

文章编号:1000-582X(2004)05-0115-04

三峡蓄水后开县城区污水排放对小江水质影响*

孙阳¹, 王里奥¹, 叶闽², 袁辉¹

(1. 重庆大学资源及环境科学学院, 重庆 400030; 2. 长江水资源保护研究所, 武汉 430010)

摘要:三峡水库蓄水至175 m后,开县城区江段将成为三峡库区内为数不多的湖泊型水库,水质污染存在严重恶化趋势。文章运用二维水动力学水质模型和均匀混合型湖泊COD水质模型,模拟计算了开县城区污水处理前后排放对小江的水质影响。分析表明:污水不处理直排会导致小江水质严重污染;污水达标处理后,在丰、平水期小江水质有明显改善,可控制在水功能区划的标准范围内;但枯水期,则无有效改善,小江水质仍超过水域功能的控制标准。为确保小江总体水质良好,必须保证污水处理厂的正常运行,同时在枯水期必须采取其它措施控制污水排放。

关键词:三峡;污水处理;水质

中图分类号:X3

文献标识码:A

开县老县城位于东河和南河的交汇处,其地面高程在166~168 m,属全淹县城。新县城位于老县城南河对岸的驷马坝一带,三峡库区左岸支流小江上游。新县城包括中心城区(包括汉丰区、镇东片、丰乐片)、白鹤工业区、竹溪教育区3个片区,2010年前的建设重点是中心城区。根据开县新县城总体规划,2010年城区人口规模20万人,其中中心城区11.5万人、白鹤片4.5万人、竹溪片4万人。境内有东河、南河、浦里河,汇合后经小江(澎溪河)注入长江,目前水质状况良好,计划2010年总体水质控制在三类水标准内。

三峡水库蓄水后,开县城区河段位于三峡水库小江支流的回水末端。当三峡水库坝前水位达170~175 m时,开县主城区河段呈水库特征。由于地形平坦,主城区基本形成大湖湾,城区河流的河宽由原来的50~100 m变成500~1 200 m^[1-2],水域面积加大,水深增加,流速减缓,水体自净能力减弱,水质污染可能会加重。文章主要针对中心城区南河江段水质进行分析。

1 污水排放量及污染物排放量预测

1.1 生活污水排放量预测

通过对老县城和新县城规划区集镇现状生活污水排放量的调查分析,结合开县新县城总体规划,考虑新县城发展和居民生活水平的不断提高,根据室外排水

设计规范(GBJ14-87),确定2010年各区综合生活污水定额和生活污染物排放标准(见表1)。

表1 2010年新县城规划区综合生活污水及污染物排放量

规划区	排水定额 (L/人·d)	污水排放量 (万t/a)	主要污染物(t/a)	
			COD _{Cr}	BOD ₅
汉丰	200	598.6	1 795.8	897.9
丰乐	200	43.8	131.4	65.7
镇东	200	36.5	109.5	54.8
合计		678.9	2 036.7	1 018.4

1.2 城区污废水处理方案

根据规划区用地布局及地形特点,各区采用分片就近排放的原则。规划在汉丰片区建设驷马污水处理厂和平桥污水处理厂,镇东和丰乐不设置集中污水处理设施(见表2)。

表2 污水处理厂设计参数

名称	建设规模 (万t/d)	总变化系数	设计流量 (m ³ /h)
驷马污水处理厂	1.2	1.55	775
平桥污水处理厂	2.0	1.48	1 233

2 模型选择

城区污废水排入河流后,其污染混合区的大小与河流水文条件有很大的关系。当河流的宽深比在几十

* 收稿日期:2004-01-22

作者简介:孙阳(1973-),女,重庆大足人,重庆大学在读博士生,主要从事库区环境管理和国土资源管理的研究。

倍以上时,污水与河水在深度方向将会迅速混合,并同时沿河流的纵向与横向方向扩散,形成长带形的污染混合区。因此,模拟污水排放对河流水质的影响,实际上是确定污染混合区的大小问题,即研究平面二维的污染扩散问题。新县城主城区污水处理前后集中排放对小江水质影响的模拟分析,就是采用二维平面水动力学($k-\varepsilon$)方程与水质(对流扩散)方程相结合的模式,用定量的方法定性分析最不利的情况下,主城区污水处理排放和未处理排放对河流水质产生的影响程度及范围^[3]。

