

21 世纪的环境化学

国家自然科学基金委员会化学科学部 组编

叶常明 王春霞 金龙珠 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在国家自然科学基金委员会化学科学部的组织下，由环境化学学科发展战略报告编写组在广泛调研的基础上，从基础性、前瞻性和战略性的高度编撰而成的。全书共分八章，其中第一章通过对环境化学学科地位和学科发展历程的讨论，论述了新形势下我国环境化学学科面临的机遇和挑战，以及环境化学研究的重要环境问题；从第二章到第六章分别对环境分析化学、环境污染化学、污染控制化学、污染生态化学和环境理论化学等环境化学各个分支学科的研究现状、主要成就、发展趋势和需要研究的科学问题诸方面进行了论述；第七章通过介绍近年来我国环境化学学科国家自然科学基金资助项目所取得的主要成果和主要的研究领域，论述了我国环境化学学科研究的新进展；第八章作为本书的结语论述了环境化学的学科前沿领域、发展趋势和我国环境化学的发展战略。

本书可供环境化学、环境保护及相关部门的科技主管领导、科研管理人员和科技工作者参考，亦可供大专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

21 世纪的环境化学/国家自然科学基金委员会化学科学部组编；叶常明，王春霞，金龙珠主编．北京：科学出版社，2004
ISBN 7-03-013706-X

. 2... . 国... 叶... 王... 金... . 环境化学 . X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 073839 号

责任编辑：王志欣 黄 海 / 责任校对：张 琪
责任印制：钱玉芬 / 封面设计：耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 9 月第 一 版 开本：B5 (720 × 1000)

2004 年 9 月第一次印刷 印张：21 1/4

印数：1—2 500 字数：400 000

定价：60.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换 新欣)

《21 世纪的环境化学》 编写组成员

组 长	叶常明	中国科学院生态环境研究中心
副组长	王春霞	国家自然科学基金委员会
	金龙珠	国家自然科学基金委员会
成 员	(以姓氏笔画为序)	
	王子健	中国科学院生态环境研究中心
	王连生	南京大学环境科学与工程学院
	王晓蓉	南京大学环境科学与工程学院
	韦朝海	华南理工大学环境科学研究所
	孔繁翔	中国科学院南京地理与湖泊研究所
	朱永官	中国科学院生态环境研究中心
	朱 彤	北京大学环境科学中心
	朱利中	浙江大学环境与资源学院
	刘信安	重庆大学化学化工学院
	江桂斌	中国科学院生态环境研究中心
	陆贻通	上海交通大学资源环境科学系
	林金明	中国科学院生态环境研究中心
	周启星	中国科学院沈阳应用生态研究所
	单孝全	中国科学院生态环境研究中心
	郑明辉	中国科学院生态环境研究中心
	赵由才	同济大学环境科学与工程学院
	赵进才	中国科学院化学研究所
	俞汉青	中国科学技术大学化学学院
	郝吉明	清华大学环境科学与工程系
	胡建英	北京大学城市环境系
	熊治廷	武汉大学环境科学系
	潘 纲	中国科学院生态环境研究中心
	戴树桂	南开大学环境科学与工程学院

编写顾问组成员

(以姓氏笔画为序)

王文兴	中国环境科学研究院
曲久辉	中国科学院生态环境研究中心
孙 枢	中国科学院地质与地理研究所
孙铁珩	中国科学院沈阳应用生态研究所
汤鸿霄	中国科学院生态环境研究中心
沈韞芬	中国科学院水生生物研究所
钱 易	清华大学环境科学与工程系
徐晓白	中国科学院生态环境研究中心
唐孝炎	北京大学环境科学中心
傅家谟	中国科学院广州地球化学研究所
魏复盛	国家环保局监测总站

目 录

第一章 环境化学面临的机遇和挑战	(叶常明) 1
1.1 环境化学的任务和学科战略地位	1
1.1.1 环境化学的任务	1
1.1.2 环境化学的学科战略地位	1
1.2 环境化学的发展概况	4
1.2.1 环境化学学科发展的简要回顾	4
1.2.2 我国环境化学研究进展	7
1.3 新形势下环境化学面临的挑战和机遇	8
1.3.1 我国社会经济发展对环境保护的要求越来越高	8
1.3.2 我国为履行国际公约所作的承诺	8
1.3.3 我国的环境形势依然严峻	9
1.3.4 我国环境化学与国际发达国家水平差距显著	10
1.3.5 我国创新大环境的要求	11
1.4 环境化学研究的重要环境问题	11
1.4.1 全球气候变化、酸沉降与温室气体	11
1.4.2 室内空气质量	12
1.4.3 水体富营养化、赤潮和藻毒素污染	13
1.4.4 土壤和地下水污染	14
1.4.5 持久性有机污染物和环境内分泌干扰物	14
1.4.6 重金属和类金属污染	15
1.4.7 食品安全及生态安全	16
参考文献	17
第二章 环境分析化学	18
2.1 环境分析化学的最新进展和发展趋势	(江桂斌) 18
2.1.1 环境分析化学的地位与作用	18
2.1.2 环境分析化学最新进展	19
2.1.3 环境分析化学发展趋势	23
2.2 土壤/植物界面的形态分析	(单孝全) 25
2.2.1 概述	25
2.2.2 土壤表面的形态分析	26

