

应对水源突发污染的城市供水应急处理技术研究与应用^{*}

文 | 张晓健 陈超 林朋飞

[摘要] 城市应急供水工作是近年来供水行业面临的新问题、新挑战。本文对近年来因环境污染事故影响城市供水的情况进行了梳理,剖析水源突发污染事故频发的主要原因。在此基础上,总结了“十一五”以来,我国在自来水厂应急净水技术、应急处理设备和应急处理能力建设等方面的研究进展和主要成果,并以广西龙江河镉污染事件为例,较系统地分析了适用于不同金属污染处置的应急净水技术在实际突发污染事件应急处置过程中如何综合应用。

[关键词] 应急供水; 应急净水技术; 应急供水能力; 应急净水处理设备

供水是城市的生命线工程之一。然而,近年来频频发生因突发水源污染影响城市供水的事件,严重影响了正常的社会生产与生活秩序^[1,2]。

2005年11月13日,吉林石化公司双苯厂发生爆炸事故,泄漏的近百吨硝基苯等化学品污染了沿岸城市的水源,导致哈尔滨市停水4天,还引发俄罗斯的密切关注,造成了恶劣的影响^[3]。在松花江水污染事件之后,又相继发生了2005年12月广东省北江镉污染事件^[3]、2007年无锡水危机事件^[4,5]、2010年10月北江铊污染事件^[6]、2012年1月龙江河镉污染事件等重大环境污染事件^[7]。在此类突发污染事件中,都发生了主要污染物进入水源,威胁城市供水安全,如果不能及时采取有效措施,则会对人民群众安全健康和社会稳定造成严重影响。

当前,我国自来水厂绝大

多数以常规处理工艺为主,即混凝—沉淀—过滤—消毒工艺,少量大型水厂增加了臭氧活性炭深度处理工艺以提高对有机物的去除效果^[8]。但这些工艺都是针对合格水源或者只是受到轻微污染的水源,无法满足因环境事故而受污染水源的处理要求。因此,在污染事件发生后,一旦水源受到污染,供水企业往往只能采取水源切换、水厂调度等手段规避,甚至不得不停水,影响到数万人甚至数百万人正常用水^[9,10]。

为了确保城市供水生命线工程的安全,必须未雨绸缪,针对各类突发污染事件,研究应急处理技术,开发应急处理技术和工艺,建立应急处理设施,全面提升应对突发污染事件的能力。

一、水源突发污染事件频发的原因分析

我国目前正处于突发水源污染事件的高发期,表1为近

年来环境保护部接报并直接调度处置的突发环境污染事件统计情况。我国突发水源污染事件频发的原因比较复杂,主要可以归纳为以下几个方面^[10]。

第一,经济发展模式不科学。尽管国家大力提倡,但是许多地方政府没有树立科学发展观,片面追求GDP增长,忽视环境保护和污染治理,导致污染现象长期得不到纠正,水源污染风险累积严重。

第二,产业布局不合理。我国长期以来工业布局,特别是化工石化企业布局不合理,众多工业企业分布在江河湖库附近,造成水源水污染事故隐患难以根除。据原国家环保总局2006年的一项调查,全国总投资近10152亿元的7555个化工石化建设项目中,81%布设在江河水域、人口密集区等环境敏感区域,45%为重大风险源^[12]。考虑到产业调整、员工安置和场地修复的巨大代价,这些风险源在今后数十年的时

^{*}本文得到国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07420-005)的资助。

表1 环境保护部直接调度处置突发环境事件^[11]

年份	环境 污染 事件	事件分级				事件起因					污染类型*						
		特别 重大	重大	较大	一般	安全 生产	交通 事故	企业 排污	自然 灾害	其他 因素	水污 染	大气 污染	固废 污染	土壤 污染	海洋 污染	噪声 污染	其他
2005	76	4	13	18	41	26	26	19	0	5	41	24	4	13	0	0	0
2006	161	3	15	35	108	78	36	22	0	25	95	57	0	7	0	0	2
2007	110	1	8	35	66	39	28	14	9	20	61	34	0	0	0	0	15
2008	135	0	12	31	92	57	25	23	17	13	71	45	2	4	3	0	10
2009	171	2	2	41	126	63	52	23	0	33	80	61	3	16	2	0	9
2010**	156	0	5	41	109	69	28	17	0	42	65	66	0	4	10	1	10
2011	106	0	12	11	83	51	15	20	6	14	39	52	0	2	4	0	9
2012	33	0	5	5	23	11	11	3	1	7	26	1	0	0	4	0	2

