

环境学科 • 图书译丛



Environmental Chemistry

(Ninth Edition)

环境化学 (第九版)

[美] Stanley E. Manahan 著

孙红文 主译

汪 磊 王翠萍 张彦峰 马小东 译



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

环境学科图书译丛

Environmental Chemistry

(Ninth Edition)

环境化学

(第九版)

Huanjing Huaxue

[美] Stanley E. Manahan 著

孙红文 主译

汪磊 王翠苹 张彦峰 马小东 译



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字:01-2010-5350号

All Rights Reserved.

Authorized translation from English language edition published by
CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC.

*Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on
the cover are unauthorized and illegal.*

销售封面没有 Taylor & Francis 标签的图书是未被授权的和违
法的。

图书在版编目(CIP)数据

环境化学:第9版/(美)马纳汉(Manahan, S. E.)
著;孙红文主译.--北京:高等教育出版社,2013.01
书名原文:Environmental Chemistry
ISBN 978-7-04-035468-3

I. ①环… II. ①马…②孙… III. ①环境化学-研
究生-教材 IV. ①X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 224354 号

策划编辑 陈正雄

责任编辑 陈正雄

封面设计 张楠

版式设计 范晓红

插图绘制 尹莉

责任校对 刘莉

责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京铭成印刷有限公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 45.25
字数 1040千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013年1月第1版
印 次 2013年1月第1次印刷
定 价 89.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 35468-00

审图号 GS(2012)661

译者序

本书是美国密苏里哥伦比亚大学 Stanley E. Manahan 教授编写的《环境化学》第九版的中文版。自 1972 年出版第一版《环境化学》以来,Manahan 教授一直孜孜不倦修订本书,在不到 40 年间,修订 8 次,使本书一直能充分反映学科发展的最新动态和科学研究的最新成果,因此成为美国乃至世界高等学校本科生培养的经典教材。

自 20 世纪 60 年代以来,Manahan 博士一直从事环境化学、毒理化学、废物处理以及绿色化学等相关课程的讲授工作,他还在全美做巡回讲授。他非常重视教材的建设,他还编写了多部相关教材(见作者简介)。他非常热心“环境化学”课程教学经验的推广与交流。1993 年,南开大学老一辈教授曾经翻译 Manahan 教授的《环境化学》第四版,当时我国的经济还不如现在这样发达,科研和教学经费都相对紧张,Manahan 教授竟欣然帮助协调国外出版社免收版权费。这本翻译的教材对于我国尚处于发展阶段的大学本科“环境化学”课程以及教材的建设都起到重要推动作用。2004 年,我开始在南开大学主持本科生“环境化学”课程,我希望能将我国的本科生“环境化学”课程建设水平与国际先进水平接轨,于是与国外一些环境化学教材的作者联系,向他们讨教在“环境化学”课程的教学经验。在我本人与 Manahan 教授并没有任何交往的情况下,他很快给我回复邮件,并将其在美国上课用的 ppt 课件提供给我。这对于我们建设国家级“环境化学”精品课程起到重要的作用。因此,当高等教育出版社计划将 Manahan 教授的《环境化学》第九版引入中国大陆,并希望我能主持翻译工作时,我欣然接受了任务。

环境化学是环境科学的一个重要方向,也是从化学学科发展出来的一个重要分支。与环境学科一样,环境化学是一个年轻的学科,其内涵和外延都随着人类对于环境认识的加深而不断变化。这也赋予这个学科一个特点或者使命,就是在高等学校本科教育中也要不断更新内容,反映最新的理论、手段和成果。我想 Manahan 教授的《环境化学》各个版本就是一个能充分反映环境化学不断发展的典范。另外,近年我国在环境化学的科学研究和高等人才培养方面取得了长足的进步,也不缺乏好的教科书。但是,目前国家强调要加强培养我国高等人才的国际视野,为多层次人才的培养提供可行方案,在这种形势下,有一本好的国外的经典教材及其翻译本,是非常必要的。

环境化学的核心任务就是研究有害物质在环境多介质中的来源、分布、迁移、转化与归趋;致毒的化学机理以及治理污染的化学原理。因此,环境各圈层是有害物质作用的场所,本书也因此以环境各圈层为对象进行描述。除了对于污染物在水圈、大气圈、岩石(地)圈、生物圈的相互作用的系统介绍以外,本书还强调了可持续发展的理念,以及环境化学在人类可持续发展中所能担当的角色;对有害物质的处理以及水处理等环

境治理过程中的化学原理也进行了介绍。另外,本版还增加了绿色化学、工业生态学以及能源利用等章节。最后,介绍了不同环境介质中各类物质的分析方法。因此,本书兼具系统性和前瞻性、理论性和实用性,不仅可以作为教科书使用,还可以作为参考书和工具书。

