

洪泽湖健康水生态系统构建方案探讨*

叶春¹, 李春华¹, 王博^{1,2}, 张娟^{1,3}, 张磊⁴

(1: 中国环境科学研究院, 北京 100012)

(2: 北京师范大学资源学院, 北京 100875)

(3: 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036)

(4: 江苏省环境科学研究院, 南京 210009)

摘要: 洪泽湖生态系统健康状态为中等, 并呈逐年退化的趋势, 因此开展洪泽湖健康水生态系统构建方案的研究十分必要. 本文分析了洪泽湖水生态系统健康状态、水体分区特征以及存在的主要问题, 根据水文条件和水生态状况的差异, 将洪泽湖划分为 3 种具有典型特征的湖区: 过水通道(从淮河入湖口至入江水道)、湿地保护区和成子湖区. 针对不同湖区在水质、水生生物和水文条件方面存在的显著差异, 按照“修复生境条件-恢复水生植物-调控系统结构”的总体思路, 提出了过水通道水文调控与生态修复、湿地自然保护区保育、成子湖生态系统恢复与蓝藻应急控制、湖泊生态系统结构优化与调控等一系列措施, 形成洪泽湖健康水生态系统构建方案, 为恢复健康的洪泽湖水生态系统提供切实可行的依据.

关键词: 洪泽湖; 生态健康; 水生态系统; 方案

Study on building scheme for a healthy aquatic ecosystem of Lake Hongze

YE Chun¹, LI Chunhua¹, WANG Bo^{1,2}, ZHANG Juan^{1,3} & ZHANG Lei⁴

(1: *Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, P. R. China*)

(2: *College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China*)

(3: *Resource and Environment College, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, P. R. China*)

(4: *Jiangsu Provincial Academy of Environmental science, Nanjing 210009, P. R. China*)

Abstract: The healthy status of aquatic ecosystem in Lake Hongze is intermediate, but its ecosystem showed a trend of degradation year by year. It is necessary to build a scheme for healthy aquatic ecosystem of Lake Hongze before it will degrade further. The present study estimated the health status of aquatic ecosystem and investigated the characteristics and main problems. Three typical sub-areas, namely, water channel (from Huaihe Estuary of Lake Hongze to river-discharging channel), wetland protection area and Chengzi Lake were classified according to their properties of water quality, vegetation and hydrogeology. Following a general idea of “biotope restoration-aquatic plants recovery-aquatic system adjustment”, a feasible scheme of building a healthy aquatic ecosystem for the different sub-areas was developed. The content included hydrological adjusting and ecological restoration of water channel, recovery and conservation of wetland, ecosystem recovery and algal bloom control in Chengzi Lake, improving and adjusting the ecosystem in Lake Hongze.

Keywords: Lake Hongze; ecological health; aquatic ecosystem; scheme

洪泽湖地处江苏省洪泽县西部, 是我国第四大淡水湖, 也是南水北调东线工程最为重要的调蓄过水通道. 洪泽湖是我国最大的平原水库型湖泊, 具有明显的水库特征, 它西纳淮河, 南注长江, 东通黄海, 北连沂沭, 不但对周边环境具有多方面的生态效应, 还具有城市饮用水源地、工农业用水、渔业、调蓄防洪、航运、文化旅游等综合功能^[1]. 社会经济发展、围网养殖的增多以及南水北调工程的实施对洪泽湖水生态系

* 全国重点湖泊水库生态安全保障方案项目(WFLY-2009-1-04)和国家水体污染控制与治理科技重大专项项目(2009ZX07101-009)联合资助. 2010-10-22 收稿; 2011-03-21 收修改稿. 叶春, 男, 1970 年生, 博士, 研究员; E-mail: yechbj@163.com.

统产生了多方位、不同程度的影响,致使洪泽湖生态系统已呈现退化趋势^[2]. 相对于我国其他大型淡水湖泊,关于洪泽湖的研究还远远不足^[3-5],且仅仅涉及富营养化、水质、流域生态现状等方面,而对于洪泽湖水生态健康的主要问题和解决方案尚无详尽的报道^[6-7]. 为维护洪泽湖水生态健康发展,以确保其多功能的实现以及保障南水北调及下游地区饮水安全,在温家宝总理批示下,环境保护部组织了对洪泽湖的“生态安全调查与评估”,我们在全面的调查结果基础上,研究了洪泽湖水生态系统的特征以及存在的问题,提出了调整和构建健康水生态的方案,以期促进洪泽湖的健康发展.

