

# 南水北调中线工程调水前后丹江库区水质分析

施建伟<sup>1,3</sup>, 尹延震<sup>2,3</sup>, 王苗<sup>2,3</sup>, 邓李玲<sup>1,3</sup>, 黄进<sup>2,3</sup>,  
陈海燕<sup>2,3</sup>, 杜宗明<sup>2,3</sup>, 张毅华<sup>1,3</sup>, 李玉英<sup>3,4\*</sup>

(1.南阳市环境监测站,河南 南阳 473000; 2.南水北调中线渠首环境监测应急中心,河南 南阳 473000;  
3.南阳师范学院 南水北调中线水源区水安全河南省协同创新中心,河南 南阳 473061;  
4.南阳师范学院 南水北调中线水源区生态安全河南省重点实验室,河南 南阳 473061)

**摘要:**旨在为南水北调中线工程运行后生态调水管理提供科学依据,利用十二五期间及2016年上半年丹江库区8个监测点位的月监测数据,分析了丹江库区水质时空变化特征和十二五期间丹江库区水质变化趋势.运用单指标评价法和综合污染指数法评价河南区域丹江库区水质现状.结果表明:丹江库区水质春、夏季污染较重,秋季次之,冬季水质污染较轻;河流入库区水质较差,陶岔渠首水质次之,汉库丹库交汇区水体污染较轻,丹江主体库区水质居陶岔渠首与汉库丹库交汇区之间;当TN参评时,丹江库区水质达标级别为Ⅳ类,不参与时为Ⅱ类;丹江库区综合污染指数年均均为0.77,库区水体为中度污染水平;十二五期间,丹江库区水体中 $\rho(\text{TN})$ 由Ⅴ类上升到Ⅳ类,呈下降趋势,其余指标稳定在Ⅱ类,但 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ ,  $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 呈上升趋势.

**关键词:**丹江口水库;水质评价;趋势分析

中图分类号:X824

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2018)02-0103-07

## Water Quality Analysis of Danjiang Reservoir before and after Running of the Mid-line Project of South to North Water Diversion

Shi Jianwei<sup>1,3</sup>, Yin Yanzhen<sup>2,3</sup>, Wang Miao<sup>2,3</sup>, Deng Liling<sup>1,3</sup>, Huang Jin<sup>2,3</sup>,  
Chen Haiyan<sup>2,3</sup>, Du Zongming<sup>2,3</sup>, Zhang Yihua<sup>1,3</sup>, Li Yuying<sup>3,4</sup>

(1.Environmental Monitoring Station of Nanyang City, Nanyang 473000, China;

2.Environmental Monitoring and Emergency Center in Canal Head of the Mid-line Project of South to North Water Diversion, Nanyang 473000, China;

3. Collaborative Innovation Center of Water Security for Water Source Region of the Mid-route Project of South-to-North Water Diversion in Henan Province, Nanyang 473061, China;

4. Key Lab of Ecological Security of the Water Area of the Mid-line Project of South to North Water Diversion in Henan Province, Nanyang Normal University, Nanyang 473061, China)

**Abstract:** Danjiangkou Reservoir as the water source area of Middle-line Project of South to North Water Diversion, began to supply water at the end of 2014. As the water source area of drinking water, the water quality of Danjiangkou Reservoir was the focus of great concern in China. Based on monthly data of water monitoring during 2011.01~2016.06, the temporal and spatial variation of water quality and variation trend of the water source area was discussed. Single factor assessment (SFA) and comprehensive pollution index(CPI) was used to evaluated water quality. The results showed that the seasonal change and water area change of water

收稿日期:2016-08-05

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0402204;2016YFC0402207);水体污染控制与治理科技重大专项资助项目(2017ZX07108);国家自然科学基金项目资助项目(U1704124;231400367;41601332);河南省重点科技攻关资助项目(2016151;17454;182102311021);河南省教育厅重点资助项目(16A210012)

\*通信作者,E-mail: lyying200508@163.com

quality is getting better as followed, spring, summer, autumn and winter. The water area change of water quality is becoming worse as followed, the confluence area of both water bodys, the body water area of Danjiangkou reservoir, the canal head area of Taocha and the inflow area of Danjiang rive. The results of the CPI indicated that the average CPI after the running of the Middle-ling Project is 0.77 and the water body is under medium pollution level. The water quality is ranked as IV water level when TN indicator is involved. Otherwise, it was ranked as II water level. During the 12th five-year,  $\rho(\text{TN})$  which is getting better rose from V level to IV level and the remaining indicators are stable under II water level. However, both  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$  and  $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$  showed an upward trend. The purpose of this study is to provide scientific basis for the ecological water diversion management during the running period of Middle Route Project.

