



普通高等教育土建类专业『十一五』规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑设备与环境控制

建筑设计技术专业适用

本教材编审委员会组织编写
周晓萱 主编

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业『十一五』规划教材

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑设备与环境控制

本教材编审委员会组织编写

(建筑设计技术专业适用)

季翔 马松雯 周晓萱

主审 主编

中国建筑工业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

建筑设备与环境控制/本教材编审委员会组织编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 建筑设计技术专业适用

ISBN 978 - 7 - 112 - 09819 - 4

I. 建... II. 本... III. ①房屋建筑设备 - 高等学校: 技术学校 - 教材
②建筑工程 - 环境控制 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TU8 TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 004876 号

本书讲述了建筑声学基本知识、吸声材料和隔声材料、噪声控制、室内音质控制、建筑热环境、建筑围护结构的传热知识、建筑保温设计、围护结构的防潮设计、建筑防热、光与视觉、光与光源、照度的计算、建筑电气系统、安全用电及建筑防雷、自动控制设备在建筑中的应用、室内给水系统、室内排水工程、室内采暖与热水供应、通风与空调等内容。

本书适用于高职高专建筑设计专业的所有学生教师, 以及相关专业的学生, 同时也可以作为相关人员的培训教材。

责任编辑: 朱首明 杨 虹

责任设计: 董建平

责任校对: 刘 钰 兰曼利

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑设备与环境控制

(建筑设计技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

周晓萱 主编

马松雯 主审

季 翔

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 30½ 字数: 680 千字

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 48.00 元

ISBN 978 - 7 - 112 - 09819 - 4

(16523)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序 言

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会是建设部受教育部委托,由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是,研究如何适应建设事业发展的需要设置高等职业教育专业,明确建设类高等职业教育人才的培养标准和规格,构建理论与实践紧密结合的教学内容体系,构筑“校企合作、产学结合”的人才培养模式,为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下,自成立以来,全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会的工作取得了多项成果,编制了建筑类高职高专教育指导性专业目录;在重点专业的专业定位、人才培养方案、教学内容体系、主干课程内容等方面取得了共识;制定了“建筑装饰技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲;制定了教材编审原则;启动了建设类高等职业教育建筑类专业人才培养模式的研究工作。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会指导的专业有建筑设计技术、室内设计技术、建筑装饰工程技术、园林工程技术、中国古建筑工程技术、环境艺术设计等6个专业。为了满足上述专业的教学需要,我们在调查研究的基础上制定了这些专业的教育标准和培养方案,根据培养方案认真组织了教学与实践经验丰富的教授和专家编制了主干课程的教学大纲,然后根据教学大纲编审了本套教材。

本套教材是在高等职业教育有关改革精神指导下,以社会需求为导向,以培养实用为主、技能为本的应用型人才为出发点,根据目前各专业毕业生的岗位走向、生源状况等实际情况,由理论知识扎实、实践能力强的双师型教师和专家编写的。因此,本套教材体现了高等职业教育适应性、实用性强的特点,具有内容新、通俗易懂、紧密结合实际、符合高职学生学习规律的特色。我们希望通过这套教材的使用,进一步提高教学质量,更好地为社会培养具有解决工作中实际问题的有用人才打下基础。也为今后推出更多更好的具有高职教育特色的教材探索一条新的路子,使我国的高职教育办的更加规范和有效。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑类专业指导分委员会

2007年6月

前 言

建筑设备与环境控制一书是高等职业技术学院建筑设计及装饰专业的专业基础教课书,本书将声学、热学、光学、电学、给水排水、采暖、通风、空调技术融会贯通于建筑设备与环境控制技术之中,通过基础理论的论述和实例的介绍,使学生能够真正掌握建筑设备与建筑的关系。

