



高级

音响师

速成实用教程

- ▶ 中国录音师协会教育委员会
- ▶ 中国传媒大学信息工程学院 编著
- ▶ 北京恩维特声像技术中心

第2版

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高级 音响师 速成实用教程



第2版

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

高级音响师速成实用教程 / 中国录音师协会教育委员会, 中国传媒大学信息工程学院, 北京恩维特声像技术中心编著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2011.5
ISBN 978-7-115-24803-9

I. ①高… II. ①中… ②中… ③北… III. ①音频设备—技术培训—教材 IV. ①TN912.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第006506号

内 容 提 要

本书主要讲解了数字音响系统的基础理论、数字声频设备的基本原理和使用方法, 主要内容包括数字声频技术、数字声频记录技术、数字调音台、数字声频工作站、CobrNet 技术、网络音频系统, 以及 EASE、Smaart、数字声频处理器的原理与应用, 并介绍了音质的主观评价方法。

本书适合具有一定理论基础和实践经验的音响调音技术人员阅读, 也可作为音响师培训班和大、中专相关专业的教材使用。

高级音响师速成实用教程 (第 2 版)

- ◆ 编 著 中国录音师协会教育委员会
中国传媒大学信息工程学院
北京恩维特声像技术中心
责任编辑 张兆晋
- ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 17.75
字数: 375 千字 2011 年 5 月第 2 版
印数: 5 001—9 000 册 2011 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24803-9

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

音响师速成实用教程审定委员会

主任：王庚年

副主任：高雨春

委员：孙庆有 刘书兰 于纪凯

初级音响师速成实用教程编辑委员会

主任：王明臣

副主任：韩宪柱

委员：李大康 陈洪诚 王树森 郭 忱 韩宪柱 王 强

黄志强 周 勇 付永平 王 雷 胡 彤 钟志杰

F Foreword



序

我们每人都有两只耳朵，正因为有了它，我们才能与他人交流、学习与娱乐，并从周围环境中获取信息，参与各种社会活动。在我们这个星球上，充满了各种各样的声音，形成了一个富有生命力的世界。假如世界上没有了声音，没有了语言，没有了音乐，成群的人们互不相识——则不可能形成社会，整个地球也将成为一个寂静可怕的死亡世界。

由于文明以及与文明相协调的技术的扩展，大大地增加和丰富了大自然的声音，产生了大量新的声源，从而使人类社会的生活更加丰富多彩。人类对声音的认识和理解能力，反映了其文化修养的进步程度。然而，有时候这些新的声波却强行进入人们的耳朵，丝毫不顾及人们的意愿，常常令人们难以忍受。这种巨大的噪声干扰不仅使人们心绪烦乱，严重影响人们的生活质量，甚至还会缩短人们的寿命。

如何有效地控制和利用声音更好地为人类服务，同时与噪声作斗争，是每一位声频技术工作者的光荣任务。要完成这个光荣的任务，就要求我们每一位声频工作者不但要具备数学、物理学、电声学、乐理学等方面的知识，而且还要了解生理声学和心理声学等相关学科的知识。每一位声频工作者都应当成为一个技术与艺术相结合，理论与实践相统一的综合性人才。但遗憾的是，目前在这方面合格的人才还不多，教育和培养这方面的人才已是当务之急。

编写这套书的专家教授们，也是广播影视业的行家。他们具有从事声频技术与教育工作所需的专业品质，在编写这套书的过程中也展示了他们的才干。作为一个在广播影视各个岗位都工作过的业者，我衷心地推荐这套书，并希望广大读者在阅读本书的时候能对这种品质有一种亲身的感受。让我们同心协力，为创造一个美好的声音环境，为我们在整个地球上到处可以听到美妙的声音而努力。

中国国际广播电台台长 总编辑

王庚辛

2007年4月

Preface



前 言

随着我国文化娱乐事业的飞速发展和声频技术水平的日益提高，专业音响师（调音师）的社会需求量越来越大。据统计，全国现有电台、电视台的数量已超过 5000 家，再加上影视制作间和歌舞厅、影剧院、厅堂扩音、电化教学等，与音响技术相关的从业人员已有数十万人。作为一个新兴的职业，音响师越来越受到人们的青睐。

