

南通洪港水厂水源地水质安全性分析

杨柳俊

(江苏省水文水资源勘测局南通分局, 江苏 南通 226006)

摘要 :从水源地环境承载能力、区域污染源及事故溢液对水源地影响等方面分析洪港水厂水源水质安全性。研究认为,洪港水厂水源地所处水功能区具有较大的水环境容量,区域入江污染源对水源水质影响较小,各类石油化工品装卸码头潜在的装卸溢液事故对水源水质安全构成了威胁。指出洪港水厂必须建立、落实相应的应急措施,规避及减缓此类风险事故造成的重大危害。

关键词 :洪港水厂;水源地;水质;安全性分析

中图分类号 :X522 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2006)02-0045-03

Water quality safety analysis of water source area of Honggang water plant

YANG Liu-jun

(Nantong Branch, Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of Jiangsu Province, Nantong 226006, China)

Abstract :The water quality safety in source area of Honggang water plant was analyzed according to the influence of carrying capacity of environment, pollution sources, and spill accidents in the source area. It is concluded that the water environment capacity is large in the water function region. Pollution sources into the river have little impacts on water quality, while the oil spill accidents in the petrol products loading wharf are threatening the water quality safety. Emergency measures should be put forward and adopted to alleviate and avoid the harms caused by risk accidents.

Key words :water plant in Honggang; water source; water quality; safety analysis

1 洪港水厂水源概况

洪港水厂位于南通经济技术开发区良种场洪港村,占地面积 15 hm²,始建于 1997 年。目前供水能力为 20 万 m³/d,供水范围为南通经济技术开发区和通州、如东两县(市)部分乡镇。根据南通市区域集中供水规划,2006 年洪港水厂供水能力提高至 40 万 m³/d,负责向如东、通州、启东、海门 4 县(市)主要乡镇以及南通经济技术开发区提供生活、工业用水。该水厂以长江为水源地,取水口位于长江南通段新开沙夹槽中段,距岸 200 m,在 1 号丁坝与 2 号丁坝之间。根据江苏省环境监测中心南通分中心和南通市自来水公司 2003 年全年监测资料统计,洪港水厂取水口水域水质良好,各项指标年均值都达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 II 类

水质标准,总铁、粪大肠菌群、溶解氧、阴离子合成洗涤剂 etc 个别指标部分测次略超 II 类水标准,但超标率均在 30% 以下。总体表明水源地水质现状条件能满足水厂取水要求。

2 水源地水质安全性分析

2.1 水源地环境承载能力分析

洪港水厂水源地位于长江南通段狼山—洪港饮用水源地、景观娱乐用水区。该水功能区上自南通桃园闸,下至南通农场,全长 12.7 km。2010 年、2020 年水质目标均定为 III 类水,其中,狼山水厂水源地、洪港水厂水源地以 II 类水质为控制目标。根据 2002 年评审通过的《南通市水资源保护规划报告》中分析计算的研究成果,狼山—洪港饮用水源、景观娱乐用水区在长江大通水文站设计保证率为 90% 的枯

水流量条件下,纳污能力:COD_{Cr}为53706 t/a;NH₃-N为1374 t/a。目前,在该功能区内主要水污染源有两个,一个是位于洪港水厂上游3.7 km的观音山排污口,另一个是位于洪港水厂上游2.5 km的南通开发区污水处理厂排污口,以上两个排污口现状COD_{Cr}排放总量为4510 t/a,NH₃-N排放总量为272 t/a。随着南通开发区污水处理厂扩容工程的完成,预计排入该功能区COD_{Cr}总量最高达5600 t/a,NH₃-N总量最高达420 t/a,分别占功能区纳污能力的10.4%和30.6%。相关研究认为^[1],功能区纳污量占纳污能力50%以下,功能区水质的安全是有保障的。

2.2 区域污染源对洪港水厂水源地影响分析

2.2.1 区域入江污染源概况

洪港水厂取水口上游2.5 km处和3.7 km处分别为南通市开发区污水处理厂排污口与观音山排污口,设计排放能力分别为5.5万 t/d和2.5万 t/d。下游入江污染源目前主要是江海港区一个排污口,距离洪港水厂水源地7.0 km左右,COD_{Cr}年排放量仅为10.1 t。今后随着一批企业相继落户南通开发区港口三区,入江排污量将逐步增加,其中王子造纸项目入江废水量为2.956万 t/d,出水COD_{Cr}质量浓度为100 mg/L,其他企业废水将排入筹建中的港口三区2.5万 t/d污水处理厂集中处理(2005年完成建设)。王子造纸项目拟和港口三区污水处理厂合用一个排污口,距洪港水厂取水口6 km左右。

2.2.2 区域污染源对水源地影响分析

2.2.2.1 影响预测分析方法^[2]

