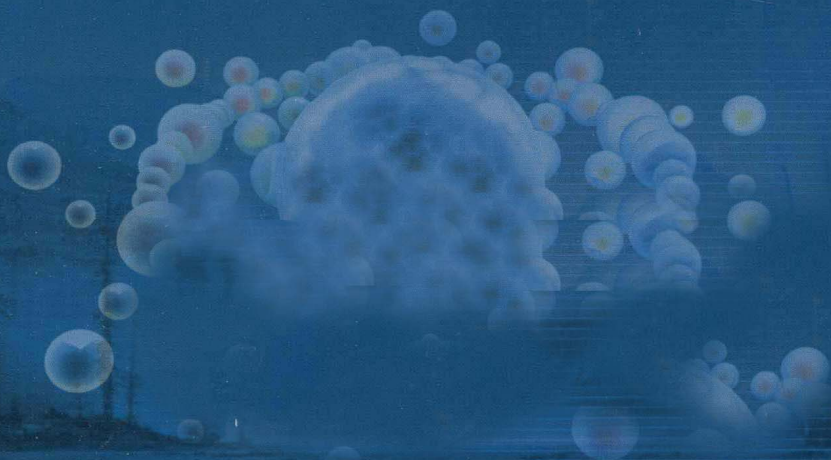




世纪高等教育环境工程系列规划教材

环境化学

黄伟◎主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育环境工程系列规划教材

环 境 化 学

主编 黄 伟

参编 张 弛 董光华 张韶红 张 琼



机械工业出版社

本书主要内容包括绪论、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、污染生态化学、重要化学元素的生物地球化学循环、固体废物环境化学等7章内容,系统地阐述了化学污染物在大气、水体、土壤、生物各圈层环境介质中的来源、存在形态、迁移转化规律、环境效应及防治措施。本书内容翔实,重点突出,既从理论上阐述机理,又具有实用性;同时,书中密切结合我国乃至全球关注的环境问题,注重反映当前环境化学研究领域的最新成果和发展动态。每章后均配备一定数量的复习思考题,供教学与学习参考。

本书可作为高等学校环境科学、环境工程类及相关专业的教材,也可供从事环境保护、化学研究领域的教学、科研、工程和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境化学/黄伟主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 8

(21世纪高等教育环境工程系列规划教材)

ISBN 978-7-111-28730-8

I. ①环… II. ①黄… III. ①环境化学—高等学校—教材 IV. ①X13

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第115088号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 版式设计:张世琴

责任校对:申春香 封面设计:王伟光 责任印制:李妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2011年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·26印张·644千字

标准书号:ISBN 978-7-111-28730-8

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

环境化学是在化学学科基本理论和方法学原理的基础上发展起来的以有毒有害化学物质所引起的环境问题为研究对象,以解决环境问题为目标的一门新兴交叉学科。它主要研究化学物质在环境介质(大气、水体、土壤、生物)中的存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法。它既是化学科学的一个新的重要分支,也是环境科学的核心组成部分,在环境科学领域中占有十分重要的地位。随着当前环境问题的日益突出,环境化学无论是在控制或防治环境污染、生态恶化,还是在改善环境质量、保护人体健康、促进国民经济可持续发展方面都发挥着越来越重要的作用。

环境化学是高等院校环境科学与工程专业的—门重要专业基础课,也是一门发展迅速的基础理论课程。为适应当前工科专业培养人才的教育目标,本书编写力求理论联系实际,注重提高学生分析和解决环境问题的能力。本书对污染物在环境各圈层中的迁移转化过程、化学作用过程和机理进行了探讨,除着重介绍环境化学的基本知识和基本理论外,对一些内容进行了必要的充实和更新,适当列举了一些典型案例分析如“固体废物处理处置典型实例”等,并对当前环境化学研究领域的最新技术成果和发展动态作了简要介绍。在确保教材内容科学性的前提下,进一步突出针对性、时效性和前瞻性。每章后均配备一定数量的复习思考题,供教学与学习参考。

全书共7章,第1章为绪论,介绍有关环境和环境问题的基本概念、概况以及当前人类面临的环境问题,环境问题的主要方面——环境污染和环境污染物质,环境化学的定义和研究内容,环境化学和全球变化研究的新进展、新趋势。第2章为大气环境化学,主要介绍大气的结构、组成、性质,大气光化学反应,大气污染物的源、汇与循环,大气中重要污染物的转化,酸沉降、臭氧层破坏、温室效应等全球性大气环境化学问题及其形成机理,大气污染控制技术。第3章为水环境化学,主要介绍天然水的基本特征,天然水中的化学平衡,水中有机污染物的重要反应,水污染化学,水污染控制技术。第4章为土壤环境化学,主要介绍土壤的形成、组成和性质,土壤污染,土壤中重金属的积累和迁移,污染土壤的修复技术。第5章为污染生态化学,主要介绍生物圈、生态系统和生态平衡的基本概念及其相互关系,环境污染的生态效应,化学污染物在生物圈中的迁移转化,环境化学污染物的毒作用,一些典型化学污染物的生物毒性,化学物质的生态风险评价。第6章为重要化学元素的生物地球化学循环,主要介绍重要元素碳、氮、磷、硫和一些重金属的生物地球化学循环的基本过程、循环速率与通量,以及由于人类活动对元素循环的干扰所产生的对环境的影响。第7章为固体废物环境化学,主要介绍固体废物的来源、分类和危害,固体废物的处理技术,固体废物的处置技术以及一些典型实例。

