

DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2014.1050

王圣瑞,倪兆奎,储昭升,等.2015.江湖关系变化及其对鄱阳湖水环境影响研究[J].环境科学学报,35(5):1259-1264

Wang S R, Ni Z K, Chu Z S, et al. 2015. Studies on the change of the river-lake relationship and its impact on water environment in Poyang Lake[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 35(5): 1259-1264

江湖关系变化及其对鄱阳湖水环境影响研究

——代“江湖关系变化及其对鄱阳湖水环境影响研究”专栏序言

王圣瑞^{1,2,3,*}, 倪兆奎^{1,2,3}, 储昭升^{1,2,3}, 冯明雷⁴, 刘志刚⁴, 廖斌⁴, 陈宏文⁴, 蔡芹⁵

1. 中国环境科学研究院 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012
2. 中国环境科学研究院湖泊创新基地 国家环境保护湖泊污染控制重点实验室, 北京 100012
3. 洞庭湖生态观测研究站, 岳阳 414000
4. 江西省环境保护科学研究院, 南昌 330029
5. 江西省环境监测中心站, 南昌 330029

收稿日期:2014-06-01 修回日期:2014-07-31 录用日期:2014-12-17

摘要:近年来,江湖关系变化成为影响鄱阳湖水环境的重要因素之一。立足于近年来鄱阳湖与长江江湖关系变化,试图通过鄱阳湖发展演变及江湖关系变化影响因素,以及江湖关系变化对鄱阳湖入湖污染负荷、水质、沉积物和藻类水华影响等方面,深入揭示江湖关系变化对鄱阳湖水环境影响机理。其中,从N、P生物地球化学循环的角度切入,研究揭示江湖关系变化对水体和沉积物N、P等生源要素的产生、输移、转化与降解过程以及赋存形态与时空分布等的影响机理;利用水质-水动力耦合模型量化江湖关系改变对鄱阳湖水动力及水质的影响;应用SWAT模型以及GIS技术,定量估算了江湖关系变化对鄱阳湖入湖营养盐负荷及其典型湿地植被景观格局时空变化的影响;利用现场观测和室内模拟试验研究预测了江湖关系变化对鄱阳湖藻类水华风险的影响,并讨论分析了其影响的重点区域和时段。

关键词:鄱阳湖;江湖关系变化;水环境;影响因素

文章编号:0253-2468(2015)05-1259-06 中图分类号:X171,X524 文献标识码:A

Studies on the change of the river-lake relationship and its impact on water environment in Poyang Lake

WANG Shengrui^{1,2,3,*}, NI Zhaokui^{1,2,3}, CHU Zhaosheng^{1,2,3}, FENG Minglei⁴, LIU Zhigang⁴, LIAO Bin⁴, CHEN Hongwen⁴, CAI Qin⁵

1. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012
2. State Environmental Protection Key Laboratory for Lake Pollution Control, Research Center of Lake Eco-environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012
3. Dongting Lake Ecological Observation and Research Station (DEORS), Yueyang 414000
4. Jiangxi Province Environmental Protection Sciences Research Institute, Nanchang 330029
5. Jiangxi Province Environmental Monitoring Center Station, Nanchang 330029

Received 1 June 2014; received in revised form 31 July 2014; accepted 17 December 2014

Abstract: The changes of river-lake relationship have become one of the important influencing factors on water environmental quality of Poyang Lake. The influence mechanisms of river-lake relationship change on water environment were revealed according to the development and evolution of Poyang Lake and the effects of river-lake relationship change on pollution load into the lake, water quality, sediment, and plankton bloom, etc. From the perspective of biogeochemical cycles of nitrogen and phosphorus, it is revealed that the influence mechanisms of river-lake relation change on generation, transportation, transformation and degradation, as well as the distribution and partition of nitrogen and phosphorus in water and sediment. The coupling model of water quality-hydrodynamic was used to assess the influence of river-lake relation change on water quality and water hydrodynamic. The SWAT model and GIS

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(No.2012CB417004);国家自然科学基金(No.41173118)

Supported by the National Basic Research Program of China (No. 2012CB417004) and the National Natural Science Foundation of China (No. 41173118)

作者简介: 王圣瑞(1972—),男,研究员(博士),E-mail:wangsr@craes.org.cn; * 通讯作者(责任作者)

Biography: WANG Shengrui(1972—), male, professor (Ph.D.), E-mail: wangsr@craes.org.cn; * Corresponding author

technique were utilized to calculate the influence of river-lake relation change on input of nutrient load and that on distribution of typical wetland vegetation. the influence of river-lake relation change on algal blooms was discovered through utilizing the methods of situ observation and laboratory simulation experiment.

