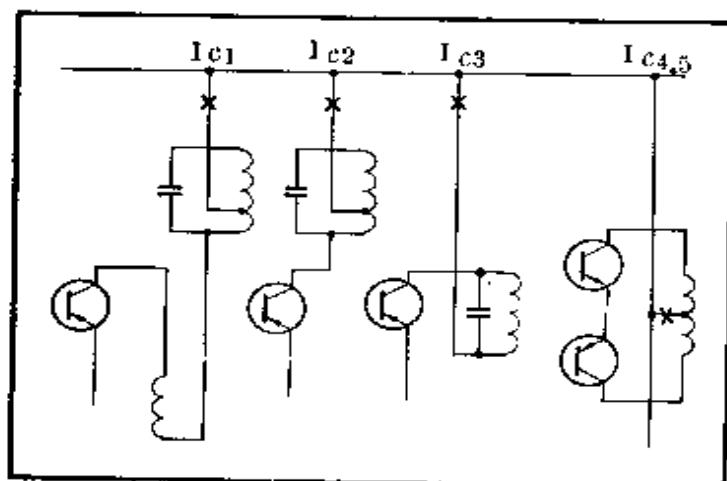


图 8-8

电路中的晶体三极管都处在一定的工作点工作。各级工作电流可通过电流表接在集电极回路中测得，也就是如图 8-8，将电流表串入线路中画有“ $\times$ ”记号处，表针所指

即集电极的电流值。本机集电极工作电流值为：

变频  $I_{c1}$  0.4 毫安左右 中放  $I_{c2}$  0.9 毫安左右

前置低放  $I_{c3}$  2 毫安左右 功放  $I_{c4,5}$  3 毫安左右

关于用电流表调偏流的具体方法已在第七章介绍过，这里不再重复。

如果没有万用表，可用下述方法进行调整：

接上电源，打开开关，这时如果听到喇叭里发出“卜”的一声，说明喇叭Y是接得对的，输出变压器B<sub>2</sub>已经起作用。没有“卜”的一声，应当着重检查喇叭的接线、输出变压器的接线和推挽晶体管BG<sub>4</sub>、BG<sub>5</sub>的管脚e、b、c的接线。错接的改过来，漏接的补上去。

用手捏住旋凿的铁梗，去触BG<sub>4</sub>和BG<sub>5</sub>的基极，这时喇叭应发出轻微的“喀喀”声。再用旋凿触BG<sub>3</sub>的基极或者电位器W的中心接线头，这时喇叭应发出比较响的“嘟嘟”声。如果没有声音，或者声音变轻了，那是前置低放级BG<sub>3</sub>没有起作用。除了检查电路接线外，还应适当减小上偏流电阻R<sub>3</sub>\*的阻值，直到旋凿触及BG<sub>3</sub>的基极，能听到比较响的声音为止。

用旋凿去触基极的办法，也可以用于检查中放级BG<sub>2</sub>和变频级BG<sub>1</sub>。不过旋凿触及BG<sub>2</sub>的基极时，声音应该轻一点；触及BG<sub>1</sub>的基极时，声音应该响一点。就这样，从推挽级起，向前一级一级检查，那一级没有反应，问题就在这一级。

在超外差式收音机里，出问题最多的是变频级BG<sub>1</sub>。而变频级的关键是有没有起振？判断是否起振的方法很简单，只要手拿旋凿去触可变电容器的定片，也即密封双连上两边的接线片。当旋凿触及每一片时，喇叭里都应发出“喀喀”的声音。如果触及其中的一片有反应，而触及另一片没有反应，就可以

肯定是没有起振。这时应将振荡线圈的接头 2、4 对调一下，或者适当减小  $BG_1$  的上偏流电阻  $R_u$ \* 的阻值，也就是增加  $BG_1$  的集电极的电流。如果接线是正确的，那么这些措施一定有效。中放级  $BG_2$  的调整方法与前置低放级  $BG_3$  相同。

超外差式收音机只要起振了，一般说来就有可能收到电台的播音。听到电台播音以后，应再一次调整每个晶体三极管的上偏流电阻，使声音响亮、清晰、动听。

(2) 调整中频频率(调中周)。调整中周的目的就是要把几个中周的谐振频率调整到固定的中频频率 465 千周。调中周时，可用竹条、废旧牙刷柄、塑料片或胶木片削成象螺丝刀一样的绝缘工具，用来调整中周的磁芯。不宜使用金属螺丝刀，因为这样要引起人体感应现象，调不准确。

这里只介绍一种不用仪器的调整方法，关于使用万用表调中周的方法在下一章介绍。

如果所用的中周是新的出厂产品，那么调整就方便得多，因为中周在出厂时已调整在中频频率 465 千周。打开收音机，随便收听一个电台，接着用导线或螺丝刀短路双连的振荡连定片到地（也就是用一根导线，一端接地，另一端去碰触振荡连的定片）。如果声音立刻消失或显著减弱，说明变频级和本机振荡部分都在工作，这时才可开始调中周；如果对声音毫无影响，说明本机振荡未发生作用，通过中放级的信号是串过去的，这时调中周毫无意义，反而会越调越乱。遇到后一种情况，应先找出不起振的故障，排除掉以后，才可以开始调中周。

经过上述试验，证明变频、本机振荡都在工作了，就可开大音量电位器。利用磁性天线感应外来信号具有方向性的特点，转动磁性天线，使输入的外来信号尽量小；再移动输入回

路线圈  $L_1$  在磁棒中的位置，使声音尽可能大。然后用自制绝缘工具，按顺时针方向缓缓旋转中周上的磁帽，使声音达到最响。调整的顺序是从后向前，即从  $ZB_2$  到  $ZB_1$ 。但当声音很响时，人耳对音响的变化往往不易分辨，也就不容易调得更精确。因此第一次调整以后，应再减小外来信号的强度，再作调整。例如第一次先根据本地电台调到很响以后，第二次再根据外地电台调；或者也可以不改变电台，而将磁性天线与地面垂直放置，使输入信号更加微弱，再调到声音最响。如果选择的信号已经很弱，而声音嫌大了，可以旋转电位器减小一点音量，再用上述方法从后向前调二、三遍。

如果中周是自制的，或者是旧的频率已经调乱，调整比较困难，可找一架已经调好的收音机为标准，用它作为中频信号源。具体方法如图 8-9 所示：先用标准收音机收到一个电台的广播，从它最后一个中周的次级，通过一个几十微微法（图中为  $30\text{pF}$ ）的电容器引出中频信号，加到被调收音机的输入端（即变频管  $BG_1$  基极），同时将两架收音机的地线接通；将被调收音机的双连全部旋入，并断开标准收音机的检波级；这时标准收音机应不发音，而待调收音机的喇叭应能放出声音；然后从后向前逐个调整中周，反复细调几遍，到声音最响、音质好为止。

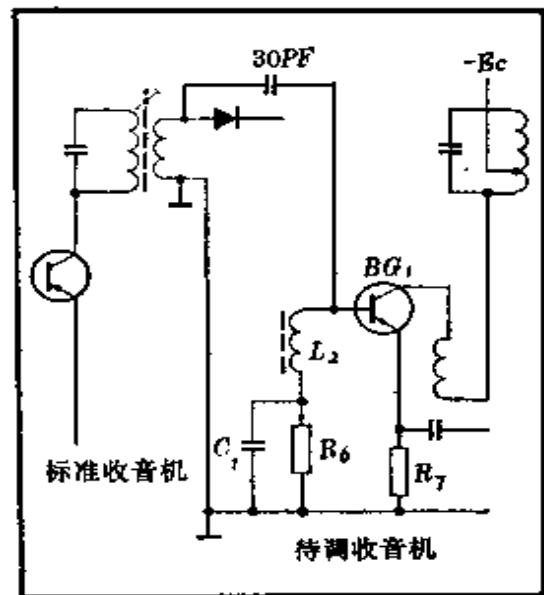


图 8-9

如果中周已被调得很乱，连一点播音声都听不到，那末还应回过头来检查一下各级工作点是否适合。办法仍是用手捏住螺丝刀的铁梗去触各晶体三极管的基极，听到喇叭有“喀喀”声，说明各级都在工作时，再用天线尾端的导线头不断碰触地线，同时调整中周，使喇叭发出的“喀喀”声达到最响。然后再按上述方法调整中频频率。

中周调整完毕后可用蜡将各中周的磁芯螺口封好。

(3) 调整频率范围(对刻度)。目的是要在双连从全部旋进的最低频率到全部旋出的最高频率之间，恰好能包括整个波段(中波段国家标准为 535~1605 千周，频率高端还各应留出1~3%的余量)。这个目的可以通过调整本机的振荡线圈 LTF-3-1 的磁芯和振荡回路的补偿电容  $C_{bo}$  来达到。

调整时最好先配好拉线刻度盘，即当双连全部旋入时，刻度盘指针指在 535 千周；当双连全部旋出时，指针指在 1605 千周。

然后选收近低端的一个电台，例如中央人民广播电台 640 千周。参考指针将双连旋在 640 千周位置。在这个位置收不到的话，可再旋动双连，如果在指针偏小于 640 千周处收到了，说明振荡线圈的电感量不足，可将振荡线圈的磁帽旋进一些，直到能在 640 千周位置收到为止；如果在指针偏大于 640 千周处收到了，说明振荡线圈的电感量太大了，可将振荡线圈的磁帽旋出一些，直到能在 640 千周位置收到为止。

接下来再选收近高端的一个电台，例如在上海地区可选择上海人民广播电台的 1420 千周。同样，将双连旋到 1420 千周位置，看能否收到。如果位置偏了一些，可以调整微调电容  $C_{bo}$  收到这个电台。值得注意的是，微调电容  $C_{bo}$  变动了，

低端又会失调，因此还需回到低端来再调整。就这样，低端调振荡线圈磁帽，高端调补偿电容……要反复进行几次，才能最后调准。以上调整步骤可参考图 8-10。

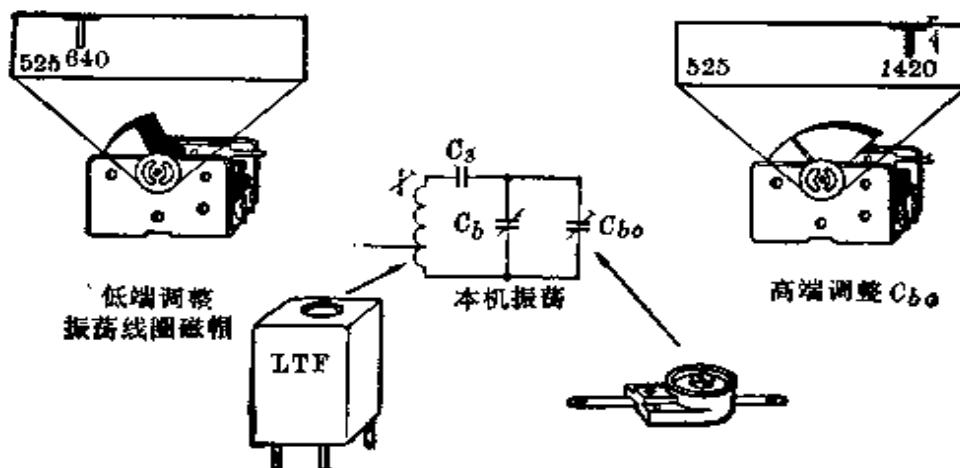


图 8-10

(4) 统调(即调整整机的灵敏度)。统调的目的，是使本机振荡频率能始终比接收信号高一个固定中频 465 千周，也就是说它们的差频是固定的中频 465 千周。中频能顺利地通过中频放大器，所以调好本机振荡频率是提高选台效率的主要因素。但是要达到本机振动频率处处比接收信号高出一个固定中频 465 千周，是比较困难的，目前只能做到本机振荡回路在频段的高端、中间、低端三点上比接收信号高出一个中频 465 千周。这就是通常所说的“三点统调”，或“三点同步”。具体方法是：

利用调整频率范围时收到的低端电台，例如 640 千周，移动磁性天线线圈  $L_1$  在磁棒上的位置，使声音达到最响。这样，低端就算初步调好了。

再利用调整频率范围时收到的高端电台，例如 1420 千周，调节输入回路中的微调电容  $C_{bo}$ ，使声音最响。这样，高端也算

初步调好了。

同调整频率范围时一样，高、低端也要反复调几次（参见图 8-11）。

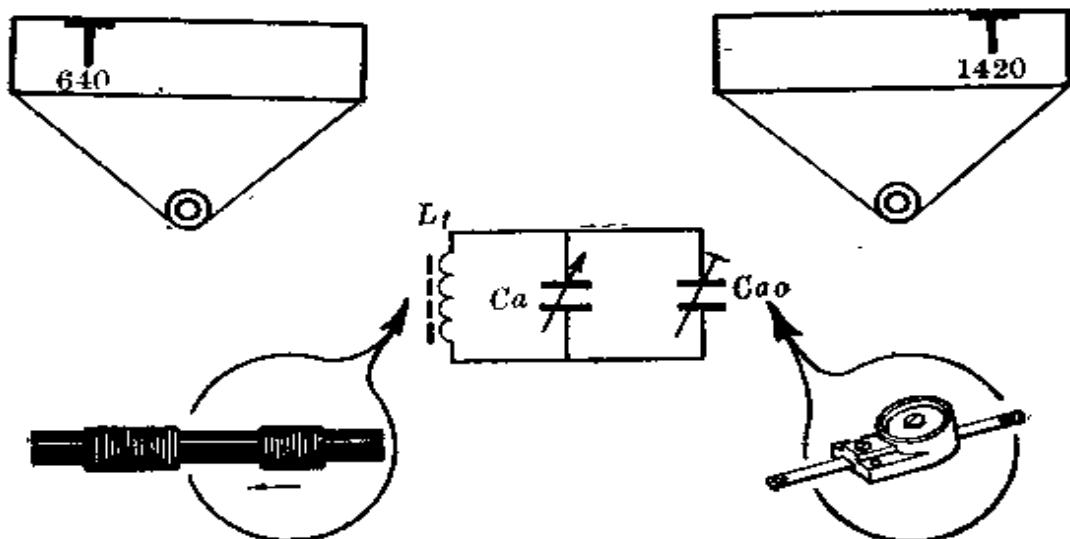


图 8-11

高、低端初步调好以后，就可以调中间。为此，可以在1000千周附近收听一个电台，例如在上海地区可收听上海台990千周。旋动微调电容 $C_{ao}$ ，比较声音。这时有三种可能情况：第一种是电容 $C_{ao}$ 在原处时声音最大，则说明高、中、低三点已经获得统调。第二种是要加大 $C_{ao}$ 的电容量才能使声音达到最大，则说明应加大振荡回路中的电容 $C_3$ （可增大5~10pF试试），并重新进行统调。第三种是要减小 $C_{ao}$ 的电容量才能使声音达到最大，则应减小电容 $C_3$ ，并重新进行统调。总之，要到 $C_{ao}$ 在一固定位置时，高、中、低三点的声音都最大，才算达到三点统调的目的了。

另外，为了进一步检查是否已统调好，还可以采用电感量测试棒（见图 8-12）加以鉴别。电感量测试棒又叫做铜铁棒。

它的制作方法是：在一根长约 80~100 毫米的绝缘管（可用旧的自来水笔杆代替）中，一端嵌入一段长约 20 毫米的铜棒或铝棒，另一端嵌入一段同样长的高频磁芯（可用折断了的磁棒代替），就成了一根电感量测试棒。

检查时，先将收音机调到统调点（即在 600KC、1000KC、1500KC 三点附近各收一个电台），用测试棒的铜（铝）端靠近输入线圈  $L_1$ ，如果收音机声音变大，说明磁棒上的输入线圈  $L_1$  电感量大了，应减少  $L_1$  的圈数，或将线圈  $L_1$  向磁棒两端稍稍移一些。如果用测试棒的磁端靠近线圈  $L_1$ ，收音机声音增大了，说明输入线圈  $L_1$  的电感量不足，则应增加  $L_1$  的圈数，或将线圈向磁棒中间稍稍移一些。如果用测试棒的两端分别靠近输入线圈  $L_1$  时，收音机的声音都减小了，说明线圈的电感量正好，收音机已统调好。

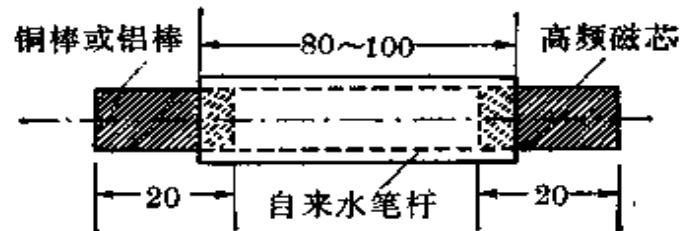


图 8-12

从上面所述的可以看出，调整收音机，是一项比较困难而且需要细致和耐心的工作。但是，只要我们努力学习，勇于实践，并在学习和实践的过程中不断总结经验，就一定能掌握调试的方法。

收音机调整好后就可以装入机壳。机壳可以购市售成品，也可以自己设计。

#### （四）工作原理

本章开头已简略地介绍过超外差式收音机各级的作用，在这里我们将更详细地分析一下各部分的电路。

## 1. 变频电路：分本机振荡、混频和选频三部分。

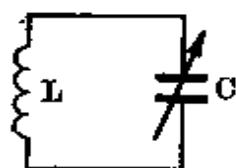


图 8-13

(1) 本机振荡。简称本振。是一种能够自己产生振荡电流的电路。如图 8-13, 由一只线圈 L 和一只电容 C 组成的回路, 只要给它一点电能, 电流就可以在 L 和 C 之间来回流动, 形成电流振荡。改变电容器 C 的容量大小, 就能改变电流振荡的频率。但是, 在振荡的过程中, 原有的电能逐渐被消耗, 如不补充电能, 振荡就会慢慢减小, 以致停止。这种现象与日常生活中见到的老式时钟的钟摆摆动的情况一样, 若忘记了上发条, 钟摆就会慢慢停止摆动。

怎样给 LC 振荡电路补充能量, 让振荡维持下去呢? 这个任务可由图 8-14 所示的能产生正反馈的晶体管放大器来担任。电路中  $R_1$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  组成晶体三极管的分压式电流负反馈偏置电路。 $C_1$  是高频旁路电容, $C_2$  是高频耦合电容, $L_3$  和  $C_b$  组成振荡回路。当电源接通的瞬间,  $L_3$ 、 $C_b$  振荡回路得到能量, 便发生振荡。从 A、B 两点取出一部分振荡信号, 通过  $C_2$  加到三极管发射极上, 由三极管将它放大, 放大后的信号从集电极输出。在集电极电路中串联了一只回输线圈  $L_4$  ( $L_4$  与  $L_3$  绕在同一磁芯上), 当放大后的信号通过  $L_4$  时, 由于互感作用, 在  $L_3$  中感应产生了电流。如果  $L_3$ 、 $L_4$  的接法正确, 那么感应产生的电流与振荡回路原来的电流方向相同, 电流被加强了(正反馈)。这样,  $L_3$ 、 $C_b$  振荡回路的能量得到补充, 振荡得以维持下去, 保

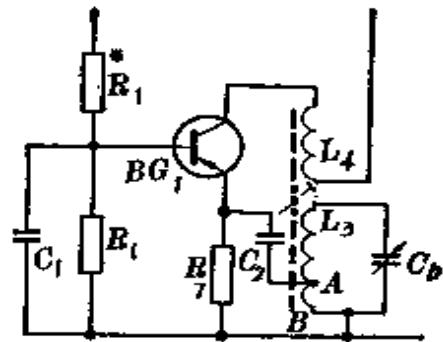


图 8-14

持振荡电流的振幅不变。适当地考虑  $L_3$  和  $C_b$  的大小，可使振荡回路产生高频振荡，从而获得高频等幅振荡信号（简称本振信号）。

(2) 混频。可以单独用一只晶体三极管进行工作，也可以利用本机振荡电路中的晶体三极管进行工作，一管两用。用一只三极管既担任振荡电路的放大任务，又担负混频的工作，可以简化电路，降低成本。习惯上把单独用一只三极管进行混频工作的方式称为混频，而把一管两用的方式称为变频。

在图 8-14 振荡电路前面加上调谐回路就构成图 8-15 的变频器。调谐回路  $L_1$ 、 $C_a$  选出要接收的信号  $f_\lambda$ ，由  $L_1$  耦合给  $L_2$  送到晶体三极管的基极；本振信号  $f_\text{本}$  给  $C_2$  从晶体三极管的发射极输入；这两个信号在变频管  $BG_1$  内混频，混频的结果，产生了这两种信号的差频， $f_\text{本} - f_\lambda$ （这就叫“外差作用”）。

在调谐时，我们可以做到使本机振荡信号的频率始终比输入信号频率高出 465 千周，也就是使这个差频是一个固定的中频 465 千周。原来，超外差收音机调谐回路里的可变电容器  $C_a$  与本机振荡回路的可变电容器  $C_b$  采用的是同轴转动的双连可变电容器。转动  $C_a$  时， $C_b$  也跟着变化。因此随着输入信号频率的改变，本机信号的频率也发生相应的变化，而它们之差始终保持在 465 千周。例如，接收频率为 640 千周的电台时，本机振荡信号的频率是 1105 千周，它们相差 465 千

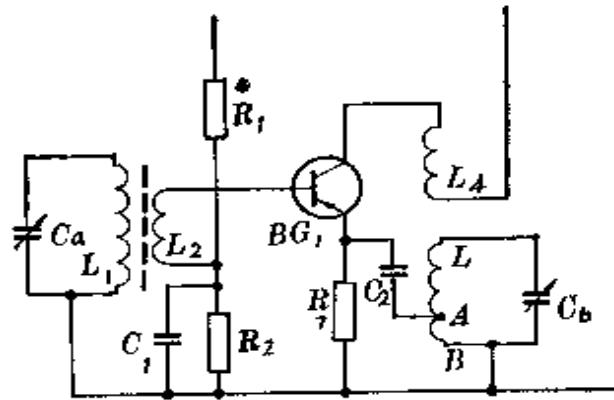


图 8-15

周；转动  $C_a$  使调谐回路对 990 千周的电台调谐时， $C_b$  跟着  $C_a$  一起转动了一段，使本机振荡信号的频率相应升高到 1455 千周，两个频率之差仍旧是 465 千周。这如同哥哥比弟弟大 4 岁，几年后，哥哥和弟弟都长了，但他们的年龄始终相差 4 岁一样。

使输入信号频率和本机振荡频率相差 465 千周，叫做“同步”。要实现同步，双连上的两组片子必须特殊设计，才能做到在任何角度时，两个频率都相差 465 千周。目前广泛采用两组容量相同的双连，使用这种双连时要在电路中接入补偿电容  $C_{a0}$ 、 $C_{b0}$  和垫整电容  $C_3$ ，帮助实现同步（参见图 8-2）。

(3) 选频。混频后，在集电极回路中的信号成份还是复杂的，465 千周的中频信号仅仅是其中的一种。选频的作用就是将 465 千周的中频信号选择出来耦合给下一级，而将不必要的信号成份滤掉。在变频级里完成选频任务的是中频选频

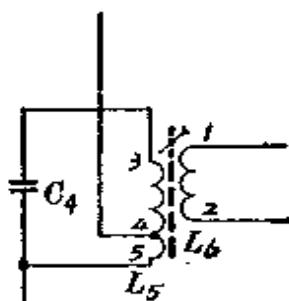


图 8-16 中频选频电路。中频变压器的初级线圈  $L_5$  和电容器  $C_4$  组成并联调谐电路。调整这个电路，可使它与 465 千周的中频信号谐振。这样，混频后，集电极输出的信号通过这个电路时，只有 465 千周的中频能领到“通行证”，由  $L_5$  耦合给次级线圈  $L_6$ ，送到下一级放大，其余的信号都受到“阻挡”，不准通过。

五管超外差式收音机实际的变频电路如图 8-17 所示。由上面的分析可以知道，变频级的全工作过程是：输入回路接收到的高频调幅信号送到变频管  $BG_1$  中与本机振荡回路产生的本振信号进行混频，混频后从集电极输出的信号通过中

频选频电路选频，将 465 千周的中频信号选择出来送给中放级。

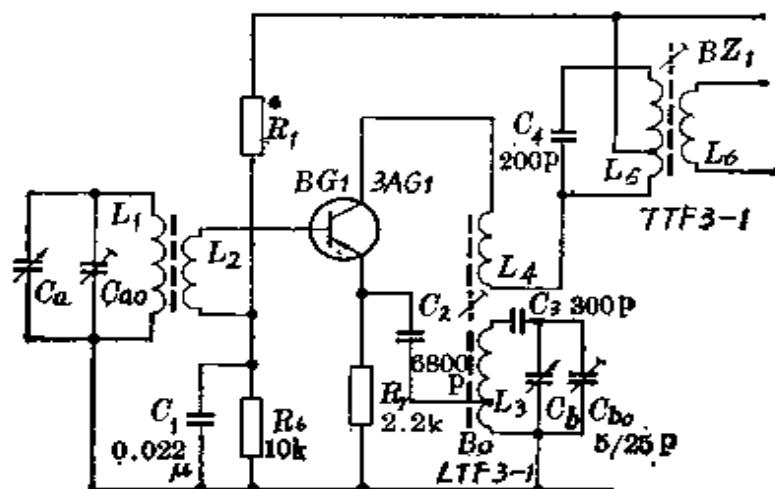


图 8-17

2. 中频放大器电路：图 8-18 是超外差式五管机的中频放大器电路(采用分压式电流负反馈偏置电路)。电路中,  $R_2$  为  $BG_2$  的上偏流电阻,  $R_8$  与电位器  $W$  共同组成  $BG_2$  的下偏流电阻。发射极电阻  $R_9$  用于稳定三极管的工作点。在  $R_9$  两端没有并联旁路电容, 让交流信号通过  $R_9$ , 这样做交流信号虽然会有一些损失, 但能够改善音质。 $C_6$  和中频变压器初级  $L_7$  组成选频电路。 $C_5$  是旁路电容, 同时又与  $R_8$  构成自动增益控制电

路(这个电路将在后面介绍)。在变频电路中, 经过选频后的

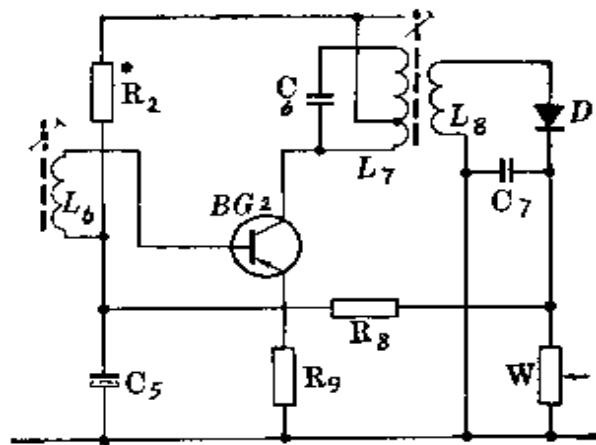


图 8-18

中频信号耦合给  $L_6$ ，并送到中放管  $BG_2$  的基极，进行中频放大。从集电极输出放大的中频信号，经  $C_6$  和  $L_7$  组成的选频电路又一次选择，挑选出 465 千周的中频信号送到检波级，使“蒙混过来”的其他频率的信号再一次受到阻挡。

由于放大器对中频信号的放大能力比对高频信号的放大能力强，所以采用中频放大，放大器的增益（放大倍数）高，这就大大提高了收音机的灵敏度；又由于中放前后都装置着选频电路对信号进行选择，因此排除了 465 千周中频以外的其他干扰，显著地改善了收音机的选择性。因为中频放大器具有这些突出的优点，所以超外差式收音机常常采用两次或两次以上的中频放大。通常把中频放大器称为超外差式收音机的“心脏”。

凡是有变频和中频放大的电路叫“超外差式”电路，只有变频而没有中频放大的则叫“外差式”电路。

3. 检波电路：图 8-19 画出了超外差式收音机的三种检波电路。我们以图(甲)为例，看看检波的过程：前级输出的中频信号耦合给中频变压器次级。次级上获得的中频信号送给二极管 D 检波。检波后的输出电流由  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R$  组成的  $\pi$  型滤波器将残余的中频成份滤去，剩下的音频成份和直流成份流经电位器 W，在 W 两端产生音频信号电压降。电位器的滑动臂从 W 上取出音频信号通过低频耦合电容  $C_8$  送到低放级。调节电位器的滑动臂可以调节送往低放级音频信号电压的大小，从而控制收音机的音量。图(乙)、(丙)与图(甲)的电路区别在于滤波部分简单一些。图(乙)用了一只电容 C 和一只电阻 R 组成 L 型滤波器；图(丙)仅用了一只电容 C 以便让残余的中频信号成份从旁路通过。本章介绍的这只超外差式五管

机,为了简化起见,检波电路采用图(丙)的形式,见图 8-20。

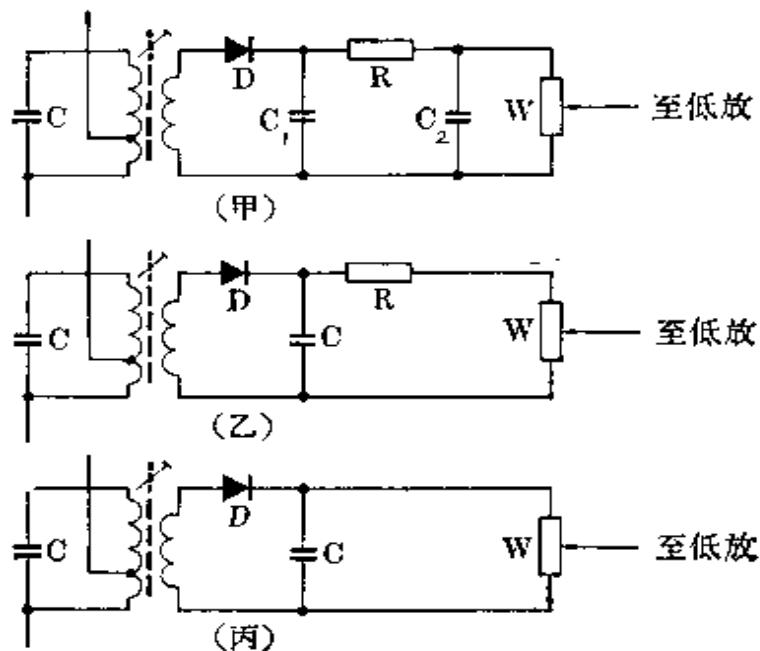


图 8-19

**4. 自动增益控制电路:** 收音机在接受信号强弱不同的各个电台时,音量往往相差很大,近地电台声音响,远地电台声音微弱。在接收同一远地电台时,由于无线电波在传播过程中要受到天空中电离层变化的影响,也容易出现声音忽强忽弱的现象。为了避免产生这种现象,超外差式收音机中装置了自动增益控制电路。

这个电路使收音机对强弱不同的信号都能很好地接收,在信号强弱有变化时,也能大体维持一定的音量。

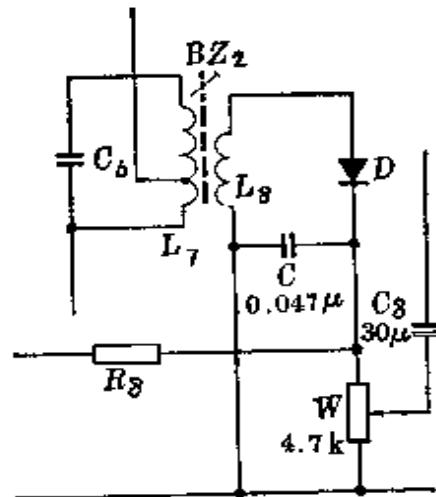


图 8-20

图 8-21 画出了超外差式五管机的自动增益控制和有关部分的电路。其中  $R_g$ 、 $C_5$  起着自动增益控制作用。 $R_g$  一端接检波器输出端，另一端跟中放管  $BG_2$  基极相连。

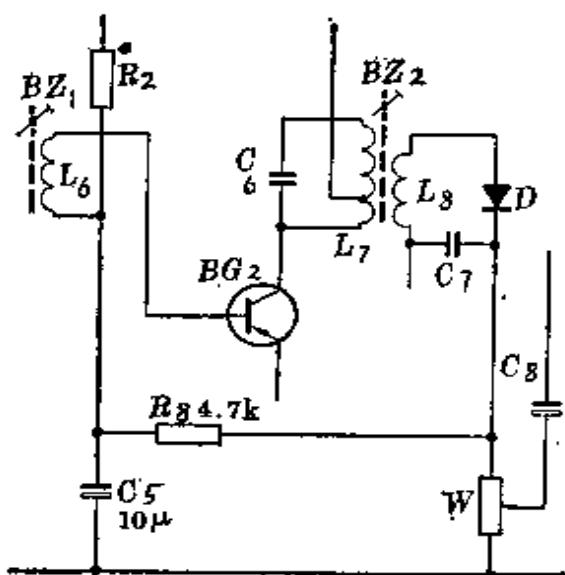


图 8-21

它分出检波后的一部分输出电流，将其中的直流成份加到  $BG_2$  的基极上，而音频成份经  $C_5$  旁路到地。加到基极上直流成份的电流方向与  $BG_2$  基极电流  $I_b$  方向相反，起抵消作用，使得  $BG_2$  偏流减小。直流成份愈强， $BG_2$  的偏流减小愈大。显然，这个直流成份的大小影响着中频放大器的放大倍数（即增益）。当输入

信号增强时，检波后得到的直流成份也相应增大，从而使  $BG_2$  的偏流有更大的减小，中频放大器的放大倍数就自动降低。反之，当外来信号减弱时，中频放大器的放大倍数就自动提高。这样，在输入信号强弱发生变化时就自动起到调节作用，把音量大体上维持在一定的范围。

低放部分的电路与前面四管机相似，这里不再重复。

现在概述一下超外差式五管机的工作过程：从磁性天线接收到的电台调幅信号，由  $L_1$ 、 $C_a$  等组成的调谐回路调谐，选择出要收听的电台的信号，通过  $L_1$  和  $L_2$  的耦合，送入变频管  $BG_1$ ；同时，由  $L_3$ 、 $C_b$  等组成的本机振荡回路产生的高频振荡信号也送入变频管  $BG_1$ 。由于  $C_a$ 、 $C_b$  是同轴双连可变电容器，当调谐回路的接收信号频率改变时，本振回路的振荡频率

也随之作出相应的改变，并保证  $f_* - f_\lambda = 465$  千周。混频后，产生的新的频率信号从集电极输出，由  $L_5$ 、 $C_4$  组成的选频回路选出 465 千周中频耦合给  $L_6$ 。

$L_6$  上获得的中频信号加至中放管  $BG_2$  的基极，进行中频放大。放大后的信号经  $L_7$ 、 $C_6$  组成的选频回路作第二次选频，选择出 465 千周的中频耦合给  $L_8$ 。其他干扰信号前后两次受到阻挡，基本上被滤掉了。

$L_8$  上获得的中频信号，送到二极管 D 检波。检波后残余的中频信号成份被  $C_7$  旁路到地，剩下音频成份和直流成份，其中一部分流经电位器 W，在 W 两端产生音频信号电压降。 $R_8$  和  $C_5$  组成的电路从检波输出端分出一部分输出电流，将直流成份回输到中放管  $BG_2$  基极作自动增益控制，而交流成份由  $C_5$  旁路到地。

电位器 W 上的音频信号通过  $C_8$  加到前置低放管  $BG_3$  的基极，进行低频放大。放大后的音频信号由输入变压器  $B_1$  耦合到功率放大管  $BG_4$ 、 $BG_5$  输入端，进行推挽放大。最后，输出变压器  $B_2$  将经过多次放大具有一定功率的音频信号耦合给扬声器。

$C_9$ 、 $R_5$ 、 $C_{12}$  组成退耦电路，以便让交流信号电流从旁路通过，以免电源电压下降时引起啸叫。

## 第九章 超外差式晶体管 六管收音机

经过上一章五管机的装置实践，少年读者对超外差式收音机已经有了一定的认识。在这个基础上，再进一步装置复杂一些的超外差式收音机就比较容易了。在这一章，我们向大家介绍常见的超外差式六管机的装置方法，图 9-1 和 9-2 是它的电路图和接线参考图。

通过比较可以看出，该电路与上一章讲的五管超外差收音机没有多大的区别，只是多了一级中放电路。因此，它的装置方法和原理可参阅上一章，这一章只作一些必要的说明和补充。

### (一) 元件的选用

$L_1$  是天线线圈兼调谐线圈。应采用五股以上的纱(或丝)漆包线绕制，以增加导线总的表层面积，减小因高频电流的集肤效应(高频电流通过导线的时候，电流集中在导线的表面，中心几乎没有电流通过，这种现象叫集肤效应)所造成的损耗。焊接时必须将多股线中每一根线头上的漆都刮干净，上好锡，一根不漏地焊入电路。如果假焊或漏焊了几根，就会失去多股线的作用，使收音机的选择性和灵敏度大打折扣。线圈不要置于磁棒的正中心，也不要置于磁棒的端头。若收低端电台的声音轻，可移动  $L_1$  在磁棒上的位置。

$C_a$  是调谐电容。它与  $L_1$  组成调谐回路。改变电容  $C_a$  的

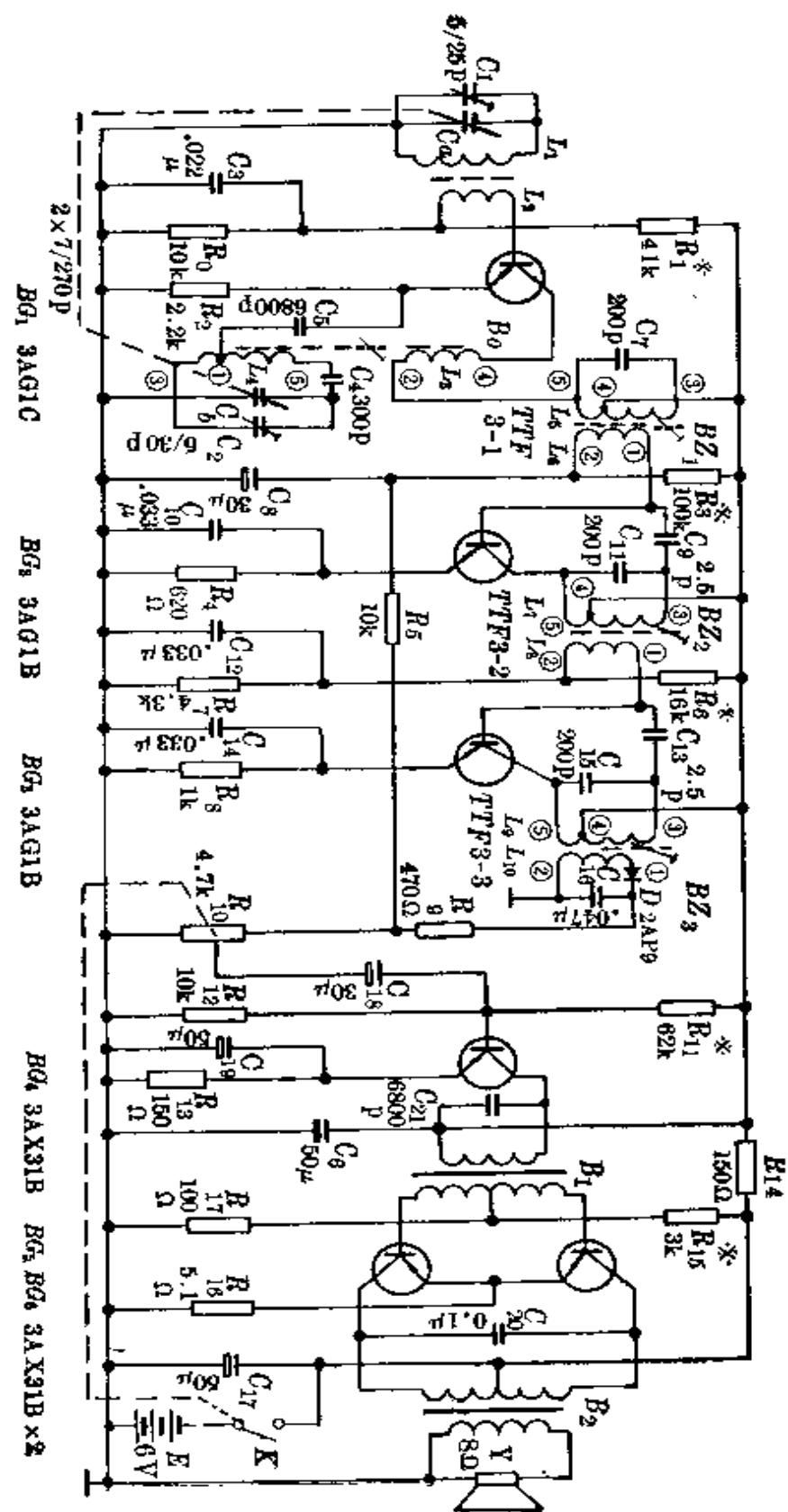


图 9-1

2x7/270P  
BG1 3AG1C      BG3 3AG1B      BG5 3AG1B  
BG4 3AX31B      BG5, BG6 3AX31B × 2

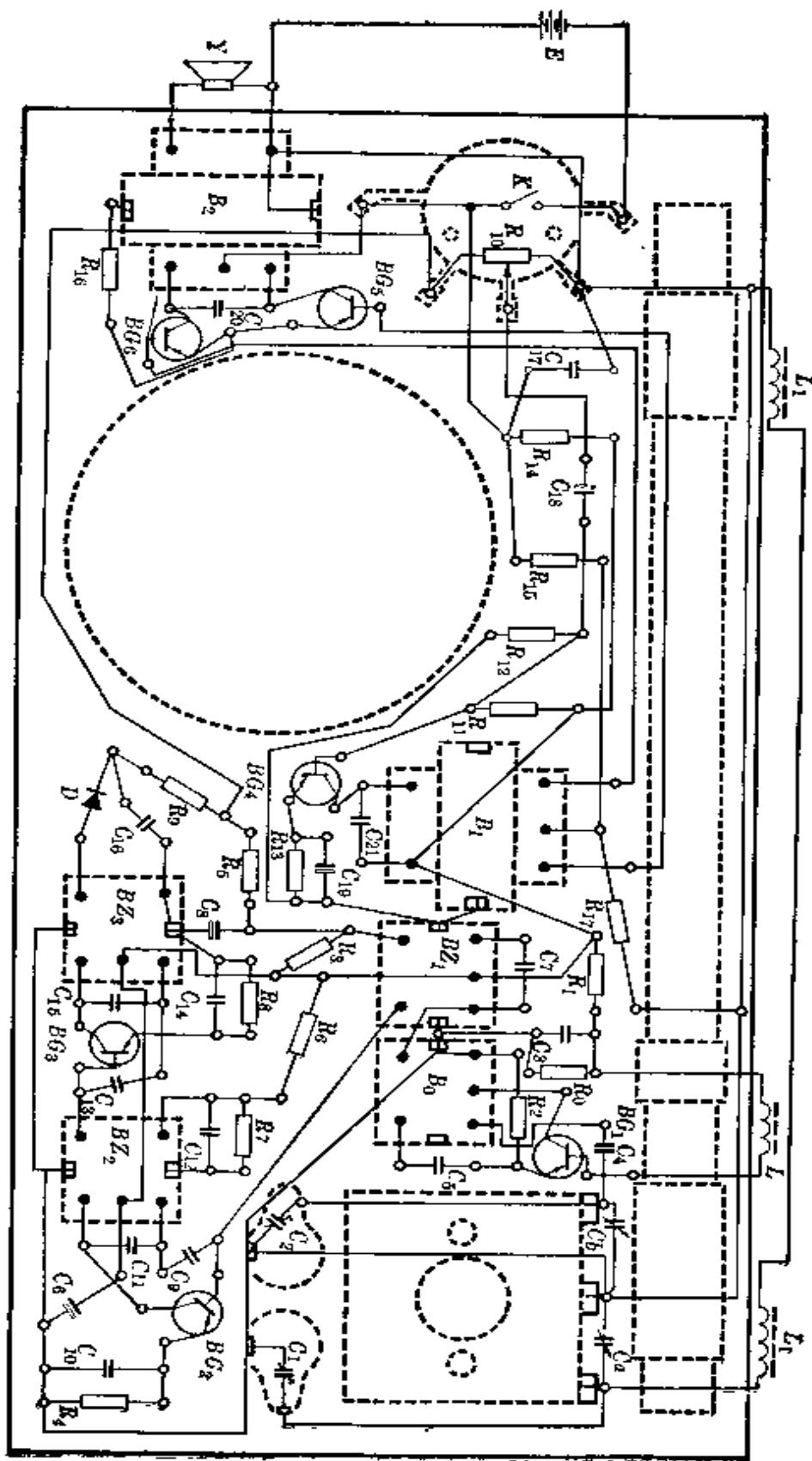


图 9-2

容量，可以改变调谐回路的谐振频率，从而挑选我们所要收听的电台信号。

$C_1$  是调谐回路补偿电容。若高端电台收不到，可调节此微调电容器，最后达到波段覆盖。

$L_2$  为耦合线圈。它的圈数一般是  $L_1$  的  $1/10$  左右。 $L_2$  与  $L_1$  不应靠得太近，近了虽然可以加强耦合，但会使选择性变差。 $L_2$  与  $L_1$  一般相距为  $5\sim10$  毫米左右。

