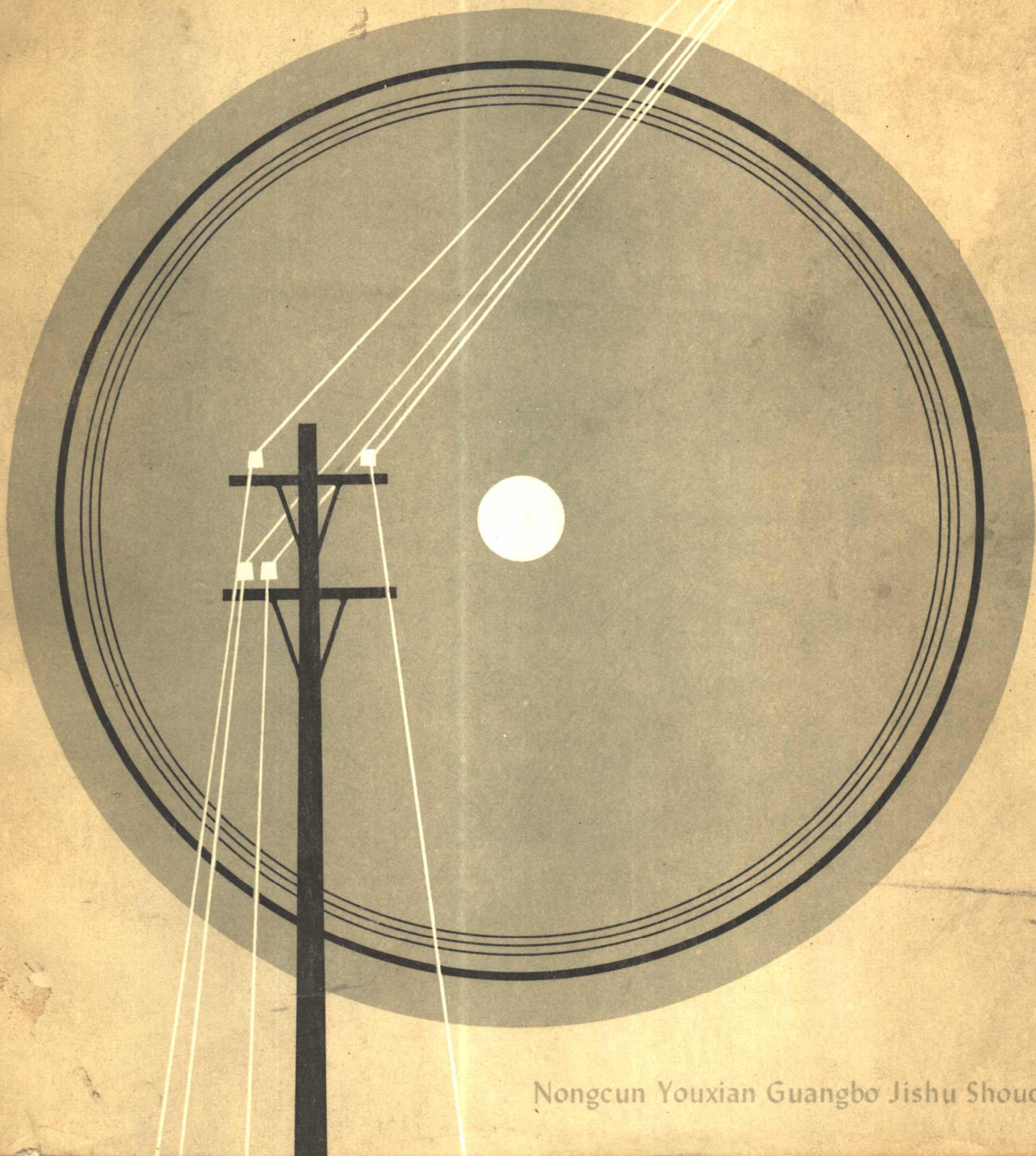


# 农村有线广播 技术手册



Nongcun Youxian Guangbo Jishu Shouce



# 农村有线广播技术手册

《农村有线广播技术手册》编写组编

人民邮电出版社

## 内 容 简 介

本《手册》是为目前农村广播网的巩固、提高和发展的实际需要而编写的。书中对农村有线广播中的主要技术设备,如机房、站内设备、线路、用户设备等方面都作了必要的介绍。在编写中力求理论与实践相结合,而以提供方法、措施及必要的技术数据为主。

为了帮助读者熟练基本电路的计算公式在具体电路上的应用,我们举了些例子。但必须提请注意的是,这些分析和计算未经生产厂家审核,可能会与原始设计思想和实际数据有出入,因此举例仅供参考。

本《手册》主要阅读对象是县、公社广播人员。也可供农村广播网技术干部以及从事有关业务的同志参考。

## 农村有线广播技术手册

《农村有线广播技术手册》编写组编

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

山西省七二五厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 1978年10月第一版

印张: 42 8/16 页数: 342 1978年10月山西第一次印刷

字数: 1,456 千字 插页: 1 印数: 1—300,400 册

统一书号: 15000·2122—有543

定价: 3.10 元

努力做好廣播為全  
中國人民和全世界  
人民服務。

毛澤東

# 目 录

<b>第一章 扩音机</b> ..... 1	三、共发射极电路图解法.....81
<b>第一节 电子管电压放大电路</b> ..... 1	四、耦合电路.....83
一、三极管电压放大电路..... 1	五、晶体管工作点稳定电路.....84
二、五极管电压放大电路..... 3	六、负反馈放大电路.....91
三、阻容耦合电路..... 4	<b>第七节 晶体管功率放大电路</b> .....96
四、去耦电路..... 6	一、单管甲类功率放大电路.....96
五、多级电压放大电路..... 7	二、乙类推挽功率放大电路.....98
六、混合电路..... 7	三、无输出变压器功率放大电路..... 100
七、负反馈放大电路..... 8	四、广播机上常用的几种倒相电路..... 101
八、音调控制电路.....19	<b>第八节 晶体管电源供给电路</b> ..... 105
九、扩音机中常用的倒相电路.....20	一、各种整流电路..... 105
<b>第二节 电子管功率放大电路</b> .....24	二、常用滤波电路..... 105
一、电子管的工作状态和图解法.....24	三、直流稳压电路..... 105
二、甲类功率放大电路的输出功率和效率.....28	<b>第二章 站内设备</b> ..... 113
三、三极管甲类功率放大电路.....30	<b>第一节 话筒</b> ..... 113
四、五极管甲类功率放大电路.....32	一、话筒的分类..... 113
五、甲类推挽功率放大电路.....35	二、各种话筒结构和简单工作原理..... 113
六、甲乙类推挽功率放大电路.....37	三、话筒的电气性能..... 114
七、乙类推挽功率放大电路.....37	四、话筒的使用..... 115
<b>第三节 电子管电源供给电路</b> .....39	五、话筒的维修..... 117
一、单相半波整流电路.....39	<b>第二节 唱片与唱机</b> ..... 118
二、全波整流电路.....41	一、唱片..... 118
三、桥式整流电路.....41	二、唱机..... 122
四、倍压整流电路.....42	<b>第三节 录音机</b> ..... 129
五、电源滤波电路.....42	一、机械部分的一般原理与维修..... 129
六、稳压电路.....44	二、电路部分的一般工作原理与维修..... 136
<b>第四节 TY 250-1000、GY 2×275 扩音机整机电路分析</b> .....46	三、磁带..... 146
一、TY 型前置增音机.....46	四、整机电原理图和故障分析表..... 148
二、GY 型通用前置增音机.....54	<b>第四节 转播接收机</b> ..... 159
三、TY 型机架.....59	一、远程牌接收机..... 159
四、GY 2×275 型机架.....62	二、430 II 型调幅接收机..... 163
<b>第五节 电子管扩音机的测试与检修</b> .....65	三、转播接收机主要技术指标的测量..... 170
一、基本测试方法.....65	四、B-830 型调频接收机..... 172
二、电子管扩音机各项技术性能的测试与调整.....70	<b>第五节 音频节目传送</b> ..... 186
三、常见故障的检修与调整.....75	一、发送端设备..... 186
<b>第六节 晶体管电压放大电路</b> .....76	二、接收端设备..... 186
一、晶体三极管的主要参数与特性.....76	三、接收端设备的连接..... 188
二、晶体管放大电路.....78	<b>第三章 广播载波设备</b> ..... 190
	<b>第一节 调幅载波</b> ..... 190
	一、调幅载波发送机..... 190
	二、调幅载波接收机..... 196

三、调幅载波的技术指标和测量方法·····	199	五、发电机的几种励磁方式·····	274
第二节 调频载波·····	200	第四节 异步电动机改装异步发电机·····	274
一、调频波的性质·····	201	一、电容器的选择·····	275
二、调频载波设备的一些基本电路·····	201	二、电容器的联接·····	275
三、调频载波发送机·····	210	三、异步发电机电压调整·····	276
四、调频载波接收机·····	220	四、异步发电机的运行和维护·····	277
第三节 滤波器·····	225	第五节 发电机的起动装置和传动装置·····	277
一、K型滤波器·····	225	一、充电发电机·····	277
二、 $m$ 导出型滤波器·····	228	二、充电发电机调节器·····	279
三、椭圆函数滤波器·····	232	三、起动机·····	280
四、滤波器电感线圈圈数的计算·····	234	四、蓄电池·····	281
五、滤波器的调谐·····	235	五、传动方法的一般介绍·····	283
六、工作损耗的测量·····	236	六、平皮带传动·····	283
附表：双曲线余弦函数(ch <sub>x</sub> )表·····	238	第六节 小型油机发电机配电装置·····	284
第四节 载波广播的传输·····	239	一、几种电表的使用·····	284
一、载波广播发送电平、接收电平和		二、换相开关·····	286
传输距离·····	239	三、熔断保护装置·····	286
二、中间放大器·····	240	第七节 发电机的安装使用、维护保养	
三、设备的安装与连接·····	241	及故障排除·····	287
第五节 广播载波设备常见故障及修理·····	243	一、安装使用·····	287
一、15千赫桥型调幅发送机·····	243	二、维护保养·····	288
二、载放式接收机·····	243	三、故障排除·····	288
三、45千赫调频发送机·····	244	附表·····	289
四、45千赫晶体管触发鉴频式调频		第五章 录播室和机房·····	300
接收机·····	245	第一节 录播室·····	300
五、线路滤波器·····	246	一、录播室基础知识·····	300
第四章 自备电源·····	247	二、录播室的设计·····	302
第一节 内燃机·····	247	三、录播室设计举例·····	311
一、内燃机的构造·····	247	第二节 机房·····	321
二、单缸四冲程柴油机·····	247	一、建筑要求·····	321
三、单缸四冲程汽油机·····	248	二、机房的布置·····	321
四、单缸二冲程汽油机·····	248	三、机房控制设备·····	327
第二节 195-2型柴油机·····	249	四、机房地线装置·····	333
一、主要技术规格·····	249	第六章 广播线路·····	338
二、结构简介·····	249	第一节 广播线路建筑要求和测量方法·····	338
三、操作与使用·····	251	一、广播线路的建筑要求·····	338
四、技术保养规范·····	254	二、广播线路建筑的测量方法·····	343
五、零部件的拆装、保养及调整·····	254	第二节 广播杆线强度计算、线路器材	
六、发动机故障及排除·····	269	规格·····	351
七、195-2型柴油机主要零件间隙·····	270	一、杆线强度计算·····	351
第三节 小型交流同步发电机·····	271	二、线路器材规格·····	361
一、发电机的工作原理·····	271	第三节 电杆的装配和立杆·····	373
二、发电机的主要部件·····	272	一、杆上装配·····	373
三、单相交流同步发电机·····	272	二、避雷线的安装·····	373
四、三相交流同步发电机·····	272	三、接杆·····	377



