

环境风险预警方法与应急成套装备的应用展望

黄相国, 陈 刚

(沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110016)

摘要:介绍了环境风险预警方法建立的环境风险预警指标体系、环境风险源管理平台、环境风险源风险评估技术方法以及模块式应急成套装备的技术特点等;分析了环境风险预警方法与应急成套设备在危险化学品环境风险与应急管理, 在区域大气环境挥发性有机污染物(VOCs)监控预警等方面的实际需求。面临现实的环境风险状况从环境风险防控与应急工程技术研究中心建设角度提出了需进一步完善、开发的环境风险预测预警技术与应急成套装备等新思路。

关键词: 环境风险; 预警方法; 环境应急装备

中图分类号: X820.4

文献标志码: A

Application Prospect of the Early Warning Methods of Environmental Risks and Emergency Outfit

Huang Xiangguo, Chen Gang

(Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: In this article, by application of the early warning methods of environmental risks, an early warning indicator system of environmental risks, a management platform of environmental risk sources, and technical methods of risk assessment of environmental risk sources are introduced. Technical features of a modular emergency outfit are also presented. Actual demands for the early warning methods and the modular emergency equipment from the aspects of environmental risks and emergency management of dangerous chemicals as well as monitoring and warning of VOCs in the regional atmospheric environment are analyzed. With regard to the environmental risk situation confronted, from the viewpoint of environmental risk prevention and establishment of an emergency engineering research center, suggestions are proposed for further improvement and development of the early warning methods of environmental risks and the modular emergency outfit.

Keywords: Environmental Risk; Early Warning Methods; Environmental Emergency Equipment

CLC number: X820.4

随着经济快速发展,我国突发性环境污染事件已进入高发期^[1]。沈阳市环境风险防控与应急管理任务十分艰巨,原因是石油、化工、制药、涂装、电镀等环境风险高的行业、企业所占比例较大,企业的环境风险防控意识差,环境应急能力薄弱。环境保护部(环办函[2011]81号)确定沈阳市为全国首个环境应急能力标准化建设试点城市,沈阳环境科学研究院以《全国环境应急能力建设标准》试点建设为契机开发了模块式

环境应急成套装备,并将其应用在突发环境事故处置现场的应急联动中,为沈阳市环境应急能力提升提供了技术支撑。但是企业发生的环境事故最终将以区域环境问题体现,如何从区域尺度防范环境风险?沈阳市环保局依据《关于同意在沈阳市开展区域环境风险评估试点的函》(环办函[2012]1336号)的要求,确定以十二届全运会主功能区——浑南新区的重点环境敏感目标为重点,系统查找区域环境安全薄弱环节,在全国率

收稿日期: 2014-12-10

作者简介: 黄相国(1963-),男,教授级高级工程师。研究方向:环境风险与应急。

先开展了陆路区域环境风险评估试点工作^[2]。运用评估成果，提出并落实浑南新区区域环境风险防控措施和计划，既保障了十二届全运会召开期间的环境安全，也为全国陆路区域环境风险防控提供了先例。

沈阳市是中国北方重要的工业城市，初步统计沈阳市有260多家企业涉及化学品，其中涉及有毒有害化学品50多种，一旦发生较大的突发事故，将对城市安全和人民生命财产构成极大威胁，需加强环境风险防控和应急处置管理。沈阳环境科学研究院基于环境风险预警指标体系研究、环境风险源管理平台软件开发、环境风险源风险评估技术方法构建等建立了环境风险预警方

表1 原料中主要危险化学品种类及年用量

| 氯气 | 原油 | 19%盐酸 | 丙烯 | 甲醇 | 苯乙烯 | 硫酸 | 甲醛 | 甲醇钠 |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 180000 | 44000 | 35000 | 19000 | 15000 | 8000 | 6000 | 4000 | 3500 |

表2 属于危险化学品的主要产品种类及年用量

| 粗苯 | 糠醛 | 甲醛 | 二氯丙烷 | 乙酸乙酯 | 精苯 | 甲基苯 | 萘酸酐 | 硝酸 |
|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|
| 9500 | 7500 | 6000 | 2300 | 2000 | 1500 | 300 | 150 | 50 |

