

大型通江湖泊洞庭湖的鱼类物种多样性及其时空变化*

茹辉军^{1,2}, 刘学勤², 黄向荣³, 宁应之¹, 王洪铸^{2**}

(1: 西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070)

(2: 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

(3: 湖南省水产科学研究所, 长沙 410005)

摘要: 为了解通江湖泊鱼类物种多样性现状, 于2004年3月—2004年12月和2005年5月对洞庭湖城陵矶、岳阳和沅江三个区域的鱼类进行逐月调查。共鉴定鱼类69种, 隶属6目14科44属, 其中59.4%为鲤科鱼类。以种类数和多样性指数分析了群落多样性特征, 结果表明洞庭湖鱼类种类多样性较高, 且时空变化较大。一般地, 湖区与长江干流的距离越近, 种类数达到峰值的时间就越早; 鱼类多样性在春夏季高于秋冬季, 在南洞庭湖高于其它两个区域。以优势度>5000为标准, 全湖有17种优势种, 其中80.0%为湖泊定居性鱼类。在生态类群方面, 湖泊定居性鱼类种类最多, 占总种类数的74.0%; 江湖洄游性鱼类最少, 占13.0%。对比分析显示, 由于生境丧失、天然苗种资源衰退和过度捕捞等原因, 洞庭湖鱼类多样性较20世纪70年代明显下降, 洄游鱼类种类数减少; 通江湖泊鱼类多样性明显高于阻隔湖泊, 表明江湖阻隔造成鱼类多样性下降, 因此, 加强江湖连通是保护鱼类多样性的有效手段。

关键词: 洞庭湖; 鱼类; 种类组成; 物种多样性; 通江湖泊

Diversity of fish species and its spatio-temporal variations in Lake Dongting, a large Yangtze-connected lake

RU Huijun^{1,2}, LIU Xueqin², HUANG Xiangrong³, NING Yingzhi¹ & WANG Hongzhu²

(1: *College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, P. R. China*)

(2: *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, P. R. China*)

(3: *Fishery Research Institute of Hunan Province, Changsha 410005, P. R. China*)

Abstract: To evaluate the fish diversity of Yangtze River-connected lakes, a monthly survey of fish assemblage was carried out in the Lake Dongting in the middle basin of the Yangtze River in March-December, 2004 and May, 2005. Three sampling areas along a transect from the Yangtze River mainstream to the lake center, i.e. from lake mouth (Chenglinji) to East Lake Dongting (Yueyang) and South Lake Dongting (Yuanjiang) were selected. Totally 69 fish species belonging to 6 orders, 14 families and 44 genera were recorded. Cyprinids were the richest, accounting for 59.4% of total fish species. Species numbers and diversity indices showed that fish diversity of the lake was high, with great spatial and temporal variations. Generally, higher diversities occurred in spring and summer than in autumn and winter, and in South Lake Dongting than in the other areas. With regard to species numbers, the smaller the distance between sampling area and Yangtze River mainstream was, the earlier the diversity peak was reached. Dominant species were determined as species with the value of dominance over 5000. There were 17 dominant species in the lake among which 80.0% were limnicolous species. With regard to ecological groups, limnicolous species dominated the lake, accounting for 74.0% of the total species, while river-lake migratory species was the least, being 13.0% of the total. In comparison with that of 1970s, fish diversity of Lake Dongting had been dramatically decreased, especially for migratory species, and it was mainly due to the loss of habitats, decreased fry resource and over-fishing. Analysis also showed that fish diversities in Yangtze River-connected lakes were much higher than those

* 国家973计划项目(2003CB415206)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-110)联合资助。2007-01-25收稿; 2007-06-05收修改稿。茹辉军, 男, 1980年生, 硕士研究生; E-mail: h.jru@163.com.

** 通讯作者; E-mail: wanghz@ihb.ac.cn.

of disconnected lakes, indicating that river-lake isolation results in species decreasing. Thus, increasing river-lake connectivities is important to the conservation of fish diversity in the Yangtze River floodplain.