1 洪泽湖水生态状况及问题

1.1 洪泽湖水质状况

1990s 初期至今,洪泽湖整体水质由 V 类下降为劣 V 类. 2008 年洪泽湖整体水域总氮 1.73~2.76 mg/L,水质为劣 V 类,总磷 0.11~0.24 mg/L,水质为 V 类(表 1). 总氮最高年监测均值出现在老山乡、龙集乡北、成河乡东测点;总磷最高年监测均值出现在临淮乡、老山乡、成河乡^[7]. 过水通道从入口(老山乡)到出口(蒋坝镇)透明度由 29.3 cm 增加到 32.1 cm,总氮、总磷和氨氮均有所降低,高锰酸盐指数和生化需氧量变化不明显,说明入湖来水的 N、P 对洪泽湖有一定影响,同时也说明,洪泽湖对上游来水具有一定的净化作用. 由于成子湖水体交换能力差,该区总氮、氨氮均比湖泊平均值略高,但由于水草覆盖面积大,成子湖的透明度明显高于其他湖区. 湿地保护区内,总氮、总磷和氨氮均比较低,说明湿地对营养盐的循环有促进作用,有利于降低营养盐水平. 整个洪泽湖区内年平均值如下:透明度 29.3 cm,高锰酸盐指数 3.2 mg/L,总磷 0.156 mg/L,总氮 2.24 mg/L,叶绿素 a 6.76 mg/m³. 据此采用综合营养状态指数来进行计算^[8],其综合营养指数(TLlc)为 56.5,属于轻度富营养状态.

表 1 2008 年主要湖区水质状况

Tab. 1 The water quality of main lake areas in 2008, Lake Hongze

地 点	透明度 (cm)	高锰酸盐指数 (mg/L)	生化需氧量 (mg/L)	总氮 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)
过水通道 老山乡(入口)	29.3	3.2	2.8	2.34	0.42	0.17
蒋坝镇(出口)	32.1	3.3	2.7	1.98	0.36	0.15
成子湖区	35.8	3.2	2.5	2.41	0.46	0.14
湿地保护区(濉河口)	29.7	4.6	1.4	0.49	0.03	0.04
洪泽湖区	29.3	3.2	2.6	2.24	0.39	0.16

最近的调查显示,洪泽湖流域污染物排放量特别是磷排放量大大超过环境容量,氨氮和总磷入河量分别是流域水环境容量的 1.3 倍和 2.5 倍. 洪泽湖的污染主要是通过入湖河流带入的,占流域入湖污染总负荷的 74% 左右, TN 总输入量的 80% 左右, COD 和 TP 的 65% 以上均为河流输入^[6].

1.2 洪泽湖水生态状况

洪泽湖属过水性水库型湖泊,淮河上游 158000 km² 的洪水汇集到洪泽湖,年入湖水量占总入湖径流量的 87.0% 以上,经调蓄后分别由淮入江水道、苏北灌溉总渠、淮沭河和新沂河入海. 湖水季节变化剧烈,汛期湖水上涨,年际变化也很大,变差系数达 0.80. 水位的大起大落对湿地及水生植物的生长与分布有很大的影响,特别是春季、春夏之交的大洪水、高水位,直接导致芦苇以及其他湿生和水生植物在当年难以萌发、生长. 自从洪泽湖建闸蓄水以后,整个湖区水生高等植物显著减少. 目前,约有 2/3 的湖区无水生植物分布. 一些重要水生植物如泽泻科的慈菇、雨久花科的鸭舌草和唇形科的风车草等都消失殆尽. 洪泽湖湖区的围湖垦殖也导致了湖泊面积年际持续萎缩,天然湿地已经明显减少,调蓄能力下降. 1979~2002 年,已经有 6458.59 hm² 的湿地转化为农用地、建设用地、养蟹池和围网养蟹区.

