

鳌江平阳段纳污能力分析及其总量控制预测

邢文刚¹, 张国华¹, 俞双恩¹, 殷为东²

(1. 河海大学现代农业工程系, 江苏 南京 210098 2. 浙江省平阳县水利局, 浙江 昆阳镇 325400)

摘要 在分析鳌江平阳段水质状况的基础上, 指出主要超标因子为溶解氧、化学需氧量、高锰酸盐指数和非离子氨等。根据满足该江段相应水功能区水质目标的要求, 由设计流量及有关参数计算出水体纳污能力。在对污染物进行预测的基础上, 提出了鳌江平阳段各功能区在 2010 年、2020 年、2030 年的 COD_{Cr} 总量控制方案, 为水资源保护与管理提供科学依据。

关键词 纳污能力; 污染控制; 水质; 鳌江

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)01-0073-04

Analysis of water environment capacity and total quantity control prediction in Pingyang section of Aojiang River

XING Wen-gang¹, ZHANG Guo-hua¹, YU Shuang-en¹, YIN Wei-dong²

(1. Department of Modern Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Pingyang Water Resources Bureau in Zhejiang Province, Pingyang 325400, China)

Abstract Based on the analysis of water quality in Pingyang section of Aojiang River, it is pointed out that the main pollution indices are DO, COD, potassium permanganate index, nonionic ammonia, etc. According to water quality requirement of the function districts in the section, the water environment capacity was calculated with the design flux and relevant parameters. Based on contamination prediction, the gross COD_{Cr} control scheme for the years of 2010, 2020, and 2030 in each water function districts in Pingyang section of Aojiang River was proposed, providing a scientific basis for water resources protection and management.

Key words water environment capacity; contamination control; water quality; Aojiang River

鳌江位于浙江省东南部, 是省内 8 条主要河流之一, 也是全国三大涌潮江之一。鳌江干流全长 82.47 km(不含河口段长 10 km), 发源于浙江省文成县桂山乡吴地山南麓, 源头在桂库, 流域总面积 1 521.49 km², 其中平阳县辖区有 894.5 km², 干流总落差 836 m。平阳县东临东海, 西毗文成县, 南接苍南县, 北临瑞安市, 总面积 1 051 km²。全县地貌以火山形成为主, 其次为沉积地貌, 类型较复杂, 有中山、低山、丘陵、谷地、平原、江河、滩涂、岛礁等, 山地、丘陵占总面积的 45.23%。全县年均降雨量自西向东逐渐递减, 陆地多于海岛, 径流年内分配呈双峰型, 年际变化较大, 年最大径流深 2 634 mm, 最小 853 mm, 前者是后者的 3.09 倍^①。

近年鳌江水系各监测站水质均低于规定水域功能标准, 水质类别仅为 IV 类或超 V 类, 总体平均污染指数为 2.38, 其主要污染断面江屿污染分担率为 92.29%。鳌江水系的水质状况严重威胁两岸人民的生活和生产, 已引起各级政府部门的高度重视, 尤其是水头镇的“皮革污染”更引起了媒体的关注。因此有必要根据水功能区划和水质管理目标, 计算水体纳污能力, 提出各功能区的污染总量控制方案, 为该水域水资源保护和管理提供科学依据。

1 水环境现状

参照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》, 以非离子氨为定类项目, 对鳌江平阳段的埭头、江屿、

作者简介 邢文刚(1962—)男, 辽宁朝阳人, 副研究员, 主要从事农田水利及水资源保护的研究。E-mail: simon@hhu.edu.cn

① 平阳县水利水电局. 平阳县水资源开发利用现状与规划. 2001.

