

湘江中游江段软体动物的种类组成及其多样性

刘 俊^{1,2}, 胡自强^{1,*}

(1. 湖南师范大学生命科学学院, 长沙 410081; 2. 南华大学生命科学与技术学院, 衡阳 421001)

摘要 :系统地调查了湘江中游江段软体动物的种类组成、分布、种群数量,借助多样性分析软件对 14 个生境的软体动物的物种丰富度指数 (D_{MA})、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、均匀度指数 (J_{sw})进行了计算,用 Sørensen 相似性系数 C 对不同生境软体动物群落进行了系统聚类分析。研究结果表明,湘江中游计有软体动物 53 种,分别隶属于 9 科 20 属,其中腹足纲 6 科 12 属 31 种,主要是田螺科的种类,双壳纲 3 科 8 属 22 种,主要是蚌科的种类。湘江中游共有 10 个优势种、22 个常见种、21 个罕见种,14 个生境的物种丰富度指数 D_{MA} 的取值范围在 6.4319 ~ 2.3183 之间,Shannon-Wiener 多样性指数 H' 的范围在 3.3859 ~ 2.1834 之间,均匀度指数 J_{sw} 在 0.94808 ~ 0.82067 之间。根据不同生境物种的相似性系数 C 进行系统聚类分析,14 个生境的群落相似性系数在 0.5236 的水平时全部聚合在一起。探讨了湘江中游建坝对软体动物多样性的影响,并进一步分析了株洲市大桥采集点软体动物多样性最高的原因。

关键词 软体动物 种类组成 多样性 湘江中游

文章编号 :1000-0933 (2007)03-1153-08 中图分类号 :Q143 Q178 文献标识码 :A

The species composition and diversity of mollusca in the middle reaches of Xiang River

LIU Jun^{1,2}, HU Zi-Qiang^{1,*}

1 College of Life Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

2 College of Life Science and Technology, Nanhua University, Hengyang 421001, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (3) 1153 ~ 1160.

Abstract :The species composition and population size and distribution of mollusca in the middle reaches of Xiang River were studied; and in virtue of diversity analysis software, the species richness indexes (D_{MA}), and Shannon-Wiener diversity indexes (H') and evenness indexes (J_{sw}) of mollusca in fourteen different habitats were analyzed, the system clustering of the mollusca in different habitats were analyzed by Sørensen comparability coefficient C . The result of the research showed that there were 53 species of mollusca in the middle reaches of Xiang River, which belong to 9 families and 20 genera. 31 species belonging to 12 genera in 6 families of Gastropoda were found, most of them are representatives of the family Viviparidae. 22 specieses belonging to 8 genera in 3 families of Bivalvia were found, most of them are representatives of the family Unionidae. There were 10 dominance species, 22 companion species, 21 rare species in the middle reaches of Xiang River. The diversity measurements of molluscas in fourteen different habitats showed that values of species richness indexes D_{MA} range from 6.4319 to 2.3183; species diversity indexes H' range from 3.3859 to 2.1834; and evenness indexes J_{sw} range from 0.94808 to 0.82067. Based on similarity coefficients C , fourteen habitats can be clustered at the

基金项目 湖南省自然科学基金资助项目 (No. 05JJ30069)

收稿日期 2006-07-16; 修订日期 2006-12-12

作者简介 刘俊 (1976 ~) 男, 湖南湘乡人, 主要从事普通生物学、生态学教学与研究. E-mail: lnhuliujun@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huzq50@126.com

Foundation item :The project was financially supported by natural science fund item of Hunan Province (No. 05JJ30069)

Received date 2006-07-16; **Accepted date** 2006-12-12

Biography :LIU Jun, mainly engaged in common biology and ecology teaching and research. E-mail: lnhuliujun@126.com

level of 0.5236. The influence of the diversity of the mollusca of the construct of dams on the middle reaches of Xiang River were discussed in the end , and the reason for the highest diversity of mollusca of the collecting site around the Zhuzhou city bridge was analyzed.