Keywords: Lake Dongting; fish; species composition; species diversity; Yangtze River-connected lake

长江中下游浅水湖泊历史上均与干流相通, 构成江湖复合生态系统(potamo-lacustrine complex ecosystem), 是世界上罕见的淡水物种资源库。然而近 50 年来, 特别是 20 世纪 50-70 年代, 长江江湖系统的侧向水文连通(lateral hydrological connectivity)受到江湖筑坝建闸的严重阻碍, 除洞庭湖、鄱阳湖和石臼湖外, 其余湖泊均建有闸坝。江湖阻隔导致生境异质性下降, 鱼类洄游受阻^[1-4], 从而严重威胁长江水系鱼类资源, 如约 10% 的鱼类濒危, 天然鱼苗减少 90% 等^[5]。过去关于鱼类多样性的工作多集中于阻隔湖泊, 而对通江湖泊的研究不多^[6-8]。

洞庭湖(28°44'-29°35'N; 111°53'-113°05'E)位于湖南省东北部, 长江中游荆江段南岸。水位 33.5 m 时(岳阳站, 黄海基面), 湖泊面积 2625 km², 平均湖宽 17.0 km, 最大湖宽 30.0 km。平均水深 6.4 m, 最大水深 23.5 m。湖区年均气温 16.4-17.0℃, 年均降雨量 1200-1400 mm。该湖水系发达, 一面承受湘、资、沅、澧四水的汇注, 一面接纳长江自松滋、太平、藕池三口分泄的水量, 经该湖调蓄后, 从岳阳城陵矶一口泄入长江。现存湖体明显分化为东洞庭湖、南洞庭湖和西洞庭湖三个湖区^[9]。洞庭湖是多种鱼类的索饵场、越冬场和产卵场, 为长江流域重要鱼类种质资源库。但是, 有关洞庭湖鱼类的研究甚少, 仅于 1974 年进行过全面调查。为此, 我们于 2004-2005 年对洞庭湖(城陵矶、东洞庭湖和南洞庭湖)鱼类多样性及其时空格局进行调查, 以期对江湖复合生态系统生物多样性的保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

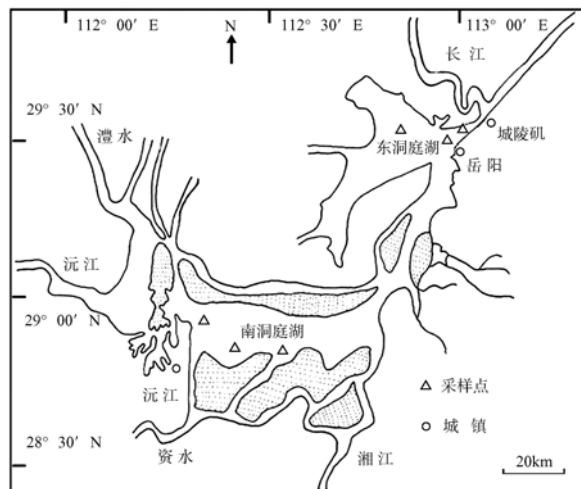


图 1 洞庭湖鱼类采集点

Fig. 1 Sampling sites for fishes in Lake Dongting

2004 年 3 月-2004 年 12 月和 2005 年 5 月(补充采样), 在城陵矶洞庭湖出口处、东洞庭湖岳阳和南洞庭湖沅江(图 1)对鱼类进行逐月调查。调查方式主要有三种: 1)自制网具采集: 网具为三层刺网, 网长 80 m, 网高 2.5 m, 网目规格为 3.5 cm。在水位较高、水流较快的 5-10 月以流网方式采集, 日均流动 4 次, 每次流动 30-40min; 在其它月份由于水位较低、水流较缓, 将网具定置采集, 每次放置 1-4 条, 在当日傍晚下网, 次日凌晨收起, 间隔约 12h。2)跟随渔民船只采集: 如渔获量较少, 收集所有渔获物; 如渔获量很大, 则随机抽样, 并记录网具名称、规格。3)码头渔获物统计: 记录种类及渔获量, 并随机抽样。现场对所采集的鱼类进行种类鉴定^[10-12], 测量形态参数, 计数并称重。对于当时难以鉴定的鱼类, 用 10% 的福尔马林溶液固定保存, 带回实验室详细分析。

1.2 群落结构特征值的测度方法

1.2.1 种的优势度 计算公式^[13]为

$$Dy=10^5 f_i / m(n_i / N + w_i / W)$$

式中, m 为取样次数, f_i 为第 i 种鱼在 m 次取样中出现频次, n_i 、 w_i 分别为第 i 种鱼在 m 次取样种的个体数和重量, N 、 W 分别为 m 次取样中的总个体数和总重量。

综合考虑个体数、生物量和生态类型等方面, 将优势度大于 5000 的种定为优势种具有较好的代表性。

1.2.2 物种多样性指数 采用以下四种多样性指数^[14-15]:

Shannon-Weaver 指数: $H_f = -\sum P_i \log_2(P_i)$; Wilhm 指数: $H_B = -\sum (w_i/W)(\log_2 w_i/W)$;

Simpson 指数: $D = 1 - \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$; Pielou 指数: $E_I = H_f / H_{max}$; $E_B = H_B / H_{max}$.