各章节编写分工如下:第1章由太原理工大学黄伟编写,第2、5章由山西中医学院张韶红编写,第4章及第6章的6.1节由晋中学院董光华编写,第6章的6.2至6.5节由晋中

学院张琼和山西中医学院张韶红编写，第3、7章由太原理工大学张弛编写。全书由黄伟统稿。

本书编写过程中，编者参考、借鉴了其他《环境化学》教材以及相关著作和文献，在此，向各位作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本书在内容和形式方面一定还存在着许多缺点和错误，敬请各位专家和读者不吝赐教、大力斧正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 环境和环境问题	1
1.2 环境污染和环境污染物	7
1.3 环境化学的定义、内容和研究方法	11
1.4 环境化学和全球变化研究	15
复习思考题	22
第2章 大气环境化学	23
2.1 大气环境概述	23
2.2 大气光化学反应	38
2.3 大气中重要自由基的来源和转化	43
2.4 大气污染物的源、汇与循环	47
2.5 大气中重要污染物的化学转化	74
2.6 全球性大气环境问题	94
2.7 大气污染控制技术	112
复习思考题	119
第3章 水环境化学	120
3.1 天然水的基本特征	120
3.2 水中的化学平衡	128
3.3 水中有机污染物的去除理论	148
3.4 水污染化学	157
3.5 水污染控制技术	171
复习思考题	201
第4章 土壤环境化学	202
4.1 土壤的形成、组成和性质	202
4.2 土壤污染	218
4.3 土壤中重金属的积累和迁移	224
4.4 农药在土壤中的化学行为	237

4.5 污染土壤的修复技术	245
复习思考题	247

第5章 污染生态化学	248
5.1 生物圈、生态系统和生态平衡	248
5.2 环境污染的生态效应	257
5.3 化学污染物在生物圈中的迁移转化	261
5.4 环境化学污染物的毒作用	272
5.5 典型环境化学污染物的生物毒效应机制	277
5.6 化学物质的生态风险评价	293
复习思考题	298

第6章 重要化学元素的生物地球化学循环	299
6.1 碳的生物地球化学循环	300
6.2 氮的生物地球化学循环	306
6.3 磷的生物地球化学循环	311
6.4 硫的生物地球化学循环	316
6.5 重金属的生物地球化学循环	322
复习思考题	336

第7章 固体废物环境化学	337
7.1 固体废物的来源、分类和危害	337
7.2 固体废物的处理技术	351
7.3 固体废物处置技术	376
复习思考题	392

附录	393
附录A GB 3095—1996《环境空气质量标准》(摘录)	393
附录B GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》(摘录)	393

质量标准》(摘录)	395	质量标准》(摘录)	401
附录 C GB 3838—2002《地表水环境		附录 F HJ/T 192—2005《生态环境状况评价	
质量标准》(摘录)	396	技术规范(试行)》(摘录)	403
附录 D GB 5749—2006《生活饮用水		附录 G 历年“世界环境日”主题	404
卫生标准》(摘录)	398		
附录 E GB 15618—1995《土壤环境		参考文献	406

第1章

绪论

1.1 环境和环境问题

1.1.1 什么是环境

环境是人类进行生产和生活活动的场所，是人类生存和发展的物质基础。在环境科学中，一般认为环境是指围绕着人群的空间，及其中可以直接、间接影响人类生活和发展的各种自然因素和社会因素的总体。其中自然因素的总体称为自然环境，社会因素的总体称为社会环境。

在世界各国颁布的环境保护法规中规定的环境是指自然环境。《中华人民共和国环境保护法》中明确规定：“本法所称环境，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的总体，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、城市和乡村等”。它是从环境学含义出发所规定的法律适用对象或适用范围，目的是保证法律的准确实施，它不需要也不可能包括环境的全部含义。

1. 环境的分类

人类环境由若干个规模大小不同、复杂程度有别、等级高低有序、彼此交错重叠、彼此互相转化变换的子系统组成，是一个具有程序性和层次结构的网络。人们可以从不同的角度或以不同的原则，按照人类环境的组成和结构关系对其进行不同的分类。通常按环境的主体、环境的性质、环境的要素、环境的范围、人类对环境的利用或环境的功能等进行分类。

(1) 按环境的主体分类 可将环境分为人类环境和生物环境。人类环境以人为主体的，其他生命物质和非生命物质都被视为环境要素。生物环境以生物为主体的，生物体以外的所有自然条件称为环境。

(2) 按环境的性质来分类 可将环境分成自然环境、半自然环境和社会环境三类。自然环境是指客观物质世界中影响人类生产、生活的各种自然因素的总和。其主要因素有水、大气、阳光、岩石、土壤、生物等。半自然环境是指受到一定程度干扰或被人为干预后的自然环境，如农业环境。社会环境是人类在自然环境的基础上创造和建立的人工环境，如生产环境、交通环境、商业环境、聚落环境、文教环境、卫生环境、旅游环境等。

(3) 按环境的范围大小来分类 可将环境分为宇宙环境（或称星际环境）、地球环境、

区域环境、微环境和内环境。

1) 宇宙环境是指大气层以外的宇宙空间,也称为空间环境。宇宙环境由广阔的空间和存在于其中的各种天体及弥漫物质组成,它对地球环境产生了深刻的影响。太阳辐射是地球的主要光源和热源,推动了生物圈这个庞大生态系统的正常运转。太阳辐射能是地球上一切能量的源泉,它的变化显著影响着地球环境。

