

图书在版编目(CIP)数据

现代音响工程/孙建京主编. —北京:人民邮电出版社, 2002.3

ISBN 7-115-09923-5

I. 现... II. 孙... III. ①立体声技术②音频设备—基本知识 IV. TN912.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 092736 号

内 容 提 要

本书围绕着音响工程设计这个主题,较全面地介绍了专业音响设备(专业信号源设备、调音台、专业信号处理设备、专业放大器、音箱、专业显示器)的性能、使用和维护方法,重点讲述了音响工程系统的设计、安装和调试以及调音技术的有关知识。通过学习本书,读者可以学到音响工程系统的设计方法,以及作为音响师应该掌握的基本理论知识与技能。

本书可作为高校音响专业和高等职业教育相关专业的教材,也可作为音响技术人员和音响爱好者的技术参考书。

现 代 音 响 工 程

- ◆ 主 编 孙建京
责任编辑 唐素荣
- ◆ 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 010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.25
字数: 636 千字 2002 年 3 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09923-5/TN · 1814

定价: 34.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

目 录

概 述	1
一、音响工程的基石	1
二、音响工程的面向	2
三、音响系统的组成	3
第一章 声学基础	5
第一节 声波	5
一、声波的产生与传播	5
二、频率、声速和波长	7
三、频程	8
四、声波的特性	10
第二节 声波的度量	16
一、声压、声强、声功率	16
二、声压级、声强级和声功率级	18
三、声级的叠加	19
第三节 听觉的主观感受	21
一、响度	21
二、音调	23
三、音色	24
第四节 人耳的听觉特性	25
一、掩蔽效应	25
二、双耳效应	27
三、哈斯效应	27
第五节 室内声学基础	29
一、研究声场的方法	29
二、室内听到的声音	30
三、室内声场的建立和衰减过程	31
四、室内声压级	31
五、混响时间	32
六、房间共振	36
第二章 专业信号源设备	40
第一节 专业传声器	40
一、传声器的种类和技术指标	40
二、常用传声器的原理	45
三、无线传声器	55

四、传声器的选用	58
五、传声器的应用	60
六、常用专业传声器简介	64
第二节 专业激光视盘机	65
一、专业激光视盘机(PRO Laser Vision Disc)	66
二、数字视盘机(DVD)	79
三、小型视盘机(VCD)	88
四、激光视盘机的维护	91
五、激光视盘机轻故障的排除	92
第三节 专业激光唱机	94
一、专业激光唱机的特点	94
二、激光唱机的组成和工作原理	96
三、常见的专业激光唱机	97
四、激光唱片	99
五、激光唱机新技术	101
六、专业激光唱机的选用和维护	103
第四节 专业电唱盘	106
一、专业电唱盘的类型和技术指标	106
二、专业电唱盘的组成	107
三、密纹唱片	110
四、电唱盘的使用和维护	111
第五节 模拟式录音座	113
一、录音座类型	114
二、录音座的主要性能指标	115
三、录音座组成部分	117
四、录音座选用	117
五、录音磁带	118
六、录音座的日常维护	119
第六节 数字录音座	121
一、数字录音座的类型	122
二、数字录音座 R-DAT	122
三、S-DAT	128
四、数字录音座 DCC	130
五、MD	131
第三章 调音台	133
第一节 调音台的功能、分类及技术指标	133
一、调音台的功能	133
二、调音台的分类	134
三、调音台的技术指标	136

第二节 模拟调音台	138
一、调音台的基本结构	138
二、调音台的面板组成	141
三、常见调音台技术性能一览表	150
第三节 DJ 调音台	154
一、DJ 调音台的功能	154
二、DJ 调音台的种类	155
第四节 数字式调音台	155
一、主要特点	156
二、数字调音台原理	156
三、数字调音台面板	159
四、数字调音台后面板说明	164
五、数字调音台内置音频处理器	166
第四章 专业信号处理设备	173
第一节 均衡器	173
一、图示均衡器	173
二、图示均衡器的技术指标	174
三、图示均衡器的工作原理及电路分析	175
四、图示均衡器的使用	177
第二节 效果器	180
一、延时器	180
二、混响器	184
三、延时器和混响器的技术指标	188
第三节 压限器	189
一、压限器的作用	189
二、压限器的工作原理	189
三、压限器的使用	192
四、压限器的技术指标	196
第四节 激励器	197
一、激励器的作用	197
二、激励器的工作原理及电路分析	197
三、激励器的使用	198
四、激励器的技术指标	199
第五节 分频器	200
一、分频器的种类	200
二、功率分频器	200
三、电子分频器	201
第六节 反馈抑制器	205
一、反馈抑制器的作用	205

