

环境科学与工程丛书

环境物理性污染控制

第二版

HUANJING WULIXING WURAN KONGZHI

孙兴滨 闫立龙 张宝杰 主编



化学工业出版社

环境科学与工程丛书

环境物理性污染控制

第二版

HUANJING WULIXING WURAN KONGZHI

孙兴滨 闫立龙 张宝杰 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细论述了与人类生活密切相关的噪声、振动、放射性、电磁、光、热等要素的污染以及这些污染对人类的影响和防范措施，还简要介绍了污染物在大气、水、土壤中的迁移转化规律及人们对物理性污染利用的最新科研动态。本书信息量大，内容全面，不仅包含了环境物理学的理论，而且图表、数据丰富，具有较大的理论价值和较强的实用性。

本书适用于高等学校环境工程、环境科学、市政工程等相关专业学生作为教材，也适用于从事环境保护工作的专业技术人员和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境物理性污染控制/孙兴滨, 闫立龙, 张宝杰主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2010. 2

(环境科学与工程丛书)

ISBN 978-7-122-07523-9

I. 环… II. ①孙…②闫…③张… III. 环境污染-污染控制 IV. X506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 000334 号

责任编辑: 刘兴春 邹 宁

装帧设计: 杨 北

责任校对: 陈 静

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: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 480 千字 2010 年 7 月北京第 2 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

《环境物理性污染控制》编写人员名单

主 编 孙兴滨 (东北林业大学)
闫立龙 (东北农业大学)
张宝杰 (哈尔滨工业大学)

副 主 编

任 源 (哈尔滨工业大学)
李 芬 (哈尔滨理工大学)
李斯亮 (黑龙江省住房和城乡建设厅)

编写人员 (列名不分先后)

孙兴滨 闫立龙 张宝杰
任 源 李 芬 李斯亮
潘华崱 蒋明明 韩金柱
许 霞 张东伟

第二版前言

随着科技的进步、社会的发展，人们的生活水平显著提高，但生存环境却日益恶化。大气、水、土壤的污染威胁着人们的生活；同时，城市噪声的增长使人们明显地感觉到生活环境日益嘈杂，温室效应和城市热岛效应使城市小气候不断变热；眩光、电磁波等干扰着人们的生活……这些声、光、热、电磁、放射性等是人们生活所必需的，构成了人们生活的物理环境，当它们的量过高或过低时，就形成物理性污染，进而影响人们的生活、工作和学习，危害人们的健康。人类的健康生活离不开适宜的物理环境，必须对环境中的物理性污染进行控制和治理，但由于物理性污染的发生并不被人们所注意，故长期以来同水污染、大气污染等化学污染和生物污染相比，人们对物理性污染缺乏了解，相关资料和书籍也很有限。

物理环境同人类关系的科学称为环境物理学，它是环境科学的一个分支，又分成环境声学、环境振动学、环境光学、环境热学和环境电磁学等分支学科。“环境物理性污染控制”是高等学校环境工程专业新增设的一门重要专业技术课。撰写本书的目的是将物理性污染的危害和防治的相关信息 and 最新的发展动态呈现给读者，使人们通过本书的阅读，对物理性污染认识和重视起来，并采取相关措施改善生存的物理环境，从而获得更好的生活质量。

本书详细论述了与人类生活密切相关的噪声、振动、放射性、电磁、光、热等要素的污染及其对人类的影响和防范措施，还简要介绍了污染物在大气、水、土壤中的迁移转化规律及人们对物理性污染利用的最新科研动态。本书信息量大，内容全面，不仅包含了环境物理学的理论，而且图表、数据丰富，具有较大的理论价值和较强的实用性。因此，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，并能反映学科研究的先进成果和技术进展。

本书适用于高等学校环境工程专业、环境科学专业、市政工程等专业需要环境相关知识的专业作为教材，也适用于从事环境保护工作的专业技术人员和管理人员参考。

本书由东北林业大学孙兴滨副教授、东北农业大学闫立龙、哈尔滨工业大学张宝杰副教授主编，哈尔滨工业大学任源、哈尔滨理工大学李芬副教授、黑龙江省住房和城乡建设厅李斯亮担任副主编。书中绪论由孙兴滨、张宝杰编写，第一章由闫立龙编写，第二章、第三章由孙兴滨、张宝杰编写，第四章由闫立龙、任源编写，第五章由孙兴滨编写，第六章由李芬编写，第七章由孙兴滨编写，第八章由闫立龙、张宝杰、任源编写。参加本书编写的还有潘华崑、许霞、张东伟等，全书由孙兴滨统稿，由黑龙江省环境保护厅李平高级工程师主审。