*有些事件同时造成水、大气、土壤污染。 **待定1件。

间内都很难得到妥善解决。

第三，企业社会责任欠缺。企业为了降低成本，违法偷排污染物现象普遍。很多工程项目不遵守“三同时”原则，污染处理设施建设严重滞后。即使污染处理设施完工，为了节约成本，很多时候也闲置不用，依然违法排放污染物。有些企业安全生产意识薄弱，事故隐患较多，预防设施投入严重不足，一旦发生事故无法及时有效处理。2005年底至2006年初发生在北江、湘江等流域的重金属污染事件、2009年2月的江苏省盐城酚污染事件、2012年1月的龙江河镉污染事件和2013年的贺江镉与铊污染事件都是因企业偷排而引起的污染事故的典型案例。

第四，化学品运输交通事故频发。由于交通运输超载现象严重，化学品运输事故时有发生，泄漏的化学品会污染周边的水源。2006年6月在山西繁峙县发生的公路交通事故导致了煤焦油泄漏，2009年在长江武汉段发

生的船舶运输事故导致了甲醇泄漏，2011年6月在浙江建德因交通事故导致了苯酚泄漏事故，都给当地供水造成了严重威胁^[1]。

第五，环保和安全执法不严。各级政府中，环保部门长时间处于弱势地位，在片面追求GDP的政绩观指引下，往往会被迫为某些存在污染风险的项目开绿灯。同时，环境违法成本偏低，我国的环保法律对于污染事故的处罚力度不够。2008年修订后实施的《中华人民共和国水污染防治法》，对于污染事故的罚款最高仅为100万元，相对于企业偷排节省的数千万上亿元的排污费和污染物处理费用，这样的罚款数额不足以震慑排污企业。

综上所述，我国近期环境污染事件频发是当前转型期我国经济发展与环境保护矛盾的极端表现，从根本上消除此类事件，需要各级政府和全社会的长期努力。由于我国在相当长的一段时期内仍然面临环境污染事故多发的局面，当前迫切需要加大城市应

急供水处理技术及其应用研究，提升城市应急供水能力^[13]。

二、城市应急供水技术研究进展

应急供水工作不仅是我国供水行业面临的新问题，在国际上也少有先例，相关研究十分有限。这是因为发达国家已经建立了一整套完善的水源地保护法律法规，经常性开展水源水质监测工作，并且已经把重污染产业转移到发展中国家，这就大大减少了发生突发性环境污染事故影响水源地和供水系统的可能性。同时，发达国家不遗余力地对现有水厂进行工艺改造，预处理工艺+常规工艺+深度处理工艺已经成为发达国家主流的水处理工艺，形成了保障供水安全的多级屏障。因此，发达国家的污染事故近年来罕有发生，应急处理工作多通过调度、组织管理实现，并没有系统完整的突发污染物处理技术和工艺参数。WHO在2011年新发布的《饮用水水质准则》

(第四版)^[14]中,对于少量超标的污染物笼统地提出了推荐的处理技术,如强化常规工艺、活性炭吸附工艺、生物处理工艺等,没有提供应急处理工艺参数和实施方式。

由于缺乏可供借鉴的技术和经验,我国的供水行业一开始在面對水源突发污染事故时处于较为被动的局面,其中应急净水技术是最大的短板,在很多情况下只能被迫停水。2005年底发生的松花江水污染事件大大提高了我国对突发性污染事故和城市安全供水工作的重视程度,推动了相关研究工作的开展。2006年,原国家环保总局立项开展了“松花江重大污染事件生态环境影响评估与对策技术方案”项目;2008年国家863计划特设立“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,为重大环境污染事件预防和突发性环境污染事故处置提供系统方案。在2008年,国家启动了“水体污染控制与治理”重大科技专项(以下简称“水专项”),其中在饮用水主题中设置了多个与应急供水相关的课题,包括应急监测、预警、应急技术和工程建设、应急规划

调度、应急预案等。其中针对缺乏处理技术这一制约应急供水工作最大的技术瓶颈,设立了“自来水厂应急净化处理技术及工艺体系研究与示范”课题,由清华大学负责,参加单位还包括8家大型供水企业、2家水质监测机构和2家大型设计院,重点关注应急净水技术和应急处理工程设计^[15]。