Key Words : molluscas ; species composition ; biodiversity ; middle reaches of Xiang River

湘江是注入洞庭湖的四大河流之一 ,是湖南省流域面积最广、对区域经济影响最大的河流。湘江的生境复杂 ,蕴藏着丰富的软体动物资源。有关湘江中游江段的软体动物 ,过去有张玺等^[1]在“洞庭湖及其周围水域的双壳类软体动物”一文中 ,记载了衡阳双壳类 4 种 ,刘俊、胡自强^[2]报道了湘江中游江段的螺类 ,但对于湘江中游江段软体动物的多样性迄今未进行过系统的研究报道。近年 ,该江段衡山大源渡电站和株洲航电枢纽的建成蓄水 ,使湘江中游水位整体抬高、河床加宽加深 ,湘江中游水体环境骤变 ,势必对其软体动物群落产生影响。在湖南省自然科学基金项目的资助下 ,作者于 2005 年 9 ~ 12 月、2006 年 9 ~ 10 月对湘江中游江段 (常宁市新河镇——株洲石峰大桥)不同生态环境的软体动物进行了多次调查 ,采用 Biodiversity Mapping 等多样性分析软件 ,对 14 个生境的软体动物的生物多样性进行了分析和评价 ,并对其种类组成、数量变化进行了分析 ,现将结果报道如下。

1 调查和工作方法

1.1 调查方法

2005 年 9 ~ 12 月、2006 年 9 ~ 10 月作者趁湘江的枯水季节 (因各种原因 ,近几年湘江的枯水期提前了 2 个月 ,此期正值秋季 ,气候适宜 ,软体动物活动仍较频繁 ,加之枯水期水域面积小 ,软体动物相对集中 ,便于采集 ,故认为是调查的最佳时期) ,多次前往湘江中游对该江段的软体动物进行了广泛的调查。采集点选择各县市具有代表性的江段 ,由上游向下游分别分布在常宁市的新河镇、柏坊镇 ,衡南县的县城、车江镇 ,衡阳市的东洲岛、石鼓公园 ,衡山县的永和镇、衡山县城 (开云镇) ,衡东县的霞流镇、石湾镇 ,株洲县的淦田镇、淦口镇 ,株洲市的株洲大桥、石峰大桥 ,共 14 个。因为湘江中游河床多卵石、砾石等硬底质 ,加之衡山大源渡电站的建成蓄水 ,使水位急剧抬高 ,用彼得生采泥器无法进行准确的定量调查 ,所以作者调查时采用三角拖网、捞网、彼得生采泥器和徒手采集 4 种方法 ,定性、定量调查结合进行采集 ,每个点采集 2h (每种方法采集 0.5h) ,然后 ,统计 4 种方法 2h 平均每 2 人采得的物种个体数作为每个点的种群数量 ,以便于比较。获得的标本 ,用 75% 的酒精或 7% 的福尔马林液固定保存 ,空壳标本洗净凉干 ,带回实验室分类鉴定^[1,2]。

1.2 多样性分析方法

对各采集点软体动物的种类组成和数量从以下几个方面进行分析^[3,4]。

(1)不同生境的物种丰富度 ,以 Margalef 指数 D_{MA} 来测度 :

$$D_{MA} = (S - 1) / \log N$$

式中 S 为群落中的物种数目 , N 为观察到的所有个体总数。

(2)不同生境的物种多样性指数 ,采用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 度量 :

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

$$H'_{\max} = \log S$$

式中 $P_i = n_i / N$, n_i 为种 i 的个体数 , N = 样本总个体数。

(3)均匀度分析 ,以 Pielou 均匀度指数 J_{sw} 表示 :

$$J_{sw} = H' / H'_{\max}$$

即

$$J_{sw} = (- \sum P_i \log P_i) / \log S$$

(4)相似性分析 ,用 Sørensen 群落系数 C :

$$C = 2W / (A + B)$$

式中, W 为两种不同生境中所拥有的相同物种的数量, A, B 分别表示各个生境中物种的总数。

(5) 聚类分析, 以相似性系数 C 作为聚类统计量, 用系统聚类法中非加权的算术平均聚类法 (即组平均法) 对不同栖息环境进行聚类。

以上重要值和物种多样性指数的数据处理, 主要借助中国科学院动物研究所研制开发的 Biodiversity Mapping 软件分析完成。

2 结果及分析

2.1 湘江中游软体动物的种类组成

标本经分类鉴定, 初步确定湘江中游计有软体动物 53 种, 分别隶属于 2 纲 9 科 20 属, 其中腹足纲 6 科 12 属 31 种, 双壳纲 3 科 8 属 22 种^[5-8]。各科内种数相差较大, 田螺科 6 属 16 种; 豆螺科 2 属 3 种; 肋鳃科 1 属 4 种; 膀胱螺科 1 属 1 种; 椎实螺科 1 属 5 种; 扁蜷螺科 1 属 2 种; 贻贝科 1 属 1 种; 蚌科 6 属 18 种; 蚬科 1 属 3 种。由此可见, 组成湘江中游江段的软体动物主要以田螺科和蚌科的种类为主, 分别占总种数的 30.2% 和 34.0% (见表 1)。

