

环境健康风险 评估与管理

Environmental Health Risk Assessment
and Management

主 编 [加拿大] 史蒂夫·卢迪 丁钢强
副主编 张薇萍 朱耀传 王晓峰 顾 华



 浙江人民出版社

环境健康风险 评估与管理

Environmental Health Risk Assessment
and Management

主 编 [加拿大] 史蒂夫·卢迪 丁钢强
副主编 张薇萍 朱耀传 王晓峰 顾 华

图书在版编目(CIP)数据

环境健康风险评估与管理/(加)卢迪,丁钢强主编.
—杭州:浙江人民出版社,2012.12(2013.9重印)

ISBN 978-7-213-05108-1

I. ①环… II. ①卢…②丁… III. ①环境影响—
健康—评估 IV. ①X503.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第213663号

书 名
作 者
出版发行

环境健康风险评估与管理

[加拿大]史蒂夫·卢迪 丁钢强 主编

浙江人民出版社

杭州市体育场路347号

市场部电话:(0571)85061682 85176516

责任编辑

叶 函

责任校对

朱志萍 朱晓阳

封面设计

罗信文

电脑制版

杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷

杭州丰源印刷有限公司

开 本

880×1230 毫米 1/32

印 张

11.875

字 数

29.2 万

版 次

2012年12月第1版

2013年9月第2次印刷

书 号

ISBN 978-7-213-05108-1

定 价

32.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与市场部联系调换。

编委会名单

主 编 [加拿大] 史蒂夫·卢迪 丁钢强

副 主 编 张薇萍 朱耀传 王晓峰 顾 华

翻译和编委 (以姓氏笔画为序)

马月兰 石家庄市疾病预防控制中心

王欣莹 浙江省疾病预防控制中心

朱心强 浙江大学公共卫生学院

李 贺 石家庄市疾病预防控制中心

李 娜 浙江省疾病预防控制中心

宋燕华 浙江省疾病预防控制中心

陈 苘 浙江省疾病预防控制中心

陈风格 石家庄市疾病预防控制中心

陈志健 浙江省疾病预防控制中心

莫 哲 浙江省疾病预防控制中心

徐玉英 浙江大学公共卫生学院

章 军 浙江大学公共卫生学院

鹿 伟 浙江省疾病预防控制中心

傅剑云 浙江省疾病预防控制中心

蔡 剑 浙江省疾病预防控制中心

蔡德雷 浙江省疾病预防控制中心



本书依据加拿大艾伯塔大学教授、加拿大皇家科学院院士史蒂夫·卢迪先生的教学材料翻译编撰而成。

The book is translated and compiled from Mr. Steve Hrudehy's teaching materials, who is University of Alberta Professor and Fellow of the Royal Society of Canada.

序 一

随着全球经济的持续发展,环境污染问题日益严重,环境污染对人体健康可能产生的危害已成为全球广大民众和各国政府高度关注的焦点,成为当前重要的公共卫生问题。全世界每年有数千种新化学物以家用产品、药物、农药、食品添加剂、工业产品等形式进入消费者市场和人类的生存环境。相当数量的新旧化学物并没有进行必要的、有效的、综合的科学安全评估和人群健康风险评估。

环境健康风险评估是一种基于科学原理的方法,是在特定环境条件下去预测食品和环境污染物,包括化学、生物、物理因素对人体健康产生有害影响的可能性及其程度大小。环境保护标准和政策制定及科学规范化管理的依据是基于食品安全及人群健康风险评估的结果。如今,各国政府监管体系已从危机应对和污染后的治理转变到以监测、评估、预警为基础的风险预防和科学安全管理的模式,以便更有效地保护公众健康。因此,这种科学风险评估方法愈来愈受到许多国际卫生机构、政府环保机构和有关国际性组织的重视。

为了保护人民健康免受环境污染的威胁,世界各国政府制订了本国环境与健康的行动计划、判断标准,环境污染物对人体健康损害的追踪方法及技术规范,并从风险管理的角度对食品安全和环境污染进行调控。环境健康风险评估是中国当前公共卫生和环

环境保护工作中的一个新兴领域,它的诞生反映了食品安全、环境保护、保护公众健康的迫切需求。政府急需加强系统的人群健康风险监测体系建设和安全标准与政策的制定,对工业项目审批,企业生产、经营、使用中亟待解决的问题实行科学的风险评估和管理。

目前,国内缺乏环境健康风险评估与风险管理的相应教材,培训资源比较少,浙江省疾控中心在 2011 年与加拿大艾伯塔毒理中心签订了健康风险评估培训合作备忘录。通过大家一年多时间的共同努力合作,在翻译整理加拿大艾伯塔省人类健康风险评估资料的基础上终于编撰成此书。该书详细阐述了健康风险的基本概念,并系统介绍了由危害识别、暴露评估、剂量—反应评估、风险特征分析等四个方面组成的风险评估的方法和技术,还提供了加拿大在风险评估方面的成功案例,这些宝贵的经验为今后开展环境健康风险评估和管理培训奠定了良好的基础。相信此书对各级疾病预防控制机构及相关领域的专业人员和管理人员会有所帮助。

