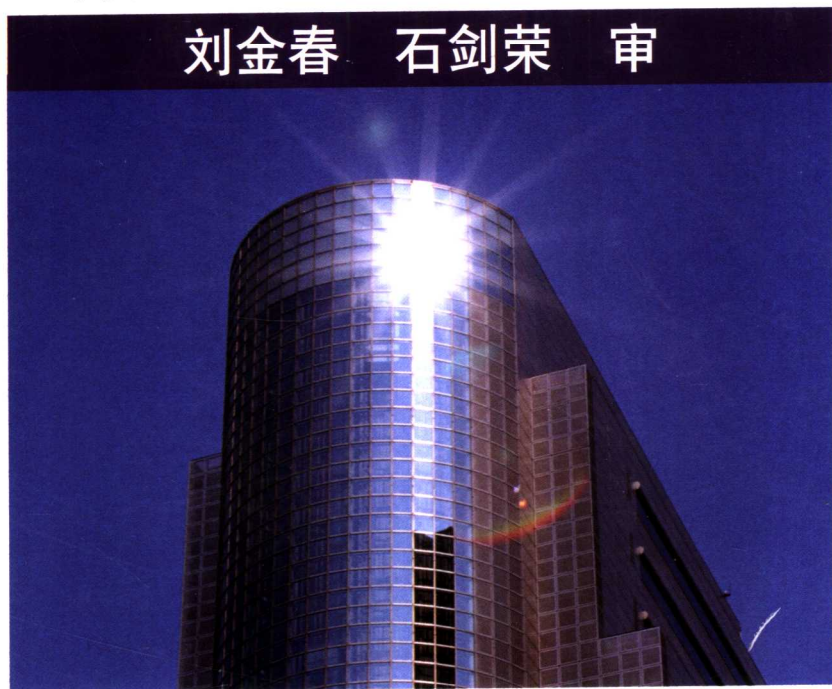


高等学校规划教材

物理性污染与防治

陈亢利 钱先友 许浩瀚 编

刘金春 石剑荣 审



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校规划教材

物理性污染与防治

陈亢利 钱先友 许浩瀚 编
刘金春 石剑荣 审



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

物理性污染与防治/陈亢利, 钱先友, 许浩瀚编. —北京: 化学工业出版社, 2006.5
高等学校规划教材
ISBN 7-5025-8749-7

I. 物… II. ①陈…②钱…③许… III. 环境物理学-高等学校-规划教材 IV. X12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 055079 号

高等学校规划教材
物理性污染与防治

陈亢利 钱先友 许浩瀚 编

刘金春 石剑荣 审

责任编辑: 满悦芝

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17½ 字数 446 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8749-7

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

与化学性污染、生物性污染不同，物理性污染是能量的污染，在环境中不会有残余物质存在。引起物理性污染的声、光、热、电磁场等在环境中是永远存在的，它们本身对人无害，只是在环境中的量过高或过低时，才会造成污染或异常。

物理性污染与防治主要研究物理因子（声、光、热、电磁、力等）污染发生的机理与防治方法等。物理性污染与防治不仅研究如何消除污染，更重要的是研究适宜于人类生活和工作的声、光、热、电等物理条件，同时注重物理现象的定量研究。根据研究的对象物理性污染与防治可分为噪声污染与防治、光污染与防治、热污染与防治、电磁污染与防治、振动危害与防治、放射性污染与防治等。

编者注重阐明污染源和污染产生的过程、污染防和治的基本原理与具体应用，将污染治理与清洁生产思想结合起来，不仅讲述了污染治理的原理和方法，更强调了污染防治和能源综合利用的原理和方法，还讲解了污染能量利用的技术方法，并补充最新研究成果，比如，噪声污染与防治部分，引入了欧盟 20 世纪 90 年代末提出、目前正在推广的噪声污染计量新概念——LKZ（噪声污染值）；光污染与防治部分，将编者现正在进行的光环境科研项目的初步成果（光环境功能区划的思路和方法）编入；电磁污染与防治部分，将电磁兼容和现代通信设备等的辐射纳入其中。此外，本教材还简要讲述了物理原理的数学表述和推导过程（电磁学、声学等），便于其他读者选读。本教材还将物理环境监测实验编排于书中，方便教学中使用；而且每章正文之后均附有扩大视野的阅读材料。

本书适用于高等学校环境工程、环境科学和市政工程等专业本科生作为教材，也可供从事环境保护工作的相关技术人员和管理人员参考。

本书由陈亢利、钱先友、许浩瀚、钱勇编。绪论和第 1、2、8、9 章由陈亢利编写，第 3、4 章由许浩瀚、陈亢利编写，第 5、10 章由钱先友编写，第 6、7 章由钱先友、陈亢利、钱勇编写。全书由刘金春、石剑荣两位教授主审。