本书每个章节都列有参考文献和补充参考资料,这些文献都是 Manahan 教授在多年研究和教学过程中,积累和筛选出的经典文献,非常适合有拓展学习愿望的同学课外延伸学习。另外,每一章都给出了思考题与习题,有的是非常简单的概念,这帮助同学们梳理本章的重点知识;有的则是综合的问题或计算题;有的甚至要通过查阅其他资料才能完成,这促进了学生综合能力的提高。

很多研究生和青年教师参加了本书的翻译工作,各个章节的责任译者为马小东(1,25~27章)、汪磊(2~8,15~17章)、王翠苹(9~14,18~21章)、张彦峰(22~24,28章)、孙红文(前言与索引词条)。整个译稿由孙红文校正定稿。

由于译者水平有限,在翻译过程中恐有不妥或错误之处,欢迎广大读者不断斧正。另外,也欢迎同行和学生就“环境化学”课程的教学和学习中的心得和问题与我们进行交流(sunhongwen@nankai.edu.cn)。

孙红文于南开园

2012 年秋

《环境化学》第九版保持了前八版发展的基本结构、水平和重点,并反映了环境化学的前沿与发展动态。因此,这本书没有直接介绍特定的环境问题,如臭氧层的破坏,而是系统地介绍了环境化学的基本概念,使得读者掌握理解环境问题的背景知识。第1章和第2章与第八版比具有较大的变化,更详细地介绍了可持续发展、环境科学整体、化学品的迁移与归趋、物质循环、环境化学的本质,以及绿色化学。第八版中关于恐怖主义的一章已经被删除,但是一些具体内容,如恐怖袭击使用的毒物的效应,放到了其他章节。因为能源对于环境和可持续发展都非常重要,因此增加了相关的章。在第七版以及之前的版本中关于化学和有机化学基础的章节不再单独出现,读者可以找出版社或作者索要相关的 PDF 文件。

这本书按照五个圈层介绍了环境:① 水圈;② 大气圈;③ 岩石圈;④ 生物圈;⑤ 人类活动圈。本书强调了由人类及其发展的科技形成和运作的环境,即人类活动圈。这个环境圈层对地球及其环境系统都产生很大的影响,诺贝尔奖获得者 Paul Crutzen 说过,人类正在离开全新世(holocene epoch),进入人类世(anthropocene epoch),人类活动的影响将成为对人类在地球上的生存条件的主导性影响,人类排放的各种气体显著地影响了气候和大气中的保护层。既然科技发展的目标是帮助地球上的人类生存,那么促进和维持人类活动圈与其他环境圈层和谐与可持续发展是十分重要的。在这项任务中,环境化学承担着重要的角色。

自从1972年出版了第一版以后,环境化学取得了显著的发展。对于这种进化的一个有趣的注解是,每一版中对于雨水 pH 的计算都要修正,因为每出一版,大气中的 CO_2 浓度都发生了显著的变化,影响了计算结果。在20世纪70年代早期,环境化学主要针对污染及其效应,现在环境化学强调可持续发展。在本书修订过程中,随着生产和销售的基本停止,有机氯农药及造成水体富营养化的含磷洗涤剂造成的环境问题已经大部分消失。当本书出第一版时,还不清楚由汽车释放到大气中的大量 CO 的去处,当时猜测土壤微生物可以降解这个污染物,现在明白了是无处不在的自由基清除了大气中的 CO。在1972年,平流层中的臭氧层消耗的潜在效应刚刚成为一个主要问题,但是现在已经知道制冷剂氟氯烃(氟利昂)是这一事件的罪魁祸首。随着这本书不断改版,氟利昂的威胁被认知;南半球春天的臭氧层的南极空洞被发现,空洞尺寸逐年增加;因此氟利昂的制造被禁止;因为他们在这个领域的杰出工作, Molina, Rowland 和 Crutzen 共享一个诺贝尔奖,也是环境化学领域颁发的第一个诺贝尔奖。 CO_2 、 CH_4 以及其他一些气体可以吸收红外辐射,由于它们的排放量不断增加,潜在的温室效应成为

另一个全球重大的环境问题,尚有待解决。在1972年,关于绿色化学及工业生态学的术语尚未出现,但是到了20世纪90年代,它们成为环境化学的要素。

第1章主要概括介绍了环境和可持续发展科学的背景。这一章简要地介绍了我们这个时代的核心问题——能源,“太阳能与化石燃料的循环”,还介绍了化学品的迁移和归趋、环境恐怖主义,以及环境取证。

第2章定义了环境化学和绿色化学的一些细节。这一章讨论了物质循环的重要概念。介绍了人类活动圈及其与其他圈层的融合和对地球的效应。讨论了对环境产生影响的人类活动圈的组成,重点介绍了人类活动圈的重要基础设施。

第3章到第8章都围绕着水圈。第3章介绍了水的特殊性质和水环境化学。第4章到第8章讨论水化学的特定方面、水体生物化学,以及水的可持续性和水处理。

第9章到第14章讨论了大气环境化学。第14章重点介绍了迄今为止环境化学最成功的案例——对氯氟烃破坏臭氧层的发现和解释。这产生了环境化学第一个诺贝尔奖。还重点介绍了温室效应,它可能将对地球环境带来最大的威胁。