长江南通江段,江面宽阔,宽深比很大,江水在垂向上混合比较容易,排放的污染物在短距离内可达到垂向均匀混合,而达到横向均匀混合需要很长距离。因此,水流运动及物质输送方程可采用深度平均二维模型来描述。

a. 预测分析模型:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\alpha(hu)}{\partial x} + \frac{\alpha(hv)}{\partial y} = 0$$

动量方程:

$$\frac{\alpha(hu)}{\partial t} + \frac{\alpha(hu^2)}{\partial x} + \frac{\alpha(huv)}{\partial y} - fhw = -gh \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{gu\sqrt{u^2+v^2}}{C^2} + v_1 h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\alpha(hv)}{\partial t} + \frac{\alpha(huv)}{\partial x} + \frac{\alpha(hv^2)}{\partial y} + fhu =$$

$$-gh \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{gv\sqrt{u^2+v^2}}{C^2} + v_1 h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

式中: u, v 为 x, y 方向沿垂向平均的流速分量; g 为重力加速度; h 为水深; ξ 为水位; f 为柯氏力参数;

C 为谢才系数; v_1 为紊动粘性系数。

水质模型:

$$\frac{\alpha(hc)}{\partial t} + \frac{\alpha(huc)}{\partial x} + \frac{\alpha(hvc)}{\partial y} =$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) - K_1 hc + S$$

式中: c 为沿垂向平均的浓度值; D_x, D_y 为 x, y 方向的紊动混合系数; K_1 为降解系数; S 为源汇项。

b. 定解条件:

①边界条件。岸边界: $U_n = \alpha$ (岸边界的法向流速为零),岸边界的法向浓度梯度为零,即水边界为

$\frac{\partial c}{\partial n} = 0$;上游边界为流量过程线 $Q = Q(t)$;下游边界为潮位过程线 $Z = Z(t)$;输入边界 $c = c_0$;输出计算

域为 $\frac{\partial c}{\partial S} = 0$ 。

②初始条件。 $u(x, y, 0) = u_0(x, y)$; $v(x, y, 0) = v_0(x, y)$; $z(x, y, 0) = z_0(x, y)$; $c(x, y, 0) = c_0(x, y)$,其中 c_0 为计算初始时刻各点的浓度值。

③参数选择。曼宁糙率 n 在计算过程中调整修正,约在0.02左右。科氏力系数 $f = 2\Omega \sin \varphi$, Ω 为地球转动角速度, φ 为计算水域地理纬度。紊动混合系数 $D_y = 0.5hU, D_x = 6.0hU$;其中 U 为摩阻流速。水质衰减系数 K_0 采用南通水文水资源勘测局2001年对长江南通段的实测率定结果, $K_{COD_{Cr}}$ 为0.211/d。

④水量条件。根据大通站1959~1996年实测最小月平均流量系列,经频率分析计算,得到90%保证率的最小月平均流量为7580 m³/s,由于大通站1979年1月平均流量接近该流量值,因此选用天生港1979年1月潮位过程作为相应的设计潮位过程。

⑤水质条件。以评价江段现状水质作为设计水质。

⑥污染源条件。根据上下游污染源的属性、水域功能及水质现状,预测因子确定为COD_{Cr}。上下游废水排放情况见表1。

表1 上下游污染源入江排放情况

排放方式	上游主要入江污染物		下游主要入江污染物	
	废水/ (t·d ⁻¹)	COD _{Cr} / (kg·d ⁻¹)	废水/ (t·d ⁻¹)	COD _{Cr} / (kg·d ⁻¹)
正常达标排放	80000	8000	54560	5456
事故性排放	80000	40000	54560	27280

注:正常达标排放COD_{Cr}质量浓度以100 mg/L计,事故性排放COD_{Cr}质量浓度以500 mg/L计。

⑦数值求解。上述二维水量、水质模型基本方程都可表达成统一的对流扩散方程,采用有限控制体积分散基本方程,并用SIMPLE方法及交错网格技术,进行数值迭代求解计算。

2.2.2.2 预测结果及分析

上下游主要入江 COD_{Cr}对水源地影响增加值预测结果见表 2。

表 2 上下游入江 COD_{Cr}对水源地影响增加值预测结果

断面位置	垂线位置	落潮期		涨潮期	
		达标排放	事故排放	达标排放	事故排放
		mg/L			
水厂取水口	离岸 50 m	0.2771	1.6781	0.1827	0.9133
	离岸 100 m	0.1623	0.9862	0.1423	0.7115
	离岸 200 m	0.0602	0.2906	0.0524	0.2622

