

# 鄱阳湖水质时空变化及受水位影响的定量分析

刘发根<sup>1</sup>, 李梅<sup>2</sup>, 郭玉银<sup>1</sup>

(1.江西省鄱阳湖水文局, 江西 星子 332800; 2.江西省水文局, 江西 南昌 330029)

**摘要:**基于2008~2012年水质水位数据,分析水位变化下的鄱阳湖水质时空变化特征,并定量研究水位变动对水质的影响。结果表明:(1)鄱阳湖水质自2007年起呈恶化趋势,主要在水位涨落下湿地植被生物净化作用强弱转换影响下,丰水期水质好于枯水期。但有时因降雨初期非点源污染加剧,水位上升而水质下降;(2)水质沿主航道水流方向从主湖体东南部到入江水道逐渐好转,主要受乐安河、信江等入湖河流携污影响,同时受到滨湖城镇排污、采砂加剧内源污染释放等的影响;(3)星子站水位每上升1m,鄱阳湖全湖Ⅲ~Ⅳ类水比例提高6.2%。

**关键词:**水质;时空变化;水位;鄱阳湖

**中图分类号:**X824

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-0852(2014)04-0037-07

鄱阳湖是中国最大淡水湖和全球重要生态区,承载着鄱阳湖生态经济区的可持续发展,以占长江15.5%的年径流量影响长江中下游用水安全,具有重要的生态、生活、生产功能。但近年来,鄱阳湖“一湖清水”面临区域社会经济发展等人为因素和全球气候变化等自然因素带来的挑战。鄱阳湖生态经济区建设的深入推进和鄱阳湖水利枢纽工程的论证建设,需密切关注鄱阳湖水质变化。因此,及时分析鄱阳湖近年水质时空演变规律,识别威胁“一湖清水”的关键因素,可为鄱阳湖水环境保护提供最新技术依据。

湖泊水质时空变化规律与影响因素研究,是当今水质领域的一个研究热点,在鄱阳湖早已开展。主要有:

(1)研究1981~1990年<sup>[1]</sup>、1991~2000年<sup>[2-3]</sup>鄱阳湖水质变化;1991~2006年星子断面水质变化和2008年4个断面的空间水质分布规律<sup>[4]</sup>;2003~2008年不同时段3个断面<sup>[5]</sup>、2003~2008年6个断面及五河七口<sup>[6]</sup>、2006~2010年西北水域8个断面<sup>[7]</sup>、2007~2008年不同时段<sup>[8]</sup>、2008年丰枯水期<sup>[9]</sup>、2008~2010年不同时段下<sup>[10]</sup>、1986~2008年历史状况及2010年现状<sup>[11]</sup>、2010年10月及2011年5月10个样点<sup>[12]</sup>的水质时空变化规律。

(2)针对鄱阳湖主要污染物为氮、磷的特点,研究2003~2004年不同时段4个断面<sup>[13]</sup>、2005年8月<sup>[14]</sup>、2008~2009年4次监测下<sup>[15]</sup>、2011年7月<sup>[16]</sup>的氮磷污

染特征。

(3)在影响因素方面,研究2005年8月氮磷来源<sup>[14]</sup>、2008~2010年不同时段下水质与各产业及水量的相关性<sup>[10]</sup>、2008年4个站点污染物浓度与水位的年内变化规律<sup>[17]</sup>、2011年7月氮磷分布与悬浮泥沙和水流作用的关系<sup>[16]</sup>等。

已有研究结论基本相似,即:鄱阳湖水质逐渐恶化、枯水期水质劣于丰水期;饶河、信江污染较重;污染从南部湖区向北部降低。但各研究的监测频次较低或站点较少,影响到时空变化特征研究的代表性和精度;另外,水位年内变幅大是鄱阳湖的重要特征,已有学者对水位变化、换水周期的水质响应展开了定性分析<sup>[17]</sup>,可进一步开展定量研究<sup>[18]</sup>。

本文根据2008~2012年鄱阳湖水位变化及19个站点逐月水质监测资料,联合采用单因子评价法和综合污染指数法,分析鄱阳湖水质时空分布特征,识别主要污染源及水位变化下湿地植被生物净化能力强弱转换等关键水质影响因素,并定量分析水位变化下的水质响应程度,初步建立鄱阳湖水质经验回归公式。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

