

文章编号: 1000- 0615(2003)01- 0013- 06

## 五种蚌的形态变异与判别分析

魏开建, 熊邦喜, 赵小红, 龙良启, 王明学, 王卫民, 赵振山

(华中农业大学农业部淡水水产增养殖生物学重点开放实验室, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 运用多变量形态度量学方法, 采用 6 个形态性状对褶纹冠蚌、三角帆蚌、圆背角无齿蚌、椭圆背角无齿蚌和球形无齿蚌 5 种蚌的种间以及地理种群间的形态变异进行了研究。主成分分析构建了 2 个主成分, 第一主成分受 4 个性状的影响, 贡献率为 54.17%; 第二主成分受 1 个性状的影响, 贡献率为 34.08%。主成分分析和聚类分析表明, 褶纹冠蚌与三角帆蚌形态相近, 椭圆背角无齿蚌与球形无齿蚌外形相似。方差分析和 *t* 检验表明, 褶纹冠蚌和三角帆蚌的不同地理种群分别表现出形态上的变异。建立了 5 种蚌的判别函数, 三角帆蚌和圆背角无齿蚌的判别准确率均为 100%, 褶纹冠蚌、椭圆背角无齿蚌和球形无齿蚌的判别准确率依次为 98.92%、86.36% 和 96.88%, 总判别准确率为 97.83%。

**关键词:** 蚌; 形态变异; 判别分析

中图分类号: S917 文献标识码: A

## Morphological variations and discriminant analysis of five freshwater unionid species (Bivalvia: Unionidae)

WEI Kai-jian, XIONG Bang-xi, ZHAO Xiaohong,

LONG Liang-qi, WANG Ming-xue, WANG Wei-min, ZHAO Zhen-shan

(The Key Laboratory of Biology in Freshwater Aquaculture and Enhancement certificated by the Ministry of Agriculture, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Based on 6 morphological characters of *Cristaria plicata*, *Hyriopsis cuningii*, *Anodonta woodiana pacifica*, *A. woodiana elliptica* and *A. globosula* in Unionidae, multivariate morphometrics were used to investigate their morphological variations among 5 species and 6 region populations. In the result of principal component analysis, two principal components (PC) were constructed by factor loadings, in which the first principal component (PC1) was affected by 4 characters and the PC2 was affected by 1 character, and the contributory ratio of two PC was 54.17% and 34.08% respectively. The results of principal component analysis and cluster analysis revealed that the morphological character of *C. plicata* and *H. cuningii* was similar and the morphological character was similar between *A. woodiana elliptica* and *A. globosula*. ANOVA and *t*-test indicated that different region populations of *C. plicata* and *H. cuningii* showed some morphological variations respectively. The discriminant functions of five unionid species were established, and the discriminant accuracy

收稿日期: 2002-02-08

资助项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(2000050406)和湖北省自然科学基金项目(99J104)资助

作者简介: 魏开建(1969-), 男, 湖北天门人, 硕士, 副教授, 主要从事水产养殖及种质资源研究。Tel: 027- 87282113, E-mail: kjwei@mail.hzau.edu.cn

通讯作者: 熊邦喜(1948-), 男, 湖北人, 博士, 教授, 主要从事水产养殖与渔业生态研究。Tel: 027- 87282113, E-mail: bangxi8@mail.hzau.edu.cn

was 100% for *H. cuningü* and *A. woodiana pacifica*, 98.92%, 86.36%, 96.88% for *C. plicata*, *A. woodiana elliptica* and *A. globosula* in turn, so the average discriminant accuracy was 97.83%.

