



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 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



中级

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

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. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010. 6
ISBN 978-7-115-22811-6

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(2010)第065515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, 既适合从事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。

中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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 16.5
字数: 353千字 2010年6月第2版
印数: 6001—10000册 2010年6月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22811-6

定价: 37.00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

中级音响师速成实用教程编辑委员会

主任：王明臣

副主任：王树森

委员：李大康 陈洪诚 王树森 郭 忱 韩宪柱 王 强
黄志强 高 剑 付永平 王 雷 胡 彤 钟志杰

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。在我们这个地球上，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

C ontents

目 录

1

第 1 章 声音与人耳听觉特性	1
1.1 声音和声波	1
1.1.1 声压	1
1.1.2 声速、频率、周期和波长	2
1.1.3 声功率和声强	3
1.1.4 声级	3
1.2 人耳的构造及各部分的功能	4
1.2.1 外耳	5
1.2.2 中耳	5
1.2.3 内耳	5
1.3 人耳的听觉范围	5
1.3.1 频率范围	6
1.3.2 声压级范围	6
1.4 声音的三要素	6
1.4.1 音调	6
1.4.2 响度	8
1.4.3 音色	11
1.5 噪声	13
1.6 声波的传播	14
1.6.1 波阵面和声线	14
1.6.2 声波的反射和折射	14
1.6.3 声波的衍射和拍	15
1.6.4 驻波	16
1.6.5 多普勒效应	17

1.7 人耳的几种效应	19
1.7.1 掩蔽效应	19
1.7.2 双耳效应	21
1.7.3 主观音	22
1.7.4 鸡尾酒会效应	22
1.7.5 哈斯效应	22
1.7.6 耳壳效应	22

2

第2章 乐器声和语声 23

2.1 乐器声	23
2.1.1 乐器的分类	23
2.1.2 乐器的组成	24
2.1.3 乐器的时间过程	24
2.1.4 乐器发声的指向性	25
2.1.5 乐器声的声学特性	27
2.1.6 音阶	29
2.2 语声	37
2.2.1 人的发声机构	37
2.2.2 元音和辅音	38
2.2.3 语声的声学特性	39
2.2.4 语言的易懂度和清晰度	41

3

第3章 立体声和环绕声系统 44

3.1 立体声和环绕声的概念	44
3.2 人耳对声源的定位	45
3.2.1 声音到达人双耳的时间差	45
3.2.2 声音到达人双耳的声级差	46
3.2.3 人耳对前后及上下声源方位的判断	48
3.3 德波埃实验及双声道立体声正弦定理	48
3.3.1 德波埃实验	48
3.3.2 双声道立体声正弦定理	50
3.4 立体声的拾音	51
3.4.1 仿真头方式	51
3.4.2 AB方式	51
3.4.3 声级差方式	52

3.4.4	分路方式	60
3.4.5	多声道拾音方式	61
3.4.6	多声道及立体声的串音衰减量和分离度	61
3.5	立体声的重放	63
3.5.1	立体声最佳听声位置	63
3.5.2	听声区域的扩大和声像的展览	65
3.5.3	立体声听声房间	67
3.6	多声道立体声和环绕声	67
3.6.1	杜比立体声和杜比环绕声	68
3.6.2	杜比数字立体声与 AC-3 编码器	70
3.6.3	家用 THX 技术	71
3.6.4	由双声道经处理后形成的环绕声	71

第 4 章 传声器的原理与使用 73

4.1	声波的接收方式	73
4.1.1	压强式声波接收方式	73
4.1.2	压差式声波接收方式	74
4.1.3	复合式声波接收方式	76
4.1.4	接收球面波声场时的声压差	78
4.2	传声器的特性及使用时的要求	79
4.2.1	传声器的特性	79
4.2.2	传声器使用时的要求	81
4.3	传声器的工作原理	82
4.3.1	动圈传声器	82
4.3.2	铝带传声器	86
4.3.3	电容传声器	87
4.3.4	驻极体传声器	90
4.3.5	压力区域传声器	91
4.3.6	无线传声器	93
4.4	传声器的使用及其特性选择	93
4.4.1	传声器使用中的几个问题	93
4.4.2	对传声器特性的选择	95
4.5	拾音方式	96
4.5.1	一点拾音方式	96
4.5.2	多传声器方式	97

4.5.3	一点拾音加辅助传声器方式	97
4.6	通俗音乐的拾音	98
4.6.1	鼓组	98
4.6.2	弦乐器	100
4.6.3	钢琴	101
4.6.4	铜管乐器	101
4.6.5	打击乐器	101
4.6.6	歌声的传声器布置	102
4.7	西洋古典音乐的拾音	102
4.7.1	钢琴独奏	102
4.7.2	小提琴、钢琴二重奏	103
4.7.3	钢琴伴奏的声乐	103
4.7.4	弦乐四重奏	104
4.7.5	交响乐	104