本书在编写过程中参考了从事教学、科研的同行撰写的论文、书籍等，在此一并表示感谢。编者在编写过程中得到了国家环境保护总局辐射环境监测技术中心倪士英教授、清华大学周律老师、温宗国博士、苏州科技学院李新教授的悉心指导和帮助，研究生孙益松、张玲玲、张铭连做了大量文字工作，一并致谢。

由于环境物理学还处于发展之中，再加上编者的水平有限，难免存在疏漏和不足，热忱希望广大读者批评指正。

编者

2006 年 6 月

目 录

绪论	1
一、物理环境	1
二、环境科学及环境物理学	2
三、环境物理学的分支学科	3

第一篇 噪声污染与防治

第一章 噪声污染及其量度和标准	10
第一节 环境声学研究的内容	10
第二节 声波的基础知识	11
第三节 噪声在传播中的特性和分贝的计算	22
第四节 噪声的评价和标准	37
第五节 噪声测量	46
第二章 噪声污染控制	57
第一节 噪声控制技术概述	57
第二节 吸声	62
第三节 隔声	74
第四节 消声器	84
第五节 消除噪声的一些新技术	102

第二篇 光污染与防治

第三章 光环境与光度量	103
第一节 光环境	103
第二节 光度量	104
第三节 人眼的视觉功能	107
第四节 光源及光环境测量仪器	108
第五节 光环境质量评价	111
第四章 光污染及其防治	117
第一节 光污染	117
第二节 环境中的眩光	119
第三节 避免眩光干扰	122
第四节 各类建筑的眩光限制	126
第五节 光污染对生态环境的影响	128
第六节 功能区划及光污染的防治措施	130

第三篇 电磁污染与防治

第五章 电磁波基础及电磁辐射的测量	134
第一节 电磁波基础	134

第二节	天线基础	140
第三节	电磁辐射污染的来源	146
第四节	测量方法概述	150
第五节	射频电磁场的频谱分析	156
第六节	工频电磁场的测量	162

第六章	电磁辐射防护和环境电磁场的预测	164
第一节	电磁辐射的污染和危害	164
第二节	电磁辐射防护措施	170
第三节	环境电磁场的预测	177
第四节	静电的危害及其防治	185

第四篇 热污染与防治

第七章	热环境、热污染及其防治	188
第一节	研究内容	188
第二节	热污染	188
第三节	热污染对大气的影响及其防治	190
第四节	臭氧层破坏与热污染	192
第五节	热污染对水体的影响及其防治	193
第六节	热岛效应	199
第七节	余热利用与环境改善	202

第五篇 力和振动

第八章	振动的危害与控制	205
第一节	振动的基本特征	205
第二节	振动的危害	206
第三节	振动的测量及评价	208
第四节	振动控制过程概述	212
第五节	振动的隔离与阻尼减振	213
第六节	动力吸振	220
第九章	环境力学	223
第一节	环境空气动力学	223
第二节	污染物在大气中的迁移和扩散	224
第三节	污染物在水中的迁移扩散	227
第四节	环境力学与可持续发展	232

第六篇 核环境学

第十章	核环境学	236
第一节	核环境学概述	236
第二节	辐射防护中使用的量	239
第三节	环境辐射源	241
第四节	核电站对环境的影响	257
第五节	辐射防护和核安全体系	261
第六节	放射性废物的处理	264

第十一章 物理环境监测实验	269
实验一 道路交通噪声的测量	269
实验二 光照度测量	270
实验三 环境电磁辐射测量	270
参考文献	272

绪 论

一、物理环境

人类生活在物理环境中，其物理环境可以分为天然环境和人工环境。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。天然光环境的光源是太阳。地球上的光环境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，各地区的光环境的特性也不同。太阳还是环境的天然热源，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。上述一些自然现象都会干扰和影响人们的生活和工作。环境物理学主要研究人工物理环境，各种物理环境具有不同的特点和影响，简单叙述如下。

1. 声环境

声环境要求：需要的声音（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。噪声源主要是交通噪声、工业噪声、建筑施工噪声、社会生活噪声等。近年来，城市噪声对居民的干扰与危害日益严重，已经成为城市环境的公害。合理的城市规划和城市噪声管理法令对创造一个安静的声环境是很重要的。至于音乐厅、剧院等地方不但要求安静而且要有良好的音质。

2. 振动环境

人们的生活中，振动是不可避免的。例如晕车、晕船、晕机等就是由于低频振动引起的。物体做机械运动时，匀速运动对人体没有影响。例如，地球基本上是处于匀速运动中。人类生存在地球上并不感到地球的运动，也没有任何不舒适的反应。但是非匀速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。在人们从事生产活动中，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。

3. 光环境

白炽灯的发明，创造了现代人工光环境。一个世纪以来，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，能够满足人们的各种需要，而且稳定可靠。

