

环境风险源 识别与监控

宋永会 彭剑峰 袁 鹏 等◎著



科学出版社

环境风险源识别与监控

宋永会 彭剑峰 袁 鹏 等 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是国家“863”重大项目课题“重大环境污染事件风险源识别与监控技术”的研究成果。本书论述了环境风险源分类、识别和分级的理论与技术方法；阐述了构建重点环境风险源监控指标体系与监控技术库的方法。阐明了基于信息采集技术、传输技术、数据库与网络架构技术的重点环境风险源动态监控技术；详述了将环境风险源识别与监控技术应用在典型化工园区和典型区域的案例；介绍了环境风险管理的法律体系、行政体系、管理机制与管理原则等；展示了基于 Web-GIS 的环境风险源识别软件系统、重点风险源动态监控系统的构架和功能。

本书能为我国环境风险源管理提供有益的指导，适用于从事环境风险管理和研究的政府管理人员、企业安全环境管理人员、研究人员等阅读，也可作为研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

环境风险源识别与监控 / 宋永会等著. —北京: 科学出版社, 2015. 5
ISBN 978-7-03-043549-1

I. ①环… II. ①宋… III. ①环境质量—风险分析 IV. ①X820.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 041478 号

责任编辑: 周 杰 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 铭轩堂

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 5 月第一次印刷 印张: 16 3/4

字数: 390 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

著 者

宋永会 彭剑峰 袁 鹏 韩 璐

许伟宁 温丽丽 王业耀 曾维华

袁增伟 毕 军 于云江 姚 新

刘 锐 刘仁志 李 霁 刘征涛

赵淑莉 傅德黔 王建龙 张茉莉

序

近年来，我国环境污染事故频发，生态危害和社会影响受到高度关注。突发性环境污染防控成为我国环境保护的重要任务。

突发性环境污染具有随机性、复杂性、高强度、高风险特点，如何对可能发生的重大污染事件进行有效预防、预测和预警，在污染事件发生前后赢取主动、有序管理、科学决策是亟待解决的重要问题。在此背景下，“十一五”期间实施了“863”计划“重大环境污染事件应急技术系统研究开发与应用示范”重大项目，针对突发性环境污染事故前、中、后三个阶段开展了系统研究，在环境风险源识别、模拟与预警，事故中应急决策与指挥，事故后快速处理处置、环境修复等方面取得了一些研究成果，并选择典型行业、重要区域和环境敏感目标进行了综合应用示范。该书即是该重大项目之课题“重大环境污染事件风险源识别与监控技术”的研究成果。

该书作者在对重大环境污染事件风险源识别、监控与管理技术的国内外研究现状、关键问题、制约因素等进行全面分析的基础上，系统阐述了环境风险源识别、监控与管理的原理与实践，契合我国当前环境风险防控管理的迫切需求。书中详细介绍了环境风险源识别与定量分级技术、环境风险源风险矩阵分级方法，形成了较为完善的环境风险源分类、识别和分级的原理与方法体系，并得到实践检验；建立了重点环境风险源监控指标体系与监控技术库，并基于信息采集、传输、数据库与网络架构等技术建立了重点环境风险源动态监控技术系统；同时，还对环境风险管理的法律与政策保障进行了论述和介绍。通过在典型化工园区和典型区域的应用案例分析，展示了基于 Web-GIS 的环境风险源识别软件系统、重点风险源动态监控系统的构架和功能。该书内容丰富，案例生动，对突发性环境污染防控与处理处置有指导和借鉴价值。



中国工程院院士

2015 年 5 月

.... i

前 言

近年来,我国各类环境污染事故频发,成为严重威胁环境安全和人群健康的重要问题。研究开发适合我国国情的重大环境风险源识别与监控技术是提升我国环境风险管理技术水平,保障国家环境安全的迫切需求。作为环境基准与风险评估国家重点实验室的依托单位和环境保护部的主要技术支撑单位,中国环境科学研究院积极参加了许多重大环境污染事故应对的技术支持工作,同时也积极开展了环境污染事故风险控制的基础理论和高新技术研究,主持承担了“十一五”国家“863”计划资源环境技术领域重大项目课题“重大环境污染事件风险源识别与监控技术”,通过技术创新,支撑国家环境风险管理技术体系构建。紧密围绕环境事故风险控制需求,按照“环境风险源信息获取—风险源识别—风险源监控—风险源管理”的研究思路,开展了环境风险源识别技术研发、重点环境风险源动态监控系统构建、环境风险源综合管理体制及机制框架构建等多方面研究,获得4项主要成果。