(一)应急处理技术研究

各类突发污染事故往往具有污染浓度高、持续时间短、污染水量大等特点。基于现有水厂处理工艺,可行的应急处理技术应具备以下特点:处理效果显著;能够快速实施,易于操作;费用成本适宜,技术经济合理;能与水厂现有工艺和设备相结合;不产生二次污染^[9,16,17]。

根据污染物的性质,结合上述要求,国内的科研机构协同供水企业、设计单位等部门通过大量的理论分析、实验室研究和中试研究,研发了包括粉末活性炭吸附、化学沉淀、氧化/还原、强化消毒、曝气吹脱和综合处理等6类关键应急净水技术,形成了全面覆盖各种污染物类型的城市供水应急净化处理技术体系。该技术

体系的内容及覆盖污染物范围如图1所示^[10,15,18-21]。

粉末活性炭应急吸附技术利用了活性炭对非极性和弱极性有机物的巨大吸附能力,以及粉末活性炭可以灵活方便投加的特点,被开发作为有机污染物的首选应急处理技术。经过大量的研究测试,该技术可以有效应对61种有机污染物,包括27种芳香族化合物、19种农药、和15种其他有机物。

化学沉淀技术是通过投加化学药剂,使重金属、类金属等污染物形成难溶解的碳酸盐、氢氧化物、硫化物等形式,并借助混凝沉淀工艺从水中分离的应急净水技术。经过大量的研究测试,已经开发形成了碱性沉淀法、铁盐沉淀法、硫化物沉淀法和组合沉淀法等多种化学沉淀技术。这些技术可有效应对20种污染物,包括17种金属离子以及硒、砷和总磷。

化学氧化技术是向水体中投加氯(液氯或次氯酸钠)、高锰酸钾、二氧化氯、过硫酸盐等强氧化剂,来氧化降解水体中还原性污染物的应急净水技术。该技术具有工艺简单、药剂投加方式灵活、去除效果好的特点。采用氧化法可有效应对硫化物、氰化物、氯化氰、亚硝酸盐、碘化物、水合肼、硫醇硫醚类等12种污染物。还原法采用投加亚铁盐来去除六价铬。

强化消毒技术是在水源发生大规模微生物污染时,通过增加消毒剂的投加剂量、保持较长的消毒接触时间、降低出水浊度和增加紫外消毒设施等方式,来强化对病原微生物灭活效果的应急净水技术。采用强化消毒技术可以有效应对细菌总数、总大肠菌群、耐热大肠菌群、大肠埃希氏菌、粪型链球菌、肠球菌、产气荚膜梭状芽孢杆菌、蓝氏贾第鞭毛虫和隐孢子虫。