人是用眼睛来看东西的，但是没有光就不存在视觉功能。人对光的适应能力很强，人眼的瞳孔可以随环境的阴暗进行调节。但是长期在弱光下看东西，视力会受到损伤。反之，在强光下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。

4. 热环境

适合于人类生活的温度范围是很窄的。对于人体不适应的剧烈寒暑变化的天然环境，人类创造了房屋、火炉以及现代空调系统等设施以减少外界气候变化的影响，并获得生存所必需的人工热环境。

人处在任何环境中，都要不停地与环境进行热交换。人体内部产生的热量和向环境散失的热量要保持平衡。由于人体热调节系统的功能很强，所以人体适应的环境冷热变化的范围相当宽，但是人们感觉舒适的范围却窄得多。人体既不感觉冷，也不感觉热的环境温度大约为 15~25℃。

5. 电磁环境

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、电视是必需的。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。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。人工电磁污染源有脉冲放电、工频交变电磁场、射频电磁辐射等。鉴于电磁辐射有可能直接影响人体健康，一些国家从20世纪50年代起开始规定了高频电磁辐射的安全卫生标准和微波辐射安全标准以限制电磁环境的污染。

6. 核辐射环境

在地球形成之初，放射性物质及其辐射就已存在于地球上了，只是因其看不见、摸不着，人们对其的认识要比对其他自然科学现象及其规律的认识晚得多。地球上每一个人都受到各种天然辐射和人工辐射的照射。天然辐射来源于宇宙辐射、陆地辐射、氧和矿物开采所致的辐射。19世纪末至20世纪初，人们对宇宙射线的研究和天然放射性核素的发现可认为是对环境放射性的最早探索。1942年，美国建立了世界上第一座核反应堆，开创了原子能时代。此后，由于核工业的发展和核武器试验，人们对由此引起的环境放射性污染给予了极大的关注。

二、环境科学及环境物理学

1. 环境科学

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中形成的一门新兴的综合性学科。环境科学中研究的环境，是以人类为主体的外部世界，包括自然环境和社会环境。自然环境是直接或间接影响到人类的一切自然形成的物质及其能量的总体。社会环境是人类在自然环境的基础上，通过社会劳动所创造的人工环境。环境科学把环境作为一个整体进行综合研究。

人类是环境的产物，又是环境的改造者。人类在同自然界的斗争中，不断地改造自然。但是由于人类认识能力和科学技术水平的限制，在改造环境的过程中，会造成对环境的污染和破坏。

人类活动造成的环境问题，最早可追溯到远古时期。那时，由于用火不慎，大片草地、森林发生火灾，生物资源遭到破坏，他们不得不迁往他地以谋生存。

随着社会分工和商品交换的发展，城市成为手工业和商业的中心。城市里人口密集，各种手工业作坊与居民住房混在一起，排出的废水、废气、废渣，以及城镇居民排放的生活垃圾，造成了环境污染。13世纪英国爱德华一世时期，曾经有对排放煤炭的“有害的气味”提出抗议的记载。

产业革命后，蒸汽机的发明和广泛使用，使生产力得到了很大发展。在一些工业发达的城市，工矿企业排出的废物污染环境，使污染事件不断发生。如19世纪中后期，英国伦敦多次发生可怕的有毒烟雾现象，日本足尾铜矿区排出的废水毁坏了大片农田的事件等。

第二次世界大战以后，许多工业发达国家普遍发生现代工业发展带来的范围更大、情况更加严重的环境污染问题，威胁着人类的生存。美国洛杉矶市自20世纪40年代后经常在夏季出现光化学烟雾。日本接连查明水俣病、痛痛病、四日市哮喘等震惊世界的公害事件，都起源于工业污染。北欧及北美地区许多地方降下酸雨，大气中二氧化碳含量不断增加。环境问题已发展成为全球性的问题。

环境科学是随着环境问题的出现逐渐形成和发展的。早在公元前，人们在生产中就注意到了环境问题，如在烧制陶瓷的柴窑中用烟囱排烟，使用陶质排水管道等。19世纪下半叶，环境问题受到社会的重视，地学、生物学、物理学、医学和一些工程技术等学科的学者分别

从本学科角度开始对环境问题进行探索和研究。如 1864 年出版的美国学者 G. P. 马什《人和自然》，就是论述人类活动与环境的关系。声、光、热、电等对人类生活和工作的影响从 20 世纪初开始研究。公共卫生学从 20 世纪 20 年代以来逐渐由注意传染病进而注意环境污染对人群健康的危害。