本书在编写过程中参考了一些从事教学、科研和生产的同行撰写的论文、讲义、书籍、手册等，在此一并表示感谢。

环境物理性污染控制领域还处于发展之中，由于编写时间较短，篇幅有限，再加以编者的水平及知识面有限，书中疏漏与不足之处，恳请读者予以批评指正。

编者

2010年1月于哈尔滨

第一版前言

随着社会的发展,人类改造自然、征服自然的能力也日益强大,人类的生活面貌日新月异,但人们的生存环境却日益恶化,大气、河流、土地的污染时刻困扰着人们的生活,城市被垃圾包围,生物物种逐渐减少。同时,人们明显地感觉到生活的环境日益嘈杂,城市温室效应和热岛效应使城市日益燥热;眩光、电磁波等干扰着人们的生活……这些声、光、热、电磁、放射性等是人们生活所必需的,构成人们生活的物理环境,只是在它们的量过高或过低时,就形成物理性污染,会影响、干扰人们的生活、工作和学习,危害人类健康。研究物理环境同人类关系的科学称为环境物理学,它是环境科学的一个分支学科,分成环境声学、环境振动学、环境光学、环境热学和环境电磁学等分支学科。

人类的健康,需要适宜的物理环境,物理性污染必须进行控制和治理,但长期以来同水污染、大气污染等化学污染和生物污染相比,人们对物理性污染缺乏了解,资料和书籍也很有限,所以作为环保工作者,有责任和义务,将物理性污染的危害和防治的最新信息和发展动态呈现给大家,使人们通过本书的阅读,引起对物理性污染的认识和重视,并采取措施改善生存的物理环境,从而获得更好的生活质量。

本书详细论述了与人类生活密切相关的噪声、振动、放射性、电磁、光、热等要素的污染、对人类的影响及防范措施,还简要介绍了污染物在大气、水、土壤中的迁移转化规律及人们对物理性污染利用的最新的科研动态。本书信息量大,内容全面,不仅包含了环境物理学的理论,而且图表、数据丰富,具有较大的理论价值和较强的实用性。

本书适用于高等学校环境工程专业、环境科学专业、市政工程等专业需要环境相关知识的专业作为教材,也适用于从事环境保护工作的专业技术人员和管理人员参考。

本书由哈尔滨工业大学张宝杰副教授、哈尔滨理工大学乔英杰副教授、哈尔滨工业大学赵志伟主编,深圳水务集团陶涛、哈尔滨工业大学石玉明讲师、哈尔滨师范大学李家云副教授担任副主编。书中绪论由张宝杰、乔英杰编写,第1章由张宝杰、李家云编写,第2章由乔英杰、赵志伟编写,第3章由乔英杰、张宝杰、陶涛编写,第4章由张宝杰、石玉明、陶涛编写,第5章由赵志伟、乔英杰编写,第6章由赵志伟、李家云编写,第7章由张宝杰、石玉明、陶涛编写,第8章由赵志伟、张宝杰编写。参加本书编写的还有丁雷、郭芳、闫立龙、魏健、刘涛、张贺新、徐志伟、谢颖等,全书由张宝杰统编修改定稿,由哈尔滨工业大学马放教授、中国海洋大学高忠文副教授主审。

本书在编写过程中引用了一些从事教学、科研和生产的同行撰写的论文、讲义、书籍、手册等,在此一并表示感谢。本书在编写过程中得到了哈尔滨工业大学市政环境工程学院姜安玺教授、宋金璞教授等老师的悉心指导,在此表示感谢。

环境物理性污染控制领域还处于发展之中,由于编写时间较短,篇幅有限,再加以编者的水平及知识面有限,书稿中疏忽与谬误之处,恳请读者予以批评指正。

编者

2003年1月于哈尔滨

目 录

绪论	1
第一节 物理环境与环境物理性污染	1
一、天然物理环境	1
二、人工物理环境	1
三、物理学与环境污染的关系	2
四、物理性污染及特点	3
第二节 环境物理学产生和发展	3
一、环境物理学产生	3
二、环境物理学的学科体系	3
三、环境物理学的现状和发展	4
第一章 噪声污染控制	6
第一节 概述	6
一、声音及其物理特性	6
二、噪声、噪声源的种类及特点	7
第二节 噪声的物理度量	11
一、声功率、声强、声压	11
二、声强级、声压级、声功率级	12
三、声压级计算原理和方法	13
四、频谱与频谱分析	15
第三节 噪声的评价与标准	17
一、噪声的评价	17
二、噪声的控制标准	31
第四节 噪声的测量	33
一、测量仪器	34
二、噪声污染的测量	38
第五节 噪声控制技术——吸声	41
一、吸声材料	42
二、吸声结构	45
三、吸声技术的应用	49
四、吸声降噪设计	49
第六节 噪声控制技术——消声器	50
一、消声器声学性能	51
二、消声器的设计	51
三、阻性消声器	52
四、抗性消声器	55
五、阻抗复合式消声器	58
六、微穿孔板消声器	58
七、扩散消声器	60

