

doi: 10.7541/2014.03

长江流域淡水软体动物物种多样性及其分布格局

舒凤月^{1,2} 王海军¹ 崔永德¹ 王洪铸¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;
2. 曲阜师范大学, 南四湖湿地生态与环境保护重点实验室, 曲阜 273165)

摘要: 研究以正式发表的淡水软体动物文献和部分未发表野外调查数据为基础资料, 分析了长江流域淡水软体动物物种多样性及分布格局。长江流域已报道的软体动物有296种, 隶属17科62属, 其中有197种是中国特有种。田螺科、肋蜷科、盖螺科、椎实螺科和蚌科是长江流域软体动物的主要组成部分, 这5科种类数之和达249种, 占总数的84.1%。从总体上低海拔地区的软体动物物种数高于高海拔地区, 而高海拔地区特有种类所占的比例却高于低海拔地区。支流和湖泊的种类数接近, 分别为202种和210种, 远高于长江干流(31种)。各水系软体动物的种类数、特有种类数及特有比例明显不同, 洞庭湖水系和鄱阳湖水系的多样性最高。聚类分析表明, 长江流域软体动物的分布基本反映了流域内的地势特点, 形成了高原、中低海拔山地和低海拔平原的分布格局。不同类群的物种其分布格局也不相同, 田螺科和椎实螺科的分布范围较广, 肋蜷科和盖螺科种类分布范围狭窄, 多数种类仅存在于单个水系, 蚌科种类分布最为集中, 以鄱阳湖和洞庭湖的种类最为丰富, 种类数分别为58种和45种。研究表明, 金沙江下游(云贵高原湖泊)、鄱阳湖和洞庭湖软体动物物种多样性丰富, 建议将其列为我国淡水软体动物急需关注和保护的热点地区。

关键词: 软体动物; 物种多样性; 分布格局; 长江流域

中图分类号: Q178.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2014)01-0019-08

物种的空间分布格局是生态学和保护生物学研究的一个热点^[1], 它反映了物种的空间结构与影响因子之间的关系, 因而据此可以确定影响物种分布的关键因子, 并提出相应的保护对策。在过去的几十年里, 很多学者对物种丰富度的大尺度分布格局及相应的机制进行了大量研究^[2]。但这些研究主要集中在陆地生态系统, 水生生态系统方面的研究非常少, 且主要集中在鱼类的分布格局^[3, 4]。

长江是中国第一、世界第三长河流, 发源于青藏高原的唐古拉山脉各拉丹冬峰, 流经11个省、自治区或直辖市, 于崇明岛以东注入东海。长江干流全长6300 km, 包括3000多条支流和4000多个湖泊, 长江与这些支流和湖泊共同构成了一个复杂的江湖复合生态系统, 孕育出相当丰富的淡水生物群

落^[5]。由于其独特的地理位置、历史和人类活动, 长江及其湖泊生态系统的生物多样性在国内外都具有重要意义。世界自然基金会将长江及其湖泊生态系统列为全球200个需要优先保护的生态区之一。

然而, 自20世纪50年代以来, 由于大型水利工程、过度捕捞、水体污染及围垦等人类活动的影响, 长江流域水生生物多样性开始下降。但人们关注的焦点主要集中在鱼类多样性的变化^[3, 6, 7], 而有关水生无脊椎动物的状况却知之甚少, 以至于限制了对该流域总生物多样性变化的综合评价。软体动物就是其中的重要类群之一, 尽管自20世纪50年代以来, 进行过多次区系调查, 但这些调查多为零散的区系组成报道, 对于软体动物多样性及分布格局的综合

收稿日期: 2012-09-11; 修订日期: 2013-07-15

基金项目: 中国科学院重大方向性项目(KZCX2-YW-426-02); 国家自然科学基金项目(51209010); 曲阜师范大学“十一五”计划省级重点建设项目; 南四湖湿地生态与环境保护重点实验室项目资助