$BG_1$  是变频三极管。要求其截止频率为工作频率的  $2\sim3$  倍。中波段电路的变频管最高工作频率为  $1605+465$  (千周)，即近似于 2 兆周，所以变频管的截止频率应在  $6\sim7$  兆周以上。一般  $3AG1$  型高频三级管的截止频率为  $25\sim65$  兆周，能满足要求。变频管的静态工作电流  $I_{c1}$  的选择很重要。 $I_{c1}$  选得过大，则混频效率低； $I_{c1}$  选得过小，则混频时对中频成份的放大作用小，混频增益小，一旦电源电压下降，就容易停振。一般  $I_{c1}$  调节在  $0.3\sim0.6$  毫安的范围内，以取  $I_{c1}=0.4$  毫安为最恰当。

$R_1^*$  和  $R_0$  是变频级  $BG_1$  的上偏流电阻和下偏流电阻，它们组成分压器以确定  $BG_1$  的工作点。调节  $R_1^*$ ，可调整  $BG_1$  的工作点至最佳点。 $R_1^*$  的阻值应在调试中确定。

$R_2$  是  $BG_1$  发射极电阻。 $R_2$  取得小，本机振荡电压就小，不易起振； $R_2$  取得太大，振荡电压虽然大，但  $BG_1$  的工作点要移动，影响混频效率。取  $R_2$  为 2.2 千欧能达到一定的振荡电压，并起到稳定本机振荡振幅作用。

$C_s$  是高频旁路电容。让高频信号通过而不致在  $R_0$  上产生损耗。

$C_5$  是振荡耦合电容。它将本机振荡器产生的振荡信号注

进入到  $BG_1$  的发射极。同时它又起隔直流的作用，不让发射极直接接地。 $C_5$  取得太小，耦合给晶体管的能量小，不易起振； $C_5$  取得太大，其本身漏电也大，没有必要。

$C_4$  是垫整电容，与  $C_b$  串联。它使总的振荡电容容量减小，从而能产生较高的振荡频率。

$C_2$  是中波段补偿电容。供调整频率覆盖时用。

$C_b$  是双连中的一连。它和  $C_a$  同轴。旋动转轴时， $C_a$ 、 $C_b$  同时改变，使本机振荡信号频率跟随外来信号频率变化而变化，并总是比外来信号频率高出 465 千周。

$L_4$  是振荡线圈。它和电容  $C$ （由  $C_b$ 、 $C_2$  并联后再与  $C_4$  串联的总电容）构成  $L_4C$  振荡回路。

$L_3$  是本机振荡器的反馈线圈。它与振荡回路的耦合必须是正反馈，以补充振荡回路每周振荡时所损耗的能量，从而维持等幅振荡。如果安装中接成负反馈，本振会停振，发现这种现象，只要将  $L_3$  两个头对调一下就可以改正。

$BZ_1$  是第一中频变压器。它与电容  $C_7$  组成中频选频回路。本机用 TTF-3-1。

$C_7$  是中频谐振电容。它与  $BZ_1$  的  $L_5$  组成中频选频回路。由于选频回路仅对 465 千周的中频信号谐振，因此能从  $BG_1$  集电极输出的成份复杂的信号中选出 465 千周的中频信号，并把其他频率的信号过滤掉。

$C_9$  和  $C_{13}$  都是中和电容。晶体管三极管各个电极之间存在着极间电容，因此晶体三极管工作在高频时会把放大后的信号的一部分从集电极回送到基极去，形成正反馈，结果引起自激，在扬声器里发出啸叫声。 $C_9$  和  $C_{13}$  就是为消除这一毛病而设置的。中和电容的数值如何选择要通过调试才能确定。

一般以调试到第一中放不发生啸叫为限，如还有啸叫声，则可略为增加容量。一般取 2.5 微微法左右。

$BG_2$  是第一中放管。该管除放大中频信号外还兼负自动增益控制的任务。自动增益是依靠改变  $BG_2$  的集电极电流  $I_{c2}$  来完成的。这一级的工作电流不宜过大，约取 0.4~0.6 毫安为宜。作中放用的晶体管，对于截止频率的要求略低于变频管。一般的高频管都能胜任。 $\beta$  选 50~60 就行了，不必太大。

$BG_3$  是第二中放管。它的作用侧重于增加功率增益，工作电流比第一中放略大些，约取 0.8~1 毫安。

$BZ_2$ 、 $BZ_3$  分别是第二、第三中周。作用与  $BZ_1$  同。本机分别用 TTF-3-2 和 TTF-3-3。

$C_{11}$  和  $C_{15}$  都是中频谐振电容。它们分别与第二、第三中周组成中频选频回路。

$R_3^*$  是  $BG_2$  的上偏流电阻。调节  $R_3^*$  可使  $BG_2$  得到合适的工作点。

$R_6^*$  是  $BG_3$  的上偏流电阻。调节  $R_6^*$  可使  $BG_3$  得到合适的工作点。

$R_7$  是  $BG_3$  的下偏流电阻。阻值取得小一些，以增加分流，提高稳定性。

$R_4$ 、 $R_8$  都是反馈电阻。

$C_{10}$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{14}$  都是旁路电容。只要它们对中频的容抗远小于与它们并联的电阻  $R_4$ 、 $R_7$ 、 $R_8$  的阻值，能让中频信号顺利通过就可以了。一般取 0.01~0.047 微法。

$D$  是检波二极管。宜选用正向电阻小，反向电阻大的管子。这样的管子检波效率高，输出大，失真小。一般选用工作频率高的 2AP 型二极管。

$C_{16}$ 、 $R_9$  组成  $\Gamma$  型检波滤波器。其作用是滤掉检波后残存的中频信号。 $C_{16}$  的容量越大，滤波的作用就越好。但  $C_{16}$  也不能选得过大，过大了，连音频信号中的高音部分也会被旁路掉。 $C_{16}$  若过小，则对中频滤除不彻底，滤波效果不好。电容  $C_{16}$  一般取  $0.01\sim0.047$  微法。 $R_9$  的阻值大一些滤波作用大一些，但检波后的音频信号在电阻上的消耗也随之增加，一般取  $470$  欧~ $1$  千欧左右。

$R_5$ 、 $C_8$  是自动增益控制元件。这种自动增益控制作用是利用检波后输出的直流成分通过  $R_5$  加到  $BG_2$  的基极，改变基极偏流，使  $BG_2$  基极电流被抵消一部分来实现的。

$R_{10}$  是检波负载电阻。它兼有音量控制的作用。当电位器  $R_{10}$  的滑动臂滑向上面时，音量就大；滑动臂滑向下面时，音量就小。

$C_{18}$  是低频耦合电容。它把检波后得到的音频信号输送 到下一级。同时也起隔直作用，不让直流电输送到下一级晶体管的基极去。 $C_{18}$  的容量宜选得大一些。取得过小，会使低音频损失过多，音质变坏。一般取  $10\sim30$  微法，再大一些也可以，只要安装的地方挤得下。

$R_{11}^*$  是  $BG_4$  上偏流电阻。调整它使  $BG_4$  获得最佳工作点。

$R_{12}$  是  $BG_4$  下偏流电阻。

$R_{13}$  是发射极电阻。

$C_{19}$  是发射极旁路电容。因为  $C_{19}$  旁路的是音频电流，所以它的容量比中放级的发射极旁路电容容量应大得多。一般取  $2\sim50$  微法。

$BG_4$  是低放电路前置放大管。集电极工作电流一般调在

1.2~2.5毫安。

$C_{21}$  是  $BG_4$  集电极上高频旁路电容。它使不需要的高频不进入变压器，从而突出低音。 $C_{21}$  容量不宜太大，太大低音也会受到衰减，一般取 4700 微微法~0.01 微法。

$B_1$  是输入变压器。

$R_{15}^*$  是  $BG_5, BG_6$  的上偏流电阻。调节它使  $BG_5, BG_6$  获得合适的工作点。

$R_{17}$  是  $BG_5, BG_6$  下偏流电阻。

$R_{16}$  是功放级发射极电阻。由于这一级是功率放大级，通过发射极电阻的电流很大，因此  $R_{16}$  的阻值不宜选得过大。一般取几欧姆，否则功率损失太大。

$C_{20}$  是旁路电容。作用是衰减高音，改善音质，使低音突出。 $C_{20}$  容量越大，高音衰减越多。一般选 0.047~0.1 微法。

$R_{14}, C_6, C_{17}$  组成退耦电路。避免电池用旧时，各级的交流信号通过电池引起寄生振荡，收音机发生“卜卜”声。习惯上称  $C_6$  为退耦电容， $R_{14}$  为退耦电阻， $C_{17}$  为电源滤波电容。 $C_6, C_{17}$  容量越大越好，但过大体积太大，一般取 50~100 微法。 $R_{14}$  一般选用 100~300 欧，过大了，压降增加，将使前几级集电极电压降低，影响效率。

$BG_5, BG_6$  是功放管，作推挽放大用。要求两个晶体管特性完全一致。但事实上不容易达到这样要求，因此只能要求它们的  $\beta$  以及穿透电流  $I_{ceo}$  尽量接近。相差在 10% 以内，失真尚不大。如果两只管子参数相差较大，可将集电极电流调得大一些，以减小失真。但也不宜调得太大，否则电流损耗过多，效率减低。两管总工作电流宜调在 2~5 毫安。

$B_2$  是输出变压器。

Y是阻抗为8欧姆动圈式喇叭。

E是电源。用4节6伏。

## (二) 调试

安装检查无误后(无假焊、错焊、漏焊、脱焊、碰线短路等)就可进行调试。调试方法如下：

1. 调各级静态工作点。调整  $R_1^*$ 、 $R_3^*$ 、 $R_6^*$ 、 $R_{11}^*$ 、 $R_{15}^*$  阻值，分别使各级电流为：

$$I_{c1} 0.3 \sim 0.6 \text{ 毫安}$$

$$I_{c2} 0.4 \sim 0.6 \text{ 毫安}$$

$$I_{c3} 0.8 \sim 1 \text{ 毫安}$$

$$I_{c4} 1.2 \sim 2.5 \text{ 毫安}$$

$$I_{c5,6} 2 \sim 5 \text{ 毫安}$$

2. 调中周。不用仪器调中周的方法参见上章。这里补充介绍用万用电表调中周的方法。

由于调中周的工作一定要在本振电路正常工作后才能进行，因此首先要检查本机振荡电路是否已经工作。这可以用万用电表测量变频管的直流电压、电流的方法来判断。

从变频级工作原理可知，当本机振荡器起振时，变频级的集电极电流  $I_c$  和发射极电压  $U_e$  都略有增加。因此，可如图 9-3，先用万用电表 1 伏档，测量变频管的发射极对地电压，然后用一根导线短路振荡线圈。短路时，如果振荡停振， $I_c$ 、 $U_e$  都下降，表针略有回跌，这说明本振工作正常；如果没有变化，说明本振有故障，应将故障排除以后再调中周。

用万用电表调中周的方法是，在受自动增益控制电路控制的第一中放管集电极回路中串入万用电表（量程用 1 毫安档），如图 9-4。为了不影响该级工作，可在电流表旁并接一个

0.047 微法的电容对中频旁路；还要并接一个1千欧的电位器分流，以便于调整无信号时电流表量程到满度。调整中周时，先在低端收听一个电台。输入信号不宜过强，如果信号过强，可以改变收音机方向位置，也即磁棒方向位置，或改收外地电台，使信号减弱。然后用塑料螺丝刀由后向前依次调  $BZ_3$ 、 $BZ_2$ 、 $BZ_1$  的磁芯，都使电流表的电流减小。这样反复调几次，直到电流表指示的电流无法进

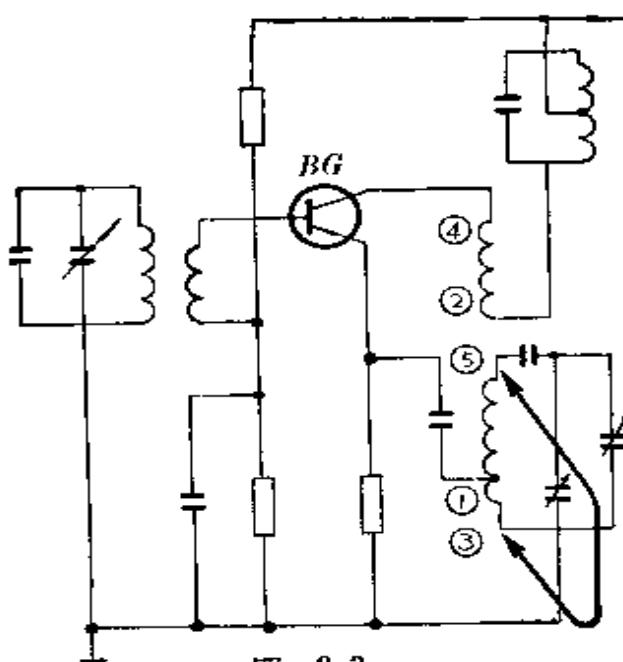


图 9-3

丝刀由后向前依次调  $BZ_3$ 、 $BZ_2$ 、 $BZ_1$  的磁芯，都使电流表的电流减小。这样反复调几次，直到电流表指示的电流无法进

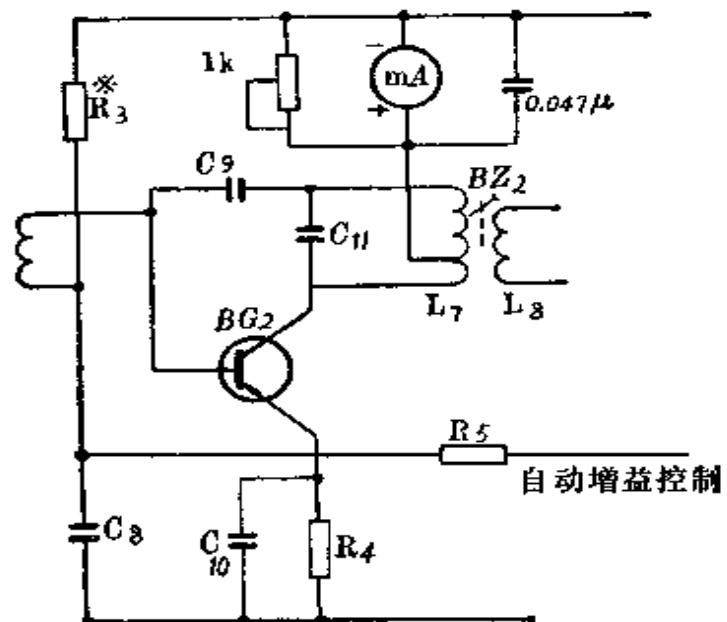


图 9-4

一步减小为止。这时，中周就算调好了。

还可以利用测第一中放管发射极电压的方法来鉴别中频频率调整得是否正确。这方法较之测电流方法更简单易行。方法是用万用电表量电压的 2.5 伏档，测第一中放管发射极电阻  $R_4$  上的电压。调节中周磁芯，使发射极电压最小。

用万用电表也可以测量检波器输出端电压。由于在无信号时，检波二极管的输出端对地电压为负值，因此可将万用电表红表棒接地进行测试（这时的读数实际是负值），表针应指在 0.1~0.2 伏左右。当有信号时，表针向零值下降。信号越强，下降越多，甚至表针反走，这时可将黑表棒接地再试。调节中周，到万用电表上反映的信号至最强为止。一般强信号时检波管输出电压变正，约为 0.3 伏左右。如过大，可能是中周自激。

另外，还可以用 2L465A 陶瓷滤波器作为基准调中周。陶瓷滤波器的外形和符号如图 9-5。陶瓷滤波器的特点是对中

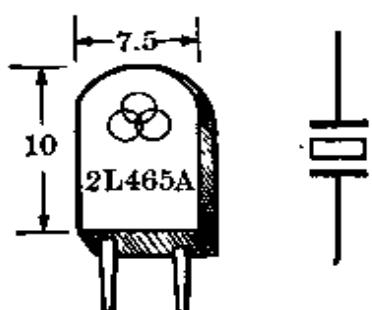


图 9-5

频 465 千周阻抗小，对偏离 465 千周的频率有一定谐振阻抗。偏离越大，阻抗也越大。我们就是利用它的这一特性来调中周的。方法是将并联在第一中放级发射极电阻上的旁路电容  $C_{10}$  拿掉，用 2L465A 陶瓷滤波器代替上去。旋

转可变电容器，接收一个低端附近的电台，如 640 千周。调节每一个中周的磁帽，使声音最响。再将  $C_{10}$  并联在陶瓷滤波器的两端，听声音是否比  $C_{10}$  没有并联上去时响。如果差不多，那么中频就调准了。如果并联上去后比不并联时要响得多，

说明中频不准。这时不能光靠调中周来解决，必须同时调节振荡线圈的磁芯。一直调到  $O_{10}$  并联上去同不并联上去一样，中频就算准了，可将陶瓷滤波器拿下来，把  $O_{10}$  装上去。

3. 调整频率范围(即对刻度)。

4. 统调(即调整整机灵敏度)。

对刻度和统调的方法已在上一章介绍过，可参考应用，这里不再重复。

### (三) 检修

关于检修晶体管收音机的方法，前面已陆续介绍了一些，这里再综述一下。

检修收音机，概括起来有三个步骤：(1)认清故障现象；(2)对故障现象进行分析，用逐步缩小范围的办法，找出故障的所在和产生故障的原因；(3)对症下药，排除故障，如将应该换掉的元件换掉，应该重新调整的重新调整等等。

那么，又如何来判断故障产生的所在和根源呢？对少年读者来说，可以采用干扰法、短路法和测量电压和电流法。

1. 干扰法。手执小螺丝刀，指头贴在铁梗上，用刀口从末级向前一级依次碰触各个三极管的基极。在此过程中，喇叭中发出的“咯咯”声应逐渐加大。如碰到某一级，喇叭不发声，或声音很轻(与正常相比)，说明故障就出在这一级或这一级与下一级交连部分。用这种方法可以寻找收音机无声或声音轻的故障所在级。

2. 短路法。检查“汽船声”、“啸叫声”、“杂音”等故障，不能用干扰法，可用短路法。

“短路法”就是把某一级的三极管的基极对地短路，使这一级和这一级以前的部分失去作用。它是从前级向后级依次

进行的。当短路到某一级时，“汽船声”、“啸叫声”、“杂音”消失了，就表明故障发生在这一级。

3. 检查电流和电压。干扰法和短路法具有简单易行的优点，但它们只能检查出故障大致发生在哪一级和发现断线、脱焊等明显的故障。对于静态工作点变化所引起的故障，必须用万用电表进行电流和电压的测量。

测量各级晶体三极管集电极电流（即检查各级的直流工作点）非常重要，它是判断三极管工作情况好坏的有效方法。如果电流不正常，该放大级就不能正常工作。例如本机在正常情况下，各级集电极电流应为：

三极管名称	变 频 管	第一 中放管	第二 中放管	前置 放大管	功放管 (两管之和)
集电极电流 (mA)	0.4	0.4	0.8	2	4.5

其他不同型号的收音机的各级集电极电流稍有差异，可以参见说明书所提供的数据。

此外，通过集电极、发射极、基极电压的测量，同样可以检查出各个晶体三极管的直流工作状态是否正常。下表就是本机各个晶体三极管三个电极分别对地的电压（皆为负值），可供检修时参考。

三极管 名 称 电 压	变 频 管	第一 中放管	第二 中放管	前 置 放 大 管	功 放 管
集电极电压 (V)	5.4	5.4	5.4	4.4	6
发射极电压 (V)	0.9	0.25	0.86	0.35	0.02
基 极 电 压 (V)	0.92	0.44	1.06	0.45	0.17

测量收音机各级晶体三极管的电流和电压，就好象检查人体的“血液”和“血压”一样，可以帮助我们找到收音机的“病”在什么地方。检查中发现哪一级电压或电流不正常，就可以在哪一级作进一步的检查。

为了使电压和电流的测定准确，下述几点必须注意：

(1) 检查电源电压是否正常时，先接通收音机的电源开关，然后测电池两端的电压。正常的电压值应不低于规定值的70%。如电压太低，必须更换新电池。不过要注意，换电池时不能在新电池中搭配一个特别旧(电压低于1.1V)的电池。如果换上新电池，开机后，电压又降为原来的80%左右，则说明机内存在短路，应予排除。

(2) 检查收音机的整机静态工作电流时，应将收音机调到没有电台的位置上，音量调至最小，电流表串接在电池与收音机之间。这时测得的电流就是整机静态工作电流，正常的应在10毫安左右。如电流太大，说明收音机有故障。这样可以及时掌握收音机工作是否正常，避免损坏造成损失。

(3) 测量各级静态工作电流和电压时，不要接收电台信号。因为收音机收到电台时的电流和电压与没有收到电台时的电流和电压不一样。

(4) 为了避免收音机本身前后级的影响，在测量时最好将前一级的集电极断开，或者将它的发射极与基极短路。

## 第十章 晶体管收音机参考电路

少年读者总希望自己装成的晶体管收音机是一架质量很好的收音机。怎样鉴别晶体管收音机质量的高低呢？一般说来，要看收音机接收电台的多少，声音的强弱，音质的好坏，杂音的大小以及耗电情况等。通常用一系列性能指标来衡量收音机的质量。这里，向大家介绍几个主要的性能指标：

**频率范围** 指收音机所能接收的频率范围。本书所介绍的收音机一般接收中波波段，其频率范围应为 535~1605 千周。如果装成的收音机实际接收的频率范围为 500~1400 千周，则 1400~1605 千周范围的电台就无法收到，这是低端过头，高端不足的现象。反之，如高端过头，低端不足，则低端的一部分电台也无法收到。

**灵敏度** 指收音机接收微弱信号的能力。灵敏度高的收音机能够收听远地电台或发射功率小的电台的播音；灵敏度低的收音机只能收听近地电台或发射功率大的电台的播音。收音机的灵敏度越高，接收的电台越多，但噪声也会相应增大。有磁性天线的晶体管收音机，灵敏度用毫伏/米 ( $\text{mV}/\text{m}$ ) 作单位来表示，数值越小，灵敏度越高。

**选择性** 指收音机挑选电台的能力。选择性差的收音机不能将邻近的两个电台分隔开，容易发生串台现象（即喇叭里同时放出两个或更多电台的播音）；选择性好的收音机在一般情况下不会发生串台现象。选择性用分贝 (db) 表示，分贝数

值越大，表示选择性越好。

**保真度** 指收音机保持原来信号波形的能力。保真度好的收音机，声音清晰而且柔和动听；保真度差的收音机声音沉闷、嘶哑或者音尖刺耳，听上去很不自然，甚至完全失去了原来的音调，变得非常难听。

**额定输出功率** 指收音机在一定的保真度下，输出功率的大小。输出功率越大，声音越响。输出功率的大小用毫瓦( $mW$ )或瓦( $W$ )作单位表示，数值越大，输出功率越大。

**电源消耗** 指收音机在无信号输入时总电流的大小和达到额定输出功率时总电流的大小，用毫安( $mA$ )作单位表示。电源消耗越小，收音机越省电。

显然，我们要提高收音机的质量，就要设法使上述各项指标尽可能地得到提高。当然，在保证质量的前提下，还要求收音机结构简单、成本低廉、使用方便、外形美观。

这一章向大家介绍一些经过改进或者具有某些特点的晶体管收音机电路，供装置时参考。

## 一 采用高频变压器的灵敏单管机

电路图如图 10-1 所示，它与第四章介绍的来复再生倍压检波电路的主要区别在于来复和检波的方式不同。在这里，来复是通过高频变压器  $B$  耦合来实现的。高频变压器  $B$  一方面将放大的高频信号耦合给二极管检波，另一方面它的初级线圈  $L_4$  又为音频信号进入耳机提供了通路。这种经过改进的电路具有以下优点：

(1) 二极管  $D$  不与三极管  $BG$  基极直接相连，而是通过

电容  $C_3$  耦合。这样，调整三极管的偏流基本上不受检波级的影响，检波级也基本上不受三极管工作状态的影响，可以使两者各处于最佳工作状态。

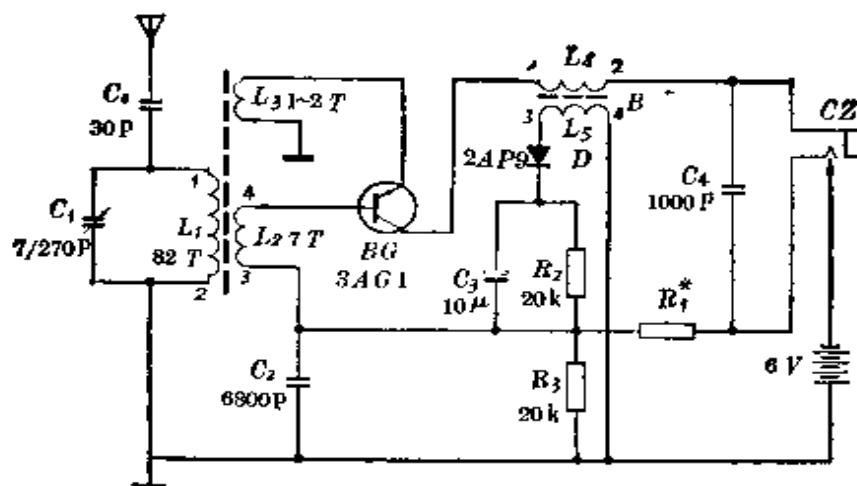


图 10-1

(2) 采用高频变压器耦合，可以使高频负载阻抗匹配较好，提高了传递功率的效率。

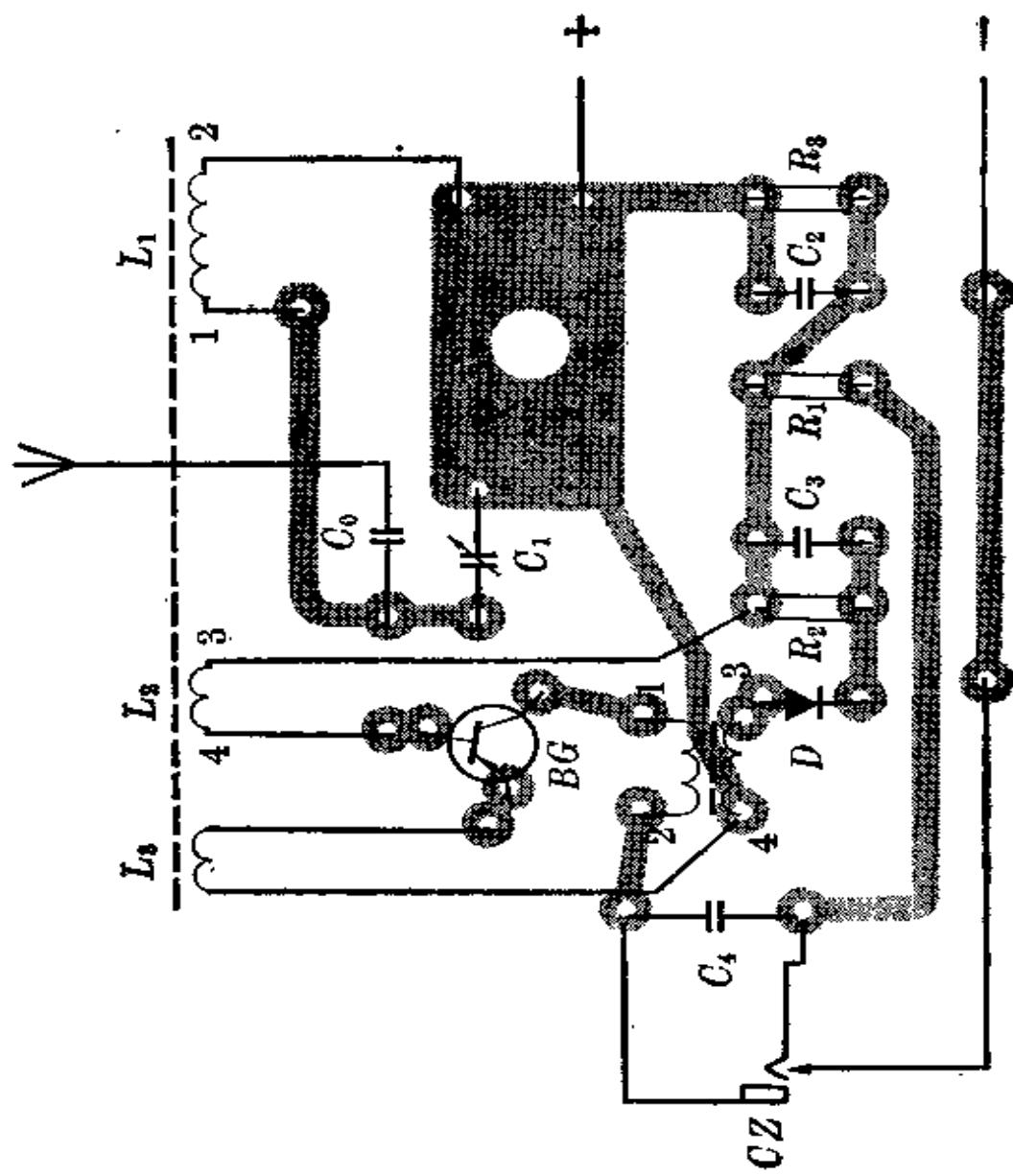
(3) 由于高频变压器采用升压式，将检波前的高频电压升高，从而提高了检波效率。

上述优点使这架单管机灵敏度和选择性都有明显提高，接收中波更均匀、稳定。

$R_1^*$  和  $R_3$  组成分压式偏置电路， $R_1^*$  作调整工作点之用， $I_e$  应调整在 1 毫安左右。

高频变压器的结构见图 10-3。初、次级线圈的圈数比采用 1:1.5，用  $\phi 0.08$  毫米的漆包线绕制，次级 300 圈，初级 200 圈，绕在 T 型磁芯上（磁芯  $M_4 \phi 3 \times 5$ ），外而不用屏蔽。也可以用废旧中周磁芯或小磁环绕制高频变压器。如用 TTF-3型中周磁芯，可用  $\phi 0.06$  毫米漆包线绕 200 圈作初级，300 圈作

图 10-2



次级。如用内径 5 毫米，外径 10 毫米的小磁环，可用  $\phi 0.06$  毫米的漆包线绕 80 圈作初级，140 圈作次级，分别绕在磁环两边。

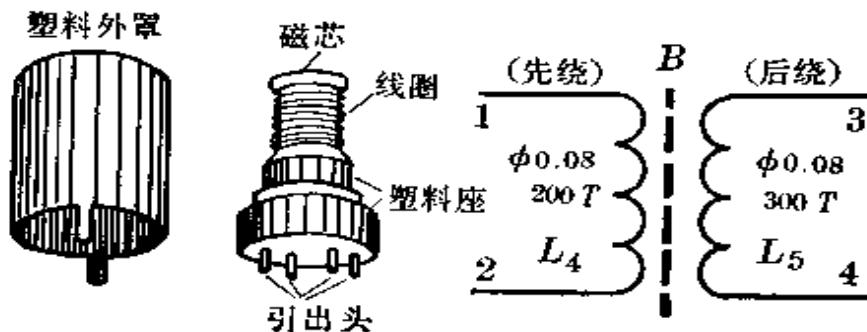


图 10-3

高频变压器对收音机的稳定性、灵敏度和选择性都有直接影响。制作的好坏主要决定于磁芯材料、圈数比和安装位置。

$C_1$  采用 7/270 微微法密封单连。磁性天线若采用长 50 毫米的扁磁棒可用  $\phi 0.07 \times 7$  丝包线绕 82 圈作  $L_1$ ，绕 7 圈作  $L_2$ ， $L_1$ 、 $L_2$  间距 3 毫米，另绕 1~2 圈作  $L_3$ 。

收音机的底板可以按照图 10-2 自制一块印刷电路板。少年读者自制印刷电路板一般可采用铜箔腐蚀法。方法如下：

准备一块大小合适的铜箔板，几两三氯化铁（可到照相材料或化工原料商店购买），少许漆（颜色不论，一般用白色，也可用沥青块熔化在汽油里代替漆使用），少许香蕉水，一枝毛笔，一把尖刀。

描图。用毛笔蘸漆把图 10-2 的电路图形描绘在铜箔板上。描绘时注意：每个点子的直径应不小于 3 毫米，每条线宽度不小于 2 毫米，点或线间的距离不小于 1 毫米。画好的电路图形线条要光滑，点要圆滑。不整齐的或画错的地方可用香蕉水抹去，重新画好；如漆已干，可用刀刮去再重画。描好的电

路图形，待漆干后应再用尖刀修理一下。

腐蚀。先配制好腐蚀用的溶液。比例(重量比)是：三氯化铁35%，水65%。水温 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。如需加快腐蚀速度，可适当提高三氯化铁的比例或增加水温(水温最高不宜超过 $50^{\circ}\text{C}$ )。然后用瓷盆或塑料盆盛三氯化铁溶液，把已描绘好电路图形的铜箔板(漆要干，画面向上)浸没在溶液中，并来回晃动(晃动是为了增加溶液的流动性，加快腐蚀的速度)。也可用排笔蘸上三氯化铁溶液来回刷洗铜箔板进行腐蚀。三氯化铁是强氧化剂，没有涂上漆的铜箔都会被它腐蚀掉，只留下表面涂有一层漆的部分。但是操作时要特别注意掌握好腐蚀时间，在未涂上漆的铜箔刚好都被腐蚀掉时立即将铜箔板从溶液中取出，不然的话，溶液也会侵入有漆覆盖的部分，把线条边缘上的铜箔也腐蚀掉，形成锯齿形，甚至烂断。用过的溶液还可用几次，不要丢掉。如果溶液中的铜屑多了，浓度低了，可以再加入一些三氯化铁。

清洁表面。铜箔板从溶液中取出后应马上用清水冲洗干净，否则残存的腐蚀液会使保留在来的铜箔边上出现黄色的污迹。冲洗干净后再用细砂纸把漆保护层砂去，即露出铜箔电路图形了。

打孔。对照图10-2，在要安装元件的点上钻孔。孔眼的位置要准确，不能偏歪，大小要符合元件的实际情况，否则装上去的元件歪斜，甚至装不上去。钻孔时压力不能太大，更不能用锥子冲打，压力太大了，带孔的铜箔就会翘起来。

印刷电路板制成功后，最好能涂上一层松香酒精溶液，这样既可以防腐又可以助焊。

对于简单的印刷电路，也可以用锋利的小刀刻制。方法

是：用钢笔将印刷电路图形画在铜箔板上，检查无误后用锋利的小刀将电路图形以外的铜箔刻除。刻除时应注意，只需将铜箔除去，不要损伤底层胶木板。刻除好以后再进行修理、钻孔。

用印刷电路板装置晶体管收音机省去了布线工序，焊接就简便多了。装置时先把元件上好锡，对照图 10-2 印刷电路图插入印刷电路板的孔内，弯折一下，然后用电烙铁分别将接点焊牢。

在印刷电路板上进行焊接一般采用 25 瓦或 45 瓦的电烙铁，焊接时间要短（在几秒钟以内），时间太长，会使铜箔脱落。如果一次未焊好，可以稍等一会儿再焊。焊接完毕便可以进行调试。

## 二 用硅三极管的来复再生式单管机

本机电路图见图 10-4。磁性天线用  $\phi 10 M_4$  型磁棒，如果  $C_1$  用 360p 单连， $L_1$  用  $0.07 \times 10$  丝包线绕 60 圈左右， $L_2$  绕 6 圈左右；如果  $C_1$  用 270p 单连， $L_1$  用  $0.07 \times 10$  丝包线绕 70 圈左右， $L_2$  绕 7 圈左右。 $I_o$  调节在 1 毫安左右。

硅三极管为 NPN 型三极管，它的使用方法与 PNP 型锗晶体管有所不同，主要区别有以下几点。

(1) NPN 型硅晶体管各极所加控制电压的极性恰好与 PNP 型锗晶体管相反，因此，NPN 型硅晶体管的发射极 (e) 接电源负极，集电极 (c) 接电源正极，基极的偏流电阻也接电源正极。

