

大学环境教育丛书

PEARSON
Prentice
Hall

翻译版

(美) Thomas G. Spiro William M. Stigliani 著

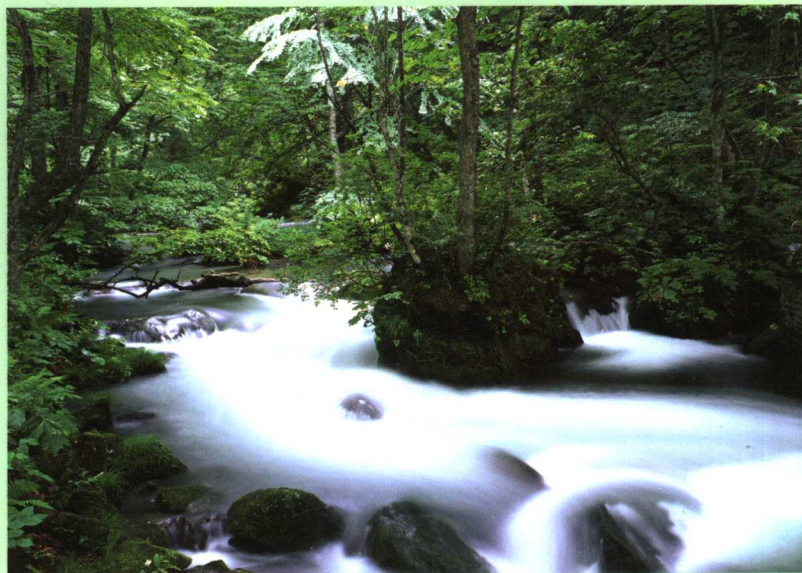
张钟宪 等 译

Chemistry of the Environment

(Second Edition)

环境化学

(第2版)



清华大学出版社



大 学 环 境 教 育 丛 书

(翻 译 版)

ZZX

3

XI

(美) Thomas G. Spiro William M. Stigliani 著
张钟宪 等 译

Chemistry of the Environment

(Second Edition)

环 境 化 学

(第 2 版)

清华大学出版社
北 京

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-3084

Authorized translation from the English language edition, entitled Chemistry of the Environment, Second Edition, 0-13-754896-6 by Thomas G. Spiro, William M. Stigliani, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Inc., Copyright © 2003.

All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by TSINGHUA UNIVERSITY PRESS Copyright © 2007.

本书中文简体翻译版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社出版发行。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

环境化学(第2版)/(美)托马斯(Thomas, G. S.), (美)威廉(William, M. S.)著;张钟宪等译. —北京:清华大学出版社, 2007. 8

(大学环境教育丛书: 翻译版)

书名原文: Chemistry of the Environment, 2e

ISBN 978-7-302-14814-2

I. 环… II. ①托… ②威… ③张… III. 环境化学—高等学校—教材 IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 029514 号

责任编辑: 柳 萍

责任校对: 刘玉霞

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175 邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015 客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 北京季蜂印刷有限公司

装 订 者: 三河市兴旺装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 × 230 印 张: 29.75 字 数: 628 千字

版 次: 2007 年 8 月第 2 版 印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 4000

定 价: 49.90 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 009877-01

出版前言

在 21 世纪之初,面临各种环境问题,人类清醒地认识到要走可持续发展之路。而发展环境教育是解决环境问题和实施可持续发展战略的根本。高等学校的环境教育,是提高新世纪建设者的环境意识,并向社会输送环境保护专门人才的重要途径。为了反映国外环境类教材的最新内容和编写风格,同时也为了提高学生阅读专业文献和获取信息的能力,我们精选了国外一些优秀的环境类教材,加以影印或翻译,组成大学环境教育丛书。所选教材均在国外被广泛采用,多数已再版,书中不仅介绍了有关概念、原理及技术方法,给出了丰富的数据,也反映了作者不同的学术观点。