Keywords: Poyang Lake; river-lake relation change; water environment; influencing factor

1 引言 (Introduction)

长江中下游平原地区,长江与其沿岸湖泊构成的复杂的江湖复合生态系统对保持江湖水生生态系统结构、功能的稳定性和生物多样性等发挥了重要作用(杨桂山等,2010).鄱阳湖作为中国最大的通江湖泊(葛刚等,2010),不仅是长江中下游地区的重要水源地,也是长江流域最大的天然洪水调蓄区,洪水期湖区水位每提高 1 m,可容纳长江倒灌洪水 40 亿 m^3 以上(鄱阳湖研究编委会,1988).同时,鄱阳湖也是长江和“五河”(赣江、抚河、信江、饶河、修河等)水体物质循环、能量流动和信息传递的天然纽带,湖区水位每年 4—6 月随“五河”来水增多而抬升,湖面上涨、漫滩、湖面扩大,洪水一片;7—9 月因长江干流洪水顶托或倒灌而壅高,10 月后稳定退水,湖水落槽,滩地显露,水面缩小成一线(Zhang *et al.*, 2012).正常的水位周期性变化是保持鄱阳湖水资源、水环境和水生态处于良好状态最为关键的因素之一.

鄱阳湖自形成至今,受自然及人类活动等影响,一直在发生着演变.近年来,尤其是 2003 年以来,受长江干流来水、鄱阳湖流域降水减少、三峡水库蓄水以及湖区采砂等因素影响,鄱阳湖与长江之间江湖关系发生了较大变化,水文形势变化明显,由此导致丰水期高水位持续时间缩短,枯水期时间提前且出现频率增加(闵赛等,2011).该变化引起低枯水位情况下鄱阳湖湖泊水面减小,湿地萎缩,生物量下降等水生态环境问题日益突出.同时,引起枯水期水环境容量变小,水体自净能力下降,水质恶化.最终导致湖泊生态系统健康状况呈下降趋势,水环境问题日益突出,工程性缺水严重及通航能力明显下降等问题(王圣瑞等,2013).产生这一结果,一方面与流域经济社会发展导致的用水量及入湖污染负荷增加有关;另一方面,也与江湖关系变化引起的鄱阳湖水文情势改变密切相关.而以往针对江湖关系变化对鄱阳湖水环境影响的相关报道较少.因此,从环境科学的视角研究揭示江湖关系变化对鄱阳湖水环境影响,具有重要的理论和现实意义.

随着鄱阳湖水环境问题日益受到关注,就江湖

关系变化及其对鄱阳湖水环境影响的科学认识,已成为影响区域生态环境和经济可持续发展的关键科学问题之一.全面、准确地认知近年来江湖关系变化特征及其对鄱阳湖水环境影响,不仅是揭示“河湖”与“江湖”关系变化在水环境与水文过程等方面影响机制的重要基础,而且是解决当前鄱阳湖保护问题的关键步骤.基于以上考虑,本研究立足于近年来鄱阳湖与长江江湖关系变化,试图通过鄱阳湖发展演变特征及江湖关系变化影响因素分析,重点剖析江湖关系变化对鄱阳湖入湖污染负荷、水质、沉积物和藻类水华影响等内容,以期揭示江湖关系变化对鄱阳湖水环境影响机制.

