

南京长江水源突发性污染应急水处理技术应用研究

周克梅¹ 陈 卫² 单国平¹ 林 涛² 窦建军¹

(1 南京市自来水总公司, 南京 210002; 2 河海大学, 南京 210098)

摘要 通过对南京长江水源地的调研, 对长江南京水源地污染物进行了预测分析, 提出可能对南京水源地造成威胁的污染物依次为油类物质、硫酸、农药、苯酚和重金属镉。针对以上的突发性污染物, 提出可采用常规工艺强化、吸油围栏、碱(石灰)中和、粉末活性炭吸附、化学氧化和化学沉淀等应急水处理技术及措施, 为全市安全供水提供有效的技术保障。

关键词 水源突发污染 污染物预测 应急水处理 对策

Research on emergent drinking water treatment against accidental pollution of public water source in Nanjing

Zhou Kemei¹, Chen Wei², Shan Guoping¹, Lin Tao², Dou Jianjun¹

(1. Nanjing Water Supply Company, Nanjing 210002, China; 2. Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The probable pollutants of accidental pollution of public water source in Nanjing were predicted based on pollution investigation. The results showed that oil, sulfuric acid, pesticide, phenol and heavy metal cadmium were the potential pollutants. Then serious emergent countermeasures including enhanced conventional treatment, oil adsorption and blocking, alkali (lime) neutralization, powder activated carbon adsorption, chemical oxidization and chemical precipitation were put forward against the above-mentioned pollution. All these are helpful for the safety water-supply in Nanjing.

Keywords: Accidental water pollution; Pollutants prediction; Emergent drinking water treatment; Countermeasures

饮用水质直接关系到人的生命与健康, 是城镇公共安全体系中最重要、最核心的安全问题。南京地处长江下游平原, 城市 80% 的饮用水取自长江。由长江上游沿线及水源地周围企业和长江航运产生的水污染使得南京市的供水安全面临严峻挑战。而随着《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 的出台, 对水质要求大幅度提高, 给供水企业带来了新的挑战。发生突发性水污染时如何保障城市饮用水水质安全, 成为供水行业所面临的新课题。因此, 研究并构建突发性水污染时水处理应急技术, 对保障南京

城市供水水质安全具有重要意义。

1 南京长江水源地现状及突发性水污染预测

近年来有关部门对长江南京段上游污染源的调查表明:

(1) 油类和苯酚是对南京水源地构成潜在威胁的主要航运污染物^[1,2]。

(2) 沿线企业的石油对饮用水安全构成的潜在威胁不容忽视。

(3) 化学品(主要为硫酸、苯酚和苯类)、油类和农药是长江流域发生污染事故最多的三大污染物^[3,4]。

预测长江上游易对南京水源造成威胁的污染物依次为: 油类、硫酸、农药、苯酚。

江苏省 2006 年度社会发展基金项目(BS2006014); 2006 年度江苏省建设系统科技招标项目(JS2006ZB02)。

有关部门亦对长江南京段及水源地污染源进行了调查,结果表明:

(1) 长江南京段沿江航运、油库和船厂的油类泄漏是可能引发突发性水污染的主要隐患。

(2) 农药、硫酸、氰化物等化学品的航运安全对南京水源地水质保障至关重要。

(3) 城市内河排污企业中石油、重金属(镉)和有机污染物年排污量大,经城市内河进入长江后对水源地的影响值得关注。

预测长江南京段易对南京水源造成威胁的污染物依次为:油类、重金属镉、农药、硫酸。

综合长江上游和南京段污染物预测分析,可能对南京长江水源地造成威胁的污染物依次为油类、硫酸、农药、苯酚和重金属镉。

2 水厂供水现状

南京市自来水总公司下辖城南、北河口、浦口、上元门、城北5座水厂,供水能力达210万 m^3/d 。各水厂均以长江为水源,其中城南和北河口水厂从长江支流夹江段取水,浦口、上元门和城北水厂从长江干流取水。

浦口水厂的管网自成体系,所以在应急条件下需保障其服务区内用水量需求。其余4座水厂的管网彼此衔接,形成一供水系统,可相互调节和补充。

北河口水厂供水服务面积占南京主城区的55%,保证该厂的供水安全极为关键。若该厂的供水安全在应急时能够得到保障,则通过总公司的统一调度,可以解决城市大部分地区的用水问题。

3 水厂应急处理技术

3.1 应急供水量的确定

发生突发性水污染时,在供水问题上,须坚持“先生活后生产”的原则,把确保人民生活用水放在第一位。为保障水厂应急管理水平和出水水质,可考虑采用如下原则确定应急水量:

(1) 城市供水系统发生事故时,规定事故流量为正常供水水量的70%,以此作为水厂应急最大供水量依据。

(2) 突发性水污染应急时,水厂供水应保证居民的最小生活用水要求。根据南京市自来水总公司提供的供水量统计信息(见表1),南京市人均生活用水量为140 $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 左右,约占城市供水总量的40%。兼顾其他因素,为提高供水的安全保障率,提出水污染应急时供水水量减至50%,作为满足城市居民最低生活用水要求的依据。