明,在设计枯水流量条件下,上下游污染源在正常排放情况下对洪港水厂水源地影响程度较小,事故排污时,对水源地影响程度增加,尤其是近岸 100 m 的范围内,污染影响较为显著,但由于洪港水厂水源地水质现状良好(现状 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}}) \leq 10 \text{ mg/L}$),叠加背景值后,洪港水厂水源地水质仍能达到 II 类水标准($\rho(\text{COD}_{\text{Cr}}) \leq 15 \text{ mg/L}$)。

2.3 水上事故溢液对水源地影响分析

2.3.1 事故类别

洪港水厂取水口上游 3.0 km 处有 1994 年建成的 2.5 万吨级华洋液化气码头,近年来依次向下又相继建成了华洋化工码头、申华化工码头(2 000 ~ 5 000 吨级)在洪港水厂取水口下游,目前主要有江海港区化工码头以及再下游的水山码头。根据规划,将来在江海港区拟建 4 座万吨级化工码头,距洪港水厂水源地 4.0 km 左右。因此本江段溢液事故主要是发生于化工品船舶、油轮碰撞、触礁导致的泄漏事故和码头装卸过程中发生的溢液事故。

2.3.2 事故概率

洪港水厂取水口所处水域为营船港专用航道,航道内无暗礁和岛屿,加之当地海事部门的引航,因此一般不会由于港口和航道造成触礁和搁浅。此外近 10 年建造的大型船只均采用双底型,不仅杜绝了压舱水排放,而且大大提高了船只的安全性能。通过类比分析,本江段船舶泄漏污染事故的风险率大致为 1.2 万次/a,低于可接受的事故风险率,而码头装卸过程中溢液事故发生率相对较高。根据国内油码头、化工品码头事故溢液近 10 年统计资料,事故溢液装船作业多于卸船作业,装小船多于装大船,一次溢出量大型码头大于中、小型码头。长江大中型码头万吨油品卸船事故溢液发生率为 0.3% ~ 0.5%,万吨油品装船事故溢液发生率为 0.5% ~ 1%^[3]。导致溢液事故发生率较高的主要原因是生产自动化程度低和管理松懈。南通经济技术开发区内的嘉民港储有限公司、华洋有限公司、如皋港开发

区东方石化储运公司等公司的码头,由于生产自动化较高,管理严格,建立以来尚未发生重大溢液事故。因此,只要加强岗位责任,提高管理水平及生产自动化水平,事故溢液发生的概率可以减少、控制到极少发生或基本不发生。

2.3.3 事故溢液对洪港水厂水源地的影响

根据事故类别和事故概率分析,对洪港水厂水源地存有潜在威胁的是上下游化工码头在装卸过程中发生的事故泄漏。从本江段码头实际装卸的物料种类看,有苯类、酮类、醇类以及酸类等多个品种,其中尤以苯类(难溶于水)对水环境的危害程度最大。评价江段潮汐性质为非正规半日浅海潮,落潮流速大于涨潮流速,根据评价江段水文测验成果,考虑在狼山—老洪港饮用水源区下游是南通农场过渡区(1.95 km),假定距水源地最近的上游化工码头为 2.0 km,下游化工码头为 4.0 km。据此计算,在落潮期距水源地最近的上游化工码头发生装卸溢液事故,约 25 min 后油膜漂移至取水口位置,若在涨潮期距水源地最近的下游化工码头发生装卸溢液事故,约 45 min 后油膜漂移至取水口位置。尽管发生此类事故的风险概率很低,但一旦发生,若不采取紧急措施,将会引发严重的安全事故。

3 结论与建议

洪港水厂水源地所处水功能区现状水质良好,并且具有较大的水环境容量,区域入江污染源对水源地水质影响较小。但上下游相继建设的各类石油化工品装卸码头,其潜在的装卸溢液事故,对水源地水质安全构成了威胁。尽管随着码头作业自动化程度的提高和营运管理的加强,这种危害事故的发生概率可控制在极低水平,乃至杜绝事故发生,但一旦发生此类事故,其后果是相当严重的,为此,洪港水厂必须建立、落实相应的应急措施,规避及减缓此类风险事故造成的重大危害。

a. 建立水源地在线水质监测系统和水质预警预报系统^[4],实时掌握水质变化情况。一旦出现突发性水污染事故,通过水质预警预报系统,迅速估算出对水源地的影响程度,为启动相应的应急预案提供决策依据。

b. 水厂应与安全生产管理部门、港航监督部门、专业抢险抢修机构等单位保持密切联系,在遇到水污染事故时,立即采取对应的拦污清污措施。

c. 水厂必须建设有足够容量的清水池,一般要求达到供水能力的 15% 以上。实施区域供水后,各地原有的小型供水工程实行停而不废措施,作为应急后备水源加以保留,以确保在遇到(下转第 51 页)

