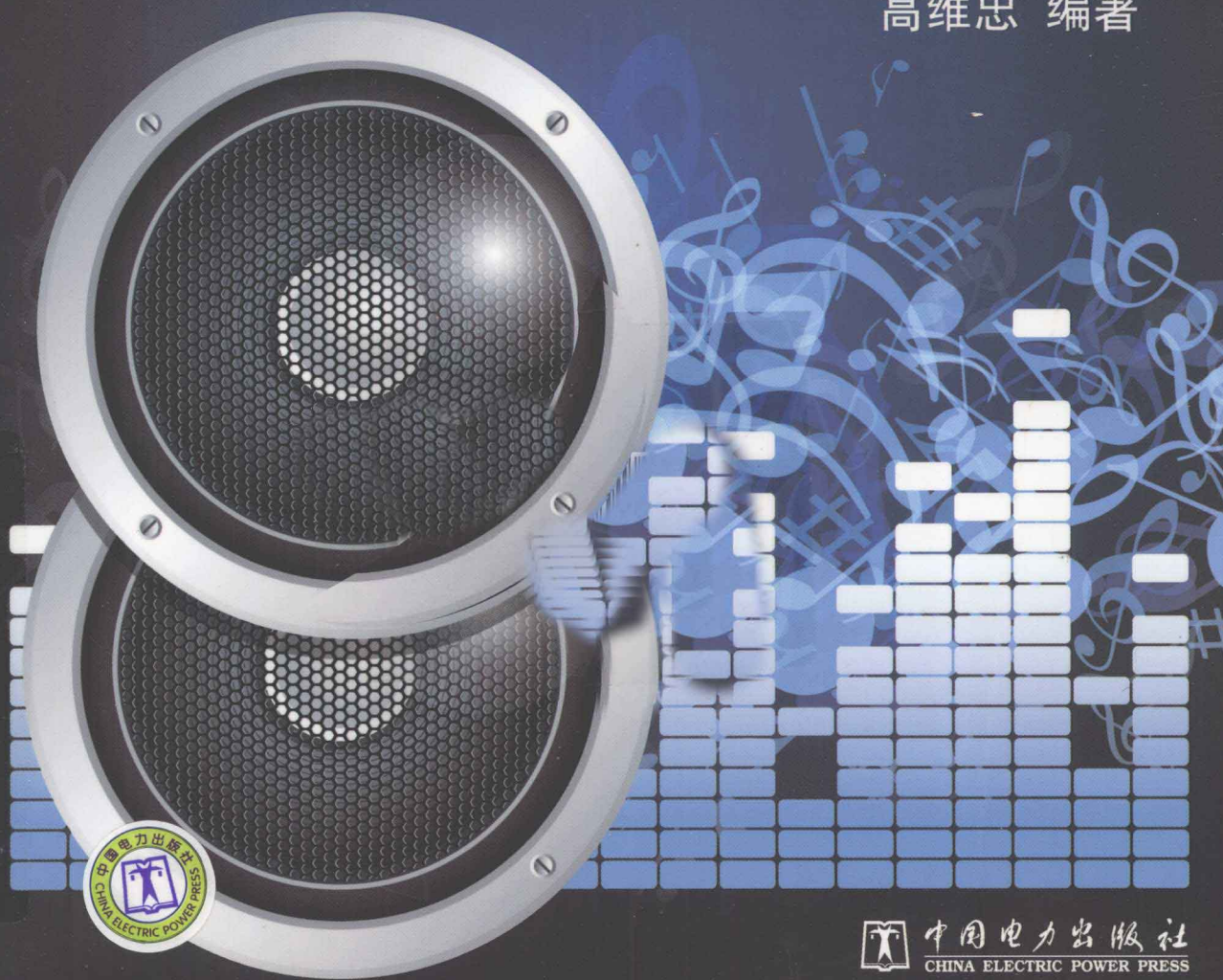


# 音响工程设计 与音响调音技术

(第二版)

高维忠 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 音响工程设计 与音响调音技术

(第二版)

高维忠 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了音响工程和音响调音中所用的音响设备及其使用,重点介绍了声场设计方法以及抑制啸叫的方法,尤其对最新的数字调音台、数字音频工作站等数字音响设备进行了详细介绍。内容包括音响调音基础知识、电子电路基础知识、声学基础知识、音频线缆与接插件、电声器件、声源设备、调音台与信号处理系统以及音响系统、音响工程设计、扩声系统的调节和灯光基础知识。本书内容注重实际使用和实际设计方法,力求能解决实际问题。

本书适合从事现代音响工程设计的技术人员及音响调音人员阅读,也可供相关专业的技术人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

音响工程设计与音响调音技术/高维忠编著. —2 版. —北京:  
中国电力出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-5123-1659-1

I. ①音… II. ①高… III. ①音响设计②音频设备—调音  
IV. ①TN912. 271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 083439 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 2 月第一版

2011 年 7 月第二版 2011 年 7 月北京第四次印刷

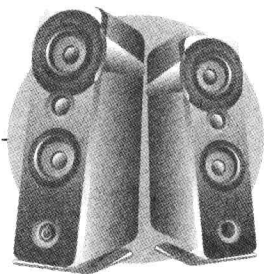
787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.125 印张 614 千字