四、掘洞和立杆.....	377	一、用户设备的保安装置.....	469
五、水泥杆线路的建筑.....	382	二、遥控装置.....	470
第四节 导线的架挂.....	385	三、用户设备的维修.....	472
一、放线.....	386	<b>第八章 小片广播网.....</b>	<b>473</b>
二、紧线.....	387	第一节 晶体管收扩机.....	473
三、导线的扎缚.....	389	一、变频级.....	473
四、长杆档的装置.....	389	二、中频放大级.....	477
五、号杆.....	391	三、检波级和自动增益控制电路.....	478
第五节 杆路加固.....	391	四、来复低放电路.....	480
一、加固线路.....	392	五、低放级、功放级和收扩机中的输入	
二、加固装置.....	395	电路.....	480
第六节 线路电气特性的测试与线路的		六、晶体管收扩机的整机电路介绍.....	480
维修.....	400	七、常用晶体管收扩机各种线图数据表.....	487
一、广播线路电气特性的测试.....	400	第二节 晶体管收扩机的电源.....	493
二、广播线路的维护.....	402	一、电池的参数.....	493
三、广播线路的修理.....	403	二、电池的串联和并联.....	495
第七节 均匀传输线.....	408	三、电池的使用和维护.....	496
一、广播线路的电性能.....	408	四、延长干电池使用寿命的措施.....	496
二、长馈送线的传输匹配.....	426	第三节 晶体管收扩机的选择与使用.....	496
三、短馈送线的配接.....	437	一、晶体管收扩机的选择.....	496
四、线路的串音及其消除.....	444	二、晶体管收扩机的使用.....	498
第八节 会场短距离动圈喇叭的传输匹配.....	445	第四节 晶体管收扩机的检修.....	498
一、动圈式喇叭的特性.....	445	一、无声、灵敏度低.....	499
二、功率相同、阻抗相同的同类型喇叭		二、失真.....	501
与扩音机低阻抗输出的匹配.....	446	三、杂音、汽船声、啸叫、机振.....	502
三、低阻抗传输时功率的损耗.....	448	四、选择性不良、调谐失灵.....	504
四、喇叭与扩音机高阻抗输出的匹配.....	448	五、其他.....	504
五、负载电阻的连接.....	450	第五节 小片广播网的配接.....	504
六、喇叭音量的调节.....	451	一、小片广播网的传输形式.....	505
<b>第七章 用户线与用户设备.....</b>	<b>452</b>	二、小片广播网的匹配.....	506
第一节 用户线.....	452	<b>第九章 技术安全.....</b>	<b>508</b>
一、用户线.....	452	第一节 值机和机修工作安全.....	508
二、室内布线.....	458	第二节 线路工作安全.....	508
第二节 用户变压器.....	459	第三节 线路与设备安全.....	511
一、变压器性能及要求.....	459	第四节 触电急救.....	512
二、变压器的连接.....	459	<b>第十章 有线广播常用变压器.....</b>	<b>514</b>
三、变压器的安装.....	459	第一节 音频变压器.....	514
第三节 用户喇叭.....	462	一、效率.....	514
一、舌簧式喇叭.....	462	二、频率响应.....	514
二、压电陶瓷喇叭.....	463	第二节 常用变压器的设计计算.....	515
三、电动式纸盆喇叭.....	465	一、电源变压器的计算.....	515
四、常用喇叭的技术规格.....	466	二、输出变压器的计算.....	520
五、喇叭的安装.....	467	三、输入变压器的计算.....	524
第四节 用户设备的保安、遥控装置及		四、输送变压器的计算.....	526
用户设备的维修.....	469	五、C型变压器的计算.....	527

六、低频阻流圈的计算.....	530	一、主要技术性能.....	564
第三节 常用变压器的绕制.....	532	二、部分电路简介.....	564
一、绕制变压器的常用工具和材料.....	532	三、使用说明.....	566
二、绕制前的准备工作.....	534	四、常见故障表.....	567
三、线圈的绕制.....	535	五、各极静态电压数据.....	567
四、线包的检查.....	537	六、变压器绕制数据.....	568
五、变压器的组装.....	537	第七节 WQ-5 A 万用电桥.....	568
六、变压器的绝缘处理.....	539	一、主要技术性能.....	568
第四节 变压器主要指标的检查与测试.....	540	二、部分电路简介.....	569
一、一般参数的检查与测试.....	540	三、使用说明.....	571
二、特殊参数的检查与测试.....	540	附录一.....	575
第五节 变压器的修理.....	542	一、汉语拼音字母表.....	575
一、变压器的故障分类.....	542	二、英文字母表.....	575
二、变压器的故障处理.....	543	三、希腊字母表.....	576
第十一章 农村有线广播站常用仪表.....	544	四、常用电信元器件的文字符号.....	576
第一节 500 型万用电表.....	544	五、常用技术参数的文字符号.....	576
一、主要技术性能.....	544	六、常用无线电电路图元件符号.....	577
二、工作原理简介.....	544	七、对数和常用对数表.....	581
三、使用说明.....	544	八、分贝和奈贝.....	584
第二节 GB-9 B 型电子管毫伏表.....	546	九、平方表.....	589
一、主要技术性能.....	546	十、平方根表.....	592
二、工作原理简介.....	547	附录二.....	595
三、使用说明.....	547	一、电阻器、电容器.....	595
四、常见故障及排除.....	549	二、国产常用电子管.....	603
五、各管静态电压数据.....	550	三、国产半导体器件型号命名法、常用 半导体器件参数表.....	607
第三节 XFD-6 型低频信号发生器.....	550	四、继电器.....	639
一、主要技术性能.....	550	五、干式舌簧管.....	645
二、部分电路简介.....	550	六、磁性材料.....	645
三、使用说明.....	552	七、压电陶瓷元件.....	662
四、各管静态电压及变压器数据.....	552	八、常用低压熔丝规格表.....	665
第四节 XFG-7 高频信号发生器.....	553	九、国产漆包圆铜线规格.....	666
一、主要技术性能.....	553	十、常用圆铜单线、圆铝单线规格表.....	669
二、部分电路简介.....	553	十一、聚氯乙烯绝缘电线.....	670
三、使用说明.....	556	十二、聚氯乙烯绝缘铁心通信线.....	671
四、故障的检查与修理.....	558	十三、农村用直埋式铝心聚氯乙烯绝缘 通信线.....	671
第五节 SB-10 型示波器.....	560	十四、常见万用表表头数据、万用表维 修数据.....	672
一、主要技术性能.....	560	十五、粘合材料表.....	674
二、部分电路简介.....	560		
三、使用说明.....	562		
第六节 SZ-1A 型失真度测量仪.....	564		



# 第一章 扩音机

扩音机有电子管扩音机和晶体管扩音机两种。不同用途的扩音机,其功率的大小和结构也有所不同。中、小功率扩音机的各个组成部分一般都安装在一个机箱内;大功率扩音机,为防止级间干扰,一般分装成前级增音机和末级功率放大器两个部分。扩音机的基本组成如图 1.1.1 所示,主要有电压放大、功率放大、电源供给等电路组成。各种扩音机的电路虽然有所不同,但其中各个基本电路和作用原理是相同的。弄清楚基本电路的作用与原理,对整机分析就比较容易了。为此,在这一章里将首先介绍各种基本电路,然后对几种常用的扩音机电路作扼要的分析,并对扩音机各项指标的测量方法与简单的维修作一些介绍。

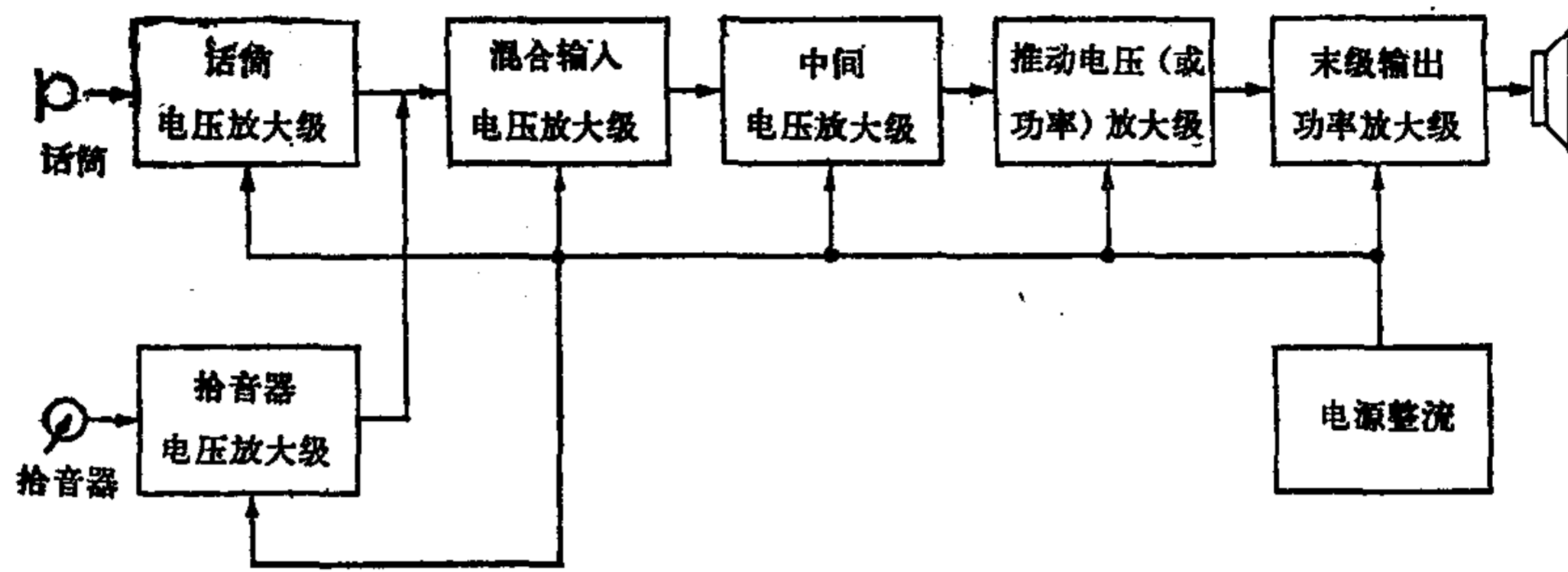


图 1.1.1

## 第一节 电子管电压放大电路

本节主要介绍电子管电压放大基本电路以及常见的一些辅助电路。

### 一、三极管电压放大电路

1. 基本电路 三极管电压放大基本电路如图 1.1.2 A 所示。图中屏极负载电阻  $R_a$ 、阴极电阻  $R_K$  与直流电源  $E_a$  构成电子管  $G$  的屏极直流回路;栅极电阻  $R_g$  和阴极电阻  $R_K$  构成了栅、阴极之间的直流回路。 $R_g$  的另一个作用是构成输入信号电路,  $R_g$  对输入信号有负载作用。 $R_K$  是两个直流回路的公共电阻,  $R_K$  上的电压降存在于栅、阴之间,恰好作栅极负偏压,因此  $R_K$  也叫做自生负偏压电阻。阴极电容  $C_K$  和  $R_K$  并联,在一般音频电压放大器中  $C_K$  的容量很大,对音频信号的容抗甚小,它比  $R_K$  小得很多,这使阴极对音频信号来说

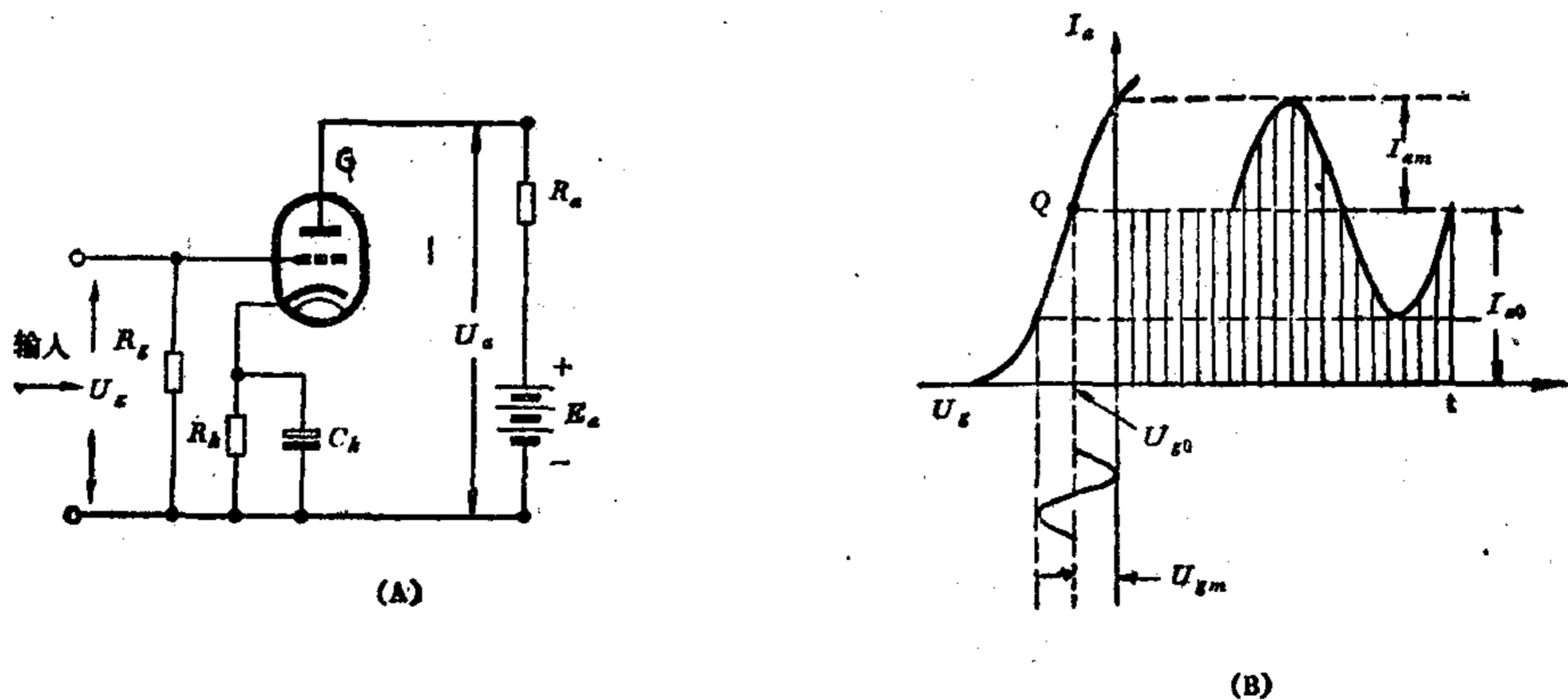


图 1.1.2



近乎直接接地，使  $R_K$  上几乎没有音频信号，因此叫做阴极旁路电容。

2. 电压放大倍数 电子管的放大作用是由电子管的性能决定的。电子管的性能可用电子管的参数来表示，其主要参数有放大系数  $\mu$ 、内阻  $R_i$  和跨导  $S$ 。它们的定义可用式子表示：

