

广州西航道主要水源地水质达标分析

逢 勇^{1,2}, 许仁义¹, 李 标¹

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098 ;

2. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要 利用河网区非稳态水量、水质数学模型及水文、水质、污染源同步观测资料, 推求了广州西航道水质降解系数, 采用二维控制断面水质达标分析模型, 建立了涨、落潮设计水文条件下水源地水质与污染源的响应关系, 通过对影响广州西航道主要水源地西村、石门两水厂主要排污口的调查, 研究了西村、石门两水厂的水质达标情况. 结果表明: 各排污口的削减方案涉及社会、经济等多种因素, 很难仅从环境角度给出最佳方案. 通过不同方案下水源地水质与排污量的响应关系曲线, 可确定出水源地水质达标时各排污口的允许排污量.

关键词 广州西航道; 饮用水源地; 水质达标分析

中图分类号 :X143 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-198X(2005)04-0375-03

目前, 广州市自来水供水系统, 按水源地的位置可以分为 3 片, 即珠江前后航道水源片、东江水源片和流溪河水源片. 广州市的供水管网, 东至增城的新塘, 南至沥窖及长洲岛, 西至南海盐步镇, 北至江高镇, 覆盖面积达 384 km², 日供水能力达 380 万 m³, 供水人数达 420 多万人. 3 个水源片中, 流溪河水源片(包括西村、石门和江村水厂)占目前广州市总供水能力的 58%, 日供水量达 222 万 m³. 其中西村水厂日供水能力 100 万 m³, 石门水厂日供水能力 80 万 m³, 两者占广州市总供水能力的 47%. 因此, 这两个水厂水源水质的好坏对广州市自来水质量有极大影响.

国内外对饮用水源地水质保护方法进行了较多研究^{[1~3],①}, 但对多排污口与控制断面水质响应关系的研究还较少. 为了保证水源地水质达标, 必须对各排污口的排污量进行限制. 为此, 本文建立了排污口排污量与水源地水质之间的响应关系. 通过该响应关系曲线, 可确定出保证水源地水质达标时的各排污口允许排污量.

1 水质降解系数及水文设计条件的确定

1.1 河网区水量数学模型^[4]

描述河网一维非恒定水流运动的基本方程为圣维南方程组

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + B_T \frac{\partial Z}{\partial t} = q_L \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + 2u \frac{\partial Q}{\partial x} + (gA - Bu^2) \frac{\partial Z}{\partial x} - u^2 \frac{\partial A}{\partial x} \Big|_Z + g \frac{n^2 |u| Q}{R^{3/4}} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: Q ——流量; Z ——水位; R ——水力半径; u ——流速; q_L ——旁侧入流; n ——糙率系数; B_T ——包括主河道泄流宽度和仅起调蓄作用的附加宽度; B ——过流河宽; A ——过水面积; g ——重力加速度; x, t ——空间与时间的坐标.

根据以上方程, 应用三级联解(即将河网分为微段、河段、汉点三级进行逐级运算)的方法进行数值计算. 其中, 河道糙率系数利用 1997 年 8 月 11 ~ 12 日评价区域(图 1)的实测同步水文资料进行率定^[5], 所得糙率

收稿日期: 2004-06-16

基金项目: 国家“十五”重大科技专项资助项目(2003AA601100-2)

作者简介: 逢勇(1958—), 山东胶南人, 男, 教授, 博士, 主要从事水资源规划评价与保护研究.

① HOLMES T H, SNAPE A, SPRAY C J. Demonstration river restoration project incorporating surface water sewer improvement. American Society of Civil Engineers-Task Committee Reports, 1999. 280—298.

