



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.202009075 中图分类号 X507 文献标识码 A

邴永鑫, 卓琼芳, 黄大伟, 等. 某尾矿库泄漏次生突发水环境锑污染事件的应急处置[J]. 环境工程学报, 2021, 15(9): 2889-2895.

BING Yongxin, ZHUO Qiongfang, HUANG Dawei, et al. Emergency disposal of a sudden water environmental accident with antimony pollution caused by leakage of tailings pond[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(9): 2889-2895.

某尾矿库泄漏次生突发水环境锑污染事件的应急处置

邴永鑫, 卓琼芳, 黄大伟, 潘超逸, 冯立师, 魏清伟, 常莎*

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

第一作者: 邴永鑫(1986—), 男, 硕士, 工程师。研究方向: 水环境应急处置技术与应用, 环境风险评估与管理。E-mail: bingyongxin@scies.org

*通信作者: 常莎(1986—), 女, 硕士, 高级工程师。研究方向: 环境风险防控与应急, 工程设计与咨询。E-mail: changsha@scies.org

摘要 2015年11月, 由于E省某尾矿库2#排水井拱圈盖板破裂, 导致大量尾矿浆从涵洞口喷出, 进入A河, 并沿河顺流进入B河、C江, 使得C江沿线部分水厂停水。在此次突发事件中, E、F、G省采用断污染源、截污、清淤、投药降污、水库调蓄、水利稀释、饮水保障等工程手段, 经过71 d的应急处置, 受污染河道全线达标。通过现场试验, 确定了0~2℃条件下应对锑污染的河道投药降污技术。在硫化钠、聚合硫酸铁投药技术的基础上, 通过硫化钠+聚合硫酸铁(硫化钠法)混凝沉降法, 使得锑去除率分别从12.3%、36.8%提高到95.1%。

关键词 尾矿库泄露; 应急处置; 锑; 混凝沉降

突发环境污染事件具有发生的时间突然性、污染范围不确定性、负面影响的多重性, 涉及社会安定、经济发展、生态环境及人群健康等方面。特别是流域性的突发环境污染事件极易造成跨市、跨省, 甚至跨国污染, 可能导致影响饮用水源地, 造成水厂进水超标, 严重时甚至造成停止供水。地方政府及有关部门在应对突发环境事件时, 往往缺乏相关理论与实践经验, 应急监测能力不足, 装备、设备也很难满足应急需求。即使是有经验的专家, 也同样会遇到突发环境事件中的特征污染物没有现成的处理工艺, 需在短时间内开发研究新的处理工艺, 同时还需克服现场各种不利条件。在众多突发环境事件中, 污染物的来源是未知的, 因此, 还需要快速锁定并切断污染源, 这是发生突发环境事件应急处置中的另一难点。在时间紧迫的情况下, 若应急处理失败, 则将可能导致数百上千人的健康受到威胁。

1 某尾矿库泄漏次生突发环境事件发生原因及过程

1.1 事件发生原因

2015年11月23日, E省某尾矿库2#排水井井座上第1层井圈、水面下约6 m处、东北偏北方

收稿日期: 2020-09-10; 录用日期: 2021-04-26

基金项目: 广东省应用型科技研发专项(2016B020240007)

向的井架两立柱间8块拱板破损脱落(见图1),形成了面积约5.28 m²的缺口,造成排水井周边、缺口以上约25 362 m³尾矿经破损洞口—排水井—排水管—排水涵洞等排水系统(见图2)后,从涵洞口喷涌而出,进入紧邻的A河,污染物顺A河水流扩散迁移,进而污染B河、C江。A河至C江F省段没有饮用水取水点,C江G省设有饮用水取水点。因此,此事件对沿线部分群众生产生活用水造成了一定影响。尾矿砂进入水体后迅速扩散,11月26日20时,B河入F省境内2 km处的镉浓度为0.556 5 mg·L⁻¹,超标110倍。当时预计污染物前锋于12月6日凌晨到达G省H市饮用水水源地。12月7日18时C江F省和G省交界处超标3.2倍,H市I水厂取水口上游2 km的断面超标2.3倍。整个流域污染物逐步向下游扩散,浓度整体上进一步下降。