2) 地球环境是指大气圈(主要是对流层)、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈,又称为全球环境或地理环境。地球环境与人类及生物的关系最为密切,其中生物圈中的生物把地球上各个圈层的关系密切地联系在一起,进行着物质循环、能量转换以及信息的传递。

3) 区域环境是指占有某一特定地域空间的自然环境,它是由地球表面不同地区的五个自然圈层相互配合形成的。不同地区具有不同的区域环境特点,分布着不同的生物群落。

4) 微环境是指区域环境中由于某一个(或几个)圈层的细微变化而产生的环境差异所形成的小环境。例如,生物群落的镶嵌性就是微环境作用的结果。

5) 内环境是指生物体内组织或细胞间的环境:它对生物体的生长和繁育具有直接的影响。

2. 环境要素

环境既包括自然界和社会中各种物质性的要素,又包括由这些要素所构成的系统及其所呈现出的状态。构成环境整体的各个独立的、性质不同而又服从总体演化规律的基本物质组分称为环境要素。环境要素可分为自然环境要素和社会环境要素,目前环境科学中研究较多的是自然环境要素,故环境要素通常是指自然环境要素。

人类生存的自然环境是由大气、水、土壤岩石、生物和阳光等构成的,在环境科学中常常把这些自然要素描绘为大气圈(环绕地球的厚厚的大气层)、水圈(包括地球表面各种形式的水,如海洋、湖泊、河流、水库、积雪、冰河、极地冰帽和地下水等)、土壤岩石圈(其中土壤是最重要的部分;由矿物质、有机质、微生物、水分和空气组成)和生物圈(指地球上的生命,包括生物体及与其生存密切相关的事物)。由地球的开始形成到四个圈层的逐一出现,经历了漫长的历史岁月。这四个圈层主要在太阳能的驱动下进行着物质循环和能量流动,使自然界呈现出万物竞新、生生不息的景象。人类只是地球环境演变到一定阶段的必然产物,但是人类的出现却彻底打乱了地球环境演变的节奏。

环境要素具有一些非常重要的属性,这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质,是人们认识环境、改造环境的基本依据。在这些属性中,最重要的是:

(1) 最差限制律 整体环境的质量不是由环境诸要素的平均状态决定,而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素的控制。这就是说,环境质量的好坏,取决于诸要素中处于“最差状态”的那个要素,而不能够因其他要素处于优良状态得到弥补。因此,环境要素之间是不能相互替代的。

(2) 环境整体大于诸要素之和 某一处环境所表现出的性质,不等于组成该环境的各个要素性质之和,而是比这种“和”丰富得多,复杂得多。环境诸要素之间相互联系、相互作用形成环境的总体效应,这种总体效应是个体效应基础上的质的飞跃。

(3) 相互依赖性 环境诸要素是相互联系、相互依赖的。环境诸要素的相互作用和制约关系,是通过能量流,即能量在各要素之间的传递,或能量形式在各要素之间的转换实现的。另一方面,通过物质循环,即物质在环境要素间的传递和转化,环境要素相互联系在

一起。

人类在生存斗争中,力求为自己创造一个更美好的生存环境,开始了改造自然环境的活动。人类通过生产和消费,从自然界获取生存资源,然后将经过改造和使用的自然物和各种废弃物还给自然界,从而参与了自然界的物质循环和能量流动过程,不断地改变地球环境。其变化速度是人类史前任何自然界的改变难以比拟的。现在的地球表层大部分受过人类的干预,原生的自然环境已经不多了。环境科学所研究的社会环境就是人类在自然环境基础上,通过长期有意识的社会劳动所创造的人工环境。它是人类物质文明和精神文明的标志,并随着人类社会的发展不断丰富和演变。整个自然界进入了人与环境相互依存、相互作用即对立统一的新阶段。人类在社会经济发展中,利用自然资源和改造环境,同时也干扰甚至破坏自然生态过程,从而出现环境问题。

1.1.2 环境问题

所谓环境问题是指全球环境或区域环境中出现的,由于自然原因或人类的活动使环境质量下降或生态系统失调,对人类的社会经济发展、健康和生命产生有害影响的现象。

1. 环境问题的分类

环境问题大致可分为原生环境问题和次生环境问题两类。

(1) 原生环境问题 原生环境问题是指由于自然力引起的环境问题,也称为第一环境问题,多以自然灾害的形式出现,如火山喷发、地震、洪涝、干旱和泥石流等。

(2) 次生环境问题 次生环境问题是指由于人类活动而引起的生态破坏、环境污染和资源浪费等方面,也称为第二环境问题。目前所说的环境问题一般是指次生环境问题。

生态破坏是指人类活动直接作用于自然生态系统,造成生态系统的生产能力显著下降和结构显著改变,从而引起的环境问题,如过度放牧引起草原退化,滥采滥捕使珍惜物种灭绝和生态系统生产力下降,植被破坏引起水土流失等。引起生态环境破坏的主要原因是由于不合理开发和利用自然资源;超出环境承载能力,使生态环境质量恶化或自然资源枯竭。

环境污染则指人类活动的副产品和废弃物进入环境后,对生态系统产生的一系列扰乱和侵害,特别是由此引起的环境质量的恶化反过来又影响了人类自己的生活质量。环境污染的实质是环境中排放的污染物质超出了环境的最大净化能力(环境容量),造成有毒有害物质积聚过多。

