

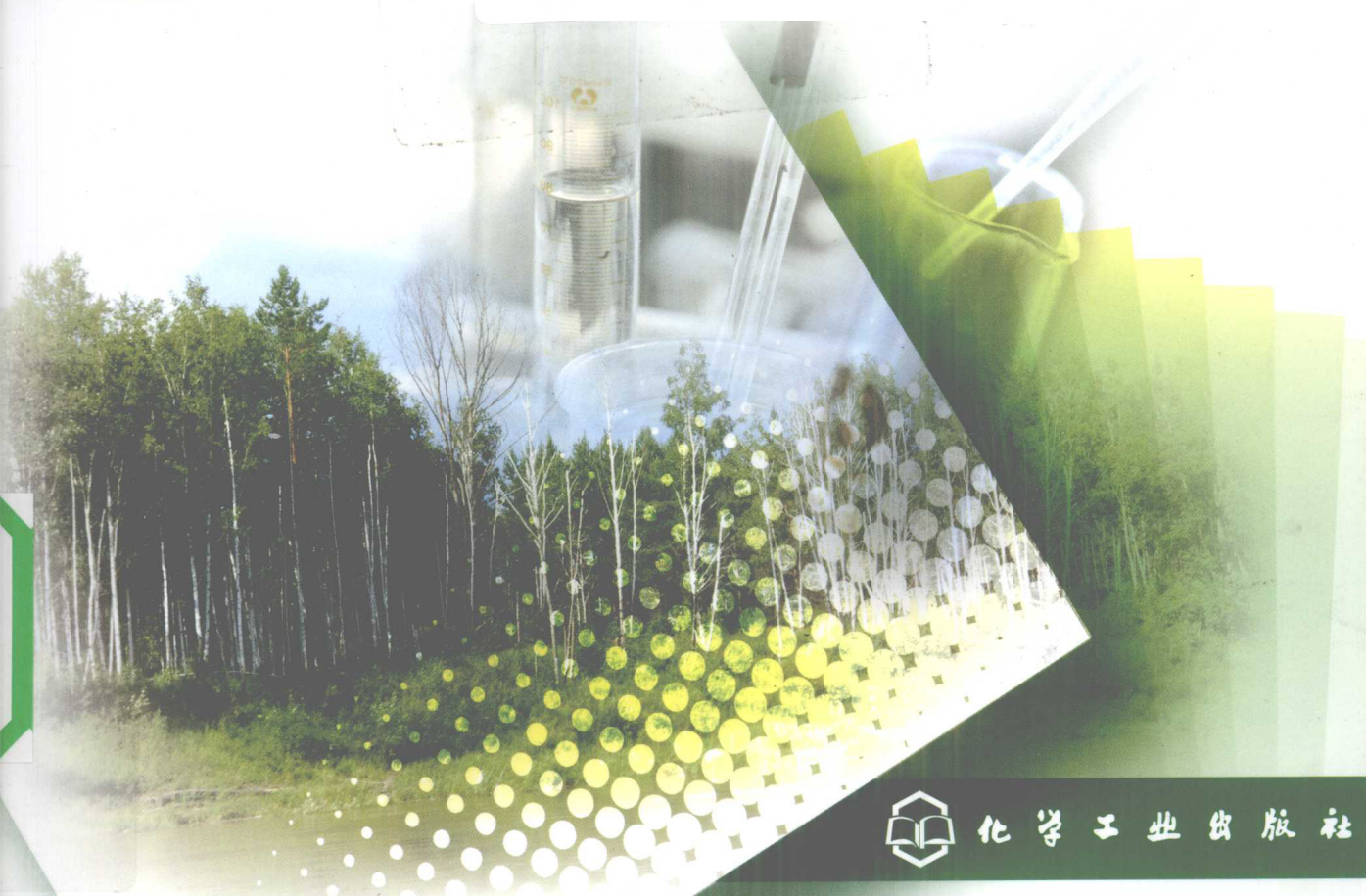
# HUANJIING HUAXUE



高职高专“十一五”规划教材

# 环境化学

袁加程 主编

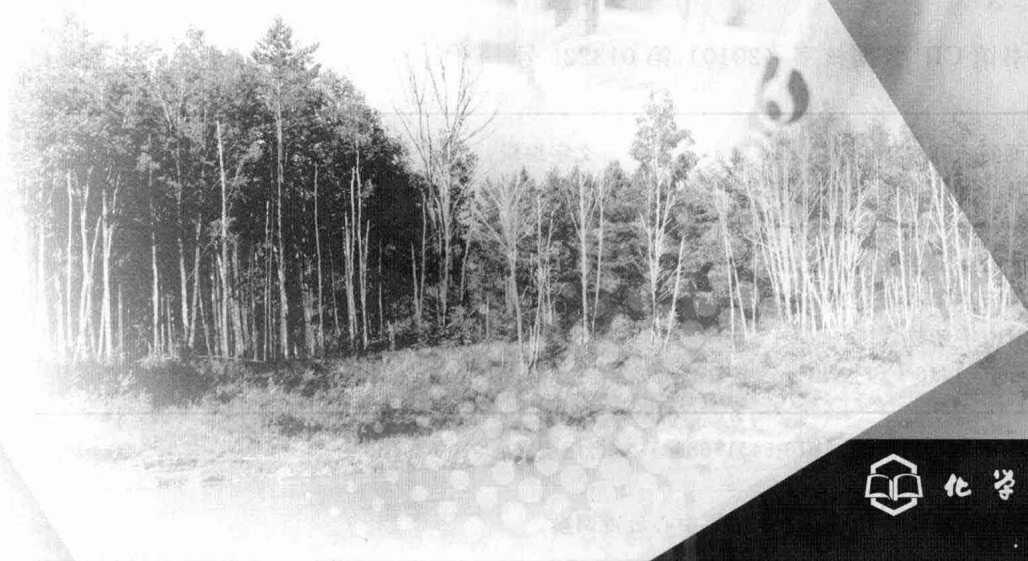


化学工业出版社

HUANJING HUAXUE

高职高专“十一五”规划教材

# 环境化学



化学工业出版社

·北京·

本书以化学原理为主线, 简明阐述环境化学的有关基本概念、基本原理及其在环境污染与控制中的应用。全书包括: 绪论、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、污染物在生物体内的迁移转化、典型污染物在环境各圈层中的转归与效应、有害废物及放射性固体废物以及环境化学研究方法与实验。每章文后附具有趣味性、实用性、拓展性的阅读材料。

