

Media

TECHNOLOGY

传媒典藏

音频技术与录音艺术译丛



ELSEVIER
爱思唯尔

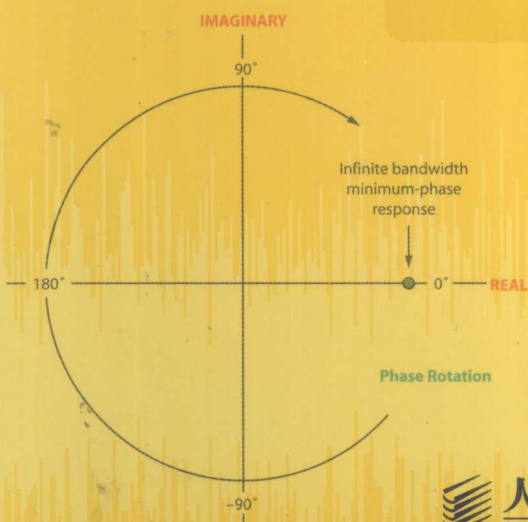
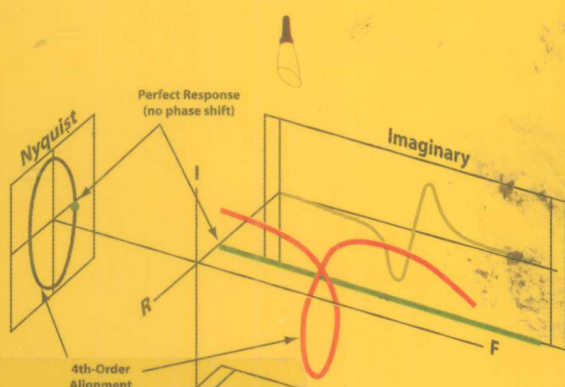
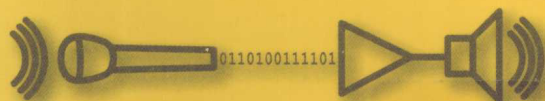
BIRTV2010 特别推荐图书

音响系统工程

SOUND SYSTEM ENGINEERING

(第三版) THIRD EDITION

[美] Don Davis 著
Eugene Patronis, Jr.
朱伟 胡泽 吴帆 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

Media

TECHNOLOGY

音频技术与录音艺术译丛

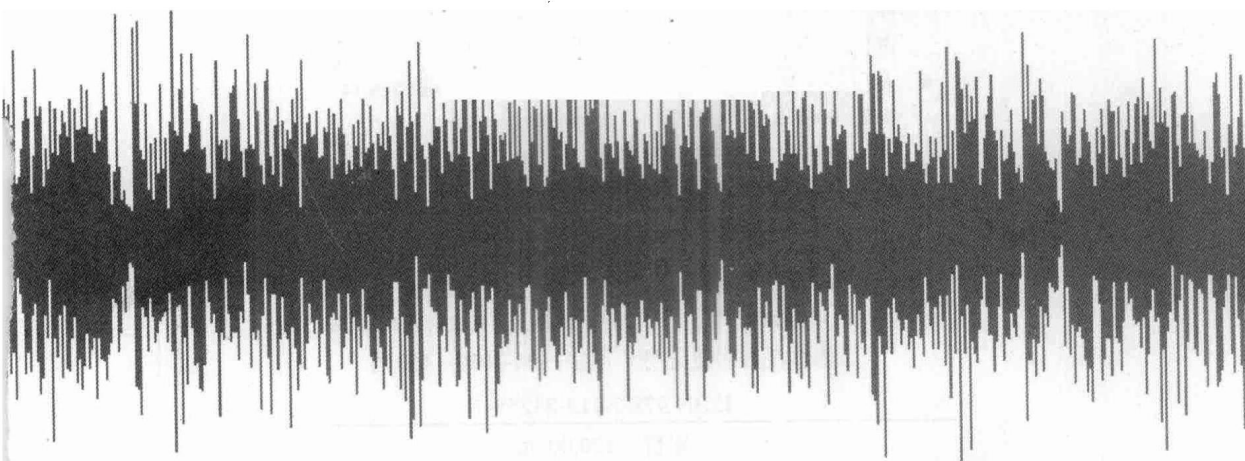
传媒典藏

音响系统工程

SOUND SYSTEM ENGINEERING

(第三版) THIRD EDITION

[美] Don Davis 著
Eugene Patronis, Jr. 译
朱伟 胡泽 吴帆



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

音响系统工程 : 第3版 / (美) 戴维斯 (Davis, D.)
, (美) 帕特尼斯 (Patronis, E.) 著 ; 朱伟, 胡泽, 吴
帆译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2010. 9
(音频技术与录音艺术译丛)
ISBN 978-7-115-23255-7

