

多尺度突发 环境污染事故风险区划

曾维华 宋永会 姚 新 程红光 刘仁志 石巍方 薛鹏丽 等◎著

Multi-Scale Environmental Pollution
Emergency Risk Zoning



科学出版社

多尺度突发 环境污染事故风险区划

曾维华 宋永会 姚 新 程红光 刘仁志 石巍方 薛鹏丽 等◎著

Multi-Scale Environmental Pollution
Emergency Risk Zoning

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书在环境风险区划综述基础上,以环境风险系统理论为主线,剖析突发环境污染事故的成因,发生过程及其各要素之间的特征与相互联系;借鉴地理区划的研究方法,构建了突发环境污染事故风险区划的理论与方法体系,以及环境风险系统中各子系统的相应量化模型;在此基础上,采用k-均值聚类数据挖掘技术与环境风险综合评价等方法,在不同尺度上开展了区域环境风险分区示范研究;搭建了典型示范区环境风险分区信息系统与基于环境风险分区的布局优化调整决策支持系统。本书是国家“863”计划重大专项“重大环境污染事件风险源识别与监控技术”的研究成果之一,从空间分区角度贯彻了区域环境风险差异性管理思想,对丰富和发展环境风险管理理论与方法,指导具体区域环境风险管理,具有一定理论意义与实际应用价值。

本书可作为从事重大环境污染事故风险评价与管理工作以及不同尺度区域环境风险分区工作指南,可供相关学科领域学者、研究人员与工程技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

多尺度突发环境污染事故风险区划 / 曾维华等著. —北京: 科学出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-03-037999-3

I. ①多… II. ①曾… III. ①环境污染事故—研究 IV. ①X507

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136189 号

责任编辑: 李 敏 刘 超 / 责任校对: 朱光兰

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 7 月第一次印刷 印张: 18 插页: 2

字数: 300 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



序

工业革命以来，人类社会文明有了高度的发展，近一二百年所创造的财富远远超过了此前人类社会漫长发展中所创造的财富的总和。人类正津津乐道地享受现代高度发达的工业文明所带来的诸多愉悦之时，一些问题也随之而来，笼罩在人类赖以生存的蓝色星球上。2004 年印度洋海啸，2005 年中国吉林化工爆炸及松花江水污染事件等，都向世人展示了这些风险事件的巨大威力和带给人类的创伤。正如乌尔里希·贝克所指出的那样，人类正生活在一个风险的社会里。

风险一直是伴随着人类社会的发展而出现的，它无处不在，无时不在。自然界神秘力量的破坏力依然是人们所难以想象的。火山喷发、地震、洪灾等这些自然灾害古已有之，但为什么如今社会对风险如此关注而又充满着畏惧呢。关键在于人类现今社会的发展给风险注入了新的力量，加剧了自人类历史以来一直存在的风险。人类开发活动造成的生态环境的急剧恶化与破坏，使洪灾、山体滑坡、泥石流等灾害变得频繁而严重。人们常常不断地听到这类灾害的消息。同时，当今社会的发展也带来了新的风险类型。如伦敦烟雾事件，日本“水俣病”事件等，其所带来的巨大危害绝不亚于大规模自然灾害。而其所带来的后遗症则是任何一次自然灾害都无法比拟的。

风险不可能消灭，只能减缓，人类社会今后的发展也必须直面各种风险。面对人类社会化学工业生产中所带来的巨大风险，人们需要有勇气和智慧面对并处理。既然不可能抛弃工业文明，那只能与工业风险并存，将工业文明所带来的风险降至最低，即风险最小化。

中国社会的发展已经进入了环境污染事件频发期，各种环境污染事件层出不穷，已成为危害人类健康、破坏生态环境的重要因素，严重威胁了我国环境、经济及社会的健康发展。如何有效地预防环境污染事件，降低环境风险，减少对人群和环境的危害，是我国现今发展中所面临的重大课题。

本书作者针对我国环境风险控制与管理中存在的问题，申请并完成了国家“863”计划项目重大课题“重大环境污染事件风险源识别与监控技术”。在系统归纳总结环境风险理论以及对国内外重大环境污染事件的发生过程进行剖析的基础上，开发环境风险源识别及风险分区技术，并在沿江化工工业园区、化工业特大城市以及流域尺度进行应用示范研究。其成果的推广与应用将极大地提高我国环境风险识别、控制和管理能力，为重大环境污染事件防范提供有力的技术支撑。对区域整体从源头上减少重大环境污染事件发生，遏