**Keywords:** Danjiangkou Reservoir; the evaluation of water quality; trend analysis of water quality

丹江口水库位于汉江中上游,分布于湖北省丹江口市和河南省南阳市淅川县,水域横跨鄂、豫 2 省,由汉江库区和丹江库区组成.丹江口水库是亚洲第一大人工淡水湖、国家南水北调中线工程水源地,中线工程的取水口位于河南省淅川县九重镇陶岔村.中线工程于 2014 年 12 月正式通车,截止 2018 年 3 月已累计向北方供水 120 亿  $\text{m}^3$ ,直接受益人口超过 5 310 万,调水效益日益凸显.

丹江口水库作为南水北调中线工程的水源地,其水质状况直接关系到调水工程受水区水质的安全问题,因此对水源供水质量的要求既要有相对的高标准,又要有长期的稳定性<sup>[1]</sup>.通水前期,众多研究表明丹江口水库总体水质良好,符合《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) II 类(饮用水)标准<sup>[2-4]</sup>.2015 年整个库区降水量较往年偏少,年底时库区水位由 2014 年调水前 162 m 下降至 152 m.研究表明:水文条件是影响湖库水质的重要因素<sup>[5-6]</sup>.针对 2015 年库区降水量偏少、库容量下降的情形,本研究分析了中线工程运行后 18 个月内(2015.01~2016.06)中线水源区一、二级保护区——丹江库区水质现状;同时分析了十二五期间(2011~2015 年)丹江库区水质变化趋势,旨在掌握中线工程核心水源区调水水质阶段性演变规律,为核心水源区水质生态安全保护政策制定提供依据,实施生态调水安全.

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域

根据中线工程水质监测工作需要,丹江库区监测断面逐步增加,2011~2012 年监测断面为 DJ1~DJ5,2013 年增设 DJ6,2015 年 4 月份起又增设 DJ7 和 DJ8,以上均为近岸监测断面,如图 1 所示.其中,DJ1 为渠首(陶岔)监测断面,DJ2 为汉库丹库交汇区监测断面,DJ8 为河流入库监测断面,其余为库体监测断面(图 1).每个监测点位每月监测 1 次,按照《水质湖泊和水库采样技术指导》(GB/T 14581-1993)进行样品采集、固定、运输与保存.

### 1.2 监测项目及方法

主要监测项目: $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{BOD}_5$ , TN,  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP.分析方法分别是酸性高锰酸钾法、重铬酸钾法、稀释与接种法、碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法、纳氏试剂分光光度法和钼酸铵分光光度法<sup>[7]</sup>.

### 1.3 数据处理与统计

应用 Excel 2007 及 SPASS 19.0 软件对各点位水质指标分析结果的平均值进行绘图与统计分析.对十二五期间丹江库区各水质指标的年均浓度变化趋势用 Spearman 秩相关系数进行分析<sup>[8]</sup>.取显著



图 1 中线工程水源区丹江库区水质监测布点

性水平  $\alpha = 0.05$ , 将秩相关系数  $r_s$  的绝对值与 Spearman 秩相关系数统计表中的临界值  $W_p$  进行比较. 如果  $|r_s| \geq W_p$ , 则表明变化趋势有显著意义, 否则无显著意义. 如果  $r_s$  为正值, 则表明有上升趋势; 如果  $r_s$  为负值, 则表明有下降趋势.

#### 1.4 水质评价

评价标准依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), 按照《地表水环境质量评价办法(试行)》环办[2011]22号, 河流、湖库断面水质类别评价采用单因子评价法, 即根据评价时段内该断面参评的指标中类别最高的一项来确定. 采用综合污染指数法对水体污染程度进行判别, 计算公式如下:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}; \quad (1)$$

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}. \quad (2)$$

式中:  $P_i$  为水质指标  $i$  的污染指数;  $C_i$  为水质指标  $i$  的实测浓度, mg/L;  $S_i$  为《地表水环境质量标准》GB 3838-2002 中水质指标  $i$  的 II 类标准限值, mg/L;  $P$  为综合污染指数,  $n$  为参评水质指标个数. 综合污染指数  $P$  对应水质分级:  $P \leq 0.20$ , 清洁;  $P$  为  $0.21 \sim 0.40$ , 较清洁;  $P$  为  $0.41 \sim 0.70$ , 轻度污染;  $P$  为  $0.71 \sim 1.00$ , 中度污染;  $P$  为  $1.01 \sim 1.99$ , 重度污染;  $P \geq 2.0$ , 严重污染.

