

◆ 电声技术及其应用丛书 ◆

音响设备 原理与维修

史进 孙学耕 罗郑升 编著

国防工业出版社

National Defense Industry Press

电声技术及其应用丛书

音响设备原理与维修

史进 孙学耕 罗郑升 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

音响设备原理与维修/史进,孙学耕,罗郑升编著.

北京:国防工业出版社,2007.7

(电声技术及其应用丛书)

ISBN 978-7-118-05214-5

I. 音... II. ①史... ②孙... ③罗... III. ①音频设备—理论②音频设备—维修 IV. TN912.20

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 085680 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10½ 字数 237 千字

2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

出版者的话

进入信息时代,随着移动通信技术、多媒体技术的迅猛发展以及家庭影院、数字化视听终端的不断完善和出新,电声技术也进入了大发展时期。先进的设计、计算机辅助设计的测量软件和设备的引入,使电声技术领域不论是设计水平还是生产能力都取得了前所未有的发展,传统的设计手段、生产工艺、生产设备以及测试仪器不断得到优化;新型的电声器件如数字式、硅集成等产品层出不穷;高保真化、片式化、微型化、薄型化、低功耗、高功率、多功能、组件化成为电声器件新的发展趋势;同时,产品的安全以及是否环保也成为影响其市场前景的重要因素。

为了追踪电声技术领域的新发展,更为了满足该领域从事声频工程、音响技术、录音技术、软件模拟、声像灯光、舞台音响以及电声器件的设计、生产、安装、调试和操作人员的需要,我们组织编写了这套《电声技术及其应用丛书》。

本丛书覆盖面广,图文并茂,资料翔实,将理论阐述和实例分析与操作技巧有机地结合。因此,系统性、实用性和新颖性是本套丛书的突出特点。

在选材上,已收入本套丛书的书目包括:介绍新型电声器件的《电声技术与微型扬声器》;介绍计算机辅助声学设计的《声学设计软件 EASE 及其应用》;介绍数字声频技术及其应用的《数字声频设备与系统工程》;介绍音质设计中的建筑因素及其处理方法的《音质设计与建筑因素》;介绍组合音响中各种设备的原理、调试与维修的《音响设备原理与维修》;介绍多声道录音设备及其操作的《现代录音技术实战》;介绍电声测量知识的《声频测量技术》;介绍音响师必备知识的《音响师声学基础》;介绍 MIDI 制作知识的《MIDI 原理与开发应用》……

在写法上,本套丛书以实用性、启发性和普及性为出发点,避免艰深的理论探讨和繁复的数学推导;文字叙述通俗易懂,原理阐述深入浅出;借助图和表,使阅读更加轻松、易懂,一目了然。

在写作水平上,本套丛书的作者都是活跃在电声技术领域的教授、专家,科研院所的技术骨干,生产企业的行家里手,他们既有比较扎实的理论基础,又有丰富的实践经验。所以应该说,本套丛书的每一本都是作者多年教学、科研与实践的概括和总结,希望带给读者的是——一本本集原理介绍、案例分析和操作技巧于一体的、使用上得心应手的工具书。

在后续选材上,由于本套丛书意在做成开放式,便于追踪技术发展和市场需要,不断充实和添加新的书目。目前待加入的书目包括“声像灯光技术”、“音响设备测试”、“专业音响调音技巧”和“音响工程的设计与施工”等,希望有识之士、业内专家、学者加盟我们,以你们的学识和才智,通过编辑和出版社的桥梁,精心打造出受读者欢迎的书籍。

我们衷心希望这套丛书能对从事电声技术的研究、设计、生产、检测的人员和广大的音响爱好者有所帮助,更希望业内专家、学者以及广大的读者朋友对这套丛书提出宝贵意见和建议,让我们做得更好!

