

任连海 主编 田媛 齐运全 副主编

# 环境物理性污染 控制工程

HUANJIING  
WULIXING WURAN  
KONGZHI GONGCHENG



化学工业出版社

任连海 主编 田媛 齐运全 副主编

# 环境物理性污染 控制工程

HUANJIANG  
WULIXING WURAN  
KONGZHI GONGCHENG



化学工业出版社

·北京·

随着人类改造自然的能力与手段的日益先进和人类生活环境的日益改善,人类所暴露的环境也发生了很大变化。环境污染日益严重,污染防治问题越来越受到人们的重视,人们开始采用各种技术手段控制污染以拯救自己。除了水污染、大气污染、固体污染之外,物理性污染也越来越突出。物理性污染包括噪声、振动、电磁辐射、放射性、热、光等要素的污染。

本书共分8章,详细论述了与人类生活密切相关的噪声污染、振动污染、放射性污染、电磁污染、热污染、光污染等物理性污染的基本概念、原理;阐明这些物理性污染对人体健康和环境的危害和影响;简要介绍了各种物理性污染的控制和防范措施,污染物在大气、水、土壤中的迁移转化规律,以及人们对物理性污染利用的最新科研动态,为改善人类生活环境、创建和谐社会提供理论基础。

本书可作为高等院校环境科学、环境工程、环境监测、环境规划与管理、环境监理、市政工程等专业的研究生、本科生及专科生教材,也可作为从事环境保护工作的专业技术人员和科研人员获得相关知识的参考书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

环境物理性污染控制工程/任连海主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-122-01770-3

I. 环… II. 任… III. 环境污染 IV. X12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 203150 号

责任编辑: 刘兴春

文字编辑: 向东

责任校对: 郑捷

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数300千字 2008年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

## 《环境物理性污染控制工程》编写人员

主 编：任连海

副 主 编：田 媛 齐运全

编写人员：钱 枫 刘建国 崔莉凤 金宜英

孟 潇 韩 涛 岳东北 董黎明

孙玉广 刘 兵 张相锋 许艳梅

王 迪

# 前 言

20世纪以来,许多国家相继走上了以工业化为主要特征的发展道路。随着社会生产力的极大提高和经济规模的不断扩大,人类前所未有的巨大物质财富加速了世界文明的演化进程。但是,人类在创造辉煌的现代工业文明的同时,其赖以生存和发展的环境和资源遭到越来越严重的破坏,人类已不同程度地尝到了环境破坏的苦果。除了废水、废气和废渣的严重污染之外,嘈杂的环境、温室效应、城市热岛效应、眩光、电磁波、放射性等物理性污染也已成为影响和干扰人类生活、工作和学习的重要因素。

保证人类健康,净化生存环境,必须对物理性污染进行控制和治理。但是,长期以来,物理性污染没有得到人们应有的重视,相关资料相对缺乏。本书较系统地介绍了噪声、振动、电磁场、热、光、放射性等要素的污染原理、危害及防范控制措施,并简要介绍污染物在水体、大气、土壤中的物理迁移转化规律,为环境物理性污染治理提供理论依据。

本书共分为8章,第1章由任连海、田媛编写,第2章由任连海、齐运全、孟潇编写,第3章由田媛、钱枫、孙玉广编写,第4章由任连海、韩涛、孟潇编写,第5章由金宜英、任连海、岳东北编写,第6章由崔莉凤、董黎明、田媛、王迪编写,第7章由钱枫、任连海、孟潇编写,第8章由刘建国、许艳梅、孟潇、张相锋、刘兵编写。全书由任连海修改定稿,孟潇在本书的编写过程中做了大量的文字校对工作,在此谨致感谢。本书在编写过程中参考了相关手册、书籍等文献,在此对作者一并表示感谢。此外,本书的出版得到了北京市2007年创新团队项目支持,在此表示感谢。

本书可作为高等院校环境科学、环境工程、环境监测、环境规划与管理、环境监理、市政工程等专业的研究生、本科生及专科生教材,也可作为从事环境保护工作的专业技术人员和科研人员获得相关知识的参考书。

