

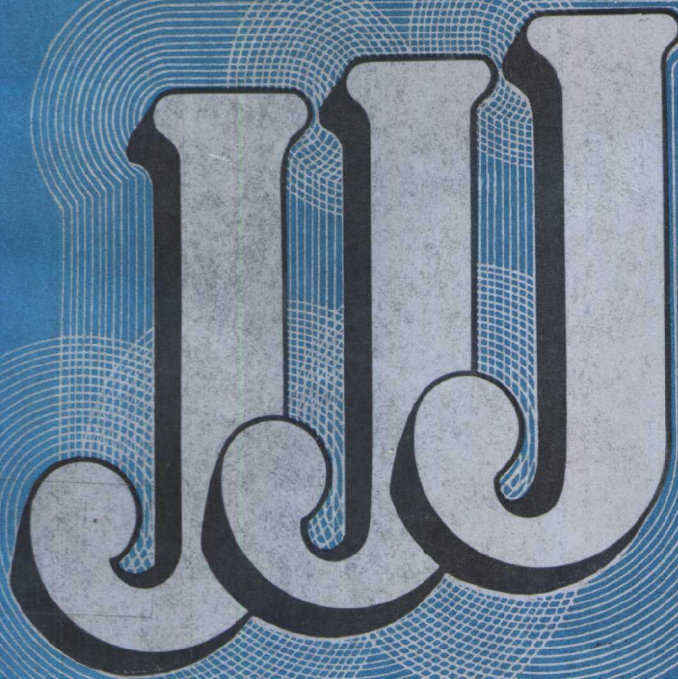
国家机械工业委员会统编

有线电维修工工艺学

(中级工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIEGONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

有线电维修工工艺学

(中级工适用)

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

本书共分六章，主要内容有：晶体管扩音机工作原理及故障检修；电子管和电子管扩音机工作原理及使用方法；晶体管收音机和电子管收音机工作原理及故障检修；调度电话交换机工作原理及故障检修；电话交换机的结构、工作原理、中继方式、测试方法及故障检修；常用仪表的结构、工作原理及使用方法，以及电话电缆的敷设、焊接、割接工艺和故障排除等。

本书是中级有线电维修工培训教材，也可作为初、中级科技人员、大专院校师生和业余无线电爱好者的参考书。

本书由沈阳工业大学祝恒林、刘宝奇、李树森编写，由沈阳工业大学王心淳、葛琦章审稿。

有线电维修工艺学

(中级工适用)

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：崔世荣

版式设计：张世琴

封面设计：林胜利 方 芬 责任校对：李广孚

责任印制：郭炜

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $12^{3/8}$ · 字数 272 千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 00,001—25,500 · 定价：4.40 元

*

ISBN 7-111-01135-X/TN · 26

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作的，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级)，于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材149种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和解决分析解决实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂，长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位 and 机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 晶体管扩音机	1
第一节 概述	1
第二节 晶体管扩音机电路	4
第三节 常见故障及检修	19
复习题	74
第二章 电子管和电子管扩音机	76
第一节 电子管及其基本电路	76
第二节 电子管扩音机的特点和类型	106
第三节 电子管扩音机框图和电路	110
第四节 电子管扩音机的使用	119
复习题	121
第三章 收音机	122
第一节 概述	122
第二节 超外差式收音机电路	124
第三节 典型六管晶体管超外差收音机的电路分析	142
第四节 典型六灯电子管超外差收音机电路分析	145
第五节 常见故障及检修	149
复习题	160
第四章 电话和交换机	162
第一节 YD-Ⅱ-2型音频调度电话的性能及工作原理	162
第二节 调度电话交换机	175
第三节 电话交换机元部件结构及其使用调整	222
第四节 电话交换机性能及工作原理	238

第五节	自动电话交换机的中继方式	249
第六节	自动电话交换机的维护测试	276
第七节	自动电话交换机的故障检修和电源配置	309
复习题		323
第五章	常用仪表简介	324
第一节	万用表	324
第二节	兆欧表	333
第三节	电桥	336
第四节	链路测试器	344
复习题		350
第六章	电缆架设	351
第一节	电缆接续与封焊	351
第二节	电缆成端	370
第三节	电缆网配线	381
第四节	电缆故障检修	382
复习题		387

