

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.03.022

# 三峡库区汉丰湖水质的时空变化特征分析<sup>①</sup>

黄 祺<sup>1,2</sup>, 何丙辉<sup>1</sup>, 赵秀兰<sup>1</sup>, 王宇飞<sup>1</sup>, 曾清萍<sup>1</sup>

1. 西南大学 资源环境学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400716;

2. 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵阳 550081

**摘要:** 采用聚类分析和因子分析方法, 对三峡库区汉丰湖进行了时空变化分析. 结果表明: 在时间聚类分析上, 水质变化可划分为 3 类, 对应蓄水期和汛期, 在蓄水期中水质受三峡库区蓄水影响, 而在汛期中暴雨引起水质变化较大; 在空间分析中, 水质随空间划分为 2 类, 反映出汉丰湖水水质被扰动状态和变化程度, 与汉丰湖水水质的空间分布相符. 汉丰湖呈现富营养化现象主要受 Chl-a, TP, TN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, DO, pH 的影响, 而高锰酸钾指数和 TSS 的干扰不可轻视. 按照主成分综合得分对采样断面的污染程度排名依次为镇东大丘, 石龙船大桥, 东湖郡, 头道河大桥, 三河交汇, 东河大桥和调节坝. 汉丰湖水水质东河最好, 南河最差, 南河应作为重点治理对象.

**关键词:** 水质; 多元统计分析; 时空变化; 汉丰湖

**中图分类号:** X824

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2016)03-0136-07

汉丰湖位于三峡库区小江流域的上游, 由于人类活动、工农业发展、湖泊消落带等污染源释放出较多的营养物质对小江流域水质影响较大<sup>[1-3]</sup>. 至 2007 年来, 小江流域多次出现水华, 使部分区域水质污染程度加重<sup>[4]</sup>, 多处河段处于中营养和富营养化状态<sup>[5]</sup>. 2012 年调节坝试运行后, 于次年 5 月发生水华现象, 使得该湖泊水质恶化加剧, 因此研究并治理该湖泊已显得刻不容缓. 本文以三峡库区汉丰湖作为研究对象, 探究影响该湖泊水质的主要污染因子, 以期对治理汉丰湖以及对三峡库区水质环境治理方案提供科学依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

汉丰湖位于重庆市开县城区(31°11'13"N, 108°25'01"E)与三峡水库澎溪河回水末端相连, 该湖是我国西部内陆最大的城市人工湖泊, 周长为 36.4 km, 经南河和东河汇聚, 呈“Y”字形沿县城东西延展, 蓄水量 8 000 万 m<sup>3</sup>, 常年水面 14.8 km<sup>2</sup>, 东起乌杨桥水位调节坝, 西至南河大桥坝, 南以新城防护堤高程 180 m 为界, 北到老县城所在的汉丰坝至乌杨坝一线<sup>[6]</sup>.

### 1.2 研究区样品采集与处理

根据汉丰湖湖区支流的入湖情况及湖泊采样点位设置原则, 在湖区设置了 7 个采样点(图 1), 在位于澎溪河的出湖口调节坝(HF1)布置 1 个采样点, 围绕县城的南河设置包括东湖郡(HF2)、头道河大桥

① 收稿日期: 2014-07-15

基金项目: 国务院三峡工程建设委员会办公室生态与环境系统重点支流水质监测项目(JJ2013-016).

作者简介: 黄 祺(1987-), 男, 贵州赤水人, 硕士研究生, 主要从事城市水土保持的研究.

通信作者: 何丙辉, 教授, 博士研究生导师.

(HF4)、石龙船大桥(HF5)及镇东大丘(HF6)4 个采样点;东河采样点设在东河大桥(HF3),在三河交汇(HF7)处设置 1 个采样点.2013 年 4 月至 2014 年 3 月,逐月进行了水质监测,用多参数水质仪现场测定温度(TEMP)、透明度(SD)、pH、叶绿素(Chla)、可溶解氧(DO),同时采集水样,当日运回实验室,参照《水和废水监测分析方法》<sup>[7]</sup>分别对氨氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )、硝态氮( $\text{NO}_3^--\text{N}$ )、总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、总固体悬浮物(TSS)等水质指标进行测定.

