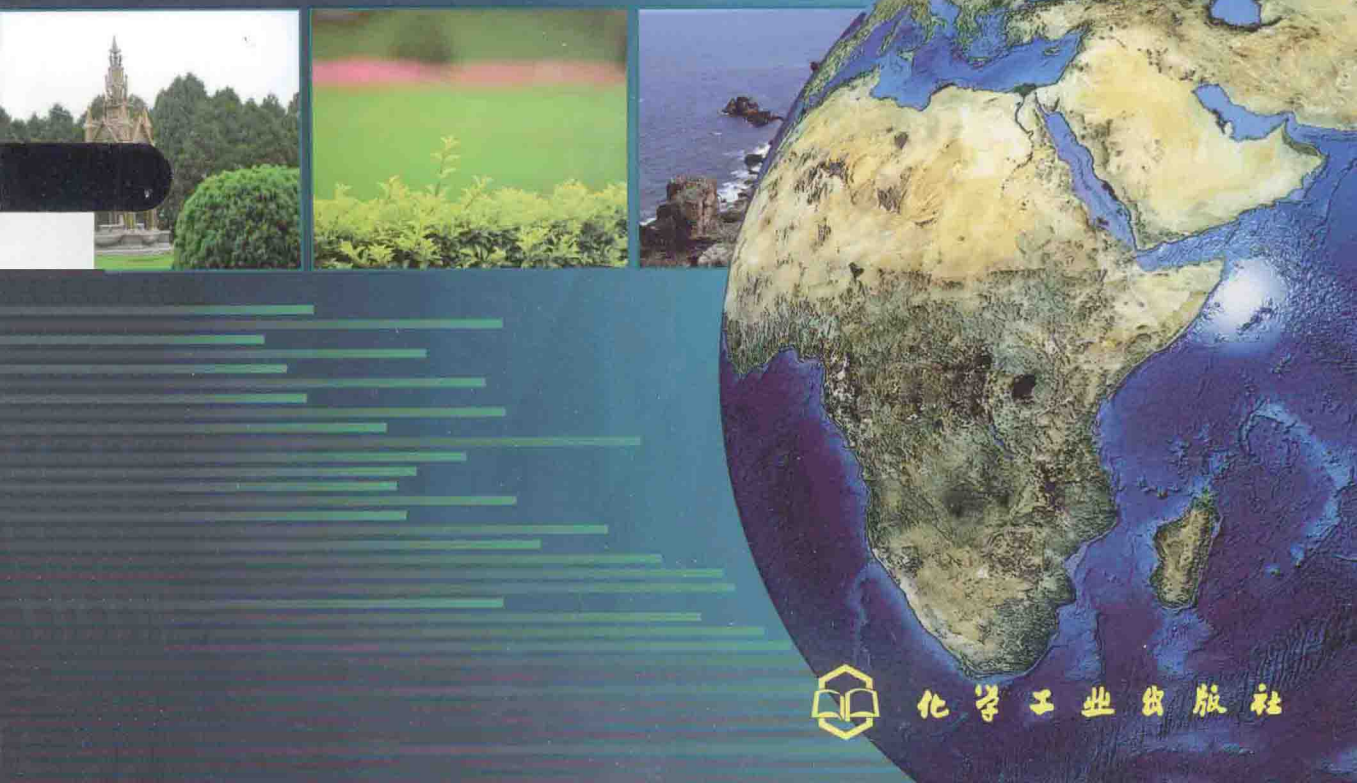


普通高等教育“十二五”规划教材

环境科学导论

崔灵周 王传花 肖继波 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

环境科学导论

崔灵周 王传花 肖继波 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材结合近年来环境科学及相关学科的热点问题和最新研究成果,简洁而系统地阐述了环境科学的基本概念、基本理论、环境污染防治的主要途径与关键技术。全书共分为7章,包括绪论、大气环境、水环境、固体废物、物理环境、土壤环境和环境科学主要理论。每章后配有阅读材料和思考题,以提高教材的使用效果。

本教材既可作为高等学校环境类专业的必修课程教材,也可作为非环境类专业素质教育的通识类课程教学用书和一般读者了解学习环境科学基本知识的选择读物,还可作为从事环境保护管理和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学导论/崔灵周,王传花,肖继波主编. —北京:
化学工业出版社,2014.9
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-20831-6

I. ①环… II. ①崔…②王…③肖… III. ①环境
科学-高等学校-教材 IV. ①X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 116068 号

责任编辑:满悦芝 陆雄鹰
责任校对:徐贞珍

装帧设计:尹琳琳

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张13 字数324千字 2014年11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: 29.80 元

版权所有 违者必究

前 言

环境问题是 21 世纪全球关注的热点问题之一。环境问题直接威胁人类的生存和发展，需要世界各国共同行动进行应对。环境科学是在解决日益严重的环境问题基础上发展起来的一门综合性、交叉性的新兴学科。其任务在于探索环境变化对人类生存的影响，揭示人类活动同自然生态之间的关系，最终实现人类和环境的协调发展。为了落实我国环境保护的基本国策，实现经济、社会、资源与环境的持续协调发展，国家教育部要求在提高环境保护专业人才培养质量的同时，加强非环境专业学生的环境教育，进一步增强学生的环境保护意识、拓宽其知识结构、提高学生的综合能力，以适应新时期社会经济发展的需要。

