

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.03.024

丹江口水库典型入库支流水质评价与趋势分析

王文静,高鹏程,李 捷,周裕红

(长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局,湖北 襄阳 441022)

摘要:应用污染指数法中典型的单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法,选取丹江口入库支流中张湾和神定河口两个断面,对其 2005—2014 年水质状况进行了水质评价与趋势分析。结果表明,张湾断面目前污染仍较重,但主要超标污染物得到一定程度的控制,与往年相比,总体有好转趋势;神定河口断面的污染物始终超标严重,2005—2014 年水质评价结果始终为劣 V 类。建议加强对水质逐步恶化项目的治理,加强防护与控制管理。

关键词:水质评价;趋势分析;入库支流;单因子污染指数法;内梅罗污染指数法;丹江口水库

中图分类号:X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)03-0127-04

Water quality assessment and trend analysis of typical tributaries of Danjiangkou Reservoir

WANG Wenjing, GAO Pengcheng, LI Jie, ZHOU Yuhong

(Hanjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Xiangyang 441022, China)

Abstract: The single factor pollution index method and Nemerow index method were used to analyze the status of water quality and its trend at the Zhangwan and Shendinghekou cross-sections through the tributaies flowing into the Danjiangkou Reservoir during the period from 2005 to 2014. The results show that the Zhangwan cross-section was heavily polluted during the study period, and the main pollutants had been controlled to a certain extent. On the whole, the water quality of the Zhangwan cross-section has improved. The pollutants of the Shendinghekou cross-section always exceeded the standard significantly, and the water quality at this cross-section was below the grade V level from 2005 to 2014. Some pollution control measures should be taken to improve the water quality and enhance protection and management.

Key words: water quality assessment; trend analysis; tributaries flowing into reservoir; single factor pollution index method; Nemerow index method; Danjiangkou Reservoir

自丹江口水库被确定为南水北调中线水源地位后,其水质状况受到了社会各界的高度关注^[1-2]。多年连续监测资料表明,目前丹江口水库水质总体良好,保持在地表水Ⅰ~Ⅱ类,能够满足工程调水水质要求,但部分入库支流和个别水质因子超标仍然是无法忽视的问题^[3]。笔者选取丹江口水库入库支流中水质情况较差的老灌河和神定河,对老灌河上的张湾断面和神定河上的神定河口断面的 2005—2014 年监测资料进行了统计计算,采用单项污染指数法和内梅罗综合污染指数法分析其水质污染程度

及变化趋势,为老灌河和神定河水质监测及水环境质量保护提供科学决策依据。

1 研究范围与方法

1.1 研究断面概况

老灌河流域是南水北调中线工程上游重要水源涵养区。在汉江和丹江的一级支流中,老灌河环境容量最小,且是入库口距离中线工程陶岔取水口最近的河流,对陶岔的水质影响较大^[4]。张湾断面位于老灌河下游河段东经 111°28′,北纬 33°05′。神定

作者简介:王文静(1988—),女,助理工程师,硕士,主要从事水环境监测和水生态研究工作。E-mail: sofie2008@sina.com

河是连接十堰市百二河到汉江的一条重要的必经河,也是十堰城区最大的排污口^[5]。神定河口断面位于湖北省郧县茶店镇,东经 110°50′,北纬 32°44′,是神定河汇入汉江干流的水质控制站。研究断面示意图见图 1。

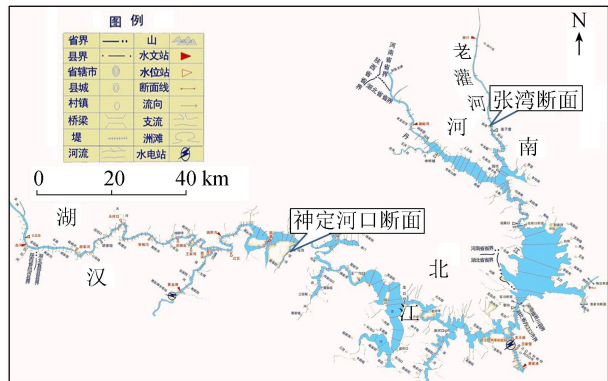


图 1 研究断面示意图

张湾断面每年按月对水质进行常规监测,神定河口断面每年 3、6、9、12 月对水质进行常规监测。监测项目有气温、水温、pH、悬浮物、总硬度、电导率、DO、COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、挥发酚、氰化物、氟化物、硫酸盐、Cl⁻、Cr⁶⁺、As、Hg、Ad、Pb、Cu、Fe、TP、石油、粪大肠菌群(FC)、硫化物、阴离子表面活性剂,共计 29 项。