作者简介: 舒凤月(1974—), 男, 山东巨野人; 博士, 副教授; 主要从事淡水贝类分类与生态研究。E-mail: Shfyue01@163.com

通信作者: 王洪铸, E-mail: wanghz@ihb.ac.cn

分析至今未见报道, 以至于对该流域软体动物的多样性、受威胁状况及可行的保护措施均不清楚。

基于以上原因, 我们综合多年来的文献积累, 并结合2003年以来中国科学院水生生物研究所的积累标本, 重新对长江流域内物种及采集地进行校对和分析, 从物种组成、特有物种及其分布等方面对长江流域淡水软体动物物种多样性及分布格局进行了研究, 主要目的是: (1)提供该流域软体动物多样性基本信息; (2)探讨软体动物多样性格局的特点, 为制定软体动物科学的保护对策提供依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

长江流域的范围依据水利部长江水利委员会^[8]所划定, 分为12个水系(图1)。江源至宜昌段为上游,

全长4300 km, 流域面积 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$, 包括源头水系(HS, the headwater sub-basin)、金沙江水系(JS, the Jingshajiang sub-basin)、岷沱水系(MTS, the Ming-tuo sub-basin)、嘉陵江水系(JLS, the Jialingjiang sub-basin)、上游干流水系(UMS, the upper mainstream sub-basin)和乌江水系(WS, the Wujiang sub-basin)。宜昌至湖口段为长江中游, 全长955 km, 流域面积 $68 \times 10^4 \text{ km}^2$, 包括汉江水系(HJS, the Hanjiang sub-basin)、中游干流水系(MMS, the middle mainstream sub-basin)、洞庭湖水系(LDS, the Lake Dongting sub-basin)和鄱阳湖水系(LPS, the Lake Poyang sub-basin)。湖口至长江口段为下游段, 全长1045 km, 流域面积 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$, 包括下游干流水系(LMS, the lower mainstream sub-basin)和太湖水系(LTS, the Lake Taihu sub-basin)。

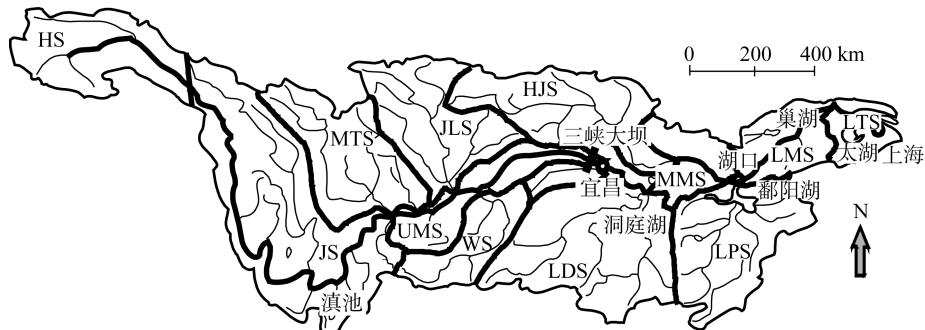


图1 长江流域示意图
Fig. 1 The sketch map of the Yangtze River Basin

1.2 数据来源及分析

软体动物数据主要来源于2个方面: (1)1950—2010年期间, 正式发表的软体动物区系方面的研究及新种、新纪录的报道; (2)未发表的2007—2008年对滇池、泸沽湖及程海软体动物的调查结果。依据标本的采集地信息, 对物种的地理分布进行整理, 并参考最新的分类学研究成果, 对物种的命名及有效性进行校对整理。关于盖螺科和觿螺科的分类问题, 我们采用Davis的观点^[9], 将所涉及的种类均归入盖螺科。

聚类分析所用数据为长江流域各水系软体动物种类的有无数据, 相似性系数采用 Jaccard 指数^[3], 计算公式为: $C_j=c/(a+b-c)$, 其中, a 、 b 分别为两群落各自的物种数, c 为两群落的共有物种数。然后根据相似性系数采用 UPGMA 法(Un-weighted pair-group average method)进行聚类分析, 由于源头水系和汉

江水系缺乏软体动物区系方面的研究, 故在聚类时未包括在内。数据的统计分析使用 Excel 2003 和 Statistica 6.0, 制图使用 Photoshop CS 软件。

