

新

版

歌舞厅

音像与 调音调光技术

梁华 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

新版歌舞厅音像与调音调光技术

梁 华 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

新版歌舞厅音像与调音调光技术/梁华编著. —2版. 北京:人民邮电出版社, 2005.4

ISBN 7-115-13074-4

I. 新... II. 梁... III. ①歌舞厅—舞台灯光—照明设计②歌舞厅—音频设备
IV. ①J814.4②J814.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018436 号

内 容 提 要

本书是根据现代音响灯光技术的最新发展,对已多次重印的《歌舞厅音像与调音调光技术》的全面修订。本书着重阐述现代歌舞厅与舞台音响、影像、灯光技术的特点,操作方法,使用技巧及工程设计等。书中还列举了大量实例和最新资料。

本书的特点是突出实用性和新颖性,适合从事歌舞厅、俱乐部、演播室、剧场以及会堂等广大音响工作者和影视灯光工作者阅读,也可供有关工程技术人员以及广大业余爱好者参考,还可作为大专院校有关专业和调音调光技术培训班的教材。

新版歌舞厅音像与调音调光技术

◆ 编 著 梁 华
责任编辑 刘文铎

◆ 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>
读者热线 010-67129264
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 34
字数: 850 千字
印数: 16001~21000 册

2005 年 4 月第 2 版
2005 年 4 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-115-13074-4/TN·2452

定价: 46.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010)67129223

前 言

自《歌舞厅音像与调音调光技术》(第一版)出版发行以来,受到广大读者好评,已重印多次,现在根据音响灯光技术的最新发展与实际需要,对该书进行全面修订。本书着重阐述歌舞厅与舞台的音响、影像、灯光技术特点,操作方法,使用技巧及工程设计等。

全书共 13 章,内容涵盖了歌舞厅的音响、影像、灯光三个方面,包括音响基础、人耳听觉特性、歌声与乐器声特性、卡拉 OK 歌舞厅系统、话筒与扬声器、功放与 AV 放大器、调音台及周边设备、大屏幕电视与投影电视、AV 磁带和影碟系统、歌舞厅音像系统设计、舞台舞厅灯光与调光技术等。本书试图以科学性、实用性、新颖性为宗旨,在选材上力求新颖实用,在叙述上力求深入浅出。书中还列举了大量实例和最新资料。因此,本书适合于从事歌舞厅、俱乐部、演播室及剧场会堂等的广大音响工作者和影视灯光工作者阅读,也很适合有关工程技术人员以及广大业余爱好者参考,还可作为大专院校有关专业师生和调音调光技术培训班的教材。

在本书编写的过程中,参考了国内外许多书刊,还得到洪孝谔、郑正华、奚宝泉、梁亮、周丹、曾品凝、周庆东、童志仁、叶耀生、毛国强、郑英华、来阳军、郑德希、叶寿平、杨文忠、梁晨、曾建中同志们的大力帮助,在此一并表示感谢。同时,也衷心希望广大读者对书中不足或不当之处批评指正。

梁 华

目 录

第1章 声学基础	1
第1节 声音的基本性质	1
一、声音的产生与传播	1
二、频率、波长与声速	2
三、声波的反射与绕射	3
四、声波的透射与吸收	5
第2节 声音大小的量度	6
一、声压、声强和声功率	6
二、声压级、声强级和声功率级	7
三、声波的叠加	8
第3节 人耳听觉特性	9
一、声音三要素	9
二、掩蔽效应	13
三、哈斯效应——回声感觉	14
四、人耳对声音变化的分辨力	14
第4节 室内声音	17
一、直达声、早期反射声和混响声	17
二、室内声压级的计算	18
三、临界距离 r_c	20
四、混响时间	20
五、房间共振与声染色	22
第5节 立体声原理	25
一、立体声与立体声系统	25
二、人耳听觉定位特性	28
三、听觉定位的辨别力	31
四、双声道立体声基础	31
五、双声道立体声的正弦定律	33
第2章 语言声与音乐声的特性	36
第1节 声音信号的分析	36
一、声音信号的分析	36
二、音程和倍频程	38
第2节 人声的特性	39
一、语言声的特性	39
二、语言清晰度和可懂度	41

