



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.202008259 中图分类号 X507 文献标识码 A

张政科, 魏清伟, 潘超逸, 等. 陕西省留坝县 4·24 粗酚泄漏突发环境事件的应急处置分析[J]. 环境工程学报, 2021, 15(8): 2547-2554.

ZHANG Zhengke, GUO Qingwei, PAN Chaoyi, et al. Analysis on emergency disposal of “4.24” crude phenol leakage incident in Liuba county, Shaanxi province[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(8): 2547-2554.

陕西省留坝县 4·24 粗酚泄漏突发环境事件的应急处置分析

张政科, 魏清伟, 潘超逸, 王骥, 黄大伟, 王振兴, 陈思莉*, 郑文丽

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

第一作者: 张政科(1988—), 男, 硕士, 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: zhangzhengke@scies.org

*通信作者: 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

摘要 近年来, 我国因交通事故导致的突发环境污染事件频繁发生。以陕西省留坝县“4.24”粗酚泄漏突发环境事件为典型案例, 全面分析了此类事件的基本特征及应急处置技术方案, 主要包括应急目标与总体思路、监测方案、污染态势、处置措施、实施效果及总结等内容。其中, 处置措施包括源头工程阻断、多级吸附拦截除挥发酚、高污染水团异位处理、水库回蓄削峰等方面。上述处置措施可有效保障下游水环境安全, 将事件影响控制在有限范围内, 并为流域突发粗酚及相关危险化学品泄漏的应急处置提供参考。

关键词 粗酚; 泄漏; 突发环境事件; 应急处置

2013—2017年, 生态环境部直接调度处置的突发环境事件共 2 119 起, 虽总体态势有所下降, 但全国每年仍有超过 300 起突发环境事件, 这对我国生态环境安全构成了严重威胁, 亦给人民的生命财产带来巨大损失。突发环境事件起因有生产安全事故、危险化学品运输交通事故、自然灾害等。近年来, 因危险化学品运输交通事故引发的突发环境事件占比达 50%, 是突发环境事件的主要诱因之一。

粗酚即对煤焦油蒸馏得到的含酚馏份进行加工而得的常见化工原料, 主要由苯酚、甲酚、二甲酚等组成, 还含有少量的萘油(萘、甲基萘、吡啶等)。粗酚对皮肤、黏膜有强烈腐蚀作用, 可抑制中枢神经或损害肝、肾功能^[1], 对人体健康及环境危害非常大, 属危险化学品。粗酚污染事件并不鲜见, 影响较大的包括 2008 年 6 月广西-云南跨省粗酚污染事件^[2]、2009 年 2 月江苏省盐城市城西水源遭酚类化合物污染事件^[3]、2011 年 6 月浙江杭州新安江高速出口发生苯酚槽罐车破裂事故^[4], 以及本文介绍的陕西汉中留坝粗酚泄漏事件等。粗酚污染的处理技术主要包括活性炭吸附法、化学氧化法和生物法。阙付有等^[5]研究了活性炭纤维(activated carbon fiber, ACF)对苯酚泄漏污

收稿日期: 2020-08-29; 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-zx703-201803-070); 广东省省级科技计划项目(2016B020240007)

染的吸附处理方法,经ACF吸附后苯酚的质量浓度可由 $7\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;王新刚等^[6]采用吸附-氧化法应急处理饮用水源突发苯酚污染,结果表明活性炭吸附-高锰酸钾氧化联用技术可大大提高除酚效能,苯酚质量浓度为 $250\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,去除率可达90%以上;王铮等^[7]研究了混凝法、活性炭吸附法对原水中挥发酚的应急处理能力,结果表明混凝法无法应对突发挥发酚污染,而活性炭吸附法对挥发酚去除率可达85%;刘韵达等^[8]、陆隽等^[9]的研究结果表明,臭氧预氧化和高锰酸钾预氧化后可提高活性炭对挥发酚的去除率,而常规混凝沉淀对挥发酚的去除效果较差^[8];JIANG等采用生物法处理高浓度含酚废水,分离出一种真菌,该菌株能够利用苯酚作为碳源,可提高苯酚的处理效率^[10]。在焦化厂,含酚废水的处理常采用芬顿+生物法处理,但该方法不适用于河流等开放水体,因此,在突发酚类污染应急处理中常采用吸附法,但吸附法往往需要大量吸附材料,且需要较长的吸附时间才能见效。这是应急处理中吸附法需要克服的难点。