曝气吹脱法是向水中通入大量空气或者其他气体,利用挥发性污染物在水相和气相的传质过程将其从水相转移至气相而去除的应急净水技术。

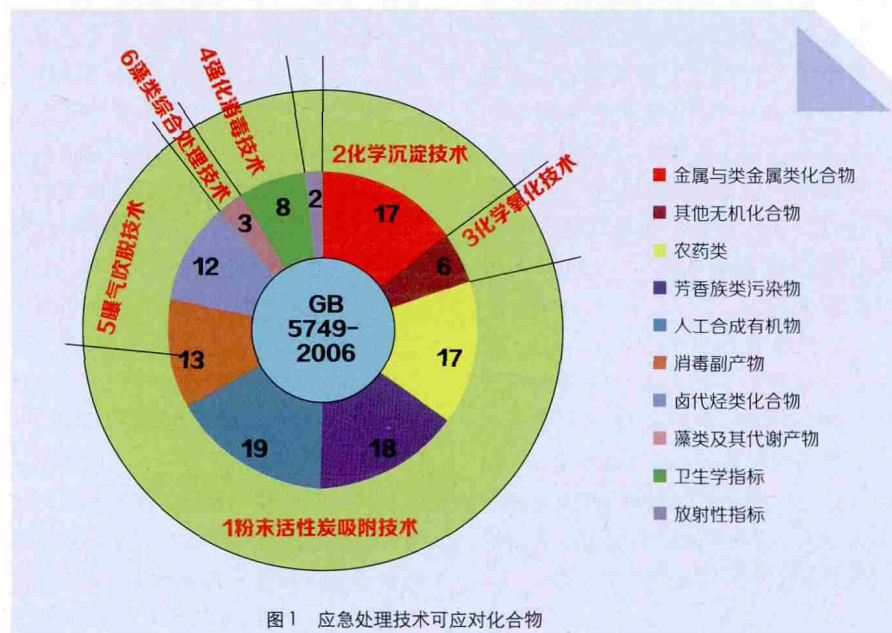


图1 应急处理技术可应对化合物

曝气吹脱法可以有效应对三氯甲烷、二溴一氯甲烷、一溴二氯甲烷、四氯化碳、三溴甲烷等十余种难于被活性炭吸附和化学氧化法去除的挥发性污染物的处理。

应对藻类暴发引起水质恶化的综合处理技术包括多项单元技术：针对藻体污染，目前主要采用强化混凝技术和预氧化技术；针对藻毒素、土嗅素、2-甲基异莰醇等藻类代谢产物，可以通过粉末活性炭吸附技术去除；针对硫醇硫醚等藻类腐败产物，可以通过预氧化工艺去除。

该应急净化处理技术体系实现了自来水厂快速、高效处理各类污染物超标原水，并可实现出水水质稳定达标，从根本上扭转了我国供水行业面对突发污染事件时缺乏有效处理技术的被动局面。目前已经获得了一百多种污染物的应急处理适用工艺和技术参数，覆盖了饮用水水质相关标准《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)、《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)、《地下水质量标准》(GB14848-93)和《城市供水水质标准》(CJ/T206-2005)中85%以上的污染指标。

(二)应急处理相关支撑设备

为了提高应急处理的效率和稳定性，需要开发针对性的应急处理相关支撑设备。通过“水专项”等国家级重大科研计划的支持，目前已经开发了移动式应急供水车、移动式应急处理导试水厂、移动式应急药剂投加系统等多种具有自主知识产权的关键应急供水和应急处理药剂设备。

1. 移动应急供水设备。在发生地震、泥石流、洪水、台风、海啸等自然灾害和突发水源污染事故，造成水源污染和供水设施损坏的情况下，需要向灾区提供能够处理当地受污染水源的应急供水设备，以减轻救灾物资运输压力。目前我国已开发了以反渗透为核心的移动式应急供水设备。其中车载碟管

式反渗透移动应急供水设备在汶川地震、玉树地震等重大自然灾害的应急救援工作中发挥了重要作用。

反渗透工艺通过借助半渗透膜的选择作用将溶液中的溶质与溶剂分开，目前已广泛应用于工业和生活用水处理中。传统反渗透组件如卷式膜组件等受其结构形式的局限只能处理比较洁净的水，需要较复杂的预处理工艺，给野外作业带来很大困难。碟管式膜组件通过把过滤膜片和导流盘叠放在一起，用中心拉杆和法兰端盖进行固定，然后将其置入耐压外壳中而形成。这种碟管式结构，具有较宽的料液流道，可以有效避免物理堵塞，通常用来处理高浓度污水，这也决定了它可以直接处理各类地表水河流湖泊水甚至高盐度水。

2. 移动式应急处理导试水厂。为了更好地指导自来水厂开展应急供水工作，目前已开发了“移动式应急处理导试水厂”，可用于应急处理工艺的仿真和演练，能帮助水厂确定在相应水源水质条件下应急处理的工艺参数和操作规程。

该装置的主体工艺净水能力为 $1\text{m}^3/\text{h}$ ，能模拟自来水厂现有绝大部分净水工艺，满足中试规模要求。该装置包括多种应急处理药剂投加系统，具有移动式、自动化、在线监控、快速部署的特点，可用作水厂应对突发污染事故和灾害时的水厂导试装置、水厂进行生产工艺改进的试验系统；此外还可以用作服务小区村镇的临时供水设施，能满足5000~10000人的日常饮水。

3. 移动式应急药剂投加系统。绝大部分应急处理技术都是采用药剂法来处理污染物，因此需要开发相应的应急药剂投加系统。通过系统集成、结构改进、工艺优化，我国已开发了高度集成、具有多种功能、可移动、全自动控制的移动式应急药剂投加系统。