目前，我国各高校专业理论课程的课时呈不断下降趋势，环境类专业及非环境类专业开设的“环境科学导论”必修课程或通识课程的课时大多为 32 学时，而相关教材建设却呈现大而全的特点。多数教材的内容设置在 10 章以上，造成了课时减少与教材内容不断增加的矛盾。如此多的教材内容不仅导致与环境类专业后续相关课程内容大量重复，也给非环境专业的通识教学带来了一定困难。为了推动高校教材改革，在温州大学校级精品课程群“环境规划与管理”建设项目资助下，编者开展了环境类专业课程及非环境专业通识课程《环境科学导论》教材的改革探索，通过课程重新定位，在充分考虑课时减少、避免与环境类专业后续相关课程内容重复以及非环境专业学生通识课程教学特点前提下，采用最新课程素材并参考环境科学领域的相关教科书，完成了适用于高校环境类专业课程及非环境专业通识课程的《环境科学导论》教材编写工作。

本书的第一、六、七章由崔灵周编写，第二、三章的第一、二、三节及第五章由王传花编写，第二章和第三章的第四节及第四章由肖继波编写。全书由崔灵周修改定稿，封毅承担了全稿的文字整理工作，王丽华参与了部分图表的绘制。

本书在编写和出版过程中得到了温州大学生命与环境科学学院环境科学专业负责人董新姣副院长、环境科学系主任王奇副教授等领导以及相关同事的大力支持，也得到了温州大学环境科学校级重点专业建设资金的资助，在此一并表示感谢。同时也衷心感谢本教材所参考书籍与文献的原作者及相关人员，感谢化学工业出版社的工作人员为本书出版付出的辛勤劳动。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 08 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境与环境问题	1
一、环境	1
二、环境问题	3
第二节 环境科学	10
一、环境科学的形成和发展	10
二、环境科学的研究对象和任务	11
三、环境科学的研究内容和分科	12
【阅读材料】	16
思考题	17
参考文献	18
第二章 大气环境	19
第一节 大气环境的组成与结构	19
一、大气环境的组成	19
二、大气环境的结构	20
第二节 大气污染及危害	21
一、大气污染	21
二、大气污染源	23
三、大气污染物	24
四、大气污染危害	28
第三节 大气污染的影响因素	33
一、气象因素对大气污染的影响	33
二、下垫面因素对大气污染的影响	37
三、其他因素对大气污染的影响	39
第四节 大气污染防治	40
一、大气污染防治原则	40
二、大气污染防治措施	41
三、主要大气污染物治理技术	42
【阅读材料】	48
思考题	48
参考文献	49
第三章 水环境	50
第一节 水环境概述	50
一、地球上的水	50
二、水资源	52
三、天然水	54

第二节 水质指标和水质标准	56
一、水质指标	56
二、水质标准	60
第三节 水体污染与自净	64
一、水体污染	64
二、水体污染源和污染物	65
三、各类水体的污染特征	69
四、水体污染危害	71
五、水体的自净	72
第四节 水环境污染防治	73
一、水环境污染防治途径	73
二、水污染防治技术	76
【阅读材料】	85
思考题	85
参考文献	86
第四章 固体废物	87
第一节 概述	87
一、固体废物的定义	87
二、固体废物的分类	87
三、固体废物的特点	89
四、固体废物的污染途径和危害	89
第二节 固体废物处理、处置与管理	91
一、固体废物的处理	91
二、固体废物的最终处置	95
三、我国固体废物管理	96
第三节 固体废物资源化	97
一、概述	97
二、固体废物资源化途径	98
三、工业固体废物资源化	98
四、城市固体废物资源化	101
五、农业固体废物资源化	103
【阅读材料】	105
思考题	106
参考文献	107
第五章 物理环境	108
第一节 噪声污染	108
一、声音、噪声和噪声污染	108
二、噪声的分类	108
三、噪声的危害	110
四、噪声的评价	113
五、噪声污染控制	114

第二节 电磁辐射污染	117
一、电磁辐射污染定义	117
二、电磁辐射源	117
三、电磁辐射污染危害	118
四、电磁辐射污染控制	120
第三节 光污染	121
一、光和光污染	121
二、光污染分类	122
三、光污染危害	122
四、光污染控制	123
第四节 热污染	123
一、热污染定义	124
二、热污染分类	124
三、热污染危害	124
四、热污染防治	125
第五节 放射性污染	126
一、放射性物质	126
二、放射性污染	126
三、放射性污染源	127
四、放射性污染危害	127
五、放射性污染防治和控制	128
【阅读材料】	132
思考题	133
参考文献	133
第六章 土壤环境	134
第一节 土壤的物质组成和理化性质	134
一、土壤的概念	134
二、土壤的物质组成	134
三、土壤的物理性质	138
四、土壤的化学性质	141
第二节 土壤环境污染	143
一、基本概念	143
二、土壤污染类型及特点	144
三、土壤污染源和污染物	145
四、土壤污染危害	147
五、典型土壤环境污染	148
六、土壤自净作用	156
第三节 土壤环境污染防治	158
一、土壤环境污染防治措施	158
二、土壤环境污染修复技术	159
【阅读材料】	163

思考题	164
参考文献	164
第七章 环境科学主要理论	166
第一节 可持续发展理论	166
一、提出背景	166
二、形成过程	166
三、可持续发展的定义和内涵	167
四、可持续发展的基本原则	168
五、可持续发展战略在中国的实施	168
第二节 产业生态学理论	173
一、产业生态学的概念	173
二、产业生态学的特征	173
三、产业生态学的研究内容	173
四、产业生态学的应用领域	174
五、产业生态学的实践	174
第三节 循环经济理论	179
一、循环经济的产生和发展	179
二、循环经济的定义和内涵	180
三、循环经济的特征和原则	180
四、循环经济的运行模式	182
五、国内外循环经济实践	182
第四节 清洁生产理论	187
一、清洁生产的发展	187
二、清洁生产的定义	188
三、清洁生产的内容	189
四、清洁生产的特点	190
五、清洁生产的实施途径	190
第五节 低碳经济理论	191
一、低碳经济的提出	191
二、低碳经济的概念	192
三、低碳经济的特征	192
四、低碳经济发展模式	192
五、国际社会碳减排行动	194
六、我国碳减排计划和低碳发展对策	195
【阅读材料】	197
思考题	199
参考文献	199