二零零五年十二月

前 言

目前,随着文化市场的繁荣,人们在家庭音响与专业音响上的投入也日趋扩大。如何更好地把设备使用好、维护好也成为一个问题。本书的几位编者在工作中对此有一定程度的涉及。

本书从声学的基础知识开始对构成音响系统的一些主要设备和系统组成,诸如拾音设备、音源设备、功放、音箱、组合音响以及计算机软/硬件等方面,就其原理、使用、维护和修理谈了编者粗浅的看法与体会。希望本书能作为与广大音响爱好者交流的一个平台,如能给新入门的朋友一些帮助,将是编者莫大的荣幸。

在本书的编写过程中,孙学耕老师编写了第4章~第6章;罗郑升老师编写了第2章、第3章;史进老师编写了第1章、第8章,并对全书进行统稿。林晏、吴剑光等同志在资料的整理上给予了大量的帮助,在此一并表示谢意。同时在编写过程中,还参阅了大量的著作、刊物和网站等参考文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢。

音响技术内容所涉及的专业领域较多,其技术更新快,因编者的水平有限,书中难免会存在一些疏漏与不当之处,在此也请读者朋友给予批评指正。

另外,书中第4章的电路符号未做整体(只限局部)统一,主要考虑到有些图引自具体型号设备,保持原图所用符号,方便读者阅读或维修者参照,特此说明。

史进 孙学耕 罗郑升

2007年4月

目 录

第1章 声学基础知识	1
1.1 声音的性质	1
1.1.1 声音的产生和传播	1
1.1.2 描述声波的物理量	2
1.1.3 声波的波性质	2
1.2 声音的度量	4
1.2.1 声压	4
1.2.2 声压级	4
1.2.3 声强与声强级	4
1.3 人耳的听觉特性	6
1.3.1 响度、音调和音色	6
1.3.2 听觉效应	8
1.3.3 听觉的分辨能力	9
思考题	9
第2章 拾音设备	10
2.1 传声器的结构原理	10
2.1.1 传声器的分类	10
2.1.2 传声器的结构和工作原理	11
2.2 传声器的技术指标及应用	14
2.2.1 传声器的技术指标	14
2.2.2 传声器的应用	17
思考题	21
第3章 音源设备	22
3.1 调谐器	22
3.1.1 调谐器的主要技术指标	22
3.1.2 调幅接收电路	24
3.1.3 调频接收电路	26
3.2 盒式磁带录音机	28
3.2.1 录音机的分类	29
3.2.2 磁带录音机的基本组成和功能	29
3.2.3 磁带录音机的技术指标	34
3.3 LD影碟机	35

3.4	数字光盘播放机	36
3.4.1	CD 播放机	36
3.4.2	VCD 播放机	45
3.4.3	DVD 播放机	47
	思考题	53
第4章	音频放大器	55
4.1	前置放大器	55
4.1.1	前置放大器的功能、用途和要求	55
4.1.2	前置放大器的电路组成和原理	55
4.2	功率放大器	57
4.2.1	概述	57
4.2.2	常用功放电路	59
4.2.3	功放保护电路及特殊器件	63
4.3	AV 功放	68
4.3.1	环绕声	70
4.3.2	环绕声解码器	72
4.3.3	AV 功率放大器产品介绍	75
4.4	整机电路分析	77
4.4.1	天逸 AD-5100A 型 AV 放大器的功能和特点	77
4.4.2	整机电路原理	78
4.5	整机故障检修	88
4.5.1	如何检修功率放大器故障	88
4.5.2	检修流程	90
4.5.3	根据故障现象判断故障范围	90
4.5.4	天逸 AD-5100A 型 AV 放大器检修实例	92
	思考题	94
第5章	扬声器及音箱系统	95
5.1	扬声器的分类、结构、主要技术参数	95
5.1.1	扬声器的分类	95
5.1.2	扬声器的结构与原理	96
5.1.3	扬声器的主要技术参数	96
5.2	音箱	99
5.2.1	音箱的分类、结构与原理	99
5.2.2	音箱的主要技术参数	100
5.3	耳机	101
5.3.1	耳机的分类	101
5.3.2	耳机的结构与工作原理	101
5.3.3	耳机的主要技术参数	102
5.4	分频器	102

