

环境化学

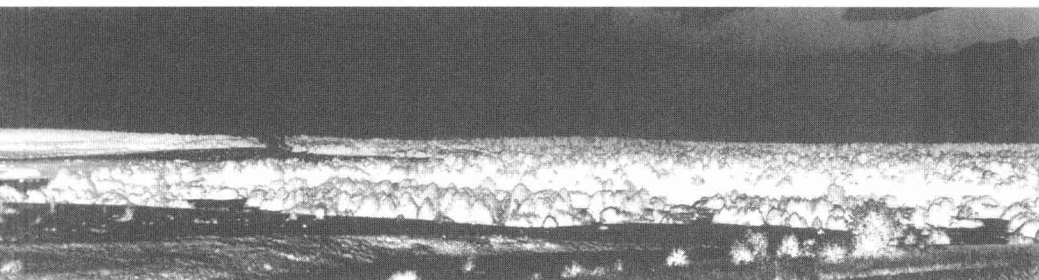


Environmental Chemistry

主 编 邹洪涛 陈征澳
副主编 虞 娜 张 薇

21世纪普通高等教育规划教材

环境化学



Environmental Chemistry

主 编 邹洪涛 陈征澳
副主编 虞 娜 张 薇



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

环境化学/邹洪涛, 陈征澳主编; 虞娜, 张薇副主编. —广州: 暨南大学出版社, 2011. 12
(21 世纪普通高等教育规划教材)

ISBN 978 - 7 - 5668 - 0064 - 0

I. ①环… II. ①邹…②陈…③虞…④张… 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(2011)第 248011 号

出版发行: 暨南大学出版社

地 址: 中国广州暨南大学

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮 编: 510630

网 址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排 版: 广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 22.5

字 数: 535 千

版 次: 2011 年 12 月第 1 版

印 次: 2011 年 12 月第 1 次

印 数: 1—3000 册

定 价: 45.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

《环境化学》编委会

主 编：邹洪涛 陈征澳

副 主 编：虞 娜 张 薇

编委会成员：（按姓氏笔画排序）

白彦真 刘长风 李 辉 邹洪涛

张 薇 陈征澳 郭 峰 韩 颖

虞 娜

前 言

当前,随着经济和社会发展,人们对环境问题的关注日益增强,环境化学在解决环境问题过程中起到基础学科的作用,近年来在基础化学学科中逐渐成长起来,形成具有自己特色的学科。环境化学是环境科学重要分支学科之一,是以化学科学的基本理论和方法为研究手段,主要研究污染环境的化学物质在不同环境介质中迁移、转化以及危害防治的一门新兴学科。环境化学涉及的学科领域较多,相关学科理论和技术的发展为环境化学学科的体系完善提供了强有力的支撑。环境化学学科的理论和技术的发展不再是基础化学学科知识的延伸和拓展,而是与土壤学、生态学、生物学、数学等学科紧密结合的一门学科。

本书是在征求相关高等院校从事环境化学课程教学的教师意见并结合编者多年的实际教学经验,组织相关教师对现有的环境化学教学内容进行调整,拟定了适合当前环境化学学科发展的编写大纲。教材的编写尽力体现学科的发展和适合教学的需要。

本书作者编写分工如下:

第一章绪论由沈阳大学陈征澳编写,第二章大气圈及其污染由沈阳农业大学韩颖编写,第三章大气污染化学问题形成机理由山西农业大学郭峰编写,第四章天然水及其污染、第六章水污染化学问题形成机理中第二节赤潮和第三节地下水污染由沈阳化工大学刘长风编写,第五章水体污染物化学行为、第六章水污染化学问题形成机理中第一节水体富营养化由沈阳化工大学李辉编写,第七章土壤环境及其污染由沈阳农业大学虞娜编写,第八章土壤污染物化学行为由山西农业大学白彦真编写,第九章生物圈的污染生态化学和第十章典型污染物在环境各圈层中的转归与效应由沈阳农业大学张薇编写。本书内容策划、体例设计、全书审稿统稿由沈阳农业大学邹洪涛负责。

由于环境科学发展迅猛,相关学科知识理论和技术发展日新月异,环境化学学科涉及内容较多,编写该书时参考吸收了大量的国内外有关的最新资料和成果,参考了相关教材,在此谨向有关作者深表谢意。此外,编写出版过程中得到暨南大学出版社苏彩桃副编审的热情鼓励和帮助,在此表示衷心感谢。