图1 尾矿库2#排水井破损现场照片

Fig. 1 Photo of the damage site of 2[#] drainage well in tailing pond

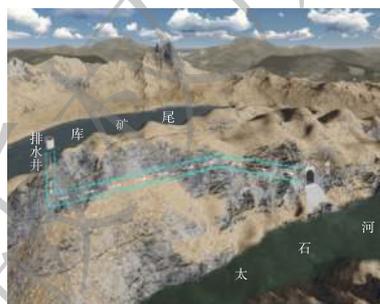


图2 尾矿库排水系统示意图

Fig. 2 Highlight of the drainage system of the tailings reservoir

1.2 镉的特性与执行标准

镉(Sb)是一种有毒的、生物体非必需的化学元素,对人体及生物具有慢性毒性及致癌性,在水环境中主要以五价镉形式存在。国内外尚未出现镉急性或者慢性损伤的案例。

我国《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)^[1]表3“集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值”中规定镉浓度限制值为0.005 mg·L⁻¹,对其他功能水体镉浓度未作规定。《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)^[2]将镉列为非常规指标,其限值为0.005 mg·L⁻¹。在行业标准方面,《锡、镉、汞工业污染物排放标准》(GB 30770-2014)^[3]规定现有企业水污染物排放限值为1.0 mg·L⁻¹,新建企业水污染物排放限值为0.3 mg·L⁻¹,特定区域排放限值为0.3 mg·L⁻¹。世界卫生组织规定饮用水标准^[4]中镉的浓度限值为0.02 mg·L⁻¹。

G省H市区最主要的集中式饮用水取水口位于C江F省和G省交界下游约60 km处。应急处置专家根据污染形势和水文条件判断,该取水口镉浓度可能超标,如不采取有效措施,将会影响H市区正常供水。鉴于受事件影响的B河汇入C江,故将应急处置工作目标确定为:地表水体中镉浓度达到集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值的0.005 mg·L⁻¹;其他重金属项目评价标准执行《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)^[1]Ⅲ类标准(按照《甘肃省地表水功能区划2012—2030年》,西汉水属于Ⅲ类功能区)。

2 次生突发环境事件应急处置措施

事故发生后,11月27日晚,E、F、G三省政府及环保、水利等有关部门联合召开了现场工作会。会上确定本次突发环境事件整体处置思路为:E省要坚决切断污染源,并沿途设置拦截设施;F省要全力以赴做好污染物拦截和处置工作;G省H市水厂在专家指导下储备好应急物资,做好应急准备,全力保障H市饮用水安全。三省建立了联动与信息通报机制,及时向社会发布事件动态信息。

2.1 切断污染源

在事件发生的第一时间, E省安监局组织专家按照“应急封堵—临时加固—永久加固”的工作思路, 开展了排水井封堵工作。永久加固工程于2016年1月14日完工, 避免了尾矿砂再次泄露。其次, 为了避免喷涌到A河的尾矿砂被河水携带到下游, 自12月13日开始启动了A河永久性改道工作, 通过在原河道和新河道之间砌筑河堤的方式, 将河道向远离涵洞方向改道80 m, 于2016年4月18日竣工。最后, 对涵洞口出水, 建设加固和防渗的沉淀池, 并在沉淀池中通过混凝沉淀技术处理涵洞出水。通过上述措施, 在河床存在上游污染、锑污染物持续溶解析出的情况下, 自12月20日开始, A河入B河河口处的锑污染物浓度被控制在超标4倍以下, 达到了切断污染源头的目标。

2.2 截污工程

此次突发污染事件中, E省承担拦截污染物的主要责任, 通过控制B河出E省的流量, 可为H市水厂应急处置争取时间。从11月30日起实施的拦截措施包括: 1) 通过在A河、B河的干流、支流上建设拦水坝198座, 共拦截污染水体 $385 \times 10^4 \text{ m}^3$; 2) 对B河B1水电站落闸以拦截污染物; 3) 对B河支流的B2水电站、B3水电站落闸蓄水, 减小未污染河水下泄造成下游污染水体量增大。

