

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2013.03.009

# 骆马湖生态环境现状及其保护措施

申霞<sup>1</sup>, 洪大林<sup>1</sup>, 谈永锋<sup>2</sup>, 王永平<sup>1</sup>, 董家根<sup>3</sup>

(1. 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029; 2. 南京市水利规划设计院有限责任公司, 江苏 南京 210006;  
3. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

**摘要:**通过现场采样分析,研究骆马湖及其出入湖河道的水质现状、湖区底质营养盐含量以及水生生物资源的种类和数量。结果表明,2011年骆马湖水水质为地表水Ⅲ类,已接近富营养化水平,底栖生物资源较前几年有明显减少;骆马湖营养物质的主要来源为上游的中运河和沂河,其污染物贡献率达90%。指出提高区域污水处理率、降低入湖河道的污染物浓度是保护骆马湖生态环境的必由之路。

**关键词:**出入湖河道;生态环境质量;污染源;贡献率;骆马湖

中图分类号:X524 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2013)03-0039-05

## Ecological environment of Luoma Lake and protection measures

SHEN Xia<sup>1</sup>, HONG Dalin<sup>1</sup>, TAN Yongfeng<sup>2</sup>, WANG Yongping<sup>1</sup>, DONG Jiagen<sup>3</sup>

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;  
2. Nanjing Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210006, China;  
3. Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** An in situ sampling was conducted to study the water quality in Luoma Lake and its connected rivers, as well as the nutrient content in sediment and the species diversity and quantity of benthos in the lake. The results show that the water quality in 2011 reached grade III of the surface water standards and the lake had almost reached eutrophication. The species diversity and quantity of benthos have decreased noticeably in recent years. The pollutant source solution suggests that the main nutrient source of Luoma Lake was the Zhongyunhe River and the Yihe River, and the contribution rate of the pollutant reached 90%. In view of this, improving local wastewater treatment efficiency and reducing the pollutant concentration of the connected rivers are effective methods for protecting the ecological environment of Luoma Lake.

**Key words:** connected rivers; ecological environment quality; pollutant source; contribution rate; Luoma Lake

骆马湖地处江苏省北部,是江苏省第4大淡水湖泊,北临新沂,西连邳州,南接宿豫,东连马陵山,具有防洪、灌溉、航运、渔业、旅游、生态等多种功能和综合效益。骆马湖不仅是沂河、中运河洪水的主要调蓄湖泊,也是宿迁、新沂两市的重要水源地,又是国家南水北调东线输水工程的主要调节水库之一。因此,加强骆马湖的管理与保护,对保障水资源和水生态质量安全具有重要的战略意义。笔者在对骆马湖及周边水系水文特征进行调查的基础上,取样分析骆马湖水水质、底质及出入湖河道的生态环境现状,并对湖泊污染的主要来源进行计算解析,旨在为

制定骆马湖污染控制及水生态保护方案提供参考。

### 1 水文特征

根据2005年骆马湖地形测图可知,骆马湖死水位20.50 m(废黄河高程)时,相应水面面积为200 km<sup>2</sup>,库容为2.55亿 m<sup>3</sup>;正常蓄水位23.00 m时,相应水面面积为287 km<sup>2</sup>,库容为9.18亿 m<sup>3</sup>;设计洪水位25.00 m时,水面面积320 km<sup>2</sup>,库容15.95亿 m<sup>3</sup>。根据洋河滩历年水位资料统计,骆马湖多年日平均水位为22.44 m,历史最低水位为17.85 m,最高水位为25.47 m。年水位变幅为1.90~5.73 m,年

基金项目:江苏省水利科技基金(2011041);水利部公益性行业科研专项基金(201101024)