具体来说,应急水量可根据突发性水污染的程度,按照事故应急分级机制来确定:

(1) 预警级。即事故发生地点与水体有一定的距离,或发生在水边,但污染物尚未或仅有小部分进入水体且危害程度不大。通过强化常规工艺和应急处理技术措施,保障水厂不减产或适度减产。

(2) 现场级。即污染物已经部分或整体进入水体,且危害程度较大。通过强化常规工艺和应急处理技术措施,水厂供水减量至50%~70%。

(3) 流域级。即污染物是有害物质,数量较大且已进入水体并扩散。通过强化常规工艺和应急处理技术措施,水厂供水减量至50%,若水源水中污染物指标严重超标,且应急技术措施仍难以处理时,应在请示当地人民政府后,采取暂停自来水生产和供应的措施。

(4) 若水污染发生在下游水厂水源地附近,则采取下游水厂减量供水而上游水厂增量供水的应对措施。

鉴于北河口水厂服务对象的重要性与服务范围的广阔性,考虑在产生突发性水污染时,宜保证该厂70%的供水量;浦口水厂管网自成体系,应急供水量宜采用70%,其他水厂的应急供水量可按50%确定。

3.2 水厂应急技术措施

表1 2003~2005年南京城市供水量统计

项目	2003年		2004年		2005年	
	水量/ 万 m^3	用水指标/ $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$	水量/ 万 m^3	用水指标/ $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$	水量/ 万 m^3	用水指标/ $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$
总售水量	34 406	365	35 263	361	35 299	334
工业用水量	7 107	75	6 735	69	6 863	61
生活综合用水量	27 299	290	28 528	292	28 436	270
纯生活用水量	13 541	143	13 728	140	13 779	130

注:资料来源于南京市自来水总公司。

3.2.1 应急技术方案

突发性水污染时构建城市供水应急的“多级保障技术屏障”，实施“取水安全屏障—水处理工艺应急—排泥水安全处置”的水污染应急技术保障体系。具体实施见图1示意。

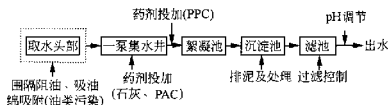


图1 给水厂应急技术实施示意

3.2.1.1 取水安全屏障

主要针对油类污染物在取水口设置保护设施，布放围油栏，可以有效阻止油类进入取水口，降低后续工艺的处理负担，必要时在围油栏内布放吸油棉，进一步去除水中的油污染。

3.2.1.2 水处理工艺应急

针对油类和有机污染，在水厂集水井处投加粉末活性炭(PAC)，利用水源水往净水厂的输送距离，在输水管道中完成吸附过程，即把应对突发污染的安全屏障前移；在粉末活性炭有效吸附(油类或有机)污染物前提下，利用高锰酸盐复合药剂氧化作用继续去除剩余污染物，切实保障饮用水水质安全。

针对硫酸类污染物，同样将安全屏障前移，在配水井或管道混合器处投加碱(石灰)，利用碱(石灰)进行中和反应，使其形成微溶于水的硫酸钙沉淀，同时起到酸碱中和的目的；并在滤池出水处设置酸碱调节设备，保障供水水质的pH要求。

3.2.1.3 污泥安全处置

投加药剂后，沉淀池内产生的污泥(包括聚集的大量PAC、碱石灰中和与化学沉淀法生成的固体沉淀物、强化混凝后产生的絮体等)量增多。所以一定要强化排泥，缩短排泥周期。

除沉淀池排泥以外，净水厂污泥还包括滤池的冲洗废水。突发性污染事件发生时，污泥中有毒有害成分较多，若将未经处理的滤池反冲洗废水和沉淀池排泥水直接排入江河，会对水体环境造成一定程度的负面影响。因此必须采取经济、可行的方法处置排泥水，避免对环境造成危害。

3.2.2 常规工艺的强化

在确立上述技术路线时，考虑到经济高效的原则，除围隔隔油外，其他几种应急技术均是通过向水中投加药剂来实现除污染的目的。这些技术简便易行，但是投加后易对后续处理工艺产生影响。因此，必须加强对后续常规工艺的控制，形成应急综合措施，保障出水水质。

3.2.2.1 强化混凝

投加PAC对后续的絮凝沉淀有一定的干扰作用。因为此时混凝过程中的胶体脱稳过程已经完成，PAC颗粒本身并不具有凝聚的性能，PAC的加入会干扰形成的絮体进一步相互凝聚。在一些水厂的运行实践和有关的研究中都发现了这一问题。此外，PAC密度低，可能带来一个很大的问题就是漂浮在水中，不能沉淀。因此，采用PAC的时候，必须采取强化混凝的措施，提高混凝剂的投加量，必要时辅以投加助凝剂，这样可以充分提高沉淀池的沉淀性能，保证颗粒絮体和大量的PAC沉淀。

3.2.2.2 加强滤池冲洗及控制初滤水水质

投加PAC后，即使可以保证大量活性炭在沉淀池中沉淀，也不能完全避免少量炭粒进入滤池。因此，在过滤工艺上需采取一些控制措施，加强滤池的冲洗，保障进入滤池的PAC不造成堵塞。