通过上述措施, 自12月3日13时开始, B河出省流量控制为 $3 \sim 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (较之前流量平均减少约80%), 并持续29 h。根据流量变化推算, 相关措施为下游应急处置工作争取了约134 h。由于构筑坝体数量较多并存在一定的安全隐患, 自12月4日0时起, 按照“先上游后下游, 先干流后支流”和“险坝优先、总量控制、兼顾稀释”的原则, 对B河流域拦截坝实施泄流放水。

2.3 污染物浓度削减

因尾矿砂泄漏量大, 为确保C江I市水厂供水安全, 在切断污染源并实施截污工程的基础上, 采用投药沉淀法将污染河流中的锑沉降, 削减受污染河道中的锑浓度。专家组对比了 $0 \sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 下, 直接投加硫化钠、聚合硫酸铁和“硫化钠+聚合硫酸铁”3种方法对锑的去除效果, 发现采用“硫化钠+聚合硫酸铁”法去除效果最好(3种试验方法及处理效率见表1), 更能适应低温环境。该法利用废水中重金属离子具有胶体的沉降稳定性和聚合不稳定性, 聚合硫酸铁既可破坏胶体的稳定性, 又可促进重金属离子与硫化钠生成硫化物沉淀, 从而去除水中锑离子。该法在实施过程中产泥量少, 淤泥不容易复溶, 对锑去除率最高可达到97%, 但应特别注意硫化钠的投加量。硫化钠在水中会形成溶解性 H_2S 、 HS^- 、 S^{2-} 以及存在于悬浮物中的可溶性硫化物等物质。若投加过量可能导致水体颜色发黑, 产生刺激性臭味。而水中的硫化物容易水解, 以 H_2S 形式释放到空气中, 被大量吸收后会产生恶心、呕吐, 甚至呼吸困难等。因此, 在投加前应做好小试试验, 摸清最佳投加量, 做到精准投加, 将硫化钠对河道的影响降至最低。突发环境事件应急处置过程中使用硫化钠时应注意, 其水溶液呈碱性, 触及皮肤和毛发时会造成灼伤。硫化钠水溶液在空气中会被缓慢氧化成硫代硫酸钠、亚硫酸钠、硫酸钠和多硫化钠。因硫代硫酸钠的生成速度较快, 故硫化钠氧化的主要产物是硫代硫酸钠。硫化钠在空气中潮解, 并发生碳酸化而变质, 不断释放出硫化氢气

表1 3种试验方法及除锑效率

Table 1 Three experimental methods and antimony removal efficiency rates

试验方法	试验条件		锑质量浓度/ $(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$		锑去除率/%
	pH	投加方法	初始值	处理后的值	
投加硫化钠	8~9	加30倍锑质量含量的硫化钠, 充分搅拌60 min	1 000	876.16	12.38
投加聚合硫酸铁	8~9	加50倍锑质量含量的三价铁盐混凝剂聚合硫酸铁, 充分搅拌40 min	1 000	631.08	36.89
投加“硫化钠+聚合硫酸铁”	8~9	加30倍锑质量含量的硫化钠, 充分搅拌60 min; 加50倍锑质量含量的三价铁盐混凝剂聚合硫酸铁, 充分搅拌40 min	1 000	49.00	95.1

体, 因此, 在操作过程中应特别注意个人防护。

E省投药降污工作的具体运行方式有2类: 一类是用于处理高锑浓度水, 主要包括事发点围堰区投药点; 另一类是用于降低A河入B河锑浓度的投药点, 主要包括A1、A2和A3投药点。F省投药点在B河上F1水库下游约3.9 km和9.9 km处分别设置了2个应急投药点。各投药点投药工艺、运行时间以及投药效果等详见表2。F省B河投药降污效果见图3。

表2 本次事件主要应急原位除锑工程与技术方法汇总表

Table 2 Summary of engineering and technical methods for emergency site in situ antimony removal