20 世纪 50 年代，环境问题成为全球性重大问题。当时许多科学家，包括生物学家、化学家、地理学家、医学家、工程学家、物理学家和社会科学家等对环境问题共同进行调查和研究。在各个原有学科的基础上，运用原有学科的理论和方法，研究环境问题，逐渐出现了一些新的分支学科，例如环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学、环境经济学、环境法学、环境管理学等，在这些分支学科的基础上孕育产生了环境科学。“环境科学”这一名词最早是由美国学者提出的，当时指的是研究宇宙飞船中的人工环境问题。1964 年国际科学联合会理事会设立了国际生物方案。1968 年国际科学联合会理事会设立了环境问题科学委员会。70 年代出现了以环境科学为书名的综合性专门著作。70 年代下半期，环境问题不再仅仅是排放污染物所引起的人类健康问题，而且包括自然保护和生态平衡以及维持人类生存发展的资源问题。

环境科学的主要任务是：探索全球范围内环境演化的规律；揭示人类活动同自然生态之间的关系，探索环境变化对人类生存的影响，研究区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施。

环境科学在发展，20 世纪 70 年代以来，人们在控制环境污染方面取得了一定成果，某些地区的环境质量也有所改善。这证明环境问题是可解决的，环境污染的危害是可以防治的。

随着人类在控制环境污染方面所取得的进展，环境科学这一新兴学科也日趋成熟，并形成自己的基础理论和研究方法。它将从分门别类研究环境和环境问题，逐步发展到从整体上进行综合研究。环境科学现有的各分支学科正处于蓬勃发展的时期。

2. 环境物理学

各种物质都在以不同的运动形式进行能量的交换和转化，物质能量的交换和转化的过程，就构成了物理环境。人类生存于这种物理环境里，也影响着这种物理环境。比如由于人类进行大规模的工业生产并向大气释放大量温室气体，造成温室效应，使地球变暖，就是一个例子。与化学性污染和生物性污染不同，物理性污染是能量的污染，在环境中不会有残余物质存在。

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，主要研究物理因子（声、光、热、电磁、力等）污染发生的机理与防治方法等。环境物理学不仅研究如何消除污染，更重要的是研究适宜于人类生活和工作的声、光、热、电等物理条件，同时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、环境光学、环境热学、环境电磁学和环境空气动力学以及核环境学等分支学科。

环境物理学的研究领域是相当广阔的。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。

三、环境物理学的分支学科

各种物质都在不停地运动着，运动的形式有机械运动、分子热运动、电磁运动等。物质

的运动都表现为能量的交换和转化,这种物质能量的交换和转化构成了物理环境。人类生存于它所适应的物理环境,也影响着这种物理环境。研究物理环境同人类的相互作用的科学,称为环境物理学。它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。50年代以后,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、热学、光学、电磁学、力学等开展对物理环境的研究,并取得一定的成果,在此基础上,逐渐汇集、形成一个新兴的边缘学科,这就是环境物理学。

环境物理学的主要研究范围是大自然中的物理变化引起人类生存环境的改变,污染物迁移及分布的规律,以及研究环境问题时所采用的物理原理与方法。其中最主要的是应用物理手段研究和解决在环境中存在的污染问题,物理污染的产生机理、发展变化、对人类的影响以及预防和治理对策等。环境物理学就其自身的学科体系而言,还没有完全定型。目前,主要是研究声、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. 特点

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、电磁场等在环境中是永远存在的,它们本身对人无害,只是在环境中的量过高或过低时,才造成污染或异常。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:一是物理性污染是局部性的,区域性或全球性污染现象比较少见;二是物理性污染在环境中不会有残余物质存在,在污染源停止运转后,污染也就立即消失。

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,主要是: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的研究同环境科学的其他分支学科不同,它不仅研究消除污染,而且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。

2. 分支学科

环境物理学根据研究的对象可分为环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学和环境空气动力学等分支学科。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 环境声学是环境物理学的一个分支学科,研究声环境及其同人类活动的相互作用。

人类生活的环境里有各种声波,用来传递信息和进行社会活动,是人们需要的;而影响人的工作和休息,甚至危害人体的健康的,则是噪声。为了改善人类的声环境,保证语言清晰易懂,音乐优美动听,20世纪初,人们开始对建筑物内的音质问题进行研究,促进了建筑声学的形成和发展。自20世纪50年代以来,人类生活环境的噪声污染日益严重,人们开始了在建筑物内和在建筑物外的一定的空间范围内控制噪声的研究。研究涉及物理学、生理学、心理学、生物学、医学、建筑学、音乐、通信、法学、管理科学等许多学科,经过长期的研究,成果逐渐汇聚,形成了一门综合性的学科——环境声学。在1974年召开的第八届

国际声学会议上，环境声学这一术语被正式使用。

环境声学主要是研究声音的产生、传播和接收，及其对人体产生的生理、心理效应；研究改善和控制声环境质量和环境管理的技术和管理措施。其主要内容如下。

① 噪声控制 声是一种波动现象，它在传播过程中，会产生反射、衍射、折射和透射现象，会随传播距离的增加而衰减。声的波动、基本物理性质，是改善和控制声环境的理论基础。因此在噪声控制中，根据物理原理，首先是降低噪声源的辐射；其次是控制噪声的传播，改变声源已经发出的噪声的传播途径；再次是采取防护措施。