印数 9001—12000 册 定价 49.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

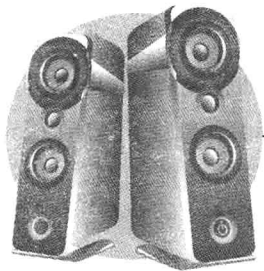
版权专有 翻印必究



本书自2007年出版第一版以来,承蒙广大读者支持,先后三次印刷,销售近万册,编者在这里诚心诚意地感谢各位读者。鉴于本书出版到现在已历时四年,而在这四年中音响扩声技术及设备方面也发生了一些变化,出版社和编者商量后达成共识,决定对第一版做一些必要的修改和增加一些新的内容。在第二版中,编者对“第二章电子电路基础知识”的内容增加了数字电路基础知识、信号的输入、输出形式及传输方式等相关内容;对“第三章声学基础知识”内容重点增补了关于室内声场环境方面的一些知识;对“第四章音频线缆与接插件”内容增加了一些接插件接线知识等内容;对“第五章电声器件”内容的传声器部分和扬声器部分均增加了一些有用知识;对“第八章音响系统”、“第九章音响工程设计”的内容增加了一些内容,尤其是工程设计举例方面的说明更具体一些,便于读者按照书中内容自己完成声场设计,并对声场设计有理性认识;对“第十章扩声系统的调节”内容做了重点增补,将编者近四年来在培训中学员提出的代表性问题进行了详细分析,例如,扩声系统电平调节方法讨论、关于音响系统中设备间连接的阻抗关系以及对各种周边设备在系统中的作用等进行了分析,从而对系统统调从理论上进行了说明。实际上除了正规演出场所和演出团体配有专职灯光师外,大部分场合只有音响师,没有灯光师,灯光操作由音响师兼职,所以对于音响师而言,了解一些灯光的基础知识是非常必要的,因此再版时增加了第十一章灯光基础知识,介绍了光学的基础知识和灯具的基础知识。

希望本书第二版的修改对广大读者有一定帮助。

编者



# 第一版前言

音响工程设计与音响调音技术(第二版)

随着社会的发展,音响系统的使用领域越来越广泛,包括文艺演出场所、文艺娱乐场所、各种会议活动场所、各类体育场馆、影视制作、广播电台、电视台以及机关、学校的多功能厅、校园广播以及其他各种公共广播等领域。目前已经完成、正在使用的音响系统数量已经非常大,将要建设的数量同样非常巨大。由于种种原因,大量正在使用的音响系统中有不少面临着更新改造任务,所以目前音响系统工程设计的项目非常多,并且对音响系统的质量要求也提高了;同时音响器材也在不断更新换代,新品种、新器材不断涌现,数字设备在很多领域将逐步替代模拟设备,综合性数字设备的出现改变了传统音响系统的构成,例如数字处理器、媒体矩阵的出现,大大减少了构成系统的设备台数,减少了系统接线,加上网络技术的应用,选择的余地增大很多。面对这种情况,要完成一项设计得当、安装规范、使用方便、性能良好的音响工程需要具有许多与音响工程、音响调音、各种设备基本工作原理、作用与性能等相关专业知识和丰富的实践经验。现代音响工程的设计、施工和调音工作者需要掌握必要的电子技术、电声、建筑声学方面的基础知识,音乐方面最基础的知识,常用音响设备的原理及使用知识,要初步掌握对声音质量的评价知识等,涉及的专业门类包括电子学、声学、电声学、建筑声学、光学、音乐和心理学等。本书的目的就是力图用较少的篇幅、较浅的专业理论介绍上述与音响系统工程及音响调音技术相关的知识。

音响工程设计首先要在可能的条件下创造一个符合音响扩声要求的环境,接着要设计一套满足相应功能要求的音响系统,然后按照规范施工安装,最后要将音响系统调整到能产生优美声音的状态,并且力争用比较经济的手段来完成。这里首先牵涉到对现有建筑是否能满足音响扩声的声学要求评估,然后做出必要的补救措施设计,接着应该根据声场设计知识来计算,确定扬声器系统的布置与选型,再根据所选择扬声器系统的情况完成对功率放大器的选型,以及设计整套音响系统构成,画出系统方框图,决定音源、调音台、周边设备等各种设备的配置和选型,确定音控室的布置,画出设备安装、布置图,画出管线布置图,选择相应的线材、辅件,拟定施工、安装、调试、验收方案,计算工程总费用。如果是招、投标工程,还要制作投标书,参加投标活动,最后还需要完成、提交全套工程文件。大多数情况下,在安装、调试过程中还要同时对用户操作音响系统的具体人员进行操作、维护培训。

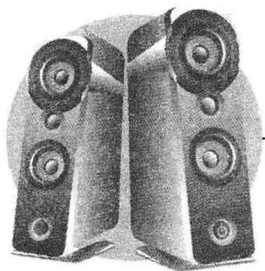
从事音响系统工程的人员必须对音响调音工作有相当程度的了解,否则不可能知道该音响系统是否能达到预期的要求。因为音响系统工程不是以“会出声音”,能够“响”作为验收标准的,也不是以达到测试指标作为最终验收标准的,还要通过主观音质评价,也就是声音响得好不好,来确定音响系统工程是否最终满足要求;同样对于音响调音员来说,如果想

达到比较高的水平，就应该对音响系统工程的知识有相当程度的了解，否则就没有能力对现有系统做出改进、提高，更没有可能自己来完成增加一套新音响系统的设计、选型了。所以从事音响系统工程和音响调音操作的人员都应该掌握音响系统设计及音响调音技能知识，只是各有所侧重而已，那种认为从事音响系统工程的人员只要知道设备安装、调试就行了，或者认为从事音响调音的人员只要知道自己所用的这套系统如何操作就行了的思想是有欠缺的，是不利于业务提高的。

本书中列举了各类音响设备的典型产品举例，目的是通过举例说明该类设备的原理、功能以及使用。国内外生产同类音响设备的厂家非常多，同一类音响设备不同型号的产品就更多了。而在编写本书中每一类音响设备只能取一两个型号产品作为举例来说明，编者举例的原则是手头有该产品的资料，并且该型号产品在功能上具有一定的代表性，或者是该型号产品资料（使用手册、产品说明书）中有在其他型号同类产品资料中没有介绍到，而恰恰是编者认为需要介绍的内容，通过对该型号产品的介绍能使读者掌握对该类产品的使用，但不代表编者有意推荐此型号产品，也不说明举例的产品属于同类产品中最好的。