2 结果

2.1 物种组成

长江流域内共记录淡水软体动物296种, 隶属于17科62属。其中腹足类12科43属213种, 双壳类5科19属84种。该流域中国特有物种丰富, 计197种(144种腹足类, 53种双壳类), 占全部种类数的66.6%。

田螺科、肋蜷科、盖螺科、椎实螺科和蚌科是长江流域软体动物的主要组成部分。田螺科、盖螺科和蚌科是软体动物种类数和特有物种数最丰富的三个科, 分别占全部种类数的19.9%、21.3%和24.0%, 占全部特有物种数的25.9%、28.9%和25.4%。其次为肋蜷科和椎实螺科, 种类数分别为33种和23种。其

他各科的种类数较少, 为1—13种(表1)。

拟钉螺属(盖螺科)和短沟蜷属(肋蜷科)是长江流域物种最丰富的两个属, 分别占总种类数的9.8%和9.1%, 其次为萝卜螺属、丽蚌属、环棱螺属、圆田螺属和无齿蚌属, 种类数分别为19种、19种、18种、14种和13种, 其他各属的种类数均在10种以下。

2.2 多样性分布格局

总的来看, 中游的丰富度最高, 达206种, 占长江流域总种类数的69.6%, 其次为上游, 软体动物种

类数为150种, 下游的种类最少, 仅82种。但从特有种类的比例来看, 上游最高(65.3%), 其次为中游(62.8%), 下游最低(48.8%)(图2)。

从长江干流、支流及湖泊软体动物多样性的比较可以看出, 长江干流的丰富度和特有种类所占比例均显著低于支流和湖泊, 支流和湖泊的种类数接近, 分别为202种和210种, 但前者特有种类所占的比例(69.3%)高于后者(58.6%)(图3)。

在水系尺度上, 洞庭湖水系和鄱阳湖水系的丰

表1 长江流域各水系软体动物各科的种类数和特有种类数(括号内)
Tab. 1 Species and endemic species (in the brackets) of molluscs of each sub-basin in the Yangtze Basin

	金沙江 水系 JS	乌江 水系 WS	嘉陵江 水系 JLS	泯沱 水系 MTS	上游干流 水系 UMS	洞庭湖 水系 LDS	鄱阳湖 水系 LPS	中游干流 水系 MMS	太湖 水系 LTS	下游干流 水系 LMS	合计 Totally	所占比例 Percentage
田螺科 Viviparidae	29(26)	6(4)	10(9)	13(10)	8(6)	35(30)	20(18)	14(9)	7(5)	7(6)	59(51)	19.9%(25.9%)
瓶螺科 Ampullariidae	—	—	—	—	—	1(0)	—	—	—	—	1(0)	0.3%(0.0%)
豆螺科 Bithyniidae	2(1)	4(3)	3(2)	2(1)	6(5)	7(6)	7(6)	11(7)	5(4)	4(3)	13(9)	4.4%(4.6%)
狭口螺科 Stenothyridae	1(1)	—	1(0)	—	1(0)	3(0)	1(0)	2(0)	1(0)	1(0)	3(0)	1.0%(0.0%)
肋蜷科 Pleuroceridae	9(8)	5(4)	1(0)	2(1)	3(3)	10(3)	15(11)	2(0)	2(0)	4(2)	33(23)	11.1%(11.7%)
跑螺科 Thiaridae	—	—	—	—	—	1(0)	—	—	—	1(0)	1(0)	0.3%(0.0%)
盖螺科 Pomatiopsidae	17(16)	22(21)	3(3)	3(3)	15(14)	15(14)	1(1)	12(11)	—	1(1)	63(57)	21.3%(28.9%)
拟沼螺科 Assimineidae	—	1(0)	2(0)	1(0)	2(0)	—	1(0)	2(1)	1(0)	3(1)	4(1)	1.4%(0.5%)
膀胱螺科 Physidae	1(1)	—	—	—	—	1(0)	1(0)	1(0)	1(0)	—	1(0)	0.3%(0.5%)
椎实螺科 Lymnaeidae	19(2)	8(1)	6(1)	6(1)	6(1)	10(2)	7(1)	12(1)	5(0)	4(0)	23(3)	7.8%(1.5%)
扁卷螺科 Planorbidae	5(0)	6(0)	6(0)	2(0)	6(0)	6(0)	6(0)	10	5(0)	3(0)	10(0)	3.4%(0.0%)
楯螺科 Ancyliidae	—	—	—	—	—	—	—	1(0)	1(0)	—	1(0)	0.3%(0.0%)
贻贝科 Mytilidae	—	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	0.3%(0.5%)
蚌科 Unionidae	4(0)	5(1)	9(1)	10(2)	6(0)	50(38)	58(42)	26(14)	30(17)	16(8)	71(50)	24.0%(25.4%)
截蛭科 Solecurtidiae	—	—	—	—	—	1(1)	1(1)	—	1(1)	1(1)	1(1)	0.3%(0.5%)
蚬科 Corbiculidae	1(0)	4(1)	4(1)	3(1)	4(1)	5(1)	4(1)	3(1)	3(1)	3(1)	8(1)	2.7%(0.5%)
球蚬科 Sphaeriidae	—	—	—	—	—	2(0)	—	2(0)	1(0)	—	3(0)	1.0%(0.0%)
合计 Totally	88(53)	62(36)	46(18)	43(20)	58(31)	148(96)	123(82)	99(45)	64(29)	49(24)	296(197)	