由于编者水平和经验所限,书中疏漏之处在所难免,敬请读者予以批评指正。

编 者

2007年9月于北京

# 目 录

34	.....	3.6.1	.....	1
34	.....	3.6.2	.....	1
34	.....	3.6.3	.....	1
34	.....	3.6.4	.....	2
81	.....	3.6.5	.....	2
91	.....	3.7	.....	3
94	第1章 绪论			1
94	1.1 物理环境			1
94	1.2 物理性污染			1
94	1.3 环境物理学			1
94	1.3.1 环境物理学的发展			2
94	1.3.2 环境物理学的学科体系			2
94	1.3.3 环境物理学的研究方法			3
94	第2章 噪声污染及其控制			5
94	2.1 噪声的基本概念			5
94	2.1.1 声音及其物理特性			5
94	2.1.2 噪声的种类与特点			6
94	2.1.3 噪声的危害			7
94	2.1.4 噪声控制的一般方法			9
94	2.2 噪声的物理量度			10
94	2.2.1 声压与声压级			10
94	2.2.2 声强与声强级			10
94	2.2.3 声功率与声功率级			11
94	2.2.4 分贝与差的计算			11
94	2.2.5 频段与频谱			13
94	2.3 噪声的评价与标准			14
94	2.3.1 噪声的评价			14
94	2.3.2 噪声标准			24
94	2.4 噪声测量			26
94	2.4.1 测量仪器			26
94	2.4.2 环境噪声测量			29
94	2.4.3 工业企业噪声测量			31
94	2.5 吸声			33
94	2.5.1 吸声系数和吸声量			33
94	2.5.2 吸声结构			34
94	2.5.3 多孔吸声材料			37
94	2.5.4 空间吸声体			39
94	2.5.5 吸声降噪的设计			40
94	2.6 隔声			42

2.6.1	隔声原理	42
2.6.2	透声系数和隔声量	42
2.6.3	单层匀质墙的隔声性能	43
2.6.4	多层墙的隔声	44
2.6.5	隔声间	46
2.6.6	隔声罩	47
2.6.7	隔声屏	48
2.7	消声器	49
2.7.1	消声器的分类和评价	49
2.7.2	消声量的表示方法	50
2.7.3	阻性消声器	51
2.7.4	抗性消声器	55
2.7.5	阻抗复合式消声器	59
2.7.6	微穿孔板消声器	59
2.7.7	扩散消声器	61
<b>第3章</b>	<b>振动污染及其控制</b>	<b>65</b>
3.1	振动的基本概念	65
3.1.1	振动的定义	65
3.1.2	振动物理量的描述	65
3.2	振动的危害及评价	66
3.2.1	振动的危害	66
3.2.2	振动的评价	68
3.3	振动的测量	72
3.3.1	振动测量技术	72
3.3.2	振动测量的方法	74
3.4	振动的控制	75
3.4.1	振动源	75
3.4.2	振动控制的基本方法	75
3.4.3	振动控制方法	78
3.4.4	隔振材料与减振器	78
3.4.5	隔振设计与计算	79
3.4.6	振动的阻尼	82
<b>第4章</b>	<b>电磁辐射污染及其控制措施</b>	<b>84</b>
4.1	电磁辐射的基本概念	84
4.1.1	交流电	84
4.1.2	电场	85
4.1.3	电场强度	85
4.1.4	磁场	86
4.1.5	电磁场与电磁辐射	86
4.1.6	周期与频率	87
4.1.7	射频电磁场	87

4.2	电磁辐射的产生与传播	90
4.2.1	电磁场污染源	90
4.2.2	电磁辐射污染的传播途径	91
4.3	电磁辐射的危害	92
4.3.1	不同频段的电磁辐射对人体的危害与不良影响	93
4.3.2	电磁辐射的潜在危险性	94
4.3.3	移动电话的电磁辐射污染	96
4.3.4	电脑的辐射与污染	97
4.4	电磁辐射的控制措施	99
4.4.1	电磁辐射防护与治理措施的基本原则	99
4.4.2	高频电磁辐射的防护与防治	99
4.4.3	广播、电视发射台的电磁辐射防护	102
4.4.4	微波设备的电磁辐射防护	102
4.4.5	微波作业人员的个体防护	103
<b>第5章</b>	<b>放射性污染及其控制</b>	<b>104</b>
5.1	环境中的放射性	104
5.1.1	放射性的基本知识	104
5.1.2	放射性的来源	105
5.2	放射性的度量	112
5.3	辐射的生物效应及对人体的危害	115
5.3.1	辐射损伤	115
5.3.2	躯体效应和遗传效应	116
5.3.3	小剂量外照射对人体的影响	117
5.3.4	放射性核素内照射对人体的影响	117
5.4	辐射防护与放射性废物处理	119
5.4.1	辐射防护的基本原则	119
5.4.2	辐射防护的一般知识	119
5.4.3	放射性废物处理	121
<b>第6章</b>	<b>环境热污染及其控制</b>	<b>124</b>
6.1	热环境	124
6.1.1	热环境的热量来源	124
6.1.2	人体与热环境	126
6.1.3	高温环境	127
6.2	热污染及其危害	128
6.2.1	大气热污染	128
6.2.2	水体热污染	134
6.3	热污染评价与标准	137
6.3.1	大气热环境评价与标准	137
6.3.2	水体热环境评价与标准	140
6.4	热污染防治	140



