

文章编号: 1004-8227(2010)06-0671-07

武汉市金银湖水鸟多样性及其与水环境关系的初步研究

罗莎^{1,2}, 胡鸿兴³, 成水平¹, 贺锋¹, 吴振斌^{1*}

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 2007年11月~2009年3月对金银湖越冬期和迁徙期水鸟进行了调查研究, 共计水鸟34种, 隶属于8目11科, 其中冬候鸟21种, 夏候鸟6种, 留鸟5种, 旅鸟2种; 古北种21种, 东洋种2种, 广布种11种; 列入国家重点保护II级鸟类和中国濒危动物红皮书名录的有白琵鹭(*Platalea leucorodia*)1种, 省级保护鸟类10种。按食性分, 主食鱼虾类水鸟种数占优势, 而主食水生植物类水鸟生物量较大。水质测试结果表明金银湖为劣V类水体。通过分析不同季节以及栖息地环境改变前后水鸟多样性指数的变化, 认为重建湿生植被和通过调节水位改变滩涂与水体的面积可提高水鸟多样性。武汉城市湖泊与远郊湖泊的水鸟多样性及环境条件的比较结果显示: 水鸟多样性与水体污染程度呈负相关, 与水域面积呈明显正相关, 因此应严禁湿地的过度开发和蚕食湿地的行为, 同时改善湖泊水质迫在眉睫。

关键词: 武汉市; 金银湖; 水鸟; 生物多样性; 城市湿地; 水质; 面积

文献标识码: A

武汉市位于中国腹地、长江和汉水的交汇处, 由于水资源丰富, 湖泊众多, 一直是候鸟重要的越冬地和停歇区。武汉地区湿地水鸟的研究始于1963年^[1], 1981~1987年王勇军对武汉市蔡甸沉湖自然保护区东方白鹳(*Ciconia boyciana*)越冬生态进行了研究^[2], 1986年至今胡鸿兴对沉湖水鸟进行了跟踪研究^[3], 并于近年对武汉黄陂武湖和汉南武湖等湿地的鸟况进行了监测。但对武汉市中心城区湿地水鸟的研究较少, 对金银湖水鸟的调查未见诸报道。作者于2007~2009年对获批成为国家城市湿地公园的金银湖进行了水鸟及其环境的调查研究, 以期对湿地的生态恢复和保护建设提供科学依据。

1 研究地区概况

武汉属亚热带大陆季风性气候, 年平均气温16.2℃, 多年平均降水量1233.4mm, 全年日照时数为2079h, 全年无霜期为234d。金银湖是

武汉市区内一个中型的浅水湖泊, 地处汉口东西湖区, 地理坐标为东经114°09'~114°13', 北纬30°37'~30°40'。金银湖水系包括金银湖、金湖、银湖和墨水湖4个湖泊, 总面积8.57km², 约占东西湖区湖泊总面积的65%, 其中金银湖面积4.25km², 为水系中面积最大的湖泊。该湿地主要接受径河来水, 湖水经李家墩闸站可排入府河。5~10月丰水期, 金银湖水位高于19.80m的正常水位, 90%以上的滩涂被水淹没; 11~次年4月枯水期, 特别是1~2月, 水位降至最低点, 平均为18.27m, 除主河道、干支河道和小部分湖面有水外, 滩涂裸露面积可占全湖面积的60%~70%, 为涉禽提供了良好的栖息地。湖区水生植物主要有芦苇(*Phragmites australis*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、香蒲(*Typha angustifolia*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、菹草(*Potamogeton crispus*)和狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)等。以金银湖为核心的环湖39.8km²地域为金银湖生

收稿日期: 2009-05-12; 修回日期: 2010-01-07

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(30870221); 国家自然科学基金青年科学基金项目(50808172); 国家重大科技专项(2009ZX07106-002-004)

作者简介: 罗莎(1983~), 女, 湖北省武汉人, 硕士研究生, 主要研究方向为恢复生态学。E-mail: rosasha.luo@gmail.com

* 通讯作者 E-mail: wuzb@ihb.ac.cn

态保护区,是东西湖区主要的城镇集中区域,也是经济发展最为活跃的地区。2007 年金银湖获批成为国家城市湿地公园,同年该湿地的生态保护及水环境综合整治工程正式启动。见图 1。