有时又把环境污染和生态破坏统称为环境破坏,有的国家则统称为环境公害。

应当注意的是,原生环境和次生环境问题往往难以截然分开,它们之间常常是相互影响和相互作用的,它们彼此重叠发生,形成所谓“复合效应”,使环境问题变得更复杂,危害更加严重。原生环境问题是自然环境本身的发展演变而产生的,它在人类出现以前就已存在。但是人类活动对某些原生环境问题的发生,也有某些影响和作用。例如,修筑大坝和过量开采地下水,有可能诱发地震;植被破坏,特别是大片森林破坏,可能引起所在地区气候和水文状况的变化;全球性的 CO_2 温室效应、酸雨和臭氧层破坏等,都是自然灾害和人类活动“复合效应”的产物。

2. 当代全球性重大环境问题

全球性环境问题是指伴随着经济全球化产生的在全球范围内引发严重的生态、环境破

坏,进而对经济社会发展产生长期而广泛的不利影响的一系列环境问题。科学证据表明,以气候变化、臭氧层破坏、森林破坏与生物多样性减少、大气及酸雨污染、土地荒漠化、国际水域与海洋污染、有毒化学品污染和有害废物越境转移等为代表的全球环境问题,正在以惊人的速度损害人类赖以生存的自然生态系统,严重影响经济社会的长期稳定和发展,并对人类自身健康和安全的构成直接和潜在的威胁,成为实现可持续发展的重大挑战,全球环境问题全方位、大尺度、多层次、长时期的特点使得其影响已经触及到地球的每一个角落,涉及人类生活的方方面面,其结果很可能造成生态系统破坏的不可逆转,导致人类健康与安全的灾难性后果。

当前人类面临的全球性环境问题至少有以下几个方面。

(1) 人口膨胀与环境压力 世界人口数由 1960 年的 30 亿(历经数百万年的累积数)增至 2006 年的 65 亿。人口增长失控,人口过多,对环境构成巨大压力。人类为了供养如此大量的人口,冲破自然规律的制约,不断地破坏自然环境和掠夺式地开发自然资源,导致资源耗竭,环境恶化,已成为一个严重的环境问题。

(2) 温室效应与气候变化 引起全球变暖的主要原因是“温室效应”,大气中的 CO_2 起重要作用。在过去的 125 年内,全球平均地面温度上升了 $0.3 \sim 0.6^\circ\text{C}$, 北极地区上升的温度几乎为其余地区的 2 倍,冰川和海冰大面积消融,海平面上升了 $14 \sim 25\text{cm}$ 。人类活动导致温室效应持续加强,使全球变暖,增加了气象灾难事件并使其程度加重。2007 年 1 月,科学家再敲“末日之钟”,首次警告全球变暖的威胁堪比核武器,在今后 30 年或 40 年的气候变化可能对人类赖以生存的栖息地造成极大伤害。

(3) 酸雨蔓延与臭氧层破坏 酸雨给陆地、水域和植物带来了缓慢的物理和化学变化以及不可逆的生态破坏,因而日益引起人们的关注。目前,酸雨已扩展到整个欧洲,蔓延到亚太部分地区和拉丁美洲的部分地区。全球形成了欧洲、北美和亚太地区 3 大酸雨区。我国南方是受酸雨危害最为严重的地区。

臭氧层的破坏危及地球上各种生物的生存、繁衍和发展。自 1985 年首次发现南极上空出现“空洞”到现在破坏面积已达 $28 \times 10^6 \text{km}^2$; 欧洲和北美上空的臭氧平均减少了 6%, 紫外线增加 7%; 南极上空臭氧减少达 50%, 紫外线增加 130%。如果按现在的消减速度推算,到 2075 年臭氧将比 1985 年减少 40%, 将导致全球皮肤癌患者可能达到 1.5 亿人,白内障患者可能达 1800 万人,农作物产量将减少 7.5%, 水产资源将损失 25%, 人体免疫功能也将减退。

(4) 生态系统退化与自然资源锐减 人类无节制地从环境中攫取资源,不仅造成资源枯竭,还破坏了自然生态系统的良性循环。

1) 全球每年有 $6 \times 10^6 \text{hm}^2$ 的土地荒漠化,荒漠化面积约已占全球陆地面积的 $1/4$,影响到近 10 亿人口、100 多个国家和地区。

2) 绿色屏障锐减。据调查预测,从 1990 年到 2025 年,全球森林将以每年 $16 \times 10^6 \sim 20 \times 10^6 \text{hm}^2$ 的速度消失;物种濒危。到 2040 年,现有约 1000 万个物种中有 70 万个物种将永远消失。

3) 地下水超量开采,淡水资源严重短缺。目前全世界有 100 多个国家缺水,43 个国家和地区严重缺水,约 17 亿人得不到安全的饮用水。水体污染严重,在世界范围已经确定存在于饮水中的有机污染物达 1100 多种,每年至少有 2500 万人死于水污染引起的疾

病。大量污水直接排入海洋,造成许多沿海水域出现富营养化。过度的开发海洋渔业资源,使60%以上的海洋资源衰退。由以上造成的缺水将是制约发展中国家农业和经济发展的主要障碍,国际河流和海洋资源的分配已成为国际争端的重要事因。21世纪将面临水资源的争夺战。