00	第7章 环境光污染及其控制 .....	143
00	7.1 光污染的基本概念 .....	143
10	7.1.1 光源及其特性 .....	143
20	7.1.2 人与光环境 .....	146
20	7.1.3 光环境与效率 .....	146
40	7.2 光度量与光的测量 .....	148
60	7.2.1 光度量 .....	148
70	7.2.2 光的测量仪器 .....	149
80	7.3 光环境中的眩光 .....	150
80	7.3.1 眩光的定义 .....	150
80	7.3.2 眩光的分类 .....	150
100	7.4 光污染的危害与防治措施 .....	152
100	7.4.1 光污染的危害 .....	152
100	7.4.2 光污染的防治措施 .....	153
100	第8章 污染物的物理性传播 .....	155
100	8.1 大气环境污染与污染物的迁移 .....	155
100	8.1.1 大气污染源与污染物 .....	155
100	8.1.2 大气中污染物迁移的过程 .....	156
110	8.1.3 大气中污染物扩散模式 .....	160
110	8.2 水体中污染物的传播理论 .....	162
110	8.2.1 水体污染和污染物 .....	162
110	8.2.2 污染物在水体中的扩散 .....	164
110	8.3 土壤中的污染物迁移 .....	169
110	8.3.1 土壤污染源与污染物 .....	169
110	8.3.2 污染物在土壤中的迁移转化规律 .....	170
110	参考文献 .....	174
110	.....	
120	.....	
130	.....	
140	.....	
150	.....	
160	.....	
170	.....	
180	.....	
190	.....	
200	.....	
210	.....	
220	.....	
230	.....	
240	.....	
250	.....	
260	.....	
270	.....	
280	.....	
290	.....	
300	.....	
310	.....	
320	.....	
330	.....	
340	.....	
350	.....	
360	.....	
370	.....	
380	.....	
390	.....	
400	.....	
410	.....	
420	.....	
430	.....	
440	.....	
450	.....	
460	.....	
470	.....	
480	.....	
490	.....	
500	.....	

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 物理环境

所谓环境,是指与体系有关的周围客观事物的总和。环境一般是相对于人类而言的,即指人类的环境。人类的环境包括自然环境和人为环境。随着全球人口的不断增长和社会经济与科学技术的飞速发展,环境和环境问题已越来越引起人们的普遍关注。人类生存的环境中,各种物质都在以各种方式不停地运动着,在这些运动过程中,所发生的物质能量的交换和转化构成了物理环境,物理环境是自然环境的一部分,它包括天然物理环境和人工物理环境。

### (1) 天然物理环境

在人类出现以前,地球上就存在众多自然因素,如阳光、温度、气候、地磁、岩石等,这些自然因素之间无时无刻不在发生着相互作用,导致地震、火山爆发、太阳黑子、刮风、下雨、雷电等自然现象。其中,地震、火山爆发、台风、雷电等会产生噪声和振动,在局部区域形成自然声环境和振动环境;太阳黑子、雷电等现象产生严重的电磁干扰;天然放射性核素产生辐射;太阳光直射和天空扩散光形成天然光环境;太阳辐射产生天然热源,大气与地表面之间产生热交换等,这些自然声环境、振动环境、电磁环境、辐射环境、光环境、热环境构成了天然物理环境。

### (2) 人工物理环境

人类出现以后,地球上出现了经过人类改造和创造出事物,如水库、农田、园林、村落、城市、工厂、公路、港口、铁路、飞机等。这些人工因素产生形成的人工噪声环境、振动环境、电磁环境、辐射环境、光环境、热环境构成了天然物理环境。

## 1.2 物理性污染

物理性污染同化学性污染和生物性污染是不同的。化学性污染和生物性污染是环境中有了有害的物质和生物,或者是环境中的某些物质超过正常含量。而引起物理性污染的声、光、热、电等是人类生活必不可少的因素,在环境中是永远存在的。它们本身对人无害,利用得当,可为人类服务,一旦这些因素超出人类所能承受的容许限值或处于失控状态,就会对环境或人体健康造成影响。例如,声音对人是必需的,但是声音过强又会妨碍或危害人的正常活动;反之,环境中若长久没有任何声音,人就会感到恐怖,甚至会疯狂。

物理性污染同化学性污染和生物性污染相比,不同之处还表现在以下两个方面。一是物理性污染具有瞬时性。它是以能量形式存在的,在环境中不产生残留物质,一旦污染源消除,污染也即消失。二是物理性污染具有局部性。区域或全球性等较大范围层面的污染较为少见。

