

“十二五”国家重点图书出版规划项目

现代环境毒理学

MODERN ENVIRONMENTAL
TOXICOLOGY

孟紫强 主编

中国环境出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

现代环境毒理学

Modern Environmental Toxicology

孟紫强 主编

Edited by Meng Ziqiang

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

现代环境毒理学/孟紫强主编. —北京: 中国环境出版社, 2015.12

ISBN 978-7-5111-2381-7

I. ①现… II. ①孟… III. ①环境毒理学
IV. ①R994.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 105770 号

出 版 人 王新程
责任编辑 沈 建 朱丹琪
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 12 月第 1 版
印 次 2015 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 60 插页 8
字 数 1466 千字
定 价 248.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

内容简介

本书共四篇三十七章，是一本大型环境毒理学著作，力求从各个领域全面介绍现代环境毒理学基础理论、研究方法和实际应用技术。第一篇（第一章至第六章）主要介绍现代环境毒理学的基础理论和学科历史，对环境污染危害健康的基本规律、环境化学物毒性作用和致癌变、致畸变、致突变的基础理论和最新发展进行了论述。第二篇（第七章至第十五章）论述了9个主要环境毒理学分支学科的内容和最新进展，除大气环境毒理学、水环境毒理学、土壤环境毒理学之外，本书新设立工业环境毒理学、室内环境毒理学、纳米环境毒理学、食品环境毒理学、生物环境毒理学及现代环境分子毒理学等分支学科，拓宽了本学科的研究和应用领域。第三篇（第十六章至第三十章）对16类环境污染物（或因素）的毒性及其防护进行阐述，包括大气颗粒物、大气气体污染物、重金属、微量元素、农药与肥料、环境致癌物、持久性有机污染物、内分泌干扰物、石油、有机溶剂、电离辐射、电磁辐射、光污染、噪声污染以及环境生物污染等。第四篇（第三十一章至第三十七章）介绍环境毒理学主要研究方法和实际应用技术。例如，环境化学物一般毒性和特殊毒性的测试方法、大气细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）毒性研究方法、环境流行病学实用方法与技术、环境化学物的安全性和健康危险度评价方法、环境化学污染突发事件应急处理方法以及环境评价方面的环境影响医学评价与环境污染健康影响评价方法等。

本书可供从事环境保护、环境科学与工程、环境医学与毒理学、公共卫生与预防医学以及地方病学等方面教学、科研、管理的人员阅读参考，也可供这些专业作为研究生教材或参考书，还可供进行生命科学、农业科学、物理学、化学、地质地理学、宇宙科学、气象学等与健康科学交叉研究的人员学习参考。

《现代环境毒理学》

主 编 孟紫强

编著人员 (依编著章次为序)

孟紫强 山西大学

(编著第一~第五章、第七章、第十七章、第十八章、第二十章、第二十一章,合著第十一章)

郝卫东 北京大学公共卫生学院

(编著第六章、第二十八章、第三十一章、第三十二章)

张志红 山西医科大学公共卫生学院

(编著第八章、第九章)

张全喜 山西大学环境科学研究所

(编著第十章)

杨 旭 华中师范大学生命科学学院

(合著第十一章)

张勤丽 山西医科大学公共卫生学院

(编著第十二章)

许雅君 北京大学公共卫生学院

(编著第十三章)

张义贤 山西大学生命科学学院

(编著第十四章)

徐新云 深圳市疾病预防控制中心

(编著第十五章)

宋伟民 赵金镛 复旦大学公共卫生学院

(合著第十六章、第三十三章)

李瑞金 山西大学环境科学研究所

(编著第十九章、第三十章)

刘汝涛 山东大学环境科学与工程学院

(编著第二十二章)

- 郭新彪 北京大学公共卫生学院
(编著第二十三章、第二十七章、第三十五章)
- 马爱国 青岛大学医学院
(编著第二十四章、第二十五章)
- 安 艳 苏州大学
(编著第二十六章)
- 贾玉巧 包头医学院公共卫生学院
(编著第二十九章)
- 阚海东 陈仁杰 复旦大学公共卫生学院
(合著第三十四章)
- 白剑英 山西医科大学公共卫生学院
(编著第三十六章)
- 牛 侨 山西医科大学公共卫生学院
(编著第三十七章)

