能源与环境出版工程

总主编　翁史烈

环境毒理学

Environmental Toxicology

申哲民　编著

上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

能源与环境出版工程

总主编　翁史烈

环境毒理学

Environmental Toxicology

申哲民　编著

上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书分9章，包括自然环境和健康的关系，并对与化学有关的地方病进行了简介，以使环境专业的学生以更广阔和更全面的视野了解环境与健康问题。具体内容为环境风险评估、污染物暴露和危害评价、体内毒性和代谢途径。对生物化学、分子毒理学和QSAR计算等方面的研究内容，从环境污染、环境生物富集、人体健康剂量关系的模型化计算和病理毒理机制等方面重点论述了有机毒物和重金属的环境风险，以模型计算和毒理机制为主要线索通贯全书，并以分子生物学的观点，从基因、蛋白、细胞、代谢的生化过程出发，描述了炎症、神经衰弱、癌症、白血病、基因突变等疾病的环境污染致病过程。

本书可以作为环境及相关专业学生学习的专业基础教材。

图书在版编目(CIP)数据

环境毒理学/申哲民编著. —上海：上海交通大学出版社，2014

ISBN 978-7-313-12336-7

Ⅰ.①环… Ⅱ.①申… Ⅲ.①环境毒理学—高等学校—教材

Ⅳ.①R994.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第269050号

环境毒理学

编　　著：申哲民

出版发行：上海交通大学出版社　　地　　址：上海市番禺路951号

邮政编码：200030　　电　　话：021-64071208

出 版 人：韩建民

印　　制：上海万卷印刷有限公司　　经　　销：全国新华书店

开　　本：787mm×1092mm　1/16　　印　　张：26.75

字　　数：515千字

版　　次：2014年12月第1版　　印　　次：2014年12月第1次印刷

书　　号：ISBN 978-7-313-12336-7/R

定　　价：98.00元

版权所有　侵权必究

告读者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话：021-56928211

能源与环境出版工程
丛书学术指导委员会

主　任

杜祥琬(中国工程院原副院长、中国工程院院士)

委　员(以姓氏笔画为序)

苏万华(天津大学教授、中国工程院院士)

岑可法(浙江大学教授、中国工程院院士)

郑　平(上海交通大学教授、中国科学院院士)

饶芳权(上海交通大学教授、中国工程院院士)

闻雪友(中国船舶工业集团公司703研究所研究员、中国工程院院士)

秦裕琨(哈尔滨工业大学教授、中国工程院院士)

倪维斗(清华大学原副校长、教授、中国工程院院士)

徐建中(中国科学院工程热物理研究所研究员、中国科学院院士)

陶文铨(西安交通大学教授、中国科学院院士)

蔡睿贤(中国科学院工程热物理研究所研究员、中国科学院院士)

能源与环境出版工程
丛书编委会

总主编

翁史烈(上海交通大学原校长、教授、中国工程院院士)

执行总主编

黄　震(上海交通大学副校长、教授)

编　委(以姓氏笔画为序)

马重芳(北京工业大学环境与能源工程学院院长、教授)

马紫峰(上海交通大学电化学与能源技术研究所教授)

王如竹(上海交通大学制冷与低温工程研究所所长、教授)

王辅臣(华东理工大学资源与环境工程学院教授)

何雅玲(西安交通大学热流科学与工程教育部重点实验室主任、教授)

沈文忠(上海交通大学凝聚态物理研究所副所长、教授)

张希良(清华大学能源环境经济研究所所长、教授)

骆仲泱(浙江大学能源工程学系系主任、教授)

顾　璠(东南大学能源与环境学院教授)

贾金平(上海交通大学环境科学与工程学院教授)

徐明厚(华中科技大学煤燃烧国家重点实验室主任、教授)

盛宏至(中国科学院力学研究所研究员)

章俊良(上海交通大学燃料电池研究所所长、教授)

程　旭(上海交通大学核科学与工程学院院长、教授)

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

总　　序

能源是经济社会发展的基础，同时也是影响经济社会发展的主要因素。为了满足经济社会发展的需要，进入21世纪以来，短短十年间(2002—2012年)，全世界一次能源总消费从96亿吨油当量增加到125亿吨油当量，能源资源供需矛盾和生态环境恶化问题日益突显。

