

南宁市污水处理厂建设对改善邕江水质的分析

黄振贤¹, 胡清凤²

(1. 广西水文水资源南宁分局, 广西 南宁 530001; 2. 广西水文水资源局, 广西 南宁 530023)

摘要 采用二维水质模型和水环境容量公式, 计算分析南宁市污水处理厂全部投入运行后邕江水质的变化情况和环境容量增加值。分析计算结果表明: 南宁市污水处理厂全部投入运行后, 排入邕江的主要污染物总量将大为减少, 环境容量也将增加, 邕江的水质将得到改善。

关键词 污水处理; 邕江; 水质

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)05-0038-03

Improvement of water quality in Yongjiang River by construction of wastewater treatment plant in Nanning City

HUANG Zhen-xian¹, HU Qing-feng²

(1. Nanning Branch of Hydrology and Water Resources Bureau of Guangxi Province, Nanning 530001, China; 2. Hydrology and Water Resources Bureau of Guangxi Province, Nanning 530023, China)

Abstract The change of water quality and the increased water environmental capacity in Yongjiang River were calculated and analyzed before and after the construction of Nanning wastewater treatment plant by 2-D water quality model and water environmental capacity formula. It is concluded that the total amount of pollutants discharged into Yongjiang River would decrease obviously, the environmental capacity would increase, and the water quality would be improved when the wastewater treatment plant is in operation.

Key words wastewater treatment plant; Yongjiang River; water quality

随着南宁市城市化的发展和人口的迅速增加, 直接向邕江排放污水的大坑口、二坑口、亭子冲、竹排冲和水塘江等 5 大排污口的排污量也大量增加, 造成邕江水质受到越来越严重的污染, 特别是枯水期, 一些河段水质甚至为 V 类(GB 3838—2002《地表水环境质量标准》), 严重威胁沿河群众生活用水和生产用水的安全。为了从根本上治理邕江污染, 南宁市政府已投资建设两个污水处理厂, 其中的东污水处理厂(以下简称东厂)的第一期工程已于 2000 年投入运行, 江南污水处理厂(以下简称江南厂)正在建设中, 这两个污水处理厂将于 2010 年全部建成投产。根据南宁市发展规划, 两大污水处理厂的总处理能力可全部处理排入南宁市 5 大排污口沟的污水(其中包括增加的城市居民所排的生活污水)本文据此分析这两个污水处理厂全部投入运行

后邕江水质的变化情况。

1 污水处理厂概况

东厂和江南厂处理工艺均采用二级生物的传统活性法。出水水质主要以 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的二级处理标准为控制标准, 达标排放; 氨氮则以国家 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的二级标准控制(GB 18918—2002 标准无氨氮的控制标准值), 达标排放。东厂一期工程已于 2000 年投入运行, 处理能力为 10 万 t/d, 根据南宁市发展规划, 二期工程将于 2010 年完工并投入运行, 届时总处理能力为 20 万 t/d, 主要处理竹排冲排污口排出的污水, 污水由排水管网引入厂内, 处理后的出水从竹排冲排入邕江。江南厂正在建设中, 该厂将于 2010 年全部投入运行, 总处理能力为 72 万

t/d 主要处理大坑口、二坑口、亭子冲和水塘江等 4 个排污口排出的污水,污水将由排水管网引入厂内,处理后的出水将通过水塘江排入邕江。南宁市 5 大排污口和污水处理厂的相对位置如图 1 所示。



图 1 南宁市五大排污口与污水处理厂的相对位置示意图

根据现有的 2002 年监测的入河排污口资料,采用 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的二级标准,氨氮则以 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的二级标准控制,计算引入污水处理厂之前的大坑口、二坑口、亭子冲、竹排冲、水塘江等 5 大排污口污染物的等标污染负荷 P_i ,选取等标污染负荷最大的前 5 项列于表 1。