限于编者学识和文字水平,书中错误与不妥之处在所难免,敬请环境专家、学者、广大师生和其他读者批评指正,以便进一步修订,使其日臻完善。

编 者

2011年11月

目 录

前 言	(1)
第一章 绪 论	(1)
第一节 环境与环境问题	(1)
第二节 环境化学	(12)
第二章 大气圈及其污染	(30)
第一节 大气圈	(30)
第二节 大气环境污染	(37)
第三节 影响大气污染物迁移的因素	(39)
第四节 大气中污染物的转化	(47)
第三章 大气污染化学问题形成机理	(72)
第一节 酸沉降	(72)
第二节 气溶胶	(87)
第三节 全球气候变化	(96)
第四节 平流层臭氧耗损	(100)
第五节 光化学烟雾	(110)
第六节 煤烟型烟雾	(113)
第四章 天然水及其污染	(120)
第一节 天然水体环境	(120)
第二节 天然水体污染	(129)
第三节 水体污染评价指标	(138)
第五章 水体污染物化学行为	(145)
第一节 水中无机污染物迁移转化	(145)
第二节 水中有机污染物迁移转化	(175)

第六章 水污染化学问题形成机理	(186)
第一节 水体富营养化	(186)
第二节 赤潮	(192)
第三节 地下水污染	(196)
第七章 土壤环境及其污染	(209)
第一节 土壤及其污染	(209)
第二节 土壤环境污染评价与修复	(221)
第八章 土壤污染物化学行为	(237)
第一节 有机污染物在土壤中迁移转化	(238)
第二节 重金属在土壤环境中迁移转化	(250)
第三节 氮、磷肥料在土壤环境中迁移转化	(255)
第四节 土壤中温室气体的形成及释放机理	(262)
第九章 生物圈的污染生态化学	(269)
第一节 生物圈及其污染	(269)
第二节 污染物的毒害作用与机制	(282)
第三节 污染物的生物转化	(295)
第四节 环境污染与生物防治	(308)
第十章 典型污染物在环境各圈层中的转归与效应	(312)
第一节 重金属在多介质多界面环境中化学行为	(312)
第二节 有机污染物在多介质多界面环境中化学行为	(323)

第一章 绪 论

第一节 环境与环境问题

一、环境介质

(一) 环境介质概念

1. 环境

环境总是相对于某一中心事物而言的。环境因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。从环境学科的角度来看，它是以“人类—环境”系统为其特定的研究对象，研究“人类—环境”系统的发生和发展、调节和控制以及改造利用的科学。“人类—环境”系统，即人类与环境所构成的对立统一体，是一个以人类为中心的生态系统。也就是说，环境科学所研究的环境，是以人类为主体的外部世界，即为人类生存和繁衍所必需的、相适应的环境或物质条件的综合体，围绕人群的空间及其中能直接或间接影响人类生存和发展的各种因素的总和。环境是一个非常复杂的庞大系统，由一系列彼此相连的环境介质或环境相组成，如大气、土壤、湖泊、河流、海洋、湖底沉积物、湖中悬浮物及水或土壤中的生物体等。

环境化学所研究的环境主要包括自然和生活环境。前者包括大气圈、水圈、土壤岩石圈和生物圈，这当中的各类环境要素都是人类生产所需的资源，水圈为人类提供农业灌溉、工业用水、生活用水等，生物圈为人类提供食物和大量的生产资料，岩石圈为人类提供大量的矿产资源；后者包括人类为从事生活活动而建立起来的居住、工作和娱乐环境以及有关的生活环境因素等。自然环境和生活环境都是人类生存所必需的，其组成和质量的关系与人体健康的关系极为密切。

2. 环境介质

具体的环境单元世界，由物质、能量和信息三部分组成。将其中的物质部分称为环境介质，将能量和信息部分称为环境因素。

环境介质，是指自然环境中各个独立组成部分中所具有的物质。如大气、水体、土壤和岩石、生物体中所具有各自特性的气体、水、固体颗粒等不同介质（或不同的相），它们之间常发生相互作用或关联。而环境因素则是被介质容纳和转运的成分或介质中各种无机和有机的组成成分，通过环境介质的载体作用，或参与环境介质的组成而直接或间接对