1.2 单因子污染指数法

污染指数法的基本思想是:用各水质指标的实测值与其评价标准(通常采用水体功能类别对应的水质指标浓度限值)之比,作为标准指数单元,通过算术平均、加权平均、连乘及指数等诸多数学手段得到一个综合污染指数,作为水质评价尺度来评价综合水质^[6]。

单因子污染指数法(即单因子评价法)是污染指数法的基础,用来表示某单项指标水质是否达到规定的水体功能类别以及相对于水体功能类别的达标或超标程度。单因子污染指数为该项目实测值与评价标准值之比,计算公式(DO 和 pH 不适用)为

$$P_i = C_i / C_0 \tag{1}$$

式中: P_i 为单因子污染指数; C_i 为该断面第 i 项污染指标的年平均值; C_0 为第 i 项污染指标的评价标准值。

若 $P_i < 1$,表明该项指标未超标,若 $P_i > 1$,则表明该项指标超标,而且 P_i 值越大,表示该项指标污染越严重。单因子评价法的优点是简单直观,可以最直接地反映出水体水质状况,是水环境影响评价中最常用的方法,缺点则是这种“一票否决”的思想有时会表现为过度保护,不利于反映水体功能是否满足使用要求^[6]。

1.3 综合污染指数法

综合污染指数法是对各污染指标的相对污染指

数进行统计,得出代表水体污染程度的数值。该方法可以确定研究水体的污染程度^[7]。综合污染指数法的基本形式有多种,其中内梅罗污染指数是目前仍然应用较多的一种环境质量指数^[6]。内梅罗污染指数虽然有过于突出最大污染因子对水质污染的影响和未考虑权重因素的缺点,但由于其特别考虑了污染最严重的因子,在加权过程中避免了权系数中主观因素的影响,是一种兼顾极值或称突出最大值的计权型多因子环境质量指数。

内梅罗污染指数计算公式为

$$I = \sqrt{\frac{\bar{P}_i^2 + (P_i^{\max})^2}{2}} \tag{2}$$

式中: I 为污染指数; $\bar{P}_i$ 为 n 项水质指标污染指数的算术平均值; $P_i^{\max}$ 为 n 项水质指标污染指数的最大值。

内梅罗污染指数与污染程度的等级划分^[8]为: $I < 1$,清洁; $1 \leq I \leq 2$,轻污染; $2 < I \leq 3$,污染; $3 < I \leq 5$,重污染; $I > 5$,严重污染。

2 结果与讨论

2.1 水质状况分析

2.1.1 水质类别和污染程度状况分析

分别采用单因子评价法和内梅罗综合污染指数法,执行 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准,对张湾和神定河口的水质类别和污染程度进行了评价分析,结果见表 1。单因子评价法选用的评价数据为张湾和神定河口两断面 2005—2014 年每年的年均值。内梅罗综合污染指数法选取断面易超标项目作为主要的参评参数,即选取 COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N、TP、F、Hg、Cr⁶⁺、挥发酚、石油和粪大肠菌群共 10 项指标作为评价因子。

表 1 2005—2014 年张湾和神定河口断面水质状况

年份	张湾		神定河口	
	水质类别	污染程度	水质类别	污染程度
2005	劣 V	严重污染	劣 V	严重污染
2006	劣 V	严重污染	劣 V	严重污染
2007	劣 V	严重污染	劣 V	严重污染
2008	劣 V	重污染	劣 V	严重污染
2009	V	轻污染	劣 V	严重污染
2010	Ⅲ	清洁	劣 V	严重污染
2011	Ⅳ	清洁	劣 V	严重污染
2012	劣 V	严重污染	劣 V	严重污染
2013	V	轻污染	劣 V	严重污染
2014	劣 V	严重污染	劣 V	严重污染