从学科的角度看,建筑设备与环境控制是一门综合性的学科,如果说数学、物理学、化学等是它的基础学科,那么建筑学、声学、热学、美学、心理学、生理学则是它的边缘学科,由于建筑设备与环境控制又是一门应用性学科,具有极强的实践性,所以又与施工、建筑装饰技术、建筑安装技术、建筑给水、排水、采暖、通风等专业密切相关,也可以说建筑设备与环境控制是一门新兴的应用性综合学科。

随着社会经济的不断发展和人民生活水平的不断提高,人们对居住环境的要求也从满足生活需求,到追求安全、适用、经济、时尚。目前我国的建筑设计正向着新材料、新设备、新能源及建筑工业化施工的方向发展。所以作为一名专业设计人员,常具有扎实的基础理论和实践能力,才能适应现代化进程的需要。

本书共分19章,第1章~第4章由黑龙江建筑职业技术学院马龙编写;第5章~第9章由黑龙江建筑职业技术学院王楠编写,第10章~第15章由黑龙江建筑职业技术学院周晓萱、张植莉编写,第16章~第19章由徐州建筑职业技术学院程鹏、陈宏振编写,第13章装饰照明设计实例中电照平面图由哈尔滨师范大学艺术学院环艺系学生董晏欣设计。指导教师周晓萱。第16章~第19章的插图由北京选择建筑设计咨询有限公司胡延珍、北京鼎盛时代投资有限公司威海波、北京清尚环艺建筑设计院有限公司王莹修绘完成。本书主编周晓萱、副主编张植莉,主审季翔、马松雯。参审程梅。

本书在编写过程中得到了张鸿勋、付静及哈尔滨医科大学眼科医院吕冰洁等同志的指导和帮助,在此深表谢意。

由于水平有限,在编写过程中难免出现错误或不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第1章 建筑声学基本知识	1
1.1 声音的产生	2
1.2 声音的传播	3
1.3 声音的计量和人的听觉特性	7
复习思考题	11
第2章 吸声材料和隔声材料	12
2.1 吸声材料与隔声材料的基本概念及区别	14
2.2 吸声材料与吸声结构的作用及类型	15
2.3 隔声材料及设备减振	20
复习思考题	23
第3章 噪声控制	25
3.1 噪声源的种类及危害	26
3.2 噪声评价标准及噪声级	28
3.3 噪声的允许标准	28
3.4 城市的噪声控制	30
复习思考题	33
第4章 室内音质设计	34
4.1 室内声学原理	36
4.2 室内音质评价标准	39
4.3 房间容积的确定	41
4.4 房间的体形设计	43
4.5 室内混响设计	49
4.6 室内电声设计	50
4.7 各类厅堂的音质设计	53
复习思考题	58
第5章 建筑热环境	59
5.1 建筑中的传热现象	60
5.2 湿空气物理性质	62
5.3 室内热环境	64
5.4 室外热环境	68
复习思考题	71

第6章	建筑围护结构的传热知识	72
6.1	传热的基本方式	74
6.2	围护结构的稳定传热	80
6.3	周期不稳定传热	88
6.4	建筑材料的热物理性能	95
	复习思考题	98
第7章	建筑保温设计	100
7.1	建筑保温设计的原则	102
7.2	建筑主体部分保温设计	103
7.3	传热异常部位的保温设计	113
	复习思考题	120
第8章	围护结构的防潮设计	121
8.1	围护结构的水蒸气渗透	122
8.2	围护结构内部的冷凝受潮检验	123
8.3	围护结构的防潮措施	128
	复习思考题	132
第9章	建筑防热	133
9.1	建筑的防热途径	134
9.2	围护结构隔热设计要求	135
9.3	建筑围护结构的隔热措施	141
	复习思考题	145
第10章	光与视觉	146
10.1	光的本性	148
10.2	光的基本度量单位	152
10.3	室内的自然采光	155
	复习思考题	165
第11章	电光源	166
11.1	电光源的分类及主要技术指标	168
11.2	常用电光源	173
11.3	照明器的特性及分类	185
	复习思考题	192
第12章	照度的计算	193
12.1	一般照明的平均照度计算	194
12.2	常用装饰照明照度的计算	197
	复习思考题	215

