



全国高等职业教育规划教材

音响技术与应用

蒋加金 编著

- 梯度式内容设计，由浅入深，逐步提高难度。
- 以实际岗位能力培养为主线，理论与实践紧密结合。
- 贴合音响技术发展趋势，细致解读市场上主流音响设备。
- 技能实训源于工程实践，培养音响设备操作和现场调音能力。



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

音响技术与应用

蒋加金 编著



机械工业出版社

本书以音响师岗位能力培养为主线,系统全面地介绍了声学基础知识与应用,常用音响设备的结构原理、典型音响设备面板控件与接线端子功能和连接与操作方法,家用音响系统与专业扩声系统的结构原理、典型系统分析、音响设备安装、系统连接与检查、系统开启与关闭和系统调试与现场调音方法。

本书内容与目前音响技术发展与应用相符合,选用当今市场上主流音响设备和实际音响工程作为案例,内容由浅入深,逐渐提高难度。配合技能实训的实施,逐步提高读者的音响设备操作使用和现场调音能力,力求使读者从一名初学者逐步成为一名符合实际岗位要求的职业音响师。

本书可作为高职高专院校声像工程技术、应用电子技术、电子信息工程技术等专业学生的专业课教材,也可作为从事音响工程、现场调音和音响设备使用与维修的工程技术人员参考阅读。本书也是初学者学习音响技术的入门书。

本书配有授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

音响技术与应用/蒋加金编著. —北京:机械工业出版社, 2016. 6

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-54176-9

I. ①音… II. ①蒋… III. ①音频设备-电声技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN912. 271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 152002 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王 颖 责任编辑:王 颖

责任校对:肖 琳 责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2016 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.25 印张 · 365 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-54176-9

定价: 36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

目前,我国经济正处在高速发展时期,国民生活水平大大提高,文化娱乐领域也正在不断扩展,人们的文化消费水平日益提高,无论是专业音响还是家用音响都出现了高速发展的情况,强大的市场需求使得音响技术的应用领域更加广泛,不仅家庭、专业厅堂和演出团体需要专业音响设备,而且基层单位也大量需要专业音响设备。

音响设备的广泛应用使社会迫切需要大量从事音响设备使用、维护及音响系统设计、安装与现场操作应用的专业技术人员,也为高职高专院校的专业设置开辟了方向。目前我国多所高职、中职院校的声像工程技术、应用电子技术、电子信息工程技术等专业都开设了“音响原理与应用技术”“专业音响工程”和“音响调音技术”等音响技术类课程。因此,编写适合高职院校课程教学需要和音响技术人员学习的音响技术教材势在必行。

我国高职教育倡导“能力本位”模式,即以培养学生技术和职业岗位应用能力为宗旨,注重职业生涯中实践能力的培养。以岗位工作过程为导向建构课程内容体系,将知识、职业能力与职业素质融合其中,是目前高职教育改革的必然趋势。本书的编写就是以此为指导思想,以培养学生职业能力为目标进行全书内容构架,摒弃传统音响技术教材过分重视理论讲解、忽视实践能力培养的编写模式,采用音响系统操作应用工作过程为导向的教材内容编写模式,提高读者音响技术的实际应用能力。

由于目前主流的音响设备多为进口,其使用说明书都为英文或其他外文,给使用者带来很大不便,而目前的音响类书籍和教材都没有详细的操作说明资料。本书紧紧围绕音响设备功能与组成原理、典型专业音响设备的操作使用方法,对数十种典型音响设备进行解读,详细讲解音响设备的面板控件、接线端子功能和具体操作规程,在此基础上介绍了音响技术的典型应用。

音响技术特别是专业音响技术的发展日新月异,新的音响设备层出不穷,因此在本书内容的选取上,注重与目前音响技术发展及应用相符合,摒弃传统落后的音响技术,选用当今市场主流音响设备作为案例。本书技能实训项目的设计借鉴了许多音响工程和现场调音的成功经验,是编者多年来从事建筑声学设计与检测、音响工程设计施工与验收、文艺演出现场调音和音响技术教学与研究实践经验的积累和总结。

本书由淮安信息职业技术学院副教授蒋加金编著,李燕对全书内容进行审阅,蒋瑞龙、蒋惠美为本书的编写做了大量文稿录入和校对工作,肖斌为本书的内容进行了版式设计,张楠、施金海参与了部分图形绘制,在此对他们表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有错误之处,恳请广大读者批评指正!

