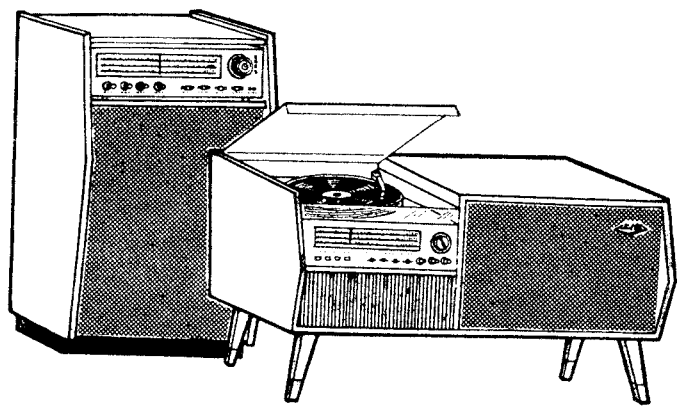




少年晶体管扩音机



少年科技活动丛书

354

SHAO NIAN JING TIGUAN KUO YIN JI

内 容 提 要

本书除了重点讲解五种不同程式的扩音机制作方法和工作原理外,还提供了参考电路多种,以备读者选用。对于制作和调试的方法,解说详尽、具体,关键处都加插图帮助说明;电路的工作原理,结合具体线路边做边讲,浅显易懂。是一本少年科技爱好者学习扩音机技术的入门读物。

少年科技活动丛书

少年晶体管扩音机

郁景祉 潘啸皋 华 川 编著

简 毅 封面

韩莲珍等 绘图

少年儿童出版社出版

(上海延安西路1538号)

新华书店上海发行所发行

上海中华印刷厂排版 儿童印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.875 插页 1 字数 166,000

1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

印数 1—205,000

统一书号: R 13024·150 定价:(科二) 0.57 元

前 言

少年科技爱好者,在装置晶体管收音机后,对扩音机有了浓厚的兴趣,很希望自己能制作一台音质优美的扩音机。本书就是专为帮助少年读者实现这种愿望而编写的。

为了使少年读者容易看懂,又能动手去做,而且有成功的把握,所以本书力求写得浅显、具体;尤其是有关制作调试的基本技能和复杂的操作过程,分解为一个个简单的步骤,详加说明,关键处都画了插图,使读者一看就能明白;有关扩音机的基础知识,则结合具体线路,有重点地进行讲解,有助于读者在今后实践制作中逐步消化理解。

本书除了重点介绍五种不同程式的扩音机线路外,还提供了多种参考电路,把目前常用的功率放大、音调控制的典型电路,几乎都收集在内了。读者在熟悉了本书所介绍的一些电路以后,对其他一般性的扩音机的结构,就能触类旁通,不难理解了。

本书内容,是根据先易后难的原则编排的,各章间既有一定的系统性,又各具独立性。读者既可逐章去进行阅读,也可以根据自己的兴趣和需要,重点阅读某些章节,而把其余章节作为参考资料。

本书的编写时间较短,书中有缺点和错误的地方,希望广大读者予以批评指正!

目 录

第一章	晶体管扩音机的质量评价	1
第二章	0.5 瓦 OTL 扩音机	6
第三章	1 瓦 OTL 扩音机	21
第四章	5 瓦 OTL 扩音机	36
第五章	10 瓦 OTL 扩音机	58
第六章	15 瓦 OCL 扩音机	74
第七章	整流电源和稳压电源	88
第八章	扬声器和音箱	109
第九章	收音头的制作	125
第十章	晶体管扩音机制作的问题和使用	161
第十一章	晶体管扩音机参考电路	182
第十二章	功率放大器原理	198

附 录

一、常用晶体管及其代用表	215
二、常用变压器标准铁心片规格表	228
三、常用漆包线规格表	230
四、常用变压器标准铁心每伏匝数表	234
五、常用国产电动式扬声器	238
六、常用国产大口径扬声器和组合扬声器	239
七、常用晶体管新旧型号对照表	242
八、收、扩音机常见故障检修表	243

第一章 晶体管扩音机的质量评价

扩音机就是扩大声音的机器。在成千上百人的会场里，发言人的声音必须用扩音机加以放大，才能使会场里所有的人都能听到。这里应该指出，讲话的声音是不能直接送到扩音机里去进行放大的，必须先通过话筒把声音转换成为电讯号，然后由扩音机把电讯号放大，再在扬声器里还原为比原来强几千万倍的声音。