注: -无记录

Note: - No record

富度最高, 分别有 148 种和 123 种, 其次为金沙江水系和中游干流水系, 其他水系的丰富度较低, 种类数从沱水系的 43 种到太湖水系的 64 种不等。洞庭湖水系和鄱阳湖水系特有比例也最高, 分别为 64.9% 和 66.7%, 金沙江水系、乌江水系和上游干流水系次之, 特有比例分别为 60.2%、58.1% 和 53.4%, 其他水系较低, 从嘉陵江水系的 39.1% 到下游干流水系的 49.0% 不等(表 1)。

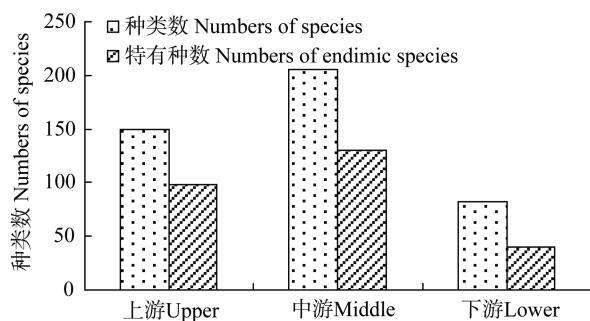


图 2 长江上游、中游和下游流域的软体动物种类数和特有种数
Fig. 2 The numbers of species and endemic species of molluscs in the upper, middle and lower reaches of the Yangtze River

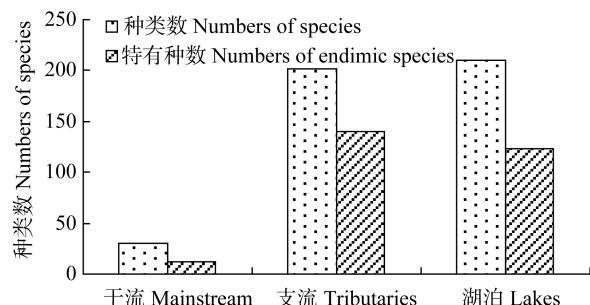


图 3 长江干流、支流和湖泊中的软体动物种类数和特有种数
Fig. 3 The numbers of species and endemic species in the mainstream, tributaries and lakes of the Yangtze River

根据软体动物种类的有无数据, 利用 Jaccard 物种相似性系数对长江流域各水系进行聚类分析(图 4), 可以看出, 整个流域可划分为三部分: 第一部分仅包括金沙江水系, 第二部分包括了除金沙江水系外的所有上游水系, 第三部分包括了所有长江中下游水系。

