

长江天鹅洲故道和老河故道水生生物多样性的比较研究*

李学军¹⁾ 李思发 杨和荃

(上海水产大学, 上海 200090)

摘要 本文报道了长江中游开敞式天鹅洲故道和封闭式老河故道浮游植物、浮游动物、底栖动物及水生维管束植物四大类水生生物多样性的异同和变化。浮游植物、浮游动物和水生维管束植物的多样性都是老河故道高于天鹅洲故道,底栖动物的多样性则是天鹅洲故道高于老河故道。预期随着天鹅洲故道由开敞式向封闭式的演变,其水生生物的多样性也将不断增大。

关键词 长江,天鹅洲故道,老河故道,水生生物,多样性

A comparative study on the diversity of aquatic organisms in Tiane Zhou Oxbow and Laohe Oxbow of Yangtze River/Li Xuejun, Li Sifa, Yang Heqian // CHINESE BIODIVERSITY. —1996,4(4) :211~216

This paper reports the diversity of phytoplankton, zooplankton, zoobenthon and aquatic macrophytes in Tiane Zhou Oxbow and Laohe Oxbow located at the middle reaches of Yangtze River. The diversity of phytoplankton, zooplankton and aquatic macrophytes in Laohe Oxbow is higher than that in Tiane Zhou Oxbow, the diversity of zoobenthon in Laohe Oxbow is lower than that in Tiane Zhou Oxbow. Along with change from opening to closing of oxbow, the diversity of aquatic organisms in Tiane Zhou Oxbow will be on the increase.

Author's address Shanghai Fisheries University, 100090

Key words diversity, aquatic organisms, Yangtze River, Tiane Zhou Oxbow, Laohe Oxbow

故道系河道的弯曲部分由于泥沙的淤积和江水的冲刷自然形成,或因航运、防汛需要人工截弯取直而形成的。天鹅洲故道和老河故道位于湖北省长江荆沙江段的石首市境内。天鹅洲故道形成于1972年,平时有一小河道与长江相连,汛期与长江大面积相通,为开敞式水体。老河故道自然形成于1958年,已与长江隔绝,系封闭式水体(图1)。

鲢、鳙、草鱼及青鱼(以下简称“四大家鱼”)是我国淡水养殖的主要对象,长江是“四大家鱼”原种的主要产地。在老河故道已建有“四大家鱼”原种场,在天鹅洲故道,国家拟建立“四大家鱼”种质资源天然生态库。为配合鱼类种质资源保护工作的开展,还考虑到未来三峡高坝对长江鱼类种质资源及保护的影响,我们对这两个故道水生生物多样性进行了调查分析,现将结果报道如下。

1 材料和方法

1.1 样品的采集和测定

1.1.1 样品的采集 采集浮游生物(包括浮游植物和浮游动物)和底栖动物时,两个故道各设三个

* 收稿日期:1995-02-27;接受日期:1995-11-27

* 加拿大国际发展研究中心(IDRC)合作项目“长江鱼类多样性”成果之一。吕国庆、越金良、凌去非参加部分样本采集。谨此致谢

1) 现在河南师范大学生物系工作

断面,每个断面上均匀设置三个采样点(图1);采集水生维管束植物时,天鹅洲故道设9个断面,老河故道设7个断面,每个断面上均匀设5个采样点(图1)。从1993年的4、6、8、10、12月至1994年的2月,共进行了6次常规采样调查。其中浮游生物定性标本用25#浮游生物网捞取,定量标本用5升水生81型有机玻璃采水器分上、中、下三层取水,然后取其混合水样1升做为小型浮游生物(包括浮游植物、原生动物、轮虫及无节幼体)的定量标本,用1.5%鲁哥氏液固定,另取其10升混合水样,25#浮游生物网过滤,4%福尔马林液固定,做为浮游甲壳类(枝角类和桡足类)的定量标本;底栖动物用1/20 m²改良彼德生泥器采集,40目筛绢筛取,然后用5%福尔马林液固定;水生维管束植物用1/6 m²的水草定量夹采集。