## 1.3 环境物理学

研究声、光、热、振动、电磁场和放射性对人类和环境的影响以及消除或降低这些影响的

技术路线和防治措施的学科,称为环境物理学。

### 1.3.1 环境物理学的发展

随着科学的进步,特别是工业化革命以后,人类改造自然和征服自然的能力空前提高,环境污染也日益严重,人们的生命健康受到威胁,为了生存与发展,人们开始行动起来保护和改善环境,许多学科交叉渗透,形成了环境科学。环境物理学是环境科学的一个分支,主要是研究物理环境同人类相互作用的科学。

20世纪初,人们开始研究声、光、热等对人类生活和工作的影响,并逐渐形成了在建筑物内部为人类创造适宜的物理环境的科学——建筑物理学。50年代后,物理性污染日益严重,对人类造成越来越严重的危害,促使物理学的分支学科,如声学、热学、光学、电磁学、力学等,开展对物理环境的研究,逐渐形成边缘学科——环境物理学。环境物理学就其自身的学科体系而言,还没有完全定形。它主要研究声、光、热、加速度、振动、电磁场和射线对人类的影响及其评价,以及消除这些影响的技术途径和控制措施。目的是为人类创造一个适宜的物理环境。

### 1.3.2 环境物理学的学科体系

物理环境和物理性污染的特征决定了环境物理学的研究特点。物理环境的声、光、热、电等要素都是人类所必需的,这决定了环境物理学不仅要研究消除污染,而且要研究适宜于人类生活和工作的声、光、热、电等物理条件;物理性污染程度是由声、光、热、电等在环境中的量决定的,这就使环境物理学的研究同其他物理学科一样,注重物理现象的定量研究。

环境物理学根据研究的对象可分为环境声学、环境振动学、环境地磁学、环境热学、环境光学、环境放射学、环境污染物的迁移动力学等分支学科。但总的说来,因为环境物理学是正在形成中的学科,它的各个分支学科中只有环境声学比较成熟。

#### (1) 环境声学

环境声学是以改善人类的声环境为目的,研究声环境及其同人类活动的相互作用。主要研究人所需要的声音和人所不需要的声音——噪声,尤其是研究噪声的产生、传播、接收和评价,以及对人类的生活和工作产生的影响和危害等;研究改善和控制声环境质量的技术和管理措施。声音是由固体振动、液体或气体的不稳定流动以及与固体相互作用形成的,因此环境声学与环境振动学密不可分。

#### (2) 环境振动学

研究有关振动的产生、传播、测试、评价以及采取隔振、防振等措施以消除其危害。

#### (3) 环境光学

人对光的适应能力较强,人眼的瞳孔可随环境的明暗进行调节。如日光和月光的强度相差约一万倍,人都能适应。但是人如果长期在弱光下看东西,目力就会受到损伤;相反,在强光下则会产生瞬时后果,甚至对眼睛造成永久性的伤害。视觉是人的重要功能,研究适宜于人的光及其变动范围,控制和改善人类需要的光环境,消除光污染的危害和影响,是环境光学的任务。

#### (4) 环境热学

人类的生活和生产活动,不仅需要太阳辐射到地球的热能,而且需要各种燃料产生的热能。燃料的大量消费干扰了地球环境的热平衡,使环境遭受热污染。燃料燃烧释放出大量的二氧化碳,对环境产生温室效应:城市人口密集,燃料消费量大,使城市出现热岛效应等。这些都是热污染的表现。热污染对自然环境造成的破坏,会对人类和生物产生长远的影响。

适合于人类生活的温度范围是很窄的,人类主要依靠穿衣服、营造居室来获得生存所需要的热环境。研究适宜于人类的热环境,揭示热环境和人类活动的相互作用,控制热污染,为人类创造舒适的热环境,是环境热学的研究内容。

#### (5) 环境电磁学

人类生活在电磁场中,关于电磁场对人体的影响,定量性的研究成果还比较少。光波也是一种电磁波,环境电磁学的研究对象是波长比光波更长的电磁波,研究内容是电磁波的产生及其对人类生活环境的污染及其所造成的危害,并探讨防治措施。

#### (6) 环境污染物的迁移动力学

地球大气的自然运动以及由此而产生的风、云、雨、雾等现象是大气物理学的主要课题。环境污染(如烟雾污染、温室效应、热岛效应)对大气运动的影响日益严重地干扰气象的变化,大气中或者水中的污染物质在风、日光、重力和环流的作用下扩散或下沉,这些都是环境空气动力学的研究内容。环境空气动力学还把大气运动对人类的影响,以及对鸟类、昆虫的飞行等影响,污染物在水体、土壤中的迁移转化规律等作为研究内容。