编 者

目 录

前言

第1章 声学基础知识与应用	1
1.1 声音的产生与传播	2
1.1.1 人耳与听音过程	2
1.1.2 声音的产生与声源	2
1.1.3 声波的传播特性	3
1.2 声音的客观与主观参量	5
1.2.1 声波的客观参量	6
1.2.2 声音的主观参量	7
1.3 室内声学基础知识	8
1.3.1 声场	8
1.3.2 室内声音传播特性	9
1.3.3 混响时间	9
1.3.4 室内特殊的声学现象	10
1.3.5 声波的控制方法	11
1.3.6 吸声材料	12
1.4 人耳的听觉特性	12
1.4.1 人耳的听觉灵敏度	12
1.4.2 响度与响度级	12
1.4.3 等响度曲线	13
1.4.4 人耳的几种效应	14
1.5 音质的主观评价	16
1.5.1 音质主观评价的意义	16
1.5.2 音质主观评价节目源	16
1.5.3 音质主观评价术语	17
1.5.4 音质主观评价方法	18
1.6 技能实训	18
1.6.1 任务资讯	18
1.6.2 工作任务	21
1.7 思考与练习1	23
第2章 常用音响设备原理与应用	24
2.1 CD唱机原理与应用	25
2.1.1 CD唱机的功能和类型	25
2.1.2 CD唱机的组成及原理	25
2.1.3 CD唱机的典型设备	29
2.1.4 CD唱机的操作规程	32
2.2 传声器原理与应用	33

2.2.1	传声器的功能和类型	33
2.2.2	传声器的组成及原理	38
2.2.3	传声器的典型设备	40
2.2.4	传声器的操作规程	43
2.3	调音台工作原理与应用	45
2.3.1	调音台的功能和类型	45
2.3.2	调音台的组成及原理	46
2.3.3	调音台的典型设备	51
2.3.4	调音台的操作规程	54
2.4	功率放大器原理与应用	56
2.4.1	功率放大器的功能和类型	56
2.4.2	功率放大器的工作原理	59
2.4.3	功率放大器的典型设备	70
2.4.4	功率放大器的操作规程	72
2.5	音箱原理与应用	73
2.5.1	音箱的功能和类型	73
2.5.2	音箱的组成及原理	77
2.5.3	音箱的典型设备	86
2.5.4	音箱的操作规程	87
2.6	均衡器原理与应用	91
2.6.1	均衡器的功能和类型	91
2.6.2	均衡器的工作原理	93
2.6.3	均衡器在音响系统中的应用	94
2.6.4	均衡器的典型设备	97
2.6.5	均衡器的操作规程	99
2.7	效果器原理与应用	101
2.7.1	效果器的功能和类型	101
2.7.2	效果器的工作原理	102
2.7.3	效果器在音响系统中的应用	103
2.7.4	效果器的典型设备	105
2.7.5	效果器的操作规程	108
2.8	声反馈抑制器原理与应用	110
2.8.1	声反馈的产生与危害	110
2.8.2	抑制声反馈的常用方法	111
2.8.3	声反馈抑制器的工作原理	111
2.8.4	声反馈抑制器在音响系统中的应用	112
2.8.5	声反馈抑制器的典型设备	113
2.8.6	声反馈抑制器的操作规程	115
2.9	压限器原理与应用	116
2.9.1	压限器的功能和类型	117
2.9.2	压限器的工作原理	118
2.9.3	压限器在音响系统中的应用	121
2.9.4	压限器的典型设备	122

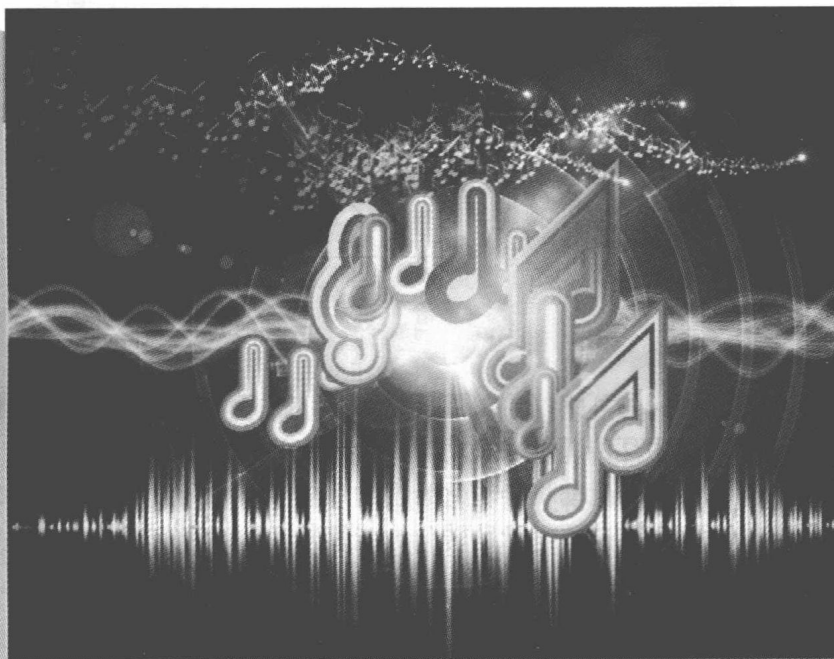
2.9.5 压限器的操作规程	124
2.10 电子分频器原理与应用	125
2.10.1 电子分频器的功能和类型	126
2.10.2 电子分频器的工作原理	128
2.10.3 电子分频器的典型设备	129
2.10.4 电子分频器的操作规程	133
2.11 数字音频处理器原理与应用	134
2.11.1 数字音频处理器的功能	134
2.11.2 数字音频处理器的组成及原理	135
2.11.3 数字音频处理器的典型设备	136
2.11.4 数字音频处理器的操作规程	138
2.12 技能实训	144
2.12.1 任务资讯	144
2.12.2 工作任务	146
2.13 思考与练习2	156
第3章 家用音响系统原理与应用	157
3.1 音响系统的概念与分类	158
3.1.1 音响系统的概念	158
3.1.2 音响系统的基本组成	158
3.1.3 音响系统的分类	158
3.2 立体声原理与应用	159
3.2.1 立体声的基本概念	159
3.2.2 立体声的定位机理	160
3.2.3 立体声的类型	161
3.3 高保真音响系统原理与应用	162
3.3.1 高保真音响系统的概念	162
3.3.2 高保真音响系统的组成及原理	162
3.3.3 典型高保真音响系统的设备匹配	164
3.3.4 典型高保真音响系统	165
3.3.5 高保真音响系统的操作规程	167
3.4 家庭影院原理与应用	170
3.4.1 家庭影院的概念	170
3.4.2 家庭影院系统的组成及原理	170
3.4.3 典型家庭影院系统	182
3.4.4 家庭影院系统的操作规程	185
3.5 技能实训	190
3.5.1 任务资讯	190
3.5.2 工作任务	191
3.6 思考与练习3	193
第4章 扩声系统原理与应用	194
4.1 基本扩声系统原理与应用	195
4.1.1 扩声系统的概念与类型	195
4.1.2 基本扩声系统的组成及原理	196

