

全面的专业音频技术指南!

A 现代数字视频与音频



数字音频 技术宝典

[美] J.C. 惠特克 主编
张雪英 刘建霞 译



科学出版社
www.sciencep.com

现代数字视频与音频

数字音频技术宝典

[美] J. C. 惠特克 主编
张雪英 刘建霞 译

科学出版社

北京

图字: 01-2003-6689

内 容 简 介

音频制作技术目前已成为一项热门的实用技术,有着极为广泛的应用领域。本书以音频制作设备的设计为中心,简介了音频标准,阐述了声学基本理论和音频系统的基本设计原理,说明了音频设备的结构原理和使用方法及相关基础设施的设计和互连方法,给出了系统主要参数的测量方法。

全书内容全面,深入浅出,插图丰富,是数字音频工作者重要参考读物,可供音频工程师和多媒体制作、媒体传播专业学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字音频技术宝典/(美)惠特克(J. C. Whitaker)主编;张雪英等译.

—北京:科学出版社,2004

(现代数字视频与音频)

书名原文: Master Handbook of Audio Production

ISBN 7-03-012664-5

I. 数… II. ①惠…②张… III. 音频设备-数字技术 IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 000087 号

责任编辑:刘晓融 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:白 羽 / 封面设计:科龙工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2004年3月第一次印刷 印张:23 3/4

印数:1—4 000 字数:460 000

定价:49.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

用于制作应用的音频系统与用于传输声音和其他信息的系统是有区别的。把握这种区别有着重要的意义。由于制作系统的闭环特性,一个制作系统可以是任何有实际意义的设计。我们在设计一个制作系统时可以只关注谁要使用这个系统,没有必要考虑更多的兼容性和公共政策等问题,这样会推动新型的广播系统的设计和实现。

虽然前述内容本质上是正确的,但经济的发展却有利于有多种用途的制作系统的发展(即使是闭环也是这样)。扩大的市场和系统间的互操作性的优势是有记录可寻的。正是在这种情况下,数字音频制作系统应运而生。

一个用于广播应用的系统必须严格按照标准和实践情况来完成,而这些标准一般由政府和相关部分制定,但面向制作的系统却不必受这些标准的限制。这种灵活的处理方式具有双重性,当它允许任何有实际意义的系统工作时,系统仅需与它本身以及和与它直接相连的设备交换信息,这就允许甚至鼓励制作开发的多样性。在有些情况下,这种特权系统对终端用户和工业发展有好处;但在有些情况下,对时间和金钱都会造成浪费,因为它所投入的科研没能达成预期的效果。

当专业音频行业在数字广播领域位于发展前沿时,这个问题就愈显重要。音频行业组织,特别是美国声学工程学会及其成员,在标准的发展上投入了大量的精力,以帮助终端用户进入数字领域,因为美国声学工程学会一直致力于音频制作问题的研究,因此学会的工作重点很自然地也集中在这方面。

有经验的人知道,前些年工业标准发展十分艰辛,经常要好几年的时间才能最终形成一个标准。数字领域的标准化努力在许多情况下能促进产品的发展,它使产品在大规模集成时能与其他产品进行通信而且保持良好的性能。

关于本书

本书按照主题内容的逻辑关系从基本的工程原理到设备基础结构的设计展开叙述。本书的目的不在于说明具体的硬件制作或技术,而是提供一个制作中心设计思想的概貌。由于仍然存在模拟音频技术,所以在数字音频技术发展的同时也要叙述模拟音频技术。

由于文章篇幅有限,我们只能从各方面为读者提供构建一个现代化的数字音频制作中心所必需的原理、标准和设施设计思想的综合概况。本书适合于设施设计的初学者。许多优秀的书刊都对本书所涉及的各环节有更加详细的说明,其中许多已在参考书目和参考文献中列出。如有读者对音频制作技术感兴趣,那么在这一重要的领域内有许多参考书可供借鉴。

有必要指出的是本书不涉及综合的数字音频效果,在快速发展的音频制作领域有许多出版物伴随着该领域的发展而出现,这些出版物有些具有公共教育的性质,也有些是为专业人士提供服务的。本书不涉及该领域的音频制作。