环境物理学的研究领域是相当广阔的。如物质在做机械运动时,匀速运动对人体没有影响,而加速度的运动则有影响。当人体受到的加速度可与重力加速度相比的情况下,人就会感到不舒适。人对加速度能容忍的变化范围还是比较大的,如人体直立,横向运动的加速度达 $50g$ 也不会受到伤害。

人体做机械运动或者人体处在机械振动环境中所产生的物理效应和生理效应,也是环境物理学有待深入研究的内容。环境物理学将在对物理环境和物理性污染全面、深入研究的基础上,发展自身的理论和技术,形成一个完整的学科体系。

物理性污染虽然能够利用技术手段进行控制,但是,采取各种控制技术要涉及经济、管理和立法等问题,所以要对防治技术进行综合研究,获得最佳方案。

### 1.3.3 环境物理学研究方法

#### (1) 学科交叉,协调发展

环境物理学的研究涉及环境科学、物理学、经典力学等多学科,物理环境的演化规律及对人类生存质量的影响,物理性污染综合防治的技术措施及管理方法以及环境物理学的方法论和认识论,架构了环境物理学的主要支框。环境问题的广泛性、复杂性和综合性要求其研究必须进行学科交叉渗透、综合考虑,使环境物理学在人们对环境问题的本质和变化规律的认识不断深化的过程中逐步得到完善和发展。

#### (2) 理论联系实际

环境物理学的思维方法、理论体系和处理技术是在实践中形成的,这些实践表现在环境物理学的各个领域。解决环境物理性污染的根本方法也必然产生于生产实践,并不断总结提炼、发展和升华,将这些理论和方法用于新的实践,使环境物理学的理论和方法在新的实践中得到丰富和发展。

#### (3) 利用系统工程的研究方法

环境物理学同其他学科一样,都是人类社会发展到一定程度的产物。目前,环境物理学还是一门新兴学科,各方面尚不完善,环境物理学研究方法必须从系统的整体性观点出发,针对核心问题,抓住环境物理性污染的相对性本质,从系统的整体考虑解决环境物理性污染问题的方法、过程和要达到的目标。例如,对每个子系统环境物理性污染的治理要求,要与实现整个系统的功能和其他功能的要求相符合。在系统研究过程中,子系统和系统之间的矛盾以及子系统与子系统之间的矛盾都要采用系统优化方法寻求各方面均可接受的满意解;同时要把系统

工程的优化思路贯穿到系统的规划、设计、研制和使用等各个阶段中。

当前，环境物理学的发展还落后于工业生产，面临的任任务仍很艰巨，迫切需要不断增强自身体系结构和学科建设的发展。随着人们生活水平的不断提高和对环境问题认识的逐步深化，结合社会、经济发展的迫切需求，在环境科学和物理学等相关学科不断发展的基础上，环境物理学必将进一步拓展研究领域，从广度和深度上不断创新、拓展，在实践中逐步完善，成为一门系统而成熟的学科，为实现经济与环境的和谐可持续发展做出应有的贡献。

1.3.3 环境物理学的发展现状

环境物理学是研究大气、水、土壤、生物等环境中物理过程的科学。随着科学技术的进步，环境物理学在大气污染、水污染、土壤污染、噪声污染、电磁污染等方面取得了显著成就。在大气污染方面，环境物理学研究了大气污染物的扩散、迁移、转化和清除过程，为大气污染控制和治理提供了理论依据。在水污染方面，环境物理学研究了水污染物的扩散、迁移和转化过程，为水污染控制和治理提供了理论依据。在土壤污染方面，环境物理学研究了土壤污染物的扩散、迁移和转化过程，为土壤污染控制和治理提供了理论依据。在噪声污染方面，环境物理学研究了噪声的传播、反射、吸收和散射过程，为噪声控制和治理提供了理论依据。在电磁污染方面，环境物理学研究了电磁场的传播、反射、吸收和散射过程，为电磁污染控制和治理提供了理论依据。

1.3.3 环境物理学的发展现状

1.3.3.1 大气污染

大气污染是环境物理学研究的重要领域之一。随着工业化和城市化的快速发展，大气污染问题日益严重。环境物理学研究了大气污染物的扩散、迁移、转化和清除过程，为大气污染控制和治理提供了理论依据。在大气污染方面，环境物理学研究了大气污染物的扩散、迁移、转化和清除过程，为大气污染控制和治理提供了理论依据。

1.3.3.2 水污染

水污染是环境物理学研究的另一个重要领域。随着工业化和城市化的快速发展，水污染问题日益严重。环境物理学研究了水污染物的扩散、迁移和转化过程，为水污染控制和治理提供了理论依据。在水污染方面，环境物理学研究了水污染物的扩散、迁移和转化过程，为水污染控制和治理提供了理论依据。