二、反馈抑制器的工作原理	206
三、反馈抑制器的使用	206
第五章 专业放大器和音箱	209
第一节 专业放大器	209
一、专业放大器的特点	209
二、专业放大器的技术指标	210
三、专业放大器的类型	213
四、专业放大器的基本组成	216
五、专业放大器的选用	218
六、THX 型专业放大器	222
七、专业放大器常见伪故障的排除	222
第二节 专业音箱	223
一、专业音箱的类型和特点	223
二、专业音箱的技术指标	225
三、常用专业音箱的技术特点	226
四、专业音箱的设计和材质	229
五、音箱的分频网络	231
六、专业音箱的选用	234
七、音箱使用	235
第三节 音柱	238
一、音柱的特点	238
二、音柱的指向性	238
三、音柱结构	241
第四节 AV 专业音箱	242
一、AV 音箱的种类	242
二、AV 音箱的特殊要求	243
三、AV 音箱的安装	246
第五节 耳机	248
一、耳机特性	248
二、耳机的种类	248
第六章 专业显示设备	250
第一节 专业显示设备的相关知识	250
一、常用视频知识	250
二、电视制式	256
三、图像压缩技术	258
四、数字电视技术	263
五、高清晰度电视	266
六、卫星电视、有线电视和 VOD 电视	267
第二节 大屏幕电视机	270

一、大屏幕电视机的类型	270
二、几种电视机常用电路	272
三、电视接收天线和馈线	273
四、电视机的新技术	275
五、大屏幕电视机的选用	277
六、大屏幕电视机的维护	280
第三节 大屏幕投影电视	282
一、投影电视机的分类	283
二、投影电视机的主要技术指标	285
三、CRT(三管式)投影电视机	289
四、LCD(液晶)投影电视机	291
五、投影系统选用	293
六、投影电视的新技术	298
七、投影屏幕	300
八、投影电视机的安装与调整	304
九、大屏幕拼接系统	309
第七章 音响系统工程设计	312
第一节 音响系统的设计与选型	312
一、扩声系统设计的条件	312
二、声场总功率的估算	313
三、厅堂声场清晰度的验算	317
四、系统的选型	318
五、设备选型	319
六、管线设计	319
七、音响控制室设计	321
第二节 音箱声场的布局	322
一、音箱声场布局要点	322
二、音箱的声场	323
三、音箱布局	325
第三节 音响工程的计算机仿真	328
一、建声和音响系统智能设计与仿真的必要性	328
二、音响工程智能设计与仿真	329
第八章 专业音响系统的安装与调试	333
第一节 专业音响系统的连接	333
一、阻抗与传输电平	333
二、连接件	335
三、设备连接要求	338
四、接地网络	339
五、供电系统	341

六、音响控制室施工	342
第二节 音响设备的安装与调试	343
一、传声器安装与调试	343
二、音箱系统的安装	346
第三节 音响系统调试	349
一、系统通电	349
二、音响系统的调试	350
三、声反馈抑制	353
第四节 扩声系统的运行和维护	356
一、系统的运行	357
二、故障检修要求	357
三、常用检修方法	358
第九章 厅堂音质设计方案	362
第一节 厅堂音质设计	362
一、音质设计的一般要求	362
二、音质设计步骤	364
第二节 歌舞厅音响系统设计	364
一、歌舞厅分类	364
二、歌舞厅建筑声学的设计要点	365
三、歌厅、卡拉 OK 厅扩声系统行业标准	366
四、歌舞厅的扩声系统实例	367
第三节 电影院音响设计	370
一、电影院的类别和规模	371
二、电影院的声学设计	372
三、电影院观众厅混响及噪声控制	373
四、电影院音响设计实例	374
第四节 报告厅音响设计	376
一、报告厅的声学设计	376
二、报告厅的扩声设计	377
第五节 背景音乐系统设计	381
一、背景音乐系统	381
二、背景音乐系统设计	383
第六节 剧院音响设计	384
一、剧院的音质设计	384
二、剧院扩声设计	385
三、剧院设计举例	386
四、歌剧院音质设计	387
第十章 调音技术	389
第一节 系统的设定	389