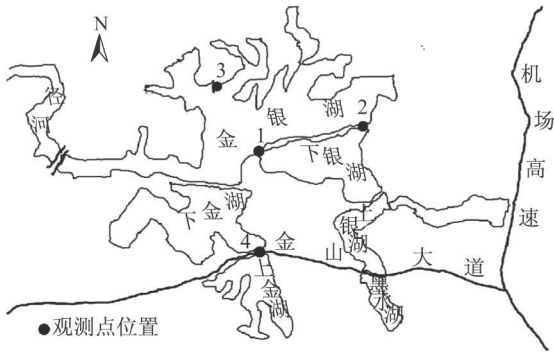


图 1 金银湖区位及观测点示意图

Fig. 1 Sketch of Lake Jinyinhu and Observation Sites

2 方法与设备

2.1 调查方法与设备

采用步行、乘车或乘船,使用单筒望远镜 (Acuter ED 20-60 × 80 倍, Kamakula 20-60 × 80 倍), 双筒望远镜 (Olympus 8 × 42 倍, Sicong 8 × 42 倍), 对照鸟类图谱及分类资料^[4,5] 确定鸟种; 以直接计数法——“精确计数”与“集团统计法^[6]”对水鸟数量进行统计。调查范围尽可能覆盖全部湖区, 对具代表性的观察点用 GPS 定位。每个监测点安排 3~4 人同时观察统计, 同一季度进行至少 3 次重复调查, 采用最大值保留法^[6], 将重复调查中同种水鸟统计的最大值作为该种的季度统计数量。

参照国家地表水环境监测技术规范及金银湖实际地理环境对湖水进行采样布点, 按照国家标准水质监测方法^[7] 对湖水水温、pH、溶解氧 (DO)、透明度 (SD)、水深、氨氮 (NH₃-N)、总氮 (TN)、总磷 (TP) 等 14 项水质指标进行了测定。

2.2 调查时间

2007~2009 年 3 月 11~4 月 24 日、2007 和 2008 年 11 月 14 日~11 月 29 日、2008 和 2009 年 1 月 14 日~2 月 19 日晴朗天气的傍晚进行冬季越冬期及春秋迁徙期的水鸟调查, 同期进行水样采集及水质分析工作。

2.3 数据处理和分析

(1) 以 Shannon-Weiner 指数改进公式^[8] 计算

各湖泊水鸟多样性指数 (Diversity Index):

$$H' = -\lg N \sum_{i=1}^S (P_i)(\lg P_i)$$

其中: N 为所有物种总数; P_i 为物种 i 个数与所有物种总数 N 之比。

(2) 根据一般鸟类群落优势度划分方法^[6], 按不同鸟类种群数量占总数的百分比 (P) 来定义多度等级, 10% 以上为优势种, 1%~10% 为常见种, 0.1%~1% 为较少种, 0.1% 以下为稀有种。

(3) 取 2008~2009 年间各物种单次记录的最大值为当年种群数量, 结合收集的各物种平均体重, 计算得生物量:

$$EB = \sum_{i=1}^S N_i W_i$$

其中: N_i 为第 i 种的密度 (ind/km²); W_i 为第 i 种的平均重量 (kg)。

(4) 使用 SPSS 13.0 进行方差及相关性分析。对数据进行方差齐性检验, 方差齐性采用 One-Way ANOVA 中 LSD 法, 方差不齐则采用 Dunnett's s C 法。使用 Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据的分布型, 呈正态分布采用 Pearson 相关性分析, 否则采用 Spearman 秩相关分析。

3 结果与讨论

3.1 物种组成

2007~2009 年冬春季对金银湖的水鸟调查共记录水鸟 34 种, 隶属于 8 目 11 科 (表 1)。其中, 鹤行目、雁形目和鸕形目鸟类占优势, 分别为 12、7 和 6 种, 共占总种数的 72.73% (表 2)。在上述三目中, 鸭科 7 种, 鹬科 6 种, 鹭科 5 种, 为优势群; 斑嘴鸭 (*Anas poecilorhyncha*)、绿翅鸭 (*Anas crecca*) 和反嘴鹬 (*Recurvirostra avosetta*) 为优势种。

