

数字网络 音频系统

原理与工程设计

DIGITAL NETWORK AUDIO SYSTEMS
THEORY AND ENGINEERING DESIGN

◎ 彭妙颜 周锡韬 徐海 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.pnei.com.cn>

数字网络音频系统 原理与工程设计

彭妙颜 周锡韬 徐海 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在讲述数字音频网络基本原理的基础上,重点讲述数字音频网络工程的结构、原理、设计和系统集成等内容。特别是在数字音频处理、数字网络音频系统、数字电影、声像光机表演控制和声像实时跟踪等领域充实了丰富的新内容和工程实例,涵盖了剧场、影院、体育场馆、会展中心、智能化会议厅、数字录音棚、主题公园和旅游景点声光像表演等扩音、录音和控制系统。

本书可作为大专院校音频工程、音响技术、录音技术、电化教育(教育技术)、应用电子技术及影视舞台音响等相关专业课程的教材或参考教材,也可供从事上述专业的设计、研发、生产和施工等工程技术人员参考。由于书中大量深入浅出的讲述和实例,因而也适合工厂企业、机关学校、文艺团体、娱乐场所、体育场馆、剧场影院、广播电视、声像制作和电化教学(教育技术)等部门从事音频(音响)技术和管理工作的人员和业余爱好者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字网络音频系统原理与工程设计/彭妙颜,周锡韬,徐海编著. —北京:电子工业出版社,2016.3

ISBN 978-7-121-28323-9

I. ①数… II ①彭… ②周… ③徐… III ①数字音频技术 IV. ①TN912.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第050022号

策划编辑:曲 昕

责任编辑:夏平飞

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:28 字数:735千字

版 次:2016年3月第1版

印 次:2016年3月第1次印刷

定 价:79.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

音频领域当今正处在由“模拟音频”全面地向“数字音频”过渡的转折时期。

不论是家用音响还是专业音响领域，音频技术数字化已是一股不可逆转的潮流。这对于从事音频设备和音频系统设计、生产、销售、安装、调试、维修、管理和操作使用的这支庞大的技术队伍，包括专业人士、兼职人士和业余爱好者在内，都已切身感受到数字化这股大潮带来的冲击，从而迫切希望尽快掌握新技术以迎接挑战。本书希望能在这方面贡献一点微薄的力量。

作者于 2006 年编著出版的《数字音频设备与系统工程》一书曾作为广州大学“音视频与艺术照明工程”专业本科教材，并公开发行。时间一晃近十年，数字音频技术的飞速发展，特别是网络传输技术的发展，促使我们有必要在《数字音频设备与系统工程》一书的基础上充实更新，重新编写这本名为《数字网络音频系统原理与工程设计》的新书。

数字音频涵盖的范围很广，涉及通信、广播、计算机等许多学科领域。考虑到市面上有关“数字音频技术”、“数字信号处理”等一类专门讲述数字音频基础理论的教材和书刊数量较多，本书以有限的篇幅，将把侧重点放在数字音频工程方面，讲述音频工程应用的数字音频设备以及由这些设备组成的数字音频扩声系统和录音系统的结构、原理、设计、系统集成和测量等内容。

作者长期从事音频工程的教学、科研、设计、检测和工程实践，并得到广大音频设备生产企业和工程企业单位的支持，提供大量最新的技术资料，使本书能较好地反映当今国内外数字音频工程领域方面的新技术、新工艺、新设备和新的设计理念，并举出一批最新的工程实例。特别是在音频信号处理器（第五章）、数字网络音频系统（第七章）、数字电影系统（第十一章）和声像光机同步表演控制系统（第十四章）等领域充实和更新了丰富的内容，使这几章成为本书的亮点。

为便于与国际接轨，本书所述及的主要专业名词首次出现时都尽量附上英文，这也是本书的特色之一。

本书编写力求理论与实践相结合，使内容深入浅出，在系统讲述一定深度理论知识的基础上给出大量最新的数字音频产品技术资料 and 数字化、网络化工程实例，其中涵盖了剧场、音乐厅、体育场馆、多功能会堂、歌舞厅、智能化会议厅、数字录音棚、大型航空港、客运站、主题公园、数字立体声电影院和电台播控中心等。