1) 针对重大环境风险源、诱发因素、作用过程及环境敏感点等4个核心要素,建立了重大环境风险源识别、分类及分级的风险综合评估系统方法,实现了海量环境风险源的高效排查,为环境应急与日常管理提供了技术工具。

2) 结合我国工业行业特点,针对重点液态环境风险源、气态环境风险源及移动风险源,构建了重点环境风险源监控体系框架,完成了监控软件平台功能设计及相关技术规范制订,可实现环境风险源的实时监控与信息获取,有效地解决了环境风险监控信息缺失和不规范的问题。

3) 针对化工园区、特大城市、饮用水源地,研发了多层次、多用户重点环境风险源监控技术系统,形成了重点环境风险源监控技术优选和设备配置方案。研发的环境风险源监控系统集实时监测、数据库管理、GIS地图展示及模型分析等功能于一体,可起到及时预警的作用,实现了环境风险源的常态化管理与应急式管理的有效结合,能为环境管理决策提供技术支撑。

4) 阐明了我国环境风险源管理技术体系框架,提出了我国环境风险管理的体制、机制及工作程序,为环境保护管理部门完善相关工作提供了支持。

本书系统介绍了近年来课题组在环境风险源识别、监控与管理实践方面的研究成果，全书共8章：第1章概述了环境风险源识别与监控技术及发展趋势；第2章基于历史突发环境污染事件的详细分析，归纳了环境风险源识别、分级的影响要素；第3章系统介绍了环境风险源分类、识别与分级的技术原理与方法；第4章介绍了重点环境风险源监控技术体系，包括监控指标、监控布点、移动风险源监控技术、监控系统构建及监控技术规范等；第5章阐述了环境风险源综合管理体系，提出了风险源管理与风险防控策略；第6章选择我国典型沿江化工园区、重点城市区域及大型饮用水源地为示范对象，介绍了环境风险源识别与监控技术在各地的应用案例；第7章和第8章分别介绍了环境风险源分级管理软件和动态监控系统软件的系统构架、设计及各模块功能等，并展示了系统界面。

本书在编著过程中得到了国家“863”重大项目“重大环境污染事件应急技术系统研究开发与应用示范”专家组曲久辉院士、王业耀研究员、毕军教授、杨志峰教授的大力支持和帮助，环境保护部环境应急与事故调查中心闫景军副主任、冯晓波副主任、刘相梅处长、毛剑英副处长、张龙等为本书编著提出了很好的意见和建议，在此一并致以衷心的感谢！

希望本书能够为我国环境风险源管理提供技术参考，推动我国环境风险管理从被动“应急管理”向主动“预防管理”的转变。

环境风险管理涉及的专业领域较广，限于作者的能力和知识水平，本书编著工作难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

著 者

2014年10月

目 录 CONTENTS

1	第 1 章 环境风险源识别与监控技术发展趋势	
1.1	国内外环境风险源识别、监控与管理技术进展	1
1.1.1	环境风险源识别与分级技术进展	2
1.1.2	重点环境风险源监控技术	5
1.1.3	环境风险综合管理进展	10
1.2	国内外研究存在的主要问题	21
1.3	国内外技术发展趋势与需求	23
26	第 2 章 突发性环境风险源要素解析	
2.1	突发环境事件风险系统构成分析	26
2.2	突发环境事件特征研究	27
2.2.1	历史环境污染事件案例统计	27
2.2.2	环境污染事件案例分析	32
2.3	突发环境事件的影响要素分析	36
2.3.1	风险源固有属性要素	36
2.3.2	环境风险释放与传播要素	37
2.3.3	风险控制要素	37
2.3.4	环境风险受体敏感性要素	38
41	第 3 章 重大环境风险源识别技术	
3.1	环境风险源分类方法	41
3.1.1	按环境受体分类	42
3.1.2	按风险源物质状态分类	42
3.1.3	按风险源的移动性分类	43
3.1.4	按风险源所属行业进行分类	44
3.1.5	按风险源所处的场所分类	45
3.1.6	按敏感受体水源地分类	46
3.2	重大环境风险源初步识别方法	47
3.2.1	环境风险物质的筛选	47