1.3.3.3 土壤污染

土壤污染是环境物理学研究的又一个重要领域。随着工业化和城市化的快速发展，土壤污染问题日益严重。环境物理学研究了土壤污染物的扩散、迁移和转化过程，为土壤污染控制和治理提供了理论依据。在土壤污染方面，环境物理学研究了土壤污染物的扩散、迁移和转化过程，为土壤污染控制和治理提供了理论依据。

## 第 2 章 噪声污染及其控制

### 2.1 噪声的基本概念

古代《说文》中提到：噪，扰也。实际上，噪声是声波的一种，它具有声音的所有特征。从物理学的观点来看，噪声是指声波的频率和强弱变化毫无规律、杂乱无章的声音。从心理学的观点看，凡是人们不需要的、使人烦躁的声音称为噪声，它在周围环境造成的不良影响称为噪声污染。

人们生活的环境中存在各种各样的声波，其中有的声波是进行交流和传递信息、进行社会活动所需要的；有的声波则会影响人们工作和休息，甚至危害人体健康，是人们不需要的。

随着工业、交通运输业的发展，噪声的种类越来越多，也越来越强，几乎没有一个城市居民不受噪声的干扰或危害。汽车、飞机和各种机器的噪声已被列为城市的第三大公害。据不完全统计，近年来向环境保护部门写信或控告的污染事件中，噪声事件所占的比例已上升到第一位。因此，降低建筑物内部和周围环境的噪声，防止噪声的危害，是环境保护的重要任务之一。

#### 2.1.1 声音及其物理特性

声音和物体振动是密切相关的。物体振动通过在介质中传播所引起人耳或其他接收器的反应，就是声。振动的物体是声音的声源，产生噪声的物体或机械设备称为噪声源。声源可以是固体的，也可以是气体或液体的。例如，打鼓时，我们会听到鼓声，触摸鼓面，可以感觉到鼓面在振动，用力按住鼓面，鼓声就会消失。

振动在弹性介质中以波的形式进行传播，这种弹性波叫声波。人们日常听到的声音，通常来自空气所传播的声波。声音的产生和传播除了要有振动的固体之外，还必须要有传播声音的介质。除了空气介质以外，其他气体、液体和固体也能传播声音，所以，噪声又可以分为空气噪声、固体噪声和水噪声。

##### (1) 频率

声音的频率是指声源在单位时间内振动的次数，通常用“ $f$ ”表示，其单位为赫兹（Hz）。完成一次振动所用的时间称为周期，用“ $T$ ”表示， $T=1/f$ 。声源质点振动的速度不同，所产生的声音的频率也不同。声波的频率取决于声源振动的快慢，振动速度越快，声音的频率越高。声波的频率反映的是音调的高低。

声波传入人耳时，引起鼓膜振动，刺激听觉神经末梢，使人产生听觉，听到声音。并不是所有的振动通过传声媒质都能被人耳接收，人耳可听到的声音（可听声）的频率范围是 20~20000Hz，频率低于 20Hz 的声波叫次声，超过 20kHz 的叫超声，次声和超声都是人耳听不到的声波。一般认为，噪声不包括次声和超声，而是可听声范围内的声波。

##### (2) 波长与声速

在介质中，声波振荡一个周期所传播的距离即为波长。波长与频率的关系为

$$\lambda = c/f$$

式中,  $\lambda$  为声波波长, m;  $c$  为声速, m/s;  $f$  为声波频率, Hz。

在不同密度的介质中, 声波的传播速度不同, 如在钢中为 6300m/s, 在 20℃ 的水中为 1481m/s, 而其波长也随之发生变化。声音传播的速度还与温度有关, 随大气温度的升高而增大。声波在空气中的传播速度  $c$  与温度  $t$  的关系如下

$$c = 331.4 + 0.6t \quad (2-2)$$

式中,  $t$  为介质温度, °C。

0℃ 时的声速是 331.4m/s, 在一般室温 23℃ 时, 根据上式可计算出声波在空气中的传播速度为 345m/s。在通常计算时, 如没有特别指明空气温度, 则常取室温速度 340m/s。

表 2-1 给出了 20℃ 时几种介质中的声速。

表 2-1 20℃ 时几种介质中的声速

介质名称	空气	水	钢	松木	砖
声速/(m/s)	343	1500	5000	2500~3500	3600

### (3) 声音的传播

声源发出的声音必须通过中间媒质才能传播。例如, 在空气中人们可以听到声音, 在真空中却听不到。声音在媒质中向各个方向的传播, 只是媒质振动的传播, 媒质本身并没有向前运动, 它只是在其平衡位置附近来回地振动, 而所传播出去的是物质的运动, 该运动形式即为波动。声音是机械振动的传播, 所以, 声波属于机械波。声波波及的空间称为声场, 声场既可能无限大, 也可能仅限于某个局部空间。