作者简介:申霞(1982—),女,工程师,博士研究生,主要从事河流湖泊生态环境等方面的研究。E-mail: xshen@nhri.cn

换水约 10 次,为典型的过水型湖泊。骆马湖周边水系及采样点位置见图 1。

骆马湖的主要入湖河道有中运河、沂河,上游来水经骆马湖调蓄后,分别由嶂山闸经新沂河下泄入海,由皂河闸进入骆南中运河,由洋河滩闸进入总六塘河。根据 2011 年骆马湖出入湖河道及闸涵逐月实测流量资料,计算出中运河、沂河、皂河翻水站年入湖水量分别为 17.9 亿  $m^3$ 、14.4 亿  $m^3$ 、6.9 亿  $m^3$ ,合计 39.2 亿  $m^3$ ;皂河闸、洋河滩闸、嶂山闸出湖水量分别为 3.6 亿  $m^3$ 、4.8 亿  $m^3$ 、16.4 亿  $m^3$ ,合计 24.8 亿  $m^3$ ,可见入湖流量最大的是中运河,出湖流量最大的是新沂河。2004 年入、出湖总水量分别为 88.7 亿  $m^3$  和 75.7 亿  $m^3$ ;2008 年入、出湖总水量分别为 66.5 亿  $m^3$  和 68.5 亿  $m^3$ 。分析 2003—2011 年的出入湖水量资料可知,骆马湖出入湖水量年际间差别较大,主要是由于降水量的不均衡导致的;同时出入湖总水量呈现出逐年减少的趋势。

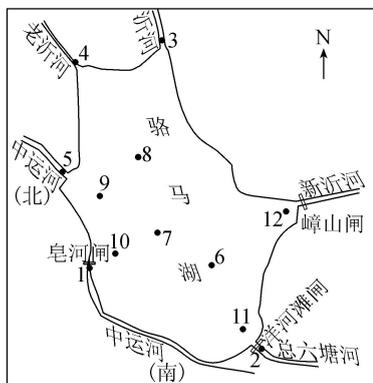


图 1 骆马湖周边水系及采样点位置示意图

## 2 生态环境现状

### 2.1 采样点布置及分析方法

2011 年 11 月,在骆马湖湖区及主要出入湖河道共布置 12 个水质采样点。其中中运河(南)、总

六塘河、沂河、老沂河、中运河(北)各 1 个点(1~5 号),采集表层水样;湖区布置 7 个点(6~12 号),采集表、中、底层水样。采样点位置涵盖了主要出入湖河道、河口及各个湖区(图 1),具有较好的代表性。采用 YSI 6600V 多参数水质监测仪现场测定水温、pH、电导率、浊度、DO、Chl-a;采用萨氏盘测量水体透明度(SD);同时采集各点水样冷藏后带到实验室,测定 TP、TN、 $COD_{Mn}$ 、 $NO_3^-$ -N、 $NO_2^-$ -N、 $NH_4^+$ -N、 $PO_4^{3-}$ -P,分析方法参照文献[1]。

在湖区 7 个点采集柱状泥样,分析其中的 TP、TN 及总有机碳(TOC)含量。分析方法如下:实验室自然风干样品,经研磨过 100 目筛后,采用高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法测定 TP,重铬酸钾-硫酸消化-凯氏法测定 TN,重铬酸钾-硫酸消解法测定 TOC<sup>[1]</sup>。同时采用改良彼德森采泥器(开口面积 0.025  $m^2$ ),在湖区 7 个点采集湖底松软底质,现场筛选后检出底栖动物,置于福尔马林溶液固定,带至实验室分类、计数、称重。

### 2.2 湖体水质及富营养化状况

#### 2.2.1 水质评价

骆马湖湖区及主要出入湖河道水质监测值及评价结果见表 1。根据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,骆马湖湖区及周边河道 DO 浓度满足 I 类水标准, $COD_{Mn}$  满足 II 类标准, $NH_4^+$ -N 和 TP 满足 III 类水标准(注:TN 指标不参与水质评价)。各点实测 pH 值在 9.6~10.2 之间,与标准中规定的 pH 值范围 6~9 相比,呈微碱性。1~5 号采样点位于骆马湖周边河道,总体上看,出湖河道水质好于入湖河道(沂河、中运河(北))水质。其中沂河的 TP、TN 质量浓度最高,分别达 0.074 mg/L、8.88 mg/L;中运河(北)TP 质量浓度次之,为 0.055 mg/L,这两条河道接纳骆马湖上游山东及江苏两省沿河城镇排放的污水,水质相对较差。6~12 号采样点位于骆马湖