制我国目前重大环境污染事件频发态势，最大限度地减小其对经济、社会发展的不利影响，具有十分重要的现实意义。

本书相关内容是作者国家“863”计划项目重大课题研究中一部分成果，书中对区域环境风险及其区划的研究，不只是对现有环境风险状态进行分析或评价，而是从环境风险系统理论的高度，对环境风险的产生、发展、显现进行了深入分析，旨在对环境风险发生链条中的每一个环节进行透彻分析，为管理者提供相应的借鉴与支持。书中所采用的分区方法综合了现有风险分区中较为先进的技术，并不仅仅局限于现有的环境风险评价的技术流程。对于中等尺度和小尺度的区域，采用聚类分析的方法能更好地体现“物以类聚”的特点，更有利于针对不同分区采用适合其特点的分区管理对策和应急措施。

本书作者在从事大量研究的基础上，对环境风险在空间上的传播进行了半定量化和数学化研究。对于空间分区问题，相关方法打破了行政单元的固有界限，为环境风险区划问题在空间上的定量化寻求解决办法进行了积极探索。为环境风险区划领域的进一步丰富与发展提供了研究基础。

对于环境工作者来说，“拯救地球”是老生常谈的呼吁。或许，对人类来说，善待自然，处理好人类加诸于自然的种种不和谐就是对人类自身的救赎。然而，要解决实际问题，正确的科学指导和完备的方法体系是十分重要的。今天的我们已经自觉或不自觉地卷入环境风险中。环境风险在我们的生活中随处可见，与我们的生活息息相关。相信本书的出版将为环境风险的控制与管理注入新的活力，为相关管理者和决策者提供富于启发性的参考。相信人类的努力将让环境风险重归“自然”。

前 言

我国重化工业的迅速发展之路使得危险化学品生产、运输及储存的种类和数量都在急剧增加。强大的重化工业在拉动中国经济高速发展的同时也大大增加了环境污染发生率。随着环境保护法律法规的执行、生产和污染控制工程技术的进步，企业的正常排污已得到逐步的控制，而突发环境污染事故造成的污染却在显著增长，其影响也越来越明显。与此同时，我国不断推进的城市化进程和人口密度的激增，更进一步加剧了突发污染事故的损失和社会影响。

突发环境污染事故发生突然，难以预测，来势凶猛，其危害和后果难以控制。2005 年松花江污染事故是我国近年来影响最大的突发环境污染事故，不但造成了巨大的经济损失，而且带来了严重的社会恐慌和高达数百亿元人民币索赔的国际纠纷（Zhu et al, 2007）。此外，仅 2010 年 7 月的突发污染事故就触目惊心，7 月 12 日福建省紫金矿业发生重大污水渗漏事故，9100 立方米的含铜酸水外渗引发汀江流域污染，事故导致棉花滩库区死鱼和中毒鱼达约 189 万 kg；7 月 16 日大连市输油管道爆炸，造成 1500 吨原油入海，污染范围达 100 平方公里；7 月 28 日，吉林省 1000 多只装有三甲基乙氯硅烷的原料桶被冲往松花江下游，江面上不时地冒着白色刺鼻烟雾；7 月 28 日南京塑料四厂发生可燃气体管道泄漏爆炸，由于事发地在居民区附近，造成 10 人死亡，134 人受伤，附近建筑物破坏严重。由此可见，突发污染事故已成为威胁社会安定和环境安全的重要因素。

根据《中国环境统计年鉴》，1990~2008 年，全国共发生 36 211 起污染事故，即平均 2~3 天就会发生一起污染事故发生。在过去的十几年中，环境污染事故已造成 128 人死亡，53 966 人的健康受到污染物影响。

鉴于日益严峻的突发环境污染事故影响，环境保护部对我国 2003 年以来建于环境敏感区的化工项目进行了风险排查。结果显示：有 81% 的化工企业都存在重大风险隐患，尤其在一些沿海、沿江，人口集中，产业密集的区域，呈现出环境风险源集聚，产业结构不合理，企业污染事故应急预防能力薄弱等特征。