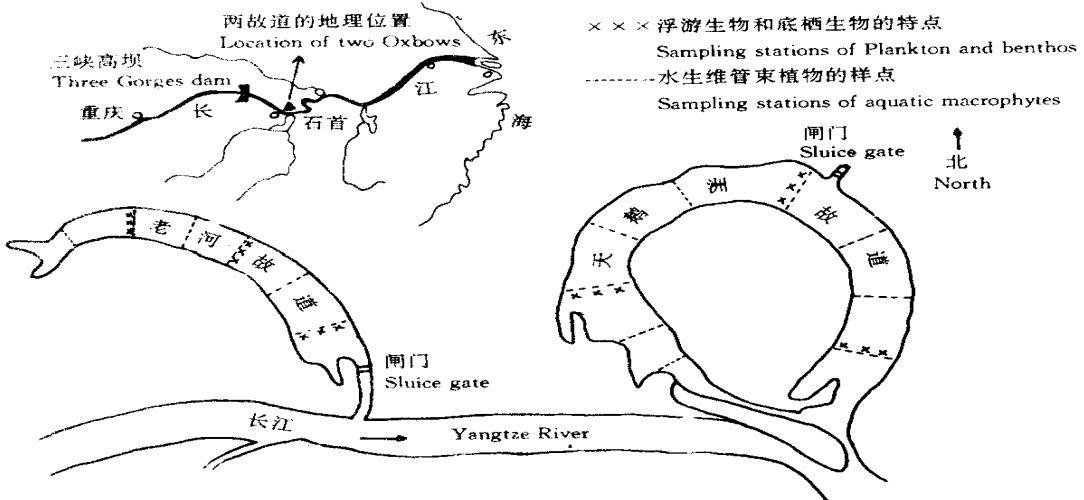


图1 天鹅洲故道和老河故道的地理位置及采样点分布图

Fig. 1 Map showing the location and sampling stations about Tiane Zhou Oxbow and Laohe Oxbow

1.1.2 样品的测定 用目视或光学显微镜鉴定样品到种。小型浮游生物的水样经沉淀、浓缩、定容到30 ml。浮游植物吸取0.1 ml,在400倍显微镜下计数100个视野里的浮游生物细胞数;原生动物、轮虫和无节幼体吸取0.1 ml,在100倍显微镜下计数全片个体数浮游甲壳类水样浓缩到5 ml在40倍下全部计数。将上述计数结果换算成每升个体数(或细胞数),再按体积法^[1]计算各类生物体(或细胞)的平均湿重,然后乘以个体数量,求得各类浮游生物的生物量。

底栖动物是用1/100的电子天平分类称其湿重;水生维管束植物是用杆秤称湿重,然后除以采集工具所采集的面积,得出各类底栖动物和水生维管束植物的生物量。

最后计算各类群的生物量频度(F),其公式为: $F = b_i / B \times 100\%$ 。式中 b_i 为某类群中第 i 类的生物量; B 为该大类群总的生物量。

1.2 生物多样性的分析方法

探讨生物多样性的学说^[2,3]和模式^[2,4,5]很多,用途各异^[5],但尚未有一个得到公认的理想模式,而且对用个体数还是用生物量计算多样性哪个更适合还有争议,不过目前大多数研究者倾向使用生物量^[6,7]。因此,本文也着重用生物量计算的多样性指数对两个故道的水生生物多样性进行比较。另外,还使用均度和单纯度两个指标从不同的侧面对两故道水生生物的群落结构多样性进行探讨。

(1) 多样性 (H): 也叫 Shannon-Weaver 指数, 是种类数和种类中个体分配上均匀性的综合指标。其公式^[5,7,9]为: $H = - \sum (n_i / N) \times \ln(n_i / N)$

