

电子技术讲座 (三)

晶 体 管 收 音 机

上海市业余工业大学编

科 学 出 版 社

## 内 容 简 介

本书是电子技术讲座之三，内容共分十章：第一章讲述收音机的基本工作原理；第二、第三章由浅入深地介绍了晶体管来复再生式收音机和超外差式收音机的原理及其电路；第四章专门介绍了十五种超外差式收音机产品电路、结构及主要元件数据，供读者在实践中参考；第五、六、七章谈谈晶体管收音机的装配、调试和维修方法；第八、九章介绍了自制零件、工具及简易测试仪表的制作；第十章简单地介绍了调频收音机。

本书搜集、整理了工人在生产实践中的丰富经验，内容上力求通俗易懂，可供广大工农兵及青少年阅读。

电子技术讲座共四本，分别是：《晶体管整流电路》、《晶体管放大与振荡电路》、《晶体管收音机》、《晶体管开关电路》。

## 晶 体 管 收 音 机

上海市业余工业大学编

\*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

西 安 新 华 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1971年11月 第 一 版 开本：787×1092 1/32  
1977年10月第五次印刷 印张：12 5/16 插页：8  
印数：1,719,241—2,069,644 字数：276,000

统一书号：15831·14

本社书号：51·15-7

定价：0.80 元

(编者按：为装订方便，将本书中插图集中  
在一起，夹入书中，阅读本书时请注意)

# 目 录

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 第一章 收音机基本知识 .....         | ( 1 )   |
| 第一节 无线电波及其传播 .....        | ( 1 )   |
| 第二节 最简单的收音机 .....         | ( 7 )   |
| 第三节 收音机的质量指标 .....        | ( 15 )  |
| 第二章 晶体管来复再生式收音机 .....     | ( 17 )  |
| 第一节 输入回路 .....            | ( 17 )  |
| 第二节 晶体管来复电路 .....         | ( 22 )  |
| 第三节 晶体管再生电路 .....         | ( 25 )  |
| 第四节 倍压检波电路 .....          | ( 28 )  |
| 第五节 几种直接放大式收音机电路 .....    | ( 30 )  |
| 第六节 直接放大式收音机的调整 .....     | ( 52 )  |
| 第三章 晶体管超外差式收音机 .....      | ( 56 )  |
| 第一节 什么是超外差式收音机 .....      | ( 56 )  |
| 第二节 变频器与混频器 .....         | ( 59 )  |
| 第三节 中频放大器 .....           | ( 70 )  |
| 第四节 检波电路 .....            | ( 81 )  |
| 第五节 自动增益控制电路 .....        | ( 82 )  |
| 第六节 超外差晶体管收音机整机电路 .....   | ( 87 )  |
| 第七节 几种特殊电路 .....          | ( 91 )  |
| 第四章 晶体管超外差式收音机电路 .....    | (108)   |
| 一、熊猫 B302 型三管一波段收音机 ..... | ( 108 ) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 二、春雷 401 型四管一波段收音机      | (114) |
| 三、工农兵 403 型四管三波段收音机     | (119) |
| 四、凯歌 4B12 型五管二波段收音机     | (123) |
| 五、东风 205 型五管一波段收音机      | (130) |
| 六、红旗 604 型六管三波段收扩两用机    | (133) |
| 七、红旗 644 型六管二波段收音机      | (140) |
| 八、红旗 645 型六管三波段收扩两用机    | (144) |
| 九、109 型六管一波段放唱、扩音、收音三用机 | (148) |
| 十、春雷 703 型七管三波段收音机      | (150) |
| 十一、红灯 238 型七管三波段收音机     | (156) |
| 十二、上海 312 型七管四波段收音机     | (160) |
| 十三、春雷 804 型八管三波段收音机     | (164) |
| 十四、熊猫 B802 型八管三波段收音机    | (170) |
| 十五、九管五波段收音机             | (174) |

## 第五章 收音机的装配 (178)

|               |       |
|---------------|-------|
| 第一节 电路选择      | (178) |
| 第二节 元件选择      | (180) |
| 第三节 结构布局和元件装配 | (198) |
| 第四节 焊接        | (216) |

## 第六章 晶体管收音机的调整和测试 (221)

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 第一节 调整的基本原理             | (222) |
| 第二节 调整的第一步工作——调整静态工作点电流 | (230) |
| 第三节 调整中频频率，调整频率范围和统调    | (233) |
| 第四节 不用仪表的调整             | (244) |
| 第五节 工厂对收音机主要技术指标的测试     | (250) |

## 第七章 晶体管收音机的维修 (258)

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第一节 晶体管收音机的使用与维护 | (258) |
|------------------|-------|

|     |                              |         |
|-----|------------------------------|---------|
| 第二节 | 晶体管收音机的维修                    | ( 259 ) |
| 第八章 | 自制零件及工具                      | (270)   |
| 第一节 | 输入回路线圈的绕制                    | ( 270 ) |
| 第二节 | 振荡回路线圈的绕制                    | ( 276 ) |
| 第三节 | 中频变压器的绕制                     | ( 281 ) |
| 第四节 | 输入输出变压器的绕制                   | ( 290 ) |
| 第五节 | 自制简易烙铁                       | ( 307 ) |
| 第六节 | 自制印刷电路                       | ( 311 ) |
| 第九章 | 收音机简易测试仪表的制作                 | (315)   |
| 第一节 | 万用电表                         | ( 315 ) |
| 第二节 | 简易信号源                        | ( 335 ) |
| 第三节 | 电源                           | ( 341 ) |
| 第十章 | 调频收音机                        | (352)   |
| 第一节 | 调频波简单介绍                      | ( 352 ) |
| 第二节 | 调频波的接收                       | ( 354 ) |
| 第三节 | 调频波的超再生式接收                   | ( 357 ) |
| 第四节 | 调频波的超外差式接收                   | ( 361 ) |
| 附录一 | 常用晶体管收音机电路图符号说明              | (370)   |
| 附录二 | 分贝                           | (371)   |
| 附录三 | 收音机常用晶体管及其参数                 | (375)   |
| 附录四 | 几种刻度盘拉线                      | ( 379 ) |
| 附录五 | 中央及全国各省、市、自治区人民广播电台广<br>播频率表 | (381)   |

## 第一章 收音机基本知识

东方红，  
太阳升，  
中国出了个毛泽东。

这首雄伟壮丽的乐曲，伴随着我国第一颗人造地球卫星上天，划破长空，响彻云霄，飞过高山，越过海洋，传遍五洲四海。它激励着我们从胜利走向新的胜利，它鼓舞着世界革命人民向帝修反进行英勇斗争。

当我们听到这首动人心弦、震撼大地的乐曲时，自然会联想到它是怎样从遥远的卫星传到地球上的？地面上又是怎样通过收音机来接收的？下面我们想介绍一下“无线电波”的传播及收音机的工作情况。

### 第一节 无线电波及其传播

#### 一、怎样使声音传得远

人耳能听到的声音(语言或音乐)的频率约在每秒钟 16 周到 20000 周(音频)范围内。声波在空气中传播的速度很慢，每秒钟约 340 米，而且衰减很快，所以传播的距离不远。如果把声音通过话筒变成音频电信号，那末，这种电信号就可以通过放大器、增音器等由电线传到很远的地方，而且速度也加快了，这就是有线广播或有线电话。但有线广播或有线电话必须由电线传输。如果不用电线如何将音频电信号传到遥远的地方去呢？这就必须利用无线电波的传播。

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”人们从实践中发现，如果设法把音频电信号加在无线电波上，利用无线电波的运载，就可以在空间传得很远，它的传播速度每秒钟为30万公里（ $3 \times 10^8$ 米），因此能够在瞬息间把电台播送的节目传播到各地。收音机收到以后，将音频信号从无线电波中取出来，通过扬声器（或耳机）还原成声音。这好象火车运载货物一样，货物好比音频信号，火车好比无线电波，货物利用火车的运载可以运到很远的地方，到达目的地后，货物再从火车上卸下来。

## 二、什么是无线电波

无线电波虽然看不见摸不着，但它是客观存在的一种运动物质，是一种能量传输的形式。如果我们向水中投入一块石头，水面上就会出现一圈一圈向外扩散的水波，这种向外扩散的水波会把石头冲击水面的能量向四周传播。实践还证明，当一根导线中通过高频电流时，也会发生石头投入水面的类似现象，在导线周围的空间，产生一种波，这种波也会向四周扩散，同时把导线中的高频能量向外传播。这种由高频电流产生的波是由电场和磁场交替变化形成的，我们称它为“电磁波”，无线电波就是电磁波的一种。

无线电广播，就是由发射机（电台）产生强大的经过调制的高频电流，通过发射天线，在天线周围产生电磁波向外传播。

无线电波的应用很广，频率不同，它的特性和用途也不同，一般按频率（或波长）可以划分为几个不同的波段，如表1-1所示。

表 1 1 波段的划分

| 波 段     |       | 波 长                   | 频 率          | 主 要 用 途                  |
|---------|-------|-----------------------|--------------|--------------------------|
| 长 波     |       | 30000—3000 米          | 10—100 千周    | 电报通信                     |
| 中 波     |       | 3000—200 米            | 100—1500 千周  | 无线电广播                    |
| 中 短 波   |       | 200—50 米              | 1500—6000 千周 | 电报通信,无线电广播               |
| 短 波     |       | 50—10 米               | 6—30 兆周      | 电报通信,无线电广播               |
| 超短波(米波) |       | 10 <sup>-2</sup> —1 米 | 30—300 兆周    | 无线电广播、电视、导航              |
| 微<br>波  | 分 米 波 | 1—0.1 米               | 300—3000 兆周  | 电视、雷达、导航、接力<br>通信,其他专门用途 |
|         | 厘 米 波 | 0.1—0.01 米            | 3—30 千兆周     |                          |
|         | 毫 米 波 | 0.01—0.001 米          | 30—300 千兆周   | 雷达、导航,其他专门用途             |

1 兆周 = 1000 千周 = 1000000 周

习惯上频率低的无线电波(如长、中、短波)用“频率”表示,频率高的无线电波(超短波、微波)用“波长”表示,频率和波长之间有如下关系:

$$\text{波长}(\lambda) = \frac{\text{波速}(c)(\text{米/秒})}{\text{频率}(f)(\text{周/秒})}$$

$$\text{或者 频率}(f) = \frac{\text{波速}(c)(\text{米/秒})}{\text{波长}(\lambda)(\text{米})}$$

例如 1000 千周它的波长是多少呢?

$$\text{波长} = \frac{3 \times 10^8}{1000 \times 10^3} = 300 \text{ 米}$$

所以频率愈高波长愈短,频率愈低波长愈长。我国第一颗人造地球卫星用 20.009 兆周频率播送“东方红”乐曲,它的波长约 15 米。

一般收音机中常用中波,中短波及短波等波段。有的收音机为了便于调谐将短波分得更细,称为短波 I,短波 II,短波 III 等等,特殊的收音机还有超短波波段。



### 三、无线电广播为什么要用长波,中波,短波和超短波

长波传播特点是:长波以天波或地波的形式传播。地面对它吸收弱,白天和晚上传播,变化较小,比较稳定。但地波传播的最大距离不超过三至四千公里,所以一般长波传播方式仍以天波为主。

中波传播特点和长波大体相似,但地面对中波吸收较强,所以沿地球表面传播路程不远。白天与夜间对中波的影响也较大,一般夜里收听效果比白天好,白天收听不到的中波电台,夜间可能听到。中波适用于传播距离不太远的电台,我国国内广播一般用中波。

短波传播特点是:地面对短波吸收极强,沿地球表面只能传播几十公里。它的传播主要是依靠地球外的电离层与地面间的来回反射,因此可以传得很远,如图 1-1 所示。由于短波依靠电离层反射,所以受季节、日夜、气候变化影响比较大,

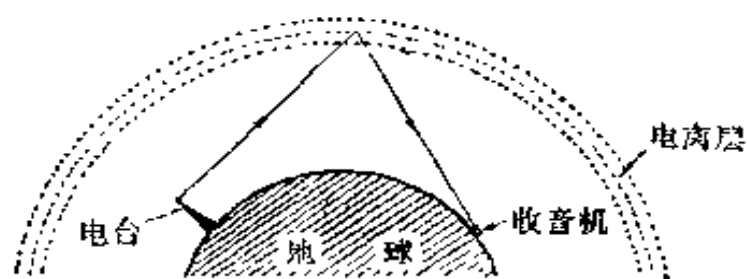


图 1-1

信号强弱变化显著,声音常常一会儿大,一会儿小。短波多用于远距离广播。我国土地辽阔广大,在边疆和山区

有时要利用短波收听中央人民广播电台广播。此外,我国对外广播,国际间广播也应用短波。

超短波一般只能在空间直线传播,因此它的传播距离较近,电视和调频广播都用超短波。

### 四、什么叫调制

上面讲的,在发射电台里将音频信号加到无线电波上去的过程,叫做无线电波的调制。

用来运载音频信号的无线电波称为载波,它具有一定的

幅度和频率。如果设法使载波的幅度随着要传送的音频信号成比例地变化，那末就可以说是将信号加到载波上了。这样的过程叫做调幅。图 1-2 所示分别为音频信号、高频载波以及高频载波的幅度随音频信号变化的调幅波。我们通常说中央台 560 千周及上海台 990 千周，就是指高频载波信号的频率。我国第一颗人造地球卫星发射的红色电波就是 20.009 兆周载波被“东方红”乐曲的音频信号调幅后的调幅波，它经过电台接收、转播即可在普通的收音机听到乐曲声了。

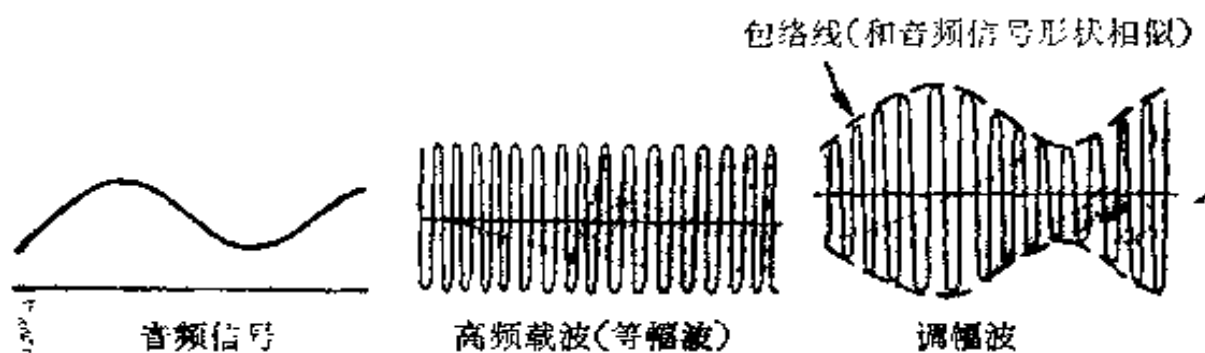


图 1-2

调制的方式除了上面讲的调幅外，还有调频。所谓调频，就是载波的频率随着需要传播的音频信号的变化而变化，调频在无线电广播中应用极广(在第十章中将专门介绍)。调幅和调频过程通称为调制，由于调幅和调频有其不同的特点，因此应用的场合也不相同。一般普通中波和短波广播都是应用调幅广播，例如中央和各地人民广播电台，而调频广播用超短波，例如电视广播中的伴音部分等。

综上所述，无线电波传播过程可用图 1-3 来加以描述，在人民广播电台播音室中播出的声音通过话筒变成音频信号，送到发射机放大后去调制发射机所产生的高频载波信号，这时高频载波信号的幅度随着音频信号作相应的变化，使我们要传送的音频信号包含在高频载波信号之内(调幅波)，高频

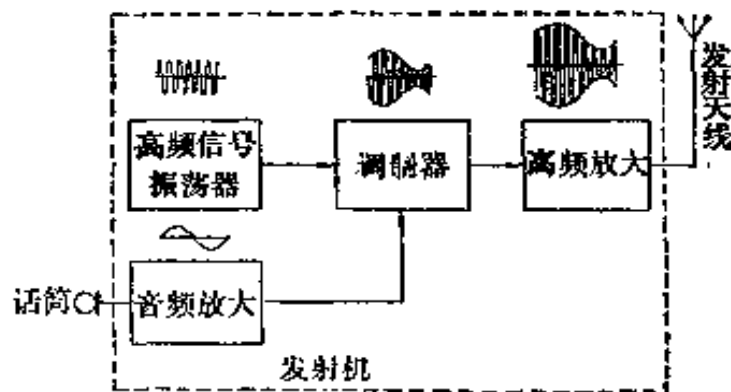
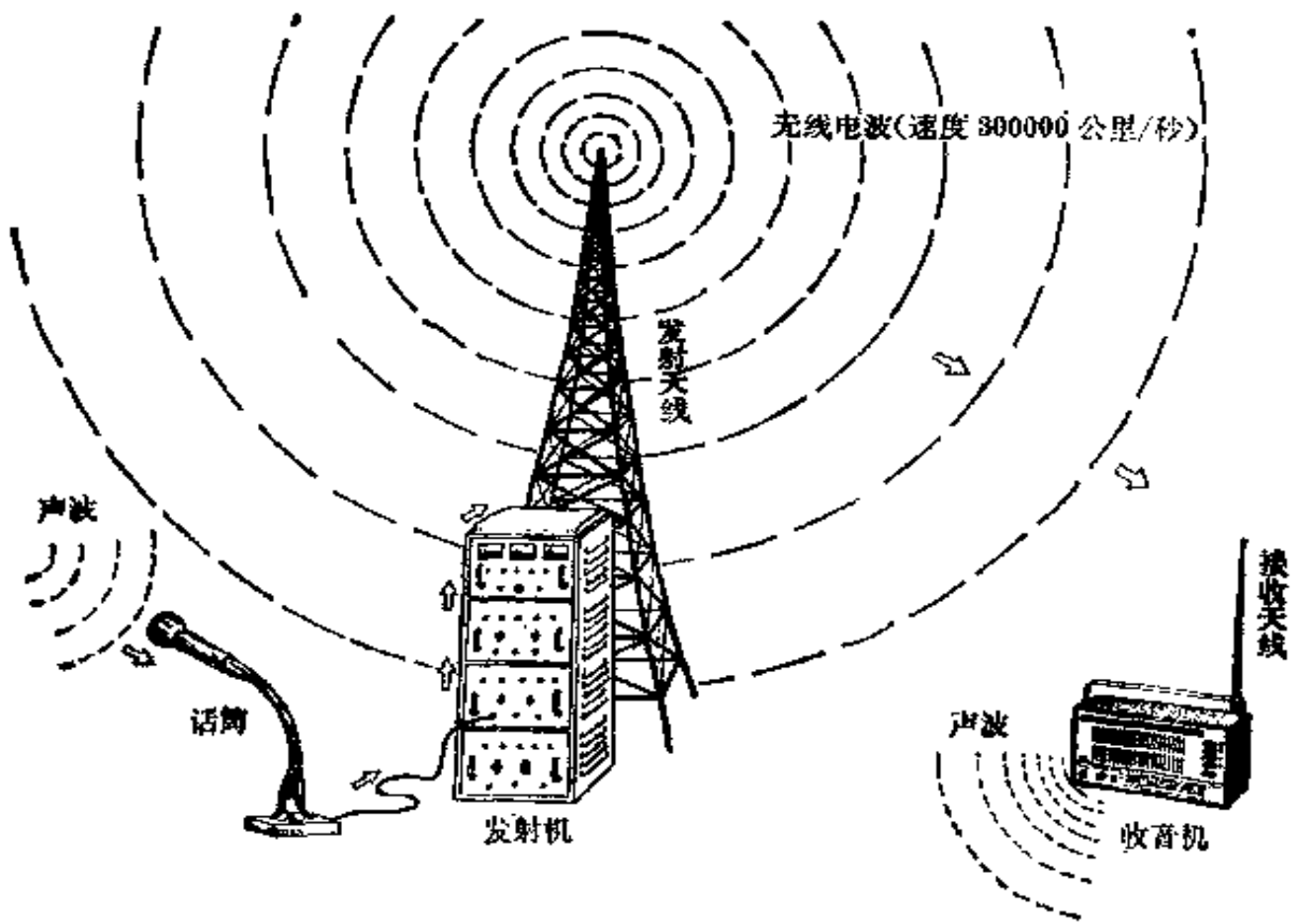


图 1-3

信号经过放大,然后高频电流流过天线时,形成无线电波向外发射,经过空间传送到收音机天线,由收音机还原成声音。

我们了解载着音频信号的无线电波的传播以后,再来看看收音机是怎样把无线电波变成(还原)声音的。

## 第二节 最简单的收音机

最简单的收音机是由输入回路(天线和调谐电路)、检波器、放大器、扬声器(或耳机)等组成,如图 1-4 所示。

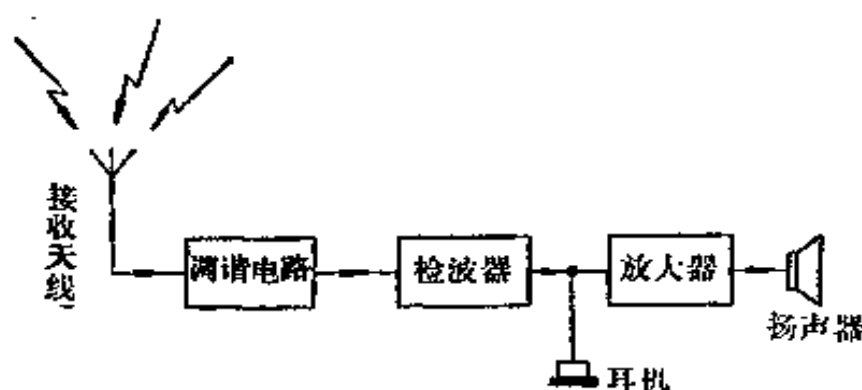


图 1-4

当电台发出的无线电波遇到接收天线时,就在天线中产生高频电流。来自各个电台的无线电波的频率(或波长)各不相同,因此在天线中所产生的也是频率各不相同的高频电流。图 1-4 中的调谐电路实质上是一个“选择器”,它可以根据我们的需要选择某一电台的频率,这一频率的高频电流能顺利地通过,而其他频率的高频电流很难通过,也就是调谐电路具有选择电台的能力。检波器的功用是把调谐电路所选出来的高频电流作适当的处理,从中取出电台所传送的音频信号。检波器送出的信号可以直接用耳机收听,或经过放大器的放大后用扬声器收听。下面再进一步来说明调谐电路选择电台的能力以及检波器的检波过程。

## 一、调谐电路

图 1-5 是一个最简单的收音机原理图。线圈  $L_2$  和可变电容  $C$  组成了一个调谐电路。天线线圈  $L_1$  中有各个不同频率的高频电流通过, 在  $L_2$  中就感应出各个不同频率的高频信号电动势(每个电动势代表一个电台的信号), 如图 1-6 所示。

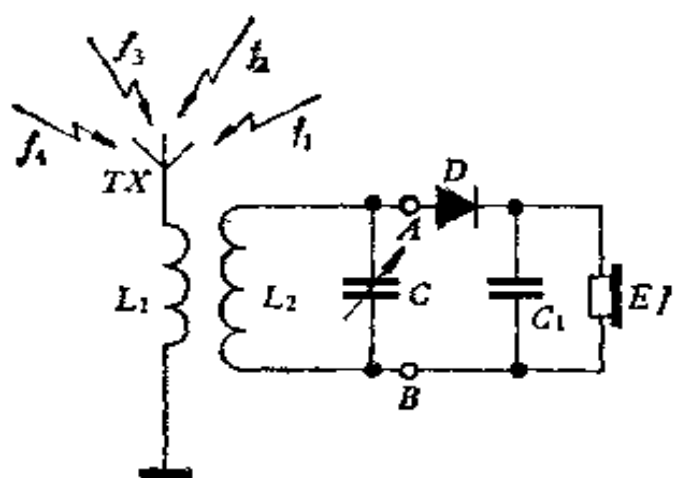


图 1-5

图中的  $R$  表示调谐电路中的高频损耗, 主要是线圈的高频损耗电阻。每个电动势都在调谐电路中产生电流, 此电流又在  $C$  两端产生电压。从图 1-5 可以看出, 加在检波器上的就是  $C$  两端的电压。再进一步来分析  $C$  两端的电压与各个不同频率的电动势之间的关系。因电压是由电流所产生的,

个不同频率的电动势之间的关系。因电压是由电流所产生的,

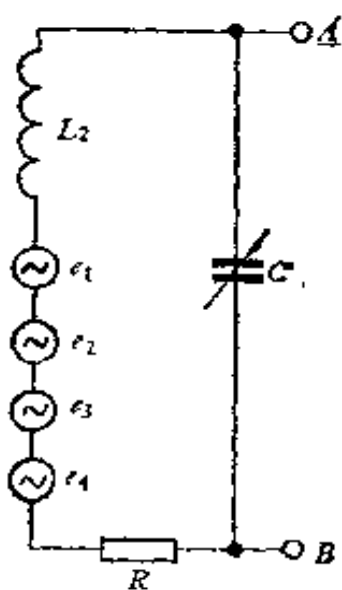


图 1-6

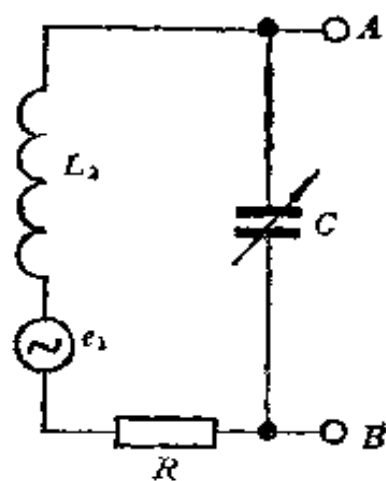


图 1-7

所以先研究电流与电动势之间的关系。在调谐电路中有很多电动势存在,为了讨论方便,假定它们之间的区别仅是频率不相同,因此在讨论电路中的电流时,可以只取一个电动势来分析,如图 1-7 所示。 $e_1$  在电路中所产生的电流的大小,不仅决定于电路中的高频损耗电阻  $R$ ,而且还决定于电路中的电抗  $\left(2\pi f_1 L_2 - \frac{1}{2\pi f_1 C}\right)$ 。其中  $2\pi f_1 L_2$  是线圈  $L_2$  的感抗(即交流信号通过线圈时,线圈的电感对高频电流的阻力),因为这里  $L_2$  的电感量是固定的,因此对于频率为  $f_1$  的电动势  $e_1$  来说,感抗是一固定的数值。 $\frac{1}{2\pi f_1 C}$  是可变电容器的容抗(即交流信号通过电容时,电容对高频电流的阻力),由于  $C$  的电容量是可变的,所以电容器旋转在不同位置时,对于频率为  $f_1$  的电动势  $e_1$  来说,容抗的数值是不同的,随着电容器的容量改变而改变。因为感抗  $2\pi f_1 L_2$  的数值是固定的,所以当我们旋转可变电容器时,一定有一个位置使容抗  $\frac{1}{2\pi f_1 C}$  与感抗  $2\pi f_1 L_2$  数值相等,也就是电路中的电抗  $\left(2\pi f_1 L_2 - \frac{1}{2\pi f_1 C}\right) = 0$ ,此时电路中由  $e_1$  所产生的电流值较可变电容器  $C$  在其他位置时大。若电动势的频率不是  $f_1$  而是  $f_2$ ,可变电容器一定在另一个位置上使  $f_2$  的电流为最大。也就是说,对于图 1-6 来说,虽然各个电动势都产生电流,但它们的大小决定于可变电容器  $C$  的位置,在假定不同频率的电动势大小相接近的情况下,可以在某一位置上使  $e_1$  产生的电流比另外几个电动势所产生的电流为大,而在另一个位置上又可使  $e_2$  所产生的电流为最大。电流最大,电容  $C$  两端的电压也最大。上面的讨论说明了旋转可变电容器(见图 1-5)可在不同的位置上分别使各不相同频率的信号在  $AB$  端产生的电压达到最大,也就是由  $L_2$  和  $C$  所

组成的调谐电路具有选择电台的能力。

图 1-7 所示的串联电路中，若把可变电容固定在某一位置，则容抗与信号频率成反比，其关系如图 1-8(1) 所示，频率愈高容抗愈小；图(2)是电感  $L_2$  的感抗与频率的关系，频率愈高感抗愈大。把图(1)图(2)画在一起，就得到图(3)。从图(3)可以看出，对于频率为  $f_0$  的信号，电路中的感抗等于容抗，即电抗等于零。此时，由  $LCR$  组成的串联电路的阻抗就等于电路中的电阻值  $R$ ，阻抗达到最小，电路中的电流就达到最大。一般把  $LCR$  串联电路电抗等于零的状态称为串联谐振， $f_0$  称为串联谐振频率。

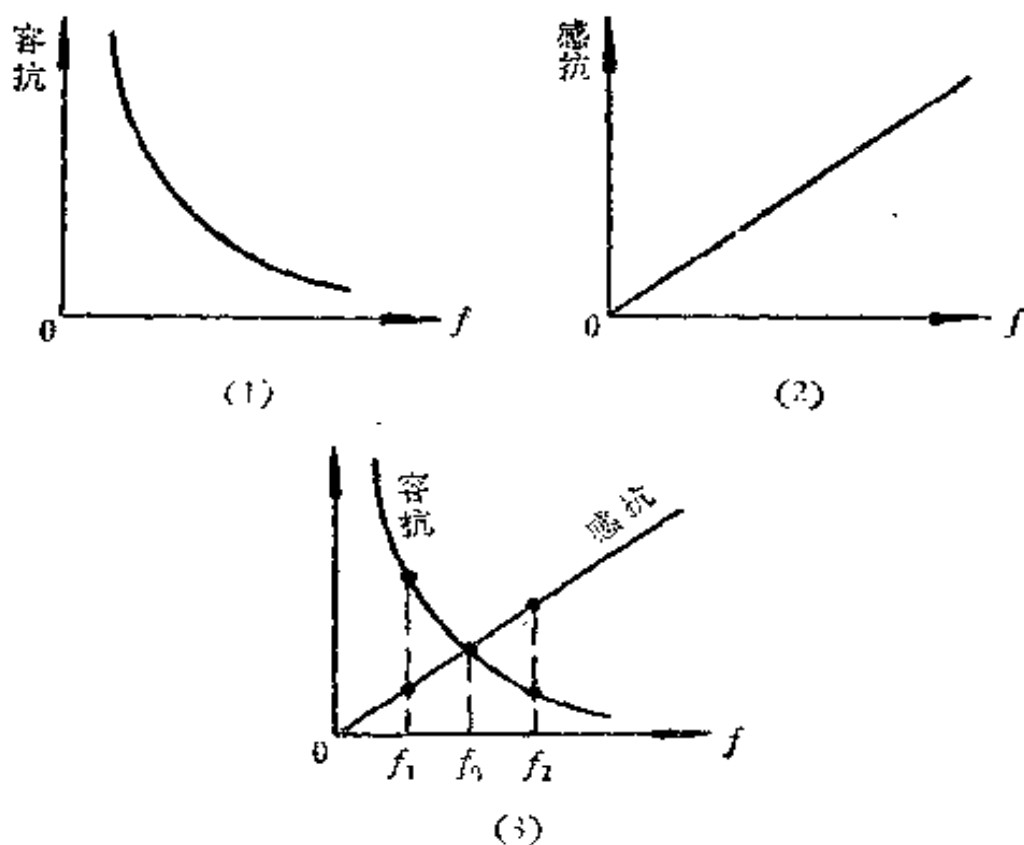


图 1-8

从图 1-8(3) 可以看出，在电感  $L_2$  和电容  $C$  都为定值时，电路只对某一信号频率  $f_0$  发生谐振，对于比  $f_0$  高的信号频率（例如  $f_2$ ），感抗大于容抗；而对于比  $f_0$  低的信号频率（例如  $f_1$ ），

容抗大于感抗。也就是说,只有当信号频率为 $f_0$ 时,电路中的电流为最大,对于其他频率来说,愈是偏离 $f_0$ ,电抗愈大,电流也就愈小。图 1-9 就是电路中的电流与频率的关系曲线,这种曲线称为串联谐振曲线。谐振曲线说明了调谐电路具有选择不同频率信号的能力。

因为电路在谐振时电抗等于零,电流就只决定于电阻的大小,电阻愈小,电流就愈大,也就是谐振曲线的峰点愈高,如图 1-10 所示。

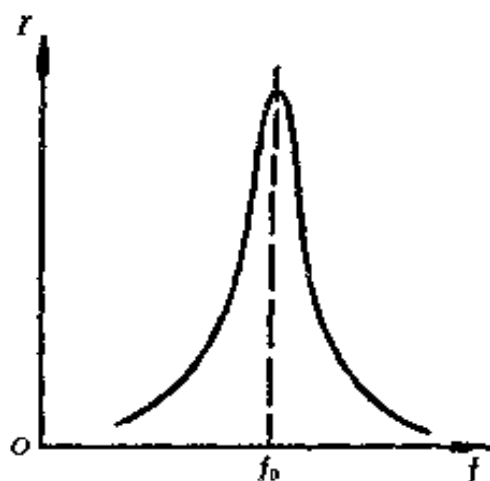


图 1-9

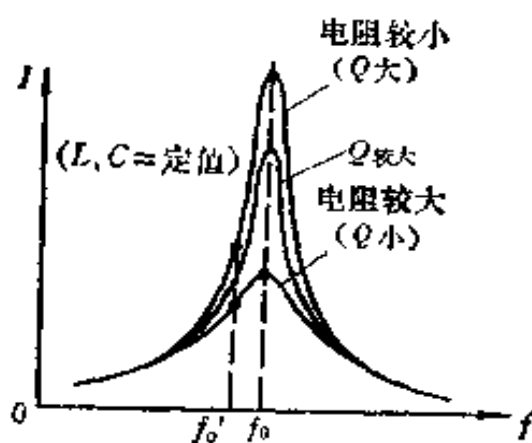


图 1-10

从图 1-10 可以明显地看出,当电阻  $R$  较大时,对于频率为  $f_0$  和  $f_0'$  的两个信号来说,在电路中产生的电流值相差不多,也就是说在  $R$  较大时,不仅电流小,而且选择电台的能力(电路的选择性)也较差。当电阻较小时,情况恰好相反。谐振曲线的陡削程度不但与  $R$  有关,而且还与  $L/C$  的大小有关,  $L/C$  愈大,曲线愈陡削,如图 1-11 所示。因此,一般用一个称为品质因数  $Q$  来计量电路选择信号的能力。

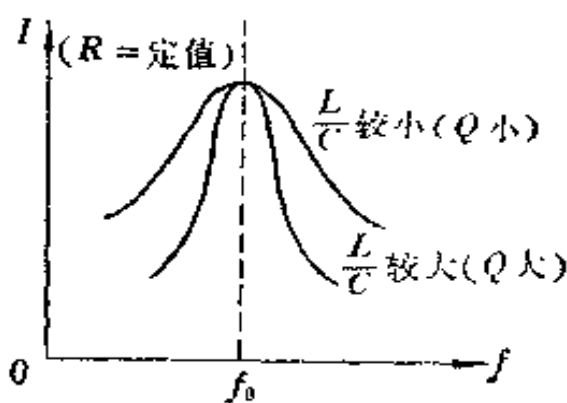


图 1-11



$Q$  的表示式为

$$Q = \frac{\text{谐振时的感抗(或容抗)}}{\text{电阻}}$$

$$\text{即 } Q = \frac{2\pi f_0 L}{R} \quad \text{或} \quad Q = \frac{1}{2\pi f_0 C R}$$

这个关系式表明,若电路中的  $L$  愈大或  $C$  愈小(即  $L/C$  愈大),则  $Q$  值愈高;若  $L$ 、 $C$  一定,  $R$  愈大,  $Q$  值愈低。对于选择信号的能力来说,  $Q$  值愈大,谐振曲线愈尖锐,选择电台的能力愈好,反之愈差。在实践中,为了提高电路选择信号的能力,应尽量减小电感线圈的电阻和接线的电阻。

实践和理论都已证明:高频载波受到音频信号调制后产生的调幅波,从频率来看,它包括了  $f_0 + f_{\text{音}}$  (最高音频)一直到  $f_0 - f_{\text{音}}$  的整个频带,因此,由广播电台天线发射的无线电波是以载频为中心频率的一段频带,如图 1-12 所示。显然,接收机在接收某电台广播时,应把它所发射出来的这段频带都接收下来。

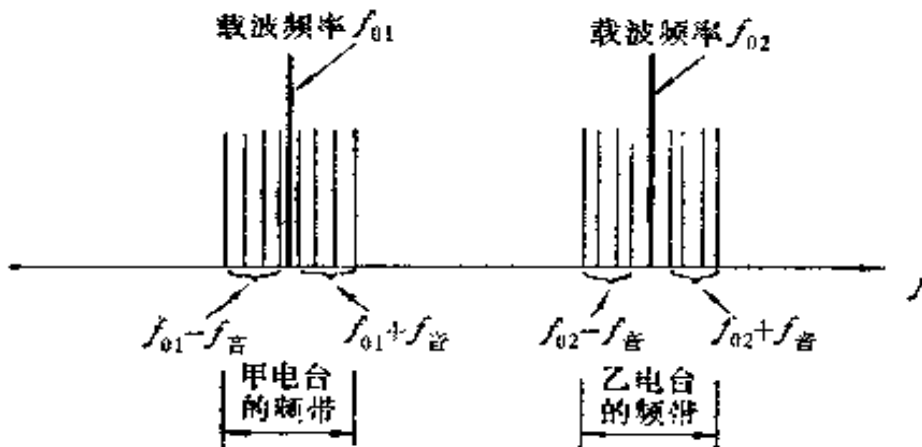


图 1-12

在接收甲电台时调谐电路应调到与甲电台的载频  $f_{01}$  谐振。由于电台发射出来的高频信号是一个频带,所以,调谐电路的  $Q$  值也不宜太高(谐振曲线不宜太尖锐),否则载频两侧

的信号将被电路削弱,会造成信号的失真。因此,除了用 $Q$ 值表示调谐电路的特性以外,还用通频带来说明它的特性。所谓通频带就是指:在 $LCR$ 串联电路中,谐振时的电流为 $I_0$ ,当频率往两侧偏离后,电流就减小,在电流下降到 $0.707 I_0$ 时,所包括的频率范围就称为通频带,也叫通带宽度。如图1-13所示。显然, $Q$ 值愈大,通频带就愈小。一般来说,整机的通频带应当大于电台所发射出来的频带,收音机才能得到较好的收听效果。

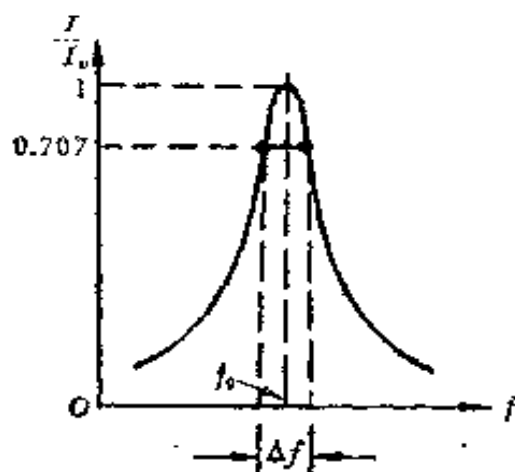


图 1-13

除了 $LCR$ 串联电路外,尚有 $LCR$ 并联电路,它应用于中频放大器中,这将在第三章中介绍。

## 二、检波器

前面讲过,把音频信号加到高频载波上去的过程叫调制,而从携带音频信号的高频载波中取出音频信号的过程则叫检波,检波是调制的反过程,因此也叫解调。

调制有调幅和调频,所以检波也有幅度检波和频率检波之分,这里只介绍幅度检波的原理,关于频率检波在第十章中介绍。

收音机中完成检波任务的部分叫检波器,它是由非线性元件(二极管或三极管)和电阻,电容组成的。图1-14所示为矿石机或简易收音机中检波器的原理电路(在矿石机中, $R$ 就是耳机)。在矿石机和简易收音机中,调谐回路接收的高频调幅信号不经放大或只经一级高放就送入检波器,这时高频信

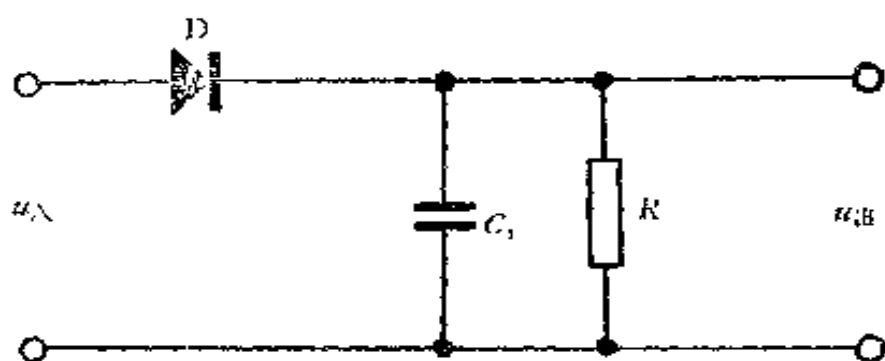


图 1-14

号幅度往往很小,因此称为小信号检波,下面介绍的只是小信号检波的基本原理。

为什么二极管能起到检波作用呢?这是由二极管特性曲线的非线性所决定的,图 1-15 所示为二极管特性曲线,若将高频调幅信号加到二极管上,则流过二极管的电流将如图所示。由图可见由于二极管特性曲线的非线性,输出波形下半部被压扁,即输出波形发生了畸变。通过分析可以知道,这时输出信号中不但包含高频成分(输入信号中只包含高频或

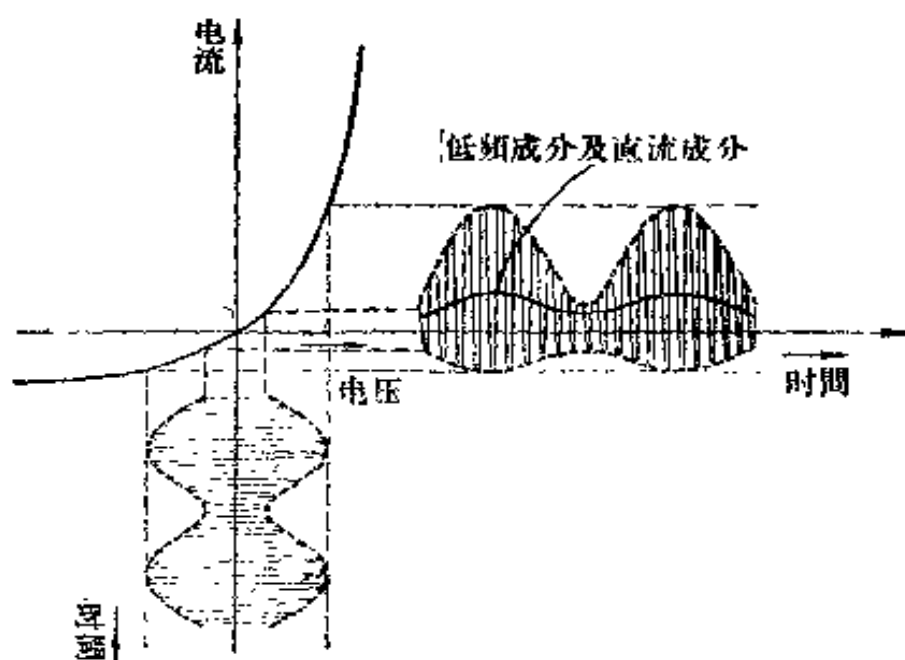


图 1-15

分),还产生了新的频率成分——低频成分和直流成分。其中低频成分就是我们所需要取出的音频信号,让它流过检波负载电阻  $R$ ,在  $R$  上产生压降,即可取出高频调幅波中的音频信号。而高频成分则由旁路电容  $C_1$  通过,不在  $R$  上产生压降。所以  $C_1$  的容量应这样选择,使其对音频信号电抗很大,但对高频信号电抗则很小。

小信号检波的缺点是检波效率低,失真大。超外差式收音机中,检波器通常接在末级中放后,所以输入检波器的高频信号较大,属于大信号检波,其原理在第三章中叙述。

### 第三节 收音机的质量指标

怎样辨别收音机好坏呢?常常是以好听不好听,收到电台多不多,声音响不响,有没有杂音以及从外观、结构、价格等来考虑。这里仅介绍电气性能上主要的质量指标。

#### 1. 灵敏度

灵敏度说明收音机接收微弱信号的能力。灵敏度高的收音机,只要天线上能接到一点微弱的信号,就能听到电台发来的声音。但有的收音机,只能听到功率大的或较近电台的广播节目,而较远的或功率较小的电台的广播就收听不到了,我们说这个收音机灵敏度不高。通常装磁性天线的收音机用毫伏/米 (mV/m) 表示其灵敏度,装外接天线或拉杆天线的用微伏 ( $\mu V$ ) 表示,它们的数值愈小,灵敏度愈高。

#### 2. 选择性

选择性是表示收音机挑选电台的能力。在同一时间里,有许多电台在广播,收音机在这许多电台中只选出一个我们需要收听的电台,而不让其他电台混入。选择性用分贝 (db) 表示,在满足通频带宽度的前提下,分贝愈大,选择性愈好。

### 3. 保真度

收音机输出信号波形,应与原来传送的信号一致,保真度表示了收音机保持原来信号波形的能力。它主要用频率失真和非线性失真的大小来表示。

### 4. 频率范围(波段覆盖)

说明收音机能够收听波段的频率范围,而且在整个波段中能满足主要指标。

### 5. 额定输出功率

表示收音机在一定非线性失真条件下,收音机输出功率的大小,通常用毫瓦(mW)或瓦(W)表示,输出功率愈大,声音愈响。

此外,辨别收音机好坏的电气指标还有很多,如稳定性、自动增益控制等等,这里就不详细介绍了。

收音机要有较好的性能,采用本章第二节介绍的最简单的收音机电路和下面介绍的来复再生式收音机是不能达到的,只有超外差式收音机电路才具有较好的性能。

## 第二章 晶体管来复再生式收音机

前面一章介绍了最简单的无线电基本知识，下面三章专门介绍来复再生式和超外差式收音机的基本原理和电路，前者电气性能比后者要差，但是电路结构和原理都比较简单，初学容易入门，所以我们从最简单的晶体管来复再生式收音机开始讨论，首先介绍收音机一开始就碰到的输入回路和磁性天线。

### 第一节 输入回路

输入回路是收音机的“大门”，从广播电台传来的高频信号到达晶体管，首先要碰到输入回路。

最典型的常用的晶体管收音机输入回路如图 2-1 所示。

它是一个由可变电容器  $C_1$ ，调谐线圈  $L_1$  组成的  $L_1C_1$  调谐回路，用来选择欲接收的电台信号。被选好的信号再由基极线圈  $L_2$  送到晶体管基极去。

晶体管收音机输入回路广泛采用磁性天线。

为了使收音机获得尽可能高的灵敏度和具有足够的选择性，必须合适选取  $L_1$  与  $L_2$  的匝数比。如果只要求灵敏度高，调谐回路阻抗(约 100 千欧)必须和晶体管输入阻抗(约 1—3 千欧)匹配，即  $\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{R_{\Delta}}{R_{\text{in}}}}$  (式中  $N_1, N_2$  分

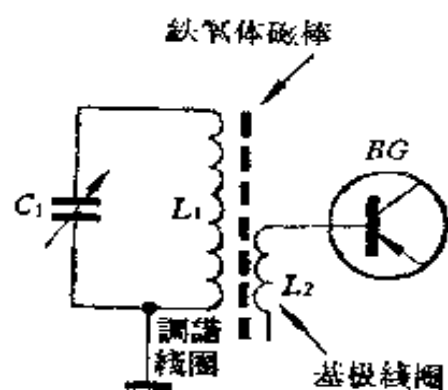


图 2-1 输入回路

别为  $L_1$ 、 $L_2$  的圈数,  $R_{\lambda}$  为晶体管的输入阻抗,  $R_{\text{调}}$  为调谐回路的谐振阻抗), 但这时回路  $Q$  值显著下降, 选择性变坏; 从选择性角度考虑,  $L_2$  圈数越少越好, 但调谐回路阻抗与晶体管输入阻抗失配太大, 灵敏度显著下降。一般  $L_1$  在 60—80 圈之间,  $L_2$  为  $L_1$  的十分之一左右。

## 一、磁性天线

将调谐回路的线圈绕在磁棒上, 就是磁性天线。磁棒(磁芯)一般用铁氧体材料做成, 它的形状如图 2-2 所示。

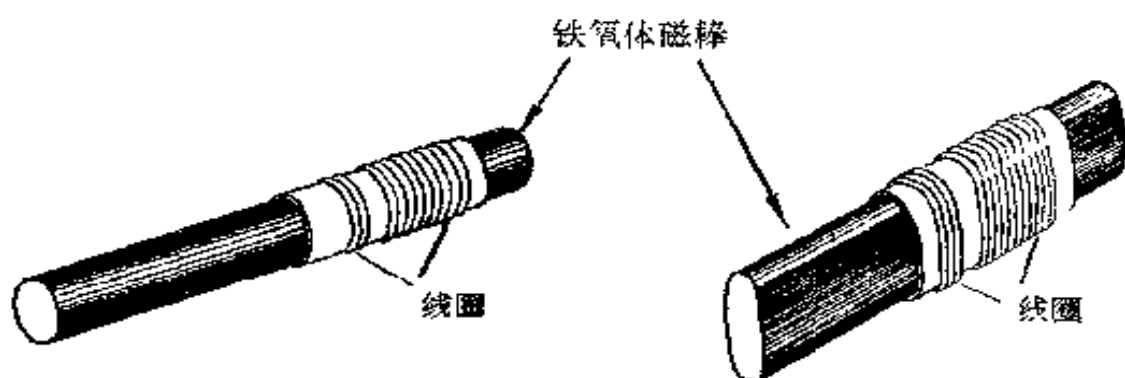


图 2-2 磁性天线

磁芯有聚集电磁波中磁场分量的能力, 在回路(调谐电路)中感应出外来信号的电动势。磁芯导磁率愈大, 则感应电动势愈大。采用磁性天线后, 回路的  $Q$  值可以提高到 200 到 300, 这就提高了收音机选择信号的能力。

磁性天线所处的方向不同时, 电磁场在磁棒线圈中所感应电动势的大小也不同, 因此磁性天线具有方向性。如图 2-3 所示, 磁棒的轴线与电波传播方向垂直, 且与交变磁力线平行, 此时接收到的信号最强。

磁性天线的这个特点, 使得晶体管收音机转动到某一方向时, 输入回路中所感受的电磁波最强, 扬声器发出的声音最

响，它还可以抑止其他由于非接收方向来的干扰，从而能有效地改善信号噪声比。

磁性天线还具有灵敏度高的特点，因此晶体管收音机广泛应用它。

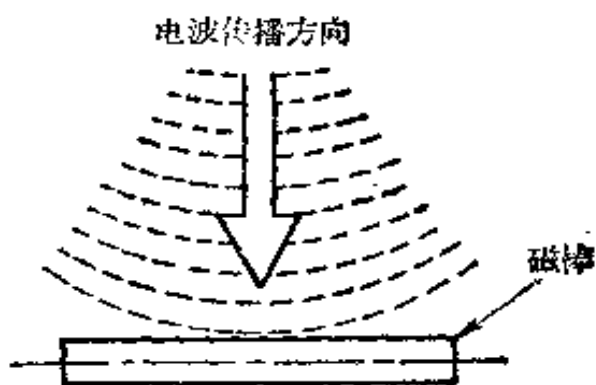


图 2-3

## 二、磁棒和线圈

磁性天线用的磁棒一般用锰锌铁氧体(呈黑色)或镍锌铁氧体(呈棕色)制成，它的环导磁率 $\mu_0$ 前者约为300—1000，后者约40—60高斯/奥斯特。所谓“环导磁率”，就是将磁性材料做成一个圆环，绕上线圈后的电感量与同样线圈绕在同样外形尺寸非磁性材料上所得的电感量之比。例如国产M<sub>x</sub>400铁氧体磁棒的 $\mu_0$ 为400适用于中波，N<sub>x</sub>40和N<sub>x</sub>60磁棒的 $\mu_0$ 分别为40和60适用于短波。国产磁棒规格见第五章第二节。

为了要尽可能增大磁芯的导磁率，磁棒应做长些。磁棒导磁率还与棒的直径 $d$ 或横截面积有关，因此常用 $l/d$ 来表示它们之间的关系。 $l/d$ 愈大磁棒导磁率愈大。

$l/d$ 与磁棒轴心导磁率 $\mu_c$ 的关系曲线如图2-4所示(环导磁率 $\mu_0$ 是参变量)。即当 $\mu_0$ 与 $l/d$ 不同时，磁棒轴心导磁率 $\mu_c$ 也不同。

当 $\mu_0$ 相同时(即磁芯材料相同)， $l/d$ 愈大，灵敏度愈高，但 $l/d$ 不可能无限大。毛主席教导我们：“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。” $l$ 大，磁力线漏失小， $\mu_c$ 是大了，但是 $l$ 太



大，机械强度小了，安装不方便，而且增大收音机体积，所以  $l$  一般为 100—200 毫米， $d$  小， $\mu_c$  是大了，但  $d$  太小，磁通容易饱和，此外  $d$  小了，线圈电感量小，匝数要多， $Q$  值降低，所以  $d$  一般为 10 毫米。

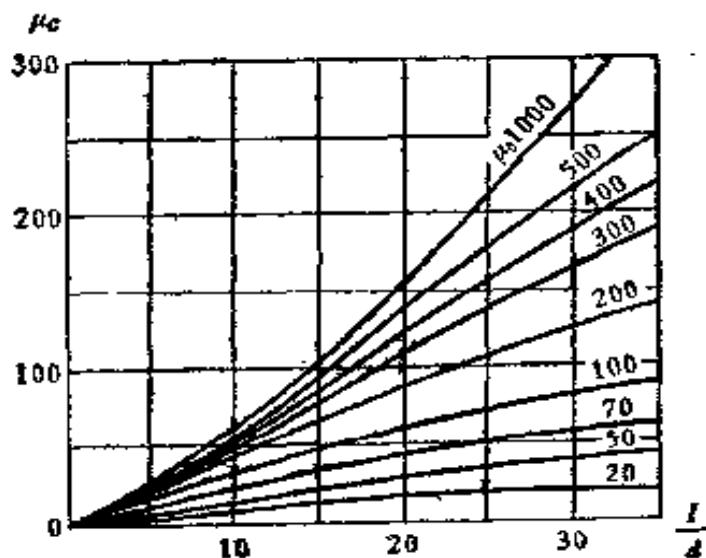


图 2-4

有时为了节省安装位置采用扁形磁棒。扁形磁棒和圆形磁棒如果具有同样的长度  $l$  和同样的截面积，效果是相同的。它们之间关系可以这样换算：宽  $D$  高  $H$  的扁磁棒截面积  $D \cdot H$

和圆形磁棒截面积  $\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$  相等，则  $d = 2 \sqrt{\frac{D \cdot H}{\pi}}$ 。

磁棒上的线圈是调谐回路的一部分，直接影响收音机的接收频率范围和性能，为了使线圈  $Q$  值高，大都采用多股漆包线绞合成的纱（或丝）包线来绕制。目前市上出售较多的是 7 股纱（或丝）包线，每股线径有 0.07 毫米，0.1 毫米及 0.13 毫米等不同规格，本书中用  $\phi 0.07 \times 7$ ， $\phi 0.1 \times 7$  及  $\phi 0.13 \times 7$  表示。某些产品中也采用其它股数（如 28 股 0.07 毫米）的纱（或丝）包线绕制。

一般地讲，绕制线圈的绞合线股数较多，线径较粗，则线圈 $Q$ 值也较高，但我们选用绞合线时不能只从单方面考虑，因线圈的电感量和 $Q$ 值还与它在磁棒上的位置有关，线圈愈趋于磁棒中心，则电感量愈大，但磁棒引起的损耗也相应增加，使 $Q$ 值减小，反之线圈愈靠近两侧，则电感量愈小， $Q$ 值愈大。所以线圈一般绕在磁棒的一侧。由此可见，如果磁棒较短，而选用股数多、线径粗的绞合线绕制调谐回路线圈，则线圈势必从磁棒的一侧延伸到中部甚至另一侧，由于这时磁棒损耗增加，故 $Q$ 值反而下降，因此应根据磁棒长短选择适当股数和线径的绞合线。

有时为了提高 $Q$ 值，从而提高收音机的灵敏度和选择性，也将调谐回路线圈分绕在磁棒的两侧。调整时通过移动线圈在磁棒上的位置来改变电感量以提高灵敏度。

### 三、几种外接天线的比较

在离电台较远的地方，有时要用外接天线来提高灵敏度。

外接天线不能直接接入调谐回路，因为外接天线对地是一个很大的电容，直接接入调谐回路相当并联一个电容，将使回路失谐，高端频率电台收不到，而且引进回路的损耗增大，

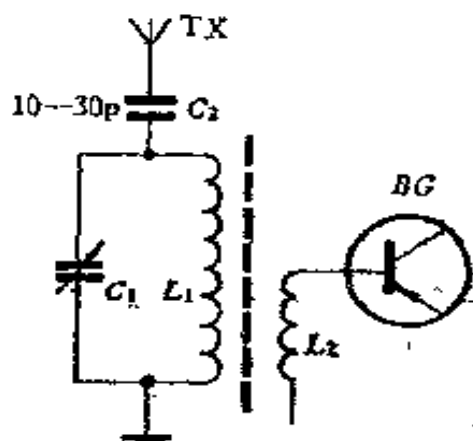


图 2-5 电容输入式

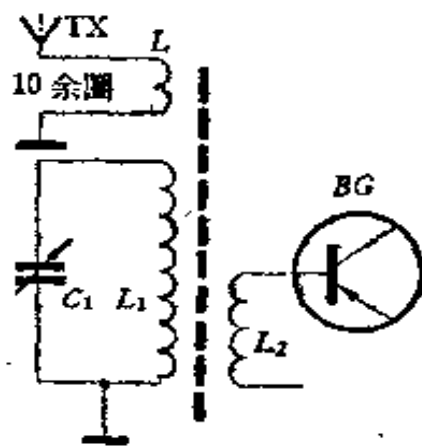


图 2-6 电感输入式

回路对电台的选择能力变坏。通常串一个 10—30 微微法小电容  $C_2$  接入回路,如图 2-5 所示;或者在磁棒上加绕十余圈线圈再接天线如图 2-6 所示;也有同时串一个小电容  $C_2$  和加绕几圈再接天线如图 2-7 所示。

这三种电路比较:电容输入式在电台频率的低端容抗较大,使低端灵敏度降低,高端灵敏度高,电感输入式与上述相反。这两种电路电压传输都不均匀,但是结构比较简单。电感电容输入式在整个频段内较均匀。它们的电压传输特性如图 2-8 所示。

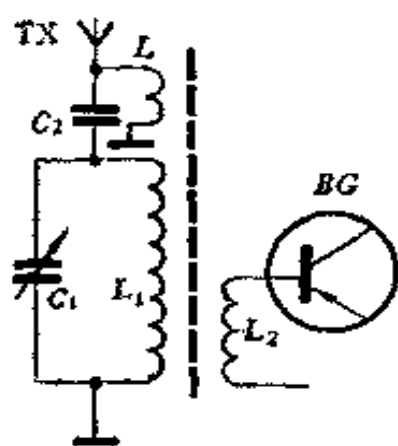


图 2-7 电感电容输入式

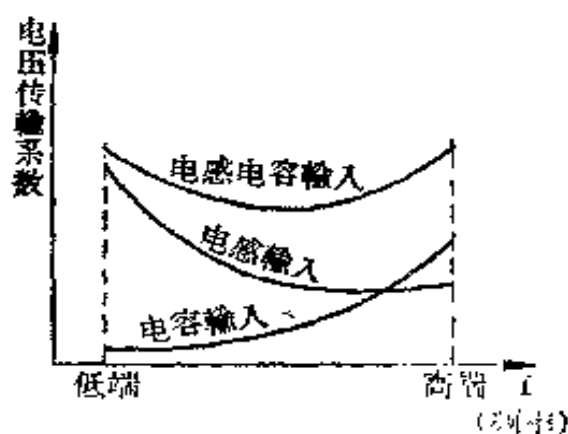


图 2-8 电压传输特性

## 第二节 晶体管来复电路

晶体管收音机从电路程式上来分,有直接放大式和超外差式两种。

直接放大式收音机一般用一至四只晶体三极管(另外加上一、二只二极管)即可装成。这种收音机,对检波前的高频信号直接进行放大,检波后的音频信号经过低频放大后送到扬声器放出声音,或者检波后的音频信号直接送到耳塞。这种电路比较简单,但灵敏度较低,适合于在离广播电台较近的

地方使用,离电台较远的地方收听,需外接天线。

在直接放大式晶体管收音机中,来复电路应用较广。它的特点是使一个管子同时起两个管子的作用,例如用一个高频三极管兼作高频放大与低频放大,因此能够节约元件,提高效率。

“来复”的工作原理,如图 2-9 所示,从天线接收到的高频信号送进晶体三极管进行高频放大,放大后的高频信号送给二极管检波,检波后所得的低频信号再加入到晶体三极管输入端,再作一次低频放大,然后送给耳机。这种放大电路叫做“来复”电路。

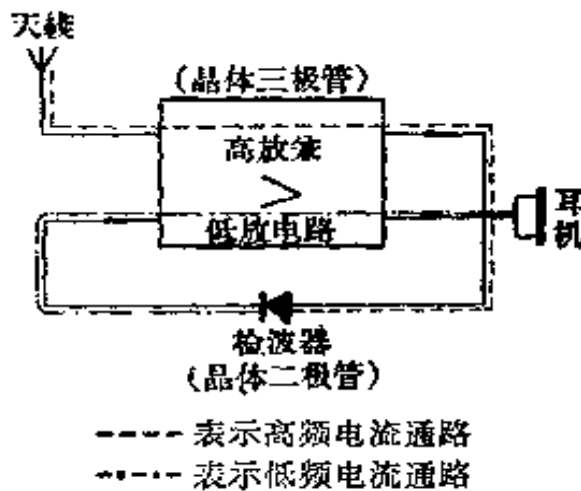


图 2-9

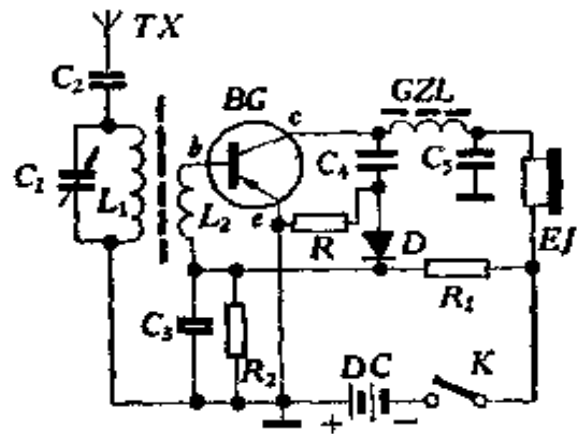


图 2-10

图 2-10 是一个来复电路,由磁性天线感应所得到的高频信号经  $L_1C_1$  调谐回路加以选择后,由  $L_1$  经磁棒耦合(变压器耦合)到  $L_2$ ,经三极管进行高频放大,放大后的信号由集电极取出,由于 GZL 对高频信号阻抗很大, $C_4$  对高频信号阻抗却很小,因此高频信号基本上经耦合电容  $C_4$  加到二极管 D 上进行检波,检波后的低频信号加到晶体三极管基极和发射极上进行低频放大,由于 GZL 对低频信号的阻抗却很小, $C_4$  对低频信号的阻抗却很大,因此经放大的低频信号通过高

频阻流圈  $GZL$  送至耳塞或者下一级放大器。

电路中各元件作用是： $R_1$  和  $R_2$  构成偏置电路，供给三极管放大电路偏流（即  $b_e$  发射结的正向偏置）；集电极电压是由电池  $DC$  经耳机  $EJ$  的线圈和高频阻流圈  $GZL$  供给。 $R_2$ （10—56 千欧）， $R_1$ （几十千欧到一百多千欧）由调整静态工作电流决定。实际检波负载应该由晶体管输入阻抗、 $R_1$ 、 $R_2$  三个电阻并联而成。

$C_2$ （10—30 微微法）是使用外接天线时用来减小天线对地电容对  $L_1C_1$  调谐回路的影响。

$C_3$ （4700 微微法—0.033 微法）是旁路电容，提供高频信号通路，让  $L_2$  上的高频信号能够顺利地通过它加到发射极  $e$ ，如果没有  $C_3$ ，则信号主要要通过  $R_2$  加到  $e$ ，在  $R_2$  上有高频信号的压降，致使信号能量损耗太大， $C_3$  同时是检波负载电容。

$GZL$ （2—5 毫亨）高频阻流圈，对高频电流起阻流作用，放大的高频电流不会通过它到耳机，而经过来复放大后的低频信号可以顺利通过它到耳机。

$C_4$ （100—1000 微微法）高频偶合电容，使高频信号可以顺利地加到检波器上去，对低频信号阻抗很大，不容易通过，这样经过来复放大的低频信号不会加到检波器上去。

$C_5$ （2200 微微法—0.01 微法）旁路电容，是把通过高频阻流圈  $GZL$  漏过来的高频信号滤掉，容量不能太大，否则音频也被滤掉而产生失真。 $C_5$  的大小对音质有影响，大一些音就沉闷些；反之音尖些。

$R$  的阻值由调整确定，主要是提供二极管的直流通路。

收音机加了来复电路以后可使增益显著提高，各级增益如图 2-11 所示。但“事物总是发展的”，如何在来复电

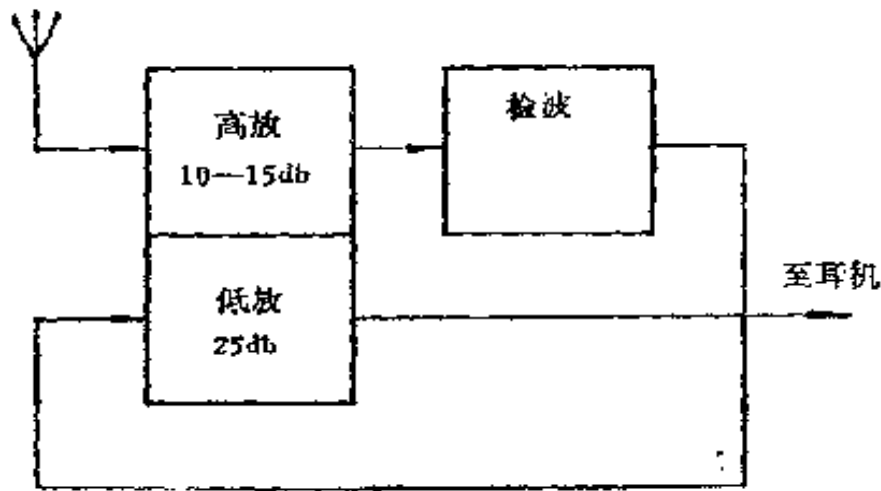


图 2-11

路上进一步提高灵敏度和选择性呢？人们往往加上“再生电路”来解决这一个矛盾。

### 第三节 晶体管再生电路

在图 2-10 的来复式电路里，如果加上  $L_3C_6$  支路，如图 2-12 所示，就成为既有来复又有再生的电路，通常称为来复再生式电路。

收音机加了再生电路后，灵敏度和选择性可有较大提高，相当增加了一级高放，可以额外增加约 15—20 分贝的增益，如图 2-13 所示。

再生原理简述如下：经过晶体管  $BC$  高频放大后的

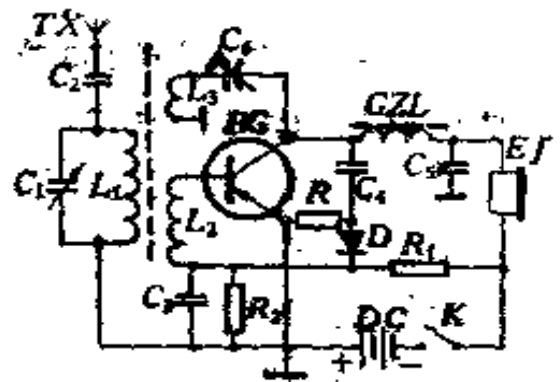


图 2-12

信号，有一路和前节讲的一样，经过耦合电容  $C_1$  去供给检波器  $D$  进行检波，另外还有一路从集电极经  $C_6L_3$  到地即回到发射极  $e$  成为回路，电感  $L_3$  和  $L_1$  绕在同一根磁棒上，而且绕向

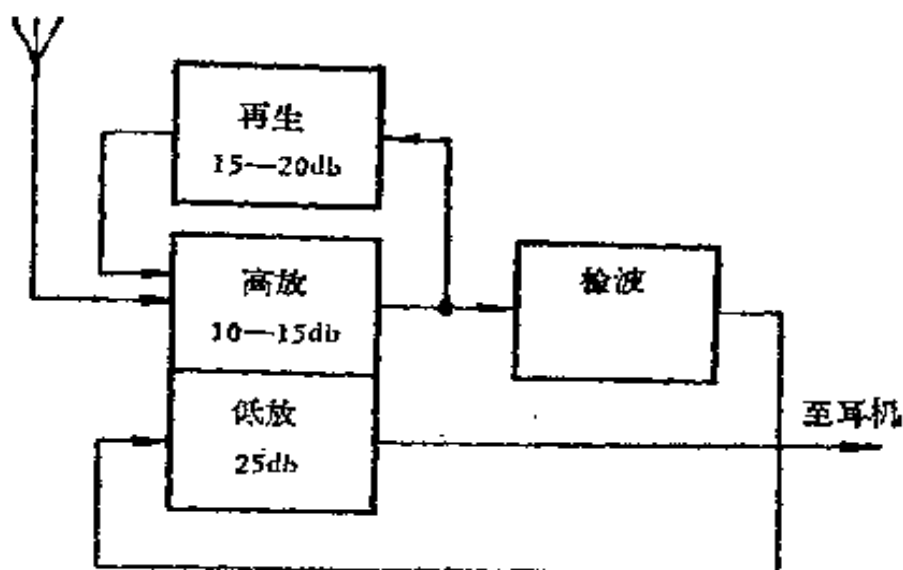


图 2-13

相同，所以经过放大的高频信号流过  $L_3$  时就会感应到  $L_1C_1$  调谐回路上去，从而使回路的高频信号得到进一步加强，加强了的信号再送到晶体三极管进行高频放大，放大后又反馈到  $L_1C_1$  回路，这种来回过程结果使信号大大加强了，这种过程就叫“再生”。 $C_6L_3$  就是再生回路。如果  $L_1L_3$  绕向相反，信号反而减弱。

毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导，一进了门就要抓住它的实质，这才是可靠的科学的分析方法。”

再生作用的实质是：通过  $C_6L_3$  向输入回路补充了能量，相当于使  $L_1C_1$  调谐回路的高频损耗减小， $Q$  值增加，从而提高了灵敏度和选择性。再生强弱（也就是反馈的大小）直接影响灵敏度的高低和选择性的好坏。在一定范围内随着再生增强，灵敏度和选择性也随着提高，当灵敏度和选择性达到最佳点时，这时的再生称为临界再生，当超过临界再生即再生过强时矛盾发生转化，放大器成了振荡器，耳机就发出哨叫声，破坏了正常收音。

那么如何来控制再生信号的强度呢？对于图 2-12 的电路，我们可以调整再生电路的微调电容  $C_6$  的大小或者调整  $L_3$  与  $L_1$  耦合的松紧程度来控制再生强度。 $C_6$  调大（或  $L_3L_1$  耦合紧）再生强；反之再生弱。工作电流大小对再生也有一定影响。通常调到要叫未叫这一点（临界再生），或稍低于这一点。

“当着人们已经认识了这种共同的本质以后，就以这种共同的认识为指导，继续地向着尚未研究过的或者尚未深入地研究过的各种具体的事物进行研究，找出其特殊的本质，这样才可以补充、丰富和发展这种共同的本质的认识，……”

再生电路除了上述以外，还有很多种，常用的一种方式是通过电容  $C_6$  耦合，送至电感线圈  $L_3$  中去，或者送到线圈  $L_1$  抽头中去，如图 2-14 所示。或者  $C_6$  直接接到  $C_1$  定片上，也可以由集电极引出一根绝缘导线缠绕到调谐电容  $C_1$  的定片引线上形成，如图 2-15 所示。

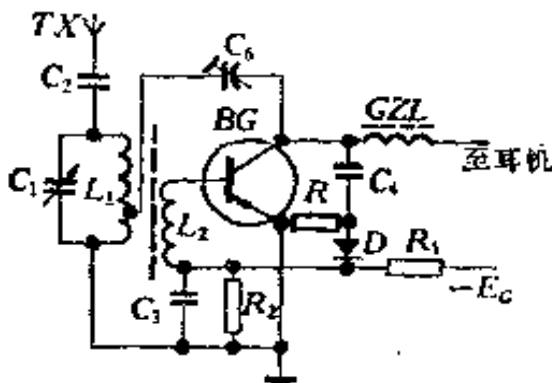


图 2-14

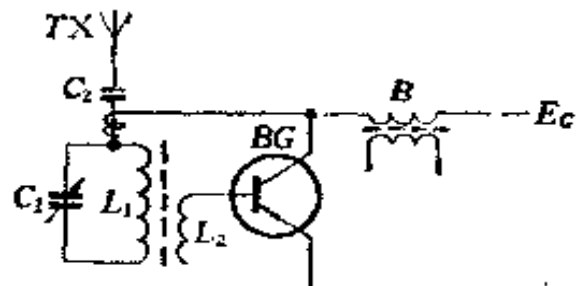


图 2-15

这些电路的特点是简单，但灵敏度在整个接收波段范围内不够均匀，往往频率高端灵敏度较高，而频率低端灵敏度较低，这是由于再生电路的电容  $C_6$  所致，频率愈高，容抗愈小，反馈就愈大；反之频率愈低，则反馈愈小。所以调试低端时，往往改变高频阻流圈  $GZL$  或高频变压器  $B$  的角度和位置来



取得配合，因为它实际可增加电感性反馈，加强了低端耦合，改进均匀度。

还有一种用得比较多的电路，如图 2-16 所示，高频信号由发射极通过电感  $L_3$  反馈到输入回路，这种电路特点是反馈量很强，线圈  $L_1$

几乎只要在磁棒上绕一、二圈就可以了，调节  $L_3$  和  $L_1$  相对位置即耦合松紧可以调节反馈量的大小。此外，这种电路的稳定性比较好，在整个波段灵敏度比较均匀。

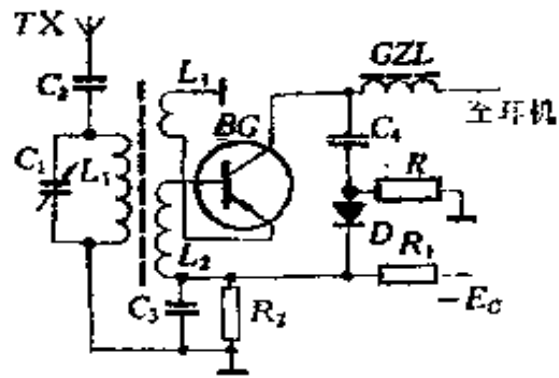


图 2-16

#### 第四节 倍压检波电路

如何进一步提高来复再生式收音机的效率呢？

人们在检波二极管  $D_1$  处，再接入一个二极管  $D_2$ ，就成为倍压检波电路了，如图 2-17 所示。倍压检波比一般检波器输出电压几乎大一倍，效率高，所以音量可以进一步提高。

为了说明倍压检波原理，我们把图 2-17 中倍压检波电路用图 2-18 进行分析。

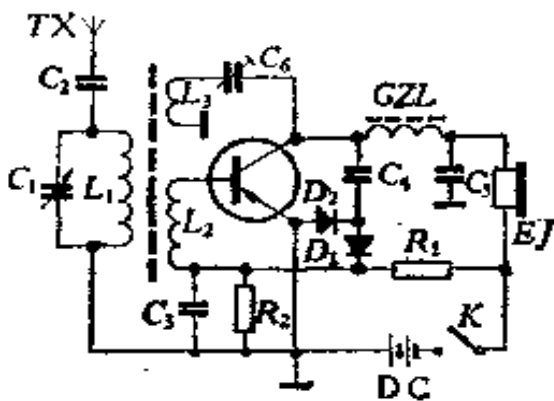


图 2-17

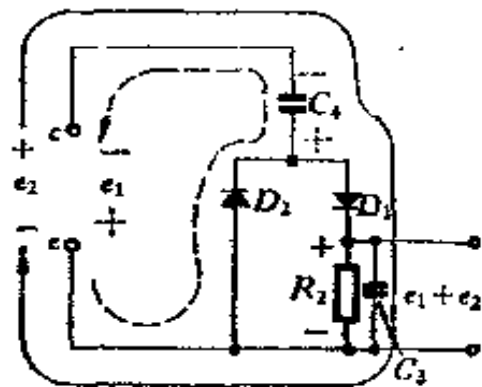


图 2-18

被高频晶体三极管放大的高频信号，从集电极  $c$  和发射极  $e$  之间取出。当信号在负半周时设为  $e_1$  (上负下正)，信号按虚线方向经过检波管  $D_2$ ，向电容  $C_4$  充电， $C_4$  上的电压极性为上负下正。当信号在正半周时设为  $e_2$  (上正下负)，信号源的电压与电容  $C_4$  上充得电压接成串联，然后按实线方向通过检波管  $D_1$  和检波负载  $R$  构成的回路 ( $R$  即  $R_1$ 、 $R_2$  和晶体管输入阻抗并联而成)，因此负载上的电压几乎等于  $e_1 + e_2$ ，这就是“倍压检波”。

检波后的电压除了有用的低频信号之外，还有直流分量，它的大小与外来高频信号的强弱成正比，电台的信号强，直流电流就大，反之直流电流就小。

倍压检波的两个二极管为什么要如图 2-17 这样接法，如果反接又怎么样？下面我们讨论这个问题。

收音机的音量大小和外来的高频信号强弱有关，外来信号强时，声音就响亮；反之，声音就细小。如果信号很大，经检波后的信号也大，进行低频放大往往会产生失真。为了使收音机对强弱信号都能同样收听，在信号强度变化时，也能大体维持一定的音量，在收音机电路上就要加置“自动增益控制电路”。它的原理是：当输入信号很大时，它设法把管子的发射结偏压减小一些；在信号微弱时，将偏压增高，使放大倍数提高。这样，音量大小的差别就不会很显著。图 2-17 倍压检波的接法可以同时起到这种自动增益控制的作用。由于二极管流经  $R_2$  的检波电流的方向，与流过  $R_2$  的直流偏置电流的方向，恰好是相反的。当外界信号很强时检波电流增加，它在  $R_2$  上的直流分量抵消一部分偏流，相对地减小发射结的偏压；反之，就增加偏压，因此起了自动增益控制的作用。如果二极管反接，则在  $R_2$  上检波电流的流向将与直流偏置电流的流向是一致的，显然，当信号增强时，发射结偏压加大，不仅没

有自动增益控制作用,而且会产生哨叫,电路不稳定。当三极管使用硅  $n-p-n$  管时,就要用硅二极管检波而且二极管和电池极性都要反接。

倍压检波多了一个二极管而音量增加很多,所以在直接放大式收音机中得到广泛的应用。

## 第五节 几种直接放大式收音机电路

毛主席教导我们：“因为懂得了全局性的东西,就更会使用局部性的东西,因为局部性的东西是隶属于全局性的东西的。”下面介绍几种直接放大式电路,可以帮助我们进一步熟悉前面几节讨论的来复、再生、倍压检波电路的原理。同时可以供我们实验装制时参考,这些电路有些有再生,有些没有,有些用了倍压检波,有些又没用,各有各的特点,装制时可以根据具体情况选择或变化。

### 一、636型单管晶体管收音机

这种单管机结构简单小巧,携带方便,收听频率范围535—1605千周,整个收音机装在 $95 \times 62 \times 29.1$ 毫米<sup>3</sup>的彩色小塑料盒里,电路如图2-19,原理简述如下:

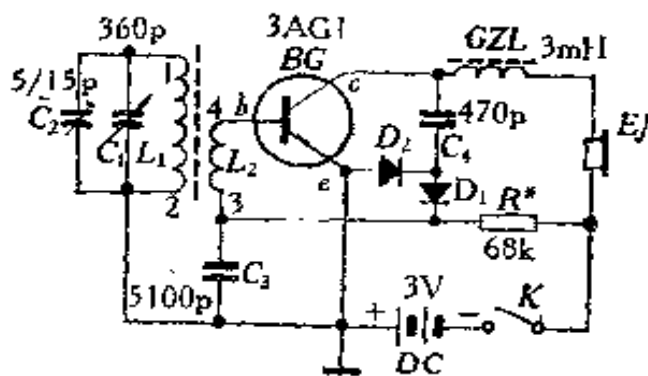


图2-19 636型单管收音机电路

高频晶体三极管  $BG$  作来复放大,信号由调谐回路  $L_1C_1$  选出来感应到次级  $L_2$ ,再加到晶体管  $BG$  的基极和发射极之间进行高频放大。放大后的高频信号,经过耦合电容  $C_1$  加到

二极管  $D_1$ 、 $D_2$  组成的倍压检波电路进行检波，检波后的低频信号又被送入晶体管  $BG$  基极，由它再作一次音频放大。电容  $C_3$  使  $L_2$  上的高频信号能够顺利地加到基极与发射极之间。高频阻流圈  $GZL$  用来阻止高频通过，低频则畅通无阻，因此放大后的低频信号能够顺利地通过它送进耳塞。

$BG$  为高频晶体三极管 3AG1 或其他型号，检波用二极管  $D_1$ 、 $D_2$  为 2AP 型，磁性天线用 7 股  $\phi 0.07$  毫米丝漆包线在  $M_4 \phi 10 \times 70$  毫米圆型磁棒上绕 60 圈为  $L_1$ ，再同向绕 12 圈为  $L_2$ ，如图 2-20。

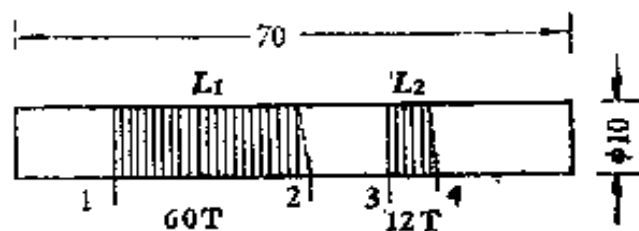


图 2-20 636 型磁性天线

高频扼流圈  $GZL$  用  $\phi 0.13$  漆包线在  $M_4 \phi 6 \times 15$  磁芯上密绕 300 圈(这时电感量约 3 毫亨)， $C_1$  微调电容是调节频率范围用的，也

可以省去。电源 3 伏用 5 号电池 2 节，总耗电为 2 毫安。

$R$  偏流电阻的阻值在调整后决定，调整时可用一个电位器(50—100 千欧)再串一个电阻 10—30 千欧(保护管子)调到耳塞听到播音声最响时，即可定下阻值，换上固定电阻，通常管子  $\beta$  低的阻值偏小些。图中\*标记表示该电阻的阻值由调整后决定。

如果在  $BG$  集电极回路中串入一个毫安

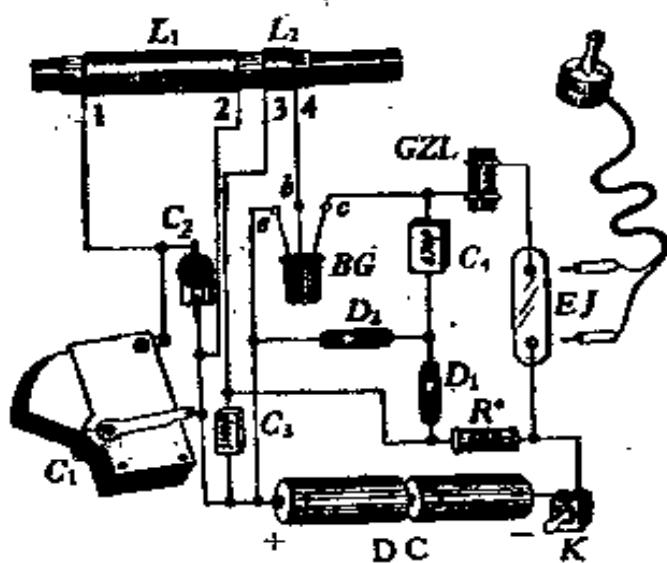


图 2-21 单管收音机实体接线图

表,当改变  $R^*$  时,就可看到  $BG$  集电极电流  $I_c$  也随着变动,通常  $I_c$  在 1.5 毫安左右时耳塞听到的声音最佳。

图 2-21 是单管收音机的实体接线图,电路图按照图 2-19。

## 二、68-1 型单管晶体管收音机

68-1 型外形更为小巧精致,采用密封单连,层迭电池,以及小型高频变压器,配上印刷电路,灵敏度较高,且收听中波均匀、稳定。其外形、结构和印刷电路如图 2-22 (1)、(2)、(3) 所示,电路如图 2-22 (4)。

这是一个有来复兼有再生的电路。在这里来复是通过高频变压器  $B$  耦合来实现的。它一方面将高频信号耦合给二极管  $D$  进行检波,而变压器的初级线圈  $L_1$  又为低频信号送入耳机提供了通路。再生作用是通过集电极加到调谐电路的再生电容来实现的,这里的电容器就是采用前面图 2-15 所示的方法。

“尤其重要的,成为我们认识事物的基础的东西,则是必须注意它的特殊点”。那么我们现在讨论的这个电路究竟有什么特殊点呢?

这个电路和前面讨论来复电路不同点在于:放大管  $BG$  和检波管  $D$  之间采用高频变压器耦合,检波也没有用倍压检波。这样做,二极管  $D$  不直接与三极管  $BG$  的基极相接,而要通过电容  $C_1$  耦合,三极管和二极管没有直接联系,可以使两者各处于最佳工作状态。并可恰当增加至二极管的电压,从而提高二极管检波效率,省去了一个二极管  $D$ ,采用高频变压器,使晶体三极管的高频负载阻抗也比较匹配,所以效果比较好。

$R_1$  和  $R_2$  组成偏置电路,  $R_1$  作调整工作点用,调整时使

声音最响，或者观察  $I_c$  约为 1 毫安（在 0.3—1.2 毫安之间即可）， $C_3$  旁路电容用来使  $L_2$  上的高频信号能够顺利地加到基极和发射极之间。

这里耳塞孔兼作电池开关，为了缩小体积，所以电源使用现成的 6 伏层叠电池，如用 5 号电池两节（3 伏）也可，但要重新调整  $R_1$ 。

高频变压器初次级线圈的圈数比采用 1:1.5，用  $\phi 0.08$  漆包线绕制，次级 300 圈，初级 200 圈绕在 T 型磁芯上，外面不用屏蔽如图 2-22 (5) 所示，磁芯  $M_4$ ， $\phi 3 \times 5$ 。

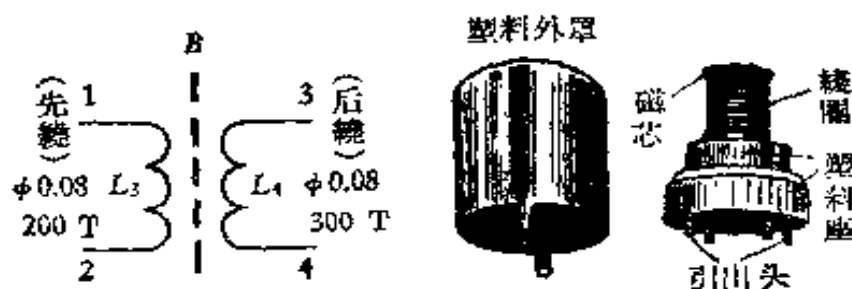


图 2-22 (5) 高频变压器

高频变压器制作好坏主要决定于磁芯材料、圈数比和安装位置，它对晶体管收音机的稳定性、灵敏度和选择性有直接影响。圈数比选择得合适对灵敏度和选择性都比较好，但是再生过强灵敏度太高也会影响稳定性，一般圈数比选在 1:2—1:0.7 之间。制作好坏还影响整个波段灵敏度的均匀性。

再生电容可用  $\phi 0.6—0.8$  短铜线上套一塑料管，上面绕  $\phi 0.31$  漆包线十几圈，带有漆包线的塑料管拉出拉进（相对于短铜线），可以调整再生。

$C_1$  采用 7/270 微微法密封单连，配合磁性天线构成输入回路。磁性天线使用扁型磁棒，磁棒上用  $\phi 0.07 \times 7$  丝漆包线绕 82 圈为  $L_1$ ，绕 7 圈为  $L_2$ ，间距 3 毫米，如图 2-22 (6)。

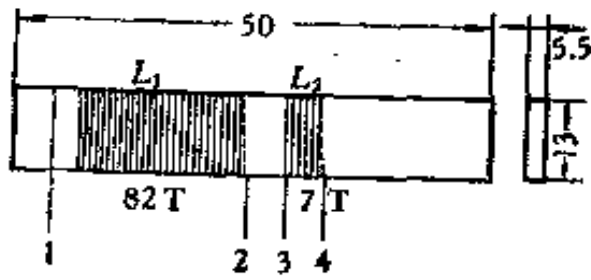


图 2-22 (6) 68-1 磁性天线

### 三、阻容耦合两管晶体管收音机

这里介绍业余爱好者装置的两管机,特点是元件省,电路简单,容易做,在 10—20 平方米室内可以收听。级间采用阻容耦合虽较变压器效率低些,但体积小,经济。也可以装成袖珍式。方框图如图 2-23,电路图和实体接线图如图 2-24。这

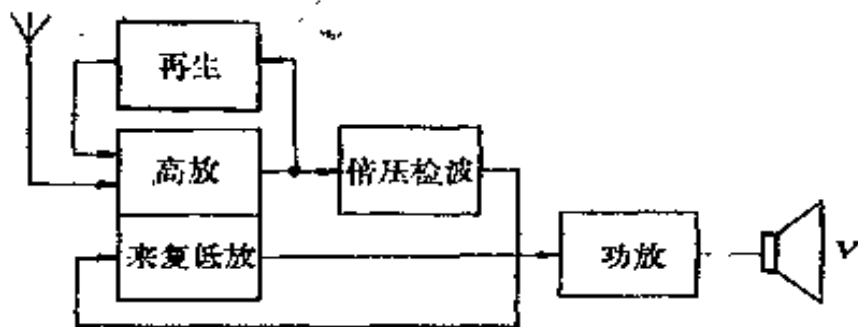


图 2-23 两管收音机方框图

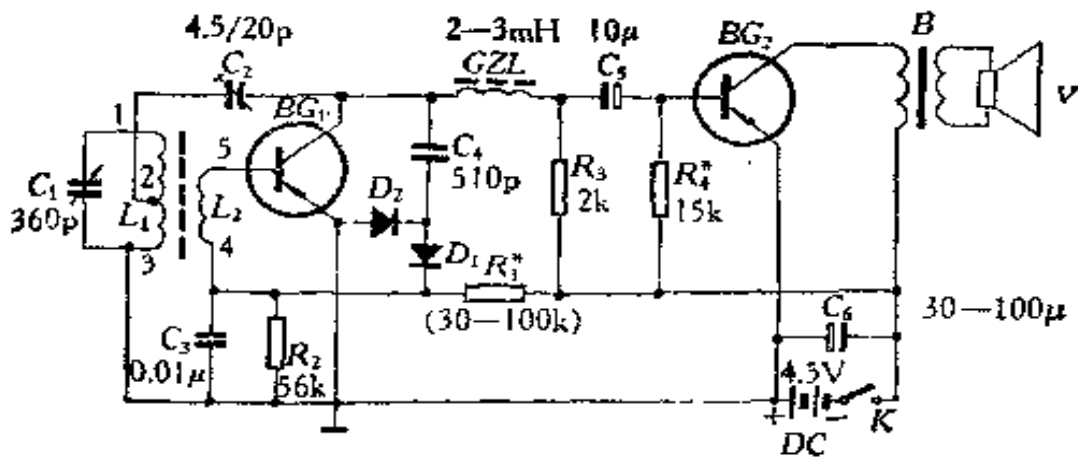


图 2-24 (1) 两管收音机电路图

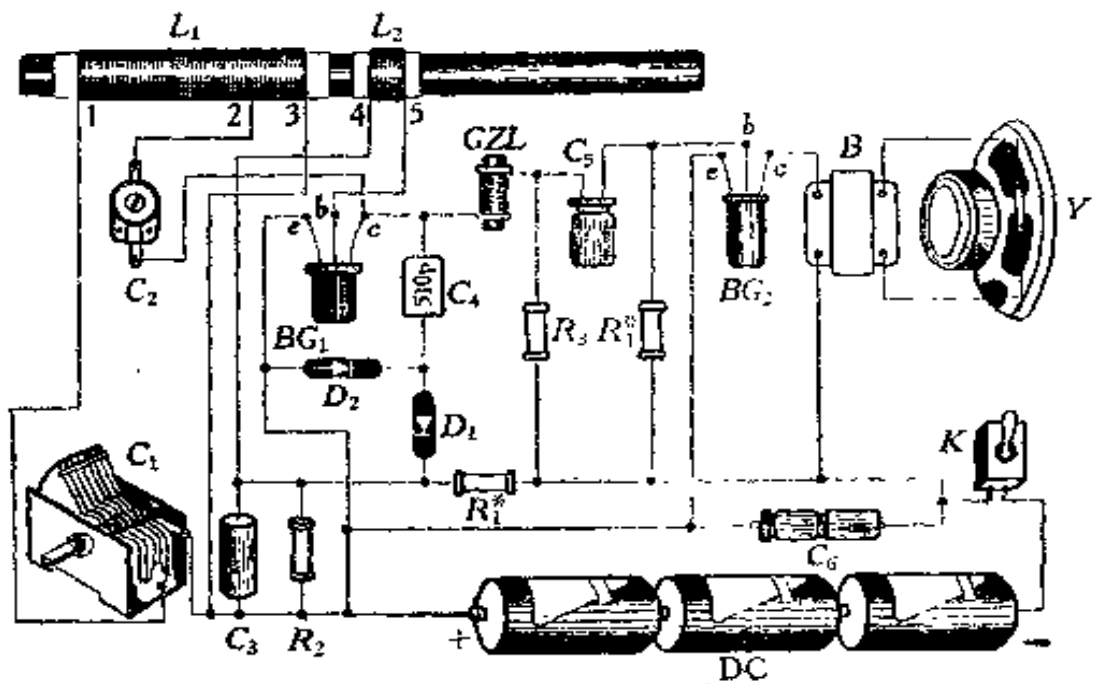


图 2-21 (2) 两管收音机实体接线图

个电路具有来复、再生和倍压检波，而且增加了功率放大，因此输出功率较大。

这一部分原理、元件作用和前面几节讨论过的几乎完全相同。所不同的经过来复音频放大的信号通过高频阻流圈后不是送给耳塞，而是由阻容偶合到下一级低频管  $BG_2$  的基极作功率放大，由集电极输出的功率再去推动扬声器  $Y$ 。输出变压器  $B$  用来保证管子和扬声器阻抗匹配以取得最大功率。

对功率放大器的要求就是要供给负载(这里是扬声器)最大功率。

$R_3$  是  $BG_1$  放大器的低频负载电阻，一般为几千欧 (1.2—2 千欧)。  $C_5$  是隔直流电容，它避免集电极的高压加到下一级放大管  $BG_2$  的基极而破坏下级的正常工作，但它又得让音频信号顺利通过，所以起偶合作用，又称偶合电容。容量一般取 3—10 微法，才能在整个音频范围内把它看成短路，为了得到好的低频特性，  $C_5$  可以用大一些。  $C_6$  (30—100 微法) 旁路电容，当电池用旧了内阻增加，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。 $R_4$ 是放大管 $BG_2$ 的偏流电阻。

$R_1$  (30—100 千欧) 偏流电阻,管子差些,阻值用低些, $R_1$ 由调整 $BG_1$ 工作点决定,调整方法和前面调整单管机一样,听声音最响或者集电极电流 $I_{c1} = 1—1.5$ 毫安。

$R_4$  (12—20 千欧)是 $BG_2$ 的偏流电阻。 $R_4$ 是决定 $BG_2$ 的直流工作点的,这里用一个15千欧电阻,它可以由调整决定(听声音不失真而且响),另外,也可以用电流表来调整,一般说这里功放级 $BG_2$ 集电极电流 $I_{c2}$ 在8—12毫安之间为宜。这里还应该指出一点,对甲类功放管来说,有信号输出与无信号输出时的集电极直流电流应该相同(管子集、射极之间的直流电压也应相同),根据这一原理我们可以判断 $BG_2$ 是否处在甲类功放状态。如果有信号时 $I_{c2}$ 变大,则工作点太低,应减小 $R_4$ ;反之,工作点太高,应增大 $R_4$ 。为了省电,在管子处在甲类工作状态的前提下,使工作点适当低些。

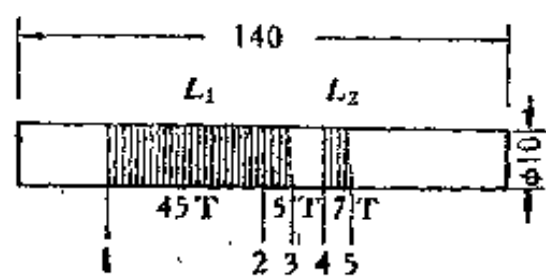


图 2-25 两管机磁性天线

磁性天线如图 2-25 所示。

用 $\phi 0.07 \times 7$ 丝漆包线在 $M_4 \phi 10 \times 140$ 磁棒上绕 50 圈为 $L_1$ ,在 45 圈处抽一头, $L_2$ 在可移动线圈的骨架上绕 7 圈, $L_1$ 、 $L_2$ 均系单层密绕。

绕法: 在磁棒上卷上一层牛皮纸作线圈骨架,以同一方向绕制 $L_1$ 、 $L_2$ ,移动线圈 $L_2$ 可以在牛皮纸的骨架下先卷一圈纸,绕好后抽出这圈纸即可左右移动。调整时,调节到不串台,音量大大为止,这时在移动骨架和磁棒间点一点蜡即可封住。

高频扼流圈 $GZL$ 电感量为 2—3 毫亨,在 $M_4 \phi 6 \times 12$ 磁芯上用 $\phi 0.07 \times 3$ 或单股 $\phi 0.13$ 左右漆包线乱绕 300—500 圈。

输出变压器采用 EI 型矽钢片,截面积  $6 \times 8$  毫米<sup>2</sup>,初级用  $\phi 0.15$  漆包线绕 600 圈,次级用  $\phi 0.35$  漆包线绕 116 圈(配 8 欧音圈的扬声器)。

高频阻流圈安装位置应远离磁性天线,并且相互垂直,调整高频扼流圈角度和位置,以取得合适低端灵敏度,高端调整微调电容  $C_{20}$ 。

#### 四、几种常用四管晶体管收音机

前面我们讨论了一管到两管的几种直接放大式电路,有的没有功率放大,有的有功率放大(仅是甲类单边功率放大),使用单边功率放大时,不管有无信号,总是从直流电源取出很大能量,其中只有很小一部分输送给扬声器发出声音,大部分消耗在集电极变成热量,所以效率很低。

由于三极管允许的集电极耗散功率一般较低,因此,用小功率的单边功率放大难以得到大的功率输出,而且效率又低,电池消耗快,所以晶体管收音机普遍采用推挽功率放大。直接放大式电路在来复、再生和倍压检波的基础上,加装推挽功率放大电路成为四管机。推挽功率放大电路如图 2-26 所示。

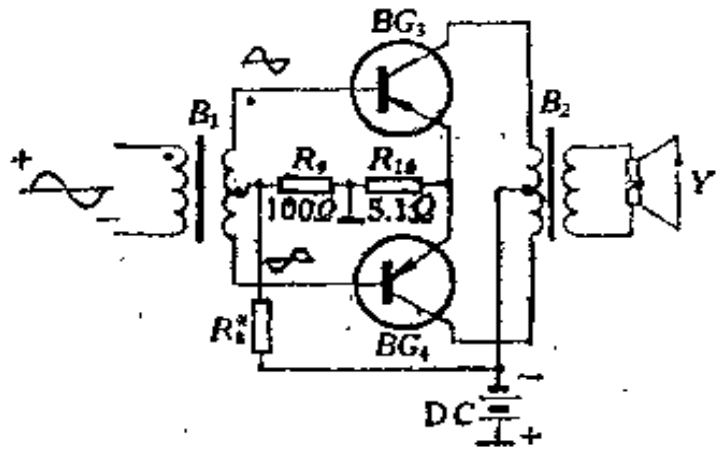


图 2-26 推挽放大

在推挽功率放大器中,晶体管工作在乙类状态,即两只管子无信号时,处于截止状态(即基极对发射极的电压为零)。在有信号时,晶体管  $BG_3$ 、 $BG_4$  就轮流工作,在信号正半周时,上边管子相当基极加了正电压(发射结加了反向偏置),所以

不工作,而下边管子基极加负电压,因此工作,对信号进行放大,放大的电流通过  $B_2$  耦合到扬声器;在信号负半周时与上述相反,下边不工作,上边工作,总的结果还是在扬声器上得到完整的信号。

由此可见两只管子在无信号时处于截止状态,不消耗能量,所以效率大大提高,算进变压器损耗,效率也有 50—60%,不象前面介绍的单边功率放大效率只有 20%,但是考虑到乙类工作状态在小信号时,工作在特性曲线弯曲部分会产生交越失真(详见“晶体管放大与振荡电路”第二章),因此在无信号时,基极给以一定的偏流,所以推挽功放实际是甲乙类工作状态,如 3AX31 作甲乙类放大时,两管静态工作电流为 2—4 毫安。

推挽放大不仅提高了效率、省电,而且输出功率增大,3AX31 作单边功率放大时,输出功率只有几十毫瓦,而作推挽放大时,输出功率就有将近一二百毫瓦。

再介绍一下图 2-26 推挽功率放大电路中元件的作用和要求:  $B_1$  是输入变压器,与前一级偶合并起阻抗匹配作用,同时还起倒相作用,对称地供给推挽管。 $B_2$  是输出变压器,和  $BG_3$ 、 $BG_4$  相接,对称地供给扬声器,阻抗匹配保证输出最大功率。中间抽头都要求对称,两只管子参数(如  $\beta$ ,  $I_{CBO}$  等)也要求对称,否则就会产生失真。

$R_6$ 、 $R_7$  是  $BG_3$ 、 $BG_4$  的分压偏置电路,调整  $R_8$  使  $I_{C3,4}$  为 2—4 毫安(电流表串接在输出变压器  $B_2$  初级中心抽头与电源负极之间)。

$R_{10}$  发射极电阻,起稳定工作点的作用,一般只有几欧(可以拆一个线绕电阻上的电阻丝自绕),大了会严重地降低放大倍数和减小输出功率。也有在  $R_9$  上并联热敏电阻(负温度系数)可以补偿工作点随温度的变化。其原理简述如下:

当环境温度升高时，集电极电流会增大，但同时并联在  $R_9$  上的热敏电阻随温度的升高而阻值减小，造成偏置电压减小，从而使基极电流减小，结果集电极电流也随之减小，起到温度补偿作用。

下面介绍四管晶体管收音机的一些产品。图 2-27 是它们的方框图。电路如图 2-28, 2-29, 2-30 (1), 2-31 (1) 所示。

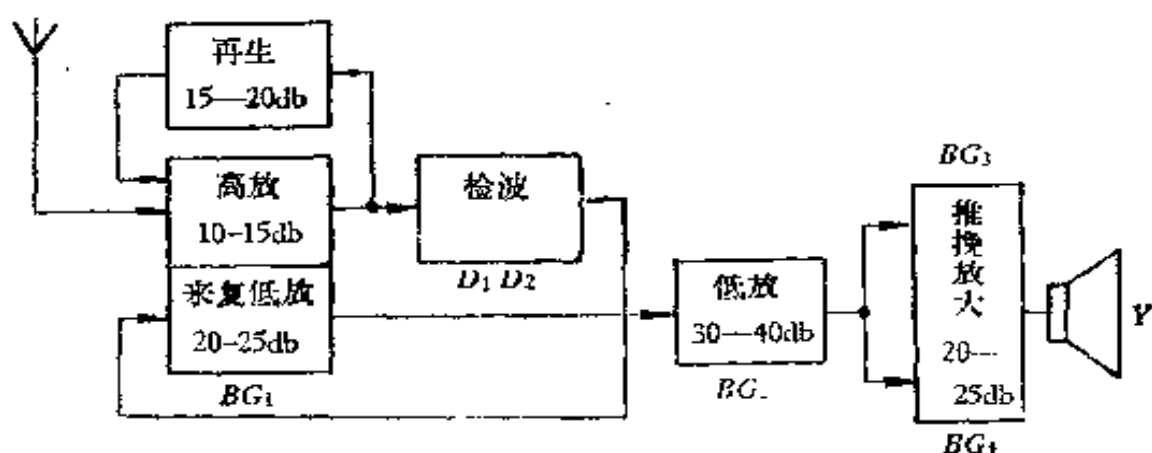


图 2-27 来复再生式四管机方框图

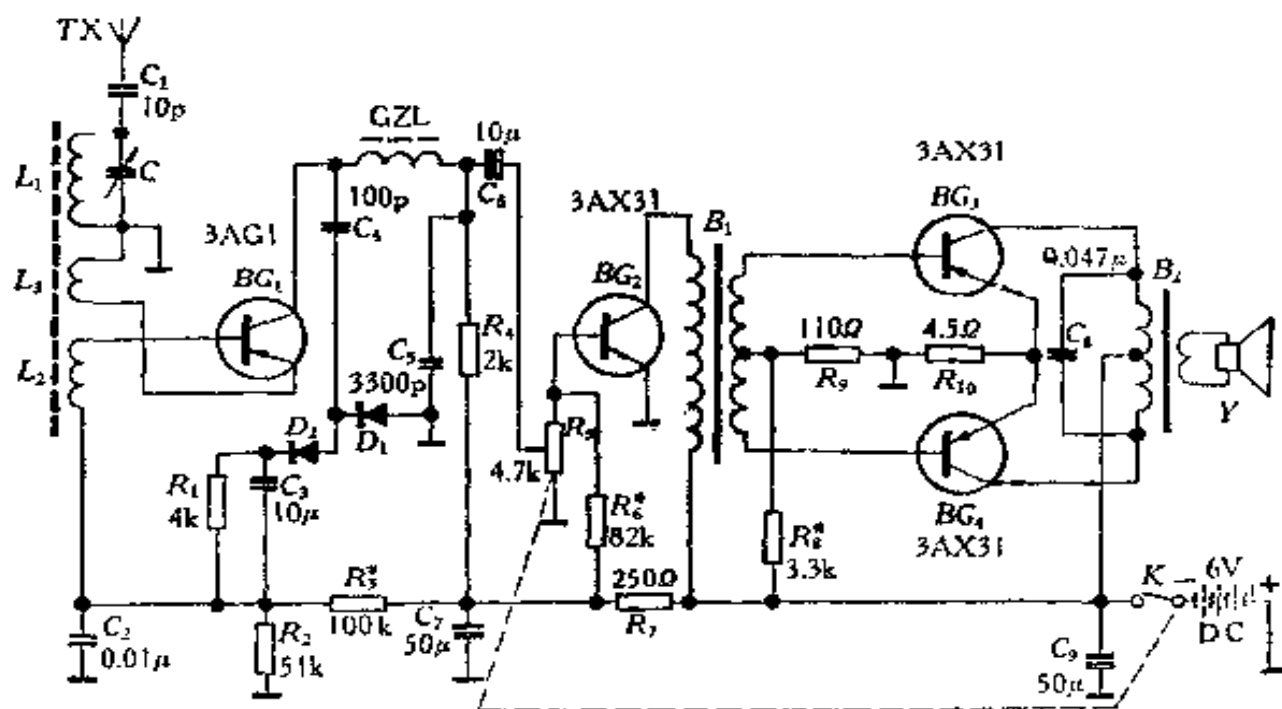


图 2-28 6S-4 型晶体管收音机电路图

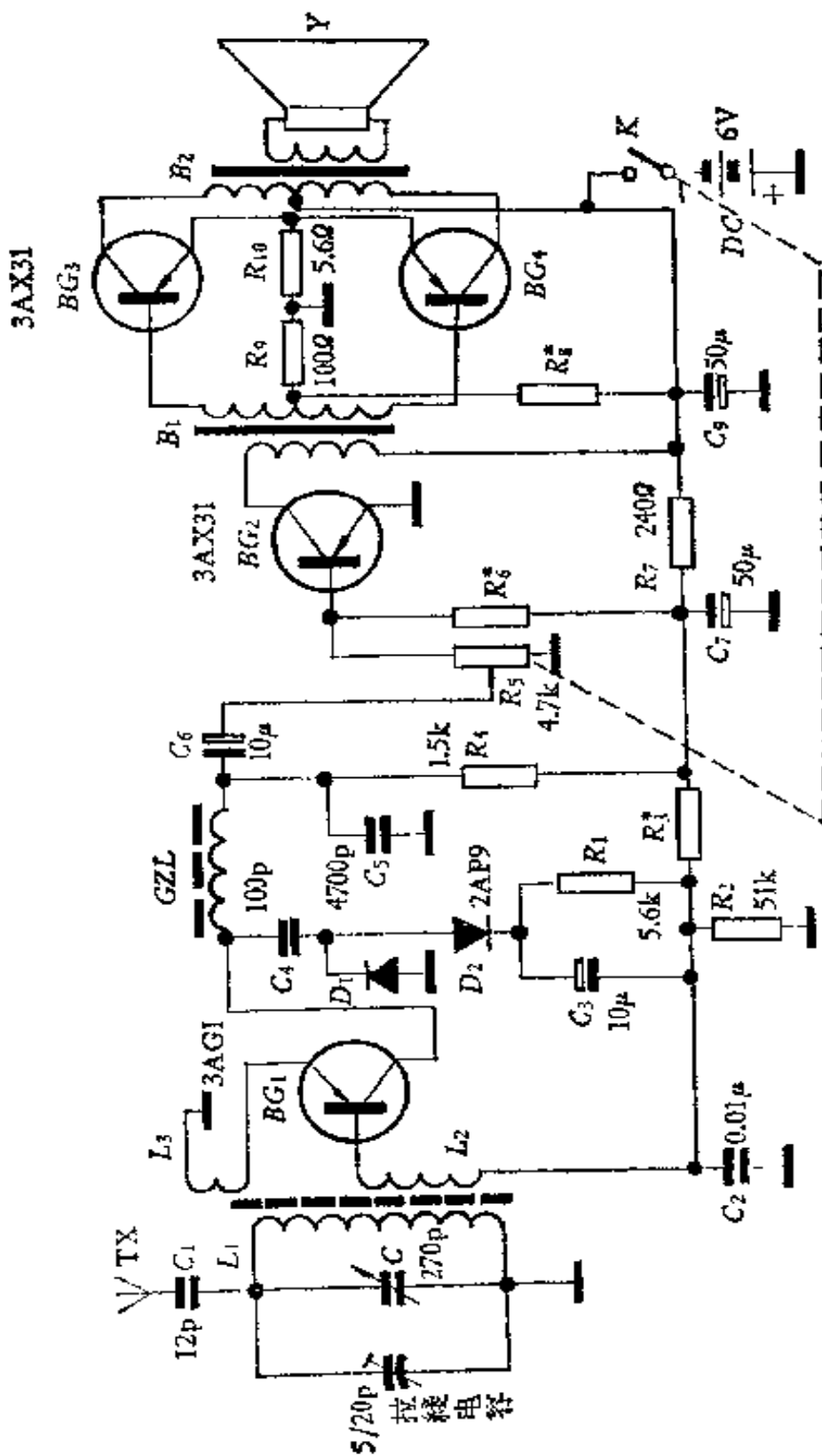


图 2-29 P694 型晶体管收音机电路图

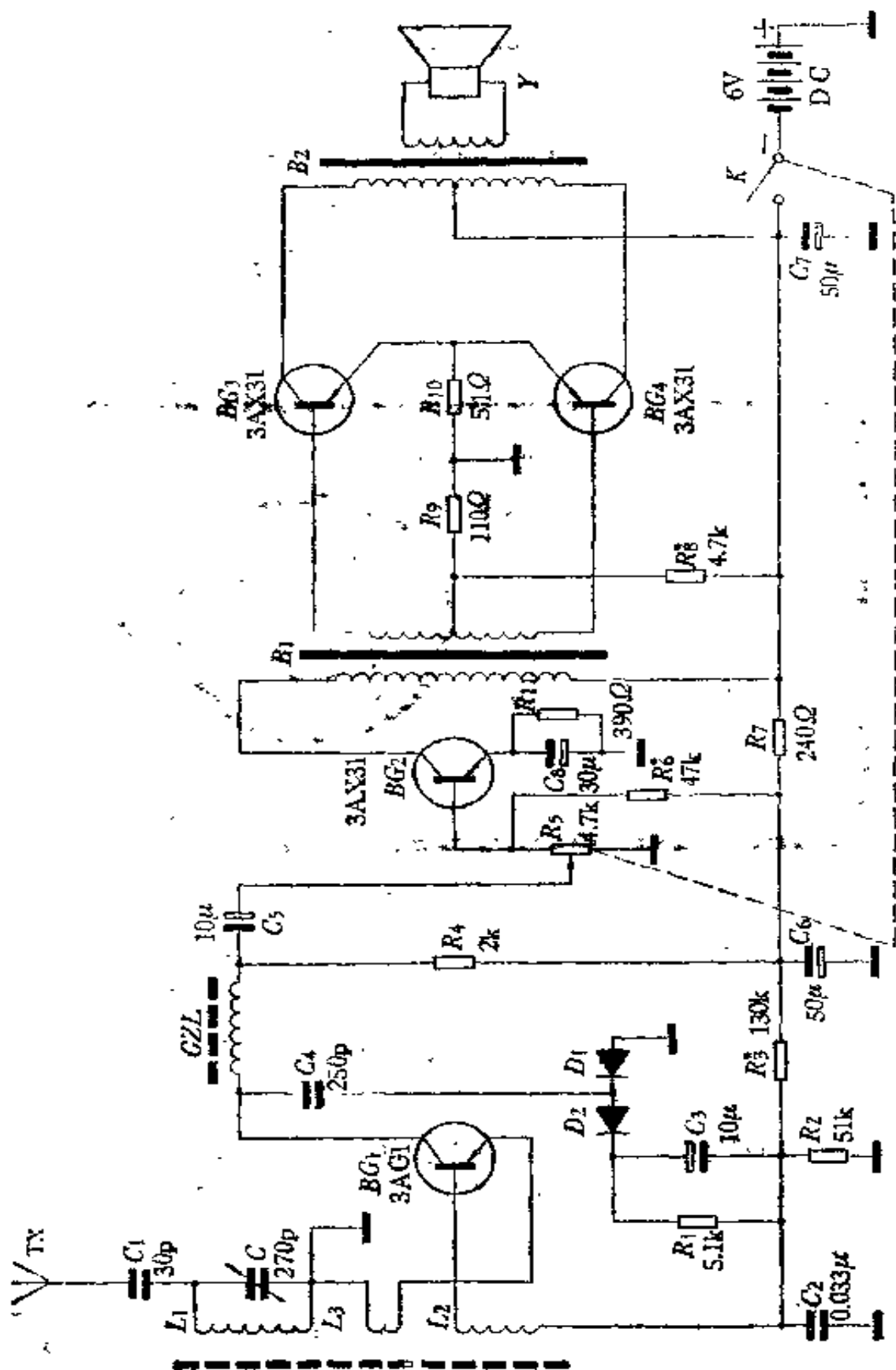


图 2-30 (1) MG69-4 型晶体管收音机电路图

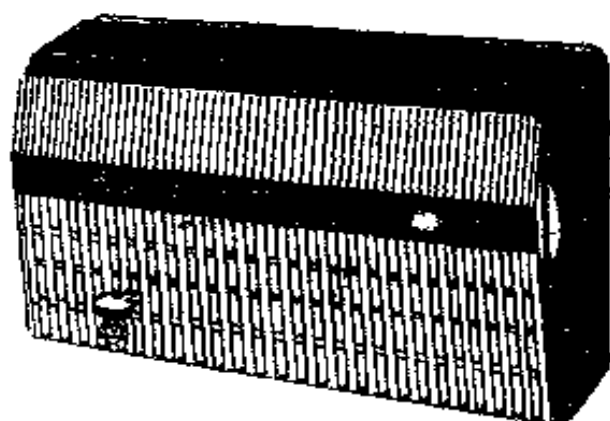


图 2-30 (2) MG69-4 型外型

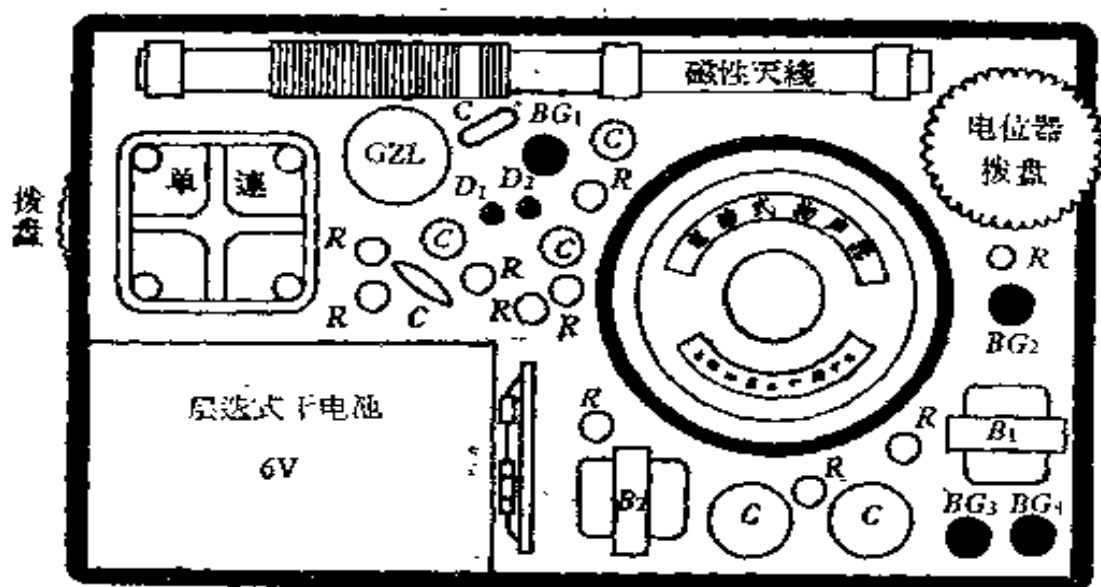
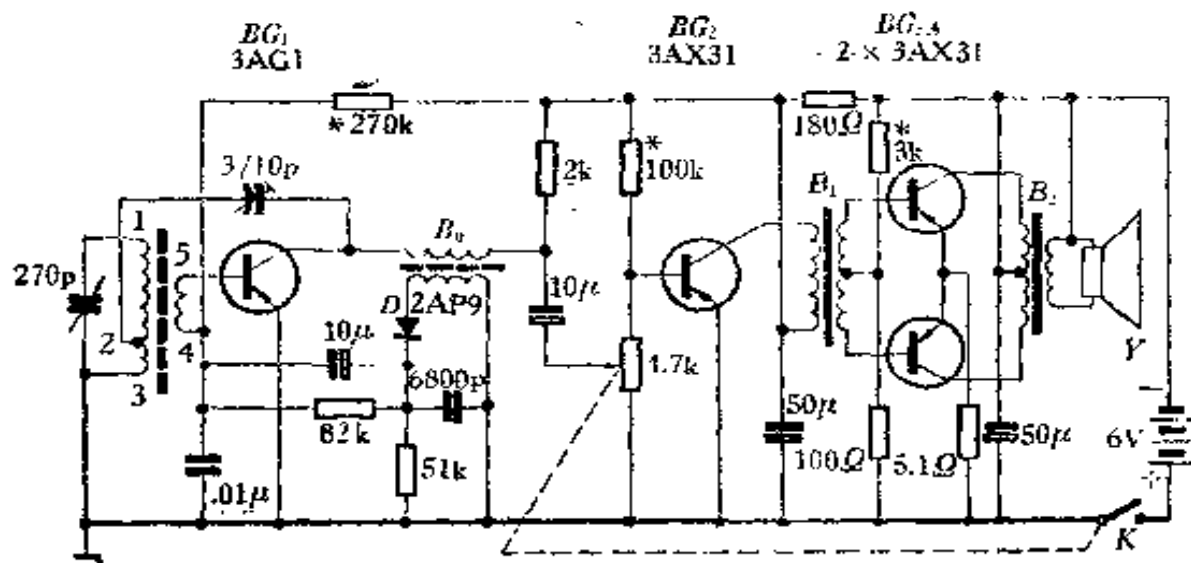


图 2-30 (3) MG69-4 型结构图

它们末级几乎都是相同的乙类推挽功率放大器。 $BG_3$ 、 $BG_4$ 管都是 3AX31。我们可以根据上面的讨论来比较这四个电路，先看第一级，不难看出，65-4 型、P694 型和 MG69-4 型电路基本相同，和我们前面几节讨论的原理差不多，都是再生、来复、倍压检波电路。再生由晶体管  $BG_1$  发射极引出一、二圈为  $L_3$ ，这样做反馈强，可以省去再生电容，成本低。调整再生可以移动  $L_3$  相对  $L_1$  位置，再生比较平稳。

此外，在这三个电路中，检波二极管  $D_1$  都是通过  $R_1$ 、 $C_3$  接  $L_2$  的，这和  $D_2$  直接接  $L_2$  有何不同呢？若按后面的接法， $BG_1$



\*为调整电阻

图 2-31 (1) 67-4 型晶体管收音机电路图

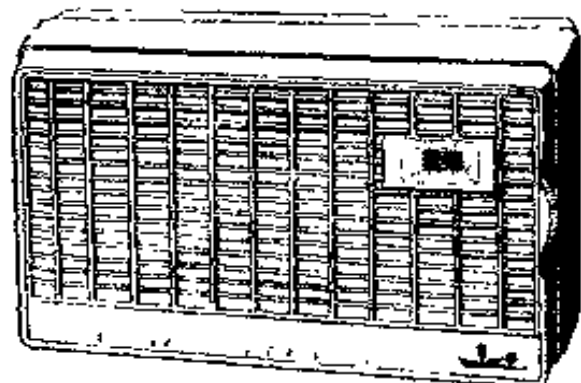


图 2-31 (2) 67-4 型外型

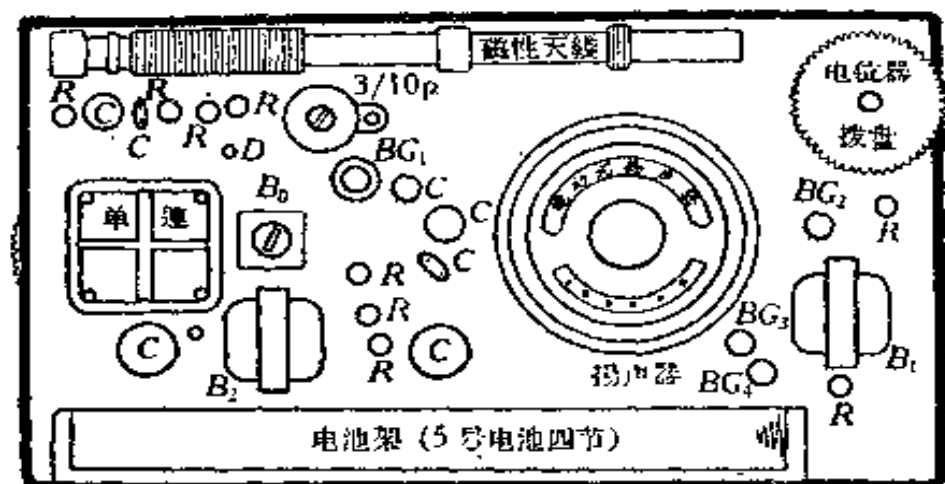


图 2-31 (3) 67-4 型结构图



基极经  $L_1$ 、 $D_1$ 、 $D_2$  直流通地，由于二极管的负的温度特性，二个串接的二极管对由于温度升高而引起的  $BG_1$  工作点的上升进行了过补偿，即温度升高时， $BG_1$  偏压减小，管子工作点反而下降，这就造成收音机热天音轻，冷天音响的现象。而且这样接法， $D_1$ 、 $D_2$  检波工作点较高，因此检波效率较低。基于上述原因，我们在  $D_2$  和  $L_2$  间串入  $R_1$ ，以抵消温度过补偿现象，又使  $D_1$ 、 $D_2$  建立合适的工作点。为了不使音频信号消耗在  $R_1$  上，所以并联了  $C_3$ 。 $R_1$  通常在 3.9 千欧—5.6 千欧间， $C_3$  可用 10 微法。 $R_1$  过大或不用， $D_1$ 、 $D_2$  没有合适的工作点，检波效率低影响灵敏度。

电路中接入  $R_2$  有助于减小管子的穿透电流，稳定电路工作。对于  $\beta$  高、 $I_{CBO}$  大的管子，尤其必要。

$C_2$  提供高频信号通路，并使检波后漏过来的高频信号旁路掉。

$C_4$  使高频信号偶合到倍压检波器并起隔低频作用，不宜太大，否则会引入失真。

有的在  $R_4$  上端接  $C_5$  (MG69-4 除外)，主要使漏过高频阻流圈的高频信号给旁路掉， $C_5$  容量不能太大，否则音频旁路过多产生失真。

$R_4$  (1.5—3 千欧) 是晶体管  $BG_1$  的低频直流负载电阻。

晶体管  $BG_2$  (3AX31) 作低频放大，和前一级  $BG_1$  之间采用阻容偶合， $C_6$  (3—10 微法) MG69-4 中  $C_5$  起隔直流和偶合音频至下一级的作用， $R_5$ 、 $R_6$  既组成  $BG_2$  管子的偏置电阻，同时  $R_5$  又起音量控制作用。 $R_6$  用来调整  $BG_2$  静态工作电流，调整  $R_6$ ，一般使  $I_{C2}$  为 1.5 毫安左右，或者听声音清晰响亮，这一级就调好了。

MG69-4 型还在第二级  $BG_2$  管子的发射极接进  $C_8$ 、 $R_{11}$ ，这里  $R_{11}$  是发射极电阻，产生直流电流负反馈使晶体管热稳

定性好， $C_s$  (10—30 微法) 是音频旁路电容，主要使音频不在  $R_{11}$  上产生降压而消耗能量。

67-4 型和上面讨论的三种电路不同之处，第一级是采用高频变压器使三极管  $BG_1$  和二极管  $D$  各自选合适的工作状态，并且省去一个二极管。电容 10 微法和电阻 82 千欧是使二极管  $D$  不直接接第一级管子  $BG_1$  基极，从而减小对它的影响，稳定性好，灵敏度较高。该电路另一特点是，第一级 ( $BG_1$ ) 工作电流不大， $I_a < 1$  毫安 (只有 0.6—0.8 毫安)，管子  $\beta$  在 60—70 范围内，甚至低些也可用，因此工作稳定。

前面三种电路调整灵敏度时，在低端都是调节高频阻流圈的角度和位置，高端调再生线圈圈数和位置；而 67-4 型不同，这种电路在低端调高频变压器磁芯使在 500 千周谐振，在高端调  $3/10$  微微法微调电容改变再生，使整个接收波段 (530—1600 千周) 灵敏度较均匀。

### 几种四管来复再生晶体管收音机数据

#### 65-4 型

磁性天线如图 2-32 (1) 所示。

在  $M_x400$  圆磁棒  $\phi 10 \times 100$  上用  $\phi 0.07 \times 7$  丝漆包线，绕 67 圈为  $L_1$ ，间距 2 毫米，再绕 7 圈为  $L_2$ ，另外绕 1 圈可移动线圈为  $L_3$  (调整再生后再固定住)。

配用 7/270 微微法小单连可变电容器。

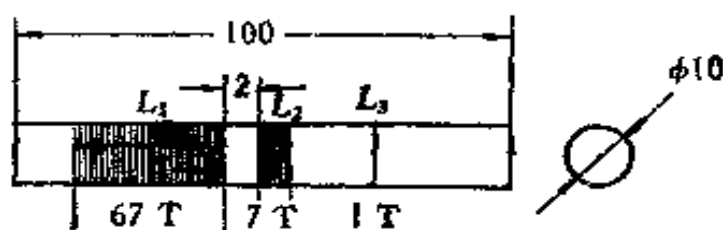


图 2-32 (1) 65-4 磁性天线

高频阻流圈 (GZL) 在  $M_1 \phi 4$  磁芯上用  $\phi 0.12$  漆包线密绕 300 圈。

输出输入变压器铁心都用截面积  $5 \times 5.5$  毫米<sup>2</sup> 矽钢片, 它的圈数和线径如图 2-32(2) 所示。

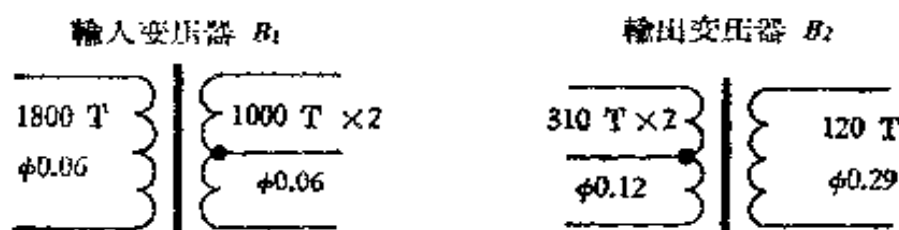


图 2-32 (2) 65-4 输入输出变压器

### P694 型

磁性天线如图 2-33 所示。

在  $M_s 400$  扁磁棒  $5 \times 14 \times 100$  上用  $\phi 0.07 \times 7$  丝漆包线绕制: 配用 7/270 微微法单连可变电容器时  $L_1$  72 圈, 间

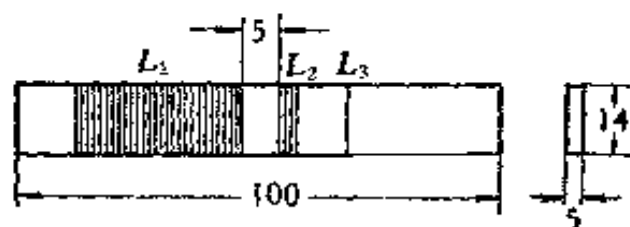


图 2-33 P694 磁性天线

距 5 毫米再绕  $L_2$  (4 圈), 再生圈  $L_3$  绕 1—2 圈, 间距在调整时决定。

配用 12/360 微微法单连可变电容器时  $L_1$  66 圈, 间距 5 毫米再绕  $L_2$  (4

圈), 再生圈同上。

高频阻流圈 (GZL) 在  $M_1 \phi 3 \times 5$  磁芯上用  $\phi 0.07$  丝漆包线绕 198 圈。

输入输出变压器与 65-4 型相同。

### MG69-4 型

磁性天线如图 2-34(1) 所示。

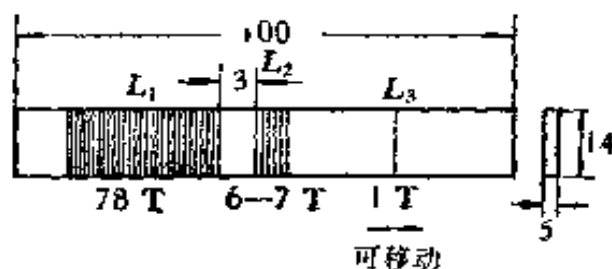


图 2-34 (1) MG69-4 磁性天线

在  $M_x 400$  扁磁棒  $5 \times 14 \times 100$  上用  $\phi 0.07 \times 7$  丝漆包线, 绕 78 圈为  $L_1$ , 间距 3 毫米, 再绕 6—7 圈为  $L_2$ , 另外绕 1 圈可移动线圈为  $L_3$  (调整再生用)。