人类起作用。它包括各种物理因素、化学因素和生物因素。

(二) 环境介质分类

根据对环境介质（或相）的划分角度不同，环境介质可有不同分类（见表1-1）：

表 1-1 环境介质分类

角 度	环境介质
连续性	连续的介质（或相）：水、大气；非连续的介质（或相）：大气颗粒物。此种分类对于连续性的界定包括三个角度：物质的连续性、介质物理力学性质的连续性和力学反应的连续性
相邻性	相邻的环境介质（或相）：水体—大气污染物迁移；土壤生态系统与大气、水体相比，更为复杂，它是由气、水、固、生物组成的复杂系统，有气—固、气—液、液—固以至相界面交错；非相邻的环境介质（或相）：大气—水体沉积物。划分原则：环境介质的相对位置或区域
污染难易度	易受污染的介质（或相）：表层水、大气；不容易受污染的介质（或相）：深海、岩石层
方向性	某一方向均一：浅的河流；所有方向都不均一：多孔介质
相态数量	均相：如浅塘中充分混合的水（无浓度梯度、温度梯度）；非均相：性质不均一如土壤、沉积物。均相反应指在单一相态中发生的化学反应；非均相反应，也称多相反应，指反应涉及两相或多相的组分，或反应在两相间的界面上发生

(三) 环境介质特点

环境化学是研究环境中物质相互作用的学科，包括研究天然物质、生物物质和合成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，并在此基础上研究控制它们的化学原理和方法。化学物质进入各种介质后，都要发生迁移和转化，在其运动中把各种介质联系在一起，并在各种介质中表现出化学物质各自特有的环境化学行为和化学效应。环境介质的特点可归纳为：

1. 客观物质性

环境介质是人类赖以生存的物质环境条件，通常以三种物质形态（气态，液态和固态）存在，它能够容纳和运载各种环境因素。也正是因为环境介质的这个特点，决定了其对人类的重要性。

2. 相对稳定性

环境介质对于外来的干扰有一定的调节能力，能够进行补偿和缓冲，从而可以维持自身的相对稳定，也就是我们通常所说的环境容量。虽然，自古以来环境一直在遭受着或大或小的自然灾害及人类活动的严重干扰，但环境介质的整体结构和基本组成仍能保持相对稳定。但当外来的冲击超出了环境介质本身固有的缓冲能力时，就会使环境介质的结构、组成甚至功能发生难以恢复的改变。

3. 动态变化性

在自然或人类社会行为的作用下,环境内部和外在状态始终处在不断的变化中。化学物质进入各环境介质后通过迁移、转化,除在各介质中表现出特有的环境化学行为和化学与生态效应外,还动态地把不同介质联系起来。在一定条件下,环境介质的三种物质形态可以相互转化,其物质组成也可以相互转移。此外,环境介质的运动可携带污染物向远方扩散。

环境介质的三种物质形态在地球表面环境中通常是不会以完全单一介质形式存在的,而是具有两个以上单介质的体系,我们称之为多介质环境。地球环境是一个由大气、水体、土壤、岩石和生物等圈层组成的多介质体系,如水中可含有空气和固态悬浮物,大气中含有水分和固态颗粒物,土壤中含有空气和水分。环境中不同介质间物理、化学和生物的作用是环境物质迁移分布、形态变化、污染效应、最终归宿的重要环节。多介质环境的特殊属性包括:跨介质迁移—污染在多介质中的分布是通过跨介质迁移来实现的;界面效应—多介质环境的界面不仅是污染物跨介质迁移的通道,而且也是污染物或微小生物的高富集区。跨介质迁移涉及介质与介质间的界面效应,除此之外,界面效应还往往表现出污染物在界面附近的转化与在单介质环境内部的转化不同的性质;非线性作用——通过界面传输污染物时,污染物通过界面时,相对于它原来所在的介质中的传输有可能加快或减慢,这就是非线性特征。多介质的环境化学问题已成为现今环境化学的重要研究领域。

二、环境污染及其污染物

(一) 环境污染

1. 环境污染及其分类

人类活动产生的污染物或污染因素,进入环境的量超过环境容量或环境自净能力时,就会导致环境质量的恶化,出现环境污染,该物质成为环境污染物。就实际研究来看,大多数环境问题是由环境污染(特别是化学物质的污染)引起的。环境污染的产生有一个从量变到质变的发展过程,只有当某种污染物质的浓度或其总量超过环境自净能力时,才会产生环境污染。根据《中国环境宏观战略研究》,我国当前的环境形势是,局部有所好转,总体尚未遏制,形势依然严峻,压力继续增大。

环境污染有不同的类型。按污染产生的原因可分为生产污染(包括工业污染、农业污染、交通污染等)和生活污染;按环境要素可分为大气污染、水体污染、土壤污染等;按污染物的性质可分为物理污染、化学污染和生物污染;按污染的作用结果可分为环境污染和环境干扰。环境污染是指人类活动所排出的污染物,作用于环境产生不良影响,其特点是污染源停止排出污染物后,污染并没有马上消失,还会存在较长的时间。环境干扰是人类活动排出的能量作用于环境而产生的不良影响,但干扰源停止后,干扰立即消失。