第13章 建筑电气系统	216
13.1 建筑供电系统的组成	218
13.2 建筑供电系统设备的选择	221
13.3 照明电器装置的安装	231
13.4 建筑装饰照明的设计	252
复习思考题	254
第14章 安全用电及建筑防雷	255
14.1 安全用电基础知识	256
14.2 触电的形式及防触电和触电急救措施	262
14.3 建筑防雷	264
复习思考题	270
第15章 自动控制设备在建筑中的应用	271
15.1 自动给水设备	272
15.2 电梯设备	278
15.3 消防设备	286
15.4 门禁系统	293
复习思考题	298
第16章 室内给水系统	299
16.1 室内给水工程系统	300
16.2 建筑室内消防给水	323
复习思考题	338
第17章 室内排水工程	339
17.1 建筑室内排水系统的分类、体制和组成	340
17.2 室内排水管材(件)、附件及卫生器具	341
17.3 室内排水管道的布置与敷设	353
17.4 排水通气管系统	355
17.5 室内排水管道系统的水力计算	358
17.6 屋面雨水排水	363
复习思考题	366
第18章 室内采暖与热水供应	367
18.1 热水供暖系统	368
18.2 蒸汽供暖系统	372
18.3 供暖系统的管路布置	376
18.4 供暖系统的散热设备	378
18.5 供热计量收费	380

18.6 室内燃气供应	382
18.7 建筑室内热水供应系统	383
复习思考题	392
第 19 章 通风与空调	393
19.1 建筑通风概述	394
19.2 全面通风量的确定	397
19.3 自然通风	399
19.4 通风系统的主要设备和构件	401
19.5 建筑物的防火排烟	406
19.6 空气调节概述	407
19.7 空气调节方式和设备的组成	410
19.8 空气处理及设备	415
19.9 空调房间的气流组织	422
19.10 空气调节系统与建筑的配合	426
19.11 蒸汽压缩式制冷循环的基本原理	427
19.12 空调冷源系统	431
复习思考题	435
附录	436
参考文献	476

基本知识

第1章 建筑声学基本知识

我们生活在一个充满声音的世界里。有些声音来源于大自然，如阴雨天的雷声、雨水拍打地面的声音或者树林中的阵阵风声；有些声音则是生物有目的发出的，如狮子、老虎的吼叫、鸟儿的鸣叫、猫、狗的低吠以及我们人类的交谈；还有一些是污染环境的噪声，如机器的轰鸣声、汽车尖锐的喇叭声、市场里人们熙熙攘攘的嘈杂声。

声音无处不在，时时刻刻影响着我们的日常生活，因此如何合理有效地控制它、运用它就显得尤为重要。而建筑声学正是一门研究建筑中声学环境的科学。它主要研究室内音质和建筑环境的噪声控制。

本篇主要介绍声学的基本知识、吸声材料和隔声材料、噪声控制以及室内音质设计。

1.1 声音的产生

1.1.1 声音的来源

声音来源于振动。昆虫飞行时的“嗡嗡”声来自于它们翅膀的振动，人们说话的声音来自于声带的振动，摇滚乐里充满刺激性的声音则来自于各种琴弦乐器在受到敲击、拨动时所产生的振动，我们每时每刻听到的声音都是由振动产生的。