三、歌声的特性	43
四、声部与声音类型	44
五、演唱类型	45
第3节 乐器声的特性及乐器分类	46
一、乐器声及其特性	46
二、乐器及其分类	49
三、乐队的组成与配置	60
第4节 歌声与乐器声的拾音	62
一、基本拾音方法	62
二、多声道录音	63
三、歌声的拾音	65
四、乐器声的拾音	66
第5节 音乐与舞蹈	77
一、音乐三要素	77
二、舞蹈	77
第3章 传声器	82
第1节 传声器的种类与原理	82
一、传声器的作用和种类	82
二、动圈式传声器的工作原理	82
三、电容式传声器的工作原理	83
四、幻像供电	85
第2节 传声器的性能指标	86
一、传声器的主要性能	86
二、传声器产品举例	89
第3节 若干特殊传声器	93
一、无线传声器	93
二、压力区传声器	97
三、近讲传声器	99
第4节 传声器的选择、使用与维护	100
一、传声器的选择	100
二、传声器的使用与维护	101
第4章 扬声器与音箱	105
第1节 扬声器及其特性	105
一、扬声器的种类	105
二、电动式扬声器的工作原理	106
三、扬声器的性能指标	108
第2节 音箱	111
一、音箱的作用和种类	111

二、封闭式音箱与倒相式音箱	113
三、分频网络	115
四、专业音箱产品示例	117
第3节 超低音音箱	125
一、超低音及其重放的方法	125
二、常用超低音音箱	126
第4节 音箱的选择与检修	128
一、音箱的选择	128
二、扬声器的检测	130
三、音箱的常见故障与检修	131
第5章 卡拉OK、歌舞厅及其系统	133
第1节 卡拉OK系统的特点与组成	133
一、卡拉OK及其特点	133
二、卡拉OK机	134
三、卡拉OK机的若干功能	135
四、卡拉OK系统	137
五、卡拉OK机的调控	138
第2节 歌舞厅及其系统	139
一、歌舞厅的类型	139
二、歌舞厅音像系统分类	140
第3节 点歌器与KTV包房系统	141
一、点歌器	141
二、KTV包房的音像系统	143
三、新型卡拉OK点歌系统	143
四、世纪之星KTV电脑点歌系统	145
第6章 音频放大器与AV放大器	154
第1节 前置放大器与功率放大器	154
一、前置放大器	154
二、功率放大器种类	155
三、功率放大器的性能指标	157
四、功率放大器的使用	160
五、功率放大器的选购	163
第2节 AV放大器	166
一、AV放大器的组成	166
二、Hi-Fi功放与AV功放之差异	167
三、环绕声解码器	168
四、杜比环绕声与杜比专业逻辑环绕声	169
五、THX家庭影院系统	171

六、杜比 AC-3	174
七、DTS	175
八、DSP 环绕声处理器	175
第 3 节 AV 放大器常见故障与检修	181
第 7 章 调音台及其分析	184
第 1 节 调音台分类与作用	184
一、调音台分类	184
二、调音台的基本功能	184
第 2 节 调音台的组成与性能指标	185
一、输入部分	186
二、输出部分	188
三、LED、VU 表和 PPM 表	188
四、调音台的主要技术指标	190
第 3 节 调音台系统的接法与使用	192
一、调音台系统的基本接法	192
二、调音台与周边设备的接法	192
三、调音台的接法与操作要点	194
四、调音台操作实例	196
第 4 节 调音台示例	205
一、YAMAHA EMX 2300 型带功放调音台	205
二、TOA CX-164 型编组调音台	217
三、英国声艺 Soundcraft LX7 型编组调音台	221
第 8 章 信号处理设备	231
第 1 节 频率均衡器	231
一、概述	231
二、频率均衡器的作用和类型	231
三、均衡器的主要技术指标	233
四、均衡器的使用	236
第 2 节 反馈抑制器	239
一、反馈抑制器的基本原理	239
二、Sabine FBX 系列反馈抑制器	240
三、Sabine FBX-901 型反馈抑制器的使用	242
四、FBX-2020 Plus 反馈抑制器的调控	245
五、移频器	246
第 3 节 延迟器、混响器、DSP 效果器	247
一、延迟器	247
二、混响器的类型	250
三、利用延迟器反馈构成混响器	252