浙江省卫生厅厅长



序 二

本书介绍了基于过去 40 年发展所形成的现代健康风险评估和管理框架,简明而全面地阐述了其理念、方法和整体思路,这些理论在健康风险评估和管理领域已得到了充分的认可,如今已在全世界范围内用于解决环境健康风险评估和管理的需要。本书能使读者更好地了解 and 掌握环境危害、暴露和相关健康风险的性质,进而制定和采取有效的风险管理措施。

本书章节安排井然有序。首先以全面的风险观念从不同角度阐述健康的定义,尤其是健康风险。其次从监管角度全面阐述了一个正规的健康风险评估和风险管理过程,并以实例的形式运用定量和其他方法进行了详细描述。

本书作者整合了健康风险评估和管理领域 70 年卓越的学术理论和丰富的实践经验。

Steve E. Hrudey 博士已从事 40 年的环境风险管理实践研究,他曾经是许多高层次专家小组的成员,包括 Walkerton 调查研究咨询小组、美国陆军工程师关于华盛顿特区饮用水水质风险的专家咨询组、加拿大油砂行业对环境与公众健康影响评估的加拿大皇家学会专家组,等等。

Hrudey 博士是国际水协会成员、风险分析学会会员,加拿大皇家学会科学研究院研究员。他拥有丰硕的研究成果,发表了 160 篇文章,出版了 9 本书籍,参与撰写了 26 本书和 21 份专家小组报

告,以及其他 100 多个环境健康科学领域的出版物。

张薇萍博士是一位科学家,也是自 1996 年以来研究人类健康风险评估的专家,具有丰富的健康风险评估的知识和实践经验,尤其在生物标志物研究领域。她撰写过 24 个政府报告,阐明了加拿大艾伯塔省各种环境健康问题,作为共同作者参与撰写的 5 本书均作为人类健康风险评估和风险管理的教材,有 23 篇文章发表在同行评审的科学期刊以及关于环境健康保护的出版物上。

本书将当前健康风险评估的知识和实践整理成册,目的是为公共卫生专业人员,以及毒理学、流行病学领域,尤其是那些涉及新兴领域的健康风险评估和风险管理工作科学家提供翔实的资料和方法。

高级科学顾问 史蒂芬·盖伯斯
加拿大艾伯塔省卫生部直属部长办公室

This book introduces the modern health risk assessment and management framework based on concepts that have evolved over the past 40 years. It presents in a concise yet comprehensive way the ideas, methods and general thinking in these fields that have been well recognized and are now being used around the world to address environmental health risk assessment and management needs. The book represents an attempt to foster better understanding of the nature of environmental hazards, exposure and associated health risks and to apply that understanding to develop and implement effective risk management measures.

The flow of chapters follows a clear and logical thought

sequence. The broad definition of health is presented from various perspectives followed by a comprehensive notion of risk, particularly health risk. An overview of the formal health risk assessment and risk management process is described from a regulatory perspective. Quantitative and other approaches are described in detail including applications and examples.

The authors represent a combined 70 years of both academic excellence and a wealth of practical experience in the field of health risk assessment and management.

Dr. Steve E. Hrudehy has been engaged in research and environmental risk management practice for 40 years. He has served on many high profile expert panels including the Research Advisory Panel to the Walkerton Inquiry, an expert panel advising the U. S. Army Corps of Engineers regarding drinking water quality risks for Washington, D. C. , the Royal Society of Canada Expert Panel on environmental and public health impacts of Canada's oil sands industry to mention a few. Dr. Hrudehy is a Fellow of the International Water Association, Fellow of the Society for Risk Analysis, a Fellow of the Academy of Sciences of the Royal Society of Canada. His impressive record includes 160 refereed journal articles, 9 books, 26 book chapters, 21 expert panel reports, and over 100 other publications in the environmental health sciences.

Dr. Weiping Zhang is a scientist and human health risk assessment specialist since 1996, with extensive practical knowledge and hands on experience in health risk assessment from a regulatory perspective, and research particularly in the area of biomarkers. Her work comprises 24 government reports addressing

various environmental health issues in Alberta, Canada. She co-authored five books or book chapters and developed teaching materials in human health risk assessment and risk management. She published 23 articles in peer reviewed scientific journals and various other publications in environmental health protection.

This book is intended to inform public health professionals, scientists working in the area of toxicology, epidemiology, and particularly those involved in the emerging field of health risk assessment and risk management. It represents an attempt to synthesize and assemble in one volume the current knowledge and practice of health risk assessment.

