

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

# 电子整机原理——音响设备

主 编 陈衍洪  
参 编 吴 虹  
主 审 何希才

机械工业出版社

# 前 言

本教材是根据高职高专的培养目标,贯彻高职教育适应社会经济发展的需要,强化应用为教学重点的思想,反映现代职业教育的特点、教学内容、方法和手段,本着突出能力培养的原则编写的。

随着人民物质生活水平的提高和文化生活的丰富多彩,音响设备逐渐普及。音响设备包括音响设备(Hi-Fi)和音像设备。前者是纯音响设备,而后者为有图像和音响的设备。目前家庭和个人对音响设备有非常大的需求,许多公共场合和单位也对音响设备有很高的要求(如:许多学校、饭店、广场和娱乐歌舞厅等使用专业音响设备),而且急需这方面的专业人才,要求他们在设备的选购、搭配、使用、维修等方面有较高水平,并具有较高的音乐修养。现在生产音响设备的厂家也需要大量在电子整机生产、服务和技术管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专业人才。

综上所述,当今社会对各类音响设备和相关的技术人员有着广泛的、不同层次的需求,因此就要求职业类院校能培养出这方面有较高素质的技术人才(如:工人、调音人员、音响技术人员等)。本课程和教材能为培养这类人才奠定良好的基础。

本教材共分五篇十八章。第一、二章介绍了电声基础知识;第三章介绍了传声器的分类和技术指标;第四章介绍了收音机与调谐器及数字广播接收机;第五、六、七章介绍了盒式录音机的基础知识、录音机电路和录音机驱动机构;第八章介绍了数字磁带录音机(DAT、DCC);第九章介绍了激光唱机(CD机)的数字信号记录和重放过程,还特别介绍了最新数字技术:SACD、DVD—Audio、MP3的特点;第十、十一、十二章介绍了音频放大及控制电路,并对数字音频功率放大器做了简要的介绍;第十三章介绍了耳机的结构、工作特性和对耳机的性能要求;第十四、十五章介绍了音箱系统、音频传输线和数字式音箱;第十六章介绍了房间的声学特性与声音重放的关系;第十七、十八章介绍了组合音响和音响组合。

本教材参考学时数为110学时。本教材由北京信息职业技术学院陈衍洪担任主编,北京联合大学何希才担任主审。

本教材由陈衍洪编写第一、二、三、五~九章、十三~十八章,由吴虹编写第四、十~十二章,由陈衍洪统稿。

本教材还得到了刘连青、刘爱玲同志的大力协助,在此表示诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,殷切希望同行、广大师生和读者批评指正。

# 目 录

## 前言

绪论 .....	1
第一节 高保真的概念 .....	1
第二节 音响系统的分类及组成 .....	1
<b>第一篇 电声基础 .....</b>	<b>8</b>
<b>第一章 声波与电声技术 .....</b>	<b>8</b>
第一节 声波和声音 .....	8
第二节 声音的基本要素 .....	8
第三节 电声技术 .....	10
小结 .....	11
<b>第二章 听觉与立体声 .....</b>	<b>12</b>
第一节 人耳的结构和功能 .....	12
第二节 人耳的听觉特性 .....	12
第三节 立体声 .....	15
小结 .....	18
复习题 .....	18
<b>第二篇 音频节目源设备 .....</b>	<b>19</b>
<b>第三章 传声器 .....</b>	<b>19</b>
第一节 传声器的分类和选用 .....	19
第二节 传声器的技术指标 .....	21
小结 .....	31
复习题 .....	31
<b>第四章 收音机与调谐器 .....</b>	<b>32</b>
第一节 无线电广播的基本原理 .....	32
第二节 调幅广播接收机 .....	34
第三节 调频广播接收机 .....	35
第四节 数字调谐系统 .....	41
第五节 数字广播接收机 .....	48
小结 .....	50
复习题 .....	50

