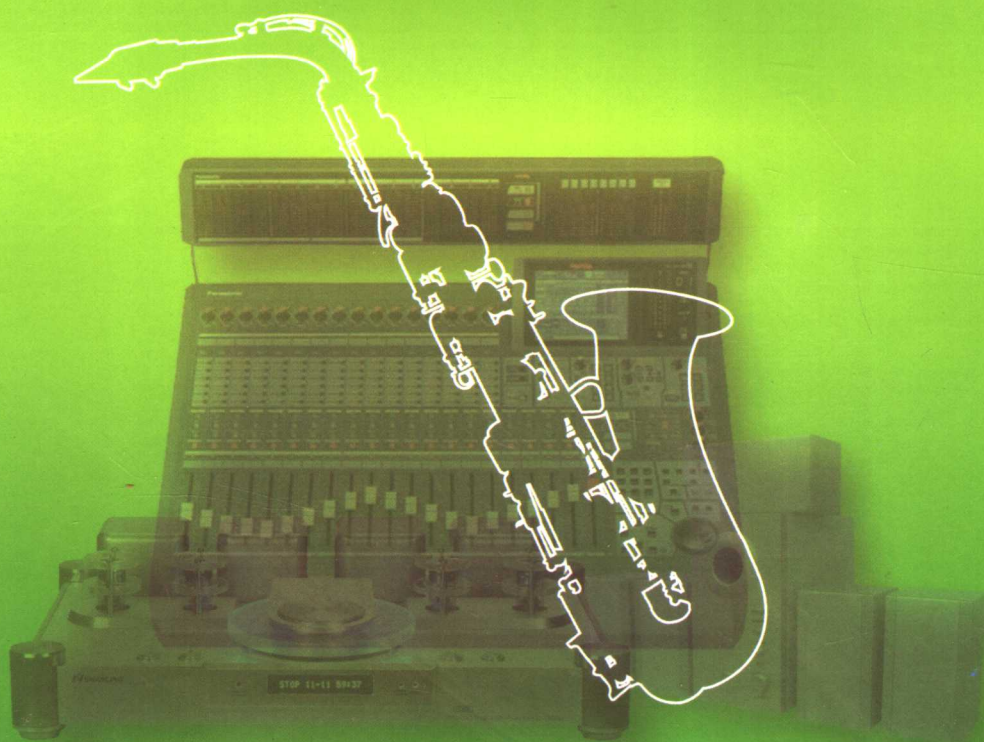


音频技术教程

倪其育 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

音频技术教程

倪其育 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍了音频系统及其构成基础、常用器材设备的基本原理及其应用、音频节目制作和音质主观评价方法。内容主要有:音频声学基础,人耳听觉特性,室内声学,电声器件,音频放大器,数字音频技术,音频信号处理与控制,节目源设备,音质主观评价,音频系统的组成,电声设备的连接与安装,音频系统的声场处理,音频节目制作,数字音频编辑软件简介等。另外,附录中提供了一些实用的资料。

本书内容系统全面,注重具体应用,可作为影视传媒、音像制作、网络多媒体、教育技术及相关专业的教材和教学参考书,也可供从事广播电视、唱片、电影、电化教育行业的音视频及多媒体技术人员参考,以及广大业余电子、电声爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

音频技术教程/倪其育编著. —北京:国防工业出版社,2006.6

ISBN 7-118-04511-X

I. 音... II. 倪... III. 音频设备—教材
IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037450 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 455 千字

2006 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

音频技术是一门介于声学、电学及听觉艺术的边缘学科。它既是影视传媒、音像制作、网络多媒体、教育技术等专业和部门的基础应用技术,也是广大业余电子电声爱好者、多媒体技术人员十分关心的领域。20 世纪 60 年代以来,高保真技术得到了飞速的发展;90 年代开始,数字信号处理技术迅速普及。目前,它已与传播技术、文化教育以及人民生活密切相关。