I. ①音… II. ①戴… ②帕… ③朱… ④胡… ⑤吴
… III. ①音频设备 IV. ①TN912. 2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第111088号

版权声明

Sound System Engineering, 3rd Edition by Don Davis and Eugene Patronis, Jr.
ISBN 978-0-240-80830-7

Copyright © 2006, by Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN: 978-981-272-428-1

Copyright © 2010 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd, 3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore. All rights reserved. First Published 2010.

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权人民邮电出版社在中国境内 (中国香港特别行政区和中国台湾地区除外) 出版发行。

本版仅限于中国境内 (中国香港特别行政区和中国台湾地区除外) 出版及标价销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

音频技术与录音艺术译丛

音响系统工程 (第三版)

-
- ◆ 著 [美] Don Davis Eugene Patronis, Jr.
译 朱 伟 胡 泽 吴 帆
责任编辑 宁 茜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京画中画印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 31.75
字数: 809 千字 2010 年 9 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2010 年 9 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-1460 号

ISBN 978-7-115-23255-7

定价: 120.00 元

读者服务热线: (010) 67132837 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

内容提要

本书是一部为广大从事声频工程工作的读者提供准确、全面、简明的专业知识的工具书。该书的第三版全面更新了原有的内容，这部新版本专著中涵盖了所有的音响系统设计知识，它从最简单的全模拟化的公共广播寻呼系统，一直论述到最大规模的全数字化多功能系统。该书的两位作者是声频工程领域的权威人物，正因为他们在本领域有如此高的威望，所以二位撰写的这部专著不仅仅包括了解并掌握当今音响系统所必需的所有知识，同时对行业未来发展中出现的新的技术和系统也作了详细阐述。

本书包含的主要内容有：

- 掌握声频系统所必需的数学知识
- 分贝的使用方法
- 电学与声学系统的衔接
- 扬声器的指向性与声覆盖
- 音响系统应用的声学环境
- 大型空间的声学
- 小型空间的声学
- 基于声学增益而进行的设计
- 传声器
- 扬声器与扬声器阵列
- 信号延时与信号同步
- 信号处理
- 音响系统的均衡
- 音响系统的集成

第三版中涵盖了经过认真修订过的资料、大量的图表和有用的附录等内容，这些广泛且实用的文字内容是为任何从事声频工程领域的专业人士知识库中不可或缺的内容。

丛书编委会主任简介

李伟，生于 1952 年，沈阳人。20 岁在沈阳音乐学院舞台美术系灯光音响专业学习，毕业后留校任教并兼做扩声和录音工作，之后赴德国柏林艺术大学（UdK）音乐学院录音专业攻读硕士学位，师从录音大师 J. N.马蒂斯教授。学成回国后调入中国传媒大学（北京广播学院）任教，出版专著《立体声拾音技术》、主编《现代录音技术丛书》。现任中国传媒大学影视艺术学院副院长、录音系系主任、硕士研究生导师，德国录音师 D 会会员，中国电影电视技术学会声音专业委员会专家组成员，国家广电总局“电视节目质量奖”（金帆奖）评委，中国电影电视技术学会“声音制作优秀作品奖”评委，亚洲录音艺术与科学（广州）文化节“音乐录音作品”评委。