单因子评价法评价结果显示,2005—2008 年张湾断面的水质评价结果为劣 V 类。从 2009 年开始水质评价结果发生变化,2010 年转为Ⅲ类,为 10 年中水质最优的一年,2012—2014 年则为劣 V 类和 V

类。从内梅罗综合污染指数法评价结果来看,张湾断面从 2008 年开始污染程度由严重污染转为重污染,在 2010 年和 2011 年一度达到清洁,到 2012 年又出现严重污染。比较两种评价结果可以看出,单因子评价法和内梅罗指数法评价结果虽略有不同,但整体趋势仍保持一致。张湾断面 10 年间水质变化波动较小,水质较差。神定河作为十堰城区最大的排污口,10 年间水质评价结果始终为劣 V 类,污染程度一直为严重污染,水质状况堪忧。

2.1.2 主要超标污染物状况分析

采用单因子评价法,执行 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准,对张湾和神定河口两断面 2005—2014 年的主要超标污染物进行了总结,结果见表 2。

表 2 2005—2014 年张湾和神定河口断面主要超标污染物状况

年份	主要超标污染物	
	张湾	神定河口
2005	FC, COD _{Mn}	NH ₃ -N, BOD ₅ 、石油、FC
2006	FC, NH ₃ -N,	石油、NH ₃ -N, BOD ₅ 、TP、FC
2007	FC, 汞, NH ₃ -N,	COD _{Mn} 、石油、NH ₃ -N、BOD ₅ 、TP、FC
2008	FC, NH ₃ -N,	石油、NH ₃ -N、FC
2009	FC, NH ₃ -N,	石油、NH ₃ -N、FC
2010	达标	BOD ₅ 、NH ₃ -N、FC
2011	FC	BOD ₅ 、NH ₃ -N、FC
2012	FC	石油、NH ₃ -N、FC
2013	FC	NH ₃ -N、BOD ₅ 、TP、FC
2014	FC	COD _{Mn} 、BOD ₅ 、NH ₃ -N、FC

2005—2008 年,张湾断面的常年主要超标项目为粪大肠菌群、NH₃-N, Hg 和 COD_{Mn} 指数在某些年份超标严重。2011—2014 年张湾断面的主要超标项目已转变为粪大肠菌群一项, NH₃-N 虽偶有超标,但年均值仍满足Ⅱ~Ⅲ类水质标准。神定河口断面超标项目较多,主要超标项目有 NH₃-N、石油、BOD₅、粪大肠菌群等。

2.2 水质变化趋势分析

2.2.1 水质总体状况变化趋势分析

内梅罗污染指数不仅可以确定研究水体的污染程度,还可以通过具体数字直观地体现出污染程度的变化趋势。如图 2 所示,张湾断面的内梅罗污染指数从 2005—2010 年呈减小的趋势,2005 年与 2010 年内梅罗污染指数比值高达 36.75。从 2008 年开始内梅罗污染指数始终维持在 5 以内(2012 年略高于 5),在 2012 年和 2014 年出现两个小峰值。由此可以看出,目前张湾断面水质情况仍存在污染,与往年相比,污染程度得到一定程度的改善,但改善效果并不理想,近两年水体依然存在污染。

从图 2 可见,神定河口断面的内梅罗污染指数

一直较高,在 2007 年甚至一度超过了 300,之后虽有回落,但从 2011 年开始出现上升的情况,且 2011—2013 年内梅罗污染指数处于很高的数值。随着经济发展,城市排污总量呈现惯性增长,而神定河作为十堰城区最大的排污口,其纳污能力已远远超过其接受的排污量,水质总体状况很差。