环境污染源是指造成环境污染的污染物发生源,一般指向环境排放有害物质或对环境产生有害影响的场所、设备和装置。按照产生过程的不同可分为天然污染源和人为污染源。天然污染源是指自然现象过程中向环境排放有害物质或造成有害影响的场所,如火山喷发、森林火灾等。如2010年4月14日,冰岛第五大冰川——埃亚菲亚德拉冰盖冰川附

近的一座火山喷发，其带来的火山烟尘席卷欧洲大陆，影响范围之广，影响程度之深令世界震惊。在经济损失方面，冰岛火山喷发对国际航空业的影响已成为欧洲自“二战”以来最严重的航空混乱。由于空中交通几乎瘫痪，欧洲粮食、药物等货物出现短缺。产于挪威和苏格兰等地的三文鱼无法运到世界各地；远在东非的肯尼亚也受到影响，大约有400吨鲜花滞留机场而不得不销毁；火山喷发使得欧洲许多国家的旅游业遭遇重创。更糟糕的是，烟尘对环境和健康的影响。由于这次火山喷发属于裂隙式喷发，而冰岛盛行西北风，正好向南把火山灰吹到欧洲大陆。大量火山灰颗粒进入大气平流层。因为平流层上热下冷，空气稀薄，水蒸气极少，因而这一层几乎没有雷、雨、风等天气变化。这一特征使得进入平流层的火山灰很难消除，可以在那里停留数年。有一些环境专家认为，火山灰长时间阻挡照向地球的太阳射线，将会使地球气温下降。由于火山烟尘中氟含量很高，一旦从高空降落到地表，将会对人类健康产生很大影响，灾区居民的眼睛、鼻子和喉咙会受到火山烟尘中所含的氟与硫黄的刺激。此外，火山爆发形成的大量二氧化硫、二氧化碳等物质和大气中的水分相互作用，将形成酸雨进入海洋，其对环境的长期负面影响很难估量。人为污染源指的是形成污染的人类各种活动场所，通常按其性质和排放方式把污染源分为工业污染源、农业污染源、交通运输污染源和生活污染源，这也是环境保护工作研究和控制的主要对象。

2. 环境污染的特点

(1) 时空分布性。污染物的排放量和污染因素的强度随时间而变化。如河流的汛期和丰水期、枯水期的交替，气象条件的改变等都会影响污染物的浓度。再者，污染物和污染因素进入环境后，随着水和空气的流动而被稀释扩散。不同污染物的稳定性和扩散速度与污染物性质有关，因此，不同空间位置上污染物的浓度和强度分布是不同的。

(2) 环境污染与污染物含量的关系。在不同的环境条件下，有害物质引起毒性的量与其无害的环境背景值之间存在明确界限。所以，污染因素对环境的危害有阈值，也就是说，一种物质成为污染物，必须在特定的环境中达到一定的数量或浓度。

(3) 污染因子的复合作用。环境是一个复杂、庞大的体系，必须考虑各种污染物质的复合效应，包括单独作用、相加作用、协同作用、拮抗作用。

(4) 环境污染的社会评价。环境污染的社会评价与社会制度、历史文明和技术经济发展水平、风俗习惯、法律等因素有关。某些具有潜在危险的污染因素，因其表现为慢性危害，往往不引起人们注意，而某些现实的、直接感受到的因素容易受到社会大众的重视。

就我国的具体情况而言，中国的环境污染呈现复合性、综合性、压缩性的特点。发达国家工业化200多年遇到的环境问题是逐步出现、分阶段解决的，这些国家长时期遭遇的问题在中国30多年的快速发展中集中出现。面对如此严峻的环境形势，我们必须增强忧患意识，依靠科技创新，加强环境监管，同时加强符合中国国情的专项环境保护立法，积极应对环境质量持续改善的压力。

(二) 环境污染物

环境污染物，即产生环境污染的有害物质，它是环境化学研究的对象。它从污染源排放进入环境后，使环境的正常组成和性质发生变化，导致环境质量下降，从而直接或间接

危害地球上的全体生物。一种物质成为环境污染物，必须在特定的环境中达到一定的数量或浓度，并且持续一定的时间。例如，铬是人体必需的微量元素，如果它们较长时期在体内的浓度较高，就会造成人体中毒。随着对环境保护工作的日益重视和科学技术的进步，原有污染物的排放量和种类会逐渐减少，但也会发现和产生更多新的污染物。就我国情况而言，近几年来，部分主要污染物排放量有所下降，局部地区环境也在不断改善，但二氧化硫、化学需氧量、氨氮等污染物排放总量仍然很大，氮氧化物排放量持续快速增长，机动车和农业源污染日益突出。