本书注重与生产实际的结合, 将环境污染物最新治理及分析方法以及最新使用的仪器设备编写进去, 力求达到更贴近生产、更符合高职培养的目标。本书可供高职高专环境工程和环境化学类专业的学生作为教材使用, 也适合化学及环境学科领域的科研工作者阅读, 还可供科技管理部门的相关人员以及相关企业的决策者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

环境化学/袁加程主编. —北京: 化学工业出版社,  
2010.3

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-07657-1

I. 环… II. 袁… III. 环境化学-高等学校: 技术  
学院-教材 IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 013229 号

---

责任编辑: 旷英姿 陈有华

文字编辑: 糜家铃

责任校对: 战河红

装帧设计: 史利平

---

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{1}{4}$  字数 334 千字 2010 年 4 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

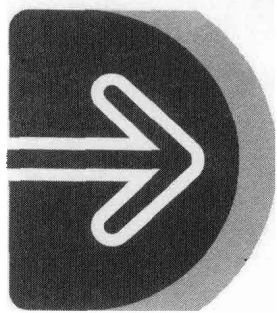
网 址: <http://www.cip.com.cn>

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: 24.00 元

版权所有 违者必究



# 前 言

本教材是以教育部有关高职高专教材建设的文件精神为指导,根据高职高专人才的培养目标,结合我们在教学和国家职业技能鉴定培训方面所积累的经验,以“够用、实用”为宗旨,突出技能,将理论知识和操作技能有机地结合在一起编写而成。

本书共分八章,重点介绍了环境化学的概念及主要内容和任务、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、污染物在生物体内的迁移转化、典型污染物在环境各圈层中的转归与效应、有害废物及放射性固体废物及环境化学研究方法与实验等,总学时数为64学时。每章有学习指南、阅读材料、本章小结、复习思考题,有助于培养学生的理论与实践技能,便于教学使用。本书主要用作高职高专院校环境工程和环境化学类专业的教材,也适合化学及环境学科领域的科研工作者阅读,还可供科技管理部门的相关人员以及相关企业的决策者参考。

本书具有以下四个特点。

1. 根据高职教育人才培养目标和本课程应用性较强的特点,本着“实用、实际、实践”的原则,力求理论知识够用,实践技能实用,着重突出了学生实际应用能力的培养。

2. 内容简明精练,覆盖面广,通用性强。教材内容注重与生产实际的紧密联系,力求达到更贴近生产,使学生对本门课程的学习能更好地学以致用。编写时强调实用性和应用性,适度把握知识深度,以必需、够用为度。

3. 突出“新”字,强调先进性。本书介绍最新的化学污染问题和环境污染物最新治理及分析方法以及最新使用的仪器设备,力求做到技术应用性强、内容新,以适应当前技术发展的需要。

4. 根据学科理论的发展,针对高职教育人才培养的特点,精心选择实验内容。实验内容中介绍了原理、所用仪器设备准备要求、试剂的制备方法、详细的操作步骤、具体的结果计算方法以及操作中应该注意的问题等,以便培养学生运用所学知识解决问题和分析问题的能力。

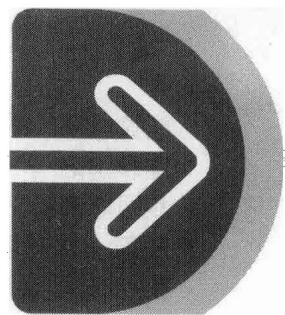
本书由江苏食品职业技术学院袁加程主编并统稿,江苏食品职业技术学院蔡秀萍、泰州职业技术学院袁鹰、中山火炬职业技术学院杨懋勋参加编写。其中第一章、第五章由袁加程编写,第二章、第八章由蔡秀萍编写,第三章、第六章由袁鹰编写,第四章、第七章由杨懋勋编写。全书由淮阴师范学院尹起范教授审阅,并提出了许多宝贵的意见,在此深表谢意。本书所引用文献资料的原著已列入参考文献,在此一并表示感谢。

本书在编写的过程中,得到了化学工业出版社的大力支持和热情帮助,编者在此深表衷心感谢。

由于编者水平有限,书中的疏漏和不妥之处在所难免,热忱欢迎专家和读者给予批评指正。

编 者

2010年1月



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 环境化学</b> .....	1
一、环境化学的概念 .....	1
二、环境化学的发展历史 .....	1
三、环境化学的任务 .....	3
四、环境化学的内容、特点及研究方法 .....	3
<b>第二节 环境污染物</b> .....	4
一、环境污染 .....	4
二、化学污染物 .....	6
三、化学污染物的迁移转化概述 .....	6
<b>阅读材料 世界著名八大环境公害事件一览表</b> .....	8
<b>本章小结</b> .....	9
<b>复习思考题</b> .....	9
<b>第二章 大气环境化学</b> .....	11
<b>第一节 大气环境化学基础知识</b> .....	11
一、大气的组成 .....	11
二、大气层的结构 .....	11
三、大气温度层结 .....	13
四、大气稳定度 .....	14
五、影响大气污染物迁移的因素 .....	15
<b>第二节 大气污染及其影响和危害</b> .....	17
一、大气污染和大气污染物 .....	17
二、大气污染的影响及其危害 .....	21
三、大气污染物浓度表示法 .....	23
<b>第三节 大气中污染物的转化</b> .....	23
一、大气中的光化学反应 .....	24
二、大气中重要自由基的来源 .....	27
三、硫氧化物在大气中的化学转化 .....	28
四、氮氧化物在大气中的化学转化 .....	29
五、烃类化合物在大气中的化学转化 .....	29
六、光化学烟雾 .....	30
<b>第四节 几个突出的大气环境问题</b> .....	32
一、酸雨 .....	32
二、温室效应 .....	33
三、臭氧层空洞 .....	35
<b>第五节 环境空气质量标准</b> .....	36