第七节 噪声控制技术——隔声	61
一、隔声性能的评价	61
二、单层密实均匀墙的隔声性能	62
三、双层均质构件的隔声量	64
四、多层复合结构	66
五、隔声罩	67
六、隔声间	68
七、隔声屏	70
第八节 噪声污染控制新技术	72
一、有源消声	72
二、新型吸声材料	73
三、“绿浪”降噪工程	73
第二章 振动污染及其控制	74
第一节 概述	74
一、振动与振动污染	74
二、振动污染源	75
第二节 振动基础	75
一、自由振动	75
二、波动的产生与传播	78
第三节 振动测量	81
一、振动的主要参数	81
二、惯性测振仪原理	82
三、测量仪器	83
四、振动的测量	84
五、振动测量分析系统	85
第四节 振动评价及其影响	87
一、振动监测技术	87
二、振动的评价及其标准	88
三、振动危害及其影响	92
第五节 振动的控制	94
一、控制方式	95
二、采用控制技术	101
第六节 振动控制的材料分类和选择	113
一、隔振材料和元件	113
二、阻尼材料	117
第三章 放射性污染防治	122
第一节 放射性污染	122
一、辐射剂量学基本概念	122
二、放射性污染特点	125
三、环境中放射性的来源	125
四、我国核辐射环境现状	131
五、放射性污染的危害	131
第二节 放射性污染监测与防治标准	136
一、放射性监测	136

二、放射性评价	138
三、放射性污染控制标准	139
第三节 放射性废物的处理与处置	141
一、放射性废物特点与分类	141
二、气载和液体低中放废物的处理	142
三、高放废液的处理	144
四、低中放废物固化技术	145
第四节 土壤中放射性污染的防治	147
一、放射性物质在土壤中的迁移	147
二、土壤放射性污染的环境生态效应	147
三、土壤放射性污染的植物修复	149
四、土壤放射性污染的微生物修复	150
第五节 水体中的放射性污染	151
第六节 室内放射性污染的防治	151
一、室内放射性污染	151
二、室内放射性污染的防治	154
第四章 电磁辐射污染	156
第一节 环境电磁学	156
第二节 电磁辐射的基础知识	157
一、电场与电场强度	157
二、磁场与磁场强度	157
三、电磁场与电磁波	157
四、射频电磁场	161
五、场区分类及特点	162
六、电磁污染的量度单位	162
第三节 电磁辐射的来源、传播途径及其危害	162
一、电磁污染源	162
二、电磁波传播途径	164
三、电磁辐射的危害	164
四、移动电话电磁波的危害与防治	168
五、电脑的辐射污染	171
第四节 电磁辐射的测量及相关标准	172
一、电磁辐射的测量	172
二、电磁辐射相关标准	174
第五节 电磁辐射污染及其防治	176
一、电磁辐射防护措施	176
二、电磁辐射防护与治理技术措施的基本原则	177
三、高频设备的电磁辐射防护	177
四、广播、电视发射台的电磁辐射防护	182
五、微波设备的电磁辐射防护	182
第五章 环境热污染及其防治	185
第一节 热环境	185
一、环境中的热量来源	185
二、太阳辐射能量的影响因素	185

三、热环境换热方程	186
四、热量平衡	186
五、人体自身的热量调节方式	187
六、高温环境	187
七、高温热环境的防护	188
八、环境温度的测量方法和生理热环境指标	188
第二节 温室效应	190
一、温室效应的定义	190
二、温室效应原理	190
三、温室效应理论	191
四、温室效应的加剧	191
五、全球变暖	193
六、温室效应的防治	193
第三节 热岛效应	194
一、城市热岛效应	194
二、城市热岛效应的成因	195
三、城市热岛效应的影响	196
四、城市热岛效应的防治	197
第四节 环境热污染及其防治	197
一、热污染的形成	197
二、水体热污染	200
三、大气热污染	204
第五节 热污染控制技术	207
一、节能技术与设备	207
二、生物能技术	210
三、二氧化碳固定技术	212
第六章 环境光污染及其防治	213
第一节 光环境	213
一、人与光环境	213
二、光源及其类型	215
第二节 照明单位及度量	219
一、照明单位	219
二、照度和明度的测量单位及定义	220
三、测量仪器	220
第三节 光污染的危害和防治	221
一、光污染的产生	221
二、光污染的危害	222
三、光污染的防治措施	222
第四节 眩光的产生、危害、防治	223
一、眩光的产生	223
二、眩光的分类	223
三、眩光的危害	225
四、眩光的防治	226
第五节 光环境的评价标准	233