本书可作为大专院校音频工程、音响技术、录音技术、电化教育（教育技术）、应用电子技术及影视舞台音响等相关专业课程的教材或参考教材，也可供从事上述专业的设计、生产、研发及工程技术人员参考。由于书中大量深入浅出的讲述和实例，因而也适合工厂企业、机关学校、文艺团体、娱乐场所、体育场馆、剧场影院、音乐厅、广播电视、声像制作、电化教学（教育技术）等部门从事音频（音响）技术和管理工作的人员和业余爱好者阅读。

近年来我国的文化产业大发展，急需大批这方面的技术人员和管理人员，本书亦可作为相关的专业人员培训和自学教材。

本书的出版得到广州大学教材出版基金的支持。

本书编写过程中得到安恒利(ACE)、迪士普(DSPPA)、博士(BOSE)、EV、百威(Peavey)、锐丰、天创(TICO)、台电、迪声(dB)、励丰、声韵(d&b)、三基、天艺、东汇、汇信、华汇、卡侬、中美亚、K&F和奥特维等国内外知名音响企业的大力支持,给本书提供宝贵资料及编写意见和建议;叶煜晖、陈斌等同志为本书的出版做了大量工作;在此一并表示深切谢意。本书编写过程中还参阅了大量的著作、刊物和网站等参考文献,在此特向这些文献的作者表示衷心的感谢。

作者期望以本书为桥梁,能与广大从事音频工程技术的同行进行交流,也希望能对新入门的音频工作者和广大音响爱好者有所帮助。

由于本书内容较新,涉及面广,加上编者水平所限,书中存在错误或不当之处,敬请广大读者给予批评指正。

彭妙颜 周锡韬 徐海
广州大学声像与灯光技术研究所
广东中南声像灯光设计研究院
广州市迪声音响有限公司
<http://avl.gzhu.edu.cn>
E-mail: gzhuavl@21cn.com
2016年1月

目 录

第一章 数字音频技术基础	1
第一节 音频系统的组成和分类	1
一、音频系统的组成	1
二、音频系统的分类	1
第二节 单声、立体声与环绕声	3
一、单声道和双声道立体声	3
二、环绕声的基本概念	3
第三节 模拟音频系统	5
第四节 数字音频技术基础	8
一、音频信号的数字化	8
二、数字信号的几个概念	9
三、数字音频信号的处理流程及关键技术	12
四、数字信号传输技术	14
五、数字音视频接口标准	16
第五节 数字信号传输线缆	28
一、同轴电缆	28
二、光纤	29
三、双绞线	30
第二章 音频录放设备	31
第一节 音频录放设备的分类	31
第二节 电唱机	32
一、电唱机的分类和结构原理	32
二、电唱机的应用	33
第三节 磁带录音机	33
一、磁带录音机的分类	33
二、模拟磁带录音机	33
三、数字磁带录音机	34
第四节 激光唱机	35
一、CD 的原理及规格	35
二、CD 机的结构及功能	36
三、CD-ROM	36
四、可录式 CD 机	37
五、HDCD	37
六、双 CD 机——激光磨盘机	37
第五节 激光视盘机 VCD 和 DVD	38
一、VCD 激光视盘机	38
二、DVD 激光视盘机	38
三、高清 DVD——蓝光 DVD 和 HD-DVD	40
第六节 微型磁光盘 (MD) 录音机	41
一、MD 的规格和特点	41
二、MD-MO 录放音原理	42
第七节 数字硬盘录音机——HDR	42
一、磁盘技术的发展	42

二、硬盘录音机原理	43
三、数字硬磁盘录音机典型产品	44
第八节 固态硬盘——Flash 和 MP3	46
一、Flash 存储器	46
二、基于闪存类的固态硬盘	46
三、基于 DRAM 类的固态硬盘	46
四、MP3 录放器	47
五、数字录音笔	47
第三章 电声器件	48
第一节 扬声器	48
一、扬声器的分类和特点	48
二、扬声器的组合	48
三、扬声器的主要特性参数	49
四、扬声器箱	50
五、分频器	52
六、线阵列扬声器系统	56
七、定向扬声器系统	65
第二节 传声器	75
一、传声器的结构原理	75
二、传声器的技术指标	76
三、按使用方式分类	78
四、无线传声器	82
第四章 音频放大器	86
第一节 概述	86
一、音频放大器的基本功能	86
二、音频放大器的分类	86
三、音频放大器的技术指标	86
第二节 前置放大器	89
一、节目源与放大器的匹配	89
二、信号的选择和混合	89
三、音量控制和平衡控制	90
四、音调控制	90
第三节 功率放大器	90
一、功率放大器的分类	90
二、模拟音频功率放大器	91
三、数字音频功率放大器	92
四、准数字功放、数控功放、数字处理功放和网络功放	97
五、功放与扬声器功率的匹配	98
第五章 音频信号处理器	100
第一节 概述	100
一、音频信号处理的基本概念	100
二、音频信号处理器的分类	100
三、信号处理器在音频系统中的应用	101
第二节 模拟音频信号处理器	102
一、模拟滤波器	102
二、模拟均衡器	113
三、模拟压限器和扩展器	117
四、听觉激励器	120

