



文章栏目：“我国典型突发环境事件的应急处置案例解析”特邀专稿

DOI 10.12030/j.cjee.202011061 中图分类号 X507 文献标识码 A

陈思莉, 张胜, 潘睿, 等. 危化品道路运输次生突发环境事件特征分析及防范对策[J]. 环境工程学报, 2021, 15(10): 3193-3198.

CHEN Sili, ZHANG Sheng, PAN Rui, et al. Characteristic analysis and countermeasure suggestions on secondary environmental emergencies in road transportation of hazardous chemicals[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(10): 3193-3198.

危化品道路运输次生突发环境事件特征分析及防范对策

陈思莉¹, 张胜², 潘睿², 邴永鑫¹, 黄大伟¹, 张政科¹, 魏清伟^{1,✉}

1. 生态环境部华南环境科学研究所(生态环境部生态环境应急研究所), 广州 510530

2. 生态环境部环境应急与事故调查中心, 北京 100035

第一作者: 陈思莉(1982—), 女, 硕士, 正高级工程师。研究方向: 突发环境事件应急处置技术开发、水处理研究与设计。E-mail: chensili@scies.org

✉通信作者: 魏清伟(1974—), 男, 博士, 正高级工程师。研究方向: 环境应急处置技术、环境风险管理、水污染治理。E-mail: guoqingwei@scies.org

摘要 针对近年来我国交通事故次生突发环境事件呈上升趋势, 在分析总结我国近 10 年的交通事故次生突发环境事件基础上, 聚焦目前危化品道路运输风险底数不清、缺乏环境风险防控工程体系和有效技术支撑以及部门联动协作等主要问题, 为提高交通运输次生突发环境事件的防控能力, 基于环境敏感受体等因素, 提出了相关对策建议。具体对策建议包括: 通过建立危化品运输道路环境风险评估体系, 识别全国重大环境风险路段, 摸清风险底数; 推广“南阳实践”经验, 消除或减轻事件影响; 加强和完善部门沟通协作机制; 建立健全危化品道路运输应急处置体系, 提升应急处置能力。

关键词 危化品道路运输; 次生突发环境事件; 环境风险防范

截至 2020 年 9 月 12 日, 该年度由生态环境部调度的突发环境事件共 66 起, 其中危化品交通运输次生突发环境事件有 24 起, 占总量的 37%。一直以来, 危化品道路运输是仅次于安全生产事故的突发环境事件重要诱因, 近年来呈总体上升趋势^[1]。当前, 针对危化品道路运输的评估研究大多是基于交通事故本身带来的危害, 包括人员伤亡、经济损失等, 相关道路风险评估、预警等方面的研究也聚焦在托运、承运、装卸、车辆运行、罐车、罐体、车速、加速度等因素^[2-3]。对于由道路运输事故危化品泄漏导致的次生环境危害的研究则较少, 有关交通道路突发危化品泄漏对下游敏感受体(包括饮用水源地、自然保护区等)的影响研究更少。另外, 大部分研究仅考虑岸上的影响, 并未考虑入河的风险, 未综合考虑运输路线及其与河流的关系等因素^[4-7]。而一旦污染物泄漏进入河道, 产生的次生突发环境事件将造成更大影响。因此, 为提高交通运输次生突发环境事件防控能力, 本文通过分析近 10 年交通运输事故次生突发环境事件的总体特征, 梳理问题根源,

收稿日期: 2020-11-10; 录用日期: 2021-06-13

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(PM-zx703-202002-079); 广东省省级科技计划项目(2016B020240007)

进而提出防范化学品道路运输中重大突发环境事件的对策建议。

1 近10年我国危化品运输事故次生突发环境事件特征

2010—2019年,由生态环境部调度的突发环境事件共1 053起。其中,最多的为安全生产次生突发环境事件为523起,占比50%。而交通运输为第2大突发环境事件诱因,具体数据见图1。