五

串

册

大

益

音

字

册

大

第一章 晶体管扩音机

第一节 概 述

晶体管扩音机是指放大元件全部使用半导体晶体管（含半导体集成电路）构成的扩音设备。它与电子管扩音机相比，不需要加热灯丝发射电子等，因而损耗小、耗电省、效率较高；晶体管的寿命比电子管长，防震及防机械冲击能力也高。而且晶体管扩音机比电子管扩音机体积小，重量轻，可以交直流两用。现代晶体管电路及晶体管集成电路的迅猛发展，使它们与电子管电路相比在声频领域已经占据绝对优势。晶体管扩音机这种类型扩音设备已经在我国各工矿企业和广大农村有线广播中，得到越来越广泛的应用。

从电子技术基础课中知道，晶体管与电子管的区别在于，晶体管是电流控制元件，靠基极电流的变化，控制集电极电流，以获得放大作用；而电子管为电压控制元件，靠栅极电压变化，控制屏流，获得放大作用。在一般电子管放大电路中，由于不允许出现栅流，因此谈放大电路的功率增益是无意义的。与此相反，不论何种晶体管放大电路，不仅有电压增大，而且有电流增大，因此总伴随着功率增益。严格来讲，晶体管放大电路无电压放大与功率放大之分，但习惯上常将小信号的晶体管放大电路称为电压放大电路，而将大信号的晶体管放大电路称为功率放大电路。

晶体管放大电路与电子管放大电路相比，具有下列特点：

(1) 根据制造工艺不同, 晶体管有两种管型, 即 PNP型和NPN型。不管哪种类型, 也不管哪种放大电路, 使用时, 发射极和基极之间(发射结)要采取正向偏置, 而集电极和基极之间(集电结)要采用反向偏置。由于晶体管中的PN结在高反向电压作用下, 易发生击穿现象, 所以晶体管放大电路中的电源电压一般不能很高(在常用的扩音机中, 一般不超过 50 V, 过去生产的机器都在 24 V 以下)。在功率放大电路中, 为了增大功率输出, 在电源电压一定时, 只能增加输出电流。这样一来, 就要求电源能输出较大的电流, 也就是说, 电源输出的电流变化很大。为了保证偏置电压的稳定及足够的输出功率, 因此晶体管扩音机中的电源应采取稳压措施。这就是晶体管扩音机中采用输出阻抗很小的串联型负反馈稳压电源的原因。

(2) 晶体管偏置电路, 除了应满足晶体管能正常工作(即发射结正向偏置, 集电结反向偏置)和使所取偏流能保证合适的静态工作点外, 还需保证在外界条件变化时工作点保持不变。对工作点影响最大的是温度, 因此偏置电路应考虑对温度变化的稳定性。为保证这一点, 各放大级之间一般不采用多级直接耦合(避免互相影响), 而多做成阻容耦合或变压器耦合。目前流行的中、小功率 OTL、OCL 电路中常用数级直接耦合的, 但一定要采用深度直流负反馈及温度补偿措施。

(3) 晶体管的耗散功率远小于电子管, 过载能力很差, 在电路的焊接、调试及使用中应非常小心, 即使瞬时过载也会使晶体管损坏。为了保护晶体管, 在大功率管上, 除加有散热片外, 在电路中还往往加有保护措施。另外, 为了提高晶体管放大电路的性能, 一般都加有各种负反馈电路。

(4) 晶体管的特性离散性较大, 即使使用同型号的晶体管时, 每个电路也常需要重新进行工作点的调试。

由晶体管组成的扩音机种类很多, 按其输出方式不同, 分定阻抗式输出和定电压式输出两大类。由于定电压式输出比定阻抗式输出具有输出电压稳定、配接简单、非线性失真小、频率响应范围宽等优点, 现在生产的新产品多为定电压输出式。从电气性能来分, 有普及型扩音机、高传真扩音机和专用扩音机。根据不同的结构特点, 又可分为便携式、台式和立柜式。根据输出功率大小, 还可分为大、中、小功率扩音机, 习惯上把输出功率在 200W 以上的称为大功率扩音机; 在 100~200W 之间的称为中功率扩音机; 把小于 100W 的称为小功率扩音机。目前, 晶体管扩音机大多是中、小功率的。

中小功率扩音机的技术性能指标主要有 11 项。例如, 上海无线电十八厂生产的飞跃 JK50—1 型晶体管扩音机主要性能指标有:

①	工作电源电压	交流	220 V, 50Hz	额定电压
		直流	24 V	额定电压
②	额定输出功率		50W	额定功率
③	输出阻抗		8Ω, 250Ω	额定阻抗
④	输入电平	话筒	≤10mV	额定电压
		拾音	≤200mV	额定电压
⑤	非线性失真		<10% (1000Hz)	非线性失真
⑥	频率响应		150~6000Hz ±2dB	频率响应
⑦	噪声电平		<-50dB	噪声电平
⑧	负载调整率		<3dB	负载调整率
⑨	音量控制作用范围		>40dB	音量控制作用范围