居留型 冬候鸟 21 种, 占总种数的 61.76%; 夏候鸟 6 种, 占 17.65%; 留鸟 5 种, 占 14.71%; 旅鸟 2 种, 占 5.88%。冬候鸟占优势, 表明该湿地是冬候鸟重要的越冬地和中转站。

地理型 古北种 21 种, 占总种数的 61.76%; 东洋种 2 种, 占 5.88%; 广布种 11 种, 占 32.35%, 古北种占优势^[9]。

生活型 浮游型 10 种, 占总种数的 29.41%; 涉水型 19 种, 占 55.88%; 潜游型 4 种, 占 11.76%; 傍水型 1 种, 占 2.94%。

表 1 金银湖 2007~ 2009 年水鸟调查名录

Tab. 1 List of Water Birds at Lake Jinyinhu During 2007~ 2009

目科种	居留型	地理型	生活型	种群数量	保护等级	食性
I 鸕鷀目 PODICIPEDIFORMES						
(1) 鸕鷀科 Podicipedidae						
1. 小鸕鷀 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	留	广	浮/潜游	++	△	鱼虾
2. 凤头鸕鷀 <i>Podiceps cristatus</i>	冬/留	古	浮/潜游	+	△✓	鱼虾
II 鸬鹚目 PELECANIFORMES						
(2) 鸬鹚科 Phalacrocoracidae						
3. 普通鸬鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i>	留/冬	广	浮/潜游	++	△✓	鱼类
III 鹭科 CICONIIFORMES						
(3) 鹭科 Ardeidae						
4. 苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	留/冬	广	涉水	++	△✓	鱼类
5. 池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	夏	东	涉水	+	△	鱼类
6. 大白鹭 <i>Egretta alba</i>	留/冬	广	涉水	+	△✓	鱼类
7. 白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	夏/留	东	涉水	+	△✓	鱼类
8. 夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	夏	广	涉水	+	△	鱼类
(4) 鸛科 Threskiornithidae						
9. 白琵鹭 <i>Platalea leucorodia</i>	冬	古	涉水	+	II V	鱼类
IV 雁形目 ANSERIFORMES						
(5) 鸭科 Anatidae						
10. 赤麻鸭 <i>Tadorna feruginea</i>	冬	古	浮游	+	△✓	水生植物
11. 翘鼻麻鸭 <i>Tadorna tadorna</i>	冬	古	浮游	+	△	水生植物
12. 罗纹鸭 <i>Anas falcata</i>	冬	古	浮游	+	△	水生植物
13. 绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>	冬	古	浮游	+++	△	水生植物
14. 绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	冬	古	浮游	+	△✓	水生植物
15. 斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhynchus</i>	冬/留	广	浮游	+++	△	水生植物
16. 斑头秋沙鸭 <i>Mergus albellus</i>	冬	古	浮/潜游	+	△✓	鱼类、底栖
V 鹤形目 GRUIFORMES						
(6) 秧鸡科 Rallidae						
17. 黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	夏/留	广	涉水	++	△✓	昆虫、植物
18. 骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	冬/留	广	浮游	+	△	植物、昆虫
VI 鸻形目 CHARADRIIFORMES						
(7) 鸻科 Charadriidae						
19. 灰头麦鸡 <i>Vanellus cinereus</i>	夏	古	涉水	+	△	昆虫、底栖
20. 金眶鸻 <i>Charadrius dubius</i>	夏	广	涉水	+	△	昆虫、底栖
21. 环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	冬	广	涉水	+	△	昆虫、底栖
(8) 鹬科 Scolopacidae						
22. 鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	冬/留	古	涉水	++	△	底栖、昆虫
23. 泽鹬 <i>Tringa stagnatilis</i>	旅	古	涉水	+	△	底栖、昆虫
24. 青脚鹬 <i>Tringa nebularia</i>	冬	古	涉水	+	△	底栖、昆虫
25. 白腰草鹬 <i>Tringa ochropus</i>	冬	古	涉水	+	△	底栖、昆虫
26. 矶鹬 <i>Tringa hypoleucos</i>	冬	古	涉水	+	△	底栖、昆虫
27. 扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i>	冬/留	古	涉水	+	△	底栖、昆虫
28. 黑腹滨鹬 <i>Calidris alpina</i>	冬/旅	古	涉水	++	△	底栖、昆虫
(9) 反嘴鹬科 Recurvirostridae						
29. 黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	旅	古	涉水	+	△	昆虫、底栖
30. 反嘴鹬 <i>Recurvirostra avosetta</i>	冬	古	涉水	+++	△	底栖
VII 鸥形目 LARIFORMES						
(10) 鸥科 Laridae						
31. 海鸥 <i>Larus canus</i>	冬	古	浮游	+	△	鱼类
32. 银鸥 <i>Larus argentatus</i>	冬	古	浮游	+	△✓	鱼类
33. 红嘴鸥 <i>Larus ridibundus</i>	冬	古	浮游	++	△	鱼类
VIII 佛法僧目 CORACIIFORMES						
(11) 翠鸟科 Alcedinidae						
34. 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	留	广	傍水	+	△	鱼类

