

调水及梯级开发对汉江襄阳段水环境容量影响

Effect of Water Diversion and Cascade Development on Water Environmental Capacity of the Hanjiang River in Xiangyang

孙 辰, 邬红娟

(华中科技大学环境科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 汉江是襄阳市主城区唯一水源地和纳污水体, 其水质状况对襄阳市和汉江中下游的社会经济发展和人民生活影响重大。文章对南水北调中线调水及汉江梯级崔家营建成后的汉江襄阳段环境容量进行了预测, 为该区域的水污染物总量控制提供科学依据。结合汉江襄阳段的水质、水文条件以及排污状况, 采用零维和二维水质模型相结合, 对该江段的水环境容量进行了计算。结果表明: 与现状相比, 2015 年汉江襄阳段主要污染物 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的水环境容量在多数江段呈下降的趋势, 尤其是丰水期和平水期下降较为明显。

关键词: 南水北调; 汉江; 水环境容量; 水质; 梯级开发

中图分类号: X522

文献标识码: A

Abstract: As the only water source and receiving water of the Xiangyang downtown, water quality of the Hanjiang River is very important to economic and social development in the middle and lower reaches. This paper evaluated the changes of water environmental capacity in Xiangyang city after the implementation of the South-to-north water diversion and cascade development and supplied scientific evidence for total amount control of water pollutants. Based on the specified water quality, hydrological patterns and pollution sources of the Hanjiang River in Xiangyang city, water environmental capacity was calculated by the application of zero and two dimensional water quality model. The results indicate that compared with present condition, in 2015, the water environmental capacity of the main pollutants (COD and $\text{NH}_3\text{-N}$) will decline in most reaches of the Xiangyang City, especially during the high and middle-flow period.

Key words: South-to-North Water Diversion; Hanjiang River; Water Environmental Capacity; Water Quality; Cascade Development

CLC number: X522

汉江是南水北调中线工程调水源头, 也是湖北省重要的生活和工业用水水源地。南水北调中线调水后, 汉江中下游流量减小、流速变缓、部分江段水位下降已成定局^[1]。另外, 根据长江水利委员会编制的《汉江干流梯级开发规划报告》, 汉江流域共规划有16座大坝。这些大坝的建成必将改变汉江的水文情势, 进而对汉江的水环境产生重要影响。文章选择汉江襄阳段作为研究对象。汉江襄阳段位于丹江口大坝以下, 处于

汉江中游, 其水文情势受到南水北调中线调水和汉江梯级开发的叠加影响。随着汉江梯级崔家营枢纽的建成, 襄阳市部分江段已经形成库区, 不利于污染物的扩散和分解, 水环境状况形势严峻。

目前, 针对南水北调中线调水对汉江中下游水环境影响的研究较多^[2-6], 但是汉江中下游水环境容量变化的定量研究较少, 特别是汉江梯级开发和南水北调中线工程实施对汉江中下游水环境

收稿日期: 2012-12-18

基金项目: 湖北省环保科技项目(汉江襄樊段环境容量及污染防治对策研究)

作者简介: 孙 辰(1983-), 男, 博士研究生。研究方向: 污染物总量控制及水资源保护。E-mail: sunchen1983@foxmail.com

容量叠加影响的研究还未见报道。通过南水北调中线调水及汉江梯级崔家营枢纽的建成对汉江襄阳段水环境容量影响的研究,为加强流域内污染物总量控制提供科学依据,对于汉江中下游水质保护具有重要借鉴意义。

1 汉江襄阳段水环境现状

汉江在襄阳市境内全长195 km,流域面积16 893 km²,是襄阳市(主城区)的唯一水源地,也是其唯一的纳污水体。汉江干流襄阳段现设有7个监测断面(为保护市区水质,增设闸口断面)。汉江干流襄阳段7个监测断面水质均能满足水质目标规定的水质类别。2010年的监测数据统计结果见表1。

表1 2010年汉江干流襄阳段水质监测结果

水域	控制断面	监测网络	现状水质	目标水质
汉江老河口谷城段	沈湾	省控	Ⅱ	Ⅱ
	仙人渡	省控	Ⅱ	Ⅱ
	白家湾	国控	Ⅱ	Ⅱ
汉江襄阳市区段	闸口	增设	Ⅱ	Ⅱ
	钱营	省控	Ⅱ	Ⅲ
	余家湖	国控	Ⅱ	Ⅲ
汉江宜城段	郭安	省控	Ⅱ	Ⅱ