⑩ 输入阻抗 话筒

$>20\text{k}\Omega$

拾音

$>300\text{k}\Omega$

⑪ 动态范围

$>20\text{dB}$

为了便于使用，中、小型扩音机常设有收音部分。收音部分的主要技术指标包括频率范围、灵敏度、选择性等。有些还设有音调控制。对于定电压扩音机，输出电压值及其稳定度显然是它的一项重要指标。为了配接方便，常分为30 V、120 V、240 V等几档。对于大型扩音机，为了保证安全，还有一些附加指标，如过荷继电器动作电流等。扩音机的主要性能指标，一般都注明在使用说明书中。

我们知道，扩音机是用来扩大声音，是把由送话器、电唱机、收音机及录音机等送来的按声音规律变化的电信号进行放大，再通过接在扩音机输出端子上的扬声器，把电信号转变成声音放送出去的，所以晶体管扩音机实际上是一个低频放大器。尽管扩音机品种较多，电路形式多种多样，但其组成基本框架是一样的。下面我们以飞跃JK50—1型晶体管扩音机为例，来介绍其电路组成。

第二节 晶体管扩音机电路

我们用方框图来表示扩音机的基本组成部分，如图1-1所示，各部分的作用如下：

(1) 前置放大部分 声音是不能直接送入扩音机的，必须先经过某种换能器件，把声能的变化转变成电能的变化。如送话器，把声波的振动转变成电流的强弱变化，再送入扩音机。首先送到前置放大部分。为了适应不同的输入方式，前置放大部分又分为送话器放大级、拾音放大级及线路放大级，分别将送话器、电唱机、录音机“线路”输来的微

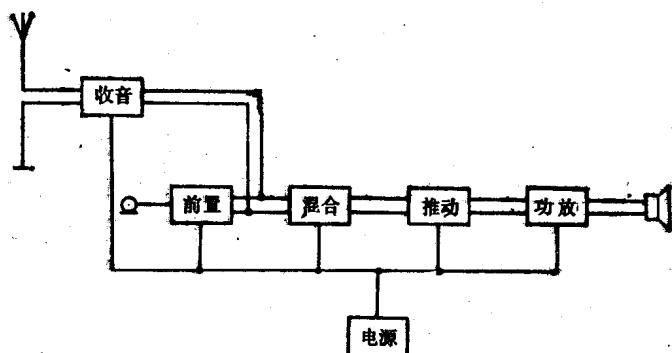


图1-1 扩音机方框图

弱的音频信号放大，然后送到混合放大部分。

(2) 混合放大部分 将前置放大部分输出的各路信号混合在一起并进行放大。在混合放大部分，装有多种音量调节器，分别控制各路音量，这样既可以把几路信号同时放出去，也可以单独送出某一路信号。

(3) 推动部分 主要任务是给功率放大部分提供足够的激励信号。另外，由于功率放大部分多采用双端推挽电路，所以推动部分还必须具有倒相作用。在大、中功率扩音机中，推动部分多由倒相级和推动级两部分组成。在小功率扩音机中，一般只设一级，同时完成两种任务。

(4) 功率放大部分（习惯上称为功率放大级）对推动级输出的音频信号进行功率放大，推动扬声器。在大功率扩音机中，功率放大级往往单独装在一个机架上，以避免对前面各放大部分产生干扰。

(5) 电源部分 向各放大部分提供所需要的直流或交

流的电压和电流。

(6) 收音部分 在小功率扩音机和部分中功率扩音机中, 一般设有收音部分。收音部分多由变频、中放和检波三级组成。它的作用是用来接收电台广播。

一般来说, 含收音部分的扩音机, 称为收扩两用机。大、中功率扩音机一般不包括收音部分, 专与扩音机配套使用的广播转播接收机。下面我们按基本组成方框图, 结合飞跃JK50—1型晶体管扩音机来具体介绍各部分电路。

一、前置放大部分电路

前置放大部分, 一般包括送话器放大级、拾音放大级等。送话器放大级的作用是把送话器输出的微弱信号进行放大。拾音放大级的作用是把电唱机的拾音信号进行放大。由于送话器输出信号仅十几mV, 而拾音信号在100mV以上, 因而在电路上是有些区别的, 但因都是在扩音机的最前面对微弱信号进行放大, 因而基本作用和要求是一样的。对它们的要求是:

1. 输入阻抗要匹配 所谓输入阻抗, 就是从信号源向放大器输入端看进去所呈现的阻抗。扩音机的信号源有许多种, 它们的内阻也大小不一。比如: 晶体唱头的内阻为500k Ω 以上, 高阻送话器的内阻一般大于20k Ω , 低阻送话器的内阻只有600 Ω 或者200 Ω 。这就要求扩音机各路前置放大器的输入阻抗, 与各路信号源内阻相匹配, 一般应略大于信号源内阻。否则信号将明显衰减, 技术性能也变坏。为了提高输入阻抗, 第一级常常采用射极跟随电路。为了减小偏置电路对放大器输入阻抗的影响, 常采用高输入阻抗的偏置电路, 或者采用“自举”等电路来提高放大器的输入阻抗。

2. 噪声要小 由于前置放大器处在扩音机电路的最前面, 扩音机的增益又是很高的, 所以扩音机输出端的噪声, 主要取决于前置放大器, 因而对前置放大器的噪声提出了比较高的要求。为了减小前置放大器的噪声, 第一级要选用低噪声的管子。前置放大器晶体管的工作点都选在低电压、小电流的状态, 以减小电路的热噪声。另外, 机器的工艺结构, 对噪声也有影响。例如, 送话器插口到第一个管子的基极的信号线宜短, 而且都要用金属隔离线屏蔽, 整个前置放大器要安排在离电源变压器较远的地方。接地点的选择, 对电路噪声影响也很大。接地点如果选择不当, 不但噪声变大, 而且还可能引起振荡。接地点的选择也没有一种固定的办法, 一般要注意使本级的接地点均汇于一点通地。并且要使后级的大电流不能通过地线流入低电平的前置级。全机的地线也不要形成闭合回路。

3. 动态范围要大 输入扩音机进行放大的语言和音乐信号, 强弱变化很大, 语言的峰值功率可比平均功率高 100 倍, 而音乐信号的强弱变化就更大。扩音机的音量控制电位器一般都不放在输入接口上, 常设在前置放大级后面。这就要求前置放大器对这种强弱变化很大的信号都能不失真地进行放大, 我们把这种能力称为动态范围, 或称为线性放大范围。前置放大器的动态范围应做得大一些, 这就需提高晶体管的工作电压和增大工作电流。但这又与前面说的减小前置放大器的噪声相矛盾。所以, 这两项要求都要兼顾, 不能片面追求某一项指标。

飞跃 JK50—1 型晶体管扩音机的前置放大器就是根据上述要求设计的。它包括送话器 I 和送话器 II 两路。其中送话器 II 又兼做拾音级。图 1-2 是送话器 I 的电原理图。在这

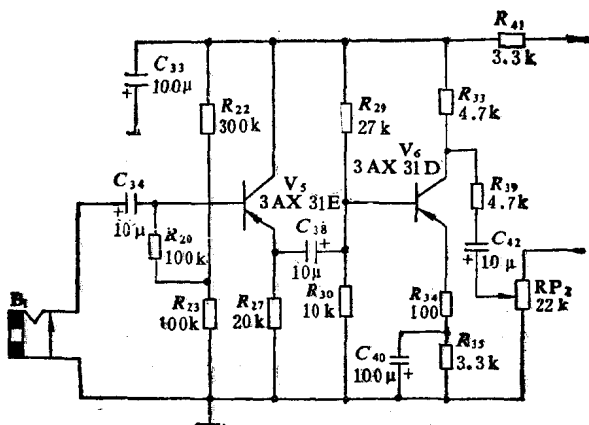


图1-2 送话器 I 电原理图⊖

里，送话器信号由 B_1 输入。送话器放大级由 V_5 、 V_6 组成两级放大。为了提高放大电路的输入电阻，以便和高阻抗的送话器匹配， V_5 采用了射极跟随电路。为了减小管子内部噪声带来的影响， V_5 采用了低噪声三极管 3AX31E， V_6 组成共发射极电路，以获得大的增益， V_5 、 V_6 两级间阻容耦合。 R_{20} 、 R_{22} 、 R_{23} 和 R_{27} 分别为 V_5 的偏置电阻。 R_{20} 的加入构成了高输入阻抗的偏置电路。 C_{34} 是信号源及送话器 I 与放大器间的耦合电容。 R_{29} 、 R_{30} 、 R_{34} 、 R_{33} 是 V_6 管子的偏置电阻。 C_{40} 为 R_{33} 的旁路电容。由于 C_{40} 的存在，所以 R_{33} 仅起直流负反馈作用。 R_{31} 为 V_6 的集电极负载电阻。 C_{35} 为第一放大级与第二放大级间的耦合电容。为减小热噪声， V_5 、 V_6 的工作点都选在低电压、小电流的状态。 V_5 的集电极电流仅 0.1mA 左右， V_6 在 5V 左右。 R_{41} 、 C_{43} 为电源退耦电路。该级输入阻抗约