表 1 各排污口主要污染物污染程度排序结果

排污口名称	P_i 排序结果
二坑口	悬浮物 > 化学需氧量 > 生化需氧量 > 氨氮 > 挥发酚
大坑口	悬浮物 > 化学需氧量 > 生化需氧量 > 氨氮 > 挥发酚
亭子冲	悬浮物 > 生化需氧量 > 化学需氧量 > 氨氮 > 挥发酚
竹排冲	悬浮物 > 氨氮 > 生化需氧量 > 化学需氧量 > 挥发酚
水塘江	悬浮物 > 化学需氧量 > 生化需氧量 > 氨氮 > 挥发酚

从表 1 可知,5 大排污口的主要污染物主要为有机污染物。本文选取化学需氧量和氨氮 2 个污染物指标计算南宁市污水处理厂投产后水质变化及环境容量的增加值。

2 污水处理厂投入运行前邕江水质情况

因为东厂已于 2000 年投入运行,为对照污水处理厂投入运行前与全部工程投入运行后邕江的水质变化情况,选取东厂投入运行之前的 1999 年 12 个月邕江水质监测资料,采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》标准进行评价。根据多年水质监测情况,选择较容易超标的和较敏感的有机项目进行评价。评价结果表明,邕江二坑口以上的河段水质为 II ~ III 类,原凌铁水厂取水口下游河段水质均超过地表水 III 类水质标准,有时甚至为劣 V 类。主要超标项目为 DO、 COD_{Mn} 、 NH_3-N ,属典型的点源污染,主要是受大坑口、二坑口、亭子冲、竹排冲、水塘江等 5 个排污口排放的污染物的影响。评价结果统

计见表 2。

表 2 1999 年邕江二坑口至原凌铁水厂取水口河段水质监测评价结果

项目	pH 值	$\rho(\text{DO})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{Mn})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{FN})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
最大值 (水质类别)	8.3 (I)	6.5 (II)	11.8 (劣 V)	4.42 (劣 V)	0.002 (I)
最小值 (水质类别)	6.9 (I)	0.9 (劣 V)	2.5 (II)	<0.05 (I)	<0.002 (I)

注:DO 的超标率为 20%, COD_{Mn} 和 NH_3-N 的超标率为 8%。

3 邕江水体污染物浓度的减少分析

邕江属宽浅河流,排入河中的污染物在水深方向可以认为混合均匀,在水平面的纵向和横向形成混合区。因此,邕江水质采用二维水质模型^[1]描述。根据实际情况,模型计算公式经过进一步推导,结果如下:

$$C = C_1(x, y) + \sum_{i=2}^n C_i(x, y) \quad (1)$$

其中:

$$C_1(x, y) = \exp\left(-K \frac{x}{86400u}\right) \left\{ C_0 + \frac{C_{p1} Q_{p1}}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right) + \exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right) \right] \right\}$$

$$C_i(x, y) = \exp\left(-K \frac{x}{86400u}\right) \left\{ \frac{C_{pi} Q_{pi}}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right) + \exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right) \right] \right\}$$

式中: C 为排污口下游 x 处污染物质量浓度, mg/L ; K 为污染物降解系数, d^{-1} ; x 为沿河道方向变量, 排污口下游某点到排污口的距离, m ; y 为与河道方向垂直的变量, 距岸边的距离, m ; u 为河水流速, m/s ; C_0 为计算河段来水流量中污染物质量浓度, mg/L ; C_{pi} 为第 i 个排污口污染物质量浓度, mg/L ; Q_{pi} 为第 i 个排污口所排污水量, m^3/s ; H 为河道平均水深, m ; M_y 为横向混合系数; B 为河道水面宽, m 。

在二维水质模型中, COD 和 NH_3-N 两种污染物的参数, 取南宁水环境监测中心 2003 年对邕江水域二维水质模型参数率定的结果^[2], COD 和 NH_3-N 的降解系数分别为 0.20 d^{-1} 和 0.15 d^{-1} , M_y 为 $1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ 。河水流速 u 为 0.2 m/s , COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 的换算关系数为: $COD_{Cr} = 2.54 COD_{Mn}$ 。

选取位于饮用水源区下游、受排污影响的豹子头断面(水塘江排污口上游 100m 处,以下简称豹子头)、青秀山码头断面(以下简称青秀山)和良庆缸瓦村断面(以下简称良庆)三个断面来计算污水处理厂全部投产前后的 COD_{Mn} 和 NH_3-N 浓度,并对比分析。

