

长江南京段污染源对饮用水源地的影响及对策

沈 乐, 杜 勇

(江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008)

摘要: 通过调查长江南京段入江排污口分布及污染物排放量, 评价饮用水源地水环境质量, 利用二维稳态模型分析各排污口对饮用水源地、沿江各水厂取水水质及其保护区水质的影响, 提出了控污措施。结果表明: 6 个饮用水源地水功能区水质类别以Ⅲ类—Ⅳ类为主; 现状排污口排污造成 4 个饮用水源地上游、下游交界断面 COD 和氨氮指标超标, 且以氨氮超标为主; 长江南京段 10 个水厂取水口水质受排污口排污影响。需优化整合排污口, 完善入河排污口审批制度, 建立入河排污口登记制度, 贯彻最严格的水资源管理制度, 确保长江南京段饮用水源地水安全。

关键词: 长江南京段; 水污染; 水安全; 模型

中图分类号: TV+X522 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2016) 02-0028-07

Influence and countermeasures of pollution sources on drinking water source of the Yangtze River in Nanjing

SHEN Le, DU Yong

(Nanjing Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, Jiangsu)

Abstract: The drain outlet and pollutant emissions of the Yangtze River in Nanjing and water quality of drinking water source were researched. The influence of sewage outfall on drinking water source and water intake along the river was analyzed by two-dimensional steady state model and the pollution control measures were proposed. Six drinking water source water quality of the functional areas was between Ⅲ to Ⅳ. The COD and NH₃-N of upstream and downstream junction section of four drinking water sources were both over standard, mainly of the latter. The water quality of ten water intake was affected. Optimize the integration of sewage outfall, improve the approval system for the sewage outfall, establishment of the registration system of the river outfall, and implement the most stringent water resources management system were needed to ensure the safety of drinking water source water of the Yangtze river in Nanjing.

Key words: Yangtze River in Nanjing; water pollution; water security; model

近年来, 随着南京市城市建设规模的扩大、经济的高速发展及人口的快速增长, 工业废水和生活污水排放量大幅度增加, 而水环境保护措施落实不到位, 特别是污水处理设施滞后于污水排放量的增长, 许多未经处理的污水直接或间接排入长江, 造成水污染日趋严重, 环境质量下降, 制约

了经济社会的持续、协调、稳定发展。确保长江南京段水环境质量, 做好水源地范围内入河排污口的整合, 对全市人民的饮用水安全具有重要意义。工业及生活污、废水不达标排放, 水资源开发利用布局不尽合理, 开发利用及保护不协调, 水域保护目标未严格执行, 入河排污口不规范管理(位置、排

收稿日期: 2015-12-30

第七届江苏水论坛优秀青年论文

作者简介: 沈乐 (1983-), 女, 硕士, 主要从事水文水资源与环境工作。

污量及日常监督)等等都给饮用水安全带来隐患。

长江南京段沿江分布着南京市主要水厂的取水口和各类企业取排水口,分布位置犬牙交错^[1],且存在威胁水源地水质安全的污染源^[2-4]。很有必要掌握沿江取、排水口的取排现状和分析排污口排污所产生的影响,以便开展长江南京段现有取、排水口整合工作。

根据长江南京段沿江排污口分布及污染物排放量调查结果,结合长江南京段水功能区现状,利用二维稳态模型分析排污口对饮用水源地、沿江各水厂取水水质及其保护区水质的影响,剖析长江南京段入江排污口现存问题,并提出控污措施。

1 长江南京段水系及饮用水源地概况

长江南京段自安徽省东部入南京境内,横贯南京市的河段长约 97 km,下接镇扬河段。北岸上起浦口区驷马山河口,经浦口、六合,迄六合大河口,长约 93 km;南岸上起江宁区和尚港,经江宁、雨花台、建邺、鼓楼、下关、栖霞六区,迄栖霞大道河口,长约 98 km。

北岸有驷马山河、石碛河、高旺河、城南河、七里桥河、朱家山河、马汊河、滁河等;南岸有铜井河、牧龙河、江宁河、板桥河、秦淮新河、秦淮河、金川河、西十里长沟、东十里长沟、九乡河、七乡河等。长江南京段水系情况详见图 1。

