

- ▶ 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3版

中级

录音师

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



中级

音响师

速成实用教程

第3版

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

中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. — 3版. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 2
ISBN 978-7-115-29868-3

I. ①中… 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(2012)第270731号

内 容 提 要

本书讲解了音响系统的基础理论、调整方法和调音技巧, 主要内容包括声音和人耳的听觉特性、乐器声与语声、立体声和环绕声系统、传声器的原理与使用、扬声器系统、扩声系统、建筑声学基础、声音指标的测量, 重点介绍了各种音响设备的调整方法及调音技巧。

本书是学习中级音响调音技术的读物, 既适合已从事音响调音工作的人员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。

中级音响师速成实用教程(第3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 鹏
- ◆ 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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 362千字 2013年2月第3版
印数: 10 001—14 000册 2013年2月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-29868-3

定价: 40.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

编委会

主 任：王明臣

副主任：金洪海 李遥

编 委：王树森 韩宪柱 王 雷 胡 彤 王 强



前言

preface

随着我国文化娱乐产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近百万人之多。作为一个新兴的职业，音响师越来越受到人们的青睐。

要成为一名合格的音响师，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应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，其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人力资源和社会保障部正式委托的职业培训机构。由上述 3 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 13 年的历史，已举办培训班 60 多期，培训学员近万人之多，在培训规模和培训质量方面在我国位居前列，是目前我国重要的声像职业技能培训基地。本套教材正是培训中心多年教学实践经验的总结，在培训中收到了良好效果。

本套教程为第 3 版，分 3 册出版，包括《初级音响师速成实用教程（第 3 版）》、《中级音响师速成实用教程（第 3 版）》和《高级音响师速成实用教程（第 3 版）》。其中，《初级音响师速成实用教程（第 3 版）》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（第 3 版）》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作了



比较详细的介绍;《高级音响师速成实用教程(第3版)》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 and 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疏漏外,重点对《高级音响师速成实用教程(第2版)》的内容作了较大改动,以适应目前蓬勃发展的数字化进程。

对于书中的疏漏和不当之处,请广大读者批评指正。

中国录音师协会教育委员会
中国传媒大学信息工程学院
北京恩维特声像技术中心
2012年9月9日
于北京

Contents



目 录

1

第1章 声音与人耳听觉特性	1
1.1 什么是声音	1
1.2 声音和声波	1
1.2.1 声压	1
1.2.2 声速、频率、周期和波长	2
1.2.3 声功率和声强	3
1.2.4 声级	3
1.3 人耳的构造及各部分的功能	4
1.3.1 外耳	4
1.3.2 中耳	5
1.3.3 内耳	5
1.4 人耳的听觉范围	5
1.4.1 频率范围	5
1.4.2 声压级范围	5
1.5 声音的三要素	6
1.5.1 音调	6
1.5.2 响度	7
1.5.3 音色	10
1.6 噪声	12
1.7 声波的传播	13
1.7.1 波阵面和声线	13
1.7.2 声波的反射和折射	13
1.7.3 声波的衍射和拍	14
1.7.4 驻波	15
1.7.5 多普勒效应	15
1.8 人耳的几种效应	17
1.8.1 掩蔽效应	17
1.8.2 双耳效应	19
1.8.3 主观音	19



1.8.4 鸡尾酒会效应	19
1.8.5 哈斯效应	20
1.8.6 耳壳效应	20

2

第2章 乐器声和语声 21

2.1 乐器声	21
2.1.1 乐器的分类	21
2.1.2 乐器的组成	22
2.1.3 乐器的时间过程	22
2.1.4 乐器发声的指向性	23
2.1.5 乐器声的声学特性	25
2.1.6 音阶	27
2.2 语声	35
2.2.1 人的发声机构	35
2.2.2 元音和辅音	35
2.2.3 语声的声学特性	36
2.2.4 语言的易懂度和清晰度	38