第15章和第16章针对岩石圈,第16章重点介绍了土壤和农业化学,在农业化学中包含了对重要的但是有争议的转基因作物的讨论。另外,还介绍了保护性的耕作方式——使用有限的除草剂,以最低限度破坏土壤的方式耕作庄稼。

第17章深入讨论了绿色化学和工业生态学。第18章讨论了资源和可持续材料。

第19章围绕着能源,是第九版新增加的一章。第19章的题目为“可持续能源:一切事物的核心”,覆盖了可持续能源的保护和可再生能源等问题。这一章的结尾提出了一个工业生态学系统,利用可再生的生物燃料与来自于风电或太阳能电解水产生的氢气反应生产甲烷。

第20章介绍了危险废物的本质与环境化学,第21章介绍废物减量化、利用与处理。

第22章和第23章介绍了生物圈。第22章以环境方面为侧重回顾了生物化学。第23章概括地介绍了毒理化学。第24章介绍了不同种类化合物的毒理化学。

第25章到第28章针对环境分析化学,包括水、废物、空气和生物体材料内的外源化合物。

如上所述,为了精练,在这个版本中删除了第七版及之前版本中关于化学和有机化学基础的两章。如果需要,读者可以联系出版社或作者获得相关资料。

我非常欢迎读者提出评论和问题。你们可以通过电子邮件(manahans@missouri.edu)联系我。

Stanley E. Manahan

作者简介

Stanley E. Manahan 是密苏里哥伦比亚大学化学名誉教授,他从 1965 年起就在那里任职。他于 1960 年在美国恩波利亚州立大学获得化学学士学位,1965 年在美国堪萨斯大学获得分析化学博士学位。

从 1968 年起,他的主要研究方向为环境化学、毒理化学,以及废物处理。从 1972 年,他编写的经典教科书《环境化学》(*Environmental Chemistry*)的各个版本就一直在印刷,在世界范围内长久不衰。他还编写了《环境化学基础》(*Fundamentals of Environmental Chemistry*)(第三版)(Taylor & Francis/CRC Press, 2009),《可持续化学科学基础》(*Fundamentals of Sustainable Chemical Science*)(Taylor & Francis/CRC Press, 2009),《环境科学与技术》(*Environmental Science and Technology*)(第二版)(Taylor & Francis, 2006),《绿色化学和可持续发展的十大戒律》(*Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability*)(第二版)(ChemChar Research, Inc., 2006),《毒理化学和生物化学》(*Toxicological Chemistry and Biochemistry*)(第三版)(CRC Press/ Lewis Publishers, 2001),《工业生态学:环境化学与危险废物》(*Industrial Ecology: Environmental Chemistry and Hazardous Waste*)(CRC Press/Lewis Publishers, 1999),《环境科学与技术》(*Environmental Science and Technology*)(CRC Press/Lewis Publishers, 1997),《危险废物的化学、毒理学与处理》(*Hazardous Waste Chemistry, Toxicology and Treatment*)(Lewis Publishers, 1992),《定量化学分析》(*Quantitative Chemical Analysis*)(Brooks/Cole, 1986),以及《应用化学概论》(*General Applied Chemistry*)(第二版)(Willard Grant Press, 1982)。

Manahan 博士曾在全美国讲授环境化学、毒理化学、废物处理以及绿色化学等相关课程,这是一个美国化学会(ACS)组织的巡回演讲计划。他还在波多黎各、委内瑞拉梅里达州(Mérida)的安第斯大学、日本的北海道大学、墨西哥国立自治大学(National Autonomous University)、法国以及意大利等地就相关内容做主旨报告。他获得了 2000 年意大利化学会环境化学分会奖。他的研究特长为危险废物的气化处理技术。

