

音响技术

岑美君 俞承芳 编著

电视系列丛书



复旦大学出版社

(沪)新登字

责任编辑 林溪渡

责任校对 周冬招

电视系列丛书

音 响 技 术

岑美君 俞承芳 编著

复旦大学出版社出版

(上海国权路 579 号)

新华书店上海发行所发行 复旦大学印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 6.75 字数 163,000

1994 年 1 月第 1 版 1994 年 1 月第 1 次印刷

印数 1--5000

ISBN7-309-01151-1/G·191

定价：5.50元

内 容 提 要

本书详细地介绍了音响系统的基本原理和有关技术。全书共分十章：第一章讲述声音的特性、听觉特性及音响设备的基本要求；第二章概述室内声学；第三章介绍传声器；第四章讲述立体声技术；第五、六章介绍音频信号处理器、调音台、磁带录音机等音响设备；第七章阐述传声器设置方法和录音技术；第八章讲述电视节目声音的制作；第九章介绍各种录音的实例；第十章概述数字音响。

本书内容丰富多采，有一定的实用价值，可作为大专院校有关专业的教学参考书，也可供从事广播、录像、电化教育等方面的音响工作者参考，还可供广大的业余爱好者使用。

前 言

近年来,音响技术迅速发展,音响设备的性能不断提高,其功能亦不断完善。随着音响技术的发展,其应用领域日益扩大,它不仅在音响节目的制作、音乐欣赏方面起了很大的作用,而且在电视节目制作等领域,以其良好的音质和画面配合,在提高节目的艺术效果方面起了很大的作用。

音响技术是一门综合性的技术,音响效果是由多种因素决定的。为获得良好的音响效果,除了具有理想的声学环境、高质量的音响设备之外,还需有精湛的制作技艺。为此,本书从这三方面进行了详细的论述。本书介绍了声音的产生和传播特性,讲述了环境的声学特性及其改善方法;论述了音响设备的基本要求和各类音响设备(即拾音设备、音频信号处理设备、记录设备等)的工作原理、性能。还阐述了节目的制作技艺,其中包括传声器的设置、音响设备的系统构成、录音的技艺、各类声音的收录方法以及声音与电视节目画面的配合等具体问题。本书最后还概述了近年来获得迅速发展的数字音响技术及部分数字音响设备。

本书的第二、三、七、八、九章由岑美君编写,第一、四、五、六、十章由俞承芳编写。在编写的过程中得到了很多同志的大力支持。吴霄麟同志为本书绘制了部分插图并描绘了全书的图稿。在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

1992.12 于复旦大学

目 录

前 言

第一章 声音、听觉和音响设备

第一节 声音的产生与传播	1
一、声音的产生	1
二、声波的传播速度	2
三、声波的传播特性	3
四、声波的强度	6
第二节 听觉和声音	9
一、听觉器官	9
二、响度和等响曲线	10
三、音调和音色	11
四、听觉的方向感	12
五、听觉灵敏度	13
第三节 语音、乐音和噪声	13
一、语音	14
二、乐音	15
三、噪声	16
第四节 音响设备	16
一、音响设备的作用	17
二、音响设备的基本要求	18

第二章 室内声学

第一节 室内的混响	22
-----------	----

一、反射声与混响	22
二、混响时间	26
三、最佳混响	27
第二节 吸声材料	30
一、多孔型材料吸声	30
二、薄板振动型吸声	31
三、共振器型吸声	31
第三节 室内的声学特性	33
一、噪声的隔绝	33
二、录音室和播音室的混响	35
三、电视演播室的混响	36

第三章 传声器

第一节 传声器的种类	37
一、传声器的工作原理	37
二、几种典型的传声器	38
第二节 传声器的技术特性	43
一、灵敏度和频率特性	43
二、指向性	45
三、最高允许声压级	48
四、输出阻抗	48
五、噪声	49
第三节 传声器的固定方法	49
一、手持式	49
二、立架式	49
三、吊杆式	51
四、吊挂式	54
第四节 传声器的使用	55
一、传声器的特性选择开关	55
二、传声器的防风罩	56