注: 冬/留: 该鸟种主要是冬候鸟, 部分为留鸟; 夏/留: 该鸟种主要是夏候鸟, 部分为留鸟; 浮/潜游: 主要为浮游, 觅食时潜游; “+++”: 优势种; “++”: 常见种; “+”: 较少种及稀有种; II: 国家 II 级保护动物; V: 易危种, 《中国濒危动物红皮书·鸟类》; △: 国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的鸟类; ✓: 省级保护动物; 食性: 指主要食物。

表 2 金银湖水鸟组成

Tab. 2 Composition of Water Birds at Lake Jinyinhu

	鹤形目	雁形目	鸬形目	鸥形目	鸕鷀目	鸬形目	鸬形目	佛法僧目
物种数	6	7	12	3	2	2	1	1
百分比 (%)	17.65	20.59	35.29	8.82	5.88	5.88	2.94	2.94

本研究记录国家II级保护水鸟白琵鹭(*Platalea leucorodia*) 1种,其亦为列入《中国濒危动物红皮书·鸟类》的易危种;国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的种类(常称“三有”鸟类)有普通鸕鷀(*Phalacrocorax carbo*)、苍鹭(*Ardea cinerea*)、赤麻鸭(*Tadorna ferruginea*)、银鸥(*Larus argentatus*)等 33种;湖北省级重点保护鸟类有凤头鸕鷀(*Podiceps cristatus*)、绿翅鸭、斑头秋沙鸭(*Mergus albellus*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)等 10种(表 1)^[10, 11]①。

3.2 水鸟多样性分析

2007~2009年度不同季度水鸟统计结果(表 3)显示,金银湖春秋迁徙期鸟类停歇过境活动频繁,水鸟种类和数量变化较大。2007年秋季记录 638 只反嘴鹈群体和 312 只黑腹滨鹈(*Calidris alpina*)群体,同年冬季记录反嘴鹈 78 只,未监测到黑腹滨鹈,判断群体中部分反嘴鹈留在金银湖越冬,其余均在秋季短暂停歇蓄能后继续迁飞。

表 3 金银湖 2007~2009 年度不同季度水鸟统计表

Tab. 3 Statistics of Water Birds at Lake Jinyinhu in Different Seasons from 2007 to 2009

	春季		秋季		冬季	
	2008年	2009年	2007年	2008年	2007年	2008年
种类	14	18	14	9	11	15
数量	291	865	1 716	789	890	2 553

2008年秋季,由于金银湖综合整治工程的全面启动,水闸关闭疏浚底泥,水位较往年同期高出 1.5 m,水鸟栖息生境改变,仅地势较高处和湖中岛周围露出少许滩涂,面积约占 1%。该季度水鸟种类比 2007 年同期减少 5 种(2007 年秋季记录的 6 种鸬形目此次均未观察到),数量减少 54%(表 3),水鸟多样性指数减少 61.65%(图 2)。

