

# 淮河淮南、蚌埠段动态纳污能力分析

杨迪虎

(蚌埠水文水资源局 安徽 蚌埠 233022)

**摘要** 对淮河淮南、蚌埠段 4 个水功能区不同流量级条件下进行纳污能力计算,分析各水功能区的污染状况,结合相应河段污染物现状入河量,提出不同流量级情况下污染物总量控制方案及入河污染物削减量。

**关键词** 水功能区 纳污能力 总量控制 淮河

中图分类号 :X824 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2005)04-0056-04

## Dynamic pollution receiving capacity in Huainan-Bengbu section of the Huaihe River

YANG Di-hu

(Bengbu Bureau of Hydrology and Water Resources, Bengbu 230022, China)

**Abstract** Based on the calculation of pollution receiving capacity under different discharge conditions in four water function districts in the Huainan-Bengbu section of the Huaihe River, pollution status of each function district was analyzed. Schemes for total amount control of pollutants and decrease of amount of pollutants into the river under different discharge conditions were proposed according to the present amount of pollutants discharged into the river.

**Key words** water function district; pollution receiving capacity; total amount control; Huaihe River

淮河干流淮南市李嘴孜至蚌埠闸上 74 km 河段共划分为淮河淮南饮用水水源区、淮河淮南排污控制区、淮河淮南蚌埠过渡区、淮河蚌埠饮用水水源区四个水功能区。其中,淮南和蚌埠 2 个饮用水水源区内日取水量各约 40 万 t。具体情况见表 1。

进行多年调查监测,按 GB 888978—1996《污水综合排放标准》其他排污单位“一级排放标准 COD<sub>Cr</sub> 质量浓度为 100 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 质量浓度为 15 mg/L 计算等标污染负荷,统计结果见表 2。凤台以上无大的城镇直接排污入淮,其水质状况主要受上游及主要支流(颍河)来水影响,凤台以下有凤台、淮南、怀远 3 城区沿淮分布,其生产、生活产生的废污水大部分未经处理直接排入淮河,对淮河水质产生严重影响。

### 1 入河废污水现状

安徽省水文局组织对省籍淮河流域入河排污口

表 1 研究区域水功能情况

水功能区名称		所属区域	范围		水质代表断面	长度/km	水质管理目标
一级	二级		起始断面	终止断面			
淮河阜阳六安滁州开发利用区	淮河淮南饮用水水源区	淮南市	淮南市李嘴孜取水口上游 1.0 km	淮南饮用水源地保护标牌处	淮南公铁大桥	23	II—III 类
淮河阜阳六安滁州开发利用区	淮河淮南排污控制区	淮南市	淮南饮用水源地保护标牌处	大涧沟轮渡码头	大涧沟	5	暂不执行
淮河阜阳六安滁州开发利用区	淮河淮南蚌埠过渡区	淮南、怀远	大涧沟轮渡码头	怀远县马城镇	新城口	26	III 类
淮河阜阳六安滁州开发利用区	淮河蚌埠饮用水水源区	蚌埠	怀远县马城镇	蚌埠闸上	蚌埠闸上	20	II—III 类

基金项目 水利部科研资金资助项目(2002—95)

作者简介 杨迪虎(1969—)男,安徽安庆人,工程师,主要从事水环境监测与评价工作, E-mail: ydh6909@163.com

表2 安徽省淮河干流蚌埠闸上段水功能区入河污染物量

水功能区名	所属区域	废污水流量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	年入河量			等标污染负荷			
			废污水量/万 $\text{m}^3$	$\text{COD}_{\text{Cr}}/\text{t}$	$\text{NH}_3\text{-N}/\text{t}$	$P_c$	$P_n$	$P_c + P_n$	$P_c/P_n$
淮河淮南饮用水水源区	淮南市	1.936	6104.84	1502	52.7	15.0	3.5	18.5	4.3
淮河淮南排污控制区	淮南市	2.867	9040.06	10070	2914.6	100.7	194.3	295.0	0.5
淮河蚌埠饮用水水源区	怀远县	0.349	1099.38	11183	150.5	111.8	10.0	121.9	11.1

淮河淮南饮用水水源区废污水入河流量为  $1.936 \text{ m}^3/\text{s}$ , 污染物质  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  质量浓度为  $24.6 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  为  $0.9 \text{ mg/L}$  均为混合废污水, 直接排入该功能区, 河道水质主要受上游来水水质影响。