第五章 盒式磁带录音机基础知识 .....	51
第一节 概述 .....	51
第二节 磁性记录的基础知识 .....	52
第三节 磁带录音原理 .....	53
第四节 磁带放音原理 .....	58
第五节 磁带抹音原理 .....	59
第六节 录音机的磁头 .....	60
第七节 盒式磁带 .....	63
小结 .....	66
复习题 .....	66
第六章 盒式录音机的电路 .....	67
第一节 录音机基本电路和频率补偿 .....	67
第二节 放音电路 .....	69
第三节 录音电路 .....	71
第四节 电源电路 .....	78
第五节 录音机的附属电路 .....	80
小结 .....	86
复习题 .....	86
第七章 盒式磁带录音机驱动机构 .....	88
第一节 概述 .....	88
第二节 恒速走带机构 .....	94
第三节 快进与倒带机构 .....	103
第四节 停止机构和操作机构 .....	104
第五节 出盒机构和磁头机构 .....	112
第六节 其他机构 .....	117
第七节 自动反转走带机构 .....	119
第八节 盒式录音机用直流电动机 .....	124
小结 .....	130
复习题 .....	130
第八章 数字磁带录音机 .....	131
第一节 概述 .....	131
第二节 R-DAT 录音机 .....	131
第三节 S-DAT 录音机 .....	138
第四节 DAT 与模拟录音机性能的比较 .....	140
第五节 数字盒式磁带录音机 (DCC) .....	141
小结 .....	143
复习题 .....	143
第九章 激光唱机 (CD 机) 与激光唱片 .....	144

第一节	概述 .....	144
第二节	CD 唱片 .....	146
第三节	CD 信号的记录 .....	150
第四节	CD 唱机 .....	163
第五节	CD 唱机的使用与维护 .....	174
第六节	CD 唱机的选购 .....	176
第七节	CD 系列产品 .....	178
第八节	激光唱盘录音机 (MD) .....	179
第九节	DVD-Audio 与 SACD 技术简介 .....	181
第十节	MP-3 技术 .....	187
小结	.....	192
复习题	.....	192
<b>第三篇</b>	<b>音频放大及控制电路 .....</b>	<b>194</b>
<b>第十章</b>	<b>前置放大器 .....</b>	<b>194</b>
第一节	前置放大器的构成 .....	194
第二节	对前置放大器的技术要求 .....	195
第三节	前置放大器集成电路 .....	196
<b>第十一章</b>	<b>音频控制电路 .....</b>	<b>200</b>
第一节	音调、音量控制电路 .....	200
第二节	全数字电位器 .....	207
小结	.....	209
<b>第十二章</b>	<b>功率放大器 .....</b>	<b>210</b>
第一节	功率放大器的分类 .....	210
第二节	集成电路功率放大器 .....	215
第三节	电子管功率放大器 .....	222
第四节	数字功率放大器 .....	228
小结	.....	232
复习题	.....	232
<b>第四篇</b>	<b>音频重放设备 .....</b>	<b>233</b>
<b>第十三章</b>	<b>耳机 .....</b>	<b>233</b>
第一节	耳机的分类和性能要求 .....	233
第二节	耳机的特点、结构和工作特性 .....	234
小结	.....	239
复习题	.....	239
<b>第十四章</b>	<b>音箱系统 .....</b>	<b>240</b>
第一节	扬声器 .....	240

第二节	音箱 .....	246
第三节	数字式音箱 .....	251
第四节	音箱系统 .....	252
	小结 .....	265
	复习题 .....	265
<b>第十五章</b>	<b>音频传输线的选配和使用 .....</b>	<b>266</b>
第一节	范登豪线材的特点 .....	266
第二节	传输线的选配 .....	269
	小结 .....	269
	复习题 .....	269
<b>第十六章</b>	<b>房间的声学特性与声音重放 .....</b>	<b>270</b>
第一节	瞬态声场 .....	270
第二节	稳态的声场 .....	273
第三节	扬声器的放置地点与特性 .....	274
第四节	吸声和隔声 .....	274
	小结 .....	276
	复习题 .....	276
<b>第五篇</b>	<b>高保真音响 .....</b>	<b>277</b>
<b>第十七章</b>	<b>组合音响 .....</b>	<b>277</b>
第一节	组合(套装)音响的组成 .....	277
第二节	组合音响的分类 .....	278
第三节	组合音响的技术标准 .....	279
第四节	组合(套装)音响的选用 .....	281
	小结 .....	282
<b>第十八章</b>	<b>音响组合 .....</b>	<b>283</b>
第一节	音响组合的原则 .....	283
第二节	音响设备介绍 .....	286
	小结 .....	288
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>288</b>