环境污染物有不同的分类方式，根据其来源，可分为一次污染物和二次污染物。由污染源直接排入环境，其物理和化学性状都未发生改变的污染物，称为一次污染物，也称原发性污染物。由一次污染物造成的环境污染称为一次污染。一次污染物可能通过一系列的环境自净作用降解成无害的物质，但也可能形成二次污染物，也称继发性污染物，即一次污染物与环境中的其他物质发生反应，形成物理、化学性状与一次污染物不同的新污染物，由二次污染物造成的环境污染称为二次污染。通常，二次污染物对环境和人体的危害要比一次污染物严重。

按环境污染物的性质可分为物理污染物、化学污染物和生物污染物。物理污染物的共同特征是都属于能量型污染物，如热能、噪声、放射性、微波辐射、电磁波、振动等。生物污染物主要来自人、动植物和微生物本身及其代谢产物。

化学污染物包括无机污染物和有机污染物，主要包括金属元素（铅、镉、准金属等）、无机物（氧化物、一氧化碳、卤化氢、卤素化合物等）、有机化合物和烃类（烷烃、不饱和和脂肪烃、芳香烃、PAH等）、金属有机物和准金属有机化合物（四乙基铅、二苯基铬、二甲基胂酸等）、含氧有机化合物（环氧乙烷、醚、醛、有机酸、酐、酚等）、有机氮化合物（胺、腈、硝基苯、三硝基甲苯、亚硝酸胺等）、有机卤化物（四氯化碳、多氯联苯、氯代二噁英）、有机硫化物（硫醇、二甲砷、硫酸二甲酯等）、有机磷化合物（磷酸酯化合物、有机磷农药等）九类。世界上已知的化学品有700万种之多，而进入环境的化学物质已达10万种。因此不论从人力、物力、财力或从化学毒物的危害程度和出现频率的实际情况上来看，不可能对每一种化学品都进行监测、实行控制，有重点、针对性地对部分污染物进行监测和控制才是比较现实的。这就必须确定一个筛选原则，对众多有毒污染物进行分级排队，从中筛选出潜在危害性大，在环境中出现频率高的污染物作为监测和控制对象。这一筛选过程就是数学上的优先过程，经过优先选择的污染物称为环境优先污染物，简称为优先污染物。

我国的常规环境污染因子恶化势头虽然有所遏制，但是化学性污染问题日益突显，如重金属污染问题，我国很多厂矿企业在生产和加工过程中排放了大量含重金属的废气、废水和废渣，对周边环境和群众健康造成了严重的污染与危害。以重金属铅为例，仅2009年8—9月短短两个月内就在陕西凤翔、湖南武冈等地爆发了多起血铅超标事件，严重危害了当地群众的身心健康和社会的稳定。同时，农药、化肥的大量施用以及污水灌溉也是造成重金属和有机物污染的重要原因之一，另外还有持久性有机污染物问题。持久性有机污染物因其在自然环境中滞留时间长，极难降解，毒性极强，会对人类健康和自然环境造

成很大危害。

土壤污染问题。土壤污染会导致土壤质量下降，农作物产量和品质下降，除此之外，土壤对污染物具有富集作用，一些毒性大的污染物，如汞、镉等富集到作物果实中，使人或牲畜食用后发生中毒。

有害化学品污染问题。化学工业的迅速发展，为人类社会的物质文明作出了巨大贡献，但某些化工制品也给人类和自然界带来潜在威胁。有毒有害化学物品在生产、贮存、经营、运输过程中不注意安全防护引起的泄漏、污染甚至爆炸，则可造成人民生命财产严重损害和影响社会安定。一些突发的自然灾害也可能造成化工企业设施受破坏，引起燃烧、爆炸从而造成有毒有害化学物质外泄。另外，不合理的规划和城市的快速扩张，也是导致化学品危害的重要诱因。

随着环境污染物不断积累，我国的环境污染问题将变得更为复杂，污染物介质将从以大气和水为主，继续向大气、水和土壤三种污染介质共存转变，污染物来源由以工业和生活污染为主继续向工业和农业、生活、面源污染并存转变，污染物类型将从常规污染物为主继续向常规污染物和新型污染物的复合型转变。

三、环境问题

(一) 环境问题

1. 环境问题的产生与发展

环境问题自古就有，但随着人类改造环境能力的提高，人类对自然环境进行改造和利用的程度在不断加深，范围在不断扩大，一度误认为人类“无所不能”，对资源的肆意消耗、废物的大量排放，导致环境质量不断恶化，一系列的新环境问题也随之出现。