2010年襄阳市工业、生活污水排放量3.3616亿m³,其中工业废水排放总量2.6807亿m³,生活污水排放总量0.6809亿m³。工业废水排放的主要污染物是化学需氧量、氨氮、悬浮物等,生活污水排放的主要污染物是化学需氧量和五日生化需氧量^[7]。化学纤维制造业、纺织业、医药制造业和化学原料及化学制品制造业是襄阳市的主要工业污染源。

2 梯级开发工程概况

汉江干流夹河以下河段梯级开发共有8级,分别为孤山、丹江口(大坝加高)、王甫洲、新集、崔家营、雅口、碾盘山和兴隆。其中,崔家营航电枢纽工程坝址位于襄阳市庞公街办,距丹江口大坝30.9 km,已于2010年8月全面建成投入使用。

崔家营枢纽是以航运为主、兼顾发电、以电

养航、综合利用的工程。枢纽控制流域面积13.06×10⁴ km²,正常蓄水位62.73 m(黄海高程),回水约33 km至新集。崔家营水库洪水调节采用敞泄方式,按拟定的水库起调水位(正常蓄水位)进行调节,仅在非洪水期蓄水。崔家营大坝的建成改变了汉江襄阳市区段的水文情势,库区的年平均水位由2.96 m提升到5.70 m,年平均流速由0.83 m/s下降到0.33 m/s。水位抬高将使库区原有的一部分陆地变成水域,回水区域内水体容积增加。由于该水域流速减缓,不利于污染物扩散,枢纽及回水区域内的排污口附近局部水域污染物浓度将有所升高,水环境问题不容忽视。

3 水环境容量计算模型及其参数的确定

3.1 模型选择

水环境容量确定具有严格的程序,需要根据河段的水文条件、水力学参数和主要净化机理等选择适当的水质模型,模拟水体中污染物的稀释、扩散、迁移和降解规律,以及根据环境要求的水质目标(水环境质量标准)计算出各河段所能容纳的最大污染负荷值即环境容量^[8-10]。

考虑到汉江襄阳段今后的水文情势变化,采用零维模型和局部江段二维模型相结合的方法进行模拟和预测。汉江梯级崔家营航电枢纽建成后,汉江襄阳段新集至钱营段将形成库区,有一定热分层现象,此时库区水质变化可用零维来模拟。其他江段由于平均河流宽度较大(>200 m),其宽深比远大于20,选用河流二维模型进行模拟计算^[11]。

零维水环境容量模型:

$$W = 31.54 \cdot (QC_s + kC_s V / 86400) \quad (1)$$

式中, W为水环境容量, t/a; Q为设计流量, m³/s; C_s为流入库区的污染物浓度, mg/L; k为综合降解系数, 1/d; V为库容, m³。

当污水进入水体后,不能在短距离内达到全断面浓度混合均匀,这时候的河流水环境容量计算应考虑混合区。混合区也就是河流的混合过

程段,指排污口下游达到充分混合以前的河段。在考虑混合区的情况下,此时二维水环境容量模型为:

$$W = 8.64 \times 3.65 \times (C(x, y) - C_0) H \sqrt{u \pi x E_y} \exp\left(\frac{y^2 u}{4 E_y x} + k \frac{x}{86400 u}\right) \quad (2)$$

式中, W 为水环境容量, t/a ; $C(x, y)$ 为控制断面(混合区下边界)的水质标准, mg/L ; C_0 为排污口上游污染物浓度, mg/L ; u 为设计流量下污染带内的纵向平均流速, m/s ; H 为设计流量下污染带起始断面平均水深, m ; E 为横向混合系数, m^2/s ; x 为计算点到排污口纵向距离, m ; y 为计算点到排污口所在岸边的横向距离, m ; K 为综合降解系数, $1/d$; π 为圆周率。

3.2 模型参数确定

3.2.1 预测水平年 研究预测水平年为2015年,主要针对南水北调中线工程近期陶岔渠首调水95亿 m^3 以及崔家营航电枢纽蓄水后的天然河段和成库河段分不同水期进行容量预测。