② 音质设计 剧场、电影院、音乐厅、会议厅等建筑物中的音质问题很重要。音质控制是要加强声音传播途径中有效的声反射，使声能量在建筑物内均匀分布和扩散，以保证直达声有适当的响度；还要消除建筑物内的不利的声反射、声能集中等现象，控制混响时间，降低内部和外部的噪声干扰。

③ 噪声的影响 噪声对人的影响同噪声的声级、频率、连续性、发出的时间等物理性质有关，而且同收听者的听觉特性、心理、生理状态等因素亦有关，是一个复杂的问题。

④ 研究噪声标准 噪声标准要能保护多数人不受过度噪声的干扰或伤害，是防止和消除噪声污染的重要手段，噪声控制的技术措施必须满足它的要求。

近年来，噪声控制研究受到普遍重视，对声源的发声机理、发声部位和特性，以及振动体和声场的分析和计算，都有重大发展。

在机械振动、声场分布以及二者间耦合的理论方面，经典的格林函数已普遍用于振动系统的理论分析。声学工作者把量子力学的处理方法用到声场分析，形成了简正振动方式（或称简正波）理论。在频率较高时，用统计方法分析振动中的能量关系，发展了统计能量分析（SEA）。利用瑞利提出最大动能等于最大位能，算出振动基频的物理方法，创造出有限元方法及边界元方法。能量流技术在计算和降低机器噪声方面也得到应用。

在测量手段方面，利用物理原理发展的是声音强度测量，可以直接求得声源发出的总声功率及其各部分的发声情况。

在气流噪声的研究中弄清了噪声与压力、喷口等的关系。在撞击噪声的研究中，求得加速噪声、自振噪声等的特性及其在总噪声中的地位。

发展了各种新型吸声、隔声材料和结构，例如各种无纤维吸声材料或结构，逐渐有较多的应用。马大猷院士在 20 世纪 60 年代后期提出微穿孔板吸声体，已得到国内外的广泛应用，最近又研究微缝吸声体理论。德国夫琅霍费建筑研究所还发展了一种聚碳酸酯薄膜穿孔吸声结构。

在隔声材料方面，最近出现了一种被称为“声学晶体”的新型组合材料，它由局部共振结构单元组成。改变结构单元的大小和几何形状，可以调谐频率范围，使在此范围内的有效弹性常数是负的，从而成为反射器的材料，显示出比相关波长小两个数量级的点阵常数的谱隙，打破了传统的“质量定律”的声传输规律。

(2) 环境电磁学 环境物理学中新形成的一个分支学科，主要研究各种电磁污染的来源及其对人类生活环境的影响。电磁污染是指天然的和人为的各种电磁波干扰和有害的电磁辐射。

电磁辐射是指能量以电磁波的形式通过空间传播的物理现象，分为广义的电磁辐射和狭义的电磁辐射。广义的电磁辐射又分为电离辐射和非电离辐射两种，凡能引起物质电离的电磁辐射称为电离辐射，包括 X 射线、 γ 射线、 α 粒子、 β 粒子、中子、质子等。不足以导致组织电离的电磁辐射称为非电离辐射，包括极低频（ELF，3Hz~3kHz），甚低频（VLF，

3~30kHz)、射频(100kHz~300GHz)、红外线、可见光、紫外线及激光等。一般所说的电磁辐射是指非电离辐射。

1969年国际电磁兼容讨论会上,建议把电磁辐射列为必须控制的环境污染危害物,联合国人类环境会议采纳了上述建议,并将此编入《广泛国际意义污染物的控制与鉴定》一文。1972年,国际大电网会议召开,科学家首次将工频电磁辐射的污染问题作为学术问题进行讨论。70年代后期,联邦德国科学家通过对电磁污染的深入研究,发展了环境电磁学。1979年我国颁布的《中华人民共和国环境保护法》也将电磁辐射列入有害的环境污染物之一。

电磁污染源 影响人类生活环境的电磁污染源可分天然的和人为的两大类。天然的电磁污染是某些自然现象引起的。最常见的是雷电、火山喷发、地震和太阳黑子活动。人为的电磁污染主要有脉冲放电、工频交变电磁场、射频电磁辐射。目前,射频电磁辐射已经成为电磁污染环境的主要因素。

电磁辐射对环境的影响包括两个方面,一方面是对仪器设备工作环境的影响,另一方面是对人体健康的影响。在一定强度的电磁波干扰下,会造成导弹系统控制失灵,飞机与卫星指示信号失误。我国深圳机场、广州白云机场在20世纪90年代都有受无线电台的干扰而被迫关闭的事件发生。