随着音响技术的飞速发展,各种各样的音响设备和系统应运而生。与此同时,各种新技术层出不穷。特别是数字技术与计算机技术的广泛应用,引起了音视频技术的一场革命。在音频领域,继激光唱机(CD)、数字音频磁带录音机(DAT)问世后,又出现了可与现行盒式录音磁带兼容的数字式盒式录音磁带系统(DCC)以及小型可录激光唱片系统(MD)。今天,DVD-AUDIO、SACD 等的多功能、高指标性能又给人们创造出无比卓越的听觉境界。数字音频工作站以强大的功能和便捷的操作,逐渐成为音频节目制作、控制、管理和播出的主型设备。在音视频领域,继激光影碟机(LD)之后,采用图像压缩技术的影碟机(VCD、DVD),以其良好的音质、画面以及高的性价比受到人们普遍的欢迎。新一代 DVD、EVD、高清电视等正在款款地向我们走来。所有这些,为人们提供了梦寐以求的高保真视听节目源,同时也使音频和视频结合而产生的视听(AV)系统达到了一个新水平。新技术、新设备的广泛应用,使得这些系统焕发出前所未有的光彩。然而,应该强调的是,决定音质的好坏不仅与设备有关,还与声场环境及人的听觉特性有关,而且在一定程度上讲,声场环境作用比其它更为重要。

为了能在有限的篇幅内系统、全面地介绍音频技术的有关内容,本书在编写过程中,尽量少用数学的方法,力求采用一些通俗的语言或图示去描述基本概念,并对内容作了精心的组织与安排。为了使内容更加深入,本书在相应部分编入了一些深入的知识(标有「」部分),作为进一步学习及拓宽知识面的内容,跳过该部分亦不影响知识的连续性和完整性。强调应用是本书的另一特点。本书中列举了较多的实际事例,可供读者参考,使读者能把掌握的知识应用到具体的实践中去。

本书共分 15 章。第 1 章~第 3 章,分别介绍了学科的基本性质、音频技术中必要声学基础知识,以及人耳的听觉特性;第 4 章从室内声学的角度对音频系统环境作了具体的分析;第 5 章~第 9 章,对电声器件和常见器材设备的基本原理、主要功能及具体应用,作了系统的介绍;第 10 章较为全面地阐述了音质的主观评价方法及注意事项;第 11 章~第 13 章,具体介绍了音响系统的组成、设备连接安装和声场环境处理等工程技术要点(就目前的现状来看,对音响系统环境进行科学的设计是提高音响效果最为行之有效的途径);第 14、15 章,介绍了音频节目制作的基本内容和实用的数字音频编辑软件。以上 6 个方

面构成一个有机的音频技术体系,目的是使读者能学以致用,对实际工作有一定的指导作用。

附录中收集了一些实用的资料,可供查阅。

本书的编写参考和引用了一些国内外学者的研究成果和著述,由于引用较多,未能一一注明,特向这些作者表示诚挚的谢意。陈俊、蒋慧丽、王甲云、许征东等同志为本书的编写,处理了许多插图及素材;出版过程中,得到了扬州大学教材建设基金的资助和许多方面的支持,在此一并表示衷心的感谢。

音频技术涉及的领域广泛,相当多部分的知识内容发展更新的速度很快,由于编者的水平有限,难免出现差错,恳请专家同行不吝赐教。

倪其育

2006年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 引言	2
1.2 音响技术	2
1.3 音响技术的沿革	2
1.4 电声技术	3
1.5 音频技术	3
1.6 音频技术工作者的素养	4
1.7 音频技术发展的趋势	4
第2章 音频声学基础	6
2.1 声波	7
2.1.1 波	7
2.1.2 声波的形成	7
2.1.3 人的发声机理	8
2.2 描述声波的物理量	10
2.2.1 周期与频率	10
2.2.2 振幅	10
2.2.3 波长	10
2.2.4 波速	11
2.3 声压与声压级	11
2.3.1 声压	11
2.3.2 声压级	11
2.4 声强及声强级	12
2.4.1 声强	12
2.4.2 声强级	12
2.5 声功率及声功率级	13
2.5.1 声功率	13
2.5.2 声功率级	13
2.6 声波的传播特性	13
2.6.1 声速	13
2.6.2 声波的反射、折射与绕射	14
2.6.3 衰减	14