## 2 结果与评价

### 2.1 中线工程运行后丹江库区水质时间变化特征

#### 2.1.1 中线工程运行后丹江库区耗氧有机物动态变化

2015 年度与 2016 年上半年耗氧有机物指标  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  与  $\text{BOD}_5$  月变化趋势见图 2.  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$  月变化平稳, 范围在  $11.6 \sim 13.4$  mg/L, 均值为  $12.8$  mg/L, 达标级别为 I 类.  $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$  月变化较为明显, 范围在  $1.78 \sim 3.56$  mg/L, 均值  $2.79$  mg/L, 达标级别为 II 类.  $\rho(\text{BOD}_5)$  月变化也较为明显, 范围在  $1.54 \sim 2.72$  mg/L, 均值  $2.46$  mg/L, 达标级别为 I 类. 统计分析表明:  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$  夏季(6~8月)明显高于春季(3~5月)和冬季(12月, 1~2月);  $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$  春季明显高于夏季和秋季;  $\rho(\text{BOD}_5)$  春季明显高于秋季(9~11月)和冬季.

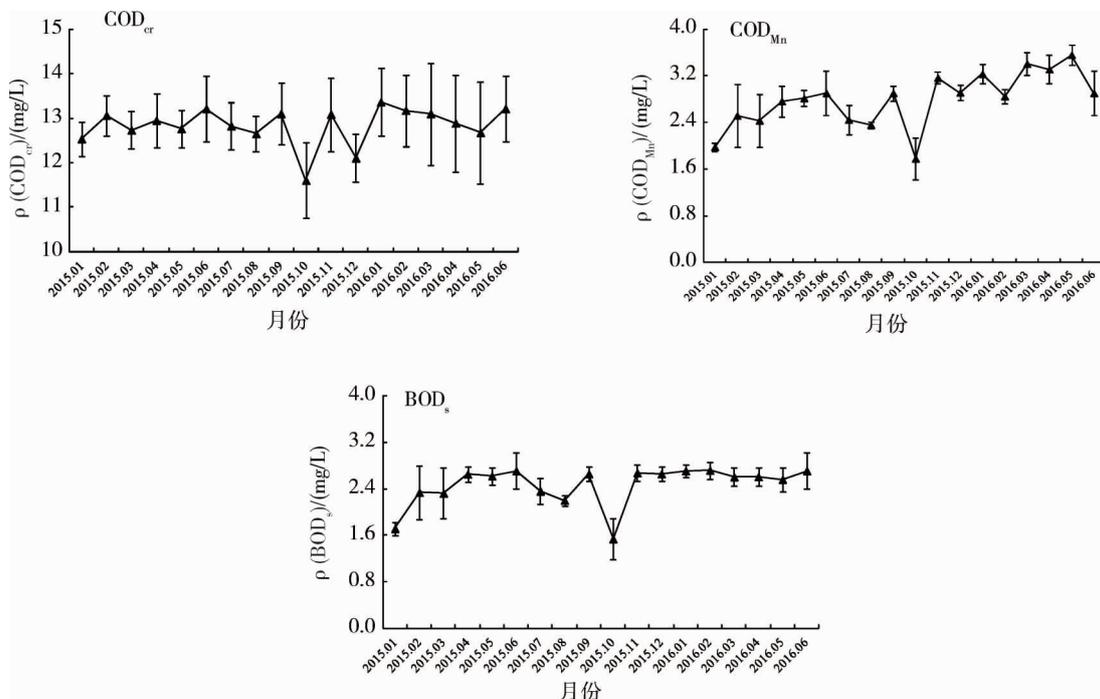


图2 中线工程运行后丹江库区耗氧有机物月变化趋势

#### 2.1.2 中线工程运行后丹江库区营养盐动态变化

营养盐  $\text{TN}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  与  $\text{TP}$  变化趋势见图 3.  $\rho(\text{TN})$  月变化较为明显, 变化范围在  $1.09 \sim 1.61$  mg/L, 均值

