

文章编号:1006-544X(2002)04-0466-06

桂林市饮用水水源地保护研究

李永军¹, 刘俊², 蒋亚萍¹, 朱银红¹

(1. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004; 2. 桂林市水利局, 广西 桂林 541000)

摘要: 在全面搜集漓江桂林水文站以上流域内供水水资源利用及保护状况、水源地环境及水质状况的基本资料基础上, 对水源地水质现状进行了评价, 得出大面到味精厂水质良好, 味精厂到宁远河入口水质较好, 而宁远河入口到净瓶山水质较差. 在详细调查供水区污染源分布及排放情况后, 划分出了水源地一级和二级保护区, 拟定水源地保护目标为《地表水环境质量标准》(GHZB 1-1999)的Ⅱ类水水质标准; 计算出水源地污染物控制排放量和削减量, 提出了包含2个步骤的污染物排放控制方案. 根据污染物排放控制方案, 以饮用水水源地水质目标为依据, 确定具体的削减对象与削减量, 按实际可操作性, 提出了3个步骤的削减量分配方案.

关键词: 饮用水; 水源地; 保护; 漓江; 桂林

中图分类号: X522;

文献标识码: B^①

水是人类赖以生存的生命之源, 也是社会经济发展依赖的最基本因素. 水资源的紧缺、水环境的污染对可持续发展和环境保护构成了严重威胁^[1]. 随着桂林市社会经济的稳步发展, 桂林市区漓江河段饮用水水源地的开发利用也面临着枯水季节取水困难、水体质量不容乐观. 为了满足桂林市经济近远期发展对水质水量的要求, 必需对饮用水水源地进行保护.

1 水源地的现状

桂林市位于湘桂走廊的漓江河谷盆地上, 地势低平, 属中亚热带季风气候区, 多年平均降水量为1 872.1 mm, 漓江自北向南穿城而过. 桂林市区集中饮用水水源地主要有4处: 东镇路水厂水源地、东江水厂水源地、瓦窑水厂水源地, 和正在建设中的城北水厂水源地, 均分布于漓江两侧, 开发利用漓江水. 取水口有5处: 东镇路取水口, 东江水厂的东江取水口和滨江路取水口, 瓦窑取水口, 城北取水口, 分布如图1所示. 1998年3个水厂全年供水量为8 736万m³.

在桂林市区饮用水水源地的研究区内(大面—净瓶山), 大面、大河、斗鸡山断面是漓江水质的监控断面. 按照1998年的监测资料以及《地表水环境质量标准》(GHZB 1-1999)^[2], 从大面—味精厂为Ⅱ类水质, 从味精厂到宁远河入口为Ⅲ类水质, 从宁远河入口到净瓶山断面为Ⅳ类水质. 主要超标污染物为COD、氨氮和石油类. 研究区内规模较大的入河排污口主要有7个, 即味精厂排污口、清风河入漓江口、驿前横里排污口、桃花江入漓江口、宁远河入漓江口、南溪河入漓江口及瓦窑冲入漓江口. 这些排污口所排废污水都大大高于Ⅱ类水水质标准. 其中氨氮是影响饮用水源地水质的最突出的污染物, 其次为COD, 从2000年现使用中的3个水厂枯水期水质监测结果看, 石油类含量都小于

① 收稿日期: 2002-01-11; 修订日期: 2002-07-05

基金项目: 广西区水利厅资助项目

作者简介: 李永军(1974-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源工程.

0.02 mg/L, 不高于Ⅱ类水水质标准, 说明水质有所好转, 故本文将氨氮、COD 作为特征污染物参与污染控制量计算。

2 水源地保护区的划分

集中式供水的饮用水水源地, 应按照不同的水质标准和防护要求, 分级划分饮用水水源保护区。饮用水水源保护区一般划分为一级保护区和二级保护区, 必要时可增设准保护区。在饮用水地表水源取水口附近划定一定的水域和陆域作为饮用水地表水源一级保护区。在一级保护区外划定一定的水域和陆域作为饮用水地表水源二级保护区。根据需要可在饮用水地表水源二级保护区外划定一定的水域及陆域作为饮用水地表水源准保护区。以河流为饮用水水源地, 一级保护区为取水口上游 1 000 m 至下游 100 m 水域及相应河段两岸一定的陆域范围。并在一级保护区外划定更大的区域为二级或其它等级保护区。桂林市饮用水水源地的划分见图 1 和表 1。

饮用水源地一级保护区的水质标准不得低于国家规定的《地面水环境质量标准》(GB 3838 - 88) Ⅱ类标准^[3] ($\rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) < 4 \text{ mg/L}$, 氨氮 $< 0.5 \text{ mg/L}$), 并须符合国家规定的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749 - 85) 的要求。二级保护区的水质标准不得低于国家规定的《地表水环境质量标准》(GHZB 1 - 1999) Ⅲ类标准, 并应保证一级保护区的水质能满足规定的标准。

3 水环境容量的计算

3.1 计算条件

计算条件包括计算区段、设计流量、水流速度、综合自净系数的确定及各断面水质资料。桂林市有 5 个饮用水取水口, 都分布于漓江主流上, 可将 4 个水厂取水口合并为一个计算区段。起始断面为大面, 终止断面为净瓶山, 河段长 16.86 km。漓江河段设计流量采用 95% 保证率下桂林水文站的最枯月平均流量 ($8.71 \text{ m}^3/\text{s}$), 按水文推算, 大面为 $7.27 \text{ m}^3/\text{s}$, 桃花江入漓江口为 $0.99 \text{ m}^3/\text{s}$, 宁远河入漓江口为 $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$, 南溪河入漓江口为 $0.126 \text{ m}^3/\text{s}$ 。漓江的水流速度在 95% 保证率下为 0.053 m/s 。综合自净系数 K 采用经验值 $K_{\text{COD}_{\text{Mn}}} = 0.16 \sim 0.3 \text{ d}^{-1}$, $K_{\text{NH}_3-\text{N}} = 0.3 \sim 0.4 \text{ d}^{-1}$ 。本文 COD_{Mn} 采用 K 值为 0.3 d^{-1} , 对氨氮采用 0.35 d^{-1} 。水质资料包括计算区段起始断面的水质资料及下游入河排污口污染物检测资料, 见表 2。

从污染物现状排放总量来看, 排放量大小排序首推南溪河入口, 其次是桃花江入口, 这两个入河口污染物的排放是导致瓦窑水厂取水口水质严重超标的极其重要的原因; 清风河入口排放量排序第 3, 是东镇路水厂取水口水质超标的主要影响因素。由表 2 还可看出, 在现状排污量不变, 95% 保证率最枯月平均流量的情况下, 入漓江口污染物浓度经换算后, 南溪河污染物浓度值最高。

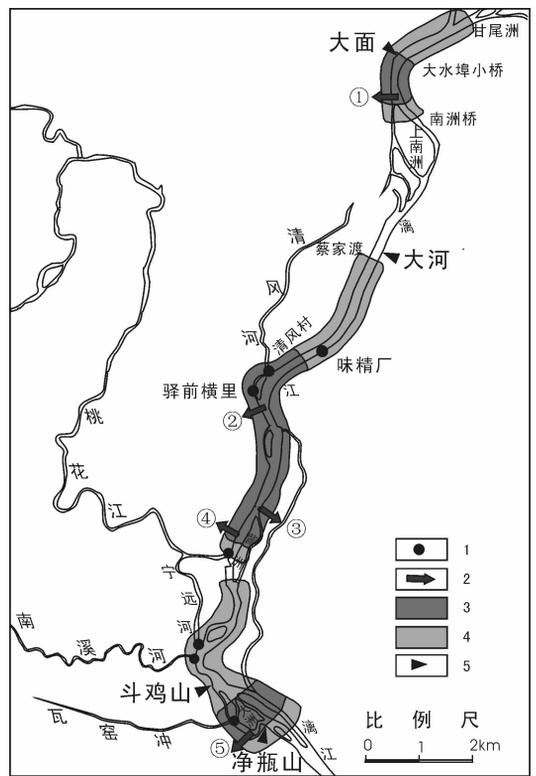


图 1 漓江市区段取水口、排污口、控制断面及保护区分布图

Fig. 1 Distribution of water-taking gaps, contamination-discharging gaps, controlling sections of Lijiang River and protection area in Guilin

1—入河排污口; 2—取水口; 3—一级保护区; 4—二级保护区; 5—控制断面。图中: ①—城北取水口; ②—东镇路取水口; ③—东江取水口; ④—滨江路取水口; ⑤—瓦窑取水口。资料截止日期: 2000 - 12

表1 桂林市饮用水水源地保护区划定及地理界线

Table 1 Protection area and geography border of drinking water resource area in Guilin

水源地名称	一级保护区范围		二级保护区范围		陆域沿岸范围	备注
	取水口上游 1 000 m	取水口下游 100 m	取水口上游 1 000 m 至 2 500 m	取水口下游 100 m 至 300 m		
城北水厂	大水埠小桥	上南洲北端	上游大水埠小桥至 甘尾洲南端	上南洲北端至 南洲桥	150 m	在建, 取水点已定, 上有甘棠江汇入
东镇路水厂、 东江水厂	清风村水塔	滨江路取水口 下游 100 m	上游清风村水塔 至菜家渡	一级保护区下界 至桃花江入口	150 m	内有味精厂、虞山庙、 驿前横里入河排污口及 桃花江支流汇入
瓦窑水厂	大洲北端	净瓶山	上游大洲北端至 訾洲南端	净瓶山至瓦窑 村小溪	150 m	内有宁远河、南溪 河、瓦窑冲支流汇入

表2 污染控制计算水质资料及 95% 保证率下的漓江支流污染物换算浓度

Table 2 Water quality datum of contaminant - control calculation and conversion concentration of contaminant of branches of Lijiang River under 95% assurance rate

取样位置	距上游 口距离 /km	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3 - \text{N})$ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2000 年 基流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	95% 下的 基流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	污水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	污染物总量/ ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)		95% 保证率下入漓支 流换算浓度 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
							COD_{Mn}	$\text{NH}_3 - \text{N}$	COD_{Mn}	$\text{NH}_3 - \text{N}$
大面	0	1.2	0.12		7.27					
味精厂	4.5	1.2	13.68	0	0	0.03	3.63	35.46		
清风河入口	1.3	6.82	8.55	0	0	0.425	250.43	314		
驿前横里	0.43	95.5	50.2	0	0	0.000 5	4.13	2.17		
桃花江入口	1	2.35	1.15	6.886	0.99	0.524	1 504.3	737	11.5	5.63
宁远河入口	2.36	3.3	1.9	0.2	0.03	0.084	81.4	46.6	7.557	4.35
南溪河入口	1	9.28	7	1.957	0.126	0.088	1 640	1 237	88.7	166.89
瓦窑冲入口	1.17	7.32	4.7	0	0	0.108 5	68.59	44.1		

资料来源:桂林市水文局水质监测中心,2000.

3.2 水环境容量的计算

桂林市饮用水源地相对集中, 污染源清楚. 为了更加明确各污染源对河流污染的影响, 并有利于污染控制量分配, 因此河段水环境容量计算采用非线性衰减、多点容量计算模式^[4]

$$W_{\text{允}} = 86.4 \{ C_s (Q + \sum_{i=1}^n q_i) - C_0 Q e^{-K \frac{L}{86.4u}} + C_s \sum_{i=1}^n [(Q + q_i) (1 - e^{-\frac{\Delta X_i}{K 86.4u}})] \},$$

式中: $W_{\text{允}}$ —河道最大允许排放量 (kg/d); C_s —水源保护区所规定的水质标准 (mg/L); Q —95% 保证率下河流最枯月平均流量 (m^3/s); q_i —旁侧入河排污口 i 的来水量 (m^3/s); C_0 —对照断面来水污染物浓度 (mg/L); K —污染物综合削减系数 (d^{-1}); L —起始断面到终止断面的距离 (km); ΔX_i — i 入河排污口到终止断面的距离 (km); u —水流运动的速度 (m/s); n —入河排污口的个数.

经计算大面—净瓶山区段在 95% 保证率条件下的水环境容量计算结果见表 3, 可以看出, 河段的环境容量随着河段长度增加而增加, 但不能误认为可以用某一分段的环境容量对某个分段来进行单独的削减控制, 因为在计算过程中, 各分段终止断面的目标值没有差别. 同时由于 4 个水厂在供水中都发挥着重要作用, 且分布相对集中, 如果充分利用上游分段的容量, 势必减小下游分段的环境容量. 因此采用大面—净瓶山整个区段的水环境容量作为控制排放量的依据, 并参照各取水口断面污染物浓度分布, 进行控制排放量的分配.

4 水源地污染物排放总量控制方案

4.1 现状排放量及污染物浓度分布计算

大面—净瓶山河段入河排污口的污染物现状排放量是削减控制计算的依据, 据有关资料计算出 2000 年现状排污量见表 4.

表3 大面—净瓶山区段95%保证率下水环境容量计算结果

Table3 Results of water – environmental capacity from Damian to Jingping Mountain under 95% assurance rate kg/d

区 段	段长/km	以 COD _{Mn} 计	以 COD _{Cr} 计	NH ₃ - N
大面—城北水厂	1.00	1 806.60	5 419.80	244.20
大面—东镇路水厂	6.50	2 185.40	6 556.20	289.00
大面—东江水厂	10.40	2 330.20	6 990.60	305.60
大面—瓦窑水厂	16.76	3 351.30	10 053.90	433.50
大面—净瓶山	16.86	3 356.80	10 070.40	434.10

表4 现状污染物入河排放量及95%保证率下漓江各断面污染物的浓度

Table 4 Quantity of contaminant discharged to river and contaminant concentration in each section of Lijiang River under 95% assurance rate

区 段	段长/km	现状污染物入河排放量/(kg · d ⁻¹)		95% 保证率下漓江断面污染物浓度/(mg · L ⁻¹)	
		COD _{Mn}	NH ₃ - N	COD _{Mn}	NH ₃ - N
大面				1.2	0.12
味精厂		3.1	35.5	0.89	0.141
虞山庙		250.4	314	1.15	0.591
驿前横里		4.1	2.2	1.13	0.575
东镇路水厂	6.5			1.11	0.563
东江水厂	10.4			0.86	0.418
桃花江入口		1 504.3	736.5	3.01	1.469
宁远河入口		81.4	46.6	2.66	1.278
南溪河入口		1 640	1 236.8	4.9	3.016
瓦窑冲入口		69.6	45	4.57	2.786
瓦窑水厂	16.76			4.43	2.614
净瓶山	16.86			4.3	2.594

当污染物进入水体后,会产生稀释混合作用,在某断面处的浓度分布计算可采用下列模式^[5]

$$C = \frac{Q_0 C_0 + q_w C_w}{Q_0 + q_w},$$

式中: C —河水与污水混合后,河流下断面水质浓度 (mg/L); Q_0 , C_0 —河流上游来水流量 (m³/s) 与水质浓度 (mg/L); q_w , C_w —污水排放量 (m³/s) 与排放浓度 (mg/L). 除了稀释混合作用外,还有转化降解等作用,漓江是中小河流,枯水期水量较小,污染物在水中的运移,可不考虑离散作用,下游 X 公里处污染物浓度可用一维可降解的水质模式进行计算^[4]

$$C_x = C_0 e^{-K \frac{X}{36.4u}},$$

式中: C_0 —上游断面污染物浓度 (mg/L); K —污染物综合削减系数 (d⁻¹); C_x —预测断面污染物浓度 (mg/L); u —断面平均流速 (m/s); X —断面距离 (km).

联合上边两个公式,可以求得各污染源排放口与取水口处在95%保证率最枯月平均流量下漓江各断面的浓度分布,结果见表4.

可以看出,在95%保证率最枯月平均流量下,南溪河入口以上漓江河段 COD_{Mn} 不需削减,而对于 NH₃ - N,除了东江水厂外,均需要不同程度地削减.

4.2 污染物削减量计算及总量控制方案

根据大面—净瓶山漓江区段的水环境容量计算与现状排放量计算,95%保证率下该区段最枯月水环境容量 COD_{Mn} 为 3 356.8 kg/d, 氨氮为 434.1 kg/d, 而现状排污量 COD_{Mn} 为 3 553 kg/d, 氨氮为 2 416.5 kg/d. 可求得该区段削减总量对于 COD_{Mn} $y_{\text{削减}} = 196.2$ kg/d; 对于 NH₃ - N, $W_{\text{削减}} = 1 982.4$ kg/d.

以上的计算结果可以表明, 氨氮削减的任务比 COD 削减的任务要重得多. 因此, 应首先考虑氨氮的削减分配, 并通过削减氨氮的过程达到削减 COD 的目的.

根据饮用水水源地一级保护区内不允许存在入河排污口的法规, 以及保证饮用水水源地取水水质达到目标 II 类水质的原则, 制定包含 2 个步骤的污染物排放控制方案:

(1) 取消或净化一级保护区内污染源, 主要有虞山庙、驿前横里、瓦窑冲排污口.

(2) 控制二级保护区内支流污染物排放, 重点改造距离水厂较近、排污量较大的南溪河及桃花江的入河排污.

4.3 削减量的分配

根据污染物排放控制方案, 以饮用水水源地水质目标为依据, 进行削减量、断面浓度分布试算, 当各个取水口断面必控指标浓度符合 II 类水水质要求时, 确定具体的削减对象与削减量. 削减量的分配按实际可操作性分 3 个步骤来完成:

第 1 步, 以一级保护区内入河排污治理为重点

(1) 清除驿前横里排放口;

(2) 清洁虞山庙上游清风河水体以及瓦窑冲水体, 使它们排放口水质达到邻近上游漓江水质;

(3) 控制其它入河排污不再扩大.

第 2 步, 以南溪河和桃花江污染物综合治理为重点.

(1) 重点治理南溪河污染状况, 加强沿河排污控制, 清洁南溪河水体, 控制排放占排放总量的 80%;

(2) 治理桃花江沿河生活污水入河口, 使桃花江、宁远河入漓江污染物总量降低到现状的 50%.

第 3 步, 以南溪河和桃花江氨氮的治理为重点

(1) 建议彻底治理南溪河, 实施清淤, 加大氨氮治理力度, 真正实现“清水计划”, 氨氮削减量占现状排放量的 90%;

(2) 桃花江上入河排污实行总量控制, 加大治理监督力度, 桃花江氨氮削减量占现状排放量的 75%.

在各步骤削减工程措施完成后, 95% 保证率最枯月平均流量下漓江各断面各指标浓度计算结果见表 5. 按上述污染物削减分配方案, 第 1 步使东镇路水厂、东江水厂取水水质达标, 第 2 步使所有水厂取水口处的 COD 指标达标, COD_{Mn} 削减量合计 2 384.5 kg/d, 第三步使瓦窑水厂取水氨氮指标达标, 共计削减量 2 058.5 kg/d.

5 结论

本文研究表明, 现状条件下桂林市区饮用水水源地主要的污染源为南溪河、桃花江、虞山庙排污口、宁远河和瓦窑冲, 污染物主要为氨氮和 COD. 漓江饮用水水源地河段在 95% 保证率最枯月平均流量下的最大纳污能力 COD_{Mn} 为 3 356.8 kg/d, 氨氮为 434.1 kg/d, 而现状排污量 COD_{Mn} 为 3 553 kg/d, 氨氮为 2 416.5 kg/d, 故必需对水源地污染物的排放量实行总量控制, 通过本文比较切合实际的总量控制方案, 可使各个水厂的水质

表 5 漓江污染物断面浓度计算结果

Table 5 Result of contaminant concentration of each

section of Lijiang River

$\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$

漓江断面	第 1 步		第 2 步		第 3 步
	COD _{Mn}	NH ₃ - N	COD _{Mn}	NH ₃ - N	NH ₃ - N
大面	1.2	0.12	1.2	0.12	0.12
味精厂	0.89	0.141	0.89	0.141	0.141
虞山庙	0.84	0.127	0.84	0.127	0.127
驿前横里	0.81	0.123	0.81	0.123	0.123
东镇路水厂	0.8	0.12	0.8	0.12	0.12
东江水厂	0.62	0.089	0.62	0.089	0.089
桃花江入口处	2.83	1.22	1.64	0.643	0.355
宁远河入口处	2.51	1.07	1.44	0.565	0.309
南溪河入口处	4.76	2.83	1.8	0.871	0.463
瓦窑冲入口处	4.36	2.55	1.66	0.787	0.419
瓦窑水厂	4.13	2.4	1.58	0.739	0.393
净瓶山	4.1	2.38	1.56	0.733	0.39

在不同的时期内, 达到地面水水环境质量标准Ⅱ级水水质标准.

运用在实际中, 削减量分配的几个步骤, 可作为饮用水水源地保护规划不同时期规划的目标, 针对桂林市, 第1步可作为2005年近期规划的目标, 第2步可作为2010年的规划目标, 第3步可作为2020年远期规划的目标. 当然, 对于水源地保护的具体方案以及方案的实施, 是一个综合性的问题, 还得依据具体情况加以定夺. 另外, 随着桂林市城市规模和经济建设的不断发展, 仅仅依靠水源地的保护是不能从根本上解决桂林市用水供需矛盾日益加剧的局面, 大力发展节水型工农业或寻找新的水源地作为补充水源, 才是最根本的出路.

参考文献:

- [1] 张忠祥, 钱 易. 城市可持续发展与水污染防治对策 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 6~9.
- [2] 国家环保总局. GHZB 1-1999, 地表水环境质量标准 [S].
- [3] 夏 青, 张旭辉. 水质标准手册 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 229~230.
- [4] 方子云. 水资源保护工作手册 [M]. 天津: 河海大学出版社, 1988. 502.
- [5] 张逢甲. 水污染物容许排放量计算方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 82~113.

Study on protection of drinking water resource area in Guilin

LI Yong-jun¹, LIU Jun², JIANG Ya-ping¹, ZHU Yin-hong¹

(1. *Department of Resource and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China*; 2. *Guilin Water Conservancy Bureau, Guilin 541000, China*)

Abstract : Based on the study of protection of drinking water resources area of Guilin the technique and the measure of protecting drinking water resource area city which takes the river as its drinking water resources is presented. By collecting basic datum about drinking water resource area, circumstance at water resource area, and samples of water supply and present water quality, we examined the water quality of water resource area. From the results of examination, we concluded that the water quality is good from Damian to Monosodium Glutamate Factory, from Monosodium Glutamate Factory to Ningyuan river entrance but poor from Ningyuan river entrance to Jingping Mountain. After careful investigation of the distribution and discharge of contaminant source in water supply district, we put forward a three step allocation plan for controlling discharged contamination.

Key words: drinking water; resources area; protect; Lijiang river; Guilin