第5章 调音的概念与技巧 108

5.1	影响声音质量的有关因素	108
5.1.1	声音三要素对声音质量的影响	108
5.1.2	室内声场对声音的影响	110
5.1.3	室内声波传输特性对调音的影响	111
5.1.4	人耳听觉对调音的影响	113
5.2	音响系统的电平调整	116
5.2.1	电平的基本概念	116
5.2.2	系统电平的种类	117
5.2.3	调整方法	117
5.2.4	电平调整的注意事项	118
5.3	调音台的调音技巧	119
5.3.1	常见音源的频率特性与听觉的关系	119
5.3.2	人声的调音技巧	121
5.3.3	伴奏音乐与歌声比例的调整	122
5.3.4	音乐酒吧与咖啡厅的调音	123
5.3.5	立体声扩声的校准和调整	123
5.3.6	音响师在演出过程中应注意的问题	125
5.4	效果处理器的调音技巧	126
5.4.1	效果处理器简介	126

5

5.4.2	数字延时器工作的原理及应用	127
5.4.3	数字混响器的工作原理及应用	130
5.4.4	多效果处理器的应用举例	131
5.5	压缩/限幅器的调音技巧	137
5.5.1	压缩/限幅器的功能	137
5.5.2	压缩/限幅器的工作原理	137
5.5.3	压缩/限幅器的应用	139
5.6	均衡器的调音技巧	145
5.6.1	频率均衡处理的意义	145
5.6.2	多频段图示均衡器的工作原理	146
5.6.3	均衡器的主要技术指标	147
5.6.4	均衡器在扩声系统中的应用举例	148
5.7	激励器的调音技巧	152
5.7.1	激励器的基本工作原理	152
5.7.2	激励器实例	153
5.7.3	激励器在扩声系统中的使用方法	153
5.8	声反馈抑制器的调音技巧	154
5.8.1	声反馈现象与产生啸叫的原因	154
5.8.2	声反馈抑制器的工作原理	155
5.8.3	声反馈抑制器的使用与调整	155

第 6 章 扬声器系统 158

6.1	机电和声电类比	158
6.1.1	电路系统的串联谐振	158
6.1.2	机械系统的串联共振	158
6.1.3	声学系统的串联共鸣	159
6.2	扬声器的电声特性	159
6.2.1	扬声器的分类	159
6.2.2	扬声器的电声特性	160
6.3	纸盆扬声器	163
6.3.1	纸盆扬声器的构造和换能原理	163
6.3.2	纸盆扬声器在各声频段的特性	165
6.3.3	纸盆扬声器的效率和失真	167
6.3.4	其他形式的纸盆扬声器	169

6.4	球顶形扬声器	170
6.5	号筒扬声器	171
6.5.1	号筒扬声器的构造	171
6.5.2	指数号筒的临界频率	172
6.5.3	声透镜	174
6.6	扬声器箱	174
6.6.1	障板	174
6.6.2	后部开放式音箱	176
6.6.3	封闭式音箱	176
6.6.4	倒相式音箱	177
6.6.5	扬声器系统	177
6.6.6	声柱	180
6.7	其他扬声器	180
6.8	扬声器的使用	181
6.8.1	阻尼系数	181
6.8.2	扬声器与放大器的阻抗匹配	181
6.8.3	扬声器的定相	182
6.8.4	扬声器的性能与使用	182
6.8.5	扬声器使用时的注意事项	183
6.9	扬声器的测量	183
6.9.1	扬声器阻抗的测量	183
6.9.2	纯音检测	184
6.9.3	共振频率的测量	184
6.9.4	等效品质因数的测量	184
6.9.5	声压频率特性的测量	184
6.10	耳机	185
6.10.1	耳机的特点和对它的要求	185
6.10.2	耳机的类型和构造	186

第7章 扩声系统的使用及配置 188

7.1	扩声设备的组成	188
7.1.1	扩音机	188
7.1.2	增音机	190
7.2	扬声器与扩音机的配接	192
7.2.1	定阻抗式配接	192

7.2.2	定电压式配接	199
7.3	扩声扬声器的布置和啸叫的防止	201
7.3.1	室内扩声系统	201
7.3.2	室外扩声系统	202
7.3.3	防止声反馈引起啸叫的措施	202
7.3.4	扩声系统的电声性能指标和术语	203

8

第 8 章 建筑声学基础 205

8.1	室内声音	205
8.1.1	室内声音的传播	205
8.1.2	吸声系数与平均吸声系数	206
8.2	混响时间和简正振动	207
8.2.1	混响时间的定义	207
8.2.2	混响公式	207
8.2.3	简正振动	208
8.3	吸声材料和吸声结构	209
8.3.1	吸声材料和吸声结构的分类	209
8.3.2	各种吸声材料和吸声结构的吸声特性	210
8.4	房间的隔声、隔振和声音的扩散	212
8.4.1	隔声	213
8.4.2	隔振	214
8.4.3	扩散	214