1.31 mg/L, 达标级别为Ⅳ类。 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$  月变化稳定, 范围在 0.065~0.102 mg/L, 均值 0.084 mg/L, 达标级别为Ⅰ类。 $\rho(\text{TP})$  月变化稳定, 范围在 0.015~0.021 mg/L, 均值 0.019 mg/L, 达标级别为Ⅱ类。统计分析结果显示,  $\rho(\text{TN})$  夏季高于秋季、秋季高于冬季,  $\rho(\text{TP})$  春、冬季高于夏、秋季, 各季节  $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$  并无差异。综合耗氧有机物指标可见, 库区水质春、夏季污染重于秋、冬季。

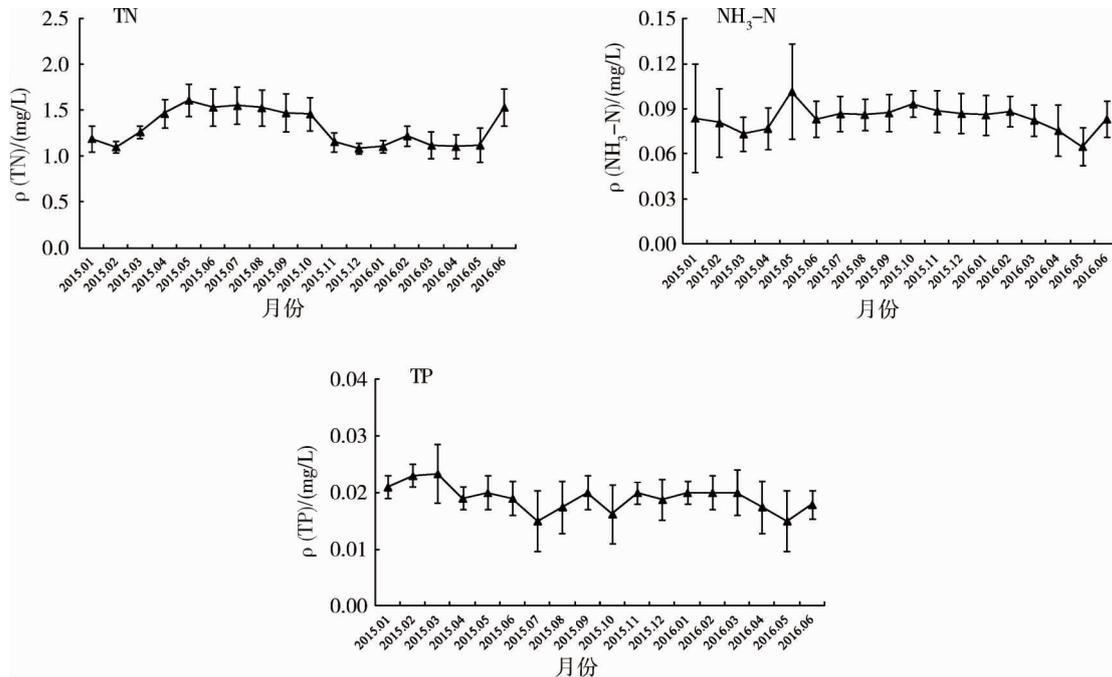


图3 中线工程运行后丹江库区营养盐月变化趋势

### 2.2 中线工程运行后丹江库区水质空间分布特征

依据监测断面功能, 将丹江库区水体划分成 4 个区域, 即河流入库区 (DJ8), 汉库丹库交汇区 (DJ2), 丹江主体库区 (DJ3~DJ7) 和渠首 (陶岔, DJ1), 不同区域水质变化特征见图 4 和图 5。统计分析结果显示,  $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$  从高到低依次为渠首、丹江主体库区和汉江库区; 汉库丹库交汇区  $\rho(\text{BOD}_5)$  明显低于其他区域; 河流入库区  $\rho(\text{TN})$ ,  $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$  均高于其他区域, 表明河流入库区水质较差, 渠首次之, 汉库丹库交汇区水体污染较轻, 丹江主体库区水质介于陶岔渠首与汉库丹库交汇区之间。