四、延迟混响器的作用	253
五、YAMAHA REV 100 型数字混响器	253
六、数字信号处理器(DSP 效果器)	260
七、DOD DSP16K 型效果处理器	262
八、YAMAHA 990 型效果处理器	264
第 4 节 压缩器、限制器、噪声门	270
一、压缩器和限制器的作用与特性	270
二、压限器的特性参量	271
三、压限器的使用及示例	274
四、噪声门	281
五、噪声门的操作使用	282
第 5 节 激励器	283
一、激励器的原理与应用	283
二、Aphex C 型激励器	285
三、激励器的调控	286
四、Aphex 104 型激励器及其使用	287
第 9 章 激光唱片 AV 系统	289
第 1 节 数字音响原理	289
一、数字音响的原理和系统构成	289
二、纠错编码	292
三、数字音响系统的优缺点	296
第 2 节 CD 唱片、唱机	296
一、CD 唱片	297
二、CD 唱机	298
三、激光拾音器	299
四、聚焦伺服和循迹伺服	301
五、CD 唱片唱机的技术性能	303
第 3 节 激光影碟机(LD)	306
一、LD 与 CD 之异同点	306
二、LD 影碟机的组成和技术性能	308
第 4 节 VCD 影碟机	309
一、数字压缩编码	310
二、VCD 影碟机	311
三、超级 VCD	313
第 5 节 DVD 影碟机	314
一、DVD 规格与特点	314
二、DVD 影碟机	318
三、DVD 的视频和音频输出信号	319

第 10 章 AV 磁带系统	323
第 1 节 磁带录音机的原理与构成	323
一、磁带录音机原理	323
二、磁带录音机种类	326
三、录音机的主要性能指标	327
四、录音座	330
五、盒式磁带	332
六、录音座的选用与维护	333
第 2 节 磁带录像机	337
一、磁带录像机的特点	337
二、录像机的组成	339
三、录像机的连接与使用	342
四、录像带的种类和制式	344
五、录像带的选择、使用与维护	345
第 11 章 大屏幕电视	348
第 1 节 彩色电视原理	348
一、彩色电视基础	348
二、彩色电视接收机	351
三、制式	353
四、大屏幕彩色电视机的特点	355
五、大屏幕彩色电视机的选用与维护	357
第 2 节 投影电视机	364
一、投影电视机的种类	364
二、投影视的主要性能指标	369
三、投影屏幕	370
四、投影机的选用及示例	371
五、投影机的使用与维护	375
第 12 章 歌舞厅音像系统的设计	378
第 1 节 厅堂扩声系统的类型与要求	378
一、厅堂扩声概述	378
二、厅堂音质设计的一般要求	380
第 2 节 歌舞厅音响系统的设计要点	382
一、大厅和小室的声学设计特点	382
二、卡拉 OK 歌舞厅的音响系统设计要求	384
三、声压级与扬声器电功率的计算	388
四、音像设备的选择	388
五、吸声材料	392

六、混响时间的计算举例	397
七、室内噪声评价数 NR	399
第3节 卡拉OK歌舞厅音箱的布置	400
一、立体声音箱的布置	400
二、卡拉OK歌厅音箱的布置	404
三、以交谊舞为主的舞厅音箱的布置	404
四、迪斯科舞厅的音箱布置	405
五、KTV包房的音箱布置	406
第4节 家庭影院的音箱布置	406
一、杜比环绕声和THX系统的音箱布置	407
二、雅马哈Cinema DSP系统的音箱布置	410
三、多声道环绕声系统的发展	410
第5节 设计举例	417
一、某多功能歌舞厅音响系统	417
二、某卡拉OK歌舞厅的音像系统	419
三、某多功能厅的音像系统	420
四、某迪斯科广场的大型音响系统	422
第6节 音响系统的配接与稳定性	425
一、常用配接插头和接线	425
二、系统的配接考虑	426
三、音响调整	428
四、扩声系统的声反馈抑制	429
第7节 音响系统的音质评价	433
一、音质评价术语	433
二、音质评价用语与客观技术指标的关系	438
第8节 歌舞厅音响系统特性的测试	441
一、测量条件与测量仪器	441
二、测量内容和方法	442
三、歌舞厅特性参数的考虑	444
第13章 舞台、舞厅灯光技术	448
第1节 光的基本性质	448
一、可见光	448
二、基本光量单位	449
三、凹镜和透镜	451
第2节 颜色	455
一、颜色的分类和特性	455
二、三原色和配色方法	456
三、色温与显色性	457
四、色彩的视觉感受与联想	458