第 1 章 环境与可持续性科学	1
1.1 太阳能与化石燃料的循环	1
1.1.1 短暂而辉煌的化石燃料 时代	2
1.1.2 回到太阳能	2
1.2 可持续性科学	3
1.2.1 环境科学	3
1.2.2 绿色化学与技术	4
1.3 化学与环境	4
1.4 水、空气、土壤、生物和技术	5
1.4.1 水和水圈	6
1.4.2 空气与大气圈	6
1.4.3 土壤和岩石圈	6
1.4.4 生物和生物圈	6
1.4.5 科学技术与环境	7
1.5 生态学、生态毒理学和 生物圈	7
1.5.1 生物圈	7
1.5.2 生态学	8
1.5.3 生态毒理学	8
1.6 能源与能源循环	9
1.6.1 光与电磁辐射	9
1.6.2 生命系统中的能量流动和 光合作用	9
1.6.3 能源的利用	10
1.7 人类的影响和污染	10
1.7.1 有关污染的一些定义	10
1.7.2 环境各圈层中的污染	11
1.8 化学品的归趋和迁移	11
1.8.1 物理迁移	12
1.8.2 反应活性	13
1.8.3 质量平衡的表达	13
1.8.4 相间分配	13
1.9 大气圈、水圈和岩石圈中 化学品的归趋与迁移	14
1.9.1 大气圈中的污染物	14
1.9.2 水圈中的污染物	14
1.9.3 岩石圈中的污染物	15
1.10 环境危害和恐怖主义	15
1.10.1 通过绿色化学与绿色工程 保护环境	16
1.11 环境取证	16
参考文献	17
补充参考资料	17
思考题与习题	18
第 2 章 化学和人类活动圈——环境 化学和绿色化学	20
2.1 环境化学	20
2.2 物质与物质循环	21
2.2.1 碳循环	22
2.2.2 氮循环	23
2.2.3 氧循环	24
2.2.4 磷循环	24
2.2.5 硫循环	25
2.3 人类活动圈和环境化学	26
2.3.1 人类活动圈的构成	26
2.4 技术与人类活动圈	27
2.4.1 工程学	28
2.5 基础设施	28
2.5.1 脆弱的基础设施	29
2.6 对环境产生影响的人类活动 圈的组成	30
2.7 人类活动圈对地球的影响	31

2.8 人类活动圈和整体环境的融合	32
2.8.1 人类活动圈和工业生态学	34
2.9 绿色化学	34
2.9.1 绿色合成化学	35
2.9.2 降低风险	35
2.9.3 绿色化学的特定方面	35
2.9.4 化学品不被期望的三种性质: 持久性、生物积累性和毒性	36
2.9.5 绿色化学和环境化学	36
参考文献	36
补充参考资料	37
思考题与习题	38
第3章 水化学基础	40
3.1 水的重要性	40
3.2 水:从分子到海洋	41
3.2.1 水的来源和利用:水循环	41
3.2.2 水的性质——一种独特的物质	43
3.2.3 水分子	43
3.3 水体的特性	44
3.4 水生生物	45
3.5 水化学简介	46
3.6 水中的气体	47
3.6.1 水中的氧	47
3.7 水的酸度和水中的二氧化碳	48
3.7.1 水中的二氧化碳	48
3.8 碱度	51
3.8.1 不同 pH 对碱度的影响	52
3.8.2 溶解的无机碳和碱度	52
3.8.3 碱度对二氧化碳溶解度的影响	53
3.9 水中的钙和其他金属	53
3.9.1 作为酸的水合金属离子	54
3.9.2 水中的钙	54
3.9.3 溶解的二氧化碳和碳酸钙矿物质	55
3.10 络合作用和螯合作用	56
3.10.1 水中螯合剂的存在和重要性	57
3.11 金属络合物的键及结构	59
3.11.1 螯合的选择性与特异性	59
3.12 络合物溶液中各形态浓度计算	59
3.13 去质子化配体的络合作用	60
3.14 质子化配体的络合作用	61
3.15 NTA 对固体中铅离子的溶解作用	62
3.15.1 NTA 与金属碳酸盐的反应	63
3.15.2 钙离子对螯合剂与难溶盐反应的影响	64
3.16 水中的聚磷酸盐和磷酸盐	65
3.16.1 聚磷酸盐	65
3.16.2 聚磷酸盐的水解	66
3.16.3 聚磷酸盐的络合作用	66
3.16.4 磷酸盐	66
3.17 腐殖质络合剂	67
3.18 络合和氧化-还原过程	68
参考文献	68
补充参考资料	69
思考题与习题	70
第4章 水化学中的氧化-还原	73
4.1 氧化-还原的重要性	73
4.2 电子和氧化-还原反应	75
4.3 电子活度和 pE	76
4.4 能斯特方程	76
4.5 反应趋势:从半反应到全反应	77
4.6 能斯特方程与化学平衡	78
4.7 pE 与自由能的关系	78
4.8 单电子-摩尔表示的反应	79
4.9 水中 pE 的限制范围	81
4.10 天然水的 pE	82
4.11 $pE-pH$ 图	82
4.12 作为天然还原剂的腐殖质	84
4.13 氧化-还原中的光化学过程	85
4.14 腐蚀	85
参考文献	86
补充参考资料	86
思考题与习题	87

第5章 水化学中各相间的相互

作用	89
5.1 固、气、水相之间的化学 作用	89
5.2 沉积物的重要性和形成	90
5.2.1 沉积物的形成	90
5.2.2 有机和含碳沉积物质	91
5.3 溶解度	91
5.3.1 固体的溶解度	92
5.3.2 气体的溶解度	93
5.4 水中的胶体颗粒	94
5.4.1 水中随胶体迁移的污染物	94
5.4.2 水中胶体的存在	94
5.4.3 胶体颗粒的种类	94
5.4.4 胶体稳定性	95
5.5 黏土胶体的性质	97
5.6 颗粒的聚集	98
5.6.1 在聚合电解质作用下胶体 的絮凝作用	98
5.6.2 在聚合物作用下细菌的 絮凝作用	99
5.7 固体的表面吸附	99
5.8 溶质与底部沉积物的交换	101
5.8.1 悬浮物和沉积物中的 痕量金属	101
5.8.2 磷与底部沉积物的交换	102
5.8.3 沉积物和悬浮物中的有机 化合物	103
5.8.4 沉积物中污染物的生物可 利用性	104
5.9 间隙水	105
5.10 相间相互作用对于化学 物质迁移与归趋的影响	105
5.10.1 河流	106
5.10.2 湖泊和水库	106
5.10.3 与大气之间的交换	106
5.10.4 与沉积物之间的交换	107
参考文献	107
补充参考资料	108
思考题与习题	109
第6章 水生微生物化学	112
6.1 水体生物化学过程	112