主编简介



孟紫强，男，1939 年 2 月出生，山西省临汾人，教授、博士生导师，山西大学环境医学与毒理学研究所所长。曾任山西大学环境科学与工程研究中心主任、首席专家。1992 年获国务院政府特殊津贴。1958 年山西运城农业学校毕业，1966 年山西大学生物系毕业，1980 年天津医科大学研究生毕业，获医学硕士学位。曾在晋北土壤试验站、临汾市制药厂、山西省地方病研究所、中国辐射防护研究院等从事医学或生物学研究。1986 年至今在山西大学从事环境医学与毒理学研究和教学。1989 年 2 月—1990 年 3 月，英国牛津大学药系高级访问学者；1991 年 11 月—1992 年 8 月，德国汉堡大学环境与职业毒理学研究室客座研究员；1995 年 3 月—1995 年 10 月，美国德克萨斯大学医学院环境毒理学研究所高级访问学者。组织申请并获准山西大学环境科学硕士点、博士点、博士后流动站以及环境科学与工程一级学科硕士点，共培养环境毒理学博士和博士后 20 名，硕士 40 余名。创立山西省毒理学会并先后任理事长和荣誉理事长，兼任中国毒理学会常务理事、中华医

学微量元素学会常务理事、美国纽约科学院院士、美国国家科学技术促进协会会员、国际 DNA 修复研究学会理事等，担任多种环境医学与毒理学类期刊编委，被收入美国《Marquis 世界名人录》。

主要研究方向为环境医学与环境毒理学，涉及二氧化硫毒理学与生理学、金属毒理学、沙尘暴与健康、地方病学、放射生物学、免疫核酸等。发表科研论文 400 余篇，被 SCI 收录的论文有 80 余篇。主要研究成果有：发现二氧化硫或大气细颗粒物是全身性毒物；二氧化硫不但具有多种毒性作用，且是新型生物信号分子；砷对淋巴细胞转化和 DNA 合成的作用具有双相性；沙尘天气对健康有急性、滞后性及长期累积效应；电离辐射在抑制 DNA 某些区段转录的同时可促进另一些区段的转录；肿瘤免疫肝 RNA 对肿瘤的抑制作用具有肿瘤特异性，提示 RNA 可传递免疫信息、肝脏在免疫系统中具有重要作用等。

著有《大骨节病》(1984)、《环境毒理学》(2000)、《生态毒理学原理与方法》(2006)、《二氧化硫生物学：毒理学·生理学·病理生理学》(2012)、《沙尘暴医学与毒理学》(2012) 等专著，主编我国首部环境毒理学、生态毒理学教育部国家级规划本科教材《环境毒理学基础》(2003) 和《生态毒理学》(2009) 及科普读物《生活方式与健康》(2009) 等。参编《ARSENIC IN THE ENVIRONMENT, Part 2》(John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994)、《生命科学中的微量元素 (第二版)》(1996)、《旅德追忆》(2000)、《空气污染与健康》(2015)、《世界毒物全史》(2015) 等。获山西省自然科学奖一等奖 1 项，教育部和省科技进步奖二等奖 6 项、三等奖 5 项，国家级教学成果二等奖 1 项，国家发明专利 2 项、实用新型专利 2 项。

前 言

自《环境毒理学》一书于2000年由中国环境科学出版社（现称中国环境出版社）出版以来，受到广大读者的支持且多次印刷，至今已走过14个年头。其间，由于全球包括我国的环境污染问题日益凸显，环境污染对健康的危害受到政府和公众的广泛关注，促使对环境污染物的毒性作用及其防护的研究快速发展，无论在理论上还是在实践上均取得了大量新发现、新突破，使环境毒理学学科跨入了一个新的时代。为了适应新的形势、满足读者的需求，我们在《环境毒理学》原版的基础上进一步扩大和深化编撰完成了这本《现代环境毒理学》著作。本书在介绍环境毒理学基础理论和技术的同时，特别注重对其现代研究进展进行总结和论述。

本书从环境保护事业对环境毒理学的实际需要出发，以环境污染对健康危害的毒性作用为核心，构建环境毒理学学科新的知识体系，并特别注重以下四点。

一、全面性。本书共四篇三十七章，是一部大型环境毒理学著作，几乎涵盖本学科的各个方面。第一篇（第一章至第六章）介绍环境毒理学基础理论及其发展；第二篇（第七章至第十五章）全面论述环境毒理学的9个分支学科；第三篇（第十六章至第三十章）对16类重要环境污染因素的污染状况、毒性作用及其机制、预防和控制方法等进行详细论述；第四篇（第三十一章至第三十七章）对环境毒理学方法与应用进行了详细介绍。