(2) 硅晶体管有四个脚与三个脚两种，分别为 e、b、c、G

及e、b、c。G脚通外壳，可供接地用。它的接脚（管脚朝上看）见图10-4左下角。

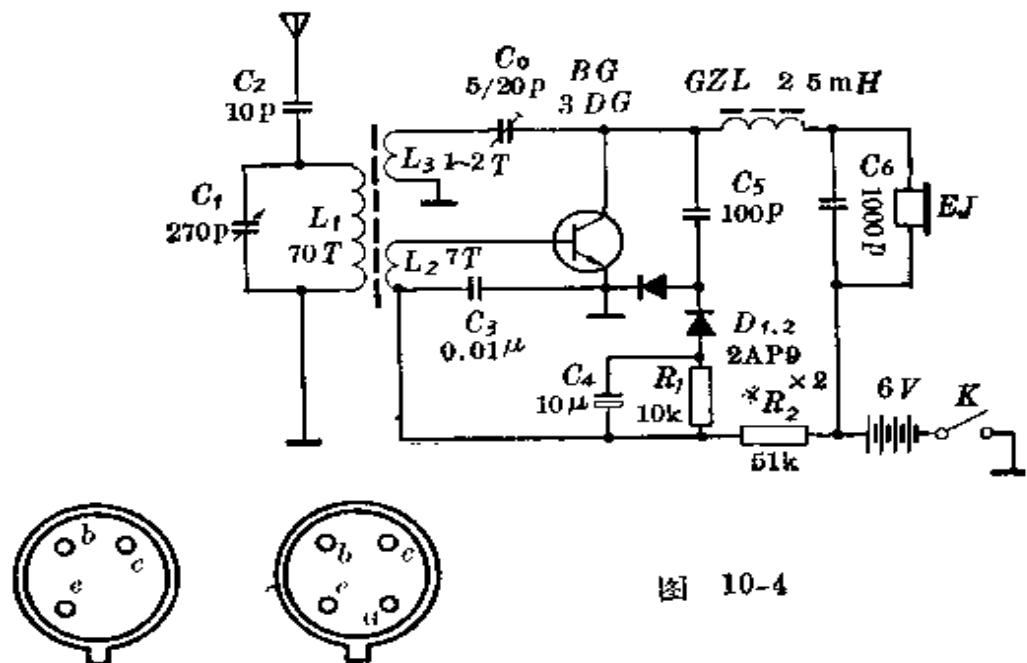


图 10-4

(3) 用硅晶体管装置收音机，务必尽量减短接线，在排列各个元件时注意位置合理方便，防止布线不当产生电感电容引起不应有的振荡。

(4) 硅晶体管可用作收音机的高频、中频或代作低频，作低频管用时，集电极最大允许耗散功率（参见附录）的大小不得超过允许值。

(5) 硅晶体管处于正常工作状态在放大区工作时， $U_{be}$ 要比锗管大。硅管的 $U_{be}$ 约在0.7伏左右，锗管的 $U_{be}$ 约在0.3伏左右。硅晶体管收音机的调试可采用调电压的方法。调整 $R_2^*$ 的数值，使基极电压 $U_{be}$ 在0.7伏左右，至听到的声音满意为止。

### 三 性能良好的二管机

本机电路见图 10-5。这个电路与前面介绍的二管机的区别在于倍压检波部分增加了一只检波二极管，加强了自动

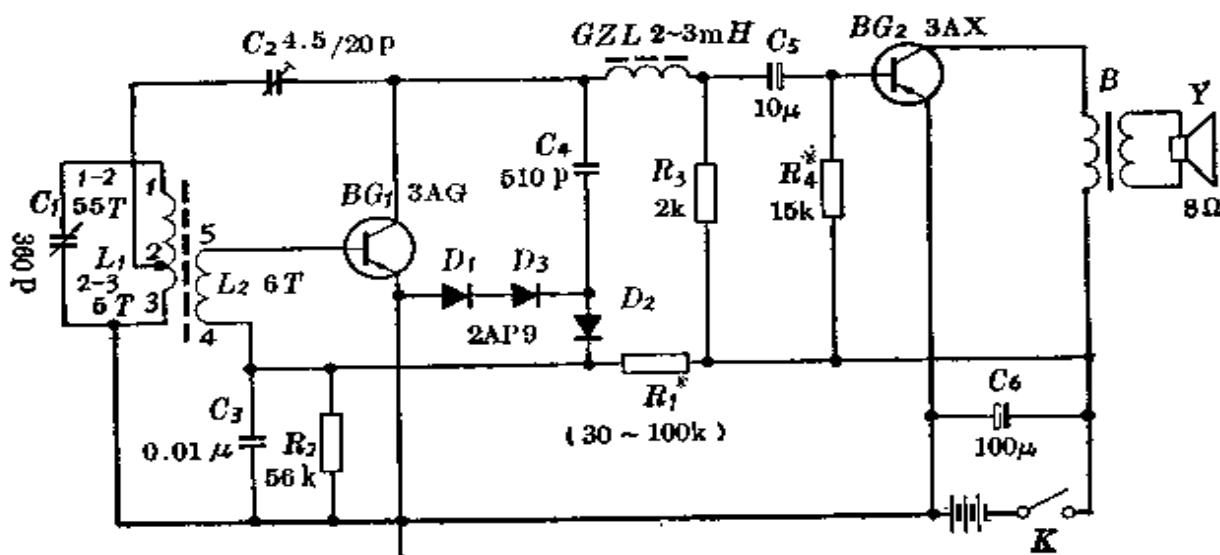


图 10-5

增益控制。这是因为  $D_3$  未接入时， $D_2$  的检波工作点较高，串入  $D_3$  后，使  $D_2$  建立了较合适的工作点，提高了检波效率，增加了检波后的直流分量，从而提高了自动增益控制作用，使收音机频率高低端增益灵敏度相对均匀。一般的简易来复再生式收音机当再生按频率低端调准后，频率高端常会产生刺耳的啸叫声；而当再生按频率高端调准后，在频率低端又会发生灵敏度很低的现象。本机线路能够克服上述缺点。同时，本机采用动圈喇叭，并用一只输出变压器来实现匹配，使音质得到改善，比用舌簧喇叭声音动听。调试时，可将  $I_{c1}$  调在 1 毫安左右， $I_{c2}$  调在 5~10 毫安。

## 四 不用调整偏流的三管机

本机电路见图10-6。它的主要特点是基本上不用调偏流。电路中第一级采用复再生式电路，由  $BG_1$  担任。所不同的

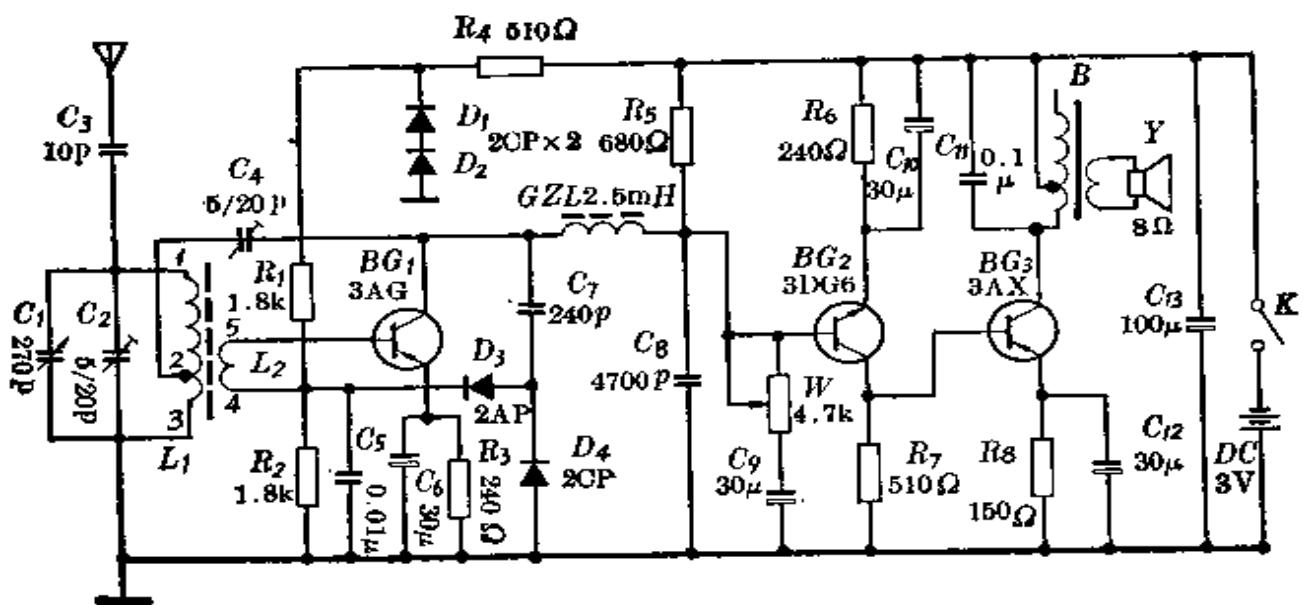


图 10-6

是增加了负反馈电阻  $R_3$ ，它起稳定直流工作点的作用。倍压检波  $D_3$ 、 $D_4$  分别采用锗、硅二极管，这是为了提高  $BG_1$  的基极电位，以适应增加电阻  $R_3$  后所增加的压降。后两级低放  $BG_2$ 、 $BG_3$  直接耦合，省去了耦合电容。 $BG_2$  的硅三极管的偏置由  $BG_1$  的集电极电流  $I_{c1}$  和  $R_5$  所控制，末级  $BG_3$  锗低频三极管的偏置则取决于  $BG_2$  集电极电流  $I_{c2}$  和  $R_7$  的大小。由于采用了直接耦合，因此直流偏置与交流信号是不可分开的。为了稳定偏置使其不受音量控制的影响，在音量控制电位器上串接了电容器  $C_9$ 。这三极电路实质上都是典型的分压式电

流负反馈电路。为了在换用不同  $\beta$  的管子时使工作点基本上保持不变，采取了下列措施：(1)发射极电阻较大，各级都采用直流电流负反馈，既增加工作点的稳定性，又为提高  $V_B$  创造条件。(2)利用  $D_4$  硅二极管的正向压降比锗二极管的正向压降高的特性，提高  $V_{B1}$ 。(3)下偏流电阻较小，使分压电路的电流增大。(4)利用硅二极管  $D_1$ 、 $D_2$  来进一步稳定偏置电压。

## 五 采用高频变压器的推挽输出三管机

本机电路见图 10-7。高频变压器用  $\phi 0.1$  毫米漆包线在  $\phi 4$  毫米磁芯上绕制：1~2,300 圈；3~4,360 圈；4~5,360 圈。

## 六 有音调控制的来复再生式四管机

本机电路见图 10-8。它的特点是在功放级接入了一个由  $C_7$ 、 $W_2$  组成的衰减高音的电路，使输出的高音旁路，从而突出了低音，改善了音质。调节电位器  $W_2$  便可控制收音机的音调。

## 七 硅、锗晶体管混合再生式四管机

本机电路见图 10-9。由于在高放级采用了截止频率高、穿透电流小的硅高频三极管，使收音机的灵敏度和热稳定性相应提高。另外在高放电路中采用了混合式再生电路，能使收音机的灵敏度在频率高低端比较均匀。

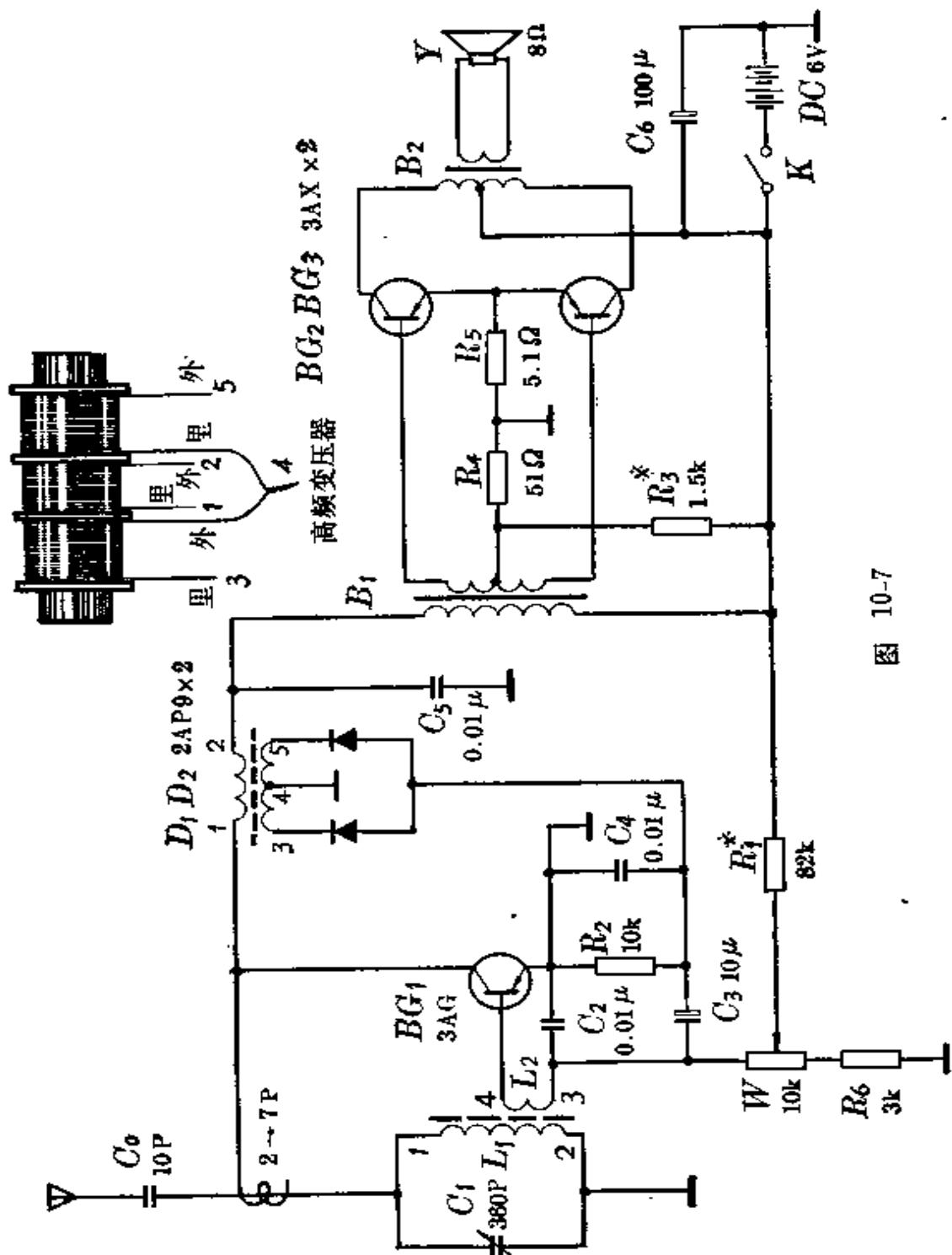


图 10-7

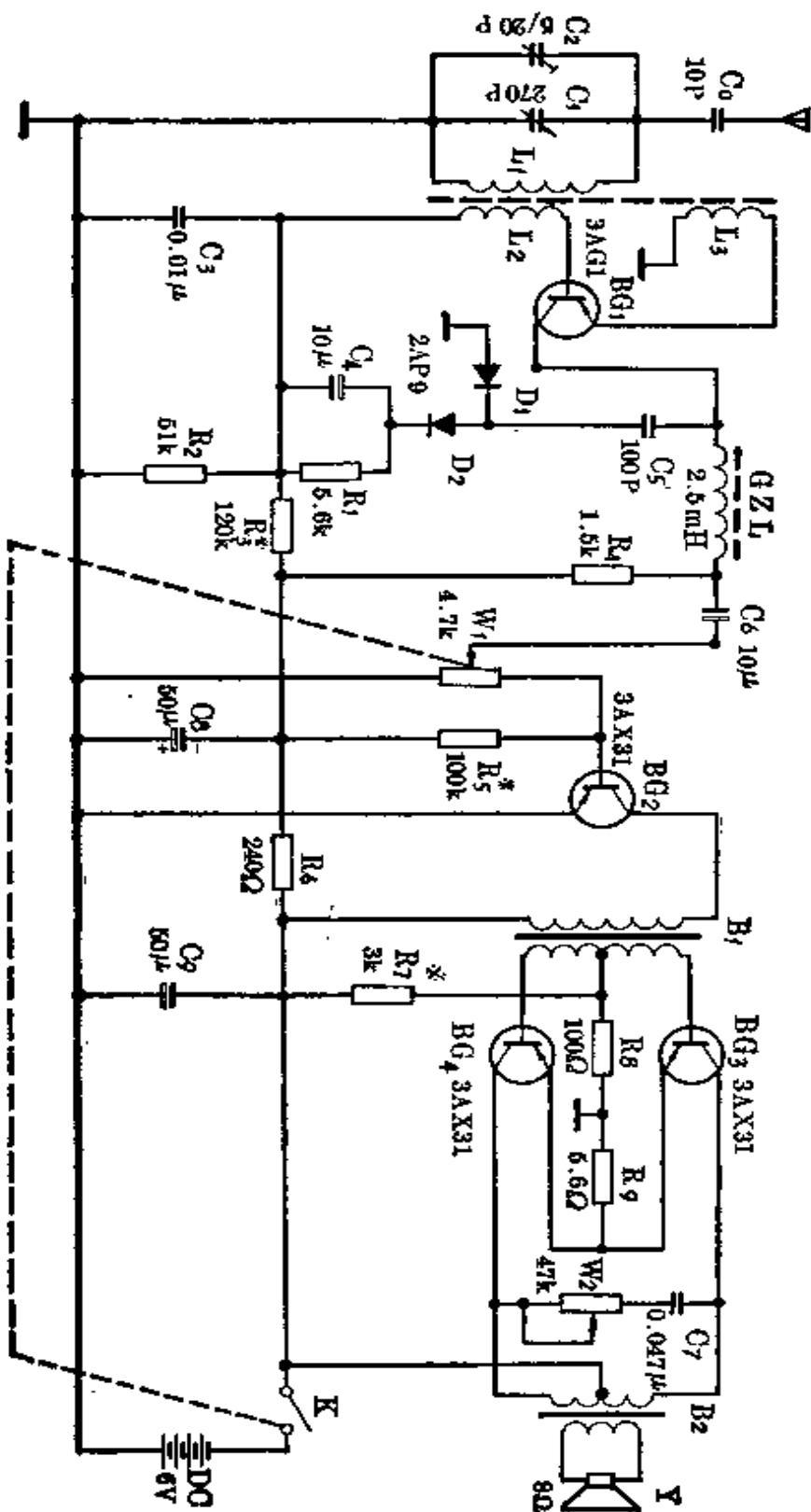


图 10-8

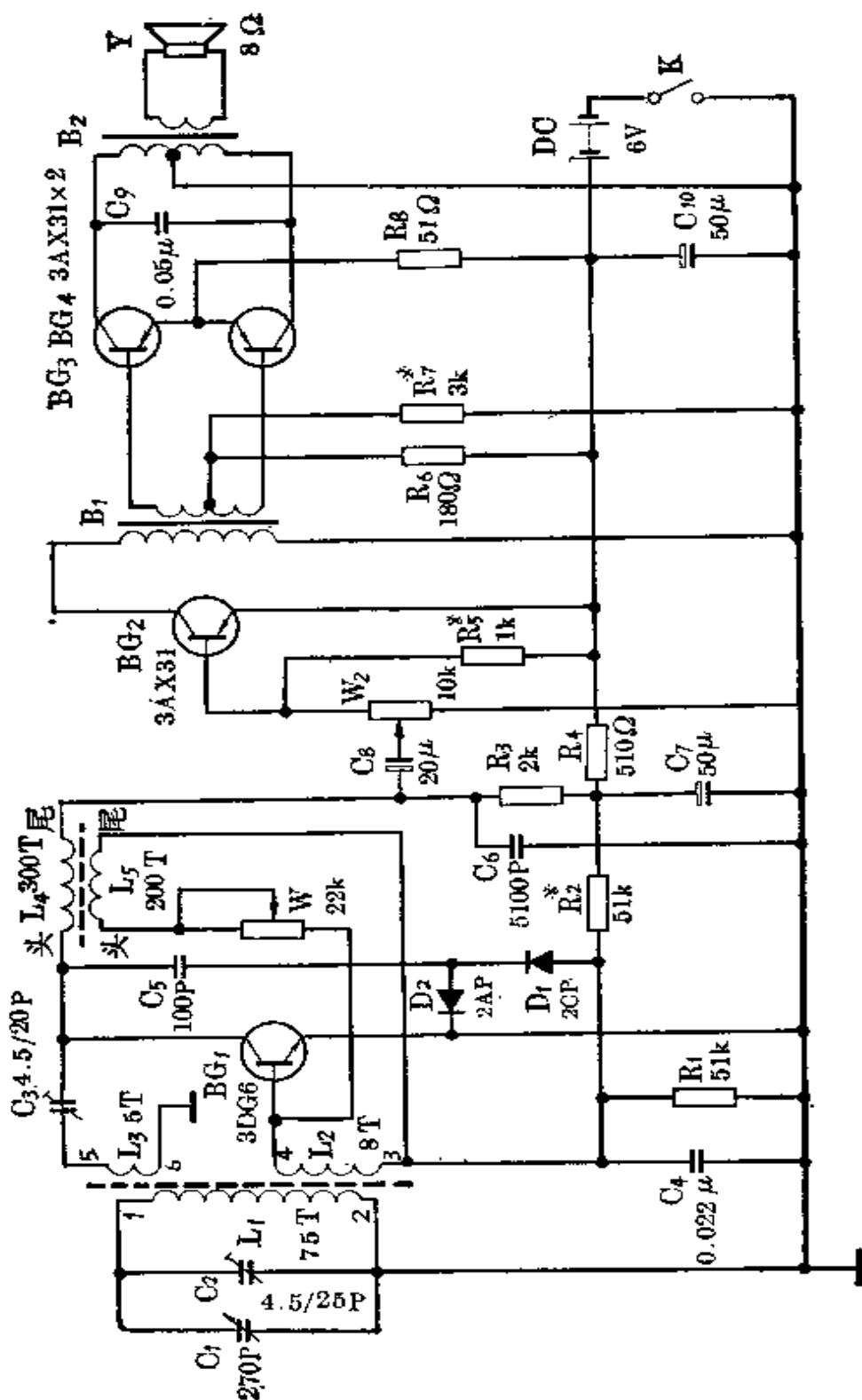


图 10-9

磁性天线用长 100 毫米的扁磁棒，线圈均用  $\phi 0.07 \times 7$  丝包线同向单层密绕， $L_1$  75 圈， $L_2$  8 圈， $L_3$  5 圈。

高频变压器用调磁芯式中频变压器改绕，用  $\phi 0.06 \sim 0.08$  漆包线， $L_4$  300 圈， $L_5$  200 圈。

## 八 声音宏亮的复合管机

电路见图 10-10。本机结构简单，元件少。它的最大特点是声音宏亮，装置得好，比一般的四管机响。

电路中， $BG_2$  和  $BG_3$  组成共发射极复合管。所谓复合管，就是将两个或两个以上的晶体管组合成一个新的管子。图 10-11(甲) 为两只同类型的晶体三极管组成复合管的连接方法；(乙) 为两只不同类型的晶体三极管组成复合管的连接方法。复合管的放大倍数是两个管子放大倍数的乘积，即  $\beta_{\text{复}} = \beta_2 \times \beta_3$ ；复合管的输入阻抗是单个管子的  $\beta$  倍。由此可见，采用复合管能大大提高放大倍数和有利于实现阻抗匹配，从而提高收音机的输出功率。

本机电路中由  $BG_2$  和  $BG_3$  组成的共发射极复合管担任低频功率放大任务。它与前级采用阻容耦合电路。因为复合管的输入阻抗比单个管子大得多，所以克服了一般阻容耦合电路前后级阻抗不匹配的缺点，提高了效率。同时，由于复合管大大提高了放大倍数  $\beta$ ，所以输出功率大，声音宏亮。

值得注意的是， $BG_3$  的基极电流基本上等于  $BG_2$  的集电极电流，如果  $BG_2$  的集电极电流太大， $BG_3$  就会烧坏，这就限制了  $BG_2$ ，使它不能充分发挥作用。因此在选择管子时， $BG_3$  应选用功率大一些的， $BG_2$  选用功率小一些的，使它们都能充

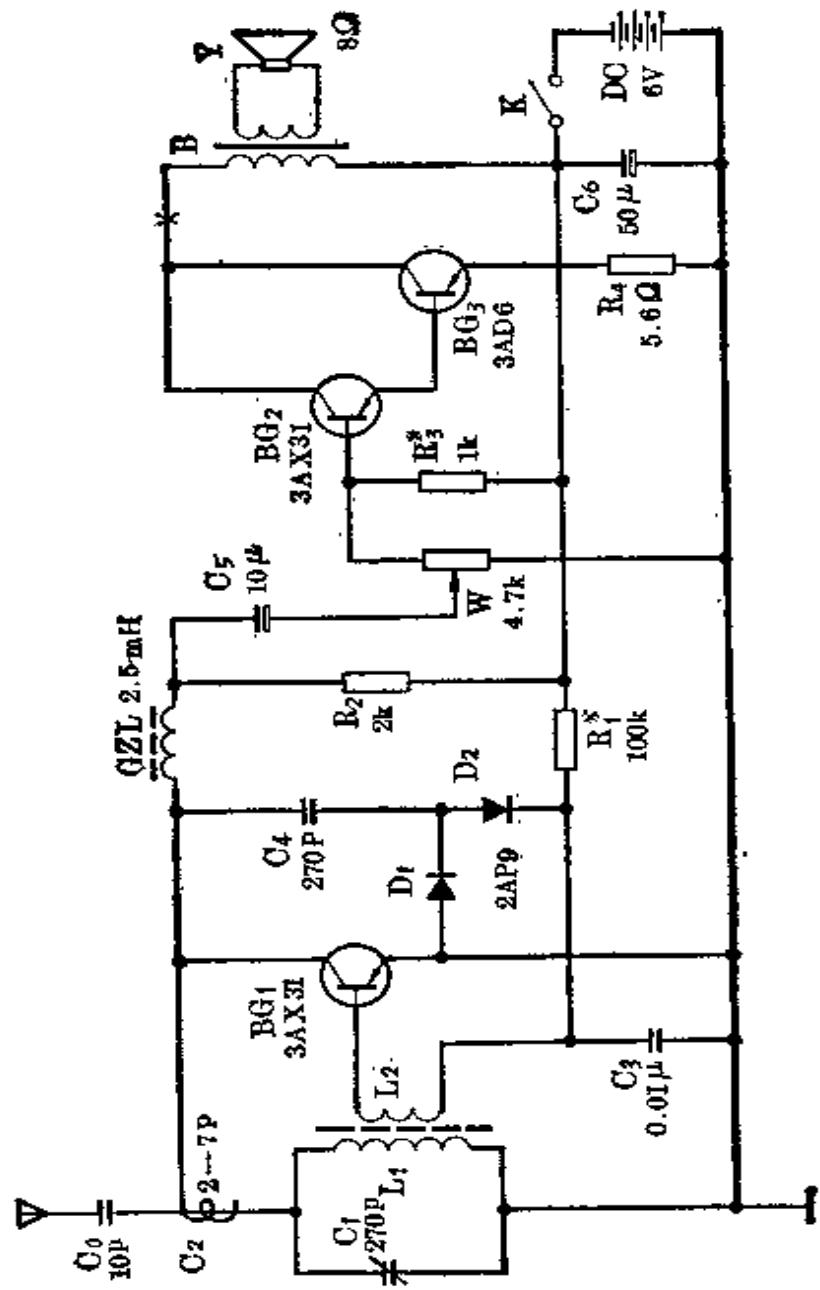


图 10-10

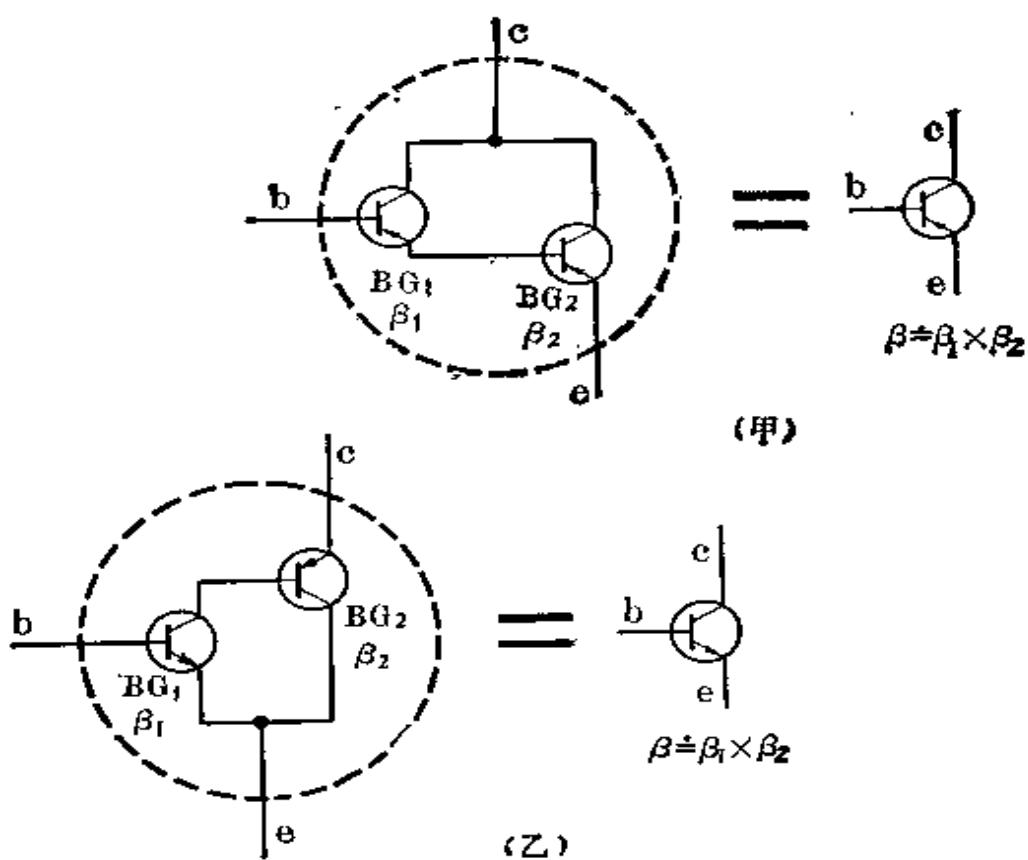


图 10-11

分发挥作用。本机  $BG_2$  可选用小功率低频管如 3AX31 等，穿透电流  $I_{cbo}$  要小些， $\beta$  可选大些； $BG_3$  选用大功率管 3AD6 等。如没有大功率管，也可选用中功率低频管 3AX81，但要加装散热片，以免管子发烫。

调整复合管的偏流可在图 10-10 中划有“ $\times$ ”号处断开，串入万用表。无信号时，集电极电流约在 40~70 毫安范围内。电流过大，耗电太多；电流过小，容易引起失真。工作正常时  $BG_2$  的发射极电流应在 4.5~1.2 毫安范围内。调整时可边听边调整，到声音比较满意时为止。

本机的缺点是耗电大，音质较差。

## 九 音质优美的互补推挽功放收音机

本机采用了无输入、输出变压器的互补推挽功放电路。它具有失真小、效率高、成本低的特点。因为省去了变压器，消除了由变压器产生的相移造成的自激因素，故可采用深度负反馈以进一步改善音质，使收音机声音优美动听。

电路中  $BG_4$ 、 $BG_5$  为功率放大输出级，它是由一只 PNP 型三极管和一只 NPN 型三极管组成的互补对称电路。 $BG_3$  为激励级。 $BG_2$  为前置低放级。 $BG_1$  为来复再生放大级。 $R_1^*$ 、 $R_3^*$  分别为  $BG_1$ 、 $BG_2$  的偏流电阻。 $R_7^*$  是  $BG_3$  的偏流电阻，它接在输出端与  $BG_3$  基极之间，具有负反馈作用。 $R_{11}^*$  的大小决定了  $BG_4$ 、 $BG_5$  的偏流。

采用互补对称电路时，为了防止失真太大，选用的 PNP 型和 NPN 型晶体管的参数要尽量接近，即  $BG_4$ 、 $BG_5$  要配对， $\beta$  最好在 80 以上。与喇叭串联的隔直流输出电容  $C_{10}$  宜选用大一点的，使低音丰富些。最好是选用几百微法以上的电容，如没有也可用 100 微法的电容代用。

本机的调试要复杂一些。因为  $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$  是直接耦合，互相牵连，这两级不能分开来调试，要同时反复调几次。调试步骤如下：

(1) 把音量开关开至最小位置。将图 10-12 中  $R_{11}^*$  两端用导线短接。调节  $R_7^*$  大小，用万用电表测量 A 点电压，使 A 点对地的电压等于电源电压的一半，本机 A 点对地电压应为 3 伏(或者用万用表分别测量  $BG_4$ 、 $BG_5$  的发射极与集电极之间的电压，使两者相等)。如果调节  $R_7^*$  时，A 点对地电压

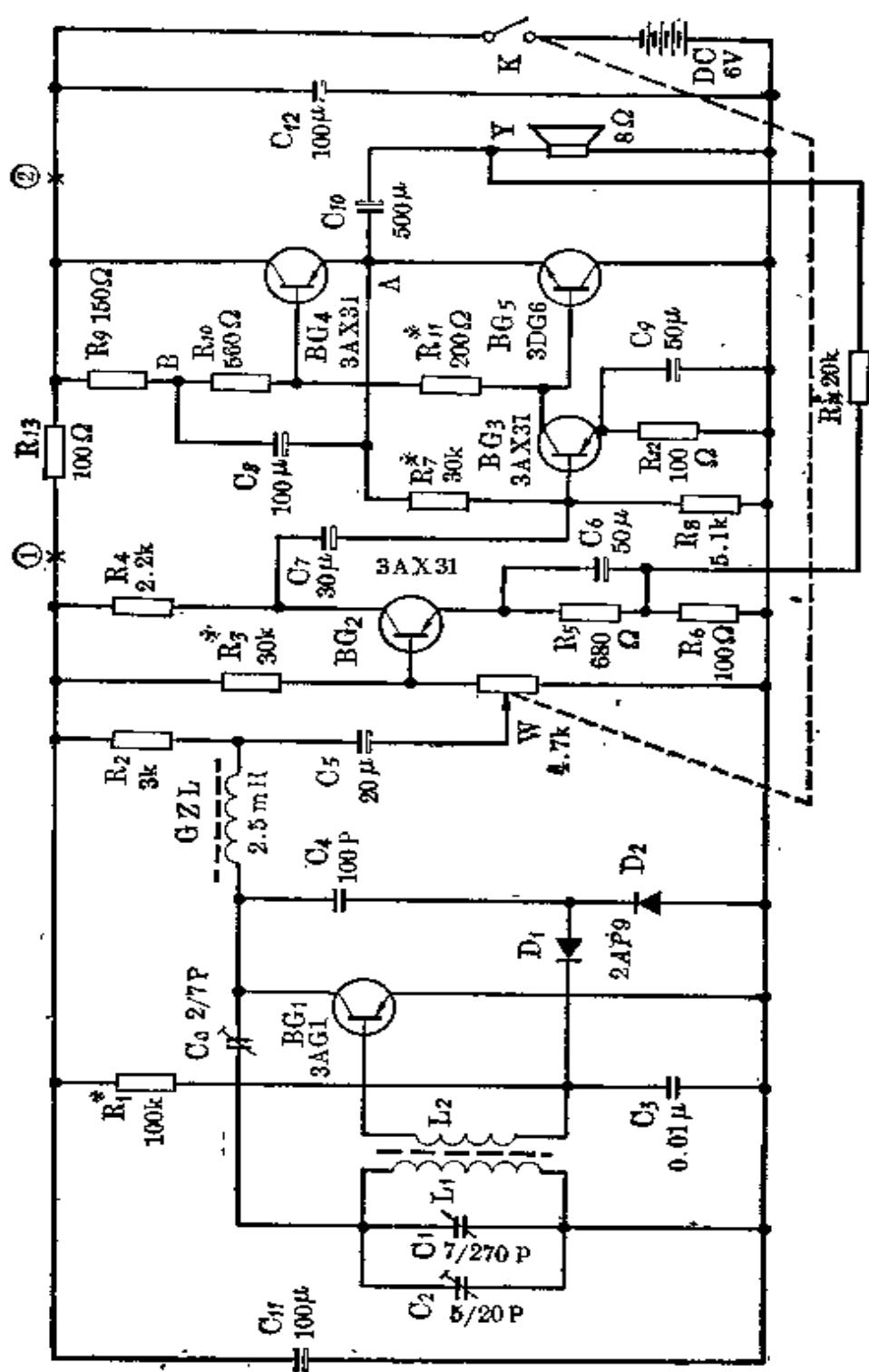


图 10-12

不起变化，可能是  $BG_3$ 、 $C_7$ 、 $C_8$  损坏或焊接不良所致，需仔细检查。

(2) 把短接  $R_{11}^*$  的导线拆去。切断  $BG_1$ 、 $BG_2$  的直流供电电路(可在  $\times ①$  处断开)，调节  $R_{11}^*$  的大小，用万用电表测量  $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$  的总电流(可将万用表串接在  $\times ②$  处)，使之在 5~8 毫安之间。调节时注意： $R_{11}^*$  千万不能断开，否则会造成  $BG_4$ 、 $BG_5$  电流过大而损坏。如果调节  $R_{11}^*$  不起作用，可能是  $BG_4$ 、 $BG_5$  损坏。

(3) 电流调好以后，回过头来再检查一下 A 点对地电压是否仍为 3 伏。如果有变化，应再调  $R_7^*$ ，使之恢复到 3 伏。然后再检查总电流。这样反复调试数次，等电流、电压都调准以后，便可将  $R_7^*$  和  $R_{11}^*$  的阻值固定下来。

(4) 接通  $BG_1$ 、 $BG_2$  的直流供电电路。调试  $BG_1$  和  $BG_2$  的偏流电阻  $R_1^*$ 、 $R_3^*$ 。 $BG_1$  集电极电流应为 1 毫安左右； $BG_2$  集电极电流应在 1.5~2 毫安之间。

各级偏流调试完毕后就可以接上喇叭试听。

(5) 调试负反馈电阻。负反馈电阻  $R_{14}^*$  的大小要在试听中调试确定。在保证一定音量的前提下，反复调节它们的大小，以得到最佳的音质。 $R_{14}^*$  阻值越小，音质越好。

无输出变压器的放大器简称 OTL 电路，本机和下面介绍的“超外差式复合互补收音机”电路都属于这一类型的电路。

## 十 超外差式复合互补收音机

本机电路见图 10-13。电路图中， $BG_5$ 、 $BG_7$  和  $BG_6$ 、 $BG_8$  分别组成复合管，并以这四只管子为中心组成复合互补推挽

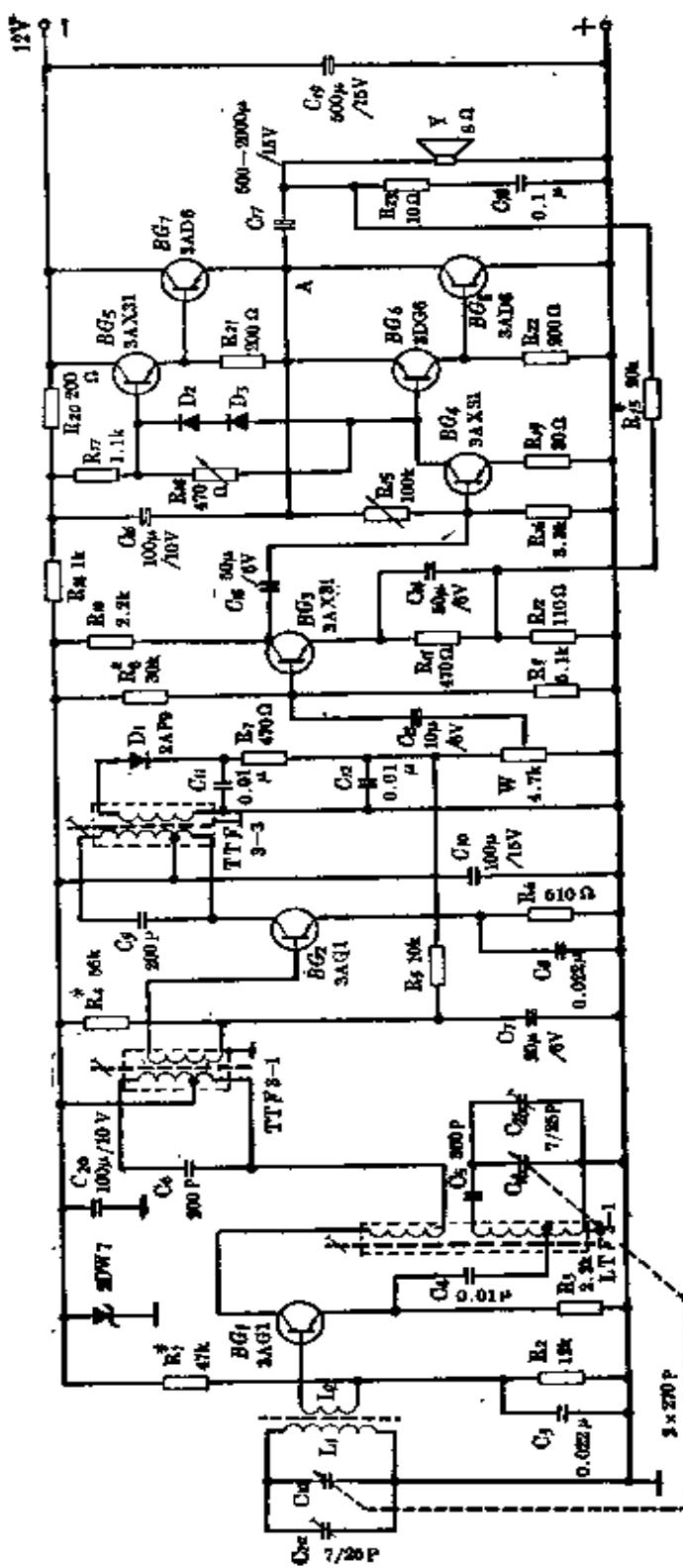


图 10-13

功放电路作本机的功率放大输出级。它兼有复合管电路及互补推挽功放电路的特点，既省去了输入、输出变压器，又大大提高了输出功率，使本机同时具有声音宏亮、音质优美和效率高的优点。又由于本机采用了超外差式电路，所以本机的灵敏度和选择性都相当高，是一只比较满意的收音机电路。