2.2.3	植物根表面的形态分析.....	29
2.2.4	超积累植物中元素的存在形态.....	33
2.2.5	植物络合肽的分离、表征与其生理功能.....	33
2.2.6	低分子量有机酸对植物吸收动力学的影响.....	35
2.2.7	金属元素在植物亚细胞中的区室化.....	36
2.3	几类典型环境化学污染物的分析..... (江桂斌)	37
2.3.1	持久性有机污染物分析.....	37
2.3.2	环境内分泌干扰物分析.....	40
2.3.3	室内空气污染物分析.....	44
2.3.4	有机金属化合物形态分析.....	47
2.4	环境分析仪器的研发与国产化进程..... (林金明)	51
2.4.1	概述.....	51
2.4.2	分析仪器的研制是基础理论研究成果的重要表现.....	53
2.4.3	环境分析的新趋势.....	54
2.4.4	新仪器研制的重要性.....	55
2.4.5	仪器国产化进程的可能性和存在问题.....	56
2.4.6	微全分析为我们提供一次翻身的机会.....	58
	参考文献.....	59
第三章	环境污染化学.....	63
3.1	大气环境化学..... (朱彤)	63
3.1.1	大气环境化学研究现状和挑战.....	63
3.1.2	大气环境化学的区域和全球问题.....	65
3.1.3	大气中主要的化学过程.....	72
3.1.4	大气环境化学研究的最新进展.....	75
3.1.5	大气环境化学的发展趋势.....	77
3.2	水环境化学..... (王晓蓉)	79
3.2.1	面临的挑战.....	79
3.2.2	水环境化学研究现状.....	79
3.2.3	水环境污染化学研究最新进展.....	84
3.2.4	水环境污染化学发展战略和趋势.....	88
3.2.5	水环境污染化学需要进一步研究的问题.....	89
3.3	土壤环境化学..... (朱利中, 周启星, 陈宝梁)	90
3.3.1	概述.....	90
3.3.2	土壤环境化学的研究现状.....	91
3.3.3	土壤环境复合污染问题.....	99

3.3.4	污染物在土壤上吸附的焦点问题	102
3.3.5	土壤环境化学研究的前沿领域	104
3.4	复合污染物的多介质跨界面环境行为..... (戴树桂)	106
3.4.1	概述	106
3.4.2	国内外研究现状和最新进展	107
3.4.3	典型研究举例	109
3.4.4	需要深入探索的科学问题	115
	参考文献.....	115
第四章	污染控制化学.....	122
4.1	大气污染控制工程化学技术与研究..... (郝吉明)	122
4.1.1	现状	122
4.1.2	最新进展和发展趋势	129
4.1.3	需要进一步研究的科学问题	133
4.2	水污染控制..... (赵进才, 韦朝海, 俞汉青)	136
4.2.1	水污染末端治理的新原理、新方法	136
4.2.2	污染水体的原位修复技术	150
4.2.3	绿色化学和清洁生产技术	153
4.2.4	水污染控制技术的发展趋势	155
4.3	固体废物污染控制与资源化	161
4.3.1	固体废物处理及资源化现状	161
4.3.2	有机废物处理过程与处理产物生物化学研究现状	163
4.3.3	固体废物处理过程中的重要化学问题	170
4.3.4	固体废物处理需要进一步研究的科学问题	173
4.4	污染土壤修复..... (朱永官, 郭朝晖)	175
4.4.1	概论	175
4.4.2	重金属污染土壤的化学修复	175
4.4.3	重金属污染土壤的植物修复	177
4.4.4	有机污染土壤的生物修复	180
4.4.5	复合污染土壤的修复问题	185
4.4.6	需要进一步研究的科学问题	187
	参考文献.....	189
第五章	污染生态化学.....	202
5.1	环境污染的分子毒理作用机制..... (陆贻通)	202
5.1.1	国内外研究现状	202
5.1.2	分子生物学技术在毒理机制研究中的应用	206