3.2.2	环境风险物质临界量的确定	48
3.2.3	环境风险物质与临界量清单	51
3.2.4	初步筛选程序	58
3.3	重大环境风险源定量分级原理及方法	59
3.3.1	环境风险源源强分析	59
3.3.2	事故危害范围预测	60
3.3.3	环境污染事件危害后果评估	63
3.3.4	事故发生概率	69
3.3.5	风险值计算及级别划分	70
3.4	环境风险源风险矩阵分级方法	70
3.4.1	整体思路	71
3.4.2	企业工艺过程与风险管理水平	71
3.4.3	企业环境风险分级	75
3.5	企业环境风险评价方法——德国清单法	76
3.5.1	清单法简介	77
3.5.2	清单法的实施步骤	78
3.5.3	企业预警和危险防护计划的制订与安全报告	83
3.5.4	安全水平的量化	85

88 第4章 重点环境风险源监控技术

4.1	重点环境风险源监控指标体系构建	88
4.1.1	监控指标体系概述	88
4.1.2	重点环境风险源监控指标	91
4.1.3	监控报警	97
4.2	重点环境风险源监控布点	99
4.2.1	确定重点环境风险源监控布点原则	99
4.2.2	选定重点环境风险源监控布点方法	100
4.2.3	优化环境风险源监控点位	102
4.3	移动环境风险源监控技术	103
4.3.1	移动环境风险源动态监控技术系统研究	103
4.3.2	移动环境风险源分类与监控指标体系构建	105
4.3.3	移动环境风险源监控设备	105
4.4	重点环境风险源监控系统构建	109
4.4.1	重点环境风险源监控系统总体设计	109
4.4.2	监控系统信息采集与传输	111
4.4.3	监控系统的数据库与网络架构系统	113
4.4.4	监控系统的管理应用	117
4.4.5	监控系统性能要求分析	119

4.5	重点环境风险源监控技术规范	120
4.5.1	编制思路	120
4.5.2	技术规范主要内容	122
4.5.3	适用范围	122
4.5.4	监控系统的构成	122
4.5.5	监控参数的选取	125
4.5.6	监控布点原则的确定	126
4.5.7	监控系统传输层技术要求	126
4.5.8	监控软件平台功能设计	127
4.5.9	其他	129
4.6	重点环境风险源监控技术库	129
4.6.1	监控技术库总体设计	129
4.6.2	监控技术方法优选	130
4.6.3	监控技术库构建	133
4.6.4	监控仪器选择原则及性能要求	137
4.6.5	监控设备配置方案	138
4.6.6	监控技术库工具包	138

150 第5章 突发性环境风险源综合管理体系研究

5.1	环境风险管理原则	151
5.2	环境风险管理体系的体制、机制与法制框架构建	152
5.2.1	我国现有环境风险管理的不足之处	152
5.2.2	我国环境风险源管理的体制框架	153
5.2.3	我国环境风险管理的机制框架	154
5.2.4	我国环境风险源管理的法律框架	156
5.3	环境风险源分类分级管理与防范	158
5.3.1	加强环境风险源管理，降低环境风险因子数量	158
5.3.2	提高环境风险因子控制水平	159
5.3.3	增强区域对环境污染事件的防御能力	159

162 第6章 环境风险源识别与监控技术应用示范

6.1	典型沿江化工园区环境风险源识别与监控技术示范	162
6.1.1	典型化工园区风险源识别与分级	162
6.1.2	重点环境风险源监控方案	169
6.2	重点城市环境风险源识别监控与管理技术示范	175
6.2.1	某重点城市环境风险源识别与分级	176
6.2.2	重点环境风险源及环境受体监控方案	180