我们希望这套丛书的出版能对高等院校师生和广大科技人员有所帮助,并为我国的环境教育事业作出贡献。

清华大学出版社

2007 年 1 月

译者序

20 世纪以来,传统化学为人类创造了大量物质财富,人类的生活水平、生活质量有了前所未有的提高。但人类对自然界进行掠夺式的开发也引起自然界的无情报复。现在人类已认识到,社会的进步必须走可持续发展之路,而开展环境教育是解决环境问题的根本所在。Thomas G. Spiro 与 William M. Stigliani 的 *Chemistry of the Environment* 一书介绍了能源、大气、水圈、岩石圈、生物圈等方面的主要环境问题,运用化学原理解释了引起有关环境问题的机制,分析了社会、经济发展与环境影响的联系。该书引据翔实的事例和丰富的数据,内容新颖,文笔流畅;它从区域到全球范围,从历史到未来等多个角度探讨了环境问题;介绍了有关环境的概念、原理以及技术方法,并反映了有关环境问题的最新进展。该书还引进了不同的学术观点,供读者思考。

本书适合具有普通化学知识的读者学习,它带领读者从化学的角度探索研究自然界能量流动、温室效应、气候变化、臭氧层破坏、空气污染、水污染、有毒化学品以及酸雨问题,读者可利用化学原理解释和理解环境变化和人类活动对环境的影响。本书可用作高等院校环境化学课程的教材,亦可供环境、化学领域的科技人员参考。

我们将此书翻译介绍给更多的读者,希望它能够帮助读者更好地去认识我们所生活的这个充满化学变化的世界。

张钟宪、周荫庄、陈慧英、黄燕宁、瞿凤兰、牛焕双、王钧、丁辰元等合作完成了全书的翻译工作。具体分工如下:

第 I 部分: 王 钧 黄燕宁;

第 II 部分: 周荫庄 瞿凤兰;

第 III 部分: 丁辰元 牛焕双;

第 IV 部分: 张钟宪 陈慧英;

其他内容: 陈慧英 张钟宪。

IV 译者序

全书由张钟宪校订。

译者能力有限,书中的错误和疏漏之处敬请读者批评指正。

原著中使用了一些非 SI 制的单位,为忠实于原著,译著未作变动。

译 者

2005 年 10 月

前 言

本书是为阐述环境化学方面的知识而编写的。它不只是陈述方法,也不是对污染物及其相应的治理办法进行简单的分类,其主旨是要深化读者的化学与环境方面的知识,同时说明怎样运用化学知识去了解和认识我们周围这个不断变化的世界。

在《环境化学》第1版出版后的6年间,环境科学快速发展。在第2版中,我们对正文以及图表中有关环境问题的材料都进行了更新。(考虑到环境科学较快的发展速度,我们将在我们的网站 <http://www.prenhall.com/spiro2> 上对相关内容予以更新。)在第1版的《环境化学》中我们已经纳入了一些新的研究内容(例如:海洋化学与无机碳环(见12.2节),氧气层的进化过程(见13.2节)),第2版中补充了一些我们过去没有涉及的新内容,其中包括:基因修饰芯片技术(见16.3节),用以减少温室气体排放的碳隔离技术(第2章策略2.1、第12章基本原理12.1),以及石油添加剂MTBE对饮用水污染的研究(见10.4节,第11章11.1b,第14章14.4b)。

本书可用作环境化学课程的教材,安排1至2个学期进行讲授。如果只有一个学期的授课时间,指导教师可以根据需要选择一些重点的章节讲授;若有两个学期的授课时间,那么就可以讲解重点章节以外的内容和研究讨论诸多相关的基本原理的问题。同时本书也可用作环境科学基础课程的教材。第2版与第1版最大的区别在于其对原有的基础化学知识作了改编和扩充,从而能够使读者更易于接受;对于文中探讨的问题的相关背景知识,我们把它们单独归纳到“基本知识”这一部分。我们在书中增加了另外的一些基础性内容,以供没有接受过大学化学课程训练的读者自学,同时也可以帮助有一定基础的读者温故知新。另外,我们在书中其他部分还添加了一些研究性问题,并且增加了每章的课后习题。第2版中还附加了一张元素周期表,它可以用来简要地说明有机化学物质的结构。在有些“基本知识”部分中还涵盖一些非化学类的知识(例如,自然环境中化学物

VI 前言

质是怎样通过储存与流通来完成循环过程的,见 10.2 节)。

另外,我们单独列出了“策略”这一新的板块,主要介绍一些比较先进、专业化的技术资讯,这部分内容读者可以酌情处理。我们的目的是希望基本原理和技术资讯这些内容能够帮助读者更好地理解书中关于环境的内容。希望第 2 版所做的这些改进能够更便于读者参阅,使本书成为一本优秀的教科书。