另外,当三峡水库蓄水后,开县主城区处于水库支流小江回水区的末端,此时河道具有明显的水库特征,主城区段的回水区基本形成大湖湾,水面宽广、流速缓慢,几乎与天然湖泊的流动类似。故本模拟分析除采用二维模式外,还采用 COD 湖泊稳态模型,按全水域均匀混合情况进行估算,从另一种角度分析开县城区段的水质情况。

1) 二维水动力学水质模型的基本形式为^[4-5]:

$$\frac{\partial(\rho\phi u - \Gamma \frac{\partial\phi}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho\phi v - \Gamma \frac{\partial\phi}{\partial y})}{\partial y} = S$$

式中: $\rho = \rho_{H_2O} \cdot h$, Γ 是扩散系数, S 是源项, ϕ 为相关变量。不同的 ϕ 对应不同的方程:

连续方程: $\phi = 1$, $\Gamma = 0$, $S = 0$

水动力学 u 方程: $\phi = u$, $\Gamma = \mu_t + \mu$

$$S = -\frac{\tau_{bx}}{h} + \rho \cdot g \cdot J_b - \rho \cdot g \cdot \frac{\partial h}{\partial x} +$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\Gamma \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\Gamma \frac{\partial v}{\partial x})$$

水动力学 v 方程: $\phi = v$, $\Gamma = \mu_t + \mu$

$$S = -\frac{\tau_{by}}{h} + \rho \cdot g \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\Gamma \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\Gamma \frac{\partial v}{\partial x})$$

能量 k 方程:

$$\phi = k, \quad \Gamma = \frac{\mu_t}{\sigma_k}, \quad S = P_h - \rho\varepsilon + P_w$$

耗散率 ε 方程:

$$\phi = \varepsilon, \quad \Gamma = \frac{\mu_t}{\mu_c}, \quad S = C_1 \frac{\varepsilon}{\kappa} P_h - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{\kappa} + P_{\varepsilon}$$

浓度 c 方程:

$$\phi = c, \quad \Gamma = \frac{\mu_c}{\mu_c}, \quad S = \rho(S_c + R)$$

由以上方程组成方程组,采用有限体积法推出离散方程,并运用 SIMPLEC 方法进行数值求解。

2) 均匀混合型湖泊 COD 水质模型形式为:

$$V \frac{dC}{dt} = W - QC - KVC$$

$$V \frac{dC}{dt} = W - QC - KVC$$

其稳态解为:

$$C = \frac{W}{KV + Q}$$

$$C = \frac{W}{KV + Q}$$

式中: C 为湖水中 COD 浓度 (mg/L), W 为入湖 COD 负荷量 (t), " V " 为湖体容积 (m^3), Q 为湖泊出流流量 (m^3), K 为 COD 自净系数 (L/d)。

二维模型的计算主要针对南河河段,并考虑东河来量的影响。计算范围从污水处理厂排放口南河上游 1 Km 处起至驷马污水处理厂排放口下游 5 Km 处止,全长约 15 Km。将该区域 1/10 000 地形图扫描入计算机,自动生成边界和计算网格,网格的横向变化范围为 $\Delta y = 20 \sim 78$ m,纵向变化范围为 $\Delta x = 100$ m。

3 计算方案与计算条件

开县县城的污废水排放对长江水质的影响,笔者按最不利情况进行组合计算。

1) 流量、水位: 最不利流量和水位为枯水期的月均流量和最不利流量对应的水库蓄水位。由于南河、东河上游都无水文站,因此根据三峡水库正常蓄水位 175 m 调度方案,结合小江新华水文站历年 (1960 - 1989 年) 的实测流量资料和四川联合大学计算的 175 m 水位情况下的流速流量数据等资料,计算出枯水期南河各月水文特征值见表 3。