表 1 2011 年骆马湖湖区及出入湖河道水质状况

采样点号	DO		$COD_{Mn}$		$NH_4^+$ -N		TP		$\rho(TN)/$ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	$\rho(Chl-a)/$ ( $\mu g \cdot L^{-1}$ )	$h(SD)/$ m
	$\rho/(mg \cdot L^{-1})$	水质类别									
1	10.24	I	2.4	II	0.58	III	0.040	II	2.14	5.9	0.5
2	10.44	I	2.8	II	0.34	II	0.039	II	4.84	9.4	0.3
3	12.50	I	2.2	II	0.27	II	0.074	II	8.88	40.8	0.3
4	8.64	I	2.7	II	0.17	II	0.040	II	4.07	9.5	1.8
5	9.73	I	3.3	II	0.70	III	0.055	II	2.39	8.8	0.7
6	10.76	I	2.4	II	0.12	I	0.026	III	5.45	10.1	1.3
7	11.42	I	2.6	II	0.10	I	0.036	III	4.84	19.3	1.4
8	11.36	I	2.5	II	0.09	I	0.035	III	5.73	17.0	1.5
9	11.23	I	2.4	II	0.07	I	0.029	III	4.39	10.9	1.6
10	10.31	I	2.5	II	0.33	II	0.031	III	2.20	6.7	1.5
11	10.52	I	2.2	II	0.19	II	0.024	II	5.29	10.6	1.6
12	10.60	I	2.3	II	0.16	II	0.017	II	5.05	5.3	1.7

注:河流(1~5 号点)和湖泊(6~12 号点)TP 采用的标准不同;TN 指标不参与水质评价;Chl-a 和 SD 无相应标准。

湖区,水质好于周边河道,从水质浓度的空间分布看,湖体西北部水质差于东南部,这是由于西北片有中运河及沂河客水汇入,而这两条河流接纳上游排污。分析 1991—2011 年骆马湖水质资料<sup>[2-5]</sup>可知,历来该湖区水环境质量总体上无明显恶化趋势,冬季水质好于夏季,湖体水质维持在 II ~ III 类,营养盐浓度略有上升的趋势。

### 2.2.2 富营养化评价

湖泊富营养化综合评价是对湖泊富营养化发展过程中某一阶段营养状态的定量描述。常用的湖泊富营养化评价方法有营养状态指数法、营养度指数法、评分法、生物指标评价法。笔者选择 Chl-a、SD、TN、TP、COD<sub>Mn</sub> 等 5 个水质指标,采用营养状态指数法计算式(1)~(5)对骆马湖湖区营养状态进行评价。根据营养状态指数计算式(6)得到各指标的营养指数,将各指数进行算术平均得到骆马湖综合营养指数,结果见表 2。由表 2 可见,骆马湖目前处于中营养化状态,离富营养化水平较近。

$$I_{TL}(\text{Chl-a}) = 10 \left( 2.5 + \frac{0.995 \ln \rho(\text{Chl-a})}{\ln 2.5} \right) \quad (1)$$

$$I_{TL}(\text{TP}) = 10 \left( 9.436 + \frac{1.488 \ln \rho(\text{TP})}{\ln 2.5} \right) \quad (2)$$

$$I_{TL}(\text{TN}) = 10 \left( 5.453 + \frac{1.552 \ln \rho(\text{TN})}{\ln 2.5} \right) \quad (3)$$

$$I_{TL}(\text{SD}) = 10 \left( 5.118 - \frac{1.778 \ln h(\text{SD})}{\ln 2.5} \right) \quad (4)$$

$$I_{TL}(\text{COD}) = 10 \left( 0.109 + \frac{2.438 \ln \rho(\text{COD})}{\ln 2.5} \right) \quad (5)$$

$$I_{TL} = \frac{I_{TL}(\text{Chl-a}) + I_{TL}(\text{TP}) + I_{TL}(\text{TN}) + I_{TL}(\text{SD}) + I_{TL}(\text{COD})}{5} \quad (6)$$