5.1.3	今后研究展望	208
5.2	化学污染物的环境生物学研究..... (熊治廷)	209
5.2.1	概述	209
5.2.2	化学污染物与生物系统的相互作用	210
5.2.3	国内外研究现状与进展	214
5.2.4	需要进一步研究的部分科学问题	216
5.3	环境污染对陆地生态系统的影响..... (周启星, 孙铁珩)	219
5.3.1	概述	219
5.3.2	研究现状与发展趋势	219
5.3.3	需要加强研究的科学问题	224
5.4	环境污染对水生生态系统的影响..... (王子健)	227
5.4.1	概述	227
5.4.2	国内外研究现状与最新进展	229
5.4.3	需要进一步研究的科学问题	236
5.5	大气污染生态化学研究..... (孔繁翔)	237
5.5.1	概述	237
5.5.2	大气无机污染物的生态化学研究	237
5.5.3	大气有机污染物的生态化学研究	241
5.6	化学物质的生态风险评估方法..... (胡建英)	242
5.6.1	概述	242
5.6.2	研究现状与最新进展	243
5.6.3	今后研究展望	249
	参考文献.....	250
第六章	环境理论化学.....	254
6.1	环境界面吸附热力学和动力学..... (潘纲)	254
6.1.1	环境吸附热力学和动力学的研究现状与发展趋势	254
6.1.2	吸附热力学的新发展-MEA 理论及其应用	255
6.1.3	普遍化的吸附动力学模型	260
6.1.4	分子环境科学	262
6.2	定量结构活性相关研究..... (王连生, 张爱茜)	265
6.2.1	定量结构活性相关的理论意义	265
6.2.2	定量结构活性相关在环境化学研究中的地位	267
6.2.3	定量结构活性相关研究的现状	268
6.2.4	定量结构活性相关研究的最新进展	275
6.2.5	定量结构活性相关研究的发展趋势	278

6.3 环境污染预测模型..... (刘信安)	281
6.3.1 环境污染预测模型在环境研究中的作用	281
6.3.2 环境污染预测模型研究领域与发展概况	284
6.3.3 环境化学污染预测模型分类	285
6.3.4 环境污染预测模型研究的思考	291
6.3.5 环境化学污染预测模型研究的发展趋势	292
参考文献.....	294
第七章 我国环境化学学科研究新进展	(金龙珠, 王春霞) 300
7.1 我国环境化学学科基础研究的发展趋势	300
7.2 近几年来环境化学学科基金资助项目取得的主要成果	301
7.2.1 重大和重点项目	301
7.2.2 1996 年以来资助的面上项目	305
7.3 我国环境化学学科的重要研究领域	314
7.3.1 环境分析化学	314
7.3.2 环境污染化学	315
7.3.3 环境污染控制与环境友好技术	316
7.3.4 污染生态化学与生态毒理学	316
7.3.5 环境理论化学	316
7.4 部分专家对改进本学科管理工作的建议	316
第八章 结语	(叶常明) 319
8.1 环境化学学科前沿领域	319
8.1.1 环境分析的新原理和新方法	319
8.1.2 污染物环境行为研究的深化和发展	319
8.1.3 污染控制化学新原理和新方法	320
8.1.4 污染物的生态效应和生态安全评价	320
8.1.5 环境化学的理论框架和方法学体系	321
8.1.6 清洁生产与绿色化学	321
8.1.7 环境化学科研设备和装置的创新和智能化	323
8.2 环境化学研究的发展趋势和发展战略	323
8.2.1 环境化学的发展趋势	323
8.2.2 我国环境化学的发展战略	323
参考文献.....	324
编后语.....	326

第一章 环境化学面临的机遇和挑战

叶常明

1.1 环境化学的任务和学科战略地位

1.1.1 环境化学的任务

作为化学学科的一个新的分支和环境科学的重要内容，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，以化学物质（主要是污染物质）引起的环境问题为研究对象，以解决环境问题为目标的多学科交叉的新型学科，目前已经趋于成熟。环境化学的定义及其范围迄今尚不统一，不同的学者从各自的角度和学科的基础给出不同的定义。但环境化学作为一门独立的学科具有自身的特点和内涵，主要是综合运用环境科学和化学科学的基本理论和方法，阐述和解释环境问题的化学本质，为调控人类活动的行为提供科学依据。

综上所述，可以将较为普遍接受的关于环境化学的定义描述为：环境化学是一门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的科学^[1]。环境化学强调从化学的角度阐述和解释环境的结构、功能、状态和演化过程及其与人类行为的关系，从而区别于环境科学的其他分支学科。它以环境问题为主要研究对象，阐述和解释环境问题的化学本质，为调控人类活动的行为提供科学依据，从而区别于化学科学的其他分支学科。

1.1.2 环境化学的学科战略地位

由于环境化学是在环境科学和化学科学的基础上发展起来的，所以我们将分别从环境科学和化学科学两个方面来讨论环境化学的学科战略地位。

1. 环境化学在环境科学中的地位

从环境介质考虑，地球表面的环境是由大气、水体、土壤和生物等圈层组成的复杂体系，排放到环境中的化学物质会通过物理、化学和生物作用在这些圈层内部或之间进行迁移、转化和分配，最后形成复杂的生态环境系统，而且随着环境条件的变化又会引起新的迁移、转化和再分配过程。因此，严格来讲任何一个复杂的环境问题的认识 and 解决必须通过物理、化学和生物的综合手段解决。应当说，在认识和解决环境问题当中，环境化学是一门不可替代的学科，具有重要的战略地位（如图 1-1 所示）。