由于沈阳市的产业结构不合理，企业的生产规模和产品种类分布不均衡；部分企业的技术设备落后，环境风险防控意识淡薄，应急能力薄弱；因此迫切需要研究危险化学品泄漏的监测预警技术，来有效防控危险化学品的环境风险，减少造成人身伤害和财产损失；针对可能发生的应危险化学品泄漏、火灾、爆炸等安全生产事故所造成的突发性环境污染，急需研究危险化学品污染物的环境应急关键技术，制造能快速收集、或应急处理事故现场污染物的环境应急成套装备，防止污染物进一步扩散，将人身伤害和财产损失降到最低。

2 环境风险预警方法研究

环境风险预警是针对环境因素多（水体、大气、土壤、生态系统）、风险物质理化因素复杂、时空因素的不确定性（时间、空间、过程、规模）的体系进行监测预报^[3]。现有风险模型尚缺乏对具体研究区域的风险物质迁移转化过程研究，预警指标多为针对区域风险的宏观预警性指

法，该方法的应用可以事前预警，减少因环境事故所造成的人身伤害和财产损失。

1 沈阳市环境风险源现状

对沈阳市61家代表性企业的化学品情况调查可知，沈阳市环境风险源分布在19大行业，61家企业共生产100多种产品，涉及危险化学品的企业有35家，占被调查企业数的57%。

企业所使用的化学品原（辅）料有227种，其中属于危险化学品的为102种见表1，占使用化学品种类45%。61家企业的产品有119种，其中属于危险化学品的有24种见表2，占产品数20%。

标，需筛选特征性、针对性预警指标，建立科学指标体系^[4]。环境风险预警平台方面的软件开发和应用缺乏工程设备支撑，尚不能适应环境风险预警的实际需求，不能真正实现对环境风险有效预警。

2.1 风险源环境风险预警指标体系

利用已经研发的石化行业环境风险识别和评估“检查清单”，建立了石化企业环境风险源环境风险预警指标体系。包括化学品储运、生产工艺、环境风险管理制度、防控措施、厂界外环境等5个一级指标，95个二级指标。

2.2 环境风险源管理平台

环境风险源管理平台由预警中心、分中心数据服务器和现场数据采集设备3部分构成。预警中心具有数据接收处理、报警、监测数据存储、历史记录查询等功能，并根据数据库存储的阈值信息制定合理的报警机制，实现远程的数据采集和报警处理，通过Internet与分中心数据服务器相连接，监测风险源现场。分中心数据服务器完成数据采集、现场管理、远程数据传送和执

行远端与近中心指令等功能。监测设备实现现场数据采集功能。各采集点与分中心数据服务器之间采用现场总线（网络）通信，实现了分中心数据服务器与现场总线（网络）的接口互联与信息交换。

该平台将环境风险预警技术与微观地理信息系统相结合，有效地解决了沈阳市环境风险源管理所面临的问题。将突发环境事故应急管理，由事故发生后的被动处置，转变为主动、积极的防范，可最大限度地预防环境污染事故发生，提升了沈阳市环境应急管理能力，使风险源管理从粗放管理向精准管理，从事故发生点管理前移到事故预防点管理。

2.3 环境风险源风险评估技术方法

2012年全国环境应急管理工作会议提出了

表3 环境风险源风险评估方法汇总表

| | |
|----------------------------------|--|
| 化学品风险源 (HI _{化学品}) | $HI_{\text{化学品}} = \sqrt{Q} \times I \times M$ <p>Q化学品的性质和数量的量化表征值，I该化学品源风险诱发因素的量化表征值，M该化学品源风险防控能力的量化表征值。</p> |
| 水污染风险源 (HI _{水污染}) | $HI_{\text{水污染}} = \lg Q_{\text{水}} \times C_{\text{水}} \times P_{\text{水}} \times E \times I \times M$ <p>Q_水水污染源年排放量（t），C_水水污染源排放类别特征，P_水水污染物排放浓度表征值，E排放去向，I该水污染排放源风险诱发因素的量化表征值，M该水污染排放源风险防控能力的量化表征值。</p> |
| 大气排放源 (HI _{大气污染}) | $HI_{\text{大气污染}} = \lg Q_{\text{大气}} \times C_{\text{大气}} \times P_{\text{大气}} \times I \times M$ <p>Q_{大气}大气污染源的年排放量（Nm³/年），C_{大气}大气污染源的排放类别特征，P_{大气}大气污染物的排放浓度表征值，I该大气污染排放源风险诱发因素的量化表征值，M该大气污染排放源风险防控能力的量化表征值。</p> |
| 危险废物产生源 (HI _{危险废物}) | $HI_{\text{危险废物}} = \lg \sum (A_i \times T_i \times Q_{\text{危险废物}_i}) \times I \times M$ <p>Q_{危险废物_i}该企业不同危险废物年产生量（kg），A_i该危险废物状态，T_i危险废物处理方式，I该危险废物源风险诱发因素的量化表征值，M该危险废物源风险防控能力的量化表征值。</p> |
| 累积性风险源 (HI _{累积性}) | $HI_{\text{累积性}} = \lg Q_{\text{累积性}} \times F \times I \times M$ <p>Q_{累积性}该企业累积性物质的最大设计储量，F堆存物质复杂程度，I该累积性风险源风险诱发因素的量化表征值，M该累积性风险源风险防控能力的量化表征值。</p> |