配用 7/270 微微法密封单连可变电容器 (电路图中  $C$ )。

高频阻流圈 ( $GZL$ ) 在  $M_4 \phi 3 \times 5$  磁芯上, 用  $\phi 0.08$  漆包线密乱绕 300 圈 (约 2.6 毫亨)。

输出输入变压器都是比较小的, 铁心都用截面积  $3.5 \times 5.5$  毫米<sup>2</sup> 矽钢片, 它的圈数和漆包线线径如图 2-34 (2) 所示。

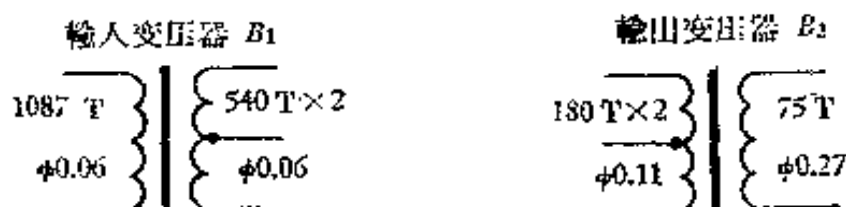


图 2-34 (2) MG69-4 输入输出变压器

#### 67-4 型

磁性天线如图 2-35 (1) 所示。

在  $M_x 400$  扁磁棒  $5 \times 14 \times 100$  上用  $\phi 0.07 \times 7$  丝漆包线, 绕 60—63 圈为  $L_1$ , 在 57—60 圈处抽一头再绕 3 圈接  $C_1$  作再生, 间距 5 毫米, 再绕 3 圈为  $L_2$ 。

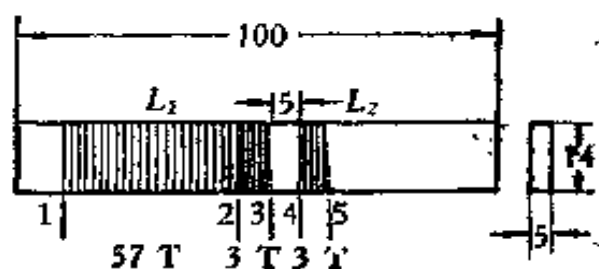


图 2-35 (1) 67-4 型磁性天线

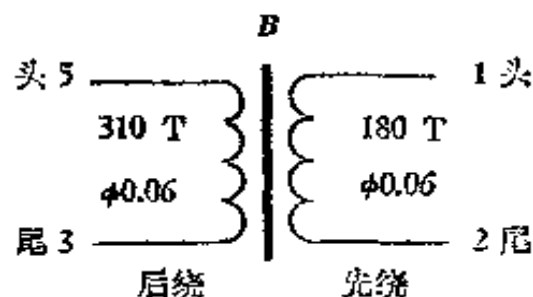


图 2-35 (2) 67-4 型高频变压器

配用 7/270 微微法空气单连或密封单连可变电容器  $C$ 。

高频变压器 ( $B_0$ ) 用 TTF-3 型的中周架子和罩、芯、脚

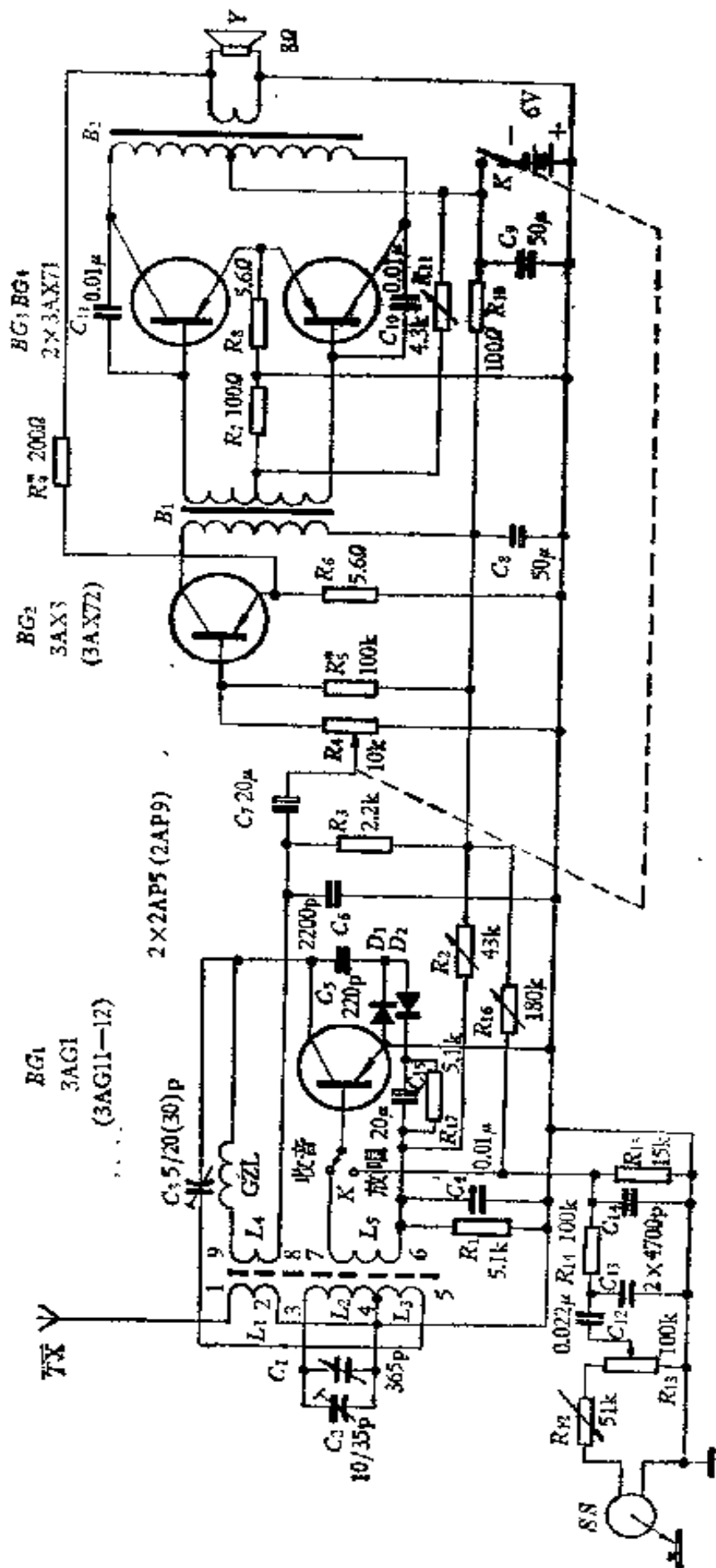


图 2-36 (1) 107B 放唱收音两用机电路图

(结构见第八章)。高频变压器初次级线圈都绕在工字型磁芯上,先绕 180 圈,再绕 310 圈。漆包线线径及初次级圈数如图 3-35(2) 所示。

输入输出变压器与 65-4 型相同。

最后再介绍一个 107B 放唱收音两用的四管电路如图 2-36(1) 所示,它采用混合再生来分别调整高低端的灵敏度,由再生微调电容  $C_3$  调高端,电感调低端,增加了负反馈电路 ( $R_9$ 、 $R_6$  组成),  $C_{10}$ 、 $C_{11}$  为交流负反馈,以改善音质。加接的放唱电路由第一级输入,可以充分发挥管子作用。最大输出功率 250 毫瓦。

各级工作电流  $I_c$  调整在下列范围:

$BG_1$         3AG1 (或 3AG12、3AG11) 0.6—1.2 毫安

$BG_2$         3AX3 (或 3AX72) 1—3 毫安

$BG_3$ 、 $BG_4$  3AX71 (或 3AX31) 2—6 毫安(无信号时)

70—90 毫安(最大输出时)

收音部分的电路还是和前述相同,是来复、再生、倍压检波电路。它的数据如下:

磁性天线如图 2-36(2) 所示。

磁性天线线圈在  $M_x400$  圆磁棒  $\phi 10 \times 170$  上用丝漆包线绕制,圈数和线径如图 2-36(3) 所示。输入、输出变压器如图 2-36(4) 所示,铁心都用截面积  $10 \times 10$  毫米<sup>2</sup> 的矽钢片。



图 2-36(2)

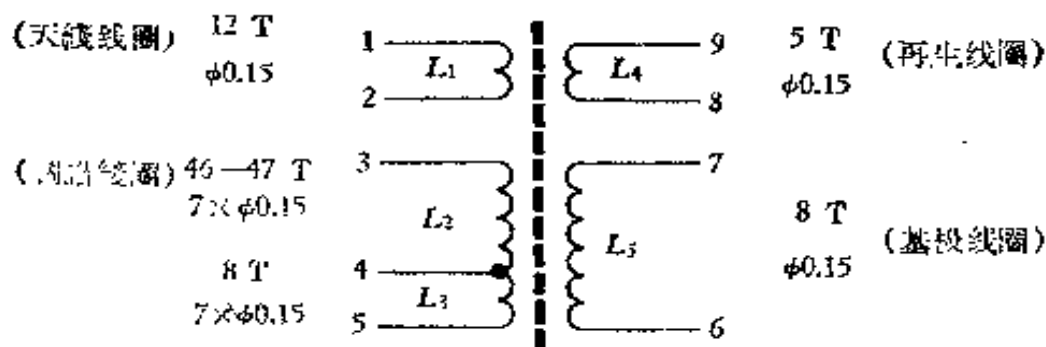


图 2-36 (3) 107B 磁性天线

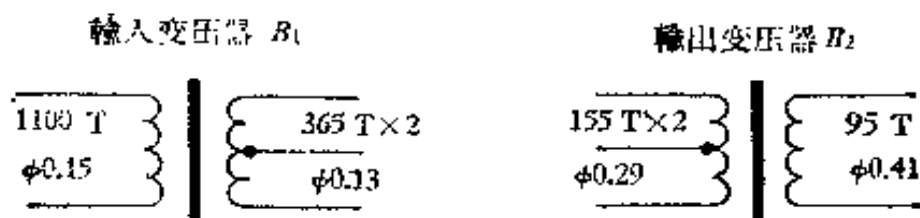


图 2-36 (4) 107B 输入输出变压器

### 五、采用硅管的来复再生式收音机电路

这里介绍一种全部采用 n-p-n 型硅管的来复再生式四管收音机电路,如图 2-37 所示。其电路形式与采用 p-n-p 型晶体管的一般来复再生机大致相同,所不同的是:(1) n-p-n 型晶体管所加电源极性应与 p-n-p 型管相反,因此该收音机的电源负端接地,正端接管子集电极;(2)倍压检波管的接法也与采用 p-n-p 型管的收音机相反。另外,实践证明在两个检波二极管中,一个采用硅二极管(不可用 2CP 型整流二极管,如有损坏了一个结的硅高频三极管,可以代用),另一个采用锗二极管效果较好,如电路中所示。 $R_{13}$  为负反馈电阻(由输出变压器次级接至  $BG_2$  基极,若接入后发生啸叫,则应将输出变压器次级两端对调),能改善失真度, $R_{13}$  阻值越小,负反馈越深,但输出功率也会减小。电路中为了防止级间互相牵连,低放级与高放级分两组退偶,由  $C_{13}$ 、 $R_9$  及  $C_{11}$ 、 $R_5$  组成。

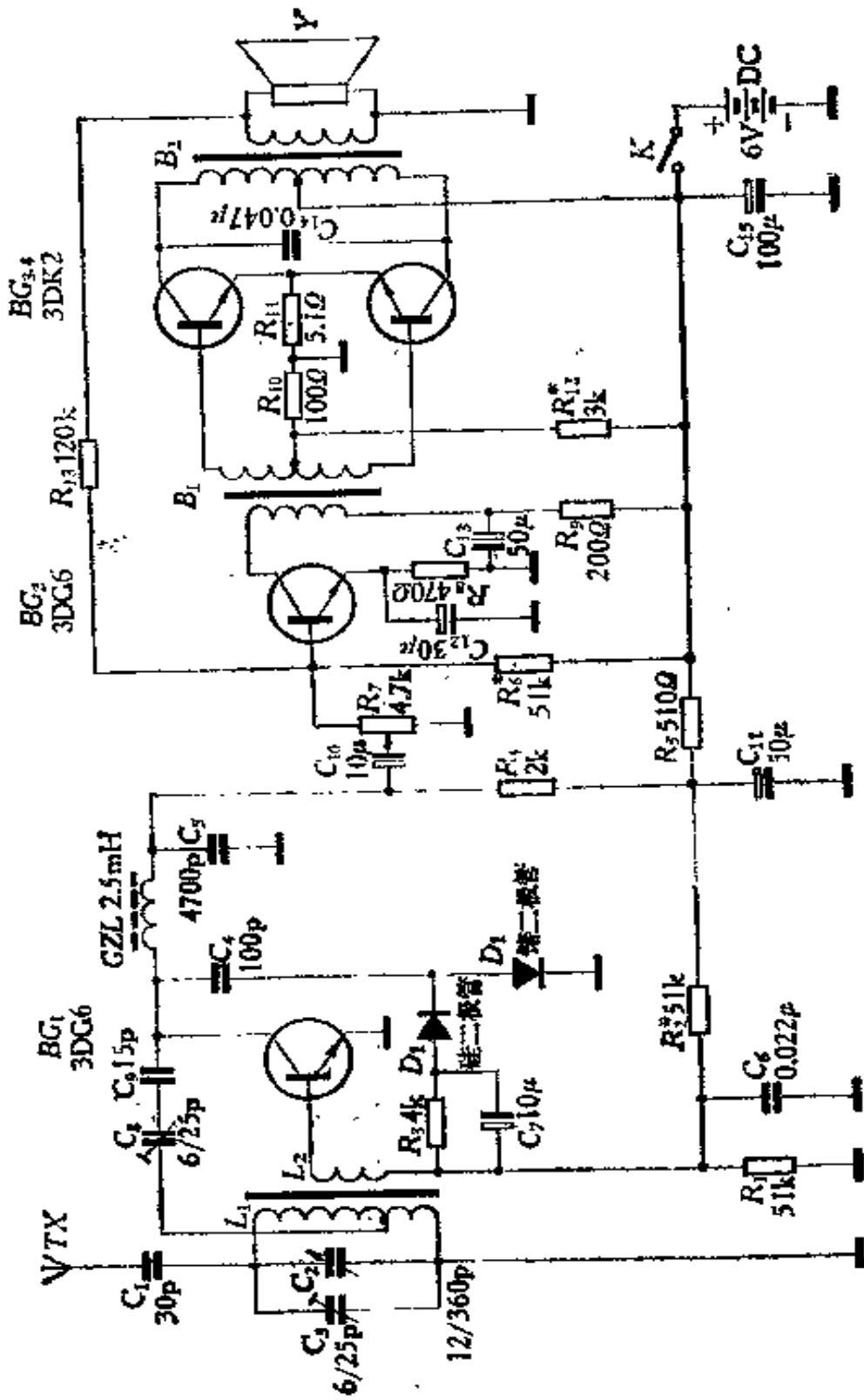


图 2-37



与一般来复再生机一样,电容器  $C_6$  容量大小影响波段高低端灵敏度。容量大,频率低端灵敏度高;容量小,频率高端灵敏度高,一般在 0.01 微法至 0.033 微法之间。

由于硅管穿透电流极小,受温度影响要比锗管小得多,所以上面电路温度稳定性较好。图 2-37 所示电路中  $R_3$ ,  $C_{12}$  及  $R_1$  也可省去不用。

## 第六节 直接放大式收音机的调整

前面我们学习了一些原理和一些实际产品电路,下面我们进一步来讨论直接放大式电路的调整方法。

毛主席教导我们：“分析的方法就是辩证的方法。所谓分析,就是分析事物的矛盾。不熟悉生活,对于所论的矛盾不真正了解,就不可能有中肯的分析。”遵照毛主席的伟大教导,我们必须进一步熟悉直接放大式电路,了解它的矛盾,然后才有中肯的分析,来解决调试问题。

在直接放大式收音机的调整中,常常会遇到互相对立的几对矛盾,这就是:选择性和灵敏度的矛盾,失真和功率增益的矛盾以及失真和效率的矛盾。合理处理好这几对矛盾,就能提高直接放大式收音机的性能。

调整前,首先应仔细检查一下电路有否错焊、漏焊、假焊,特别要核对一下晶体管各极。检查时,特别注意各管基极是否直接接到电池负极上(p-n-p管)或者基极是否焊牢,避免管子被烧毁或击穿。无误后,再接入电池,先碰触电池几下,扬声器应有“喀落”、“喀落”声音,说明电路接通,可以调整。

### 一、各级工作点的调整

怎样才能使各级晶体管工作在良好的状态呢?这主要调

整各级晶体管工作电流符合要求。

第一级  $BG_1$  工作电流, 主要由调整  $R_1$  来决定, 一般说来调在 1 毫安左右。过大则晶体管杂音会增大, 另外它的输入阻抗急剧下降, 会严重影响选择性造成串台, 但也不要过小而影响增益。晶体管的工作点并不是固定不变的, 收音机使用环境温度不同, 管型不同, 电路不同等, 都会使工作点有些不同, 可以通过试验来选定。

工作点调整的具体方法如图 2-38 所示, 将集电极电路断

开, 串一个合适量程直流电流表 (一般 5 毫安为宜), 然后将  $R_1$  用一个固定电阻 (10—30 千欧) 和电位器或可变电阻 (50—100 千欧) 串起来代替 (通常  $\beta$  低的管子用阻值偏小些,  $\beta$  高的管子,

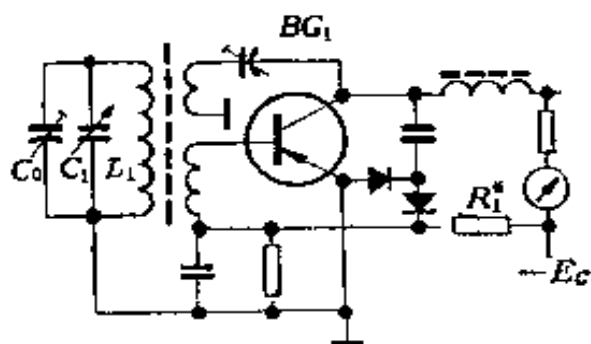


图 2-38

阻值偏高些)。接上电源, 慢慢转动电位器, 使电表指示到了要求值 (1 毫安左右), 然后拆下固定电阻和电位器, 量一下它们串联总阻值多少 (注意这时电位器的轴不能转动), 挑一个具有相同阻值的电阻换上, 并再核对电流, 如无显著变化, 这就好了。这里串 10—30 千欧电阻是防止电位器调到电阻很小时, 流过发射结电流很大而烧毁管子。

第二级  $BG_2$  工作电流, 在作低放时主要要求有较大功率增益, 同时要求与下一级配合时有较小的失真。集电极电流一般取 1—2 毫安, 这主要根据失真来决定的。调整时在集电极回路中串接一电流表, 然后调整基极电阻。如果没有电表时, 仔细调整偏流电阻, 听音质最清晰为止。

如果是两管机,  $BG_2$  作为甲类功率放大 (见图 2-39), 工作电流  $I_c$  调到 8—12 毫安, 工作点电流稍许上下些, 影响不

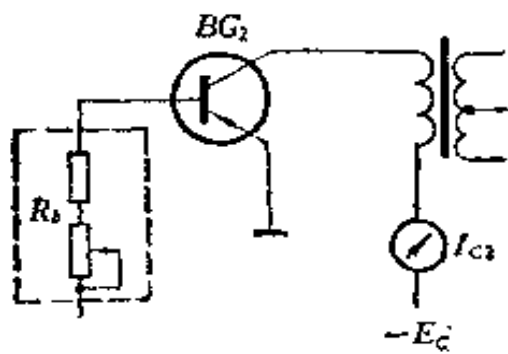


图 2-39

大,差得太多就会失真,如果调不到要求的输出功率,往往是这一级功率增益不够,可以换 $\beta$ 稍大一些的管子。

末级推挽功率放大,为了效率高,用乙类放大,但由于晶体管转换特性曲线开始段的弯曲现象,

实际工作在甲乙类状态以减小失真。因此在静态情况下,晶体管必然有一定的电流流过,一般2—4毫安适宜,过小进入特性弯曲部分而失真,太大效率不高,费电。调整 $R_b$ 时(见图2-26),两管 $BG_3$ 和 $BG_4$ 电流同时在变化,一般就看总电流。至于两管是否对称,可将电表分别接两管集电极测电流,但注意这时两管必须同时在工作。

## 二、再生的调整

从前面讨论再生电路我们知道,加了再生相当多加了一级高放,增益提高很多,而且灵敏度和选择性显著提高。矛盾是普遍存在的,由于再生电路的引入,从而带来了新的矛盾,即再生在整个接收频段高端和低端不均匀,高端强,低端弱。对于图2-12,2-14所示电路,我们利用高频阻流圈的电感与晶体管输出电容在低端谐振,则可以把低端灵敏度拉高,调整高频阻流圈电感量使在低端时声音最响,或者变动高频阻流圈的位置与角度,利用它与磁棒的磁感应偶合,这种偶合在低端比高端影响大,从而改善低端灵敏度。安装时注意,高频阻流圈离磁棒愈近时低端再生愈强,甚至发生叫声,一般安装使得磁棒在机壳上端,阻流圈在机壳下端,稍移位置或角度即可调好。调整高端灵敏度把可变电容转到高端收一个电台(接近1500千周),调整再生电容 $C_r$ 到将要产生再生哨叫为

止，再生稍低于临界点比较稳定。如果调整再生电容哨叫仍存在，这就要减少  $L_3$  匝数或抽头位置。以上高端低端调整要反复进行多次至合适为止。阻流圈的磁耦合再生作用，可用颠倒它的两个接头来判断，接对了为正再生，灵敏度高，声音大，反之音弱。

另外一种再生，如图 2-16。再生线圈从发射极引出的，再生比较强，也比较稳定均匀，一般只有一圈，调整再生强弱，只要变动它在磁棒上相对  $L_1$ （调谐电感）的位置。

### 三、调整频率范围（波段覆盖）

最后看收音机能否在整个频段中收到电台，调整频率范围就是在旋动可变电容器从全部旋进到全部旋出应该包括整个接收信号，通常是高端调电容  $C_0$ ，低端调电感  $L_1$  在磁棒上的位置（如图 2-38）。调整时，在低端先选择接近 550 千周电台的频率，旋动可变电容器，旋进到相应频率刻度的位置（参见图 6-5），改变  $L_1$  在磁棒上位置使声音最响；然后在高端再收听一个接近 1500 千周电台的频率，旋动可变电容器，旋出到相应频率刻度位置，改变  $C_0$  容量，使声音最响，两端电台反复调整到合适位置，调整工作结束。

## 第三章 晶体管超外差式收音机

超外差式收音机具有灵敏度高、选择性好等一系列优点。广大工农兵群众，特别是偏远山区、农村及边疆地区的军民用了这种优质的收音机能及时听到毛主席和党中央的战斗号令，他们无不欢欣鼓舞，热情地歌唱：隔山隔水不隔音，村村寨寨连北京，毛主席的话儿天天听，革命征途方向明。

### 第一节 什么是超外差式收音机

在前面一章，我们讲的都是来复再生式收音机，这种收音机的特点是，从天线上接收到的高频信号，在检波以前，一直不改变它原来的高频频率（即高频信号直接放大）。它的缺点是，在接收频段频率高端和频率低端的放大不一样，整个波段灵敏度总嫌不均匀。如装多波段收音机，这个矛盾更加突出。其次，当收听远距离电台时，要求增加灵敏度，必须增加高频放大的级数，由此带来高频放大级之间统一调谐的困难，又由于接收的高频信号频率高，放大器增益做不高，而且容易产生自激哨叫。

如果能够把收音机接收到的高频载波信号，都变换成固定的中频载波频率（这个中频比高频低，比音频高，它与高频之间，仅是载波频率发生改变，而其信号包络仍然维持不变），然后将中频信号进行放大，检波。由于中频频率较变换前低，而且频率是固定不变的，所以任何电台的信号都能得到相等的放大量，另外，中频的放大量比高频容易做得高，从而克服

了上面提出的矛盾。这就是本章要讨论的“超外差式的收音机”。

典型的超外差收音机组成方框图如图 3-1 所示。同前面的来复再生式电路比较,高频部分增加变频级与中频放大级。它是这样工作的:

接收到的高频信号通过输入电路如图 3-1A,与收音机本身产生的一个振荡电流(其频率较外来高频信号高一固定中频,我国收音机的中频频率为 465 千周)一起送入变频管内“混合”(混频),混频结果在变频级负载回路(选频)就会产生一个新的频率,这就是“外差作用”,产生了“差频”即中频,如图 3-1B 处波形所示。

然而由图 3-1 可见,外来高频信号(调幅信号)经过变频以后,只是变换了载波的频率,加在它上面的音频信号并没有被改变(即包络线不变),仍然调制在新的中频信号上面,如图 3-1B 和 C 处波形所示,对于中频信号人耳是听不见的,所以要经过检波,才能检出音频信号,如图 3-1D 处波形所示,再送到低频放大级,并最后推动扬声器发出声音。低频部分是和直接放大式收音机相同的。

为了获得较好的选择性和灵敏度,在获得中频信号以后再加以放大,即中频放大,这样收音机质量大大提高,这就是“超外差式”电路。没有中频放大的,则叫“外差式”电路。

概括起来,超外差式收音机有如下几个优点:

(1) 由于变频后为固定的中频,频率比较低,所以容易得到比较大的放大量,因此收音机的灵敏度可以做得很高。

(2) 由于外来高频信号都变成了一种固定的中频,这样就容易解决不同频率的电台信号放大不均匀的问题。

(3) 由于采用“差频”作用,外来信号必须和本振相差为预定的差频才能进入电路,而且选频回路、中频放大谐振回路又

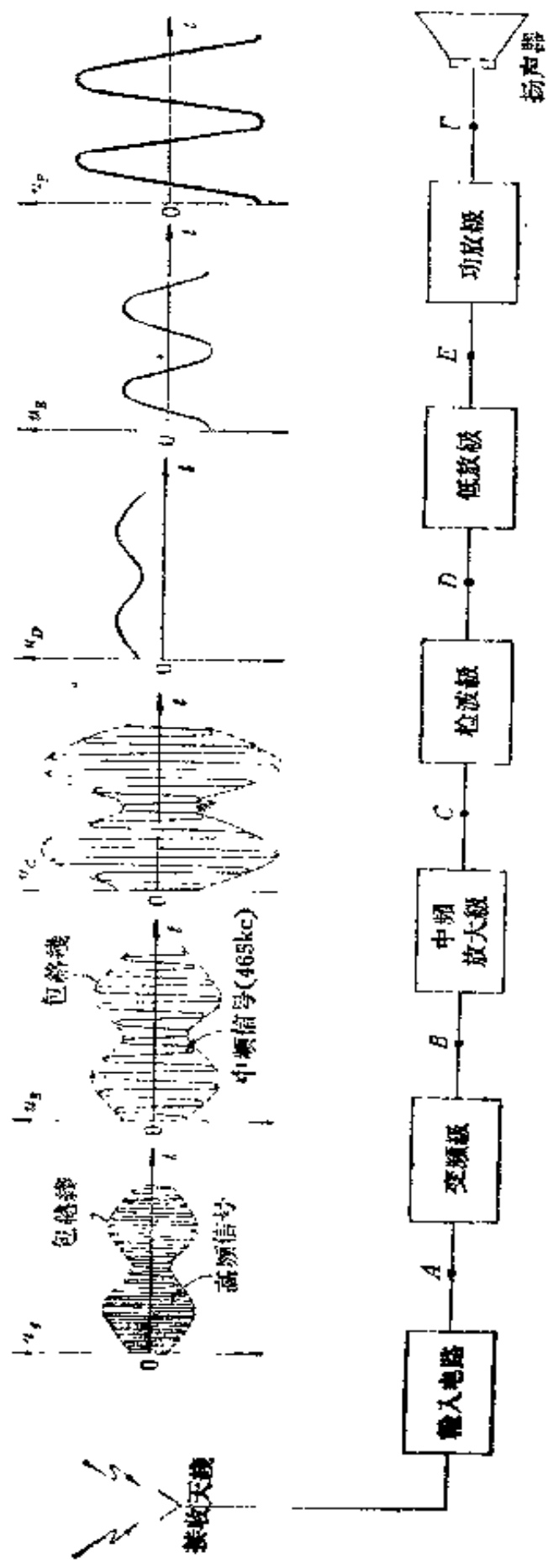


图 3-1 超外差式收音机方框图

是一个良好的滤波器，因此混进收音机的其它干扰信号就被抑制，从而提高了选择性。

但是超外差式电路也有不足之处，由于差频的作用就会产生“镜频干扰”和“中频干扰”（详见第六章），这要在电路上相应采取一些措施加以克服。

## 第二节 变频器与混频器

毛主席教导我们：“必须提倡思索，学会分析事物的方法，养成分析的习惯。”在超外差式收音机中，变频级的主要作用是将调幅的高频信号变换为调幅的中频信号。变换前后仅是载波频率的改变，而信号包络不变。这种频率变换是利用晶体管的非线性特性来实现的。实践证明，如果我们将二种不同的频率  $f_1$  和  $f_2$  同时加在非线性元件的输入端，那么在其输出端除了有  $f_1$  和  $f_2$  外，将会按照一定的规律产生其他各种频率，如有  $f_1 + f_2$ ,  $f_1 - f_2$ , ……等等，这叫“混频”。如果我们在输出端采用谐振回路，那就可以很容易地取出所需要的频率。

超外差式收音机中的变频级就是利用这个原理。一般讲，变频器有振荡（或称本机振荡）、混频和选频三个部分。如果我们把要接收的高频信号频率记为  $f_{\text{高}}$ ，把变频器内部的振荡器所产生的频率记为  $f_{\text{本}}$ ，设计时使得  $f_{\text{本}} = f_{\text{高}} + 465$  千周。这样，我们把  $f_{\text{本}}$  和  $f_{\text{高}}$  同时加在晶体管的输入端进行混频，同时在输出端用调谐于 465 千周的谐振回路（即中频变压器）进行选频，就可以取出需要的中频信号了。这里应该指出两点，一点是输入回路送来的高频信号  $f_{\text{高}}$  是调幅波，而本机振荡所产生的  $f_{\text{本}}$  是等幅波，混频后经选频得到的 465 千周的中频信号是调幅的，并且它的包络和  $f_{\text{高}}$  相同。另一点是前面讲的  $f_{\text{高}}$  是指某一要接收的电台频率，如果现在我们要接收另一频



率为  $f_{\text{信}}$  的电台播音, 那么为了使混频后仍获得差频为 465 千周的中频信号, 这时就必须改变本机振荡的频率  $f_{\text{本}}$ , 使得  $f_{\text{混}} = f_{\text{信}} + 465$  千周, 这就是“跟踪”。超外差式收音机中采用双连就是使本机振荡的频率随着输入回路所谐振的频率而变, 并且始终保持  $f_{\text{混}} - f_{\text{信}} = 465$  千周。

另外, 变频器对外来信号具有良好的选择作用。例如, 在变频输入端同时收到三个频率为 640、790 和 990 千周的信号, 当本机振荡调谐于 1255 千周时, 经混频后, 得到差频, 790 千周的信号就变为  $1255 - 790 = 465$  千周的中频信号, 其余两电台的信号则各变为  $1255 - 640 = 615$  千周及  $1255 - 990 = 265$  千周的差频信号, 这时因机内中频回路即中频变压器调谐在 465 千周, 就只能通过 790 千周电台的那个信号了。变频级的工作原理如图 3-2 所示。

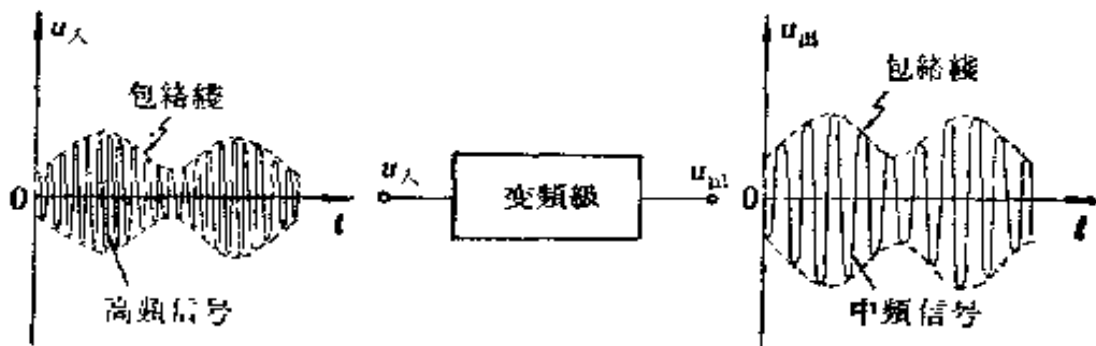


图 3-2 变频原理

在收音机中, 有单独用一个晶体管作本机振荡器, 另用一个晶体管将外来信号同这个本机振荡器产生信号混合。也有用一只晶体管同时完成振荡和混合信号的作用。通常前一种电路称为混频器, 后一种电路称为变频器。

由于变频器是用一只晶体管同时完成振荡和混频作用, 要使晶体管对混频和振荡都处于最佳的工作状态比较困难, 而且与输入电路牵连较大, 工作稳定性差。但是它可以少用一个晶体管, 对简化收音机结构、缩小体积、降低成本等都是

有利的,所以这种变频电路应用很广。

具有混频器的收音机用两只晶体管分别完成振荡和混频作用,各管的工作状态容易满足要求,振荡器与输入电路的牵连较少,因此,这种电路工作稳定、噪声小,不过电路要复杂些,多用于要求较高的收音机中。

### 一、本机振荡器

在讲座之二“晶体管放大与振荡电路”中对各种振荡电路已经作了一定的讨论,在这里我们只谈谈在广播收音机中常见的振荡电路。

图 3-3(1) 所示为变压器反馈式振荡电路。由  $LC$  组成

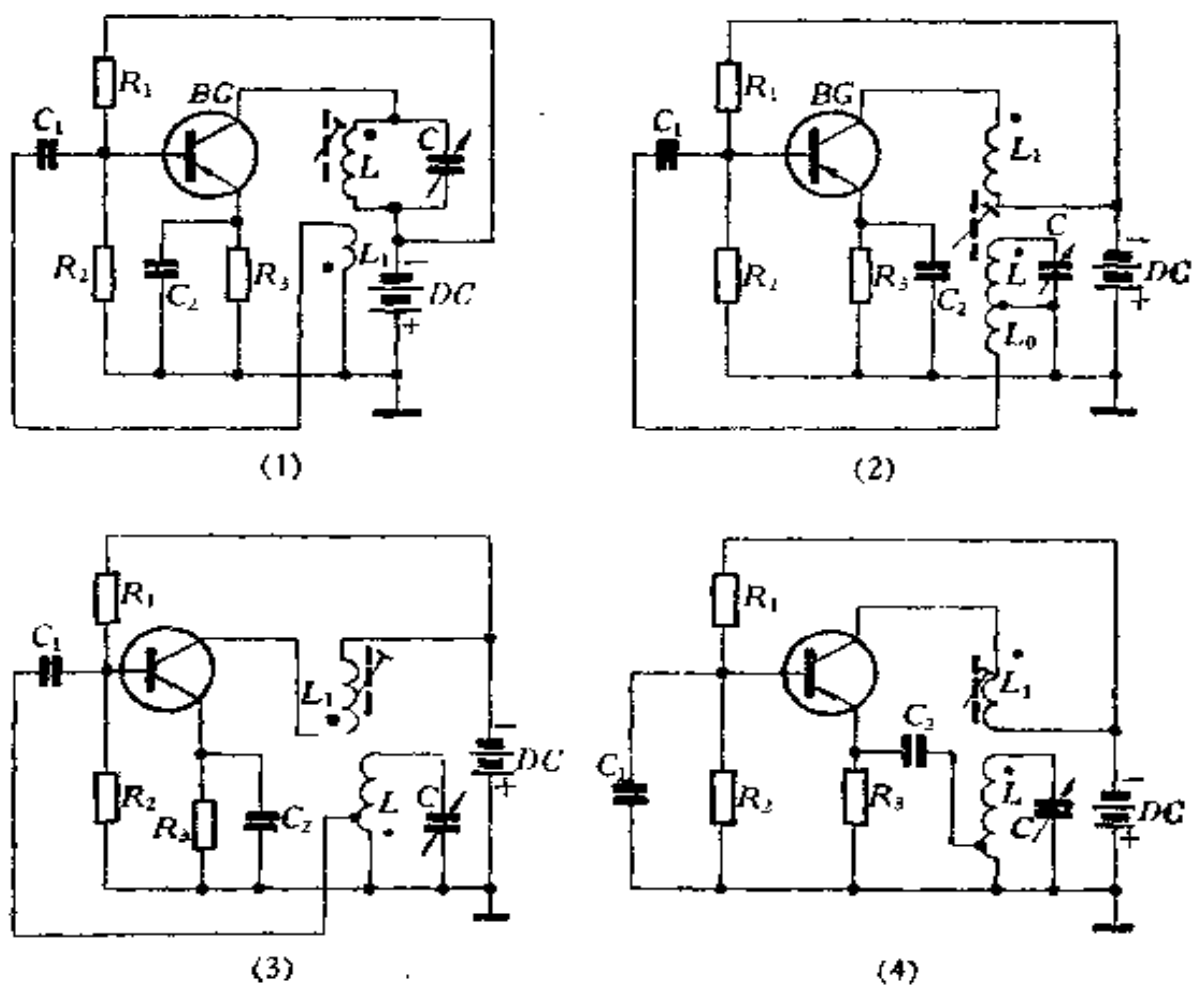


图 3-3 振荡电路

振荡回路,其振荡电压通过  $L_1$  与  $L$  的耦合送回基极。反馈电压必须满足相位和振幅条件,电路才会产生振荡。要满足相位条件,必须注意  $L_1$  和  $L$  的绕线方向和接法。如果  $L$  与  $L_1$  的绕线方向相同,那么当  $L$  的始端接集电极,  $L_1$  的终端接基极,则反馈过去的电压恰好与集电极电压相位相差  $180^\circ$ ,满足了振荡的相位条件。只要适当调节  $L_1$  和  $L$  的相对位置或  $L_1$  的圈数,即可使反馈电压足够满足振幅条件。这些都是制作振荡器时需要注意的地方。电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成分压式电流负反馈偏置电路,电容  $C_1$ 、 $C_2$  提供高频通路并起隔直流的作用。图 3-3(1) 电路的振荡回路在集电极,电路处于共发射极组态工作,称共发调集电路。

振荡回路也可以放在基极电路,如图 3-3(2)和 3-3(3)所示,这类电路称共发调基电路。由于晶体管的输入阻抗很小,如果晶体管输入阻抗与振荡回路的全部并联,那末振荡回路的  $Q$  值将大大降低,不易起振,因此只能接  $L$  的一部分,或用一个圈数很少的  $L_0$  与之耦合。

也可以将振荡回路接在发射极电路中,如图 3-3(4)那样,由于这种电路处于共基极组态工作,故称共基调发电路。

图 3-4 为凯歌 4B3 型收音机所采用的振荡电路。

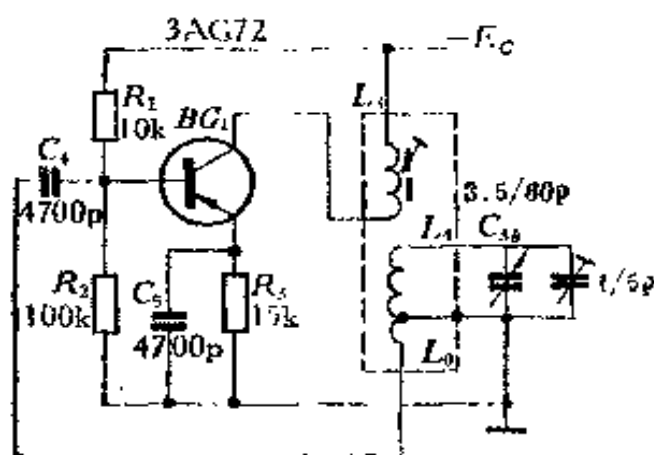


图 3-4 凯歌 4B3 型的振荡电路

为了简单,图中作了适当简化。振荡回路接在基极,振荡电压通过  $L_0$  与  $L_1$  的偶合并由  $C_4$  送至基极,它属于图 3-3(2) 那种电路形式。 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成分压式电流反馈偏置电路,  $C_2$  为交流旁路电容。

图 3-5 为红旗 644 型收音机所用的振荡电路 (图中只画出了中波段), 它是属于图 3-3(4) 那种电路形式。

图中  $C_5$ 、 $C_6$  是为了统调和调整频率范围所加的附加电容 (详见第六章),  $C_9$  称为垫整电容,  $C_6$  称为补偿电容,  $C_{10}$  是去偶滤波电容。 $R_1$ 、 $R_2$  是  $BG_1$  的偏置电阻,  $C_4$  作高频旁路用, 使  $BG_1$  基极在高频时通地。 $C_{10}$  为隔直流电容, 并起偶合振荡电压的作用。 $R_3$  为发射极电阻。

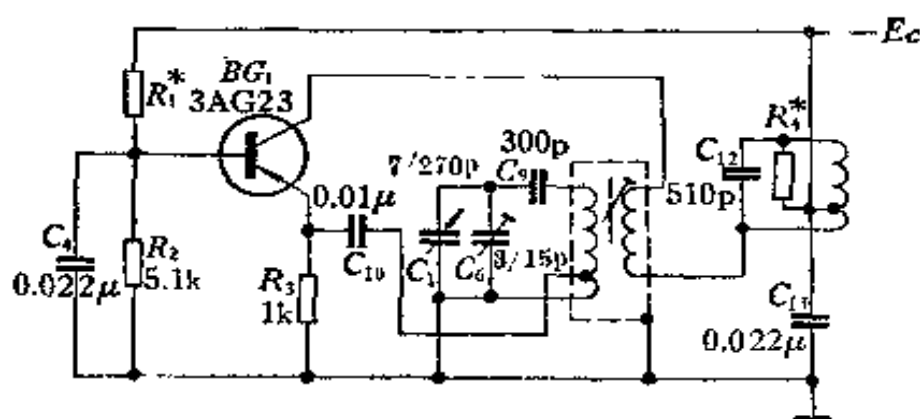


图 3-5 红旗 644 型的振荡电路

共基调发振荡电路与共发调基振荡电路比较, 两者在中波段差别不大, 但短波段前者振荡频率较为稳定, 故广泛采用。

一般本机振荡器中, 振荡频率都很高 (例如中波将达到 2 兆周左右, 短波更高达 12 兆周或 18 兆周左右)。要求晶体管在很高频率下工作, 一定要选择截止频率高的晶体管 (如果采用共基调发振荡电路, 对管子截止频率的要求相对比共发调基电路低一些)。

另外, 要求振荡器具有一定的振荡电压, 以便获得较高的变频增益。

对于使用干电池作电源的收音机, 由于电池电压随使用时间的增加而下降, 要求振荡器能在较低的电池电压下维持正常的工作, 这与振荡管电流的大小有直接的关系 (这个问

题第四节将要谈到),一般其工作电流选在 0.35—0.8 毫安。工作电流过小,在电池电压下降时容易停振。电流过大,振荡波形不好,稳定性差,容易产生间歇振荡或寄生振荡。

## 二、混频器

如果在三极管发射极和基极间加入信号电压和本机振荡电压,利用晶体管本身的非线性作用,即可达到混频的目的。经过晶体管混频和加以放大后,由接在集电极电路中的中频变压器选择出中频信号来。

根据本机振荡信号注入方式的不同,混频器可由三种基本电路组成:基极注入、发射极注入和集电极注入三种。如图 3-6(1)(2)(3)所示。

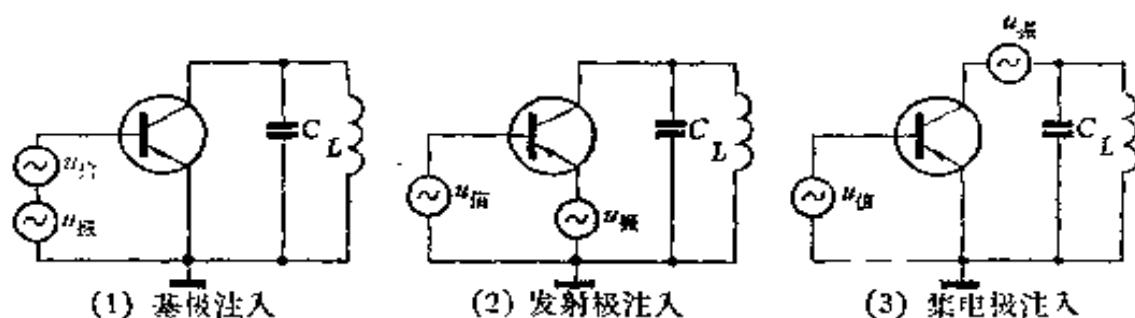
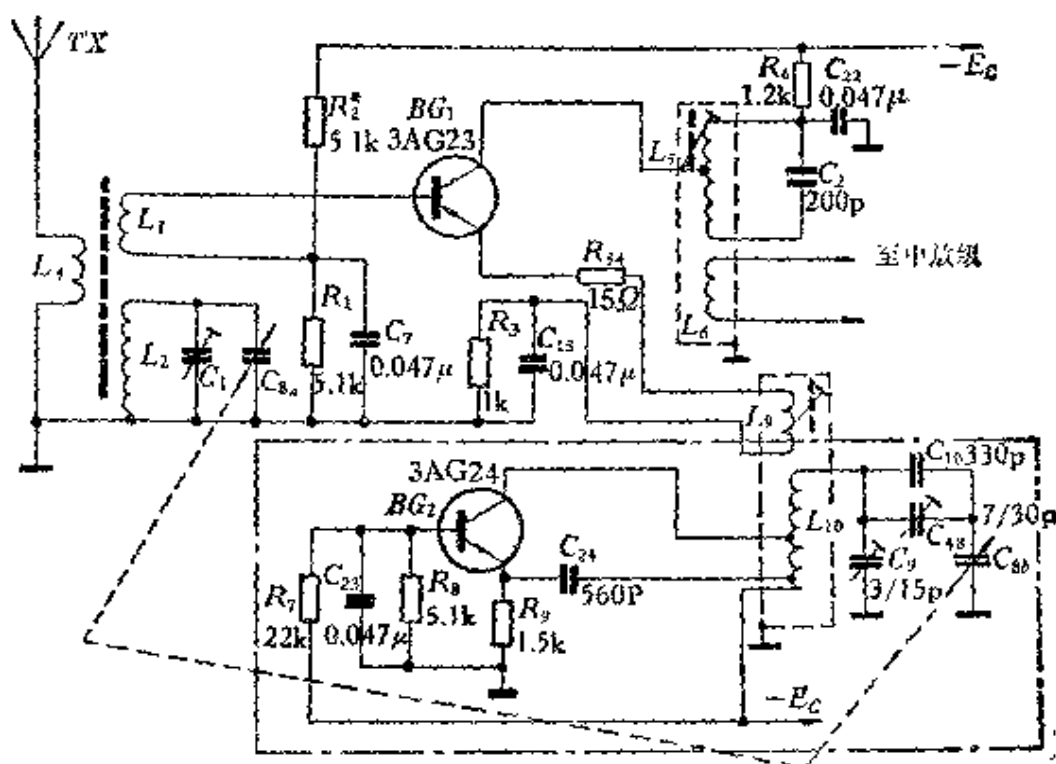


图 3-6

基极注入电路所需本振电压较小,但信号回路与本振电路相互影响较大。发射极注入式混频电路中信号与本机振荡电路牵连干扰小,工作稳定,使用较广。集电极注入式由于注入信号要大,一般不采用。

图 3-7 所示为熊猫 B802 型的混频电路,它采用发射极注入式,为了简单,图中仅画出了中波段的电路。

在这个电路中,信号由磁性天线  $L_2$  耦合到  $L_1$ , 加到混频器  $BG_1$  基极。 $BG_2$  构成电感反馈式振荡器(图中点划线部分),振荡电压由  $L_{10}$  耦合到  $L_1$ , 送到混频管  $BG_1$  的发射极。



注:  $C_1$  为拉线微调电容

图 3-7 熊猫 B802 型的混频电路

经过混频后的中频信号由  $L_5$ 、 $C_2$  组成的中频谐振回路取出，并经过  $L_6$  耦合到下级去。

在  $BG_2$  振荡电路中偏置由  $R_7$ 、 $R_8$  供给， $C_{23}$  使基极高频通地， $C_{24}$  是起耦合信号和隔直流作用的， $R_9$  一方面有电流负反馈和稳定工作点的作用；一方面又是振荡回路的负载。

在  $BG_1$  组成的混频电路中， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成分压式电流负反馈偏置电路。 $C_7$ 、 $C_{15}$  均为高频旁路电容。

### 三、变频器

只用一只晶体管同时完成振荡与混频任务的电路叫变频器。其基本电路如图 3-8(1)(2) 所示。只要将电路作适当的变化，对变频器的工作原理是很容易理解的。

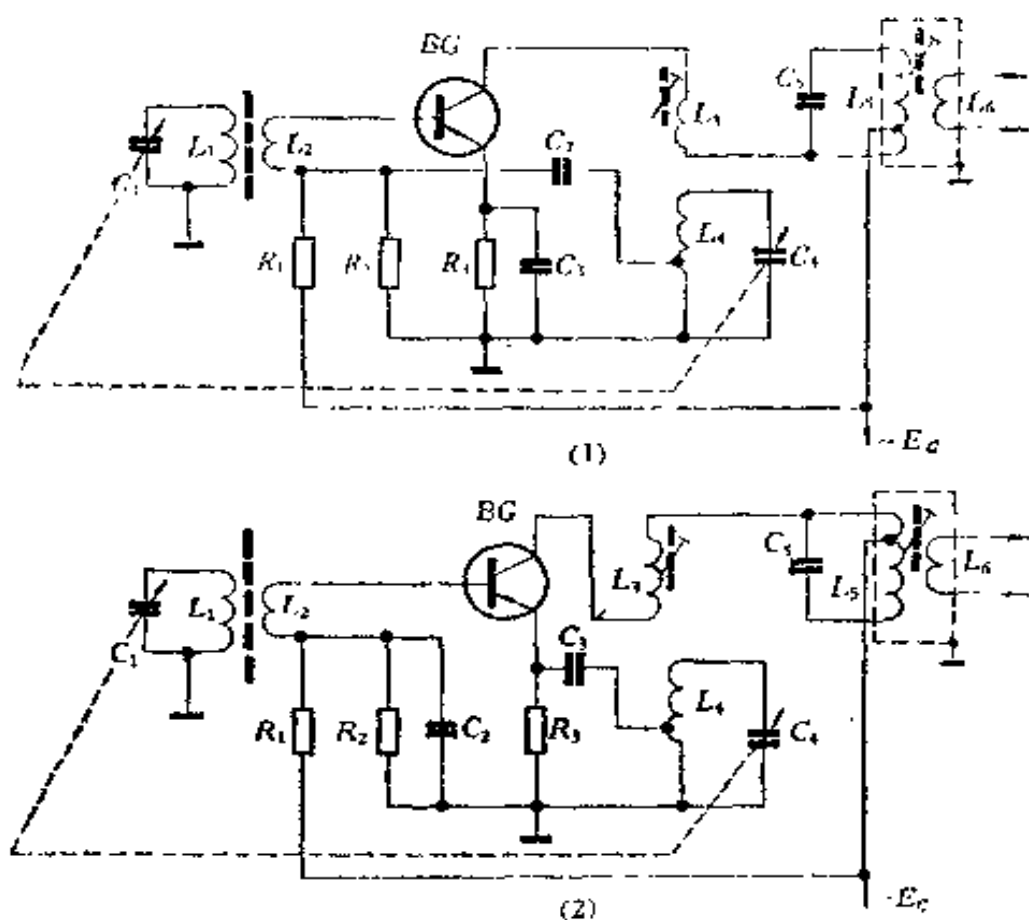


图 3-8 变频电路

如果将图中的  $L_2$  短接并将中频变压器  $L_5, C_5$  回路短接, 则这二个电路同变压器反馈式振荡电路没有什么区别。图(1)为共发调基振荡电路, 图(2)为共基调发振荡电路。而它们的混频方式是不同的, 图(1)的信号与本机振荡电压均加在变频管基极, 图(2)所示电路的信号加在晶体管  $BG$  的基极, 而本机振荡信号加在发射极。

下面用简化了的春雷 703 型收音机的变频电路来说明变频器的的工作原理。图 3-9 为春雷 703 型收音机的中波变频电路, 外接天线上感应的信号功率通过  $L_A$  耦合到  $L_1 C_{1a}$  组成的输入回路, 选择出所需要的信号 (信号可直接由磁性天线在回路中感应出来)。通过  $L_1$  和  $L_2$  的互感送到变频管  $BG_1$  的基极。  $L_4 C_{1b}$  组成振荡回路,  $L_3$  是产生振荡所必须的反馈线

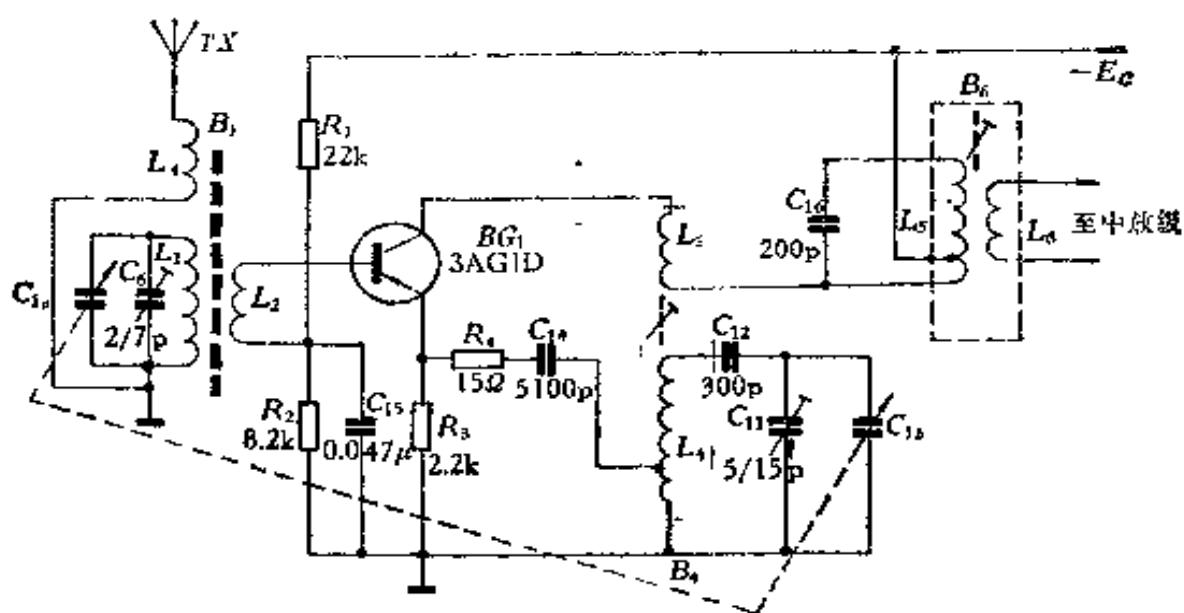


图 3-9 春雷 703 型中波变频电路

圈。振荡能量通过  $C_{14}$  送至  $BG_1$  的发射极。 $L_5 C_{16}$  是谐振于 465 千周的中频变压器，对最低的振荡频率  $535 \text{ 千周} + 465 \text{ 千周} = 1000 \text{ 千周}$  几乎是短路的， $L_2$  圈数很少对振荡的影响不大。所以只要将  $L_2$  以及  $C_{16} L_5$  分别短路，就是一个共基极振荡器。若将  $L_3$  短路（ $L_3$  圈数也很少对中频信号影响不大），拿掉振荡回路  $C_{16} L_4$ ，则电路同发射极注入式混频器没有什么区别，所以说只要搞清楚了混频器与振荡器，变频器就不难理解了。

电路中  $C_6$ 、 $C_{11}$ 、 $C_{12}$  是为了统调与调整频率范围所附加的电容， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成变频管的偏置电路， $R_4$  是一个小电阻，可以适当减弱振荡强度避免啸叫声， $C_{15}$  为旁路电容器。

#### 四、变频级管子选配和工作点确定

由于变频级是工作在线性区域，影响变频级工作状态的因素很多，因而变频级的设计是比较复杂些，目前大多数是通过试验来解决。这里我们着重讲明变频级对管子的要求和变频级的工作状态。



### (1) 变频管与混频管

要保证变频级有足够的增益，工作稳定、正常，必须选择合适的晶体管。常用的晶体管型号：3AG1B—3AG1E、3AG11—3AG14、3AG22—3AG24、3DG6A—3DG6D 等等。为了保证振荡器正常工作，一般共基极线路  $f_a > 3f_{\text{工作}}$ 。共发射极线路  $f_{\beta} > 3f_{\text{工作}}$ 。

由于变频管本身要完成振荡和变频的双重任务，所以对变频管的要求较高。如果条件具备，能够测知晶体管的变频参数，最好选择  $r'_{\omega}$ （基区扩散电阻）、 $C_c$ （集电极电容）较小的管子作变频器。

由于变频级一般处于收音机的最前级，它的输出信号要经过中频放大器，低频放大器等多级放大，因此要求变频管本身的噪声小，否则收音机装好后，扬声器中会发出沙沙的噪声。

### (2) 变频级的工作点

混频、本振的工作点对变频的性能有很大的影响。对混频来讲，要求晶体管工作在非线性区，工作电流不能太大，否则非线性作用消失，变频增益将大大下降。一般选在 0.3 ~ 0.5 毫安这个范围内。

对本机振荡来讲，工作电流大些，变频增益高，容易起振，调整方便，并且当电池电压下降时也不易停振。但是振荡过强，将使波形失真，谐波成分增加，容易引起咯咯叫声，并且振荡过强反而会使变频增益下降，一般选在 0.5—0.8 毫安这个范围内。

另外，管子工作电流大了，噪声也将随着增大。综上所述，为了获得较大的变频增益，在有独立本机振荡的情况下，混频管的电流取 0.3—0.5 毫安，振荡管取 0.5—0.8 毫安，如果只用一只管子担任变频，则工作电流就取 0.4—0.6 毫安为宜。

变频电流小,噪声也可低些。图 3-10(1) 是变频增益  $K_p$ 、噪声系数  $N_f$  和混频管工作电流的关系。图 3-10(2) 是变频增益  $K_p$  和振荡电压的关系。

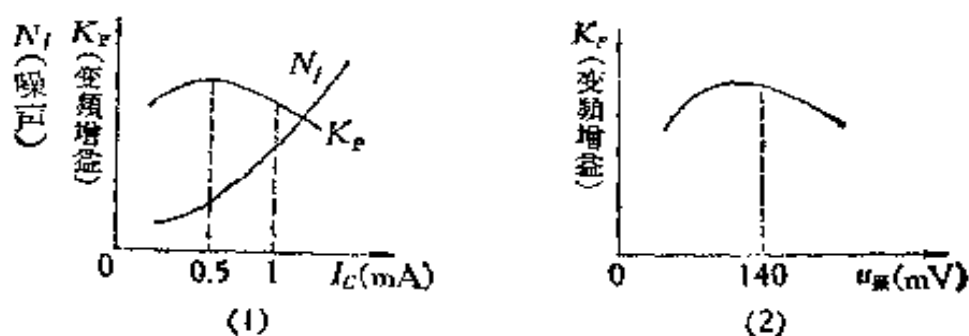


图 3-10

实验证明:本机振荡器的静态工作电流与电源降压特性有关,静态电流大,振荡电压也大,当电源电压下降时,不易停振。例如,电源为 6 伏时,本振的静态电流分别调在 0.8 毫安和 0.6 毫安,当电源电压下降时,前者在电源下降到 2 伏左右开始停振,后者在 3 伏左右停振。

有时振荡过强,也可以采取适当减小反馈量的办法来消除,如减少图 3-7 中的振荡与混频的偶合线圈  $L_2$ ,减小图 3-9 中的偶合电容  $C_{11}$ ,或减少振荡器本身的反馈线圈。

晶体管变频级的输入、输出阻抗很低,因此对前后级的影响都很大,一般采用变压器偶合,控制其圈数比,或用自偶变压器式偶合控制其抽头来达到匹配的目的(例如与输入回路用变压器偶合、与中频变压器用自偶变压器偶合),在知道输入、输出阻抗的具体数据和变化范围后,就能够较准确地决定变压器的圈数比或抽头数了。但由于变频级工作非线性区域,影响其工作特性的因素较多,因而计算出来的输入、输出阻抗误差较大,现在大都用实验方法直接决定变压器圈数比和抽头数,一般变频器的输入阻抗为 500 欧—2 千欧,输出阻抗为 25—100 千欧。常用圈数比如下(图 3-11):

$$N_1/N_2 \cong 5-15$$

$$N_4/N_5 \cong 10-25$$

$$N_4/N_3 \cong 7-15$$

各种超外差式收音机振荡线圈，中频变压器的实际数据请看第八章。

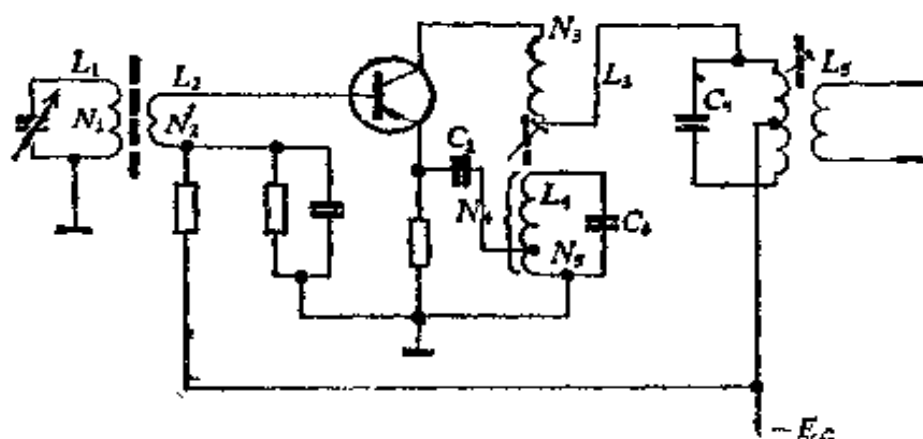


图 3-11

这里还必须着重指出的是：由于变频管参数、工作电流、工艺结构都不相同，在同样的线圈和圈数比的情况下获得的效果差别很大，因此要想得到最好的变频效果，还需通过耐心、细致的调整。

### 第三节 中频放大器

中频放大器是超外差式收音机的极其重要的组成部分，中放级的好坏对收音机的灵敏度、选择性、失真和自动增益控制等主要指标有决定性的影响，因此对中频放大器要求：(1)增益高。(2)稳定性好。(3)具有良好的通频带特性，也就是说，对干扰信号抑制能力要强，选择性要好，而对信号本身的影响或衰减要小。(4)自动增益控制对整机频带影响要小。

收音机里的中频放大器其工作频率为 465 千周，用谐振

回路作负载,如图 3-12 所示,它同来复再生式收音机的高频放大级比较,工作频率较低,所以它的增益可以做得很高而不易产生自激振荡,从而大大地提高了整机的灵敏度,这就是超外差式收音机的特点之一。一级中频放大器的增益约 25—35 分贝。

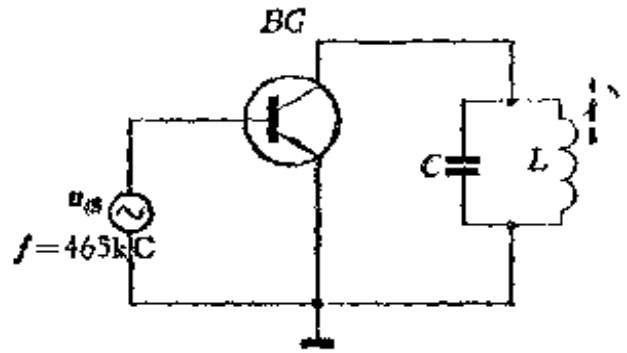


图 3-12

中频放大器的另一个特点是用并联的  $L$ 、 $C$  谐振回路作负载。并联谐振回路同串联谐振回路一样,能对某一频率的信号产生谐振,所不同的是在谐振时,串联谐振回路的阻抗很小,电路中的电流很大,阻抗愈小,  $Q$  值愈高。而并联谐振回路在谐振时,阻抗很大,回路两端电压很高,并联阻抗愈大,损耗愈小,  $Q$  值愈高。

图 3-13 (1)、(2) 为串联和并联谐振电路的等效电路。

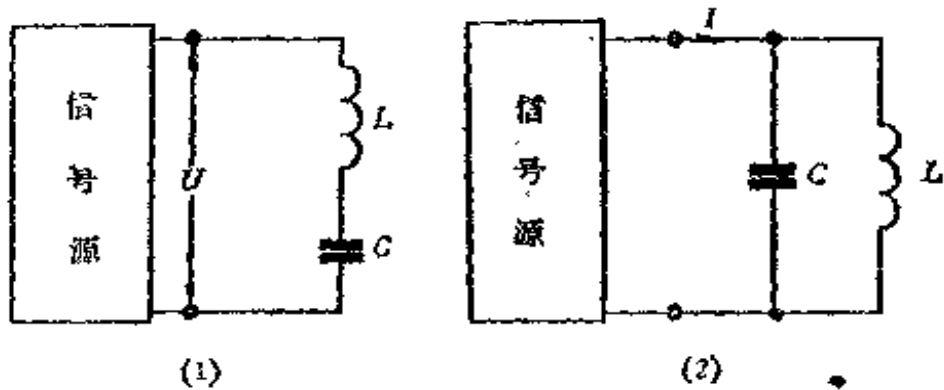


图 3-13

图 3-14 (1) 为串联谐振电路中电流和信号频率的关系。图 3-14 (2) 为并联谐振电路中电压和信号频率的关系。由图可以看出,对于不同频率的信号,谐振回路中的电流或电压是不一样的,只有在信号频率为谐振频率  $f_0$  时(中频放大器的  $f_0 = 465$  千周),串联谐振电路的电流最大,并联谐振回路的

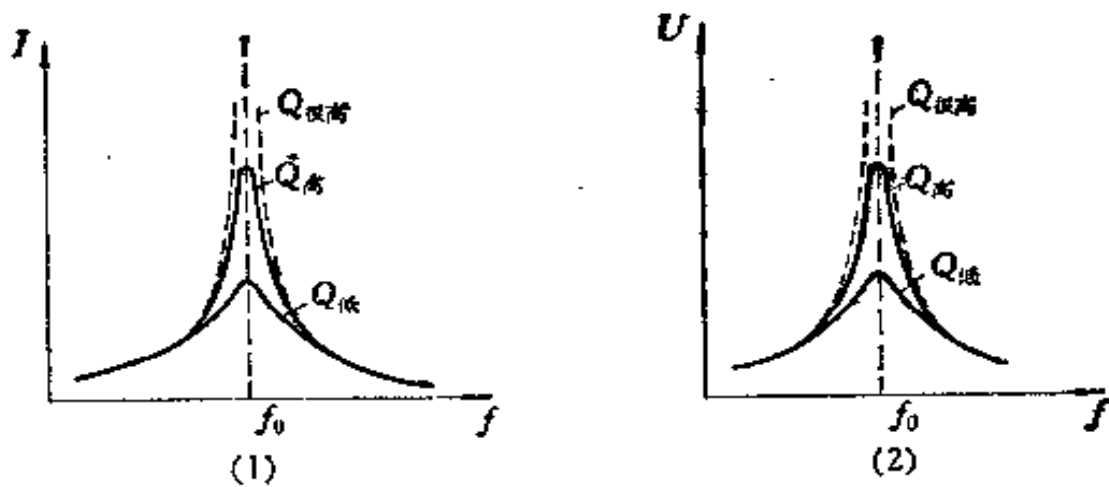


图 3-14

电压最大，这就是谐振回路能够选择信号的道理。由于中频放大器采用了谐振于 465 千周的并联回路作负载，因此用了中频放大器后，大大提高了整机的选择性，这就是超外差式收音机的特点之二。

常用的晶体管中频放大器电路如图 3-15(1) 所示。

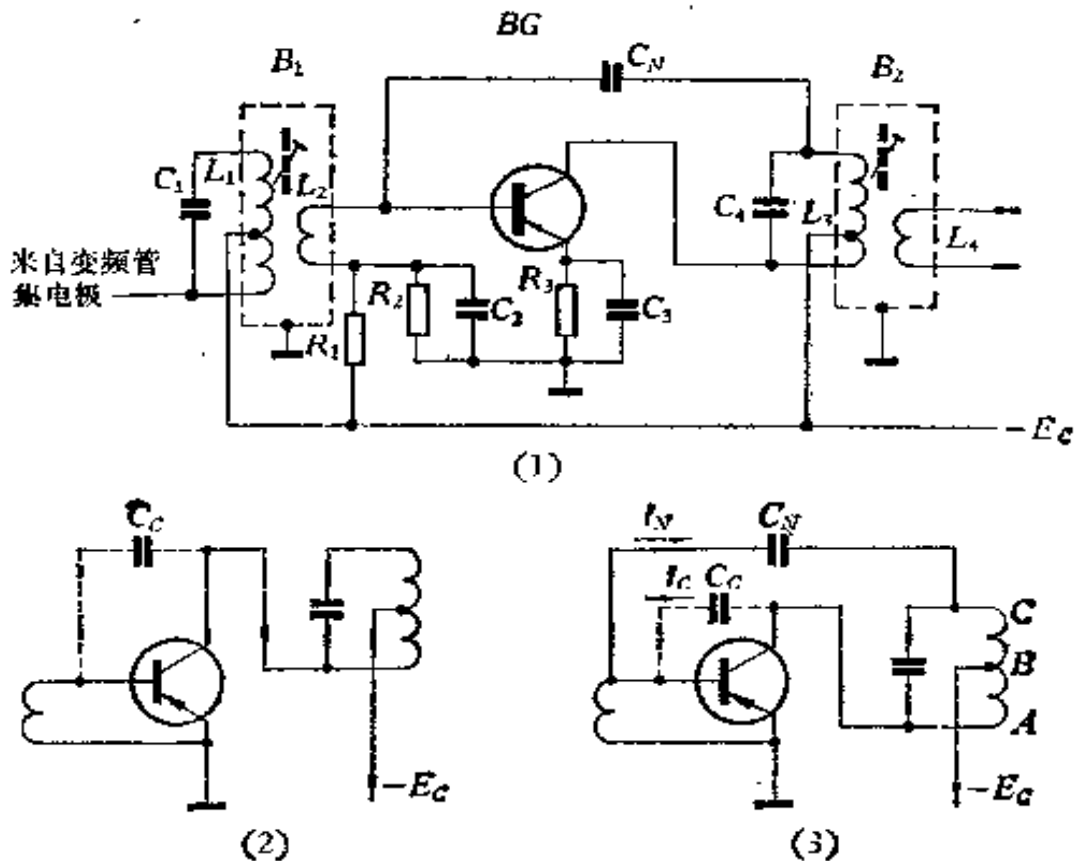


图 3-15

在图 3-15(1) 中, 经过变频级变换成 465 千周的中频信号, 此中频信号经过  $L_1C_1$  组成的谐振回路选出后, 通过互感由  $L_2$  送至  $BG$  的基极, 由  $BG$  加以放大,  $C_1L_3$  组成谐振于 465 千周中频的谐振回路, 进一步对信号加以选择, 然后由  $L_4$  耦合送至下级去。电路中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  组成直流偏置电路,  $C_2$ 、 $C_3$  构成交流旁路, 使信号直接加在  $BG$  的基极和发射极之间。 $C_N$  的作用下面将要谈到。

### 一、中和电路

在晶体管基极、发射极、集电极之间, 由于本身的结构关系, 存在一定的电容, 但电容量很小, 仅几个微微法而已, 所以, 在低频段工作, 基本上问题不大。如果工作频率高了, 虽然只有几个微微法, 也会有一定的高频电流通过。由于基极和集电极之间的集电结电容  $C_c$  存在, 如图 3-15(2) 所示, 集电极所得到的放大信号就不会全部输入中频变压器送至下一级, 而一部分则通过  $C_c$  返回基极, 构成内部反馈, 可能造成寄生振荡, 影响中频放大器稳定的工作。

消除  $C_c$  影响的办法可以采用中和电路, 就是利用人为的外部负反馈电流和管内极间电容  $C_c$  造成的正反馈电流大小相等、相位相反, 互相抵消的办法, 来克服极间电容  $C_c$  的影响。

图 3-15(1) 中的  $C_N$  即为中和电容。

图 3-15(3) 为中放级简化电路。利用  $C_N$  达到中和目的的原理可以简述如下: 图 3-15(3) 中,  $C_c$  为集电极、基极间的极间电容。集电极中的一部分中频电流通过  $C_c$  而返回基极, 由于一些附加的相移, 这个电流同原输入电流同相, 所以造成中放级自激。由于中频变压器的初级往往是由抽头  $B$  点来接电源的, 仅把初级线圈的一部分 ( $BA$ ) 段接入集电极, 而  $B$  点通过电源等于交流接地, 这样一来,  $AC$  两点相位正好相反

(对  $B$  点而言)。所以,从  $C$  点接入基极的电容  $C_N$  中流过的中和电流  $i_N$  正好与由  $C_c$  流过的反馈电流  $i_c$  相位相反。若调节  $C_N$  使  $i_N$  和  $i_c$  相等,则可实现中和的目的。

一般  $C_N$  为几个微微法左右,在生产实践中发现不必完全中和  $C_c$  的反馈,在电路不自激的情况下利用  $C_c$  的一部分反馈倒可以使中放级增益和选择性提高。

如果采用结电容小的高频管作中放管,有时不一定会产生中频自激,不过此时加上中和电容能消除中频谐振曲线的不对称性。

为了获得一定的功率增益,在晶体管收音机中通常采用二级中频放大器。图 3-16 画出了二级中频放大器实用电路。经过变频后的中频信号由中频变压器  $B_6$  的次级送至  $BG_2$ , 放大后,由第二中频变压器  $B_7$  送至  $BG_3$  再一次放大,然后由第三中频变压器  $B_8$  送到检波级,  $C_{19}$ 、 $C_{24}$  就是中和电容。自动增益控制(参看第五节)电压经过  $W_1$ 、 $C_{17}$  滤波后,配合  $R_5$  供给  $BG_2$  基极偏置,  $D_1$  是阻尼二极管(作用参看第五节),  $R_8$ 、 $C_{20}$  组成电源去偶滤波,以消除第二级中放同前级通过电源的耦合,由第二级中放管  $BG_3$  发射极的  $R_{12}$  取得电流负反馈,可以改善放大级的失真。两级中频放大总增益可达 60 分贝左右。

## 二、中频放大级管子选配和工作点确定

具有两级中频放大器的收音机中一般在第一中放级加有自动增益控制。加有自动增益控制的电路工作电流不宜过大,同时因输入信号较小,工作点电流小些也不会引起失真,所以通常选在 0.4—0.6 毫安的范围。第二中放级要求有足够的增益,以便为检波器提供较大的输入功率,所以工作电流一般较大,在 0.6—0.8 毫安左右(中放兼来复的工作电流可调到 1—3 毫安)。中频放大管的选择,主要考虑两点:(1)高频特性好,

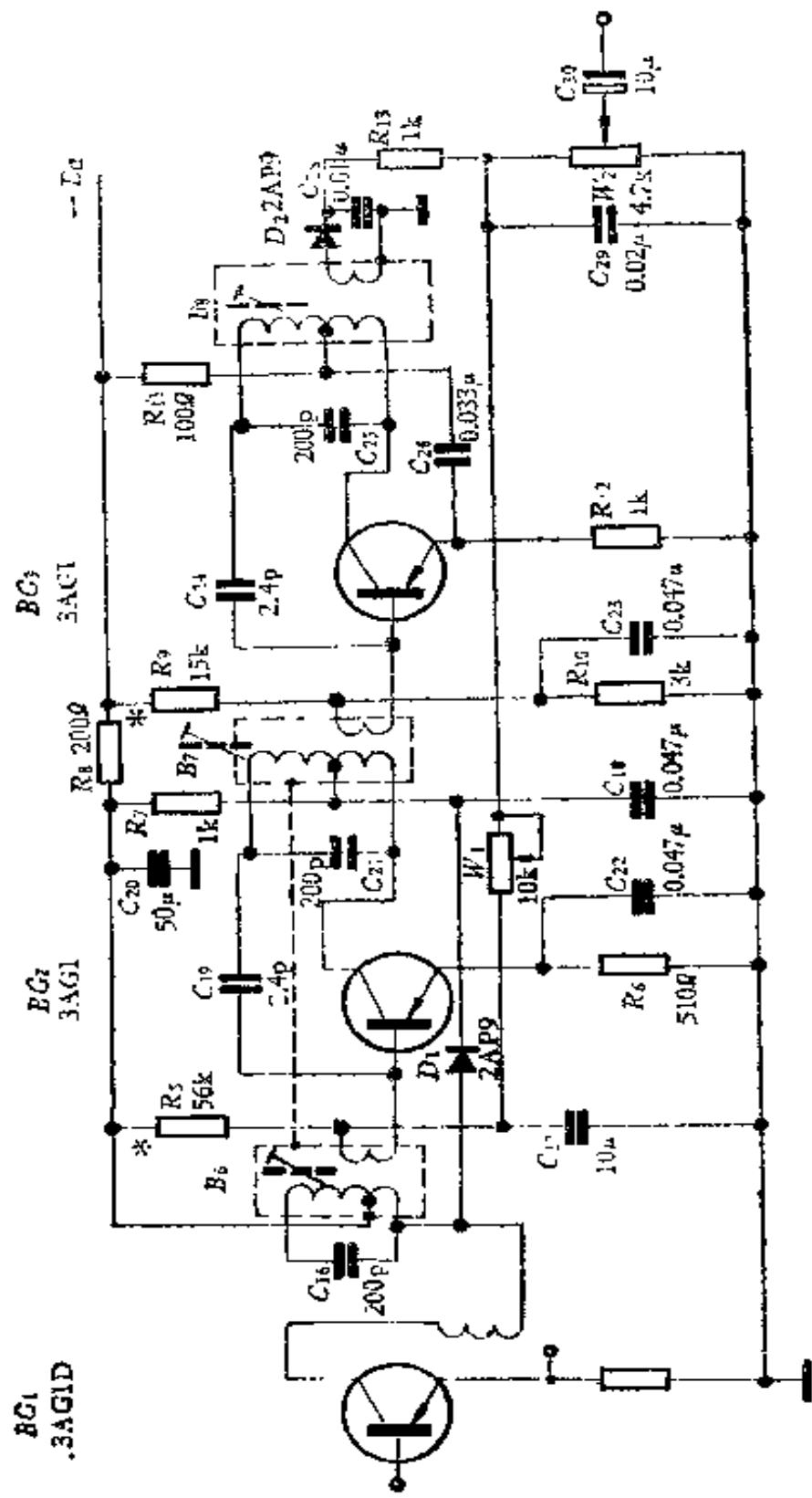


图 3-16 春雷 703 型的两级中放电路



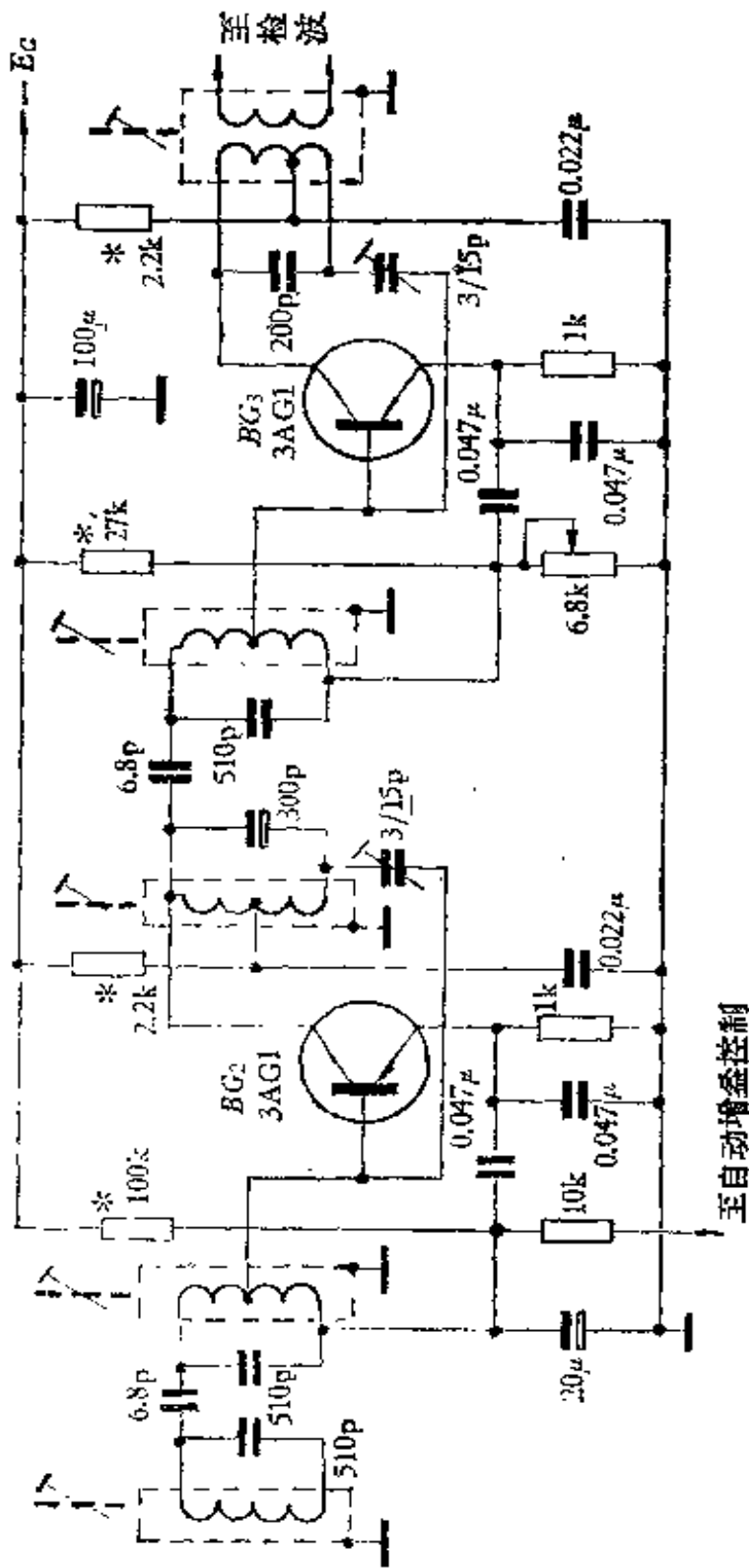


图 3-17 上海 312 型的中频放大电路

截止频率  $f_s$  高。(2) 电流放大系数  $\beta$  不宜选得过大, 否则容易引起哨叫, 一般用 50—65 左右为宜。在两级中频放大器中, 前后级可适当搭配, 以照顾整机灵敏度。

一级中放 [见图 3-15(1)] 的稳定功率增益约为 35 分贝左右, 两级中放的增益约在 60 分贝左右, 太高容易引起自激, 太低又不能满足灵敏度的要求。

各级中频变压器在收音机中完成的任务是不同的, 第三中频变压器要求足够的通带和增益, 第二中频变压器要求适当的通带和选择性, 而第一中频变压器则要求有较好的选择性。由于各中频变压器前后级晶体管输入输出阻抗不同, 完成的任务也不一样, 所以, 变压比、抽头数都是不一样的。

### 三、几种中频放大器电路介绍

#### 1. 单调谐回路中频放大电路

一级中频放大电路如果只有一个调谐回路, 叫做单调谐中放电路, 如图 3-16 所示。单调谐放大电路的选择性与通频带, 两者矛盾着, 通常都不够理想。不过, 它的回路损失小, 结构简单, 调整方便, 在袖珍式收音机中用得较广。

#### 2. 双调谐回路中频放大电路

双调谐回路中频变压器初、次级都并上电容, 两个回路都可调谐, 两个回路之间有采用电容耦合的, 如图 3-17 所示, 也可以用图 3-18 所示的电感耦合的办法。采用双调谐, 可以克服选择性和通频带的矛盾。由于每个调谐回路都存在一定的损耗, 所以双调谐比单调谐的损耗来得大些。

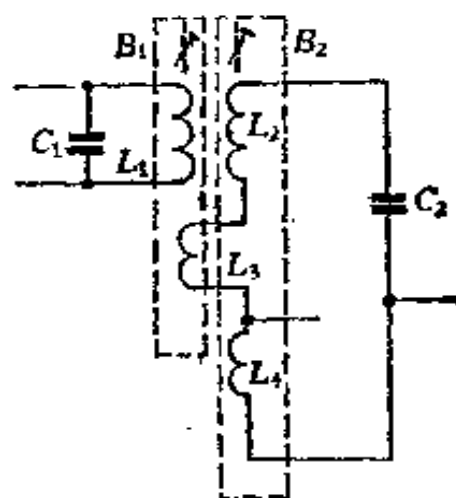


图 3-18

### 3. 来复式中放电路

来复中放电路在晶体管收音机中,既担任中频放大,又兼作低频放大。典型电路如图 3-19 所示。它将来自前级的中频信号放大后,送到二极管去检波,检波输出的音频信号又回馈到输入端进行放大。

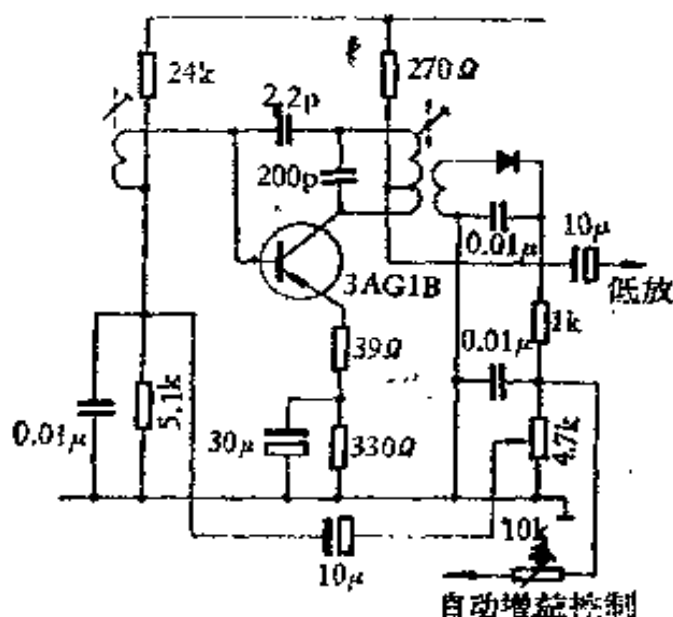


图 3-19

由此可见,对来复中放来说,输入端加有两种信号:中频信号和低频信号;输出端由两种不同的负载,将中频信号和低频信号各自分别取出,工作原理在后面还要分析,这里不再赘述。

### 4. 串接中放电路

串接中放电路如图 3-20 所示,是由二个晶体管分别按共发与共基形式串接而成的。中频信号加在由共发接法的管子的基极上,由集电极

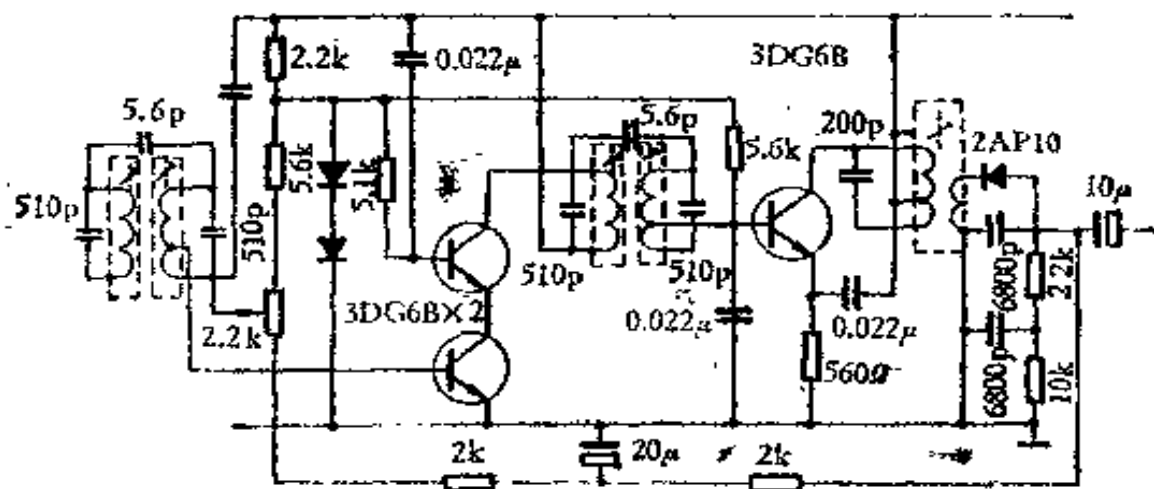


图 3-20

输出后,直接加至另一个管子(共基接法)的发射极与基极间,再从它的集电极输出。这种电路的特点是工作稳定可靠,增益高,调整也方便。这是由于二个管子串接连成后,管子内部电容引起的内部反馈要比用一个管子的中放电路小得多,大大提高了中放电路的稳定性。由于电路工作稳定,不加中和电容,也不易产生自激,因此调整也较为方便,增益也可以调得高些。另外,由于输出是共基接法,输出阻抗高,对 LC 谐振回路的损耗小,回路 Q 值高,也是一大特点。

### 5. 采用陶瓷滤波器的中放电路

利用压电陶瓷材料做成的陶瓷片,具有 LC 回路那样的谐振特性,可作为一个滤波器来使用,算作陶瓷滤波器,在收音机中放电路中被采用。

陶瓷滤波器有二极性和三极性等多种类型。二极性陶瓷滤波器的外型,符号,等效电路及谐振特性,如图 3-21 (1)、

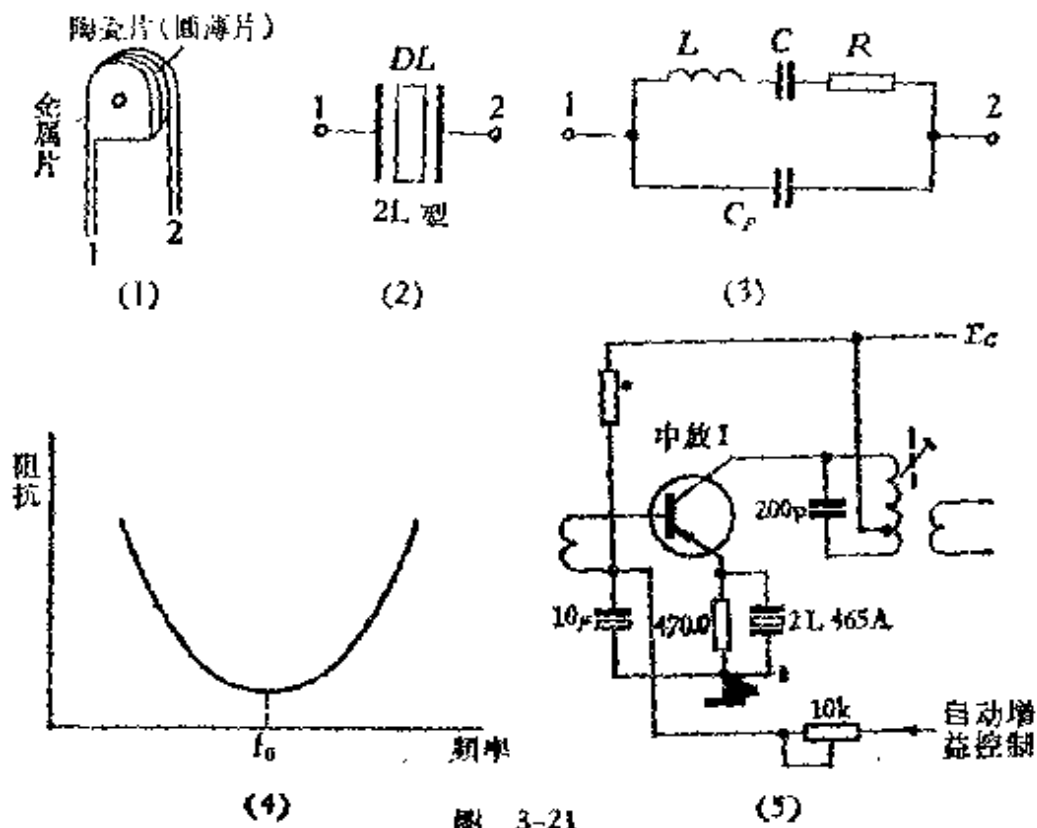


图 3-21

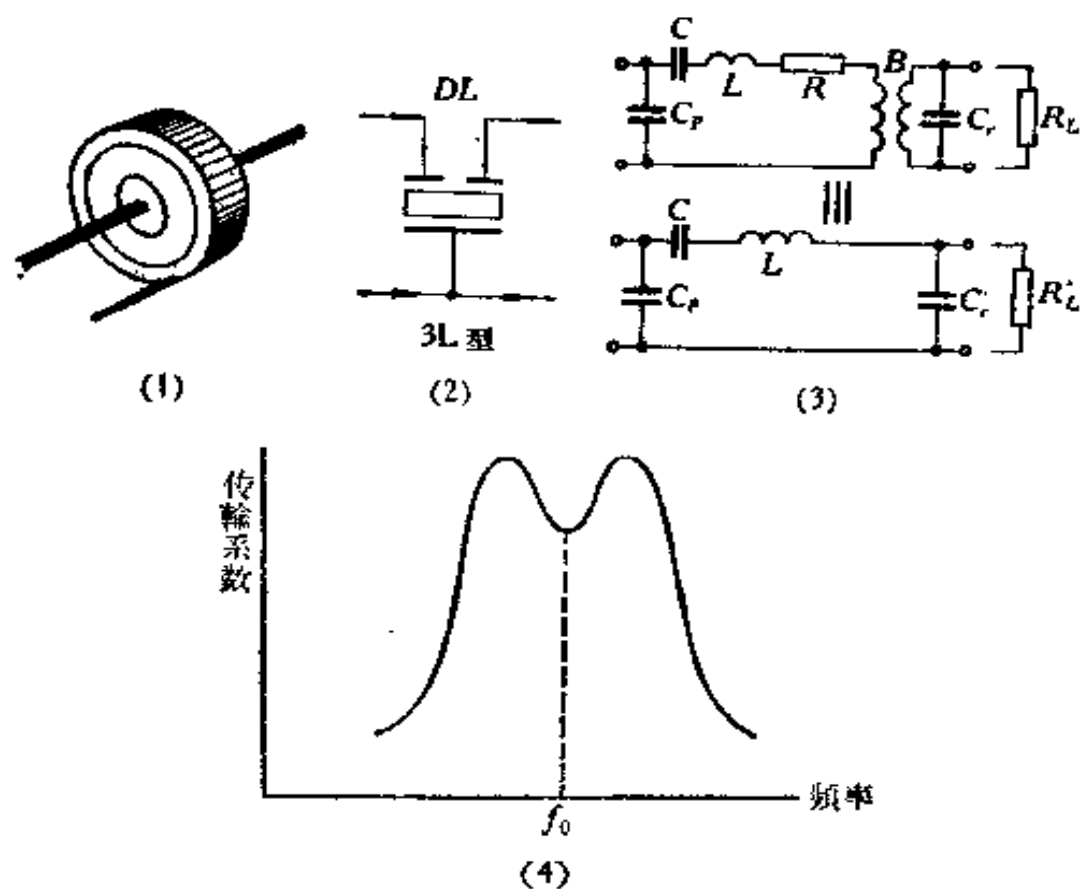


图 3-22

(2)、(3)、(4)所示,谐振时,阻抗最小,不谐振时,阻抗很大。相当于 LC 串联谐振电路。2L465 陶瓷滤波器的谐振频率为 465 千周。把它并接在中放电路的射极电阻上,如图 3-21(5)所示,

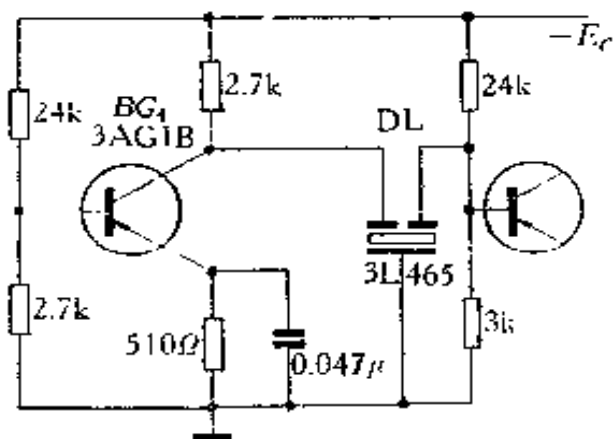


图 3-23

当输入信号为 465 千周时,2L465 是低阻,把射极电路旁路,射极电阻上的负反馈作用很小,从而获得较大的电路增益,当输入的信号远离 465 千周,2L465 呈高阻,对射极电阻的旁路作用大为减弱,增益相对降低,这样电路

的选择性就提高了。

三极性陶瓷滤波器的外型、符号、等效电路与特性见图 3-22 所示,由图可知,它可等效一个中频变压器。在中放电路中可取代中周,具体电路如图 3-23 所示。

#### 第四节 检波电路

在超外差式收音机中,虽然经过变频器把高频信号变成了中频信号,但是中频信号仍然是调幅信号,因此需要依靠检波器把中频信号变成低频信号。可以用二极管或者三极管作检波元件。在晶体管收音机中通常用二极管检波,典型的超外差式收音机检波电路如图 3-24 所示, $D$  为检波二极管、 $W$  为检波器的负载电阻(兼音量控制), $C$  为检波电容器。在超外差式收音机中的检波与前面直接放大式收音机的检波不同点在于那里高频信号小,是采用小信号检波,而在超外差式收音机中,高频信号经过中频放大已经较大(在 0.5 伏以上),所以是大信号检波。利用二极管单向导电的特性,信号电压为负半周时,二极管截止,信号电压为正半周时,二极管导电,于是检波二极管中按着中频信号的幅度流过脉动电流,其检波

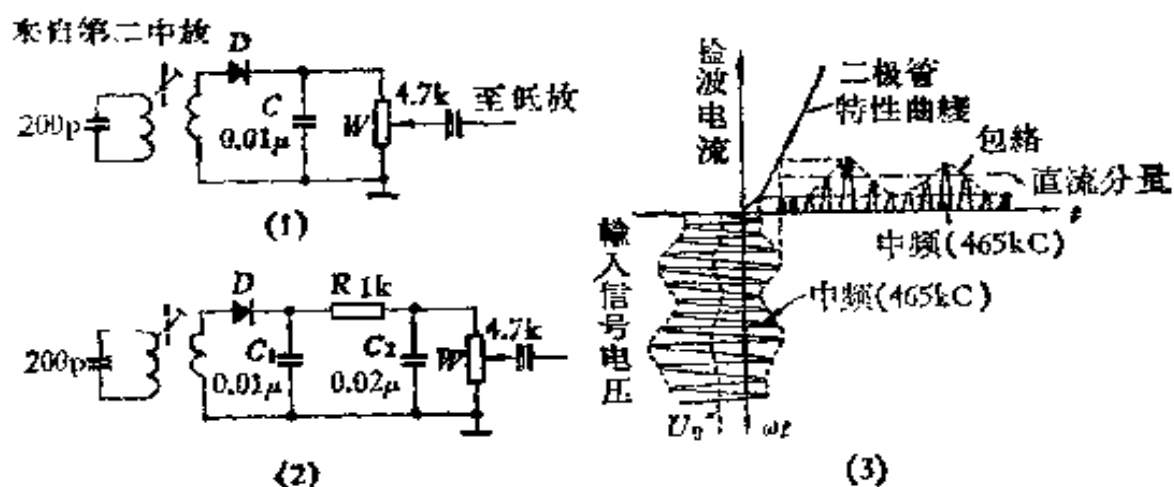


图 3-24 检波二极管的两种接法

工作原理如图 3-24 所示,中频信号通过检波电容  $C$  滤掉,在负载电阻  $W$  上取出音频信号。通过二极管检波后信号衰减了 10—20 分贝。

检波二极管的特性对检波效果有直接关系,应选用正向特性好,反向电流小,截止频率高的二极管,一般用 2AP 型二极管。检波电容  $C$  的容量大小,对检波性能的好坏有很大影响。检波电容器  $C$  对中频的容抗应该很小,即  $C$  的电容量要大些,否则在它上面产生的中频电压降就大,就会相对地削弱二极管上的检波电压,减低检波效率。但  $C$  的容量也不能太大,否则由于放电时间变长,而不能紧跟着包络线的下降而下降,输出波形会造成非线性失真,因此在晶体管超外差式收音机里,检波电容  $C$  通常用 5100 微微法—0.01 微法。

检波负载电阻  $W$  的大小,也直接影响检波工作的质量。 $W$  的阻值过大时,  $C$  来不及放电,同样要产生失真,并且输出的音频电压也小,降低了检波效率。但  $W$  的阻值过小,会降低检波级的输入阻抗,因而增加了最末一级中放回路的损耗,中频变压器的选择性变坏。超外差式收音机的检波负载电阻通常同时又是收音机的音量控制器,因此一般使用 4.7 千欧或 5.6 千欧电位器作检波负载电阻。

图 3-24(1) 为简单的检波电路,对于检波后的残余中频成分还不能很好地滤掉,有时会引起振荡,因此在有些收音机检波电路中,加有阻容滤波器  $C_2$  和  $R$  如图 3-24(2) 所示,这时  $R$  可用 500—1000 欧,  $C_2$  用 0.01—0.02 微法。

## 第五节 自动增益控制电路

我们在调谐收音机时,常常发生如下两种情况:收到各电台的声音大小不同;收听短波时,有时声音时大时小。这是

因为收音机音量的大小与外来电台信号的强弱有关，外来信号强时，中放级输送给检波器的电压也大，声音就响亮，反之，声音就微弱，这是各电台的声音大小不同的原因。另外，收听短波时，由于电离层的变化，会使信号传递发生忽强忽弱的变动，这种现象称为“衰落现象”，这是同一电台声音时大时小的原因。前面曾提到，为使收音机对大小信号都能同样很好地接收，即使在信号有强度变化时，也能大体维持一定的音量，需要加入自动增益控制(有的图中用 *AGC* 表示)。因此，在超外差收音机中，都采用了自动增益控制电路。

在晶体管收音机中，一般利用检波器输出的直流成分加到被控级晶体管基极，来控制它的基极偏流，从而改变其增益大小的方法来实现自动增益控制。这种控制基极偏流的方法所需功率较小，现在的收音机绝大多数用这种办法。

控制信号的极性与被控管基极原有偏置的极性相反，这样随外界信号的加强而使被控管基极偏流减少，从而使该级增益降低。

下面介绍几种常用的自动增益控制电路。

### 一、基极电流控制电路

在图 3-25 所示电路中，被控制级是收音机的第一中放管  $BG_2$ ，控制电流取自检波器的直流部分，电路的工作原理是：在无外来信号时，检波管没有输出，此时第一中放管的直流偏置电流由分压电阻  $R_1$ 、 $R_3 + \frac{R_5(R_4 + R_D)}{R_5 + R_4 + R_D}$  ( $R_D$  为检波二极管的正向电阻)和发射极稳定电阻  $R_2$  以及集电极电压  $-E_c$  所决定。这时  $BG_2$  的基极电流设为  $I_b$ ，相应的集电极电流为  $I_c$  ( $\approx 0.4\text{--}0.6$  毫安)。如果外来信号进入收音机，经过变频级与中放级后，由二极管  $D_2$  检波，检波后的中频脉动电流被电



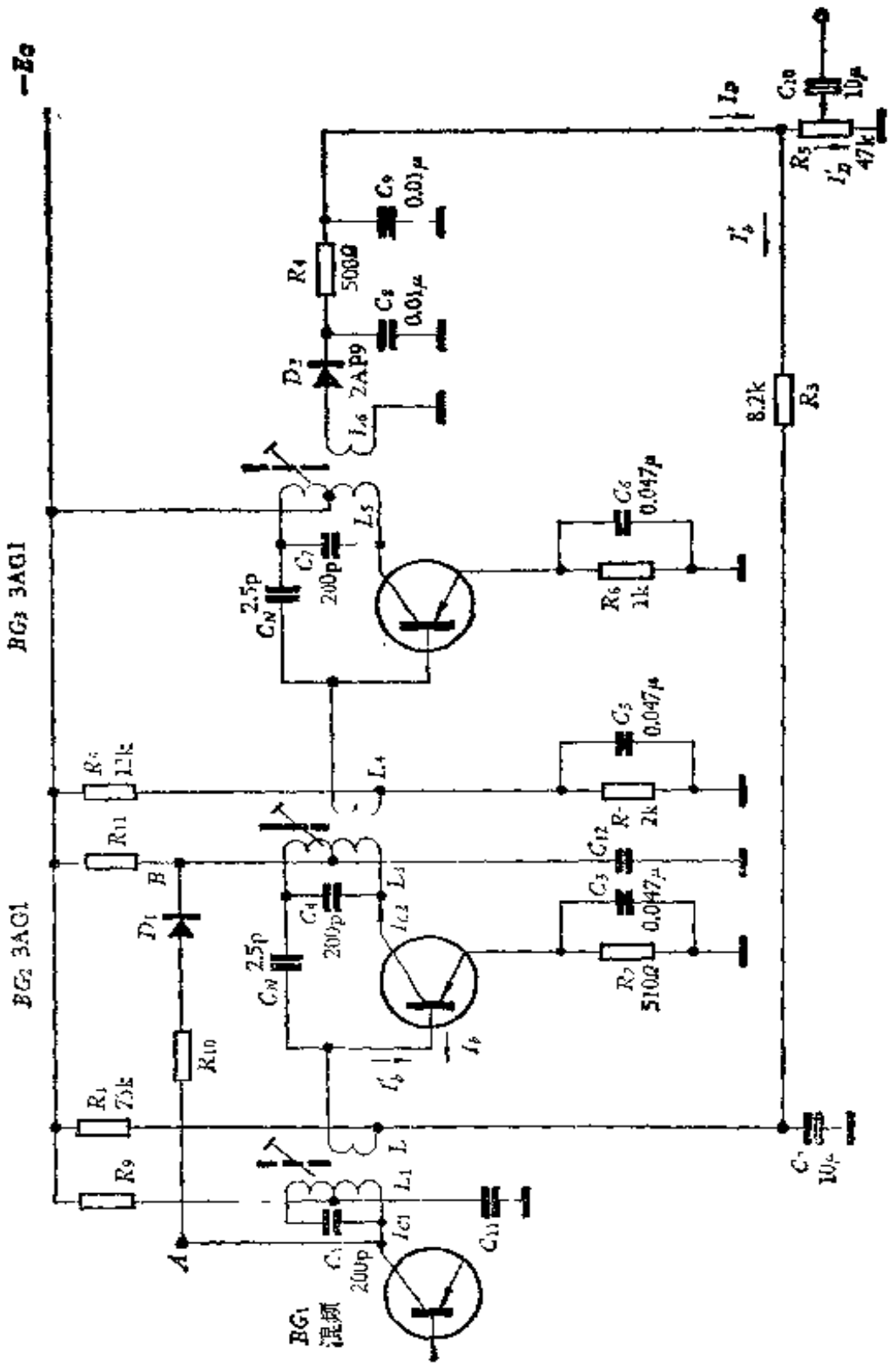


图 3-25

容器  $C_8$ 、 $C_9$  和电阻  $R_4$  组成的滤波器滤除, 音频信号经过  $C_{10}$  送入音频放大器, 其直流电流  $I_D$  的一部分  $I'_D$  消耗在电位器  $R_5$  上, 另一部分直流成分  $I'_b$  通过  $R_3$  注入  $BG_2$  的基极, 这个电流就是自动增益控制电流, 由于  $I'_b$  同  $BG_2$  静态时的基极电流  $I_b$  流向相反, 结果使  $BG_2$  的基极电流减少, 工作点降低, 从而使放大器增益减少, 外来信号愈大, 检波后的  $I'_b$  也愈大,  $BG_2$  的增益也愈小, 反之则增益升高, 因而起到自动增益控制的作用, 图 3-26 为这种电路的自动增益控制特性

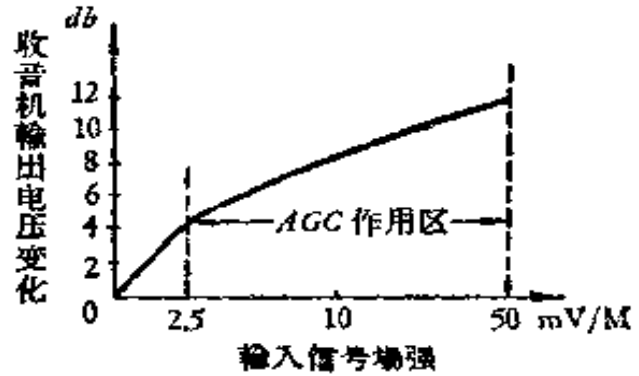


图 3-26 基极电流控制电路的自动增益控制特性

性, 即外来信号场强的变化与收音机输出电压变化的关系。从自动增益控制特性可知, 这种电路当外来信号场强变化 26 分贝时, 收音机输出变化约在 5—10 分贝之间。

这种电路的优点是简单经济, 效果较好。缺点是当外来信号很大时, 例如在 50 毫伏/米以上时, 由于  $I_b$  很大, 使受控级趋向截止, 产生严重失真。第二个缺点是当外来信号愈大时, 被控级工作点愈低; 其输入阻抗就愈高, 这样反映到前级回路的阻抗也愈大, 使回路  $Q$  值增加, 通带变窄。同时使第一只中频变压器磁芯导磁率  $\mu_0$  减小、 $L$  减小, 产生失谐, 这也是不好的。

## 二、阻尼二极管自动增益控制电路

图 3-25 电路中, 阻尼二极管自动增益控制电路由  $R_1$ 、 $C_{11}$ 、 $R_{10}$ 、 $D_1$ 、 $R_{11}$ 、 $C_{12}$  构成。电路的工作原理是: 在外来信号较小时, 检波器输出的控制电流  $I'_b$  控制了第一中放管  $BG_1$  的

集电极电流  $I_{c2}$ ，这时电路的工作状态同上面所讲的相似，在电阻  $R_{11}$  上的电压降为  $I_{c2} \cdot R_{11}$ ，在电阻  $R_9$  上的电压降为  $I_{c1} \cdot R_9$ ，由于  $BG_1$  未加自动增益控制电流，故  $I_{c1} \cdot R_9$  可以认为基本不变。现设在弱信号时  $I_{c2} \cdot R_{11} > I_{c1} \cdot R_9$ ，即图中  $B$  点电位高于  $A$  点电位，二极管  $D_1$  处于反向偏置，内阻很大，对  $L_1 C_1$  组成的谐振回路没有影响。但当外来信号增强，检波器提供的自动增益控制电流  $I'_b$  使  $BG_2$  集电极电流  $I_{c2}$  减少到  $I'_{c2}$  时，可能使  $R_{11} \cdot I'_{c2} \leq R_9 \cdot I_{c1}$ 。因而使  $B$  点电位等于或低于  $A$  点电位，二极管趋向导通。当外来信号足够强时，将使  $D_1$  更导通，因此当外来信号强弱变化时，二极管导通的程度也不一样，由此二极管起到自动可变电阻的作用。在  $D_1$  导通时，正向电阻很小，这样变频级输出的中频信号电流一部分被  $R_{10}$  和  $D_1$  的正向电阻旁路。由于  $R_{10}$  和  $D_1$  的正向电阻与回路  $L_1 C_1$  的一部分并联，使回路  $Q$  值大大下降，谐振阻抗大为降低，使变频级增益也减小，起到自动增益控制作用。

适当选择  $R_9$  的大小，可以控制自动增益控制作用的强度。选择  $R_9$  和  $R_{11}$  的数值，可以确定阻尼二极管自动增益控制电路起作用的信号场强。其自动增益控制特性如图 3-27 所示。

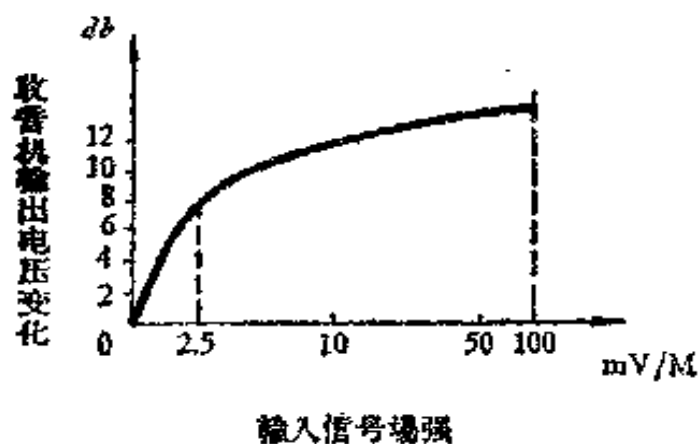


图 3-27 阻尼二极管自动增益控制电路的自动增益控制特性

此电路的优点是：自动增益控制效果好，当外来信号场强变化 26 分贝时，收音机相应输出变化仅 0—4 分贝。其次是信号愈强， $L_1 C_1$  回路  $Q$  值愈小，整机通带增加，失真减小。在外来信号较小时，整机

选择性较好，这是我们所希望的。还有一个优点是：由于混频（或变频级）输出的中频信号被  $D_1$  旁路，送至中放级的信号减弱，因而检波后的自动增益控制电流不易使  $BG_2$  趋向截止，这样可以减小失真。

采用阻尼二极管自动增益控制电路的另一种形式如图 3-16 所示，与前面电路不同，这里应用二极管的反向特性，当外来信号由强到弱变化时，二极管的工作点由反向特性未饱和到饱和区变化，这样二极管也就起到可变电阻的作用。由于  $D_1$  与  $B_1$  初级回路的一部分并联，使回路  $Q$  值下降，从而使变频增益降低，起到自动增益控制作用。

## 第六节 超外差晶体管收音机整机电路

### 一、电路类型

典型的超外差式晶体管收音机方框图如图 3-28 所示。它包括天线、输入回路、变频、二级中放、检波、低放、推挽功率放大，共用六只晶体三极管、一只晶体二极管。

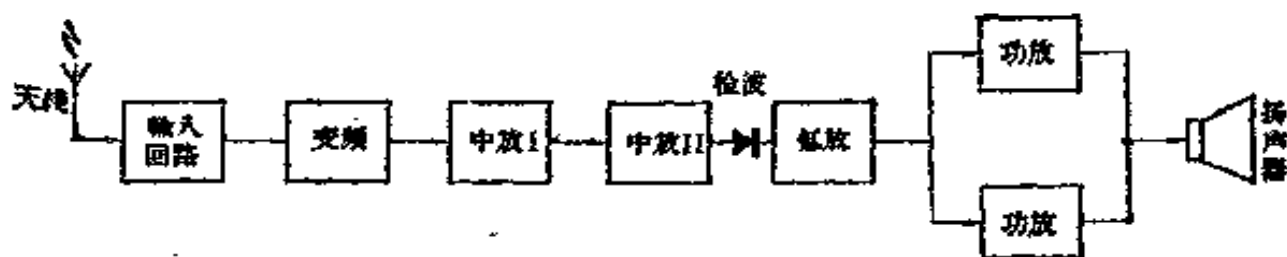


图 3-28

如果在图 3-28 所示的电路上增加一级低放，则变为使用七只晶体三极管的七管机，如春雷 703 型。

若使用混频，其电路要复杂些。如图 3-29 所示为熊猫 B 802 收音机的方框图。线路采用混频电路，低频小信号放大为二级，所以使用了八只晶体三极管，二只晶体二极管。

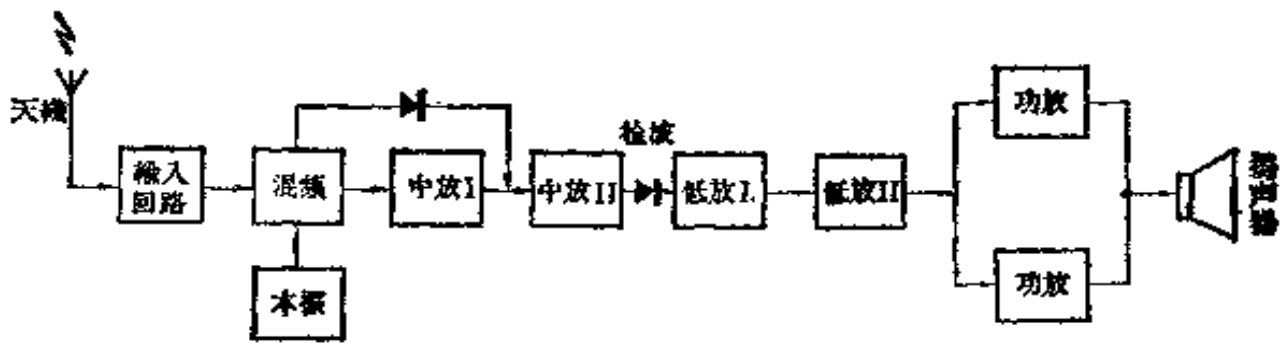


图 3-29

为了充分发挥晶体管的效能,有的采用来复中放电路。例如 4B12、503 等,其方框图如图 3-30 所示。

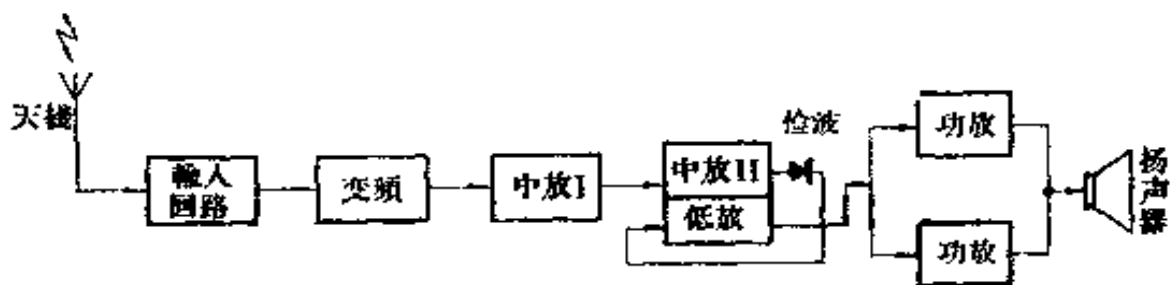


图 3-30

有的收音机不用推挽电路而使用一只晶体管完成功率放大作用,如春雷 401、工农兵 403、熊猫 B302 等。熊猫 B302 型用一级中放兼来复低放,推动单管功率放大,这样使用三只晶体管就可以做成外差式收音机了。

## 二、超外差晶体管收音机的整机电路

前面我们比较详细地分析了超外差晶体管收音机的变频级、中频放大级、检波级和自动增益控制电路,只要将它们同低频放大级、功率放大级联起来就可以得到一个完整的整机电路。

下面以燎原 6A1 (66-9A) 型六管机电路为例说明整机电路的工作原理和各元件的作用。



如图 3-31 所示,现在我们从输入端看起,逐级进行分析。磁性天线感应来的信号送到谐振回路  $L_1C_{10}$ ,由于  $L_1C_{10}$  调谐在接收的信号频率上,其他干扰信号相应被抑止。然后通过  $L_1L_2$  之间的互感将信号送到变频管  $BG_1$  的基极。变频级的振荡电压通过  $C_1$  注入发射极。 $L_3C_{10}$  组成振荡回路,反馈是由  $L_4$  来实现的,这是一个振荡电压由发射极注入,信号由基极注入的变频级。 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_{10}$  是偏置元件, $C_3$  作高频旁路之用,否则信号将有很大部分被  $R_{10}$  吸收掉。经变频级之后,信号变换为频率等于 465 千周的中频信号,由谐振于 465 千周的  $L_5C_7$  组成的中频变压器取出送至由  $BG_2$  组成的第一中频放大级。第一中放级加有自动增益控制,所以它的偏置由  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_9$ 、 $W$  与  $D$  的正向电阻等联合决定。 $C_8$  是一个容量较大的电解电容器,其主要作用是滤除检波后的音频电流。 $C_{10}$  是旁路电容, $C_9$  是中和电容。 $C_{11}$ 、 $L_7$ 、 $L_8$  组成第二中频变压器  $B_1$ ,经过  $BG_2$  放大后的中频信号由  $B_1$  取出后送到第二中放级。 $BG_2$ 、 $BG_3$  组成二级单调谐中频放大器。 $R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$  是  $BG_3$  的偏置电路, $C_{12}$ 、 $C_{14}$  是旁路电容。经过二级中放后的信号由  $D$  进行检波。 $R_9$ 、 $C_{16}$  将残余的中频信号滤除,在  $W$  上的音频信号通过  $C_{18}$  送到  $BG_4$  组成的低放级。检波后的直流分量通过  $R_9$  加到  $BG_2$  的基极作自动增益控制。 $BG_4$  放大后的音频信号,由  $B_4$  送到  $BG_5$ 、 $BG_6$  组成的推挽功率放大级,最后输出功率推动扬声器发出声音。低频放大部分没有什么特别的地方。 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$  是  $BG_4$  的偏置电阻, $R_{15}$ 、 $R_{16}$ 、 $R_{17}$  是推挽级的偏置电阻, $R_{14}$ 、 $C_6$ 、 $C_{17}$  组成了电源滤波电路,电容  $C_{20}$ 、 $C_{21}$  用来改善音质。电容  $C_0$ 、 $C_2$ 、 $C_4$  供调整中使用(在第六章中详细讨论)。 $B_4$  是输入变压器, $B_5$  是输出变压器。 $CK$  是外接电源插口。

## 第七节 几种特殊电路

### 一、频率微调电路

在使用收音机的过程中,大家一定会感到,在接收短波电台时,调谐旋钮非慢慢的转动不可,否则电台就不易调准,这是因为在短波段上电台数目很多,许多电台挤在一起,并且晶体管收音机一般体积较小,刻度板较短。例如春雷 703 的刻度仅长 10 厘米,而一般短波段的频率范围为 4—12 兆周或 6—18 兆周,所以每 1 毫米刻度就有约几十千周的频率变化,这样大的范围中可能包括几个电台的广播,这样调节起来当然很不方便,如果将刻度板加长,受整机体积的限制;如果将短波分成更多的波段,这样势必使收音机结构太复杂,成本大大提高。改善的方法:增加频率微调电路,这就是现在一般晶体管收音机中通常采用的电路。频率微调电路种类很多,图 3-32 所示电路就是其中之一。

在这个电路中是采用微调本机振荡频率的办法来调准接

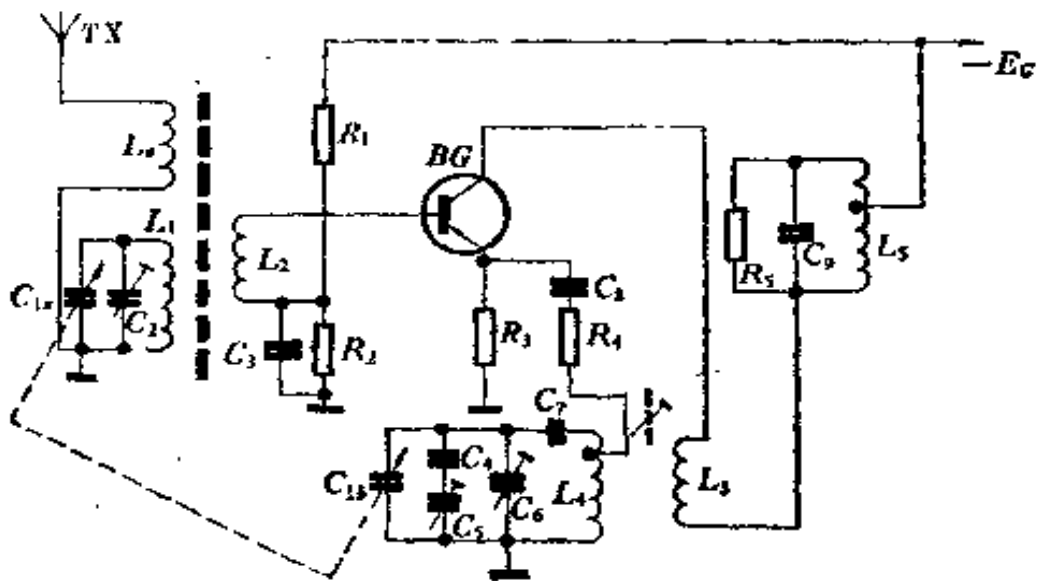


图 3-32 具有频率微调的变频电路



收电台广播的。因为输入回路在短波时  $Q$  值较低、通频带较宽,相邻电台选择性较差,只要改变本机振荡频率就能使不同电台与本机振荡频率之差等于 465 千周从而起到微调作用,一般频率微调电路多用于短波段。

图中  $C_4$ 、 $C_5$  构成的电路就是频率微调电路。 $C_4$  为 2.5 微微法、 $C_5$  为 1—3 微微法,可用接在机外的微调旋钮随时调节,此电路可调节的频率范围达 50 千周。 $C_4$ 、 $C_5$  串联后为 0.7—1.36 微微法。串联电容可使频率变化更为缓慢。在有些收音机中直接使用  $C_5$  进行微调,如春雷 703、804 等。 $C_6$ 、 $C_7$  是为了使收音机达到统调而附加的电容。

## 二、短波增益提升器

提高短波灵敏度的方法很多,短波增益提升器就是其中之一,其线路如图 3-33 所示。

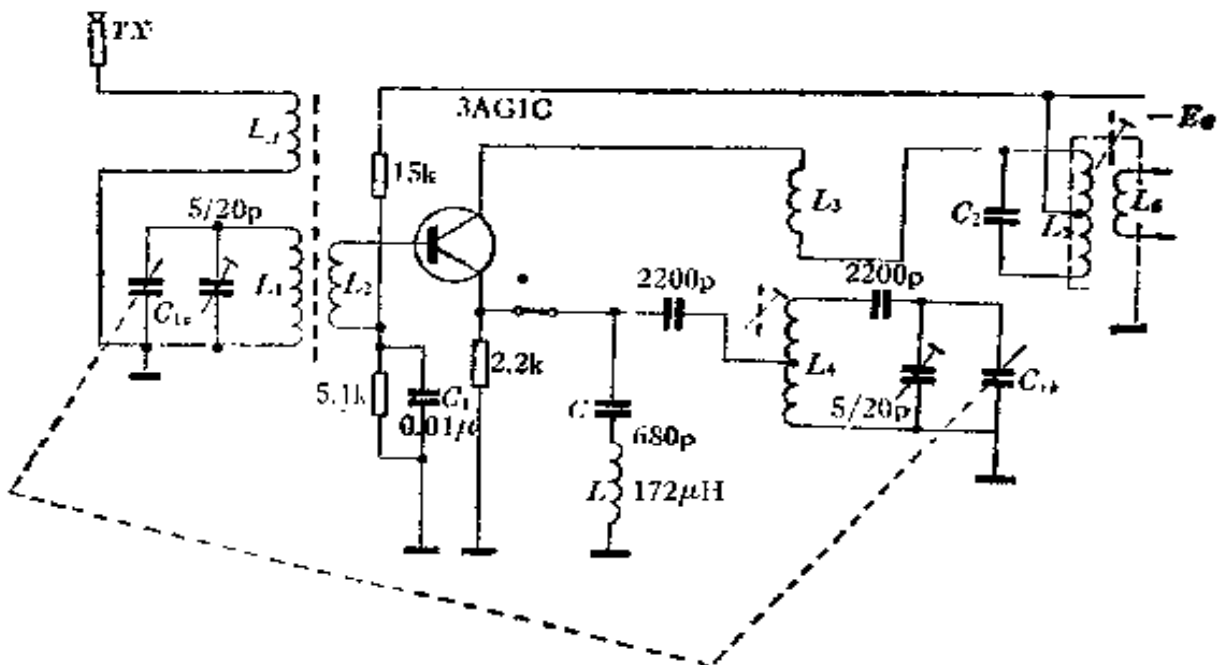


图 3-33 具有短波提升的变频电路

图中的  $L$ 、 $C$  就是短波增益提升器。当收音机波段开关置于短波段时,  $LC$  回路并接在变频管的发射极电路上,由于

LC 串联回路谐振于中频 465 千周附近，所以降低了变频管对中频的电流反馈，提高了变频增益，从而提高了短波段的整机灵敏度。这种提升器最佳点约可提高增益 6—10 分贝。

### 三、本地远程开关

当我们在接收本地强信号电台时，如果杂音较大，这时候希望收音机灵敏度低些，以减少杂音。而在收听远地电台或弱信号电台时，则希望收音机灵敏度能够高一些，本地远程开关便能完成这样的作用。这是一个改变收音机灵敏度和通频带的附加开关。例如凯歌 4B12、春雷 503 收音机中的开关  $K_2$  就是本地远程开关(参看第四章)。

当开关  $K_2$  闭合时，在变频级输入端并接一个 100 欧的电阻，这样将使输入回路的  $Q$  值下降，因而通频带变宽，虽然输入给变频级的信号将减少，但音质得到了改善，适宜于本地强信号电台接收。反之，当开关  $K_2$  开启时，通带变窄，整机灵敏度可以提高，有利于远地弱信号电台的接收。

### 四、强信号抑制电路(即音频限制二极管电路)

现在有些收音机采用第二中放级兼作第一低放，即在第二中放级采用来复电路。但由于高频管的动态范围较窄，用它来同时放大低频信号往往容易产生较大的失真，以致造成音频振荡叫声。解决这个问题除精选中放管，适当调整其工作状态外，在来复级附加音频限制二极管电路是很有效果的，其电路如图 3-34 所示，此电路是红旗 604 型收音机所使用的实际电路。

图中  $D_3$ 、 $R_{15}$  就是强信号抑制电路。中频信号经过 3AG1B 组成的来复中放级放大，由  $D_2$  检波取出低频信号，这个低频信号一方面滤波后作自动增益控制，一方面通过  $D_3$ 、 $R_{15}$ 、 $R_{16}$ 、



来实现变频的。采用这种措施,回路振荡频率低了,因此,对人体感应小。一般用本机振荡的基波作短波 I 的本机振荡信号,而用它的谐波作为短波 II 的本机振荡信号,这样一来,可以减少一个短波 II 的振荡线圈,使结构简化。

在电路上,谐波变频电路同一般变频电路比较仅仅少了一个振荡回路,工作原理没有什么区别。

具体电路可见第四章中的 645、403、703、2J8 等收音机。

## 六、滑动甲类功率放大器

在一些使用晶体管较少的收音机中,为了提高单管功率放大器的效率,可采用滑动甲类功率放大器。其基本原理电路如图 3-35 所示。

电路的工作原理是:当外界没有信号输入时,晶体管  $BG$  没有基极偏流,因此其工作点很低,集电极电流  $I_c$  很小,这时晶体管消耗功率亦很小。当外界有信号输入时,经  $BG$  放