鄱阳湖汇纳赣江、抚河、信江、饶河(由昌江、乐安

收稿日期:2013-08-15

作者简介:刘发根(1984-),男,江西永丰人,主要从事水环境监测研究工作。E-mail:liufagen2001@163.com。

通讯作者:李梅(1977-),女,江西上高人,工程师,硕士,主要从事水资源水环境研究工作。E-mail:lmqhxh@126.com

河汇合而成)、修河等五大河及西河、博阳河等区间径流,经调蓄后于湖口注入长江,鄱阳湖水系在江西省境内的面积占 96.62%。以松门山为界,鄱阳湖南面为主湖体,北面为入江水道。作为过水性、季节性、吞吐型通江湖泊,鄱阳湖具有“高水是湖、低水似河”的独特形态。丰水期湖水漫滩,湖面扩大;枯水期湖水落槽,洲滩显露,湖面缩小,流速加快,与河道无异。丰、枯水期的湖泊面积相差 27 倍,容积相差 66 倍<sup>[19]</sup>;多年平均换水周期为 19d<sup>[20]</sup>。

## 1.2 数据来源

水质、水位数据来自江西省鄱阳湖水文局。共布设 19 个监测站点(主要河流入湖口 8 个、湖区 11 个),见图 1。2008~2012 年每月监测 1 次,但乐安河口、信江东支、昌江口 2008~2011 年为每两月监测一次。项目检测依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)进行。

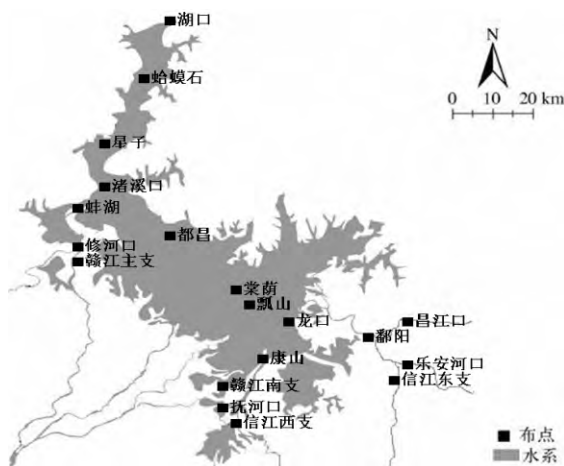


图 1 鄱阳湖水质监测站点

Fig.1 Distribution of the water quality monitoring stations

## 1.3 水质评价方法

本研究评价鄱阳湖水质时,联合采用单因子评价法和算术平均型综合污染指数法。根据鄱阳湖水质特点和实际监测情况,选取水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总磷为单因子法评价指标,选取氨氮、总磷、高锰酸盐指数为综合污染指数法评价指标,均采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 类水标准作为评价标准。

单项污染指数:  $P_i = \frac{C_i}{S_i}$ , 其中  $C_i$  为指标  $i$  的实测浓度,

$S_i$  为指标  $i$  的评价标准值。综合污染指数:  $P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$ , 其中  $n$  为选取的指标数目。

根据综合污染指数  $P$  的大小可判断水体的综合污染程度,分为合格、基本合格、污染和重度污染四类<sup>[21]</sup>:

(1)合格:  $P \leq 0.8$ , 各项水质指标基本上能达到相应的功能标准,即使有个别指标超标,但超标倍数较小(1 倍以内),水体功能可充分发挥,无明显制约因素。

(2)基本合格:  $0.8 < P \leq 1.0$ , 少数指标超过标准,但不直接影响水体功能效应,水体功能没有受到明显损害,但在一定程度上受到某些水质指标的制约。

(3)污染:  $1.0 < P \leq 2.0$ , 多项指标已超过标准值,水体功能明显受到制约。

(4)重度污染:  $P > 2.0$ , 各项指标的总均值已超过标准 1 倍以上,部分指标可能超过数倍,水体功能受到严重危害。

## 2 结果与分析

### 2.1 水位变化特征

据多年观测,鄱阳湖水位变化受五河及长江来水双重影响,4~6 月随五河洪水入湖而水位上涨,7~9 月因长江洪水顶托或倒灌而维持高水位,10 月~次年 3 月为低水位期。鄱阳湖水位年内变幅大,多年(1956~2000 年)最高最低水位差达 10.34~16.69 m,有 77.8% 的年份最高水位发生在 6、7 月份,79.3% 的年份最低水位发生在 12 月和 1 月<sup>[19]</sup>。2008~2012 年,鄱阳湖水位变化总体符合历史规律,水位(星子站)年内变幅达 9.37~12.57 m,月均水位高于 14m(吴淞高程)均出现在每年 5~9 月。2011 年水位明显偏低,仅 6、7 月份的水位超过 14 m。2009、2012 年在 3 月份提前入汛,4 月份水位反而低于 3 月份。详见图 2。

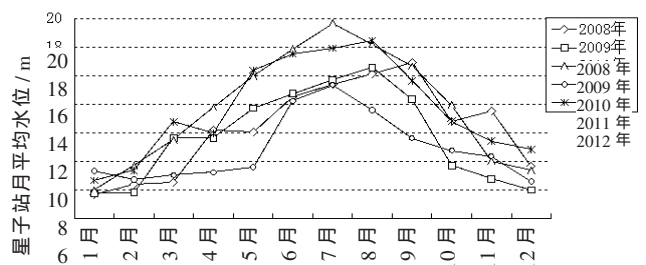


图 2 鄱阳湖水位逐月变化(2008~2012 年)