4.1.3 典型基本扩声系统·····	197
4.1.4 基本扩声系统的操作规程·····	199
4.2 小型文艺演出扩声系统原理与应用·····	204
4.2.1 小型文艺演出及其扩声系统的特点·····	204
4.2.2 小型文艺演出扩声系统的组成及原理·····	205
4.2.3 典型小型文艺演出扩声系统·····	207
4.2.4 小型文艺演出扩声系统的操作规程·····	209
4.3 多功能厅扩声系统原理与应用·····	212
4.3.1 室内扩声的相关知识·····	212
4.3.2 多功能厅及其扩声系统的特点·····	214
4.3.3 多功能厅扩声系统的组成及原理·····	215
4.3.4 典型多功能厅扩声系统·····	217
4.3.5 多功能厅扩声系统的操作规程·····	221
4.4 技能实训·····	229
4.4.1 任务资讯·····	229
4.4.2 工作任务·····	230
4.5 思考与练习4·····	233
参考文献·····	234

第1章

声学基础知识与应用

音响师以操作音响系统还原出高质量的声音为己任，作为一名合格的音响师，首先必须正确理解和掌握有关声音的基础知识。声音的基础知识包括：声音的产生原理、声音的基本性质、人耳的听觉特性及声音的传播特性等。掌握声音的基本理论是操控音响设备、组建音响系统和现场调音的重要理论基础。



1.1 声音的产生与传播

1.1.1 人耳与听音过程

一个听力正常的人无时无刻不在接受各种各样的声音，因为人耳是唯一一个不能够被关闭的感知器官。人们能够闭上双眼或停止触摸事物，但是人的大脑却一直在对声音信息进行加工处理。要知道人耳是怎样听到声音的，就要了解人耳的结构。

人耳由3个组成部分：外耳、中耳和内耳，如图 1-1 所示。当人开始听到声音时，首先是由耳朵裸露在外部的耳廓收集声音并将其送入到外耳道中。然后，声音经外耳道到达鼓膜，鼓膜位于外耳和中耳之间的分界位置。中耳包括3个听小骨，依次为锤骨、砧骨和镫骨。当声音激发耳鼓振动时，这种振动会首先传递到锤骨，然后锤骨将振动传递到砧骨，最后由砧骨将振动传递到镫骨。