在此期间，改革开放政策的实施极大地解放了我国的社会生产力，我国国民生产总值从10万亿元人民币猛增到52万亿元人民币，一跃成为仅次于美国的世界第二大经济体，经济社会发展取得了举世瞩目的成绩！

为了支持经济社会的高速发展，我国能源生产和消费也有惊人的进步和变化，此期间全世界一次能源的消费增量28.8亿吨油当量竟有57.7%发生在中国！经济发展面临着能源供应和环境保护的双重巨大压力。

目前，为了人类社会的可持续发展，世界能源发展已进入新一轮战略调整期，发达国家和新兴国家纷纷制定能源发展战略。战略重点在于：提高化石能源开采和利用率；大力开发可再生能源；最大限度地减少有害物质和温室气体排放，从而实现能源生产和消费的高效、低碳、清洁发展。对高速发展中的我国而言，能源问题的求解直接关系到现代化建设进程，能源已成为中国可持续发展的关键！因此，我们更有必要以加快转变能源发展方式为主线，以增强自主创新能力为着力点，规划能源新技术的研发和应用。

在国家重视和政策激励之下，我国能源领域的新概念、新技术、新成果不断涌现；上海交通大学出版社出版的江泽民学长著作《中国能源问题研究》(2008年)更是从战略的高度为我国指出了能源可持续的健康发展之路。为了“对接国家能源可持续发展战略，构建适应世界能源科学技术发展趋势的能源科研交流平台”，我们策划、组织编写了这套“能源与环境出版工程”丛书，其目的在于：

一是系统总结几十年来机械动力中能源利用和环境保护的新技术新成果；

二是引进、翻译一些关于“能源与环境”研究领域前沿的书籍，为我国能源与环境领域的技术攻关提供智力参考；

三是优化能源与环境专业教材，为高水平技术人员的培养提供一套系统、全面的教科书或教学参考书，满足人才培养对教材的迫切需求；

四是构建一个适应世界能源科学技术发展趋势的能源科研交流平台。

该学术丛书以能源和环境的关系为主线，重点围绕机械过程中的能源转换和利用过程以及这些过程中产生的环境污染治理问题，主要涵盖能源与动力、生物质能、燃料电池、太阳能、风能、智能电网、能源材料、大气污染与气候变化等专业方向，汇集能源与环境领域的关键性技术和成果，注重理论与实践的结合，注重经典性与前瞻性的结合。图书分为译著、专著、教材和工具书等几个模块，其内容包括能源与环境领域内专家们最先进的理论方法和技术成果，也包括能源与环境工程一线的理论和实践。如钟芳源等撰写的《燃气轮机设计》是经典性与前瞻性相统一的工程力作；黄震等撰写的《机动车可吸入颗粒物排放与城市大气污染》和王如竹等撰写的《绿色建筑能源系统》是依托国家重大科研项目的新成果新技术。

为确保这套“能源与环境”丛书具有高品质和重大的社会价值，出版社邀请了杜祥琬院士、黄震教授、王如竹教授等专家，组建了学术指导委员会和编委会，并召开了多次编撰研讨会，商谈丛书框架，精选书目，落实作者。

该学术丛书在策划之初，就受到了国际科技出版集团 Springer 和国际学术出版集团 John Wiley & Sons 的关注，与我们签订了合作出版框架协议。经过严格的同行评审，Springer 首批购买了《低铂燃料电池技术》(*Low Platinum Fuel Cell Technologies*)，《生物质水热氧化法生产高附加值化工产品》(*Hydrothermal Conversion of Biomass into Chemicals*)和《燃煤烟气汞排放控制》(*Coal Fired Flue Gas Mercury Emission Controls*)三本书的英文版权，John Wiley & Sons 购买了《除湿剂超声波再生技术》(*Ultrasonic Technology for Desiccant Regeneration*)的英文版权。这些著作的成功输出体现了图书较高的学术水平和良好的品质。

希望这套书的出版能够有益于能源与环境领域里人才的培养，有益于能源与环境领域的技术创新，为我国能源与环境的科研成果提供一个展示的平台，引领国内外前沿学术交流和创新并推动平台的国际化发展！