表 2 2011 年骆马湖营养状态指数计算结果

采样点号	营养指数					综合指数	营养类型
	Chl-a	SD	TN	TP	COD <sub>Mn</sub>		
6	50.1	46.1	83.3	35.1	24.4	47.8	中营养
7	57.1	44.7	81.2	40.4	26.5	50.0	轻度富营养
8	55.8	43.3	84.1	39.9	25.5	49.7	中营养
9	50.9	42.1	79.6	36.9	24.4	46.8	中营养
10	45.7	43.3	67.9	37.9	25.5	44.1	中营养
11	50.6	42.1	82.7	33.8	22.1	46.3	中营养
12	43.1	40.9	82.0	28.2	23.3	43.5	中营养
平均	51.4	43.1	80.8	36.5	24.5	47.3	中营养

### 2.3 沉积物分析

前人对骆马湖沉积物分布及粒度开展研究<sup>[6]</sup>,结果表明骆马湖软底泥主要集中于东南湖区,面积约 126 km<sup>2</sup>,砂质底主要分布在东北部和西部河口三角洲处,硬底基本处于砂质底与软底的过渡带以及西北部易出露湖区,分布范围较广,仅次于软泥区。

本次调查中,在湖区水质取样点同时采集了沉积物样品,表层 2 cm 沉积物中营养盐和有机质的含量分析结果见表 3。从表 3 可见,虽然骆马湖为过水性湖泊,但沉积物中营养物含量仍较高,已接近中等污染湖泊的水平。其中 TP 质量分数在 0.031% ~ 0.048% 之间, TN 质量分数在 0.10% ~ 0.30% 之间, TOC 质量分数在 0.51% ~ 2.02% 之间。而 1998 年 2 月骆马湖沉积物采样分析结果为 TN 质量分数平均在 0.10% ~ 0.25% 之间, TP 质量分数则在 0.03% 左右<sup>[6]</sup>。显然,骆马湖在过去的 10 余年间,沉积物中营养盐含量呈明显增加趋势。从表 3 还可见,6 号和 11 号点沉积物营养盐和有机质较高,而西北湖区沉积物中营养盐含量相对较低。上覆水中营养盐空间分布规律却与此相反,这是由于骆马湖西北湖区为采沙区,表层富含有机质的沉积物已基本被清除。

表 3 2011 年骆马湖湖区各采样点沉积物中营养盐及有机质质量分数 %

采样点号	$\omega(\text{TP})$	$\omega(\text{TN})$	$\omega(\text{TOC})$
6	0.048	0.30	1.95
7	0.041	0.26	1.61
8	0.031	0.10	0.51
9	0.031	0.11	0.67
10	0.041	0.16	0.88
11	0.047	0.29	2.02
12	0.042	0.28	1.71

### 2.4 水生生物资源

#### 2.4.1 浮游植物

2011 年 11 月 7 个水质采样点的浮游植物调查表明,骆马湖浮游植物共有蓝藻、硅藻、隐藻、甲藻、裸藻、绿藻、金藻 7 门 30 属。其中硅藻门质量分数最高,占湖泊浮游植物总量的 44.8%;其次是绿藻门,占 22.8%;金藻门占 19.8%;隐藻门占 8.9%;裸藻门占 1.8%;甲藻门占 1.1%;蓝藻门质量分数最低,占 0.8%。近年来藻类生物量有明显增长趋势<sup>[7]</sup>,且受上游来水影响较大,上游来水污染严重时,营养物质大量入湖,浮游植物生长旺盛。此外,骆马湖浮游植物分布具有明显的季节性和区域性,春季种类少,秋季种类多。

#### 2.4.2 底栖生物

2011 年 11 月对骆马湖湖区 7 个水质采样点的底栖生物进行取样分析,其中水栖寡毛类包括苏氏尾鳃蚓、霍甫水丝蚓、厚唇嫩丝蚓,软体动物包括铜锈环棱螺、长角涵螺、大沼螺,以及寡鳃齿吻沙蚕。各采样点底栖生物的密度和生物量统计结果见表 4。从底栖生物样品分析结果看,6 号、9 号底栖生物量较丰富,全湖平均生物密度和生物量分别为

211.4 个/m<sup>2</sup> 和 23.6 g/m<sup>2</sup>。1976 年江苏省水产科学研究所对骆马湖底栖动物调查的生物量是 288.2 ~ 338.9 g/m<sup>2</sup>, 1997 年为 90.61 g/m<sup>2</sup>, 1998 年为 85.99 g/m<sup>2</sup>, 种类达 26 种; 2005 年由于河蚬大量发现, 生物量达 571.1 g/m<sup>2</sup>, 底栖生物种类为 8 种<sup>[8]</sup>。很显然, 近 10 余年骆马湖底栖生物的种类和数量均有明显减少。