2.6.4	声波的吸收	15
2.6.5	声波的干涉	15
2.7	几种常见的声学效应	15
2.7.1	声谐振	15
2.7.2	声梳状滤波器效应	15
2.7.3	多普勒效应	16
第3章	人耳听觉特性	18
3.1	声音与音质	19
3.1.1	响度	19
3.1.2	音调	20
3.1.3	音色	21
3.1.4	音型	22
3.1.5	音质	22
3.2	声与音	22
3.3	可听声范围	23
3.4	人耳的听觉效应	23
3.4.1	掩蔽效应	23
3.4.2	哈斯效应	25
3.4.3	耳壳效应	25
3.4.4	双耳效应	26
3.4.5	人耳听觉的非线性	26
3.4.6	听觉疲劳和听力损失	27
3.4.7	强声暴露对听觉的危害	27
3.5	立体声原理	27
3.5.1	时间差与相位差	28
3.5.2	声级差与音色差	29
3.5.3	双耳定位机理	31
3.5.4	双扬声器实验	33
3.5.5	劳氏效应	35
3.5.6	鸡尾酒会效应	35
第4章	室内声学	36
4.1	声场	37
4.2	室内声波的传播特性	38
4.2.1	室内声场的几何图解	39
4.2.2	室内声场的统计分析	42
4.2.3	室内声场的波动理论	43
4.3	混响与扩散	47

4.4	回声与颤动回声	48
4.5	声波的吸收	49
4.6	混响时间的计算	51
4.7	耦合效应	53
第5章	电声器件	55
5.1	引言	56
5.2	传声器	56
5.2.1	传声器的作用	56
5.2.2	传声器的主要技术指标	56
5.2.3	传声器的分类	59
5.2.4	传声器的工作原理	59
5.2.5	传声器的结构	61
5.2.6	传声器的特点	62
5.2.7	传声器的选择和使用	62
5.2.8	传声器的维护	64
5.3	扬声器	65
5.3.1	扬声器的主要技术指标	66
5.3.2	扬声器的种类	68
5.3.3	动圈扬声器的结构及工作原理	70
5.4	耳机	73
5.4.1	耳机的类型	74
5.4.2	耳机的工作原理及技术指标	75
5.4.3	其它类型的耳机	75
5.5	扬声器系统	75
5.5.1	扬声器系统的分类	76
5.5.2	扬声器系统的构造	76
5.5.3	扬声器系统的技术指标	78
5.6	分频器	78
5.7	扬声器及系统的选择和使用	80
第6章	音频放大器	82
6.1	音频放大器的组成	83
6.2	前置放大器	83
6.2.1	均衡放大电路	84
6.2.2	音调控制电路	84
6.2.3	等响度控制电路	84
6.2.4	前置放大器中的分频	84
6.3	功率放大器	85

6.4	音频放大器的主要性能指标	85
6.5	音频放大器的分类	90
6.6	功率放大器的电路形式	91
6.7	功率放大器的电源及保护电路	94
6.8	放大器的额定功率与功率储备	98
6.9	功率放大器的发展趋势	100
第7章	数字音频技术	103
7.1	概述	104
7.2	音频数字化技术	104
7.3	数字音频格式	107
7.4	数字音频接口	111
7.5	数字音频系统	112
第8章	音频信号处理与控制	114
8.1	频率均衡器	115
8.1.1	频率均衡器的基本原理	115
8.1.2	频率均衡器的类型	116
8.1.3	频率均衡器的技术指标	118
8.1.4	频率均衡器的应用	120
8.2	音频处理设备	121
8.2.1	增益控制	122
8.2.2	延时器与混响器	125
8.2.3	降噪器	126
8.2.4	听感激励器	128
8.2.5	反馈抑制器	129
8.3	音频控制设备	130
8.3.1	音频混合调音台基本构成	130
8.3.2	调音台的分类	132
8.3.3	调音台的主要功能	132
8.3.4	调音台的基本结构	134
8.3.5	主要技术指标	135
8.3.6	调音台的选择及操作要点	136
8.3.7	数字式调音控制台简介	138
第9章	节目源设备	140
9.1	概述	141
9.2	调谐器	141
9.3	电唱盘	141
9.4	磁性录音机	142