滤层反冲洗时，绝大部分杂质污物被反冲洗排出池外，但仍有少量杂质滞留在滤层中，当滤层重新过滤时，滞留的杂质便会随水流出，致使出水浊度较高，这部分水称为初滤水。由于初滤水含有滤层中的杂质，其中可能有病原生动物的孢囊和卵囊；而当发生污染事故时，原水中的有毒有害物质也会滞留在滤层中，因而初滤水在卫生学上是不安全的。因此，控制初滤水水质很必要。

普通快速滤池的出水管上一般设有排放初滤水的管道，传统的操作程序是滤池反冲洗后恢复过滤时，先排放初滤水，等初滤水浊度降至目标值时，再关闭初滤水阀门，同时打开清水阀门，使出水流入清水池。但为了节水，大多数水厂不排放初滤水，而使初滤水也流入清水池，与池水混合，许多水厂在新建滤池时甚至取消初滤水排放管。此次调研中发现南京五座水厂均未设初滤水排放管道，因此，只能通过其他方式控制初滤水水质。

降低初滤水浊度可采取的措施有：

(1) 要降低反冲洗结束时的废水浊度,可在后期以低反冲洗强度冲洗一段时间;

(2) 反冲洗后停止工作一定时间或在过滤开始时缓慢提高滤速,可缓和初滤水浊度。

4 结论

(1) 在对长江上游和长江南京段水污染调研的基础上,进行了长江南京水源地污染物预测分析,提出可能对南京水源地造成威胁的污染物依次为油类、硫酸、农药、苯酚和重金属镉。

(2) 以“立足强化,平战结合”为原则,针对不同的突发性污染物,立足水厂常规工艺的强化,辅以实施安全应急处理技术,结合各水厂处理工艺构建了应急处理技术平台。

5 建议

鉴于长江流域突发性水污染事件的监测监控和预警应急系统非常薄弱,缺乏应急预案和应急技术,建议在国家层面上,建立一个专门治理长江流域水环境污染的综合管理机构,在尊重流域水环境、水资源现状和承载力的前提下,考虑各省市的产业特色和基础,统一制定流域“十一五”规划,布局重化工业。

(上接第1页)

2.2 空间技术的应用

地理信息系统的广泛使用给城市水系统的规划提供了新的工具。在城市水系统规划中,利用 GIS 平台可以进行多源数据的集成显示与查询、规划相关设施的空间查询与分析、规划相关地区的 3D 分析与显示等分析操作,以辅助规划决策人员充分了解规划分析区域的地理特征,并利用 GIS 的相关空间分析能力分析规划相关设施之间的空间关系和相互影响。同时,在 GIS 平台上,还可以结合相应的规划模型、动态仿真模型等数学工具,构建具有通用性和普适性的城市水系统规划决策支持集成平台,为规划控制、方案分析、投资控制等提供全面的决策支持。

2.3 集成模拟技术的应用

城市水系统的集成模拟技术是将系统中的各子单元模型联合起来作为整体进行模拟,可以对城市水系统的规划方案进行不同情景下的模拟或者连续长期动态模拟,为方案的环境、生态、社会、经济、技术等方面的影响提供量化分析的依据。这种方法能

够表征系统中各单元间的互相影响,将水环境质量与系统的运行状态紧密地联系在一起,便于根据水环境质量目标进行系统的规划方案调整和实时管理,为城市水系统规划的决策提供了更加科学合理的依据,是城市水系统综合规划和管理的必需工具。

2.4 综合评估技术的应用

可持续的城市水系统不仅要能够保障对城市需水的供给,具有良好的排水能力、污水处理功效以及合理的建设运行成本,还要求系统对环境、生态、资源及社会产生尽量少的负面影响。因此,在城市水系统规划阶段,不能仅通过工程经济学预算系统建设和运行费用对系统规划方案进行评估,而是要在可持续性评估的框架下,系统地长期性地考察规划方案的各个方面,对城市水系统进行综合评估。

随着可持续性城市水系统理念的不断深入,城市水系统的规划将向着集成化、复杂化、智能化和科学化的方向发展。这种城市水系统规划的创新对于水系统面临着新建和修复双重压力的我国来说,既是挑战也是机遇。

参考文献

- 1 陆家驹. 长江南京段水质遥感分析. 国土资源遥感, 2002, (3): 33~36
- 2 胡承兵. 长江干线船舶防污工作的现状、存在的问题及对策. 交通环保, 2002, 21(1): 24~28
- 3 冯敏. 航运对长江水质的分析. [学位论文]. 上海: 上海海事大学, 2005
- 4 韦之杰, 宋儒卿. 长三角区域船舶运输有毒液体物质污染事故风险的分析和对策研究. http://www.js-msa.gov.cn/art/2005/10/09/art_675_1025.html

○通讯处: 210002 南京市中山东路 460 号

电话: (025) 84410033

E-mail: zkrmei99@hotmail.com

收稿日期: 2007-03-30

修回日期: 2007-06-27