音频技术与录音艺术译丛

编委会

主 任：李 伟

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 珏 李大康 朱 伟

陈小平 胡 泽

总 序

翻译一套现代录音技术丛书是我们多年的夙愿。

随着现代科技的不断进步和现代媒体传播形式的不断演变，现代录音技术的发展也是十分迅猛的。我国在声音设计与制作领域的理论研究与实践近些年来取得的成就是有目共睹的，尤其是2008年北京奥运会成功举办，高清电视转播和环绕声声音制作使电视声音制作水平提高到新的阶段。但是，与欧美发达国家相比较，我国在该领域还存在一定的差距。中国传媒大学影视艺术学院录音系，作为国内从事声音方面理论研究和教学的团队，一直关注和跟踪国外该领域的研究动态和实践成果，并将国外该领域的许多专著的思想和方法注入到我们的教学中。“它山之石，可以攻玉”，如果将国外最新的录音技术专著·译出版，无疑是一件很有意义的事情，于是，我们萌生了·译一套录音技术丛书的计划。

2007年夏天，有幸结识了人民邮电出版社《高保真音响》杂志社的黄彤主编和宁茜编^{1/4}。他们十分支持我们的计划，并提供了 Focal Press 的最新书目。对于这套丛书的设计思想、读者定位等我们也是一拍即合，于是，我们录音系的全体老师带领部分研究生开始了紧张的丛书·译工作。

今天，“音频技术与录音艺术译丛”的第一批译著与读者见面了，其他译著将分批陆续出版。这套丛书包括广播、电影、电视、唱片等领域的录音技术基础理论、系统集成、声音设计、拾音方法、制作技巧等方面，内容十分丰富，甚至有些译著涉及的领域是国内目前出版物的空白。但愿这套丛书能够为广大从事声音设计和制作的专业人士、业余爱好者和本专业的学生提供帮助，也希望广大读者对本丛书的设计、·译等诸方面提出宝贵意见。

感谢人民邮电出版社副社长蒋伟先生，他曾亲自到我系就本套书的出版事宜进行指导。感谢黄彤主编和宁茜编^{1/4}，正是他们的大力支持和高效工作使得这套丛书成功出版。感谢录音系的团队，是我们共同营造的宽松的学术氛围、严谨的治学精神和兄弟姐妹般的情谊使这套书能够顺利地·译完成。

中国传媒大学影视艺术学院副院长、录音系系主任

李 伟

2008年初冬于北京

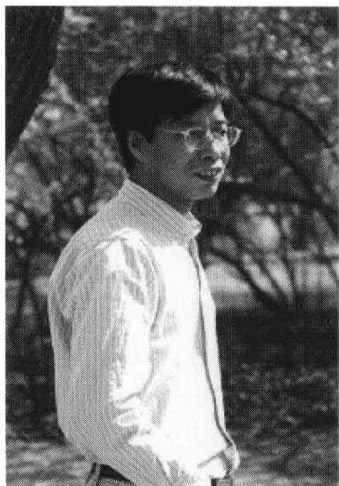
**《音响系统工程（第三版）》的面世是对
卡罗琳·戴维斯（Carolyn Davis）
鼎力工作的最好回报**

正因为有了卡罗琳·戴维斯的鞭策和激励才有了本书，
她将全书的内容有机地整合在一起呈献给广大的读者

译者简介



胡泽：1991 年就读于原北京广播学院（现中国传媒大学）录音系录音艺术专业，1995 年在原北京广播学院电视工程系攻读通信与信息系统专业数字电视方向硕士研究生，1998 年毕业至今在中国传媒大学录音艺术学院录音工程教研室任教，并担任教研室主任职务。在此期间承担了多门课程的本科教学任务，同时还参加并完成了多项部级及学院级科研项目，编写了《音乐声学》、《数字音频工作站》、《流媒体技术与应用》等书，并发表了多篇论文。目前在中国传媒大学影视艺术学院主要进行本科生的教学以及相关学科的科研工作，现为副教授，录音艺术硕士生导师。



朱伟：中国传媒大学影视艺术学院录音系教授。1981 年就读于北京广播学院无线电工程系电视发送专业，1985 年在北京广播学院广播技术研究所攻读通信与信息系统专业广播声学与电声学方向硕士研究生，1988 年留校任教，其间先后在北京广播学院广播技术研究所电声教研室、北京广播学院信息工程学院电视工程系多媒体教研室和中国传媒大学影视艺术学院录音系任教。此间承担了“录音技术”、“数字声频原理”、“声频测量”和“扩声技术”等课程的教学任务；主持完成了十余项部级和学院科研项目；主持编写了“录音技术与艺术丛书”，另外还出版《音频测量技术》、《数字声频测量技术》、《扩声技术》和《录音技术》等多部专著；翻译出版了《音响系统设计与优化》等专著。