**编者**





# 目 录

音响工程设计与音响调音技术(第二版)

前言	
第一版前言	
<b>第一章 音响调音基础知识</b> .....	1
第一节 音响系统组成.....	1
第二节 音响调音工作简介.....	2
第三节 音响工程和音响调音中常用的工具、设备和焊接技术.....	3
第四节 电声设备技术指标的意义和测量 .....	10
第五节 常用音频测量仪的种类、用途和简单工作原理 .....	18
<b>第二章 电子电路基础知识</b> .....	30
第一节 电路基础知识 .....	30
第二节 电磁感应定律 .....	36
第三节 电子元器件基础知识 .....	37
第四节 整流电路及直流稳压电路 .....	40
第五节 电压放大电路 .....	42
第六节 功率放大电路 .....	47
第七节 数字信号基础知识 .....	51
第八节 信号的输入、输出形式及传输方式 .....	57
<b>第三章 声学基础知识</b> .....	63
第一节 声音的产生与声波的物理量 .....	63
第二节 人耳的听觉特性 .....	66
第三节 声波传播的几种状态 .....	68
第四节 相关电声名词术语 .....	71
第五节 混响和混响时间 .....	75
第六节 室内声场环境 .....	78
第七节 语言和音乐的特性、乐声的频率 .....	84
<b>第四章 音频线缆与接插件</b> .....	86
第一节 音频线缆的用途、种类和特点 .....	86
第二节 音频信号接插件的用途、种类和特点 .....	89
<b>第五章 电声器件</b> .....	93
第一节 传声器 .....	93

第二节	扬声器与扬声器系统·····	111
第三节	监听耳机·····	124
<b>第六章</b>	<b>声源设备·····</b>	<b>126</b>
第一节	卡座·····	126
第二节	电唱机·····	131
第三节	电子乐器(电子钢琴)·····	134
第四节	激光唱机和视盘机·····	138
第五节	MD 录放机·····	142
<b>第七章</b>	<b>调音台与信号处理系统·····</b>	<b>147</b>
第一节	调音台·····	147
第二节	调音台电平调节举例及与外部设备的连接·····	175
第三节	频率均衡器·····	177
第四节	压限器·····	181
第五节	延时器·····	190
第六节	混响效果器·····	192
第七节	噪声门·····	204
第八节	电子分频器·····	206
第九节	声激励器·····	211
第十节	反馈抑制器·····	215
第十一节	自动混音台·····	218
第十二节	功率放大器·····	223
第十三节	媒体矩阵·····	231
第十四节	数字音频工作站·····	241
<b>第八章</b>	<b>音响系统·····</b>	<b>252</b>
第一节	音响系统的构成和工作原理·····	252
第二节	音响系统接口的配接原则·····	255
第三节	音响设备相位关系的正确处理·····	256
第四节	功率放大器与扬声器系统的配接及声压级估算·····	257
第五节	视频信号的概念·····	266
第六节	晶闸管和灯光控制·····	269
第七节	音频系统接地问题·····	270
<b>第九章</b>	<b>音响工程设计·····</b>	<b>272</b>
第一节	声场设计概论·····	272
第二节	扩声系统声学指标·····	276
第三节	室内扩声系统的技术指标及物理意义·····	286
第四节	扩声系统技术指标的测量·····	288
第五节	工程设计举例·····	291



第六节 扩声过程中啸叫的产生机理和抑制方法	310
<b>第十章 扩声系统的调节</b>	319
第一节 几种音频处理器的正确使用及系统开启	319
第二节 音频处理器的整体运用及其对音乐的综合处理	328
第三节 主观音质评价	332
第四节 与音响有关的一些基本概念	338
第五节 传声器的选择和使用	339
第六节 扩声系统中设备故障的判断与排除	343
第七节 扩声系统电平调节方法	346
第八节 关于音响系统中设备间连接的阻抗关系	355
<b>第十一章 灯光基础知识</b>	360
第一节 光的基础知识	360
第二节 灯具和电光源	364
<b>附录 音响技术术语英汉对照</b>	374
<b>参考文献</b>	391

# 第一章



## 音响调音基础知识

### 第一节 音响系统组成

最简单的音响系统可以由音源、前置放大器、功率放大器、扬声器组成的系统，如图 1-1 所示。该系统中的音源是一只传声器，用来将声信号转变成电信号，音源也可以是其他音源，例如磁带放音机、光盘播放机、MD 机等，如果音源不是传声器，甚至可以取消前置放大器。这个系统是作为会议用的最简单系统，要求有传声器，由于传声器的输出电压信号非常小，大约在 0.1mV 到几十毫伏之间，不足以直接推动功率放大器，功率放大器的灵敏度（额定输入）往往规定在 0dB (0.775) 左右，所以需加入前置放大器，将传声器输出的微弱电压信号放大到足以推动功率放大器的电压信号，再经过功率放大器将此电压信号进行电压放大和电流放大，也就是功率放大，功率放大器将放大的电功率信号输送给扬声器（我们通常称之为音箱），扬声器再将电功率信号转变成声信号辐射到空间，完成声音扩大作用，也就是扩声作用。