五、移频器	121
第三节 数字音频信号处理器	121
一、数字信号处理的基本概念	121
二、数字信号处理的优缺点	122
三、数字滤波器与均衡器	123
四、数字延时/混响器	125
五、数字变调/变速处理器	131
六、数字压缩/扩张器	132
第四节 扬声器系统控制器	133
一、扬声器系统控制器的功能	133
二、扬声器系统控制器的应用	135
第五节 一体化数字音频信号处理器	136
一、一体化数字音频信号处理器的功能	136
二、数字化扩声系统的特点	137
三、数字音频信号处理器的类型	138
四、数字音频信号处理器典型产品	140
第六章 调音台	162
第一节 概述	162
一、调音台的分类	162
二、调音台的功能	162
三、调音台的技术指标	163
第二节 调音台的结构和各组件功能	163
一、调音台的基本结构	163
二、调音台的通路方框图和电平图	164
三、调音台各组件的功能	165
第三节 模拟调音台典型产品	169
一、JVC MI-2000 8 路调音台	169
二、声艺 Soundcraft LX7 32 路调音台	172
第四节 DJ 混音台的结构及典型产品	176
一、DJ 混音台的功能特点	176
二、Vestax PMC-15SSL 混音台	177
三、Numark PPD 系列 DJ 混音台	179
第五节 数字调音台的结构和特点	179
一、数字调音台的结构	179
二、数字调音台的特点	181
第六节 数字调音台典型产品	182
一、雅马哈 YAMAHA 01V96 数字调音台	182
二、迪声 MP 系列准数字调音台	188
三、C-MARK CDM24 数字调音台	192
第七章 数字网络音频系统	194
第一节 概述	194
一、音频系统的数字化和网络化	194
二、网络协议	196
三、网络音频的特点	197
四、MADI 的特点及其与其他网络协议的对比	198
第二节 CobraNet	199
一、概述	199
二、工作原理和特性	200

三、典型产品	201
第三节 EtherSound	203
一、概述	203
二、典型产品	204
第四节 AVB	205
一、概述	205
二、工作原理和主要特点	206
三、典型产品及工程案例	208
第五节 Dante	211
一、概述	211
二、系统结构和特性	212
三、Dante 与 EtherSound 及 CobraNet 的性能比较	214
四、典型产品	215
第六节 其他协议	216
一、A-Net	216
二、HiQnet、CrownTCP/IQ 和 BLU-Link	216
三、OPTOCORE 及 SANE	224
四、Q-Sys	225
五、OMNEO	227
第七节 数字网络音频系统工程实例	228
一、工程实例一——大型航空港寻呼及背景音响系统 (CobraNet)	228
二、工程实例二——大型主题公园扩声系统 (CobraNet)	230
三、工程实例三——金莎娱乐场扩声系统 (CobraNet+IQ)	230
四、工程实例四——卡门演唱会扩声系统 (EtherSound)	231
五、工程实例五——第十届全国运动会扩声系统 (A-Net)	232
六、工程实例六——九运会开幕式扩声系统 (YAMAHA)	233
七、工程实例七——武汉国际网球中心 15000 人网球场 (OMNEO, Dante)	234
第八章 扩声系统工程设计与实例	237
第一节 概述	237
一、设计的前期准备工作	237
二、设计文件	237
三、设计步骤	238
第二节 小型多功能厅扩声系统设计实例	241
一、设计依据的标准	242
二、计算音箱所需的电功率	242
三、音箱的布局	243
四、讨论	244
五、选配音箱品牌型号	245
六、选配功率放大器	245
七、选配其他设备	245
八、设备清单	246
九、系统图	248
十、布局图和布线图	248
第三节 计算机辅助设计软件——EASE 简介	250
一、EASE 软件在扩声设计中的应用	250
二、EASE 软件应用示例	252
第四节 多功能礼堂扩声系统	253
一、系统概述	253
二、设计方案特点	254