该系统针对中小型水厂的实际应

急生产需要，将粉末活性炭、高锰酸钾等粉质药剂投加系统、酸碱等液体药剂投加系统等集成于集装箱内，可根据需要及时地将该系统运送到需要进行投加作业，单台可服务 $5\text{万m}^3/\text{d}$ 的水厂。该设备在2012年广西龙江河镉污染事故中被紧急调运到柳州市某水厂，为保障柳州市有效应对此次水源污染事故发挥了重要作用。

(三)重点城市应急供水能力建设

虽然突发污染事故具有偶发性的特点，但各供水企业仍需要根据水源的特点，分析其存在的潜在风险，早做准备，开展风险评估和影响的能力建设方案，为应急处理提供支撑。

从2009年至2011年，在住房和城乡建设部城市建设司的领导下，利用“水专项”的成果，由清华大学、北京市市政工程设计研究总院和中国城市规划设计研究院协助重点城市的供水行业主管部门和供水企业对公共供水系统应对突发性水源污染的能力进行评估，完善和落实应急技术方案。

共有39个重点城市(北京、上海、天津、哈尔滨、济南、成都、广州、无锡、深圳、东莞、重庆、长春、沈阳、石家庄、南京、银川、青岛、合肥、南昌、海口、呼和浩特、福州、大连、贵阳、武汉、长沙、西宁、南宁、兰州、乌鲁木齐、西安、太原、郑州、昆明、杭州、嘉兴、淮南、株洲、绵阳)的供水行业主管部门和供水企业的分管领导和骨干参与了应急供水工作培训，并开展了水源污染风险调研工作，进行应急供水能力评估，制订了提升应急供水能力的建设方案，编制了专门的城市供水系统水源污染风险分析及应急能力评估与建设方案报告。通过此项工作，有力地提升了各城市的应急供水技术水平，推动了应急处理能力建设。

除此之外，依托水专项“自来水厂应急净化处理技术及工艺体系研究与示范”课题团队，在清华大学建设了城市供水应急处理技术研究开发平台，在全国建立了10个应急处理技术研究和测

试平台(北京、上海、广州、深圳、无锡、济南、天津、哈尔滨、成都、东莞)。应急技术研发和测试平台建设考虑不同单位的地域、优势项目、分析能力,覆盖华北、东北、华东、华南、西南、长三角、珠三角等。除项目研究外,在今后发生事故后可以就近进行中试规模的应急处理工艺验证,直接指导应急工作。

三、典型水污染事件中应急净水处理技术应用分析——广西龙江河镉污染事件

近年来,各地因突发环境事件,导致水源地受到污染而影响供水的故事不断发生,其中影响特别重大的污染事故包括松花江水污染事件、广东北江镉污染事件、无锡饮用水危机、广东北江钨污染事件、广西龙江河镉污染事件等。在各级政府、环保部门、建设部门、科研单位和供水企业的努力下,科学论证,处置得当,有效应对了污染事故中的城市供水问题,获得了城市供水应急处理的宝贵经验。本文以2012年1月发生的龙江河镉污染事件为例,力求展现各种不同的应急净水技术在突发污染事故处置中的应用。

2012年1月13日,广西壮族自治区河池市的拉浪水库中发现大量死鱼,经紧急监测,发现拉浪水库下游龙江河污染严重,其中水体中镉浓度最高为0.408mg/L,超标约80倍,严重威胁下游居民饮水安全;此后还发现了砷、铊、锑等多种重金属同时超标的问题。此次事故的污染河段及影响区域如图2所示。事故中的水污染处理处置工作包括两部分:一是在龙江河投加应急药剂进行河道除镉;二是在柳州市各自来水厂处理重金属复合污染。