2013 年 8 月

前　言

本书是环境专业学生学习的专业基础教材，可供和环境保护相关专业人员、管理人员科研和参考。

环境与健康的关注度得到进一步提升，近年来的新理论、新技术和新方法引入至环境毒理学，使环境毒理学研究的深度和广度得到拓展，并有了长足的发展。

环境毒理学是环境科学、生命科学和毒理学等交叉的学科，重点是利用毒理学方法研究环境中有害因素对人体和生物体健康的影响及其机理的学科。本书在借鉴了国内外的现有教材基础上进行编著，全书3部分9章。

第一部分(第1～4章)包括污染物的环境行为及毒理作用，以环境模型计算为主。

第二部分(第5、6章)环境毒理学的基础和扩展概念、方法和手段；污染物的体内转化、代谢与毒性，以毒理机理为主，兼顾毒性评价模型。

第三部分(第7～9章)阐述以重金属、有机毒物和放射性物质为代表的化合物的环境行为和毒理学作用，结合前两部分中涉及的、相互联系的定量评测和机理机制进行，整合论述有毒物质所引起的复杂环境问题。

本书由上海交通大学申哲民教授、王文华教授、郭卫民副研究员和中国科学院地理所的王五一研究员合作编著，上海交通大学的研究生朱慧岑、徐江流进行了大量图文整理工作。王文华教授编写了第1章，王五一研究员编写了第2章，郭卫民副研究员编写了第5章和第6章；朱慧岑和徐江流整理了第3、4章和第7～9章的材料。全书由申哲民教授

统稿。

由于编者水平有限，书中存在的错误或不足之处，恳请读者批评指正。

申哲民

2014 年 5 月于上海交通大学

目　录

第 1 章　绪论 …… 001
1.1　环境毒理学的发展 …… 001
1.2　环境毒理学的内涵 …… 001
1.3　环境毒理学的应用 …… 003

第 2 章　自然环境毒理学与健康 …… 006
2.1　健康与环境的关系 …… 006
2.2　环境生命元素平衡与健康 …… 008
2.2.1　生命元素 …… 009
2.2.2　生命元素的地域分异与平衡 …… 011
2.3　与化学因素有关的地方病 …… 012
2.3.1　克山病 …… 012
2.3.2　大骨节病 …… 014
2.3.3　硒的地域分异 …… 016
2.3.4　碘缺乏病 …… 024
2.3.5　地方性氟中毒 …… 026
2.4　健康长寿 …… 035
2.4.1　研究思路和技术路线 …… 036
2.4.2　长寿人口的地理分布特征 …… 036
2.4.3　饮水-土壤-粮食-人发中富含有益健康的生命元素 …… 038
2.4.4　长寿老人的人群分布及其社会环境因素 …… 039

第 3 章　污染物的来源及其在环境中的迁移转化 …… 041
3.1　水环境中污染物的来源及其迁移转化 …… 042
3.1.1　水环境中污染物的来源 …… 042
3.1.2　污染物在水环境中的迁移转化 …… 054
3.2　大气环境中污染物的来源及其迁移转化 …… 070

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

3.2.1 大气环境中污染物的来源 …… 070
3.2.2 污染物在大气环境中的迁移和转化 …… 077
3.3 土壤环境中污染物的来源及其迁移转化 …… 086
3.3.1 土壤中污染物的来源 …… 086
3.3.2 污染物在土壤中的迁移转化 …… 090

第4章 污染物在食物网中的迁移转化 …… 100
4.1 污染物的生物迁移机理 …… 100
4.1.1 污染物在生态环境中的迁移过程 …… 100
4.1.2 污染物生物性迁移方式 …… 103
4.1.3 物质通过生物膜方式迁移转化 …… 109
4.2 污染物的生物转化机理 …… 111
4.2.1 植物对污染物的摄取 …… 112
4.2.2 生物体对污染物的吸收 …… 115
4.2.3 生物体对污染物的分布与贮存 …… 123
4.3 水环境中污染物的毒性作用及机理 …… 129
4.3.1 水域生态环境 …… 129
4.3.2 生物对水体污染物的吸收与转化 …… 131
4.3.3 水污染物的毒性作用和机理 …… 134
4.3.4 水体污染物对人体健康的影响 …… 137
4.4 大气环境中污染物的毒性作用及机理 …… 141
4.4.1 氮氧化物 …… 141
4.4.2 二氧化硫 …… 143
4.4.3 一氧化碳 …… 147
4.4.4 氟化物 …… 149
4.4.5 光化学烟雾 …… 151
4.4.6 大气颗粒物 …… 153
4.4.7 室内空气污染 …… 158