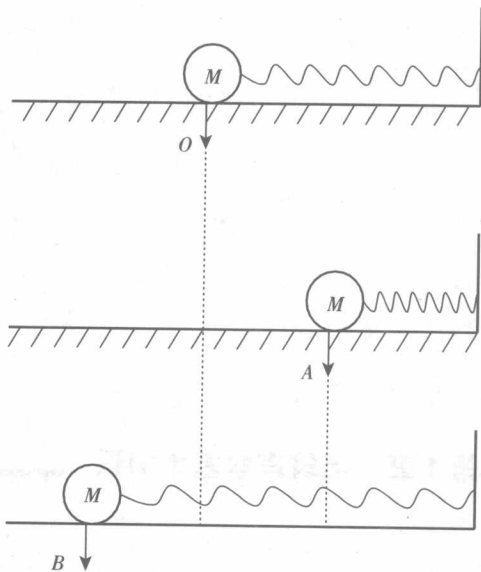
1.1.2 振动及其产生过程

振动的形式多种多样，这里仅就最简单的振动形式——简谐振动作一下介绍。在现实生活中，大多数声源的振动都属于简谐振动。

把质量为 M 的小球放置在光滑的水平面上，小球一端固定在弹簧上，弹簧的另一端固定在墙壁上。如图 1-1，假定一切接触面都无摩擦，弹簧质量可忽略不计，系统无能量损耗。设小球静止时的位置为 O 点，小球在外力的作用下被推至 A 点。当撤去外力时，小球在弹簧弹力的作用下开始由 A 点运动，经过 O 点瞬间弹簧恢复原长，小球在惯性作用下继续运动到 B 点；在 B 点弹簧被拉到最长，小球受到弹簧拉力的作用再次经过 O 点，最终回到 A 点，之后小球不停地重复着这样的运动过程。对于这样的运动我们称之为往复运动，即简谐振动。

简谐振动具有周期性，在图 1-1 中，小球由 A 点开始，经过 O 点到达 B 点，再次经过 O 点最终回到 A 点的这样一个过程称为一次全振动，小球完成一次全振动所用的时间称为周期 T ，国际单位用秒（s）表示；在单位时间内完成的振动次数称为频率 f ，国际单位用赫兹（Hz）表示，它们都是表示振动快慢的物理量，并且周

图 1-1 简谐振动系统模型



期和频率互成反比，用公式 (1-1) 表示为：

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

而小球所能离开平衡位置 O 的最大距离 OA 、 OB 称为振幅。在简谐振动中虽然振幅会随着时间的变化以及系统的能量损耗而变化，但振子（小球）的振动频率却始终不变，可见振子的频率只与系统本身的性质如弹簧劲度系数及振子质量有关，与振幅的大小无关，因此又称简谐振动的频率为简谐振动系统的固有频率，如式 (1-2) 所示。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \tag{1-2}$$

式中 f_0 ——系统固有频率 (Hz)；

K ——弹簧劲度系数，不同种类弹性物体系数不同；

M ——物块质量 (kg)。

从上面我们可以看出，声音就是像小球这样来回振动所形成的一种现象，并且如所有的简谐振动一样，每个声音、声源都有它自己固有的频率。

1.2 声音的传播

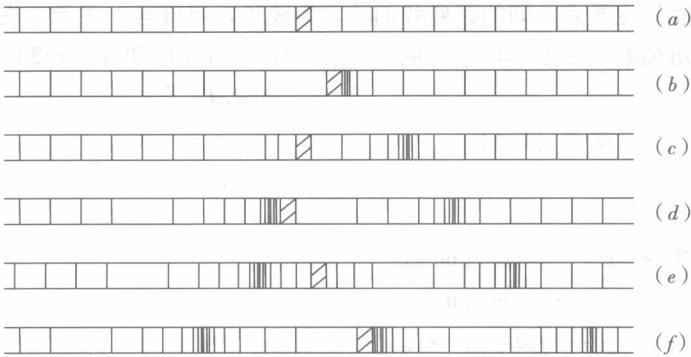
1.2.1 声波

声音的传播是能量在介质中的不断传递。无论任何声音它的传播都需要一定的物质作为媒介才能够达到能量的传递，真空是不能传递声音的；如声音在空气中的传播，空气就是介质。介质以气体、液体、固体三种形式存在。