## 2.1.2 噪声的种类与特点

### 2.1.2.1 噪声的种类

噪声的种类很多, 按照声源的不同, 主要分为交通噪声、工业噪声、建筑施工噪声和社会生活类噪声几大类。

#### (1) 交通噪声

交通噪声是城市噪声的主要组成部分, 主要来自于汽车、火车、飞机、轮船等交通工具的启停及使用过程, 具有流动性大、污染面广、难于控制等特点, 这部分噪声约占城市噪声源的 25%~75%。

#### (2) 工业噪声

工业噪声主要来自于城市工业园区, 约占城市噪声的 7%~39%, 其中包括空气动力性噪声、机械性噪声和电磁性噪声等。

① 空气动力性噪声 这类噪声是高速气流、不稳定气流由于涡流或压力的突变引起气体的振动而产生的。如通风机、鼓风机、空压机、燃气轮机、锅炉排气放空等动力设备所产生的噪声都属于这一类。

② 机械性噪声 这类噪声是在撞击、摩擦和交变的机械力作用下部件发生振动而产生的, 如织布机、球磨机、破碎机、电锯、汽锤等产生的噪声属于这一类。

③ 电磁性噪声 这类噪声是由于磁场脉动、磁场伸缩引起电气部件振动而产生的。如电动机、变压器等产生的噪声属于此类。

#### (3) 建筑施工噪声

建筑施工噪声主要来自于打桩机、搅拌机、推土机、运料车等设备。通常此类噪声源 5m 内声强可达 90dB(A) 以上。

#### (4) 社会生活噪声

社会生活噪声主要来自于集会、娱乐、商业、学校操场（高音喇叭）等，包括电声性噪声、声乐性噪声和人类语言性噪声等。此类噪声主要是由电能转换而来，约占城市噪声的13%~52%，其特点是分布范围广泛，受害人群主要为噪声源周围居民。

#### 2.1.2.2 噪声的特点

噪声污染与大气污染、水污染相比，具有以下四个特点。

第一，噪声是人们不需要的声音的总称，因此一种声音是否属于噪声，除声音本身的物理性质外，还与判断者心理和生理上的因素有关。一个人喜欢的声音，对于另一个人却被视为噪声，这样的情况是非常多的。例如，优美的音乐对正在思考问题的人来说却是噪声。所以，可以说任何声音都可以成为噪声。

第二，声音在空气中传播时衰减很快，它的影响面不如大气污染和水污染那么广，而具有局部性。但是在某些情况下，噪声的影响范围很广，如发电厂高压排气放空，其噪声可能干扰周围几十千米内居民生活的安宁。

第三，噪声污染在环境中不会有残留的污染物质存在，一旦噪声源停止发声后，噪声污染也立即消失。

第四，噪声一般不直接致命或致病，它的危害是慢性的和间接的。

#### 2.1.3 噪声的危害

##### 2.1.3.1 噪声对人体的危害

噪声对人的影响可分为两种：听觉影响和心理-社会影响。听觉的影响包括使听力损失和干扰语言交流；心理-社会方面的影响包括引起烦恼、干扰睡眠、影响工作效率等。

##### (1) 听力损失

听力损失可能是暂时性的，也可能是永久性的。暂时性听力损失包括暂时性阈值偏移(TTS)，永久性听力损失包括听觉创伤和永久性阈值偏移(PTS)。应将噪声导致的听力损失与年龄、药物、疾病、头部打击等其他因素造成的听力损失加以区分。

爆炸的声音会使鼓膜破裂或者使听骨链错位。短暂地暴露于非常强烈的噪声环境中所导致的永久性听力损失称为听觉创伤。TTS经常伴随有耳鸣、听不清声音和耳朵不舒服等现象。大多数TTS在暴露于噪声的2h内发生。出现TTS以后，在暴露于噪声后的1~2h内开始恢复。在暴露后的16~24h内大部分都将恢复。TTS与PTS之间似乎有直接的关系。如果在某一噪声级下暴露2~8h后不会产生TTS，则持续暴露下去也不会产生PTS。