第一章 绪 论

随着人口、产业和科学技术的快速发展,人类物质财富空前繁荣,人们的生活水平极大提高,但经济社会发展与环境之间的矛盾日益突出,环境与经济社会的协调和可持续发展成为世界各国关注的全球性重大问题。环境学的出现和发展,为深刻理解经济社会发展与环境保护的关系、增强保护和改善环境的责任感和自觉性、提高解决环境问题的技术水平和决策水平、推进环境污染治理有效开展等方面提供了重要的理论和技术支持。

本章主要以环境环境问题为基础,通过介绍环境的概念、类型、功能、环境问题的产生和实质等内容,对环境科学的研究对象、任务、内容、分支学科、产生发展和研究方法等进行了全面阐述。

第一节 环境与环境问题

一、环境

(一) 环境的概念

首次提出环境一词的是德国博物学家 E. Haeckel 于 1866 年所著的《普通生物形态学》,Haeckel 认为环境是指某一特定生物体或生物种群以外的空间以及直接或间接影响其生存的一切事物的总和,这是生态学对于环境的定义。

从哲学角度,环境是一个相对的概念,是指一个相对于主体而言的客体,它与主体相互依存,其内容又随主体的不同有所差别。对于环境科学而言,环境是指以人类为主体的外部世界,即人类赖以生存和发展的物质条件综合体,包括自然环境和社会环境。自然环境是各种自然要素的总和,包括大气、水、土壤、生物、陆地、岩石等。社会环境是人类在自然环境基础上,通过有意识的社会劳动所改造和创造出的人工环境,包括城市、村落、水库、农田、工厂等,以及政治、文化、宗教等要素。

在中国及世界各国颁布的环境保护法律中,对环境一词进行了具体的界定,以规定法律的适用对象和适用范围,保证法律的准确实施。《中华人民共和国环境保护法》第二条规定:“本法所指的环境,是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。”

环境的概念是动态的,随着人类社会发展不断更新变化,人类对于环境的认识也会越来越深刻。

(二) 环境的组成

1. 环境要素

环境要素 (environmental elements), 又称环境基质, 指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同又服从整体演化规律的基本物质组分, 包括自然环境要素和人工环境要素。自然环境要素通常指水、大气、生物、阳光、岩石、土壤等, 这些自然环境要素的总体构成自然环境。人工环境要素包括综合生产力、人工构筑物、人工产品和能量、政治体制、文化和

宗教信仰等,各种人工要素的总体构成了人工环境。

2. 环境结构

环境结构是环境要素的空间和时间配置关系,是描述总体环境的有序性和基本格局的宏观概念。环境结构及其相互作用直接影响环境的物质交换和能量迁移。自然环境结构是指大气、海洋和陆地的配置关系,如大气层的质量、温度、密度、化学组成,及其随高度变化、大气流动与气候变化的关系等。社会环境结构是指城市、村落、道路桥梁、农田、港口及其人工建筑的配置关系。

3. 环境系统

环境系统是指各种环境要素或环境结构及其相互关系的总和。环境系统把人类环境作为一个统一整体,主要揭示环境要素之间的相互关系和作用,对于研究和解决当前许多诸多环境问题具有重要意义。

环境要素组成环境结构单元,环境结构单元又组成环境系统。例如,由水组成河流、湖泊和海洋等水体,全部水体又组成水圈;由大气组成大气层,整个大气层总称为大气圈。

(三) 环境的类型

环境是一个非常复杂的系统,目前还没有统一的分类方法。一般可按照环境要素和环境范围进行分类。

1. 按环境要素划分

按照环境要素的不同,可将环境划分为自然环境和人工环境,也称天然环境和经过人工改造的环境。这种分类方法在环境科学中最为常用。

自然环境又称原生环境,由自然环境要素组成,是对人类生存和发展产生直接或间接影响的一切自然形成的物质和能量所构成的总体。根据自然环境要素差异,又可再分为大气环境、水环境、土壤环境和生物环境等。

人工环境由人工环境要素组成,包括次生环境和社会环境。次生环境是人类在利用和改造自然环境中创造出来的人工环境,如城市、集镇、工业区、农田、牧场、林场、旅游休养地等。社会环境由政治、经济、文化和宗教等要素构成。社会环境是人类活动的产物,又会产生反作用,同时对人类与自然环境关系产生决定性影响。

2. 按环境范围划分

按照环境范围大小可将环境分为聚落环境、区域环境、地球环境和宇宙环境。

(1) 聚落环境 聚落环境是指人类平时聚居与活动的中心,是人类对自然环境进行人工改造形成的。可分为院落环境、村落环境和城市环境。

(2) 区域环境 区域环境是具有相似环境背景和独特结构特征的空间地域范围,其时空尺度变化较大,如陆地环境、海洋环境、流域环境、行政区域环境等。

(3) 地球环境 地球环境又称全球环境,也有人称地理环境,是指由大气圈、水圈、土壤-岩石圈、生物圈等自然圈层和人类活动形成的社会圈所形成的地球表层人类环境。

(4) 宇宙环境 环境科学中的宇宙环境是指地球大气圈以外的环境,又称星际环境,包括地球在太阳系中的位置和运动、宇宙空间的性质和状态。宇宙环境对地球环境具有深刻的影响。例如太阳黑子出现的数量同地球上的降雨量具有明显的相关性。