三、传声器的操作步骤	58
------------	----

第四章 立体声技术

第一节 立体声的基本原理	60
一、立体声的特点	60
二、人耳对声源的定位	61
三、双声源给人的方向感	63
第二节 立体声系统	65
一、双通道立体声系统	65
二、四通道立体声系统	66
三、仿立体声系统	68
第三节 双通道立体声的拾音	69
一、A-B制拾音方法	69
二、X-Y制拾音方法	70
三、M-S制拾音方法	71
四、模拟人头制拾音方法	72

第五章 音频信号处理器与调音台

第一节 均衡器	73
一、概述	73
二、均衡器的功能	74
第二节 压缩器与扩展器	78
一、压缩器与限幅器	78
二、扩展器与噪声门电路	81
第三节 混响器	83
一、概述	83
二、电子混响器	84
第四节 降噪器	85
一、降噪器的工作原理	86
二、杜比降噪系统	86

三、dbX降噪系统.....	89
四、动态降噪系统DNR.....	90
五、降噪器的使用.....	91
第五节 调音台.....	92
一、调音台的基本原理.....	92
二、输入部分.....	94
三、输出部分.....	95
四、监听部分.....	96

第六章 磁带录音机

第一节 录音磁带.....	98
一、铁磁材料及其特性.....	98
二、录音磁带的构造.....	101
三、磁带的特性.....	102
四、磁带的种类.....	103
第二节 磁带录音机的工作原理.....	105
一、磁带录音机的构成.....	105
二、录音原理.....	106
三、放音原理.....	109
四、消音原理.....	110
第三节 磁带录音机的种类与性能.....	111
一、磁带录音机的分类.....	111
二、磁带录音机的性能与指标.....	112
三、磁带的磁迹分布.....	114
四、磁带的编辑.....	116

第七章 传声器的设置与录音技术

第一节 单路传声器设置法.....	118
一、确定拾音距离.....	119
二、寻找声源平衡点.....	120

第二节	多点传声器设置法及录音	121
一、	主传声器设置法.....	121
二、	多路传声器设置法.....	123
三、	多声道录音.....	127

第八章 电视节目声音的制作

第一节	声、画同期制作方式	131
一、	出现于画面的传声器.....	132
二、	不出现于画面的传声器.....	133
三、	手持的传声器.....	141
四、	现场音中的背景噪声.....	143
第二节	声、画分期制作方法	144
一、	先编辑画面后配音制作方式.....	144
二、	先编辑声音后配画面制作方式.....	147
第三节	电视节目制作中的音频系统	149
一、	电视演播厅的构成.....	149
二、	音频控制系统.....	149
三、	电视伴唱系统(卡拉 OK).....	152

第九章 录音实例

第一节	语言声的录音	153
一、	语言声录音的特点.....	153
二、	单人朗读的录音.....	155
三、	对话的录音.....	156
四、	座谈会的录音.....	158
第二节	音乐的录音	161
一、	音乐录音的特点.....	161
二、	声乐的录音.....	163
三、	吉他弹唱的录音.....	168
四、	各种提琴的录音.....	169

五、键盘乐器的录音	172
六、管乐器的录音	175
七、打击乐器的录音	179
八、电子乐器的录音	181
第三节 现实音的收录方法	182
一、自然声的收录方法	182
二、鸟类鸣啼声的收录方法	185
三、交通工具声的收录方法	186
四、各类小道具声的收录方法	189
五、人声的收录方法	190

第十章 数字音响

第一节 数字音响的基本工作原理	193
一、数字信号处理的原理	194
二、数字信号处理的误差	195
第二节 数字磁带录音机	196
一、数字录音的原理	197
二、数字音频磁带(DAT)录音机	198
三、数字盒式磁带(DCC)录音机	199
第三节 激光唱机	200
一、激光唱机原理	200
二、可录式激光唱机	201
第四节 硬磁盘录音机	202
一、概述	202
二、硬磁盘录音机的编辑过程	203
参考文献	205

第一章 声音、听觉和音响设备

声波是在弹性媒质中传播的一种机械波。当它的振动频率在20Hz~20kHz之间时,能引起人的听觉器官的反应,即听到了声音。频率高于20kHz时,我们称其为超声波;频率低于20Hz时,称其为次声波。

在本章中,我们将介绍声音和听觉的基本特性,分析语音、乐音以及噪声的特点,并简略介绍音响系统在传播声音过程中所起的作用及基本的性能要求。

第一节 声音的产生与传播

我们的周围充满了声音。那么声音是怎么产生的呢?它又是怎样传播的呢?本节将着重研究声音的产生及传播,讨论其传播过程中产生的各种现象,以了解声音的各类特性。

一、声音的产生

简单地说,声音是由物体的振动产生的。

当我们用手拨动琴弦时,我们看到琴弦在振动,同时我们也听到了声音。当我们用锤子敲击音叉时,我们看到音叉在振动,同时也听到声音。当振动停止时,声音也随之消失。

那么,物体的振动怎么会产生声音呢?