2 近年来鄱阳湖与长江间江湖关系变化特征及其水环境影响 (Recently changed characteristics of relationship between Poyang Lake and Yangtze River and its impact on water environment)

2.1 水位变化

水位是湖泊出水量变化的量度(Xia *et al.*, 2003),适宜水位是维护湖泊生态系统结构和功能稳定以及生物完整性的重要保障.适宜水位不是一个恒定值,而是一个数值区间,包括水位变动频率、发生时间、持续时间和变动范围及其它规律性等重要信息(刘永等,2006).水位变化是鄱阳湖与长江之间江湖关系变化的核心(万荣荣等,2014).根据江西省水文部门提供的数据显示(图 1),自建国以来,鄱阳湖年平均水位为 13.2 m(星子站、吴淞高程),随着时间的推移,鄱阳湖水水位总体呈下降趋势.自 2003 年后,由于江湖关系变化影响,单向水位下降幅度明显,基本保持年均水位下降 $0.19 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度,是 60 余年来鄱阳湖水水位下降速度最快、持续时间最长的时期,尤其是 2011 年水位更是达到历史最低水平,比多年平均值低 2.39 m.而年内水位变化则呈现出枯水期低、枯水位出现时间提前且持续时间延长的趋势,最低水位不断被刷新.

以星子站为例,进入枯水期(水位在 12 m 以下)的时间在 1956—2002 年期间为 11 月中旬,而在 2003—2012 年期间提前到 10 月下旬,平均提前了 20 d 左右;1956—2002 年间,枯水期为 11 月中旬至 3 月下旬,而在 2003—2009 年间则提前到 10 月下

旬至3月下旬,平均延长了20 d左右。

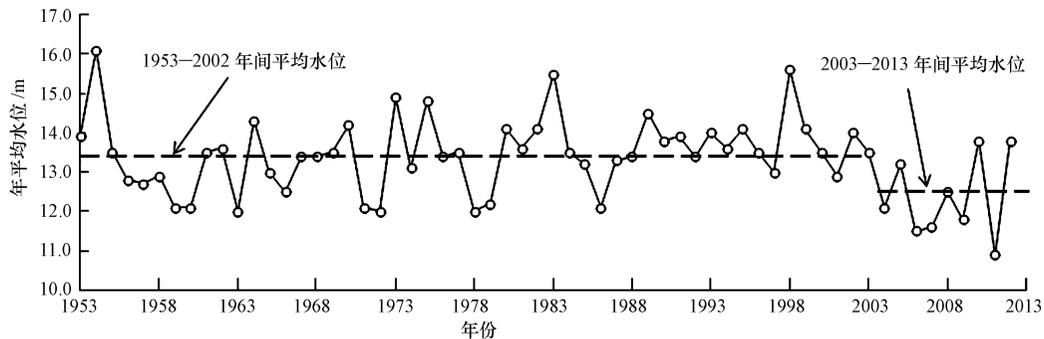


图1 鄱阳湖皇子站年平均水位变化(吴淞基面)

Fig.1 Changes of annual average water level of site Xingzi of Poyang Lake

水位改变对水环境有明显影响,鄱阳湖水持续降低,且低水位运行时间延长,使得入湖污染源、湖泊洲滩及草洲淹没节律等均发生了变化,致使湖泊生态系统、水生生物生境及效应也发生了变化.同时,也将导致湖盆水量减少,水环境容量降低,自净能力下降.自2004年后,鄱阳湖Ⅰ、Ⅱ类水仅占50%,Ⅲ类水占32%,劣于Ⅲ类水质占18%,水体TN、TP和 COD_{Mn} 等主要污染物浓度升高较快,水质下降趋势明显(王圣瑞等,2013).这与鄱阳湖年平均水位变化趋势相反,表明水位降低可能是鄱阳湖水质下降的重要因素之一.而在水质较差的枯水期,低水位使鄱阳湖水域面积明显缩小,湿地面积减少,水环境承载力降低,水质下降和富营养化风险增加.另外,三峡蓄水、泄水过程导致的湖区水位波动也会对鄱阳湖水质产生一定影响(万荣荣等,2014).三峡蓄水期间,长江水位下降,湖水快速流入长江,湖区水量减少引起水体自净能力下降,进而引起水质下降;而在三峡泄水期间,长江水位提升,对湖区水体产生顶托,致使湖区水体交换周期延长,营养盐输入量和滞留时间增加,同样可对水质产生一定的不利影响.

