

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.06.018

南京市水(环境)功能区划调整研究

赵 伟¹ 逢 勇² 陈亚男³

(1. 交通运输部公路科学研究院, 北京 100088; 2. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098;
3. 中国环境监测总站, 北京 100012)

摘要 利用建立的南京市河网区水量水质模型以及长江南京段非稳态水量水质模型,对南京市水(环境)功能区进行分析。在存在点源排污口的水(环境)功能区附近设置排污混合区,在上游水质差的功能区与下游水质好的功能区衔接处设置过渡带,并分别计算排污混合区和过渡带的长度。按照功能区调整原则和排污混合区、过渡带的计算结果,提出南京市水(环境)功能区调整方案。

关键词 水(环境)功能区 过渡带 排污混合区 南京市

中图分类号:X321 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2011)06-0076-04

Study on adjustment of water environmental function zoning in Nanjing City

ZHAO Wei¹, PANG Yong², CHEN Ya-nan³

(1. Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088, China;
2. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;
3. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China)

Abstract : The water environmental function zone in Nanjing City was analyzed using the established water quantity and quality model for the river network in Nanjing City and the unsteady water quantity and quality model for the Nanjing section of the Yangtze River. A sewage discharge mixing zone was set up near the water environmental function zone where point source sewage outlets were located. The transition zone was set up at the joint of the water environmental function zone upstream with poor-quality water and the water environmental function zone downstream with high-quality water. Then, the lengths of the sewage discharge mixing zone and transition zone were calculated. Finally, according to the principle for adjustment of function zoning and the calculated results for the sewage discharge mixing zone and transition zone, the adjustment scheme for water environmental function zoning in Nanjing City is proposed.

Key words : water environmental function zone; transition zone; sewage discharge mixing zone; Nanjing City

水(环境)功能区制度是一项全新的水资源管理制度。这一制度的确定,使水资源管理体系的内涵更加丰富,更具科学性和针对性^[1]。2003年3月18日,江苏省人民政府制定了《江苏省地表水(环境)功能区划》^[2](以下简称《功能区划》)。该《功能区划》在南京市的水环境保护工作中发挥了巨大作用,但是随着南京市社会经济的发展和水资源开发利用的变化,原有的《功能区划》的问题也逐步显现:①原有《功能区划》对不同水功能区水质的衔接问题没有明确提出衔接措施,直接影响纳污能力的计算成果;

②对污水处理厂尾水排放口处的水质浓度与功能区水质浓度的差异也没有明确衔接方案,影响上下游水质关系的把握以及纳污能力的计算。笔者拟在南京市水(环境)功能区现状划分的基础上,提出设置功能区过渡带和排污混合区,以满足水资源开发利用、保护和水行政管理的需要。

1 研究区域概况

南京境内共有大小河道 120 条,多年平均水资源量 31.38 亿 m³,其中地表水资源量为 24.38 亿 m³,

地下水资源量为 7.00 亿 m³。主要水域为长江南京段、滁河南京段、秦淮河、金川河、十里长沟、玄武湖、莫愁湖、固城湖和石臼湖。

根据《功能区划》南京市境内的划分结果,南京市现状共有 112 个水(环境)功能区,其中河流功能区 92 个,总河长 1 139.07 km;水库功能区 16 个,总面积 44.61 km²;湖泊功能区 4 个,总面积 153.7 km²。

2 水(环境)功能区划现状分析及调整原则

2.1 现状分析

a. 南京市水(环境)功能区存在劣质水流向优质水的情况,但在上游的劣质水功能区与下游的优质水功能区之间没有设置过渡带,导致水质目标不能直接衔接,需要在这些功能区连接处设置过渡带,以保证不同水(环境)功能区水质目标的衔接达标。

b. 随着南京市污水处理厂规模的扩大,污水处理厂的尾水排放量也逐年增大,由于污染物排放标准与环境质量标准存在差异,导致污水处理厂尾水排放口处的水质浓度超标严重,无法达到功能区水质目标要求,造成纳污能力计算以及水质目标达标分析无法客观反映真实情况。建议在污水处理厂排污口处设置排污混合区,该排污混合区的水质目标未定。

