

徐州市水环境容量研究

范丽丽¹, 逢 勇¹, 孙丽萍¹, 沙海飞²

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要 :分析徐州市水污染状况,根据设计水文条件及水质保护目标等参数,采用仅有面源影响及点源面源同时影响的水质模型,分别计算各河道的水环境容量,在考虑现状入河量的基础上,汇总徐州市总的水环境容量及削减量,并提出徐州市污染控制方案。

关键词 环境容量; 削减量; 污染控制; 徐州市

中图分类号 :X32 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2007)01-0057-03

Studies on the water environmental capacity of Xuzhou City

FAN Li-li¹, PANG Yong¹, SUN Li-ping¹, SHA Hai-fei²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract :The pollution situation of Xuzhou City was analyzed on the basis of design hydrologic condition and the target of water quality protection. Water quality models including only non-point sources and both non-point and point sources were applied to calculation of the water environmental capacity of each river respectively. The total water environmental capacity and reduction amount of Xuzhou City were summarized based on the current quantity of pollutants to rivers. Then pollution control measures were put forward.

Key words :water environmental capacity; reduction amount; pollution control; Xuzhou City

在过去的几十年里,中国的污染控制战略起初是通过控制污染物的排放浓度来实施环境政策和环境管理。随着经济的不断发展,出现了虽然所有污染源达标排放但是污染总量持续增加、环境恶化加剧的新矛盾。后来采用目标总量控制,技术关键在于建立污染源与环境目标间的输入响应关系。但是,总量控制计划存在很大的不确定性,很难做到控制环境恶化的趋势。现在提倡采用容量计算,通过控制水环境容量来使环境质量有所改善,其优点在于建立了环境容量与水质之间直接的响应关系,便于实施管理。目前对水环境容量的研究已经成为水环境保护领域科研的热点,众多学者纷纷提出了水环境容量的计算方法^[1-9],然而这些计算方法均只考虑了点源的排放,实际上与点源污染相比,面源污染的范围更广^[10],故面源对水环境的影响不可忽略。本文以徐州市为例,针对其面源污染较严重的现状,

综合考虑点源、面源的影响,计算徐州市总的水环境容量及削减量,提出污染控制方案,为徐州市进行水环境综合整治提供依据。

1 水污染概况

徐州市区主要污染来源于工业废水和生活污水。近年来,随着产业结构的调整和治理力度加大,再加上不少污染严重的企业因经济、市场等原因而停产、半停产,工业污染所占比例呈下降趋势,工业废水排放量由 1998 年的 4 903 万 m³ 下降到 2002 年的 2 097 万 m³。随着人口增长和城市化进程加快,生活污水所占比例呈上升趋势,生活污水排放量由 1998 年的 2 779 万 m³ 上升到 2002 年的 3 243 万 m³。2002 年徐州市 46 个主要河段及支流的水质,达到其相应水域功能要求的水体只有 16 个,占 34.8%,治污任务仍相当艰巨。

2 水环境容量计算

水环境容量通常是指给定水域范围、给定水质标准、给定设计条件下水域的最大容许纳污量,由自净容量和稀释容量两部分组成。

2.1 计算模型

2.1.1 仅有点源影响

河道中仅考虑点源的环境容量计算公式采用一维模型

$$W_1 = \left[C_s \left(Q_0 + \sum q_i \right) \exp \left(K \frac{X}{86400u} \right) - C_0 Q_0 \right] \times \frac{864 \times 365}{10000} \quad (1)$$

式中: W_1 为点源影响的河流水环境容量, t/a; Q_0 为上断面河流流量, m^3/s ; q_i 为点源排放废水量, m^3/s ; C_0 为上断面河流水质目标质量浓度, mg/L ; C_s 为下断面河流水质目标质量浓度, mg/L ; X 为污染源距排污口的距离, m; u 为流速, m/s ; K 为 COD_{Cr} 或 NH₃-N 的综合衰减系数, 1/d。

2.1.2 仅有面源影响

河道中仅考虑面源的环境容量计算公式采用完全混合公式

$$W_2 = \left[\left(Q_0 + Q_1 \right) \left(C_s - C_0 \right) + \frac{KVC_s}{86400} \right] \times \frac{864 \times 365}{10000} \quad (2)$$

表 1 只有面源影响的河段水环境容量计算参数

河 段	$Q_0/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	C_s ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		C_0 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		K ($1 \cdot \text{d}^{-1}$)		V/m^3		$Q_1/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
		COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	A/ m^2	长度/m	
大沙河	0.45445	20	1	20	1	0.0268	0.0214	1.25	46700	0.3089
郑集河	0.42705	20	1	20	1	0.0305	0.0244	1.25	50900	0.2541
邳苍分洪道	1.56340	20	1	20	1	0.0434	0.0347	1.25	34000	0.1268
城 河	1.58680	20	1	20	1	0.0421	0.0337	1.25	30000	0.1736

