

The Water Environmental Capacity Analysis of Jianhe River in Wudang Mountain

Li Jiao, Kun Li, Sha Zhao, Zhaohua Li

Hubei University, Wuhan
Email: 898044368@qq.com

Received: May 3rd, 2012; revised: May 21st, 2012; accepted: May 27th, 2012

Abstract: The Jianhe River in Wudang Mountain, Hubei, is one of the Danjiangkou reservoir water source. Combining with the hydrological monitoring data and water function zoning about Jianhe River in Wudang Mountain and using the related the water environmental capacity calculation model, estimates the theory water environmental capacity of Jianhe River in Wudang Mountain, and then calculate its effective water environmental capacity. And the results show that: the theory water environmental capacity of Jianhe River in Wudang Mountain is: COD 340.39 t/a, NH₃-N 66.62 t/a, TP 12.13 t/a, TN 105.30 t/a, the effective water environmental capacity is: COD 221.37 t/a, NH₃-N 43.3 t/a, TP 7.89 t/a, TN 68.45 t/a.

Keywords: Capacity of the Water Environment; Effective Capacity; Water Quality Model; Jianhe

武当山剑河水环境容量分析

焦 栗, 李 昆, 赵 莎, 李兆华

湖北大学, 武汉
Email: 898044368@qq.com

收稿日期: 2012年5月3日; 修回日期: 2012年5月21日; 录用日期: 2012年5月27日

摘 要: 剑河位于湖北武当山, 是丹江口水库的水源地之一。文章结合武当山剑河流域水文监测资料, 水功能区划, 采用相关的水环境容量计算模型, 测算了武当山剑河流域的理论水环境容量, 进而计算了其有效水环境容量。结果表明: 武当山剑河流域的理论水环境容量分别为: COD 340.39 t/a, NH₃-N 66.62 t/a, TP 12.13 t/a, TN 105.30 t/a。有效水环境容量分别为: COD 221.37 t/a, NH₃-N 43.3 t/a, TP 7.89 t/a, TN 68.45 t/a。

关键词: 水环境容量; 有效容量; 水质模型; 剑河

1. 引言

剑河位于湖北省十堰市境内, 分布于整个武当山旅游经济特区, 归于十堰市直管, 行政区划仍隶属于丹江口市。剑河发源于武当山东麓的倒开门, 东北向流经紫霄宫、太子坡、财神庙、王家院、老君堂、老营(武当山镇), 至香炉院汇入丹江口水库。剑河为芝

河流域右岸一级支流, 芝河流域剑河段贯穿武当山特区主城区, 芝河流域面积为 970 km², 河道长度 105 km, 其中剑河流域面积 47.2 km², 主河道长度为 26.5 km, 河床平均比降 12‰, 河口海拔高程 150 米, 河源分水岭海拔高程 1180 米。剑河河道狭窄, 陡坡水流湍急。从龙潭沟进入城区, 穿过武当山旅游经济特区, 最后顺流而下汇入丹江口水库。

近年来, 由于剑河河道防汛的改造, 剑河水库的

作者简介: 焦栗(1989-), 女, 汉族, 湖北大学资源环境学院, 研究生, 研究方向为水生态和水质研究。

扩容,使得剑河下游流入城区的水流变缓,水体交换能力变弱,自净功能下降。加之武当山旅游业的持续升温,武当山旅游经济特区人口扩增,致使排入剑河的各类污染剧增,使得流域水质总体下滑,局部恶化,水环境受到较大威胁。

2. 水环境容量计算方法

2.1. 水环境容量的定义

水环境容量一般指水体环境在一定功能要求、设计水文条件和水质目标下,所允许容纳的污染物质。即在水环境功能不受破坏的条件下,水体所能容纳污染物的最大数量。而我国《排放水污染总量控制技术规范》中,对水环境容量作如下定义:将给定水域和水文、水力学条件,给定排污口位置,满足水域某一水质标准的排污口最大排放量,叫做该水域在上述条件下的所能容纳的污染物质总量,通称水域允许纳污量或水环境容量^[1]。在实践中,水环境容量是水环境目标管理的基本依据,是水环境规划的主要约束条件,也是污染物总量控制的关键技术支持^[2]。一切与环境目标和水体稀释自净规律有关的因素,如水环境质量标准、水体自然背景值、水量及水量随时间的变化、水环境的物理、化学、生物学及水力学特性,以及排污点的位置和方式等均能影响水环境容量。