三、扩声系统设计	254
四、建声装修设计	263
第五节 济源体育馆扩声系统	263
一、声场设计	263
二、声场实测结果	264
三、系统控制方式	264
第六节 古镇体育馆建声及扩声系统	265
一、概述	265
二、建声设计的特点及相关标准	266
三、电声设计的特点及相关标准	266
四、中山市古镇体育馆声学改造工程	267
第七节 香港演艺学院 Lyric 剧场扩声系统	269
一、主扩声系统	269
二、数字功率放大器	273
三、场景切换功能	273
四、监测功能	273
五、控制功能	274
六、升级维护保养功能	274
第九章 电子会议系统	276
第一节 概述	276
一、电子会议系统的基本概念	276
二、电子会议系统的组成	276
第二节 会议讨论系统	277
一、会议讨论系统的分类与组成	277
二、会议讨论系统的性能要求	282
第三节 会议同声传译系统	282
一、同声传译系统的功能和分类	282
二、同声传译系统的组成	283
三、同声传译系统的连接和使用	283
第四节 会议表决系统	284
一、表决系统的分类	284
二、表决系统的功能和应用	284
第五节 会议扩声系统	285
一、会议扩声系统的组成和设计要求	285
二、DSP 网络矩阵组成会议扩声系统	285
第六节 会议录制和播放系统	287
一、一体机录播系统	287
二、大型多媒体会议室系统	287
第七节 电子会议系统典型产品及工程案例	288
一、dB-MARK DCP 数字会议系统	288
二、铁三角红外会议讨论系统与视频会议系统组合	291
三、TAIDEN 无纸化多媒体电子会议系统	293
第十章 公共广播系统	296
第一节 概述	296
一、公共广播的基本功能及分类	296
二、公共广播系统的分类	296
第二节 公共广播系统的组成	297
一、简单的公共广播系统	297

二、典型系统	298
三、矩阵系统	299
四、智能化系统	300
五、总线化系统	301
六、无线系统	304
第三节 公共广播系统的分类、分级和性能指标	305
第四节 公共广播系统工程实例	306
一、校园广播系统	306
二、会展中心公共广播系统	309
三、世博村公共广播系统	310
第十一章 数字电影系统	311
第一节 从模拟电影到数字电影	311
第二节 电影系统的录音技术	312
一、机械录音(唱片刻纹)	312
二、磁性录音	312
三、光学录音	312
四、激光录音	313
第三节 电影院扩声的 A 环和 B 环系统	313
第四节 数字立体声电影系统的制式	313
第五节 数字立体声电影院的技术标准	314
一、GY/T 183—2002 中有关电声技术特性的 B 环的主要指标	315
二、GB/T 50356—2005 中有关电影院观众厅建筑声学的主要指标	316
三、指标对比	317
四、各通道扬声器功率的确定	317
第六节 数字影院扩声系统的特点	318
第七节 数字电影的制作、发行和放映技术	320
一、数字电影系统技术的内容	320
二、数字电影与高清电视的参数对比	321
三、数字电影与模拟(胶片)电影的对比	322
第八节 数字电影的相关标准	322
一、DCI《数字影院系统规范》	322
二、SMPTE DC28 数字影院标准	323
三、ISO/TC36 数字影院标准	324
四、我国数字影院技术标准	324
第九节 数字影院放映系统工程设计	326
一、数字影院放映系统的组合结构	326
二、数字影院放映系统工程设计实例	328
第十节 巨幕电影	333
一、IMAX 巨幕电影	333
二、DMAX 中国巨幕	336
第十一节 3D 环绕声电影技术	337
一、Auro-3D 系统	337
二、IOSONO-3D 系统	338
三、Dolby Atmos 系统	339
第十二章 电子乐器、MIDI 与计算机音乐系统	344
第一节 概述	344
第二节 电声乐器和电子乐器	344
一、电声乐器	344