由于我国经济发展模式的限制，短时间内彻底改变产业布局不合理引起的布局型环境风险存在一定的难度。环境风险区划作为区域环境风险管理的主要手段之一，是区域环境风险总体特征的划分，其目的在于客观地揭示区域内及区域之间环境风险系统特征的相似性和差异性，并根据区域环境风险特征的分布规律，划分成不同的地区，确定不同的环境风险管理对策。因此，进行突发环境污染事故风险区划，从空间上掌握区域环境风险的分

布规律,实施不同的控制策略,可有效降低事故发生的概率和污染损失。

现有的环境风险分区大都是在环境风险评价基础上衍生而来的。环境风险评价是人类认识环境和处理环境关系的里程碑式的进步。对于可能造成的损失与不利后果的评价,使人们对不可预期的未来有一个概然的认识。然而,由于风险评价常常使各分区的一些风险特征难以轻易辨识,同时各分区的个性特征不够明显,使得风险评价基础上的环境风险区划其风险管理措施针对性不明显,难以取得应有的风险减缓效果。

本书在对环境风险区划进行综合评述的基础上,以环境风险系统理论为主线,剖析突发环境污染事故的成因,发生过程及其各要素之间的特征与相互联系,借鉴地理区划的相关研究成果,构建突发环境污染事故风险区划的指标体系框架。根据风险因子的释放、空间传递的特征和规律以及与风险受体之间相互作用的危害性,构建了环境风险系统中各子系统的相应量化模型,具体包括风险源危险性评估模型、风险场空间量化模型和受体脆弱性评估模型,在此基础上,采用k-均值聚类数据挖掘技术、风险综合评价等技术对区域进行环境风险分区,并根据环境风险系统理论提出环境风险分区管理与应急策略框架。

本书选取南京化学工业园、上海市闵行区、上海市和长江三角洲四个区域作为不同程度的典型案例,采用环境风险区划技术方法进行环境风险区划,并根据区划结果提出有针对性的分区管理对策。鉴于环境风险区划是一个复杂的过程,现实中根据区域数据进行环境风险分区的过程通常是滞后的,无法适应区域实际情况的发展变化,因而计算机技术手段通常成为辅助决策的有力工具。

本书最后对环境风险动态分区系统以及基于环境风险分区的区域功能布局优化调整决策支持系统的开发过程进行了介绍。

本书的章节体系由曾维华、宋永会与姚新制定;第1章、第2章、第3章、第4章、第6章、第11章、第13章由曾维华与薛鹏丽负责编写;第5章、第7章、第12章、第17章由曾维华与石巍方负责编写;第8章、第14章由刘仁志负责编写;第9章、第15章由马俊伟负责编写;第10章、第16章由张力小负责编写;第18章由程红光与姚新负责编写;全书的统稿工作由曾维华、石巍方与余全龙负责完成。本书所涉及的系统由中科宇图天下科技有限公司负责开发完成。

本书是在吸取国内外环境风险区划最新技术方法、借鉴相关领域已有研究成果的基础上,结合作者的相关科研成果完成的。本书可作为环境专业高年级研究生和从事环境风险管理的技术人员的参考书。

目 录

序 前言

第一篇 理论方法篇

第 1 章 概述	3
1.1 基本概念	3
1.2 区域环境风险研究进展	5
1.3 环境风险区划研究进展	7
1.4 区划方法研究进展	9
1.5 突发环境风险管理	11
第 2 章 突发环境污染事故风险系统	13
2.1 突发环境风险与环境污染事故的辩证关系	13
2.2 区域突发环境污染事故风险系统	14
2.3 突发环境污染事故风险的发生过程	16
2.4 突发环境污染事故风险系统要素	16
2.5 突发环境污染事故的风险要素特征	17
第 3 章 突发环境污染事故风险区划理论框架	20
3.1 突发环境污染事故风险区划原则	20
3.2 基于综合集成理论的突发环境污染事故风险区划	21
3.3 突发环境污染事故风险区划指标框架	23
第 4 章 突发环境污染事故风险源危险性评价	27
4.1 常见环境风险源评估模型	27
4.2 突发环境污染事故风险源危险性评估	28
第 5 章 突发环境污染事故风险场特征分析	31
5.1 大气环境风险场	31
5.2 水系环境风险场	35
第 6 章 突发环境污染事故风险受体脆弱性评价	38
6.1 环境风险受体脆弱性概念模型	38
6.2 环境风险受体脆弱性综合分析	39
第 7 章 基于区划单元聚类的突发环境污染事故风险区划方法	41