实际使用的绝大部分音响系统都比上述系统复杂得多，一般配备有好几种音源，例如卡座、CD 机、DVD 机、MD 机、有线传声器、无线传声器等。专业场合通常用调音台替代前置放大器，因为调音台比前置放大器的功能强大得多，它可以有比较多的输入通道，可以同时输入多路信号，能分别对输入到各输入通道的信号进行放大、加工处理及分配等，有比较多的输出通道。根据具体需要，也许要用好几台功率放大器，甚至数十台功率放大器，扬声器（音箱）通常要用好几对，甚至数十对。以上这些设备统称为主设备，除了主设备外，往往还要配置不少周边设备，例如频率均衡器、压缩器、限幅器、噪声门、扩展器、效果器、延迟器、反馈抑制器、声音激励器、移频器、电子分频器等。当然并不是每套音响系统中都具备上述周边设备的全部品种，根据具体需要也许只配备两种或三种，并且也可能其中一种周边设备就配备好几台。这些周边设备都有各自的功能，我们需要对主设备和周边设备的工作原理、功能、性能指标、各功能件的作用、操作方法等都有相当程度的了解，只有这样才能准确地选择、使用它们。图 1-2 就是一套投资不高的体育馆主音响系统方框图。

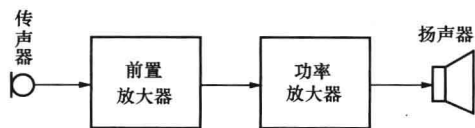


图 1-1 最简单的音响系统

图 1-2 中音源配备了 1 台 CD 机、1 台双卡座、4 只有线传声器、2 套无线传声器；配备了 1 台 16 路调音台、5 台立体声功率放大器、8 只为观众席服务的音箱和 2 只为场地服务的音箱；周边设备配备了 1 台双声道 31 段频率均衡器、1 台双声道压限器、1 台双声道反馈抑制器，控制室还配备了有源监听音箱和监听耳机。由于是体育馆，所以也不需要立体声扩



声，每台立体声功率放大器带两只音箱，也就是每1路功率放大器带1只音箱。可以看出这是一个不大的体育馆，观众席座位不很多，整套系统的价格也不高。图1-2的系统是体育馆主扩声系统是指该系统是为体育馆比赛大厅使用的，其实作为整个体育馆的音响系统除了主扩声系统外还应该有助扩声系统，主要为周围走廊、辅助用房、运动员更衣室、休息室、门厅等场所播送比赛情况、注意事项、通知等用，另外还应该有检录处单独使用的扩声设备，根据实际情况也许还有新闻发布用扩声设备等。虽然这套系统不很复杂，但是如果设计者没有一定经验和相应的知识，也不可能设计出切实可行的方案。另外，如果没有详细的方案说明、施工资料，即使有了这张系统图，施工者也很难实现设计者的意图，所以设计者还应该编写出详细的方案说明、采购清单、施工、安装、调试、验收方案等资料。

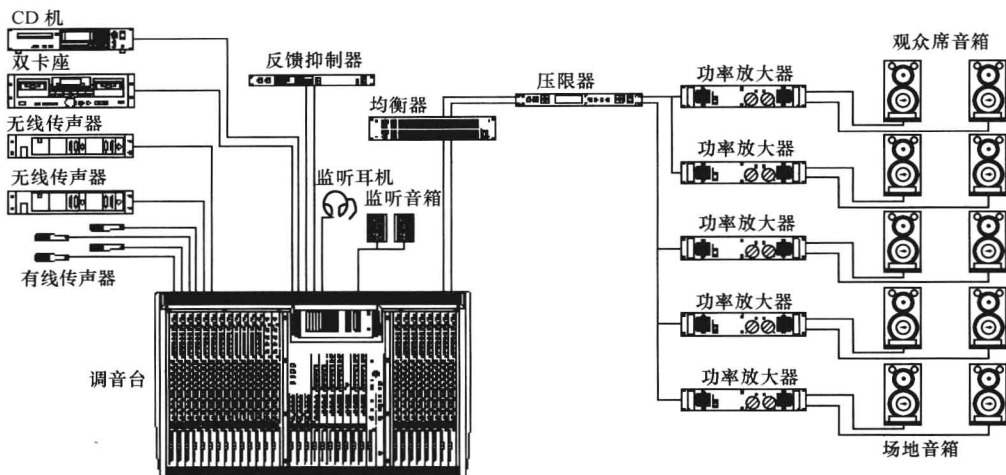


图 1-2 一套投资不高的体育馆主音响系统方框图



## 第二节 音响调音工作简介

音响调音是在符合听音标准的声学环境中，根据听音要求，正确连接音响设备，运用调音技术、技巧来操作音响设备，对具有不同特色的声源音量、音调、音色进行合理的调整、处理、分配，最后得到符合预期要求的声音，也就是满足节目制作意图或现场听众的听音需求。采用一些技术手段可以将声音效果美化，给原来的节目增加新的色彩，使其扩声获得意外的美化效果。调音师将多种音响设备采取最佳的连接方式，可以使整个系统达到高效率、高可靠、高保真、低噪声、优良音质的最佳状态。调音师可以利用自己具有的音乐知识和艺术修养对不同节目内容、不同演出人员的声音信号进行不同的调音处理。调音师利用扩声系统调出声音来和调得声音好听，这之间有着很大差距，调出声来很容易，调得声音好听就有难度了。绝大多数的扩声工作是在现场体现操作水平的，一旦操作有误就很难再有改正的时间和机会了，所以要不断积累经验，在操作时做到胸有成竹。有时会出现这样的情况，当将音量推子往上推，使得音量增大时就发生啸叫，为了避免啸叫不得不将推子往下拉，但是音量明显偏小，而要解决这个技术问题，就需要相对比较全面的知识。

如果一台很高雅、很有水平的文艺演出，经技术不到位的扩声操作，增加了失真，提高



了噪声，没有了原来节目的音色、音质，使原本一台很成功的演出因为扩声而大为逊色，这当然会引起观众和演出者的不满。相反，音响师也可以在调音中利用高超的调音技能，弥补演出现场的各种缺陷，包括声场缺陷、演员演艺的某些方面不足、大型乐队演奏时的失衡等，还可以美化、加强或削弱各种声音以求整体节目的完美。