目前于录音系主要从事录音艺术专业本科生的教学和通信与信息系统专业音频技术方向硕士研究生的指导工作，主要开展多声道环绕立体声和数字声频技术等方面的理论研究工作。

前言

声频领域存在着两个研究方向：一个是采用波动方程，傅里叶(Fourier)、希尔伯特(Hilbert)和拉普拉斯(Laplace)变换的方法；另一个是利用欧姆(Ohm)定律、赛宾(Sabine)和霍普金斯·斯里克(Hopkins Stryker)方程的方法。小尤金·帕特尼斯像位巨人一样横跨这两大学科方向，他不仅具备量子力学方面的理论知识，而且还从事设计、建筑和服务领域的工作，并用自己的智慧将所有这些知识元素融合到声频世界之中。

两位作者具有完全迥异的知识背景。一位是在学院从事理论研究工作，另一位则是从事实践的该领域带头人。牛顿(Newton)曾言：“狮子之所以闻名是因为它的利爪”，然而对于不是顶尖的人而言，技术人员则是使用粗大的画笔来进行工作。因此我们认同每位作者各自的工作贡献。根据个人的需要来选择最适合自己的道路是每个人的权利。对于当今使用计算机的一代人来说，有丰富的软件可供他们使用，作为读者本身可以选择自己最感兴趣且具备钻研能力的边缘方向来发展自己。我们希望：不论你的背景如何，它都会让你从中找到自己的定位，并寻觅到适合于自己的工具和开启未来的钥匙。

《音响系统工程》一书是此前深受广大读者欢迎并作为有关音响系统设计参考书而广泛采用的同名专著第三版。该书前两版主要是针对当时音响产品市场中可使用的元器件设备而进行的音响系统设计，也就是将音响系统中的元器件设备视为框图中的功能性模块；另外前两版还忽视了对元器件的设计和分析，而只进行了接口参数的讨论。

当本书前两版的作者唐(Don)和卡罗琳·戴维斯(Carolyn Davis)探求关于单元设计以及对所给单元进行深度分析的建议时，他们很自然地转而投向其长期的良师挚友——小尤金·帕特尼斯，请他利用自身的强项来对此进行深层次的分析。读者将会在本版专著的论述中看到我们的良苦用心，这不仅会让刚刚踏入此领域的入门者能够事半功倍地工作，同时也能够让那些颇具经验的老手站在更高的平台上分析问题。虽然我们深知可以在一定的知识水平上解释某些问题，但是值得庆幸的是随着经验的日益丰富和专业技术的发展，如今可以用更先进的手段来分析解决问题。按照循序渐进的学习方法，我们所看到的内容在多年之后会有很大的不同，那时人们会高兴地看到又有更先进的理论和素材论据用来分析和解释问题。

那些受到过严谨专业教育和具有全面研究背景的人士将会发现小尤金·帕特尼斯的工作成果是会让你获益匪浅的理论精髓，其中的论述并不是故弄玄虚，而是价值连城的瑰宝，它会让你跨越系统折中理论中的“灰色”地带，高屋建瓴地认识问题。虽然这种双重的解决方案提供了一些似乎并不顺畅的相互衔接，但是人们还是会从两位作者不同的经验中受益。

我们保留了作者各自在写作上的心理意象，并且经常将两种看待问题的视角提供给读者，希望广大的读者能够从本书中获益，从而去追求我们共同的目标——系统的真正工程化，而非只是安装音响系统。

在此对格林·巴鲁(Glen Ballou)表示深深的谢意！

特别要对格林·巴鲁表达我们的谢意，正是因为他才使我们的资料变成如今的印刷文字。他为此所付出的辛勤工作是无法用简单的言语来表达的。

唐·戴维斯 (Don Davis)

小尤金·帕特尼斯 (Eugene Patronis, Jr.)

