石臼湖干涸后水量回复过程中生态特征变化研究

王冬梅[1],吴　杰[2],张　震[3],吕玲玲[4]

(1. 江苏省水利科学研究院,江苏 南京　210017; 2. 南京市长江河道管理处,江苏 南京　210024;
3. 南京市高淳区固城湖石臼湖管理委员会,江苏 南京　211300;
4. 江苏省人民政府国有资产监督管理委员会,江苏 南京　210008)

摘要:为研究石臼湖水量回复后湖泊生态的恢复情况和变化特征,在 2012—2013 年和 2014—2015 年进行 2 个年度全湖水生态调查。结果表明:2011 年调水后,水质有一定改善,但是在 2 年后恢复到干涸前的状态,并有继续恶化的趋势;水深和透明度影响水生高等植物群落生物量和结构,超过适宜水深,水生植物盖度与生物量总体均呈下降趋势;浮游植物各门的物种数所占的比例没有很大的变化,绿藻门、硅藻门、蓝藻门这三大门的种类都有增加,蓝藻门的种类比例增加了 3%;浮游动物小型物种数增多;底栖动物种类、生物量有所减少。基于水位水质对于水生态的影响分析,提出石臼湖控制合理水位和换水周期的建议。

关键词:湖泊干涸;水量回复;生态特征;石臼湖

中图分类号:TV213.4;X17　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1004-6933(2016)S1-0147-04

湖泊生态系统具有为人类提供自然资源和生存环境两个方面的多种服务功能,在水资源供给、径流调节、生态保护等方面起着不可替代的作用,天然的湖泊水位受周边地区降水和地表径流的影响会出现季节性的干涸或者永久干涸。湖泊干涸对于生态系统造成严重影响。

湖泊中的生物在长期进化的过程中,逐步形成了和自然水位波动周期相适应的生活史对策,直接或间接地受到水位波动的影响,即使小的水位变动都会导致生物群落的改变。湖泊水位变动的影响可涵盖从小的生物个体到大的种群和群落分布这一连续过程,但其影响因物种而异,主要表现为两方面:①直接影响,表现在对水生生物生长及对种群间竞争关系的影响;②间接影响,由于水位变化导致了水体中的物化条件,如透明度、浊度、盐度、pH、悬浮与沉降等发生变化,对那些以水生植被为食的生物产生了影响,进而间接地减小或增大了水生植被啃食的压力,改变了水生植被的时空分布。

研究干涸后随着水量回复过程湖泊生态恢复情况以及变化特征,对于控制湖泊合理水位、换水周期,制定人工措施进行湖泊生态恢复有重要意义。本文以 2011 年石臼湖干涸为例,分析干涸前后的水文特征与水质变化特点,进行 2012—2013 年、2014—2015 年 2 个年度全湖水生态调查,研究 5 年水位回复变化过程中,湖泊水生态恢复情况及变化特征。

1　研究区概况

石臼湖地跨苏、皖两省,湖泊面积 214.7 km^2。隶属江苏省溧水县、高淳县和安徽省当涂县管辖,位于长江右岸、水阳江入江尾闾,是目前长江下游唯一的直接通江调蓄湖泊。湖泊的入湖水量和出湖水量存在着动态平衡过程,石臼湖湖水的来源主要是流域降水和自身汇集周边地域来水,上承皖南山区和固城湖下泄洪水,中蓄湖泊本身区间来水,下经当涂汇入长江。进、出石臼湖的水量年内分配极不均匀。进出湖水量集中在汛期,汛期水量又集中于 7、8 两月,由于水阳江沿途少有水闸,使得石臼湖水位变化具有陡涨陡落的山溪河流特性。同时,受长江水位顶托的影响,石臼湖具有高水位持续时间长、水位季节间变幅大的特点。

2011 年之前,针对石臼湖动植物资源全面调查的工作还非常有限。根据 2011 年石臼湖省级湿地自然保护区科考结果,石臼湖湿地共有蕨类植物 4 科 4 属 4 种,石臼湖共记录鱼类 9 目 16 科 50 种;两栖类动物 1 目 3 科 6 种[1-2]。