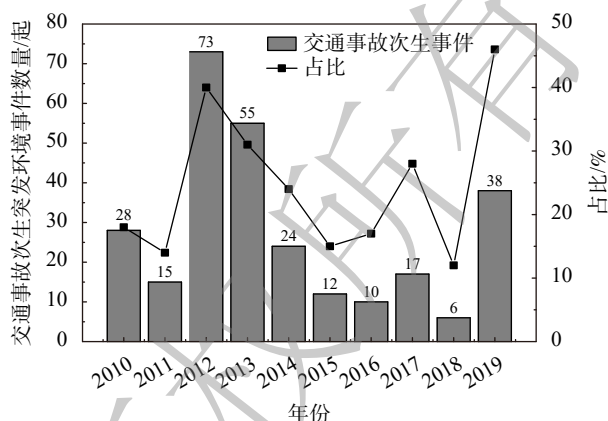
近年来我国突发环境事件主要特点为:

1) 交通运输事故多发,近5年呈上升趋势。交通事故次生突发环境事件共278起,占全国突发环境事件总数量的26%。2012—2015年,交通运输次生突发环境事件数量和占比均逐年下降,2015—2019年,其数量及占比呈总体上升趋势,2019年一年达到38起,占当年总数量的46%。

2) 事故主要涉及危化品运输。2010—2019年仅危化品运输事故次生突发环境事件共275起,占交通运输次生突发环境事件的99%。事故主要发生在陆路运输过程。水运运输过程中发生的事故仅23起,占比不足9%。

3) 事故主要分布在浙江、广东、陕西、江苏、山东、湖北等省份,占交通运输次生突发环境事件的51%。其中,山西、青海、新疆等省(自治区)交通运输次生突发环境事件占该省(自治区)突发环境事件总数量的40%以上(见图2)。

4) 事故危化品主要为石油类、苯及其苯系物、无机酸等,占比超过59%(见表1)。因交通运输具有流动性强、运输物质复杂等特点,所载危险化学品入水后易快速扩散,处置难度相



数据来源:生态环境部环境应急与事故调查中心

图1 2010—2019年交通事故次生突发环境事件统计
Fig. 1 Statistics on the number of secondary environmental emergencies in traffic accidents from 2010 to 2019

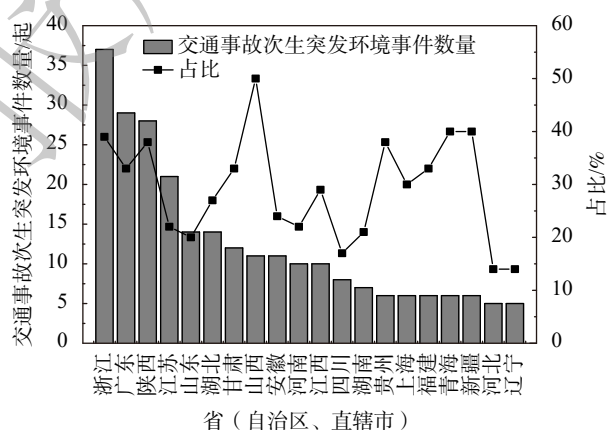


图2 2010—2019年交通事故次生突发环境事件较多的省(自治区、直辖市)统计

Fig. 2 Statistics of provinces with high numbers of traffic accidents and secondary environmental emergencies from 2010 to 2019

表1 2010—2019年全国突发环境事件危化品种类及数量统计

Table 1 Statistics on hazardous chemicals types and quantity of environmental emergencies in China from 2010 to 2019

| 序号 | 特征污染物 | 数量/起 | 占比/% |
|----|--------------------------|------|------|
| 1 | 汽油、柴油、原油、燃料油、润滑油、焦化油等石油类 | 62 | 22 |
| 2 | 盐酸、硫酸、硝酸、氢氟酸等酸类 | 46 | 17 |
| 3 | 苯乙烯、苯、粗苯、苯酚、甲苯、二甲苯等苯系物 | 43 | 16 |
| 4 | 甲醇 | 17 | 6 |
| 5 | 其他 | 107 | 39 |
| | 合计 | 275 | 100 |

