

区域 环境 风险分析和管理

REGIONAL
ENVIRONMENTAL RISK
ANALYSIS AND MANAGEMENT

毕 军 杨 洁 李其亮 著

本书受江苏省自然科学基金重点项目BK2003207和
国家自然科学基金项目40471057联合资助

中国环境科学出版社

区域 环境 风险分析和管理

（第二版）

王德林 王德成 王德成

——

环境

科学出版社

本书受江苏省自然科学基金重点项目 BK2003207 和
国家自然科学基金项目 40471057 联合资助

区域环境风险分析和管理

毕 军 杨 洁 李其亮 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

区域环境风险分析和管理/毕军, 杨洁, 李其亮著.

北京: 中国环境科学出版社, 2006.12

ISBN 7-80209-335-X

I. 区… II. ①毕… ②杨… ③李… III. ①区域
环境—风险分析②区域环境—风险管理 IV. X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 120250 号

责任编辑 丁 枚 连 斌

责任校对 尹 芳

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 12 月第一版
印 次 2006 年 12 月第一次印刷
印 数 1—3000
开 本 787×960 1/16
印 张 16.5
字 数 250 千字
定 价 29.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

此书谨献给我们的家人和热爱环保事业的人

序

在我国社会经济快速发展过程中，环境污染已经成为重大制约因素和瓶颈。在已有环境问题没有得到有效解决的同时，多种类型的重大环境污染事件不断发生，对生态环境、人民健康和社会发展产生重要影响。落实科学发展观，做好新形势下的环保工作，必须解决环境风险问题，切实保障人民群众生命健康和生态环境的安全。

区域环境风险是中观尺度上研究和管理的对象，其研究建立在单一环境风险事件分析的基础上，通过对单一环境风险事件的综合分析，评估区域环境风险的范围、规模和强度，为制定区域发展中的环境风险管理方案提供技术支持。同时便于区域之间和区域内部的环境风险比较，有助于决策者发现区域环境风险管理的优先问题，合理分配有限资源。此外，区域环境风险管理的实践可为国家宏观风险管理政策的制订提供有益的借鉴。但是，我国区域环境风险问题研究尚处于起步和发展阶段，没有形成统一、完善的理论体系，基本概念、原则和影响的判别标准还比较模糊，缺乏系统、有效的指导具体工作的技术规范，与我国快速和大规模的区域开发活动极不适应，难以满足具有复杂多样及不确定性特征的区域环境风险管理的实际需求。

本书作者是我国早期开展区域环境风险研究的主要学者之一，随着研究的深入，作者对环境风险分析和管理的理解视角不断开阔，对该领域国际研究的动向也有较好的把握。本书系统总结了国内外目前区域环境风险的研究进展，阐述了区域环境风险分析与管理的理论和方法体系，在探讨区域环境风险理论的基础上，注重研究与实践的结合，把理论和方法进一步应用到流域、城市、工业园区三个不同层次的实践中，推动环境与发展综合决策机制的建立，更好地使可持续发展战略贯彻落实到区域开发活动中。本书对环境风险发生的全过程进行了系统分析，特别重视对风险发生机理的阐述，力求归纳出共性的发生过程，提出了一

系列的概念模型。将“区域风险最小化”作为环境风险管理的目标，提出了“优先管理”和“全过程管理”两个基本策略，强调了风险管理节点识别的重要性等。这些研究弥补了我国区域环境风险研究的不足。

本书的出版将推动我国区域环境风险分析与管理的研究，为行业及区域环境风险分析和优化管理提供有益的指导，是政府管理人员、研究人员、研究生等重要的参考书。

曲久辉

2006年12月

前 言

环境风险是指由自然原因或人类活动引起的,通过降低环境质量,从而能对人类健康、自然生态产生损害的事件,可以用其发生的概率及其后果来表示。在现代工业高速发展的同时,环境风险对人类的威胁也越来越大,例如 20 世纪 70 年代发生的印度博帕尔的毒气泄漏事件与 80 年代的前苏联切尔诺贝利核电站事故都是震惊世界的重大环境风险事故。在国内,随着国民经济的迅速发展,环境风险事故的发生也越来越频繁。从 2004 年 4 月 12 日到 4 月 22 日,全国就连续发生 10 起涉及危险化学品的环境安全事故:重庆化工厂的氯气泄漏事件造成 15 万人大转移,多人死伤;四川大型化肥厂违规技改造成沱江水污染,直接经济损失超过 1 亿元,生态环境更遭到灾难性破坏,当时成为近年来全国范围内最大的一起水污染事故。2005 年 11 月发生的吉化松花江环境污染事故更是带来了巨大的经济损失……可见,环境风险问题已成为我国可持续发展过程中急需解决的一个重要问题。