6.1.1 界面上的微生物	113
6.2 藻类	114
6.3 真菌	115
6.4 原生动物	115
6.5 细菌	116
6.5.1 自养细菌和异养细菌	116
6.5.2 好氧细菌和厌氧细菌	117
6.5.3 海洋细菌	117
6.6 原核细菌细胞	117
6.7 细菌生长动力学	118
6.8 细菌的代谢	119
6.8.1 影响细菌代谢的因素	119
6.8.2 微生物引起的氧化-还原 反应	121
6.9 碳的微生物转化	122
6.9.1 产甲烷菌	122
6.9.2 细菌对烃类的利用	123
6.9.3 微生物对一氧化碳的利用	124
6.10 有机质的生物降解	124
6.10.1 氧化	124
6.10.1.1 烃类的微生物氧化	124
6.10.2 有机质生物降解中的 其他生化过程	125
6.11 氮的微生物转化	126
6.11.1 固氮作用	127
6.11.2 硝化作用	128
6.11.3 硝酸根的还原作用	128
6.11.4 反硝化作用	129
6.11.5 硝酸根离子和其他氧化剂对 有机质的竞争性氧化作用	129
6.12 微生物对磷和硫的转化	130
6.12.1 含磷化合物	130
6.12.2 含硫化合物	131
6.12.2.1 细菌对硫化氢的氧化 作用和对硫酸盐的还原 作用	131
6.12.3 微生物引发的有机硫化物 的降解	131
6.13 微生物对卤素和有机卤化物的 转化	132
6.14 微生物对金属和类金属 的转化	133

6.14.1 酸性矿水	134	7.11.6.1 双吡啶化合物	163
6.14.2 微生物对硒的转化作用	135	7.11.6.2 含氮杂环除草化合物	163
6.14.3 微生物腐蚀	135	7.11.6.3 氯苯氧基除草剂	163
参考文献	135	7.11.6.4 其他各类除草剂	164
补充参考资料	136	7.11.7 农药生产过程的副产物	165
思考题与习题	137	7.12 多氯联苯	166
第7章 水污染	141	7.13 新型水污染物:药物和 家庭废物	167
7.1 水污染物的性质和分类	141	7.13.1 杀菌剂	168
7.1.1 水污染的标志物	142	7.13.2 废水中的雌激素物质	169
7.2 元素污染物	142	7.13.3 难生物降解有机污染物	169
7.3 重金属	143	7.14 水环境中的放射性核素	171
7.3.1 镉	143	参考文献	174
7.3.2 铅	144	补充参考资料	175
7.3.3 汞	144	思考题与习题	176
7.4 类金属	145	第8章 水处理	179
7.5 有机结合的金属和类金属	146	8.1 水处理和水利用	179
7.5.1 有机锡化合物	147	8.2 城市用水的处理	179
7.6 无机物	148	8.3 工业用水的处理	180
7.6.1 氰化物	148	8.4 污水处理	181
7.6.2 氨及其他无机污染物	148	8.4.1 污水的一级处理	181
7.6.3 水中的石棉	149	8.4.2 污水的二级生物处理	182
7.7 藻类营养物和富营养化	149	8.4.3 膜生物反应器	184
7.8 酸度、碱度和盐度	150	8.4.4 污水的三级处理	184
7.9 氧气、氧化剂和还原剂	151	8.4.5 城市污水的物理-化学 处理	185
7.10 有机污染物	152	8.5 工业废水处理	186
7.10.1 有机污染物的生物积累	152	8.6 固体的去除	186
7.10.2 污水	152	8.6.1 溶气气浮	187
7.10.3 肥皂、洗涤剂和洗涤剂 助剂	153	8.6.2 膜分离过程	188
7.10.3.1 肥皂	153	8.7 钙和其他金属的去除	188
7.10.3.2 合成洗涤剂	154	8.7.1 铁和锰的去除	191
7.10.4 天然来源的含氯、溴化 合物	156	8.8 溶解性有机物的去除	192
7.10.5 微生物毒素	156	8.8.1 除草剂的去除	193
7.11 水中的农药	156	8.9 可溶性无机物的去除	194
7.11.1 天然除虫菊酯和拟除虫 菊酯杀虫剂产品	159	8.9.1 离子交换	194
7.11.2 DDT 和有机氯杀虫剂	160	8.9.2 电渗析	194
7.11.3 有机磷杀虫剂	160	8.9.3 反渗透	195
7.11.4 氨基甲酸酯	161	8.9.4 磷的去除	196
7.11.5 杀真菌剂	162	8.9.5 氮的去除	197
7.11.6 除草剂	163	8.10 污泥	197
		8.11 水的消毒	199