行政区	地点	时间	锑超标倍数	流量与水温	处理工艺	主要参数	现场处理效率与效果	备注
E省	A河汇入B河前 约1 km	2015年12月 4—12日	20~40	$1.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 夜间水温 <6 °C	弱酸性铁盐 混凝沉淀法	加盐酸或硫酸调节pH至 6.0, 投加聚合硫酸铁 $180 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	平均64.6%	加温溶药。水温 <2 °C时效果差
		2015年12月 12—20日	5~20	$1.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 夜间水温 <0 °C	硫化钠+聚 合硫酸铁	硫化钠 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 聚 合硫酸铁 $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	>85%	加温溶药。适应低 温, 产泥量少, 淤 泥不易复溶
	A河汇入B河前 约15 km	2015年12月6日— 2016年1月31日	<5	$1.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 全天水温 <0 °C	硫化钠+聚 合硫酸铁	硫化钠 $14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 聚 合硫酸铁 $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	>95%, 达标	加温溶药, 增加沉 淀时间。适应低温 环境, 产泥量少, 淤泥不易复溶
	A河汇入B河前 约2 km	2015年12月20日— 2016年1月31日	<5	$1.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 全天水温 <0 °C	硫化钠+聚 合硫酸铁	硫化钠 $14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 聚 合硫酸铁 $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	>95%, 达标	加温溶药, 增加沉 淀时间。适应低温 环境, 产泥量少, 淤泥不易复溶
	尾矿库涵洞 下方	2016年1月 10日之前	200	$200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 夜间水温 <0 °C	氢氧化 钠+聚 合硫酸铁	加氢氧化钠调节 pH9.0~9.5, 聚合 硫酸铁 $750 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	>95%, 超 标倍数<3	3~4 d需清理1次污 泥, 仅可白天高温 时运行, 不适应低 温, 淤泥易复溶
		2016年1月 10日之后	200	$200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 全天水温 <0 °C	硫化钠+聚 合硫酸铁	硫化钠 $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 聚 合硫酸铁 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	>95%, 超 标倍数<3	7 d清理1次污泥, 可全天运行, 适应 低温和高浓度处 置, 淤泥不易复溶
B河B1水电站	2015年12月 3—5日	5~15	$15 \sim 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	弱酸性铁盐 混凝沉淀法	加盐酸调整pH到5.0, 投加 聚合硫酸铁 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 混凝沉淀后加液体烧碱 回调pH到7.7	—	沉淀池拦水坝按照 流域整体水利调度 于12月4日被拆 除, 未进行对比 监测	
F省	B河F1水库 下游	2015年11月30日 —12月4日	7~51	$15 \sim 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	弱酸性铁盐 混凝沉淀法	加盐酸调整pH到5.0, 投加 聚合硫酸铁 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 混凝沉淀后加液体烧碱 回调pH到7.7	平均50%	
G省 (H市)	I水厂	从12月7日7时开始 运行, 至12月29日 结束	2.34	平均 $0.42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	弱酸性铁盐 混凝沉淀法	(1)配水并处投加盐酸, 将原水调整为pH 5.0~5.3; (2)絮凝池前端 投加聚合硫酸铁, 在絮 凝池出水端监测pH 5.3~ 5.8; (3)经过2级沉淀后, 在出水端投加食品级碳 酸钠(食用纯碱), 确保滤 池出水端pH 7.8左右。	平均80%, 达标	出厂锑浓度 持续< $4 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

2.4 清除受污染河道底泥

采用硫化钠法产生的沉淀物，有再次复溶的风险，且对底栖生物具有潜在危害。为此，自 12 月 1 日起，对 A 河、B 河沉积物进行清淤。一是清理围堰内的污染底泥，并清运到弃渣场集中堆放；二是利用 A 河断流时机，集中清理处置污染底泥及岸滩沉积物；三是持续清理各投药点的沉积污染物。截至 2016 年 1 月 31 日，应急处置期间总清污量约 13 700 t，其中河道及重点区域清运尾砂约 2 600 t，清理河道砂石和淤泥混合物等约 11 100 t。受污染河道底泥经脱水至含水率 80% 后，交由有资质的单位处置。根据《国家危险废物名录(2016 版)》中新增“危险废物豁免管理清单”规定，由危险化学品、危险废物造成的突发环境事件及其处理过程中产生的废物，在转移和处置或利用过程中可不按危险废物进行管理。