电磁辐射对人体健康的影响主要体现在对各器官组织的功能效应的影响,目前科学家研究的比较多的主要有对神经系统的作用;对心血管系统的作用;对血液成分的影响;对内分泌系统的影响;对生殖和子代发育的影响;与肿瘤发生的关系。

近年来,我国经济与城市化得到迅速发展,城市空域的电磁环境更为复杂,出现了许多新现象、新问题。主要有:城市的发展与扩大,大中型广播电视与无线电通信发射台站被新开发的居民区所包围,局部居民生活区形成强场区;移动通信技术(包括移动电话通信、寻呼通信、集群专业网通信)发展迅速,城市市区高层建筑上架起成百上千个移动通信发射基地站;随着城市用电量增加,10kV和220kV高压变电站进入城市中心区;城市交通运输系统(汽车、电车、地铁、轻轨及电气化铁路)迅速发展,引起城市电磁噪声呈上升趋势;个人无线电通信手段及家用电器增多,家庭小环境电磁能量密度增加,室内电磁环境与室外电磁环境已融为一体,城市电磁环境总量在不断增加。

如上所述,恶化的电磁环境不仅对人类生活日益依赖的通信、计算机与各种电子系统造成严重的危害,而且会对人类身体健康带来威胁。为此世界各国都十分重视愈来愈复杂的电磁环境及其广泛的影响,电磁环境保护与电磁兼容技术已成为一个迅速发展的新学科领域。

(3) **环境热学** 主要研究热环境及其对人体的影响,以及人类活动对热环境影响的学科。

环境的天然热源是太阳,环境的热特性取决于环境接收太阳辐射的情况,并与环境中大气同地表之间的热交换有关。大气中的臭氧、水蒸气和二氧化碳是影响太阳辐射到达地表强度的主要因素。在距地面20~50km上空的臭氧层,能大量地吸收对生命物质有害的紫外线,是生物得以生存和发展的重要条件。

穿过大气的太阳直接辐射和散射光,一部分被地表反射,一部分被地表吸收。地表由于吸收短波辐射被加热,再以长波向外辐射。大气吸收辐射能后被加热,再以长波向地表、天空辐射。大部分长波辐射能被阻留在地表和大气下层,就使地表和大气下层的温度增高,产生所谓的温室效应。太阳向地表和大气辐射热能,地表和大气之间也不停地进行潜热交换和以对流及传导方式进行的显热交换。

人体不能完全适应天然环境剧烈的寒暑变化,为减少外界气候变化的影响,人类创造了房屋、火炉等,形成了人工热环境。

人工热环境是人类生活不可缺少的条件。热环境对人体的影响以及环境与人的热舒适之间的关系是环境热学研究的内容之一。

环境热学要对热污染进行研究,热污染是指因为人类活动的影响而造成的对热环境的危害现象。

人类活动主要从以下三个方面影响自然环境,从而引起热污染。

① 人类活动改变大气的组成,从而改变太阳辐射和地球辐射的透过率,如城市排放的烟尘使大气浑浊度增加,影响环境接收太阳辐射。

② 人类活动改变地表状态与反射率,从而改变地表和大气间的换热过程,如大规模的农牧业开发使森林变为农田和草原,再转化为沙漠;城市建设使大量的钢筋混凝土建筑物代替了田野和植物,这些现象都使地面的反射率不断改变,从而破坏环境的热平衡,形成热污染。

③ 人类活动直接向环境释放热量,如城市消耗大量的燃料,在燃烧过程中产生的能量一部分直接成为废热,另一部分转化为有用功,最终也成为废热向环境散发。据估算,20世纪末,全世界耗能总量已占地球接收的净辐射的千分之一。

热污染的危害主要在于大范围的干旱;全球变暖;对水体产生不利影响;降低人体机理的正常免疫功能。

环境热污染对人类的危害大多是间接的。人们对热污染的认识尚处于探索阶段。

(4) 环境光学 环境光学是研究人类的光环境的科学。环境光学的研究内容包括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;光污染的危害和防治等。

环境光学是在光度学、色度学、生理光学、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。环境光学的定量分析以光度学、色度学为基础;在研究光与视觉的关系上主要借助于生理光学及心理物理学的实验和评价方法。

天然光环境的光源是太阳。研究天然光环境的一项首要工作,就是对一个国家和地区的天然光环境进行常年连续的观测、统计和分析,取得区域性的天然光数据。为了利用天然光创造美好舒适的光环境,环境光学还要研究天然光的控制方法、光学材料和光学系统。

人工光环境较天然光环境易于控制,但电光源的能源利用效率很低,目前由初级能源转换成光能的效率则只有百分之几。研究控制灯光强度和分布的理论及光学器件,探索合理有效的照明方法,也是环境光学研究的内容。