2.2 湘江中游软体动物的种群数量

根据作者对湘江中游江段 14 个采集点调查, 各种软体动物在各采集点的分布和种群大小详见表 1。在采得的 53 种软体动物中, 梨形环棱螺、铜锈环棱螺、格氏短沟蜷、大沼螺、方格短沟蜷、湖沼股蛤、圆顶珠蚌、椭圆背角无齿蚌、河蚬、闪蚬 10 种在 80% 以上的采集点有分布, 是湘江中游分布广、种群数较大的优势种, 尤其是梨形环棱螺、铜锈环棱螺、格氏短沟蜷种群数量特别多, 是湘江中游数量最大的优势种, 角形环棱螺、湖南湄公螺、肋角螺、赤豆螺、纹沼螺、短沟蜷一种、尖膀胱螺、卵萝卜螺、直缘萝卜螺、微红萝卜螺、大脐圆扁螺、圆头楔蚌、巨首楔蚌、矛形楔蚌、短褶矛蚌、尖锄蚌、薄壳丽蚌、洞穴丽蚌、失衡丽蚌、圆背角无齿蚌、舟形无齿蚌, 这 21 种只在 25% 以下的采集点有分布, 且数量少, 是湘江中游软体动物的罕见种; 其余 22 种是数量较多、分布较广的常见种。

2.3 湘江中游软体动物多样性指数分析

根据不同采集点随机采得的软体动物的种类和个体数量, 借助 Biodiversity Mapping 软件分别计算出物种丰富度指数 D_{MA} 、物种多样性指数 H' 和均匀度指数 J_{sw} 等, 结果见表 2。

从表 2 可以看出, 株洲市大桥和渌口镇的物种数最多 (38 种), 株洲市大桥的多样性指数 H' 为 3.3859 (位居第 1), 渌口镇的多样性指数 H' 为 3.1511 (位居第 2); 而其丰富度 D_{MA} 分别为 6.4319 (位居第 1)、6.207 (位居第 2); 均匀度指数 J_{sw} 分别为 0.93081 (位居第 2)、0.86627 (位居第 11)。车江镇的物种数最少 (12 种), 其丰富度指数 D_{MA} 、多样性指数 H' 分别为 2.3183 和 2.1834, 这个采集点软体动物的丰富度指数和多样性指数在 14 个采集点中均位居第 14 位。在 14 个采集点中, 多样性指数 H' 最高的是株洲市大桥 (3.3859), 而多样性指数 H' 最低的是车江镇 (2.1834); 均匀度指数 J_{sw} 最高的是石湾镇 (0.94804), 而均匀度指数 J_{sw} 最低的是柏坊镇 (0.82067); 丰富度指数 D_{MA} 最高的是株洲市大桥 (6.4319), 丰富度指数 D_{MA} 最低的是车江镇 (2.3183)。

一般情况下, 不同生境内物种的丰富度和多样性指数与物种的数量呈正相关。物种的数量越多, 其测度值也越高。在物种总数相同的条件下, 丰富度指数与总个体数量成反比, 而多样性指数与各物种个体数量的平均程度成正比。物种的均匀度指数则仅仅受各物种个体数量分布的均匀性的影响, 与物种总数无关。株洲市大桥的软体动物种类最多 (38 种), 多样性指数也是最高, 且其均匀度也很高 (位居第 2); 而渌口镇的软体动物种类虽然也是最多的 (38 种), 但因其软体动物种群个体数量很多, 所以其种群均匀度较低 (位居第 10)。虽然在石湾镇物种数较少 (16 种), 但因各物种的个体数量分布比较平均, 所以均匀度指数测度值最高 (0.94804)。