5.4.1	分频器的作用	102
5.4.2	分频器的种类	102
5.4.3	分频器工作原理	103
5.4.4	扬声器分频网络的组成	103
5.4.5	分频点的选择	104
5.4.6	扬声器分频网络中的补偿电路	105
5.5	音箱系统故障检修	107
5.5.1	故障分析	107
5.5.2	检修方法	107
5.5.3	检修实例	109
5.6	音箱调试与选配	109
5.6.1	音箱装配	110
5.6.2	音箱的检测与调试	111
5.6.3	音箱的选用	113
思考题		116
第6章	组合音响系统	117
6.1	概述	117
6.1.1	组合音响系统的基本组成	117
6.1.2	组合音响的分类	118
6.1.3	组合音响系统的评价	120
6.2	音响系统的设计	120
6.3	组合音响设备的选择	122
6.4	吸声材料	124
6.5	音响系统的配接	128
6.5.1	常用配接插头和接线	128
6.5.2	系统的配接	129
6.6	特性指标的测试	132
6.6.1	测量条件与测量仪器	132
6.6.2	测量内容和方法	133
6.6.3	特性参数的考虑	135
6.7	音响系统的维修	137
6.7.1	了解故障情况	137
6.7.2	确定故障设备单元和部位	138
思考题		139
第7章	计算机在音响技术中的应用	140
7.1	概述	140
7.2	数字音频工作站	140
7.2.1	数字音频工作站的组成	140
7.2.2	数字音频工作站的配置	141

7.2.3 数字音频工作站的分类.....	144
7.3 数字音频制作软件	145
7.4 常见的数字音频文件格式	154
思考题.....	158
参考文献.....	159

第1章 声学基础知识

1.1 声音的性质

1.1.1 声音的产生和传播

声音来源于物体的振动。振动发声的物体有人称之为“声源”。声源发出的声音要到人耳中,使人感知,还要通过空气或其他物质的传递。如果人耳与声源之间被“真空”所阻隔,那么人耳是无法感知声源的振动的。

以扬声器发声为例:当外加的信号使信号扬声器的纸盆作往复运动时,纸盆使附近的空气作挤压和扩张运动,空气的密度发生改变;随着纸盆运动的持续,空气密度的疏密变化以纸盆为出发点向外延展,并携带走纸盆运动的能量,最终到达人耳,被人所感知。声音的传播如图 1.1 所示。

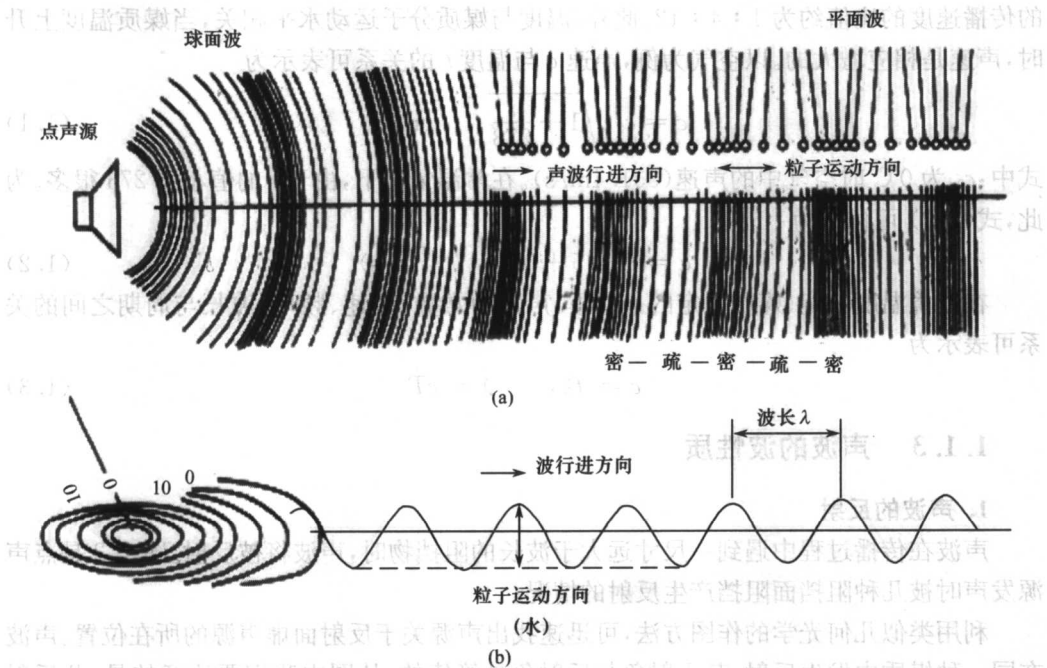


图 1.1 声音的传播

(a) 声波(纵波,疏密波); (b) 水面波(横波)。

这种由声源振动引起的媒质波支就是声波。声波是一种机械波,其中人们的听觉只可以对一定范围内的声波(频率在 20Hz~20kHz)产生听觉反应,我们称这一范围内的声波为声音。