式中, P_i 为第 i 种鱼在 m 次取样中的个体数占总个体数的比例, H_{max} 为最大物种多样性, 其他符号同优势度公式.

2 结果

2.1 种类与分布

共鉴定鱼类 69 种, 隶属于 6 目 14 科 44 属. 三个区域均以鲤形目种类数最多, 占总种类数的 63.8%–65.5%(表 1). 其中鲤科鱼类为最大类群, 有 41 种, 占总数的 59.4%.

2.2 物种多样性

2.2.1 种数 洞庭湖每月出现的鱼类种数为 35 ± 2 (均值 \pm 标准误), 其中南洞庭湖最多, 为 22 ± 2 种, 城陵矶次之, 为 19 ± 2 种, 东洞庭湖最少(4–6 月春禁期间未进行采集), 为 13 ± 4 种. 全湖种数在 9 月最多, 4 月最少. 各区域种数的变化存在一定差异(图 2). 城陵矶种数自春季到夏季上升, 随后下降, 在 7 月达到峰值; 东洞庭湖种数自夏季到秋季上升, 随后下降, 在 9 月达到峰值; 南洞庭湖种数在春季到秋季变化不甚明显, 至冬季下降, 在 10 月达到峰值. 总的看来, 在长江进入洪泛高峰的夏秋季节(7–10 月), 鱼类种类数最丰富, 这与大部分江湖洄游性鱼类(如四大家鱼)在此期间由江入湖觅食和肥育等有关. 并且, 湖区与长江干流的距离越近, 种类数达到峰值的时间就越早, 这暗示夏秋季鱼类由江入湖从而对洞庭湖鱼类资源进行补充.

2.2.2 多样性指数 从多样性指数看, 洞庭湖鱼类多样性较高. H_f 、 H_B 和 D 变动范围分别在 1.85–2.99、1.96–2.98 和 0.52–0.80. 均匀性指数 E 亦较高, E_I 和 E_B 分别为 0.41–0.69 和 0.45–0.68(表 2).

各区域以南洞庭湖多样性最高, 城陵矶其次, 东洞庭湖最低. 在季节动态上, 以典型月份 5、7、9 和 12 月代表四季(下同), 各区域多样性指数和均匀性指数变化趋势一致(图 3、4), 即从春季到夏季上升, 随后至冬季下降.

表 1 洞庭湖各目鱼类的种数

Tab.1 Species number of each fish order in Lake Dongting

目	城陵矶	东洞庭湖	南洞庭湖	全湖
鲤形目	30	36	39	46
鲶形目	10	9	10	12
鲈形目	4	7	7	7
颌鳃目	1	1	1	1
鲱形目	2	1	2	2
颌针鱼目	0	1	1	1
合计	47	55	60	69

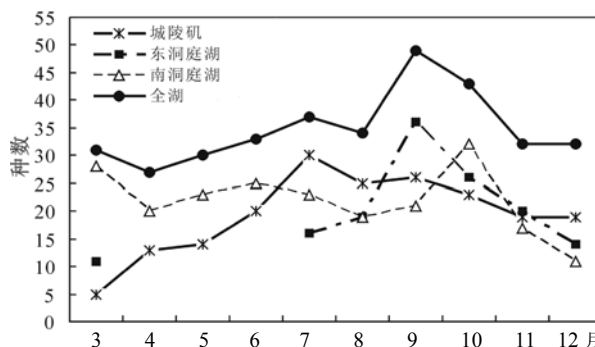


图 2 洞庭湖鱼类种数逐月变化

Fig.2 Monthly variations of numbers of fish species in Lake Dongting

表 2 洞庭湖鱼类的物种多样性指数(均值 \pm 标准误)

Tab.2 Species diversity indices of fish communities in Lake Dongting (mean \pm SE)