表 1

续表 1

表 2 湘江中游各采集点淡水软体动物多样性指数

Table 2 The biodiversity indices of freshwater molluscs in the middle reach of Xiangjiang River					
编号 No.	采集点 Sampling site	物种数 <i>S</i>	丰富度 <i>D</i> _{MA}	多样性 <i>H'</i>	均匀度 <i>J</i> _{sw}
1	新河镇	16	3.0768	2.5063	0.90397
2	柏坊镇	22	3.8346	2.5367	0.82067
3	衡南县城	13	2.5337	2.3536	0.91758
4	车江镇	12	2.3183	2.1834	0.87868
5	东洲岛	26	4.5444	2.7947	0.85777
6	石鼓公园	23	4.3511	2.7028	0.94879
7	永和镇	19	3.6069	2.4325	0.82614
8	开云镇	35	5.6771	3.2274	0.90776
9	霞流镇	18	3.3177	2.4839	0.85936
10	石湾镇	16	2.6758	2.6285	0.94804
11	淦田镇	26	4.6549	3.0054	0.92244
12	淥口镇	38	6.207	3.1511	0.86627
13	株洲大桥	38	6.4319	3.3859	0.93081
14	石峰大桥	24	4.6279	2.786	0.87665

2.4 湘江中游软体动物群落相似性比较和聚类分析

对群落相似性的分析 ,不仅考虑到群落内各物种的出现频度 ,同时也考虑到物种的丰度。相似性系数的定义有多种 ,本文采用群落相似性系数 *C* 作为不同生境之间相似性的度量标准。根据各生境软体动物的物种组成 ,借助 BioDiversity Professional 软件计算出生境间的相似性系数 ,结果如表 3。

表 3 湘江中游不同采集点软体动物种类相似性系数 *C*

Table 3 The similarity coefficients of molluscs of from different habitats in the middle reach of Xiangjiang River														
	采集点 Sampling sites													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	—	0.6087	0.7672	0.7188	0.5990	0.6143	0.6738	0.4962	0.5862	0.5039	0.5367	0.4740	0.4732	0.5236
2	—	0.5148	0.5470	0.6857	0.5313	0.5662	0.6372	0.4798	0.5091	0.5000	0.4896	0.4224	0.3937	
3	—	0.6991	0.5085	0.5475	0.6586	0.4056	0.5154	0.4791	0.4753	0.3926	0.3828	0.5551		
4	—	0.5503	0.5784	0.6300	0.4369	0.4366	0.5744	0.5057	0.4094	0.3982	0.5279			
5	—	0.6699	0.6484	0.6585	0.4806	0.5245	0.5126	0.6240	0.5088	0.4887				
6	—	0.7161	0.4973	0.5171	0.4524	0.4831	0.4909	0.5094	0.4771					
7	—	0.5395	0.5407	0.4877	0.5283	0.5187	0.4516	0.5068						
8	—	0.4820	0.5008	0.5839	0.6522	0.5882	0.3771							
9	—	0.5995	0.5445	0.4388	0.4244	0.3630								
10	—	0.5281	0.4582	0.4522	0.4129									
11	—	0.5957	0.5852	0.4523										
12	—	0.6525	0.5188											
13	—	0.4989												
14	—													

1 新河镇 Xinhe town 2 柏坊镇 Baifang town 3 衡南县城 Hengnan county 4 车江镇 Chejiang town 5 东洲岛 Dongzhou Island 6 石鼓公园 Shigu park 7 永和镇 Yonghe town 8 开云镇 Kaiyun town 9 霞流镇 Xialiu town 10 石湾镇 Shiwan town 11 淦田镇 Gantian town 12 淥口镇 Lukou town 13 株洲大桥 Zhuzhou bridge 14 石峰大桥 Shifeng bridge

从表 3 可知 ,新河镇和衡南县城之间的种类相似性系数最高 ,为 0.7672 ;其次是新河镇和车江镇 ,系数为 0.7188 ;而霞流镇和石峰大桥的软体动物种类相似性系数最低 ,为 0.3630。

根据表 3 的数据 ,对 14 个生境进行聚类分析 ,结构如图 1。

从图 1 可以看出 ,新河镇和衡南县城软体动物的种类组成最为相似 ,在相似性系数 0.7672 的水平相聚 ;

