

长江故道底栖动物群落特征及资源衰退原因分析*

潘保柱^{1,2}, 王海军¹, 梁小民¹, 王宗兴¹, 舒凤月^{1,2}, 王洪铸^{1**}

(1: 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 2003–2004 年对天鹅洲和老江河两个长江故道的调查表明, 该类水体的底栖动物在类群组成上与阻隔湖泊类似, 以螺类和水生昆虫为主, 但是有较多的流水性和冷水性种类. 纵向比较表明两个故道底栖动物生物量比 20 世纪 90 年代下降了 48.3%–78.6%, 软体动物尤为突出. 底栖动物资源衰退的原因主要有两个, 一是过度渔业, 二是江湖阻隔. 与长江流域其他类型水体的比较表明在中等程度水文连通的水体中底栖动物种类最多, 软体动物尤其是双壳类的现存量明显较高. 为发挥长江故道群对泛滥平原生物多样性维持的重要作用, 文末提出了关于合理放养和季节性通江的管理建议.

关键词: 底栖动物; 群落特征; 天鹅洲; 老江河

Macrozoobenthos in Yangtze oxbows: community characteristics and causes of resources decline

PAN Baozhu^{1,2}, WANG Haijun¹, LIANG Xiaomin¹, WANG Zongxing¹, SHU Fengyue^{1,2} & WANG Hongzhu¹

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

(2: *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R.China*)

Abstract: Ecological surveys in Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow along the middle reaches of Yangtze River were carried out during April 2003 to February 2004. Results indicated that macrozoobenthos communities of oxbows were similar to those of river-isolated lakes in the composition of standing crops, dominated by gastropods and aquatic insects, but were richer in potamophilus and psychrophilic species. Compared with the data of 1990's, biomass of macrozoobenthos decreased by 48.3%–78.6%, mainly due to the decline of mollusks. The resource deterioration was mainly ascribed to overfishing and river-lake disconnection. Comparison with other types of Yangtze waters indicated that the floodplain waterbodies with an intermediate level of hydrological connectivity have the highest species biodiversities of macrozoobenthos, and have abundant mollusks, especially bivalves. To restore the important function of the oxbows in maintaining biodiversity of the Yangtze floodplain, it is suggested to stock animals rationally and to reconnect with the Yangtze River as frequently as possible.

Keywords: Macrozoobenthos; community characteristics; Tian-e-zhou Oxbow; Laojianghe Oxbow

故道(即牛轭湖)是由河流截弯取直形成的旧河床湖. 长江故道集中在湖北, 分布在下荆江江段的石首和监利, 形成故道群, 主要如天鹅洲、黑瓦屋、老河、上车湾、老江河等, 水面总面积约 80km². 由于故道汛期一般与河流自由连通, 自然洲滩发育良好, 并且水较深, 故在长江泛滥平原生物多样性保护等方面有重要作用, 如天鹅洲建有两个国家级保护区, 即白暨豚、江豚保护区和麋鹿养护区. 近年来, 长江故道生态健康面临着江湖阻隔和过度利用等因素的威胁. 底栖动物是重要生态类群, 可指示环境的长期变化. 关于天鹅洲及老江河故道的底栖动物研究仅在 20 世纪 90 年代有几篇报道^[6-9]. 为此, 本文首先系统分析天鹅洲和老江河故道的底栖动物群落特征, 然后通过纵向和横向比较探讨关键影响因素, 以为故道保护提供科学依据.

* 国家自然科学基金项目(30270247)和 973 项目(2003CB415206 和 2002CB412309)联合资助. 2008–03–21 收稿; 2008–04–14 收修稿. 潘保柱, 男, 博士研究生; E-mail: zhuzipan@163.com.