(四) 环境的特征

1. 整体性和区域性

环境的整体性是指环境的各个组成部分或要素构成了一个完整的系统。环境各部分之间

相互作用、相互制约、紧密联系，局地的环境污染和生态破坏总会对其他地区造成影响和危害。例如，人类虽没有在南极生产或使用农药，但在南极企鹅体内和地衣植物中检测出DDT残留。

环境的区域性是指环境特征的区域差异。由热量、水分等环境要素的差异，不同地理位置的环境表现出明显的特征，如滨海环境和内陆环境、高原环境和盆地环境等。另外，环境的区域性还表现在不同地域社会、经济、文化和历史等的多样性。

2. 动态性和稳定性

环境的动态性是指在自然和人为活动作用下，环境的状态和结构始终处于不断变化中，因为万物皆运动，环境也不例外。环境的稳定性是相对于动态性而言的。是指环境具有一定的自我调节能力，只要外界对环境干扰强度不超过其自身承受的界限，环境可凭借自身的调节功能减轻这些干扰，使环境系统结构和功能逐渐恢复，表现出一定的稳定性。

3. 资源性和价值性

环境的资源性是指环境具有资源价值。环境提供了人类生存所必需的物质和能量。离开了这些物质和能量，人类就无法生存，更谈不上发展。环境的价值性源于其资源性，由使用价值和生态价值组成。对环境价值性的错误认识是导致环境污染和生态破坏的重要原因。

4. 脆弱性和不可逆性

环境的脆弱性是指环境在特定时空尺度对于外界干扰所具有的敏感性反应和自我恢复能力。环境的脆弱性既有自然因素，又有人为因素；自然因素决定了环境脆弱的潜在性，人为干扰活动则是引发其潜在危害的直接原因。环境的不可逆性是指环境一旦遭受破坏，虽利用物质循环等自然规律或人工方法可实现局部恢复，但不能彻底回到原来的状态。

二、环境问题

(一) 环境问题概念及分类

1. 环境问题概念

所谓环境问题，是指作为中心事物的人类与周围事物的环境之间的矛盾。广义的环境问题是指由于自然原因或人为原因引起环境破坏和环境质量变化，以及由此给人类生存和发展带来的不利影响。狭义的环境问题是指由于人类活动作用于人们周围的环境所引发的环境质量变化，以及这种变化对人类生产、生活和健康的影响。

2. 环境问题分类

(1) 按产生原因划分 按照环境问题产生的原因，可将环境问题划分为原生环境问题和次生环境问题两类。

原生环境问题又称第一环境问题，是指由于自然力作用，没有人为因素或人为因素很少的环境问题，如火山爆发、地震、台风、洪水、旱灾、滑坡、泥石流等发生时所引发的环境问题。

次生环境问题又称第二类环境问题，是指由人类的生产和生活所造成的环境问题。这类环境问题又可分为环境污染和生态破坏两类，是当前环境科学研究的主要对象。

(2) 按形成机制划分 按照环境问题形成的机制，可将环境问题划分为环境污染和生态破坏两类。

环境污染是指人类活动产生并排入环境的污染物或污染因素超过了环境容量和环境自净能力，使环境的组成或状态发生改变，导致环境质量下降，对人类的生产和生活产生了不利影响。例如，工业“三废”（废水、废气和废渣）排放引发的大气污染、水体污染和土壤污染等。

生态破坏是指人类社会活动产生的相关环境效应，其导致了环境结构与功能的变化，对人类生存与发展产生了不利影响。按照对象性质，生态破坏具有两种类型，其一是生物环境的破坏，如过度砍伐导致森林覆盖率锐减、过度放牧引起草原退化、滥肆捕杀引起的多种物种濒临灭亡；另一类是非生物环境破坏，如毁林开荒造成水土流失和沙漠化、地下水过度开采造成地下水漏斗和地面沉降、不合理开发造成地貌景观破坏等。

(二) 环境问题的产生和发展

环境问题是伴随人类出现和生产力不断发展而产生的。人类通过自己的生产和消费作用于环境，从中获取生存和发展所需的物质和能量，同时又将“三废”排放到环境中，人类与环境之间形成复杂的相互作用关系。环境问题随着人类社会不断发展发生变化，依据其产生的先后、轻重程度，可将环境问题的发生和发展划分为三个阶段。

1. 环境问题萌芽阶段

此阶段包括人类出现以后直至工业革命的漫长时期。在该阶段初期，人类为了生存向大自然索取有限的天然资源，很少有意识地改造环境。随着生产工具进步和生产力的发展，出现了第一次社会大分工，即耕作业和渔牧业的劳动分工，人类从完全依赖大自然转变到有意识地利用土地、生物、水体等自然资源，人类利用和改造环境的力量和作用越来越大，也相应产生了新的环境问题。例如，扩大耕地破坏了植被，砍伐森林、开垦草原带来了水土流失和沙漠化，兴修水利、不合理灌溉引起了盐渍化和沼泽化等。另外，该阶段后期虽出现了城市化和手工作坊，但工业生产不发达，所引起的环境污染问题并不突出。