**Key words:** freshwater unionid; morphological variation; discriminant analysis

蚌类隶属双壳纲、蚌目、蚌科, 分布于淡水水域, 是淡水生物群落的重要类群。我国蚌类资源丰富, 分布广泛, 许多种类具有较高经济价值<sup>[1]</sup>。建国后, 国内对淡水蚌类进行了大量的区系调查<sup>[2-6]</sup>, 并参照国外的研究结果<sup>[7,8]</sup>, 依据贝壳形态、幼虫特征、生殖习性等分类特征作了初步整理<sup>[9]</sup>。由于淡水蚌类趋同现象严重, 个体发育中外形变化明显, 贝壳形态也因栖息环境的变化而异, 这给蚌科物种(尤其是无齿蚌属)的鉴定及相关研究带来一定困难。近年来, 国内虽然对蚌的贝壳形态特征以及鳃的结构进行了部分研究<sup>[10-12]</sup>, 但对蚌的种间及地理种群间形态变异的定量研究较少。为此, 本文采用多变量形态度量学方法对褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)、三角帆蚌(*Hyriopsis cuningü*)、圆背角无齿蚌(*Anodonta woodiana pacifica*)、椭圆背角无齿蚌(*A. woodiana elliptica*)和球形无齿蚌(*A. globosula*)5种蚌的种间及地理种群间的形态变异进行了比较研究, 建立了5种蚌的判别函数, 旨在探讨蚌科物种的形态变异特点以及多变量分析的可行性, 为蚌科的分类及物种鉴定提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

5种蚌的成体样本于2001年3-5月采自江西鄱阳湖、湖北梁子湖和红安县、武汉市涨渡湖和东西湖。观测样本的数量和规格见表1。

表1 5种蚌的观测样本数量和规格

Tab. 1 The number and size of five freshwater unionid specimens observed

种 类 species	采 集 地 locality of collection	编号 code	样本数(ind) number	壳 长(mm) shell length		壳 高(mm) shell height	
				范围 range	均值 mean	范围 range	均值 mean
三角帆蚌 <i>Hyriopsis cuningü</i>	鄱阳湖 Poyang Lake	HCp	32	155~214	183.3	83~153	97.2
	涨渡湖 Zhangdu Lake	HCz	19	153~192	177.4	76~99	44.3
褶纹冠蚌 <i>Cristaria plicata</i>	鄱阳湖 Poyang Lake	CPp	32	83~241	177.7	39~130	93.7
	梁子湖 Liangzi Lake	CPi	12	110~262	185.2	60~135	97.7
	涨渡湖 Zhangdu Lake	CPz	32	140~224	189.2	72~113	97.0
	东西湖 West-east Lake	CPw	17	157~275	225.1	83~158	123.2
球形无齿蚌 <i>Anodonta globosula</i>	鄱阳湖 Poyang Lake	AGp	32	38~58	47.8	25~39	30.8
圆背角无齿蚌 <i>A. woodiana pacifica</i>	东西湖 West-east Lake	AWPw	32	92~200	166	68~146	120.1
椭圆背角无齿蚌 <i>A. woodiana elliptica</i>	红安县 Hong'an County	AWEh	22	62~142	108.4	38~91	68.4

### 1.2 蚌的形态指标及测定

依据蚌的体形, 将5种蚌分为“有冠型”(三角帆蚌、褶纹冠蚌)和“无冠型”(圆背角无齿蚌、椭圆背角无齿蚌、球形无齿蚌)2种类型。

常规方法测定蚌的壳长(*SL*)、壳高(*SH*)和壳宽(*SW*)(图1), 壳长所在的水平线为蚌的中轴线(*AB*)。根据蚌的类型, 在蚌体上选择5个测量点(图1-1), 用游标卡尺测定壳顶—中轴前端的距离 *OA*、壳顶—中轴后端的距离 *OB*、壳顶—铰合部前缘的距离 *OA'*、壳顶—铰合部后缘的距离 *OB'*。每个蚌测定7个数据, 共计1610个数据。