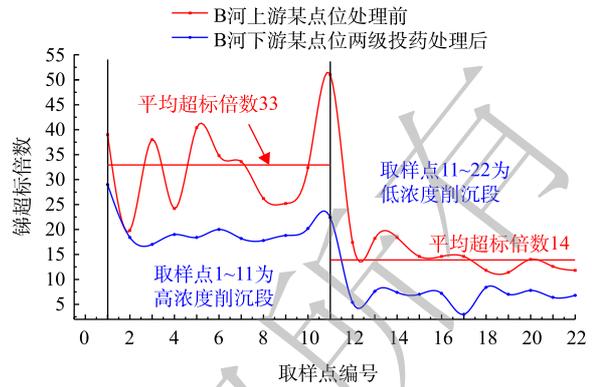
2.5 水利调蓄

在 F 省，通过对 F1 水库和 F2 水库的水利调蓄，在拦截污染物、蓄水稀释降低锑浓度峰值等方面发挥了重要作用，亦为下游布设投药点、筑设拦截坝以及 H 市布设应急输水管道和 I 水厂工艺改造等争取了宝贵时间。G 省 H 市城区下游 5 个县区的 30 个乡镇、266 处集中供水工程均在 C 江沿线取水，涉及供水人口 29.6×10^4 人。为保障下游群众供水安全，自 12 月 7 日起，3 次调度 G1 水电站增加下泄流量，以稀释污染水体。自 12 月 24 日 8 时起，C 江 H 市 I 水厂取水点上游断面开始达标，调水稀释处置措施随即停止。

2.6 供水保障

E 省及 F 省采取了以下供水保障措施：告知 E 省及 F 省沿线群众停止从 A 河、B 河取水，停用 A 河、B 河沿河附近的井水、泉水；对 A 河、B 河流域的集中式饮用水源和居民自备井开展监测，对超标的自备井全部进行了封堵或拆除；针对饮用水不达标的区域，通过引入山泉水或者接城市管网的应急供水管线。

G 省主要从 2 个方面开展供水保障：一是启用备用水源；二是对开展水厂除锑工艺改造。除锑工艺采用酸性条件下硫酸聚铁沉降法，除锑工艺效果详见图 4。I 水厂除锑工艺从 12 月 7 日 7 时开始运行，至 12 月 29 日结束，共运行 22 d，处理的原水锑浓度最高达



- 注：1.B河上游某点位 12月1日14时，B河下游某点位 12月2日14时；
 2.B河上游某点位 12月1日18时，B河下游某点位 12月2日18时；
 3.B河上游某点位 12月1日20时，B河下游某点位 12月2日20时；
 4.B河上游某点位 12月1日22时，B河下游某点位 12月2日22时；
 5.B河上游某点位 12月2日0时，B河下游某点位 12月3日0时；
 6.B河上游某点位 12月2日2时，B河下游某点位 12月3日2时；
 7.B河上游某点位 12月2日4时，B河下游某点位 12月3日4时；
 8.B河上游某点位 12月2日6时，B河下游某点位 12月3日6时；
 9.B河上游某点位 12月2日10时，B河下游某点位 12月3日10时；
 10.B河上游某点位 12月2日12时，B河下游某点位 12月3日12时；
 11.B河上游某点位 12月2日14时，B河下游某点位 12月3日14时；
 12.B河上游某点位 12月3日14时，B河下游某点位 12月4日8时；
 13.B河上游某点位 12月3日16时，B河下游某点位 12月4日10时；
 14.B河上游某点位 12月3日18时，B河下游某点位 12月4日12时；
 15.B河上游某点位 12月3日20时，B河下游某点位 12月4日14时；
 16.B河上游某点位 12月3日22时，B河下游某点位 12月4日16时；
 17.B河上游某点位 12月4日0时，B河下游某点位 12月4日18时；
 18.B河上游某点位 12月4日2时，B河下游某点位 12月4日20时；
 19.B河上游某点位 12月4日4时，B河下游某点位 12月4日22时；
 20.B河上游某点位 12月4日18时，B河下游某点位 12月5日12时；
 21.B河上游某点位 12月4日20时，B河下游某点位 12月5日14时；
 22.B河上游某点位 12月4日22时，B河下游某点位 12月5日16时。

图 3 F 省 B 河投药降污效果图

Fig. 3 Pollution reduction effect map of chemical dosing in B River in F Province