由以上的例子及分析可知声音的基本性质:

- (1) 声音的产生基本上是由于有物体(声源)的振动而产生;
- (2) 声音的传递应有相应的媒质起作用,离开传声媒质,声音是无法传播的;
- (3) 声音是一种机械波,因此波所具有的干涉、衍射等性质,声音也同样具有。

1.1.2 描述声波的物理量

1. 频率

声波在单位时间内波动的次数称为声波的频率。用符号 f 表示,单位是赫(Hz)。声波的频率等于声源振动的频率。声波的频率与振动的周期呈倒数关系: $f = 1/T$ 。

2. 波长

一个波动周期内声波在媒质中传播的距离,称为声波的波长,记为 λ ,单位是米(m)。

3. 声速

声波在媒质中每秒所传播的距离,称为声波的传播速度(简称为声速),记为 c ,单位是米/秒(m/s)。特别应该强调的是:声速指的是声波振动状态的传播速度,而不是质点振动的速度,声速的大小与振动的特性无关,与媒质的弹性、密度和环境温度有关。

声速的实质是媒质中分子与分子之间进行动量传递的快慢反应。因此,媒质分子结构越紧密,内耗越小,则声速也就越大。例如以空气、水和钢铁分别作为媒质时,声波在其中的传播速度的比值约为 1:4:12。此外,温度与媒质分子运动水平相关,当媒质温度上升时,声速是相应增大的。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: c_0 为 0°C 时空气中的声速(331.4m/s)。在常温情况下,由于 t 的值小于 273 很多。为此,式(1.1)可化简为

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

在环境温度一定、媒质确定的条件下,声速为常数,声速、频率、波长与周期之间的关系可表示为

$$c = f\lambda, \quad \lambda = cT \quad (1.3)$$

1.1.3 声波的波性质

1. 声波的反射

声波在传播过程中遇到一尺寸远大于波长的阻挡物时,声波将被反射。图 1.2 是点声源发声时被几种阻挡面阻挡产生反射的情况。

利用类似几何光学的作图方法,可迅速找出声源关于反射面虚声源的所在位置。声波在同一种媒质中发生反射,其入射角与反射角是等值的。从图中我们要注意的是:凸反射面对入射声波有散射作用,这将有助于使声场扩散均匀;凹反射面会使声音在某一区域中汇聚,使得声场分布不均,这在室内音质设计中应注意避免。