Fig.2 Monthly variation of the water level in the Poyang Lake from 2008 to 2012

### 2.2 水质时间变化

#### (1) 年际变化

1999~2012 年间,鄱阳湖水质呈恶化趋势,劣于类水域面积显著增加(Spearman 秩相关系数,显著性

水平  $p < 0.01$ )。2007~2012年,劣于 类的水域面积比例占 29%~85%,主要超标污染物为总磷、氨氮。详见图 3。

(2) 季节变化

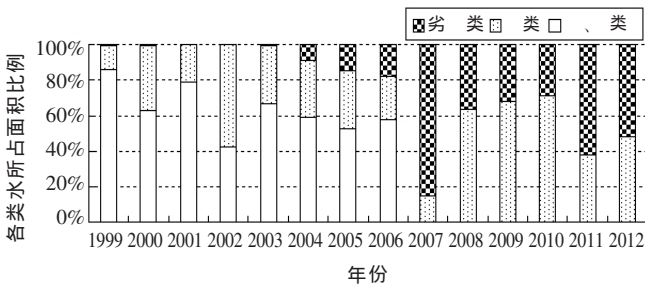


图 3 鄱阳湖水质年际变化

Fig.3 Interannual variation of the water quality of the Poyang Lake

从表 1 可辨析鄱阳湖 2008~2012 年内各月份的水质差异。总体上,鄱阳湖 5~10 月份的 ~ 类水质站点比例大于 40%,3~10 月份的综合污染指数小于 1 (水体未被污染);表明鄱阳湖丰水期水质好于枯水期,这与已有多项研究结果相同 [9-11,13]。但有时在降雨初期,地表径流携带大量非点源污染物入湖,导致丰水期水质下降。如 2012 年受台风引发强降雨影响,鄱阳湖 8 月份水质与 7 月份相比: ~ 类水比例下降 20.4%,综合污染指数增大 0.3。相关研究也表明,暴雨径流是造成乐安河(入湖五河中饶河的支流)流域非点源氮污染的主要因素[22]。2008 年鄱阳湖主要入湖河流氨氮非点源负荷比例均  $\geq 60%$ ,高锰酸盐指数非点源

负荷比例均  $> 70%$ [17]。

分析丰水期水质好于枯水期的原因为:(1)丰水期湖水漫漫洲滩湿地,鄱阳湖呈湖相,流速减小,物理自净作用弱于河相时,但湿地植被吸收降解污染物的生物自净作用加强;加上丰水期温度高,湿地植被生产力加强,促进水质净化。对鄱阳湖入、出湖污染物通量的研究[23]佐证了这一机理。(2)入湖水水质丰水期略好于枯水期。五河汇合成的入湖水体,2008~2012 年各月水质中有 8 次的 ~ 类水比例低于 80%,其中 6 次出现在 10 月~次年 3 月的非汛期季节。

单因子评价与综合污染指数结果基本一致,即单因子评价得出的 ~ 类水比例越高,综合污染指数越小。但也有不一致的现象,一般出现在枯水期,如 2008 年 2、3 月份, ~ 类水比例低于 1 月份,但综合污染程度却比 1 月份轻。详见表 1 中带下划线数据。因此,为全面准确评价鄱阳湖水质,有必要联合使用单因子评价法和综合污染指数法。

虽然有研究认为,4、7 月份鄱阳湖水质还受到农田施肥等的影响[13]。但从整体趋势来看,水质在年内季节变化上,水位涨落、河湖两相转换引起的湿地植被对湖水的生物自净作用的强弱变化成为关键因素:水位高,转为湖相,湿地植被降解吸收湖水中氮磷营养盐等污染物,生物自净能力加强,水质好转。