为了从总体上综合评估洪泽湖水生态系统健康状况,环保部实施的“重点湖库生态安全评估项目”中,选取总氮、透明度、氨氮、叶绿素、总磷、高锰酸盐指数、浮游动物生物量、底栖动物生物量、浮游植物生物量

和溶解氧 10 项指标,以 9 个年份的数据为基础进行计算,评价洪泽湖水生态系统综合健康状态(表 2)^[6],其中分级含义为:根据百分分级 0-20 表示健康状态很差;20-40 表示健康状态较差;40-60 表示健康状态中等;60-80 表示健康状态好;80-100 表示健康状态很好.2000 年至 2008 年,洪泽湖生态系统综合健康状态总体良好,基本在中等水平波动.

表 2 洪泽湖水生态系统综合健康评价结果

Tab. 2 Evaluation results on the comprehensive health situation of Lake Hongze's aquatic ecosystem

年 份	2000	2005	2006	2007	2008
生态系统健康指数分级(×100%)	51.03	52.14	42.09	45.67	49.70
生态系统健康状态	中等	中等	中等	中等	中等

1.3 洪泽湖的生态分区

根据不同的水文条件和水生态状况,洪泽湖可以分为 3 种具有典型特征的湖区:过水通道(从淮河入湖口至入江水道)、湿地保护区、成子湖区(图 1),它们在水质、水生生物和水文条件方面都存在着显著差异,表现出不同类型的水生态问题.

(1) 过水通道:西南部淮河入湖水量占洪泽湖总入湖径流量的 87.0% 以上,东岸的三河(入江水道工程)排水量约占洪泽湖总出水量的 60%-70%^[1].在淮河入湖口和入江水道之间,由于水量大(尤其是汛期),流速快,形成“短流”现象,成为过水通道.一方面过水通道区域极易受上游淮河污染的影响,另一方面由于换水率高,决定了即使在高氮磷营养水平情况下,发生大规模蓝藻水华的可能性也较小.在通常情况下,入湖河口流速为 10-30 m/s,敞水区湖流在 10 m/s 以下,湖湾水生植物区流速仅 2-4 m/s.受湖流影响,通道区域水生植物难以生长,水生植物零星分布,盖度不足 1%.

(2) 湿地保护区:洪泽湖是典型的湖泊型湿地,生态系统结构、类型丰富.西部上游湖区岗洼、湖湾交错分布,形成了陆地-湿地-水面交互相连、类型丰富的生态交错带,孕育了丰富的湿地生物资源,是鱼类栖息、产卵、繁育的理想场所,渔业资源最集中的水域.在洪泽湖范围内,已批准建设的湿地保护区有两个,分别为:“江苏泗洪洪泽湖湿地国家级自然保护区”,面积为 493.65 km²,其中核心区面积 166.63 km²,缓冲区面积 175.79 km²,实验区面积 151.23 km²;“江苏淮安洪泽湖东部湿地省级自然保护区”,面积为 540 km²,其中核心区面积 164 km²,缓冲区面积 141 km²,实验区面积 235 km².湿地保护区内水体总氮和氨氮均比较低,含沙量也低,仅为 1-4 g/m³.洪泽湖上游湿地对改善洪泽湖水环境质量、维持湖泊水生态系统健康具有十分重要的意义.

(3) 成子湖区:成子湖长 25 km,宽 7-12 km,湖底高程 9.5-12.5 m,西侧为泗洪县安东岗,长 35 km,宽 3-10 km,东部为泗阳县卢集、高渡一带岗岭,长 15 km,宽 3-5 km^[9].成子湖区过水流速缓慢,北部含沙量较低,为 40-60 g/m³.该湖区营养水平较高(中度富营养),夏秋季节具有发生局部“水华”的条件,藻类中的优势属种为微囊藻(*Microcystis*)、丝藻(*Ulothrix*)、双胞胎藻(*Geminella*).成子湖湖区水生植物覆盖面积达 200 km²,但物种结构单一,75% 以上都是菹草.

1.4 洪泽湖水生态存在的问题

1980s 洪泽湖生态安全水平尚处于“安全”水平,2000 年以后,洪泽湖生态安全水平已经降低到“一般”水平,湖泊水生态恶化趋势不容忽视.影响洪泽湖水生态健康的主要问题包括:入湖河流水污染严重、洪泽湖建闸和南水北调对水生态系统的影响、渔业发展引起的湿地退化、成子湖菹草泛滥及“水华”现象.