当音叉被敲击以后,它的两臂发生左右振动。此时,音叉两边的空气受到影响。当音叉面向右边移动时,使它右面相邻点的空气压缩,空气中分子变得稠密,分子间的压力也同时增加;当音叉面向左边移动时,原处的空气变得稀疏,压力也同时减小。也就是说,随着音叉的振动,原处的空气密度及压力随之发生变化。而此点的变化又进一步引

起其相邻点的空气密度和压力发生变化。这样一点一点相互影响，使起始点的空气密度和压力的变化向其周围空间推进，从而形成了声波。当声波传到人的耳朵，使人产生感觉，这就是我们平时所说的声音。因此，声音是由物体振动而发生的声波通过听觉所产生的印象。

我们将振动的物体称作声源，而空气是传播声波的媒质。

在声波的传播过程中，空气中的质点只在自己的平衡位置附近振动，而不会随波前进。由于在声波的传播过程中，空气质点的振动方向与波的传播方向相互平行，因此，声波为纵波。

由于音叉的振动，空气中某点的密度和压力发生变化。我们把空气密度和压力每秒钟变化的次数，即每秒钟内空气压力由最大变化到最大，或由最小变化到最小的次数称之为声波的频率。通常用符号 f 表示。其单位为 Hz。人耳能听到的频率为 $20\sim 20000\text{Hz}$ 。

我们观察水面上的水波，在某一瞬间，有些点的水面高度为最大值，有些点的水面高度为最小值。与其相似，在声波的推进过程中，在某一瞬间，空气中有些点的压力为最大，有些点的压力为最小，我们将两个相邻的压力最大点或压力最小点的距离称为声波的波长，用符号 λ 表示，其单位为 m。

二、声波的传播速度

在声波的传播过程中，我们认为媒质是连续的。此时，波长远大于媒质分子间的距离。因此，在媒质中一个波长的距离内，有无数个分子在振动。从宏观上看，此媒质像是连续的。但是当波长和媒质中分子间的距离为同一个数量级或比它小时，在一个波长的两个分子之间不再存在其他分子，因而就不能再认为媒质是连续的，此时媒质就不能传播声波。

因此，声波能在空气、液体及固体等媒质中传播；而在真空中，由于分子间的距离极大，不能传播声波。

我们把声波每秒内传播的距离称为声波传播的速度，简称声速，用符号 c 表示。其单位为 m/s。

声速取决于传播它的媒质的特性，即与媒质的密度、弹性等因素有

关，而与声波的频率和强度无关。当温度改变时，由于媒质特性的变化，声速也发生变化。

当温度为 15℃ 时，声波在空气中的传播速度约为 340 m/s。当气温升高时，声速略有增加。声波在液体中传播的速度比其在空气中传播的速度高。而在固体中则差异较大。例如，钢中的声速约 5100m/s，而在软橡皮中的声速约 50m/s。

声波在几种常见的媒质中传播的速度如表 1-1 所示。

表 1-1 常见媒质中的声速

媒 质	声 速(m/s)
水	1450
软 木	430~530
松 木	3320
砖	3700
玻 璃	5000~6000
铁	4900
钢	3800

我们知道，声波的频率是传播媒质中某点压力在每秒钟内周期性变化的次数，波长为声振动一周所传播的距离，因此声速可表示为

$$c = \lambda \cdot f \quad (1-1)$$

式中 c 为声速，单位为 m/s； λ 为波长，单位为 m； f 为频率，单位为 Hz。

不同频率的声波在同一媒质中传播时，其波长不同。例如在空气中，若取声速为 340m/s，对于 20Hz 的声波，其波长为 17m；而 20000 Hz 的声波，则其波长仅为 0.17m。声波的频率越高则其波长越小。