表 2 点源面源同时影响的河段水环境容量计算参数

河 段	$Q_0/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	$Q_1/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	$\sum q_i/$ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	C_s ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		K ($1 \cdot \text{d}^{-1}$)		x/m		u ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
				COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	
奎 河	1.96	0.1361	0.0163	40	2.0	0.1702	0.1362	500	500	0.220
徐洪河	0.3	0.1254	0.2968	20	1.0	0.0269	0.0215	16500	16500	0.003
徐沙河	0.05	0.3997	0.2968	30	1.5	0.0286	0.0229	5000	5000	0.006
复新河	0.13	0.3865	0.5384	30	1.5	0.0304	0.0243	25800	25800	0.009
顺堤河	0.2	0.2474	0.2096	20	1.0	0.0299	0.024	54500	54500	0.007
沿 河	0.27	0.3997	0.3497	20	1.0	0.0294	0.0236	6000	6000	0.007
京杭运河(湖西航道)	1.5	0.6538	0.9197	20	1.0	0.0418	0.0334	29671	29205	0.025
不牢河 1	2.15	0.1546	1.2082	20	1.0	0.025	0.02	11519	11513	0.005
不牢河 2	2.97	0.3914	1.7997	20	1.0	0.025	0.02	17000	17000	0.005
中运河	4.4	1.4131	8.6107	20	1.0	0.0288	0.0231	16368	14888	0.006
房亭河	0.1	0.5748	0.3871	20	1.0	0.0266	0.0213	17541	16558	0.002
老洙河	2.5	0.1893	0.3176	20	1.0	0.0309	0.0247	22800	22800	0.009
沂 河	1.0	0.1890	1.032	20	1.0	0.0274	0.022	13900	13900	0.004
废黄河	1.0	0	0.106	30	1.5	0.0257	0.0205	7000	7000	0.001

式中: W_2 为面源影响的河流水环境容量, t/a; Q_1 为面源排放废水量, m^3/s ; V 为河道体积, m^3 。

2.1.3 点源面源同时影响

由于面源污染物可认为是均匀排入河道,此时可先利用完全混合模型计算面源影响的水质浓度,再用一维模型进行计算,即

$$W_3 = \left[C_s \left(Q_0 + \sum q_i + Q_1 \right) \exp \left(\frac{KX}{86400u} \right) - C_0 Q_0 - C_1 Q_1 \right] \times \frac{864 \times 365}{10000} \quad (3)$$

式中: W_3 为点源面源同时影响的河流水环境容量, t/a; C_1 为面源排放浓度, mg/L 。

2.2 模型参数确定

2.2.1 设计流量

采用 90% 保证率最枯月平均流量,对于有闸坝控制的河段,设计流量值为零时取闸坝漏水流量。对有排污的河段,在设计流量中考虑污水流量。各河道的设计流量见表 1 和表 2。

2.2.2 设计流速

对有实测流量流速资料的河段,直接采用实测流速,对没有实测资料的河段,借用附近区域相似河流的实测资料经类比分析后确定,具体值见表 1 和表 2。

2.2.3 污染物综合衰减系数

采用野外实测数据估值,用上下断面两点法或多点法计算、分析、率定,结果见表1表2。

2.2.4 控制单元划分

列入《江苏省地表水(环境)功能区划》徐州市境内的地表水体共计22个,地表水环境功能区46个。以水环境功能区为基础,兼顾行政区划,通过污染源调查,考虑污水排放去向、入河排污口分布等因素,将水上的水环境功能区和陆上污染源的汇流区包括在内,形成水陆衔接的控制单元,作为水环境容量计算的基础。划分的控制单元基本涵盖了所有水环境功能区。除西泇河、汶河、东泇河、白马河等支流和骆马湖因缺少水文、水质和污染源调查资料,无法进行水环境容量计算,因而未单独划分控制单元外,其他17个地表水体均对应划分了18个控制单元。徐州市4个只有面源影响的控制单元的计算参数见表1,点源面源同时影响的14个控制单元的计算参数见表2。