对较大，且极易造成流域性污染。

2 近 5 年我国危化品交通运输次生突发环境事件上升的原因

1) 由于我国的化工产业地域布局不均，“产销分离”决定了危化品生产后需要经历物流运输过程。我国以石油、天然气等为基础原料的化工产业集群大多分布在西部，而其产品销售地和下游深加工企业又多集中在东部沿海地带^[8]。目前，我国 5 000 余种化工原料产销地域分布不均，95% 以上原料需要异地运输。

2) 危化品物流运输量呈上升趋势，危化品运输事故次生突发环境事件增多。据统计，我国每年经道路运输的危化品超过 1×10^{10} t，占危化品运输总量 60% 以上，占公路年运输总量 30% 以上。我国从事危化品货物运输的企业超过 1×10^4 家，危化品运输汽车车辆超过 3.6×10^5 辆。我国是石油与化工产品消费大国，危化品物流需求强劲，运输量年均增长 10%，而 2019 年危化品物流市场规模已超过 1.8×10^{13} 元^[9-10]。近几年，随着危化品运输量的增加，我国交通事故次生突发环境事件呈总体上升趋势。

3) 随着原油产量和原油加工量的不断增长，石油类运输事故次生突发环境事件上升趋势明显。据统计，我国炼油产能年均增加 $(2 \sim 4) \times 10^7$ t。2010—2019 年，石油类运输事故次生的突发环境事件从 3 起增至 16 起，占运输事故次生突发环境事件总数的比例由 11% 上升至 42%。2020 年 1—9 月，石油类运输事故次生的突发环境事件为 11 起，占比 45%，上升趋势尤为明显。

3 事故应急处理中的主要问题

1) 风险底数不清。危化品运输属于高风险行业，一旦发生事故，具有影响大、波及范围大、危害大等特点^[11-12]。然而，我国现行环境风险评估技术体系尚无专门针对危化品道路运输风险评估的技术方法，且各级政府生态环境部门也不掌握危化品运输种类、运输数量、运输路线、周边环境等运输状况和环境底数等基本信息，导致危化品运输事故次生突发环境事件风险底数不清，难以采取有针对性的环境风险防控与应急准备措施。针对此类事故的应急处置工作往往比较被动，容易贻误战机，造成事件影响升级。

2) 环境风险防控工程体系缺乏。一旦危化品因运输事故造成泄漏，往往沿着公路边坡、边沟进入水体，或者翻车泄漏直接进入水体。进入水体的污染物会随水流迅速下泄，进而影响到下游饮用水源，甚至可能造成跨国界水污染风险^[13]。若事先能探明高风险路段下游的可用于截流、引流、导流、贮存污染物的场地，以及可用于应急处置的环境应急基础设施，将污染物控制在封闭水体或有限范围内，就能够迅速控制事态。然而，由于底数不清、环境风险防控工程体系缺乏，因此目前很难做到在较短时间内快速拦截污染物。

3) 缺乏有效的技术支撑。目前，我国道路运输的危化品种类繁多、性质多样，次生突发环境事件后的应急处置技术及措施非常复杂^[14-15]。然而，由于环境应急处置技术研究不够深入，环境应急处置装备及标准的缺乏，故难以有效支撑事故发生后的科学应对措施。

4) 部门联动协作机制有待加强。危化品道路运输监管及次生事故处置涉及公安、交通、应急、生态环境、卫计等多个部门^[16]。按照职责分工，运输事故发生后，公安、消防、卫计等部门一般早于生态环境部门组织现场交通疏导、应急处置、人员救援等工作。一些地方部门间缺乏有效联动协作机制，相关部门在先期处置中未及时采取有效的封堵、拦截等处置措施，造成槽罐车内危化品全部泄漏并迅速向下游迁移，增加了后续的环境应急处置难度。如 2020 年 4 月河北省涿源县酚油罐车泄漏事故、广东揭阳 9·9 交通事故苯酚泄漏次生突发环境事件就是如此。