$BG_1$  为变频级。 $BG_2$  为中放级。 $BG_3$  为前置低放级。 $BG_4$  为激励级。 $BG_5$ 、 $BG_6$ 、 $BG_7$ 、 $BG_8$  组成推挽功率放大级。 $R_1^*$ 、 $R_4^*$ 、 $R_8^*$ 、 $R_{15}$  分别是  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $BG_3$ 、 $BG_4$  的偏流电阻。 $R_{18}$  是复合互补功放级的偏流电阻。

本机的电源可采用两种方式：一是用干电池串接成 12 伏，这种供电方式由于耗电量太大，电池使用时间不长。二是采用图 10-14 的整流电源（关于整流电源的原理和制作见第十二章）。

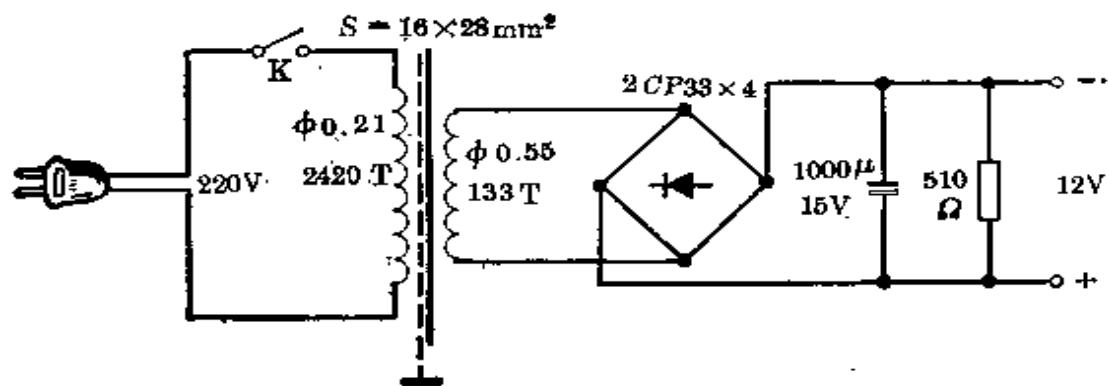


图 10-14

晶体管  $BG_5$ 、 $BG_6$  要配对， $\beta$  值选用 60~150； $BG_7$ 、 $BG_8$  也要配对， $\beta$  值选用 30~120。由于电源电压较高，晶体管的耐压值不应低于 12 伏。由于输出功率大，在 3AD6 上要加装散热片。散热片可用厚 2 毫米左右的铝板制成，表面积应不小于 20 平方厘米。装置方法见图 10-15。3AD6 固定在铝板

上时必须衬垫涤纶薄膜，使 3AD6 与铝板绝缘。在用螺丝固定时，螺丝上必须套上塑料套管及绝缘垫圈与铝板绝缘。

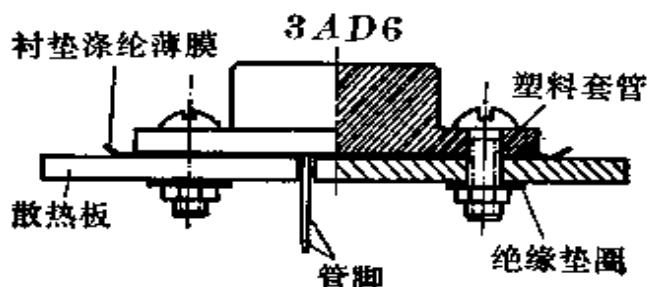


图 10-15

稳压管 2DW7 也可用 2 只串联的 2CP 型二极管代替。D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 起温度补偿作用，可用两只同类型的断了一只脚的低频三极管代替。C<sub>17</sub> 尽量选用

容量大一些的电容，如没有大电容也可以用 100μ/15V 的电容代替。

为了充分发挥这架收音机的特点，可采用口径大一些的喇叭，并配上一只喇叭箱，声音就更加优美动听了。

本机的调试可照下列步骤进行：

(1) 调中点 A 的电位。将音量开关旋至最小位置。将 R<sub>18</sub> 调到零。调节 R<sub>15</sub>，使中点 A 对地电压为电源电压的一半，即 6 伏。若调节 R<sub>15</sub>，A 点对地电压不起变化，可检查 C<sub>15</sub>、C<sub>16</sub>、BG<sub>4</sub> 有否损坏。

(2) 调节静态电流。可将万用电表串接在电源电路中，调节 R<sub>18</sub>，使总电流在 20 毫安左右。如总电流调不小，可将 RG<sub>7</sub>、BG<sub>8</sub> 拆除，再调节 R<sub>18</sub>。如果仍不起作用，则说明 RG<sub>5</sub>、RG<sub>6</sub> 有损坏，需要更换；反之，则说明 BG<sub>7</sub>、BG<sub>8</sub> 有损坏，需要更换。

(3) 因为这两级是直接耦合，相互牵连，所以中点 A 的电位和总电流的大小要反复调几次，使它们都符合要求。

(4) 后面两级调好以后，便可依次调前面各级，总电流

如下：

$BG_1$  集电极电流 0.4~0.8 毫安

$BG_2$  集电极电流 0.6~1 毫安

$BG_3$  集电极电流 1.5~2.2 毫安

(5) 各级电流调好后便可调试中频频率、统调和接收频率范围，方法如前所述。

(6) 调试负反馈电阻  $R_{13}^*$ 。 $R_{13}^*$  的大小约在 10~40 千欧之间。

在装置过程中还要注意：(1)负载(喇叭处)不能短路，否则会烧坏功率管。(2)电源变压器应尽量远离音频放大部分。

## 十一 1.5 伏电源再生式收音机

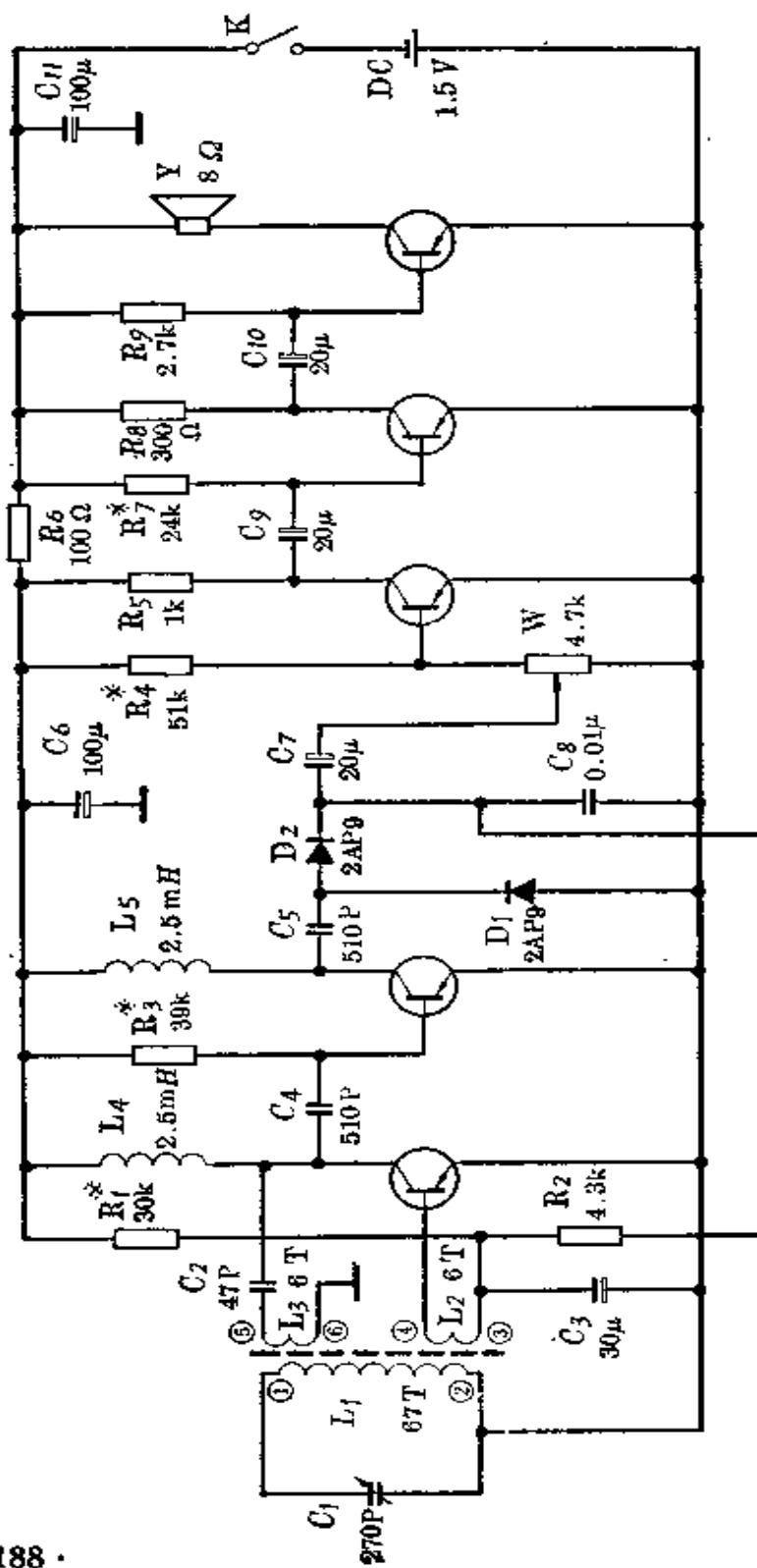
本机电路见图 10-16。它由  $BG_1$ 、 $BG_2$  组成再生式两级高频放大器。 $L_3$  是再生线圈。灵敏度较一般再生机高。级间采用 R、C 耦合方式，省掉了输入、输出变压器。由于取消了来复电路，因此线路比较简单，易于制作。

磁棒采用  $\phi 10 \times 120$ ， $L_1$  67 匝， $L_2$  6 匝， $L_3$  6 匝，用多股丝包线绕制。

## 十二 1.5 伏电源超外差式收音机

图 10-17 是本机电原理图，本机的主要特点是电源电压低，耗电省，只需用一节一号电池供电，一般可使用三个月。

要安装好这种低电压供电收音机，关键是元件必须符合设计要求。



$BG_1$  3AG1C     $BG_2$  3AG1C  
 $\beta > 80$      $\beta \geq 70$      $\beta > 70$   
 $0.5 \sim 0.6 \text{ mA}$      $0.8 \sim 1.6 \text{ mA}$      $0.7 \sim 1 \text{ mA}$      $2 \sim 3 \text{ mA}$      $30 \sim 50 \text{ mA}$

图 10-16

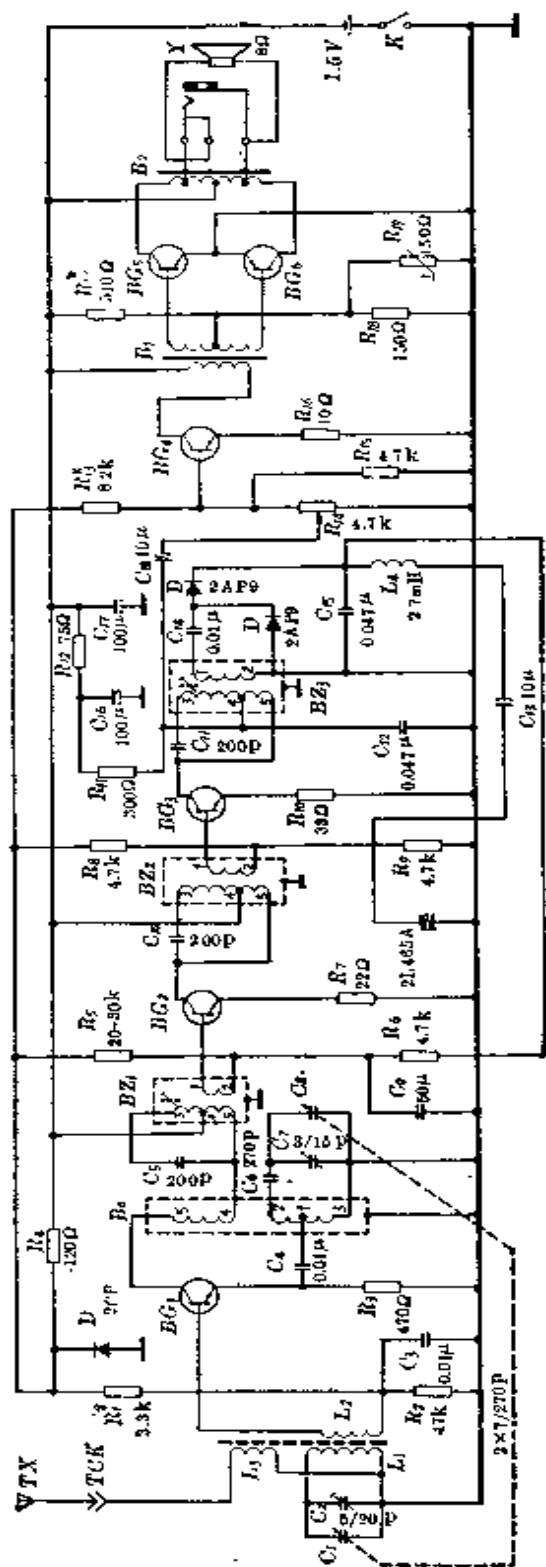


图 10-17

### 三极管的搭配：

BG <sub>1</sub> 3AG1 D-E	$\beta$ 80~100
BG <sub>2</sub> 3AG1 B-E	$\beta$ 150~180
BG <sub>3</sub> 3AG1 B-E	$\beta$ 60~80
BG <sub>4</sub> 3AX31A	$\beta$ 120~140
BG <sub>5,6</sub> 2×3AX31B	$\beta$ 150~200

检波二极管 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>，用 2AP9 型，要求正向电阻小于 1.7 千欧，反向电阻大于 150 千欧。

稳压二极管 D<sub>1</sub>，用 2CP 型或 2DL 型，要求正向电阻小于 10 千欧，反向电阻大于 500 千欧，稳压范围 0.7~0.85 伏。

输入线圈：L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub> 的圈数分别为 67、6、6，各绕组间的间隔都是 3 毫米，用  $7 \times \phi 0.07$  毫米丝漆包线在  $\phi 11$  毫米纸管上顺向密绕。磁棒用 M<sub>x</sub>-400-Y10×120。

中波振荡线圈和中周：中波振荡线圈、第一中周、第二中周、第三中周可分别选用 LTF-2-3、TTF-2-1、TTF-2-2、TTF-2-9（上海产品）或 MLT-2-1、MFT-2-1、MFT-2-2、MFT-2-9（杭州产品）。注意，第三中周必须用输出电压较高的 TTF-2-9 或 MFT-2-9。如果自制，可参考附录中 LTF-2-3、TTF-2-1、TTF-2-2、TTF-2-9 的绕制数据，初、次级线圈都用线径为 0.1 毫米的高强度漆包线绕制。

输入变压器：必须自己绕制，不能用一般现成制品。初级 1、2 用  $\phi 0.12$  毫米漆包线绕 1600 圈；次级 3、4、5 用  $\phi 0.09$  毫米漆包线双线并绕  $2 \times 800$  圈；铁芯用 D42 硅钢片，截面积  $5 \times 7$  平方毫米。

输出变压器（自耦式），也必须自制。铁芯用 D42 硅钢片，

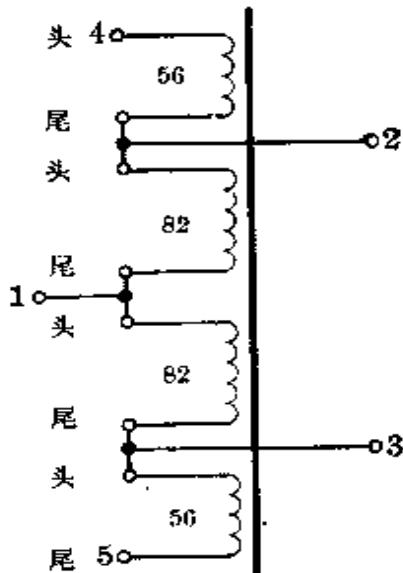


图 10-18

截面积  $5 \times 7$  平方毫米；全部用  $\phi 0.38$  毫米漆包线双线并绕，  
2-1、2-3 为  $82 \times 2$  圈，4-2、3-5 为  $56 \times 2$  圈；接线方法如图  
10-18。

2.7 毫亨扼流圈  $L_4$ ：可参考单管机的高频扼流圈自制。

各级偏流数值见下表。

参 考 数 值 部 位	管 号	$BG_1$ 3AG1D	$BG_2$ 3AG1B 或 3AG21	$BG_3$ 3AG1B 或 3AG21	$BG_4$ 3AX31A	$BG_5$ $BG_6$ $2 \times 3AX$ 31B
集-地电压 (V)		1.5	1.5	1.2	1.3	1.5
基-地电压 (V)		0.3	0.15	0.3	0.2	0.15
发-地电压 (V)		0.2	0.01	0.03	0.01	0
集电板电流 (mA)		0.4~0.5	0.35~ 0.45	0.7~1.2	0.8~1.8	4~10

# 第十一章 电视伴音接收机

前面介绍的收音机都只能接收电台的广播，不能接收电视伴音。但是我们可以另外装置一架电视伴音接收机作为收音机的附件，使收音机既能收听电台的广播，又能收听电视的伴音。本章介绍四种电视伴音接收机的装置方法，供少年读者参考。

## 一 插入式电视伴音接收机

这是一架超再生式电视伴音接收机。线路简单，制作容易。全机装在一个肥皂盒内，可直接用  $800\Omega$  耳塞机收听，也可从输出端引出，用二芯插头接入晶体管收音机或电子管收音机的低频放大部分，将声音放大。

### (一) 电路原理简介

本机电路如图 11-1 所示。它由超再生接收机和一级低频放大器组成。超再生接收机将电视台伴音调频信号转换成调幅信号，同时对调幅信号进行包络检波，得到低频信号。低频信号比较微弱，由  $BG_2$  等组成的低频放大电路将低频信号再放大。

电路中  $L_1$ 、 $C_1$  同反馈电容  $C_2$  及  $BG_1$  管基极与发射极间的分布电容 ( $C_1$  大约 20 微微法) 构成电容三点式振荡电路 (它相当于图 11-2 电路)，同时  $L_1 C_1$  回路又是调频信号输入

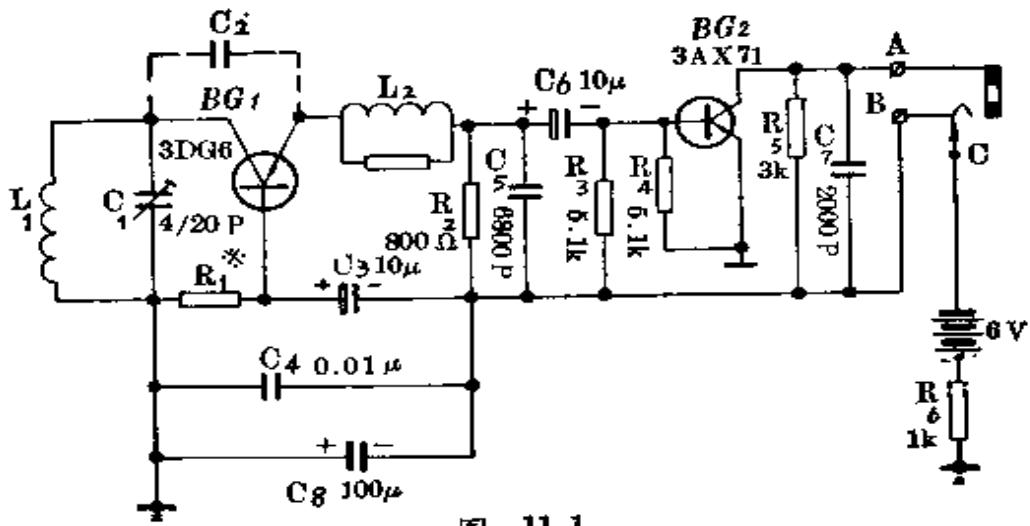


图 11-1

回路。 $L_1$  为超高频扼流圈，它阻止超高频振荡信号通过，允许较低频率的信号通过。 $R_2 C_5$  上产生一个控制电压，使电路按控制电压的变化，交替地处于自激和停振两种状态。改变  $R_2$ 、 $C_5$  的数值，可以改变控制电压的频率。它的频率一般应选在几百千周左右。

## (二) 元件

$BG_1$  为 3DG6 型硅管，放

大倍数  $\beta$  在  $30 \sim 100$  之间。如果要接收的电视伴音频率较高，可选取特征频率 ( $f_T$ ) 大的晶体管，如 3DG13~14、2G910、2G210、2G711、3DG01 等。特征频率表示高频管的频率性能，同样  $\beta$  值的管子， $f_T$  越高，高频时放大性能越好。

$BG_2$  为低频放大管，3AX71、3AX81、3AX31 都可用， $\beta$  值应大于 20，穿透电流最好小一些。

$L_1$  用直径  $1 \sim 2$  毫米的裸铜线间绕成空心线圈。如接收

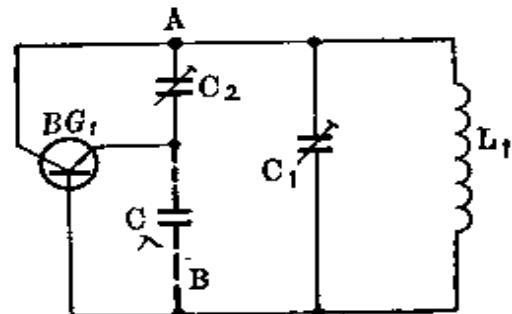


图 11-2

北京电视台 2 频道，间绕 6 圈；接收上海电视台五频道，间绕 4 圈；其他频道可根据试验增减。线圈直径为 10~15 毫米。绕制方法是：用一根直径为 10~15 毫米的铁棒或木棒，一头固定住。取一尺多长直径 1~2 毫米裸铜线在棒上平绕 6 圈（或 4 圈），取下后拉开，使线圈两圈间的距离为 5 毫米。

$L_2$  用直径 0.1 毫米单股纱包线，在一只大于 100 千欧的  $\frac{1}{4}$  瓦或  $\frac{1}{8}$  瓦的电阻上绕 50~80 圈。没有纱包线，漆包线也可以用。

$C_1$  宜用瓷介微调。

$C_2$  容量在调整中确定，一般是几个微微法。如果没有适当规格的电容调换，可以用两根 25 毫米长单股塑料线绞合在一起代替（两根绞合线中的铜线不能相互碰撞）。

$C_4$ 、 $C_5$  宜用圆片电容。其他电容用什么种类无特殊要求，但不能漏电。

电阻可用  $\frac{1}{8}$  瓦的碳膜电阻。

### （三）安装与调试

全机装在一块  $78 \times 58$  平方毫米的印刷线路板上。元件的安装及布线可参考图 11-3。安装时， $C_1$  的动片应接地端（电源正端），以便减少在调节  $C_1$  时的人体感应。输出插口用的二芯插座要经过改制，即将常闭触点改为常开触点。这样，收听时，只要将耳塞机插头插入插座，常开触点 B、O 两点接触，电源接通；不收听时，将耳塞机插头拔下，电源就切断。

调试前要用绝缘板、废牙刷柄或筷子等非金属材料锉制一只绝缘改锥（旋凿），这样在调节  $C_1$  时感应可减小。电路接好并检查无误后即可进行调试。

调试时最好将本机接在晶体管或电子管收音机上，这样

调试比较方便。如果是接在晶体管收音机上，接法应如图 11-4 所示，只要将图 11-1 中 A、B 两点接于图 11-4 A、B 两点就

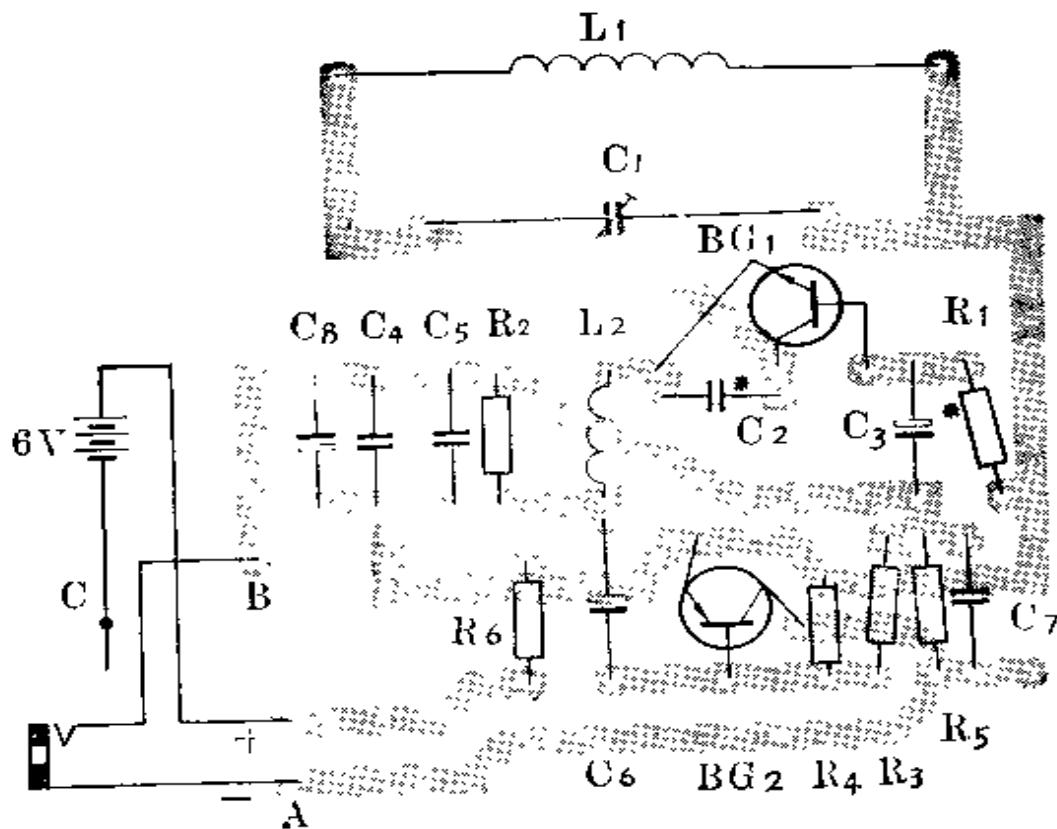


图 11-3

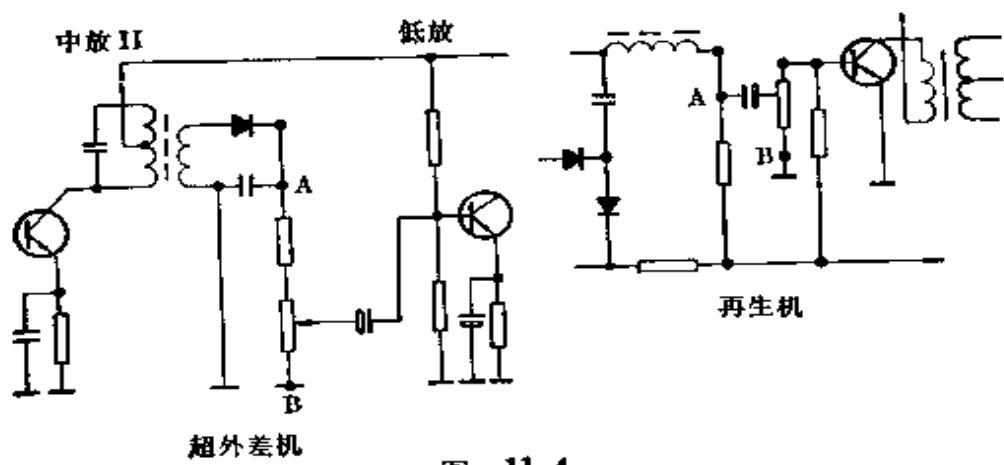


图 11-4

可以了，不需断开收音机电路。在电子管收音机上的接法更简单，只要把 A、B 两点接在电子管收音机的拾音插口（即放唱机的插口）上就可以了。但应注意，B 点是接在电子管收音机底板上的（收音机“地线”），如果底板上带电，在调整和收听时一定要防止触电。由于伴音机的电源开关和输出插口装在一起，是用一只二芯插座改制的，因此接到晶体管收音机或电子管收音机去的二根伴音频引出线仍应用二芯插头引出。

电路中需要调整的是  $R_1^*$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 。将伴音接收机与收音机接好，将收音机调到无电台广播位置，然后用一只几百千欧～1 兆欧的电位器，串接一只 30 千欧的保护电阻代替  $R_1^*$ ，接于  $R_1^*$  处。调整电位器阻值，同时还应旋动  $C_1$ ，使电路起振。电路起振时，可以从扬声器中听到“沙沙”的流水声。电路起振后，等到电视台广播时再调整  $C_1$ 。如果收不到伴音，还需调整  $C_2$  的容量。在调整  $C_2$  时，如果听到刺耳的尖叫声，应减小  $C_2$  的容量（即把绞合的线拆开一些）。同时调整  $C_1$ ，使尖叫声消失又收到伴音为止。收到伴音以后，再仔细调整一下  $R_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ ，使音质最佳，声音最大，噪声最小（指流水声）。最后拆去电位器，测出数值，换上同数值的电阻。在正常工作情况下，整机电流为 0.8～1 毫安。调好后即可用耳机直接收听使用。如用收音机收听，只需将二芯插头插入伴音机的输出插口处，二芯插头上的两根引线与收音机的低放电路连接（即图 11-4 的 AB 两点）。将收音机调到无电台广播处，就可从收音机中听到电视伴音的音频信号。

本机调整中常见的故障有下列几种，这里提出一些检查和排除的方法，供参考。

1. 无声 （1）线路安装有误。应认真检查元件数据，电

解电容和晶体管的极性。(2) 电路没有起振。可以用电压表测  $BG_1$  的发射极电压，一般应为正 0.4 伏左右。用手指触  $L_1$  时，此电压应有变化，否则就是没有起振，应重新调整  $C_1$ 、 $R_1$ 、 $C_2$  或更换晶体管  $BG_1$ 。

2. 噪声大 (1) 尖叫声。上面已讲过，应减小  $C_2$  的容量，必要时可拆下  $C_2$  试一试。(2) 流水声。当电台未广播时，如果“沙沙”声很大，这是正常的。但有伴音时沙沙声仍很大，就不正常了。可能是微调电容  $C_1$  没有调准，可用非金属改锥轻轻旋动  $C_1$ ，使流水声变小。也可能是超高频扼流圈的圈数不对，可以增加圈数试试。还可能是电容器  $C_5$  容量不合适，可以增减  $C_5$  的容量试试。由于超再生电路本身固有的弊病，要完全消除流水声是不可能的。如果调整得好，可以减小到最低，不至影响收听。

3. 音质不好，有时失真 (1) 伴音接收音机输出与收音机输入阻抗不匹配，可以调整  $R_5$  的阻值，加大  $C_7$  的容量。(2) 低放管  $BG_2$  偏流过大，可调整  $R_3$  的阻值。

## 二 1.5 伏电视伴音接收机

本机结构简单，元件少，耗电省，与收音机之间不用任何连接线。使用时只需将本机靠近普通晶体管收音机的磁棒线圈，即能使收音机发生感应，接收到清晰的电视伴音节目。

### (一) 电路图

见图 11-5。

### (二) 元件

$L_1$  用直径 1~1.5 毫米、长约 50 厘米铜丝，在五号电池

上平绕 8 圈(接收五频道;如接收八频道,可根据试验略为减少圈数,其他元件不变)。将电池取出,脱空拉开成 17 毫米左右长的空心线圈,如图 11-6(甲)。

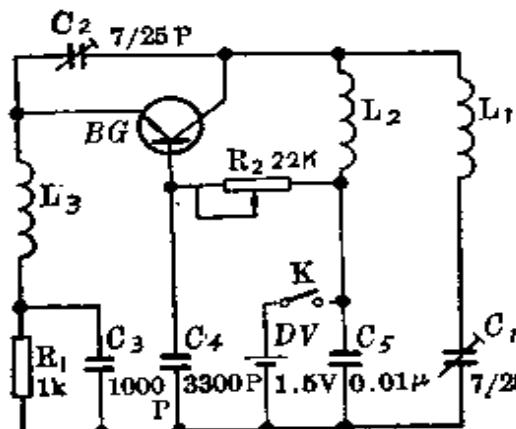


图 11-5

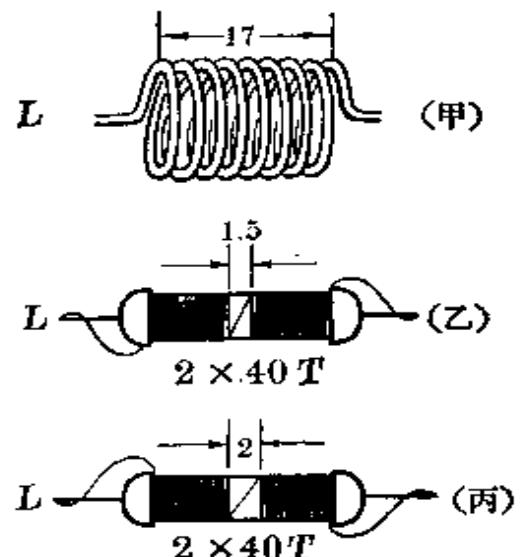


图 11-6

$C_1$  为瓷介微调电容。它与  $L_1$  组成调谐回路。调节  $C_1$  的容量,可改变谐振频率,使与电视台调频伴音信号谐振。

$L_2$  为自制高频扼流圈。用直径 0.16 毫米(38号)漆包线,在大于 100 千欧、 $\frac{1}{8}$ 瓦电阻上绕制。其方法是:将漆包线头上的漆刮干净,上好锡,焊在电阻的一根引出线上。接着在电阻的一端乱绕 40 圈,再移至另一端也乱绕 40 圈,两段间相距 1.5 毫米。绕好后将漆包线尾上的漆刮去,焊在电阻的另一根引出线上,如图 11-6(乙)。

$L_3$  也是自制高频扼流圈。绕法与  $L_2$  一样。在大于 100 千欧、 $\frac{1}{8}$ 瓦电阻上分两段乱绕,每段各 40 圈,共 80 圈,两段之间相距 2 毫米,如图 11-6(丙)。

$C_2$  为瓷介微调电容。电路中作反馈电容。调节它可以控

制振荡的强弱。

$R_1$  为定值电阻。它是发射极的直流负反馈电阻。

$R_2$  为微调电阻。调整偏流用，调整它可使三极管建立合适的静态工作点。

$C_3$  为交流信号旁路电容，并与  $R_1$  并联在电路中产生控制电压。宜选用圆片瓷介电容。

$C_4$ 、 $C_5$  为高频旁路电容。宜选用圆片瓷介电容。

$BG$  为超再生接收用的高频三极管。由于工作频率高，应选用截止频率高的 3DG13~14 或 2G910、2G711、3DG01 等三极管。

开关  $K$  和电池夹可以参看图 11-7(丙)和(丁)，自己用磷铜皮制作。

### (三) 安装与调试

可参考图 11-7(甲)和(乙)进行安装。图 11-7(甲)是元件排列图，(乙)是反面接线图。安装前要检查元件的质量，安装好以后对照电路图进行检查。

与上一架接收机一样，调试前先要准备好一把非金属旋凿，作为调节  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R_2$  之用。调试步骤如下：

第一步，在接通伴音接收机电源之前，先将  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R_2$  都调在中间一档。合上电源开关，并把它放在普通晶体管收音机壳上靠近磁棒地方。将收音机电源打开，音量开到最大。一边用手指不断触碰  $L_1$ ，一边调节收音机接收频率，直到能发出断续的噪声为止。这时将伴音接收机移开，噪声随之消失。这个能接收到断续噪声的收音机的频率，就是收音机接收伴音机发出信号的位置。收音机接收伴音机信号的频率位置（从 535 千周——1605 千周）是由伴音机上的  $C_2$ 、 $R_2$  决定的。我们

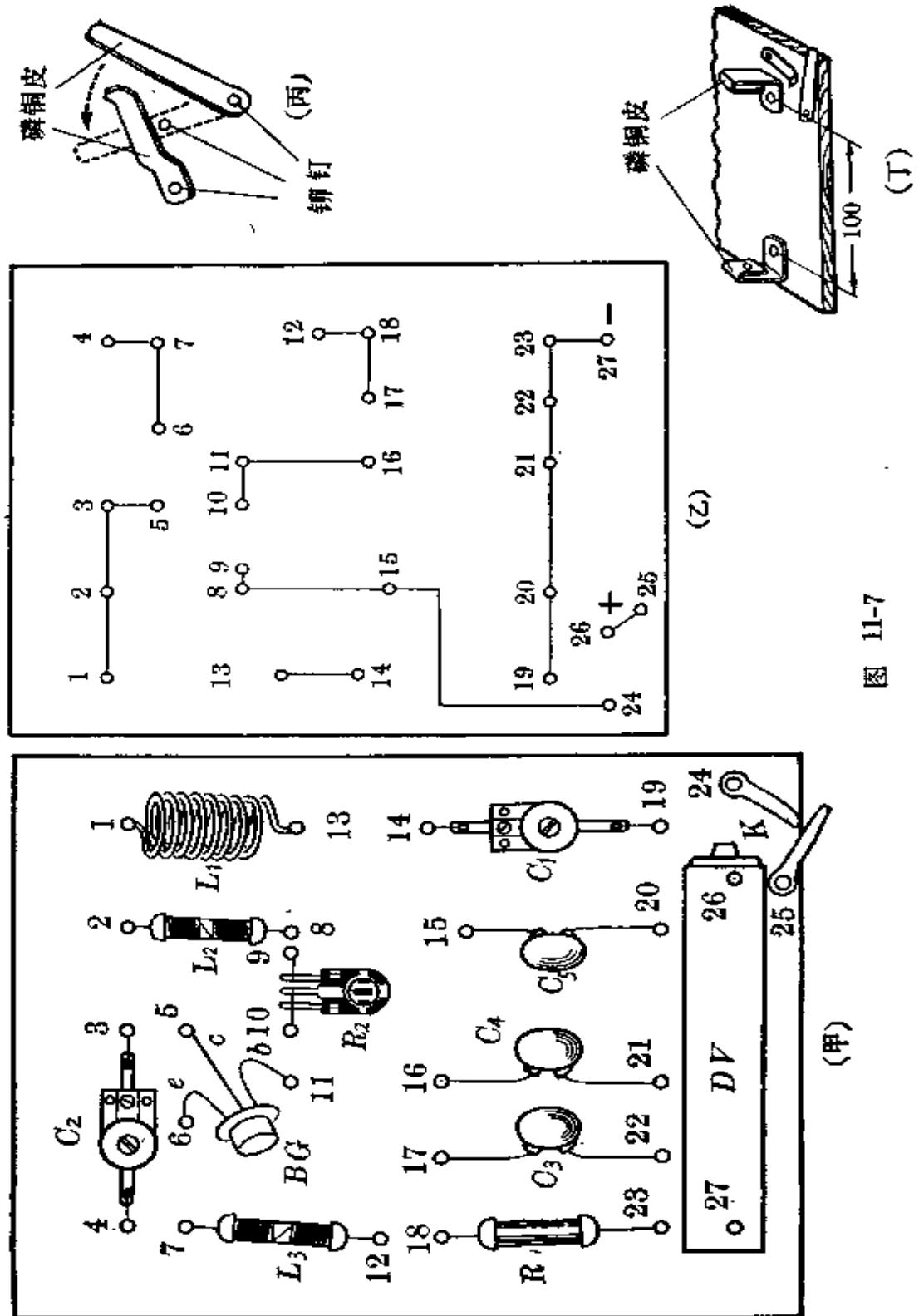


图 11-7

可以通过调节  $C_2$ 、 $R_2$ ，将收音机接收伴音机发出信号频率位置调在无广播电台位置处。

第二步，当电视台播音时，先调节  $C_1$ ，一般就能收到微弱的电视伴音信号；再适当移动伴音接收机与收音机的相对位置和转动一定的角度，使伴音最响；然后反复细调  $R_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ ，到伴音最清晰为止。

第三步，记牢已调好的伴音机与收音机的位置，以及伴音机与收音机在房内的位置。以后使用时只要放在这个位置就能收听了。如果发生变化，照上面介绍的方法再调节一次。

#### (四) 原理

从图 11-5 的电路可以看到，本接收机是由电容反馈式振荡电路中引入控制电压，完成调频波超再生接收的。也就是把电视伴音的调频波换成调幅波，同时又利用电路振荡发射，被收音机接收，经过检波、放大，还原出伴音信号，由喇叭放出声音。伴音机又是一个小的发射机。

本电路特殊的地方是， $L_1$ 、 $C_1$  是串联后组成谐振回路的。它相当于图 11-8 的电路，其中  $C_\lambda$  是 BG 的基极-发射极电容。用  $L_1$ 、 $C_1$  串联组成的谐振回路，与前面介绍的插入式超再生接收机中由  $L_1$ 、 $C_1$  并联组成的谐振电路相比（见图 11-2），有以下优点：

(1) 与  $L_1$  形成谐振的总电容  $C_s$  由  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_\lambda$  串联而成。 $C_1$  一般取得较小，谐振频率基本上由  $C_1$ 、 $L_1$  决定。这样当温度