### 1.3 统计分析

将每个蚌的形态测量数据与其壳长(*SL*)的比值作为形态度量分析的性状, 以消除样本大小差异对

形态特征的影响, 共有 6 个比例性状(体长除外)用于分析。采用 Statistica 5.0 软件进行以下统计分析。

**主成分分析:** 对 6 个比例性状所有数据进行主成分分析, 获得多个形态指标的综合指标, 绘出所有样本的主成分散布图。

**聚类分析:** 采用欧氏距离的最短距离法进行系统聚类分析, 绘出反映形态相似性的树形图。

**方差分析和 *t* 检验:** 采用单因素方差分析和 *t* 检验, 分别比较褶皱冠蚌、三角帆蚌不同地理种群之间的形态差异。

**判别分析:** 用逐步判别法建立 5 种蚌的判别函数, 再据此对所有样本的类别进行判别, 判别准确率 (%) = 判别正确的蚌数 / 实测蚌数 × 100

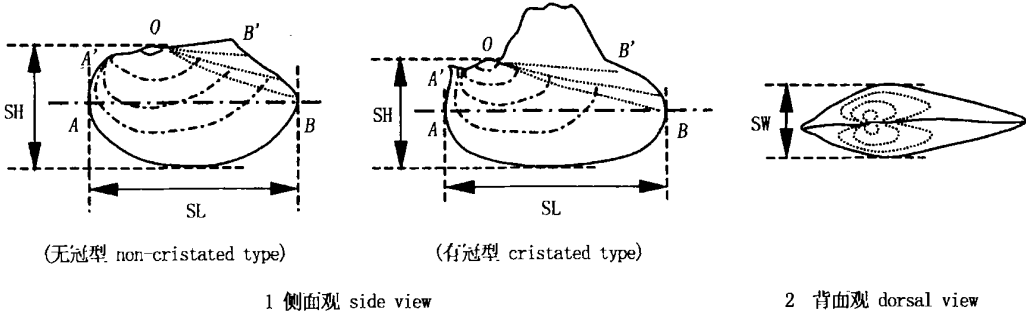


图 1 不同体形蚌类的形态测量点

Fig. 1 Landmark points of morphological measurements for freshwater unionids with different shapes

SL: 壳长 shell length; SH: 壳高 shell height; SW: 壳宽 shell width; AB: 中轴线 central axis; O: 壳顶 umbo;

A: 中轴线前端 front end of central axis; B: 中轴线后端 back end of central axis

A': 铰合部前缘 anterior edge of hinge; B': 铰合部后缘 posterior edge of hinge

## 2 结果与分析

### 2.1 主成分分析

以所有样本的 6 个比例性状进行主成分分析, 获得 PC1 和 PC2 两个主成分, 6 个性状对 2 个主成分的负荷值及 2 个主成分的方差贡献率见表 2。第一主成分受 SH 影响最大, 其次为 OA、OB、OB', 称之为“贝壳侧面轮廓综合因子”。第二主成分主要受 OA' 的影响, 称之为“铰合部前端比例因子”。

5 种蚌的第一、第二主成分散布图见图 2。褶皱冠蚌的 4 个地理种群、三角帆蚌的 2 个地理种群、球形无齿蚌、圆背角无齿蚌形成明显的 4 个散布区, 而椭圆背角无齿蚌分布在球形无齿蚌与圆背角无齿蚌之间, 且与球形无齿蚌重叠较多。在 PC1 轴上, 球形无齿蚌与椭圆背角无齿蚌的差异较小,

而在 PC2 轴上, 两者差异较大。由于对 PC2 影响较大的主要是 OA' / SL 性状, 因此, 球形无齿蚌与椭圆背角无齿蚌在这一性状上存在较明显差异。在 PC1 轴上, 褶皱冠蚌与三角帆蚌没有明显分开, 说明两者在 SH / SL、OA / SL、OB / SL、OB' / SL 几个性状上差异较小; 而在 PC2 轴上, 褶皱冠蚌与三角帆蚌明显分开, 说明二者在 OA' / SL 这一性状上存在明显差异, 三角帆蚌的壳顶明显前移。从表 3 可以明显看出 5 种蚌不同性状的具体差异。

表 2 5 种蚌的 6 个性状对两个主成分的负荷值及主成分的贡献率

Tab. 2 Loadings of two principal components for six characters of five unionids and their contributive proportion

性状 characters	第一主成分 PC1	第二主成分 PC2
SW / SL	0.67124	0.60249
SH / SL	0.92815*	0.10792
OA / SL	0.79583*	0.51072
OB / SL	- 0.82915*	- 0.46151
OA' / SL	0.22159	0.94278*
OB' / SL	- 0.75391*	- 0.55459
贡献率 contributive proportion	0.54173	0.34081