4 事件防范对策建议

1) 建立危化品运输道路环境风险评估体系，识别全国重大环境风险路段。推进全面评估全国

危化品道路运输环境风险路段并定级，绘制全国“危化品运输道路环境风险路段一张图”，以指导环境风险防控及应急准备等工作。环境风险评估程序如图3所示。主要包括资料准备，路段识别，参数确定，评估方法，等级表征等5个方面。危化品道路运输环境风险评估采用“环境敏感受体影响推导法”，即以环境敏感受体为评估基础，依据危化品泄漏对环境敏感受体的影响程度及环境敏感受体敏感性等来筛选环境风险路段并定级。

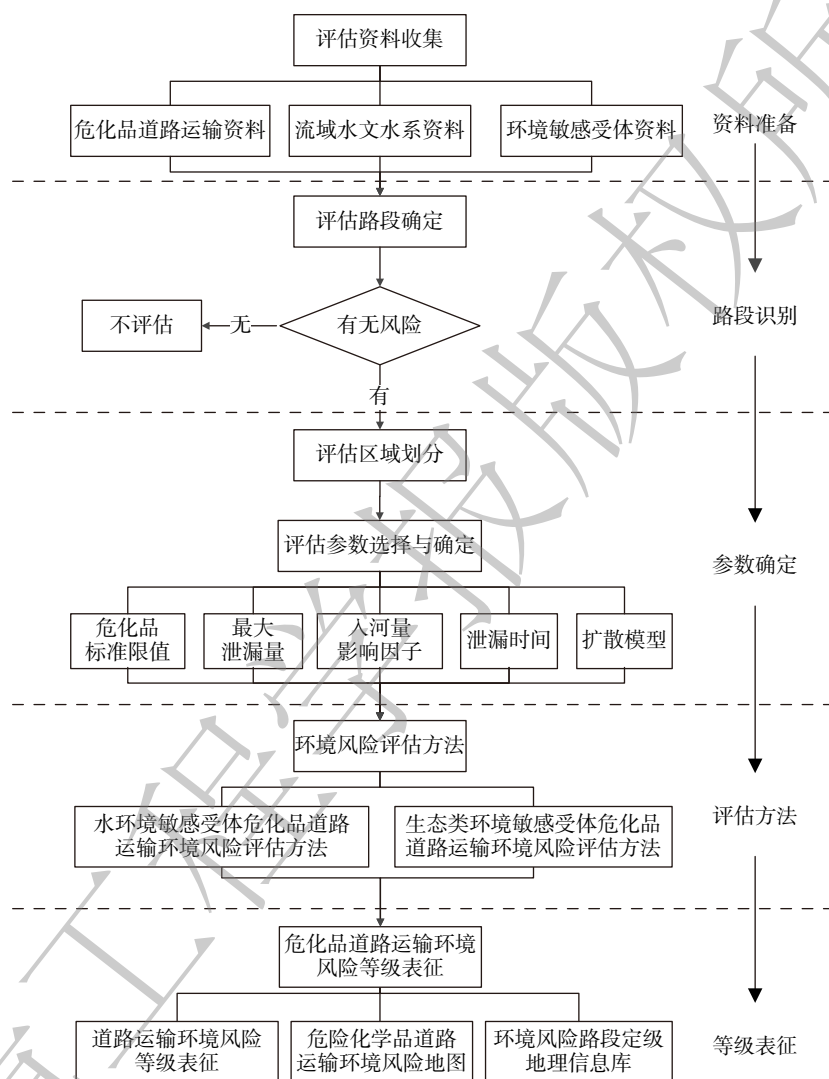


图3 环境风险评估程序图

Fig. 3 Diagram of the environmental risk assessment procedure

在评估参数的选择与确定方面，应充分考虑危化品泄漏对应的监测指标及其标准限值、道路运输的最大泄漏量、不同情形下危化品的入河量，以及泄漏时间、污染物在水中的扩散模型等诸多因素。