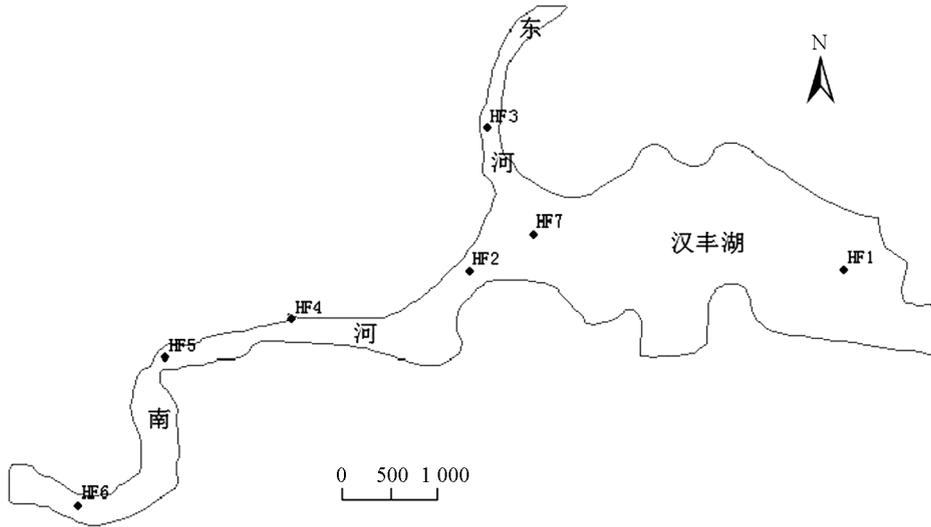


图 1 汉丰湖与采样断面分布图

### 1.3 数据分析方法

本文利用系统聚类分析法(HCA)与因子分析法(FA)对汉丰湖水水质时空变化特征进行多元统计分析.运用 Ward 方法和欧式距离生成聚类树;在因子分析之前,进行 KMO 与 Bartlett 检验,结果 KMO 值为 0.639, Bartlett 球型检验结果  $p < 0.01$ ,表明应用因子分析方法可行,且分析结果较好<sup>[8]</sup>.数据处理采用 Excel 2010, SPSS13.0 与 Arcgis.

## 2 分析结果

各采样点水质变化范围和年平均值统计结果见表 1.

表 1 汉丰湖水水质统计描述

参 数	采 样 点							
	HF1	HF2	HF3	HF4	HF5	HF6	HF7	
温度 TEMP/℃	范围	10.81~32.5	10.94~29.8	10.96~30.0	10.73~26.00	10.66~29.50	10.43~29.30	11.17~30.00
	平均值	20.60	20.15	20.12	18.78	21.04	20.95	20.31
透明度 SD/m	范围	0.12~2.91	0.19~2.91	0.10~3.02	0.30~2.88	0.16~2.90	0.12~3.00	0.08~3.17
	平均值	1.27	1.17	1.10	1.10	0.96	0.83	1.22
pH	范围	6.70~9.43	6.93~9.13	6.86~9.36	7.51~9.16	7.18~9.12	6.87~9.12	7.51~9.27
	平均值	8.38	8.36	8.51	8.38	8.35	8.31	8.48
叶绿素(Chl-a)/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	范围	0.63~10.22	0.64~20.03	0.65~52.80	0.70~12.19	0.70~30.75	0.82~26.46	0.69~16.88
	平均值	4.62	6.97	8.01	5.32	8.68	9.92	5.90
氨氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	范围	0.05~0.33	0.03~1.90	0.04~0.47	0.06~0.96	0.04~0.64	0.04~0.39	0.05~0.93
	平均值	0.16	0.20	0.18	0.24	0.26	0.17	0.19
总磷(TP)/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	范围	0.07~0.17	0.09~0.33	0.04~0.22	0.04~0.25	0.12~0.28	0.13~0.30	0.05~0.29
	平均值	0.12	0.16	0.11	0.16	0.17	0.18	0.16