扩音机主要用来放大 16 赫芝到 20 千赫的音频讯号，所以又称做音频放大器。它的工作过程可表示如图 1-1 的方框图。图中的音频讯号源可以是话筒，也可以是唱机、录音机或收音机检波器的输出。这些讯号源输出的讯号，一般是极其微弱的，所以必须先送到前置放大器去作初步的放大，然后再去推动功率放大器，使功率放大器输出具有一定功率的音频讯号，去推动扬声器。

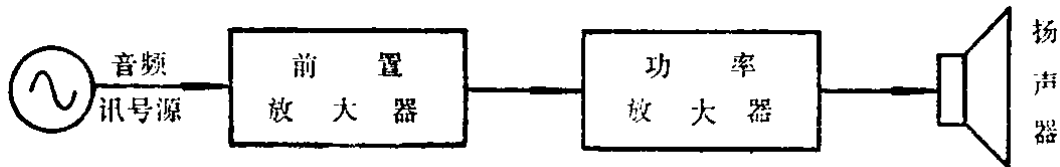


图 1-1

一台比较好的扩音机，应能达到一定的性能指标，如失真度、输出功率、频率响应……等。这些指标从不同的角度反映

了扩音机的质量情况。要装好一台扩音机，完全有必要先熟悉一下扩音机的各项指标：

(一) 输入灵敏度 扩音机的输入灵敏度是指负载(一般是扬声器)上获得额定功率时，放大器输入端所需要的讯号电压。通常用毫伏表示。它反映了放大器放大微弱讯号的能力，是扩音机质量的一个重要指标。当然，放大器的级数越多，放大的倍数越大，输入灵敏度也就越高。但是，如果放大器的级数过多，输入灵敏度过高，反而会带来不好的结果：在输入讯号较强时，会使晶体管进入非线性区域，引起失真；同时也容易使放大器的稳定性变差，产生啸叫等现象。因此，必须根据实际使用需要，来确定放大器的输入灵敏度。例如话筒插口的灵敏度，要求小于5毫伏；唱机(晶体唱头)、录音机输入的插口，输入灵敏度小于150毫伏就够了；晶体管收音机检波器输出的音频讯号电压在30到45毫伏之间，就要求扩音机的输入灵敏度小于30毫伏。

(二) 失真度 扩音机必须把输入讯号完整地、逼真地加以放大，这样，才能使扬声器里放出来的声音和原来的一样。有时扩音机放出来的声音不但没有原来的好听，而且出现闷塞嘶哑等现象。这是什么道理呢？如果用示波器来观察输入、输出的讯号，并加以比较，可以发现，输出讯号的波形和输入讯号不一样了。这种现象称做失真。

如果我们给扩音机的输入端，送入一标准的正弦波讯号，见图1-2(a)。而在输出端观察到的却是如图1-2(b)、(c)那样的失真波形，通过分析可知，图1-2(b)的波形，等于在原来的正弦波(基波)上迭加了一个二次谐波(即频率为基波二倍的谐波)。而图1-2(c)的波形，则是基波与一个三次谐波迭

加而成的。这种失真，一般是由于晶体管扩音机本身存在着非线性元件（如晶体管、变压器等）所造成的。因此，我们称它为非线性失真。从上述的两个例子可以知道，非线性失真输出的波形，是由基波和各次谐波构成的“混合物”。把各次谐波电压（或电流）有效值的总和与基波电压（或电流）有效值之比用百分数来表示，就是