(2) 均度 (J): 反映种间个体分布的均匀性。其公式^[10]为: $J = H / H_{\max} = H / \ln S$

(3) 单纯度 (P): 反映种类数和优势种量占总量的比例。其公式^[10]为: $P = \sum n_i^2 / N^2$

以上各公式中: n_i 为样品第 i 种生物的生物量; S 为样品中的种类数; N : 为样品的总生物量; H_{\max} 为最大多样性。

表 1 天鹅洲故道、老河故道水生生物的种数和生物量频度

Table 1 The species numbers and biomass frequency of aquatic organisms in Tiane Zhou Oxbow and Loahé Oxbow

群落 Community	天鹅洲故道 Tiane Zhou Oxbow		老河故道 Laohe Oxbow		
	种数 Species numbers	生物量频度 (%) Biomass frequency	种数 Species numbers	生物量频度 (%) Biomass frequency	
浮游植物 Phytoplankton	蓝藻 Cyanophyta	26	5.20	32	17.00
	硅藻 Bacillariophyta	49	70.00	58	26.00
	绿藻 Chlorophyta	62	3.80	58	32.00
	隐藻 Cryptophyta	2	5.20	2	12.00
	裸藻 Euglenophyta	7	0.93	7	2.50
	甲藻 Pyrrophyta	3	7.00	3	8.60
	金藻 Chryaophyta	4	8.30	5	0.60
	黄藻 Xanthophyta	2	0.04	1	1.30
浮游生物 Zooplankton	原生动物 Protozoa	38	18.70	34	11.40
	轮虫 Rotatoria	43	10.60	36	11.80
	无节幼体 Nauplii	1	6.40	1	10.00
	枝角类 Cladocera	21	27.00	18	29.00
	桡足类 Copepoda	9	38.00	10	37.50
底栖动物 Zobenthon	环节动物 Annelida	5	2.60	6	0.47
	摇蚊幼虫 Tendipedidae	11	5.20	23	0.91
	水生昆虫 Aquatic insects	1	0.62	3	1.70
	腹足类 Gastropoda	6	40.70	3	79.00
	瓣鳃类 Lamellibranchia	5	50.50	6	18.00
水生维管 束植物 Aquatic macrophytes	挺水植物 Emergent plant	1	0.00	5	0.24
	浮叶植物 Floating plant	0	0.00	2	57.60
	漂浮植物 Pleuston	0	0.00	1	0.00
	沉水植物 Submerged plant	8	100.00	7	42.00

2 结果

2.1 两故道水文环境概况

天鹅洲故道为开敞式水体, 水文环境变化剧烈, 周围污染少, 水质较清洁, 底质多为黄泥, 全年透明度 60 ~ 210 cm, 总氮 0.521 mg/l, 总磷 0.017 mg/l, 化学耗氧量 1.420 mg/l, 浮游植物优势种类为硅藻, 幽蚊幼虫极少出现, 属中营型水体; 而老河故道为封闭式水体, 水流滞缓, 旁边有“四大家鱼”原种场等的生产区和生活区, 水质肥沃, 底质多为腐殖质, 全年透明度 40 ~ 100 cm, 总氮 0.603 mg/l, 总磷 0.020 mg/l, 化学耗氧量 2.41 mg/l, 浮游植物优势种依次为绿藻, 硅藻和蓝藻, 幽蚊幼虫数量较多, 属中-富营养型水体。

2.2 两故道水生生物群落结构的基本特征

两故道水生生物群落结构基本特征的相关数值列于表 1。由于水文环境的差异, 两故道四大

类水生生物的群落结构也有各自不同的特征。

2.2.1 浮游植物 天鹅洲故道有155种,以硅藻的生物量最大,占总生物量的70%;而老河故道有116种,绿藻生物量略占优势,其它几类如蓝藻、硅藻、隐藻和甲藻等所占的比例也不少。

2.2.2 浮游动物 天鹅洲故道有111种,老河故道有98种,各类浮游动物生物量的分布都较均匀,且在两故道间差别不大,都是以桡足类略占优势,其次是枝角类,轮虫和原生动物都较少。