回顾人类文明发展史，环境问题主要经历了四个阶段：

(1) 原始社会时期。远古时期，人们的物质生产能力十分低下，活动的范围很狭小，生存的方式主要是依靠采集植物和捕获动物。在此种生存状态下，原始人对自然产生了极大的恐惧感，在他们心目中，大自然决不是宁静与和谐的伙伴，而是危险、威力无穷而不可战胜的敌人，是最可怕的对立力量。因此当时的环境破坏程度还仅处于萌芽阶段，主要的环境问题也仅限由于生产资料的缺乏而产生的滥用资源，导致食物更加缺乏，具体说，是由于过度的采集和狩猎，经常消灭了居住地区的很多物种，破坏了人们的食物来源，使自身生存受到威胁（人类活动产生的最早的环境问题）。当时的原始人对环境的态度，更多的是无知、敬畏、依赖以及听天由命。

(2) 农业文明时期。大约公元前一万年，人类历史上发生了一次深刻的变革。人们开始学会进行一些简单的播种、配置作物、饲养家禽等农业活动，随着种植、养殖和渔业的发展，人类社会发生第一次劳动大分工。当农业和畜牧业开始成为人类生活的重要活动和与自然交往的主要方式时，一种依靠人工控制动植物生长和繁殖来获取物质生活资料的年代就此开始——农业文明时代。在此时期，人类对于自然的能动性已经显著得到提高，并开始尝试改造自然，在工具器械、冶炼技术、酿造术、天文学、医学等多领域的发展都有

了前所未有的提升。也因为人类自身能力的增强，通过对自然力的利用和从事农业生产，人类的生活资料有了较以前稳定得多的来源，人类的种群开始迅速扩大。

与此同时，人类对环境的影响也日益显著，一些破坏环境的副作用也突显出来，如开荒造田、自然资源滥用、乱砍滥伐等。四大文明古国之一、古代经济发达的美索不达米亚就是因为对生态环境保护的忽视，肆意地进行不合理的开垦和灌溉，后来逐渐走向衰落。但总的来说，这一时期的人类活动对环境的影响还是区域性的，对于环境保护的意识也比较淡薄，主要的环境问题是生态退化和生态平衡失调。

(3) 工业革命时期。此阶段从工业革命开始到20世纪80年代发现南极上空的臭氧洞为止，随着科学技术的飞跃和近代工业革命的蓬勃发展，生产力得到了极大的提高，机械设备被广泛使用，工业体系也逐渐得到完善，高度的城市化、激增的人口和密集的工业，使人们对于能源以及自然资源的消耗也达到了一个空前惊人的速度，大气污染、水污染及垃圾污染频繁发生，环境质量也日益恶化。恩格斯就在《英国工人阶级状况》一书中详细地记述了当时英国工业城市曼彻斯特的污染状况，工厂大量排放废水、废气、废物，城市被浓烟笼罩，已经成为发达国家的典型现象。正因为此，在20世纪五六十年代，迎来了第一次环境问题的高潮，环境问题从地区性问题蔓延至全球性的灾难，震惊世界的公害事件接踵而至，导致成千上万人生病，甚至丧生。20世纪60年代在工业发达国家兴起了“环境运动”，要求政府采取有效措施解决环境问题。1972年的斯德哥尔摩人类环境会议呼吁各国政府和人民为维护和改善人类环境，造福全体人民，造福子孙后代而共同努力。使全世界对环境问题的认识达成共识，开始在世界范围内探讨环境保护和改变发展战略的进程并着手开始实施一些有效的措施，如制定法律、加强管理、使用新技术新方法等。20世纪六七十年代期间，发达国家对这些城市环境问题进行治疗，国内的环境污染问题得到了明显改善。

(4) 现代文明时期（信息化时代）。20世纪80年代，信息技术水平进一步促进生产力水平提高，工农业生产不断集中扩大，对于能源的需求相应地也迅猛增加，在人类进入一个新的阶段的同时，也迎来了第二次环境问题高潮。在全球范围内，出现了一些不利于人类生存和发展的征兆，如温室效应、酸雨、臭氧层破坏，这些全球性的大气污染难以得到有效控制；自然资源濒临枯竭、能源短缺；人口爆炸（据统计，1800年的世界人口经历100万年才达10亿；到1920年，经过120年，世界人口达20亿；1965年世界人口达到40亿；随后，人均寿命不断激增，2000年，世界人口已达60亿；到21世纪末，世界人口将超过100亿）；粮食不足；突发性的严重污染事件频发；生态退化等。以我国为例，我国还没有完全转变“高投入、高消耗、高排放、不协调、难循环、低效率”的粗放型经济增长方式。由于增长方式粗放，在经济快速增长的背后，付出的资源环境代价过大，从而加剧了能源、资源短缺的压力，致使可持续发展面临的矛盾与形势相当突出和严峻。大自然已经向人类发出了警告——生命支持系统对人类社会的支撑已接近它的极限。但信息技术的蓬勃发展也为环境保护带来了很多积极的影响，如显著地提高了劳动生产率和资源利用率；有利于环境工作的展开，及时进行环境监测、统筹管理等。人类经过不断反省，也逐渐意识到人类与自然的关系不是主人与奴仆或征服与被征服的关系，只有尊重自然、