2.2 水动力学变化

鄱阳湖属于典型的大型吞吐性湖泊,水动力变化同样呈现出显著的周期性.枯水期水流归巢,湖流流速较大,此时鄱阳湖河道特征明显.丰水期湖区水位受长江洪水顶托,湖面大,水位较高,流速较缓,水体交换慢.当水位大于15 m时,鄱阳湖水面呈水平状,湖流主要受重力流和风声流的双重影响,流速较小,为 $0.1\sim 0.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;当水位小于15 m时,湖泊水面呈南高北低趋势,湖面比降增加,湖泊流态主要受到重力流影响,流速相对较大,可达到 $1.48\sim$

$2.85\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (顾平和万金保,2011).江湖关系变化致使鄱阳湖低水位运行时间延长,湖泊水面高度差增加,在一定程度上其水体流速将呈增大趋势.低水位运行时间延长可导致鄱阳湖水体流速有所上升,有利于湖泊污染物的扩散和降解.增加水体流速也可对藻类“水华”聚集成灾有一定的抑制作用(黄程等,2006).但是在枯水期,水位下降会导致水深变浅和水体流速增快,水流对沉积物的扰动增强,导致沉积物中的污染物易于释放进入上覆水,可能增加该时期水体的污染负荷(未发表资料).

2.3 泥沙变化

泥沙运动规律是影响鄱阳湖生态环境的重要因素之一.泥沙淤积对鄱阳湖的影响包括,汛期水位升高,引起受灾面积扩大;枯水期易于形成滨湖沙地,引起河床改道,阻碍航运交通,导致湖泊面积减少、调蓄能力下降以及其它生态环境问题(左长清,1989).

鄱阳湖泥沙源于其流域和长江倒灌,受“五河”上游水利工程兴建等人类活动影响较大.根据泥沙输入、输出特征,鄱阳湖泥沙总体表现4个明显阶段(闵赛等,2011;李英等,2012).①1965年前,入湖沙量年均值约为1517万t,出湖沙量年均值约为1300万t.②1965—1985年,“五河”入湖沙量呈增加趋势,入湖沙量年均值约为1727万t,这与该阶段流域森林、植被等受破坏有关,而年均出湖量减值约960万t.③1985—2000年,则是受上游和周边地区水土流失的逐步改善以及“五河”上游水利工程的兴建的影响,导致泥沙输入量和水体含沙量总体呈现减少趋势,年均入湖和出湖沙量分别减少至1200万t和720万t.④2001年后,年均泥沙入湖量减至957万t,而年均出湖沙量增加到1500万t,出湖沙

量开始大于入湖沙量,湖区泥沙表现为净冲刷,年净冲刷量约为 600 万 t 左右(罗小平等,2008),并且水体悬沙逐渐以细颗粒为主。

泥沙是 N、P 等营养元素从陆地向水体输送的主要载体,是水环境的重要组成部分。泥沙通常具有较大的比表面积,并且含有大量的活性官能团,是水体污染物的重要载体,泥沙的变化在很大程度上决定着污染物在水体中的迁移转化和生物效应(孙剑辉等,2010)。随着鄱阳湖水体泥沙含量的不断降低,泥沙对水体污染物的吸附能力将减弱,从而降低泥沙对水体的净化能力(Pan *et al.*, 2013)。同时,泥沙的减少将导致水体透明度增加,使水下光照条件改善,有利于蓝藻等藻类的生长,在一定程度上可增加鄱阳湖发生“水华”的风险。

2.4 洲滩面积及出露时间变化

鄱阳湖水位高低对水域面积与水体容积直接相关。2003 年是鄱阳湖水位变化的转折点,导致洲滩出露面积发生相应的变化。2003 年前,鄱阳湖年平均水位为 13.5 m,根据水位变化和湖泊容积关系(李辉等,2008),推算鄱阳湖年平均面积约为 1380 km²;2003 年后,鄱阳湖年平均水位为 12.3 m,年平均面积约为 788 km²。因此,江湖关系变化引起的水位下降将导致鄱阳湖露出水面的洲滩面积增加近 600 km²,且出露时间提前约 20 d,持续时间延长达到 50~60 d(林玉茹,2010)。