** 通讯作者; E-mail: wanghz@ihb.ac.cn.

1 研究方法

天鹅洲(112°33′-37′E, 29°47′-51′N)位于湖北省石首市长江北岸, 1972年自然截弯取直. 1998年修筑沙滩子大堤后, 天鹅洲失去了与长江的季节性连通, 涨落幅度变小, 漫滩萎缩. 主要功能为渔业和自然保护, 建有江豚、白暨豚保护区和麋鹿保护区. 老江河(112°59′-113°04′E, 29°31′-35′N)位于湖北省监利县尺八镇长江北岸, 1901年自然截弯取直, 1958年上下口筑堤建闸. 主要功能为渔业, 建有长江水系四大家鱼老江河原种场. 两个故道的形态参数见表1^[1].

天鹅洲的调查于2003年4月、7月、11月和2004年2月进行, 老江河于2003年4月、7月进行, 样点设置如图1. 底栖动物用1/16m²的彼得生采泥器采集. 泥样经24目/厘米的铜筛筛洗后, 置于白色解剖盘中分捡动物标本, 并用10%的福尔马林固定, 然后进行种类鉴定、计数. 湿重的测定方法是: 先用滤纸吸干水分, 然后在电子天平上称量(其中软体动物为带壳湿重). 底栖动物功能摄食类群划分标准参照有关资料^[2-3]. 水深及透明度的测量工具分别为测深锤、萨氏盘. 取表、中、底三层混合水样分析水体理化性质. pH用雷磁PHS-2F数字pH计测定. 电导率用DDS-307B数字电导率仪. 总氮、总磷、总溶解氮、总溶解磷和浮游植物叶绿素a含量的测定采用标准方法^[4].

表 1 天鹅洲和老江河的形态测量参数*

Tab.1 Morphometric parameters of Tian-e-zhou and Laojianghe

水体形态参数	天鹅洲	老江河
面积(km ²)	13.7	18.4
全长(km)	21.0	22.5
最大宽度(km)	1.20	1.10
平均宽度(km)	0.95	0.82
最大水深(m)	25.0	19.0
平均水深(m)	4.50	6.00
岸线发育系数	1.41	1.48
湖盆发育系数	0.54	0.95

*岸线发育系数 $F=L/2\sqrt{\pi A}$, 式中 L 为岸线长度(km), A 为湖泊面积(km²); 湖盆发育系数 $V_d=3Z/Z_M$, 式中 Z 为水深(m), Z_M 为平均水深.

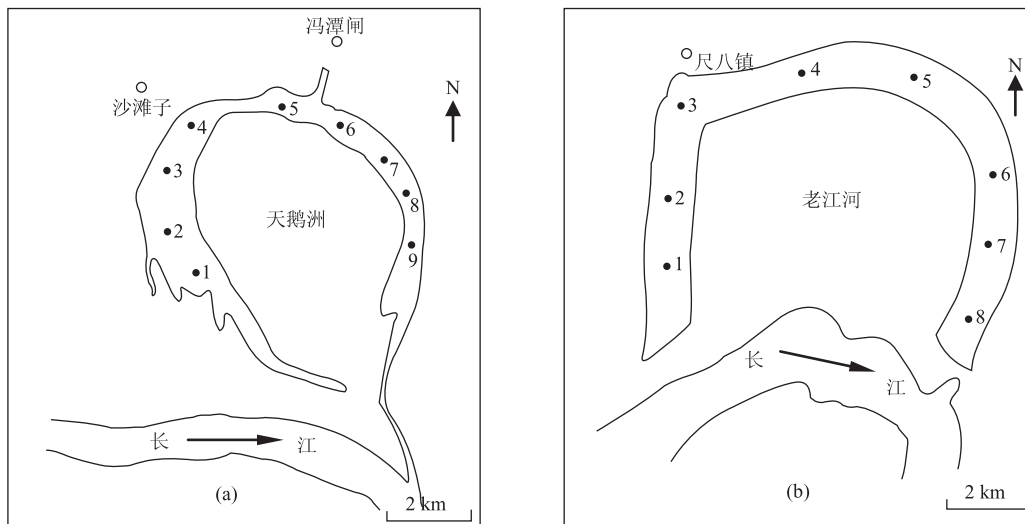


图 1 故道分布及样点设置(a: 天鹅洲故道; b: 老江河故道; • 采样点; ○ 城镇)
 Fig.1 Distribution of the research oxbows and sampling stations (A: Tian-e-zhou Oxbow; B: Laojianghe Oxbow; • Sampling site; ○ Town)

典范对应分析(CCA)软件 CANOCO4.5 用于分析影响动物种类组成及分布的环境因子. 分析所用环境因子除湖水参数外, 还包括底质类型; 按照粒径从小到大的顺序, 将粘土、淤泥和细沙分别赋值为 1、

2、3. 由于部分数据缺失, 典范对应分析未选用 pH 和电导率. 分析前对环境数据及底栖动物密度进行平方根转换的标准化处理.