# 绪 论

什么是高保真音响？简单地说，高保真音响就是具有高保真性能的音响设备或音响系统。本书要讲述的就是“高保真”和“音响系统”这两个专门术语所包含的丰富内容。

## 第一节 高保真的概念

“高保真”的英文原词是 High-Fidelity，简称 Hi-Fi。高保真度是指音响系统和音响设备能够如实地反映出声音信号的音色、音高和音强等音质状况本来面貌的能力；同时还应具有对声音信号进行必要的修饰和加工的能力。简而言之，“高保真”就是使声音逼真并且美化。

要评价一个音响系统是否达到高保真度，可以拿它重放的声音与演奏现场的音乐进行比较。一般可从两个方面进行检验，一是高保真放音，它要求音响系统忠实地把声音信号不附加任何其他成分而按原样重放出来。这方面能达到什么水平，一般都可以从音响设备的技术指标（如频响、失真度等）反映出来。二是高保真聆听，它要求在具体的听音现场中能把音乐厅的演奏现场效果重现出来，并保持音乐厅聆听音乐的临场感和自然感。进行高保真聆听时允许对声音信号进行适当的修饰、加工，使人觉得比在现场聆听更为悦耳，这一点看起来似乎已经不是忠实于原声，但有目的地进行修饰加工会使声音在具体的放音环境中变得比原信号更加优美动听。这不叫“失真”，而叫“美化”，有人称之为“美妙的失真”！

为了使音响系统具有高保真性能，从节目源设备到重放设备，一般都应该是立体声系统。立体声和高保真虽然互相紧密联系，却仍然是两个不同的概念。

## 第二节 音响系统的分类及组成

### 一、音响系统的分类

从广义的概念来说，凡是把若干音响设备按一定规律连接，组成一个控制系统，能完成某一个特定的功能和目的，都可以称之为音响系统（或电声系统）。

音响系统有多种分类方法，例如，按其主要任务或最终目的不同，可以划分为扩音系统和录音系统两大类。

## 1. 扩音系统

扩音系统的任务是把从传声器、电唱机、调谐器或录音机等信号源送来的语言或音乐等音频信号进行放大、控制及美化加工，最终送到扬声器或耳机，还原成声音信号，供人们聆听。根据使用场合不同，扩音系统又可分为室外扩音系统（如车站、码头、广场、运动场和露天剧场）和室内扩音系统两大类。室内扩音系统种类繁多，如：

1) 厅堂扩音系统。包括礼堂、剧场、电影院、音乐厅、会议厅、歌舞厅等设置的大功率扩音系统。

2) 家庭用的小功率音响系统。

3) 公共广播系统。例如酒店通过中央音响系统送到每间客房收听的音乐节目，以及工矿企业、机关、学校和农村常见的有线广播系统等都属于此类。

4) 背景音乐系统。装设于餐厅、商场、银行和酒店的公共场所，采用许多分散的扬声器，播放声音较轻的音乐，目的是创造适当的环境气氛。其结构与公共广播系统近似。

5) 同声传译系统，也称为即时传译系统。用于国际会议等场合，能把发言者讲话通过若干名译员即时口译成几种国家语言，由与会者用耳机任意选听。

## 2. 录音系统

录音系统的任务是把从传声器、电唱机、调谐器或另一台录音机等信号源送来的音频信号进行放大、控制及加工美化，最后送到磁带录音机的录音头，进行磁带（磁性）录音；或送到唱片刻纹机的刻纹头，进行唱片（机械）录音；或送到电影录音设备的光电系统，进行电影（光学）录音。录音系统的最终目的是把音频信号记录下来，待到需要时再通过其他重放设备还原成为音频信号。

录音系统按照对音频信号记录的方法不同，可分为磁性录音、机械录音和光学录音等多种。本书主要讲述磁性录音。

如果按照音响系统的使用场合划分，习惯上把适合于家庭使用的称为家用音响系统，简称家用音响。而把公共场所使用的，包括剧场、礼堂、电影院、歌舞厅以及电台、电视台等使用的称为专业音响系统。有人还进一步把剧场、礼堂、歌舞厅等使用的音响系统单独列出，称为“娱乐级音响系统”，以区别于唱片厂、电台、电视台等电声指标更高的“专业级”音响系统。