我们在此感谢: Michael Bender 博士、Andrew Bocarsly 博士、Harold Feiveson 博士、Robert Goldston 博士、Peter Jaffe 博士、Hiram Levy 博士、Francois Morel 博士、Steve Pacala 博士、Lynn Russel 博士、Jorge Sarmiento 博士、Daniel Sigman 博士、Robert Socolow 博士、Valerie Thomas 博士(普林斯顿大学); Trace Jordan 博士(纽约大学); Bibudhendra Sarkar 博士(多伦多大学); David Walker 博士(英国哥伦比亚大学); 以及 Chris Weber (学生助理,艾奥瓦大学),他们有的为本书进行了初稿审阅的工作,有的为我们的编撰提供了一些新的资料。在本书的编写过程中,Helen Spiro 一直予以鼓励并且提出了宝贵的编撰意见,在此我们也表示感谢。同时还要感谢 Marie Stigliani,在本书漫长的编撰过程中,是她在闲暇时陪伴我们在 Cedar 河畔骑自行车,缓解了我们在工作中的压力。

补充材料

习题答案手册(教师用)——(0-13-017843-8)该部分包含每章课后习题的答案,以供教师使用。

友情网站——<http://www.prenhall.com/spiro2>,在该网站内可以查询到报纸、杂志以及科学类期刊上有关环境化学的论文摘要。

Thomas G. Spiro
spiro@princeton.edu

William M. Stigliani
stigliani@uni.edu

谨以此书献给 Helen 和 Marie,还有我们的孩子们以及他们那一代人。

引言

Bill McKibben 在《纽约时报》上的一篇特色报道中写道^①：“这是一堂简短的化学课，掌握了这节课，你就会明白，为什么说已经到了必须探讨环境科学的时代……”。他说，文中主要讲了两个不同的分子：一氧化碳(CO)与二氧化碳(CO₂)。现代机动车燃烧 1gal 汽油排放 0.5lb CO，大约是上一代机动车排放量的 1/2，这是因为在制造技术上的不断改进，降低了 CO 的排放率。也正是因此，洛杉矶以及其他许多城市的空气质量才会比从前有所提高。但是燃烧 1gal 汽油却要排放 5.5lb CO₂，而且 CO₂ 的排放率是难以降低的。国际科学界的意见一致认为：从全世界范围来看，大气中 CO₂ 的浓度是在不断增加的，而且由此导致全球变暖。总的来说，人类活动对地球的影响可以分为局部与整体两方面，而 CO 和 CO₂ 对于环境的影响就属于这种关系。由于环境治理以及新的科学技术的应用，许多局部地区的环境质量已经得到改善，但是全球的环境问题却刚刚开始展现出来，而要解决这个问题的难度却是很大的。CO 只是汽油燃烧的一种中间产物，通过对尾气的治理就可以得到控制。而 CO₂ 却是汽油燃烧的最终产物，并且原煤和原油的燃烧必然产生大量的 CO₂。Bill McKibben 写道：“CO 与 CO₂，仅仅是一个氧原子的差别，可是治理起来却是千差万别的。”

对以上这个问题的研究，刚好是怎样用化学知识去解决环境问题的有力说明。在我们的生活中，化学是无处不在的，它令我们的生活环境不断地发生着变化。地球上化学物质的良性循环逐渐遭到了人类活动的破坏，我们的生活质量也因此而降低。例如，当城市中机动车尾气排放的速度超过大气层净化空气的速度时，空气就会遭到污染。我们完全有能力改善这种恶化的状况，洛杉矶市对烟雾污染的治理就是很好的例证。而要取得良

^① Bill McKibben, "Not So Fast," *New York Times Magazine*, July 23, 1995, pp. 24-25.