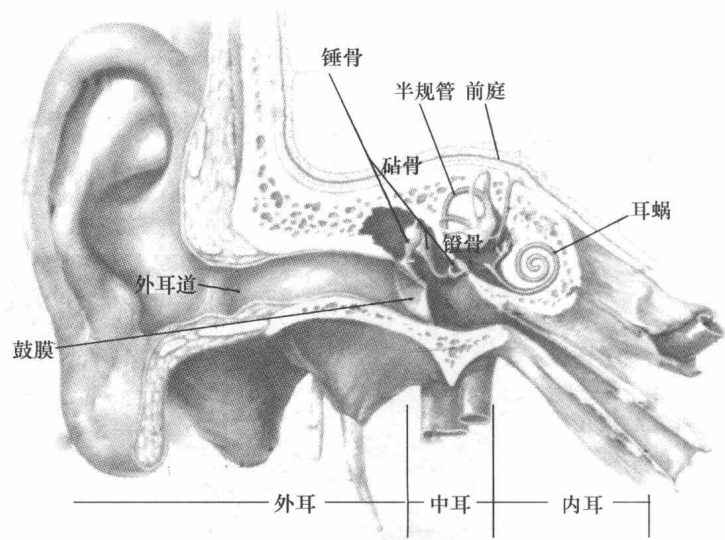


图 1-1 人耳的结构

人的耳蜗（内耳）是螺旋形的，耳蜗内部充满着液体，并且分布着微小的绒毛细胞。当由中耳传递过来振动时，耳蜗内的液体会随着振动，微小的绒毛细胞也进行运动。这些绒毛细胞的运动将会转化为生物电信号，并通过听觉神经来收集拾取，然后将它们送入大脑。大脑再将这些电脉冲转化为能感知到的声音信号。这就是我们感知声音的过程。

1.1.2 声音的产生与声源

声音是由物体振动而产生的，弹性物体受到力的作用后就会产生振动，振动的结果使该物体周围的介质也随之振动，并且沿着振动的方向传播出去。介质的振动形成了波，振动的频率在 20Hz ~ 20kHz 的波就是声波。

图 1-2 是通过模拟敲击小铃铛产生声音的过程：铃铛的振动在介质（空气）中形成了声波传入人耳，因此，声音是客观物体的振动（敲击小铃铛）通过介质（空气）传播，作

用于人耳产生的主观感觉。声音是由声源振动、声波传播和主观感受3个环节形成的。它不但是一种客观存在的物理量，而且也是人的主观感觉。在音响技术的学习和应用中，应当从客观和主观两个方面去了解和掌握声音。

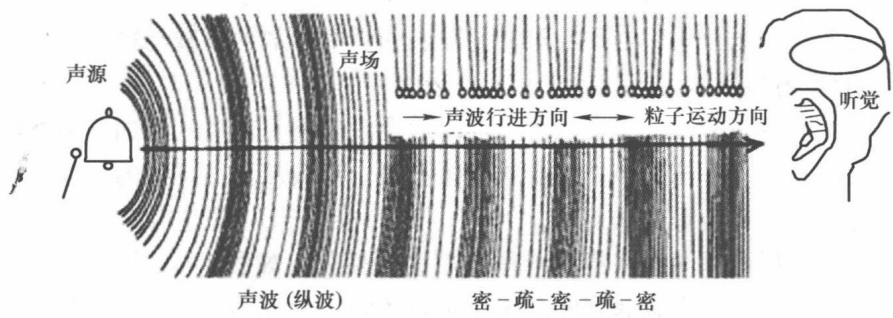


图 1-2 声音产生的过程示意图

产生声音的振动物体和系统称为“声源”。如图 1-2 中的小铃铛、正在振动的声带、音叉和敲响的鼓等都是声源。声源可分为：自然声源、人工声源和电子声源 3 类。

自然声源的策动力和发声物体均属于自然环境中的事物，它的特点是具有自然性和广泛性，例如刮风引起的树叶颤动、声带被气流作用产生的振动等；人工声源主要指人对其所制造的可发声物体进行作用而产生的机械振动，其特点是无论策动力还是发声物体都是人直接的专门的行为所致，例如吹奏和弹拨各种乐器、使用发令枪等；电子声源则是人类高度文明和科学技术的产物，是人类可以记录和播放声音及其信息的各种软件载体、播放机，例如，CD 唱片与 CD 唱机、录音磁带与放音机及各种音响设备等。

1.1.3 声波的传播特性

声波在传播过程中会产生衰减、反射与散射、吸收与透射、绕射与干涉等现象，并且有一定的传播规律。掌握这些规律就可以控制和利用声波，对理解音响设备原理、掌握音响系统设计、施工和调试都具有非常重要的意义。

1.1.3.1 声波的衰减

声波在传播过程中将越来越微弱，这就是声波的衰减。声波衰减的形式有以下几种。

1. 扩散衰减

物体振动发出的声波向四周传播，声波能量逐渐扩散开来。能量的扩散使得单位面积上所存在的能量减小，听到的声音就变得微弱，这就是声波的扩散衰减。单位面积上的声波能量随着声源距离的平方而递减。

2. 吸收衰减

声波在介质中传播时，由于介质的黏滞性而造成质点之间的内摩擦，从而使一部分声能转变为热能；同时，由于介质的热传导，介质的稠密和稀疏部分之间进行热交换，从而导致声能的损耗，这就是介质的吸收现象。介质的这种衰减称为吸收衰减。频率越高的声波越容易被吸收，随着传播距离增加声波被吸收得越多。当声波遇到障碍物时，有一部分声波将进入障碍物，进入障碍物（如吸声材料）的声波会被吸收，将能量转变为热能而损失。障碍