本文以一起由粗酚运输交通事故引起的典型突发环境事件为例,通过分析事件应急处置思路、措施及效果,以期为地方政府及企业处置流域危险化学品泄漏突发环境事件提供参考。

1 事件基本情况

2018年4月24日上午10时20分,陕西省榆林市靖边县盛新宇实业公司一辆载有32 t粗酚的危化品罐车,途径316国道留坝县境内陶沙坝村时罐体突然发生爆裂,所载粗酚全部泄漏,其中大部分泄漏至路面及周边土壤,约有数吨粗酚经沿线沟渠泄漏至北栈河(流量约 $0.6\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$),下游16 km处汇入褒河(流量约 $36\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$),褒河往下62 km即为汉江。事件发生后,生态环境部环境应急与事故调查中心派出工作组,指导当地政府开展应急处置工作,并委派华南环境科学研究所作为应急处置技术支撑单位,为本次事件提供全面的应急处置技术支持。

2 应急处置目标与处置步骤

本次事件应急处置的目标是:通过工程削污、水力调度等措施,最大限度减轻事件对北栈河及褒河的影响,力争将事件污染范围控制在褒河石门水库(以灌溉为主,兼顾发电、防洪功能的大型水库,总库容 $1\times 10^8\text{ m}^3$)以上河段,确保无一滴污染水体进入汉江。

本次事件应急处置的基本步骤有:1)现场成立突发环境事件应急指挥部,并组建应急专家组,调动各方面力量采取一切措施对事故点污染源实施工程阻断;2)准确监测和预报污染事件发展态势,为应急指挥决策提供数据支撑;3)在北栈河事故点上游进行控流引流,减轻下游控污压力;4)在北栈河事故点下游16 km河段采取多级吸附拦截、高污染水团异位暂存处理,有效削减河道污染物总量;5)污染水团入褒河后,利用石门水库库容及上游来水与区间清洁补水进行回蓄削峰,进一步降低污染物峰值浓度;6)统筹各类应急措施,在应急处置中不断优化总体方案;7)正确引导舆论,将此次事件社会影响降低到最小。

3 监测方案

应急监测的主要目的是:通过定点监测及现场巡测相结合的方法,快速准确掌握此次事件挥发酚超标的发展过程和态势;准确了解、评估各种工程措施的处置效果,为及时调整应急措施提供可靠支撑。

监测指标:本次事件泄漏污染物粗酚,是苯酚、甲酚、二甲酚等的混合物,其对应在地表水环境质量标准(GB 3838-2002)中的指标为挥发酚。

监测频次:事件应急处置先期,为快速掌握污染程度及范围,采用每小时1次的监测频次;事件应急处置后期,根据污染态势,适时调整监测频次。

监测点位:在本次事件发生的北栈河至褒河石门水库大坝沿程63 km河段上,共布设7个定点监测点位(见图1);现场巡测断面根据应急处置工程点位及污染变化趋势进行布设并动态调整。