要成为一个合格的音响师，必须掌握相关的理论知识，并具有一定的技能技巧，诸如电工学和电子学基础知识，电声学和建筑声学基础知识，乐理学知识和设备装配以及实用操作能力都十分重要。从 2003 年开始，音响师要求持职业资格证书上岗。即便是具有大专或本科学历的人员，也只有在考取职业资格证书后才能具有上岗资格。另外，由于声频技术发展很快，从模拟技术进入数字技术已是大势所趋，设备和技术的更新已在很多单位逐步实现，知识更新和人员素质的提高已迫在眉睫。因此，尽快培养出高水平的音响专业人才，满足社会的需求，已成为当前职业技能培训的一个重要方面。

本套教程正是为了顺应现代声频技术、音响技术的发展潮流，满足广大声频工作者，特别是大量音响技术人员的实际需求而编写的，具有较高的实用价值。由于目前市场上适合音响师实际工作需要的书籍很少，系统介绍音响调音技术的书籍尚无法满足读者的需要，因此本套教程的出版能在一定程度上弥补这种不足。

中国录音师协会教育委员会 (<http://www.cavre.com>) 是二级协会，担负着全国录音师、音响师的教育培训任务；中国传媒大学是全国综合性重点大学，信息工程学院的培养重点是声像技术方面的高级专业人才；北京恩维特声像技术中心是由劳动和社会保障部正式委托的职业培训机构。由上述三个单位在中国传媒大学联合成立的音响师、录音师、灯光师培训中心已有 10 多年历史，已举办了培训班 50 多期，培训学员数千人。本套教材正是培训中心多年教学实践的总结，在培训中取得了良好效果。

本套教程为第 2 版，分三册出版，原书名不变，包括《初级音响师速成实用教程》、《中级音响师速成实用教程》和《高级音响师速成实用教程》。其中，《初级音响师速成实用教程》主要针对初学者介绍音响设备的基本原理、基本操作方法，主要讲解音响师必备的电学、声学基础知识，如声音的基本属性、电工基础知识等，重点讲解了操作性很强的音响系统的连

接、主要设备的操作与使用方法，是初级音响师的入门读物；《中级音响师速成实用教程》主要讲解音响系统基础理论、系统的调整方法与使用技巧，特别是对主要设备（如调音台）与周边设备的调整方法以及各种场合的调音技巧做了比较详细的介绍；《高级音响师速成实用教程》以讲解数字声频技术为主，介绍了数字声频技术的发展和应用，数字声频设备的基本原理、使用和操作方法，以及正确判断音响设备故障、正确处理故障和维修的方法。本次再版除改正了原书中的一些错误外，重点对《高级音响师速成实用教程》的内容做了较大改动，以适合目前蓬勃发展的数字化进程。

本套教程既适合音响调音工作的从业人员以及准备从事该行业工作的人员阅读，也可作为音响师培训班和大、中专院校相关专业的教材使用。

对于书中的错误和不当之处，请广大读者批评指正。

中国录音师协会教育委员会

Contents

目 录

1

第一章 数字音频技术基础	1
第一节 A/D 转换	1
一、采样	1
二、滤波和混叠	4
三、量化	5
四、采样分辨率的可闻效果	6
五、高频颤动的使用	7
六、高频颤动的种类	9
七、A/D 转换中的过采样	11
八、A/D 转换中的噪声整形	11
第二节 D/A 转换	12
一、基本的 D/A 转换	12
二、D/A 转换中的过采样	13
第三节 音质与采样率和分辨率之间的关系	13
一、心理学限制	13
二、采样率	14
三、量化分辨率	16
第四节 数字化处理的相关问题	17
一、时基抖动及对转换器的影响	17
二、改变音频信号的分辨率(再量化)	19
三、动态范围扩展	19
四、误码校正	20
第五节 数字音频信号处理	20
一、电平控制	21

2

二、交叉渐变	21
三、调音	22
四、数字滤波器和均衡	22
五、数字混响和其他效果	24
六、动态处理	24
七、采样率转换	25

第二章 数字声频记录技术 27

第一节 数字录音带（DAT）	27
一、DAT 盒式磁带的构造	27
二、DAT 模式的分类与特点	29
三、DAT 硬件设计的基本方案	30
四、磁道上的记录格式	32
五、DAT 的方位记录与自动磁道跟踪	34
六、8-10 调制码记录方式	35
七、DAT 的纠错编码	36
八、DAT 的时间码	38
第二节 DVD	39
一、概述	39
二、DVD-Video	43
三、DVD-Audio	45
第三节 MP3	50
一、MP3 机的特点与主要性能	50
二、MP3 播放机的工作原理	51
三、MP3 播放机的使用	54