阅读材料  南极上空臭氧层空洞的发现 .....	37
本章小结 .....	37
复习思考题 .....	38
<b>第三章 水环境化学</b> .....	<b>39</b>
第一节 水环境化学基础 .....	39
一、天然水的基本特性 .....	39
二、天然水体中的化学平衡 .....	42
三、水体污染及水体污染源 .....	49
四、水体的自净作用与水环境容量 .....	51
第二节 水体中无机污染物的迁移转化 .....	53
一、颗粒物与水之间的迁移 .....	53
二、水中颗粒物的聚集 .....	56
三、沉淀-溶解平衡 .....	58
四、氧化-还原平衡 .....	63
五、配合作用 .....	67
第三节 水体中有机污染物的迁移转化 .....	71
一、分配作用 .....	71
二、挥发作用 .....	73
三、水解作用 .....	75
四、光解作用 .....	75
五、生物降解作用 .....	76
第四节 水质模型 .....	78
一、氧平衡模型 .....	78
二、湖泊营养化预测模型 .....	80
三、有毒有机污染物的归趋模型 .....	80
阅读材料  水体污染对人体健康的影响 .....	83
本章小结 .....	85
复习思考题 .....	86
<b>第四章 土壤环境化学</b> .....	<b>87</b>
第一节 土壤的组成与性质 .....	87
一、土壤的组成 .....	87
二、土壤的粒级分组与质地分组和各粒级的理化特性 .....	88
三、土壤胶体的性质和土壤胶体的离子交换吸附 .....	90
四、土壤酸度、碱度和缓冲性能 .....	93
五、土壤的氧化-还原性 .....	95
第二节 污染物在土壤-植物体系中的迁移 .....	96
一、污染物在土壤-植物体系中的迁移 .....	96
二、植物对重金属污染产生耐性的几种机制 .....	99
第三节 土壤中农药的迁移转化 .....	100
一、农药及土壤的农药污染 .....	100
二、土壤中农药的迁移 .....	102
三、非离子型农药与土壤有机质的作用 .....	102

四、典型农药在土壤中的迁移转化 .....	103
阅读材料 土壤面面观 .....	106
本章小结 .....	108
复习思考题 .....	108
<b>第五章 污染物在生物体内的迁移转化</b> .....	<b>110</b>
第一节 生物污染和生物污染的主要途径 .....	110
一、生物污染 .....	110
二、植物受污染的主要途径 .....	110
三、动物受污染的主要途径 .....	111
第二节 环境污染物在生物体内的分布 .....	113
一、污染物在植物体内的分布 .....	113
二、污染物在动物体内的分布 .....	114
第三节 污染物质的生物富集、放大和积累 .....	115
一、生物富集 .....	116
二、生物放大 .....	116
三、生物积累 .....	117
第四节 微生物对环境污染物的降解转化作用 .....	118
一、微生物的生理特征 .....	118
二、生物酶的基础知识 .....	119
三、微生物对有机污染物的降解作用 .....	120
四、微生物对重金属元素的转化作用 .....	125
第五节 环境污染物对人体健康的影响 .....	127
一、污染物质的毒性 .....	127
二、有毒重金属对人体健康的影响 .....	132
三、有毒有机物对人体健康的影响 .....	133
阅读材料 基因污染威胁中国生物安全 .....	135
本章小结 .....	138
复习思考题 .....	138
<b>第六章 典型污染物在环境各圈层中的转归与效应</b> .....	<b>140</b>
第一节 重金属元素 .....	140
一、汞 .....	140
二、砷 .....	142
第二节 有机污染物 .....	143
一、有机卤化物 .....	143
二、多环芳烃 .....	145
三、表面活性剂 .....	146
阅读材料 环境与人体健康 .....	148
本章小结 .....	151
复习思考题 .....	151
<b>第七章 有害废物及放射性固体废物</b> .....	<b>152</b>
第一节 固体废物及分类 .....	152
一、固体废物的产生 .....	152



二、固体废物的分类 .....	152
三、固体废物的时空特点 .....	153
四、固体废物污染的控制 .....	154
第二节 有害废物 .....	154
一、有害废物的概念 .....	154
二、有害废物的判定 .....	154
三、有害成分 .....	155
四、迁移途径和危害性 .....	156
五、我国有害(危险)废物污染防治现状及防治技术 .....	157
第三节 放射性固体废物 .....	158
一、放射性的概念及判定 .....	158
二、放射性固体废物的分类 .....	159
三、核工业中放射性固体废物的主要类型及地下迁移速率 .....	160
四、辐射损坏类型和影响因素 .....	160
阅读材料 固体废物及电磁辐射相关知识 .....	161
本章小结 .....	162
复习思考题 .....	163
<b>第八章 环境化学研究方法与实践</b> .....	<b>164</b>
第一节 环境化学的研究方法 .....	164
一、环境化学实验室模拟方法 .....	164
二、环境化学的化学分析和仪器分析研究方法 .....	167
三、环境化学图示研究方法 .....	171
第二节 环境化学实验 .....	173
实验一 环境空气中挥发性有机物的污染 .....	173
实验二 天然水的净化 .....	175
实验三 水体富营养化程度的评价 .....	176
实验四 废水中有机污染综合指标评价与分析 .....	180
实验五 生物样品中氟的测定 .....	185
实验六 土壤中农药的残留 .....	187
阅读材料 土壤环境污染化学与化学修复研究最新进展 .....	189
本章小结 .....	195
<b>附录 国家危险废物名录</b> .....	<b>196</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>203</b>



# 第一章 绪 论

## 【学习指南】

环境化学是环境科学的一门基础课程，是环境科学的核心组成部分。它以化学物质引起的环境问题为研究对象，以解决化学物质引起的环境问题为目标，是环境保护工作者必备的重要基础知识。

本章主要介绍环境化学的几个基本概念及环境化学的主要内容和任务。通过这些基本知识的学习，将对环境化学有初步的了解，并为今后的学习打下良好的基础。

## 第一节 环境化学

### 一、环境化学的概念

环境化学是环境科学的一门基础科学，是一门研究有害化学物质在环境介质中的存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的科学。环境化学以化学物质在环境中出现而引起的环境问题为研究对象，以解决环境问题为目标。