2.3 几个关键问题的处理

2.3.1 多个排污口概化为一个排污口

当控制断面上游有多个排污口时,若要使控制断面水质达标,则多个排污口的排污量限值是个多解问题。解决的办法有两个:①进行控制断面水质与排污口排污量响应关系曲线计算,根据计算结果,分析为使控制断面水质达标各排污口的最佳排污量值;②将多个排污口概化为一个排污口,根据概化排污口可直接算出控制断面达标时的上游概化排污口的允许排污量值,即环境容量值。本文采用概化排污口的方法进行多个排污口的环境容量计算,多个排污口概化为一个排污口的计算公式

$$x = \frac{C_{01}Q_{01}x_1 + C_{02}Q_{02}x_2 + \dots + C_{0i}Q_{0i}x_i}{C_{01}Q_{01} + C_{02}Q_{02} + \dots + C_{0i}Q_{0i}} \quad (4)$$

式中: x 为概化排污口距控制断面的距离,m; C_{0i} 为第*i*个排污口的排放质量浓度,mg/L; Q_{0i} 为第*i*个排污口的废水量,m³/s; x_i 为第*i*个排污口距控制断面的距离,m。

2.3.2 差类别水进入优类别水时的过渡带及水环境容量计算

当差类别水进入优类别水时,需要一定长度的过渡带。本文在计算水环境容量时,若出现差类别水进入优类别水的情况,首先计算过渡带长度。当过渡带长度大于功能区长度时,则该段功能区的水环境容量为零;当过渡带长度小于功能区长度时,则对功能区长度与过渡带长度的差值段进行水环境容量计算。过渡带长度的计算公式见式(5)和式(6):

$$C'_0 = C_0 \exp\left(-\frac{Kx}{86400u}\right) \quad (5)$$

$$x = -86400u \ln \frac{C'_0}{C_0} / K \quad (6)$$

式中: x 为过渡带长度,m; C_0 为均匀混合处水中污染物质断面平均质量浓度,mg/L; C'_0 为控制断面水质标准质量浓度,mg/L; K 为COD_{Cr}或NH₃-N的综合衰减系数,1/d; u 为流速,m/s。

徐沙河的上游来水功能区水质劣于下游功能区水质,利用式(5)式(6)计算得到过渡带长度:COD为11351m,NH₃-N为9522m。由于过渡带长度大于控制断面至上游功能区的距离,所以徐沙河的环境容量值为零。

2.4 水环境容量及削减量计算结果

由式(1)式(2)式(3)计算出徐州市总的水环境容量:COD_{Cr}为69405.17t/a,NH₃-N为2438.28t/a。根据徐州市2002年的污染物入河量调查结果可知总的入河量:COD_{Cr}为97913.05t/a,NH₃-N为5020.37t/a。削减量计算公式

$$X = P - W \quad (7)$$

式中: X 为削减量,t/a; P 为入河量,t/a; W 为环境容量,t/a。

徐州市各控制单元的环境容量、入河量及削减量计算结果见表3。

3 徐州市水污染控制方案研究

徐州市总的污染物入河量大于环境容量,需要对污染物排放量进行削减,COD削减量为28507.86t/a,NH₃-N削减量为2582.09t/a。其中如中运河、徐沙河等既有点源又有面源影响的削减量较大,而邳苍分洪道、城河等仅有面源影响的削减量相对较小。为此,提出如下对策与建议:点源治理与非点源防治相结合,既要控制工业污染源的污染物排放量,鼓励废水的循环利用和资源化,提倡利用少产生污染的原料,又要大力推广农业绿色技术与工艺,加强污水处理,在经济能力允许的范围内深化污水处理,鼓励废水的循环利用,减少污水排放量。

4 结 语

通过对徐州市污染现状的研究可知,徐州市水质污染总体呈下降趋势。17个控制单元水环境容量计算结果表明:绝大多数现状入河量均超过水环境容量,现状水质已达不到水环境功能区划要求,必须采用各种有效措施对污染物排放量进行削减。

(下转第83页)

亚硝化菌逐渐在反应器中占优势。

可见,在温度超过 20℃ 后包埋硝化菌,处理高氨氮废水时很容易形成亚硝酸盐型硝化,这对于亚硝酸盐型脱氮具有极大的理论和应用价值。

3 结 论

a. 从较高温度到低温的转变过程中,包埋菌的硝化速率变化幅度较填料挂膜平稳。在 28℃ 时两个反应器均达到最大硝化速率,分别为 40 mgN/(L·h) 和 31 mgN/(L·h); 温度降至 8℃ 时,两个反应器的硝化速率分别为 18 mgN/(L·h) 和 8 mgN/(L·h)。包埋法相对于生物接触氧化法具有较强的抗低温能力。

b. 温度为 20~32℃,包埋硝化菌处理高氨氮废水时很容易形成亚硝酸盐型硝化。

参考文献:

[1] 谢斌,徐华,徐亚同. 硝化细菌的固定化研究[J]. 上海环境科学, 2003, 22(1): 19-23.