3

第三章 数字调音台 56

第一节 数字调音台的特点	56
第二节 VENUE 数字调音台的特点	57
第三节 调音台的使用	59
一、调音台背面板	60
二、调音台前面板	61
三、操作控制屏幕与软件	63
第四节 调音操作步骤	67

4

第四章	MIDI (乐器数字接口)	71
第一节	MIDI 的硬件	71
第二节	MIDI 信息的组成	73
	一、通道信息	73
	二、系统信息	76
第三节	MIDI 制作系统中的设备	78
	一、概述	78
	二、MIDI 键盘合成器	79
	三、音源	81
	四、鼓机	81
	五、MIDI 音序器	82
	六、MIDI 效果器	82
第四节	MIDI 设备在录音中的应用	83
第五节	电脑音乐系统	84
	一、电脑音乐系统的组成	84
	二、电脑音乐系统在音乐节目制作中的应用	85

5

第五章	数字音频工作站	87
第一节	数字音频工作站的构成	87
	一、专门的系统	87
	二、以桌面计算机为基础的系统	88
第二节	数字音频工作站的音频处理	89
	一、大容量存储媒体声音的记录原理	89
	二、多声道记录和重放	94
	三、音频编辑	99
	四、时基和同步	106
	五、变速操作	109
	六、工作站中的 DSP	110
第三节	文件格式及数据交换	113
	一、音频文件格式	113
	二、开放媒体构架交换 (OMFI)	118
	三、CD 预母版格式	119
	四、数字音频接口	121
	五、数字信号同步	131

	六、网络	135
第四节	数字声频工作站中的视频技术	143
	一、数字视频基础	144
	二、视频数据压缩	146
	三、MPEG 和 JPEG	149
	四、桌面视频系统	149
	五、用于声频工作站的数字视频选件	150
	六、SMPTE/EBU 时间码	151
	七、丢帧时码格式	152
	八、时码的处理	153
第六章	CobraNet 技术	154
第一节	CobraNet 设备的类型	154
	一、只用于作信号传送	154
	二、用于信号输入、信号处理、信号输出	155
第二节	CobraNet 技术的应用	155
	一、CobraNet 技术的应用范围	155
	二、CobraNet 以太网的使用	155
	三、使用网络交换机作为 CobraNet 的网络交换设备	156
第三节	以太网与 CobraNet 的数据帧结构	158
	一、MAC 数据帧结构	158
	二、数据包结构	160
第四节	大容量数据与 CobraNet 网络优化	162
	一、生成树协议 (Spanning Tree) IEEE 802.1d	162
	二、干线生成协议 IEEE 802.3ad	163
	三、VLAN 的应用 (IEEE 802.1q)	164
第五节	简单网络管理协议	165
第六节	Conductor 与 BuddyLink	168
	一、Conductor	168
	二、BuddyLink	168
第七章	AUDIONET 网络音频系统	170
第一节	AUDIONET 网络音频平台系统的构成	170
	一、RS1200 软件	170
	二、AUDIONET 网络音频传输器	173

6

7

8

	三、AUDIONET 网络音频处理器	177
	四、AUDIONET 网络音频平台系统的功能特点	179
第二节	AUDIONET 网络数字功放和网络有源音箱	180
	一、NET6000D 网络功放	180
	二、网络有源音箱	181
第三节	AUDIONET 网络音频系统的应用	182
第八章	EASE 的原理与应用	186

第一节	EASE 的基本概念	186
	一、什么是 EASE	186
	二、EASE 软件研究与发展的过程	186
	三、EASE 的主要功能	187
第二节	利用 EASE 软件创建房间模型	188
	一、启动 EASE	188
	二、创建房间模型	189
	三、加上听众区	189
	四、加上听众座椅	190
	五、加载扬声器和墙面吸声材料	190
第三节	利用 EASE 软件建立电声学模拟	190
	一、选择扬声器	190
	二、确定扬声器的瞄向	191
第四节	EASE 工程项目的检查与修正	192
	一、工程项目的一般检查	192
	二、声场特性的检查与修正	192
	三、声音质量效果的检查	194