9.5	激光唱机(CD)	145
9.5.1	CD 唱机的基本原理	145
9.5.2	CD 唱机的优点	148
9.5.3	CD 唱机的使用与维护	149
9.6	数字磁带录音机 DAT 及 DCC	150
9.6.1	DAT 概述	150
9.6.2	R-DAT 的基本原理	150
9.6.3	S-DAT 录音机	151
9.6.4	DCC 盒式磁带录音机	152
9.7	磁光碟 MD	153
9.7.1	MD 唱机放音原理	154
9.7.2	MD 的记录原理	154
9.7.3	MD 系统的主要技术指标	155
9.7.4	ATRAC 音频压缩技术	155
9.7.5	MD 系统中的实用技术	156
9.8	MP3 与录音笔	157
9.8.1	MP3	157
9.8.2	数码录音笔	157
9.9	激光视唱机	158
第 10 章	音质主观评价	160
10.1	引言	161
10.2	音质、频段与听觉	162
10.3	听音评价术语	163
10.4	音质评价的基本方法	167
10.5	音质评价的试听环境	169
10.6	主客观音质评价的矛盾及统一	170
第 11 章	音频系统的组成	173
11.1	概述	174
11.1.1	广播系统	175
11.1.2	节目制作系统	176
11.1.3	语言学习系统	176
11.1.4	网络应用系统	176
11.2	常见音频系统	177
11.2.1	扩音系统	177
11.2.2	节目制作系统	183
11.2.3	高保真重放系统	185
11.2.4	家庭影院系统	185

11.2.5 无线传输系统	187
第 12 章 电声设备的连接与安装	194
12.1 引言	195
12.2 电声系统连接的原则	195
12.2.1 阻抗匹配原则	196
12.2.2 系统连接中传送信号的类别	196
12.2.3 平衡与非平衡信号传输方式	197
12.2.4 定阻与定压的功率传输方式	197
12.2.5 OCL 输出功放的桥接	199
12.2.6 数字音频设备的配接	199
12.3 连接器与连接线缆	200
12.3.1 卡侬连接器	200
12.3.2 6.35mm 话筒插	201
12.3.3 RCA 插头	203
12.3.4 专业音箱插头	204
12.3.5 电声系统中的线缆	204
12.3.6 数字音频系统中的接口与线缆	205
12.4 系统的连接与安装	206
12.4.1 设备的连接与安装	206
12.4.2 专业用无线传声器的组建	208
12.4.3 音控室的建设	208
12.4.4 电声设备的供电	209
12.4.5 电声音响的管线工程	210
12.5 系统的接地	211
12.6 设备的保养	212
第 13 章 音频系统的声场处理	213
13.1 吸声材料与吸声结构概述	214
13.1.1 吸声材料(结构)的类型	214
13.1.2 多孔吸声材料	214
13.1.3 共振吸声结构	218
13.1.4 其它吸声结构	220
13.1.5 观众厅吸声材料的布置	222
13.1.6 舞台的吸声处理结构	222
13.1.7 吸声材料的其它特性	223
13.2 厅堂音质设计	223
13.2.1 客观技术指标	223
13.2.2 主观听音要求	224