三、声波的传播特性

1. 声源的方向性

声源的一个重要特性是它的方向性。

虽然不同声源的辐射方向图形不同,但大部分声源符合下列规律:当辐射出来的声波波长比声源的尺寸大很多倍时,声波比较均匀地向各方向传播;当辐射出来的声波波长小于声源的尺寸时,声波集中地向正前方一个尖锐的圆锥体的范围内传播。

例如我们讲话时,语音中的低频部分,由于其波长比声源的尺寸大得多,所以能绕着人的头部而向各个方向均匀地传播;而语音中的高频部分仅由发言者的嘴部向前直射。因此,当我们站在讲话者的背后时,由于听到的声音中的高频部分的分量下降,常常会感到语言听不清楚。而人们常听到的“嗤嗤”的齿音,由于其频率较高而具有较强的方向性。当我们坐在发言者的正前方时,常能听到这类声音。

2. 声波的反射和折射

当我们向河中投一小石块时,将会激起水波。此水波向四面传播。当此水波遇到河岸时,就会被反射。

与其相似,在空气中传播的声波遇到障碍物,如遇到坚硬的墙壁时,也会产生反射现象。此时,反射声波和垂直于墙面的法线所成的角度与入射声波和法线所成的角度相等。

图 1-1 为一声波遇到平面墙时被反射的情形。

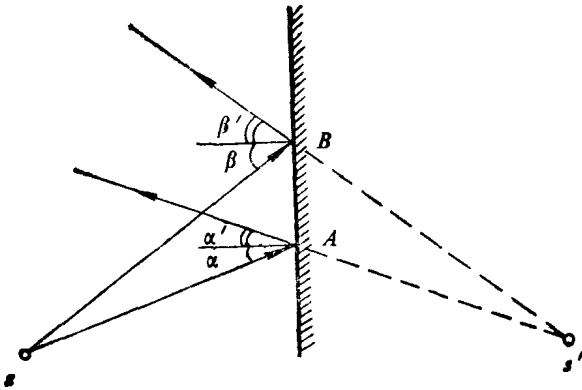


图 1-1 声波遇到平面墙时的反射

声波遇到墙面上的 A 、 B 两点。对于 A 点,反射角 α' 和入射角 α

相等;对于 B 点,反射角 β' 和入射角 β 相等。此时,反射声波就像从墙后的另一声源 s' 发射出来的一样。我们称声源 s' 为声像。声像在墙后的距离与声源在墙前的距离相等。

当声波遇到凹面墙时,其反射现象如图 1-2 所示。

此时,若有一人站在凹面墙前 s 点发出声音时,声波经凹面墙反射而集中到 s' 点上。此时,站在 s' 点可以听得特别清楚。如果一个人站在凹面墙圆弧的圆心位置时,此人可以清楚地听到自己发出的声音。我们把这种现象称为声波的聚焦。

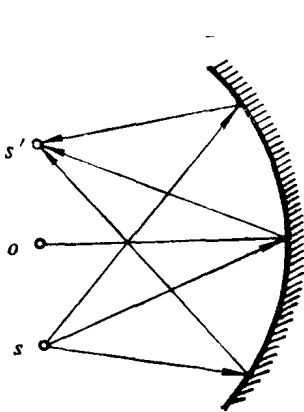


图 1-2 声波遇到凹面墙时的反射

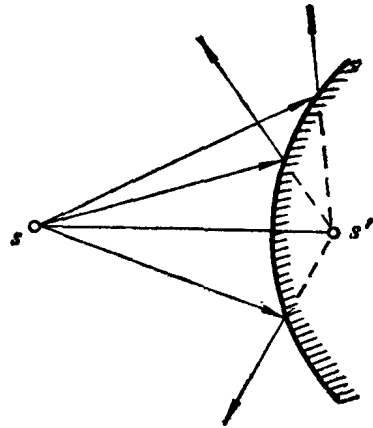


图 1-3 声波遇到凸面墙时的反射

此时,站在聚焦点可以听得特别清楚,而站在其他位置则听不太清楚。

声波遇到凸面墙时,将产生扩散现象,如图 1-3 所示。

当声波遇到障碍物时,除了反射声波外,还有一部分声波将进入障碍物。进入声波的多少与障碍物的特性有关。由于此时声波从一种媒质进入到另一种媒质,其传播方向发生变化。我们把这种现象称为折射。