一、适当的照度水平·····	233
二、避免耀目光源的照射·····	237
三、适宜的光色·····	237
四、充足的日照时间·····	237
第七章 污染物在环境中的迁移扩散规律·····	239
第一节 环境空气动力学与大气污染物运动规律·····	239
一、大气中污染物的转化·····	239
二、污染物在大气中的扩散规律·····	244
第二节 水体物理净化作用与水中污染物迁移转化规律·····	250
一、水体中污染物的迁移与转化·····	250
二、水质模型·····	252
第三节 土壤的自净与污染物在土壤中的迁移规律·····	254
一、土壤的组成和基本性质·····	254
二、污染物在土壤中的迁移转化规律·····	255
第八章 物理性污染的综合应用·····	258
第一节 噪声的应用·····	258
一、有源消声·····	258
二、噪声能量的利用·····	258
三、噪声在探测中的应用·····	259
四、噪声在农业领域中的应用·····	259
五、噪声在医疗、保健方面的应用·····	259
六、噪声在其他方面的应用·····	260
第二节 电磁波辐射及其应用·····	260
一、在军工领域中的应用·····	260
二、在环境领域中的应用·····	261
三、在农业生产方面的应用·····	262
四、微波辐射技术的应用·····	263
五、通信方面的应用·····	265
六、其他方面的应用·····	267
第三节 核技术的应用·····	268
一、核技术在环境工程中的应用·····	268
二、核技术在医学上的应用·····	269
三、核技术在农业领域中的应用·····	269
第四节 余热利用与环境改善·····	270
一、余热利用简介·····	270
二、余热利用与环境改善·····	271
三、余热利用新技术·····	272
第五节 光的认识与应用·····	273
一、在军工领域中的应用·····	273
二、光子技术在农业和食品工业中的应用·····	274
三、光子学在环境保护中的应用·····	274
四、其他方面的应用·····	275
参考文献·····	276

绪 论

第一节 物理环境与环境物理性污染

在人类生存的环境中，各种物质都在不停地运动着，如机械运动、分子热运动、电磁运动等。在这些运动中，都进行着物质能量的交换和转化。这种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。物理环境可以分为天然环境和人工环境。

一、天然物理环境

火山爆发、地震、台风以及雷电等自然现象会产生振动和噪声，在局部区域内形成自然声环境和振动环境。此外，火山爆发、太阳黑子活动引起的磁暴以及雷电等现象还产生严重的电磁干扰。太阳是环境的天然热源还是天然光源。地球上的光环境也是由直射日光和天空扩散光形成的。由于气象因素和大气污染程度的差异，各地区的光环境特性也不同。地球上天然热环境决定于接受太阳辐射的状况，也与大气和地表面之间的热交换有关。这些自然声环境、振动环境、电磁环境、光环境、热环境构成了天然物理环境。

二、人工物理环境

声环境要求需要的声音（如讲话和音乐等）能高度保真，不失本来面目，而不需要的声音（噪声）不致干扰人们工作、学习和休息。城市噪声形成人工噪声环境。近年来，城市噪声的干扰与危害日益严重，已经成为公害。

人们的生活中，振动是不可避免的。物体作机械运动时，匀速运动对人体没有影响，但是非均匀的运动对人是有影响的。而长期处在强振动环境中，则可能会引起振动病。人们从事生产活动时，根据振动作用于人体的部位，可以分为全身振动和局部振动。它们对人们的影响是不同的。对于振动环境，要求其不干扰人们的生活和工作以及不危害人体的健康。

没有光就不存在人的视觉功能，电光源的迅速发展和普及使人工光环境较天然光环境更容易控制。人工光环境能够满足人们的各种需要。人对光的适应能力很强，人眼的瞳孔可以随环境的明暗进行调节。但是长期在弱光下看东西，目力会受到损伤。反之，强光会对眼睛造成永久性伤害。因此要求有适合于视觉功能的光环境。

适合于人类生活的温度范围是很窄的。人体不适应于剧烈寒暑变化的天然环境。人类造了房屋、火炉以及现代空调系统等设施以防御并缓和外界气候变化的影响，并获得生存所必需的人工热环境。