人靠眼睛获得75%以上的外界信息。没有光,就不存在视觉,人类也无法认识和改造环境。环境光学要研究光和视觉、视觉功能与照明条件之间的定量关系,光环境的质量评价指标,为制订照明标准提供依据。

环境光学研究内容另一重要方面是光污染及其防治方法。光污染是指过量的光辐射对人类生活和生产环境造成的不良影响,包括可见光(又称噪光)、红外线、紫外线等引起的污染。如城市大气污染严重,空气浑浊,云雾凝聚,造成天然光照射度减低,能见度下降,致使航空、测量、交通等室外作业难以顺利进行。又如城市灯光不加控制,夜间天空亮度增加,影响天文观测;路灯控制不当,照进住宅,影响居民休息等。

另外,大功率光源造成的强烈眩光,某些气体放电灯发射过量的紫外线,以及像焊接一类生产作业发出的强光,对人体和视觉都有危害。

在城市区域范围内常见的光污染一般为白亮污染、人工白昼、彩光污染。

光污染对人体健康的影响主要表现在对眼睛和神经系统的影响。

白亮污染由强烈光线的反射引起。长期在白亮污染环境下工作和生活的人,眼角膜和虹膜会受到不同程度的损害,视力下降,白内障发病率高达40%以上,同时,还有可能使人产生头晕目眩、失眠心悸、神经衰弱,严重者可导致精神疾病和心血管疾病。

“人工白昼”污染会使人体正常的生物节律受到破坏,生活在“不夜城”里的人们,人体的“生物钟”发生紊乱,产生失眠、神经衰弱等各种不适症,导致白天精神萎靡、工作效率低下。

彩光污染包括黑光灯和各种彩色灯光的污染。黑光灯所产生的紫外线强度大大高于太阳光中的紫外线,长期受到这些光源中紫外线的照射,可诱发流鼻血、脱牙、白内障,甚至导致白血病和其他癌变。

(5) 环境空气动力学 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、昆虫的飞行等影响作为研究内容。

所谓环境空气动力学,主要是指应用物理学中的动力学原理,来研究全球气温的变化及空气中污染物的扩散等情况。大气中的气团运动不仅决定了气候的变化,同样也决定了污染物的扩散条件。

例如运用理想气体的状态方程和门捷列夫-克拉珀龙方程等物理方法,可以科学地解释空气质点上升(下降)、温度下降(上升),海拔上升100m,温度下降约 1°C 等自然现象。利用动力学原理,结合周围环境情况,研究污染物分子之间以及与周围空气分子之间力的相互作用,可以分析和预测污染物的扩散和迁移情况。

近年频繁出现的“厄尔尼诺”和“拉尼娜”现象,对人类最直接的影响就是全球温度的变化,“厄尔尼诺”导致的异常升温转而又给大气加热,引起了很多难以预测的气候反常现象,虽然人们已经认识到“厄尔尼诺”现象的起因(由于在南半球的太平洋上,原来强劲的东南信风渐渐变弱甚至倒转为西风,而东太平洋沿岸的冷水上翻也会势头减弱甚至完全消失,于是太平洋上层的海水温度便迅速上升,并且向东回流。这股上升的“厄尔尼诺”洋流导致东太平洋海面比正常海平面升高20~30cm,温度上升 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$),但是,如何运用空气动力学的原理,科学地分析和预测这些自然界的异常气温变化,仍然是环境空气动力学的重要研究内容。

(6) 核环境学 核环境学是一门20世纪50年代才逐步兴起的新学科,是研究环境中各类天然和人工电离辐射的来源,它们在环境中的分布、迁移和转化,环境辐射对环境、生态和人体健康的影响及其评价和控制为主要内容的一门新兴学科,是由核科学和环境科学相互交织、渗透、融合而形成的一门边缘学科。

核环境学的主要内容大致可以包括如下几个方面。

① 环境辐射源 各种类型环境辐射的来源、分布及其对公众所导致的内、外照射剂量水平。

② 环境辐射监测 环境放射性物质的分析方法和环境辐射的监测方法。

③ 放射性物质在环境中的行为 放射性物质在环境中存在的物理和化学形态、过程导致放射性核素在大气、水体和岩石-土壤环境中的弥散、迁移、转化、蓄积及最终归宿,放射性物质通过生物链向人的转移,电离辐射对生态系统的影响。

④ 辐射环境管理 辐射危害、危险和风险的估计,辐射防护的原则、体系和标准,辐射环境管理标准体系,辐射环境影响评价,放射性流出物排放的控制,放射性废物管理及核设施退役、核事故应急等有关的辐射环境管理问题。

⑤ 环境放射性污染的防治 研究如何防止和减少放射性物质对环境的污染,以及一旦放射性物质进入环境而造成污染时,如何采用物理、化学及生物学方法减轻和消除污染,最大限度地减少其对人体健康和生态的危害。