续表 1

参 数	采 样 点							
		HF1	HF2	HF3	HF4	HF5	HF6	HF7
总氮(TN)/(mg·L <sup>-1</sup> )	范围	0.50~2.53	0.67~3.48	0.56~2.90	0.52~2.93	0.52~3.31	0.72~3.69	0.43~3.26
	平均值	1.61	1.94	1.40	1.56	1.93	1.99	1.80
高锰酸钾指数(CODMn)/(mg·L <sup>-1</sup> )	范围	2.17~5.79	2.65~5.31	1.54~5.58	2.81~5.10	2.60~5.31	2.69~5.31	1.79~5.61
	平均值	3.30	4.17	2.92	3.95	4.37	4.55	3.92
总固体悬浮物(TSS)/(mg·L <sup>-1</sup> )	范围	1.33~185.50	1.50~91.00	1.33~139.00	1.50~82.00	1.67~88.00	1.00~102.50	1.33~222.00
	平均值	26.18	16.15	19.08	16.42	16.22	22.19	27.96
硝态氮(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)/(mg·L <sup>-1</sup> )	范围	0.19~1.23	0.23~1.90	0.05~1.03	0.07~1.77	0.15~1.57	0.11~1.67	0.05~1.53
	平均值	0.57	0.81	0.47	0.69	0.81	0.77	0.64
DO/(mg·L <sup>-1</sup> )	范围	2.11~10.30	2.12~9.72	2.19~10.96	2.51~7.98	2.42~11.10	2.62~9.06	2.48~10.06
	平均值	5.63	5.50	6.10	5.75	5.67	5.49	5.59

## 2.1 时空聚类(HCA)分析

根据时间尺度的变化, 采取系统聚类分析多元统计方法对三峡库区汉丰湖为期 1 年的监测的 11 个水质指标所得的采样数据进行分析. 由图 2 看出, 研究区域的水质按时间可分为 3 个时期, 2013 年 10 月至 2014 年 4 月为一个时期(A 期), 2013 年 5, 6, 8 月和 9 月为一时期(B 期), 2013 年 7 月为一时期(C 期). 其中 A 期属于该流域的非汛期(三峡蓄水期), 根据实际蓄水情况来看, 汉丰湖蓄水时期与三峡库区运行一致<sup>[9]</sup>(水位 >

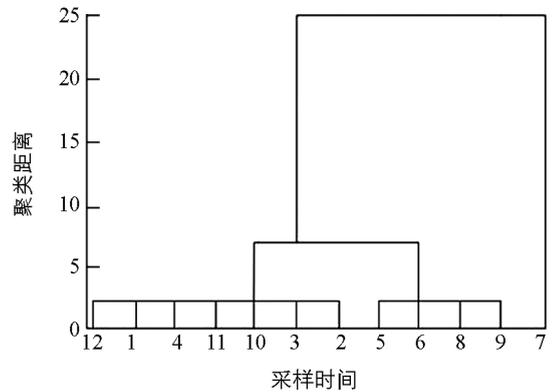


图 2 研究区水质采样时间聚类分析图

160.5 m)说明湖区水位受三峡库区蓄水影响, 同时在该期内降雨量较低; 在该期内湖区水文基本无变化, 水质中污染物累积得不到排放, 同时自净能力差, 加之当大面积的土地被淹时, 使该期水质恶化具有独特的性质<sup>[10]</sup>. B 期与 C 期属于汛期(三峡水库非蓄水阶段), 在该期内三峡库区水位在 143.22 m, 而汉丰湖未下闸蓄水水位(该年未蓄水)基本保持在 160.0 m, 不受三峡库区水位影响; 同时 B 和 C 期与该流域汛期相对应, B 和 C 期受降雨影响较大(该流域 B 和 C 期降雨量占全年降雨量的 75%<sup>[9]</sup>). 但 C 期 7 月作为一个时期, 由于该月采样正直暴雨天气, 同时根据重庆市万州气象局重要天气消息及预警报道, 该月降雨量大、且集中, 截至采样当日已连续降雨多日, 降雨量 > 200 mm<sup>[11]</sup>, 经测定该次水样总固体悬浮物高达到 130 mg/L, 含量最高, 说明降雨将地表物质带入汉丰湖对水质的变化有较大的影响. 在对地表水质聚类分析中, 张清靖等<sup>[12]</sup>在北京陶然亭湖研究中得出, 如果按照季节或者丰水期和枯水期为标准划分所表达信息会产生偏差, 还与污染指标变化有关, 王召唤等<sup>[13]</sup>对喻家湖水质的研究中也得出了类似的结论. 因此, 说明汉丰湖水质在(非汛期)三峡库区蓄水阶段与汛期中水质变化存在差别; 在汛期中, 暴雨造成水土流失对水质影响较大, 按照蓄水期和汛期能有效的说明时间聚类结果.