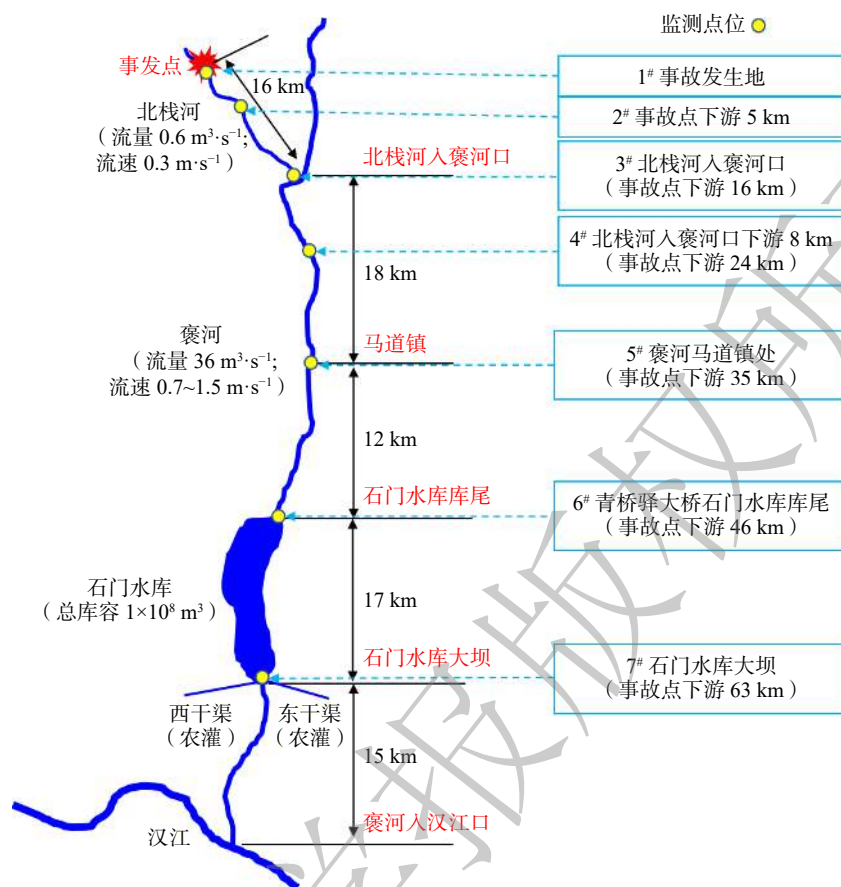


图 1 留坝粗酚泄漏事件应急监测点位示意图

Fig. 1 Schematic diagram of emergency monitoring points for the Liuba crude phenol leakage event

4 污染态势分析

根据 2018 年 4 月 24—26 日的应急监测数据，本次事件造成的挥发酚污染主要集中在北栈河 16 km 河段：事故点最高超标 46 549 倍，污染团前锋于 25 日 03:55 抵达事故点下游 5 km (超标 330 倍)，25 日 07:40 分到达北栈河入褒河河口 (超标 78 倍)，26 日 04:31 分抵达石门水库库尾 (超标 19.2 倍)。26 日 19:00 的污染态势为：污染团集中在事故点下游 5 km 至北栈河入褒河口的 11 km 河段内，超标 1 000~47 000 倍；褒河受轻微污染，超标在 0~20.5 倍；石门水库库尾超标 (超标 0~19.2 倍)，库中及大坝处未超标。各主要监测点位污染物超标倍数变化趋势见图 2。

5 主要处置措施

本次事件的主要应急处置措施包括源头工程阻断、多级吸附拦截、高污染水团异位处理、水库回蓄削峰等 4 项。应急处置措施总体布置如图 3 所示。

5.1 源头工程阻断

事故发生后，大量粗酚被截留在事故点周边土壤、路面及雨水沟中。为确保无后续污染物继续入河，采取了以下工程阻断措施：1) 在 3 h 内完成雨水沟入河口封堵，切断了事故点污染源；2) 在 10 h 内清理了残存在事故点附近路面及雨水沟内的高浓度污水；3) 在 24 h 内组织民兵、群众 40 余人及大型机械 150 余台次清理了受污染土壤，共清理受污染土壤 600 m^3 。现场情况如图 4 所示。