从图1-1看出，污染物在地球环境的各个圈层中的过程研究孕育和蕴涵了环

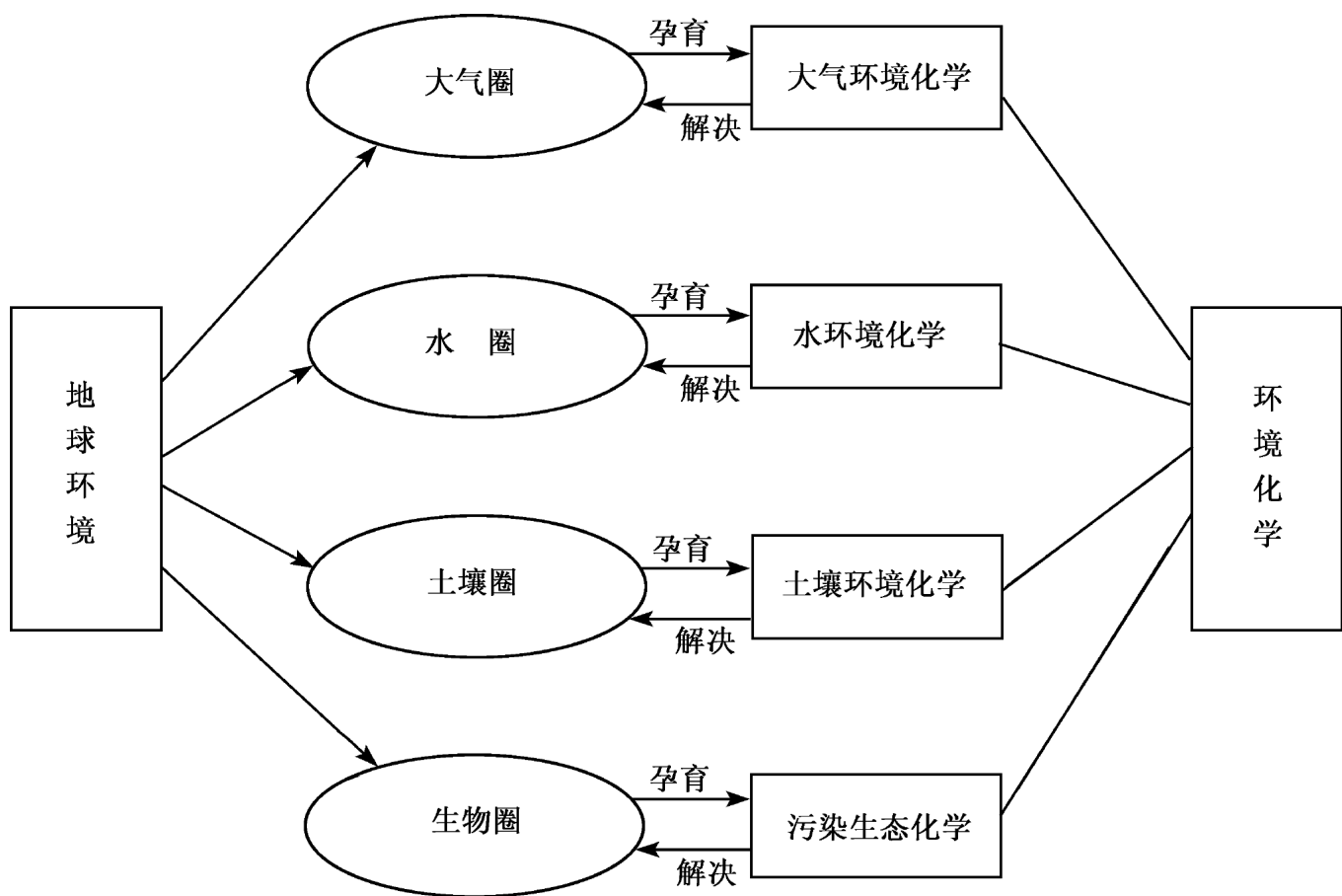


图 1-1 环境化学在环境科学中的地位与作用示意图

境化学学科主要内容，反过来环境化学又为认识和解决地球环境的各个圈层环境问题提供了坚实的理论依据和有力的手段。同时我们还可以发现大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学和污染生态化学是在与其他学科交叉的基础上产生并发展的，而环境分析化学和环境理论化学是大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学和生态环境化学的技术支撑和理论基础。可以说，环境化学在与环境地学、环境生物学、环境医学、环境生态学、环境毒理学等多种学科的交叉中促进了这些学科发展，同时自身也得到了发展。环境化学在环境科学中处于一种基础学科的位置。

2 . 环境化学在化学科学中的地位

尽管与传统的分析化学、无机化学、有机化学和高分子化学相比，环境化学是一门年轻的分支学科，但目前已经显示出它旺盛的生命力，几乎与化学科学的所有领域都有关系（如图 1-2 所示）。

将化学的原理和方法应用于环境物质的分析、污染物的环境过程的认识、污染物生态效应的研究、污染物的控制和污染物的环境预测等方面，则分别引申出环境分析化学、环境污染化学、污染生态化学、污染控制化学和环境理论化学等环境化学的分支学科，这些分支学科的定义见表 1-1。由此可见，如果说物理化