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \Big|_{I_a = \text{常数}} \\ R_i &= \frac{\Delta U_a}{\Delta I_g} \Big|_{U_g = \text{常数}} \\ S &= \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \Big|_{U_a = \text{常数}} \end{aligned} \right\} \quad (1.1.1)^*$$

它们之间的关系是：

$$\left. \begin{aligned} \mu &= S \cdot R_i \\ R_i &= \frac{\mu}{S} \\ S &= \frac{\mu}{R_i} \end{aligned} \right\} \quad (1.1.2)$$

以上参数是计算电子管放大器的重要数据。

当电子管栅极有输入信号  $U_g$  时，屏极电流的变化如图 1.1.2 B 所示。这个变化屏流通过  $R_a$  时产生交流电压降  $U_a$ ， $U_a$  与  $U_g$  之比称为这一级放大电路的电压放大倍数，即

$$K = \frac{U_a}{U_g} \quad (1.1.3)$$

例如图 1.1.2 A 放大电路，画成等效电路如图 1.1.3 时，可用上述参数来计算电压放大倍数。从图中可以看出，放大电子管好比是一个具有电动势为  $e_g = \mu U_g$ ，内阻为  $R_i$  的信号源，由此可知

$$U_a = I_a R_a$$

$$I_a = \frac{e_g}{R_i + R_a} = \frac{\mu U_g}{R_i + R_a} \quad (1.1.4 A)$$

根据以上两式可得

$$U_a = \mu U_g \frac{R_a}{R_i + R_a} \quad (1.1.4 B)$$

将上式代入(1.1.3)式，可得到电压放大倍数的计算公式

$$K = \frac{U_a}{U_g} = \frac{\mu U_g \frac{R_a}{R_i + R_a}}{U_g} = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a} \quad (1.1.5)$$

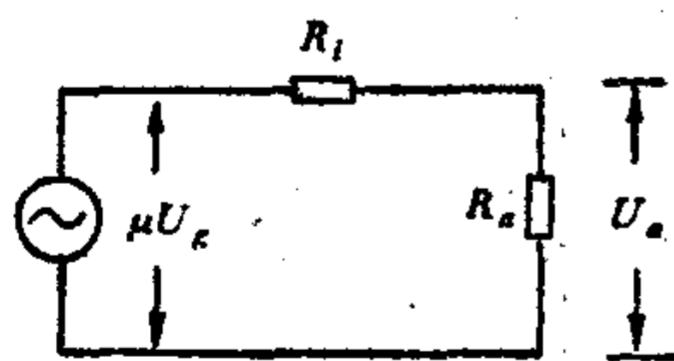


图 1.1.3

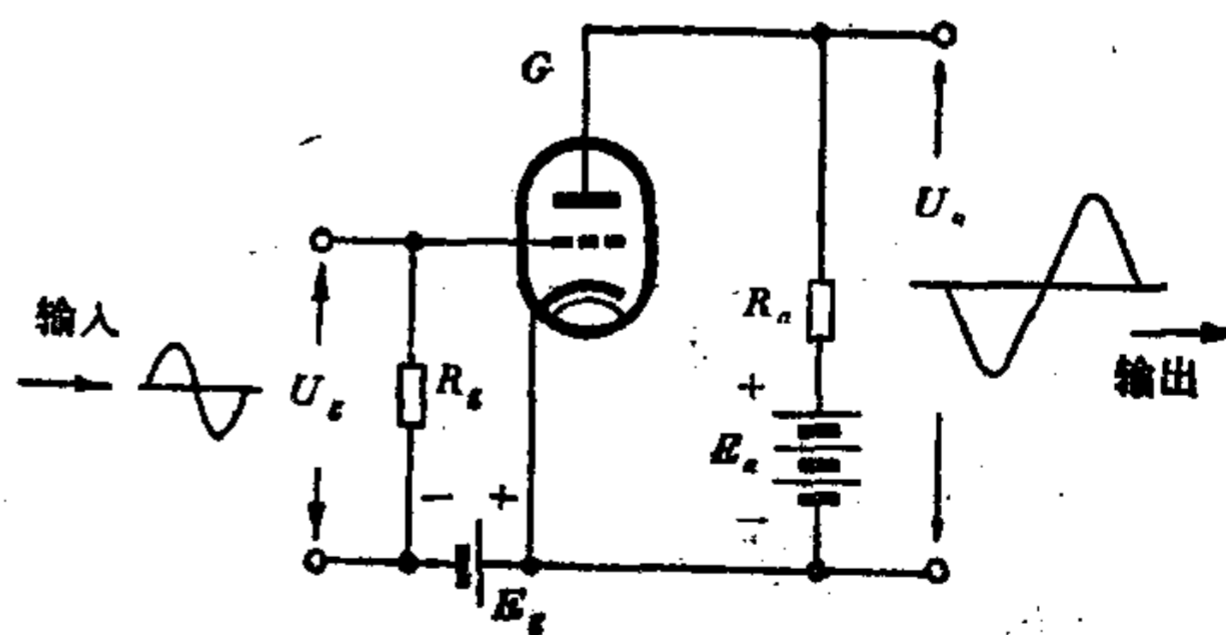


图 1.1.4

3. 输入信号与输出信号的相位关系 电子管栅极输入信号电压  $U_g$ ，屏极输出信号电压  $U_a$  的波形和相位关系见图 1.1.4。当  $U_g$  正半周时，屏流增大， $R_a$  上的电压降增大，结果使屏极电压下降；当  $U_g$  负半周时，和上述情况相反，结果屏极电位上升。因此  $U_g$  与  $U_a$  相位刚好相反。

\* 式中“ $\Delta$ ”表示微小变化量，例如  $\Delta U_a$  即表示屏压的微小变化量。



4. 电路元件的选择 屏极输出电压  $U_a$  与  $R_a$  的数值有关, 当  $R_a$  增大时,  $U_a$  增大, 放大倍数  $K$  也将增大。但  $R_a$  不可太大,  $R_a$  太大不但使通频带变窄, 高频端增益下降; 如果  $R_a$  增大致使屏极直流太低时, 还会造成失真。对于三极管来说, 其屏极阻值, 一般约取电子管内阻的 3~4 倍, 即

$$R_a \approx (3 \sim 4)R_i \quad (1.1.6)$$

对于一般常用的三极管放大电路,  $R_a$  多取 50~250 千欧。

栅极电阻  $R_g$  一方面是信号源(或前级)的负载, 一方面是本级电子管的栅极直流回路电阻。其阻值过小, 将会增大对输入信号的失真; 过大了, 将因耦合电容的漏电, 致使前级屏压在  $R_g$  上的降压增大而使管子带正偏压。另一方面是限制栅极离子流(即逆栅流),  $R_g$  过大也会使栅极带正压, 而影响电子管的正常工作。所以一般取前级负载电阻  $R_a$  的(5~10)倍左右, 即

$$R_g \approx (5 \sim 10)R_a \quad (1.1.7)$$

通常  $R_g$  取(250~1000)千欧。

阴极电阻  $R_K$  是自生栅极负偏压电阻, 其阻值的大小将影响电子管工作点  $Q$  的位置(见图 1.1.2 B), 以致使电子管工作状态不正常, 造成放大信号的失真。 $Q$  点的位置应选在特性曲线直线段的中间。 $R_K$  值的大小由下式决定

$$R_K = \frac{U_{g0}}{I_{a0}} \quad (1.1.8)$$

式中  $U_{g0}$  为电子管静态工作点的负偏压值,  $I_{a0}$  为电子管静态屏流值。一般  $R_K$  取(1~3)千欧。

阴极旁路电容  $C_K$ , 通常取(25~50)微法。

## 二、五极管电压放大电路

1. 基本电路 五极管电压放大基本电路(图 1.1.5)与三极管电压放大电路基本相似, 所不同的是增加了帘栅电路。帘栅极  $g_2$  经帘栅电阻  $R_{g2}$  接电源  $E_a$  正极。在阻容耦合的音频电压放大电路中, 因屏极电阻  $R_a$  的阻值很大, 帘栅电压不应太高, 如帘栅压过高, 将会影响屏极有效电压过分降低, 使电子管不能正常工作。

五极电子管的抑制栅  $g_3$  与阴极连接(有的五极管的抑制栅在管内已接阴极), 可抑制屏极二次电子的发射。

2. 五极管的特性与放大倍数 五极管比三极管多了抑制栅和帘栅, 使屏压对阴极发射电子的影响大大减小, 从图 1.1.6 的五极管  $I_a-U_a$  特性曲线就可看出这情况。以图中栅极电压  $U_g=0$  的一条曲线来看, 当屏压  $U_a$  起始上升时, 屏流  $I_a$  增加很快, 但屏压增大到一定值时(如图中 60 V),  $U_a$  再增加, 而屏流则基本不变。也就是说当屏压变化量  $\Delta U_a$  很大时, 与其相对应的屏流的变化量  $\Delta I_a$  却很小。可见五极管的内阻 ( $R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ ) 很高。

从这一曲线上还可求得跨导  $S$ 。如果令屏压  $U_a$  保持不变, 取栅压变化量  $\Delta U_g=3$  伏时, 与其相对应的屏流变化量  $\Delta I_a=10$  毫安。那么跨导为

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} = \frac{10 \text{ mA}}{3 \text{ V}} = 3.3 (\text{mA/V})$$

由以上可知, 五极管的跨导  $S$  与三极管跨导是近似的。

要获得某一屏流的变化量  $\Delta I_a$ , 可以有两种办法, 一种是使栅压变化一定值 ( $\Delta U_g$ ), 另一种是使屏压变化一定值 ( $\Delta U_a$ ), 但由于五极管中有帘栅极, 屏压对屏流的影响很小(在一定屏压范围内), 故所需的  $\Delta U_a$  要比  $\Delta U_g$  大得多, 这就是说, 五极管的放大系数  $\mu$  比三极管大得多(因为  $\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g}$ )。