本书真正提供的是对基本原理的全面讲解,在此基础上建立音频制作中心。这些基础知识已由该领域的知名专家讲解过。本书作者名单列出如下。本书主要建立在数字音频/视频领域的两本主要工程手册之上,在前一版主要内容基础上新增了一些章节——这些章节由于时间和空间所限在所述两书中有所删减。因此,本书为读者提供对基础音频制作中心设计原则和技术的全面综合的讲解。

K. Blair Benson
Richard C. Cabot
Richard G. Cann
Gene DeSantis
Wesley L. Dooley
John Hartnett
Douglas J. Hennessy
Bruce Hofer
Anthony Hoover
Donald C. McCroskey
Robert Metzler
Daniel R. von Recklinghausen
Jon R. Sank
Katsuaki Satoh
Ronald D. Streicher
Ernst-Joachim Voelker

编者非常感谢各位作者的贡献,他们之中有许多对经典音频原理的见解至今仍是正确的。本书的初衷是为技术经理、工程师和维修人员提供从设计、安装到维护高质量的音频制作中心所需的信息。

J. C. 惠特克

目 录

前 言

第 1 章	音频制作系统标准	1
1.1	引 言	2
1.2	现代标准的发展史	2
	1. 美国国家标准化组织(ANSI)	3
	2. 专业协会工程委员会	4
1.3	AES 的文献	6
	1. 信息文献	6
	2. 工程报告	7
	3. 标准和推荐实践方案	7
	参考文献	11
第 2 章	声音的物理属性	13
2.1	引 言	14
	1. 听觉过程	14
	2. 音响系统的计算机设计	14
2.2	声音特性	14
	1. 声 谱	15
	2. 指向性	17
2.3	空间内声波的合成	17
	1. 摩擦吸收器	19
	2. 共鸣板	19
	3. 空腔谐振器	20
	4. 混 响	20
	5. 直达声与混响声的混合	21
	6. 合成透声损失	24
	7. 透声类别	24
	8. 衍 射	27
	参考文献	28
第 3 章	可接受声学性能标准	29
3.1	引 言	30

1. 混响时间	30
2. 背景噪声	31
3. 最大噪声值	33
4. 对语言交流的干扰	33
5. 外部噪声	33
3.2 机械系统	33
1. 风扇噪声	33
2. 管道中的湍流噪声	35
3. 管道噪声的衰减	36
4. 管道消音器	38
5. 计算总声级	39
参考文献	40
第 4 章 声音隔离	41
4.1 引 言	42
4.2 声音屏障	42
1. 隔离墙和屏障	42
2. 门	43
3. 天花板和地板	43
4. 浮动房间	43
5. 窗	44
6. 房间管道的进出口	44
7. 场地选择	45
4.3 振动	45
1. 驱动频率	45
2. 振动传播	46
3. 振动隔离	46
4.4 室内声学	47
1. 空间设计思想	52
2. 掩 蔽	53
4.5 烦 恼	54
参考文献	55
第 5 章 录音棚的制作系统	57
5.1 引 言	58

5.2	录音棚的设计和基本特性	59
	参考文献	81
第 6 章	录音棚中的传声器录音	83
6.1	引 言	84
6.2	直达声、反射声、混响声	84
6.3	声波的时间相关结构	87
6.4	混 响	88
6.5	在直达声场和扩散声场中的传声器	92
	参考文献	95
第 7 章	声级条件	97
7.1	引 言	98
	1. 声级变化	99
	2. 噪 声	100
7.2	声音屏蔽	100
	参考文献	102
第 8 章	传声器	105
8.1	引 言	106
8.2	压电式传声器	106
	1. 压电式传声器	107
	2. 静电(电容)式传声器	108
	3. 驻极体传声器	110
	4. 边界传声器	112
	5. 电动传声器	113
8.3	压差式(速度)传声器	114
	1. 压强压差组合式传声器	118
	2. 单元件单指向性传声器	121
8.4	超指向性传声器	126
	1. 枪式传声器	126
	2. 声波传声器	127
8.5	其他类型的传声器	128
	1. 声场传声器	130
	2. 佩戴式传声器	131