### 第三节 音响工程和音响调音中常用的工具、设备和焊接技术

#### 一、电烙铁

电烙铁是在音响调音和工程中必不可少的焊接工具，应根据不同焊接物，选用不同电功率、不同形状焊接头的电烙铁。

##### (一) 电烙铁的结构和工作原理

电烙铁分为外热式电烙铁、内热式电烙铁和速热式电烙铁。外热式电烙铁是使用历史很久的电烙铁，目前焊接大焊点以及焊接时间比较长的加工制作，还在使用这种电烙铁，它经济、实用、耐用，但加热升温时间长，不适合间断性的短时间作业使用，额定电功率一般有 30、45、100、250W 等。内热式电烙铁加热升温时间短，额定电功率一般有 20、30W 等，在日常维修和小型产品的批量装配中用得很多，使用很普遍。速热式电烙铁加热升温很快，快速升温立即使用，作抢修、急修使用很适合。

目前最实用的是内热式电烙铁，由于其结构特点，使用时要精心。内热式电烙铁结构图如图 1-3 所示。

从图 1-3 中看出，内热式电烙铁是由烙铁头、发热元件、连接杆和胶木手柄组成。发热元件装入烙铁头内，这样加热升温快、加热效率高、体积小、质量小、节省电能，使用很方便。而外热式的电烙铁是把发热元件装入传热筒，然后由传热筒将热量传给烙铁头，工程中还会有大面积的大型件焊接，外热式大功率电烙铁也是需要的。在拆焊中，还经常使用吸锡电烙铁，就是在电烙铁上安装一个带塑料活塞的吸管，可以将焊接处的焊锡熔化后吸走，以便拆下元器件和去掉残留的焊锡。另外，根据用途不同，可以选择或自制各种形状的焊接烙铁头，方便使用。

##### (二) 电烙铁的使用和维护

操作人员在使用电烙铁时是带电操作，首要注意的是安全，应避免发生触电事故，对电烙铁电源线、电源插头和插座要经常检查有无破损、漏电；其次在电烙铁的烙铁头上易产生氧化物，要经常去除烙铁头上的氧化物，然后再镀上一层焊锡，以防烙铁头本身被氧化。电烙铁在长时间不用时，一定要切断电源，防止发生火灾，并且可以减少烙铁头的氧化或烧断电热丝。

在不进行焊接操作时，一定要将电烙铁放在耐热支架或烙铁盒上，保持电烙铁清洁，轻拿轻放电烙铁，这样，才能保证焊接操作的顺利、安全和可靠。

#### 二、钳子、镊子、旋具

在音响工程中，要经常用到的工具有尖嘴钳、斜口钳、克丝钳、镊子、旋具等，下面分别介绍。

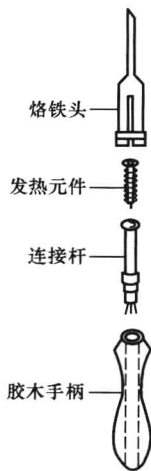


图 1-3 内热式电烙铁结构图



### (一) 钳子

(1) 尖嘴钳。顾名思义，在钳子的前端是一个细长的尖嘴，钳口上下互相吻合，可用于紧紧地夹住元器件、引线或代替手来钳住手伸不到的位置或手力不够的零部件，同时可以起到焊接时帮助散热的功能。

(2) 斜口钳。有上下吻合的一对非常锐利的刀口，而且刀口外面为平面，在装配中用以剪掉多余的线头，在工程中剪掉细金属丝，都非常方便得手。

(3) 克丝钳。和斜口钳类似，它具有有一对更坚硬的上下吻合的刀口，能够剪掉斜口钳承担不了的、更硬的金属丝等材料，如钢丝，所以俗称钢丝钳。这种钳子在音响工程中是必备的，经常要用的。

以上所讲的这几种钳子，都是长度在 150mm 左右的灵巧工具，携带使用比较方便，钳子的手握处，应有耐高电压、电绝缘性能好的橡胶材料等包裹。

### (二) 镊子

镊子是弹性很好的小型夹子，能轻巧地捡拾小物件、小零件，代替手夹住小件物品。在焊接小型元器件时，用镊子夹住物件焊接，镊子的作用是尖嘴钳代替不了的。另外，在焊接屏蔽电缆时，屏蔽层的引线必须使用镊子进行挑装。在音响工程中用的镊子，一般是由弹性很好的钢材制成，回弹性好，有尖口和圆口两种夹口，但不管哪一种夹口，都必须保证夹口部分严密吻合。使用镊子时，用手紧紧地捏住镊子，使夹口夹住物品；不用时，一松手镊子夹口立即回弹到原来分开的状态，这样的镊子才好用。

### (三) 旋具

旋具包括螺钉旋具、套筒等。螺钉旋具俗称螺丝刀、起子，规格有一字形和十字形，尺寸按其长度来度量（不包括手柄）。在音响工程中最常用的有 50、100、250mm 等尺寸。另外，还有成套的小型螺钉旋具，俗称“钟表起子”，在维修时也会用到。套筒用来紧固螺母，与螺母的规格相配套。在工程安装中，各种规格的螺钉、螺母都会遇到，现在市场上有规格比较齐全的成套螺钉旋具和套筒出售，使用方便，易于保管，在大型工程的安装中，还应配有电动旋具，省力省时，效率高、质量好。

旋具的手柄有木质的、橡胶的、塑料的，不管什么材料，都要电绝缘性好，防触电，并且刚性好，利于手持。

## 三、试电笔

在音响工程安装和音响扩声操作中，工作人员在随时携带试电笔，用来检测电源插座、配电盘设备及音响系统设备的漏电、带电状态。在音响系统中常用 500V 以下的低电压试电笔，以满足检测漏电等不安全因素的要求。