新河镇与车江镇在 0.7188 水平相聚 ;永和镇和石鼓公园在 0.7161 水平相聚 ;新河镇与永和镇在 0.6738 水平相聚 ;柏坊镇与东洲岛在 0.6857 水平相聚 ;东洲岛和开云镇在 0.6585 水平相聚 ;新河镇与柏坊镇在 0.6087 水平相聚 ;涑口镇和株洲大桥在 0.6525 水平相聚 ;新河镇和涑口镇在 0.4740 水平相聚 ;新河镇和淦田镇在 0.5367 水平相聚 ;霞流镇和石湾镇在 0.5995 水平相聚 ;新河镇和霞流镇在 0.5862 水平相聚 ;新河镇和石湾镇在 0.5039 水平相聚 ,并与石峰大桥在 0.5236 水平最终合并。至此 ,14 个不同的生境全部聚合在一起。生境间的聚类分析表明 ,湘江中游软体动物群落的相似性与地理分布并不一致 ,其相似性更受到其所处的生态小生境的影响。如在新和镇江段没有工厂 ,人类活动也少 ,湘江水体污染与营养物质都较少 ;衡南县城是一座规划新城尚处在建设的初期 ,当地还没有工厂 ,湘江水体污染与营养物质较少 ,二者具有极为相似的生态小环境。新河镇和衡南县城之间虽然相距较远 ,但其生态小环境相似 ,故其群落相似性非常高 (14 个采集点中相似性系数最高)。

2.5 湘江中游建坝对软体动物多样性的影响

湘江株洲航电枢纽与衡山大源渡电站的建成蓄水 ,使几乎整个湘江中游江段水位明显抬高、河床加宽、水流变缓 ,软体动物栖息环境剧变。原来适合于软体动物生存和栖息的浅水区环境 ,因为水位变得太深 ,不适合于软体动物生存 ,它们被迫向新的沿岸带浅水区迁移 ,而新的沿岸带浅水区河床底质尚未软化 ,还未形成适合软体动物生活的环境 ,所以库区内的软体动物多样性降低。从表 1 可以看出 ,库区下游的涑口镇、株洲市大桥、石峰大桥 3 个采集点软体动物的种类数和种群数量明显高于库区内的软体动物的种类数和种群数量 ,尤其是双壳类的种类数和种群数量。然而 ,湘江中游建坝后抬高了上游江段枯水期水位 ,覆盖了裸露干涸的河床 ,形成了宽阔的水体空间 ,给软体动物的生存和发展奠定了非常好的基础。作者预测随着库龄的增加和环境的改善 ,软体动物的种类和数量会逐年增加 ,预计在建坝 5a 后 ,软体动物的种类数和种群数量会得到较大发展。

3 小结与讨论

本研究表明 ,湘江中游蕴藏着比较丰富的软体动物资源 (53 种) ,不仅物种丰富度和多样性都很高 ,而且其种群数量也较大。它们是湘江淡水生态系统中物种多样性的重要组成部分 ,在淡水环境的物质和能量流动与转化中起着不可忽视的作用 ,同时也具有较高的渔业价值 ,与人类的关系非常密切 [9~11]。

物种多样性指数和均匀度指数是反映群落组成结构特征的定量指标。一般来说 ,物种多样性与物种丰富度、均匀度呈正相关。本研究结果 ,与上述结论基本一致。这说明物种多样性指数、均匀度指数、丰富度指数可以作为定量指标应用到淡水生态系统中来反映群落的结构组成特征。同时还表明 ,在以后的研究中 ,如果只是定性研究 ,则只需测定其中的一个指标就可以了。

软体动物的多样性与水质、水流、有机质等生态因子有着密切的关系 [10~12]。湘江水体生态因子的任何改变 ,都会对软体动物的种类组成和个体数量产生很大的影响。特别是当栖息环境发生剧烈的变化时 ,原有的物种由于不能适应新的环境条件而无法继续生存。不同的物种因为对栖息环境的适应性的差异 ,做出的反应也不尽相同。湘江株洲航电枢纽与衡山大源渡电站的建成蓄水 ,对库区内的软体动物多样性的影响较大 ,尤其是双壳类。如衡山大源渡电站的建成蓄水 ,使得库区内下游的永和镇采集点与非库区 (坝下) 的开云镇采集点相比软体动物的种类和数量明显减少 ,在开云镇共采到软体动物 35 种 (总个体数 397) ,而在永和镇只采