学在化学科学中的地位是处于基础学科领域的话，那么环境化学在化学科学中的地位则是处于应用科学的领域。

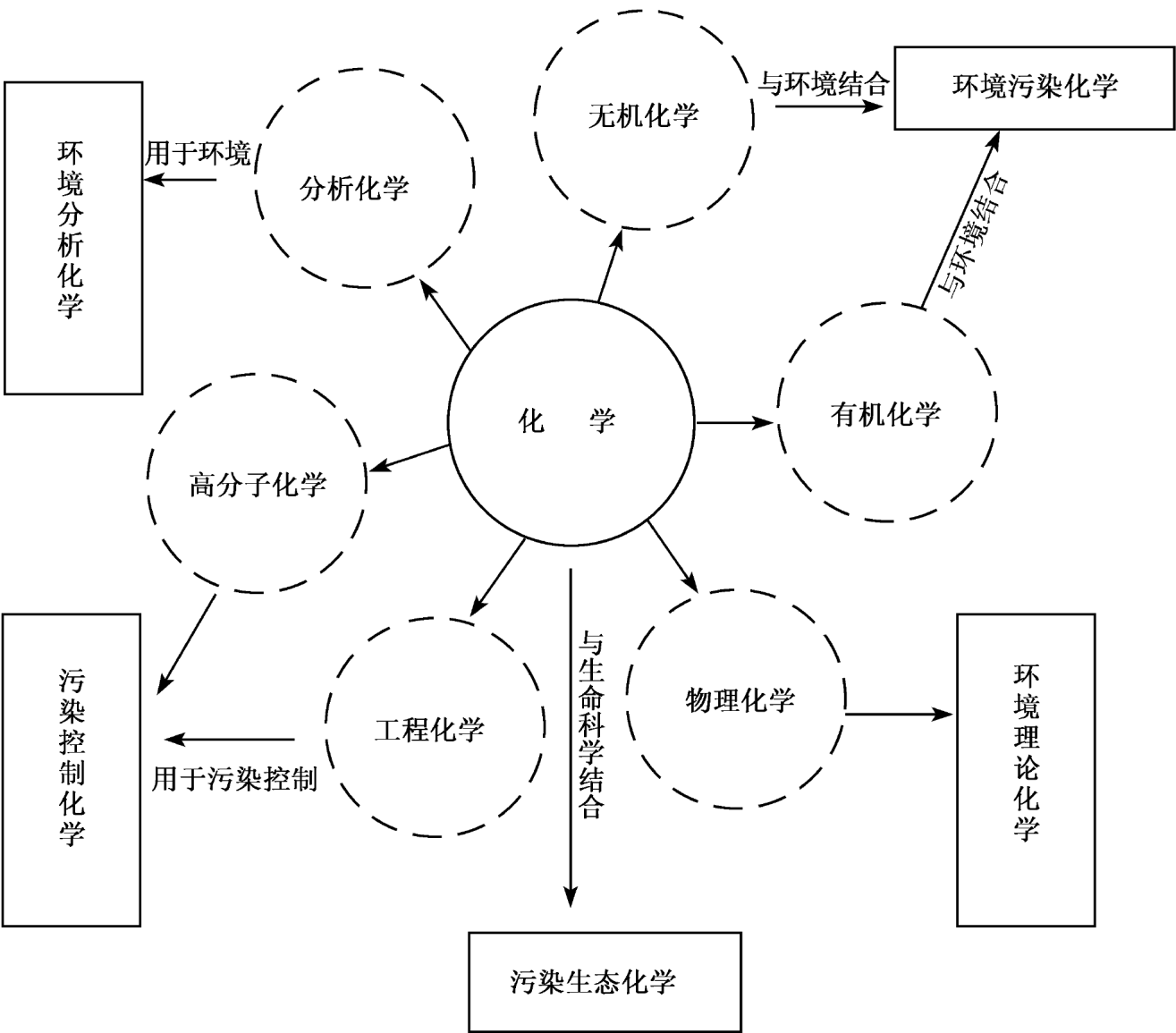


图 1-2 环境化学在化学科学中的地位与作用示意图

表 1-1 环境化学的分支学科及其定义

分支学科	定 义
环境分析化学	利用现代科学原理和先进实验技术来识别测定环境介质中化学物质的种类、成分、形态、含量和毒性的科学
环境污染化学	运用化学的原理和方法来研究化学污染物在环境介质中的形成机制、迁移和转化过程及归趋或其他污染物所引起的化学变化的科学
污染控制化学	研究与环境整治、污染控制和污染环境原位修复工艺技术有关的化学机制以及无污染和少污染工艺技术中的化学问题的科学
污染生态化学	在种群、个体、细胞和分子水平上研究污染物与生物之间相互作用过程以及污染物引起生态效应的化学原理、过程和机制，并与生态毒理学交叉的科学
环境理论化学	应用物理化学、系统科学和数学的基本原理和方法以及计算机仿真技术，研究化学污染物在环境介质中的热力学和动力学行为，以及污染物含量变化的定量描述和趋势预测的科学