6.3	特大城市江河型饮用水源风险监控技术应用	187
6.3.1	饮用水源地监控指标体系的建立	188
6.3.2	某饮用水源环境风险源及风险受体监控技术方案	190
195	第7章 环境风险源识别与分级软件开发	
7.1	基于源强分析的环境风险源识别系统	195
7.1.1	系统总体框架	195
7.1.2	系统运行环境和配置需求	195
7.1.3	系统基础功能介绍	196
7.1.4	环境风险源的分类分级	199
7.1.5	环境风险分级模型管理	201
7.2	基于风险矩阵的环境风险源识别系统	203
7.2.1	系统概述	203
7.2.2	系统总体框架	203
7.2.3	系统运行环境和配置要求	204
7.2.4	系统基础功能介绍	205
7.2.5	环境风险评估与管理	210
213	第8章 环境风险源动态监控系统软件开发	
8.1	系统概述	213
8.2	系统运行环境和配置要求	214
8.3	系统架构	215
8.4	系统基础功能操作介绍	216
8.5	固定环境风险源的监控	224
8.6	移动环境风险源监控	227
8.7	应急管理	227
8.8	系统管理	232
237	参考文献	
243	附录1 风险源识别与监控研究历史环境污染事件案例	
252	附录2 缩略词	

环境风险源识别与监控技术发展趋势

“风险”一词的使用频率很高，各行各业及人们的生产生活中都存在着风险。关于风险的定义有多种，有些定义很抽象，各领域对风险的解释也不尽相同，主要的定义有“事故发生的不确定性”、“特定危险事件发生的可能性和后果的组合”、“不良结果或不期望事件发生的概率”等。在安全、健康与环境管理体系中，还有学者将风险定义为“事故在一定时间内发生的可能性及后果的严重程度”。

环境风险可理解为环境受危害的不确定程度以及事故发生后给环境带来的影响。目前环境风险较通用的定义（胡二邦，2009）为：突发性事故对环境（或健康）的危害程度，用风险值 R 表征，其定义为事故发生概率 P 与事故造成的环境（或健康）后果 C 的乘积，见式（1-1）：

$$R[\text{危害/单位时间}] = P[\text{事故/单位时间}] \times C[\text{危害/事故}] \quad (1-1)$$

环境风险广泛存在于人类的生产及其他活动之中，而且表现方式纷繁复杂，从不同角度可作不同分类。例如，按风险源分类，可分为化学风险、物理风险以及自然灾害引发的风险；按承受风险的对象分类，可分为人群风险、设施风险和生态风险等；按风险源的危害大小分类，可分为重大风险源和一般风险源。环境风险具有以下内涵及特征。

1) 风险源：导致风险发生的客体以及相关的因果条件。风险源既可以是人为的，也可以是自然的；可以是物质的，也可以是能量的。它的产生是随机的，具有相应概率，可以通过数学、物理、化学方法来计算、观测、分析。

2) 风险行为：风险源释放的有毒有害物或能量流迅速进入环境，并可能由此导致一系列的人群中毒、火灾、爆炸等严重污染环境与破坏生态的行为，即风险行为。

3) 风险场：风险产生的区域及范围。它包括风险源与风险对象，是风险源物质上和能量上运动的场，具有相应的时空条件。

4) 风险链：风险源一旦在风险场中发生，其周围的风险对象都有可能因此而受到影响。随着时间的推移，这种影响不仅局限于某一个风险对象，它会逐渐扩展到与该风险对象相关联的其他对象，并可能沿这些受影响的对象继续传递。有时，某风险作用到某一对象上，该对象可能会由于物理、化学反应而产生新的风险影响，或者随生产流程的进展而进展，整个风险呈“链”式传递。

5) 风险对象：又叫风险受体，即评价终点或受害对象，风险对象可以是人类，也可以是实物的、生态的。对单个受害体所产生的风险，可以称为个体风险，对一组个体的风险可以称为群体风险或总体风险。