3

第3章 立体声和环绕声系统 41

3.1 立体声和环绕声的概念	41
3.2 人耳对声源的定位	42
3.2.1 声音到达人双耳的时间差	42
3.2.2 声音到达人双耳的声级差	43
3.2.3 人耳对前后及上下声源方位的判断	44
3.3 德波埃实验及双声道立体声正弦定理	45
3.3.1 德波埃实验	45
3.3.2 双声道立体声正弦定理	46
3.4 立体声的拾音	47
3.4.1 仿真头方式	47
3.4.2 AB方式	47
3.4.3 声级差方式	48
3.4.4 分路方式	55
3.4.5 多声道拾音方式	56
3.4.6 多声道及立体声的串音衰减量和分离度	57
3.5 立体声的重放	58
3.5.1 立体声最佳听声位置	58
3.5.2 听声区域的扩大和声像的展宽	60
3.5.3 立体声听声房间	61
3.6 多声道立体声和环绕声	62
3.6.1 杜比立体声和杜比环绕声	63



3.6.2 杜比数字立体声与 AC-3 编码器	65
3.6.3 家用 THX 技术	65
3.6.4 由双声道经处理后形成的环绕声	66
第 4 章 传声器的原理与使用	67
4.1 声波的接收方式	67
4.1.1 压强式声波接收方式	67
4.1.2 压差式声波接收方式	68
4.1.3 复合式声波接收方式	70
4.1.4 接收球面波声场时的声压差	72
4.2 传声器的特性及使用时的要求	72
4.2.1 传声器的特性	72
4.2.2 传声器使用时的要求	74
4.3 传声器的工作原理	75
4.3.1 动圈传声器	75
4.3.2 铝带传声器	78
4.3.3 电容传声器	79
4.3.4 驻极体传声器	82
4.3.5 压力区域传声器	82
4.3.6 无线传声器	84
4.4 传声器的使用及其特性选择	85
4.4.1 传声器使用中的几个问题	85
4.4.2 对传声器特性的选择	86
4.5 拾音方式	87
4.5.1 一点拾音方式	87
4.5.2 多传声器方式	87
4.5.3 一点拾音加辅助传声器方式	88
4.6 通俗音乐的拾音	88
4.6.1 鼓组的拾音	88
4.6.2 弦乐器的拾音	90
4.6.3 钢琴的拾音	91
4.6.4 铜管乐器的拾音	91
4.6.5 打击乐器的拾音	92
4.6.6 歌声的传声器布置	92
4.6.7 对美声进行拾音	92
4.6.8 对通俗音乐拾音传声器的要求	93
4.6.9 对大合唱演出的拾音	94
4.7 歌剧、戏曲、小品、相声等的拾音	94
4.7.1 对歌剧、话剧、戏曲舞台台口拾音	94
4.7.2 对歌剧、话剧、戏曲舞台主要演员拾音	96



4.7.3	对歌舞晚会舞台台口拾音	96
4.7.4	对戏剧、小品演出拾音	96
4.7.5	对相声演出拾音	97
4.8	西洋古典音乐的拾音	97
4.8.1	钢琴独奏的拾音	98
4.8.2	小提琴、钢琴二重奏的拾音	98
4.8.3	钢琴伴奏声乐的拾音	98
4.8.4	弦乐四重奏的拾音	99
4.8.5	交响乐的拾音	99