2.4 环境风险源预警方法

环境风险源预警方法（发明专利申请号：201410606566.9）包括根据环境风险源风险评估技术方法（表3）计算某一企业不同单元的系统风险值，结合环境风险预警指标体系，汇总该企业各环境风险源环境风险数据，存储于风险源特性阈值数据库；结合企业周边环境敏感保护目

“以环境风险防控为核心的环境管理战略转型”新思路。沈阳市以十二届全运会主功能区——浑南新区的重点环境敏感目标为重点，系统查找区域环境安全薄弱环节，在全国第一个开展了区域环境风险评估试点即浑南新区区域环境风险试点评估，并建立了科学合理的区域环境风险评估方法。包括各类环境风险源的危险性表征方法、环境敏感受体脆弱性表征方法、基于源—受体作用关系的风险值计算方法、污染物在环境介质中的扩散模拟方法等评估方法等。表3汇总了化学品、水污染、大气排放、危险废物以及累积性等5类风险源的环境风险评估模型及评估方法，用于计算某一企业化学品储运、生产工艺、环保工程等单元的环境风险值。

标、建立企业环境风险源风险预警指标及地理信息，存储于风险源信息数据库；设定各风险源特征风险物质环境安全阈值；将风险源特征风险物质监测数值与环境安全阈值实时对比，通过对比曲线近似度判定报警启动与否，是否向总中心和分中心发出报警。

该环境风险源预警方法的技术亮点是基于

互联网运行，并将主要预警数据的处理设置在分中心，无险情发生时，总中心无需介入。在分中心数据服务器内安装比对程序，若曲线近似度 $\geq 90\%$ ，则判定为日常生产曲线，报警程序不启动。一旦出现泄漏险情，监测曲线近似度 $< 90\%$ ，分中心将险情发生起始时段至当前时段的数据传输至总中心，根据探测点的物质类别进行分级报警，将探测点的地理信息数据、探测点危险品信息、分中心基本信息等数据发送至总中心，在总中心显示器的电子地图上自动弹出报警数据和图像。有多点报警情况，则交替弹出报警画面。可在系统中集成多种监测设备，以适用于多种风险物质的监控。

面对来自经济、社会、自然等各方面的风险，现代社会需要进行风险管理以减小损失。沈阳市环境风险源涉及19大类、环境风险物质达几百种之多，如发生重大突发性环境污染事故将严重地损害公众健康、社会财产和生态环境安全。环境风险预警方法便是一种重要的、主动的环境风险管理手段，最终目的是预防和控制环境风险，减少造成人身伤害和财产损失。

3 应急成套装备研发

2005年松花江污染事件，把我国的环境应急能力建设和风险防控体系建设推到了一个新的起点上。环境保护部公布的《2009年中国环境状况公报》显示，2009年，环境保护部共接报并妥善处置突发环境事件171起，比上年增长26.7%。在171起突发环境事件中，由安全生产事故引发的有63起，比上年增长6起；由交通事故引发的