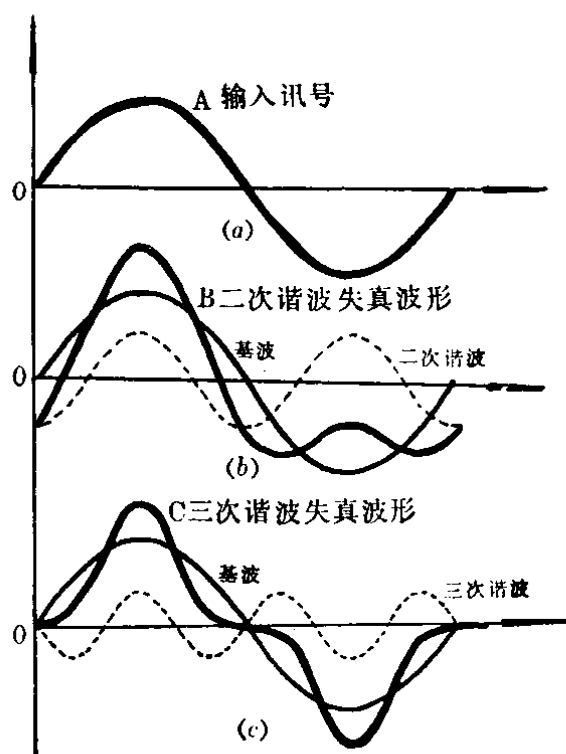


图 1-2

放大器的失真度。放大器的失真度越小，放音就越逼真。普及型扩音机的失真度要求低于 5%，高传真扩音机的失真度，必须在 1% 以下。

（三）频率响应 频率响应（简称频响）是表示扩音机对频率高低不同的各种讯号是否能均匀地加以放大的一个指标。就人们的主观愿望来说，总是希望扩音机对 16 赫芝至 20 千赫的音频讯号都能放大同样的倍数。但在一般情况下，中音讯号放大的倍数总是比较大一些，高音和低音的讯号放大倍数比较小一些。图 1-3 表示了某一种扩音机对各种频率不同的讯号放大倍数的大小比例。图中的横坐标表示讯号的频率，纵坐标表示放大倍数的比值（以中音讯号的放大倍数为 1）。画出的图象称做“频响曲线”。从图中可以看到：放大器的放大倍数在相当宽的一段频率范围内基本上保持不变；

超过了这个范围后,随着频率的升高或降低,放大倍数就逐渐下降。在频率升高到 $f_{\text{高}}$ 或降低到 $f_{\text{低}}$ 时,放大倍数都降低到中音讯号时的 70.7%。放大器电压(或电流)的放大倍数下降到原来的 70.7% 时,人们听起来就感到声音比原来轻了。因此规定自 $f_{\text{低}}$ 至 $f_{\text{高}}$ 这一段频率,称做放大器的“通频带”。 $f_{\text{高}}$ 称做放大器的上限频率, $f_{\text{低}}$ 称做放大器的下限频率。

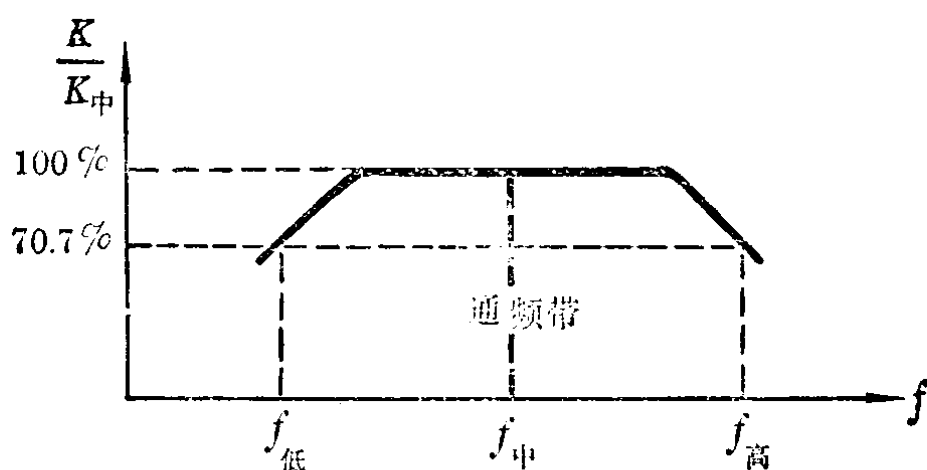


图 1-3

拿一个乐队来说,有些乐器发出来的声音频率高,有些乐器发出来的声音频率低;每一件乐器在演奏每一个音时,又各占有不同的频谱,构成其特殊的音色。一部优美动听的乐曲,就是由这么大量的不同频率、不同强弱的讯号交织而成的。因此,要求放大器具有足够宽的通频带,才能把各种各样的声音照原样重放出来。假如扩音机的通频带太窄,那么频率较高或较低的讯号得不到足够的放大,就会出现高音不脆,低音不足的现象。通频带越宽,频率响应就越好,一般,频带宽度达到 80 赫芝~20 千赫,就能满足要求了。