3. 无线传声器	131
8.6 选择传声器的类型	131
参考文献	132
第 9 章 立体声技术	135
9.1 引 言	136
9.2 双传声器的重合技术	136
1. XY 制心形传声器和 XY 制超心形传声器	136
2. 双传声器的近重合技术	139
3. 双传声器的间隔技术	140
9.3 性能考虑	141
参考文献	142
第 10 章 动态直接辐射式扬声器	143
10.1 引 言	144
10.2 操作细节	144
1. 等效电路及频率响应	145
2. 效 率	149
3. 非线性失真	150
4. 振膜与支持系统	155
参考文献	159
第 11 章 音频监听设备与系统	161
11.1 引 言	162
11.2 扬声器的特性	162
1. 扬声器的结构	162
2. 扬声器的振荡	163
11.3 扬声器的音箱	164
11.4 集成监听系统	166
11.5 放大器	171
1. 输入级	171
2. 中间级	172
3. 输出级	174
4. 放大器的负载	179
5. 电源供电	181

- 6. 维 护 183
- 11.6 专用功率放大器的考虑 184
 - 1. 热功耗和效率 184
 - 2. 电阻性和电抗性负载 185
 - 3. 信号过载和过载恢复 186
 - 4. 输出电路过载和过载保护 186
 - 5. 音频电路接口 187

参考文献 189

第 12 章 音频设备的互连 191

- 12.1 引 言 192
- 12.2 平衡与不平衡系统 192
 - 1. 共模抑制比 194
 - 2. 有源平衡式输入电路 194
 - 3. 有源平衡式输出电路 196
- 12.3 音频设备的互连 197
 - 1. 布线指南 197
 - 2. 设备的接地 198
 - 3. 分配放大器 199

参考文献 202

第 13 章 音频处理与控制 203

- 13.1 引 言 204
- 13.2 均衡器的类型 204
 - 1. 斜坡均衡器 207
 - 2. 参数均衡器 208
 - 3. 图示均衡器 209
 - 4. 混合均衡器 209
- 13.3 音频处理设备 210
 - 1. 增益控制 210
 - 2. 动态处理 215
- 13.4 音频控制设备 216
 - 1. 音频混合调音台 217
 - 2. 自动音频调音台 220

参考文献 221

第 14 章	演播室通信	223
14.1	引 言	224
14.2	设计准则	224
	1. 辅助电话系统	225
	2. 内部通信	225
	3. 对讲机	228
14.3	提 示	229
14.4	演播室通信要求	232
第 15 章	音频制作设备的设计	233
15.1	引 言	234
15.2	项目管理	234
	1. 可行性研究和技术评估	235
	2. 项目跟踪和控制	235
	3. 计划变更	236
15.3	电子系统设计	236
	1. 开发流程图	238
	2. 估计电缆长度	239
	3. 信号定时考虑	240
	4. 设施的设计过程	240
	5. 建筑考虑	243
	6. 部件的选择和安装	244
	7. 技术文档	245
	8. 和承包人一起工作	247
	9. 基于计算机的工具	248
	参考文献	248
第 16 章	设备基础设施概要	249
16.1	引 言	250
16.2	设计建筑物接地系统	250
	1. 隔墙配电板	252
	2. 正确的接地步骤	256
16.3	交流电源分配和控制	256
	1. 公用服务接口	257
	2. 设计目标的容错性	259
	参考文献	266

第 17 章	设备架封装和驱动	269
17.1	引 言	270
17.2	工业标准的设备封装	272
	1. 机架封装的类型	273
	2. 机架配置选项	275
	3. 设备架选择	277
	4. 设备架布局	277
17.3	单点接地系统	279
	1. 技术接地系统	280
	2. 接地导体的尺寸	283
	3. 电源中心的接地	283
	4. 设备架接地	286
17.4	计算机地板	288
	参考文献	290
第 18 章	布线实践	293
18.1	引 言	294
18.2	导线的电气特性	294
18.3	同轴电缆	295
	1. 运行原理	297
	2. 选择同轴电缆	298
	3. 电缆分级标准	300
	4. 安装同轴电缆	300
18.4	接线架接地	302
18.5	数字信号电缆的选择	304
18.6	电缆敷设硬件	306
	1. 电缆绑线	306
	2. 编织套管	308
	3. 电缆鉴别和标记	309
18.7	电缆连接器	310
	1. 同轴电缆接插件连接器	310
	2. 双绞线连接器	312
	3. 终端模块	314
	参考文献	315