随着我国工业化程度的加深和规模的扩大,以及行业关联程度的提高,区域尺度上的产业发展已经成为我国新的经济增长点,如长江流域的开发、西部大开发等。与此同时,全球经济一体化也加速了区域性发展的进程。发达国家劳动力成本的不断提高,高科技产业的快速发展以及环境保护的持续压力,为谋取更高的经济利益,避免连带的环境责任,越来越多的传统产业(如化工、冶金等)和新兴产业转移到发展中国家,在这样的国际背景下,我国形成了新一轮的区域性开发。

区域开发建设具有规模大、强度高、范围广、不确定因素多、管理层次多、实施了污染物集中控制和治理等特点,其存在的风险因素对环境的影响要比单独的建设项目复杂得多:从整体看,区域与其周边地区存在着相互影响;从区域内部看,各单一环境风险事件复合作用下对环境产生种种影响,即使个别环境因素

的危险性相对较小,但由于一个区域内各种危险因子并存且相互影响而大大增加诱发新的环境事故的可能性。区域环境风险分析与管理涉及的因素多、评价范围广、分析评价内容复杂,因此,必须用区域系统协调发展的思想来进行统一管理。针对这些特征,单要素、单工程项目的环境风险评价不能全面识别区域开发的环境风险,也就不可能采取合理及时的对策,因而也难以保证区域环境质量目标的实现和区域生态环境安全。只有建立区域环境风险分析与管理理论体系,对区域的开发建设进行系统的综合的研究和评价,才有可能实现区域效益最大化的目标,所以客观上需要区域开发环境风险分析与管理的理论和方法在实践中不断地发展和完善。

目前,我国区域环境风险理论尚处于研究和发展阶段,没有形成统一、完善的理论体系,有些概念、原则和影响的判别标准还比较模糊,缺乏系统、有效的指导具体工作的技术规范,与我国快速的区域开发活动极不适应,难以满足具有复杂多样性及不确定性特征的区域环境风险分析与管理的实际要求。为此,本书作者根据在区域环境风险领域多年的研究与实践,提出区域环境风险分析与管理的理论和方法,并把这些理论和方法应用到实践中。

本书按理论与实践分为两篇。第1篇“区域环境风险总论”是理论篇。本篇提出了区域环境风险的基本概念、研究进展以及区域环境风险分析与管理的理论体系,包括三章:第1章“概述”、第2章“区域环境风险分析”、第3章“区域环境风险管理”。第2篇“实用案例”是应用篇,是区域环境风险分析与管理理论在流域、城市、工业园区三个不同区域层次上的应用,包括三章:第4章“长江(江苏段)环境风险分析与管理”、第5章“沈阳市有害废物风险分析与管理”、第6章“中国某化工园区环境风险分析与管理”。

本书的研究成果是作者十多年来研究的一个总结,包括我的博士学位论文和

我的两名研究生的工作。令人欣慰的是,在这本书完成之际,我们看到各方面对环境风险更加关注。但是,鉴于区域环境风险是一门新兴的学科,正在蓬勃发展之中,对其理论与实践的研究在不断深入之中,加之时间较短及作者的水平所限,难免有疏漏或错误之处,请读者不吝更正,以便再版修正。

目前,区域环境风险理论的发展方兴未艾,各种新的理论、方法在不断探索发展之中。本书作为抛砖引玉之作,可作为各区域环境风险分析与管理的基础与参考,愿本书成为有关专业院校师生、相关领域的工作者的益友良师和推动我国区域环境风险分析与管理更快发展的动力,也希望本书能为我国“区域环境风险”这一新兴学科的形成与发展作出应有的贡献。