二、电子乐器	346
第三节 MIDI 设备与系统	347
一、概述	347
二、MIDI 系统的设备配置	349
三、MIDI 系统连接	351
四、常见的 MIDI 应用软件	353
第四节 计算机音乐系统	354
一、从 MIDI 到计算机音乐	354
二、计算机音乐系统的组成	356
三、计算机音乐系统在音乐节目制作中的应用	356
四、计算机音乐系统应用的软件	358
第十三章 录音系统与数字音频工作站	360
第一节 概述	360
一、录音系统的分类	360
二、机械录音、磁性录音和光学录音	360
第二节 同期录音和分期录音	361
一、同期录音	361
二、分期录音	364
第三节 从模拟录音到数字录音	365
第四节 数字音频工作站的功能、分类和组成	366
一、数字音频工作站的功能和分类	366
二、数字音频工作站的组成——硬件部分	368
三、数字音频工作站的组成——软件部分	372
第五节 数字音频工作站的应用	373
一、音轨和通道	373
二、Pro Tools 在现场录音的应用	374
三、数字音频工作站的编辑功能	375
第六节 数字录音系统典型组合	377
一、小型数字录音系统	377
二、5.1 环绕声数字录音系统	378
三、中型音乐制作数字录音系统(中档级配置)	379
第七节 数字化广播播控中心系统	381
一、概述	381
二、VADIS 数字音频网络系统的结构与特点	381
三、VADIS 系统工程实例——广东电台播控系统	382
第十四章 声像光机(AVLM)同步表演控制系统	386
第一节 概述	386
一、AVLM 同步表演控制的概念	386
二、同步表演系统的分类和特点	386
第二节 AVLM 控制系统的基本功能、协议和接口	387
一、Show Control 的基本功能	387
二、Show Control 的常用协议和接口	387
第三节 AVLM 表演系统的控制模式	390
第四节 以多轨录音机为控制核心的系统结构和工程实例	390
一、应用于实景主题剧场的控制系统结构和特点	390
二、以多轨硬盘录音机为核心的工程实例——深圳“大侠谷”露天剧场	391
第五节 以 HDL 智能控制为核心的系统结构和工程实例	393
一、工程实例之一——四川乐山大佛声光像同步表演	393

二、工程实例之二——广州市“珠江两岸”光亮工程声像灯光表演系统	396
第六节 以电脑灯控制台为核心的系统结构和工程实例	398
一、由电脑灯控制台组成的控制系统	398
二、上海世博会开幕式表演系统	399
三、广州亚运开闭幕式 8 个 LED“风帆”控制系统	399
第七节 以 ALCORN 为核心的系统结构和工程实例	400
一、ALCORN 的分类、特点和功能	400
二、ALCORN 的系统组合	401
三、ALCORN 系统的硬件设备	402
四、ALCORN 工程实例之一——智能展览控制系统	402
五、ALCORN 工程实例之二——上海杜莎夫人蜡像馆	404
第八节 以 Medialon 为核心的系统结构和工程实例	406
一、Medialon Manager 的特点	406
二、Medialon Manager 的设计界面	406
三、Medialon 工程实例——2008 北京奥运开幕式“地面卷轴”	406
第九节 以 lemuse MC-2000 为核心的系统结构和工程实例	407
一、MC-2000 的功能及特点	407
二、演出控制系统的组成	407
第十节 演出现场声像定位与跟踪系统	408
一、概述	408
二、布雷根茨开放声学系统	411
三、IOSONO-3D 环绕声系统	412
四、WFS 声学全息系统	415
五、TiMax 空间声像控制与跟踪系统	416
六、D-Mitri 数字音频平台	418
七、TTA 舞台声像跟踪系统	421
第十五章 声音质量评价	422
第一节 音质评价的基本概念	422
一、人耳听觉的主观感受与客观指标	422
二、音质评价的含义和应用范围	422
三、音质评价依据的相关标准	422
第二节 对音响产品和声音节目的音质评价	423
一、对音响产品和声音节目的音质评价方法	423
二、组织音响产品和声音节目评价需具备的条件	423
三、音质评价用节目源	423
四、音质评价用语体系	424
五、评价计分（参见 GB/T 16463—1996 第 7 条款）	424
六、音质评价的环境要求——试听室	426
第三节 对厅堂扩声系统的音质评价	429
一、基本规定（GB/T 28047—2011，第 4、5、6、7 条款）	429
二、评价项目（GB/T 28047—2011，第 8 条款）	429
三、声压级与音质评价的关系	433
第四节 对厅堂建筑声学环境的音质评价	433
一、厅堂音质评价依据的标准	433
二、厅堂音质评价的主要内容	433
三、厅堂音质评价方法	434
四、音质主观评价用语	434
参考文献	435