作者简介:王冬梅(1978—),女,教授级高级工程师,主要从事湖泊水环境研究。E-mail:17290559@qq.ocm

2 石臼湖回复水环境特征分析

2.1 水位变化特征分析

石臼湖1980—2014年平均水位过程线(图1)显示,石臼湖水位年际间变化较大。2011年之前,平均水位在6.0~8.0 m之间波动。1983年和1998年平均水位较高,超过了8 m;2011年石臼湖平均水位达到了历史最低值,该年5月10日水位为4.22 m,并出现了大面积干涸。2012年开始,石臼湖水位增加,2013年平均水位甚至超过8.5 m,高于1998年。近5年来,石臼湖的平均水位年际间变化增大,对石臼湖的水生态系统影响也较大。

图1 石臼湖1980—2014年平均水位过程线

2.2 水质特征分析

根据石臼湖2008—2014年水质监测资料,选取COD_{Mn}、TP、TN等主要超标项目,分析石臼湖干涸前后全湖区和各生态功能分区水质浓度年际变化趋势。COD_{Mn}的峰值出现在2011年,比2010年增加了25%,达到了Ⅳ类(图2(a))。2011年之前TP的浓度保持平稳增加(图2(b)),2012年下降了17.5%,在随后的2年里又回到原来水平。2012年石臼湖TN浓度略有下降,2013年起TN浓度持续增加,至2014年增加了1.1倍,由Ⅳ类恶化到劣Ⅴ类(图2(c))。石臼湖TN质量浓度在调水稀释后,随后两年里TN质量浓度持续增加,甚至高于2008年。利用TLI综合富营养状态指数对石臼湖2008—2014年湖区的水质进行评价。全湖及各生态功能分区的富营养化状态指数都在50~60之间,说明石臼湖为轻度富营养水体(图2(d))。但是从图2(d)可以明显看出,2011年调水后,石臼湖的富营养化水平一定程度上是降低的,但是随后又有增加的趋势。