一、设备的配接	389
二、开机与关机	391
三、系统的电平设定	391
第二节 拾音与调音	392
一、语言声的拾音与调音	392
二、演唱的拾音与调音	395
三、乐器的拾音与调音	396
四、器乐拾音技术	400
第三节 音质的主观评价	401
附录	404
附录 1 世界主要专业音响厂商一览表	404
附录 2 常用材料吸音系数一览表	406

概 述

什么是音响？是不是只要有声音，只要声音够大就是音响？

以现代的概念来说，音响是一种经过必要修饰处理的，能满足特定环境要求而又达到一定电声指标的声响。并不是有高档的器材就可产生出完美的音响。完美的音响的产生，既来源于众多的音频设备，又产生于音响师的感觉与经验。可以说，音响工程是现代科学技术与艺术的结晶。

随着 21 世纪的到来，一门新的技术——音响技术正在逐渐形成。

音响技术学的领域很广，它几乎触及到人类生活实践的各个方面。而音响工程则是音响技术的一个分支，是一门边缘技术学科。音响工程是紧密结合建筑声学，对于专业音响系统进行设计、安装和调试的电声工程，是建筑声学、电声学和音乐艺术相结合的复合型学科，如图 0-1 所示。它不仅与建筑声学密切相关，同时还与生理、心理、音乐、语言、电子、机械、自动控制、计算机学科等有着密切的关系。因此，音响工程方面的成就都是各学科综合发展的结果。

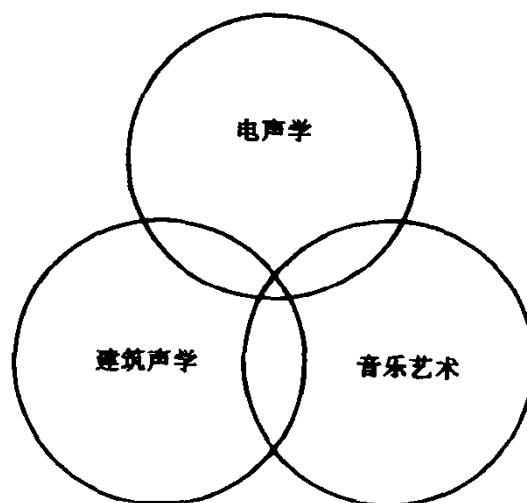


图 0-1 音响工程与其他科学的关系

一、音响工程的基石

音响工程是在建筑声学 and 电声学的基石上建立起来的。

建筑声学是一门古老的学科。从建筑声学的实践活动来说，它可以追溯到公元前希腊、罗马的露天剧场。从当时的舞台设计来看，人们已经意识到自由空间声传播的特性及其对观众听闻的影响；16 世纪中我国建造的天坛回音壁等建筑，巧妙地把声反射的原理运用于纪念性建筑中；18 世纪意大利的歌剧院、维也纳的音乐厅，被音乐界誉为演奏圣地，至今还有很多方面值得借鉴。但当时厅堂设计处于主观推测阶段，还不能从理论上解释室内产生的各种现象，直至 20 世纪初，美国物理学家赛宾 (W.C. Sabine) 对室内混响时间进行研究，并取得了划时代的成果。此后，从几何声学、统计声学 and 波动声学三方面的理论和实验研究，使建筑声学成为一门系统的学科。

电声学是利用电子技术和应用声学的原理，解决可闻声信号的发生、接收、变换、处理、加工、记录、重放及传输等问题的一门边缘性应用学科。电声学是以电子技术，应用声学 and 电声

换能原理为技术支撑,吸收并融合了其他许多相关学科的研究成果而形成的一个独立的学科。

1877 年爱迪生发明了最早的声音记录和重放设备——留声机。它奏响了音响技术蓬勃发展的前奏曲。1904 年 Fleming 发明电子管,1915 年电子管放大器问世使电信号的放大处理得以实现。由于电信号便于控制处理与传输,因此对声音信号的处理便与电结下了不解之缘。可以说自 20 世纪二、三十年代起,音响技术主要是电声技术。1924 年起,唱片的制作开始采用“电气灌注”技术。1927 年美国的卡森发明了钢丝录音机,1935 年德国通用电气公司推出首台磁带录音机;1948 年美国 CBS 公司研制出密纹唱片(LP),1958 年开始有了立体声 LP 唱片。1965 年在荷兰飞利浦公司影响下,各国开始生产盒式磁带录音机。20 世纪 60 年代至 70 年代数字技术开始进入电声领域,80 年代至 90 年代 CD 唱片逐渐成为音乐节目的主要载体。可见,在将近 100 年的发展过程中,音响技术的核心是电声技术。