9

第九章	Smaart 原理与应用	197
第一节	Smaart 的主要测量功能与配置单元	197
	一、Smaart 的主要测量功能	197
	二、Smaart 基本单元配置	198
第二节	系统设置与电平调整	199
	一、系统设置	199
	二、电平调整	199
第三节	测量实例	200

一、实时频谱分析仪（RTA）	200
二、模拟式均衡器测量	202
三、扬声器系统测量	204
四、对扬声器系统进行均衡处理	207

10

第十章 PA 数字音频处理器的原理与应用 210

第一节 面板功能旋钮与连接	210
一、后面板连接	210
二、前面板	211
三、快捷启动	212
第二节 基本编辑功能	217
第三节 操作运行	220
一、程序定义	221
二、工厂程序向导	221
第四节 参数及调整	222
一、前置分频器	222
二、声反馈抑制器	222
三、分谐波合成发生器	224
四、分频器	224
五、后置分频器的参数均衡 PEQ	225
六、压缩器/限幅器	225
七、扬声器延时调整	226
第五节 分频器的使用	227
一、2×6 分频器	227
二、2×5 分频器	227
三、2×4 分频器	228
四、2×3 分频器	228

11

第十一章 音质主观评价 230

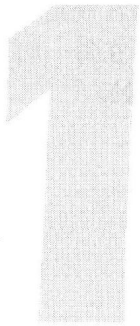
第一节 音质评价的意义与评定方法	230
一、音质评价的意义	230
二、音质评价的术语	230
三、评定小组的组成	231
四、评定方法	232
第二节 审听室的技术性能	237

一、容积	238
二、各边比例	238
三、混响时间	238
四、噪声级	238
五、审听人员的位置	238
六、审听区内的声级和传输频率特性	239
七、审听室内吸声材料的布置	239
八、其他干扰	239
九、灯光	239
十、室内气候条件	240
十一、室内颜色	240
第三节 评价用电声设备的技术要求	240
一、磁带录音机	240
二、调音控制台	241
三、功率放大器	241
四、监听扬声器箱的声学特性	242
五、耳机的特性	242
六、CD唱机	242
七、家用监听系统	242
第十二章 音响设备的使用与维修	243

12

第一节 音响设备的使用	243
一、正确进行系统配置与连接	243
二、养成正确的开机关机顺序习惯	243
三、防止声反馈引起的啸叫	243
四、晶闸管干扰及防止措施	246
五、避免损坏扩音机和扬声器的措施	249
第二节 扩声系统设备故障检修的基本方法	249
一、直接观察法	249
二、测量电压法	250
三、测量电阻法	250
四、器件替代法	251
五、波形观察法	252
六、触击检查法	252
七、模拟检查法	253

	八、电路分割法	253
	九、在线测量法	253
	十、短接旁路法	254
第三节	系统设备常见故障的检修程序	255
	一、无声故障	255
	二、电源故障	255
	三、扬声器故障	258
	四、主放大器故障	258
	五、立体声设备一个声道故障	259
	六、AV 放大器及调音台常见故障	260
第四节	音响系统故障维修实例	264



第一章 数字音频技术基础

本章将简要介绍有关数字音频技术的基础知识，主要阐述那些在数字音频中影响声音质量的有关问题，并对音频 DSP 作一个简要的介绍。

数字音频系统的基本结构如图 1-1 所示。模拟音频信号在 A/D 转换中被转换成二进制值。这些二进制值经各种方式的数字信号处理（DSP）后，被编码并且存储起来，或者被传送出去。存储或者传送的信号仍可进行进一步的处理，然后转换回模拟域。

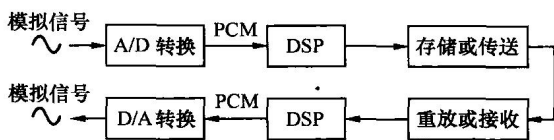


图 1-1 数字音频系统基本结构框图

第一节 A/D 转换

A/D 转换是决定数字音频信号最终质量优劣的最重要的一环。事实上，一个音频信号在进行了转换处理之后，其声音质量只有变坏的可能，而绝无转好的希望。许多音频处理纯粹是在数字域中进行的，在这种情况下，A/D 转换并非关键所在，但是大多数的操作仍然不时地需要从模拟域上获得声音素材。工作站的价格各不相同，因此这些数字音频工作站及其周边转换器的质量也有优劣之分。许多分立的专业转换器的价格都相当于一个台式计算机的全部数字音频硬件和软件的价格。如今，在许多多媒体台式计算机中都能见到 16bit 的转换器，然而与最有效的那些设备相比，这些设备的表现很不理想。正如在下面所要看到的，采样率以及每个采样的比特数是决定一个数字音频信号质量优劣的主要因素，而转换器的质量却表明在这些限制之下，是否能更接近极限。