(5) 城市环境恶化与垃圾围城 全球城市化速度加快,城市基础设施建设滞后和生活排放的大量废弃物,使城市环境污染越来越突出,城市居民健康受到严重影响。大气污染、废水排放、住房拥挤、室内空气污染、交通事故、汽车尾气排放、交通运输噪声等日趋严重,已成为城市环境恶化的主要特征。

随着资源的大量消耗,全球废物排放亦与日俱增,垃圾堆积如山,全球每年新增垃圾约 $100 \times 10^8 \text{ t}$,其中约有3%~5%为有毒有害废物。同时,发达国家不断向发展中国家转嫁污染,有害废物的越境转移造成全球环境的更广泛污染。垃圾围城成为世界城市化的毒瘤。

(6) 环境突发事件频发与环境安全 环境突发事件频繁发生,从历史上发生的著名的“世界八大公害事件”和“六大污染事件”到20世纪90年代至今的环境突发事件可以看出,一系列环境与生态危机已成为影响各国经济发展和社会稳定的制约因素,环境安全的重要性已经上升到与人口、资源、环境并列为可持续发展的4大要素的高度。环境安全与国防安全、经济安全一样,是国家安全的重要组成部分,已成为全球关注的新热点。此外,由于外来物种的入侵给当地生物和环境造成危害,对整个生态系统平衡、人类社会发 展都可能带来巨大的威胁;通过食物链的富集,越来越多的有毒、有害化学品被摄入人体,严重威胁人体健康、国际贸易和社会稳定;环境污染造成的大范围的人群健康安全问题;核泄漏、核爆炸等核事故引起的核辐射污染,威胁着人类的和平与生存;淡水、海洋渔业等资源安全和危险废物越境转移,也是环境安全的内容,已成为全球关注的突出环境问题。

当前各种全球性环境问题总体上依然呈继续恶化的趋势,区域性环境问题不断出现并加速向全球性环境问题发展。由于全球环境问题超出了单个国家的地域范围,极大地增加了解决的难度,国际社会至今尚未找到切实有效的应对策略,前景令人担忧。如果全球环境问题得不到妥善解决,人类的可持续发展将是一句空话。

3. 当代中国重大环境问题

中国政府高度重视保护环境,将环境保护确立为一项基本国策,把可持续发展作为一项重大战略。据《中国的环境保护(1996—2005)》白皮书介绍,过去10年间中国为保护环境进行了不懈努力,在资源消耗和污染物产生量大幅度增加的情况下,环境污染和生态破坏加剧的趋势减缓,部分流域污染治理初见成效,部分城市和地区环境质量有所改善,工业产品的污染排放强度有所下降,全社会环境保护意识进一步增强。

尽管中国政府和人民为保护环境付出了巨大努力,但环境形势依然十分严峻。中国的经济高速发展付出了环境被破坏的代价:一些地区环境污染和生态恶化还相当严重,主要污染物排放量超过环境承载能力,水、土壤、大气等污染严重,固体废物、汽车尾气、持久性有机物等污染增加。资源相对短缺、生态环境脆弱、环境容量不足,逐渐成为中国发展中的重大问题。新世纪头20年,环境保护面临的压力越来越大。具体表现在以下几个方面:

(1) 环境容量不足,环境污染严重

1) 水污染日益严重。全国26%的地表水国控(国家重点监控)断面劣于水环境Ⅴ类标准,62%的断面达不到Ⅲ类标准;流经城市90%的河段受到不同程度污染,七大江河水系

中劣V类水质占41%，75%的湖泊出现富营养化；30%的重点城市饮用水源的水质达不到Ⅲ类标准。半数城市水质量不过关，1/4人口饮用不合格的水。近岸海域环境质量不容乐观。沿海赤潮的年发生次数比20年前增加了3倍。水污染事故频率增加，造成的损失加大。

2) 大气污染状况十分严重。城市大气环境中总悬浮颗粒物含量普遍超标，二氧化硫污染保持在较高水平，机动车尾气污染物排放总量迅速增加，氮氧化物污染呈加重趋势，全国形成华中、西南、华东、华南多个酸雨区，以华中酸雨区为重。

3) 固体废弃物污染加重。2005年6月环保总局公布的《中国城市环境保护》报告指出，中国城市环境基础设施建设相当薄弱，城市垃圾无害化处理不足20%，工业危险废物处置率仅为32%。

4) 农村污染日益突出，成为目前我国最为严重的污染问题之一。农药、化肥、农膜过量不科学的使用，导致部分地区农业面源污染加剧；乡镇工业污染在经历了一段时间治理后有抬头趋势；集约化畜禽养殖业的迅猛发展，产生的大量畜禽粪便更加剧了水污染；作物秸秆等生物量的燃烧和养殖场等温室气体的排放造成空气污染。根据国家环保总局对我国规模化畜禽养殖业污染情况的调查，从畜禽粪便的土地负荷来看，我国总体的土地负荷警戒值已经体现出一定的环境压力水平，而目前经过环境影响评价的养殖场不到总数的10%。

(2) 资源相对短缺 资源和能源消耗增长加快表现在：

1) 我国人均耕地是世界平均水平的32%。

2) 我国人均水资源拥有量只有2200m³，仅为世界平均水平的30%，目前全国2/3的大中城市面临缺水，由于水资源利用不合理导致北方地区河流断流日趋严重。

3) 人均草地是世界平均水平的1/2，大部分草地已经或正在退化，草地退化、沙化和碱化面积逐年增加。退化的主要原因是草原超载过牧。首次全国草原全面监测结果显示：中国大部分草原超载过牧问题突出，内蒙古、新疆、甘肃和四川等省区天然草原家畜超载40%以上。