2.2. 总量控制指标因子的选择

总量控制指标因子为当地环保部门指定的污染物控制指标,同时也是接纳水体最为敏感的特征因子^[3]。在对剑河流域水污染现状调查、主要污染物特征及环境问题分析后可知,其水污染类型以有机污染为主,根据筛选原则,故确定剑河流域水环境容量核算的总量控制指标因子为COD(化学需氧量)、NH₃-N(氨氮)、TN(总氮)、TP(总磷)。

2.3. 控制单元的划分和容量测算单元的确定

剑河流域的水污染控制单元划分基本上是以空间水系污染状况以及地形为主要划分依据。以剑河水库、城区、太极湖水坝为界,将全流域划分为四个污染控制单元:分别为剑河上游区、剑河中游区、剑河下游区以及末端太极湖水坝区。由于划分的控制单元中的剑河上游区,中游区共 17.55 km 占全剑河流域总

长度的 66.23%,为山区自然河道,污染源很少,具有较强的自净能力,故无需再划分若干个容量测算单元及断面。本次监测的重点河段为 3.5 km 长的剑河下游区,只占全剑河流域总长度的 13.21%,整个控制单元的排污口排列密集,可以当做一个整体,无需再划分若干个容量测算单元及断面。而其中末端太极水库区为剑河下游河流污水的接纳体,并无其它污染源,因此也可当做一个整体,不再细分。即该流域的所属控制单元就是容量测算单元,具体划分情况如表 1 所示。

2.4. 水环境容量计算模型的选择

随着剑河流域上游的剑河水库以及末端太极湖水坝的建成,整个剑河流域形成头尾水库中间河道的水文特征。在划分的计算河段中,对于在水体中可降解的总量控制指标因子 COD 与 NH₃-N,剑河上游区和太极水库区采取湖泊水库预测模式进行环境容量的计算,剑河中游区和剑河下游区则采用河流形态预测模式进行水环境容量计算;对于在水体中不可降解的总量控制指标因子 TN 和 TP 则将采用 Vollenweider 模型进行水环境容量计算。

1) 河道模型:

$$W = 86.4 \times \frac{c_s - c_o e^{-\frac{K L}{U}}}{1 - e^{-\frac{K L}{U}}} \times K \times V$$

式中: W ——水环境容量, kg/d;

c_s ——出流断面水质, mg/L;

c_o ——入流断面水质, mg/L;

K ——降解系数, 1/s;

L ——河段长度, m;

U ——河流流速, m/s;

V ——河流容量, m³。

Table 1. Defined control units of water environmental carry capacity

表 1. 剑河水环境容量测算单元划分

容量测算单元	所属控制单元	水质管理目标	长度(km)	备注
剑河上游段	剑河上游区	II类	16.55	库区
剑河中游段	剑河中游区	III类	1.0	
剑河下游段	剑河下游区	IV类	3.5	
太极湖水坝	太极湖水坝	III类	5.45	库区

2) 湖库模型:

$$W = 86.4 \times 0.365 \times \left(\sum_{i=1}^n q_i c_s - \sum_{i=1}^n q_i c_{oi} + KVc_s / 86400 \right)$$

假设条件: 水量为稳态, 出流水质混合均匀。

W——水环境容量, t/a;

K——降解系数, 1/d;

V——库容, m³;

q_i——入流流量, m³/s;

c_{oi}——入流污染物浓度, mg/L;

c_s——水质目标, mg/L。

3) Vollenweider 模型:

$$W = S \times A \times Z \times (d + Q/V)$$

式中: W——湖(库)最大允许纳污量, t/a;

A——湖(库)水面积, km²;

