



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境工程专业主干课程短学时系列教材

物理性 污染控制

陈杰蓉 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境工程专业主干课程短学时系列教材

物理性 污染控制

陈杰 瑛 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书是“十一五”国家级规划教材,是配合全国高等学校环境工程专业规范新设专业主干课程“物理性污染控制”编写的短学时本科生教材。内容系统、简明地阐述了物理性污染的基础理论知识和基本控制原理与技术。全书共分七章,第一章绪论,提纲挈领介绍了物理性污染的基本概念、环境物理学的学科体系、物理性污染及其研究内容;第二章至第七章分别系统阐述了噪声、振动、电磁辐射、放射性、热、光等物理因素的基础知识、污染特性、评价方法及标准、控制原理与技术。

本书可作为高等学校环境工程、环境科学及其相关专业的本科生教材,也可供相关专业的研究生或科技、管理人员学习参考。

图 书 在 版 编 目 (C I P) 数 据

物理性污染控制/陈杰珞主编. —北京:高等教育出版社,2007.1

ISBN 978 - 7 - 04 - 020212 - 0

I. 物 . . . II. 陈 . . . III. 环境物理学 - 高等学校 - 教材 IV. X12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 146162 号

策划编辑 陈 文 责任编辑 张海雁 封面设计 张楠
责任绘图 朱 静 版式设计 张 岚 责任校对 杨凤玲
责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 唐山市润丰印务有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 18.5
字 数 340 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 1 月第 1 版
印 次 2007 年 1 月第 1 次印刷
定 价 21.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20212-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

编写委员会成员

主任委员：罗固源

成 员：宁平、蒋文举、张承中、陈杰瑛

序

高等学校环境工程专业主干课程短学时系列教材与本专业“水污染控制工程”、“大气污染控制工程”、“固体废物处理与处置”、“环境影响评价”、“环境规划与管理”、“环境工程原理”、“环境监测”、“物理性污染控制”8门核心课程相对应,其内容在近年来不断进行教学改革的基础上,已经历过十年以上的应用和教学实践,并根据我国高等学校本科环境工程专业相关课程的基本要求,受教育部全国高等学校环境科学与工程教学指导委员会环境工程分委员会的委托组织编写的。各分册主编都具有非常丰富的教学经验,本系列教材各门课程的讲义在很多学校都进行了试用(见各分册材料),教学效果很好。

本系列教材是一套学时短,但内容精练的教材。教材的编写根据环境工程专业本科学生培养目标,针对当前各高校学时缩短和教学改革的情况,适应目前学科发展和人才培养的需求,全面整合教学内容,突出本学科相关知识在实践中的应用,注重学生实际操作能力的培养,强调系列课程教材的整体性和系统性,尽可能避免课程间内容的重复。

本系列教材从体系结构到内容具有新颖、系统、全面、科学、实用和普及的特点,注意与相关课程的区别与联系。教材的取材和内容的深度都尽量充分考虑符合我国环境工程专业人才培养目标及课程教学的要求,能反映本学科研究和发展的先进成果和完整地体现相应课程应有的知识,重点考虑如何有利于学生认识、分析和解决环境污染控制与污染物的处理、处置原理和方法等相关问题的掌握与应用,以及对环境污染防治的发展战略、规划、建设项目及其他开发活动的实施行为进行分析、预测和评估,提出防治的对策与措施。

本系列教材也可用于环境工程领域工程技术人员的培养与培训,同时可作为工业企业环境保护与环境工程专业及管理的重要参考书。

本系列教材由重庆大学、四川大学、昆明理工大学、西安交通大学、西安建筑科技大学负责组织编写,重庆大学罗固源教授担任编委会主任。各教材的主编分别是:《水污染控制工程》:罗固源教授(重庆大学);《大气污染控制工程》:蒋文举教授(四川大学);《固体废物处理与处置》:宁平教授(昆明理工大学);《环境影响评价》:曾向东教授(昆明理工大学);《环境规划与管理》:张承中教授(西安建筑科技大学);《环境工程原理》:陈杰瑛教授(西安交通大学);《环境监

|| 序

测》:但德忠教授(四川大学);《物理性污染控制》:陈杰瑛教授(西安交通大学)。

教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会组织了对本系列教材的编写审查。环境科学与工程教学指导委员会主任委员、中国工程院院士、清华大学郝吉明教授担任本系列教材的主审,环境工程教学指导分委员会副主任委员、同济大学周琪教授担任本系列教材的副主审。

罗固源

2006年4月20日

前 言

“物理性污染控制”是高等学校环境工程专业新增设的一门重要专业技术课,教育部制订的《高等学校环境工程专业规范》(2005年版)中明确“物理性污染控制”为高等学校环境工程专业主干课程,高等学校环境工程教学指导委员会组织制定了该课程的教学基本要求。