鄱阳湖与长江之间江湖关系变化引起的水位变化,导致洲滩沉积物出露时间延长,致使出露沉积物表层理化性质和微生物群落结构出现变化,从而促使表层沉积物营养盐含量、释放潜能和生物有

效性升高(Bresson and Moran, 1995; Scheffer *et al.*, 1998; 袁辉等,2008)。来年丰水期出露沉积物再次覆水,其营养盐释放可能会增加,在一定程度上将影响鄱阳湖水质(何宗健等,2014)。

2.5 湿地植被面积及生物量变化

植被系统是湖泊湿地生态系统的主要初级生产者,在维护湖泊湿地生态系统结构和功能稳定性方面起着决定性作用。鄱阳湖是现阶段我国大型浅水湖泊中生态系统尚处于良好状态的湖泊之一。鄱阳湖水位的季节性变化引起洲滩出现干湿交替现象,进而影响洲滩湿地水深梯度、透气性、光照、水动力和营养盐状况以及沉积特性,导致不同季节水生植物群落出现明显的差异。枯水期,洲滩地露出水面,出现以苔草为主体的湿生植物群落和以芦苇为主体的挺水植物群落。而在丰水期,以上植物群落随洲滩湿地被淹而消失,进而形成了以马来眼子菜、苦草和黑藻为主体的沉水植物群落(文其云,2010)。

近 30 年来,鄱阳湖沉水植物优势类群呈现共优势类群间相互置换的特征,尚未发生显著逆行演替(表 1)。但随着江河关系变化和污染物输入的增加,水生植物分布面积呈现显著下降趋势。1984 年沉水植物类群分布面积占全湖面积的 49.7%(金相灿和屠清瑛,1990),而目前丰水期沉水植物总分布面积已经不足全湖的 30%。水生植物生物量也发生了一定变化,尤其是沉水植物生物量明显下降。物种多样性指数也不断降低,部分种群分布面积大大下降或消失(Zhang *et al.*, 2012)。以上变化将可能导致鄱阳湖水质恶化与水产品质量下降。

表 1 1984—2013 年鄱阳湖水生植物群落结构变化

Table 1 Changes of structure of aquatic plant community of Poyang Lake between 1984 and 2013

时间	高等水生植物群落	浮游植物群落
1984 年	102 种,沉水植物优势种为马来眼子菜、苦草、黑藻等	153 种,优势种类为蓝藻、绿藻、甲藻和硅藻,平均藻密度为 $4.76 \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$
2000 年	101 种,芦苇、莲、菱等衰落,沉水优势种为竹叶眼子菜、苦草和轮叶	319 种,绿藻(52.9%)、硅藻(22.9%)、蓝藻(13.4%),藻密度为 $5.15 \times 10^5 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$
2009—2012 年	水生植物群丛 42 个,沉水植物优势种为轮叶黑藻、金鱼藻、苦草、竹叶眼子菜,伴生种为藻、大茨藻、穗花狐尾藻、微齿眼子菜、轮藻和鸟巢藻	178 种,平均藻密度最高为 $1.76 \times 10^7 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$
2013 年	沉水植物优势种为苦草、轮叶黑藻、竹叶眼子菜、金鱼藻	101 属,平均藻密度最高 $3.98 \times 10^7 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$

注:数据来源:谢钦铭等,2000; Wang 等,2004;彭映辉等,2003;王婷和胡亮,2009。

丰富的水生植物是良好湖泊生态状况的重要保证,尤其是沉水植物(高玉峰和刘连军,2008),其

在提高水体透明度、增加水体溶解氧、改善水下光照及吸收固定水体和底泥 N、P 等营养方面具有重

要作用.同时,沉水植物能抑制藻类生长,在一定程度上防止藻类“水华”(胡莲等,2006).近年来,受江湖关系变化影响,鄱阳湖沉水植物分布面积、分布高程和物种数均出现显著下降,这将直接导致沉水植物对鄱阳湖的水质净化功能下降,增加水质下降风险.