Stephan Gabos
Senior Science Advisor
Office of the Chief Medical Officer of Health
Edmonton, Alberta, Canada



目 录

CONTENTS

第一章 基本概念	1
第一节 健康的概念	2
一、健康的定义	2
二、生物医学模式	2
三、生活质量模型	5
四、国际残损、残疾和残障分类模型	6
五、健康平衡模型	6
六、生物轨迹概念	9
七、小结	10
第二节 风险	11
一、风险的一般概念	11
二、风险的科学定义	13
三、风险的广义定义	21
四、风险分级或风险类型	25
五、风险学习方法	26
第三节 健康风险	26
一、个体健康风险	27
二、人群(社会)健康风险	31

三、健康风险的功能分型	35
四、环境污染导致的健康风险类型	40

第二章 危害识别 76

第一节 流行病学方法 76

一、统计学测量方法 76

二、流行病学中的研究设计 79

三、环境暴露测量 86

四、健康结局测量 89

五、内部有效性评价 92

六、解释：统计推断与判断 95

第二节 毒理学方法 99

一、引言 99

二、获得剂量的方法 101

三、动物毒性试验(体内试验) 105

四、遗传毒性试验(体外试验) 112

五、毒物动力学研究 114

六、构效关系(QSAR) 115

第三节 环境危害的分类 116

一、环境危害分类的数据要求 116

二、危害的特定形式 120

第四节 生物利用度 130

一、生物利用度的概念 130

二、健康风险评估中的生物利用度 135

三、小结 140

第五节 吸收机理	141
一、呼吸系统的吸收机理	142
二、胃肠道系统的吸收机理	157
三、皮肤的吸收机理	164
四、小结	169
 第三章 暴露评估	171
第一节 暴露评估的基本原则	171
一、环境	171
二、环境污染物的特征	175
三、环境的转运和转化	182
四、暴露	186
五、易感人群(第一章第三节)	186
第二节 暴露评估的方法	186
一、基本方法	186
二、暴露评估的建模类型	189
第三节 暴露评估的应用	192
一、暴露评估策略	192
二、暴露评估的数据要求	194
 第四章 剂量—反应评估	197
第一节 总则	197
一、毒物代谢动力学原理	197
二、毒作用的机制(毒物效应动力学)	214
三、剂量—反应关系	218

四、剂量的外推	223
第二节 方法	228
一、直接测量方法	228
二、剂量反应建模	229
三、外推法	238
四、慢性蓄积毒性方法	251
五、跨种属外推方法	252
 第五章 风险特征分析	254
第一节 风险评估	254
一、风险定量评估	255
二、风险定性评估	259
第二节 不确定性和变异性的评估	260
一、分类法	260
二、定量不确定性分析	271
三、风险评估简介	285
 第六章 人群健康风险评估案例分析	287
第一节 1996 年加拿大艾伯塔州天鹅山废弃物处理 中心泄漏事件	287
第二节 第一步：危害识别	288
一、问题 1：化学物质识别	288
二、问题 2：污染物的化学性质	288
三、问题 3：污染物的危害性	290
第三节 第二步：剂量—反应评估	291

一、问题 1：危害描述	292
二、问题 2：污染物的参考值	297
三、问题 3：参考值的假设	299
四、问题 4：对当地人群的假设	303
第四节 第三步：暴露评估	304
一、问题 1：人群的接触途径	304
二、问题 2、问题 3：人群的污染物暴露情况估计、 与推荐值的比较	306
第五节 第四步：风险特征分析	310
一、问题 1：暴露比	310
二、问题 2：解释	313
附 录	315
参考文献	334

第一章

基 本 概 念

在过去的几十年里,人群健康风险评估和风险管理理念随着社会活动逐渐产生并发展,许多国家包括中国已逐步进入“风险社会”。只有充分理解健康和健康风险的概念,才能理解人群健康风险评估和风险管理流程所要达到的目标及其方法上的优势和缺陷,而不只局限于技术上的细节。

现实、扎实和全面地理解人群健康和健康风险概念,有助于理解并达到人群健康风险评估和风险管理科学的目标而促其发展。长久以来,人们形成狭隘、固定的人体健康观点,认为健康的危害是由于某个特定因素直接作用的结果。很多例子都清楚地显示,虽然有多种因素会影响人体健康,却总有一个主导因素会损害人体健康,比如严重感染、外伤或者是药物使用过度。这种健康风险评估和风险管理方法流程虽不完善但实用、简单。

环境—人群健康风险评估和风险管理科学所涉及的人体健康问题 and 原因非常不明显。尽管有一些由单一因素引起的案例,在大多数案例中引起健康损害的原因很复杂,较难用一个决定性的主导因素来解释。打个比方,一个社会拥有强大而有效的警力来保障社会的长治久安,但是仅仅雇用更多的警察或者给他们提供威力更强的武器是不可能完全消灭罪犯的,因为引起社会犯罪的原因是很复杂的,不是一种单一性反应或者一条预防性的措施就能够解决所有的问题。当然人们试图去探究这些原因,期望找出