4) 部分矿产资源大量依赖进口，如石油、铁矿石等。

5) 人均森林面积是世界平均水平的12.8%。

6) 资源和能源消耗增长快。新中国成立50多年来，GDP增长了10多倍。与此同时，矿产资源消耗增长了40多倍。2010年，我国标煤能耗大约需要36亿t。

(3) 生态环境质量总体上仍呈恶化趋势

1) 水土流失严重，荒漠化加剧。水土流失面积已达到367万km²，占到国土面积的38%；沙漠化面积已经达到262万km²，占国土面积已经达到27%，而且呈扩展的态势。

2) 生物多样性下降。我国已有15%~20%的动植物种受到威胁，高于世界10%~15%的平均水平。

3) 自然灾害频繁，经济损失重大。改革开放以来，每年仅气象、海洋、地震等七大类自然灾害所造成的直接损失（折合成1990年价格）呈明显上升趋势：20世纪70年代590亿元，20世纪80年代690亿元，20世纪90年代前5年约1190亿元，1996年仅因水灾造成的直接经济损失达2200亿元，1998年自然灾害造成的损失高达3007亿元。据预测，到2030年，中国可能发生300年一遇特大自然灾害的概率将增加到74.6%（现为62.5%）。

面临严峻的环境问题，中国政府清醒地认识到，中国正处在迅速推进工业化的发展阶段，加上粗放的生产经营方式，资源浪费和环境污染相当严重。随着人口增加和经济发展，

这个问题可能更加突出。解决历史遗留的环境问题和控制发展过程中出现的环境问题，仍然是一项长期而艰巨的任务。中国积极致力于环境问题的治理和解决环境问题，作为国际社会的一名成员，中国在致力于保护本国环境的同时，积极参与国际环境事务，努力推进环境保护领域的国际合作，认真履行所承担的国际义务。

环境问题是一个全球性的问题，任何一个国家都没有能力独自解决这一问题，只有协调一致的国际行动才能有效。近年来，随着人类对环境问题认识的不断深化，国际社会在经济、政治、科技和贸易等方面已通过各种渠道和形式展开了广泛的合作，并建立起了一个由《里约热内卢环境与发展宣言》、《21世纪议程》、《关于森林问题的原则声明》、《联合国气候变化框架公约》、《生物多样性公约》和《京都议定书》等一系列重要文件组成的国际环境条约体系，而今这一环境条约体系正对全球政治、经济和科技的未来走向发生着越来越大的影响。

1.2 环境污染和环境污染物

1.2.1 环境污染

环境污染一般是指由于自然的或人为的（人类生产生活活动）原因导致有害物质进入环境，在环境中的累积数量和速率超过了环境的净化能力，从而使环境质量变差，对人们正常的生活和生产条件产生了有害影响。因此，环境污染的概念可以简要表述如下：

（自然因素或人类活动的冲击破坏） - （包括自净能在内的自然界动态平衡恢复能力） = （环境污染造成的危害）

环境污染是环境问题的主要方面，大多数环境问题是环境污染，特别是由化学物质的污染引起，如全球气候变化、臭氧层破坏、酸雨问题等均与化学物质的污染密切相关。

环境污染类型的划分根据人们认识的角度和目的的不同而不同。按环境要素可分为大气污染、水污染、土壤污染、生物污染等；按污染物的性质可分为化学污染、物理污染、生物污染等；按污染物的形态可分为废水污染、废气污染、固体废弃物污染等，按污染物的分布范围可分为全球性污染、区域性污染、局部性污染等。

1.2.2 环境污染物

进入环境后使环境的正常组成和性质发生直接或间接的有害于人类生存的变化的物质称为环境污染物。因此，某种物质是否为环境污染物，主要取决于其进入环境后能否导致“有害”影响。例如，氮和磷是植物必需营养元素，施用氮、磷肥是作物增产的重要措施，但当其过量施用时，不仅对作物无益，而且导致土壤和水环境污染。

环境污染物种类繁多，一般根据其物质属性可分为物理性污染（如放射性、噪声、振动、热能、电磁波等）、生物性污染物（包括细菌、病毒、水体中反常生长的藻类等）、化学性污染物（包括各种天然的和人工合成的化学污染物质，其引起的污染占环境污染物的80%~90%）。其中，对环境产生危害的化学污染物是环境化学的主要研究对象，可概括为以下类型：

- 1) 单质，如汞、铜、铅、砷、铬等重金属和类金属、卤素、臭氧、黄磷等。

2) 无机物, 如无机酸、碱、盐类、氰化物、一氧化碳、氮氧化物、卤化物、卤间化合物 (如 ClF 、 BrF_3 、 IF_5 、 BrCl 、 IBr_3 等)、卤氧化物 (ClO_2)、硅的无机化合物 (如石棉)、无机磷化合物 (如 PH_3 、 PX_3 、 PX_5)、硫的无机化合物 (如 H_2S 、 SO_2 、 H_2SO_3 、 H_2SO_4) 等。