1.1 国内外环境风险源识别、监控与管理技术进展

针对重大环境风险源识别与监控，国内外已开展了一些技术研究工作，主要集中在重

大风险源识别、分类与分级技术方面。例如,早在1983年,美国国家科学院(United States National Academy of Sciences, USNAS)就提出风险评价“四步法”,初步构建了风险评价体系;1992年,美国国家环境保护局(United States Environmental Protection Agency, USEPA)制订了生态风险评价指南大纲,提出了生态风险评价的框架。目前,国外已开发了一些环境风险信息管理系统,如美国的综合风险管理系统、Hyoungmoon等开发的安全健康和环境保护信息管理系统、Leyla Üstel开发的环境风险管理信息系统等。

我国在环境风险源识别与监控技术方面的研究起步较晚,直到20世纪90年代初才开始“危险源”方面的研究。目前,国内已颁布了有关重大危险源辨识、分类的国家标准与法规,并且也开发了一些已通过国家安全生产监督管理总局应用技术审查并获得软件著作权的重点危险源监管系统。但总体上,我国对环境风险源的研究尚处于起步阶段,在针对环境风险源管理的环境风险源识别、分类与分级等方面尚属空白。同时,区域环境风险分区技术的研究也尚处于起步阶段,在基本单元选择、指标体系建立、评价模型和分区构建等方面都需要进一步研究,尤其在多尺度的、定量的、动态的分区上需要进行大量深入的研究。

虽然迄今国内外对重大风险源的监控体系研究已取得一定进展,但适用于重大环境风险源的监控体系研究尚处于起步阶段,特别是适用于生态环境敏感目标的监测监管技术有待开发。

1.1.1 环境风险源识别与分级技术进展

风险源识别技术是由风险评价发展而来的,其发展经历了3个主要阶段:①概率风险评价,即对环境风险源发生事故的概率进行分析;②污染物安全性评价,即研究事故发生后进入环境的污染物质对人体健康、社会及生态系统的影响;③综合评价,即对污染事故发生的风险和随后对生态环境以及经济社会等因素的影响进行综合分析,来确定其危害程度。环境风险源识别并不仅仅局限于对事故发生场所进行危险性评价,而是建立在安全评价、环境风险评价等风险评价基础上的一种综合性评价方法。

20世纪70年代,重大危害事故的发生使人们开始广泛关注事故的破坏性,概率风险评价技术得到了迅速发展。概率风险评价兴起于这一时期,主要是在工业发达的国家,特别是美国的研究尤为突出,最具代表性的评价体系是美国核管理委员会1975年完成的《核电厂概率风险评价实施指南》,即著名的WASH-1400报告。之后,英国安全与健康执行局(The Health and Safety Executive, HSE)对Canvey岛以及Thurrock地区的工业设施进行危险评价。荷兰也在80年代对石油化工密集的Rijnmond地区进行风险评价(Covellp and Merkhofer, 1993)。随后概率风险评价被广泛应用于多个领域,也成为重大环境风险源识别技术中进行概率分析的基本方法之一。

20世纪80年代环境风险评价的发展带动了风险源识别技术的发展,为风险源识别提供了理论基础。1983年,美国国家科学院和国家科学研究委员会(National Research Council, NRC)提出的健康风险评价框架成为国际上健康风险评价的指导性文件,90年代以后生态环境风险评价研究工作得到了重视。这一时期发生了许多震惊世界的重大环境污染事件,对人群健康及生态环境乃至整个社会都造成了重大的损害。环境风险源的识别

由风险源自身转移到风险物质的安全性评价上,风险源的识别不仅要关注其自身发生事故的的概率,同时也要考虑事故排放所导致的环境风险,考虑环境污染事件对人身健康的影响、对社会的影响以及对生态、经济的影响等。