第3节 舞台灯光和灯具	460
一、舞台类型	460
二、舞台灯具	461
三、舞台灯光各灯位及其功能	466
第4节 舞厅灯具与电脑灯	474
一、舞厅灯具	474
二、电脑灯	479
第5节 灯光控制与调光台	486
一、电光源的种类与特性	486
二、灯光控制的类型和方法	490
三、可控硅调整	491
四、调光台产品举例	494
五、数字调光技术	499
六、DMX512 协议与电脑灯控制	501
第6节 歌舞厅灯光设计及示例	504
一、设计考虑	504
二、设计目标与依据	506
三、歌舞厅艺术照明等级的划分	508
四、灯光与灯具的设计	510
五、灯具编组和灯光控制台选用	513
六、供配电及安装考虑	514
七、设计示例	516
附录 调音台与周边设备常用英文及缩写	528

第1章 声学基础

第1节 声音的基本性质

一、声音的产生与传播

声音产生于物体的振动。例如，讲话声音产生于喉管内声带的振动，喇叭(扬声器)发声产生于纸盆的振动，机械噪声产生于机械部件的振动等。我们把能够发出声音的物体称为声源。

声源发声后，还要经过一定的媒质才能向外传播。例如喇叭发声，当外加信号使喇叭纸盆来回振动时，随之也使它邻近的空气振动起来。当纸盆向某个方向振动时，便压缩其邻近空气，使这部分空气变密；当纸盆向相反方向振动时，这部分空气变稀疏。邻近空气这样一疏一密地随着纸盆的振动而振动，同时又使较远的空气做同样的振动，空气这种一疏一密地振动传播的波叫做声波。如图 1-1 所示。声波以一定速度向四面八方传播，当声波传到入耳中时，会引起人耳鼓膜发生相应的振动，这种振动通过听觉神经，使我们产生声音的感觉。

由此可见，听到声音，要有三个基本条件。一是存在发声体或声源。二是要有传播过程中的弹性媒质，例如空气，或者液体、固体的弹性媒质；真空中没有弹性媒质，所以真空不

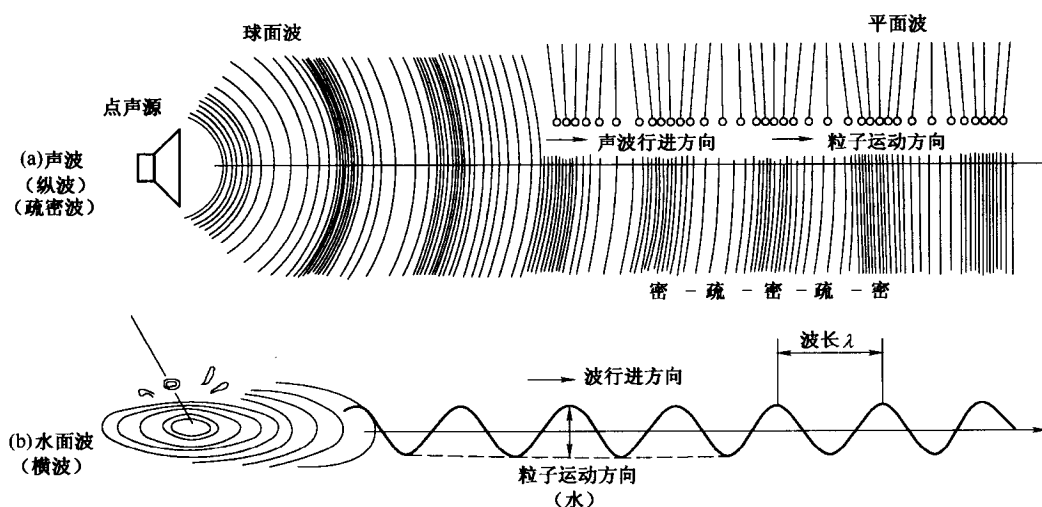


图 1-1 声波的传播示意图

能传送声波；月球上没有空气，所以月球上是无声的世界。三是要通过人耳听觉才能产生声音的感觉。

声波的传播也可以用水面波作形象的比喻。把一石块投入平静的水中，水面上便可看到一圈圈的水面波，它由波峰和波谷这样高低起伏交替变化着向外传播。因为水面在波动，所以水面波带有能量。如果在水面上浮一很小的木块，就可以看到这一小木块随着水面波峰波谷做上下运动，待水面平静下来，木块则仍停留在它的原来位置。由此可见，水的质点本身并不沿着波动前进，而是水波动的能量从一部分水面到邻近的另一部分水面相继传递。这与声波在空气中传播时空气层并不跟随声音一块传播出去，而只是在平衡位置附近振动是相似的。所以说声波的传播，实际上是声波的能量随声波在传播。有声波存在的空间叫做声场。