\* 标号的负荷值 > 0.70000 marked loadings > 0.70000

表 3 5 种蚌 6 个性状的平均值  
Tab. 3 Mean values of six morphometric characters for five freshwater unionid species

性状 characters	平均值 mean values				
	褶纹冠蚌 <i>C. plicata</i>	三角帆蚌 <i>H. cuningii</i>	圆背角无齿蚌 <i>A. woodiana pacifica</i>	椭圆背角无齿蚌 <i>A. woodiana eloptica</i>	球形无齿蚌 <i>A. globosula</i>
SW/SL	0.2839 ± 0.0188	0.2422 ± 0.0139	0.3829 ± 0.0325	0.4592 ± 0.0887	0.5103 ± 0.0208
SH/SL	0.5260 ± 0.0260	0.5207 ± 0.0496	0.7256 ± 0.0316	0.6267 ± 0.0342	0.6440 ± 0.0310
OA/SL	0.3234 ± 0.0293	0.2700 ± 0.0279	0.4321 ± 0.0303	0.4425 ± 0.0639	0.4208 ± 0.0323
OB/SL	0.8295 ± 0.0305	0.8819 ± 0.0241	0.7063 ± 0.0204	0.7252 ± 0.0542	0.7352 ± 0.0213
OA'/SL	0.1902 ± 0.0189	0.1214 ± 0.0102	0.1823 ± 0.0148	0.2045 ± 0.0157	0.2223 ± 0.0143
OB'/SL	0.5429 ± 0.0541	0.6771 ± 0.0316	0.3488 ± 0.0247	0.3967 ± 0.0211	0.3487 ± 0.0245

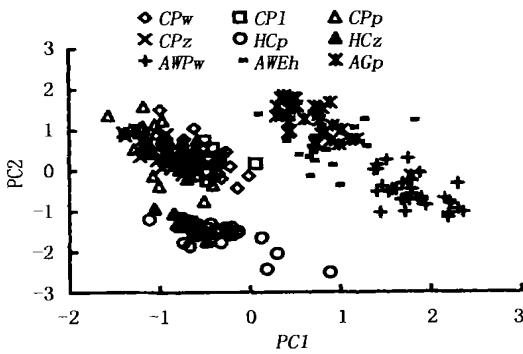


图 2 5 种蚌的第一、第二主成分散布图  
Fig. 2 Scatter diagram for PC1 and PC2 of five unionid species

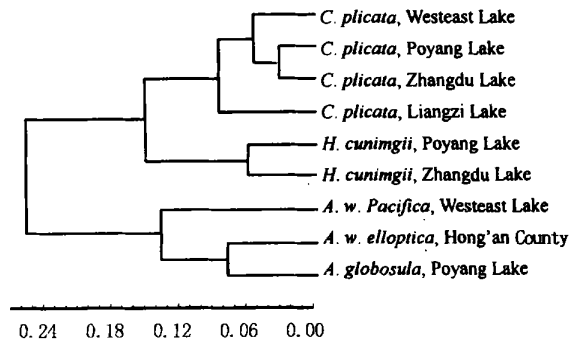


图 3 5 种蚌的聚类分析图  
Fig. 3 Clustering dendrogram of five unionid species

## 2.2 聚类分析

对所有样本的 6 个性状进行聚类分析, 得到 5 种蚌的形态聚类图(图 3)。褶纹冠蚌的 4 个地理种群聚为一类, 其中鄱阳湖与涨渡湖的种类形态最为接近, 梁子湖的种类与其它 3 个种群形态差异最大。鄱阳湖与涨渡湖的三角帆蚌聚为一类。褶纹冠蚌与三角帆蚌聚为一大类, 表明两者在形态上较为相似, 同为背部有冠的类型。圆背角无齿蚌、椭圆背角无齿蚌与球形无齿蚌聚为一大类, 均为无冠型, 它们都隶属于无齿蚌属, 其中, 椭圆背角无齿蚌与球形无齿蚌在形态上更为相似。