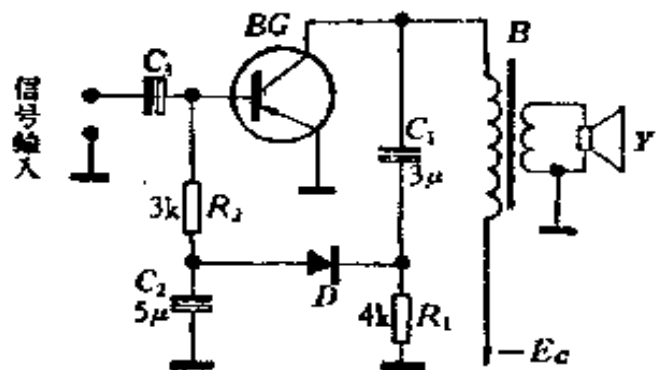


图 3-35 滑动甲类功放电路

大后的音频信号由  $C_1$  送给二极管整流,然后通过  $R_2$  供给  $BG$  作为偏置。显然外来信号愈大,基极偏流亦愈大。这样一来无论在外界信号是大或是小的情况下,都能保证放大器不产生显著的失真。此外由于其工作点在无信号时是处于乙类状态,耗电极小,因此,效率较甲类功率放大器亦提高不少。电路中  $C_1$  是作偶合音频信号并隔去直流之用。电阻  $R_1$  是  $C_1$  的负载, $R_1$  上获得的音频信号由  $D$  整流,整流后的残余交流分量由  $C_2$  滤除, $R_2$  一方面作为输入端负载,一方面起限流作用。

图 3-36 为工农兵 403 型四管三波段台式收音机的功放级， $W_3$  和  $R_{16}$ 、 $R_{17}$ 、 $R_{18}$  组成分压式偏置电路，为了改善放大器在小信号时的工作，可以先给晶体管  $BG_4$  一定的偏置，一般调到 18—20 毫安。调整  $W_3$  可以调整晶体管的静态工作

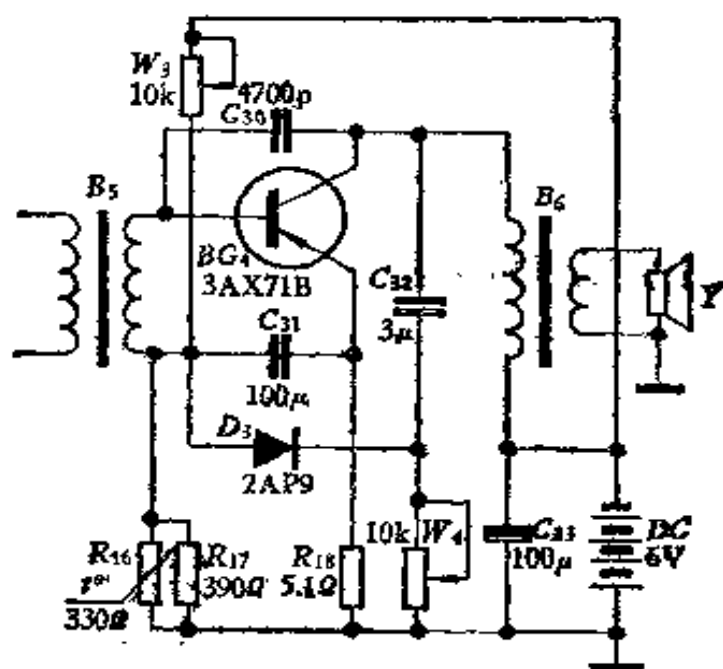


图 3-36 工农兵 403 型功放电路

点，而调整  $W_4$  则可以改变动态时工作点的变化范围。 $C_{30}$  是反馈电容，可以改善音质。

图 3-37 为春雷 401 型便携式收音机的功放级。电路中

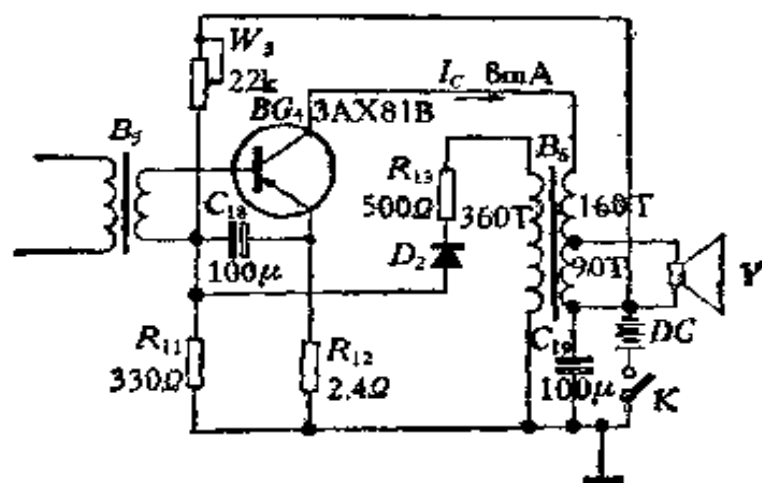


图 3-37 春雷 401 型功放电路

采用变压器耦合的方式取出音频信号，经二极管  $D_2$  整流后供给晶体管偏流。

甲类、滑动甲类、甲乙类、乙类功率放大器的效率如图 3-38 所示，从图中可以看出，滑动甲类功率放大器的效率介于甲乙类和甲类之间。

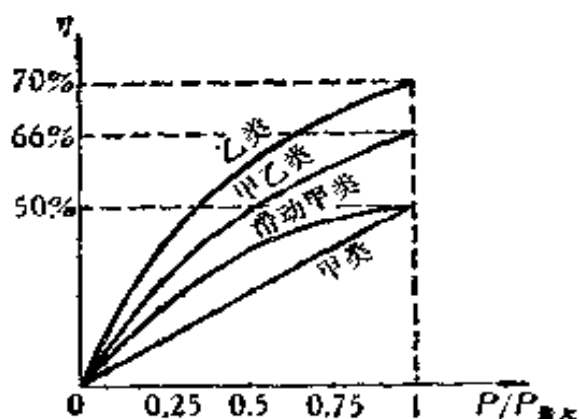


图 3-38

### 七、无输出变压器的推挽功率放大电路

在春雷 703、红灯 2J8 等收音机中采用无输出变压器的推挽功率放大电路。它与普通推挽功率放大器比较具有下列优点：

(1) 省掉输出变压器，降低了成本，同时消除了由输出变压器而产生的失真和损耗。

(2) 消除了输出变压器引起的相移，因而可采用深度负反馈，使放音质量提高。

(3) 消除了输出变压器与磁性天线、中频变压器等元件的寄生耦合，使电路工作更加稳定。

不过这种电路要求的激励功率较大。

无输出变压器的推挽功率放大器的原理电路如图 3-39 (1) 所示，这种电路同图 3-39 (2) 所示的普通推挽放大器在原理上是完全相同的。区别仅在于，普通推挽电路的直流供电电路是并联的，交流负载电路是串联的，总负载阻抗为  $R$ ；而在无输出变压器电路中，直流供电电路是串联的，交流负载电路是并联的，因此负载电阻的阻值为普通推挽电路的四分之一。只要使用较高阻抗的扬声器，就不必用输出变压器作阻

抗变换了。在实际使用中为了省去电源的中心抽头而使用图 3-39(3) 所示的电路。

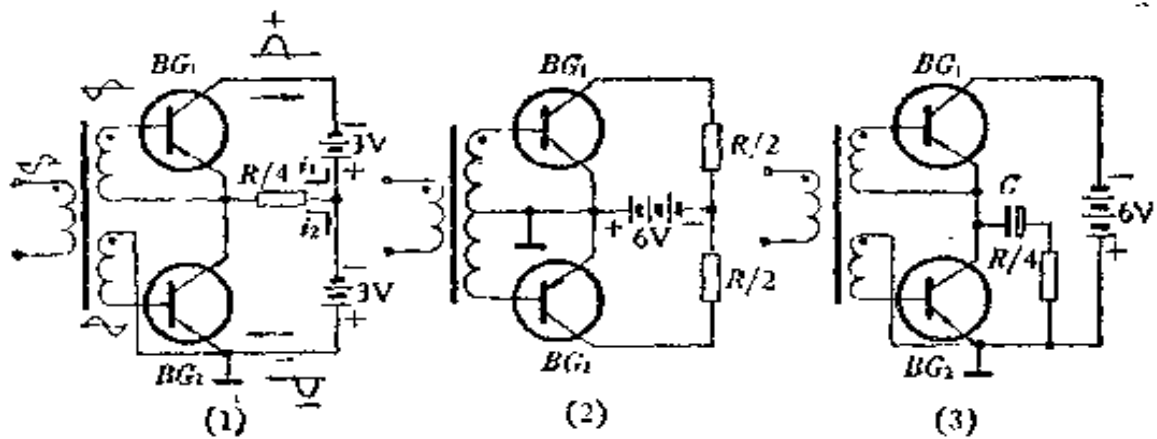


图 3-39

现在说明图 3-39(1) 所示电路的工作原理：信号通过输入变压器的次级分别加在两管的基极同发射极之间，信号相位相反（由于两管的基极或发射极的直流电位不一样，所以两个次级线圈绝对不可以接在一起），因两管均工作于乙类状态，所以无信号时，集电极电流为零，处于截止状态。当信号电压处于正半周时， $BG_1$  截止， $BG_2$  导电。信号处于负半周时， $BG_1$  导电， $BG_2$  截止，也是两管轮流工作。负载上的电流为两管电流之差，直流分量抵消，交流分量则相加，恰好也是两个半波合并成一个完整的正弦波。这同普通推挽放大器的工作是完全一致的，不过由于它的直流电路是串联的，每管电压为电源电压的一半，因而在输出功率相同时，比普通推挽放大器集电极电流增加一倍，因而需要其激励功率亦增加一倍。

图 3-40 为春雷 703 收音机的功放电路。

这个电路同图 3-39(3) 的电路是一样的，图中  $R_{24}$ 、 $R_{25}$ 、 $R_{26}$  组成上管的偏置电路， $R_{30}$  是上管的发射极电阻， $R_{27}$ 、 $R_{28}$ 、 $R_{29}$  是下管的偏置电路， $R_{31}$  是下管的发射极电阻， $R_{30}$  和  $R_{31}$

有一些负反馈作用,可以稳定工作点并进一步改善音质。 $C_{36}$ 是隔直电容, $C_{36}$ 、 $C_{37}$ 是负反馈电容,亦可改善收音机的音质。 $R_{25}$ 、 $R_{29}$ 是热敏电阻,其阻值随温度升高而下降。这样当温度上升,集电极电流增大时,由于热敏电阻阻值下降,因而偏流减少,使集电极电流基本上维持恒定,达到温度补偿的效果。

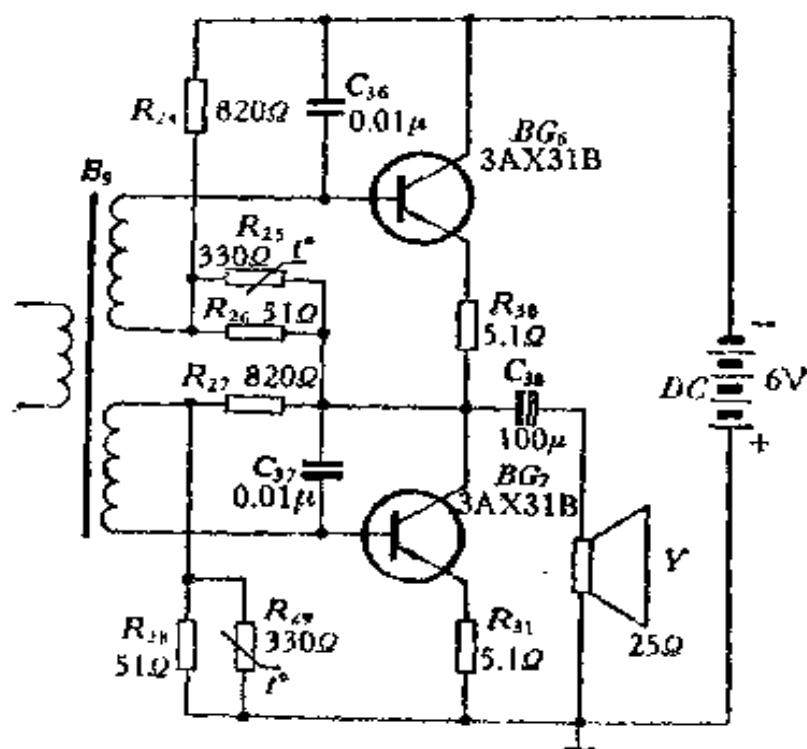


图 3-40 春雷 703 型功放电路

无输出变压器电路的两管集电极电流在静态时,选为 2—6 毫安,与扬声器串联的隔直流电容  $C$  宜大些,最好几百微法,如果没有大电容,50—100 微法也可以使用,但低频响应稍差些。扬声器阻抗用 16—25 欧时较好,一般 6 伏时用 25 欧,4.5 伏时用 16 欧。如果没有阻抗合适的扬声器,也可以用阻抗为 8 欧的扬声器代用,不过这时损耗较大。

## 八、互补推挽功率放大电路

前面我们所讲的无输出变压器的低频放大电路,它是由



两只同一种导电特性的晶体管(即都用 p-n-p 型或都用 n-p-n 型晶体管)联成的推挽电路,因此还需用输入变压器把输入信号倒相,这种电路尽管省去了输出变压器,但输入变压器依然存在,收音机的音质还不够理想。为了克服这些缺点,人们采用直接偶合的办法(把输入、输出变压器都省去)来改善音质,办法之一就是用电导特性完全相反的 p-n-p 型和 n-p-n 型晶体管联成推挽电路。这种电路称互补电路,其原理如图 3-41 所示。

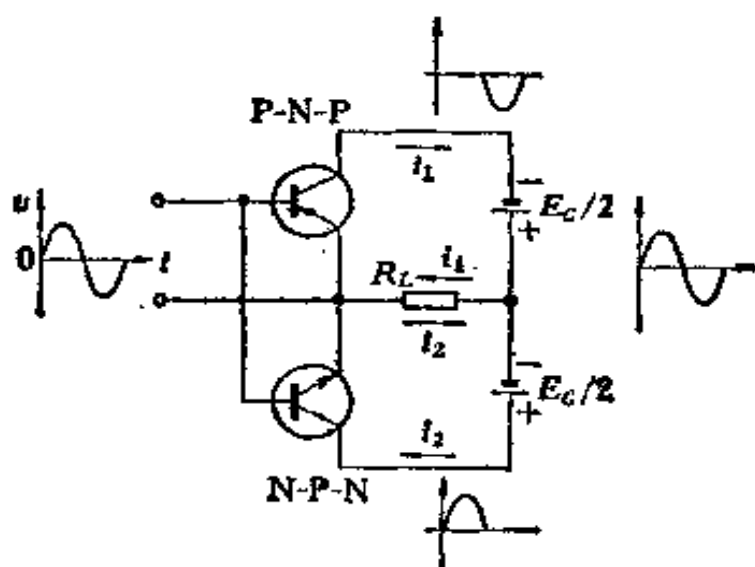


图 3-41

电路的工作原理同前面讲的无输出变压器的推挽电路没有大的区别,不同之处是输入激励信号只要一个就够了。例如在信号正半周时,对 n-p-n 型晶体管而言,基极正,发射极负,发射结是正向偏压,集电极电流  $i_2$  随信号而变化,在负载电阻  $R_L$  上得到相应的正半周信号。但这时对 p-n-p 型晶体管来说亦是基极正,发射极负,由于导电特性不同,此时 p-n-p 管的发射结处于反向偏压,因而这个管子被截止,  $i_1$  为零。反之,在信号负半周时加给 p-n-p 管的是正向偏压,  $i_1$  随信号而变化,加给 n-p-n 管的是反向偏压,该管截止,  $i_2$  为零。此时

只有  $i_1$  流过负载电阻  $R_L$ , 在其上得到相应的负半周信号。这样两管轮流工作, 最终在负载电阻  $R_L$  上得到一个完整的信号。由此可见, 采用两只导电特性不同的晶体管组成推挽电路, 只要一个激励信号而不需倒相电路, 因此, 又称为单端推挽放大电路。另外, 这种电路由于不用变压器在加负反馈时不易产生相移, 故可采用较深的负反馈来改善音质, 这是互补电路的优点。

图 3-42 为互补电路的实际电路图。BG<sub>3</sub>、BG<sub>4</sub> 为功率输出级, 它是由一只 p-n-p 型晶体管和一只 n-p-n 型晶体管联成互补电路。BG<sub>2</sub> 为激励级, BG<sub>1</sub> 为前置低放级。电路的输出端与前面介绍的无输出变压器电路是相同的。为此, 这里

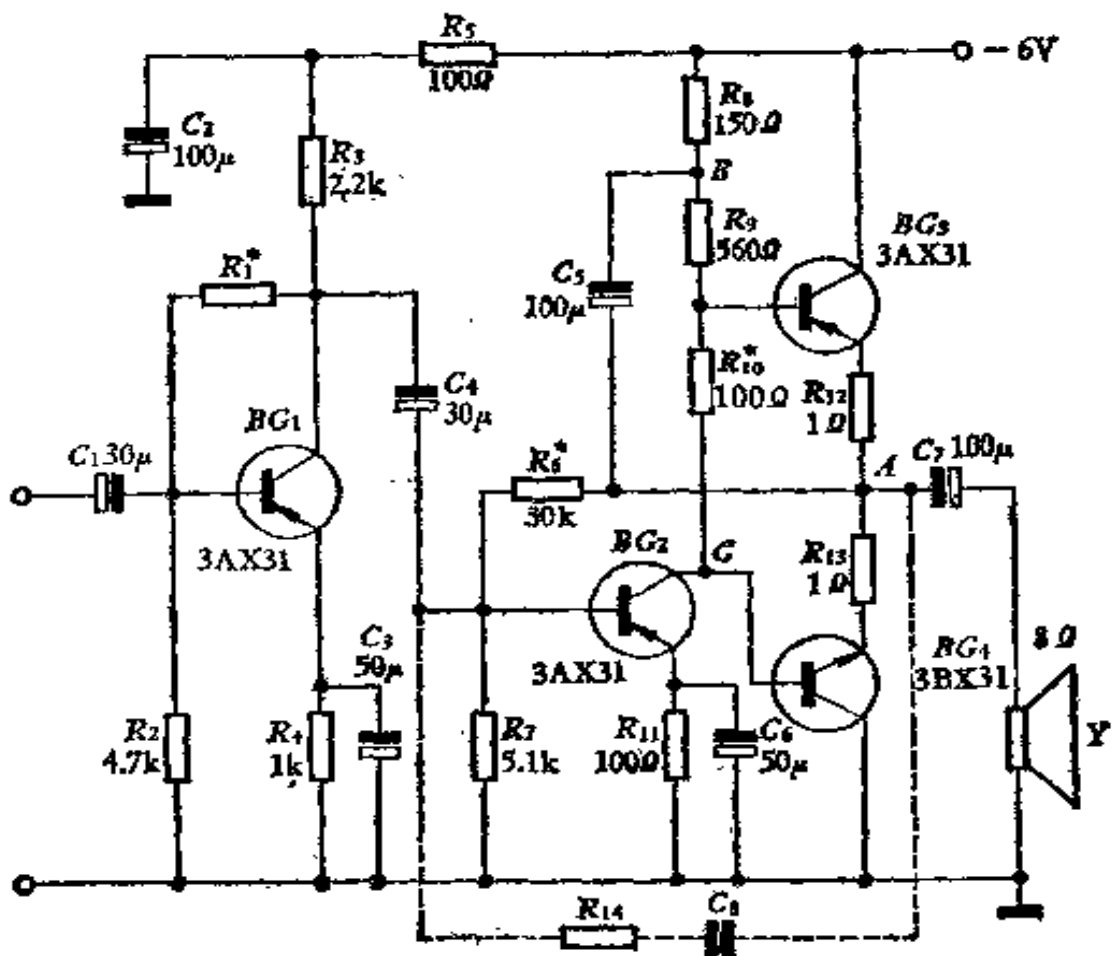


图 3-42

着重讨论互补电路的输入端。

电容器  $C_5$  的作用，是为使  $BG_3$ 、 $BG_4$  都处于共发射极组态工作，而不是处于共集电极组态工作。我们先讨论如果不接  $C_5$  情况，此时，输入信号在负半周时，信号将是通过  $R_8$ 、 $R_9$  加在  $BG_3$  的基极与集电极之间；输入信号正半周时，信号将通过  $R_8$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$  加在  $BG_4$  基极与集电极之间（对于交流来说，电源可看作短路），这就是说，输入信号都是从基极与集电极加入的，而输出信号都从集电极发射极之间取出的。集电极为输入、输出的公共端点，所以为共集电极接法。现在接入电容器  $C_5$  之后，由于容量很大，对低频信号  $A$ 、 $B$  两点几乎短接，因此，在  $BG_3$  工作期间，信号是通过  $R_9$  加至该管基极与发射极间的，而在  $BG_4$  工作期间，信号是通过  $R_9$ 、 $R_{10}$  加至该管基极与发射极间的。由此可见，发射极将是输入、输出的公共端点，因此，接入电容  $C_5$  以后，电路就为共发射极组态工作。

为了避免电路因工作在乙类而产生小信号交越失真，同普通的乙类推挽放大电路一样：在无信号时，需偏置一定的静态电流。在这种电路中， $BG_3$ 、 $BG_4$  的偏流由  $R_{10}$  上的电压降来决定。 $R_{10}$  阻值大，无信号时电流也大，但电路损耗增加，热稳定性也差。

$R_6$  是激励级的偏置电阻，它是跨接在输出端与  $BG_2$  基极之间，故具有负反馈的作用。

由于在这种电路中  $BG_2$ 、 $BG_3$ 、 $BG_4$  为直接偶合，调整时，它们之间互相牵连，而不象以前讨论的阻容偶合或变压器偶合电路那样，可以把各级分开来调整。

调整时，通过调节  $R_{10}$  阻值，使  $BG_3$  管的射基极电压偏置在 0.2 伏（锗管的缘故）， $BG_4$  管的射基极电压偏置在 0.6 伏（硅管的缘故），或者断开  $BG_4$  集电极测量  $BG_2$ 、 $BG_3$ 、 $BG_4$  的总电流，使其在 5—8 毫安间。因此  $R_{10}$  由调整决定，一般数

值为几百欧。

用直流电压表测量  $BG_3$ 、 $BG_4$  的发射极与集电极间的电压,并使两者相等,例如采用 6 伏电源,它们的压降应均为 3 伏,如果两者电压有差异,可调节  $R_6$  使其相等。

前面说通过  $R_{10}$  调电流,通过  $R_6$  调电压,这不是绝对的,而是相对的,因此不论是改变  $R_6$  或改变  $R_{10}$  阻值后都需重新测量电流和电压,因为它们是互相制约的,通常需反复调节数次才能满足。所以调整时,较变压器偶合电路麻烦些。为了稳定电路工作,在  $BG_3$ 、 $BG_4$  发射极串入  $R_{12}$ 、 $R_{13}$ ,从输出来看,它们是与 8 欧扬声器相串接的,阻值不宜过大(在几欧内),否则就显著地影响输出功率,在输出小功率情况下,有时候可以不用。

调整后若更换  $BG_2$  管,需重新调整,调整过程中  $R_{10}$  切勿断开,因为  $R_{10}$  一旦断开, $B$  点电位将变得很负,而  $C$  点电位变得很正,导致  $BG_3$ 、 $BG_4$  的电流被偏置很大而损坏。

前面说过,这种电路由于不用变压器,不易产生相移,故可采用较深的负反馈以改善音质,图 3-42 中虚线部分即为改善音质所加负反馈。但必须在整机调整好后再试,电阻  $R_{14}$  和电容  $C_3$  的数值由试验决定。

$BG_1$  管为前置低放级。由于互补电路通常加深度的负反馈,使增益下降,为了使电路有足够的增益,一般多加前置级。如果输出功率较小,增益也已满足,则该级也可以省去。前置低放为阻容偶合电路,由于有电容隔直,所以可单独调整工作点,其静态工作电流调在 1.5—2 毫安之间, $BG_1$  前接高频来复电路或外差机的检波电路都可以(接外差收音机时,电容器  $C_1$  极性按图 3-42 接,若前接再生来复电路的高放级,应将  $C_1$  的极性对调)。各级管子的  $\beta$  值, $BG_1$ 、 $BG_2$  在 20—50 左右, $BG_3$ 、 $BG_4$  最好在 80 以上,且使推挽管的  $\beta$  相等,否则失真严

重。

检查  $BG_3$ 、 $BG_4$  是否对称的办法,可以在有信号输入时用直流电压表测两管发射极至集电极电压,这时候两者直流电压仍然应相等为佳。

在图 3-42 所示电路基础上,若再加两个晶体管与  $BG_3$ 、 $BG_4$  复合,可增加输出功率。这里我们先讲复合管的一般原理,然后再讨论复合互补电路的具体电路。

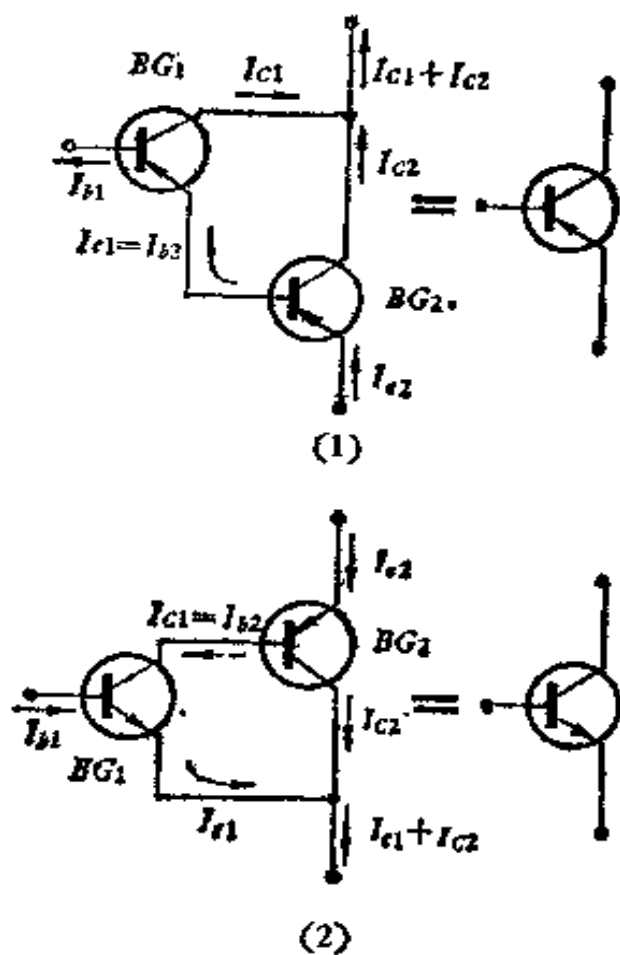


图 3-43

复合管是把两只晶体管的适当电极直接连接起来做成的,这里介绍两种复合管的连接方法:一种是由两个相同导电特性的晶体管构成的,如图 3-43(1)所示;另一种是由两只导电特性不同的晶体管构成的,如图 3-43(2)所示。无论那一种接法,都可以把组合起来的晶体管看成一只管子。而输入到输出的电流放大系数近似等于两只管子放大系数的乘积(即  $\beta \approx \beta_1 \beta_2$ )。

应用复合晶体管互补推挽功率放大原理电路如

图 3-44 所示。只要把线路中的  $BG_3$  和  $BG_4$  看成一只组合成的 p-n-p 型晶体管,而把  $BG_1$  和  $BG_2$  看成一只组合成的 n-p-n 型晶体管。容易看出,图 3-44 所示电路与图 3-42 所示电路基本相同。

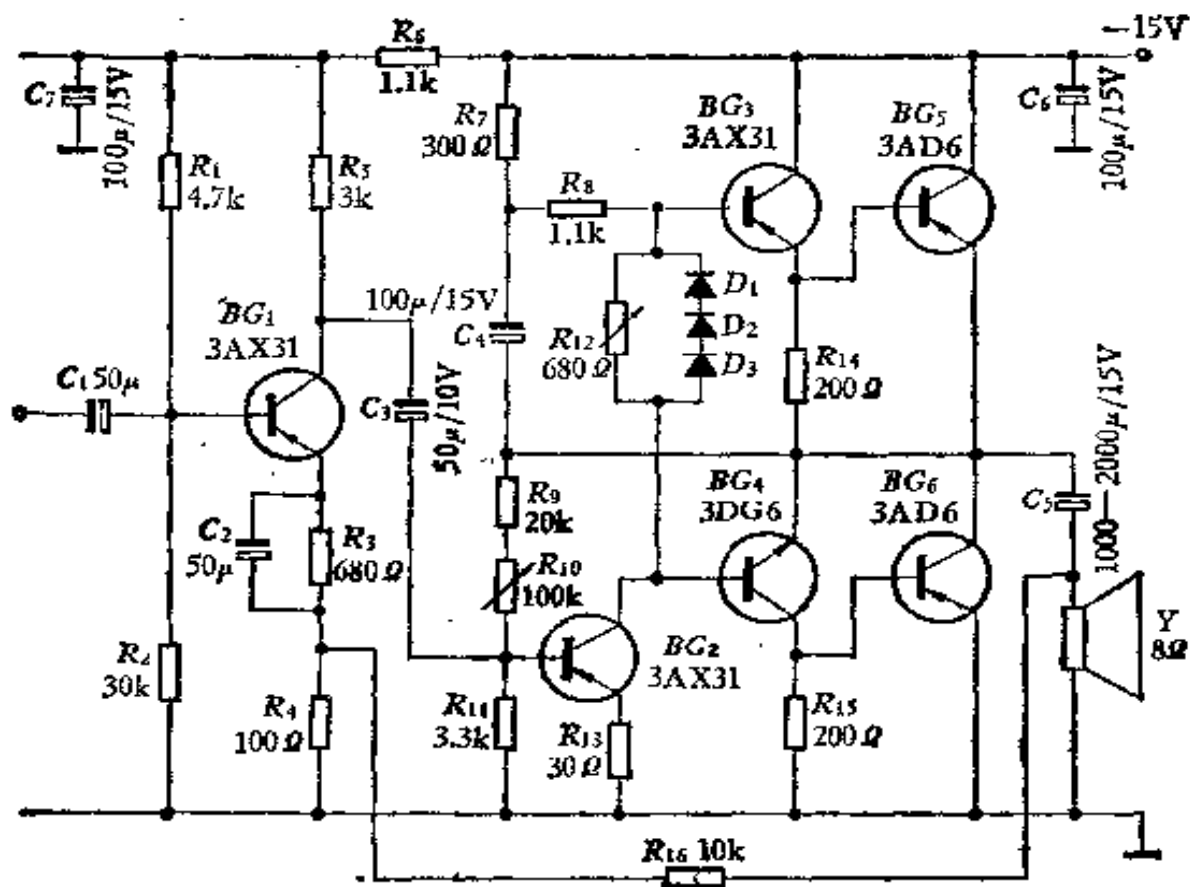


图 3-44

图 3-44 为复合互补电路的应用实例。这个电路直接接到检波级的输出端，作为低频放大电路，它的频响从 50 周到 20 千周范围内很好，音频输出功率可达 3 瓦左右。电路中  $BG_2$  的直流电流流过  $R_{12}$  产生的电压可以使  $BG_3$  和  $BG_4$  获得起始正偏压，静态电流置在 20 多毫安，因此，调整  $R_{12}$  的大小，可消除交越失真。与  $R_{12}$  并联的  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  是面结型锗二极管作温度补偿用。这里可利用损坏了一个结的低频三极管作二极管。

我们知道，互补电路的低频响应好，因此对电源纹波系数的要求较变压器偶合电路要高。如果电源纹波大，交流声就显著。图 3-44 所示电路采用稳压电源（原理及其电路见第九章）。由于互补电路每只功放管的集电极压降为电源电压

$E_c$  的一半。因此有条件把电源电压提高，这样可以相应地减小集电极电流，有利于减小失真和增加输出功率。这时由于电源供给的电流较小，电源比较容易做，一般用桥式整流，只要滤波电容足够大，也能够满足要求。

### 九、1瓦接续器

1瓦低频放大接续器是由一个大功率低频管组成的功率放大器，它可以接在普通的直放式或外差式收音机的输出端（即输出变压器的次级）直接带动口径200毫米（8吋）扬声器，最大输出功率可达1.2瓦。具体电路如图3-45所示。 $BG$

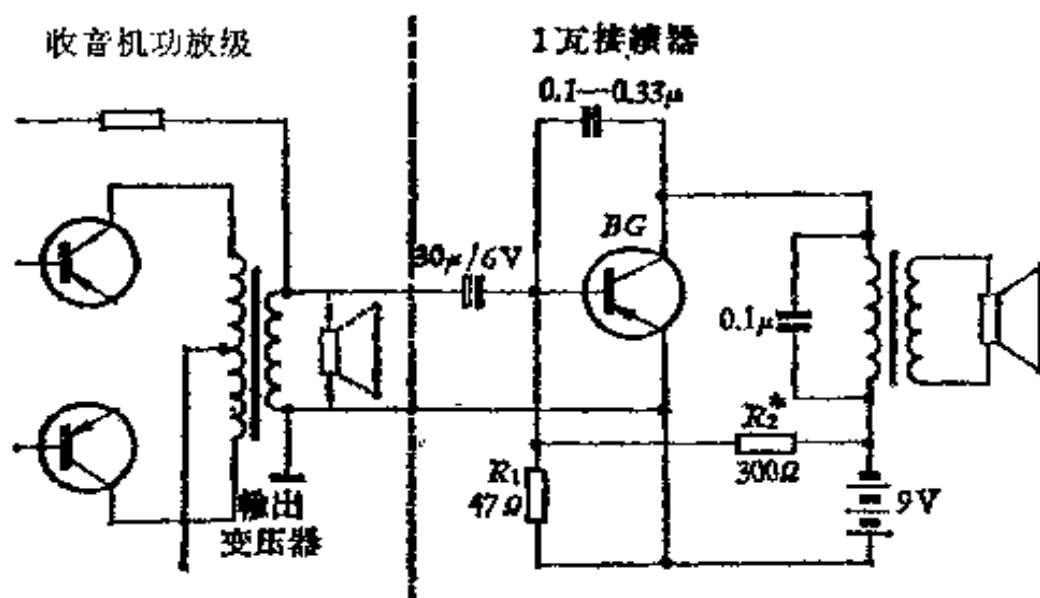


图 3-45

用3AD6型的低频大功率管， $\beta$ 在30左右就可以了。调整 $R_1$ 使得集电极电流在300—350毫安之间为宜。输出变压器的数据如图3-46所示。由于 $BG$ 是处于甲类工作状态，工作电流比较大，用干电池耗电太费，故可采用交流电整流电源，详见本书第九章。

如果电源电压改为6伏，调整 $R_2$ 使得集电极电流在200~260毫安时，则输出功率约为0.5瓦左右，可带动120毫

米  $\times$  190 毫米 (5 吋  $\times$  7 吋) 扬声器, 但此时输出变压器应改为  $16 \times 16$  毫米<sup>2</sup> 铁心, 初级用  $\phi 0.31$  绕 220 圈, 次级用  $\phi 0.62$  绕 100 圈, 配音圈阻抗为 4 欧的扬声器。

前级收音机与接续器最好

使用两组电源, 如果合用一组电源, 就易产生低频振荡, 这时需把退偶滤波电容加大到 1000 微法以上才能消除。

此电路的特点是简单, 它可以利用收音机的耳机插孔。这里要指出一点, 原来收音机的输出端是接 8 欧扬声器的, 现在直接接在接续器 BG 的发射极和基极之间, 这样偶合是“失配”的, 因此使接续器有一些非线性失真。如果有条件的話可将原收音机的输出变压器的次级线圈加绕一倍。

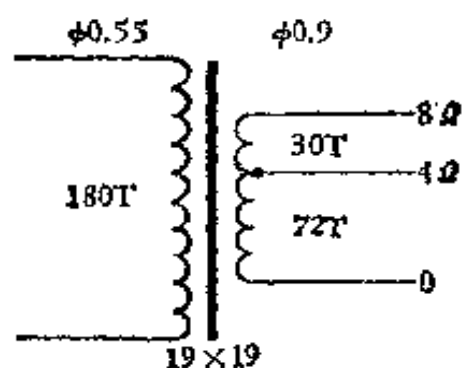


图 3-46



## 第四章 晶体管超外差式收音机电路

广播收音机是宣传毛泽东思想的重要工具。无产阶级文化大革命中，我国工人阶级遵照毛主席关于“努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务”的教导，为工农兵试制、生产了大量的晶体管收音机，为宣传毛泽东思想作出了贡献。

为了帮助读者了解、掌握晶体管收音机的一般电路，本章选择了各种类型超外差式收音机电路十五种，有的还附有结构、印刷电路以及外型，供同志们在实践中参考。我们介绍这些电路是以典型六管超外差式收音机为基础的，所以读者在分析本章各电路时，可以把它和第三章所介绍的六管超外差式收音机电路一起学，进行比较，这样较易弄清原理和掌握各电路的特点。

### 一、熊猫 B302 型三管一波段收音机

这是一种普及型三管晶体管超外差便携式收音机，体积  $200 \times 58 \times 120$  毫米<sup>3</sup>，电源用二号电池四节（6 伏），接收中波段广播，适用于城市和近郊农村。图 4-1(1) 是它的电路、(2)外型、(3)结构、(4)印刷电路。

#### (一) 主要性能指标

频率范围：535—1605 千周

灵敏度：不劣于 3 毫伏/米

选择性：大于 12 分贝

额定输出功率：大于 30 毫瓦

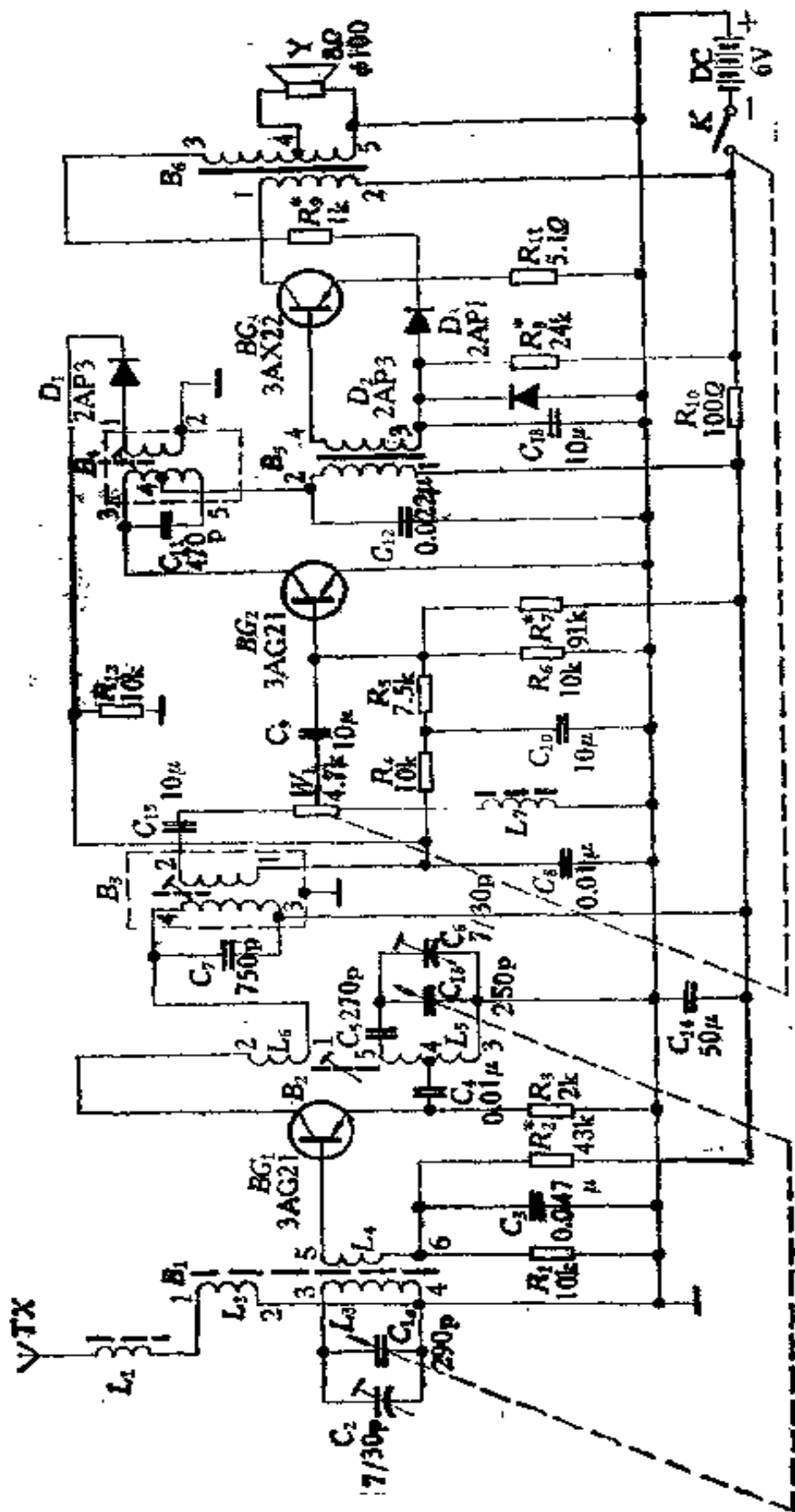


图4-1(1) 熊猫 B302 型电路图

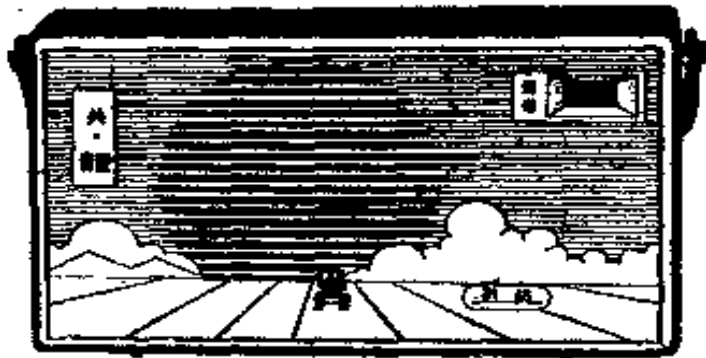


图 4-1(2) 熊猫 B302 型外型

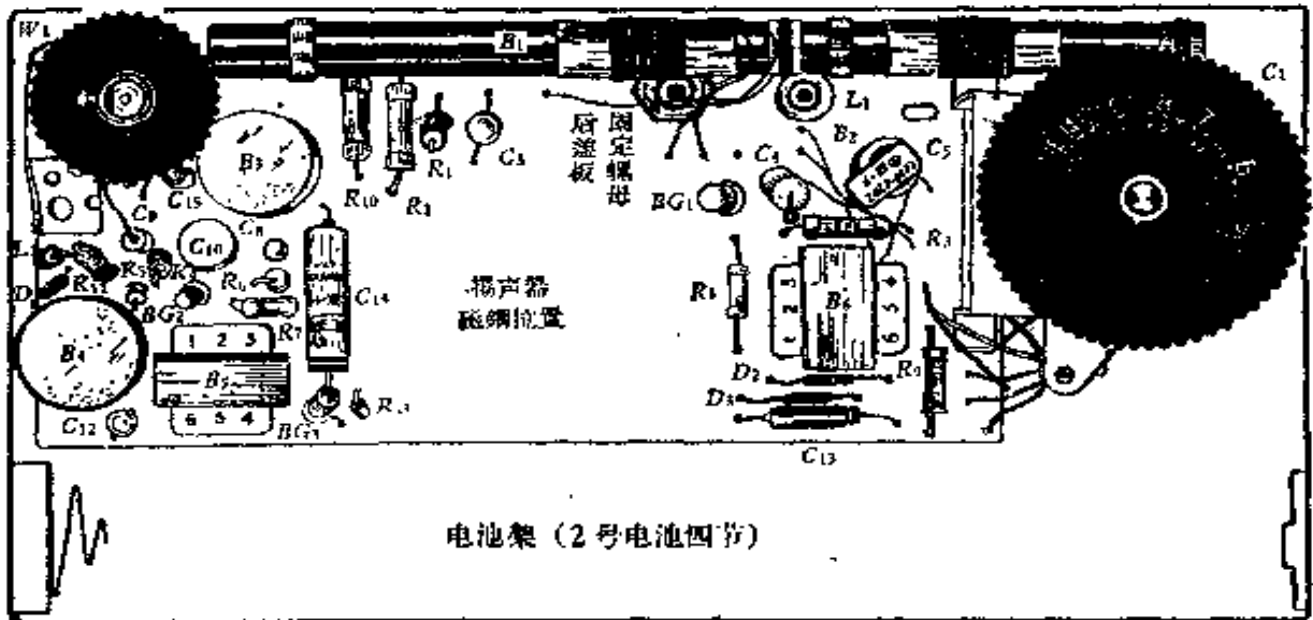


图 4-1(3) 熊猫 B302 型结构图

## (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ ，一级中放兼来复低放  $BG_2$  和滑动甲类功放  $BG_3$  组成。

第一级  $BG_1$  变频级的振荡电路为共基极组态，调谐回路在发射极（即共基调发的振荡电路），本机振荡信号通过  $C_4$  注入  $BG_1$  的发射极， $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  组成电流负反馈分压偏置电路。变频后的信号经中频变压器  $B_3$  和  $C_{15}$ 、 $W_1$ 、 $C_5$  耦合到中放  $BG_2$  进行中频放大。这里  $L_7$  对中频起阻流作用，目的是防止小信号检波失真（因为当电位器  $W_1$  调到近下端时，如不接

入  $L_7$  则加到  $BG_2$  的中频信号将很小，故会引起小信号检波失真)。

中频放大后的信号经中周  $B_4$  耦合到二极管  $D_1$  检波， $R_{12}$  为检波直流负载电阻， $C_8$  兼作检波电容。检波后得到的音频信号再回复经  $B_3$  次级、 $C_{15}$ 、音量控制电位器  $W_1$ 、 $C_9$  到  $BG_2$  基极进行来复低放，低放负载为输入变压器  $B_5$ 。电位器  $W_1$  (4.7 千欧) 由于  $C_9$ 、 $C_{15}$  隔直，因此没有直流通过，这样可以减小调节噪声和延长电位器使用寿命。

为了防止寄生振荡和强信号时阻塞现象，检波后的音频信号通过  $R_4$ 、 $C_{10}$  滤波后由  $R_5$  供给  $BG_2$  基极作简单自动增益控制。

经过来复低放的信号由  $B_4$  初级抽头取出 ( $B_4$  的 3、4 端对音频相当于短路)，经输入变压器  $B_5$  耦合，加到末级  $BG_3$  作滑动甲类功率放大，供给 8 欧、口径 100 毫米的扬声器放音。

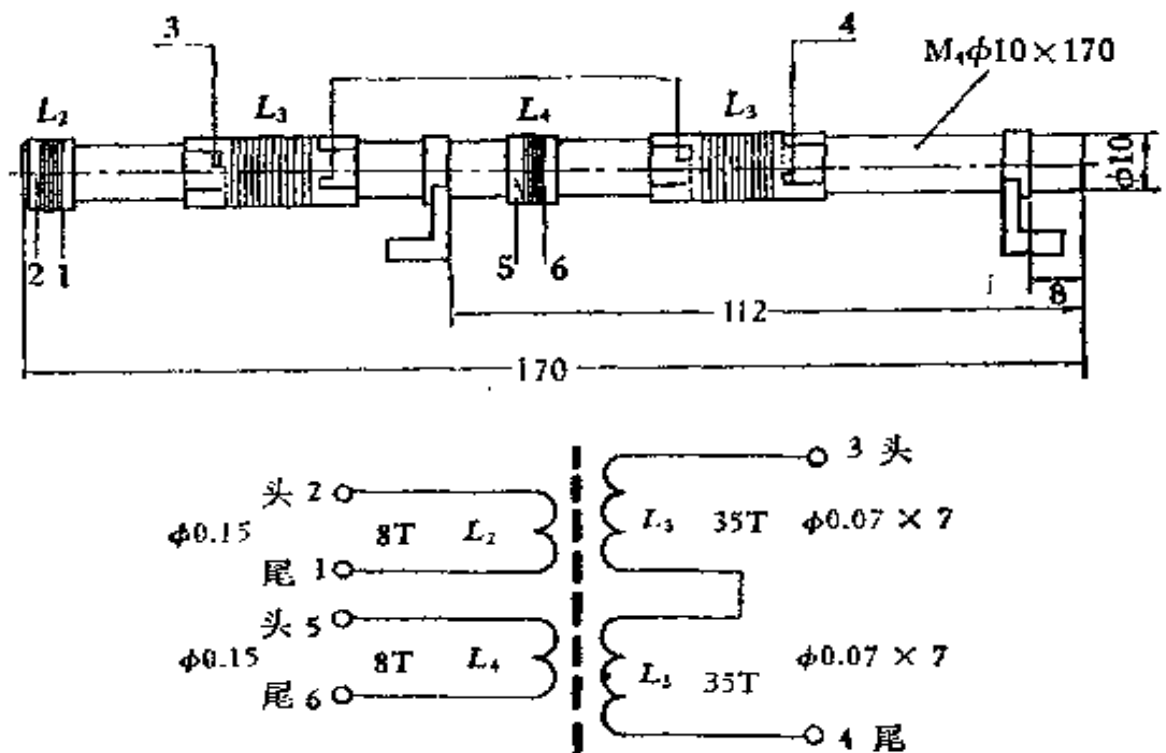
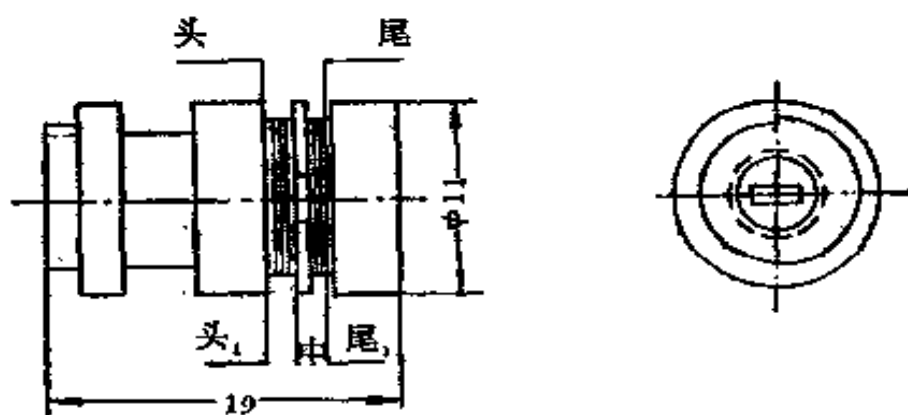
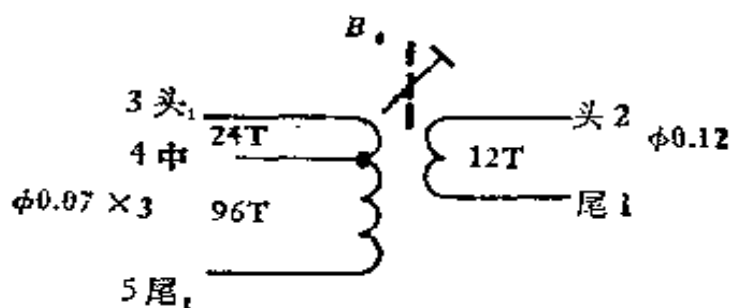
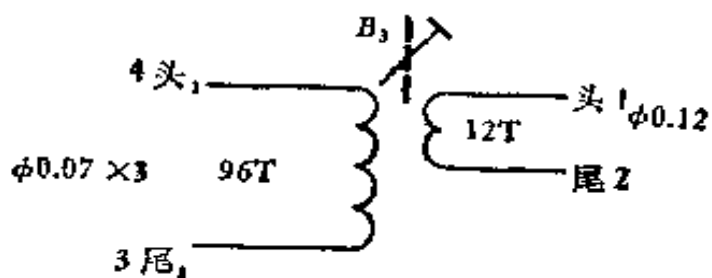
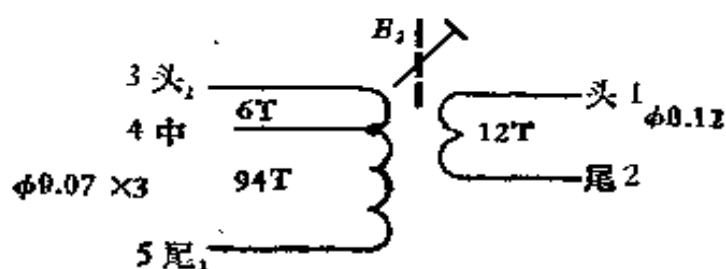


图 4 1(5) 磁性天线



磁芯均为  $M, \phi 2.8 \times 13$



中频变压器用  $\phi 20 \times 24.5$  屏蔽罩

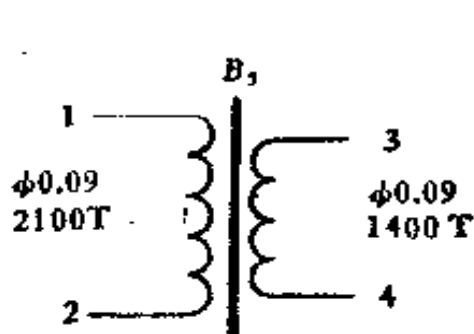
图 4-1(6) 振荡线圈及中频变压器

$BG_3$  偏置电路由  $D_2$ 、 $R_8$ 、 $R_{11}$  组成,  $D_2$  起稳定作用, 音频信号经  $R_9$  由二极管  $D_3$  整流、 $C_{13}$  滤波后供给  $BG_3$  作为滑动偏置, 这样基极偏流大小随外来信号作相应变化 (无信号时偏置电流小, 有信号时偏置电流大), 以保证放大器不产生显著失真。

$L_1$  为外接天线线圈,  $L_2$  为天线耦合线圈。

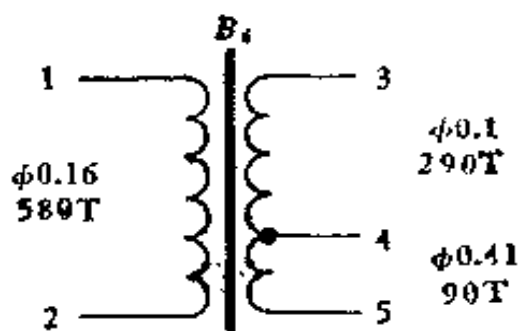
### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-1(5)
2. 振荡线圈及中频变压器见图 4-1(6)
3. 输入变压器见图 4-1(7)
4. 输出变压器见图 4-1(8)
5. 中频扼流圈见图 4-1(9)



铁心  $E6 \times 9$

图 4-1(7) 输入变压器



铁心  $E6 \times 12$

图 4-1(8) 输出变压器

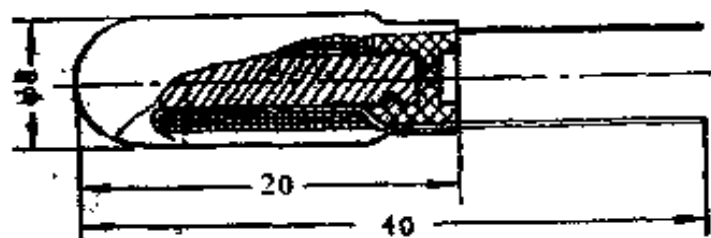
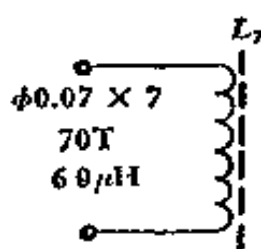


图 4-1(9) 中频扼流圈

### (四) 各级工作电流

$I_{c1} = 0.5—0.7$  毫安(调  $R_2$ );

$I_{a2} = 1.6—2.2$  毫安(调  $R_7$ );

$I_{a3}$  无信号时 5—10 毫安(调  $R_8$ ), 额定输出时 18—24 毫安。

## 二、春雷 401 型四管一波段收音机

春雷 401 为中波小型便携式四管收音机, 体积  $174 \times 110 \times 46$  毫米<sup>3</sup>, 电源采用二号电池三节 (4.5 伏), 重量为 0.8 公斤。图 4-2 (1) 是它的电路、(2) 外型、(3) 结构、(4) 印刷电路。

### (一) 主要性能指标

频率范围: 535—1605 千周

灵敏度: 不劣于 1.5 毫伏/米

选择性: 大于 14 分贝

不失真功率: 大于 50 毫瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ , 一级中放兼来复低放  $BG_2$ , 末前级低放  $BG_3$  及滑动甲类功放  $BG_4$  组成。

这种只有一级中频放大的收音机, 选择性稍差些, 因此在中放兼来复低放管发射极电阻上并联一个 2L465A 二极性陶

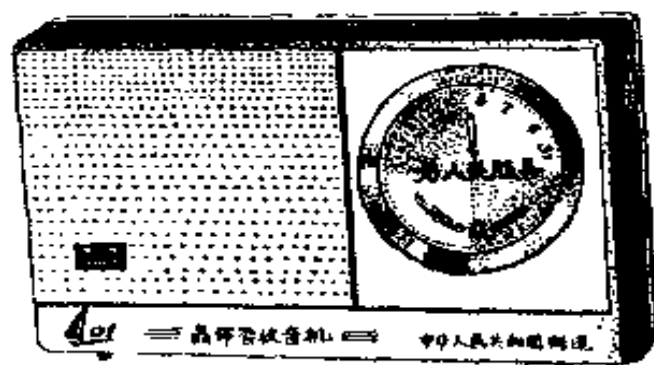


图 4 2(2) 春雷 401 型外型

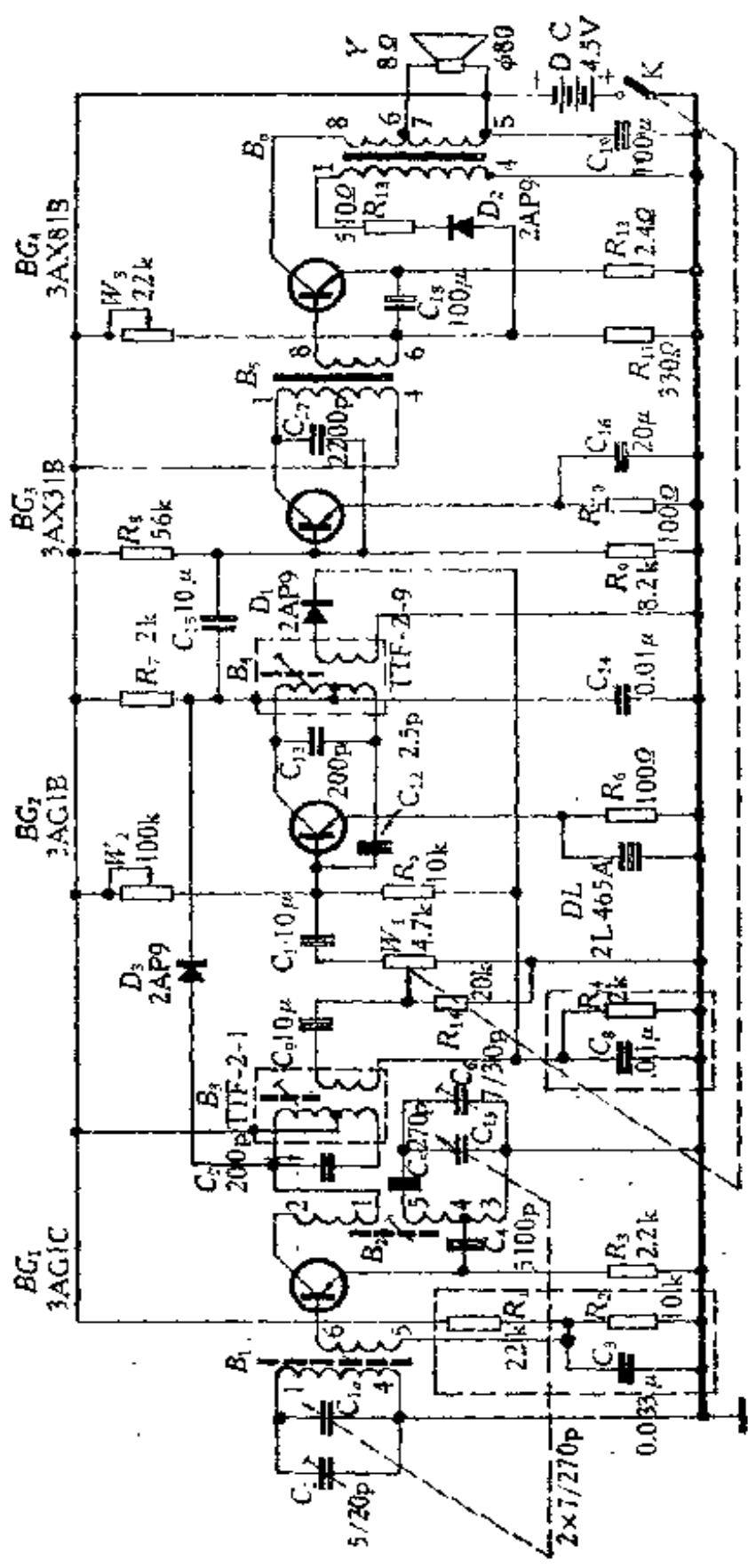


图 4-2(1) 春雷 401 型电路图



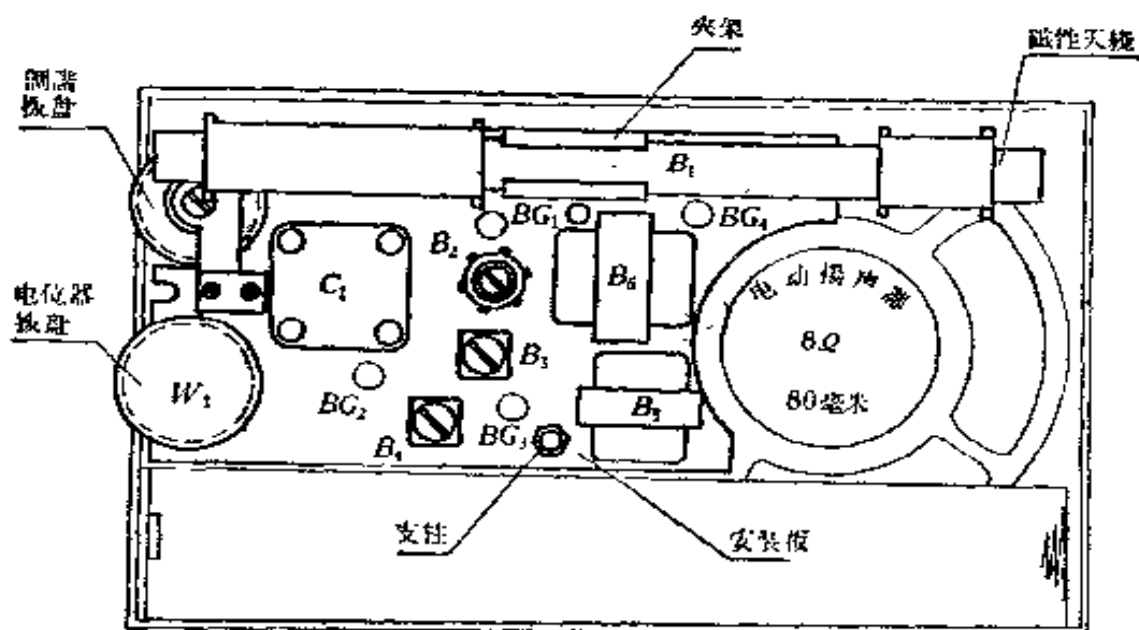


图 4-2(3) 收音 401 型结构图

瓷滤波器,使选择性有所提高。 $BG_2$ 的工作电流调得较大,约 2 毫安,以减小失真、提高增益。

检波后的低频信号通过  $C_9$ 、 $W_1$ 、 $C_{11}$  送入  $BG_2$  作来复低放。一般讲如果电位器只控制低频信号,则采用指数式较好;在中放兼来复电路中,如果电位器同时衰减了中频信号,则采用直线式较好,否则耳朵听起来音量调节不明显。本机是电位器同时控制中频信号的电路,由于生产时采用了指数式,故另接入  $R_{14}$  来改善线性,如果  $W_1$  改用直线式,则  $R_{14}$  就可不用。

与熊猫 B302 不同,来复低放中的负载电阻为  $R_7$ ,放大的低频信号经  $C_{15}$  耦合至下一级  $BG_3$  进行低频放大。

为了防止中频放大级自激哨叫,  $BG_2$  接有中和电容  $C_{12}$ 。为了防止强信号阻塞现象,由  $D_3$  和  $R_7$  组成强信号抑制电路。

本机音频功率增益有裕量,多了一级低放,所以总增益比熊猫 B302 要高,故在低放末前级的集电极至基极间加接了电

容器  $C_{17}$  (容量为 2200 微微法), 它对高频有较深的负反馈, 使音质得到改善。电路中还采用了阻容复合元件如  $R_4$  和  $C_{18}$ ;  $R_1$ 、 $R_2$  和  $C_{30}$

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-2(5)
2. 振荡线圈见图 4-2(6)
3. 输入变压器见图 4-2(7)
4. 输出变压器见图 4-2(8)
5. 中频变压器  $B_3$  用 TTF-2-1、 $B_4$  用 TTF-2-9

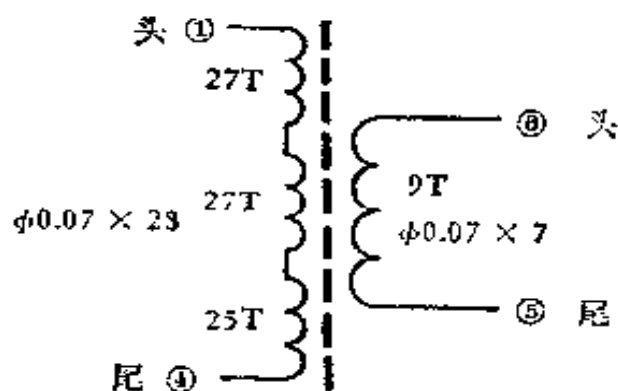
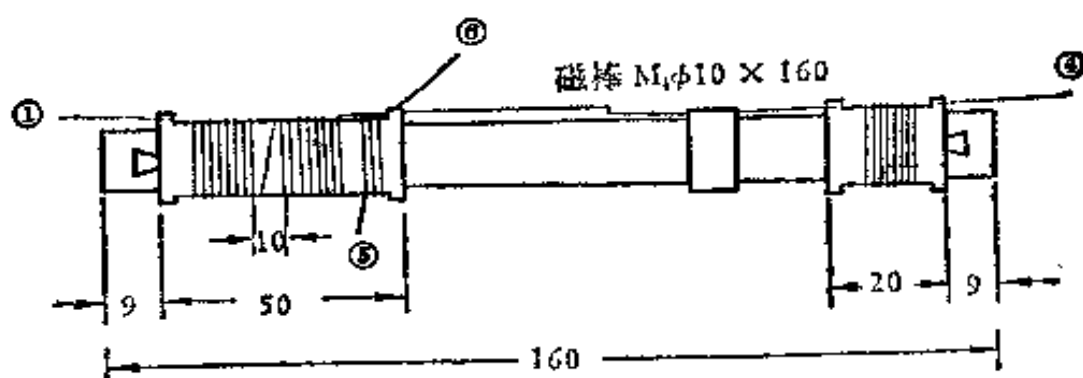


图 4-2(5) 磁性天线

### (四) 各级工作电流(近似值)

$I_{c1} = 0.6$  毫安;  $I_{c2} = 1.2$  毫安;  $I_{c3} = 1.8$  毫安;  $I_{c4} = 8$  毫安。

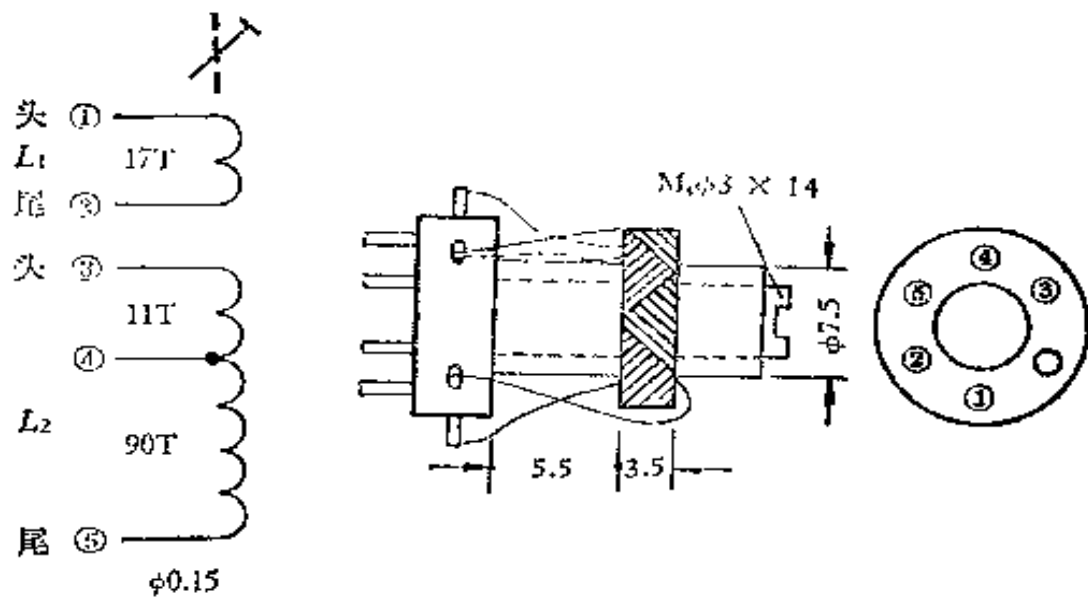


图 4-2(6) 反馈线圈

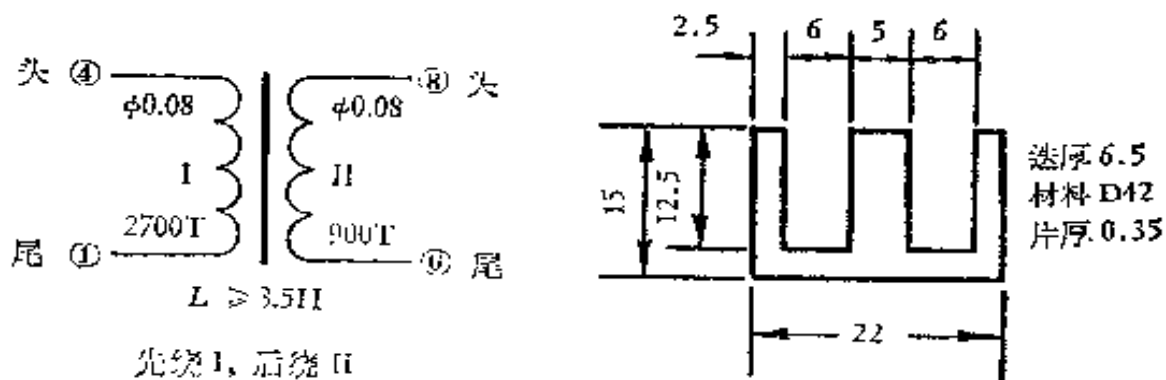


图 4-2(7) 输入变压器

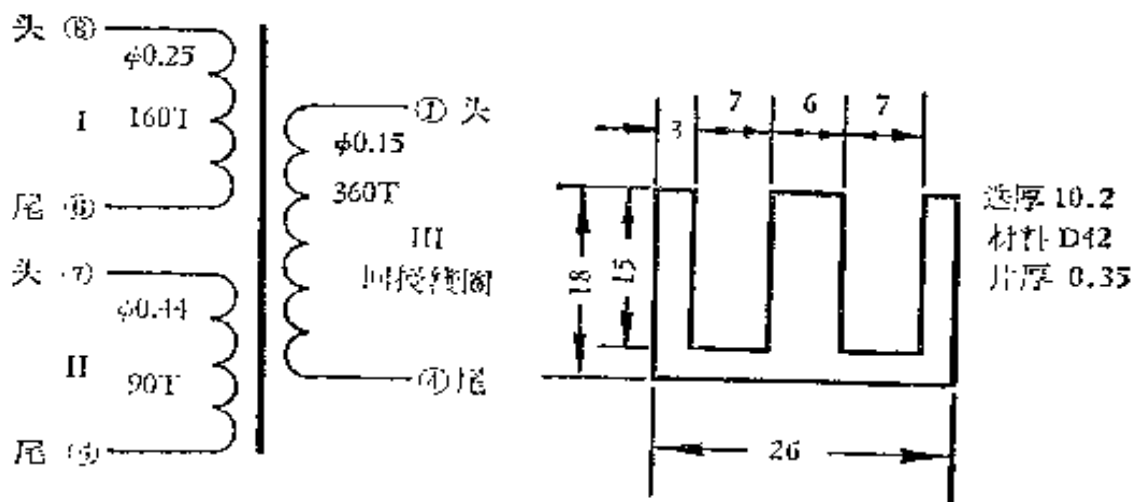


图 4-2(8) 输出变压器

### 三、工农兵 403 型四管三波段收音机

这是面向工农兵普及型的四管晶体管台式收音机。使用一号电池四节(6伏),适用于城市和广大农村以及一般山区。

#### (一) 主要性能指标

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 I 2.2—6 兆周

短波 II 6—12 兆周

灵敏度: 中波 0.5 毫伏/米

短波 0.8 毫伏/米

选择性: 26 分贝左右

不失真功率: 大于 100 毫瓦

#### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ , 第一中放  $BG_2$ , 第二中放兼来复低放  $BG_3$ , 末级滑动甲类功放  $BG_4$  组成。它的电路如图 4-3(1) 所示。

和前面一级中放不同, 403 型多了一级中放, 因此灵敏度、选择性都要好得多。中波短波各用一根  $\phi 10 \times 200$  磁性天线(锰锌和镍锌磁棒)。收听短波时变频发射极接有  $C_{12}$ (680 微微法)和  $L_{10}$ (145 微亨)组成的谐振在 465 千周附近的串联谐振电路即短波提升器。收听短波 II 时采用二次谐波变频。

另外,在变频级中采取了一些措施,以保证收音机稳定工作,如  $R_1$  是防止短波 I 灵敏度过高引起自激;  $L_7$ 、 $L_8$  并联使用是为了使短波 I、II 灵敏度均匀,调整方便。 $C_2$ 、 $C_{16}$  是为了短波 II 统调而加用的。

变频后的信号送到第一中放  $BG_2$ , 是靠电感偶合双调谐

中频变压器来实现的。双调谐回路电容  $C_{17}$ 、 $C_{18}$  选配 1000 微微法,使变频级工作更稳定,同时改善了由于自动增益控制作用使第一中放  $BG_2$  输入电容变化所引起的回路失谐的不良影响。

经过第一中放  $BG_2$  放大后的中频信号,由  $B_2$  耦合到第二中放级  $BG_3$  又放大一次,再经  $B_3$  耦合到  $D_1$  检波,检波后的音频信号经  $D_2$ 、 $R_{14}$ 、 $C_{25}$ 、 $B_3$  次级、 $W_1$ 、 $C_{24}$  又加到  $BG_3$  作来复低放。为了得到足够大音频信号去推动末级功放,  $BG_3$  集电极电流调得比较大 (2.8—3.2 毫安),同时为了防止强信号时可能产生阻塞、自激不稳定现象,因此在  $BG_3$  发射极串入  $R_{11}$  (10 欧) 作电流负反馈以及在集、基之间接入  $R_{10}$  (68 千欧) 作负反馈 (它同时对中频和低频存在负反馈),这里  $D_2$ 、 $R_{14}$  组成强信号抑制电路,小信号时以二极管正向电阻作通路,这样使进入来复低放的低频信号衰减很小一部分,强信号时二极管内阻较大,音频信号经过  $R_{14}$  衰减很大,从而起了限制音频信号的作用,解决使用动态范围较窄的中频放大管来放大音频信号引起失真的矛盾。 $R_7$ 、 $C_{19}$  组成自动增益控制电路。

低放后的信号经  $B_4$  初级抽头、 $B_5$  耦合到  $BG_4$  作末级甲类滑动功放。 $BG_4$  的  $\beta$  为 65~100,  $\beta$  太大,温度稳定性差;太小,输出功率小而且“滑动”不起来,引起失真。

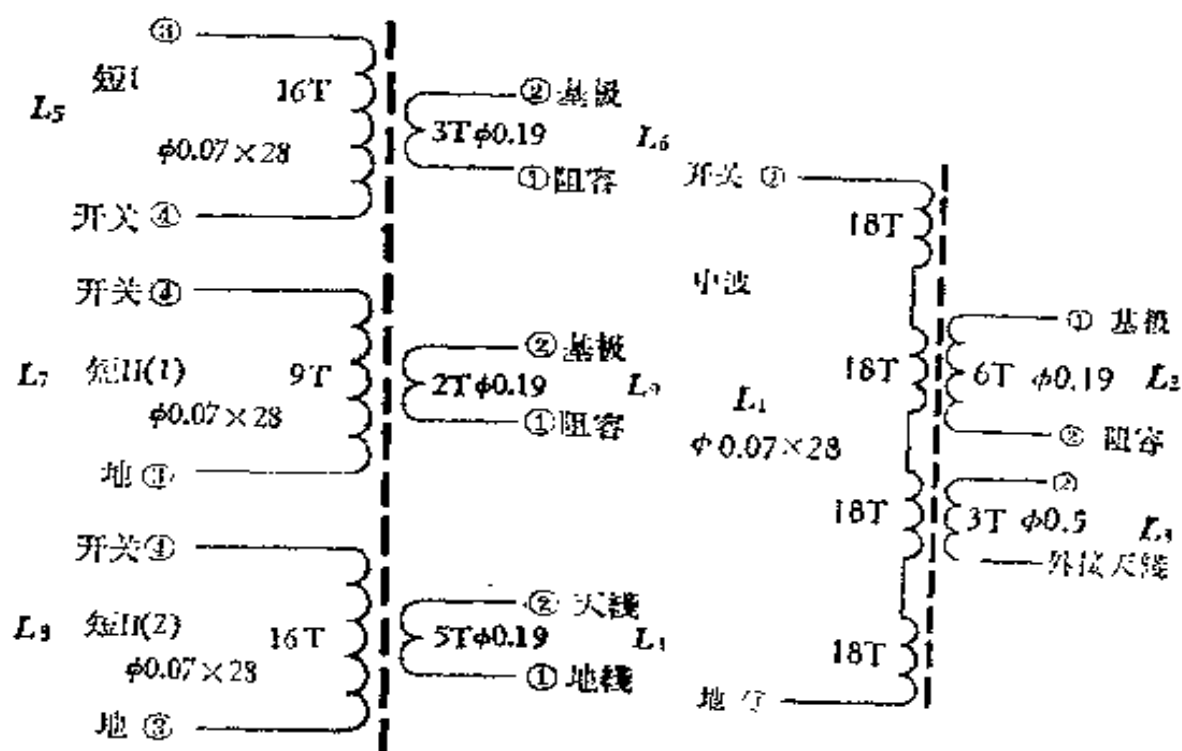
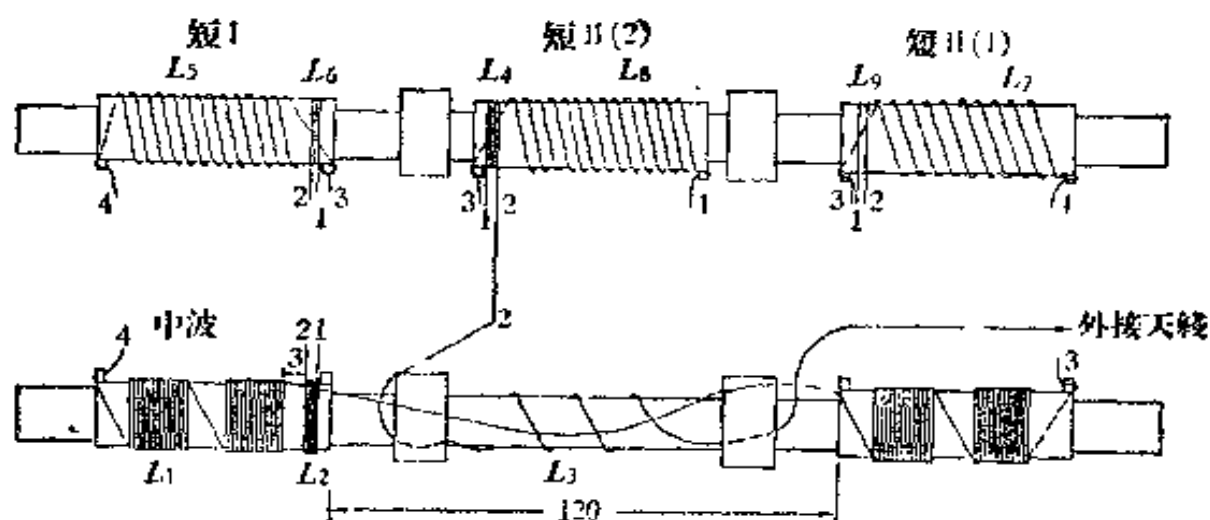
在输出变压器次级至来复级  $BG_3$  输入端串入负反馈电阻  $R_{13}$ ,在  $BG_4$  集、基之间串入负反馈电容  $C_{30}$  都是为了改善音质,  $BG_4$  发射极接电阻  $R_{18}$ ,在  $BG_4$  偏置电阻  $R_{17}$  上并接热敏电阻  $R_{16}$ ,以增加对温度稳定性。同时为了达到较大的输出功率,在功放管 (3AX81) 上加装了散热片。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-3(2)
2. 振荡线圈见图 4-3(3)

3. 输入变压器见图 4-3(4)

4. 输出变压器见图 4-3(5)



$L_5$  间绕, 间距 2 毫米

$L_7$  间绕, 间距 3 毫米

$L_9$  间绕, 间距 2 毫米

图 4-3(2) 磁性天线

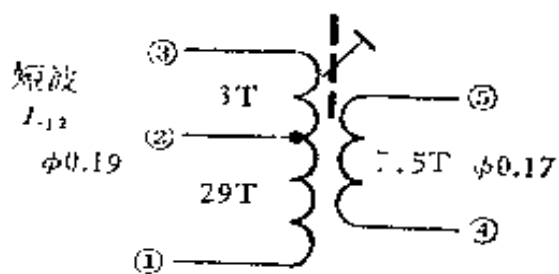
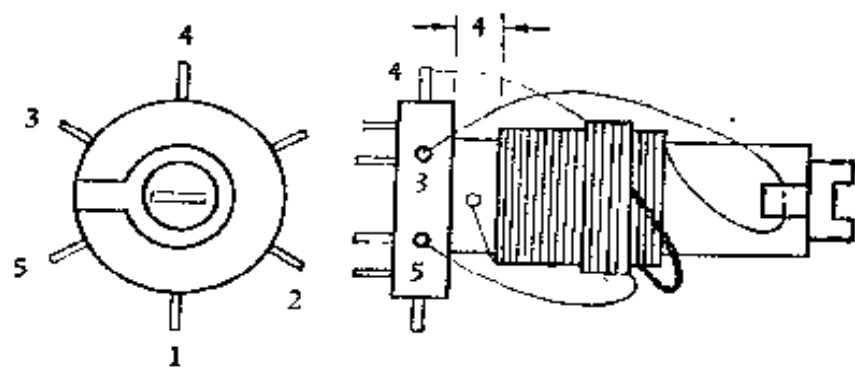
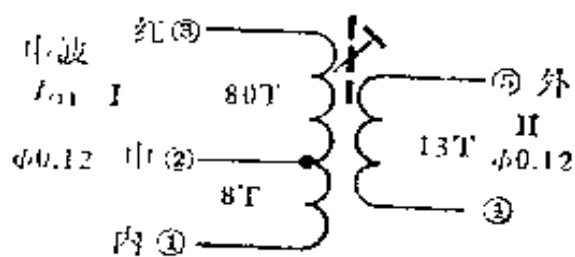
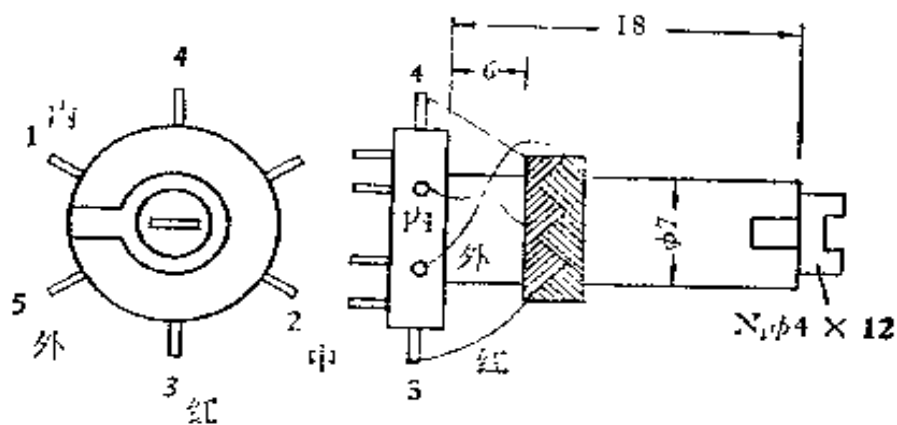


图 4-3(3) 振荡线圈

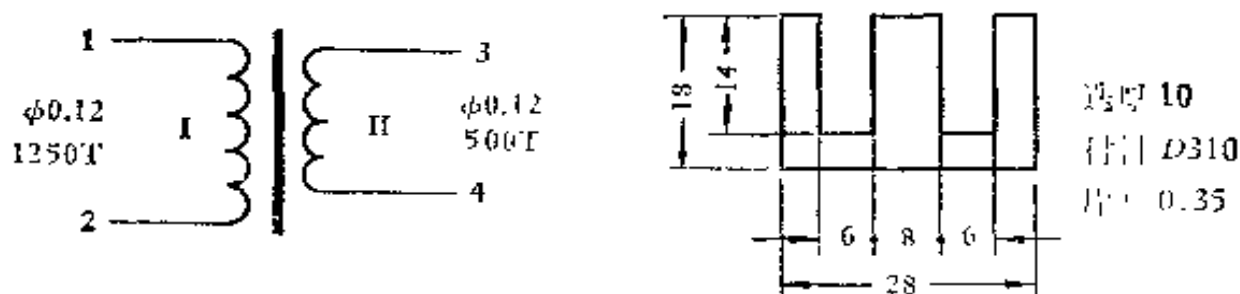


图 4-3(4) 输入变压器

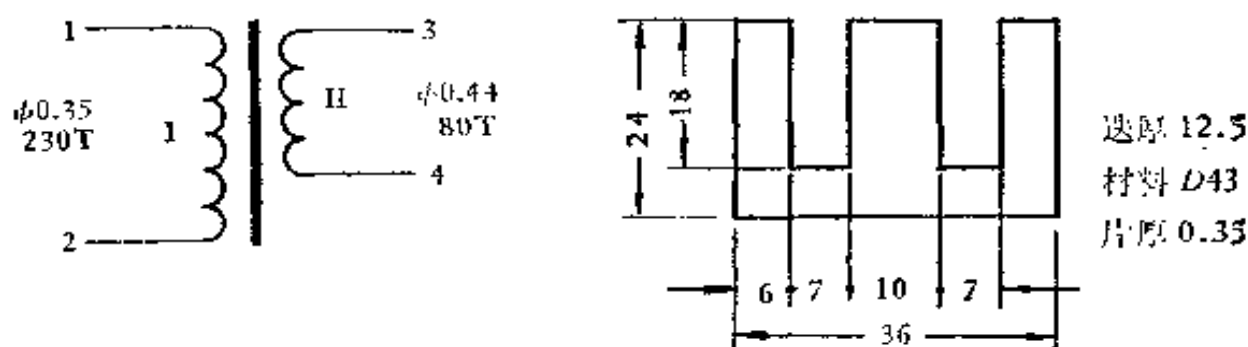


图 4-3(5) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流(或发射极电压)

$U_{e1} = 0.7-1.1$  伏;  $U_{e2} = 0.38-0.5$  伏;  $I_{c3} = 2.8-3.2$  毫安;  $I_{c4} = 18-20$  毫安

### 四、凯歌 4B12 型五管二波段收音机

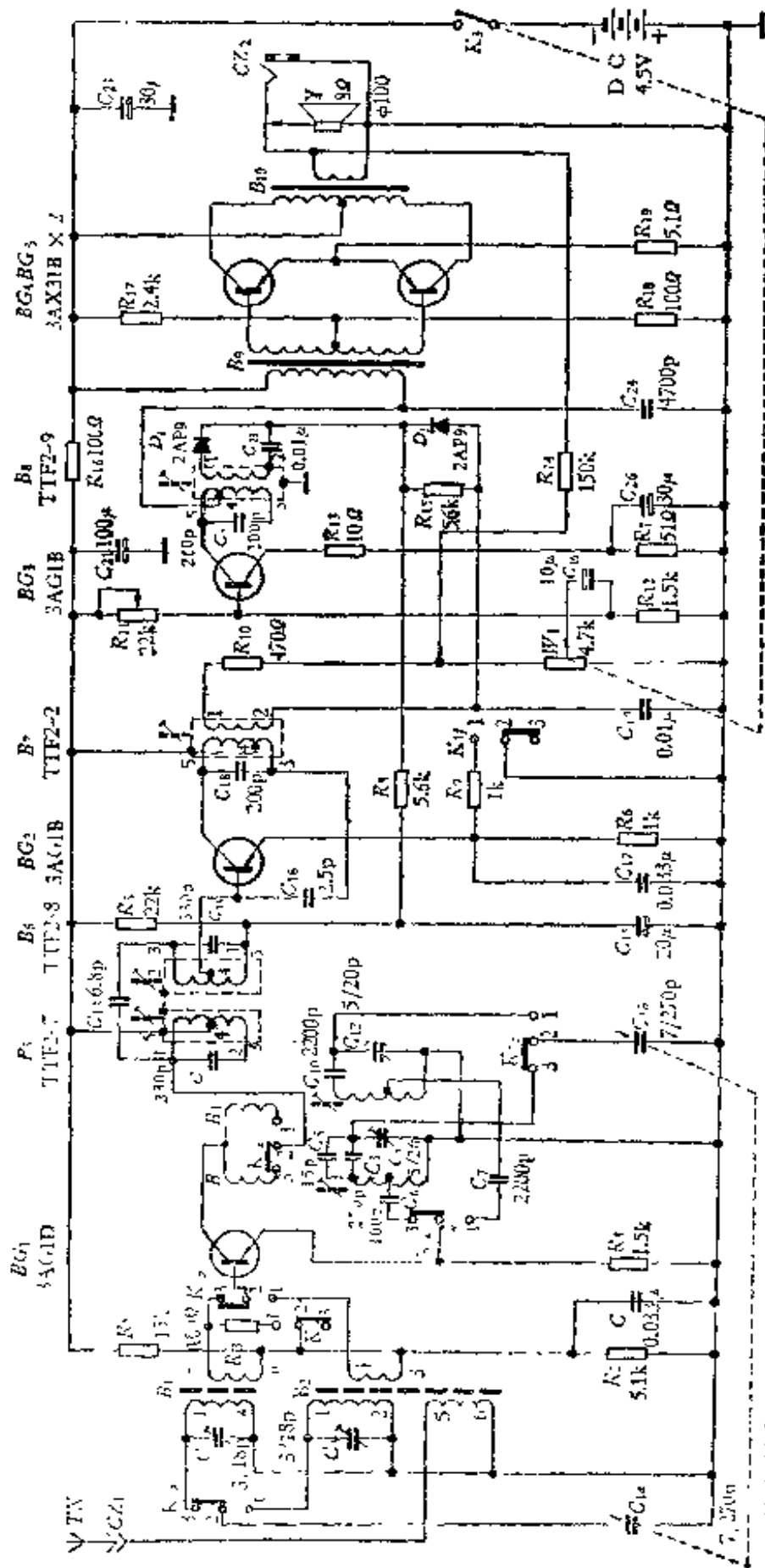
凯歌 4B12 型是面向工农兵的普及型五管超外差便携式收音机。使用一号电池三节(4.5 伏),适用于城市和广大农村以及一般山区。它的电路、印刷电路和红旗 502、春雷 503 型相同。图 4-4 (1) 是它的电路、(2)外型、(3)结构图、(4)印刷电路。

#### (一) 主要性能指标

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 3.9—12 兆周





K<sub>1</sub> 以按开关设置在中间位置 K<sub>2</sub> 本地远程开关设置在远程位置

图 4-4(1) 凯歌 4B12 型电路图

灵敏度：中波约 0.5 毫伏/米

短波约 0.5 毫伏/米

选择性：大于 20 分贝

输出功率：大于 100 毫瓦

## (二) 电路原理及特点

本机由变频级  $BG_1$ ，第一中放  $BG_2$ ，第二中放兼来复低放  $BG_3$  和末级推挽功放  $BG_4$ 、 $BG_5$  组成。

输入回路分别用中、短波两根磁棒。在接收中波段时， $BG_1$  基极接有“本地远程开关”，当接收附近强信号电台时  $K_2$  拨到本地位置，这时，中波基极线圈并联  $R_2$ ，降低回路  $Q$  值、降低增益，从而干扰减弱，改善来复级的大信号阻塞现象，音质也有所改善。接收弱信号时  $K_2$  拨到远程位置，以提高接收弱信号时的灵敏度。

变频后的中频信号经中频变压器  $B_4$ 、 $B_6$  耦合到第一中放级放大， $B_5$ 、 $B_6$  用电容耦合双调谐电路以改善整机选择性，同时也相应的加宽了通带。 $BG_2$  接收中波时电流为 0.6 毫安，这是自动增益控制需要；接收短波时为 1.1 毫安，以提高短波灵敏度，这由开关  $K_1$  控制  $R_9$  的接入或断开来实现。中频信号经  $BG_2$  放大后又经  $B_7$ 、 $R_{10}$ 、 $W_1$ 、 $C_{20}$  耦合到  $BG_3$  进行第二次中放，并由  $B_8$  送到  $D_1$  检波，检波后的低频信号经  $D_2$ 、 $R_{15}$ 、 $B_7$  次级、 $R_{10}$ 、 $W_1$  和  $C_{20}$  又回到  $BG_3$  来复低放， $D_2$ 、 $R_{15}$  作强信号抑

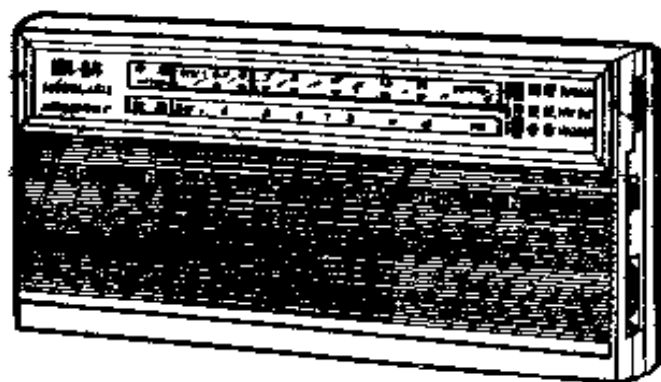


图 4-1(2) 凯歌 4B12 型外型

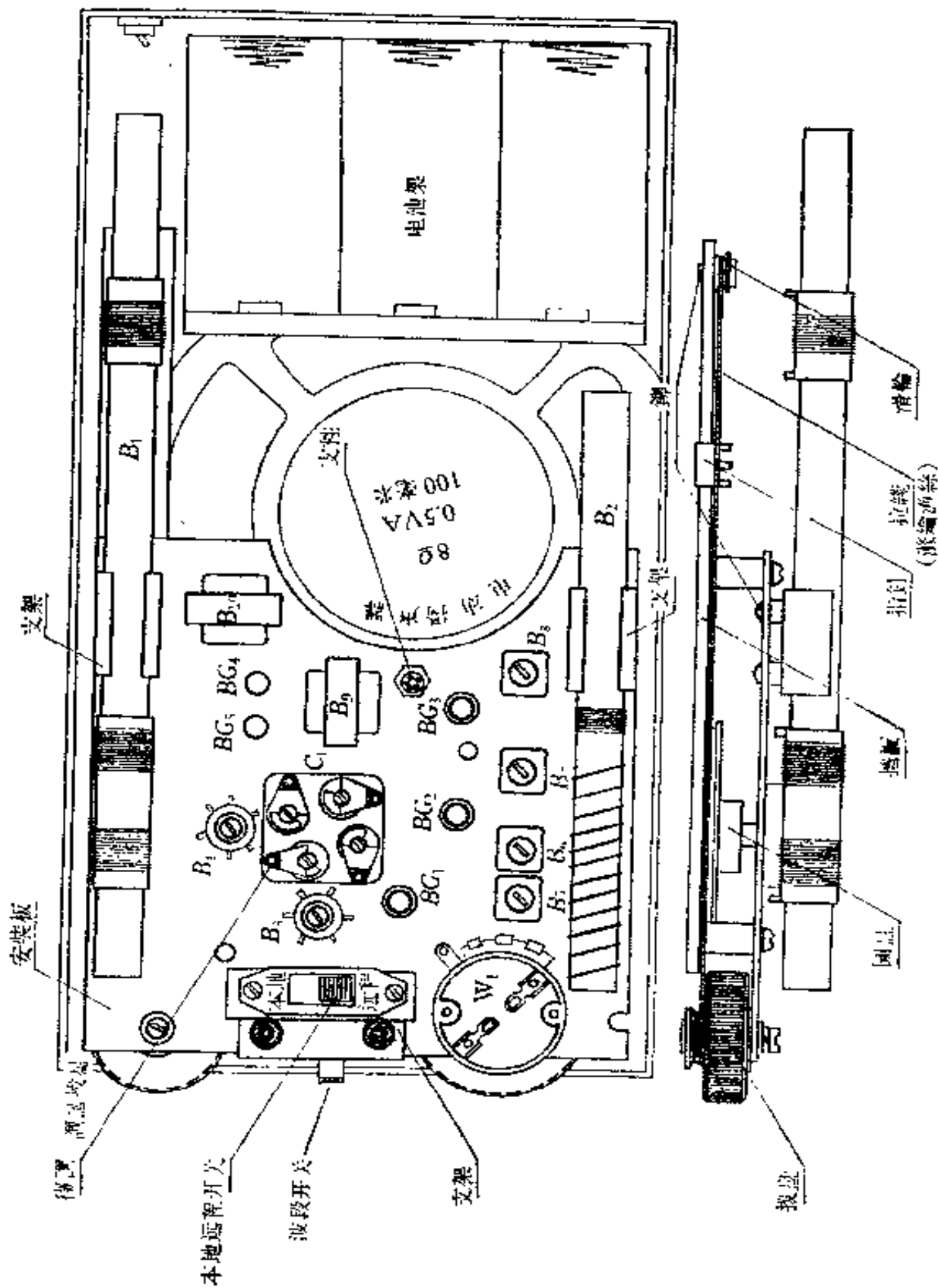
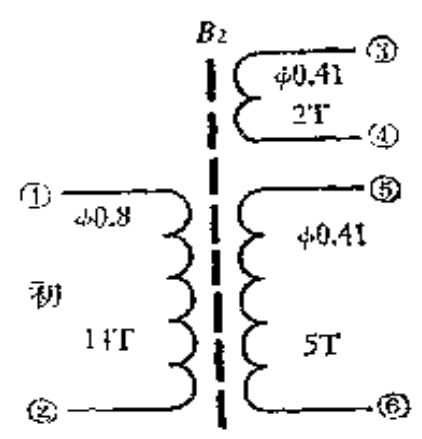
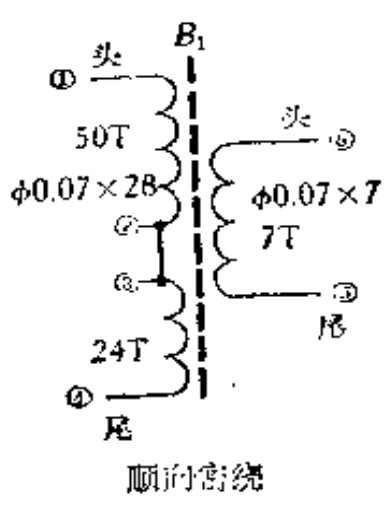
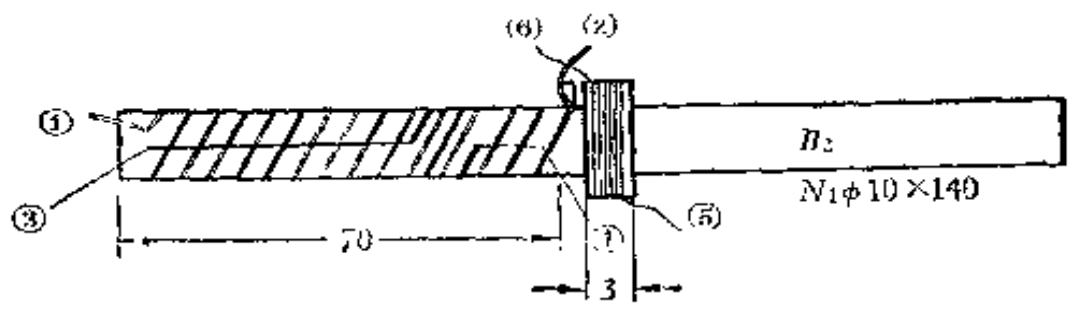
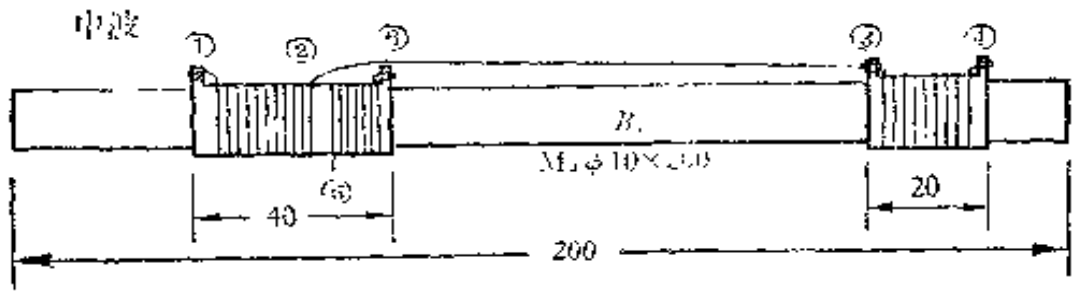


图 4-4(3) 凱歌 4B12 型结构图



①—② ③—④  
 顺向间绕(间距4毫米)  
 ⑥—⑤ 顺向密绕

图 4-1(5) 磁性天线

制。配合本地远程开关解决来复级在强信号时容易阻塞的矛盾,这一级电路原理和工农兵 403 型基本相同,  $BG_2$  电流较大(3 毫安), 是为了获得较大低频增益, 去推动  $BG_1$ 、 $BG_3$  组成的乙类推挽功放级。由于采用了乙类推挽电路, 虽然多用一管但要比前面介绍的电路省电, 无信号时总电流约 10 毫安, 额定输出时总电流约 60 毫安。  $R_{14}$  作负反馈, 改善音质。在输出端扬声器上并接 8 欧耳塞插孔, 使用时可以任意选用。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-4(5)
2. 振荡线圈见图 4-4(6)

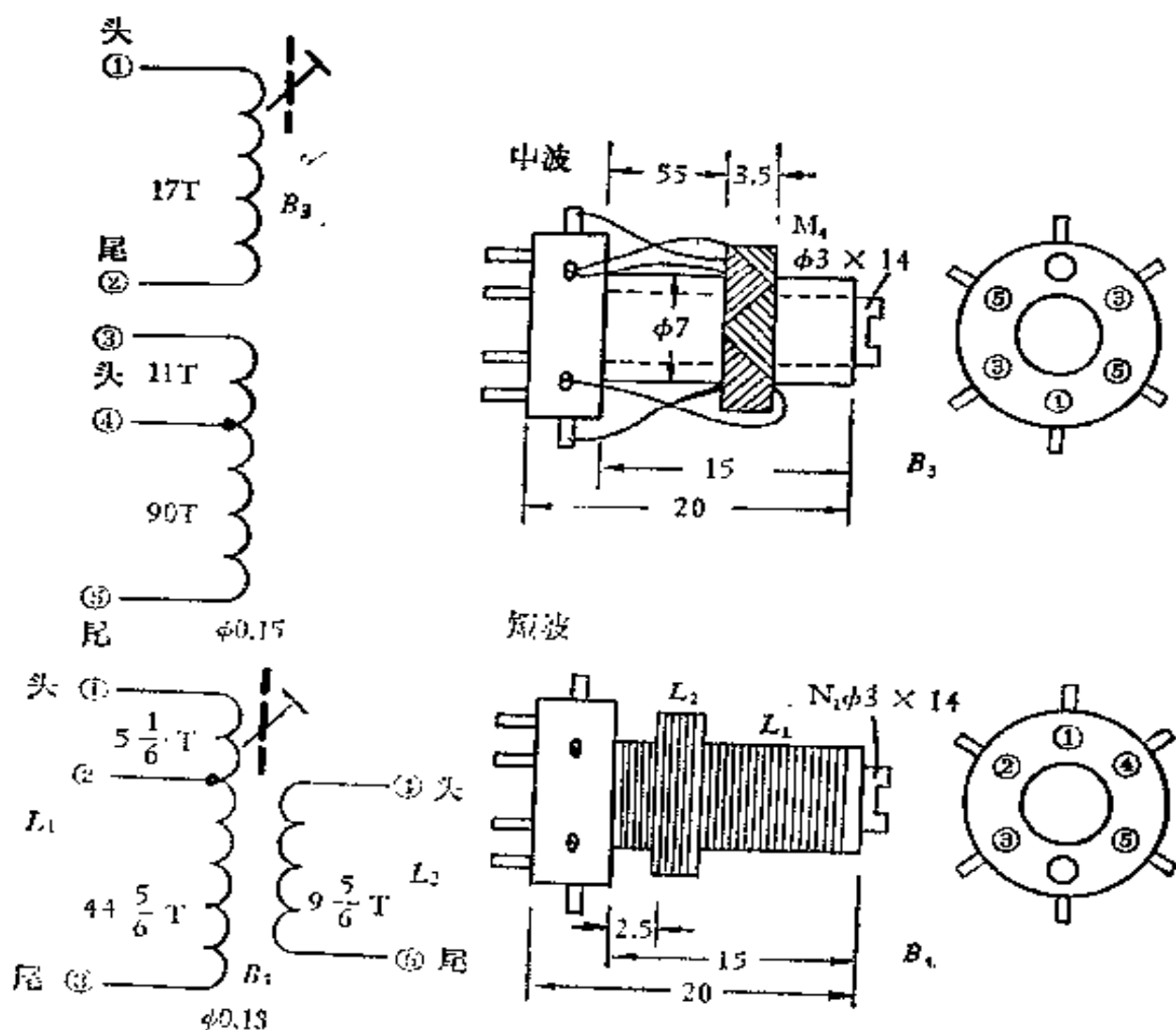
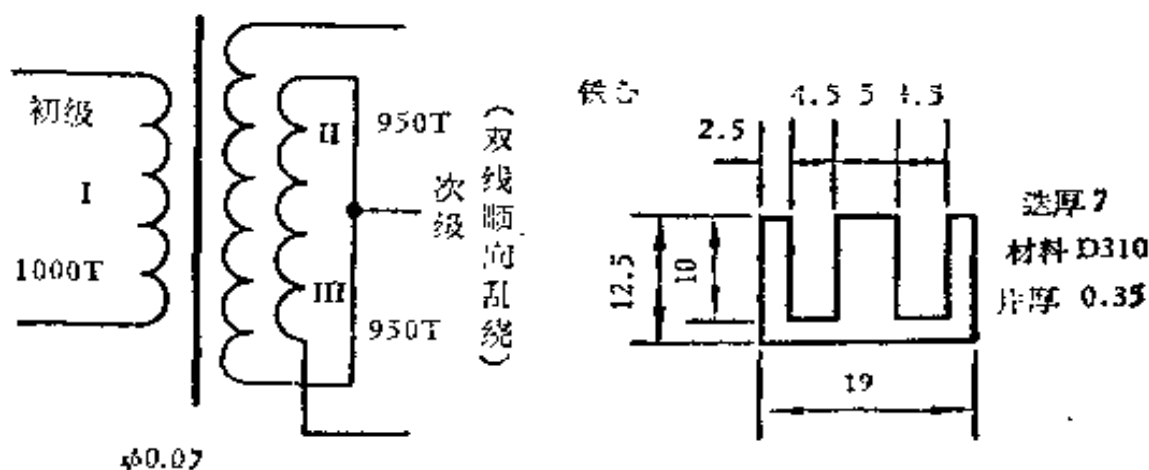


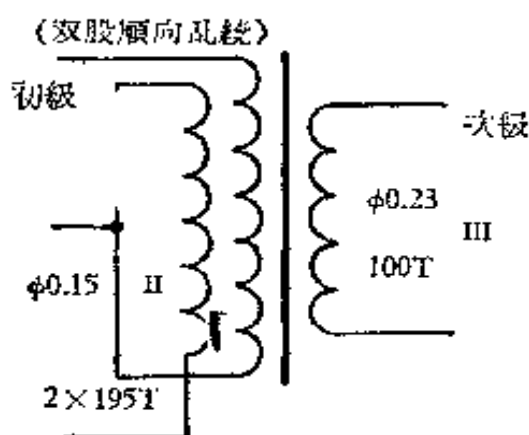
图 4-4(6) 振荡线圈

3. 输入变压器见图 4-4(7)
4. 输出变压器见图 4-4(8)
5. 中频变压器  $B_5$ 、 $B_6$  用 TTF2-7、TTF2-8 型,  $B_7$  用 TTF2-2 型,  $B_8$  用 TTF2-9 型



先绕 I, 再绕 II III

图 4-4(7) 输入变压器



先绕 III, 后绕 I II  
铁心尺寸同输入变压器

图 4-4(8) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流(近似值)

$I_{c1} = 0.6$  毫安;  $I_{c2}$  中波 0.6 毫安, 短波 1.1 毫安;  $I_{c3} = 3$  毫安;  $I_{c4+5} = 4$  毫安(无信号时)。

## 五、东风 205 型五管一波段收音机

这是硅管、锗管混合使用的超外差便携式五管收音机，体积小，元作用得少，电源用五号电池四节（6 伏），适用于城镇和农村。67-5 型电路形式与它相同。图 4-5(1) 是东风 205 型电路、(2)外型、(3)结构、(4)印刷电路。

### (一) 主要性能指标

频率范围：535—1605 千周

灵敏度：不劣于 1 毫伏/米

选择性：大于 20 分贝

输出功率：额定 50 毫瓦，最大 150 毫瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ ，第一中放  $BG_2$ ，第二中放兼来复低放  $BG_3$ ，末级推挽功放  $BG_4$ 、 $BG_5$  组成。

本机变频和中放级都是采用 n-p-n 型硅平面管 3DG6，受温度影响较小，工作点较稳定，所以可用固定偏置电路如  $BG_1$ 、 $BG_2$ ，一般在发射极不需要串接稳定电阻，如  $BG_2$ 。

n-p-n 型硅管各极所加电压的极性恰好与 p-n-p 型锗管相反，因此，n-p-n 型硅管的发射极接电源负端，集电极接电源正端，基极的电位比发射极的电位略高。

对硅管来说，共发射极电路的基极和发射极之间电压降到 0.5 伏时就截止（不能工作），为了解决电源电压变化对它的影响，所以东风 205 型采用  $D_2$ 、 $D_3$  硅二极管和  $R_3$  组成稳压电路以供给高频级（硅管）的偏置电源，当使用电源电压下降到 3 伏时，收音机还能保持正常工作。对于一般锗管收音机也可采用类似稳压办法。

第一中放偏流较大，以提高增益。检波二极管  $D_1$  (2AP9)

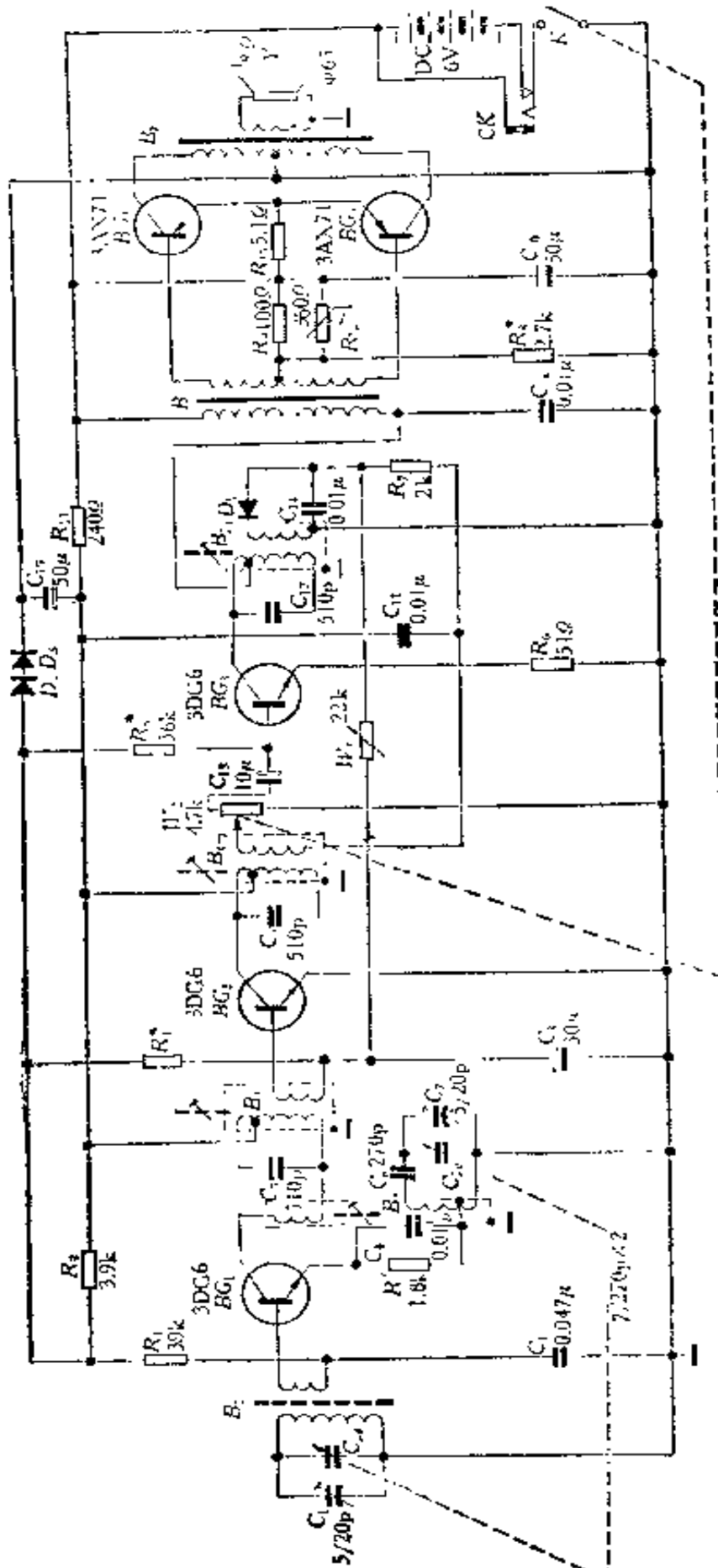


图 4-5(1) 东风 205 型电路图



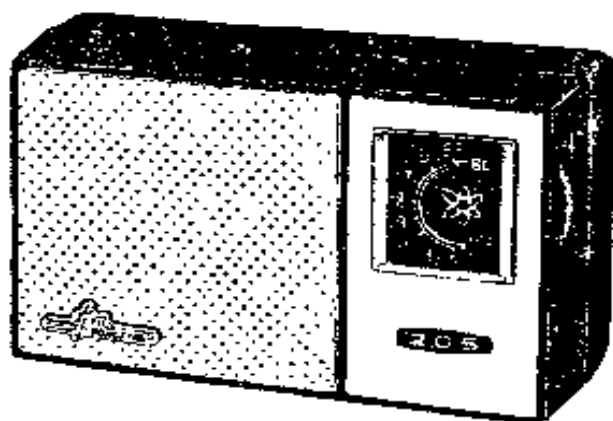


图 4-5(2) 东风 205 型外型

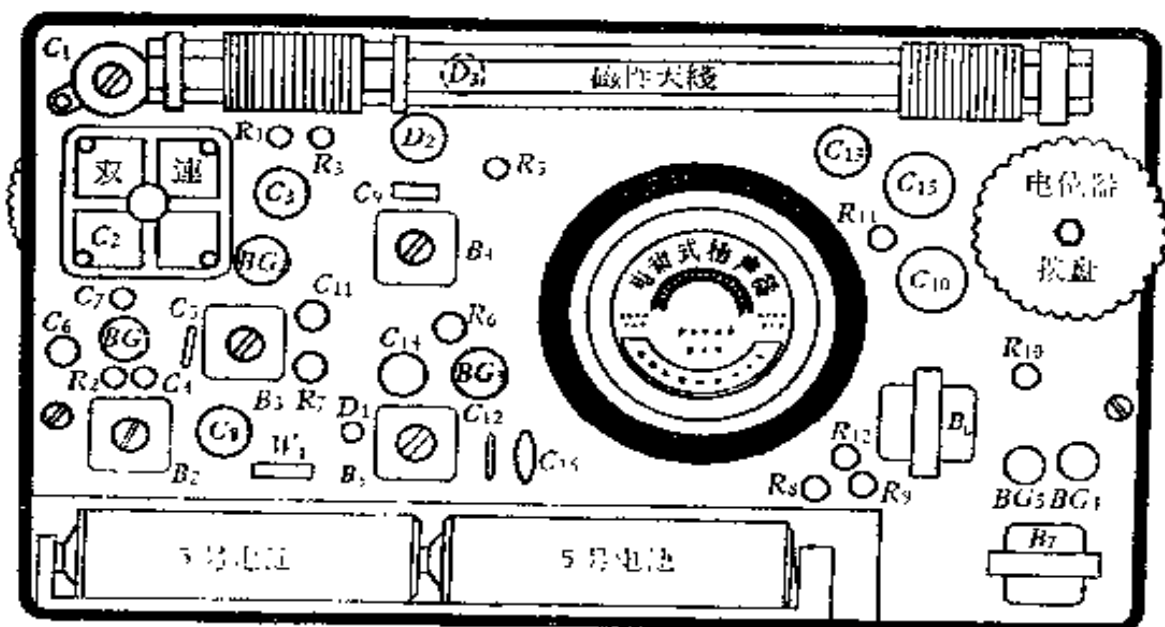


图 4-5(3) 东风 205 型结构图

的极性接法与 p-n-p 晶体管收音机相反，检波后直流分量满足 BG 自动增益控制极性要求。

采用输入变压器的圈数比小来解决来复强信号自激的矛盾。但圈数比小，功率增益低了，采用大  $\beta$  推挽管来解决这个矛盾。BG<sub>1</sub> 发射极电阻  $R_2$  与耦合电容  $C_4$  并联，接入振荡线圈中心抽头，使整个波段中振荡强度均匀。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-5(5)。
2. 振荡线圈 ( $B_2$ ) 用 203 型，数据见第八章。

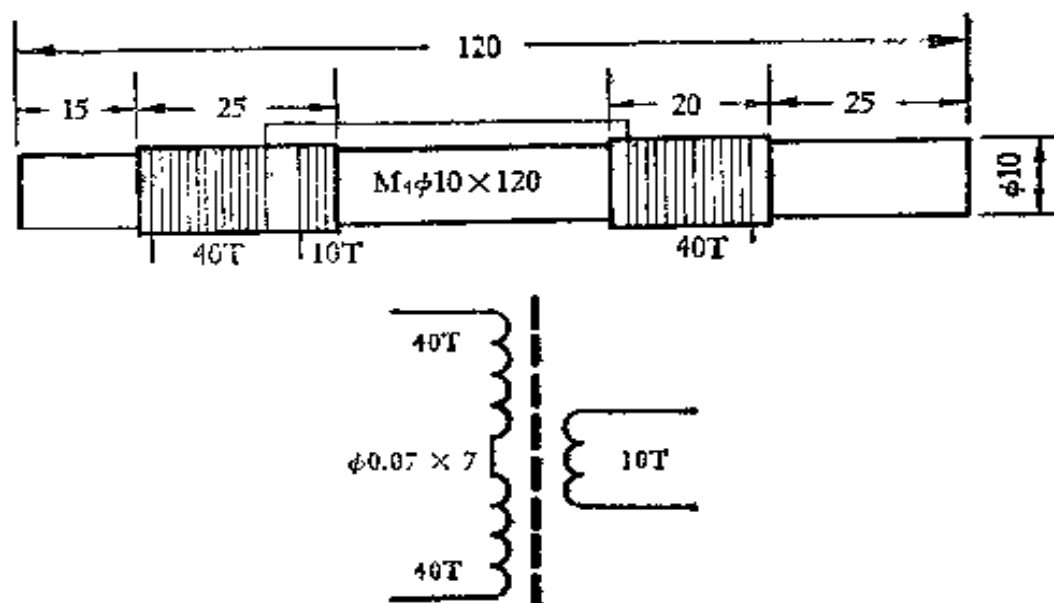


图 4-5(5) 磁性天线

3. 输入输出变压器采用 E192 型的铁芯和线径, 输入变压器初级改为 1600 圈, 输出变压器次级改为 110 圈, 其余与 E192 型相同。

4. 中频变压器: 用 TTF 型磁芯骨架(见第八章),  $B_3$  初级 100 圈在 30 圈抽头, 次级 3 圈;  $B_4$  初级 100 圈在 40 圈抽头, 次级 6 圈;  $B_5$  初级 100 圈在 40 圈抽头, 次级 18 圈。

#### (四) 各级工作电流

$I_{c1} = 0.4—0.6$  毫安;  $I_{c2} = 0.6—1$  毫安;  $I_{c3} = 2—2.5$  毫安;  $I_{c4,5} = 3—6$  毫安。

## 六、红旗 604 型六管三波段收扩两用机

红旗 604 型为六管三波段大型便携式收音扩音两用机。体积  $12 \times 19 \times 32$  厘米<sup>3</sup>, 重量 2.8 公斤(不包括电池)。电源电压为 9 伏, 用六节一号电池串联组成。适用于农村人民公社, 及集体单位作有线广播, 线路接续放大及作小型集会的扩音设备。机内扬声器采用 100 毫米  $\times$  165 毫米 (4"  $\times$  6"),

阻抗为 16 欧。并设有外接高音扬声器插口和外接舌簧扬声器或压电扬声器插口。在作广播使用时,可外接高音扬声器,由于高音扬声器的效率很高,音响可满足二、三百人小型会场的需要,外接高音扬声器用阻抗为 16 欧 25 瓦比较理想。外接舌簧扬声器插口的阻抗为 250 欧,每只舌簧扬声器的阻抗为 8000—10000 欧,所以 30 只左右并联联接后约为 250 欧,在山区及没有交流电源的农村可用来作小型有线广播之用。在作扩音设备时,机内扬声器转换作为话筒,转换开关  $K_2$  置于扩音位置 2。此时必须外接舌簧扬声器于  $CK_2$  或高音扬声器于  $CK_3$ 。此外在区县广播站信号输送到生产队时,如果线路过长损耗太大,用户扬声器不够响时,本机还可作接续放大使用,将县区来的信号送入机器的线路输入插孔  $CK_1$ ,并将收扩音转换开关  $K_2$  置于线路位置 3。此时机内扬声器接成监听扬声器,仅消耗 1/10 功率。由于本机主要用于农村有线广播网上,容易由架空线引入雷击电压而烧毁功率管,所以机内还装有 R-90 型避雷管,与线路上其他避雷装置配合使用后可以保护整机安全。图 4-6(1) 是它的电路、(2) 外型、(3) 结构、(4) 印刷电路。

**(一) 主要性能指标**

频率范围: 中波 535—1605 千周

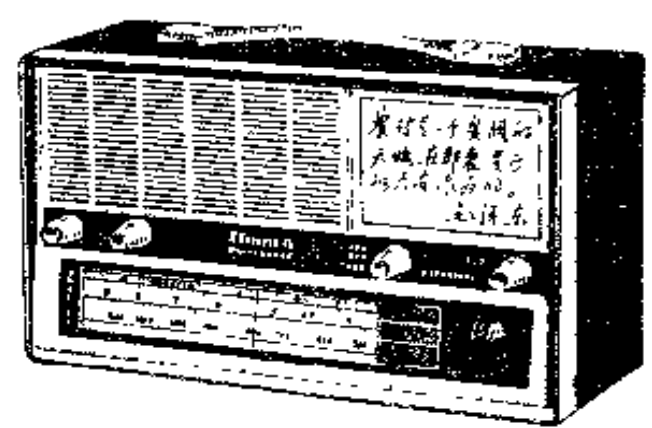


图 4-6(2) 红旗 604 型外型

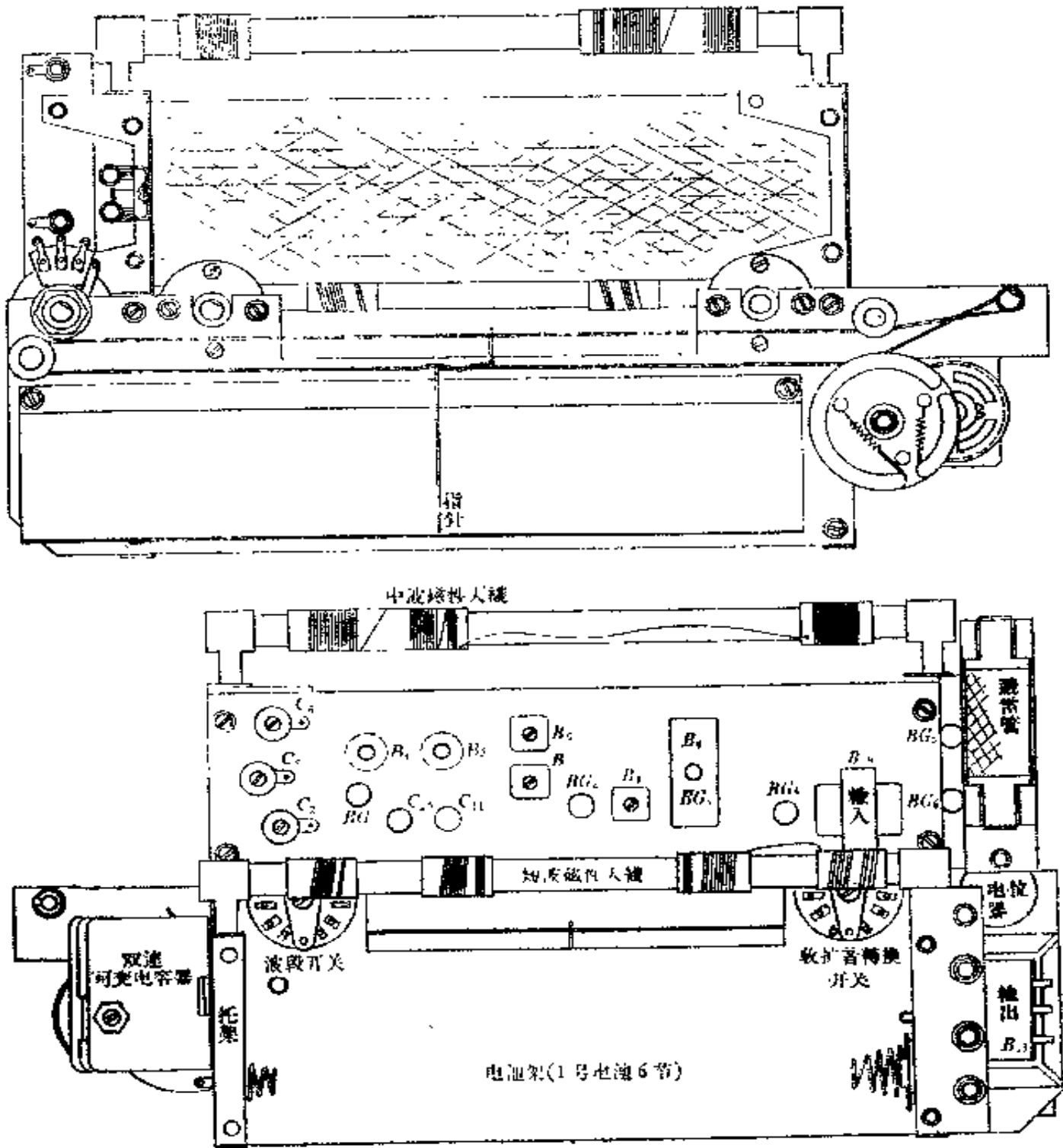


图 4-6(3) 红旗 601 型结构图

短波 I 3.9—8.5 兆周

短波 II 8.5—18 兆周

灵敏度：中波不劣于 0.5 毫伏/米

短波不劣于 1 毫伏/米

选择性：大于 40 分贝

输出功率：额定 500 毫瓦，最大 1.5 瓦

## (二) 电路原理及特点

604 型电路用 3AG1D 变频，3AG1B 第一中放，3AG1B 第二中放兼来复低放，3AX31B 低频放大，3AX81B × 2 推挽功率输出。为提高收音机的灵敏度，中短波各采用一根  $\phi 10 \times 200$  毫米长磁棒。短波频率 4—18 兆周分两个波段。变频管的工作点在中波和短波时是不同的，中波时为 0.4 毫安，这时变频管的直流偏置电阻是  $R_3$  和  $R_1$ 、 $R_2$  并联。 $I_{a1}$  小可使中波时噪声较小。短波时  $R_1$  断开， $I_{a1}$  提高到 0.7 毫安，这样变频增益高，使短波灵敏度提高。为了避免短波 II 自激，在电源退偶电容器  $C_{12}$  上再并联一电容  $C_8$ ，来改善高频时  $C_{12}$  电解电容器退偶不良的现象。短波 II 采用谐波变频，可节省一个线圈管和减少人体感应。第一级中频变压器采用 MTF-2 电感偶合双调谐中频变压器，谐振电路电容为 1000 微微法，与一般单调谐相比不仅选择性好，通带宽，并且稳定性好，不易自激。在中放管发射极还采用 2L465A 型二极性陶瓷滤波器，所以选择性较好。为了防止强信号时阻塞，除用阻尼二极管  $D_1$  来提高自动增益性能外，还采用  $R_{19}$ 、 $D_3$  作强信号抑制电路。加接  $C_{26}$  经  $C_{24}$ 、 $C_{25}$  到地，与  $R_{18}$  组成滤波器可减小检波后残余的二倍中频(930 千周)分量的发散，并将检波级及来复级用屏蔽罩进行屏蔽，图中用虚线所框，消除 930 千周自激。为了防止低频自激和开启时噪声现象，在  $BC_3$  输出加接  $R_{17}$ 。在作扩音用时，扬声器可转换作话筒使用，收扩音

转换开关将扬声器接到第一中放管发射极，讲话信号即由此输入，这是由于作为话筒的扬声器为低阻抗（16 欧），为使输入端阻抗匹配，此时， $BG_2$  作为共基极方式连接，这就利用了共基极电路输入阻抗低（几十欧），输出阻抗高的特点，实现了阻抗变换，这样接法可节约一只话筒变压器，并有足够的放大量，音质上高音虽略损失，但仍可满足一般开会使用。线路输入时由于输入电压较高，所以输入信号通过电阻  $R_9$  衰减，经转换开关接到来复级基极。低频放大部分  $R_{24}$ 、 $R_{29}$  为反馈电阻， $C_{37}$ 、 $C_{38}$  为负反馈电容用来改善音质。 $C_{39}$  连接在  $BG_5$ 、