7.1	分区单元与指标体系	41
7.2	环境风险量化模型	43
7.3	风险区划	43
第8章	基于行政单元环境风险评价的突发环境事故风险分区方法一	47
8.1	分区单元与指标体系	47
8.2	环境风险量化模型	48
8.3	风险分区与分区调整	52
第9章	基于行政单元环境风险评价的突发环境事故风险分区方法二	53
9.1	分区单元与指标体系	53
9.2	环境风险量化模型	55
9.3	风险分区	57
第10章	流域尺度环境风险分区方法	58
10.1	分区单元与指标体系	58
10.2	环境风险量化模型	60
10.3	风险分区	61
第11章	突发环境污染事故风险分区管理	63
11.1	突发环境污染事故分区预防机制	63
11.2	突发环境污染事故分区应急管理	64

第二篇 案 例 篇

第12章	基于区划单元聚类分析的南京化学工业园突发环境风险区划	67
12.1	南京化学工业园概况	67
12.2	南京化学工业园环境风险系统分析	69
12.3	南京化学工业园环境风险分区单元及区划指标体系	70
12.4	南京化学工业园环境风险要素分布特征	70
12.5	南京化学工业园环境风险区划结果分析	81
12.6	南京化学工业园环境风险分区管理对策	83
第13章	基于区划单元聚类的上海市突发环境污染事故风险区划	85
13.1	上海市概况	85
13.2	上海市突发环境污染风险系统分析	86
13.3	上海市突发环境污染事故风险区划指标体系	88
13.4	上海市环境风险要素分布特征	90
13.5	上海市突发环境污染事故风险区划结果分析	128
13.6	上海市突发环境风险综合区划方案	132
13.7	上海市突发环境污染事故风险分区管理对策	134
第14章	基于行政单元风险评价的上海市闵行区环境污染事件风险分区	140
14.1	研究区域概况	140

14.2	上海市闵行区环境风险分区单元及区划指标体系	141
14.3	环境风险量化	141
14.4	环境风险分区	160
14.5	环境风险分区特征描述	161
第 15 章	基于行政单元风险评价的上海市环境风险分区	165
15.1	区域环境概况	165
15.2	上海市环境风险分区指标体系	166
15.3	环境风险量化	167
15.4	环境风险分区特征描述	181
第 16 章	长江三角洲流域环境风险分区	183
16.1	研究区域概况	183
16.2	长江三角洲环境风险区划指标层量化	188
16.3	长江三角洲环境风险分区指标分级	193
16.4	长江三角洲环境风险分区	194
16.5	长江三角洲环境风险防范对策	195

第三篇 系统开发篇

第 17 章	环境风险动态分区典型系统	199
17.1	系统需求分析	199
17.2	系统架构	203
17.3	系统功能模块设计	203
17.4	系统运行测试	206
第 18 章	基于环境风险分区的区域布局优化调整决策支持系统	212
18.1	区域布局优化调控理论与方法	212
18.2	区域布局优化调整决策支持系统设计	219
18.3	区域布局优化调整决策支持系统运行测试	221
参考文献		227
附录 I	上海市 100 家环境风险源有毒有害物质危险性	232
附录 II	化学工业园区环境风险区划技术指南	237
附录 III	区域突发环境污染事故风险区划技术指南	246
附录 IV	遗传算法主程序	254

第一篇

理论方法篇

第 1 章 概 述

1.1 基 本 概 念

1.1.1 突发环境污染事故

突发环境污染事故是相对于非突发环境污染事故而言的，非突发环境污染事故是经较长时间的潜伏和演化，经过时空积累效应才体现出来的，如农田施撒的农药经过长时间聚集后酿成污染事故，太湖水华水污染事故等。突发环境污染事故没有固定的排放方式和排放途径，发生突然，来势凶猛，瞬间排放大量的污染物，对生态环境和人体健康构成巨大威胁（Wies, 1995；Gorsky, 2000）。

突发环境污染事故的特征主要表现为以下几个方面。

1. 发生的突发性

突发环境污染事故都是在人们毫无准备的情况下瞬间发生的，给社会和公众带来极大的恐慌。突发环境污染事故能否发生，何时何地以何种方式爆发，以及爆发的程度等情况，人们都始料不及，难以准确把握，这使得突发环境污染事故预防机制的建立困难重重，加大了突发环境污染事故发生后组织有效紧急处理的难度。