特别感谢我的导师王华东先生对我研究之路的引导,尽管他未能看到本书的出版,但是他的许多开创性工作和学术思想让我终生受益。感谢我的导师章申院士对我的指点,他在生物地球化学领域的造诣和全过程系统分析思想对我的研究影响颇深。感谢我的导师 Peter P. Rogers 教授对我研究的支持和鼓励。

本书是受江苏省自然科学基金 BK2003207 项目资助和国家自然科学基金 40471057 项目资助完成。课题组其他人员为本研究的完成提供了许多有益的建议,特别感谢江苏省环境科学研究院的吴海锁博士、王华博士。同时,在本书的完成过程中得到了沈阳市环境保护局、河海大学、泰兴市环境保护局、中国精细化工(泰兴)开发园区相关人员的支持和帮助,为本研究工作提供了便利条件,在此一并表示感谢。

毕 军

2006 年 4 月于南京

目 录

第一篇 区域环境风险总论

第1章 概述	2
1.1 区域环境风险基本概念	2
1.1.1 风险	2
1.1.2 环境风险	2
1.1.3 区域环境风险	3
1.2 环境风险研究发展历程	3
1.3 环境风险主要研究领域	6
1.3.1 有毒有害物质环境风险评价	6
1.3.2 建设项目环境风险评价	8
1.3.3 区域环境风险分析	11
1.3.4 环境风险管理	14
1.4 环境风险研究发展趋势	21
第2章 区域环境风险分析	22
2.1 区域环境风险分析理论框架	22
2.2 区域环境风险系统概念模型	22
2.2.1 环境风险系统及基本特征	22
2.2.2 环境风险的发生过程及概念模型	30
2.3 区域环境风险场分析	52
2.3.1 环境风险场的定义	52
2.3.2 环境风险场的区域性	54
2.3.3 环境风险场的变化规律	57
2.3.4 环境风险责任者及风险承受者	79
2.4 区域环境风险评价	83
2.4.1 区域环境风险区划	83
2.4.2 区域重点环境风险源筛选	88
2.4.3 工业园区环境风险管理水平评价	91

第3章 区域环境风险管理	96
3.1 区域环境风险管理目标与理论框架	96
3.2 区域环境风险管理策略	96
3.2.1 全过程管理策略	96
3.2.2 优先管理策略	107
3.2.3 风险责任转移	108
3.2.4 影响风险管理策略制定的因素	115
3.3 区域环境风险调控理论	117
3.3.1 环境风险比较分析理论	117
3.3.2 环境风险控制水平优化模型	131
3.4 区域环境风险管理辅助系统	137
3.4.1 概述	137
3.4.2 风险管理过程中的政策手段	138
3.4.3 区域环境风险预警应急体系	140
3.4.4 区域环境风险交流	149
3.4.5 环境风险系统信息档案	153

第二篇 实用案例

第4章 长江(江苏段)环境风险分析与管理	156
4.1 长江(江苏段)沿江开发发展现状及存在的问题	156
4.1.1 长江(江苏段)沿江开发带社会发展现状	156
4.1.2 长江(江苏段)沿江开发带经济发展现状	157
4.1.3 长江(江苏段)沿江开发带主要生态环境问题	159
4.2 长江(江苏段)沿江环境风险区划	162
4.2.1 指标体系	163
4.2.2 指标解释	164
4.2.3 评价方法	165
4.2.4 权重值的确定	166
4.2.5 评价结果	169
4.3 长江(江苏段)沿江开发环境风险监控预警系统	169
4.3.1 系统的目标与要求	169
4.3.2 系统的框架设计	170
4.3.3 系统的关键技术	173