环境化学具有跨学科的综合性质。它不仅运用化学的理论和方法，也借用物理、数学、生物、气象、地理及土壤等多门学科的理论和方法研究环境中的化学现象和本质，研究大气、土壤及生物中污染化学物质的性质、来源、分布、迁移、转化、归宿、反应及对人类的作用和影响。环境化学研究的体系是化学污染物和环境背景物（天然物质）构成的多组分综合体系，这是个开放体系。在这个开放的研究体系中，时刻有物质流和能量流的传输，所受到的影响复杂多变。除了化学因素外，还有物理因素（如光照、辐射等）、生物因素、气象、水文、地质及地理条件等，因而在探讨和研究化学污染物在环境中的变化规律和影响危害时，应综合多方面的因素才能得出符合实际的结论。例如，大气中硫氧化物等的大气污染，不仅要考虑它本身的化学变化，还要考虑光照、地形地貌、气象等条件的影响；水体中重金属汞等的污染，除了考虑其化学性质外，还应考虑水文、微生物、酶作用下的迁移转化；有机物、农药在环境中的转化，不但要研究光解和化学降解作用，还要研究生物的降解作用。

环境化学是一门新兴学科。它诞生于 20 世纪 70 年代初期，至今仅有 30 多年的历史。作为新兴学科，环境化学的研究工作还不够深入、不够全面，很多本质和规律尚未被揭露和掌握，甚至许多概念还含混不清，定义尚不统一，表述还不一致，甚至环境化学本身的定义和范围都还未能统一。所有这些，还有待环境化学工作者继续努力、不断探索，为环境化学的发展、丰富和成熟做出贡献。

### 二、环境化学的发展历史

环境化学主要研究化学物质在环境中的存在、转化、行为和效应及其控制的原理和方法，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。根据国家自然科学基金委员会《自然科学学科发展战略调研报告》的划分，环境化学的研究主要包括环境分析化学，大气、水体和土壤环境化学，污染生态化学，污染控制化学等。

环境化学的发展大致可分为三个阶段：1970年以前为孕育阶段，20世纪70年代为形成阶段，80年代以后为发展阶段。

第二次世界大战以后至20世纪60年代，发达国家经济从恢复逐步走向高速发展，由于当时只注意经济的发展而忽视了环境保护，污染环境和危害人体健康的事件接连发生，事实促使人们开始研究和寻找污染控制途径，力求人与自然的协调发展。20世纪60年代初，由于当时有机氯农药污染的发现，农药中环境残留行为的研究就已经开始，这个阶段是环境化学的孕育阶段。

到了20世纪70年代，为推动国际重大环境前沿性问题的研究，国际科联1969年成立了环境问题专门委员会（SCOPE），1971年出版了第一部专著《全球环境监测》，随后，在20世纪70年代陆续出版了一系列与环境化学有关的专著，这些专著在20世纪70年代环境化学研究和发展中起了重要作用。1972年在瑞典斯德哥尔摩召开了联合国人类环境会议，成立了联合国环境规划署（UNEP），确立了一系列研究计划，相继建立了全球环境监测系统（GEMS）和国际潜在有毒化学品登记机构（IRPTC），并促进各国建立相应的环境保护机构和学术研究机构。

20世纪80年代全面地开展了对各主要元素，尤其是生命必需元素的生物地球化学循环和各主要元素之间的相互作用、人类活动对这些循环产生的干扰和影响以及对这些循环有重大影响的种种因素的研究；重视了化学品安全性评价；开展了全球变化研究；涉及臭氧层破坏、温室效应等全球性环境问题，同时加强了污染控制化学的研究范围。

国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）于1989年制订了“化学与环境”研究计划，开展了空气、水、土壤、生物和食品中化学品测定分析等六个专题的研究。1991年和1993年在中国北京召开的亚洲化学大会和IUPAC会议上，环境化学就是重要议题之一。1992年在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展会议（UNCED），国际科联组织了数十个学科的国际学术机构开展环境问题研究。

1995年诺贝尔化学奖第一次授予三位环境化学家Crutzen、Rowland和Molina，他们首先提出平流层臭氧破坏的化学机制。Crutzen于1970年提出了 $\text{NO}_x$ 理论，Rowland和Molina于1974年提出了CFCs理论，这几位化学家的实验室模拟结果在现实环境中得到验证。从发现平流层中氧化氮可以被紫外辐射分解而破坏全球范围的臭氧层开始，追踪对流层大气中十分稳定的CFCs类化学物质扩散进入平流层的同样归宿，阐明了影响臭氧层厚度的化学机理，使人类可以对耗损臭氧的化学物质进行控制。这些理论的研究成果因1985年南极“臭氧洞”的发现而引起全世界的震动，从而导致1987年《蒙特利尔议定书》的签订。中国的环境化学研究也已经有了30多年的历史，自20世纪70年代起，在典型地区环境质量评价，环境容量和环境背景值调查，污染源普查，围绕工业“三废”污染，在大气、水体、土壤中环境污染物的表征、迁移转化规律，生物效应以及控制等方面进行了大量的工作。在有毒污染物环境化学行为和生态毒理效应、水体颗粒物和环境工程技术、大气化学和光化学反应动力学、对流层臭氧化学、区域酸雨的形成和控制、天然有机物环境地球化学、有毒有机物结构效应关系、废水无害化和资源化原理与途径等方面的工作分别得到了国家自然科学基金、国家科技攻关、中国科学院重大、重点等项目的支持，取得了一批具有创新性的研究成果。在酸雨测量技术、形成机制、物理化学特征、高空云雨化学、大气酸性污染物来源和沉降过程等方面取得重要成果，在天然源研究、区域酸沉降模式和酸雨成因、能源与环境协调规划、酸雨区域综合防治和临界负荷的研究方法等方面达到国际先进水平，获国家科技进步一等奖。

随着国家对环境污染问题的重视和公众环境保护意识的提高,环境化学任重道远。无论是控制或防治环境污染和生态恶化,还是从改善环境质量、保护人体健康、促进国民经济的持续发展等各个方面,环境化学都可以发挥重要作用。在环境监测、大气复合污染的化学机制、污染评价与防治对策、水体中复合污染及土壤多介质污染机制研究、有毒化学品生态效应及危险性评价、内分泌干扰物质的筛选、污染控制原理、环境修复技术等诸多领域,环境分析化学、大气、水体和土壤环境化学、污染生态化学、污染控制化学等分支学科都面临着挑战和良好的发展机遇。