我国在环境风险源识别研究方面起步较晚,郭振仁等(2005)提出了环境污染事故危险源的概念,根据危险源自身特性和周围环境状况两个主要因素对空气污染事故、水污染事故两类危险源提出了评级模式,依据计算得到的危险指数将危险源分为4级,并将其方法应用于试点企业风险源评级中。赵肖和郭振仁(2010)建立了基于风险源特性、风险源周边环境状况、危险物环境效应及危险物衰减特性的风险源分级指标体系,并构建了环境后果综合评价模型。贾倩等(2010)构建了基于危险物质、生产工艺、设备设施、企业管理、企业布局的石油化工企业突发环境风险综合评价指标体系,并建立了相应的风险评价模型,提出了4级风险分级管理体系,并以长江下游某化工园区为例进行了研究。李凤英等(2010)以硝基苯储罐塌陷为初始事件,采用蝴蝶结方法进行风险源识别,并通过GIS空间分析方法揭示居民对地表水水源污染易损性的空间分异,其分析结果为事故安全防范与应急控制提供了关键节点。

在定量分级方法方面,结合自然灾害分级研究与安全生产重大危险源分级评估,目前研究中常用到的分级评估方法有层次分析法、模糊综合评价法、聚类分析法、多元分析组合方法等。层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是通过分析复杂问题找出所包含的各种因素及相互关系,并按隶属关系分为若干层次构成递阶层次结构模型。在每一层次中按一定的准则,请专家对各因素进行逐对比较,建立判断矩阵。对每一个判断矩阵,应用传统的特征向量法求出相应的特征向量,得出该层因素相对于上一层某一因素的优先权向量。然后,根据层次合成原理计算出各层因素对总体目标的组合权重,从而得出不同方案的最后权重值,为选择最优化方案提供依据。另外,层次分析法也是方案评价中确定指标权重的一种常用方法。Heller(2006)在工业风险评价与管理系统中,采用了基于层次分析法的多标准决策支持技术。肖亮(2007)构建了基于层次分析法的危险源风险评价模型,并对杭州市危险源企业进行了实例分析。赵玲和唐敏康(2009)建立了尾矿库危险源层次模型,采用模糊层次分析法确定了各危险源的权重,进而将其划分为4级。卢仲达和张江山(2007)利用层次分析法对各类环境风险的危害度进行了排序。

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法。该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价。它具有结果清晰、系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合各种非确定性问题的解决。Sadiq等(2004)采用模糊综合评价法对海上石油钻井废物进行了风险评估。

聚类分析法既是指标体系结构初构的一种方法,同时也是指标体系精选中一种有效的分析方法。系统聚类法的原理是:先将待聚的 n 个样本各自看成一类,共 n 类,然后按照事先选定的计算方法计算每两类之间的某种距离(或相似系数),将关系最密切的两类并为一类,其余不变;再按前面的计算方法计算新类与其他类之间的距离,这样每合并一步就减少一类,不断重复这一过程,直到所有样本合并为一类为止。系统聚类常用的方法有最短距离法、最长距离法、重心法、离差平方和法等。肖利民(2008)根据聚类分析法,提出了基于空间数据聚类的重大危险源动态分级法,并实现了对矿山重大危险源的动态

分级。

多元分析组合方法是指把待评价的同一事物的多种因素，按某一属性分成若干大因素，然后对每一大因素进行细分，按照每个子部分目标的不同，分别采用不同的方法求解或确定指标因子权重。毛国敏等（2007）运用多元统计分析方法，研究和分析了地震灾害的分类和分级问题，找出了地震灾害的3个基本结构，提出了主成分提取—最大正交旋转—因子分析分类模型和欧氏平方距离—离差平方和法—系统聚类分级模型。运用上述模型将地震灾害分为8种类型和5个等级，比较合理地解释了已有地震灾害现象。

总体上，环境风险源的识别与分级评估需要关注的要素包括环境敏感受体、事故风险作用过程和污染事故危害后果。

(1) 环境敏感受体

环境敏感受体是环境风险源的潜在危害对象，不同的环境受体对事故危害的承受能力存在差异，因此识别环境风险源需首先确定环境受体，并建立环境受体对事故危害承受度的指标体系。区域的环境受体主要包括水环境敏感受体和大气环境敏感受体两大类，见表1-1。