8.11.1 二氧化氯	200	9.8 大气中的化学反应和光	
8.11.2 臭氧及其他氧化剂	200	化学反应	224
8.11.3 紫外线消毒	201	9.8.1 光化学过程	226
8.12 污水的自然净化处理	201	9.8.2 大气中的离子和自由基	227
8.12.1 工业废水的土壤处理	202	9.8.2.1 自由基	228
8.13 绿色水资源	202	9.8.3 大气中的羟基自由基和	
8.13.1 污水的回用和循环	203	过氧羟基自由基	228
8.14 水资源保护	205	9.8.4 大气进化过程中的化学	
8.15 保护供水系统	206	和生物化学过程	230
参考文献	206	9.9 大气中的酸-碱反应	231
补充参考资料	207	9.10 大气中氧的反应	231
思考题与习题	207	9.11 大气中氮的反应	232
第9章 大气和大气化学	210	9.12 大气中的水	233
9.1 引言	210	9.13 人类活动圈的影响	233
9.1.1 光化学和一些重要术语	210	9.14 大气中化学品的归趋和	
9.1.2 大气组成	211	迁移	233
9.1.3 大气中的气态氧化物	212	参考文献	235
9.1.4 大气中的甲烷	212	补充参考资料	235
9.1.5 烃类和光化学烟雾	212	思考题与习题	236
9.1.6 颗粒物	213	第10章 大气中的颗粒物	239
9.1.7 一次污染物和二次污染物	213	10.1 引言	239
9.2 大气的重要性	213	10.2 大气颗粒物的物理行为	240
9.3 大气层的物理性质	214	10.2.1 大气颗粒物的尺寸和	
9.3.1 大气压力和密度随高度		沉降	241
的变化	214	10.3 颗粒物形成的物理过程	242
9.3.2 大气的分层	215	10.4 颗粒物形成的化学过程	242
9.4 大气层中的能量传递	216	10.4.1 无机颗粒物	243
9.4.1 地球的辐射收支平衡	217	10.4.2 有机颗粒物	243
9.5 大气传质、气象学和天气	218	10.4.3 多环芳烃的合成	244
9.5.1 能量和质量传递中的大气		10.5 无机颗粒物的组成	244
水分	218	10.5.1 飞灰	245
9.5.2 气团	219	10.5.2 石棉	246
9.5.3 地形影响	220	10.6 大气中的有毒金属	246
9.5.4 气团的移动	220	10.6.1 大气中的汞	247
9.5.5 全球天气	221	10.6.2 大气中的铅	247
9.5.6 锋和风暴	222	10.6.3 大气中的铍	247
9.6 逆温和大气污染	222	10.7 放射性粒子	247
9.7 全球气候和小气候	223	10.8 有机颗粒物的组成	248
9.7.1 大气中的二氧化碳和人类对		10.8.1 PAHs	248
气候的改变	223	10.8.2 来自柴油机的含碳颗	
9.7.2 小气候	224	粒物	249
9.7.3 城市对小气候的影响	224	10.9 颗粒物的效应	249