### 三、环境化学的任务

环境化学的主要任务可归纳为以下六个方面:

- ① 研究环境的化学组成,建立环境化学物质的分析方法;
- ② 掌握环境的化学性质,从环境化学的角度揭示环境形成和发展规律,预测环境的未来;
- ③ 研究和掌握环境化学物质在环境中的形态、分布、迁移和转化规律;
- ④ 查清环境污染物的来源;
- ⑤ 研究污染物的控制和治理的原理及方法;
- ⑥ 研究环境化学物质对生态系统及人类的作用和影响等。

### 四、环境化学的内容、特点及研究方法

#### 1. 环境化学主要的研究内容

① 环境污染化学 研究化学污染物在环境中的变化,包括迁移、转化过程中的化学行为、反应机理、积累和归宿等方面的规律。化学污染物质在大气、水体、土壤中迁移,并伴随着发生一系列化学的、物理的变化,形成了大气污染化学、水污染化学、土壤污染化学和污染生态化学。

在环境这个开放体系中,参与反应的物质品种多、含量低、反应复杂、影响因素很多,促进反应的光能和热能又难以准确模拟,因此必须发展新的技术和理论来进行研究。如近年来运用系统分析方法,研究多元和多介质体系中污染物迁移和转化反应机理,就为进行环境污染的预测、预报以及环境质量评价等提供了科学的依据。

② 环境分析化学和环境监测 它是取得环境污染各种数据的主要手段,必须运用化学分析技术,测量化学物质在环境中的本底水平和污染现状。环境中污染物种类繁多而且含量极低,相互作用后的情况则更为复杂,因此要求采取灵敏度高、准确度高、重现性好和选择性也好的手段。不仅对环境中的污染物做定性和定量的检测,还对它们的毒性,尤其是长期低浓度效应进行鉴定;应用各种专门设计的精密仪器,结合各种物理和生物的手段进行快速、可靠的分析。为了掌握区域环境的实时污染状况及其动态变化,还应用自动连续监测和卫星遥感等新技术。

③ 污染物的生物效应 它是当前环境化学研究领域里十分活跃的研究课题,它综合运用化学、生物、医学三方面的理论和方法,研究化学污染物造成的生物效应,如致畸、致突变、致癌的生物化学机理,化学物质的结构与毒性的相关性,多种污染物毒性的协同和拮抗作用的化学机理,污染物食物链作用的生物化学过程等。随着分析技术和分子生物学的发展,环境污染的生物化学研究取得很大进展,并与环境生物学、环境医学相互交叉渗透,成为当前生命科学的一个重要组成部分。

环境化学的兴起和发展,为人类保护、改善环境提供了化学方面的依据。一些研究课题

受到人们的重视,如大气平流层中臭氧层破坏的过程和速度,以及由此而造成的影响;农药、硫酸烟雾在大气中的反应动力学及其变化过程;酸雨的形成和危害;大气中二氧化碳的积累及其温室效应;致畸、致突变和致癌物质的筛选,以及污染物的致畸、致突变、致癌性与其化学结构间的关系;有毒物质毒性产生的机理,拮抗和协同作用的机理,及其与化学结构的关系;新的污染物的发现和鉴定;分析方法的探讨和分析技术的改进;卫星监测系统和光学遥感系统的研制等。

### 2. 现代环境化学研究的特点

① 从微观的原子、分子水平来阐明宏观的环境问题,以小见大,不再拘泥于对环境问题的宏观描述,而是从深层的机制去理解和解决问题。

② 综合性强,涉及方方面面的学科领域。环境化学学科本身是边缘科学,继承了各个前导学科的理论和技术,应用来解决实际的环境问题,并在发展过程中交流各学科的新思路、新理论、新方法。

③ 量微,不仅是研究对象本身(污染物)在圈层中的含量极低,研究和分析手段也尽量采用低浓度和超低浓度的水平,以尽量贴近自然界的实际,并避免造成人为的再次污染。

④ 研究体系复杂,体现在污染现象本身不是一种简单的过程,其因果关系也不是简单的单一机制,影响因素也是多方面的。

⑤ 应用性强,涉及的都是与人类生存发展息息相关的实际问题。

⑥ 学科发展还很年轻,基础数据还极为缺乏,理论构架的系统性相对较弱,更多的是沿用前导学科的已有理论,仍有极大的发展空间。

### 3. 环境化学的研究方法

① 现场实测 在所研究区域直接布点采样、采集数据,了解污染物时空分布,同步监测污染物变化规律,有地面监测、航测等,人力物力需求较大。

② 实验室研究 实验室研究包括环境物质分析、基础研究(基元反应等)、基础物性数据测定、实验模拟(排除气象、地形等物理影响因素,单纯研究化学部分,可人为控制条件)等。

③ 模式模拟(计算) 数学模型——模式的建立和运转,检验实测结果的可信度,并预测污染的发展趋势。

## 第二节 环境污染物

### 一、环境污染

对环境产生各种危害的问题可归结为两类。第一类是自然界各因素间相互作用或自然界自身不断运动产生的那些危及人类生存的问题,如各种自然灾害:火山爆发、地震、滑坡、洪水、风暴等。第二类是人类生产和生活活动所引起的问题,对此又可归纳为四个方面:①在资源开发过程中过度地向自然索取物质和能量(特别是化石燃料、矿物和木材等);②在物质生产和日常生活过程中向环境释放出废物和废能(特别是化学污染物和辐射能);③经济建设(如农村城市化、围湖造田、兴建水坝等)引起对环境干扰;④人口增殖引起单位时间和空间中人类活动频度增多。以上这些人类活动也都将导致环境污染和自然生态的破坏。

初期,人们将环境问题和环境污染联系起来。确实,从本质上看,大多数环境问题由环

境污染、特别是化学物质的污染引起。就目前人们的认识水平来看，所谓环境污染，指的是由于自然的或人为的（生产、生活）原因，往原先处于正常状态的环境中附加了物质、能量或生物体，其数量或强度超过了环境的自净能力（自动调节能力），使环境质量变差，并对人或其他生物的健康或环境中某些有价值物质产生有害影响的现象。环境污染的概念可以简要表述如下：