3.2.2 计算因子 根据水污染物总量控制现状^[2],选择COD和 NH_3-N 作为计算因子。

3.2.3 污染源源强 采用2010年各点源的COD和 NH_3-N 的入河量作为环境容量计算的输入条件。

3.2.4 水文条件 由于崔家营大坝蓄水的影响从牛首镇至崔家营坝址处将形成库区,库区的人库流量由丹江口大坝下泄流量和丹~崔区间径流共同组成。这里采用死水位对应的死库容蓄水量确定枯水期水库库容。采用调水后50%保证率月入库流量作为平水期入库流量,调水后多年平均流量作为丰水期入库流量。库区设计水文条件见表2。

表2 崔家营库区设计水文条件

计算单元	水期	设计流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	库容/亿 m^3
牛首镇~崔家营	丰	878	2.45
	平	680	2.45
	枯	490	2.05

其他河段采用调水95亿 m^3 后多年平均90%保证率的月平均流量作为枯水期设计流量,多年平均50%保证率月平均流量作为平水期设计流量,

多年平均流量作为丰水期设计流量^[13]。库区下游的水文情势主要受崔家营航电枢纽运行方式的影响,其枯水期流量取崔家营最小下泄流量490 m^3/s 。

3.2.5 降解系数 降解系数(综合衰减系数)是计算自净容量的关键参数之一^[14]。采用类比估算法,库区 K_{COD} 取0.06/d, K_{NH_3-N} 取0.06/d,其他河段 K_{COD} 取0.17/d, K_{NH_3-N} 取0.08/d。

3.2.6 横向混合系数 横向混合系数是表征河流的污染物横向混合转移特征的参数,主要通过实测法或经验公式法确定,一般不超过0.5 m^2/s ^[11]。本研究采用泰勒经验公式计算:

$$E_y = (0.058h + 0.0065B) \sqrt{ghJ} \quad (3)$$

式中, h 为平均水深, m ; B 为河流宽度, m ; g 为重力加速度, 取9.8 m/s^2 ; J 为河床比降, 汉江干流襄阳段平均河床比降为0.241‰。计算结果见表3。

表3 各计算单元横向混合系数

控制单元	水期	横向混合系数 E_y
汉江老河口谷城段	丰	0.22
	平	0.20
	枯	0.18
汉江襄阳市区段	丰	0.26
	平	0.23
	枯	0.18
汉江宜城段	丰	0.26
	平	0.24
	枯	0.18

3.2.7 水质目标 参考《湖北省水功能区划》,以水功能区相应水环境质量标准类别的上限值作为水质目标值。水功能区相应环境质量标准具体落实于相应的监控断面。各控制单元水质控制目标由该河段的水功能区划决定^[15]。

4 水环境容量预测结果

根据汉江流域丰枯水期特点,分别对现状条件下和2015年的汉江襄阳段各水期的水环境容量进行计算,结果见表4。

表4 汉江襄阳段各水文条件下COD和NH₃-N的水环境容量值

水域	水期	COD/t		NH ₃ -N/t	
		现状	预测	现状	预测
汉江老河口谷城段	丰水期	4432.3	4323.1	998.1	800.2
	平水期	4166.5	4167.3	930.8	730.3
	枯水期	3186.4	3189.5	611.3	605.8
汉江襄阳市区段	丰水期	79590.1	75767.2	932.0	905.7
	平水期	72115.3	74943.8	17765.4	17650.2
	枯水期	45350.4	45685.4	1160.7	1172.4
汉江宜城段	丰水期	12203.2	12180.5	305.3	273.72
	平水期	12097.3	12237.4	280.1	273.97
	枯水期	11546.9	11559.1	267.0	238.11

5 讨论与建议

5.1 讨论

(1) 从水环境容量预测的结果可以看出, 与现状相比, 2015年汉江襄阳段的环境容量在多数江段呈下降的趋势, 尤其是丰水期(7、8、9月)和平水期(4、5、6、10、11月)下降较为明显。在丰水期, 汉江襄阳段COD容量减少3954.8 t, NH₃-N容量减少255.78 t; 在平水期, NH₃-N容量减少321.83 t。分江段看, 老河口谷城段在丰水期COD容量减少109.2 t, NH₃-N容量减少197.9 t; 在平水期NH₃-N容量减少200.5 t。襄阳市区段在丰水期COD容量减少3822.9 t, NH₃-N容量减少26.3 t; 平水期NH₃-N容量减少115.2 t。宜城段NH₃-N容量在丰水期减少31.58 t, 在平水期减少6.13 t, 枯水期减少28.89 t。