2.2.3 底栖动物 天鹅洲故道的种类较少。仅有29种,瓣鳃类的生物量略占优势,其次是腹足类,摇蚊幼虫和环节类等;老河故道的种类达到42种,其中腹足类占绝对优势,接近总生物量的80%,出现这种现象的原因是,故道中孳生有大面积的菱角(*Trapa natans*),每年冬季,其死亡的残枝落叶都沉积于水底,造成故道底部积有一层厚厚的腐殖质,这对喜水草和腐殖质的腹足类的生存非常有利,而其它底栖动物则难以发展其种群数量,象瓣鳃类的生物量,尚不足总生物量的20%,另外几类底栖动物就更少了。

2.2.4 水生维管束植物 天鹅洲故道的群落结构较简单,只有9种,且几乎全部为不抗急流的沉水植物;老河故道虽然从6~10月份都是菱角占绝对优势,旺盛期时其覆盖率可超过50%,但由于水流滞缓,除浮叶植物和沉水植物外,其中还生长了一些挺水植物及漂浮植物,群落结构较复杂,种类达15种。

2.3 两故道水生生物群的多样性

两故道各类水生生物多样性指数的数值列于表2,多样性指数及种数和生物量的周年变化示于图2A~D。

表2 天鹅洲故道、老河故道水生生物量多样性指数的数值

Table 2 The diversity indices based on biomass of aquatic organisms in Tiane Zhou Oxbow and Laohe Oxbow

群落 Community	天鹅洲故道 Tiane Zhou Oxbow			老河故道 Laohe Oxbow		
	多样性 Diversity	均度 Evenness	单纯度 Purity	多样性 Diversity	均度 Evenness	单纯度 Purity
浮游植物 Phytoplankton	1.47	0.42	0.46	1.99	0.57	0.19
浮游动物 Zooplankton	1.74	0.55	0.25	1.87	0.55	0.24
底栖动物 Zoobenthos	1.43	0.52	0.35	0.65	0.24	0.71
水生维管束植物 Aquatic macrophytes	0.70	0.46	0.64	1.10	0.57	0.48

2.3.1 浮游植物多样性 天鹅洲故道浮游植物的多样性低于老河故道(表2,图2A)。究其原因,天鹅洲故道全年都是以小环藻(*Cyclotella*)的生物量占优势,群落结构简单,种间个体分布极不均匀,单纯度较高;而老河故道不仅种类多,个体分布也较均匀,单纯度较低。两故道浮游植物多样性在一年中的最大值都出现在汛期8月份(图2A),因为此时浮游植物种类最多,群落结构最复杂,单纯度最小;多样性的最小值都出现在均度最低的月份,只是天鹅洲故道是12月份,此时小环藻数量异常大,群落结构极为简单;老河故道是4月份,此时个体较大的丝状体绿藻大量出现,导致生物量均度极差。

2.3.2 浮游动物多样性 两故道浮游动物的多样性差异极小(表2,图2B),老河故道略大于天鹅洲故道。两故道浮游动物多样性的周年变化都比较平缓,也都是8月份最大,2月份最小。