前文已述及, 处理厂全部投产后, 江南厂主要处理大坑口、二坑口、亭子冲和水塘江的污水, 东厂主要处理竹排冲的污水, 处理后达排放标准的污水

分别从小塘江口和竹排冲排入邕江。南宁环境监测中心三年来对已运行的东厂的出厂水跟踪监测结果表明, $\rho(\text{COD})$ 小于 30 mg/L 的排放标准, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 小于 0.3 mg/L 的排放标准。在运用式(1)计算各点的浓度时, 出厂水 $\rho(\text{COD})$ 取 30 mg/L , $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 取 0.3 mg/L 。河流来水背景值取多次检测值的均值: $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 为 2.6 mg/L , $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 为 0.12 mg/L 。流量 Q 为 $324 \text{ m}^3/\text{s}$ (实测值), Q 对应的河宽 $B = 300 \text{ m}$, 水深 $H = 5.4 \text{ m}$, $u = 0.2 \text{ m/s}$, $M_y = 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ 。排污口有关参数见表3。计算结果见表4 (断面平均浓度取断面的各点计算值的平均值)。

表3 各排污口有关参数

排污口名称	与上游排污口之间距离/km	排污口现状排污量 W_{i0} ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)		污水处理厂全部投产后排污量 W_{i1} ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)	
		COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$
大坑口	3.1	602.2	60.5	0	0
亭子冲	2.7	158.2	12.7	0	0
竹排冲		99.6	15.72	54.9	0.55
水塘江	3.1	550.0	15.9	72.9	0.73
合计		1410.0	104.82	194.4	1.945

注: W_{i0} 是采用 2002 年南宁环境监测中心的实测值; W_{i0} 、 W_{i1} 分别是污水处理厂处理前后排污口排水量 Q_p 和污染物含量 C_p 的乘积。

表4 污水处理厂投产前后三个主要河段的 COD_{Mn} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度值对照

河段	距二坑口距离/m	时段	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
二坑口	0	投产前	3.2(Ⅱ类)	0.32(Ⅱ类)
		投产后	3.2(Ⅱ类)	0.32(Ⅱ类)
豹子头	8900	投产前	3.8(Ⅱ类)	0.55(Ⅲ类)
		投产后	3.0(Ⅱ类)	0.30(Ⅱ类)
青秀山	15900	投产前	4.1(Ⅱ类)	0.54(Ⅲ类)
		投产后	2.8(Ⅱ类)	0.28(Ⅱ类)
良庆	20200	投产前	3.8(Ⅱ类)	0.51(Ⅲ类)
		投产后	2.7(Ⅱ类)	0.27(Ⅱ类)

注: 大坑口和二坑口相距只有 300 m, 因此把这两个排污口概化为一个排污口, 即将两排污口的水量和污染物合计为从二坑口排出的污水。

由表4可见, 在来水流量 Q 及其污染物含量 C_0 不变的情况下, 污水处理厂投入运行前后, $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 减小了 0.8 mg/L , $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 则减小了 0.24 mg/L 。邕江河段的水质由原来的Ⅲ类优化到了Ⅱ类, 河流水质将提高一个级别, 改善是十分明显的。

4 投产后水功能区纳污量的减少分析

两污水处理厂全部投入运行后, 南宁市大坑口、二坑口、亭子冲、竹排冲、水塘江等 5 大排污口排放的污染物将大大减少。从表3可知各排污口原排污量, 按照现在运行的东污水处理厂处理污水的洁净度计算, 即出厂水的 $\rho(\text{COD})$ 不超过 30 mg/L , $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 不超过 0.3 mg/L 。那么邕江接纳南宁市 5

大排污口排出的 COD 将减少 1215 g/s , 减少率为 86.2% , $\text{NH}_3\text{-N}$ 将减少 86.2 g/s , 减少率为 98.2% 。这说明污水处理厂全部投入运行后, 邕江接纳南宁市排放的污染物总量将大大减少。