13.2.3 常见厅堂的声学设计·····	226
13.3 噪声与振动控制·····	228
13.3.1 室内噪声控制的常用措施·····	228
13.3.2 隔声措施的一般原则·····	228
13.3.3 建筑构件中的空气声隔声量·····	229
13.3.4 固体声的隔离措施·····	232
13.3.5 室内噪声标准·····	232
13.4 扩音系统音箱的布置方式·····	233
13.5 声反馈的抑制·····	235
13.6 DSP 数字声场处理·····	236
13.7 家庭影院系统的布置·····	236
第 14 章 音频节目制作 ·····	238
14.1 音频节目及制作过程·····	239
14.1.1 音频节目的分类·····	239
14.1.2 音频节目制作的几个环节·····	239
14.2 稿本的编写·····	239
14.3 音频节目制作的环境·····	243
14.3.1 音频节目制作场所·····	243
14.3.2 音频节目制作设备系统的构成·····	250
14.4 声音素材的拾取与采集·····	253
14.4.1 自然声拾取要点·····	253
14.4.2 传声器性能与声音拾取之间的关系·····	253
14.4.3 艺术形式与空间模式关系·····	254
14.4.4 声音拾取与环境·····	255
14.4.5 传声器与声源距离·····	255
14.4.6 传声器摆位考虑因素·····	256
14.4.7 传声器几种拾音摆位的实例·····	257
14.4.8 主辅传声器拾音格局·····	258
14.5 双声道立体声拾取·····	260
14.5.1 双声道立体声拾取方式·····	260
14.5.2 双声道立体声拾音格局·····	261
14.5.3 双声道立体声拾取应注意的问题·····	262
14.5.4 声音的采集·····	262
14.6 常用导播手语·····	262
14.7 声音的后期编辑·····	263
14.7.1 声音素材处理的必要性·····	263
14.7.2 声音素材人工效果的处理·····	264

14.7.3 声音素材的幅度处理	265
14.7.4 声音的缩混	265
14.7.5 数字音频工作站与声音非线性编辑	265
第 15 章 数字音频编辑软件简介	268
15.1 GoldWave 概述	269
15.1.1 GoldWave 的功能	269
15.1.2 GoldWave 的界面	269
15.1.3 GoldWave 的主要菜单命令功能	270
15.2 Adobe Audition 简介	277
15.2.1 多轨视图	278
15.2.2 编辑波形视图	280
附录 1 分贝	289
附录 2 常用隔声材料的隔声度及隔声效果	290
附录 3 常用吸声材料的吸声系数	290
附录 4 声学量的单位名称及符号	292
附录 5 常用声学量的级和基准值	293
附录 6 常见各种乐器及男、女的声压级动态范围	293
附录 7 常见声源的声功率	293
附录 8 各种制式立体声拾音方式的比较	294
附录 9 IEC 关于 Hi-Fi 音频设备及系统的标准(摘要)	294
附录 10 常用音响技术英汉词汇对照	298
参考文献	
后记	

第 1 章

绪 论

在这里,看不见,摸不着的声音,将变得一目了然。

在这里,眼见为虚,耳听为实。

有一则广告说得好:“没有声音,再好的戏也出不来!”

专家们说得更好:“有了声音,如果音质不好,也不会出好戏!”

在多媒体信息时代,声音是一个重要的信息元素。

1.1 引言

声音的表现形态多样,主要有语言、音乐、音响……

“语言是人类思维的工具,也是人类最重要的交际工具。”

“音乐是由和谐乐声组合来表达人们思想情感,反映社会生活的一种声的艺术。”

“音响所产生的巨大感染力决不亚于动作的可视造型。”

……

语言、音乐、音响是人类社会重要的文化要素,声音是信息时代一个重要的信息元素。关于它们在技术方面的研究,由此产生了“音响技术”。

1.2 音响技术

音响技术就是研究可闻声的发生、传播,声音信息的加工处理,声音信息的记录重放,声学环境对音质的影响以及生理心理因素对听觉影响的一门综合性的边缘学科和应用技术,其最重要的研究目的在于如何获得最佳的听音效果。这里的“音响”是指人耳可以感知到的各种声响。