(一)河道除镉

根据2005年广东北江镉污染应急供水的成功经验和水专项的研究成果,通过加碱调节原水pH值为8.0以上,提高水中碳酸根和氢氧根的浓



图2 珠江水系与广西龙江河突发环境事件影响区域图

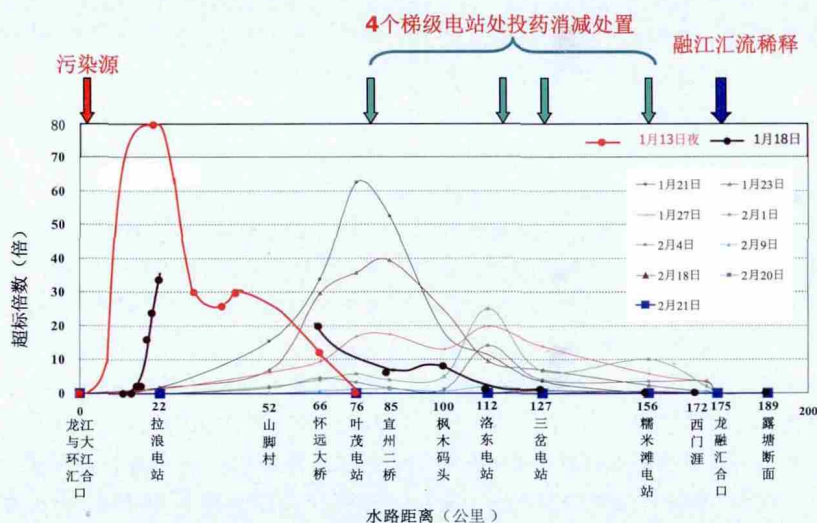


图3 龙江河镉污染事件河道投药与下游汇流稀释的效果图

度,可以使镉形成难溶的碳酸盐和氢氧化物,然后投加混凝剂,以矾花絮体吸附去除水中析出的镉沉淀物。

为了将污染负荷控制在龙江河河段,减少对下游的污染,自2012年1月28日至2月9日的十多天中,广西壮族自治区的河池市、柳州市政府在龙江河的叶茂电站、洛东电站、三岔电站和糯米滩电站,共设置了4处投药点(其间还在宜州二桥等处短期投药),投放烧碱和石灰等碱性药剂和混凝剂聚合氯化铝。加碱后河水的

pH值从7.7~7.8增到8.1~8.4;聚合氯化铝每级的投加量与自来水厂净水处理的投加量基本相同。上述投药处置对河水中镉污染物的单级去除率为40%~60%。经多级投药,龙江河汇入柳江处的镉浓度控制在超标2倍之内,再通过加大融江上的水库的放水量来稀释,保证了下游柳江及柳州市自来水取水口处镉浓度基本上不超标。事件处置过程中,在各个不同时间点龙江河主要控制断面及柳江露塘断面的镉浓度如图3所示。

(二) 自来水厂应急净水

在此次龙江河突发污染事件中,除镉以外,还检出了砷、铊、锑等多种重金属污染物,属于重金属复合污染。河道弱碱性化学沉淀法对砷、铊、锑等金属污染物的去除效果不佳。监测数据显示,柳州市自来水厂的水源水中砷、铊、锑等金属污染物在个别时段仍有超标。通过在自来水厂采取针对性的应急处理措施,才实现了柳州市自来水出厂水的全面达标。

1. 应急除镉工艺。柳州市的各自来水厂采用了“弱碱性铁盐混凝沉淀法”的应急除镉净水工艺,设立水厂应急除镉的安全屏障,确保柳州市的饮水安全。主要措施包括:设立水源水镉浓度快速检测仪(应急检测车);在水厂加装液碱和盐酸的药剂投加设备(计量泵和碱罐车、酸罐车)与监测系统(在线pH仪);把水厂原使用的聚氯化铝混凝剂更换为聚硫酸铁,能够同时应对砷等污染物;增加助滤剂,加强过滤效果等。此外,还从北京紧急调用了一套移动式应急酸碱药剂投加设备,供水厂使用。

经过河道投药应急处置,柳州市自来水厂取水口镉浓度基本控制在标准限值以内。再经过水厂的应急净水工艺(流程见图4),出厂水镉浓度又降了一个数量级,一般已小于检出限($<0.0005\text{mg/L}$)。

2. 应急除砷工艺。砷是一种公认的有毒致癌物质。砷的水质标准是:《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)三类水体限值 0.05mg/L ,《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 0.01mg/L 。自来水厂应急除砷采用预氧化铁盐混凝沉淀法。其除砷原理是,投加铁盐混凝剂,形成氢氧化铁矾花来吸附去除五价砷(以砷酸氢根形式存在),如果原水中砷以三价砷形式存在(如亚砷酸),可采用预氯化先把三价砷氧化成五价砷。该应急除砷技术已在2008年贵州都柳江砷污染事件在三都县自来水厂得到成功应用,可以应对水源超标数倍(按饮用水标准超标几十倍)的砷污染水源水。在本次事件中,自来水厂改用铁盐混凝剂和加大混凝剂投量后,出厂水的砷小于 0.01mg/L ,满足饮用水标准要求。