3) 碳氢有机化合物, 包括烷烃、不饱和非芳香烃、芳烃、多环芳烃 (PAH) 等。

4) 金属和类金属有机化合物, 如甲基汞、二甲基汞、四乙基铅、羰基镍、二苯铬、三丁基锡、甲基或二甲基胂酸、三苯基锡等。

5) 含氧有机化合物, 包括环氧乙烷、醚、醇、醛、酮、有机酸、酯、酐、酚类化合物等。

6) 有机氮化合物, 如胺、腈、硝基甲烷、硝基苯、三硝基甲苯 (TNT)、亚硝基胺等。

7) 有机卤化物, 如四氯化碳、脂肪基和烯烃的卤化物 (如氯乙炔)、芳香族卤化物 (如氯代苯)、卤代苯酚、多氯联苯 (PCBs) 以及氯代二恶英 (PCDD)。

8) 有机硫化物, 如烷基硫化物、硫醇、巯基甲烷、二甲砷、硫酸二甲酯等。

9) 有机磷化合物, 主要有磷酸酯类化合物、有机磷农药、有机磷军用毒气等。

由于化学污染物种类繁多, 人们从众多污染物中筛选出具有较大生产量 (或排放量), 并广泛存在于环境中; 毒性效应强, 对环境和人体健康具有严重的现实危害或潜在危险的污染物优先进行控制, 称为“优先污染物”。

美国环保局 (USEPA) 于 1976 年率先公布了 129 种优先污染物。中国在进行研究和参考国外经验的基础上也提出了共 14 类 68 种化学污染物列为优先污染物 (见表 1-1), 为中国优先污染物的控制和检测提供了依据。

表 1-1 中国“水中优先控制污染物”

类 别	种 类
1. 挥发性氯代烃	10 种: 二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳、1, 2-二氯乙烷、1, 1, 1-三氯乙烷、1, 1, 2-三氯乙烷、1, 1, 2, 2-四氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、三溴甲烷
2. 苯系物	6 种: 苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯
3. 氯代苯类	4 种: 氯苯、邻二氯苯、对二氯苯、六氯苯
4. 多氯联苯	1 种: 包括 PCB-1242、PCB-1254、PCB-1221、PCB-1232、PCB-1248、PCB-1260、PCB-1016
5. 酚类	5 种: 苯酚、2, 4-二甲酚、2, 4-二硝基酚、2, 4-二氯酚、2, 4, 6-三氯酚
6. 硝基苯类	6 种: 硝基苯、对硝基苯、2, 4-二硝基甲苯、三硝基甲苯、对硝基氯苯、2, 4-二硝基氯苯
7. 苯胺类	4 种: 苯胺、二硝基苯胺、对硝基苯胺、二氯硝基苯胺
8. 多环芳烃类	7 种: 蔡、荧蒽、苯并荧蒽、苯并 [k] 荧蒽、苯并 [a] 芘、茚并 [1, 2, 3-c, d] 芘、蒽并 [g, h, i] 芘
9. 酞酸酯类	4 种: 酞酸二甲酯、酞酸二乙酯、酞酸二丁酯、酞酸二辛酯
10. 农药	8 种: 六六六、4, 4'-DDT、敌敌畏、乐果、对硫磷、甲基对硫磷、除草醚、敌百虫
11. 丙烯醛	1 种: 丙烯醛
12. 亚硝胺类	2 种: N-亚硝基二乙胺、N-亚硝基二正丙胺
13. 氰化物	1 种: 氰化物
14. 重金属及其化合物	9 种: 砷及其化合物、铍及其化合物、镉及其化合物、铬及其化合物、汞及其化合物、镍及其化合物、铊及其化合物、铜及其化合物、铅及其化合物

当前世界范围最为关注的化学污染物主要是持久性有机污染物,具有致突变、致癌变和致畸变作用的所谓“三致”化学污染物,以及环境内分泌干扰物。

有的有毒化学品具有多重性,不但是持久性有机污染物,可能同时具有致癌性,甚至还表现环境内分泌干扰的性质。

1.2.3 环境污染物的来源

大部分环境污染物是人类生产、生活活动过程中产生的。按污染物的来源可分为天然污染源和人为污染源。天然污染源是指自然界自行向环境排放有害物质或造成有害影响的场所,如正在活动的火山。人为污染源是指人类社会活动所形成的污染源。后者是环境保护工作研究和控制的主要对象。

人为污染源有多种分类方法。按排放污染物的种类,可分为有机污染源、无机污染源、热污染源、噪声污染源、放射性污染源、病原体污染源和同时排放多种污染物的混合污染源等。实际上,大多数污染源都属于混合污染源。按污染的主要对象,可分为大气污染源、水体污染源、土壤污染源等。按排放污染物的空间分布方式,可分为点污染源(集中在一点或一个可当做一点的小范围排放污染物)和面污染源(在一个大面积范围排放污染物)。更常见的是按人类社会活动功能分类,分为工业污染源、农业污染源、交通运输污染源和生活污染源。