2.3 水质空间分布

(1) 各河流入湖口水质

表 1 鄱阳湖水质逐月差异

Table 1 Monthly variation of the water quality in the Poyang Lake

	~ 类水质站点比例					综合污染指数				
	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
1 月	<u>30.8%</u>	27.8%	<u>11.1%</u>	<u>15.4%</u>	40.0%	<u>1.1</u>	0.7	<u>2.3</u>	<u>1.0</u>	1.6
2 月	<u>11.8%</u>	15.4%	<u>7.1%</u>	<u>23.5%</u>	61.1%	<u>1.0</u>	1.6	<u>1.7</u>	<u>1.4</u>	0.8
3 月	<u>15.4%</u>	22.2%	22.2%	<u>28.6%</u>	53.3%	<u>0.8</u>	0.7	0.8	<u>1.6</u>	0.8
4 月	66.7%	33.3%	33.3%	<u>33.3%</u>	47.1%	0.7	0.7	0.7	<u>1.3</u>	0.7
5 月	<u>88.9%</u>	44.4%	55.5%	<u>28.6%</u>	80.0%	<u>0.6</u>	0.6	0.7	<u>1.1</u>	0.4
6 月	<u>78.6%</u>	64.3%	71.4%	94.5%	70.6%	<u>0.5</u>	0.5	0.4	0.4	0.5
7 月	72.2%	88.9%	100.0%	64.3%	73.3%	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6
8 月	71.4%	85.7%	93.4%	55.5%	52.9%	0.6	0.4	0.4	0.9	0.9
9 月	83.3%	66.7%	61.1%	16.7%	66.7%	0.5	0.5	0.6	1.2	0.5
10 月	92.9%	57.1%	38.5%	<u>5.6%</u>	<u>52.9%</u>	0.5	0.6	0.7	<u>1.8</u>	<u>1.1</u>
11 月	55.6%	5.9%	23.5%	28.6%	6.7%	0.6	1.4	1.0	1.2	1.3
12 月	30.8%	21.4%	17.6%	<u>38.9%</u>	<u>17.6%</u>	0.8	1.0	1.5	<u>1.9</u>	<u>1.0</u>

注:带下划线数据的单因子评价与综合污染指数评价的结果不一致。

各河流入湖口水质按Ⅰ~Ⅴ类水比例从好到差排序为:修河口、抚河口、昌江口、赣江主支口、赣江南支口、信江西支口、信江东支口、乐安河口。水质最好的是修河口,Ⅰ~Ⅱ类水占80%;水质最差的是乐安河口,Ⅴ类水占41%,主要超标污染物为总磷、氨氮,详见图4(a)。从综合污染角度分析,修河、昌江、抚河、赣江等河流入湖口水质均合格,信江入湖口为基本合格—污染程度,乐安河口则达污染—重度污染程度,详见图4(b)。

(2)湖区水质

湖区各监测站点水质按Ⅰ~Ⅴ类水比例从好到差排序为:入江水道(蚌湖、渚溪口、湖口、蛤蟆石、星子)、棠荫、康山、都昌、瓢山、主湖体东部(龙口、鄱阳)。水质最好的是入江水道的蚌湖站点,Ⅰ~Ⅱ类水占63%;水

质最差的是主湖体东部的鄱阳、龙口站点,Ⅴ类水超过24%,详见图4(a)。从综合污染角度分析,主湖体东部(鄱阳、龙口)及中心(瓢山、棠荫)受到污染,其它水域的水质合格,详见图4(b)。

湖区的首要污染物为总磷,在各站点的超标概率超过95%;其次是氨氮,主要在主湖体超标。

(3)水位变化下的水质空间分布特征

前面研究发现,鄱阳湖水水质在年内时间尺度上受到水位涨落下湿地植被生物净化能力强弱转换的影响。而水质的空间分布特征是否与水位有关,目前尚无此类研究成果。故以2012年为例分析,发现鄱阳湖各站点综合污染指数的分布特征,在2012年高、中、低不同水位下均较一致,与2012年全年平均,及图4(b)中2008~2011年的分布特征均较一致(图5),即鄱阳

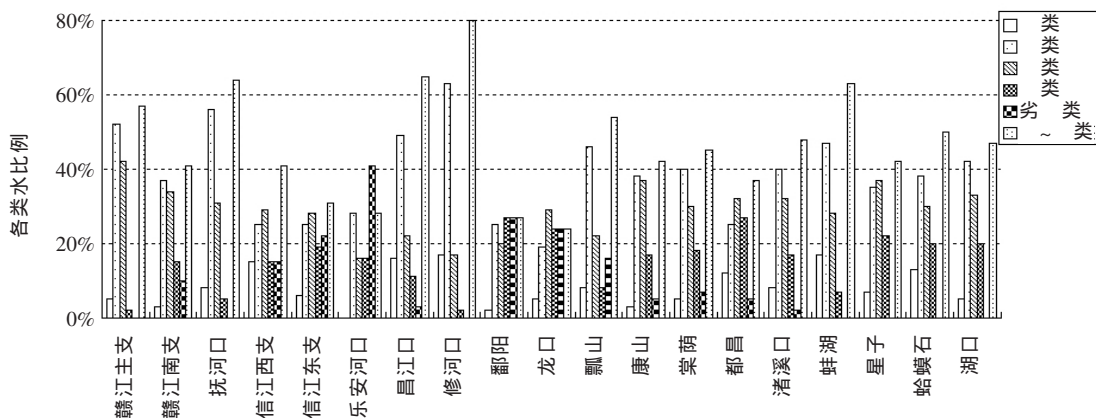


图4(a) 鄱阳湖水质空间分布(单因子评价法)