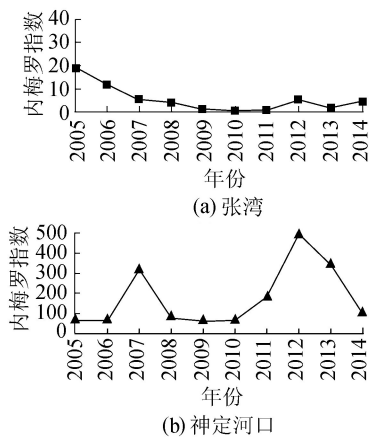


图 2 张湾和神定河口内梅罗指数变化趋势

2.2.2 主要超标污染物变化趋势分析

为进一步分析张湾和神定河口两断面主要超标污染物变化趋势,采用单因子污染指数法计算两断面主要超标项目的单因子污染指数,结果见图 3。

张湾断面 NH₃-N 指标的单因子污染指数整体呈抛物线形状,从 2005—2010 年先升后降,之后则维持一个相对稳定的数值,这一变化与表 2 中后期 NH₃-N 由主要超标项目变为非主要超标项目保持一致。粪大肠菌群指标的变化起伏较缓和,但 2011—2014 年数值较 2005 年和 2006 年有明显降低。两项主要超标物的污染指数变化趋势也从侧面解释了表 2 中张湾断面某些年份水质评价结果优于劣 V 类的原因。从综合内梅罗污染指数和单项污染指数来看,张湾断面目前仍污染较重,主要超标污染物得到一定程度的控制,与往年相比总体有好转趋势,应继续加强治理,避免出现污染反弹情况。

神定河口断面的粪大肠菌群单项污染指数始终居高不下,超标严重,10 年间变化趋势与内梅罗污染指数变化趋势(图 2(b))相似。NH₃-N、石油、BOD₅ 和 TP 这 4 项单因子污染指数较粪大肠菌群要小得多,10 年间这 4 个项目的单因子污染指数始终反复波动,无明显变化趋势。从综合内梅罗污染指数和单项污染指数来看,神定河断面的污染物超标严重,水质很差,水质污染情况在这 10 年中未得到明显改善。

2.3 水质变化影响因素分析

水质变化与流域水环境条件的变化密切相关。一方面,张湾断面所在的老灌河流域森林过度砍伐,

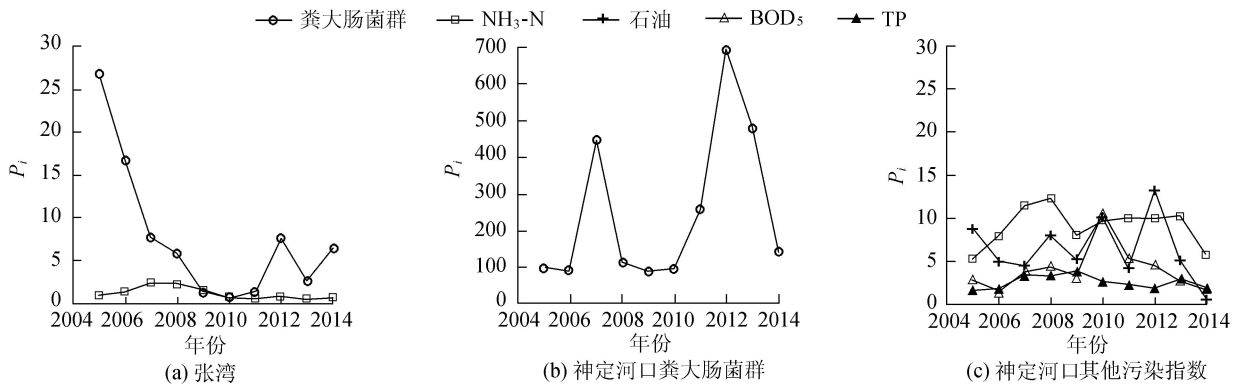


图3 张湾和神定河口单因子污染指数变化趋势

森林覆盖率低,水土流失及环境污染造成水环境条件恶化;另一方面,张湾上游栾川县的三川镇、冷水乡工矿的发展程度较高,栾川县近年来发生多次尾矿溃坝事件,尾矿库(坝)对环境的潜在风险较高^[4],应加强局部重点治理工作;而下游淅川县城和西峡县城由于城镇人口密集,生活污染产生量大。