在人们生活的空间里到处都有电磁场，它作用于人体和电子设备。电磁场对于通信、广播、电视是必须的。但是不需要的电磁辐射会干扰电子设备的正常工作并危害人体健康。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，给环境带来污染和危害。

可见，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。

三、物理学与环境污染的关系

1. 物理学的应用带来环境污染

物理学原理的应用，给人类带来光明，带来现代化和光辉灿烂的未来，同时也带来了环境污染的问题。我们的时代是人与机器共存的时代，人们利用物理学的基本原理，创造了各种机器为人类服务，物质文明得以不断提高，并步向空间。今天，巨大功率的喷气飞机可以载人在几十小时内绕地球一周，巨大的火箭发动机把人送入太空。然而这种巨大进步伴随而来的是不断增长的噪声。巨大的喷气噪声使人听力受损，连续的机器噪声、道路交通噪声使人难以入睡、长期失眠、发生疾病、工效降低、产生失误，甚至精神失常……人们利用热力学的基本原理制造了内燃机和各种制冷设备，使人类进入了一个崭新时代，但同时也带来了环境污染和大气臭氧层变薄的问题。臭氧层像一把保护人类的“生命之伞”，把来自太阳的对人体有害的紫外线辐射挡住，它与人类生存息息相关。臭氧层的破坏，紫外线的大量辐射会引发人类白内障增加、皮肤癌、免疫系统失调，造成农作物减产和影响海洋浮游植物的生长、破坏海洋食物链……。而目前全世界仍然拥有大约近 10 亿台电冰箱和数以亿计的空调，这些设备的制冷剂是破坏臭氧层的氟利昂。有人认为，物理学原理的应用与环境质量的明显退化成正比，例如，如果我们对热和热力学毫无所知，当然就不会制造出内燃机，空气污染也就会减少。这只看到了问题的一个方面，问题的另一个方面是我们能够应用物理学原理来控制 and 消除污染，从而控制和改善环境。

2. 应用物理学原理治理环境污染

物理学原理的应用在某些方面对我们的环境造成了一定程度的污染，但是我們也能借助物理学原理来改善环境。事实上，物理学家已经动用物理学的某些原理来解决环境污染的实际问题。例如应用波的相干性原理发展起来的有源消声技术，使用人为产生的次级声场去控制原有噪声场，其基本思想是从原有噪声场中拾取噪声信号，经延时、倒相和放大后建立次级声场，使其与原声场产生相消干涉。这个思想是 1933 年 Paul Lueg 在其申请的一个专利中提出的，但限于当时的电子技术水平，Lueg 没有给出一个实际的系统。随着电子电路与信号处理技术的发展，大规模集成电路与数字电路以极快的速度进入各种控制系统，特别是 20 世纪 80 年代后期人们集中更多的精力，从理论上和实验上反复探索，不断改进信号处理器软件、硬件技术，二维空间有源降噪取得了显著进展。又如，为解决由内燃机引起的空气污染，人们利用力学原理寻找一种内燃机的代用品——超级飞轮，它是一个动能源，这种飞轮在瑞士公共汽车上已经使用了好几年，由于经济和其他因素，实验仅仅取得了一定的成功。目前，人们正在利用物理学的基本原理，寻找各种“清洁能源”以替代燃煤和燃油。在以色列和约旦，屋顶太阳能收集器已为家庭使用热水提供了 25%~65% 的能源。美国加利福尼亚有 1.5 万台风轮机，每年发电 25 亿千瓦时，足以满足旧金山所有家庭的需要。供上下班使用的太阳能小汽车的概念车已诞生，人们还正在研究由氢和氧混合时所释放出的爆炸性能量驱动发动机的汽车，用氢燃料代替汽油的无污染汽车可望不久将在马路上奔驰。

利用物理学基本原理控制环境污染是环境物理学的重要任务之一，同时物理学又是环境测量的理论基础。例如，许多热电厂利用湖水或河水作为冷却水，并把高温水排入湖泊或河流，这些热水一方面把鱼类杀伤，另一方面促使藻类和其他植物大量繁殖生长，使其像绿色地毯似的覆盖着水面，造成阳光辐射减弱，导致被覆盖在下面的生命消亡。如何准确地测量热水排放点及附近湖（河）水的温度呢？在物理学中，一个黑体吸收热辐射的全部波长，同样也发射出全部波长。作为一种很好的近似，即使河流通常并不黑，它的作用也与黑体相似，因而可以使用普朗克定律

$$E = \frac{K_1}{\exp(K_2/T) - 1}$$

测量特定波长发出的能量，从而求得温度。上式中， K_1 、 K_2 均为常数； T 为温度。又如，利用电磁辐射或激光检测海面的泄油情况。激光在水中的吸收作用可以用朗伯-比尔定律来描述，即

$$I = I_0 \exp(-\alpha z)$$

式中， I 、 I_0 分别为反射光和人射光的光强； z 为水或油的厚度； α 为吸收系数。由于油的 α 值比水大得多，因此在计算中可以不考虑油膜下面的水。在飞机上直接向油膜发射激光，利用反射光的百分数，就能直接标出油膜厚度。