淮河淮南排污控制区入河流量为  $2.867 \text{ m}^3/\text{s}$ , 污染物质  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  质量浓度为  $111 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  为  $32.2 \text{ mg/L}$  90% 以上是混合废污水, 直接排入该功能区, 影响河道水质。

淮河蚌埠饮用水水源区入河流量为  $0.349 \text{ m}^3/\text{s}$ , 污染物质  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  质量浓度为  $1017 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  为  $13.7 \text{ mg/L}$  均为混合废污水, 直接排入该功能区, 影响河道水质。

分析表明, 污染最严重河段是淮河淮南排污控制区, 其等标污染负荷占淮河干流蚌埠闸上段等标污染负荷入河总量的一半以上, 对水体影响最大的污染物质是  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 其等标污染负荷约为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的 2 倍, 两个饮用水水源区均有废污水直接排入, 尤其是淮河蚌埠饮用水水源区等标污染负荷达 121.87, 仅次于淮河淮南排污控制区入河量, 不同之处在于它以化学需氧量污染为主, 淮河豫皖缓冲区、淮河凤台八公山过渡区和淮南蚌埠过渡区无点源废污水排入。

## 2 纳污能力计算

纳污能力是指水体在满足一定功能要求、设计水文条件和水环境目标下所允许容纳的污染物质, 与水体水力学特征、污染物性质、水质目标、排污口位置以及排污方式等诸多因素有关, 这些因素直接影响入流污染物的稀释降解能力以及污染物质在水体中的时空分布。规划水域纳污能力分析是水环境保护研究的关键技术, 是总量控制的依据。本文在水功能区划与水质保护目标确定的基础上, 通过对相关资料的统计分析, 并结合研究河段的实际情况, 确定水体纳污能力的计算原则, 选用适合的水质模型, 确定计算参数, 对拟控制的主要入河污染物  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  进行纳污能力计算, 提出污染限排意见。

### 2.1 计算公式

河道纳污能力计算采用一维河流水质模型。通常情况下, 对同一个水功能区划相应的河段而言, 污染物排放口不规则地分布于河流的不同断面, 功能区水流断面的浓度应将所有排污口产生的污染物浓度及上断面来水水质浓度进行叠加得到。考虑到此

项工作的复杂性, 且各城镇入河排污口相对集中在城区, 为简便计算, 将计算河段内的多个排污口概化为一个集中的排污口, 概化排污口位于河段中点处, 该集中点源自净长度为河段长的一半, 设河段长为  $L$ , 则对于河段下断面处有  $c_{x=L}$ :

$$c_{x=L} = c_0 \exp(-KL/u) + M/Q \exp(-KL/2u)$$

式中:  $c_{x=L}$  为水域下断面污染物浓度  $\text{mg/L}$ ;  $k$  为污染物的衰减系数,  $1/\text{s}$ ;  $u$  为河流的平均流速  $\text{mg/L}$ ;  $Q$  为设计流量  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $M$  为污染物最大允许入河速率  $\text{g/s}$ 。

则功能区纳污能力  $W_T$  为:

$$W_T = [c_s - c_0 \exp(-kL/u)] \exp(kL/2u) Q$$

根据监测断面的设计流量及 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{COD}$  各级标准限值  $c_s$  和各污染物在来水中的背景浓度  $c_0$ , 可计算相应河段纳污能力。

## 2.2 计算参数的确定

### 2.2.1 衰减系数 $k$ 值的率定

污染物综合衰减系数  $k$  是反映污染物沿河段长度变化的综合系数, 是计算河段水系纳污能力的一个重要参数, 与河段水力条件及污染物本身特性密切相关, 不同河段、不同流速、不同水温条件下衰减系数值不同, 其值一般通过实验获取, 并结合河段历史资料进行验证、调整, 以期得到比较合适的  $k$  值。

由于淮河流域水污染以有机污染为主, 主要污染物质为  $\text{NH}_3\text{-N}$  与  $\text{COD}$ , 选择淮河干流不同河段监测断面已有水质资料(含实验资料), 分不同流量、流速条件进行统计分析, 用下式计算  $k$  值:

$$k = \frac{86400u}{x} \ln\left(\frac{c_1}{c_2}\right)$$

式中:  $c_1, c_2$  分别为上、下断面污染物浓度  $\text{mg/L}$ ;  $u$  为河段内平均流速  $\text{m/s}$ ;  $x$  为河段长  $\text{m}$ 。