表 1-1 环境风险源的环境受体

受体类型	序号	项目
水环境敏感受体	1	受纳水体（河流、湖泊、海域）
	2	岸边及附近下游的取水口（自来水取水口、地下水补给区、农业灌溉取水点、工业取水口）
	3	岸边及附近下游保护区（养殖区、洄游产卵保护区、特殊种群保护区、湿地保护区、陆地动植物保护区、基本农田保护区）
	4	岸边及附近下游的城镇中心区
大气环境敏感受体	5	居民点（区）、自然村
	6	学校、党政机关、科研单位、体育场馆
	7	医院、疗养院、养老院
	8	饭店、宾馆、酒家、旅店
	9	商场、市场、银行、商业办公楼
	10	码头、火车站、汽车站、地铁站、机场
	11	广场、风景游览区（公园、游乐场及旅游胜地等）、自然保护区
	12	农业、养殖业生产场所
	13	工业生产场所

(2) 事故风险作用过程

环境风险因子释放后在局域或区域范围内形成的潜在危险风险区域，可定义为环境风险场，即环境风险因子释放后对环境风险受体构成的潜在威胁作用的空间格局，是环境风险与事故灾害转化的中间环节。环境风险场强度与风险源源强、环境空间所处状态、水文与气象条件以及环境介质参数等有关，是环境风险因子迁移扩散到环境空间某一位置暴露水平的具体体现，与环境风险受体无关。风险传播途径主要考虑污染物大气扩散传播和水环境传播。

影响环境风险源作用的因素还包括监控措施、管理水平、设备运行状况、人员素质、环境条件等。目前，事故风险主要运用环境风险评价的相关方法进行评价，可分为定性和

定量两大类（刘桂友和徐琳瑜，2007；胡二邦，2009）。

（3）污染事故危害后果

污染事故危害后果分析是评价环境风险源危害级别的重要依据，其目的是定量描述潜在事故一旦发生将造成的人员伤亡、财产损失、社会危害和环境污染的状况。常见的危害后果定量评价法有：液体泄漏模型、气体泄漏模型、爆炸冲击波超压伤害模型、毒物泄漏扩散模型等（胡二邦，2009）。实际计算过程中，需综合考虑危险源的物质特性、物质质量的大小、释放途径及当地环境状况，选择合适的危害后果量化模型进行计算，确定污染事故发生后危害的范围和程度。

1.1.2 重点环境风险源监控技术

从运动状态的角度划分，环境风险源大体上可以分为两类：固定环境风险源和移动环境风险源（Andreassen, 1988；兰冬东，2010）。固定环境风险源主要指生产、贮存、使用、处置危险物质的企业、装置、设施、场所等。事故发生原因主要有以下几点：①工艺技术水平缺陷，生产贮存装置、设备陈旧老化及相关公共设施发生故障；②人为的不安全行为（如操作不当）、自然灾害、安全管理不到位等因素；③污染性的废物没有经过安全处置或者处置不当，人为或事故性的因素导致废物排放不当，如农药等化工企业废水未经处理直接排放。移动环境风险源主要发生于危险物质的装卸运输过程，如危险物质贮存装置故障，运输、装卸中违章作业等，或交通工具发生交通事故，导致危险性的化工原料、产品或危险废物的燃烧、爆炸、泄漏等危险事故。移动环境风险源的事故特点是随时随地可能发生，其危险性不仅与有害物质的性质、泄漏到环境中的数量有关，还与事故发生地的地理环境、气候条件以及环境敏感点的分布情况有关。

而在安全生产管理中，将“重大危险源”定义为长期或临时的生产、加工、搬运、使用或贮存危险物质，且危险物质的数量等于或超过临界量的单元。所指的单元是，一个（套）生产装置、设施或场所，或同属于一个工厂的且边缘距离小于500 m的几个（套）生产装置、设施或场所。危险物质是指一种物质或若干种物质的混合物，由于它的化学、物理或毒性特性，使其具有易导致火灾、爆炸或中毒的危险。判定单元是否构成重大危险源，所依据的标准是《危险化学品重大危险源辨识》（GB 18218—2009）。单元内存在的危险物质为单一品种，则该物质的数量即为单元内危险物质的总量，若等于或超过相应的临界量，则被定义为重大危险源。单元内存在的危险物质为多品种时，则按照式（1-2）计算，若满足式（1-2），则定义为重大危险源：

$$\frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \cdots + \frac{q_n}{Q_n} \geq 1 \quad (1-2)$$