第一章 数字音频技术基础

第一节 音频系统的组成和分类

一、音频系统的组成

音频系统 (audio system) 也称为音响系统 (sound system)、声频系统或电声系统, 通常是指广播电台、电视台、电影制片厂、音像制品公司、剧场、歌舞厅、音乐厅、电影院、礼堂、体育场馆以及家庭等场所用于扩音或录音的设备的组合。这些设备通称为音频设备或音响设备。常见的音频设备有以下几种:

(1) 音频放大器, 如前置放大器、传声器放大器、唱头放大器、功率放大器等。

(2) 节目源设备, 又称信号源设备或声源设备, 如电唱机、CD 机、录音机、收音机 (调谐器)、MD 机等。

(3) 电声换能器, 如扬声器、耳机和传声器 (话筒) 等, 其中传声器同时也是一种信号源。

(4) 音频信号处理设备, 包括均衡器、降噪器、延时/混响器、压缩/限幅器、啞声消除器、听觉激励器和数字信号处理器 (DSP) 等。

(5) 调音台, 也可将其看成是音频放大器和音频信号处理设备的一种组合。

用上述音频设备组成各种音频系统, 以适应不同的使用场合和不同的目的要求。

二、音频系统的分类

1. 按其主要任务划分

音频系统按其主要任务或最终目的不同可划分为扩声系统和录音系统两大类。

(1) 扩声系统

扩声系统 (sound reinforcement system) 的任务是把从传声器、电唱机、CD 机或录音机等信号源送来的语言或音乐信号进行放大、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。扩声系统还可细分为:

1) 厅堂扩声系统 (auditorium sound reinforcement system)。它包括礼堂、剧场、电影院、音乐厅、会议厅、歌舞厅等装设的大功率系统以及家庭用的小功率系统。

2) 公共广播系统 (public address system)。如车站、码头、机场、酒店、工矿企业、机关、学校和农村常见的公共广播等, 都属于此类。其中装设于餐厅、商场、银行和酒店等公共场所, 播放声音较轻的音乐, 目的是营造适当的环境气氛的公共广播系统常称为背景音乐系统 (background music system)。

3) 电子会议系统 (electronics conference system)。亦称为多媒体会议系统, 简称会议系统。最基本的组成部分是会议发言系统 (讨论系统), 较复杂的加上表决系统、同声传译系统、视像显示同步跟踪系统和远程视频会议系统等。

(2) 录音系统

录音系统 (sound recording system) 的任务是把从传声器、电唱机、MD 机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, 最终目的是把声音信号记录下来, 待到需要时再通过其他重放设备还原成声音。

本书内容侧重点放在扩声系统。有关录音系统的内容安排在本书第十二、十三章作扼要介绍。

2. 按其使用对象划分

音频系统按其使用对象不同而划分为民用 (家庭用) 音响和专业音频 (专业音响) 系统等。

(1) 民用 (家庭用) 音响系统 (civilian (family) audio system)

适用于听众较少、场地不大的家庭环境的小功率音响设备。

(2) 专业音频 (专业音响) 系统 (professional audio system)

通常是指广播电台、电视台、电影制片厂、唱片厂、音像制品公司、剧场、歌舞厅、音乐厅、电影院、礼堂、体育场馆等装设的大功率音响系统。

本书的内容安排重点讲述专业音频系统, 对民用音响只作简略介绍。

3. 按其信号处理方式划分

音频系统按其信号处理方式划分为模拟音频系统和数字音频系统。

(1) 模拟音频系统

模拟 (analogue) 一词本意为“相似”, 在工程技术领域应用则有“连续”的含义; 而数字 (digital) 则具有“不连续”、“离散”的含义。一般说到模拟量都是指“连续量”, 而数字量则是指“离散量”。

我们日常听觉接受的声音, 视觉接受的图像、颜色等都属于连续变化的信息, 称为模拟信息。依此类推, 连续变化的音频信号则称为模拟音频信号。

把声音信号在原来模拟状态下进行传送、记录、重放及其他加工处理的技术, 称为模拟音频技术或模拟音响技术 (analog audio tech.), 相应的设备及由此组成的系统称为模拟音频设备及模拟音频系统 (analog audio system)。

随着技术的进步, 人们发现模拟技术存在许多先天性的难以克服的缺陷, 各项性能指标难以进一步提高。而采用数字技术的音频系统与模拟音频系统相比, 在存储、检索、处理、传输和利用等各个方面都有着无可比拟的优越性。