目 录

第1章 声频工程中应用的数学基础知识	1
1.1 精度、准确度和分辨率	3
1.2 简单的数字表示法	3
1.3 增益和衰减的数学表示	4
1.4 参量的表示法（因子-标签系统）	4
1.5 基本的物理参量	7
1.6 数学运算	8
1.7 复数运算	12
1.8 十进制进位	13
1.9 线性刻度与对数刻度的转换	14
1.10 求分数倍频程间隔的Renard级数	15
1.11 弧度与球面度	16
1.12 百分比与比值的计算	18
1.13 有用的数学表格	20
1.14 角度	22
1.15 初等几何	23
1.16 自然对数的底e的由来	23
1.17 复数平面	24
1.18 欧氏定理（Euler's Theorem）	25
1.19 实例	25
1.20 矢量	26
1.21 变化率	28
第2章 分贝的应用	31
2.1 分贝	33
2.2 奈培（Neper, Np）	33
2.3 分贝及其在音响系统中的基本应用	34
2.4 电功率的测量	36
2.5 功率与声频信号电平表示	36
2.6 常用的实例	37
2.7 声学中的分贝—— L_P , L_W 和 L_I	38

2.8 声强级 (L_I), 声功率级 (L_W) 和声压级 (L_P)	39
2.9 反平方定律	39
2.10 方向性因子	40
2.11 欧姆定律 (Ohm's Law)	40
2.12 分贝的应用	41
2.13 原有的基准参考值	42
2.14 噪声测量中的等效声级 (L_{EQ})	42
2.15 分贝的叠加	43
2.16 电压的叠加	46
2.17 对数表的使用	46
2.18 任意底数的对数计算	47
2.19 半音音程	47
2.20 系统的增益变化	48
2.21 VU和VI器件	48
2.22 频率轴上十进制数的计算	51
2.23 不同声压级时耳鼓的偏差	51
2.24 方	52
2.25 调和音阶	52
2.26 测量失真	53
2.27 谐波失真的声学平均	54
2.28 演播室的重放系统	54
2.29 分贝与百分比	55
2.30 总结	56
第3章 电学系统与声学系统	57
3.1 交流电路	59
3.2 阻抗	61
3.3 电功率	63
3.4 LCR电路的特性	65
3.5 滤波器	66
3.6 阻抗桥	71
3.7 恒阻网络	73
3.8 动圈扬声器的阻抗特性	74
3.9 网络定律	76
3.10 技术人员的观点	79
3.11 阻抗的定义	80
3.12 系统的声学输入和输出的处理	83
3.13 系统的总体电增益	86
3.14 到声环境的电输出功率接口	87

3.15 增益结构回顾	88
3.16 结论	93
第4章 扬声器的指向性与覆盖特性	95
4.1 基本定义	97
4.2 Q 值的更严格定义	102
4.3 理想情况下的 C_v 与 Q 间的关系	103
4.4 理想扬声器的几何结构	104
4.5 总结	109
第5章 声学环境	111
5.1 声学环境	113
5.2 反平方定律	114
5.3 大气的声吸收	114
5.4 声速	115
5.5 声速与温度的关系	116
5.6 不同海拔高度对空气中声速的影响	116
5.7 代表性的波长	116
5.8 多普勒效应	117
5.9 反射与折射	117
5.10 空间发热体对颤动回声的影响	119
5.11 声吸收	119
5.12 声场的分类	120
5.13 室内声环境	122
5.14 结论	128
第6章 声频与声学测量	131
6.1 基本参量	133
6.2 音响系统的声学测量	133
6.3 ETC图表	137
6.4 场地勘查与噪声标准曲线	144
6.5 实时分析仪的误用	146
6.6 听音人响应的评价	147
6.7 窄带滤波器分析仪	147
6.8 总结	151
第7章 大型厅堂的声学特性	153
7.1 何谓大型厅堂?	155
7.2 级的定义: 声功率级 (L_W), 声强级 (L_I) 和声压级 (L_P)	159
7.3 封闭声学空间的声级	161
7.4 混响声级和混响时间的差异	165