(四) 额定输出功率 额定输出功率一般是指不失真输出功率,就是非线性失真不超过规定值时的最大输出功率。

不考虑失真大小时,叫最大输出功率。

扩音机输出功率的大小,与功率放大器的电源电压、负载的阻抗和电路工作状态有关,与放大器的级数多少无关。一般说来,电源电压较高、负载阻抗较小,输出功率就较大。扩音机的额定输出功率通常按系列划分,如 0.5 瓦、1 瓦、3 瓦、5 瓦、10 瓦、15 瓦、20 瓦等。不同等级的收音机和不同的使用场合,对扩音机的输出功率要求不同。0.5 瓦、1 瓦的用于晶体管收音机,十几平方米的住所,功率应适当大一些,避免在输入较强的讯号时,产生显著的失真。

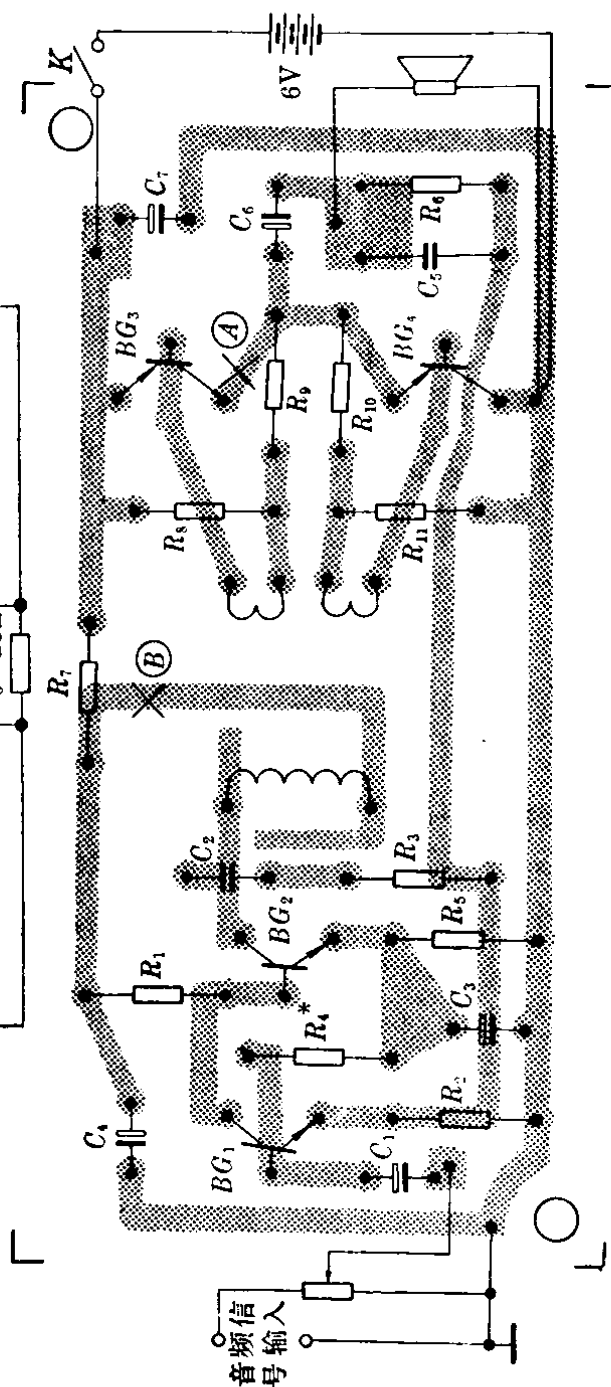
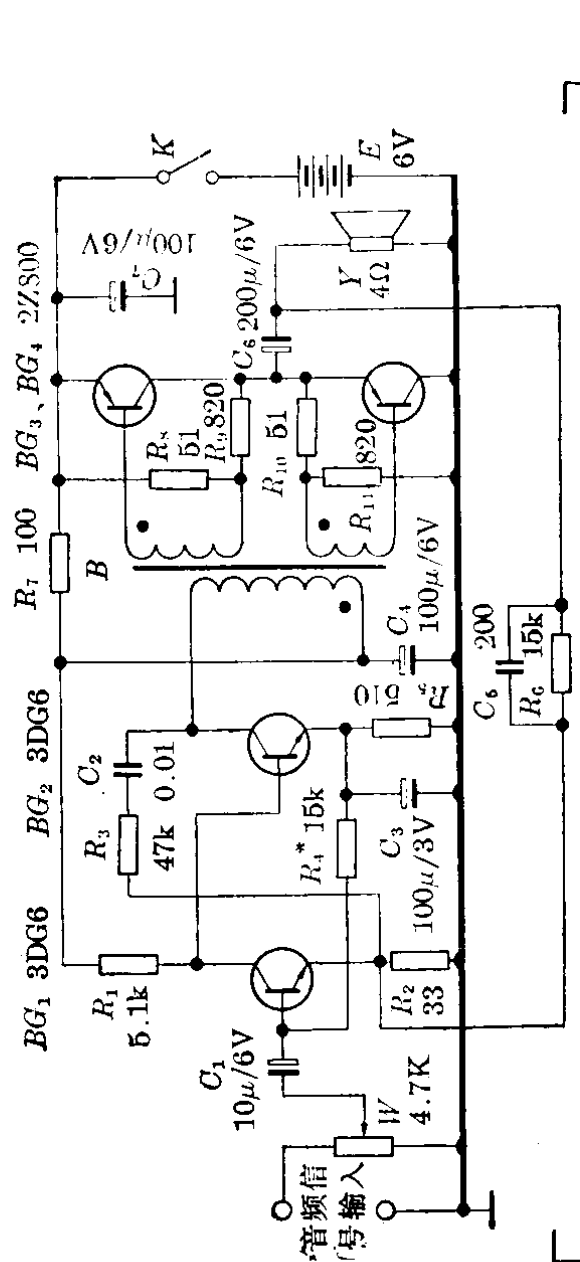
(五) 杂声电平 当扩音机接通电源后,把耳朵靠近扬声器仔细一听,可以听到轻微的“哼哼”声或“嘶嘶”声。这低沉的哼哼声,是来源于 50 赫芝交流电源的交流声。嘶嘶的流水声,称为晶体管噪声,是晶体管放大器比较突出的噪声。这些讨厌的噪声讯号伴着音频讯号一起放大,并一同从扬声器里放出来,妨碍正常的收听。严重时,音频讯号被淹没于噪声之中,一点也听不清楚。要完全消除噪声是不可能的,只能要求扩音机输出的杂声电平小于一定的数值。杂声电平的大小,与电路设计、元件选择、装配位置等方面直接有关。小功率扩音机的杂声电平指标一般小于 60 毫伏。