2. 近代城市环境问题阶段

此阶段从产业革命到 1984 年发现南极“臭氧空洞”为止。由于该阶段初期的工业革命极大提高了人类生产力和新技术水平，人类开始以空前的规模和速度开采和消耗能源及其他自然资源，工业迅速发展并产业化。同时，城市化也随之急剧发展起来，城市人口剧增，城市规模扩大，城市及工矿区排放出大量的“三废”（废气、废水、废渣）和汽车尾气更加剧了城市的环境污染程度。20 世纪 40—60 年代，环境污染达到高峰，震惊世界的环境公害事件接连发生（见表 1-1），形成了世界上的第一次环境问题高潮。

表 1-1 20 世纪 40—60 年代出现的八大环境公害事件

事件名称	主要污染物	发生地点	发生时间	中毒情况	中毒症状	致害原因	公害原因
马斯河谷烟雾事件	烟尘及 SO ₂	比利时马斯河谷(长 24km, 两侧高约 90m)	1930. 12	几千人呼吸道发病, 约 60 人死亡	流泪、喉痛、声嘶、咳嗽、呼吸短促、胸口窒闷、恶心、呕吐	SO ₂ 和 SO ₃ 烟雾混合物, 加上空气中金属氧化物颗粒, 加剧对人体刺激作用	(1) 工厂集中, 排烟尘量大 (2) 天气反常, 逆温天气时间长、雾较大
多诺拉烟雾事件	烟尘及 SO ₂	美国多诺拉镇(位于一个马蹄形河湾内侧, 两边山高 120m)	1948. 10	4 天内有 43% 的城镇居民(约 6000 人)患病, 17 人死亡	咳嗽、喉痛、胸闷、呕吐、腹泻	SO ₂ 和 SO ₃ 金属元素及硫酸盐类气溶胶对呼吸道的影	(1) 工厂过多 (2) 河谷盆地内遇阴天和长时间逆温天气
伦敦烟雾事件	烟尘及 SO ₂	英国伦敦	1952. 12	5 天内 4000 人死亡, 后又连续发生 3 次	咳嗽、喉痛、胸闷、呕吐	SO ₂ 在金属颗粒物催化作用下生成 SO ₃ 及硫酸和硫酸盐气溶胶吸入肺部	(1) 居民取暖煤中含硫高、排出大量 SO ₂ 和烟尘 (2) 适遇逆温天气

续表

事件名称	主要污染物	发生地点	发生时间	中毒情况	中毒症状	致害原因	公害原因
洛杉矶光化学烟雾事件	光化学烟雾	美国洛杉矶(三面环山)	1943.5—10	大多是居民患病,65岁以上老人死亡400人	刺激眼睛、喉、鼻,引起眼病、喉头炎、头痛	石油工业和汽车废气在紫外线作用下生成光化学烟雾	(1)该城400万辆汽车每年排放烃类1000多吨 (2)盆地地形不利空气流通
水俣病事件	甲基汞	日本九州南部熊本县水俣镇	1953—1961	至1971年有180人患病,死亡50多人,22个婴儿生来神经受损	口齿不清、步态不稳、面部痴呆、耳聋眼瞎、全身麻木,最后精神失常	海鱼中富含甲基汞,当地居民食用含毒的鱼而中毒	氮肥厂含汞催化剂随废水排入海湾,转化为甲基汞被鱼和贝类摄入
富山事件(骨痛病)	镉	日本富山县神通川流域,蔓延至群马县等7条河流域	1931—1975 (集中在1950—1960年)	至1968年确诊患病258例,其中死亡128例,1977年又死亡79例	开始关节痛,后神经和全身骨痛,最后骨骼软化萎缩,自然骨折,饮食不进,衰弱疼痛至死	食用含镉的大米和水	炼锌厂未经处理的含镉废水排入河流
四日事件(哮喘病)	SO ₂ 、煤尘和重金属粉尘	日本四日市,并蔓延几十个城市	1955年以来	患者500多人,其中36人因哮喘病死亡	支气管炎、支气管哮喘、肺气肿	重金属粉尘和SO ₂ 随煤尘进入肺部	工厂大量排出SO ₂ 和煤粉,并含锰、钴、钛等重金属微粒
米糠油事件	多氯联苯	日本九州爱知县等23个府县	1968	患病者5000多人,死亡16人,实际受害者超过1万人	眼皮浮肿、多汗、全身有红丘疹,重者恶心呕吐、肝功能下降、肌肉疼痛、咳嗽不止、甚至死亡	食用含多氯联苯的米糠油	米糠油生产中使用多氯联苯作热载体,因管理不善,多氯联苯进入米糠油中

注:引自王玉梅等,环境学基础,2011;朱鲁生,环境科学概论,2005。

这一时期的明显特征主要表现为城市环境问题突出。由于城市基础设施(包括水、电、气、道路等)落后,跟不上城市工业和人口发展需要,引起道路堵塞、交通拥挤、“三废”成灾、污染严重等“城市病”症状。同时,人类开始把环境问题提上议事日程,1972年在斯德哥尔摩召开了具有里程碑意义的人类环境会议。工业发达国家不断增加环保投入,制定相关法律条例,加强环境管理和污染治理,城市和工业区环境质量得到明显改善。

3. 当代全球性环境问题阶段

该阶段始于1984年英国科学家发现南极上空出现“臭氧空洞”至今。这个阶段的环境问题主要表现为全球性的环境问题,包括全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、海洋污染等。这一时期的环境问题影响范围更广,危害后果更为严重,突发性环境公害事件频发(见表1-2),出现了第二次环境问题高潮。该阶段发生的全球性环境问题具体如下。