(2) 作为湖北省委、省政府确立的省域副中心城市之一, 襄阳市目前的经济总量已经达到了全省的六分之一左右。按照主城区近期200 km²、200万人口, 远期300~500 km²、300万~500万人口的规模要求, 襄阳市未来的发展规划将在很大程度上受到汉江水环境状况, 尤其是水环境容量的制约^[6]。由于南水北调中线调水及崔家营枢纽的影响, 汉江襄阳段中水历时减少, 库区流速减缓, 环境容量在多数水期存在下降的趋势。尤其是襄阳市区上游至崔家营坝址处, 自然流态转变为相对静止的湖泊状态, 不利于污染物扩散及自净, 这类情况随着汉江的梯级开发还将继续。各类因素影响叠加使汉江襄阳段抵御突发性水污染事故的能力

减弱、汉江中下游发生水华的可能性增大, 将影响汉江水质特别是襄阳市的饮用水安全。

5.2 建议

(1) 汉江襄阳段工业排污主要集中在市区下游的闸口至余家湖江段, 其长度为19.6 km, 占计算单元总长的11.4%。根据我们的调查和估算, 该江段共有排污口10个, 占排污口总数的67%; 污水入河量占排污口入河总量的58.3%。由于该江段的水体功能定为III类, 环境容量较大, 而下游余家湖~郭安以及荆门钟祥段的环境水体功能要求为II类, 现有的水功能区划分会对下游水环境造成很大压力。建议襄阳市在产业布局 and 产业结构调整时必须注意下游环境功能区的容量和水体功能要求。

(2) 2014年南水北调中线调水在即, 有必要尽快深化对汉江中下游, 尤其是中游(襄阳段)的水生态环境(包括底质)的现状调查, 为中线调水影响汉江生态环境的影响研究积累数据资料, 这项研究是确定汉江中下游生态需水的前提, 由此科学合理安排丹江口大坝、崔家营等梯级水利工程的调度, 达到汉江全流域社会、经济、生态环境协调发展。

参考文献

- [1]胡志芳, 张利平. 南水北调中线工程对汉江中下游水环境影响分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2008, 6(3): 15-17.
- [2]窦明, 左其亭, 胡彩虹. 南水北调工程的生态环境影响评价研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2005, 26(2): 63-66.
- [3]吴胜军, 王学雷, 杜耘, 等. 南水北调中线工程对钟祥市生态环境的影响[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(4): 22-24.
- [4]熊文, 廖奇志. 南水北调中线工程对汉江中下游“水华”影响及对策[J]. 长江科学院院报, 2003, 20(5): 45-47, 64.
- [5]严军, 胡建兰, 苗卉, 等. 南水北调对长江流域水资源承载力的影响及水资源优化配置方法[J]. 水力发电学报, 2007, 26(3): 105-109, 98.
- [6]张九红, 敖良桂. 汉江中下游水质现状及污染趋势分析[J]. 水资源保护, 2004, 20(3): 46-48.
- [7]襄樊市水利局. 2010年襄樊市水资源公报[R]. 2011.
- [8]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.
- [9]关卉. 湛江市水环境容量分析与应用研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
- [10]刘培哲. 水环境容量研究的理论和实践[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [11]中国环境规划院. 全国水环境容量核定技术指南[M]. 北京: 环境科学出版社, 2003.
- [12]孟伟. 流域水污染物总量控制技术与示范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [13]关彩虹, 胡炜, 吴月芳, 等. 南水北调中线工程对汉江中游襄阳段水文情势的影响[J]. 四川环境, 2005, 24(5): 10-12.
- [14]蔚秀春. 河流中污染物综合降解系数的影响因素浅析[J]. 内蒙古水利, 2007, (2): 116-117.
- [15]夏青. 水环境保护功能区划[M]. 北京: 海洋出版社, 1989.
- [16]张中旺, 李长安, 胡立山. 南水北调对汉江中游襄樊市生态环境影响研究[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2006, 40(1): 119-123.