### (一) 试电笔的构成

试电笔的结构如图 1-4 所示。试电笔前端为金属试电探头，一般做成小螺钉旋具状，它后面接高阻值电阻、作为指示的氖灯、外罩，最后面是人手接触的导电金属笔夹。使用时将探头接触需要检测的部位，并用手触摸笔夹，氖灯通过窗口显示红色亮光，说明被探测处有电；氖灯不亮，说明被检测处没有电。现在还有 LED 显示的试电笔，有的还能粗略地显示

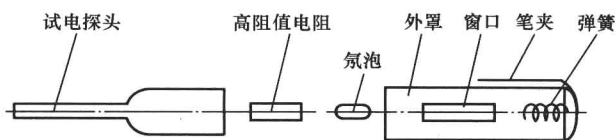


图 1-4 试电笔的结构



电压值大小，使用更方便。

## (二) 安全使用试电笔

在使用试电笔时，只能用手触摸笔夹处，一定不要触摸探头，并且仔细观看氖灯窗口或 LED 显示，确认是否带电，千万不能误判。为确保安全，试电笔在使用之前，应先在正常供电的电源插座上试验，看看氖灯是否红亮或 LED 显示是否正常，也就是确认试电笔能正常工作，然后再用这支试电笔去检测漏电，以防万一。

## 四、万用表

万用表是一种测量电压、电流、电阻的便携式仪表，还可用来粗略判断电容器、半导体二极管、三极管等元器件的性能好坏。目前常见的有指针式万用表和数字式万用表两大类。有的数字式万用表还有示波和计算器功能。