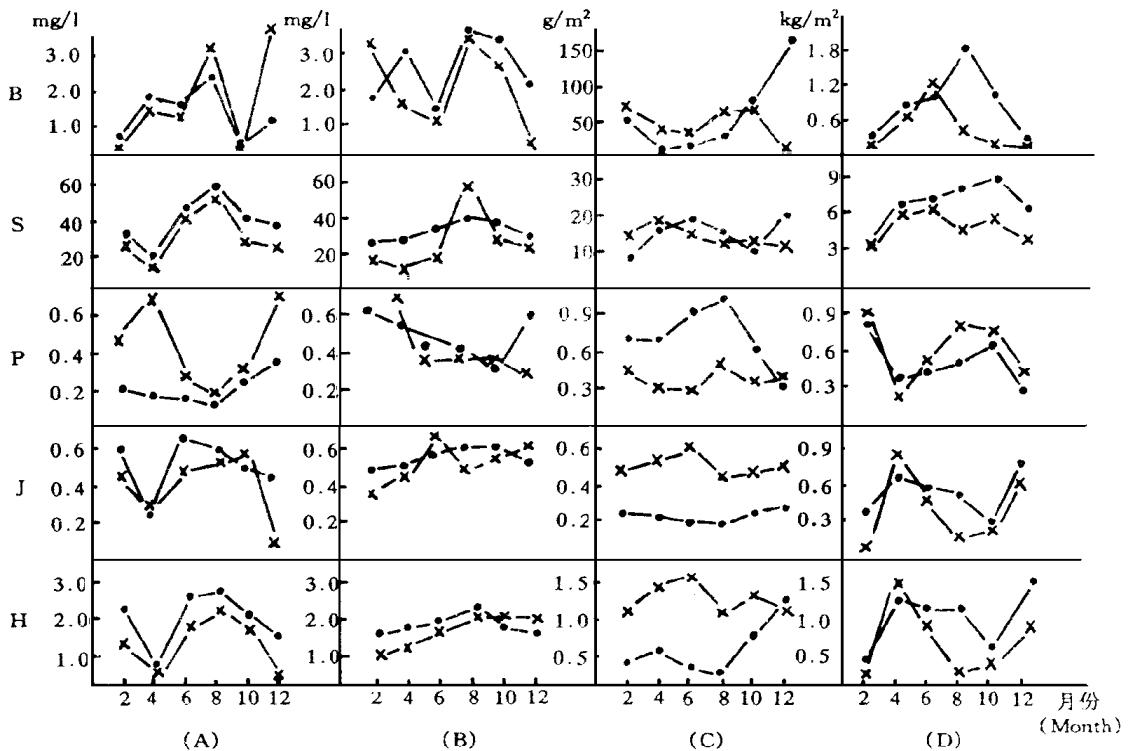


图 2 天鹅洲故道、老河故道多样性指数的周年变化曲线

Fig. 2 Diversity indices changing curve in a year in Tiane Zhou Oxbow and Laohe Oxbow

(A) 浮游植物, (B) 浮游动物, (C) 底栖动物, (D) 水生维管束植物, - x - x - 天鹅洲故道, - - - - 老河故道
(A) Phytoplankton, (B) Zooplankton, (C) Zoobenthon, (D) Aquatic macrophytes, - x - x - Tiane Zhou Oxbow, - - - - Laohe Oxbow

2.3.3 底栖动物多样性 天鹅洲故道底栖动物的多样性高于老河故道(表 2,图 2C),其原因是老河故道腹足类的生物量极大,使得群落结构变得单纯,多样性下降。与浮游植物和浮游动物相反,两故道底栖动物的多样性,都是最小值出现在 8 月份汛期,这可能是由于种类组成上占绝对优势的摇蚊幼虫此时大量羽化;此外汛期水深大大增加,也影响了一些种类的生存,使种类数大减,降低了多样性。多样性最大值在天鹅洲故道出现于 6 月份,在老河故道出现在 12 月份。

2.3.4 水生维管束植物多样性 老河故道水生维管束植物的多样性高于天鹅洲故道(表 2,图 2D),因为老河故道的区系远较天鹅洲故道复杂的多。在多样性的变化曲线上(图 2D),天鹅洲故道是在水生维管束植物开始萌发的 4 月份出现最大的多样性,而老河故道是在 12 月份,因为此时占绝对优势的菱角已经老死,被其压制的其它种类得以重新发展,使老河故道在这时候出现了最大的多样性;两故道水生维管束植物多样性的最小值都出现在物种极为贫乏的冬季 2 月份。另外,天鹅洲故道受汛期洪水的影响,水位升高,水质变混,8 月份水生维管束植物也极为单纯,生物量和多样性都较小,而单纯度则较大。

3 讨论

从多样性指数的周年变化(图 2,表 2)可以看出多样性与均度的变化趋势呈正相关;多样性与单纯度的变化趋势呈负相关,这三种多样性指标反映的结果基本上一致,都能较好地表达水生生物