表 3 枯水期南河各月水文特征值

月份	月均水位(m)	流量(m^3/s)	流速(m/s)
11	175	11.9	0.030
12	175	2.45	0.006
1	173	0.96	0.003
2	168	2.05	0.018

2) 污染负荷: 最不利污染负荷取主城区平桥、驷马两污水处理厂排放口的污染负荷;镇东镇、丰乐镇综合污水排放负荷;开县县城淹没区土壤浸出负荷。

3) 处理方式: 城区综合污水按不处理直排和经污水处理厂处理后达标排放 2 种方式。平桥污水处理厂和驷马污水处理厂直排的污染负荷分别为 35 g/s 和 21 g/s, 处理后达标排放的污染负荷分别为 7 g/s 和 4.5 g/s^[6]。

4) 计算因子: 最不利的污染因子作为计算因子 COD_{Mn} , COD_{Mn} 背景浓度取 3.4 mg/L。

4 模拟结果

4.1 二维模型预测结果

根据确定的计算输入条件,对平桥和驷马污水处理厂排放污水进行方案组合计算,模拟计算污废水处理前后对开县城区南河河段水质的影响范围。污水处理前后按水质标准IV类和V类划分水质影响范围的最大长度和宽度(见表4)。

表4 污水处理前后水质影响范围比较表

处理厂名称	流速 (m/s)	处理规模 (万 t/d)	类别	未处理集中排放		处理后达标排放	
				最大长度	最大宽度	最大长度	最大宽度
平桥	0.003	2.0	IV	全断面	12 000	全断面	全断面
			V	IV类水超过	全断面	9 000	全断面
			IV	25 KM	全断面	4 100	550
驷马	1.2	1.2	V	全断面	3 800	400	
			IV	全断面	7 000	全断面	
平桥	0.006	2.0	V	IV类水超过	全断面	6 000	全断面
			IV	20 KM	全断面	2 100	350
			V	全断面	1 800	300	
平桥	0.018	2.0	IV	—	—	2 600	320
			V	—	—	1 000	280
驷马	1.2	1.2	IV	—	—	1 000	280
			V	—	—	750	200

三峡水库建成运行后,在枯水期的12月到次年1月,由于水库蓄水位在高水位上,南河上游流量和断面平均流速非常小,如果城区综合污水完全不处理,直排南河,这时对河流水质的影响是严重的;当综合污水经过污水处理厂处理后达标排放,最大影响长度还有7 000 m,还不能满足该段的水域功能要求;当水库水位降低至168 m,南河流速为0.018 m/s时,平桥污水处理厂污水处理达标后排放的最大影响范围为2 600 m,驷马污水处理厂污水处理达标后排放的最大影响范围不超过1 000 m,就可以满足水域功能要求。

由此可见,三峡水库建成后,枯水期的断面平均流速比天然情况下的平均流速小得多,这一时期是河流污染最严重时期,大量的污水对该河流的水质影响很大。尤其是在12月份至次年1月份,月均流速在0.005 m/s左右变化时,经过污水处理厂处理后达标排放,还无法满足该段水域功能要求。

4.2 完全均匀混合湖泊模拟结果

根据完全均匀混合湖泊模型,对新县城主城区排污河段15 Km范围内的水体进行计算。当南河流量为2.45 m³/s、流速0.006 m/s、水位175 m时,污染负荷为3.2万 t/d, k取0.01 d⁻¹。当污废水不处理直排时,南河COD的均匀混合浓度为17.3 mg/L;污废水处理后排,其均匀混合浓度为6.8 mg/L。由此看来,污水直排对河流水质影响极大,属V类水质,而经过处理后,其河流水质有明显改善,总体为III类水质。

5 结 论

1)从模拟结果来看,在拟定的计算条件下,污水未经处理直接排江,其污染影响十分严重;而污水处理达标排放,其污染带的影响范围则明显减小。另按污水径比分析,在正常排污情况下,评价水质污染程度的临界值0.05(污径比1:20),新县城主城区汉丰片区3.2万 t/d污水排放量(即污水流量为0.37 m³/s),与南河枯水期最小月平均流量0.96 m³/s相比,基本上是1:3,超过1:20的水质好劣的界限。由此分析,如果新县城大量污废水不经处理排入南河和澎溪河的回水区,使该水域水质发生严重污染是难以避免的。

