

东江源水功能区纳污能力及入河控制负荷研究

詹晓群

(江西省水利规划设计研究院,江西 南昌 330029)

摘要:水功能区纳污能力及限制排污总量研究是东江源区水资源保护规划的重要工作内容。根据《江西省地表水(环境)功能区划》和《赣州市地表水功能区划》,结合东江源水质现状、污染源类型及特点,分别采用一维、二维非稳态模型和湖库均匀混合衰减模型计算源区水功能区纳污能力,核定限排总量:(1)COD和氨氮纳污能力分别为1246.23 t/a和103.35 t/a;(2)COD和氨氮限排总量分别为819.24 t/a和97.84 t/a;(3)COD现状入河量为1235.40 t/a,氨氮现状入河量为1116.60 t/a,COD和氨氮入河量削减率分别为34.37%和91.89%,需削减污染物的功能区有17个,占全部功能区的比例为94%。东江源区主要污染指标为氨氮,削减量较大的是寻乌水寻乌保留区,污染源为矿坑迹地,寻乌和定南城区河段的工业污染也较为严重,源区内2个工业用水区均需大幅削减排污量。研究成果可对东江源区水污染防治工作提供借鉴。

关键词:东江源区;水功能区;纳污能力;限排总量

中图分类号:X321 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2018)06-0445-06

0 引言

近年来,随着水资源环境的恶化,纳污能力及总量分配的工作得到社会的普遍关注,成为环境管理与规划的重点内容。早在1992年叶文虎^[1]等人就提出了环境承载力及其科学意义的研究;Daily^[2]等学者也进行了人口、可持续发展和地球容量的关系研究。2002年《中国大百科全书·环境科学》中正式提出了环境纳污能力的概念,程声通在《河流环境容量与允许排放量》^[3]中,指出环境容量的大小与环境自身特征和污水的排放方式有关。水域纳污能力是科学合理制定水污染控制规划的基础,也是验证水功能区划的重要依据。

东江是珠江三角洲和香港地区的主要饮水水源,东江水源区生态环境质量直接影响珠江三角洲和香港地区的用水安全。本文在《江西省地表水(环境)功能区划》和《赣州市地表水功能区划》的基础上,针对源区的水体污染特点与分布,对各功能区的水体纳污能力进行计算分析;结合地区经济发展趋势确定了污染物入河控制量,划定了寻乌水马蹄河寻乌工业用水区、定南水下历河定南工业用水区和寻乌水寻乌保留区为水资源保护重点控制区域,并提出了污染物限制排放总量意见。

1 水功能区划分及基本状况

东江源区寻乌水和定南水共划分了18个水功能区^[4],其中自然保护区3个75.0 km,保留区8个307.5 km,缓冲区2个18.8 km,开发利用区3个34.8 km。开发利用区中又划分为工业用水区2个18.8 km,饮用水源区3个16.0 km。所划分的功能区河段总长为430.25 km,开发利用区占总河长的8.1%,工业用水区则仅占总河长的4.4%,主要分布在县城河段。

东江源区水质达标的有13个功能区,占72%;水质不能达标的有5个功能区,占28%。其中,寻乌石排下游河段、定南城区下游河段和定南水砂头河段为劣V类水,属严重污染;寻乌斗晏出境水为V类水,属重度污染;寻乌县城下游和定南长滩出境水为IV类水,属轻度污染。主要水库水质状况为:达标7个,占总数64%;不达标4个,占总数36%。不达标功能区中受轻度污染2个,严重污染2个。

各水功能区主要污染物COD和氨氮的入河量分别为1235.4万t和1116.8万t。COD主要来源于城镇生活污水和农业污染,分别占总量的47.5%和27.2%,采矿迹地污染主要指标为氨氮,占总量的44.2%,工农

业氨氮污染也不容忽视,均占总量的23.5%。

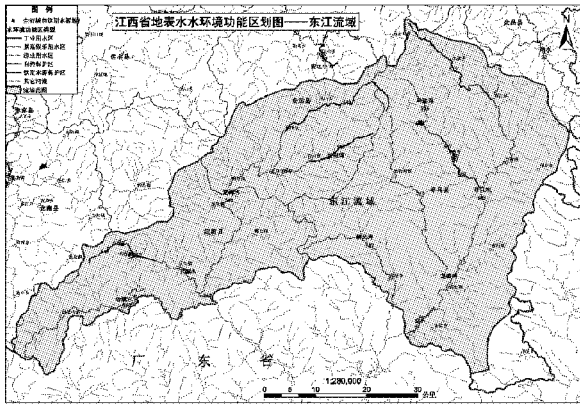


图1 东江流域地表水功能区划图

2 纳污能力计算

2.1 计算范围与内容

水域纳污能力是指在设计水文条件下,满足水功能区水质目标要求时,该水域所能容纳的某种污染物的最大数量^[5]。纳污能力是根据各水功能区的设计条件和水质目标,选择适当的水量水质模型进行计算。

本次纳污能力计算范围与水功能区划范围相一致,对所有区划的18个功能区进行纳污能力计算,同时根据区域水质现状和水污染的特点,计算控制指标确定为化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)。

2.2 数学模型选用^[6]

根据模型适用条件,结合各河流的具体情况,水质数学模型选用见表1。

表1 水功能区水质数学模型选用统计表

水质数学模型	模型适用条件	选用模型河流
河流一维模型	适用于污染物在横断面上均匀混合的中、小型河段	非城市段河流
河流二维模型	适用于污染物非均匀混合的河段	城市段河流
湖(库)均匀混合模型	适用于污染物均匀混合的中小型湖(库)	马蹄河寻乌九曲湾水库、下历水蕉坑迳河定南蕉坑迳水库、下历水铁炉河定南铁炉水库

(1)河流一维模型。对宽深比不大的中小型河道,污染物排放到水体后,在较短纵向距离的河段内基本上能在断面内达到均匀混合状态,污染物浓度在断面上横向变化不大,可用一维水质数学模型模拟污染物沿河流纵向的迁移转化规律^[7],入河排污口概化为河段的中

部,水功能区下断面的污染物浓度按式(1)计算:

$$C_s = C_0 \exp(-KL/u) + \frac{m}{Q} \exp(-KL/2u) \quad (1)$$

相应的水域纳污能力按式(2)计算:

$$M = (C_s - C_0)(Q + Q_p) \quad (2)$$

式中: m 为污染物入河速率,g/s; C_s 为水功能区下断面污染物浓度,mg/L; C_0 为水功能区污染物初始浓度值,mg/L; K 为污染物综合衰减系数, s^{-1} ; L 为功能区长度,m; u 为设计流量下河道断面的平均流速,m/s; Q 和 Q_p 分别为初始断面的人流流量和废污水排放流量, m^3/s 。

(2)河流二维模型。适用于污染物非均匀混合的大型河段。对于顺直河段,忽略横向流速及纵向离散作用,且污染物排放不随时间变化时,二维对流扩散方程为:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - KC \quad (3)$$

式中: E_y 为污染物的横向扩散系数, m^2/s ; y 为计算点到岸边的横向距离,m。

河道断面为矩形,可用解析法求解:

$$C(x,y) = \left[C_0 + \frac{m}{h \sqrt{\pi E_y x v}} \exp\left(-\frac{v}{4x} \cdot \frac{y^2}{E_y}\right) \right] \exp\left(-K \frac{x}{v}\right) \quad (4)$$

式中: $C_{(x,y)}$ 为纵向距离为 x 的断面岸边($y=0$)污染物浓度,mg/L; v 为设计流量下计算水域的平均流速,m/s; h 为设计流量下计算水域的平均水深,m;

相应的水域纳污能力按式(5)计算。

$$M = [C_s - C(x,y)]Q \quad (5)$$

(3)湖库均匀混合衰减模型。小湖(库)(平均水深 ≤ 10 m,水面 ≤ 5 km²)采用均匀混合衰减模型预测水质。

$$C_{(t)} = \frac{W_0}{K_h V} + \left(C_h - \frac{W_0}{K_h V} \right) \exp(-K_h t) \quad (6)$$

式中: $C_{(t)}$ 为计算时段污染物浓度,mg/L; W_0 为污染物入湖(库)速率,g/s; V 为湖(库)容积, m^3 ; Q 为湖(库)出流量, m^3/s ; K_h 为中间变量, $K_h = \frac{Q}{V} + K$; C_h 为湖(库)现状浓度,mg/L;其他符号同前。

3 水功能区纳污能力及入河控制负荷

3.1 功能区纳污能力计算

水功能区纳污能力是指在满足水域功能要求前提下,按划定的水功能区水质目标值、设计水量、排污口位

置及排污方式下的功能区水体所能容纳的最大污染物质量^[8-10]。纳污能力计算的设计水量,一般采用最近10年最枯月平均流量(水量)或90%保证率最枯月平均流量(水量);集中式饮用水水源地采用95%保证率最枯月平均流量(水量)^[11]。

3.2 入河控制负荷确定原则

为保证水质满足功能区要求,本次规划入河控制量按以下原则确定^[12]:

(1)对于污染物入河量小于纳污能力的水功能区,应综合考虑功能区水质状况和目标,采用小于纳污能力的入河控制量进行控制,保留区作为经济可持续发展的预留区域,原则上保持现状。

(2)对于污染物入河量大于纳污能力的水功能区:
①保护区原则上不允许排污;②饮用水源区必须实现零排放;③对保留区和开发利用区各水功能二级区,按纳污能力确定入河控制量。

3.3 成果及合理性分析

根据水功能区划和水质目标要求,对各功能区污染物排放总量控制,东江源区水功能区划水域COD现状入河量为1 235.40 t/a,纳污能力为1 246.23 t/a,入河控制量为819.24 t/a;氨氮现状入河量为1 116.60 t/a,纳污能力为103.35 t/a,入河控制量为97.84 t/a。

纳污能力计算参数及成果见表2,各水功能区污染物入河控制量见表3。

表2 水域纳污能力计算过程表

功能区	长度/km	设计频率最枯月参数			河流水力比降/‰	初始浓度值/(mg/L)		目标值/(mg/L)		纳污能力/(t/a)	
		平均流量/(m ³ /s)	平均流速/(m/s)	平均水深/m		COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
寻乌水源头保护区	29.0	0.34	0.88	0.35	0.16	3.5	0.07	5.0	0.15	18.59	0.89
寻乌水寻乌保留区	64.5	1.06	4.85	0.18	0.53	5.0	0.15	15.0	0.80	335.39	21.36
寻乌水赣粤缓冲区	9.0	0.71	10.50	0.26	0.48	15.0	0.80	15.0	1.00	0.83	4.54
寻乌水马蹄河保留区	17.0	0.38	0.78	0.51	0.48	4.6	0.07	5.0	0.15	7.96	0.99
寻乌水马蹄河寻乌饮用水源区	4.2	0.22	0.71	0.36	0.16	5.0	0.15	5.0	0.15	0.58	0.03
寻乌水马蹄河寻乌工业用水区	10.8	0.42	0.83	0.22	0.25	5.0	0.15	20.0	1.50	198.12	17.46
寻乌水马蹄河寻乌九曲湾水库饮用水源区	3.3	0.20	0.38	0.36	0.13	5.0	0.07	15.0	0.50	63.21	2.68
寻乌水龙图河保留区	51.0	0.27	0.33	0.22	0.23	5.0	0.07	15.0	1.00	84.04	5.75
寻乌水晨光河寻乌保留区	49.0	0.31	1.54	0.37	0.19	5.0	0.07	15.0	1.00	98.37	8.53
定南水源头保护区	31.5	0.23	0.76	0.37	0.13	3.9	0.13	5.0	0.15	10.65	0.28
东江定南水安远一定南保留区	55.5	0.35	2.85	0.58	0.33	5.0	0.15	13.0	1.00	89.29	9.10
东江定南水赣粤缓冲区	4.0	0.48	6.18	0.39	1.31	13.0	1.00	15.0	1.00	30.62	0.05
定南水新田河源头保护区	14.5	0.32	0.15	0.11	0.06	4.2	0.07	10.0	0.10	61.58	0.45
定南水新田河保留区	11.0	0.31	0.75	0.30	0.12	10.0	0.10	15.0	1.00	52.05	8.57
定南水下历河定南饮用水源区	8.5	0.41	0.15	0.12	0.23	4.2	0.07	5.0	0.10	17.38	0.52
定南水下历河定南工业用水区	8.0	0.29	0.23	0.13	0.13	5.0	0.10	20.0	1.00	135.97	7.72
定南水下历河定南保留区	15.0	0.29	0.55	0.18	0.22	20.0	1.00	20.0	1.00	13.45	1.02
定南水老城河定南保留区	66.4	0.49	1.93	0.46	0.32	20.0	0.07	20.0	1.00	28.14	13.42
合计	452.15									1246.23	103.35

表3 各水功能区污染物入河控制量一览表

t

功能区	年 COD 量				年氨氮量			
	现状入河量	纳污能力	入河控制量	削减量	现状入河量	纳污能力	入河控制量	削减量
寻乌水源头保护区	23.10	18.59	0.00	23.10	17.20	0.89	0.00	17.20
寻乌水寻乌保留区	285.80	335.39	285.80	0.00	698.10	21.36	21.36	676.74
寻乌水赣粤缓冲区	6.60	0.83	6.60	0.00	4.90	4.54	4.54	0.36
寻乌水马蹄河保留区	14.60	7.96	14.60	0.00	14.00	0.99	0.99	13.01
寻乌水马蹄河寻乌饮用水源区	28.40	0.58	0.00	28.40	12.40	0.03	0.00	12.40
寻乌水马蹄河寻乌工业用水区	328.50	198.12	198.12	130.38	61.30	17.46	17.46	43.84
寻乌水马蹄河寻乌九曲湾水库饮用水源区	0.50	63.21	0.00	0.50	0.30	2.68	0.00	0.30
寻乌水龙图河保留区	10.50	84.04	10.50	0.00	7.20	5.75	5.75	1.45
寻乌水晨光河寻乌保留区	42.10	98.37	42.10	0.00	26.80	8.53	8.53	18.27
定南水源头保护区	23.40	10.65	0.00	23.40	11.40	0.28	0.00	11.40
东江定南水安远一定南保留区	47.70	89.29	47.70	0.00	37.60	9.10	9.10	28.50
东江定南水赣粤缓冲区	13.40	30.62	13.40	0.00	8.10	0.05	0.05	8.05
定南水新田河源头保护区	13.90	61.58	0.00	13.90	5.30	0.45	0.00	5.30
定南水新田河保留区	24.40	52.05	24.40	0.00	7.90	8.57	7.90	0.00
定南水下历河定南饮用水源区	2.30	17.38	0.00	2.30	1.50	0.52	0.00	1.50
定南水下历河定南工业用水区	301.00	135.97	135.97	165.03	151.80	7.72	7.72	144.08
定南水下历河定南保留区	42.60	13.45	13.45	29.15	19.90	1.02	1.02	18.88
定南水老城河定南保留区	26.60	28.14	26.60	0.00	30.90	13.42	13.42	17.48
合计	1 235.40	1 246.23	819.24	416.16	1 116.60	103.35	97.84	1 018.76

从计算成果分析,需削减污染物的功能区有 17 个,占全部功能区的比例为 94%,需削减 COD 的功能区有 9 个,削减氨氮的 17 个,寻乌水源头保护区、定南水源头保护区和下历河定南饮用水源区等 6 个功能区由于执行水源区污染物零排放政策导致要削减,并不代表功能区水质不达标,总体而言源区减污任务较重。

东江源区主要污染指标为氨氮,削减量较大的是寻乌水寻乌保留区,由于前期稀土矿的无序开采,寻乌水中下游的石排双茶亭、石排涵水、南桥下廖、上甲柯树塘、上甲园墩背等矿区面积约 9.28 km²,水土流失严重,氨氮等污染物严重超标,水质多为 V 或劣 V 类水。

从景观生态学来讲,采矿地是剧烈人为干扰下的一种特殊景观类型,是人类为获得矿产资源而对土地进行

剧烈改造的区域。在开采前后,采矿地会表现出十分不同的景观^[13]。稀土采矿方法分为原地堆浸法和异地堆浸法两类,区内 95% 以上的矿区都采用异地堆浸法采矿,异地堆浸法采矿首先是剥去表土,再掘取全风化花岗岩中的矿体,搬运集中堆浸获取矿精泥,在这种采矿中,采掘活动产生的大量剥离面、弃土和尾矿大面积直接暴露在地表,在雨水的冲刷下产生水土流失,在沟谷低洼处的农田区形成淤积区。矿采区的环境问题主要集中在采剥区、尾砂堆积区和沟谷淤积区。部分城区河段的工业污染也较为严重,源区内二个工业用水区均需大幅削减排污量,氨氮削减量占现状入河量的 70% ~ 94%。

各功能区污染物削减情况见表 4。

表4 污染物削减量情况一览表

功能区	COD			氨氮		
	现状入河量/t	削减量/t	占比/%	现状入河量/t	削减量/t	占比/%
1 寻乌水源头保护区	23.10	23.10	100.00	17.20	17.20	100.00
2 寻乌水寻乌保留区	285.80	0.00	0.00	698.10	676.74	96.94
3 寻乌水赣粤缓冲区	6.60	0.00	0.00	4.90	0.36	7.35
4 寻乌水马蹄河保留区	14.60	0.00	0.00	14.00	13.01	92.94
5 寻乌水马蹄河寻乌饮用水源区	28.40	28.40	100.00	12.40	12.40	100.00
6 寻乌水马蹄河寻乌工业用水区	328.50	130.38	39.69	61.30	43.84	71.51
7 寻乌水马蹄河寻乌九曲湾水库饮用水源区	0.50	0.50	100.00	0.30	0.30	100.00
8 寻乌水龙图河保留区	10.50	0.00	0.00	7.20	1.45	20.14
9 寻乌水晨光河寻乌保留区	42.10	0.00	0.00	26.80	18.27	68.16
10 定南水源头保护区	23.40	23.40	100.00	11.40	11.40	100.00
11 东江定南水安远一定南保留区	47.70	0.00	0.00	37.60	28.50	75.78
12 东江定南水赣粤缓冲区	13.40	0.00	0.00	8.10	8.05	99.44
13 定南水新田河源头保护区	13.90	13.90	100.00	5.30	5.30	100.00
14 定南水下历河定南饮用水源区	2.30	2.30	100.00	1.50	1.50	100.00
15 定南水下历河定南工业用水区	301.00	165.03	54.83	151.80	144.08	94.91
16 定南水下历河定南保留区	42.60	29.15	68.43	19.90	18.88	94.88
17 定南水老城河定南保留区	26.60	0.00	0.00	30.90	17.48	56.58
合计	1 211.00	416.16	34.37	1 108.70	1 018.76	91.89

4 结 语

针对东江源区域水环境特征,分别采用一维、二维非稳态模型和湖库模型计算源区水功能区纳污能力,计算得出各个功能区 COD 和氨氮纳污能力分别为 1 246.23 t/a 和 103.35 t/a;结合东江源水质现状、污染源类型及特点,核定 COD 和氨氮限排总量分别为 819.24 t/a 和 97.84 t/a,均小于纳污能力。

东江源区水质现状与纳污能力、限排总量、入河量削减率之间关系基本合理,同时对保护区和饮用水源区等水功能区提出了污染物“零排放”的限排要求,纳污能力和限排总量计算基本合理。计算成果可作为东江源区水资源保护工作的参考依据,同时也可为其他地区水污染控制工作提供思路。

本文是在已有水功能区划的基础上计算的成果,由于保留区限排量是以现状污染物入河量作为控制指标,该区域的水环境容量并没有得到充分利用,制约了地区社会经济发展,下一步水功能区划调整工作应充分考虑各功能区纳污能力和当地经济发展规划的需求,优化产

业结构和布局,促进东江源区的可持续发展。

参考文献:

- [1] 叶文虎,梅凤娇,关伯仁.环境承载力理论及其科学意义的研究[J].环境科学研究,1992,5(supp.):108~111.
- [2] Daily G C, Ehrlich PR, 1992, Population, sustainability, and Earth's carrying capacity. *Bioscience*, 42(10), 761~771.
- [3] 程声通.河流环境容量与允许排放量[J].水资源保护,2003(02):8~10+61.
- [4] 江西省水利厅,江西省环境保护局.江西省地表水(环境)功能区划[K].2007.
- [5] GB 25173-2010-T.水域纳污能力计算规程[S].2010.
- [6] 长江流域水资源保护局.长江流域综合规划修编水资源保护和生态环境与环境保护规划技术细则[R].2008:18~19.
- [7] 韩龙喜,朱党生,蒋莉华.中小型河道纳污能力计算方法研究[J].河海大学学报,2002,30(1):35~38.
- [8] 叶青季,孔繁力.纳污能力和污染物入河控制量定义分析[J].吉林水利.2005(06):20~21.
- [9] 石红梅.昌平区温榆河水系水污染研究[J].水利水电技术.2008(05):10~12+19.
- [10] 董相如,西汝泽,王军,等.淮北市河流纳污能力分析 & 污染控制对策[J].江淮水利科技.2007(02):9~10+27
- [11] 李红亮,王树峰.不同设计水文条件下河北省水功能区纳污能力研

究[J]. 南水北调与水利科技. 2010(03):68~70.

2004(02):323~329.

[12] 李红亮,李文体. 水域纳污能力分析研究方法研究与应用[J]. 南水北调与水利科技. 2006(S1):58~60+97.

编辑:张绍付

[13] 刘海龙. 采矿废弃地的生态恢复与可持续景观设计[J]. 生态学报,

Study on water environment capacity and limitation of water pollutant gross in water function zone of Dongjiang River source

ZHAN Xiaoqun

(Jiangxi Provincial Water Conservancy Planning and Designing Research Institute, Nanchang 330029, China)

Abstract: It is an important work to study on pollutant capacity and limitation of water pollutant gross in water function zone of water resources protection planning in the Dongjiang source area. According to the "Surface water (environment) functional zone of Jiangxi province" and "Ganzhou surface water function zoning", combined with the present situation of water quality in Dongjiang River source, the types and characteristics of pollution sources, one - dimension, two - dimensional unsteady model and lake - bank uniform mixed attenuation model were used to calculate the pollutant capacity in the water functional area of the source region, and the total amount of authorized limit was approved: (1) COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ contamination capacity were 1 246. 23 t/a and 103. 35t/a respectively, (2) The total COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ limit were 819. 24 t/a and 97. 84 t/a respectively, and (3) the status of COD was 1 235. 40 t/a, and the status of $\text{NH}_3 - \text{N}$ in river was 1 116. 60 t/a, COD and $\text{NH}_3 - \text{N}$ into the river volume reduction rate of 34. 37% and 91. 89%, the need to reduce pollutants in the functional area of 17, the proportion of the total functional area of 94%. The main pollution index in the Dongjiang source zone is $\text{NH}_3 - \text{N}$, the Xunwu Water Xunwu reserve zone, the pollution source is the mine trace, the industrial pollution of Xunwu and Dingnan is serious, and the two industrial water function zones in Dongjiang River source need to be reduced the quantity of sewage. The research results can be used for reference in water pollution control of Dongjiang River source.

Key words: Dongjiang River source; Water function zone; Water environment capacity; Limitation of water pollutant gross

翻译:詹晓群