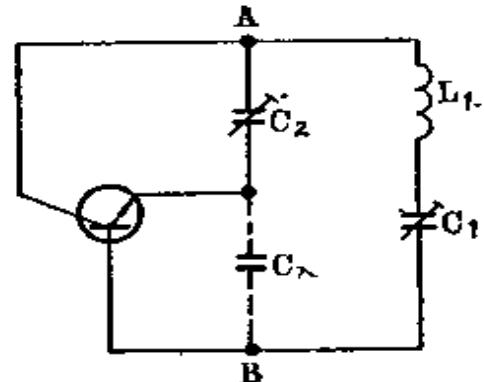


图 11-8

变化、电源电压变动、人体感应而引起 A、B 二点的电容变化时，由于 A、B 两点电容是与 C<sub>1</sub> 串联后组成振荡的槽路电容，C<sub>1</sub> 又较小，因此尽管 A、B 电容量有变化，主要是决定 C<sub>1</sub> 的容量，而频率仍较为稳定。C<sub>1</sub> 如果加在 L<sub>1</sub> 两端（见图 11-2），当 A、B 有变化时，影响就要大得多。

(2) 由于 C<sub>1</sub> 容量较小，又要使调谐频率与电视伴音频率相符，根据  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，L<sub>1</sub> 的电感必然要增加，即 L<sub>1</sub> 圈数增多，这样就提高了接收机的灵敏度。

(3) 因调谐频率基本上由 L<sub>1</sub>、C<sub>1</sub> 决定，改变 C<sub>2</sub> 只起到增减反馈量大小的作用，而对调谐频率牵制影响不大，这对安装后的整机调节极为有利。

### (五) 注意事项

第一，由于本机在 1.5 伏低电压小信号状态工作，所以硅管选择很重要。上述几种型号的管子在  $\beta$  值大于 30 时都能用。其他如 3DG6、3DG12 等截止频率较低，在 1.5 伏电源下工作时放大倍数下降很多，故不宜用。

第二，电视电磁波属于超高频，它是沿直线传播的。所以即使在同一房间四周，它的接收强度也相差很多。往往有些伴音接收机装成后，虽能收到伴音，而噪声很大，人体感应现象严重，调节 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 也无显著好转。其原因除了管子质量问题之外，大多情况是由于实验地点电场强度不够。解决的办法有两种：(1) 收到伴音信号以后，连同收音机在房间内走一圈，同时不断转动接收机的角度，找到最响点，固定下来，再反复细调 R<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>。也可以到室外空地调好后，移到室内。(2) 就在原实验地点，用一根 1.5 米长电线，一头在伴音接收机壳上

绕两圈，另一头拖着。

第三，电池应放在远离  $L_1$  处，最好与  $L_1$  成垂直位置横放。

第四，开关要接触良好。

第五，要弄清电视台播音时间，避免在未播送时盲目接收。另外，电视播送间歇时间也应注意到。

### 三 发射式电视伴音接收机

本机吸收了插入式和感应式两种线路的优点，使用方便，比较稳定。它将接收到的电视台伴音调频波信号转换成调幅波信号以后，能再以中波段的调幅波形式发射，与在一米范围内的晶体管收音机配合接收，放出响亮的电视伴音节目，效果比较满意。

#### (一) 原理简介

发射式电视伴音接收机由超再生调频接收、电压负反馈式低频放大、音频调制及恒流稳压四部分组成。电路如图11-9所示。 $BG_1$ 、 $C_1$ 、 $L_1$  等组成的超再生振荡电路用于接收电视台伴音调频信号，将它转换成调幅信号，并进行包络检波。得到的音频信号再由  $BG_2$  进行放大。 $BG_3$ 、 $L_3$ 、 $C_{11}$  等组成电感三点式振荡电路，产生中波段的高频等幅振荡。此等幅振荡又被由  $C_7$  耦合来的音频信号所调制，调制后的调幅波由  $L_3$  向外发射。由于本机是靠接收调频波、发射调幅波来达到使收音机能收听电视伴音节目的，故称为发射式电视伴音接收机。其发射频率由  $L_3$ 、 $C_{11}$  而定。为了缩小全机体积，本机线路采用调感式。即  $C_{11}$  采用固定电容，只要调节  $L_3$  在磁棒上的位置，

就能改变伴音接收机的调幅波发射频率，以便在收音机中波段的适当位置(周率)上收听电视台的伴音节目。

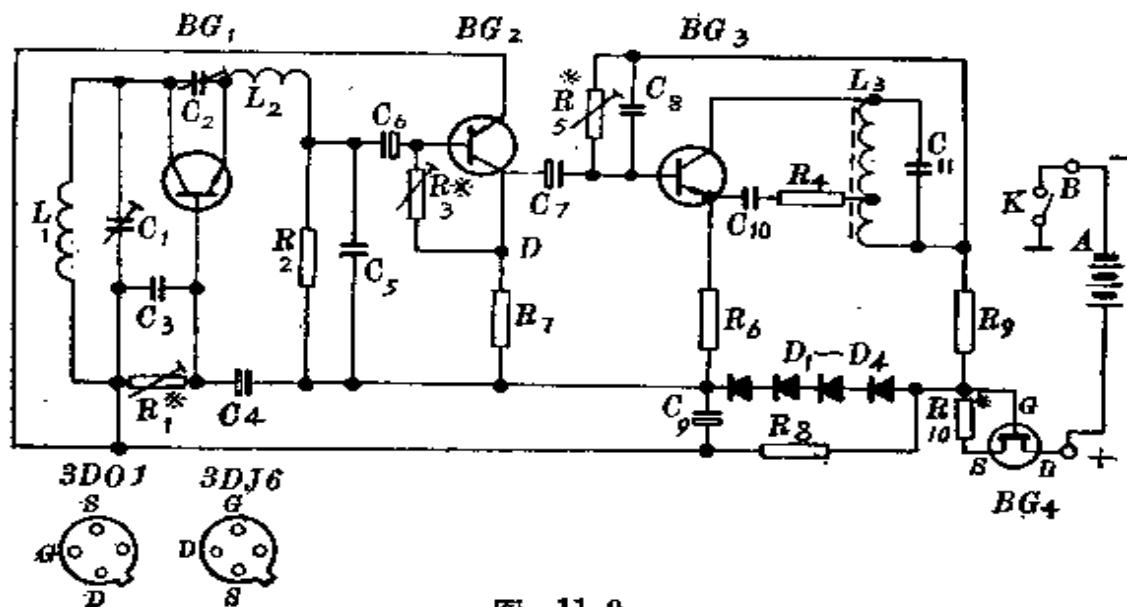


图 11-9

本机线路还利用场效应管恒流的特性，和硅二极管的正向特性直线部分具有稳压作用的特点，附加了简单的恒流稳压线路，使伴音接收机的稳定性大大提高。经实践，当电池电压从 9 伏下降到 3 伏时，该机不需调节仍能正常工作，为长期使用带来了很大方便。

## (二) 元件

C<sub>1</sub> 5/25pF 瓷介微调电容。

C<sub>2</sub> 3/10pF 瓷介微调电容。

C<sub>3</sub>、C<sub>10</sub> 0.01μF 电容。

C<sub>4</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub> 10μF/6V 电解电容。

C<sub>5</sub>、C<sub>8</sub> 5100pF 电容。

C<sub>9</sub> 50μF/6V 电解电容。

$C_{11}$  250pF 云母或瓷介电容。

$R_1^*$ 、 $R_3^*$ 、 $R_5^*$  200k 微调电阻。

$R_2$  1k 电阻。

$R_4$  2k 电阻。

$R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$  510Ω 电阻。

$R_9$  100Ω 电阻。

$R_{10}^*$  根据场效应管 3DO1 或 3DJ6 恒流特性确定。

$BG_1$  3DK4,  $\beta$ 30~50, 也可用  $f_T$  大于 150 的硅高频管。

$BG_2$  3AG1,  $\beta$ 30~100, 穿透电流要小。

$BG_3$  3DG6,  $\beta$ 30~100。

$BG_4$  3DO1 或 3DJ6 场效应管, 符号见电路图, 管脚排列见图 11-9 左下角附图。

$D_1 \sim D_4$  2CP 型硅二极管。

$L_1$  在直径 10 毫米磁棒上, 用直径 1~1.5 毫米铜丝平绕 4 圈(五频道), 取下, 拉开成空心线圈, 圈距 4 毫米左右。

$L_2$  用线径 0.16 毫米 38 号漆包线, 在大于 100 千欧  $\frac{1}{8}$  瓦电阻上, 分两段, 各绕 40 圈, 共 80 圈, 两段之间相距 2 毫米。

$L_3$  普通中波磁棒线圈, 约 60 圈, 在 10 圈处抽头。

$K$  开关。

电源 6 伏或 9 伏层压电池。

### (三) 安装和调试

参考图 11-10 制好印刷电路板。将元件检查无误后焊入印刷电路板。焊接一定要良好, 本机很多故障均由焊接不良造成。焊好后应检查三极管管脚、电解电容正负极有无接错。

测试步骤如下:

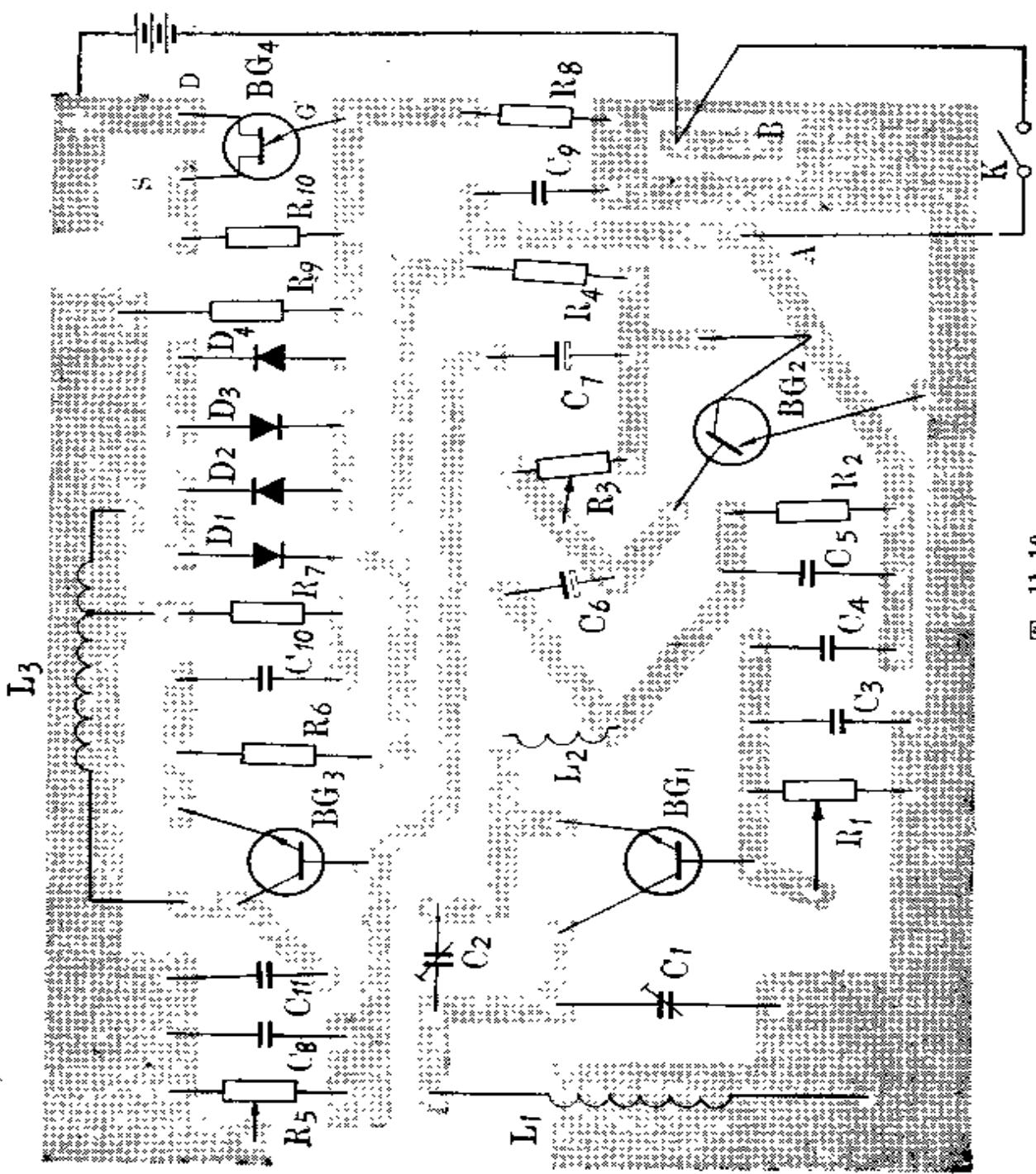


图 11-10

第一步,确定  $R_{10}^*$  值。按照图 11-11 电路测定 3DO1 或 3DJ6 场效应管的恒流值。即将场效应管按图 11-11(甲)接入电路,电流表指针所示值即为恒流值,在我们这个电路中要求场效应管恒流在 3~4 毫安左右。若在 4 毫安以上,应按电路图 11-11(乙)在场效应管的 GS 极间串接一个微调电阻 R,调节 R 使电表指针指示值为 3 毫安左右,当电压在 3~9 伏变化时,电表指针应变化不大。这时,微调电阻阻值就是  $R_{10}^*$  的值。用阻值相近的电阻接入电路中  $R_{10}^*$  的位置上去。经试验,若  $R_{10}^*$  可以不用的话,必须首先将  $R_{10}^*$  的原位置用锡焊成短路,然后进行其他项目的调试。

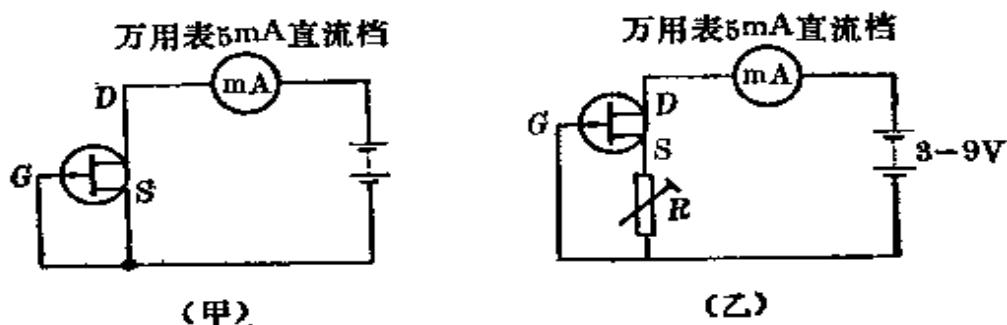


图 11-11

第二步,调整接收电路。先将  $C_7$  的正极 D 点与开关接点 B 用导线引出跨接 800 欧耳机或利用收音机的低放部分接在音量电位器中的两端。接上 6 伏电源,测量  $D_1 \sim D_4$  二端电压,应在 2.8 伏左右。旋转  $R_1$ ,一般能听到沙沙声。调节  $R_1$  和  $C_2$  使沙沙声最响最纯,到无其他杂声为止。这时测量  $BG_1$  的  $V_{ce}$  约为 0.5~1V 左右。测量  $BG_1$  发射极与 B 点之间电压,同时用手碰  $L_1$ ,电表指针若有变化,说明  $BG_1$  已起振。调节  $R_3$  使  $BG_2$  的  $V_{ce}$  为 0.5~1V 左右。再用 XFC-12 型高频信号发生器调至 30~120 兆周一档,放在旁边,靠信号发生器

的电磁幅射代替电视伴音信号。调节信号发生器振荡频率，当耳机或晶体管收音机的喇叭由沙沙声变为呜呜音频信号时，信号发生器上的频率指示就是伴音接收机  $L_1 C_1$  的谐振频率。一般不会恰好是电视伴音的载频位置。假如谐振频率是 70 兆赫，而当地电视伴音载频是 91.75 兆赫，那么就必需调小  $C_1$  的容量，使谐振频率向 91.75 兆赫靠拢。具体做法是：一面旋动信号发生器的频率旋钮，一面调小  $C_1$  容量，进行跟踪。如果调  $C_1$  仍不能达到 91.75 兆赫，那么可以拉开  $L_1$  的圈距或改变  $C_2$  的容量使之在 91.75 兆赫一处谐振。只要  $BG_1$  的截止频率足够高，按上述办法调整后在晚上都能收到电视台伴音节目。再稍微变动一下  $C_1 R_1$  就能使声音最响，最清晰。如果没有信号发生器，可参考插入式伴音机方法调试，调好后将耳机的连线拆除。

第三步，调整发射电路。先调  $R_5$ ，使  $BG_3$  的  $V_{ce}$  为 1 伏左右，用万用表 10 伏档测量  $R_6$  两端电压，并用手指碰  $L_3$ ，电表指针有变化说明电路已起振。只要电路焊接正确一般都容易起振。用一架晶体管收音机放在旁边，调在 530~700 千周之间无电台播音的地方，音量开至最大，再来回移动  $L_3$  在磁棒上的位置，当晶体管收音机里发出沙沙声时说明发射频率与收音机所指某频率谐振。

第四步，统调。在前面调试基础上，将电视伴音接收机固定在非金属壳子里，接上 3 伏电池，与收音机相距 20 厘米。这时放在旁边的晶体管收音机调谐在某周率时（即上述调试时在 530~700 千周之间的某处）会出现沙沙声。用手指断续触碰  $BG_1$  的管壳，则收音机会出现断续的“卜卜”声，将  $L_3$  转至与收音机磁棒线圈平行的位置时声音最响。在有电视节目播

送的时候，发射式电视伴音接收机便能起“中间转播站”的作用。为了获得更满意的收听效果，需要再调一下  $R_1 C_1$ 。先使用 3 伏电源，当调到声音响亮而清晰时用铅笔在  $C_1$  上做个记号。再换上 9 伏电源，再调  $C_1$  使音质较好，这时也在  $C_1$  上做个记号。然后将  $C_1$  容量调在这两个记号的中点，这样就能保证当电池电压由 9 伏下降至 3 伏时，伴音接收机仍能工作。

本机宜于在有电视台的市区和近郊使用。如有条件，架设一根 T 形天线，并串联一个  $10\text{pF}$  的电容后接在  $BG_1$  的发射极上，则接收距离可以增加。

#### 四 外差式电视伴音接收机

本机采用三只晶体三极管，两只晶体二极管，输出音频电压约 100 毫伏，在离电视台约五公里的地方，用一根长约 1 米的室内天线，与收音机相配合，能比较满意地收听电视伴音。

##### (一) 电路

图 11-12 是本机电路图。图 11-13 是它的印刷线路板和元件装接图。

##### (二) 元件及安装要点

晶体三极管可采用特征频率 ( $f_T$ ) 较高的硅 NPN 型小功率高频管。本机  $BG_1$ 、 $BG_2$  的  $f_T$  最好大于 300 兆赫， $BG_3$  的  $f_T$  要大于 150 兆赫。 $\beta$  大于 30 就可以了。 $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $BG_3$  的静态工作点可调节  $R_1^*$ 、 $R_5^*$ 、 $R_7^*$ ，使分别为 2 毫安、1 毫安、2 毫安。

晶体二极管  $D_1$ 、 $D_2$  可用 2AP9 或其他锗检波二极管。

电路中各线圈的绕制数据如下：当需接收第五频道伴音

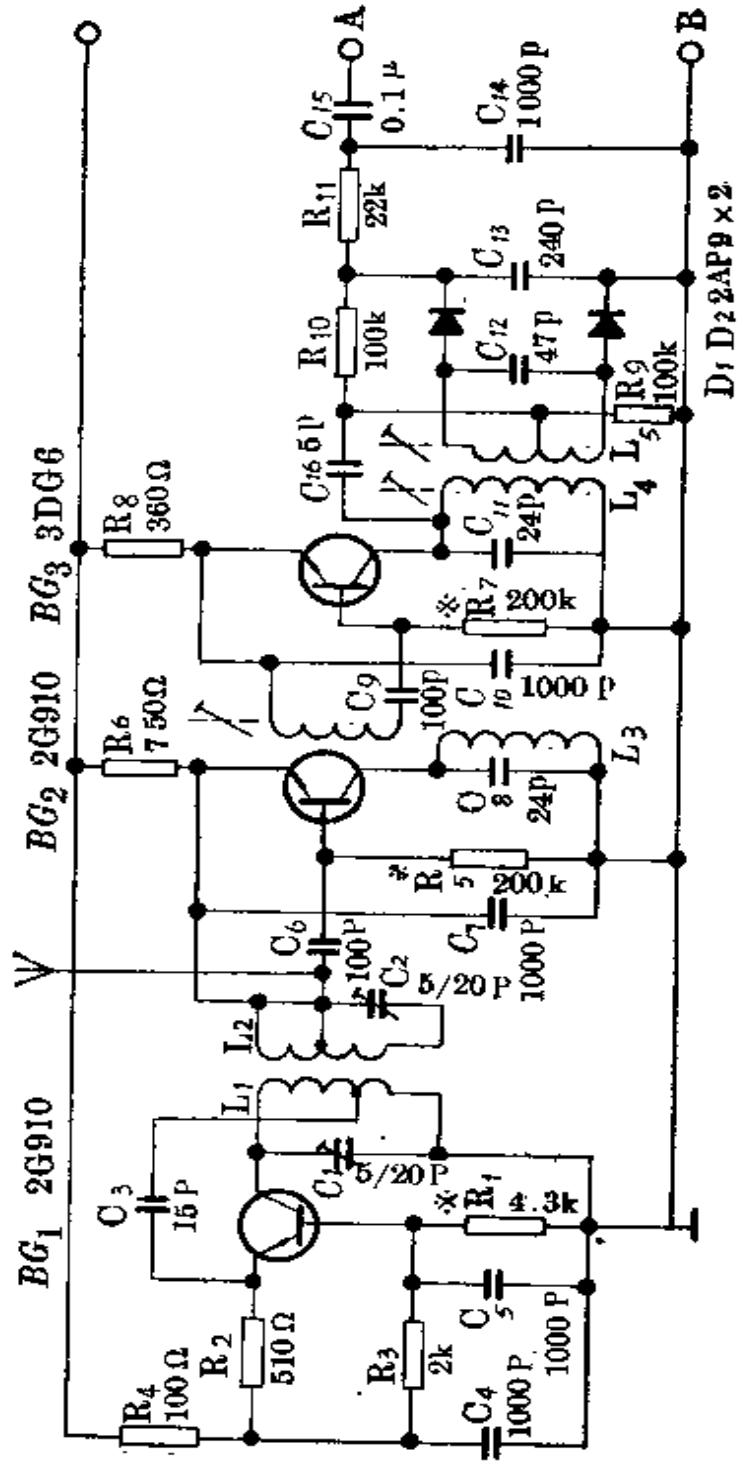


图 11-12

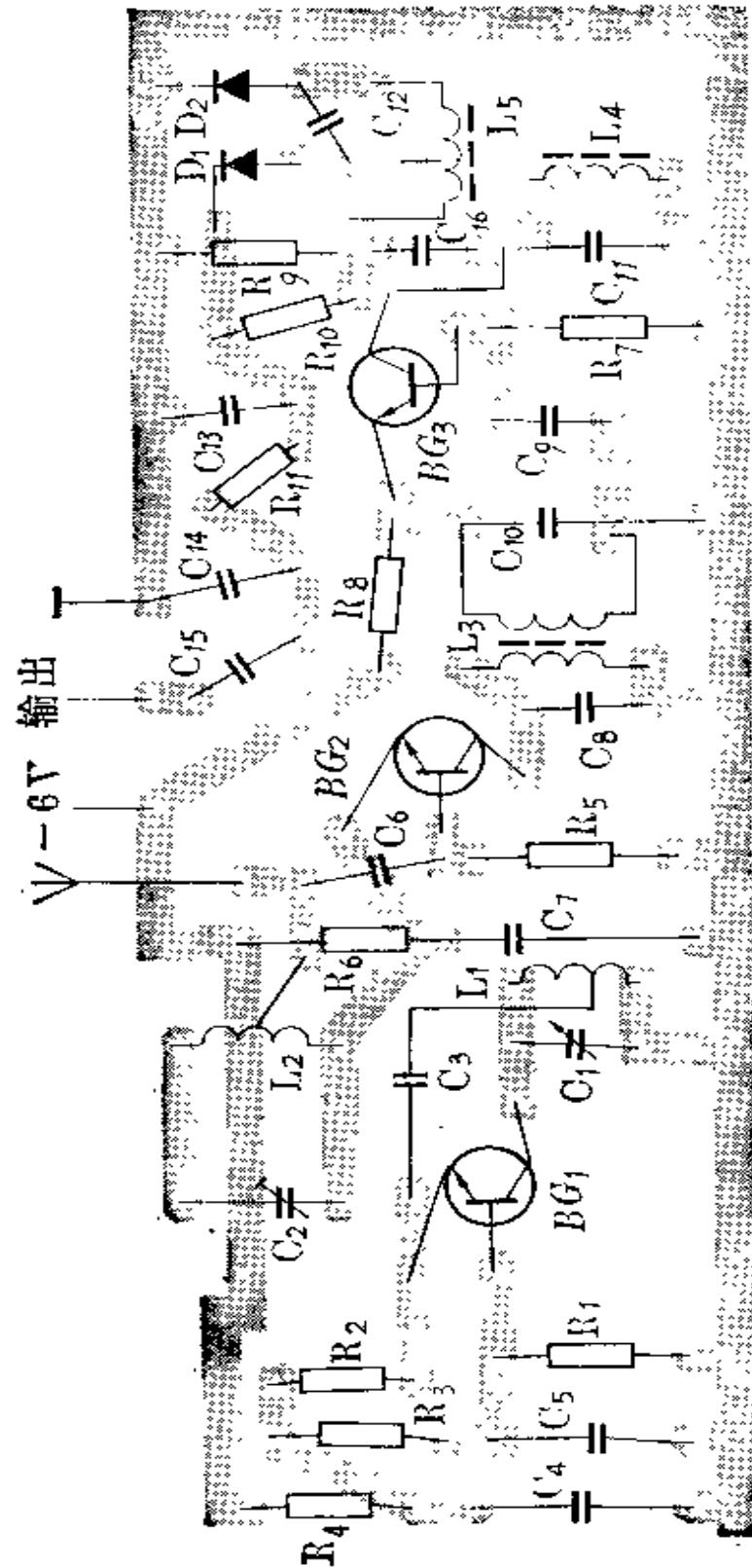


图 11-13

时,  $L_1$ 、 $L_2$  都用直径为 1 毫米的漆包线绕 8 圈, 线圈外径都是 10 毫米,  $L_1$  在 4 圈处抽头,  $L_2$  在 2 圈处抽头。 $L_1$ 、 $L_2$  要同轴方向安装, 两线圈相距 15~20 毫米。当需接收第一到第四频道伴音时,  $L_1$ 、 $L_2$  圈数和  $C_1$ 、 $C_2$  电容量要酌量增加。 $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$  都用直径为 0.1 毫米左右漆包线乱绕在电子管用 465 千赫的中周磁芯架上制成。 $L_3$  初级 18 圈, 次级 3 圈, 初、次级要紧贴在一起。 $L_4$  绕 18 圈。 $L_5$  绕 12 圈, 在 6 圈处抽头。 $L_4$  与  $L_5$  要平行放置, 两线圈距离约 2 毫米。 $L_3$  与  $L_4$ 、 $L_5$  的距离最好大于 40 毫米, 这样线圈不用屏蔽影响不大。这里要注意的是, 磁芯不能用晶体管收音机用的中周磁芯。可以用高频磁芯。

$C_1$  最好用空气绝缘式微调电容器。 $C_2$  可以用瓷介小微调电容。 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$  要用质量较好的云母或瓷介电容器。否则  $BG_1$  不易起振。

安装时要注意按电路图逐级一点接地。

### (三) 调试

首先要使  $BG_1$  起振。为此, 可将  $C_1$  旋出到一半左右位置, 用万用电表直流电压档按图 11-14, 经过一检波头去测量  $L_1$  中心抽头到地的电压, 表针应指示 2 伏左右。如果不起振, 可改变抽头位置及增大  $C_3$  容量、改变接线或换一只三极管试一试。

其次,  $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$  应调谐到电视伴音中频 10.7 兆周 (MC)。如无标准仪器, 则可

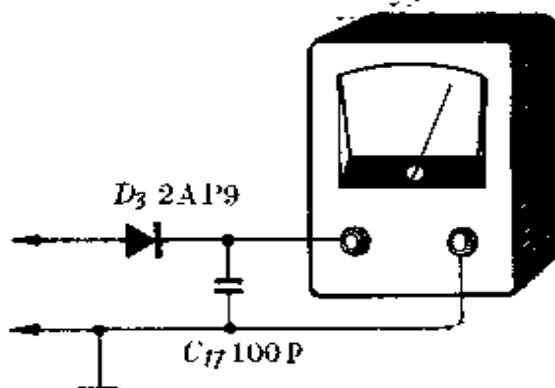


图 11-14

设法使它们谐振在同一频率上就行了(就是  $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$  圈数一样, 磁芯位置一样, 谐振电容  $C_8$ 、 $C_{11}$ 、 $C_{12}$  数值一样)。频率的绝对值差一些, 问题不太大, 但最好大于 8 兆周, 否则会对邻近的电视机产生干扰。但也不能太高, 太高了中放增益会变低。本机电路没有用高放, 但试验证明, 只要中频选在 10.7 兆周左右, 即使电视机放在旁边, 也不会对收看产生干扰。如果中放部分产生自激, 可将  $L_8$  初级两个头对调一下, 或在  $L_8$  上加屏蔽罩。

中频调好以后, 接上天线, 旋转  $C_1$ , 应有两个位置可听到电视伴音。这是由于此时的振荡频率对第五频道的电视伴音来说, 分别为  $91.75 + 10.7$  兆周和  $91.75 - 10.7$  兆周。可选声音较大的一个位置。最后再转动天线位置以及反复调整  $C_2$  和  $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$  的调谐磁芯, 使音量最大, 音质最好。

调试好以后即可接入收音机使用。本机音频输出可直接接到电子管收音机、晶体管高传真扩音机的低放级, 因为它们的输入阻抗都在几百千欧以上, 可以相匹配。如果需接到一般晶体管收音机的低放级, 则尚应按图 11-15 加一级射极跟随器。

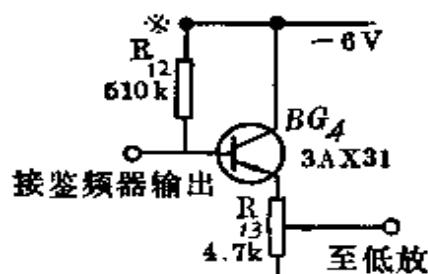


图 11-15

其中,  $BG_4$  可选用任何锗低频小功率管,  $\beta$  要大一些(100 左右), 穿透电流  $I_{ces}$  要小一些。调节  $R_{12}^*$ , 使  $BG_4$  发射极电压为负 2 伏左右。 $R_{13}$  是收音机的音量控制电位器。接时应将收音机检波输出接电位器的一端断开。

#### (四) 工作原理

$BG_1$  与  $L_1$ 、 $C_1$  组成共基极电感三点式振荡器。 $BG_2$  用作

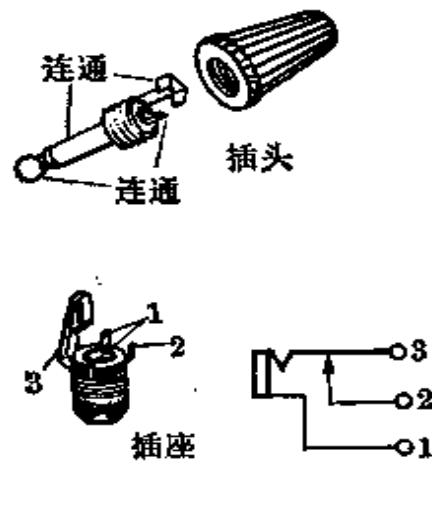
混频。振荡电压靠  $L_1$  与  $L_2$  的互感耦合加到  $BG_2$  的基极。它与由天线来的电视伴音信号混频后产生 10.7 兆周的中频信号。 $BG_3$  用作中频放大。经放大后的中频信号送到后面的相位鉴频器。相位鉴频器由  $C_{11}$ 、 $L_4$ 、 $C_{12}$ 、 $L_5$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $C_{13}$  组成，其作用是从 10.7 兆周的调频伴音中频信号中检出伴音音频信号。音频信号从 AB 两端输出。

## 第十二章 外接电源

晶体管收音机体积小，机内往往采用小型电池（如5号、4号电池）携带十分方便。但是小型电池容量小，使用寿命不长。为了经济节约起见，我们可以在机上安装一个外接电源装置。这样，在家里收听时，就可以用大型电池组（如1号电池）或使用交流电。当然，电源的电压必须符合要求，不能高于或低于机内的工作电压；对于交流电，更须经过适当的“处理”，使它符合晶体管收音机的工作要求。

那么，如何在收音机上安装外接电源装置呢？需要买一副如图12-1那样的二芯插头和插座。晶体管收音机要用小型的，常用的有直径为2.5毫米和3.5毫米两种。这种插头和插座，当插头未插入插座时，动簧片（3）和定簧片（2）是接通的；当插头插入插座以后，动簧片（3）被插头顶开，与定簧片（2）脱离。利用二芯插头的这个结构，可以做晶体管收音机上的外接电源装置。

安装电路如图12-2所示。当插头未插入插座时，定、动簧片接通，收音机用机内电池；当插



插头插入后定动簧片分开

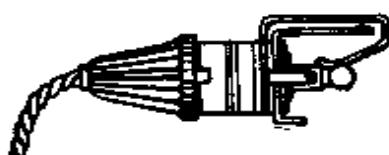
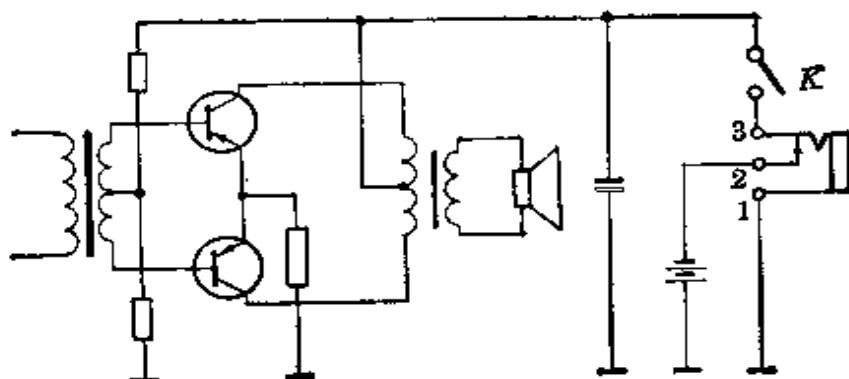


图 12-1

头插入时，定、动簧片分离，机内电池供电电路断开，外接电源接通，收音机用外接电源。



- 1 插口接机内电池正极
- 2 定簧片接机内电池负极
- 3 动簧片接开关

图 12-2

外接电源如果使用大型电池，比较简单，只要用一个电池夹，放入电池，装接好插头，就可以了。插头的接法见图 12-3。

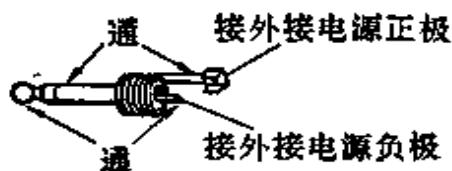


图 12-3

如果使用交流电，情况要复杂一些，还需做一个稳压电源装置，将交流电降压、整流、滤波、稳压以后，才可使用。下面介绍两种使用交流电的装置。

## 一 简单整流电源装置

图 12-4 是这个装置的电路图。

### (一) 元件

B 电源变压器，初级 220 伏，次级 6.3 伏

1 只

$D_1 \sim D_4$	2OP10 型整流二极管（也可以用基极、集电极 完好的坏三极管 3AX81 代用）	4 只
$C_1, C_2$	100 $\mu$ F/16V 电解电容	2 只
$C_3, C_4$	100 $\mu$ F/10V 电解电容	2 只
R	6.3V、0.15A 小电珠或 51Ω 电阻	1 只

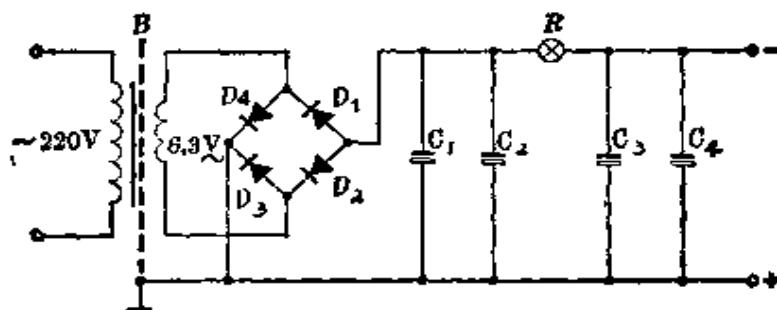


图 12-4

电源变压器(B)可购 6~8 伏的电铃变压器代用，也可用 6.3 伏灯丝变压器。如有合适的铁芯，也可以自制。方法如下：

(1) 根据铁芯规格，查书末附录《小型变压器常用标准铁芯每匝伏数表》，计算初、次级线圈匝数。

$$\text{初级匝数} = \frac{\text{初级电压(伏)}}{\text{每匝伏数(伏/匝)}}$$

$$\text{次级匝数} = \frac{\text{次级电压(伏)}}{\text{每匝伏数(伏/匝)}} \times 1.05$$

最大磁感应值一般可取 10000 高斯。铁芯质量好的，最大磁感应值可取大些；质量差一些的，可取小些。

例如，如果有铁芯规格为  $12 \times 18$ ，最大磁感应值取 10000 高斯，那么查附录表，可得每匝伏数为 0.0437 伏/匝，从而算出

$$\text{初级匝数} = \frac{220 \text{ 伏}}{0.0437 \text{ 伏/匝}} = 5033 \text{ 匝}$$

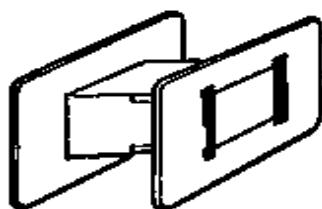
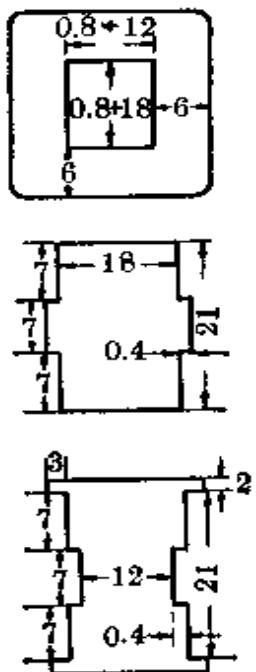
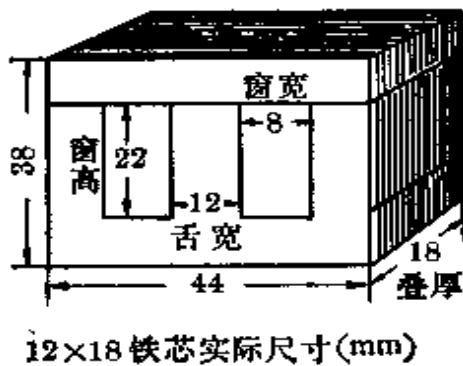


图 12-5

$$\begin{aligned}\text{次级匝数} &= \frac{6.3 \text{ 伏}}{0.0437 \text{ 伏/匝}} \times 1.05 \\ &= 151 \text{ 匝}\end{aligned}$$

(2) 根据工作电流，查附录《漆包线规格查对表》，选择适当的漆包线线径。晶体管收音机的工作电流一般在 100 毫安以下。变压器次级工作电流与晶体管收音机的工作电流相差不多。据此查表，可知选用线径为 0.20~0.25 毫米的漆包线就行了。初级的工作电流比次级要小，可用下面的公式计算出来：

变压器初级电流 =

$$\begin{aligned}&\frac{\text{次级电压(伏)} \times \text{次级电流(毫安)}}{\text{初级电压(伏)}} \times 1.3 \\ &= \frac{6.3 \times 100}{220} \times 1.3 \\ &\approx 4(\text{毫安})\end{aligned}$$

式中的“1.3”是考虑到变压器损耗及效率所加的经验数据。根据上面的计算结果查表，可知初级可选用线径为 0.06~0.12 毫米的漆

包线。

关于电源变压器设计的详细方法可参看有关书籍。

(3) 绕制。根据铁芯尺寸做一个活络骨架。例如采用 $12 \times 18$  铁芯，骨架的尺寸可参考图 12-5，材料可用 0.4 毫米厚的胶木板。裁剪好各种绝缘纸(布)。绝缘纸(布)的宽度应等于骨架长度，长度应稍大于骨架的周长，并应考虑绕组逐渐绕大后的裕量。

先绕初级。每绕好一层可垫一层透明纸作为层间绝缘。

初级绕好以后，还要在初级绕组上绕一层静电隔离层。绕静电隔离层的目的，是为了防止各种干扰通过电源变压器引入收音机内，产生“嗡嗡”的交流声。静电隔离层的绕制方法有下列几种：

第一种，用厚约 0.05 毫米，宽比绝缘材料狭 4 毫米左右的铜箔，在初级线圈外包一层。首尾不能短路(相碰)，可用绝缘材料隔开。铜箔的一端要焊一段多股导线或焊片(如图 12-6)，引出接地。为了保证与初级和次级线圈绝缘，可在铜箔的上、下各垫一层黄蜡绸布。绕制时，可以预先准备好一条全长可在初级线圈外包五层的牛皮纸，先在初级外面包两层，再将屏蔽层铜箔(连同黄蜡绸布)一起包入，然后将牛皮纸全部包完，拉紧，把尾端粘牢。