2.3 优势类群分布格局

各优势类群在各水系的分布格局极不相同(图 5)。田螺科在洞庭湖水系的多样性最高, 达 35 种, 主要由圆田螺属(8 种)、环棱螺属(11 种)和河螺属(8 种)的种类组成, 其中河螺属仅分布在中下游流域, 特别是洞庭湖水系。其次为金沙江水系和鄱阳湖水系, 前者的田螺科种类主要分布在滇池, 其中螺蛳属的 9 种仅分布于滇池, 后者在种类组成上与洞

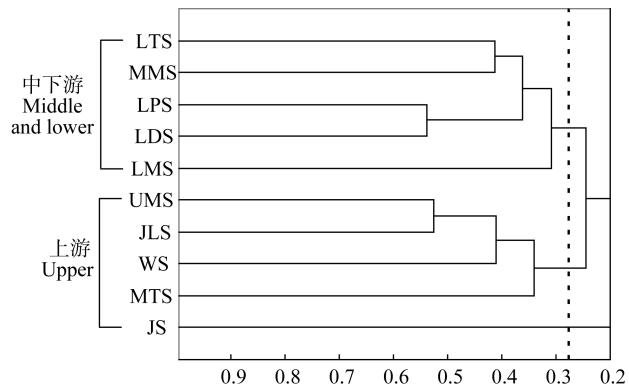


图 4 长江流域 10 个水系软体动物区系的相似性
Fig. 4 Similarity of molluscan fauna of 10 sub-basins in the Yangtze River

庭湖水系类似, 但多数属的种类数少于洞庭湖水系(环棱螺属除外)。其他水系的种类数较少, 且多以常见种类为主(图 5A)。

肋蜷科主要分布在金沙江水系(9 种)、洞庭湖水系(10 种)和鄱阳湖水系(15 种)。大多数肋蜷科种类的分布范围狭窄, 仅限于单个水系, 如有 6 种仅分布在金沙江水系, 4 种仅分布在洞庭湖水系, 9 种仅分布在鄱阳湖水系, 3 种仅分布在乌江水系(图 5B)。

盖螺科包括 15 个属, 除拟钉螺属(29 种, 占该科种类数的 46%), 其他 14 个属的种类显著较少, 仅 1—6 种不等。盖螺科主要分布在上游的金沙江水系、乌江水系和上游干流水系以及中游洞庭湖水系和干流水系水流较缓的山区溪流, 而在东部平原的湖泊及河流中, 仅湖北拟钉螺广泛存在。盖螺科大部分种类的分布范围狭窄, 但对海拔的要求略有不同, 拟钉螺属的种类对海拔要求不严, 分布海拔高度在 0—2000 m, 小豆螺属、拟小豆螺属和秋吉螺属的种类主要分布在 500—1000 m 海拔, 而洱海螺属、龙骨螺属、川蜷属和拟塔螺属仅分布在 2000 m 海拔左右云贵高原(图 5C)。

椎实螺科的物种多样性在金沙江水系最高, 有 19 种, 占该科种类数的 82.6%, 其中有 8 种萝卜螺仅分布在该水系, 其他种类分布广泛。此外, 长江流域唯一的一种椎实螺(乐山椎实螺)目前仅在沱水系发现(图 5D)。

蚌科是长江流域种类数最多的一个科, 达 71 种, 隶属 14 属。相对于其他类群, 蚌科的分布最为集中, 主要分布在长江中下游流域的湖泊中, 特别是鄱阳湖和洞庭湖(图 5), 这两个湖泊的种类数分别为 58 种和 45 种, 特有种类数分别为 42 种和 33 种(图 5E)。