2 结果

2.1 环境参数

根据OECD的湖泊营养类型划分标准^[5], 天鹅洲水体总氮的平均值处于中营养水平, 老江河处于富营养水平; 天鹅洲水体总磷的平均值处于富营养水平, 老江河处于超富营养水平; 天鹅洲的叶绿素a平均值处于中营养水平, 老江河处于富营养水平(表2). 综合看来, 天鹅洲大致为中营养型, 老江河为富营养型.

表 2 天鹅洲和老江河故道水体环境参数(均值±标准误)

Tab.2 Environmental parameters (mean±SE) of Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow

环境参数	天鹅洲	老江河
水深(m)	7.0±0.6	4.9±0.7
透明度(m)	0.80±0.05	0.59±0.04
pH	8.1	-
电导率(mS/cm)	0.344±0.002	-
总氮(μg/L)	607±70	829±109
总溶解氮(μg/L)	408±34	479±110
总磷(μg/L)	53±7	118±16
总溶解磷(μg/L)	23±5	25±5
叶绿素 a 含量(μg/L)	3.31±0.30	5.40±1.16
底质类型	淤泥、粘土	淤泥

2.2 种类组成

表 3 给出了两个故道底栖动物的种类名录, 计 41 种, 隶属于 13 科 35 属, 其中水栖寡毛类 2 科 7 属 12 种, 水生昆虫 2 科 18 属 18 种, 软体动物 7 科 8 属 9 种, 其它动物 2 科 2 属 2 种. 天鹅洲底栖动物有 29 种, 寡毛类种类最多, 占总数的 37.9%; 老江河底栖动物有 28 种, 昆虫种类最多, 占总数的 50.0%.

表 3 天鹅洲和老江河故道底栖动物名录*

Tab.3 Species list of macrozoobenthos in Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow

种类	天鹅洲	老江河
寡毛纲(Oligochaeta)		
仙女虫科(Naididae)		
椎实毛腹虫(<i>Chaetogaster limnaei</i>)	+	
(1)肥满仙女虫(<i>Nais inflata</i>)	+	+
(2)平叉吻盲虫(<i>Pristina synclites</i>)	+	+
尖头吻盲虫(<i>Pristina acuminata</i>)	+	+
颤蚓科(Tubificidae)		
(3)皮氏管水蚓(<i>Aulodrilus pigueti</i>)		+
(4)多毛管水蚓(<i>Aulodrilus plurisetia</i>)	+	+
(5)克拉泊水丝蚓(<i>Limnodrilus claparedeianus</i>)	+	
(6)霍甫水丝蚓(<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>)	+	
(7)巨毛水丝蚓(<i>Limnodrilus grandisetosus</i>)	+	+