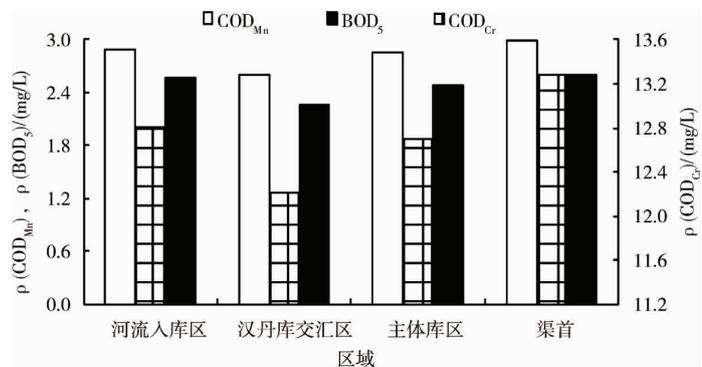


图4 中线工程运行后丹江库区耗氧有机物区域变化特征

### 2.3 中线工程运行后丹江库区水质评价

单指标评价结果表明; 当 TN 参与评价时, 夏季丹江库区水质为Ⅴ类, 其他季节为Ⅳ类; 而 TN 不参与评价时, 水库水质保持在Ⅱ类水平, TN 对丹江库区水质评价具有重要影响。TN 参评时丹江库区各季节及 18 个月综合污染指数见表 1。从污染程度上, 库区春、夏季节水体污染较重, 秋季次之, 冬季水体污染较轻。总体上, 库区水体处于中度污染水平。

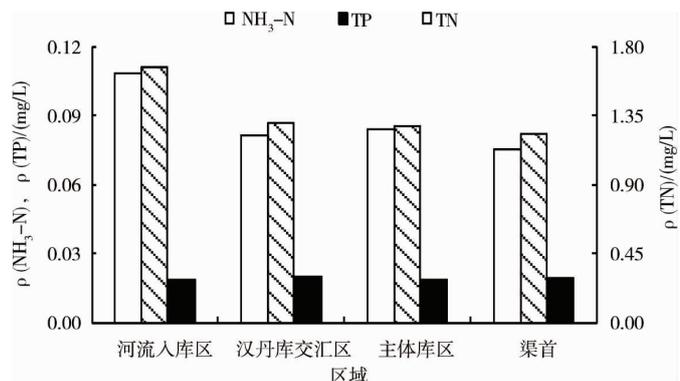


图5 中线工程运行后丹江库区营养盐区域变化特征

表1 中线工程运行后丹江口水库河南库区综合污染指数(2015.01~2016.06)

污染指数	春季	夏季	秋季	冬季	18个月综合
综合污染指数	0.80	0.78	0.76	0.72	0.77
污染级别	中度	中度	中度	中度	中度

## 2.4 中线工程丹江库区水质十二五期间变化趋势

十二五期间(2011~2015年)丹江库区各项水质指标浓度及变化趋势见图6。 $\rho(\text{TN})$ 由V类上升至IV类,其余指标均稳定在II类及以上水平。Spearman秩相关系数分析显示, $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 和 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 的 $r_s = W_p = 0.900$ ( $n=5$ ),呈显著上升趋势; $\text{TN}$ 的 $r_s = -0.900$ ,呈显著下降趋势; $\text{BOD}_5$ , $\text{TP}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的 $r_s$ 分别为0.564,-0.046和0.616,三者变化均不显著。