本书是旨在配合《高等学校环境工程专业规范》(2005年版)中专业主干课程“物理性污染控制”的教材,是环境工程主干课短学时系列教材编写委员会组织撰写的全国环境工程专业主干课程系列教材之一。本书的编写适应环境学科发展、教育教学改革和人才培养需求,取材内容深度符合环境工程人才培养目标及课程教学的要求,能完整地表达本课程应有的知识,反映相关联系和规律,结构清晰完整,内容系统精炼,并能反映学科研究的先进成果和技术进展。全书从体系到内容体现系统性和全面性、知识性和科学性、新颖性和先进性的鲜明特色。系统、全面地阐述了噪声、振动、电磁辐射、放射性、热、光等物理因素的基础知识、污染特性、评价方法及标准、控制原理与技术;内容注意满足教学基本要求的同时,还注意符合国家《勘察设计环保工程师资格考试专业考试大纲》的基本要求,突出了物理性污染控制工程技术和工程实践的内容。本教材适合32~48学时教学需要,各校可依据教育部高等学校环境工程教学指导委员会建议的“物理性污染控制”课程教学基本要求,确定适宜的学时和教学内容侧重点。

本教材是在西安交通大学、东北师范大学、西南科技大学各校多年使用的各具特色的有关物理性污染课程讲义《环境热污染防治》、《环境放射性防治技术》、《振动公害及其防治技术》等的基础上编写的,由陈杰蓉教授主编,参加编写的人员有西安交通大学陈杰蓉、李茹(第一、三章),延卫(第七章);西南科技大学王中琪(第二章),王成端、李全伟(第五章);中国矿业大学王丽萍(第四章);东北师范大学盛连喜、王志平(第六章)。

本书主审由四川大学但德忠教授担任,高等教育出版社陈文副编审负责本书的出版工作,衷心感谢他们为本书的撰写提出的宝贵意见和所做的贡献。

感谢教育部和西安交通大学的大力支持,本书已列为“十一五”国家级规划教材,并获得西安交通大学“十一五”规划教材的资助。

本书撰写中参阅了大量国内外教材、专著和相关文献资料,在此一并表示诚

|| 前 言

挚的感谢。

“物理性污染控制”课程的开设及其教材的编写均为新的尝试和探索,由于编者水平所限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2006年9月15日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 物理环境与环境物理学	1
一、物理环境	1
二、环境物理学的产生和发展	2
三、环境物理学的学科体系	3
四、环境物理学的研究特点	4
第二节 物理性污染及其研究内容	5
一、物理性污染及其特点	5
二、物理性污染的研究内容	5
思考题	5
第二章 噪声污染及其控制	7
第一节 概述	7
一、声音和噪声	7
二、噪声的特点与影响	7
三、噪声控制	8
第二节 声学基础	9
一、声波的形成	9
二、声波的基本物理量	9
三、声音的频谱	10
四、声音的波动方程	13
五、平面声波	14
六、球面声波	18
七、声压级计算	19
八、声波的传播特性	22
第三节 噪声的评价和标准	30
一、噪声的评价量和评价方法	30
二、环境噪声标准	40
第四节 噪声控制技术——吸声	41
一、吸声材料	41
二、吸声结构	45
三、室内吸声降噪	50
第五节 噪声控制技术——隔声	58

目 录

一、隔声概述	58
二、单层匀质墙的隔声性能	59
三、多层墙的隔声特性	62
四、隔声间	65
五、隔声罩	72
六、隔声屏	74
第六节 噪声控制技术——消声	76
一、概述	76
二、阻性消声器	77
三、抗性消声器	81
四、阻抗复合式消声器	86
五、微穿孔板消声器	87
六、消声器的设计	89
第七节 有源噪声控制简介	91
一、概述	91
二、有源噪声控制系统	93
三、有源噪声控制的工程应用	94
思考题与习题	95
第三章 振动污染及其控制	98
第一节 概述	98
一、振动与振动污染	98
二、振动污染源	99
三、振动的影响	100
第二节 振动基础	101
一、振动的基本物理量	101
二、振动的性质	102
三、简谐振动系统	105
四、波动的产生与传播	112
第三节 振动的评价与标准	117
一、振动的评价	117
二、环境振动标准	120
三、城市区域环境振动标准	121
第四节 振动控制技术	122
一、振动源控制	122
二、机械振动控制	123
三、弹性减振	126
四、阻尼减振	129
五、冲击减振	130