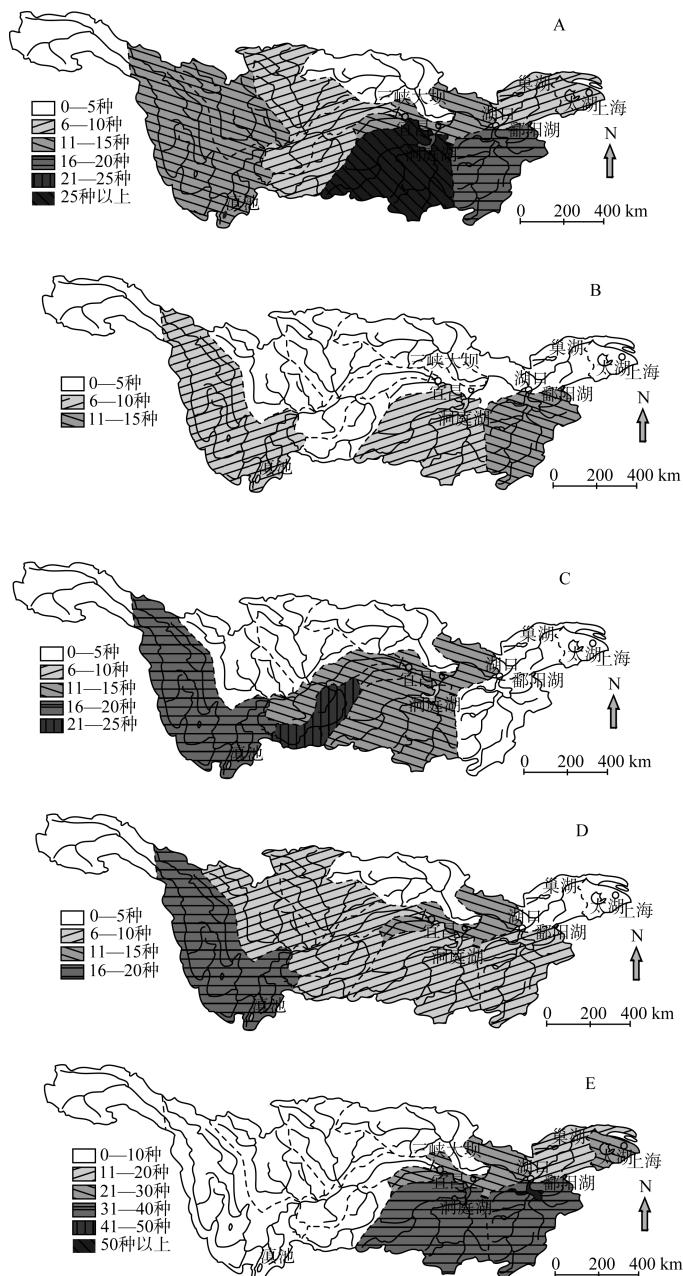


图 5 长江流域 5 个主要科的分布

Fig. 5 Distribution of five major families of molluscs in the Yangtze Basin

A. 田螺科; B. 肋蜷科; C. 盖螺科; D. 椎实螺科; E. 蛮科

A. Viviparidae; B. Pleuroceridae; C. Pomatiopsidae; D. Limnaeidae; E. Unionidae

3 讨论

全世界已知的淡水软体动物约 5000 种^[10, 11]。在长江流域分布的软体动物有 296 种, 占全世界的 6%。另外, 分布在长江流域的 17 个科中, 有 10 个科的种类数占全世界的 10%以上。这表明长江流域在全世界淡水软体动物资源中具有重要地位, 如此高的物种丰富度主要与长江流域的自然地理特征有

关^[5]。从支流和湖泊具有较高的多样性也可以看出支流和湖泊在维持长江流域软体动物多样性上起到了至关重要的作用。从长江流域各水系的物种数、特有数以及特有比例看(表 1), 洞庭湖水系、鄱阳湖水系和金沙江水系的物种多样性以及特有比例最高, 其中这三个水系又分别以洞庭湖、鄱阳湖和金沙江下游(云贵高原湖泊)的物种最为丰富(表 2), 分布最为集中, 建议将其列为长江流域内应急需关注和保护的热点地区。