## 2.3 褶纹冠蚌和三角帆蚌地理种群间的形态差异

### 2.3.1 褶纹冠蚌

方差分析表明, 褶纹冠蚌 4 个地理种群的  $OA'/SL$  性状无显著差异( $P > 0.05$ ),  $OA/SL$  性状有显著差异( $P < 0.05$ ), 其余 4 个性状  $SW/SL$ 、 $SH/SL$ 、 $OB/SL$  和  $OB'/SL$  均表现出极显著差异( $P < 0.01$ )。采用 Duncan 检验对 4 个种群的 5 个性状分别进行多重比较, 结果见表 4。

### 2.3.2 三角帆蚌

t 检验结果表明: 鄱阳湖、涨渡湖的三角帆蚌在  $OA/SL$ 、 $OB/SL$  和  $OB'/SL$  3 个性状上表现出极显著差异( $P < 0.01$ ), 而其它性状则无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 4 褶纹冠蚌不同地理种群 5 个性状的 Duncan 多重比较

Tab. 4 Duncan multiple comparison for five characters of different region populations of *C. plicata*

性状 character	显著性水平 significance level	平均值及其多重比较 mean values and their multiple comparisons			
		鄱阳湖 Poyang Lake	涨渡湖 Zhangdu Lake	梁子湖 Liangzi Lake	东西湖 Westeast Lake
SW/SL	$\alpha = 0.01$	0.2914 ± 0.0202 a	0.2744 ± 0.0134 c	0.2796 ± 0.0218 b	0.2908 ± 0.0182 ab
SH/SL	$\alpha = 0.01$	0.5250 ± 0.0250 b	0.5130 ± 0.0177 c	0.5330 ± 0.0359 ab	0.5472 ± 0.0181 a
OA/SL	$\alpha = 0.05$	0.3197 ± 0.0308 b	0.3161 ± 0.0210 b	0.3288 ± 0.0282 ab	0.3402 ± 0.0365 a
OB/SL	$\alpha = 0.01$	0.8434 ± 0.0197 a	0.8389 ± 0.0300 a	0.8092 ± 0.0276 b	0.8001 ± 0.0229 b
OB'/SL	$\alpha = 0.01$	0.5654 ± 0.0349 a	0.5432 ± 0.0389 a	0.4670 ± 0.0417 b	0.5537 ± 0.0509 a

注: 平均值为  $\bar{X}$  ± SD。在每一性状的 4 个平均值中, 后面含有相同字母者表示它们无显著差异, 标有不同字母者表示有显著差异

Notes: mean values as  $\bar{X}$  ± SD. Within four mean values of each character, there is no significant difference between those containing same letters, and there is significant difference between those containing different letters

## 2. 4 判别分析

### 2. 4. 1 判别函数的建立

由于主成分分析、聚类分析等只能说明种类之间形态变异的特征和大小, 不能判别某一类具体所属, 故进一步进行判别分析。通过逐步判别分析, 使用 6 个性状的特征值建立了 5 种蚌的判别函数, 式中的  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$  分别代表 SW/SL、SH/SL、OA/SL、OB/SL、OA'/SL、OB'/SL 6 个比例性状。

褶纹冠蚌:

$$Y_{CP} = 452.8412X_1 + 113.5633X_2 + 999.2039X_3 + 1774.4469X_4 + 156.8847X_5 + 110.9799X_6 - 1037.64844$$

三角帆蚌:

$$Y_{HC} = 433.6337X_1 + 120.5608X_2 + 1015.8583X_3 + 1808.0751X_4 - 146.3714X_5 + 203.7884X_6 - 1079.94946$$

圆背角无齿蚌:

$$Y_{AWP} = 541.8438X_1 + 324.4690X_2 + 966.6015X_3 + 1650.7039X_4 + 44.8835X_5 - 12.6599X_6 - 1017.04352$$

椭圆背角无齿蚌:

$$Y_{AWE} = 613.8788X_1 + 222.1526X_2 + 995.8138X_3 + 1736.7072X_4 + 141.7424X_5 + 6.2310X_6 - 1078.67053$$

球形无齿蚌:

$$Y_{AG} = 688.2496X_1 + 243.4923X_2 + 941.1865X_3 + 1751.8351X_4 + 220.0127X_5 - 37.1708X_6 - 1115.89819$$

### 2. 4. 2 判别结果

将某个体 6 个性状的特征值分别代入上述 5 个公式, 计算出 5 个函数值, 以函数值最大的判别函数所对应的蚌类名称作为该个体的种名。据此对所有观测样本按上述判别函数进行预测分类, 结果见表 5。总的判别准确率为 97.83%, 其中三角帆蚌、圆背角无齿蚌的判别准确率为 100%。