长江南京段是南京市的主要取水水源,分布着该市六大主要饮用水水源地、11 个水厂取水口。六大饮用水源地,包括长江南京浦口饮用水水源、渔业用水区(左岸),长江南京大厂扬子饮用水水源区(左岸),长江南京夹江饮用、渔业用水区(右岸),长江南京上元门—燕子矶饮用、渔业用水区(右岸),长江南京龙潭饮用、工业用水区(右岸),八卦洲(左汊)上坝饮用水源地。其中长江南京上元门—燕子矶饮用水水源、渔业用水区分布有大桥水厂、上元门水厂、城北水厂取水口;长江南京龙潭饮用水水源、工业用水区暂无水厂取水口,但规划为龙潭水厂取水口;长江南京浦口饮用水水源、渔业用水区(左岸)分布有江浦水厂、浦口水厂取水口;长江南京大厂扬子饮用水水源区(左岸)分布有扬子水厂取水口;八卦洲左汊上坝水源地分布有远古水业取水口。城南水厂、北河口水厂、远古水业、上元门水厂、浦口水厂、城北水厂取水口,承担着我市及郊区集中式供水总量的 80%^[5-6],是

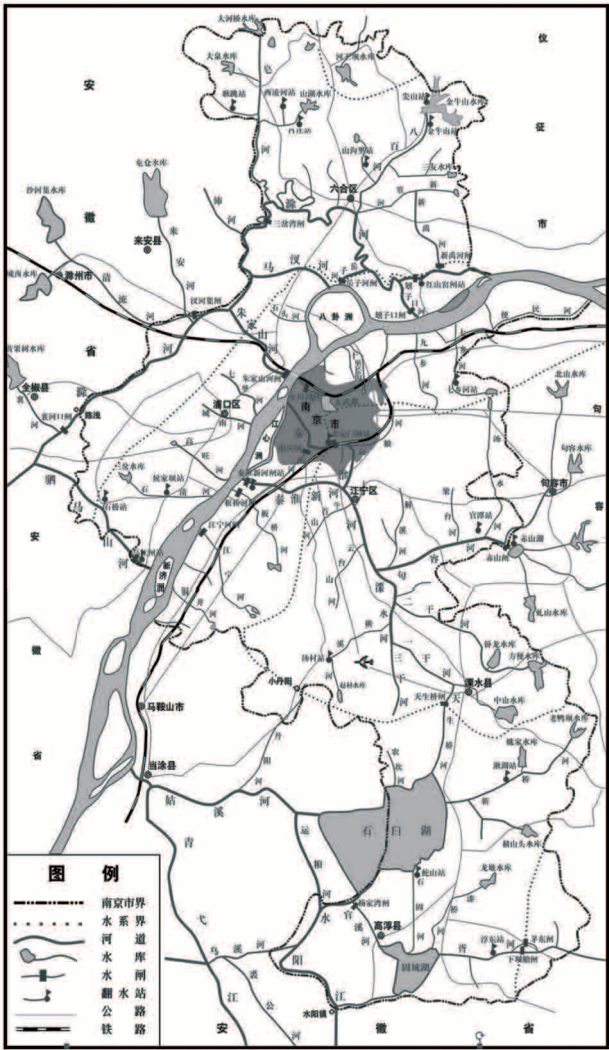


图 1 长江南京段水系图

我市非常重要的饮用水源。详见图 2。

2 饮用水源地水环境质量

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)^[7]和《江苏省地表水(环境)功能区划》^[8](长江南京段水功能区 2010 年水质目标为Ⅱ类),对长江南京段饮用水源地 2005 年 1 月至 2009 年 12 月的水功能区逐年水质数据进行评价,分析得出长江主要饮用水源地逐年水质类别情况,详见表 1。由表 1 可知:6 个饮用水源地水功能区以Ⅲ类—Ⅳ类为主,达到Ⅱ类水质目标测次在 2.5% ~ 23.3% 之间;长江南京浦口饮用水水源、渔业用水区(左岸)、长江南京夹江饮用、渔业用水区(右岸)、长江南京上元门—燕子矶饮用、渔业用水区(右岸)、长江南京龙潭饮用、工业用水区(右岸)、八卦洲(左汊)上坝饮用水源地 2005 年 1 月至 2009 年 12 月总体评价类别以Ⅲ类、Ⅳ类为主,长江南京大厂扬子饮