湖区	Shannon-Weaver 指数 (H_f)	Wilhm 指数 (H_B)	Simpson 指数 (D)	Pielou 指数 (E_I)	Pielou 指数 (E_B)
城陵矶	2.12 \pm 0.22	1.96 \pm 0.44	0.72 \pm 0.10	0.49 \pm 0.04	0.45 \pm 0.09
东洞庭湖	1.85 \pm 0.62	2.00 \pm 0.49	0.52 \pm 0.13	0.41 \pm 0.09	0.45 \pm 0.06
南洞庭湖	2.99 \pm 0.38	2.98 \pm 0.42	0.80 \pm 0.05	0.69 \pm 0.06	0.68 \pm 0.06

2.3 优势种

洞庭湖优势种鱼类按优势度从大到小依次为: 短颌鲚、铜鱼、黄颡鱼、光泽黄颡鱼、瓦氏黄颡鱼、鲤、鲫、鳙(鳙亚科统称为鳙)、草鱼、青鱼、蛇鮈、银鮈、鲂、似鳊、鳊、贝氏鳊、黑鳍鳊。可以看出, 洞庭湖鱼类 80%以上的优势种为湖泊定居性种类。

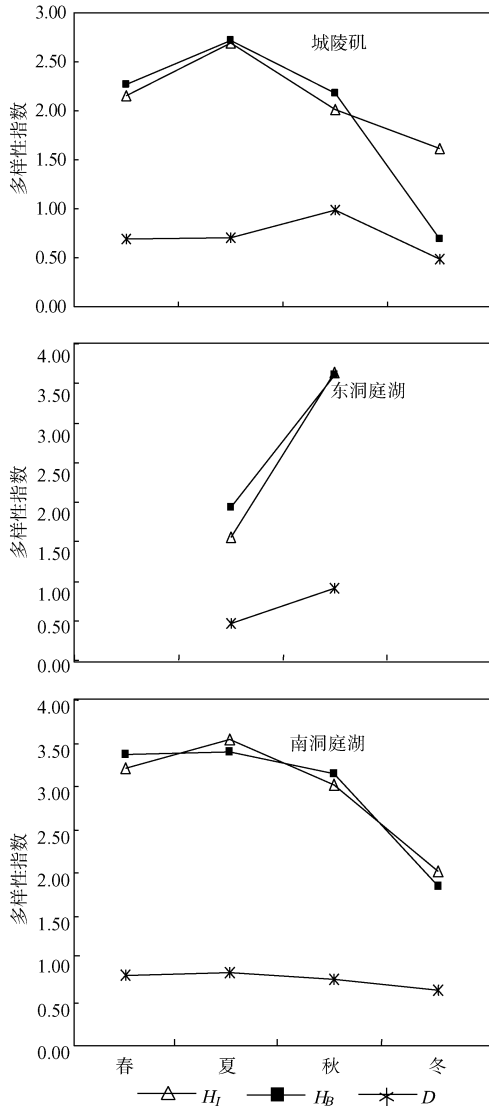


图3 洞庭湖鱼类多样性指数季节变化

Fig.3 Seasonal variations of diversity indices of fish species in Lake Dongting

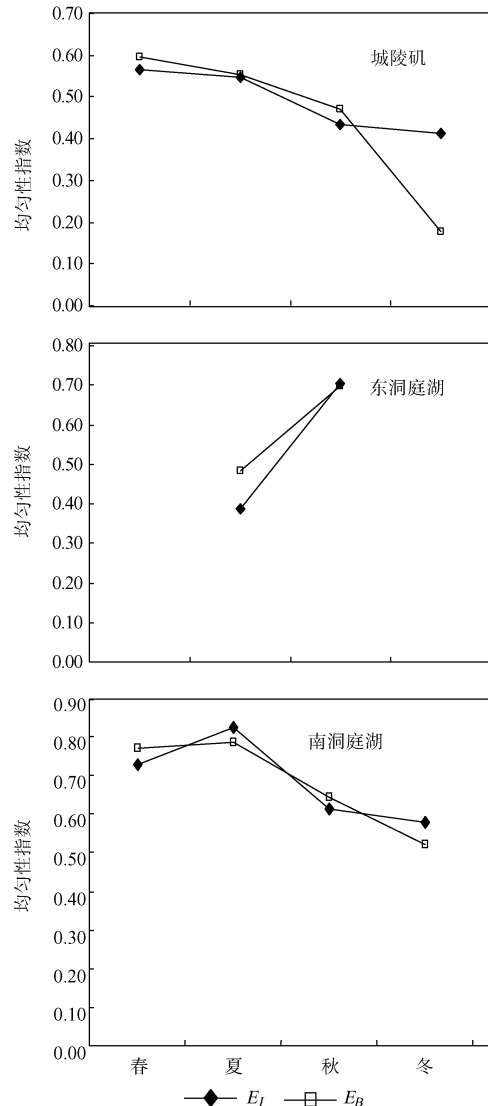


图4 洞庭湖鱼类均匀性指数季节变化

Fig.4 Seasonal variations of evenness indices of fish species in Lake Dongting

各区域鱼类优势种组成差异较大。城陵矶以短颌鲚、铜鱼、鲤等为主, 东洞庭湖以鲤、鲫为主, 而南洞庭湖则以蛇鮈和鳙等小型鱼类占优。在季节动态方面, 各区域优势种组成变化较大(表3)。例如, 城陵矶春季以短颌鲚和瓦氏黄颡鱼为主, 在夏季以铜鱼和青鱼为主, 在秋季以铜鱼和短颌鲚为主, 在冬季则以短颌鲚和鲤鱼为主。

2.4 生态类群

根据鱼类生活栖息习性, 可将洞庭湖鱼类分为以下 3 个生态类群^[16-17]。1) 江湖洄游性鱼类: 种类包括

青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊、鳅、鲮、赤眼鳟、似鳊、鳊, 计 9 种, 占总种数的 13.0%。这些鱼类主要在江河或湖泊的流水中繁育, 在湖泊中育肥; 2)江河山溪性鱼类: 种类主要有马口鱼、铜鱼、圆口铜鱼、长吻鮠、中华纹胸鮡等 9 种, 占总种数的 13.0%; 3)湖泊定居性鱼类: 种类主要有鲤、鲫、鳊、黄颡等, 计 51 种, 占总种数的 74.0%。各区域均以湖泊定居性鱼类为主。城陵矶位于洞庭湖与长江的交汇处, 其江湖洄游性和江河山溪性鱼类较其它两区域丰富(图 5)。