但进入越冬期后,游禽数量增加至 2 474 只,与 2007 年冬季相比增长了 3 倍(图 3),水鸟种类增加 6 种,多样性指数较 2007 年同期提高了 22.46%。

2007 年 3 月上金湖(N30°38'34.8", E114°11'02.6")

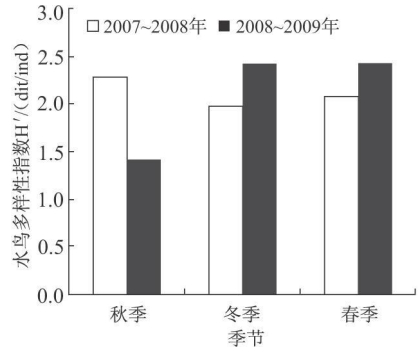


图 2 2007~2009 年不同季节水鸟多样性指数比较

Fig. 2 Comparison of Water Bird Diversity Index in Different Seasons from 2007 to 2009

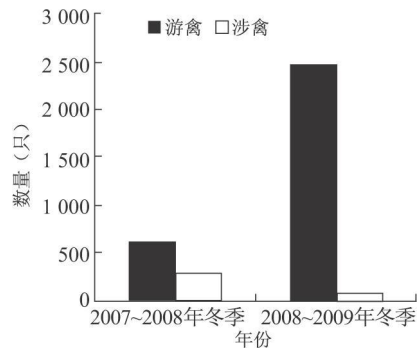


图 3 不同年度水鸟数量比较

Fig. 3 Comparison of Water Birds Numbers in Different Years

滩涂未露出,仅记录到 2 只小鸕鷀,水鸟多样性为零。2009 年春季,上金湖由于整治工程排水,65% 面积为滩涂,水深约 0.1~0.7 m,往年在金银湖越冬的红嘴鸥(*Larus ridibundus*)和反嘴鹈等迁至此湖栖息,水鸟多样性指数增至 2.57。

由此可见,整治工程虽使金银湖水位升高,滩涂面积缩小,改变了水鸟的群落结构,但未对水鸟多样性产生负面影响,反而使其增加。秋冬季水位升高使部分水鸟尤其是涉禽类继续迁徙或在周边湿地寻找适宜的栖息地。上金湖水位降低,露出滩涂,水鸟多样性明显升高。

目前我国城市湖泊多因为景观和灭螺需要维持较高水位,导致生境斑块多样性普遍较差,2007 年 12 月作者同步监测了位于武汉市中心城区的东湖(郭郑湖局部和落雁景区)、汤逊湖、月湖和三角湖。除金银湖在冬季出现大面积滩涂外,其他 4 湖均无水位消长。由表 4 可见,金银湖水鸟多样性相对较高,是武汉城区内水鸟栖息的重要湿地,滩涂的存在、生境斑块的多样

① 国家林业局. 国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录, 2000.

表 4 冬季武汉城区及远郊湖泊水鸟多样性比较

Tab. 4 Comparison of Winter Water Bird Diversity Index at Urban Lakes of Wuhan and Suburban Lakes

湖泊	位置	湿地面积 (km ²)	水质等级	水鸟多样性指数 H' (in/d/dit)	
武汉城区	东湖(局部) ^a	洪山区	9.00 ^b	V类 ^c	0.88
	汤逊湖	洪山区	36.60	IV类	0.99
	月湖	汉阳区	0.60	劣V类	0.32
	三角湖	汉阳区	3.30	劣V类	0.66
	金银湖	东西湖区	4.25	劣V类	1.97
湖北省内远郊	龙感湖	黄冈市黄梅县	359.50	IV类	2.98
	沉湖	武汉蔡甸区	216.16	IV类	3.62
	洪湖	洪湖市	330.88	IV类	2.62
	网湖	黄石市阳新县	220.00	III类	2.89
	梁子湖	鄂州市	379.46	II类	3.54