9

第 9 章 声频指标的测量 216

9.1	声频测量的基本知识	216
9.1.1	声频设备技术指标和测量技术的发展	216
9.1.2	音质评价	217
9.1.3	测量工作的原则与注意事项	217
9.2	声频测量仪器及要求	221
9.2.1	声频振荡器	221
9.2.2	电子毫伏表	221
9.2.3	标准衰减器	222
9.2.4	电子示波器	222
9.2.5	测量用功率放大器	222
9.2.6	无感电阻箱	222

9.2.7 失真度测试仪	222
9.3 声频基本指标的测量	223
9.3.1 频率特性	223
9.3.2 信号噪声比	226
9.3.3 谐波失真	227
9.3.4 最大输出功率	228
9.3.5 声频系统的测量	229
9.3.6 传声器与扬声器的测量	229

10

第10章 视频基础 230

10.1 电视信号	230
10.1.1 图像的分解扫描	231
10.1.2 黑白电视与彩色电视的兼容	232
10.1.3 彩色电视制式	233
10.2 电视接收机	234
10.2.1 黑白电视接收机	234
10.2.2 彩色电视接收机	235
10.3 磁带录像机	236

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）	238
---	-----

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）	242
---	-----

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）	244
--	-----

D

附录 D 部分品牌音箱、功放技术参数	246
--------------------------	-----

1

第 1 章 声音与人耳听觉特性

1.1 声音和声波

声音是由物体振动产生的，振动发声的物体称为声源。声源发出的声音可以通过固体、液体或气体等媒质来传播。通常声音是通过空气传播的。图 1-1 为扬声器（俗称喇叭）振动发声时通过空气传播的示意图。

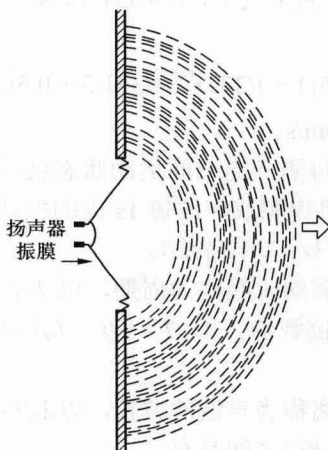


图 1-1 扬声器振动发声时通过空气传播的示意图

在空气中，声源的振动会使周围的空气质点产生一定的疏密变化，并以一定速度传播出去形成声波。因此，声波是疏密波，也称为纵波。

1.1.1 声压

包围地球表面的大气层，随高度和温度的不同而存在不同的大气压强。地面的静态大

气压强，在0℃时约为101300Pa。Pa（帕斯卡）是压强的单位，1Pa等于1牛顿（N）每平方米，即N/m²。当有声音存在时，大气压强会有微弱的起伏变化，即在静态大气压强上叠加了变化的分量。这个变化的分量称为声压，以*p*表示，单位为Pa。通常，声压的大小用它的有效值*P*来表示。有效值是指将变化的声压瞬时值平方后求得的平均值。图1-2所示为声波引起的空气疏密与气压变化。

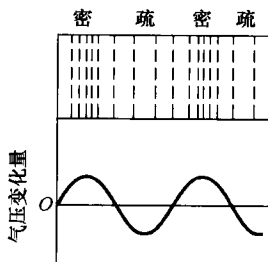


图1-2 声波引起的空气疏密与压强变化

如果声压作简谐（正弦或余弦）变化，则声压的有效值为

$$P = \frac{1}{\sqrt{2}} P_m$$

式中，*P_m*为声压的振幅（即最大值）。

人耳刚好能听到的声压约为2×10⁻⁵Pa。如果某人在房间中大声说话，那么相距他1m处的声压为0.05~0.1Pa；飞机强力发动机发出的声音，在相距它5m处的声压约为100Pa。

1.1.2 声速、频率、周期和波长

声波在1s（1秒）内所传播的距离称为声速，以*c*表示，单位为m/s（米/秒）。

0℃时，在压强为1个大气压的空气中，*c* = 331.5m/s。*c*值几乎不受气压影响，但会受温度变化的影响。在*t*℃时，

$$c = 331.5(1 + t/273)^{1/2} \approx 331.5 + 0.6t \text{ (m/s)}$$

在室温（15℃时）时，*c*约为340m/s。

当声源作周期性振动，即作每隔一定时间运动状态就重复一次的振动时，它所发出的声波也作同样的周期性振动。我们将声源或声波每1s内的振动次数称为声音的频率，以*f*表示，单位为Hz（赫兹）。1000Hz = 1kHz^①（千赫兹）。

周期性振动完成一次振动所需的时间称为周期，以*T*表示，单位为s（秒）。

很明显，频率和周期是互为倒数的，即*T* = 1/*f*。人耳能听到的声音频率范围为20Hz~20kHz。

声波每振动一次所走过的距离称为声波的波长，以*λ*表示，单位为m（米）。

声波频率*f*、声速*c*和声波波长*λ*之间具有

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

的关系。

一些频率声波的波长如表1-1所示。

^① 频率单位还有MHz（兆赫兹），1MHz=10⁶Hz；GHz（吉赫兹），1GHz=10⁹Hz。