运行稳定,去除率均较高等特点,现已在土豆加工、啤酒、造纸、柠檬酸等生产废水处理中成功应用,取得了较好的环境效益和经济效益。IC反应器作为一种高技术的新型超高效厌氧反应器的开发,有着重要的理论意义和实用价值,具有很大的发展前景和应用潜力,值得大力推广应用^[20]。目前,一些学者对附加气IC反应器和附加外循环IC反应器等改进型IC反应器进行试验研究,并取得了可喜的成果,这必将大大推动IC反应器的发展。

然而,IC反应器作为新一代的厌氧反应器,仍有一些值得研究的地方,比如反应器的结构设计有待优化以提高整个反应器的效率,水力模型的合理性和实用性有待研究,厌氧反应器颗粒污泥的研究将会成为热点。

参考文献:

[1] LETTINGA G, FIELD J, VAN LIER J, et al. Advanced anaerobic wastewater treatment in the near futur[J]. Wat Sci Tech, 1997, 35(10): 5-12.

[2] 王凯军. 厌氧工艺的发展和新型厌氧反应器[J]. 环境科学, 1998, 19(1): 94-96.

[3] 邵希豪, 喻俊, 范国东, 等. 内循环厌氧反应器(IC)探讨[J]. 中国沼气, 2001, 19(1): 27-33.

[4] HABETS L H A. Anaerobic treatment of inuline effluent in and internal circulation reactor[J]. Wat Sci Tech, 1997, 35(10): 189-197.

[5] PEREBOOM J H F, VEREIJKEN T L F M. Methanogenic granule development in full scale internal circulation reactors[J]. Wat Sci Tech, 1994, 30(8): 9-21.

[6] 申立贤, 杜兵. 厌氧处理技术(UASB)现状与展望[C]//北京市环境保护科学研究院. 跨世纪的环境保护科学技术. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 76-82.

[7] 张忠祥, 钱易. 废水生物处理新技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 381-382.

[8] 吴允, 张勇. 啤酒生产废水处理新技术——内循环反应器[J]. 环境保护, 1997(9): 18-19.

[9] PEREBOOM J H F. Size distribution model for methanogenic granules from full scale UASB and IC reactors[J]. Wat Sci Tech, 1994, 30(12): 211-221.

[10] 吴静, 陆正禹, 胡纪萃, 等. 内循环厌氧反应器启动研究[C]//中国沼气学会. 2000年国际沼气技术与持续发展研讨会论文集. 北京: 中国沼气学会, 2000: 137-141.

[11] 龚钢明, 邵希豪, 蔡宝国. IC厌氧反应器的内循环装置[J]. 中国沼气, 2002, 20(1): 23-25.

[12] 丁丽丽, 任洪强, 华兆哲, 等. 内循环厌氧反应器的运行特性[J]. 中国给水排水, 2002, 18(11): 46-48.

[13] 王锴, 买文宁, 郭成超. 厌氧内循环反应器研究进展[J]. 工业水处理, 2003, 23(12): 4-7.

[14] 崔延龄. IC厌氧反应技术应用于制浆废水处理[J]. 国际造纸, 2003, 22(4): 45-48.

[15] 陈志强. IC厌氧反应器在制浆造纸废水处理中的应用[J]. 中国造纸, 2004, 23(3): 37-39.

[16] DRIESSEN W, YSPEERT P. Anaerobic treatment of low, medium and high strength effluent in the agro-industry[J]. Wat Sci Tech, 1999, 40(8): 221-228.

[17] 陈广元. 附加气循环IC反应器处理低浓度有机废水[J]. 中国沼气, 2002, 20(4): 22-23.

[18] 吴根义, 杨仁斌, 魏清伟. 试验用附加气厌氧内循环反应器的设计与制作[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(5): 394-396.

[19] 丁建南, 于一尊, 金志农. 附加外循环IC反应器启动试验[J]. 中国沼气, 2004, 22(4): 29-31.

[20] 胡纪萃. 试论内循环厌氧反应器[J]. 中国沼气, 1999, 17(2): 3-6.

(收稿日期: 2005-01-18 编辑: 高渭文)

(上接第47页)

突发性水污染事故时能实现不间断供水。

d. 加强对水源地的保护和监督管理 根据水功能区水环境容量严格实施区域污染物排放总量控制, 确保水源地水质达到功能区划要求。

参考文献:

[1] 龚若愚, 周源岗. 柳江柳州水环境容量[J]. 水资源保护, 2001(1): 31-32.

[2] 杨柳俊. 南通港闸区污水处理厂尾水排放对水环境的影响分析[J]. 水资源保护, 2004(6): 52-55.

[3] 杨柳俊. 阳鸿石油码头水环境风险事故影响评价[J]. 水资源保护, 2005(5): 46-48.

[4] 魏文达. 江河水污染预警预报系统建设模式的探讨[J]. 广西水利水电, 2000(3): 4-8.

[5] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].

(收稿日期: 2004-11-25 编辑: 高渭文)