从上述内容可以看出,建筑声学是音响工程的基础,电声学是音响工程的核心。可以认为:音响工程技术包含了电声学,建筑声学,心理声学及音乐学的部分内容,它强调的是最终产生的音响的听觉感受,它研究的是从声音的产生直至声音产生的听觉感受的全过程。随着科学技术的发展,生活水准的提高。人们对创造良好声环境的要求更加迫切,从而对剧院、会堂、影院和体育馆提出更多的使用要求和更高的听闻条件;对办公楼等建筑则要求有更为舒适、安静的环境。所有这些,使音响工程面临着新的挑战,同时也使它成为控制室内外声环境的一门重要学科。

利用现代高科技能在建筑物内创造出复杂的人工环境,并且在很多方面有时比自然环境更好。比如,可以调节音质条件的厅堂或录音、播音室以及多声道杜比系统的立体声影院等的声学环境,是自然环境所不能比拟的。显然,音响工程师必须与结构、电气、设备、照明、声学等各个专业相结合。对此,就要求音响工程师了解环境控制的内容,以便衡量各专业的建议是否合理,从而有效地把各种适用的意见应用到音响工程设计中去。

二、音响工程的面向

音响系统工程是专业扩声系统在厅堂、场馆中的应用。就室内扩声而言,是通过电声设计去控制和改善厅堂音质;就室外扩声而言,则是通过电声设计去控制室外声场音质。

现代专业音响系统主要面向以下 4 个方面。

1. 厅堂扩声

以现代歌舞厅为代表,包括报告厅、多功能厅的文艺演出扩声和影剧院音响等,这类场所多为综合性的多用途群众娱乐场所。在其营业时间内,噪声比一般室内表演场所大得多,因此,要求音响设备有足够的功率,较高档次的还要求有很好的重放效果,在设计音响系统时,注意供电线路应与灯光系统分开。因为使用乐队,要配置适当的返听设备,以便让演员能听到自己的音响,找准感觉。此外,有些厅堂还要配置相应的视频系统。

2. 室内录音

以监听节目质量为主的录音棚,包括各种录音棚的调音室,电台、电视台的演播监控室,电影电视后期编辑制作的监听室等。应配用高档专业扬声器系统及房间均衡器,放大器的功率要能满足监听室内的声音要求。要利用房间均衡器,尽量使监听室的听音特性平直或达到国家规定的标准。要使监听室的听音环境与节目实际重放的环境接近,才能对节目进行恰当的加工。例如,要为影片配乐,监听特性应与影院相近,这样,在监听室内录制好的音乐才能在影

院中较好地重放。因而,监听室的房间声学调整是一个重要问题。

3. 公共扩音

即公共扩音系统,以广场、商场为代表的公共扩音系统,包括车站、机场、公园等。主要用于语言扩声和背景音乐,因此清晰度是首要问题,在可能的条件下也应注意重放质量。这类系统相对来说要简单一些,主要解决清晰度和声功率问题。

4. 场馆扩音

场馆扩音指大型现场演出为代表的高质量扩音系统,包括体育场馆、广场举行的文艺演出,流行音乐会等。这类系统电声功率少则几万瓦,多的达数十千瓦,在音响器材的使用上有一定特殊性,要使用大功率的音箱系统及放大器,在系统的配接,器材的选用方面有一定的要求,同时还必须注意电力线路的负荷,不能超负荷运行。

三、音响系统的组成

以厅堂扩声为例,完整的音响系统应包括信号源设备、信号传输设备、信号处理设备和音箱声场。扩声音响系统设计的最终目的是要保证声源和音响系统末端——音箱同处于一个声场区域内,使观众能感受到声源的真实存在,达到高保真重放的扩声要求。图 0-2 给出了一个厅堂扩声系统的基本组成框图。