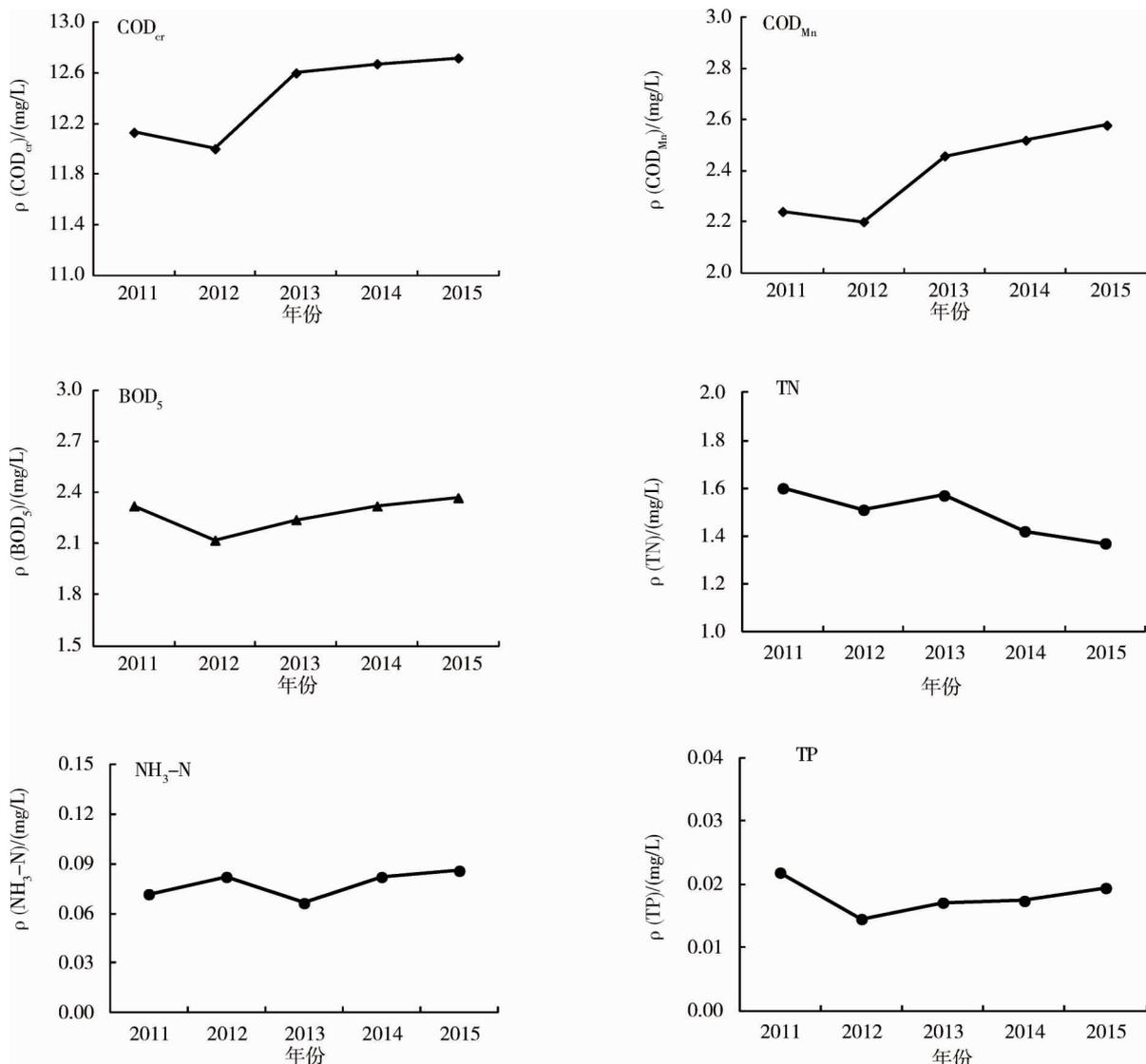


图6 中线工程丹江库区十二五期间库区水质变化趋势

## 3 讨论

### 3.1 丹江库区水质时间变化特征

水库水质与上游来水、纳污状况、水体自净、沉积物-水界面过程等因素密切相关。众多研究表明,丹江口水库污染主要是非点源在地表径流、雨水冲刷作用下的陆源输入<sup>[9-11]</sup>。丹江口库区降水的季节分配明显<sup>[12]</sup>,夏雨最多,春雨次之,秋雨更次,冬雨最少;5~10月汛期7月的径流量比重最多,8~9月次之。宋

国强等<sup>[10]</sup>于2008年针对丹江口库区TN进行监测,结果表明:库区 $\rho(\text{TN})$ 丰水期最高,枯水期最低.李思锐等<sup>[3]</sup>根据2005年雨季与枯季的监测数据,对库区水质开展评价,所得结论为水库水质在枯季好于雨季.本研究结果表明: $\rho(\text{TP})$ 春、夏季较高,秋、冬季略低,其余5个水质指标在汛期初期浓度开始升高,至9月份又开始下降,说明水质的变化与降水密切相关.