的多样性。

两故道间浮游植物的群落结构差异最为明显,其次是水生维管束植物,再其次是底栖动物,浮游动物的差异最小。这说明营初级生产的水生植物对水体水文条件的变化反应较敏感,营次级生产的水生动物则反应相对较迟钝。当故道由开敞式向封闭式演变,水体性质发生变化时,水生植物尤其是浮游植物的群落结构最先发生变化,然后才是水生动物。

关于两故道水生生物多样性的发展趋势。天鹅洲故道的演变趋势是从开敞式过渡到封闭式,因此,通过对两个故道水生生物多样性的比较研究,可以预测两故道尤其是天鹅洲故道各类水生生物多样性的发展趋势。

浮游植物、水生维管束植物和浮游动物——这三者的多样性都是老河故道大于天鹅洲故道,因此可以预见,在天鹅洲故道中,它们的多样性将随封闭性的加强而增大;而在老河故道中,因为浮游植物已是喜富营养的蓝绿藻占优势;水生维管束植物也是喜富营养的浮叶植物占统治地位,因此,它们的多样性可能将会下降;对于浮游动物来说,目前老河故道以桡足类的生物量占优势,随着富营养程度的提高,其多样性可能会有所减少。

底栖动物——虽然天鹅洲故道的多样性已经大于老河故道,但其仍有增大的条件和趋势。目前,汛期水位的波动、泥沙含量的增加等因素都限制了一些物种的生存。可以预见,随着天鹅洲故道封闭性的加强,一些限制物种生存的因素的消弱,天鹅洲故道底栖动物的多样性还会继续增大;老河故道底栖动物多样性之所以出现偏低这种特殊情况,其根本原因是底部存在过多的腐殖质,限制了许多物种的生存,降低了多样性。随着老河故道向富营养化的演变,底栖动物的多样性可能还会进一步下降。

关于天鹅洲故道做为“四大家鱼”种质资源天然生态库的前途。从两故道水生生物多样性的发展趋势看,老河故道基本上已属于成熟和稳定的水体,其多样性进一步增大的可能性极小(浮游动物例外);而天鹅洲故道仍属于较新的环境,其物种数目和多样性都处于增加的趋势。进一步增长的物种资源,再加上优良的生态环境,对保存“四大家鱼”种质资源天然生态库还是比较理想的。但是上游三峡高坝建成后,坝下干流江段在汛期水位将会显著下降;那时,天鹅洲故道通江的次数和强度也将会随之降低,甚至可能会逐渐与长江隔绝;再加上人为的围垦和破坏,天鹅洲故道的淤积速度和富营养化进程可能加快;如果出现这种局面,将会危及天鹅洲故道做为“四大家鱼”种质资源天然生态库的地位。

参 考 文 献

- 1 张觉民,何志辉主编. 内陆水域渔业自然资源调查手册. 农业出版社,1991,12~240
- 2 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京师范大学出版社,1978,405~423
- 3 黄建辉. 生物多样性的空间格局及其形成机制初探. 生物多样性,1994,2(2):103~107
- 4 陈宽智. 介绍四种多样性指数及均匀度测量. 环境科学,1979,2:64~70
- 5 大森信著,陈青松等译. 海洋浮游动物生态学的研究方法. 农业出版社,1987,293~322
- 6 李冠国. 多样性指数的应用. 海洋科学,1981,2:4~8
- 7 Austin A, W P Lucey. Periphyton communities in a pristine mountain stream above and below heavy metal mining operations. *Freshwater Biology*, (1986, 16:209~218
- 8 赵增春等. 北黄海五号倾废区浮游植物生态初探. 海洋环境科学,1991,10(4):7~13
- 9 Schumaker R J, W H Funk, B C Moure. Zooplankton responses to Aluminum sulfate treatment of Newman Lake, Washington. *Journal of Freshwater Ecology*, 1993, 8:375~387