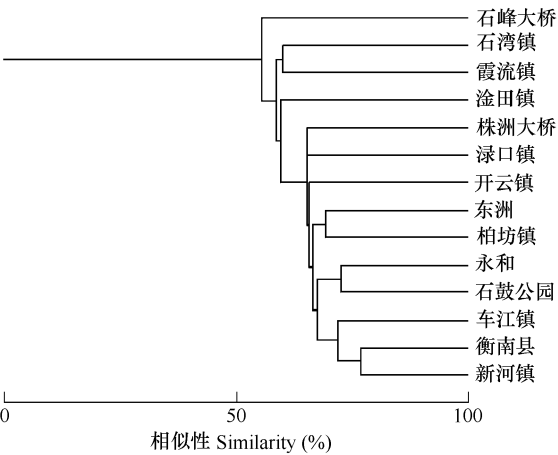


图 1 湘江中游江段软体动物平均聚类图
Fig. 1 The average clustering of mollusca snail in the middle reaches of Xiang River

集到软体动物 19 种 (总个体数 148)。多样性指数分析表明 ,湘江中游软体动物多样性指数 H' 最高的是在株洲市大桥 ,丰富度指数 D_{MA} 最高的也是在株洲市大桥 ,这与湘江建坝有很大关系。株洲市大桥位于这两大水坝的下游 ,软体动物的栖息环境没有发生明显的变动 ,加之株洲市人类活动频繁 ,湘江水体营养丰富 ,河床多为泥沙底质 ,适于软体动物生活 ,所以其软体动物群落的多样性指数和丰富度指数都非常高。有关湘江干流修建水电站和航电枢纽后 ,对湘江软体动物多样性以及其群落稳定性的影响还需进一步的研究。

研究表明 ,湘江中游江段蕴藏着比较丰富的软体动物资源 (53 种)。因此 ,建议政府部门 :①在进行湘江风光带建设的过程中 ,要加强水质管理工作 ,禁止沿岸未经处理的污水排放 ,以防止湘江水质污染加重。②在大源渡库区和株洲航电枢纽库区沿岸带 ,可以种植沉水植物和挺水植物 ,以改善软体动物等的栖息场所、食物来源和河床的环境条件 ,恢复正常生态系统。

References :

[1] Zhang Xi ,Li S C ,Liu Y Y ,*et al.* The Bivalve of Dong Ting Lake and the Around Water Area. *Zoology Magazine* ,1965 ,17 (2) :197 — 211.

[2] Liu J ,Hu Z Q. The Species Composition and Faunal Analysis of Freshwater Snails in the Middle Reaches of Xiang River. *Life Science Research* , 2006 ,10 (3) 248 — 251.

[3] Zhao Z M ,Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing Publishing House of Scientific and Technological Documentation , Chongqing Branch ,1990. 134 — 160.

[4] Ma K P ,Liu Y M. The estimate measure of biodiversity I . The measure of diversity (next) . *Biodiversity* ,1994 ,2 (4) 231 — 239.

[5] Liu Y Y ,Zhang W Z ,Wang Y X. Economic Fauna of China (Freshwater Mollusk. Beijing :Science Press ,1979.

[6] Cai R X ,Huang W H ,Liu Y Y ,*et al.* Fauna of Chekiang (Freshwater Mollusk). Chekiang :Chekiang Science and Technology Press ,1991.

[7] Qi Z Y ,Ma X T ,Liu Y Y *et al.* Animal Atlas of China-Mollusc (Fourthly Volume) . Beijing :Science Press ,1985.

[8] YEN T C. Die chinesischen Land-und SÜBwasser-Gastropoden des Nature-Museums Senckenberg. Abhandl ,Senk ,*Naturg. Gas* ,1939 ,444 :1 ~ 233. 16Tag .

[9] Wang Y H ,Chen B G ,Su Z R. The study evolve of species diversity. *Science of ecology* ,2000 ,19 (3) 50 — 54.

[10] Hu Z Q ,Yang H M ,Hu S F. The Bivalvia in the Changsha reaches of Xiang River. *Zoology magazine* ,2004 ,39 (5) 81 — 83.

[11] Hu Z Q. A Survey and Forecast on Benthonic Animals in the Ling Jin Tan Hydropower Station Area Before the Building of the Reservoir. *Natural Science Transaction of Hunan Normal University* ,1995 ,18 (1) 67 — 70.

[12] Hu Z Q. A Survey and Research on Benthonic Animals in the Dong Jiang Reservoir After Sluice 3 years. *Transaction of Xiangtan Normal College* , 1994 ,15 (3) 61 — 65.