自然因素或人类  $\rightarrow$  包括自净机能在内的自  $\rightarrow$  环境污染造  
活动的冲击破坏  $\rightarrow$  自然界动态平衡恢复能力  $\rightarrow$  成的危害

关于由物质（污染物）因素引起环境污染的概念如用图 1-1 所示。

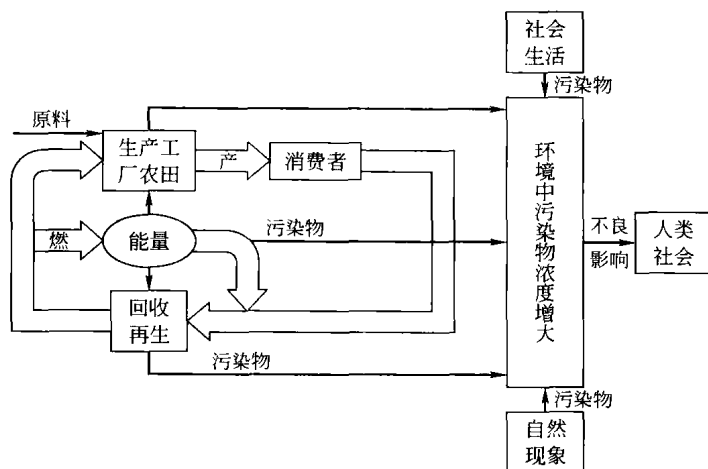


图 1-1 环境污染概念示意

这里所说的自然原因是指火山爆发、森林火灾、地震、有机物的腐烂等。以火山爆发为例，活动性火山喷发出的气体中含有大量硫化氢、二氧化硫、三氧化硫、硫酸盐等，严重污染了当地的区域环境；从一次大规模的火山爆发中喷出的气溶胶（火山灰），其影响有可能波及全球。首先，大量火山灰将遮蔽日光，使太阳光（能）反射，转回到宇宙空间，从而影响了那些需要阳光的地球生物类的生长。另一方面，火山灰在地球表层形成一层薄膜，使地面上各种形式的能量无法散发，这就如同二氧化碳造成的温室效应所起的作用一样。再者，大气中到处散满了火山灰，成为水滴的凝结核心，使雨云易于集结，造成某些地区降雨量“前所未有”地增多；由于地球表层进行循环的水量是大体恒定的，局部地区持久降雨，则必然造成另一些地区发生严重的干旱；有的地方大雨，有的地方大旱，这又扰乱了地球表层热能分布的平衡状态，造成局部地区产生热流，另一些地区则产生寒潮。以上这些现象结合起来，就会严重影响人们正常生活，破坏农业生产，导致严重歉收。许多环境污染问题如同上述火山爆发情况一样，对于环境的质量能起“牵一发而动全身”的作用。

环境污染概念中所说的人为原因主要是指人类的生产活动，包括矿石开采和冶炼、化石燃料燃烧、人工合成新物质（如农药、化学药品）等。有关这方面的问题，将在后面的有关章节中陆续予以阐述。

近代，随着人类社会进步、生产发展和人们生活水平的不断提高，同时也造成了严重的环境污染现象，如大气污染、水体污染、土壤污染、生物污染、噪声污染、农药污染和核污染等。特别在 20 世纪的五六十年代，污染已成为世界范围的严重社会公害，许多人因患公害病而蒙受苦难或死亡，许多人的健康受到环境污染的损害，环境污染已对人们生活 and 经济发展造成了严重危害。在对环境污染问题有了较深刻认识并经过痛苦反省后的人们逐渐认识

到，作为自然一部分的人不应作为与自然对立的事物而存在，从而应该改变历来以自体为中心来审视客观事物的习惯。现在已有很多人认为：从终极意义上说，“人定胜天”是不可能的，人与自然间只能和谐相处，即只能做到“天人合一”。而要达到这种“合一”，人类一方面要发现自身的智慧和能力，另一方面又必须对自身的能动力和创造力有所抑制，在“自行其是”和“自我约束”之间行一条中庸之道。另一方面，人类又必须勇敢地面对现实，积极寻求解决环境污染问题的出路。

## 二、化学污染物

由于环境发生污染，当然会影响到环境的质量。自然环境的质量包括化学的、物理的和生物的三个方面。这三方面质量相应地受到三种环境污染因素的影响，即化学污染、物理污染和生物性污染。物理污染因素主要是一些能量性因素，如放射性、噪声、振动、热能、电磁波等。生物性污染物来自于人、动植物和微生物本身及其代谢产物。至于化学污染物，其种类繁多，它们是环境化学研究的主要对象。

水体中的主要化学污染物质有如下几类：①有害金属或准金属，如 Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn、As 等；②有害阴离子，如  $\text{CN}^-$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等；③过量营养物质，如  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  等；④有机物，如酚、醛、农药、表面活性剂、多氯联苯、脂肪酸、有机卤化物等，1978 年美国环境保护局（EPA）曾提出水体中 129 种应予优先考虑的污染物，其中有机污染物占 114 种；⑤放射性物质，如  $^3\text{H}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{238}\text{U}$  等核元素。

大气中的主要化学污染物来自于化石燃料的燃烧。燃烧的直接产物  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  是基本无害的。污染物产生于这样一些过程：①燃料中含硫，燃烧后产生污染气体  $\text{SO}_2$ ；②燃烧过程中，空气中的  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  通过链式反应等复杂过程产生各种氮氧化物（以  $\text{NO}_x$  表示）；③煤炭粉末或石油细粒未及燃烧而散逸；④燃烧不完全，产生  $\text{CO}$  等中间产物；⑤燃料使用过程中加入添加剂，如汽油中加入铅有机物，作为内燃机汽缸的抗震剂，经燃烧后，铅化合物进入大气。1990 年美国清洁空气法修正案（CAAA）曾提出空气中应予以关注的 189 种有害空气污染物（HAPs），其中无机污染物占 23 种（类），其余为有机污染物。

土壤中的主要化学污染物是农药、肥料、重金属等。

在图 1-1 中已显示出生物圈与其他三个圈层是交互重叠的，由此可见，存在于自然环境中的各种化学污染物都有可能进入各种生物的机体之内。现有生物物种有 1000 万种之多，它们又生活在环境条件各异的空域、水域或地域之中，所以存在于生物体内的主要污染物物种及它们的生活地而异，不可一概而论。