结合表 1 数据进行地点聚类. 由图 3 所示, 根据水质因子以及地理位置的相似性将研究区的 7 个采样点分为两类: P1 和 P2; P1 为采样点 HF1~HF6, P2 为采样点 HF7. 在 P1 分组中, 各采样点周围人类活动频繁, 水质受扰动和受污染的类型相似, 变化特征相近. 在 P2 分组中, 从空间来看, 其具有特殊的地理位置与水文特点, 使 HF7 号点归为一类; 结合图 1 的空间位置, 该点在整个湖区处在东河、南河与澎溪河的

交汇处,该点湖面宽阔且处于中心地带,受人为影响较小;根据表 1 所示,东河大桥和三河交汇的地方其总固体悬浮物浓度远高于其他各点;在三河交汇后,由于东河与南河的水质间存在差异且在三河交汇引起水质较大的变化.因此,处于湖心的监测点 HF7 三河交汇与其他监测点水质呈现不同变化.根据水质空间的相似性与差异性聚类结果分析,将水质随空间变化分为两类,说明汉丰湖水水质按人为扰动程度、水文、支流水质影响划分符合实际,能够有效表达水质特点的空间分布.

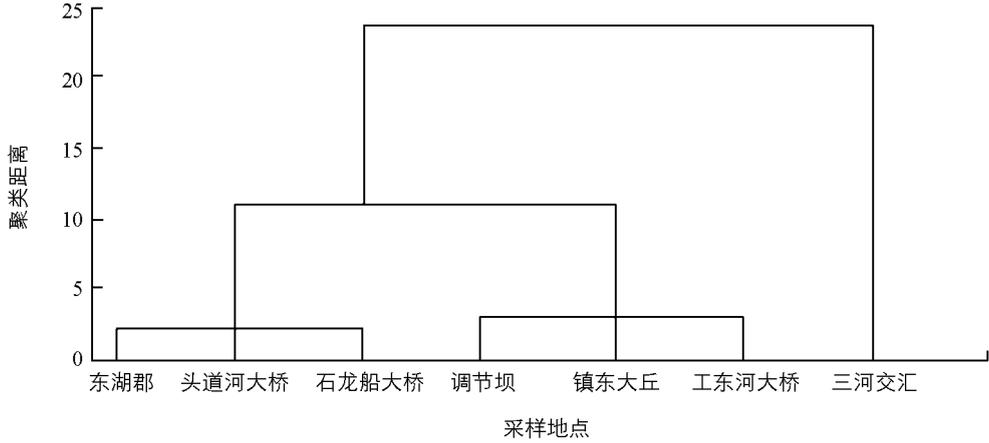


图 3 研究区水质采样地点聚类分析图

## 2.2 水质因子(FA)分析

为进一步探究出影响汉丰湖水质的主要影响因子,取各采样点 2013 年 4 月—2014 年 3 月的水质监测结果进行因子分析,通过降低原始变量的维数共提取出了 3 个主成分,参见表 2,分别为 K1,K2,K3,累积的贡献率达到 71.172%(可表达总体 2/3 的信息),其中 K1 的贡献率为 36.936%,其中 Chl-a,TP,TN,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N,DO 所占的比例较大,高锰酸钾指数为次较高因子,能够反映出水体受营养盐的影响,同时表达出水体会引起藻类的繁殖,从而导致水体富营养化.K2 的贡献率为 18.785%,透明度为载荷量较高的负相关因子,TEMP,TSS 表现为载荷量较高的正相关因子,高锰酸钾指数为次较高因子,说明水体中受总固体悬浮物的影响,从而引起透明度的降低,也受到了有机污染物的影响.K3 的贡献率为 15.451%,正相关的因子主要是 pH,TSS 次之.

从以上分析来看,在一年的时间变化的因子分析中,汉丰湖水水质主要受 Chl-a,TP,TN,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N,DO 的影响,而 TSS、有机污染物(高锰酸钾指数)的干扰不可忽视.这说明只要有充足的氮源、磷源等,便会促进水中的浮游生物的生长,胡圣<sup>[14]</sup>等对三峡水库香溪河库湾水体研究中也得出相似的结论.