续表

种类	天鹅洲	老江河
(8)水丝蚓一种(<i>Limnodrilus</i> sp.)	+	+
(9)中华河蚓(<i>Rhyacodrilus sinicus</i>)	+	+
(10)苏氏尾鳃蚓(<i>Branchiura sowerbyi</i>)	+	+
软体动物(Mollusca)		
腹足纲(Gastropoda)		
(11)长角涵螺(<i>Alocinma longicornis</i>)	+	+
(12)纹沼螺(<i>Parafossarulus striatulus</i>)		+
大沼螺(<i>Parafossarulus eximius</i>)	+	
(13)环棱螺(<i>Bellamyia</i> sp.)	+	+
方格短沟蜷(<i>Semisulcospira cancellata</i>)	+	
折叠萝卜螺(<i>Radix plicatula</i>)	+	
瓣鳃纲(Lamellibranchia)		
(14)淡水壳菜(<i>Limnoperna lacustris</i>)		+
卵形尖嵴蚌(<i>Acuticosta ovata</i>)	+	
河蚬(<i>Corbicula fluminea</i>)	+	
昆虫(Insecta)		
双翅目(Diptera)		
(15)摇蚊属一种(<i>Chironomus</i> sp.)	+	
(16)枝角摇蚊属一种(<i>Cladopelma</i> sp.)		+
(17)菱跗摇蚊属一种(<i>Clinotanypus</i> sp.)		+
(18)隐摇蚊属一种(<i>Cryptochironomus</i> sp.)	+	+
(19)异腹鳃摇蚊属一种(<i>Einfeldia</i> sp.)		+
(20)内摇蚊属一种(<i>Endochironomus</i> sp.)	+	+
(21)劳氏摇蚊属一种(<i>Lauterborniella</i> sp.)	+	
(22)小摇蚊属一种(<i>Microchironomus</i> sp.)		+
(23)小突摇蚊属一种(<i>Micropsectra</i> sp.)		+
(24)拟摇蚊属一种(<i>Parachironomus</i> sp.)		+
(25)摇蚊科一属一种(<i>Paracladius</i> sp.)		+
(26)拟开氏摇蚊属一种(<i>Parakiefferiella</i> sp.)	+	
(27)摇蚊科一属一种(<i>Paratendipes</i> sp.)	+	
(28)多足摇蚊属一种(<i>Polypedilum</i> sp.)		+
(29)前突摇蚊属一种(<i>Procladius</i> sp.)	+	+
(30)粗腹摇蚊属一种(<i>Tanypus</i> sp.)		+
(31)异摇蚊属一种(<i>Xenochironomus</i> sp.)	+	+
(32)螿科一种(<i>Ceratopogonidae</i>)	+	+
其它		
(33)线虫纲一种(Nematoda)	+	+
蛭纲泽蛭属一种(<i>Helobdella</i> sp.)	+	
合计	29	28

*表中的编号为图3种类代码。

2.3 密度和生物量

本次调查天鹅洲底栖动物密度、生物量分别为 1368ind./m²、8.4g/m²，密度上昆虫占优势，为总量的 88.0%，生物量上软体动物占优势，为总量的 57.1%。老江河底栖动物密度、生物量分别为 333ind./m²、51.2g/m²，密度上寡毛类占优势，为总量的 42.3%，生物量上软体动物占优势，为总量的 98.3%(表 4)。

两个故道优势种的现存量及所占比例(表 5)表明，天鹅洲共计 2 个优势种，老江河共计 7 个优势种，两故道共同优势种为环棱螺，其它密度优势种和生物量优势种存在较大差异。

表 4 天鹅洲和老江河故道底栖动物种数、密度(ind./m²)和生物量(g/m²)及其与历史资料的比较

Tab.4 Species number, density and wet biomass of macrozoobenthos in Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow, in comparison with historical data

	天鹅洲(2003-2004:1987-1988)			老江河(2003:1991-1994)		
	种数	密度	生物量	种数	密度	生物量
寡毛类	11:9	152:770	0.4:5.1	9:8	141:56	0.6:0.2
软体动物	7:13	3:50	4.8:32.0	4:12	57:215	50.4:98.7
昆虫	9:5	1203:262	3.2:2.2	14:10	107:62	0.2:0.2
总计	29:27	1368:1082	8.4:39.3	28:30	333:333	51.2:99.1

表 5 天鹅洲和老江河故道底栖动物优势种的密度(ind./m²)、生物量(g/m²)和百分率(%)*

Tab.5 Density, wet biomass and percentage of predominant taxa in Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow

种类	天鹅洲				老江河			
	密度	百分率	生物量	百分率	密度	百分率	生物量	百分率
寡毛纲								
苏氏尾鳃蚓	23	1.7	0.1	1.7	45	13.5	0.6	1.2
多毛管水蚓	33	2.4	0.01	0.1	61	18.3	0.01	0.03
中华河蚓					23	7.0	0.01	0.01
小计	56	4.1	0.1	1.8	129	38.8	0.6	1.2
腹足纲								
环棱螺	2	0.1	4.8	57.1	14	4.2	40.8	79.6
长角涵螺					39	11.7	8.5	16.5
小计	2	0.1	4.8	57.1	53	15.9	49.3	96.1
摇蚊科								
小摇蚊					18	5.4	0.01	0.02
内摇蚊	1182	86.5	3.1	37.1	3	0.9	0.06	0.1
异摇蚊	0.4	0.0	0.0	0.0	21	6.3	0.1	0.3
小计	1182	86.5	3.1	37.1	42	12.6	0.2	0.4
合计	1240	90.7	8.0	96.0	224	67.3	50.1	97.7

*优势种以相对密度或相对生物量 $\geq 5\%$ 作为标准。

2.4 功能摄食类群

图 2 给出了两个故道底栖动物各功能摄食类群的现存量。天鹅洲底栖动物群落中直接收集者种数最多，占总种数的 41.4%；直接收集者个体数最多，达 729ind./m²，占总量的 53.3%；刮食者生物量最大，达 4.9g/m²，占总量的 58.8%。

老江河底栖动物群落中直接收集者种数最多，占总种数的 50.0%；直接收集者个体数最多，达

179ind./m², 占总量的 54.4%; 刮食者生物量最大, 达 50.3g/m², 占总量的 98.2%.

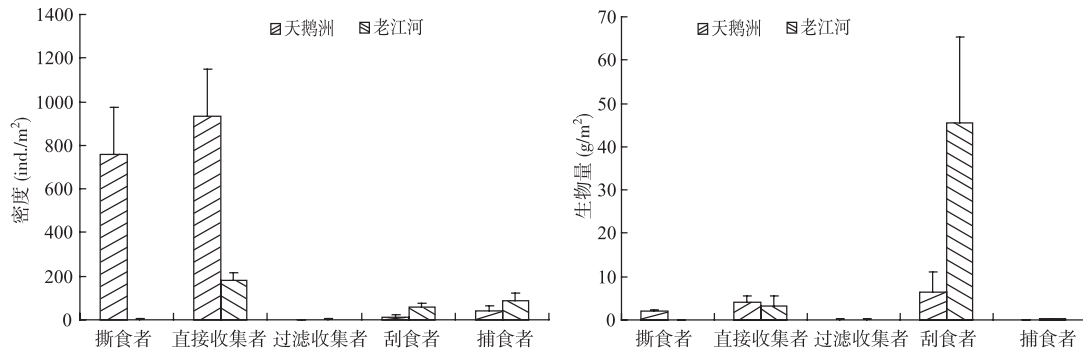


图2 天鹅洲和老江河故道底栖动物功能摄食类群的密度和生物量

Fig.2 Density and wet biomass of macrozoobenthic functional feeding groups in Tian-e-zhou Oxbow and Laojianghe Oxbow

2.5 环境分析

典范对应分析的前选和 Monte Carlo 转置法分析表明对底栖动物种类组成及分布有重要作用的环境因素有底质类型、叶绿素 a 含量、透明度. 图 3 给出了底栖动物种类—环境变量之间的二维排序图. 第一、二轴特征值分别为 0.506 和 0.175, 共解释了底栖动物数据 32.4%的方差值. 叶绿素 a 含量及透明度主要贡献于第一轴, 底质类型主要贡献于第二轴, 前两轴中属种与环境关系的方差累积百分比为 82.5%.