(1) 全球气候变暖 大气中的水汽、CO₂、CH₄和N_xO等温室气体能够有效吸收地面的长波辐射,并把吸收的能量以大气逆辐射的形式返回地面,减少了地面的能量损失,使大气具有一定的保温作用,也称“温室效应”(greenhouse effect)。由于化石燃料燃烧、毁林、土地利用变化和发展经济等人为活动,使大气中温室气体的浓度大幅增加。据联合国环境规

表 1-2 20 世纪 80 年代以来发生环境公害事件

事件名称	发生时间	发生地点	产生危害	产生原因
阿摩柯卡的斯油轮泄漏事件	1978.3	法国西北部布列塔尼半岛	藻类、潮间带动物、海鸟灭绝	游轮触礁,22 万吨原油入海
三哩岛核电站泄漏事件	1979.3	美国宾夕法尼亚州	直接损失超过 10 亿美元	核电站反应堆严重失水
墨西哥油库爆炸事件	1984.11	墨西哥	4200 人受伤,400 人死亡,10 万人要疏散	石油公司油库爆炸
威尔士饮用水污染事件	1985.1	英国威尔士州	200 万居民饮用水污染,44% 人中毒	化工公司将酚排入迪河
博帕尔农药泄漏事件	1984.12	印度中央邦博帕尔市	2 万人严重中毒,1408 人死亡	45 吨异氰酸甲酯泄漏
切尔诺贝利核电站泄漏事件	1986.4	前苏联乌克兰	203 人严重中毒,1408 人死亡	4 号反应堆机房爆炸
莱茵河污染事件	1986.11	瑞士巴塞尔市	事故段生物绝迹,160km 内鱼类死亡,480km 内水不能饮用	化学公司仓库起火,30 吨硫、磷、汞等剧毒物进入河流
莫农格希拉河污染事件	1988.11	美国	沿岸 100 万居民生活受严重影响	石油公司油罐爆炸,1.3 × 10 ⁴ m ³ 原油进入河流
埃克森瓦尔迪兹游轮漏油事件	1989.3	美国阿拉斯加	海域严重污染	漏油 4.2 × 10 ⁴ m ³
海湾战争石油污染事件	1990.8	科威特	每小时大约 1900t 二氧化硫等污染物质飘到数千公里外,造成整个海湾地区及伊朗等地降“石油雨”,严重影响和危害人体健康、海洋生物及生态系统	空袭导致约 700 余口油井起火,泄漏入海湾石油达 150 万吨
墨西哥湾原油泄漏事件	2010.4	美国路易斯安那州沿海	7 人重伤、至少 11 人失踪,导致墨西哥湾沿岸 1609km 长的湿地和海滩被毁,渔业受损,脆弱物种灭绝	石油钻井平台爆炸,漏油超过 6.44 × 10 ⁷ L

注：部分引自林肇信等，环境保护概论，2002。

划署和世界气象组织共同建立的政府间机构报告指出：“大气中 CO₂ 浓度已由工业革命前的 280 μL/L 上升到 2011 年的 390 μL/L，超过了近 65 万年来的自然变化范围。”温室气体的快速增长，使温室效应不断加强，导致地表和低层大气温度升高，并成为全球关注的重大环境问题。过去 100 年中全球地表平均温度上升了 0.74℃。据联合国政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 对未来 100 年气候变化的预测结果表明，2100 年的地面气温将升高 1.4 ~ 5.8℃，其增幅达到 20 世纪的 2~10 倍。

全球气候变暖不仅危害自然生态系统平衡，还威胁人类食物供应和居住环境。较高的温度可使极地冰川融化、海平面上升、部分沿海地区被淹没，另外，全球气候变暖还导致大气环流发生变化，气候出现反常，造成旱涝灾害，使世界各国遭受严重经济损失。

(2) 臭氧层耗损 臭氧层位于距地面 25~40km 的平流层大气中，可有效吸收并阻止过量紫外线到达地面，保护地面生物和人类免受紫外线的损伤。20 世纪 70 年代中期，美国科学家发现南极洲上空臭氧层有变薄现象。80 年代观测发现，自每年的 9 月下旬开始，南极洲上空的臭氧总量迅速减少一半左右，极地中心地带上空的臭氧近 90% 被破坏。从地面向上观测，高空臭氧层极其稀薄，与周围相比形成了直径上千千米的洞，成为“臭氧洞”。进一步研究表明，臭氧层耗减不只发生在南极，在北极上空和其他中纬度地区也出现不同程度的臭氧层耗减现象。1987 年北极上空也被发现存在一个面积相当于南极臭氧空洞 1/5 的洞，1994 年欧洲和

北美上空的臭氧层平均减少了 10%~20%，西伯利亚上空甚至减少了 35%。据世界气象组织发布的《南极臭氧空洞公报》称，南极臭氧空洞面积在 2000 年达到历史最高值 $2.960 \times 10^7 \text{ km}^2$ ，过去 10 年由于国际社会逐步停止生产、消费消耗臭氧层的物质，阻止了南极上空臭氧层遭受更大破坏，2011 年南极上空臭氧空洞面积已经缩减至 $2.550 \times 10^7 \text{ km}^2$ 。

臭氧层破坏造成的后果是很严重的。据研究表明，臭氧层中臭氧含量减少 1%，地面不同地区的紫外线辐射将增加 1.9%~2.2%，皮肤癌的发病率将增加 4%~6%，全世界每年大约 10 万人死于皮肤癌；同时白内障和呼吸道患病的人数也会增加。另外，紫外线辐射增强，对其他生物也会产生危害。有研究认为，臭氧层破坏将打乱生态系统中复杂的食物链，导致一些生物物种灭绝，农作物易受杂草和病虫害而减产，导致粮食危机。