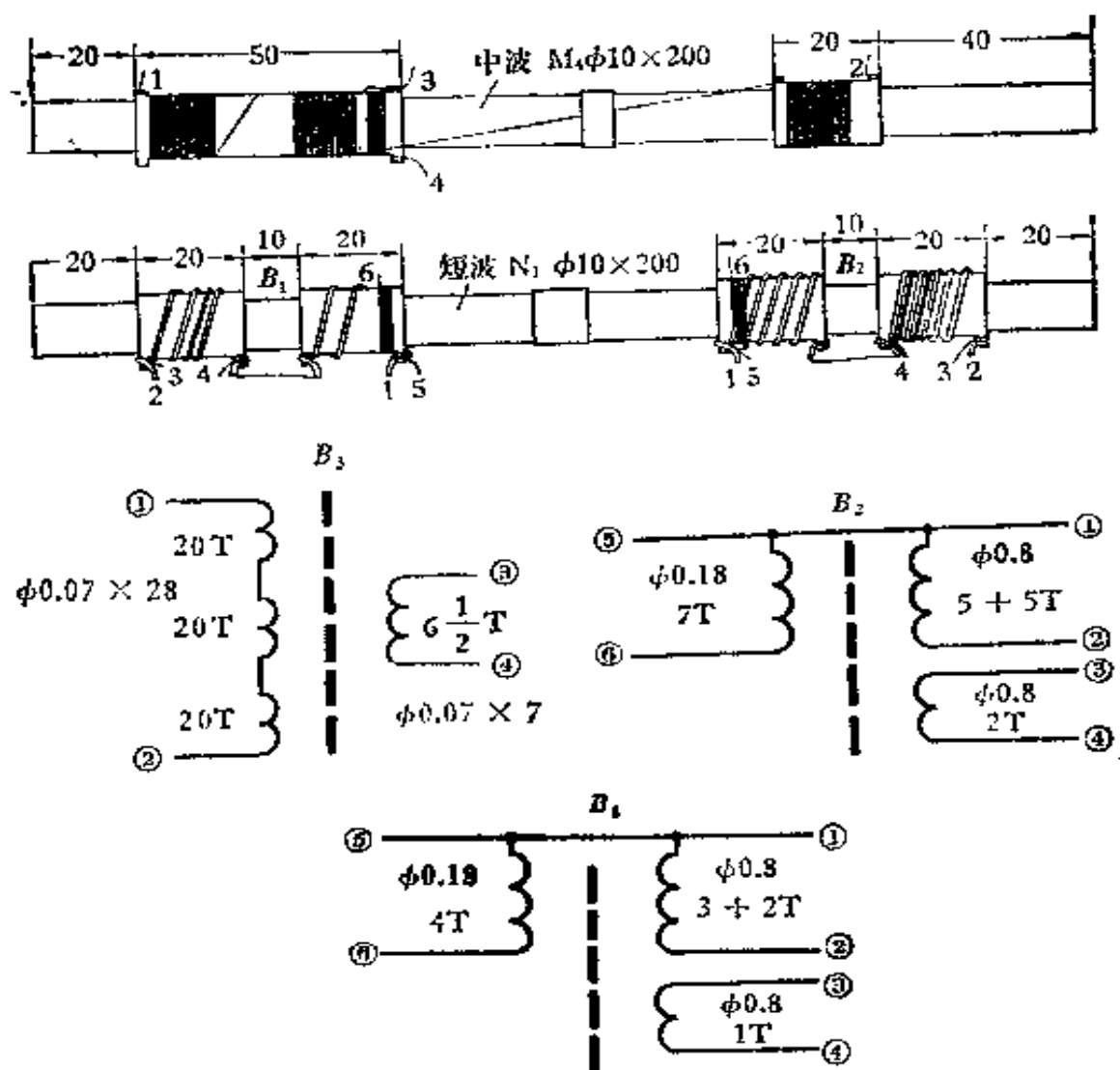


图 4-6(5) 磁性天线

$B_G$  集电极两端来旁路音频谐波成分,使声音更加动听。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-6(5)
2. 振荡线圈见图 4-6(6)
3. 输入变压器见图 4-6(7)
4. 输出变压器见图 4-6(8)

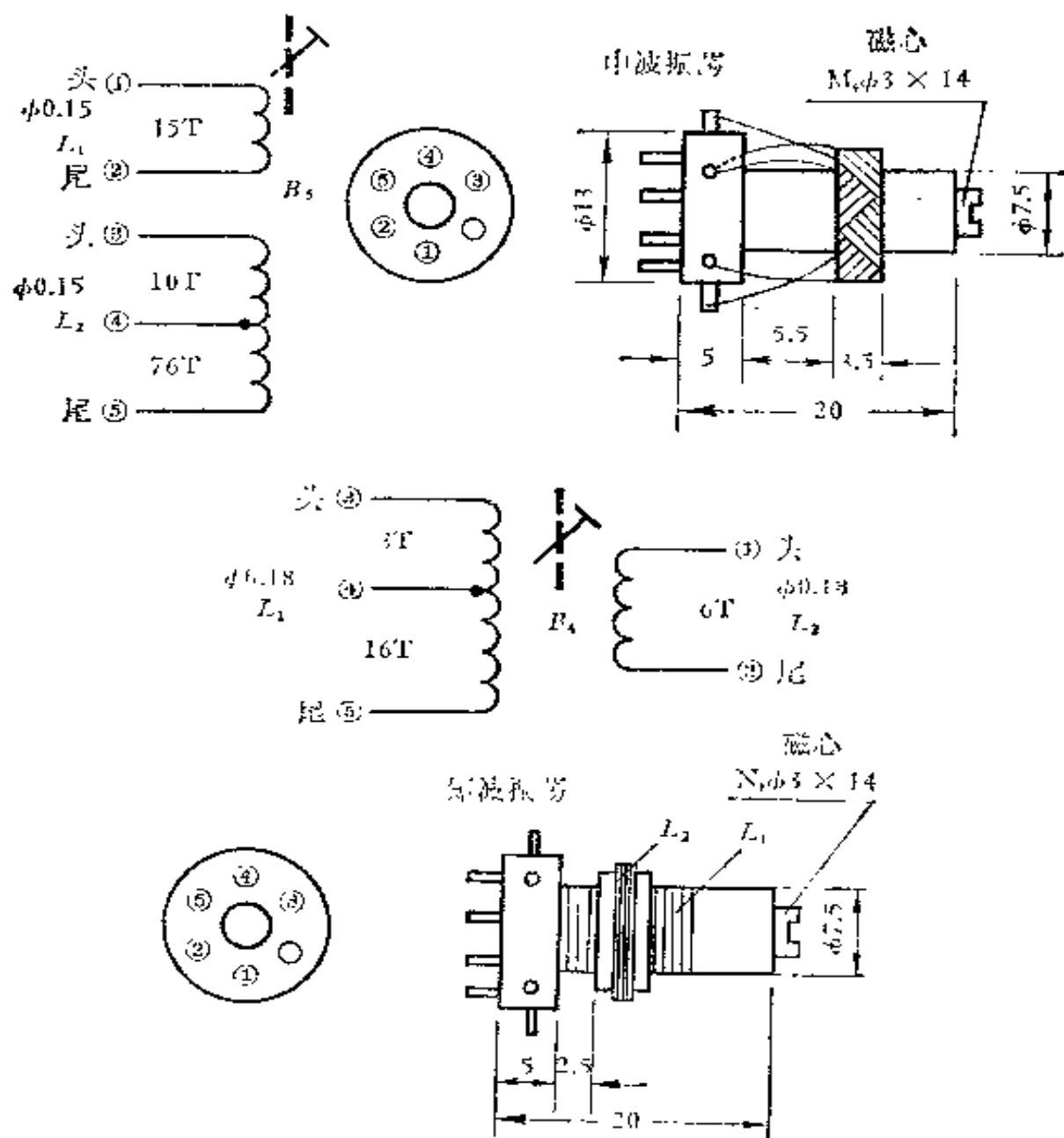
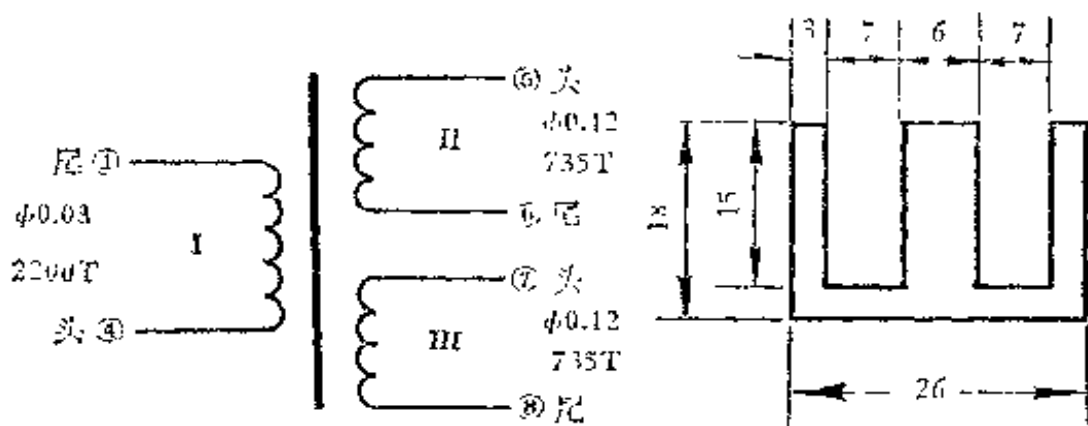
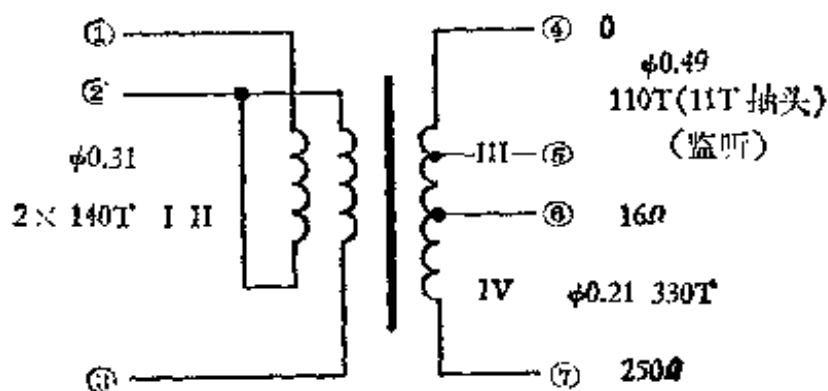


图 4-6(6) 振荡线圈



先绕 I, 后绕 II III (双线并绕) 选厚 10.2 材料 D42 片厚 0.35

图 4-6(7) 输入变压器



先绕 I II (双线并绕), 再绕 III, 后绕 IV

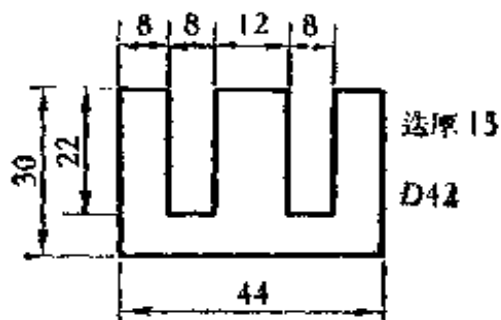


图 4-6(8) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流

$I_{a1}$  中波 0.2—0.5 毫安, 短波 0.35—0.8 毫安;  $I_{c2} = 0.35—$



0.6 毫安； $I_{e3} = 1-2$  毫安； $I_{e4} = 2-3$  安毫； $I_{e5,6} = 2-4$  毫安。

## 七、紅旗 644 型六管二波段收音机

紅旗 644 型为袖珍式六管超外差式二波段晶体管收音机，体积  $162 \times 92 \times 42$  毫米<sup>3</sup>，重量约 0.5 公斤（不包括电池），使用 5 号电池四节（6 伏），可供广大农村、山区和流动工作人员使用。图 4-7(1) 是它的电路。

### (一) 主要性能指标

频率范围：中波 535—1605 千周

短波 3.9—12 兆周

灵敏度：中、短波均不劣于 1.5 毫伏/米

选择性：大于 20 分贝

不失真功率：大于 60 毫瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ 、第一中放  $BG_2$ 、第二中放  $BG_3$ 、前置低放  $BG_4$  和末级推挽功放  $BG_5$ 、 $BG_6$  组成。

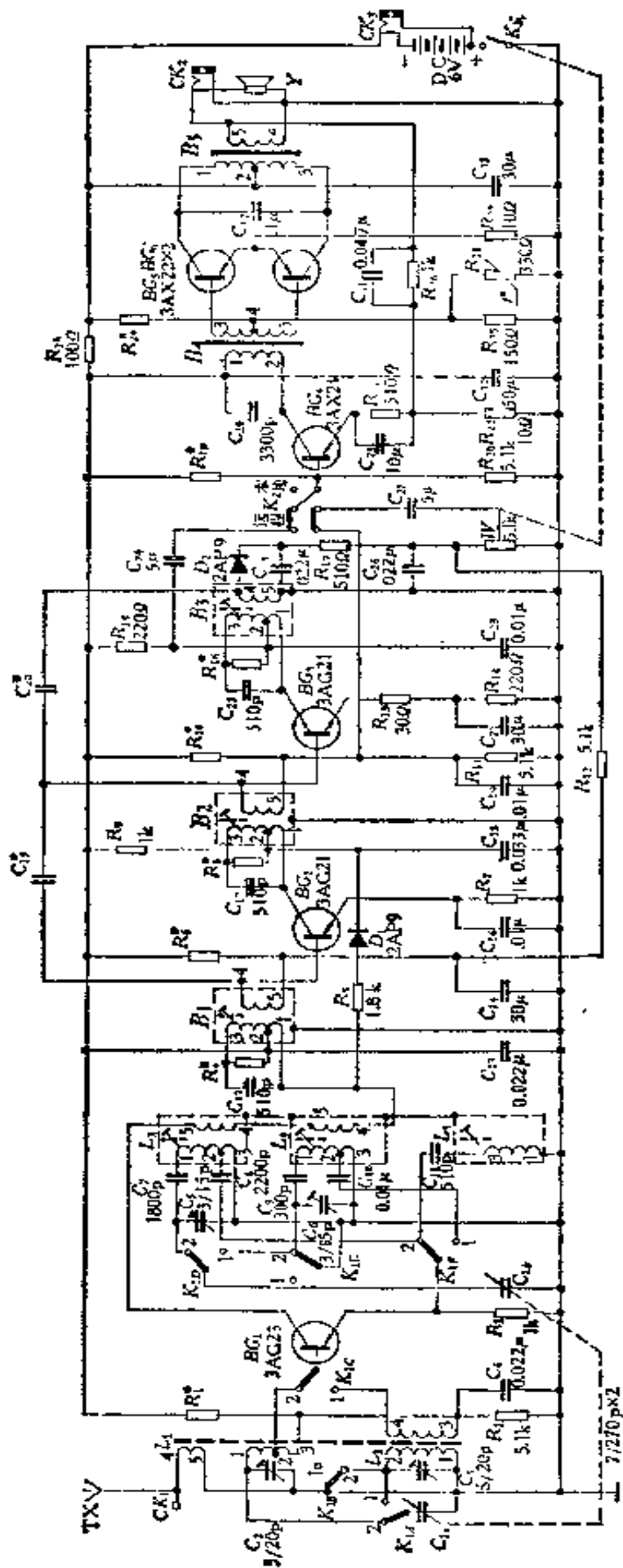
本机中、短波采用锰锌和镍锌铁氧体胶合成一根磁性天线，可以兼顾中短波灵敏度。利用波段开关  $K_1$  转换选择  $L_1$  或  $L_2$  与  $C_{10}$  组成短波或中波调谐电路。

这里短波只有一个波段，但它采用二次谐波变频，目的是为了减小人体感应。

$L_3$  和  $C_{11}$  组成短波增益提升电路，以补偿短波的灵敏度。

变频后的中频信号经二级中频放大后加到二极管  $D_2$  进行检波。

$K_2$  为远程和本地控制开关，这部分电路和本书介绍的其



注：开关在短波位置

图4-7(1) 红旗644型电路图

他的远程本地开关不同。在本地时，检波后的信号经电位器  $W$  和电容  $C_{27}$  直接加到前置低放  $BG_1$  进行音频放大；在远程时，检波后的信号经电位器  $W$  和电容  $C_{27}$  回复到前面  $BG_3$  作来复低放，来复低放的负载电阻为  $R_{15}$ ，放大后的音频信号从集电极取出再通过  $C_{24}$  加到  $BG_4$  作第二低放。

自动增益控制电路是由信号检波后经  $R_{12}C_{14}$  滤波后加到第一中放  $BG_2$  的基极。

二极管  $D_1$ 、 $R_5$  和  $R_9$ 、 $C_{18}$  组成了阻尼二极管自动增益控制电路。

在各级中放调谐回路中分别接入  $R_4$ 、 $R_8$ 、 $R_{16}$  以加宽通带，改善音质。

输出变压器的次级有一部分信号经  $C_{21}$ 、 $R_{26}$  和  $R_{25}$  送回到前置低放级的发射极，形成负反馈电路，能减小失真和改善音质。

为了使温度变化时功放级工作电流稳定，在功放级偏流电路中接有热敏电阻  $R_{150}$ 。

$CK_1$ 、 $CK_2$  和  $CK_3$  分别是外接天线、耳塞和电池插口。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-7(2)
2. 振荡线圈中波用 5401 型中波振荡线圈，短波用 644 短波振荡线圈；中频变压器用 T10A-1、T10A-2 和 T10A-3 型。这些元件数据见第八章表 8-4。

3. 输入变压器见图 4-7(3)

4. 输出变压器见图 4-7(4)

### (四) 各级工作电流

$I_{e1} = 0.5 \sim 0.7$  毫安； $I_{e2} = 0.3 \sim 0.5$  毫安； $I_{e3} = 1.3 \sim 1.5$  毫安； $I_{e4} = 1.1 \sim 1.3$  毫安； $I_{e5,6} = 2 \sim 3$  毫安。

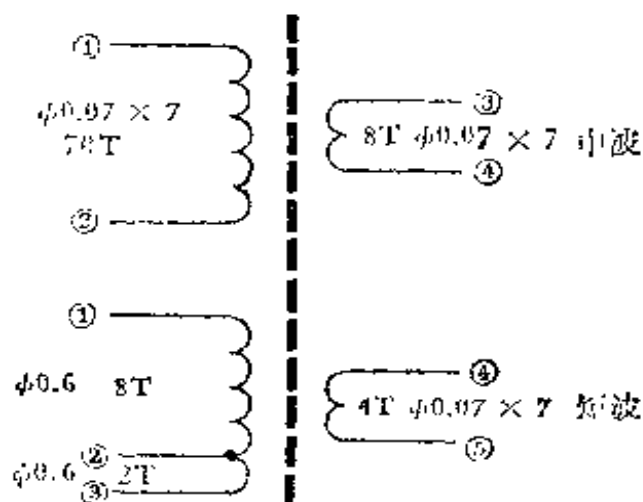
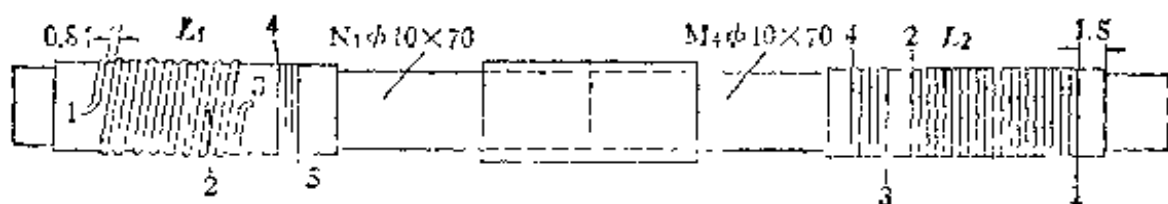
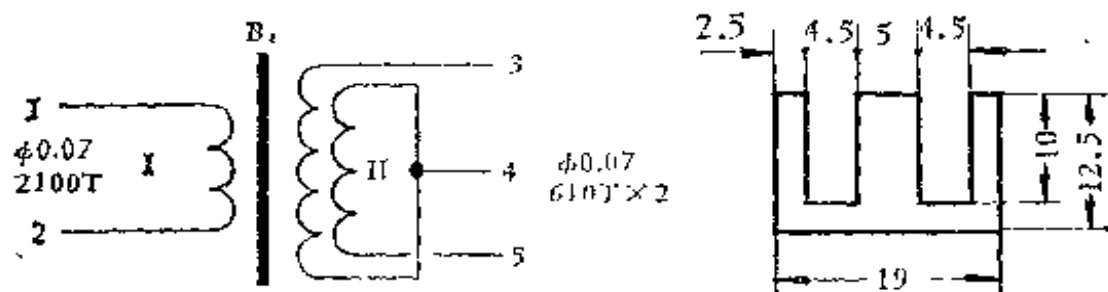
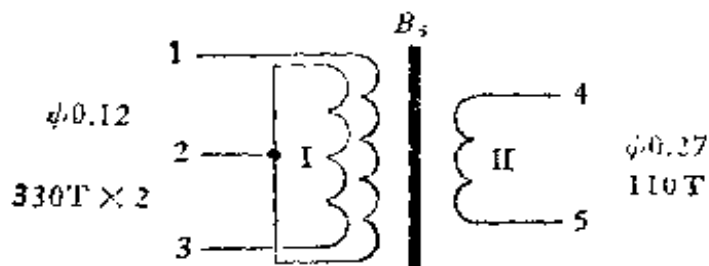


图 4-7(2) 磁柱六线



芯厚 7 材料 D44 片厚 0.35

图 4-7(3) 输入变压器



注: 铁心同输入

图 4-7(4) 输出变压器

## 八、红旗 645 型六管三波段收扩两用机

红旗 645 型为六管三波段台式收扩两用机,可用来收音、扩音、对讲、拾音等。本机装有两个外接扬声器插孔,一个是“高阻”插孔,一个是“低阻”插孔。

“高阻”插孔  $CK_1$  用来外接总阻为 250 欧的扬声器组接到各户去收听。例如,并联连接 40 个阻抗为 10 千欧的舌簧扬声器,或 32 个阻抗为 8 千欧的陶瓷压电扬声器。实际使用的扬声器组可以少于上述数目,而不宜超过,否则由于负载阻抗的显著减小,导致机内功放级晶体管的耗散功率加大,以致发热或损坏。

“低阻”插孔  $CK_2$  用来外接总阻为 16 欧的扬声器组作小型会场或广场扩音之用。例如:用阻抗为 16 欧的号筒式扬声器一个或阻抗为 8 欧的号筒式扬声器二个串联起来,只要总阻不小于 16 欧即可。

体积  $320 \times 280 \times 200$  毫米<sup>3</sup>,重量约 2.5 公斤,使用一号电池六节(9 伏)。图 4-8(1) 是它的电路,(2) 是印刷电路。

### (一) 主要性能指标

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 I 3.9—9 兆周

短波 II 9—18 兆周

灵敏度: 中波、短波 I 不劣于 1 毫伏/米,短波 II 不劣于 2 毫伏/米

选择性: 大于 26 分贝

输出功率: 额定 500 毫瓦,最大约 1.5 瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ ,第一中放  $BG_2$ ,第二中放兼来复低放

$BG_5$ , 末前级低放  $BG_4$  和末级推挽功放  $BG_3$ 、 $BG_6$  组成。

三个波段的调谐回路分别由磁棒上的线圈  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$  与双连可变电容器的三连  $C_1$  组成, 由波段开关  $K_1$  加以转换选择, 为了提高灵敏度, 中波、短波各用一根  $\phi 10 \times 200$  的长磁棒, 而且中波线圈  $L_1$  分段绕制。  $L_2$  为外接天线耦合线圈。

变频级采用共基调发振荡电路, 短波 II 的本振频率是采用短波 I 的二次谐波, 可以省去一只振荡线圈, 而且减少人体感应等干扰, 性能稳定。

第一级的中频变压器采用电感耦合双调谐回路。

经二级中放后的信号, 通过检波二极管  $D_2$  的检波得到音频信号, 通过  $C_{30}$ 、 $R_{17}$  和  $C_{31}$  的滤波器滤除中频, 输出的音频信号加到音量电位器  $W$ , 又经过  $C_{24}$  加到  $BG_3$  的基极, 进行来复低放,  $R_{15}$  是音频负载电阻。放大后的音频信号通过  $R_{16}$  和  $C_{33}$  加到末前级的基极去放大。

$BG_3$  发射极中串入  $R_{13}$  (10 欧) 作电流负反馈,  $R_{26}$  和  $R_{22}$  为负反馈电阻, 减小失真改善音质, 自动增益控制电路是由检波后的信号经由  $R_7$ 、 $C_{19}$  滤波成直流加到第一中放  $BG_2$  的基极。

二极管  $D_1$  和  $R_8$ 、 $C_{23}$  是阻尼二极管自动增益控制电路。

为防止外接扬声器的线路受到雷击, 在高阻输出端接有一个避雷管。

对讲时应将工作选择开关  $K_1$  转到“对讲”位置, 当对讲开关  $K_2$  拨在“送”的位置, 机内扬声器即可作话筒, 受话回话时对讲开关  $K_2$  拨到“回”的位置, 外接高阻扬声器任何一个均可回话。

收音或拾音(扩音)时, 对讲开关  $K_2$  拨在“送”或“回”的位置, 工作选择开关分别转到收音或拾音位置。

### (三) 主要元件数据

#### 1 磁性天线见图 4-8(3)

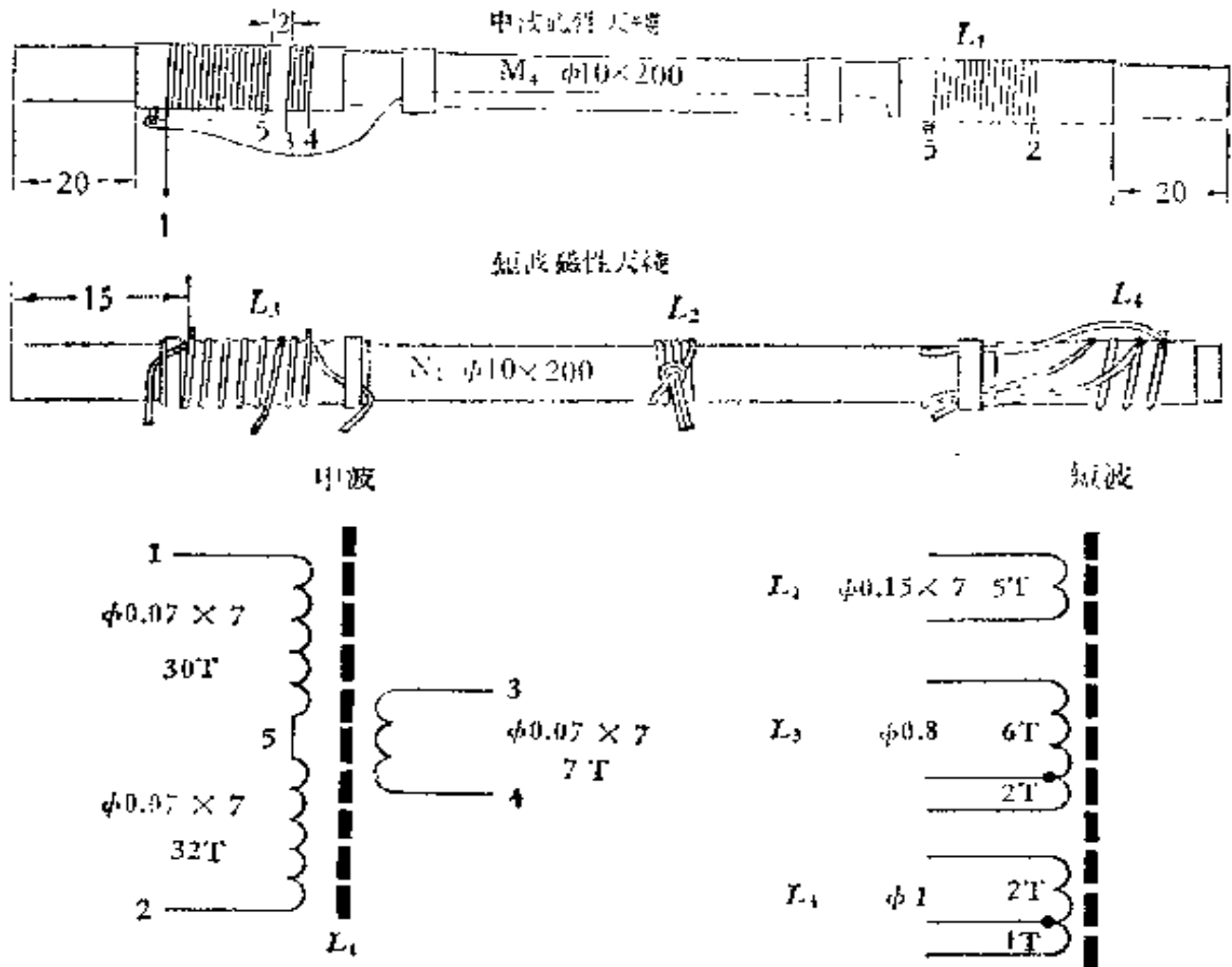


图 4-8(3) 磁性天线

2. 振荡线圈中波用 643 型中波振荡线圈，数据见第八章表 8-4；短波见图 4-8(4)，结构和中振线圈相同。

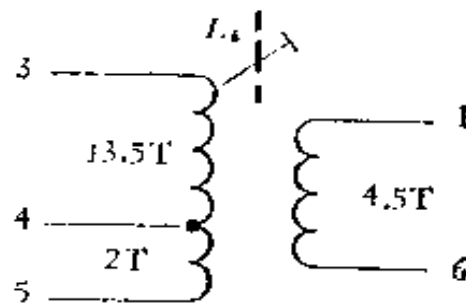


图 4-8(4) 短波振荡线圈

3. 中频变压器  $B_1$  用 T10A-4 型,  $B_2$  用 T10A-1 型,  $B_3$  用 T10A-2 型,  $B_4$  用 T10A-3 型, 数据见表 8-4。

4. 输入变压器  $B_5$ , 见图 4-8(5)

5. 输出变压器  $B_6$ , 见图 4-8(6)

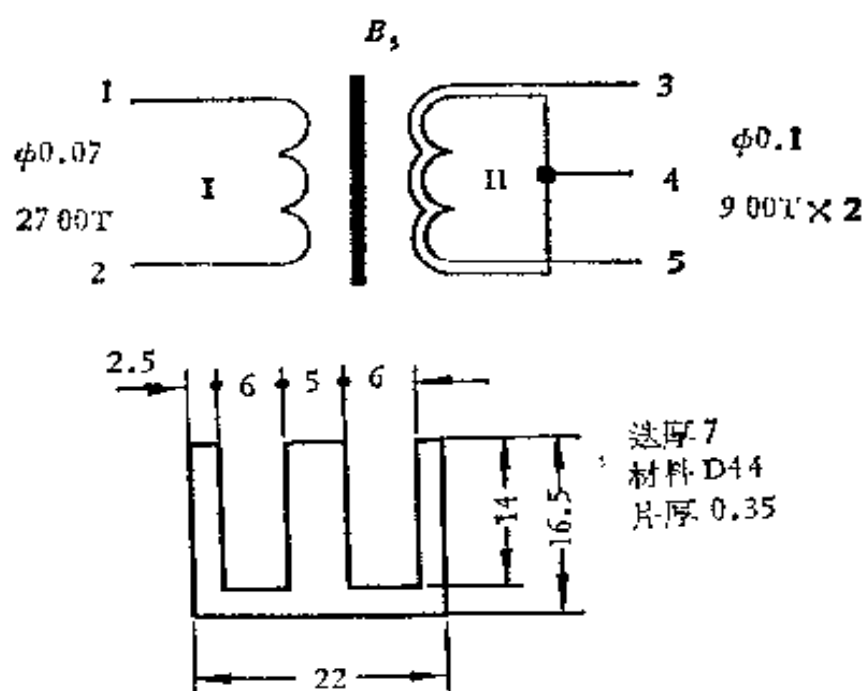


图 4-8(5) 输入变压器

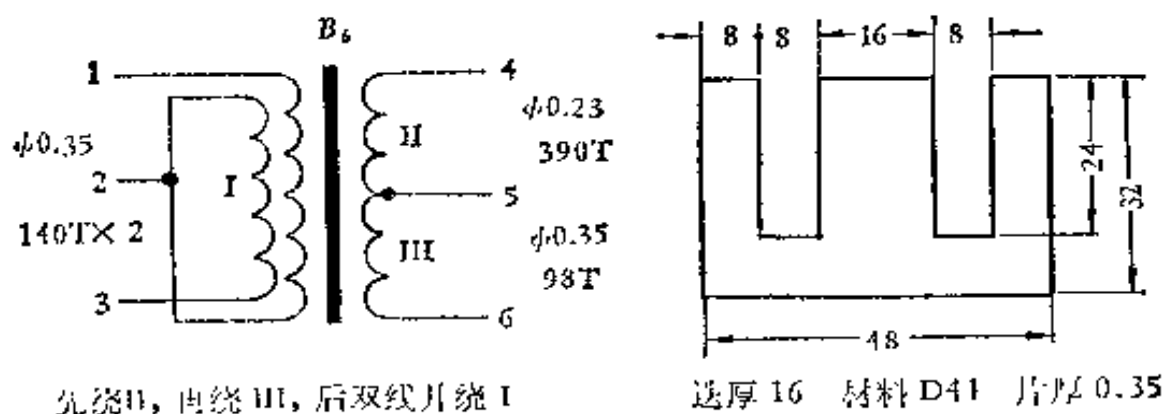


图 4-8(6) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流(近似值)

$I_{c1}$  中波 0.5 毫安, 短波 0.7 毫安;  $I_{c2} = 0.4$  毫安;  $I_{c3} = 2.5$  毫安;  $I_{c4} = 2$  毫安;  $I_{c5,6} = 2-3$  毫安。



## 九、109型六管一波段放唱、扩音、收音三用机

109型三用机，是为广大农村人民公社等集体单位而生产的，可以放送78转粗纹和33转密纹唱片，收听中波段广播，此外通过CK插口还可作扩音或小型有线广播用。用于有线广播时，400欧高阻抗输出端可接舌簧扬声器30只左右。该机使用一号电池四节。电路见图4-9(1)。

### (一) 主要性能指标

频率范围：535—1605千周

灵敏度：不劣于1毫伏/米

选择性：大于20分贝

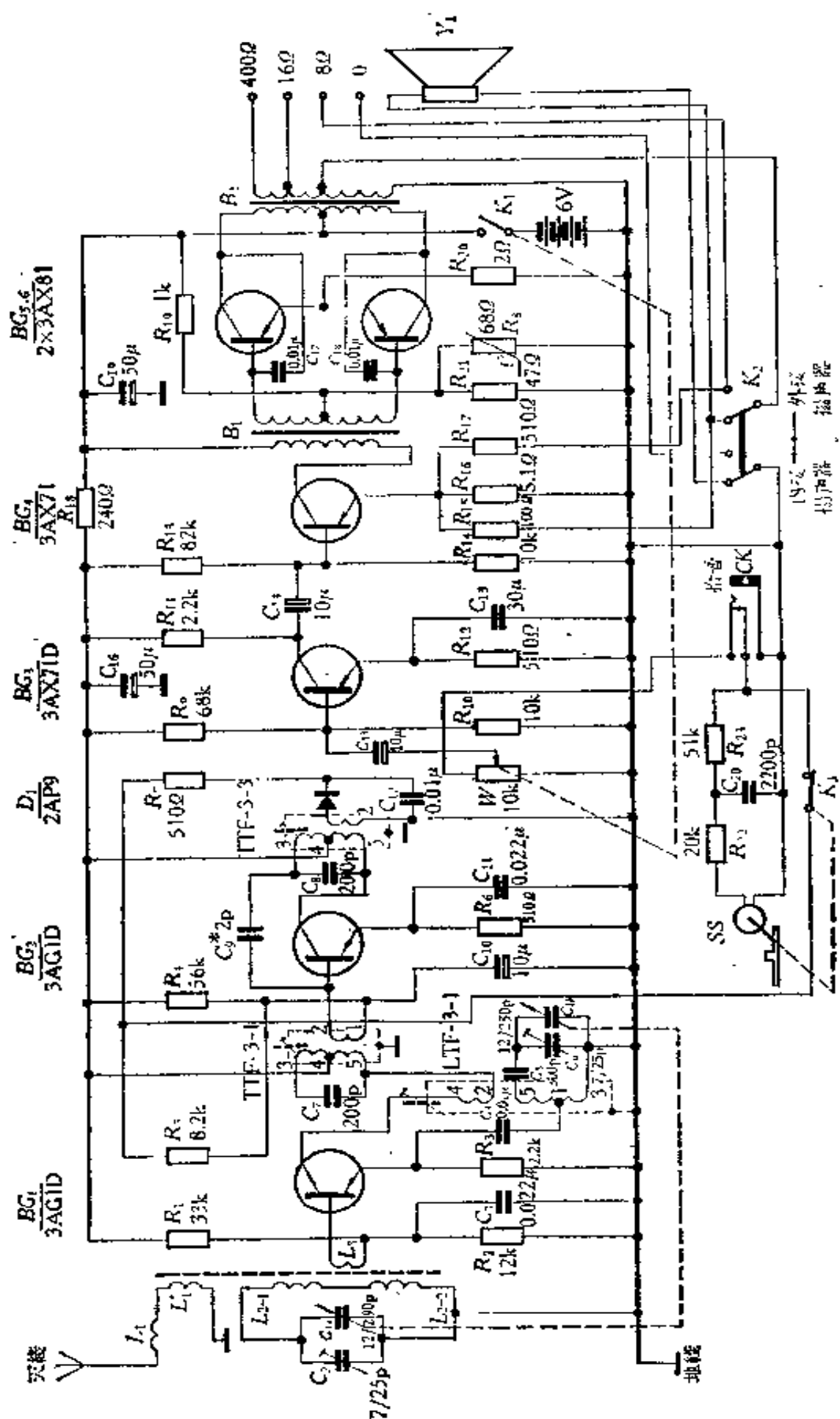
最大输出功率：大于500毫瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级 $BG_1$ ，一级中放 $BG_2$ ，前置低放 $BG_3$ ，推动级 $BG_4$ 和末级乙类推挽功放 $BG_5$ 、 $BG_6$ 所组成。

本机从放唱、扩音考虑，设计着重于低频部分。低放设前置、推动和功放三级以获得足够的低频增益和输出功率。

当输出最大功率时(接近1瓦)，末级所需的推动功率比较大，也就要求推动级的负载电阻比较小，故取输入变压器的圈数比为1:1，以保证推动管能给出一定的功率。功放管采用3AX81B，需加散热片。 $R_{20}$ (2欧)电流负反馈电阻，电容 $C_{17}$ 、 $C_{19}$ 把输出端的电压反馈到输入端，对交流信号进行负反馈， $R_{15}$ (100欧)和 $R_{17}$ (510欧)由扬声器接到 $BG_4$ 射极构成电压负反馈，这些都是用来改善音质。末级输出为500毫瓦，所以选用耗散功率较大的3AX81B。 $R_{22}$ 、 $R_{23}$ 、 $C_{20}$ 组成了放唱网络。图中 $L_1$ 为外接天线线圈，电感量500微亨。



注:  $K_3$  在收音位置

图 4-9(1) 109 型电路图

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-9(2)
2. 振荡线圈采用 LTP-3-1, 数据见表 8-3
3. 输入输出变压器采用 E37, 数据见表 8-6

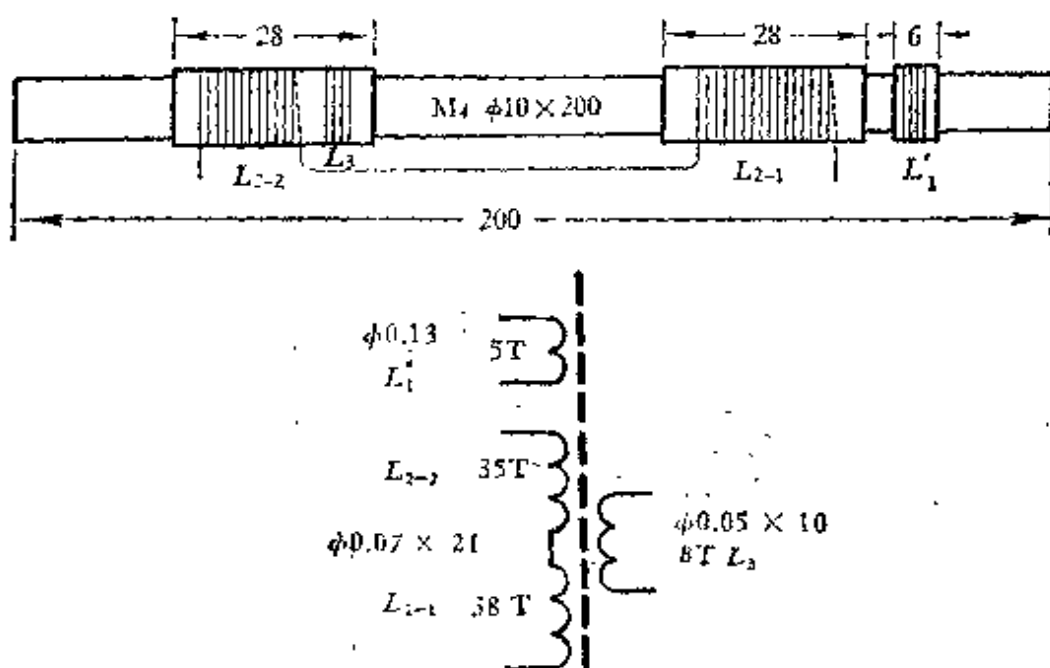


图 4-9(2) 磁性天线

### (四) 各级工作电流或射极对地电压

$U_{e1} = 1-1.6$  伏;  $U_{e2} = 0.4-0.6$  伏;  $I_{c3} = 0.8-1.2$  毫安;  $I_{e1} = 4-8$  毫安;  $I_{c2} = 3-5$  毫安, 最大输出时 200 毫安。

## 十、春雷 703 型七管三波段收音机

703 型为便携式三波段七管超外差收音机, 体积  $180 \times 100 \times 41$  毫米<sup>3</sup>, 重量 0.5 公斤, 电源用五号电池四节, 图 4-10(1) 是它的电路、(2) 外型、(3) 结构、(4) 印刷电路。

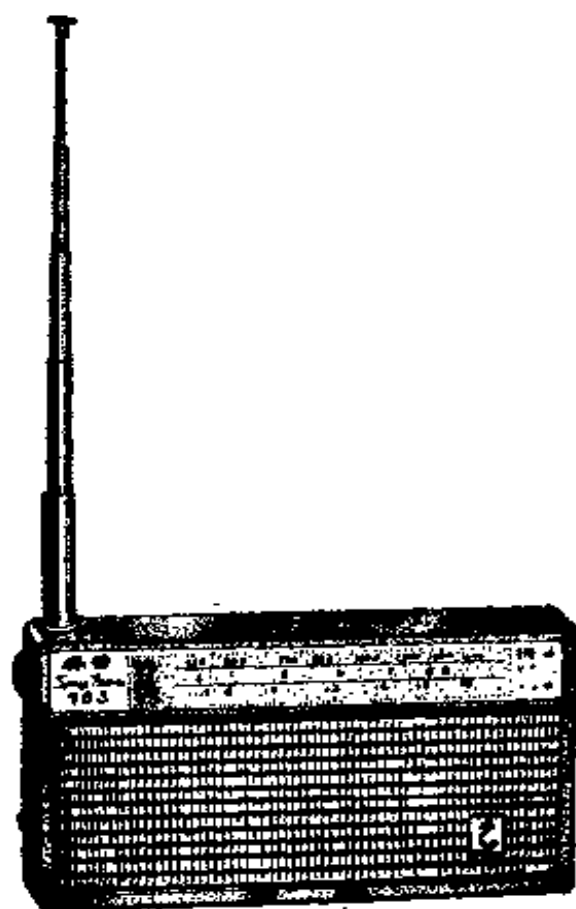


图 4-10(2) 春雷 703 型外型

### (一) 主要性能指标

频率范围：中波 535—1605 千周

短波 I 4—8.5 兆周

短波 II 8.5—18 兆周

灵敏度：中波 0.5 毫伏/米

短波 I 80 微伏

短波 II 40 微伏

选择性：大于 20 分贝

输出功率：额定 50 毫瓦，最大 240 毫瓦

### (二) 电路原理及特点

全机由变频级  $BG_1$ ，二级中放  $BG_2$ 、 $BG_3$ ，二级低放

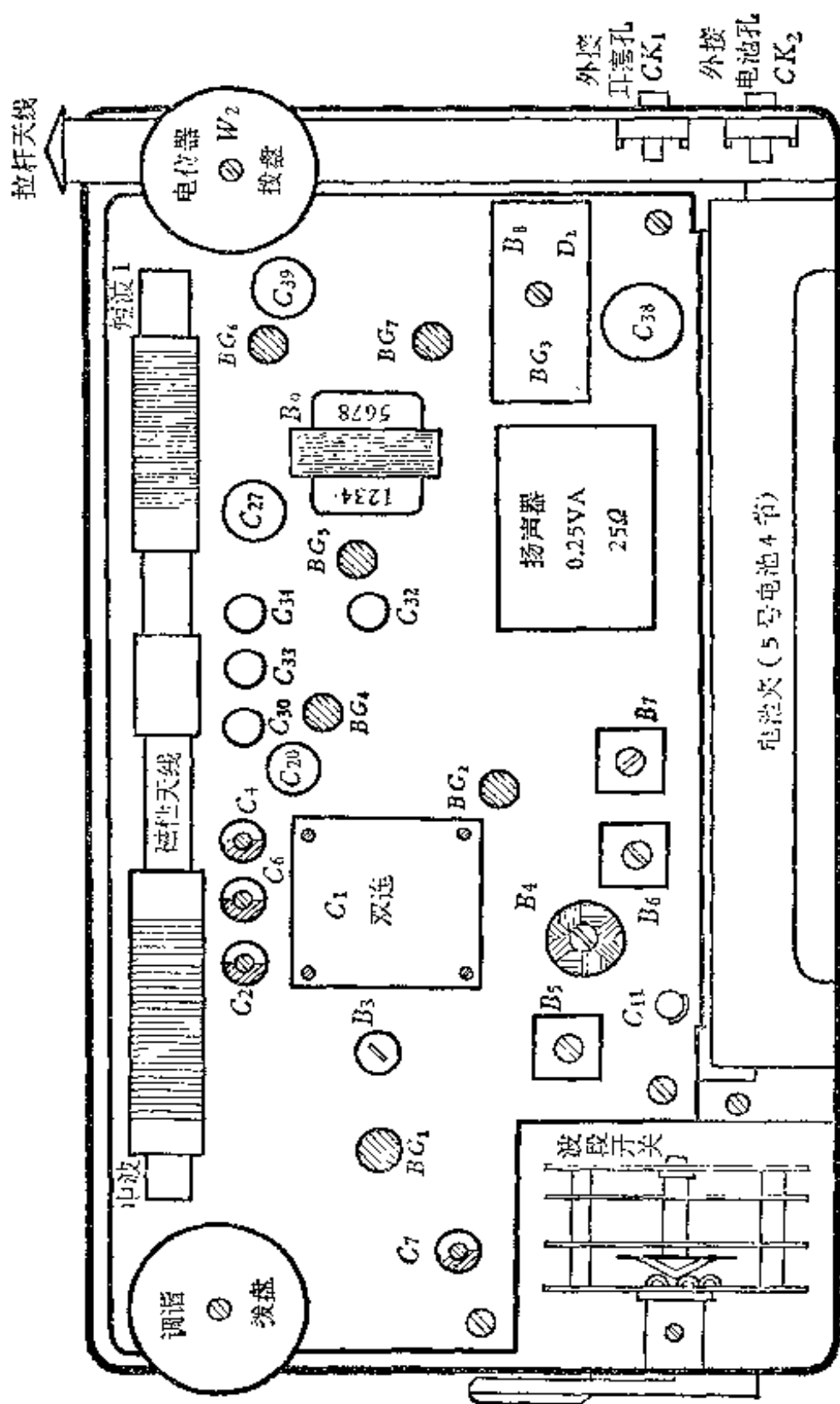


图 4-10(3) 春雷 703 型结构图

$BG_4$ 、 $BG_5$  和末级推挽功率放大  $BG_6$ 、 $BG_7$  组成。

磁性天线是用锰锌和镍锌两段磁棒用环氧树脂胶合拼接成一根，以兼顾中波及短波 I 的灵敏度，短波 II 采用调感式输入回路线圈。机内还装有拉杆天线供收听短波时使用。

本机振荡短波 II 是用短波 I 的二次谐波，所以只用一只短波振荡线圈。接收短波时还用波段展宽微调装置（振荡回路微调电容  $C_7$ ），便于准确地寻找电台。

波段开关  $K_{I\text{BII}}$  在中波时把短波振荡回路短路，短波 I 时把中波天线回路短路，短波 II 时把短波 I 天线回路短路，其目的就是避免振荡回路之间及天线回路之间的互相耦合而产生的吸收或自激等现象。

二极管  $D_1$  和  $R_7$  作为阻尼二极管自动增益控制电路，以增加自动增益控制范围。 $C_{18}$  为  $R_7$  的旁路电容。

为了防止中频哨叫，第二中频放大和检波级用屏蔽罩完全屏蔽起来，如图中虚线所示。集电极回路中串入反馈电阻  $R_{11}$ ，使第二中放级工作稳定， $C_{26}$  为  $R_{11}$  的旁路电容。

本机采用两级中放以获得较好的通频带和选择性。功率放大采用无输出变压器电路，减小由变压器引起的失真。两只 3AX31B 晶体管组成推挽放大器。实验证明，对这种无输出变压器的推挽电路来说，当扬声器阻抗为 25 欧时，频率响应及保真度都比较好。热敏电阻  $R_{25}$ 、 $R_{29}$  作为功放管的温度补偿。

低频放大部分接有高低音提升电路。扬声器输出电压经过  $R_{21}$ 、 $C_{31}$ 、 $R_{22}$  组成的低通滤波器反馈到第二低放管  $BG_5$  基极作为高音提升网络，由第一低放管  $BG_4$  集电极通过  $C_{31}$ 、 $R_{16}$  反馈到基极作为简单低音提升网络。

电路中  $CK_1$  和  $CK_2$  分别为外接扬声器（或耳塞）和外接电源的插口。

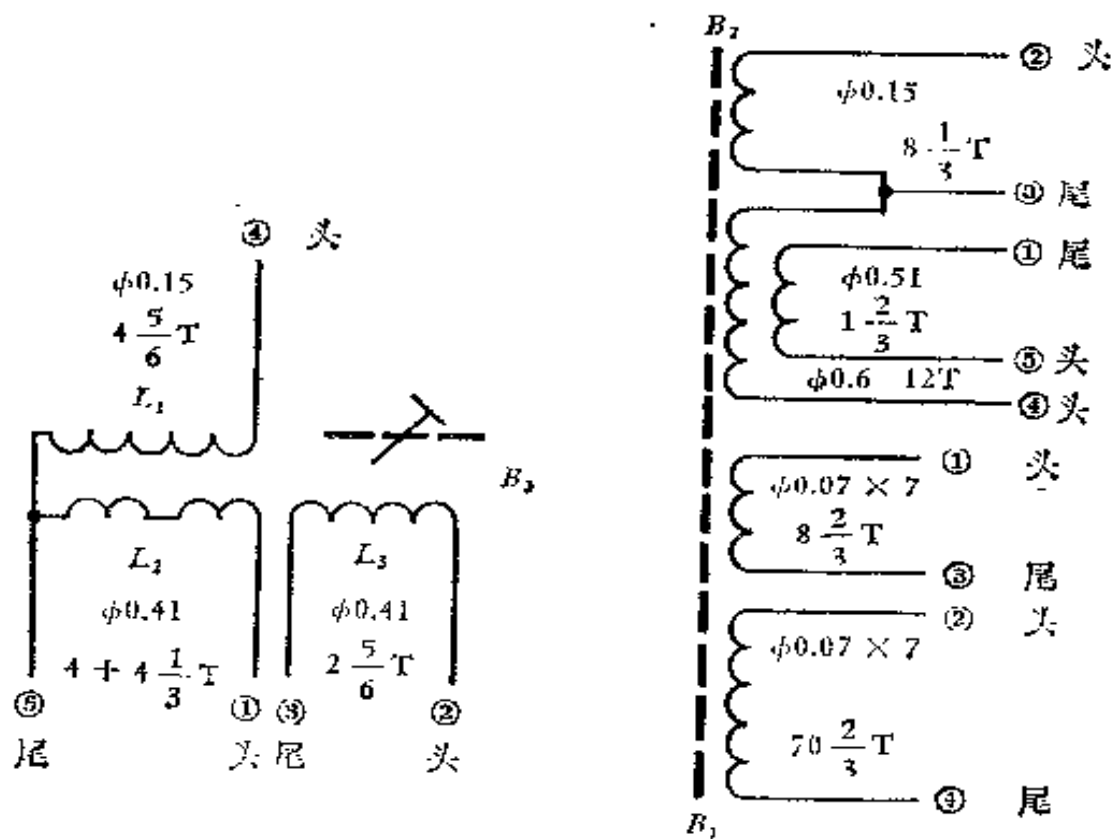
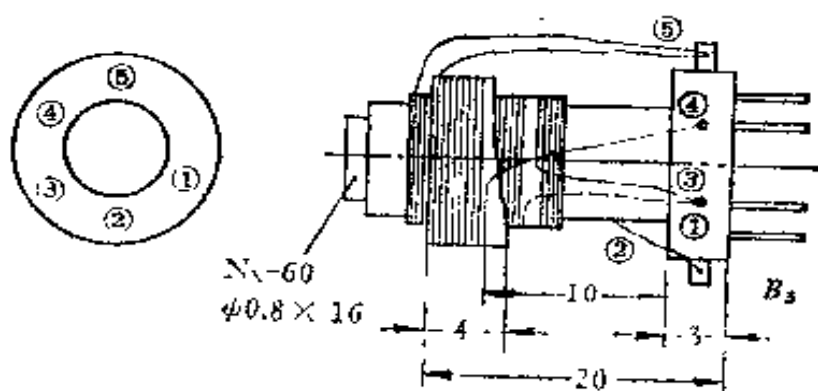
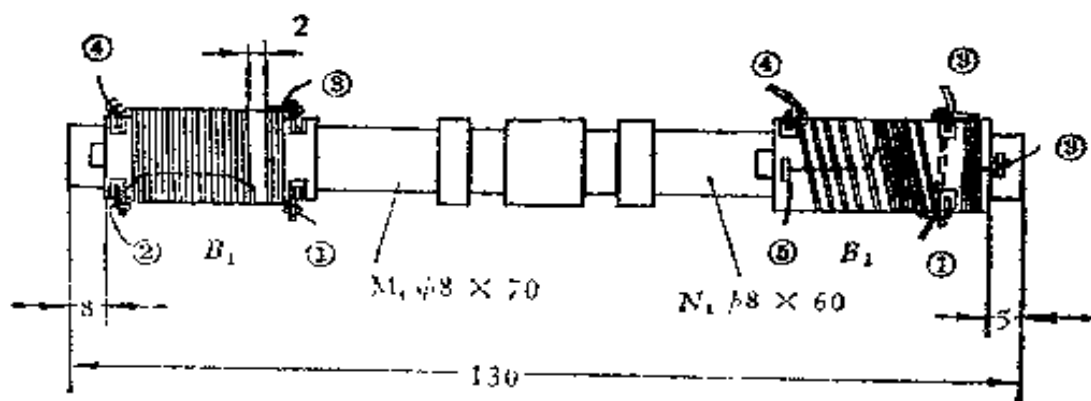


图 10(5) 设计三线圈反波 II 输入线圈

1. 磁性天线  $B_1$ 、 $B_2$  和短波输入线圈  $B_3$ ，见图 4-10(5)
2. 振荡线圈中波见图 4-10(6)，短波用 SLTF-3-2 型，见表 8-3
3. 输入变压器见图 4-10(7)

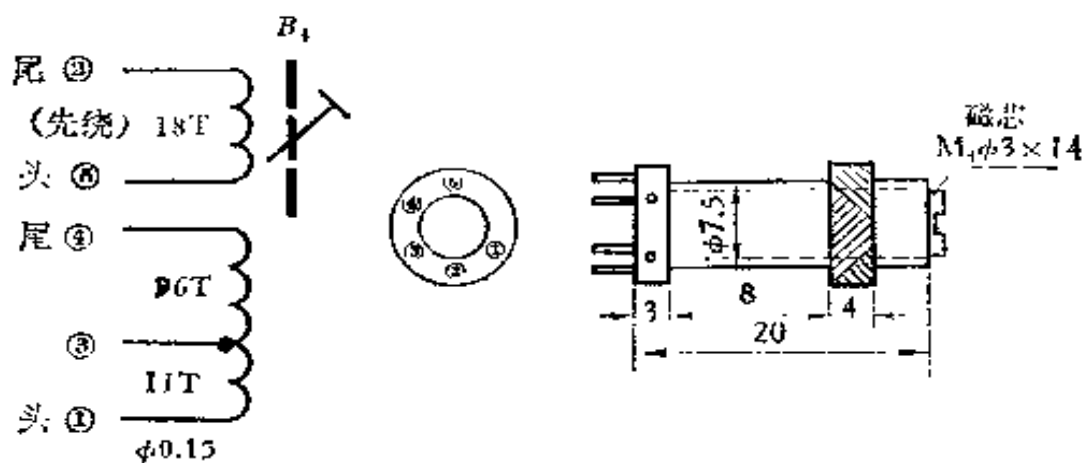
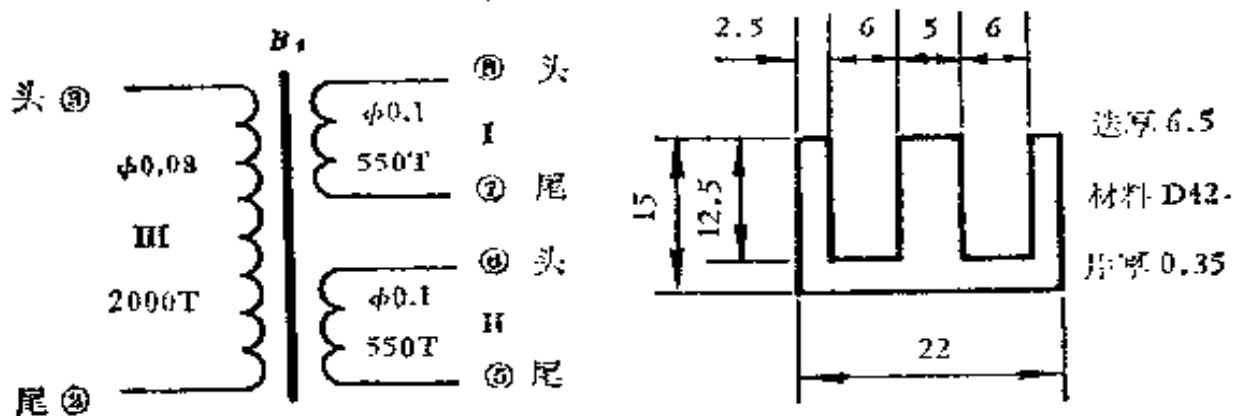


图 4-10(6) 中波振荡线圈



先绕 I II (双线并绕)，后绕 III

图 4-10(7) 输入变压器

#### (四) 各级工作电流



## 十一、紅灯 2J8 型七管三波段收音机

紅灯 2J8 为七管三波段便携式超外差式收音机，用二号电池四节（6 伏）供电，重量 1.1 公斤，图 4-11(I) 是它的电路。

### (一) 主要性能指标：

频率范围：中波 535—1605 千周

短波 I 2.2—6 兆周

短波 II 6—12 兆周

灵敏度：中波不劣于 0.5 毫伏/米

短波不劣于 1.5 毫伏/米

选择性：大于 30 分贝

不失真功率：大于 100 毫瓦

### (二) 电路原理和特点

全机由变频级  $BG_1$ ，二级中放  $BG_2$ 、 $BG_3$ ，二级低放  $BG_4$ 、 $BG_5$  和末级推挽功放  $BG_6$ 、 $BG_7$  组成。

中、短波均使用磁性天线，中波为  $\phi 10 \times 160$  毫米的锰锌磁棒，短波为  $\phi 8 \times 120$  毫米的镍锌磁棒，并采用串联式线圈，即短波 I 时的输入回路线圈是短波 II 的输入回路线圈  $L_4$  与另一回路线圈  $L_3$  的串联，以提高磁性天线利用率。接收短波时，输入回路还装有拉杆天线使收听短波效果更好，此外还具有频率展宽和频率微调装置，便于调谐。

第一、第二中频变压器都是电容耦合式的双调谐回路，有较高的增益和选择性。

本机还装有远近控制开关，当开关  $K_2$  打到近距时， $R_1$  与输入回路的次级线圈并入，降低灵敏度，同时由于  $R_1$  的接入使送到第一低放管  $BG_4$  基极的音频信号电压大为降低，因此

在收听本地及强信号电台时不会产生阻塞现象，当开关打到远距时， $R_{19}$  短路，和一般电路一样，适宜收听远地及弱信号电台。

在  $BG_1$  集电极与  $BG_2$  集电极之间接有二极管  $D_1$  作强信号抑制之用，这样增加了自动增益控制范围。

低频部分前置级  $BG_4$  与推动级  $BG_5$  采用直接耦合方式， $BG_4$  基极的偏置电压，取自  $BG_5$  发射极电阻  $R_{25}$  上的电压，因此对直流工作点有强烈的负反馈，有利于稳定工作点。功放级采用无输出变压器电路（负载为两只  $\phi 65$  毫米内磁式扬声器串联，阻抗为 16 欧），输出功率较大，音质较好。 $R_{23}$  为  $BG_4$  交流负反馈电阻。负反馈网络  $R_{33}$ 、 $C_{42}$ 、 $C_{44}$  自输出端反馈至前置级，加至  $R_{24}$  及  $C_{39}$  上，这里主要利用  $C_{39}$  的容抗来实现反馈的，构成电压串联反馈。 $C_{45}$ 、 $C_{46}$  为功放级负反馈以抑制高音，提升低音。 $K_3$  为音调控制开关，开关接入控制时， $BG_4$  集电极电压通过  $C_{38}$  反馈至基极， $C_{38}$  电容为 0.047 微法，对高频反馈量大，所以抑制高音提升低音，另外  $BG_5$  集电极电压通过  $C_{40}$ 、 $C_{39}$  旁路了一部分高频。

当波段开关在短波位置时，利用中波振荡线圈和  $C_{11}$  组成短波增益提升器。这是通过波段开关的一组触点  $K_{1-9}$  来完成的。

$CK_1$ 、 $CK_2$  和  $CK_3$  分别是外接天线、耳塞和电池插孔。

### (三) 主要元件数据

参阅图 4-11(2)、(3)、(4)。

### (四) 各级工作电压(近似值)

|     | $BG_1$<br>(V) | $BG_2$<br>(V) | $BG_3$<br>(V) | $BG_4$<br>(V) | $BG_5$<br>(V) | $EG_1$ 、 $EG_2$<br>(V) |     |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|-----|
| 集电极 | 5.3           | 4.5           | 5.5           | 2             | 5.3           | 6                      | 3   |
| 基极  | 0.88          | 0.5           | 0.85          | 0.6           | 2             | 3.1                    | 0.1 |
| 发射极 | 0.75          | 0.4           | 0.75          | 0.5           | 1.95          | 3                      | 0   |

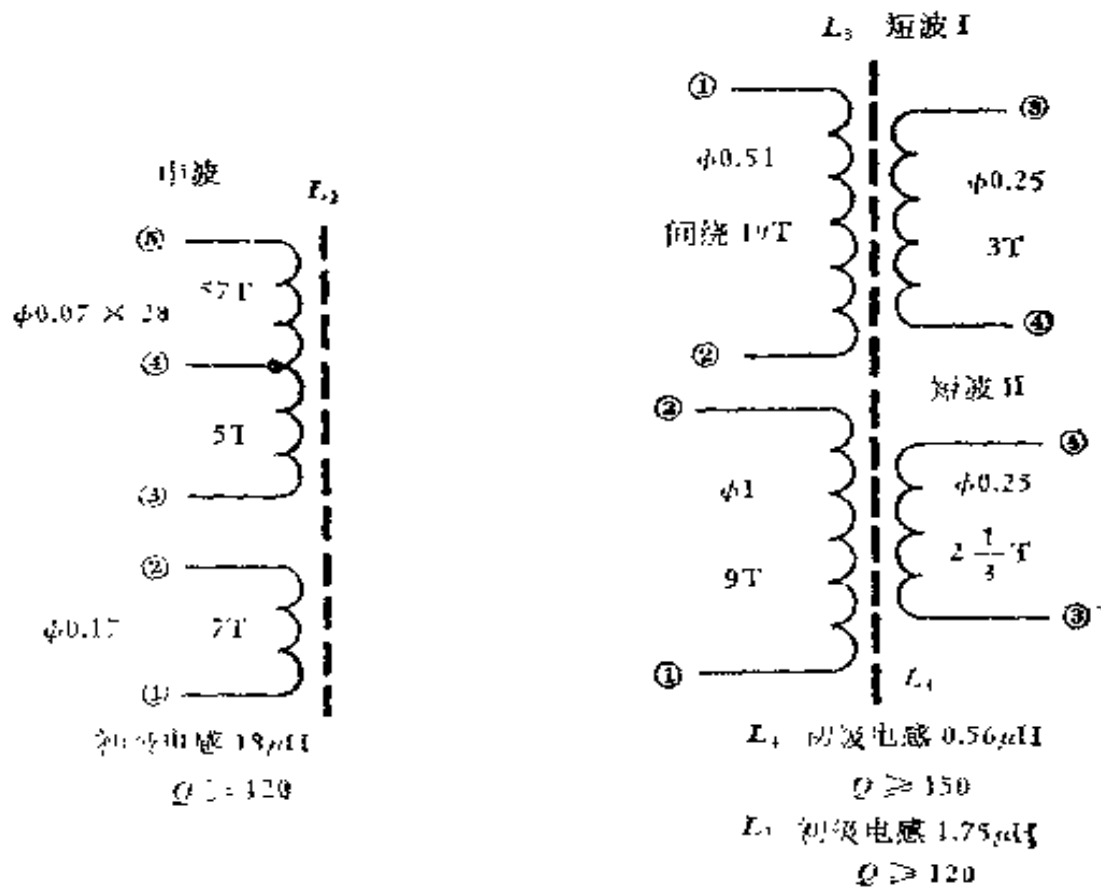
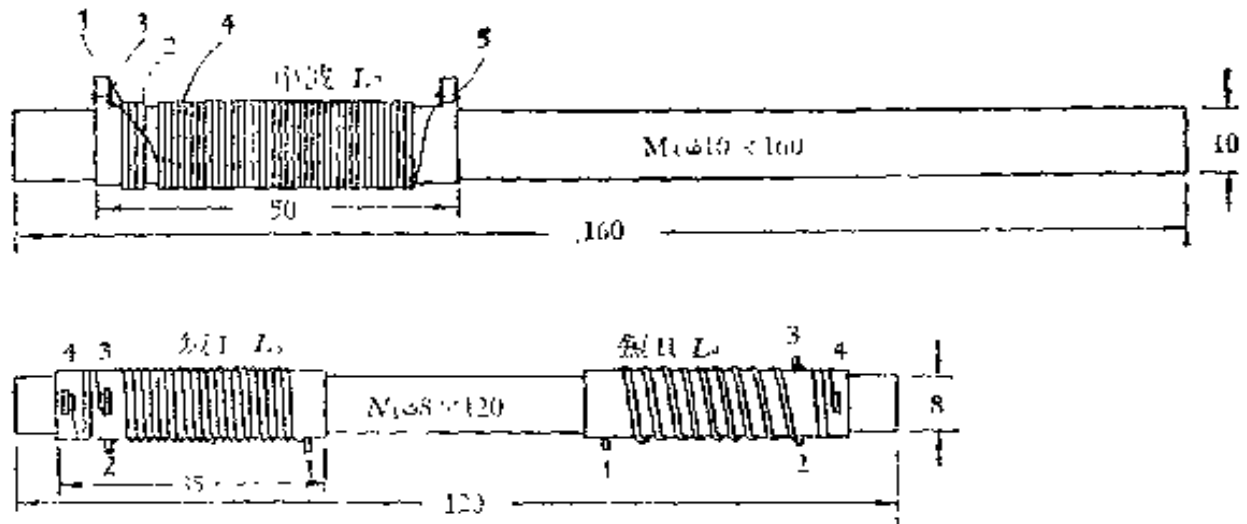


图 4-11(2) 磁性天线

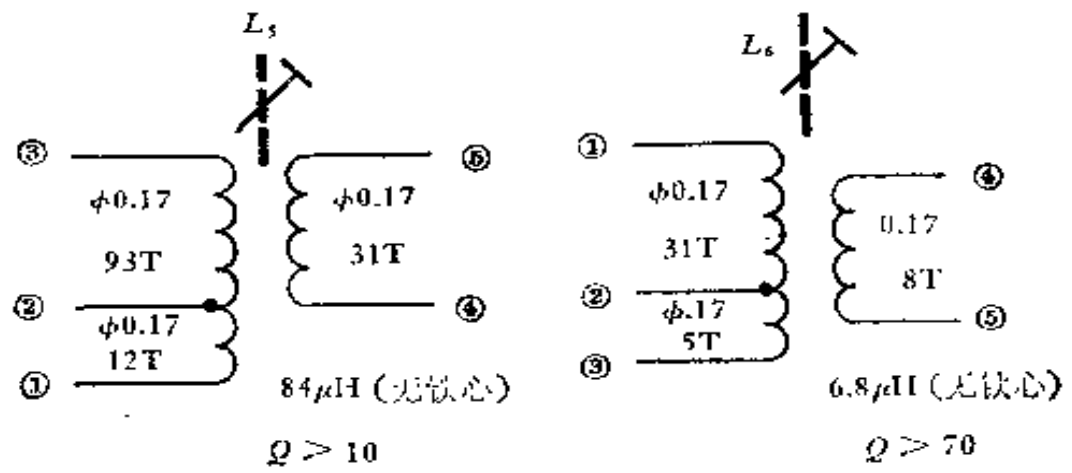
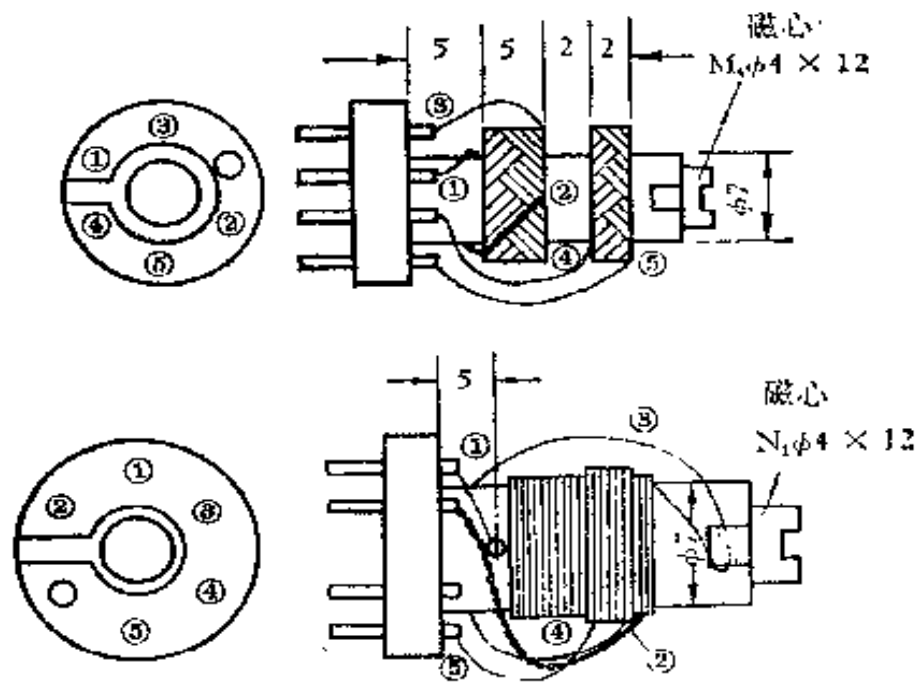


图 4-11(3) 振荡线圈

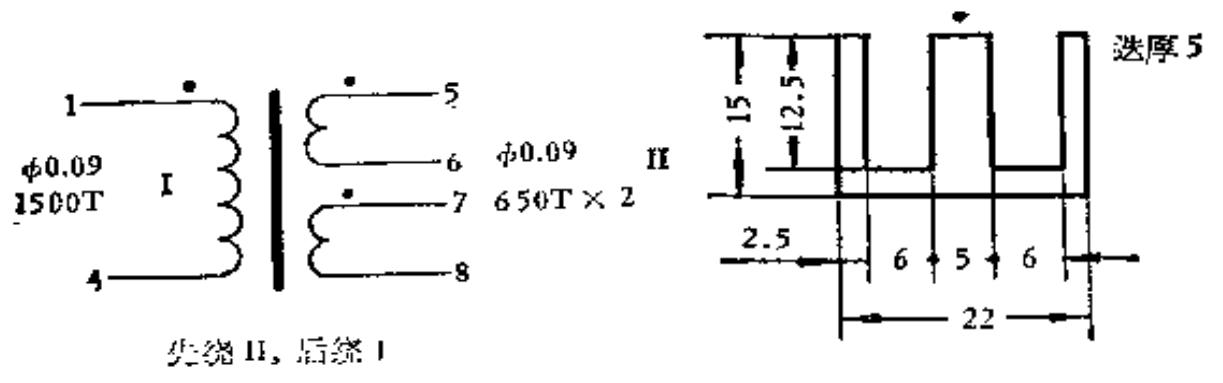


图 4-11(4) 输入变压器

## 十二、上海 312 型七管四波段收音机

上海 312 型为四波段小型台式晶体管收音机，采用六挡推键开关（图中  $K_1$ — $K_6$ ），分别控制四个波段变换、拾音器以及电源关断。中波段用磁性天线，短波段有可旋转不同方向的拉杆天线以适应各种收音条件，并有外接天线、外接扬声器（或耳塞）和拾音器插孔，电源用二号电池六节，体积  $300 \times 89.5 \times 154$  毫米<sup>3</sup>，重量约 2.7 公斤，图 4-12(1) 是它的电路图。

### （一）主要性能指标

频率范围：中波 535—1605 千周

短波 III 3.8—8 兆周

短波 II 8—13 兆周

短波 I 14—22 兆周

灵敏度：中波不劣于 0.5 毫伏/米

短波 III 不劣于 70 微伏

短波 I II 不劣于 30 微伏

选择性：大于 26 分贝

额定输出功率：250 毫瓦

### （二）电路原理和特点

全机由变频级  $BG_1$ ，第一中放  $BG_2$ ，第二中放  $BG_3$ ，二级低放  $BG_4$ 、 $BG_5$ ，末级推挽功放  $BG_6$ 、 $BG_7$  组成。

$BG_1$  为发射极注入变频电路，振荡是共基电感反馈式。在短波段由于信号频率与本机振荡频率相差很近而易产生牵制作用，为了减少牵制而将短波分为三个波段，减少其覆盖系数，也就减小了外来电容、电抗的影响，并将最后一个短波段 14—22 兆周，采用本机振荡的两次谐波进行变频，因而使信号频率与振荡频率差别很大，相对的说也就减小了牵制作用，

变频增益在中波时约为 26 分贝,短波时为 20 分贝。输入回路在短波 I, 短波 II 时采用电感电容耦合,因而使整个波段内灵敏度较为平均。二极管  $D_1$  作为强信号抑制,保证了工作稳定。为了保证良好的选择性与足够宽的通频带,中放级用单调谐回路是不能满足要求的,因此采用二个双调谐和一个单调谐中频变压器,两级中放的增益达 60 分贝,并有 8 千周的通频带和 30 分贝以上的选择性,考虑到生产的方便与通用性,双调谐中频变压器采用单调谐回路的中频变压器加外电容耦合。功率放大器用二只 3AX81 作乙类推挽输出,不失真功率可达 500 毫瓦,最大输出达 1 瓦。输出变压器次级至前置低放集电极加有 10 分贝的负反馈,放宽了频率响应,减小了失真(在 500 毫瓦时,失真度 $<5\%$ )。末级偏置电路中采用热敏电阻补偿,使工作稳定。音调网络是高低音联合衰减式, $W_2$  电位器与  $C_{18}$  电容器串联,随着电位器接点位置的变化而对高音有不同程度的衰减,控制范围在 5000 周时达 12 分贝,低音控制是用和音调电位器同轴的开关  $K_8$  来断开  $C_{18}$  电容,从而减小耦合电容,使 400 周以下的低音频得到较大的削减。中和电容是半可变的,本机有较为完整的去偶电路能有效地抑制和消除自激现象的产生。

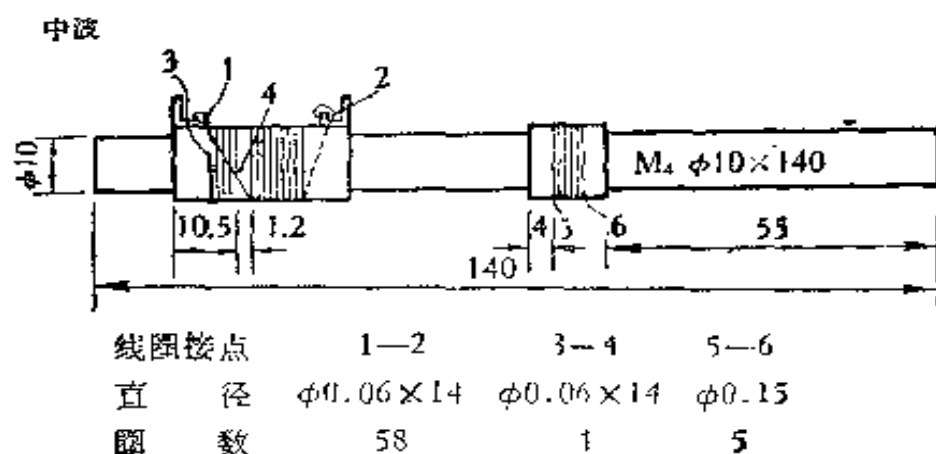


图 4 12(2) 中波磁性天线

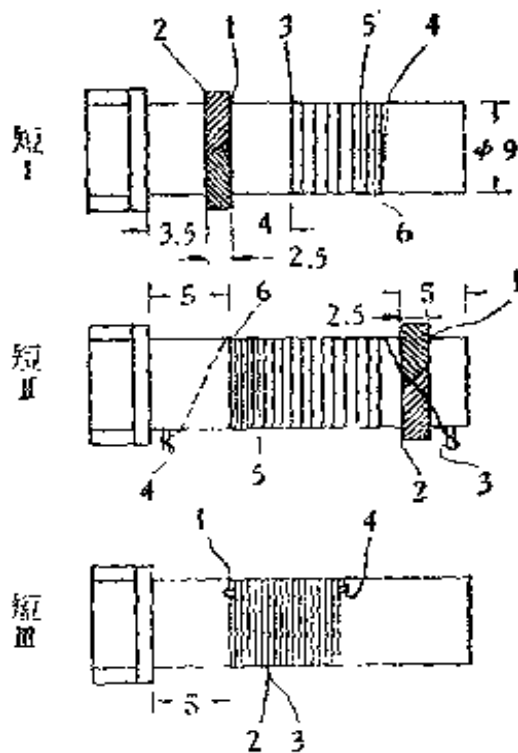


图 4-12(3) 短波输入线圈

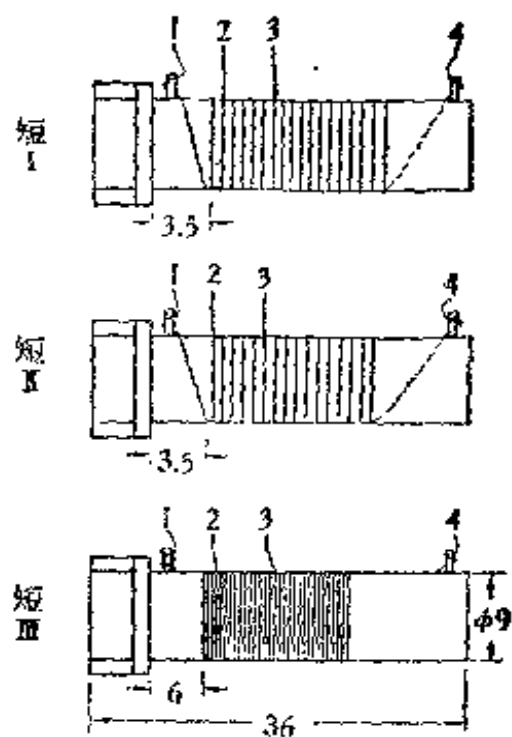


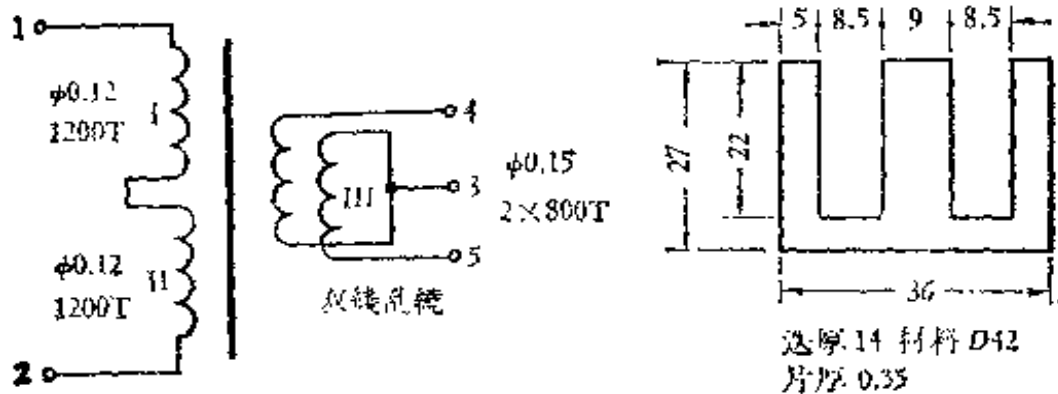
图 4-12(4) 短波振荡线圈

### (三) 主要元件数据

1. 中波磁性天线见图 4-12(2), 短波输入线圈见图 4-12(3) 及表 4-1

2. 振荡线圈中波用 LTF-3A, 短波见图 4-12(4) 及表 4-2

3. 输入变压器见图 4-12(5), 输出变压器见图 4-12(6)



先绕 I, 再绕 III, 后绕 II

图 4-12(5) 输入变压器

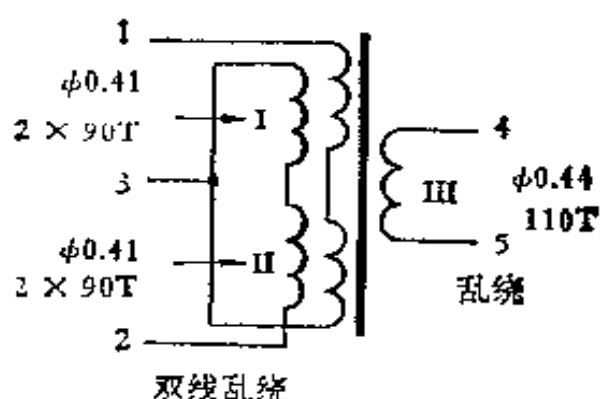
表 4-1 短波输入线圈数据 (磁芯  $L_{11} \phi 4 \times 11$ )

|      | 短 波 I |                           | 短 波 II |                            | 短 波 III                    |
|------|-------|---------------------------|--------|----------------------------|----------------------------|
|      | 1-2   | 3-4                       | 1-2    | 3-4                        |                            |
| 线圈接点 | 1-2   | 3-4                       | 1-2    | 3-4                        | 1-2                        |
| 直 径  | 0.1   | 1                         | 0.1    | 0.51                       | $\phi 0.06 \times 7$       |
| 圈 数  | 30    | 8                         | 40     | 19                         | 8.5                        |
| 绕 法  | 蜂房绕   | 同绕<br>(间距 0.6) (顺 3-4 间距) | 蜂房绕    | 同绕<br>(间距 0.51) (顺 3-4 间距) | 同绕<br>(间距 0.51) (顺 3-4 间距) |
|      |       |                           |        |                            | 顺密绕                        |
|      |       |                           |        |                            | 顺密绕                        |
|      |       |                           |        |                            | 顺密绕                        |

表 4-2 短波振荡线圈数据 (磁芯  $L_{11} \phi 4 \times 11$ )

|      | 短 波 I       |      | 短 波 II      |      | 短 波 III |
|------|-------------|------|-------------|------|---------|
|      | 1-2         | 1-3  | 1-2         | 1-3  |         |
| 线圈接点 | 1-2         | 1-3  | 1-2         | 1-3  | 1-4     |
| 直 径  | 0.51        | 0.51 | 0.51        | 0.51 | 0.41    |
| 圈 数  | 2           | 7    | 1           | 6    | 4       |
| 绕 法  | 同绕(间距 0.51) |      | 同绕(间距 0.51) |      | 同绕      |
|      |             |      |             |      | 同绕      |
|      |             |      |             |      | 同绕      |
|      |             |      |             |      | 同绕      |





先绕 I, 再绕 III, 后绕 II  
铁心同输入变压器

图 4-12(6) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流(近似值)

$I_{c1} = 0.7$  毫安;  $I_{c2} = 0.4-0.6$  毫安;  $I_{c3} = 0.7$  毫安;  
 $I_{c4} = 1.4$  毫安;  $I_{c5} = 2.4$  毫安;  $I_{c6-7} = 4$  毫安。

### 十三、春雷 804 型八管三波段收音机

春雷 804 型为八管三波段便携式超外差收音机, 体积  $235 \times 137 \times 50$  毫米<sup>3</sup>, 重量 1.2 公斤, 电源用二号电池四节, 图 4-13(1) 是它的电路、(2)外型、(3)结构、(4)印刷电路。

#### (一) 主要性能指标

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 I 2.3—5.5 兆周

短波 II 5.5—12 兆周

灵敏度: 中波约 0.3 毫伏/米

短波 I 约 0.3 毫伏/米

短波 II 0.5 毫伏/米

选择性: 大于 20 分贝

额定输出功率: 100 毫瓦

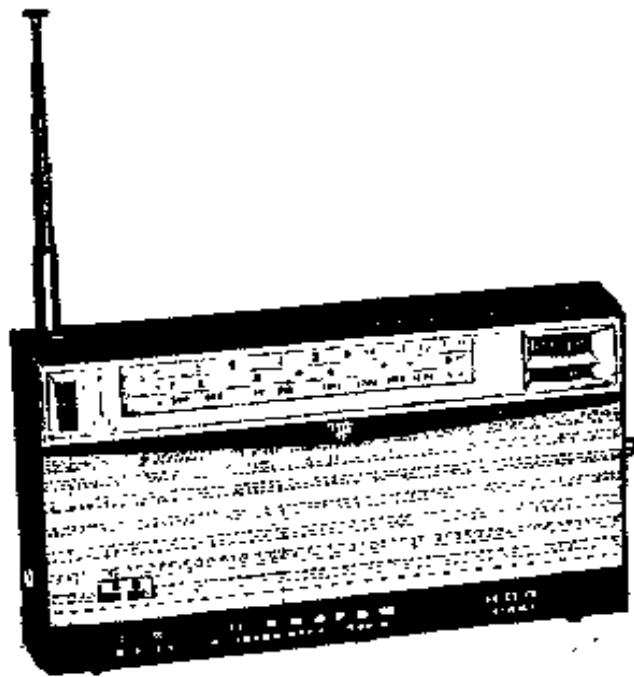


图 4-13(2) 春雷 804 型外型

## (二) 电路原理和特点

全机由混频  $BG_1$ ，本机振荡  $BG_2$ ，第一中放  $BG_3$ ，第二中放  $BG_4$ ，前置低放  $BG_5$ ，推动级  $BG_6$  和末级乙类推挽功放  $BG_7$ 、 $BG_8$  所组成。

混频和振荡分别用两只 3AG1D 担任，因此，振荡稳定，输入电路对振荡的影响较小，有利于提高整机灵敏度。本机振荡器在中波段采用共基电感反馈式，短波段因频率高，集电极电容的变化对振荡回路影响大，产生频漂，故采用共基调发方式，可以消除其影响。

振荡电压是通过电感偶合注入混频管的发射极，为了使所注入的振荡电压能全部加至  $BG_1$  的发射结，而不致损耗在  $R_{12}$  上，并接  $C_{24}$  提供高频通路。

在短波段，振荡频率的基波用于短波 I，二次谐波用于短波 II，这样两个短波只用一只振荡线圈。短波 II 时振荡频率与信号频率相差很大，因此减小了牵制作用。

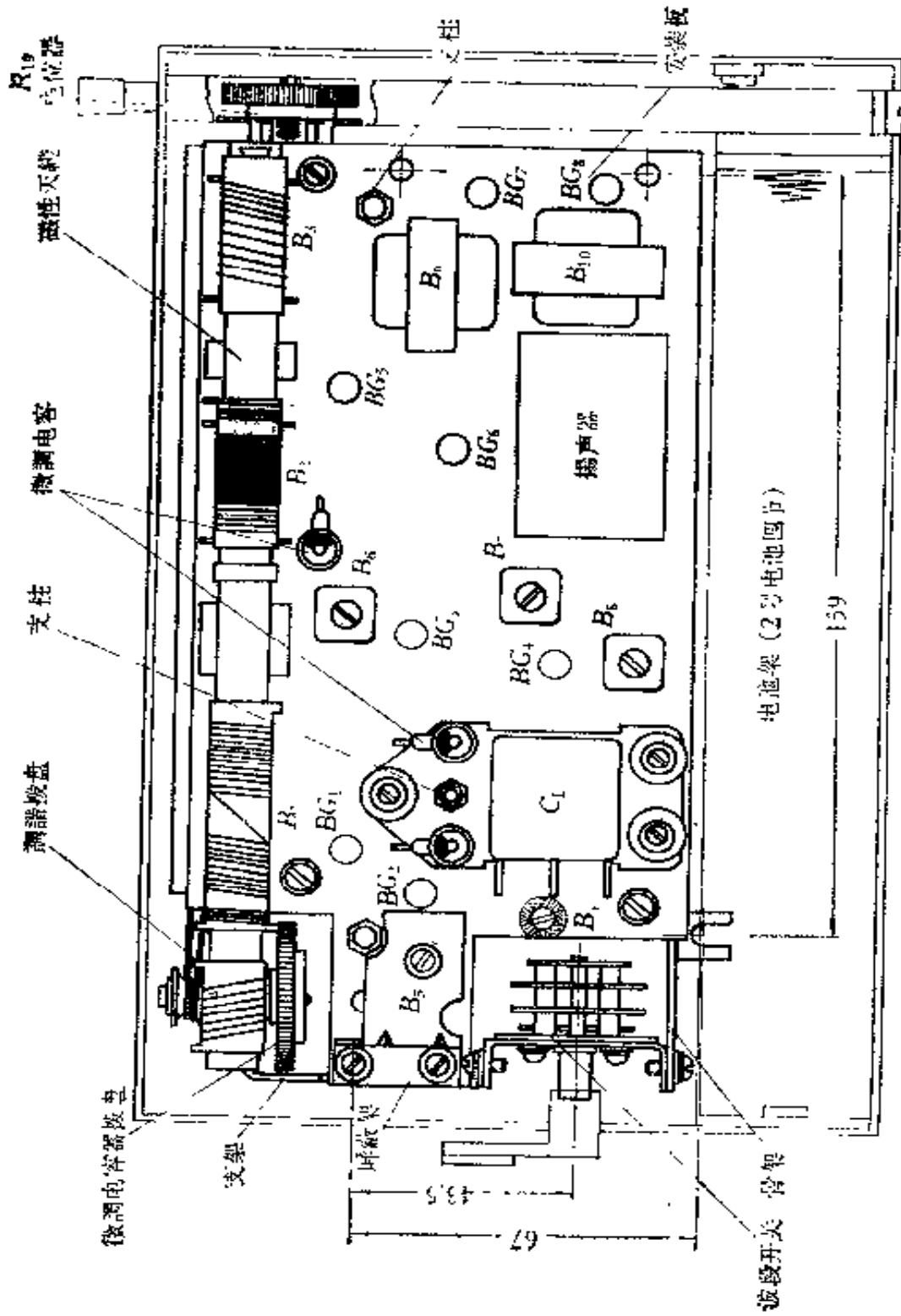


图 4-13(3) 收音 804 型结构图

接收短波时还有频率微调附加装置,使短波调谐方便。

中、短波均绕在磁棒上,磁棒采用锰锌和镍锌两段拼接。  
收听短波时,还可拉出拉杆天线,提高短波接收灵敏度。

为了使高频部分与本机振荡之间,不互相牵制,本机电源采用分两路退偶电路供电,  $R_{18}$ 、 $C_{30}$ 、 $C_{14}$  为高频部分电源退偶,  $R_2$ 、 $C_6$ 、 $C_4$  为本振级的退偶电路,其中  $C_{14}$  和  $C_4$  是因为电解电容器对高频具有电感成分,为使电流对高频有良好滤波而加置的。低放部分由前置低放  $BC_5$ ,推动  $BC_6$  及乙类推挽  $BC_7$ 、

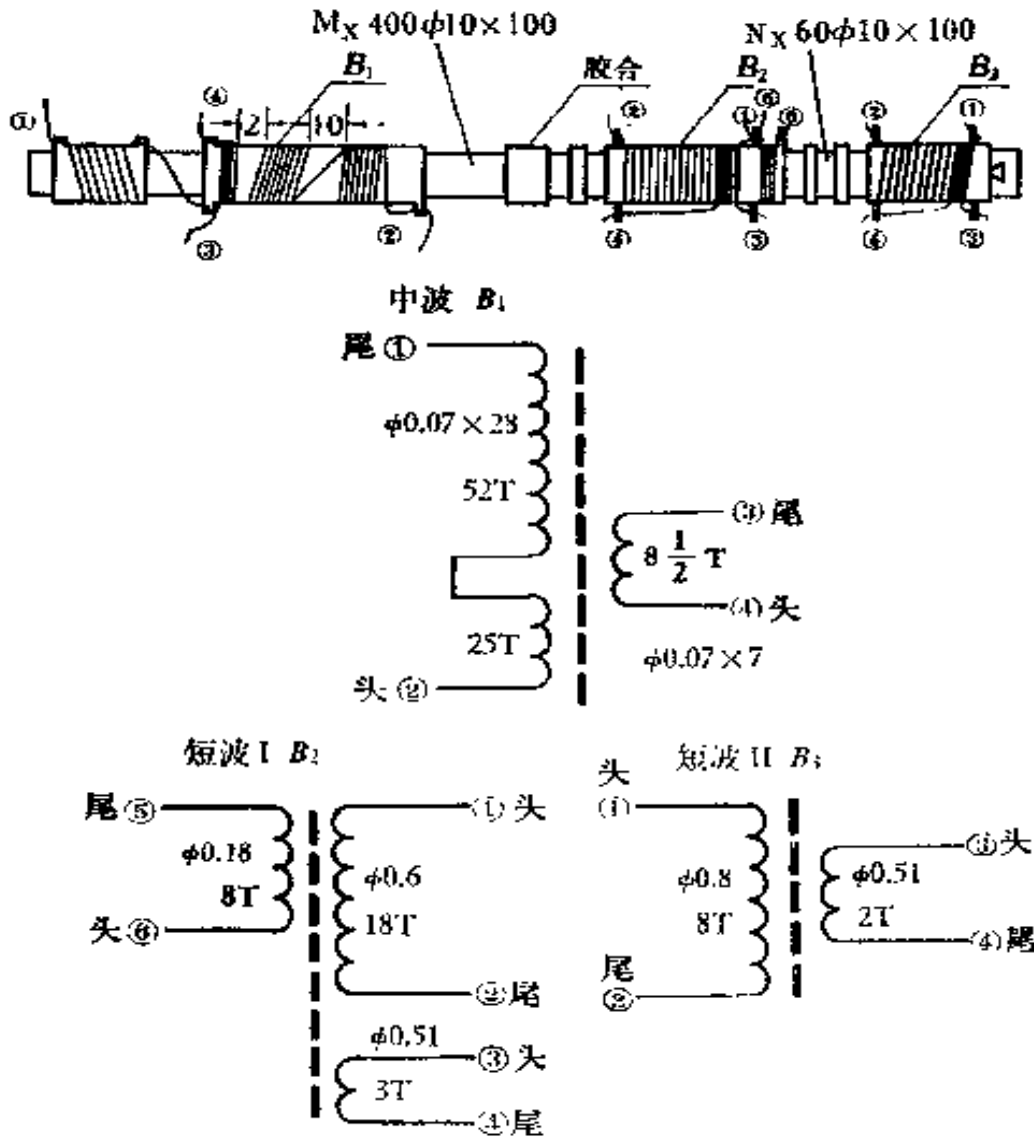


图 4-13(5) 磁性天线

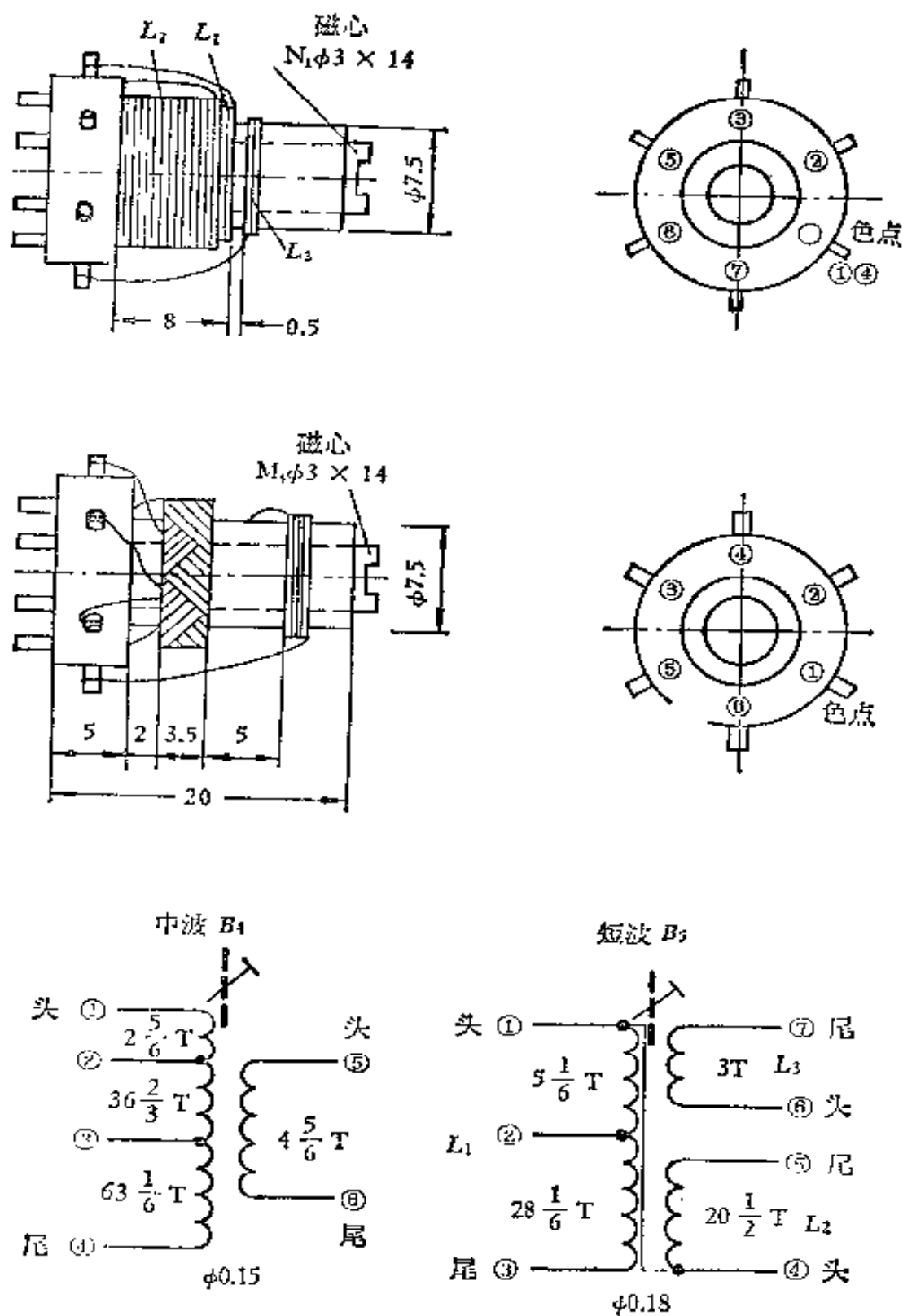


图 4 13(6) 振荡线图

BC<sub>8</sub> 三级组成，有足够的低频增益，使整机有相当高的绝对灵敏度，从扬声器到推动级基极加有负反馈电阻  $R_{32}$  (100 千欧)，改善了频率响应，减小了失真。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-13(5)
2. 振荡线圈见图 4-13(6)
3. 输入变压器见图 4-13(7)
4. 输出变压器见图 4-13(8)

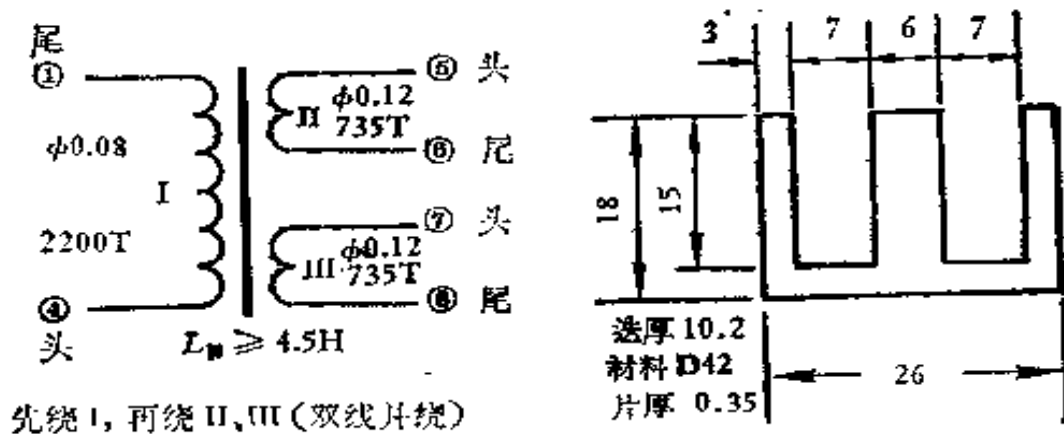


图 4-13(7) 输入变压器

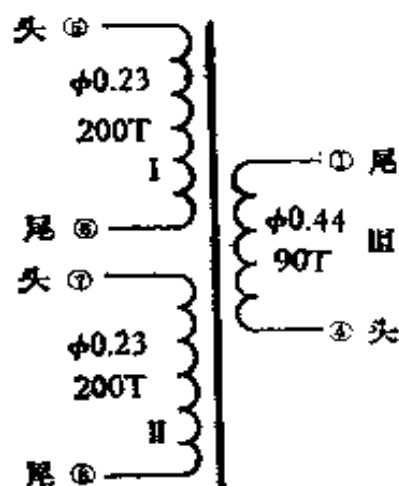


图 4-13(8) 输出变压器

#### (四) 各级工作电流

$I_{c1} = 0.3—0.5$  毫安;  $I_{c2} = 0.5—0.8$  毫安;  $I_{c3} = 0.3—0.5$  毫安;  $I_{c4} = 0.8—1.1$  毫安;  $I_{c5} = 0.4—0.6$  毫安;  $I_{c6} = 1—1.8$  毫安;  $I_{c7,8}$  在静态时 1.5—4.5 毫安, 最大信号时 60—85 毫安。

### 十四、熊猫 B802 型八管三波段收音机

熊猫 B802 型为便携式八管三波段超外差收音机, 体积  $220 \times 119 \times 48$  毫米<sup>3</sup>, 重约 1.15 公斤, 电源用二号电池四节, 图 4-14(1) 是它的电路图, 结构排列和外型见图 5-30。

#### (一) 主要性能指标

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 I 3.9—9 兆周

短波 II 9—18 兆周

灵敏度: 中波不劣于 1.5 毫伏/米

短波不劣于 100 微伏

选择性: 大于 26 分贝

额定输出功率: 100 毫瓦

#### (二) 电路原理及特点

全机由混频  $BG_1$ 、本机振荡  $BG_2$ 、第一中放  $BG_3$ 、第二中放  $BG_4$ 、前置低放  $BG_5$ 、推动级  $BG_6$ 、末级推挽功放  $BG_7$ 、 $BG_8$  组成。

磁性天线是用锰锌 100 毫米和镍锌 60 毫米磁棒胶合而成, 以兼顾中波和短波 I 的灵敏度。短波 I、II 用拉杆天线接收。本机振荡  $BG_2$  为共基电感反馈电路。振荡电压注入到混频  $BG_1$  发射极。混频  $BG_1$  发射极接  $R_3$  (15 欧) 用来改善交叉调制。 $BG_2$  电源经  $R_4$ 、 $C_{16}$ 、 $C_{17}$  滤波供给, 这样有利于防止电

源电压降落时引起强信号哨叫和频率漂移。

为了兼顾整机选择性和通频带，中频放大采用一级电感耦合双回路 ( $B_6$ 、 $B_7$ ) 和两级单回路 ( $B_8$ 、 $B_9$ ) 中频变压器。 $C_{31}$ 、 $C_{32}$  为中放级中和电容。 $C_{33}$  用来消除电位器产生的噪声。 $R_{13}$  为使检波交流负载阻抗和直流负载阻抗  $R_{33}$  相接近，以减小检波失真，提高相对灵敏度。

从扬声器至  $BG_6$  发射极接有负反馈电阻  $R_{29}$  (反馈量约 -6 分贝)，改善非线性失真和频率响应。 $C_{36}$ 、 $C_{43}$ 、 $R_{21}$ 、 $R_{22}$  组



图 4-14(2)

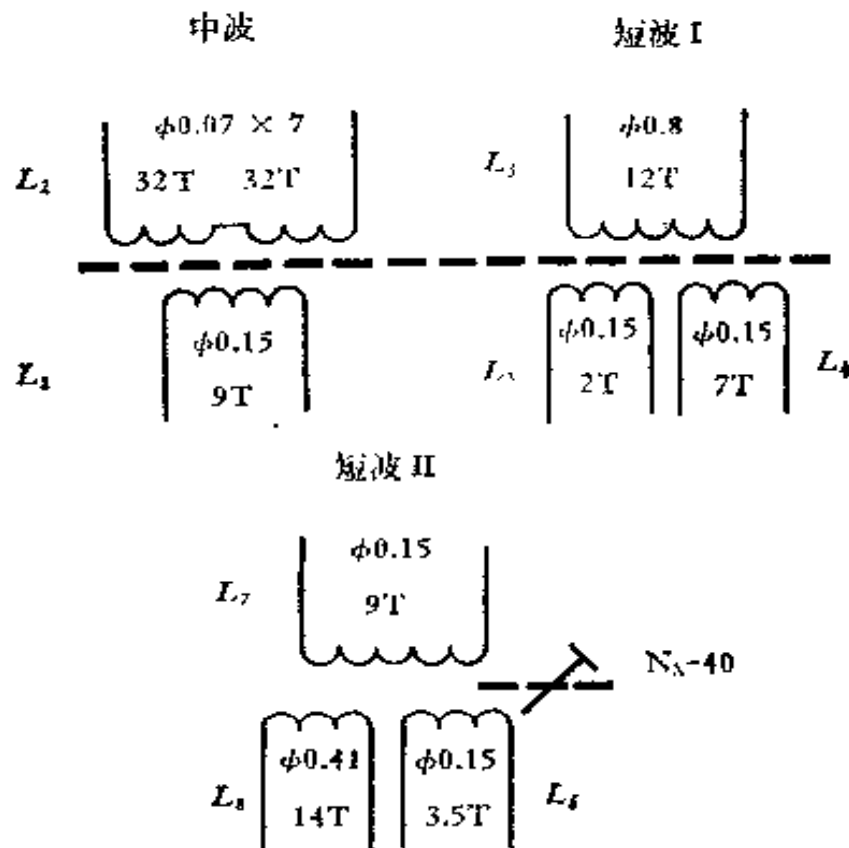


图 4-14(3) 磁性天线



成反馈式音调网络。 $C_{46}$ 、 $C_{47}$  为并联电压负反馈,以改善音质和抑制强信号哨叫。 $R_{20}$  为  $BG_3$  管并联电压负反馈电阻。

在  $BG_3$  发射极接有调谐指示电表,指示电台调谐和电池使用情况,如图 4-14(2)。因  $BG_3$  管的发射极电流受自动增益控制电路控制,信号最大时(即调谐准确时)其发射极电流最小,此时调谐指示电表向右偏转,偏转角度最大时表示准确调谐。另外,开机后无信号时指针左偏,偏转愈大,此时发射极电流愈大,说明电池愈足,否则说明电池电压低了,低到实线横道处就要更换电池。

### (三) 主要元件数据

1. 磁性天线见图 4-14(3)
2. 振荡线圈见图 4-14(4)

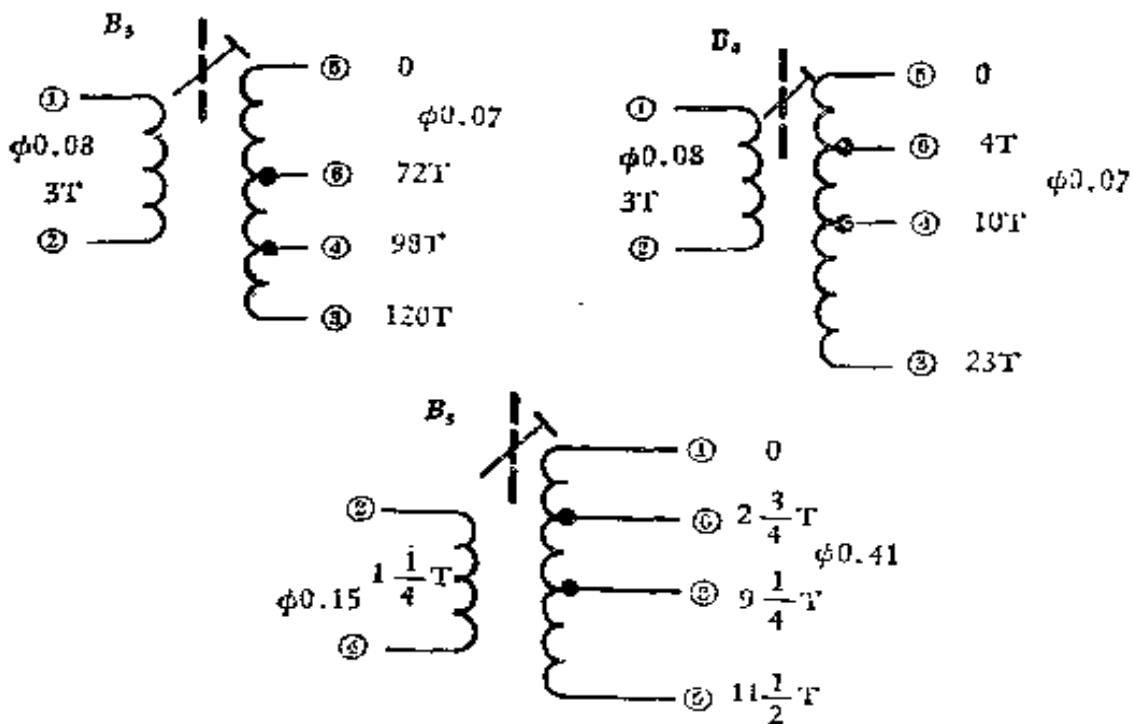


图 4-14(4) 振荡线圈

3. 中频变压器:  $L_{49} = 590$  微亨,  $Q = 30$ , 体积  $10 \times 10 \times 19$  毫米<sup>3</sup> (高度连引线脚)。数据见图 4-14(5)

4. 输入输出变压器： $B_{10}$  和  $B_{11}$  的体积分别为  $20 \times 18 \times 18$  毫米<sup>3</sup> 和  $24 \times 22 \times 21$  毫米<sup>3</sup>，铁心用 I5E5 硅钢片，数据见图 4-14(6)

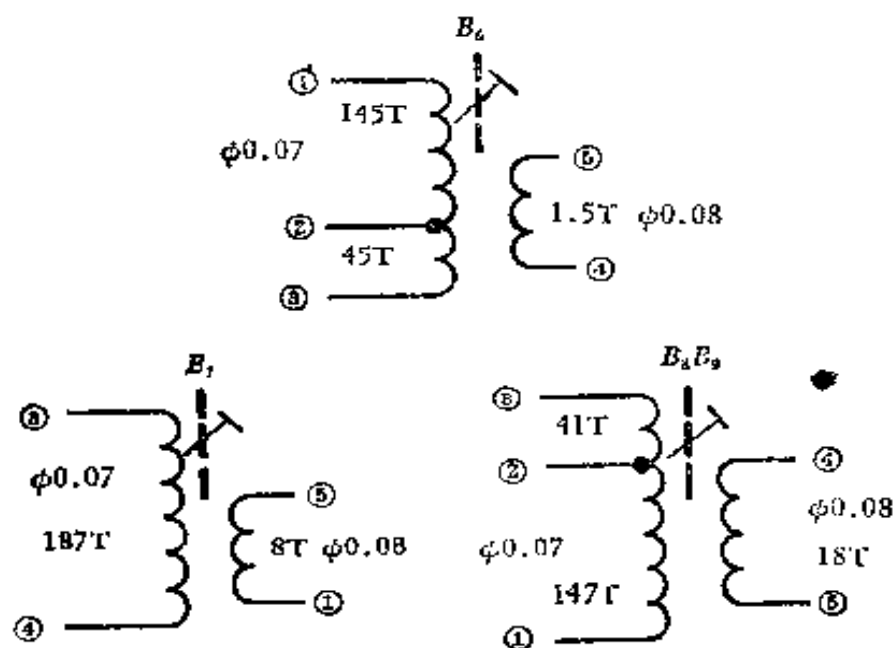


图 4-14(5) 中频变压器

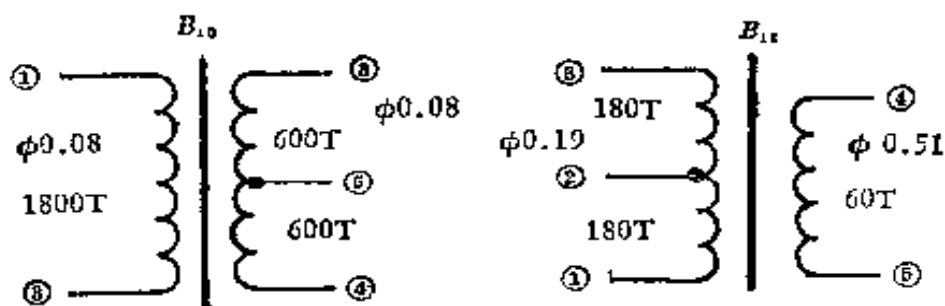


图 4-14(6) 输入输出变压器

#### (四) 各级工作电流

$I_{c1} = 0.25-0.6$  毫安； $I_{c2}$  中波 1.5—2 毫安，短波 0.7—1 毫安； $I_{c3} = 0.5$  毫安； $I_{c4} = 0.6-0.8$  毫安； $I_{c5} = 1$  毫安； $I_{c6} = 1.5$  毫安； $I_{c7-8} = 1$  毫安。

## 十五、九管五波段收音机

这是一台大型携带式九管五波段超外差式晶体管收音机,电源用一号电池六节(9伏),图4-15(1)是它的电路。

频率范围: 中波 535—1605 千周

短波 I 2—4 兆周、短波 II 4—8 兆周

短波 III 8—12 兆周、短波 IV 12—18 兆周

灵敏度: 不劣于 75 微伏/米(实际 25 微伏/米)

选择性: 大于 66 分贝

输出功率: 250 毫瓦

全机由本机振荡  $BG_1$ , 高放  $BG_2$ , 二极管混频  $D_3$ 、 $D_4$ , 三级中放  $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$ , 第一低放  $BG_6$ , 分负载倒相级  $BG_7$ , 末级功放  $BG_8$ 、 $BG_9$  组成。

一般晶体二极管混频噪音比较大,这在频率很高的频段显示出来了,这里采用二极管混频电路(平衡混频电路),主要目的是为了减少组合频率干扰。因为二极管是非线性元件,可以用作混频。经二极管变频后再进行放大,对减低噪音有利。二极管混频的功率增益总是衰减的,不会引起意外振荡,所以调整比较简单。在混频前增加一级高放有利于提高信号噪声比,并由于二极管变频依存性少,对所有信号频率可获得同样灵敏度。自动增益控制加在高放级效果显著。

振荡  $BG_1$  采用了频率稳定度很高的电容反馈改进型振荡电路。我们用第一个波段来分析它的原理,如图4-15(2)所示,  $R_1$ 、 $D_1$ 、 $D_2$  建立稳定直流工作点。 $C_{13}$  对高频来说是接地的,因此是共基极电路,  $C_{15}$ 、 $C_{16}$ 、 $B_{11}$ 、 $C_{16}$ 、 $C_{40}$  组成了振荡回路,而  $C_{15}$ 、 $C_{16}$  支路仅仅作为分压反馈,只是提供足够能量注入射极形成正反馈满足了振荡振幅和相位条件,几乎与频率

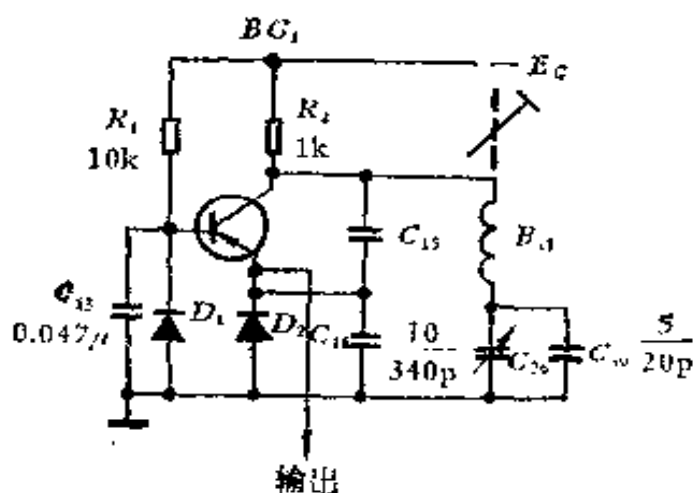


图 4-15(2)

无关。振荡频率决定于  $B_{11}$ 、 $C_{36}$ 、 $C_{40}$  一条支路，变换波段很方便，只要变换只有两个接头的电感  $B_{11}$ 。振荡工作电流调在 0.8 毫安。

由于这种形式的振荡器输出电压幅度受频率变化的影响很大，在 12 兆周至 18 兆周的短波段更为显著，为了减小这种影响，在  $BG_1$  发射极串接二极管  $D_2$ ，利用二极管的交流阻抗很小的特点，使得从发射极输出端看进去的阻抗很小，振荡器几乎因为定电压输出，保证了在不同振荡频率时输出电压的幅度相等。

混频和第一中放  $BG_3$  之间用 MTF-2 电感耦合双调谐中频变压器以取得良好的选择性、通频带，回路电容  $C_{56}$ 、1000 微微法有助于稳定性。中放级  $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$  间用 3L465 三极性陶瓷滤波器以取得更好的选择性和通频带性能，最后一级中放用 TTF2-9 单调谐中频变压器。

经过三级中放放大后的中频信号由  $D_5$  检波， $C_{66}$ 、 $C_{67}$ 、 $R_{26}$  滤波，音频信号通过  $W_1$ 、 $C_{68}$  加到第一低放  $BG_6$ ，直流成分由  $R_2$  加到高放  $BG_2$  和第一中放  $BG_3$  作自动增益控制。 $BG_6$  放大后的音频信号经阻容耦合加到分负载倒相级  $BG_7$  产生相

位相反的信号，一路由  $BG_7$  集电极取出加到  $BG_8$ ，一路由  $BG_7$  发射极取出加到  $BG_9$ ，进行推挽功率放大。

低频放大采用分负载无输出、输入变压器电路。 $BG_8$ 、 $BG_9$  组成功放级，它是由同一导电特性的 p-n-p 型晶体管联成的推挽电路（所以加至两管基极上的电压极性应是相反的），因此输入信号需要倒相。这里倒相不用输入变压器的形式，而是通过  $BG_7$  倒相电路来完成的，这就改善了频响。我们知道， $BG_7$  的集电极对地交流电压与基极对地交流电压是反相的，而发射极与基极是同相的，所以集电极与发射极是反相的。因此，将  $BG_7$  的集电极与发射极分别接至  $BG_8$  和  $BG_9$  的输入端，那末就能实现信号的倒相，满足末级推挽功放的需要了。例如当输入  $BG_7$  的交变信号为正半周时，在  $BG_7$  集电极就得到负信号电压，通过电阻  $R_{36}$ 、 $C_{72}$  加至  $BG_8$  基极、发射极间，使  $BG_8$  导通。同时，在  $BG_7$  的发射极却相应出现一个正信号，通过电阻  $R_{38}$  与  $R_{39}$  使  $BG_9$  截止。当输入  $BG_7$  的交变信号为负半周时，则  $BG_7$  集电极将为正信号，使  $BG_8$  截止，而其发射极的负信号激励  $BG_9$ ，使  $BG_9$  导通。因此  $BG_7$  的交流负载电阻分别为  $R_{36}$  与  $R_{38} + R_{39}$ ，故此电路又称分负载电路。

电容器  $C_{72}$  的作用，是为使  $BG_8$  处于共发射极工作。倘若不接  $C_{72}$ ， $BG_8$  工作时，信号将通过  $R_{35}$ 、 $R_{36}$  加于其集电极、基极间，成为共集电极电路。接入  $C_{72}$  后， $C_{72}$  对交流信号短路，因此信号是通过  $R_{36}$  加于  $BG_8$  基极与发射极间，使  $BG_8$  为共发射极组态工作。 $D_6$ 、 $R_{37}$ 、 $D_7$ 、 $R_{39}$  的作用，都是为提供推挽电路直流偏压的。这里  $BG_9$  的基极电流是由  $BG_7$  流过  $R_{39}$  的静态电流在  $R_{39}$  上产生电压降来获得的，而  $D_7$  对直流提供通路，使  $BG_9$  流过一基极偏流，对交流信号是断路的，由于  $R_{37}$  上的直流压降，所以  $R_{39}$  上端电位总比  $BG_7$  发射极上电位高些，

因此交流信号只能通过  $C_{73}$  加至  $BG_9$  基极；在  $BG_8$  基极回路中，直流偏压由  $R_{37}$  上的直流电压降上取得，交流信号只能由  $R_{35}$  获得， $D_6$  提供直流通路，对交流信号是断路的。由此可见，调节  $BG_8$ 、 $BG_9$  的静态电流只要调节  $R_{37}$ 、 $R_{39}$  的阻值大小来实现，阻值越大，推挽级的静态电流则越大，为了消除小信号失真，推挽电路处于甲乙类工作，其静态电流在 2 毫安左右。

推动级  $BG_7$  的偏置电阻  $R_{33}$  和  $R_{34}$  不是直接接地，而是从基极联至发射极，因此它不论对  $BG_8$  还是  $BG_9$  都作为共发射极输出。这就使得从  $BG_7$  发射极和集电极传输到下一级的信号幅度大致相等。这里热敏电阻  $R_{33}$  稳定了  $BG_7$  的静态工作电流，从而使输出级得到稳定。电位器  $W_2$  及  $C_{71}$  为音调调节网络， $W$  的阻值越小，高音衰减越多。

$BG_6$  为前置级，由于输入信号小，这一级要求静态电流小些。

调整时，除了调节  $R_{37}$ 、 $R_{39}$  阻值大小来调整  $BG_8$ 、 $BG_9$  静态电流外，还需要调节电阻  $R_{32}$  及  $R_{35}$  阻值，使  $BG_8$ 、 $BG_9$  的静态压降相等。这是因为调节  $R_{33}$  可改变  $BG_7$  的集电极电流大小，从而影响输出级两管的压降。如果应用示波器观察输出波形，可调节到输出波形两端都同时开始出现削峰为宜。

低放级各级  $\beta$  数据如下：前置级  $\beta$  为 50 左右；要求推动级有足够功率推动末级，希望  $\beta$  高些，一般 100~150；功放级  $\beta$  为 80 左右。

各级工作电流(近似值)： $I_{c1} > 0.6$  毫安； $I_{c2} = 0.4$  毫安； $I_{c3}$ (或  $I_{c4}$ ) = 0.6 毫安； $I_{c5} = 0.8$  毫安； $I_{c6} = 0.6$  毫安； $I_{c7} = 7.3$  毫安； $I_{c8,9} = 5$  毫安。

## 第五章 收音机的装配

通过前面四章的讨论，我们已经初步了解了来复再生式（即直接放大式）和超外差式收音机的工作原理及它的实际电路。毛主席教导我们：“**如果有了正确的理论，只是把它空谈一阵，束之高阁，并不实行，那末，这种理论再好也是没有意义的。**”下面三章集中介绍收音机的装配、调整、维修等的具体操作方法，使我们能将所学到的理论和实际密切结合。

这一章专门谈谈装配，内容共分四节，第一节先讲如何选择 一个合适的电路；第二节再讲根据电路如何选配合适元件；第三节讲如何按照电路进行结构布局 and 元件装配；第四节介绍如何着手焊接，以及应注意些什么等等。“**你要知道梨子的滋味，你就得变革梨子，亲口吃一吃。**”学了本章以后，最好能自己动手装配，这样体会就加深了。

### 第一节 电路选择

装配收音机先要选择一个合适的电路，以便配置元件，着手安装。怎样选择电路呢？毛主席教导我们：“**按照实际情况决定工作方针**”，选择收音机电路也要从实际需要出发。

前面已经介绍过，收音机主要指标是灵敏度、选择性、保真度和额定输出功率等。一般地讲指标要求高的收音机，电路较复杂，成本也比较高。各种电路也都是一分为二的，有优点也有缺点，我们应根据实际需要，选用某一方面或几方面指标较突出的电路，对其他指标就可以适当降低一些要求。

对初学者来说，可从来复再生式收音机着手，因其线路简单、成本低廉、容易安装和调整。在城市和近郊接收本地电台和中央台其灵敏度已可以满足要求。在这种程式中普遍采用四管机电路，末级采用推挽功放，效率高，输出功率较大。

对离电台较远的地区或者希望收到邻近省市电台广播时，可选灵敏度高选择性好的超外差式收音机电路。

六管超外差式收音机电路中，六只管子分别担任变频、第一中放、第二中放、低放和推挽功放，这种电路形式比较典型，各级之间相互牵制比较小，容易调好，指标也比较容易兼顾。只有一级中放的超外差式收音机灵敏度与选择性要比具有二级中放的差些，但能简化电路、节省元件、降低成本。

三管、四管超外差式收音机电路，管子较少，但这种电路中，往往中放管兼作来复低放，由于一管多用，所以相互牵制，不易调好。末级功放采用滑动甲类虽然可以省去一管，但效率比不上推挽放大。

我们祖国辽阔广大，有些边疆地区和山区，为了及时听到毛主席、党中央的声音，收听中央人民广播电台的广播，这就要求收音机有较高的灵敏度，有时必须用短波收听，因而要选用灵敏度高的超外差式多波段收音机电路。这种电路中有的用二只晶体管分别担任混频和本机振荡，此外还可采用频率微调、短波提升、远程开关等附加特殊电路，电路也就相应复杂了。

灵敏度、选择性主要决定于检波前的高频、中频部分，统称高频部分，而音质及输出功率则与检波后的低频部分有极大的关系。第四章中介绍的各种超外差式收音机电路，基本上可以分成高频与低频两部分，可以根据需要选取某一部分，恰当地进行组合，以拼成适合自己需要的电路。例如为了改



善音质可以采用高低音提升音调网络、无输出变压器电路等。

另外从晶体管收音机外形考虑，可以做成体积很小的袖珍式，出差或野外工作使用携带方便；也可以装成体积比较大的台式，装大口径扬声器，有利于音色发挥，悦耳动听。根据不同使用要求和材料情况可以装成体积不同的各种结构。例如台式的元件可以大些，价格可以便宜，而且选长磁棒灵敏度高，空气双连质量好，一号电池经久耐用，大扬声器音响好，线路排列和安装比较容易，初学容易装成。袖珍式要采用小型元件，结构紧凑，但线路排列和安装焊接等比较费事，它的最主要特点是充分发挥了晶体管收音机小型化的优点。不过袖珍式和台式主要是结构上差别，它们的电路还是可以通用的。

## 第二节 元件选择

线路决定之后，根据线路和结构大小的要求选择元件。装配收音机的质量除了和线路有关外，与使用元件的质量也有很大的关系。因此在这里介绍晶体管收音机常用的几种元件，供大家参考。

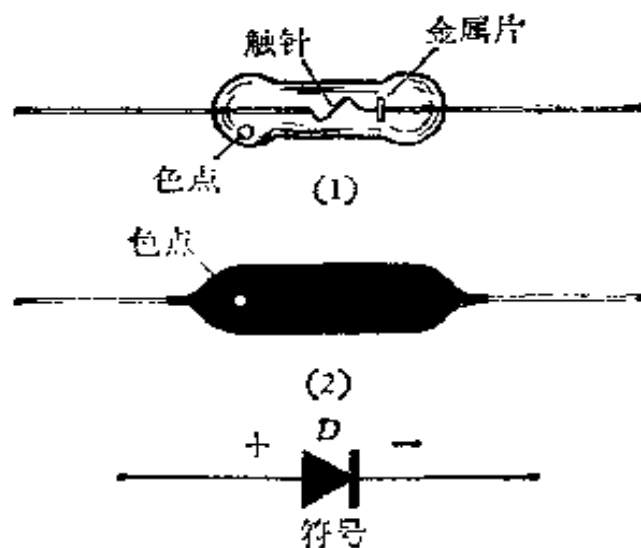


图 5-1 二极管

### 一、晶体管

晶体管收音机中应用的晶体管有二极管和三极管两种，图 5-1 是一般二极管的实物外形及符号。二极管在收音机电路里用作检波，在电源设备中用作整流。选用检波二极管主要考虑工作频率高；正

向上升特性好,反向电流小(检波效率高)。通常采用点接触型二极管 2AP1—2AP7、2AP9—2AP10、2AP11—2AP17 等型号。小功率整流二极管主要特点是电流大,频率低,一般采用面接触型 2CP1—2CP6、2CP10—2CP20、2DP1A—2DP1H 等几种。在业余条件下,对于损坏了一个结的高频三极管可作检波二极管用,而损坏了一个结的低频三极管则可作整流二极管。

二极管有正负极性之分,一般都附有色点或箭头符号,涂色点端为正,另一端为负。但也有例外,所以最好用万用表判别其正负极性,应用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1000$  档来测量,如果量出的电阻几百欧,则与电表黑表棒(电表上标“—”)相连的那一头为正极,另一头为负极;如果量出的电阻是几百千欧,则与黑表棒相连接的那一头为负极,另一头为正极。测法如图 5-2 所示。测出正负极性以后,作上标记,以便焊接时辨认。