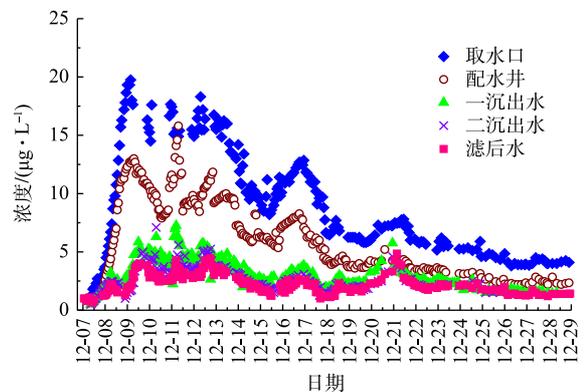


图 4 水厂除锑工艺效果图

Fig. 4 Effect map of antimony removal in I water plant

0.016 7 mg·L⁻¹(超标 2.34 倍), 出厂浓度稳定在 0.004 mg·L⁻¹ 以下。

3 锑污染物迁移及超标河道应急处置效果

污染物锑从 E 省尾矿库喷出后进入 A 河, 然后汇入 B 河; 进入 F 省并汇入 C 江后, 进入 G 省 H 市。在 E、F、G 三省各断面污染物锑的迁移过程见表 3。

表 3 E、F、G 三省锑的迁移过程
Table 3 Migration process of antimony in E, F and G provinces

省份	流域	断面	里程/km	污染前锋		污染峰团			开始持续达标时刻	
				到达时刻	距事发时间/h	到达时刻	距事发时间/h	峰值质量浓度/(mg·L ⁻¹)		超标倍数
E省	A河	事发点	0	23日21时20分	0	23日21时50分	0.5	2.8	559	处理后达标
		A河与B河交汇口	23	24日5时	7.5	24日12时	15.5	2	399	2016年1月25日20时
	B河	大桥1	43	24日15时	18	25日0时	27.5	1.18	235	2016年1月1日0时
		大桥2	68	24日23时	26	25日7时30分	35	1.16	231	无监测数据
		大桥3	80	25日10时	37	26日10时	62	0.9	179	无监测数据
	出E省断面	107	25日19时	46	26日20时	72	0.61	121	2016年1月25日20时	
B河	E省、F省交界处	117	26日2时	53	27日12时	88	0.62	123	2016年1月28日20时	
	F1水库坝首	132	27日4时	79	29日12时	136	0.244 3	47.86	2016年1月28日20时	
	B河汇入C江下游1 km处	148	11月28日12时	112	11月30日10时	158	0.238	46.6	2016年1月4日10时	
F省	C江	F2水库库首	212	12月1日22时	194	12月3日8时	228	0.041	7.2	12月24日18时
		出F省断面	252	12月4日6时	250	12月5日23时	291	0.028 5	4.7	12月26日12时
C江	I水厂上游2公里断面	F省、E省交界处	262	12月4日18时	267	12月12日18时	454	0.020 9	3.18	12月26日0时
		I水厂上游2公里断面	318	12月7日2时	317	12月8日3时	343	0.0210	3.2	12月24日8时

注: 污染前锋是指第一次出现超标的情况; 污染峰团是指污染物浓度最高的情况; E省数据为监测与模拟结果, F省、G省数据为应急监测结果。

3.1 E省境内锑迁移过程及应急处置效果

根据 E 省环境应急监测数据及模拟计算结果, 污染物锑在 E 省重点断面的迁移过程为: 11 月 24 日 5 时即距事发 7.5 h 后, 污染团前峰到达 A 河与 B 河交汇口; 11 月 25 日 19 时即事发 46 h 后, 污染团前峰到达出 E 省断面; 11 月 26 日 2 时即事发 53 h 后, 污染团前峰到达 E、F 省交界处。E 省境内污染团峰值出现在事发点处, 峰值浓度为 2.8 mg·L⁻¹, 超标倍数为 559。2016 年 1 月 25 日 20 时即事发 63 d 后, A 河与 B 河交汇口断面、出 E 省断面持续稳定达标; 1 月 28 日 20 时即事发 67 d 后, E、F 省交界处断面持续稳定达标。