二、前沿性。不论在环境毒理学概念、基础理论方面，还是在专业知识和研究方法方面，本书在保持重要经典理论和观点的同时，大量吸收现代最新研究成果，特别是现代环境分子毒理学方面的研究成果。此外，随着生态毒理学快速发展为一个独立的学科，本书根据环境毒理学与生态毒理学两学科在概念、内容、任务和范畴诸方面的差异，建立环境毒理学新的知识结构体系，对原《环境毒理学》中包含的生态毒理学章节不再保留，而代之以更多新的环境毒理学研究领域的增设。

三、创新性。在总结环境毒理学各领域研究进展的基础上，在对大气、水和土壤

环境毒理学重新修订的同时,新提出环境毒理学多个分支学科,其中详细论述了6个新的分支学科:工业环境毒理学、室内环境毒理学、纳米环境毒理学、食品环境毒理学、生物环境毒理学和现代环境分子毒理学。

此外,本书还第一次系统地对1850年工业革命以来环境毒理学研究的重大进展进行了考证,并以此考证为依据确定环境毒理学学科发展的历史进程,从而铸就环境毒理学史(见第二章),而不是像一些国外著作把环境污染灾难事件按年排列作为环境毒理学史。

四、实用性。特别强调理论与实践相结合,尤其在第四篇集中介绍环境毒理学实用方法与应用,对环境污染物质毒性的检测方法和对毒物毒性作用机理的研究方法进行了详细介绍,包括对实验室内各种试验技术和室外宏观调查(如环境流行病学调查)方法的描述。同时,对近年来广泛关注且急需推广的环境影响医学评价与环境污染健康影响评价方法、大气细颗粒物($PM_{2.5}$)毒性作用及其机理的研究方法、环境化学污染突发事件应急处理措施等进行了详细介绍。

本书可供从事环境保护、环境科学与工程、环境医学与毒理学、公共卫生与预防医学以及地方病学等方面的教学、科研、管理人员阅读参考,也可供这些专业作为研究生教材或参考书,还可供进行生命科学、农业科学、物理学、化学、地质地理学、宇宙科学、气象学等与健康科学交叉研究的人员学习参考。

近十几年来,一批学术背景为环境科学、生物学、化学、物理学等非医学类的工作者,经过对环境毒理学知识的自学、研究和实践,不论在科研上还是在管理上均取得了令人鼓舞的好成绩。他们的经历表明,不论你的专业背景如何,经过努力,你都可以成为一个有所创造、有所作为的环境毒理学家!

参加本书编著的作者大多为相关领域的著名教授,也有在教学、科研方面成绩突出的中青年博士、副教授。他们以认真、严谨的态度完成了各章的编著。在编著和出版过程中,还得到中国环境出版社副总经理沈建和朱丹琪的大力支持和指导。在此,特向出版社领导、各位作者和编审表示诚挚的感谢。

最后,诚恳地希望读者对本书中存在的不足甚至错误之处批评指正。

孟紫强

2014年3月25日

Modern Environmental Toxicology

Contents

PART ONE: BASIC SCIENCE

- Chapter 1 Introduction
- Chapter 2 The history of environmental toxicology
- Chapter 3 Environment and health
- Chapter 4 Biological absorption, transport and transformation of environmental chemicals
- Chapter 5 Toxicity of environmental chemicals and its influence factors
- Chapter 6 Genotoxicity, carcinogenicity, reproductive and developmental toxicity of environmental chemicals

PART TWO: SCIENCE BRANCHES

- Chapter 7 Atmospheric environmental toxicology
- Chapter 8 Water environmental toxicology
- Chapter 9 Soil environmental toxicology
- Chapter 10 Industrial environmental toxicology
- Chapter 11 Indoor environmental toxicology
- Chapter 12 Nano environmental toxicology
- Chapter 13 Food environmental toxicology
- Chapter 14 Biological environmental toxicology
- Chapter 15 Modern environmental molecular toxicology