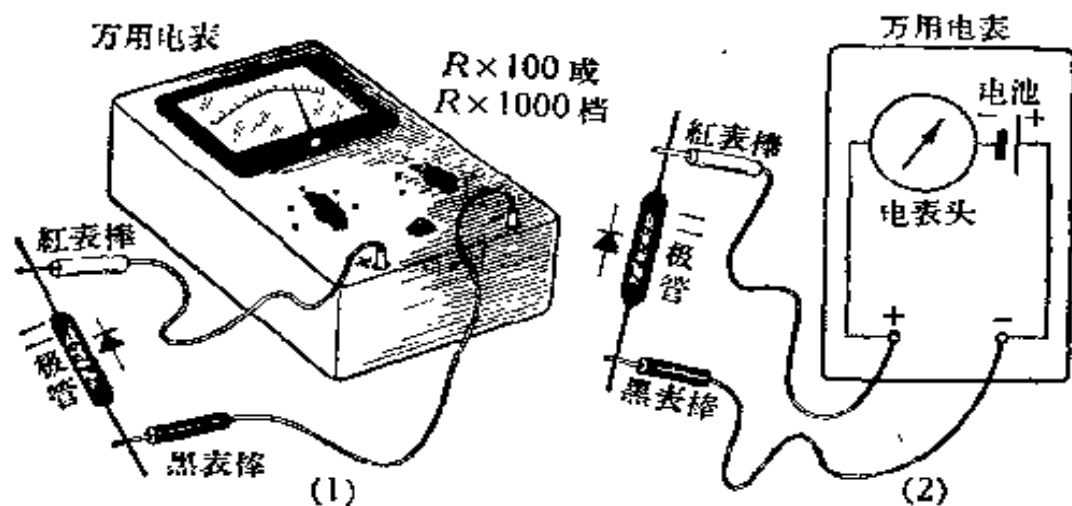


图 5-2 二极管的测量方法

收音机电路里广泛应用三极管作变频、中放、低放、功放等,晶体三极管的实物外形及符号如图 5-3 所示。

晶体三极管按其工作频率的不同有高频管和低频管之

分。各级电路对高频管和低频管又有不同要求，下面根据具体情况作具体分析。

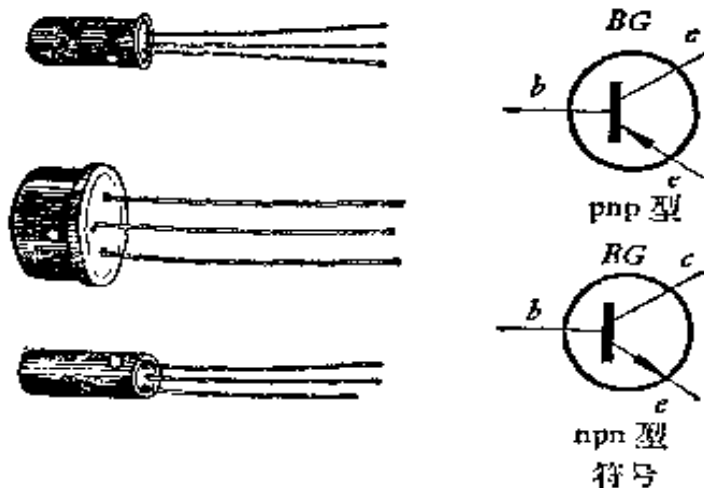


图 5-3 三极管

高频管的选用：

作高频放大，振荡和变频用的高频管要求有较高的工作频率，中频放大次之。这里必须使特征频率  $f_T$  (见附录) 为工作频率的 3—10 倍。一般业余品也能满足中波段的使用要求，为了判

断管子是否有足够高的截止频率，在购买业余品时注意收听频率高端的电台。另外要求高频管有较高的功率增益，应选用  $r'_{bb} C_c$  乘积小的或  $\beta$  高的三极管， $\beta$  太高也可能引起电路稳定性变差。一般 p-n-p 管采用 3AG1B—3AG1D，3AG11—3AG14；n-p-n 管采用 3DG6 等。或采用其他同类型管子。

末级功放管的选用：

对功率放大级的要求是保证在一定非线性失真条件下能输出最大功率。因此应选用集电极最大耗散功率  $P_{CM}$  足够大的管子作功放管。

对于甲类功率放大器，根据理论计算，最大输出为管子集电极最大耗散功率  $P_{CM}$  的一半，但考虑到高温下工作和允许失真的要求，实际最大输出功率只有  $P_{CM}$  的 1/3 以下。

对于甲乙类推挽功率放大器，放大器的最大输出可达单管集电极最大耗散功率的 5 倍，但考虑到高温下工作和允许失真要求，实际最大输出功率只有  $P_{CM}$  的 2—3 倍左右。

另外所用管子的  $\beta$  也希望大些，以提高功率增益，减轻末

前级输出功率负担,但 $\beta$ 也不宜过大, $\beta$ 过大将使功放级工作时热稳定性变差,一般取 $\beta$ 在40—70之间。

在末级采用甲乙类推挽功率放大时,尚需要考虑两只晶体管参数和特性一致(俗称配对),例如穿透电流 $I_{ce0}$ 一致,大信号情况下 $\beta$ 的一致。两管参数不一致,不仅引起失真,而且容易使 $\beta$ 大的管子过载甚至损坏。

对于常用的低频小功率管,组成功率放大器时,在电源电压为6伏情况下,输出功率大致如下表内列出数值。

| 管子型号          | $P_{CM}$ (mW) | 输出功率 (mW) |                              |
|---------------|---------------|-----------|------------------------------|
|               |               | 甲类功放      | 乙类推挽功放                       |
| 3AX31 (3AX71) | 125           | 20—40     | 100—250<br>(电源电压为9伏时可达400毫瓦) |
| 3AX81         | 200           | 40—70     | 200—500<br>(电源电压为9伏时可达800毫瓦) |

末前级晶体管的选用:

一般收音机末前级的功率增益 $K_p$ 要求大些,以保证收音机的整机功率增益,减少级数。一般末前级放大器获得最大功率增益时的最佳负载电阻比较大,实际负载电阻取得比最佳负载电阻略小一点,以减小失真。

使用晶体三极管时必须掌握下列几点才能做到心中有数:认清管脚 $e$ 、 $b$ 、 $c$ ,保证装接时不接错;分清使用的是 $n-p-n$ 型的还是 $p-n-p$ 型的晶体管;使用的是高频管还是低频管;使用晶体管的大致参数如 $\beta$ 和 $I_{ce0}$ 。这几点未完全弄清之前晶体管是不能随便接入电路的。下面分别介绍判别管脚及区分管子的方法。

简便管脚判别法

(1) 基极判别:

对 $p-n-p$ 型:用万用表的黑表棒(电表上标“—”)接一个

管脚,红表棒分别接另外两个管脚,测出两个电阻值,然后再用黑表棒换接一个管脚,红表棒再分别接其余的两个管脚,又测得两个阻值,一直测到这两个电阻值都比较大为止,此时黑表棒所接的管脚为基极。

对 n-p-n 型: 用万用表的红表棒接一个管脚, 黑表棒分别接另外两个管脚, 测出两个电阻值, 采用上述类似方法, 直到两个电阻值都比较大为止, 此时红表棒所接的管脚为基极。

这一方法不仅能找到基极, 而且还可以根据基极所接表棒判断出所测的管子是 p-n-p 还是 n-p-n 的。

### (2) 发射极和集电极的判别:

基极找到了, 如何判别发射极和集电极呢? 这里先谈一谈判别的原理。若在三极管基极和集电极之间接入一个几十千欧电阻, 再在发射极和集电极之间加上正向电压(例如 1.5 伏, 发射极接正, 集电极接负), 则流过串接在发射极和集电极回路中的电流表读数较大(也即电阻较小)。反之, 若该电阻接在基极和发射极之间, 在发射极和集电极之间加上反向电压(集电极正, 发射极负), 则电流较小(也即电阻较大)。具体测量方法如下, 用手将基极和待判别的一个管脚捏在一起, 但不要相碰(这相当于接入了一个 50 千欧到 100 千欧电阻), 用万用表  $\Omega \times 1000$  挡或  $\Omega \times 100$  挡, 红表棒接与基极捏在一起的这一管脚, 黑表棒接另一待判别管脚, 量出阻值。将二个要判别管脚对调, 同法再测量一次, 两次测量中阻值较小的一次, 黑表棒所接管脚为发射极。

## 二、电容器

电容器是用途很广、种类较多的一种无线电元件。电容器由于制造材料的不同, 因此性能和用途也不相同, 晶体管收音机常用的有:

## 1. 电解电容器

电解电容的实物外形和符号如图 5-4 所示。晶体管收音机用的电解电容主要特点是容量大、体积小。常用的容量有 5 微法、10 微法、30 微法、50 微法、100 微法等几种；耐压有 3 伏、6 伏、10 伏、15 伏等几种。耐压高、容量大的体积较大，袖珍式收音机中最好使用小型的电解电容器，否则整机体积就不能缩小。在收音机低频电路中的耦合电容、旁路电容及电源滤波电容容量比较大，都用电解电容。

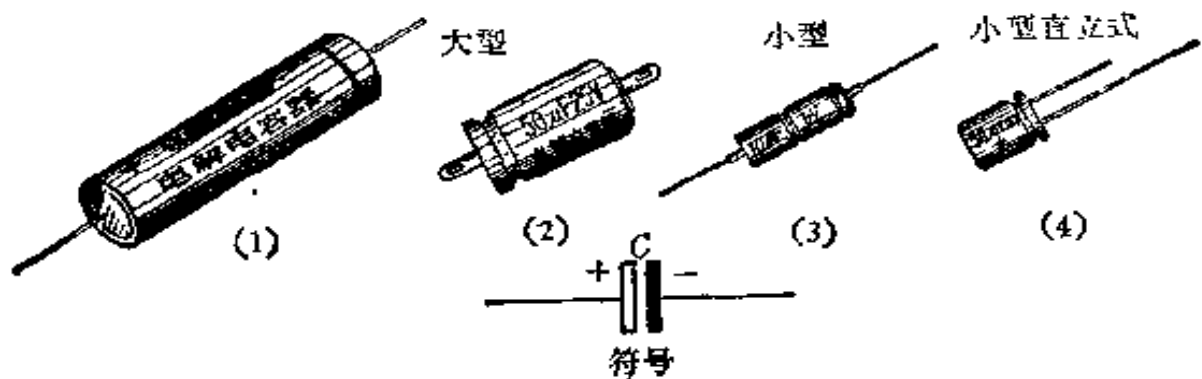


图 5-4 电解电容器

电解电容一般有正负极性，接入时要注意正负极性不要接错，接错了容易击穿。电解电容贮存时间不宜过长，长期贮存会使漏电增加，性能变坏，所以应选购近期产品，如发现贮存日子久了，应隔一定时间充一次电。电解电容焊接时要快，不要让烙铁的高温使封口的密封被破坏。

电解电容的耐压值，要选高于或等于电路中电解电容接入处可能出现的最高直流电压值。电解电容器的测量方法在第九章第一节中叙述。

## 2. 可变电容器

可变电容器由可转动的动片和固定的定片组成，定片与外壳绝缘。动片固定在转轴上，随转轴转动，与外壳相接。可变电容器按结构分，有单连、双连和多连。外差式中用双连，

简易来复再生式用单连。常用有空气介质和有机薄膜介质二种，它的实物外形和符号如图 5-5 所示。空气介质的可变电容器性能较好，耐用，但体积较大。而有机薄膜介质的可变电容器体积小，袖珍式收音机中用得较多(最好用密封)。单连可变电容器旋进时最大容量有 270 微微法、360 微微法等几种。旋出时最小容量大约 9 微微法。双连可变电容器有两种，一种两组片子最大容量不一样(差容)，容量大的一组接输入回路线圈，容量小的一组接振荡回路线圈。这种双连设计上考虑了外差的跟踪问题(详见第六章)，装接时可省掉一只振荡回路的附加电容(俗称垫整电容)，但差容双连只能装配一个波段的收音机或波段覆盖系数一样的多波段收音机。另一种双连两组片子最大容量一样(等容)，用这种双连装多波段收音机时振荡回路的垫整电容不能省。

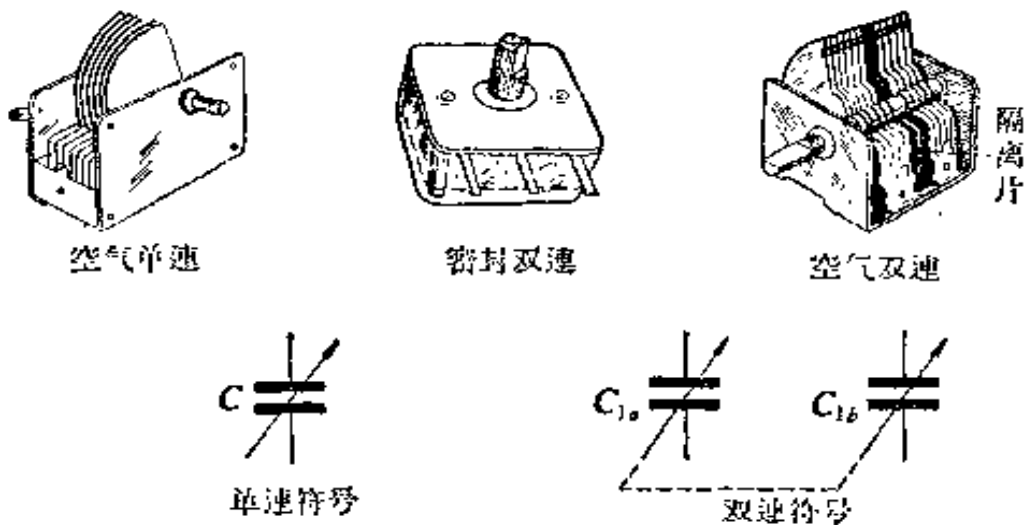


图 5-5 可变电容器

双连可变电容器两组容量最小到最大一般有：7/270—7/270，7/290—7/250(值得注意，其中片数较多，片间距离也较大的一组是容量小的一连)，12/360—12/360 等几种，应根据线圈参数选配合适的可变电容器。焊接时动片接地。

### 3. 其他电容器

晶体管收音机中还广泛使用着云母电容器、陶瓷电容器、纸质电容器、涤纶电容器、玻璃釉电容器、微调电容器等，它们的实物外形及符号如图 5-6 所示。这些电容器与电解电容器比较有容量小、耐压高、漏电小等特点，因此多用在高频电路中。调谐回路（如输入回路、本机振荡回路、中放调谐回路等）的电容器的容量都很小，但要求损耗小，容量稳定，因此最好选云母电容或高频陶瓷电容和玻璃釉电容等。高频旁路电容和中频旁路电容，一般对损耗、稳定性要求不高，而要求容量大些，可用金属膜、玻璃釉、涤纶的等。由于纸质电容体积太大，袖珍式和便携式收音机中很少使用。高频偶合或隔直电容要求漏电小些，只要容量适合、体积小，一般都可以用。

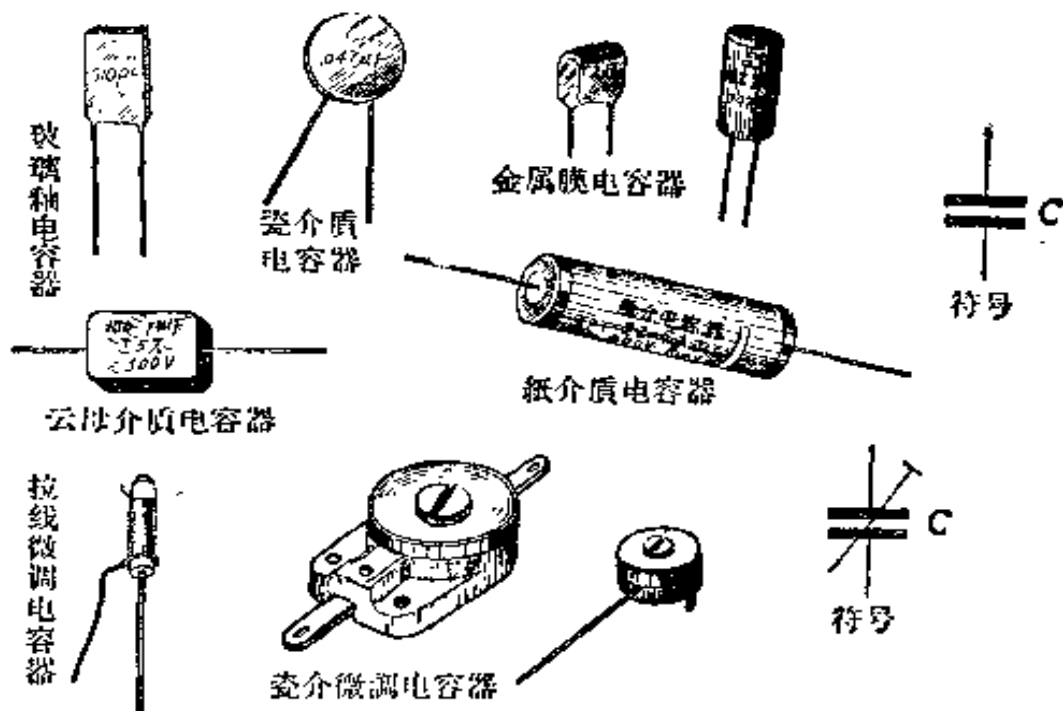


图 5-6 固定电容器及微调电容器

### 三、电位器和电阻器

晶体管收音机中应用的爱位器的实物外形及符号如图 5-7 所示。它有三个焊片 A、B、C，其中 A、C 接在电阻片二



端， $B$  接在中间的活动臂上，转动旋轴可以改变  $B$  点的位置，从而改变  $A$  到  $B$  或  $B$  到  $C$  的阻值。晶体管收音机中常用规格有 4.7 千欧，10 千欧，47 千欧等几种。

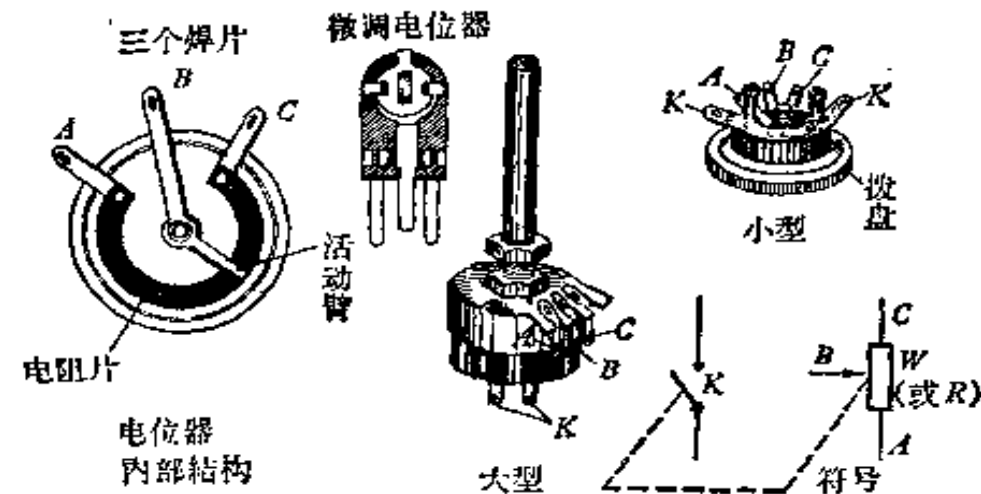


图 5-7 电位器

电位器在收音机电路中主要作音量控制之用，一般采用带开关的电位器，这样可省掉一个电源开关，又不影响电位器的使用。根据收音机体积的要求选用合适的电位器，台式可采用大型的电位器。电位器的质量好坏直接影响收音机的质量，因此对电位器的要求是转动灵活，接触好，轻轻拨动焊片，应该没有松动。如果接触不好，容易产生“沙沙”摩擦声，如有直流通过将加剧这种沙沙声，同时缩短电位器的寿命。在某些收音机电路中为了防止这一现象的发生，不让直流通通过电位器。

一般音量控制电位器都采用指数式的（电位器旋转角度从最小到最大其阻值是按指数规律变化的），但在中放兼来复的外差式收音机中采用直线式的。

晶体管收音机中应用的电阻主要是炭膜电阻，电阻的阻值，采用下表所示的标称值系列。

|         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 误差 ±5%  | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 |
|         | 33 | 36 | 39 | 43 | 47 | 51 | 56 | 62 | 68 | 75 | 82 | 91 |
| 误差 ±10% | 10 | 12 | 15 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 47 | 56 | 68 | 82 |
| 误差 ±20% | 10 | 15 | 22 | 33 | 47 | 68 |    |    |    |    |    |    |

通常使用的电阻的阻值就是表中所列数字的 1/10、1、10、100 倍。现举误差 ±5% 系列中的 47 为例，有 4.7 欧、47 欧、470 欧、4.7 千欧等阻值。

炭膜电阻额定功率有 1 瓦、1/2 瓦、1/4 瓦、1/8 瓦、1/16 瓦等。功率小的体积也小，袖珍式收音机中采用 1/16 瓦、1/8 瓦，台式收音机也可采用 1/4 瓦、1/2 瓦等。其他尚有合成电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻、线绕电阻等。

#### 四、磁棒

晶体管收音机中一般都采用磁性天线。所谓磁性天线，就是在磁棒上套上输入回路线圈，磁棒的质量将直接影响收音机的灵敏度，选配合适的磁棒，其尺寸要与结构相配合，另外注意工作频率。

现在采用的磁棒，均由铁氧体做成，按使用材料不同有锰锌铁氧体 ( $M_x$ ) 和镍锌铁氧体 ( $N_x$ )。锰锌铁氧体  $\mu_0$  较大，它的工作频率比较低，只适用于中波段，通常采用  $\mu_0 = 400$ 。镍锌铁氧体  $\mu_0$  较小，然而工作频率较高，可高达 26 兆周左右，适用于短波，两者不能用错。

磁棒尺寸也将对收音机灵敏度有很大的影响，在结构许可的条件下，优先选用长磁棒。磁棒对灵敏度影响实验数据如表 5-1 所示。

表 5-1

| 中波 (M <sub>X</sub> 型)       | 长度(毫米) | 增益(分贝) |
|-----------------------------|--------|--------|
| M <sub>X</sub> -400-φ10×70  | 70     | 0      |
| M <sub>X</sub> -400-φ10×100 | 100    | 3      |
| M <sub>X</sub> -400-φ10×140 | 140    | 4      |
| M <sub>X</sub> -400-φ10×220 | 220    | 5—6    |

由实验可得,灵敏度并不随着磁棒增长而按比例地增加,而磁棒过长必定导致体积增加。

磁棒外形如图 2-2 所示,有圆形和扁形两种,扁形比圆形更省位置,圆形比扁形可做得更长。

有些中短波收音机只采用了一根磁棒,这时可将中波磁棒与短波磁棒接成一根磁棒,中间胶合起来,例如春雷 703,红旗 644 等。有些收音机干脆用两根磁棒,如 2J8, 503 等。

常用国产磁棒规格见表 5-2 和表 5-3。



图 5-8 国产磁棒规格表附图

表 5-2 圆形磁棒规格

| 系 列    | M <sub>X</sub> -400-Y                      | N <sub>X</sub> -60-Y                      | N <sub>X</sub> -40-Y                      |
|--------|--|---|---|
| 使用频率   | 1.6MC 以下                                   | 12MC 以下                                   | 26MC 以下                                   |
| 规<br>格 | $d \quad l$<br>M <sub>X</sub> -400-Y10×120 | $d \quad l$<br>N <sub>X</sub> -60-Y10×120 | $d \quad l$<br>N <sub>X</sub> -40-Y10×120 |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y10×140                | N <sub>X</sub> -60-Y10×140                | N <sub>X</sub> -40-Y10×140                |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y10×160                | N <sub>X</sub> -60-Y10×160                | N <sub>X</sub> -40-Y10×160                |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y10×180                | N <sub>X</sub> -60-Y10×180                | N <sub>X</sub> -40-Y10×180                |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y10×200                | N <sub>X</sub> -60-Y10×200                | N <sub>X</sub> -40-Y10×200                |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y 8×120                | N <sub>X</sub> -60-Y 8×120                | N <sub>X</sub> -40-Y 8×120                |
|        | M <sub>X</sub> -400-Y 8×140                | N <sub>X</sub> -60-Y 8×140                | N <sub>X</sub> -40-Y 8×140                |

表 5 3 扁形磁棒规格

|      |   |  |
|------|---|--|
| 系 列  | M <sub>x</sub> -400-P   | N <sub>x</sub> -60-P                                       |
| 使用频率 | 1.6MC 以下  | 12MC 以下  |
| 规 格  | <i>l</i> <i>D</i> <i>H</i><br>M <sub>x</sub> -400-P 50×13×5.5 | <i>l</i> <i>D</i> <i>H</i><br>N <sub>x</sub> -60-P 80×16×5 |
|      | M <sub>x</sub> -400-P 80×16×5                                 | N <sub>x</sub> -60-P100×17×4.5                             |
|      | M <sub>x</sub> -400-P100×17×4.5                               | N <sub>x</sub> -60-P120×18×4.5                             |
|      | M <sub>x</sub> -400-P120×18×4.5                               |  |

符号说明: M<sub>x</sub> 锰锌铁氧体  $\phi$  或 Y 圆型 *l* 长度 *D* 宽度  
 N<sub>x</sub> 镍锌铁氧体 P 扁型 *d* 直径 *H* 高度

### 五、线圈

晶体管超外差式收音机应用的高频线圈有振荡线圈, 输入回路线圈, 天线耦合线圈等几种, 如图 5-9 所示。

高频线圈骨架一般都采用塑料, 胶木粉压制, 或采用胶木化电缆纸和 高频瓷做成, 以减小高频损耗。对于中波段用的线圈, 线圈绕好后均须浸蜡或防潮浸渍处理, 对短波不加处理, 否则损耗太大。

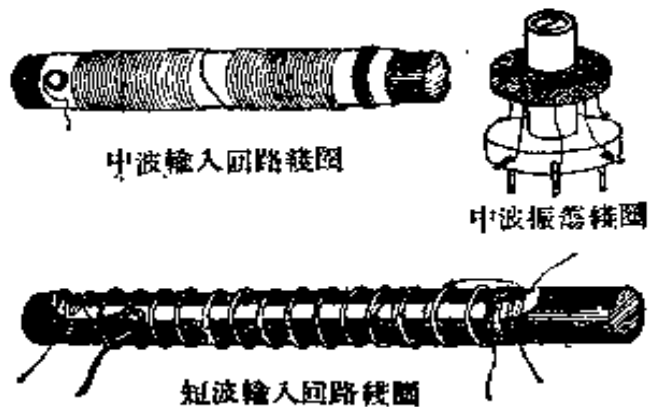


图 5-9 振荡线圈及输入回路线圈

除振荡线圈一般购买成品外, 输入回路线圈, 天线耦合线圈可以自己绕制, 绕制方法详见第八章。

### 六、中频变压器

中频变压器又叫中周, 它是超外差式收音机中频放大级的耦合元件, 很大程度上决定了收音机的灵敏度, 选择性和通

频带。

晶体管收音机中使用的中频变压器有单调谐和双调谐两种。一般收音机用单调谐，它只有一个调谐回路，另一个回路不调谐，调谐方式采用调磁芯，改变线圈的电感量（调感式）。双调谐中频变压器两个回路都调谐，回路之间一般采用电容耦合或电感耦合，调谐方式也是调感式，如图 5-10 所示。

市售的单调谐中频变压器按体积分有  $7 \times 7$  毫米<sup>2</sup> (TTF-1 或 200 型)、 $10 \times 10$  毫米<sup>2</sup> (TTF-2 或 203 型)、 $12 \times 12$  毫米<sup>2</sup> (TTF-3 或 201 型)、 $25 \times 20$  毫米<sup>2</sup> (TTF-4 或 202 型) 等几种，外形见图 5-10。根据收音机体积的大小加以选择。

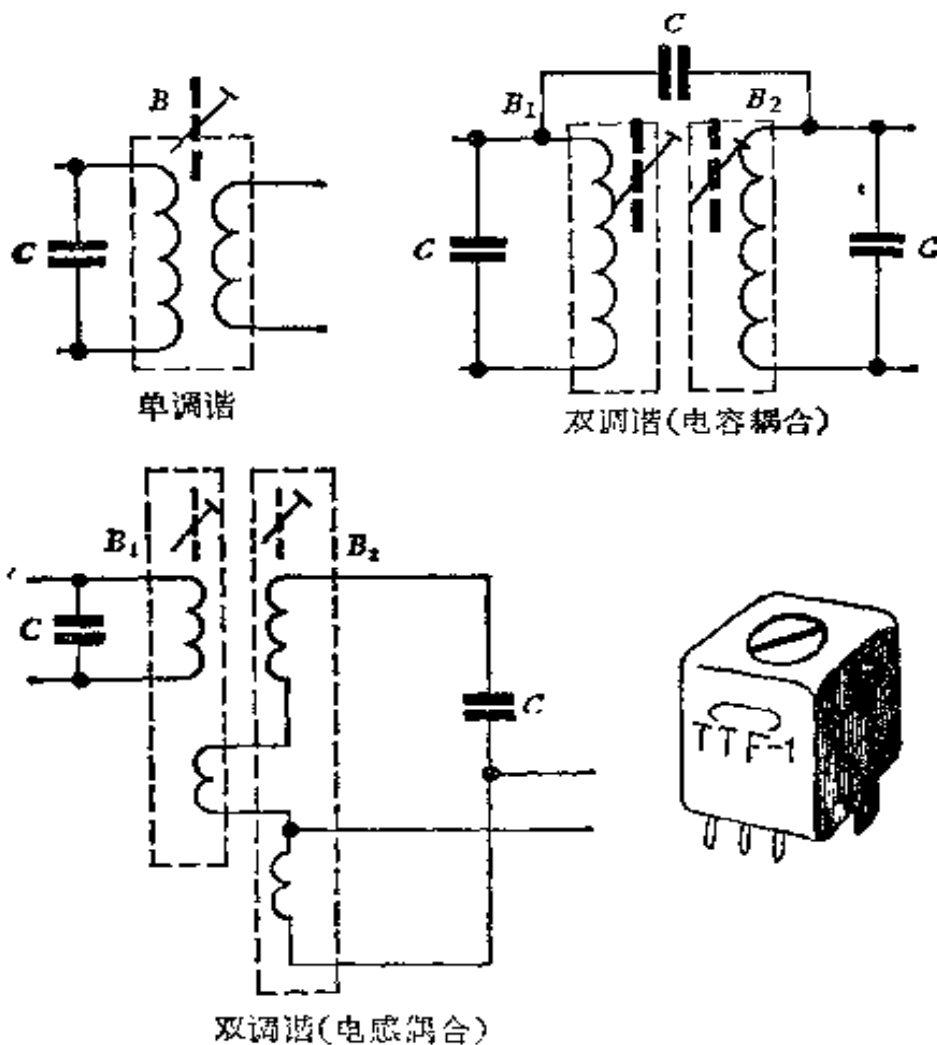


图 5-10 中频变压器

在使用中频变压器时应注意，单调谐一套三只，不能与振荡线圈混淆，因为它们外形是一样的。其次每只的特性也各不相同，例如 TTF-1-1、TTF-1-2、TTF-1-3(型号以后的数字表示第一中频变压器，第二中频变压器，第三中频变压器)装配时不能调换，调换后将影响收音机的质量。如罩壳上的字已经脱落，可查第八章表 8-4 以色标判别。

如果有单调谐中频变压器的骨架、外罩等，中频变压器可以自制，详见第八章。

## 七、变压器

晶体管低频放大部分为了获得较大功率增益和获得最大功率输出，除前置放大级采用阻容耦合外，末前级和末级功率放大器一般采用变压器耦合。

由于晶体管收音机输出功率一般较小，因此变压器的体积也比较小。高质量的输入、输出变压器铁心采用坡莫合金片，体积小，但是价格比较贵。一般采用优质硅钢片做铁心，效果较好。目前都用 E 型铁心，规格有 E<sub>14</sub>、E<sub>19</sub>、E<sub>20</sub>、E<sub>24</sub>、E<sub>37</sub> 等多种。输入、输出变压器实物外形及符号如图 5-11 所示。

输入变压器初次级的匝数比，可采用 3:1—1:1，匝数比大的，功率增益高，但失真大。为了减小失真可采用匝数比低一点，对于管数少的收音机多采用匝数比高的一种，以提高整机功率增益。

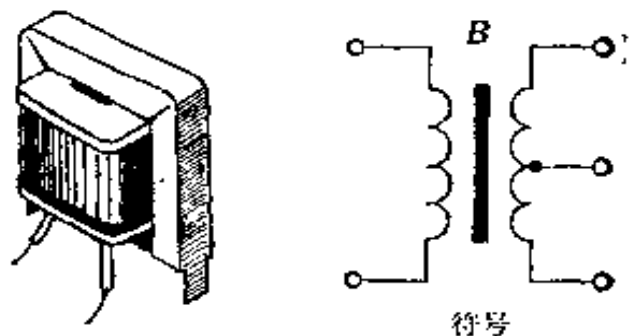


图 5-11 输入或输出变压器

为使功率放大器在不失真条件下输出最大功率，这时功率放大器有一最佳负载，输出变压器初次级匝数比是由最佳

负载和扬声器阻抗比来决定的(即通常称的输出级的阻抗匹配)。一般市售输出变压器都说明了配用扬声器阻抗数。输出变压器的铁心截面大小与输出功率和初级电感量有关,要求功率输出大,同时低频频响较好,变压器铁心截面就应大。根据收音机结构大小选择体积合适的变压器。例如袖珍式收音机采用铁心小的变压器,自然它的末级输出功率不能很大。

## 八、扬声器和耳机

扬声器和耳机都是能量转换器件,通过扬声器和耳机可以把电能变为声能,因此扬声器和耳机的质量直接影响收音机的音质好坏。

晶体管收音机中基本上采用电动式扬声器,它按磁性材料分有两种:即圆形永磁式(内磁式)铝镍钴合金电动式扬声器及圆形恒磁式(外磁式)钕铁氧体电动式扬声器。永磁式漏磁小,杂散磁场影响很小,体积小,重量轻,但价格贵,适合袖珍式收音机中应用;而恒磁式漏磁大,杂散磁场影响大,体积大,重量重,价格便宜,适合台式晶体管收音机中应用,由于价格便宜,所以小型晶体管收音机也广泛采用。二三管的来复再生式收音机也可以用低阻的舌簧扬声器。它们的实物外形及符号如图 5-12 所示。

从外形上讲,扬声器有圆的和椭圆的两种,圆的扬声器口径有 55 毫米(2")、65 毫米(2½")、80 毫米(3")、100 毫米(4")、130 毫米(5")、165 毫米(6½")等数种,椭圆口径有 65 毫米×100 毫米(2½"×4")、100 毫米×160 毫米(4"×6")、120 毫米×190 毫米(5"×7")等几种。从功率讲,额定功率有 50 毫瓦、100 毫瓦、250 毫瓦、500 毫瓦、1 瓦等几种。一般口径大的额定功率也大,输出功率较小的收音机用 50 毫瓦、100 毫瓦、250 毫瓦等几种。在体积容许的条件下,优先选用

口径大的扬声器,口径大的扬声器低频响应好,声音丰满。

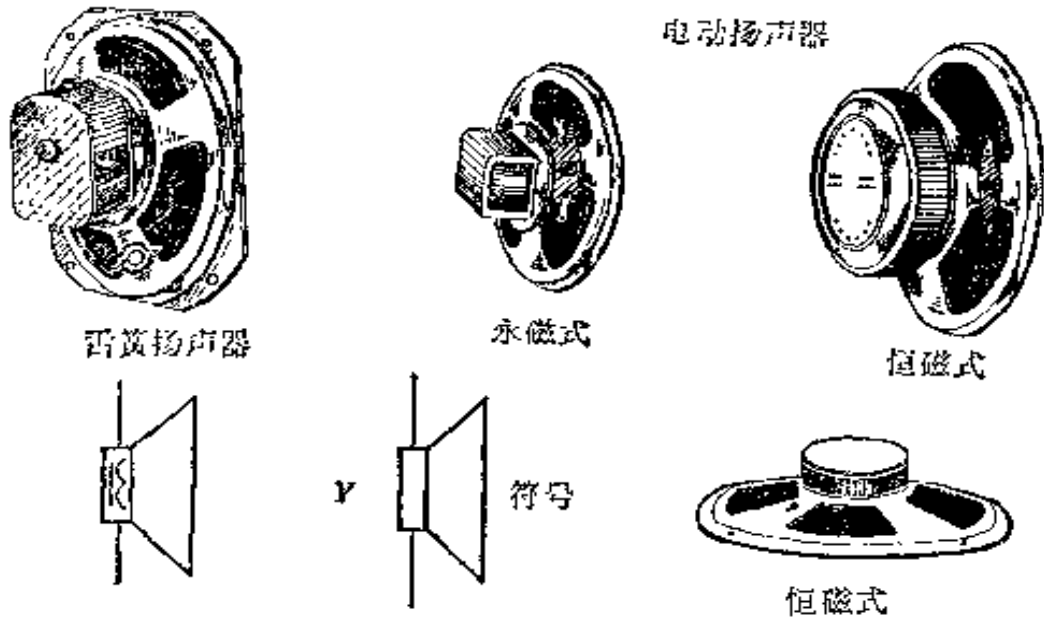


图 5-12 扬声器

电动式扬声器音圈阻抗有 3.5 欧、4 欧、8 欧、16 欧、25 欧等,具有单端输出推挽功率放大器(即无输出变压器)的收音机多采用 16 欧,25 欧。一般扬声器商标上都注有 YD-0.25W 等字, Y 表示扬声器, D 表示电动式, 0.25W 表示额定输出功率为 250 毫瓦, 另外尚有阻抗的数值, 适当选择功率, 尺寸和阻抗数值使扬声器音质和音量方面达到最大的效能。

晶体管收音机中应用的舌簧扬声器最好选用直流电阻 80 欧阻抗 600 欧一种, 在使用阻抗 1000 欧以上的舌簧扬声器时, 必须注意改绕以适合所需的阻抗。它的特点灵敏度高, 价格便宜, 但功率小, 音质差, 输出在 30 毫瓦以下的收音机可采用舌簧扬声器。

耳机又叫听筒, 它是灵敏度比较高的一种电声器件。耳机分耳塞式和头戴式两种, 它的实物外形及符号如图 5-13 所示。耳机的阻抗有 800 欧, 2000 欧和 4000 欧等几种, 晶体管收音机中最好选用 800 欧的一种。

现在还有一种阻抗为 10 欧(直流电阻 8 欧)的耳机, 是专



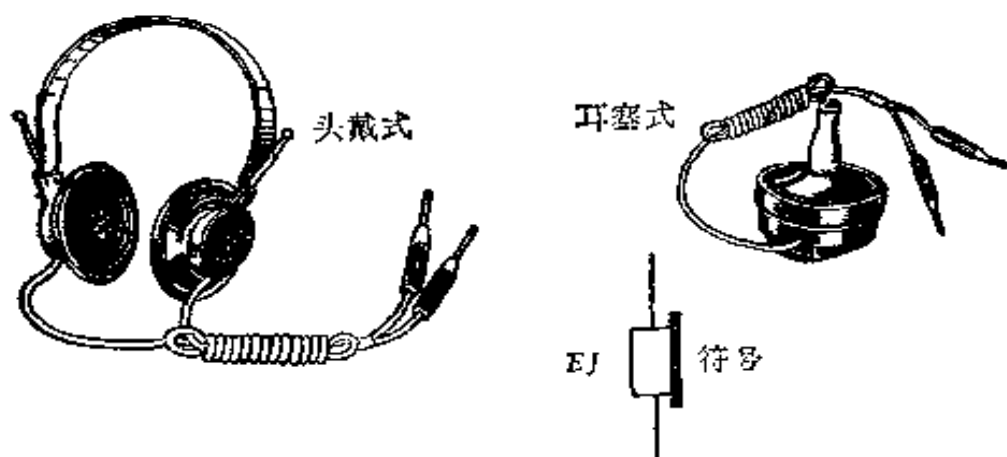


图 5-13 耳机

供晶体管收音机用的。可以直接接在输出变压器的次级代替扬声器使用。

## 九、电池

电池是晶体管收音机的供电电源，收音机中使用的电池都是市售的干电池，不同收音机使用那一号电池必须根据收音机装配体积的大小、经济、电池供应情况来决定。在体积允许的条件下，最好选用一号电池，一号电池容量大，使用寿命长，无须经常更换；如果要求体积小，那么只能采用五号电池或层迭式电池。

晶体管收音机用的电池质量也直接影响收音机的收听效果。电池电压下降不仅音量减轻，音质也变得难听。开始发现收音机有毛病时不要轻易拨动线路，而要先检查电池情况。

现在供应的镍镉电池，体积更小，可以反复多次充电，使用寿命很长，为收音机小型化创造条件，但目前价格较贵。

延长干电池的使用寿命的方法，详见第九章。表 5-4 和表 5-5 是国产干电池规格。

## 十、波段开关

晶体管收音机中常用的波段开关有拨动式（开关式），旋

表 5-4 圆柱形电池

| 型 号                                    | 1 号   | 2 号  | 4 号  | 5 号  |
|--|-------|------|------|------|
| 电 压 (伏)                                | 1.5   | 1.5  | 1.5  | 1.5  |
| 放电时间 <sup>*</sup> (工作电<br>流 25 毫安)(小时) | 约 160 | 约 60 | 约 20 | 约 14 |
| 直 径 (毫米)                               | 33.5  | 25   | 20   | 13.5 |
| 高 度 (毫米)                               | 61    | 50   | 37   | 50   |

表 5-5 层迭式电池

| 型 号                                    | 4F22 | 4F45-2 | 6F22 |
|--|------|--------|------|
| 电 压 (伏)                                | 6    | 6      | 9    |
| 放电时间 <sup>*</sup> (工作电<br>流 10 毫安)(小时) | 约 25 | 约 100  | 约 25 |
| 长 (毫米)                                 | 26   | 31     | 26   |
| 阔 (毫米)                                 | 18   | 31     | 18   |
| 高 (毫米)                                 | 40   | 60     | 50   |

\* “放电时间”以间断放电累计计算,如果连续放电,放电的时间还要适当缩短。

转式,按钮式(推键式)等几种,图 5-14, 5-15 所示为波段开关实物外形图。拨动式接线短,刀数位数少,适宜装二波段收

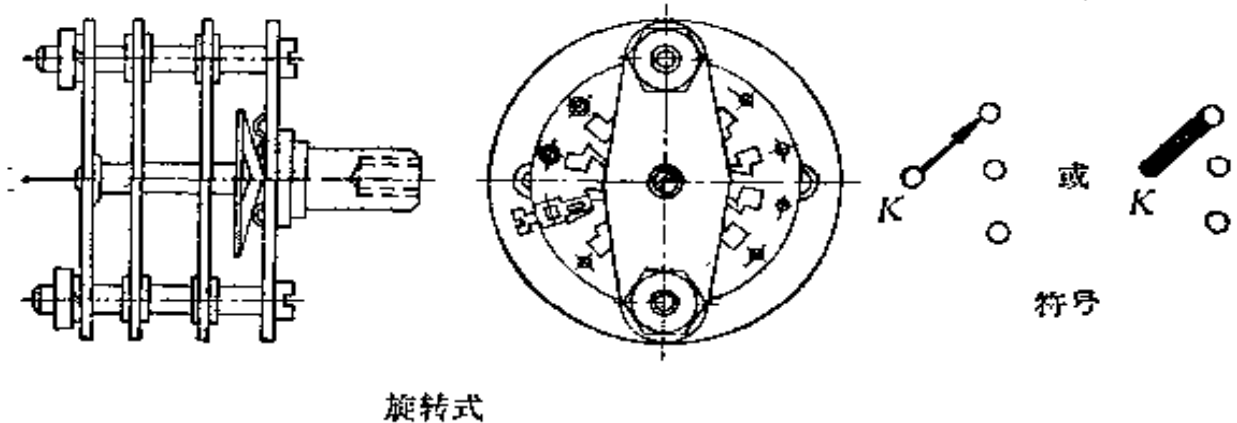


图 5-14 旋转式波段开关

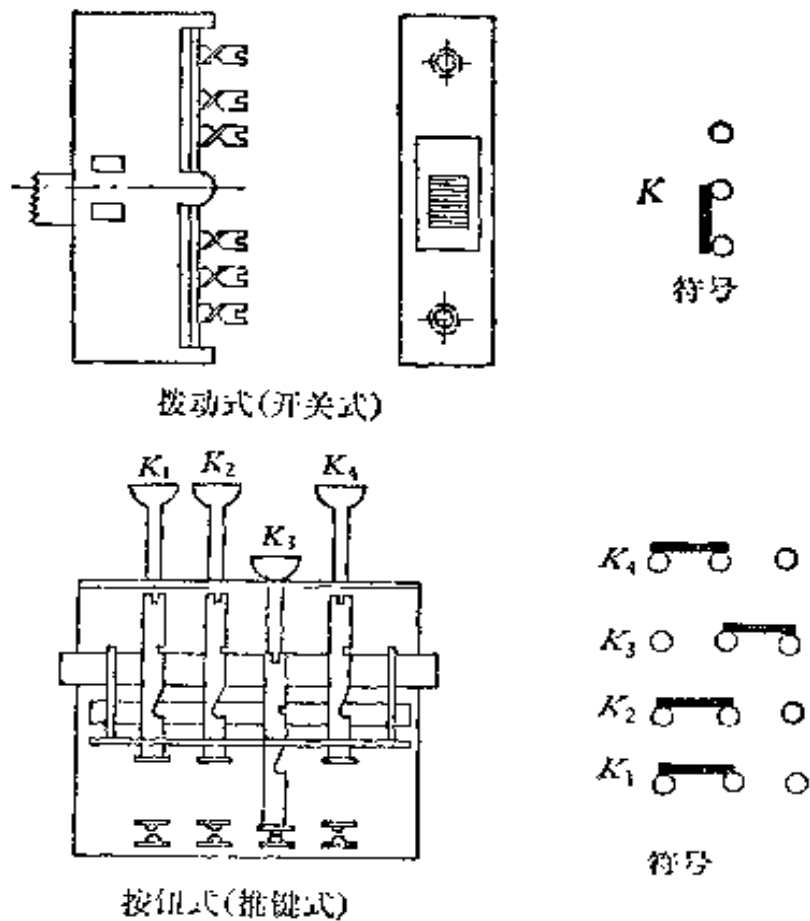


图 5-15 拨动式及按钮式波段开关

音机；旋转式接线长，刀数位数多，适宜装多波段收音机；按钮推键式外形美观，结构复杂，适用于体积较大的收音机中。

袖珍式、便携式收音机都采用小型的波段开关，台式可用大型的波段开关。

### 第三节 结构布局和元件装配

装配收音机，要取得良好的效果，除了要求选用性能良好的电路和元件外，很重要是必须妥善地安排元件的位置、合理的结构布局和保证焊接的质量。

在前面我们已经谈到收音机的结构主要根据零件尺寸决

定。如果有小型元件，收音机结构可做得小些，不仅携带方便，又能充分发挥晶体管收音机的特点。如果元件体积大，整机结构相应要做得大些。结构大小不一样，装配方式也就不同，“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”所以我们就分小型结构和大型结构来考虑装配的问题。

“矛盾的普遍性即寓于矛盾的特殊性之中。”尽管小型结构和大型结构各有其特殊性，但是装配顺序还是差不多的。通常用一张较厚实的纸板或图画纸放在桌上，把要装配的较大的零件都拿出来，在纸上摆摆位置（如图 5-16），基本上将磁棒、双连、电位器、中频变压器、输出、输入、扬声器、管子、电池位置摆定下来，整个结构全貌也就看出来来了。

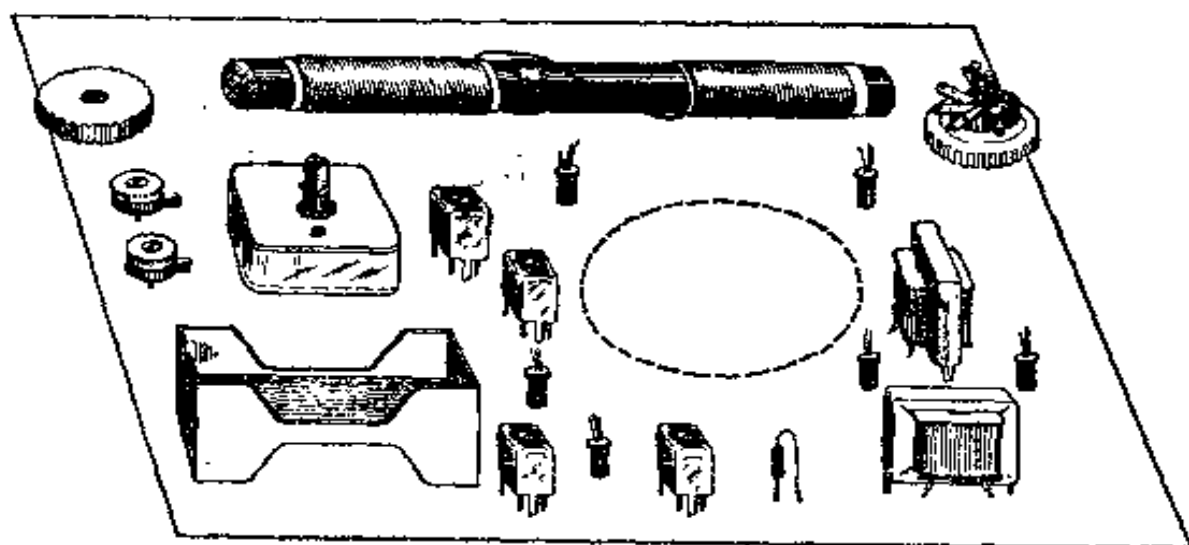


图 5-16 实物排列

元件的位置摆定后，就可以看出大致形状，并在纸上画出固定它们位置的小孔，如图 5-17 所示。从而决定了机芯，并且还可以由此定出外壳长、阔、高的尺寸，据此进行自制或者选购合适的机壳。以后机芯（底板）就可以按纸样裁制了。

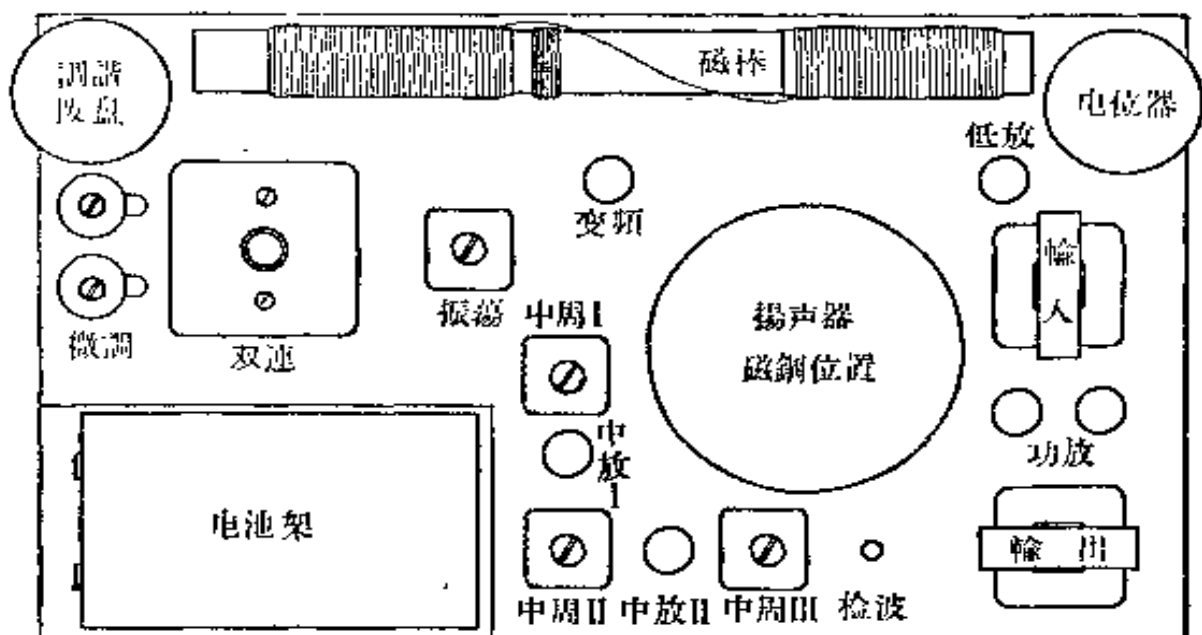


图 5-17 结构布局纸样

### 一、结构布局原则

元件在底板上如何排列,首先要考虑电气上合理性,又要充分利用空间。“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果,一定要使自己的思想合于客观外界的规律性,如果不合,就会在实践中失败。”元件排列基本上有如下一些规律(或者称为结构布局原则):

1. 磁性天线总是平装在整机上端,如图 5-18 所示。切忌竖直放置,也不宜放在底部。电池放在底部,一方面使整机重心降低,另一方面不致于影响磁棒。此外磁棒周围不宜放大型金属零件。

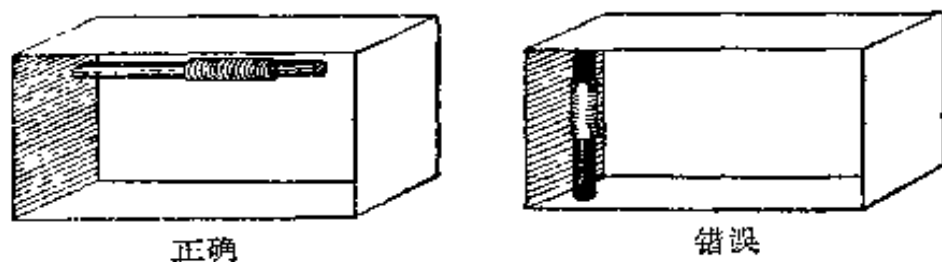


图 5-18 磁棒安装位置

磁性天线与振荡线圈要相互垂直，以免两个回路通过线圈磁场引起不必要的耦合，使性能变坏，磁棒应尽量远离扬声器，以免磁棒磁化，使灵敏度降低。

2. 扬声器一般装在机壳上，不要与底板连在一起，以减少扬声器振动时对其他零件的影响。扬声器不宜和双连可变电容器靠得太近，否则当达到一定输出时容易引起高频机振。

扬声器的位置如图 5-17 所示，从低音的效果来说，放在木箱面板靠旁边较好，通常是靠低频部分如功放级的一边，以免磁场干扰高频元件。这样还使双连受振动的影响最小。

3. 输入输出变压器互相垂直，尽可能远离磁性天线，如图 5-19 所示，中频变压器、输入、输出变压器尽量避免和磁棒平行。

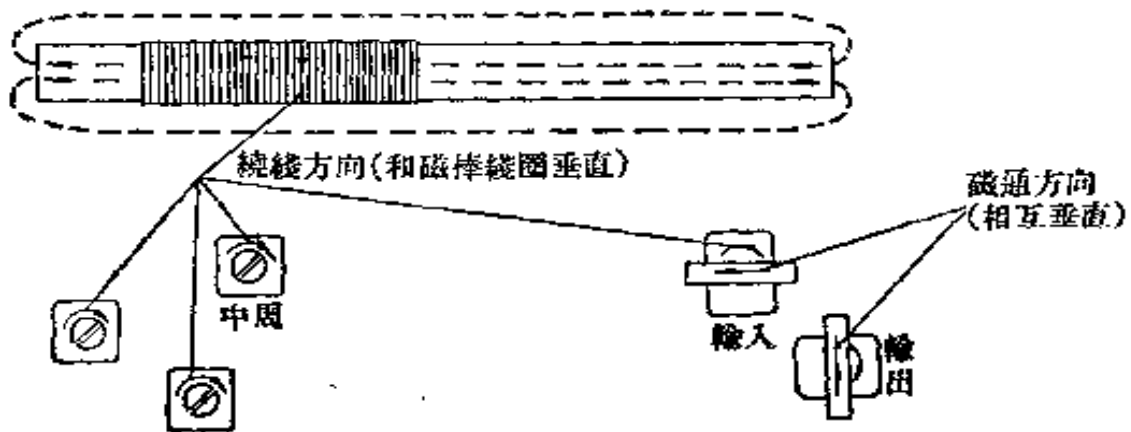


图 5-19

4. 高频电路接线要求尽量短，以减小接线间的分布电容和接线的电感、电阻，从而使收音机工作稳定可靠，性能良好。因此高频部分元件要安排得紧凑，以缩短接线。有些初装收音机的人为了整齐，把波段开关上的所有线都扎在一起，或者一些线都平行，这就增大了线间分布电容，使这些导线中通过的各种信号及其谐波成份相互耦合，彼此干扰，收音机往往产生哨叫。这时，从表面看来，接线排列整齐美观，但信号相互

干扰,影响正常收听,所以实质上是乱了。如果把这些接线尽量缩短,把波段开关接线中容易互相影响的适当分开,不要扎在一起,输入、输出线垂直,或者相距远一些,这样从表面上看,似乎乱了一些,但各种不希望出现的耦合却大大减小了,从而收音机工作稳定。当然,在消除各种不希望出现的耦合的前提下,也应使接线整齐一些。

5. 各级电路的元件排列应该按照电路前后顺序,如图 5-20(1) 所示,以免前后级之间引起耦合,产生自激现象。以较大元件为中心,小元件围绕安置。第一级中周应紧接着变频管,中周引出端方向应选得使接线最短,如果引线长又互相平行,分布电容和电感大,中频频率不稳定,且易引起自激。三个中周尽可能不要并靠在一起(如图 5-20(2)),这样引线虽短,但前后级容易耦合而自激。

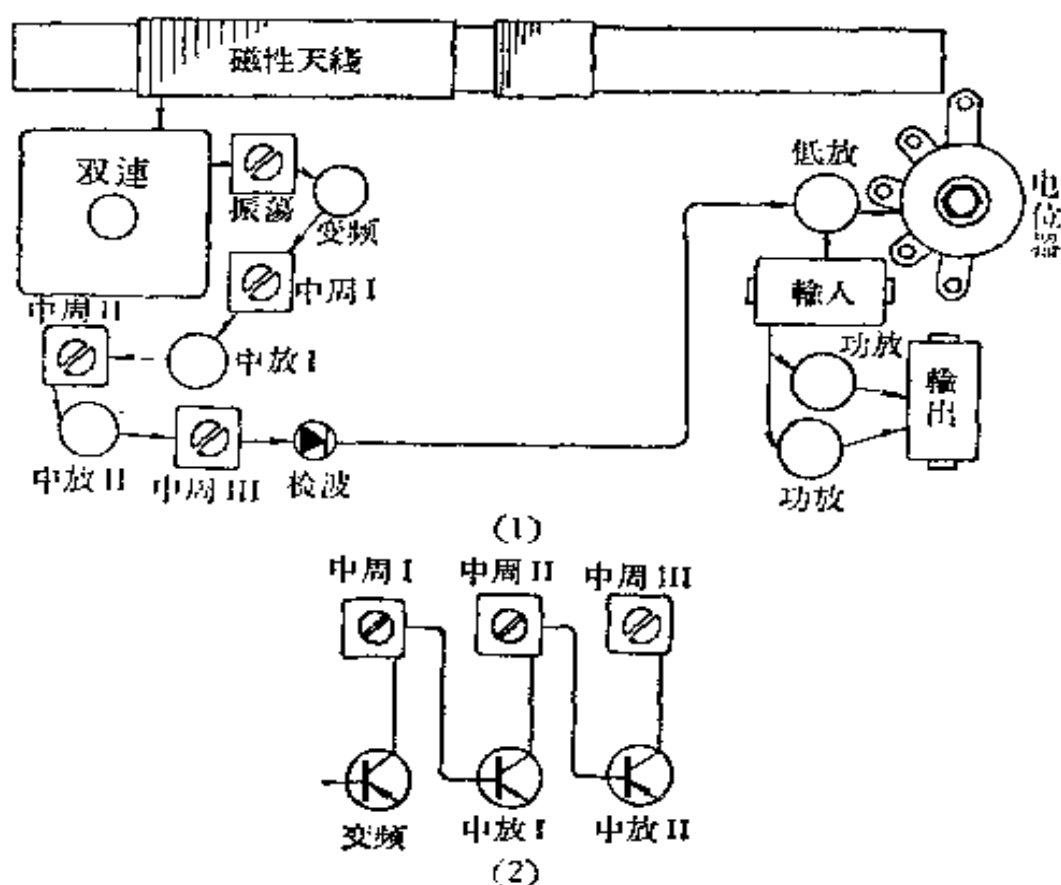


图 5-20

变频尽量远离第二中放和检波，与双连接近。

6. 采用磁性天线的收音机外壳必须采用非金属材料做，如胶木、塑料、木板等等，切忌用金属，以免屏蔽了磁性天线。

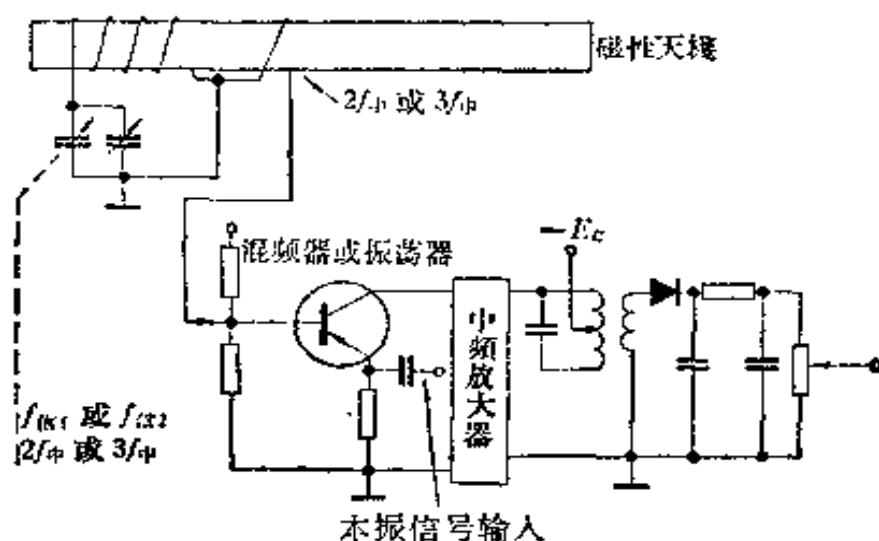


图 5-21

7. 中放检波级应远离磁性天线如图 5-20(1)所示,由于经二级中放后进入检波级的中频信号很强,如中放检波级靠近磁性天线,二次、三次谐波就会被磁性天线吸收,而产生哨叫,破坏正常收音。这种哨叫只限于中波段的 930 千周和 1395 千周附近,只有当此二点附近有电台播音时才产生哨叫,这种哨叫是由检波器的谐波发散造成的,如图 5-21 所示。解决的办法除了中放和检波级远离磁性天线外,也有将检波电路所有元件和导线都屏蔽起来,如图 5-22 所示。另外检波二极管接线越短越好;第二中放集电极滤波电容接地位置尽量靠近第二中放。

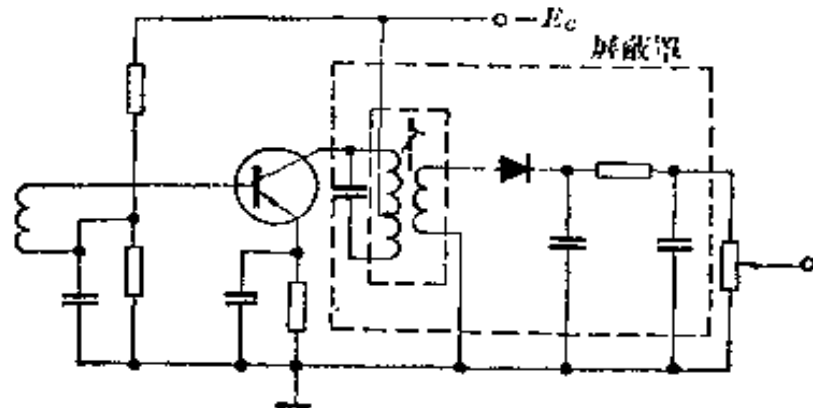


图 5-22

所有元件和导线都屏蔽起来,如图 5-22 所示。另外检波二极管接线越短越好;第二中放集电极滤波电容接地位置尽量靠近第二中放。



红旗 601, 春雷 703 就是采用中频组件罩(见第四章)将第二中放、中周 III 和检波级都装入罩内, 有效地解决了中频二次谐波干扰。

我们掌握了这些规律, 灵活运用, 就不会感到零件众多, 无从下手。只要我们不断实践, 不断总结, 就能逐步进入结构布局的“自由王国”。

## 二、小型结构的装配方式

小型结构通常是采用印刷板或者是铆钉胶木板连接的形式。整个收音机以基板(印刷电路板或铆钉胶木板)为依托构成一个整体, 这是最理想方式, 零件直立(图 5-23)或俯伏于基板上(图 5-24)进行焊接。这种结构线路美观, 排列紧凑。

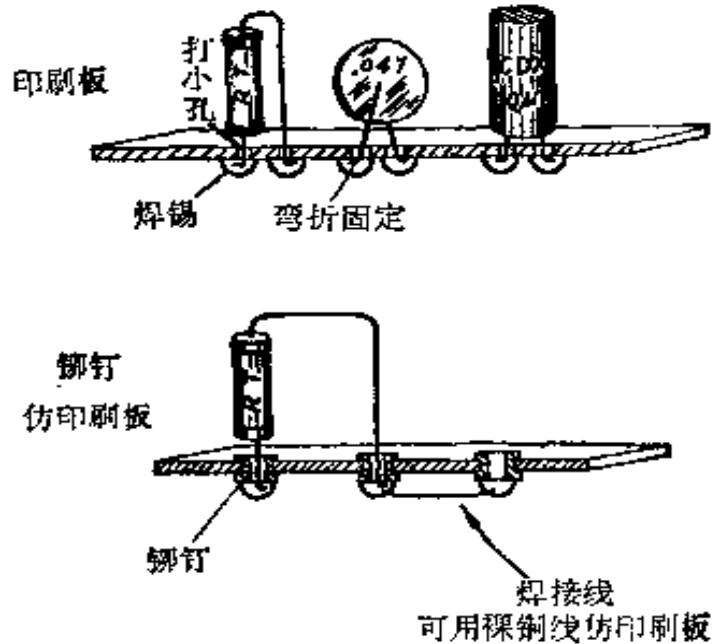


图 5-23 元件直立安装

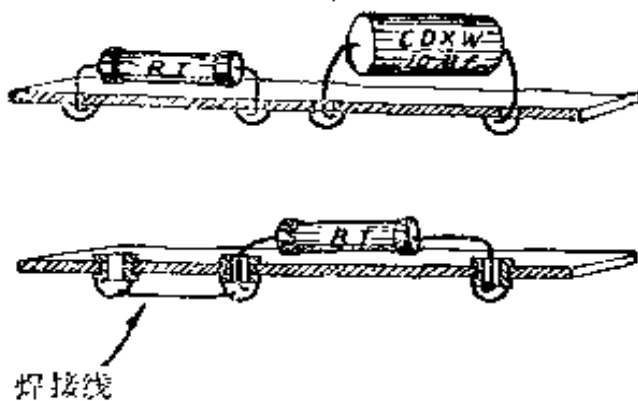
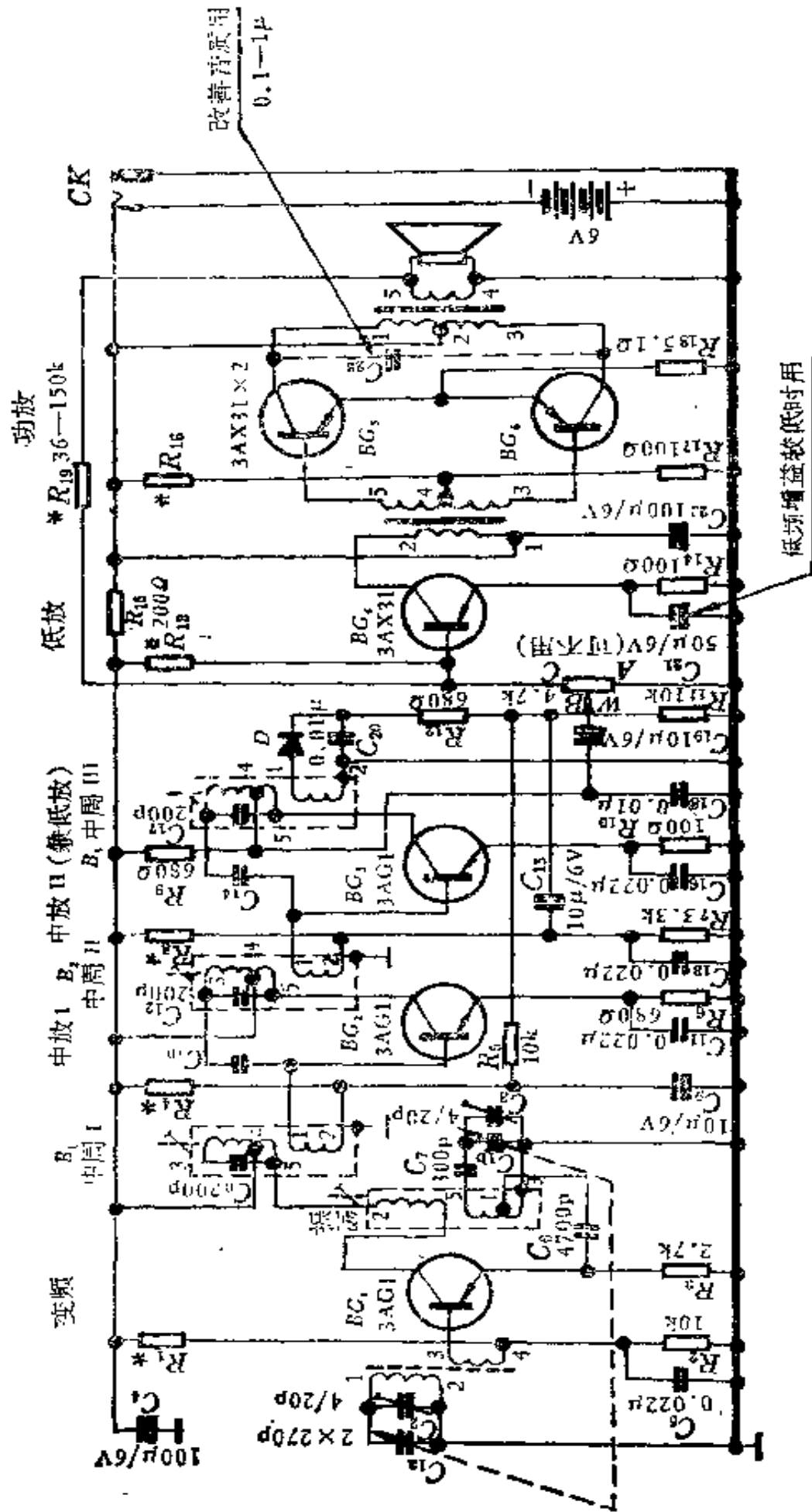


图 5-24 元件俯伏安装

板的方式, 也是很方便的, 根据前面讨论的结构布局原则摆好元件位置(如图 5-16), 画好纸样(如图 5-17), 就可以用一块层压板, 钻好孔, 铆上空心铆钉, 然后把元件插入铆钉孔并焊接



振荡: LTR-3, B<sub>1</sub>: TTF-3-1, B<sub>2</sub>: TTF-3-2, B<sub>3</sub>: TTF-3-3 (4)  
 C<sub>10</sub>、C<sub>19</sub> 中和电容 2—7p 视中放管而定 \*电阻调试后决定 磁性天线  
 M<sub>4</sub> φ10×140 时 L<sub>1-2</sub> 60 匝, L<sub>3-4</sub> 6 匝 (或 M<sub>4</sub> φ10×120 时 L<sub>1-2</sub> 65 匝, L<sub>3-4</sub> 6 匝)

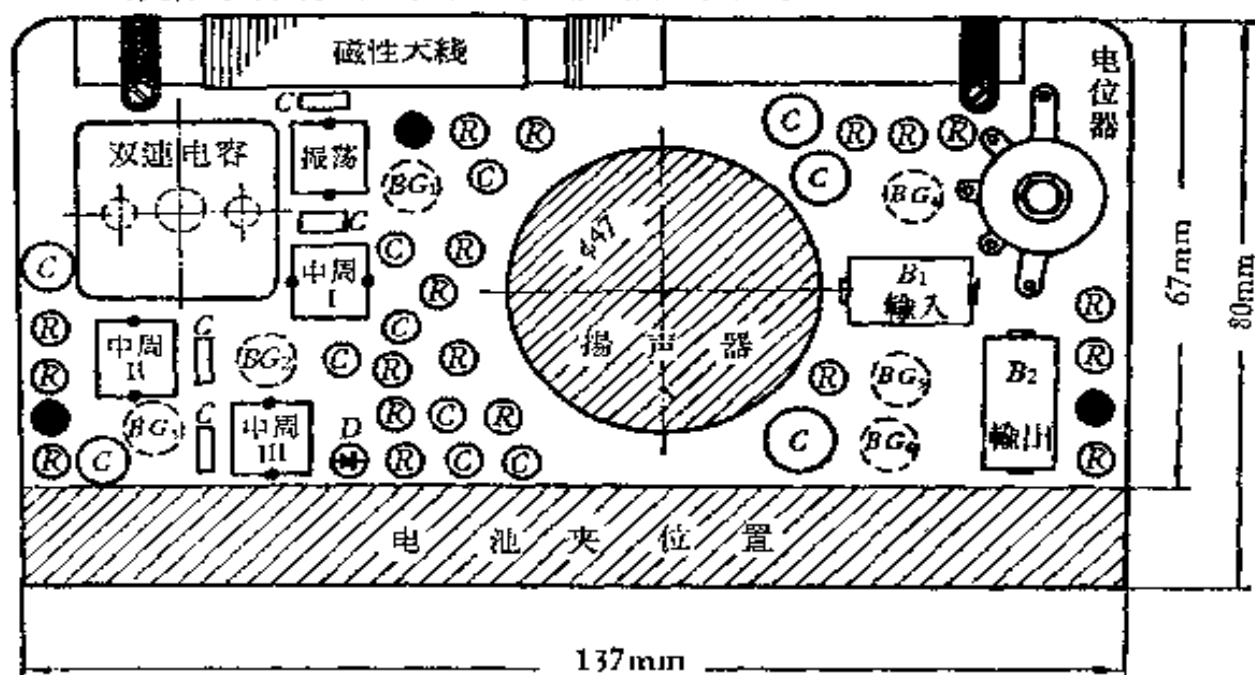
图 5-25 六管收音机电路图

在铆钉上,再把各铆点在另一面按线路连接起来,由于铆点之间的距离不能太近,太近容易短路,因此元件也不能排得太挤。

有时为了进一步缩小体积,装配时也可以不用铆钉,而直接将元件的脚插入小孔,但这时底板上的小孔不宜太大,元件的脚也不能剪得太短,否则元件插入后要松动。

图 5-26 是这种结构的实例,元件是竖立装的。

装配实例: 六管超外差式晶体管收音机



图中: (R)表示电阻 (C)表示电容 (BG)表示晶体管 ●表示机芯紧固用的螺孔  
斜线表示需去掉的部分

图 5-26 结构布局纸样

### (1) 电路图

图 5-25 是一个六管外差式电路,原理参看第三章。根据这张电路图把元件都编上顺序号,以便电路和装配元件一一对应,写一张元件表,便于查核,参阅图 5-20(1) 布局原则,把其中主要元件象图 5-16 摆摆位置,摆好后就可以画出图 5-26 的纸样。

### (2) 结构布局纸样

这种结构布局,我们可以和图 5-20 比较一下,就更清楚

几个原则了。在纸样上要考虑到固定大元件(双连、磁棒、中周、输入输出、扬声器、电位器、电池等)的孔。图中  $R$  和  $C$  是电阻、电容,这是各级小元件,在大元件排定后,可以围绕大元件排列。

### (3) 接线图

图 5-27 是“结构布局纸样”反面的接线图,可能要反复画几次,才能画出来,因为要做到走线近、短、不重迭,所以要画画改改,化些功夫。

图 5-28 是正面元件装配连接图,正好与图 5-26 一一对应,与图 5-27 吻合。

图 5-28 中黑点表示打小孔但不打铆钉,空心小圆点表示打孔后还要打铆钉,以便焊上元件或线。粗线表示底板上面接线。双连上配有二只 4/20 微微法超小型微调电容器,定片接双连  $C_{1a}$ 、 $C_{1b}$  的定片引线,动片接地。

六管外差式收音机对初装者看起来无论是电路或结构都比较复杂,前面讲了结构布局原则,但是第一步究竟怎样动手装?动手装应该一级一级装。布局好后,可以先装第一级变频(或者倒过来从末级功放开始也可以)。电路(图 5-25)、布局(图 5-26)、连线(图 5-27, 5-28)中的元件、焊点、管子脚  $e$ 、 $b$ 、 $c$  都一一标出,编上号,一一对应,顺序从左到右、从上到下、每焊一条线,就在电路上对应处用红笔画上一条,到红笔画满,也就焊完。第一级焊好,再焊第二级。全部焊成后,再按第六章进行调整工作。各级电流数据也在第六章中给出。

这台六管机实际装置效果(1)输出功率:120 毫瓦。(2)整机灵敏度:在 600 千周、1000 千周和 1600 千周三点测量不大于 1 毫伏/米。(3)选择性:±10 千周大于 20 分贝。

显然,图 5-27 这种铆钉仿印刷板结构很容易做成印刷电路。这里外壳是采用市售 67-5 型或东风 205 型成品。

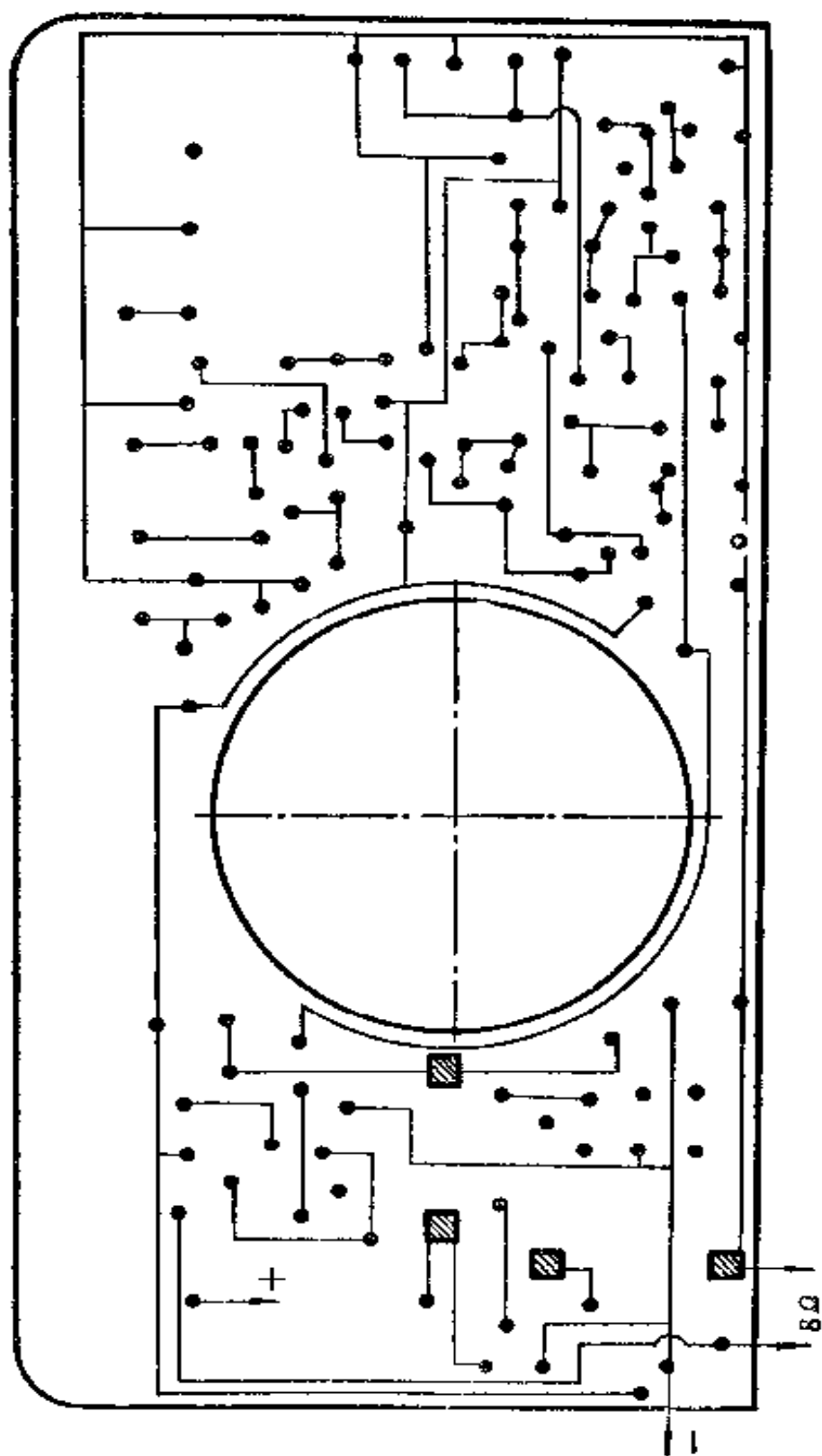


图 5-27 接线图

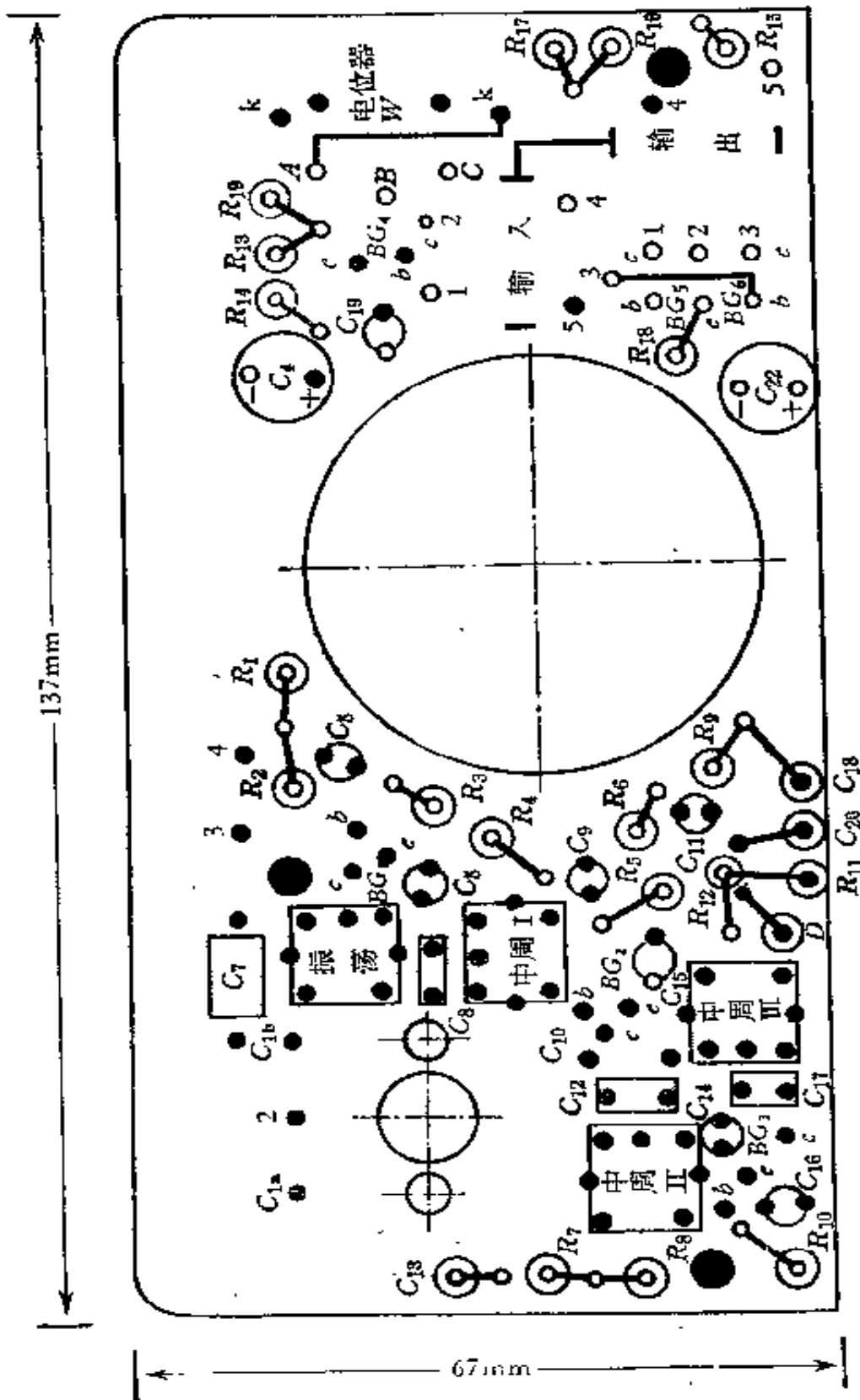


图 5-28 元件装配图

图 5-29 为凯歌 4B3 型超外差式六管机的结构布局图,该机宽 62 毫米,长 92 毫米,只有烟盒大小。整个收音机也是用印刷板作依托,55 毫米口径扬声器直接装在机壳上,远离磁棒,磁棒在上面,9 伏层迭电池在下面,第二中放和检波管远离磁棒在右下角。元件直立装配,采用印刷电路,整个结构非常紧凑。

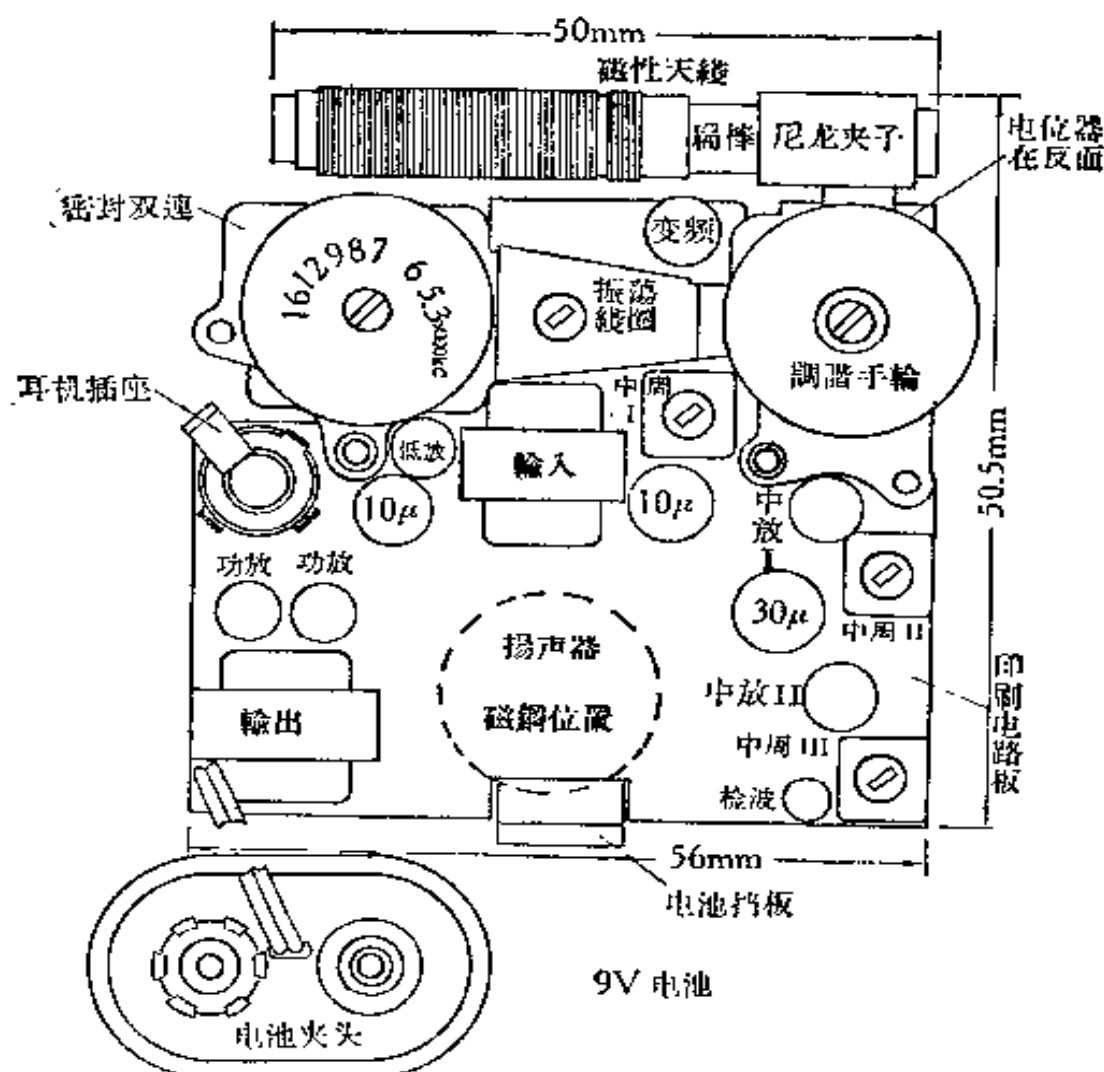


图 5-29 凯歌 4B3 六管袖珍式外差机结构

图 5-30 是熊猫 B802 型八管三波段晶体管收音机装配结构图,采用印刷电路板,元件竖立排列,外形尺寸  $220 \times 119 \times 48$  毫米<sup>3</sup>,用二号电池四节。

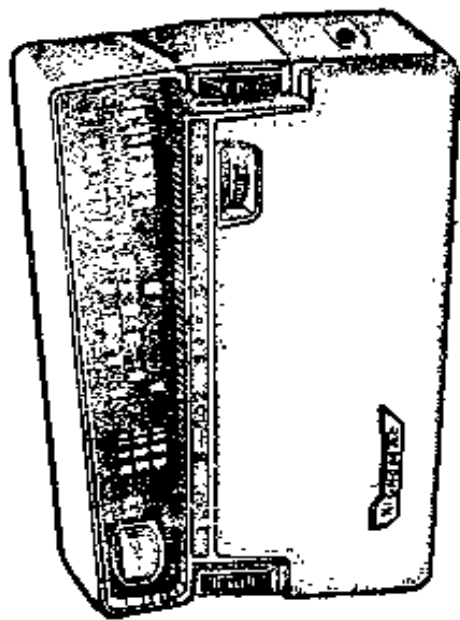


图 5-30(1) 熊猫 B802 外型

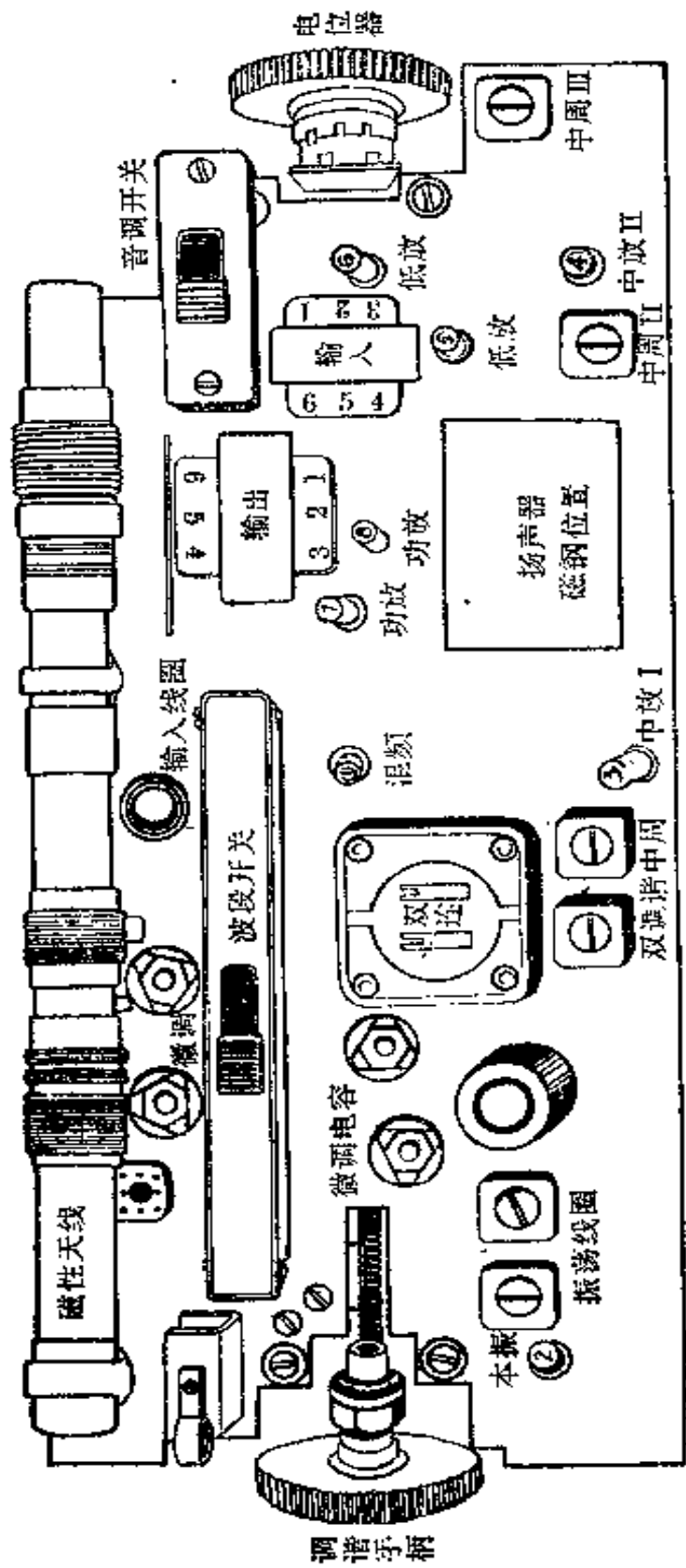


图 5-30(2) 熊猫 B-802 型晶体管收音机装配结构图



它的结构布局及各级电路主要元件排列顺序如图 5-31 所示。可见它的第二级中放、中周 III、检波管远离磁棒，输入输出互相垂直，磁棒在机壳上面，电池在下面。

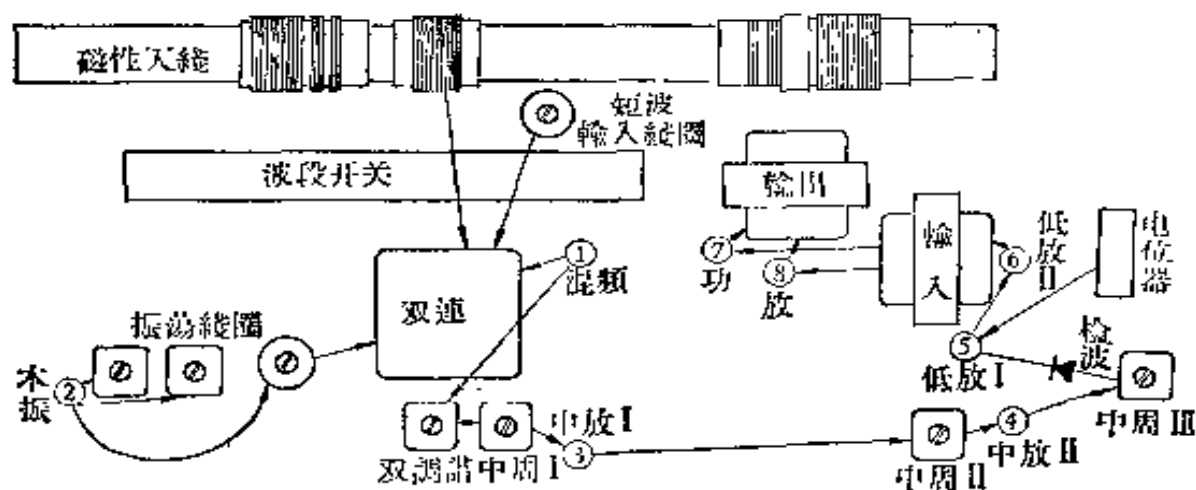


图 5-31 主要元件排列顺序

### 三、大型结构的装配方式

大型结构的形式很多，有的是用印刷电路板配上大双连、大口径扬声器、一号电池，图 4-6(3) 所示的红旗 604 就是这种结构。

还有一种台式结构，机箱就用交流收音机的木壳，底板用铁底板，或者利用旧收音机底板、扬声器、双连、控制旋钮。磁棒应装在底板上面，以免受铁底板屏蔽，而且要尽量远离铁底板，如图 5-32、5-33 所示。

电池为了更换方便也不应放在底板下面而应放在铁底板上，但不宜靠近磁棒，可以装在另一侧，如图 5-34 所示。

晶体管也可以直接焊在底板下面的接线架上，图 5-34 是 2J1 型的台式结构，图 5-35 是熊猫 B701 型的台式结构。它们都是用的普通大元件，元件、管子都装在底板下面接线架上，底板上面只装磁性天线、双连、中周和电池，输入输出

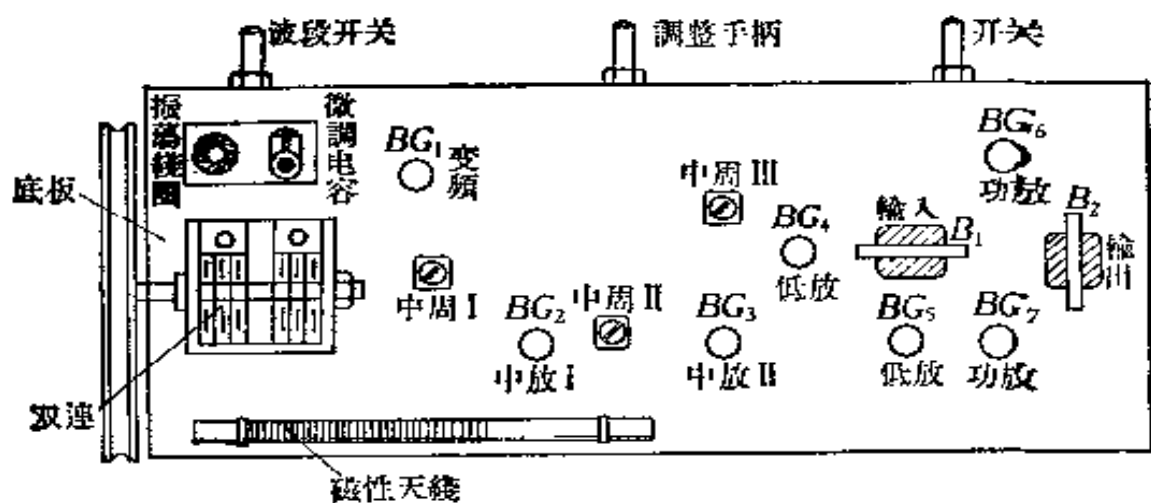


图 5-32 中短波七管大型结构

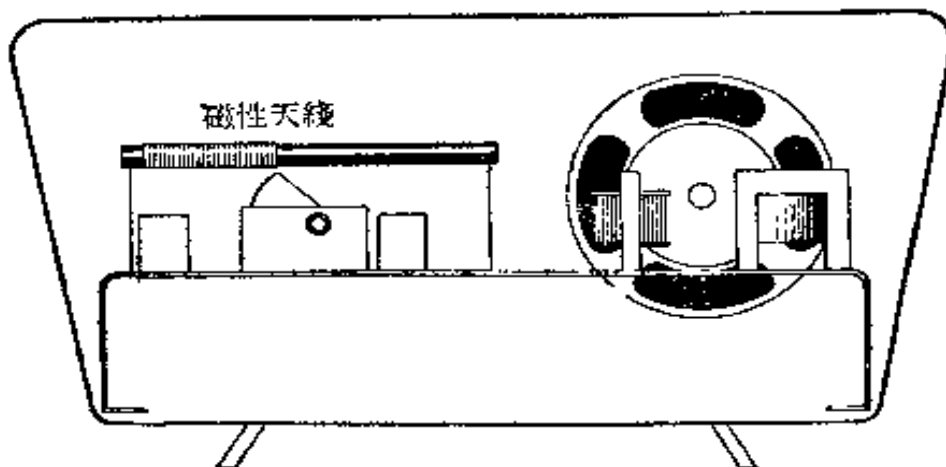
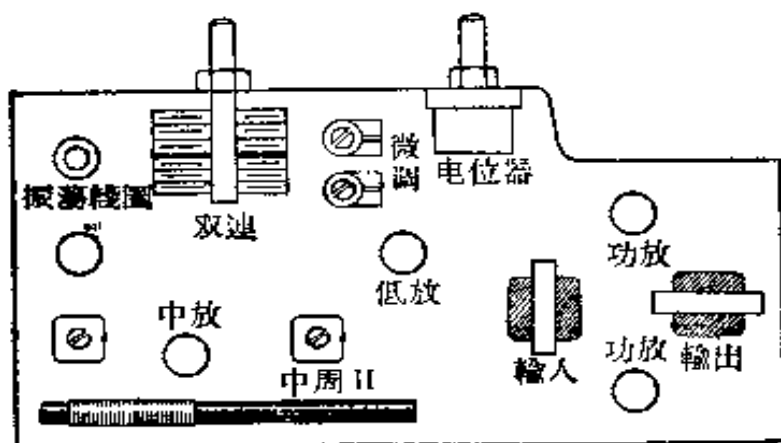


图 5-33 五管大型结构

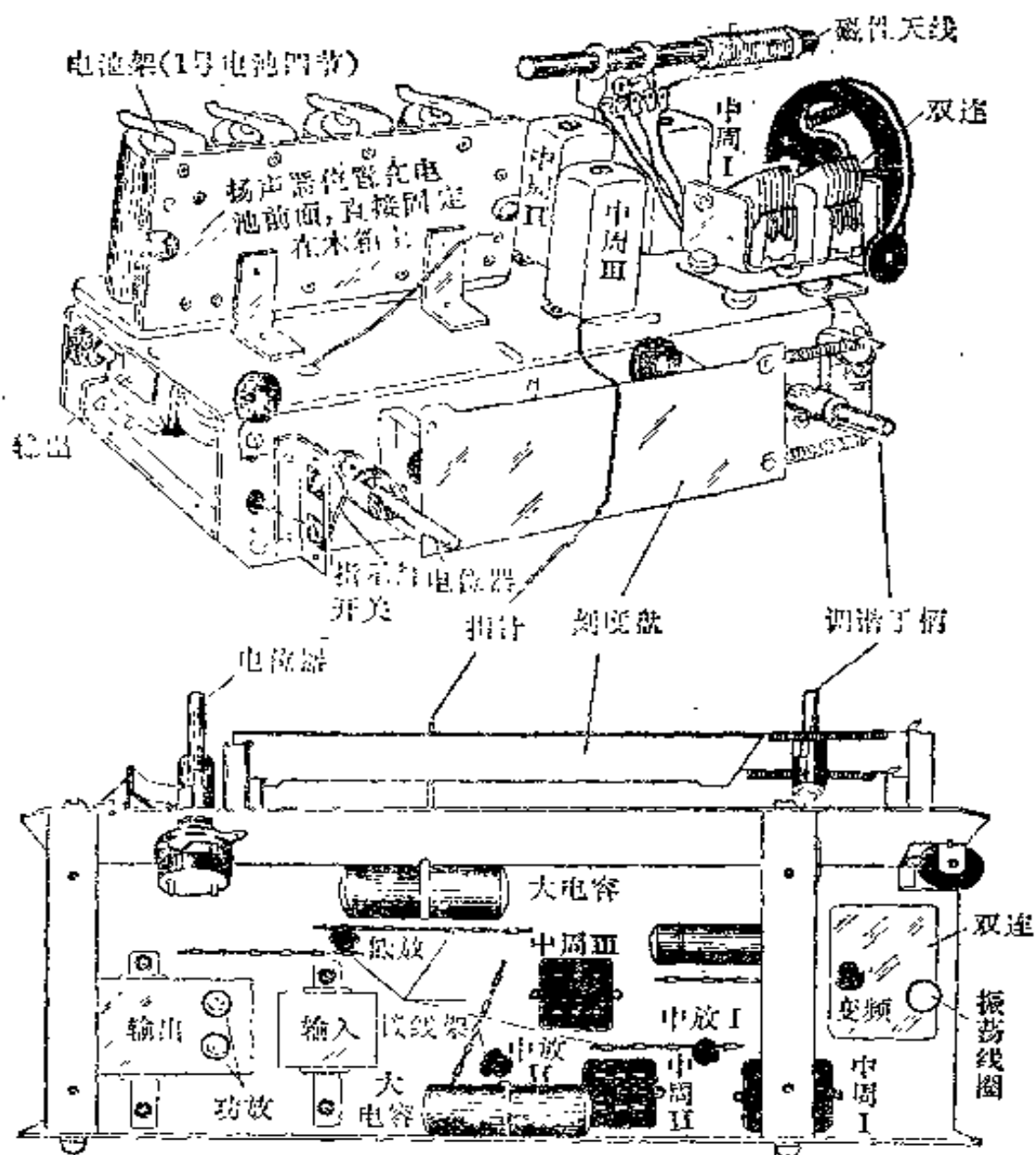


图 5-34 2J1 型台式结构

变压器装在底板上下都可以。大型结构只要安排合理，同样可以装出性能良好，美观大方的收音机来，而且采用大口径扬声器由于木箱大，助声好，使我们听革命样板戏可以获得更好的音色。

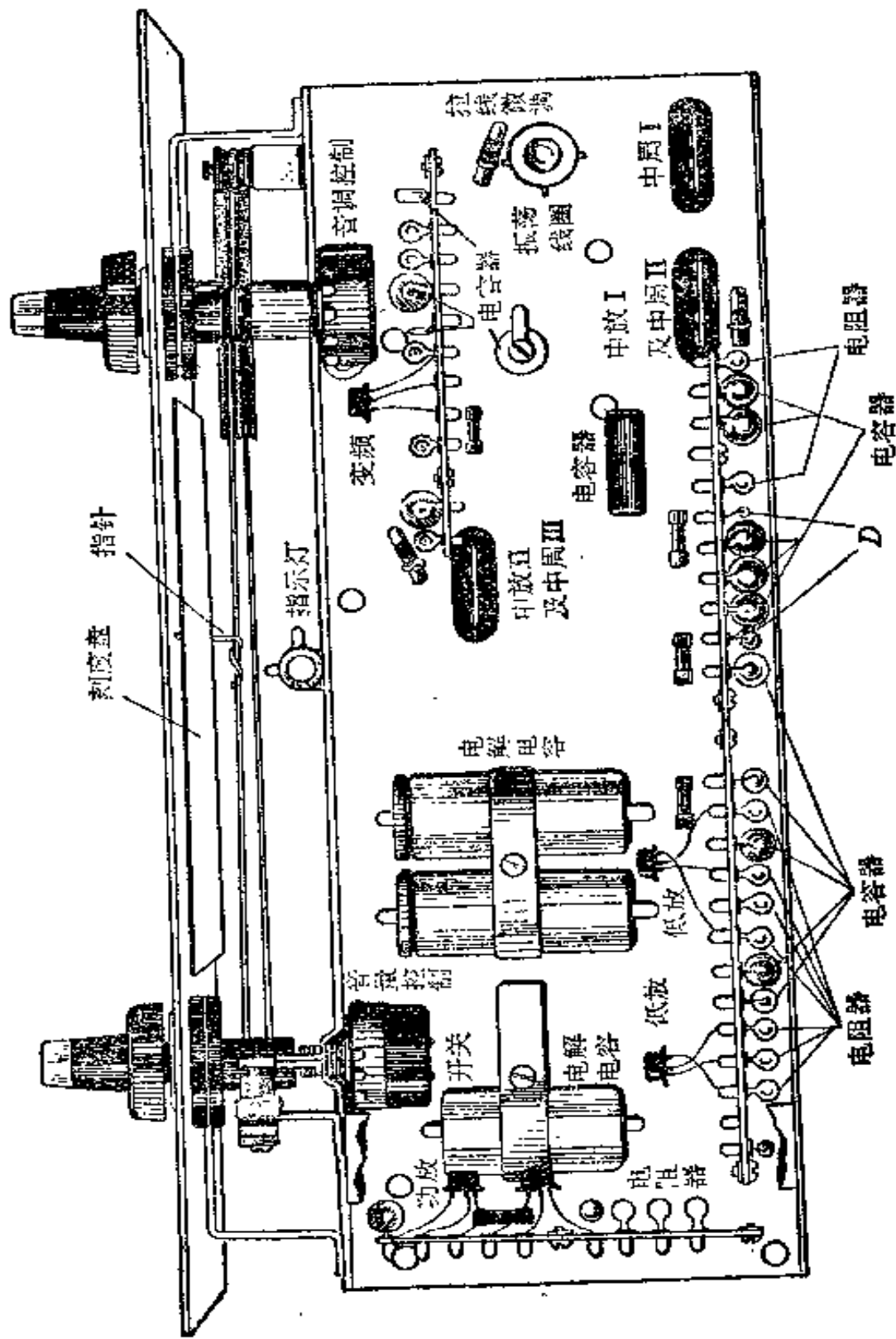


图 5-35 熊猫 B701 型台式结构

#### 四、布线装接应注意的一些问题

中频变压器屏蔽罩接地应保持可靠,否则失去屏蔽作用,反而带来损害。

很多接地点要连起来,但是不应成闭合回路。各级电路尽量采取一点通地,对于直接偶合的前置放大以及无输出变压器电路通地点要倍加注意。

双连两组定片的引出线不能绞合,也不宜靠得太近,以免降低灵敏度,或者调节电台时出现死点(信号中断)。振荡连定片的引出线要用直径约为1毫米的粗线,对防止机振有效果。

空气双连一般有橡皮圈防震,因此接地要十分注意,应从接地弹簧片上焊出多股铜线作地线。

高频电流集肤效应较严重,高频部分接线最好用较粗的镀银铜线以减少损耗,同时也可增加机械强度。

元件在底板上分布应均匀,接线要整齐美观,并可用彩色线区别电路,便于检查。

上面谈了不少结构布局的原则和元件装配的方法,似乎有不少“禁忌”,好象装配不简单,困难重重,其实并不难,只要我们反复实践,认真总结经验,我们就能逐步掌握它的规律。但是也不能马虎,有些人即使原原本本按照某一收音机线路进行装配,但装配出来的收音机并不理想,甚至不能正常收听,其原因有时就是结构布局不合理。

### 第四节 焊 接

在装配工作中,焊接技术是很重要的。收音机元件的装接,主要利用锡焊,不但能固定零件,而且能保证可靠的电流通路,焊接质量的好坏,将直接影响收音机质量。例如不良的

焊接会使零件损坏或电路不通,或者引起接触不良的噪声,以及接点脱落或假焊等。虽然焊接技术不很复杂,但是必须认真对待。

## 一、焊料和焊剂

收音机的焊接,绝大多数是使用“铅锡合金”作为焊料,这种焊料通常简称为“焊锡”。目前市售的焊锡通常是焊锡丝。焊锡丝中有松香,也叫松香焊锡丝。收音机焊接中使用这种焊锡丝最为便利。

焊剂:金属暴露在空气里,表面常常会形成一层氧化物,对焊接带来一定的困难,而用焊剂可给焊接带来方便。常用的焊剂有下列几种。

1. 氯化锌焊剂是白铁工场常用焊剂,它对氧化物和污垢有很好的清除性能;但是它的腐蚀性很强,使用后经清洗也难以将留在隙缝中的残余成分洗清,晶体管收音机中切忌使用这种焊剂。

### 2. 焊油(焊膏)

焊油是初焊的人常常应用的一种焊剂,市售的品种很多,酸性焊油和氯化锌焊剂一样,有腐蚀性。盐基性焊油虽然不带酸性,但是日久仍会使铜件产生铜绿,使用后必须把它擦净。采用印刷电路板的收音机不宜使用焊油。

### 3. 松香焊剂

松香没有腐蚀作用,它是收音机焊接中使用最为普遍的一种焊剂。使用方法最好将松香压成碎末,以一分松香放入一至四分的酒精中浸泡溶解成糊状或液体状即松香水,这种松香水很容易挥发硬结,硬结后的松香仍然可用酒精再行溶解。固体松香也可以直接用,使用时可以放在小盒子内,以保持清洁。

#### 4. 中性焊剂

适用于焊大型金属物体、零件、组合件及晶体管上锡等，工厂常常使用。

## 二、烙铁的使用

烙铁是焊接的主要工具之一，电烙铁的功率大小应根据焊接件的要求进行选择。焊接处面积大时，所需热量也大，选用电烙铁的功率也要大些。

焊接晶体管收音机使用 25 瓦的电烙铁已经足够，业余制作中也可用 45 瓦电烙铁。

新烙铁加热使用以前，烙铁头（铜做的）端部要先锉刮干净，然后接通电源，在温度渐渐上升的过程中，先在烙铁头上涂上焊剂少许，待加热到锡的熔点时，再将烙铁到焊锡上去蘸取，烙铁头会很容易地沾附上一层光亮的锡，烙铁便可使用。烙铁经长期使用后，烙铁头将逐渐被氧化，氧化部分锡就沾不上去，当烙铁头完全被氧化（烧死）时，我们可用锉刀将烙铁头



图 5-36 烙铁头

表面氧化物锉去，然后象新烙铁一样重新涂上焊剂，上锡后即可使用。为了延长烙铁头的寿命，要经常使烙铁头表面保持清洁及经常上锡。

烙铁头可分成斜面直头和斜面弯头两种，在一般情况下采用斜面直头，需要焊接弯角地方可以采用斜面弯头，如图 5-36 所示。

## 三、焊接方法

### 1. 保持焊接处和焊接物的清洁

焊接处应事先用砂纸或小刀刮清洁，到露出新的表面，随即涂上焊剂即可焊接。被焊元件最好先上锡，这样容易焊牢，

而且不伤零件。如果忽视这一工序,不仅焊不牢,而且容易出现虚焊。

## 2. 烙铁温度和焊接时间要适当

焊接时应让烙铁头加热到温度高于焊锡的熔点,并掌握焊接时间,使焊接点的温度高于锡的熔点。如果烙铁功率过小,或烙铁头接触焊接点时间过短,由于焊接点温度低,热量供应不足,焊出来锡面不光滑,结晶粗糙,甚至使焊接点象豆腐渣一样,那就不牢固。另外由于焊接时间太短,焊剂未能充分挥发,在焊锡与金属之间还会隔一层焊剂,形成虚焊。反之,则金属上的焊锡容易流散,使焊接点焊锡量不足,也容易不牢,对于晶体管收音机还可能出现烫坏管子、电解电容器,损坏印刷电路板或胶布板及其他零件。

送到焊接点上去的焊锡不能太少,否则焊接不牢,但也不要太多,形成一大堆,而内部未焊透。焊锡量要适中,即将焊接点零件脚全部浸没,其轮廓又隐约可见。

焊接时,我们不必将烙铁头在焊接点上来回移动,或用力下压,要想焊得快,焊得好,应恰当选择烙铁和焊接点的接触位置,然后用烙铁头搪锡面去接触焊接点,这样传热面大,焊接也快。

焊好后,拿开烙铁,焊锡还不会立即凝固,特别是体积较大的焊接点更是如此。因此焊接好后,稍停一些时间等凝固后,即可去掉手捏的元件或手拿的钳子,镊子。如未凝固时移动焊接零件,焊锡会凝成砂状或是附着不牢固而引起假焊。

## 3. 印刷电路板的焊接

装配晶体管收音机如采用印刷电路板,焊接前先将上过锡的元件按线路图分别插入印刷电路板的孔内,弯绕一下。弯绕见图 5-23, 5-24。然后用烙铁分别将接点焊牢。



印刷电路板焊接的时间及温度应有控制,一般采用25—45瓦烙铁。焊接时间几秒钟就行,如果时间过长,会使印刷电路板铜皮翘起;如果时间太短,会造成假焊。

#### 4. 铆钉胶木板的焊接

装配晶体管收音机如采用铆钉胶木板,焊接前先将铆钉刮清外,上好锡,上锡时可用钢针从铆钉孔穿过,以免塞住铆钉孔,将上过锡的元件按线路图分别插入铆钉孔内弯绕一下,然后用烙铁分别将接点焊牢。通常是一个铆钉焊一个元件头比较整齐美观。

铆钉胶木板的焊接时间不能太长,时间过长,胶木板烧焦,铆钉旁边起热泡使铆钉松动。时间太短会出现虚焊。

#### 5. 晶体管的焊接

晶体管的焊接一般在其他元件焊好之后进行,焊接前先将管脚认清楚,使管脚剪到长短合适,然后上好锡。初学焊接时用镊子或尖头钳夹住管脚进行焊接,增加散热,可以防止烫坏管子。一般讲焊晶体管要快一些好。

焊接结束之后,首先检查一下有没有漏焊、虚焊等现象。虚焊是比较难发现的毛病,造成虚焊的因素很多,检查时可用尖头钳或镊子将每个元件轻轻的拉一拉看是否摇动,如发现摇动应重新焊接。

漏焊多数由初学者对线路不熟悉或思想不集中所造成,焊接完毕之后应对一遍线路。

装配工作就谈这些,主要靠我们实践中去摸索,亲自动手装体会就会加深了。如果只是看看书本,不去操作,等于看书学游泳而不下水,那么一辈子也学不会的。

## 第六章 晶体管收音机的调整和测试

“矛盾是普遍地存在着,矛盾存在于一切过程中”,前面我们讨论了装配的问题,紧接着收音机的调整问题产生了。收音机装配好以后,尽管元件、接线检查无误,然而接通电源不一定能收到播音,或者仅能收到一、二个电台,或者收到的电台声音轻,甚至出现哨叫自激,耗电太大等现象,这主要因为收音机没有调整好,比如各级晶体管电流不一定合适;又比如中频变压器(中周)出厂检验虽已校准在中频 465 千周,但它接入电路后,由于接线电容、分布电容等等的影晌,会产生频率偏离。总之,每一级的工作状态以及各级之间的美好配合,都必须在晶体管收音机调整中解决。

那么究竟要调整些什么呢?