方岩渡、江口渡 4 个控制断面水质进行总体评价。结果表明, 鳌江平阳段枯水期水质类别总体为劣 V 类水, 丰水期为 IV 类水, 平水期为 V 类水, 全年平均水质类别为 V 类水, 都不能满足水功能区的水质目标要求, 主要超标因子为溶解氧、化学需氧量、高锰酸盐指数和非离子氨。

根据《浙江省水功能区划》, 鳌江平阳段水功能区划分为源头水保护区、农业工业用水区、农业用水区、工业农业用水区 4 个区, 各功能区的范围及相应水质目标见表 1。

表 1 鳌江平阳段水功能区划

水功能区名称	起始断面	终止断面	长度/km	水质目标
(顺溪) 源头水保护区	桂库村上游	东门	30.2	I
(北港) 农业工业用水区	东门	显桥	11.6	III
农业用水区	显桥	西炉 104 公路桥	14.9	III
工业农业用水区	西炉 104 公路桥	仙人岩	24.3	III

2 水体纳污能力计算

2.1 水质模型

水体的纳污能力是指在水域使用功能不受破坏的条件下接纳污染物的最大数量, 即在一定设计水量条件下, 满足水功能区水环境标准要求的污染物最大允许负荷量。控制标准以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的相应级别表达, 考虑到鳌江平阳段首要污染物为 COD_{Cr} , 故控制污染物采用 COD_{Cr} 。

鳌江自源头桂库至詹家埠一段为非感潮江段, 对应的河段断面形状变化不大, 忽略不灵敏因子纵向分散的作用, 采用一维水质数学模型:

$$C(x) = C_0 \exp(-k \times x/u)$$

式中: $C(x)$ 为控制断面污染物质量浓度, mg/L ; C_0 为起始断面污染物质量浓度, mg/L ; k 为污染物综合自净系数, k 值一般以 L/d 表示, 计算时换算成 L/s ; x 为排污口下游断面距控制断面纵向距离, m ; u 为设计流量下岸边污染带的平均流速, m/s 。

詹家埠至狮子口(新美洲)一段为感潮江段, 采用一维迁移方程, 水力参数取潮汐半周期的平均值, 变为稳定情况来求解, 即认为排污口是定常量排放,

且 $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$, 方程的解为

$$\text{涨潮时: } C(x) = \frac{C'_0}{M} \exp\left(\frac{u}{2E_x}(1+M)x\right)$$

$$\text{落潮时: } C(x) = \frac{C'_0}{M} \exp\left(\frac{u}{2E_x}(1-M)x\right)$$

其中, $C'_0 = \frac{[m]}{Q_h + Q_r}$, $M = \sqrt{1 + 4K_p E_x / u^2}$, E_x 为纵向离散系数, m^2/s ; K_p 为污染物降解系数; Q_h 为上游来水流量, m^3/s ; Q_r 为排污口或支流汇入流量, m^3/s ; $[m]$ 为污染物质量, mg 。

不同功能区相互衔接时, 计算纳污能力的关键在于入、出流断面浓度的取值^[1]。对源头水保护区和农业工业用水区, 出流断面浓度取本功能区水质标准; 入流断面浓度受制于本功能区与上游功能区的相互关系, 取上游功能区出水水质浓度。

2.2 水质模型参数确定

依据《平阳县环境质量报告书(1996—2000)》, 起始断面污染物浓度 C_0 取上游河段水质目标值。水质目标以河段水功能区所定管理水质目标值作为控制标准, 确定目标值时, 以功能区类别为基本依据, 见表 1。污染物综合自净系数 K 是计算水体纳污能力的重要参数, 它体现污染物自身的变化, 也体现环境对污染物的影响^[2-4]。一般该系数采用自然条件下的实测资料率定, 本次计算采用实测资料和经验公式综合确定。设计流量参照 GB 3839—83《制订地方水污染物排放标准的技术原则与方法》, 选用保证率为 90% 的最枯月平均流量。

通过计算, 源头水保护区、农业工业用水区、农业用水区、工业农业用水区在 2010 年、2020 年、2030 年的纳污能力分别为 748 t, 1942 t, 2135 t 和 2599 t。

3 污染物预测

3.1 不同水平年污染物排放量和入河量预测

a. 工业废污水排放量预测。依据当地国民经济统计资料, 鳌江平阳现状年万元产值工业用水量为 $14.4 m^3$, 工业总产值为 188.06 亿元, 工业废污水排放量为 1283 万 t。由各水平年的工业总产值, 通过下面公式计算不同水平年工业废污水排放量, 见表 2。

$$Q_i = \frac{W_0}{V_0} V_i P_i$$

式中: Q_i 为 i 水平年工业废水排放量, m^3 ; W_0 为现状年万元产值工业废水排放量, m^3 ; V_0 为现状年万元产值工业用水量, 为 $14.4 m^3$; V_i 为 i 水平年万元产值工业用水量, m^3 ; P_i 为 i 水平年工业总产值, 万元。

随国家强制节水政策的进一步出台, 生产工艺的改进和节水意识的加强, 未来年份万元产值工业用水量将呈逐渐下降的趋势, 根据当地经济发展水平, 估算 2010 年、2020 年、2030 年的万元产值工业用水量为 $13.0 m^3$, $12.5 m^3$ 和 $12.0 m^3$, 各年的工业总产值见表 2。

表 2 鳌江平阳段污染物排放量及入河量预测

水功能区名称	水平年	人口/万人	工业产值/亿元	废污水			COD _{Cr}				
				排放量/万 t		入河量/万 t	排放量/t			入河量/t	
				工业	生活		合计	工业	生活		合计
(顺溪)源头水保护区	2002	15.03	7.59	52	292	343	309	495	1313	1808	1627
	2010	15.53	18.66	114	438	552	276	683	1970	2653	1326
	2020	16.42	48.40	286	521	807	242	857	2347	3203	961
	2030	17.44	104.50	593	596	1188	119	593	2681	3273	327
(北港)农业工业用水区	2002	20.24	49.46	336	393	729	656	3226	1768	4993	4494
	2010	20.92	121.59	742	589	1331	666	4450	2653	7103	3551
	2020	22.12	315.38	1861	702	2563	769	5582	3160	8742	2623
	2030	23.49	680.89	3861	802	4663	466	3861	3610	7471	747
农业用水区	2002	13.86	37.58	256	269	525	472	2451	1211	3661	3295
	2010	14.32	92.39	564	404	967	484	3381	1817	5198	2599
	2020	15.15	239.64	1414	481	1895	568	4242	2164	6406	1922
	2030	16.08	517.36	2933	549	3483	348	2933	2472	5406	541
工业农业用水区	2002	33.33	93.37	635	647	1282	1154	6089	2911	9000	8100
	2010	34.44	229.53	1400	971	2371	1185	8401	4368	12769	6385
	2020	36.42	595.36	3513	1156	4669	1401	10538	5204	15742	4722
	2030	38.68	1285.34	7288	1321	8609	861	7288	5945	13233	1323

b. 生活污水量预测。计算公式：

$$Q = 0.365A \times \frac{f}{F_0} \times F$$

式中 0.365 为单位换算系数； Q 为生活污水量，万 m^3 ； f 为现状年人均日生活污水量， $L/(人 \cdot d)$ ； F_0 为现状年人均日生活用水量，取 $190 L/(人 \cdot d)$ ； F 为各水平年人均日用水量， $L/(人 \cdot d)$ ； A 为水平年人口数，万人。

随人民生活水平的不断提高，人均用水量呈上升趋势，参照发达国家人均用水量指标，依据当地经济发展规划，估计 2010 年、2020 年、2030 年人均日用水量将分别达到 $231 L/(人 \cdot d)$ 、 $244 L/(人 \cdot d)$ 和 $256 L/(人 \cdot d)$ ；年人均生活污水量按用水量的 80% 估算。

根据《浙江省地表水水环境容量测算与核定》污染源基础数据调查表(平阳县部分)，现状水平年工业废污水中 COD_{Cr} 平均排放质量浓度为 $959 mg/L$ ，依据 GB8978—1996《污水综合排放标准》，重点参考皮革行业 COD_{Cr} 排放标准，确定 2010 年、2020 年、2030 年的工业废污水中 COD_{Cr} 平均排放质量浓度分别为 $600 mg/L$ 、 $300 mg/L$ 、 $100 mg/L$ ；生活污水中 COD_{Cr} 平均排放浓度为 $450 mg/L$ ，依据《浙江省地表水水环境容量测算与核定》污染源基础数据调查表(平阳县部分)鳌江平阳段现状条件下的入河系数约为 0.9。在拟订规划水平年的入河系数时，参照《平阳县给排水管网规划》和《平阳县产业布局规划》，同时考虑将来城市化和城市规划发展导致的入河系数呈变小的趋势，2010 年、2020 年和 2030 年的入河系数分别取 0.5、0.3 和 0.1。根据相应的入河系数计算出各水平年污染物入河量，结果见表 2。

3.2 污染物控制量与削减量

水功能区规划水平年的污染物入河量与相应的

纳污能力之差，即为该水功能区规划水平年的污染物入河削减量。水功能区规划水平年的污染物入河削减量除以入河系数，即可得到水功能区的排放削减量。当水功能区规划水平年的污染物入河量预测结果小于纳污能力时，为有效控制污染物入河量，应制定水功能区污染物入河控制量。制定入河控制量时，应考虑水功能区水质状况、水资源可利用量、经济与社会发展现状及人口增长和经济社会发展对水资源的需求等。水功能区规划水平年的污染物入河控制量除以入河系数，即可得到功能区的排放控制量，计算结果见表 3。

4 结 论

a. 预测到 2010 年、2020 年、2030 年，鳌江(顺溪)平阳源头水保护区废污水排放总量将分别达到 552 万 t、807 万 t、1188 万 t， COD_{Cr} 排放量将分别达到 2653 t、3203 t、3273 t；鳌江(北港)平阳农业工业用水区废污水排放总量将分别达到 1331 万 t、2563 万 t、4663 万 t， COD_{Cr} 排放量将分别达到 7103 t、8742 t、7471 t；鳌江平阳农业用水区废污水排放总量将分别达到 967 万 t、1895 万 t、3483 万 t， COD_{Cr} 排放量将分别达到 5198 t、6406 t、5406 t；鳌江平阳工业农业用水区废污水排放总量将分别达到 2371 万 t、4669 万 t、8609 万 t， COD_{Cr} 排放量将分别达到 12769 t、15742 t、13233 t。

b. 鳌江平阳段 COD_{Cr} 的主要来源是工业废水和生活污水。根据污染物总量控制方案，到 2030 年，鳌江(顺溪)平阳源头水保护区 COD_{Cr} 入河控制量应控制在 327 t，排放量应控制在 3273 t；鳌江(北港)平阳农业工业用水区 COD_{Cr} 入河控制量应控制在 747 t，排放

表3 鳌江平阳段污染物入河总量、排放量控制结果

水功能区名称	水平年	废污水排放总量 /万 t	COD _{Cr} /t						
			排放量	入河量	纳污能力	入河控制量	入河削减量	排放控制量	排放削减量
(顺溪)源头水保护区	2002	343	1808	1627	748		879		976
	2010	552	2653	1326	748		578		1156
	2020	807	3203	961	748		213		709
	2030	1188	3273	327	748	327		3273	
(北港)农业、工业用水区	2002	729	4993	4494	1942		2552		2836
	2010	1331	7103	3551	1942		1610		3219
	2020	2563	8742	2623	1942		681		2270
	2030	4663	7471	747	1942	747		7471	
农业、工业用水区	2002	525	3661	3295	2135		1160		1289
	2010	967	5198	2599	2135		464		927
	2020	1895	6406	1922	2135	1922		6406	
	2030	3483	5406	541	2135	541		5406	
工业农业用水区	2002	1282	9000	8100	2599		5501		6112
	2010	2371	12769	6385	2599		3786		7572
	2020	4669	15742	4722	2599		2124		7079
	2030	8609	13233	1323	2599	1323		13233	

量应控制在 7471 t,鳌江平阳农业用水区 COD_{Cr}入河控制量应控制在 541 t,排放量应控制在 5406 t,鳌江平阳工业农业用水区 COD_{Cr}入河控制量应控制在 1323 t,排放量应控制在 13233 t。因此必须加大对 COD_{Cr} 等有机物的控制、处理力度,才能达到控制目标。应根据水资源保护法规,依法治水,建立统一、高效、协调的水资源保护管理体制,加强流域水资源管理,加强入河排污口设置的管理,结合水域功能,逐步开展对排污口设置的审批工作,加强水资源保护的舆论宣传和监督,注重水资源保护与管理的科学研究,努力实现水资源可持续利用,支持经济社会

的可持续发展。

参考文献:

[1] 韩龙喜,朱党生,蒋丽华.中小型河道纳污能力计算方法研究[J].河海大学学报:自然科学版,2002,30(1):35-38.
 [2] 朱党生,王超,程晓冰.水资源保护规划理论及技术[M].北京:中国水利水电出版社,2000:145-160.
 [3] 韩龙喜,朱党生,姚琪.宽浅河道纳污能力计算方法[J].河海大学学报:自然科学版,2001,29(4):72-75.
 [4] 毛媛媛,王锡冬.江苏省淮河流域纳污能力浅析[J].水资源保护,2003(3):13-15.

(收稿日期 2004-12-24 编辑:傅伟群)

(上接第 72 页)

水资源缺乏将成为唐海县发展的主要制约因素。

3.3 唐海县水资源决策

分别计算 10 种方案的水资源承载力指数,结果见表 4。

表 4 唐海县水资源承载力指数

策略	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	E
原始策略	0.0963	0.0943	0.0852	0.0772	0.0663	0.0712	0.4905
策略 1	0.0997	0.0943	0.0893	0.0800	0.0663	0.0711	0.5007
策略 2	0.1110	0.0943	0.0939	0.1200	0.0663	0.0711	0.5566
策略 3	0.0963	0.0943	0.0864	0.0772	0.1256	0.1342	0.6140
策略 4	0.0963	0.1086	0.1027	0.0772	0.0663	0.1039	0.5550
策略 5	0.0963	0.0943	0.0852	0.1614	0.0663	0.0161	0.5205
策略 6	0.0963	0.0943	0.0852	0.0772	0.1500	0.1596	0.6635
策略 7	0.0963	0.0943	0.0852	0.0772	0.1300	0.1200	0.6039
策略 8	0.0963	0.1048	0.1375	0.0772	0.0663	0.0761	0.5582
综合策略	0.1155	0.1264	0.1496	0.1756	0.1964	0.1769	0.9404

分析表 4:①如果按原始策略发展,2010 年其水

资源承载力指数最小, E₀ = 0.4905。与 E₀ 相比较,各策略下水资源承载力指数分别高于 E₀ 的倍数为 1.021, 1.135, 1.252, 1.131, 1.059, 1.351, 1.229, 1.138 和 1.917。可见,按综合对策发展,2010 年水环境承载力指数最大,可有效解决水环境与经济社会发展的矛盾。②策略 6(消减万元产值 COD 排放量)仅次于综合策略,说明当前造纸厂对唐海县水资源质量影响较大,应控制其排污量。

参考文献:

[1] 朱传凤,赵和平.用空气污染指数评价城市空气质量[J].甘肃环境研究与检测,1998(2):30-31.
 [2] 崔凤军.城市水环境承载力及其实证研究[J].自然资源学报,1998(1):58-62.
 [3] 吴伟,张剑峰.沈阳市水资源供需分析及可持续利用战略研究[J].水资源保护,2004,20(3):40-42.

(收稿日期 2004-12-08 编辑:傅伟群)