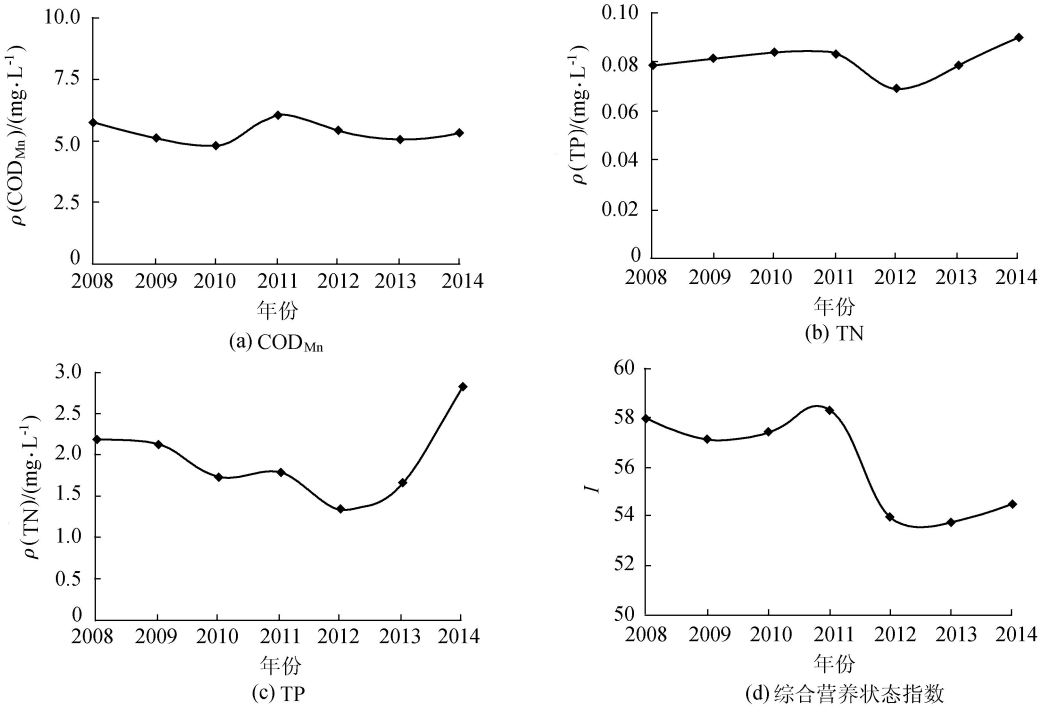


图2 2008—2014年全湖区COD_{Mn}、TP、TN质量浓度和综合营养状态指数变化

3 水量回复后生态系统年际间变化特征

3.1 水深

两次调查数据显示(图3),石臼湖冬季水深最小,其次是春季,秋季水深略高于春季,夏季最高。2014—2015年水深大于2012—2013年,尤其是2015年夏季的水深,是2013年夏季的2.0倍。根据气象资料,2015年6月石臼湖降水超过了400 mm,大量地表径流和长江水输入湖中,导致石臼湖水深增加,甚至一度超过警戒水位。

3.2 水生高等植物

2013年5月的采样显示:石臼湖大型水生植物共计7种,分别隶属于4科4属。按生活型计,挺水植物1种,沉水植物4种,浮叶植物1种,其中绝对优势种为沉水植物菹草。2013年8月调查显示:石

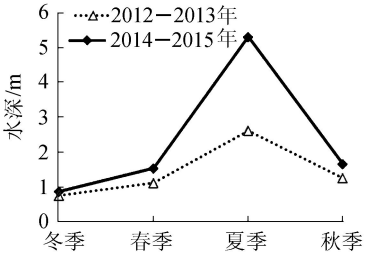


图3　石臼湖水深季节变化两次调查结果

臼湖大型水生植物共计6种,分别隶属于5科5属。按生活型计,挺水植物1种,沉水植物4种,浮叶植物1种,其中绝对优势种为沉水植物微齿眼子菜和竹叶眼子菜。2015年5月调查显示,石臼湖大型水生植物共7种,隶属5科6属,其中沉水植物3种,浮叶植物2种,挺水植物2种。2015年10月调查显示,石臼湖共有大型水生植物5种,隶属4科5属,其中,挺水植物2种,沉水植物2种,浮叶植物1种。

从多样性上看,2013年石臼湖共有水生植物8种,隶属5科5属,按生活型划分,包括沉水植物6种,浮叶植物1种,挺水植物1种。2015年石臼湖共有水生植物8种,隶属5科7属,按生活型计,包括沉水植物3种,挺水植物3种,浮叶植物2种。

2013—2015年,石臼湖沉水植物数量减少3种,挺水植物增加2种,浮叶植物增加1种(表1)。

表1　2013、2015年石臼湖高等水生植物及生活形态

物种名称(2013年)	生活形态	物种名(2015年)	生活形态
1　眼子菜科 *Potamogetonaceae*		**1　眼子菜科 *Potamogetonaceae***	
马来眼子菜	沉水	马来眼子菜	沉水
微齿眼子菜	沉水	菹草	沉水
菹草	沉水	**2　小二仙草科 *Haloragidaceae***	
2　小二仙草科 *Haloragidaceae*		穗花狐尾藻	沉水
轮叶狐尾藻	沉水	**3　禾本科 *Graminae***	
穗花狐尾藻	沉水	芦苇	挺水
3　水鳖科 *Hydrocharitaceae*		蔪草	挺水
黑藻	沉水	双穗雀稗	挺水
4　龙胆科 *Gentianaceae*		**4　龙胆科 *Gentianaceae***	
荇菜	浮叶	荇菜	浮叶
5　禾本科 *Graminae*		**5　菱科 *Trapaceae***	
芦苇	挺水	欧菱	浮叶

由表1可知,2015年调查未发现沉水种微齿眼子菜、黑藻和轮叶狐尾藻种群,新发现了浮叶植物欧菱群落以及挺水种蔪草、双穗雀稗种群。微齿眼子菜、黑藻两种沉水植物对水位变化适应性较差,适宜在水质较好、透明度较高的浅水区生长。资料显示,2013年石臼湖全年水位较低,7—8月汛期平均水深约3 m,且透明度平均达68 cm,适宜微齿眼子菜及黑藻生长;2015年石臼湖汛期平均水深5.3 m,平均透明度50 cm,对水深适应性较好的欧菱、芦苇、双穗雀稗等种更易存活。