Fig. 4(a) Spatial distribution of the water quality in the Poyang Lake (single factor assessment)

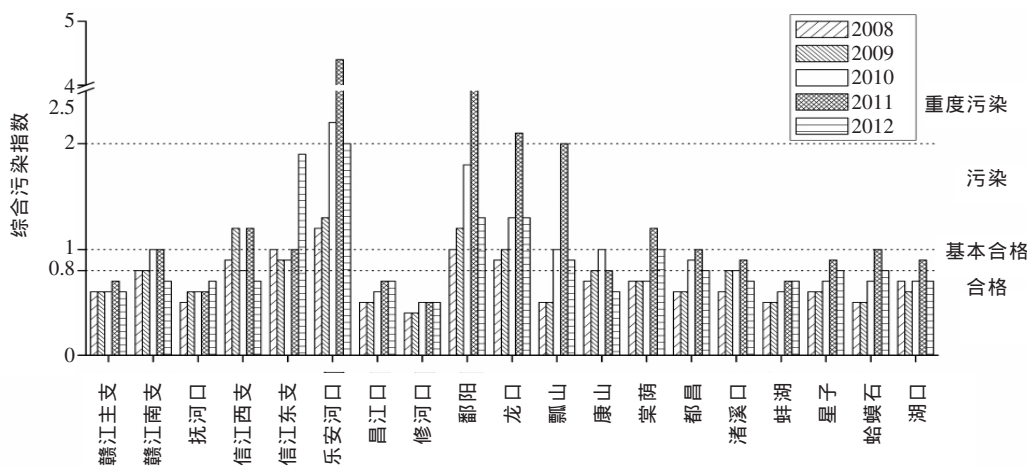


图4(b) 鄱阳湖水质空间分布(综合污染指数法)

Fig. 4(b) Spatial distribution of the water quality in the Poyang Lake (comprehensive pollution index)

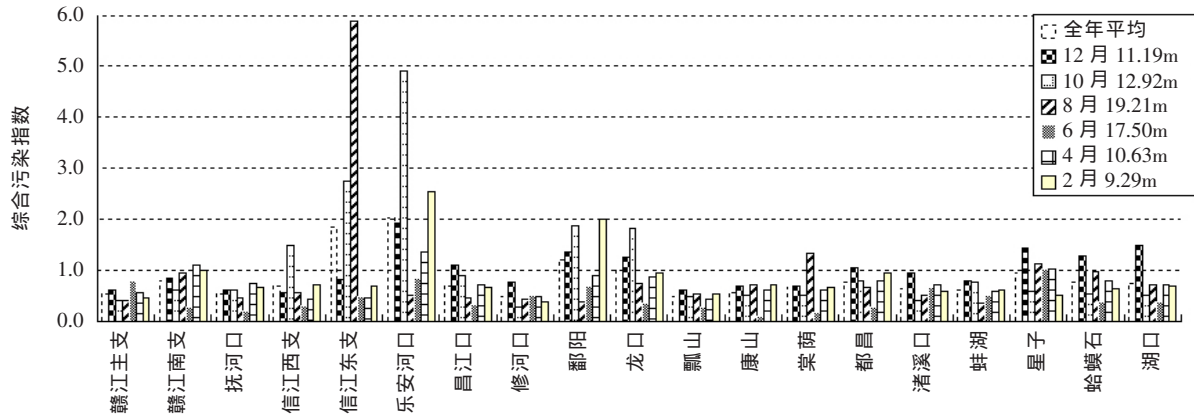


图5 2012年不同水位下鄱阳湖水质空间分布

Fig.5 Spatial distribution of the water quality under different water levels in the Poyang Lake

湖水质的空间分布特征较稳定,与水位变化关系不大。

总之,鄱阳湖水质从主湖体东南部的河流入湖口,向湖区中间、下游及北部入江水道逐渐好转<sup>[11,15]</sup>,表明鄱阳湖水质在空间分布上主要受入湖河流(乐安河、信江)携带污染物影响,沿主航道水流方向,污染物逐渐稀释、降解;同时,都昌、星子、湖口等滨湖城镇附近水域的水质有所恶化,表明滨湖城镇的养殖、生活、工业等陆源排污影响到湖区水质<sup>[16,24]</sup>;另有研究发现,湖区总磷浓度受悬浮泥沙和采砂活动的影响较大<sup>[16]</sup>,湖区采砂和捕捞螺蛳等活动对底泥造成强烈扰动,加剧底泥中污染物释放,这一内源污染不容忽视。湖区水质空间分布与水位变化关系不大。