表 5 判别函数对观测样本的预测分类及准确率

Tab. 5 Predicted classification of discriminant functions for observed specimens and their percentages of accuracy

种类 species	数量(ind) number	准确率(%) accuracy	预测分类 predicted classification				
			褶纹冠蚌 <i>C. plicata</i>	三角帆蚌 <i>H. aningii</i>	圆背角无齿蚌 <i>A. w. pacifica</i>	椭圆背角无齿蚌 <i>A. w. elliptica</i>	球形无齿蚌 <i>A. globosula</i>
褶纹冠蚌 <i>C. plicata</i>	93	98.92	92	1	0	0	0
三角帆蚌 <i>H. aningii</i>	51	100.00	0	51	0	0	0
圆背角无齿蚌 <i>A. w. pacifica</i>	32	100.00	0	0	32	0	0
椭圆背角无齿蚌 <i>A. w. elliptica</i>	22	86.36	0	0	1	19	2
球形无齿蚌 <i>A. globosula</i>	32	96.88	0	0	0	1	31
总计 total	230	97.83	92	52	33	20	33

## 3 讨论

主成分分析和聚类分析对 5 种蚌形态变异的分析结果, 反映了不同蚌类在形态上的相似性和差异。

根据5个比例性状的特征值,容易区分褶纹冠蚌与三角帆蚌,两者最显著的差异在于三角帆蚌的壳顶进一步前移。圆背角无齿蚌、椭圆背角无齿蚌和球形无齿蚌均隶属于无齿蚌属,但椭圆背角无齿蚌在外形上与球形无齿蚌更为相似。蚌类在形态上的差异与遗传上的差异的关系,还有待进一步探讨。

聚类分析、方差分析及 $t$ 检验结果表明,褶纹冠蚌和三角帆蚌的不同地理种群在形态上存在不同程度的变异,这可能与蚌类的栖息环境有关。在褶纹冠蚌的4个地理种群中,鄱阳湖和涨渡湖的种群在形态上最为接近,这可能与两个湖泊的透明度较低、水环境在一定程度上相近有关<sup>[14-15]</sup>。梁子湖虽为中型湖泊,但透明度较大,这可能是该湖的褶纹冠蚌与上述两个湖泊的种类表现出形态差异的原因。东西湖的褶纹冠蚌采自“四大家鱼”的亲鱼池中,水质肥,透明度低,饵料生物丰富,水环境与湖泊迥异,蚌类生长快,个体大,在形态上变异最大。鄱阳湖与涨渡湖的三角帆蚌形态上的差异较小,主要表现在壳顶-中轴线前端距离、壳顶-中轴线后端距离以及壳顶-铰合部后缘距离3个性状上。蚌类地理种群之间的形态变异究竟与栖息环境的哪些指标有关,在多大程度上反映了等位基因的变异,本项目正进一步在环境生物学和遗传学方面进行深入研究。

主成分分析表明,多个形态测量性状同时对蚌的形态变异存在明显影响。以往蚌类的形态分类一般只将壳宽相对于壳长的比值、壳顶在铰合部中的前后位置作为种类鉴定的数量性状,主要依据贝壳颜色、壳饰等属性性状进行种的描述,加之许多蚌类的形态极为相似,这给种的鉴定造成了一定困难。因此,采用多变量的判别分析,同时结合蚌类的其它形态特征及生理、生态特征进行种类描述,将会进一步提高种类鉴定的可靠性。