### 3 污染源解析

#### 3.1 入湖排污

骆马湖流域包括邳州市、新沂市、宿豫区、泗阳县。其中邳州市处于骆马湖的上游, 区域内的工业、生活、农业污染源经部分处理后, 排入中运河, 最终进入骆马湖。新沂市尾水排入新沂河, 宿豫区和泗阳县尾水排入六塘河, 最终汇入黄海。因此, 骆马湖流域内的工业、农业、生活等污染总量可以通过入湖河道的污染物总量来反映。根据 2011 年入湖河道的流量及污染物浓度, 计算得到 2011 年中运河和沂河进入骆马湖的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN、TP、COD<sub>Mn</sub> 等污染物总量分别为 934 t、17735 t、398 t、14154 t。资料显示<sup>[9]</sup>, 历年来通过周边河道入湖的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN、TP 呈增加趋势。

#### 3.2 渔业养殖排污

骆马湖渔业养殖起步于 1995 年, 由此湖区养殖模式由单一捕捞走上了养捕结合的道路。作为养殖型湖泊, 主要通过人为方式向水体内投喂大量饵料, 以达到养殖鱼类的高产。随着近些年养殖规模的不断扩大, 投喂的饵料不断增加, 随饵料入湖的营养盐也与日俱增。投喂的饵料除部分为鱼类摄食外, 未利用的饵料及鱼类排泄物成为湖泊营养盐的来源之一, 势必加速湖水的富营养化, 造成水质恶化。骆马湖湖区主要的渔业养殖方式为网围、网箱养殖, 现有网围面积约 3128 hm<sup>2</sup>、网箱面积约 50 hm<sup>2</sup>, 年养殖增产量约 0.9 万 t。渔业养殖排污计算的方法较多, 如根据鱼体内 N、P 含量、饵料中 N、P 含量等<sup>[10]</sup>, 但各种方法计算的结果有一定的出入。结合骆马湖养殖

的鱼种, 根据文献<sup>[11]</sup> 选取养殖排污质量比如下: TN 为 3.36 g/kg、TP 为 0.58 g/kg、COD 为 25.4 g/kg, 由此可计算得到养殖业进入骆马湖水体的 TN、TP、COD 总量分别为 30.20 t/a、5.20 t/a、228.60 t/a。

#### 3.3 船舶污染

骆马湖作为京杭运河的一部分, 承担着江苏省南北向的航运交通重任, 船舶污染是骆马湖水污染防治过程中一个不容忽视的问题。船舶污水包括生活污水及含油废水, 污染物产生量按式(7)、(8)计算。

$$M_1 = \frac{QLPW}{365Tu}K \quad (7)$$

$$M_2 = \frac{10^{-6}QLI\rho}{365Tu}K \quad (8)$$

式中:  $M_1$  为生活污染物产生总量, kg/d;  $Q$  为航段船舶流量, 艘/a;  $L$  为航段长度, km;  $P$  为船舶工作人员数, 人/艘;  $W$  为船员生活污染物产生当量, kg/(人·d);  $T$  为船舶平均航行时间, h/d;  $u$  为船舶平均航速, km/h;  $K$  为日流量不均匀系数;  $M_2$  为石油类产生总量, kg/d;  $I$  为航段油废水产生量, L/(d·艘);  $\rho$  为船舶油废水石油类平均质量浓度, mg/L。

根据实地调研, 2011 年中运河骆马湖航段船舶流量约为 37 万艘, 日流量不均匀系数取 1.2, 航段长度为 11 km, 船舶平均航速为 30 km/h, 平均船舶工作人员 6 人/艘, 平均航行时间 6 h/d。根据文献<sup>[11]</sup>, 船员生活污染物中 COD、TN、TP 的产生当量分别为 73 g/(人·d)、12.9 g/(人·d)、1.05 g/(人·d), 船舶油废水产生量取实验平均值为 6.74 L/(d·艘), 油废水石油类平均质量浓度取 238 mg/L(考虑到现状油废水经重力分离后排放)。由此计算得到骆马湖航道内船舶产生的 COD、TN、TP、石油类总量为 11.90 t/a、2.10 t/a、0.18 t/a、0.04 t/a。