应用现代分析化学的新原理、新方法和新技术来分析和检测环境各个组成部分及有害化学物质的性质、来源、含量及存在形态是环境分析化学的主要任务。

人为的和自然的化学物质进入环境中形成了复杂的环境体系，了解和探索化学物质在环境各个介质的迁移、转化和归趋，并为环境污染控制提供科学依据是环境污染化学的主要任务。

污染控制化学是环境化学中应用性很强的一个分支，它的主要任务是研究与污染（末端及源头）控制有关的化学机制与工艺技术中的化学基础问题，为开发高效、经济的污染治理技术，发展清洁工艺提供科学依据。

污染生态化学的主要任务是研究化学污染物引起生态效应的化学原理、过程和机制，即宏观上研究化学物质在维持和破坏生态平衡中的基本作用，微观上研究化学物质和生物体相互作用过程的化学机制。

环境理论化学的主要任务是研究环境化学中的基本理论问题，是化学基本理论和环境系统理论相结合的产物，包括环境系统热力学、动力学、界面理论、非线性理论、结构与活性相关理论以及化学污染物环境行为预测模型等。

3. 环境化学在实际环境保护中的作用

实际的环境问题是复杂的，污染物在环境中的存在往往不是单一的。要有效地认识和解决这些环境问题需要环境科学的各个学科的参与和协作。而环境化学在这当中起着非常重要的作用，如从污染物环境背景调查、环境质量监测、污染物环境质量基准和标准的制订，到污染物的治理和原位修复乃至全球环境问题的认识都需要环境化学的参与。可以毫不夸张地说，环境化学贯穿于认识与解决环境问题的全过程，没有环境化学的研究和参与，许多环境问题是很难搞清楚的，而环境保护项目的实施将会缺乏基础，并成为空中楼阁。

综上所述，环境化学的学科战略地位应该是：

- (1) 可为识别化学污染物的来源、种类和数量提供分析测试手段；
- (2) 可以从分子和细胞水平上认识化学污染物的环境行为和评价生态效应风险；
- (3) 可为化学污染物的管端治理和污染环境的原位修复技术提供原理和手段；
- (4) 可为从源头治理因化学物质引起的环境污染提供环境友好技术；
- (5) 可为化学污染物的性质和环境未来变化趋势的描述和预测，以及环境标准的制订提供基本原理和可靠的基础数据；
- (6) 可促进环境科学其他分支学科的发展，丰富环境科学的内容。

1.2 环境化学的发展概况

1.2.1 环境化学学科发展的简要回顾

环境化学与环境科学几乎是同时诞生、共同发展、同步成熟的。作为一门独

立的科学分支，环境化学的形成始于 20 世纪 70 年代初期。回顾环境化学的发展历程大致可以分为四个阶段，即孕育阶段（1970 年以前）、形成阶段（1970 ~ 1980 年）、发展阶段（1980 ~ 1990 年）和成熟阶段（1990 ~ 2000 年）。

第二次世界大战以后至 20 世纪 60 年代，世界主要发达国家的经济从恢复逐步走向高速发展。由于当时人们只注意发展经济而忽视了对环境的保护，致使污染环境和危害人体健康的事件接连发生，如日本发生的水俣病、英国伦敦和美国洛杉矶曾经发生的光化学烟雾等。这些事实促使人们认识到环境问题的重要性，并开始研究造成环境污染的原因和寻找控制污染的途径。60 年代初，有机氯农药污染的发现，开始了环境中农药残留的检测和行为的研究。由于分析化学和化学工程在污染物分析和污染治理方面的应用，环境化学的雏形已经出现，这个阶段可以称为环境化学的孕育阶段。

到了 20 世纪 70 年代，为了推动国际重大环境前沿问题的研究，国际科联于 1969 年成立了环境问题专业委员会（SCOPE），1971 年出版了第一部专著《全球环境监测》。随后，在 70 年代陆续出版了一系列与化学有关的环境科学专著。这些专著显示了化学在环境科学中的重要作用，初步确定了环境化学的研究对象、范围和内容，标志着环境化学作为一个独立的学科已经初步形成。1972 年在瑞典斯德哥尔摩首次召开了联合国人类环境会议，会议的基调是“我们只有一个地球”，并发表了“人类环境宣言”，这标志着人类对环境问题的觉醒。在这次会议上成立了联合国环境规划署，确立了一系列研究计划，相继成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及学术研究机构。这一系列的举措在人类的环境保护事业中起到了里程碑作用，并对环境化学研究的开展提供了学术氛围和组织支持。在这一时期，我国政府也提出了建设项目的“三同时”口号，即环境保护与建设工程同时设计、同时施工和同时验收，在环境保护的道路上开始进行了艰辛的探索。

1980 ~ 1990 年期间是环境化学走向全面发展的阶段。在这期间，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相互作用，人类活动对这些循环产生的干扰和影响，以及显著影响这些循环的种种环境因素进行了研究；加强了化学品安全性评价和环境致癌物的研究；开展了化学污染物在多介质多界面之间的迁移和转化行为研究；对涉及臭氧层破坏和温室效应等的全球变化进行了较为深入的研究。在这一时期，由于美国科学家 Sherwood Rowland 和 Mario Molina 以及德国科学家 Paul Crutzen 在判定 CFCs 损耗平流层臭氧的作用方面所做的重大贡献，1995 年被授予诺贝尔化学奖。随着环境问题逐渐成为全球关注的焦点，各个传统学科和新兴学科几乎无一例外地向环境领域渗透，对环境化学内容的丰富与发展起到了促进作用。