#### 参考文献:

- [1] Qi Z Y. Economic Mollusca of China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. 200-217. [齐钟彦. 中国经济软体动物[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 200-217.]
- [2] Lin Z T. Bivalves (Mollusca) of Poyang Lake, Jiangxi Province, China [J]. Acta Zool Sin, 1962, 14(2): 249-260. [林振涛. 鄱阳湖的双壳类[J]. 动物学报, 1962, 14(2): 249-260.]
- [3] Lin Z T, Liu Y Y. Unionidae (Mollusca) of Bai-yang-dian, Hopei Province, China [J]. Acta Zool Sin, 1963, 15(2): 243-251. [林振涛, 刘月英. 白洋淀的蚌类[J]. 动物学报, 1963, 15(2): 243-251.]
- [4] Zhang X, Li S C, Liu Y Y. Bivalves (Mollusca) of the Dongting Lake and its surrounding waters, Hunan Province, China [J]. Acta Zool Sin, 1965, 17(2): 197-213. [张玺, 李世成, 刘月英. 洞庭湖及其周围水域的双壳类软体动物[J]. 动物学报, 1965, 17(2): 197-213.]
- [5] Zhang X, Li S C. Bivalves (Mollusca) of the Poyang Lake and its surrounding waters include a new species [J]. Acta Zool Sin, 1965, 17(3): 309-317. [张玺, 李世成. 鄱阳湖及其周围水域的双壳类包括一新种[J]. 动物学报, 1965, 17(3): 309-317.]
- [6] Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X. Bivalves (Mollusca) of the Tai Hu and its surrounding waters, Jiangsu Province, China [J]. Acta Zoologica Sinica, 1980, 26(4): 365-369. [刘月英, 张文珍, 王耀先. 太湖及其周围水域的双壳类[J]. 动物学报, 1980, 26(4): 365-369.]
- [7] Heude R P. Conchylogie Fluviale de la Province de Nanking [M]. Paris: Librairie F. Savy, 1875-1866.
- [8] Simpson C T. A descriptive catalogue of the naiads or pearl freshwater mussels [M]. Privately published by Bryant Walker, Detroit, Michigan, 1914.
- [9] Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X, et al. Economic fauna of China (freshwater molluscs) [M]. Beijing: Science Press, 1979. [刘月英, 张文珍, 王跃先, 等. 中国经济动物志(淡水软体动物)[M]. 北京: 科学出版社, 1979.]
- [10] Liu X M. On the formation of the multilayer structure in shells of some freshwater mollusks [J]. Acta Zool Sin, 1994, 40(3): 221-225. [刘小明. 淡水贝类贝壳多层构造形成研究[J]. 动物学报, 1994, 40(3): 221-225.]
- [11] Wu X P, Ouyang S, Liang Y L, et al. A scanning electron microscopic study of the shells of unionidae [J]. J Nanchang Univ (Natural Science), 1999, 23(1): 58-61, 66. [吴小平, 欧阳珊, 梁彦龄, 等. 蚌科贝壳的扫描电镜观察[J]. 南昌大学学报(理科版), 1999, 23(1): 58-61, 66.]
- [12] Ouyang S, Wu X P, Shu F Y, et al. SEM observation on the gill of freshwater Lamellibranchia [J]. J Nanchang Univ (Natural Science), 2000, 24(2): 188-191. [欧阳珊, 吴小平, 舒凤月, 等. 淡水瓣鳃类鳃的扫描电镜观察[J]. 南昌大学学报(理科版), 2000, 24(2): 188-191.]
- [13] Wei Q S, Guo X W, Fan Q X, et al. Studies on the population structure of mollusks in Zhangdu Lake and their rational utilization [J]. Reservoir Fisheries, 1993, (5): 23-25. [魏青山, 郭先武, 樊启学, 等. 涨渡湖的贝类种群结构及合理利用的研究[J]. 水利渔业, 1993, (5): 23-25.]
- [14] Wu X P, Ouyang S, Hu Q Y. Bivalves (Mollusca) of the Poyang Lake [J]. J Nanchang Univ (Natural Science), 1994, 18(3): 249-252. [吴小平, 欧阳珊, 胡起宇. 鄱阳湖的双壳类[J]. 南昌大学学报(理科版), 1994, 18(3): 249-252.]