表 3 洞庭湖优势种的优势度*
Tab.3 Dominance of dominant fish species in Lake Dongting

种类	城陵矶				东洞庭湖		南洞庭湖			
	春	夏	秋	冬	夏	秋	春	夏	秋	冬
贝氏鲟(<i>H. bleekeri</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24435
鳊(<i>P. pekinensis</i>)	0	0	0	0	0	6372	0	0	0	
鲟(<i>H. leucisculus</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	10483	108257
草鱼(<i>C. idellus</i>)	0	8044	7359	0	0	6437	0	0	0	0
短颌鲚(<i>C. brachygnathus</i>)	89897	6534	13115	73789	0	0	7104	0	0	0
光泽黄颡鱼(<i>P. nitidus</i>)	11190	0	0	0	7124	0	0	0	0	0
黑鳍鳊(<i>S. nigripinnis</i>)	0	0	0	0	0	8842	24405	6158	6987	0
黄颡鱼(<i>P. fulvidraco</i>)	13317	0	0	0	0	0	16598	0	0	0
鲫(<i>C. auratus</i>)	0	0	0	0	124127	25434	0	20252	15211	7328
鲤(<i>C. carpio</i>)	0	11549		66094	45084	21891	0	19993	11399	0
鲢(<i>H. molitrix</i>)	0	0	0	0	0	8656	0	6601	0	0
鲇(<i>S. asotus</i>)	0	0	0	0	8499	0	0	5239	0	0
青鱼(<i>M. piceus</i>)	0	21534	0	0	0	0	0	0	0	0
蛇鮠(<i>S. dabryi</i>)	0	0	0	0	0	0	35932	11070	77483	0
似鳊(<i>P. simony</i>)	0	0	0	0	0	7885	0	0	6272	0
铜鱼(<i>C. heterodon</i>)	10697	54944	86480	0	0	0	0	0	0	0
瓦氏黄颡鱼(<i>P. vachelli</i>)	28830	0	0	0	0	0	0	15226	0	0
银鮠(<i>S. argentatus</i>)	0	0	0	0	0	6921	27715	0	6148	0
鱮亚科(<i>Acheilognathinae</i>)	0	0	0	0	5299	0	39535	19041	20578	25758