### 1. 指针式万用表原理

图 1-5 是 MF10 型万用表总电路图，图 1-6 是直流电流、电压测量电路，图 1-7 是交流电压及音频电平测量电路，图 1-8 是电阻测量电路。

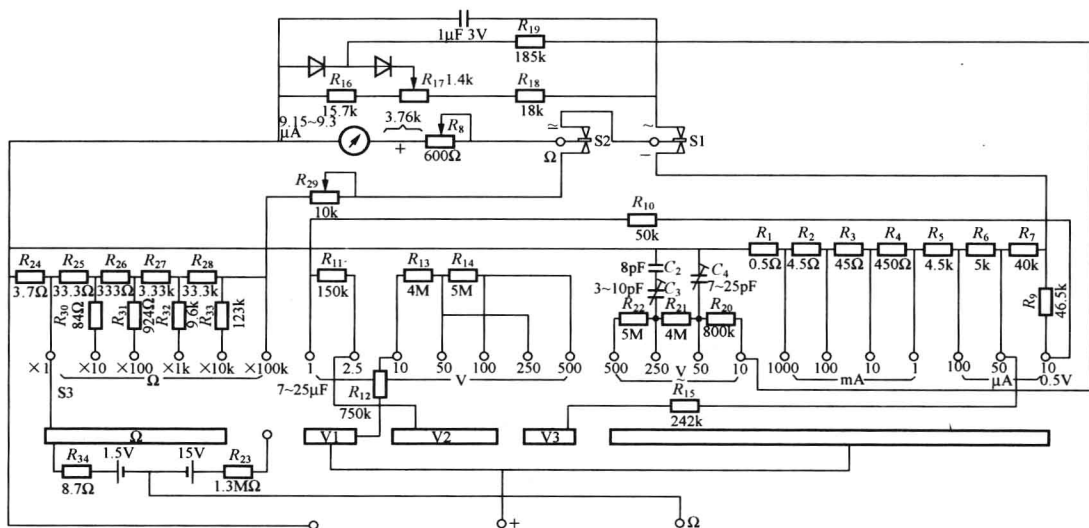


图 1-5 MF10 型万用表总电路图

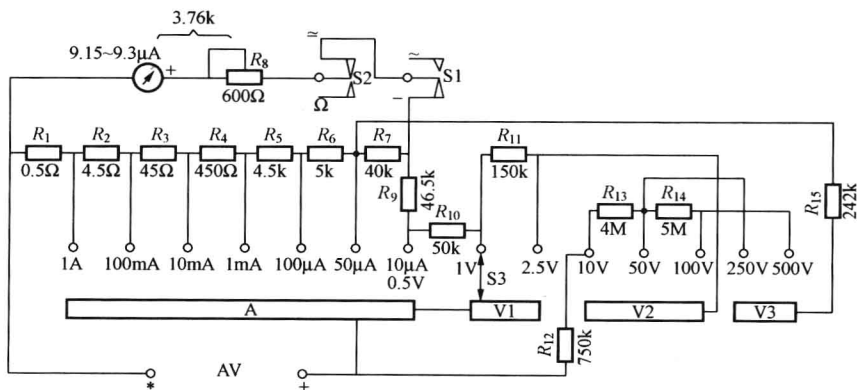


图 1-6 直流电流、电压测量电路



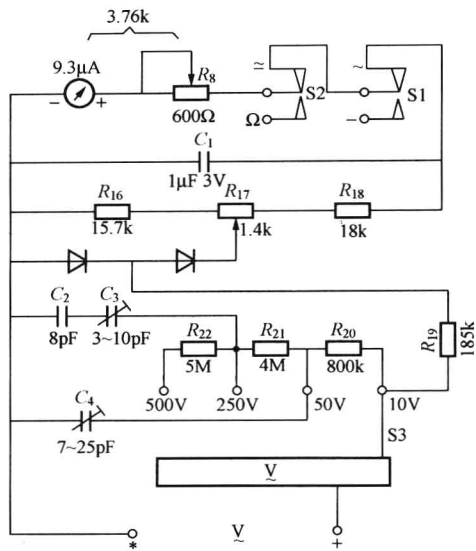


图 1-7 交流电压及音频电平测量电路

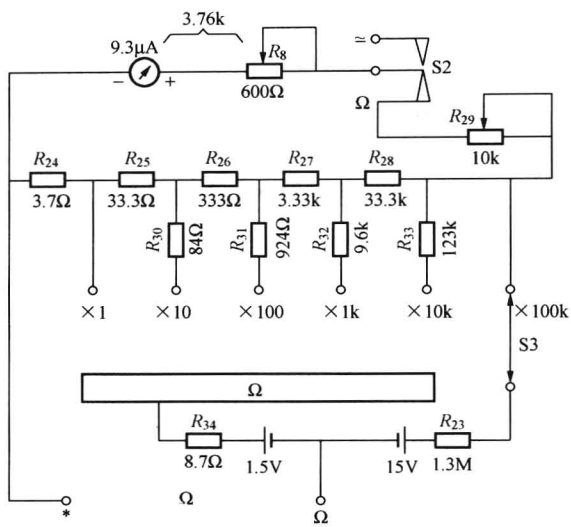


图 1-8 电阻测量电路

(1) 测量直流电压原理。测量直流电压时，电压表与被测电压是并联连接。如图 1-9 所示，红表笔接被测电压的正端（高电位端），黑表笔接被测电压的负端（低电位端），虚线方框代表电压表，它是一个简化的等效电路，由一块直流电流表头和一个分压电阻构成。这里我们把表头线圈的电阻亦看成是分压电阻的一部分，每一块电流表头的满量程电流是一个定值，如 MF10 型万用表的直流电流表头满量程在  $9.2\mu\text{A}$  左右。每个电压量程中所串分压电阻就是根据该量程满刻度电压值除以  $9.2\mu\text{A}$  计算出来的。从此看出，在量程为 1、2.5、50、100V 这四挡时万用表的输入电阻约为每伏  $100\text{k}\Omega$  左右；对于 50V 挡，其输入电阻约为  $5\text{M}\Omega$ 。在 250、500V 挡由于有  $R_1 \sim R_6$  构成分流电阻，所以输入电阻约为每伏  $20\text{k}\Omega$ 。对于 250V 挡，其输入电阻约为  $5\text{M}\Omega$ 。电压表的输入电阻越大，则电压表接入和不接入时被测电压的变化越小，也就是误差越小。

(2) 测量直流电流原理。测量直流电流时要将被测回路断开，把电流表串联接到回路中，如图 1-10 所示，使电流从红表笔流入电流表，再从黑表笔流回到被测电流回路。上面已说明，MF10 型万用表的电流表头满刻度是  $9.2\mu\text{A}$  左右，而本万用表的直流电流最小量程的满度值是  $10\mu\text{A}$ ，为此要用分流电阻分走  $0.8\mu\text{A}$  左右的电流。

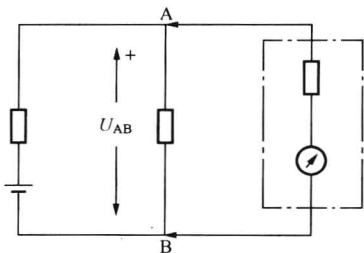


图 1-9 测量直流电压原理图

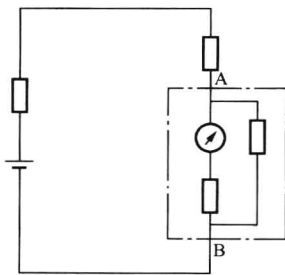


图 1-10 测量直流电流原理图



在图 1-5 中,  $10\mu\text{A}$  挡的分流电阻是  $R_1 \sim R_7$  的串联电阻 ( $50\text{k}\Omega$ ),  $10\text{mA}$  挡的分流电阻是  $R_1 \sim R_3$  的串联电阻 ( $50\Omega$ )。

(3) 测量交流电压原理。前面已经说明, 万用表的表头是一块直流电流表头, 所以测量交流电压要把交流电先变成直流电流再由直流电流表头来指示。MF10 型万用表是用一个半波整流电路把交流变成直流的, 其中  $C_1$  ( $1\mu\text{F}$ ) 是滤波电容, 其作用是滤去整流后的纹波。由于是半波整流, 整流后的直流电压比全波整流后的直流电压低一半, 所以串联的分压电阻与直流测量时相比就小得多, 其输入电阻约为每伏  $20\text{k}\Omega$ 。由于是测交流电压, 所以红表笔和黑表笔可以随意接, 如图 1-7 所示。

(4) 测量电阻原理。如图 1-8 所示, 测量电阻时万用表中有一个电池作为测量用电源, 被测电阻相当于测直流电压时分压电阻的一部分。当外接被测电阻值为零时 (也就是把红表笔和黑表笔短路时), 通过调可变电阻  $R_{29}$ , 使表头指针指在电流满刻度位置, 而对于电阻值刻度却指示为零, 当接入一个电阻值不为零的电阻时, 由于在整个回路中增加了串联电阻值, 所以电流减小, 表头指针就小于满刻度, 电阻值刻度线上的电阻值就不为零而是有一定阻值。显然被测电阻的阻值越大, 电流比满刻度下降得越多, 显示的电阻值也越大。从图 1-8 中可以看出在测电阻时, 黑表笔实际上是万用表内部电池的正极方向, 红表笔是内部电池的负极方向, 所以在用电阻挡测半导体二极管、电容器等时, 黑表笔与红表笔相比, 黑表笔是高电位端, 红表笔是低电位端。

## 2. 数字万用表简介

数字万用表的优点是: 不容易产生读数误差、准确度高、体积小、耗电省、功能多、附加测试功能多。所以现在数字万用表在越来越多的场合替代了指针式模拟万用表。虽然如此, 但是数字万用表不能反映测量的连续变化过程, 所以在有些场合还是用指针式模拟万用表较合适。