1.4.1 入湖河流水污染严重 入湖河流水质的好坏对洪泽湖水水质有着决定性的影响.虽然近年来河水污染

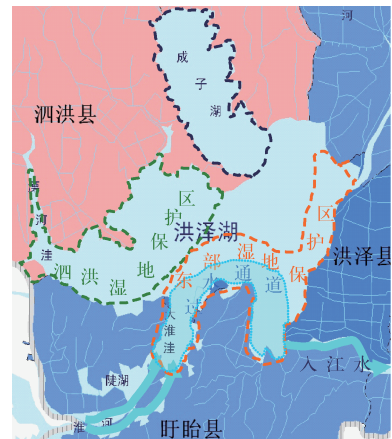


图 1 洪泽湖典型湖区划分

Fig. 1 Classification of the typical water zones in Lake Hongze

得到了一定程度的控制,但是仍未从根本上解决,大量蟹、虾、鱼的死亡等事件时有发生,威胁饮用水安全.入洪泽湖的淮河、新濉河、老汴河、濉河、徐洪河和怀洪新河六条河流中,新濉河水质最差,为劣V类,淮河和怀洪新河为V类.2004-2008年,洪泽湖水质均为劣V类,其中仅总磷和总氮超标,且超标率达100%.这在一定程度上与河流和湖库的水环境质量标准值不同有关.2008年洪泽湖的水体总磷浓度为0.16 mg/L,为V类,而以河流标准评价则为Ⅲ类.淮河的来水量占洪泽湖来水量的87.0%,是洪泽湖污染负荷的主要贡献者,不仅给湖区养殖造成巨大的经济损失,而且对湖区的饮用水源地构成严重威胁.据统计,1990s后由入湖河流引起洪泽湖以及周边的污染事故造成直接经济损失近20亿元^[10].根据市疾病预防控制中心资料,在淮河河水下泄期间,淮南市肠道疾病比平常增加近1倍.

1.4.2 洪泽湖建闸和南水北调对水生态系统的影响 洪泽湖建闸以后,据水利部门的调水方案,为保证洪泽湖防洪调蓄和农田灌溉,每年自8、9月至翌年4月须关闸蓄水,水位升高;夏初为环湖农田的用水高峰期,结合防洪,在雨季来洪之前,腾空湖中大部分库容量,这时又必须开闸放水,导致湖泊水位急剧降低,这样的低水位要一直持续到雨季到来之前;雨季结束,再关闸蓄水,水位上升.这样年复一年的调控,导致水生高等植物早春萌发期因水位偏高、水下光照不足而影响其萌发和生长;夏季植物生长旺季,却因水位偏低,尤其是每年5-6月份,水位降至最低,以致滩地显露,使正需要水的一些沿岸带水生维管束植物生长发育受到抑制,甚至因缺水而枯死.以后又因水位升高,使生长中的植物体受淹.所以,由于水库型湖泊水位变化规律与水生植物的自然生长节律很不匹配,整个湖区水生植被退化严重,约2/3的湖区无植物分布.水生植物的分布与生物量的减少,虽然对于洪泽湖的行洪和防止泥沙淤积有利,但对于维持湖泊水生态平衡是不利的^[11].

为解决华北,特别是京、津、冀缺水而兴建的南水北调东线工程,一期工程设计的抽江水量为600 m³/s,进入洪泽湖流量为525 m³/s,出洪泽湖的流量为450 m³/s.南水北调东线洪泽湖至骆马湖段工程已于2009年6月30日正式开工建设,建成后可实现调出洪泽湖350 m³/s、调进骆马湖275 m³/s的输水目标.根据水利部南水北调办公室提供的信息,由于江水的出入,洪泽湖均年平均水位提高0.5 m,其死水位、汛限制水位和非汛期蓄水位分别由目前的10.8、12.0、12.5 m增加到11.3、12.5、13.0 m.蓄水面因此有所增加,水体的交换速度加快,按一期工程多年平均进入洪泽湖水量计算,其换水次数是调水前的1.29倍.调水后,加剧了对湖岸土壤的侵蚀,也意味着淹没低位滩地,部分或者全部淹没自然保护区,导致保护区内湿地生态系统的剧烈变化.首先是12.5 m高程以下的湿生和挺水植物受到严重影响,部分芦苇被淹死或受损,特别是11 m以下高程的沉水植物,因水深导致光照强度减弱而影响其生长发育,生物量将下降^[11].因此,南水北调很可能会引起全湖水生植被面积缩小,生物量降低.水生植物的减少,进而影响草食性鱼类和喜草产卵鱼类的产量,但敞水性鱼类的产量有可能增加.短时间内的生境条件变化对底栖生物和微生物的影响也很大,以上述生物为食物的鸟类等动物也会因为食物的匮乏而迁徙.