5

第5章 调音的概念与技巧 104

5.1	影响声音质量的有关因素	104
5.1.1	声音三要素对声音质量的影响	104
5.1.2	室内声场对声音的影响	106
5.1.3	室内声波传输特性对调音的影响	107
5.1.4	人耳听觉对调音的影响	109
5.2	音响系统的电平调整	111
5.2.1	电平的基本概念	111
5.2.2	音响系统电平的种类	112
5.2.3	音响系统电平的调整方法	112
5.2.4	电平调整的注意事项	113
5.3	调音台的调音技巧	114
5.3.1	常见音源的频率特性与听觉的关系	114
5.3.2	人声的调音技巧	115
5.3.3	伴奏音乐与歌声比例的调整	117
5.3.4	音乐酒吧与咖啡厅的调音	117
5.3.5	立体声扩声的校准和调整	118
5.3.6	音响师在演出过程中应注意的问题	119
5.4	效果处理器的调音技巧	120
5.4.1	效果处理器简介	120
5.4.2	数字延时器工作的原理及应用	121
5.4.3	数字混响器的工作原理及应用	124
5.4.4	多效果处理器的应用举例	124
5.5	压缩/限幅器的调音技巧	130
5.5.1	压缩/限幅器的功能	130
5.5.2	压缩/限幅器的工作原理	130
5.5.3	压缩/限幅器的应用	132
5.6	均衡器的调音技巧	137
5.6.1	频率均衡处理的意义	137
5.6.2	多频段图示均衡器的工作原理	138



5.6.3	均衡器的主要技术指标	139
5.6.4	均衡器在扩声系统中的应用举例	140
5.7	激励器的调音技巧	143
5.7.1	激励器的基本工作原理	143
5.7.2	激励器实例	144
5.7.3	激励器在扩声系统中的使用方法	145
5.8	声反馈抑制器的调音技巧	145
5.8.1	声反馈现象与产生啸叫的原因	145
5.8.2	声反馈抑制器的工作原理	146
5.8.3	声反馈抑制器的使用与调整	147
第 6 章 扬声器系统		149
6.1	机电和声电类比	149
6.1.1	电路系统的串联谐振	149
6.1.2	机械系统的串联共振	149
6.1.3	声学系统的串联共鸣	149
6.2	扬声器的电声特性	150
6.3	纸盆扬声器	153
6.3.1	纸盆扬声器的构造和换能原理	153
6.3.2	纸盆扬声器在各声频段的特性	154
6.3.3	纸盆扬声器的效率和失真	156
6.3.4	其他形式的纸盆扬声器	157
6.4	球顶形扬声器	158
6.5	号筒扬声器	159
6.5.1	号筒扬声器的构造	160
6.5.2	指数号筒的临界频率	160
6.5.3	声透镜	162
6.6	扬声器箱	162
6.6.1	障板	162
6.6.2	后部开放式音箱	164
6.6.3	封闭式音箱	164
6.6.4	倒相式音箱	164
6.6.5	扬声器系统	164
6.6.6	声柱	167
6.7	压电扬声器	167
6.8	扬声器的使用	168
6.8.1	阻尼系数	168
6.8.2	扬声器与放大器的阻抗匹配	168
6.8.3	扬声器的定相	169
6.8.4	扬声器的性能与使用	169
6.8.5	扬声器使用时的注意事项	170

6



6.9 扬声器的测量	170
6.9.1 扬声器阻抗的测量	170
6.9.2 纯音检测	171
6.9.3 共振频率的测量	171
6.9.4 等效品质因数的测量	171
6.9.5 声压频率特性的测量	171
6.10 耳机	171
6.10.1 耳机的特点和对它的要求	171
6.10.2 耳机的类型和构造	172

7

第7章 扩声系统的使用及配置 175

7.1 扩声设备的组成	175
7.1.1 扩音机	175
7.1.2 增音机	177
7.2 扬声器与扩音机的配接	179
7.2.1 定阻抗式配接	179
7.2.2 定电压式配接	185
7.3 扩声扬声器的布置和啸叫的防止	187
7.3.1 室内扩声系统	187
7.3.2 室外扩声系统	187
7.3.3 防止声反馈引起啸叫的措施	188
7.3.4 扩声系统的电声性能指标和术语	188