相关研究<sup>[13-14]</sup>指出,枯水期水质主要反映点源污染的情况,而丰水期水质主要受面源污染的影响,同时也是点源和面源综合作用的结果.受人类活动及径流影响较大的营养盐多数表现出雨季大于枯季,说明它们受农业及城镇径流以及家庭生活引起的非点源污染的影响较大.本研究证实,除TP外,其他5个水质指标的变化正是如此,说明这些水质指标受非点源影响较大.而TP的变化与此相反,原因在于降雨带来的高流量会使污染物稀释,从而使 $\rho(\text{TP})$ 在春、夏季呈下降趋势, $\rho(\text{TP})$ 受点源污染影响较大.总体上,库区水质春、夏季重于秋、冬季,主要原因在于降水的季节性变化.

### 3.2 丹江库区水体空间分布特征

丹江库区水质整体保持在Ⅱ类及以上水平,但水质空间差异明显.从统计结果看,河流入库区水质较差,渠首水质次之,汉江库区与丹江库区交汇区水质较好,丹江主体库区水质居中.入库河流水质主要受汇水区各种污染源的影响,入库河流将外源污染物输入库区,进入库区的污染物经稀释、水体自净等作用后,浓度下降,由库边至库心成阶梯状分布,这一现象较为普遍.汉江库区与丹江库区在断面DJ8处交汇,交汇区水质优于丹江水库主体库区和其他区域,说明汉江库区水质整体上优于丹江库区,这与朱媛媛等<sup>[2]</sup>、李思锐等<sup>[4]</sup>的研究结论相一致.与主体库区相比,渠首 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 较高.好氧有机物与浮游植物分布密切相关,原因在于浮游植物死亡后残体腐解导致好氧有机物浓度上升<sup>[15]</sup>.李玉英等<sup>[16]</sup>的研究结果显示:渠首叶绿素a,浮游植物量和微生物量均高于库心,而浮游植物种类也以渠首最多,且多达61%的污染指示种出现在渠首.因此,种类较多、生物量较高的浮游植物很可能是陶岔渠首 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 较高的原因所在.

### 3.3 十二五期间丹江库区水质变化趋势

十二五期间(2011~2015年)丹江库区耗氧有机物污染指标 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ , $\rho(\text{TP})$ 保持在Ⅱ类及以上水平, $\rho(\text{TN})$ 由V类上升至Ⅳ类,污染程度逐步下降,这与张煦等<sup>[17]</sup>的研究结论相符.但耗氧有机物污染指标 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ , $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 上升且变化趋势显著,表明其对丹江库区水质的影响正在增强.朱媛媛等<sup>[2]</sup>于2014年对丹江口水库水质进行研究后指出,库区水质主要受TN, $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 以及 $\text{BOD}_5$ 的影响,其中TN的污染贡献率远高于其他指标.尹炜等<sup>[18]</sup>对16条重点入库支流水质进行评价和分析后认为,库区支流主要污染指标为耗氧有机物和重金属,且前者占主导地位.以上表明:通过地表径流输入到库区水体中的耗氧有机物已成为库区水质的重要影响因素,这与本研究结果相一致.库区TN主要来源于农业面源与生活污水,且与水土流失有较大关系<sup>[9,19]</sup>.十二五期间,丹江口水库汇水区通过拧紧企业排污闸门,调整农业种植结构,改善流域生态环境等措施,有效减少工业排污、农业面源及水土流失,降低了库区外源TN污染负荷,从而使库区水体TN污染得到改善.

水体中耗氧有机物主要源于城市生活污水及工业、企业废水.王蕾等<sup>[20]</sup>的研究表明:丹江口水库流域水体有机污染源主要来自城镇生活源和农业面源,工业源占比不大且排放行业较为集中.当前我国城镇化加速,以库区上游淅川县为例,2008年该县城镇化率为29%,2015年已达44.8%.一方面,随着城镇规模不断扩大,城镇人口不断增多,生活污水排量与日俱增;另一方面城市污水处理厂处理能力不够、污水处理管网覆盖率不足、乡镇污水处理厂建设缓慢等因素制约使得污染治理任务依然十分繁重.当前,丹江库区耗氧有机物指标虽然仍处于Ⅱ类及以上水平,但已呈现上升趋势,再加上其总量的增长与治理进程的缓慢所形成的复合影响,势必成为库区水质安全的潜在的重大风险.因此,在加强农业面源与工业点源治理的同时,建议加大流域城镇生活污水的防治,从而有效防范耗氧有机物产生的水体污染.