主要有四项:(1)调整晶体管的工作点;(2)调整中频频率;(3)调整频率范围(对刻度);(4)统调(调整灵敏度)。

“对于所论的矛盾不真正了解,就不可能有中肯的分析。”因此,我们在第一节先讨论这四个调整方面存在的矛盾,谈谈调整的基本原理。二、三、四节讨论具体调法。如第二节讲晶体管收音机各级工作电流(工作点)的调整方法;第三节讲晶体管收音机中频频率、频率范围、灵敏度的几种调整方法以及使用通用仪器的调整方法;第四节介绍不用仪器及电表的调整方法,简单谈一下调整中通常发现的一些故障和排除问题。第五节介绍整机生产厂对一些主要技术指标的测试,提供新参加整机生产的同志参考。

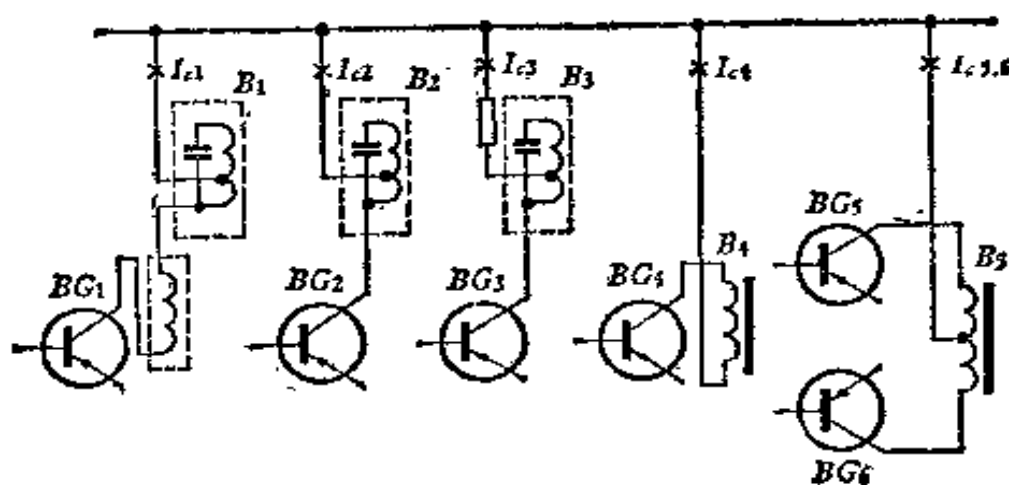
## 第一节 调整的基本原理

在讨论具体调整方法以前,我们先讨论调整工作点、调整中频频率、调整频率范围、统调等的工作原理。

毛主席教导我们:“我们是马克思主义者,马克思主义叫我们看问题不要从抽象的定义出发,而要从客观存在的事实出发,从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。”遵循毛主席的教导,我们就从客观存在的事实出发,进行分析,从中找出调整的具体办法来。

### 一、调整工作点(静态工作电流)

在晶体管收音机中具有各种不同的电路如变频、中频放大、低频放大、功率放大等等,晶体管在这些不同的电路中都处在一定的工作点(静态工作电流)工作。各级工作电流可通过电流表接在集电极回路中测得。如图6-1所示。例如图5-25六管超外差式收音机各级电流应为:



图中×系电流表(毫安表)接入处

图6-1 超外差收音机各级工作电流测量方法

变频  $I_{c1} = 0.3—0.6$  毫安;第一中放  $I_{c2} = 0.4—0.6$  毫安;第二中放(有来复)  $I_{c3} = 1.5—2.5$  毫安;低放  $I_{c4} = 1.2—2.5$  毫安;功放  $I_{c5,6} = 2—4$  毫安。

各级工作电流数值如何规定的,在第二、三章分析单元电路中已分别叙述,这里扼要概括如下:

变频器电流大些,本机振荡容易起振,同时变频增益也高,但是噪声也大了。考虑变频增益和噪声这一对矛盾,一般选在  $0.4—0.6$  毫安。如果所使用的管子  $\beta$  较高,电流可取得小些,这样噪声可以小些。

中频放大器第一级一般选在  $0.4—0.6$  毫安,适应加自动增益控制信号,第二级中放选在  $0.6—0.8$  毫安,以获得足够功率增益。有来复低放时,这级就要调到  $1.5—3$  毫安,以兼顾来复低放增益和防止低频信号失真。当然这级电流大了会牺牲一些中频增益,但从整机全局出发还是可取的。

推动级一般调在  $1.2—2.5$  毫安,在失真度小的情况下提高功率增益。如果具有两级低放,前置级电流可取小些,约  $0.6—1$  毫安,这里主要从噪声考虑,推动级电流宜适当大些。

末级功放一般调在  $2—4$  毫安,主要为了克服小信号失真。但电流不能调得太大,否则效率降低。

## 二、调整中频频率(调中周)

在第三章第一节中我们已经了解到超外差收音机有了中频放大,可以使整机的选择性和灵敏度都做得很高。

由于高频信号通过变频后变换为固定中频信号,放大器增益容易做得高,因此得到了较高的灵敏度。中频回路的  $Q$  值对通频带和选择性有直接影响, $Q$  值太低则回路选择性差, $Q$  值太高则通频带变窄,产生失真。一般情况下, $Q$  值设

计在 40—60 左右 (这里的  $Q$  值是指接入电路后的有载  $Q_L$ , 中频变压器的空载  $Q_0$  通常是大于 80)。对于选定的单调谐中频变压器来说, 通频带、选择性都已决定了。调整中频变压器主要使中频变压器谐振在固定的 465 千周中频频率上, 以获得需要的通频带和选择性。调整时, 通常就是调整中频变压器电感线圈中的磁芯, 改变其电感量, 如图 6-2 所示, 中频调好后, 就不再变动了。

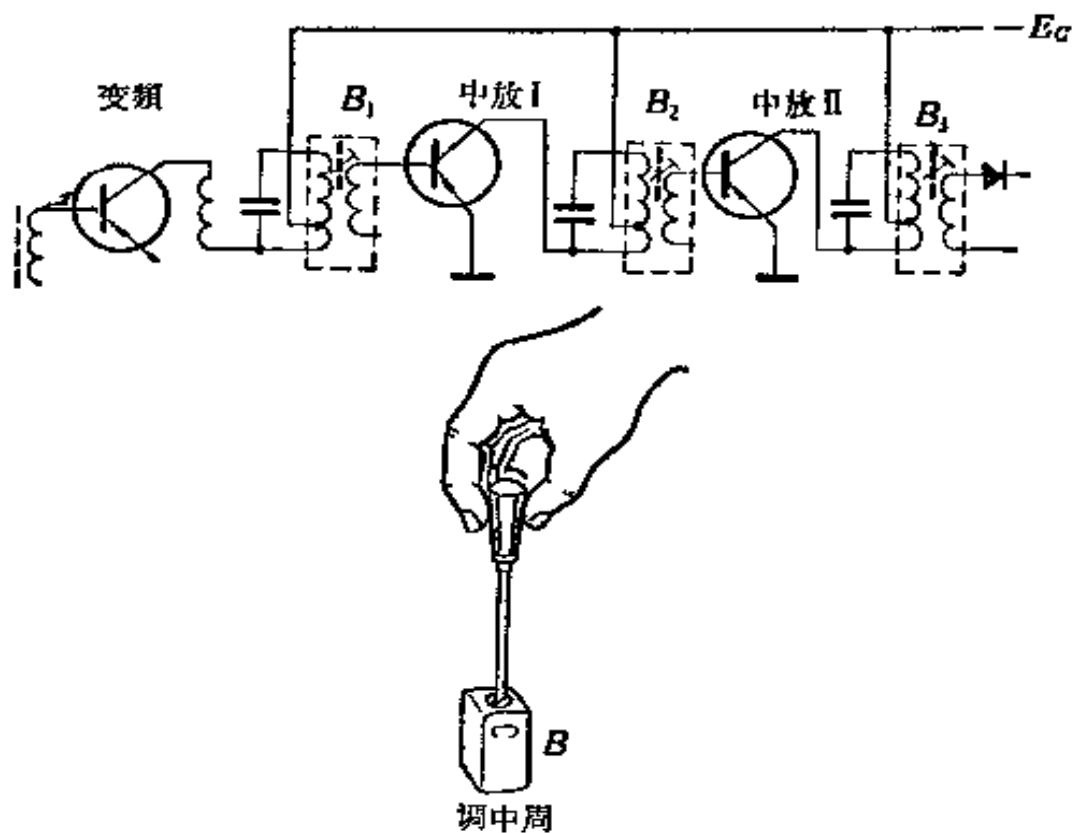


图 6-2 调节中频变压器电感线圈中的磁芯

### 三、统调(调整灵敏度)

在超外差式收音机中选听电台, 主要是调节本机振荡频率  $f_{振}$ , 调  $f_{振}$  比需要接收的信号频率  $f_{信}$  高 465 千周, 使两者的差频能顺利地通过中频放大器, 所以调节  $f_{振}$  是选台的主要因素。同时为了进一步削弱邻近电台、强电台或其他干扰, 在进

行变频之前对  $f_{\text{中}}$  先进行一次预选, 预选是靠输入回路来完成的, 即将输入回路的可变电容调谐到  $f_{\text{中}}$ 。因此在选台时要同时调节这两个可变电容器如图 6-3 所示, 为了调节的方便, 它

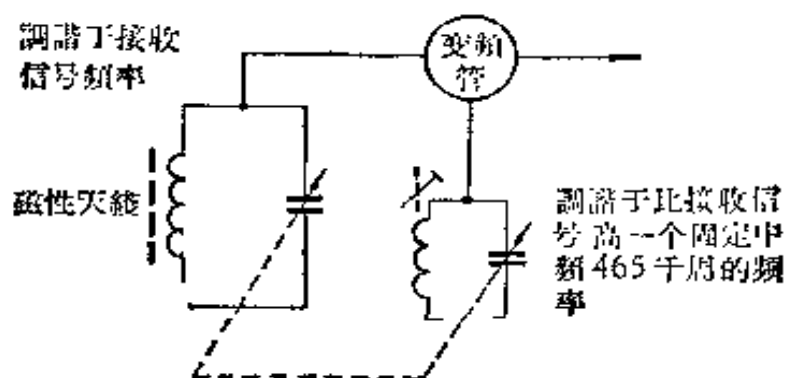


图 6-3

们用同轴的双连可变电容器进行联合调节, 应该指出, 这种联合调节应使输入回路的调谐点始终等于或逼近被接收的信号频率  $f_{\text{中}}$ , 即输入回路的调谐点和本机振荡频率相差 465 千周, 这就是“同步”。使电路保持或逼近“同步”的一系列调整步骤就称为统调。常用的统调方法是调整振荡回路去凑合输入回路, 使它们的频率差值满足 465 千周, 这就称为“跟踪”如图 6-4(1) 所示。实践证明要在整个波段内都做到同步是不易实现的。为什么呢? 因为收音机输入回路在中波段最高信号频率 1605 千周和最低信号频率 535 千周相差将近 3 倍, 而相应



图 6-4(1)

振荡回路最高频率  $1605 + 465 = 2070$  千周和最低频率  $535 + 465 = 1000$  千周, 相差仅仅 2 倍左右, 我们知道频率和电容的平方根成反比 ( $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ), 用两组同样容量的电

容器(双连), 从最大容量变化到最小容量(电容器全旋进到全旋出), 不可能一个频率变化 3 倍, 一个频率相应变化 2 倍, 如果使在最低频率满足统调要求, 即振荡回路频率为  $535 + 465 = 1000$  千周, 则其他各点都不等于 465 千周(图 6-4(2)) 而偏高了, 只有一点跟踪。如果在最高频率满足统调要求, 即振荡回路频率为  $1605 + 465 = 2070$  千周, 则其他各点都不等于 465 千周(图 6-4(3)) 而偏低了, 也只有一点跟踪。如果要象图 6-4(1) 那样双连旋到任何角度时, 都能满足统调要求, 双

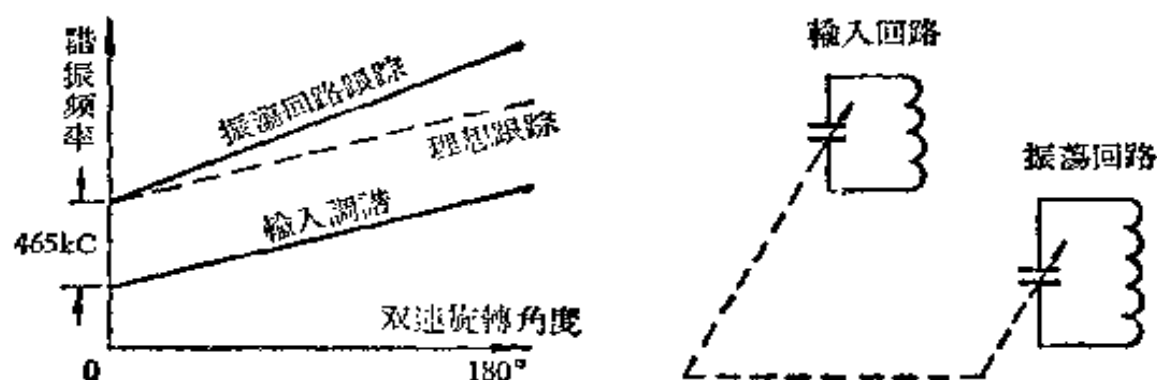


图 6-4(2)

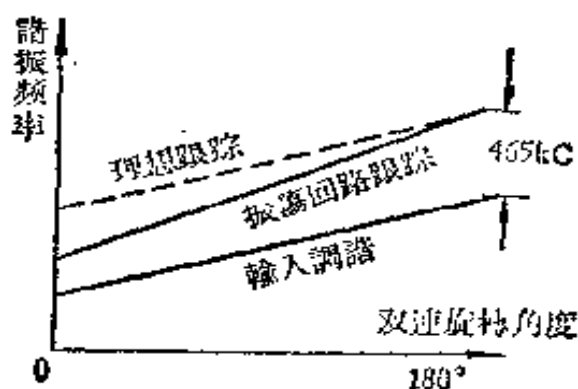


图 6-4(3)

这两组片子就必须特殊设计。目前广泛采用两组同样容量的双连，在振荡回路里增加二个附加电容（一个与振荡回路串联，一个与振荡回路并联），就能方便地满足在波段内的三个频率上达到同步，这叫“三点统调”或“三点跟踪”，下面我们具体分析三点统调的原理。

如果附加一个小容量电容器并联在振荡回路上，当双连全旋进（即容量最大）时，小容量电容器对振荡回路影响不大，在双连全部旋出时（即容量最小，只有 10 微微法左右），并联的电容对振荡回路作用就大了，振荡回路容量增大，高端频率降低，所以  $b$  点拉下来了，因此这时有二个统调点，如图 6-4(4) 所示。

如果附加一个大容量电容器串联在振荡回路中，当双连全部旋出时（最小容量），串进大容量电容器对振荡回路影响不大，在双连全部旋进时（最大容量），串进电容对振荡回路作用就大了，振荡回路的容量显著减小，低端频率升高，所以  $a$  点拉上去了，因此这时有二个统调点，如图 6-4(5) 所示。

如果我们使中间一点符合统调，再在振荡回路中同时并进附加电容（俗称补偿电容）和串入附加电容（俗称垫整电容），则把  $a$  点拉上去，把  $b$  点拉下来，如图 6-4(6) 成为三点统调。

三点统调后振荡回路频率变化与双连旋转角度变化的关系呈 S 形曲线，在 S 形曲线中有三点是和输入回路频率刚好相差一个中频频率，其他各点则稍差一点，由于选台时起主要作用的是振荡回路，当它正确地调谐在  $f_{\text{中}} + 465$  千周的位置上时，输入回路是稍有失谐的，但这时  $f_{\text{中}}$  和  $f_{\text{外}}$  的差频仍保持为 465 千周，可以顺利地通过中频放大器，这是主要的方面。而输入回路的稍微失谐由于它的通频带较宽，所以对灵敏度和选择性的影响在通带范围内是可以允许的。

在三个统调频率上，外来信号频率与输入回路的谐振频



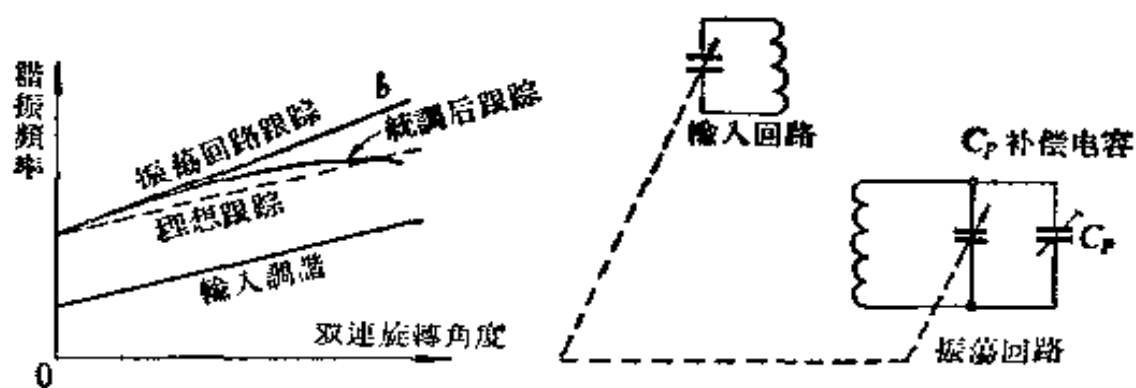


图 6-4(4)

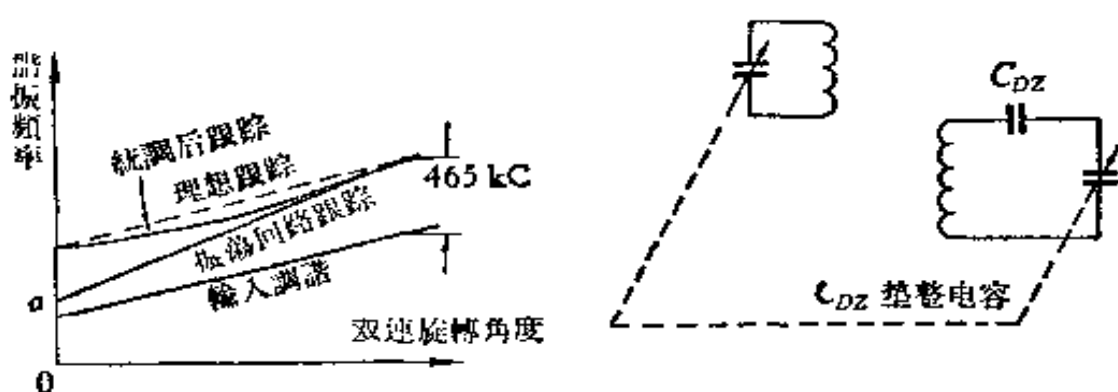


图 6-4(5)

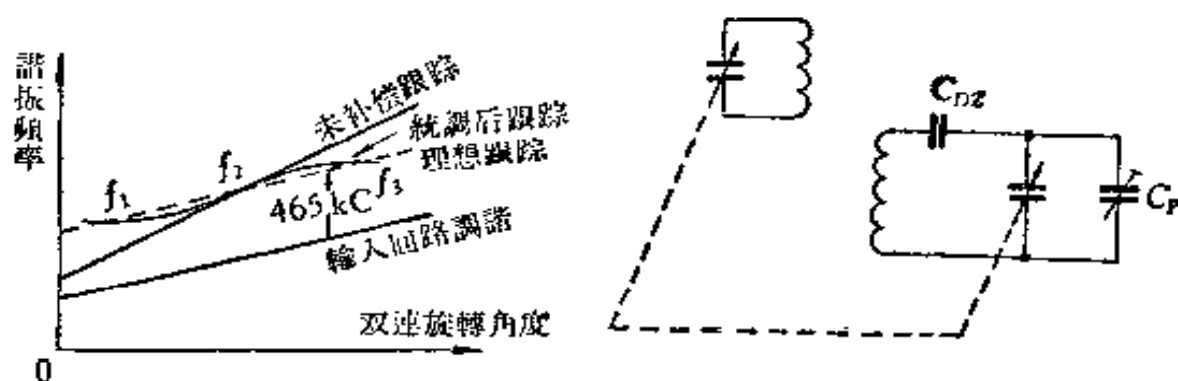


图 6-4(6)

率一致，且与振荡频率相差 465 千周，这时获得的增益最高，所以灵敏度也较高，因此，有时把校正统调点叫做校正灵敏度。由于振荡回路元件在调整频率范围时已调好，所以利用振荡回路与输入回路关系，在实践中用调整输入回路的电感和微调电容获得收音机的三点统调，达到灵敏度最高为止。根据理论分析和实践结果，中波段三个统调点通常取 600 千

周、1000 千周、1500 千周，调整时改变输入回路电感找到低频端的统调点，改变微调电容找到高频端的统调点。

#### 四、调整频率范围(对刻度)

调整频率范围也有叫调整波段频率、调整波段复盖、校正频率刻度等等，总之，就是要在旋动可变电容器从全部旋进的最低频率到全部旋出的最高频率之间，恰好包括了整个接收波段，如中波段国家标准为 535—1605 千周，频率高低端各留 1—3% 的余量。这是在调整频率范围中进行的，一般是通过调整本机振荡回路的电感线圈的磁芯和微调电容来达到的，实际也就是调整本机振荡的频率范围。为什么呢？

变频原理告诉我们，通过变频电路可以使收音机收到的高频信号变成固定的中频信号，然后进行中频放大。超外差式收音机的中频频率就是本机振荡频率与收到的高频信号频率的差频，一般情况下  $f_{\text{中}} = f_{\text{本}} - f_{\text{高}}$ 。因此，为了收听整个波段内的信号频率，则振荡回路频率也必须相应有一定的变化范围，即  $f_{\text{本}} = f_{\text{中}} + f_{\text{高}}$ 。例如：中波段的接收频率范围为 535—1605 千周，那么本机振荡频率必须相应为 1000—2070 千周。振荡频率在一定范围变化，相应接收信号频率也随之在一定范围内变化，因此可以用调整本机振荡器的频率范围来对刻度。实践中采用调整振荡回路的电感和一个微调电容(补偿电容)来获得振荡回路频率的一定变化范围，我们有时叫做校正频率刻度，如图 6-5 所示。

上面分析了调整的基本原理，下面我们再从分析中找出具体的办法来。

新装成的收音机，首先应当检查线路和元件焊接是否有误。经过仔细检查以后，再查看各元件和焊点，可以轻轻扳动各元件，一方面查清焊点是不是牢固，有没有漏焊、假焊或

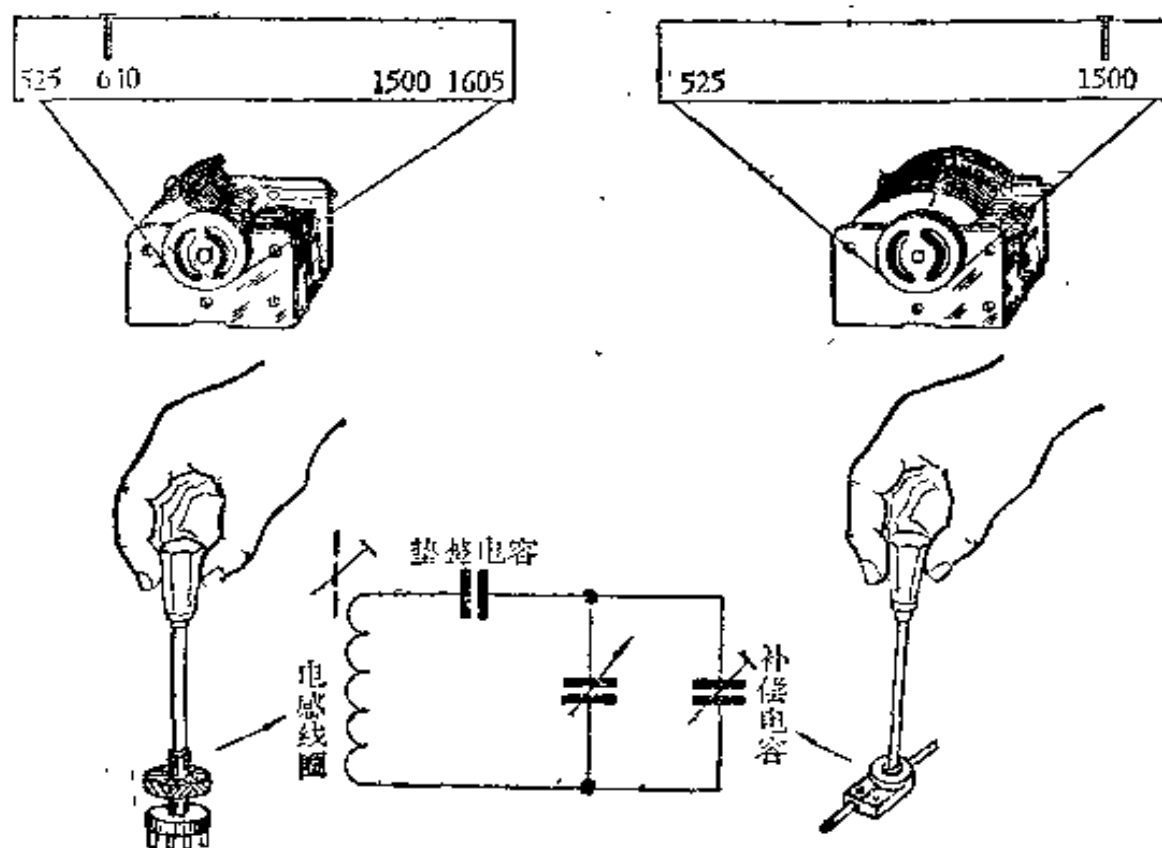


图 6-5 调节振荡回路中的电感磁芯和微调电容来调整频率范围

脱焊；另一方面也把各个元件稍加排列整齐，最主要的是注意会不会裸线、元件相碰，还应当注意掉进去的线头和锡珠，都应把它清理干净，以防发生短路。检查无误后即可接通电源，逐项进行调整。

## 第二节 调整的第一步工作——调整 静态工作点电流

毛主席教导我们：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。”调整工作点常采用两种方法：测集电极电流法和测发射极电压法。

测集电极电流的办法，如图 6-6 所示，在集电极和直流电源之间串进一个毫安表，表的满度量程可以根据所测那级规

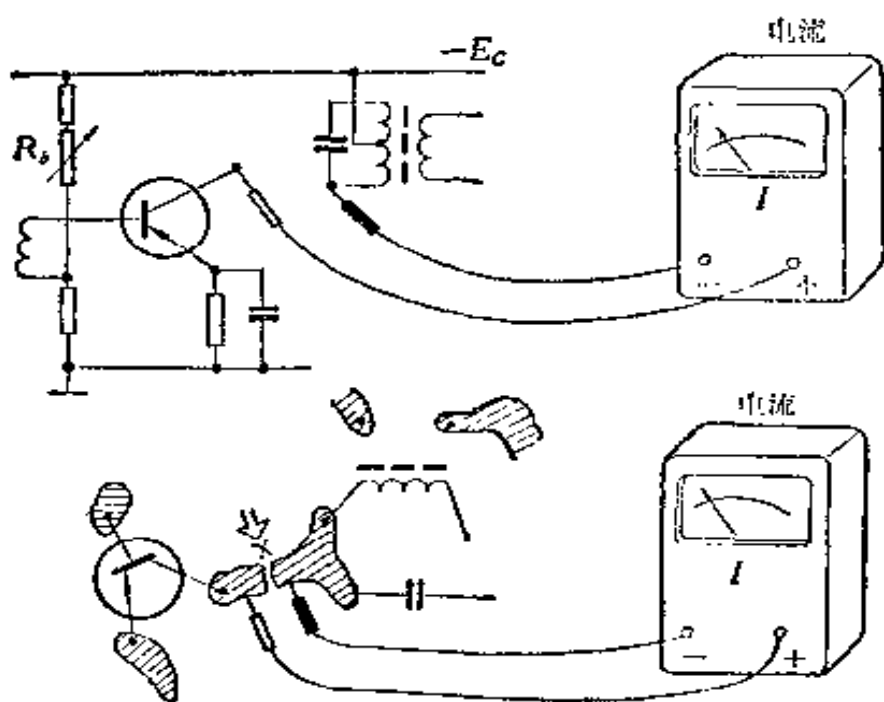


图 6-6

定的电流大小来选择,如图 6-1 中变频级、第一中放级,可以用 0—1 毫安量程的表,功放级可以用 0—5 毫安量程的表等等,有万用表就可以分别选择不同量程。

调节偏置电阻  $R_b$ , 一般用一个固定电阻再串上一个电位器,微微变动电位器阻值,观察电流表指示到该级规定的工作电流,拆下这个固定电阻和电位器量一下总阻值,再换接上相同总阻值的电阻,这一级就算调好了。这里的固定电阻起保护管子作用,以防电位器旋到头电流过大,串入的电位器阻值太大调不精确,太小,变化范围小又可能调不到,所以应权衡之。每一级都要如此调整,即可以从前级开始,也可以从后级开始。调整时还要注意: (1) 把双连全部旋入或者全部旋出,即测量时保持收音机无信号输入。(2) 变频管(或振荡管)起振时的电流比未起振时的电流略大些,通常指的是起振电流。

电流调到规定的数值范围,电位器由固定电阻接上之后,把各级集电极电路连接好。旋动双连可变电容器,在中波段

一般能收到比较强的本地电台广播（或者高频信号发生器输入的调制信号），而短波段不一定都能收到电台广播，这时可用手握住螺丝刀的金属部分，轻敲双连可变电容器的振荡连或密封双连振荡连的定片引出头，如果听到“喀喀”声，则表示短波已经起振。到此表示各级都能工作，可以进行下一步的调整。

有时我们也可能遇到这样的情况，各级晶体管工作电流已经调整到规定的数值范围，旋动双连可变电容器，在中波段收听不到广播（或高频信号发生器输入的调制信号），即使加接外接天线或加大高频信号发生器的输出，收音机还不能收到电台或调制信号，这时收音机存在着故障，这些故障有的是导线接错、假焊或漏接所引起的，有的是元件变值或损坏所引起的等等，对初装收音机的人来说，主要是由接错或漏接了导线和焊接上假焊或脱焊等引起的占多数。首先检查振荡器是否起振，用万用表最低直流电压一档，接于  $BG_1$  发射极电阻  $R$  的两端，用螺丝刀把双连的振荡连短接（即动片与定片短接），如振荡正常的话，电压表的指针应有摆动，起振时电流大，不起振时电流小。否则说明振荡线圈的头接反了，或双连电容器的振荡连碰片。

没有仪器，可用手握住普通螺丝刀的金属部分，分别碰触各级基极以人体感应的信号代替信号发生器，听扬声器的声音，如果扬声器有“喀喀”声说明是好的，如果碰触到那一级的基极发现扬声器没有“喀喀”声，毛病就出现在那一级了。进一步检查该级的接线、管子、元件，直到找到毛病为止。

另一种常用测工作点的办法，是测发射极电阻  $R_e$  两端的电压  $U$ ，如图 6-7 所示，来换算得电流  $I \approx \frac{U}{R_e}$ （近似相等，因为电表内阻也并接入了，内阻愈大测得的电流愈正确）。

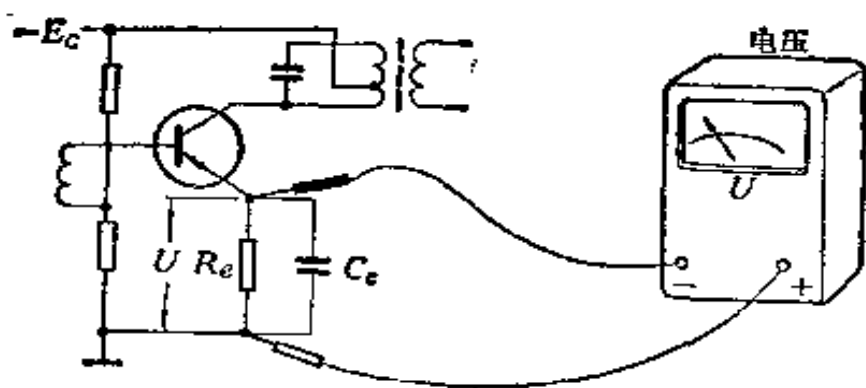


图 6-7

上述两种测工作点的办法,检测时都经常用到,前者直读方便,但是串接电流表要断开集电极连线,就要断开印刷电路板(通常设计印刷板时预先已断开,调整后再焊上)。后者可以避免断开印刷电路板,但测得电压还要换算,不够直观。

经检查仍然不响,可以按第七章中故障寻迹的办法,排除故障。

毛主席教导我们:“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果,一定要使自己的思想合于客观外界的规律性,如果不合,就会在实践中失败。”因此无论工厂生产或者业余装制,要求质量好,工作电流必须调整在规定的范围内。不用电流表,仅仅用耳听播音声的大小来调整偏置电阻,也可以调响,但是这时电流往往偏高很多,使用时耗电太费。关于不用电流表的工作点调整问题,在第四节中再作介绍。

### 第三节 调整中频频率、调整频率范围和统调

工作电流调整后,就可以进一步调整中频频率、调整频率范围和统调。这些工作在工厂或者广播站中可以完全使用仪器进行精确地调整。在没有仪器的情况下也可以用广播电台的播音声为依据来调试,经过耐心细致反复的调整也能获

得很好的效果。毛主席教导我们：“指导战争的人们不能超越客观条件许可的限度期求战争的胜利，然而可以而且必须在客观条件的限度之内，能动地争取战争的胜利。”

## 一、没有仪器情况下的调整方法

### 1. 调整中频频率

如果所用中频变压器是新的，一般出厂都已调整在中频频率 465 千周，这种情况下的调整工作就较简单。打开收音机，随便收听一个电台（以收听远离 465 千周的高端电台较好），用螺丝刀把双连可变电容器本机振荡部分的定片对地短路，如果声音立刻停止或音量显著减弱，说明变频级和本机振荡部分都在工作，收到播音声是经过差频送到后面去的，这时调中频变压器才有意义。如果短路本机振荡部分毫无影响，则说明通过中放级不是差频后的中频信号，而是串过去的，这时若调中频变压器反而愈调愈乱。经过短路试验证明变频、本振都在工作，然后一边听声音大小，一边调中频变压器电感的磁芯，当声音太小时，可加接机外天线，先调最后一只中频变压器，然后从后向前顺序调节，如图 6-2 所示，调到声音最响为止。由于自动增益控制作用，以及当声音很响时，人耳对音响的变化不易分辨的缘故，收听本地电台当声音已经调到很响时，往往不易调得更精确，这时可改收外地电台或者转动磁性天线方向以减小输入信号，再调到声音最响为止。按上述从后向前的次序反复细调二、三遍就完成了。

如果中频变压器是自制的或者旧的已经调乱，可找一台已经调好正常收听的收音机作为标准，用它作为中频信号源，具体做法如图 6-8 所示。用一米长的电源线（两根平行或者绞合的导线），利用其双线作为电容偶合，一根接入标准收音机的第三中频变压器次级取得中频信号，另一根接入被调收

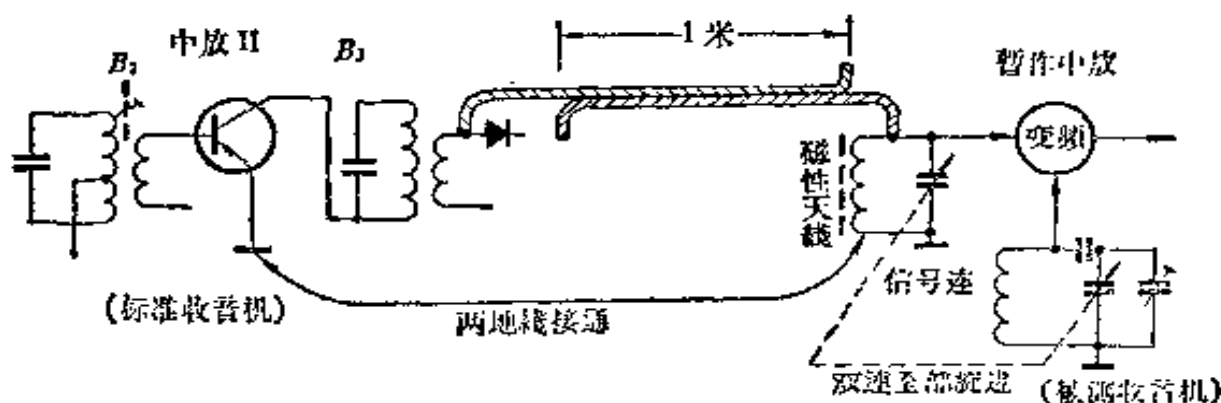


图 6-8

音机的双连信号连定片上，连通两机地线，这时用变频管作中频放大，以调整中频变压器。也可以不用平行线，而用单根塑料线从标准收音机取出中频信号后，靠近被测收音机磁性天线，让中频信号感应到被测收音机。这时，被调收音机双连应全部旋进，以减少对中频信号的衰减。接好后，打开两机电源，用标准收音机收一电台，听被调收音机的声音，从后向前逐个调整中频变压器，反复细调二、三遍，都调到声音最响为止。

如果中频变压器调得很乱，用上法也听不到声音，还可以用机外天线尾端导线头不断碰触地线，使扬声器中听到“喀喀”声，利用这响声粗略调整到最响，然后再接上法调整。

调整中频变压器磁芯用的螺丝刀(又名起子、解锥、旋凿)可采用塑料、竹条制成，不要用铁制的，以防感应。

上述调整中频频率都是凭耳听声音大小来进行的，还有用观察法调整中频频率，具体方法如下：

应用收音机自动增益控制电路信号越强，自动增益控制作用越强，第一中放集电极电流越小的原理，我们可以调整中频频率。将万用表的电流量程 1 毫安一档串接到自动增益控制的被控级的集电极电路中，如图 6-9 所示，为了不影响该级的工作，电流表接一个 0.047 微法电容对中频旁路，电流表并



接 1 千欧电位器进行分流，便于调整无信号时电流表量程到满度。

中频频率调整时，在中波段低端收听一个电台，以代替高频信号，输入信号不宜过强，因为电台太强由于自动增益控制

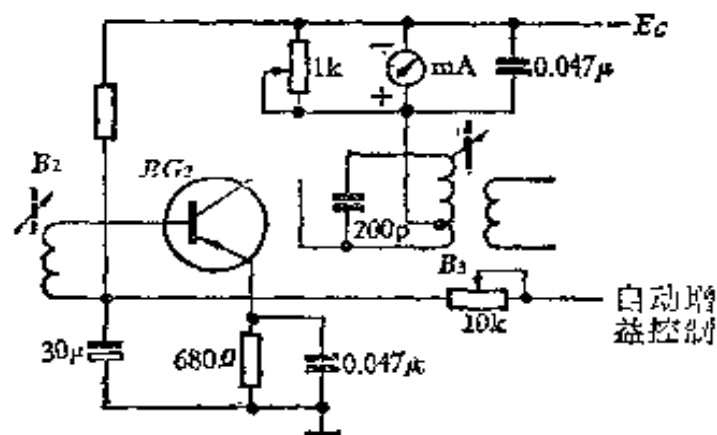


图 6-9

的结果（自动增益控制到饱和）使输出音量变化迟钝。发现信号太强时可以改变收音机方向位置（即磁棒方向位置）减小输入信号或接收外地电台。用塑料螺丝刀依次分别旋动  $B_3$ 、 $B_2$ 、 $B_1$  的磁芯（图 6-2）都使电

流表的电流减小，反复调整几次直到电流表的电流无法进一步减小时为止，中频频率就调整好了。

根据同样原理，我们还可以用更简便的方法，即测量电压的方法来鉴别中频频率调整是否正确。具体办法如下，用万用表电压量程 2.5 伏挡（或更低挡）测第一中放射极电阻上的压降，调中周磁芯，使射极电压最小。或测量检波器输出端电压，在无信号输入时检波二极管的输出端对地为负值，将万用表红表棒接地进行测试（读数实际是负值），表针偏转在 0.1—0.2 伏左右，当有信号输入时，表针将向零值下降，信号愈强下降愈多，甚至表针会反走（这时可将黑表棒接地再进行测试），调节中频变压器到万用表上反映信号最强为止。

一般在强信号时检波管输出电压变正，约 0.3 伏左右，如果过大可能是自激现象。

## 2. 调整频率范围（对刻度）

调整时可先调中波段，后调短波段。在调整中最好配好

拉线刻度盘,因为一般刻度盘与双连旋转角度已经对应好,这样就比较方便,如图 6-5 所示。

在 550—700 千周范围内选一个电台。例如选用中央人民广播电台 640 千周,再参考刻度盘将双连旋在刻度指针指在度盘 640 千周的这个位置,调中波振荡线圈(图 6-5 中的  $L$ )的磁芯,使收到这个电台,并调到声音较大。这样,当双连全部旋进容量增至最大时接收频率必将低到 525 或 530 千周附近,低端刻度就对准了。

调整时有这样一个规律,若 640 千周电台在指针偏小于 640 千周刻度时出现,增大  $L$ (磁芯旋进);反之,减小  $L$ (磁芯旋出)。因为  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ,  $f$  与  $L$  的平方根成反比的关系。

在 1400—1600 千周范围内选一个已知频率的电台。如选 1500 千周,再参考刻度盘将双连旋在刻度指针指在度盘 1500 千周的这个位置,调节振荡回路中微调电容使收到这个电台,并调到声音较大。这样,当双连全旋出容量减至最小时接收频率必将高到 1620—1640 千周附近,高端刻度就对准了。

由于高、低端的频率刻度在调整中会互相影响,所以低端调电感磁芯、高端调电容的工作要反复调几次才能最后调准。

短波段也和调中波一样,高、低端各选一个电台,对准刻度,分别调整短波振荡回路中的电感磁芯和微调电容,也要反复调整几次。

如果不用刻度盘也可以用一台产品收音机对比两者的双连旋出角度,进行调整。

上述对刻度也是凭耳听声音大小来进行的,还可以用观察法进行调整,这种方法和调整中频频率一样,利用自动增益控制原理测量被控级的集电极电路中的电流或射极电阻上电

压。调整方法采用收听电台广播代替高频信号输入，在没有刻度盘的情况下，估计电容器旋转角度来粗略估计电台位置。

调整时，先将双连可变电容器约旋出 10—20 度左右（视接收电台频率而定），在频率低端 550—800 千周之间寻找一个合适的电台，如 640 千周（或 560 千周）。发现电台信号太强时可以改变收音机方向位置，减小输入，用塑料螺丝刀旋动振荡线圈的磁芯，收听 640 千周电台的广播，观察电表的指针，使它达到较小时。将双连可变电容器约旋出 150—170 度左右（视接收频率而定），在频率高端 1210—1500 千周之间寻找合适的电台，如 1500 千周，用塑料螺丝刀旋动振荡回路的微调电容，同样使电表的指针达到较小，如此高端低端反复调整几次。

调整时，如果能装上一个刻度盘，频率校正容易，而且准确得多。和使用仪器时调整一样，双连可变电容器全部旋进和旋出，指针分别指在度盘 530—1630 千周的底线上。旋动双连可变电容器使指针对准 640 千周刻度，用塑料螺丝刀旋动振荡线圈的磁芯收听 640 千周电台广播，使电表的数值较小；旋动双连可变电容器使指针对准 1500 千周刻度，调整振荡回路的微调电容，收听 1500 千周电台的广播，使电表的数值较小，如此高端低端反复调整几次。

### 3. 统调

先调整中波段，再调短波段。下面介绍不用仪器的统调办法。

如图 6-10 所示，利用调整频率范围时收听到的低端电台，调整磁棒线圈在磁棒上的位置，使声音最响，以达到低端统调。

利用调整频率范围时收听到的高端电台，调节输入回路中的微调电容，使声音最响，以达到高端统调。

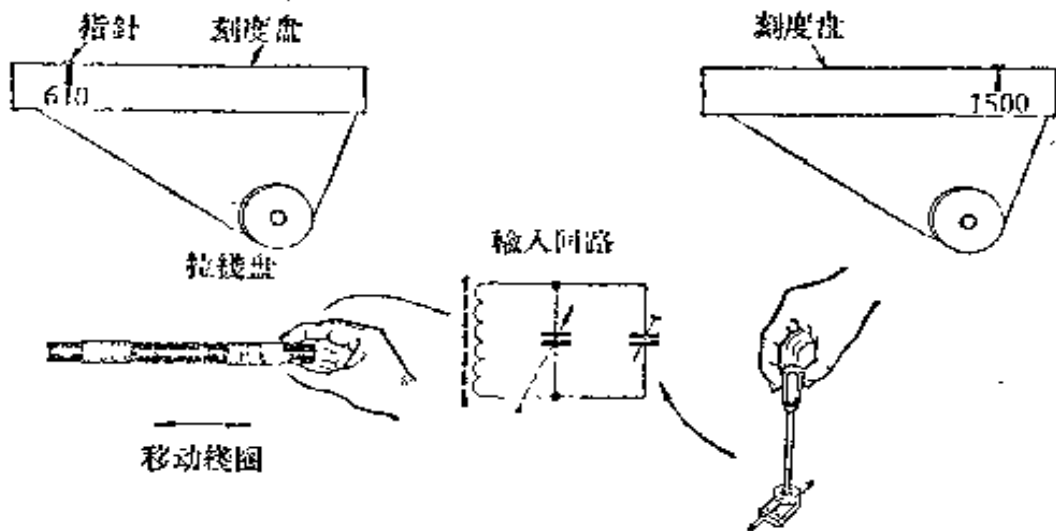


图 6-10

这时,也和对刻度一样,需要高、低端反复调整几次。

为了进一步检查是否统调好,我们可以采用电感量测试棒来加以鉴别,电感量测试棒又叫铜铁棒,如图 6-11 所示。在长大约 50—100 毫米绝缘管(也可用旧的自来水笔杆代替)的一端嵌入铜棒或铝棒(约 20 毫米),另一端嵌入一条 20 毫



图 6-11 铜铁棒

米的高频磁芯(也可以用折断了的磁棒代替),电感量测试棒就做成了。

检查时,收音机调到统调点,用铜铁棒铜端靠近输入线圈,如果收音机输出增加,则说明输入线圈电感量大了,应减少电感量,或者将线圈向磁棒外侧稍移,须重新进行调整。因为铜端靠近输入线圈时,铜端感应了高频电流形成涡流,减小了输入线圈的电感量,而这时输出却增加,说明输入线圈电感量太大。用铜铁棒磁端靠近输入线圈,如果收音机输出增加,则说明输入线圈电感量不够,应增加电感量,或将磁性天线上线圈往磁棒中心稍移,须重新进行调整。因为磁端靠近输入线圈时增加了输入

线圈的电感量,而这时输出却增加,说明输入线圈的电感量不够。用铜铁棒两端分别靠近输入线圈,如果收音机的输出都减小时,说明电感量正好,表示电路获得了统调。

更简单的铜铁棒,可用毛笔杆一头套上一个用直径1—2毫米光铜线绕3—5匝的铜环,另一头装上一高频磁芯,例如可以用断磁棒夹在现成的磁性天线尼龙支架上,再固定到毛笔杆或胶木棒上。

高低端两点统调以后,再在1000千周附近收听广播,用铜铁棒检查中间点附近统调情况。如铜端接近输入线圈声音变大,可将空气双连中“信号连”中间部位有开口的动片稍向外拨开;如磁端接近声音变大,可把双连中“振荡连”中间部位有开口的动片稍向外拨开(拨末位两片),使接近三点统调。拨动双连动片后,对高低端的统调会有所影响,所以还要重复在高低端统调。如果使用的是密封双连,则改变垫整电容器的容量。

另一种办法和调整中频频率、调整频率范围一样,统调也可以用观察法,效果比利用耳听要正确得多。

旋动双连可变电容器约旋出10—20度(或使指针对准640千周),在频率低端收听640千周电台广播,移动输入调谐回路线圈在磁棒上的位置,使电表的指示最小。同样旋动双连可变电容器约旋出150—170度(或使指针对准1500千周),在频率高端收听1500千周电台广播,调整输入回路的微调电容,使电表的指示最小,如此反复调整几次。调整时装上刻度盘的统调点也必须按刻度盘为准。用电感量测试棒校验统调点是否正确,校验方法和上述相同。收听整个波段高、中、低三个电台时,尽可能使电流表指针回摆小。

还有一种不用仪器统调的办法,利用一台普通来复式收音机来确定外差式收音机输入回路对不同信号频率谐振的

位置，然后使本机振荡回路与输入回路同步跟踪。具体调法如下：图 6-12 将外差式收音机磁性天线次级 3、4 断开，接到去掉输入回路的来复式收音机 III IV 上，旋动外差机的双连，从来复式收音机中收听广播，如在低端收听 640 千周电台，调整磁棒上的输入线圈，使得双连旋出的角度位置正好与刻度盘 640 千周指示相对应，调好后将 3、4 取下接回到外差机，不旋动双连，调振荡线圈的磁芯调整得最响，并重新接到来复式收音机校对。然后再在高端收听一个台（比如 1500 千周），同样按上述方法，可先调输入回路微调电容来使它们频率刻度符合，再调振荡回路微调电容使声音最响，反复调整几次。

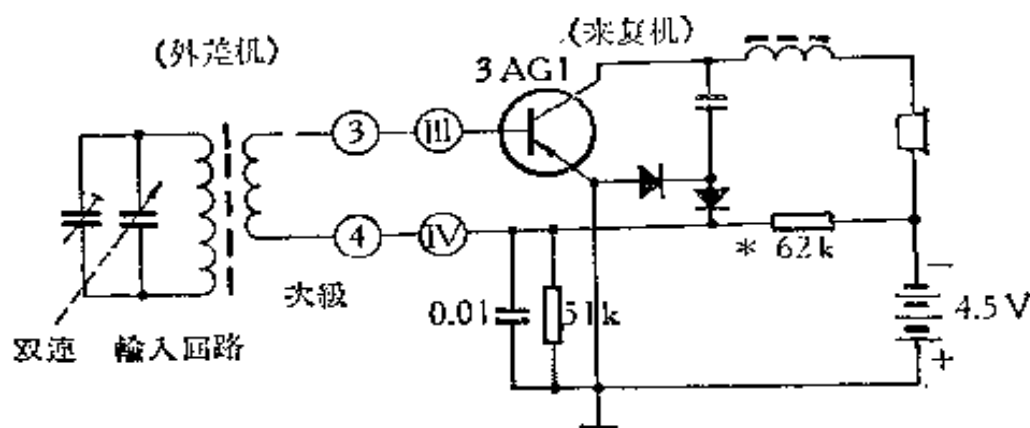


图 6-12 利用来复式调整外差机统调

毛主席教导我们：“战争指挥员活动的舞台，必须建筑在客观条件的许可之上，然而他们凭借这个舞台，却可以导演出很多有声有色、威武雄壮的戏剧来。”不用仪器调整中频频率、调整频率范围、统调的办法，广大工农兵群众有很多创造，以上举的几个例子，仅供读者参考。

## 二、使用通用仪器的调整方法

在工厂、广播站可以凭借仪器进行调整，这样能够方便、

准确、迅速地调整好。如中频图示仪、高频统调图示仪以及空中标准信号台等等。采用这些仪器，使得出厂收音机指标统一，调整速度加快，无声直观调试一般工人只要几分钟就能准确完成一台收音机的全部调整工作。

下面介绍一些运用通用仪器，如高频信号发生器、电子管毫伏表、示波器等调整测试收音机的一般通用方法，我们也可以用第九章中自制有关仪器来进行调整，这些是提供给刚使用仪器调整的广大工农兵群众、业余爱好者作参考。

### 1. 调整中频频率

调整中频频率的目的就是使几个中频调谐回路（中频变压器）的谐振频率都调整到固定的中频频率即 465 千周。

调整方法：按图 6-13 接上测量仪器，打开收音机，开大音量电位器，将收音机的双连可变电容器全部旋进，避开外来

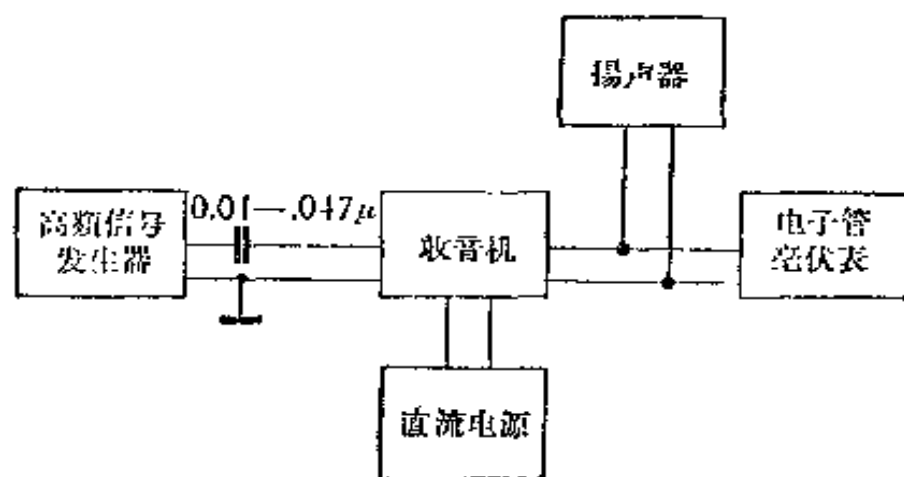


图 6-13

信号，把高频信号发生器放在 465 千周的位置上，而高频信号发生器的低频调制信号采用 1000 周或 400 周调幅度 30%。带有低频调制的高频信号（465 千周）通过 0.01—0.047 微法耦合电容由收音机第一级基极注入，高频信号由小到大的增加，但也不宜过大，以能听清楚为准。中频变压器的调整由第

三中频变压器 ( $B_3$ ) 开始逐级的向前进行,用塑料螺丝刀旋动中频变压器的磁帽,使电子管毫伏表获得输出最大,反复调整几次,就可以了。另外调整时如果电路出现自激振荡时,必须重新调整中频变压器和中和电容,中和电容器根据经验大约接 2 微微法左右。中频频率使用扫频仪调整更为简单。

## 2. 调整频率范围(对刻度)

调整方法:按图 6-14 所示接上测量仪器,把高频信号发生器输出的调幅信号接一环形天线(环形天线见图 6-17),然后使环形天线平面垂直靠近磁棒,他们的距离以收音机能接收到为准,可以自由选择。开启收音机,将刻度盘指针校准准确,当双连可变电容器全部旋进和全部旋出时,指针分别指在度盘 525 和 1640 千周的底线上,将高频信号发生器调到 525 千周,把双连可变电容器全部旋进,用塑料螺丝刀旋动振荡线圈  $L$  的磁芯,使电子管毫伏表输出最大。

若收音机的低端频率低于 525 千周时,振荡线圈磁芯向外旋,减小电感量;若低端频率高于 525 千周时,振荡线圈磁芯向里旋,增加电感量。然后将高频信号发生器调到 1640 千周,把双

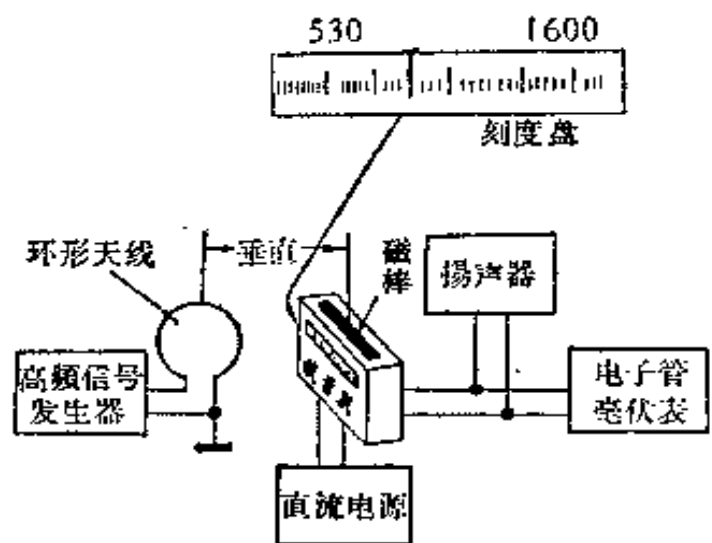


图 6-14

连可变电容器全部旋出,用塑料螺丝刀旋动并联在振荡连上的微调电容器,使电子管毫伏表输出最大。若收音机的高端频率高于 1640 千周时,可增大微调电容的容量;若高端频率低于 1640 千周时,可以减小微调电容的容量。这样由低端到



高端反复调整几次,直到调好为止。频率就校正好了。

### 3. 统调

调整方法:如图 6-14 所示,把高频信号发生器输出的调幅信号,接一环形天线,然后使环形天线平面垂直靠近磁棒(场强不宜太强,用小信号调节较好)。将高频信号发生器调到 600 千周,旋动双连可变电容器,使度盘指针对准 600 千周的刻度,改变磁棒上输入线圈位置,使电子管毫伏表输出最大,同理将高频信号发生器调到 1500 千周,旋动双连可变电容器,使度盘指针对准 1500 千周刻度,用塑料螺丝刀调节输入回路的微调电容,使电子管毫伏表输出最大,如此反复调整几次就行了。

## 第四节 不用仪表的调整

在第三节中介绍了几种没有仪器情况下的调整方法,而这些方法都是在已经调好工作电流的基础上进行的,也就是说我们尽管没有仪器,但至少还有一个电流表或者万用表。在一个表头都没有的条件下,收音机又如何进行调整呢?

毛主席教导我们:“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”,调整静态工作点、调整中频频率、调整频率范围和统调之间是互相联系的。没有仪器和电表,我们只能依据扬声器发出的“喀喀”声或播音声来判断,工作点不对,听不到播音声,就不能随便调中频变压器,否则愈调愈乱,中频频率不准,很可能收不到播音声,就不能调好工作点。它们既互相联系,又具有一定的规律,不能这个乱动动,那个随便调调。下面介绍几种不用电表的调整办法。

### 1. 一般的调整方法

按电路图规定的较准确的偏置电阻接入各级电路,打开

收音机,开大音量电位器,旋动双连,听一听是否能够收到电台,收不到时,再加接机外天线试试。如果收到电台,就可以调整中频频率(方法同第三节没有仪器情况下中频频率调整),调得播音声最响,反过来调整晶体管工作电流即调偏置电阻(考虑业余管子参数不一),各级电流反复仔细调整,调到播音声最响的“低点”,不能调到最响的“高点”,否则电流太大,日常使用耗电太费。什么叫“低点”、“高点”呢?因为人耳对声音听起来比较迟钝,人耳听到最响往往不是一点,而是一段,这一段开始我们定为“低点”,终了我们定为“高点”。当变动偏置电阻调到最响,再变回来,听到声音显著减小的时候,这时稍稍增加些,就可以得到“低点”,如图 6-15 所示,这时可以认为声音最响,电流不是太大。各级都这样调好后,工作点就调好了,再重复调整中频频率,检查一下是否还能够调得更响。之后就可以按第三节介绍的没有仪器情况下的调整方法调整频率范围,统调。有时候调整中频频率时感到声音不够响,也可以临时移动天线线圈在磁棒上的位置,使声音最响,以便调整中频频率。收听电台若嫌太轻或太响,可以变动控制音量的旋钮或转动收音机方向位置来取得合适音量以利于调整。

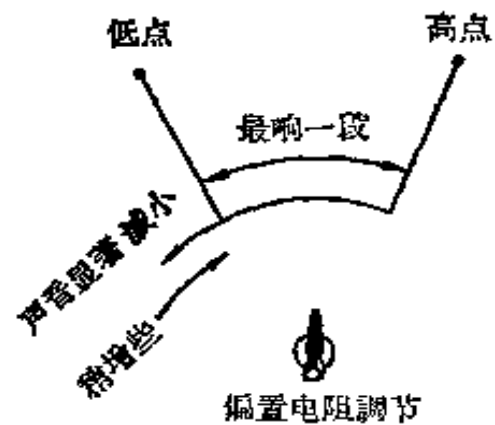


图 6-15

如果连一点播音声都收不到怎么办?可用手捏住螺丝刀金属部分,分别碰触各级基极,以人体感应的信号代替信号发生器,听扬声器有没有“喀喀”声发出。从后级逐级向前碰触,那一级没有“喀喀”声就调那一级偏置电阻(工作电流),先调到最响,如果这一级调来调去不响,一般来说这级不是管子

坏了就是元件、接线或焊接有问题，排除这些故障再调，直到各级都有“喀喀”响声，才说明各级都能工作，如果这时还收不到播音声，可以微调中频变压器，中频变压器不能调乱，如图

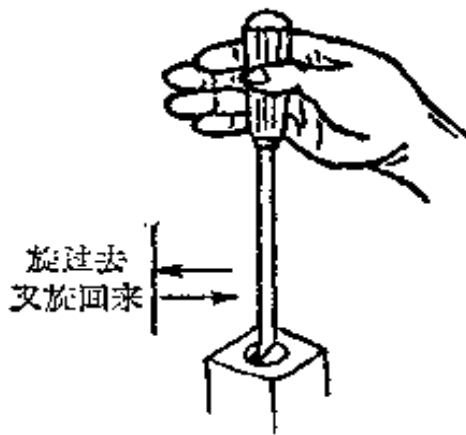


图 6-16 微调中周的方法

6-16 所示，螺丝刀在手持的固定位置旋过去又旋回到原来位置，从后级到前级，旋到那处能收到播音声最响，就再回过头来按上面的步骤调电流。调好电流，调整中频频率、调整频率范围、统调。调整中一定要遵照毛主席关于“在战略上我们要藐视一切敌人，在战术上我们

要重视一切敌人”的教导，细心、耐心、有信心的慢慢调整，就可以获得好的结果。

## 2. 利用 2L465 陶瓷滤波器作基准调整中频频率

如果有一个 2L465 陶瓷滤波器，我们就可以利用它作基准来调整中频频率。通常在超外差式收音机的第一中放管的发射极上总是串入一个负反馈电阻  $R$ ，同时为了减小交流负反馈，再在  $R$  两端并上一个 0.033 微法的电容  $C$ ，这就是说， $R$  的作用是稳定直流工作点， $C$  对 465 千周起旁路作用。现在我们用 2L465 陶瓷滤波器来代替电容  $C$ ，如果中频变压器的谐振回路已调谐在 465 千周，则并上陶瓷滤波器后，负反馈作用显著下降，收到电台的声音就响亮，并且再用电容  $C$  去并接电阻  $R$  对声音无影响；如果中频变压器的谐振回路偏离了 465 千周，则并上陶瓷滤波器后对负反馈的影响不大，这时再用电容  $C$  去并接电阻  $R$ ，负反馈作用将减小，收到电台的声音就会更响。根据这个道理，我们就可以通过反复试验来校正 465 千周了。具体做法如下：第一步用陶瓷滤波器代替电容

**C**, 第二步分别调整三个中频变压器, 使得收到的电台声音最响, 第三步用 **C** 并接 **R** 两端, 听声音是否更响, 如果更响了则断开 **C**, 改变振荡线圈的磁芯位置, 再分别调整三个中频变压器, 使收到的电台声音最响。再重复第二步和第三步直到用 **C** 并接 **R** 两端时声音并不更响为止。中频频率调好后, 可将陶瓷滤波器拆下焊上 **C**, 也可以不用 **C** 而将陶瓷滤波器焊在收音机上以提高收音机选择性。要指出一点, 校正 465 千周时应收听频率低端的电台调整较为方便。

如果有万用表, 在用 2L465 陶瓷滤波器调中频频率时还可结合上节所介绍的办法, 即利用自动增益控制的原理测量 **R** 上的直流压降的办法来代替耳朵听声音, 这样能调整得更正确些。

### 3. 缩小寻找故障区域的办法

有时为了缩小寻找故障的区域, 先只考虑高频部份, 前置低放、功放暂时不去动它, 接个耳机在检波输出端 (一般在音量电位器两端头), 按上述步骤调整, 一直到耳机中收音正常为止, 再去调整低放、功放。这样不致于受到低频失真的影响, 可以集中精力对付变频和中放级的调整了。或用一台调整好的收音机的高频部分作为信号源, 其检波输出端接于被调收音机的低频部分, 检查低放调整情况; 也可通过被调的收音机高频部分接于调整好的收音机的低频部分, 检查和调整高频部分。

### 4. 业余调整中出现的一些问题

#### (1) 变频部分

振荡电压过强时, 当旋出双连就有振荡产生, 发生哨叫声, 一般是由于反馈太强, 可以减少些振荡线圈 (如系自制元件) 的反馈匝数或者降低抽头的位置。还可以在振荡回路线圈两端并联 250 千欧电阻, 或者在抽头到地之间接 200 欧左

右电阻,在振荡回路  $LC$  中串 100 欧电阻也可减弱振荡,但它对低端影响较大。应注意振荡过弱也是不合适的,振荡过弱,电池电压降低后容易停振。

变频级零件排列或接线不合理也会产生哨叫,此外,还可以从这几方面试试消除哨叫声:(i)磁棒上初次级线圈拉开些、次级两个头对调一下、次级线圈稍减少些。(ii)微调一下中频变压器,仔细再统调一下。(iii)变频级去偶电阻稍大点,但有损增益。(iv)移动输入线圈在磁棒上的位置,改变电感量。

高端发生哨叫,使整机灵敏度不均匀,高端高,低端低,可以改变振荡线圈的抽头,也可以改变振荡电路的偶合电容,一般用 4700 微微法—0.01 微法(容量大振荡强)或在发射极接一个 1000 微微法左右的旁路电容一试。

变频级工作电流不宜太大,否则噪声大。

## (2) 中放部分

调整中频频率如果发现哨叫不止,很可能是中放级产生自激振荡,可按第三章介绍的办法加接中和电容一试。

中放级自激,它的自激频率与变频输出中频信号产生差拍,就会发生哨叫,破坏收音。加接中和电容可以解决中放管造成的内部反馈。另外还有可能是杂散电容造成中放级输出和输入间不必要的偶合产生自激,这时应仔细检查一下中频变压器屏蔽罩接地好否?输入输出接线是否太近?后级中放和前级中放是否有感应?中频变压器与磁性天线是否太近有偶合?

中放管  $\beta$  高,虽然可使灵敏度高,但太大也会造成不稳定,因此  $\beta$  不宜过高。另外前后级通过电源内阻的偶合也会产生自激,这就要加强退偶电路解决。

确定哨叫声究竟来自变频级还是来自中放级,可以断开变频管集电极来判断:如果此时第一中放管为反偏(对  $p-n-p$

管来说,基极比发射极为正),则可认为自激来自中放。

### (3) 其他

业余自制的收音机常常还会遇到一些意想不到的问题,这些问题是产品收音机上没有的,这里收集了一些业余按装中易见的故障,列出供参考。

#### 低放部分

(i) 输出变压器和输入变压器搞错,虽然偏流可调,但音量极低。

(ii) 晶体管集电极和发射极搞错,偏流调不上,音量极低。

(iii) 功放推挽级发射极电阻 5.1 欧错用了 51 欧甚至错用了 5.1 千欧,结果偏流调不上,音量很低,甚至无声。

(iv) 自绕的输出输入变压器层间短路,推挽圈极性接反、碰壳等,音量低,失真,甚至电源短路等。

#### 中放及检波部分

(i) 检波二极管极性接反,有电台时产生“扑扑”声,第一中放偏流调不低,灵敏度很差。

(ii) 自绕中频变压器圈数不准,接线柱焊接不良,碰壳,工字型磁芯未胶好在浮动,磁帽碎裂,裂片在其中幌动,脚号搞错等,结果是灵敏度不高,或时高时低,脚号搞错和碰壳时可完全无声或电源短路。

(iii) 中放级的接线接错,中放管的集电极错接在中频变压器有抽头的一组线圈中圈数多的一边,其结果是灵敏度低,哨叫自激。

(iv) 中放级中频变压器的序号搞错,结果是灵敏度和选择性不高,有时还自激。

#### 变频部分

(i) 振荡线圈极性接反,结果不起振荡,无声或只收到

一个台。

(ii) 振荡回路线圈的两个端头反接, 结果哨叫声和噪声特大(振荡过强)。

## 第五节 工厂对收音机主要技术指标的测试

经过调整之后, 收音机质量的好坏, 是不是达到原来设计的要求, 是根据对收音机技术要求来进行测试的。

收音机的技术要求项目很多, 不同级别的收音机各有不同要求。这里我们介绍工厂对几个重要技术指标如灵敏度, 选择性; 不失真功率的测试方法。

### 一、灵敏度的测试方法

灵敏度的测量是在保持某一定输出功率时进行的。对于晶体管收音机, 在输出功率为 5 毫瓦时进行测量(上海地区普遍采用 10 毫瓦进行测量), 而且要求输出功率满足一定的信号/噪声比, 通常取信号/噪声比为 20 分贝。这时输入电场强度即为被测收音机的灵敏度。采用磁性天线输入的中波段灵敏度用磁性天线轴线中心输入的电场强度(毫伏/米)表示, 采用拉杆天线输入的短波段灵敏度以拉杆天线上感应的输入电压(微伏)表示。

#### 1. 磁性天线测量

将标准信号发生器的输出电压接一环形天线, 环形天线的结构如图 6-17 所示, 外径  $\phi 10$  的紫铜管弯成  $\phi 250$  的圆环, 环闭合处采用绝缘物隔离, 用  $\phi 0.6$  的绝缘导线在铜管中绕三圈, 线圈接入电阻  $R_1$  为 80 欧与高频信号发生器输出终端 80 欧作匹配, 串入  $R_2$  为 403 欧。测量时环形天线的平面应垂直于收音机磁性天线的轴线, 且二中心相距为  $x$  米

(见图 6-18), 那末, 磁棒中心的电场强度可以用下式计算:

$$E = \frac{30\pi r^2 N}{x^3} I$$

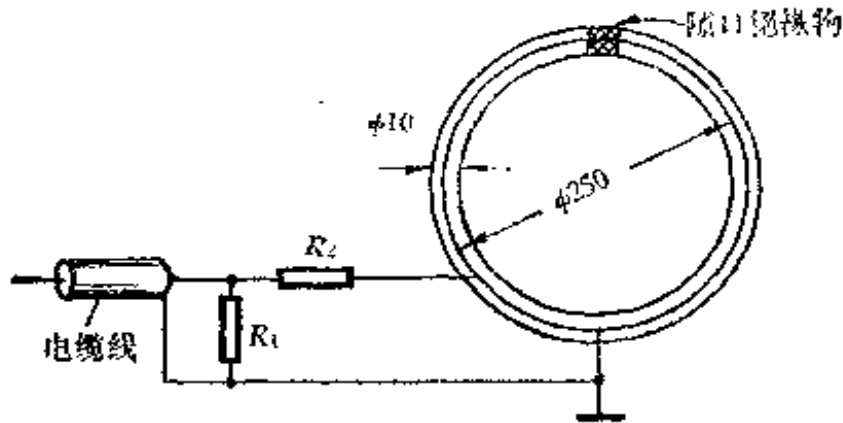


图 6-17 环形天线

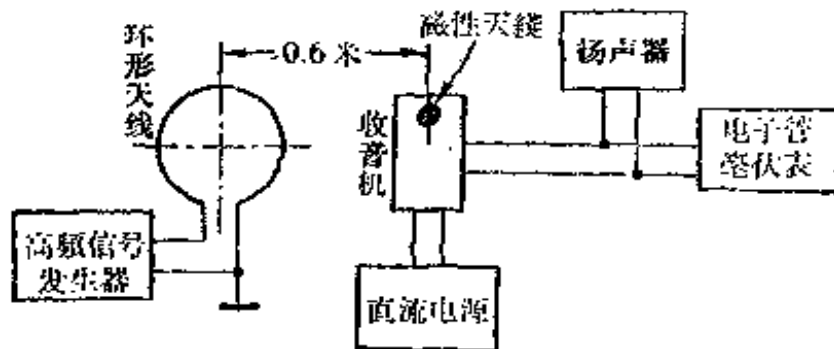


图 6-18

式中:

$E$ ——等效电场强度(毫伏/米)

$N$ ——环形天线内导线圈数

$r$ ——环形天线半径(米)

$x$ ——二中心之间的距离(米)

$I$ ——环形天线内导线上流过的电流(毫安)

若以  $x = 0.6$  米, 电流  $I = \frac{U_{\text{出}}}{403}$ ,  $N = 3$ ,  $r = 0.125$  米代

入上式, 则  $E = 0.05 U_{\text{出}}$  (毫伏/米)  $= \frac{1}{20} U_{\text{出}}$  (毫伏/米), 其中



$U_{\text{出}}$  表示高频信号发生器输出电压读数, 单位为毫伏。例如: 高频信号发生器输出 20 毫伏,  $x = 0.6$  米, 则磁棒轴向中心的电场强度恰为 1 毫伏/米。因此实用上, 磁棒轴向中心的电场强度就是在  $x = 0.6$  米时, 以高频信号发生器输出电压的  $\frac{1}{20}$  进行测量的。

若  $x = 0.48$  米, 电流  $I = \frac{U_{\text{出}}}{403}$ ,  $N = 3$ ,  $r = 0.125$  米代入上式, 则  $E = 0.1U_{\text{出}}$  (毫伏/米)  $= \frac{1}{10} U_{\text{出}}$  (毫伏/米)。例如: 高频信号发生器输出 10 毫伏,  $x = 0.48$  米, 则磁棒轴向中心的电场强度恰为 1 毫伏/米。

测量时, 在收音机的输出端接上喇叭或假负载  $R_L$ ,  $R_L$  的阻值应与扬声器音圈欧姆数一致。测量灵敏度时的输出功率  $P_{\text{出}}$  与负载  $R_L$  上电压  $U_{\text{出}}$  的关系如下:

$$P_{\text{出}} = \frac{U_{\text{出}}^2}{R_L} \quad \text{或} \quad U_{\text{出}} = \sqrt{P_{\text{出}} R_L}$$

由于  $P_{\text{出}}$  和  $R_L$  为已知数, 这样  $U_{\text{出}}$  也就知道了。反过来我们可以保持一定输出电压, 也就保持了一定的功率输出。例如负载  $R_L = 8$  欧, 测量灵敏度的输出功率  $P_{\text{出}} = 5$  毫瓦, 则  $U_{\text{出}} = \sqrt{P_{\text{出}} \times R_L} = \sqrt{5 \times 10^{-3} \times 8} = 2 \times 10^{-1} = 0.2$  伏。测量时, 我们只要观察电子管毫伏表读数 0.2 伏保持不变, 这样也就等于保持输出功率 5 毫瓦不变。

按图 6-18 接上测试仪器, 使磁棒轴线垂直环形天线平面, 且二中心相距 0.6 米, 将高频信号发生器调到 1000 千周, 低频调制频率对于台式为 400 周, 便携式或袖珍式为 1000 周, 保持调幅度 30% 的高频信号送入环形天线。打开收音机, 开大音量电位器, 旋动收音机的双连可变电容器, 使收音机与高频信号 1000 千周调谐, 观察此时电子管毫伏表输出最大。改变输入高频信号, 保持  $R_L$  上输出电压为计算值  $U_{\text{出}}$  (例

如 0.2 伏), 读出高频信号发生器输出电压的  $\frac{1}{20}$ , 即为我们测量的绝对灵敏度。

使高频信号发生器输出为零, 观察电子管毫伏表上的输出电压  $U'_{\text{出}}$ ,  $U'_{\text{出}}$  就是噪声电压, 读出噪声电压大小。为了在一定输出功率条件下满足 20 分贝的信号/噪声比, 则  $U'_{\text{出}}$  的电压读数必须小于  $U_{\text{出}}$  读数的 10 倍, 如果  $U'_{\text{出}}$  的电压读数超过  $U_{\text{出}}$  电压读数的  $\frac{1}{10}$ , 音量电位器必须开小。重复上面步骤, 增加高频信号输入, 保持一定电压输出(例如 0.2 伏), 使高频信号输入为零, 观察  $U'_{\text{出}}$  电压, 直到  $U_{\text{出}}$  电压大于  $U'_{\text{出}}$  电压读数的 10 倍为止。然后读出高频信号发生器输出电压的  $\frac{1}{20}$ , 这就是我们要求测量的相对灵敏度。

在中波段里, 通常测量 600 千周、1000 千周, 1500 千周三点的灵敏度, 目前普及型晶体管收音机能作到的中波灵敏度为 0.5—1.5 毫伏/米。短波能作到 50—200 微伏左右。

## 2. 拉杆天线测量

将标准信号发生器的输出电压经拉杆等效天线接到收音机的拉杆天线引入端(拉杆天线不拉出, 且仍与收音机相接), 一般拉杆等效天线为 10—12 微微法的电容。

测量时, 高频信号发生器输出 1000 千周调幅度为 30% 的调制信号, 低频调制频率对于台式为 400 周, 对于便携式、袖珍式为 1000 周。收音机的输出、调谐、保持信号/噪声比、测试频率均与测量磁性天线时一样。然后读出高频信号发生器的输出电压读数, 即为我们测量的相对灵敏度。

## 二、选择性

收音机的选择性最主要的是测量外来信号与收音机调谐

时偏调  $\pm 10$  千周的选择性，因为在同一波段内电台数目很多，如果收音机没有对邻近电台有足够的抗干扰能力，就可能出现由于选择性不好而引起的串音现象。我们通常称呼的选择性就是指偏调  $\pm 10$  千周邻近电台选择性。

测量方法和测量相对灵敏度时一样，按图 6-18 接上测量仪器，使磁棒轴线垂直环形天线平面，且二中心相距 0.6 米。将高频信号发生器调到 1000 千周，低频调制频率对于台式为 400 周，便携式或袖珍式为 1000 周，保持调幅度 30% 的高频信号送入环形天线。使收音机与高频信号发生器 1000 千周调谐，观察此时电子管毫伏表输出最大。改变输入高频信号，保持收音机输出电压为计算值  $U_{\text{算}}$ （例 0.2 伏）。和测量相对灵敏度时一样，测得 1000 千周时的相对灵敏度为  $E_1$ （毫伏/米）。

保持收音机调谐不变（包括音量电位器位置不变），而使高频信号频率（1000 千周）分别向两边偏调  $\pm 10$  千周。加大高频输入信号，保持收音机输出电压为计算值 0.2 伏，测得偏调后的相对灵敏度为  $E_2$ （毫伏/米），则收音机的选择性可由下式求出：

$$A = 20 \log \frac{E_2}{E_1} (\text{db})$$

根据同样的道理，我们如果连续测出各偏调点的选择性，

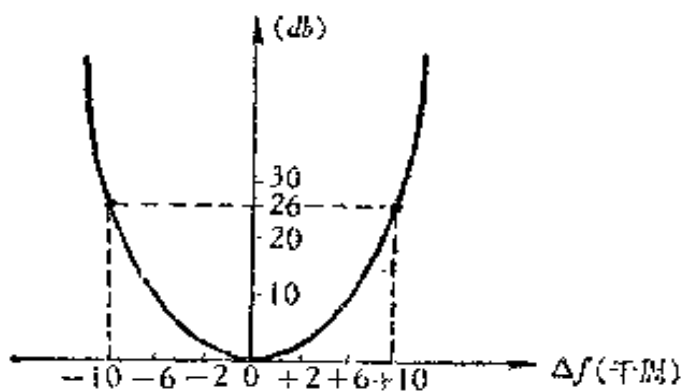


图 6-19 选择性曲线

则就可以作出选择性曲线如图 6-19 所示。

一般收音机偏调  $\pm 10$  千周的选择性大于 20 分贝以上，如红旗 604 大于 26 分贝。

超外差式收音机中除了必须有足够的

邻近电台选择性外，收音机中尚可能出现镜频干扰和中频干扰，这二个干扰是超外差式收音机所特有的干扰，有时也必须测量镜频选择性和中频选择性。

超外差式收音机的中频选择性，就是收音机对外来的465千周中频信号抗干扰能力。由于输入回路的谐振频率比465千周高，所以输入回路对中频干扰有较大的抑制能力。

什么是超外差式收音机的镜像频率（又称假像频率）呢？变频原理告诉我们，振荡频率与外来信号频率相差中频频率（465千周）时，信号就能顺利通过中频放大器获得放大，用公式表示  $f_{\text{混}} - f_{\text{外}} = f_{\text{中}}$ ，这是信号频率比振荡频率低的情况。如果外来信号比振荡频率高一个中频频率，情况又怎样呢？我们看它们的差额  $f_{\text{混}} - f_{\text{外}} = f_{\text{中}}$ ，即它们的差额也是中频频率，同样中频放大器也能顺利的让它们通过获得放大。由图6-20可见，镜像频率比接收信号频率大二倍中频频率，用公式表示：

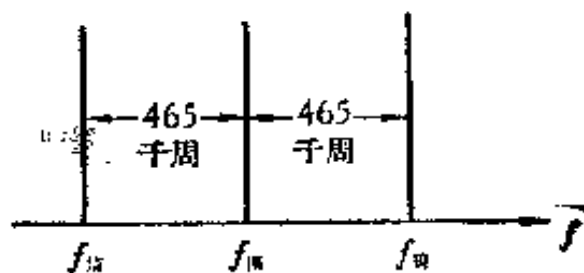


图 6-20

$$f_{\text{混}} = f_{\text{外}} + 2f_{\text{中}}$$

例如：中央电台640千周，它的镜像频率  $640 + 930 = 1570$ 千周。一般输入回路谐振频率设计得比振荡回路谐振频率低，对于比振荡频率高的镜频信号输入回路具有一定的抑制能力，如果输入回路对镜频信号抑制不力，接收中央电台640千周时，镜像频率1570千周信号可以闯过输入回路与640千周电台一起变频后放大，在扬声器中听到二个电台的广播。

镜像频率选择性（工厂里常称像频抗拒比）就是指收音机对镜像频率的抗干扰能力。

镜像频率选择性测量方法和前面测邻台选择性一样，按图6-18接上测量仪器。每个波段测量其高端。例如中波

535—1605 千周、短波 I 2.3—6 兆周、短波 II 5.5—12 兆周就分别测 1605 千周、6 兆周和 12 兆周，测出收音机相对灵敏度为  $E_1$  (毫伏/米)。

保持收音机各个调节旋钮不变，而使高频信号发生器偏调，比高端频率高二倍中频，即 1605 千周 + 930 千周，加大输入电压，使保持与上同样的收音机输出，这时测出收音机相对灵敏度为  $E_2$  (毫伏/米)。

例如：中波 1605 千周测得相对灵敏度  $E_1$  为 0.2 毫伏/米，保持同样输出，在 1605 + 930 千周测得收音机相对灵敏度  $E_2$  为 2 毫伏/米，则  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{2}{0.2} = 10$ ，查附录二，得中波镜频选择性为 20 分贝。也可以按下式计算：

$$A = 20 \log \frac{E_2}{E_1} = 20 \text{db}$$

一般收音机要求中波镜频选择性  $> 20$  分贝，短波镜频选择性  $> 8$  分贝。

### 三、不失真功率

收音机的输出功率，根据失真的情况，有最大输出功率、额定功率和**不失真功率**等几种。

最大输出功率是不考虑**失真**的条件下，收音机能达到的最大输出功率。

额定输出功率是指保证一定非线性失真条件下，收音机的输出功率标称值。

**不失真功率**是指非线性失真不大于额定功率时的最大输出功率。

**不失真功率的测量方法**：按图 6-18 接上测量仪器。将高频信号发生器调到 1000 千周，低频调制频率台式为 400

周,便携式和袖珍式为 1000 周,调幅度 60%,接到环形天线。使磁棒轴线垂直环形天线平面,且二中心相距 0.6 米,自环形天线输入信号场强保持为 10 毫伏/米。使收音机与 1000 千周调谐,在收音机负载电阻上并接失真度仪,用音量电位器控制输出电压,得到输出电压的谐波失真系数不大于其额定功率时的失真系数。这时负载电阻上的输出功率就是我们测量的不失真功率。在没有失真度仪的情况下,也可用示波器来观察输出波形,看上去是正弦波,这时失真一般在 10% 以内。

## 第七章 晶体管收音机的维修

维护和修理,是一个事物的两个方面。维护是预防故障,修理是在出现故障后予以修复,目的都是使机器正常工作。注意维护可以预防故障的出现,确保机器始终正常工作。

### 第一节 晶体管收音机的使用与维护

维护在很大程度上靠正确的使用,无论购买或自装的收音机都是这样。那末怎样正确使用和维护呢?主要有下面几点:

1. 换用电池时,正(+ )负(-)极极性不能搞错,电源电压应该符合收音机规定的电压如9伏、6伏、4.5伏等。外接电源时,更需注意上述极性和电压。收音机长期不用时,应将干电池取出,以免日子久了,电池外壳腐蚀,电液外流,损坏机件。

2. 波段选择和电台调整:一般收听本地及附近地区电台,可选用中波段,用机内磁性天线,已有足够的灵敏度。在调到所需电台频率时,来回缓慢旋转调谐旋钮,使声音最清晰为止。在边远的山区、农村收听中央人民广播电台时,可选用短波段。若用机内磁性天线灵敏度不够,可将拉杆天线逐节拉出,先拉出三至四节,握住杆部,再拉出一、二节,这样能延长拉杆天线的使用寿命。调节短波电台时可利用收音机上短波专用微调旋钮,如果没有微调旋钮装置,需缓慢旋动短波调谐旋钮至声音最响为止。

将室内或室外天线接至收音机的外接天线插孔内，可提高灵敏度。但外接架空天线时，要防止雷击，有条件的可安装避雷器。雷雨前，将天线直接与地线短接通地，可以防止雷电袭击。

3. 对于乙类功放及滑动甲类功放的收音机，音量开得越大，耗电越大，反之耗电越小，要注意节约用电。

4. 收音机宜放在干燥通风处使用，以防潮、防霉，不宜放在阳光很强或靠近高温潮湿的地方，并注意防尘。

5. 收音机应经常通电，可防止电解电容老化（电解放干涸），延长收音机使用寿命。

## 第二节 晶体管收音机的维修

毛主席教导我们：“革命战争是民众的事，常常不是先学好了再干，而是干起来再学习，干就是学习。”学习修理收音机一定要“干”，要在实践中学习。晶体管收音机的修理并不难，只要掌握一定的检查步骤和方法，就能够迅速的发现故障所在。

当我们拿到一台需要修理的晶体管收音机之后，最重要的是要检查摸清机器的故障，以便“对症下药”，及时进行修理。

一般收音机发生故障时所表现的现象主要有如下几种：

1. “完全无声”，打开收音机电源开关，将音量电位器旋至最大位置，调节调谐旋钮，无论是中波或短波在扬声器中都没有任何声音。或“有噪声，无广播”，在整个波段中没有电台广播声，只有沙沙作响的噪声。

2. “灵敏度低，声音小”，在整个波段中可以收到电台广播声，在音量电位器旋至最大位置时，声音仍然很小。



3. “哨叫”，在整个波段或波段的部分地方，扬声器中发出咕咕、咕咕的汽船声或是刺耳的尖叫声，这就是收音机有“哨叫”的现象。

4. “失真”，扬声器中发出来的声音不象原来的讲话或音乐，听起来很不自然，这就是收音机有“失真”现象。

5. “时响时不响”，在收音机发音正常时，忽然声音自行停止，停一会，或轻敲一下机器又发出正常声音来。

### 一、直观检查

在拿到待修的收音机后，首先要仔细的听取使用者对收音机毛病的叙述，大致了解收音机故障的过程和现象。同时查看收音机的外部特征，新旧程度，初步判断收音机故障的性质。一般新收音机，通常是使用不当而造成的人为损坏，例如电池极性接反，电池夹接触不良，电源插座、耳机插座接触不良，引线拉脱等等。而旧的收音机多属自然损坏，如元件老化变质，线圈霉断等等。

检查收音机故障一般步骤是依次从后级到前级。

打开收音机电池盖板，判断出电池极性和所用电压大小后换上新电池即可开机试听。

对于收音机修理有经验的老师傅，根据试听中收音机所表现的故障现象能较快地抓住它的实质，找出故障发生在什么地方，对我们初学修理的人，还需要一步一步地逐级检查。

打开收音机后盖板，首先查看机内有无断线和脱焊现象，电源插座、耳机插座、电池夹是否接触良好。必要时可用螺丝刀轻轻拨动元件，查看是否有断线，脱焊，元件相碰造成的短路开路等等。如果没有发现故障，就需作进一步的检查。

由于晶体管收音机大多采用超小型元件，体积小，结构紧密。在直观检查时须注意：(1) 不要随意拆卸，或任意调动

元件的位置，例如磁性天线线圈的位置、振荡线圈磁芯、中频变压器磁芯、微调电容器、微调电位器、波段开关的引线等等，以免破坏收音机的性能。(2) 使用螺丝刀去拨动元件或碰触晶体管基极时，要注意螺丝刀的金属部分不要同其他元件碰在一起，尤其是电源部分更要注意，否则反而会使故障扩大。

直观检查收音机可以发现不少故障，例如收音机断线、脱焊、虚焊、元件相碰、接触不良等造成的一些故障。接触不良往往造成“时响时不响”的现象，有些可以从直观检查中发现。下面我们就给大家介绍使用万用表的检查方法。

## 二、使用万用表检查

使用万用表检查收音机时要注意：(1) 万用表的高阻挡往往接有 15 伏或 22.5 伏的电池，电压较高，直接用高阻挡来测量可能损坏收音机元件，例如晶体管，电解电容等。(2) 用万用表的电阻挡测量时，测试用的黑表棒在表内接电池的正极，如图 5-2 所示，这与测量直流电流、电压时，黑表棒接负极不一样。(3) 在测量电压时，须注意使用欧/伏数大，即内阻高的电表(例如 MF-10 型，5 千欧/伏；MF-500 型，20 千欧/伏)，以免引起过大的测量误差。

### 1. 测量电源电压和整机静态电流

拿到一台待修的收音机，应先测量一下电池电压，若电压过低，收音机将不能正常工作，可换上新电池进一步检查。若换上新电池开机后电压降为原来的 80% 左右，则说明机内存在短路，应予排除。

关掉电源开关，使用万用表直流 50 毫安挡，将电表并接到电源开关的两个端点上，测量静态总电流的大小。表 7-1 列出了一些收音机在额定电压下的静态电流，以作测量时的参考。测量静态电流可以发现电路短路或电源插口等接触不

良现象。

表 7-1

| 型 号           | 春雷<br>401 | 凯歌<br>4B12 | 春雷<br>703 | 春雷<br>604 | 红旗<br>804 | 熊猫<br>B802 | 上海<br>312 | 燎原<br>6A1 |
|---------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 无信号电流<br>(毫安) | 12—14     | 6—14       | 6—7       | <18       | 10—14     | 6—14       | <12       | 6—10      |

## 2. 测量各级集电极电流或各极电压

如果检查电源电压和整机静态电流不能发现问题，就可以进一步用测量各级晶体管集电极电流或各极电压的方法检查故障。

测量各级集电极电流或各极电压（即检查各级的直流工作点）是非常重要的，它是判断各管工作情况的好方法。这些数据可用说明书中给出的范围作为我们检查的依据。例如燎原 6A1 六管晶体管收音机（见图 3-31）的各级集电极电流和各极电压如表 7-2 所示。

表 7-2

|               | 变频管  | 中放管 I | 中放管 II | 推动管   | 功放管  |
|---------------|------|-------|--------|-------|------|
| 集电极电压(伏)      | 5.4  | 5.4   | 5.4    | 4.4   | 6    |
| 集电极电流<br>(毫安) | 0.4  | 0.4   | 0.8    | 2—2.5 | 3—4  |
| 发射极电压(伏)      | 0.9  | 0.25  | 0.86   | 0.35  | 0.02 |
| 基极电压(伏)       | 0.92 | 0.41  | 1.06   | 0.45  | 0.17 |

注：表中各极电压及电流是在中频振荡器工作时测得的。

在测量收音机电流、电压时不要有广播信号，因为收音机在收到广播时的电流、电压同静态（没有收到广播时）是不一样的。同时，收音机在收到广播时，电流、电压的变动范围很大，无法作为测量标准，这一点是测量时必须注意的。此外，

为了避免收音机本身前后级的影响（在收音机产生自激时），在测量时最好将前一级集电极开路。

测量集电极电流的方法如图 6-6 所示。断开集电极  $X$  处，把万用表拨在电流档，根据所测电流的大小选取适当的量程，串接在管子的集电极上，红表棒接  $X$  左侧，黑表棒接在  $X$  的右侧。图中标有箭头  $\downarrow$  或印刷电路微断开处是测集电极电流的地方。

用上面这种方法测量集电极电流  $I_c$  是很可靠的，但是它有一定缺点，如必须在印刷电路板烫去焊锡才好测，很不方便，且印刷电路板几次一烫，铜箔易于剥落，因此修理中广泛采用测量各极电压的方法，例如测量发射极的电压，再将这个电压除以该管的发射极电阻，就可以间接得到该管的集电极电流值。

例如测得发射极电压为 0.25 伏，发射极电阻为 620 欧，则该管集电极电流  $I_c \approx 0.4$  毫安。

集电极电压可以直接用万用表电压档测得，这样通过上述几个电压的测量就可以检查各管直流工作状态正常与否。基极对地电压正常情况下约比发射极电压负 0.1—0.2 伏左右，以保持加到发射结电压为正向偏置。

表 7-2 对其他型号收音机也可作参考。

通过上述检查，发现那一级电流或电压不正常就在那一级作进一步检查。

### 三、信号输入寻迹

使用万用表检查，有些故障不易找出，例如灵敏度的降低，原因有磁棒老化、与中频变压器并联的电容器变质、以及晶体管或其他元件变质等等。此时用万用表测量电压、电流、电阻就难以查出故障发生在那一级；又如声音轻、选择性不好

以及杂音等故障,有时用简单的方法也不易查出,比较可靠的办法是采用“信号输入寻迹”方法,即用振荡器发出的信号来代替收音机工作时的实际信号,从收音机的输出级开始逐级向前跟踪找寻。

信号输入寻迹方法需要一些仪表,如音频振荡器、高频振荡器及电子管毫伏表。

信号输入寻迹的具体作法如下:

### 1. 低频部分

用音频信号源(400周或1000周的音频信号)依次接到推动管集电极和推动管基极去,看收音机的输出电压大小来判断低频放大部分工作是否正常。

毫伏表接在扬声器音圈两端,“量程档”按收音机额定输出范围选定,随后把音量开关开启,音量开到最大处。再把音频信号源的地线与收音机的地线相接,音频信号源输出端串入一只10微法的电解电容器(为防止基极直流电压通过仪器短路),然后依次接入推动管集电极和基极,调节信号电压的大小使收音机达到额定功率。若以 $P$ 表示额定功率, $R$ 为扬声器负载电阻,那么扬声器输出电压 $U = \sqrt{PR}$ 。以燎原6A1六管超外差收音机为例,其额定输出功率为80毫瓦,扬声器阻抗为8欧,即扬声器额定输出电压约为0.8伏。此时,将低频信号依次输到推动级集电极和基极,输入信号应分别为0.82伏和5毫伏左右,若输入信号大于以上数值,表示该级工作不正常,参照本节五排除故障。

### 2. 中频部分

用高频信号源(465千周调幅度30%)依次接到检波正极、中放II基极、中放I基极和变频基极去。465千周高频信号源的输出电缆中心线串入一只0.1微法的电容器隔直流,外套的金属屏蔽线接地。以上述六管机为例,扬声器输出电

压约在 0.8 伏时，检波正极输入约 23 毫伏左右，第二中放基极输入约 2 毫伏左右，第一中放基极输入约 160 微伏左右，变频管基极输入约 11 微伏左右，若大于以上数值，则表示该级工作不正常，参照本节五排除故障。

### 3. 高频部分

将高频信号发生器输出的 535 千周高频调幅信号（调制频率为 400 或 1000 周，调幅度为 30%）送入变频管基极，同时调节收音机双连可变电容器使输出最大，以六管机为例，扬声器输出电压约在 0.8 伏时，变频管基极输入约 15 微伏左右。

最后可以检查一下整机灵敏度，方法参见第六章，如果发现灵敏度不够，参照本节五排除故障。

表 7-3 列出了普通六管超外差式收音机当输出额定功率 80 毫瓦时，各级应加的信号正常数值。如发现某级需要输入的信号和表中数据出入比较大时，就可以判断出故障就在这一级。表 7-3 所列数据对其他型号的收音机也可作参考。

表 7-3

| 信号注入点 | 变频管基极      |            | 中放 I 基极 | 中放 II 基极 | 检波管正极 | 推动管基极    | 推动管集电极 | 扬声器输出 |
|-------|------------|------------|---------|----------|-------|----------|--------|-------|
| 信号类型  | 535 千周调幅信号 | 465 千周调幅信号 | 同左      | 同左       | 同左    | 1 千周低频信号 | 同左     | 同左    |
| 信号大小  | 15 微伏      | 11 微伏      | 160 微伏  | 2 毫伏     | 23 毫伏 | 5 毫伏     | 0.82 伏 | 0.8 伏 |

用信号输入寻迹的方法能可靠地找出故障发生在那一级，然后用万用电表检查该级各元件的质量，从而排除故障。

## 四、收音机完全无声检修方法

收音机完全无声时，首先进行直观检查，如没有发现断

线、脱焊、元件相碰等明显故障，则需按收音机完全无声检修程序表（此表是以燎原 6A1 六管晶体管收音机电路为例进行分析的）中所介绍的方法逐级进行分析检查。

晶体管收音机完全无声检修程序表，是工人同志实践经验的总结。按此表检修的过程也是对收音机故障分析综合的过程。工人同志根据什么事物都是可分的道理，通过对声音有无、电压高低、电流大小等现象进行分析，分析中有综合，步步缩小寻找产生故障的范围，甚至可以在不取出印刷电路板，并尽可能不焊下接线头的情况下，较快地找出故障所在。

## 五、其它故障现象的分析

### 1. 音质变坏、失真(主要是非线性失真)变大

产生原因大致可归纳为三方面：

(1) 扬声器音圈偏心、碰圈，音圈松散或纸盆受潮，以致发出的声音沙哑。

(2) 推挽功放部分不对称。

(i) 一只功放管损坏或未接入，只有一管工作。

(ii) 输出变压器初级一半断线或内部部分短路，以致输出波形严重不对称。

(iii) 输入变压器次级一半断线或内部部分短路，以致两管中只有一管有输入或两管输入不对称，使输出也不对称。

(3) 晶体管偏流电阻断开，工作点变动，引起失真。

(i) 功放管上偏流电阻断开，输出小时失真变大(交越失真)。

(ii) 低放管偏流电阻断开，工作点变动。

(iii) 中放兼来复低放管  $\beta$  过高或工作点变动。

### 2. 灵敏度低、声音轻

要区分三种情况，一种情况是声音轻，但灵敏度没有降

低,即收音机收到的电台无明显减少,这种声音轻大多由低频部分(低放、功放)故障所引起。如果声音虽轻,但清晰,则毛病大多在推动级。第二种情况是灵敏度低,而声音响,这时,收到的电台大大减少,且收音机方向性特别显著,这通常由高频部分(变频、中放)故障所造成。第三种情况是灵敏度低、声音轻,这与高频部分,低频部分及检波部分都可能有关。

对于第一种情况,产生原因通常有:

(1) 低频部分管子性能变坏,若测量基极和发射极间电阻,发现正向电阻变大,反向变小,这说明管子 $\beta$ 下降,使增益减小,声音变轻。

(2) 低放级偶合电容容量变小,低频信号受到过多的衰减。

(3) 低放级管子发射极旁路电容容量减小或断开,在发射极电阻上引起低频负反馈,使增益下降。

对于第二、第三种情况,先看检波部分,若检波二极管性能变坏,使检波效率大大下降,会造成灵敏度低,声音轻。这时可以不拆下要检查的二极管,用万用表 $\Omega \times 100$ 挡测量二极管的正反向电阻,若测得正向电阻为几百欧,反向电阻为几千欧,则表示正常,否则有问题。

中放级造成灵敏度低、声音轻的原因主要有:

(1) 中放管性能变坏,可用上面方法粗略检查其 $\beta$ 是否下降。

(2) 中放管发射极旁路电容断开或基极旁路电容断开或短路,使中频信号受到过多衰减。

(3) 中频变压器内部局部短路,使Q值下降,同时谐振频率也偏离465千周。

检查时要注意当发现某级增益不够时,不仅可能是这一级集电极电路中的中频变压器线圈短路,当基极电路中的线



圈有短路时也同样影响这级的增益。要判断究竟是那级中频变压器内部短路,可以在变频管基极送入中频信号,然后依次调节三级中频变压器,发现那一级中频变压器调节不起作用,就是这一级短路了。

(4) 中频变压器回路电容内部开路,或中频变压器初级一端开路(不是接集电极的一端),这种现象可以从调节中频变压器磁芯时愈旋进声音愈响发现。至于如何判断电容开路还是初级一端开路,可用万用表分别量电容两端对地电压,若两端均有电压说明电容坏,若只一端有电压即线圈一端断开。

(5) 中频变压器调乱,中频回路失谐。

由输入回路和变频级造成灵敏低,声音轻的主要原因有:

(1) 磁性天线线圈只焊上几股(例如2股),在未焊上的几股中产生高频损耗,使回路Q值下降。

(2) 输入调谐回路线圈脱焊,由于信号直接进入变频管基极回路线圈,因此也能收到广播,但灵敏度降低,声音轻。

(3) 双连可变电容器内部磨损,容量变化,失调,灵敏度降低。

(4) 高频部分没有统调好。

### 3. 哨叫

哨叫是收音机因自激而发出的振荡叫声,大多由于某些元件损坏或断开而引起级与级之间的不良偶合,或本级的输出端与输入端发生偶合而产生有害振荡所致。由低频部分引起的哨叫称低频哨叫,例如“扑扑”汽船声或“嘟嘟”声,此外还有中频哨叫和振荡级哨叫,它们通常是刺耳的尖叫声或差拍声。

低频哨叫与收音机的调谐无关,产生原因主要有:

(1) 电池电压过低,电池内阻增大,通过电池内阻引起级间不良偶合,产生振荡。

(2) 电源滤波电容或退偶电容容量减小或开路。可用30—100微法电解电容与原电容并联试验,看哨叫能否消除。若能消除,确认是该电容断开所引起。

(3) 低频负反馈电阻断开,增益过高,引起自激哨叫,或输入输出变压器线头接反,使原来负反馈变成正反馈,引起哨叫。

中频哨叫产生在度盘上电台位置的两侧,而且整个波段都有,产生原因主要有:

(1) 中和电容脱焊。

(2) 中频变压器外壳接地不良,引起中放级间交连。

(3) 中放级退偶电容断开。

(4) 中放级增益过高,例如由于中放级电流太大或自动增益控制反馈电阻开路所造成。

(5) 自动增益控制电路中,第一中放管基极音频滤波电容开路,这时旋动调谐旋钮,每到电台位置附近,便发出尖叫声。

振荡级哨叫通常发生在波段的高端,在度盘上电台位置的两侧有差拍声,产生原因主要有:

(1) 振荡管工作电流太大,振荡电压过高。

(2) 变频电路中,输入调谐回路线圈与变频管基极回路线圈方向不对也会引起哨叫,可将基极线圈两端对调。

## 第八章 自制零件及工具

在毛主席关于“独立自主、自力更生”的伟大方针指引下，我国工人阶级胸怀祖国，放眼世界，以不怕困难、敢于斗争的革命精神，狠抓革命，猛促生产，取得了一个又一个的伟大胜利。电子工业不仅在设备、整机方面有了飞速发展，而且在元件方面也是突飞猛进。

下面介绍晶体管收音机主要零件的数据，和工人同志在实践中积累的经验。为了便于读者进一步自行创制，这里也介绍一些简单设计计算，可供参考。

### 第一节 输入回路线圈的绕制

晶体管收音机的输入回路，都是采用磁棒上的线圈（调谐线圈）和一只可变电容器组成的调谐回路。市售可变电容器一般有 270 微微法、290 微微法、360 微微法等几种，电容器的容量小，线圈电感量要大些，即多绕几圈，这样回路  $Q$  值可高些。不过容量太小，受分布电容的影响较大，稳定性要差些。在机壳体积允许条件下磁棒尽可能用长些，可以提高灵敏度，磁棒长度不同线圈圈数也不同。表 8-1 列出常用的可变电容器配不同长度的磁棒时线圈应绕的圈数，我们可以根据选定的电容量直接查出输入线圈的圈数。例如选用可变电容器 360 微微法（即最小容量 12 微微法，最大容量 360 微微法）和磁棒  $\phi 10 \times 120$ ，则由表中查得初级调谐线圈  $N_1 = 55$  圈，次级基极线圈  $N_2 = 6$  圈，用  $\phi 0.07 \times 7$  纱漆包线绕制。这里磁棒材料

都是国产  $M_n400$  型 ( $\mu_0 = 400$ ), 适用于中波。由于磁性材料的不一致性, 实际圈数可能有些上下, 则在装制中调整之(通常调整中不变动圈数而移动线圈在磁棒上的位置)。一般有如下规律: 初级线圈的圈数过多, 电感量过大, 频率偏低, 高端电台收不到; 圈数太少, 电感量太小, 频率偏高, 低端电台收不到。次级线圈圈数过多, 容易串台夹音(选择性差); 圈数太少, 虽不串台, 但灵敏度低, 而且频带窄容易失真, 一般以选择在既不串台, 灵敏度又高的圈数。

圈数决定后就可以绕制, 绕制要注意线头线尾固定。一般在事先做好的线圈管(用青壳纸、牛皮纸或道林纸做均可)上绕, 先取适当长度的粗纱线或扁丝带对折起来做成如图 8-1 所示 U 字形圈, 把多股线的起头夹在 U 字中间(凹槽里), 用手指压紧, 随即顺着方向绕去, 绕线要

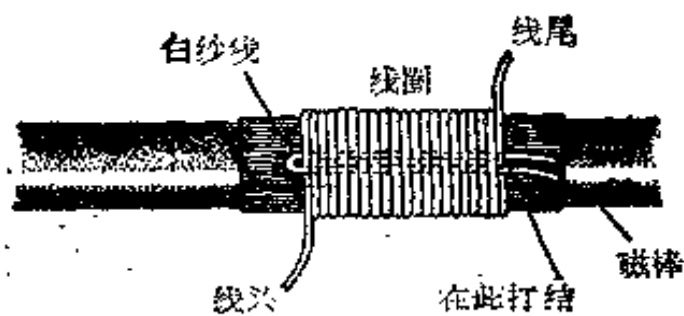


图 8-1 线头固定方法

一圈紧靠一圈地压住这条 U 字型的纱线上, 如果要有抽头就在需要抽头的地方, 引出足够长的双线夹在纱线槽里, 打一个结, 再将多股线继续依原来方向绕下去直到所要的圈数为止, 把多股线尾夹入纱线中, 将纱线打一个结即可。

抽头和线头线尾固定也可采用图 8-2 所示的方法。到最后几圈时在导线底下先压上一条对折的黄蜡布条(或牛皮纸)折头向外, 绕到需要圈数时剪断导线顺绕线方向穿入折条中, 并把折条向里抽紧即成。

除上述外, 还可以用玻璃胶水纸粘贴固定线头, 但是这种方法不便于浸蜡。另外也可在线圈管上穿两个孔, 将线头、线尾固定。

表 8-1 在超外差式收音机中磁性天线配可变电容器实际使用数据

| 线径及<br>圈数<br>配电容器 | 磁棒<br>尺寸 | (长)<br>扁型 $l = 50$                      | $\phi 10 \times 70$<br>或 $\phi 10 \times 80$ | $\phi 10 \times 100$                   | $\phi 10 \times 120$   | $\phi 10 \times 140$<br>或 $\phi 10 \times 160$                   | $\phi 10 \times 180$  | $\phi 10 \times 200$   |
|-------------------|----------|---|--|--|--|--|---|--|
| 127p              |          | $\phi 0.07 \times 5$<br>初级 120<br>次级 12 |  |  |  |  |   |  |
| 270p              |          | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 82<br>次级 7   | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 80<br>次级 8        | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 75<br>次级 84 | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 40+40<br>次级 10                        | $\phi 0.07 \times 28$<br>初级 62<br>$\phi 0.15$<br>次级 7            | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 40+40<br>$\phi 0.15$<br>次级 7           | $\phi 0.07 \times 28$<br>初级 50+24<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 7  |
| 290p              |          |   |  |  | $\phi 0.07 \times 7-21$<br>初级 58<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 5 | $\phi 0.07 \times 21$<br>初级 55<br>$\phi 0.15$<br>次级 5            | $\phi 0.07 \times 21$<br>初级 29+29<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 5 | $\phi 0.07 \times 21$<br>初级 35+38<br>$\phi 0.05 \times 10$<br>次级 8 |
| 360p              |          |   | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 70<br>次级 8        | $\phi 0.07 \times 7$<br>初级 70<br>次级 8  | $\phi 0.07 \times 7-21$<br>初级 55<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 6 | $\phi 0.07 \times 7-21$<br>初级 48<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 5 | $\phi 0.07 \times 7-21$<br>初级 40<br>$\phi 0.07 \times 7$<br>次级 5  | $\phi 0.07 \times 7-28$<br>初级 4×18 共 72<br>$\phi 0.19$<br>次级 6     |

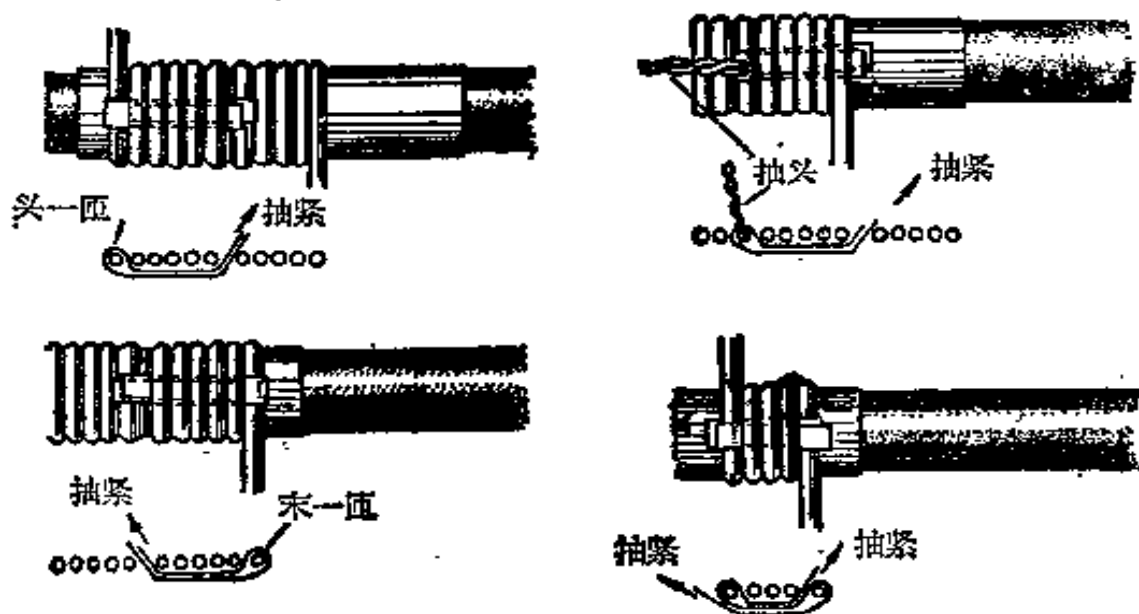


图 8-2 线头固定和中间抽头的方法

为了调整方便,线圈往往需要在磁棒上移动,绕制时可先在磁棒上绕半圈稍长的牛皮纸,或者先在磁棒平行方向放一根导线,再在上面卷上牛皮纸或青壳纸作为线圈管,线圈绕好后抽出这根导线或牛皮纸即可移动,如图 8-3 所示。

线圈管两端切忌加金属圈,以免造成高频损耗,影响灵敏度、选择性。线圈绕好调整好后用蜡封住,一方面能固定不散,另一方面不会受潮影响性能。

调谐线圈接入电路前,纱包线或丝包线的线头应用砂纸轻轻砂干净,砂时切勿损伤多股线或断股。否则会降低回路  $Q$  值影响灵敏度和选择性,砂好后应使每一股都搪上锡,然后再接入电路。

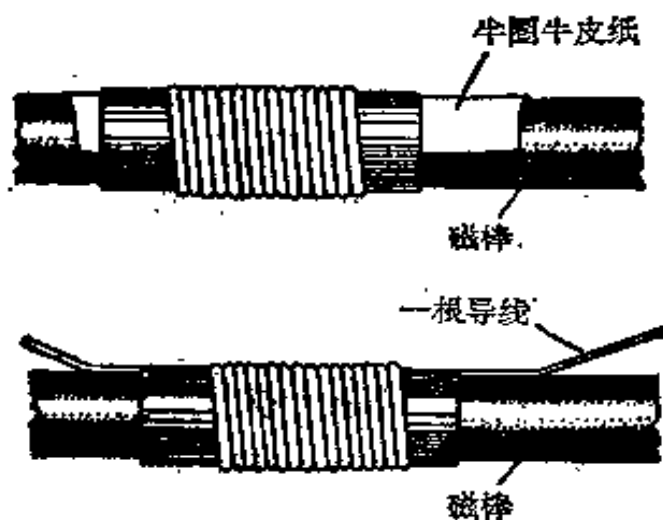


图 8-3

调谐线圈接入电路前,纱包线或丝包线的线头应用砂纸轻轻砂干净,砂时切勿损伤多股线或断股。否则会降低回路  $Q$  值影响灵敏度和选择性,砂好后应使每一股都搪上锡,然后再接入电路。

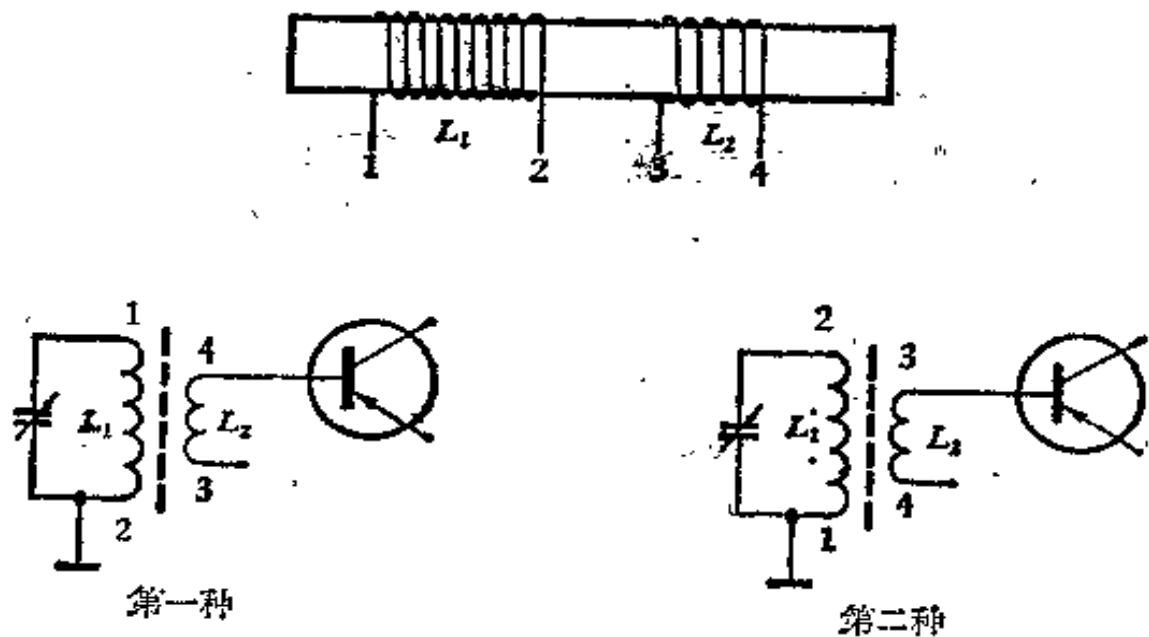


图 8-4

磁性天线接入电路时有两种接法如图 8-4 所示,  $L_1$ 、 $L_2$  是顺向绕制。在来复再生式电路中, 由于需加正反馈, 只能按图中两种接法。第二种接法由于 2、3 端导线接近, 分布电容较大, 形成电容耦合, 频率愈高耦合愈紧, 又因一般再生收音机高端再生强, 灵敏度高, 低端灵敏度差, 这样加剧整个波段灵敏度不均匀, 甚至引起高端哨叫。第一种接法由于 2、3 端接地中间有隔离作用, 所以 1、4 端分布电容小, 因此整个波段灵敏度的均匀性要比第二种接法好。事物都具有两重性, 对于高频性能差的管子有时也采用第二种接法, 利用分布电容的耦合提高高频端的灵敏度。在外差式收音机中采用第一种接法  $Q$  值比较高, 镜像干扰比较小。第二种接法有可能会出现中频自激产生汽船声, 如有自激可以将 3、4 两头或将 1、2 两头对调一下。

最后介绍一下简单的设计计算。

例: 若接收中波频率 535—1605 千周, 选用可变电容器 12/360 微微法, 则输入回路电感线圈电感量为:

$$L = \frac{2.53 \times 10^{10}}{C_{\max} - C_{\min}} \cdot \frac{\left(\frac{f_{\max}}{f_{\min}}\right)^2 - 1}{f_{\max}^2} \quad (\text{微亨})$$

$$= \frac{2.53 \times 10^{10}}{360 - 12} \times \frac{\left(\frac{1605}{535}\right)^2 - 1}{(1605)^2} \approx 220 \text{ 微亨}$$

如果采用国产  $M_x400$  铁氧体磁棒, 长度为 100 毫米, 直径为 10 毫米, 从图 8-5 中由已知电感量  $L$  查出圈数  $N$  为 60 圈左右。由于磁性材料有出入, 最后可在实验时修定。

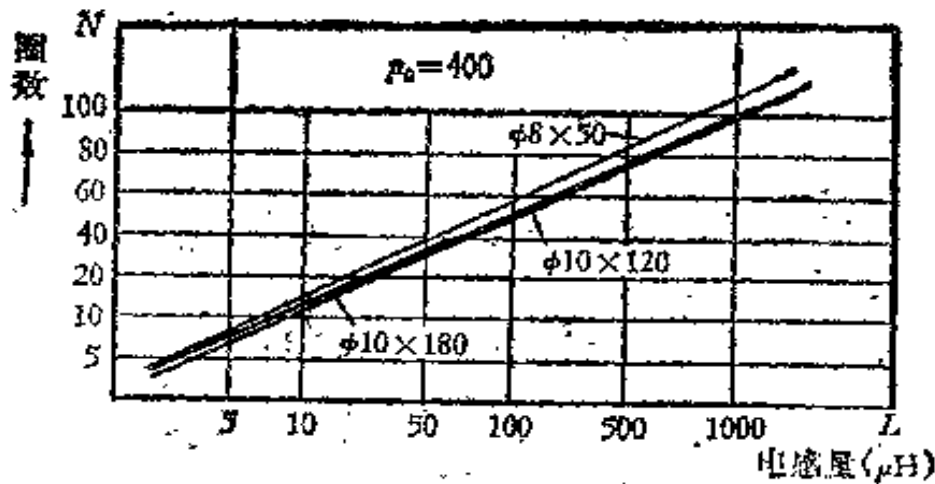


图 8-5

次级基极线圈圈数  $N_2$  可以用图介法求得。从图 8-6 中由已知晶体管输入阻抗  $R_A$ , 初级调谐线圈电感  $L$  和  $Q_0$ , 即可查出初次级圈数比  $n$ , 从而求出基极线圈圈数  $N_2$ 。例如  $L = 220$  微

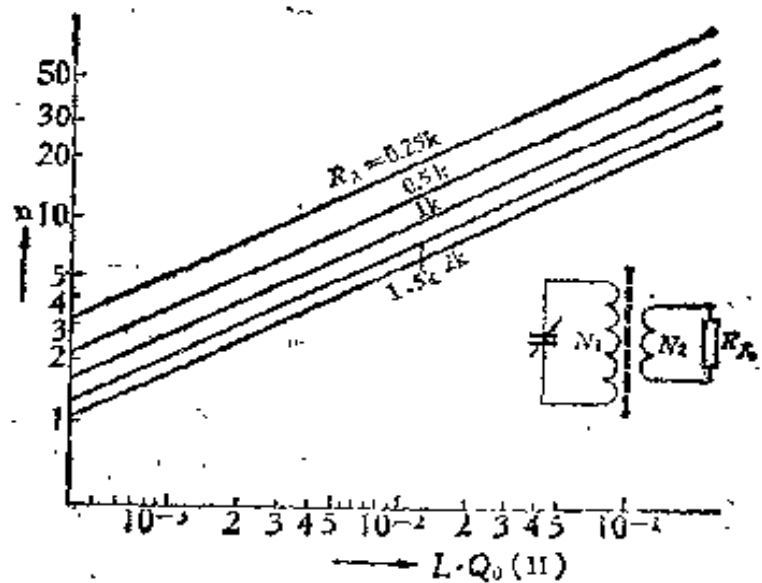


图 8-6



亨,  $Q_0=150$ ,  $R_\lambda=1.5$  千欧(一般可取 1—3 千欧), 则  $LQ_0=3.3 \times 10^{-2}$  (亨), 由图查出  $n=10$ ,  $N_2 = \frac{N_1}{n} = \frac{60}{10} = 6$  圈, 最后在实验时修定。在实际制作中  $N_2$  大致为  $N_1$  的  $\frac{1}{10}$ 。

## 第二节 振荡回路线圈的绕制

本机振荡回路线圈如图 8-7。  $L_1$  和  $C$  组成振荡回路决定了本机振荡频率。  $L_3$  是正反馈线圈, 供给  $L_1C$  振荡回路维持振荡的能量。  $L_2$  是耦合线圈, 考虑了晶体管输入阻抗的影响。

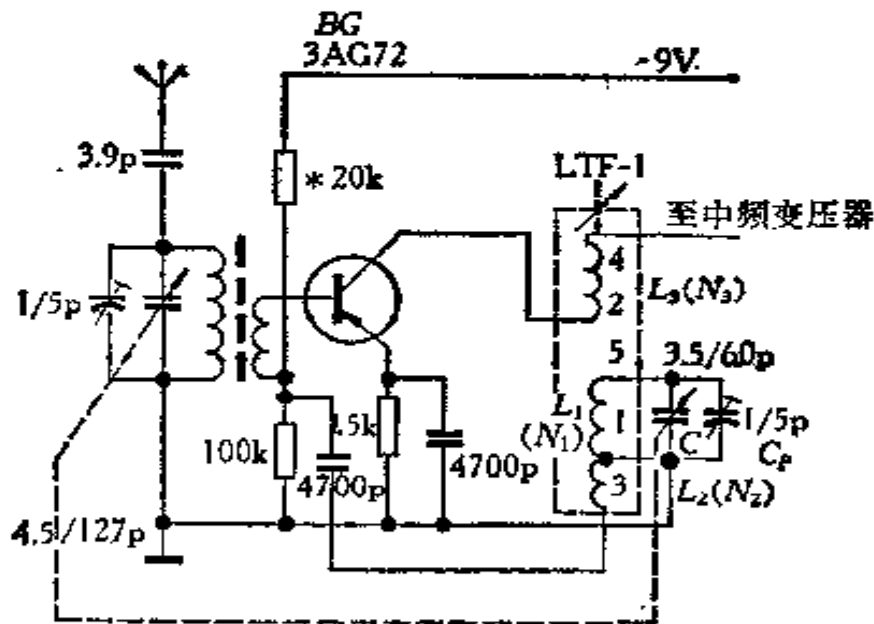


图 8-7

自行绕制振荡线圈通常选用聚苯乙烯等塑料管或高频胶木管作线圈骨架, 以减少其高频损耗, 骨架中间用螺纹铁氧体磁芯来调节电感量, 中波常用  $M_4\phi 3 \times 14$  或  $M_4\phi 6 \times 16$ , 短波常用  $N_1\phi 3 \times 14$  或  $N_1\phi 6 \times 16$  的磁芯。为了防止磁芯在线圈管中松动, 所以常在磁芯和线圈管之间嵌一根  $\phi 0.5$  的细橡皮筋, 这样利用弹力可平滑地调节磁芯, 又不会自己松动。

绕制中波振荡线圈可以采用蜂房绕或乱绕, 蜂房绕通常

有专用绕线车绕制,没有蜂房绕线车可以改为乱绕。如图 8-8 所示,把中间有孔的塑料圆片,按原来蜂房线圈要求的宽度,用万能胶胶在线圈管上,待胶干后就可在此片间乱绕,绕好后再涂上一层绝缘清漆或以地蜡密封,一方面可以防潮,另一方面还起到不致散落的作用。

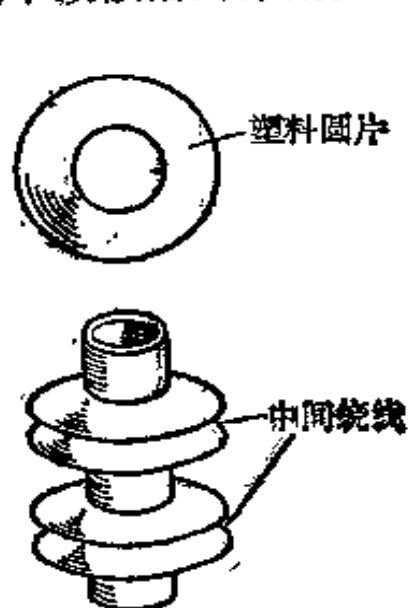


图 8-8

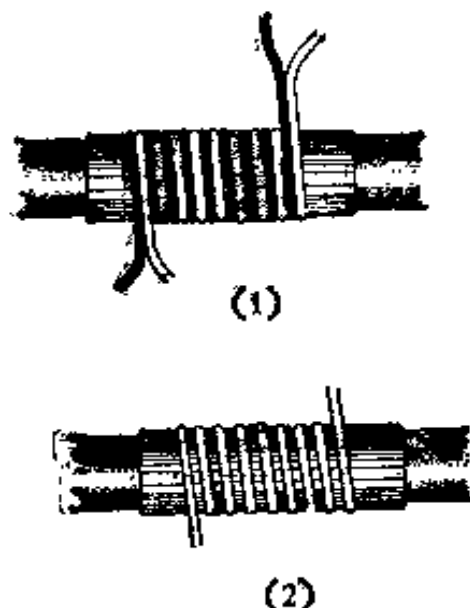


图 8-9


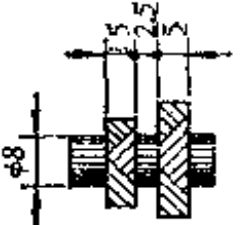
短波常用密绕(排齐)或间绕,间绕可以用两根导线同时平绕,绕好后拆去一根即成,如图 8-9 所示。因地蜡对高频损耗大,这种短波线圈往往不浸蜡但可采用聚苯乙烯碎片用纯苯或二甲苯溶解做成塑料浆封牢。

表 8-2 列出配用不同双连可变电容器的振荡线圈的实际数据,供自行绕制时参考。

最后介绍一下振荡回路线圈的简单计算,根据选择的双连可变电容器容量来计算线圈。下面分别按差容和等容来计算。

**差容:** 即双连可变电容器两连容量不相等,振荡连总是容量小的一连,因为振荡回路频率要比输入回路高 465 千周,如采用 60/127 微微法双连可变电容器,振荡连就是 60 微微

表 8-2 配不同可变电容器的振荡回路线圈自制实际绕制数据

| 可变电容器振荡回路连/输入回路连 | 自绕线圈电原理图  | 自绕线圈结构   | 绕法及用线数据或选用线圈   |
|------------------|---|--|--|
| 60/127p          |   | 用 LTF-3 型磁芯骨架  | 用 $\phi 0.08$ 漆包线绕制, 初级共 111 匝, 在 8 圈处抽头为(2), 次级 9 圈<br>LTF-1-1 产品振荡线圈可适用。   |
| 270/270p         |  | <br>磁心 M <sub>4</sub> φ6 × 16 | 在外径 $\phi 8\text{mm}$ 带磁芯塑料管上用 $\phi 0.17$ 丝漆包线绕房绕(或乱绕用夹板)<br>初级共 105 圈在 12 圈处抽头为(2)<br>次级用同号线间隔 2.5mm 绕 33 圈为(4)(5)                               |
| 250/290p         |   | 同上   | 产品线圈可适用 LTF-1, LTF-2-3 或 LTF-3-1<br>在外径 $\phi 8\text{mm}$ 带磁芯塑料管上用 $\phi 0.17$ 丝漆包线绕房绕(或乱绕用夹板)<br>初级共 110 圈, 在 3 圈处抽头为(2)<br>次级用同号线间隔 2.5mm 绕 12 圈 |
| 360/360p         |   | 同上   | 产品线圈可适用 LTF-2<br>在外径 $\phi 8\text{mm}$ 塑料管上用 0.17 丝漆包线绕房绕(或乱绕用夹板)<br>初级共 88 匝, 在 8 圈处抽头为(2)<br>次级用同号线间隔 2.5mm 绕 25 圈                               |

法,这时振荡连片子全部旋进时最大容量  $C_{\max} = 60$  微微法,片子全部旋出时最小容量  $C_{\min} = 3.5$  微微法,我们以图 8-7 为例计算如下:

输入回路频率 535—1605 千周,本振回路频率 1000—2070 千周

$$\text{频率复盖系数 } K = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{2070}{1000} = 2.07$$

本振回路电感量应为:

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{2.53 \times 10^4 (K^2 - 1)}{(C_{\max} - C_{\min}) f_{\max}^2} \\ &= \frac{2.53 \times 10^4 (2.07^2 - 1)}{(60 - 3.5)(2.07)^2} \approx 354 \text{ 微亨} \end{aligned}$$

补偿电容  $C_p$  可以由实验确定。也可以按下式进行计算:

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_{\max} - K^2 C_{\min}}{K^2 - 1} - C_0 \\ &= \frac{60 - 4.3 \times 3.5}{4.3 - 1} - 10 = 13.6 - 10 \\ &= 3.6 \text{ 微微法} \end{aligned}$$

其中,  $C_0$  为分布电容,取 10 微微法。

$C_p$  实际用 1/5 微微法微调电容。 $L_1$  求出后,根据线圈结构就可以确定振荡线圈圈数  $N_1$  (常用实验办法根据不同结构绕好圈数,测其电感量到需要值),  $N_1$  确定后就可确定  $N_2$ 、 $N_3$ , 根据生产实践经验,  $N_1$  和  $N_2$ 、 $N_3$  通常有如下的关系:

$$\frac{N_1}{N_2} \approx 10 - 25, \quad \frac{N_1}{N_3} \approx 7 - 15$$

$$\text{例如 LTF-1 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{144.5}{8.5} = 17, \quad \frac{N_1}{N_3} = \frac{144.5}{11.5} = 12.6$$

$N_2$ 、 $N_3$  的圈数很少,通常在实验中直接确定。

等容: 即双连的两组容量都相等,例如  $2 \times 7/270$  微微

法,两组最大容量都是 270 微微法。

我们以图 3-31 为例用图介法计算如下:

图中  $L_3$  和  $C_{1b}$  组成振荡回路。  $L_4$  是正反馈线圈,  $L_3$  的下面一部分是耦合线圈,  $C_4$  垫整电容,  $C_2$  补偿电容, 振荡回路和输入回路统调在 600 千周、1000 千周、1500 千周三点上。

$f_2 = 1000$  千周, 由图 8-10 查得:

$$m = \frac{L_1}{L_\lambda} = 0.54, \quad \frac{C_{DZ}}{C_{\max}} = 1.1, \quad C_2 = C_p = 11 \text{ 微微法。}$$

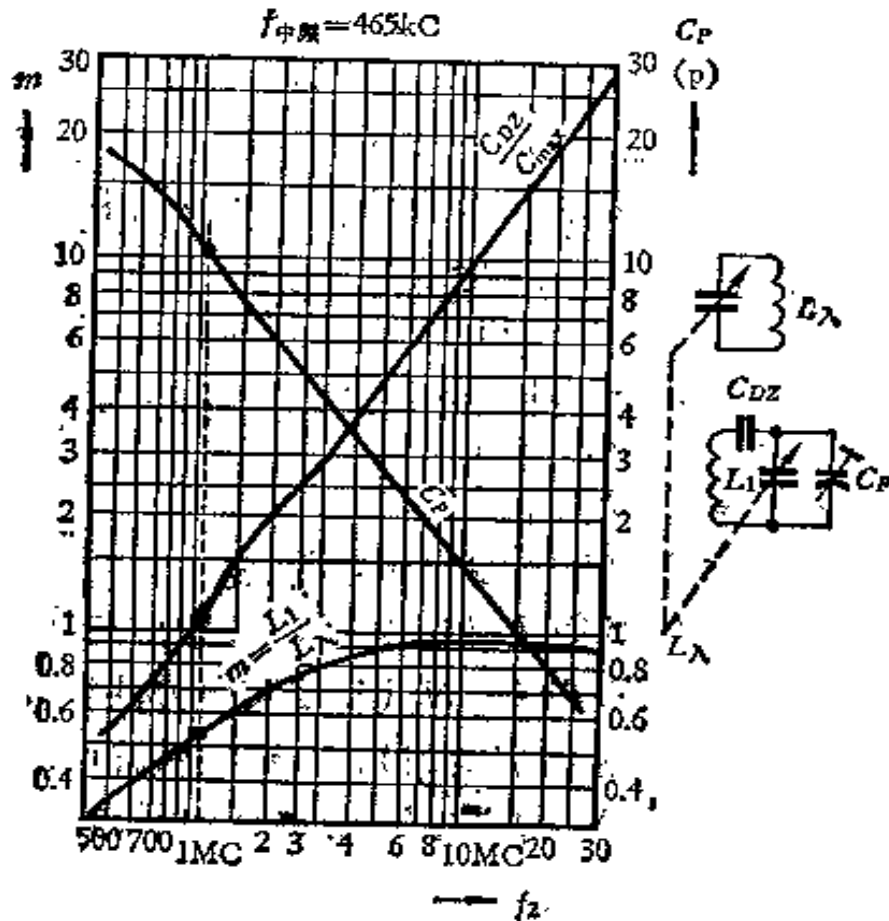


图 8-10

双连可变电容器振荡连的最大容量为 270 微微法, 所以  $C_4 = C_{DZ} = 1.1 C_{\max} \approx 300$  微微法, 实践证明最佳用 285 微微法。

由输入回路计算可以知道  $L_A = 310$  微亨, 所以  $L_1 = mL_A = 0.54 \times 310 = 168$  微亨。

$C_p$  实际用微调电容 5/30 微微法。

算出  $L_1$ , 根据线圈结构就可确定圈数  $N_1$ ,  $N_1$  确定后就可根据上面介绍的方法确定  $N_2$ ,  $N_3$ , 即  $\frac{N_1}{N_2} \cong 10-25$ ;  $\frac{N_1}{N_3} \cong$

7-15。例如 LTF-2  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{88.5}{4.5} \approx 20$ ,  $\frac{N_1}{N_3} = \frac{88.5}{8} \approx 11$ 。

### 第三节 中频变压器的绕制

中频变压器是超外差式收音机中频放大级的偶合元件, 它在很大程度上决定着收音机的灵敏度和选择性。

图 8-11 是国产小型中频变压器和振荡线圈的外形和结构, 整个结构装在金属屏蔽罩内, 下面有引出脚, 上面有调节孔。它的内部结构见图 8-12。铁氧体制成的磁帽和磁芯构成了和变压器相似的闭合磁路 (见图 8-12), 磁芯绕上线圈后, 磁帽再罩在磁芯上, 变化磁路的间隙可以变化电感量, 所以磁帽做成螺纹可以在尼龙支架上旋上旋下。

超外差式收音机灵敏度很大程度取决于中放级增益, 中频变压器谐振回路谐振阻抗  $(R_R = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot Q_L)$  愈高, 增益愈大, 也就是要求回路  $Q_L$  值 ( $Q_L$  是回线工作时的等效  $Q$  值) 高、 $L$  大、 $C$  小。由于回路受线圈分布电容和电路接线电容影响 (它们都并联在回路电容  $C$  上), 所以  $C$  不宜太小, 否则影响频率稳定性, 通常回路谐振电容  $C$  都取在 140—200 微微法。有的收音机放大量已足够, 主要考虑电路工作的稳定性用比较大的回路谐振电容  $C$ , 用到 300—1000 微微法。

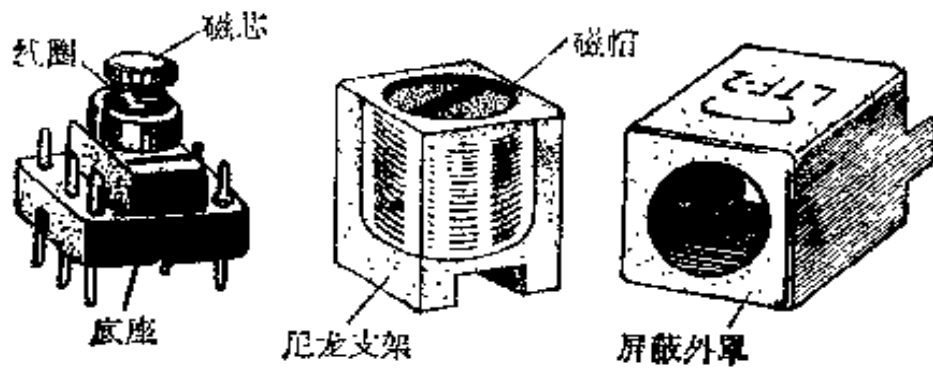
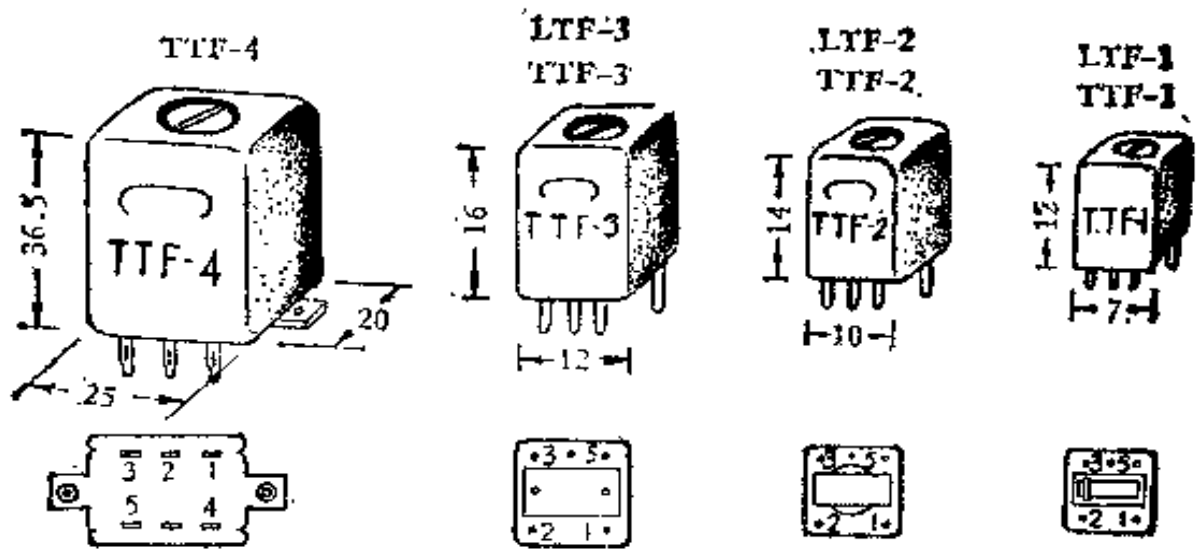


图 8-11

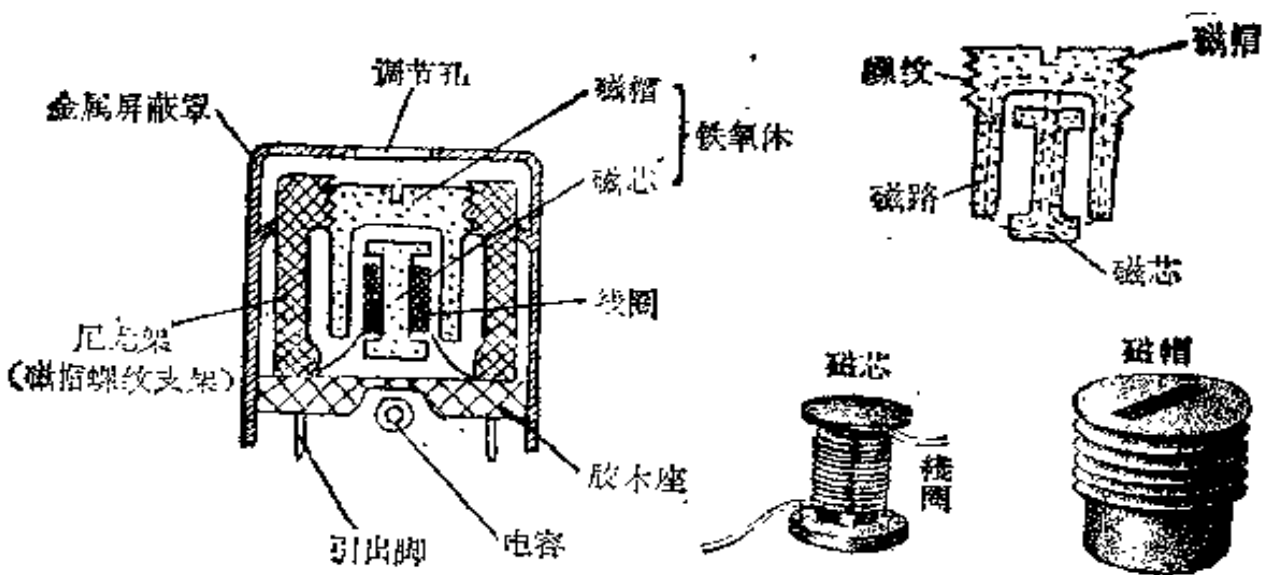


图 8-12

晶体管收音机中频变压器要求体积小，并要保证一定的 $Q_0$ 值，因此在结构上采用了一个紧耦合密闭式的磁路，这样可以大大缩小体积。磁力线在中心磁芯和外圈磁帽之间完成磁回路，这种密闭式磁路还有如下好处：

我们知道，为了防止外界电磁场的干扰和本身的高频磁场干扰别的元件，在整个结构外面套上电性能良好的金属屏蔽罩，但屏蔽罩也有不利的一面，它会使谐振回路 $Q_L$ 值降低，这是由于高频磁场在屏蔽罩上感应产生涡流，从而消耗了一部分能量，如今采用了密闭磁路，使磁通尽量集中到磁路中，减少屏蔽罩对线圈的影响。不用多股线，一般采用单股高强度漆包线就可以达到一定的 $Q_0$ 值，可大于100，稳定性也高，体积又小，例如TTF-1型只有 $7 \times 7 \times 12$ 毫米<sup>3</sup>。

中频变压器实质上是一个带通滤波器，为了得到良好的声音质量，广播通频带都是用 $\pm 10$ 千周，因此中频变压器的通频带也希望包括这个范围，而在通频带以外的信号要迅速衰减（即谐振曲线形状象长方形一样），这样收音机才有良好的选择性和声音的保真度。通常晶体管超外差式收音机采用二级中频放大，共有三个中频变压器。偏调 $\pm 10$ 千周的选择性约 $\geq 18-22$ 分贝，每个中频变压器的选择性约 $\geq 5-8$ 分贝。

在晶体管收音机中还常用双调谐中频变压器，它的外形、结构相当于两个单调谐中频变压器。变压器的初级和次级都是由一个线圈 $L$ 和电容器 $C$ 组成的谐振于中频频率的谐振回路，可以分别调谐，适当配置两个线圈的偶合度，就可以获得良好的通频带和选择性。

有了磁帽、磁芯、底座、尼龙架、屏蔽罩、再配上高强度漆包线就可以绕制中频变压器了；导线线径和圈数可查表8-3。导线基本上都是用 $\phi 0.08$ 。先绕次级后绕初级，表8-3中的中频变压器和振荡线圈电路图左面是初级线圈，右面是次级线