* 东洞庭湖春、冬季未进行定量采集。

3 讨论

3.1 洞庭湖鱼类资源现状分析

与 1974 年调查结果^[9]相比, 洞庭湖鱼类物种多样性明显下降, 种类组成发生了改变, 具体表现在: 1) 三十年前洞庭湖有鱼类 22 科 12 目 104 种, 而此次所调查仅见 69 种, 种类数减少 33.7%, 且种上阶元数均少于以前。一些当时常见的种类如鳊、胭脂鱼、长颌鲚、鲟等在此次调查中没有发现。2) 洄游性鱼类减少, 此次调查未发现河海洄游性鱼类, 江湖洄游性鱼类种类数也较以前减少, 洄游性鱼类总计减少 47.1%(图 6)。3) 优势种类在过去以鲤、鲫、青鱼、草鱼、鲢、鳙和鲇等为主, 而目前则以鲤、鲫为主, 且 82.4%的优势种为湖泊定居性鱼类。尽管本研究在调查强度和范围上不及 1974 年, 稀有种可能因此而未采集到, 但这应不会影响上述总的变化趋势。

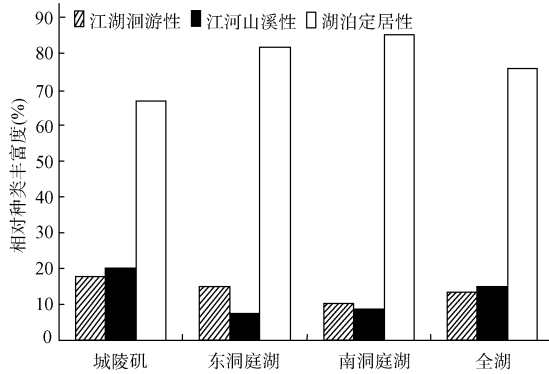


图 5 洞庭湖不同鱼类生态类群的种类相对丰富度
Fig.5 Relative species richness of ecological groups of fish in Lake Dongting

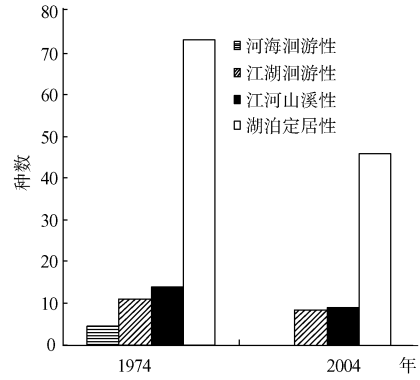


图 6 洞庭湖不同时期鱼类组成
Fig. 6 Species composition of fishes in different periods in Lake Dongting

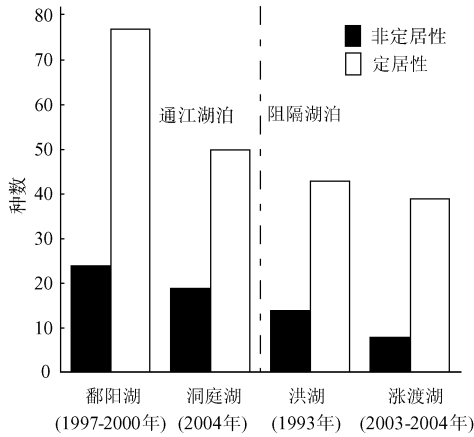


图 7 通江与阻隔湖泊鱼类组成比较
Fig.7 Comparison of fish species composition between Yangtze-connected and -disconnected lakes

造成洞庭湖鱼类多样性下降的主要原因有: 1)泥沙淤积和滩洲发育以及由此引发的围垦活动使洞庭湖加速萎缩, 天然水面逐渐减少, 鱼类栖息地面积减少或丧失. 根据资料^[18], 洞庭湖现有水面面积较 20 世纪 70 年代减少约 26%. 2)天然苗种资源受到破坏. 1997-2002 监利江段断面四大家鱼鱼苗径流量分别为 35.87, 24.47, 21.54, 28.54, 19.04 和 19.00 亿尾, 到 2003 仅为 4.06 亿尾^[19], 与 1981 年 67 亿尾相比, 鱼苗径流量平均下降 66.7%^[20]. 这可能是上游水利工程的修建使干流鱼类繁殖受下泄洪峰削减和水温滞后而受到抑制. 3)过度渔业及部分区域水质恶化, 也使洞庭湖鱼类资源衰退.

3.2 江湖连通对鱼类种类组成与多样性的影响

本研究显示在通江湖泊距干流越近的区域, 其鱼类种类数就越早达到峰值, 说明江湖连通为鱼类提供了必要的水文条件, 长江对通江湖泊鱼类物种资源起到了重要的补充作用.