物吸收声波的能力与其材料的吸声特性有关。

3. 散射衰减

当介质中存在颗粒状结构（如液体中的悬浮粒子、气泡，固体中的颗粒状结构、缺陷、掺杂物等）而导致的声波的衰减称为散射衰减。通常认为当颗粒的尺寸远小于波长时，散射衰减与频率的四次方成正比；当颗粒尺寸与波长相近时，散射衰减与频率的平方成正比。

1.1.3.2 声波的反射与散射

声波从一种媒质进入另一种媒质的分界面时，会发生反射现象。例如，声波在空气中传播时，遇到坚硬的物体，一部分声波将会被物体反射。声波从界面反射的角度与声波入射到界面的角度相等，即反射角等于入射角，如图 1-3a 所示。当声波遇到凹面墙时，声源发出的声波经凹面墙反射后可以向某点集中，称为声波的聚焦，如图 1-3b 所示。当声波遇到凸面墙时，将产生扩散反射，声波遇到凹凸不平的墙面则产生散射现象，如图 1-3c 所示。对于播音室来说，为了避免良好扩散，应避免凹界面；厅堂中经常采用凸面结构，以增加声波的扩散，使声场中声能密度均匀。

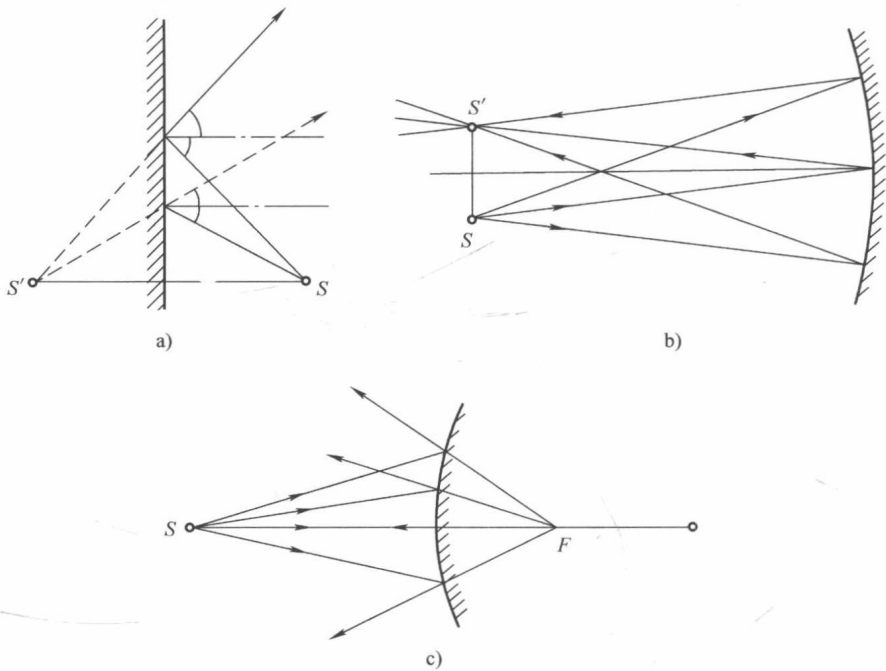


图 1-3 声波的反射与散射

a) 声波的反射 b) 声波在凹面的聚焦 c) 声波在凸面的扩散

1.1.3.3 声波的绕射

当声波在传播过程中遇到障碍物（如房间的门或墙面）时，会有一部分声波绕过障碍物的边缘继续向前传播，这种现象称为声波的绕射（或衍射）。绕射的程度取决于声波的波长与障碍物的大小之间的关系。如果声波波长远大于障碍物线度尺寸，则绕射现象非常显著，如图 1-4a 所示；若声波的波长远小于障碍物线度尺寸，则绕射现象较弱，甚至不发生绕射，如图 1-4b 所示。对于同一个障碍物，频率较低的声波较易绕射，而频率较高的声波

不易绕射。所以，从没有关严的门缝里可以听到房间内传出的低频声音，而高频声音则听不清。

声波的绕射现象表现为低频声波在传播时没有方向性，而高频声波具有较强的方向性，人们利用绕射现象可以对声波进行很有效的控制，如利用隔声屏障隔住大量的高频声波。当声波通过障碍物的洞孔时，也会发生绕射现象。当声波波长远大于洞孔尺寸时，洞孔好像一个新的点生源，声波从洞孔向各个方向传播，如图 1-4c 所示；当声波波长远小于洞孔尺寸时，只能从洞孔向前方传播，如图 1-4d 所示。