3. 声波的衍射和散射

我们仍观察河面上的水波。当水面上有障碍物时，水波的传播发生了变化。当障碍物比较小时，水波可以绕过障碍物继续传播。当障碍物较大时，在障碍物背后的边缘附近没有水波，而其余部分仍有水波传播。我们称这类现象为衍射。

当声波遇到障碍物时也存在衍射现象。衍射的程度取决于声波的波长与物体大小之间的关系。若声波的波长与物体线度的比值越大，则衍射越强。而波长与物体线度的比值较小时，衍射较弱，甚至不产生衍射现象。因此对于同一个障碍物，频率较低的声波较易衍射，而频率较高的声波不易发生衍射现象。它具有较强的方向性。

当声波在传播过程中，遇到线度比波长小得多的障碍物时，将产生散射现象。同样，散射的强弱与波长和障碍物的线度之比有关。障碍物越大，波长越短，则散射越强。对同一个障碍物，频率高的声波较易产生散射。

与上述现象相对照，当声波通过障碍物的洞口时，也会发生衍射现象。此时，洞口好像一个新的点声源。当声波的波长比洞口尺寸大很多时，经过洞口后的声波从洞口向各个方向传播。而频率较高的声波则具有较强的方向性，从洞口向前方传播。

因此当室内有一声源时，声波将会遇到墙壁、家具等物体，而产生反射、衍射等现象，而且声波还会由门、窗的缝隙处传到室外。

四、声波的强度

在静止的空气中，存在着均匀的大气压。当有声波传播时，空气的压强将发生变化。我们将此压强的变化量称为声压，用符号 p 表示。在静止的空气中大气压强为 P_0 ，有声波传播时的大气压强为 P ，则

$$p = P_0 - P \quad (1-2)$$

声压的单位是帕(Pa)，即 N/m^2 。

使大多数人产生听觉现象的最低声压为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ，我们称之为基准声压，用符号 P_r 来表示。

声源的振动幅度越大，其发声能力越强，产生的声压也大。在声波的传播过程中，如果和声波传播方向垂直的平面上各处的瞬时声压都

相等，我们称之为平面声波。如果在半径相同的球面上各点的瞬时声压都相等，我们称之为球面声波。

衡量一个声源的发声能力还可以用声功率来表示，它表示声源在单位时间内向外辐射的总声能。用符号 W 来表示，其单位为 W 。

在声波的传播过程中，某一点的声波强度是指单位时间内，在通过这点并与声波传播方向垂直的单位面积内所通过的声能。用符号 I 表示，其单位为 W/m^2 。

对球面声波，声波强度可用式(1-3)来计算：

$$I = W/S = W/4\pi r^2 \quad (1-3)$$

式中 I 为距离声源 r 处的声强。 W 为声源发出的功率。 r 为测量点到声源的距离。

例如，一讲话者发出的声功率约为 $20\mu W$ ，在离其 $1m$ 的地方的声强为

$$I = W/S = 20 \times 10^{-6} / (4\pi \times 1^2) = 1.592 \times 10^{-6} W/m^2$$

而离其 $2m$ 处的声强为

$$I = W/S = 20 \times 10^{-6} / (4\pi \times 2^2) = 3.978 \times 10^{-7} W/m^2$$

由式(1-3)我们知道，声强与声源发出的功率成正比，与测量点和声源的距离平方成反比。在上例中，当我们将距离增大 1 倍时，其声强为原来的 $1/4$ 。因此，当距离增加时，其声强有较大的衰减。

上述计算方法仅适用于声波自由传播，未遇到任何障碍物的场合。若讲话者在室内讲话，由于受墙壁、家具的影响，声强的计算颇为复杂。

人耳对声波强弱的感受大致上和声强(或声压)的对数成正比例。为适应人耳听觉的这一特性以及计算方便，我们常将两个声波的强度(或声压)之比取对数来表示其声波的强弱，并用 dB 来表示。

例如，一个声波的强度为 I_A 。另一个声波的强度比 I_A 强 1000 倍；则这两个声波的强度差别用 dB 表示为

$$10 \cdot \lg(I_2/I_1) = 10 \cdot \lg(1000I_A/I_A) = 30dB$$

与基准声压相对应，人耳可感受的最低声强为 $10^{-12}W/m^2$ ，我们称其为基准声强，用 I_r 表示。