善待自然，与自然和谐相处，并以保护环境为前提，发展才会可持续地进行下去。

2. 环境问题的分类

环境问题是自然力或人力引起生态平衡的破坏，最后直接或间接影响人类的生存和发展的一切客观存在的问题。

环境问题根据产生的原因可分为两大类：

(1) 第一环境问题。由自然力引起的为原生环境问题。自然环境原生的自然灾害就属于这类环境问题，它是由自然演变或自然环境自身变化引起的，主要有干旱、台风、火山、滑坡、泥石流、地震、洪涝，以及区域自然环境质量恶劣所引起的地方病等。这些灾害通常具有突然、恶劣、无法控制、引起破坏和混乱等特点。以当今的经济技术发展水平来看，人类的抵御能力还是很低的。虽然自然灾害的发生很难避免，我们仍可以采取一些方式来减少损失。以我国为例，我国是世界上主要的“气候脆弱区”之一，自然灾害频发、损失大、分布广，是世界上自然灾害最为严重的国家之一。20 世纪的观测事实已表明，气候变化引起的极端天气气候事件出现频率与强度明显上升，平均每年因受天气气候灾害造成的经济损失占 GDP 的 3% ~ 6%，直接危及我国的国民经济发展。为应对这些自然灾害，相关部门制定了八项措施：制订预案，常备不懈；以人为本，避灾减灾；监测预警，依靠科技；防灾意识，全民普及；应急机制，快速响应；分类防灾，针对行动；人工影响，力助减灾；风险评估，未雨绸缪。

随着科学技术和生产力的极大提高，如今的一些大型或超大型的工程项目也会引起类似的灾害，如兴建水库可能会诱发地震，增加库区及附近地区地震发生的频率。山区的水库两岸山体发生滑坡、塌方和泥石流的频率会有所增加。核试验也有可能引发地震。此类灾害不属于第一环境问题，而是以下将要介绍的第二环境问题。

(2) 第二环境问题。由人类活动引起的为次生环境问题，其中包括由于人类激增、城市化、经济高速发展所引起的环境污染（如马斯河谷烟雾事件、伦敦烟雾事件、四日哮喘等）和由人类活动所导致的，如森林破坏、沙漠化、水土流失等一系列的生态退化，它们两者又互为因果，不能截然分开（见表 1-2）。具体来说，就是人类为了满足自己的生产和消费活动，过度地从自然环境中攫取资源，或过度地将生产和消费活动过程所产生的废弃物向环境排放，超过环境自身的调节能力，从而造成对环境的破坏，使环境质量越来越差，导致环境问题。以我国为例，在最近的几十年当中，华北地区最大的河流海河，河水不仅来水量减少了 80% ~ 90%，支流平时都干枯了，而且污染严重。原来有 300 多条支流，但是到了近几年统计的时候，只剩下 10 多条，其余都干枯了。这样类似的问题还有许多，我们只顾经济的发展指标，不顾环境的自我循环能力，自我供应能力，因此，我们的经济发展也不能持续，我们对环境的过度干预违背自然规律，给我们的社会带来了很大的问题，很严重的后果。

表 1-2 第二环境问题的主要表现及其产生原因

表现	具体内容	产生原因	实例
环境污染	大气污染	工业“三废”和有害人体健康的农药的排放	伦敦烟雾事件
	水体污染		海河的污染
	土壤污染		湖南镉污染事件
	固体废弃物污染	生产、生活垃圾	市区垃圾场
	噪声污染	工矿企业、交通工具	施工噪声
	放射性污染	核废料处理不当及意外事故的发生	日本地震引发福岛核电站泄露
	海洋污染	海岸带工业发展、海上航运泄漏	石油污染、赤潮、核污染
生态退化	森林环境调节功能下降	乱砍滥伐、毁林开荒	巴西热带雨林遭受破坏
	水土流失、土地沙化	毁林开荒、开垦草原	我国北方冬春季的沙尘暴天气
	土壤盐碱化	不合理灌溉	黄淮海平原的盐碱地
	全球变暖、臭氧空洞	有害气体（保温气体、氟氯烃化合物）的排放	南极臭氧层空洞
	生物物种减少	生存环境的恶化，人类的过度捕猎	珍稀动物的减少、物种灭绝