结果表明, 在一定流量级范围内 ( $Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 同一河段衰减系数随着水流流速的增大有增大的趋势。流量超过一定值,  $k$  值分布较散乱。在  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  流量以内,  $k$  值与河段内平均水流速度  $u$  的关系为

$$k = au + b$$

式中:  $a, b$  对应不同河段分别取不同的常数值。  $a$  的取值范围为  $0.4 \sim 0.8$ ,  $b$  的取值范围为  $0.04 \sim 0.08$ 。

本文取  $\text{COD}$  衰减系数  $k_c = 0.68u + 0.05$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  衰减系数  $k_n = 0.551u + 0.061$  (由淮河水利委员会实验资料统计)。

### 2.2.2 流量级划分

统计淮河鲁台子和吴家渡站 1950 ~ 2003 年共 54 年最枯月与最枯 3 个月的流量资料,按 P-III 型频率曲线的拟合计算不同保证率设计流量。研究河段处于鲁台子与吴家渡断面之间,在枯水季节二者之间无大的水量汇入。当设计流量很小时,考虑废污水入河量。经计算,河段多年平均流量为  $860 \text{ m}^3/\text{s}$ ,最枯 3 个月平均流量为  $198.26 \text{ m}^3/\text{s}$ ,最枯月均流量为  $106.72 \text{ m}^3/\text{s}$ ,75%、90% 和 95% 保证率下最枯月流量分别为  $46.69 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $25.16 \text{ m}^3/\text{s}$  和  $16.72 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

### 2.2.3 设计流速

因无研究河段的实测流速资料,只能根据其上、下游水文断面实测流量流速资料,用经验公式  $u = \alpha Q^\beta$  配线,推算河段平均流速。河段某一设计保证率流速,取该河段上、下游水文站同一保证率流速的平均值。因受河道地形环境差异与人为活动等影响,在进行纳污能力计算时,根据计算河段具体情况适当调整,使河段平均流速更接近实际状况。

上游鲁台子断面:  $u = 0.0009Q^{0.92}$

下游吴家渡断面:  $u = 0.0008Q^{0.8591}$

式中:  $u$  为流速,  $\text{m}/\text{s}$ ;  $Q$  为流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\alpha$ 、 $\beta$  为经验

系数。

### 2.2.4 背景浓度 $c_0$ 与水质目标值 $c_s$

背景浓度  $c_0$  取上游功能区水质目标值和本功能区水质目标值中的小者。

水功能区水质目标是纳污能力计算的基本依据,其取值的大小直接影响纳污能力的大小。确定水质目标值时,以水功能区水质管理目标为基本依据,在水功能区水质类别相应的取值范围内,综合考虑与其相邻的上、下游水功能区的相互关系。本文研究的 4 个水功能区中有 3 个水质管理目标为 III 或 II ~ III 类,1 个排污控制区暂不执行水质管理目标,考虑到其下游水体功能,实际上也按 III 类标准控制,故在计算中 4 个水功能区的水质目标值全部取 III 类。

### 2.3 计算结果

由前述公式及确定的各项参数,计算各水功能区不同流量级条件下纳污能力(表 3),结果表明:当上游来水化学需氧量浓度和  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度低于 GB 3838—2002 中 III 类标准上限值,研究河段纳污能力随流量的增大而增大,河段越长,增大的速率越快。