5 水环境容量及其增加值

水环境容量是指在水体使用功能不受破坏条件下, 水体接纳污染物的最大数量^[3]。通常是指在水资源利用区域内, 按给定的水质目标和设计水量、水力条件及水质条件情况下, 水体所能容纳污染物的最大量。

水环境容量由稀释容量和自净容量两部分组成, 分别反映污染物在水体中迁移转化的物理稀释与自然净化的作用。水环境容量计算公式为^[4]:

$$W = Q(C_S - C_0) + KVC_S + qC_S \quad (2)$$

式中: W 为计算河段的水环境容量 t/a ; Q 为计算河段的设计来水流量 m^3/s ; C_S 为计算河段长为 L 的水功能区水质目标值 mg/L ; V 为计算河段水体体积 m^3 ; q 为旁侧入流量 m^3/s , 其余同前。

邕江分为五个不同的水功能区^[4]。污水处理厂投产前后的水环境容量的计算是选取 90% 保证率的连续 7 天最枯流量的日均值 $Q_{90\%} = 149 \text{ m}^3/\text{s}$ 和给定的 C_S 、 K 、 V 、 q 值来计算的。由于污水处理厂全部投入运行前后各水功能区水质目标值 C_S 、 K 、 V 、 q 值都不变, 变化的只是 C_0 , 假定污水厂全部运行前后的各功能区来水流量中的污染物含量分别为 C_{0i2} 、 C_{0i1} , 那么由式(2)可推求得环境容量增加值为

$$\Delta W = 0.2 \times 31.54 Q (C_{0i2} - C_{0i1}) \quad (3)$$

为了说明水环境容量增加的问题, 在此选取邕江南宁饮用、工业用水功能区、邕江南宁景观娱乐用水功能区, 邕江邕宁过渡区分别计算它们的水环境容量增加值。将表4的有关数据代入式(3), 分别计算这两个水功能区的 COD_{Mn} 的水环境容量增加值 $\Delta W_{\text{COD}_{\text{Mn}}}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 水环境容量的增加值 $\Delta W_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 。结果见表5。

表5 污水处理厂全部投产后环境容量增加值计算

污染物名称	功能区名称	$Q_{90\%}/$ ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	处理前的 $C_{0i2}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	处理后的 $C_{0i1}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\Delta W/$ ($\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)	合计/ ($\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$)
COD_{Mn}	邕江饮用、工业用水区	149	3.2	3.2	0	
	邕江景观、农业用水区	149	3.8	3.0	752	1786
	邕江邕宁过渡区	149	4.0	2.9	1034	
$\text{NH}_3\text{-N}$	邕江饮用、工业用水区	149	0.31	0.31	0	
	邕江景观、农业用水区	149	0.55	0.30	235	479
	邕江邕宁过渡区	149	0.54	0.28	244	

(下转第 54 页)

吸附到藻细胞表面,聚合物的数量、分子量、聚合物中正电荷密度影响混凝剂的除藻效率,混凝剂制备时应综合考虑以上因素。

致谢:此研究得到哈尔滨工业大学马军教授的支持与指导,特此致谢!

参考文献:

- [1] POURIS S. A fatal microcystin in intoxication in haemodialysis unit in caruaru[J]. Brazil Lancet,1998,35(2):21-26.
- [2] CHENG WEN-po, YU Ruy-fang, CHI Chen-hsun. Influence of eutrophication on the coagulation efficiency in reservoir water

(上接第40页)

由以上计算结果可见,南宁污水处理厂全部投产运行后,各功能区的水环境容量,除邕江饮用、工业用水区的 C_0 因不受南宁市的排污影响而不变外,其他功能区的增加值均为正值,而且最小增加量为235 t/a。

6 结 语

由以上分析计算结果可知,南宁市污水处理厂投入运行后,排入邕江的COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比投产前分别减少了86.2%和98.2%;邕江的COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的环境容量分别增加了1786 t/a、479 t/a。总之,南

(上接第46页)

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 2005年中国环境状况公报[R]. 北京:国家环境保护总局,2006:27.
- [2] 董士平,熊剑娟,龚效忠,等. 聚合硫酸铁混凝剂的毒性测定[J]. 工业水处理,1985(4):55.
- [3] 何铁林. 水处理化学品手册[K]. 北京:化学工业出版社,2000:82-83.