### 2.4 水位变化下的水质响应定量分析

前述分析表明,鄱阳湖丰水期水质好于枯水期。进一步研究鄱阳湖水位-水质响应关系,发现鄱阳湖 ~ 类水质站点比例、水位(星子站)二者正相关关系明显(Person 相关系数  $r=0.779$ ,显著性水平  $p<0.001$ )。利用一元线性回归原理,初步建立基于水位(星子站)的鄱阳湖全湖水质经验公式:

$$y=(0.062x-0.3005)\times 100\%$$

式中: $x$ 为星子站水位(吴淞高程),m; $y$ 为鄱阳湖全湖 ~ 类水质比例,%。

按此经验公式,星子站水位每上升 1m,鄱阳湖全湖 ~ 类水质比例提高 6.2%。

### 3 结论与建议

(1)1999~2012年间,鄱阳湖水质呈恶化趋势,劣于 类水域面积显著增加。水质在年内季节变化上主

要受水位影响,丰水期水质好于枯水期,主要是由于丰水期湖水漫漫洲滩后启动湿地植被对湖水的生物净化机制和丰水期入湖水质更好。但有时受暴雨冲刷加剧流域非点源污染的影响,水位上升但水质下降。

(2)鄱阳湖水质的空间分布特征与水位关系较小,主要受入湖河流(乐安河、信江)携带污染物影响,呈现沿主航道方向,从主湖体东南部到入江水道,水质逐渐好转的特征;同时,湖区水质还受到滨湖城镇养殖、生活、工业等陆源排污和湖区采砂、捕捞螺蛳等内源污染的影响,都昌、星子、湖口县附近湖域的水质下降。

(3)建立鄱阳湖 ~ 类水比例与水位(星子站)的一元线性回归经验公式,得出鄱阳湖水位-水质响应的定量成果:星子站水位每上升 1m,鄱阳湖全湖 ~ 类水质比例提高 6.2%。今后可在分析五河、干湿沉降等入湖污染物通量的基础上,结合对湿地植被降解污染物、内源污染释放等的研究,建立污染物降解的机理性模型,对鄱阳湖水质预测做深入研究。

(4)鄱阳湖的主要污染物是总磷、氨氮,污染来源集中在乐安河、信江。为保护鄱阳湖水环境,确保实现“2015年鄱阳湖水质稳定在 类以上”的鄱阳湖生态经济区规划目标,一方面应减轻污染排放,当前应重点开展乐安河、信江等入湖河流的总磷、氨氮达标治理,加强滨湖城镇(都昌、星子、湖口)养殖、生活、工业污水减排治理,妥善控制湖区采砂、捕捞螺蛳,并密切关注枯水期水质;另一方面,应强化湖泊水体自净能力,如提高枯水期水位至湖水漫滩启动湿地植被生物净化机制,将有助于改善鄱阳湖水质。

(5)单因子评价法与综合污染指数法,对鄱阳湖枯水期水质的评价结果存在较多差异;建议联合使用这两种方法,以全面准确评价鄱阳湖水质。

(6)鄱阳湖为大型浅水湖泊,限于实际采样可行性,本研究在湖区的采样布点均位于主航道上,对鄱阳湖主湖体大水面的水质代表性存在一定局限,今后应采取加密监测布点的方式,深入开展研究。

参考文献:

- [1] 吕兰军. 鄱阳湖水质现状及变化趋势[J]. 湖泊科学, 1994,6 (1):86-93. (LU Lanjun. Status quo and trend of water quality in Poyang Lake [J]. Journal of Lake Science, 1994,6(1):86-93. (in Chinese))
- [2] 曾慧卿,何宗健,彭希珑. 鄱阳湖水质状况及保护对策[J]. 江西科学, 2003,21(3):226-229. (ZENG Huiqing, HE Zongjian, PENG Xirong. The study of water quality and the protect measurement in the Poyang Lake [J]. Jiangxi Science, 2003,21(3):226-229. (in Chinese))
- [3] 万金保, 蒋胜韬. 鄱阳湖水环境分析及综合治理 [J]. 水资源保护, 2006,22 (3):24-27. (WAN Jinbao, JIANG Shengtao. Analysis and comprehensive treatment of aquatic environment in Poyang Lake [J]. Water Resources Protection, 2006,22(3):24-27. (in Chinese))
- [4] 万金保,何华燕,曾海燕,等. 主成分分析法在鄱阳湖水质评价中的应用[J].南昌大学学报(工科版), 2010,32 (2):113-117. (WAN Jinbao, HE Huayan, ZENG Haiyan, et al. Application of principle component analysis in evaluating water quality of Poyang Lake [J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology Edition), 2010,32(2):113-117. (in Chinese))
- [5] 莫明浩,方少文,宋月君,等. 鄱阳湖湖区三站点水质评价及其变化特征研究[J]. 水资源与水工程学报, 2012,23(4):90-94. (MO Minghao, FANG Shaowen, SONG Yuejun, et al. Water quality assessment and its changing characteristics research for the three stations in Poyang Lake [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2012,23(4):90-94. (in Chinese))
- [6] 毛战坡,周怀东,王世岩,等. 鄱阳湖水环境演变特征研究[J].中国水利水电科学研究院学报, 2011,9 (4):267-273. (MAO Zhanpo, ZHOU Huaidong, WANG Shiyan, et al. Characteristics of water environment in Poyang Lake [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2011,9(4):267-273. (in Chinese))
- [7] 涂峰,林联盛,孙国泉,等. 鄱阳湖(西北水域)水环境现状及其评价[J]. 江西科学, 2011,29 (3):415-420. (GAN Feng, LIN Liansheng, SUN Guoquan, et al. Status and evaluation of water environment in northwest of Poyang Lake [J]. Jiangxi Science, 2011,29(3):415-420. (in Chinese))
- [8] 高桂青,阮仁增,欧阳球林. 鄱阳湖水质状况及变化趋势分析[J]. 南昌工程学院学报, 2010,29 (4):54-57. (GAO Guiqing, RUAN Renzeng, OUYANG Qiulin. Water quality status and changing trend in Poyang Lake [J]. Journal of Nanchang Institute of Technology, 2010,29(4):54-57. (in Chinese))
- [9] 胡春华. 鄱阳湖水环境特征及演化趋势研究 [D]. 江西: 南昌大学, 2010.(HU Chunhua. The Water Environmental Characteristic and Its Evolutionary Trends of Poyang Lake[D]. Jiangxi: Nanchang University, 2010. (in Chinese))
- [10] 李荣昉,张颖. 鄱阳湖水质时空变化及其影响因素分析[J]. 水资源保护, 2011,27(6):9-13+18. (LI Rongfang, ZHANG Ying. Analysis of spatial and temporal variation of water quality and its influencing factors in Poyang Lake [J]. Water Resources Protection, 2011,27 (6):9-13,18. (in Chinese))
- [11] 王圣瑞,舒俭民,倪兆奎,等. 鄱阳湖水污染现状调查及防治对策[J]. 环境工程技术学报, 2013,3 (4):342-349. (WANG Shengrui, SHU Jianmin, NI Zhaokui, et al. Investigation on pollution situation and countermeasures in Poyang Lake [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2013,3(4):342-349. (in Chinese))
- [12] 刘倩纯,余潮,张杰,等. 鄱阳湖水水质变化特征分析[J].农业环境科学学报,2013,32(6):1232-1237. (LIU Qian-chun,YU Chao,ZHANG Jie, et al. Water quality variations in Poyang Lake [J].Journal of Agro-Environment Science,2013,32(6):1232-1237. (in Chinese))
- [13] 夏黎莉,周文斌. 鄱阳湖水体氮磷污染特征及控制对策[J]. 江西化工, 2007(1):105-106. (XIA Lili, ZHOU Wenbin. Characters of nitrogen and phosphorus of the Poyang Lake [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2007(1):105-106. (in Chinese))
- [14] 王毛兰,胡春华,周文斌. 丰水期鄱阳湖氮磷含量变化及来源分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008,17 (1):138-142. (WANG Maolan, HU Chunhua, ZHOU Wenbin. Concentration variations of N and P in Poyang Lake during high water period with analysis on their sources [J]. Resources and Environment in the Yangtza Basin, 2008,17(1):138-142. (in Chinese))
- [15] 胡春华,周文斌,王毛兰,等. 鄱阳湖氮磷营养盐变化特征及潜在性富营养化评价[J].湖泊科学, 2010,22(5):723-728. (HU Chunhua, ZHOU Wenbin, WANG Maolan, et al. Inorganic nitrogen and phosphate and potential eutrophication assessment in Lake Poyang[J].Journal of Lake Science, 2010,22(5):723-728. (in Chinese))
- [16] 陈晓玲,张媛,张琍,等. 丰水期鄱阳湖水体中氮、磷含量分布特征[J]. 湖泊科学, 2013,25(5): 643-648. (CHEN Xiaoling, ZHANG Yuan, ZHANG Li, et al. Distribution characteristic of nitrogen and phosphorus in Lake Poyang during high water period [J]. Journal of Lake Science, 2013,25(5):643-648. (in Chinese))
- [17] 顾平,万金保. 鄱阳湖水文特征及其对水质的影响研究[J]. 环境污染与防治, 2011,33 (3):15-19. (GU Ping, WAN Jinbao. Hydrology character of Poyang Lake and its influence on water quality [J]. Environmental Pollution & Control, 2011,33(3):15-19. (in Chinese))
- [18] 王旭,肖伟华,朱维耀,等. 洞庭湖水位变化对水质影响分析[J].南水北调与水利科技, 2012,10 (5):59-62. (WANG Xu, XIAO Weihua, ZHU Weiyao, et al. Effects of water level variation on water quality in Dongting Lake [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012,10(5):59-62. (in Chinese))
- [19] 江西省水利厅. 江西河湖大典 [M]. 武汉: 长江出版社, 2010. (Water Resources Department of Jiangxi Province. Introduction on Rivers and Lakes in Jiangxi Province [M]. Wuhan: Changjiang Press, 2010. (in Chinese))
- [20] 金国花,谢冬明,邓红兵,等. 鄱阳湖水文特征及湖泊纳污能力季节性变化分析 [J]. 江西农业大学学报, 2011,33 (2):388-393. (JIN