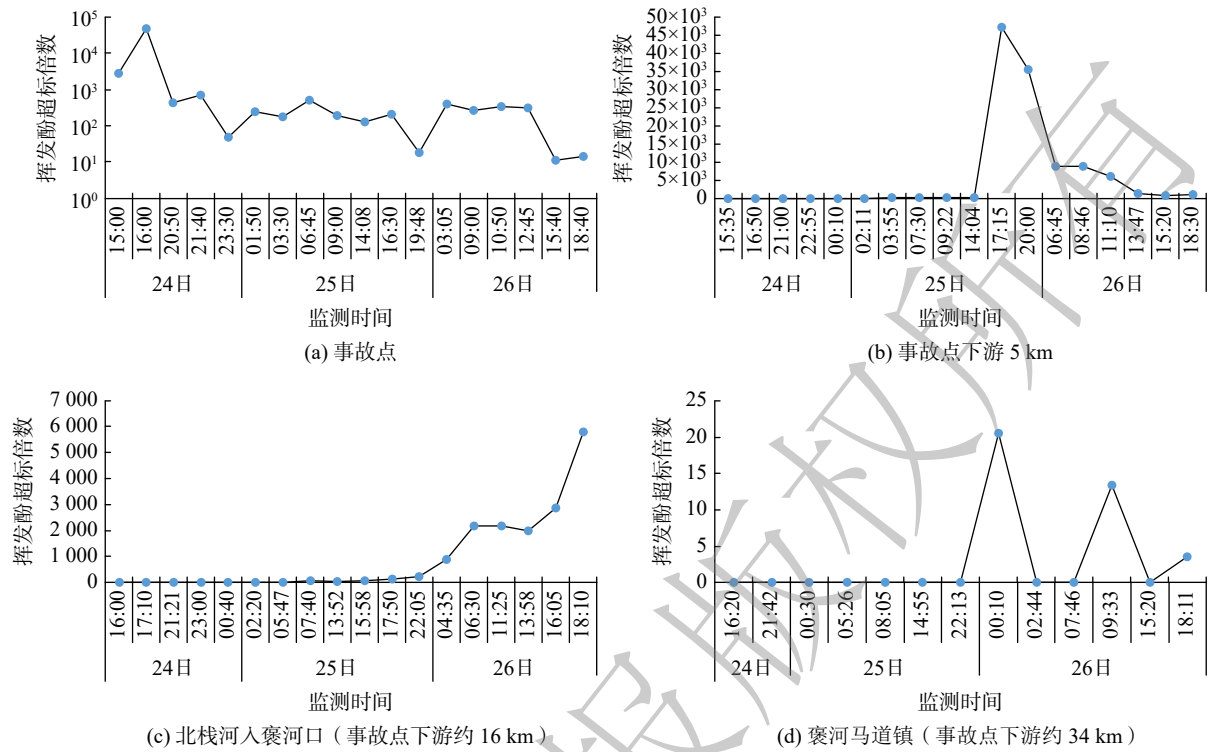


图 2 留坝粗酚泄漏事件挥发酚污染态势

Fig. 2 Pollution situation of volatile phenol for the Liuba crude phenol leakage event



图 3 留坝粗酚泄漏事件主要应急处置工程布置示意图

Fig. 3 Layout of the main emergency disposal project for the the Liuba crude phenol leakage event



(a) 清理事故点旁雨水沟

(b) 清理周边受污染土壤

(c) 封堵雨水入河沟

图 4 源头工程阻断现场情况

Fig. 4 Engineering blocking of the source of pollution

5.2 多级吸附拦截除挥发酚

由于污染团主要集中在事故点下游 5 km 至北栈河入褒河口的 11 km 河段内，超标 1 000~47 000 倍，因此需在河道实施原位吸附除挥发酚。通过查阅文献并根据现场实验结果，拟采用活性炭吸附法。具体实施时，结合河道自然地理条件，在便于施工的地方先用工程机械筑拦河坝挡水，以延缓污染团下泄，为下游争取处置时间，并为构筑活性炭吸附拦截坝提供条件(现场如图 5 所示)；对不便于工程机械筑坝的地方，直接人工搭建活性炭吸附拦截坝(现场如图 6 所示)。筑坝用活性炭为颗粒活性炭，选用透水性好网袋或筐填装。在本次事件中，就地取材选用黑色遮光网及水果筐来填装颗粒活性炭(如图 7 所示)。