有52起，比上年增长27起。沈阳市交通事故引发的突发环境事件和违法倾倒事件比例均在20%左右，但其造成的环境风险与损害，却占总体突发环境事件的80%，此类事件往往发生在郊县，应急资源与装备匮乏，应对处置时效面临挑战。迫切需要研发环境应急成套装备，提高环境应急能力。为此，沈阳环境科学研究院承担了沈阳市环境应急移动指挥系统建设任务，并开发了模块式环境应急成套装备，为沈阳市环境应急能力标准化建设提供技术支撑^[5]。

3.1 环境应急移动指挥系统

环境应急移动指挥系统包括3G远程单兵音视频、车载四通道3G视频、便携背负式移动3G视频等信息采集与传输系统，并装载在移动指挥车上。该系统具有快速到达突发环境事故现场，通过应急现场全景、现场作业音视频（空旷环境、室内环境）、移动辅助音视频、陆地、空中、水中等7种图像信息采集及传输单元设备，实现全景、移动、作业现场以及空间图像信息的采集，向固定指挥平台无线传输信息，并快速接收专家应急决策等功能。

3.2 模块式环境应急成套装备

模块式环境应急成套装备是分别在6个20英尺标准集装箱内建成的移动式装置，分别具有应急指挥、远程监控、废气净化、废液收集、固废清理运输、应急淋洗保障等功能见表4。模块式环境应急成套装备及移动指挥系统的联动应用有利于专家准确进行应急研判与决策，可提升环境应急现场污染物的快速处理处置能力。

表4 模块式环境应急成套装备的功能及其技术特点

| 装备名称 | 构成单元 | 装备功能及技术特点 |
|------|---|--|
| 现场指挥 | 应急指挥办 视频会议 | 快速建立应急现场决策指挥部，实现移动办公、应急决策与现场指挥。实用新型专利：ZL 201420645838.1。 |
| 远程监控 | 集中控制室 应急物质保障 | 用于对现场废液处理和废气现场处理装置进行远程集中控制；现场应急物资、工器具、防护用品等管理及保障性供应。 |
| 废气净化 | 废气收集罩 除尘、水洗、酸洗、碱洗、 活性炭吸附 二氧化氯发生器 反吹 | 适用于污染范围小、废气量少的挥发性有机废气的快速吸收、净化或稀释。实用新型专利：ZL20112 0394250.X；发明专利：ZL201110314123.9。 |

续表4

| 装备名称 | 构成单元 | 装备功能及技术特点 |
|--------|--|--|
| 废液收集 | 液体抽吸及储罐 泥浆抽吸及储罐 废气吸收粉尘除尘 10 kW发电及控制 | 事故现场难挥发性废液污染物的快速收集与包装； 实用新型专利：ZL20112 0394238.9； 发明专利：ZL20111 0314122.4。 |
| 固废清理运输 | 废物清运设备 废物包装箱 运输集装箱 | 事故现场固体污染物的快速收集、包装、运输等应急救援。 |
| 应急淋洗保障 | 应急清洗 生活保障 | 现场应急救援人员的应急洗眼、应急淋洗等应急保障及生活补给保障。实用新型专利：201420646814.8。 |

4 环境风险预警方法与应急成套装备的应用展望

2013年，我国各级环保部门就妥善处置了587起突发环境事件。我国严峻的环境安全形势尚未得到根本扭转，环境风险异常突出，突发环境事件总量居高不下。2014年，我国环境应急管理的工作是将有毒有害气体预警放在环境应急管理的突出位置；将风险防范作为环境应急管理的重要抓手，重点落实企业环境安全主体责任，督促企业开展环境风险评估、强化环境安全隐患排查整治。沈阳市同全国一样环境安全形势尚不乐观，特别是涉及危险化学品的企业众多，一旦出现危险化学品暴露泄漏，直接对沈阳市区域环境安全以及800多万市民健康带来巨大风险。因此环境风险预警方法与应急成套装备的应用可有效防控环境风险、增强应急救援能力，保障居民健康和环境安全。

4.1 沈阳化学工业园区危险化学品环境风险与应急管理的需要

依据《化学品环境风险防控“十二五”规划》(国发[2011]42号)要求,对沈阳化工园区45家生产企业的危险化学品生产使用现状进行了调查分析。调查结果表明：累积风险类有2家企业，含环氧乙烷、丙烯酰胺水溶液2种风险物质。突发环境事件高发类有26家企业，共涉及21种风险物质。特征污染物类有24家企业涉及23种水体特征污染物类风险物质、16家企业涉及9种大气特征污染物类风险物质。另外，调查