对于同一河段,随着来水中污染物质浓度的增大,纳污能力直线下降,下降的快慢程度与流量(流

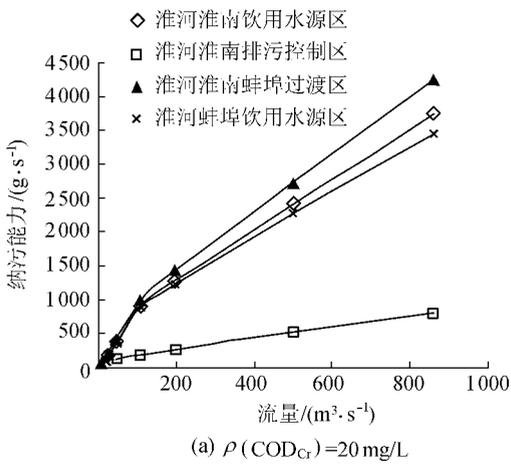
表 3 不同流量条件下纳污能力及削减量

水功能区	污染物入河量 ( $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ )		流量级	设计流量 ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )	设计流速 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	衰减系数 $k$		纳污能力/ ( $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ )		控制量/ ( $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ )		削减量/ ( $\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ )		削减率/%		
	一级	二级				$k_c$	$k_n$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	
淮河 阜阳 六安 滁州 开发 利用 区	淮河 淮南 饮用 水水 源区	47.6	1.68	最枯月 95%	17	0.011	0.057	0.067	115	13.8	0	0	47.6	1.68	100	100
				最枯月 90%	25	0.015	0.060	0.069	183	21.5	0	0	47.6	1.68	100	100
				最枯月 75%	47	0.026	0.068	0.076	383	36.5	0	0	47.6	1.68	100	100
				最枯月均	107	0.055	0.088	0.091	908	47.4	0	0	47.6	1.68	100	100
				最枯 3 月均	198	0.096	0.115	0.114	1273	62.8	0	0	47.6	1.68	100	100
				500	0.220	0.200	0.182	2421	110.0	0	0	47.6	1.68	100	100	
860	0.358	0.294	0.258	3760	165.0	0	0	47.6	1.68	100	100					
淮河 阜阳 六安 滁州 开发 利用 区	淮河 淮南 排污 控制 区	319	92.4	最枯月 95%	17	0.011	0.057	0.067	106	6.2	106	6.2	214	86.2	66.9	93.3
				最枯月 90%	25	0.015	0.060	0.069	116	6.7	116	6.7	203	85.7	63.6	92.8
				最枯月 75%	47	0.026	0.068	0.076	140	7.8	140	7.8	180	84.7	56.3	91.6
				最枯月均	107	0.055	0.088	0.091	196	10.2	196	10.2	123	82.2	38.6	88.9
				最枯 3 月均	198	0.096	0.115	0.114	276	13.6	276	13.6	44	78.8	13.7	85.3
				500	0.220	0.200	0.182	525	24.0	319	24.0	0	68.5	0	74.1	
860	0.358	0.294	0.258	816	35.9	319	35.9	0	56.5	0	61.2					
淮河 阜阳 六安 滁州 开发 利用 区	淮河 淮南 蚌埠 过渡 区	0	0	最枯月 95%	17	0.011	0.057	0.067	115	13.8	0	0	0	0		
				最枯月 90%	25	0.015	0.060	0.069	183	21.5	0	0	0	0		
				最枯月 75%	47	0.026	0.068	0.076	383	41.6	0	0	0	0		
				最枯月均	107	0.055	0.088	0.091	1029	53.7	0	0	0	0		
				最枯 3 月均	198	0.096	0.115	0.114	1440	71.1	0	0	0	0		
				500	0.220	0.200	0.182	2738	125.0	0	0	0	0			
860	0.358	0.294	0.258	4253	187.0	0	0	0	0							
淮河 阜阳 六安 滁州 开发 利用 区	淮河 蚌埠 饮用 水水 源区	355	4.76	最枯月 95%	17	0.009	0.056	0.066	113	13.6	0	0	355	4.76	100	100
				最枯月 90%	25	0.013	0.059	0.068	178	21.1	0	0	355	4.76	100	100
				最枯月 75%	47	0.022	0.065	0.073	365	37.2	0	0	355	4.76	100	100
				最枯月均	107	0.044	0.080	0.085	901	48.1	0	0	355	4.76	100	100
				最枯 3 月均	198	0.075	0.101	0.102	1239	62.8	0	0	355	4.76	100	100
				500	0.167	0.163	0.153	2273	106.0	0	0	355	4.76	100	100	
860	0.266	0.231	0.207	3463	156.0	0	0	355	4.76	100	100					