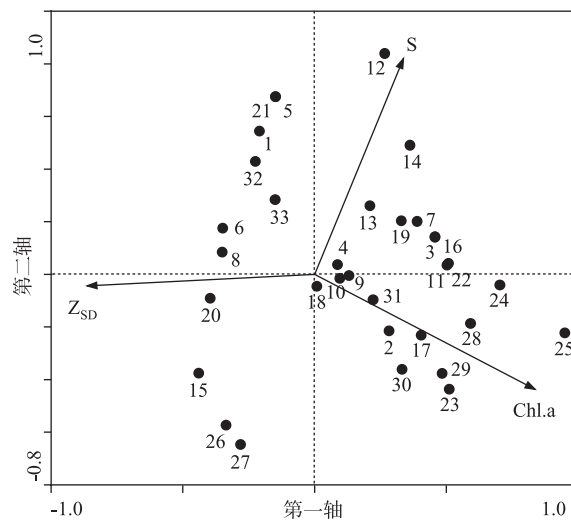


图3 种类—环境变量 CCA 二维排序图 (S: 底质类型; Chl.a: 叶绿素 a 含量; Z_{SD}: 透明度)

Fig. 3 CCA biplot of species-environment for 21 macrozoobenthic species and 3 environmental variables (S: substrate rating; Chl.a: phytoplankton chlorophyll-a concentration; Z_{SD}: transparency)

3 讨论

在类群组成上, 故道以螺类和水生昆虫为主(表 4), 与阻隔湖泊(不含城郊污染湖泊)类似. 但就物种而言, 故道还是有自己的特点, 即有较多的流水性和冷水性种类. 流水性种类如肥满仙女虫、平叉仙女虫、中华河蚬、异摇蚊及刘绍平等记载的水虻(*Stratiomys*)^[6], 冷水性种类如克拉泊水丝蚓、巨毛水丝蚓及刘绍平等记载的夹杂带丝蚓(*Lumbriculus variegates*)^[6]. 故道与干流有一定的水交换, 且水较深, 水温较低, 其种

类组成与这种特征有关. 此外, 天鹅洲内摇蚊异常丰富(表 5), 1987-1988 年调查时密度也达 236ind./m²^①, 其原因尚不清楚, 有待分析.

与 20 世纪 90 年代的资料^[6-9]相比, 两个故道底栖动物群落发生了明显变化, 生物量下降 48.3%-78.6%, 软体动物锐减(表 4). 原因有两个, 一是过度渔业, 二是江湖阻隔. 2003 年天鹅洲、老江河草食性鱼类(包括草鱼和鳊鱼)单产分别为 19.5、18.0kg/hm², 底食性鱼类(包括青鱼和鲤鱼)单产分别为 5.3、11.3kg/hm², 且天鹅洲养河蟹, 单产 18.0kg/hm². 根据调查资料和相关方法^[10-11], 天鹅洲、老江河草食性和底食性鱼类的总渔产潜力分别为 10.5、24.0kg/hm². 显然, 实际产量已超过渔产潜力. 由于鱼类或河蟹对底栖动物的直接摄食以及它们破坏沉水植物而产生的间接作用^[12-13], 故道的底栖动物资源衰退. 至于江湖阻隔的效应, 可从天鹅洲的变化略见一斑. 1987-1988 年天鹅洲河蚬密度为 4ind./m², 生物量为 5.5g/m²^①, 而本次调查时仅有 0.1ind./m²、2g/m². 河蚬多分布于硬底流水环境, 1998 年筑坝建闸后, 江湖阻隔, 湖水静滞, 沉积作用增强, 底质逐渐转变为以淤泥为主, 可能是河蚬种群锐减的直接原因. 如阻隔不久的天鹅洲有软硬两种底质, 而阻隔较早的老江河仅有淤泥一种(表 2). 由于底质类型是影响底栖动物的重要因子(图 3), 阻隔后故道底栖动物组成逐渐发生变化.

江湖阻隔的实质是妨碍了水文自由连通. 水文连通(hydrological connectivity)系水文循环分部间或分部内以水为载体的物质、能量和生物传输^[14], 对维持泛滥平原生物多样性和生态健康至关重要^[15]. 为了进一步分析江湖阻隔对底栖动物的影响, 我们将长江泛滥平原水体按照水文连通度高低分为干流、通江湖泊、故道和阻隔湖泊(不含城郊污染湖泊), 比较了它们的底栖动物种数和软体动物现存量. 结果发现通江湖泊底栖动物种类最多(图 4), 软体动物尤其是双壳类的现存量明显高于其它类型水体(图 4). 这说明中等程度水文连通的水体底栖动物最为丰富, 国外有关泛滥平原底栖动物的研究也有类似的结论^[16-19]. 江湖阻隔对底栖动物的影响主要有两条途径, 一是阻隔导致水文地貌作用减弱, 使理化环境的时空异质性显著下降,