化学工业在最近数十年来有了长足的发展，为人类文明和社会经济繁荣做出了贡献。目前已知化学物质总数超过 2000 万种，且这个数字还在不断增长。其中 6 万~7 万种是人们日常使用的，而约 7000 种是工业上大量生产的。到目前为止，在环境中已发现近 10 万不同种类的化合物，其中有很多对于各种生物具有一定的危害性，或是立即发生作用，或是通过长期作用而在植物、动物和人的生活中引起这样或那样不良的影响。进入环境的化学污染物数量也是惊人的，例如仅由于烧煤，世界范围内每年约有 3000t 汞进入大气。

## 三、化学污染物的迁移转化概述

化学污染物的环境行为十分多端，但可归结为以下两个方面：①进入环境的化学物质通过溶解、挥发、迁移、扩散、吸附、沉降等物理过程或物理化学过程，分配散布在各环境圈层（水体、大气、土壤）之中；与此同时，又与各种环境因子（主要是水、空气、光辐照，

微生物和别的化学物质等) 交互作用, 并发生各种化学的、生物的变化过程, 经历了这些过程的化学物质, 就发生了形态和行为的变化; ②这些化学物质在环境中形迹所到之处, 也留下了它们的印记, 使环境质量发生一定程度的变化, 同时引起非常错综复杂的环境生态效应。对以上叙述可用如图 1-2 所示表示。

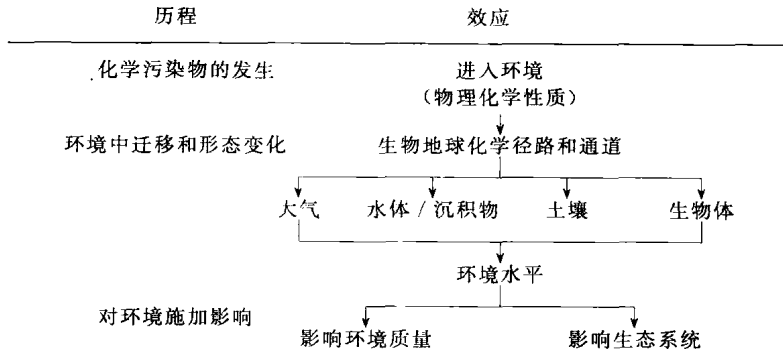


图 1-2 环境化学污染物进入环境的历程与效应示意

从污染源排放（释放）出的化学污染物进入大气、水体、土壤或生物体后, 其污染物的化学形态可能保持原有状态, 也可能在外界条件的作用下发生转化; 其污染物本身或转化产物可能停留在排污源附近, 或离开污染源, 或转移到相邻的圈层中去。

污染物的迁移是指污染物在环境中所发生的空间位移及其引起的富集、分散和消失的过程。污染物在环境中的迁移主要有机械迁移、物理-化学迁移和生物迁移三种方式, 其中物理-化学迁移和生物迁移是重要的迁移形式。物理-化学迁移可通过溶解-沉淀、氧化-还原、水解、吸附-解吸等理化作用实现。生物迁移是通过生物体对污染物的吸收、代谢及其自身的生长、死亡, 甚至通过食物链的传递产生放大积累作用而实现。

污染物的转化是指环境中的污染物在物理、化学或生物的作用下, 改变存在形态或转变为另一种物质的过程。例如, 大气中的氮氧化物、烃类化合物在阳光的作用下, 通过光化学氧化作用生成臭氧、过氧乙酰硝酸酯及其他光化学氧化剂, 并在一定条件下形成光化学烟雾; 汽车排出的  $\text{NO}$  在大气中被氧化转化为  $\text{NO}_2$ 、 $\text{HNO}_3$  和  $\text{MNO}_3$  ( $\text{M}$  为金属元素) 等新的污染物; 水体中的二价汞, 在某些微生物的作用下, 转化为甲基汞和二甲基汞等。

污染物的迁移和转化常常是相伴进行的。另外, 污染物可在原环境要素圈中迁移和转化, 也可在不同的环境要素圈中实现多介质迁移、转化而形成循环。例如, 水体中的有机物可通过蒸发进入大气, 通过渗透进入土壤, 通过生物的吸收进入生物体; 而大气中的有机物可通过与水体的物质交换、通过大气降水或通过生物的吸收等作用而进入到水体、土壤或生物体中。污染物在环境中的迁移途径如图 1-3 所示。

污染物在各环境要素圈中的迁移过程与污染物本身的物理性质、化学性质有关, 与污染物所处的环境介质条件有关。污染物在环境介质中的迁移过程与主要环境因素的关系如表 1-1 所示。

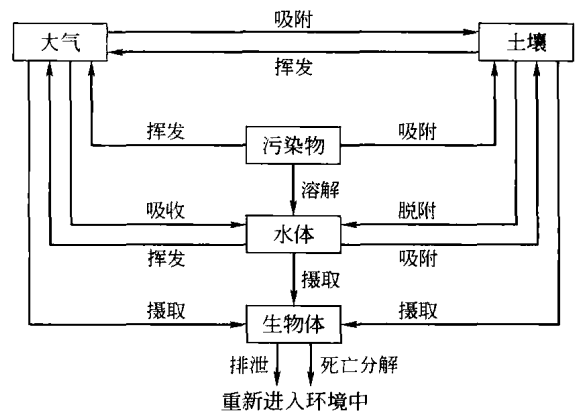


图 1-3 污染物在环境中的迁移途径



表 1-1 污染物在环境介质中的迁移过程与主要环境因素的关系

过 程	主要决定因素	过 程	主要决定因素
水体中扩散迁移	水的流速、湍流、水量	挥发	蒸气压、界面扩散系数
大气中扩散迁移	风速、地形	淋溶	吸附系数
生物摄取	生物累积因子	径流	降雨速率
吸附	吸附介质中有机物含量	干沉降	颗粒大小、浓度、风速