S——指定水质标准, mg/L;

V——湖(库)水的体积, m³;

Q——流出湖(库)水的体积, m³;

Z——湖(库)平均深度, m;

D——湖水中营养盐的沉降系数, d = 10/Z。

4) 水文条件及参数确定:

水文条件是决定水环境容量的最重要因素之一, 设计水文条件的确定反映了水质保护目标的安全系数。根据《全国水环境容量核定技术指南》中的水质规划技术规范, 结合剑河流域河流段和库区段的水文水质特性进行选择。由于剑河属于山溪型河流, 枯水期及丰水期流量相差很大, 故选择全年平均流量及流速作为参数^[4]。根据《全国水环境容量核定技术指南》上的水质规划技术规范, 结合剑河流域库区段的水文水质特性, 选择正常水位时的平均库容作为库区段的设计库容。

在进行环境容量的计算时, 参数估值的准确性将直接影响环境容量的计算结果。污染物降解系数 K 是一个综合降解系数, 一个针对不同计算因子所对应的不同的降解系数, 它是河流对这一计算因子的降解作用。现行的较可靠的方法是水团追踪法, 其他方法还有实测资料反推法, 类比法, 经验估值法, 分析借用法^[3]。此次计算降解系数的选取采用经验估值法。根据前人对剑河的研究成果, 结合剑河各河段水质, 水文以及排污情况估算, 对剑河不同河段采取不同的方

法, 多种方法结合推求。根据《全国地表水水环境容量核定技术复核要点》的建议, 本次规划剑河流域河流段综合降解系数 COD 降解系数取值在 0.06~0.18 (1/d), NH₃-N 取值在 0.06~0.15 (1/d); 水库根据国内同类研究, COD 降解系数取值在 0.001 (1/d), NH₃-N 取值 0.006 (1/d)^[5], 其它参数见表 2 和表 3。

3. 理论水环境容量

理论环境容量是指以多年平均流量为条件, 经理论计算的环境容量。根据选定的计算模型, 在充分调研剑河流域水文地质条件的基础上, 计算的理论水环境容量见表 4。即剑河流域的理想水环境容量分别为: COD 340.39 t/a, NH₃-N 66.62 t/a, TP 12.13 t/a, TN 105.30 t/a。

Table 2. Model parameters of COD and NH₃-N for defined control units

表 2. 各控制单元 COD 和 NH₃-N 模型参数

控制单元名称	平均流量 (m ³ /s)	设计库容 (m ³)	入库浓度 (mg/L)		标准浓度 (mg/L)		降解系数 (1/d)	
			COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
剑河上游段	0.55	2,200,000	10	0.579	15	0.5	0.001	0.006
剑河中游段	0.55	8400	12	0.583	20	1.0	0.06	0.06
剑河下游段	0.55	67,480	19.5	3.82	30	1.5	0.06	0.06
太极湖水库	0.55	23,050,000	23	1.86	20	1.0	0.001	0.006

Table 3. Model parameters of Vollenweider for defined control units

表 3. 各控制单元 Vollenweider 模型参数

控制单元名称	设计库容(m ³)	流出湖(库)水的体积(m ³)	标准浓度(mg/L)	
			TP	TN
剑河上游区	2,200,000	17,344,800	0.025	0.5
剑河中游区	8400	17,344,800	0.2	1.0
剑河下游区	60,732	17,344,800	0.3	1.5
太极湖水坝	23,050,000	17,344,800	0.05	1.0

Table 4. Theoretical Water environmental carry capacity
表 4. 剑河水系理论水环境容量

所属县市	容量测算单元	所属控制单元	理想水环境容量(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
武当山 旅游经济 特区	剑河上游段	剑河上游区	98.77	1.04	0.68	13.66
	剑河中游段	剑河中游区	32.93	2.80	3.55	17.76
	剑河下游段	剑河下游区	92.64	27.16	5.61	28.04
	太极湖水库	太极湖水库	116.23	35.62	2.29	45.84
总计			340.39	66.62	12.13	105.30