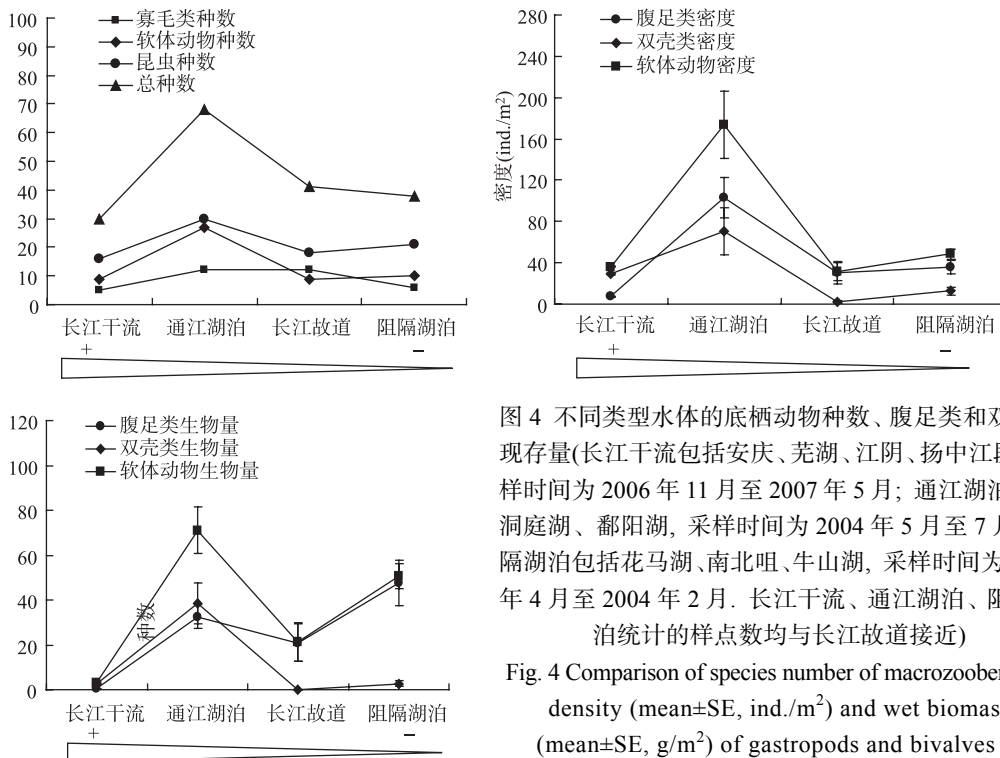


图 4 不同类型水体的底栖动物种数、腹足类和双壳类现存量(长江干流包括安庆、芜湖、江阴、扬中江段, 采样时间为 2006 年 11 月至 2007 年 5 月; 通江湖泊包括洞庭湖、鄱阳湖, 采样时间为 2004 年 5 月至 7 月; 阻隔湖泊包括花马湖、南北咀、牛山湖, 采样时间为 2002 年 4 月至 2004 年 2 月. 长江干流、通江湖泊、阻隔湖泊统计的样点数均与长江故道接近)

Fig. 4 Comparison of species number of macrozoobenthos, density (mean±SE, ind./m²) and wet biomass (mean±SE, g/m²) of gastropods and bivalves in different waters

① 吴天惠等. 1987-1988 年天鹅洲故道底栖动物调查数据.