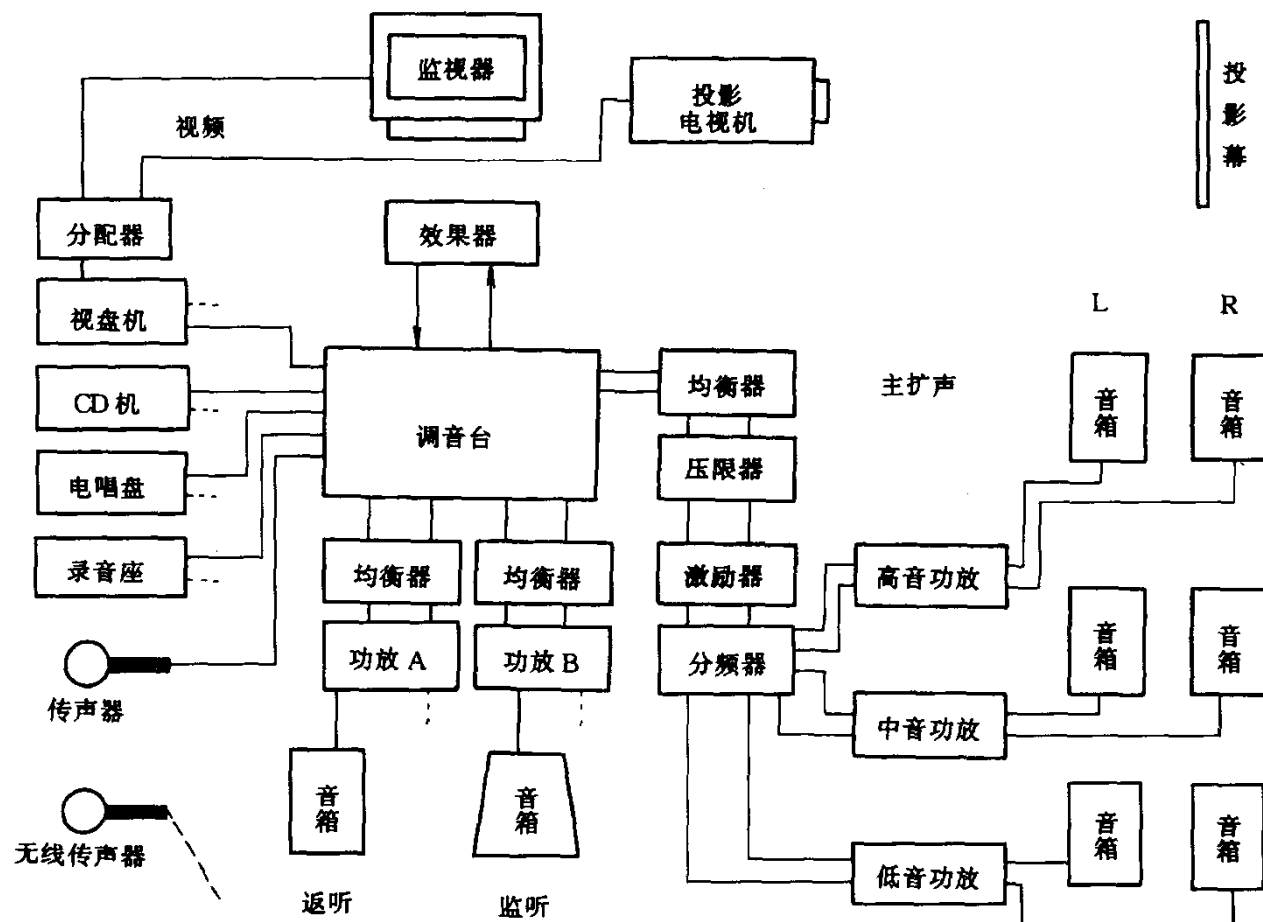


图 0-2 厅堂扩声系统的基本组成框图

从图 0-2 中可以看出,扩声系统是音响设备单元的有机组合。如果把复杂的扩声系统比为一座大厦的话,那么,每件专业音响设备单元就是构成这座大厦的砖石。只有打好砖石的基础,大厦才能牢固。同样,只有掌握好每件专业音响设备的性能,才能掌握音响工程设计的要领。因此,对有志从事音响工程的人员来说,掌握好每种专业音响设备的原理和技术性能,是