第5章 生物转化与生物毒性评价 …… 161
5.1 生物转化 …… 161
5.1.1 生物转化的意义 …… 161
5.1.2 生物转化过程 …… 162
5.1.3 影响生物转化的因素 …… 173
5.2 化学毒物的一般毒性作用与机理 …… 177

5.2.1　相关概念 …… 177
5.2.2　化学毒物一般毒性作用的机理 …… 179
5.3　环境致突变作用 …… 183
5.3.1　致突变作用的基本概念 …… 183
5.3.2　致突变作用的分类和后果 …… 187
5.4　影响致毒作用的因素 …… 190
5.4.1　环境毒物的化学结构和理化性质 …… 190
5.4.2　外在环境因素 …… 194
5.4.3　内在机体因素 …… 195
5.4.4　联合毒性作用的类型与评定 …… 196
5.5　临床医学检查 …… 199
5.5.1　毒物接触史 …… 199
5.5.2　临床表现 …… 200
5.5.3　实验室检查 …… 202
5.5.4　其他检查 …… 203
5.6　生物毒性评价的方法 …… 203
5.6.1　剂量—效应、反应关系曲线 …… 203
5.6.2　急性毒性的概念及其评价方法 …… 207
5.6.3　慢性毒性和亚慢性毒性的概念及其评价方法 …… 215
5.7　有机化合物结构与活性 …… 220
5.7.1　概述 …… 220
5.7.2　分子结构的定量描述 …… 220
5.7.3　QSAR/QSPR 的变量选择和建模方法 …… 230

第 6 章　化学污染物的环境风险评价 …… 237
6.1　安全性评价 …… 237
6.2　环境健康危险度评价 …… 240
6.2.1　概念的提出及发展历史 …… 240
6.2.2　环境健康危险度评价的基本步骤 …… 241
6.3　风险评价模型 …… 252
6.3.1　非致癌物所致健康危害的风险模型 …… 252
6.3.2　基因毒物质风险评价模型 …… 253
6.4　实例分析：POPs 和铀的风险评价模型 …… 255
6.4.1　三峡库区重庆段江水中 POPs 健康风险评价 …… 255
6.4.2　铀的风险评价模型 …… 260

第7章　重金属的环境毒理学 …… 263
7.1　概述 …… 263
7.1.1　金属与人体的关系 …… 263
7.1.2　环境中金属污染的来源 …… 264
7.1.3　环境中金属的迁移与转化 …… 265
7.1.4　金属的代谢 …… 267
7.1.5　重金属对健康的危害 …… 273
7.2　汞 …… 274
7.2.1　汞污染的来源与汞的生物富集 …… 274
7.2.2　汞的理化性质 …… 275
7.2.3　汞的代谢 …… 276
7.2.4　汞的毒理作用 …… 277
7.2.5　汞的环境卫生标准 …… 280
7.3　镉 …… 280
7.3.1　镉污染的来源 …… 280
7.3.2　镉的理化性质 …… 281
7.3.3　镉的代谢 …… 281
7.3.4　镉的毒理作用 …… 283
7.3.5　镉的环境卫生标准 …… 285
7.4　铅 …… 286
7.4.1　铅污染的来源 …… 286
7.4.2　铅的理化性质 …… 286
7.4.3　铅的代谢 …… 287
7.4.4　铅的毒理作用 …… 288
7.4.5　铅的环境卫生标准 …… 291
7.5　铬 …… 291
7.5.1　铬污染的来源 …… 291
7.5.2　铬的理化性质 …… 292
7.5.3　铬的代谢 …… 292
7.5.4　铬的毒理作用 …… 293
7.5.5　铬的环境卫生标准 …… 296
7.6　砷 …… 297
7.6.1　砷污染的来源 …… 297
7.6.2　砷的理化性质 …… 298