从盖度来看,与第1次调查相比,第2次调查石臼湖高等水生植物盖度总体上呈下降趋势(图4(a))。从生物量看,2015年,石臼湖水生植物生物量总体呈下降趋势(图4(b))。石臼湖2013年整年水位相对偏低,比较适宜水生植物生长繁殖;而2015年,石臼湖夏季平均水深达5 m,同期湖泊水体透明度约60 cm,不利于水生植物尤其是沉水植物生长繁殖,因此,水位波动可能是造成2015年石臼湖水生植物盖度与生物量总体均呈下降趋势的主要原因。

3.3　浮游植物

第1次调查共观察到浮游植物111种,其中绿藻门48种,其次是硅藻门23种,蓝藻门17种,裸藻门12种,金藻门4种,隐藻门有3种,甲藻门3种,黄藻门1种。第2次调查共发现浮游植物113种,其中绿藻门的种类有50种;其次是硅藻门,26种,蓝藻门21种,裸藻门9种,金藻门3种,隐藻门有3种,甲藻门1种。两次监测结果浮游植物各门的物种数所占的比例没有很大的变化。绿藻门的种类占

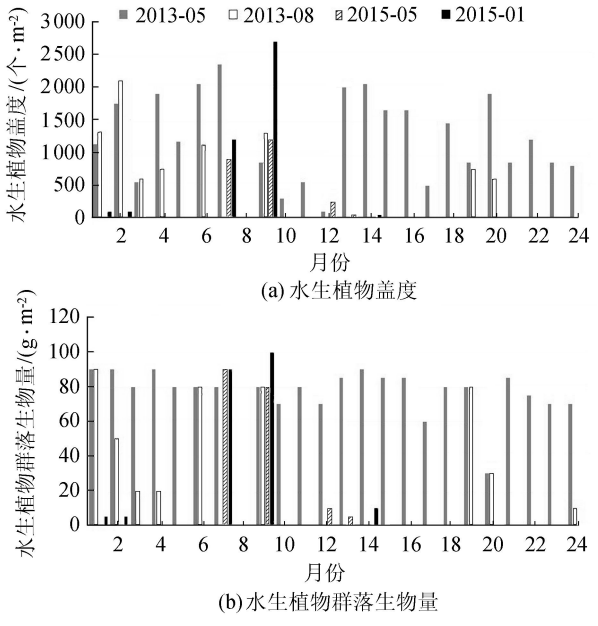


图4　水生植物盖度和群落生物量变化两次调查结果

了全部种类的43%以上,是种类最丰富的门。绿藻门、硅藻门、蓝藻门这三大门的种类都有增加,蓝藻门的种类比例增加了3%。第2次调查没有发现黄藻门的浮游植物,裸藻门的种类比例也减少了3%。

3.4 浮游动物

2012—2013年,石臼湖共观察到浮游动物55种,其中原生动物8种,占总种类的14.5%;轮虫34种,占61.8%;枝角类6种,占10.9%;桡足类7种,占12.8%。2014—2015年,石臼湖共观察到浮游动物60种,其中原生动物16种,占总种类的14.5%;轮虫28种,占61.8%;枝角类8种,占10.9%;桡足类9种,占12.8%。2014—2015年轮虫的比例下降了16%,原生动物的种类比例上升了13%,枝角类和桡足类的种类比例变化较小。其中原生动物的物种数增加了1倍,说明浮游动物小型物种数在增多。