六、传播途径的减振对策	130
七、振动衰减	131
第五节 减振材料与装置及其应用	133
一、减振材料	133
二、减振装置	135
三、振动污染的控制	138
思考题与习题	142
第四章 电磁辐射污染及其防治	144
第一节 概述	144
一、电磁环境和电磁辐射污染	144
二、电磁辐射污染源	144
三、电磁辐射污染的危害	145
第二节 电磁辐射基础	147
一、电场与磁场	147
二、电磁场与电磁辐射	147
三、射频电磁场	152
四、电磁辐射的量度单位	152
第三节 电磁辐射防护标准	153
一、电磁辐射评价标准及相关计算方法	153
二、电磁辐射评价测量范围	160
第四节 电磁辐射污染防治技术	160
一、电磁辐射防护基本原则	160
二、电磁辐射防治的基本方法	161
三、电磁辐射防治技术	169
四、电磁辐射控制应用实例	172
思考题与习题	175
第五章 放射性污染及其控制	176
第一节 概述	176
一、环境中放射性的来源	176
二、辐射的生物效应及其危害	176
第二节 辐射剂量学基础	179
一、辐射剂量学的基本量和单位	179
二、辐射防护有关的量和概念	182
第三节 放射性废物与防护标准	185
一、放射性废物及处理途径	185
二、放射性废物的来源和分类	185
三、环境放射性防护标准	188

IV 目 录

四、辐射防护一般措施	189
第四节 放射性废物处理技术	190
一、放射性固体废物处理技术	190
二、放射性废液处理技术	200
三、放射性废气处理技术	204
第五节 放射性污染去污技术	207
一、概述	207
二、化学去污技术	208
三、机械去污技术	211
四、其他去污新技术	214
思考题与习题	216
第六章 热污染及其控制	218
第一节 概述	218
一、热环境	218
二、热污染	219
第二节 水体热污染	222
一、水体热污染的影响	222
二、水体热污染的防治	223
第三节 热岛效应	224
一、城市热岛效应	224
二、城市热岛效应的成因	224
三、城市热岛效应的影响	226
四、城市热岛效应的防治	228
第四节 温室效应	228
一、温室效应与温室气体	228
二、温室效应加剧的原因	229
三、温室效应的影响——全球变暖	232
四、温室效应的综合防治	234
第五节 热污染评价与标准	235
一、水体热环境评价与标准	235
二、大气热环境评价与标准	235
第六节 热污染控制技术	239
一、节能技术与设备	239
二、生物能技术	244
三、二氧化碳固定技术	246
思考题	247
第七章 光污染及其控制	248

第一节 概述	248
一、光环境	248
二、光源及其类型	250
三、光污染	252
第二节 光学基础	255
一、光的基本物理量	255
二、电光源的基本技术参数	261
第三节 光环境评价与质量标准	263
一、天然光环境的评价	263
二、人工光环境的评价	264
第四节 光污染防治技术	269
一、可见光污染防治	269
二、红外线、紫外线污染防治	271
思考题	273
参考文献	274

第一章

绪 论

第一节 物理环境与环境物理学

一、物理环境

在地球表面自然环境系统中存在的重力场、地磁场、电场、辐射场等物理因素的作用下,自然界中各种物质都在以不同的运动形式进行能量的交换和转化。物质能量交换和转化的过程即构成了物理环境。

物理环境与大气环境、水环境、土壤环境同样是人类生存环境的重要组成部分。人类生存于物理环境中,人类活动影响着物理环境。物理环境可以分为天然物理环境和人工物理环境。

(一) 天然物理环境

天然物理环境即原生物理环境,从地球诞生就存在。风、雨、地震、海啸、火山爆发、台风、雷电等自然现象会产生声和振动,在局部区域内形成自然声环境和振动环境;地球自身是一个大磁体,地球具有地磁场,火山爆发、太阳黑子与耀斑的发生引起的磁爆以及雷电等现象会严重干扰自然电磁环境,地震会引起地磁场的快速变化,并与生物体磁场产生共鸣;在地球表层有一定丰度的许多天然放射性核素在衰变过程中释放出 α 、 β 、 γ 射线,形成自然的放射性辐射环境;太阳的光辐射和热辐射为自然环境提供天然光源和天然热源,构成天然光环境和热环境。