7.5 信噪比, SNR的评估	166
7.6 分析反射声及其传输通路	166
7.7 临界距离	169
7.8 结论	172
第8章 小型厅堂的声学特性	175
8.1 非统计型空间	177
8.2 小型空间的声学参量	178
8.3 小型空间的混响时间	178
8.4 小型空间的声学共振	179
8.5 振动模式	179
8.6 何谓本征模式	179
8.7 小型空间的几何描述	181
8.8 初始延时间隔 (ISD)	181
8.9 声反射	183
8.10 无反射的自由声场	184
8.11 声扩散	187
8.12 总结	188
第9章 针对声学增益进行的设计	191
9.1 最大物理距离 (MPD, Maximum Physical Distance)	193
9.2 确定可接受的信噪比 (SNR, Signal-to-Noise Ratio)	194
9.3 确定等效声学距离 (EAD, Equivalent Acoustic Distance)	194
9.4 所需声学增益 (NAG, Needed Acoustic Gain)	194
9.5 开启传声器数量 (NOM, Number of Open Microphones)	195
9.6 反馈稳定余量 (FSM, Feedback Stability Margin)	195
9.7 潜在声学增益 (PAG, Potential Acoustic Gain) 的计算	197
9.8 获得 ΔD_x 的方法	199
9.9 声学增益的测量	199
9.10 获取潜在的声学增益	200
9.11 音响系统设计中的限制参量	200
9.12 需要多大的电功率?	201
9.13 得到所需的电功率 (REP)	201
9.14 总结	203
第10章 语言可懂度的设计	205
10.1 简介	207
10.2 语言中的辅音清晰度损失	208
10.3 Maxfield's公式	210
10.4 语言的功率与清晰度	210
10.5 信噪比 (SNR)	211

10.6	语言可懂度的计算	211
10.7	非声学清晰度的问题	215
10.8	Q_{MIN} 与 $D_{2(\text{MAX})}$ 的关系	215
10.9	高密度的吸顶扬声器分布	216
10.10	% AL_{CONS} 变量	217
10.11	历史——1986年进行的可懂度测量演示	218
10.12	总结	219
第11章	传声器	221
11.1	作为系统输入的传声器	223
11.2	传声器的灵敏度	223
11.3	热噪声	225
11.4	传声器的选择	231
11.5	频率响应特性及其指向性	233
11.6	界面传声器	239
11.7	无线传声器	243
11.8	传声器的物理接口, 线缆和幻象供电	246
11.9	测量传声器	248
11.10	传声器的校准仪	249
第12章	扬声器箱与扬声器阵列	253
12.1	扬声器的分类	255
12.2	辐射功率	268
12.3	轴向声压级	272
12.4	效率	272
12.5	扬声器的电阻抗	273
12.6	扬声器的指向性因数	274
12.7	扬声器的灵敏度	275
12.8	直接辐射的实例计算	275
12.9	号筒和压缩喉口式驱动单元	278
12.10	号筒的实用考虑	285
12.11	号筒压缩驱动单元	287
12.12	分频网络	289
12.13	扬声器阵列	303
12.14	贝塞尔阵列	309
12.15	线阵列	313
12.16	带通气孔的低音扬声器箱	325
第13章	信号延时与信号同步	335
13.1	信号延时	337

13.2	同步与阵列的校准	342
13.3	寻找非一致器件的声学源点	343
13.4	总结	345
第14章	信号处理	349
14.1	频谱	351
14.2	模数转换	372
14.3	系统理论	377
14.4	数字系统和Z变换	396
14.5	动态处理	405
第15章	音响系统的均衡	409
15.1	系统标准	411
15.2	有关均衡的早期研究	411
15.3	声反馈的瞬态特性	412
15.4	实时分析仪简介	415
15.5	带阻, 带通和频带提升滤波器	419
15.6	均衡中的TEF分析	424
15.7	如何实施均衡	425
15.8	均衡器可以均衡什么?	427
15.9	音响系统均衡的实时重建响应法	429
15.10	重放的均衡	430
15.11	监听音乐和语言时实时分析的误用	431
15.12	隔膜式吸声体	431
15.13	不要对听力损失进行均衡	432
15.14	近距离模式	432
15.15	检查传声器的极性	433
15.16	扬声器的极性	433
15.17	总结	433
第16章	音响系统的集成	435
16.1	声学分析	437
16.2	针对给定空间的其他解决方案	437
16.3	设备的互连	440
16.4	模拟互连的电路类型	441
16.5	信号传输电缆——模拟声频、数字声频和视频	448
16.6	AES3	456
16.7	计算机控制和数字声频的传输	461
附录I	常用符号与缩略语	465
附录II	系统接线惯例	469