系数值范围为 0.013~0.033,水量模型计算的边界条件为江村、和顺、白坭河、黄沙、石井口、老鸦岗和珠江东桥断面。

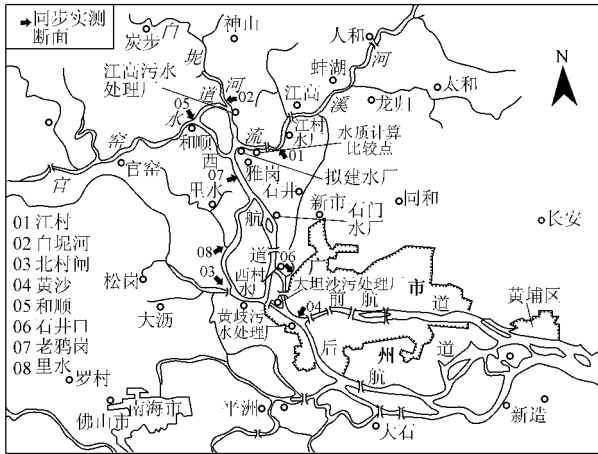


图1 计算区域水文、水质同步监测断面及水厂、污水处理厂分布

Fig.1 Distribution of hydrological and water quality monitoring sections , water plants and sewage disposal plants

2 水源地水质达标分析

水源地水质达标分析区域为河网研究区域中的一段河道。西村和石门水厂的取水口位于该段河道内(图1)。本文对涨急、落急2种最不利情况进行了水源地水质达标分析^[6,7]。所采用的分析模型为

$$\rho(x,y) = \exp\left(-k\frac{x}{86400u}\right) \left\{ \rho_0 + \frac{\rho_p Q_p}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \times \left[\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right) + \exp\left(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right) \right] \right\} \quad (3)$$

式中: $\rho(x,y)$ —— (x,y) 点的污染物质量浓度; k ——降解系数; x ——沿河道方向的距离; y ——沿河宽方向的距离; u ——流速; ρ_0 ——排污口上游污染物质量浓度; Q_p ——排污口废水排放量; ρ_p ——排污口废水质量浓度; H ——平均水深; M_y ——混合系数,取为 $2.9\text{ m}^2/\text{s}$; B ——河道水面宽度。分析模型中的边界水文条件取河网模型在设计条件下的计算结果^[5],水质降解系数取河网模型的率定结果。

2.1 二维响应关系的建立

设控制断面水体污染物质量浓度为 ρ_1 ,控制断面上游各污染源排污量为 $W_i(i=1,2,\dots,n)$,则根据式(3)得到控制断面的 ρ_1 与上游排污量 W_1 之间的函数关系式

$$\rho_1 = f(W_1, W_2, W_3, \dots, W_n) \quad (4)$$

根据式(4)可绘制出上游不同排污口排污量情况下 $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ 对 ρ_1 影响的关系曲线。

2.2 计算结果分析

根据式(4)计算出了各排污口排污量与水源地水质的响应关系曲线。受篇幅限制,本文仅给出方案1(上游背景 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 为 1.0 mg/L)和方案2(上游背景 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 为 0.5 mg/L)的计算结果,如图3所示。从图

1.2 河网区水质模型

描述河网中污染物质量浓度的时空变化过程宜采用带源项的一维对流-扩散方程

$$\frac{\partial(A\rho)}{\partial t} + \frac{\partial(AU\rho)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(AE_x\frac{\partial\rho}{\partial x}\right) - k_c A\rho + S_c \quad (2)$$

式中: ρ ——污染物质量浓度, mg/L ; E_x ——纵向分散系数, m^2/s ; S_c ——污染源源项, mg/s ; k_c ——污染物降解系数, d^{-1} ; x ——断面间距; t ——时间坐标。

根据式(2),利用1997年8月11~12日评价区域(图1)的实测同步水文、水质和污染源资料,得到了鸦岗站 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 计算值与实测值的对比结果,如图2所示。率定得到的水质降解系数 $k_c(\text{COD}_{\text{Mn}})=0.20\text{ d}^{-1}$, $k_c(\text{NH}_4^+-\text{N})=0.15\text{ d}^{-1}$ 。