第 5 章 沈阳市有害废物风险分析与管理	176
5.1 沈阳市自然、社会、经济概况	176
5.1.1 自然环境概况	176
5.1.2 社会经济概况	176
5.1.3 自然灾害概况	176
5.2 沈阳市 1964—1993 年环境风险格局分析	177
5.2.1 资料来源及处理方法	177
5.2.2 环境风险事件的时间格局	178
5.2.3 环境风险事件的空间格局	180
5.2.4 风险企业及风险行业的分析	184
5.2.5 环境风险事件发生的机制分析	186
5.3 沈阳市有害废物风险分析	189
5.3.1 有害废物贮存风险分析	190
5.3.2 有害废物运输风险分析	195
第 6 章 中国某化工园区环境风险分析与管理	208
6.1 中国某化工园区基本情况	208
6.2 重点环境风险源评价与排序	208
6.2.1 指标体系	208
6.2.2 指标解释	209
6.2.3 评价方法	211
6.2.4 评价结果	212
6.3 环境风险管理水平评价	215
6.4 风险控制方案设计	216
6.5 风险控制方案优选	217
6.5.1 风险实际期望损失估算	217
6.5.2 风险控制费用估算	218
6.5.3 人群风险感知水平调查与分析	219
6.5.4 风险控制方案的优选	232
展 望	235
参考文献	237

第一篇

区域环境风险总论

第 1 章

概述

1.1 区域环境风险基本概念

1.1.1 风险

有关风险的定义有很多种,“风险”一词在字典中的定义是:“危险,遭受损失、伤害、不利或毁灭的可能性”(王同亿,1992)。在《辞海》中的定义是:“人们在建设和日常生活中遭遇能导致人体伤亡、财产受损及其他经济损失的自然灾害、意外事故和其他不测事件的可能性”(《辞海》,1999)。有的作者定义风险为:“用事故可能性与损失或损伤的幅度来表达的经济损失与人员伤害的度量”;也有定义风险为“不确定危害的度量”(胡二邦,1999)。美国学者小阿瑟·威廉姆斯和理查德·M·汉斯将风险定义为“在给定条件下和特定时间内,那些可能发生的结果间的差异”(小阿瑟·威廉姆斯、理查德·M·汉斯,1999)。还有人将其定义为“一种灾害,是区域环境中某一程度危害及其发生的可能性”(王子平,1992),“未来损失的不确定性”(Frederick G. Crane, 1980),或者风险是“在特定客观情况下,在特定时间内,某一事件其预期结果与实际结果间的变动程度”(The PMI Standards Committee, 1994),等等。按照强调的角度不同,风险的定义基本上可分为两类:第一类定义强调风险的不确定性,第二类定义则强调风险损失的不确定性。从时间上看,第二类风险定义出现得更早一些,这也说明对于“风险”这个概念认识的不断扩展。

1.1.2 环境风险

在环境风险研究过程中,环境风险的概念有多种表述,如“通过环境介质传播的、由自发的自然原因或人类行动引起的一类有不良后果事件的发生概率”(陈立新,1993),或“一定区域中,具有不确定性的事故或灾害对人类的行为可能产生的作用,这种作用对人类社会可能造成损失”(李彬,1993)。也有表述为“在一定区域或环境单元内,由人为活动和自然等原因引起的‘意外’事故对人类、

社会与生态等造成的影响以及所造成的损失等”(郭永龙、刘红涛、蔡志杰, 2002);“由于自然或人为活动引发的, 超过社会最大可接受程度的, 危害人体健康、自然环境及社会财富的不确定性事件。环境风险是一种表现为物质、能量形式的正熵流”(毕军等, 1992);“环境风险是由自发的自然原因和人类活动(对自然或社会)引起的, 通过环境介质传播能对人类社会及自然环境产生破坏、损害乃至毁灭性作用等不良后果发生的概率及其后果”(赵晓莉, 2003)。也就是说, 环境风险是指环境受到危害的期望值。如果以人类的利益来看的话, 环境风险就是指由于环境的破坏致使人类利益损失的期望值。其中, 人类的利益包括人类的生命安全、生活环境、经济利益、社会利益等。

本书把环境风险定义为由自然原因或人类活动引起的, 通过降低环境质量, 从而能对人类健康、自然生态产生损害的事件, 可以用其发生的概率及其后果来表示。可用下式表示环境风险:

环境风险=人类利益损失的期望值= $\sum$ (风险导致损失的大小 $\times$ 发生风险的概率)