(1) 工业污染源 工业生产中的一些环节,如原料生产和加工过程、燃烧过程、加热和冷却过程、成品整理过程等使用的生产设备或生产场所都可能成为工业污染源。除废渣堆放场和工业区降水径流构成的污染以外,多数工业污染源属于点污染源。它通过排放废气、废水、废渣和废热污染大气、水体和土壤,其产生噪声、振动又危害周围环境。各种工业生产过程排出的废物含有不同的污染物。例如,煤燃烧过程排出的烟气中含有一氧化碳、二氧化硫、苯并[a]芘和粉尘等污染物;一些化工生产过程排出的废气主要含有硫化氢、氮氧化物、氟化氢、氯化氢、甲醛、氨等各种有害气体;炼油厂废水中主要含原油和石油制品,以及硫化物、碱等;电镀工业废水中主要含有重金属(铬、镉、镍、铜等)离子、酸和碱、氰化物和各种电镀助剂;火力发电厂主要排出烟气和废热。此外,由于化学工业的迅速发展,越来越多的人工合成物质进入环境;地下矿藏的大量开采,把原来埋在地下的物质带到地上,从而破坏了地球上物质循环的平衡。重金属、各种难降解的有机物等污染物在人类生活环境中循环、富集,对人体健康构成长期威胁。可见,工业污染源对环境危害很大。

(2) 农业污染源 在农业生产过程中对环境造成有害影响的农田和各种农业设施称为农业污染源。不合理施用化肥和农药会破坏土壤结构和自然生态系统,特别是破坏土壤生态系统。降水所形成的径流和渗流把土壤中的氮和磷、农药以及牧场、养殖场、农副产品加工厂的有机废物带入水体,使水体水质恶化,有的造成河流、水库、湖泊等水体富营养化。大量氮化合物进入水体导致饮用水中硝酸盐含量增加,危及人体健康。氮肥分解产生的氮氧化物直接影响大气的物质平衡。在农业高度现代化的国家,农业污染源排放的硝酸盐、氮和无机磷已经对水体构成极大危害。有研究报告指出,在生活污水中氮的质量浓度一般为18~20mg/L;而农田径流中,氮的质量浓度为1~70mg/L,上限远超过生活污水。农田径流中磷的质量浓度为0.05~1.1mg/L。农田径流里的氮、磷含量都大大超过藻类生长需要。一般

认为水中有 0.3mg/L 的无机氮和 0.01mg/L 的无机磷就足以加速藻类的繁殖。

(3) 交通运输污染源 对周围环境造成污染的交通运输设施和设备称为交通运输污染源。这类污染源发出噪声、引起振动、排放废气、泄漏有害液体、排放洗刷废水(包括油轮压舱水)、散发粉尘等,都会污染环境。交通运输污染源排放的主要污染物有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、二氧化硫、铅化合物、苯并[a]芘、石油和石油制品以及有毒有害的运载物。它们对城市环境、河流、湖泊、海湾和海域构成威胁(特别是在发生事故时)。这类污染源排出的废气是大气污染物的主要来源之一。

(4) 生活污染源 人类消费活动产生废水、废气和废渣都会造成环境污染。城市和人口密集的居住区是人类消费活动集中地,是主要的生活污染源。生活污染源污染环境的途径有三:

1) 消耗能源排出废气造成大气污染。如在一些城市里,居民普遍使用小煤炉做饭、取暖,这些小煤炉在城市区域范围内构成大气的点污染源。

2) 排出生活污水(包括粪便)造成水体污染。生活污水中含有机物、合成洗涤剂和氯化物以及致病菌、病毒和寄生虫卵等。生活污水进入水体,恶化水质,并传播疾病。

3) 排出的厨房垃圾、废塑料、废纸、金属、煤灰和渣土等城市垃圾造成环境污染。

1.2.4 污染物的环境效应

由自然过程或人为活动所导致的环境系统结构和功能的改变,称为环境效应。污染物进入环境系统后对其结构和功能将产生十分复杂的影响,如按污染物引起的环境变化的性质划分,可分为环境物理效应、环境化学效应和环境生物效应。

(1) 环境物理效应 各种因素引起的环境物理性质的改变称为环境物理效应,如噪声、地面沉降、热岛效应、温室效应等。城市人口密集,燃料燃烧排放大量热量,加之街道和建筑群辐射的热量,使城市气温高于周围地带,称为热岛效应。大气中 CO_2 和其他温室气体的不断增加,产生温室效应。颗粒物、粉尘进入大气使大气能见度下降。平原地区地下水过度开采,将引起地面下沉。

(2) 环境化学效应 在各种环境因素影响下,物质间发生化学反应产生的环境效应即为环境化学效应,如土壤酸碱化、水体酸化及地下水硬度升高、局部地区的光化学烟雾等。酸雨导致地面水体和土壤酸化,会使水生生物遭到破坏,土壤肥力降低,各种建筑物被腐蚀。大量碱性或含盐废水进入土壤或水体导致土壤盐碱化、水体碱化和盐化,导致土壤或水体性质恶化。土壤和沉积物中的碳酸盐矿物和大量的交换性钙、镁离子在需氧有机物降解产生的酸、碱、盐等的作用下,将增加在水中的溶解度,使水的硬度增加。化学物污染物进入环境及其在环境中的迁移、转化直接导致环境化学污染。氮氧化物、碳氢化合物排入大气,在特定条件下,可导致光化学烟雾,直接危害生物生长和人体健康。

(3) 环境生物效应 环境因素变化导致生态系统变异而产生的后果称为环境生物效应。例如,酸雨不仅产生环境化学效应,同时还由于土壤和水体的酸化,使陆生和水生生态系统的生物组成和结构发生变化。大型水利工程可能破坏水生生物的洄游途径,从而影响它们的繁殖。有毒、有害物质排入水体,对水生生物产生不同程度的毒害,有的敏感生物甚至灭绝。有害、有毒物质通过不同途径进入人体,严重威胁人体健康。