但是，声波与水波也有不同，水面波的振动方向与波的传播方向相垂直，因此水波是一种横波。声波的传播方向与疏密相间振动方向是一致的，所以声波在空气中的表现形式是纵波。

由上述可见，振动和波动是互相密切联系的运动形式，振动是波动的产生根源，而波动是振动的传播过程。声音的本质是一种波动，因此声音也叫声波。为了清楚起见，通常把声的物理过程称为声波，而把与听觉有关的过程称为声音。

二、频率、波长与声速

声源完成一次振动所经历的时间称为周期，记作 T ，单位为秒(s)。1s内振动的次数称为频率，记作 f ，单位为赫兹(Hz)，它是周期的倒数，即 $f = \frac{1}{T}$ 。

声源的振动能产生声波，但不是所有振动产生的声波都能使人们听得见，这是由于人耳特性决定的。只有当频率在 20 ~ 20 000Hz 范围内的声波传到入耳，引起耳膜振动，才能产生声音的感觉。所以通常将频率在 20 ~ 20 000Hz 范围内的声波叫做可听声。低于 20Hz 的声波叫做次声，高于 20 000Hz 的称为超声。次声和超声都不能使人产生声音的感觉。

声波在媒质中每秒钟传播的距离，叫做声波传播速度，简称声速。记作 c ，单位为米/秒(m/s)。声速不是质点振动的速度而是振动状态的传播速度，它的大小与振动的特性无关，而与媒质的弹性、密度和温度有关。

声波的传播速度实质是媒质分子向相邻分子作动量传递的快慢程度。显然，媒质分子结构越紧密，内损耗特性越小，声速值就越大。例如，空气、水、钢铁的媒质特性决定了它们的声速比值约为 1:4:12。由于温度与媒质分子运动的活跃程度有密切的联系，所以当媒质温度升高时，声速相应增大。以空气为例，声速 c 与温度 t 的关系可表示为

$$c = c_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \quad (\text{m/s}) \quad (1.1)$$

式中 t 为空气温度(℃)， c_0 为 0℃时空气的声速，等于 331.4m/s。对于通常的环境温度，即当 t 比 273 小得很多时，上式可简化为

$$c = 331.5 + 0.6t \quad (\text{m/s}) \quad (1.2)$$

由此可见，空气温度每增加 10℃，声速相应增加 6m/s。通常室温(15℃)下空气中的声速为 340m/s。

声源完成一周的振动，声波所传播的距离，或者说声波在传播途径上相位相同的两相邻质点之间的距离叫做声波的波长，记作 λ ，单位为米(m)。因此，声速、频率和波长三者有

如下的关系：

$$c = f\lambda \text{ 或 } c = \frac{\lambda}{T} \quad (1.3)$$

由于一定媒质的声速为常数，故频率与波长呈反比关系。例如，室温空气中频率 $f = 100\text{Hz}$ 的波长为 3.4m ， $f = 1000\text{Hz}$ 的波长为 0.34m 或 34cm 。

三、声波的反射与绕射

1. 几何声学

声波从声源出发，在同一个介质中按一定方向传播，在某一时刻波动所达到的各点包络面称为波阵面。波阵面为平面的波称为平面波，波阵面为球面的波称为球面波。由一点声波辐射的声波为球面波，但在离声源足够远的局部范围内，可以近似地把它看作平面波。

人们常用“声线”来表示声波传播的方向，声线的方向与波阵面垂直。用声线的观点来研究声波的传播称为几何声学。与之对应，用波动的观点来研究声学问题的称为物理声学。

2. 声波的反射

当声波在传播过程中遇到一块尺寸比波长大得多的墙面或障碍物时，声波将被反射。如声波发出的是球面波，经反射后仍是球面波。如图 1-2 所示，用虚线表示反射波，它像从声源 O 的映像——虚声源 O' 发出似的， O 和 O' 点是对称于反射平面的对称点。同一时刻反射波与入射波的波阵面半径相等。如用声线表示前进的方向，反射声线可以看作是从虚声源发出的。所以，利用声源与虚声源的对称关系，以几何声学作图法很容易确定反射波的方向。如同几何光学反射定律一样，声波反射的反射角等于入射角。