3. 应急除铊工艺。铊属于高毒类物质,对人的致死剂量为 $8\sim 12\text{mg/kg}$,长期低剂量摄入可导致慢性铊中毒。我国《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)和《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)对铊的限值均为 0.0001mg/L 。铊在水环境中的主要存在形式是一价铊离子。自来水厂常规处理工艺对铊基本上没有去除效果。

自来水厂应急除铊采用预氧化混凝沉淀法。其除铊原理是,先用氧化

剂把一价铊氧化成三价铊,三价铊在中性条件下会生成难溶于水的氢氧化铊沉淀物,可在混凝沉淀过滤中去除。该应急除铊技术已在2010年广东北江铊污染事件中得到成功应用。在本次事件中,水源水中铊略有超标,约0.5倍,采用预氧化除铊技术后,柳州市河西水厂出厂水的铊浓度满足饮用水标准要求。

4. 应急除锑工艺。锑具有致癌性,长期低剂量摄入锑可引起慢性锑中毒。我国《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)和《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)对锑的限值均为 0.005mg/L 。在含溶解氧的地表水中锑主要以五价锑的锑酸根形式存在。自来水厂常规处理工艺对锑基本上没有去除效果。

自来水厂应急除锑采用弱酸性铁盐混凝沉淀法。除锑技术的原理是,在弱酸性条件下,利用表面带有高密度正电荷的氢氧化铁胶体对带负电的锑酸根进行电性吸附,再通过混凝沉淀过滤去除。自来水厂应急除锑技术已在2011年湖南广东武江锑污染事件中得到成功应用,可以应对水源超标数倍的锑污染水源水。在本次事件的后期,柳州市自来水厂水源水中镉已达标,但因融江上游水库放水量减小(库容已用完),水源水中锑开

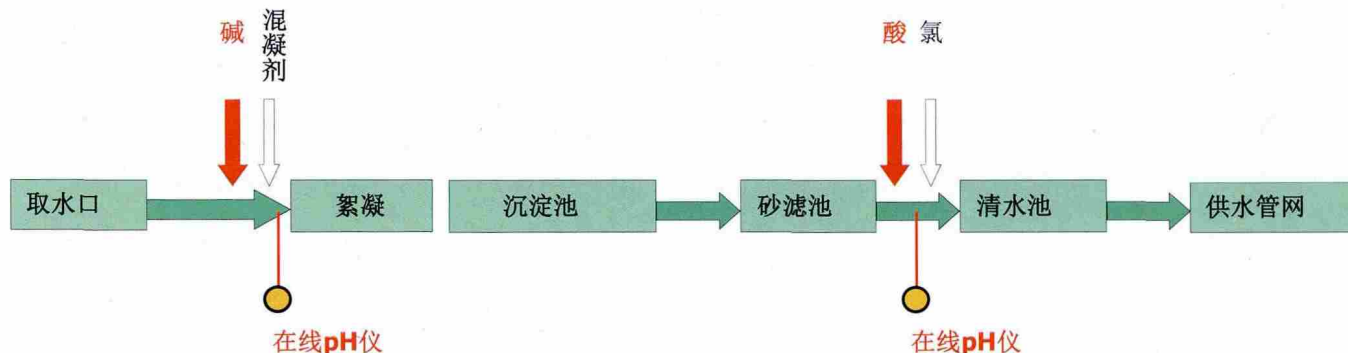


图4 自来水厂弱碱性化学沉淀法应急除镉工艺流程
(水厂处理工艺需要增加的环节见红色标注部分)

始超标,最高时超标1倍多,水厂及时调换了酸碱的投加位置,采用弱酸性铁盐混凝沉淀法,经过处理后出厂水镉浓度约为0.003mg/L,满足了饮用水水质标准要求。

四、问题与展望

在过去的几年中,应急供水研究得到了国内供水企业和科研单位的高度重视,开展大量基础研究和应急设施的建设,已经初步建立了应急净化处理技术体系。根据面临的水源污染状况和应急工作需求,在以下方面仍需进一步开展研究。