环境科学所研究的环境问题主要是这类由人类在利用和改造自然的过程中所引起的环境问题。

(3) 第三环境问题。第三环境问题是指由于社会结构的严重不合理所造成的，如由于经济和社会发展水平低下或比例失调引起的各种社会问题等。因此，解决环境问题的唯一途径只能是逐步调整和改善主体群对环境的种种行为。要有效地调整和改善主体群对外部的行为，就应逐步有计划地规范主体群内部的行为准则。在坚持全过程控制原则（对人类活动全过程进行管理控制）和双赢原则的基础上，通过教育、法律、经济、行政和科技等手段协调人类社会发展与环境的相互关系。

事实上，这三种环境问题往往难以截然分开，它们常常是相互影响、相互作用、相互依存、相互制约的。再者，在人类社会的发展过程中，由于人类认识的局限性和环境的复杂性，出现环境问题在某种意义上是难免的。关键是我们抛弃刚愎自用的思想，认真地对待这些环境问题，以科学的态度遵循客观规律，以最大的努力尽可能地避免、降低、减少、改善这些环境问题。

环境问题的实质是一个社会问题和经济问题，人类经济活动索取资源的速度超过了资源本身及其替代品的再生速度，向环境排放废弃物的数量超过了环境的自净能力，这也是人类自然的，而且是自觉建设人类文明的问题。简而言之，人口是一切环境问题的根源。

(二) 公害事件

由人为原因引起化学污染物滋生而产生的突发事件通常称为公害，其具有显著的人为

性、突发性和区域性等特点。20 世纪中期，工业技术的革新使经济得到了迅猛的发展，随之而来的很多严重的环境问题也给人类敲响了警钟，在 20 世纪五六十年代，与二氧化硫和烟尘有关的光化学烟雾事件在全球范围内频繁发生，就是因为汽车及石油工业的废气所致。此外，水污染、过度采伐、土地荒漠化、不可再生资源的耗竭等诸多环境问题也都有逐步恶化的趋势。最为典型的是震惊世界的“八大公害事件”（见表 1-3），其导致成千上万人患病，甚至丧生。

表 1-3 世界“八大公害事件”

名称	时间地点	发生原因	后果
马斯河谷烟雾事件	1930 年 12 月，比利时马斯河谷工业区	炼焦、炼钢、电力、玻璃、硫酸、化肥等工厂排出的有害气体在逆温的条件下，于狭窄盆地的工作区近地积累，二氧化硫等几种有害气体和粉尘对人体造成伤害	一周内近 60 人死亡，千人患呼吸系统疾病，许多家畜死亡
洛杉矶光化学烟雾事件	1943 年，美国洛杉矶市	由于大量汽车尾气，一氧化碳、氮氧化物和铅烟，在紫外线照射下，产生光化学烟雾，其中含有臭氧、乙醛和其他氧化剂，滞留市区	大量居民出现眼睛红肿、流泪等症状，严重时会导致死亡
多诺拉烟雾事件	1948 年 10 月，美国宾夕法尼亚州多诺拉镇	镇处河谷工厂很多，大部分地区受反气旋和逆温控制，持续有雾，大气污染物在近地层积累，并存在尘粒	有 5 900 多人患病，占全镇人口的 43%，17 人死亡
伦敦烟雾事件	1952 年 12 月，英国伦敦	英国几乎全境被浓雾笼罩，温度递增，逆温在 40~150 m 的低空，使产生的烟雾不断积累，尘粒浓度为平时的 10 倍，二氧化硫为平时的 6 倍，加上氧化铁的粉尘作用，生成了相当量的三氧化硫，最终形成硫酸烟雾，进入人的呼吸系统	导致胸闷气促、咳嗽喉痛等症状，先后死亡 1 万多人
四日市事件	1961 年，日本四日市	四日市 100 多个中小企业产生的废气，严重污染该市空气，终年黄烟弥漫，全市工厂的粉尘、二氧化硫排放量高达 13 万吨，500 m 厚的烟雾中飘浮着多种有毒物质	1961 年四日市市民气喘病发作，1964 年连续三天烟雾不散，气喘病患者开始死亡，后来蔓延到全国，到 1972 年为止，日本全国患“四日气喘病”高达 6 376 人
水俣病事件	1953—1956 年，日本熊本县水俣市	含无机汞的工业废水污染水体，使水俣湾的鱼、贝等水生生物中毒	人们食用当地水生生物后受害，造成大量居民中枢神经中毒，汞中毒者 283 人，其中 60 多人死亡