下面分别简述家用音响系统和专业音响系统的组成和特点。

### 二、家庭音响系统的组成

图 0-1 是一个典型的家用音响系统的框图，习惯上称之为家用组合音响，它主要由节目源设备、放大器（习惯称为“主机”）和音箱三大部分组成。

#### 1. 音箱

音箱（包括耳机）是音响的终端放音设备，其任务是将声频信号电压转换为声能。

采用独立的音箱放音是组合音响与传统的收音机或多用组合机的一个重要区别，也是音响能获得高保真效果的关键。因为无论节目源多么理想，放大器多么优良，如果最后不通过高质量的音箱也是不能获得高保真的放音效果的。因此，在组成音响时必须精心选择音箱。

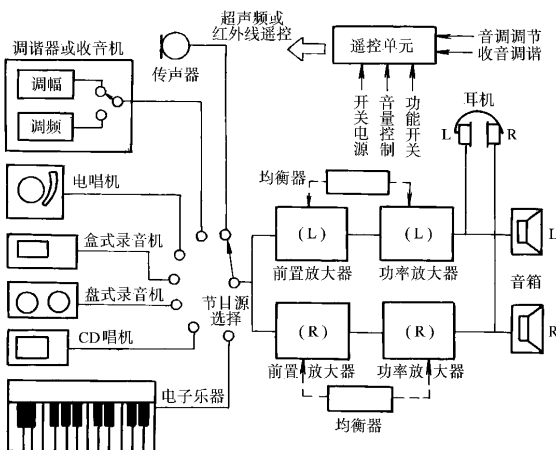


图 0-1 家用音响系统的框图

## 2. 放大器

放大器又称扩音机，它是音响的核心部分，无论是调谐器输出的信号，还是录音座、CD 或电唱盘输出的信号，都必须经过放大器放大以后，才能推动音箱放出声音。

一个完整的放大器应包括前置放大器和功率放大器两部分。前置放大器除了要调谐器、录音座、电唱盘和 CD 等各种信号源的输出适配并放大外，更重要的是须对重放音色、音量以及立体声状态进行各种调整与控制，故又有音响“控制中心”之称。功率放大器则主要是给音箱和耳机提供足够的声频功率。

设计或购买高保真音响时，放大器的结构可在下述两种方案中选择一种：一是把前置放大器和功率放大器组装在一个部件内，称为合并式放大器；另一方案是把它们分别设置成两个单独部件。采用哪一种方案，应根据所要求的功率大小、功能多少，以及基本性能的高低等条件进行综合比较来决定。一般来说，采用后

一种方案组成的音响系统更为灵活，效果也更好，但成本要高一些。本书将前置放大器和功率放大器作为两个单独部件进行讨论。

### 3. 节目源设备

音响的节目源设备主要包括调谐器、录音座、电唱盘、传声器和 CD 唱机等。组成音响时，音箱、前置放大器和功率放大器是必不可少的部件，节目源设备则可按照需要选择图 0-1 中的几种或全部。

在音响的组成部分中，音箱是高保真最薄弱的环节。它的固有限制主要起因于需要经过两次能量变换这一事实，即需要把功率放大器输出的电能变换为膜片或纸盆运动的机械能，并需要将这种机械运动变换为人耳所能听到的声能。节目源设备中的输入器件，例如传声器和电唱盘中的拾音器等，也需要将声音（或拾音器针头的机械运动）变换为电信号输出，因而也具有和音箱一样的弱点，但由于它们的工作电平较低，故影响程度较小。

较高档的音响除上述三大组成部分外，一般还配有遥控单元，遥控单元借助超声频信号或红外线光束，可对音响装置中的音量、开关机、功能转换、收音选台、音调调节等进行室内遥控。另外为了更好地进行频率均衡和美化音色，中、高档的组合音响通常在前置放大器和功率放大之间接入单独的图示均衡器，如图 0-1 所示。

家用组合音响可以按照其结构形式、摆放方式以及功能不同而有多种类型。如按结构形式的不同，家用组合音响可分为整体式组合音响和分体式组合音响两类。

整体式组合音响是将立体声收音、录音和唱机等组装成一个整体，只把左、右两只音箱分开，习惯上称为“三合一”机。另一种是将调谐器、均衡器、录音座、功率放大器等组装成一个整体作为主机，再配以电唱盘、激光唱机及一对音箱。这仍属于整体式组合音响。

分体式组合音响则把调谐器、均衡器、录音座、电唱盘、激光唱机、前置放大器、功率放大器及音箱等各自独立。它们往往有统一的规格尺寸和协调一致的外形，集中装于一种竖式的台架中。