(3) 生物多样性减少 生物多样性 (biological diversity) 是指生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。由遗传 (基因) 多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次组成。生物多样性的意义主要体现在所具有的直接使用价值、间接使用价值和潜在使用价值。直接使用价值是指生物为人类提供了食物、纤维、家具材料及其他生活、生产原料；间接使用价值是指生物多样性所具有的生态功能，如保护水源、调节气候和净化空气等；潜在使用价值是指具有的还不为人类所知的使用价值，一旦一种野生生物消失就无法再生，其潜在使用价值也不复存在。

由于人类活动、气候变化和环境污染等因素影响，世界各国的生物多样性收到严重威胁。据世界自然保护联盟的资料显示，近 50 年来，鸟类灭绝了约 80 种，兽类灭绝了近 40 种，1147 种淡水鱼面临灭绝危险，6000 多种两栖类动物中有 1/3 面临灭绝危险。到 2050 年，25% 的物种会陷入绝境，6 万种植物将要濒临灭绝，热带亚洲的栖息地丧失率将达到 67%。

生物多样性的丧失会减小生态系统的生产力，使自然界向人类提供物质和服务的能力降低，对人类生存发展产生严重威胁；生物多样性丧失也使自然生态系统的稳定性和自我调节能力弱化，导致抵御洪水、旱灾和暴风雨等自然灾害的能力受损。另外，生物多样性丧失也使生物进化由于缺乏优良基因资源而受阻。

(4) 土地荒漠化 荒漠化是指气候变化和人类活动等多种因素导致的土地质量全面退化，它使土地生物和经济生产潜力减少或基本丧失。荒漠化是当今世界最为严重的生态环境问题和社会经济问题。目前，全世界干旱地带退化的土地大约 $3.6 \times 10^9 \text{ hm}^2$ ，占全世界干旱土地的 70%，并且以每年 $(5 \sim 7) \times 10^8 \text{ km}^2$ 的速度扩展。其中退化的灌溉土地 $4.3 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，退化的旱作农田 $2.16 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ，退化的草场 $7.57 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 。受土地荒漠化影响的人口达 1.35×10^8 人，多数为农民。

土地荒漠化加剧不仅使更多的人口生存受到威胁，使相应地区生态系统服务的增长以及人类福祉的改善趋势发生逆转，导致农牧业大幅度减产，产生巨大经济损失和系列社会后果，在极为严重情况下，甚至出现大量生态难民。因此，预防和治理土地荒漠化对于实现社会经济可持续发展具有重要现实意义。

(5) 海洋污染 海洋污染是指由于人类活动改变了海洋原来状态，使人类和生物在海洋中的各种活动受到不利影响。联合国教科文组织下属的政府间海洋学委员会对海洋污染给出了明确定义：“由于人类活动，直接或间接地把物质或能量引入海洋环境，造成或可能造成损害海洋生物、危害人类健康、妨碍捕鱼和其他各种合法活动、损害海水的正常使用价值和降低海洋环境质量等有害影响。”目前，每年都有数十亿吨的泥沙、污水、工业垃圾和固体

废物直接进入海洋,海洋污染越来越趋于严重。世界上污染最为严重的海域有波罗的海、地中海、东京湾、美国的纽约湾和墨西哥湾等。

海洋污染具有污染源广、持续性强、扩散范围广、控制复杂等特点,已经引起国际社会越来越多的重视。海洋污染造成的海水浑浊严重影响海洋植物(浮游植物和海藻)的光合作用,从而影响海域的生产力。重金属和有毒有机物等有毒物质在海域中累积,并通过海洋生物的富集作用,对海洋动物和以此为食的其他动物造成毒害。石油污染在海洋表面形成面积广大的油膜,阻止空气中的氧气向海水中溶解,同时石油分解也消耗水中的溶解氧,造成海水缺氧,对海洋生物产生危害,并影响至海鸟和人类。好氧有机物污染引起的赤潮,会造成海水缺氧,导致海洋生物死亡。另外,海洋污染还会破坏海滨旅游资源。

(6) 酸雨污染 酸雨通常是指 pH 值低于 5.6 的降水。广义的酸雨是指酸性物质以湿沉降或干沉降的形式从大气中转移到地面上。干沉降包括各种酸性气体、酸性气溶胶和酸性颗粒,主要成分为 SO_2 、 NO_2 、 HCl 、 SO_4^{2-} 等。湿沉降为通常所说的酸雨,包括酸性雨、酸性雾、酸性露和酸性雪等。

自 20 世纪六七十年代以来,由于世界经济的快速发展和矿石燃料消耗量的增加,矿物燃料燃烧排放的 SO_2 、 N_xO 等大气污染物总量不断增加,酸雨污染呈扩大趋势。酸雨污染最早发生在欧洲和北美洲东部,但亚洲和拉丁美洲后来居上,酸雨污染面积和酸雨强度已经超过欧美。

酸雨污染的危害主要表现为:可直接使大片森林死亡,农作物枯萎;抑制土壤中有机的分解和氮的固定,淋洗与土壤离子结合的钙、镁、钾等营养元素,使土壤贫瘠化。也可使湖泊、河流水体酸化,溶解土壤和水体沉积物中的重金属进入水中,毒害鱼类。另外,酸雨可加速建筑物和文物古迹的腐蚀和风化过程,还可能危及人体健康。