从式 (1.1.5) 可知, 由这一电子管组成的放大级的放大倍数  $K$  为

$$K = \mu \frac{R_a}{R_a + R_i}$$

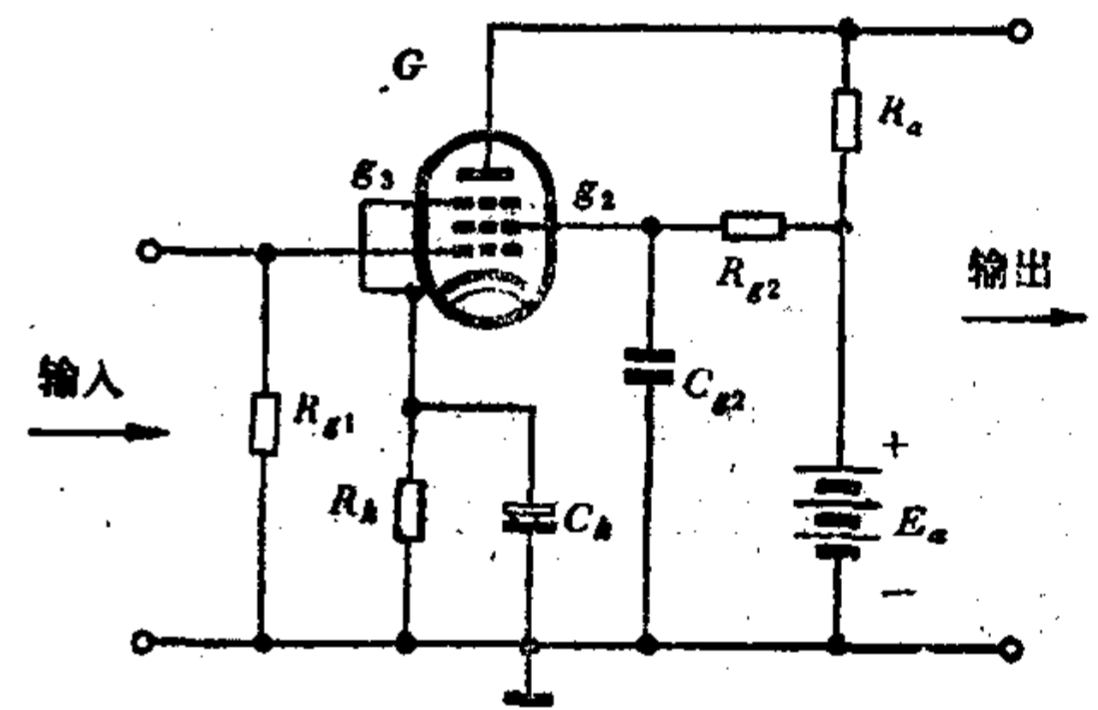


图 1.1.5



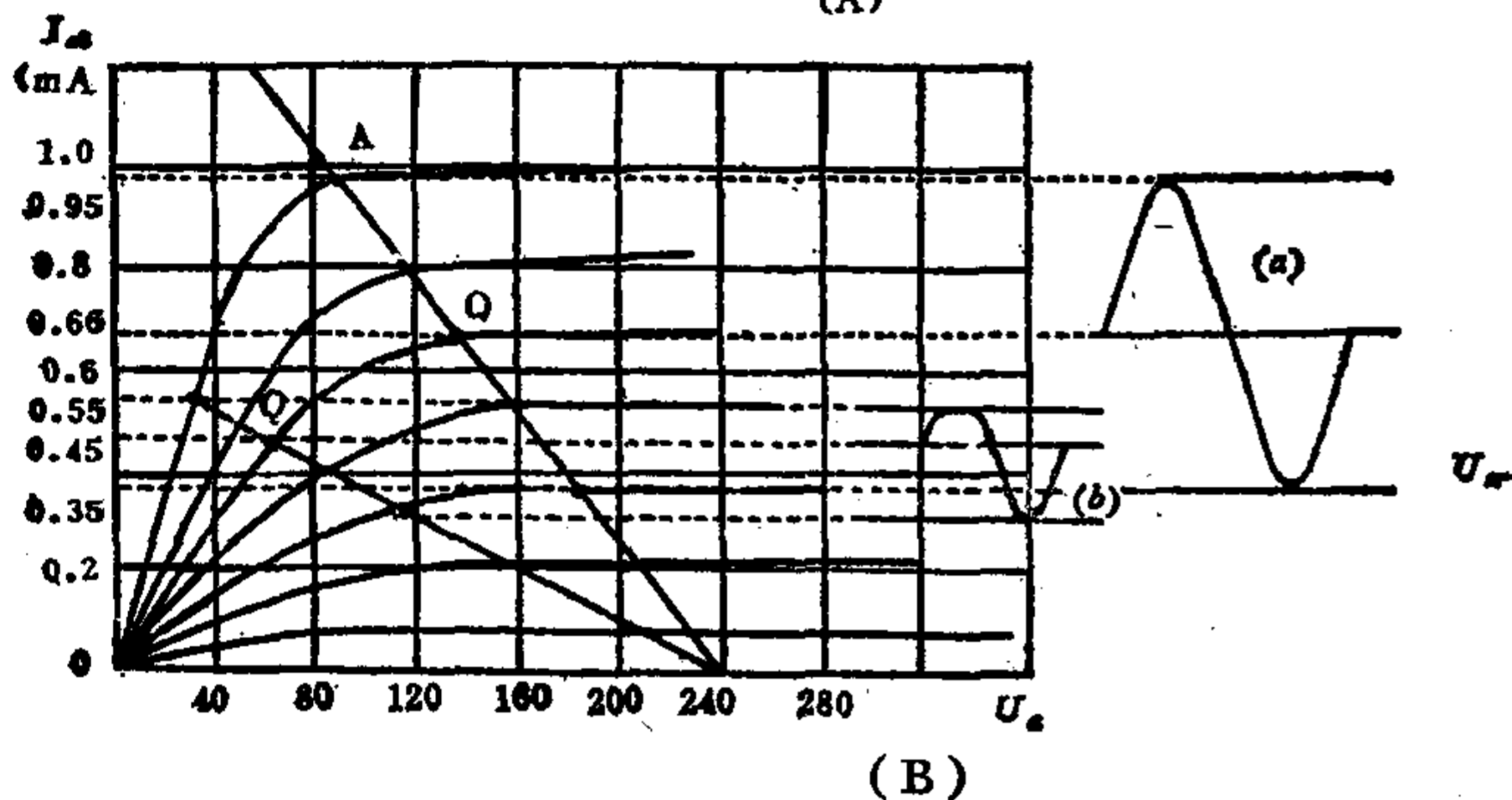
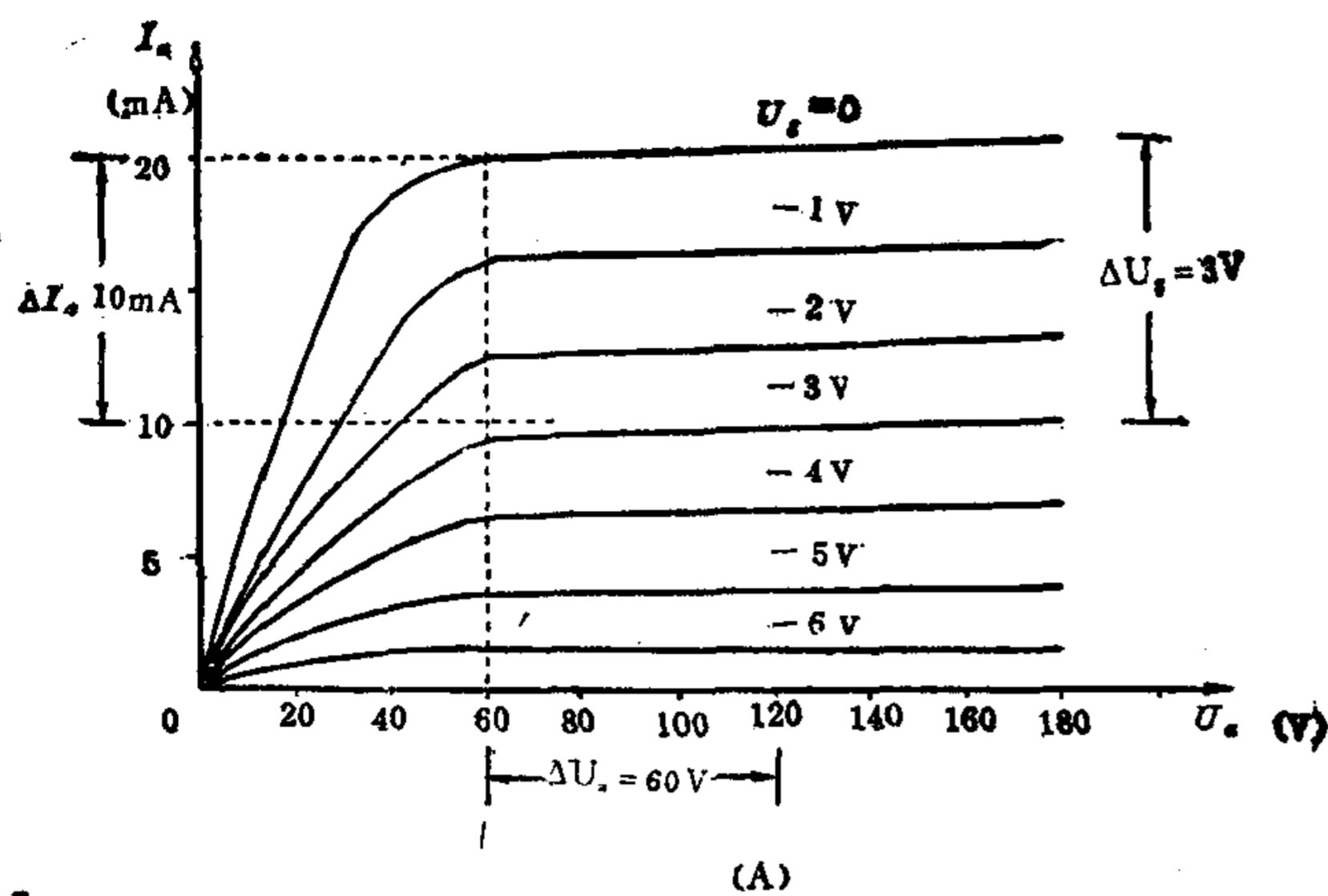


图 1.1.6

电压放大电路大多采用阻容耦合电路，它的电路比较简单，频响特性也较好。

1. 基本电路 阻容耦合基本电路如图 1.1.7 所示。图中  $C_g$  为耦合电容，它将  $G_1$  屏极输出的交流信号耦合到  $G_2$  的栅极，同时隔断两级屏到栅之间的直流通路，所以也叫做隔直流电容。 $C_g$  与  $R_g$  构成了串联分压电路，这个电路与  $G_1$  屏极负载  $R_a$  并联，成为电子管  $G_1$  的屏极交流负载  $R_{fz}$ ，如图 1.1.8 所示。 $R_{fz}$  的计算公式为

$$R_{fz} = R_a // (X_{c_g} + R_g) \quad (1.1.11)$$

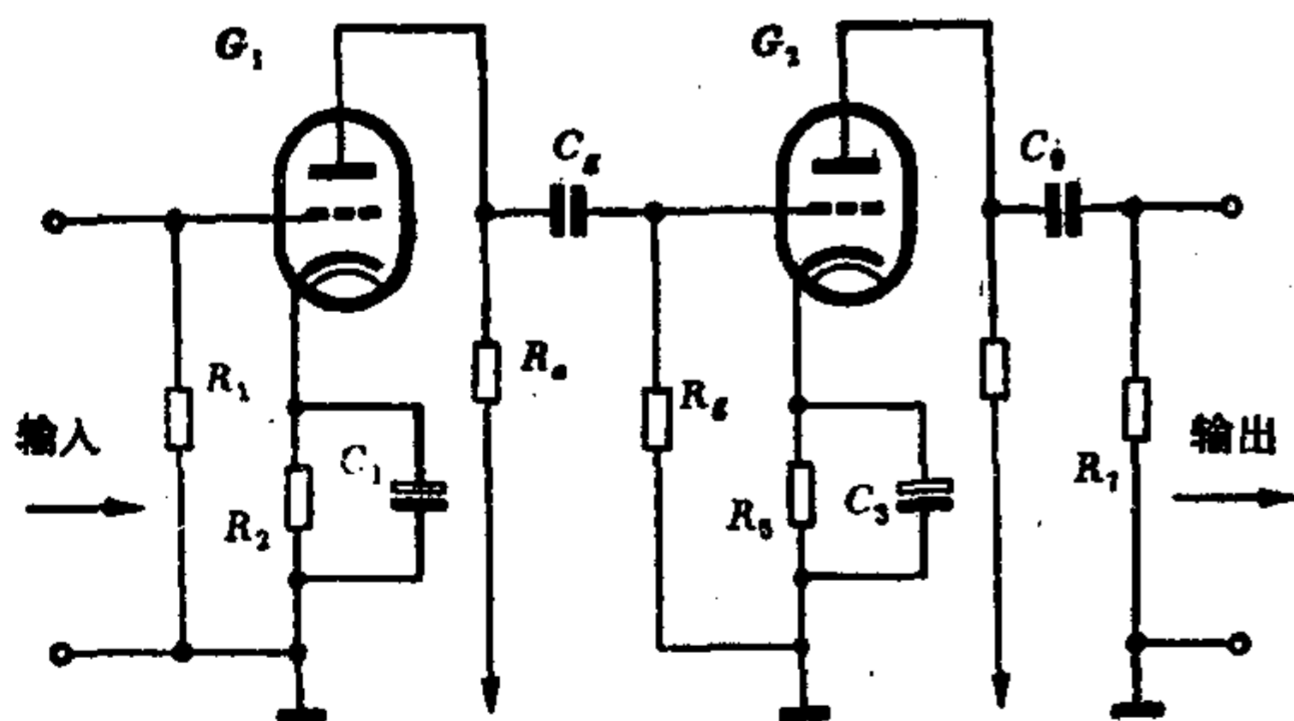


图 1.1.7

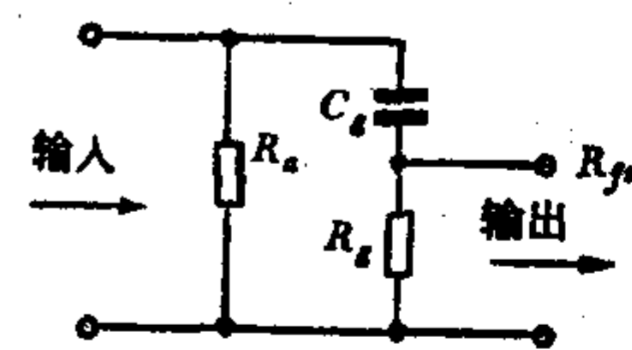


图 1.1.8

式中  $X_{c_g}$  为  $C_g$  的容抗，在音频放大电路中，对中音频和高音频来说容抗很小，当  $X_{c_g} \ll R_g$  时， $R_{fz}$  可近似为

$$R_{fz} \approx R_a // R_g \quad (1.1.12)$$

2. 阻容耦合电路的频响特性 在具体电路中不可避免地存在着许多分布电容，如图 1.1.9 A 所示。令这

将式 (1.1.2)  $\mu = S \cdot R_i$  代入上式得

$$K = S \cdot R_a \frac{R_i}{R_a + R_i}$$

因五极管  $R_i$  很大，实用中  $R_i \gg R_a$ ，故  $\frac{R_i}{R_i + R_a} \approx 1$  可以忽略，因此，五极管电压放大级的放大倍数  $K$  可用下式计算

$$K \approx S \cdot R_a \quad (1.1.9)$$

3. 电路元件选择 五极管内阻  $R_i$  较高，负载电阻  $R_a$  一般约为  $(0.1 \sim 0.2) R_i$ 。如果  $R_a$  选得过大，将使高频端放大倍数下降太多，频带变窄。在电压放大电路中，五极管负载电阻  $R_a$ ，通常近似取  $100 \sim 250$  千欧，帘栅电阻  $R_{g2}$  约取  $0.5 \sim 1$  兆欧。