图 5 挡水坝+活性炭坝

Fig. 5 Retaining dam and activated carbon dam

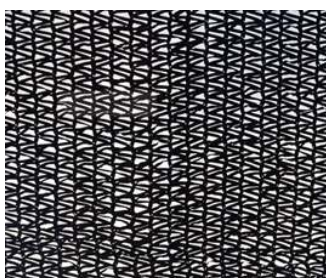


图 6 活性炭坝

Fig. 6 Activated carbon dam



(a) 颗粒活性炭



(b) 黑色遮光网



(c) 水果筐

图 7 活性炭坝主要材料

Fig. 7 Main material of activated carbon dam

5.3 高污染水团异位处理

由于污染水团集中在事故点至北栈河入褒河口的10余km河段内,量大且超标倍数高,而活性炭等应急物质调运、多级活性炭坝构建等均需要时间,因此采用“空间换时间”的思路,利用河道周边的人工景观湖等封闭空间临时改为事故应急池,将高污染水团引入并进行异位处理,为下游采取应急处置措施争取时间,同时极大减轻了河道污染负荷。

5.4 水库回蓄削峰

高污染水团虽被阻断在北栈河,并得到有效处置,但仍有少量污染物进入褒河。由于褒河流量达 $36\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,在褒河实施吸附拦截措施难度极大,因此充分利用褒河石门水库库容(总库容 $1\times 10^8\text{ m}^3$)的水利调节功能,通过上游及区间清洁补水进行回蓄削峰,从而降低挥发酚污染物峰值浓度,确保了进入汉江前水体中的挥发酚质量浓度符合地表Ⅲ类水标准($0.005\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)。

6 应急处置的效果

6.1 源头工程阻断、多级吸附拦截实施效果(北栈河段)

北栈河4月24日至5月3日应急监测结果如图8所示。由图8可知,4月24日实施源头工程阻断后,事故发生地污染物浓度迅速下降。当日挥发酚质量浓度由 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下;随着后续不断清理,事故点5月2日挥发酚质量浓度降至标准限值($0.005\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)以下,达到了源头工程阻断的预期效果。4月24日—27日采取的筑坝挡水、高污染水团异位暂存,并紧急调运活性炭等应急物资构建活性炭吸附坝后,高污染团被成功阻隔在事故点下游5km至北栈河入褒河口的11km河段内,挥发酚浓度逐步降低。4月28日14级活性炭吸附拦截坝及各项处置措施全面构建完成后,挥发酚质量浓度进一步迅速降低,北栈河入褒河口挥发酚质量浓度于5月3日降至标准限值($0.005\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)以下。