(一) 扩大应对污染物的覆盖范围

已有的应急处理技术研究主要是针对饮用水标准中的一百多种污染物开展了验证试验,而在标准之外的有毒有害化学品种类成千上万。为了保障供水安全,维护社会稳定,现有应急处理技术体系的污染物覆盖范围需要进行扩展。

(二) 进一步完善应急处理技术体系

随着应急处理技术在水厂的应用不断增加,已经积累了大量的经验,也发现了一些不足,现有技术体系在如何提高应急处理技术的适用性、经济性和设备材料配套方面还需进一步完善。

(三) 加强应急供水的资源支撑体系的建设

应急供水在药剂、设备、储备、技术队伍、信息等资源支撑能力体系方面存在很大需求,需要构建由应急处理设备、材料、监控系统等组成的完整的支撑体系,加强系统建设。

(四) 完善应急供水的管理体系

应急供水工作需要政府的有效组织和环保、水利、建设、卫生等多部门的密切配合。此外,在后期工作中可能会出现责任认定、损失赔偿等敏感问题。在应急预案和应急管理相关的法制、体制和机制方面,还有很多管理问题需要完善。



参考文献

[1] 环境保护部环境应急指挥领导小组办公室. 突发环境事件典型案例选编(第1辑)[G]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.

[2] 张晓健. 加强城市供水应急处理技术和应急系统建设的研究[J]. 给水排水, 2007, (11): 1.

[3] 张晓健. 松花江和北江水污染事件中的城市供水应急处理技术[J]. 给水排水, 2006, (06): 6-12.

[4] 张晓健, 张悦, 王欢, 等. 无锡自来水事件的城市供水应急除臭处理技术[J]. 给水排水, 2007, (09): 7-12.

[5] Zhang X J, Chen C, Ding J Q, et al. The 2007 water crisis in Wuxi, China: Analysis of the origin [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 182(1-3): 130-135.

[6] 广东省人民政府应急管理办公室. 广东省处置“10·18”北江流域铊污染事故的经验与启示[J]. 中国应急管理, 2013, (02): 34-38.

[7] 张晓健, 陈超, 米子龙, 等. 饮用水应急除镉净水技术与广西龙江河突发环境事件应急处置[J]. 给水排水, 2013, (01): 24-32.

[8] 王占生, 刘文君. 我国给水深度处理应用状况与发展趋势[J]. 中国给水排水, 2005, (09): 29-33.

[9] 张悦, 张晓健, 陈超, 等. 城市供水系统应急净水技术指导手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.

[10] 张晓健, 陈超. 应对突发性水源污染的城市应急供水的进展与展望[J]. 给水排水, 2011, (10): 9-18.

[11] 中华人民共和国环境保护部. 中国环境状况公报(2005-2012).

[12] 步雪琳. 化工石化业存在严重布局性环境风险[N]. 中国环境报, 2006-07-12(001).

[13] 侯立安, 尹洪波. 饮用水安全保障应急处理技术研究[J]. 中国建设信息(水工业市场), 2010, (06): 10-13.

[14] World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed)[M]. WHO, 2011.

[15] 陈超, 张晓健, 董红, 等. 自来水厂应急净化处理技术及工艺体系研究与示范[J]. 给水排水, 2013, (07): 9-12.

[16] 环境保护部环境应急与事故调查中心. 砷污染应急处置技术[G]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.

[17] 刘文君, 张丽萍. 城镇供水应急技术手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

[18] Zhang X J, Chen C. Emergency drinking water treatment in source water pollution incident-technology and practice in China [J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering in China, 2009, 3(3): 364-368.

[19] Zhang X J, Chen C, Lin P F, et al. Emergency Drinking Water Treatment during Source Water Pollution Accidents in China: Origin Analysis, Framework and Technologies[J]. Environmental Science & Technology, 2011, 45(1): 161-167.

[20] 崔福义. 城市给水厂应对突发性水源水质污染技术实施的思考[J]. 给水排水, 2006, (07): 7-9

[21] 陈蓓蓓, 高乃云, 鲁文敏, 等. 水源水中典型化学品突发污染的应急处理[J]. 环境科学, 2009, (06): 1632-1638.

作者简介

张晓健, 清华大学环境学院教授, 环保部环境应急专家组专家。陈超, 清华大学环境学院副研究员。林朋飞, 清华大学环境学院博士研究生。