#### 3.4 底泥释放污染

据调查, 骆马湖由于水体交换快, 湖水年交换次数为 10 次, 底质冲刷剧烈, 湖底大部分没有底泥覆盖, 为硬质湖底, 有底泥覆盖的面积仅为 126 km<sup>2</sup>, 占全湖面积的 33.7%。由于硬质湖底释放入水体的

表 4 2011 年骆马湖湖区各采样点底栖生物密度及生物量统计结果

采样点	水栖寡毛类		软体动物		其他		合计	
	密度/ (个·m <sup>-2</sup> )	生物量/ (g·m <sup>-2</sup> )						
6	280.0	5.6	120.0	77.6	160.0	1.1	560.0	84.3
7	0.0	0.0	40.0	5.9	0.0	0.0	40.0	5.9
8	200.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	1.8
9	240.0	1.7	160.0	69.5	0.0	0.0	400.0	71.2
10	0.0	0.0	0.0	0.0	160.0	1.7	160.0	1.7
11	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	0.2	40.0	0.2
12	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.4	80.0	0.4

营养盐非常少,一般都忽略不计。范成新等<sup>[6]</sup>进行了不同温度下骆马湖柱状沉积物 N、P 释放速率及释放量计算,结果显示全湖内源 N、P 负荷分别约为 1 113.2 t/a 和 12.5 t/a。根据本次采集的沉积物中营养盐含量与以上实验所采用的沉积物营养盐含量类比,估算出骆马湖底泥释放 TN、TP 的量约为 1 447.00 t/a 和 16.00 t/a。

### 3.5 湿沉降污染

骆马湖正常蓄水位时,水面面积为 287 km<sup>2</sup>。2011 年,嶂山闸、皂河闸平均降雨量为 772.6 mm,进入骆马湖的水量为 2.22 亿 m<sup>3</sup>。降雨中 TN、TP 质量浓度分别为 1.516 mg/L、0.063 mg/L<sup>[12]</sup>,计算出降雨进入骆马湖的 TN、TP 量分别为 336.60 t、14.00 t。

### 3.6 地表径流污染

骆马湖四周建有堤防,堤内为湖滨滩地,无耕地及居民点。堤内植被生长良好,截留了地表径流中的部分污染物,因此通过地表径流进入骆马湖的 TN、TP 量较少,约为 14.46 t/a 和 2.59 t/a<sup>[12]</sup>。

### 3.7 各污染源贡献率

选择 TN、TP 两项指标分析骆马湖污染来源的构成比例,结果见表 5。由表 5 可见,中运河和沂河的汇入,是骆马湖中营养盐的主要来源,占全湖污染来源的 90% 以上。除此之外,贡献率从大到小依次为底泥中营养盐的释放、大气湿沉降、渔业养殖、地表径流、船舶污染。

表 5 骆马湖各污染源总量排放及贡献率

污染源	TN		TP	
	排放量/ (t·a <sup>-1</sup> )	贡献率/%	排放量/ (t·a <sup>-1</sup> )	贡献率/%
入湖河道	17 735.00	90.65	398.00	91.29
渔业养殖	30.20	0.15	5.20	1.19
船舶污染	2.10	0.01	0.18	0.04
底泥释放	1 447.00	7.40	16.00	3.67
湿沉降	336.60	1.72	14.00	3.21
地表径流	14.46	0.07	2.59	0.60
合计	19 565.36	100	435.97	100

## 4 生态环境保护对策

湖泊有其自身的生命特征和运动规律,只有遵循湖泊的自然规律,保护湖泊的健康生态,才能实现湖泊资源环境为人类社会的可持续利用。根据骆马湖生态环境现状及污染源解析结果,提出以下建议。

**a. 防治水污染。**骆马湖作为南水北调东线工程重要的调蓄水库,其水质的好坏对于整个工程至关重要。根据江苏省骆马湖流域水污染防治规划中的治污规划,拟通过改扩建区域内污水处理厂控制工业及城镇生活点源,同时加强船舶污染治理,减轻石油类的排放。为防止因调水水质污染对沿线工农