参考文献 :

[1] 张玺 ,李世成 ,刘月英 ,等. 洞庭湖及其周围水域的双壳类软体动物. *动物学报* ,1965 ,17 (2) :197 ~ 211.

[2] 刘俊 ,胡自强. 湘江中游江段淡水螺类的种类组成及区系分析. *生命科学研究* 2006 ,10 (3) 248 ~ 251.

[3] 赵志模 ,郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆 :科学技术文献出版社重庆分社 ,1990.

[4] 马克平 ,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I . 多样性的测度方法 (下). *生物多样性* ,1994 ,2 (4) 231 ~ 239.

[5] 刘月英 ,张文珍 ,王耀先 ,等. 中国经济动物志淡水软体动物. 北京 :科学出版社 ,1979.

[6] 蔡如星 ,黄维灏 ,刘月英 ,等. 浙江动物志软体动物. 杭州 :浙江科学技术出版社 ,1991.

[7] 齐钟彦 ,马绣同 ,刘月英 ,等. 中国动物图谱-软体动物 (第四册). 北京 :科学出版社 ,1985.

[9] 汪永华 ,陈北光 ,苏志尧. 物种多样性研究的进展. *生态科学* 2000 ,19 (3) 50 ~ 54.

[10] 胡自强 ,杨海明 ,胡少锋. 湘江长沙段的双壳类软体动物. *动物学杂志* ,2004 ,39 (5) 81 ~ 83.

[11] 胡自强. 凌津滩水电站建库前底栖动物的调查与预测. *湖南师范大学自然科学学报* ,1995 ,18 (1) 67 ~ 70.

[12] 胡自强. 东江水库蓄水三年对底栖动物影响的调查研究. *湘潭师范学院学报* ,1994 ,15 (3) 61 ~ 65.

表 1 湘江中游各采集点软体动物种类组成及种群数量

Table 1 Species composition , Population densities of mollusca in the middle reach of Xiangliang River															
种类名称 Species composition	采样点 Sampling sites														出现频率 (%) Appear frequency
	新河镇	柏坊镇	衡南县	车江镇	东洲岛	石鼓公园	永和镇	开云镇	霞流镇	石湾镇	淦田镇	渌口镇	株洲大桥	石峰大桥	
1. 田螺科 Viviparidae															
1)中国圆田螺 <i>Cipangopaludina chinensis</i>								3	2		5	4			28. 6
2)中华圆田螺 <i>C. cathayensis</i>					4	5					3	3			28. 6
3)方形环棱螺 <i>Bellamyia quadrata</i>					8	4	3	6			7	9	7		50. 0
4)梨形环棱螺 <i>B. purificata</i>	15	20	13	18	19	12	14	17	11	16	18	31	25	8	100
5)铜锈环棱螺 <i>B. aeruginosa</i>	14	19	12	16	30	24	35	40	19	18	16	32	18	9	100
6)绘环棱螺 <i>B. limnophila</i>		4			5	3	6	10					3		42. 9
7)角形环棱螺 <i>B. angularis</i>		2			3										14. 3
8)厄氏环棱螺 <i>B. heude</i>	6	9	3		5		5	13	7		16	10	6		71. 4
9)坚环棱螺 <i>B. lapillorum</i>	4	15			7	5		15	4						42. 9
10)河湄公螺 <i>Mekongia rivularia</i>	7	18		3	6			17		5	16	9	11		64. 3
11)湖南湄公螺 <i>M. hunanensis</i>								8				6			14. 3
12)肋角螺 <i>Angulyagra costata</i>		3			3			4							21. 4
13)多棱角螺 <i>A. polyzonata</i>		2			3	2		2							28. 6
14)耳河螺 <i>Rivularia auriculata</i>		2			3	1	2	12	6	8	5	11	13	5	78. 6
15)长河螺 <i>R. elongate</i>						2		3	1		3	6	3	5	50. 0
16)双龙骨河螺 <i>R. bicarinata</i>					3	15		6				7	12	3	42. 9
2. 豆螺科 Bithyniidae															
17)赤豆螺 <i>Bithynia fuchsiana</i>								3				5			14. 3
18)纹沼螺 <i>Parafossarulus striatulus</i>								12			13	8	3		28. 6
19)大沼螺 <i>Parafossarulus eximius</i>	13	6	7	3	5	1	2	21	13	4	5	13	23	7	100
3. 肋鳃科 Pleuroseridae															
20)方格短沟蜷 <i>Semisulcospira cancellata</i>	3		2		4	2	1	3	1	12	7	6	16	8	85. 7
21)放逸短沟蜷 <i>S. libertine</i>											5	7	5	3	28. 6
22)格氏短沟蜷 <i>S. gredleri</i>	23	66	21	20	48	29	29	58	35	38	27	38	12	7	100
23)短沟蜷一种 <i>S. sp.</i>		18							3	11					21. 4
4. 膀胱螺科 Phyridae															
24)尖膀胱螺 <i>Physa acuta</i>	3			6				8							21. 4
5. 椎实螺科 Lymnaeiedae															
25)折叠萝卜螺 <i>Radix plicatula</i>		3	4				2	5			6	6	7	5	57. 1
26)椭圆萝卜螺 <i>R. swinhoei</i>	2				5			17	18	23	15	5	13		57. 1
27)卵萝卜螺 <i>R. ovata</i>									7	19					14. 3
28)直缘萝卜螺 <i>R. clessini</i>								3							7. 1