按照摆放方式，家用音响还可以分为落地式组合音响、台式组合音响和微型（便携式）组合音响等，其中台式组合音响近年发展较快。

随着视频技术的发展，磁带录像机和镭射影碟机已进入家庭，人们希望把视频设备和音响设备组合成一个统一的系统。这时录像机或影碟机送出的图像，仍然是由电视机播放，但录像带或影碟的伴音（包括语言、音乐和效果等）都不再依靠电视机本身的小功率功放和小口径扬声器播放，而是把这些音频信号送入音响系统中，经过放大和美化，从两只或多只音箱播放出来，因而优美动听得多。习惯上把这种视频与音响设备的组合称为 AV 组合或 AV 系统，而不包括视频的系统称为“纯”音响组合。

随着环绕声技术的发展，录像机和影碟机增加了杜比环绕声功能，组合音响更发展成为五路甚至七路环绕声系统，被称为“家庭影院”系统。

### 三、专业音响系统的组成

如图 0-2 所示是一个中型多功能厅堂高保真扩声系统框图，是一个比较典型的专业音响系统。它可以为各种会议、小型演出、自助餐会、舞会和卡拉 OK 等活动提供高保真的扩声功能。

专业音响系统泛指除家用音响之外的各类公共场所使用的音响系统。专业音响与家用音响的主要不同点如下：

1) 家用音响的功率放大器功率和音箱功率一般只需要几十瓦，个别大一点的为 100~200W，低音扬声器口径通常为 6~10in<sup>⊙</sup>，而专业音响的功放和音箱功率一般都在百瓦以上，常见的如 150W、250W、300W、500W 等。而一个大、中型专业音响系统则还要用到多台功放和多只大口径（12~18in）扬声器，总功率常达千瓦以上。

2) 家用音响的用途主要是欣赏节目，一般以放大器为中心，配以几种信号源和一对音箱。为了改善音质，再加上均衡器和混响器等，整个组合比较简单。而专业音响常用于各种演出场合，需要多路话筒和多种信号源输入，故一般都以调音台为中心组成，这是专业音响与家用音响的一个重要区别。同时为了取得更良好的放音效果和达到各种特殊要求，往往还配置了房间均衡器、压缩器、扩展器、激励器等多种处理设备，使整个组合比家用音响要复杂得多。

3) 家用音响主要用于面积小、听众少、环境安静的场合进行各种节目的欣赏，所以它的设计思想非常重视重放音乐的层次感、亲切感，强调对音乐的“解析力”以及声像定位准确、瞬态响应良好等。总之是侧重于“细腻”的表现力。而专业音响主要工作于面积大、人多且嘈杂的环境，首先要求有高的声压级。例如歌舞厅的音响，重点是要求低音的震撼和中、高音的冲击力、“穿透力”，即强调乐音的“气势”和“力度”，因而难以同时兼顾到像家用音响那样“精雕细刻”的细腻要求。正由于对这些区别认识不足，常见有些单位花万元以上购买一套高档家用音响，用在上百平方米以上面积的职工俱乐部开舞会，这样肯定造成“力不从心”，无法产生那种强劲气势的冲击效果。勉强把音量开尽，结果失真严重，而且很快会把喇叭烧坏，特别是高音喇叭。

反之，如果在鉴听大型厅堂的扩声系统时，播放家用音响的试音碟（这不是不可以），而要求坐在观众席中的聆听效果，能获得像坐在家中距离音箱只有 2~3m 处静心欣赏音乐的那种细腻的层次感和“解析力”，恐怕是很难达到的。