发现沈阳化工园有4家企业还在生产、储存、使用涉及《危险化学品环境管理登记办法（试行）》（中华人民共和国环境保护部令22号）要求进行重点环境管理的危险化学品4种，因其具有急性或者慢性毒性、生物蓄积性、不易降解性、致癌致畸致突变性，对人体健康和生态环境危害严重，已被相关化学品国际公约列为严格限制和需要逐步淘汰的化学品。仅沈阳化工园区现有45家生产企业至少有28家重点环境风险源，55种化学品贮存点源，4种重点环境管理危险化学品等等，都是未来几年以至于“十三五”期间需要进行环境风险预警、环境风险防控以及突发环境事件应对等要重点关注的对象。因此将环境风险预警技术和应急关键技术沈阳化工园区进行应用与示范是非常必要的。

4.2 区域大气环境挥发性有机污染物（VOCs）监控预警的需要

目前VOCs污染日趋严重，不仅影响环境空气质量，也能直接损害人体健康。VOCs物种成分比较复杂，涉及烷烃、不饱和烃、苯系物、醇类、酯类等物种。据调查，挥发性有机污染物排放量不在二氧化硫和氮氧化物之下，但是其危害远远高于这两种污染物，它不仅是形成PM_{2.5}和臭氧的重要前体物之一，其本身也对人体健康危害很大。急需进行区域VOCs监控预警，或企业厂界环境空气质量达标监控预警，实现区域VOCs监督管理，全过程控制VOCs污染，保障区域大气环境质量达标。

5 结论

(1) 2005年松花江污染事件,把我国的环境应急能力建设和风险防控体系建设推到了一个新的起点上。为加强全国环保部门环境应急能力建设,提升突发环境事件应对水平,环保部组织编制了《全国环保部门环境应急能力建设标准》并选择沈阳市进行试点建设,以此为契机沈阳环境科学研究院承担了沈阳市环境应急移动指挥系统建设任务,并开发了6个模块式环境应急成套装备,为沈阳市环境应急能力标准化建设提供技术支撑。

(2) 在总结近几年的研究成果的基础上,把环境风险源风险评估技术方法与环境风险预警指标体系及环境风险源管理平台相结合创新性建立了环境风险预警方法,并申报了发明专利。

(3) 环境风险预警方法与应急成套设备能有效及时地监测预报挥发性化学品风险物质集中存放区域的环境风险,提示企业及时采取风险防控与事故应对措施,将风险事故造成的损失降至最低。

(4) 现实的环境风险状况是非常复杂的、迫切需要针对不同危险化学品开发监测预警技术;针对流域水环境风险、区域大气环境风险等开发监控预警技术;针对重金属污染和土壤污染

区域的环境风险变化趋势开发监测预警技术等等来有效防控环境风险,减少造成人身伤害和财产损失;还急需针对性研究危险化学品、危险废物、有害有害污水及废气、重金属等环境事故应急关键技术及环境应急成套装备,防止污染物进一步扩散到环境介质中,将人身伤害和财产损失降到最低。我院将以承担沈阳市科技计划专项——环境风险防控与应急工程技术研究中心建设这一大好机遇,以沈阳的环境管理需求和保障环境安全为核心,以解决沈阳市各行业环境风险防控与应急工程技术难题为突破,进一步完善和开发系列环境风险预测预警技术,建设示范工程,为沈阳市的环境风险防控及突发环境事故提供综合技术支撑及规范化服务。

参考文献

- [1]邵超峰,鞠美庭.环境风险全过程管理机制研究[J].环境污染与防治,2011,33(10):97-100.
- [2]王坚,张广鑫.浑南新区区域环境风险评估关键技术研究示范技术报告[R].沈阳环境科学研究院,2013.
- [3]颜卫忠.环境预警指标体系研究[J].长沙电力学院学报:自然科学版,2002,17(3):87-90.
- [4]李俊红,刘树枫,袁海林.浅谈环境预警指标体系的建立[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2000,32(1):78-81.
- [5]黄相国,邢峰,张铭,等.基于环境应急能力建设标准的模块化应急处理成套装备的开发[C].中国环境科学学会学术年会论文集(第1卷),2013:397-402.