第 19 章	音频测量与分析	317
19.1	引言	318
19.2	电平测量	319
	1. 均方根技术	319
	2. 平均响应的测量	320
	3. 峰值响应测量	321
	4. 仪表的种类	323
19.3	分贝(dB)测量	324
	1. 参考测量	325
	2. 串音和分离度测量	326
19.4	噪声测量	327
	1. CCIR 噪声测量	328
	2. 噪声分析	328
	参考文献	330
第 20 章	音频相位和频率测量	331
20.1	引言	332
20.2	相位测量	333
20.3	频率测量	334
	1. 测量技术	334
	2. 频谱分析	336
20.4	快速傅立叶变换测量方法	339
	参考文献	342
第 21 章	非线性音频失真	345
21.1	引言	346
21.2	谐波失真	346
21.3	互调失真	349
	1. CCITT IM 测试	351
	2. 专业互调测试	352
21.4	测量失真的硬件	354
21.5	测量时信号源的影响	356
	参考文献	357
	关于编者	361

第 1 章

音频制作系统标准

1.1 引言

标准化通常开始于一个公司为了降低零件储备、设计图以及对人员的培训和再培训的费用，之后在制造同类产品的各公司之间达成一个协议，以使用相同的尺寸和零部件。商业竞争、商业秘密以及其他的一些原因经常会阻碍协议的落实。加入专业工程学会，用户和工程师就可以进行讨论而不必考虑商业方面的事务。

1.2 现代标准的发展史

1836年，美国国会授权计量办公室（OWM, Office of Weights and Measures）为房屋交易制定统一的税收标准，财政部负责具体实施。随着工业革命和科学技术的发展，硬件以及测试方法的标准化在商业发展和在同其他国家的竞争中显示出越来越重要的地位。19世纪30年代的工业革命，使得可互换式的部件和硬件成为必需，运输装备、工具、武器和其他机械只有在满足工业标准的前提下成本才会降低。

19世纪末期，各种机械、电气、化学以及其他工程方面的专业组织相继成立，旨在推动标准化的发展。电气工程院校从1890年到1910年期间根据当时主要电气厂商的生产实践制定了相应的标准。这些活动不在OWM的权限范围之内，所以这期间没有政府的参与。1918年由于战争生产的压力才成立了美国工业标准委员会（AESC, American Engineering Standards Committee），其主要职责是负责协调各工业和各工程团体之间的关系，并于1928年改名为美国标准协会（ASA, American Standards Association）。

世界范围内都在发生着同样的变化。1875年国际计量局（International Bureau of Weights and Measures）成立，1904年国际电工技术委员会（IEC, International Electrotechnical Commission）成立，1926年国际标准协会（ISA, International Federation of Standardizing Bodies）成立，二战后（1946年）该组织改为国际标准化组织（ISO, International Standards Organization），包括原来的ASA和其他25国的标准化团体，目前大概有来自55个国家的145个技术委员组成。ISO的宗旨是促进工业标准的国际化和统一化。

国际电信联盟（ITU, International Telecommunications Union）成立于1865年，旨在协调和连接世界范围内的电报通信。今天其成员负责制定规则以及各种非官方建议，同时也为电信事业的发展提供协调服务。它的一个工作组——国际无线电咨询委

员会 (CCIR, International Radio Consultative Committee) (目前已不用此名) 主要关注一些传输标准和频谱的兼容利用, 包括同步地球卫星轨道的分配。在不同国家之间进行通信的标准传输格式的制定也由该委员会完成。因为这些标准涉及到国际条约, 所以国际谈判是由美国国务院引导完成的。

1. 美国国家标准化组织 (ANSI)

ANSI 负责政策调整以促进标准的制定过程、指导原则和标准化发展的协调一致。合理的手续使任何受标准化影响的个人都有机会加入到该组织, 同时也使该组织不会受某一特殊团体的控制。可利用已有的过程来确保用连贯的方法保证标准的发展和标准的吸引力。目前, 已有 1000 多人成为 ANSI 的成员并自愿为美国的标准化系统提供支持, 这使该学会充足的资金并使该系统免于受政府的控制。