注: a. 东湖的郭郑湖和落雁景区; b. 观测区域面积; c. 2004~2008 年平均水质等级, 引自武汉市环境状况公报。

化对于水鸟群落多样性具有十分重要的意义。

结合上述可以得到这样的启示: 在湿地生态恢复工作中, 应注意恢复或构建生境的多样性, 通过水位调节, 保留一定面积滩涂的同时扩大水域面积, 将增加水鸟的种类和种群数量, 使湿地的生物多样性得到提高。

3.3 水鸟食性与水环境分析

通过野外观察、对当地渔民的访谈, 并查阅有关资料^[12], 金银湖水鸟按食性大致分为 3 类:

(1) 主食鱼虾类, 如普通鸬鹚、苍鹭、银鸥等 14 种, 占总种数的 42.42%; (2) 主食水生植物类, 如赤麻鸭、绿翅鸭、斑嘴鸭等 7 种, 占 21.21%; (3) 主食底栖昆虫类, 如扇尾沙锥 (*Gallinago gallinago*)、鹤鹑 (*Tringa erythropus*)、反嘴鹬等 12 种, 占 36.36%。

不同食性的同资源种团生物量所占比例显示 (表 5), 以水生植物为主食的鸭类种群数量最大。由于金银湖过去为国营渔场, 成立生态保护区后仍在进行一定程度的水产养殖, 鱼类资源较为丰富, 吸引了大量以鱼虾为主食的水鸟。在枯水季节虽有大量滩涂露出, 但其上无湿生植被生长, 由于食物是影响水鸟分布最重要的因子^[13], 故以红穗苔草 (*Carex gotoi*) 等湿生植物为主食的雁类难以在此栖息, 这可能正是自 2007 年至今未观测到雁类的主要原因。若能因地制宜恢复部分草滩生境, 必将提高金银湖的水鸟多样性。

表 5 水鸟食性分类组成

Tab. 5 Feeding Habits Composition of Water Birds

同资源种团	水鸟生物量 (kg/km ²)	百分比 (%)
主食鱼虾类	194.85	37.18
主食水生植物类	298.41	56.95
主食底栖昆虫类	30.80	5.88

2008 年作者对金银湖的主要水质指标进行了测定, 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)^[14] 和金银湖径河入口处底泥的取样分析结果^①, 目前金银湖污染严重, 为劣 V 类水体 (春季劣 V 类, 秋季冬季 V 类), 底泥中镉和铜的含量较高, 表层土中镉含量为 1.38 mg/kg, 超过了土壤环境质量三级标准。

自 1958 年东西湖围垦工程实施后, 区域内形成南、西、北三面环水, 四周围堤的相对独立的内湖水系, 境内污水未经任何处理直接排入金银湖, 此外, 在汉西污水处理厂 2006 年正式运行前, 汉口易家墩地区 30 km² 范围内的降水、污水也通过 3 闸 (禁口闸、新墩闸、黄家大湾闸) 排入金银湖, 该湖事实上成为境内外城市污水及境内农业面污染源的接纳体与中转站。近年来, 随着当地经济的高速发展, 周边人口住宅高度密集, 生活污水和工业废水量迅猛增长, 导致短短十年间金银湖水环境质量即由 1997 年的 III 类^②恶化为目前的劣 V 类, 主要污染物超标项目为总磷、总氮、氨氮、化学需氧量、生化需氧量等。2008 年春季金银湖总氮和总磷含量分别为 8.06 和 0.50 mg/L (表 6), 超出 V 类标准 (TN-2.0 mg/L; TP-湖、库 0.2 mg/L); 冬季温度较低, 有机质矿化分解缓慢, 沉积物中向水体释放的氮和磷较少, 因而总氮和总磷的含量分别为 1.74 和 0.18 mg/L, 仅达到 V 类标准。

表 6 金银湖主要水质指标分析结果

Tab. 6 Analysis Result of Main Water Quality Indices at Lake Jinyinhu

	pH	SD (m)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)
春季	8.62	0.23	8.06	0.50	3.80
冬季	9.12	0.40	1.74	0.18	0.95