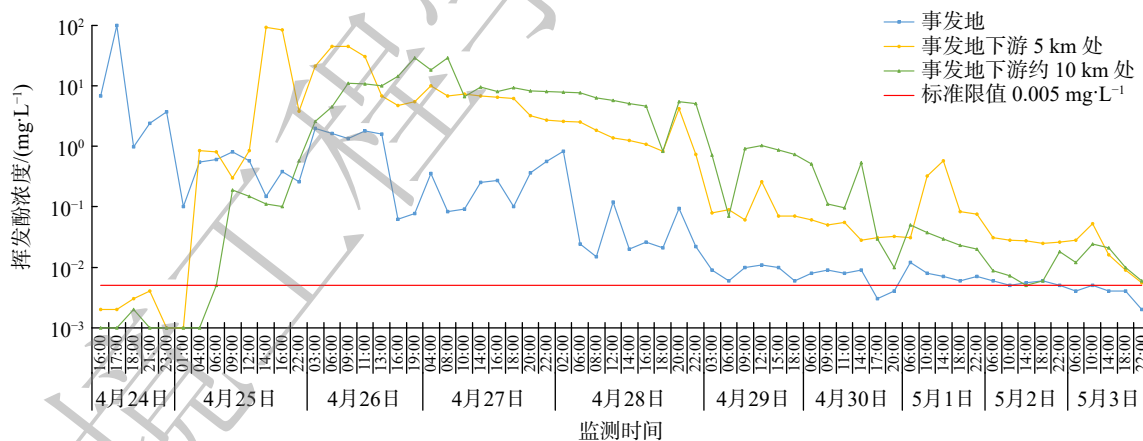


图8 北栈河污染物浓度变化趋势

Fig. 8 Variation trend of pollutant concentration in Beizhan river

6.2 水库回蓄削峰实施效果(褒河-石门水库河段)

褒河、石门水库4月26日至5月3日应急监测结果如图9、图10所示。由图可知,利用石门水库库容,通过上游及区间清洁补水进行回蓄削峰,有效降低了褒河及石门水库挥发酚污染物峰值浓度,确保了石门水库库中及大坝处挥发酚未出现超标。