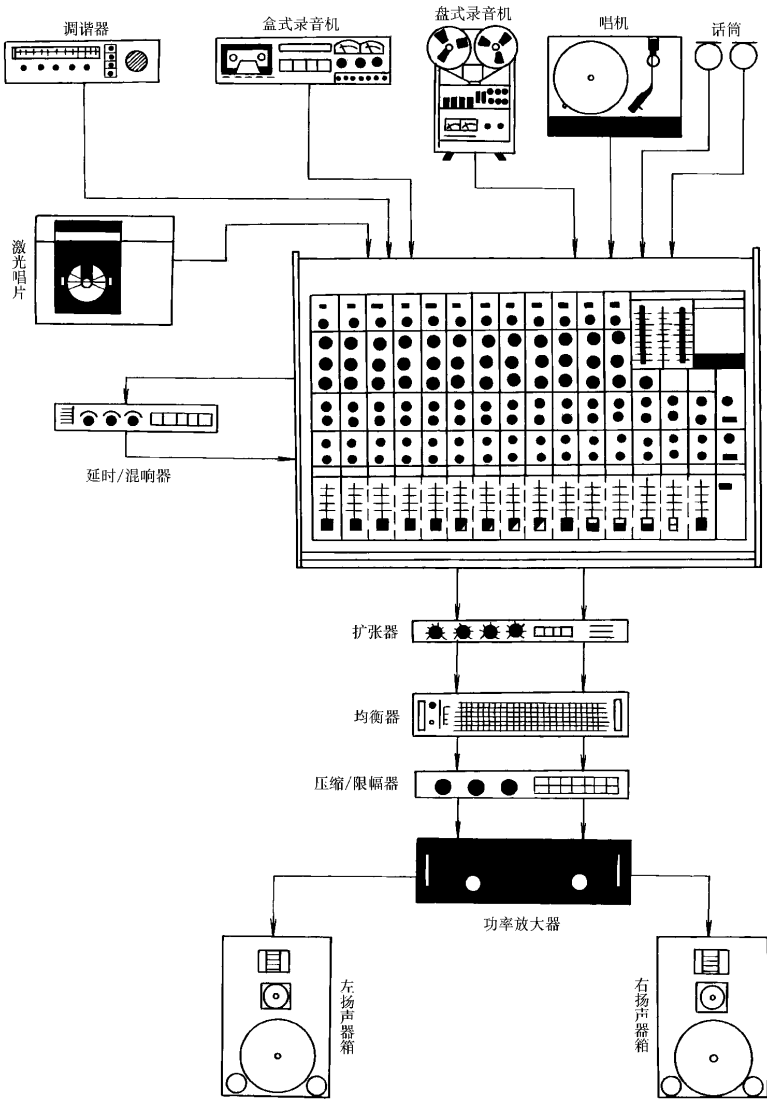


图 0-2 多功能厅堂高保真扩声系统框图

另外，有一种误解，以为家用音响就是指标较低、价格较便宜的器材，而专业音响就是指标较高、价格较昂贵的器材。这也是一种绝对化的观点。事实上高档的家用音响，特别是高档的家用音箱，除了额定功率和声压级指标低于专业音箱外，其他许多指标，特别其价格往往比许多专业音箱都要高得多。

总而言之，家用音响和专业音响的主要区别是使用的环境、对象和目的不同，因而设计的侧重点不同，不能把它们简单地看成是一个低档一个高档的关系。

# 第一篇 电声基础

音响设备是用来重放音乐和音响节目的，它们包括语音和乐音，也可统称为声音。要评价音响设备的好坏，除了测量设备本身的性能指标外，还有一个更重要的方面，就是听音者的主观评价，也就是常说的“主观试听评价”。为此，在介绍设备之前，先简述一下声学方面的知识，以便大家能用主观听音的办法来判断器材的优劣。

## 第一章 声波与电声技术

### 第一节 声波和声音

在自然界和人类生活中充满了声音，世界上无时无刻不发出声音。人类和世上一切生物都生活在有声的环境中。对于声音这一概念我们可以从两方面来理解，一是它的客观物理性，另一个是它的主观听感性。无论是语言声或音乐声都具有这双重特性。

所有的声音都是由物体振动产生的。在弹性媒质中，围绕平衡位置振动的质点，推动周围的质点依次振动。这种机械振动在弹性媒质中的传播过程称为声波。凡是有弹性的物质（媒质），例如气体、液体、固体，都能传播声波。声波所涉及的空间范围叫做声场。

声音是由声波刺激人耳所引起的一种感觉。产生声音的必要条件是：第一要有振动的物体；第二要有传播声波的媒质。声音在空气中的传播速度为  $340\text{m/s}$ ，并非所有的振动都会变成人耳的可闻声，只有在振动频率为  $20\sim 20\text{kHz}$  范围内的机械振动才能被人耳听到，通常将上述频率范围叫做“音频”。低于  $20\text{Hz}$  的声波叫做“次声波”，高于  $20\text{kHz}$  的声波叫做“超声波”。次声波和超声波人耳是听不见的。