## 4 结论

1)丹江库区水质时间变化特征:春、夏季污染较重,秋季次之,冬季水质染污较轻,这与降水的季节性变化密切相关.

2)丹江库区水质空间分布特征:河流入库区水质较差,渠首水质次之,汉库丹库交汇区水体污染较轻,丹江主体库区水质居陶岔渠首与汉库丹库交汇区之间。

3)单指标评价结果表明:当TN参时,丹江库区水质达标级别为Ⅳ类,不参与时为Ⅱ类,表明TN仍是影响库区水质的重要因子;综合污染指数评价结果显示,丹江库区年均综合污染指数0.77,库区水体为中度污染水平。

4)十二五期间,丹江库区水体中 $\rho(\text{TN})$ 由Ⅴ类上升到Ⅳ类,呈下降趋势,其余指标稳定在Ⅱ类,但 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 和 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 呈上升趋势, $\rho(\text{BOD}_5)$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 与 $\rho(\text{TP})$ 变化趋势不明显。因此,在农业面源与工业点源治理取得成效的同时,建议加大库区流域城镇生活污水防治,从而有效防范耗氧有机物产生的水体污染。

#### 参考文献:

- [1] 胡兰群.南水北调中线水源区水体营养状态评价[J].安徽农业科学,2013,41(12):5515-5517.
- [2] 朱媛媛,田进军,李红亮,等.丹江口水库水质评价及污染特征[J].农业环境科学学报,2016,35(1):139-147.
- [3] 谭浩强,何文杰,韩宏大,等.丹江口水库水质监测分析[J].供水技术,2015,9(6):1-5.
- [4] 李思悦,张全发.运用水质指数法评价南水北调中线水源区丹江口水库水质[J].环境科学研究,2008,21(3):61-68.
- [5] Gophen M. Hydrology and management of lake kinneret aimed at water quality protection[C]//Water in the Middle East and in North Africa, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004:41-54.
- [6] Jeong K S, Kim D K, Shin H S, et al. Impact of summer rainfall on the seasonal water quality variation (chlorophyll a) in the regulated Nakdong River[J]. Journal of Civil Engineering, 2011, 15(6):983-994.
- [7] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法第四版(增补版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [8] 刘秀花,胡安焱.汉江丹江口水库水质变化趋势研究[J].人民长江,2008,39(15):36-38.
- [9] 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].环境科学研究,2012,33(9):3038-3045.
- [10] 宋国强,张卫东,殷明,等.丹江口水库总氮监测与综合分析[J].环境科学与技术,2009,32(11):140-142.
- [11] 尹魁浩,袁弘任,徐葆华,等.丹江口水库水质要素变化特征及其相互关系[J].长江流域资源与环境,2001,10(1):75-81.
- [12] 王元超,王旭,雷晓辉,等.丹江口水库入库径流特征及其演变规律[J].南水北调与水利科技,2015,13(1):15-19.
- [13] Soranno P A, Hubler S L, Carpenter S R, et al. Phosphorus load to surface waters: a simple model to account for spatial pattern of land use [J]. Ecological Applications, 1996, 6:865-878.
- [14] Tomasko D A, Corbett C A, Greening H S, et al. Spatial and temporal variation in seagrass coverage in Southwest Florida: assessing the relative effects of anthropogenic nutrient load reductions and rainfall in four contiguous estuaries [J]. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50(8):797-805.
- [15] 张运林,杨龙元,秦伯强,等.太湖北部湖区 COD 浓度空间分布及与其它要素的相关性研究[J].环境科学,2008,29(6):1457-1462.
- [16] 李玉英,高宛莉,李家峰,等.南水北调中线水源区浮游植物时空分布及其营养状态[J].生态学杂志,2008,27(1):14-22.
- [17] 张煦,熊晶,程继雄,等.丹江口水库湖北库区水质分区及长期变化趋势[J].中国环境监测,2016,32(1):64-69.
- [18] 尹炜,辛小康,梁建奎,等.基于主成分分析的丹江口水库支流水质评价[J].水电能源科学,2015,33(1):34-38.
- [19] 陈静,丁卫东,徐广华,等.丹江口水库河南省辖区总氮污染状况调查[J].中国环境监测,2010,26(2):49-52.
- [20] 王蕾,关建玲,姚志鹏,等.汉丹江(陕西段)水质变化特征分析[J].中国环境监测,2015,31(5):73-77.