另外,由于长江水比洪泽湖的总氮含量高,因此长期调水会引起洪泽湖总氮含量升高^[12].

1.4.3 渔业发展引起洪泽湖湿地退化 洪泽湖是江苏省境内百万亩以上围网养殖的三个大型湖泊之一,而目前已批准建设的洪泽湖湿地保护区核心区和缓冲区是整个湖区渔业资源最丰富的水域,是鱼类栖息、产卵、繁育的理想场所.近年来,围网养殖技术的推广致使渔业发展迅速扩张,据统计,仅湿地保护核心区和缓冲区内涉及围网养殖面积就达100 km²,从业渔民达2万多人.渔业的发展导致湿地的生态退化,例如湿地内生物种类和个体数量都大大减少,其中水生高等植物分布面积由解放初期的90%下降到现今的不足30%,鸟类也由1998年的194种减少为2008年的146种;其中Ⅱ类重点保护鸟类的数量减少了一半以上.另外,渔业养殖对生境的破坏引起湖水自净能力下降,同时排放的大量污染物也使湖水水质受到污染,2007年,洪泽湖流域水产养殖化学需氧量、氨氮、总氮和总磷的产生量分别为28653.81、569.78、1637.99和146.41 t.

1.4.4 成子湖蓝藻泛滥及“水华”现象 洪泽湖整体水域总氮为劣V类、总磷为V类,由于洪泽湖过水通道的特点,发生大面积“蓝藻水华”的可能性不大,但成子湖区有局部区域营养水平较高(中度富营养),水流速度缓慢,在夏秋季节具有发生局部“水华”的条件.2009年7月在成子湖发生了蓝藻聚集的现象,空气中弥漫着藻腥气,水面泡沫呈绿色,藻密度很大,皆在2.0 × 10⁶ cells/L以上,最大值在成河乡西,达2.1 × 10⁷ cells/L.这次蓝藻爆发的主要原因表现在几个方面:①6月中旬后淮河入湖水水质处于历史最差,造成洪泽湖短期内总磷、总氮急剧升高;②较高的气温为藻类生长提供适宜条件;③较小的风速、波浪有助于蓝藻向表

层上浮、扩散;④成子湖区域水流动性差,交换缓慢^[7]。造成成子湖“蓝藻水华”的另一原因,还与大量水草腐烂有关。成子湖具有200 km²水生植物,每逢夏季大量水生植物腐烂导致水体发臭变黑,营养盐急剧上升,为藻类的繁殖提供了充足条件。

2 洪泽湖健康水生态系统构建

2.1 基本概念

生态系统健康的综合特征是:充满活力,具有稳定和自调节能力,能满足社会可持续发展需求。洪泽湖是一个水库型湖泊,水库型湖泊生态系统的活力主要表现为生态系统的能量输入和物质循环正常,不存在局部节点的能量和物质截留,具有稳定的生态系统和自调节能力,受到各种不良环境影响时,在“变化-适应-修复-再变化”循环过程中具有自适应性和自我修复能力,湖泊水体的各项功能正常发挥,形成一个健康的水域生态系统^[13-15]。具体说来,洪泽湖应该具有足够的调蓄能力、较强的水体自净能力、较丰富的生物多样性,保障防洪安全和饮用水安全,满足生活、生产对水量水质的要求;以健全的水体功能、自然稳定的湖泊形态、优良的水质、结构优化与功能完善的生态系统保障社会经济可持续发展。