神定河是十堰市城区最大的污水接纳水体,污染源主要为城市工业废水和生活污水。上游多数农村存在的水土流失,化肥、农药的污染和小型乡镇企业直接排污等,造成了河流上游污染;而河流中下游地区生活、生产污水,城郊农业及养殖退水,工业废水,餐饮业废水,空气沉降物等的排放加剧了污染。组成成分复杂的污水排放进入神定河,造成了神定河超标项目较多且超标严重。据统计,2010年排入神定河的废水量为2577.3万t、NH₃-N的纳入量为580.6t,神定河接收污染输入量已超过河流因自净作用的污染减少量^[5]。污染排放增加而自净化能力减弱导致了神定河口断面水体污染严重,2005—2014年一直为劣V类。

3 结 语

a. 内梅罗综合污染指数法与单因子评价法的评价结果一致,张湾和神定河口两断面2005—2014年的水质情况整体较差,尤其是神定河口断面这10年间水质评价结果始终为劣V类,污染严重。

b. 通过内梅罗污染指数变化趋势分析与主要超标项目的单因子污染指数变化趋势分析,张湾断面目前仍污染较重,但主要超标污染物得到一定程度的控制,与往年相比总体有好转趋势;神定河口断面的污染物始终超标严重,水质很差,污染情况未得到明显改善。

c. 建议有关部门继续加强对老灌河的治理,避免污染反弹现象;加大对神定河的排污治理力度,有效改善水质情况。

参考文献:

[1] 徐志仿,徐铜,蒲前超. 丹江口库区及上游水资源保护与

管理[J]. 人民长江,2011,42(2):16-20. (XU Zhifang, XU Tong, PU Qianchao. Protection and management of water resources of Danjiangkou Reservoir area and its upstream basin [J]. Yangtze River, 2011,42(2):16-20. (in Chinese))

[2] 胡安焱,张自英,王菊翠. 水利工程对汉江中下游水文生态的影响[J]. 水资源保护,2010,26(2):5-9. (HU Anyan, ZHANG Ziyang, WANG Jucui. Impact of hydraulic engineering on hydro-ecology in middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Water Resources Protection, 2010, 26(2):5-9. (in Chinese))

[3] 周裕红,王峰,左秋云. 丹江口水库水环境质量影响因素的探讨[J]. 水利科技与经济,2009,15(10):847-849. (ZHOU Yuhong, WANG Feng, ZUO Qiuyun. Discussing on the influence factor of water environment quality of Danjiangkou Reservoir [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2009,15(10):847-849. (in Chinese))

[4] 陈晓飞,姜世英,韩鹏. 基于AHP的老灌河流域环境风险评价[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(3):87-97. (CHEN Xiaofei, JIANG Shiying, HAN Peng. Environmental risk assessment for the Laoguan River using fuzzy analytic hierarchy process approach [J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2012,10(3):87-97. (in Chinese))

[5] 雷沛,张洪,单保庆. 丹江口水库典型入库支流氮磷动态特征研究[J]. 环境科学,2012,33(9):3038-3045. (LEI Pei, ZHANG Hong, SHAN Baoqing. Dynamic characteristics of nitrogen and phosphorus in the representative input tributaries of Danjiangkou Reservoir [J]. Environmental Science, 2012,33(9):3038-3045. (in Chinese))

[6] 徐祖信,尹海龙. 城市水环境管理中的综合水质分析与评价[M]. 北京:中国水利水电出版社,2012:25-40.

[7] 陆卫军,张涛. 几种河流水质评价方法的比较分析[J]. 环境科学与管理,2009,34(6):174-176. (LU Weijun, ZHANG Tao. Comparison and analysis of several appraisal methods for river water quality [J]. Environmental Science and Management, 2009,34(6):174-176. (in Chinese))

[8] 刘绮,潘伟斌. 环境质量评价[M]. 广州:华南理工大学出版社,2004:91-93.

(收稿日期:2015-05-18 编辑:徐娟)