3.2 F省境内锑迁移过程及应急处置效果

根据对 F 省环境应急监测数据的分析, 污染物锑在 F 省重点断面的迁移过程为: 11 月 27 日 4 时即距事发 79 h 后, 污染团前峰到达 F1 水库坝首; 11 月 28 日 12 时即距事发 112 h 后, 污染团前峰到达 B 河汇入 C 江下游 1 km 处; 12 月 1 日 22 时即距事发 194 h 后, 污染团前峰到达 F2 水库库首; 12 月 4 日 6 时即距事发 250 h 后, 污染团前峰到达出 F 省断面。F 省境内污染团峰值出现在 E 省入 F 省 2 km 监测断面处, 峰值浓度为 0.614 3 mg·L⁻¹, 超标倍数为 121.9。

12 月 26 日 12 时即距事发 33 d 后, 出 F 省断面持续稳定达标; 2016 年 1 月 4 日 10 时即距事发 44 d 后, B 河汇入 C 江下游 1 km 处断面持续稳定达标; 1 月 28 日 20 时即距事发 67 d 后, E 省入 F 省 2 km 监测断面持续稳定达标。

3.3 G省境内锑迁移过程及应急处置效果

根据对G省环境应急监测数据的分析, 污染物锑在G省重点断面的迁移过程为: 12月4日18时即事发267h后, 污染团前峰到达F、G省交界处; 12月7日2时即事发317h后, 污染团前峰到达H市饮用水源地上游2km。G省境内污染团峰值出现在F、G省交界处监测断面, 峰值浓度为 $0.0286\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 超标倍数为4.72; H市饮用水源地上游2km断面处, 峰值浓度为 $0.0209\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 超标倍数为3.2。2015年12月24日8时即距事发31d后, H市饮用水源地上游2km断面持续稳定达标; 12月26日0时即距事发33d后, F、G省交界断面持续稳定达标。

4 结语

根据辖区内锑质量浓度达标情况, E、F、G三省分别解除应急状态: 2015年12月31日, H市人民政府宣布解除应急状态, 2016年1月29日, E省人民政府宣布解除应急状态, 2016年2月1日, F省人民政府宣布解除应急状态。截至2016年2月1日, 该事件应急处置工作全线解除。

此次E省某尾矿库泄漏次生突发环境事件的污染物排放量大、水体污染物浓度高、污染物扩散跨三省、应急处置难度大。本次突发环境事件的处置过程中, 采用了断污染源、筑坝拦截、投药降污、河底清淤、饮用水厂应急除锑等应急处置措施, 延缓了污染团到H市I水厂的时间、有效降低了河道锑浓度, 保障了受影响地区的供水, 减小了突发事件的影响程度与范围。通过现场试验, 研究确定了低温($0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)条件下应对锑污染的河道应急除锑技术, 实施了3省11个断面的投药处置。该环境应急技术的开发可为我国冬季河流或湖水环境突发重金属污染事件提供参考。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 地表水环境质量标准: GB 3838-2002[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [2] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 生活饮用水卫生标准: GB 5749-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 锡、锑、汞工业污染物排放标准: GB 30770-2014[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [4] 世界卫生组织. 饮用水水质准则[M]. 4版. 上海: 上海交通大学出版社, 2014.

(责任编辑: 靳炜)

Emergency disposal of a sudden water environmental accident with antimony pollution caused by leakage of tailings pond

BING Yongxin, ZHUO Qiongfang, HUANG Dawei, PAN Chaoyi, FENG Lishi, GUO Qingwei, CHANG Sha*

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

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

Abstract / In November 2015, due to the rupture of the arch cover plate of the 2[#] drainage well in a tailings reservoir in E province, a large number of tailings were ejected from the culvert hole and entered A river with a distance of hundreds of meters and entered B river downstream, resulting in the stop of water supply in some water plants along C river. This paper gives a comprehensive introduction to the causes, emergency measures and disposal effects of the incident. In this event, after 71 days of emergency disposals, including cutting of pollution sources, establishing pollutant intercepting dam, adding chemicals to settling antimony, reservoir storage, water dilution, drinking water security protection, etc., water of the whole line of polluted river reached the standards. Through field experiments, a new breakthrough for dealing with the antimony pollution under $0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ has been made on the basis of sodium sulfide, polymerized ferric sulfate technology. The removal rates of antimony were increased from 12.3% and 36.8% to 95.1% by sodium sulfide and polymeric ferric sulphate (sodium sulfide method) respectively.

Keywords tailings pond leakage; emergency treatment; antimony; coagulating sedimentation