业生产及居民生活产生不利影响,需建立水质监测及预警系统,制定防范预案,最大限度减少水污染危害,保证用水安全。

**b. 控制富营养化。**近年来骆马湖湖区及入湖河道营养盐浓度有增加的趋势,为从源头上控制污染物入湖,必须对中运河及沂河沿线的农业面源污染进行整治,采取工程或非工程措施进行截污导流。此外,湖泊内源污染也不容忽视,为了增加渔业产量,饵料的大量投放使得其利用率降低,未被吞食的饲料直接沉入水底,使淤积物越积越多,成为养殖型湖泊沉积物污染的主要来源。因此,控制骆马湖流域内的面源污染以及湖泊的内源释放,是解决湖泊富营养化的重要途径。

**c. 保护水生生物栖息地。**建立骆马湖湖滨湿地保护区是保护水生生物资源的最有效途径。鉴于骆马湖湿地生物资源多样性现状,应加快湿地自然保护区的建设及管理,制定正确的政策并进行科学的规划,确定保护、治理、开发和利用湿地资源的总体方针。林业、水利、航运、水产、环保、农业等部门相互协调,确保骆马湖生态保护的全球性和长远性。

目前湖区过度采沙,除易造成滩地、湖岸工程坍塌威胁防洪安全外,还影响着船舶的正常航运秩序,增加了船舶溢油溢液等水污染事故的发生概率,因此严格控制采沙规模,提高船舶风险防范能力,亦是维护骆马湖生态安全的有效途径。

### 参考文献:

- [1] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范 [M]. 2 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [2] 任瑞丽,刘茂松,章杰明,等. 过水性湖泊自净能力的动态变化 [J]. 生态学杂志, 2007, 26 (8): 1222-1227. (REN Ruili, LIU Maosong, ZHANG Jieming, et al. Self-purification ability of a water-carrying lake [J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26 (8): 1222-1227. (in Chinese))
- [3] 李天淳,高鸣远. 江苏省主要湖泊水功能区划与水质达标分析 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2006, 34 (6): 631-634. (LI Tianchun, GAO mingyuan. Water function regionalization and water quality evaluation of major lakes in Jiangsu Province [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2006, 34 (6): 631-634. (in Chinese))
- [4] 陈秀珍,黄维民. 骆马湖富营养化因子分析及防治技术 [J]. 污染防治技术, 2008, 21 (5): 74-77. (CHEN Xiuzhen, HUANG Weimin. Control techniques and eutrophication analysis of Luoma Lake [J]. Pollution Control Technology, 2008, 21 (5): 74-77. (in Chinese))

(下转第 50 页)