自然声环境、振动环境、电磁环境、放射性辐射环境、热环境、光环境构成了天然物理环境。

(二) 人工物理环境

人工物理环境是人类活动的物理因素不同程度地干预天然物理环境所生成的次生物理环境。各种人工物理环境与天然物理环境在地球表层交叠共存,相互作用。

声音伴随着人类的生活和生产。清晰的语言交流和优美动听的音乐,构成人类需要的人工声环境;工业生产、交通运输、城市密集的人口产生的噪声是人

类不需要的声音,形成人工噪声环境。

振动即物体周期性往复运动的状态,是一种普遍的运动形式,在工业中、施工现场、交通运输等场所广泛存在。工业振动源有锻压、铸造、切削、风动、破碎、球磨以及动力等机械,矿山爆破,凿岩机打孔,空气压缩和高压鼓风等;施工振动源主要是各类打桩机、振动机、碾压设备以及爆破作业等。人类活动中的振动构成了人工振动环境。

近代,电子工业、无线电技术和通信设备飞速发展,广播电视发射塔、人造卫星通信系统地面站、雷达站、高压输电线路、变电站、微波炉、手机……电磁辐射广泛应用,这些都在人类生存的空间形成人工电磁场。由于无线电广播、电视以及微波技术的发展,射频设备的功率不断增大,过度的人工电磁场给环境带来污染和危害。

放射性核同位素在医学、核工业、农业育种等科学研究中的利用,核武器试验、核电站等核工业的发展改变了区域天然本底放射性辐射场,形成次生的人工放射性环境。过度的放射剂量或突发事故会引发放射性环境污染。

适合于人类生活的温度范围是很窄的。对应于自然界剧烈的寒暑变化天然热环境,人类创造了房屋、火炉、空调系统等设施,以减小外界气候变化的影响,获得生存所必需的人工热环境;现代工业生产和人类生活排放废热造成的环境热化,达到损害环境质量的程度,便成为热污染。

电光源迅速发展和普及,形成了人工光环境。人工光环境较天然光环境更容易满足人类活动的需要,但当光量过度时,则会对人们的生活、工作环境以及人体健康产生不利影响,形成光污染。

各种人工物理环境具有不同的特点和影响,是环境物理学的主要研究对象。

二、环境物理学的产生和发展

(一) 环境物理学

环境物理学是在物理学的基础上发展起来的一门新兴学科,是环境科学的重要组成部分。环境物理学是研究物理环境同人类的相互作用的科学。它从物理学角度探讨环境质量变化规律,以及保护和改善环境的措施。

(二) 环境物理学的产生和发展

20世纪初期,人们开始研究声、振动、电磁辐射、放射性、热、光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学科——建筑物理学。

20世纪50年代后,物理性污染日益严重,不仅在建筑物内部,而且在建筑物外部,对人类造成越来越严重的危害,促使物理学的各分支学科,如声学、振动

学、电磁学、热学、光学等开展对物理环境的研究,逐渐形成一个新兴的边缘学科——环境物理学。

环境物理学的目标是为人类创造一个适宜的物理环境,主要研究声、光、热、振动、电磁辐射和放射性等物理因素对人类的影响,以及消除其影响的技术途径和控制措施。

三、环境物理学的学科体系

环境物理学按其研究的对象可分为环境声学、环境振动学、环境电磁学、环境放射学、环境热学、环境光学和环境空气动力学等分支学科。环境物理学是正在形成中的学科,其各个分支学科中较成熟的是环境声学。

(一) 环境声学

1974年第八届国际声学会议正式使用了“环境声学”这一术语。由于环境声学和人们的工作、生活密切相关,因此较早引起学术界的关注,发展较快。

环境声学是研究声环境及其同人类活动相互作用的科学,涉及物理学、生理学、心理学、生物学、医学、建筑学、音乐、通信、法学、管理科学等诸多学科。其任务是研究人所需要的声音和人所不需要的声音(噪声),以改善人类的声环境。主要研究内容包括声音的产生、传播和接收,及其对人体产生的生理、心理效应,尤其是噪声等对人类生活和工作造成的影响和危害,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,因此与振动有关的理论与控制技术也是环境声学的研究内容。

(二) 环境振动学

环境振动学是研究振动环境及其同人类活动相互作用的科学。环境振动学的任务是揭示振动的发生机制,追踪其传播和接收过程,评估其对不同受体的影响程度,提出有效的振动控制措施,从而减小振动的环境影响。主要研究振动的产生、传播、测试、评价以及消除其危害的技术措施。

振动本身可形成噪声源,以噪声的形式影响和污染环境,因此环境振动学与环境声学是密切相关的科学。振动是一种危害人体健康的公害,属瞬时的能量污染。

(三) 环境电磁学

环境电磁学是环境物理学的一个新兴分支学科,是以电磁学各分支学科为基础发展起来的。其主要任务是研究各种电磁辐射源和电磁污染对人类生存环境的影响。电磁污染包括天然的和人为的各种电磁波干扰和有害电磁辐射。

环境电磁学研究的重要内容之一是提高电子仪器和电气设备在强电磁干