PART THREE: ENVIRONMENTAL POLLUTANTS

- Chapter 16 Toxicity of atmospheric particulate matters
- Chapter 17 Toxicity of gaseous air pollutants
- Chapter 18 Metal Toxicity
- Chapter 19 Toxicity of trace elements
- Chapter 20 Toxicity of pesticides and fertilizers
- Chapter 21 Environmental chemical carcinogens
- Chapter 22 Persistent organic pollutants
- Chapter 23 Environmental endocrine disruptors
- Chapter 24 Toxicity of petroleum

- Chapter 25 Toxicity of organic solvents
- Chapter 26 Environmental ionizing radiation
- Chapter 27 Environmental electromagnetic radiation
- Chapter 28 Ambient light pollution
- Chapter 29 Environmental noise pollution
- Chapter 30 Environmental biological pollution

PART FOUR: METHODS AND APPLICATIONS

- Chapter 31 Evaluation of general (non-genetic) toxicities for environmental chemicals
- Chapter 32 Evaluation of genotoxicity, carcinogenicity and reproduction/developmental toxicity for environmental chemicals
- Chapter 33 Research methods in atmospheric particle toxicology
- Chapter 34 Practical methods and techniques in environmental epidemiology
- Chapter 35 Safety evaluation and risk assessment for environmental chemicals
- Chapter 36 Environmental impact medical evaluation and health impact assessment for environmental pollution
- Chapter 37 Abrupt environmental pollution accidents and their emergency treatment

Appendixes

1. Ambient air quality standards in China
2. Standards for drinking water quality in China
3. Indoor air quality standard in China
4. List of environmental hygienic standards in China
5. List of environmental quality standards and discharge standards of pollutants in China

Subject Index

目 录

第一篇 基本理论

第一章 绪论	3
一、环境毒理学概念与范畴	3
二、环境毒理学的研究对象、任务、内容及应用	4
三、环境毒理学的分支学科	7
四、环境毒理学研究的基本方法	8
第二章 环境毒理学史	12
第一节 古代和近代对环境毒物的研究史	13
一、古代对环境毒物的研究史	13
二、近代对环境毒物的研究史	14
第二节 环境毒理学史——现代对环境毒物的研究史	16
一、启蒙期（20 世纪初期至 1962 年）	16
二、诞生与形成期（1962—1968 年）	18
三、发展期（1969 年至今）	19
第三节 典型环境污染物研究史	24
一、二氧化硫毒理学研究史	24
二、大气颗粒物毒理学研究史	31
三、环境内分泌干扰物研究史	35
第四节 中国环境毒理学史	38
一、起步期	38
二、快速发展期	39
三、创新发展期	40
第五节 环境毒理学未来发展趋势和展望	42
一、加强环境污染物毒性作用与机制的研究	42
二、重视环境毒理学基础理论研究	42
三、开展新技术、新方法的研究和应用	43
四、加强环境毒理学的应用研究和实践	43
附录：生态毒理学简史	44

第三章 环境与健康	49
第一节 人类与环境的辩证关系	49
一、环境的概念	49
二、人类的环境分类	50
三、人类与环境的辩证统一关系	51
第二节 环境与健康的生态学说	52
一、生物圈、生态系统与生态平衡	52
二、食物链与毒物链	53
三、全球性环境恶化与健康	55
第三节 环境与健康的毒理学一般规律	58
一、环境-基因相互作用	59
二、健康效应谱	59
三、人群易感性及其影响因素	61
四、靶器官与敏感器官	64
五、剂量-效应(反应)关系	65
六、蓄积效应	65
七、机体的耐受性	66
八、免疫功能失调	67
第四节 环境天然因素对健康的影响与生物地球化学性疾病	67
一、环境物理因素与健康	67
二、环境化学因素与生物地球化学性疾病	68
三、环境生物因素与健康	68
第五节 环境污染对健康的影响与环境污染性疾病	71
一、环境污染对健康影响的特点	71
二、环境污染与公害病	72
三、环境污染的急性危害	72
四、环境污染的慢性危害与慢性疾病	74
五、环境污染物的致癌变、致突变作用	75
六、环境污染物对生殖发育的危害	75
七、环境污染物的间接危害	76
第六节 环境与健康关系的研究方法	76
一、环境流行病学基本研究内容与方法	76
二、环境毒理学常见研究内容与方法	79
三、环境毒理学与环境流行病学方法的联合应用	80
附录: 沙尘暴与健康	81
第四章 环境化学物的生物转运和转化	87
第一节 生物转运	87
一、生物膜的结构与功能	87