2. 声波的衍射

声波的衍射又称声波的绕射,是指声波在传递过程中遇到阻挡物或孔径的尺寸与声波波长相近或小于声波波长时,声波将绕过阻挡物或孔洞改变前进方向的现象。图 1.3 所

示是声波的衍射示意图。

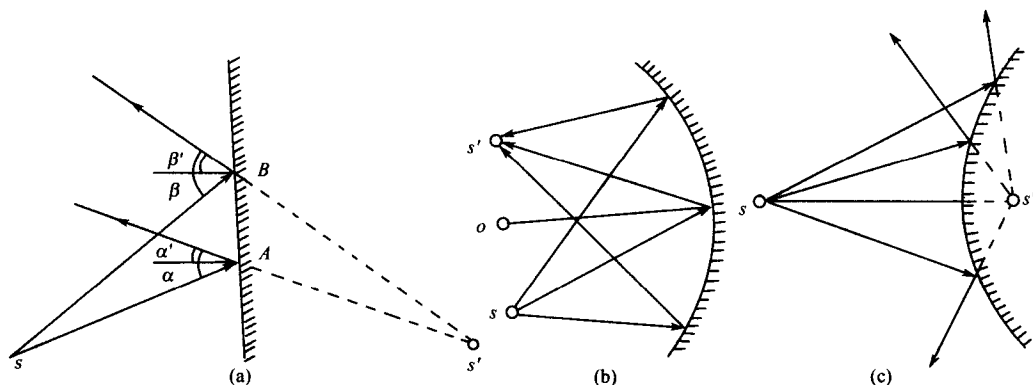


图 1.2 点声源发声时产生反射

(a) 声波遇到平面墙时的反射；(b) 声波遇到凹面墙时的反射；(c) 声波遇到凸面墙时的反射。

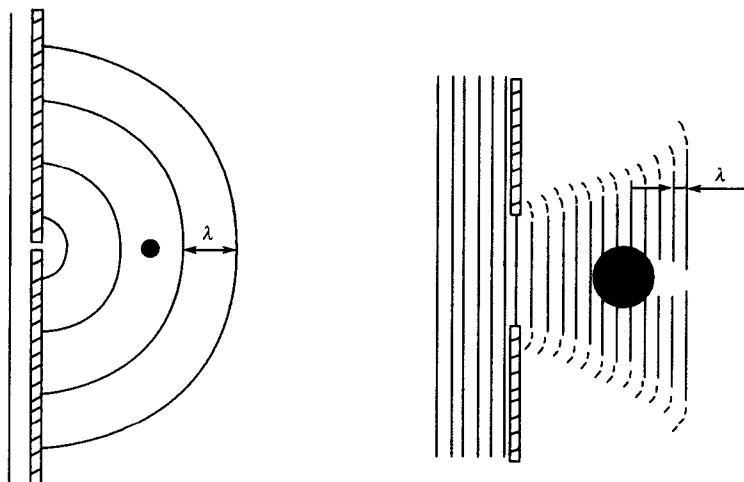


图 1.3 声波衍射示意图

在分析声波的衍射现象后,我们了解到:在一定孔径的阻挡条件下,声源所发出的声波频率越低,则衍射现象就越明显;反之,声波的频率越高,则产生的衍射越小,同时声波传播的方向性也越强。

3. 声波的折射

声波在不同媒介中传播时,在媒介的分界面上会发生反射与折射现象。声波的折射将使声波的传播方向发生改变,如图 1.4 中所示。其中的入射角 θ_1 与折射角 θ_2 之间存在如下关系:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1.4)$$

式中: v_1 、 v_2 分别表示声波在两种媒质中的传播速

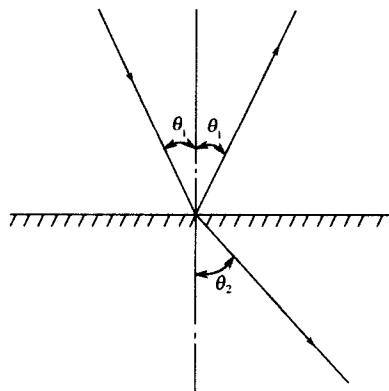


图 1.4 声波的折射

度。可见,当 $v_1 > v_2$ 时 $\theta_1 > \theta_2$; $v_1 < v_2$ 时, $\theta_1 < \theta_2$ 。这也解释了为什么人们在陆地上往往听不到水下声音。

1.2 声音的度量

人们听到的声音,除了与音源的频率有关外还与声音的强弱有关。声音的强弱可以用声压、声强等来进行度量。

1.2.1 声压

音源振动带动周围的媒质空气产生压缩与膨胀,其中的压缩与膨胀是对于空气而言的。当空气中不存在声波时,空气中的压强即为静压——大气压。一个标准的大气压为 101.3kPa,压强的单位为帕(Pa, $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$)。当声波传播时,空气中的疏密变化,将在原来的静压上叠加上一个变化的压强,这个叠加上的压强就是声压。声压的单位也是 Pa。根据统计,人耳所能听到的最小声压,在频率是 1kHz 时,为 0.00002Pa。这个声压也称为参考声压(P_0)。在声压达到 20Pa 时,人们会感到声音很大,开始令人不易忍受。若声压进一步加大,将有可能对人耳造成永久性的损伤。

1.2.2 声压级

人耳听声音的声压下限为 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$,而感到耳膜不适的上限声压约为 20Pa,二者相差百万倍。故用声压来表示声音的大小很不方便,并且人的听觉是与声压的对数值成正比的,所以人们用声压级 L_p 作为表示声音大小的常用单位, L_p 的单位是分贝(dB),即

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (1.5)$$

式中: P 为被指定的声压; P_0 为参考声压($2 \times 10^{-5}\text{Pa}$)。

这样,原来百万倍的变化,变为 0dB ~ 120dB 的变化。

1.2.3 声强与声强级

声强也是衡量声波在传播过程中声音大小的物理量。声场中某一点的声强,是指在单位时间内,声波通过垂直于声波传播方向单位面积的声音能量,符号为 I ,单位是瓦/米²(W/m^2)。如果声能通过的面积为 S ,则声强为

$$I = \frac{W}{S} \quad (\text{W}/\text{m}^2) \quad (1.6)$$

在无反射的自由声场中,点声源所发出的球面波,均匀地向外扩散。距离声源中心为 r 的球面上的声强为

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (\text{W}/\text{m}^2) \quad (1.7)$$