好的治理效果,我们首先就要了解相关的化学知识。20 世纪 60 年代,洛杉矶市在治理烟雾污染的过程中,最初采取的措施得到了相反的效果,污染情况更加恶化。当时,对于机动车尾气中的 CO 与碳氢化合物的含量限制也是有相关标准出台的,制造商们通过技术手段提高空气/燃油比率,以使燃料更充分燃烧,从而使他们的产品符合尾气排放标准。但是较高的空气/燃油比率使得燃烧过程放出更多的热量,而高热量又导致尾气中氮氧化物的浓度增加,最终加剧了烟雾污染。于是才发现氮氧化物与碳氢化合物都是烟雾污染的主要成分,两者都要得到控制才行。类似这样的意外发现在环境治理的过程中并不少见。从化学的角度来看,我们生活的这个星球仍然是一个奇妙、复杂的世界,我们对于它的了解和认识只是刚刚开始。

本书用化学的语言,根据化学物质和能量在自然界与工业体系中的流通状况,分别从能量圈、大气圈、水圈、岩石圈、生物圈几个方面对整体的环境化学进行阐述。在对上述几种圈层中的环境问题分别进行阐述的同时,对化学物质在不同圈层中的联系性也进行了研究,这使得本书的内容更加丰富。例如在介绍大气圈的时候,就把含铅汽油的使用与汽车尾气污染的相关性作为一个研究对象;而在分析和讨论生物圈时,也提及了使用含铅汽油会严重危害身体健康。

在对环境的分析中,化学背景知识之间的联系是非常密切的。例如,全书重点谈到了 O_2 反应活性的问题。能量在工业体系和自然界中的流通过程都有赖于 $O-O$ 键的断裂。 $O-O$ 键相对比较容易断裂,在氧气与有机物质反应的过程中, $O-O$ 键的断裂会释放出能量。然而由于 O_2 具有独特的电子结构,它只有在遇到自由基或者过渡金属离子时才会发生反应。大气层中的化学变化多数都与 O_2 触媒的参与有关,烟雾污染的形成过程也与此相关。生物层的许多反应也都有赖于 O_2 触媒的参与, O_2 代谢的紊乱不利于完整生物分子的存活,而且有推测说,其紊乱是生物体致癌和老化的原因。

在研究中,我们对环境化学诸多的内在联系颇感兴趣,希望也能引起读者的共鸣。我们也希望本书能够帮助读者更好地认识我们所生活的这个充满化学变化的世界,同时希望它对于认识和研究环境问题有一定的帮助。

目 录

出版前言	1
译者序	3
前言	5
引言	7

第 I 部分 能 量

第 1 章 能量的流动和提供	3
1.1 能源及可持续性	3
1.2 自然界的能量流动	4
1.3 人类的能量消耗	8
1.4 人类的能源	13
第 2 章 化石燃料	18
2.1 碳循环	18
2.2 化石燃料的来源	20
2.3 燃料能	23
2.4 石油	27
a. 合成与精炼	27
b. 优势	29
c. 不利	29

X 目录

2.5	天然气	34
a.	优势	34
b.	不利	34
2.6	煤	35
a.	优势	36
b.	不利	36
2.7	脱碳	38
a.	分离	38
b.	存储	38
第3章	核能	41
3.1	原子核、同位素和放射性	42
3.2	自然界中的放射性同位素	44
3.3	衰变链：关于氢的问题	45
3.4	放射性：电离辐射的生物效应	47
a.	α 射线	48
b.	β 射线、 γ 射线和中子	48
3.5	辐射暴露	49
3.6	裂变	50
a.	加压轻水反应堆	52
b.	同位素分离	53
c.	增殖反应堆	54
d.	后处理	55
3.7	核动力的危害	56
a.	反应堆安全：三里岛和切尔诺贝利	56
b.	武器扩散	58
c.	核废料处理	60
3.8	核动力会成为未来世界的一部分吗？	61
3.9	核聚变	62
a.	聚变反应	62
b.	聚变反应堆	64

c. 聚变反应会是未来的一种能量来源吗?	66
第 4 章 可再生能源	67
4.1 日光供暖	69
4.2 太阳能发电	71
4.3 光电电流	72
a. 光电池的原理	73
b. 光合作用与光电化学	76
4.4 生物质能	78
a. 从生物质中提取乙醇	79
b. 从生物质中提取甲烷	81
4.5 水力发电	82
4.6 风力	83
4.7 海洋能	86
4.8 地热能	86
第 5 章 能量的利用	88
5.1 热机效率	90
5.2 燃料电池	92
5.3 空间供热、废热发电	97
5.4 电的储存: 氢的经济价值	97
5.5 材料间的关系	100
a. 材料性质: 纸张与塑料	100
b. 循环利用	102
c. 非物质化	104
5.6 系统效率	106
a. 运输业	107
b. 工业生态学	112
c. 绿色化学	114
5.7 能源与社会	115

