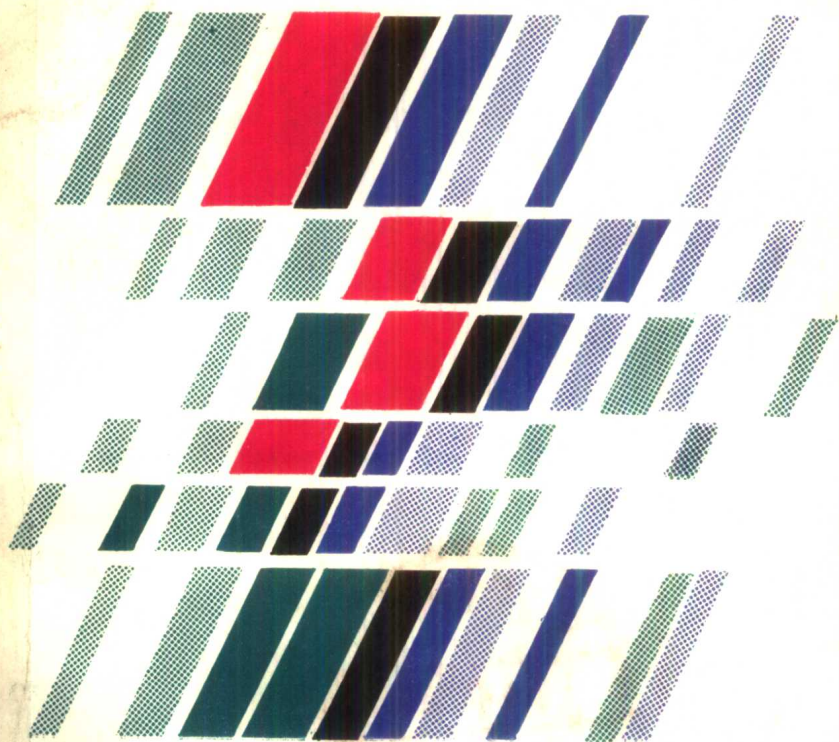




姜海涛 郭秀兰 吴成祥 编 著

环境物理学基础

中国原子出版社

环境物理学基础

姜海涛 郭秀兰 吴成祥 编著

中国展望出版社

1987年·北京

序

黑龙江省环境监测站的同志编著了《环境物理学基础》一书，要我在这本书的开头写几句话。我想，作为中国环境科学学会的理事长，有责任把这本书推荐给广大读者，也就欣然答应了。

近十年来，随着我国环境保护事业的迅速发展，环境科学研究工作也不断向前发展。环境物理学是环境科学在自然科学领域内的一个分支学科。它的目的主要是通过研究物理环境同人类之间的相互作用，探寻为人类创造一个适宜的物理环境的途径。但是，如同环境科学是一门新兴科学一样，现在环境物理学就其自身的学科体系而言，尚未完全定型，还属于正在形成和发展中的一个学科。这大概就是编著者之所以把这本书命名为“环境物理学基础”的缘故吧。

本书内容比较全面，对于目前已开展研究的声(振动)、电磁场、热、光和射线等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均有涉及。分别以环境声学，环境电磁学，环境热学，环境光学，环境空气动力学，以及环境辐射学等进行了研究和讨论。其中，环境声学篇由于已有较长的研究历史和较多的研究成果，内容比较丰富；其余各篇也根据实际情况，详略不一地作了论述。

鉴于上述特点，我认为本书可以作为研究物理环境和物理性污染的基础读物，也可作为从事环境保护研究、监测的工程技术和管理人员的参考书，也可作为大专院校环境保护专业的参考书或教材。

可以期望，今后通过对物理环境和物理性污染不断深入的研究，一个完整的环境物理学的科学体系即将形成。从这个意义上来说，这本《环境物理学基础》，也可以看作是环境物理学科学研究工作的一个基础。这本书出版的意义，也就不言而喻了。