表 2 研究区水质因子载荷矩阵

指 标	因 子			指 标	因 子		
	K1	K2	K3		K1	K2	K3
温度	-0.603	0.668	-0.164	高锰酸钾指数	0.492	0.462	-0.304
SD	-0.094	-0.875	0.041	TSS	-0.105	0.666	0.463
ph	0.212	0.137	0.876	硝态氮	0.829	-0.081	0.372
叶绿素	0.777	-0.01	0.106	DO	0.792	-0.224	-0.064
氨氮	0.454	0.161	-0.606	贡献率/%	36.936	18.785	15.451
总磷	0.706	0.152	-0.271	累计贡献率/%	36.936	55.721	71.172
总氮	0.876	0.254	0.051				

注:粗体表示较高的水质因子载荷量.

通过参考文献[15—17]计算出各采样点因子得分与各采样点因子综合得分.表 3 所示,石龙船大桥、

镇东大丘、东湖郡 K1, K2, K3 得分均较高, 表明这 3 个断面的污染物含量均较高, 受人为扰动较大, 水质的污染程度较为严重. 东河大桥和调节坝 K3 均高于 K2, K1, 说明受 Chl-a, TP, TN,  $\text{NO}_3^-$ -N, DO 的影响较弱, 水质受到污染相对较小, 可能与水质自身的清洁程度和水体在移动过程中得到一定程度的净化有关. 而头道河大桥 K1 相对 K2, K3 高, 由于生活、生产污水的影响, 使其水质受到污染, 有富营养化潜质. 在东南河交汇湖心地带, 水质受东河水质影响后, Chl-a, TP, TN,  $\text{NO}_3^-$ -N, DO 的污染相对较弱, 而总固体悬浮物含量较高, 原因可能为东河的含沙量较高, 大量的泥沙在交汇处淤积, 同时当三河交汇时, 水体受水文的干扰, 在河岸水流拐角处不断侵蚀岸边土壤, 悬移质增加所致; 同时 pH 变化也较大.

因子综合得分可以反映出各采样点的污染程度, 采样点因子得分越高, 其水质越差. 结果表明, 汉丰湖采样点的受污染程度大小顺序为镇东大丘, 石龙船大桥, 东湖郡, 头道河大桥, 三河交汇, 东河大桥和调节坝, 镇东大丘污染程度最严重, 而东河大桥和调节坝受到污染最弱. 从空间来看, 镇东大丘、石龙船大桥、东湖郡、头道河大桥 4 个监测点作为南河周边的重点断面与开县县城联系紧密, 受人为干扰严重, 致使水质受到严重的污染. 三河交汇和调节坝水质质量与东河水质有关, 东河水质较好, 两河交汇后水质得到改善; 同时两河水质流经调节坝的途中, 周边植被与水生植物对污染物的吸收, 污染程度有所减低, 使水体得到了净化.

表 3 采样点因子得分与排名

监测点	采样因子得分			综合得分	排名
	K1 得分	K2 得分	K3 得分		
调节坝(HF1)	-2.930	-0.707	0.420	-1.148	7
东湖郡(HF2)	1.350	0.060	-0.150	0.486	3
东河大桥(HF3)	-2.930	-0.890	0.710	-1.140	6
头道河大桥(HF4)	0.050	-0.344	-0.297	-0.092	4
石龙船大桥(HF5)	2.275	0.676	-0.574	0.879	2
镇东大丘(HF6)	2.422	1.072	-0.330	1.045	1
三河交汇(HF7)	-0.239	0.218	0.218	-0.013	5

为了使 Chl-a, TP, TN,  $\text{NO}_3^-$ -N, DO, pH 等 6 个显著的水质污染指标在空间上反映得更直观, 采用 GIS 中的 Kriging 插值方法, 以汉丰湖采样点为基准, 湖岸为界, 生成汉丰湖主要影响指标的空间分布图. 由图 4 可以看出, 汉丰湖 pH 值, 由西南向东北方向递增, 在东河大桥断面最高, pH 值在空间上表现为东河较高, 湖心次之, 南河 pH 值较低. DO 的质量浓度随空间地理差异而不同, 但有由西南向东北方向递增的趋势, DO 质量浓度在空间上表现为东河较高, 湖心次之, 南河 pH 值较低. TP 质量浓度由东向西南呈递增, 在空间上表现为南河最高, 湖心次之, 东河较低. TN 质量浓度由东向西南呈递增, 在空间上表现为南河最高, 湖心次之, 东河较低. Chl-a 质量浓度由东向西呈递增, 在空间上表现为南河最高, 东河次之, 湖心较低.  $\text{NO}_3^-$ -N 的质量浓度随空间地理差异而不同, 有东向西南呈递增趋势, 其质量浓度在空间上表现为南河最高, 湖心次之, 东河较低. 从整个湖区来看, 污染程度为南河污染严重, 东河水质较南河好, 经两河交汇后向调节坝逐步减弱. 因此, 南河应作为主要防治对象.