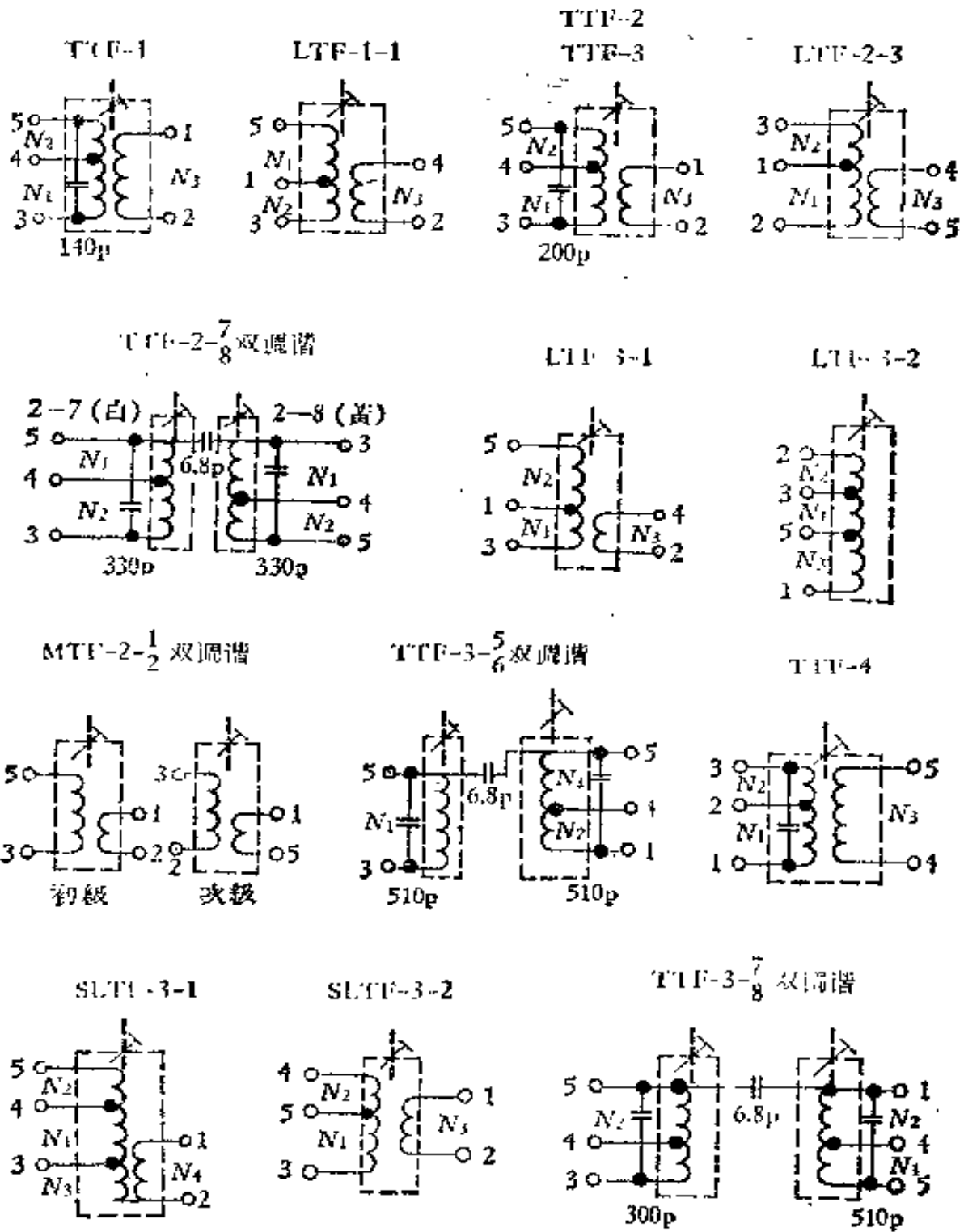


表 8-3 TTF 型中频变压器和振荡线圈参数

| 型号      | 色标<br>(顶) | 初级    |       | 次级  | 级数 | 电压传输系数<br>(倍)<br>即初级抽头与<br>次级电压比     | 选择性<br>(±10kC)<br>db | 通频带<br>kC | $Q_0$   | 并联回路<br>电容<br>pF | 备注                     |             |
|---------|-----------|-------|-------|-----|----|--------------------------------------|----------------------|-----------|---------|------------------|------------------------|-------------|
|         |           | $N_1$ | $N_2$ |     |    |                                      |                      |           |         |                  |                        |             |
| TTF-1-1 | 白         | 171   | 49    | 13  |    | 3.4—4.4                              | ≥6                   | ≥7.5      | 55—75   | 140              | 同类型 200 型              |             |
| TTF-1-2 | 红         | 172   | 48    | 9   |    | 4.8—6                                | ≥6                   | ≥7.5      | 55—75   | 140              |                        |             |
| TTF-1-3 | 绿         | 187   | 33    | 14  |    | 2.1—2.6                              | ≥6.5                 | ≥6.5      | 55—75   | 140              |                        |             |
| LTF-1-1 | 黑         | 144   | 8     | 11½ |    | 电感范围 340—420 μH 电源 9V $Q_0$ ≥ 55     |                      |           |         |                  |                        | 配谱 3.5/60 p |
| TTF-2-1 | 白         | 117   | 45    | 7   |    | 5—7                                  | ≥7                   | ≥6.5      | 80—120  | 200              | 同类型 203 型              |             |
| TTF-2-2 | 红         | 117   | 45    | 10  |    | 4—5                                  | ≥5.5                 | ≥8        | 80—120  | 200              |                        |             |
| TTF-2-3 | 绿         | 116   | 46    | 13  |    | 3—4                                  | ≥6.5                 | ≥7        | 80—120  | 200              | 两只并结之<br>间偶合电容<br>6.8p |             |
| TTF-2-9 | 绿         | 114   | 48    | 25  |    | 1.7—2.2                              | ≥2                   | ≥11.5     | 70—100  | 200              |                        |             |
| TTF-2-7 | 白         | 50    | 70    |     |    | 6—8.5                                | ≥14                  | ≥5.5      | 105—145 | 330              | 配谱 7/270 p             |             |
| TTF-2-8 | 黄         | 117   | 7     |     |    |                                      |                      |           | 110—160 | 330              |                        |             |
| LTF-2-3 | 黑         | 84    | 4½    | 8   |    | 电感范围 150—190 μH 电源 4.5/6V $Q_0$ ≥ 70 |                      |           |         |                  |                        |             |
| TTF-3-1 | 白         | 129   | 36    | 6   |    | 5.4—6.6                              | ≥9                   | ≥5.5      | 80—120  | 200              | 同类型 201 型              |             |

|          |    |     |    |    |      |  |            |             |        |      |                        |
|----------|----|-----|----|----|------|--|------------|-------------|--------|------|------------------------|
| TTF-3-2  | 红  | 117 | 48 | 6  | 0.08 | 7.2—8.8  | $\geq 8$   | $\geq 6.5$  | 80—120 | 200  | 配谱 7/270p              |
| TTF-3-3  | 绿  | 119 | 46 | 13 | 0.08 | 3.15—3.85  | $\geq 7$   | $\geq 7$    | 80—120 | 200  |                        |
| TTF-3-4  | 黄  | 119 | 46 | 24 | 0.08 | 1.6—2.15   | $\geq 4$   | $\geq 11$   | 80—120 | 200  |                        |
| TTF-3-9  | 绿  | 81  | 81 | 42 | 0.08 |  |            |             | $> 85$ | 200  |                        |
| LTF-3-1  | 黑  | 44  | 84 | 84 | 0.08 | 电感范围 160—190 $\mu$ H 电源 6V $Q_0 \geq 70$             |            |             |        |      | 配谱 12/250p             |
| LTF-3-2  | 黑  | 5   | 3  | 80 | 0.08 | 电感范围 165—185 $\mu$ H 电源 9V $Q_0 \geq 70$             |            |             |        |      |                        |
| SLTF-3-1 | 黑  | 13  | 7  | 3  | 0.08 | 电感范围 9—11 $\mu$ H(2.5—10MC) 电源 6V $Q_0 \geq 35$      |            |             |        |      | 配谱 7/270p              |
| SLTF-3-2 | 黑  | 15  | 2  | 7  | 0.17 | 电感范围 3.57—4.83 $\mu$ H(3.9—18MC) 电源 6V $Q_0 \geq 30$ |            |             |        |      |                        |
| TTF-3-5  | 白  | 120 |    |    | 0.08 | 电感量 260—220 $\mu$ H                                  |            |             |        |      | 两只并结之<br>间偶合电容<br>6.8p |
| TTF-3-6  | 半白 | 93  | 8  |    | 0.08 | 电感量 260—220 $\mu$ H                                  |            |             |        |      |                        |
| TTF-3-7  | 红  | 65  | 65 |    | 0.08 | 电感量 430—360 $\mu$ H                                  |            |             |        |      | 两只并结之<br>间偶合电容<br>6.8p |
| TTF-3-8  | 半红 | 84  | 93 |    | 0.08 | 电感量 260—220 $\mu$ H                                  |            |             |        |      |                        |
| MTF-2-1  | 白  | 73  | 1  |    | 0.08 |  | $\geq 10$  | $\geq 7$    | 90—110 | 1000 | 两只并结偶<br>合度0.8         |
| MTF-2-2  | 红  |     |    | 60 | 0.08 |  | $\geq 10$  | $\geq 7$    | 90—110 | 1000 |                        |
| TTF-4-1  | 白  | 144 | 56 | 15 | 0.12 | 3.1—4.2  | $\geq 4.3$ | $\geq 10.7$ | $> 50$ | 200  | 同类型 202 型              |
| TTF-4-2  | 红  | 120 | 30 | 13 | 0.12 | 1.9—2.5  | $\geq 5.6$ | $\geq 8.7$  | $> 50$ | 300  |                        |
| TTF-4-3  | 绿  | 138 | 62 | 19 | 0.12 | 2.8—3.6  | $\geq 4.9$ | $\geq 10$   | $> 50$ | 200  |                        |

## TTF 型中频变压器和振荡线圈电路图



注：常用中频变压器 TTF-1、TTF-2、TTF-3 接入电路时的接法相同，可参见第四章 4B12 等收音机电路。

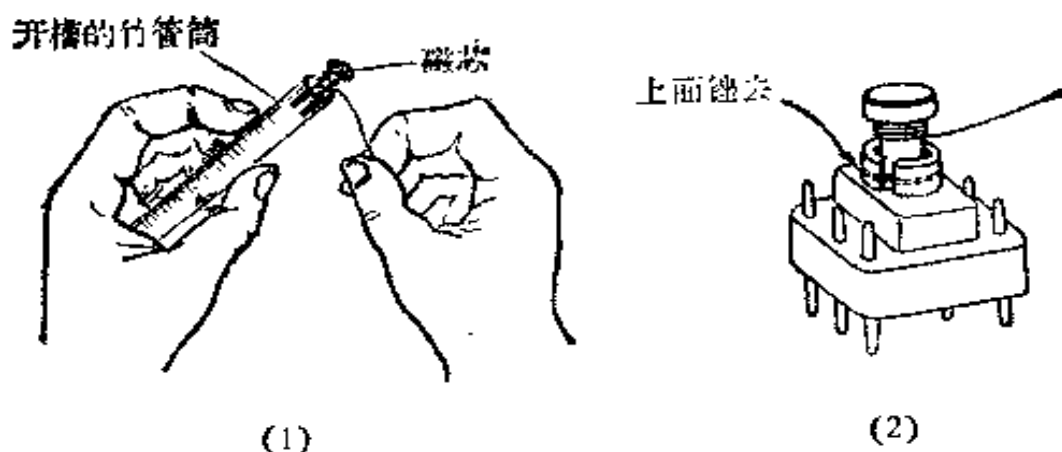


图 8-13

圈,上端都是始端,下端都是末端。

由于圈数比较少,可以如图 8-13(1) 所示徒手绕制,因磁芯太小拿不住,可以用大小合适的竹管开槽夹住它。一般可以乱绕,先绕次级后绕初级,同时注意绕线的头尾。

绕成后用万能胶把它胶在底座上,再把线头焊到引出脚上,套上尼龙架,旋入磁帽,最后加进屏蔽罩即成。通常回路谐振电容接在中频变压器外面电路里,或者底座下凹槽里。

还有一种常用的自绕方法,先将磁芯直接用树脂胶胶在锉去凹槽一部分的底座上,使磁芯底座正好嵌平,见图 8-13(2),可以不用夹具直接手持底座绕制。

表 8-3 和表 8-4 列出了国产小型中频变压器和振荡线圈的绕制数据、电性能参数及电原理图;可以提供我们自制参考。

最后介绍一下中频变压器的简单计算:

中频频率  $f = 465$  千周,  $C$  一般选用 200 微微法

$$\text{所以 } L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \approx 590 \text{ 微亨}$$

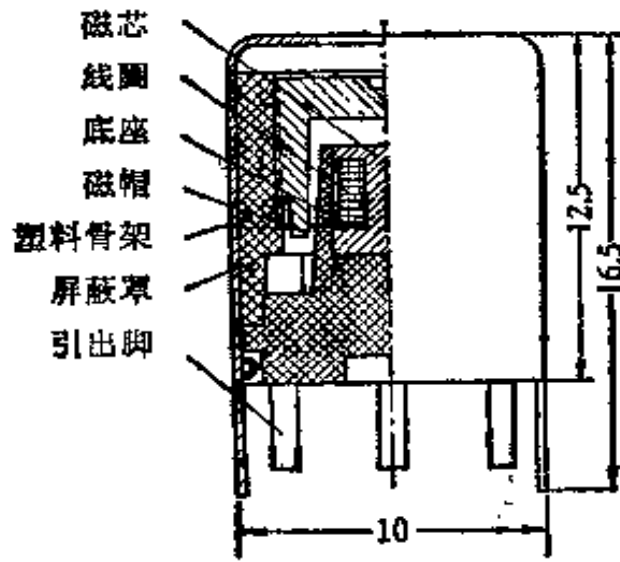
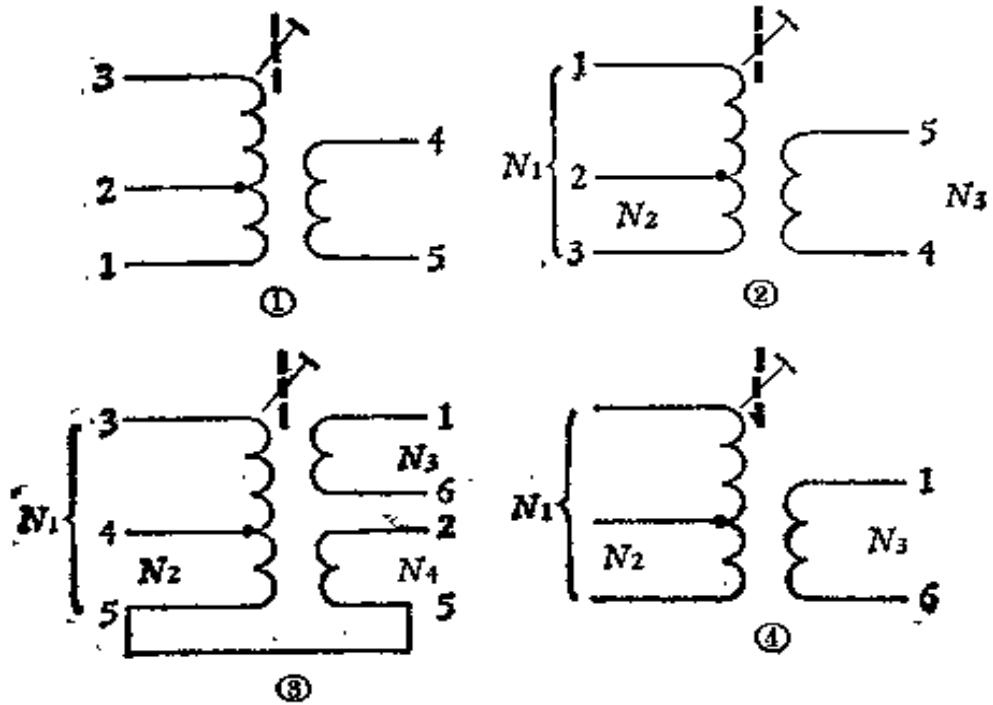
$L$  求出后根据线圈结构可以确定圈数  $N_1$ , 常用实验办法根据不同结构绕好圈数,测其电感量到需要值。 $N_1$  确定后,

表 8-4 T10A 型中频变压器及振荡线圈参数

| 型号     | 色标 | 圈数       |          |          | 线径<br>mm | 初级空<br>载 Q 值 | 电压比: 为 $N_{12}$ 输入 465kC 120mV |             | 功率可<br>调范围   | 初级谐<br>振回路<br>电容<br>pF | 图例 |
|--------|----|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------------------------|-------------|--------------|------------------------|----|
|        |    | $N_{12}$ | $N_{12}$ | $N_{45}$ |          |              | $N_{12}$ mV                    | $N_{45}$ mV |              |                        |    |
| T10A-1 | 黄  |          | 51       | 11       | 0.08     | 低档<br>60—80  | 55±5                           | 12±1        | 465±<br>10kC | 510                    | ①  |
| T10A-2 | 白  | 110      | 42       | 8        |          |              | 44±4                           | 8.5±1       |              |                        |    |
| T10A-3 | 黑  |          | 46       | 23       |          |              | 48±4                           | 23±2        |              |                        |    |
| T10A-4 | 绿  |          | 56       | 1        |          |              | 64±4                           | 1±0.3       |              |                        |    |

| 型号         | 色标 | 圈数    |       |       |       | 线径<br>mm | 初级<br>空载<br>Q 值 | 电压比: 为 $N_1$ 输入与圈数相同的电压(mV) |             |             | 电感可<br>调范围<br>μH | 配谐<br>电容<br>pF | 图<br>例 |
|------------|----|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------------|----------------|--------|
|            |    | $N_1$ | $N_2$ | $N_3$ | $N_4$ |          |                 | $N_2$ mV                    | $N_3$ mV    | $N_4$ mV    |                  |                |        |
| 102<br>中振  | 红  | 83    | 4     | 15    | —     | 0.08     | ≥100            | 4±0.5                       | 15±1        | —           | 140—<br>190      | 5/270          | ②      |
| 103<br>短振  | 蓝  | 17    | 2     | 8     | 2     | 0.11     | ≥80             | 1.9±<br>0.4                 | 7.4±<br>0.8 | 2.4±<br>0.8 | 4.8—<br>5.8      | 5/270          | ③      |
| 643<br>中振  | 红  | 80    | 4     | 10    | —     | 0.08     | ≥85             | 4±0.4                       | 10±<br>0.5  | —           | 120—<br>180      | 12/365         | ②      |
| 643<br>短振  | 蓝  | 26.5  | 5     | 7.5   | —     | 0.11     | ≥80             | 5.5±<br>0.5                 | 8.5±<br>0.5 | —           | 11—14            | 12/365         | ④      |
| 5401<br>中振 | 红  | 85    | 4     | 10    | —     | 0.08     | ≥85             | 4±0.4                       | 10±1        | —           | 150—<br>200      | 5/270          | ②      |
| 644<br>短振  | 蓝  | 36    | 3     | 8     | —     | 0.11     | ≥90             | 3±0.3                       | 8.1±<br>0.4 | —           | 20—25            | 5/270          | ②      |

T10A 型中频变压器及振荡线圈电路图



就可确定  $N_2$ ,  $N_3$ , 它们是根据前后级输入输出阻抗的数值按匹配情况进行计算的, 在实际制作过程中要适当调整, 实际数据见上表。

#### 第四节 輸入輸出變壓器的繞制

圖 8-14 是晶體管收音機常用的輸入、輸出變壓器的外形和結構。

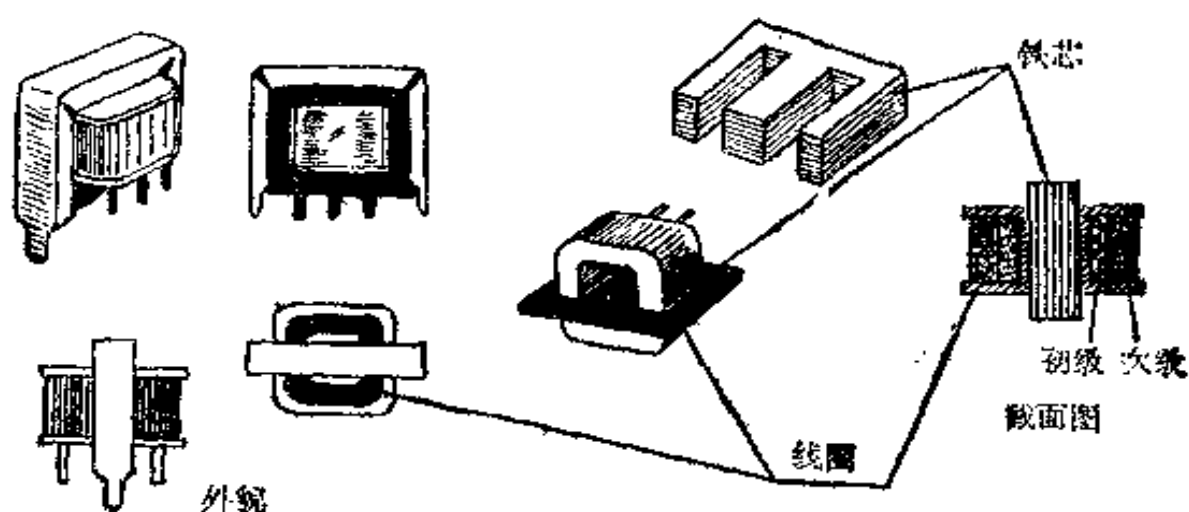


圖 8-14

輸出變壓器在晶體管收音機的末級放大級中是把輸出功率偶合到揚聲器的變換元件，我們可以利用變壓器的阻抗變換特性使得功率放大管的最佳負載和揚聲器的音圈阻抗匹配。匹配時，揚聲器得到的功率最大。

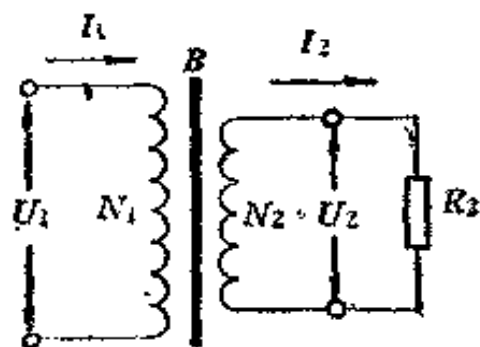


圖 8-15

如圖 8-15 所示，我們可以求得變壓器輸入電壓  $U_1$  和輸入電流  $I_1$  之比，設次級線圈上所接負載電阻為  $R_2$ ，不計變壓器損耗，而變壓器的匝數比為

$$n = \frac{N_2}{N_1}$$

式中  $N_1$  为初级线圈圈数,  $N_2$  为次级线圈圈数。根据没有损耗的条件, 可得:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2; \quad U_1 = n U_2; \quad I_1 = \frac{I_2}{n}$$

变压器的初级阻抗

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{n U_2}{\frac{I_2}{n}} = n^2 \frac{U_2}{I_2}$$

但是比值  $\frac{U_2}{I_2}$  等于负载阻抗  $R_2$ , 因此

$$R_1 = n^2 R_2$$

如图 8-16 所示, 电动式扬声器的音圈阻抗  $R_2$  只有几欧, 我们可以通过输出变压器的变换, 变为几十欧、几百欧, 适当选择圈数比  $n$ , 使得变压器的初级阻抗  $n^2 R_2$  等于功率放大器的最佳负载, 变压器好象是把负载  $R_2$  的阻值变化到原来的  $n^2$  倍, 这就是变压器的阻抗变换作用。这时功率放大器输出功率有一半加到变压器初级线圈, 并由此经过次级线圈加到扬声器上。

从图 8-16 还可以看到, 末前级和末级之间接入输入变压

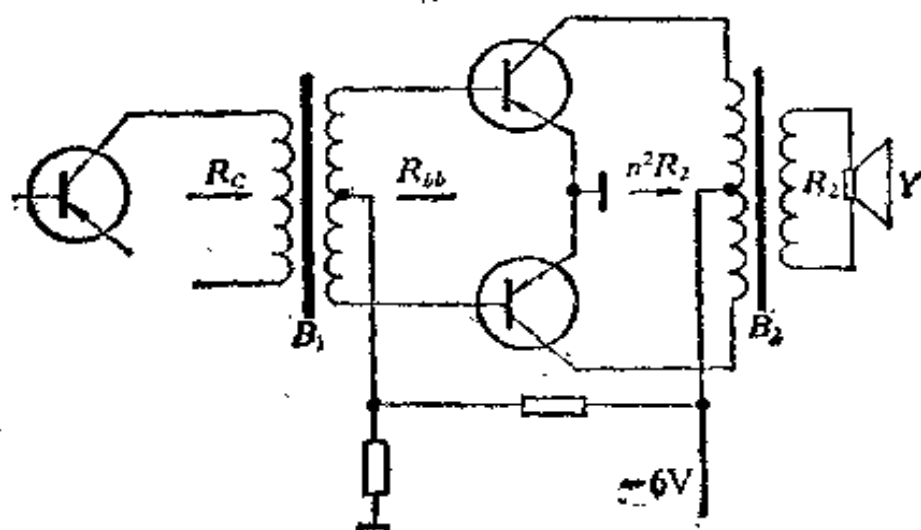


图 8-16



器  $B_1$ ，使低放级输出阻抗  $R_2$  与末级输入阻抗  $R_{i2}$  匹配，但它的接入严格地说来，并不是为了这两级达到完全匹配，因为低放级负载阻抗高时失真太大或输出激励功率不够，所以通常是通过输入变压器，使末级获得最合适的信号源内阻，从而使失真最小，或使输出级获得足够的激励功率。

变压器初、次级的圈数比  $n$  怎样选得合适呢？

这要根据具体情况，在管子少的简易收音机，增益是主要问题，因此采用圈数比大的输入变压器，例如用圈数比 5:1 变压器，即  $n = \frac{N_1}{N_2} = 5$ ， $n^2 = 25$ ，放大级等效负载就会提高 25

倍，改善匹配，增益也大大提高了。

输入变压器初级圈数  $N_1$  一般选在 1200—2000 圈左右，在单管甲类或滑动甲类功率放大器中初次级圈数比  $n$  在 5:1—2:1 左右，推挽放大级中初次级（次级指总圈数）圈数比  $n$  在 3:1—1:1 左右。输出变压器初级  $N_1$  一般选在 400—600 圈左右，如配 8 欧小扬声器，初次级圈数比可选在 5.5:1—7.5:1 左右。

晶体管收音机中一般使用降压变压器，次级圈数比初级要少，故次级线圈电流增大为初级的  $n$  倍，而电压则降低为  $\frac{1}{n}$ 。

小型变压器体积小，转换效率可高至 80% 左右，一般在 0.6 以上，转换效率与铁心材料有关，常用的铁心材料有冷轧矽钢片（厚 0.2—0.35 毫米）、铁氧体 E24（宽 24 毫米）、E30（宽 30 毫米），更贵重高级的用坡莫合金片（厚 0.1—0.3 毫米）。此外还有一种新型的铁铝合金，其性能与坡莫合金相近，价格较低。常用的几种铁心尺寸见表 8-5，表 8-6 是一些产品和实际使用的输入、输出变压器的有关数据。

一般成品输出变压器的圈数比、次级的阻抗值等参数是固定的，因此它的初级阻抗（即提供给收音机功放级的负载阻抗）以及输出功率等，也就完全有一个确定的数值，选用时必须注意。

下面介绍输入、输出变压器自行绕制的方法：

先用青壳纸或其他硬卡纸做一个纸框，大小要恰好使铁心全部铁片紧紧地插入〔图 8-18(2)〕，如果选用表 8-5 的铁心则有现成的尼龙骨架或塑料骨架可购，这种框架外形见图 8-18(3)。

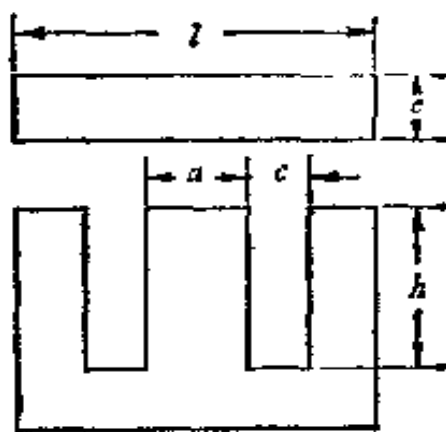
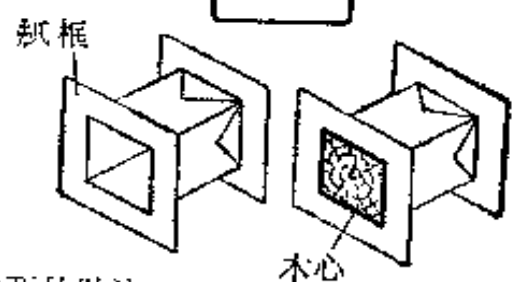
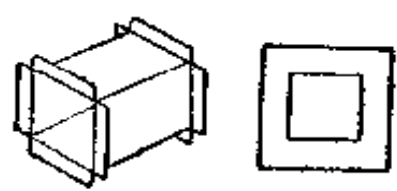
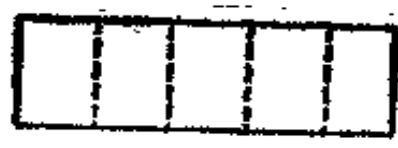
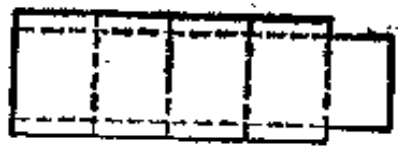


图 8-17

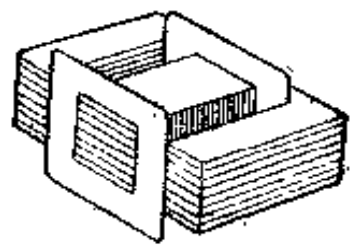
表 8-5 常用铁心尺寸

| 编 号 | $l$ | $a$ | $c$ | $h$  | $e$ | 备 注                     |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------------------------|
| E14 | 14  | 3.5 | 3.5 | 7.2  | 1.8 | 用在 100mW 左右             |
| E19 | 19  | 5.0 | 4.5 | 10.3 | 2.4 | 用在 100mW 左右<br><250mW   |
| E20 | 20  | 5.0 | 4.5 | 9.0  | 3.0 |                         |
| E24 | 24  | 5.0 | 6.0 | 17.0 | 3.5 |                         |
| E37 | 37  | 10  | 6.5 | 18.0 | 7.0 | 用在 500mW 左右<br><800mW   |
| E44 | 44  | 12  | 8.0 | 22.0 | 8.0 | 用在 1000mW 左右<br><1200mW |

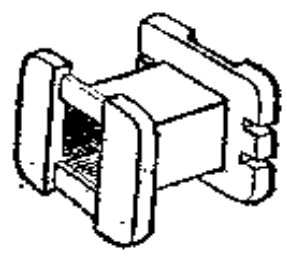
再做个木心，大小正好插入纸框或尼龙骨架，并在木心的正中心打一个孔，中心孔要正，孔的大小稍比绕线机的轴梗直径大一点〔图 8-18(4)〕。



(1) 纸框的两种做法



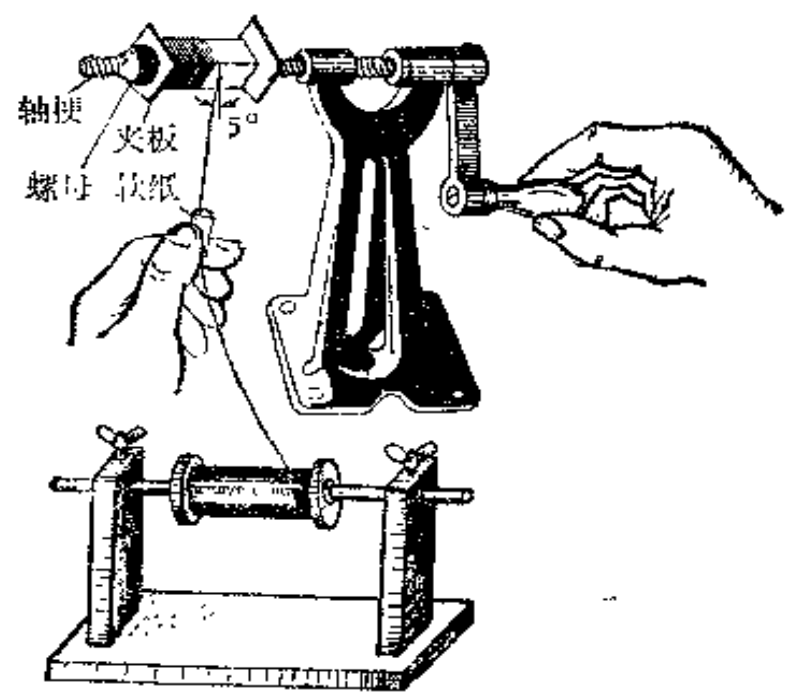
(2) 纸框大小正好使铁心紧紧插入



(3) 纸壳或塑料骨架



(4) 木心



(5) 用绕线机绕变压器

图 8-18.

木心连同纸框一起装到绕线机的轴梗上〔图 8-13 (5)〕, 两端用夹板并以螺母旋紧。

变压器开始绕制前, 在纸框外面包一层绝缘纸(透明纸、白蜡纸、电容器纸、玻璃纸都可以)。起头时要求引出线要牢固, 为此要在导线底下压一条对折的绝缘纸条, 拉紧起头引线, 通常小变压器线很细, 直接作引线易断, 可以另用一根多股线作引线, 这时要将导线刮净后绕焊在引线上以保持电接触良好。

中间如遇断线时, 要把两个断头漆皮刮光绞结起来焊好, 要焊光洁, 不要用酸性焊油, 最好用松香, 然后用绝缘纸条夹在接头处, 以保证绝缘。

绕线时用软纸夹住漆包线, 以免沾染手上汗渍。

这种变压器一般可以用密绕。

当绕到最后几圈时, 又要预先放一条对折的绝缘纸, 再继续绕下去直到最后一圈时, 把导线从对折条的折缝中穿过, 再抽紧绝缘纸使线尾固定。如果导线很细, 则要焊上多股线作引线, 绝缘纸要固定住多股线的引线。

晶体管收音机电压不高, 所以一层和一层之间不垫绝缘纸, 但是初级和次级之间要用绝缘纸一二层, 因为初级一般接有电源电压, 次级接到末级晶体管基极, 如初次级间碰线, 容易烧管子, 故绕完次级线圈后, 先在次级线圈外面裹上一二层绝缘纸。然后用同样方法绕初级, 注意各线圈的引出线应在同一个方向, 如图 8-19 所示, 引出线必须认准头、尾。初级绕完后在外面再包上三四层绝缘纸, 线圈就绕好了。

把线圈从绕线机上取下, 就可开始插铁心。

一般输入、输出变压器是先绕次级后绕初级, 这样做可减小次级直流电阻。

推挽式变压器有中心抽头, 通常用双线并绕, 即用两根线

同时绕，绕好后将一根线的头端与另一根线的尾端接好作为中心抽头(图 8-19)，这样做主要是为了取得直流电阻的平衡，

不致引起失真。注意不要接错。

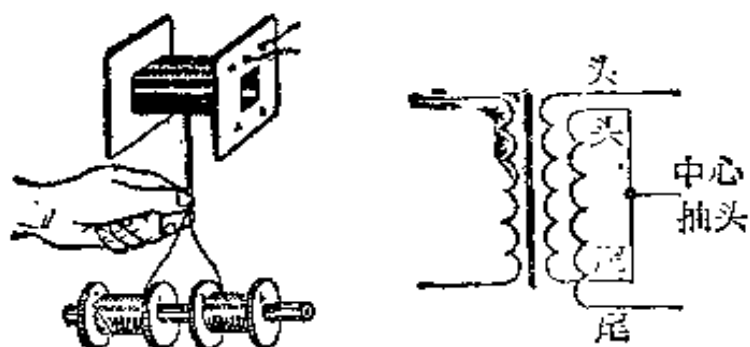


图 8-19 双线并绕

插铁心可以采用如图 8-20(1)所示的“交叉插法”，即一片左手插进，一片右手插进的对插，也可以二片二片对插，最多不宜超过三片对插，并且注意间隙尽量小，铁片插得紧，并且不要插破线圈。

当输入变压器直流分量较大时，或者单管输出变压器直流分量较大时，变压器铁心容易产生磁饱和，导致电感量下降和次级波形失真，这时也可以用“单面插法”，甚至垫纸以便磁路中增加一个空气隙，避免磁饱和。但一般小型输入、输出变压器直流分量较小，不会引起磁饱和，所以仍用交叉插法。

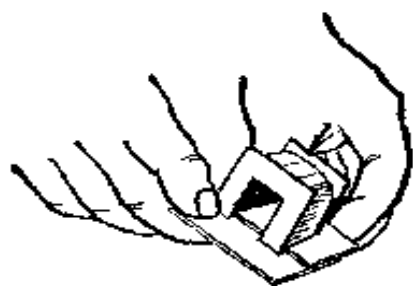


图 8-20(1) 插铁心

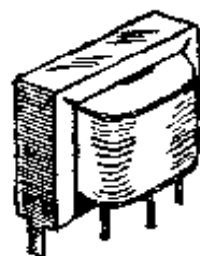
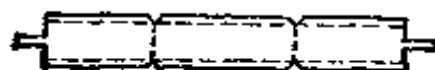


图 8-20(2) 装固定夹

铁片插好后，用薄铁皮照图 8-20(2) 做一个变压器固定夹(俗称骑马夹)，以便固定在底板上。为了防潮可以将变压

器进行浸渍或浸蜡处理，浸渍前，先去潮处理。浸蜡比较简单，把白蜡熔化在容器中，放入已烘干或晒干的变压器，就可看见泡沫(说明蜡往里进，空气外泄)，到泡沫消失，即可取出，自然凝固即可，不要烘烤。更简单的办法是直接把蜡用烙铁融化滴入变压器缝隙，蜡自己渗透进去。

绕线机可以参考实际结构自己动手做(见图8-21)。固定轴梗的铜圈和支头螺丝可以从坏旋钮中敲出来使用。装线圈框的轴梗做成方形，既可以省去木心，而且不会打滑，如果线圈框太大，可以在方轴梗上嵌入层压板，嵌到合适大小，线

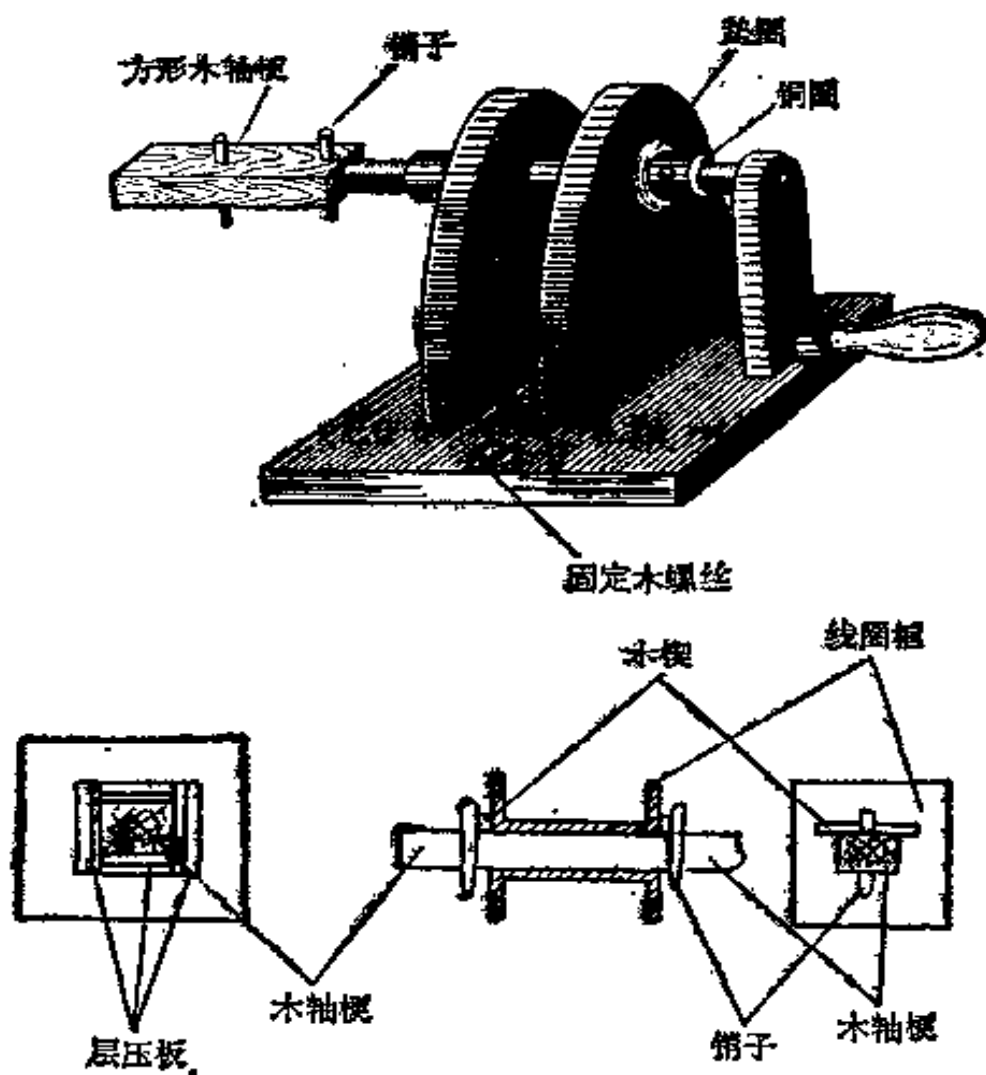


图 8-21

圈框的左右固定依靠两个销子，如果线圈框短，可以再加木楔。

下面介绍输入变压器和输出变压器的简单计算方法。

输出变压器的计算：

变压器的计算，主要是要算出铁心截面积  $S$ ，初次级导线直径  $d_1$ 、 $d_2$ ，和初次级圈数  $N_1$ 、 $N_2$ 。

铁心截面积  $S$  与变压器要求的输出功率和电感量有关，电感量小，低频响应不好，即和变压器的工作频率有关。 $S$  用小了，声音尖而难听，这主要受到低频工作频率  $f_{\text{低}}$  的限制。对晶体管收音机来说，由于输出功率不大，发热问题不大，主要考虑低频响应。我们可以根据已知功率  $P_{\text{出}}$  和要求低频  $f_{\text{低}}$  按下式计算出截面积  $S$

$$S = 12.6 \sqrt{\frac{P_{\text{出}}}{f_{\text{低}}}} \text{ (厘米}^2\text{)}$$

例如我们以 E192 型为例，要求  $P_{\text{出}} = 200$  毫瓦， $f_{\text{低}} = 350$  周

$$\text{则} \quad S = 12.6 \sqrt{\frac{0.2}{350}} \approx 0.29 \text{ 厘米}^2$$

实际 E192 型  $S = 0.5 \times 0.55 = 0.275 \text{ 厘米}^2$

一般取  $a:b = 1:1—1:1.5$ ，取 1:1 用铜最省，取 1:1.5 漏磁少（ $a$  是铁心中心柱宽度， $b$  是铁心迭厚）。

通常不同规格铁心给出了输出功率的大概数值。例如，E14 型使用在 100 毫瓦左右，E19 型使用在 200 毫瓦左右，E37 型使用在 500 毫瓦左右，E44 型用在 1 瓦左右，我们也可以根据要求的功率直接选用，不需要再进行计算了。

初级导线直径  $d_1$  可按下式计算

$$d_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{出}}}{2E_c \eta_B}}$$

次级导线直径  $d_2$ , 根据  $I_2 = \sqrt{\frac{P_{出}}{R_y}}$  ( $R_y$  为扬声器阻抗),

$d_2 = \sqrt{\frac{I_2}{2}}$ , 所以

$$d_2 = 0.7 \sqrt[4]{\frac{P_{出}}{R_y}}$$

以 E192 为例,  $d_1 = \sqrt{\frac{200 \times 10^{-3}}{2 \times 6 \times 0.75}} \approx 0.12$  毫米,

$$d_2 = 0.7 \sqrt[4]{\frac{200 \times 10^{-3}}{8}} \approx 0.29 \text{ 毫米}。$$

初级线圈直径也可以根据电流大小查表 8-7 得到, 例如, 假定流过绕组的有效电流为 50 毫安即 0.05 安, 则根据表 8-7 可查得导线直径  $d_1$  为 0.12 毫米。

由此可见, 导线选用有这样一个原则, 即根据电流选用适当直径的导线, 同时还要考虑变压器的效率, 希望直流电阻能够小些, 所以在铁心窗口面积允许下, 选用较粗的导线, 这样可以减小直流电阻的损耗, 从而提高了效率。

#### 决定初次级线圈圈数

初级线圈圈数和铁心截面积有关, 铁心截面积大或磁路短, 磁阻就小, 圈数也就少些, 另外电感量要求大的话, 圈数就要求多。这个关系可以表示为

$$N_1 = K \sqrt{L_1 \frac{l_m}{S}} \quad (\text{圈})$$

$K$  是个系数, 通常取 210—400, 其中包括了常数、占空系数和铁心材料的相对导磁系数等, 实际绕制时考虑铁心窗口大些,  $K$  取高些, 窗口小些,  $K$  取小些。

$S$  是铁心的中心柱截面积(厘米<sup>2</sup>), 所以  $S = a \times b$ 。



$l_m$  是铁心中磁力线的平均长度,可直接量出,如图 8-22 虚线所示。

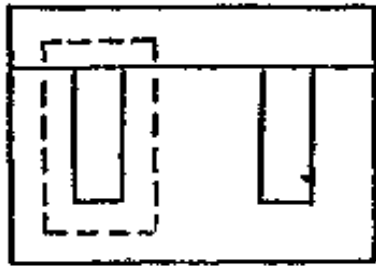


图 8-22

$L_1$  是初级电感量(亨),那末, $L_1$  如何来确定呢?

晶体管输出电流  $I_{cc}$  分两部分,一部分  $I_{R_{cc}}$  流到放大器负载折算到晶体管两端的等效阻抗  $R_{cc}$  上的,这就是输出功率;一部分  $I_{X_L}$  流到变压器线圈的等效感抗  $X_L$  上,这是变压器的无用损耗功率。所以为提高输出功率,总是使  $X_L \gg R_{cc}$ , 这样就使  $I_{R_{cc}} \gg I_{X_L}$ , 大部分电流流在负载上。因此,为使输出功率大,  $X_L$  要大,但  $X_L$  又不是常数,它与频率

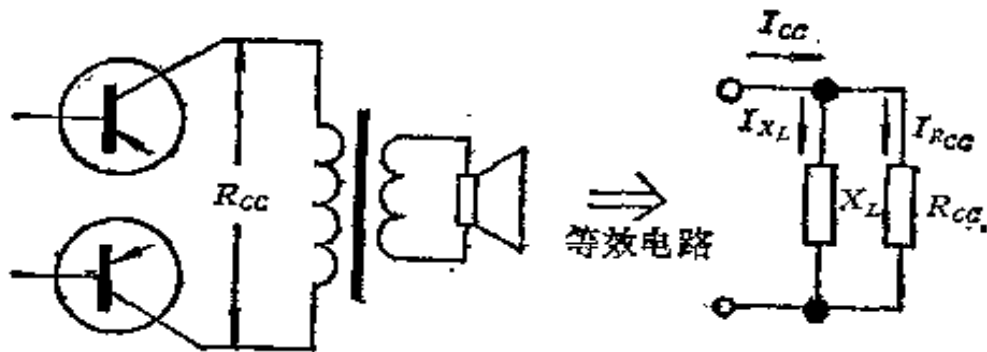


图 8-23

大小有关 ( $X_L = 2\pi fL$ ), 频率低时  $X_L$  小, 输出功率小, 放大器低频端功率输出下降, 造成低音不足或者声音尖得难听, 即一般说的低频响应不好。所以要  $X_L$  大, 必须使  $L$  在低频时足够大, 因此

$$\text{初级电感 } L_1 \geq \frac{R_{cc}}{2\pi f_{\text{低}}} \text{ (亨)}, \text{ 即 } L_1 \geq \frac{R_{cc}}{6.3f_{\text{低}}} \text{ (亨)}$$

$f_{\text{低}}$  通常与扬声器口径有关, 如 55—65 毫米小扬声器为 300—400 周, 大口径的扬声器, 低频响应较好,  $f_{\text{低}}$  为 100—200 周。

$$\text{仍以 E192 型为例, } L_1 \geq \frac{R_{cc}}{6.3f_{\text{低}}} = \frac{220}{6.3 \times 350} = 0.1 \text{ 亨}$$

实际使用上,  $L_1$  最好大于这个数值 1—3 倍, 否则低频响应差些, 倍数愈大低频响应愈好。实际 E192 型  $L_1 > 0.26$  亨。

$$\text{E192 型 } l_m = 3.685 \text{ 厘米, } S = 0.275 \text{ 厘米}^2, \frac{l_m}{S} = 13.4,$$

$K$  取 330, 由此可得圈数

$$N_1 = K \sqrt{L_1 \frac{l_m}{S}} = 330 \sqrt{0.26 \times 13.4} = 615 \text{ 圈}$$

再举二个实际例子:

(1) 如果我们有现成电子管 6P1 的输出变压器铁心, 其截面积  $S$  为  $1.3 \times 1.3 = 1.7$  厘米<sup>2</sup>, 磁路  $l_m = 10$  厘米,  $\frac{l_m}{S} \approx 6$ , 考虑铁心窗口大,  $L_1$  取 0.3 亨,  $K$  取 350, 则  $N_1 = 350 \sqrt{0.3 \times 6} = 470$  圈,  $N_2 = \frac{N_1}{n} = \frac{470}{4.8} = 99$  圈, 为了减小直流电阻, 提高效率, 导线直径可取稍粗些, 初级  $d_1$  取 0.22—0.31 毫米,  $d_2$  取 0.35—0.56 毫米。

(2) E37 型输出变压器

$$S \geq 12.6 \sqrt{\frac{P_{\text{出}}}{f_{\text{低}}}} = 12.6 \sqrt{\frac{500 \times 10^{-3}}{150}} = 0.6 \text{ 厘米}^2;$$

$$L_1 \geq \frac{R_{cc}}{6.3f_{\text{E}}} = \frac{60.4}{6.3 \times 150} = 0.066 \text{ 亨(实际 } > 0.06 \text{ 亨);}$$

铁心用 E37, 其  $S = 1$  厘米<sup>2</sup>,  $l_m = 7.4$  厘米,  $\frac{l_m}{S} = 7.4$ ,

$$N_1 = K \sqrt{L_1 \frac{l_m}{S}} = 300 \sqrt{0.06 \times 7.4} \approx 190 \text{ 圈(实际用 } 2 \times 90 \text{ 圈)}。$$

初次级圈数比  $n$  可用  $n = \sqrt{\frac{R_{cc} \lambda_1 n}{R_2}}$  算出

表 8-6 输入、输出

|                   | 符号       | 名称 (单位)                     | 型号              |               |               |               |
|-------------------|----------|-----------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
|                   |          |                             | E114            | E192          | E193          | F143V         |
| 输出<br>变<br>压<br>器 | $U$      | 电源电压(V)                     | 6               | 6             | 6             | 3             |
|                   | $P$      | 输出功率(mW)                    | 100             | 200           | 250           | 100           |
|                   | $S$      | 铁芯截面积(mm <sup>2</sup> )     | 3.5×5.5         | 5×5.5         | 5×5.5         | 3.5×5.5       |
|                   | $N_1$    | 初级圈数(T)                     | 180×2           | 310×2         | 173×2         | 140×2         |
|                   | $d_1$    | 初级导线直径(mm)                  | φ0.11           | φ0.12         | φ0.17         | φ0.11         |
|                   | $R_{01}$ | 初级直流电阻(Ω)                   | 9—11.5          | 16.2—<br>19.8 | 4.4—5.5<br>×2 | 7.2—8.8<br>×2 |
|                   | $N_2$    | 次级圈数(T)                     | 75              | 129           | 88            | 80            |
|                   | $d_2$    | 次级导线直径(mm)                  | φ0.27           | φ0.29         | φ0.31         | φ0.27         |
|                   | $R_{02}$ | 次级直流电阻(Ω)                   | 0.5—0.8         | 1—1.2         | 0.5—0.7       | 0.5—0.7       |
|                   | $R_y$    | 扬声器阻抗(Ω)                    | 8               | 8             | 8             | 8             |
|                   | $ZP$     | 阻抗比( $\frac{R_{cc}}{R_y}$ ) | 200:8           | 220:8         | 140:8         | 120:8         |
|                   | $L_1$    | 初级电感量(mH)                   | >70             | >0.26H        | >65           | >50           |
| 备 注               |          |                             |                 |               |               |               |
| 输入<br>变<br>压<br>器 | $S$      | 铁芯截面积(mm <sup>2</sup> )     | 3.5×5.5         | 5×5.5         | 5×5.5         | 3.5×5.5       |
|                   | $N_1$    | 初级圈数(T)                     | 1087            | 1800          | 2390          | 1187          |
|                   | $d_1$    | 初级导线直径(mm)                  | φ0.06           | φ0.06         | φ0.06         | φ0.06         |
|                   | $R_{01}$ | 初级直流电阻(Ω)                   | 189—231         | 360—440       | 475—570       | 200—240       |
|                   | $N_2$    | 次级圈数(T)                     | 540×2           | 1000×2        | 850×2         | 450×2         |
|                   | $d_2$    | 次级导线直径(mm)                  | φ0.06           | φ0.06         | φ0.06         | φ0.06         |
|                   | $R_{02}$ | 次级直流电阻(Ω)                   | 73.8—<br>90.2×2 | 162—<br>198×2 | 151—159<br>×2 | 61—73<br>×2   |
|                   | $ZP$     | 阻抗比( $\frac{R_c}{R_{st}}$ ) | 2k:2k           | 1.4k:1k       | 8k:4k         | 3k:2k         |
| $L_1$             | 初级电感(H)  | 0.7—1.1                     | >2              | >4            | >0.8          |               |
| 备 注               |          |                             |                 |               |               |               |

### 变压器数据

| E146V           | E149V         |                |                | 64 <sup>B</sup> / <sub>A</sub> | 63 <sup>B</sup> / <sub>A</sub> | 137                        |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 6               | 9             | 6              | 9              | 6                              | 6                              | 6                          |
| 100             | 100           | 120            | 150            | 100                            | 100                            | 500                        |
| 3.5×5.5         | 3.5×5.5       | 9×10           | 9×10           | 8×8                            | 8×8                            | 10×10                      |
| 200×2           | 285×2         | 200×2          | 200×2          | 450×2                          | 550×2                          | 90×2                       |
| φ0.11           | φ0.1          | φ0.25—<br>0.31 | φ0.25—<br>0.31 | φ0.12                          | φ0.12                          | φ0.29                      |
| 10.4—<br>12.6×2 | 16.4—20<br>×2 |                |                |                                | 30—40<br>×2                    | 2.6                        |
| 65              | 65            | 92             | 59             | 120                            | 39                             | 78+32+443                  |
| φ0.27           | φ0.21         | φ0.55—<br>0.61 | φ0.55—<br>0.64 | φ0.35                          | φ0.35                          | φ0.41+0.41+0.15            |
| 0.4—0.6         | 0.7—0.9       |                |                |                                | 0.5                            | 3.5; 0.9; 40.5             |
| 8               | 8             | 8              | 8              | 8                              | 3                              | 8; 16; 400                 |
| 300:8           | 600:8         |                |                | 1.2k:8                         | 1.8k:3                         | 60.4; 8, 16, 400           |
| >90             | >0.211        |                |                |                                |                                | >60                        |
|                 |               |                |                |                                |                                | 配 2×3AX81B (适用于 109 型三用唱机) |
| 3.5×5.5         | 3.5×5.5       | 9×10           |                | 8×8                            |                                | 10×10                      |
| 1305            | 1865          | 1600           |                | 1600                           |                                | 1000                       |
| φ0.06           | φ0.05         | φ0.1—0.12      |                | φ0.1                           |                                | φ0.13—0.15                 |
| 216—264         | 430—520       |                |                | 100                            |                                | 80                         |
| 350×2           | 530×2         | 400×2          |                | 500×2                          |                                | 500×2                      |
| φ0.06           | φ0.05         | φ0.15—0.18     |                | φ0.12                          |                                | φ0.13—0.15                 |
| 48—58<br>×2     | 100—121<br>×2 |                |                | 32—37×2                        |                                | 40×2                       |
| 5k:2k           | 8k:3k         |                |                | 10k:8k                         |                                | 1.76k:1.5k                 |
| >0.9            | >2            |                |                |                                |                                | >1.2                       |
|                 |               |                |                |                                |                                | 配 3AX31<br>(或 3AX71)       |

$$\text{当 } R_y = 8\Omega \text{ 时, } n = \sqrt{\frac{R_{cc}\eta_B}{R_y}} = \sqrt{\frac{60.4 \times 0.7}{8}} = 2.3,$$

$$N_2 = \frac{N_1}{n} = \frac{180}{2.3} = 78 \text{ 圈}$$

$$\text{当 } R_y = 16\Omega \text{ 时, } n = \sqrt{\frac{60.4 \times 0.7}{16}} = 1.62,$$

$$N_2 = \frac{180}{1.62} \approx 110 \text{ 圈}$$

$$\text{当 } R_y = 400\Omega \text{ 时, } n = \sqrt{\frac{60.4 \times 0.7}{400}} = 0.325,$$

$$N_2 = \frac{180}{0.325} \approx 553 \text{ 圈}$$

初级导线线径

$$d_1 = \sqrt{\frac{P_{出}}{2E_c\eta_B}} = \sqrt{\frac{500 \times 10^{-3}}{2 \times 6 \times 0.85}} \approx 0.242$$

假定流过初级绕组的电流为 250 毫安, 则由查表得

$$d_1 = 0.29 \text{ 毫米}$$

次级导线线径

$$\text{在 } 8\Omega \text{ 时, } d_2 = 0.7 \sqrt{\frac{500 \times 10^{-3}}{8}} = 0.35$$

(实际用  $\phi 0.41$ )

$$\text{在 } 400\Omega \text{ 时, } d_2 = 0.7 \sqrt{\frac{500 \times 10^{-3}}{400}} = 0.132$$

(实际用  $\phi 0.13-0.15$ )

推挽输出变压器一般可以直接作单管输出变压器用, 而中心抽头空着不用。虽然有直流磁化的问题, 但是根据换算和实际使用是能够满足的。

输入变压器的计算:

输入变压器的计算方法,基本上与输出变压器相同。

输入变压器功率是不大的,铁心截面积主要考虑有直流流过,要求初级电感  $L_1$  要大些,直流电阻要小些,以使得失真小,频率响应好,效率高。

计算也是要求算出铁心截面积  $S$ 、初次级导线直径  $d_1$ 、 $d_2$  和初次级圈数  $N_1$ 、 $N_2$ 。

通常选用和输出变压器一样的铁心,不再另行计算。

一般输入变压器初次级电流总是比较小的,只不过几毫安,所以导线线径无严格要求,只要保证窗口面积与绕线机械强度就可以了,一般可选用  $\phi 0.05$ — $0.09$ ,最常用  $\phi 0.06$ 。 $\phi 0.05$  太细容易断,如要求直流电阻  $R_0$  更小时,可采用粗一二挡的导线。

初级圈数  $N_1$  主要考虑电感量  $L_1$  要足够大,这样频率响应好,电感量最好大于 2 亨,如果小于 1 亨频响就差了。直流电阻  $R_0$  尽可能小,这样损耗小效率高,一般初级直流电阻为 300—500 欧左右。通常圈数就根据铁心窗口大小及所用导线(表 8-7)估计一下绕满需多少圈,再按圈数比,初次级分一分就解决了。

初级圈数也可用公式  $N_1 = K\sqrt{L_1 \frac{l_m}{S}}$  计算。例如 E192 型输入变压器,  $L_1$  取 2.7 亨,  $K$  取 300, 则

$$N_1 = 300\sqrt{2.7 \times 13.4} = 1800 \text{ 圈}$$

应用阻抗比  $ZP \Rightarrow 1.4k:1k$ ,

$$n = \sqrt{\frac{R_c \eta_B}{R_{bb}}} = \sqrt{\frac{1.4 \times 0.75}{1}} \approx 1$$

(实际取 0.9)

$$N_2 = \frac{N_1}{n} = \frac{1800}{0.9} = 2000 \text{ 圈}$$

表 8-7

| 裸导线<br>标称直径<br>(毫米) | 在20℃时的<br>直流电阻<br>计算值<br>(欧/千米) | 截面积<br>(平方毫米) | 载流量               |                   | 近似英规<br>SWG |
|---------------------|---------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------|
|                     |                                 |               | 电流密度<br>2.5安/平方毫米 | 电流密度<br>4.5安/平方毫米 |             |
| 0.05                | 8949                            | 0.0020        | 0.005             | 0.009             | 47          |
| 0.06                | 6198                            | 0.0028        | 0.007             | 0.013             | 46          |
| 0.07                | 4556                            | 0.0039        | 0.010             | 0.018             | 45          |
| 0.08                | 3487                            | 0.0050        | 0.013             | 0.023             | 44          |
| 0.09                | 2758                            | 0.0064        | 0.016             | 0.029             | 43          |
| 0.10                | 2237                            | 0.0079        | 0.020             | 0.036             | 42          |
| 0.11                | 1816                            | 0.0095        | 0.024             | 0.043             | 41          |
| 0.12                | 1551                            | 0.012         | 0.029             | 0.054             | 40          |
| 0.13                | 1322                            | 0.013         | 0.033             | 0.059             | 39          |
| 0.15                | 993                             | 0.018         | 0.044             | 0.081             | 38          |
| 0.17                | 773                             | 0.023         | 0.057             | 0.104             | 37          |
| 0.19                | 618                             | 0.028         | 0.071             | 0.126             | 36          |
| 0.21                | 506                             | 0.035         | 0.087             | 0.158             | 35          |
| 0.23                | 422                             | 0.042         | 0.105             | 0.189             | 34          |
| 0.25                | 357                             | 0.049         | 0.122             | 0.220             | 33          |
| 0.27                | 306                             | 0.057         | 0.143             | 0.256             | 32          |
| 0.29                | 263                             | 0.066         | 0.165             | 0.297             | 31          |
| 0.31                | 232                             | 0.075         | 0.187             | 0.338             | 30          |
| 0.35                | 182                             | 0.097         | 0.242             | 0.436             | 29          |
| 0.38                | 155                             | 0.12          | 0.284             | 0.510             | 28          |
| 0.41                | 133                             | 0.13          | 0.325             | 0.586             | 27          |
| 0.44                | 115                             | 0.15          | 0.375             | 0.675             | 26          |
| 0.51                | 85.9                            | 0.20          | 0.50              | 0.900             | 25          |
| 0.55                | 73.7                            | 0.24          | 0.60              | 1.08              | 24          |
| 0.63                | 54.5                            | 0.32          | 0.80              | 1.44              | 23          |
| 0.72                | 43.0                            | 0.41          | 1.05              | 1.83              | 22          |
| 0.80                | 34.8                            | 0.50          | 1.26              | 2.25              | 21          |
| 0.9                 | 27.5                            | 0.64          | 1.59              | 2.88              | 20          |
| 1.00                | 22.4                            | 0.79          | 1.96              | 3.55              | 19          |
| 1.20                | 15.5                            | 1.16          | 2.90              | 5.22              | 18          |
| 1.30                | 11.3                            | 1.54          | 3.85              | 6.99              | 17          |
| 1.62                | 8.50                            | 2.06          | 5.14              | 9.27              | 16          |

注：载流量一般100伏安以下连续使用的变压器，取2.5安/平方毫米，如电源变压器，对于输入、输出变压器系间歇性工作可以取4.5安/平方毫米。

三、推挽功放的输入变压器一般可以直接作单管输入变压器用，**图 8-23**是次级线圈只用一半。

## 第五节 自制简易烙铁

“勤俭办工厂，勤俭办商店，勤俭办一切国营事业和合作事业，勤俭办一切其他事业，什么事情都应当执行勤俭的原则。”下面介绍两种简单的电烙铁和火烙铁，供读者参考。

### 一、利用线绕电阻做的电烙铁

材料：2.5—3 千欧 7.5 瓦珐琅线绕电阻（被釉电阻）一只。云母片，没有整块，可以用碎云母片，这可从坏大云母电容器拆出，象糊鞋衬一样用凡力水（清漆）一排排贴在玻璃纸上，贴成象鱼鳞片一样，排三层干后备用。紫铜杆，比线绕电阻要稍长些，直径刚好塞进线绕电阻内。铁皮、木头、钉若干、一米长

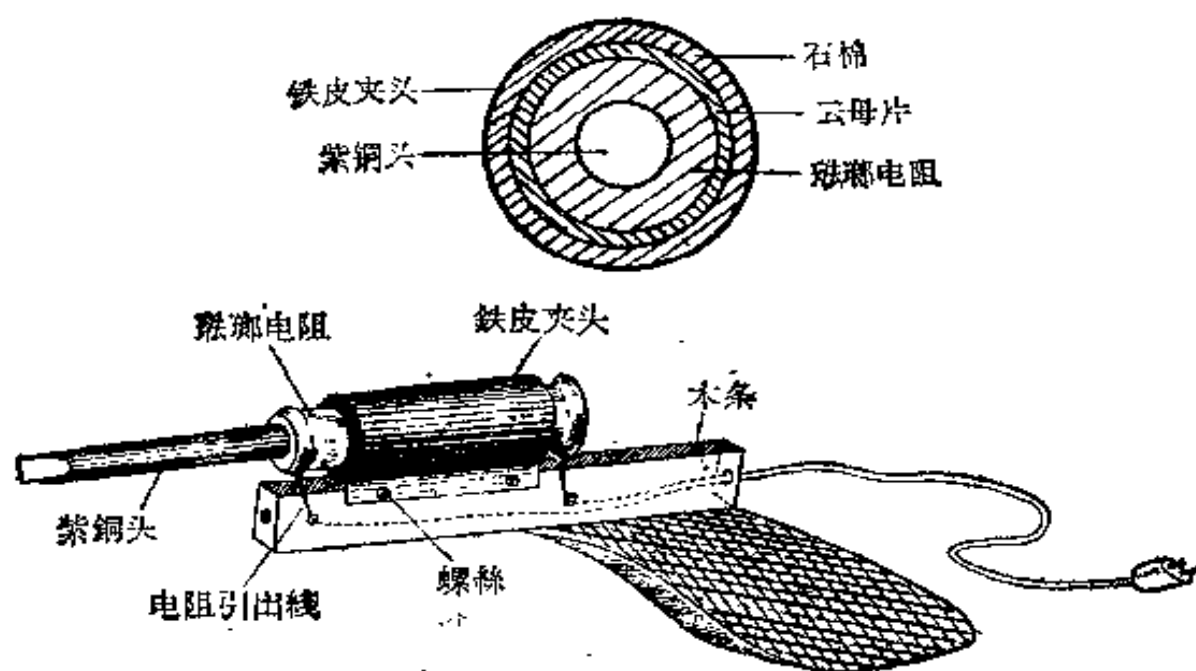


图 8-24 :



电源线。

如图 8-24 所示,云母片(或玻璃布)包在珐琅电阻外面起绝缘作用,如果有石棉再包一层可以绝热更好。这种电烙铁可以连续使用,耗电功率约 10 瓦左右,使用电压 220 伏,实际使用的效果不差。

## 二、利用录音钢丝做的电烙铁

这种电烙铁做成以后和普通购买的电烙铁无论结构外形和使用情况都是一样的。所以也可以利用这种办法修理或配装旧的坏烙铁。外貌如图 8-25。

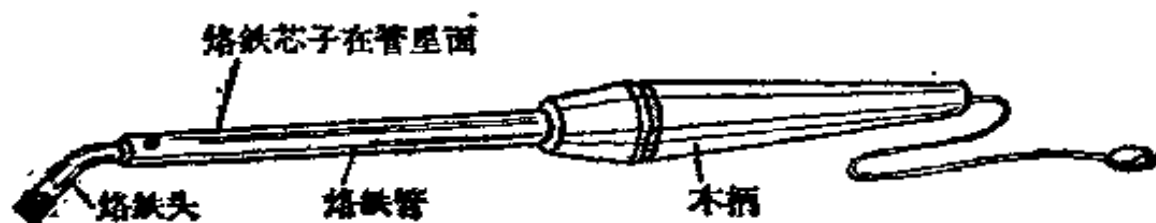


图 8-25

具体做法:

(1) 用厚 0.25—0.5 毫米铁皮,剪成如图 8-26(1) 的形状,卷成圆管,三个凸出部分(2 毫米的脚)向外弯成和圆管成  $90^\circ$  的直角如图 8-26(2),再紧紧地套上一个铁垫圈如图 8-26(3),这样烙铁芯子的骨架就制成了,准备绕线用。

(2) 烙铁管,有合适的管子如铁柄伞的一段就可直接取用。内径  $\phi 11$  要能放进烙铁芯子骨架(包括铁垫圈)。

(3) 在烙铁芯子骨架上绕电热丝,这是关键。烙铁的质量好坏主要决定于绕在烙铁芯子上的电热丝,一般市售的电烙铁是用镍铬铁丝(镍铬铁丝一般叫热丝,康铜丝是冷丝,不能做烙铁芯子。判断的方法,可以用火柴烧一下若发蓝,再用手一抹仍旧发亮就是热丝,如不发亮,有蓝灰色,就是冷丝),我们不容易找到,可以用钢丝录音机用的录音钢丝来做电热

丝,每米直流电阻约有 130—150 欧,约 11 米就够了,绕制时先在烙铁芯骨架上包上几层云母片,大约有 0.3—0.5 毫米厚

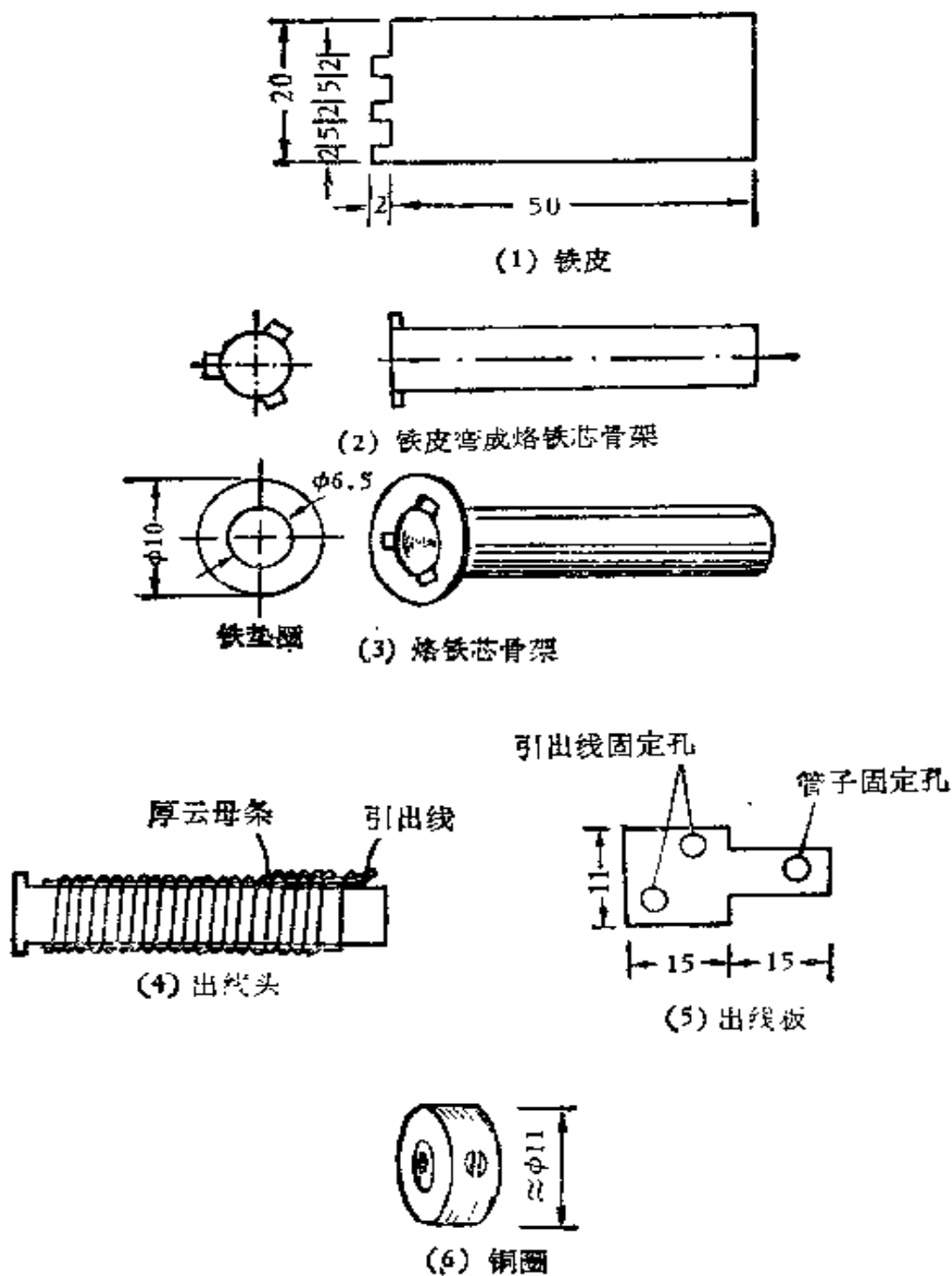


图 9-26

就可以了，主要用它做绝缘层，没有整的云母片，也可以和前面一种烙铁一样用碎云母片象糊鞋衬那样糊成鱼鳞片后包到骨架上，再将电热丝绕在云母片上，间隔绕，圈和圈不能短路，迭绕五层，在每层间都要夹入云母片作层间绝缘，绕到直流电阻 1100 欧时，约相等于 45 瓦（220 伏用）。出线头如图 8-26(4)所示，将线头在预先夹在电热丝下的云母小条（厚些）上绕一圈，然后在电热丝上套上细瓷管或玻璃小珠作为引出线。绕好后再裹上三层云母片，外面再用细铁丝捆紧，不使松开，这样烙铁芯子就算绕成了。

(4) 用胶木板做一块引出线板，如图 8-26(5)。找一个坏旋钮中敲出来的铜圈〔图 8-26(6)〕，使它能够塞入烙铁管而不太松，以便利用支头螺丝固定烙铁头。

最后装配，将芯子装进烙铁管的一头，再装上铜圈，用支头螺丝从烙铁管固定烙铁头的孔旋入并旋紧，另一头装入胶木引出线板，把二个引出线分别用螺丝固定在两个引出线固定孔上，同时装上已套入手柄的电源线，然后装上手柄。

安装好后，为了安全，要用万用表测一下是否漏电，即测一下绝缘电阻，用  $\Omega \times 1000$  或  $\Omega \times 10k$  档，一根表棒接电源插头的任一头，另一表棒接管子外壳，如指针不动，或稍有读数要大于 2—3 兆欧才可通电使用。阻值太小则说明有漏电现象，必须找出漏电处并加以消除。

一般烙铁坏了，基本上是电热丝烧断，也可以将烙铁芯子拆出，按上述办法绕制后使用。

### 三、几种常用的火烙铁

在野营或行军中，或是在无电的野外工作场合下可以使用火烙铁，常用的火烙铁如图 8-27 所示。

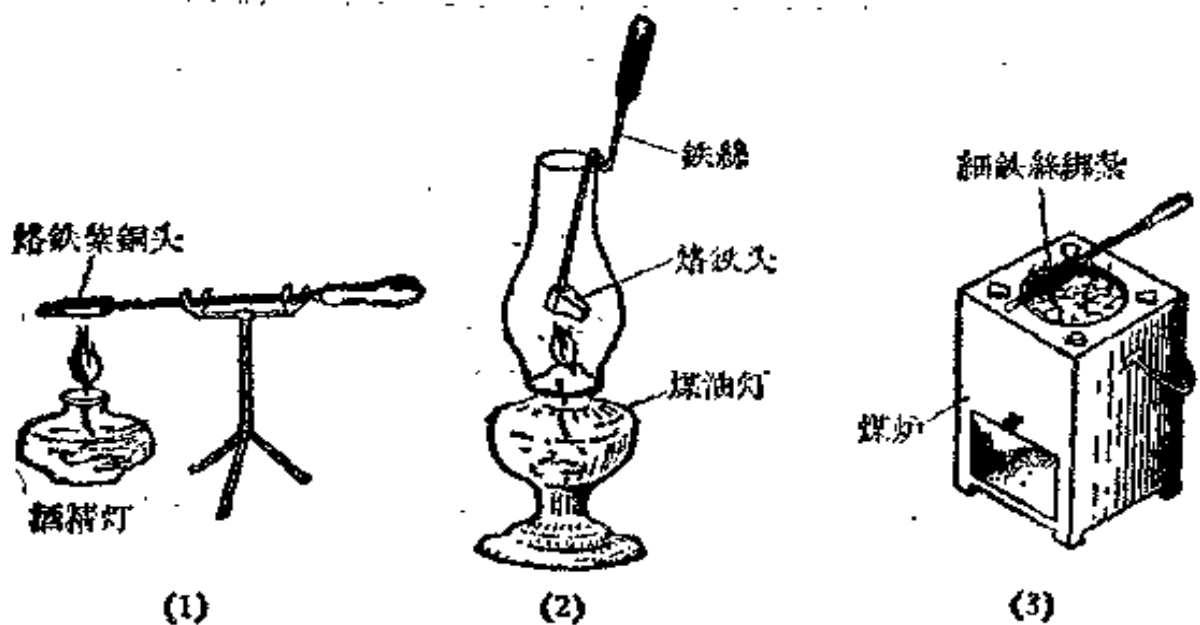


图 8-27 几种火焰烙铁

## 第六节 自制印刷电路

印刷电路板一般都是已敷上单面或双面铜箔的层压板。有了这种板怎样制出电路来呢？

首先在照相材料店(或化工原料店)里购买几两“三氯化铁”(注意有腐蚀性)，作腐蚀印制板铜箔用。再用少许喷漆，颜色不论，准备绘电路用。也可以用沥青块在汽油中熔化代用。再准备一支毛笔，以及刻字刀或者尖刀，香蕉水少许等等。

材料准备好后，可以按照实际电路布线图用喷漆描到印制板上，如图 8-28 所示。

对要装零件的点先用尖钉轻敲一个痕(图 8-28 中白点)，腐蚀后有一个点痕便于打孔。

描线路时注意一般每个点子直径不小于 3 毫米，每条线

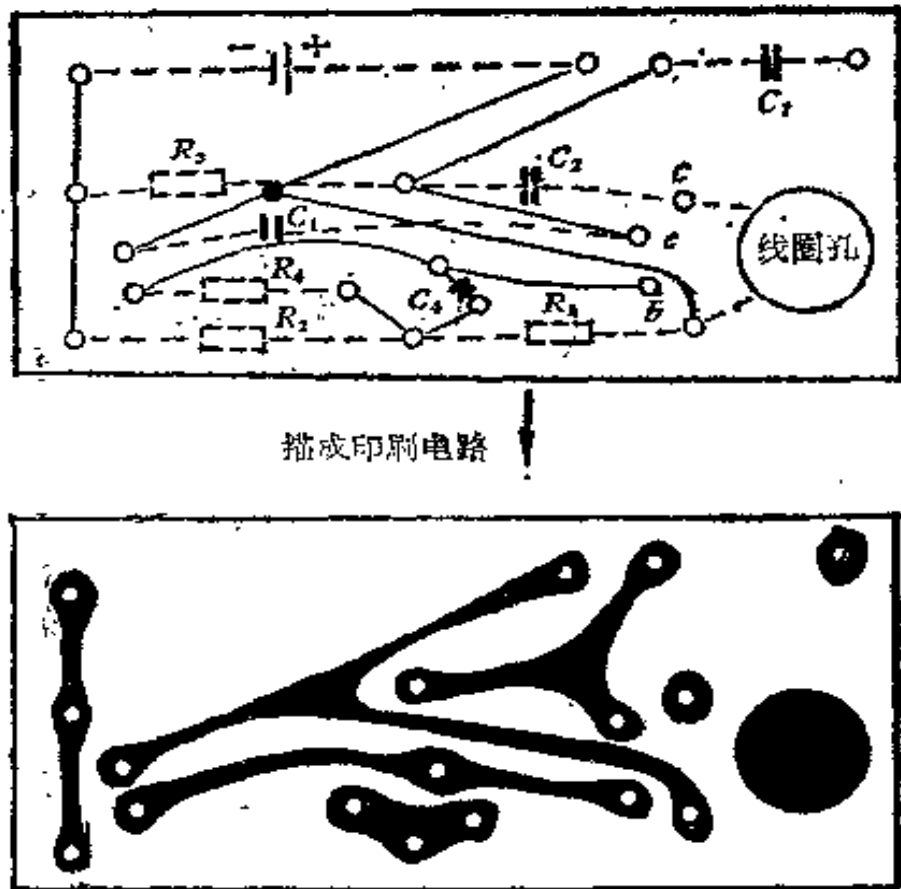


图 8-28

宽度不小于 2 毫米,点或线间距离不小于 1 毫米,几个相近的点间连线可画成一块,避免腐蚀时造成孤立的点脱落。

描线路前,铜箔要擦清爽,也可以用去污粉轻擦,描好后的线路,线条要光洁,点要圆滑,一般用毛笔描线条,用圆铁杆蘸些喷漆象盖印似的点出点来,比较圆滑,不圆滑不整齐的地方或画错的地方待漆干燥后,可以用尖刀刮去;未干前,可用香蕉水抹去。

描好的线路,经过尖刀的修整,待喷漆完全干燥后,可以将它放到三氯化铁溶液中进行腐蚀,如图 8-29。

溶液是这样配制的:三氯化铁 35%,水 65%,用 20—30℃ 的水调和,要腐蚀快些浓度可大些,即三氯化铁百分比高些,再快些可以将溶液加温,最高温度不宜超过 50℃,太

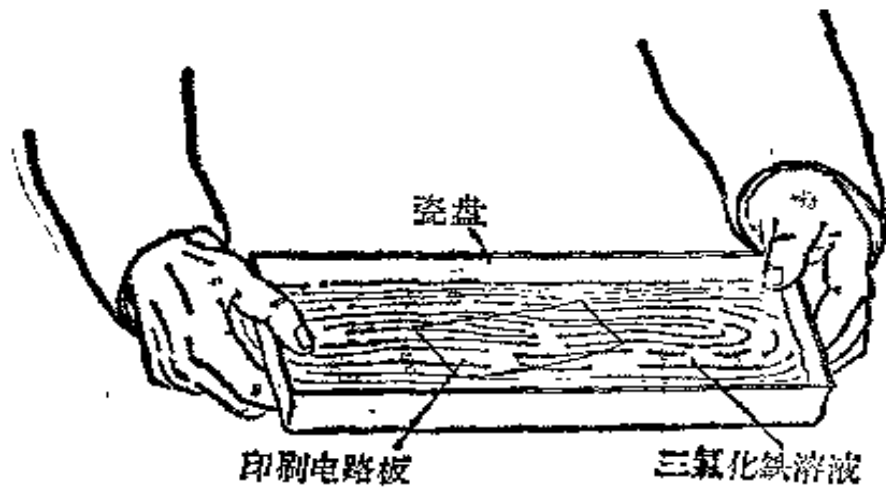


图 8-29 腐蚀铜箔

高时,描的漆要脱落,温度太低,腐蚀慢。三氯化铁溶液要能够浸没印制电路板。用过的溶液可以用几次。

腐蚀时,用手持瓷盘使溶液在盘中来回扰动可加速腐蚀。腐蚀都是从边缘开始到中央(即有线条有点的地方的四周边缘逐步腐蚀开来),腐蚀时间短些,描漆的线条不会被浸入造成锯齿形。在未涂漆的铜箔都已腐蚀掉时立即将印刷板取出,用水冲洗,再用细砂纸砂去铜箔上面的漆,这样即铜箔电路露出来了。

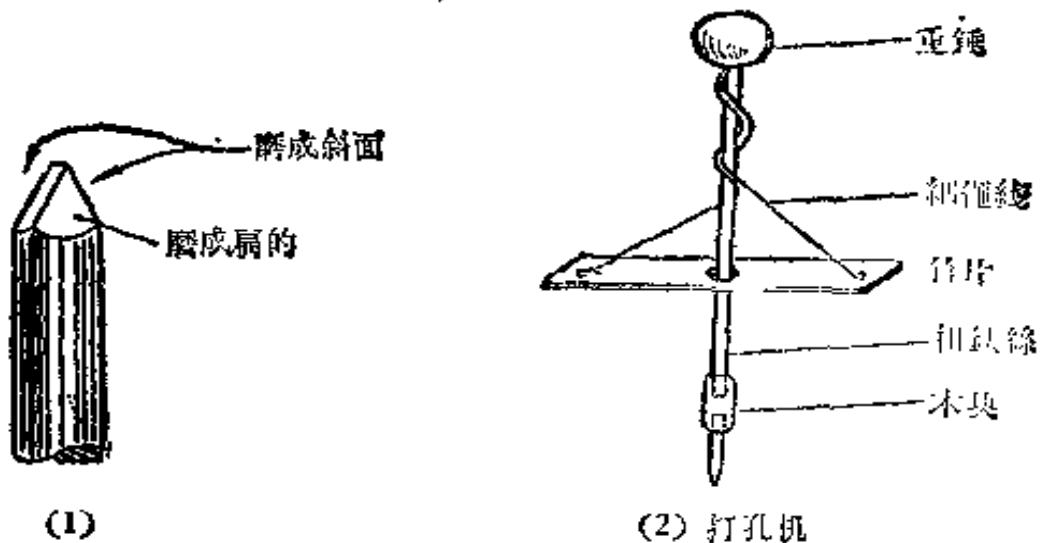


图 8-30

印刷电路板制成后,涂上松香酒精溶液,既可以防腐又可助焊。

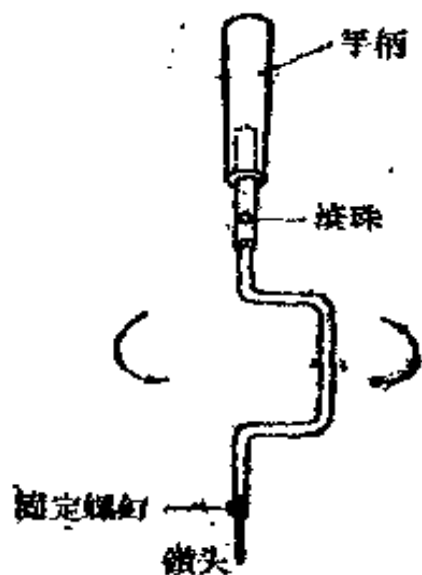


图 8-31

原先用钉敲的孔痕,就可以打孔安装元件了。打孔机可以自制,用1毫米左右小铁钉,尖端磨成图8-30(1)的斜面,再做个象木工用的打孔机(图8-30(2)),手按竹片,带动粗铁丝转动就可打小孔。注意印刷板小孔不能用锥子打孔,否则压力大了,带孔的铜箔会翘起来。

还有一种打孔机如图8-31,可直接使用普通的钻头打孔。

## 第九章 收音机简易测试仪表的制作

毛主席教导我们：“我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。”在收音机测试中，我们可以自己动手做一些简单的仪表，尽管简易，但对我们装制、测试、调整上会有所帮助。

下面介绍一些收音机常用的测试仪表，供读者参考。

### 第一节 万用电表

万用电表在晶体管电路的安装和调试、元件的检测等方面一般都需要用到它。

“人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步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。”对于万用电表，我们先从比较简单的开始讨论。

#### 一、简单的万用表

图 9-1 所示电路是一只非常简单易制，使用方便的万用电表电路图，采用灵敏度较低的 0—1 毫安表头，适宜初学者自制。

表中只用一个一刀三掷的分线开关或波段开关，可分别选择“直流电流”、“电阻”、“直流电压”的测量。采用中心阻值为 12 欧，满度值为 100 和 250 分刻度的表面，所用元件数值都已标明在电路图中。测量时，测试用的黑表棒总是接在公共“—”端子上。测直流电流时将分线开关  $K$  拨到“mA”位置，



红表棒接在“mA”的端子上，量程是 0—1 毫安。

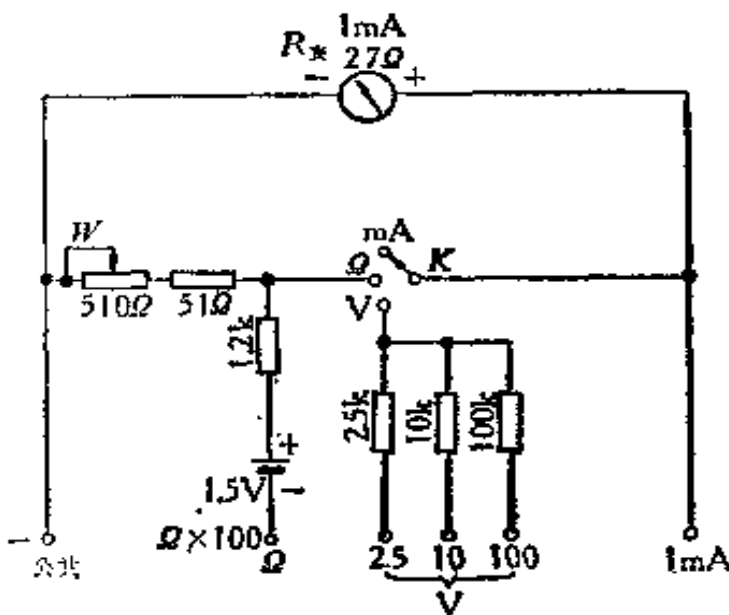


图 9-1

测“电阻”时将  $K$  拨到“ $\Omega$ ”位置，红表棒接在“ $\Omega$ ”端子上，将两根表棒短接，调节  $\Omega$  校正电位器  $W$ ，使表针指到满度，然后测量电阻，这时指针所指的表面阻值乘上 100 就是被测电阻值(即  $\Omega \times 100$ )。

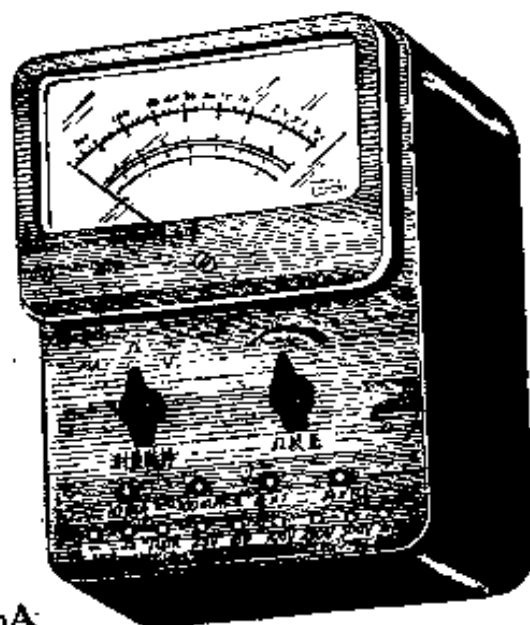
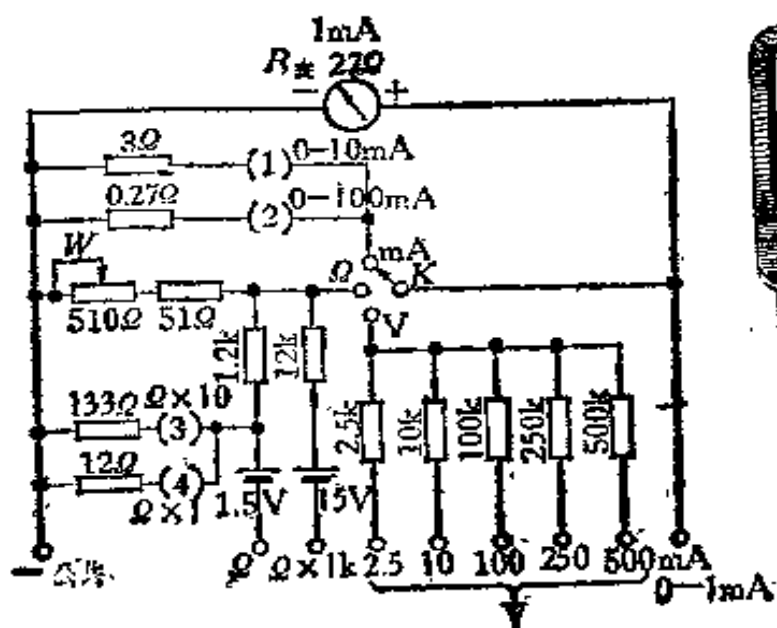
测“直流电压”时将  $K$  拨到“V”位置，根据被测电压的范围，将红表棒接在对应的直流电压端子上，可测 0—2.5 伏，0—10 伏和 0—100 伏的直流电压。

## 二、增加测量范围的简单万用电表

将电路稍加扩展，就可扩大使用范围，图 9-2 的万用电表就是在图 9-1 的基础上加了一些元件而成的，改进后的测量范围：

|      |                   |                    |                    |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 直流电流 | 0—1 毫安            | 0—10 毫安            | 0—100 毫安           |
| 电 阻  | $\Omega \times 1$ | $\Omega \times 10$ | $\Omega \times 1k$ |
| 直流电压 | 0—2.5 伏           | 0—10 伏             | 0—100 伏            |
|      | 0—500 伏           |                    |                    |

图中的短路插孔 (1)、(2)、(3)、(4) 实际上起了一个开关的作用，平时两端是断开的，当一个金属塞子插入时将断开的两端短路(接通)，这种插孔如果自制有困难，每个短路插孔可用一个单刀单掷开关代替。



(1)

(2)

图 9-2

使用方法和图 9-1 电路基本相同，当需要测量 0—10 毫安或 0—100 毫安直流电流时只需在原来测直流电流的基础上将对应的短路插孔(1)或(2)短接。当需要使用  $\Omega \times 10$  或  $\Omega \times 1$  的电阻测量时只需在原来测电阻的基础上将对应的短路插孔(3)或(4)短接。只有使用  $\Omega \times 1k$  的阻值测量时才需将红表棒改接在  $\Omega \times 1k$  的端子上。在测电阻时每改变一次

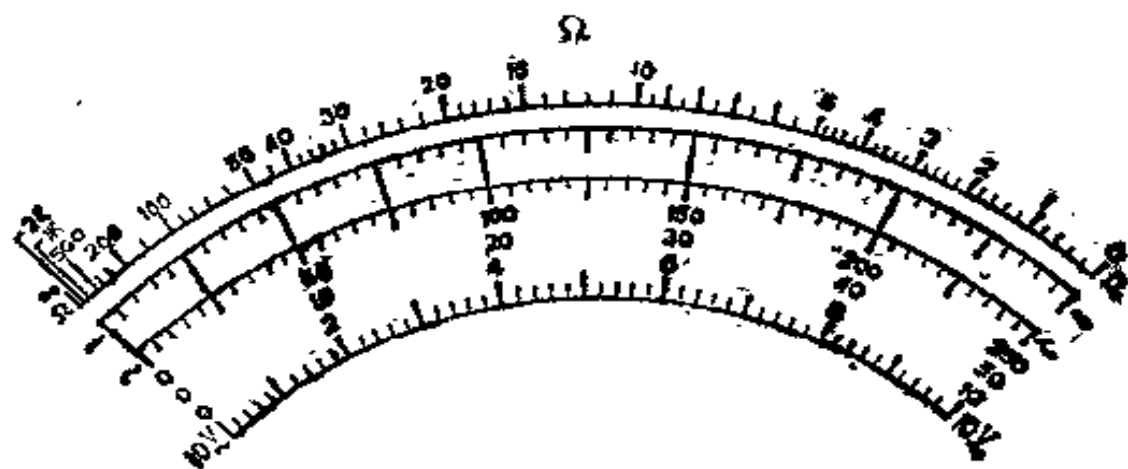


图 9-3

测量范围都要经过“ $\Omega$ 校正”的步骤。

图 9-3 是这个万用电表的表面(中心阻值 12 欧),供读者仿制或剪贴。

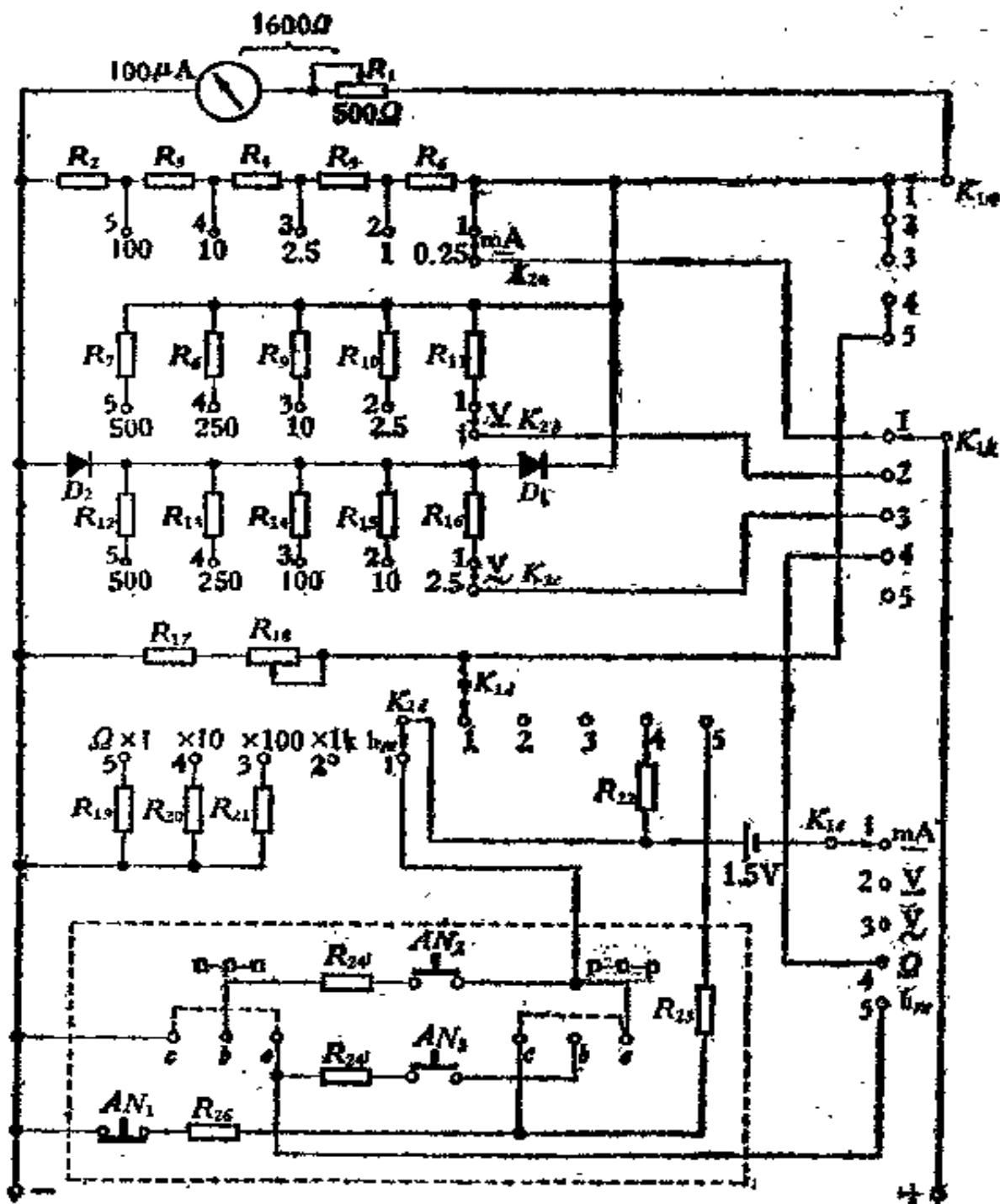


图 9-4(1)

### 三、多量程万用电表

图 9-4(1) 是多量程万用电表电路, (2) 是它的外形。这电路比起上面介绍的要完善得多, 可以测量:

直流电流 0—250 微安, 1 毫安, 2.5 毫安,  
10 毫安, 100 毫安

直流电压 0—1 伏, 2.5 伏, 10 伏, 250 伏,  
1500 伏

交流电压 0—2.5 伏, 10 伏, 100 伏, 250 伏,  
1500 伏

直流电阻  $\Omega \times 1$ ,  $\Omega \times 10$ ,  $\Omega \times 100$ ,  $\Omega \times 1k$

晶体管 直流电流放大系数  $h_{FE}$  和穿透电流  $I_{CEO}$

用两个四刀五掷开关分别选择测试种类和量程。

采用灵敏度为 100 微安, 内阻为 1.1 千欧到 1.6 千欧的表头, 配合一个电位器  $R_1$ , 使两者的电阻总值调整到设计参数 1.6 千欧。表面的中心阻值为 12 欧, 满度为 100, 250 分格, 测交流电压的整流元件可选电表用的氧化铜整流器。电路看来比前者复杂一些, 但将各个组成部分解剖开来分析, 其原理还是比较简单的。

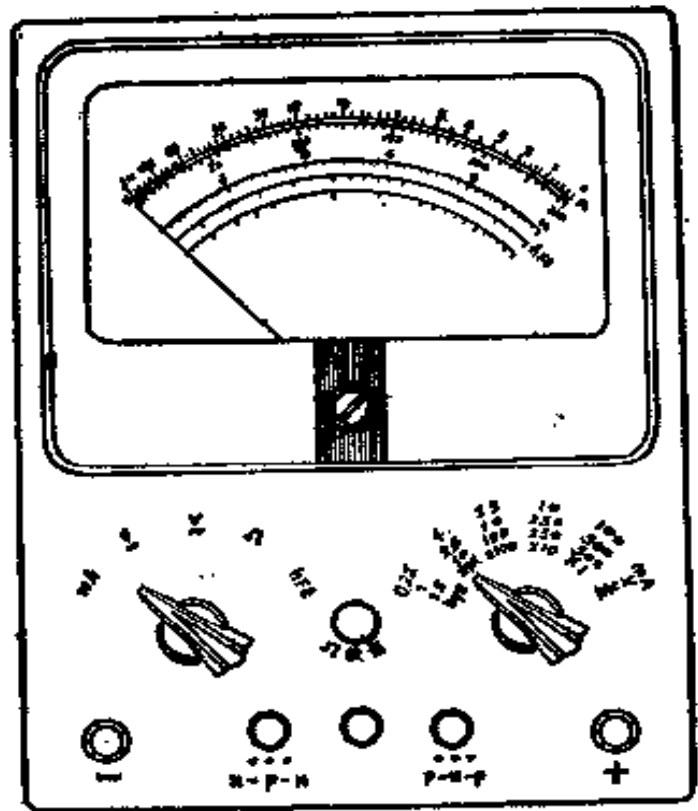


图 9-4(2)

毛主席教导我们：“必须提倡思索，学会分析事物的方法，养成分析的习惯。”为了帮助读者分析这一电路，我们按测量种类分别画出其原理图，并介绍简单计算方法，以便在采用不同灵敏度和内阻的表头，或者需要不同的测量范围时作参考。

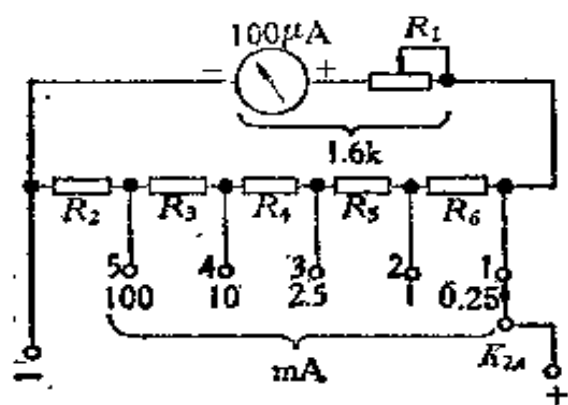


图 9-5

量种类分别画出其原理图，并介绍简单计算方法，以便在采用不同灵敏度和内阻的表头，或者需要不同的测量范围时作参考。

1. 先按图 9-5 计算电流档。扩大电流量程是通过并联电阻(分流器)解决的。

要求量程为 250 微安，1 毫安，2.5 毫安，10 毫安，100 毫安五档。

已知： $I_{表} = 100$  微安(表头灵敏度)

$R_{表} = 1600$  欧姆(表头内阻  $R_{内}$  再加上外串电阻  $R_1$ )

按下式计算：

$$R_{分流} = \frac{R_{表}}{\frac{I_{量}}{I_{表}} - 1}$$

式中  $R_{分流}$  是分流器阻值， $I_{量}$  是指扩展量程满度电流。

例如  $I_{量} = 250$  微安，则

$$R_{分流} = \frac{1600}{\frac{250}{100} - 1} = 1066.66 \text{ 欧}$$

即  $R_{分流} = R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 = 1066.66$  欧，这是最小量程即总的分流电阻，求得以后，下面计算时，应当逐步从大到小量程求出各量程分流电阻。

在 250 微安的基础上扩展 400 倍就是 100 毫安量程。

$$R_2 = \frac{1}{400} R_{分流} = 2.66 \text{ 欧}$$

扩展 40 倍为 10 毫安量程

$$R_2 + R_3 = \frac{1}{40} R_{\text{分流}} = 26.66 \text{ 欧}$$

$$R_3 = 26.66 - R_2 = 24 \text{ 欧}$$

扩展 10 倍为 2.5 毫安量程

$$R_2 + R_3 + R_4 = \frac{1}{10} R_{\text{分流}} = 106.66 \text{ 欧}$$

$$R_4 = 106.66 - (R_2 + R_3) = 80 \text{ 欧}$$

扩展 4 倍为 1 毫安量程

$$R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = \frac{1}{4} R_{\text{分流}} = 266.66 \text{ 欧}$$

$$R_5 = 266.66 - (R_2 + R_3 + R_4) = 160 \text{ 欧}$$

$$R_6 = R_{\text{分流}} - (R_2 + R_3 + R_4 + R_5) = 800 \text{ 欧}$$

2. 按图 9-6 计算直流电压档，扩展电压量程是通过串联电阻(倍增器)解决的。

要求量程为 1 伏，2.5 伏，10 伏，250 伏，500 伏。

由于在作电流档时，表头已并联分流器  $R_2 \sim R_6$ ，因此以后就直接把表头看作已并上 1066.66 欧分流器的情况进行计算

(图中虚线框出)，此时等效的表头灵敏度  $I'_* = 250 \text{ 微安} = 0.00025 \text{ 安}$

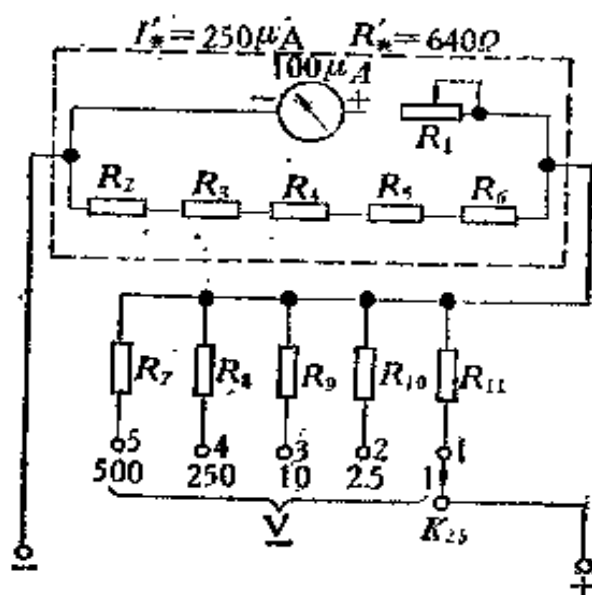


图 9-6

等效的表头内阻  $R'_* = \frac{R_* \times R_{\text{分流}}}{R_* + R_{\text{分流}}} = 640 \text{ 欧}$

然后再按如下公式计算：

$$R_{\text{倍增}} = \frac{1}{I'_{\text{表}}} V - R'_{\text{表}}$$

式中  $R_{\text{倍增}}$  是指扩展电压量程需要串入的电阻(即倍增器)阻值； $\frac{1}{I'_{\text{表}}}$  正好为  $\Omega/V$  (每伏欧数)，在万用表中经常以  $\Omega/V$  来表示灵敏度，该值愈大，灵敏度愈高，测量误差愈小，故在选用时应考虑所用万用表内阻比被测电路阻抗大得多才可将测量误差忽略不计。在无线电技术工作中使用的万用表其灵敏度一般不小于  $1000\Omega/V$ ，这里  $\frac{1}{I'_{\text{表}}} = \frac{1}{0.00025} = 4000\Omega/V$ 。

计算各挡电压量程，利用  $\Omega/V$  很方便，只要乘上该挡满度值再减去等效的表头内阻即得。例如

$$V = 1 \text{ 伏时} \quad R_{11} = 4000 \times 1 - 640 = 3360 \text{ 欧}$$

$$V = 2.5 \text{ 伏时} \quad R_{10} = 4000 \times 2.5 - 640 = 9360 \text{ 欧}$$

$$V = 10 \text{ 伏时} \quad R_9 = 4000 \times 10 - 640 \approx 39 \text{ 千欧}$$

$$V = 250 \text{ 伏时} \quad R_8 = 4000 \times 250 - 640 \approx 1 \text{ 兆欧}$$

$$V = 500 \text{ 伏时} \quad R_7 = 4000 \times 500 - 640 \approx 2 \text{ 兆欧}$$

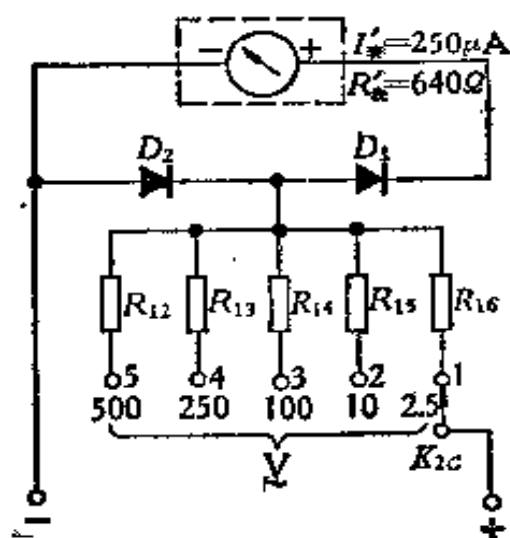


图 9-7

### 3. 按图 9-7 计算交流电压档

氧化铜整流器(或硅、锗二极管)  $D_1$ 、 $D_2$  组成半波并串式整流电路，在被测交流电压的正半周时  $D_1$  导通，表头正向偏转，负半周时  $D_2$  导通，电流并不通过表头，所以通过表头的不是交流电。

$D_1$ 、 $D_2$  相互地起着反向保

护作用,使双方都不受反向电压的冲击。 $D_1$ 、 $D_2$ 还起着反向泄流的作用,使某些串有电容的被测电路,不会由于电容的单向充电而形成测量上的堵塞。在这种非串式整流电路中,流经表头的直流平均电流只是输入交流电(有效值)的0.45倍,所以交流档的满度电流不是250微安,而是 $\frac{I'_{表}}{0.45}=555$ 微安,而且电路中还要考虑 $D_1$ 的正向压降。氧化铜整流器和锗二极管的正向压降约0.15—0.25伏左右(硅二极管约0.5—0.7伏左右),这个压降在低量程中有一定的影响,所以在套用等分刻度的表面时,测10伏以下的交流电压就误差较大。从原理上来说任何类型的晶体二极管都可起到整流作用,但在具体应用时应选择:

(1) 正向压降小(通过相同电流进行比较)或正向电阻低(同一仪表同量程进行比较);

(2) 反向电流小(在相同的反向电压作用下进行比较)或反向电阻大(同一仪表,同一量程进行比较)。

现要求量程为0—2.5伏,10伏,100伏,250伏和500伏,按下式计算:

$$R_{倍增} = \frac{V - V_{D_1}}{\frac{I'_{表}}{0.45}} - R'_{表}$$

式中 $V$ 是指该量程的交流电压满度值(有效值); $V_{D_1}$ 是整流元件的正向压降近似值,氧化铜取0.15伏,锗二极管取0.25伏,硅二极管取0.7伏。

$$V = 2.5 \text{ 伏时} \quad R_{16} = \frac{2.5 - 0.15}{0.000555} - 640 \approx 3600 \text{ 欧}$$

$V = 10$  伏时, 因  $V \gg V_{D_1}$ , 所以  $V_{D_1}$  可忽略

$$R_{15} = \frac{10}{0.000555} - 640 \approx 17360 \text{ 欧}$$



$$V = 100 \text{ 伏时 } R_{14} = \frac{100}{0.000555} - 640 \approx 180 \text{ 千欧}$$

$$V = 250 \text{ 伏时 } R_{13} = \frac{250}{0.000555} - 640 \approx 450 \text{ 千欧}$$

$$V = 500 \text{ 伏时 } R_{12} = \frac{500}{0.000555} - 640 \approx 900 \text{ 千欧}$$

#### 4. 计算电阻档

测电阻阻值实质上是测电阻上流过的电流。按图 9-8 计算电阻档。

$R_{17}$ 、 $R_{18}$  组成分流器，流过这个分流器的电流可按  $\frac{1}{4} I_{\text{表}}$  的要求计算，即  $R_{17} + R_{18} = 4 \times R_{\text{表}} = 4 \times 1600 = 6400$  欧。

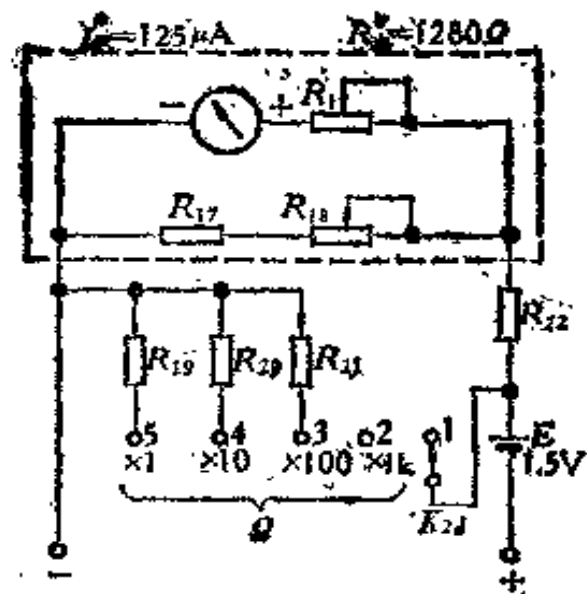


图 9-8

一般取 6400 欧中的三分之二为固定电阻  $R_{17}$ ，而可调电阻值则可取固定电阻阻值的 2—3 倍，现取  $R_{17} = 4.3$  千欧， $R_{18} = 10$  千欧，这样  $R_{17}$  和  $R_{18}$  所组成的分流器就可从 4.3 千欧调到 14.3 千欧， $R_{18}$  就是阻值表的“零阻值校正”，它的计算值是 2.1 千欧，当电表换上新电池时将  $R_{18}$  的阻值调小，电池用

久后电压逐步降低就将  $R_{18}$  的阻值逐步调大， $R_{18}$  的大小对测量精度有一些影响。换上新电池时，发生正误差，电池用旧时发生负误差，这种误差在测量低阻值时影响极小，可以忽略。加装  $R_{17}$ 、 $R_{18}$  分流器以后的表头等效参数就变成

$$I_{\text{表}}'' = 125 \text{ 微安}, \quad R_{\text{表}}'' = 1280 \text{ 欧}$$

用  $\Omega \times 1k$  一档计算  $R_{22}$ ，将“+”、“-”端子短接。

按下式计算:

$$\frac{E}{R_{22} + R''_{表}} = I''_{表}$$

$$R_{22} = \frac{E}{I''_{表}} - R''_{表} = \frac{1.5}{0.000125} - 1280 = 10720 \text{ 欧}$$

可近似取 10 千欧和 750 欧串联。

$R_{22} + R''_{表}$  实际上是从测量端子看进去的电表的等效内阻, 将表棒短路调  $R_{18}$  作“0 校正”即指针指满度简称“校零”。如果被测电阻刚好等于这个电路的等效内阻值时, 电路的总电阻就比“校零”时增加一倍, 所以通过表头的电流刚好是“校零”时的一半, 即指针指在表面的正中, 这就是表面的中心阻值, 所以电路的等效内阻是一个关键数值, 无论自己画表面刻度, 或选用现成的表面都要注意这一点。务必使等效内阻 (即从两个接线端子看进去的总电阻) 和所设置量程的“中心阻值”相符。例如表面中心阻值为 12 欧, 则在  $Q \times 1k$  量程时电路的等效内阻应是  $12 \text{ 欧} \times 1000 = 12000 \text{ 欧}$  (12 千欧)。

上面计算得到  $R_{22}$  加上  $R''_{表}$  满足中心阻值。

下面计算  $Q \times 100$  一档量程, 即计算  $R_{21}$

$R_{21}$  接入后将使电路的等效内阻减小, 减小到等于  $R \times 100$  量程的中心阻值即  $12 \text{ 欧} \times 100 = 1200 \text{ 欧}$ , 电路等效内阻

$$\frac{R_{21}(R_{22} + R''_{表})}{R_{21} + R_{22} + R''_{表}} = 1200 \text{ 欧} \quad R_{21} \approx 1333 \text{ 欧}$$

同理计算  $Q \times 10$  和  $Q \times 1$  档量程, 即计算  $R_{20}$ 、 $R_{19}$

$$\frac{R_{20}(R_{22} + R''_{表})}{R_{20} + R_{22} + R''_{表}} = 120 \text{ 欧} \quad R_{20} \approx 120 \text{ 欧}$$

$$\frac{R_{19}(R_{22} + R''_{表})}{R_{19} + R_{22} + R''_{表}} = 12 \text{ 欧} \quad R_{19} = 12 \text{ 欧}$$

但低挡应考虑到电池内阻约 0.5 欧, 则  $R_{19} = 12 - 0.5 = 11.5 \text{ 欧}$ 。

### 5. 晶体管的 $h_{FE}$ 、 $I_{c0}$ 的测试

图9-9是测试 p-n-p 三极管的电路,表头实际上反映了被测晶体管集电极回路中的电流  $I_c$ ,  $R_{17}$  和  $R_{18}$  是分流电阻,  $R_{26}$  也是分流电阻,在  $AN_3$  未接合时,表头反映的是  $I_{c0}$ ,当  $AN_1$  断开时表头量程是 125 微安满度,当  $AN_1$  接合时是 2.5 毫安满度。测  $h_{FE}$  值时,将  $AN_3$  接合,此时注入基极电流 10 微安,如果表头指示满度,则表示被测管的  $h_{FE}$  值(即直流  $\beta$  值)为  $\frac{2500}{10} = 250$ ,  $AN_1$  断开时的量程是  $\beta = 12.5$ ,测试前应先在  $0 \times 1k$  量程上进行“0校正”。

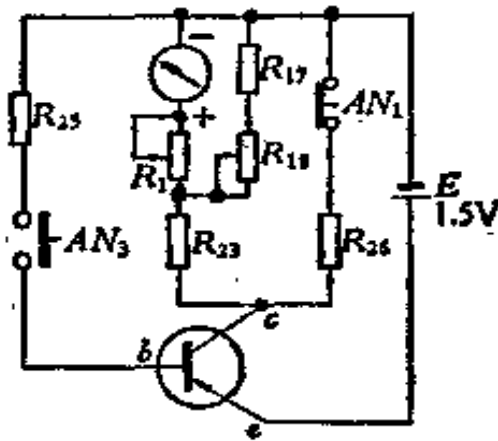


图 9-9

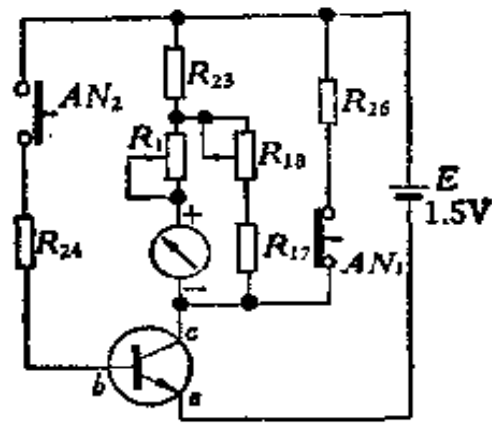


图 9-10

图 9-10 是测试 n-p-n 三极管的电路,其原理是一样的。图中

$$R_{23} = 620 \text{ 欧} \quad R_{26} = 100 \text{ 欧}$$

$$R_{25} = 125 \text{ 千欧} \quad R_{24} = 82 \text{ 千欧}$$

在图 9-4(1) 中,测试 p-n-p 管时须将 n-p-n 的  $ce$  孔短路;测试 n-p-n 管时须将 p-n-p 的  $ce$  孔短路。

如果缺少四刀五掷的波段开关时,则可按如下几点将电路作一定的简化:

- (1)  $K_{1c}$  改为单刀双掷钮子开关;
- (2)  $K_{1b}$  改为香蕉插孔四个;
- (3) 取消  $K_{1c}$ , 将电池  $E$  直接接到第四个香蕉插孔  $Q$  端子上去;

(4) 取消  $K_{1d}$ , 将原来  $K_{1d}$  的动接点和第 4 个固定接点 ( $R_{22}$ ) 用导线直接连通;

(5) 取消晶体管测量部分, 图中虚线框内的部分不装。

(6)  $K_2$  选择开关改为四刀三掷波段开关 (即普通三波段开关)。压缩测试范围, 例如:

直流电流可选取 1 毫安 10 毫安 100 毫安

电阻可选取  $\Omega \times 1$   $\Omega \times 100$   $\Omega \times 1k$

直流电压可选取 1 伏 10 伏 250 伏

交流电压可选取 10 伏 100 伏 250 伏

万用电表装配好后要进行校准工作, 首先要校准好电流档, 先从小电流档 250 微安开始, 按图 9-11 进行调整。如读数偏大可将万用电表中  $R_6$  调小, 反之则将  $R_6$  调大。

调整 1 毫安, 10 毫安和 100 毫安档时, 同样采用这个办法。但图 9-11 的参数要作一些变动, 见表 9-1。

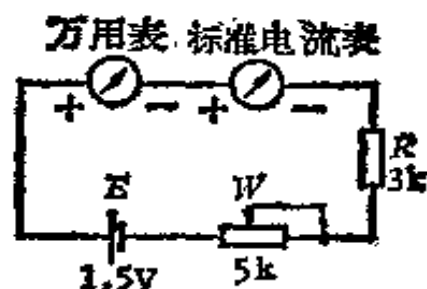


图 9-11

表 9-1

| 量程范围     | 电池 E  | 电位器(W) | 电阻 R  | 调整万用表中的元件 | 标准电流表        |
|----------|-------|--------|-------|-----------|--------------|
| 0—250 微安 | 1.5 伏 | 5 千欧   | 3 千欧  | $R_6$     | 300 或 500 微安 |
| 0—1 毫安   | 1.5 伏 | 1 千欧   | 510 欧 | $R_6$     | 0—1 毫安       |
| 0—2.5 毫安 | 1.5 伏 | 500 欧  | 300 欧 | $R_6$     | 0—2.5 毫安     |
| 0—10 毫安  | 1.5 伏 | 100 欧  | 51 欧  | $R_6$     | 0—10 毫安      |
| 0—100 毫安 | 1.5 伏 | 10 欧   | 5.6 欧 | $R_6$     | 0—100 毫安     |

电流档校好后, 可以分别校直流或者交流电压档。没有标准电压表就用固定电池或者固定电压的直流或交流电源校准, 例如交流就可以用已知电压值的电源变压器进行校准。读

数偏低时就减小那一档的倍增器；偏高时就加大倍增器的阻值。有标准电压表可以如图 9-12 连接校准，图中(1)是校准直流电压，(2)校准交流电压。

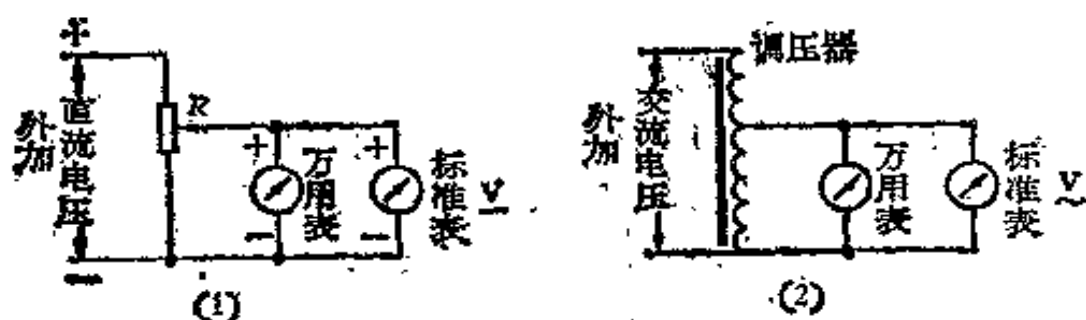


图 9-12

校准电阻档就是校准表面中心阻值，一般以标准电阻、电阻箱或者已经知道阻值的比较准确的电阻作为标准来进行校准。每档校准前都要做好“ $\Omega$ 校正”。

先校准  $\Omega \times 1k$  一档，万用电表两端接上 12 千欧标准电阻，指针应指到中心阻值 12，如果阻值读数偏大，指针不到中心值，则增大  $R_{22}$ ，反之则减小  $R_{22}$ ，调整  $R_{22}$  之后还要重新作“ $\Omega$ 校正”，并再试测标准电阻和进一步调整  $R_{22}$ ，如此反复数次，才能逐趋准确。校准  $\Omega \times 100$ 、 $\Omega \times 10$  和  $\Omega \times 1$  档时可以分别测量标准电阻 1.2 千欧、120 欧和 12 欧，对应调整  $R_{21}$ 、 $R_{20}$ 、 $R_{19}$ ，调整方法和上面相同。

表头灵敏度的测定，粗略的方法是用一节电池和一个电阻串起来接表头，可以大致估计出表头灵敏度是多少毫安或多少微安。例如 1.5 伏电池串上 15 千欧电阻表头指示满度，则表头灵敏度为 100 微安；如果 1.5 伏电池串上 1.5 千欧电阻表头指示满度，则表头灵敏度为 1 毫安。更准确灵敏度测定方法如图 9-13 所示，灵敏度可以直接从标准表读得。

还有一种方法，如图 9-14 连接， $R$  放在最大处，慢慢调小到表头指针满度。然后用比较准确的万用表测一下电池两

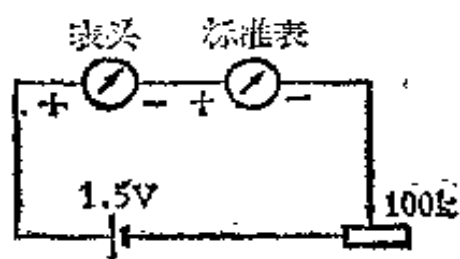


图 9-13

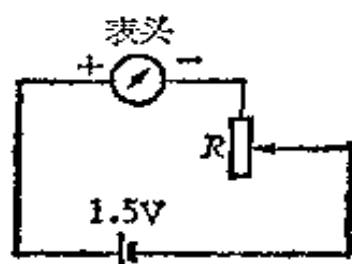


图 9-14

端电压, 如 1.5 伏, 断开电路, 测一下  $R$  的阻值, 然后按公式  $I_g = \frac{V}{R + R_g} \times 1000$  (毫安) 计算灵敏度即满度电流。

式中  $R_g$  是表头内阻, 表头内阻的测定如图 9-15 所示, 断开开关  $K$  调节  $R$  使表针满度, 合上  $K$  调节  $R'$  使表针指在正中, 量一下  $R'$ , 其阻值就是表头内阻。  $R'$  也可用电阻箱, 就可直接读数。用这种方法测量时, 电池电压保持一定数值,  $R$  愈大, 准确性愈高。

表头内阻  $R_g$  还可按公式  $R_g = R' \times \frac{R}{R - R'}$  进行计算。电池可以用 1.5 伏,  $R'$  取 2—3 千欧。

装万用表的电阻可以用碘膜电阻串串并并, 太小的阻值或另头阻值, 可以用线绕电阻拆下电阻丝自绕。把线绕电阻在火上烧一烧, 外层黑绝缘变灰白, 轻抹一下即脱落就可拆线。将线绕在胶木条上或兆欧阻值的电阻上使用。

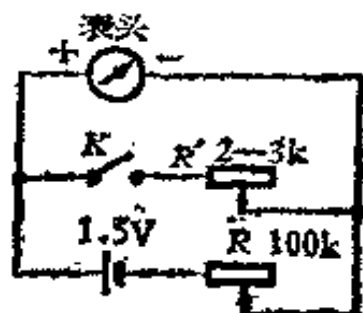


图 9-15

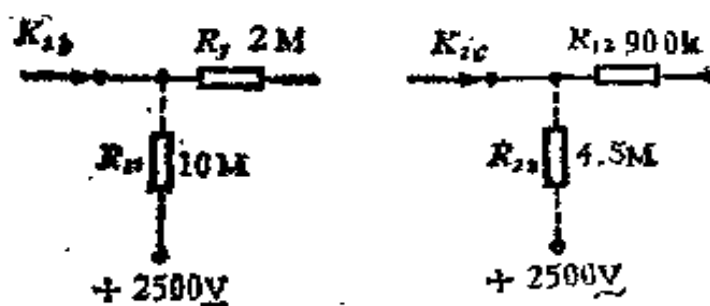


图 9-16

在需要测量更高电压时, 可在图 9-4 上加装 2500 伏高压测试孔, 由于电压太高, 不宜用波段开关, 可按图 9-16 虚线

加接电阻  $R_{27}$  和  $R_{28}$ ，面板上加装两个测试孔为高压测试端。

如果需要测量高阻值的电阻时也可在图 9-4 上加装  $\Omega \times 10k$  高阻测试孔，可按图 9-17 虚线加接电阻  $R_{29}$  和电池 15 伏，在面板上再加上相应的高阻测试孔。

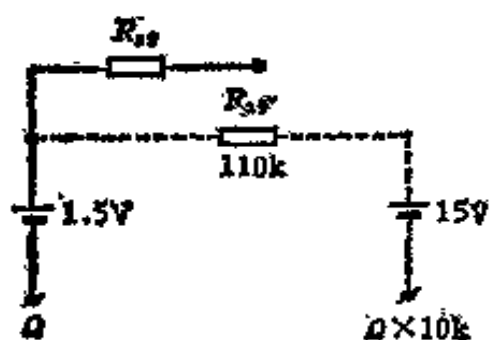


图 9-17

#### 四、利用万用电表测量电容器

1. 对于耐压在交流 220 伏以上或直流 400 伏以上容量在 500 微微法—0.05 微法范围的电容，如图 9-18 所示可用交流

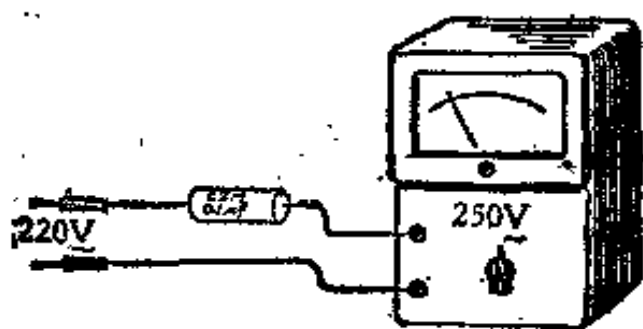


图 9-18

电压 250 伏一档量程串联被测电容去测量 220 伏交流市电，电容器容量大，万用电表读数也大，但不成比例，而且不同的万用电表反映的读数也不一样，读者可将一些已知容量的

电容试测后制表备查。

2. 利用高阻档  $\Omega \times 10k$  观察充放电情况即表针挥动的大小，可以很快地判别 0.01 微法到 1 微法电容器的容量，读者可将一些已知容量的电容试测后制表，然后将欲测电容测试对照。由于各人使用的万用表不一样，表 9-2 所列测量数据

表 9-2

| C (微法)   | 0.01 | 0.022 | 0.047 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1  |
|----------|------|-------|-------|-----|-----|-----|----|
| 0—100 刻度 | 1    | 3     | 4     | 8   | 15  | 32  | 54 |