第二章 0.5 瓦 OTL 扩音机

这是一台输入变压器倒相式 OTL 扩音机, 线路简单, 装置容易, 调试也很方便。线路见图 2-1 所示, 图 2-2 是它的印制板零件图。整机只用了四只三极管, BG_1 、 BG_2 是两只 NPN 型硅管, 用来构成前置放大器; BG_3 、 BG_4 是两只 PNP 型中功率管, 作为推挽功率放大器。由于在直流和交流电路里, 都合理地加入了负反馈措施, 使得本机具有工作稳定, 音质优美动听等优点。用四节干电池作电源, 不失真输出功率可达 0.5 瓦。本机可作为携带式收音机或小型台式收音机的音频放大部分。在十几平方米的房间里, 用 4 吋扬声器放音, 声音是足够响亮了。

(一) 元件表

符号	规 格	作 用
R_1	5.1K 碳膜电阻	BG_1 集电极负载电阻
R_2	33 Ω 碳膜电阻	BG_1 发射极稳定电阻
R_3	47K 碳膜电阻	BG_2 至 BG_1 间的反馈电阻
R_4	15K 碳膜电阻	BG_1 的偏流电阻
R_5	510 Ω 碳膜电阻	BG_2 发射极稳定电阻
R_6	15K 碳膜电阻	整机大环路反馈电阻
R_7	100 Ω 碳膜电阻	功放级与前置级间去耦



续表

符号	规 格	作 用
R ₈	51 Ω 碳膜电阻	BG ₃ 下偏流电阻
R ₉	820 Ω 碳膜电阻	BG ₃ 上偏流电阻
R ₁₀	51 Ω 碳膜电阻	BG ₄ 下偏流电阻
R ₁₁	820 Ω 碳膜电阻	BG ₄ 上偏流电阻
W	4.7K或10K带开关电位器	音量控制
C ₁	10 μ F6V 电解电容	输入端耦合电容
C ₂	0.01 μ F 金属膜电容	BG ₂ 至BG ₁ 间的反馈电容
C ₃	100 μ F3V 电解电容	BG ₂ 发射极旁路电容
C ₄	100 μ F6V 电解电容	功放级与前置级间去耦电容
C ₅	200PF 云母电容	整机大环路反馈相位补偿电容
C ₆	200 μ F6V 电解电容	功放输出与扬声器的耦合
C ₇	100 μ F6V 电解电容	电源滤波电容
B	自制小型输入变压器	倒相
BG ₁	3DG6三极管(β 为80~120)	前置放大器第一级
BG ₂	3DG6三极管(β 为80~120)	前置放大器第二级
BG ₃	2Z800三极管(β 为60~120)	功放
BG ₄	2Z800三极管(β 为60~120)	功放
Y	4吋或5吋4 Ω 动圈式扬声器	
E	一号电池(4节)	