以上数语，是为序。

李景昭

1986年5月15日

绪 论

一、环境科学与环境物理学

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综合性科学。它是在环境问题日益严重后产生和发展起来的。到目前为止，它的理论和方法还处在发展之中。早在19世纪下半叶，随着经济社会的发展，环境问题已开始受到社会的重视，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。这些基础科学和应用技术的进展，为解决环境问题提供了理论基础和方法。而环境科学的出现，是从20世纪50年代环境问题已成为全球性重大问题之后开始的。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来研究环境问题。通过这种研究，逐渐出现了一些新的分支学科，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便产生了环境科学。“环境科学”这一名词是美国学者最先提出的，当时指的是研究宇宙飞船中的人工环境问题。70年代则出现了以环境科学为书名的综合性专门著作。环境科学从提出到现在，也只不过二、三十年的历史，然而其发展却异常迅猛。其重要标志之一，是环境科学推动了自然科学各个学科的发展，同时也促

进了学科之间的相互渗透；其二是，推动了科学整体化的研究。目前，在环境问题的研究上，主要的趋势是，以整体观念剖析环境问题；更加注意研究生命维持系统；扩大生态学原理的应用范围；提高环境监测的效率；注意全球性问题。

我国的环境科学研究，在70年代以前，主要在基础科学、医学、工程技术等方面，大多是从各自的学科和系统出发，进行了一些零星的研究工作。1972年，在总结过去经验的基础上，提出了“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”的环境保护方针。1973年，中国第一次环境保护会议制定了1974—1975年环境保护科学研究任务。以后，又制定了环境保护科学技术长远发展规划，并纳入全国科学技术发展规划。十多年来，中国的环境科学研究已形成了一定的力量，并取得了一定的成果。同时，环境科学的各分支学科也得到了蓬勃的发展。

环境科学，在宏观上，研究人类同环境之间的相互作用，相互促进、相互制约的对立统一关系，揭示社会经济发展和环境保护协调发展的基本规律；在微观上，研究环境中的物质，尤其是人类活动排放的污染物的分子、原子等微观粒子在有机体内迁移、转化和蓄积的过程及其运动规律，探索它们对生命的影响及其作用机理等，研究区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施，利用系统分析和系统工程的方法，寻求解决环境问题的最优方案。

环境物理学，是环境科学在自然科学范畴的一门分支学科。它同其他分支学科，如环境工程学、环境生物学、环境化学、环境医学、环境地学等相互渗透、相互交叉。在深入

探讨环境科学的基础理论和解决环境问题的途径及方法的过程中，还将出现更多的新的分支学科，必将使环境科学成为一个枝繁叶茂的庞大学科体系。

二、环境物理学的内容与特点

环境物理学，是研究物理环境和人类之间的相互作用。就其自身的学科体系而言，还没有完全定型。目前主要研究声、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。环境物理学的研究目的是要为人类创造一个适宜的物理环境。我们知道，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。物质的运动是以物质能量的交换和转化表现的并构成了相对于以人类为主体和中心事物的物理环境。而物理性污染不同于化学性污染和生物性污染。这是因为引起物理性污染的声、光、热、电磁场等在环境中永远存在，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。它具有以下两点不同之处：1. 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；2. 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，污染也便立即消失。

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、电等要素是人类所必需的，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、电等在环境中的量决定的，这就使环境物理学的研究同其它物理学科一样，注重物理现象的定量研究。

环境物理学根据研究对象的不同，可分为环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学、环境辐射学和环境空气动力学等分支学科。其中环境声学有较长的研究历史和较多的研究成果。但总的说来，环境物理学是正在形成中的学科，它将在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。

目 录

序.....	(1)
绪论.....	(1)

第一篇 环境声学

第一章 基本物理量和基础理论.....	(2)
一、噪声的一般概念.....	(2)
二、声波的物理参数.....	(7)
三、声压、声强、声功率及其级.....	(12)
四、声音的迭加与频谱分析.....	(16)
第二章 简单振子.....	(24)
一、自由振动与无阻尼振动方程.....	(25)
二、无阻尼振动方程的解.....	(29)
三、阻尼振动方程及其解.....	(36)
四、受迫振动.....	(44)
五、振动的合成与分解.....	(48)
第三章 波动方程.....	(53)
一、简谐振动时的波动方程.....	(54)
二、波动方程的动力学推导.....	(56)
三、平面波、球面波和驻波.....	(63)
四、声波的反射、折射和干涉.....	(71)
第四章 力、声和电类比.....	(78)
一、力、声和电方程式的比较.....	(78)
二、电、力和声类比.....	(81)