### 第二节 声音的基本要素

人耳对于声音的感觉主要有三个方面，即：声音的响度、音调和音色。通常

也称其为声音的三要素。用通俗的语言来说，响度相当于声音的大小，音调相当于声音的高低，音色相当于声音的品质。

### 一、响度与声强

声强表示声音所具有的能量，而响度却是人耳被刺激而感受的程度。声音的响度不仅取决于声波振幅（声强）的大小，而且与频率的高低有关。事实上，很“强”的声音并不一定很“响”，这是由声波的频率所决定的。频率超过可闻区（20~20kHz）的声强再大，它的响度还是等于零。

当频率为 1kHz 时，可闻声的最小声强约为  $10^{-16} \text{W/cm}^2$ ，称为听阈声强。声强超过  $10^{-4} \text{W/cm}^2$  时，人耳将感到疼痛，称为痛阈声强。为了对声波的强度进行比较，我们把最低可闻的声波强度  $I_0$  作为参考基准，又称为零水平声波强度，即取  $I_0 = 0\text{dB}$ 。因此，使人耳产生疼痛的声强水平值为

$$N = 10 \lg \left( \frac{I}{I_0} \right) = 10 \lg \left( \frac{10^{-4}}{10^{-16}} \right) \text{dB} = 120 \text{dB}$$

可闻声的声强与响度的关系，大体是声强每增加 10 倍，响度才增大 1 倍。声音的大小，在主观感觉上主要是响度（和力度）。声音的强弱，客观上用声响度的单位为“宋”（sone），1 “some” 定义为声压级 40dB 的 1kHz 纯音的响度。响度级是人对声音强度感觉的半主观测量，即用一个标准声（1kHz）的声级来定量其他频率声音的响度。响度级的单位为“方”（phon），它是指根据正常人耳判断某声音与 1kHz 纯音同样响，1kHz 纯音声压级分贝数为该声音的响度级（方）。例如：100Hz、50dB 的纯音与 1kHz、40dB 纯音等响，它们的响度级为 40 方。

### 二、音调与频率

音调与物体在单位时间内振动的次数相对应，即物体的振动频率越高，其音调就高，反之音调就低。

声学中常用到倍频程的概念。它是指变化后的频率与原频率的倍数关系，单位符号为 oct，表达式为  $f_n/f_0 = 2^n$ ， $f_n$  是  $f_0$  的  $n$  倍频程。 $n$  可以是整数，也可以是分数。如当  $n=1$  时  $f_1/f_0 = 2^1$ ， $f_1$  叫做  $f_0$  的 1 倍频程。音乐中，将 1 倍频程分为 8 度，即频率每提高 1 倍，音调将提升 8 度。例如，c 调的音符“6”，相当于 440Hz，音符“ $\overset{\cdot}{6}$ ”相当于 880Hz。

### 三、音色与频谱

人们所接触到的声音形形色色，千差万别，除了前面提到的响度、音调的不同之外，还存在音色（声音品质）方面的差别。音色是客观上有不同振动成分的声音在主观意识上的反映。音色的好坏，除了发声体的发声质量外，还包括人耳的主观感受和心理作用。那么音色是由什么决定的呢？原来不同的音色，它们各自的频谱结构不同。什么是频谱呢？就是指各种频率成分有多少及不同频率点的幅值。一个复杂的声音包含着不同的频率成分，它可以分解成在声强上占绝对优

势的基频和各次谐波（基频的整倍数频率）。音乐中基频有时称为基音，它决定音调，谐波称为泛音，它决定音色。

人们对音色感觉与谐波成分多少及共振峰强弱有关。谐波成分多，听起来圆润丰满，若谐波丰富但强度弱就会感觉音色单薄。根据频谱特性的不同，复杂的声音可以分为两种类型：一种是具有连续谱的声音；另一种是具有线状谱的声音。前者给人的感觉是一种噪音，而后者表现为一定的乐音。钢琴弹奏某一音阶时的频谱如图 1-1 所示，每一条竖线称为谱线。每一条谱线代表了一个频率的振动，谱线的高低则代表其幅度。钢琴“a”音键发出的是国际标准音 A，其基频为 440Hz，除了基频之外它至少包含有其他 15 种