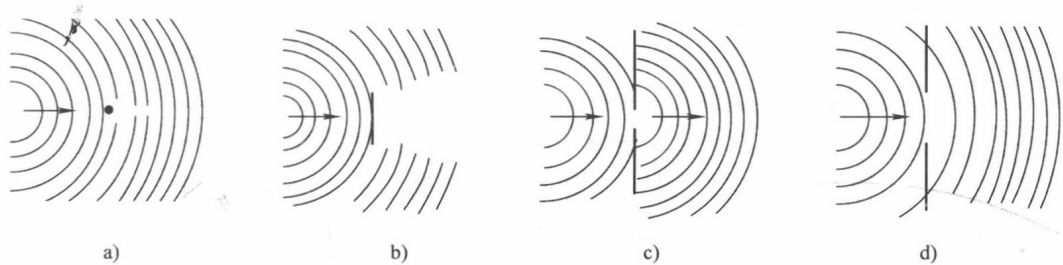


图 1-4 声波的绕射

- a) 声波波长远大于障碍物尺寸 b) 声波波长远小于障碍物尺寸
c) 声波波长远大于洞孔尺寸 d) 声波波长远小于洞孔尺寸

1.1.3.4 声波的干涉

在扩声系统中，当两只等距分布的音箱在同相位状态下振动发声时，声波到达两只音箱之间中轴线上的各点时总是处于同相位状态，于是来自两只音箱的声波在该处相互加强。当两只音箱在反相位状态下振动发声时，则来自两只音箱的声波在该处相互抵消，造成两只音箱还不如一只音箱的响度大，这是由于声波的“干涉”造成的。

当两个频率相同、振动方向相同且步调一致的声源发出的声波相互叠加时就会出现干涉现象。如果它们的相位相同，则两声波叠加后其声压加强；反之，如果它们的相位相反，则两声波叠加后便会相互减弱，甚至完全抵消。若两个声波的频率、相位都不同，则叠加是很复杂的。

声波干涉后，会引起驻波和梳状滤波现象。驻波是两列传播方向相反的声波叠加干涉产生的声音起伏变化的现象。在室内当声音传播遇到介质界面（如墙面）时，入射波发生反射，反射波与入射波叠加，或者两声源发出的声音相遇时都会形成驻波；梳状滤波现象是由于声音之间相互干涉而引起的频率响应曲线梳状起伏现象，会导致声音音色还原不良和保真度差等音质缺陷。

扩声系统中通常要求同时使用多只音箱，这必然会出现各个音箱发出声波之间的干涉现象。声波的干涉会对音响系统的音质造成严重破坏。音箱合理布局和音箱优异的防干涉特性，可以使音箱之间声音干涉现象显著减少。

1.2 声音的客观与主观参量

从前面学习的知识可知：声音不但是一种客观存在的物理量，而且也是人的主观感觉。所以，声音的参量也包括主观与客观两个部分。

1.2.1 声波的客观参量

1.2.1.1 频率

声波振动每秒钟内往复的次数称为声波的频率，也称为周次，用 f 表示，其单位为赫兹（Hz）；声音是声波作用于听觉器官的感受，人耳的听觉频率范围是 20Hz ~ 20kHz。低于 20Hz 的声音称为“次声波”，高于 20kHz 的声音称为“超声波”。把 20Hz ~ 20kHz 的频率叫声（音）频，并把其整个频率范围称为声（音）频带。

由单一频率的振动所形成的声音，称作“纯音”。由不同频率的振动所形成的声音，称为“复音”。自然界中的绝大多数声音都是复音，例如人们的说话声、美妙的音乐、昆虫的叫声以及各种机器的轰鸣声等。

研究结果表明：对于纯音，人耳能分辨出 280 个声压层次和 1400 个频率层次。对于复音人耳只能分辨 7 种不同的响度层次和 7 种不同的音调，共 49 种响度和音调的组合。这个数字颇为接近我们在语言中可察觉到的音素数。

1.2.1.2 波长

声波振动一周后传播的距离，称为波长，用 λ 表示，其单位为米（m）。波长、频率和声速之间的关系是 $c = \lambda f$ ，频率越高则波长越短，即波长与频率成反比，这是个很重要的概念，关系到声波的传播特性。波长较短的声波（高频）在传播过程中具有明显的方向性、遇到障碍物时易发生反射；波长较长（低频）的声波在传播过程中没有方向性，遇到障碍物时易发生绕射。高频声波比低频声波衰减得快，当传播距离较大时其衰减值是很大的，因此高频声波是传不远的。从远距离传来的强噪声，如飞机声、炮声等都是比较低沉的，这就是在长距离的传播过程中高频成分衰减得较快的缘故。

1.2.1.3 频谱

声音可以用“频谱”来描述，声音的频谱结构用基频、谐波数目、幅度大小及相位关系来描述。频谱反映的是声音所包含的特定的频率成分以及其对应的不同强度值的特性。不同的频谱就有不同的音色，即使基频相同，但如果谐频结构不同，则音色也不同。声音的不同频谱正是区别不同声音的重要依据，使我们能轻易区别出自然界不同的声音。图 1-5 是 3 种不同乐器演奏同一个音的频谱，显然它们的频谱是不同的。