续表 1															
种类名称 Species composition	采样点 Sampling sites														出现频率 (%) Appear frequency
	新河镇	柏坊镇	衡南县	车江镇	东洲岛	石鼓公园	永和镇	开云镇	霞流镇	石湾镇	淦田镇	淦口镇	株洲大桥	石峰大桥	
29)微红萝卜螺 <i>R. rubiginosa</i>									12	5					14. 3
6. 扁蛭螺科 <i>Planorbidae</i>															
30)大脐圆扁螺 <i>Hippeutis umbilicalis</i>											5	7	7		21. 4
31)尖口圆扁螺 <i>H. cantori</i>		3		2				5			7	4			35. 7
7. 贻贝科 <i>Mytilidae</i>															
32)湖沼股铃 <i>Limnoperna lacustris</i>	15	19	9	17	32	15	13	17	8	12	11	75	18	35	100
8. 蚌科 <i>Unionidae</i>															
33)圆顶珠蚌 <i>Unio douglasiae</i>	4	5	3	6	8	5	4	7		18		5	3	4	92. 9
34)圆头楔蚌 <i>Cuneopsis heudei</i>													5		7. 1
35)巨首楔蚌 <i>C. capitata</i>													1		7. 1
36)矛形楔蚌 <i>C. celtiformis</i>												2	3		14. 3
37)鱼尾楔蚌 <i>C. pisciculus</i>					3		5	7			3	5	4	3	50. 0
38)三角帆蚌 <i>Hyriopsis cumingii</i>					4	3						3	11		28. 6
39)短褶矛蚌 <i>Lanceolaria grayana</i>													3	2	14. 3
40)三型矛蚌 <i>Lanceolaria triformis</i>					5	3		7					3		28. 6
41)尖锄蚌 <i>Ptychorhynchus triformis</i>												3		2	14. 3
42)薄壳丽蚌 <i>Lamprotula leleci</i>												3	2		14. 3
43)背瘤丽蚌 <i>L. leai</i>	3	5			13	11	2	7	1		3	7	11	2	78. 6
44)洞穴丽蚌 <i>L. caveata</i>												5	4	3	21. 4
45)失衡丽蚌 <i>L. tortuosa</i>													5		7. 1
46)猪耳丽蚌 <i>L. rochechouarti</i>						3	5	13			1	5	11	3	50. 0
47)多瘤丽蚌 <i>L. polysticta</i>								5				1	1	1	28. 6
48)圆背角无齿蚌 <i>Anodonta woodiana pacifica</i>		1										5	7	2	28. 6
49)椭圆背角无齿蚌 <i>A. W. elliptica</i>	3	2	5		6	2	3	7	2		3	7	3	1	85. 7
50)舟形无齿蚌 <i>A. W. euscaphys</i>											2	4	6		28. 6
9. 蜆科 <i>Corbiculidae</i>															
51)河蜆 <i>Corbicula fluminea</i>	3		5	2		3	2	12	7	13	6	12	18	5	85. 7
52)刻纹蜆 <i>C. largillierti</i>				13	3	5	4	3	5	21	15	7	7	8	78. 6
53)闪蜆 <i>C. nitens</i>	13	15	17	19	18	7	11	21	5	35		12	7	13	92. 9

表中的种群数量为用各种方法 2h 平均每 2 人采得的标本个体数 The number of samples was collected within 2 hours 2 people