[2] JONES R D, HOOD M A. Effect of temperature, pH, salinity and inorganic nitrogen on the rate of ammonium oxidation by nitrifiers isolated from wetland[J]. Environments Microb Ecol, 1980, 6: 339-347.

[3] 王建龙. 生物固定化技术与水污染控制[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 15-28.

[4] 秦麟源. 废水生物处理[M]. 上海: 同济大学出版社, 1989: 108-110.

[5] 郑平, 徐向阳, 冯孝善. 固定化硝化细菌耐低温机理的研究[J]. 生物工程学报, 1997, 13(3): 334-338.

[6] ANTHONISEN A C. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid[J]. JWPCF, 1976, 4(5): 835-852.

[7] ROSTRON W M, STUCKEY D C, YOUNG A A. Nitrification of high strength ammonia wastewaters: Comparative study of immobilization media[J]. Wat Res, 2001, 35(5): 1169-1178.

[8] 高景峰, 彭永臻, 王淑莹. 温度对亚硝酸盐型硝化/反硝化的影响[J]. 高技术通讯, 2002(12): 88-93.

(收稿日期 2005-04-21 编辑: 傅伟群)

(上接第 59 页)

表 3 徐州市环境容量、入河量及削减量计算结果

河 段	环境容量/(t·a ⁻¹)		单位长度环境容量/(t·a·km ⁻¹)		入河量/(t·a ⁻¹)		削减量/(t·a ⁻¹)	
	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
奎 河	108.07	6.61	9.08	0.56	6434.77	954.44	6326.70	947.83
徐洪河	3574.88	123.70	83.33	2.88	9257.06	296.42	5682.18	172.72
徐沙河	0	0	0	0	9168.47	293.20	9168.47	293.20
复新河	2507.70	101.36	72.06	2.91	4265.68	118.19	1757.98	16.83
大沙河	-23.38	1.85	-0.50	0.04	218.20	7.88	241.58	6.03
顺堤河	5830.33	167.52	95.11	2.73	869.87	63.66	-4960.46	-103.86
郑集河	-19.23	1.52	-0.38	0.03	179.51	6.50	198.74	4.98
沿 河	857.82	42.91	67.55	3.38	1491.65	167.46	633.83	124.55
京杭运河 (湖西航道)	1763.90	72.60	32.10	1.30	1671.15	173.96	-92.75	101.36
不牢河 1	2849.78	117.02	130.13	5.34	10465.35	639.12	7615.57	522.10
不牢河 2	6557.68	253.94	153.22	5.93	10584.74	158.52	4027.06	-95.42
中运河	18812.98	708.21	559.08	21.05	29513.17	1203.22	10700.19	495.01
邳苍分洪道	-9.60	0.76	-0.28	0.02	89.57	3.25	99.17	2.49
城 河	-13.14	1.04	-0.44	0.03	122.64	4.42	135.78	3.38
房亭河	9553.29	241.33	144.75	3.66	5622.28	228.02	-3931.01	-13.31
老沐河	5702.53	222.55	162.00	6.32	5829.60	528.70	127.07	306.15
沂 河	3903.80	147.26	89.95	3.39	826.73	105.05	-3077.07	-42.21
废黄河	7447.76	228.10	620.65	19.01	1302.61	68.36	-6145.15	-159.74
合 计	69405.17	2438.28	2217.41	78.58	97913.05	5020.37	28507.88	2582.09

参考文献:

[1] 张永良, 刘哲培. 水环境容量综合手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991: 630-656.

[2] 国家环境保护局, 中国环境科学研究院. 总量控制技术手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 121-155.

[3] 程声通. 河流环境容量与允许排放量[J]. 水资源保护, 2002(2): 8-10.

[4] 孙卫红, 姚国金, 逢勇. 基于不均匀系数的水环境容量计

算方法探讨[J]. 水资源保护, 2001(2): 25-26.

[5] 周孝德, 郭珑, 程文, 等. 水环境容量计算方法研究[J]. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1-6.

[6] 龚若愚, 周源岗. 柳江柳州段水环境容量研究[J]. 水资源保护, 2001(1): 31-32.

[7] 逢勇, 程炜, 赵玉萍. 鹤地水库文官至石角段水环境容量研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2003, 31(1): 76-79.

[8] 叶长林, 吴新民. 浅析农业面源污染对新安江流域水质的影响[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(4): 158.

(收稿日期 2005-06-15 编辑: 傅伟群)