以环境敏感受体为基准点，以危化品在水中表征指标的标准限值为基础，通过上述水质模型计算泄漏事故发生后污染团随时间、距离的变化情况(泄漏点为该路段的最下游点)，得到污染团浓度衰减至污染物在水体中的标准限值时迁移的距离，并在此距离内寻找环境风险敏感受体。如无环境敏感受体，则该路段为无风险路段；如有环境风险敏感受体，以此环境敏感受体为基础并向上游反推(若有多个环境敏感受体，则从环境敏感受体等级从高到低依次进行)，并找到临界

点。污染物若在此临界点泄漏，则下游环境敏感受体处的污染物浓度刚好达标(达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)^[17]相关指标限值要求)，设为 Z 点。Z 点以上为无风险路段，若危化品在此路段泄漏，不会造成下游环境敏感受体处水体相关污染物超标；Z 点以下为有风险路段，若危化品在此路段泄漏，将会造成下游环境敏感受体处水体相关污染物超标，即环境敏感受体和 Z 点内的危化品运输路线为有风险的路段。当危化品在 Z 点以上泄漏，对下游环境敏感受体无风险；在 Z 点以下泄漏则对下游环境敏感受体存在风险。环境敏感受体与临界点 Z 间的距离即为环境风险路段长度。

目前，生态环境部正在四川省成都市、陕西省汉中市和宝鸡市开展道路交通突发环境事件高发路段风险评估试点工作。

2) 推广“南阳实践”经验，减轻或消除危化品运输事故次生突发环境事件的影响。在全国重点区域大力推动环境高风险路段所属流域，实施“以空间换时间”的“南阳实践”经验(因首先在淇河污染事件中提出，故为“南阳实践”)。即在危化品运输道路风险评估基础上，提前探明危化品运输高风险路段下游可用于截流、引流、导流、贮存污染物的场地，以及可用于应急处置的桥梁、闸、坝等环境应急基础设施，构成临时应急池。该应急池既可有效拦截隔离污水，又不影响上游清水下泄，通过“空间”换取污染物处置的“时间”。可构成的“空间”设施包括引水式电站、湿地、干枯河床、引水管道、江心洲型河道、坑塘、槽车、排水管道(排渠)、连通水道、多级拦截坝等十余种设施。在此基础上，将南阳实践成果转化成“一河一策一图”电子化成果，指导突发环境事件的科学处置，努力实现从“被动应对”到“主动防控”的重大转变。

3) 加强和完善部门沟通协作机制，防范化解危化品运输事故次生重特大突发环境事件的发生。建立健全公安、交通运输、应急管理、生态环境等部门共同参与的危化品道路运输事故联合预防和应对机制，形成“基本信息共享、动态监控通报、同步联合应对”的工作格局。通过部门基础信息共享，生态环境部门可形成全国危化品道路运输环境风险路段汇总，并共享给交通运输、应急管理等部门，推进危化品道路运输车辆运输路线优化及环境风险实时预警，从源头化解运输事故次生重特大突发环境事件的发生。

4) 建立健全危化品道路运输事故应急处置体系，提升应急处置能力。环境应急总体系统包括风险源监控与预警体系，环境质量监测与预警体系，环境事件应急处置体系，环境后评估与善后体系。其中，环境事件应急处置体系包括查清切断污染来源、应急监测、污染物削减、调水控污、供水保障、卫生应急预案、生态环境影响后评估、事故应对综合调度、事故舆论引导等 9 大方面。在发生突发环境事件时，一般应急顺序为“一气、二水、三土”，以短时间大范围高浓度的污染物影响转化成小范围长期低损害的自然过程，并尽量避免与人、食物、生物等接触，防止向毒性变大方向发展为应急处置原则。阻源顺序为：危化品运输车辆罐体、岸上、支流或短的河段、河床、较大水域。由以上顺序可以看出，事件发生时间越长，阻源难度越大，故先期处置十分重要。可采用的主要削污措施包括围阻、回收、吸附、烧除、掩埋、削沉、掺混、修复。应根据污染物的性质及污染程度来确定，具体采取一种或者多种联合的削污措施。

参 考 文 献

- [1] 马晓琨. 中国突发环境事件时空分布及外部因素相关性研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2015.
- [2] 张春艳, 曹钧, 蒯文革. 危化品道路运输安全风险分析及事故防控对策研究[J]. 化工管理, 2020(34): 75-77.
- [3] 张茂鑫. 危化品运输车辆单元风险预警系统开发[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2019.
- [4] 曹建. 危化品槽罐车公路运输事故情景构建、演化模拟与安全控制研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2020.