2.6 水资源变化

水资源是湖泊生态系统最重要的环境资源,是湖泊生态系统维持和发展的基础,关系到当地国计民生和经济社会发展的稳定.近年来,随着江湖关系的不断变化,鄱阳湖水资源呈现明显的萎缩趋势.1956—2002年鄱阳湖平均入湖水量为287.6亿 m^3 ,2003—2012年平均入湖水量为305.9亿 m^3 ,入湖水量增加18.3亿 m^3 .而1956—2002年平均出湖水量357.5亿 m^3 ,2003—2012年平均出湖水量为378.8亿 m^3 ,出湖水量增加21.4亿 m^3 ,减去新增入湖水量,出湖水量净增加3.1亿 m^3 ,而11月到次年3月多年平均星子水位为8.3 m,增加出湖水量与此平均水位容积几乎接近,即枯水期鄱阳湖流出水量相当于损失该时期一个鄱阳湖的水量(枯水期星子水位8 m时,鄱阳湖容积为2.97亿 m^3).

3 研究重点及其主要方法(Focus and main methods of research)

近年来,随着江湖关系变化对鄱阳湖生态环境影响的逐渐显现,其越来越多地受到国内外科研工作者的重视,特别是其机理研究成为了湖泊研究的热点问题之一.现阶段,已开展的研究主要集中在江湖关系演变过程与机制、三峡运行对长江江湖分汇河段与水沙交换影响、江湖关系变化下的鄱阳湖水文、水环境和水生态效应及江湖关系优化调整原理和对策等方面.

在充分借鉴已有针对鄱阳湖水环境特征及江湖关系变化研究的基础上,本研究通过实验室分析、模拟试验和现场观测等方法,研究了江湖关系变化及其对鄱阳湖水环境影响.结果表明,江湖关系变化是影响鄱阳湖N、P生物地球化学循环过程、水质变化和藻类水华风险等的重要驱动力.为此,依据N、P生物地球化学过程,研究揭示了水位变化对不同高程鄱阳湖沉积物N、P含量、形态及其生物有效性影响,揭示了江湖关系变化对鄱阳湖N、P生物地球化学循环过程影响机制;利用GIS与SWAT模型等技术,模拟计算了江湖关系变化,构建了水质-水动力响应模型,估算了江湖关系变化对鄱阳湖入湖

径流、泥沙和面源污染负荷等的影响;根据藻类水华风险评估预测了江湖关系变化对鄱阳湖藻类水华风险的影响,并识别了关键影响因子.

3.1 江湖关系变化对鄱阳湖N、P生物地球化学循环过程影响

以N、P生物地球化学循环过程为切入点,研究江湖关系变化引起的湖泊水文水动力条件改变,及其对水体和沉积物N、P等生源要素的产生、输移、转化与降解等过程及赋存形态等的影响机理是揭示江湖关系变化对鄱阳湖水水质影响机理必须回答的关键科学问题之一.其中,《鄱阳湖发展演变及江湖关系变化影响规律》一文从历史演变的角度具体介绍了鄱阳湖江湖关系历史变化过程,重点剖析了江湖关系变化对鄱阳湖发展演变的影响.《鄱阳湖沉积物氨基酸分布特征及其对江湖变化的响应》一文则是利用高效液相色谱分析研究了由于水位变化引起的不同高程沉积物氨基酸含量、分布和组成特征的变化,试图从沉积物的角度,揭示江湖关系变化对鄱阳湖富营养风险的影响.《鄱阳湖沉积物有机磷生物有效性历史变化特征及其对人类活动的响应》一文运用磷形态分级和酶水解技术,从历史演变的角度研究揭示人类活动(主要为农业发展和江湖关系变化)对沉积物有机磷形态和生物有效性的影响.