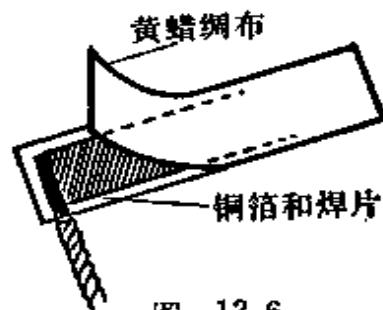


图 12-6

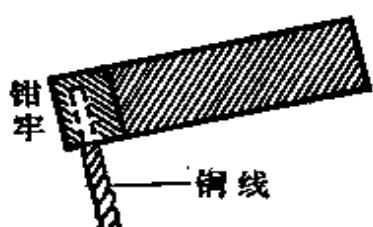


图 12-7

第二种，用铝箔代替铜箔。不过，由于引出线与铝箔不能相焊，因此可如图 12-7 那样，将铝箔的一端约 5 毫

米折迭起来，把引出的多股绞铜线放在中间，用钳子将铝箔与绞铜线相互夹牢，然后按第一种方法绕制。

第三种，用线径 0.12~0.3 毫米的漆包线平绕一层作静电隔离层，一个头空着包在里面，另一个头引出接地（注意：首尾不能同时引出，以免短路）。但这种方法抑制交流声的效果不及铜箔。用漆包线做静电隔离层时，为了与初级绝缘，可先用两层黄蜡绸布中间夹一张牛皮纸，在初级上包一周，然后绕隔离层。绕好后，再用两层黄蜡绸布中间夹一张牛皮纸，在静电隔离层上面包一周，与次级绝缘。

次级绕在静电隔离层上面，绕制方法与初级一样。

(4) 绝缘处理。为了防潮和增加绝缘强度，在绕线的过程中，每绕完一层，最好能涂刷一层薄凡立水，后然垫上绝缘层，继续绕线。这样也有助于粘牢导线。绕组绕好以后烘干。然后放入熔化了的白蜡（能用绝缘漆更好）中浸 15~30 分钟，取出后让它自然干燥凝固。

(5) 装铁芯。插片要仔细，不要损伤骨架和线包。插片时要一片一片交叉对插。插片要紧面牢，否则铁芯截面积达不到计算要求，变压器容易发热，且会发出噪声。

(6) 测试。变压器绕制好以后应进行测试。测试的项目有：测电阻。用万用电表的欧姆档分别测量初级、次级绕组两端的电阻。初级应在几百欧姆以上；次级 1.2 欧姆左右。如果电阻太小，说明初、次级线圈内部有碰线短路现象。如果电阻为无穷大，说明内部有断线地方（上述测量在插片前就应进行一次）。另外，还要测量初、次级之间，初、次级与铁芯之间，初、次级与静电隔离层之间的绝缘电阻，阻值都不应低于 500 兆欧。

测电压。将初级接在 220 伏的电源上，用万用电表的交流电压档测量次级两端的电压，应在 6.3 伏左右。

空载试验。初级接 220 伏，次级空着，二小时内不应有明显的温升。

最后，再在次级线圈两端接一只 6.3 伏、0.15 安的小灯泡，二小时内温度也不应升得太高。经过上面各项测试，都正常的话，这只电源变压器就可以应用了。

## (二) 安装

参考图 12-8 (具体尺寸请按元件大小自己确定)，先找一块胶木板作为底板，敲好铆钉，焊上元件和接线；再找一些铁皮或铝皮做一个外壳；最后将底板、变压器装入盒内，接好电源插头，就可以使用了。安装时要注意不要接错线，特别是二极管的极性不能接错。另外，接入收音机时，电源的正负极性也不要搞错。

## (三) 工作原理

这个直流电源由单相桥式整流器和  $\pi$  型滤波器组成。变压器 B 将外来 220 伏交流电变成我们所需要的电压；再利用二极管的单向导电性将交流电变成直流电。这个过程叫做整流，完成这一过程的设备叫整流器。整流电路有几种，这里采用的是由  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$  组成的单相桥式整流电路。它的工作过程如下：在交流电的正半周， $D_4$ 、 $D_2$  导通， $D_1$ 、 $D_3$  截止，电流方向如图 12-9(甲)。在负半周， $D_3$ 、 $D_1$  导通， $D_4$ 、 $D_2$  截止，电流方向如图 12-9(乙)。这样，尽管变压器两端的电流忽正忽负，但流过负载  $R_L$  的电流方向却不变，达到了把交流变成直流的目的。

整流出来的电压还有很大的波动成分，为此还须设法使

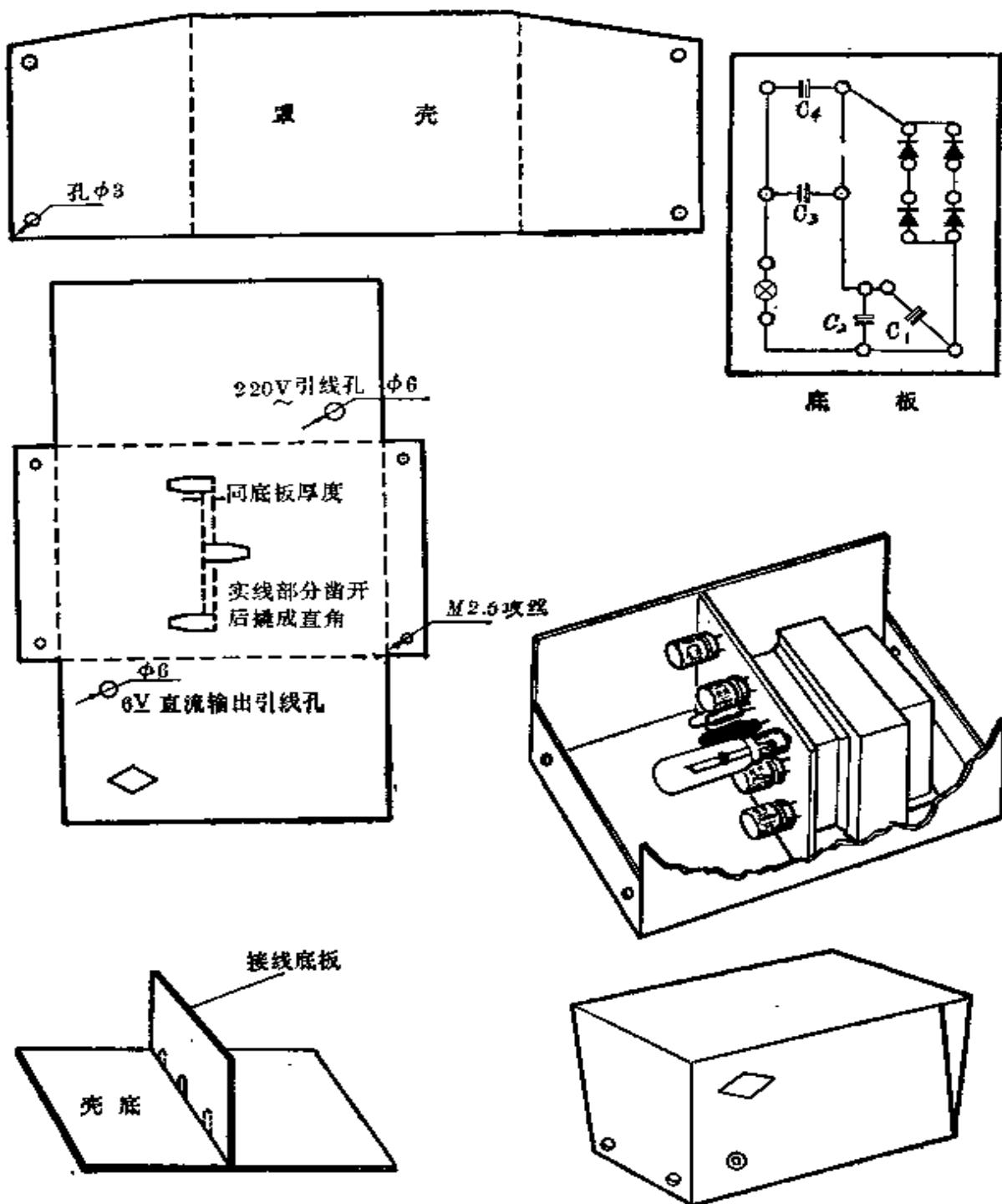


图 12-8

整流出来的电压能平稳一些。由  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  所组成的滤波器就是为完成这一任务而设置的电路。其工作过程如下：电容具有充放电作用，当交流电达到最大值时，整流后的电压也达到最大，此时对电容充电，使电容器两端电压接近峰值；当电压下降时，电容对负载放电，可是充好的电刚放了一点，下一次充电又来了。这样继续下去，就使输出电压比较平稳了。这里的小电珠既是滤波电阻，又起到工作指示的作用。输出电流比较小时，小电珠微红或不发光；输出电流大时，小电珠发红；外电路短路时，指示灯最亮。

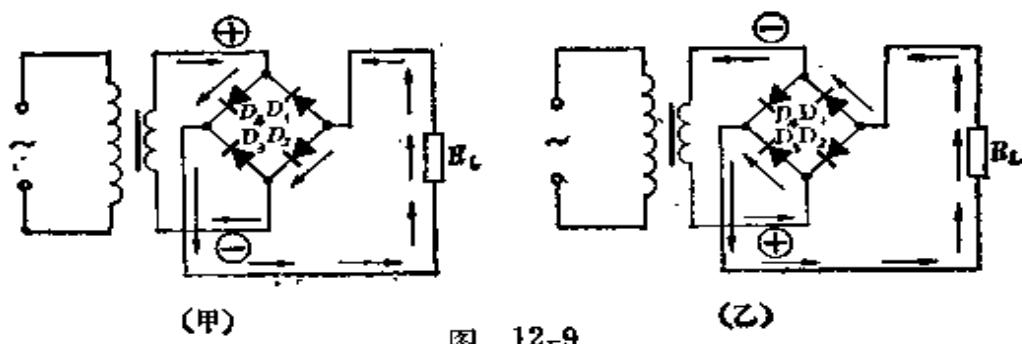


图 12-9

#### (四) 交流声的排除

晶体管收音机使用交流供电时容易产生交流声。产生交流声的情况有两种：一种是不论收到电台信号与否都出现。这主要是滤波不好，应增加滤波电容的容量加以解决。另一种是只有当收到电台信号时才出现。这种交流声叫做调制交流声，可以试用下列方法加以克服。

(1) 电源变压器加静电隔离层。方法已在前面介绍过了。

(2) 电源变压器次级加旁路电容  $C$ ，如图 12-10。如果用的变压器是旧的，原来没有静电隔离

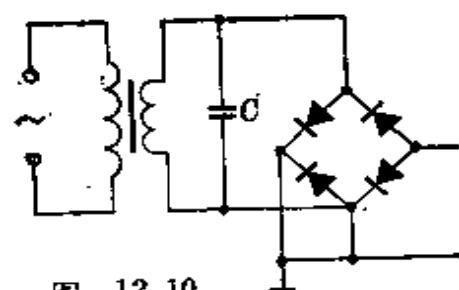


图 12-10

层，那么可在次级线圈靠初级的那一端加电容C（图12-11）。C的容量在 $0.01\sim0.1\mu\text{F}$ 间选用，耐压值应大于次级交流电压的1.4倍。

(3) 电源变压器初级加电容器，如图12-12。电容容量在 $240\text{pF}\sim0.1\mu\text{F}$ 间选用，耐压值应大于400伏。注意：这里的电容容量不宜选得太大，否则手碰到公共地线时有显著的麻手感觉。

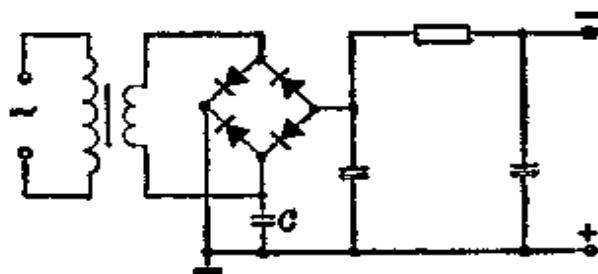


图 12-11

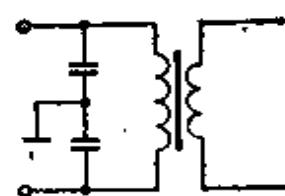


图 12-12

(4) 在二极管的两端并接电容，如图12-13。 $C_1, C_2, C_3, C_4$ 都选用 $0.01\mu\text{F}$ 电容，耐压值应与二极管相同。

上述措施可以在同一电源中综合应用，这样效果更好。

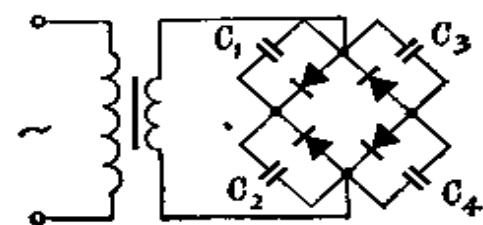


图 12-13

## 二 串联型简易稳压电源装置

上述直流电源装置用的元件少，易于安装，可以滤除一些波动成分，对波纹电压要求不很高的晶体管五、六管收音机可以使用。但它的电压波动比较大，这于提高收音机的收音效果是不利的。波动较大的原因有两个：一是由于电网电压的变

化，有时高于 220 伏，有时低于 220 伏，引起整流器输入电压的变化，造成整流后的直流电压也随着变化。二是收音机的工作电流，即整流器的输出电流有时大，有时小，也在变化。上述两种原因引起的输出电压的变化，是一般滤波器难以克服的。为此，我们在下面介绍一种串联型简易稳压电源装置，它可以大大减小输出电压的波动。

图 12-14 是这种电源装置的电路图。

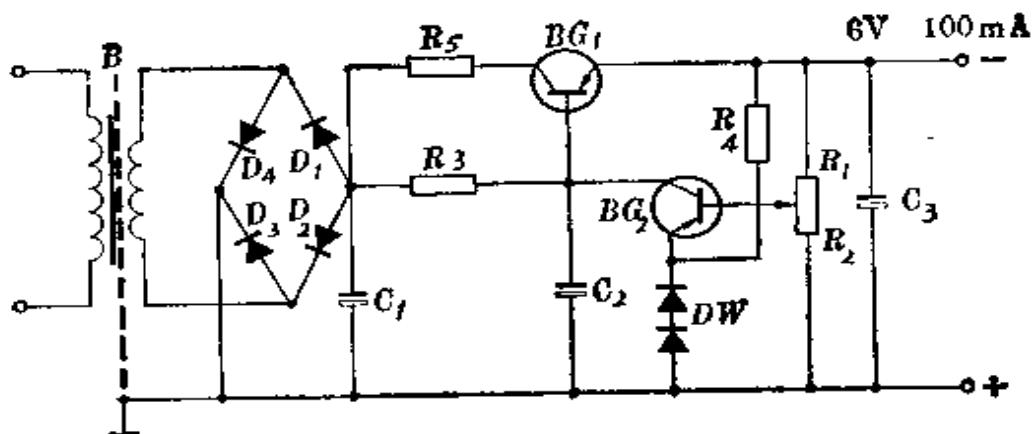


图 12-14

### (一) 元件

B 电源变压器, 初级 220 伏, 次级 11 伏	1 只
D <sub>1</sub> ~D <sub>4</sub> , DW 2CP10 型整流二极管	6 只
BG <sub>1</sub> 3AX81B 型晶体三极管	1 只
BG <sub>2</sub> 3AX31D 型晶体三极管	1 只
C <sub>1</sub> 220μF/16V 电解电容	1 只
C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> 100μF/6V 电解电容	2 只
R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> 1kΩ 微调电阻	1 只
R <sub>3</sub> 680Ω 1/8W 电阻	1 只
R <sub>4</sub> 150Ω 1/8W 电阻	1 只

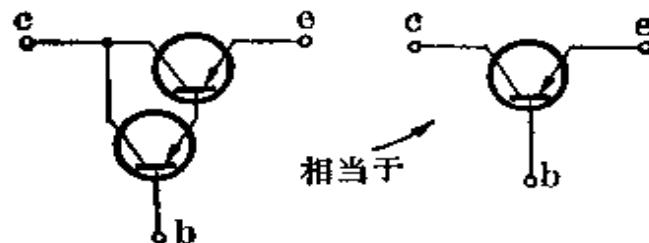
$R_s$  5.1Ω 1/4W 电阻

1 只

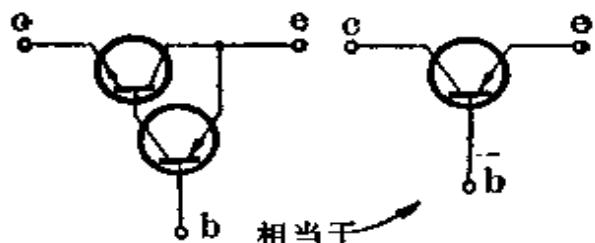
电源变压器可根据前述方法自制。铁芯可用 D42 型，中柱截面积  $12 \times 16$  (毫米) $^2$ ，初级用直径 0.08~0.12 毫米漆包线绕 3000 匝；次级用直径 0.3~0.44 毫米漆包线绕 165 匝。

$D_1 \sim D_4$  耐压应大于次级交流电压的 1.4 倍，即大于 11 伏  $\times 1.4 = 15.4$  伏；每只管子的最大工作电流应大于收音机工作电流的 1/2，因此选用 2CP10 型二极管已能胜任了。

$BG_1$  是调整管。它需承受全部输出电流，而不承受全部输出电压，可用 3AX81B。在管子上最好能加散热片(用厚 1 毫米左右的铝片或铜片，卷成直径与三极管相同的圆筒，套在管壳上即成)，耐压大于 6 伏， $I_{ceo}$  要小， $\beta$  应大些，最好能大于 80。若  $\beta$  不足，可采用复合管。复合管由二只三极管连接而成，连接方法见图 12-15。



两只 P-N-P 型锗管如图连接，相当于一只  
大  $\beta$  的 P-N-P 型锗管



一只 N-P-N 型硅管同一只 P-N-P 型锗管  
如图连接相当于一只大  $\beta$  的 P-N-P 型锗管

图 12-15

$BG_2$  是比较放大管。它的工作电流约为调整管的  $1/\beta$ ，工作电压与调整管差不多，可用一般的 3AX 型小功率管。

$C_1$  为滤波电容。它的作用是减小整流电路输出电压波动。

$C_2$  与  $R_3$  一起组成 RC 滤波 电路。作用是减小整流输出电压波动对调整管基极的影响。

$C_3$  为输出端滤波电容。作用是减小电源交流内阻。

$R_1R_2$  组成分压取样电路。改变  $R_1R_2$  的阻值大小，可改变由输出电压中取样的百分比，通过调整电路的作用，可使输出电压随同改变。 $R_1$  的阻值越小，输出电压越小； $R_1$  的阻值大，输出电压高。分压器的总阻值不宜过大，应使流过它的电流远大于比较放大管的基极电流。

$DW$  由两只 2CP10 型二极管串接而成，代替稳压管起稳压的作用。也可以直接用稳压管 2CW9。稳压管是一种特殊的二极管，它的外形、型号、符号见附录。两只 2CP10 在电路中处于正向偏置状态，它们的稳压值为 1.4 伏左右。

$R_3$  既同  $C_2$  一起组成 RC 滤波电路，同时它又是比较放大管的负载电阻。 $R_3$  大一些可使比较放大管有较大的放大倍数。但也不能太大，太大会使调整管  $BG_1$  得不到足够的基极电流，因而不能给出较大的负载电流。

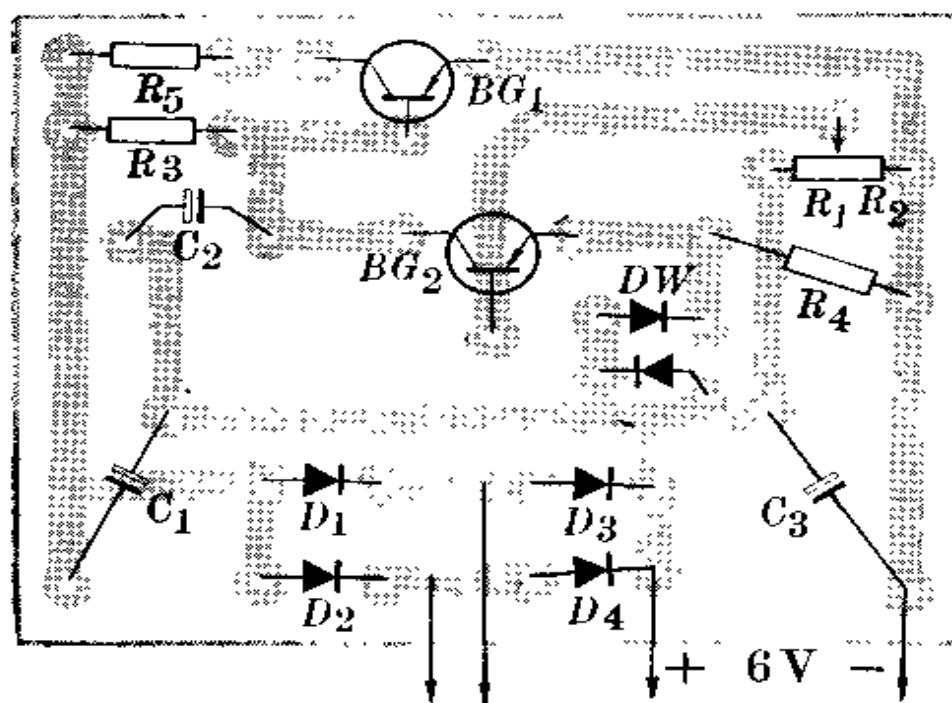
$R_4$  是  $DW$  的供电电阻。它起控制稳压管电流的作用。当稳压后的直流输出电流最小时，流过稳压管的电流最大，此时  $R_4$  应使流过稳压管的电流不得超过最大稳定电流。当稳压后的直流输出电流最大时，流过稳压管的电流最小，为了保证稳压管工作在击穿区仍有稳压作用， $R_4$  的大小又必须使  $DW$  有一定的工作电流。

$R_5$  是保护电阻。它的作用是当输出端正负极偶然短路

时，不致烧坏调整管。

## (二) 安装

(1) 按图 12-16 自制一块印刷线路板。没有铜箔板，仍可用铆钉底板。



接电源变压器次级

图 12-16

(2) 对元件进行质量检查。这里着重介绍稳压管的简易检查方法。图 12-17 为测试稳压管的电路图。测试时，只要将稳压管接入电路，这时电压表指针指的数值即为稳压值。调节电位器，观察电压表指针的变化。变化越小，稳压管的稳压性能越好。用 2OP10 硅二极管代替稳压管是利用硅二极管正向导通时管子



图 12-17

二端压降基本不变(保持在 0.7 伏左右)这一特性,测试时,正负极的接法应与稳压管的接法相反。有些硅三极管,例如 3DG、3DK、3DD、3DA、3CG 等的 e-b 结(即只利用 e、b 两脚,c 脚空着不用)也可代替稳压管,不过一般只能在稳定 5~11 伏的电压中使用。应用时要经过测试选择。

(3) 安装和焊接。如果采用印刷线路板,十分方便,只要按图 12-16,将元件插入孔内,焊牢就行了。

### (三) 调整和测试

(1) 调节  $R_1R_2$ (即微调电位器)阻值,输出电压应在 3~6 伏可调。

(2) 测量 DW 两端电压,应在 1.3~1.5 伏左右。

(3) 测量  $BG_1$  集电极与电源正极电压,应在 15 伏左右。

(4) 将输出电压调至 6 伏,空载时,测量  $BG_2$  的集电极电流,应在 2~3 毫安左右。过大,应增大  $R_3$  的阻值。

(5) 测量流过稳压管的电流,应在 15 毫安左右。过大的话,应增大  $R_4$  阻值(进行上述两项测量时,表笔不要脱开,以防烧坏管子)。

(6) 在输出端接一个 60 欧姆左右的电阻做假负载(这就是使输出电流由空载 0 毫安增加到约 100 毫安),这时输出电压的变化不应大于 0.5 伏(与空载时相比)。

现在分析一下容易出现的故障:

无输出电压。应查调整管  $BG_1$  的集电极是否接好,整流电路有无问题,正常时  $BG_1$  集电极电压应为电源变压器次级电压的 1.4 倍左右(约 15 伏)。

输出电压高于正常值,调整  $R_1R_2$ (即微调电位器)也无效。故障的原因可能是: $BG_2$  的 c、e 内部断裂,或 e、c 脚脱焊;

$BG_1$  调整管击穿, 或  $BG_1$  的 c、e 脚碰在一起; 微调电位器中间臂断路或接触不好; 稳压管断路或代稳压管 2CP 接反。

调节  $R_1, R_2$ (微调电位器)时输出电压无变化, 输出电压随输出电流增大降低很多。原因可能是: 比较放大管  $BG_2$  损坏; 滤波电容  $C_1$  断路或电容变质容量减小; 电源变压器次级输入电压太低; 整流二极管质量差, 正向压降太大(正常时硅二极管正向压降约为 0.7 伏左右)。

输出电压低于正常值。可能是: 代稳压管短路或击穿; 比较放大管  $BG_2$  c、e 短路或穿透电流过大; 电阻  $R_3$  脱焊或用的阻值太大。

#### (四) 工作原理

如前所述, 简单的整流电源, 由于市电电压的变化或负载的变化, 均会引起输出电压的变化。为了维持输出电压不变, 可在直流电源与负载  $R_L$  之间串联一个可变电阻, 如图 12-18。若输出电压因某种原因升高了, 可以相应增加可变电阻阻值, 使输出电压降低; 反之则可以相应减小可变电阻阻值, 以维持输出电压不变。这里可变电阻起到了调整输出电压的作用, 人们称它为调整元件。

但是, 引起输出电压变化的原因是复杂的, 要用人手去控制很困难。为此, 必须采用自动调整的办法, 即用输出电压的变化, 来控制调整元件两端的电压, 从而达到稳定输出电压的目的。这一任务可以由三极管来完成。因为工作在放大区的晶体管 c 极间的电流  $I_c$ , 是随基极注入电流  $I_b$  的大小而变化的。 $I_b$  增大,  $I_c$  增大, 这可看作图 12-18 中可变电阻的值减

小，输出电压上升。反之也一样。所以三极管可以做调整元件。图 12-14 中的  $BG_1$ ，就是担任这个任务的调整元件，所以叫做调整管。我们在输出端与调整管  $BG_1$  的基极间，加一控制电路，把  $U_{\text{out}}$  的变化，换成  $I_b$  的变化。这样， $U_{\text{out}}$  增加，调整管  $I_b$  就随之减小，调整管  $U_{\text{ce}}$  却随之增加； $U_{\text{ce}}$  增加，引起  $U_{\text{out}}$  下降，达到维持  $U_{\text{out}}$  不变。 $R_1 R_2$ 、DW、 $BG_2$  就是为完成把  $U_{\text{out}}$  的变化换成  $I_b$  的变化这一任务而设立的。当  $U_{\text{out}}$  因某种原因增加时，这个变化的电压将在  $R_1 R_2$  上反映出来。 $R_1 R_2$  叫采样电路。通过  $R_1 R_2$  的分压加到  $BG_2$  的基极，使  $BG_2$  的基极电位变得更负（以“+”端作为参考点）。由于稳压管 DW 的作用， $BG_2$  的发射极电位不变， $U_{\text{be}2}$  的绝对值增大，从而  $I_{\text{b}2}$  增加， $I_{\text{c}2}$  也随之增加，于是  $BG_2$  的 ce 极电压减小，使得调整管的  $U_{\text{b}1}$  减小， $I_{\text{b}1}$  也减小， $U_{\text{ce}1}$  绝对值增加，输出电压减小。由此可见，调整管电路电压相反的变化，补偿了输出电压的变化，输出电压就保持了稳定不变。

### （五）稳压电源参考电路

稳压电源的电路有许多种，下面再介绍两种供少年读者实践参考。

图 12-19 是串联固定式简易稳压电源电路。其中 BG 为调整放大管。输出电压 = 稳压管稳定电压 - 调整管基 - 射极电压。其稳压过程如下： $U_{\text{out}} \uparrow \rightarrow U_{\text{be}} \downarrow \rightarrow I_b \downarrow \rightarrow U_{\text{ce}} \uparrow \rightarrow U_{\text{out}} \downarrow$ ，反之一样。 $R_1$  是泄放电阻。它使电源无外接负载时  $BG_1$  有一定的泄放电流。这个电流预先产生一定的发射极 - 基极偏压，可使满载时  $U_{\text{eb}}$  变化小些，从而减少输出电压的变化。 $R_1$  小， $U_{\text{out}}$  变化小。但太小，耗电增加。一般泄放电流为 5~20 毫安。 $R_2$  为稳压管偏置电阻。 $R_3$  是保护电阻。 $C_1, C_2$  为滤波电

容，容量越大越好。DW 为稳压管。稳压管的稳定电压决定了该电路输出电压的大小。稳压管的稳定电压应略大于输出电压 0.3 伏左右。

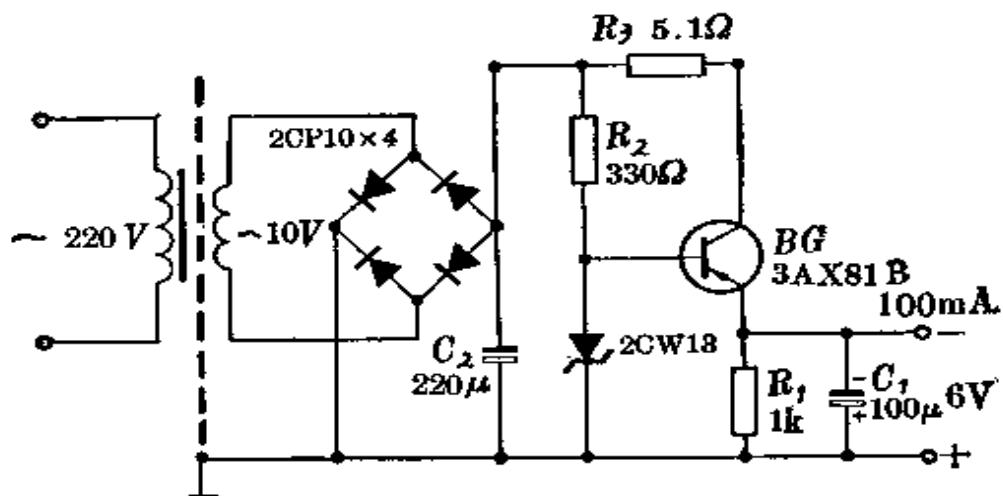


图 12-19

图 12-20 为电容降压并联式稳压电源电路。输出电压为 3 伏、4.5 伏、6 伏。其稳压过程相当于图 12-21 所示电路： $U_{\text{出}} \uparrow \rightarrow I_2 \uparrow$ ；改变  $W_{\text{调}}$  阻值，使之减小，则  $I_2 \uparrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow U_{\text{出}} \downarrow$ ；反之一样。图中  $BG_1$  作放大元件。并联三极管  $BG_2$ 、 $BG_3$  为调整元件。 $U_{\text{出}}$  略微增大时，经  $R_3$  输入给  $BG_1$ ，使  $I_{b1} \uparrow \rightarrow I_{b2} \uparrow I_{b3} \uparrow \rightarrow I_{c2} \uparrow I_{c3} \uparrow$ 。这一变化相当于调整管的等效内阻减小，结果是  $R_2$  两端压降增加使  $U_{\text{出}}$  趋近原来数值。 $C_1$  降压电容容量

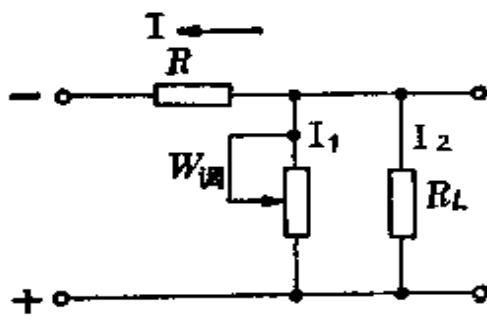


图 12-21

(微法)  $\doteq 15 \times$  输出电流 (安培)，耐压为 400 伏。 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  都是为消除调制交流声和其他高频干扰而设置的。 $C_2$  的耐压为 250 伏，可用纸质电容。 $C_7$ 、 $C_8$  为滤波电容。 $R_1$  是

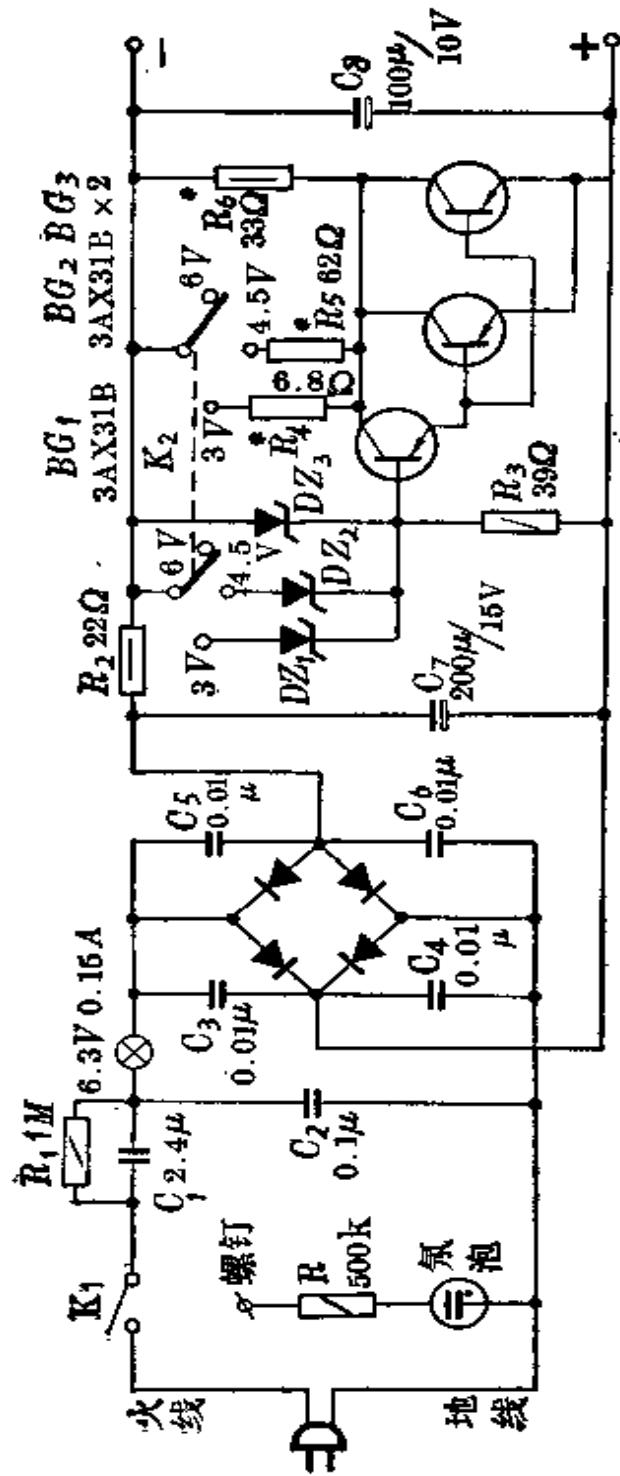


图 12-20

$C_1$  的泄放电阻, 其作用是避免电源断后电容上仍有电荷。 $R_2$  为降压电阻。 $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$  为集电极电阻, 分别调整它们, 使输出电压在 3 伏、4.5 伏、6 伏时集电极电压为 1.4 伏左右。 $BG_1$  可用 3AX 型,  $\beta$  应大于 30。 $BG_2$ 、 $BG_3$  可用 3AX31 等, 但应注意两管的参数与特性应尽量一致。 $DZ_1$ 、 $DZ_2$ 、 $DZ_3$  稳压管要保证输出电压为 3 伏、4.5 伏、6 伏, 因此它们的稳压值应分别为 2.6 伏、4.1 伏、5.6 伏。 $R_3$  为稳压管限流电阻, 不接负载时使稳压管工作电流为 10 毫安左右。

图 12-20 电源在使用时, 先把电源开关( $K_1$ )置于“断”的位置, 再插电源插头, 并用手去触  $R$  上端的那个螺钉。这时, 如果氖泡亮了, 说明电源插头插反了(即火线接到氖泡那面), 这样不安全, 应改过来。如果氖泡不亮, 说明插头插对了(即火线接到开关  $K_1$  那面), 就可以合下电源开关( $K_1$ )使用。

## 第十三章 简单测试器的制作和测试方法

为了装置、调试和检修晶体管收音机方便，在这一章里，我们介绍一些简单测试器的制作和测试方法，供少年读者实践参考。

### 一 晶体管简易测试器

晶体三极管的质量好坏直接关系到收音机的质量好坏。安装之前先对三极管的质量进行检查，可以把一部分故障预先排除掉，这对整机安装后的调试是十分有利的。

这里介绍的晶体管简易测试器，可供近似地测试晶体管的  $I_{cbo}$ 、 $I_{ceo}$  和  $\beta$  三个参数之用。图 13-1 是测试器的电路图。

#### (一) 元件和安装

$BG$  是待测管。

$R_o$  为保护电阻。用来防止因测试事故或被测管已坏，过大的电流流入表头烧坏电表。

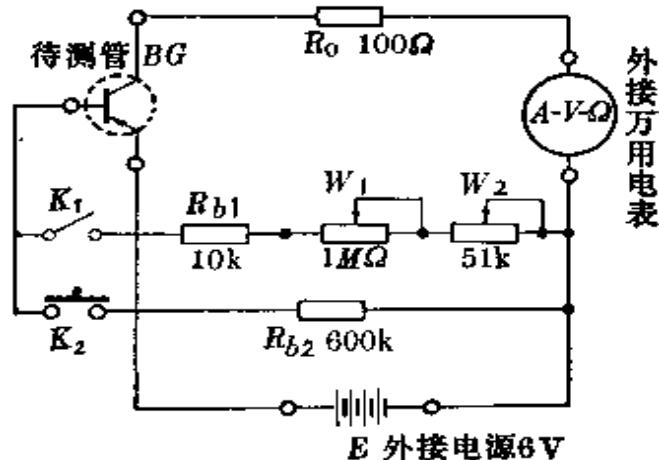


图 13-1

$R_{b1}$ 、 $W_1$ 、 $W_2$ 是调整待测管的工作点用的。在测 $\beta$ 时可调节 $W_1$ 、 $W_2$ (电位器)，使待测管的集电极电流调到工作状态时的静态集电极电流值(一般取 $I_c=1\text{mA}$ )。 $W_1$ 调节范围较大，

叫做“粗调”； $W_2$ 调节范围较小，叫做“细调”。 $R_{b1}$ 是基极保护电阻，以防止调节工作状态时烧坏管子。

$R_{b2}$ 是为改变基极电流而设置的基极偏流电阻。

开关 $K_1$ 可用普通的电源开关。按键开关 $K_2$ 可以参考图13-2自制。

外接电源为6伏电池。

测试器的安装位置可参看图13-3。装好以后，按图13-1检查几遍，接线无误，即可使用。

## (二) 使用方法(以测

P-N-P型管为例)

(1) 测 $I_{cbo}$ 。将开关 $K_1$ 断开(即指向 $I_{cbo}$ —位置)，把三极管的c、b脚分别插入c、e(注意：不是b孔)插孔。三极管的e脚空着，也不能使其与其他管脚或插孔相碰。这时万用表电流档指针所指示的电流值就是 $I_{cbo}$ 。

(2) 测量 $I_{ceo}$ 。将开关 $K_1$ 断开，把待测三极管的c、e、b脚分别插入测试器上相对应的

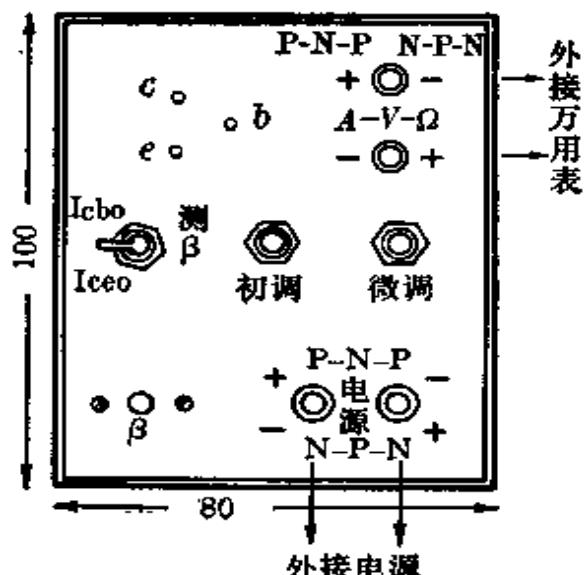


图 13-3

c、b、e 插孔。这时万用电表电流档所指示的电流值就是  $I_{ceo}$ 。

(3) 测量  $\beta$ 。合上  $K_1$  (即指向测  $\beta$  位置), 调节“粗调”和“微调”旋钮, 使万用电表电流档指针指示的值为 1 毫安。合上  $K_2$ 。这时万用电表指示的电流值将增加。如果增加了 0.5 毫安(即指针指 1.5 毫安),  $\beta$  就是 50; 增加 1 毫安(即指针指 2 毫安),  $\beta$  就是 100; 其余类推。这是因为我们采用的电源电压为 6 伏,  $R_{b2}$  为 600 千欧, 合上  $K_2$  后, 基极电流的变化量  $\Delta I_b \doteq \frac{U_e}{R_{b2}} = \frac{6V}{600k} = 0.01mA$ 。基极电流变化, 集电极电流也随之变化。这两个变化量之比, 就是待测管的近似  $\beta$  值。所以当万用电表指示的电流值增加 0.5 毫安时,  $\beta \doteq \frac{0.5}{0.01} = 50$ ; 增加 1 毫安时,  $\beta \doteq \frac{1}{0.01} = 100$ ; 增加 1.1 毫安时,  $\beta \doteq \frac{1.1}{0.01} = 110$ ; 等等。由于上述测试方法是利用改变注入基极的直流电流测出的, 因此实际上测得的是直流电流放大系数(通常用 “ $\bar{\beta}$ ” 表示)。