10.9.1 半挥发性有机物在空气 和颗粒物之间的分配	250	12.2 生物源有机化合物	278
10.10 水作为颗粒物	251	12.2.1 植物对大气有机化合物 的去除	280
10.11 大气颗粒物参与的 化学反应	251	12.3 烃类污染物	280
10.12 颗粒物排放的控制	252	12.3.1 芳香烃	283
10.12.1 通过重力沉降和惯性 去除颗粒物	252	12.3.2 大气中芳香烃的反应	284
10.12.2 过滤除尘	253	12.4 羰基化合物:醛和酮	284
10.12.3 洗涤器	253	12.5 各种各样的含氧化合物	286
10.12.4 静电除尘	253	12.5.1 醇	287
参考文献	254	12.5.2 酚	287
补充参考资料	254	12.5.3 醚	287
思考题与习题	255	12.5.4 氧化物	288
第 11 章 大气中的气态无机 污染物	258	12.5.5 羧酸	288
11.1 无机气态污染物	258	12.6 有机氮化合物	289
11.2 CO 的产生和控制	258	12.7 有机卤化物	291
11.2.1 CO 排放控制	258	12.7.1 氯氟烃	292
11.3 大气 CO 的归趋	259	12.7.2 氢氟烃和氢氯氟烃的 大气反应	293
11.4 SO ₂ 的来源和硫循环	259	12.7.3 全氟烃	294
11.5 大气中 SO ₂ 的反应	260	12.7.4 有机卤化物的海洋来源	294
11.5.1 大气 SO ₂ 的影响	262	12.7.5 氯代二苯并对二噁英和 氯代二苯并呋喃	294
11.5.2 SO ₂ 的去除	263	12.8 有机硫化物	295
11.6 大气中的氮氧化物	264	12.9 有机颗粒物	296
11.6.1 大气中氮氧化物的反应	266	12.10 有害的有机空气污染物	296
11.6.2 氮氧化物的危害	267	参考文献	299
11.6.3 氮氧化物的控制	268	补充参考资料	300
11.7 酸雨	270	思考题与习题	301
11.8 大气中的氨	270	第 13 章 光化学烟雾	303
11.9 氟、氯及其气态化合物	270	13.1 引言	303
11.9.1 氯气和氯化氢	271	13.2 能形成烟雾的排放物	304
11.10 还原性含硫气体	272	13.2.1 汽车尾气中烃类的控制	304
参考文献	273	13.2.2 汽车排放标准	307
补充参考资料	274	13.2.3 绿色植物造成的污染	307
思考题与习题	274	13.3 大气中有机化合物形成 烟雾的反应	308
第 12 章 大气中的有机污染物	277	13.3.1 甲烷的光化学反应	308
12.1 大气中的有机化合物	277	13.4 烟雾形成的概述	310
12.1.1 大气中有机物的损失	277	13.5 烟雾形成的机制	311
12.1.2 持久性有机污染物的 全球蒸馏效应	277	13.5.1 硝酸根自由基	315
		13.5.2 大气中的可光解化合物	316
		13.6 烃类的反应活性	316

13.7 烟雾中的无机产物	317	15.2.4 火山的升华物	352
13.8 烟雾的影响	318	15.2.5 火成岩、沉积岩和变质岩 ...	352
参考文献	319	15.2.5.1 岩石循环	353
补充参考资料	320	15.2.5.2 风化作用阶段	353
思考题与习题	321	15.3 岩石圈的外形	353
第 14 章 濒危的全球大气	323	15.3.1 板块构造和大陆漂移	354
14.1 气候变化和人为活动		15.3.2 构造地质学	355
的影响	323	15.4 内部过程	355
14.1.1 气候变化	324	15.4.1 地震	355
14.2 全球变暖	325	15.4.2 火山	356
14.2.1 甲烷和其他温室气体	327	15.4.3 表面过程	356
14.2.2 颗粒物和全球变暖	328	15.5 沉积物	357
14.2.3 全球变暖和相关影响		15.6 黏土	358
的展望	328	15.7 地球化学	359
14.3 减轻全球变暖的		15.7.1 物理风化	359
绿色科技	329	15.7.2 化学风化	359
14.3.1 最小化	329	15.7.3 生物风化	360
14.3.2 抵消措施	330	15.8 岩石圈中的地下水	361
14.3.3 适应	331	15.8.1 水井	362
14.4 酸雨	332	15.8.2 坎儿井	363
14.5 平流层臭氧的破坏	334	15.9 岩石圈的环境层面问题	363
14.5.1 臭氧层的屏蔽效应	335	15.9.1 自然灾害	364
14.5.2 臭氧层的破坏	335	15.9.2 人为灾害	364
14.5.3 解决平流层臭氧损耗的		15.10 地震	364
绿色化学方法	337	15.11 火山	366
14.6 大气棕色云团	338	15.11.1 泥浆火山	367
14.6.1 沙尘暴	340	15.12 地球表面的运动	367
14.7 光化学烟雾对大气		15.13 溪流和河流	368
的损害	340	15.14 陆地与海洋的交界	370
14.8 核冬天	342	15.14.1 海平面上升的威胁	371
14.8.1 来自太空的世界末日访客 ...	344	15.15 陆地-大气圈界面	371
14.9 我们该做些什么?	344	15.16 冰川的影响	372
参考文献	346	15.17 人类活动的影响	373
补充参考资料	346	15.17.1 岩石圈资源的开采:	
思考题与习题	347	地表采矿	373
第 15 章 岩石圈和地球化学	349	15.17.2 采矿和矿物提炼的	
15.1 引言	349	环境影响	374
15.2 岩石圈中固体的性质	350	15.18 空气污染和岩石圈	374
15.2.1 矿物的结构和属性	350	15.19 水污染和岩石圈	375
15.2.2 矿物的种类	351	15.20 废物处置和岩石圈	376
15.2.3 蒸发岩	351	15.20.1 城市垃圾	376
		参考文献	377