2. 危害的严重性

污染事故发生突然，加之其预防和控制的难度大，使得污染事故对社会经济和生态环境造成的危害和影响远大于一般可防可控的污染事故。这种危害不仅体现在人员伤亡、组织消失、财产损失和环境污染上，而且还体现在突发环境污染事故对社会心理和个人心理造成的破坏性的冲击。例如，2005 年 11 月中石油吉林化工双苯厂爆炸导致松花江发生重大污染事件，形成的硝基苯污染带流经吉林、黑龙江两省，甚至影响到俄罗斯境内，使得周边地区全面停水，直接或间接影响上百万人，造成了当地严重的饮用水安全恐慌和高达数百亿元人民币索赔的国际纠纷（孙莉等，2005；Zhu et al, 2007）。

3. 处置的紧急性

突发环境污染事故发生后要求人们必须马上作出正确的、有效的应急反应，并且需要训练有素的人员、物质资源和时间，以减轻污染事故给社会和环境造成的巨大经济损失和不可估量的后果。

4. 影响的滞后性

突发环境污染事故的影响有瞬时影响和滞后影响两种。瞬时影响是判断污染事故级别的重要依据,目前,人们在对突发环境污染事故的影响做评估时往往只关注污染事故的瞬时影响。但突发环境污染事故影响有一定的滞后性,进入大气、水体或土壤的污染物质,经过一段时间的累积,对人体健康和生态环境都会产生一定的影响。

1.1.2 危险源与风险源

1. 危险源

长期或临时的生产、加工、搬运、使用或储存的有毒有害或易燃易爆物质,或因人类活动造成在自然界中相对集中累积的有害物质;这些物质在特定的自然、社会环境条件下,由于人为或意外因素或不可抗力引起其物理、化学稳定性发生变化,可导致环境受到严重污染和破坏,甚至造成人员伤亡,使当地经济、社会活动受到较大的影响(郭振仁等,2006)。

《重大危险源辨识》(GB182118—2000)中,将重大危险源定义为:长期的或临时的生产、加工、搬运、使用或存储危险物质,且危险物质的数量超过临界量的单元。单元指一个(套)生产装置、设施和场所,或同属于一个工厂的且边缘距离小于500米的几个(套)装置、设施和场所。危险物质指一种或几种物质的混合物,由于它的化学、物理或毒性特征,使其具有导致火灾、爆炸或中毒的危险。判定所指单元是否构成重大危险源,所依据的标准是《重大危险源辨识》(GB182118—2000),但单元内存在危险物质的数量等于或超过标准中规定的临界量,该单元被定义为重大危险源。

2. 风险源

风险源即导致风险发生的课题以及相关的因果条件(郭永龙等,2002)。风险源可以是人为的,也可以是自然的;可以是物质的,也可以是能量的。它的发生是随机的,具有相应的概率。

3. 环境风险源

环境风险源是环境风险的发源地,是孕育可能对环境产生污染的风险物质的具体地点。环境风险源不仅包括污染事故对周边敏感受体所产生的危害性影响,还包括环境风险释放的不确定性。安全生产中的危险源与环境风险源不能等同。安全生产中,具有火灾爆炸事故特征的危险源不属于环境风险源,因为火灾爆炸事故通常不会产生环境污染,如环氧乙炔等,发生火灾爆炸后,事故处理通常采用燃烧法转化为二氧化碳,不会产生大气污染事故和水污染事故。因此,这类危险源不能称之为环境风险源。但火灾爆炸事故通常会引起其他有毒有害物质的泄漏(如松花江污染事故),从而造成生态环境的污染。

有些学者将环境风险源按环境风险因子释放机制分为常规风险源、事故风险源(常发

风险源)与潜在风险源(曹希寿,1991,1994)。毕军(1994)将环境风险源分为环境风险源(environmental risk source, ERS)与潜在环境风险源(potential environmental risk source, PERS),认为在环境风险因子释放前,环境风险源为潜在环境风险源,二者转化是由环境风险的初级控制机制控制的。

4. 环境风险源与危险源的关系

环境风险源和危险源是两个既有区别又相互交叉的概念(表1-1)。环境风险源从生态环境保护角度考察重大工业事故演化成环境污染事故后,对周边敏感受体所产生的危害后果;危险源从职业安全角度关注重大工业事故防范对人体的伤害,不考虑污染物质释放后对周边敏感受体,特别是生态环境的影响。