式中， $q_1, q_2, \cdots, q_n$ 为每种危险物质实际存在或者以后将要存在的量，且数量超过各危险物质相对临界量的2%（t）； $Q_1, Q_2, \cdots, Q_n$ 为各危险物质相对应的临界量（t）。

环境风险源与危险源二者之间既有区别又存在一定的联系。它们之间密切的关系见表1-2。在研究中通常是以危险源研究为基础的，国际上对环境风险源的研究首先侧重于对危险源的探讨（郭振仁等，2009）。但是，危险源的含义只涉及源物质的自身特性，包括构成危险源物质的有毒有害程度高低及其量的大小，以及危害物质存在的安全状态。环

境风险源也涉及源自身特性及其安全状态要素，同时进一步考虑了风险源所在的周边环境因素，两者的内涵有密切的联系又存在显著的区别。

表 1-2 环境风险源与危险源的区别

名称	环境风险源	危险源
关注点	从生态环境保护的角度出发，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
发生概率	考虑概率影响，包括环境风险释放的不确定性	概率考虑较少
受体	生态环境及其周边的敏感目标	主要考虑人类
主管部门	环境保护部门	安全生产监督部门

在重大风险源监控技术研究中，还需理清敏感受体的概念。敏感受体是指风险因子可能危害的人类、生命系统各组织层次、水源保护地和社会经济系统。一般情况下，风险受体的调查范围是工业企业周边 500 m 区域的环境敏感区域，如医院、学校、党政机关、自然保护区、储有易燃易爆品的单位、风景游览区、水源保护地等。

环境敏感受体的规模、脆弱性、价值都影响着风险的大小。人口密度越大，单位面积上建成区面积越大，价值越高，该地区的风险损失就越大。风险的大小还与当地的社会环境因素密切相关，包括人群的生活习惯、教育程度，以及媒体活跃程度、政府的管治水平等。

因此，环境风险源监控技术的研究主要针对风险源本身和敏感受体两方面进行考虑，既可借鉴安全生产领域的危险源监控，也可把环境领域的污染源在线监测应用到环境风险源监控领域。环境风险源监控技术研究多基于重大危险源监控、环境在线监测系列研究工作。

1. 重大危险源监控研究进展

早在 1985 年 6 月，在日内瓦举行的第 71 届国际劳工组织大会就通过了《关于危险物质应用和工业过程中事故预防措施》的决定，初步提出危险源监控技术及方法；1988 年和 1991 年，国际劳工组织（International Labour Organization，ILO）又先后编写了《重大事故控制实用手册》和《重大工业事故的预防》，对重大危险源的辨识方法及控制措施提出了建议，促进了危险源监控体系的完善。1992 年以来，美国劳工部（United States Department of Labor）、EPA 先后颁布了《高度危害化学品处理过程的安全管理》标准、《预防重大工业事故公约》、《预防化学品泄漏事故的风险管理程序》标准，为危险源的确认和控制奠定了基础。

我国对重大危险源的监控技术体系研究起步较晚。2003 年以来，国家相继下发了《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》、《重大危险源（储罐区、库区和生产场所）安全监控通用技术规范》与《重大危险源（罐区）现场安全监控装备设置规范》（征求意见稿）等文件，推动了危险源监控工作的开展。

2. 环境在线监测系统研究进展

环境监测工作主要以手工监测仪器为主，大量的信息都停留在纸上，少量的信息挂到网上，其完整性、时效性很差。随着监测传感器的发展、传感网的出现，特别是近几年物联网的兴起，为监测数据获取提供了便利，并且还可以避免传统数据收集方式给环境带来