仅供参考。

电解电容器的容量可以用  $\Omega \times 1k$  档 (注意黑表棒接电容正端) 观察表针挥动的大小来粗略估计 (见图 9-19)。

表 9 3

|                           |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| C (微法)                    | 8—10   | 20—25  | 30—50  |
| $\Omega \times 1k$ (占满度)  | 1/3 以上 | 1/2 以上 | 2/3 以上 |
| $\Omega \times 100$ (占满度) |        |        | 1/5 以上 |

电解电容器测量时,表针挥到一定数值后,应返回起点或接近于起点,离起点愈多则表示漏电愈大。如果指针根本不挥动,或挥起后不返回,都说明已经损坏。

## 2. 电解电容器正负极性的判断

有时电解电容器正负极性标记模糊或者分辨不清时,可以利用万用电表欧姆档进行判别。因为电解电容器正常接法时漏电阻大,反接时漏电阻小。用万用表红黑表棒接电容器两端,正反各测一次,比较表针挥动返回后的阻值,其中阻值大的,黑表棒所接的电容器一端即为正极(因为黑表棒接万用表内部电池的正端)。

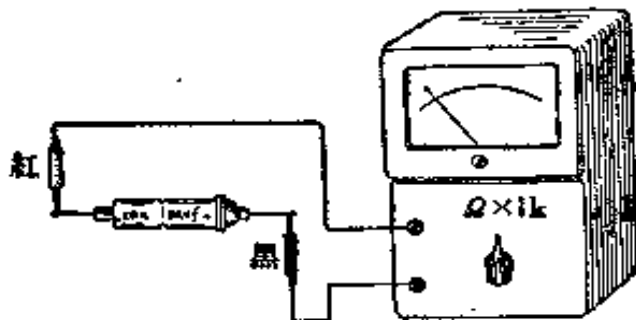


图 9-19

## 五、利用万用电表测量 $\beta$ 和判断 $I_{ceo}$

### 1. 利用万用电表 $\Omega \times 100$ 或者 $\Omega \times 1k$ 档测 $\beta$ 近似值

接线如图 9-20(1) 所示,将开关  $K$  先后打到 1、2 位置,万用表测得电阻值  $R'$  数值代入下式即得:

$$\beta = \frac{R_2 - R_1}{R'_2 - R'_1} = \frac{110k - 10k}{R'_2 - R'_1}$$



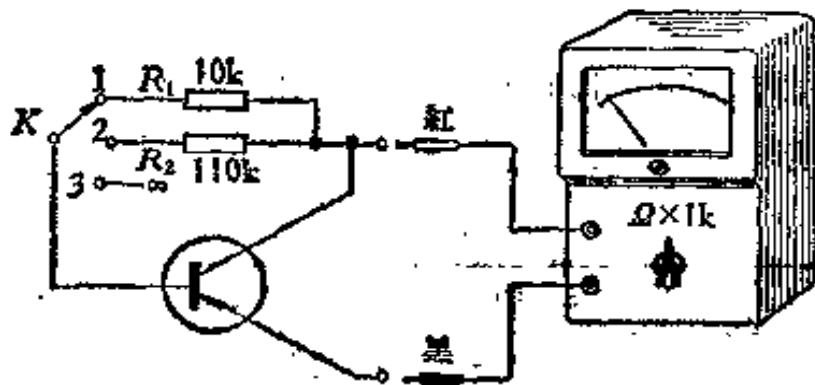


图 9-20(1)

$R_1$  和  $R_2$  是开关  $K$  分别放在 1 和 2 位置时的读数。测  $n-p-n$  管表棒与图示相反。

将  $K$  扳到 3 位置时,判断穿透电流  $I_{ceo}$  大小,阻值大,说明穿透电流  $I_{ceo}$  小,稳定性好。

判断一个管子好坏主要是  $\beta$  和  $I_{ceo}$  两个参数。一般希望  $\beta$  大  $I_{ceo}$  又小。

## 2. 利用电流档测 $\beta$

利用万用电表 0—1mA 一档,按图 9-20(2) 接线,如果表头指示 1 毫安,就知道  $\beta = 100$ , 指示 0.5 毫安,  $\beta = 50$ 。

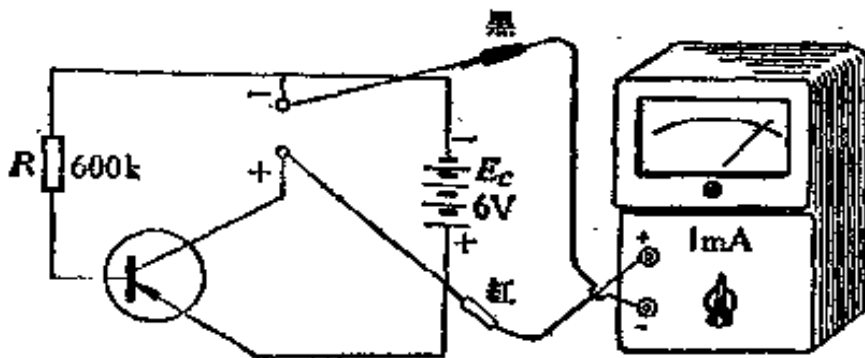


图 9-20(2)

我们知道

$$\beta = \frac{I_c}{I_b} = \frac{I_c}{\frac{E_c}{R}} = \frac{I_c R}{E_c}$$

以  $I_c = 1$  毫安,  $R = 600$  千欧,  $E_c = 6$  伏代入,即得  $\beta =$

100。如果管子 $\beta$ 低， $R$ 可取300千欧或更小。测n-p-n管时，红黑表棒应与图示相反，电池 $E_c$ 极性也要相反。

在测试时由于晶体管发射极与基极之间有一定的压降，锗管约0.2—0.3伏，硅管约0.5—0.7伏，所以基极电流实际上是小于0.01毫安的，也就是说测得的 $\beta$ 值是偏小的，改进的方法测锗管时 $R$ 改为570千欧，测硅管时 $R$ 改为530千欧。

## 六、MF11型袖珍万用电表简介

MF11型袖珍万用电表是一种具有较高灵敏度的磁电式整流系仪表。仪表共具有十五个测量量限，能分别测量交直流电压、直流电流、电阻及音频电平，仪表还能测量晶体管的共发射极静态正向电流放大系数 $h_{FE}$ （参考值），它的测量范围如下：

交流电压 0—10—250—500 伏

直流电压 0—2.5—10—250—500 伏

直流电流 0—0.1—1—10—100 毫安

电 阻  $\Omega \times 10$ ； $\Omega \times 100$ ； $\Omega \times 1000$ （ $12\Omega$ 中心）

音频电平 -10—+22 分贝

晶体管静态放大系数 0—200  $h_{FE}$

图9-21是它的电路和外型，图中右上虚线为三刀十五掷开关利用它来分别选择十五个测量量限，下面二条虚线是测量晶体管用的短路插头，测其他参数如电压、电流、电阻时不能插上，以免短路。除测量 $h_{FE}$ 外，其他电路原理和前面介绍多量程万用电表相同。我们知道， $h_{FE}$ 就是集电极电流 $I_c$ 与基极电流 $I_b$ 之比，即 $h_{FE} = \frac{I_c}{I_b}$ 。测量方法：先用“ $\Omega \times 1k$ ”档

进行短路调零，然后将开关旋钮旋至“ $h_{FE}$ ”档，测p-n-p管时，将短路插头插入n-p-n管孔使“e”“c”短路，再将晶体管

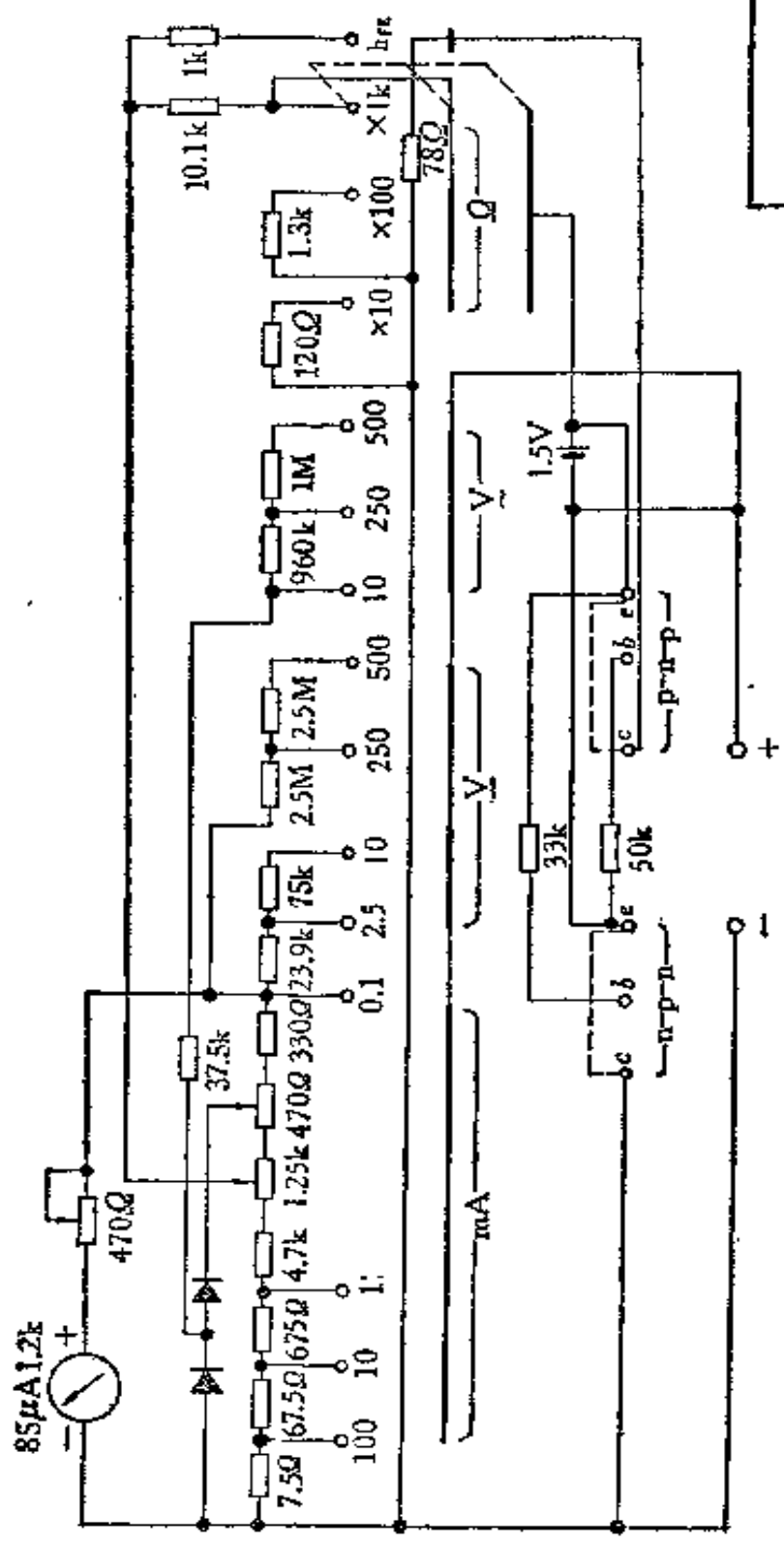


图 9-21(1)

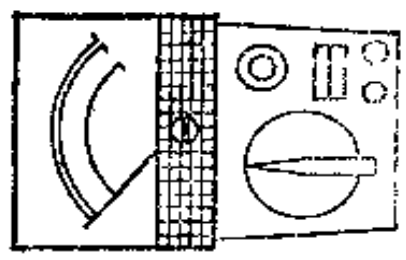


图 9-21(2)

发射极、基极、集电极插入 p-n-p 管孔内，此时即可根据指针偏转读数。测 n-p-n 时，应将短路插头插入 p-n-p 管孔使“e”“c”短路。

## 第二节 简易信号源

### 一、自生调幅的中频信号源

一个等幅的 465 千周的信号，象电报似的，无法听到，因此在校试收音机时，须要有用音频信号调幅过的信号，使扬声器发出一种“鸣……”的音频声音，通常用 400 周或 1000 周对 465 千周等幅信号进行调幅。

图 9-22 是用一个晶体管产生 465 千周音频调幅振荡的电路。它是一个电容反馈式振荡电路，振荡回路由  $L$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  组成。振荡由发射极输出， $R_1$ 、 $R_2$  是分压偏置电阻，利用  $R_4$ 、 $C_3$  产生了间歇振荡成了自生调幅，电源用五号电池一节，元件省，输出有 150 毫伏。 $C_1$  和  $R_4$  的大小影响调幅音频的大小和调制深度， $R_4$  小了，只产生等幅振荡， $R_4$  大了，调制加深。装配完成后，校准频率可以用超外差式收音机收听，调节  $L$  中的磁芯在满刻度都能听到“鸣……”叫声最响即好。

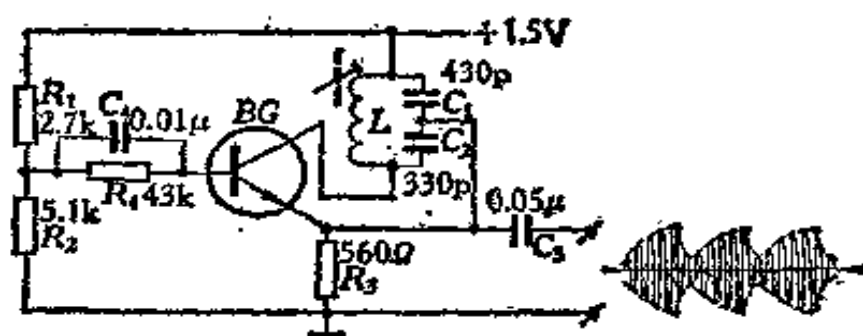


图 9-22

电感  $L$  是普通电子管调感式中频变压器中的一个线圈，如果自绕，其电感量为 640 微亨，在  $\phi 4.2$  带磁芯的骨架上用

3股 $\phi 0.07$ 纱漆包线乱绕183匝而成。结构见图9-23。如用外径 $\phi 7$ 的线圈骨架,磁芯用M $\phi 4 \times 16$ ,则可以用蜂房式

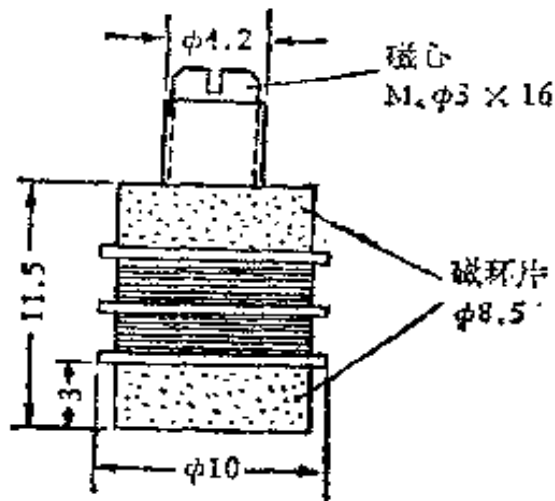


图 9-23

绕法或乱绕,线圈宽度4毫米,用 $\phi 0.11$ 丝漆包线绕220圈。

整机装在一块 $90 \times 40$ 毫米<sup>2</sup>的胶木板上,五号电池插入即产生振荡。图8-28是它的背视图和印刷电路。

管子使用3DG6,业余品也可用,用硅管热稳定性较好,频率较稳定。改用锗管时,电池极性要倒过来,也能振荡。

这种自生调幅电路虽然结构简单,但是谐波比较多,频率特性比较平坦,要做到精确调节比较困难。

## 二、两个晶体管的高低频信号源

电路见图9-24,它由两部分组成,低频晶体三极管 $BG_1$ 组成的音频振荡电路产生1千周左右的音频信号,高频晶体三极管 $BG_2$ 组成的高频振荡电路产生465千周到1600千周连续可调的高频信号, $BG_2$ 的基极同时受到音频信号的调制,因此该电路发出的是调幅信号,除了可变电容器 $C$ 以外,全部元件装在 $60 \times 35$ 毫米<sup>2</sup>的印刷板上,结构较紧凑,体积小巧,面板上伸出了四个用 $\phi 2 \times 10$ 毫米的螺钉做成的接线端子 $CZ_1, CZ_2, CZ_3, CZ_4$ 。用鳄鱼夹夹通 $CZ_1$ 和 $CZ_2$ 以后,仪器就通电振荡, $CZ_3$ 和 $CZ_4$ 是低频信号和高频信号的输出端,也可用鳄鱼夹夹持后取出。可变电容器 $C$ 采用超小型双连(两连最大容量分别为70微微法和170微微法)作单连使用,两个连的定片相连,以减小整机体积。也可以采用360微微法

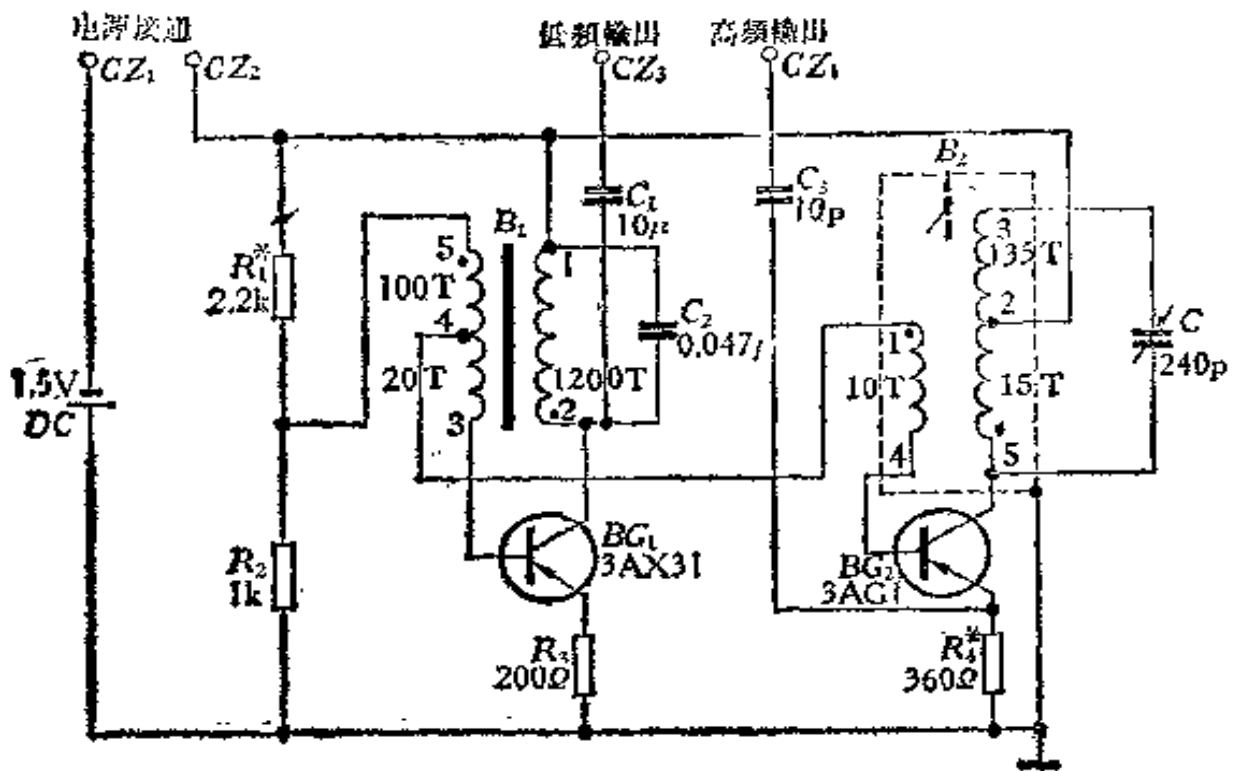


图 9-24

的单连可变电容器。变压器  $B_1$  用 E14 型变压器铁心和  $\phi 0.08$  漆包线等材料绕制。高频变压器  $B_2$  在 203 型中周架或 3 毫米可调磁芯的塑料线圈骨架上用  $\phi 0.08$  漆包线绕制，绕制数据如表 9-4 所示。

表 9-4

| C(微微法) | 磁芯骨架                                 | 线径          | $N_{31}$ | $N_{14}$ | $N_{25}$ |
|--------|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| 240    | 203 型中周架<br>(TTF-2 型)                | $\phi 0.08$ | 135      | 10       | 15       |
| 360    |                                      |             | 116      | 8        | 13       |
| 240    | $M_4 \phi 3 \times 14$ 可调<br>磁芯的塑料骨架 |             | 150      | 12       | 18       |
| 360    |                                      |             | 130      | 10       | 16       |

调整时注意,  $R_1$  的大小将同时牵制  $BG_1$  和  $BG_2$  两管的工作状态, 可以先将  $R_1$  从大到小地调到音频起振, 用高阻耳机接在  $CZ_2$  和  $CZ_3$  上能听到低频叫声, 高频振荡级可调整

$R_4$ ,  $R_4$  小振荡强, 但调制度变弱,  $R_4$  过小时会影响到音频停振, 所以有时要反复地调整  $R_3$  和  $R_4$ 。

仪器的工作正常后, 可进行频率校正和定刻度, 将可变电容  $C$  全部旋进(容量最大), 将仪器靠近产品晶体管收音机, 并将收音机调谐到中波段的 525 千周处, 此时调节  $B_2$  的磁帽从里向外地退出到收音机发出音频叫声, 即为 465 千周, 逐渐将  $C$  旋出时会重新出现一次音频叫声, 这一点就是收音机的调谐频率 525 千周, 然后将收音机调谐到 600、700……1600 千周, 逐点调节可变电容器  $C$  使之——对应, 如高端复盖不能满足, 可将双连上的微调电容拆去一组, 放松另一组到出现 1640 千周振荡频率为止。

当波段复盖满足从 465 千周到 1640 千周时要反复校核几次, 并在刻度上作好记录, 即可完成。

图 9-25 是它的外型和结构, 图 9-26 是它的印刷电路。

### 三、多量程的高频信号源

电路如图 9-27(1)所示, 用两个管子组成, 由  $BG_1$  组成的共基调集电路产生 1 千周音频振荡电压由  $L_7$  输出, 经隔离电阻  $R_8$  由  $W_1$  送至音频输出端  $CK$  输出 1 千周音频信号。或者通过开关  $K_1$ 、 $C_5$  偶合到  $BG_2$  基极, 作为调制信号。由  $BG_2$ 、 $W_2$  组成的变压器反馈调集电极振荡电路, 产生等幅高频振荡, 振荡频率分 400—1200 千周, 1.2 兆周—3 兆周, 3—8.5 兆周, 8.5—25 兆周四个波段, 由波段开关  $K_3$  (三刀四掷) 分别选择各个电感  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  或  $L_4$ , 与可变电容器  $C_7$  配合来选择各个频率。当低频调制信号经  $K_1$ 、 $C_5$  送入  $BG_2$  基极后, 高频端子  $CZ$  即可取得调幅信号。

这是一台振荡频率范围比较宽的简单轻便的信号源, 可以有等幅波、调幅波输出(由  $K_1$  控制), 高频信号从高频输出

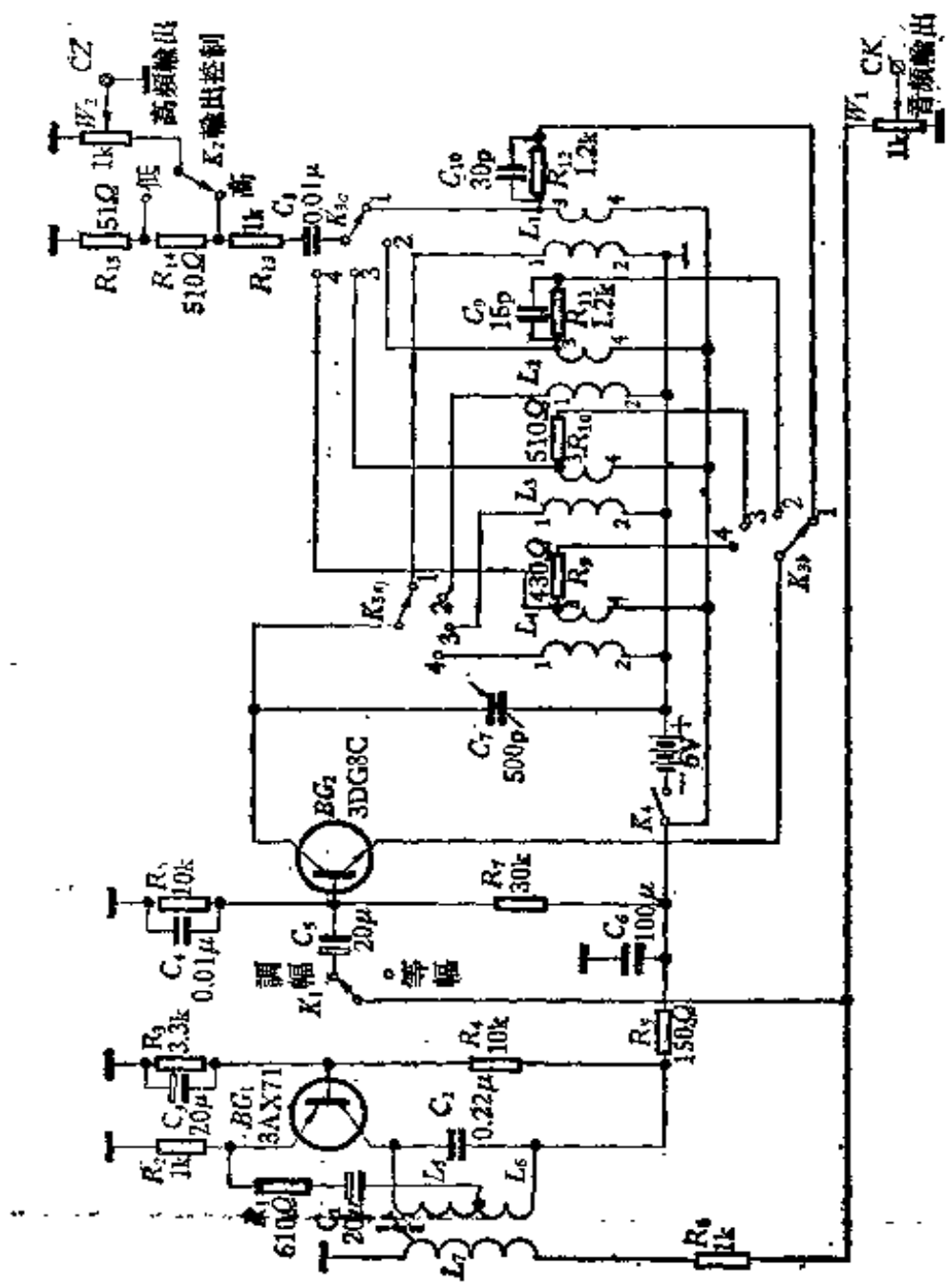


图 9-21(1)

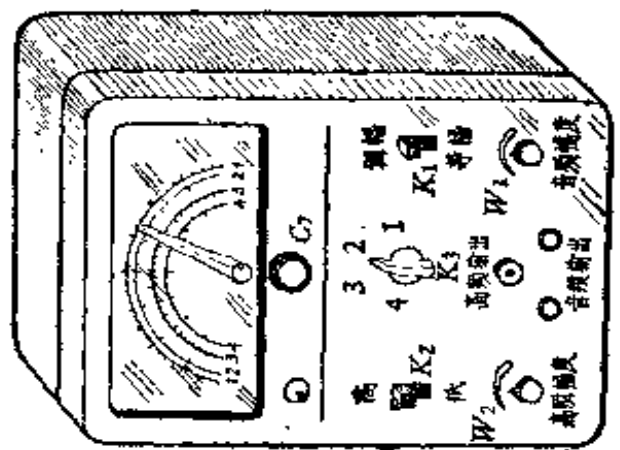


图 9-21(2)



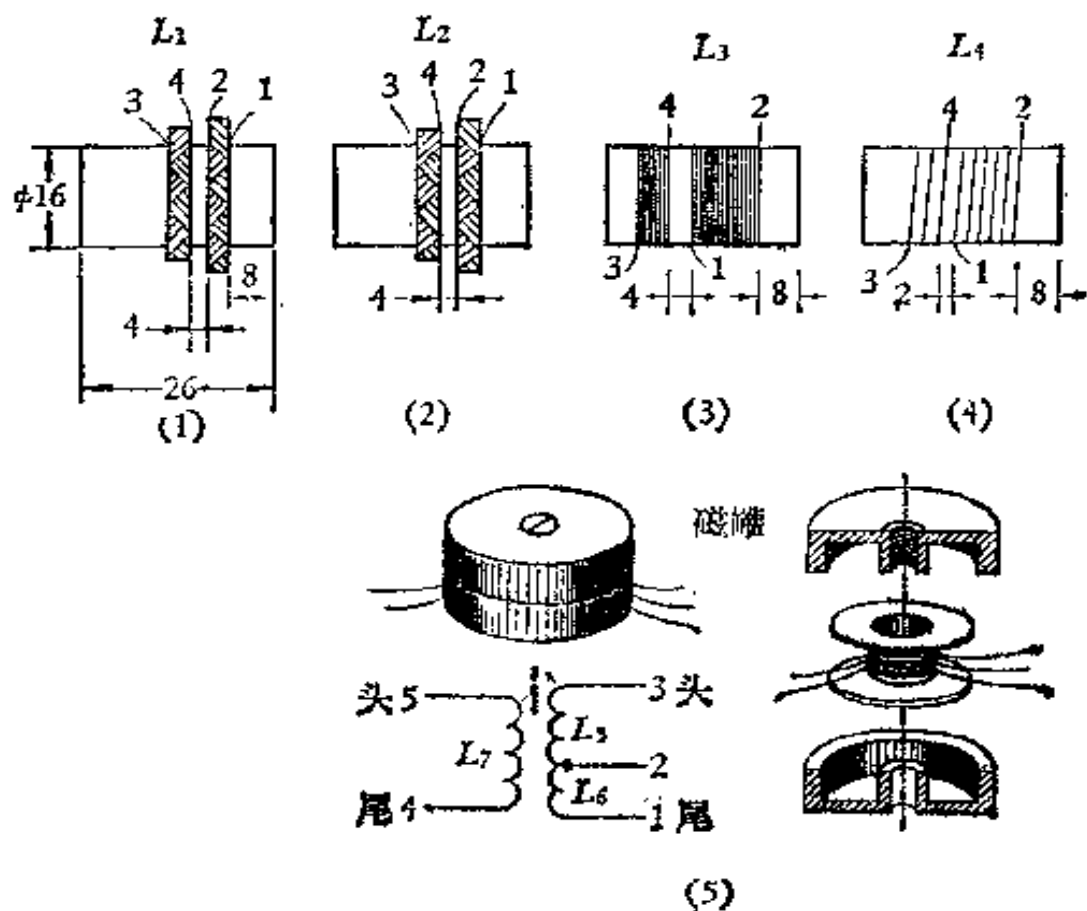


图 9-28

表 9-5

|  |    | $L$ ( $\mu\text{H}$ ) | $Q$ | 线径(mm)               | 匝数                | 绕法              |
|--|----|-----------------------|-----|----------------------|-------------------|-----------------|
| $L_1$  | 初级 | 350                   | 102 | $\phi 0.06 \times 9$ | 122 $\frac{1}{2}$ | 蜂房绕             |
|  | 次级 | 88                    | 95  |                      | 60                |                 |
| $L_2$  | 初级 | 47                    | 66  | $\phi 0.06 \times 9$ | 42                | 蜂房绕             |
|  | 次级 | 13.7                  | 89  |                      | 24                |                 |
| $L_3$  | 初级 | 6.81                  | 90  | $\phi 0.27$          | 18 $\frac{1}{2}$  | 密绕              |
|  | 次级 | 2.75                  | 88  |                      | 9 $\frac{1}{2}$   |                 |
| $L_4$  | 初级 | 0.84                  | 216 | 镀锡<br>$\phi 0.5$     | 6 $\frac{1}{2}$   | 间绕<br>(间距 1 mm) |
|  | 次级 | 0.42                  | 168 |                      | 3 $\frac{1}{2}$   |                 |
| 磁罐<br>M $\times$ 1000<br>$\phi 18 \times 11$ | 初级 | $15 \times 10^3$      |     | $\phi 0.16$          | 100               | 乱绕              |
|  | 次级 | $114 \times 10^3$     |     |                      | 70+200            |                 |

端  $CZ$  取出;也可以单独输出 1 千周音频信号,由音频输出端  $CK$  取出。音频、高频输出电压幅度可以分别由  $W_1$ 、 $W_2$  进行调节。

图 9-27(2) 是它的外形,整个结构装在大号铝制饭盒里。电路分高频、音频两部分安装在一块层压板上,然后紧固在可变电容器  $C_7$  的柜架板上,使高频接地良好。

为了减小漏讯,将高频幅度调节的电位器  $W_2$  接在终端位置上,并且用很短的电缆接到输出端子  $CZ$ ,频率度盘指针是直接装在可变电容器  $C_7$  的轴柄上,这样可以减小旋转时产生的回差,提高频率精度。

高频用电缆头(或屏蔽线)输出,音频用香蕉插口输出。输出控制开关  $K_2$  用来变换高频输出阻抗的高低,以适应被测设备的需要。

安装时注意接线要粗、直、短。各波段线圈要成直角或者距离稍远些。元件数值都已在电路图中标出。

装成后,校准频率可以利用较准确的收音机,和前面的办法相同。但是有些频率在收音机刻度上没有,例如 400 千周可以在收音机 800 千周处听到它的二次谐波,535 千周以上广播段可收到基波频率,校准 465 千周一点时特别要精细,这点可在刻度盘上标上一个红点,1.6 兆周以上需要在短波段上校出。

高频振荡电感线圈和音频振荡变压器绕制数据和结构见图 9-28 及表 9-5。

### 第三节 电 源

**“任何地方必须十分爱惜人力物力”。**我们希望晶体管收音机携带时使用电池,而在家里或者固定场合使用交流电整

流电源,这样做符合节约原则,这里介绍几种整流电源及简易稳压电源。

### 一、整流电源

下面是简易整流电源实际电路。

图 9-29(1) 是全波整流电路,图 9-29(2) 是桥式整流电路,这两种电路的整流电压在不接负载时为变压器次级电压的 1.41 倍。当接上负载后电压将下降,负载愈重,电压下降愈多,一般情况下,有负载时的整流电压约为变压器次级电压的 0.9 倍。

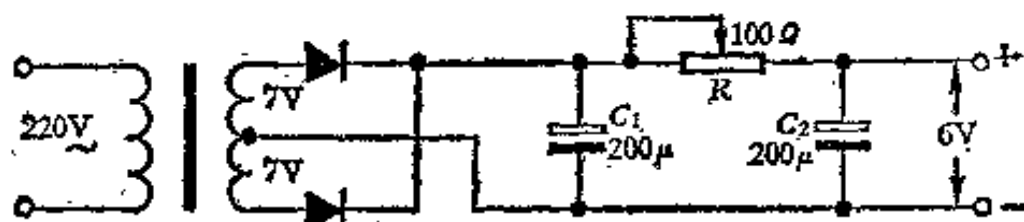


图 9-29(1)

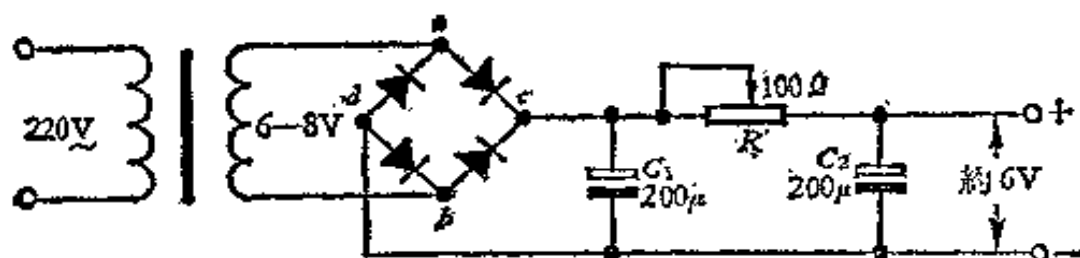


图 9-29(2)

变压器可以利用 6—8 伏经济灯电源变压器,也可向电子管收音机输出变压器铁心自绕,输出变压器铁心原先是单面插的,改成交叉插。或用  $16 \times 18$  毫米<sup>2</sup> 截面积的铁心,初级用  $\phi 0.12$  漆包线绕 3300 圈,次级用  $\phi 0.17$ — $\phi 0.18$  漆包线绕  $95 \text{ 圈} \times 2$  (即 190 圈在中间插头),层间可用电容器纸绝缘,初次级间应有静电屏蔽,可用  $\phi 0.17$ — $\phi 0.18$  漆包线绕一

层，引出一个端头，以后与整流电路输出端的公共接地点相连，中间的绝缘层用1—2层黄腊绸即可(上述圈数是按15圈/伏计算)。使用没有静电屏蔽的变压器，将导致收音机出现调变交流声，即交流声在收到电台时出现，这时加强滤波也无效，可采取图9-31电路中增加一个0.01微法电容的方法解决之。电容一端接整流电路输出端的公共地点，另一端接变压器次级靠近初级的那一端，这就相当于加了静电屏蔽。

整流元件可以用2CP型或其他类型整流二极管，只要整流电压、电流符合要求。或者使用硒片，面积 $23 \times 23$ 毫米<sup>2</sup>，电流有150毫安； $40 \times 40$ 毫米<sup>2</sup>，电流有600毫安，只要电流大于或等于收音机需要的数值就可以应用了。每片硒片的耐压额定值为18伏，有框毛而是阴极，无框光面是阳极。硒片的外形结构如图9-29(3)。硒片的特点是过载能力强，有时击穿后能自行复原。

也可将损毁了一个结的低频功率管作整流二极管用，例如用3AD30的c、b结搭成的桥式整流电路输出可达30伏4安。低压整流器的输出电压，当输出电流增大时会下降，下降的程度与使用的整流元件有关，实践结果是硅整流元件的影响较大，硒片次之，锗整流元件(如利用低频晶体管的一个p-n结)最小。但是硒片体积大，锗整流元件耐压不高。

如果滤波电阻R改用低频阻流圈(扼流圈)，那么就可以减少滤波电路中的直流压降，提高输出电压，并增加滤波效果，一般电流不大的使用滤波电阻就可以了。

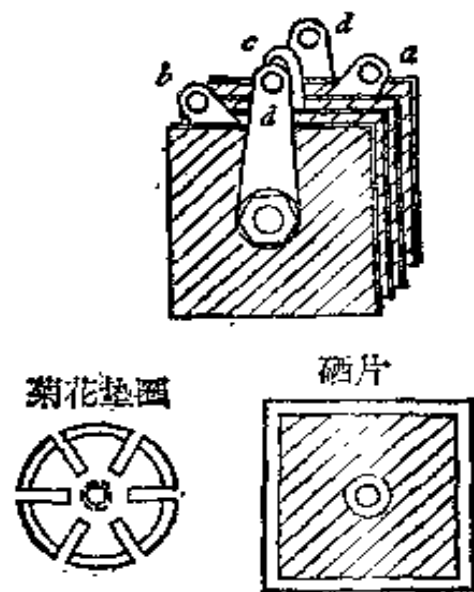


图 9-29(3)

使用时如果发现交流声,可以加强滤波,如加大滤波电容器  $C_1$  或  $C_2$  的电容量,或者加大滤波电阻  $R$ ,即可解决,但后者的加大会降低整流输出电压。

图 9-30 为红旗 605 型收音机的全波整流电路。9 伏输出电压供给末级推挽管,7.5 伏输出电压供给前级各管。7.5 伏这一组电源是由管子 3AX81B 组成的电子滤波器(代替了普通滤波器)取得的,以获得较平稳的直流电源。

变压器数据如下:铁心截面积  $14 \times 21$  毫米<sup>2</sup>,初级  $\phi 0.1$  绕 3000 圈,次级  $\phi 0.33$  绕 130 圈  $\times 2$ 。

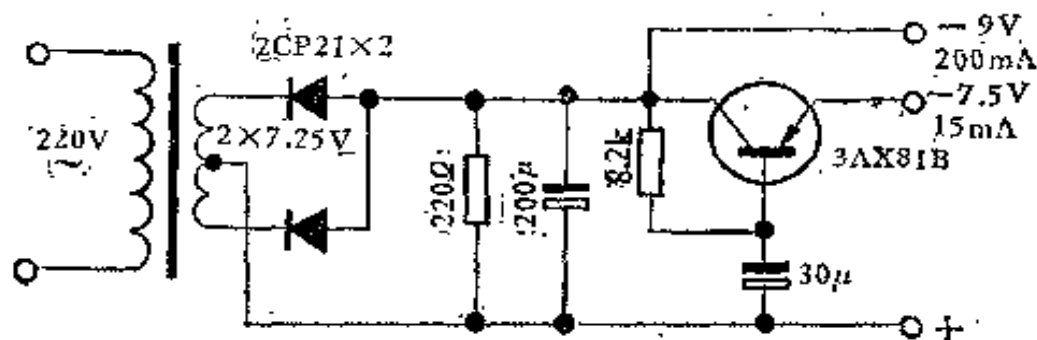


图 9-30

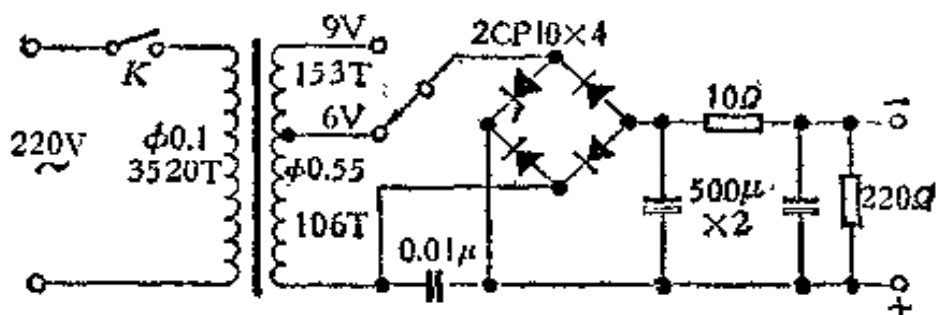


图 9-31

图 9-31 为 T-911 型整流电源,可供晶体管收音机作电源代替电池。实际也是一个桥式整流电路,直流输出电压有 6 伏和 9 伏两档,最大输出功率 6 伏档为 1.2 瓦,9 伏档为 1.8 瓦。空载时电压偏高些,6 伏档约为 7.5 伏、9 伏档约为 11 伏左右。电路中变压器次级下端通过 0.01 微法(或 0.047 微

法)电容器接正端(接地),消除外来干扰和调变交流干扰。

还有不用变压器的整流电源,它是利用电容器降压来获得低压的电路,如图 9-32 所示。我们知道交流电通过电容器

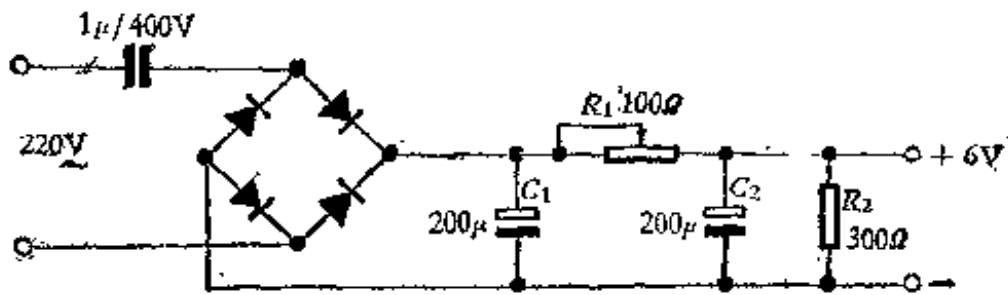


图 9-32

总是有一种阻力,就是容抗。对一定频率的交流电来说,电容量愈大容抗愈小,电容器上压降愈小;电容量愈小容抗愈大,压降愈大。因此总可以选择一个一定容量的电容器,使得 220 伏的交流电通过电容的降压得到我们需要的低电压(这里实际上是利用电容的限流作用),图中 1 微法就是降压电容器。通常用质量较好的纸质密封(GZM)或油浸电容。耐压要经得起  $220 \times 1.41$  倍的电压值,一般常用 400 伏耐压的。整流元件用四片  $23 \times 23$  毫米的硒片组成。这种电源因内阻大,降压特性差。如图 9-32 所示电路,在空载时电压有 13 伏,但当负载电流为 30 毫安工作时,电压降低到 6 伏左右。因此对一般用乙类推挽作功放的收音机不适用,这是因为乙类工作时电流变化大,电源的降压严重,将产生失真,甚至不能工作。因此这种电源只能用于一般负载变化不大的电路中,如供给采用甲类工作的收音机作电源。

不用变压器的整流器使用时要注意安全,最好装在木匣或塑料盒里,这样不致于碰到电源输出端触电,使用这种电源切忌用耳机。

## 二、简易稳压电源

晶体管稳压电源中通常用硅稳压二极管两端电压作基准电压(比较电压),这是由于稳压管具有很好的稳压特性。图9-33为典型的稳压管伏安特性曲线。由图可以看到,稳压管的伏安特性曲线大致可分三部分,即正向区、反向区、击穿区。

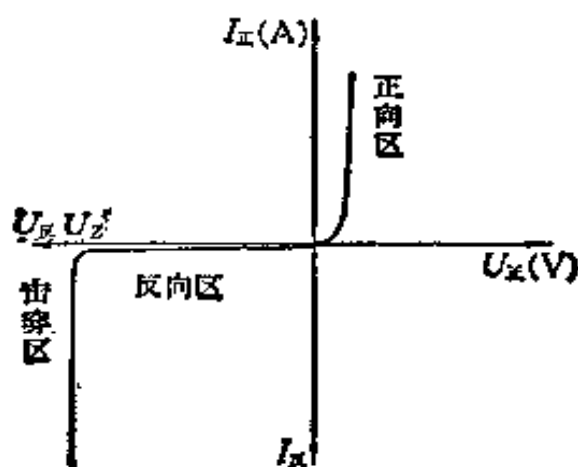


图 9-33

**正向区:** 稳压管正向特性与一般硅二极管几乎没有什么区别,通常也是从0.7伏左右起开始流过电流。

**反向区:** 当电压从零反向增加时,只有极小电流流过,这也与普通二极管相同。

**击穿区:** 从反向区继续增加反向电压,当电压达到

某一值时,就出现电压几乎不变,而电流急剧增加的现象,这称为反向击穿现象。普通二极管中也有击穿现象,不过普通二极管一经击穿就损坏了,但稳压二极管却工作在击穿区,我们正是利用稳压管这种电流剧变而电压几乎不变的击穿现象来稳定电压的。不同型号的硅稳压二极管的击穿电压 $U_z$ (也即稳定电压)是不同的,可根据所要稳定的电压的数值选用不同型号的稳压管。

稳压管稳压性能的好坏是以击穿区中伏安特性曲线的陡度来衡量的。击穿区中曲线下降越陡,电压稳定性越好,这也就是手册中给出的动态电阻越小越好。使用稳压管时需管子两端建立一定电压,使管子流过一定电流,才能达到稳压的目的。流过稳压管的电流也要考虑,最大不能超过其最大使用电流(从而在稳定电压下不超过管子的最大允许耗散功

率),但流过稳压管的电流也不能过小,使管子工作在击穿区的边缘即特性曲线的弯曲部分,稳压作用不好,应调整到合适的工作电流,这可以通过选用合适的限流电阻来达到。例如稳压管 2CW11—2CW20 的工作电流可选在 10 毫安左右。

图 9-34 为单管稳压电源电路图,稳压管 2CW15 为基准电压,其击穿电压约 7—8.5 伏,300 欧电阻为稳压管的限流电阻,同时又是 3AX81 的偏流电阻。工作原理简述如下:从图看出,调整管为射极跟随电路,其发射极电压总是跟随基极电压的,由于基极电压采用稳压管来稳定的,因此当负载变动及电网输入电压变动时其输出电压基本不变。由于 3AX81 的

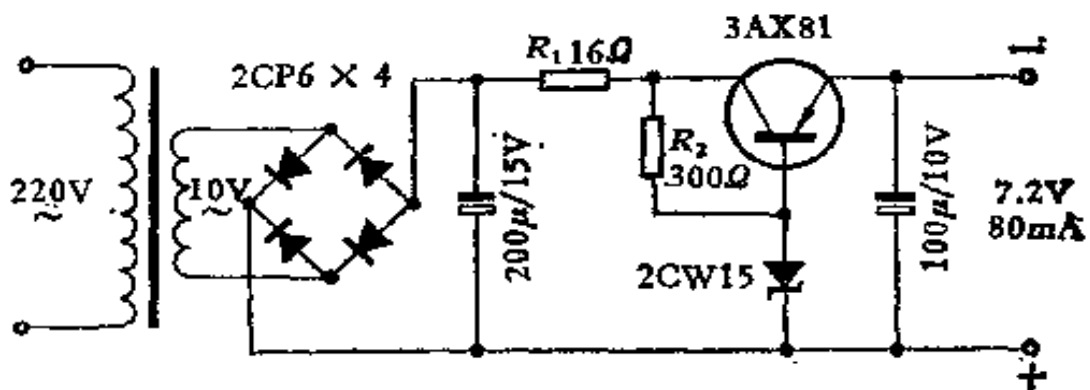


图 9-34

发射结电压为 0.2 伏左右,因此电源的输出电压比稳压管的击穿电压低 0.2 伏。此电源在负载电流从 0 至 80 毫安变化时,输出电压几乎不变。电源中接 16 欧电阻是为了在输出电流增大时减少 3AX81 晶体管的功率损耗的。这种电路的缺点是输出电压由所采用稳压管的击穿电压所决定,而不能任意调节。如果用几只 2CP 型硅二极管串接起来,利用它的正向特性,可代替稳压管,由于每只硅二极管的正向压降为 0.7 伏,因此输出电压还可以实现分节调节,不过用 2CP 型代稳压管时,稳压性能稍差些。

图 9-35 所示电路为输出电压可调节的稳压电源,其工作



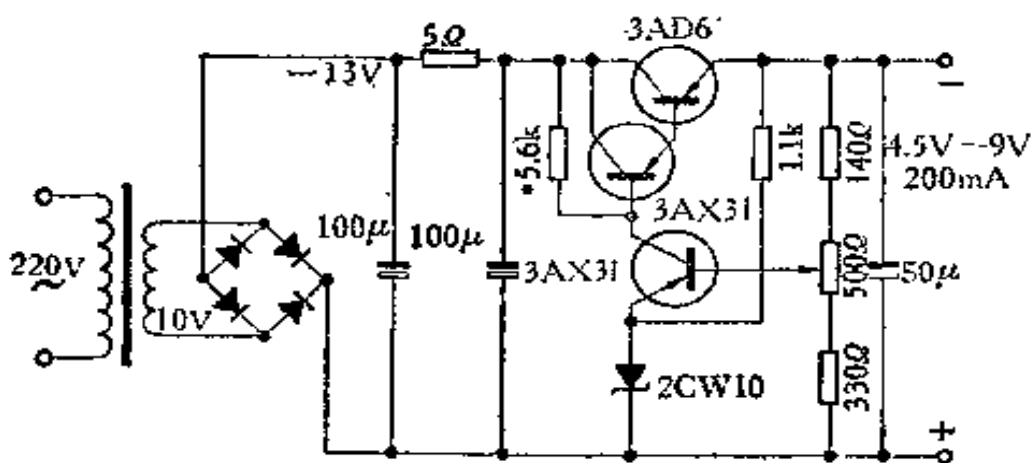


图 9-35

电压为 4.5 伏至 9 伏连续可调, 输出电流可达 200 毫安。此电源中调整管由 3AD6 和 3AX31 组合管构成, 稳压管 2CW10 接在放大电路 3AX31 发射极作为基准电压, 电阻 140 欧及 330 欧、电位器 500 欧为取样电阻, 如果输出电压有变动将通过此取样电阻, 反映到放大电路的基极, 通过与发射极基准电压比较, 然后由放大器输出信号去控制调整管基极, 改变调整管的管压降, 从而使负载上的电压得到稳定, 因此 3AX31 兼起比较和放大作用。调整稳压电源的工作, 主要通过选择适当的直流放大级的负载电阻 (图中 \* 号), 使调整管与放大管都处于良好的工作状态。

电源变压器铁心截面积为  $21 \times 21$  毫米<sup>2</sup>, 初级线圈用  $\phi 0.16$  漆包线绕 1980 圈, 次级  $\phi 0.31$  绕 92 圈。桥式整流用四片  $32 \times 32$  毫米<sup>2</sup> 铜片组成, 或者用四只二极管 2CP21 组成。3AD6 用  $50 \times 80$  毫米<sup>2</sup> 厚 0.5 毫米的铁皮做散热片。稳压管 2CW10 也可以改用四只 2CP 型二极管代替, 极性要与图示相反, 因为稳压管是利用反向导通特性, 二极管利用正向导通特性。

图 9-36 的稳压电源工作电压为 15 伏, 输出电流为 500

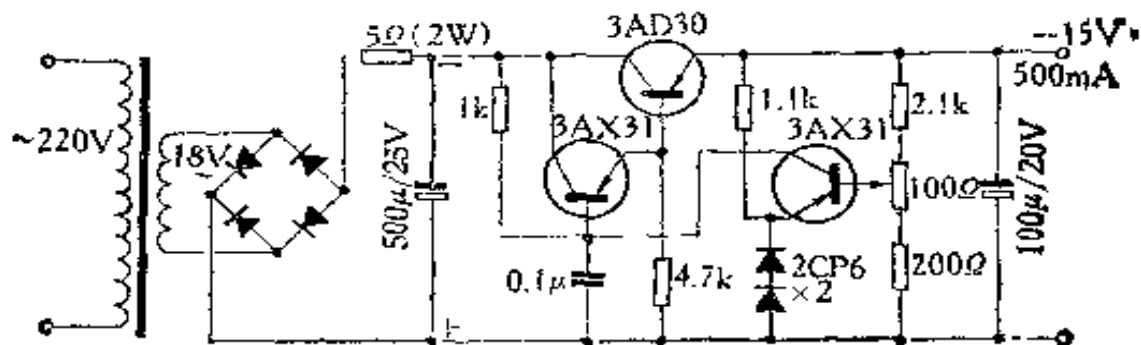


图 9-36

毫安，它可作为图 3-44 复合互补电路的电源。图中 0.1 微法电容器为防止自激振荡而加。

### 三、电池充电及镍镉电池

用完的电池，用充电的方法可以延长寿命，继续使用。为什么呢？

这是因为新的电池使用时也就是放电的时候，由于化学作用在电池中央的炭棒周围产生电阻很大的氢气（即极化作用），电池内的去极剂（如二氧化锰等）会吸收掉氢气，将它化合成水。用完电的电池也就是去极剂失效了，因此炭棒周围就会积上一层氢气，电池内阻升高，放电电压降低，但是锌筒往往还是完好的，锌筒实际上是起化学作用产生电动势的有效物质，电池用完后，只要能消除极化作用就能降低内阻，从而可以继续发挥有效物质的作用。对于电池充电，实际上就是要使炭棒上析出氯，它遇氢就会化合成氯化氢，完成去极剂作用，电池就又能使用了。

电池不能象蓄电池那样永久地使用下去的，但是还是可以反复充电好几次，直到锌筒用得薄以至于穿孔为止。

电池究竟是怎样进行充电的呢？通常用直流电或者是脉动直流电（后者效果比较好），正端与正端相接，负端与负端相接，实际电池充电设备就是一个整流器，如图 9-37 所示，滤波

部分可省去,纹波大些,效果好,整流器输出电压即充电电压应略高于新电池的电压。充电电流小些效果比较好,一般一号电池小于 150 毫安,二号电池小于 100 毫安,四号小于 50 毫安,五号小于 40 毫安。充电电流大小可以调节  $R$  来控制,大电流充得快,但使用时间短,充电电流太小,充电时间太长。

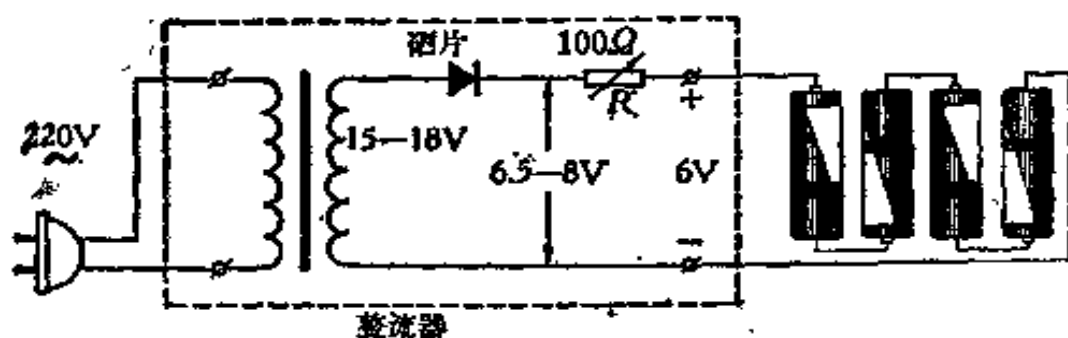


图 9-37

每次充电是否充好了,一般不规定时间,而是用电压来判断,这样可以保持电池电压的稳定,充电充好时的电压一般为额定电压的 110% 左右。去掉充电整流器稍搁一会就会回到额定电压。

电池充电延长寿命的时间,是由充电电流大小、电池类型、电池使用情况等条件所决定。一般以用用充充、充充用用的使用方法寿命最长,及时充电效果要比搁久了再充电要好得多,断续用比连续用要容易充入。通常有些晶体管收音机将整流器和电池并联使用及时给电池充电同时又供给晶体管收音机电源,这时电池又相当一个大电容器起到滤波作用。

不是所有用完的干电池都能够充电的,它必须是:

- (1) 锌筒完好,没有霉烂。
- (2) 电压不能过于低落,每节电不低于 1 伏。
- (3) 电糊未干。

密封式小型镍镉电池,是较新的电源,适合超小型晶体管收音机使用,放电电压很平稳。用完后可再充电。五节电池

串联后的电池容量,约与四节五号电池相同。

电池电压 1.25 伏,五只串联成 6.25 伏,每节电池容量 225 毫安小时,充放电寿命 100 次以上,体积  $\phi 32 \times 50$  毫米(五只串联)。

## 第十章 调频收音机

前面几章介绍了调幅收音机的原理和电路，这章谈谈调频收音机。调频波和调幅波有什么不同？有什么独特的优点？怎样来接收调频波？并简单介绍一下调频收音机及其实际电路。

### 第一节 调频波简单介绍

毛主席教导我们：“对于物质的每一种运动形式，必须注

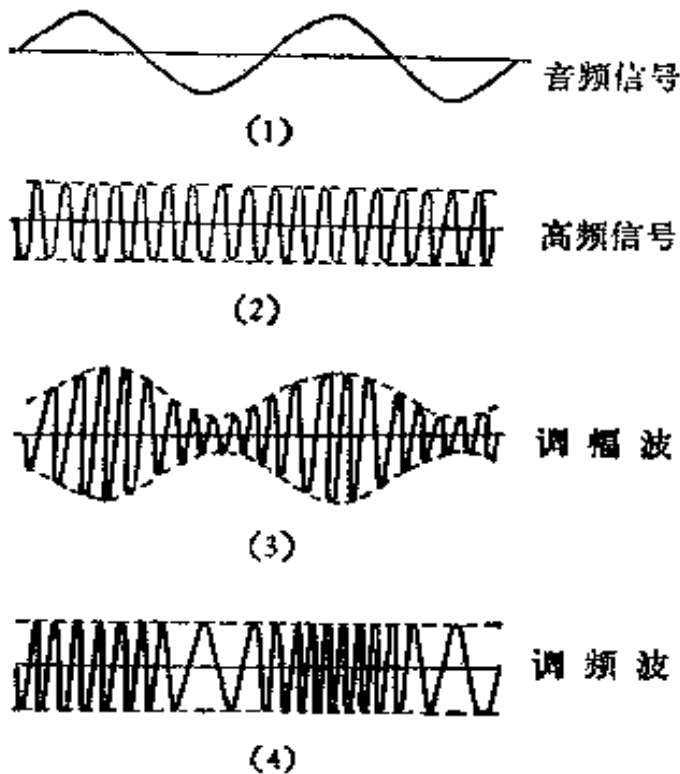


图 10-1

意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点”。调频波和调幅波的共同点都是将声音的音频信号去调制高频信号如图 10-1 所示。不同的是：调幅波是使音频信号去调制高频信号的“幅度”，如图 10-1(3)所示，而调频波是使音频信号去调制高频信号

的“频率”如图 10-1(4)所示。频率随着音频信号的规律变化，

当音频信号处在正半周时调频波的频率就高；当音频信号处在负半周时，调频波的频率就低。已调波的振幅则保持不变。因此，调频波就是高频信号的“频率”随着音频变化的结果。

与调幅相比较，调频具有下列特点：

1. 调频波的抗干扰性强。传播无线电波的空间是复杂的，除了我们所需要的电波外，还有各种各样的干扰电波。这些干扰波和有用的信号混在一起，很难把它们分开，于是在调幅收音机里就会听到各式各样的干扰杂声，影响收音质量，尤其在灵敏度比较高的收音机中更加明显。调频波的抗干扰性比调幅波强得多，因而调频收音机发出来的声音比较清晰悦耳。这是因为电波干扰中，主要干扰的结果常是改变了信号的幅度，从而模糊了需要传送的信号，调幅解决不了这个问题，采用调频可以改善这种干扰情况，因为调频是使音频信号去调制载波的频率，调频收音机在接收时，可以用限幅器把干扰影响的幅度变化削去，而对频率没有影响，如图 10-2 所示，因而使干扰大大减小。显然，调幅收音机不能采用这个方法，因为它在削去杂音的同时，也就把有用信号削去了。这就是调频比调幅抗干扰强的原因。



图 10-2

2. 调频有较宽的频带。从图 10-1 已经看到，调频波频率偏移（频偏）随音频信号的变化而变化。当接收调频波时，扬声器的输出信号只和调频波的频偏有关系，而与调频波的幅度无关。一般调频电台所占有的频带大约是 150—200 千周，这个数字是调幅所占频带的数十倍。调频波频带宽是一个很大的特点，因为调幅收音机受到频宽限制（主要受中频频

宽限制),音频信号的频率范围被局限于 30—5000 周,而调频可扩大到 30—15000 周,再加上抗干扰能力,从而使传递音频信号质量大大提高。电视机伴音比调幅收音机声音好听得更多,就是因为电视伴音采用了调频的原因。

3. 由于调频波所占频带较宽,因此它必须工作于超短波,超短波传播有一个最大特点就是直线传播,不象短波能通过电离层折射及长波、中波能沿地球表面绕射,传播可达数千公里,超短波作用距离只有一二百公里,因而限制了传播范围。但事物都是一分为二的。由于距离限制,本地的超短波广播对于其他地方电台即使功率小的电台一般也不会引起干扰,这样就改善了收音机的串音现象,从而提高广播质量。

调频既然具有这些优点,因此我国也在发展调频广播,人们也安装调频收音机来接收电视伴音和调频广播。

## 第二节 调频波的接收

图 10-3 是超外差式调频收音机的方框图,它与调幅收音机的差别在于多了一个限幅器,并用鉴频器代替检波器。另外因为调频波是用超短波传播的,所以高频放大和本机振荡的频率都很高。又因为调频信号的频率变化很大,一般可达 150—200 千周,所以中频就要比调幅收音机的高得多,调频收音机的中频频率在 5—11 兆周。我国目前电视接收机伴音中频是 6.5 兆周,调频广播接收机中频为 10.7 兆周。调频收音机收到调频波后,经过混频和中放,送到限幅器和鉴频器。限幅器的作用是把调频波的幅度变化削去,以提高抗干扰能力(见图10-2)。鉴频器的作用是把频率的变化还原为幅度的变化,即把调频波还原成音频信号,如同调幅收音机里的检波器,能把中频调幅信号还原成音频信号一样,因此它又称为调

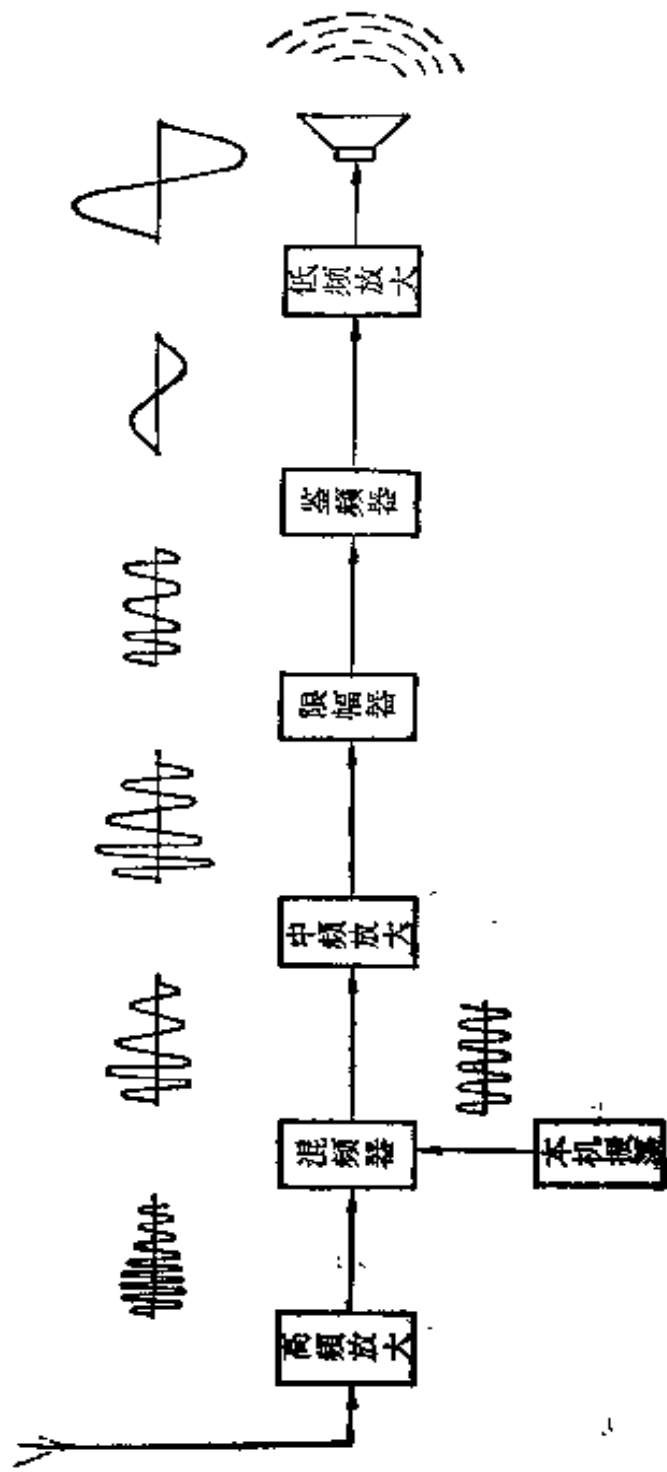


图 10-3 超外差式调频收音机方框图

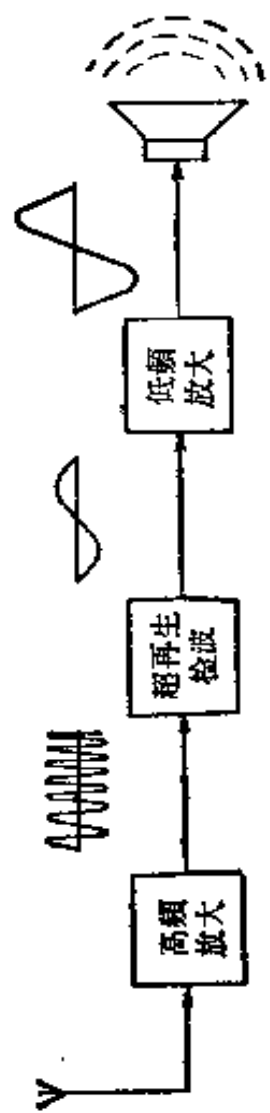


图 10-4 超再生式调频收音机方框图



频检波器。从鉴频器输出得到了音频信号之后，就可以利用低频放大器放大，推动扬声器供我们收听了。由于调频收音机和调幅收音机有很多部分是相同的，所以在一般超外差式调幅收音机里增加一部分电路后便可以装成调频调幅两用的收音机了。

在接收调幅信号时，最高音频通常只有 5 千周，而调频收音机中最高音频高达 15 千周，这是调频广播优点之一。因此收听声音更逼真，相应地对低频放大器的频带宽度就有较高的要求，如要求从 30 周到 15000 周具有均匀放大的性能。

由于频偏大，要求中频放大要有足够的频带宽度。

要求本机振荡频率稳定性高，否则接收不稳定。

高频放大不是必须的，接收机在离调频电台较近的地方，有时可以省去。

除了采用超外差式线路的调频收音机以外，不少业余无线电爱好者在制作时，采用了超再生式线路的调频收音机，这种程式线路非常简单，灵敏度比较高。方框图如图 10-4。

高频放大一方面可提高收音机灵敏度，同时也防止超再生检波器的自激振荡通过天线反向发射。

调频信号的检波是由超再生检波器来完成的，通过检波器出来的信号，就由调频波变成了音频信号，然后再经过低频放大，在扬声器中重播出声音。

在这种线路中，高频放大和低频放大与普通调幅收音机情况相似，在这里最主要的是超再生检波器，它起着与鉴频器类似的作用。

超再生检波器在无信号输入时噪声很大（象水流声），而有信号输入时噪音就被信号淹没了，对于干扰具有很大的抑止作用。因此，在这种收音机里不用限幅器就有较好的抗干

扰作用。

### 第三节 调频波的超再生式接收

调频波的超再生式接收，实际上就是将调频波转换成调幅波，同时对调幅波进行包络检波，以获得低频信号。

如何将调频波转换成调幅波呢？图 10-5 所示为一  $LC$  回路的谐振曲线，其谐振频率为  $f_0$ 。前面我们已经讲过，对于一个加于该  $LC$  回路的频率等于  $f_0$  的外加电动势，在  $C$  两端所产生的电压最高，若外加电动势频率偏离  $f_0$  越大，则  $C$  两端产生电压越低。假设有一个调频电台，其中心频率为  $f_m$ ，并且  $f_m$  位于  $LC$  谐振曲线一侧的  $A$  点。如果这个调频台的信号频率是以  $f_m$  为中心按正弦规律变化的，那么当该信号作用于上述  $LC$  谐振回路时，当信号频率高于  $f_m$  时，则  $C$  两端电压较高，反之电压较低，于是信号频率围绕着  $f_m$  上下变化， $C$  两端出现幅值按正弦规律变化的电压，这就将调频波转换为调幅波了。这种转换方式通常称为调频波的“斜率鉴频”。调频波的超再生式接收就是利用“斜率鉴频”的。

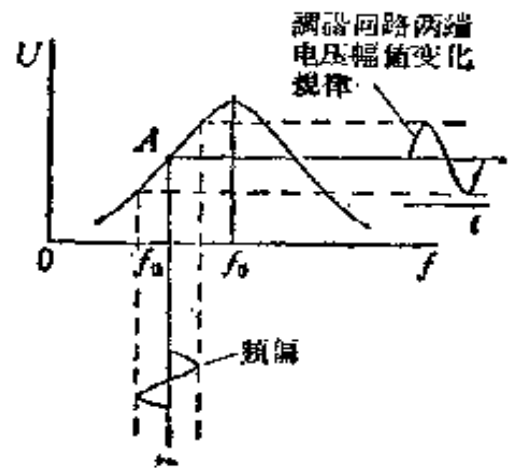


图 10-5

超再生式收音机与一般的再生式收音机有何不同呢？我们知道在一般再生式电路中，为了提高灵敏度，电路中引入了正反馈，使回路电阻  $r_{\Sigma}$  减小（这相当于提高回路的  $Q$  值）。但是，若正反馈过强，将产生自激，即  $r_{\Sigma}$  小于零，收音机不能正常工作；若减弱正反馈，即使  $r_{\Sigma}$  大于零，工作稳定了，但灵敏度却下降了。在再生式电路中，由于电源电压和元件参数等

都会严重影响  $r_{\text{回}}$ ，所以很难选择一个合适的  $r_{\text{回}}$ ，使灵敏度和稳定性两者都得到兼顾。

为了解决一般再生式电路中灵敏度和稳定性这一对不能克服的矛盾，我们在超再生式电路中引入了一个控制电压，使  $r_{\text{回}}$  按控制电压的变化而变化，从而使电路始终只能按控制电压的变化交替地处于自激和停振两种状态，而不再受电源电压、元件参数等因素的影响，

使电路能在较高灵敏度下稳定地工作。

为了简便起见，假设控制电压是矩形波，从而在控制电压负半周  $r_{\text{回}} < 0$ ，电路开始自激振荡；在控制电压正半周  $r_{\text{回}} > 0$ ，振荡逐渐衰

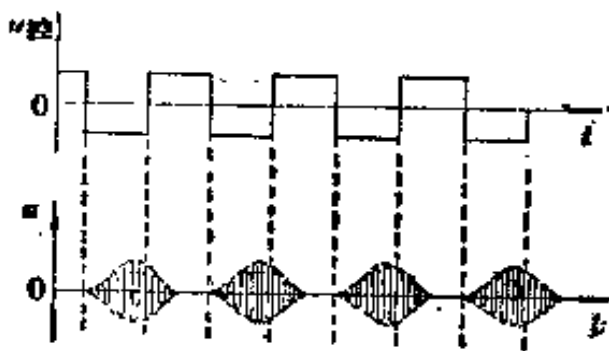


图 10-6

减直至停振。波形如图 10-6 所示。

图 10-7 所示为一超再生式收音机实用电路，它可以收听电视台伴音和调频台广播。

图中  $LC_1$  与反馈电容  $C_2$  及输入电容  $C_{\lambda}$  ( $C_{\lambda}$  为管子基射

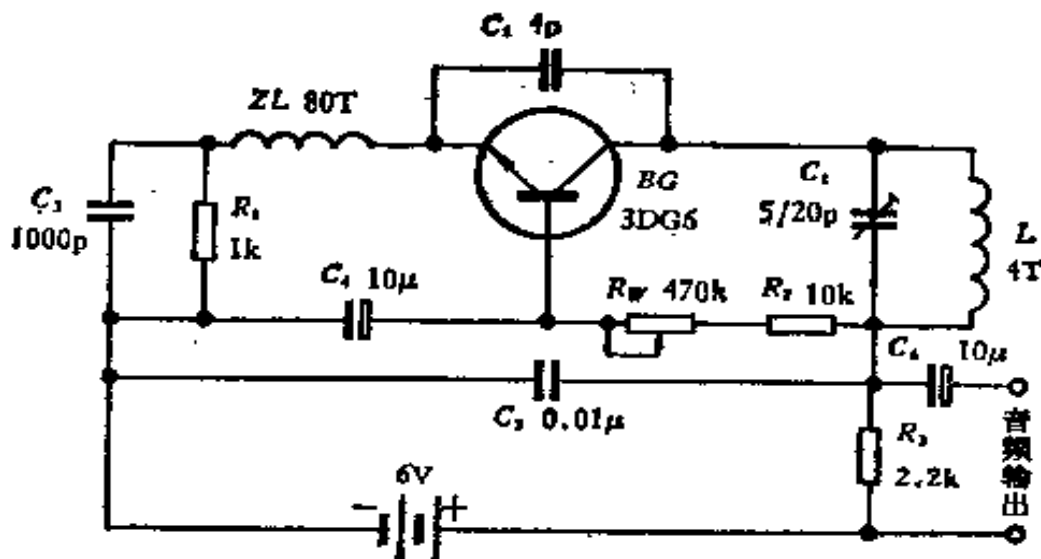


图 10-7

极间分布电容, 大约 20 微微法左右) 构成电容反馈式振荡电路, 其高频等效电路如图 10-8 所示。LC<sub>1</sub> 回路同时为调频信号输入回路, 由图容易看出, 该电

路的振荡频率  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , 其

中  $C = C_1 + \frac{C_2 C_\lambda}{C_2 + C_\lambda}$ , 因此只要改变  $C_1$ 、 $C_2$  或  $L$  即可使  $f_0$  偏离欲接收的调频台的中心频率  $f_{\text{中}}$ , 使  $f_0$  位于谐振曲线的一侧倾斜

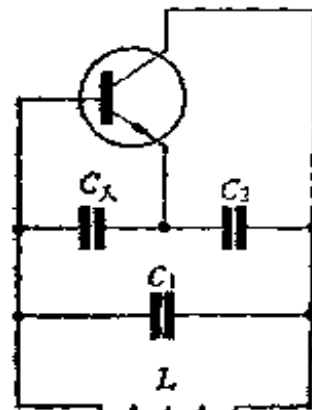


图 10-8

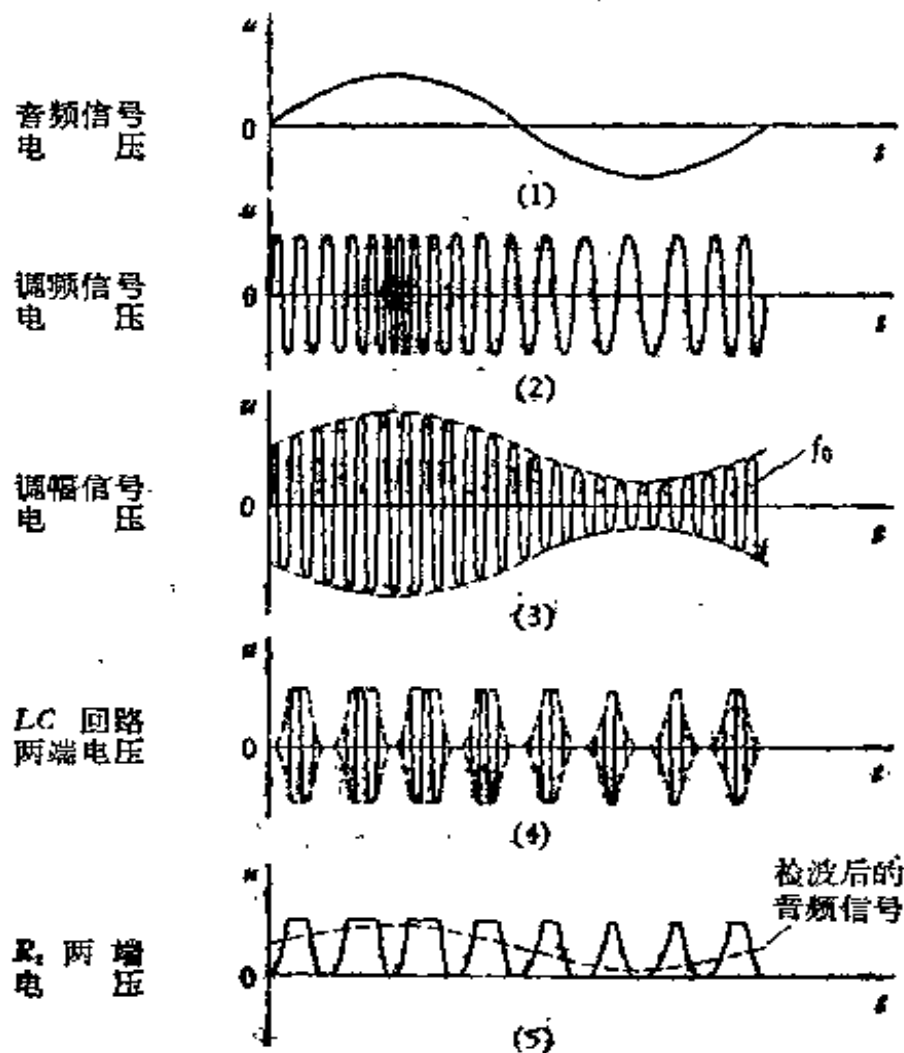


图 10-9

边,由前述知,这就可以通过“斜率鉴频”将调频波转换为调幅波,如图 10-9(1)、(2)、(3) 所示。

图 10-7 所示电路中  $ZL$  为超高频阻流圈,它对超高频振荡信号起阻碍作用。控制电压由  $R_1$ 、 $C_3$  构成阻塞振荡而产生。改变它们的数值可改变控制电压的频率,其它元件数值的改变也都会影响控制电压的频率。控制电压的频率应选得高于音频而又远低于振荡频率  $f_0$ ,通常为几百千周。图 10-9(4) 即为回路  $LC$  两端的波形,通过三极管的检波,即可在  $R_1C_3$  上取出音频信号,如图 10-9(5) 所示。

应该指出,图 10-9(4) 中各次振荡波形的面积是与起始电压有关的。起始电压越高,振荡波形面积则越大。而起始电压在数值上就等于“斜率鉴频”所得到的调幅波的振幅。由此可见,上面介绍的调频波的超再生式接收电路,实际上就是通过斜率鉴频,并利用调幅波振幅控制振荡波形面积,从而经三极管检波(振荡波形面积越大,检波后得到的直流电流也越大)可获得与调幅波包络完全相同的音频信号。音频信号加于晶体管的射基极经放大后可从  $R_3$  上取出,直接送入收音机的低放输入端进行放大。由此可见,对音频信号来说,电路是共发射极电路。

由于电路阻塞振荡的频率一般在几百千周,即在中波段,所以也可以靠电路本身的发射,将收音机磁性天线靠近该电路,即可进行收听。

如果收听上海电视台伴音(第五频道),其中心频率为 91.75 兆周,则  $L$  用直径 1—2 毫米裸铜线绕 4 圈,间距约 5 毫米左右,绕成空心式,线圈直径为 10—15 毫米。 $ZL$  为 50—80 圈,线径粗细关系不大;无需用磁芯,可以绕在大于 100 千欧的 1/4—1/8 瓦电阻(作骨架)上。

$C_1$  采用微调电容器;按装时应注意动片接电源正端,使

对高频接地,以减小在调节电路时人体感应。

调整时,可调节偏流电阻  $R_w$ 、回路电容  $C_1$ , 电路是否起振可通过听到“丝丝”的水流声来判断。

该电路的特点是线路简单,克服了再生式电路灵敏度与稳定性的矛盾,一个电路同时把接收和发射结合起来,所以能很方便地把接收到的调频台信号变成调幅信号发射出来,被普通的晶体管收音机接收。但事物总是有其两重性,由于超再生式收音机能将振荡能量发射出去,它会影响附近其他接收机(例如电视机)的接收,有时为了防止这种辐射现象,可以象前节所述在超再生电路前面加一级调谐放大器,但电路相应复杂多了。此外超再生电路的通频带宽、选择性差,在作发射信号被收音机接收时噪声电平也高得多。

#### 第四节 调频波的超外差式接收

**“事物都是一分为二的。”**调频波的超再生接收机电路简单,所用材料不多,如果所用的管子特征频率足够高,就容易装成,适宜初学;但它的灵敏度、选择性、保真度都要比超外差式差,这里最主要是保真度。超再生应用“斜率式检波”,实际上谐振回路的谐振曲线的两边具有较大的非线性,所以检波过程中就有较大的非线性失真。

在第二节中我们已经知道调频外差机和调幅外差机有很多部分是相同的,所以一般都增加一部分电路装成调频调幅两用机。图 10-10 是比较简单的超外差式八管三波段调频调幅收音机电路。波段开关在 1、2 位置时为普通六管调幅收音机,分别接收中波(535—1605 千周)和短波(6—18 兆周),波段开关在 3 位置时为八管调频收音机接收调频广播(88—108 兆周)。

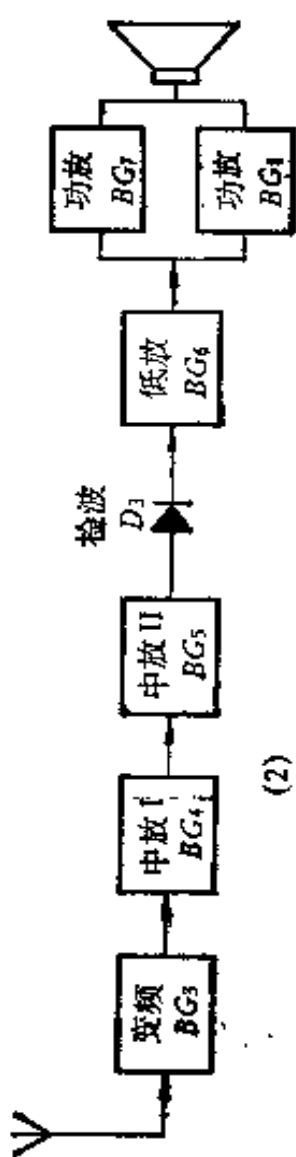
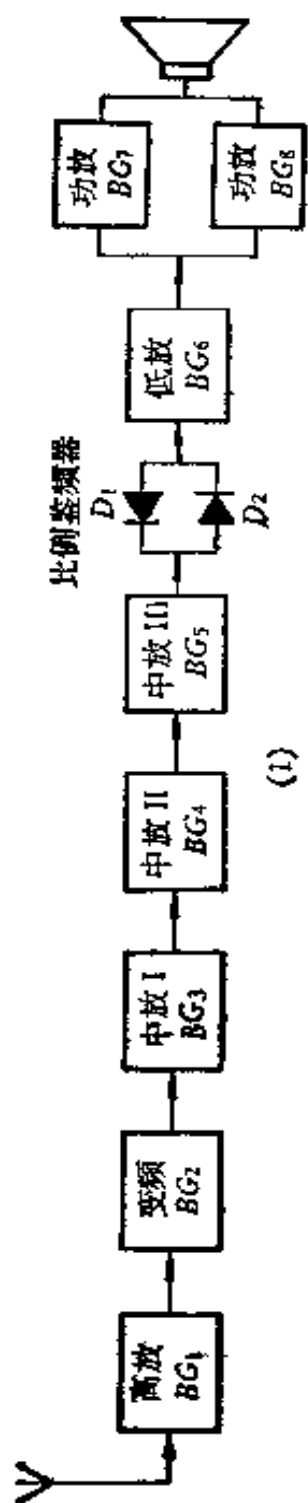
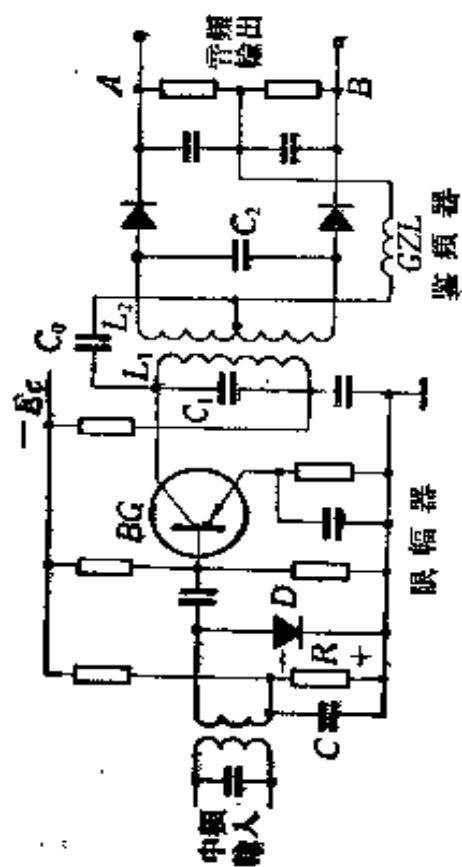


图 10-11



接收调频波时  $BG_1$  为高放,  $BG_2$  为变频,  $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_5$  为三级中放,  $D_1$ 、 $D_2$  为比例鉴频器(鉴频和限幅), 它们之间由中频频率为 10.7 兆周的中频变压器  $B_2$ 、 $B_7$ 、 $B_{10}$ 、 $B_{12}$ 、 $B_{13}$  偶合, 经比例鉴频器后的信号成为音频信号送到由  $BG_6$ 、 $BG_7$ 、 $BG_8$  组成的普通低频放大器。

在接收调幅波时,  $BG_1$ 、 $BG_2$  断不开工作, 原先调频用的第一中放  $BG_3$  现在作变频、 $BG_4$  成为第一中放、 $BG_5$  成为第二中放,  $D_3$  为普通二极管检波( $D_1$ 、 $D_2$  不工作), 它们之间由中频频率为 465 千周中频变压器  $B_8$ 、 $B_9$ 、 $B_{11}$ 、 $B_{14}$  偶合, 经  $D_3$  检波后送到低频放大器。

该电路的方框图如图 10-11 所示。图(1)接收调频, 图(2)接收调幅。

为了更好的了解比例鉴频器, 我们先了解一下普通的限幅器和鉴频器, 图 10-12 是限幅器和鉴频器的电路。我们知道, 为了消除调频信号的幅度干扰, 通常在鉴频器前面设置一限幅器, 三极管  $BG$  和它的输入电路中的二极管  $D$  组成了限幅放大器。在输入信号的正半周,  $BG$  的电流随信号的加大而减小, 当信号达到等于  $RC$  上电压( $D$  的负偏压)时, 输入端的二极管  $D$  开始导电。由于  $D$  的分流, 使  $BG$  的输入电流几乎维持不变, 结果使  $BG$  输出电流波形的下端受到限幅, 限幅点相当图 10-13 中的  $B$  点。输入信号的负半周的限幅作用发生在  $BG$  的内部, 我们可选择合适工作状态, 使输

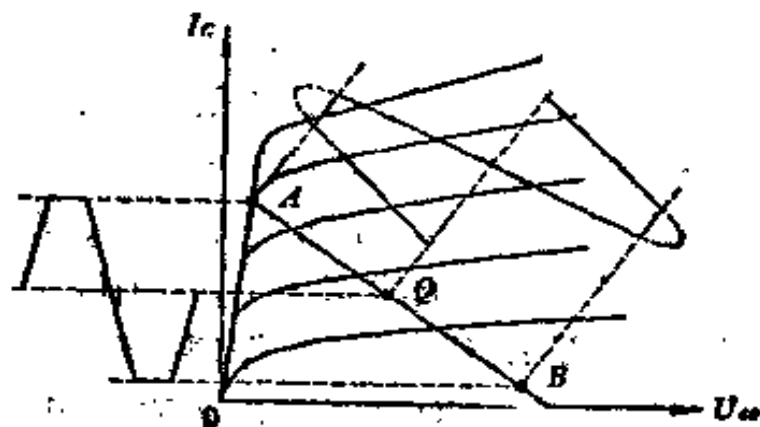


图 10-13 限幅原理



入信号负半周时  $BG$  进入饱和区, 这样输出电流波形的上端又受到限幅 (图中  $A$  点), 只要  $AB$  两点对  $O$  点对称, 并保证输入信号足够幅度, 电路就能完成限幅作用。图 10-12 右边部分是鉴频器, 它好象由两个半波整流器组成的, 经过限幅后的中频信号加到  $L_1C_1$  上, 中频初级回路  $L_1C_1$  和次级回路  $L_2C_2$  都调到中频频率。初级到次级除了通过电感耦合外, 还有一个电容器  $C_0$  接到次级线圈的中心抽头。将初级电压加到次级上来, 因此加在每只二极管上的电压为二个电压的迭加。当信号频率等于中频时, 加在两个二极管上的电压相等, 相位相反。所以整流后输出电压彼此抵消而等于零。但当外加信号频率偏离中频时, 由于相位不同的关系, 加在两个二极管上的电压幅度也不等, 因此输出端就有一个电压, 它的幅度决定于频率偏移的大小, 即输出的音频电压对应着调频波频率偏移的大小。由于频率偏移的变化, 变为相位的变化, 相应输出电压幅度起变化, 因此, 人们常叫它相位鉴频器。电路中  $GZL$  阻流圈是提供低频通路。这种鉴频器的缺点是前面要多一级限幅器, 同时为了限幅有效起见, 就要求限幅器以前各级负载较大的放大量。为了克服这些缺点, 采用图 10-14(1) 的比例鉴频器电路, 它同时具有限幅的能力。在结构上它和图 10-12 相位鉴频器差不多, 所不同的只是比例鉴频器的输出端在  $F$  与地之间, 而不是在  $AB$  之间, 在  $AB$  两端并联了一个大电容  $C_{44}$  (10 微法), 它和  $R_{24}$ 、 $R_{25}$  组成很大的时间常数, 这样在鉴频过程中  $AB$  两端的电压保持固定。为了有直流通路起见, 二极管  $D_1$  和  $D_2$  是串联的, 即其电流流过方向一致。双调谐回路的电感线圈  $L_1L_2$  与相位鉴频器基本相同, 只是其中偶合线圈  $L_3$  代替了  $C_0$  作偶合元件, 除了结构上不同外, 其作用是相同的; 双调谐回路系统将调频波转变为调幅波的过程与相位鉴频器相同。

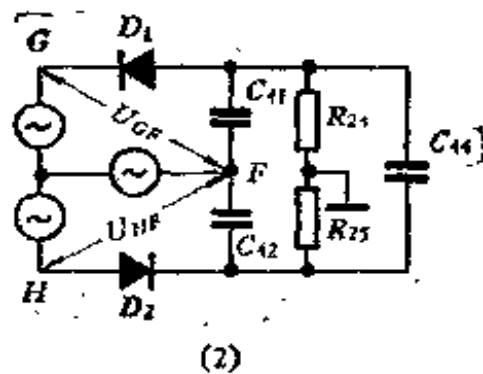
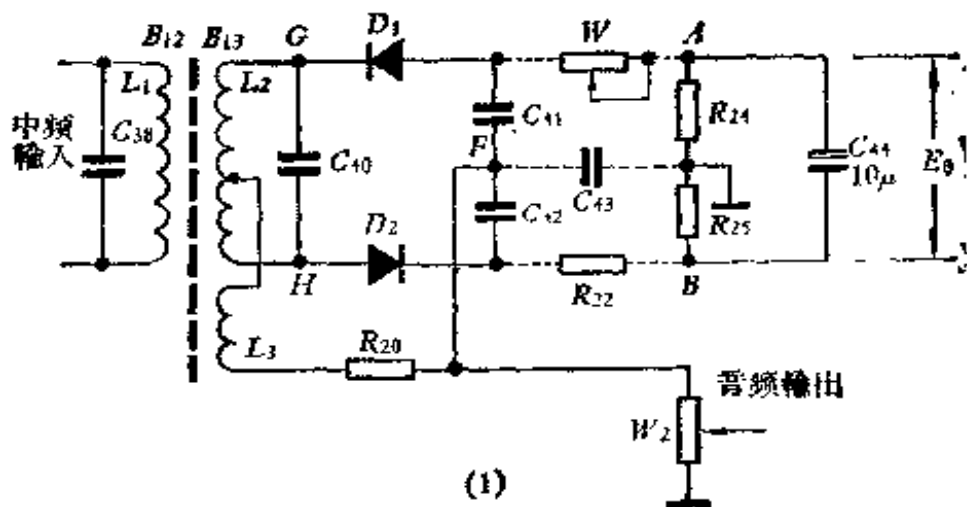


图 10-14 比例变频器

从图 10-14(2) 可以看出，假如两个二极管特性完全相同，则有如下关系：

$$\frac{U_{C41}}{U_{C42}} = \frac{U_{DF}}{U_{HF}} \quad (1)$$

$U_{C41}$ 、 $U_{C42}$  为整流后电容器  $C_{41}$ 、 $C_{42}$  上的低频电压， $U_{DF}$ 、 $U_{HF}$  为加到  $D_1$ 、 $D_2$  上的中频信号电压。

$$\text{同时} \quad U_{C41} + U_{C42} = U_{AB} = E_0 \text{ (常数)} \quad (2)$$

$E_0$  为整流后  $U_{C41}$  与  $U_{C42}$  电压的和，决定于电容  $C_{41}$  上的电压，而这电容放电常数是相当大的。

可以证明输出电压大致可用整流后的电压之差的一半来计算即

$$U_{\text{出}} \approx \frac{U_{C41} - U_{C42}}{2}$$

考虑式(1)(2)可得

$$U_{\text{出}} = \frac{1}{2} \left[ E_0 - \frac{2E_0}{1 + \frac{U_{GF}}{U_{HF}}} \right]$$

从上式可以看出输出电压不决定于外加信号电压  $U_{GF}$  和  $U_{HF}$  本身的大小,而仅决定它们的比值,当调频波频率偏离时,  $U_{GF}$  和  $U_{HF}$  的大小作相应的改变,因而比值也随着变化,输出电压也随着变化,这就是鉴频的过程。为什么说它又有限幅作用呢?这是因为当输入调频波幅度发生变化时,  $U_{GF}$  和  $U_{HF}$  的大小同时增加同时减小,因而比值可维持不变,因而输出电压与输入调频信号幅度变化无关,这就达到了限幅作用。由于输出电压随输入电压的比值而变,所以这种鉴频器就称为比例鉴频器。电路中  $L_3$  用来得到所要求的偶合。电阻  $R_{20}$  用以降低这电路的谐振特性的,而电位器  $W_1$ 、电阻  $R_{22}$  则用来平衡电路。

在调频接收中,由于需要通过宽的频带,在其他条件都相同的情况下,每级放大量比调幅收音机小,另外,比例鉴频器的衰减量也大于调幅的检波器,因此调频接收必须增加中放的级数。

在电路中我们还可以看到调频中频变压器和调幅中频变压器是串联起来连接的,无论接收调频或调幅都不断开,这样是否会相互干扰?因为调频的中频 10.7 兆周比调幅的中频 465 千周远远高得多,因此调频中周的电感量很小,接收调幅信号时调频中频变压器虽然串联在电路中,但几乎没有什么影响。反之接收调频信号时,调幅中周在 10.7 兆周时失谐很大,几乎也没有影响。也可以这样解释:调幅中频变压器电容器 200 微微法对调频 10.7 兆周的容抗很小,而调频中频变压器的线圈对调幅 465 千周的感抗亦很小,因此两个调谐回路

虽然串联在一起,其影响很小。但在接收调幅时,调频第一级中频变压器初级回路要短路,否则收听调幅短波时在 10.7 兆周就要被它吸收掉,造成 10.7 兆周停振。

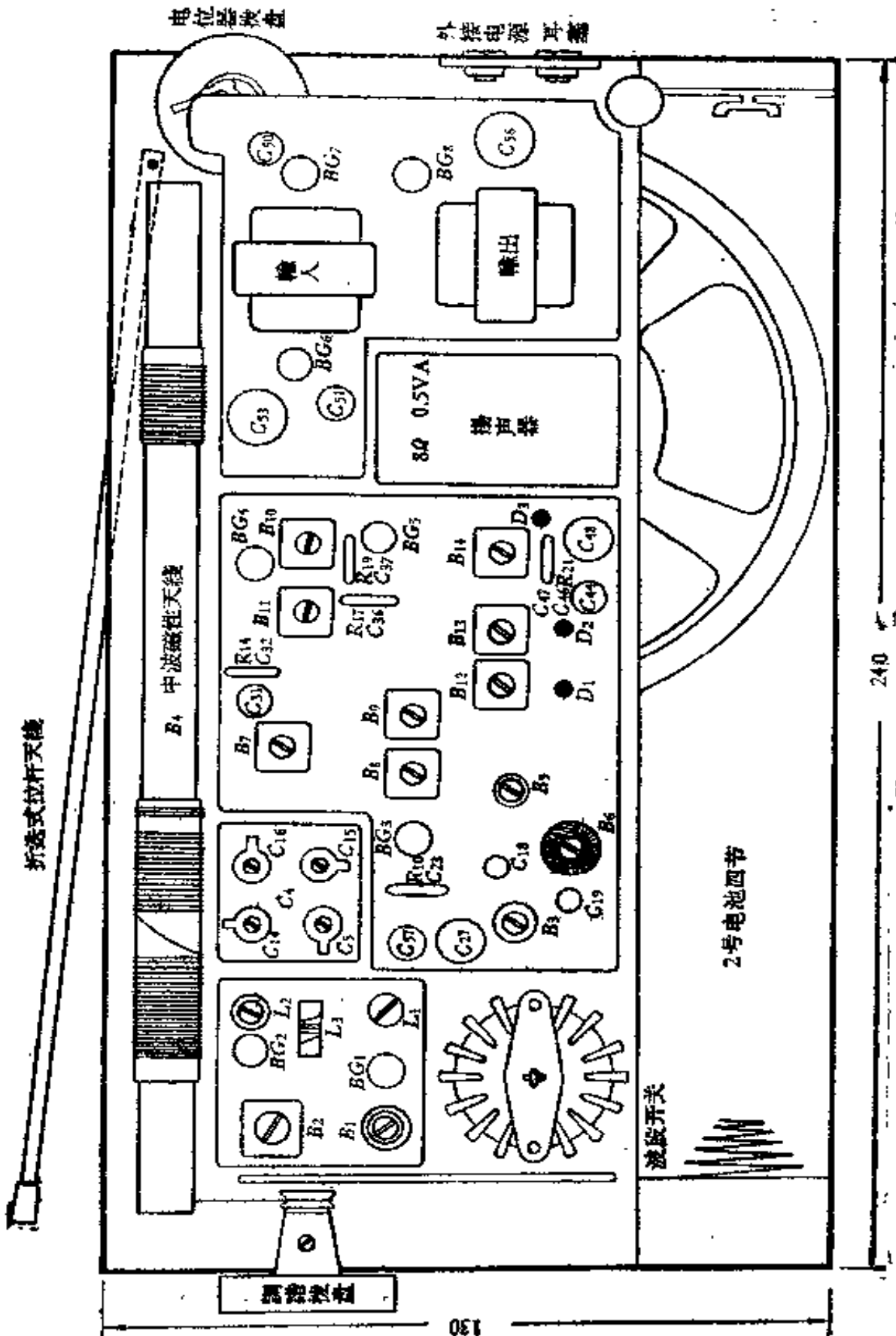
调频中放管频率要求高,这里用 3AG1E,其  $f_T$  为 65 兆周,采用共发电路功率增益可以做得高些,这时  $f_T$  也要求高些,管子  $C_e$  也要小些。10.7 兆周中周  $Q$  值不容易做高,磁芯要求好,这里用镍锌  $N_x40$ ,高放和变频级的超短波线圈磁芯用  $N_x5$ ,截止频率 150 兆周,如没有好的磁芯,可以改用铜心,圈数相应要增加些。

调频的高放  $BG_1$  和变频  $BG_2$  是采用共基极电路,这种电路对超短波应用有很大的优越性,因为对同一晶体管来说  $f_a$  要比  $f_\beta$  大得多,尤其共基电路内部反馈小,稳定性高,因此超短波一般都采用共基电路。

图 10-10 电路还采取负接地,这样集电极回路直接接地,可防止由于集电极接电源旁路电容可能产生的寄生耦合所造成的振荡。负接地也相应给电路本身带来一些困难,如电位器两端要接隔直电容,扬声器负反馈一端也不能接地了。

整个结构排列见图 10-15,由三块基板构成,调频高频头单独用一块环氧树脂基板,由于频率高,一般层压纸胶板已不能用。调幅变频以及调频调幅中放单独一块板,低频一块板,这样便于通用,如要求功率输出大,只要换去低频板。本机输出最大功率 250—300 毫瓦,额定 150 毫瓦。波段开关位置既近调频头又近调幅头,频率高,要求接线短、而且直接连接。调幅调谐双连电容 270 微微法和调频调谐双连电容 25 微微法一起构成密封四连介质电容器,这种结构稳定性差些,损耗大些,一般普及性机采用这种结构,而要求高的调频调幅机就分别各用一只空气双连调谐。

调频拉杆天线要能转动角度的,在接收调幅波时拉杆天




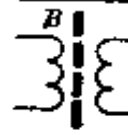
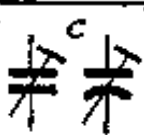


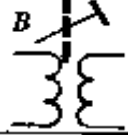
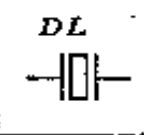
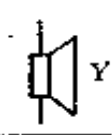




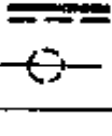
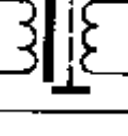
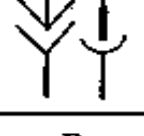
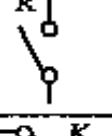

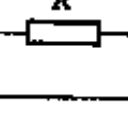
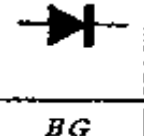
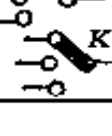
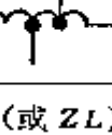
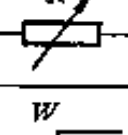
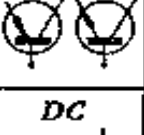
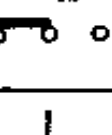
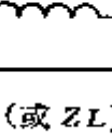
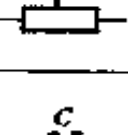
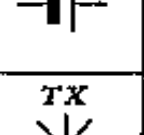
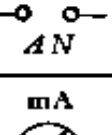
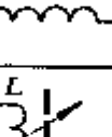
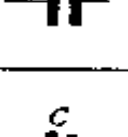
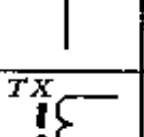
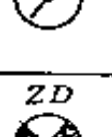
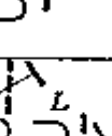

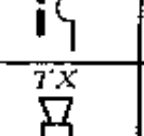
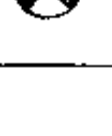
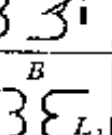
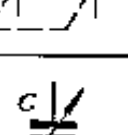
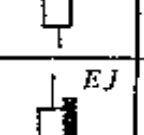

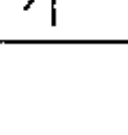
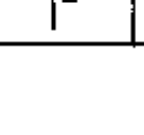
240

图 10-15

线拉直就可以了。

图 10-10 的电路,如果不装短波,只有调频和中波两个波段,线路要简单得多,一般四刀二掷波段开关就够用了,而且分布参数影响也小了。

# 附录一 常用晶体管收音机电路图符号说明

|   |                         |   |                       |   |                 |   |                                 |
|---|-------------------------|---|-----------------------|---|-----------------|---|---------------------------------|
|    | 电线连接<br>接线柱             |    | 铁氧体芯<br>变压器           |    | 微 调<br>电容器      |    | 送话器<br>(话筒)                     |
|    | 接 地                     |    | 微调<br>铁氧体芯<br>变压器     |    | 陶瓷<br>滤波器       |    | 扬声器<br>(喇叭)                     |
|    | 屏蔽                      |    | 铁芯<br>变压器             |    | 插座<br>(插孔)      |    | 拾音器                             |
|   | 屏蔽<br>的导线               |   | 绕组间<br>屏蔽铁芯<br>变压器    |   | 连接器<br>插头<br>插座 |   | 单刀开关                            |
|  | 线 圈                     |  | 电 阻                   |  | 晶 体<br>二 极 管    |  | 波段开关<br>(旋转式)                   |
|  | 抽头线圈                    |  | 微 调<br>变阻器            |  | 晶 体<br>三 极 管    |  | 波段开关<br>(拨动式<br>或推键式)           |
|  | 铁芯线圈<br>(或阻流圈)          |  | 电 位 器                 |  | 电 池             |  | 按钮开关                            |
|  | 铁氧体芯<br>线圈<br>(或阻流圈)    |  | 电 容 器                 |  | 天 线             |  | mA, V 等<br>物理量符<br>号可表示<br>各种电表 |
|  | 可调铁氧<br>体芯线圈            |  | 电 解<br>电 容 器          |  | 磁 性 天 线         |  | 指示 灯                            |
|  | 微调铁氧<br>体芯线圈            |  | 可 变<br>电 容 器<br>(双 连) |  | 拉 杆 天 线         |   |                                 |
|  | 无 铁 芯<br>变 压 器<br>(或线圈) |  | 可 变<br>电 容 器<br>(单 连) |  | 耳 机<br>(耳 塞)    |   |                                 |

## 附录二 分 贝

在无线电计算中常会遇到一个单位叫“分贝”，用符号 db 表示。

例如，一个放大器的功率增益是 20 分贝，这是什么意思呢？如果我们把这放大器的输入功率记为  $P_{\lambda}$ ，输出功率记为  $P_{出}$ ，那末功率增益是 20 分贝就表示输出功率与输入功率之比  $\frac{P_{出}}{P_{\lambda}} = 100$ ，换句话说，这个放大器的功率放大倍数为 100。

再看二极管检波器，如果已知一个检波器的功率增益是 -10 分贝，这就表示此检波器的输出功率与输入功率之比  $\frac{P_{出}}{P_{\lambda}} = 0.1$ ，换句话说，检波器的放大倍数为 0.1，由此可见，

功率增益的分贝数跟通常说的功率放大倍数一样，也是表示输出功率与输入功率之间的数量关系的一种方法。在表 0-1 和表 0-2 中，列出了功率增益的分贝数与功率放大倍数的关系。如果我们仔细看一下这个表格，可以发现一些规律性。在表 0-1 中，我们看竖的一列，增益的分贝数相差 10，而放大倍数相差 10 倍（即小数点向右移一位）。根据这一规律，我们可以推算出表中没有列出的其他一些数据。例如，如果已知功率增益的分贝数为 25，问它的功率放大倍数为多少？我们先看个位数 5，在表 0-1 中找出  $K_p = 5$  的列所对应的  $\frac{P_{出}}{P_{\lambda}} = 3.162$ ；再看十位数 2，故小数点应向右移二位，即乘  $10^2$ ，所以最后得到增益为 25 分贝时的放大倍数为  $3.162 \times 10^2 = 316.2$ 。又例如已知四管来复再生式收音机的总增益为 82 分贝，问它的



表 0-1

|                              |    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 功率增益的分贝数 $K_p$               | 0  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| 功率放大倍数 $\frac{P_{出}}{P_{入}}$ | 1  | 1.259 | 1.585 | 1.995 | 2.512 | 3.162 | 3.981 | 5.012 | 6.310 | 7.943 |
| 功率增益的分贝数 $K_p$               | 10 | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    |
| 功率放大倍数 $\frac{P_{出}}{P_{入}}$ | 10 | 12.59 | 15.85 | 19.95 | 25.12 | 31.62 | 39.81 | 50.12 | 63.10 | 79.43 |

表 0-2

|                              |     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 功率增益的分贝数 $K_p$               | 0   | -1      | -2      | -3      | -4      | -5      | -6      | -7      | -8      | -9      |
| 功率放大倍数 $\frac{P_{出}}{P_{入}}$ | 1   | 0.7943  | 0.6310  | 0.5012  | 0.3981  | 0.3162  | 0.2512  | 0.1995  | 0.1585  | 0.1259  |
| 功率增益的分贝数 $K_p$               | -10 | -11     | -12     | -13     | -14     | -15     | -16     | -17     | -18     | -19     |
| 功率放大倍数 $\frac{P_{出}}{P_{入}}$ | 0.1 | 0.07943 | 0.06310 | 0.05012 | 0.03981 | 0.03162 | 0.02512 | 0.01995 | 0.01585 | 0.01259 |

放大倍数为多少？我们先看个位数 2，在表 0-1 中找出  $K_p = 2$  的一列所对应的  $\frac{P_{出}}{P_{入}} = 1.585$ ；再看十位数 8，故小数点应向右移八位，即乘  $10^8$ ，所以最后得到放大倍数为  $1.585 \times 10^8 = 158500000$ 。在表 0-2 中也有类似的规律性，不过在表 0-2 中，分贝数  $K_p$  都为负值，放大倍数也都是小于 1，在这种情况下，“放大”失去了它原有的含意而是衰减，同样“增益”也失去它原有的含意而是损耗。

如果我们用数学式子来写出功率增益的分贝数  $K_p$  与功率的放大倍数  $\frac{P_{出}}{P_{入}}$  的关系，就是：

$$K_p = 10 \log \frac{P_{出}}{P_{入}}$$

从上式可知道：增益的分贝数就是对放大倍数取对数再乘 10。因此，分贝数的运算就可以应用对数运算的一些性质。例如乘积的对数等于对数的和，用式子表示就是：

$$\log(A \times B) = \log A + \log B,$$

这就是说，对数能把乘法运算化为加法运算。

为什么要用分贝这个单位呢？我们知道，多级放大器的放大倍数等于各级放大倍数的连乘积，如果我们用分贝数来表示各级放大器的增益，那么求多级放大器的总增益时，只要将各级放大器的增益相加就是了，这样就把原来的乘法运算化为加法运算了，正由于这个道理，通常我们在考虑一收音机各级的放大倍数时，直接用增益的分贝数。表 0-3 就是某厂测得的各级电路增益的一些经验数据，在总体设计时此表为我们选择电路提供了依据。

另外，使用分贝这个单位还跟人的耳朵对声音强度的感觉有关。如果声音的功率增加一倍，而耳朵听起来并没有增加一倍的感觉，原来人耳对声音强度变化的感觉，并不和声音

功率的变化成正比，而是和引起感觉的这些声音功率之比的对数成正比，所以用分贝作单位就正好反映了耳朵的这种特性。

表 0-3

| 电 路     | 分 贝 (db) | 电 路     | 分 贝 (db) |
|---------|----------|---------|----------|
| 天线输入回路  | -3       | 甲乙类功率放大 | +(20—25) |
| 变频级     | +(15—25) | 高放级     | +10      |
| 第一中放    | +(28—34) | 高放级来复低放 | +(15—25) |
| 第二中放    | +(30—34) | 再生电路    | +20      |
| 二极管检波   | -(10—20) | 高低音提升网络 | -(15—20) |
| 阻容耦合检波  | +(15—20) | 中周 I    | -(2—4)   |
| 中放级来复低放 | +(25—30) | 中周 II   | -(2—4)   |
| 末前级     | +(35—40) | 中周 III  | -(2—4)   |

注：中周功率增益  $-(2-4)$ db 表示中频调谐回路引起的损耗

在  $R_1 = R_2$  的情况下，功率增益的分贝数也可用电压来表示：

$$K_p = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log \frac{U_2^2/R_2}{U_1^2/R_1} = 10 \log \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2 = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

有时也把  $20 \log \frac{U_2}{U_1}$  叫做电压增益的分贝数，记为  $K_U$ ，即

$$K_U = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

同样，电流增益的分贝数为：

$$K_I = 20 \log \frac{I_2}{I_1}$$

## 附录三 收音机常用晶体管及其参数

### 1. 频率参数

晶体管频率特性的好坏,通常用  $f_T$ 、 $f_a$ 、 $f_\beta$ 、 $f_{max}$  四个参数来表示。

$f_T$  表示晶体管的  $\beta$  随频率增高而下降到 1 时的频率。 $f_T$  称特征频率(有的手册标为  $f_1$ )。

$f_a$  表示共基极短路电流放大系数  $\alpha$  的绝对值随频率增高而下降到原来的 0.707 倍时的频率。 $f_a$  叫共基极截止频率。

$f_\beta$  表示共发射极短路电流放大系数  $\beta$  的绝对值随频率增高而下降到原来的 0.707 倍时的频率。 $f_\beta$  叫共发射极截止频率。

$f_{max}$  为晶体管获得功率增益为 1 时的频率,它表征晶体管所能产生振荡的最高频率。

对于同一晶体管,同一工作点来讲,四个频率之间有如下关系。

$$f_\beta < f_T < f_a < f_{max}$$

$$f_\beta \approx \frac{1}{\beta} f_a$$

$$f_a \approx 1.2 f_T \text{ (合金管)}$$

$$f_a \approx (1.2 \sim 1.8) f_T \text{ (合金扩散管、平面管)}$$

$$f_{max} = \sqrt{\frac{f_a}{8\pi r_b C_c}} \text{ (匹配时)}$$

### 2. 电流放大系数 $\beta$

$\beta$  表示晶体管共发射极电路输出端交流短路时电流放大倍数。 $\beta$  值的大小主要影响到收音机的灵敏度。

表0-4 收音机常用高频管

| 型号     | 频率 (MC)           | 集电极反向电流 $I_{CB0}$ ( $\mu A$ ) | 电流放大系数 ( $\beta$ 或 $\alpha$ ) | 主要用途  | 管脚位置  |
|--------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|-------|
| 3AG1B  | $f_T \geq 25$     | $\leq 7$                      | 20—200                        | 中频放大  | 图 0-1 |
| 3AG1C  | $\geq 40$         | $\leq 7$                      | 30—200                        | 中波混频  |       |
| 3AG1D  | $\geq 50$         | $\leq 7$                      | 30—200                        | 短波(12MC)混频振荡                                      |       |
| 3AG1E  | $\geq 65$         | $\leq 7$                      | 30—200                        | 短波(18MC)混频振荡                                      |       |
| 3AG1FJ | $\geq 65$         | $\leq 10$                     | 30—300                        | 短波(30MC)放大,混频和振荡                                  |       |
| 3AG11  | $f_{max} \geq 30$ | $\leq 10$                     | $\geq 0.95$                   | 高频放大,振荡   | 图 0-2 |
| 3AG12  | $\geq 60$         | $\leq 5$                      | $\geq 0.95$                   |   |       |
| 3AG13  | $\geq 120$        | $\leq 5$                      | 0.95—0.98                     |   |       |
| 3AG14  | $\geq 120$        | $\leq 5$                      | 0.98—0.997                    |   |       |
| 3AG21  | $f_T \geq 10$     | $\leq 10$                     | 20—250                        | 中放<br>单波段变频<br>多波段振荡变频<br>多波段混频                   | 图 0-1 |
| 3AG22  | $\geq 30$         | $\leq 5$                      | 30—250                        |   |       |
| 3AG23  | $\geq 30$         | $\leq 5$                      | 30—250                        |   |       |
| 3AG24  | $\geq 50$         | $\leq 5$                      | 30—250                        |   |       |
| 3AG26  | $f_T \geq 60$     | $\leq 5$                      | $\geq 30$                     | 中频放大,短波 I 混频,振荡<br>高频放大,短波 II 混频,振荡<br>高频放大,三波段混频 | 图 0-3 |
| 3AG27  | $\geq 80$         |                               | $\geq 30$                     |   |       |
| 3AG28  | $\geq 120$        |                               | $\geq 30$                     |   |       |
| 3AG42  | $f_T$ 50—100      | 1—3                           | 16—50                         | 高频放大,振荡和变频  | 图 0-4 |
| 3AG43  | 100—200           | 1—3                           | 24—75                         |   |       |
| 3AG44  | 200—300           | 0.7—2                         | 24—75                         |   |       |
| 3AG71B | $f_a \geq 3$      | $\leq 10$                     | 20—250                        | 中频放大<br>中频放大,中波变频                                 | 图 0-5 |
| 3AG72  | $\geq 7$          |                               | 20—250                        |   |       |
| 3DG6A  | $f_T \geq 100$    | $\leq 0.1$                    | 10—200                        | 变频,振荡和高放  | 图 0-3 |
| 3DG6B  | $\geq 150$        | $\leq 0.01$                   | 20—200                        |   |       |
| 3DG6C  | $\geq 250$        | $\leq 0.01$                   | 20—200                        |   |       |
| 3DG6D  | $\geq 150$        | $\leq 0.01$                   | 20—200                        |   |       |

### 3. 反向饱和电流 $I_{CBO}$

反向饱和电流  $I_{CBO}$  是发射极断开后基极与集电极之间流过的反向电流。 $I_{CBO}$  受温度影响,  $I_{CBO}$  大不仅电路稳定性差, 而且噪声大, 一般锗管的  $I_{CBO}$  比硅管的大得多。

### 4. 集电极最大耗散功率 $P_{CM}$

集电极耗散功率为集电极电流  $I_c$  和集电极至发射极间电压  $U_{ce}$  的乘积, 集电极耗散功率有一个极限值叫最大耗散功率  $P_{CM}$ , 使用管子时集电极耗散功率超过  $P_{CM}$  就有烧坏的危险。

表 0-4 和表 0-5 列出收音机常用晶体管的主要电性能参数。

表 0-5 收音机常用低频管

| 型号  | 集电极反向电流 $I_{CBO}$ ( $\mu A$ )                                | 集电极最大耗散功率 $P_{CM}$ (mW)         | 电流放大系数 ( $\beta$ 或 $\alpha$ )  | 主要用途                               | 管脚位置  |
|---|--|---------------------------------|--|------------------------------------|-------|
| 3AX1<br>3AX2<br>3AX3<br>3AX4<br>3AX5                | 30<br>15<br>15<br>15<br>15                                   | 150                             | $\geq 0.9$<br>$\geq 0.9$<br>$\geq 0.94$<br>$\geq 0.94$<br>$\geq 0.9$ | 低频放大和推挽功放                          | 图 0-1 |
| 3AX13<br>3AX14                                      |  | 125<br>150                      | 30—110<br>55—140   | 低频放大                               | 图 0-6 |
| 3AX21<br>3AX22<br>3AX23<br>3AX24                    | $\leq 12$<br>$\leq 12$<br>$\leq 12$<br>$\leq 12$             | 100<br>125<br>100<br>100        | 30—85<br>40—150<br>30—150<br>65—150                                  | 低频放大<br>低频功放<br>低噪声前置低放<br>高增益前置低放 | 图 0-1 |
| 3AX31 A<br>3AX31 B<br>3AX31 C<br>3AX31 D<br>3AX31 E | $\leq 20$<br>$\leq 10$<br>$\leq 6$<br>$\leq 12$<br>$\leq 12$ | 125<br>125<br>125<br>100<br>100 | 80—200<br>50—150<br>50—150<br>—<br>—                                 | 低频甲类、乙类放大<br>低噪声前置低放               | 图 0-1 |
| 3AX81 A<br>3AX81 B<br>3AX81 C                       | $\leq 30$<br>$\leq 15$<br>$\leq 30$                          | 200<br>200<br>200               | 30—250<br>40—200<br>30—250   | 低频甲类乙类功率放大                         | 图 0-7 |

注: 3AX71 型与 3AX31 型相同



图 0-1

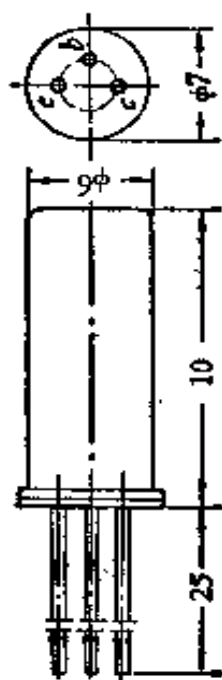


图 0-2

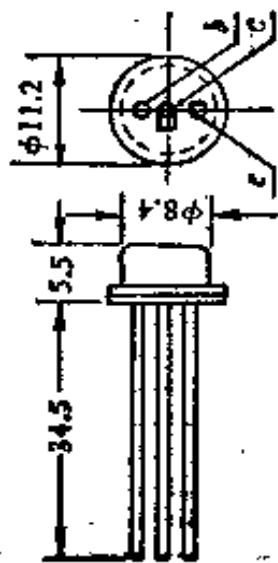


图 0-3

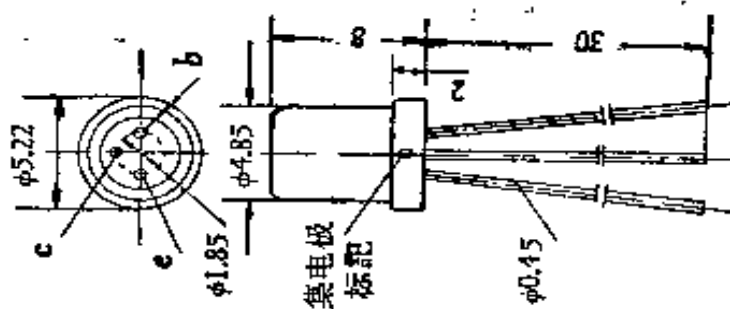


图 0-4

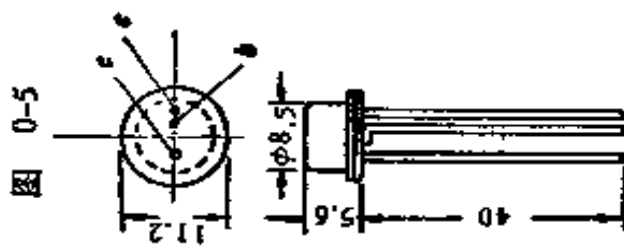


图 0-5

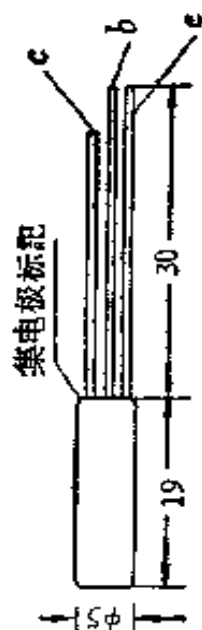


图 0-6

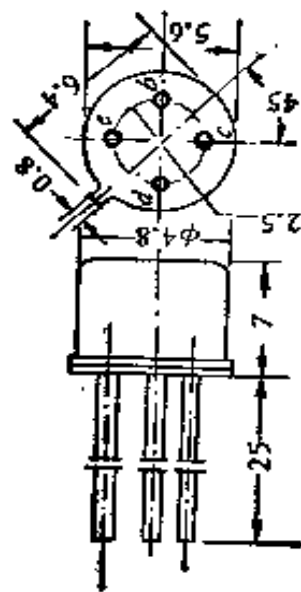


图 0-7

## 附录四 几种刻度盘拉线

### 1. 拉线实例:

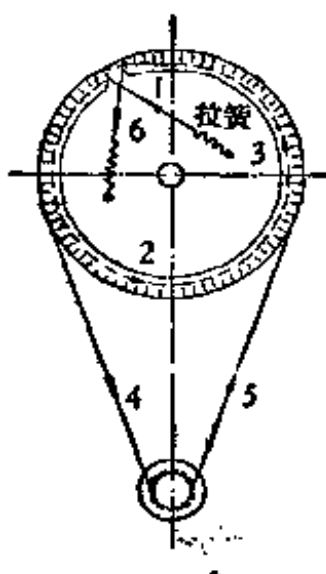


图 0-8

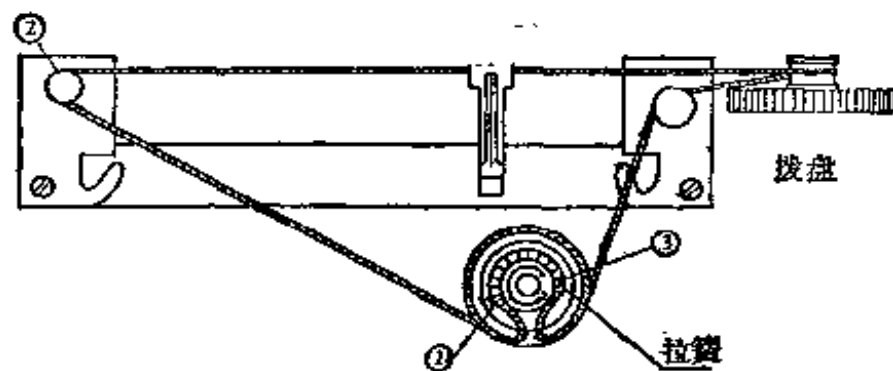


图 0-9

注: 拉线从①头引出, 顺时针在圆盘上绕二周引向②, ②引出线在圆盘外侧再按图所示引向④, ④线靠圆盘内侧, ①④两头在拉簧上打结。



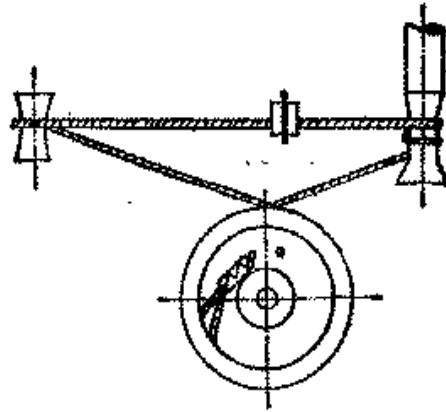


图 0-10

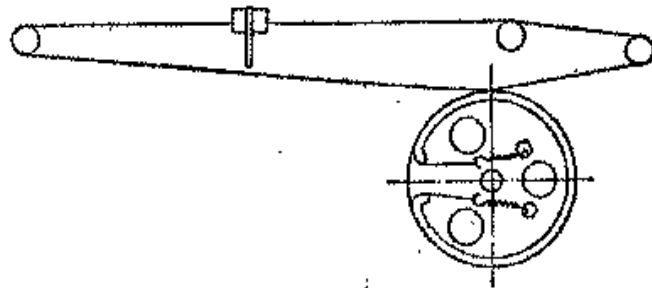


图 0-11



图 0-12

2. 拉线及指针行程计算:

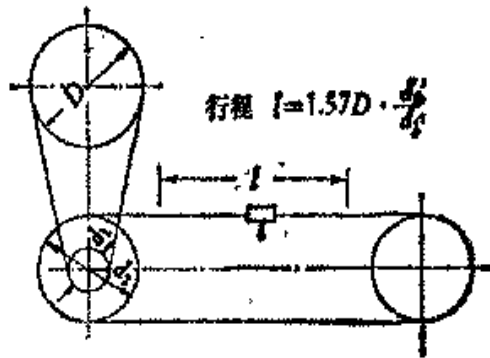


图 0-13

## 附录五 中央及全国各省、市、自治区人民广播电台广播频率表

### 中央人民广播电台广播频率表(单位: 千周)

**第一套节目** 全天播音时间内使用的广播频率:

540 560 570 630 640 660 760 850 870 980 1330  
6225 7100 7500 9064 11290 11330

在一部分播音时间内使用的广播频率(具体使用时间以广播预告为准):

1020 1040 1160 1300 4460 4910 5320 7245 9080  
11925 15230 15550 15590 17605

**第二套节目** 全天播音时间内使用的广播频率:

600 610 710 720 9020 10260(其中710不播记录新闻)

在一部分播音时间内使用的广播频率(具体使用时间以广播预告为准):

1120 4250 5075 6345 7195 7770 11505 11725  
15030 15450

全国各省、市、自治区人民广播电台广播频率表(单位:  
千周)

|   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 北 | 京 | 800  | 930  | 1030 | 1480 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 上 | 海 | 790  | 990  | 1300 | 1420 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 天 | 津 | 870  | 1070 | 1390 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 河 | 北 | 780  | 1280 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 内 | 蒙 | 670  | 1460 | 3970 | 4068 | 6840 | 6974 | 9520 |      |      |      |  |  |  |
| 山 | 西 | 820  | 1530 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 辽 | 宁 | 1090 | 4830 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 吉 | 林 | 740  | 3310 | 6070 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 黑 | 龙 | 620  | 4915 | 5950 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 江 | 苏 | 700  | 870  |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 浙 | 江 | 810  | 1350 | 2475 | 6000 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 安 | 徽 | 940  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 江 | 西 | 730  | 2445 | 5020 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 福 | 建 | 580  | 880  | 2340 | 5040 | 7165 |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 山 | 东 | 920  | 2350 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 广 | 东 | 1060 | 1340 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 广 | 西 | 790  | 5010 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 湖 | 南 | 1230 | 4990 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 湖 | 北 | 770  | 3940 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 河 | 南 | 1000 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 四 | 川 | 1220 | 3245 | 7225 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 云 | 南 | 990  | 1470 | 4760 | 4785 | 5960 | 6937 |      |      |      |      |  |  |  |
| 贵 | 州 | 1030 | 3260 | 7275 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 西 | 藏 | 590  | 4035 | 5935 | 9490 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 陕 | 西 | 690  | 6176 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 甘 | 肃 | 730  | 860  | 4865 | 7324 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 青 | 海 | 800  | 1250 | 3950 | 6260 | 6500 |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 新 | 疆 | 560  | 740  | 910  | 3235 | 3350 | 3960 | 4110 | 4220 | 4500 | 5055 |  |  |  |
|   |   | 5440 | 5800 | 6280 | 7050 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 宁 | 夏 | 1130 | 1290 |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 台 | 湾 | (暂缺) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |