

柳州市区柳江河段水环境容量研究

梁 斌,成官文,朱宗强,梁 凌,梁 宁

(桂林工学院广西环境工程与保护评价重点实验室,广西 桂林 541004)

摘要 在充分获取调研资料和实测数据的基础上,对柳州市区柳江河段进行水质现状评价,并通过段首控制法,计算得出各功能区的水环境容量,指出市区河段各功能区 COD_{Cr} 有较大的环境容量, NH_3-N 排放量已超出环境容量,应通过总量控制进行削减。

关键词 现状评价 环境容量 水质模型 柳州市区河段

中图分类号 X26 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2008)S1-0027-03

柳江是珠江流域西江水系的第二大支流,为柳州市的母亲河,于市区西北的露塘进入,市区东南的沙堡滩流出,市区河段全长 67 km,是市区的供水水源地。2004 年底,位于市区下游的红花水电站开始蓄水,缓解了柳州市区的工农业与生活用水的需求,但也造成了柳江水文状况和水环境容量的改变。为有效保护市区河段水质,本文对柳江市区河段环境容量进行了测算,以期为柳州市区的“节能减排”工作提供科学依据。

1 功能分区及水环境现状

1.1 断面设置及功能区划分

柳州市区河段共设置 3 个监测断面:露塘和沙堡滩国控断面,二桥区控断面(图 1)。露塘至下游 7.66km 龙村处执行 GB3838—2002《地表水环境质

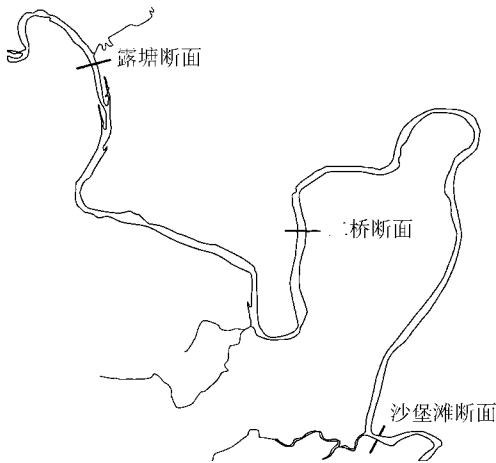


图 1 柳州市区地表水体监测断面

量标准》中Ⅲ类水质标准,龙村至二桥断面执行Ⅱ类水质标准,二桥至沙堡滩断面执行Ⅲ类水质标准。

1.2 水环境现状评价

依据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,本文选取了地表水最具代表性的监测指标以及近年来曾出现超标的项目作为评价指标,主要有:pH、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、生化需氧量(BOD_5)、氨氮(NH_3-N)、铜(Cd)、总磷(TP)和总氮(TN)共 7 项。

对 2006 年市区河段露塘、二桥及沙堡滩断面水质进行单项水质参数评价^[1],评价结果见表 1。

表 1 2006 年柳州市区河段地表水环境评价

监测断面	水期	pH	COD_{Mn}	BOD_5	TP	NH_3-N	TN	Cd
露塘	枯水期	I	I	I	III	II	III	I
	丰水期	I	I	I	III	II	III	I
	平水期	I	I	I	II	I	II	I
	年均值	I	I	I	III	I	III	I
二桥	枯水期	I	I	I	IV*	III*	劣 V*	I
	丰水期	I	I	I	II	I	III*	I
	平水期	I	I	I	III*	I	III*	I
	年均值	I	I	I	III*	II	III*	I
沙堡滩	枯水期	I	I	I	IV*	IV*	劣 V*	I
	丰水期	I	I	I	III	II	V*	I
	平水期	I	I	I	II	II	III	I
	年均值	I	I	I	IV*	III	IV*	I

注: * 超标项。

从表 1 可看出,2006 年市区河段 3 个监测断面 pH、 COD_{Mn} 、 BOD_5 和 Cd 在各水期均达到Ⅰ类水质标准;TP 在露塘断面各水期达标,二桥断面除丰水期外均超标,沙堡滩断面枯水期超标,二桥和沙堡滩断面年均值不能按功能区达标; NH_3-N 在露塘断面各

水期达标,二桥和沙堡滩断面枯水期超标,各断面年均值按功能区达标 ;TN 在露塘断面各水期均达标、二桥断面全年超标、沙堡滩断面在枯水期和丰水期均出现超标,二桥和沙堡滩断面年均值不能按功能区达标。

从以上评价指标年均值看,露塘断面水质达到Ⅲ类水质标准,二桥断面和沙堡滩由于 TN 和 TP 的超标,不能按功能区达标,二桥断面属Ⅲ类水质标准,沙堡滩断面属Ⅳ类水质标准。不难看出,市区河段上游水质较好,市区废水排入柳江对市区中下游河段水质造成了污染,主要超标项目为 TN、TP 和 NH₃-N。

由于 COD 为国家‘十五’期间节能减排的指标之一,NH₃-N 与 TN 存在一定的联系,且考虑数据的可得性,本研究拟对 COD 和 NH₃-N 进行水环境容量的计算。

1.3 排污口污染现状

根据调查,柳州市区河段主要排污口有:竹鹅溪、白沙、回龙沟、香兰河、柳江造纸厂、静兰和龙泉山共 7 个排污口,总污染负荷 COD 为 33 524.77 t/a, NH₃-N 为 4 069.92 t/a,其中柳江造纸厂排污口对 COD 的贡献率最大,达到 22% ;回龙沟排污口对 NH₃-N 排放量的贡献率最大,达 49%,其主要污染源为柳州市化学工业集团和柳州钢铁公司排放的工业废水。

2 红花电站概况

红花水电站位于柳江下游河段红花村里雍林场附近,距柳州市 25 km。它是一座以发电、航运为主,兼顾灌溉、旅游、养殖等综合利用的大型水利工程,市区内水位高程约为 77.5 m,柳江的回水位目前由红花水电站到达柳城县风山镇的著名景点‘勒马石刻’处,全长 110 km,校核洪水位以下库容为 30 亿 m³,正常蓄水位以下库容为 5.7 亿 m³。

红花电站蓄水后形成的河道型水库为低水头径流式水库,虽然其具有一定的湖泊性质,但在水体的流态特征方面仍具有河道的性质,因此,本研究在选取市区河段的水质预测模型时,参照河流水质数学模型。

3 水环境容量计算

3.1 计算方法

水环境容量是指水体在环境功能不受损害的前提下所能接纳的污染物的最大允许排放量,环境容量包括自净容量和稀释容量^[2]。

一维水质模型假定污染物浓度仅在河流纵向上

发生变化。对于河流而言,如对水体管理精度要求不严,且河段长度大于下式的计算结果,可以采用一维模型进行模拟^[1]。

$$L = \frac{(0.4B - 0.6a) Bu}{(0.058H + 0.0065B) \sqrt{gHI}} \tag{1}$$

式中 : L 为混合过程河段极限长度,m ; B 为河流宽度,m ; a 为排放口距近岸水边的距离,m ; u 为河流断面平均流速,m/s ; H 为河流断面平均水深,m ; g 为重力加速度,m/s² ; i 为河段坡度。

将市区河段各水文设计参数代入式(1),得出 $L = 18.36$ km,小于市区河段各功能区长度,因而本研究采用一维水质模型对柳江市区河段水质进行模拟。

周孝德等^[3]提出了一维稳态条件下计算水环境容量的 3 种方法:段首控制、段尾控制和功能区段尾控制法。经分析比较认为:段首控制法较严格,适用于水质要求高、经济发达、治污能力强的地区;段尾控制法适用于污染较严重、经济不发达地区;功能区段尾控制法适用于对特定水质要求高(控制断面下游)而其他区段不限制的地区,或者污染十分严重而又急需用水的区域。本研究综合考虑柳州市区实际情况,采用段首控制法对市区河段进行计算。

段首控制法的水环境容量为^[4] :

$$W = 31.5 \times \left\{ (\rho_s - \rho_0) Q_0 + \sum [(q_i + Q_i) \rho_s - Q_i \rho_s \exp(-kt_i)] \right\} \tag{2}$$

式中 : W 为水环境容量,t/a ; ρ_s 为功能区水质标准,mg/L ; ρ_0 为来水质量浓度,mg/L ; Q_0 为来水流量,m³/s ; q_i 为第 i 个断面处的排污流量,m³/s ; Q_i 为第 i 个断面的干流流量,m³/s ; t_i 为水流从第 $i - 1$ 个断面运动到第 i 个断面所需时间,d ; k 为水质降解系数,d⁻¹。

3.2 水质降解系数的取值

借鉴 1999 年 12 月龚若愚等^[5]在柳江回龙沟下游得到的同步实测资料,采用两点法求取的 $k_{\text{COD}} = 0.25\text{d}^{-1}$, $k_{\text{氨氮}} = 0.16\text{d}^{-1}$,并采用类比法,参考《全国水环境容量核算技术复核大纲》中所列的同类同质河流中的污染物降解系数,根据市区排污情况,利用一维水质模型通过计算机进行模拟试算来校核监测断面监测值,最终确定 k 值,见表 2。

表 2 水质降解系数的取值

控制单元	$k_{\text{COD}}/(\text{d}^{-1})$	$k_{\text{NH}_3\text{-N}}/(\text{d}^{-1})$
露塘至龙村	0.19	0.09
龙村至二桥	0.19	0.09
二桥至沙堡滩	0.19	0.08

3.3 水文设计参数的取值

采用近 10 年 90% 保证率最枯月平均流量

164 m³/s 作为设计流量。取市区河段平均河面宽 530 m,水深 8 m。则该设计流量下的设计流速为 0.04 m/s,低于一维模型的应用范围,因而在计算中取设计流速为 0.1 m/s,取设计流量不变。

3.4 过渡带的处理

根据柳州市水功能区划结果,柳州自社冲露塘饮用、渔业用水区到柳江柳州市饮用水源区水质目标从Ⅲ类变为Ⅱ类,需要过渡带进行水质的过渡,过渡带计算公式为:

x = (86400u/k) ln (ρA/ρB) (3)

式中:ρA 为下游水质目标,mg/L;ρB 为上游水质目标,mg/L;u 为流速,m/s。

根据式(3)计算得出露塘至二桥段 CODCr 的过渡带长度为 - 5.23 km,NH3-N 的过渡带长度为 - 26.62 km。

3.5 不均匀系数的取值

完全混合系统中由环境容量模型计算出的水环境容量是假定环境资源是均匀分布于水体中的,不受时间、空间制约的水域最大容许纳污量。但实际上想要完全利用环境资源是不可能的,它受制于利用方式、技术,资源分布状况以及其他因素,资源分布越广越不均匀,利用难度越大。式(2)计算出来的水环境容量值应乘以不均匀系数进行修正。修正后的水环境容量一般成为安全水环境容量。河宽、水深和来水流量等是影响不均匀系数的主要因素[5]。本文参考了全国水环境容量核算技术指南及柳州以往研究成果,取不均匀系数为 0.3。

3.6 水环境容量计算结果

利用 Mapinfo 软件测量市区河段各监测断面及各排污点间的距离,根据式(2)可以计算出在 90% 水文保证率下,来水水质为现状监测值时,柳州市区柳江河段的水环境容量,结果见表 3。

表 3 安全水环境容量计算结果 t/a					
功能区段	水质标准	监测项目	安全水环境容量	污染物入河量	剩余水环境容量
露塘至龙村段	Ⅲ类	COD	77 687	654	77 033
		NH3-N	0	0	0
龙村至二桥段	Ⅱ类	COD	82 333	4 113	78 220
		NH3-N	728	600	128
二桥至沙堡滩段	Ⅲ类	COD	133 918	29 412	104 506
		NH3-N	1 286	3 711	- 2 425
合 计	—	COD	293 938	34 179	259 759
		NH3-N	2 014	4 311	- 2 297

从表 3 可以看出,由于考虑过渡带的影响,本研究没有对露塘至龙村段 NH3-N 水环境容量进行计算。水环境容量计算结果表明 柳州市区段 CODCr 还有较大的环境容量,但现有 NH3-N 排放量已超出

市区江段容量 2 297 t/a,超标河段为二桥至沙堡滩段,超出 2 425 t/a。这与水环境质量现状和污染源现状调查结果基本一致。

4 结论与建议

a. 环境监测与评价结果显示,柳江市区河段有机污染较严重,主要污染因子为 TN、TP 和 NH3-N。

b. 通过一维稳态条件下的段首控制法,计算得出柳江市区河段安全水环境容量分别为 COD 为 293 938 t/a,NH3-N 为 2 014 t/a。COD 的现状排污量小于安全水环境容量,有较大的剩余容量,但 NH3-N 的现状排污量已超过安全水环境容量。因此,应加强 NH3-N 重点排放企业的污染治理,特别是柳州市化学工业集团和柳州钢铁公司的污染减排及污染治理工作,以保护柳江市区河段水质。

c. 柳江市区河段水体环境容量与河段流量、长度、河宽、水质降解系数和不均匀系数等有直接关系,市区河段作为市区主要饮用水源地,应加大对红花电站蓄水后市区河段的水文和水质变化的研究力度,以确保市区河段的水环境质量。

参考文献:

[1] 汤一凡.乐山市水环境容量研究[D].成都:西南交通大学,2004.
[2] 国家环境保护总局环境影响评价管理司.环境影响评价岗位培训教材[M].北京:化学工业出版社,2006:132-133.
[3] 周孝德,郭瑾珑,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.
[4] 杨森.宜宾市长宁河水环境容量研究[D].成都:西南交通大学,2004.
[5] 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.

(收稿日期:2008-04-25 编辑:徐娟)