DT890D 型数字万用表是 DT890 系列之一, 除 DT890D 外还有 DT890、DT890A、DT890B、DT890C 等。DT890D 型数字万用表上共有 30 个量程, 直流电压有  $200\text{mV}$  和 2、20、200、 $1000\text{V}$  五挡; 交流电压有 2、20、200、 $700\text{V}$  四挡; 直流电流有 2、20、 $200\text{mA}$  和  $20\text{A}$  四挡; 交流电流有 20、 $200\text{mA}$  和  $20\text{A}$  三挡; 电阻有  $200\Omega$  和 2、20、 $200\text{k}\Omega$  以及 2、20、 $200\text{M}\Omega$  七挡; 还有一挡测二极管, 一挡测晶体三极管, 测电容有  $2000\text{pF}$ 、 $20\text{nF}$ 、 $200\text{nF}$ 、 $2\mu\text{F}$ 、 $20\mu\text{F}$  五挡。由于 DT890D 是  $3\frac{1}{2}$  位数字显示, 即最高位是 0 或 1, 其余三位是 0~9, 也就是满量程数字是 1999, 所以每一挡的量程都是 2、20、200 等。

数字万用表的基本测电压、电流、电阻原理与指针式万用表原理相似, 只不过数字万用表把这些被测量通过模数转换器 (ADC) 把模拟电压量变成了数字量。为了提高输入阻抗, 除了用运算放大器外, 电压挡的输入电阻也取得较大。

## 3. 数字万用表的使用

(1) 为了提高测量精确度, 测电压、电流、电阻、电容等, 尽可能在超量程前的一挡来测量, 也就是说满量程是 1999, 测量读数尽可能使有效显示位多一些。例如, 测  $18\text{V}$  电压, 如选  $200\text{V}$  量程则可能显示  $018.1\text{V}$ , 如选  $20\text{V}$  挡则显示  $18.01\text{V}$ , 当然后一种选择的测量精度高。因为最低位的  $\pm 1$  个字是数字测量必然会有误差, 这是因为对模拟量进行数字量化时在最低位必然有一个类似四舍五入的选择过程。



(2) 数字万用表在刚测量时, 显示屏的数值会有跳数现象, 这是正常现象, 所以要到显示数字稳定后(最后一位数仍有一个字的上下变动)才读数。

(3) 电阻的测量。黑表笔插在公共端(COM端), 红表笔插在电压/电阻端(V/ $\Omega$ ), 测电阻前, 先把红表笔和黑表笔相接, 看初始读数是多少, 然后在测电阻时扣除这个数。

(4) 交直流电压的测量。黑表笔仍然在COM端, 红表笔也仍然在V/ $\Omega$ 端, 根据被测电压是交流电压还是直流电压, 并且估计被测电压的大小, 选择相应量程。如不知道被测电压的大概值, 则先把量程放在最大量程, 然后根据显示数值大小, 逐步减小量程直至既不超量程, 显示有效位数又尽可能多的量程, 再读数。测直流电压时, 还要注意最高位前的“+”、“-”号, 如显示“+”号, 则表明红表笔端为高电位; 反之, 如显示“-”号, 则表明黑表笔端为高电位。

(5) 电流的测量。黑表笔仍然接COM端, 红表笔插到mA口, 如估计被测电流大于200mA, 则红表笔插到20A口。注意, 测电流应断开被测电路, 把数字万用表串到被测电路里, 仍然要注意“+”、“-”号。如显示“+”号, 则表明电流方向是从被测电路→红表笔→万用表→黑表笔, 再回到被测电路; 如显示“-”号, 则表明电流方向是从被测电路→黑表笔→万用表→红表笔, 再回到被测电路。

(6) 半导体二极管的测量。表笔插COM口(黑表笔)和V/ $\Omega$ 口(红表笔), 开关置二极管挡( $\text{H}$ )。反向时显示溢出数“1”, 正向时显示二极管压降。一般锗管约0.15~0.3V, 硅管约0.5~0.7V。显示正向管压降时, 红表笔端为二极管的正极, 黑表笔端为负极。这一点一定要与指针式模拟万用表相区别。指针式模拟万用表在电阻挡测半导体二极管时黑表笔是高电位端, 红表笔是低电位端, 正好与数字万用表相反。

## 五、音响调音中常用的焊接技术与焊接材料

音响工程的安装、连接、调试、维修中常因为出现一个焊接点的隐患, 给一个大的音响工程带来很大麻烦。焊接点的虚焊, 似接似不接, 或者是错焊, 需要花费很大力气去检查, 若虚焊在完工后调试中或使用中不断出现问题才发现, 再去逐点查找解决, 则耽误时间, 耽误工程进度, 所以焊接看来简单, 处理不好则会影响音响工程的进度和工程质量。

下面介绍音响工程、调音中常用的焊接——手工焊接。

### 1. 对手工焊接的基本要求

(1) 电接触良好, 不能假焊或虚焊, 在焊接前一定要把所要焊接的两个被焊部位的表面清理干净, 被焊物表面不要有氧化层, 在每个被焊接面上先镀上一层焊锡, 然后进行焊接。

(2) 机械性能牢靠。拉力、振动都不能使焊接处开裂。

(3) 外观清洁美观。焊点光滑、平圆, 焊锡适量, 焊点与焊点之间干净、不粘连。

### 2. 焊接方法

#### (1) 焊前准备。

1) 根据焊接的材料、形状、位置选好电烙铁的功率大小和电烙铁头的形状。

2) 将被焊物的表面进行清洁处理及镀锡。

3) 按照被焊物的大小和位置备好尖嘴钳或镊子等辅助工具。

#### (2) 焊接方法。

1) 小型焊接一般用手持小型20W内热式电烙铁进行焊接, 并用镊子夹持小型元器件, 这时镊子同时起到帮助元器件散热的作用。