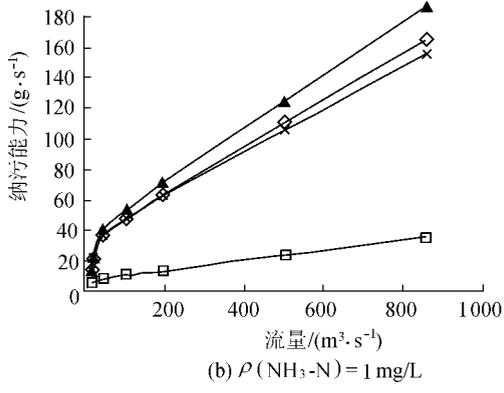
注:  $c_0(\text{COD}_{\text{Cr}}) = 20 \text{ mg}/\text{L}$ ,  $c_s(\text{COD}_{\text{Cr}}) = 20 \text{ mg}/\text{L}$ ,  $c_0(\text{NH}_3\text{-N}) = 1.0 \text{ mg}/\text{L}$ ,  $c_s(\text{NH}_3\text{-N}) = 1.0 \text{ mg}/\text{L}$ 。

速)大小相关,流量越大,下降越快,来水中污染物质浓度超过一定值(小于最大允许值)时,随着流量的增大,纳污能力先增大后再减小。

图1为各水功能区不同流量条件下,当来水 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})=20\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})=1\text{ mg/L}$ 时两者的纳污能力示意图。



(a)  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})=20\text{ mg/L}$



(b)  $\rho(\text{NH}_3\text{-N})=1\text{ mg/L}$

图1 不同流量条件下各水功能区纳污能力

### 3 污染物控制量与削减量确定

以水功能区为基本单元,结合流域水资源时空分布特征及当地不同时段过境水资源量,综合考虑所在区域人口、经济等情况,将污染物入河量进行合理的控制,在保证水体功能前提下,合理利用水体纳污能力,降低治污成本。若不能达到水质要求,则在可能的情况下采取对上游来水水质提出更高要求、调整本地产业结构、控制城镇规模和人口数量等措施,做到在发展经济的同时不破坏环境。

研究区域有3种类型的水功能区,分别是饮用水水源区、过渡区和排污控制区。对于不同类型的水功能区,污染物入河总控制量、削减量确定原则不同。饮用水水源区作为省界敏感水域及关系居民饮水安全的重点水域,控制入河量为0,即不允许排污,现有入河量需全部削减。过渡区分两种情况,若

水功能区现状水质符合水质管理目标要求,则以污染物现状入河量进行控制,即维持现状不变,削减量为0。若水功能区现状水质劣于目标水质,则污染物入河量按纳污能力进行控制。需要说明的是,排污控制区虽暂不实行水质目标的管理,但考虑到下游功能区水质目标的实现,将其同下游水功能区一起综合考虑。根据上述原则,结合前面计算的纳污能力,可确定各水功能区不同流量级、不同来水水质条件下污染物入河控制总量及削减量(表3)。结果表明,淮河蚌埠排污控制区由于污染物现状入河量占市区污染物入河总量的90%以上,而且降解河长较短,污染物削减任务很重,不同流量情况下 $\text{NH}_3\text{-N}$ 削减率均在60%以上, $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 削减率0~70%之间;淮南饮用水水源区和蚌埠饮用水水源区需对两项污染物全部削减,关闭现有入河排污口,淮南蚌埠过渡区 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 削减率在不同流量情况下均无需采取削减措施。

### 4 结论

本文采用传统的方法,分析计算了不同流量级、不同衰减系数条件下淮河蚌埠、蚌埠段4个水功能区动态纳污能力,结合相应河段污染物现状入河量,在保证水体功能前提下,提出了污染物排放总量控制方案,为淮河干流治污与防污调度提供了较为具体的、量化的参照依据。对同一河段,随来水中污染物质浓度的增大,纳污能力直线下降,下降的快慢程度与流量(流速)大小相关,流量越大,下降越快。污染物质浓度超过一定值(小于最大允许值——可通过本河段入河污染物质的削减而达标的污染物质浓度)时,随着流量的增大,纳污能力先增大后再减小。在实际防污调度工作中应充分考虑纳污能力随流量而变化的特点,合理利用水体纳污能力,降低治污成本。

对水体进行污染物排放总量控制,是实现各功能区水质管理目标、进行防污调度的参考依据,便于实施与管理,可操作性强。

本文进行纳污能力与削减量计算时,假设各水功能区的入河排污口集中在河段中点处,实际情况不可能完全如此,加上混合区的必然存在,因此,真正的纳污能力与计算结果会有差异,且不可能被充分利用。受多种复杂多变的因素影响,使得水体纳污能力的研究、确定工作十分复杂,本文研究成果还需要在实践中进行检验。

(收稿日期 2004-12-02 编辑:傅伟群)