ANSI 的主要职责包括:

(1) 作为标准化发展的交流中心并提供相关标准刊物和信息。

(2) 以下的商业发展事项:

- 为世界范围内的市场产品提供必要的国内和国际的标准信息。
- 为企业降低运行和购买成本提供美国国家标准, 从而确保产品质量和安全。
- 通过参加各种技术顾问组、技术会议和委员会, 得以阐述自身观点。
- 提供可信的国内和国际认可的标准, 并促进国内商业进程和全球贸易。
- 对全球范围的标准化发展施加影响、发表评论提供途径。

预期的标准必须由 ANSI 的一个授权标准开发者提交。有三种方法可供使用:

- **授权的组织方法。**这种方法经常用于有兴趣开发标准的协会和社团及其成员。所有有兴趣的团体及协会或社团的成员都可参与。标准开发者必须改进自己的操作规程, 以适应 ANSI 规程的要求。
- **授权标准委员会方法。**直接影响利益或物质影响利益的标准委员会, 他们制定文献和确定对该文献的一致同意。这种方法经常在以下情况使用: 当标准影响了大范围的不同利益, 或许多协会和社团有相同利益存在。这些委员会由秘书处掌管, 秘书处是一个承担保证行动与相关的操作规程相符的组织。委员会可以制定一些与 ANSI 规程相一致的操作规程, 也可采用标准 ANSI 规程。
- **授权讨论方法。**小商业协会或社团证明了当前的工业实践并且希望他们的标准能被全国采用时可以使用该途径。通常这些开发者负责的标准会少于 5 个。开发者找到那些对他们有直接或物质上影响的制定标准的人士, 给他们寄去意见函, 以获得一致的同意。开发者必须使用标准 ANSI 规程。

必须指出的是, 所有方法都必须满足公共的观点、意见、处理一切正面或反面意

见的基本要求，同时要有一个有吸引力的机制。

在工业组或工程团体中引进新技术或新变化需要一个仲裁机构来把某个正在发展的标准分配给某个合适的工作组去完成。ANSI 下的学会协调联合委员会 (JCIC, Joint Committee of Intersociety Coordination) 将负责此分配任务。

2. 专业协会工程委员会

专业协会工程委员会校对并协调最终分配给标准化主体的事宜并鼓励各相关协会的加入。经常召开一些学术会议以吸引更多的人加入，同时也召开其他的有关该领域重大活动的会议。这些会议无需门票和会费。如对此感兴趣，读者还可通过专业期刊阅读该工程组的报告。用这种方法也许会觉得对信息的掌握不够及时，其实标准一经采纳则会沿用 50 年甚至更长时间，在此期间都不会被舍弃。

◆ 高级电视系统委员会 (ATSC)

ATSC (Advanced Television Systems Committee) 是一个自愿加入开发数字电视标准的国际性的、非盈利的组织。ATSC 由 200 多个成员组织组成，分别代表广播、广播设备、运动图像、消费电子、计算机、电缆、卫星和半导体工业。后面有 ATSC 的部分标准和技术活动，登录 www.atsc.org 可获得更多信息。

◆ 电子工业联盟 (EIA)

早期关于无线电和电视广播的很多标准是由无线电厂商协会 (RMA, Radio Manufacturers Association) 旗下的设备制造商开发的，后发展为无线电电子电视厂商协会 (RETMA, Radio Electronics and Television Manufacturers Association, 增加了电子和电视)，后来成为电子工业协会 (EIA, Electronics Industries Association)，现在又发展为电子工业联盟 (www.eia.org)。

EIA (Electronics Industries Alliance) 由许多制作部门组成，是一个全国性的贸易组织。在数字通信、仪器制造、广播发射机、视频传输、视频相机、测试图表、视频监视和射频干扰等领域所制定的标准已为公众所认可。

随着电子工业的快速发展，目前的 EIA 已分成许多部门和工作组。其中专注于广播的是消费者电子协会 (CEA)、电子器件、安装、设备、供电协会 (ECA) 和电信工业协会 (TIA)。要想获得一份所有国际电子标准的综合的、可搜索的清单，请登录 <http://global.ihs.com>。