(上接第49页)

参考文献:

- [1] 刘凌,崔广柏,郝振纯. 多氯联苯在土壤水环境中生物降解过程规律研究[J]. 水利学报,2000(6):6-13.
- [2] 吴文海,徐杰. 多氯联苯降解方法研究进展[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2001,22(2):203-205.
- [3] 贾凌云,付彦,杨凤林. 生物降解多氯联苯的研究进展[J]. 现代化工,2002,22(增刊):24-28.
- [4] 吴春芳,吴星五. 有机污染物的微生物处理研究进展[J]. 四川环境,2006,25(5):71-80.
- [5] 殷培杰,李培军. 土壤和沉积物中多氯联苯污染的生物修复机理研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2005,6(1):1-7.
- [6] 张玉玲,张兰英,任何军,等. 高产絮凝剂复合菌的基因

[J]. Chemospher,2003,53(7):773-778.

- [3] 栾兆坤,汤鸿霄. 聚合铝形态分布特征及转化规律[J]. 环境科学学报,1988,8(2):146-155.
- [4] 周群英,高廷耀. 环境工程微生物学[M]. 北京:高等教育出版社,2002:324-326.
- [5] 和彦苓. 铭天青S—溴化十六烷基三甲胺分光光度法测定水中铝[J]. 中国卫生检验杂志,2000,10(4):431-432.
- [6] 赵华章,杨宏伟,蒋展鹏,等. 混凝沉淀过程中铝系混凝剂的形态转化规律[J]. 中国环境科学,2005,25(2):183-187.
- [7] 王志红,崔福义. 混凝-沉淀工艺对残余铝去除的影响[J]. 水处理技术,2005,31(7):69-72.

(收稿日期:2007-02-04 编辑:高渭文)

宁市污水处理厂全部投入运行后,邕江的水质将得到明显的改善。

参考文献:

- [1] 方子云. 水资源保护工作手册[K]. 南京:河海大学出版社,1988:435-436.
- [2] 广西南宁市水利局,广西水文水资源南宁分局. 邕江水域纳污能力分析计算[R]. 2005:30-35.
- [3] 袁弘任,魏开澜,吴国平. 水资源保护管理基础[M]. 北京:中国水利水电出版社,1996:104-108.
- [4] 广西壮族自治区水利厅. 广西壮族自治区水功能区划研究[R]. 南宁:广西壮族自治区水利厅,2002:150-151.

(收稿日期:2006-03-21 编辑:徐娟)

- [4] 张景宏,陆书凯,陈宗仁. 用化学法处理屠宰污水的试验研究[J]. 工业水处理,1988,8(2):39.
- [5] 李亚峰,陈思荣. 混凝沉淀法处理屠宰废水的试验研究[J]. 化工给排水设计,1995(4):15.
- [6] 常青. 水处理絮凝学[M]. 北京:化学工业出版社,2003:52-53.
- [7] 王占生,刘文君. 微污染水源饮用水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999:57-58.

(收稿日期:2006-11-30 编辑:高渭文)

分型及絮凝效果研究[J]. 中国给水排水,2006,22(11):36-44.

- [7] BLANCHARD M, TEIL M J, OLLIVON D, et al. Origin and distribution of polyaromatic hydrocarbons and polychlorobiphenyls in urban effluents to wastewater treatment plants of the Paris area (France) [J]. Water Research, 2001, 35(15):3679-3687.
- [8] 张景明,胡冠九,周春宏,等. 多氯联苯的气相色谱/质谱/质谱(GC/MS/MS)法测定[J]. 中国环境监测,2003,19(3):5-8.
- [9] 杨琦,刘海珠,尚海涛,等. 反硝化菌对萘的吸附实验研究[J]. 油气田地面工程,2006,25(3):29.
- [10] 房芳,张兰英,杨雪梅,等. 双酚A高效降解菌的筛选与降解特性[J]. 吉林大学学报:理学版,2005,43(6):874-876.

(收稿日期:2006-09-13 编辑:高渭文)