(7) 持久性有机物污染 持久性有机物污染(persistent organic pollution)是指人类合成的能持久存在于环境中并通过生物食物链(网)累积,对人类健康造成有害影响的化学物质所形成的污染。引起这类污染的化学物质可以在环境中长期存留,能够在大气环境中长距离迁移并沉积回地球;通过食物链蓄积传递并进入到有机体中聚积,最终对生物体和人体产生不利影响。持久性有机物污染具有持久性、生物蓄积性、放大性、半挥发性和长距离迁移性,以及高毒性等特点,成为世界各国的普遍关注新型污染类型。

1998 年,联合国规划署召开的第一届持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)条约会议上,将 12 种物质列为 POPs 系列物质,这些物质可分为三类,第一类是农业生产使用的杀虫剂和含有有机氯的农药,第二类是以多氯联苯(PCBs)为代表的工业品,第三类是四氯二苯-*p*-二噁英类化合物(TCDD)。尤其第三类是自然界没有的,完全是人类工业或其他活动产生的物质。

持久性有机物污染的生物学毒性主要表现为干扰内分泌系统的正常功能,抑制生物免疫系统正常反应发生,降低生物体对病毒的抵抗能力;通过胎盘和哺乳影响胚胎发育,导致畸形、死胎和发育迟缓现象;还可导致癌症,引起肝脏纤维化以及肝功能的改变,出现黄疸、高血脂和消化功能障碍。

(三) 我国的环境问题

我国正处于工业化和城市化快速发展阶段,对自然资源开发强度不断增大,污染物排放量不断增加,全国环境状况总体恶化的趋势尚未得到根本遏制,环境矛盾突出,环境压力持续加大,环境形势不容乐观。

1. 重点流域和海域水污染严重

2012年,在长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河、浙闽片河流、西北诸河和西南诸河十大流域中,重度污染出现在长江主要支流中的螳螂川、乌江、涪水、府河和釜溪河、徒骇马颊河水系,主要污染指标为五日生化需氧量、化学需氧量、氨氮/高锰酸盐指数。中度污染出现在外秦淮河和黄浦江、黄河支流、淮河支流、淮河流域其他水系、海河主要支流、辽河支流、大辽河和大凌河,主要污染指标为化学需氧量、五日生化需氧量和石油类/氨氮/总磷。在62个国控重点湖泊(水库)和29个大型淡水湖泊中,重度污染为滇池及主要入湖河流中的新河、老运粮河、海河、乌龙河、船房河、捞渔河和西坝河,巢湖主要入湖河流中的南淝河、十五里河和派河,以及达赉湖、白洋淀、淀山湖、贝尔湖、乌伦古湖和程海湖6个湖泊,主要污染指标为总磷、化学需氧量、石油类、高锰酸盐指数。

2012年,全国近岸海域水质总体稳定,水质级别为一般,主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。9个重要海湾中,渤海湾、长江口、杭州湾和珠江口水质极差,为劣Ⅳ类海水。

2. 部分区域和城市大气灰霾现象突出

京津冀、长三角、珠三角地区,以及辽宁中部、山东、武汉及其周边、长株潭、成渝、海峡西岸、山西中北部、陕西关中、甘宁、新疆乌鲁木齐城市群13个重点区域,是我国经济活动水平和污染排放高度集中的区域,大气环境问题更加突出。2010年,上述重点区域城市二氧化硫、可吸入颗粒物年均浓度分别为 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $86\mu\text{g}/\text{m}^3$,为欧美发达国家的2~4倍;二氧化氮年均浓度为 $33\mu\text{g}/\text{m}^3$,卫星数据显示,北京到上海之间的工业密集区为我国对流层二氧化氮污染最严重的区域。按照我国新修订的环境空气质量标准评价,重点区域82%的城市不达标。京津冀、长三角、珠三角等区域的复合型大气污染导致能见度大幅度下降,每年出现灰霾污染的天数达100天以上,个别城市超过200天。

3. 农村环境污染加剧

随着工业化、城镇化和农业现代化不断推进,农村环境形势依然严峻。突出表现为工矿污染压力加大,生活污染局部加剧,畜禽养殖污染严重。2012年,781个试点村庄中空气质量状况,729个村庄空气质量未出现超标现象,占93.3%。空气质量达标天数所占比例为93.0%。其中,二氧化硫全部达标,二氧化氮达标比例为99.9%,可吸入颗粒物达标比例为92.1%。试点村庄1370个饮用水源地监测断面(点位)水质达标率为77.2%。其中,地表水和地下水饮用水源地水质达标率分别为86.6%和70.3%。地表水饮用水源地水质主要超标指标为氨氮、总磷、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和溶解氧。试点村庄984个地表水水质监测断面(点位)中,I~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面(点位)比例分别为64.7%、23.2%和12.1%。主要超标指标为五日生化需氧量、氨氮、总磷、高锰酸盐指数和石油类,湖泊(水库)主要超标指标为总氮。少数试点村庄地表水存在重金属超标情况。

4. 部分地区生态损害严重,生态系统功能退化

2012年,重要河口中,双台子河口、长江口和珠江口海水富营养化严重;滦河口-北戴河大型底栖生物密度偏低,浮游植物丰度偏高;黄河口大型底栖生物密度、生物量偏低,浮游植物丰度偏高;长江口浮游植物丰度异常偏高,大型底栖生物量偏低;各河口区鱼卵、仔鱼密度总体较低。北仑河口红树林生态系统和苏北浅滩滩涂湿地生态系统均呈亚健康状态。

近十年,新入侵中国的恶性外来物种有20多种,常年大面积发生危害的物种有100多种,危害区域涉及中国31个省(区、市),造成了严重的经济损失。美国白蛾发生面积 $6.82\times 10^5\text{hm}^2$,沿渤海湾外围继续呈现向北、向南的跳跃式扩散态势,防控形势严峻。红