### 3 结 论

在时间聚类分析上, 将采集水样按时间划分为蓄水期和汛期, 在蓄水期中水质受三峡库区蓄水影响, 而在汛期中暴雨引起水质变化较大, 说明水质具有时间变化特征; 从空间聚类的分析结果来看分为两类, 汉丰湖湖区水质在一定程度上受人为扰动程度、水文、支流水质的影响, 与汉丰湖水水质空间分布一致.

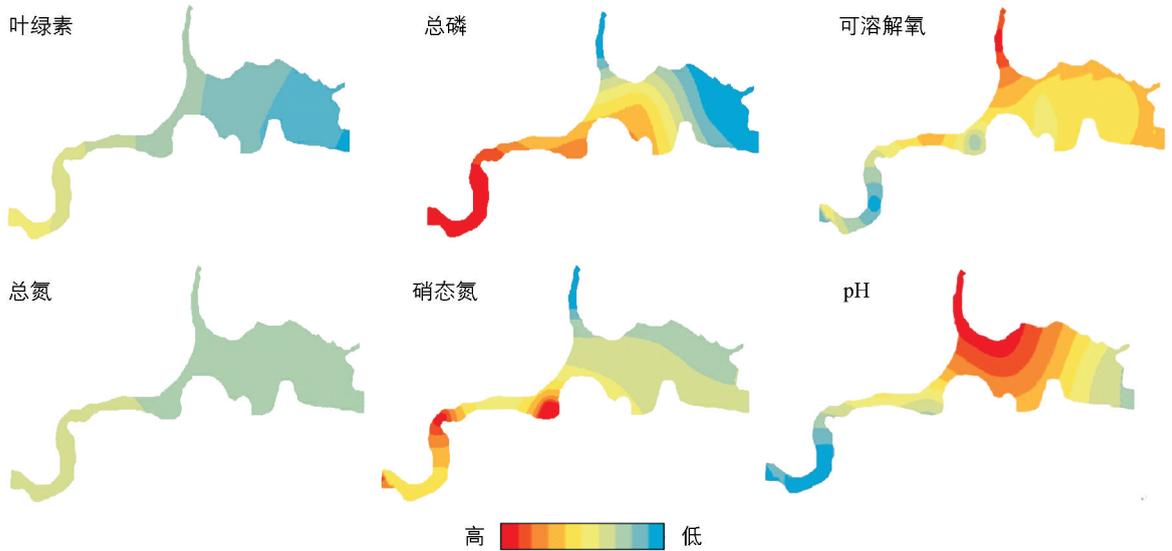


图 4 主要影响指标插值空间分布图

因子分析中,对各采样点提取了 3 个公因子,说明汉丰湖呈现富营养化现象主要受 Chl-a, TP, TN,  $\text{NO}_3^-$ -N, DO, pH 的影响,而高锰酸钾指数和 TSS 的干扰不可轻视。

通过主成分综合得分对采样断面的污染程度排名依次为镇东大丘,石龙船大桥,东湖郡,头道河大桥,三河交汇,东河大桥和调节坝。根据排序结果,结合空间地理分析可知汉丰湖水水质东河最好,南河水质最差,南河应作为主要治理对象。