未来工作的重点,也是学习本课知识的重点。

一般说来,掌握一个正规厅堂音响工程所涉及的技术,再加上对专业音响器材性能有透彻了解,就基本能够满足上述工程设计的要求。只要能掌握这些知识并在实践中加以运用,就能基本完成厅堂扩声的工程设计。通过不断积累实践经验,就能掌握各类不同场馆音响工程的设计要求,做到熟练运用,游刃有余。

第一章 声学基础

第一节 声 波

一、声波的产生与传播

人们在生活中,经常听到各种各样的声音,像锣鼓声、谈话声、乐曲声、机器声等等。尽管这些声音的具体形式多种多样,但它们具有一个共同的特点,就是都产生于物体的振动。

1. 声波的产生

敲打锣鼓发出声音时,用手轻轻触及发声的锣鼓面,会感到它们在迅速振动,如果用手掌按住锣鼓面不让它振动,声音就立即消失了。又如讲话声来自喉管内声带的振动;扬声器发声来源于纸盆或音膜的振动;机器声来源于机械部件的振动等等。可见,声音的产生首先是有发声体的振动,如果发声体不振动,是不会产生声音的。通常把正在发出声音的振动物体称为声源。所有振动物体都能发出声音,只是由于人耳有一定的听音阈,决定了人有一定的听音范围。图 1-1 所示是产生声波的示意图。

由图 1-1 可见,当外加电信号使扬声器纸盆来回振动(声源振动)时,随之也使它邻近的空气振动起来。当纸盆(发声体)向某个方向振动时,便压缩其临近空气,使这部分空气变密;当纸盆向相反方向振动时,这部分空气就变疏。这样,空气一疏一密地随着纸盆的振动而振动,同时,又使较远的空气作同样的振动。空气这种一疏一密地振动传播的波叫做声波。声波以

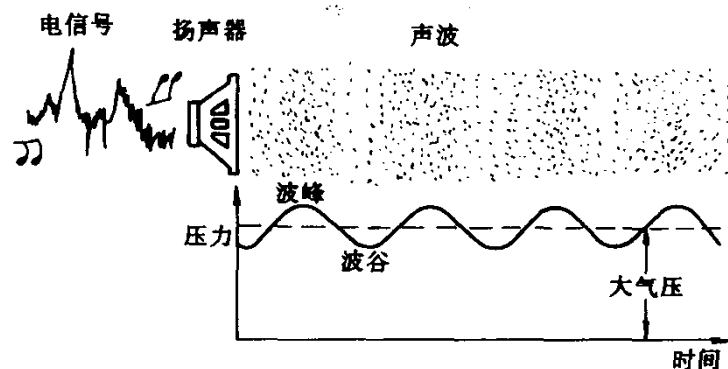


图 1-1 声波的产生

一定的速度向四面八方传播开来,这就形成了波动。当声波传到入耳中时,引起人耳鼓膜发生相应的振动。这种振动通过听觉系统传到听觉神经,经大脑细胞分析、处理后便使人产生了听觉。

由此可见,要听到声音,必须有三个基本条件:第一是存在声源;第二是要有传播过程中的弹性媒质,即传声介质,例如:空气;第三,要通过人耳听觉产生声音的感觉。“假如四周无人,一棵树在森林里倒下会有声音吗?”这是一个古老的问题,但这个问题至今还有其现实意义,因为它把声音的两个方面形象地摆在了人们面前:一方面,声音为空气或其他弹性传声介质中的

波动(听音的前两个条件),另一方面,声音是听觉器官的感觉(听音的第三条件)。其中,第一个方面是从物理角度出发的解释,第二个方面是从心理角度出发的解释。根据人们选取的解释角度的不同,这个古老的问题便可以迎刃而解了。树倒下的时候肯定存在着波动,但若无人 在场,就不会存在感觉。如果对扬声器引起的气流骚动感兴趣,那么就应把声音当作物理问题 来研究;如果想知道周围的人对声音的感觉怎样,就应从心理学的角度去理解。从事声学效果 的处理工作,必须从声音的两个方面来进行研究。