为了形象地描述出振动在空气中的传播过程，以活塞振动系统为例。假设在一根无限长的圆管内，放置一个和圆管内径相同的活塞，设系统无摩擦、无能量损耗，现对活塞施加外力使其发生振动，并分析活塞两侧空气质点面的运动状况。

如图 1-2 所示，活塞初始静止，两边空气质点呈均匀分布，图 1-2 (a)，当其受外力作用向右离开静止位置一段距离后，紧靠活塞右面的空气质点被推挤压缩而变得密集，同时具有一定的势能和动能，图 1-2 (b)。紧接着由于受力不均并且自身存在动能和势能，密集空气质点开始挤压邻近空气质点层，使其变得密集；由于质点间的弹性碰撞，动能也随之传递出去，图 1-2 (c)。这样，邻近质点的运动又不断向更远的质点传播，密集的状态也随之逐层依次向右传播，以致离开振源较远的质点也相继运动，图 1-2 [(d)、(e)]。同理，紧靠活塞左侧的空气质点由于活塞的向右运动而变

图 1-2 活塞振动系统模型



得稀疏，而这一稀疏层也如同右侧的密集层一样逐层依次向左传播。从图 1-2 (f) 可以看出当活塞完成一次全振动再次向右振动的时候，第一次推挤所形成的密集层仍然存在，并且继续向更远处传播，而在它后面由于活塞的再次推挤，第二个密集层已经形成。这样随着活塞的不断来回运动，它的两侧就相继形成疏密相间的质点层，并不断向远处传播，这就是声波。

需要特别注意的是，空气质点只是在自己的平衡位置附近不停地做受迫振动而并没有随着疏密波的传播向远处移动，移动的只是疏密波这种振动形式。

1.2.2 声速

声音在温度或材质不同的介质中传播的速度各不相同。气体中声速每秒约数百米，随温度升高而增大，0℃ 时空气中声速为 331.4 m/s，15℃ 时为 340 m/s，温度每升高 1℃，声速约增加 0.6 m/s。通常，固体介质中声速最大，液体介质中的声速较小，气体介质中的声速最小（表 1-1）。

声音在部分介质中的传播速度 表 1-1

介质	声音传播速度	介质	声音传播速度
空气（15℃）	340m/s	海水（25℃）	1531m/s
空气（25℃）	346m/s	铜（棒）	3750m/s
软木	500m/s	大理石	3810m/s
煤油（25℃）	1324m/s	铝（棒）	5000m/s
蒸馏水（25℃）	1497m/s	铁（棒）	5200m/s

在建筑物理中我们主要研究的是声音在空气中的各种传播现象，所以我们用 c 来表示声音在常温空气中的传播速度。

$$c = 340\text{m/s}$$

1.2.3 声音的周期、频率、波长及波阵面

在简谐振动系统中我们知道了周期与频率的概念。在传播路径上，两相邻同相位质点之间的距离我们称之为波长，用符号 λ 表示。在建筑物理中我们常用频率 f 来表示声音特性。因此，由式（1-1）和式（1-3）

$$\lambda = cT \tag{1-3}$$

可得式（1-4）

$$f = \frac{c}{\lambda} \tag{1-4}$$

式中 c ——声速（m/s）；
 λ ——波长（m）；
 f ——频率（Hz）。

人耳能感觉到的声波频率范围大概在 $20 \sim 20000\text{Hz}$ 之间, 低于 20Hz 的声波称之为次声波, 高于 20000Hz 的声波称之为超声波。次声波和超声波虽然不能被人耳感觉到, 但都确实存在而且和我们的生活密切相关。

次声波又叫亚声波, 因其频率和人体的主要器官固有频率十分接近, 并且具有很强的穿透力, 当其作用于人体时容易和人体内的脏器产生共振从而对人体造成创伤, 常以次声武器的形式应用于军事领域。

超声波有两个主要特点:

(1) 具有较好的定向性, 多用于超声定位, 如探测水中物体、工件内部的缺陷、人体的病变测知, 如 B 超。

(2) 频率高、携带能量较大并且集中, 可以用来切削、焊接、钻孔、清洗机件, 还可以用来处理植物种子和促进化学反应。

$20 \sim 20000\text{Hz}$ 是所有人的平均听觉范围, 建筑物理正是研究该范围的频率对建筑设计的影响。但每个人的听觉限度是不同的, 尤其以年龄不同而差异显著。如小孩最高可以听到 $30000 \sim 40000\text{Hz}$ 的声音。随着年龄的增长, 能听到的最高频率也降低, 50 岁左右的老年人最高只能听见 13000Hz 的声音, 而年逾花甲的老年人一般只能听到 $1000 \sim 4000\text{Hz}$ 的声音。所以, 小孩听来非常热闹的世界, 老年人却觉得是沉寂的。我们人耳区别两个不同频率的声音的能力也是有限的。频率很接近的音, 如 1000Hz 和 1001Hz 的两个音, 我们听不出它们有什么不同, 只有频率为 1000Hz 和 1003Hz 的两个音, 它们相差 3Hz 时, 我们才能分辨出它们的高低来。对高频声音, 听觉的分辨能力就更弱。

在同一均匀介质中从声源发出的声波, 在某一时刻其波动所达到的各质点振动相同, 将这些点联结起来所形成的轨迹我们称之为波阵面。波阵面为平面的称为平面波, 波阵面为球面的称为球面波。

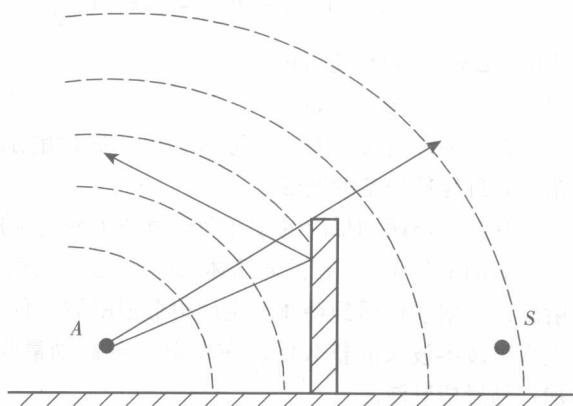
声源种类: 根据发声物体的尺寸大小不同我们将声源大致分为点声源、线声源、面声源 3 种。而它们所形成的波阵面分别是球面波、柱面波以及平面波。

1.2.4 声音的反射和绕射

当声波在传播过程中遇到障碍物时通常会发生两种现象, 那就是反射和绕射。

如图 1-3 所示, 由声源 A 点发出的声波遇到障碍物后一部分发生反射, 其反射规律严格遵守反射定律。还有一部分声音直接越过障碍物向远处传播; 但是与光的传播不同, 在障碍物后面的 S 点, 假如站一人, 他也能听到声音, 从图中我们可以看出从声源 A 发出的声音并没有办法直接传播到 S , 那么声音是怎么传到 S 点的呢? 从图中我们还可以发现, 虚线代

图 1-3 声音的反射和绕射示意图



表着点声源 A 所发出的球面波，球面波的传递并没完全受到障碍物的阻隔而是绕过障碍物并在其背后继续传播，这种声波的传播现象我们称之为绕射。

在现实生活中绕射现象主要还体现在小孔和大孔对声波的传播影响。

在图 1-4 中当孔的直径 $d \leq \lambda$ 时，小孔处的质点可近似看作一个集中的新波源，此时绕射后所形成的波性质发生变化，频率、周期等都不再与入射波相等。

在图 1-5 中当孔的直径 $d \geq \lambda$ 时，声波在大孔附近形成非常复杂的波阵面，并不停向外传播，距离大孔越远，出射波的波形越趋近于入射波的波形。