总之，物理学的基本原理不仅能用来测量环境污染的程度，而且能用于控制污染，为人类创造适宜的物理环境。

四、物理性污染及特点

人类生活可适应的物理环境中。物理环境的声、光、热、电等是人类必需的，在环境中是永远存在的。它们本身对人无害，只是在环境中的含量过高或过低时才造成污染。物理性污染和化学性污染、生物性污染相比有两个特点。第一，物理性污染是局部性的，区域性和全球性污染较少见；第二，物理性污染在环境中不会有残余的物质存在，一旦污染源消除以后，物理性污染也即消失。

第二节 环境物理学产生和发展

一、环境物理学产生

随着人类的进步和人类生产、生活活动的发展，环境污染产生、发展并日益严重，威胁着千百万人的生命和健康。为了保护和改善环境，许多学科相互渗透，形成一门新兴的科学，即环境科学。20 世纪 50 年代以来，人们生活的物理环境遭受严重污染，危害健康，成为世界各国需要解决的重大问题之一。环境物理学就是在这样的社会背景下形成和发展的。环境物理学是环境科学的一个分支。

20 世纪初期，人们开始研究声、光、热等对人类生活和生产活动的影响，并逐渐形成在建筑物内部为人类创造适宜物理环境的学科——建筑物理学。20 世纪 50 年代以来，物理性污染日益严重，不但在建筑物内部，而且在建筑物外部对人们的危害也越来越严重，这促进了物理学各个分支学科开展对物理环境的研究。环境物理学就是在各个分支学科分散研究并取得一定成果的基础上逐渐汇集起来而形成的一个边缘学科。

环境物理学是一门新兴学科，是研究物理环境和人类之间的相互作用的科学，是环境科学的重要组成部分。它从物理学的角度探讨环境质量的变化规律，以及保护和改善环境的措施。

二、环境物理学的学科体系

环境物理学目前主要研究声、光、热、振动、电磁场和射线对人类的影响以及消除这些影响的技术途径和控制措施。它将在物理环境和物理性污染深入研究的基础上，发展其自身的理论和技术，形成一个完整的学科体系。环境物理学按其研究的对象可分为环境声学、环境振动学、环境热学、环境光学、环境电磁学和环境空气动力学等分支学科。

(1) 环境声学 环境声学是环境物理学的一个分支学科，研究声音的产生、传播和接收以及声音对人体产生的心理、生理效应；研究改善和控制声环境质量的技术和管理措施，如

噪声机理、噪声影响、噪声评价和标准、噪声控制等。由于环境声学 and 人们的工作、生活密切相关，因此很早受到重视，并且发展较快。

(2) 环境振动学 环境振动学研究有关振动的产生、测试、评价、控制措施；研究振动环境对人的影响。现代交通运输业和宇航声学的发展，使环境振动学得以迅速发展。

(3) 环境热学 环境热学是研究热环境及其对人体的影响以及人类活动同热环境的互相作用的学科。人类活动对热环境的影响是多方面的，如大量燃烧排放的烟尘使大气浑浊度增加，影响环境接受太阳辐射，燃料燃烧过程中产生的能量一部分直接成为废热向环境散发，使周围温度增加产生温度梯度，即“热岛效应”，不仅有可能影响气象和气候条件，而且会影响生物、生态。

(4) 环境光学 环境光学是在光度学、色度学、生理学、心理物理学、物理光学、建筑光学等学科的基础上发展起来的。它是研究人的光环境的学科，主要研究天然光环境和人工光环境，光环境对人的生理和心理的影响以及光污染（即“噪光”）的危害和防治等。

(5) 环境电磁学 环境电磁学研究的主要内容有：电磁辐射的机理；高强度电磁辐射的物理、化学和生物效应，特别是对人体的作用和危害；电磁污染和防护、评价和标准等。

(6) 环境空气动力学 自然界中的空气，进行着十分复杂的运动。环境空气动力学就是运用流体力学的基本理论和研究方法，研究自然界中大尺度气体运动规律以及运动着的气体相互之间以及与周围物体之间的受力、受压、受热、相变和扩散机理、变形特性等的一门新学科。