上面讲的方法只适用于测试 P-N-P 型三极管。如果要测 N-P-N 型管, 电源插头的正负极应与测 P-N-P 型管相反(即对调一下), 万用电表的正负表棒也应对调, 测试程序与测 P-N-P 型管相同。另外, 在测  $I_{cbo}$  和  $I_{ceo}$  时, 万用电表的量程最好先用 mA 档, 当表针指示值小时再换  $\mu A$  档, 这样可避免损坏电表。

## 二 推挽功放管测试器

在推挽放大器中, 要求两只管子的型号和参数一致。利用

上面介绍的测试器选  $I_{ceo}$  和  $\bar{\beta}$  相同的管子配对，装出来的收音机音质往往不佳，有明显的失真。这是因为  $\bar{\beta}$  是在直流状态下测试的，而实际上晶体管却是在交流信号下工作。交流信号电流放大倍数与直流放大倍数并不相同。根据管子的管顶色点配对也不行。因为管顶色点相同的管子有很多  $\beta$  值相差在 10 以上。色点又是根据小信号电流放大倍数点上去的，小信号电流放大倍数相同的管子在大信号条件下工作时，电流放大倍数并不都相同。作推挽放大器用的管子是在大信号条件下工作的，只有挑选在大信号工作条件下电流放大倍数相同的管子，才能装出失真小的放大器。

本节介绍的推挽功放管测试器就是测量晶体管大信号电流放大倍数的装置。图 13-4 是它的电路。这个电路模仿了推挽管的工作状态，即无偏置，从基极和发射极送入交流信号，同时可测量出集电极的电流。这样，只要向基极注入一个固定的电流， $\beta$  就可以根据下列公式计算出来：

$$\beta = \frac{\text{集电极电流变化量}}{\text{基极电流变化量}}$$

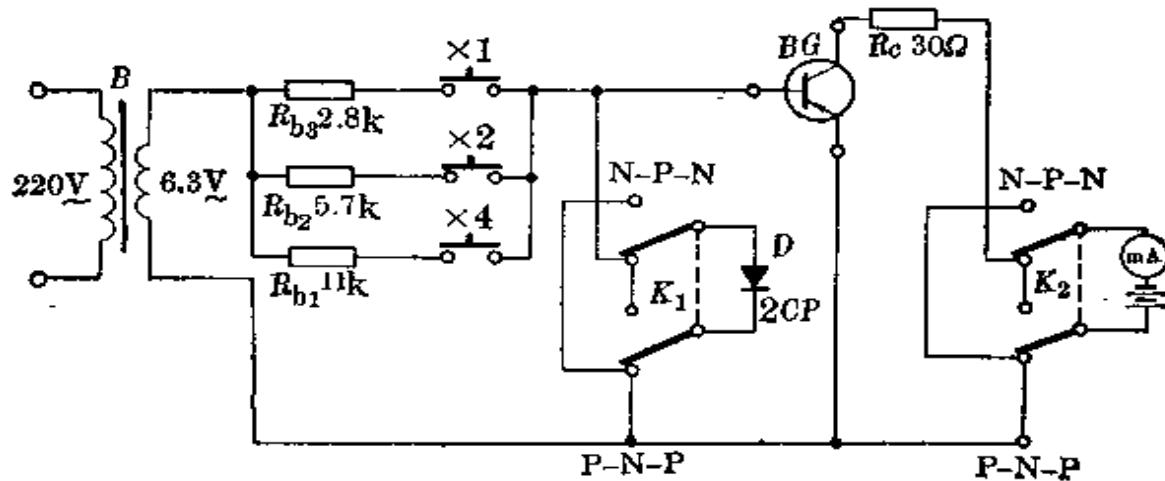


图 13-4

## (一) 元件与安装

B 为输出 6.3 伏的电源变压器。

$R_{b1}$ 、 $R_{b2}$ 、 $R_{b3}$  三个电阻分别同三个按钮开关(制作方法可参考图 13-2)连接，使注入待测三极管基极电流(平均值)分为 0.25 毫安、0.5 毫安、1 毫安三档。 $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$ 、 $R_{b3}$  的值可以根据下列公式计算出来：

$$\text{注入基极电流平均值} = 0.45 \times \frac{U}{R_{bn}}$$

式中 U 为变压器次级电压，这里为 6.3 伏，所以

$$R_{b1} = 0.45 \times \frac{6.3 \text{ V}}{0.25 \text{ mA}} = 11 \text{ k}$$

$$R_{b2} = 0.45 \times \frac{6.3 \text{ V}}{0.5 \text{ mA}} = 5.7 \text{ k}$$

$$R_{b3} = 0.45 \times \frac{6.3 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 2.8 \text{ k}$$

这样，当合上“ $\times 1$ ”档按钮开关时，基极电流就从 0 毫安变为 1 毫安，也即基极电流的变化量为 1 毫安。与此同时，集电极电流也发生了变化，这个变化量就是集电极电流表的读数(mA)。于是当合上“ $\times 1$ ”档按钮开关时：

$$\beta = \frac{\text{集电极电流变化量}}{\text{基极电流变化量}} = \frac{\text{集电极电流表读数(mA)}}{1 \text{ mA}}$$

= 集电极电流表读数

同样道理，当合上“ $\times 2$ ”档按钮开关时， $\beta = \text{集电极电流表读数} \times 2$ ；合上“ $\times 4$ ”档按钮开关时， $\beta = \text{集电极电流表读数} \times 4$ 。

2CP 型二极管 D 是为了防止三根管发射极被过高的反向电压击穿，在三极管发射结处于反向电压时短路三极管的基

极发射极。

$R_o$  取值较小 ( $R_b$  取值较大) 是为了适应  $R_b$  输入端开路、输出端短路测试方法的需要。由于  $R_c$  的值只有 30 欧姆，对测出的  $\beta$  值的准确度影响不大。

电流表宜用 50 毫安或 100 毫安的表头。

$K_1$ 、 $K_2$  采用  $2 \times 2$  拨动开关。

图 13-5 为安装位置示意图。

## (二) 使用方法(以 P-N-P 型管为例)

(1) 将两只拨动开关都拨向 P-N-P 的位置(测 N-P-N 型时都拨向 N-P-N 位置)。

(2) 将待测  $\beta$  三极管管脚 c、b、e，分别插入测试器上对应的 c、b、e 插孔。按下“ $\times 4$ ”档按钮开关，电流表读数(毫安)  $\times 4$  就是管子的  $\beta$  值。如果读数不明显，可以松开“ $\times 4$ ”档开关，改按“ $\times 2$ ”档开关或“ $\times 1$ ”档开关。

(3) 一般两只同一型号的管子  $\beta$  值相差小于或等于 3% 就可以作配对管使用。装出的推挽放大器非线性失真系数指标可达到小于或等于 5%。

注意：测量前先要搞清楚待测的管子是 N-P-N 型还是 P-N-P 型(方法见附录)。 $K_1$ 、 $K_2$  的位置不要放错。为了防止  $\beta$  较高的管子通过太大的电流，按钮开关应先选用“ $\times 4$ ”档，读数不明显再依次改按“ $\times 2$ ”档或“ $\times 1$ ”档。这个电路不能用来测高频小功率管。因集电极电流在测试时比较大，极易烧坏高频管。

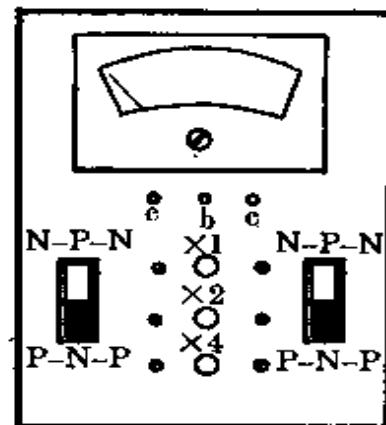


图 13-5

### 三 晶体管偏流预调器

本节介绍的偏流预调器只要配上一只普通万用表就能预测收音机电路或其他电路中一般小功率高、低频管的偏流电阻值。这样，我们在安装前就能确定偏流电阻阻值，不用在安装时调换电阻，避免了在调试静态工作点时掉换电阻的繁琐工作。

图 13-6 就是偏流预调器的电路图。

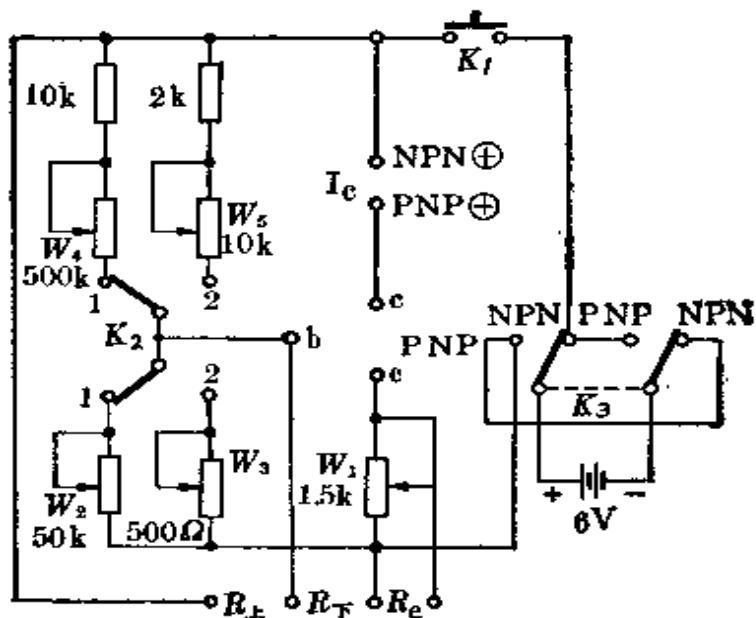


图 13-6

#### (一) 元件和安装

$K_2$  和  $K_3$  都是双刀双掷开关。 $K_1$  是按钮开关。 $K_1$  可以照图 13-2 用弹性铜片自制。“R”的四个插孔和“ $I_c$ ”的两个插孔都可用香蕉插座。预调器安装时，各电位器都应接成顺时针旋转时阻值减小。预调器的面板安排见图 13-7。

## (二) 使用方法

应按下列步骤进行：

(1) 根据晶体管的极性，将开关  $K_3$  拨到相应的位置(图中为 N-P-N 型位置)。

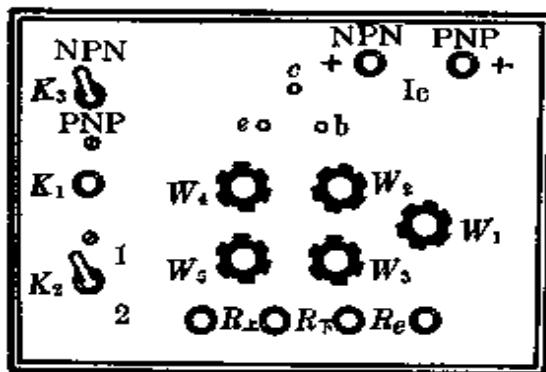


图 13-7

(2) 将万用表的 R 档量程选择开关放在合适的位置(例如变频管  $R_e = 2.2k$ ，可将万用电表 R 选择开关放在  $R \times 100$  档)，并把表棒接入“ $R_e$ ”插孔中。调整  $W_1$ ，使表针指到电路中所需的发射极电阻值( $2.2k$ )。

(3) 根据具体电路选择  $K_2$  的位置。例如，来复再生式收音机电路中高放级、前置低放级的管子上、下偏流电阻阻值较大，可分别用  $W_4$  和  $W_2$  来调节，这时  $K_2$  应放在“1”的位置；而推挽输出级管子上、下偏流电阻阻值较小，可分别用  $W_5$  和  $W_3$  来调节，这时  $K_2$  应放在“2”的位置。

(4) 将万用电表表棒移入“ $R_L$ ”插孔中，如果  $K_2$  放在“1”的位置，应调节  $W_2$ ；如果  $K_2$  放在“2”的位置，应调节  $W_3$ ，使下偏流电阻达到电路要求的数值。

(5) 将万用电表拨到“mA”档，并接入“ $I_c$ ”插孔。由于 P-N-P 与 N-P-N 型管子的电流方向正好相反，接入时要按面板所示，不要接错。例如测 P-N-P 型管时，万用表的正表笔应插入 PNP “+”插孔，黑表笔插入测  $I_c$  的另一个插孔。

(6) 插入晶体管，一手按下  $K_1$ ，另一手调整  $W_4$ (或  $W_5$ )，使电流表指示值为电路中所要求的集电极电流数值。

(7) 取下晶体管，再将万用电表量程选择开关放在“R”档，从“ $R_s$ ”插孔中测出的阻值即为该晶体管的偏流电阻值。

注意测试时，在按钮  $K_1$  按下之前，应使上偏流电位器  $W_4$ 、 $W_5$  处于阻值最大位置(即按逆时针方向旋到底)，以免晶体管  $\beta$  特别大或电极接错时损坏电表及管子。

#### 四 不用电流表的集电极电流测试器

调整晶体管静态工作点，使集电极电流达到电路设计要求值，最好有一只万用电表或一只毫安表头。将电流表串联在集电极回路中，调试起来既快又好。但有时我们手中往往没有万用电表，调试时就只能凭借听觉，以整机音响为标准。用这样的方法调整工作点，往往会使集电极电流调得过大。有什么办法在没有万用电表的情况下也能将集电极电流调正确呢？这里介绍一种不用电流表调整静态工作点的简易测试器。

图 13-8 为测试器测试原理图，虚线框内为测试装置。

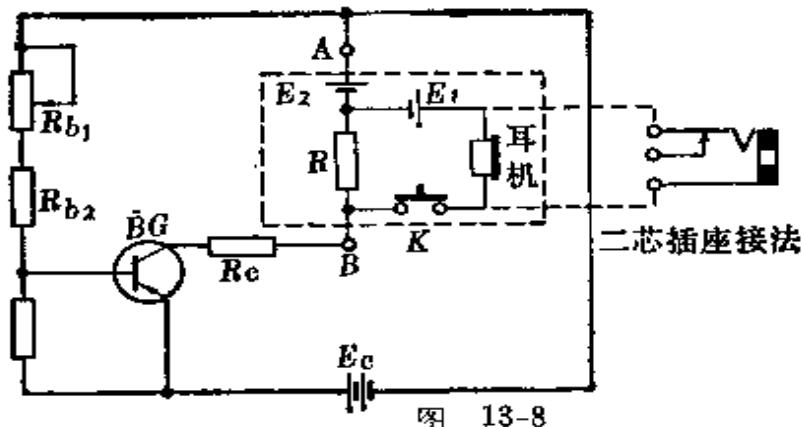


图 13-8

##### (一) 元件和安装

元件需五号电池两节，按键开关(自制)一个，耳机一副

(舌簧喇叭也行),接线柱四只,小二芯插座一只。电阻R的大小与集电极电流有关,参见下表。安装可参考图13-9。

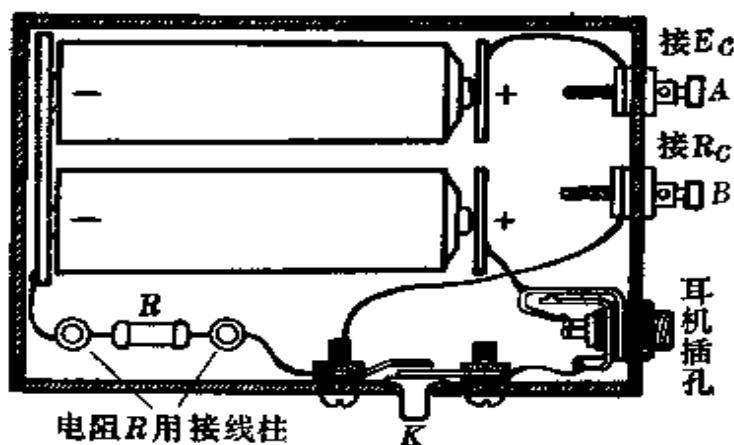


图 13-9

集电极电流 $I_c$	对应电阻值 R
0.4mA	3.9k
0.5mA	3k
0.7mA	2.2k
0.8mA	1.8k
1mA	1.5k
2mA	750Ω
2.5mA	600Ω
3mA	500Ω (510Ω)
4mA	375Ω (360Ω 或 510Ω)

## (二) 使用方法

以测试外差式收音机的前置低放电路(图13-10)为例:

(1) 根据电路设计中要求的集电极电流值确定测试器中

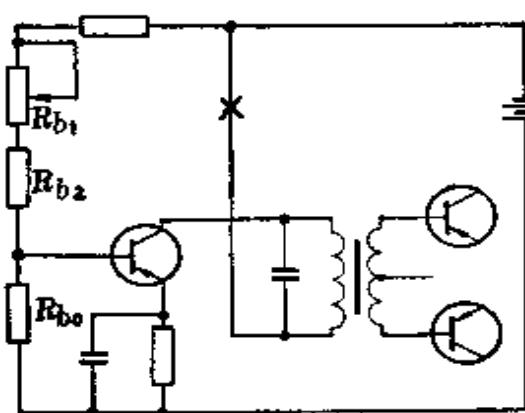


图 13-10

$R$ 的电阻值。对于外差式六管机前置低放级来说，集电极静态工作电流应为2毫安，对照上表，应取一只阻值为750欧姆的电阻，接入测试器电阻接线柱上。

(2) 将集电极回路断开  
(图13-10中的“ $\times$ ”处)，把测试

器接入，接线柱A接电源 $E_c$ 负极的一端，接线柱B接集电极负载的一端(这里就是接变压器的一端)。两只接线柱不能接错。

(3) 调节偏流电阻 $R_{b1}$ 的阻值，同时不断接通和断开测试器上的电键K，并用耳机监听。耳机中的“喀喀”声没有了，或者达到最小时，集电极电流就调到规定的值了。

### (三) 原理

参看图13-8，当晶体管BG的集电极电流流过电阻R时，在R两端产生电压降 $U_R$ ， $U_R = I_c \times R$ 。当 $U_R$ 与 $E_1$ 相等时，按下电键K，耳机两端电压相等，没有电流流过，所以耳机无声；如果 $U_R$ 与 $E_1$ 不相等，那么接通或断开电键K的瞬间，就有变化的电流通过耳机，耳机中就会有“喀喀”声。 $U_R$ 与 $E_1$ 相差越大，变化的电流越强，响声就越大。我们就是利用 $I_c$ 调到 $\frac{E_1}{R}$ 的数值时，正好满足 $U_R = E_1$ 条件，使耳机无声来调

整集电极电流的。 $\frac{E_1}{R}$ 的数值就是收音机电路中规定的 $I_c$ 值。

对应一个 $I_c$ 值，就有一个R值， $R = \frac{E_1}{I_c}$ ，表中的R值就是

这样计算出来的。在测试器中把电阻  $R$  接好，使用时，只要调整偏流电阻  $R_{b1}$ ，使电键  $K$  断续开闭时耳机无声，便可以调到规定的  $I_c$  值了。

由于测试装置是串联在集电极电路里的，集电极电压就要减小  $U_R$  即  $E_1$  伏。为了使集电极电压不受测试装置影响，用一节电池  $E_2$  补偿  $R$  上的电压降  $U_R$  即  $E_1$ ，所以在选用电池时要求  $E_2 = E_1$ 。

注意：调整时，电键  $K$  的接通和断开应和调  $R_{b1}$  同时进行，这样监听用的耳机里才能听到“喀喀”声大小的连续变化，找到声音最小点。如果电路有故障、晶体管损坏或穿透电流太大，将调不出声音最小点，这时应排除电路故障或调换晶体管后再进行调试。该测试器用来测试N-P-N型晶体三极管集电极电流时，测试器内的两只电池的正负极都要对调。

## 五 收音机故障寻迹器

收音机故障寻迹器，是检查收音机在各级静态电流、电压基本正常情况下出现无声、音轻、失真、啸叫以及噪声等疑难杂症的有效工具。这里介绍的故障寻迹器，是利用大家比较熟悉的单管晶体管收音机改制的。在平时，可作为单管收音机使用；修理时，用它帮助“诊断”收音机的毛病。另外，利用它的收音部分还能作为参考、核对正在进行广播的某些电台频率。

图 13-11 是故障寻迹器的电路图。图中  $OK_1$ 、 $GZL_1$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_4$ 、 $C_5$  等元件是作故障寻迹用的添加装置。

### (一) 元件及其作用

磁棒用  $M_x-400-10 \times 50$ 。

$C_1$ 、 $C_2$  和  $L_1$ (70 匝)组成调谐回路, $C_2$  可用拉线微调。  
 $L_2$ (10 匝)为磁性天线次级线圈。

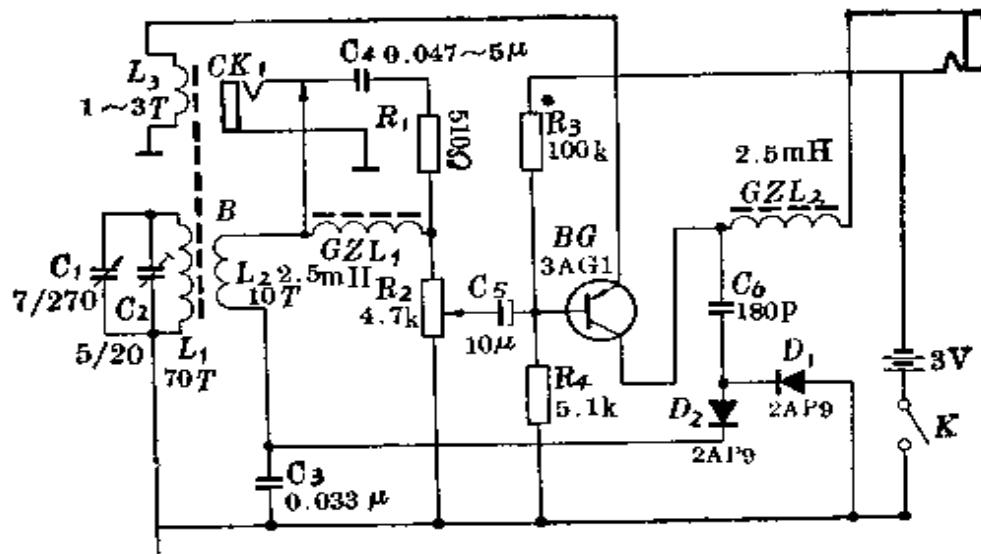


图 13-11

$L_3$ (1~3 匝)为再生线圈。

$GZL_1$  为 2.5 毫亨的高频扼流圈。当作寻迹器用时 可阻止调谐回路的高频信号经  $C_5$  加到  $BG$  的基极上去。

$C_3$  为高频旁路电容。可在  $6800\text{pf} \sim 0.047\mu\text{F}$  间选用。

$C_4$  为被测收音机与寻迹器间的隔直电容。如果要用于检修电子管收音机,它的耐压值必须高于 400 伏。

$C_5$ 、 $C_6$  为耦合电容。

$R_1$  为限流电阻,并起到稳定收音机再生的作用。

$R_2$  为带开关电位器。控制音量用。

$R_3$ 、 $R_4$  为偏流电阻。建立  $BG$  的静态工作点用。

$D_1$ 、 $D_2$  为检波二极管。

$BG$  为高放兼音频放大来复三极管。选用 3AG1 型 高频管,  $\beta \geq 100$ 。

$GZL_2$  为 2.5 毫亨高频扼流圈。

$CK_1$  为寻迹器的探头插孔。用小二芯插座。

右上角为耳机插孔。耳机用 800 欧姆的耳机。

另外还要做一副探头(见图 13-12 乙)。探针可用直径 1 毫米的铜丝或缝衣针焊在二芯插头接线片上做成，长度以使用方便为宜。

## (二) 安装与调试

参考图 13-12 甲做一块印刷电路板(也可用胶木板打上铆钉制成底板)，插上元件(图 13-12 乙)焊好即成。

它的调试方法与单管机相同，即：先调整电阻  $R_3^*$  的阻值，使 BG 集电极工作电流为 1 毫安左右；再调  $C_1$ ，使能收到电台；然后调整  $L_3$  在磁棒上的位置，使再生适合。如果没有再生，可将  $L_3$  两个头对调一下。

调好后的寻迹器应先对一架正常的收音机各级进行一次测试。就是将探头插入寻迹器，鳄鱼夹夹住正常收音机的底板“接地”端，用探针搭在各级晶体管的基极，集电极，检波二极管等各点上，试出探针搭在这些点上时，寻迹器的音量电位器应当在什么位置才能使寻迹器发出的声音音量达到足够的响度，并在电位器拨盘上写上 0~10 编号，做到心中有数，以便今后使用时参考。

## (三) 工作原理

作收音机使用时，由  $L_2$  感应出的信号通过  $CK_1$ 、 $R_1$ 、 $C_5$  送到 BG 的基极。作寻迹器使用时，探头插入  $CK_1$ ， $CK_1$  的定动簧片分开，这时由于  $GZ L_1$  对高频信号阻抗很大，所以调谐回路  $C_1C_2$  和  $L_1$  所收到的高频信号送不到 BG 的基极，而被测收音机信号则通过  $C_4$ 、 $R_1$ 、 $C_5$  送到基极。

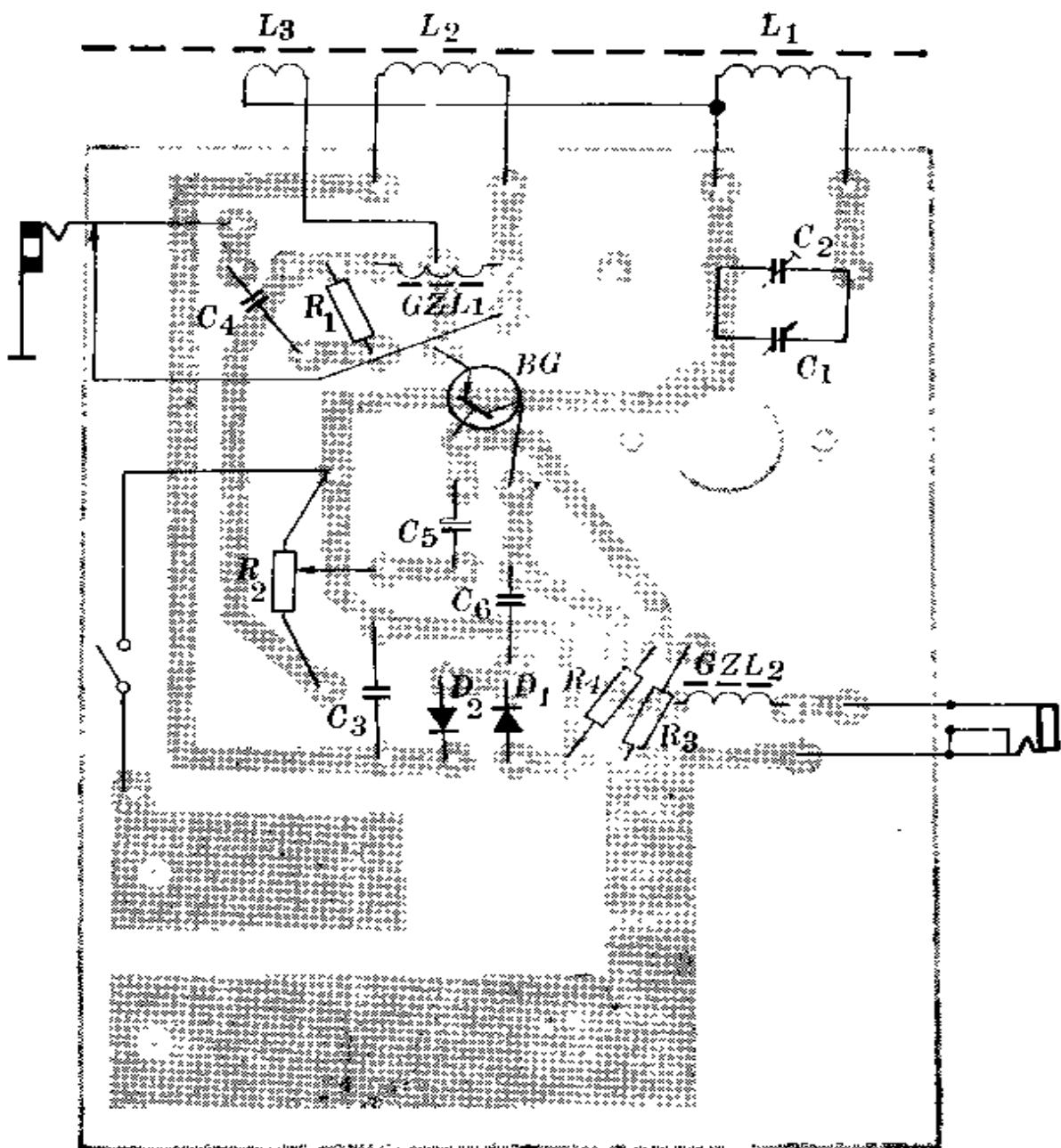


图 13-12(甲)

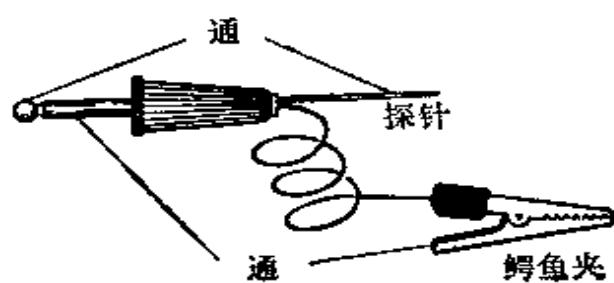
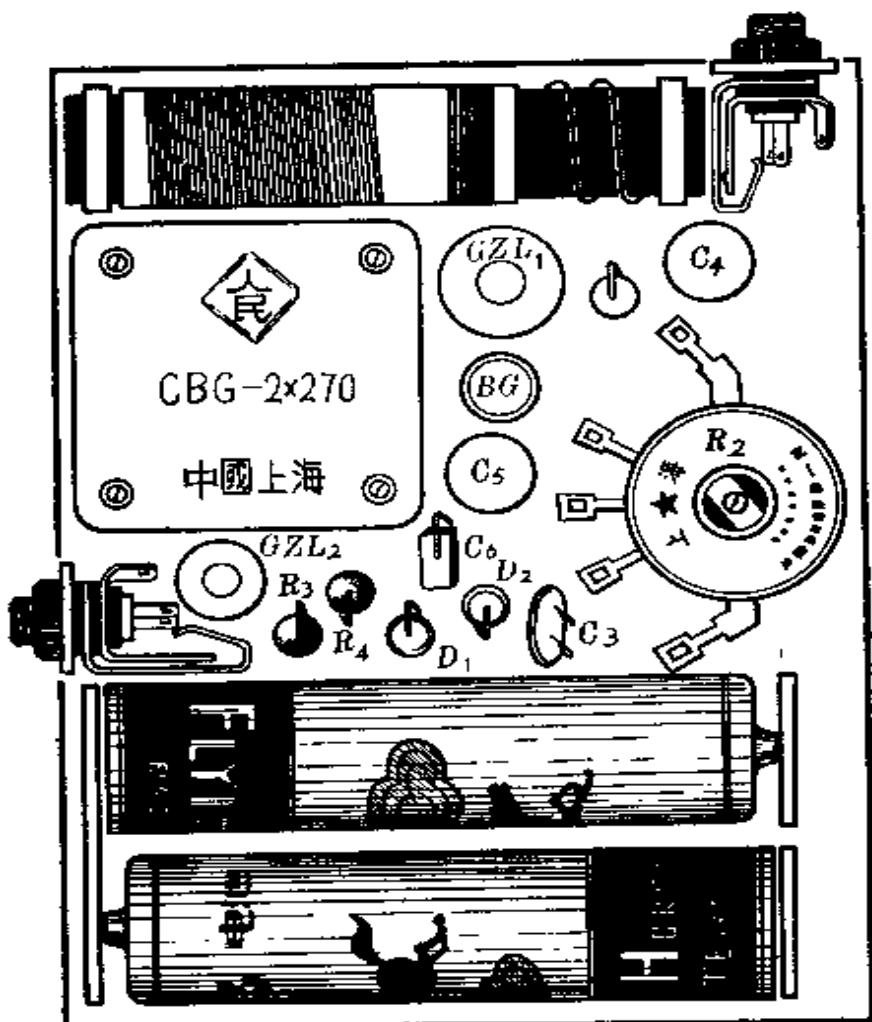


图 13-12(乙)

#### (四) 使用方法

以前面介绍过的典型外差式六管晶体管收音机(图13-13)为例。图中①~⑩各点是用寻迹器进行测试的位置。本节末的附表供判断故障参考。表中还列出了可利用万用电表测出的某些直流回路故障,以“※”号标出。

例如:当BG<sub>1</sub>直流工作状态正常时,通过测试点①,便能了解L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>是否良好。①点正常(即寻迹器耳机声音正常),通过测试点②,便能了解O<sub>3</sub>是否良好。②点正常,测试点③,如果有信号,但较测点②时为轻,则可肯定是C<sub>5</sub>或B<sub>0</sub>的1、3两端断路。继续将寻迹器搭在B<sub>0</sub>的1、3两端,如果收到了信号,表明O<sub>5</sub>能通过信号,故障是B<sub>0</sub>的1、3间断路;如果在B<sub>0</sub>的1、3两端收不到信号,而将寻迹器跨接在O<sub>5</sub>两端却能收到信号,表明O<sub>5</sub>断路,B<sub>0</sub>的1、3没有断路。当本机振荡良好,③点也能正常地收到信号时,重新调节双连可变电容器,并对⑤、⑥、⑦、⑧各点进行测试。如果测不到信号,则故障除了本机振荡频率不符合要求外,就是ZB<sub>1</sub>或C<sub>7</sub>短路。其余依次类推。由此可见,只要我们掌握了信号的来龙去脉,并通过故障寻迹器测试各点信号的实际情况以后,便能准确地找出故障的所在。

图中①~⑩点主要是检查收音机磁性天线部分是否良好(天线收到的信号经寻迹器放大、检波、再放大后发出广播声)。①、⑧、⑪、⑫、⑬、⑭、⑮、⑯等点可检查耦合电路初级的信号是否良好地耦合至次级。②、⑨、⑩、⑪、⑫、⑬等点检查前面耦合过来的信号是否加到各晶体管的基极。③、⑩、⑪、⑫等点检查各个晶体管的输入端是否已加上信号。⑤、⑥、⑦、⑧、⑪、⑫、⑬、⑭等点检查各晶体管是否有信号输出。⑪、⑫、⑬等点

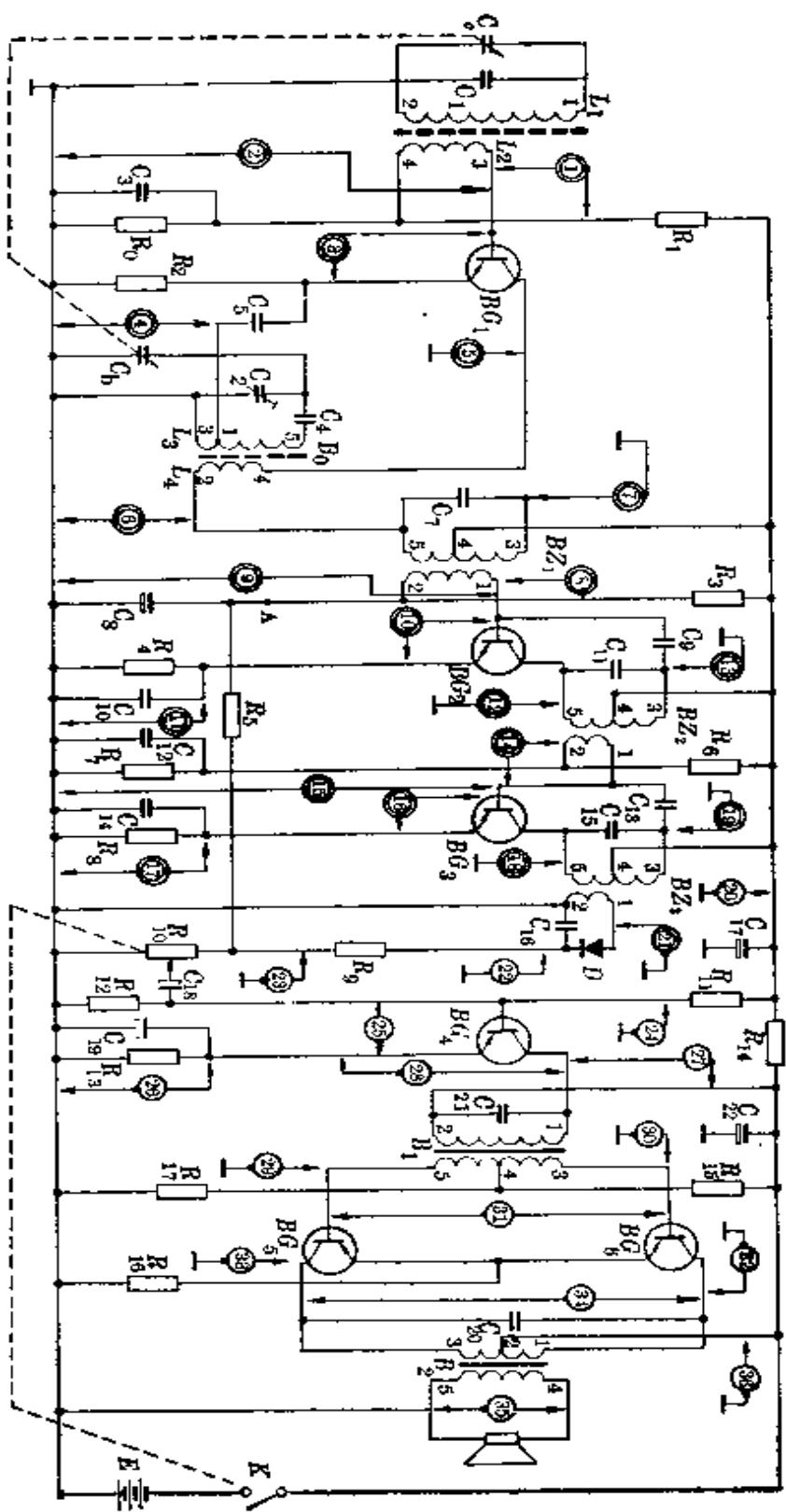


图 13-13

探针接点 鳄鱼夹接点  
 号码外有二个圆圈 表示测高频信号  
 号码外有一个圆圈 表示测低频信号

②0、②0等点检查旁路电容的旁路作用是否良好。

用寻迹器寻找故障时，应由前向后逐步检查。凡遇到整机电流过大、过小或某点没有电流、电压时，应首先用万用表进行检查和排除故障。本节的图中和表中仅列出了部分测试点和故障的情况，我们可以通过实践，举一反三，积累更多的经验。

### 故障分析表

检查点	寻迹器 电位器 位置	正常	故 障 现 象 及 原 因	
①	10	有广播	无广播	$L_1, L_2, C_a$ 断路或短路； $C_1$ 短路
			音极轻无选择性	磁性天线未对准电波方向； $L_1$ 断股； $BG_1$ 的b、e或b、地短路； $C_a$ 断路
②	10	有广播	无广播或极轻	$C_3$ 断路
			较①轻	$C_5$ 漏电或容量减小，本机振荡也不良
③	10	有广播	无广播	$R_2$ 及 $C_5$ 断路*或 $BG_1$ 的b、e击穿
			较②轻	$C_5$ 或 $R_2$ 断路*或 $L_3$ 的1、3间断路
④ 合上被 检查的 故障收 音机电 源	5	一搭一放有较响的“喀喀”声	不起振，无“喀喀”声	$I_{c1}$ 太大或太小*；振荡回路元件 $L_3, L_4, C_3, C_4, C_5$ 断路或 $C_5, C_b, C_2, L_3, L_4$ 断路
		调节可变电容	有寄生振荡，产生“嘘嘘”声	$I_{c1}$ 太大*； $C_5$ 漏电；B <sub>0</sub> 2、4间圈数太多或 $C_5$ 容量太大
		无“嘘嘘”声	灵敏度不均匀	外差跟踪未调好
			部分停振；机振；啸叫；噪声；电台，频率不稳定	$C_3, C_4$ 太小或漏电； $C_5$ 太小； $C_b$ 漏电、 $R_0$ 断、 $C_a, C_b$ 双连碰片或接触不良(内部紧固螺丝松)