⑥ 应用核环境学 运用环境中存在的天然放射性核素进行科学研究或达到实用目的,如环境放射性探测在探矿、地震预测、地球化学、宇宙化学等领域中的应用,放射性同位素测龄法在环境科学、考古学、地学等领域中的应用;运用放射性同位素示踪技术研究非放射性污染物在环境中的化学行为和迁移规律等。

核环境学并非核科学和环境科学两门学科的简单叠加、复合、扩大或延伸,它具有与核科学和环境科学不尽相同的一些特点。

① 核环境学研究的对象体系范围很大,其研究对象可以是涉及整个生物圈的全球性生态系统。

② 核环境学研究的环境放射性物质的浓度比通常核科学(如放射化学)和环境科学(如环境化学)研究的物质浓度低得多。

③ 核环境学研究对象的影响因素复杂。

④ 放射性核素的辐射危害与一般污染物的化学毒性在本质上具有根本性的差异。辐射是放射性核素的原子核本身所固有的特性,任何人为及自然过程都无法使其消除,目前唯一的办法是任其随时间的推移而自行衰变。因此,长寿命放射性核素的辐射危害将存在几十年甚至几十万年的时间。此外,许多放射性核素的辐射危害比其稳定同位素的化学毒性大得多,因此其在环境中的浓度限制也更为严格。

⑤ 核环境学综合性强,涉及的知识领域广。它不仅与原子核物理、放射化学、环境科学、土壤学、大气科学、海洋学、地球化学、生物学、生态学等学科直接有关,而且还涉及气象学、水文学、地质学、地理学、放射生物学、放射卫生学等有关知识。因此,核环境学是一门综合性很强的边缘学科。

3. 展望

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,而有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。

环境物理学的基础知识是声学、机械振动学、光学、热学、电磁学,但又不纯粹是物理学问题,它还涉及生理学、心理学、音乐、通信、建筑学、生物学、医学、社会学、经济学和管理学等。

第一篇 噪声污染与防治

第一章 噪声污染及其量度和标准

第一节 环境声学研究的内容

一、噪声污染规律的研究

噪声污染规律的研究，是指研究噪声级与有关参数的关系，以及噪声的时间和空间分布。目前，一些参数对噪声传播中的时间、空间关系还没有定量化，如风速、温度梯度等对噪声传播中的衰减关系。有的虽已定量化，但计算很复杂，难以运用。因此，噪声污染规律的研究还有很多工作需要做。

噪声污染规律的研究成果将用来指导环境质量的评价和预测，以便估计环境噪声的发展趋势。

二、噪声评价方法和噪声标准的研究

环境噪声来自各种具有不同特性（噪声强度、频率和时间特性等）的噪声源，噪声对人的危害与噪声源的特性有关，此外还与人耳的听觉特性和人对噪声的主观心理反应有关。如何将人处于不同的噪声环境和噪声暴露时间的影响程度反映出来，这就是噪声评价的任务。为评价各种情况下噪声对人的干扰，迄今为止，相继出现的评价量和相应的评价方法已有几十种。一些评价方法在实践中被淘汰，一些方法得到不断地修改完善。

噪声要降到什么样的水平人们才能接受，它依赖于噪声的评价标准。噪声标准的制订是个比较复杂的问题。首先，要研究噪声对人体影响的各主要方面，找出噪声级大小、噪声持续时间、噪声起伏状况等参数对人体诸方面影响的定量关系，为制订噪声标准提供可靠的科学依据。有可靠的科学依据，再结合技术、经济的可行性，来确定噪声的限值。这样制定的标准才有可能创造一个适宜人们工作、学习、休息的声学环境。

目前，许多国家制定的噪声标准大都以听力损伤为评价依据，而缺少噪声对人体影响的全面的科学依据。对于后者，一些国家正在开展研究。我国于1975年由北京劳动保护科学研究所等单位，对上百个工厂、近万人进行调查，研究了工业噪声对听力系统、神经系统、心血管系统、消化系统等的影。研究结果表明，噪声对所研究的诸方面都会产生影响，影响大体可分为下述三类情况：75dB(A)以下的噪声对人体基本上没有伤害；85~90dB(A)的噪声对人体有轻度的影响，只对少数人产生轻度伤害；超过95dB(A)的噪声，会使人体受到中度，甚至重度伤害。从上述研究结果可以得到下述结论：噪声在75dB(A)以下是理想的，未来的工业噪声标准应当向这一目标靠近；85~90dB(A)作为目前工业噪声标准，对大多数人可以接受，并且目前技术、经济也可以实现，故该标准在目前是合理的；不能允许人在大于95dB(A)的环境中长期暴露，对这样高噪声的环境必须治理，或者对个人采取