3.2 江湖关系变化对鄱阳湖水水质影响及数值模拟研究

利用近年来鄱阳湖水文、水环境历史资料和现场监测以及实验室分析数据,研究分析鄱阳湖出入湖径流,水位及湖区内站点的特征性水文指标的变化,通过构建鄱阳湖的二维水动力-水质耦合模型,细化了江湖关系改变对水动力及水质的影响.同时,利用数值模拟研究了江湖关系变化对鄱阳湖面源污染入湖负荷和入湖营养盐负荷及其典型湿地植被景观格局时空变化的影响.其中,《近10年流域与江湖关系变化作用下鄱阳湖水动力及水质特征模拟》一文采用数据统计分析方法,明确了江湖关系变化的程度和趋势,同时构建湖区模型,利用实测湖区水动力及水质数据对模型进行率定验证,在此基础上,模拟了江湖水文情景变化下,湖区的水动力、水质之间的响应关系.《江湖关系变化影响下鄱阳湖面源污染入湖特征》一文利用SWAT模型对2003—2012年10年间入湖的径流、泥沙和面源污染负荷进行了模拟.《鄱阳湖入湖N、P营养盐负荷

估算及其演变》一文估算了近10年来入湖N、P负荷的演变。《基于GIS、RS的鄱阳湖典型湿地植被景观格局时空变化及其与水质演变关系》一文重点介绍了江湖关系变化对鄱阳湖湿地植被格局的影响。

3.3 江湖关系变化对鄱阳湖藻类水华风险影响研究

防止发生藻类水华是湖泊保护的重要任务。江湖关系变化是否会对鄱阳湖藻类水华风险有影响及影响程度如何是研究揭示江湖关系变化对鄱阳湖水水质影响的关键问题之一。需要重点围绕江湖关系变化对藻类水华形成的影响及机理开展研究,预测藻类水华风险重点区域和影响时段。其中,《鄱阳湖悬浮颗粒物絮凝沉淀典型藻类的动力学研究》一文模拟了鄱阳湖水动力作用下颗粒物粒径以及不同水动力条件(速度梯度、扰动时间)对藻细胞絮凝沉降的影响效果及变化规律。《鄱阳湖水体颗粒物对3种典型藻类的生长及絮凝作用》一文从颗粒物絮凝藻细胞角度模拟颗粒物对藻类影响。“鄱阳湖藻类水华发生风险影响极其时空分布特征”一文综合分析了不同水情条件下鄱阳湖浮游植物时空分布及其影响因素。

4 结语(Conclusion)

江湖关系变化对鄱阳湖水环境影响的研究是一项长期而艰巨的任务。本研究在江湖关系变化对鄱阳湖入湖污染负荷、水质、沉积物和藻类水华风险等方面形成了1组文章,供广大学者与管理人借鉴和指正,并期望更多的科研工作者参与到相关研究中,能够为保护鄱阳湖“一湖清水”目标的实现提供尽可能多的支持。然而,由于该方面研究尚处于起步阶段,基础资料掌握、技术应用以及监测数据积累等存在不足,尚有待进一步的完善和深化。

责任作者简介:王圣瑞(1973—),男,研究员,主要从事水体环境学研究。E-mail: wangsr@caes.org.cn.

参考文献(References):

Bresson L M, Moran C J. 1995. Structural change induced by wetting and drying in seedbeds of a hardsetting soil with contrasting aggregate size distribution [J]. *European Journal of Soil Science*, 46(2): 205-214
高玉峰, 刘连军. 2008. 水库湖泊种植沉水植物预防水体富营养化措施[J]. *中国水运*, 6(1): 98-99
葛刚, 徐燕花, 赵磊, 等. 2010. 鄱阳湖典型湿地土壤有机质及氮素空间分布特征[J]. *长江流域资源与环境*, 19(6): 619-622
顾平, 万金保. 2011. 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*, 33(3): 15-19
何宗健, 吴志强, 倪兆奎, 等. 2014. 江湖关系变化对鄱阳湖沉积物