湖泊的退化是指在自然演替与发展过程中受到自然或人为干扰,干扰强度超过湖泊生态系统的稳定和自调节能力,丧失了应有的活力。湖泊生态系统结构发生改变,物质和能量在某个营养级累积,导致湖泊功能退化,湖泊环境质量下降。构建湖泊健康水生态系统首先必须去除引起湖泊生态系统退化的外在干扰因素,这些因素主要包括:①营养盐类和有机物质过量输入,或者有毒有害物质对生物产生毒害作用,导致湖泊生态系统丧失活力;②湖泊水文条件和物理状况的变化,导致湖泊生态系统的稳定性和自调节能力降低;③外来物种的入侵;④人类经济活动的干扰,例如围网养殖、填湖造田、沿湖土地开发和旅游业等。

2.2 具体方案

在控制流域污染源和外源性污染负荷输入的基础上,根据洪泽湖水生态系统健康状态、水体分区特征以及当前所面临的主要问题,提出构建洪泽湖健康水生态系统的思路,可以概括为“修复生境条件-恢复水生植物-调控系统结构”三个方面,主要包括:1)还湖泊以空间,优化水文调控模式,修复生境条件;2)恢复以水生植物为主导的水生态系统结构,恢复和保育湿地,增强水生态系统的活力;3)减少外来物种入侵,逐步调控湖泊水生植物群落结构和湖泊生态系统结构,还湖泊以时间,让湖泊休养生息。具体方案包括以下4个部分。

2.2.1 过水通道水文调控与生态修复

(1)优化水文调控模式,具体包括:1)研究水位变化对洪泽湖的综合影响,评估其水环境的承载能力,优化水文调控模式;2)确定洪泽湖在“南水北调”工程实施后的最低生态水位和最适宜生态水位;3)保证枯水期有相对稳定的水位和水面,以维护湖体生态的平衡和发展。

(2)湖岸稳定与岸坡修复,具体包括:1)洪泽湖大堤背水坡土地资源丰富,自然条件优越,应根据其土质、降水、温度等特点选择种植树木及草坪,形成乔、灌、草组成的立体模式,作为生物防护;2)在水流急、风浪大,或岸边空间资源紧缺的场所,应利用石块、砌块或生态混凝土等材料,构建一定形式的岸坡,稳定堤岸,使堤岸达到物理稳定性;3)恢复湿生或挺水植物,与岸边景观设计相结合,达到保护堤岸、清洁水质、调节小气候的目的。

2.2.2 湿地自然保护区保育

(1)恢复湿地,具体包括:1)合理规划围捕区,提高养殖业的技术含量:根据生态阈值及其评价技术,在现已划分的湿地核心区、缓冲区、实验区的基础上,对湿地区域作进一步渔业功能区化:绝对禁养区、稀疏养殖区(可再按养殖密度细分)、密集养殖区^[15]。制定湖区围网养殖的总体规划,普及先进的养殖方式和放养模式,确保渔业收益不会受到很大影响;2)应对高水位的水生植物培育技术:选取适宜在高水位下萌发、生长的水生植物在湿地地区进行栽培,尝试新的栽培模式,如梯田式种植台^[11];3)提高水生植物覆盖率,调控水生植物群落结构:在水生植物遭到破坏的区域进行补给式种植,例如渔业围捕区。对水草结构,应该进行合理调配,使沉水植物、挺水植物、浮水植物有适宜的比率,同时针对渔业养殖的需求进行搭配。

(2)湿地保育,具体包括:1)引进专业人才从事湿地保育工作,同时培训、培养和使用好现有人员,逐步

改善人才队伍结构^[16]; 2) 尽快健全具有综合管理与协调职能的保护区管理机构; 3) 建议各级政府给予足够重视, 加大对洪泽湖湿地保育的资金投入。

2.2.3 成子湖生态系统恢复与蓝藻应急控制

(1) 沉水植物群落结构改善, 具体包括: 1) 水生植物打捞: 小面积的水生植物打捞工作应纳入湖面的日常养护中, 可间断的进行。打捞时段要定在水草腐烂之前; 2) 引种其他水生植物: 保持挺水植物、浮叶植物、沉水植物的合理比例, 形成一个稳定的群落结构; 3) 生态食物链的调控: 分析成子湖食物链构成现状, 与江苏省洪泽湖渔业管理办公室协商合理放养草食性鱼类。