阴极电阻  $R_K$  由静态工作点的栅负压  $U_{g0}$ 、静态屏流  $I_{a0}$ 、帘栅电流  $I_{g2}$  确定，即

$$R_K = \frac{U_{g0}}{I_{a0} + I_{g2}} \quad (1.1.10)$$

阴极电容  $C_K$  一般选用  $25 \sim 50$  微法。

### 三、阻容耦合电路

两级放大电路的连接叫做耦合。常用的耦合方式有阻容耦合与变压器耦合两种。电

些电容的总和为  $C_z$ , 即

$$C_z = C_0 + C_{gk} + C_{ag}(1 + K_2)$$

式中:  $C_0$ —— $G_1$  屏极电路的分布电容 (包括  $G_1$  屏阴之间电容  $C_{ak}$ );

$C_{gk}$ —— $G_2$  栅阴之间的电容;

$C_{ag}(1 + K_2)$ ——由  $G_2$  屏栅电容  $C_{ag}$  反射到栅极回路的等效电容,  $K_2$  为后一级的放大倍数。

由于  $C_z$  的存在, 它将影响放大电路高频段的增益\*。

$G_1$  放大电路的等效电路如图 1.1.9 B 所示。

为了便于分析, 我们将音频范围 (20~20000 赫) 大致分为三个频段来考虑。因为放大电路工作频带的宽度是由下限频率  $f_D$  和上限频率  $f_G$  来决定的, 如图 1.1.10 所示。如果以中间频率 (一般取 1000 赫) 的增益\*为基准 (此频率时的增益作为零分贝), 如果当频率降低到  $f_D$  时增益下降了 3 分贝, 则  $f_D$  就叫下限频率; 如频率升高到  $f_G$  时, 增益也降低了 3 分贝, 则  $f_G$  叫作上限频率, 而  $f_D \sim f_G$  之间为工作频带的宽度。频段划分的大致范围是:  $(3 \sim 4)f_D$  以下为低频段;  $f_G / (3 \sim 4)$  以上为高频段; 中频段则介于上述频段之间。例如  $f_D$  为 50 赫,  $f_G$  为 10 千赫的频带, 50 赫到 150 赫为低频段; 150 赫到 3 千赫为中频段; 从 3 千赫到 10 千赫为高频段。对于图 1.1.9 B 等效电路, 在不同频段时, 可以简化为图 1.1.11 所示的三个等效电路。

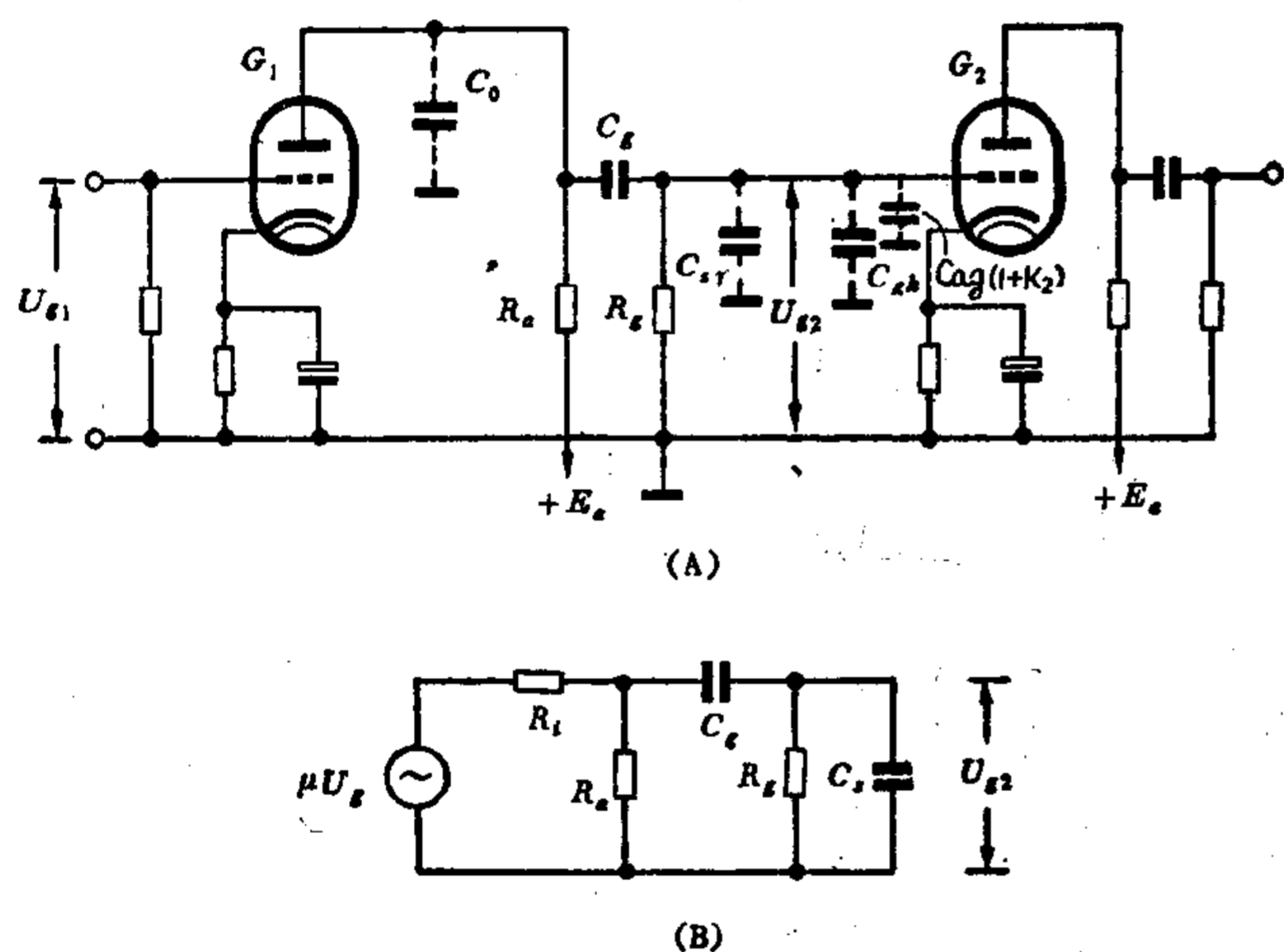


图 1.1.9

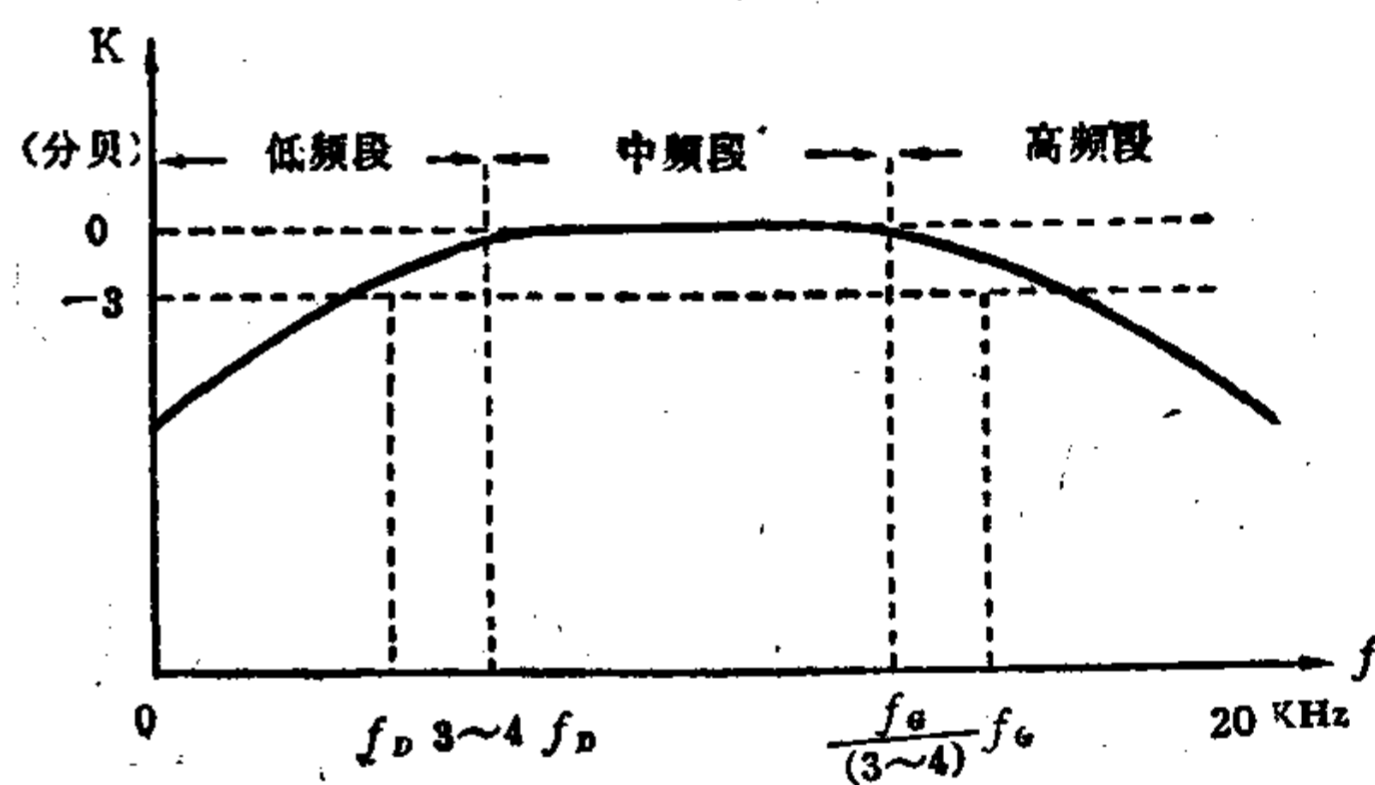


图 1.1.10

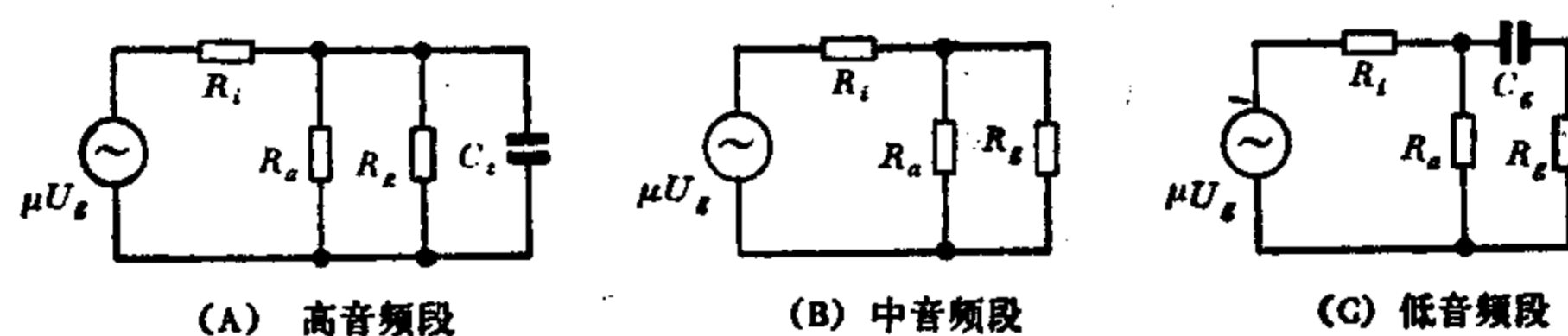


图 1.1.11

高频段时,  $C_g$  与回路串联, 它的容抗很小可忽略不计,  $C_z$  与回路并联, 影响高频增益,  $C_z$  越大高频增益越小, 上限频率越低。上限频率由下式决定

$$f_G = \frac{1}{2\pi R_0 C_z} \quad (1.1.13)$$

式中

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_a}}$$

\* “增益”是指一个信号经过一个网络后, 输出端的值与输入端的值的比, 可用无名数 (倍数) 表示, 也可用对数值表示。为了计算便利一般常用后者, 这时其单位即为分贝 (dB) 或奈培 (N)。



中频段时,  $C_g$  容抗较小,  $C_s$  容抗很大都可忽略不计。这时中频段的增益为

$$K = \mu \frac{R_a // R_g}{R_i + R_a // R_g} \quad (1.1.14)$$

低频段时,  $C_s$  容抗较中频段时更大, 可忽略不计, 影响低频增益的是  $C_g$ 。  $C_g$  越小, 低频增益越小。下限频率由下式决定

$$f_D = \frac{1}{2\pi \left( \frac{R_i R_a}{R_i + R_a} + R_g \right) C_g} \quad (1.1.15)$$

由上述分析可知, 如果适当增大耦合电容  $C_g$ , 同时在电路结构方面尽可能减小分布电容  $C_s$ , 可使频带展宽以取得较好的频响特性。

**3. 电路元件的选择** 耦合电容  $C_g$  适当选大一些, 可以减小低频段增益的损失。但应注意, 容量较大的电容器, 一般体积较大且绝缘电阻不高。电容器的体积大, 其分布电容也大, 这会使高频段增益损失加大; 绝缘电阻不高, 电容器隔直流性能不好, 屏极直流高压会使下一级电子管栅极趋正, 而影响下一级正常工作。

$C_g$  一般采用 (0.01~0.1) 微法。  $R_g$  一般选用 (0.25~3.0) 兆欧。  $C_g$  的绝缘电阻应大于  $R_g$  100 倍以上。