2.2 调整原则

a. 水(环境)功能区调整,需以现有水(环境)功能区划为基础,以水资源开发、利用、保护和水污染防治为依据。

b. 《功能区划》与水资源利用规划及经济社会发展规划紧密结合。当社会经济条件和水资源开发利用条件发生重大变化时,需要对水(环境)功能区划进行调整。力求适应南京市经济社会发展以及实施可持续发展战略对水资源保护的要求,为科学合理利用水资源留有余地,促进经济社会和生态环境协调发展。

c. 上下游相邻两水(环境)功能区水质存在差异时,允许上下游间存在过渡区,但上游过渡区起止断面的水质必须达到下游河段起始断面的水质目标要求。

d. 允许点源排污口附近设置排污混合区。

3 过渡带范围计算

3.1 过渡带的概念

当上游水体的功能区标准劣于下游水体功能区标准时,由于水体水质必须经过一段距离后才能达到下游功能区标准,这样上游水体势必会占用下游水体的一部分环境容量。故在计算下游水体水环境容量时,须扣除上游水体占用水环境容量的部分,

再核算总的水环境容量值^[4]。

3.2 计算方法

采用一维稳态水质模型,形式如下:

$$x = 86400u/K \ln \rho'_0/\rho \tag{1}$$

其中

$$\rho'_0 = \frac{\rho_0 Q_0 + \rho_1 Q_1}{Q_0 + Q_1}$$

式中: x 为距排污口距离, m; u 为设计流速, m/s; ρ 为污染物质量浓度, mg/L; ρ'_0 为上游来水污染物质量浓度, mg/L; Q_0 为上游来水量, m³/s; K 为降解系数, d⁻¹; Q_1 为排污口废水排放量, m³/s; ρ_1 为排污口废水排放质量浓度, mg/L。

计算时, ρ'_0 取上游水质较差的水(环境)功能区的水质目标质量浓度, ρ 取下游水质较好的水(环境)功能区水质目标质量浓度。

水质降解系数 K 利用《江苏省主要水域纳污能力核定和限制排污总量研究》中的计算方法求取。 $K_{\text{COD}_{\text{Mn}}}$ 、 $K_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 定量关系见式(2)~(4),一般来说,水质污染物浓度越大, α 越大,反之水质污染物浓度越小, α 越小。

$$K_{\text{COD}_{\text{Mn}}} = \alpha \times 1.064^{(t-20)} \left(0.013 3 \ln \left(\frac{\alpha (\text{BOD}_5)}{\alpha \text{COD}} \right) + 0.0567 \right) + 12 \frac{u}{gh} \quad \alpha \in [0.52, 0.78] \\ \rho_0 < 12.5 \text{ mg/L} \tag{2}$$

$$K_{\text{COD}_{\text{Mn}}} = \alpha \times 1.064^{(t-20)} \left(0.013 3 \ln \left(\frac{\alpha (\text{BOD}_5)}{\alpha \text{COD}} \right) + 0.0567 \right) + 12 \frac{u}{gh} \quad \alpha \in [0.78, 0.9] \\ 12.5 \text{ mg/L} \leq \rho_0 < 25 \text{ mg/L} \tag{3}$$

$$K_{\text{NH}_3\text{-N}} = \alpha \times 1.064^{(t-20)} + 11.5 \frac{u}{gh} \\ \alpha \in [0.014, 0.079] \tag{4}$$

设计流速 u 的选取根据 $P = 90\%$ 保证率设计,利用河网水量模型计算得出,计算时上游水质浓度取功能区水质浓度,经排污混合后下断面水质浓度达到与下游功能区水质浓度相同。

3.3 计算结果及分析

根据式(1)和计算参数取值,分别计算 COD 和 NH₃-N 的排污混合区长度。考虑过渡带划分的合理性与可行性,采用同时控制上游功能区水质值与划分过渡带的方法来保证下游功能区水质目标达标。过渡带划分结果见表 1。