在现代生活中,“音响”一词通常是指通过有关的设备播放出的音乐、讲话及其它声音;演出现场直接演唱或奏出的音乐、讲话及其它声音,或者是通过各种电子设备处理后将它们播放出来的声音,也属于这个范畴。演员、设备与环境等配合所获得的音质好坏称为音响效果,其中设备与环境本身也都有各自的音响效果。记录存储各种声音的载体(媒质)称为音响软件(或节目)(audio software),如唱片、音乐磁带等。能够播放这些音响软件的电子设备称为音响设备或音响系统。这些设备也可称为音响硬件。在我国国家标准“音频组合设备通用技术条件”中,将能够播放3种以上音乐软件(如唱片、音乐磁带、FM立体声广播)的音频组合设备定义为组合音响系统,简称组合音响。而构成组合音响系统的每个单元(如话筒、放大器、调谐器、电唱盘、CD唱机、卡座、均衡器、扬声器系统等)则称为音响组件或音响部件(audio component)。

1.3 音响技术的沿革

音响技术是一门古老而又年青的技术,其发展历史近千年。当时的能工巧匠们在建造教堂和一些剧场之类的建筑时,都自觉或不自觉地利用了建筑声学方面的技巧,使得在没有任何电扩音的情况下,可以让众多的听众在很大的场子里听清讲演和演出,这不能不说是古老而又原始的音响技术。直到20世纪初著名物理学家赛宾(W. C. Sabine)提出室内混响时间计算的著名公式,开创了建筑声学这一学科领域,室内音响的设计才开始有了一套相对完备和系统的理论和方法。正是在这些系统化的理论指导下,欧洲、美国等地建造的一批可容纳1000人~2000人的大型音乐厅、歌剧院,在完全不用电扩音的情况下,可以保证每一位观众清晰地听到独唱或独奏的声音。显然,这种建声设计应归属于音响技术的范畴,它标志着音响技术的新起点。

1877 年伟大的发明家托马斯·爱迪生(Thomas Edison)发明了世界上最早的声音记录和重放设备——留声机,这一发明奏响了音响技术蓬勃发展的前奏曲。

1904 年英国的弗来明(Fleming)发明了电子管,1915 年电子管放大器的问世实现了对电信号的放大处理;1919 年,贝尔(Bell)在发明电话时解决了电/声和声/电转换的问题,又开创了电声技术这一新领域。由于电信号便于控制、处理和传输,因此对声音信息的记录、重放、扩音及传输等便与“电”密切相连。

自 20 世纪 30 年代起,音响技术进入以电声技术为核心的时代。1924 年起唱片的制作开始采用“电气灌片”技术,1927 年美国的卡森(Carson)发明了钢丝录音机,1935 年德国通用电气公司(AEG)推出首台磁带录音机,1948 年美国 CBS 公司研制出密纹唱片(LP),1958 年开始出现立体声 LP 唱片,1965 年在荷兰飞利浦(Philips)公司领导下,世界各国开始生产盒式磁带录音机,20 世纪 70 年代瑞士 Studer 公司、美国 Ampex 公司的专业开盘磁带录音机达到了极高的技术水准,60 至 70 年代数字技术开始进入电声领域,80 至 90 年代 CD 唱片逐步成为娱乐用音乐节目的主要记录载体。目前,随着计算机多媒体技术及网络技术的发展,用于节目制作、扩音播控、资料管理的数字音频工作站,已成为广播电视、音像出版、网络传媒、多媒体制作及声音创作等领域的主流设备。MP3、MP4 和录音笔已逐渐成为人们学习、工作及娱乐的工具。可见,在近百年的发展过程中,音响技术的核心就是电声技术。

1.4 电声技术

电声技术是利用电子技术和应用声学的原理解决可闻声发生、接收、变换、处理、加工、记录、重放及传播等问题,它是以电子技术、应用声学 and 声电换能原理为技术支撑,吸收、融合了其它许多相关学科的研究成果而形成的一门边缘性、应用型的学科。可见,电声技术是当代音响技术的核心,而音响技术较电声技术有更广的范畴,可以认为:音响技术包含了电声技术、建筑声学、生理心理声学及音乐学等部分的内容。音响学强调的是最终产生的音响的听觉感受,从声音的产生直至听觉感受的全过程都属于它的研究范畴。