空气的运动规律对于污染物的迁移转化起着非常重要作用。环境空气动力学的研究内容除了研究自然界的流体运动，求解流场中各点的温度、压力、密度、速度、加速度等物理参数，寻找出它们之间的相互关系等外，还研究在地球自转作用、重力作用和太阳辐射作用引起的大气相变和对流以及产生波和波涛的机理；研究大气湍流、飘浮对流、沉降动力以及自然界中气体质量和固体质量迁移的机理；研究生命的空气动力环境，以弄清大气运动对人类的影响等。

当前，环境物理学主要的研究领域首先是以“清洁能”替代煤和石油，以“友好生产技术”（即不污染环境的技术）替代“污染生产技术”，其次是利用物理学的研究成果提高环境监测技术，例如用激光探测大气、水体污染物等。

我国自 1972 年开始，开展了一系列环境保护工作，从环境现状出发采用现代新技术对物理污染现状进行调查、分析、评价和预测，制定了城市区域环境噪声、电磁辐射防护、环境振动等标准和法规，环境物理学的研究队伍逐渐扩大。然而，环境物理学的研究领域非常广阔，有的分支学科尚处于创立时期，需要更多的物理学家和物理学工作者加入这一行列，从事环境物理学的基础理论和应用技术的研究，促使环境物理学进一步发展。

三、环境物理学的现状和发展

(1) 自身亟待完善 环境物理学是环境科学和物理学发展到一定阶段相互交叉的产物，物理环境演化的规律，物理环境变化对人类生存的影响，人类生存质量与物理环境保护如何协调统一、物理性污染综合防治的技术措施和管理方法以及环境物理学的认识论和方法论等几方面的内容，构成了环境物理学的框架。但由于环境物理学目前对一些污染的条件及成因研究得还不充分，还不能形成系统的分类及较完整的环境质量要求与防范措施。并且由于传统学科条件和学术视野的限制及环境问题的综合性和广泛相关性所导致的研究难度大、进度慢，也限制了环境物理学在基本理论和研究方法及防治技术方面的进一步充实和完善。随着人们对环境问题本质和变化规律认识的深化，环境物理学的体系结构将逐渐完善、合理和深化。

(2) 在实践的基础上，不断拓宽研究领域 20 世纪 50~60 年代环境污染日益严重，造成的损失迅速增加，人们越来越关心污染形成的原因，积极从物理学角度探索治理污染的理

论和技术。正是在这些实践工作的基础上，才形成了环境物理学。一方面，环境物理学的思维方法、理论体系和处理技术是在实践中产生的，这种实践性体现在环境物理学的各个领域里；另一方面，在人类社会向前发展的进程中环境问题不是一成不变的，会不断产生和提出新问题，这就要求环境物理学在新的领域中进行实践，以便解决这些新的问题。如水体的污染随工业生产的现代化由早期多是生物性污染出现了热污染乃至放射性的污染。新的问题引导人们进行新的实践，在新的实践中环境物理学得到丰富和发展。除此之外，人类社会要进步，就总是不满足于现有的生产力水平和对事物的认识水平，因此环境物理学面临着广阔的前景和严重的挑战，它将在反复实践的基础上不断拓宽研究领域，在更高的层次上得到进一步发展。

(3) 学科间的交叉与渗透，促进其快速发展 环境物理学是一门综合性强的学科，涉及声、光、热、电磁学、放射性和空气动力学等多个学科和领域，它们既是环境物理学的分支，又是环境物理学的组成部分。这些学科的发展进步为环境物理学的发展奠定了坚实的理论和技术基础。实践中，为解决一项环境问题，往往需要这些学科间相互借鉴、渗透，在一个总体目标或方案的构架之下，有针对性地将所涉及的各学科问题逐一解决。这种分支学科间的交叉与渗透，相互影响和兼容，为环境物理学提供了更多的拓展领域和创新机会，为其利用跨学科、多学科的理论和技能去解决当今世界面临的许多大型的综合性环境问题，提供了可能性，有力地促进了环境物理学向更高层次独立地发展。随着新的环境问题不断出现，这种交叉还将继续下去。