7.6.3　砷的代谢 …… 298
7.6.4　砷的毒理作用 …… 299
7.6.5　砷的环境卫生标准 …… 306
7.7　其他金属 …… 306
7.7.1　铝 …… 306
7.7.2　镍 …… 307
7.8　重金属在人体内的联合作用 …… 308
7.9　专题—人体对重金属的摄入量计算 …… 309
7.9.1　背景介绍—重金属进入人体的途径 …… 309
7.9.2　实例计算 …… 310

第8章　有机污染物的环境毒理学 …… 315
8.1　农药的毒性 …… 315
8.1.1　典型农药的化学结构及性质 …… 316
8.1.2　农药进入环境的途径及其对人体健康的影响 …… 324
8.1.3　农药对土壤、水体、大气等生态系统的污染 …… 327
8.2　环境内分泌干扰物的毒性 …… 338
8.2.1　环境内分泌干扰物的种类和作用机制 …… 338
8.2.2　环境内分泌干扰物的生物效应 …… 344
8.2.3　环境内分泌干扰物的迁移转化及其毒性作用 …… 345
8.2.4　实例分析：二噁英类的毒性作用 …… 348
8.3　石油和溶剂的毒性 …… 358
8.3.1　有机溶剂的毒性 …… 358
8.3.2　石油溶剂的作用机制 …… 363
8.4　新型有机污染物 …… 370
8.4.1　持久性有毒卤代烃 …… 370
8.4.2　个人护理品 …… 373

第9章　环境物理因素的毒理学 …… 377
9.1　电磁辐射 …… 377
9.1.1　电磁辐射强度的表征 …… 377
9.1.2　电磁辐射源 …… 378
9.1.3　电磁辐射的危害 …… 378
9.1.4　电磁辐射安全风险评价 …… 382
9.2　电离辐射 …… 385

9.2.1 电离辐射强度的表征 …… 387
9.2.2 电离辐射的危害 …… 388
9.2.3 电离辐射的案例及防护 …… 393
9.3 非电离辐射 …… 395
9.3.1 红外辐射 …… 395
9.3.2 紫外辐射 …… 396
9.3.3 可见光与激光 …… 397

附表 …… 399

参考文献 …… 402

索引 …… 406

第1章 绪 论

1.1 环境毒理学的发展

地球是太阳系中唯一适合人类居住的星球，人类在不断适应地球环境的过程中进化。因此，环境与人体健康形成了相互依存的关系，即环境状况会影响人体的健康状况，同时人类也在不断调整自身，以应对和适应环境的不断变化。

人类生活的地球表层环境具有非均一性，各地自然环境千差万别。以环境中的化学元素为例，在工业化之前，一些区域的环境介质中某种或某些元素含量相比该地背景值过高或者过低，会对当地居民的健康产生影响，导致一些地方性疾病的发生。在本书的第2章将阐述自然环境和健康的关系，并对与化学有关的地方病进行了简介，以使环境专业的学生以更广阔和更全面的视野了解环境与健康问题。

随着工业化的进程，人类不断改变着地球环境，对地球环境的压力越来越大，其中之一是大量的外源性化学品(xenobiotic)进入环境。作为回报，在某些被污染的地区，居民健康出现了问题，最典型的案例就是20世纪中期出现的“八大公害事件”；当地的动植物等其他生物亦有反映，最著名的描述出现在美国生物学家Carson在1962年发表的著作《寂静的春天》中。对这些不断出现的环境问题的研究推动了环境学科的形成及发展，作为环境学科的重要领域之环境毒理学应运而生。

20世纪后期以来，随着人类的生活方式的变化和生活水平的提高，消耗的各种资源越来越多，更多样的污染在环境中显现，影响着环境和生态系统的质量，并且进一步影响了人类自身的健康。全球对环境与健康的关注度进一步提升，促进了环境毒理学研究向深度和广度发展。随着现代科学(特别是生命科学)和电子技术的发展，一些新理论、新技术和新方法引入至环境毒理学，使近年来环境毒理学有了长足的发展。

1.2 环境毒理学的内涵

环境毒理学是环境科学、生命科学和毒理学等的叉交学科，重点是利用毒理学

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com