1.5 音频技术

随着电声技术的发展,尤其是近年来数字多媒体技术的发展,多媒体计算机和网络已成为人们学习、工作和日常生活中不可缺少的组成部分。一种以电声技术为核心内容,包含建筑声学、生理心理及音乐艺术等相关方面在内的,把系统构成、音视频节目、多媒体和网络媒体制作及应用作为主要目的的综合应用型学科——音频技术,便应运而生。音频技术仍属于音响技术的范畴,它侧重于在广播电视、多媒体技术、网络传媒及声音创作等方面的应用研究,它是这些领域的重要技术支撑。

图 1-1 是音响技术、电声技术和音频技术三者之间的关系图解。

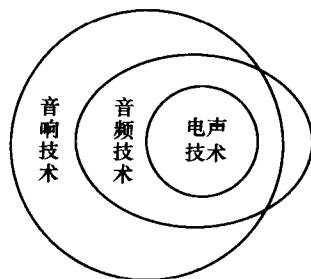


图 1-1 学科领域关系图

1.6 音频技术工作者的素养

音频技术是一门综合性的边缘学科和应用技术,又有很强的艺术性。因此要求从事音频技术工作的人员在电声技术、建筑声学、音乐学等方面都应具有较足够的知识储备,且要具有较高的艺术修养。归纳起来主要有以下几个方面。

(1) 音频工作者应深入掌握应用声学、人耳的听觉特性、电声技术及音乐艺术等方面的基础知识。

(2) 音频工作者要熟练掌握电声器材、设备的基本原理和操作方法。在实际工作中,应做到对这些设备、器材能够运用自如,只有这样才能得心应手地去完成各项工作,并进行艺术的再创造。

(3) 音频工作者对各种声源的声音特征应该了如指掌,并要与入耳的听觉特性密切联系。

(4) 音频工作者必须具有敏锐的听觉能力以及对声音品质的辨析能力。这里的听觉包含两个方面:一是人耳本身的听力,取决于身体条件,若是听力缺陷者则不宜从事音频工作;二是对声音品质的辨别能力,这要靠不断的训练(锻炼)来逐步提高。

(5) 音频工作者应具备较高的文艺修养,尤其是音乐修养,应注意在这方面长期积累、逐步提升,只有这样才能真正胜任音频技术的工作。

1.7 音频技术发展的趋势

自留声机发明以来的 100 多年中,音频技术的发展十分迅速,尤其是近几十年,由于多媒体计算机、网络传媒及存储等相关技术的发展和支撑,音频技术更是突飞猛进。音频技术的发展方向,归纳起来主要有以下几个方面。

1. 模拟电声设备器材的技术指标不断提高

目前,传统的模拟电声设备和器材的技术指标虽然已经达到了很高的水准,但仍有潜力可挖,有进一步提升的余地。然而也应看到虽然技术指标有望继续提高,但是这些设备和器材已经过了许多年的发展,技术已趋于成熟,这方面的发展速度将不会很快,更不可能在近期有重大突破。

2. 集成化、小型化和高可靠性

在过去的一段时间里,集成电路由于受到制造工艺的影响,应用于电声设备中时,往往难以满足高音质的要求。随着集成电路设计和制造工艺的不断发展和提高,出现了许多低噪声、低漂移、低失真、宽频带、高速度的集成电路运算放大器,运用它们已完全可以达到高音质电声设备的目标,而且能简化电路设计,提高设备的可靠性,便于维护。专为音响设备开发的专用集成电路,已广泛地被使用。采用一片极高集成度的数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)专用芯片为核心,便可产生 200 余种声音效果的数字式效果器,更加体现了集成电路在音响领域中所发挥的积极作用。

3. 数字技术将日益广泛地进入音响领域

随着数字电子技术、数字信号处理技术以及模/数—数/模转换技术的日趋成熟,使得