2. 声波的传播

声波的传播可以用水面波作形象的比喻:当一石块投入平静的水中时,水面上便可看到一 圈圈的水波纹,它由波峰和波谷高低起伏交替变化着向外传播,如图 1-2 所示。

假如盯住水波纹的某一个波峰(或波谷),则会看到该波峰(或 波谷)以一定的速度前进,这个速度就是波速。如果将一小块木块 放在这个水面波上,可以看到小木块随着水面波峰、波谷做上下运 动,这说明水面在波动时,水波带有能量。待水面平静下来,木块 仍停留在原来的位置上,并没有随着水面波一同前进,这说明:水 的质点本身并不随着波动前进,而是水波的能量从一部分水的质 子传到临近的另一部分水质子上,并相继传递下去。同样,声波在 空气中传播时,空气分子并不跟随声音一起传播出去,而只是在平 衡位置附近振动。因此,声波的传播,实际上是声波的能量的传 播。声波与水波也有不同:水波的振动方向与传播方向是相垂直的,称这种波为横波;声波的 振动方向与传播方向是一致的,称这种波为纵波。

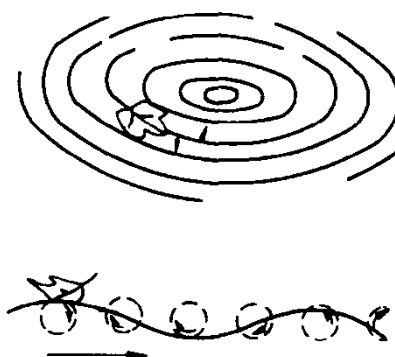


图 1-2 声波的传播

由以上所述可知,振动和波动是互相密切联系的:振动是波动产生的根源,而波动是振动 传播的过程。声音在本质上是一种波动,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。声波存在的空间叫声场。

在某一个时刻,同相位的振动传播到达点的集合称为波前,也称波阵面。波阵面是平面的 波称为平面波,波阵面是球面的波称为球面波。点声源在空气中产生的声波是以球面波形式 传播的,如图 1-3 所示。

声波的传播方向可以用声射线来表示,声射线简称声线。球面波的声线是以波源为中心的 半径,所以球面波是无方向性的。大多数声源是有方向性的,即声波向某一方向辐射得最 强。例如,通过喇叭发声就具有明显的方向性,朝着喇叭口的轴线方向,声音听起来就强一些, 而其他方向就弱一些。因此,利用喇叭的方向性可以将声音传送得很远,如图 1-4 所示。

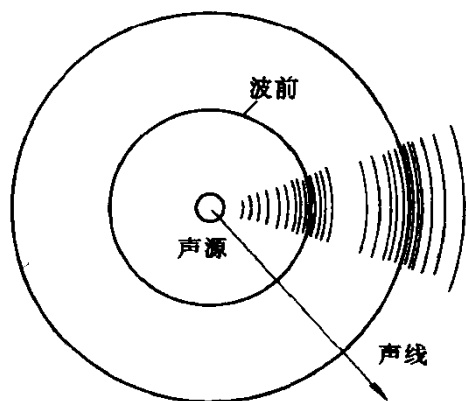


图 1-3 点声源的传播

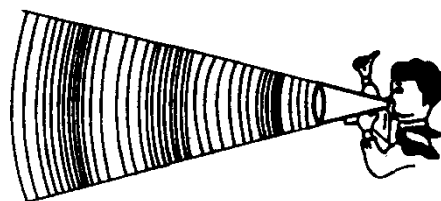


图 1-4 声波的方向性

二、频率、声速和波长

1. 振动

物体在一个位置附近作往返运动称为振动。如一个球在碗底来回滚动、电线中交流电的电子往返运动,声波在两个平面之间来回传递等都是振动。如果每经过一定时间,物体的振动或物理量的振动与开始时完全一样,则该振动称为周期振动。

2. 频率

振动体每秒振动的次数称为频率,用符号 f 表示,频率的单位是赫兹(Hz),简称赫。振动体每秒振动一次时表示为

$$1\text{Hz} = 1 \text{ 次/s}$$

振动体每振动一次,即完成一次往复运动所需要的时间称为周期,用符号 T 表示,单位是周,或 s/次。

频率和周期的关系为

$$f = \frac{1}{T}$$

发声体振动能产生声波,但不是所有的声波都能被人们听见,只有频率在 20 ~ 20000Hz 范围内的声音才能被人听到,该频率范围内的声音称为可闻声。在这个频率范围以外的声波不能引起听觉,频率超过 20000Hz 的称做超声波,频率低于 20Hz 的称做次声波。