当反射面为曲面时，如图 1-2 (b)、(c) 所示仍可利用声波反射定律求声波在曲面上的反射声线。例如，欲求曲面上某点的反射线，则以过该点的曲面的切面作为镜面，使其入射角等于反射角，即可确定反射声线。由图 (b) 可见，凸曲面对入射声波有明显的散射作用，它有助于声场的扩散均匀；而图 (c) 利用凹曲面反射的特点使声音汇聚于某一区域或出现声焦点，从而造成声场分布的不均匀，这在室内音质设计中应注意防止。

3. 声波的绕射(衍射)

上述几何声学原理建立在与几何光学相似的基础上，即声音是沿直线传播的，但这种假设只限于反射面或障碍物以及孔洞的尺寸比声波波长大得多时才有效。当障碍物或孔洞的尺寸比声波波长小时，声波将产生绕射(又称衍射)或弯曲，即声波将绕过障碍物或通过孔洞改变前进方向，如图 1-3 (a) 所示。若孔洞尺寸(直径 d)比声波波长 λ 小得多($d \ll \lambda$)，声波通过孔洞则不像光线那样直线传播，而是能够绕到障板的背面改变原来的传播方向。这时小孔处的质点可近似看作一个新声源，产生新的球面波，而与原来的波形无关。平时我们在墙的一侧能听到另一侧的声音，也是声波绕射的结果。声源的频率越低，绕射的现象越明显；相反，频率越高，越不易产生绕射，因而传播也具有较强的方向性。

4. 声波的折射

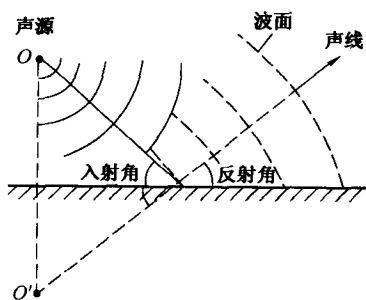
声波在传播途中遇到不同介质的分界面时，除了发生反射外，还会发生折射。声波折射

的传播方向将改变,如图 1-4 所示,入射角 θ_1 与折射角 θ_2 的关系如下:

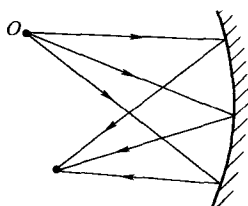
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad (1.4)$$

式中 c_1 、 c_2 为两种介质的声速。

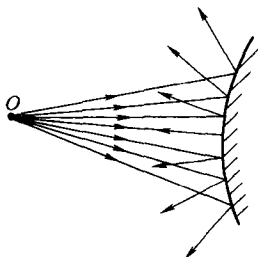
由上式可见,当 $c_1 > c_2$ 时, $\theta_1 > \theta_2$; 当 $c_1 < c_2$ 时, $\theta_1 < \theta_2$ 。即声波从声速大的媒质折射入声速小的媒质中时,声波传播方向折向分界面的法线;反之,声波从速度小的媒质折射入声速大的媒质中时,声波传播方向折离法线。因此,声波的折射是由声速决定的,即使在同一媒质中如果存在着速度梯度(声速变化)时同样会产生折射。例如,大气中白天地面温度较高,因而声速较大[见(1.1)式],声速随离地面的高度而降低,因而声传播方向向上弯曲,如图 1-5 (a)所示。反之,晚上地面温度较低,因而声速较小,声速随高度而增加,声传播方向就向下弯曲,如图 1-5 (b)所示。这种现象可用来解释为什么声音在晚上要比白天传播得远些。



(a)

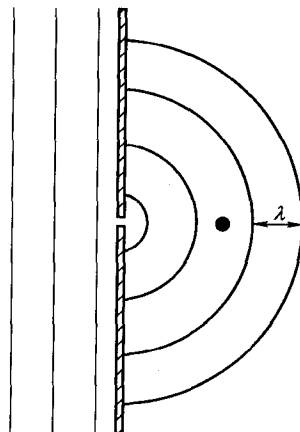


(b)