4 排污混合区计算

4.1 排污混合区概念

排污混合区一般指污水排放口附近不满足受纳水体功能所要求的水质标准的空间区域,即环境管

表 1 水(环境)功能区过渡带长度划分结果				
水(环境)功能区名称	上下游功能区水质变化	过渡带长度/km	达标质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	
			$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$
秦淮河溧水农业、渔业用水区	Ⅳ→Ⅲ	8.5	22	1.1
秦淮河江宁秣陵农业、渔业用水区	Ⅳ→Ⅲ	7.8	21	1.1
云台山河农业用水区	Ⅳ→Ⅲ	8.1	22	1.1
索墅西河江宁保留区	Ⅳ→Ⅲ	4.5	21	1.1
索墅东河江宁保留区	Ⅳ→Ⅲ	4.3	21	1.1
沛桥河高淳保留区	Ⅳ→Ⅲ	3.0	21	1.1
松溪河高淳保留区	Ⅳ→Ⅲ	6.4	22	1.1
陈家河高淳保留区	Ⅳ→Ⅲ	5.2	21	1.1
向阳河高淳保留区	Ⅳ→Ⅲ	4.3	21	1.1

理中认可的污水排放口附近的允许超标区^[5]。当污染物质进入水体以后,污染物浓度沿流动方向逐步下降。当污染物浓度下降到某规定水平时,其相应位置与排放口之间形成的空间称为混合区。超过水环境功能区规定水质浓度值的污染带沿岸线的长度即为混合区长度^[6]。河网区较宽河道指河宽大于 100 m 的河道,较窄河道指河宽小于 100 m 的河道。

4.2 计算方法

4.2.1 长江段及河网区较宽河道计算方法

4.2.1.1 计算方法

a. 长江段水量、水质数学模型。模型应用守恒的二维非恒定流浅水方程组描述长江段的水流流动,并用二维对流-扩散方程描述污染物的输运扩散。应用有限体积法及黎曼近似解对方程组逐时段、逐单元进行数值求解,从而模拟出长江段的水流过程和相应的污染物输运扩散过程^[7]。为此,首先根据计算区域的天然地形并考虑已建或拟建水工建筑物及排污口的位置,用无结构网格使计算区域离散化。然后逐时段地用有限体积法对每一单元建立水量、动量和浓度平衡,确保其守恒性,用黎曼近似解计算跨单元的水量、动量和浓度的法向数值通量,保证计算精度。

b. 二维浅水水流水质耦合方程。二维浅水水流方程和对流-扩散方程的守恒形式可表达为^[8]

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial f(q)}{\partial x} + \frac{\partial g(q)}{\partial y} = b(q) \quad (5)$$

式中: $q=[h,hu,hv,h\rho]^T$ 为守恒物理量; $f(q)=[hu,hu^2+gh^2/2,huv,h\rho u]^T$ 为 x 向通量; $g(q)=[hv,huv,hv^2+gh^2/2,h\rho v]^T$ 为 y 向通量; h 为水深; u 和 v 分别为 x 和 y 向垂线平均水平流速分量; ρ 为污染物垂向平均浓度; g 是重力加速度。源(或汇)项 $b(q)$ 为

$$b(q)=[b_1,b_2,b_3,b_4]^T \quad (6)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= 0 \\ b_2 &= gh(S_{0x} - S_{fx}) \\ b_3 &= gh(S_{0y} - S_{fy}) \\ b_4 &= \nabla \cdot (D_i \nabla(h\rho)) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中: S_{0x} 和 S_{fx} 分别是 x 向的水底底坡和摩阻底坡; S_{0y} 和 S_{fy} 分别是 y 向的水底底坡和摩阻底坡; D_i 为扩散系数; ∇ 为梯度算子, $\nabla \cdot \nabla = \nabla^2$ 是 Laplace 算子。

计算时取污水处理厂在排污最不利情况下产生的污染带长度,从而确定排污混合区范围。

4.2.1.2 计算参数确定

a. 水质浓度。目标水质浓度取相应的水(环境)功能区的水质浓度,污水处理厂的尾水排放执行 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。

b. 水质降解系数 K 和设计流速 u 。采用实测资料率定得长江南京段 $K_{\text{COD}_{\text{Mn}}}$ 为 $0.2 \sim 0.3 \text{ d}^{-1}$ 。设计水文条件取 90%水文保证率下的设计流速。