可见,对于球面波而言,声强与点声源的声功率 W 成正比,而与距离 r 的平方成反比,如图 1.5 所示。

对于平面波,由于声线之间相互是平行的,故声音的能量没有发生汇聚或扩散,因此

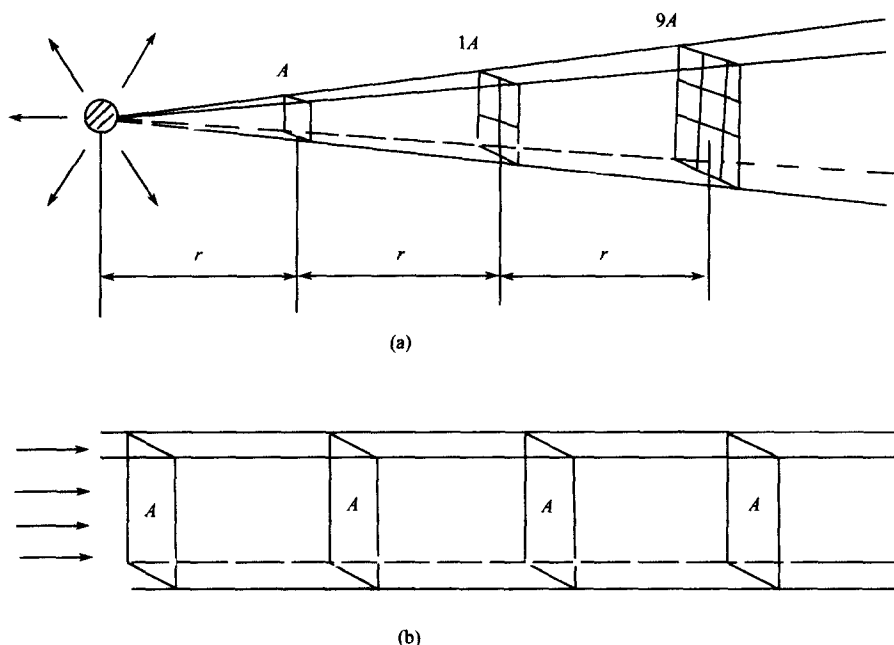


图 1.5 球面波与平面波传播情况

(a) 球面波; (b) 平面波。

在理想条件下(媒质中无损耗,无衰减),声强将与距离无关,始终保持不变。但实际上,声波在媒质中传播,声能总是有损耗的。声音的频率越高,其损耗也越大。

声强与声压有着密切的关系。在自由平面波或球面波的情况下,某处的声强 I 与该处的声压 P 的平方成正比,而与媒质的密度 ρ 和声速 c 的乘积成反比,即

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad (1.8)$$

媒质的密度 ρ 和声速 c 的乘积又称媒质的特性阻抗。例如,将标准大气压和 20°C 时的空气密度和声速值代入,得 $\rho c = 415 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$,称为空气对声波的特性阻抗。在实际工作中,指定方向的声强不易测量,常以测出的声压代入式(1.6)~式(1.8)来求声强。

声强级是指在声场中的某一点处的声强 I 与参考声强 I_0 的比值取对数再乘以 10,单位为分贝(dB),即声强级为

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB}) \quad (1.9)$$

式中, $I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ 。

由此可以看出声压级与声强级之间存在着对应关系为

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2/\rho c}{P_0^2/\rho c} = 20 \lg \frac{P}{P_0} = L_P \quad (1.10)$$

表 1.1 列出了一些常见声源所对应的声压级的情况。

表 1.1 常见声源的声压级示意

声压 P/Pa	声压级 L_P/dB	声源举例
100000	194	航天飞船推进器
10000	174	雷击周围
1000	154	喷气式飞机
100	134	小口径炮声
10	114	织布车间噪声
1	94	广播集会
0.1	74	对话
0.01	54	普通办公室
0.001	34	乡村静夜
0.0001	14	高级播音室安静时
0.00002	0	可听阈