表 1-1 环境风险源与危险源的区别

类别	环境风险源	危险源
关注点	从生态环境保护出发,关注环境安全管理	从职业安全角度,关注工业生产领域的安全生产
受体	生态环境及周边敏感目标	人类
主管部门	环境保护部门	安监部门

1.1.3 环境风险区划

区划既是一种划分又是一种合并。区划的概念最早是由地理学派奠基人 Hettner 在 19 世纪初提出的,他指出,区划是对整体的不断分解,这些部分是在空间上互相连接,类型上分散分布的(Cherrett, 1989)。此外,还有学者指出,区划是以地域分异规律学说理论为基础,以地理空间为对象,按区划要素的空间分布特征,将研究目标划分为具有多级结构的区域单元(傅伯杰等,2001)。Varnes(1999)指出,区划的任务就是根据目的,一方面将地理空间划分为不同的区域保持各区域单元特征的相对一致性和区域间的差异;另一方面又要按区域内部的差异划分具有不同特征的次级区域,从而形成反映区划要素空间分异规律的区域等级系统。

环境风险区划是依据环境风险在时间上的演替和空间上的分布规律,对其进行区域差异性和一致性的划分,且区划单元满足单元内相似性最大,而单元间差异性最大的特点,确定各环境风险区划单元之间的等级从属关系。

1.2 区域环境风险研究进展

环境风险研究起源于 20 世纪三四十年代人类对自然灾害的认识、评估及防治。但直到 1973 年,美国核能管理委员会(NCR)才首次提出了环境风险的概念。

自 20 世纪 80 年代以后,几个重大工业污染事故(如切尔诺贝利事故、莱茵河农药泄漏事故等)不仅严重污染局部环境,危害当地人群的身体健康,造成巨大的社会经济损失,而且还引起区域甚至于国际的环境纠纷。为此,各国和有关国际组织开始逐渐重视区

域环境风险,从环境系统总体风险对区域环境进行分析。

国外学者对区域环境风险的研究大都集中在分析区域公众健康风险和灾难性事故风险两方面,尤其是对大型化工区具体的环境风险源及其污染事故诱因分析。

Kuijen (1987) 完成了对河口堪为岛石油化工区的危险性识别,在此基础上,对技术防范措施进行了重大的改进,使得污染事故风险下降到原来的 1/20。

进入 20 世纪 90 年代,区域环境风险研究开始集中于理论和方法。James (1990) 系统地阐述了区域环境风险研究的框架;Petts (1997) 论述了大尺度工业区风险评价的方法;Dobbins 等 (2003) 以密西西比河下游某河段为研究对象,通过定位、监测、模拟等技术建立了区域环境风险数据库,依此作为区域环境风险分析的基础数据,为政府环境的宏观风险管理提供科学依据;Arunraj 和 Maiti (2009) 以印第安东部工业区为例,构建的风险模型对突发环境事件风险后果进行分析,并提出基于后果分析的区域环境风险评价概念框架。

在我国,区域环境风险研究起步于 20 世纪 90 年代,且主要以介绍和应用国外的研究成果为主。

曹希寿 (1994) 探讨了区域环境风险水平表征、识别方法及四个开展区域环境风险评价与管理的主要问题;姜伟立等 (2006) 提出区域环境风险动态监控的新思路;黄圣彪等 (2007) 指出,如何甄别环境中需要重点管理的风险污染物及其优先序是了解区域环境风险的基础;王静和钱瑜 (2009) 在分析区域环境风险评价工作现状及存在问题的基础上,提出了适用于区域环境风险评价的程序和方法。

在区域经济快速发展,危险源和危险物质不断增多的同时,区域突发性环境风险逐渐受到关注。毕军 (1994) 应用“风险频数”及相关指标对沈阳地区过去 30 年环境风险的时空格局进行了分析;也有学者通过对环境风险评价中无量纲或同一量纲的指标值进行综合,对危险分布图进行拟合和叠图,从而得到区域环境风险综合指数,以此来表征区域突发事故风险的大小(王玉秀和常艳君,1999);胡二邦 (2000) 对流域污染事故风险评价理论作了梳理和归纳,提出了包含危害识别、事故频率和后果估算、风险计算、风险减缓四个阶段的风险评价体系;石剑荣 (2005) 推导了一套危险源鉴别、特征等浓度线确定、事故特征危害区与危险期估算等方面的区域环境风险分析模型;毕军等 (2006) 提出了区域环境风险系统理论,指出应根据风险系统的特征确定评价指标体系,在对各单因子分级评分的基础上,通过直接叠加或加权叠加对区域环境风险进行评价,并将结果空间表达,实现区域环境风险区划;徐琳瑜 (2007) 将信息扩散法用于区域环境风险评价的研究中,并对该区域的风险值进行聚类,得到区域环境风险空间区划图;曲常胜 (2010) 为评估省级区域范围内环境风险状况,构建了由危险性指标和脆弱性指标两大类指标组成的区域环境风险综合评价指标体系,并引入时序加权平均算子 (TOWA) 对区域环境风险进行评价,依据评价结果将区域划分为高、中、低风险区。