4.2.2 河网区较窄河道计算方法

计算公式见式(1)。

a. 水质浓度。式(1)中 ρ 与 ρ_0 同取水(环境)功能区的水质目标浓度; ρ_1 取污水处理厂的尾水执行标准,尾水执行 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。

b. 水质降解系数 K 和设计流速 u 。水质降解系数 K 根据式(2)~(4)计算得到,利用河网水量模型计算得出 90%保证率的设计水文条件,计算时上游水质浓度取功能区水质浓度。

4.3 计算结果及分析

根据式(1)~(5)以及计算参数取值,按照 2020 年污水处理厂入河排污口污染物排放情况分别计算 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的排污混合区长度,计算结果取 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 计算结果的较大值。计算结果见表 2。

5 结 论

依照 2003 年江苏省人民政府批复的《功能区划》的划分方案,按照功能区调整原则和排污混合区、过渡带的计算结果,提出南京市水(环境)功能区调整方案。在设有污水厂排污口的功能区设置排污混合区,划分排污混合区 29 个;在上游水质较差的功能区进入下游水质较好的功能区段设置过渡带,划分过渡带 9 个。拟调整的水环境功能区划见表 3。

表 2 污水处理厂排水混合区计算						
污水厂名称	排放去向	2020 年		混合区长度/km		
		处理量/ (万 t·d ⁻¹)	L_{COD}	$L_{\text{NH}_3\text{-N}}$	最不利长度	
江心洲污水处理厂	长江	64	2.12	5.5	5.5	
龙潭污水处理厂	长江	15	0.33	1.1	1.1	
江宁滨江污水处理厂	长江	14	0.29	1.0	1.0	
桥北污水处理厂	长江	30	1.12	3.2	3.2	
桥林污水处理厂	长江	6	0.04	0.2	0.2	
八卦洲产业园区污水厂	长江	5	0.03	0.15	0.15	
铁北污水处理厂	长江	20	0.4	1.8	1.8	
城南污水厂	长江	20	2.0	3.0	3.0	
城北污水处理厂	金川河	30	0.8	3.2	3.2	
城东污水处理厂	秦淮河	30	3.3	6.0	6.0	
仙林污水处理厂	九乡河	20	1.3	2.6	2.6	
科学园第一污水处理厂	秦淮河	15	2.5	4.4	4.4	
江宁城北污水处理厂	秦淮河	16	1.5	2.8	2.8	
珠江污水处理厂	七里河	20	0.38	1.8	1.8	
空港污水厂	云台山河	18	1.8	3.3	3.3	
禄口污水处理厂	横溪河	10	1.5	2.8	2.8	
锁金村污水处理厂	外秦淮河	0.5	0.01	0.12	0.12	
江宁开发区污水处理厂	秦淮新河	8	1.0	1.9	1.9	
谷里污水厂	板桥河	8	0.6	2.0	2.0	
汤山污水处理厂	汤水河	8.5	1.3	3.8	3.8	
浦口高新污水厂	朱家山河	3	0.07	0.5	0.5	
六合污水处理厂	滁河	10	0.6	2.5	2.5	
大厂污水处理厂	马汊河	10	0.5	2.5	2.5	
化工园污水处理厂	岳子河	8	0.3	1.7	1.7	
玉带污水处理厂	划子口河	5	0.1	0.7	0.7	
溧水经济开发区嘉旺污水厂	一干河	1.5	0.07	0.35	0.35	
溧水永阳污水处理厂	一干河	10	0.9	2.0	2.0	
高淳国邦污水处理厂	官溪河	4	0.2	0.8	0.8	
高淳新区污水处理厂	官溪河	5	0.25	1.2	1.2	