从各水系物种的相似性来看, 长江水系可划分为三部分, 金沙江水系为单独一部分, 第二部分包括了除金沙江水系外的所有上游水系, 第三部分则包括了整个中下游的水系, 这表明长江水系软体动物的分布并不支持传统的上中下游三个河段的划分, 这与根据长江流域鱼类的分布所得出的结果一致^[3]。但从不同海拔梯度的软体动物群落组成看, 软体动物的这种分布模式却反映了长江水系的三级地形特点, 形成了高原、中低海拔山地和低海拔平原的分布格局。金沙江水系的软体动物数据主要来自该水系下游的云贵高原湖泊及其注入河流, 因而其区系反映了云贵高原的特点, 软体动物区系组成以田螺科、盖螺科和椎实螺科的种类为主; 混沱水系、嘉陵江水系、乌江水系和上游干流水系软体动物的区系反映了由高原向平原过渡的中高海拔山地特点, 盖螺科的种类是其典型代表; 而长江中游和下游在地势上属于我国的三级台阶部分, 软体动物的区系主要由田螺科、肋蜷科和蚌科的种类组成, 反映了海拔较低的丘陵山地和东部平原的特点。

从科级阶元的分布来看, 田螺科、豆螺科、肋蜷科、盖螺科、椎实螺科、扁蜷螺科和蚬科等具有较广的分布范围, 这主要与这些类群的起源较早有关^[10]。但从物种的分布格局来看, 田螺科、豆螺科、肋蜷科和盖螺科的物种特有性高, 分布多局限在一个特定的区域, 而椎实螺科、扁蜷螺科和蚬科的物种分布却非常广泛。软体动物物种的分布格局主要受扩散能力限制, 而扩散能力又与生活史特征密切

表 2 长江流域 6 个湖泊软体动物的种类数和特有种类数
Tab. 2 Species and endemic species of freshwater molluscs of 6 lakes in the Yangtze Basin

	腹足纲 Gastropoda		双壳纲 Bivalvia		合计 Totally	
	种类数 SN	特有种 ESN	种类数 SN	特有种 ESN	种类数 SN	特有种 ESN
鄱阳湖 Lake Poyang	50	28	64	45	114	73
洞庭湖 Lake Dongting	51	29	52	36	103	65
太湖 Lake Taihu	21	8	36	20	57	28
滇池 Lake Dianchi	74	44	5	0	79	44
石臼湖 Lake Shijiu	15	6	15	9	30	15
洪湖 Lake Honghu	24	10	8	3	32	13
东湖 Lake Donghu	31	8	11	2	42	10

注: SN 表示种类数; ESN 表示特有种类数

Notes: SN, Species number; ESN, Endemic species number

相关^[10, 12]。田螺科物种个体较大, 雌雄异体, 生殖方式为卵胎生, 这些特征使其扩散能力较弱^[11, 12]; 豆螺科、肋蜷科和盖螺科的物种则由于其生活史特征对特定环境的依赖, 扩散能力最弱, 因而其分布范围最为狭窄, 其中尤其以盖螺科的物种最为明显, 其分布范围往往仅局限在一个很小的特定区域^[9, 12, 13]。而椎实螺科、扁蜷螺科和蚬科的物种则具有明显的生活史优势, 前两科的物种个体小, 雌雄同体, 自体受精^[12, 14], 蚬科物种幼虫自由生活^[10], 因而具有较强的扩散能力。同一科内的不同属或物种之间, 生活史也存在差异, 因而其分布也不完全相同^[10, 12]。例如, 螺蛳属的种类仅分布于云南省的一些湖泊, 这可能是由于其繁殖力明显低于田螺科其他种类^[15]。有关影响蚌类分布格局的研究较少。一般认为, 蚌科种类的扩散主要受制于宿主鱼类的迁移能力^[11, 16]。尽管长江流域蚌类物种丰富, 但有关其与鱼类关系的研究很少^[17]。因此, 有关鱼类与长江流域蚌类分布格局的关系尚需进一步研究。