⊖ 图中 $C_{35}100\mu$ ，省略 F，下同。同理， $R_{20}100k$ ，省略 Ω ，下同。

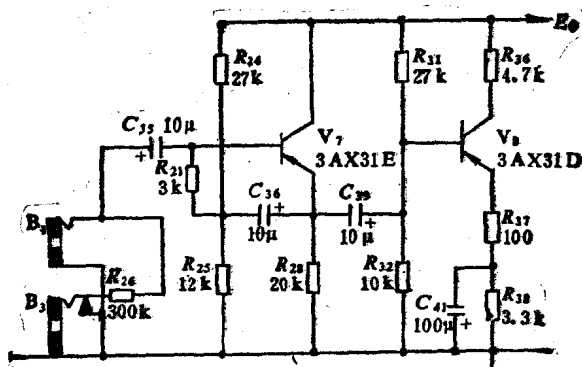


图1-3 送话器Ⅱ电原理图⊖

47kΩ，便于与高阻送话器 ($\geq 20k\Omega$) 相配接，

送话器Ⅱ和拾音（电唱）共用一级放大电路，由 V_7 、 V_8 组成。电路与送话器Ⅰ基本一样，见图 1-3 所示。由于拾音信号的幅度较大，故要求 V_7 的基极电流也较大。为了保持偏置电路稳定，这就必须减小偏置电阻的数值。因此 V_7 的基极偏置电阻分别降为 27kΩ、3kΩ、12kΩ，此 V_8 的基极偏置电阻（300kΩ、100kΩ、100kΩ）小得多。偏置电阻越小，温度稳定性越好。显然，减小偏置电阻，对提高扩音机工作稳定性有好处。但是，当偏置电阻减小后，由图可见，射极跟随电路的输入阻抗减小了，为了克服这一缺点，电路采取了两点措施：

（1）在 V_7 管的发射极与三个偏置电阻的接点之间，跨接了一只 10μF 的电容器 C_{36} 。 C_{36} 对音频信号可视为短路，这样， R_{21} 就相当与 V_7 的发射结相联接，射极跟随器的电压

⊖ 图中 R_{17} 100，省略 Ω，下同。

放大倍数接近于 1 且输出输入同相，故 V_7 的基极与发射极基本同电位， R_{21} 中几乎无电流流过。也就是说，对交流来说， R_{21} 相当于开路。这样， R_{21} 所呈现的阻抗就不是原来的电阻值了，而是一个非常大的阻值，从而使电路的输入阻抗大大提高。经实验证明，送话器 II 的稳定性要比送话器 I 好，而两者的输入阻抗相仿。

(2) 在拾音输入端串接了一只 $300\text{k}\Omega$ 的电阻 R_{26} ，其目的是进一步提高 V_7 放大级的输入阻抗，以便与高内阻的晶体唱头相匹配。同时对较送话器信号强得多的晶体唱头信号进行一定的衰减再送入放大器。

前置放大器位于扩音机电路的最前面，其噪声大小对整机影响甚大。为降低噪声，除 V_5 、 V_7 使用低噪声管 3AX31E， V_5 、 V_6 、 V_7 、 V_8 都工作在低电压、小电流状态下外，整个前置放大器的安装位置要远离电源变压器；各输入插口到第一放大级输入端的引线采用金属网屏蔽线，并使金属网一端可靠接地；各放大级接地点先汇集在一块后再可靠接地。

二、混合放大部分电路

混合放大器位于前置放大器和推动放大器之间。其作用是将前置放大器放大的送话器、唱片信号及收音机、录音机等信号混合在一起并进行放大，再送到推动放大器去。在混合级里装有各项音量调节器，分别来控制各路音量。这样可把语言、唱片、收音、录音同时放出，也可单独使用。对它的要求是：能控制各路信号大小进行混合且各路相互影响小，并进行适当放大。飞跃 JK50—1 型晶体管扩音机的混合放大器由两级组成，分别由 V_9 、 V_{10} 担任，电原理图如图 1-4 所示。为了便于分析电路的工作原理，我们再把它分成三部分：混合电路、放大电路和附属电路（主要指负反馈电路）。