#### 四、去耦电路

去耦电路的作用, 是消除多级放大电路之间的寄生耦合。去耦电路有串联去耦电路和并联去耦电路两种形式。

**1. 串联去耦电路** 图 1.1.12 为串联去耦电路。图中  $C_{e1}, C_{e2}$  为去耦电容, 也称滤波电容;  $R_{e1}, R_{e2}$  为去耦电阻, 也称滤波电阻, 它们串接在直流电源回路中, 叫做串联去耦电路。适当选择  $R_{e1}$  和  $R_{e2}$  的大小, 一方面可以消除寄生耦合, 同时也有降压作用, 可使前级电子管取得合适的屏压。

**2. 并联去耦电路** 图 1.1.13 为并联去耦电路。图中  $R_{e1}, R_{e2}$  等去耦电阻并接于电源直流回路中, 叫做并联去耦电路, 适当选择  $R_{e1}, R_{e2}, \dots$  等阻值的大小, 有与串联去耦电路相同的作用。

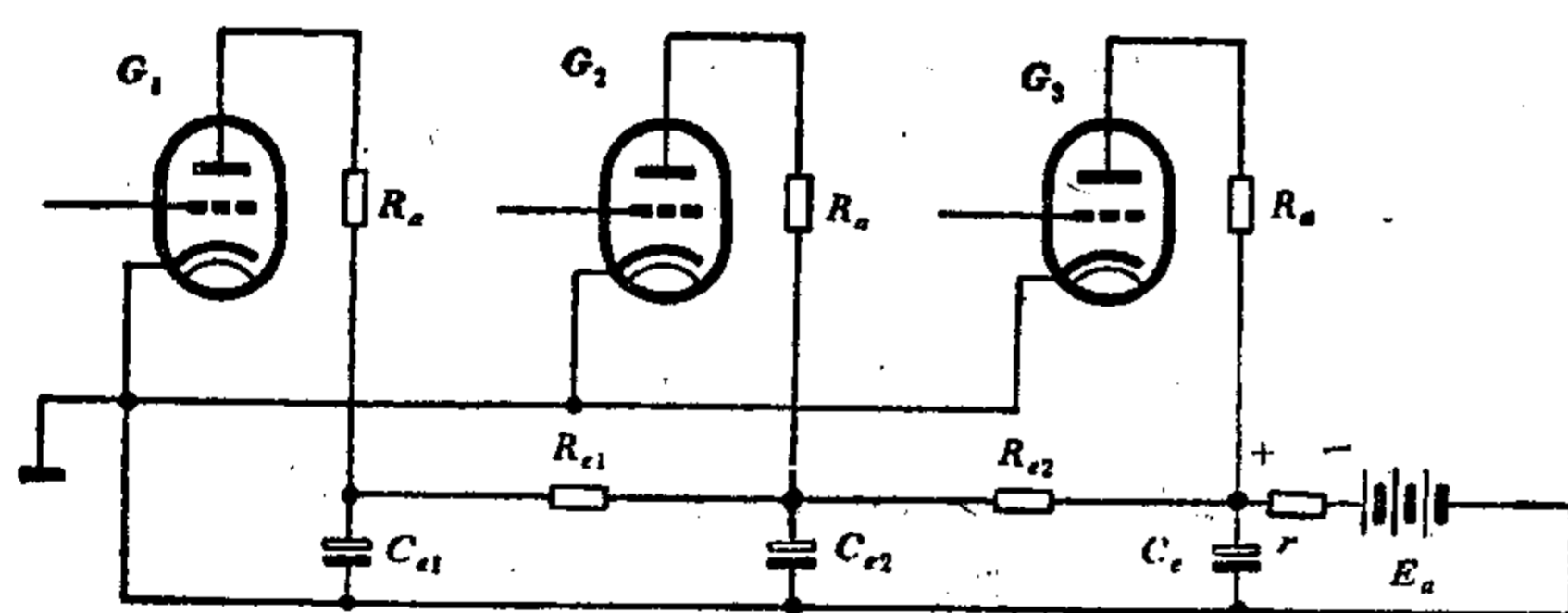


图 1.1.12

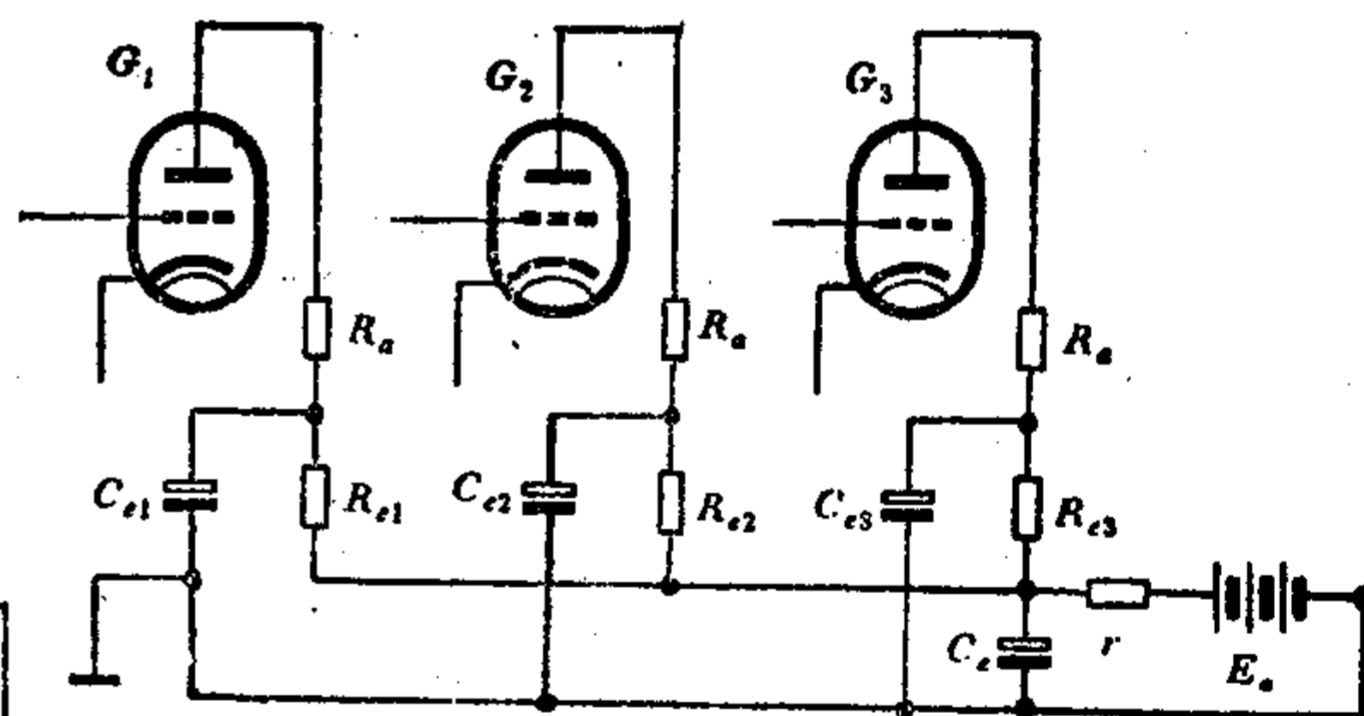


图 1.1.13

**3. 去耦电路的原理** 多级放大电路中去耦电路的等效电路如图 1.1.14 所示。图中电源内阻  $r$  相当于电压反馈电阻, 反馈电压的瞬间极性如图中虚线所示。反馈电压与  $G_2$  管栅极信号电压极性相同, 故为正反馈; 与  $G_3$  管栅极信号电压极性相反为负反馈。负反馈会使放大电路的增益降低。正反馈有可能产生寄生振荡, 以致破坏放大电路的正常工作。所以要求电源内阻越小越好。由于一般电源滤波电路都用串联电感(或电阻)及并联电容, 故频率越低, 其阻抗越大。因此频率越低, 电源内阻  $r$  上的压降越大, 寄生耦合作用越强, 所以, 电源电路中, 这种寄生耦合引起的振荡频率一般都很低。当加上去耦电路后, 电源内阻  $r$  上的音频分量通过去耦电路时, 由于去耦电阻  $R_e$  的阻值比去耦电容  $C_e$  的容抗大得多, 所以, 这种音频分量几乎都降在  $R_e$  两端, 而  $C_e$  的容抗很小, 故在其上的降压极小, 这就大大减弱了寄生耦合影响, 起到了去耦作用。但也要看到另一情况, 即负载和电源电路中常包含有电抗成分, 如果去耦电路中的电容与此电抗在某一工作频率上形成谐振, 这时可能使电源的内阻大大增加, 以致引起自激。