区域环境风险源复杂多样,危险化学物质污染特征繁多,且风险因子释放后,在介质传播过程中呈现多途径、多敏感目标的特点。区域环境风险的这些特点使得区域环境风险分析研究大都集中在对评价模型、指标体系、风险影响对象等方面的探讨。环境风险区划是区域环境风险研究的一种新思路,是区域环境风险分析研究的重要手段。

1.3 环境风险区划研究进展

1.3.1 环境风险区划发展历程

由于区划最早是由地理学派奠基人 Hettner 提出的, 因此最早的区划工作主要集中在地理学领域。直到 20 世纪 80 年代, 风险区划才在自然灾害区划的基础上发展起来, 其研究成果在 90 年代达到高峰。

Graham 和 Hunsaker (1991) 认为自然灾害风险区划是灾害“准周期”与“地域性分布”两个规律的定量反映; 是将灾害的区域差异性进行分类、评估, 并按照一定的标准进行划分的过程(张震宇和王文楷, 1993)。随着自然灾害风险区划理论及实践的不断成熟, 一些学者指出自然风险区划按照灾害在时间上的演替和空间上的分布规律, 对其空间范围进行区域划分, 结果可以反映出区域内灾害的差异性(王平和史培军, 1999), 它是风险区域分异规律的一种量化体现(张俊香和黄崇福, 2004)。

人类经济活动强度的不断增大及污染事故风险防范意识的薄弱, 突发环境污染事故不断发生, 为更好地管理区域环境风险, 风险区划的研究在 20 世纪 90 年代逐渐在环境领域兴起。

Kuchuk 等(1998)应用欧洲环境与健康地理信息系统显示暴露的人群健康的类型与趋势, 并依此对人群健康风险进行了空间上归类和划分, 用于指导与健康有关的决策; Gupta 等(2002)构建了环境风险制图法, 并把环境风险区划和土地发展适宜性分析结合起来, 环境风险区划图可用来指导当地产业发展规划, 但该环境风险区划方法没有考虑周边居民等受体的脆弱性; Anil 等(2002)通过对自然风险和工业系统相互作用潜在不利影响的分析, 提出工业区选址对于区域风险管理尤为重要, 设计了一套经济不发达地区环境风险制图方法(environmental risk mapping approach), 以实现区域环境风险最小化; Merad 等(2004)在考虑专家意见、定量与定性标准以及方法的不确定性的基础上, 提出了基于多目标决策支持的风险分区方法 ELECTRE TRI, 并将该方法应用在法国的 Lorraine 地区, 按照不同风险等级将区域进行风险区的划分。

我国学者对环境风险区划的研究主要集中在环境风险区划理论和区划指标体系上。杨洁等(2006)认为环境风险区划是按照区域自然环境及社会结构、功能及特点, 对环境风险相对大小进行排序划分不同等级的过程, 在对区域多个风险因素评价的基础上, 得到区域环境风险综合指数, 编制风险分布图, 依此来确定环境风险优先管理顺序; 徐琳瑜(2007)运用信息扩散法对环境风险进行评价, 并在一定的环境风险分级标准下对风险值进行聚类, 得到广州市南沙工业园环境风险分区图, 为当地政府部门优化产业布局、制定风险预防和应急管理措施提供了依据; 张宏哲等(2008)在分析应急救援指南、立即致死浓度、紧急反应计划指南、关心浓度限制等方法的基础上, 采用有毒化学品的各种暴露极限浓度对初始隔离区、防护区、热区、暖区、冷区进行了划分, 并依此对事故范围内人员疏散的原则进行了界定。兰冬东等(2009)构建环境风险分区指标体系, 提出环境风险量