图 2 长江南京段水厂取水口分布示意图

用水水源区(左岸)以Ⅳ类、Ⅴ类、劣于Ⅴ类为主。

3 排污口对饮用水源供水影响分析

沿线污染物的大量排放造成了长江南京段水功能区水环境质量的恶化^[9]。长江南京段沿江分布着南京市各类工业企业、雨污泵站排污口和沿江污水处理厂排水口,它们是长江南京段水体的重要污染源。受污染的通江河道入江后也会增加长江南京段的污染负荷^[2]。根据资料统计,南京市共有 1600 多家排污企业和单位,其中很多排污企业和单位不直接向长江排污,而是先通过城市内河再进入长江^[10]。

根据调查结果,长江南京段饮用水源地排污口共 115 个,主要由四类组成:(1)工业源;(2)经沿

江雨污泵站收集的雨水、农村生活源及农业源;(3)经城镇管网进入污水处理厂的生活源或生活源与工业源的混合源;(4)沿江一级支流。

根据长江南京段各排污口位置分布及污染物排放量调查结果,采用长江二维稳态模型公式 1-1,预测各污染源(泵站、污水处理厂排口、工业企业排污口、长江一级支流)排污对饮用水源区及重点保护目标(功能区内的水厂取水口)的影响。

长江二维稳态模型:

$$c(x,y)=\exp\left(-K\frac{x}{86400\cdot u}\right)\left\{c_0+\frac{c_pQ_p}{H(\pi E_yxu)^{1/2}}\left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4E_yx}\right)+\exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4E_yx}\right)\right]\right\}\quad(\text{式 1-1})$$

表 1 长江南京段主要饮用水源地水功能区水质类别

水功能区名称	水功能区水质类别所占比例					
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	>V 类
长江南京浦口饮用水水源、渔业用水区(左岸)	2.8%	14.2%	48.1%	29.2%	2.8%	0.0%
长江南京大厂扬子饮用水水源区(左岸)	0.0%	2.5%	9.8%	36.6%	29.3%	22.0%
长江南京夹江饮用、渔业用水区(右岸)	0.0%	17.0%	57.5%	18.9%	6.6%	0.0%
长江南京上元门--燕子矶饮用、渔业用水区(右岸)	0.0%	5.7%	48.1%	34.9%	11.3%	0.0%
长江南京龙潭饮用、工业用水区(右岸)	0.0%	23.3%	56.7%	18.3%	1.7%	0.0%
八卦洲(左汊)上坝饮用水源地	0.9%	17.0%	48.1%	31.1%	2.8%	0.0%

式中:

- K —污染物降解系数 (1/d);
- X —纵向距离 (m);
- y —横向距离;
- u —流速 (m/s);
- c_0 —背景浓度 (mg/L);
- c_p —污染物排放浓度 (mg/L);
- Q_p —污染物的排放量 (m^3/s);
- H —水深 (m);
- E_y —横向扩散系数 (m^2/s);
- B —河宽 (m);
- $c(x,y)$ —污染源纵向距离 x 、横向距离 y 处水体污染物浓度。

根据大通站多年实测最小月平均流量系列, 经频率分析计算得 90% 保证率, 最小月平均流量为 $7580 \text{ m}^3/\text{s}$, 应用一维水量模型进行设计水文条件的计算, 一维模型的上边界为大通站, 下边界为青龙港和浏河, 一维模型的计算结果作为二维模型的设计水文条件。

利用长江大通站 2009 年 1 月 2 日~5 日(大潮)和 2 月 4 日~7 日(小潮)每天 2:00、8:00、14:00 和 20:00 四次的实测高低潮位资料进行模型率定。各江段的糙率如下: 马鞍山—南京为 0.0254, 南京—

镇江为 0.0204。
为了考察二维水质耦合模型的可靠性、单元概化处理的合适性、模型参数选择的适当性并考虑满足水质的要求, 应用枯水期水文资料、流速监测资料及卫星图片对二维水流水质耦合模型进行了率定验证。由水利部南京水文水资源研究所应用分辨率为 10 m 的法国 SPOT 卫星 1998 年 1 月 11 日南京江段图像资料, 对江面水质进行多波段最大似然法分类确定的污染带分析。卫星图片分析结果与二维数模模拟成果比较接近。采用实测资料率定得长江南京段高锰酸盐指数和氨氮综合降解系数见表 2。

3.1 对饮用水源区的影响

根据长江南京段排污口调查结果, 饮用水源区受排污口排污影响, 势必影响饮用水源区的供水安全。区域概化排污口的污染物排放后会在水体中形成污染带, 同时污染物质在输运过程中会发生降解与衰减。根据长江二维稳态模型公式分析计算江段各概化排污口超标排放的污染物扩散到相邻功能区交界断面时的 COD 和氨氮水质浓度值以及相应超标率。因此, 表 3 给出了现状情况下以各个功能区为单位, 分析计算江段各概化排污口超标排放的污染物扩散到相邻功能区交界断