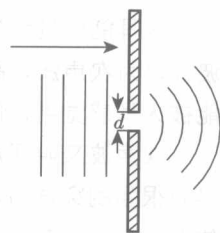


图 1-4 声波遇到小孔的传播现象

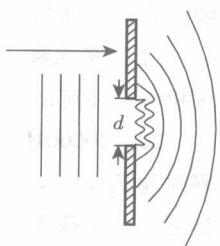


图 1-5 声波遇到大孔的传播现象

1.2.5 声音的干涉和驻波

在相同介质中传播的两列声波，当它们在某个区域内相遇后，仍然各自保持原有的特性，如频率、传播方向等，并继续传播不受彼此影响。但是在相遇区域里，质点同时参与了两列波的振动，形成两列波的合振动，这就是波的叠加原理。

干涉：两个完全相同的声源所发出的波，当它们相遇叠加时，在波重叠的区域内某些点处，有些区域振动始终加强，而还有一些区域振动却始终减弱甚至相互抵消，这种现象就称之为波的干涉。

如图 1-6 所示：从波源 O 发出的波同时到达 O_1 、 O_2 ，由孔 O_1 、 O_2 又形成两个完全相同的新声源，它们发出的波具有相同的振幅、波长、频率等，在它们叠加的区域内发生干涉。从两个新波源 O_1 、 O_2 发出的波分别到达干涉区内某点 (A 点或 B 点) 的距离差称作波程差，记作 ΔS 。当 ΔS 的值为零或半波长的偶数倍时，两列波的振动同相位，合振动最强，振幅最大，振动加强，如式 (1-5) 所示；当 ΔS 的值为半波长的奇数倍时，两列波的振动相位相反，彼此相互抵消，合振动最弱，振幅最小，振动减弱。

$$\Delta S = |AO_1 - AO_2| = 2n \left(\frac{\lambda}{2} \right) \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1-5)$$

$$\Delta S = |BO_1 - BO_2| = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1-6)$$

式中 ΔS ——波程差 (m)；

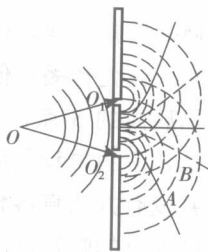
λ ——波长 (m)。

在干涉图 (图 1-6) 中可以看出，振动的加强区和减弱区彼此间间隔分布，并且呈现稳定的波形。

驻波：当两列相同的波在同一直线上相向传播时，叠加后产生的波。

如图 1-7 所示，在两面墙体之间，设一点声源，对墙发出声波，称之为入射波；入射波传播到墙体发生反射形成的波，称之为反射波；当墙体间距 L 等于入射波半波长的整数倍，在反射面合振动最强，且两列波在同一直线上叠加，则形成驻波。

图 1-6 声波的干涉



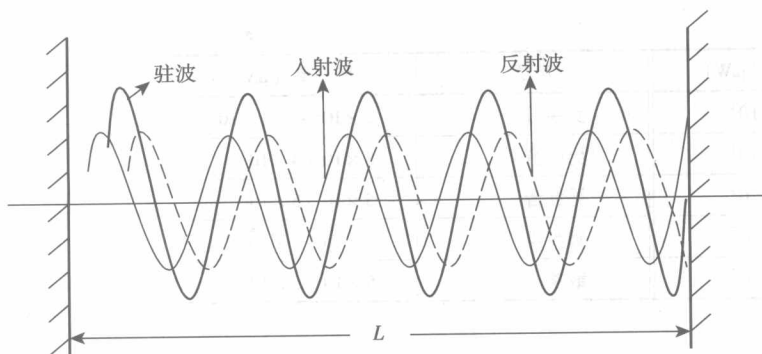


图 1-7 驻波的产生

驻波特点：发生驻波时，无论任何时刻、无论两列波如何传播，其叠加形成的驻波波形不动，不发生传播。

$$\begin{aligned}
 L &= n \frac{\lambda}{2} \\
 \Rightarrow \lambda &= \frac{2L}{n} \\
 \Rightarrow f &= \frac{c}{\lambda} = \frac{nc}{2L} \quad (1-7)
 \end{aligned}$$