#### 参考文献:

- [1] 谢德体, 范小华, 魏朝富. 三峡水库消落区对库区水土环境的影响研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 29(1): 39-47.
- [2] 郭劲松, 谢丹, 李哲, 等. 三峡水库开县消落区水域冬季蓄水期间藻类群落结构与水质评价 [J]. 环境科学, 2012, 33(4): 1129-1135.
- [3] 郭松松, 方芳, 郭劲松, 等. 三峡库区消落带落干期间土壤有机质氮磷含量变化分析 [J]. 三峡环境与生态, 2012, 34(2): 17-21.
- [4] 杨桂山, 翁立达, 李利峰, 等. 长江保护与发展报告 2007 [M]. 武汉: 长江出版社, 2007: 189-231.
- [5] 裴廷权, 王里奥, 韩勇, 等. 三峡库区小江流域水体富营养化的模糊评价 [J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(4): 427-431.
- [6] MARTIN J H, WILLISON, 李波, 王强, 等. 重庆开县汉丰湖湿地生态恢复的潜力. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2012, 29(3): 4-7.
- [7] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境出版社, 2002.
- [8] 姜永明, 吴明, 陈旭, 等. 基于因子分析法的管道外腐蚀因素分析与评价 [J]. 油气储运, 2010, 29(8): 605-608.
- [9] 秦明海, 高大水, 操家顺, 等. 三峡库区开县消落区水环境治理水位调节坝设计 [J]. 人民长江, 2012, 43(23): 75-77.
- [10] 孙阳, 王里奥, 叶闽, 等. 三峡蓄水后开县城区污水排放对小江水质影响 [J]. 重庆大学学报, 2004, 27(5): 115-118.
- [11] 万州气象局. 重要天气消息及预警信号, 开县暴雨黄色预警 [EB/OL]. 2013, 07, 20. [http://www.wzqx.gov.cn/site/article/readArc.action?id=ARC2013072015305733800202&.sortId=site\\_disaster](http://www.wzqx.gov.cn/site/article/readArc.action?id=ARC2013072015305733800202&.sortId=site_disaster).
- [12] 曲疆奇, 张清清, 刘盼, 等. 北京陶然亭湖水水质的时空变化 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 1077-1084.
- [13] 王召唤, 张廷荣. 喻家湖水水质时空分布特征和影响因子分析 [J]. 环境监测管理与技术, 2013, 25(2): 16-21.
- [14] 胡圣, 邱光胜, 印士勇, 等. 三峡水库香溪河库湾水体富营养化演化监测分析 [J]. 人民长江, 2012, 43(12): 0-13.

- [15] LOVE D, HALLBAUER D, AMOS A, et al. Factor Analysis as a Tool in Groundwater Quality Management: Two Southern African Case Studies [J]. *Physics & Chemistry of the Earth Parts A/b/C*, 2004, 29(S15-18): 1135-1143.
- [16] 卜红梅, 刘文治, 张权发, 等. 多元统计方法在金水河水质时空变化分析中的应用 [J]. *资源科学*, 2009, 31(3): 429-434.
- [17] 万金保, 何华燕, 曾海燕, 等. 主成分分析法在潘阳湖水质评价中的应用 [J]. *南昌大学学报*, 2010, 32(2): 113-117.

## Analysis on Spatiotemporal Variation Characteristics of Water Quality of Hanfeng Lake in Three Gorges Reservoir Region of China

HUANG Qi<sup>1,2</sup>, HE Bing-hui<sup>1</sup>, ZHAO Xiu-lan<sup>1</sup>,  
WANG Yu-fei<sup>1</sup>, ZENG Qing-ping<sup>1</sup>

1. School of Resources and Environment, Southwest University; Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environments, Ministry of Education, Chongqing 400716, China;
2. Hydro China Guiyang Engineering Corporation Limited, Guiyang Guizhou 550081, China

**Abstract:** In this paper, the spatiotemporal variations in water quality of Hanfeng Lake, a wetland of the Three Gorges Reservoir Region, are studied with the methods of cluster analysis and factor analysis. In temporal cluster analysis (TCA), variations of water quality of Hanfeng Lake are divided into three categories and, corresponding to the storage period and the flooding season, water quality is shown to be influenced by water storage of the lake in the water-storage period, and considerable variations in water quality occur during heavy rains in the flooding season. At the spatial scale, the water quality of sampling is clustered into two groups, reflecting the degree of variations in water quality and its disturbance at different geographical positions and its hydrological characteristics, which are consistent with the actual spatial distribution of Hanfeng Lake water quality. The eutrophication of the water body is primarily influenced by Chl-a, TP, TN,  $\text{NO}_3^-$ -N, Do and pH, and COD<sub>mn</sub> and TSS should be also paid enough attention to. Based on the results of principal component analysis (PCA), the integrative scores of pollution degree of the sampling sections were in the order of Zhendong Daqiu > Shilongchuan Bridge > East Lake County > the Toudao River Bridge > the Three-River Intersection > the East river Bridge > the Regulating Dam, thus indicating that the water quality is the best in East River and the worst in South River. The latter should be the focus of the object of governance.

**Key words:** water quality; multivariate statistical analysis; spatiotemporal variation; Hanfeng Lake