1990 ~ 2000 年期间是环境化学学科发展的成熟阶段。1992 年 6 月，在巴西

里约热内卢召开联合国环境与发展世界首脑大会，明确提出了人类可持续发展问题，发表了“21世纪议程”，表明人类对环境问题的认识和环境化学的任务又有了新的高度和要求。2002年9月，联合国在南非约翰内斯堡召开了地球峰会，大会通过了“可持续发展首脑执行计划”，为世界的环境与发展进一步指明了方向。在这期间，除了在研究内容和范围的深度和广度方面继续加大外，环境化学在研究内容和研究对象方面的基本框架已趋于成熟，如从1998年开始，美国《化学文摘》在环境主题词下设置了环境、环境分析、环境模拟、环境污染治理、环境生态毒理、环境污染迁移和环境标准等次主题词，美国化学会也下设了环境化学专业委员会。目前环境化学包括环境分析化学、环境污染化学、污染控制化学、污染生态化学和环境理论化学等分支学科。在这一阶段，环境化学研究的某些重点领域取得了突破性进展。许多研究成果被学术界所肯定，并显示了环境化学在解决许多重大环境问题方面所发挥的重要作用，这就进一步确立了环境化学的学科地位。比如，生物芯片在环境分析化学中的应用、内分泌干扰物的筛选、大气对流层的自由基化学、冰晶表面的光化学效应、矿物质气溶胶的多相化学反应及对全球对流层化学成分的影响、湖泊富营养化水华爆发的“促进因子”、磷化氢在湖泊生物地球化学循环中的作用、沉积物的重金属基准、土壤中重金属存在形态及其转化过程、土壤中有机污染物的降解、化学污染物在土壤（或沉积物）固/液界面的传输过程、土壤中温室气体的释放、多介质复合污染的机理和过程、分子水平上的生态毒理学、污染治理和污染环境原位修复的新原理和新技术，以及化学污染物的构效关系和预测预报模型等方面的研究均取得了重要进展。

图1-3显示了1972~2002年美国《化学文摘》所收录有关环境化学方面文

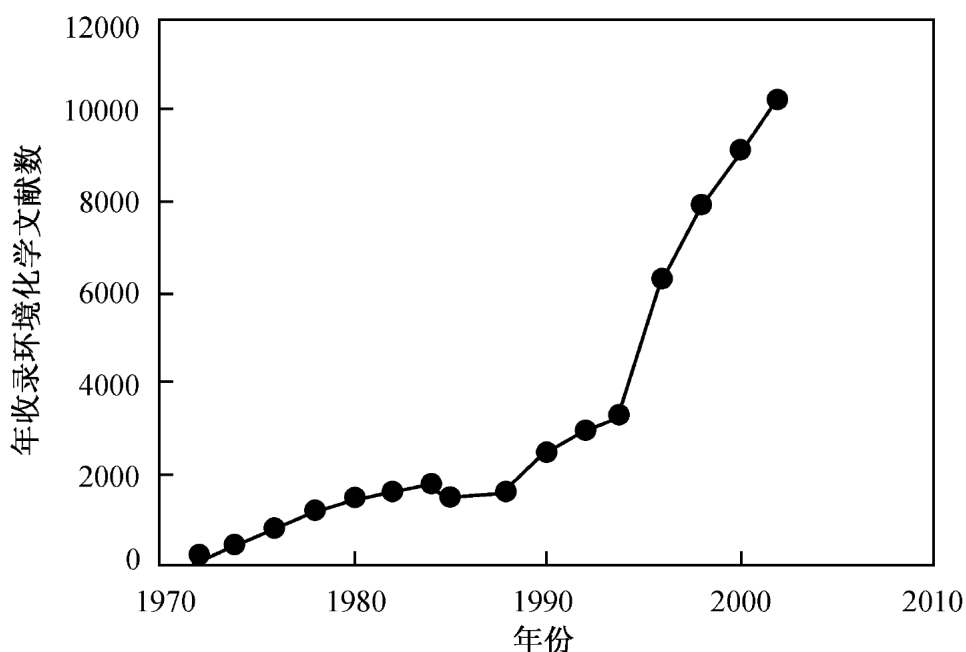


图 1-3 美国《化学文摘》收录环境化学文献统计

献数量的变化趋势。从该图不难看出, 30 年来特别是近 10 年来环境化学研究论文的增长是相当之快, 2000 年差不多是 1992 年的 3 倍, 这从一个侧面反映了环境化学研究的进展情况, 进一步说明了环境化学学科在近 10 年来已经进入成熟阶段。