- Environmental Management, 2001, 28(6): 737-748.
- [21] 袁艺, 史培军. 土地利用对流域降雨径流关系的影响: SCS 模型在深圳地区的应用[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 37(1): 131-1361. (YUAN Yi, SHI Peijun. Effect of land use on the rainfall-runoff relationship in a basin: SCS model applied in Shenzhen City [J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2001, 37(1): 131-1361. (in Chinese))
- [22] 任玉芬, 王效科, 韩冰, 等. 城市不同下垫面的降雨径流污染[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3225-3230. (REN Yufen, WANG Xiaoke, HAN Bing, et al. Chemical analysis on stormwater-runoff pollution of different underlying urban surfaces [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(12): 3225-3230. (in Chinese))
- [23] WU C, MURRAY A T. Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84: 493-505.
- [24] WENG Q, LU D. A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2008, 10: 68-83.
- [25] 刘珍环, 王仰麟, 彭建, 等. 基于不透水表面指数的城市地表覆被格局特征: 以深圳市为例[J]. 地理学报, 2011, 66(7): 961-971. (LIU Zhenhuan, WANG Yanglin, PENG Jian, et al. Using ISA to analyze the spatial pattern of urban land cover change: a case study in Shenzhen [J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(7): 961-971. (in Chinese))
- [26] GROVE M, HARBOR J, ENGEL B, et al. Impacts of urbanization on surface hydrology, Little Eagle Creek, Indiana, and analysis of L-THIA model sensitivity to data resolution [J]. Physical Geography, 2001, 22: 135-153.
- [27] KIM Y, ENGEL B A, LIM K J, et al. Runoff impacts of land-use change in Indian River Lagoon watershed [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2002, 7(3): 245-251.
- [28] 卜心国, 王仰麟, 吴健生, 等. 深圳快速城市化中地形对景观垂直格局的影响[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 75-82. (BU Xinguo, WANG Yanglin, WU Jiansheng, et al. The effect of landform on landscape pattern vertical differentiation in rapidly urbanized Shenzhen City [J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(1): 75-82. (in Chinese))
- [29] U S Department of Agriculture (USDA). Natural resources conservation service, national engineering handbook, part 630 [EB/OL]. [2007-11-30] [http://www.wsi.nrcs.usda.gov/products/W2Q/H&H/tech\\_refs\\_eng\\_Hbk/chap.html](http://www.wsi.nrcs.usda.gov/products/W2Q/H&H/tech_refs_eng_Hbk/chap.html).
- [30] WILLIAMS J R. The EPIC model, 909-1000 [C]// Computer models of watershed hydrology. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1995.
- [31] 魏建兵. 水源保护区人为活动的水环境效应研究: 以深圳市石岩水库流域为例[D]. 北京: 北京大学, 2008.
- [32] MEJIA A I, MOGLEN G E. Spatial patterns of urban development from optimization of flood peaks and imperviousness-based measures [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2009, 14(4): 416-424.
- [33] LAW N L, CAPIELLA K, NOVOTNEY M E. The need for improved pervious land cover characterization in urban watersheds [J]. Journal of Hydrological Engineering, 2009, 14(4): 305-308.
- (收稿日期: 2012-07-23 编辑: 彭桃英)

(上接第 43 页)

- [5] 崔德才, 胡锋. 骆马湖生态修复[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 8131-8133. (CUI Decai, HU Feng. Ecological restoration of Luoma Lake [J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 2009, 37(17): 8131-8133. (in Chinese))
- [6] 范成新, 张路, 杨龙元, 等. 湖泊沉积物氮磷内源负荷模拟[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(4): 370-378. (FAN Chengxin, ZHANG Lu, YANG Longyuan, et al. Simulation of internal loadings of nitrogen and phosphorus in a lake [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2002, 33(4): 370-378. (in Chinese))
- [7] 杨士建. 骆马湖富营养化发生机制与防治途径初探[J]. 中国环境监测, 2004, 20(3): 59-62. (YANG Shijian. Approaches to mechanisms and control of eutrophication of the Luoma Lake [J]. Environmental Monitoring in China, 2004, 20(3): 59-62. (in Chinese))
- [8] 潘元潮, 严维辉, 赵沐子, 等. 骆马湖底栖生物调查报告 [C]//江苏省水产学会. 江苏省水产学术年会暨学术研讨会论文集. 南京: 江苏省水产学会, 2009.
- [9] 纪小敏, 马倩, 董家根, 等. 江苏省入骆马湖污染物总量分析[J]. 江苏水利, 2010(10): 44-46. (JI Xiaomin, MA Qian, DONG Jiagen, et al. Analysis of pollutant quantity discharged to Luoma Lake of Jiangsu Province [J]. Jiangsu Water Resources, 2010(10): 44-46. (in Chinese))
- [10] 黄文钰, 许朋柱, 范成新. 围网养殖对骆马湖水体富营养化的影响[J]. 农村生态环境, 2002, 18(1): 22-25. (HUANG Wenyu, XU Pengzhu, FAN Chengxin. Effect of cage aquaculture on eutrophication in Luoma Lake [J]. Rural Eco-Environment, 2002, 18(1): 22-25. (in Chinese))
- [11] 第一次全国污染源普查资料编纂委员会. 污染源普查产排污系数手册 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [12] 黄文钰, 许朋柱. 骆马湖营养盐收支[J]. 湖泊科学, 2001, 13(3): 240-246. (HUANG Wenyu, XU Pengzhu. Nutrient balance in Luomahu Lake [J]. Journal of Lake Sciences, 2001, 13(3): 240-246. (in Chinese))
- (收稿日期: 2013-01-15 编辑: 徐娟)