**4. 去耦电路的元件选择** 去耦电阻  $R_e$  的阻值由电子管屏流  $I_a$  (五极管时包括帘栅流) 和电子管要求的

屏压  $E_a'$  确定。若电源电压为  $E_a$ , 则

$$R_e = \frac{E_a - E_a'}{I_a} \quad (1.1.16)$$

一般情况下, 串联去耦电阻取 10~20 千欧; 并联去耦电阻一般取 20~50 千欧。去耦电容一般取 10~20 微法。

## 五、多级电压放大电路

一般扩音机都需要采用多级电压放大电路来放大微弱的输入信号电压, 以

满足功放级所需要的推动电压, 得到额定功率输出。并要求失真小, 有较低的噪声电平和较好的频率响应。

1. 基本电路 多级电压放大基本电路如图 1.1.15 所示。图中,  $G_1$  是信号输入放大级,  $G_2$  是中间放大级、

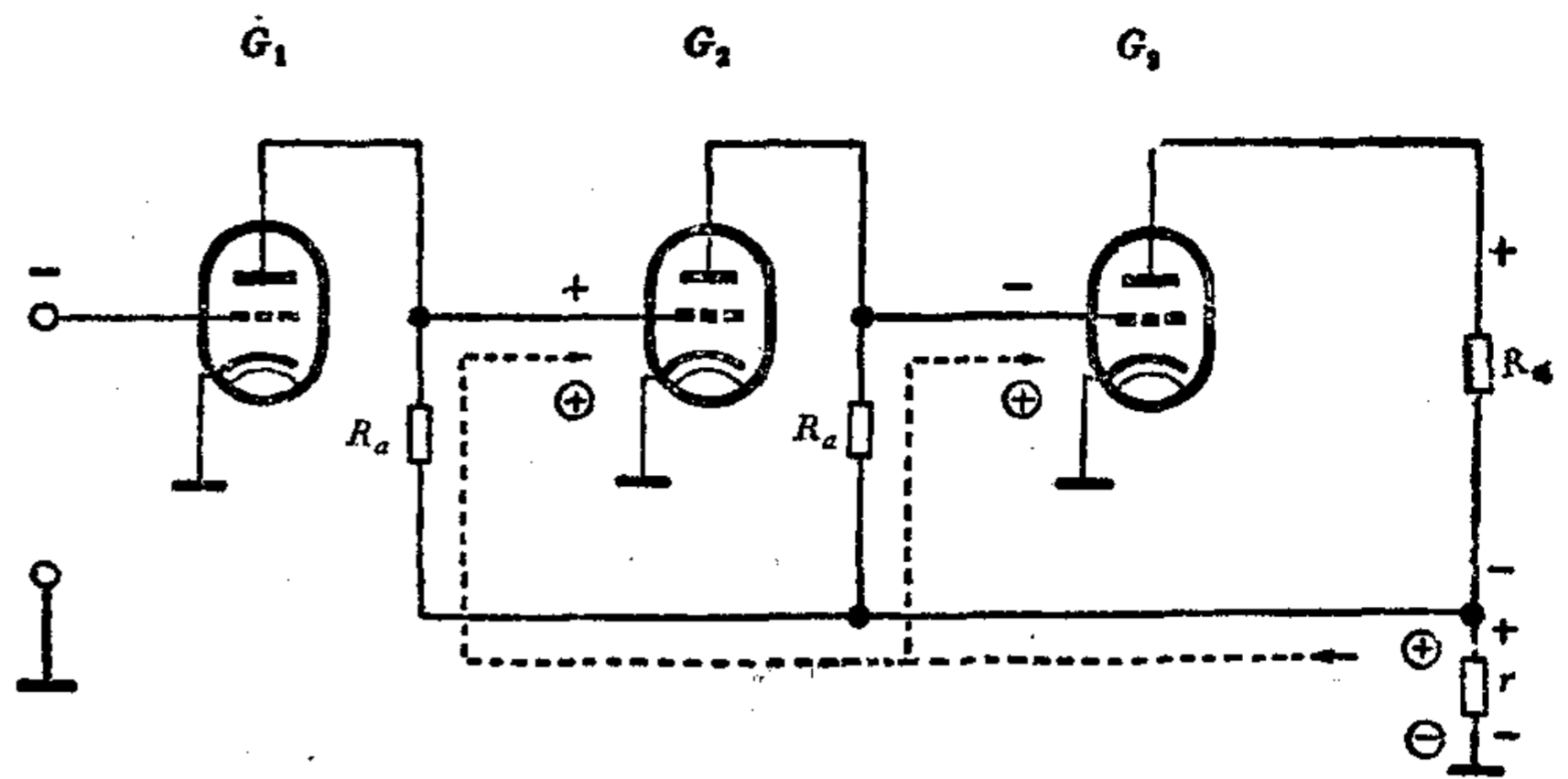


图 1.1.14

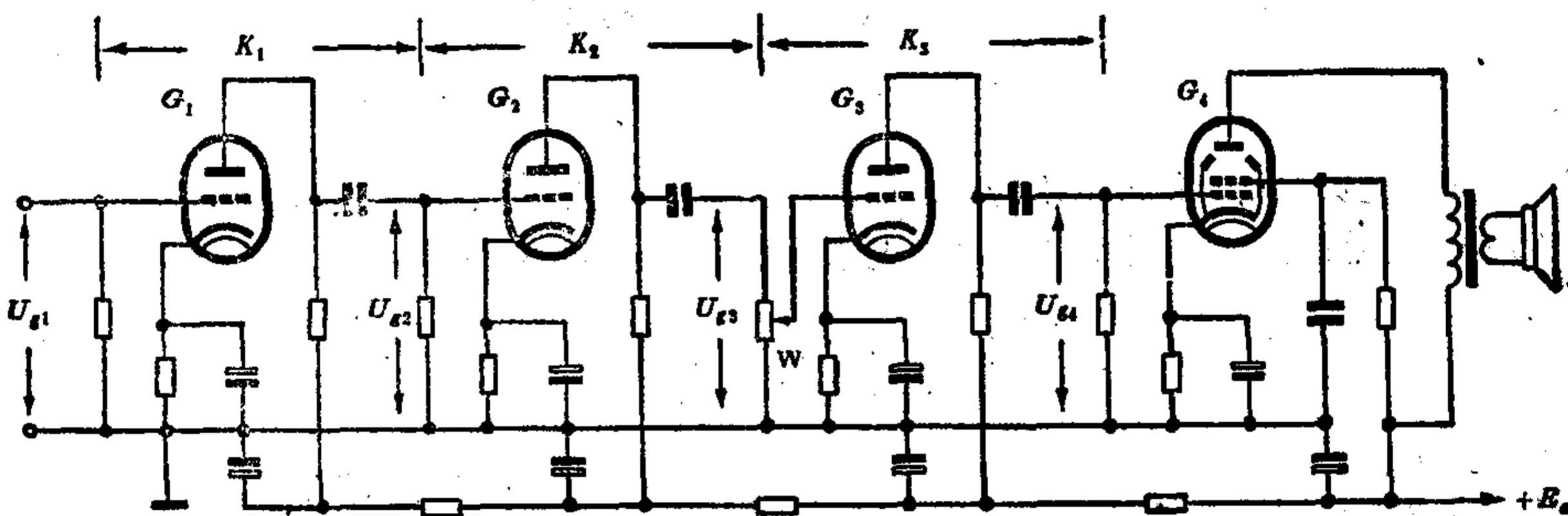


图 1.1.15

$G_3$  是推动放大级的电子管, 它们组成三级电压放大电路。  $G_4$  作单管功率放大, 采用变压器耦合输出。各电压放大级之间均采用阻容耦合。各级都是自生负偏压电路。屏极电源供电电路中采用串联去耦电路。

2. 放大倍数的计算 多级电压放大电路的总放大倍数, 等于各级放大倍数的乘积

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (1.1.17)$$

式中  $K_1, K_2, K_3$  为各级放大器的放大倍数。

计算或测量音频放大电路的放大倍数时, 通常采用的信号频率为 1000 赫。所以某一级电压放大倍数, 可按中频段时的公式(1.1.14)计算。

## 六、混合电路

具有多路输入信号通道的扩音机, 为了对各路输入信号分别或同时(混合)放大, 一般都采用混合电路。常用的有输入混合电路、级间混合电路、屏极混合电路等。

1. 输入混合电路 这种电路如图 1.1.16 所示, 结构简单, 一般用于输入信号电平较高的(如录音重放)混合电路。  $R_1$  和  $R_2$  为隔离电阻, 它的作用是防止有一路电位器旋至地端时而短路另一路信号, 并且可使调节某一路音量时, 对其他各路的音量影响较小。缺点是加入隔离电阻后, 对输入信号有衰减作用。由图可知,  $R_1$  和  $R_2$  的存在相当于电路中接入了串联分压衰减电路。如  $R_1 = R_2$ , 并且  $R_2$  一端接地, 则电路的衰减比为 0.5。这种混合输入电路的缺点, 是不适合作话筒输入混合电路, 因电路灵敏度高, 调节电位器时, 容易引起杂音。

2. 级间混合电路 这种电路如图 1.1.17 所示, 一般作为弱电平输入信号(如话筒)混合电路。弱电平信号经放大后, 再进入混合电路有利于提高电路信杂比。

3. 屏极混合电路 屏极混合电路如图 1.1.18 所示。电路中没有隔离电阻。两电子管( $G_1$  与  $G_2$ )的屏极直接相联。这种电路也较简单实用。由于并联后形成了两管内阻的并联, 使屏极负载电阻降低, 故这种电路只适用于五极管。如采用三极管, 会引起增益下降。

4. 混合电路的要求 输入到混合电路的各路信号电压值, 应该相差不大。如图 1.1.19 所示, 图中拾音



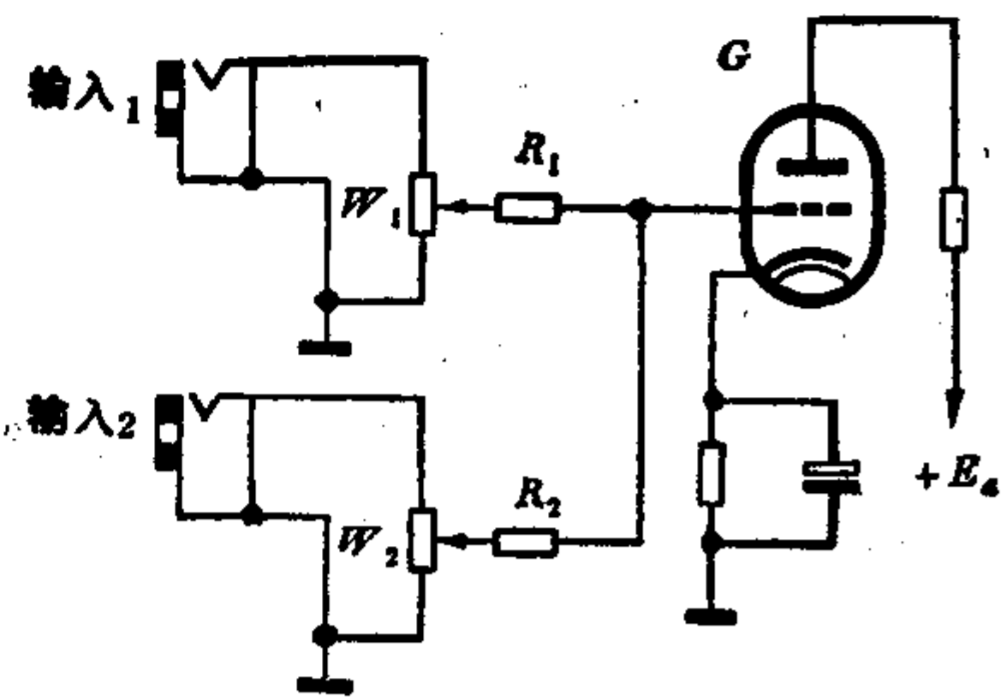


图 1.1.16

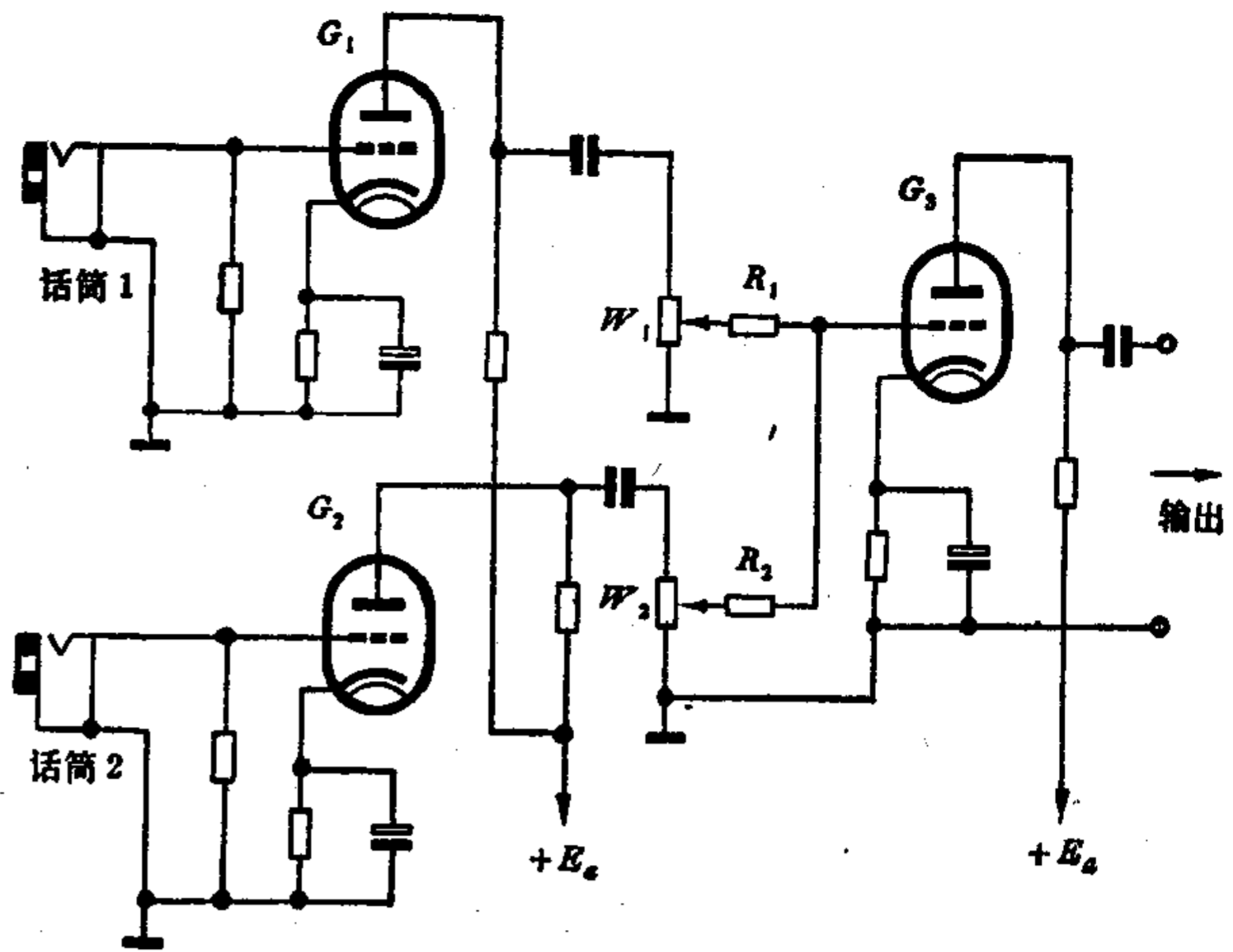


图 1.1.17

器信号电压约为 100 毫伏，话筒信号电压约为 2.5 毫伏。为使加至混合电路的信号基本一致，故话筒信号先经一级电压放大后再加到混合电路，则输入到混合电路的各路信号电压值相差不大。