1.2.2 我国环境化学研究进展

我国的环境化学研究也已经有了 30 年的历史。自 20 世纪 70 年代起, 我国政府提出“三同时”口号以来, 在从官厅水库和北京西郊、东南郊开展环境质量调查和评价开始, 到随后在若干典型地区的环境质量评价、环境容量和环境背景值调查、污染源普查、工业三废(废气、废水、废渣)治理、污染综合防治、污染物在环境中的表征、迁移转化规律、生物效应以及调控对策等方面进行了大量的研究工作。

1996 年在“科教兴国”和“可持续发展”基本战略的指导下, 我国先后实施了一系列重大的生态环境治理工程, 并开展了若干重要的环境科研攻关项目。在此期间, 国家自然科学基金委员会组织编写了我国第一个环境化学学科发展战略研究报告, 对我国的环境化学基础和应用基础研究起到了积极的推动作用。

近年来我国的环境化学研究取得了重要进展。完成了一批国家攻关课题和自然科学基金重大、重点项目, 许多企业单位自主立项开发了若干具有自主知识产权的污染控制技术。在湖泊富营养化、水污染治理、垃圾处理、水体颗粒物和难降解有机污染物环境化学行为和生态毒理效应、大气化学和光化学反应动力学、对流层臭氧化学、有毒化学品的环境风险性评价基础、有毒有害化学品多元复合体系的多介质环境行为、胶体微界面动力学、区域酸雨的形成和控制、天然有机物环境地球化学、有毒有机物的结构效应关系、烟气脱硫脱硝一体化技术、排气中 CO_2 固定技术、纳米光催化技术、废弃物无害化和资源化原理与途径以及其他环境工程技术等与环境化学相关的领域取得了一批重要的具有创新性的研究成果, 在解决我国的重大环境问题和行政决策当中发挥了重要的作用。

特别应当指出的是, 我国的环境化学研究注意了结合我国的资源和环境实际开展研究, 如国家自然科学基金重大项目“稀土农用的环境化学行为及生态毒理效应研究”就是针对我国具有丰富的稀土资源这一现实开展的, 该研究回答了一些长期没有解决的问题, 为稀土农用的安全性评价提供了基础数据, 并对农用稀土对环境、生态、毒理等方面的危险性问题提出了看法; 又比如在“典型化学污染物在环境中的变化及生态效应”的研究中也选择了我国常用的农药作为其中一种典型化学污染物。作为世界上的农业大国, 农药和化肥的污染是非常突出的问题, 因此对农药残留及其环境行为, 以及由农药和化肥造成的非点源污染开展了研究。在许多重要领域开展了国际合作研究, 增强了我国环境化学研究的国际显

示度。

在组织和实施环境科学研究项目的同时，还形成了一支具有中国特色的从中央到地方各级行政管理与环境保护部门、科研单位、高等院校等多层次的管理与研究人员队伍，为新世纪我国环境化学研究赶超世界先进水平奠定了坚实的组织和人才基础。

1.3 新形势下环境化学面临的挑战和机遇

1.3.1 我国社会经济发展对环境保护的要求越来越高

中国共产党第十六次全国代表大会的报告中指出，我国全面建设小康社会的目标之一是必须做到“可持续发展能力不断增强，生态环境得到改善，资源利用率显著提高，促进人与自然的和谐，推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”^[2]。今后的小康社会中，人们在解决温饱之后，将追求绿色的、人类与自然和谐共存的良好生态环境。这就表明，在今后的 20 年间，要实现我国经济建设的持续高速发展，必然会对我国的生态环境带来更大的压力和挑战。我国加入 WTO 之后，还面临着许多发达国家通过绿色壁垒保护本国的经济、贸易、食品安全等国家利益的形势。另一方面，我国经济实力的增强和人民环保意识的提高，将为解决生态环境问题提供强大的推动力和坚实的物质基础。

为了适应新形势的要求，国家环保局对“十五”期间我国环境保护所提出的总体目标是：“到 2005 年，环境污染状况有所减轻，生态环境恶化趋势得到初步遏制，城乡环境质量特别是大、中城市和重点地区的环境质量得到改善，健全适应社会主义市场经济体制的环境保护法律、政策和管理体系”。为了实现上述目标，环境科技必须先行。国家环境科技发展“十五”规划确定的目标是：围绕国家“十五”至 2010 年期间的环境保护目标，针对已经出现和将要出现的重大生态和环境问题开展科技攻关。到 2005 年，环境科技在综合决策、污染控制、环境质量改善、生态保护、环保产业发展方面的贡献率达到 60% 以上，有自主知识产权的环保产品在市场占有率方面达到 60% 以上，使我国环境保护的国际地位进一步加强和提高。

上述关于我国 21 世纪初期的经济建设、社会发展和环境保护的总体目标，以及环境科技的发展目标将会对环境化学提出更高的要求，同时也将为我国环境化学家提供施展才能的舞台。

1.3.2 我国为履行国际公约所作的承诺

我国作为世界上最大的发展中国家，是国际环境合作的一支重要力量。为了我国和全球的环境保护事业，从 1996 年以来我国积极参加了许多国际环境公约