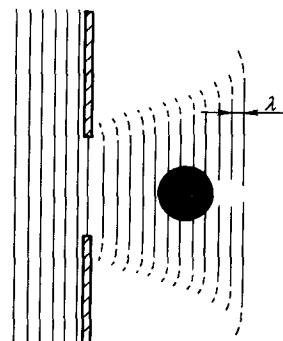


(c)

图 1-2 声波的反射



(a)



(b)

图 1-3 声波的绕射

此外,风速也会影响声传播方向,有风时实际声速是平均声速与风速的矢量相加。因

此,当声波顺风传播时声传播方向向下弯曲,逆风时声传播方向则向上弯曲并产生声阴区(静区),如图 1-5 (c)所示,这一现象可解释为什么从声源逆风传播的声音常常是难以听到的。

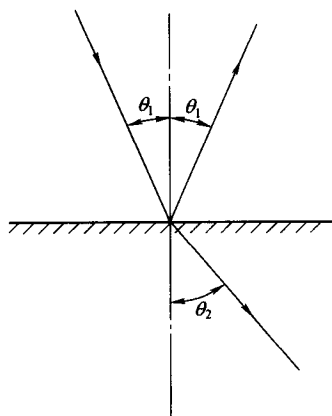


图 1-4 声波的折射

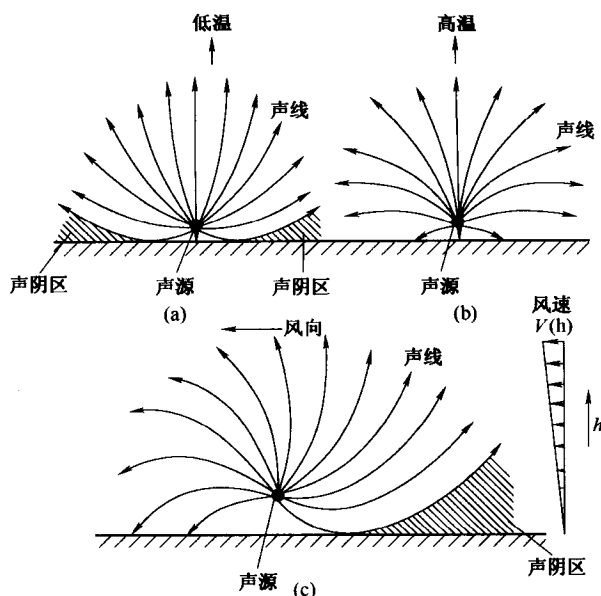


图 1-5 温度和风速对声传播的影响

四、声波的透射与吸收

当声波入射到墙壁等物体时,如图 1-6 所示,声能一部分被反射,一部分透过物体,还有一部分由于物体的振动或声音在物体内部传播时介质的摩擦或热传导而被损耗,这通常称为材料的吸收。

根据能量守恒定律,设单位时间内入射到物体上的总声能为 E_0 ,反射的声能为 E_r ,物体吸收的声能为 E_a ,透过物体的声能为 E_t ,则有

$$E_0 = E_r + E_a + E_t \quad (1.5)$$

透射声能与入射声能之比称为透射系数 τ ,即 $\tau = \frac{E_t}{E_0}$;反射声能与入射声能之比称为反射系数 r ,即 $r = \frac{E_r}{E_0}$ 。通常将 τ 值小的材料称为隔声材料,将 r 值小的材料称为吸声材料。实际上物体吸收的只是 E_a ,但从入射波与反射波所在的空间来考虑,常用下式来定义材料的吸声系数 α :

$$\alpha = 1 - r = 1 - \frac{E_r}{E_0} = \frac{E_a + E_t}{E_0} \quad (1.6)$$

$\alpha = 0$ 时,入射声能全部被反射; $\alpha = 1$ 时,入射声能全部被吸收。因此, α 值在 0 到 1 之间。如果说某材料的吸声系数 $\alpha = 0.3$,就是说 30% 的入射声能 E_0 被吸收了。 α 值越大,

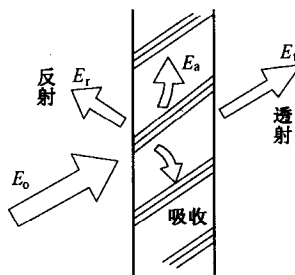


图 1-6 材料对声波的影响