4 结论与建议

本研究对洞庭湖鱼类种类组成与多样性进行了较全面的调查, 共鉴定69种, 主要为湖泊定居性鱼类, 其次为江河山溪性鱼类、江湖洄游性鱼类, 但没有发现河海洄游性鱼类. 洞庭湖鱼类物种多样性已明显下降. 多样性的时空格局表明长江对通江湖泊鱼类资源起到了重要的补充作用.

鉴于通江湖泊在维持长江水系鱼类多样性方面的重要作用, 建议加强对现存通江湖泊即洞庭湖、鄱

阳湖和石臼湖的保护, 保持和维护他们的自由通江状态. 湖内严禁筑堤垦殖, 同时加强渔政管理, 逐步减少直至完全取消天然渔业捕捞. 对于阻隔湖泊, 应尽可能地加强与江河的水文联系, 条件许可时应在苗种入湖和亲鱼归江时段恢复自由通江.

致谢: 野外调查受到廖伏初副研究员、王海文工程师支持; 标本鉴定受到张堂林副研究员、过龙根博士帮助; 潘保柱、王宗兴、赵伟华同学参与部分工作, 谨致谢忱.

5 参考文献

- [1] Amoros C, Bornette G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 761-776.
- [2] Buijse AD, Coops H. Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 889-907.
- [3] Tockner K, Ward JV, Stanford JA. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 2002, **29**: 308-330.
- [4] 常剑波, 曹文宣. 通江湖泊的渔业意义及其资源管理对策. *长江流域资源与环境*, 1999, **8**(2): 153-157.
- [5] 谢平, 陈宜瑜. 加强淡水生态系统中生物多样性的研究与保护. *中国科学院院刊*, 1996, **4**: 276-281.
- [6] 王利民, 胡慧建, 王丁. 江湖阻隔对涨渡湖区鱼类资源的生态影响. *长江流域资源与环境*, 2005, **14** (3): 287-292.
- [7] 李立银, 倪朝辉, 李云峰等. 涨渡湖渔业资源及鱼类多样性状况研究. *淡水渔业*, 2006, **36** (2): 18-23.
- [8] 胡军华, 胡慧建, 何木盈等. 西洞庭湖鱼类物种多样性及其时空变化. *长江流域资源与环境*, 2006, **15** (4): 434-441.
- [9] 窦鸿身, 姜家虎. 洞庭湖. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000: 3-278.
- [10] 陈宜瑜等主编. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷). 北京: 科学出版社, 1998: 1-455.
- [11] 褚新洛, 郑葆珊, 戴定远等主编. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目. 北京: 科学出版社, 1999: 35-152.
- [12] 湖南省水产科学研究所. 湖南鱼类志. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1980: 1-231.
- [13] 郁尧山, 张庆生, 陈为民等. 浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的初步研究. *水产学报*, 1986, **10**(2): 137-149.
- [14] 费鸿年, 何宝全, 陈国铭. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性研究以及优势种区域和季节变化. *水产学报*, 1981, **5** (1): 1-20.
- [15] 郁尧山, 张庆生, 陈为民等. 浙江北部岛礁周围海域鱼类群聚特征值的初步研究. *水产学报*, 1986, **10** (3): 305-313.
- [16] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 北京: 科学出版社, 1976: 221-236.
- [17] 梁秩桑, 周春生, 黄鹤年. 长江中游通江湖泊——五湖的鱼类组成及其季节变化. *海洋与湖沼*, 1985, **12** (5): 468-478.
- [18] 杜耘, 薛怀平, 吴胜军等. 近代洞庭湖沉积与孕灾环境研究. *武汉大学学报(理学版)*, 2003, **49**(6): 740-744.
- [19] 黄真理, 吴炳方, 敖良桂. 三峡工程生态与环境监测系统研究. 北京: 科学出版社, 2006: 232-233.
- [20] 刘绍平, 陈大庆, 段辛斌等. 长江中上游四大家鱼资源监测与渔业管理. *长江流域资源与环境*, 2004, **13**(2): 183-186.
- [21] 崔奕波, 李钟杰. 长江流域湖泊的渔业资源与环境保护. 北京: 科学出版社, 2005: 181-192.
- [22] 宋天祥, 张国华, 常剑波等. 洪湖鱼类多样性研究. *应用生态学报*, 1999, **10** (1): 86-90.