二是阻隔导致植被类型简单化, 从而降低了生物环境的异质性^[20,21]。

综上所述, 长江故道是一类特殊水体, 其底栖动物群落兼具河流和湖泊特性。与其他生物一样, 故道底栖动物资源正受到过度利用和江湖阻隔的严重影响。为了发挥故道群在维持长江泛滥平原生物多样性方面的重要作用, 我们提出两点建议: 第一, 合理放养。由于沉水植物几乎消失, 且故道水较深, 不利于植物生长, 建议不放或少放草鱼和河蟹, 应以滤食性鱼类为主, 适当搭配底食性和食鱼性鱼类。第二, 尽可能恢复通江。条件允许时, 汛期应打开闸门使水位逐渐上升至最高并维持一段时间, 枯水期则应让水面降低至较低水位。如此, 故道的生境异质性会明显提高, 从而维持较高的物种多样性。

致谢: 对茹辉军协助野外采样, 吴世凯提供水化数据表示感谢!

4 参考文献

- [1] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998: 580.
- [2] 梁彦龄, 王洪铸. 底栖动物(第十章). 见: 刘建康主编. 高级水生生物学. 北京: 科学出版社, 1999: 241-259.
- [3] Morse JC, Yang LF, Tian LX. Aquatic insects of China useful for monitoring water quality. Nanjing: Hohai University Press, 1994: 570.
- [4] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析. 北京: 中国标准出版社, 1999: 247.
- [5] OECD. Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Paris: OECD, 1982: 154.
- [6] 刘绍平, 陈大庆, 黄木桂等. 老江河底栖动物变化动态及渔业利用. 湖北农学院学报, 1999, **19**(1): 31-34.
- [7] 张先锋, 魏卓, 王小强等. 建立长江天鹅洲白暨豚保护区的可行性研究. 水生生物学报, 1995, **19**(2): 110-123.
- [8] 李学军, 李思发, 杨和荃. 长江天鹅洲故道和老河故道水生生物多样性的比较研究. 生物多样性, 1996, **4**(4): 211-216.
- [9] 高立方, 易慕容, 罗远忠等. 长江天鹅洲白暨豚国家级自然保护区浮游生物与底栖生物的调查研究. 华中师范大学学报(自然科学版专辑), 1998: 36-44.
- [10] 梁彦龄, 刘伙泉. 草型湖泊资源, 环境与渔业生态学管理(一). 北京: 科学出版社, 1995: 335.
- [11] Wang HZ, Wang HJ, Liang XM *et al.* Stocking models of Chinese mitten crab (*Eriocheir japonica sinensis*) in Yangtze lakes. *Aquaculture*, 2006, **255**: 456-465.
- [12] 钟金香, 林小涛, 许忠能等. 放养鱼类对淡水生态环境的下行影响. 暨南大学学报(自然科学版), 2001, **22**(5): 131-136.
- [13] 许巧倩, 王洪铸, 张世萍. 河蟹过度放养对湖泊底栖动物群落的影响. 水生生物学报, 2003, **27**(1): 41-46.
- [14] Pringle CM. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecol Appl*, 2001, **11**(4): 981-998.
- [15] Amoros C, Bornette G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwat Biol*, 2002, **47**: 761-776.
- [16] Obrdlik P, Fuchs U. Surface water connection and the macrozoobenthos of two types of floodplains on the Upper Rhine. *Regul Rivers Res Manag*, 1991, **6**: 279-288.
- [17] Tockner K, Schiemer F, Baumgartner C *et al.* The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. *Regul Rivers Res Manag*, 1999, **15**: 245-258.
- [18] Van den Brink FWB, Van Der Velde G. Macrozoobenthos of floodplain waters of the Rivers Rhine and Meuse in the Netherlands: a structural and functional analysis in relation to hydrology. *Regul Rivers Res Manag*, 1991, **6**: 265-277.
- [19] Obrdlik P, Garcia-Lozano L. Spatio-temporal distribution of macrozoobenthos abundance in the Upper Rhine alluvial floodplain. *Arch Hydrobiol*, 1992, **124**: 205-224.
- [20] Van den Brink FWB, Van der Velde G, Buijse AD *et al.* Biodiversity in the lower Rhine and Meuse River-floodplains: its significance for ecological river management. *Neth J Aquat Ecol*, 1996, **30**(2-3): 129-149.
- [21] Tockner K, Schiemer F, Ward JV. Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*, 1998, **8**: 71-86.