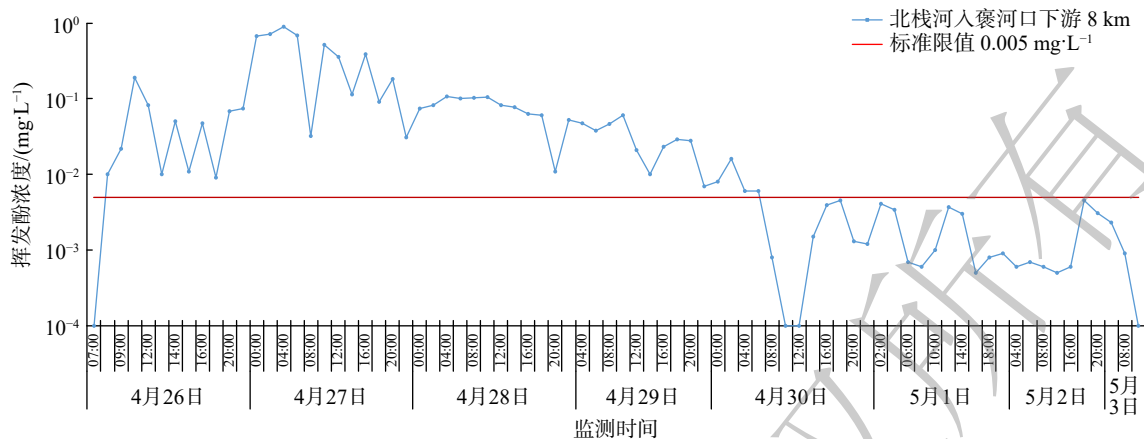


图 9 褒河污染物浓度变化趋势

Fig. 9 Variation trend of pollutant concentration in Bao river

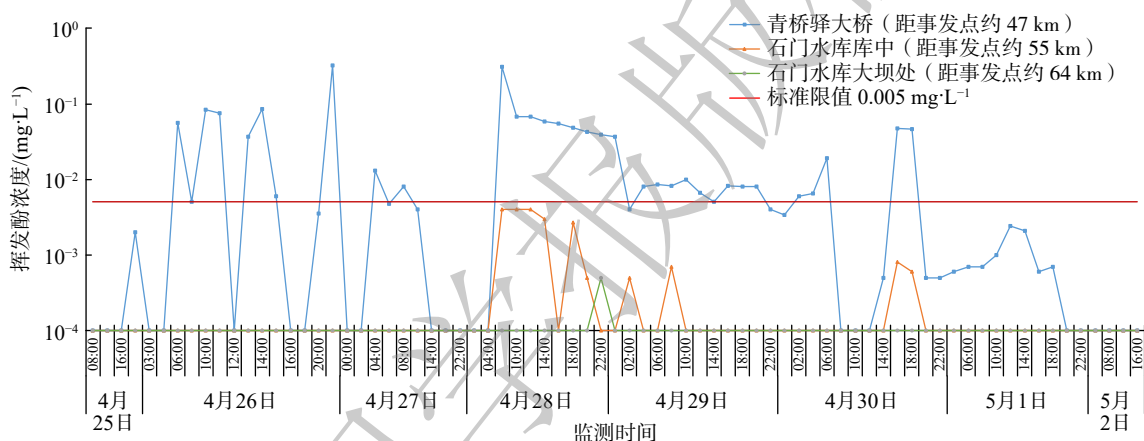


图 10 石门水库污染物浓度变化趋势

Fig. 10 Variation trend of pollutant concentration in Shimen reservoir

7 结语

突发环境事件应急处置是多部门、多种专业技术协同作业的一个系统工程。此次突发环境事件发生后，各级政府及相关部门高度重视，处置得当。应急处置过程中，依托专家组技术力量，通过科学制定方案、合理布设监测点、准确研判态势，组织实施了包括源头工程阻断、多级吸附拦截除挥发酚、高污染水团异位处理、水库回蓄削峰等系统控污削污措施，成功将污染超标水团控制在褒河石门水库以上河段，确保了下游河段的水质安全。

参考文献

- [1] 何丽娜, 马云龙. 粗酚的储存与作业安全[J]. 化工进展, 2012, 31(S2): 62-64.
- [2] 陈明. 高度重视交通事故引发的次生环境污染—云南-广西跨境粗酚污染事件解析[J]. 环境保护, 2009, 415(3A): 66-68.
- [3] 陈阵, 刘玲英, 罗超. 活性炭在酚泄漏事故应急处理中的吸附特性研究[J]. 广东化工, 2011, 38(7): 239-241.
- [4] 王玥. 突发水源苯酚污染给水应急处理技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [5] 阙付有, 曾抗美, 李旭东. ACF吸附法处理苯酚泄漏造成的河流突发污染事故模拟研究[J]. 环境科学学报, 2008, 28(12): 2554-2561.

- [6] 王新刚, 刘学卿, 陈芳艳, 等. 吸附-氧化法应急处理饮用水源突发苯酚污染的研究[J]. 环境工程学报, 2011, 5(11): 2417-2422.
- [7] 王铮, 张东, 申一尘, 等. 黄浦江水源突发挥发酚污染应急处理研究[J]. 净水技术, 2010, 29(3): 7-10.
- [8] 刘韵达, 胡勇有, 何向明, 等. 饮用水源突发挥发酚污染应急处理中试研究[J]. 环境科学学报, 2008, 28(12): 2503-2508.
- [9] 陆隼, 陈兵, 刘伟, 等. 净水厂含酚异味水应急处理方法研究[J]. 给水排水, 2011, 37(10): 19-22.
- [10] JIANG Y, SHANG Y, YANG K, et al. Phenol degradation by halophilic fungal isolate JS4 and evaluation of its tolerance of heavy metals[J]. Applied Microbiology & Biotechnology, 2015, 100(4): 1883-1890.

(责任编辑: 靳炜)

Analysis on emergency disposal of "4.24" crude phenol leakage incident in Liuba county, Shaanxi province

ZHANG Zhengke, GUO Qingwei, PAN Chaoyi, WANG Ji, HUANG Dawei, WANG Zhenxing, CHEN Sili*, ZHENG Wenli

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

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

Abstract Emergent environmental incidents caused by traffic accidents occur frequently in China. Based on the "4.24" crude phenol leakage accident in liuba county, Shanxi province, this paper introduces the situation of incident and emergency disposal technological solutions, including objectives and general idea of the emergency response, monitoring scheme, pollution situation, disposal measures, implementation effect and summary, etc. The disposal engineering measures include block at source, multi-level interception and volatile phenol adsorption, high polluted water mass ectopic processing, reservoir storage and peak shaving, etc. These measures can ensure the safety of the downstream water environment effectively, control the impact of the events, and provide reference for but for emergency disposal of leakages of crude phenol and related hazardous chemicals.

Keywords crude phenol; leakage; emergent environmental incident; emergency disposal