3.5 底栖动物

2012—2013年石臼湖共鉴定出底栖动物14种(属),其中摇蚊科幼虫种类最多,共计7种;水栖寡毛类次之,共4种,主要为寡毛纲颤蚓科的种类;软体动物较少,共2种,均为螺类,蛭类1种,为扁舌蛭。2014—2015年石臼湖共鉴定出底栖动物14种(属),其中摇蚊科幼虫种类最多,共计8种;水栖寡毛类次之,共3种,主要为寡毛纲颤蚓科的种类;软体动物较少,共1种,为环棱螺;蛭类1种,为扁舌蛭;多毛类1种,为沙蚕。两次监测结果相比,2014—2015年没有监测到摇蚊科的红裸须摇蚊,寡毛类的单孔蚓,软体动物的大沼螺;比2012—2013年增加了摇蚊科的黑内摇蚊,多毛类的沙蚕。

4 石臼湖水量回复过程中水生态特征

石臼湖自然通江,每当雨季,特别是洪水年份,汛期湖水受长江水位顶托或倒灌,减少了湖泊防洪库容,并形成水位猛涨缓落、高水位持续时间长的水势特点。枯水期水位低甚至干涸。水位降低至干涸过程中水质不断恶化;干涸后调入长江水,短暂改善了水质,在随后2年内又逐步恢复到了干涸前的状态,有些指标如TP、TN,甚至高于干涸前,湖泊富营养化程度也逐渐增加。

干涸过程中浮游植物品种减少,藻类由原来以清洁指示种为优势转变为蓝藻占优势。浮游动物种群具有向小型化发展的趋势。底栖动物的密度和生物量均大幅度减少。多数水生高等植物死亡,水量恢复后,除黑藻等少数物种外,其他均基本恢复。

生态系统总体的群落结构相似,沉水植物数量随着水位增加减少,盖度总体上下降,浮游植物各门的物种数所占的比例没有很大的变化,丰度减少。石臼湖的浮游动物小型物种数增多,数量和生物量均有所增加;底栖动物种类、生物量有所减少。

5 建 议

石臼湖水位变幅较大,对水质和水生态产生较大影响。由于石臼湖水生植物的匮乏,低水位容易造成底质受到风浪的频繁扰动,湖水透明度大为降低,更为重要的是频繁扰动导致底泥营养盐释放到水层中,大大提高了水体中营养盐浓度,水质大为降低,并容易造成水体藻类的异常增殖,甚至蓝藻水华的爆发。而水位过高,又会影响水体透明度,不利于沉水植物生长,进而影响到水生动物。因此对于石臼湖水位的控制显得极为重要,根据调查数据建议石臼湖水位调控在1.5~3.0 m。

从2008—2014年的水质监测也可以看出,干涸前的水质各项参数较干涸水位回复后的2012年差,而2014年以后水质参数又呈现出恶化的趋势,因此有必要保持至少2年一次的换水周期,以免出现湖泊富营养化而转变为藻类湖泊。

参考文献:

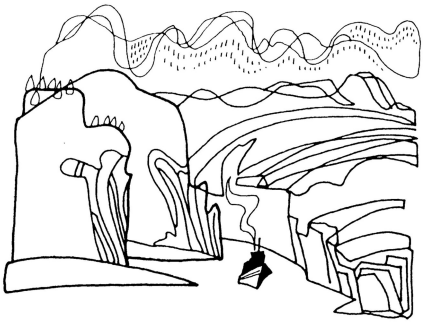
[1] 潘国权,王水,赵凯. 石臼湖生态现状及面临的主要问题[J]. 污染防治技术,2015,28(2):23-27.

[2] 王荣娟,张金池. 石臼湖湿地生态系统健康评价[J]. 林业科技开发,2011,25(2):70-74.

[3] 沈乐,王文辉,杜勇. 秦淮河石臼湖跨流域抗旱调水对沿线水体及水域功能的影响[J]. 水利经济,2012,30(4):34-38.

[4] 郭红丽,龚来存,沈乐. 南京固城湖干涸水文情势研究及成因分析[J]. 人民长江,2012,43(24):18-20.

[5] 王莹,吴从林,魏元芹,等. 湖泊富营养化对石臼湖枢纽工程响应的数值模拟[J]. 中国农村水利水电,2015(10): 38-46.

[6] 于忠华,刘海滨,张涨. 石臼湖流域江苏段生态环境驱动因素分析[J]. 水资源保护,2010,26(6):70-74.

(收稿日期:2016-11-28 编辑:徐 娟)