(2) 数字音频系统

把声音信号数字化, 并在数字状态下进行传送、记录、重放及其他加工处理的技术, 称为数字音频技术或数字音响技术 (digital audio tech.), 相应的设备及由此组成的系统称为数字音频设备及数字音频系统 (digital audio system)。本书定名为《数字网络音频系统原理与工程设计》, 主要是从工程应用的角度讲述数字音频中的专业音频设备和系统。至于模拟音频设备和系统目前仍在一定范围内使用, 本书亦安排适当的篇幅讲述。

4. 按声道的数目多少划分

按声道的数目多少划分为单声道音频系统、双声道立体声音频系统和多声道音频系统。本书侧重于双声道立体声系统。

第二节 单声、立体声与环绕声

在交响音乐会上，只要你坐在正对舞台中央附近的位置，即使闭上双眼，你也能清晰地分辨出管弦乐队中各种乐器的空间位置——小提琴在左边，管乐器在中间，大提琴在右边，而打击乐器在后边。这是因为人对声音具有很强的“立体感”。

以管弦乐队左侧的小提琴为例，由于它与你的左右两耳的距离不同，所演奏的声音必然先到达你的左耳，稍后才到达你的右耳，即存在着“时间差”（time difference, Δt ）。另一方面由于距离不同，再加上人的头部对声音有遮蔽效应，使你的左耳感受到小提琴的声音会比右耳响一些，即存在“声级差”（sound level difference, ΔL ）。人的大脑把从两耳接收到的这些细微差别的信息加以分析，并与原来就存储在大脑里的听觉经验进行比较，从而迅速分辨出声源的方位。

一、单声道和双声道立体声

音响技术中所谓“声道”或“通道”或“通路”（channel, 简称 CH）的意思是指一个电信号或声信号完整独立的专有路径。在电声技术发展的早期，广泛应用的是单声道（mono sound）音响系统，是由一个传声器、一个放大器和一个扬声器组成的单一声音信号通道（见图 1-1 (a)）。用单声道设备去播放一个大型管弦乐队演奏的节目，所有乐器的声音都是从一个“点声源”发出来的，不可能有方位感和展开感。在单声道系统中，即使拾音时用了多只传声器，放音时也用了多只扬声器并放到房间不同的位置，如果拾音和放音的放大器只有一个声道，那么所有扬声器重放的仍然是同一信号，没有声级差和时间差，结果仍不能获得任何立体感。只有采用两个或两个以上的声道，分别使用各自的传声器、放大器和扬声器，组成立体声（stereo sound）系统，才有可能重现在现场感受的方位感、展开感和临场感，即所谓立体感。

图 1-1 (b) 是由左（left, 简写 L）、右（right, 简写 R）通道组成的双声道立体声现场扩音系统示意图，两个声道分别使用两只适当拉开距离的传声器拾音，以模拟人的双耳听音的效果，每一个传声器拾得的声音信号各自通过一个独立的放大器，分别驱动放置在听者前方左右两侧的扬声器放音，从而获得类似在现场欣赏节目时的方位感、展开感和深度感。最先出现的双声道立体声（two-channel-stereo）和近年飞速发展的多声道环绕立体声（multi-channel-surround sound）在某种意义上都称为立体声。但人们习惯于把双声道立体声简称为“立体声”，而把多声道环绕立体声简称为“环绕声”（surround sound）。

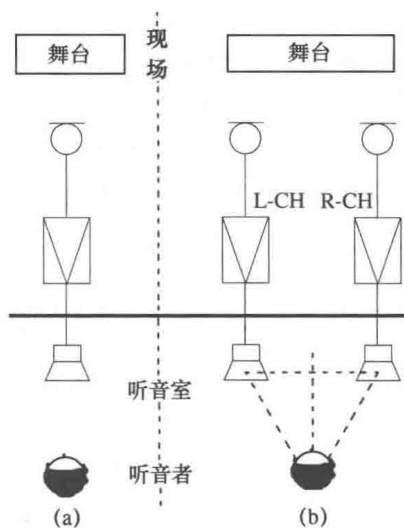


图 1-1 单声道和双声道立体声

二、环绕声的基本概念

环绕声也是一种立体声。顾名思义，它应能重现环绕于听音者四周的声像。典型的双声道立体声仅模拟了前方传来的声音而不能反映后方来的原发声和反射声，因而听音者还不会有逼真的亲临现场的感觉。为了模拟逼真的临场感，各种环绕声系统都是企图在双声道立体