(二) 部分元件的选择和制作

1. 晶体三极管

前置放大器中的 BG₁、BG₂ 可用 3DG6 等任意一种小功率NPN型硅三极管, 例如 3DG8、3DK2、3DG200~205 等均可应用。3DG201~205 型是塑料封装的管子, 它们的外型和接脚见图 2-3 所示。有些厂生产的 3DG6 有四根管脚(图

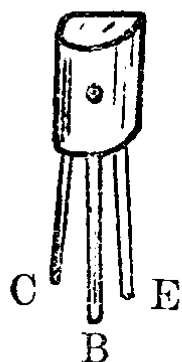


图 2-3



图 2-4



2-4), 它的D脚与外壳相通, 应用于高频电路里时, 应把D脚接地, 才能起屏蔽作用。在这里作音频放大用, D脚不一定要接地, 可以让它悬空, 或干脆齐根剪掉。其中作第一级放大器用的 BG_1 , 尽可能选噪声小一点的, 以减低整机的噪声电平。

作为推挽功率放大器的 BG_3 和 BG_4 , 选用功耗较大的 2Z800 型中功率管, 二个管子的参数要尽可能地一致。这二个管子也可用 3AX61、3AX63、3AX81、3AX83 等锗三极管来代替。3AX81 这种管子是玻璃封装的, 它的集电极引出脚比其他两脚短一些, 并用色点标出(图 2-5)。这种管子的功耗较小, 用来代替 2Z800 时, 要用 0.5 毫米厚的铜片或铝片做一个散热器(图 2-6)套在管子上, 以免发热而烧毁。如果读者有现成的一对 NPN 型中功率管(如 3DX203, 它的外形与 2Z800 相同), 也可以代替锗管应用。不过 NPN 型管与 PNP 型管的电流方向相反, 所以电路需要作相应的改动(图 2-7): 一是把 BG_3 和 BG_4 的集电极和发射极的接点位置对调; 二是上下偏流电阻的位



图 2-5

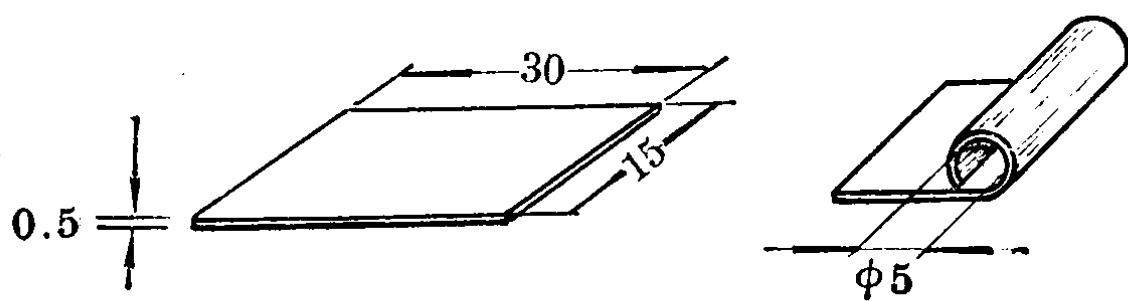
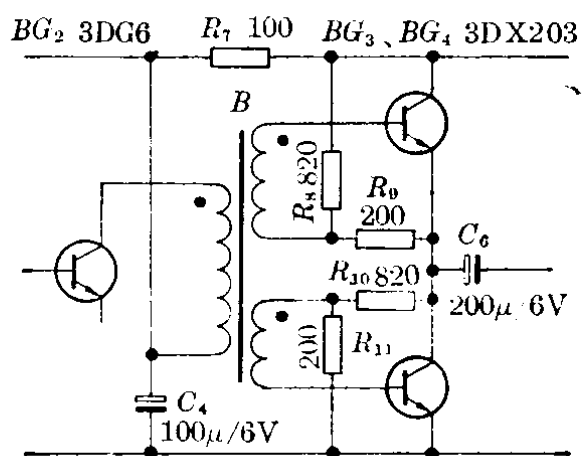
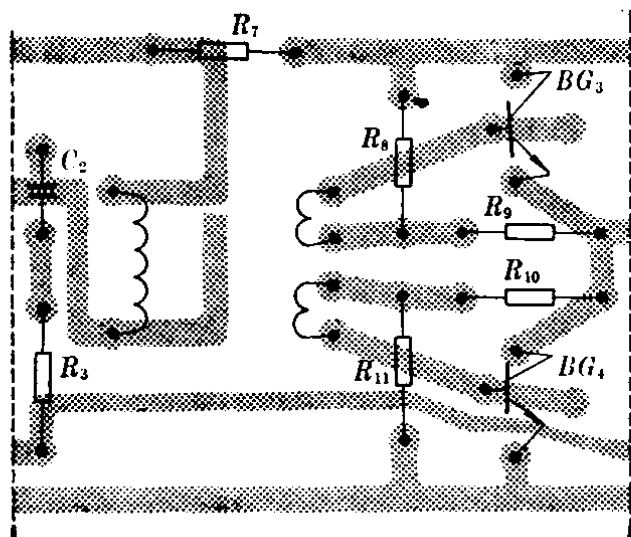