- Guohua, XIE Dongming, DENG Hongbing, et al. On seasonal hydrographic variety and environmental capacity of Poyang Lake [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2011,33(2):388–393. (in Chinese)
- [21] 上海市环境保护局. 上海市环境状况公报 [Z]. 2008. (Shanghai Municipal Environmental Protection Bureau. Report on the State of Environment in Shanghai [Z]. 2008. (in Chinese))
- [22] Huang Lingguang, Xu Ligang, XIA YU. Characteristics of diffuse source N pollution in Lean River catchment [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011,10:2437–2443.
- [23] 刘发根,王仕刚,郭玉银,等.鄱阳湖入湖、出湖污染物通量时空变化及影响因素分析(2008–2012年)[J].*湖泊科学*,2014,26(5):641–650. (LIU Fagen, WANG Shigang, GUO Yuyin, et al. Causal analysis of spatial–temporal variation of pollutant fluxes inflow and outflow of Poyang Lake(2008–2012)[J].*Journal of Lake Science*,2014,26(5): 641–650. (in Chinese))
- [24] 郭春晶,周文斌. 鄱阳湖周边几种养殖水体的富营养化现状及对水环境影响 [J]. *南昌大学学报 (理科版)*, 2012,36 (4):380–384. (GUO Chunjing, ZHOU Wenbin. Eutrophic status in the aquaculture water around Poyang Lake and its effects on the water environment[J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 2012,36(4):380–384. (in Chinese))

### Spatial–temporal Variation of Water Quality and Water Level Effect on Water Quality in Poyang Lake

LIU Fagen<sup>1</sup>, LI Mei<sup>2</sup>, GUO Yuyin<sup>1</sup>

(1. *Hydrology Bureau of Poyang Lake, Xingzi 332800, China*; 2. *Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China*)

**Abstract:** Based on water quality and water level data from 2008 to 2012, the spatial–temporal variation of water quality in the Poyang Lake was analyzed, and its response to water level change was quantified. The results show: (1) Water quality in the Poyang Lake was in deterioration since 2007, and was better in high water period because wetlands can degrade pollutants than in low water period. But sometimes the water quality went worse while the water level rose because the first flush contained many non–point source pollutants; (2) Significantly influenced by upstream pollutants from the Leanhe River and Xinjiang River, the spatial distribution of water quality shows an improving trend from the upper reach to the outlet in the main channel of the Poyang Lake, and also influenced by pollutants from counties nearby and internal pollutants from sediments during dredging; (3) A water quality and water level relationship formula was established, which shows the proportion of grade ~ standard water in the Poyang Lake would increase by 6.2%, if the water level at the Xingzi station rise 1 m.

**Key words:** water quality; spatial–temporal variation; water level; Poyang Lake

(上接第 54 页)

### Shallow Groundwater Quality Evolution and Status Evaluation in the Eastern Songnen Plain

GAO Yue, BIAN Jianmin, ZHANG Zhenzhen

(*Key Laboratory of Groundwater Resources and Environment, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130026, China*)

**Abstract:** Aiming at the shallow groundwater water environment characteristics in the eastern Songnen Plain, the chemical characteristics of the water were analyzed with the monitored groundwater. Analysis was made by comparing the groundwater quality data in 1983, 1993, 2003 and 2012, it was found that the water quality changed a lot. On this basis, support vector machine was used to assess the water quality. The results show that the content of Fe, Mn in the phreatic water and confined water of quaternary is much higher, the maximum of total hardness is 1321.12mg/L, the maximum of total dissolved solids is 2214.45mg/L, and the hydrochemical types are both not greater than 1.5g/L of HCO<sub>3</sub>-Ca type. The content of nitrate, ammonium, chloride and sulfate was rising. At the same time, phenol and Cr<sup>6+</sup> and other toxic materials did not appear in the water. , , grade phreatic water samples accounted for 12.03% of the total, , class accounting for 87.97% of the total. , , class confined water samples accounted for 10.83% of the total, , class accounting for 89.17% of the total. The results of the evaluation method are 95% consistent with the comprehensive index method. Therefore, the water quality evaluation result can provide a scientific guidance for water resources managing department.

**Key words:** eastern Songnen Plain; shallow groundwater; water environment; support vector machine