1.3 人耳的听觉特性

听觉是人们对声音的主观反映,它不仅与声音的振幅、频率、频谱等客观物理量有关,还与听者的听觉特性和主观心理因素有关。其中的主观感觉一般用响度、音调和音色来表示。同时人耳的结构、听音者与声源的关系也会对人的听觉产生相应的影响。

1.3.1 响度、音调和音色

图 1.6 所示是一组等响曲线,它反映了人耳听觉感受的响度与实际声压级和频率之间的关系。

从图中可以看出:

(1)表示响度级的单位在声学上采用专门的单位“方”(phon)。“方”的含义是指典型听音者听到某个声音的响度与 1kHz 纯音响度相同,这个 1kHz 纯音的声压级(dB)就是典型听音者听到的声音的响度级数。

(2)人耳判断的声音响度,同声压级和频率都有关系。如在 40phon 的等响曲线上,不同频率的声压级是不相同的。如在 1100Hz 时声压为 40dB 的声音听起来与 20Hz 时声压为 90dB 的声音响度感觉一样,但这两个频率的声音之间声压级相差 50dB。

(3)响度越大,同响度下,在较低频率的声压级与 1kHz 声压级的差别就越小。如在 100phon 的等响曲线上,1000Hz 时为 100dB,在 20Hz 时为 125dB,感受到相同的响度,但二者声压级却相差 25dB。换言之,声压级越高,响度越大,同样响度里中频与低频的声压级相差越小。

(4)声压级相同时感觉中频声比低频声响一些,这一情况在低声压时更明显,人耳对中频 300Hz~3000Hz 的声音感觉最为灵敏。

人耳的上述听觉响应,对聆听高保真音乐节目的效果影响很大。人们在重放高保真音乐节目时,如果把放音设备的音量开得很大,则会感到高低音都很丰满;如果把音量开

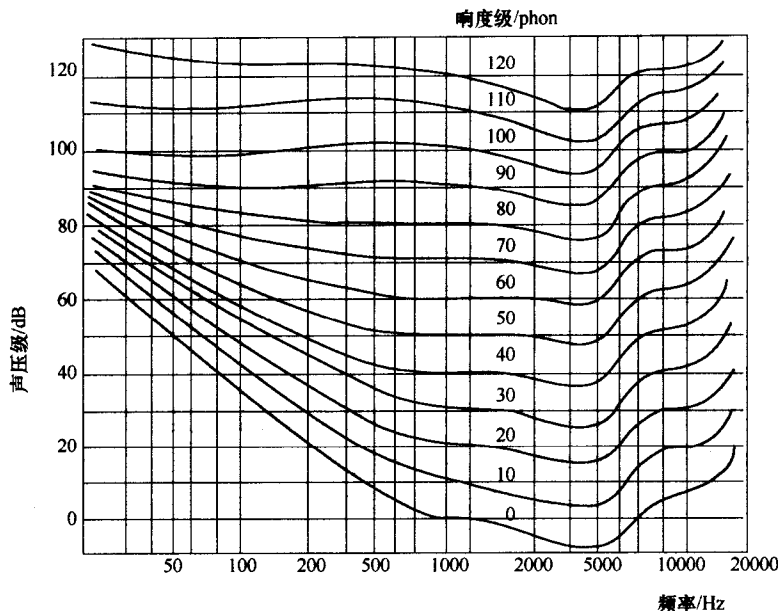


图 1.6 人耳听觉纯音等响曲线

得较小,由于人耳对低音和高音感觉较迟钝,则会感到声音的频带变窄,高、低音都减少了,特别是低音,几乎听不出来,这正是等响曲线所反映的特性。为了解决音量电位器开小时高、低音不足的问题,可以将音量调节改为响度调节,其作用就是在较小音量时将低音和高音的声压级加以提高,使高、低音得到补偿。响度调节电位器的特性与等响曲线相反。

音调是人耳对声音高低的感受。音调主要与声音的频率有关,但不与频率成正比,而是与响度一样也是呈对数关系。因此通常用频率的倍数或对数关系来表示音调。频率越高,人耳感觉到的音调也越高。在音乐上相应的是音高。频率增加一倍,即增加一个倍频程,音乐上称为提高了一个八度。但音调变化给人的感觉与音乐的倍频程关系并不一样,而且在不同频段,人耳对音调的辨别能力也是不同的,一般是在中频段最为灵敏,而在高、低频段较差。另外,声音持续时间的长短也会对音调产生影响。如 1000Hz 的纯音在持续时间为 0.05s 以下时,会令人产生音调不断下降的感觉,甚至听不到纯音。