表 2 长江二维水质模型参数值

江段名称	纵向扩散系数 $E_x(\text{m}^2/\text{s})$	横向扩散系数 $E_y(\text{m}^2/\text{s})$	高锰酸盐指数降解系数 $K(1/\text{d})$	氨氮降解系数 $K(1/\text{d})$
南京梅子洲	60	3	0.2	0.15
南京八卦洲	60	3	0.2	0.15

表 3 污染源对各饮用水源区的影响

功能区名称	排污口名称	到达上游交界断面浓度(mg/L)		超标率(%)		到达下游交界断面浓度(mg/L)		超标率(%)	
		COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
长江南京浦口饮用水源、渔业用水区(左岸)	七里河	11.45	0.39	—	—	15.32	0.55	2.1	10
	坝子窑泵站	15.11	0.56	0.7	12	14.92	0.52	—	4
长江南京大厂扬子饮用水源区(左岸)	马汊河	13.45	0.45	—	—	14.96	0.51	—	2
长江南京夹江饮用水水源、渔业用水区(右岸)	头关泵站	14.90	0.51	—	2	14.34	0.48	—	—
	解放闸泵站	13.41	0.46	—	—	14.83	0.51	—	2
长江南京上元门—燕子矶饮用水源、渔业用水区				无					
长江南京龙潭饮用水源、工业用水区	九乡河	13.19	0.46	—	—	14.87	0.52	—	4
八卦洲左汊上坝水源地				无					

注: “—”表示未超标。

面时的 COD 和氨氮水质浓度值以及相应超标率。

由表 3 可知, 长江南京上元门—燕子矶饮用水源、渔业用水区和八卦洲左汊上坝水源地水质未超标。现状排污口排污造成长江南京浦口饮用水源、渔业用水区(左岸)等 4 个饮用水源地无法达到Ⅱ类水质目标, 饮用水源地供水安全受到威胁。

分析发现, 长江南京浦口饮用水源、渔业用水区(左岸)等 4 个饮用水源地上游、下游交界断面 COD 和氨氮指标超标, 且以氨氮超标为主; 其中长江南京浦口饮用水源、渔业用水区(左岸)上下游交界断面 COD 和氨氮指标均超标, 长江南京大厂扬子饮用水源区(左岸)和长江南京龙潭饮用水源、工业用水区下游交界断面氨氮指标超标, 长江南京夹江饮用水水源、渔业用水区(右岸)上游交界氨氮指标超标, 长江南京夹江饮用水水源、渔业用水区(右岸)上下游交界断面氨氮指标均超标。

3.2 对水厂取水口及其保护区的影响

长江南京段共分布 11 个水厂取水口。经调查, 在取水口上下游分布着不同排放强度的排污口。根据《江苏省水环境功能区划》, 水厂取水口所在饮用水源地 2010 年和 2020 年水质目标均为Ⅱ类, 结合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), 计算各概化排污口到达取水口的污染物超标率。通过排污口污染物浓度、排放量和距离计算分析现状情况下对各水厂取水口产生影响的排污口在水厂取水口断面的污染物浓度影响程度以及污染负荷, 详见表 4。

由表 4 可以看出, 现状情况下对远古水厂取水口不产生影响; 对江浦水厂取水口产生影响的排污口有 6 个, 其 COD 的贡献为 24.35 t/a, 氨氮的贡献为 12.88 t/a; 对浦口水厂取水口产生影响的排污口有 1 个, 其 COD 的贡献为 21.07 t/a, 氨氮的贡献为 4.29 t/a; 对扬子水厂取水口产生影响的排污口有 5 个, 其 COD 的贡献为 0 t/a, 氨氮的贡献为 17.16 t/a; 对江宁水厂取水口产生影响的排污口有 3 个, 其 COD 的贡献为 35.56 t/a, 氨氮的贡献为 3.24 t/a; 对城南水厂取水口产生影响的排污口有 3 个, 其 COD 的贡献为 14.33 t/a, 氨氮的贡献为 0.55 t/a; 对北河口水厂取水口产生影响的排污口有 4 个, 其 COD 的贡献为 10.02 t/a, 氨氮的贡献为 26.55 t/a; 对大桥水厂取水口产生影响的排污口有 1 个, 其 COD 的贡献为 243.22 t/a, 氨氮的贡献为 67.94 t/a; 对上元门水厂取水口产生