三、声学元件	(84)
第五章 噪声的主观量度与评价	(93)
一、噪声的主观量度	(93)
二、常用的评价方法	(95)
三、噪声冲击	(111)
四、噪声的掩蔽作用	(116)
第六章 噪声的危害及环境噪声允许标准	(119)
一、噪声的危害	(119)
二、噪声的允许标准	(127)
第七章 噪声测量	(133)
一、噪声测量技术	(133)
二、噪声测量仪器	(136)
三、噪声的测量方法	(142)
第八章 城市噪声和城市规划	(144)
一、城市噪声的分类	(144)
二、城市防噪声规划	(146)
第九章 室内声学	(154)
一、室内声学问题的处理方法	(154)
二、室内声场强度的估计	(158)
三、室内声学设计	(159)
四、室内音质评价	(163)
第十章 噪声源	(168)
一、风机噪声	(168)
二、泵与压缩机噪声	(173)
三、管道噪声	(174)
四、机械噪声	(181)

五、公路车辆噪声	(191)
六、铁道交通噪声	(196)
七、船舶噪声	(199)
八、飞机和机场噪声	(202)
第十一章 吸声材料与吸声结构	(206)
一、吸声系数	(207)
二、多孔材料及其物理性质	(209)
三、吸声结构	(211)
四、吸声降噪及其设计步骤	(215)
第十二章 消声器	(219)
一、消声器的类型	(219)
二、消声器的性能评价	(237)
三、气流速度对消声性能的影响	(239)
四、消声器的设计要求和设计程序	(240)
第十三章 隔声	(242)
一、隔声的机理与吻合效应	(243)
二、隔声结构	(248)
三、隔声指数与隔声性能的评价	(252)
四、隔声幕与隔声屏障	(255)
五、隔声罩与隔声间	(257)
六、固体声(撞击声)的隔离及其评价标准	(263)
第十四章 隔振与阻尼	(266)
一、振动的容许标准	(266)
二、振动的控制	(269)
三、隔振材料与减振器	(271)
四、隔振设计与计算	(275)

五、振动的阻尼	(281)
第十五章 振动及其测量技术	(285)
一、振动物理量的描述	(285)
二、振动测量技术	(286)

第二篇 环境电磁学

第一章 电磁场的物理概念	(291)
一、电场与磁场	(291)
二、电磁场与电磁辐射	(294)
三、射频电磁场	(301)
第二章 电磁辐射污染	(303)
一、电磁污染源	(304)
二、电磁污染的传播途径	(307)
三、电磁辐射的危害	(309)
四、高频辐射对作业环境的影响	(313)
五、微波辐射危害的相关因素	(314)
六、微波辐射的安全卫生标准	(317)
第三章 电磁辐射的测量技术	(317)
一、电磁污染源的调查	(317)
二、电磁污染的监测方法	(323)
第四章 电磁辐射污染的控制	(338)
一、电磁辐射的主要防护措施	(338)
二、高频辐射的屏蔽防护	(339)
三、微波辐射的安全防护	(340)

第三篇 环境热学

第一章 热环境	(343)
---------------	-------

一、环境的天然热源	(343)
二、太阳辐射强度的主要影响因素	(344)
三、热平衡及换热方程	(345)
四、热环境对人体的影响	(347)
五、高温环境	(351)
六、人类活动对热环境的影响	(354)
七、环境温度测量方法及生理热指标	(356)
第二章 热污染	(359)
一、热污染的形成及影响	(359)
二、水体热污染及其防治	(362)
三、大气热污染的影响及其防治	(370)

第四篇 环境光学

第一章 光的本性 with 传播	(377)
一、光的本性	(377)
二、光源	(379)
三、波、波阵面和光线	(381)
四、反射定律和折射定律	(384)
五、折射率	(386)
六、吸收	(388)
七、照明	(390)
第二章 光环境	(391)
一、天然光环境	(391)
二、人工光环境	(392)
第三章 照明及其设计要求	(394)
一、照明单位	(394)

二、照明的设计要求	(397)
三、观察和能见度	(417)
第四章 光与视觉的关系	(425)
第五章 光污染及其防治	(427)