二、环境化学物通过生物膜的方式	88
三、吸收	90
四、分布与贮存	92
五、排泄	95
第二节 生物转化	97
一、生物转化的反应类型	98
二、影响生物转化的因素	110
第五章 环境化学物的毒性作用及其影响因素	115
第一节 毒性作用	115
一、基本概念	115
二、毒性作用的类型	121
三、环境化学物的联合毒性作用	123
第二节 毒性作用机理	125
一、环境化学物对靶分子结构和功能的作用	126
二、环境化学物对细胞结构和功能的作用	130
三、修复与修复障碍	133
第三节 影响毒性作用的因素	134
一、环境化学物的结构与性质	134
二、机体（宿主）状况	136
三、接触条件	138
四、环境因素	139
第六章 环境化学物的遗传毒性、致癌性和生殖发育毒性	141
第一节 环境化学物的遗传毒性	141
一、概述	141
二、遗传损伤的分类	141
三、遗传损伤的机制	145
四、突变的不良后果	148
第二节 环境化学物致癌作用	149
一、环境致癌与化学致癌	149
二、化学致癌的机制	150
三、环境化学致癌物的分类	153
第三节 环境化学物的生殖发育毒性	156
一、环境化学物的生殖毒性	156
二、环境化学物的发育毒性	158

第二篇 分支学科

第七章 大气环境毒理学	167
第一节 概述	167
一、大气环境毒理学概念	167
二、大气污染的来源与类型	168
三、一次污染物与二次污染物	168
四、影响大气污染物浓度的因素	169
五、大气环境毒理学研究的新趋势	172
第二节 大气污染对健康的影响	175
一、大气污染对健康影响的特征	175
二、大气污染对健康的直接危害	176
三、大气污染对健康的间接危害	183
第三节 大气污染与癌变、畸变和突变的关系	183
一、大气污染与肺癌的流行病学调查	183
二、工业发展与肺癌	185
三、大气污染物中的致癌物质	185
四、大气污染物致突变、致癌变试验	186
五、大气污染与畸变	187
第四节 大气环境污染的预防与控制	188
一、加强环境法制、完善环境标准	188
二、调整产业结构、加强环境监督	189
三、加强科技创新、进行综合治理	189
第八章 水环境毒理学	193
第一节 概述	193
一、水圈、水体及水体资源	193
二、我国水资源概况	193
三、水体污染的来源	194
四、水体污染物类型	196
五、水体富营养化	196
第二节 污染物在水体的迁移转化与生物富集	197
一、污染物进入水体的途径	197
二、污染物在水环境中的迁移转化	198
三、水体污染物的生物富集	198
第三节 水环境污染对人体和动植物的危害	199
一、对人体健康的危害	199
二、对水生生物的危害	201
三、对植物的危害	202

第四节 水中有害物质的毒性作用及其机理	203
一、藻毒素	203
二、氯化消毒副产物	208
三、氰化物	210
四、酚类化合物	211
五、氟	212
第五节 水体卫生防护	214
一、水体卫生的相关法规	214
二、水体卫生的相关标准	214
三、水体污染的调查和监测	215
四、水体污染的管理	216
第九章 土壤环境毒理学	218
第一节 土壤环境的一般性状	218
一、土壤的物理性状	218
二、土壤的化学性状	219
三、土壤的生物学性状	219
第二节 土壤的污染和自净	220
一、土壤背景值和土壤环境容量	220
二、土壤污染物的来源与类型	221
三、土壤污染的特点	222
四、土壤污染的自净	222
第三节 污染物在土壤中的环境行为	223
一、影响土壤中化学物质迁移转化的因素	223
二、土壤中重金属的环境行为	224
三、土壤中农药的环境行为	224
第四节 土壤污染的生物效应	225
一、土壤污染对人体健康的危害	225
二、土壤污染对其他生物的危害	228
第五节 土壤环境保护措施	231
一、土壤卫生标准	231
二、土壤环境质量标准	231
三、固体废物控制标准	232
四、污水灌溉防护措施	232
第十章 工业环境毒理学	234
第一节 概述	234
第二节 工业环境有毒污染物的种类及来源	235
一、按工业行业划分	235