4. 有效水环境容量

水环境容量是一个相对理论指标, 指在满足水质控制目标的条件下, 整个水域所能容纳的污染物的能力。河流或水库的环境容量是以一定设计保证率为基础的, 设计保证率越低, 水质目标破坏的可能性也越大, 对水质而言就越不安全。而保证率确定过高也会造成对环境容量的浪费, 不利于合理利用河流的水环境容量。同时按多年的平均流量计算出的环境容量反映了河流或水库在长系列水文条件下环境容量的多年平均值, 其值在年内与年际的变化很大, 要全部利用该环境容量也是不可能的^[3]。可见, 流域有效环境容量的确定是重要而复杂的问题, 与河流的流域特性, 社会经济发展水平, 水文条件, 水资源利用状况等诸因素有关。因此, 实际应用中为简化起见, 通常采取理论环境容量乘以有效系数的方法计算有效环境容量。经研究比较, 本次规划中取 0.65 作为有效系数计算。剑河流域的有效水环境容量分别为: COD 221.37 t/a, NH₃-N 43.3 t/a, TP 7.89 t/a, TN 68.45 t/a(表 5)。

5. 结论

根据剑河径流量较小, 夏季多暴雨的情况分析, 单纯的逐月求和所得的年环境容量会使整体的环境容量相对增大。由于洪水持续时间较短, 洪水瞬间增大了径流量, 使得该月的环境容量激增, 而事实上短时间的汛期过后, 水环境容量又较小, 由此, 基于逐月水流条件而计算的逐月水环境容量, 应用性较差, 而基于全年平均流量与流速计算的水环境容量更加具有实际应用价值。以平均流量计算获得的年水环境

容量作为水污染排放总量控制目标时, 既对该地区水污染物的排放起到了良好的限制作用, 保障河流水环境质量在年内逐月基本上达到目标要求, 保障河流水环境功能的正常发挥, 同时也对地区经济发展留有一定的拓展空间。

同时, 剑河末端的太极湖水坝建坝时间不长, 其坝区相关水文参数还有待进一步完善更新, 部分数据的不确定性对太极湖水坝水环境容量的计算结果有一定影响, 进而会对整个剑河流域的水环境容量的计算结果造成一定影响。

参考文献 (References)

- [1] 幸治国, 蒋良维. 长江、嘉陵江重庆城区段横向扩散系数[J]. 重庆环境科学, 1994, 6(2): 43-50.
XING Zhiguo, JIANG Liangwei. The Changjiang River's and Jialingjiang River's horizontal diffusion coefficient in Chongqing Section. Chongqing Environmental Science, 1994, 6(2): 43-50. (in Chinese)
- [2] 张永良, 刘培哲. 水环境容量综合手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.
ZHANG Yongliang, LIU Peizhe. The water environmental capacity comprehensive manual. Beijing: Tsinghua University Press, 1991. (in Chinese)
- [3] 李兆华, 李瑞勤. 清江水污染防治研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
LI Zhaohua, LI Ruiqin. The prevention of water pollution about Qingjiang River. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [4] 中国环境规划院. 全国水环境容量核定技术指南[R], 2003.
The Chinese Academy for Environmental Planning. The Technical guidelines of national water environmental capacity, 2003. (in Chinese)
- [5] 中国环境规划院. 全国地表水水环境容量核定技术复核要点[R], 2004.
The Chinese Academy for Environmental Planning. The technical key points of surface water's environmental capacity, 2004. (in Chinese)

Table 5. Active Water environmental carry capacity
表 5. 剑河水系有效水环境容量

所属 县市	容量测算单元	所属控制单元	有效水环境容量(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN
武当山 旅游经 济特区	剑河上游段	剑河上游区	64.20	0.68	0.44	8.88
	剑河中游段	剑河中游区	21.40	1.82	2.31	11.54
	剑河下游段	剑河下游区	60.22	17.65	3.65	18.23
	太极湖水库	太极湖水库	75.55	23.15	1.49	29.80
总计			221.37	43.3	7.89	68.45