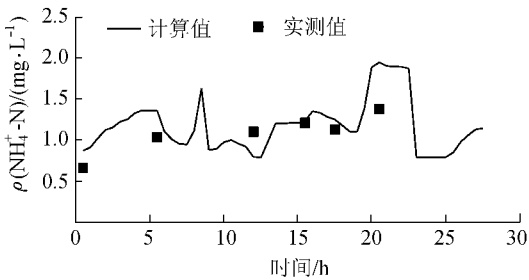


图2 老鸦岗站 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 计算值与实测值的对比

Fig.2 Comparison between calculated and observed results of $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ for Laoyegang Station

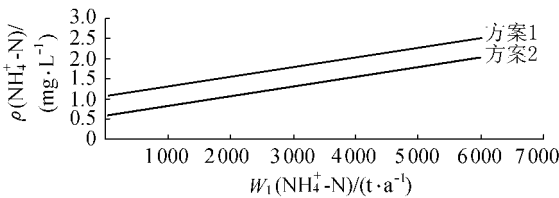


图3 方案1与方案2情况下石门水厂 $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 与上游排污口(海口排污口)氮氮排污量 $W_1(\text{NH}_4^+-\text{N})$ 关系曲线

Fig.3 Relationship between $\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ of Shimen water plant and pollution discharge $W_1(\text{NH}_4^+-\text{N})$ according to scheme 1 and scheme 2

3 可见 ,为保证石门水厂水质达标 ,当上游来水 $\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N})$ 为 0.5 mg/L 时 ,海口排污口的排污量应控制在 2000 t/a 以内.

由于各排污口的削减方案涉及社会、经济等多种因素 ,一般来说 ,很难仅从环境角度给出最佳方案.但从本文所建立的水源地水质与排污量的响应关系曲线上可得出水源地水质达标时各排污口的允许排污量.

参考文献 :

[1] DAVIS N M ,WERVER V ,PARKS K et al. An assessment of water quality ,physical habitat and biological integrity of an urban stream in Wichita ,Kansa ,prior to restoration improvements(phaseI [J]. Environmental Contamination and Toxicology ,2003 ,44 :351—359.

[2] 罗承平 ,李学灵 ,吴亚蒂. 珠江片水资源问题及保护对策措施 [A]. 见 :黄真理主编. 中国环境水力学 [C]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2002. 222—229.

[3] 彭静 ,廖文根. 珠江河口资源开发的水环境影响分析 [A]. 见 :黄真理主编. 中国环境水力学 [C]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2002. 213—221.

[4] 张二骏 ,张东生 ,李挺. 河网非恒定流的三级联合解法 [J]. 华东水利学院学报 ,1982 ,10(1) :1—13.

[5] 逢勇 ,李学灵. 广州西村和石门水厂取水口迁址的论证分析 [J]. 河海大学学报(自然科学版) ,1999 ,27(3) :99—103.

[6] 逢勇 ,赵棣华 ,姚琪. 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—189.

[7] 逢勇 ,陈德佳. 九州江流域水资源综合规划研究 [M]. 北京 :气象出版社 ,2000. 80—83.

Analysis of water quality achievable of main water source places
along the west channel of Guangzhou City

PANG Yong^{1 2} , XU Ren-yi¹ , LI Biao¹

(1. College of Environmental Science and Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
2. Key Laboratory for Integrated Regulation and Resources Exploitation on Shallow Lakes ,
Ministry of Education , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract :An unsteady water quality and water quantity model and the synchronous monitoring data of 9 pollution sources along the west channel were employed to determine the water quality degradation parameters of the river channel. By use of the 2-D model for analysis of water quality achievable for the control section , the relationship between the water quality of water source places and pollution sources was set up with the rising and ebb tides taken into account. Based on an investigation of main wastewater discharge outlets affecting the major water source places , the Xicun and Shimen water plants , along the west channel of Guangzhou City , an analysis of water quality achievable was performed for the two water plants. The result shows that , for the formulation of an optimal scheme for regulation of discharge outlets , in addition to the environmental factor , the social and economic factors should be taken into account. Moreover , the relationship between the water quality and pollutant discharge of the water source places under different schemes can also be used to determine the allowable quantity of pollutants discharged from outlets to ensure the water quality of the water source places.

Key words :west channel of Guangzhou City ; drinking water source site ; analysis of water quality achievable