环境风险的概念基本上包括了两个方面的内容。其一是不利环境事件发生的可能性(概率); 其二是该事件发生后的后果。这也是目前对环境风险比较一致的看法。

环境风险又可分为自然环境风险和人为环境风险。前者指自然界发生的地震、火山、海啸、风暴等事件引起人的伤亡和财产的损失; 后者指由于工业的发展产生的污染等造成的风险。本书所说的环境风险主要是指人为的环境风险, 即由于人为活动引发的, 或者由于自然原因引发的人为活动中使用的技术设施的故障导致的, 通过环境介质传播的危害人体健康、自然环境质量的突发性的不确定性事件。

1.1.3 区域环境风险

考虑到大多数的环境风险在其发生的全过程中都表现出鲜明的区域特征, 本书的研究对象是区域开发过程中的环境风险, 是指区域开发活动中, 在“自然—社会—经济”复合系统中, 由于人为活动引发, 或者由于自然原因引发的人为活动中使用的技术设施的故障在区域空间尺度上导致的可能会对人体健康、自然环境质量产生危害的突发性的不确定性事件。

1.2 环境风险研究发展历程

风险(Risk)是一个古老的概念, 风险意识已融入人类社会的历史之中。早

在公元初,埃及的约瑟夫王就要求臣民储备七年的粮食以防备灾荒。在博弈、商业经营中,风险已成为最常用的词语。今天,人类正在寻求持续发展之路,环境风险几乎成了环境问题的代名词。美国国家环境保护局(1990)在《减轻风险:环境保护重点和战略的确定》一文中曾经指出:“无论是环境风险的概念,还是与之有关的术语和分析方法,都有助于人们在讨论不同的环境问题时具有共同的语言,使人们在衡量、对比各种环境问题时使用共同的概念和表述方法,在共同的基础上对减轻风险的各种方案进行评价,更好地管理日益恶化的环境,从而达到环境与经济持续发展的目标。”因此,环境风险研究是当代环境科学研究的重要内容之一。

环境风险研究起源于对自然灾害的认识、评估及防治。20世纪三四十年代,人类开始对自然灾害进行系统的研究。1967年,Glibert 等人的一项合作研究工作标志自然灾害的研究已从单纯的地学领域向多个学科延伸(Keith Smith, 1992)。进入70年代以来,由于气候变化等原因,极端自然事件更为突出,造成了极大的损失(如萨赫勒地区的严重干旱),此方面的研究有了较大的进展。自然地理学家接受了古生物学家提出的新灾变主义概念,对自然灾害的研究大为关注,并在长期的研究过程中,逐渐认识到地理研究必须与人类社会的发展联系在一起,而自然灾害正是自然环境过程与人类社会相互作用的产物,人类不合理利用自然资源带来的灾变现象就成了地理研究的主要着眼点(G. F. White, 1974, 1975; I. Burton, 1978)。80年代以后,自然灾害研究的重点转向自然灾害与经济发展之间的关系。1984年,美国科学院院长 Dr. Frank Press 首先提出了自然减灾的设想。1989年,联合国确立了“国际减灾十年”(IDNDR)计划。与此同时,综合研究灾害的理论和方法也应运而生,对区域乃至全球水平上的自然及人为灾害研究已成为科学领域的重要课题,灾害研究也成为广义环境风险研究的内容之一。

随着科学技术的不断发展,技术风险层出不穷。20世纪50年代开始,由于核电站事故的潜在危害以及人类对核风险的恐惧心理,西方国家开始对核安全加以研究。50年代后期,美国核能管理委员会(NRC)发表了著名的报告“大型核电站中重大事故的理论可能性及其后果”。时至60年代初期,科技文献中已有风险分析的文章出现。1973年,NRC首次提出了环境风险的概念,标志着环境风险评价的正式开端。1975年,NRC又完成了“核电站系统安全研究的核电厂概率风险评价指南”(WASH-1400报告),并在其中发展和建立了著名的概率风险评价方法(USNRC, 1975),其后世界银行的环境和科学部很快颁布了关于《控制影响厂外人员和环境的重大危害事故》的导则和指南(World Bank, 1985)。