2)三峡水库建成后,枯水期的断面平均流速比天然情况下的平均流速小得多。这一时期是河流污染最严重时期,大量的污水排放对该河流的水质影响很大。尤其是在12月份至次年1月份,污水处理与不处理排江,均很快在全江段混合,其水质影响范围均超过水域功能的控制标准。但是,污水不处理直接排江,高于IV类水质的水域超过20 Km;经过处理后排江,高于IV类水质的水域仅27 km。枯水期的其它月份污水处理后可以满足水域功能要求。

3)为了保护小江回水区的水质能控制在确定的水功能区划的标准范围,不仅要对新县城排放的污废水处理达标后排放,而且在枯水期还需采取其它保护措施。如采取有序控制新县城发展规模,对工业废水排放量采取总量控制,控制枯水期平桥污水处理厂排放量等措施。因此,为使三峡水库建成后,长江总体水质保持良好,应尽快开展小江回水区水质污染的全方位预测研究,提出一套切实可行的水质保护措施,保证小江回水区水质满足功能要求。

参考文献:

- [1] 黄真理. 三峡水库河段水文水质同步观测研究[A]. 中国环境水力学[C]. 成都:四川大学出版社,2000.
- [2] 黄真理,李锦绣,李崇明. 三峡水库水环境容量研究[A]. 中国环境水力学[C]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [3] 胡炳清. 水污染控制区划分的原则和方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
- [4] 程声通,陈毓龄. 环境系统分析[M]. 北京:高等教育出版社,1994.
- [5] 张玉清. 河流功能区水污染物总量控制的原理和方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997.
- [6] 沈晓鲤. 对三峡库区及其上游水污染防治规划实施的建议[A]. 中国环境水力学[C]. 北京:中国水利水电出版社,2002.

Analysis of the Effect to the Water Quality of Xiao River for Kaixian County Sewage Discharge After the Sluice of the Three Gorges Reservoir

SUN Yang¹, WANG LI-ao¹, YE Min², YUAN Hu¹

(1. College of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Water Resource Protection Academe of Yangtze River, WUHAN, 430010, China)

Abstract: Once the water level of the reservoir of the Three Gorges rises above 175 m, Yangtze River in Kaixian County will be changed into a lake-like reservoir which will be rare in the Three Gorges areas, and water pollution would be seriously deteriorated. In order to testify whether water quality meets the requirements of the function divisions, two-dimension water dynamics quality model and homogeneous-mixed water quality model are used to simulate polluted water disposal of Kaixian County before and after sewage purification. The analysis indicates that sewage disposal without any pretreatment will cause serious and continuous pollution; while sewage disposal after purification up to standard, there are two kinds of results: in abundant and normal period, the water quality improves obviously, the water quality can meet the function of river area, but in dry seasons, the water quality improvement is not so effective, and still exceeds the control standard of the water function. To guarantee water quality of Xiaojiang River, it is proposed that, first, sewage treatment plant should run normally and continuously; second, other measures must be added to control sewage discharges in dry season.

Key words: Three Gorges; sewage disposal; water quality

(编辑 姚飞)

(上接第 114 页)

A Game Analysis of Credit System and Mortgage Backed Securitization

FU Qiang, ZHANG Yi-song

(1. College of Economic and Management, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Department of Construction Management, College of City, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: This essay illustrates the importance of credit to the supply of asset pool and the operation of MBS from the accept and the basic operation process of MBS. According to our country's conditions, this essay states from two sides. Through the game of housing consumer and commercial, for one thing, housing consumer decides applying for loan or not, and commercial bank decides granting loan or not; for another, housing consumer selects prepaying loan, paying loan on time or blanking contract, and commercial bank selects lawsuiting or not. Through the game analysis of two sides, it discusses relations between the loan of bank and the development of credit system, and give us some suggestions in order to the development of MBS.

Key words: home mortgage loan; securitization; special purpose vehicle; housing consumer; commercial; credit; game

(编辑 姚飞)