8

第8章 建筑声学基础 190

8.1 室内声音	190
8.1.1 室内声音的传播	190
8.1.2 吸声系数与平均吸声系数	191
8.2 混响时间和简正振动	192
8.2.1 混响时间的定义	192
8.2.2 混响公式	192
8.2.3 简正振动	192
8.3 吸声材料和吸声结构	194
8.3.1 吸声材料和吸声结构的分类	194
8.3.2 各种吸声材料和吸声结构的吸声特性	194
8.4 房间的隔声、隔振和声音的扩散	197
8.4.1 隔声	197
8.4.2 隔振	198
8.4.3 扩散	198

9

第9章 声频指标的测量 200

9.1 声频测量的基本知识	200
9.1.1 声频设备技术指标和测量技术的发展	200
9.1.2 音质评价	200



9.1.3	声频测量工作的原则与注意事项	201
9.2	对声频测量仪器的要求	204
9.2.1	对声频振荡器的要求	204
9.2.2	对电子毫伏表的要求	205
9.2.3	对标准衰减器的要求	205
9.2.4	对电子示波器的要求	205
9.2.5	对测量用功率放大器的要求	205
9.2.6	对无感电阻箱的要求	205
9.2.7	对失真度测试仪的要求	206
9.3	声频基本指标的测量	206
9.3.1	频率特性	206
9.3.2	信号噪声比	209
9.3.3	谐波失真	210
9.3.4	最大输出功率	210
9.3.5	声频系统的测量	211
9.3.6	传声器与扬声器的测量	211

10

第 10 章 视频基础 213

10.1	电视信号	213
10.1.1	图像的分解扫描	214
10.1.2	黑白电视与彩色电视的兼容	215
10.1.3	彩色电视制式	216
10.2	电视接收机	217
10.2.1	黑白电视接收机	217
10.2.2	彩色电视接收机	217
10.3	磁带录像机	219

A

附录 A	中华人民共和国文化行业标准 WH/T 18—2003 演出场所扩声系统的声学特性指标 (摘要)	220
------	---	-----

B

附录 B	中华人民共和国文化行业标准 WH 01—1993 歌舞厅扩声系统的声学特性指标与测量方法 (摘要)	223
------	---	-----

C

附录 C	中华人民共和国广播电视部标准 GYJ 25—1986 厅堂扩声系统声学特性指标 (摘要)	225
------	--	-----

D

附录 D	部分品牌音箱、功放技术参数	227
------	---------------	-----

原
书
缺
页

原
书
缺
页



1.2.3 声功率和声强

单位时间内穿过垂直于声波传播方向给定面积的声能通量称为声功率，以 P 表示，单位为 W（瓦）。

单位时间内，穿过垂直声波传播方向单位面积的声能，也就是垂直声波传播方向单位面积的声功率称为声强，以 I 表示，单位为 W/m^2 （瓦/米²）。声强与声压的平方成正比。

1.2.4 声级

由于人耳能听到的声压范围为 $2 \times 10^{-5} \sim 20\text{Pa}$ ，相差 10^6 倍，声强范围为 $10^{-12} \sim 1\text{W/m}^2$ ，相差 10^{12} 倍，表示起来不方便，另外，人耳对声压和声强变化的感觉也并不与它们的绝对值成正比，而是与它们的对数成正比，因此采用声压级、声强级和声功率级来表示声压、声强和声功率大小更为方便。声压级、声强级和声功率级的单位为 dB（分贝）。声级的概念与电路中电平的概念相似。