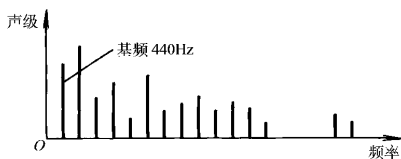


图 1-1 钢琴弹奏某一音阶时的频谱

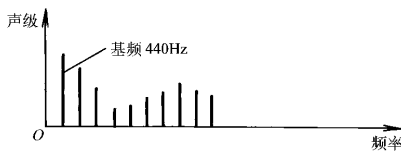


图 1-2 同一音阶的黑管频谱

频率的不同振动。同一音阶的黑管频谱如图 1-2 所示。尽管它俩的基频相同，但其他泛音则不一样，这就导致黑管具有与钢琴很不相同的音色，人们可以很容易地区别出来。

### 第三节 电声技术

#### 一、电声学

声学是物理学的一分支，它研究声波的产生、传播、接收和利用等。20 世纪以来，随着电子技术的发展及新型电子元器件的不断出现，使电子学和声学逐渐结合起来，从而产生了它们的交叉品种——电声学，使传统的声学得到了长足的进步。电声学研究电声换能的原理、技术和应用。经典的电声学主要研究换能器（如传声器、扬声器等）的原理和设计。目前已扩展到诸如制造声音、美化修饰声音的新领域。新的电声器件不断问世，性能也在不断提高。数字技术的进步，为电声学的进一步发展开辟了广阔的前途。电声技术是以电声学为基础的新的应用技术领域。它涉及的知识面非常宽，除应用声、光、电理论外，还与机械加工、元器件的生产和使用、测量技术、计算机技术、激光技术及音乐原理、心理声学及音乐修养有密切的关系。

#### 二、电声技术的任务

##### 1. 高保真地保留声音

19 世纪出现了贝尔和瓦特森发明的电话机，尤其是 1877 年秋天爱迪生发明

的留声机，实现了人类保留声音的梦想；1898年由丹麦工程师波尔森发明了世界上第一台磁性录音机，利用电声和电磁转换的原理，使保留声音的技术大大前进了一步。1962年荷兰飞利浦公司提出盒式磁带的带盒尺寸和磁带宽度等规格并研制成盒式磁带录音机，它标志着录音机历史上的一次飞跃。现在还出现了诸如CD、LD、VCD、DVD等在内的数字音响和视听设备，它们的性能较之模拟产品有一个很大的飞跃，使声音的保存和重放达到了高保真的程度。

## 2. 制造声音

自古以来，人们发声不仅利用了自身的发声器官——声带，还发明了许多乐器，如笛子、二胡、提琴、钢琴等，利用吹、拉、弹的方法发声。

电声技术的发展使乐音的产生摆脱了由真实乐器发声的方式，用电子乐器的频谱，即它的基频（基音）和各次谐波（泛音）的结构，然后用电子电路，产生不同强度不同频率的振荡，按该乐器的频谱结构进行合成就产生了优美动听的音乐。如果想模拟钢琴和黑管的声音，只要产生如前图 1-1 和 1-2 所示的频谱就能产生相应的声音。电子琴就是利用这一原理制成的。此外，电子合成器等电子乐器还可模仿乐队的演奏。

## 3. 美化修饰声音

现在，人们对声音的要求越来越高。除了要求不失真地重放声音外，还追求声音的真实感、空间感和临场感，于是出现了具有定位感的双声道立体声和近几年发展起来的具有临场感的环绕立体声。人们已不满足单纯地听，还希望同时在屏幕上看到图像，于是出现了视听系统，如卡拉OK AV系统和家庭影院AV系统等。

为了更好地适应人们的听觉需要，出现了各种音频处理设备。如为了满足不同人对音调的要求，出现了均衡器和等响度控制电路；为了模拟厅堂的音响效果出现了延时器、混响器；为形成音乐高潮，出现了激励器等等。目前的音频处理设备大体上有调音台、伴唱机、均衡器、混响器、激励器、合成器、降调器等许多种，它们都是采用电子的手段来满足声学的要求的。

只有正确地使用上述设备，才能达到美化、修饰声音的目的。为此，必须学习电声方面的基本理论，了解听音环境，提高艺术修养，以把声音加工得尽善尽美，实现技术和艺术的统一。

# 小 结

本章介绍了什么是声音及声音的三要素，即：响度与声强，音调与频率，音色与频谱。同时还简要介绍了什么是电声学 and 电声学的任务。