综合水质状况, 作者初步判断金银湖无草滩生境的原因可能与水体污染尤其是底泥污染关系密切。以苔草属湿生植物为例, 其种子寿命短, 具有很强的休眠特性, 萌发率低^[15], 加之水体污染严重, 底

① 引自《金银湖生态保护及水环境综合整治工程可行性研究报告》, 2007。

② 武汉市环保局, 武汉市环境状况公报, 1997。

泥中重金属或其他污染物的胁迫都可能抑制种子的萌发。湖泊水质恶化,不仅会直接影响水生植物、鱼类和底栖动物的生物量,从而通过食物链影响水鸟多样性,还可能使污染物在水鸟体内富集而产生毒害效益,通过影响鸟类的繁殖率和生活力改变水鸟的群落结构^[16,17]。

根据表 4 中 5 个武汉城区湖泊及胡鸿兴 2004~2008 年冬季对湖北龙感湖、沉湖、网湖、洪湖和梁子湖 5 个省内远郊湖泊的水鸟考察结果^①,进一步分析水鸟多样性与水质、水域面积之间的关系。方差分析结果表明,城区和远郊两组湖泊样本在水质、水域面积和水鸟多样性指数方面均存在显著性差异(表 7)。相关性分析结果显示,水鸟多样性与

水体污染程度呈负相关($r = -0.751, p = 0.012$),与水域面积呈显著正相关($r = 0.859, p = 0.001$)。水质相对较好的湖泊,更有利于水生生物的生存,水鸟的食物资源越丰富,物种多样性也越高;而水域面积大的湖泊,水鸟承载力也相对较强,从而使物种多样性增加。城区和远郊两组湖泊样本的显著差异表明,随着城市化进程的加快,城区湖泊不断遭到围垦、污染和强烈的人为干扰,湿地萎缩,水质恶化严重,水鸟多样性降低。

因此要保护水鸟,提高生物多样性,必须首先保护它们的栖息地,严禁过度开发和蚕食湿地的行为,同时要在截污净化、改善湖泊水质状况的前提下重建异质性生境。

表 7 城区与远郊湖泊水质及水鸟多样性指数的方差分析

Tab. 7 ANOVA of Water Quality and Water Bird Diversity Index at Urban and Suburban Lakes

	城区湖泊	远郊湖泊	df 组间	df 组内	F 值	p 值
水质等级 ^d	5.40±0.40	3.40±0.40 ^e	1	8	12.500	0.008
面积	14.77±6.60	77.83±34.81	1	8	67.215	0.000
水鸟多样性指数 H'	0.96±0.28	3.13±0.19	1	8	41.093	0.000

注: d. 以 1~5 表示 I~V 类水质标准,以 6 表示劣 V 类; e. Mean ± S. E.

4 结论与建议

(1) 金银湖湿地是武汉中心城区及附近区域一块重要的水鸟停歇区和越冬区,应积极开展生态保护和恢复工作。

(2) 水鸟多样性与水体污染程度呈负相关,与湿地面积呈显著正相关。城市化进程的加快和人为干扰对城市湖泊水鸟群落造成了严重的影响,应严禁湿地周边的过度开发和蚕食湿地的行为;同时改善湖泊水质和水环境状况迫在眉睫。

(3) 改变滩涂和水域面积会影响水鸟群落结构。建议对湖水水位进行调控,降低丰水期水位,确保出现一定面积的自然滩涂,提高枯水期水位,使生境中水域面积扩大,可提高水鸟多样性。

(4) 目前生态工程对湿地植被的恢复主要为沉水植被以及部分挺水景观植物,对湿生植被(无明显水覆盖区域生长的喜湿植物)考虑较少,建议对草滩生境进行恢复,增加生境异质性,可提高生物多样性,促进生态系统的自我修复。

(5) 待整治工程全面竣工后,可对该湿地的水鸟多样性及环境进行跟踪和比较研究,分析环境因

子变化对水鸟群落的影响,进而评价生态恢复工程的效果,为今后湿地的生态恢复和保护建设提供参考。

致谢 感谢刘保元、张甬元、邓家齐、詹发萃、吴法清等对本文的修改和指导。感谢中国环境监测总站朱擎、北京大学刘巧玲、武汉大学沈虹、钟鑫等对鸟类监测工作的协助。感谢周巧红、柴培红、王谦、孔令为、王启烁、梁威、徐栋及其他课题组成员在野外采样、水质分析等工作中提供的帮助。