图 2-6



(a)



(b)

图 2-7

置对调,原来下偏流电阻用 51Ω 的,现在要改为 200Ω ; 三是把输入变压器的初级绕组的二个线头①②接点对调,使放大器仍处于负反馈状态。

2. 输入变压器

输入变压器的外形和结构见图 2-8, 它有一个初级绕组和二个次级绕组。它把前置放大器输出的音频讯号送至功率放大器的同时, 还必须具备倒相的作用。输入变压器质量的好坏, 对扩音机的失真度、频响等指标有很大的影响。而输入变压器的质量, 主要决定于铁芯的优劣。因此必须用优质的硅钢片来做铁芯。铁芯的尺寸, 见图 2-9, 如果没有这种尺寸的硅钢片, 也可以利用晶体管收音机里输出变压器的铁芯。

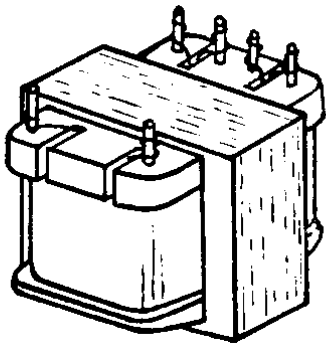


图 2-8

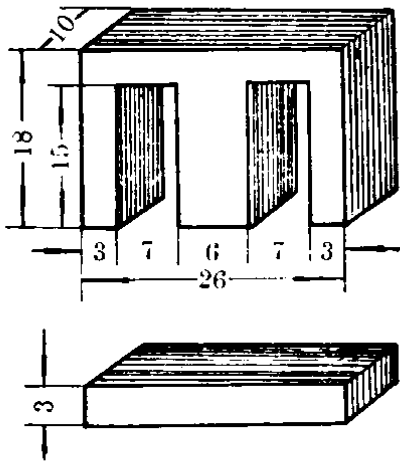


图 2-9

线圈架最好用现成的尼龙制品(图 2-10), 也可以参考图 2-11 用青壳纸自制。

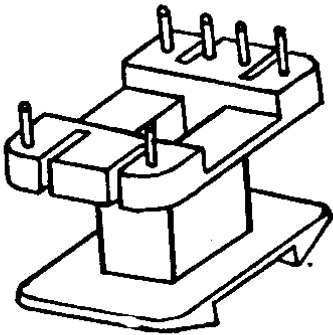


图 2-10

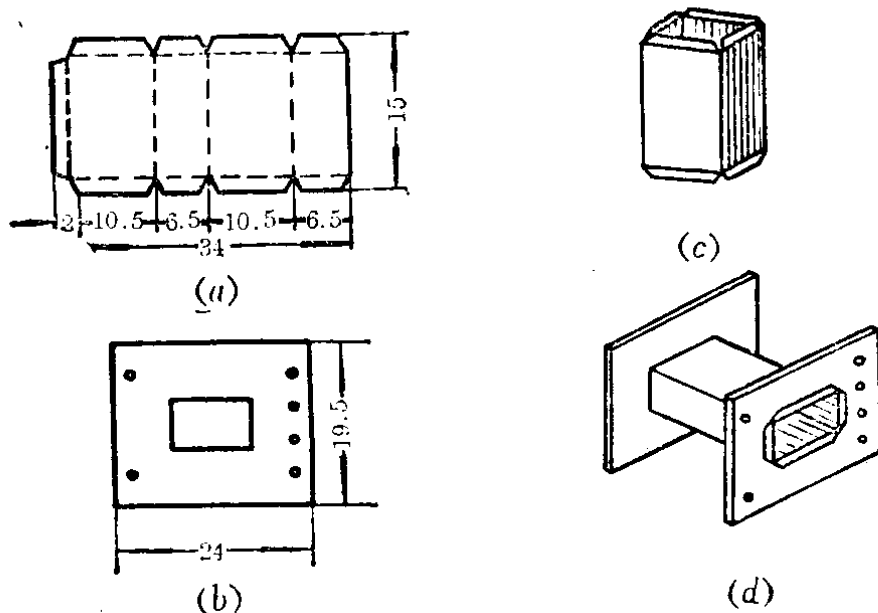


图 2-11