第五篇 环境空气动力学

第一章 流体力学基础	(428)
一、流体的连续性概念	(428)
二、连续方程	(432)
三、理想流体的运动方程	(434)
四、伯努利方程	(436)
五、粘性流体的运动方程	(438)
六、雷诺数	(441)
第二章 大气运动与气象因子	(443)
一、大气运动对污染物扩散的影响	(444)
二、气象的动力因子分析	(446)
三、气象的热力因子分析	(447)
第三章 环境空气动力学及其展望	(456)
一、环境空气动力学的进展	(456)
二、环境空气动力学的期望	(459)

第六篇 环境辐射学

第一章 放射性	(461)
一、放射性和同位素	(461)
二、放射性衰变的类型	(462)
三、放射性衰变的一般规律	(467)

四、核辐射与物质的相互作用	(472)
五、原子核反应、核裂变与核聚变	(476)
六、放射性强度与辐射量单位	(479)
第二章 环境中的放射性	(482)
一、概述	(482)
二、天然辐射源	(483)
三、人工放射性污染源	(496)
四、环境放射性物质进入人体的途径	(504)
五、环境放射性对人群所致的辐射剂量	(505)
第三章 样品的采集及其预处理	(513)
一、大气气溶胶的采集	(514)
二、水样的采集	(515)
三、土壤的采集	(517)
四、生物样品的采集及其预处理	(517)
第四章 放射性的物理测量	(518)
一、标准源的选择	(518)
二、总放射性的测量	(519)
三、环境辐射剂量率的测量	(525)
后记	(527)

第一篇 环境声学

环境声学是环境物理学的一个分支学科，是研究声环境及其同人类活动的相互作用的一门综合性科学。“环境声学”这一术语，是在1974年第八届国际声学会议上被正式使用。

人类生活的环境中有各种声波。其中有的会影响人的工作和休息、甚至危害人体的健康。这种人们所不需要的声音，我们称为噪声。

环境声学的任务是为改善人类的声环境，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、评价和控制，以及对人类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以消除其危害。

声是一种波动现象。声波在介质中传播，由于介质的吸收作用，会随传播距离的增加而衰减；同样，在传播过程中遇到障碍物时，会产生反射和衍射现象；在不均匀介质中或由一种介质进入另一种介质时，也会发生折射和透射现象。对于声的这些认识，是改善和控制声环境的理论基础。

对环境声学中噪声控制的研究受到普遍的关注和重视。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，无论在理论、方法和实验技术上都有重大的发展，因而有力地促进了噪声控制技术的发展。学者们对噪声的时间函数作了大量的研究。多数噪声是无规噪声，不少噪声是由简正波组成，但在高频率段简正波很多，或者声源不

只一个，声场也是接近无规噪声的。对噪声的研究推动了数学家对概率论、统计学、随机过程等的研究，提出了简正振动理论、统计能量分析、有限元法、随机过程理论、相关方法、相干函数、交乘函数，以及管道声学、非线性声学等，尤其是计算机技术的发展，为无规噪声理论研究开辟了广阔的前景。这些研究又促进了对无规噪声的研究和发展。这些发展方兴未艾，尽管迄今还没有充分发挥作用，但已取得了显著的效果。

第一章 基本物理量和基础理论

一、噪声的一般概念

(一) 噪声的定义

在我们日常生活中存在着各种各样的声音。这些声音有的用以传达信息、交流思想和进行社会活动；有的声音听起来和谐悦耳，使人心情舒畅；有的声音听起来不和谐刺耳，使人烦躁不安。然而，当你需要休息和睡眠的时候，那些和谐的声音也会使你讨厌。因此，可以说，凡是人们不需要的、较响的、使人感到讨厌和烦躁的声音，总称为噪声。按其含意，噪声一般有如下四种类别：1. 过响声；2. 妨碍声；3. 不愉快声；4. 可忽视噪声。

过响声，多属于噪声标准和噪声管理法规、条例所规定的噪声。

妨碍声，无论音量多么小，仍能妨碍交谈和会议、学习，睡眠等，都是有损于人的欲求、愿望和行为的声响。

不愉快声，给人以厌恶之感，如断锯等不愉快声和突然