音色是指构成声音的频谱中各种频率分量的分配情况。我们听到的声音多数是复合波,人们不能确切地把听到的复合波分辨出不同频率的声音,但能够根据声音各频率成分的不同而得到一个总体的印象。例如,当用不同乐器演奏出相同的响度和音调时,人们可以区分出各种乐器来。音色是一个复杂的感觉,很难进行定量的分析,在高保真音乐节目的重放时,我们应尽可能地保持原有的音色。过分增大或减少声音中的频率成分都会改变音色,降低保真度。不过,有时也要按要求去设法改变音色。例如收听音乐时常常提升低音,使低频声更加丰富,声音也就更浑厚动听,这实际上就是改变音色。对语音来讲,最重要的是要保持良好的清晰度,因此可以减少一些低音分量和增加一些中音成分,特别是对于鼻音重或者是喉音重的人,更需要减少其声音中的低音成分,改变低频部分的音色,以达到明显改变语言清晰度的要求。

1.3.2 听觉效应

1. 双耳效应

1896年,英国物理学家瑞利提出了双耳效应假设。随后,有关学者经过半个世纪的深入研究,证实并发展了这一理论。双耳效应理论揭示了人类听觉能在平面范围内判别声音方位的机理。它是从时间差、相位差、声级差、音色差等四个方面进行解释的。人的双耳间距在10cm左右,对于声源的方位可以做出判断。对1kHz以上的声音,一般是靠声强差来进行定位;而对于1kHz以下的声音,则是靠双耳的相位差(时间差)来进行定位的。双耳效应是立体声听音的重要条件。

2. 掩蔽效应

掩蔽效应是指同一环境中的其他声音会使聆听者降低对某一声音的听力,一个较强的声音往往会掩盖住一个较弱的声音,特别是当这两个声音处于相同的频率范围时。例如人们在听音量较大音乐时,在一个大声过后的120ms内对一些音乐的细节是不易察觉的。

掩蔽效应在音响技术中得到应用。如一些降噪系统就是利用掩蔽效应的原理设计的,信噪比的概念及其指标要求也是根据掩蔽效应提出来的。在数字音源中,可利用掩蔽效应进行压缩编码。

3. 哈斯效应

哈斯效应是双声源系统给听者造成的一种感觉。当两个声源中的一个声源延时在5ms~30ms以内时,听音者会感觉声音是来自先到达的声源,而另一个声源好像并不存在;若延时延长至30ms~50ms时,则感觉存在两个声音,但方向仍由前一个声源所决定;若延时为50ms,则能感觉到两个声源的同时存在,方向由各个声源来确定,滞后声为清晰的回声。哈斯效应是立体声系统定向的基础之一。

4. 劳氏效应

这是一种假的立体声效应,是一种立体声范围的心理声学效应。劳氏效应揭示:如果将延时后的信号再反相叠加在直达信号上,会产生一种明显的空间感,声音好像来自四面八方,听音者仿佛置身于乐队之中。

5. 德·波埃效应

德·波埃效应是立体声系统定向的另一基础。德·波埃效应的实验如下:放置左、右声道两只音箱,听音者在两只音箱对称线上听音,给两只音箱输入不同的信号,可以得到以下几个定论:如果给两只音箱输入相同的信号,即强度级差 $\Delta L=0$,时间差 $\Delta t=0$,此时只感觉到一个声音,且来自两只音箱的对称线上;如果两只音箱的强度级差 $\Delta L \neq 0$,此时听音感觉声音偏向较响的一只音箱,如果强度级差 $\Delta L \geq 15$ dB,此时感觉声音完全来自较响的那一只音箱;如果强度级差 $\Delta L=0$,但两只音箱的时间差 $\Delta t \neq 0$,此时感觉声音向先到达的那只音箱方向移动。如果时间差 $\Delta t \geq 3\mu s$ 时,感觉声音完全来自先到达的那只音箱方向。

6. 多普勒效应

多普勒效应揭示了移动声音的有关听音特性。当声源与听音者之间存在相对运动时,会感觉某一频率所确定的声音,其音调发生了改变;当声源向听音者接近时,是频率稍