(2) 蓝藻应急控制, 具体包括: 1) 蓝藻打捞, 在蓝藻暴发时, 关闭二河闸和高良涧闸, 从长江调水解决市区饮用水, 同时组织打捞蓝藻; 2) 加强监测预警能力, 减少现在分湖分河监控造成的信息分散的现象, 建立洪泽湖统一的水环境监测机构, 加强河湖一体的监测体系。

2.2.4 洪泽湖生态系统结构优化与调控

(1) 划定湖滨带保护范围, 恢复湿地、滩地, 具体包括: 1) 在保证防洪要求的前提下, 划定湖滨带保护范围, 建议将汛限水位 12.5 m 以上 200 m 的湖滨带区域划归湖泊保护范围; 2) 修复受损湖滨带, 在设计中充分融入生态堤岸的理念, 退田、退渔还湖, 适度恢复湿地和滩地。

(2) 湖泊生态系统结构调控, 具体包括: 1) 增加挺水植物和沉水植物的分布面积, 确保湖内有一定的水生高等植物总量, 用以维持生态系统中的食物链和能量循环, 加强对水生高等植物的管理和控制; 2) 增加大型底栖生物的数量和生物量, 增加食鱼性鱼类或减少食浮游动物或食底栖动物鱼类, 调控湖泊食物网结构, 逐步恢复健康湖泊生态系统结构。

3 参考文献

- [1] 葛旭广, 王国祥. 洪泽湖生态环境调查与改善对策研究. 安徽农业科学, 2007, **35**(18): 5537-5539.
- [2] 葛旭广, 王国祥. 洪泽湖面临的生态环境问题及其成因. 人民长江, 2008, **39**(1): 28-30.
- [3] 叶 春, 金相灿, 王临清等. 洱海湖滨带生态修复设计原则与工程模式. 中国环境科学, 2004, **24**(6): 717-721.
- [4] Ye C, Yu HC, Kong HN *et al.* Community collocation of four submerged macrophytes on two kinds of sediments in Lake Taihu, China. *Ecological Engineering*, 2009, **35**: 1656-1663.
- [5] 赵臻彦, 徐福留, 詹 巍等. 湖泊生态系统健康定量评价方法. 生态学报, 2005, **25**: 1466-1474.
- [6] 张利民, 刘伟京, 尤本胜等. 洪泽湖流域生态环境问题及治理对策. 环境监测管理与技术, 2010, **22**: 30-39.
- [7] 王兆群, 张宁红, 张 咏等. 洪泽湖水质富营养化评价. 仪器仪表与分析检测, 2010, **2**: 33-37.
- [8] 中国环境监测总站. 湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定(总站生字[2001]090号), 2001.
- [9] 王维崇. 古泗水下游河道及流向. 江苏水利, 1999, **12**: 47-49.
- [10] 赵长森, 夏 军, 王纲胜等. 淮河流域水生态环境现状评价与分析. 环境工程学报, 2008, **2**(12): 1698-1704.
- [11] 郁丹英, 贾 利. 关于洪泽湖生态水位的探讨. 水利规划与设计, 2005, **2**: 56-60.
- [12] 周万平, 郭晓鸣, 陈伟民等. 南水北调东线一期工程对洪泽湖水生生物及生态环境影响的预测. 湖泊科学, 1994, **6**(2): 131-135.
- [13] Ye C, Xu QJ, Kong HN *et al.* Eutrophication conditions and ecological states in typical bays of Lake Taihu in China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **135**: 217-225.
- [14] 刘武艺, 邵东国, 唐 明. 基于城市水生态系统健康的生态承载力理论探讨和评价研究. 安全与环境学报, 2007, **7**(2): 105-108.
- [15] 李爱民, 徐素敏, 刘兴国. 关于泗洪洪泽湖湿地保护区生态恢复与综合开发利用的研究. 江苏环境科技, 2006, **19**(z1): 120-122.
- [16] 章 雷, 张 民, 周家军. 洪泽湖湿地国家级自然保护区的建设成就与建议. 河南农业科学, 2008, **12**(12): 66-67.