影响的排污口有 1 个, 其 COD 的贡献为 101.18 t/a, 氨氮的贡献为 38.72 t/a; 对城北水厂取水口产生影响的排污口有 1 个, 其 COD 的贡献为 0 t/a, 氨氮的贡献为 0.61 t/a; 对龙潭水厂取水口产生影响的排污口有 2 个, 其 COD 的贡献为 101.37 t/a, 氨氮的贡献为 16.07 t/a。综上所述, 努而成化工厂等排污口的排污使得城南水厂等水厂取水口水质受到污染, 取水安全受到威胁, 提高了水处理成本。

4 控污对策及建议

(1) 合理规划, 优化整合排污口。长江南京段入河排污口的规划应按照水功能区确定的水质保护目标, 对入河排污口进行合理整合。将头关泵站、寿代泵站合并成一个泵站, 迁移到秦淮新河河口; 因解放闸泵站在保护区内, 故拆除, 该地区排水纳入黑桥泵站; 红旗泵站、黑桥泵站、中保泵站污水截流后入管网, 进入江心洲污水处理厂处理达标后集中排放; 城南污水处理厂建议提高污水处理效率, 进一步提高出水水质; 金川河实施截污、雨污分流、生态引水工程, 降低污染物排放; 联合泵站排水转向排放, 排水延伸至下游区域 2.0 km 后进行排放; 提高中石化金陵分公司炼油厂, 化肥厂、发电厂生产工艺水平, 减少污水排放, 排放后的污水进入污水管网至污水处理厂处理后达标排放; 加强对九乡河的综合整治规划, 开展雨污分流, 提高九乡河排水水质; 对努而成化工厂促使企业提高生产工艺, 降低污染物排放量, 污废水集中进入浦口地区污水管网处理; 对新民排涝站、圩管排涝站、外滩排涝站以及坝子窑泵站实施雨污分流, 村镇生活污水进入管网, 雨水通过泵站排放; 实施七里河排污企业综合整治, 限制河道排污总量, 关停并转各类重污染企业, 降低河道污染物浓度。

(2) 建立入河排污口登记制度, 实施信息化管理。加强入河排污口监督管理要从普查登记入手, 以水功能区为单元开展普查登记, 建立入河排污口管理档案。入河排污口管理应通过调查、登记建档, 对不符合要求的, 结合实际情况分期分批进行规范整改, 使之符合长江南京段水资源保护管理规范。水行政管理部门利用现代化管理手段对排污口实施监督管理, 建立入河排污口信息管理系统, 全面掌握入河排污口分布及排污现状, 为准确核定水域纳污能力、提出限制排污总量意见、做好水资源管理打下良好基础。