因噪声导致的永久性听力丧失，其开始和发展过程是缓慢的、不知不觉的，暴露的个人可能注意不到。噪声暴露导致的全部听力丧失目前尚未发现。

##### (2) 干扰语言交流

众所周知，噪声会干扰人们交流的能力。很多噪声即使没有达到引起听力损伤的程度，也会干扰语言交流。这种干扰或屏蔽效应是说话者与听者间距离及说话频率等因素的复杂函数。讲话干扰级用于测量交流的难易程度，它能将不同背景的噪声级关联起来。目前，用A计权背景噪声级和语言交流质量来描述噪声对语言交流的干扰更为方便。

##### (3) 引发烦恼

噪声引起的烦恼是人们对听觉经历做出的一种反应。在被噪声扰乱或打断的活动中，在对噪声的生理反应以及对由噪声所带来信息含义上的反应方面，产生的烦恼均有一定规律可循。例如，同样的声音，在晚上听起来可能比白天更令人烦恼。当一种声音与另一种已经令人不喜



欢或对听者有威胁的声音相似时,可能更令人烦恼。不会很快移除的声音可能比暂时的声音更令人烦恼。

#### (4) 干扰睡眠

睡眠干扰是一种特别的烦恼,因此受到了广泛的注意和研究。几乎所有人都有过被吵闹、令人受惊或烦恼的声音从深沉的睡眠中吵醒或处于这些声音中而不能入睡的经历。人们经常被闹钟或收音机闹铃唤醒,但也可以习惯这些声音而继续睡下去。日常经验也表明,声音可以帮助诱导入睡,或许还可以帮助维持睡眠。轻松的摇篮曲、稳定的风扇嗡嗡声、海浪有节奏的声音均可以使人放松,某些稳定的声音可作为声罩并屏蔽短暂的干扰声。睡眠扰人问题十分复杂。一个乡下人可能难以在喧闹的市区入睡,而一个都市人在乡村地区则可能被安静所困扰而不能入睡;父母会因自己小孩身体的轻微转动而惊醒,却不会被雷雨惊醒。这些现象表明,声音和晚间睡眠质量之间的关系是复杂的。

在轻度睡眠时,当声音比人在清醒、警惕、专注时所能听到的声级高 $30\sim 40\text{dB(A)}$ 时,人会被唤醒;而在深度睡眠时,此声音需要高出 $50\sim 80\text{dB(A)}$ ,方可唤醒沉睡中的人。

#### (5) 影响工作效率

当工作需要用到听觉信号、语言或非语言时,任何强度的噪声,当其足以妨碍或干扰人们对这些信号的认知时,该噪声将影响工作效率。

不规律的噪声爆发比稳定的噪声更具有破坏性。高于 $1000\sim 2000\text{Hz}$ 的高频噪声对工作效率的影响比低频噪声更严重。与简单工作相比较,复杂工作更可能受到噪声的不良影响。

#### (6) 影响儿童和胎儿的发育

研究表明,噪声会使母亲产生紧张反应,引起子宫血管收缩,以致影响供给胎儿发育所必需的养料和氧气。噪声还影响胎儿的体重。此外因儿童发育尚未成熟,各组织器官十分娇嫩和脆弱,无论是体内的胎儿还是刚出世的孩子,噪声均可损伤其听觉器官,使听力减退或丧失。

噪声会影响少年儿童智力发展,有人做过调查,吵闹环境下儿童智力发育比安静环境中低 $20\%$ 。

#### (7) 影响视力

噪声不仅影响听力,还影响视力。长时间处于噪声环境中的人很容易产生视疲劳、眼痛、眼花和视物流泪等眼损伤现象。同时,噪声还会使色觉、视野发生异常。

#### (8) 影响生物

噪声对自然界的生物也是有影响的。如强噪声会使鸟类羽毛脱落,不产卵,甚至会使其内出血或死亡。

### 2.1.3.2 噪声对设备和建筑物的损坏

除上述影响外,噪声还可能损坏物质结构。 $140\text{dB(A)}$ 以上的噪声可使墙震裂、瓦震落、门窗破坏,甚至使烟囱及古老的建筑物发生倒塌,使钢产生“声疲劳”而损坏。强烈的噪声使自动化、高精度的仪表失灵,当火箭发出的低频率的噪声引起空气振动时,会使导弹和船产生大幅度的偏离,导致发射失败。

高强度和特高强度噪声能损害建筑物和发声体本身。航空噪声对建筑物的影响很大,如超音速低空飞行的军用飞机在掠过城市上空时,可导致民房玻璃破碎、烟囱倒塌等损害。美国统计了3000件喷气飞机使建筑物受损的事件,其中,抹灰开裂的占 $43\%$ ,窗损坏的占 $32\%$ ,墙开裂的占 $15\%$ ,瓦损坏的占 $6\%$ 。

在特高强度的噪声 [ $160\text{dB(A)}$ 以上]影响下,不仅建筑物受损,发声体本身也可能因声