污染物在环境中的迁移、转化和归宿以及它们对生态系统的效应是环境化学的重要研究内容。

### 【阅读材料】

世界著名八大环境公害事件一览表

名 称	发生时间地点	发生原因	主要后果
马斯河谷事件	1930年12月1~5日比利时马斯河谷工业区	工业区处于狭窄盆地中,12月1~5日发生气温逆转,工厂排出的有害气体在近地层积累,有人认为并有氟化物污染。一般认为是几种有害气体和粉尘对人体的综合作用	三天后有人发病,症状表现为胸痛、咳嗽、呼吸困难等。一周内有60多人死亡。心脏病、肺病患者死亡率最高。同时有许多家畜死亡
多诺拉事件	1948年10月26~31日美国宾夕法尼亚州多诺拉镇	该镇处于河谷中,10月最后一个星期大部分地区受反气旋和逆温控制,26~30日持续有雾,使大气污染物在近地层积累,二氧化硫及其氧化物的产物与大气中尘粒结合是致害因素	发病者5911人,占全镇总人口43%。其中轻度患者占15%,症状是眼痛、喉痛、流鼻涕、干咳、头痛、肢体酸乏;中度患者占17%,症状是痰咳、胸闷、呕吐、腹泻;重度患者占11%,症状是综合性的,死亡17人
洛杉矶光化学烟雾事件	20世纪40年代初美国洛杉矶	全市250多万辆汽车每天消耗汽油约1600万升,向大气排放大量烃类化合物、氮氧化物及一氧化碳。该市临海依山,处于50km长的盆地中,一年约有300天出现逆温层,5~10月阳光强烈,汽车排出的废气在日光作用下,形成以臭氧为主的光化学烟雾	患者症状是眼睛红肿、流泪、喉痛、喘息、咳嗽、呼吸困难、头痛、胸痛、疲劳感、皮肤潮红、心脏障碍和肺功能衰竭等。还可使大面积的植物受到损害,65岁以上老人死亡400多人
伦敦烟雾事件	1952年12月5~8日英国伦敦	伦敦几乎全境为烟雾覆盖,温度逆增,逆温层在40~150m低空,致使燃煤产生的烟雾不断聚集。烟雾中的三氧化二铁促使二氧化硫氧化产生硫酸泡沫,凝结在烟尘或凝源上形成烟雾	四天中死亡人数较常年同期约多4000人,45岁以上的死亡最多,约为平时的3倍;1岁以下死亡的人数约为平时的2倍。事件发生的一周内因支气管炎、冠心病、肺结核和心脏衰弱者死亡的人数分别为事件前一周同类死亡人数的9.3倍、2.4倍、5.5倍和2.8倍。肺炎、肺癌、流感及其他呼吸道病患者死亡率均有成倍增加
四日市哮喘病	1961年以来日本四日市	1955年以来,该市石油冶炼和工业燃油产生的废气严重污染城市空气。全市工厂粉尘、二氧化硫年排放量达13万吨。500m厚的烟雾中悬浮着多种有毒气体和有毒金属粉尘、重金属微粒与二氧化硫形成的硫酸烟雾	1961年哮喘病发作,患者中慢性支气管炎占25%,支气管哮喘占30%,哮喘支气管炎占10%,肺气肿和其他呼吸道病占5%。1964年,连续三天烟雾不散,气喘病患者开始死亡。1967年一些患者不堪忍受痛苦而自杀,1972年全市共确认哮喘病患者达817人,死亡10多人,到1979年10月底,确认患有大气污染性疾病的患者人数为775491人

续表

名称	发生时间 地点	发生原因	主要后果
熊本县水俣事件	1953~1956年日本 熊本县水俣湾	1953年以来,该县工厂大量排放含甲基汞的废水,造成水俣湾水体被污染,水生生物鱼、虾等体内汞含量严重增加	最初出现的症状是四肢末端或口周围有麻木感,随之出现动作障碍、小脑性语言障碍、视觉和听觉障碍,最终导致全身瘫痪、痉挛以至死亡,中毒者1400人,死亡60多人
爱知县米糠油事件	1968年3月日本 爱知县	1968年3月,日本爱知县一带,由于生产米糠油工业管理不善,造成多氯联苯混入米糠油中	患者症状是皮疹、色素沉着、浮肿、无力及呕吐等,严重者可导致肝脏损坏,出现黄疸、肝昏迷、甚至死亡。多氯联苯还可通过胎盘、母乳进入婴儿体内,引起中毒,造成13000多人中毒,数十万只鸡死亡的严重污染事件
富士山“痛痛病”事件	1955~1972年日本 富士山地区	20世纪40年代以来,日本富士山地区铅锌矿工厂的含镉选矿废水和尾矿渣外排污染了上游河流,使其下游用河水灌溉的稻田土壤受到污染,产生了“镉米”,人们因长期食用“镉米”和饮用含镉的水而得病	患者多为女性,初期是腰背痛,然后肩、膝、髋关节痛,并逐渐扩至全身。由于髋关节活动受限,行走困难,活动时疼痛加剧,咳嗽或轻微的外伤即可引起病理性骨折,四肢弯曲变形,最终可因长期卧床、营养不良、消瘦、合并症并发而死亡。到1972年3月,造成患者有280多人,死亡81人

——摘引自：自然之友. 20世纪环境警示录. 北京：华夏出版社，2001

## 本章小结

本章主要介绍了环境化学的几个基本概念和一些基本知识。

### 一、基本概念

1. 环境化学 环境化学是环境科学的一门基础科学，是一门研究有害化学物质在环境介质中的存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的科学。

2. 环境污染 环境污染是指有害物质或有害因子进入环境，并在环境中扩散、迁移、转化，使环境系统的结构与功能发生变化，对人类或其他生物的正常生存和发展产生不利影响的现象。

3. 污染物的迁移 污染物的迁移是指污染物在环境中所发生的空间位移及其引起的富集、分散和消失的过程。

4. 污染物的转化 污染物的转化是指环境中的污染物在物理、化学或生物的作用下，改变存在形态或转变为另一种物质的过程。

### 二、基本知识

化学污染物的种类繁多，它们是环境化学研究的主要对象，化学污染物在环境中的迁移、转化和归宿以及它们对生态系统的效应也是环境化学的重要研究内容。

环境化学的发展大致经历了三个阶段，它的主要任务主要有六个方面，研究内容主要是环境污染化学、环境分析化学和环境监测、污染物的生物效应等。

## 复习思考题

1. 如何认识现代环境问题的发展过程？