氮释放风险的影响[J]. *中国环境科学*, 34(5): 1277-1284
胡莲, 万成炎, 沈建忠, 等. 2006. 沉水植物在富营养化水体生态恢复中的作用及前景[J]. *水利渔业*, 26(5): 69-71
黄程, 钟成华, 邓春光, 等. 2006. 三峡水库蓄水初期大宁河回水区流速与藻类生长关系的初步研究[J]. *农业环境科学学报*, 25(2): 453-457
金相灿, 屠清瑛. 1990. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 200-215
李辉, 李长安, 张利华, 等. 2008. 基于MODIS影像的鄱阳湖湖面积与水位关系研究[J]. *第四纪研究*, 28(2): 332-337
李英, 涂安国, 胡根华, 等. 2012. 鄱阳湖流域降水量变化对水沙演变影响研究[J]. *中国水土保持*, (4): 25-28
林玉茹. 2010. 鄱阳湖枯水现象的水文分析及湿地生态系统响应研究[D]. 南昌: 南昌大学. 89-94
刘永, 郭怀成, 周丰, 等. 2006. 湖泊水位变动对水生植被的影响机理及其调控方法[J]. *生态学报*, 26(9): 3117-3126
罗小平, 郑林, 齐述华, 等. 2008. 鄱阳湖与长江水沙通量变化特征分析[J]. *人民长江*, 39(6): 12-14
闵骞, 时建国, 闵聃. 2011. 1956—2005年鄱阳湖入出湖悬移质泥沙特征及其变化初析[J]. *水文*, 31(1): 54-58
Pan G, Krom M D, Zhang M Y, et al. 2013. Impact of suspended inorganic particles on phosphorus cycling in the Yellow River (China) [J]. *Environmental Science & Technology*, 47(17): 9685-9692
彭映辉, 简永兴, 李仁东. 2003. 鄱阳湖平原湖泊水生植物群落的多样性[J]. *中南林学院学报*, 23(4): 22-27
鄱阳湖研究编委会. 1988. 鄱阳湖研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社. 1-29
Scheffer P G, Bakker S J, Heine R J, et al. 1998. Measurement of LDL particle size in whole plasma and serum by high performance gel-filtration chromatography using a fluorescent lipid probe [J]. *Clinical Chemistry*, 44(10): 2148-2151
孙剑辉, 柴艳, 王国良, 等. 2010. 黄河泥沙对水质的影响研究进展[J]. *泥沙研究*, (1): 72-80
万荣荣, 杨桂山, 王晓龙, 等. 2014. 长江中游通江湖泊江湖关系研究进展[J]. *湖泊科学*, 26(1): 1-8
王圣瑞, 舒俭民, 倪兆奎, 等. 2013. 鄱阳湖水污染现状调查及防治对策[J]. *环境工程技术学报*, 3(4): 342-349
Wang T Y, Wang J Q, Wu J P. 2004. The comparison of species diversity of phytoplankton between spring and autumn in Poyang Lake [J]. *Journal of Fudan University Natural Science*, 43(6): 1073-1078
王婷, 胡亮. 2009. 鄱阳湖植物类型及利用现状[J]. *安徽农业科学*, 37(17): 8255-8256
文其云. 2010. 鄱阳湖湿地植被的现状与保护对策[J]. *绿色科技*, (9): 35-36
夏军, 左其亭, 邵民诚. 2003. 博斯腾湖水资源可持续利用[M]. 北京: 科学出版社
谢钦铭, 李长春, 彭赐莲. 2000. 鄱阳湖浮游藻类群落生态的初步研究[J]. *江西科学*, 18(3): 162-166
杨桂山, 马荣华, 张路, 等. 2010. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. *湖泊科学*, 22(6): 799-810
袁辉, 王里奥, 胡刚, 等. 2008. 三峡库区消落带受淹土壤氮和磷释放的模拟实验[J]. *环境科学研究*, 21(1): 103-106
Zhang L L, Yin J X, Jiang Y Z, et al. 2012. Relationship between the hydrological conditions and the distribution of vegetation communities within the Poyang Lake National Nature Reserve, China [J]. *Ecological Informatics*, 11: 65-75
左长清. 1989. 论鄱阳湖泥沙淤积及其对环境的影响[J]. *水土保持学报*, 3(1): 38-42