1.3 声音的计量和人的听觉特性

人们对声音的感受并不能单纯用频率、振幅、波长这类物理量来表示。针对声音的能量特性常用声功率级、声压级、声强级来衡量。

1.3.1 声功率、声压、声强

声功率：是指声源在单位时间内向外辐射的声能，记为 W ，单位为瓦 (W) 或微瓦 (μW)。需要注意的是，电声喇叭、扩音器、麦克风等电声仪器属于模拟电信号，不属于声功率的范畴。此外，声功率一般指在全部可听频率范围所辐射的功率，或者在某个指定有限频率范围所辐射的声功率，在涉及具体实例时需要注意频率范围。

在建筑声学里，声源的声功率通常可以看作声源本身的一种特性，不随外在条件改变而变化 (表 1-2)。

不同声源的声功率

表 1-2

声源	声功率 (μW)	声源	声功率 (μW)
钢琴	4.0×10^3	语音 (男)	2×10^3
小提琴	1.8×10	语音 (女)	4×10^3
大提琴	1.8×10	女高音	$10^3 \sim 2 \times 10^5$

续表

声源	声功率 (μW)	声源	声功率 (μW)
单簧管	5.0×10^4	女中音	$2 \times 10^2 \sim 1.1 \times 10^3$
长笛	5.0×10^4	男中音	$8 \times 10 \sim 4 \times 10^4$
小号	3.0×10^5	男低音	$5 \times 10 \sim 5 \times 10^3$
定音鼓	3.0×10^5	脚步声	$5 \times 10 \sim 5 \times 10^3$
管风琴	1.3×10^7	鼓掌	$5 \times 10 \sim 5 \times 10^3$

声强：在单位时间里，在垂直于声波传播方向的单位面积上所通过的声能，称之为声强，记作 I ，单位是 W/m^2 ，如式 (1-8) 所示。

$$I = \frac{W}{S} \quad (1-8)$$

式中 I ——声强 (W/m^2)；

W ——声功率 (W)；

S ——声能通过的面积 (m^2)。

在理想条件下的空间声场中，点声源发出的球面波均匀地向四周辐射声能。因此有式 (1-9)。

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (1-9)$$

该式表示距离点声源 r 的球面上的声强，声强的大小 I 与距离（球体半径） r 的平方成反比（图 1-8）；而对于平面波，由于声场内各声线互相平行，既不离散也不汇聚，所以无论通过多远的波阵面声强始终不变，与距离远近无关（图 1-9）。

声压：在某瞬间介质中的压强相对于无声波时压强的改变量。因为是压强的改变量，所以符号就是压强符号 p ，单位牛顿/平方米 (N/m^2)。每一个瞬间的声压叫瞬时声压，某段时间内瞬时声压的平均值称为有效声压，以均方根形式表示，而声学里研究的多是正弦波，正弦波的有效声压为瞬时声压最大值 ($P_{\max}$) 除以 $\sqrt{2}$ ，则有 $P = \frac{P_{\max}}{\sqrt{2}}$ 。需要注意，通常声压未加特别说明，都指有效声压。

在自由声场中，某处的声强与该处声压的平方成正比，与介质密度和声速两者的乘积成反比，如式 (1-10) 所示。

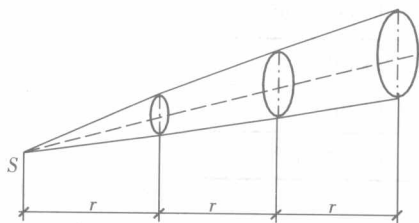


图 1-8 点声源声强与距离的关系 (左)

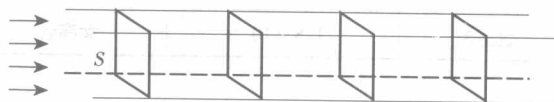


图 1-9 面声源声强与距离的关系 (右)