⑤	10	有广播， 较①轻	无广播	$BG_1$ 损坏或偏置电路失常*; $BZ_1$ 初级短路; $B_9$ 初级2、4短路; $C_7$ 短路
			音轻	$BZ_1$ 初级局部短路或次级短路; $C_7$ 短路或漏电
⑥	10	有广播， 较①轻	无广播	$BZ_1$ 初级短路; $BG_2$ 损坏或偏置 电路失常*
			音轻	$BZ_1$ 初级局部短路或次级短路; $C_7$ 短路
⑦	10	有广播， 较①轻	无广播	$BZ_1$ 3端*及 $C_7$ 断路; $BZ_1$ 3、4短路
				$C_7$ 短路或漏电; $BZ_1$ 3端断路*或 局部短路
⑧	7	有广播	无广播	未调到有电台处; $BZ_1$ 次级断路* 或次级内、外电路短路*
			音轻	$BZ_1$ 3端或 $C_7$ 断路; $BG_2$ b、e间击 穿*; $C_8$ 短路*
			无选台作用	重复检查④，如有较大的“喀喀” 声，则是 $B_9$ 、 $C_5$ 、 $C_4$ 变质或 $C_6$ 接 地不良
⑨	7	有广播	无广播	$C_8$ 、 $R_5$ (图13-13中的A点)均断路
			音轻	$C_8$ 断路或 $BG_2$ 的e、b间击穿
⑩	7	有广播	无广播	$BG_2$ 发射极回路断路*或b、e间击 穿*
			较⑨轻	$C_{10}$ 或 $R_4$ 断路*
⑪	10	无声或 极轻	有广播	$C_{10}$ 断路
			音较轻	$C_{10}$ 容量不足或漏电
⑫	8	有广播， 较⑧轻	无广播	$BZ_2$ 初级短路; $BG_2$ 损坏或偏置 电路失常*
			音轻	$BZ_2$ 初级局部短路或次级短路; $C_{11}$ 短路
⑬	8	有广播， 较⑧轻	无广播	$BZ_2$ 3端及 $C_{11}$ 断路; $R_4$ 断路
			音轻	$BZ_2$ 3端断路或局部短路*; 3、4 端或1、2端间短路; $C_{11}$ 短路

			无广播	BZ <sub>2</sub> 次级断路*或内外电路短路*
⑭	5	有广播	音轻	C <sub>10</sub> 、C <sub>11</sub> 断路*; C <sub>13</sub> 和BZ <sub>2</sub> 3、4端短路; BZ <sub>2</sub> 未调到峰点
			失真	R <sub>5</sub> 断路; C <sub>8</sub> 断路; 二极管接反
			啸叫	C <sub>9</sub> 、C <sub>13</sub> 太大或太小; I <sub>e1</sub> 太大; C <sub>17</sub> 断路
			无广播	C <sub>12</sub> 及R <sub>7</sub> 断路*
⑮	5	有广播	音轻	C <sub>12</sub> 或R <sub>7</sub> 断路*
			无广播	BG <sub>3</sub> 发射极回路断路*或b、e间击穿
⑯	5	有广播	较⑯轻	C <sub>14</sub> 或R <sub>8</sub> 断路
			有广播	C <sub>14</sub> 断路
⑰	10	无声或极轻	音较轻	C <sub>14</sub> 容量不足或漏电
			无广播	BZ <sub>3</sub> 初级短路; BG <sub>3</sub> 损坏或偏置电路失常*
⑱	6	有广播, 较⑯轻	音轻	BZ <sub>3</sub> 初级局部短路或次级短路; C <sub>15</sub> 短路
			无广播	BZ <sub>3</sub> 3端*及C <sub>15</sub> 断路
⑲	6	有广播, 较⑯轻	音轻	BZ <sub>3</sub> 3端断路*; 3、4或1、2短路; C <sub>15</sub> 短路
			有广播	C <sub>17</sub> 断路
⑳	10	无广播	无广播	BZ <sub>3</sub> 次级断路或短路
			音轻	二极管短路; BZ <sub>2</sub> 未调到峰点
			失真	R <sub>5</sub> 、C <sub>8</sub> 断路; 二极管接反
			啸叫	C <sub>13</sub> 、C <sub>9</sub> 太大或太小; I <sub>e2</sub> 太大; C <sub>17</sub> 断路
㉑	9	有广播	无声或音轻	二极管断路; C <sub>16</sub> 短路或漏电
			音轻, 失真	二极管变质; 二极管接反; ⑯~㉑均失真; C <sub>16</sub> 漏电

②	9	有广播	无广播	$R_9$ 或 $R_{10}$ 断路
			音轻	$R_9$ 阻值变大
② 开足 音量	9	有广播	无广播	$BG_4$ 基极对地短路; $C_{18}$ 断路; 电位器 $R_{10}$ 未开足或活动臂接触不良
			音轻	$C_{18}$ 断路
			音轻发闷	$BG_4$ 、 $b$ 、 $e$ 间击穿
			噪声	电位器 $R_{10}$ 接触不良
③	9	有广播	音质嘶哑	$C_{18}$ 断路
			无广播	$BG_4$ 、 $b$ 、 $e$ 间击穿或 $e$ 极回路断路
④	9	有广播	音轻	$C_{18}$ 断路
			有较响广播	$C_{18}$ 断路
⑤	3	有广播	音较轻	$C_{18}$ 容量不足
			无广播	$BG_4$ 坏或偏置电路失常*; $C_{21}$ 击穿; $B_1$ 初级短路*
⑥	3	有广播	音轻	$C_{18}$ 断路; $B_1$ 局部短路; $C_{21}$ 漏电
			失真	$BG_4$ 偏流不当*; $C_{21}$ 漏电; $B_1$ 局部短路
⑦	4	有广播	无广播	$B_1$ 、 $4$ 、 $5$ 端断路*
			音轻, 失真	$B_1$ 初级有短路或 $BG_5$ 、 $BG_6$ 有击穿*; $R_{17}$ 断路
			啸叫, 嘶哑	$C_{21}$ 断路
⑧	4	有广播	同②	同②
⑨	2	有广播	无声或极轻	$B_1$ 初级内部抽头有误或中心抽头与两端调错
⑩	4	有广播	无声或极轻	$B_2$ 初级1、2断路*
			音轻, 失真	$B_2$ 局部短路或2、3间断开; $BG_5$ 、 $BG_6$ 中有一只不工作; 集电极电流太小或太大

③	4	有广播	同②	同③
④	2	有广播	无声或极轻	B <sub>2</sub> 初级内部抽头有误，或中心抽头与两端调错；C <sub>20</sub> 击穿或短路
⑤	4	有广播	无声或极轻	B <sub>2</sub> 次级断路或短路
⑥	5	无广播或极轻	有广播，噪声，失真	C <sub>22</sub> 容量不足，或电池太旧（此时音频部分各级均有汽船声或啸叫声）

## 六 测量晶体管工作电流的简单方法

测量晶体管的工作电流可以不断开电路。以一架晶体管六管机为例，其方法如下：首先将收音机调在无电台信号输出的工作状态（即将调谐电容放在无电台的位置）。在全机的总电源电路串接进电流表，这时的读数就是全机的静态电流，用 $I_0$ 表示，它近似地等于全机各级晶体管的静态电流之和。如果要测量某一级，例如前置放大级的工作电流，只需用一根导线，一端接机内公共地端，另一端接被测那一级晶体管的基极。这时电流表的读数就会减到 $I_4$ 。以 $I_0$ 减去 $I_4$ ，所余数值即为所测级晶体管的工作电流值。其余依此类推。将接地导线触其他级晶体管的基极，全机电流将分别降到比如 $I_1, I_2, I_3, I_{5,6}$ ，那么各级的电流将分别为 $I_0 - I_1, I_0 - I_2, I_0 - I_3, I_0 - I_{5,6}$ 等。如果这种办法对某只晶体管不起作用，即两次测量的总电流无变化，这时应检查管子是否损坏，偏置电路有无问题。如果发现某级的电流与正常值相差较大，那么该级很可能就是故障所在。

这种测量方法的原理是：当我们把某级的晶体管的基极用导线和公共地端相接时，被测晶体管的基极直流偏压即被

短路，集电极电流就减小到零，全机静态工作电流当然也随之减少。这个减少的数值就是被测管的电流。

用这种方法要注意如下几点：(1)检量电流前一定要检测电池(或电源)电压，尽量使它符合额定值，否则电压过低时将可能得出错误的判断。(2)电流表测量范围要选得适当，检修一般晶体管收音机时以不小于10毫安、不大于20毫安为宜，过大则表针移动小不易看出读数变化，过小则不仅看不清读数变化，而且还会损坏表头。(3)触基极时千万不要触到其他接头上，以免引起其他故障。(4)对于硅管、锗管混合装置的收音机不能用基极对公共地端短接的方法，而应用导线短接发射极和基极(注意，千万不可短接集电极和基极，如果接错了就会损坏管子)。

## 附录

### 一 晶体管型号命名方法

国产晶体管的型号一般由四部分组成，例如 2AP9、3AX31 等等。每一部分都表示一定的意义：第一部分是数字，表示电极数。第二部分是汉语拼音字母，表示管子的材料和极性。第三部分也是汉语拼音字母，表示管子的类型。第四部分是数字，表示管子的序号。现将各部分数字或字母所代表的意义列表如后（见 260 页）。

懂得了型号中数字或字母所代表的意义，就可以识别各种型号的晶体管了。例如，2AP9 就是用锗材料制成的普通二极管，序号为 9；3AX31 就是用锗材料制成的 PNP 型低频小功率三极管，序号为 31；3AG1 就是用锗材料制成的高频小功率三极管，序号为 1；等等。

### 二 晶体二极管的主要参数

1. 最大整流电流。当电流流过晶体二极管时，管子要发热。电流太大，二极管温度过高就会烧坏。最大整流电流是指长期运用晶体二极管时允许流过它的最大电流。显然，在使用晶体二极管时，应当使流过二极管的正向电流不超过管子所规定的最大整流电流。

2. 最高反向工作电压。指晶体二极管能长时间承受而

第一部分 电极数目	第二部分 材料和极性	第三部分 晶体管类型				第四部分 晶体管序号
		第 一 部 分	第 二 部 分	第 三 部 分	第 四 部 分	
2——二极管	二极管	A——N型锗管 B——P型锗管 C——N型硅管 D——P型硅管	P——普通管 V——微波管 W——稳压管 C——参量管 Z——整流堆	L——整流堆 S——隧道管 U——光电子管 K——开关管 X——低频小功率管 ( $f_a < 3$ 兆赫, $P_m < 1$ 瓦)	G——高频小功率管 ( $f_a \geq 3$ 兆赫, $P_m < 1$ 瓦) D——低频大功率管 ( $f_a < 3$ 兆赫, $P_m \geq 1$ 瓦) A——高频大功率管 ( $f_a \geq 3$ 兆赫, $P_{cm} \geq 1$ 瓦) T——可控整流器	
3——三极管	三极管	A——PNP型锗管 B——NPN型锗管 C——PNP型硅管 D——NPN型硅管				

注：表中 $f_a$ 为共基极截止频率； $P_{cm}$ 为集电极最大允许耗散功率。

不致造成损坏的反向电压。当超过这个数值时，反向电流将急剧增大，而影响工作，甚至把管子烧坏。

### 三 晶体三极管的几个主要参数

1. 集电极-发射极反向截止电流  $I_{ceo}$ 。表示在基极断开（即  $I_b=0$ ）的情况下，在集电极和发射间加上规定的反向电压时，电路里的电流。它也称为穿透电流。 $I_{ceo}$  大的管子工作极不稳定，很容易烧坏，使用寿命很短。良好的小功率三极管， $I_{ceo}$  一般在  $500\mu A$  以内。测量时如发现指针摆动不定或逐渐上升，表示该管不稳定，不宜使用。

2. 集电极-基极反向截止电流  $I_{cbo}$ 。它是发射极断开（即  $I_e=0$ ）的情况下，在基极和集电极之间加以规定的反向电压时的集电极电流。在室温下，小功率锗管的  $I_{cbo}$  约为  $10\mu A$  左右；小功率硅管的  $I_{cbo}$  则小于  $1\mu A$ 。良好的晶体管， $I_{cbo}$  应该是很小的。

3. 共发射极电流放大系数  $\beta$ 。在共发射极电路（即以发射极作为输入、输出回路公共端的电路）中

$$\beta = \frac{\text{输出交流电流}}{\text{输入交流电流}}$$

它反映了信号电流被放大的倍数，即晶体三极管放大微弱信号的能力。一般  $\beta$  值在  $25\sim 150$  之间。 $\beta$  越大越好。但  $\beta$  过大，会出现不稳定现象。对于高频管， $\beta$  大于 25 就可以应用；对于低频管则要求  $\beta$  稍大一些，一般在 50 以上。

4. 特征频率  $f_T$ 。由于极间电容的影响，晶体三极管在高频工作时，放大能力会大大下降，即  $\beta$  随着工作频率的升高而

显著下降。特征频率  $f_T$  就是当  $\beta$  下降到 1 时的频率。这也就是说，当信号频率高到等于特征频率时，晶体三极管就失去了放大能力。特征频率  $f_T$  的大小反映了晶体三极管频率特性的好坏，通常在作高频放大时要根据需要选用特征频率  $f_T$  足够高的高频三极管。

5. 集电极最大允许电流  $I_{OM}$ 。当集电极电流  $I_C$  超过某一数值时，晶体三极管的各参数会发生变化。为了保证晶体三极管正常工作，规定了集电极电流的最大许可值，称为  $I_{OM}$ 。

6. 集电极最大耗散功率  $P_{OM}$ 。晶体三极管工作时，集电极要损耗一定的功率。如果集电极上损耗的功率超过了一定的数值，集电极就可能损坏。集电极上允许的耗散功率的最大值称为  $P_{OM}$ 。

#### 四 使用晶体管时的注意事项

1. 晶体管使用时，不能使参数超过规定的极限值，以免损坏管子。

2. 焊接时，应用低熔点的焊锡和功率较小的电烙铁(25W 或 45W)。管子的管脚不应短于 10 毫米，焊接动作要快，最好用镊子夹着焊接的管脚，把热量引走。

3. 二极管管脚弯曲处离管壳不应小于 5 毫米，三极管则不应小于 10 毫米。

4. 三极管接入电路前，一定要弄清管脚极性。接入带电的电路时，应先接通基极，然后接发射极，最后接集电极。拆下时，应按相反的次序，以免烧坏管子。

5. 三极管使用时，要固定好，在管脚上套上塑料套管，以免因震动相碰造成短路。

6. 晶体管不宜安装在靠近较热的元件旁边。应加装散热板的功率管，不可不装，以保证管壳能良好地把热量散发开去。

## 五 用万用电表鉴别晶体三极管的方法

我们在装置收音机时，常常会见到一些没有型号标志，也分不清管脚的处理品晶体三极管。怎样去鉴别这类管子呢？可以用万用电表来帮助鉴别。方法如下：

### (一) 鉴别是 PNP 型管还是 NPN 型管

将万用电表量程开关拨到  $R \times 100$  或  $R \times 1000$  挡。（如图 1），先用万用电表的红表棒接三极管的一只管脚，再用黑表棒分别去接触其他两只管脚，测出两个数值。将红表棒换接一只管脚，再将黑表棒分别去接触其他两只管脚，又测得两个数值……直到测得的这两个数值都很小（一般在几百欧姆左右）或者两个数值都很大（约在几百千欧以上）时为止。两个数值都很小的是 PNP 型三极管，两个数值都很大的是 NPN 型三极管。

测得的两个数值都很小（或很大）时，红表棒接触的那只管脚是基极 b，所以用这种方法还同时找到了三极管的基极 b。

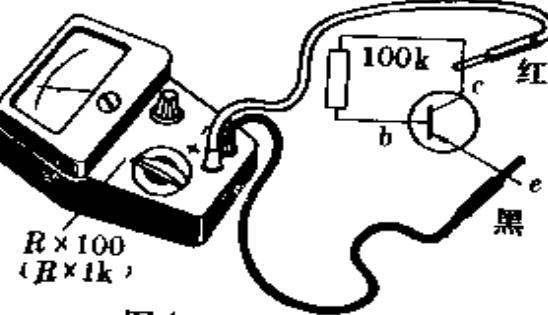
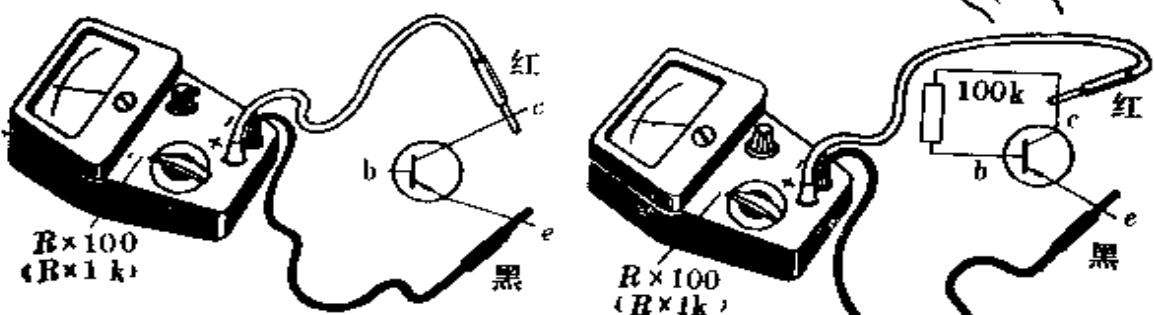
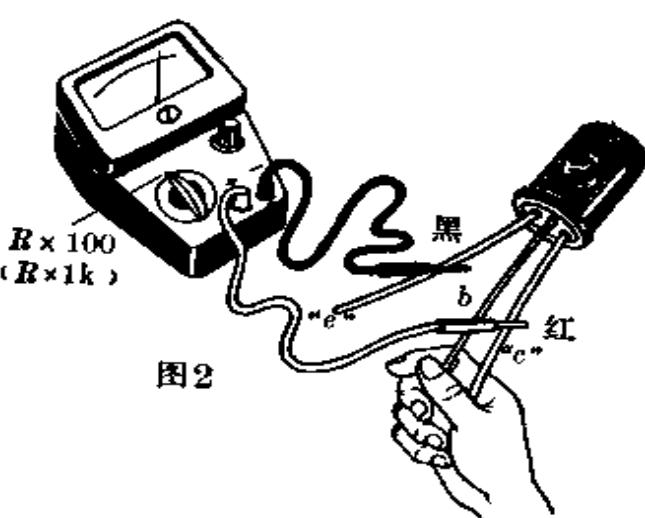
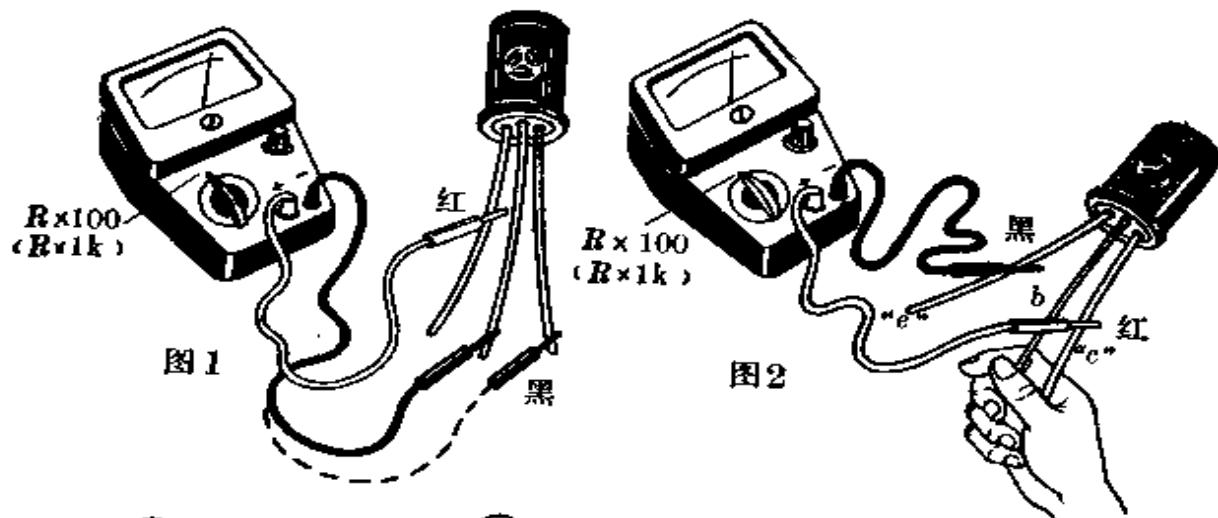
### (二) 判定三极管的管脚

首先用上面的方法找到三极管的基极 b。找到基极 b 以后，假设其余两管脚中的任意一只脚为集电极 c，然后用大姆

指和食指将假设的集电极 c 和基极 b 一起捏住(但不要相碰,如图 2), 将红表棒接假设的集电极 c, 黑表棒接假设的发射极 e, 记下阻值。调换假设的 c、e, 再测一次。两次测量中, 阻值较小的一次假设是正确的。这个方法适用于 PNP 型管。如果是 NPN 型管, 方法相仿, 只需将表棒对调, 即红表棒接假设的 e, 黑表棒接假设的 c, 也以阻值小的一次为正确。

### (三) 估测晶体三极管的性能

(1) 估测穿透电流  $I_{e\infty}$  大小。可按图 3 进行测量: 空着基极 b, 用红表棒接集电极 c, 黑表棒接发射极 e, 测出的阻值应大于几十千欧姆。如阻值太小或指针漂移, 说明穿透电流  $I_{e\infty}$



大，稳定性性能不好。另外，也可以用手捏住管壳，使其温度升高，如果表针移动较快，说明管子稳定性较差。

(2) 估测电流放大系数 $\beta$ 。可按图4进行测量：读数越小，管子的 $\beta$ 值越大；但读数过小，则管子的稳定性就差了。

#### (四) 鉴别是高频管还是低频管

根据高、低频管的内部结构特点不同，一般可以用万用表分别测量集电极c与基极b之间的反向电阻和发射极e与基极b之间的反向电阻。对于PNP型晶体管，可先用黑表棒接三极管的基极，再将红表棒分先后与发射极和集电极接触。如果测得的两个反向电阻值差不多，就是低频管；如果测得的两个反向电阻值相差好几倍，就是高频管。

## 六 常用晶体管特性表

常用高频检波二极管特性表

参数名称 (单位) 型号	最大工作 电 流 (毫安)	最高反向 工作电压 峰值(伏)	最高工作 频 率 (兆赫)	备 注	外 形
2AP1	16	20	150		
2AP2	16	30	150	色点标志	
2AP3	25	30	150		
2AP4	16	50	150	指正极	
2AP5	16	75	150		
2AP6	12	100	150		
2AP7	12	100	150		
2AP9	5	10	100	色点标志	
2AP10	5	20	100	指负极	

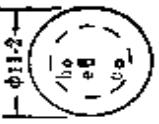
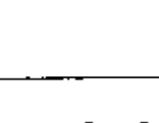
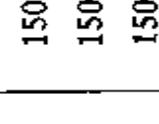
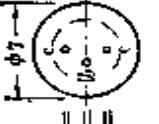
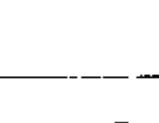
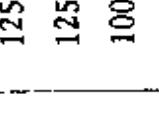
**常用整流二极管特性表**

型号	参数名称 (单位)	最大整流 电 流 (毫安)	最大反向 工 作 电 压 峰 值 (伏)	外 形
2CP1		400	100	
2CP2		400	200	
2CP3		400	300	
2CP4		400	400	
2CP6		100	100~800	
2CP10~20		5~100	25~600	
2CZ11		1000	100~400	

**常用稳压管特性表**

型号	参数名称 (单位)	稳定电压 (伏)	稳定 电 流 (毫安)	最大稳 定电 流 (毫安)	耗散 功 率 (毫瓦)	外 形 与 符 号
2DW7		5.8~6.6	10	30	200	
2DW8		5~6	10	30	200	
2CW9		1~2.5	10	100	250	
2CW10		2~3.5	10	71	250	
2CW11		3.2~4.5	10	55	250	
2CW12		4~4.5	10	45	250	
2CW13		5~6.5	10	38	250	
2CW14		6~7.5	10	33	250	
2CW15		7~8.5	5	29	250	
2CW16		8~9.5	5	26	250	
2CW17		9~10.5	5	23	250	
2CW18		10~12	5	20	250	

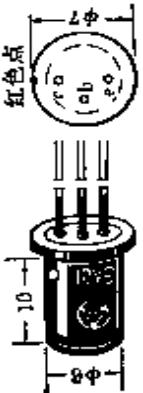
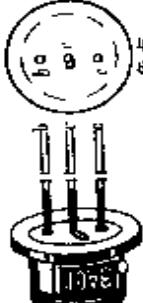
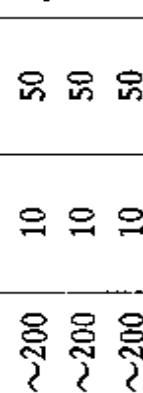
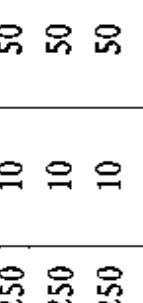
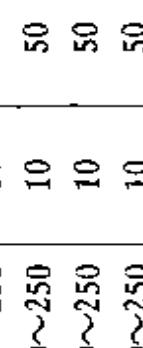
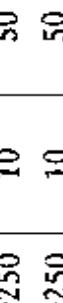
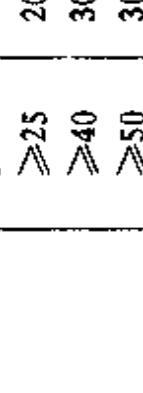
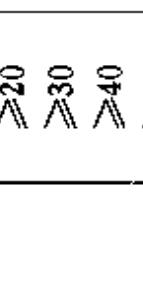
常用低频小功率三极管特性表

参数名称 单、位	$I_{\text{ebo}}$ $\mu\text{A}$	$I_{\text{ao}}$ $\mu\text{A}$	$\beta$	$I_{\text{cm}}$ $\text{mA}$	$P_{\text{cm}}$ $\text{mW}$	外形
3AX1	$\leq 30$	$\leq 250$	$\geq 9$	10	150	
3AX2	$\leq 15$	$\leq 250$	$\geq 9$	10	150	
3AX3	$\leq 15$	$\leq 300$	$\geq 15$	10	150	
3AX4	$\leq 15$	$\leq 500$	$\geq 30$	10	150	
3AX5	$\leq 15$	$\leq 350$	$\geq 9$	10	150	
3AX <sub>H</sub> A	$\leq 20$	$\leq 1000$		125	125	
3AX <sub>H</sub> B	$\leq 10$	$\leq 750$		125	125	
3AX <sub>H</sub> C	$\leq 6$	$\leq 500$		125	125	
3AX <sub>H</sub> D	$\leq 12$	$\leq 750$	$30 \sim 150$	30	100	
3AX <sub>H</sub> E	$\leq 12$	$\leq 500$	$28 \sim 85$	30	100	
3AX81A	$\leq 30$	$\leq 1000$		200	200	
3AX81B	$\leq 15$	$\leq 700$		200	200	
3AX81C	$\leq 30$	$\leq 1000$		200	200	

**常 用 低 频 大 功 率 管**

参数名称	$I_{eb0}$	$I_{ce0}$	$I_{cm}$	$P_{cm}$	外 形
单 位	$\mu A$	$\mu A$	A	W	
3AD6A	$\leq 400$	$\leq 2500$	2	10	
3AD6B	$\leq 300$	$\leq 2500$	2	10	
3AD6C	$\leq 300$	$\leq 2500$	2	10	
3AD30A	$\leq 500$	$\leq 15000$	4	20	
3AD30B	$\leq 500$	$\leq 10000$	4	20	
3AD30C	$\leq 500$	$\leq 10000$	4	20	

常用高频小功率管(锗P-N-P型)特性表

参数名称 单 位	$I_{cbo}$ $\mu A$	$I_{ceo}$ $\mu A$	$f_T$ MHz	$\beta$	$I_{cm}$ mA	$P_{cm}$ mW	外 形	
							$V_{cb} = -6 V$	$V_{ce} = -6 V$
$I_e = 1 mA$								
3AG1	$\leq 10$		$\geq 20$	$20 \sim 230$	10	50		
3AG1B	$\leq 7$		$\geq 25$	$20 \sim 200$	10	50		
3AG1C	$\leq 7$		$\geq 40$	$30 \sim 200$	10	50		
3AG1D	$\leq 7$		$\geq 50$	$30 \sim 200$	10	50		
3AG1E	$\leq 7$		$\geq 65$	$30 \sim 200$	10	50		
3AG11	$\leq 10$		$\geq 20$	$17 \sim 250$	10	50		
3AG12	$\leq 5$		$\geq 30$	$17 \sim 250$	10	50		
3AG13	$\leq 5$		$\geq 40$	$17 \sim 250$	10	50		
3AG14	$\leq 5$		$\geq 50$	$34 \sim 250$	10	50		
3AG21	$\leq 10$	$\leq 200$	$\geq 10$	$20 \sim 250$	10	50		
3AG22	$\leq 5$	$\leq 200$	$\geq 30$	$30 \sim 250$	10	50		
3AG23	$\leq 5$	$\leq 200$	$\geq 50$	$30 \sim 250$	10	50		
3AG24	$\leq 5$	$\leq 200$	$\geq 50$	$30 \sim 250$	10	50		

常用高频小功率管(硅N-P-N型)特性表

参数名称 单 位	$I_{CEO}$ $\mu A$	$f_T$ MHz	$I_{CM}$ mA	$P_{CM}$ mW	外 形
3DG6A	$\leq 0.1$	$\geq 100$	20	100	
3DG6B	$\leq 0.01$	$\geq 150$	20	100	
3DG6C	$\leq 0.01$	$\geq 250$	20	100	
3DG6D	$\leq 0.01$	$\geq 150$	20	100	
3DG12A	$\leq 1$	$\geq 100$	300	700	
3DG12B	$\leq 1$	$\geq 200$	300	700	
3DG12C	$\leq 1$	$\geq 300$	300	700	

## 七 振荡线圈和中频变压器数据表

### LTF-2 型振荡线圈和 TTF-2 型中频变压器

型 号 参 数 名 称	LTF-2-3	TTF-2-1	TTF-2-2	TTF-2-9
频率范围 (KHz)	535~1605	455~475	455~475	455~475
初级抽头与 次级电压比 (倍)		5~7	4~5	1.7~2.2
配用电容 PF	7/270	200	200	200
外壳尺寸 (mm)	10×10×14	10×10×14	10×10×14	10×10×14
顶部色彩 标志	黑	白	红	绿
绕制程序与 圈数(初级全 部用Φ0.08高 强度漆包线; 次级全部用Φ 0.08丝包线)				

### LTF-3型振荡线圈和TTF-3型中频变压器

参数名称	型 号	LTF-3-1	TTF-3-1	TTF-3-2	TTF-3-3
频 带 范 围 (KHz)		535~1605	455~475	455~475	455~475
初 级 拉 头 电 压 比 (次 级 电 压 与 初 级 电 压 的 倍 数)			5.4~6.6	7.2~8.8	3.15~3.85
配 用 电 容 (PF)		7/270	200	200	200
外 壳 尺 寸 (mm)		12×12×16	12×12×16	12×12×16	12×12×16
顶 部 色 彩 标 志		黑	白	红	绿
绕制程序与圈数 (初级 全部用Φ0.08高强度漆 包线; 次级全部用Φ 0.08丝包线, LTF-3-1 型用漆包线)		头 5 84.5 1 4.5 3 头 36 8.5 129 6 117 3 内 外	头 5 48 4 119 6 117 3 内 外	头 5 46 4 119 6 117 3 内 外	头 5 46 4 119 3 内 外

## 八 小功率变压器常用

铁芯规格 (中舌宽×叠厚) (毫米)	中柱截 面积 (厘米 <sup>2</sup> )	最大				
		7000	7500	8000	8500	9000
10×12.5	1.14	0.0177	0.0189	0.0202	0.0214	0.0227
10×15	1.37	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257	0.0272
10×17.5	1.59	0.0246	0.0264	0.0281	0.0299	0.0316
10×20	1.82	0.0282	0.0302	0.0322	0.0342	0.0362
12×15	1.62	0.0254	0.0272	0.0290	0.0308	0.0326
12×18	1.97	0.0305	0.0327	0.0348	0.0370	0.0392
12×21	2.28	0.0353	0.0378	0.0403	0.0428	0.0453
12×24	2.62	0.0406	0.0434	0.0463	0.0492	0.0521
14×18	2.29	0.0355	0.0380	0.0405	0.0430	0.0455
14×21	2.68	0.0415	0.0444	0.0474	0.0504	0.0533
14×24	3.06	0.0474	0.0508	0.0541	0.0575	0.0609
14×28	3.57	0.0553	0.0592	0.0632	0.0671	0.0710
16×20	2.91	0.0451	0.0483	0.0515	0.0547	0.0579
16×24	3.49	0.0541	0.0654	0.0617	0.0656	0.0694
16×28	4.08	0.0632	0.0677	0.0722	0.0767	0.0812
16×32	4.66	0.0722	0.0773	0.0825	0.0876	0.0927
19×24	4.15	0.0643	0.0689	0.0734	0.0780	0.0826
19×28	4.84	0.0750	0.0803	0.0856	0.0910	0.0963
19×32	5.53	0.0857	0.0918	0.0979	0.1039	0.1100
19×38	6.57	0.1018	0.1090	0.1163	0.1235	0.1307
22×28	5.62	0.0871	0.0933	0.0994	0.1056	0.1118
22×33	6.61	0.1024	0.1097	0.1170	0.1242	0.1315
22×38	7.61	0.1179	0.1263	0.1347	0.1430	0.1514
22×44	8.81	0.1365	0.1462	0.1559	0.1656	0.1753
26×33	7.81	0.1210	0.1296	0.1382	0.1468	0.1554
26×39	9.23	0.1443	0.1532	0.1633	0.1735	0.1836
26×45	10.6	0.1643	0.1759	0.1876	0.1992	0.2109
26×52	12.3	0.1906	0.2041	0.2177	0.2312	0.2447

## 标准铁芯每匝伏数表

磁 感 应 值 (高斯)								
9500	10000	11000	12000	12500	13000	14000	15000	
伏 数 (伏/匝)								
0.0240	0.0253	0.0278	0.0303	0.0315	0.0328	0.0354	0.0379	
0.0289	0.0304	0.0334	0.0364	0.0379	0.0394	0.0425	0.0456	
0.0335	0.0353	0.0388	0.0423	0.0440	0.0458	0.0494	0.0529	
0.0384	0.0404	0.0444	0.0484	0.0504	0.0524	0.0565	0.0606	
0.0346	0.0364	0.0400	0.0436	0.0454	0.0472	0.0509	0.0546	
0.0415	0.0437	0.0480	0.0524	0.0545	0.0567	0.0612	0.0656	
0.0481	0.0506	0.0556	0.0606	0.0631	0.0656	0.0708	0.0759	
0.0552	0.0581	0.0639	0.0696	0.0725	0.0754	0.0814	0.0872	
0.0483	0.0508	0.0558	0.0609	0.0634	0.0659	0.0711	0.0762	
0.0565	0.0594	0.0654	0.0713	0.0742	0.0772	0.0833	0.0892	
0.0645	0.0679	0.0746	0.0814	0.0847	0.0881	0.0951	0.1019	
0.0753	0.0792	0.0871	0.0949	0.0989	0.1028	0.1109	0.1189	
0.0614	0.0646	0.0710	0.0774	0.0806	0.0838	0.0904	0.0969	
0.0736	0.0874	0.0851	0.0928	0.0966	0.1005	0.1084	0.1162	
0.0861	0.0905	0.0995	0.1085	0.1130	0.1175	0.1268	0.1358	
0.0983	0.1034	0.1137	0.1239	0.1290	0.1342	0.1448	0.1551	
0.0875	0.0921	0.1012	0.1104	0.1149	0.1195	0.1289	0.1382	
0.1021	0.1074	0.1181	0.1290	0.1340	0.1394	0.1504	0.1611	
0.1166	0.1227	0.1349	0.1471	0.1532	0.1592	0.1718	0.1841	
0.1386	0.1458	0.1603	0.1747	0.1820	0.1892	0.2042	0.2188	
0.1185	0.1247	0.1371	0.1495	0.1556	0.1618	0.1746	0.1871	
0.1394	0.1467	0.1613	0.1758	0.1831	0.1903	0.2054	0.2201	
0.1605	0.1689	0.1857	0.2024	0.2108	0.2191	0.2365	0.2534	
0.1858	0.1955	0.2149	0.2343	0.2440	0.2537	0.2738	0.2933	
0.1648	0.1734	0.1906	0.2077	0.2163	0.2249	0.2427	0.2600	
0.1947	0.2049	0.2252	0.2455	0.2556	0.2658	0.2868	0.3073	
0.2236	0.2353	0.2586	0.2819	0.2936	0.3053	0.3294	0.3530	
0.2595	0.2730	0.3001	0.3272	0.3407	0.3542	0.3822	0.4096	

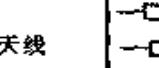
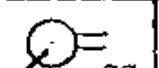
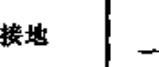
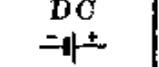
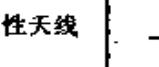
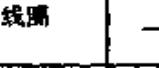
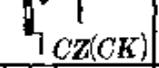
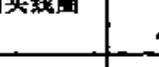
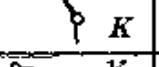
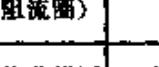
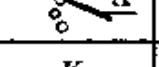
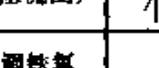
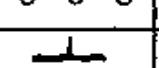
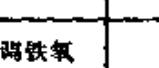
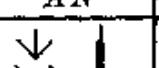
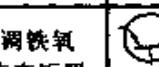
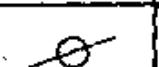
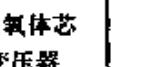
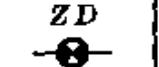
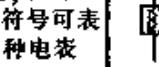
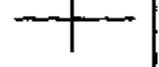
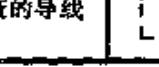
## 九 漆包线规格查对表

导线 直径 (毫 米)	导线 截 面 积 (毫 米 <sup>2</sup> )	近 似 SWG 线 号	最 大 载 流 量(安培) ( $\delta=2A/mm^2$ )
0.06	0.002827	46	0.0056
0.07	0.003848	45	0.0076
0.08	0.005027	44	0.0101
0.09	0.006362	43	0.013
0.10	0.007854	42	0.016
0.11	0.009498	41	0.019
0.12	0.01131	40	0.023
0.13	0.01327	39	0.027
0.14	0.01593	38½	0.031
0.15	0.01767	38	0.035
0.16	0.02011	37½	0.040
0.17	0.02270	37	0.045
0.18	0.02545	36½	0.051
0.19	0.02835	36	0.057
0.20	0.03142	35½	0.063
0.21	0.03464	35	0.069
0.23	0.04155	34	0.083
0.25	0.04909	33	0.098
0.27	0.05726	32	0.114
0.29	0.06605	31	0.132
0.31	0.07548	30	0.150
0.33	0.08553	29½	0.171
0.35	0.09621	29	0.192
0.38	0.1134	28	0.226
0.41	0.1320	27	0.264

续表

导线直径 (毫米)	导线截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	近似 SWG 线号	最大载流量(安培) (δ=2A/mm <sup>2</sup> )
0.44	0.1521	26½	0.304
0.47	0.1735	26	0.347
0.49	0.1886	25½	0.347
0.51	0.2043	25	0.408
0.53	0.2206	24½	0.441
0.55	0.2376	24	0.476
0.57	0.2552	23½	0.510
0.59	0.2734	23⅓	0.547
0.62	0.3019	23	0.604
0.67	0.3526	22½	0.704
0.72	0.4072	22	0.814
0.80	0.5027	21	1.01
0.90	0.6362	20	1.27
1.00	0.7854	19	1.57
1.08	0.9161	18½	1.83
1.20	1.131	18	2.23
1.30	1.327	17½	2.66
1.45	1.651	16¾	3.30
1.62	2.061	16	4.12
1.74	2.378	15½	4.76
1.88	2.776	14½	5.56
2.02	3.205	14	6.42
2.44	4.676	13	9.36

## 十 常用晶体管收音机电路图符号

 TX	天线	 R	固定电阻器 可变电阻器	 SS	拾音器
 M	接地	 W	电位器	 DC	电池
 TX	磁性天线	 C	电容器	 S	送话器(话筒)
 L	线圈	 C	电解电容器	 CZ(CK)	插座(插孔)
 L	抽头线圈	 C	双连可变电容器	 K	单刀开关
	铁芯线圈(或阻流圈)	 C	单连可变电容器	 K	波段开关(旋转式)
	铁氧体芯线圈(或阻流圈)	 C	微调电容器	 K	波段开关(拨动式或推键式)
 DL	可调铁氧体芯线圈	 C	陶瓷滤波器	 AN	按钮开关
 D	微调铁氧体芯线圈	 C	晶体二极管	 Y	连接器插头插头座
 BE	微调铁氧体芯变压器	 C PNP型 NPN型	晶体三极管	 Y	接线柱
 EJ	铁氧体芯变压器	 C	耳机	 ZD	指示灯
 Y	铁芯变压器	 C	动圈喇叭	 Y	相连接的导线
 mA	m A, V 等物理量符号可表示各种电表	 C	舌簧喇叭	 Y	不相连接的导线
	屏蔽的导线	 C	屏蔽	 Y	避雷器