补充参考资料	378	补充参考资料	411
思考题与习题	379	思考题与习题	412
第 16 章 土壤和农业环境化学	381	第 17 章 绿色化学和工业	414
16.1 土壤与农业	381	生态学	414
16.1.1 农业	382	17.1 改变旧有不良方式	414
16.1.2 农药和农业	383	17.2 绿色化学	415
16.2 土壤的性质和组成	383	17.2.1 绿色化学的 12 条基本 原则	415
16.2.1 土壤中的水和空气	384	17.3 风险削减:危害和暴露	417
16.2.2 土壤的无机成分	386	17.3.1 不承担风险的风险	419
16.2.3 土壤中的有机质	386	17.4 废物预防与绿色化学	419
16.2.4 土壤腐殖质	387	17.5 绿色化学与合成化学	420
16.2.5 土壤溶液	388	17.5.1 产率和原子经济性	420
16.3 土壤中的酸-碱反应和离子 交换反应	388	17.6 原料	421
16.3.1 土壤酸性的调节	389	17.6.1 生物性原料	422
16.3.2 土壤中的离子交换平衡	390	17.7 试剂	423
16.4 土壤中的常量营养物	391	17.8 化学计量试剂与催化剂	425
16.5 土壤中的氮、磷和钾	391	17.9 介质和溶剂	426
16.5.1 氮	392	17.9.1 水——绿色溶剂	427
16.5.2 磷	394	17.9.2 密相二氧化碳溶剂	428
16.5.3 钾	394	17.9.3 气体扩展溶剂	428
16.6 土壤中的微量营养物	394	17.10 强化反应	429
16.7 肥料	395	17.11 工业生态学	430
16.7.1 肥料污染	397	17.12 工业生态系统的五项 要素	432
16.8 畜牧业产生的污染物	397	17.13 工业代谢	433
16.9 农药及其在土壤中的 残留	398	17.14 工业生态系统中材料流动 和循环	434
16.9.1 土壤熏蒸剂	398	17.15 卡伦堡工业生态系统	435
16.10 土壤中的废物和污染物	399	17.16 对工业生态系统中环境 影响的考虑	436
16.10.1 生物降解和根际	401	17.17 生命周期:物料循环的 展开和闭合	437
16.11 土壤流失和退化	401	17.17.1 产品监管	438
16.11.1 土壤的可持续性和 水资源	402	17.17.2 植入效应	438
16.12 拯救陆地系统	403	17.18 生命周期评估	439
16.12.1 农业林学	404	17.18.1 生命周期评估的范围	439
16.12.2 土壤修复	405	17.19 消耗性产品、可回收材料、 耐用产品	440
16.13 基因工程与农业	405	17.19.1 消耗性产品的理想特点	440
16.14 绿色化学和可持续农业	406	17.19.2 可回收材料的理想特征	440
16.15 农业和健康	409		
16.15.1 食品污染	409		
16.16 保护食品供应免受侵袭	409		
参考文献	410		

17.19.3 耐用产品的理想特征	441	参考文献	464
17.20 保护环境的设计	441	补充参考资料	464
17.20.1 产品、生产过程和生产 设备	442	思考题与习题	465
17.20.2 保护环境的设计中的 关键因素	442	第 19 章 可持续能源:一切事物 的核心	467
17.20.3 环境保护设计中的有害 材料	443	19.1 能源问题	467
17.21 固有安全性	443	19.2 能源的本质	468
17.21.1 在更小的尺度下提高 安全性	444	19.3 人类活动圈内所用能源 的来源	468
17.22 工业生态学与生态工程 ..	444	19.4 能源设备和能源转化	470
参考文献	445	19.4.1 燃料电池	473
补充参考资料	445	19.5 绿色技术和能源转化 效率	474
思考题与习题	448	19.6 能源节约与可再生能源	474
第 18 章 资源与可持续材料	450	19.7 石油和天然气	476
18.1 从哪里获得我们需要 的材料	450	19.8 煤	477
18.2 岩石圈里的矿物	451	19.8.1 煤转化	477
18.2.1 矿产资源评估	451	19.9 化石燃料利用时的碳 封存	478
18.3 提取与采矿	452	19.10 能源和化学品的工业 生态学	480
18.4 金属	453	19.11 核能	481
18.5 金属资源和工业生态学	455	19.11.1 核聚变	483
18.5.1 铝	456	19.12 地热能	483
18.5.2 铬	456	19.13 太阳:一种理想的可再 生资源	484
18.5.3 铜	456	19.14 流动的空气和流动的水中 的能量	486
18.5.4 钴	457	19.14.1 风力发电出人意料 的成功	486
18.5.5 铅	457	19.14.2 流动的水中的能量	487
18.5.6 锂	458	19.14.3 无水坝的流动水中的 能量	488
18.5.7 钾	458	19.15 生物质能	488
18.5.8 锌	458	19.15.1 乙醇燃料	489
18.6 非金属矿产资源	459	19.15.2 生物柴油燃料	490
18.7 磷酸盐	460	19.15.3 木质纤维素燃料尚未实现 的潜力	491
18.8 硫	461	19.15.4 沼气	492
18.8.1 石膏	461	19.16 氢作为存储和利用能源 的方式	493
18.9 木材:一种主要的可 再生资源	462		
18.10 通过工业生态学实践 扩展资源	462		
18.10.1 金属	463		
18.10.2 塑料和橡胶	463		
18.10.3 润滑油	464		