1. 声压级

声压级 (L_p) 的定义为

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (1-1)$$

式中， p_0 为基准声压，数值等于 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ； p 为待求声压级的声压。式 (1-1) 也可写成

$$L_p = 20 \lg p + 94\text{dB}$$

由式 (1-1) 可知，声压变化 10 倍，相当于声压级变化 20dB；声压变化 100 倍，相当于声压级变化 40dB。

2. 声强级

声强级 (L_I) 的定义为

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (1-2)$$

式中， I_0 为基准声强，数值等于 10^{-12}W/m^2 ； I 为待求声强级的声强。式 (1-2) 也可写成

$$L_I = 10 \lg I + 120\text{dB}$$

由式 (1-2) 可知，声强变化 10 倍，相当于声强级变化 10dB；声强变化 100 倍，相当于声强级变化 20dB。

3. 声功率级

声功率级 (L_P) 的定义为

$$L_P = 10 \lg \frac{P}{P_0} \quad (1-3)$$

式中， P_0 为基准声功率，数值等于 10^{-12}W ； P 为待求声功率级的声功率。式 (1-3) 也可写成

$$L_P = 10 \lg P + 120\text{dB}$$

表 1-2 给出了声压比或声强比与声压级、声强级的关系。



表 1-2

声压比与声压级及声强比与声强级的关系

声压比或声强比	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	20.0
声压级 (dB)	0.00	6.02	9.54	12.04	13.98	15.56	16.90	18.06	19.08	20.00	26.02
声强级 (dB)	0.00	3.01	4.77	6.02	6.99	7.78	8.45	9.03	9.54	10.00	13.01
声压比或声强比	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	1000.0	10000.0	100000.0
声压级 (dB)	29.54	32.04	33.98	35.56	36.90	38.06	39.08	40.00	60.00	80.00	100.00
声强级 (dB)	14.77	16.02	16.99	17.78	18.45	19.03	19.54	20.00	30.00	40.00	50.00

注：表中比值为声压、声强与基准声压、声强的比值。

1.3 人耳的构造及各部分的功能

人耳可分为外耳、中耳和内耳三部分，它的剖面图如图 1-3 所示。

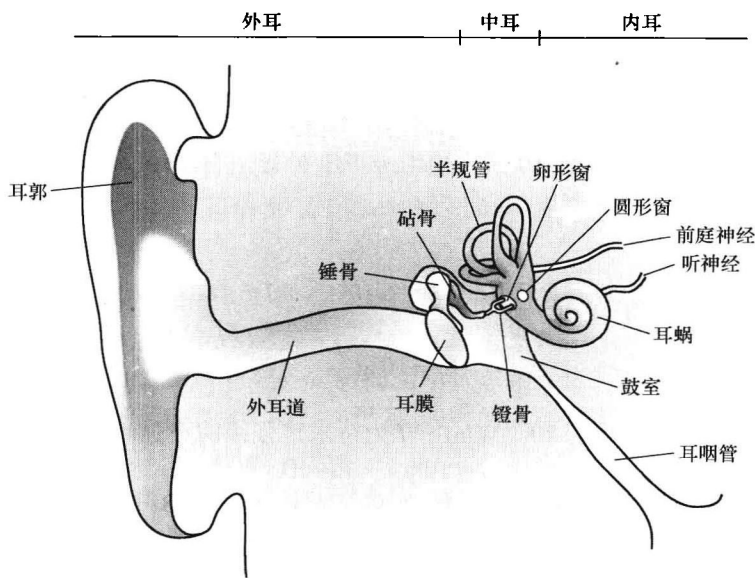


图 1-3 人耳的剖面图

1.3.1 外耳

外耳由耳郭（或耳廓）、外耳道和耳膜（鼓膜）组成。耳郭起着将声波导向外耳道的作用，并对声源方向的定位起作用。外耳道是一个直径约为 0.5cm、长约为 2.5cm，一端封闭的管子，起着将声音传至耳膜的作用。外耳道的自然谐振频率约为 3400Hz。由于外耳道的共鸣以及人头对声音产生的反射和衍射作用，人耳对 2000~4000Hz 声音的感觉可提高 15~20dB。耳膜是一个面积约 0.8cm²、厚约 0.1mm 的柔软的浅锥形薄膜。锥形的顶点朝向中耳。耳膜可接收声波的振动，然后传给中耳的听小骨。