发声体每秒振动次数越多,即频率越高,听音者感觉声音的音调越高,一般称之为声音尖锐。反之,频率低的声音音调低,听起来声音低沉。一般把频率为 20 ~ 40Hz 的声音称为超低音,50 ~ 100Hz 的声音称为低音,200 ~ 500Hz 的声音称为中低音,1000 ~ 5000Hz 的声音称为中高音,10000 ~ 20000Hz 的声音称为高音。

对于可闻声频率的上限,不同的人感觉有相当大的差异,而且和声音的声压级也有关系。一般年轻人可以听到约 20kHz,中老年人只能听到 12kHz ~ 16kHz。可闻频率的下限通常认为是 20Hz,人对低于 20Hz 的声波可以感觉到振动,而不会引起听觉。

3. 声速

声波在传声介质中,每秒钟传播的距离称为声波的传播速度,简称声速,用符号 c 表示,单位是米/秒(m/s)。声音在不同的介质中的传播速度是不同的,在标准大气压下,0℃的空气中,声音的速度是 331.4m/s。空气的温度越高,声速越大,温度每增加 1℃,声速增加 0.607m/s。如 15℃时空气中的声速等于 $331.4 + 15 \times 0.607 = 340.505(\text{m/s})$ 。声音在固体中传播的速度最快,其次是液体,再次是气体。如在水中一般是 1450 m/s;在钢铁中约为 5000 m/s,所以将耳朵贴近铁轨,能听到较远处开动着的火车声。由此可见,声速决定于传声介质的性质,而与声源频率及强度无关。一般计算中,空气中取声速 $c = 340\text{m/s}$ 。

4. 波长

物体或空气分子每完成一次往复运动或疏密相间的运动所经过的距离称为波长,用符号 λ 表示,单位是米。在一定的传声介质中,波长是由声波的频率决定的,频率高,波长短;频率低,波长长。例如,在常温的空气中,当频率为 125 Hz 时,波长约为 2.72m;当频率为 500 Hz 时,波长约为 0.68m;当频率为 2000Hz 时,波长只有 0.17m 左右。

表 1-1 中列出了频率、波长和音调之间的对应关系。

表 1-1

频率、波长和音调对照表

频率(Hz)	波长(m)	音域分段
20	17.20	超低音
40	8.60	
50	6.88	低音
100	3.44	
200	1.72	中低音
400	0.86	
500	0.688	
1000	0.344	中高音
5000	0.0688	
10000	0.0344	高音
20000	0.0172	

根据频率、波长和声速的定义,三者之间有如下关系

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

例:常温下(15℃),在空气中声波频率为 100 Hz 时,波长为 $\lambda = c/f = 340/100 = 3.4\text{m}$;在水中声波频率为 100 Hz 时,波长则为 $\lambda = c/f = 1450/100 = 14.5\text{m}$ 。

三、频段

人耳可以听到的频率范围约为 20Hz ~ 20kHz。在声学测量中,不可能测量这个范围中的每一个频率,而总是在某一频率区间取特定值进行测量。这个频率区间称为频带。频带由上限频率 f_2 和下限频率 f_1 确定, f_1 、 f_2 又称为截止频率。 f_1 、 f_2 的间隔可以用频率比或以 2 为底的对数表示,称为频段。若一个频带中,上限频率为下限频率的两倍,即 $f_2 = 2f_1$,则称其频带宽为倍频带或倍频段。如果测量精度要求高,频带可以窄些,例如,在图示均衡器上常用到 1/3 倍频段、2/3 倍频段;在声学测量中常用到 1/6 倍频段。

上限和下限截止频率的一般关系为

$$f_2 = 2^n f_1$$

式中: n 为倍频段的系数,或称倍频段数,它可以是分数或整数。例如: $n = 1/3$ 即指 1/3 倍频段; $n = 1$ 即指倍频段。

由上式可得

$$n = \log_2 \frac{f_2}{f_1} = 3.32 \lg \frac{f_2}{f_1}$$

可见,按倍频段均匀划分频率区间时,相当于将频率按对数关系加以标度。频带的中心频率 f_c 是上、下截止频率的几何平均,即

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2}$$

相应于某一中心频率的上、下限截止频率为

$$f_2 = 2^{\frac{n}{2}} f_c$$