- [5] 张蒙. 危化品道路运输事故后果分析与风险评价模型研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2019.
- [6] 胡伟超, 徐灵吻, 傅挺, 等. 危险化学品道路运输路线安全风险量化评估体系[C]//第十三届中国智能交通年会优秀论文集, 2018: 189-197.
- [7] 卫星, 李自生, 万聪颖. 利用地理信息评估危化品道路运输环境风险[J]. 化工管理, 2018(22): 84-86.
- [8] 胡燕倩. 我国危化品物流发展的现状、原因及策略分析: 基于发达国家危险品运输管理经验的借鉴[J]. 对外经贸实务, 2013(5): 90-92.
- [9] 罗俊仪, 龚标, 王长君. 我国危险化学品道路运输现状[J]. 道路交通管理, 2005(11): 6-8.
- [10] 卜全民, 童星. 我国危险化学品道路运输的现状与对策研究[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(4): 90-93.
- [11] RAO RAJESHWAR K, RAO VENKATESWAR S, CHARY V. Estimation of risk indices of chemicals during transportation[J]. *Process Safety Progress*, 2004, 23(2): 149-154.
- [12] 任常兴, 吴宗之. 危险品道路运输风险分级指数法研究[J]. *安全与环境学报*, 2006, 6(4): 126-129.
- [13] 刘琳琳. 基于物联网的危化品运输泄漏事故仿真系统[D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [14] 姜学鹏, 徐志胜, 冷彬, 等. 危化品公路运输事故研究现状及其防灾对策[J]. 中国公共安全(学术版), 2006(3): 55-58.
- [15] 吴宗之, 孙猛. 200起危险化学品公路运输事故的统计分析及其对策研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(2): 3-8.
- [16] 薛丽洋. 浅谈道路运输环境安全管理工作的认识与建议[J]. *甘肃科技*, 2018, 34(21): 104-105.
- [17] 中华人民共和国生态环境部. 地表水环境质量标准[EB/OL]. [2020-11-10]. http://www.mee.gov.cn/ywqz/fgbz/bzwb/shjbh/shjzlbz/200206/t20020601_66497.shtml.

(责任编辑: 靳炜)

Characteristic analysis and countermeasure suggestions on secondary environmental emergencies in road transportation of hazardous chemicals

CHEN Sili¹, ZHANG Sheng², PAN Rui², BING Yongxin¹, HUANG Dawei¹, ZHANG Zhengke¹, GUO Qingwei^{1,*}

1. South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment(Research Institute of Eco-environmental Emergency, Ministry of Ecology and Environment), Guangzhou 510530, China

2. Environmental Emergency and Accident Investigation Center of Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100035, China

*Corresponding author, E-mail: guoqingwei@scies.org

Abstract In view of the rising trend of secondary environmental emergencies in traffic accidents in China in recent years, the main problems are analyzed based on the analysis and summary of the secondary environmental emergencies in traffic accidents in my country in the past ten years. They include unclear road transport risk of hazardous chemicals and environmental risks, the lack of prevention and control engineering system, and the lack of effective technical support and inter-departmental linkage and cooperation. Suggestions are provided for improving the prevention and control capabilities of secondary environmental emergencies in transportation based on sensitive receptors and other factors. It is proposed to establish an environmental risk assessment system for road transportation of hazardous chemicals, identify road sections with high environmental risks across the country, find out the risk base, promote the experience of "Nanyang Practice", eliminate or reduce the impact of incidents, strengthen departmental communication and coordination, establish and improve the emergency response system for road transportation of hazardous chemicals, and improve emergency response capabilities.

Keywords road transportation of hazardous chemicals; secondary environmental emergency; environmental risk prevention