声的基础上把来自听音者后方和侧向的声音重放出来。

1. 简易环绕声系统

如图 1-2 所示，在双声道立体声的基础上，增加两个后置环绕声声道 (S)，用 L、R 信号经过延时，衍生后置声道信号 S，即可在一定程度上烘托出临场气氛。上述后置声道信号 S 也可以用 L、R 信号经过移相衍生。显然，不论延时或移相，后置声道信号 S 都是“假”的，故被称为假环绕声 (pseudo-surround sound) 或赝环绕声。

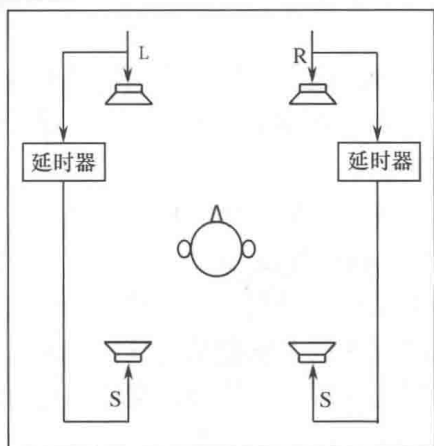


图 1-2 简易环绕声

2. 杜比定向逻辑环绕声

杜比定向逻辑环绕声 (dolby pro logic) 是由杜比公司开发用于家庭影院的一种系统。该系统用左 (left)、右 (right)、中央 (center)、环绕 (surround) 四个声道拾音，得到 L、R、C、S 四个信号，然后经过编码，综合成 L_T 、 R_T 两个信号记录在媒体 (电影拷贝、磁带或光盘) 上。重放时，由专用的“杜比解码器”解码还原出 L、R、C、S 四路信号，送入五个声道重放，如图 1-3 所示。在该图中，L、R、C 三个声道是整个系统的主干，其频响范围应不窄于 20 Hz~16kHz (接近全频域)，两路后置的声道常称为环绕声道，都用 S 信号重放；也可以一个用 S 信号，另一个用反相的 S 信号。此外，有的杜比解码系统还从 L、R、C 中分离出低音分量，以便驱动超低音扬声器。

3. 杜比 AC-3 环绕声

这是杜比公司开发的另一种环绕声系统，主要用于 DVD 盘片和高清晰度电视中。其特点是信号经过数字压缩编码，以便既节约媒体的存储空间，又保证有极高的音质。AC-3 环绕声重放必须有相应的“解压” (解压缩) 设备。

图 1-4 所示为 5.1 声道 AC-3 环绕声重放系统，包含前方左、中、右三个声道 (L、C、R) 和后方左环绕、右环绕两个声道 (LS、RS)，这五个声道均为全频带声道。另外加一个低频效果增强声道 (LFE)，其频带大约为 20~200 Hz，称为 0.1 声道，故合称为 5.1 声道。

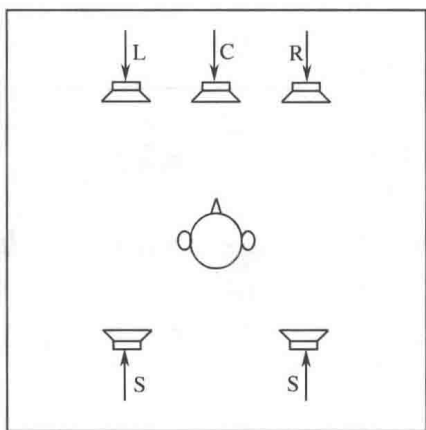


图 1-3 杜比定向逻辑环绕声

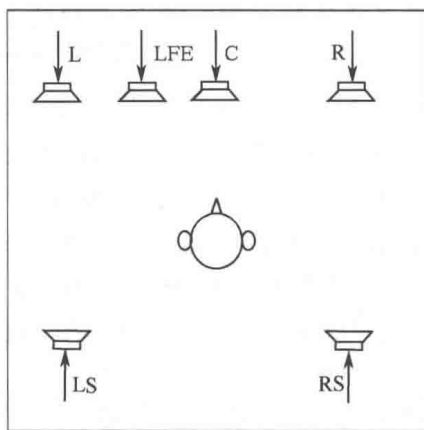


图 1-4 5.1 声道 AC-3 环绕声

4. 双声道环绕声

从经典理论出发，所有环绕声系统都必须有后置的或旁置的声道。结果重放声道越来越