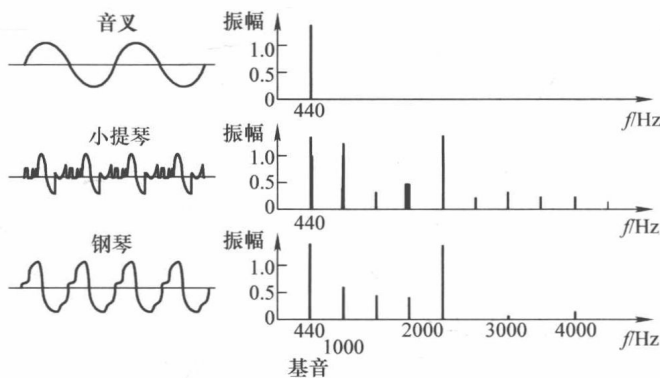


图 1-5 部分乐器的频谱

1.2.1.4 声压

大气静止时存在着一个压力，称为大气压强，简称为气压。当有声波存在时，局部空间产生气压变化，在压缩的地方压力增加，在膨胀的地方，压力减少，于是就在原来的静态气压上附加了一个压力的起伏变化。这个由声波引起的交变压强就称为声压。

声压的大小表示声波的强弱。在一定时间内，瞬时声压对时间取均方根值称为有效声压，记作 p 。声压的国际单位是“Pa”（帕）， $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ，即牛顿/平方米，有时也用 μbar （微巴）表示， $1\text{Pa} = 10\mu\text{bar}$ ，声压与大气压相比是极其微弱的，正常人能听到的最弱声音约为 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ，称为参考声压，用符号 P_r 表示。

引起人耳听到声音时的声压称为“可闻阈”。此值与声源的频率及人的年龄有关。当声波频率为中音频 1000Hz 时，约为 $0.00002\mu\text{bar}$ 。如果声压超过 $200\mu\text{bar}$ ，将会使人的耳膜感到疼痛，故称 $200\mu\text{bar}$ 的声压为“痛阈”。

1.2.1.5 声压级

因为人的听觉神经的刺激程度并不与刺激量大小成正比，而是按刺激量以 10 为底取对数来增减，所以在音响技术中还用声压级来描述声音的强弱，用符号 SPL 表示，其单位为分贝，用符号 dB 表示。声压级的定义如下：

$$\text{SPL} = 20\text{Log} (p/p_0)$$
 其中 p_0 为参考声压级 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$

可闻阈声压就是 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ，用声压级表示为 0dB ；痛阈声压级达到 $2 \times 10\text{Pa}$ ，用声压级表示为 120dB ；两个人相距 1m 处正常的交谈声约为 60dB ，几种常见声源的声压值及声压级对照表，如表 1-1 所示。

表 1-1 常见声源声压值与声压级对照表

声源	声压值/ μbar	声压级
人耳刚能听到	2×10^{-5}	0
郊区静夜	2×10^{-4}	20
轻声细语	2×10^{-3}	40
1m 交谈声	2×10^{-2}	60
1m 高声讲话	2×10^{-1}	80
纺织车间	2	100
大型鼓风机房	2×10	120

1.2.2 声音的主观参量

声音的主观参量是人们对声音的主观感觉，通常用“音质”来描述。音质是指声音的质量，音质含有多种成分，其中音调、音色、音量以及音品是决定音响效果的四大要素。它不仅与声音的声压、频率和频谱有关，而且也包括听音者的心理和生理因素。

1.2.2.1 音调

音调是人耳对声音高低的感受。它与声音的频率有直接关系，但两者并不成正比关系，而是与频率对数值有关，因此，常用频率的倍数或对数关系来表示音调。频率越高，人耳感觉的音调随之抬高，在音乐上称为音高。频率增加一倍或称为一个倍频程，音乐上叫作提高了一个八度。

音高（音调）还与声压级有一定关系，对于 1~2kHz 以上的声音，当声压级增大听起来比原声音的音高有所抬高；而对 500Hz 以下的音，频率越低，声压级增大听起来的声音越低沉。

1.2.2.2 音色

音色是指人耳对声音特色的主观感受。音色主要决定于声音的频谱结构，还与声音的响度、音调、持续时间、建立过程及衰变过程等因素有关。因而音色比响度、音调更复杂。

声音的频谱结构与基频、谐频数目、幅度大小及相位有关。不同的频谱结构就有不同的音色。即使基频相同、音调相同，但若谐频结构不同，则音色也不同。例如钢琴和黑管演奏同一音符时，其音色是不同的，因为它们的谐频结构不同。

1.2.2.3 音量

音量是指声音的强度或响度，标志着声音的强弱程度。它主要与音源振动幅度的大小有关，音源振动幅度太弱了人耳听不见，太强了会使人受不了，人耳所能听到的声强约为 0~120dB。在音响系统调音时，就要根据节目素材和现场要求合理调节音量的大小。

1.2.2.4 音品

乐音是指音乐乐器中使用的声音，其谐波组成和波形的包络，包括乐音起始和结束的瞬态，决定了乐音的特征，称为音品，也有人把音品与音色统称为音色。任何声音都有一个成长和衰变的过程，这个过程决定声音的音品。声音的成长和衰变过程不同，听音者的感觉也不相同。实际上，如果音品不相同其声音频谱也有一定差异，主要表现在谱线的强弱分布不同，所以，可以认为音品和音色都是由声音频谱结构确定的，也有的把两者合称为音品，作为表征声音特色的一个要素。