(3) 完善入河排污口审批制度。新建、改建、扩

事项。入河排污口的设置与变更必须符合综合规

建入河排污口的审批,是《水法》设立的行政许可

划及水资源保护规划、水功能区划,使污废水排

表 4 现状情况下污染物对各水厂取水口水质影响计算结果表

取水口名称	时刻	产生影响的概化排污口名称	到达取水口的COD浓度 (mg/L)	超标率 (%)	到达取水口的氨氮浓度 (mg/L)	超标率 (%)	COD负荷贡献 (t/a)	氨氮负荷贡献 (t/a)
江浦水厂	落潮	努而成化工厂	15.00	0.0	0.54	8	0.00	0.58
		新民排涝站	14.90	0.0	0.52	4	0.00	3.01
		圩管排涝站	14.94	0.0	0.51	2	0.00	0.56
		外滩排涝站	15.06	0.4	0.52	4	2.62	0.86
浦口水厂	涨潮	七里河	15.32	2.1	0.55	10	21.73	3.41
		坝子窑泵站	14.92	0.0	0.55	10	0.00	4.46
		坝子窑泵站	15.22	1.5	0.55	10	21.07	4.29
扬子水厂	落潮	中石化南京化学工业有限公司1	14.94	0.0	0.56	12	0.00	13.21
		中石化南京化学工业有限公司2	14.78	0.0	0.51	2	0.00	1.04
		中石化南京化学工业有限公司3	14.81	0.0	0.51	2	0.00	1.17
		中石化南京化学工业有限公司4	14.88	0.0	0.52	4	0.00	1.30
江宁水厂	落潮	马汊河	14.99	0.0	0.51	2	0.00	0.44
		城南污水处理厂	14.66	0.0	0.51	2	0.00	1.83
		头关泵站	15.04	0.3	0.51	2	4.12	0.81
城南水厂	涨潮	寿代泵站	15.66	4.4	0.51	2	31.44	0.60
		头关泵站	14.95	0.0	0.51	2	0.00	0.37
		寿代泵站	15.22	1.5	0.51	2	10.18	0.18
北河口水厂	涨潮	红旗泵站	15.07	0.5	0.50	0	4.15	0.00
		黑桥泵站	14.89	0.0	0.51	2	0.00	0.08
	落潮	解放闸泵站	15.08	0.5	0.52	4	9.93	2.91
		中保泵站	15.01	0.1	0.51	2	0.09	0.13
大桥水厂	落潮	金川河	14.16	0.0	0.57	14	0.00	23.43
		金川河	15.68	4.5	0.69	38	243.22	67.94
上元门水厂	落潮	金川河	15.28	1.9	0.61	22	101.18	38.72
城北水厂	涨潮	联合泵站	14.91	0.0	0.52	4	0.00	0.61
		中石化金陵分公司炼油厂	14.87	0.0	0.51	2	0.00	0.05
		中石化金陵分公司化肥厂、发电厂	14.80	0.0	0.50	2	0.00	0.05
龙潭水厂	落潮	九乡河	15.34	2.3	0.55	10	101.37	16.02
远古水厂				无				

放符合国家标准或地方标准;符合水功能区水质管理目标及污染物总量控制管理目标。对那些将对重要水功能区水质或水生态安全产生重大影响的入河排污口申请单位,需编制入河排污口设置论证报告并专题审查,严格排污权管理。

(4) 贯彻最严格的水资源管理制度。由于南京市各大主要水厂都以长江作为取水水源,为了确保城市供水,水行政主管部门应结合最严格的水资源管理制度,明确水资源开发利用红线,严格执行用水总量控制;明确水功能区限制纳污红线,严格控制入河排污总量;明确用水效率控制红线,坚决遏制用水浪费。在保障相关企业正常取水量的同时,还要做好入江排污总量控制和用水效率控制,确保长江南京段水源质量安全,向社会提供优质的水源。

参考文献:

- [1] 丁仲平,景卫华,陈辉.长江南京段水功能区管理的若干思考[J].水电能源科学,2009,27(2):136-139.

- [2] 沈乐.长江南京段水污染现状及限排总量研究[J].水资源保护,2013,29(1):55-60.
- [3] 逢勇,赵棣华,姚琪,等.长江江苏段区域供水水源地水质可达性研究[J].水科学进展,2003,14(2):184-188.
- [4] 周克梅,陈卫,单国平,等.南京长江水源地污染预测及应对措施研究[J].给水排水,2007,33(8):36-39.
- [5] 沈乐.长江南京段六大饮用水源地水质趋势及原因[J].水资源保护,2012,28(1):71-76.
- [6] 周克梅,陈卫,单国平,等.南京长江水源突发性污染应急水处理技术应用研究[J].给水排水,2007,33(9):13-16.
- [7] GB3838-2002《地表水环境质量标准》[S].
- [8] 江苏省水利厅,江苏省环保厅.江苏省地表水(环境)功能区划[M].南京:江苏人民出版社,2003.
- [9] 燕文明,刘凌.长江流域生态环境问题及其成因[J].淮海大学学报(自然科学版),2006,34(6):610-613.
- [10] 周克梅,陈卫,单国平,等.南京长江水源地污染预测及应对措施研究[J].给水排水,2007,33(8):36-39.

(责任编辑:张亚男)

(上接第20页)

多,参建各方高度负责不畏艰难,踏踏实实、想方设法地克服和逐项解决,才保障了工程顺利推进。

要支持创新实践:潜坝工程建设过程中,长江委、省水利厅、地方政府在工程方案决策、工程采砂批准和监管、现场监测所需仪器采购、试验研究安排、质量控制和检验评定办法审批等方面给予了大力支持,体现了实事求是、鼓励实践和创新的包容,对工程实践成功发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] 长江科学院.长江镇扬河段二期整治工程和畅洲左汉口门控制工程初步设计报告[R].武汉:长江科学院,2001.
- [2] 朱立俊.长江镇扬河段和畅洲汉道左汉潜坝塑枕水槽定床试验研究报告[R].南京:南京水利科学研究院河港研究所,2001.

(责任编辑:张亚男)