除此之外，必须承认的一点是：对于很多人来说，一个 16bit 的转换器听起来与别的并没有什么不同，很多时候价格与质量并不是成正比的。

一、采样

模拟的音频信号是在时间上连续的电信号，而模数转换器的任务正是将这一信号转换为

在时间上离散的二进制数序列。在转换器中，采样过程包括对声频波形的振幅在规定的间隔上及时地进行测量或采样，如图 1-2 所示。显然，采样脉冲准确地表示了信号在每一时刻的瞬间振幅。采样可被看作是当快速连续播放时组成连续动感电影的一个个静止帧。

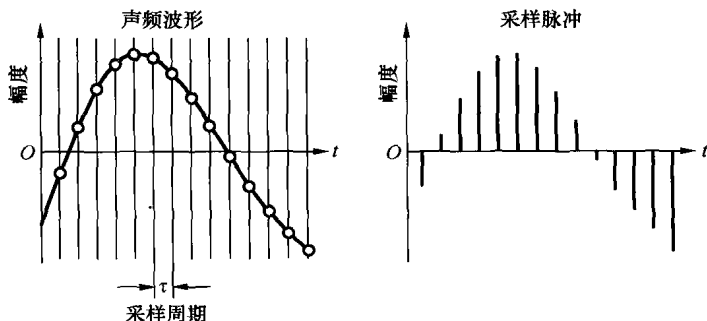


图 1-2 任意声频信号以规律的时间间隔被采样

基于详细地表征一个信号的需要，有必要在每秒钟获取大量的采样值，同时香农采样定理指出：如果一个信号的必要信息能被恢复，那么在每一个声频周期必须至少得有两个采样。从图 1-3 中可以看到，如果在声频信号的每一个周期只获得很少的采样，那么采样所描绘的可能会迥异于其采样的原始波形，这也是有助于理解混叠这一现象的一种方法。通过 D/A 转换来恢复出被采样的信号时，混叠会产生原始信号不需要的成分。

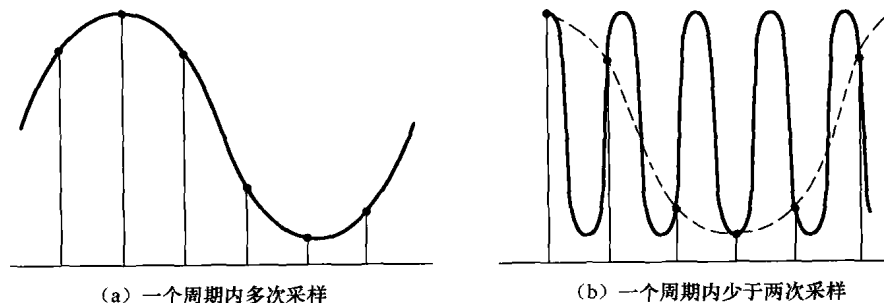


图 1-3 每一声频周期必须至少得到两个采样

将采样过程形象化的另一个方法是把它放在调制的情况下加以考虑，就像在图 1-4 中表示的那样。连续的声频波形被用来调制一个规则的脉冲序列，这些脉冲的频率就是采样频率。在调制之前，所有这些脉冲都有同样的振幅（高度），但是在调制之后，脉冲的振幅将根据声频信号在该点的瞬时振幅被加以修正。这一过程称之为脉冲振幅调制（PAM），调制信号的频谱如图 1-5 所示。可以看见，除了“基带”声频信号（采样前的原始频谱）之外，现在又出现了许多额外的频谱，并以采样频率的倍频频率为中心，呈对称分布。作为振幅调制的一个结果，采样频率及其倍频的每一边都产生了边带，它将采样频率其倍频上下延伸基带宽度。换言之，这样的边带是声频频带的对称镜像。