1.3 室内声学基础知识

由于声音在室内的传播会受到室内各界面的影响，其传播形式要比室外复杂得多，对最终音响效果的影响与房间的形状、尺寸、构造和吸声材料布置等都有一定的关系。室内声学是研究室内声音的传播和听闻效果的学科，是建筑声学的重要组成部分。其目的是为室内音质设计提供理论依据和方法。

1.3.1 声场

当声源向空间辐射声波时，该声波存在的区域称为声场。不同声源及环境形成不同的声场。声场可分为：自由声场、扩散声场（混响声场）和半自由声场。自由声场是指声源在均匀、各向同性的媒质中，边界的影响可以不计的声场。在自由声场中，声波按声源的辐射特性向各个方向不受阻碍和干扰地传播，例如空旷野外，将形成自由声场。扩散声场又称为混响声场，是指声波在具有反射作用的环境中，由于声波受到障碍物的反射、散射和绕射等作用所形成的声场。对于实际中的室内声场，可以看作是上述两种声场的叠加，称为“半自由声场”。

声场对室内音响系统影响很大，正规的音响系统工程都需要进行声场设计与建声施工。良好的声场要求：扩散性良好、声波分布均匀、响度合适、自然度好。

1.3.2 室内声音传播特性

声源在传播过程中遇到障碍物，会产生反射、绕射及散射。因此，当室内有一个声源发声，室内任一点听到的声音按照到达听音点的时间先后分为：“直达声（又称为主达声）”、反射次数较少的“近次反射声”和多次反射形成的“混响声”。

直达声是室内任一点直接接收到声源发出的声音，它是接收声音的主体，又称为“主达声”。直达声不受空间界面的影响，其声强基本上是按听音点到达声源之间距离的平方成反比衰减。直达声是从声源发出的声音，是声音的主要成分，产生声音的方向感、亲切感。

早期反射声是指延迟直达声 50ms 以内到达听音点的反射声。反射声来源于声源发出的声音经室内界面（墙面、顶层或地面）的 1 次、2 次或少数 3 次的界面反射。由于人耳对早期反射声与直达声难以分隔开，因此早期反射声对直达声起着增强的作用，能产生声音的空间感和力度感，使得听到的声音丰满、洪亮。当空间大时产生的早期反射声到达听音点的距离加大，即延迟的时间有所加长，这时会形成回声，产生空间感。早期反射声过强会破坏声音的定位。

混响声是指声源发出的声波经过室内各界面的多次反射，迟于只经有限次反射的早期反射声到达听音点。混响声会使听到的声音发生前后重叠，其结果将影响声音的清晰度（或者说可懂性）。适当的混响声会增加声音的丰满度和厚度感，但混响声过多会使声音模糊不清，图 1-6 是直达声、早期反射声和混响声在室内传播示意图。

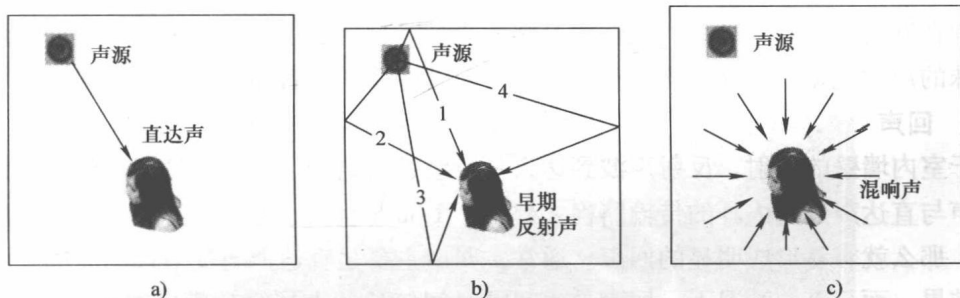


图 1-6 室内声音传播示意图
a) 直达声 b) 早期反射声 c) 混响声

1.3.3 混响时间

混响时间是指室内的声场达到稳定状态之后，从切断声源开始，到室内声能密度衰减到原来的百万分之一，即衰减 60dB 所经历的时间，其单位为秒 (s)，用 T_{60} 表示。图 1-7 是声音衰减过程的混响时间示意图。

室内混响时间的长短直接影响室内的声音效果，如果一个房间的混响时间过短，只能听到直达声和近次反射声，就会使人感到声音干闷。如果混响时声音过长，混响声会掩盖或干扰后面发出的声音，有“隆隆声”的感觉，从而降低了声音的清晰度。究竟混响时间多长为合适呢？这就要根据房间的用途选择一个最佳混响时间。最佳混响时间视房间的不同用途而有所差别。对于以语言为主的语言录音室、会场等，应选择较短的混响时间，以保证语言的清晰度；对于剧院、音乐厅等以音乐为主的场所，应选择较长的混响时间，以保证音乐的