当采用图 2-9 尺寸的铁芯时，初级绕组用直径 0.1 毫米的漆包线平绕 2000 匝，二个次级绕组应该同一次绕制，用直径 0.12 毫米的漆包线双线并绕 700 匝（图 2-12）。绕制时先绕次级后绕初级，绕线力求平整，初次级之间要卷几层绝缘良好的薄纸隔开。引出线排列的位置如图 2-13。绕制时要注意线圈的始端和终端，始端的标志是一个黑点，或注明“头”字。终端一般不用标志，也有注明“尾”字的。用售品尼龙线

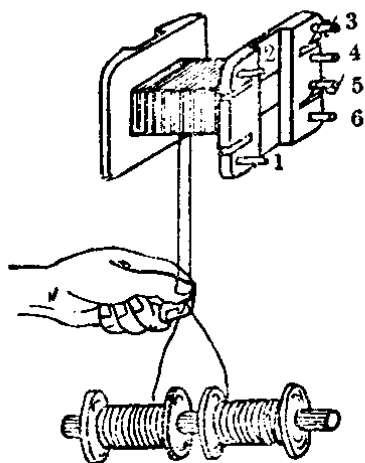


图 2-12

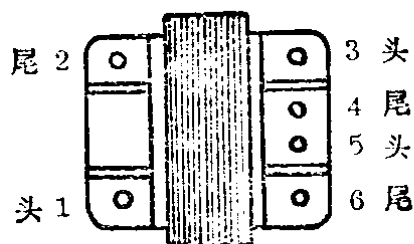


图 2-13

架绕制时,可先把线头绕在相应的接脚上固定,再绕线圈。绕满圈数后,再把终端绕在相应的接脚上。

用自制线架绕制时,线圈的头尾不宜直接引出,应该用一段多股绞合线,与漆包线焊牢后,将多股线引出。焊接的地方,要用绝缘纸夹好,以免与其他地方短路。以后绕上去的线将多股线头压紧,就不会再松脱了。

线圈全部绕好后,再在外面卷上几层黄蜡绸或透明胶报纸,并把所有的线头都焊牢在线架的接脚上。用自制的线架绕制时,在线包外面还要做好初次级线圈头尾的记号,切勿搞错。

最后,应该用万用表的欧姆档检查一下,几个线圈间有无短路的地方,每个线圈有无断路。初级绕组的电阻约为 270 欧姆,次级绕组约为 45 欧姆。

绕好的线圈经检查符合要求后,就可插入铁片,采用一片片从两头轮流插入的交叉插法。先插满 E 型铁片,再嵌入 I 型铁片。插片时用力要均匀,谨防割破线框或造成线圈短路、

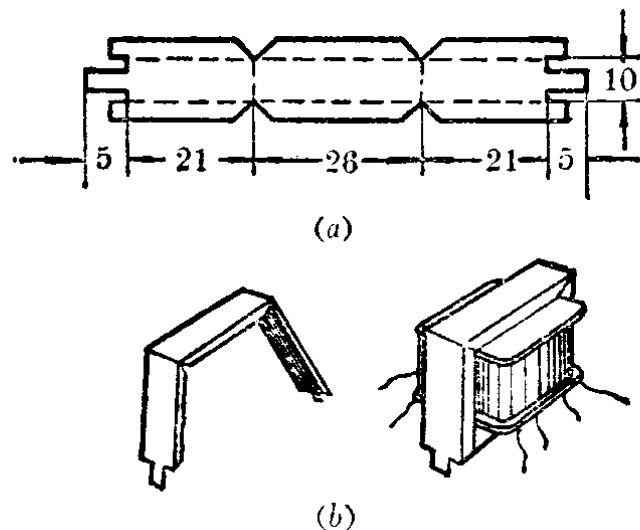


图 2-14