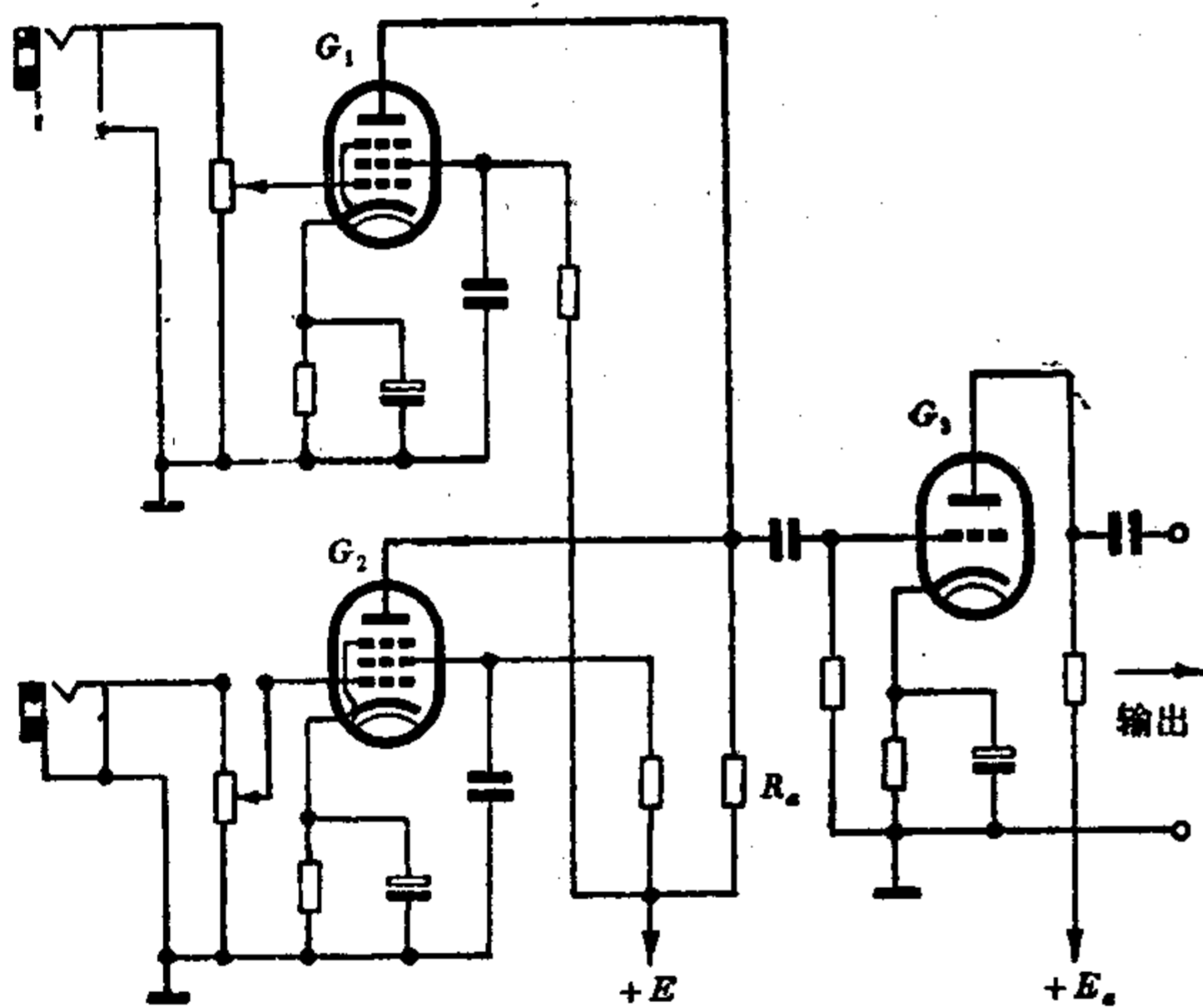


图 1.1.18

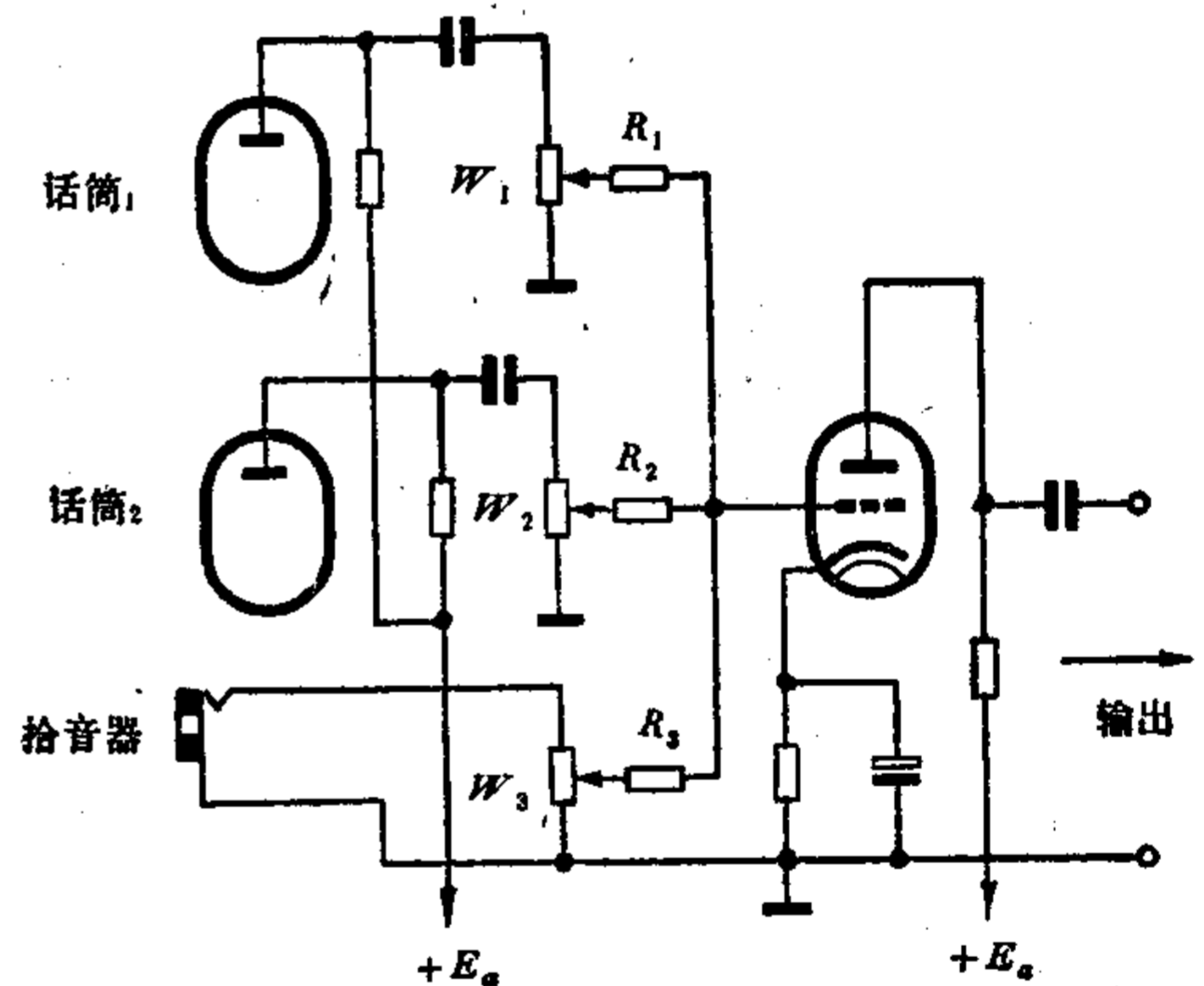


图 1.1.19

混合电路中的隔离电阻，数值不可太小，一般可与电位器的阻值接近或相同，如电位器阻值为 500 千欧，则隔离电阻约为 250~500 千欧。隔离电阻数值如果太小，调节某一路音量时，将影响其他路音量发生显著变化。

混合电路一般用到三路。如果输入电路较多，则衰减也大。所以，路数较多的混合电路，在整机中通常采用分组混合电路，各组输出经放大后再混合。

## 七、负反馈放大电路

将放大器输出端的一部分输出信号，送回到输入端，这个过程叫做反馈，回送的信号，称作反馈信号。如图 1.1.20。如果反馈信号与输入端原有的信号相位相反，那么反馈作用使有效(净)输入信号减小，放大器的放大倍数减小，这种反馈叫负反馈；反之，若反馈信号与输入端原有输入信号相位相同，其结果使有效输入信号增加，放大器放大倍数增加，这叫正反馈。

正反馈虽能提高放大倍数，但使放大器的工作稳定度、失真、频率响应等性能都显著变劣，因此在一般放大

电路中很少采用。负反馈虽使放大倍数降低，但如应用适当，可以使噪声、失真、频响等性能都得到改善，并且可使放大器的稳定度提高，所以负反馈在放大电路中被广泛应用。

根据从放大器输出端取得反馈信号的方法不同，以及反馈信号加到输入端的形式不同，反馈的基本类型可分为电压串联负反馈、电压并联负反馈、电流串联负反馈和电流并联负反馈四种。

1. 电压串联负反馈 如图 1.1.21 是一级电压串联负反馈放大电路。从图中可以看出，放大器输出端由  $R_{F1}$  和  $R_{F2}$  组成反馈分压网络，从  $R_{F1}$  上取得反馈信号电压  $U_F$  加到输入端。反馈作用的大小，决定于  $R_{F1}$  和

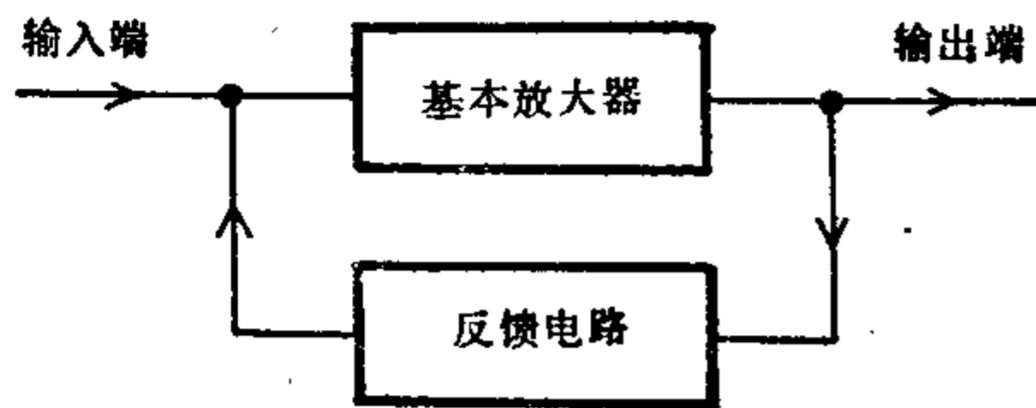


图 1.1.20

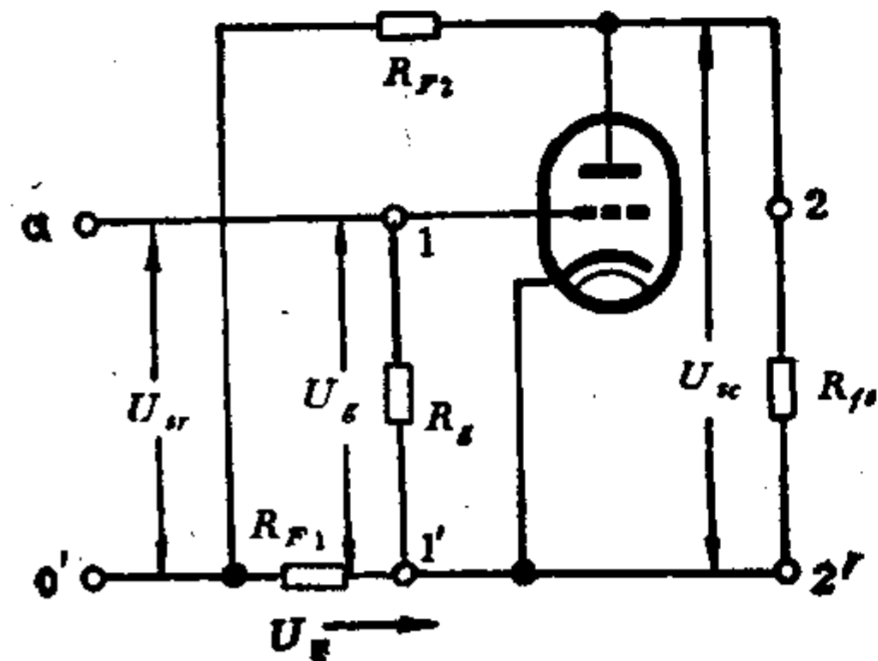


图 1.1.21

$R_{F2}$  的比值。反馈信号的强弱与输出电压  $U_{sc}$  成比例，所以叫做电压负反馈。判断是不是电压负反馈，只要将输出负载短路，即  $U_{sc}=0$ ，如果此时  $U_F=0$ ，则为电压负反馈。

从图中还可看出，反馈电压  $U_F$  与输入信号电压  $U_{sr}$  相串联加到电路的输入端，因此，这种电路叫电压串联负反馈。

反馈电压  $U_F$  和输入电压  $U_{sr}$  相位相反，所以放大器的净输入电压为

$$U_g = U_{sr} - U_F \quad (1.1.18)$$

由上式可以看出，如果负载电阻  $R_{Lz}$  减小，引起输出电压  $U_{sc}$  减小时， $U_F$  也要减小，则  $U_g$  增大； $U_g$  的增大又引起  $U_{sc}$  增大，因此抵消了由于  $R_{Lz}$  减小所引起的使  $U_{sc}$  减小的作用。这就是说，利用电压串联负反馈后，有使输出电压  $U_{sc}$  保持不变的倾向，减小了负载  $R_{Lz}$  变化对工作的影响。

1) 电压放大倍数(电压增益)和反馈系数 如图 1.1.21 所示的负反馈放大电路，它本身无反馈时的放大倍数为

$$K = \frac{U_{sc}}{U_g} \quad (1.1.19)$$

当加入负反馈时，其反馈作用的大小，如前所述决定于  $R_{F1}$  与  $R_{F2}$  的分压比，即决定于输出电压  $U_{sc}$  和反馈电压  $U_F$  之比，以反馈系数  $F$  表示

$$F = \frac{U_F}{U_{sc}} \quad (1.1.20)$$

由图中看出，当加入负反馈时，由于反馈电压  $U_F$  的影响，使有效输入信号电压  $U_g$  减小，其衰减程度的大小，以输入信号  $U_{sr}$  与有效信号电压  $U_g$  之比来衡量，一般用衰减系数  $\alpha$  表示

$$\alpha = \frac{U_g}{U_{sr}} \quad (1.1.21)$$

由式(1.1.19)可知无反馈时输出电压为

$$U_{sc} = KU_g$$

存在负反馈的情况下，为了输出端仍能获得原有的输出电压  $U_{sc}$ ，则负反馈放大器的输入信号电压  $U_{sr}$  必须比不加负反馈时的净输入电压  $U_g$  增大。由式(1.1.18)可知

$$U_{sr} = U_g + U_F$$

由式(1.1.20)和式(1.1.19)可得

$$U_F = FU_{sc}$$

$$U_{sc} = KU_g$$

代入上式得