表 3 拟调整的水环境功能区划

河流	起始—终止位置	水功能区
长江	江心洲污水处理厂—下游 5.5 km	排污混合区
长江	龙潭污水处理厂—下游 1.1 km	排污混合区
长江	江宁滨江污水处理厂—下游 1 km	排污混合区
长江	桥北污水处理厂—下游 3.2 km	排污混合区
长江	桥林污水处理厂—下游 0.2 km	排污混合区
长江	八卦洲产业园区污水厂—下游 0.15 km	排污混合区
长江	铁北污水处理厂—下游 1.8 km	排污混合区
金川河	城北污水处理厂—下游 3.2 km	排污混合区
秦淮河	城东污水处理厂—下游 6 km	排污混合区
九乡河	仙林污水处理厂—下游 2.6 km	排污混合区
长江	城南污水厂—下游 3 km	排污混合区
秦淮河	科学园污水处理厂—下游 4.4 km	排污混合区
秦淮河	江宁城北污水处理厂—下游 2.8 km	排污混合区
七里河	珠江污水处理厂—下游 1.8 km	排污混合区
云台山河	空港污水厂—下游 3.3 km	排污混合区
横溪河	禄口污水处理厂—下游 2.8 km	排污混合区
外秦淮河	锁金村污水处理厂—下游 0.12 km	排污混合区
秦淮新河	江宁开发区污水处理厂—下游 1.9 km	排污混合区
板桥河	谷里污水厂—下游 2 km	排污混合区
汤水河	汤山污水处理厂—下游 3.8 km	排污混合区
朱家山河	浦口高新污水厂—下游 0.5 km	排污混合区
滁河	六合污水处理厂—下游 2.5 km	排污混合区

续表 3 拟调整的水环境功能区划		
河流	起始—终止位置	水功能区
马汊河	大厂污水处理厂—下游 2.5 km	排污混合区
岳子河	化工园污水处理厂—下游 1.7 km	排污混合区
划子口河	玉带污水处理厂—下游 0.7 km	排污混合区
一干河	溧水经济开发区嘉旺污水厂—下游 0.35 km	排污混合区
一干河	溧水永阳污水处理厂—下游 2 km	排污混合区
官溪河	高淳国邦污水处理厂—下游 0.8 km	排污混合区
官溪河	高淳新区污水处理厂—下游 1.2 km	排污混合区
秦淮河	秦淮河溧水农业、渔业用水区下游中点至下游功能区交界断面(8.5 km)	过渡带
秦淮河	秦淮河江宁秣陵农业、渔业用水区中点至下游功能区交界断面(7.8 km)	过渡带
云台山河	云台山河农业用水区中点至下游功能区交界断面(8.1 km)	过渡带
索墅西河	索墅西河江宁保留区中点至下游功能区交界断面(4.5 km)	过渡带
索墅东河	索墅东河江宁保留区中点至下游功能区交界断面(4.3 km)	过渡带
沛桥河	沛桥河高淳保留区中点至下游功能区交界断面(3.0 km)	过渡带
松溪河	松溪河高淳保留区中点至下游功能区交界断面(6.4 km)	过渡带
陈家河	陈家河高淳保留区中点至下游功能区交界断面(5.2 km)	过渡带
向阳河	向阳河高淳保留区中点至下游功能区交界断面(4.3 km)	过渡带

参考文献：

[1] 刘晨.关于水功能区管理的若干思考[J].中国水利 ,2004 (4) :19-20.

[2] 江苏省水利厅 ,江苏省环保厅.《江苏省地表水(环境)功能区划》.南京 :江苏省水利厅 ,江苏省环保厅 ,2003.

[3] 李香华 ,陈文权.南京市水功能区划分及水质达标分析[J].江苏水利 ,2007(9) :38-41.

[4] 关卉.湛江市水环境容量测算[J].水资源保护 ,2006 ,22 (3) :78-79.

[5] 吴航 ,王泽良 ,黄剑 ,等.深圳市政污水排海工程排污混合区范围的确定[J].环境监测管理与技术 ,2002 ,14(6) :37-40.

[6] 环境保护部环境规划院.关于大江大河混合区容量计算有关问题的说明[R].北京 :环境保护部环境规划院 ,2004.

[7] 赵棣华 ,戚晨 ,庾维德 ,等.平面二维水流-水质有限体积法及黎曼近似解模型[J].水科学进展 ,2000 ,11(4) :368-374.

[8] ROE P M. Approximate riemann solvers ,parameter vectors ,and difference scheme[J].JCP ,1981 ,43 :357-371.

(收稿日期 2010-12-09 编辑 高渭文)