环境物理学不仅与物理学科关系密切，还依赖于其他学科为其提供坚实基础。环境系统是一个有机整体，不是哪一门学科能够包容环境全体和单独解决问题的，包括环境物理学在内的有关环境的研究课题都需要各门基础自然科学的合作和密切配合才能解决。这种来自不同学科、运用不同的原理、方法来解决环境问题的情况，反映了环境物理本身具有多学科性和跨学科性。同时，有关新学科、新理论的涌现，为环境物理学提供了不可缺少的理论基础、方法论原则和有效的研究工具，推动了其学科建设的实质性进展。

(4) 认识的逐步深化，为其发展奠定了思想基础 人类对环境问题的认识经历了由浅入深、由片面到全面、由现象到本质的过程。开始时，简单地认为只要开发和推广应用环境污染治理技术，就可以解决环境问题。后来，才认识到环境问题是在经济、社会发展中的出现的，因而只能在经济、社会的进一步发展中才能解决，人们对环境问题性质认识的提高，导致环境保护战略思想的转变，即由过去局限于治理污染，转变为要从环境与经济的总体发展战略与规划上进行统筹兼顾，全面安排，寻求促进环境与经济持续、协调发展的最佳方案。

上述人们对环境与经济、社会相互关系认识逐步深化的过程，为环境物理学形成与发展奠定了思想基础。实践中，充分发挥人的主观能动性，是促进环境物理学尽快完善的有力保障。

环境物理学的形成同其他学科一样，都是人类社会生产力发展到一定程度的产物，是与人类认识水平相适应的。人类赖以生存的环境正在恶化。大气污染，水污染，温室效应，臭氧层破坏，土地沙漠化，海洋生态危机，“绿色屏障”（森林）锐减，物种濒危等趋势继续发展，人类面临严峻的挑战。控制环境污染和生态破坏，保护环境是关系到整个地球上全人类命运的大问题，也是包括环境物理学在内的环境科学各学科的主要研究课题。

目前环境物理学的发展还落后于工业生产，面临的任务也更加艰巨，迫切地需要增强自身体系结构与学科建设的发展。随着人们对环境问题认识的逐步深化，环境物理学将适应经济与社会发展的客观需要，在对物理环境和物理性污染全面、深入研究的基础上，进一步拓宽研究领域，促进自身基本理论、研究方法及防治技术向微观和宏观、广度和深度的方向深入扩展，在实践中逐渐完善成为一门系统而成熟的学科，为经济与环境的持续发展做出更大的贡献。

第一章 噪声污染控制

第一节 概 述

一、声音及其物理特性

声音和物体振动密切相关。声的定义为物体振动通过在媒介中传播所引起人耳或其他接收器的反应。声源定义为发出声音的物体，也就是产生振动的物体。噪声源定义为产生噪声的物体或机械设备。

振动在弹性介质中以波的形式进行传播，这种弹性称之为声波。声音的产生和传播除了要有声源之外，还要有传播声音的介质作为载体。气体、液体和固体均可传播声音，作为传播声音的媒介。

(一) 表示声音的基本物理量

1. 频率与周期

声音的频率是指在单位时间内声源振动的次数，用“ f ”表示，单位为赫兹（Hz）。声音的频率是反映音调高低的物理量。声源质点振动速度不同，产生的频率也不同。声音的频率取决于声源振动的快慢，振动速率越快，频率越高。周期是指声音完成一次振动所需要的时间，用“ T ”表示（ $T=1/f$ ）。

2. 波长与传播速度

波长是指在介质中声波振荡一个周期所传播的距离，用“ λ ”表示。单位为 m。

波长与频率有如下关系：

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (1.1)$$

式中， C 为波速。声波的传播速度与介质及温度等因素有关，如在 20℃ 水中的传播速度为 345m/s，而在钢中的传播速度为 6300m/s。声音在空气中的传播速度与温度之间的关系如下：

$$C = 331.4 + 0.6 \times t \quad (1.2)$$

式中， t 为介质温度，℃。

(二) 声音的传播

声源发出的声音必须要通过介质才能传播。下面以鼓面振动为例说明声音是如何通过介质传播出去的。

击鼓时，鼓面即会来回运动，鼓面两边的空气质点也随之振动，这时鼓面一侧的空气质点会因鼓面挤压而密集起来，另一侧则会变得稀疏。当鼓面做反方向运动时，原来空气质点密集的地方即会变为稀疏的地方，原来稀疏的地方则密集起来，空气质点在鼓面振动的作用下，鼓面两边的空气质点时密时疏。空气是一种弹性介质，它能将振动由鼓面的邻近空气质点传到较远的空气质点。这样，一层一层的空气就一密一疏相间地由近及远先后开始振动，结果就使鼓面的振动以一定速度传播。在空气中这种一疏一密的振动传播过程就是声波，其