参考文献:

- [1] 胡鸿兴. 武汉地区食鱼类调查报告[J]. 武汉大学学报(生物学专刊), 1963, 3: 27~47.
- [2] 王勇军, 周伟. 狩猎对沉湖越冬白鹤数量变动的影响[J]. 野生动物, 1989(4): 16~17.
- [3] 胡鸿兴, 康洪莉, 贡国鸿, 等. 湖北省湿地冬季水鸟多样性研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 422~428.
- [4] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.
- [5] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] HOWES J, BAKEWELL I D. Shorebird studies manual[M].

① 引自 GEF“亚洲白鹤及其它国际重要水鸟迁徙通道与重要湿地的保护”项目长江中下游考察报告(2004~2008年)

- Kuala Lumpur: AWB Publication, 1989: 143~ 147.
- [7] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [8] 王寿兵. 对传统生物多样性指数的质疑[J]. 复旦学报(自然科学版), 2003, 42(6): 867~ 868.
- [9] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [10] 郑光美, 王岐山. 中国濒危动物红皮书鸟类[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [11] 湖北省林业厅, 湖北省水产局, 湖北省野生动物保护协会. 湖北省重点保护野生动物图谱[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1996.
- [12] 赵正阶. 中国鸟类志[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.
- [13] ERWIN R M. Feeding habitats of nesting wading birds-spatial use and social influences[J]. AUK, 1983, 100(4): 960~ 970.
- [14] 国家环境保护总局. 地表水环境质量标准 GB3838-2002[S]. 2002.
- [15] 房丽宁, 李青丰, 赵秀华, 等. 苔草种子休眠和萌发特性的研究[J]. 草地学报, 1997, 5(4): 251~ 260.
- [16] SPAHN S A, SHERRY T W. Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledging success of little blue heron chicks (*Egretta caerulea*) in south Louisiana wetlands[J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1999, 37(3): 377~ 384.
- [17] 冯 健, 岳秀英, 冯泽光. 肉鸡实验性镉中毒的病理学研究[J]. 畜牧兽医学报, 2001, 32(5): 468~ 475.

A PRIMARY STUDY ON SPECIES DIVERSITY OF WATER BIRDS AND ITS RELATIONSHIP TO WATER ENVIRONMENT AT LAKE JINYINHU, WUHAN

LUO Sha^{1,2}, HU Hong-xing³, CHENG Shu-ping¹, He Feng¹, WU Zhen-bin¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 43072, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: During the investigation on water birds at Lake Jinyinhu from Nov. 2007 to Mar. 2009, 34 birds species of 11 families 8 orders were recorded, in which there were 21 winter migrant species, 6 summer migrant species, 5 resident species and 2 passengers. In terms of geographical distribution type, there were 21 Palaearctic species, 2 Oriental species and 11 cosmopolitan species. *Platalea leucorodia*, listed on both Rank II National Protected Wildlife and China Red Data Book of Endangered Animals, was recorded. And there were 10 species protected provincially. According to the feeding habits of water birds, there were more species living on fish and shrimp, but more biomass of the species living on hydrophytes. The water quality of Lake Jinyinhu turned out to be even poorer than the 5th level. were analyzed, The bird diversity index in different seasons and different habitats were analyzed. It indicated that the reconstruction of hydrophytes and the change of water-land area by water level control would increase the biodiversity of Lake Jinyinhu. Furthermore, the species diversity of water birds and environment condition were compared between urban and suburban lakes of Wuhan. The result showed that the water bird diversity correlated negatively with the pollution degree, positively with the area of lakes. Thus the over development and encroachment of wetlands should be prohibited, and it is urgent to improve the water quality.

Key words: Wuhan; Lake Jinyinhu; water bird; biodiversity; city wetland (urban wetland); water quality; area