总结.....	118
习题.....	119
推荐读物.....	124

第 II 部分 大 气

第 6 章 气候.....	129
6.1 辐射平衡	129
6.2 反射率：粉尘和云层	133
a. 云层	134
b. 悬浮粒子	136
c. 硫循环	138
6.3 温室效应	142
a. 红外吸收和分子振动	142
b. 温室气体变化趋势	147
6.4 气候模型	153
6.5 温室气体的国际公约	159
第 7 章 氧的化学.....	161
7.1 氮的氧化物：自由能	161
a. 自由能与平衡常数	162
b. 自由能与温度	164
7.2 氮的氧化物：动力学	165
7.3 自由基链的反应	166
a. 氧自由基	167
b. 有机氧的自由基	170
c. 羟基自由基	170
d. 过渡金属对氧气的活化	171
第 8 章 平流层臭氧.....	173
8.1 大气构成	175
8.2 臭氧的紫外防护作用	177

8.3 臭氧化学	180
a. 生成与破坏	180
b. 臭氧稳态计算	181
8.4 催化臭氧耗损	183
a. 羟基自由基	183
b. 氯和溴	184
c. 一氧化氮	184
8.5 极地臭氧耗损	185
8.6 臭氧层的修复规划	189
8.7 CFCs 替代物	189
第 9 章 大气污染	192
9.1 污染物及其危害	192
a. 一氧化碳	192
b. 二氧化硫	194
c. 毒性有机物	195
d. 颗粒物	197
e. NO_x 和挥发性有机物	199
f. 臭氧和其他氧化剂	201
9.2 光化学烟雾	202
9.3 排放控制	206
a. 二氧化硫	206
b. 氮氧化物、一氧化碳和烃类化合物	207
9.4 汽油重整：充氧	210
a. 爆震和辛烷值	210
b. 柴油和十六烷值	210
c. 汽油中的铅	211
d. 重整汽油	212
总结	214
习题	215

推荐读物	219
------------	-----

第Ⅲ部分 水圈/岩石圈

第 10 章 水资源	225
10.1 全球概览	225
10.2 灌溉	228
10.3 地下水	230
10.4 美国的水资源	231
10.5 海洋	233
10.6 作为溶剂和生物介质的水	235
第 11 章 从云到径流：作为溶剂的水	237
11.1 水的独特性质	237
a. 氢键	237
b. 笼状包合物和水的互溶性	239
11.2 酸、碱和盐	242
a. 离子、自电离和 pH	242
b. 弱酸和弱碱	244
11.3 共轭酸和碱，缓冲溶液	246
11.4 大气中的水：酸雨	247
第 12 章 水及岩石圈	251
12.1 作为酸碱反应器的地球	251
12.2 有机碳和无机碳的循环	253
a. 碳酸控制	254
b. 碳酸盐的吸收	256
c. CO_2 、 H_2O 和地球的行星邻居	256
12.3 风化和溶解作用机理	257
a. 离子固体和溶度积	257
b. 溶解度和碱度	258
c. 离子交换，黏土与腐殖质	260

12.4	酸化作用的影响	264
a.	土壤中和作用	264
b.	硬度和洗涤剂	266
c.	酸沉降和流域的缓冲作用	267
d.	酸雨对生态系统的影响	270
e.	酸性矿井排水	271
f.	全球酸化	272
第 13 章	氧气和生命	273
13.1	氧化还原反应和能量	273
a.	生物需氧量	274
b.	生物还原的自然顺序	275
c.	生物氧化	281
13.2	好氧的地球	281
13.3	作为生态介质的水	284
a.	透光层和生物泵	284
b.	淡水湖泊中的富营养作用	285
c.	氮和磷：限制性营养物质	287
d.	缺氧及其对沿岸海域的影响	289
e.	作为化学沉降池的湿地	292
f.	氧化还原反应对金属污染的影响	294
g.	用铁向海洋施肥	294
第 14 章	水污染和水处理	296
14.1	水利用和水质量：点源和非点源污染	296
14.2	水质控制	300
14.3	水和污水处理	301
14.4	健康危害	303
a.	病菌和消毒	303
b.	有机和无机污染物	304