与美国、欧洲及澳大利亚相比, 世界上大部分地区的淡水软体动物仍缺乏全面、详细的调查, 有大量物种待发现^[18]。相对于其流域面积, 长江流域以前的调查仍仅局限于局部很小的区域, 特别是上游的绝大部分地区迄今尚未进行过专门的调查, 中下游流域的区系调查也多仅限于一些湖泊^[19, 20], 缺乏对河流的调查^[21], 而且调查强度和采集方法也不一致^[19—21]。另一方面, 软体动物的研究现状也受制于分类知识的缺乏, 对于多数类群来说, 国内几乎未进行过相关的系统分类学研究, 而且分类鉴定仍主要依据壳的形态特征, 然而, 壳的形态特征易受环境影响而具有高度可塑性, 导致物种鉴定不准确^[23—25]。

参考文献:

- [1] Noss R F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach [J]. *Conservation Biology*, 1990, **4**(4): 355—364
- [2] Gaston K J. Global patterns in biodiversity [J]. *Nature*, 2000, **405**(6783): 220—227
- [3] Fu C Z, Wu J H, Chen J K, et al. Freshwater fish biodiversity in the Yangtze River basin of China: patterns, threats and conservation [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2003, **12**(8): 1649—1685
- [4] Irz P, Argillier C, Oberdorff T. Native and introduced fish species richness in French lakes: local and regional influences [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2004, **13**(4): 335—344
- [5] Liu J K. Lakes of the Middle and Lower Basins of the Chang Jiang [M]. In: Taub F B (Eds.), *Lakes and Reservoirs, Ecosystems of the World v.23, chap 14*. Amsterdam: Elsevier. 1984, 331—355
- [6] Chen Y F, Chen Y Y, He D K. Biodiversity in the Yangtze River fauna and distribution of fishes [J]. *Journal of Ichthyology*, 2002, **42**(2): 161—171
- [7] Fang J Y, Wang Z H, Zhao S Q, et al. Biodiversity changes in the lakes of the Central Yangtze [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2006, **4**(7): 369—377
- [8] Changjiang Hydrological Committee of Hydrology Ministry. *Atlas of the Yangtze River Basin*. Beijing: China Map Press. 1999 [水利部长江水利委员会. 长江流域地图集. 北京: 中国地图出版社. 1999]
- [9] Davis G M. Different modes of evolution and adaptive radiation in the Pomatiopsidae (Prosobranchia: Mesogastropoda) [J]. *Malacologia*, 1981, **21**(1-2): 209—262.
- [10] Strong E E, Gargominy O, Ponder W F. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater [J]. *Hydrobiologia*, 2008, **595**(1): 149—166
- [11] Bogan A E. Global diversity of freshwater mussels

- (Mollusca, Bivalvia) in freshwater [J]. *Hydrobiologia*, 2008, **595**(1):139—147
- [12] Ponder W F, Colgan d J. What makes a narrow range taxon? Insights from Australian freshwater snails [J]. *Invertebrate Systematics*, 2002, **16**(4): 571—582
- [13] Michel E. Why Snails Radiate: A Review of Gastropod Evolution in Long-lived Lakes, Both Recent and Fossil [M]. In: Martens K, B Gooderis, G Coulter (Eds.), *Speciation in Ancient Lakes*. Archiv für Hydrobiologie, Beihefte-Advances in Limnology. 1994, 285—317
- [14] Brown K M, Alexander J E, Thorp J H. Differences in the ecology and distribution of lotic pulmonate and prosobranch gastropods [J]. *American Malacological Bulletin*, 1998, **14**(2): 91—101
- [15] Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X, et al. Freshwater Mollusks-economic Fauna of China [M]. Beijing: Science Press. 1979, 18—19 [刘月英, 张文珍, 王跃先, 等. 中国经济动物志—淡水软体动物. 北京: 科学出版社. 1979, 18—19]
- [16] Neves R J, Bogan A E, Williams J D, et al. Status of Mollusks in the Southeastern United States: a Downward Spiral of Diversity [M]. In: G W Benz, D E Collins (Eds.), *Aquaticfauna in peril: the southeastern perspective*. Special Publication 1. Southeast Aquatic Research Institute, Lenz Design and Communications, Decatur, Georgia. 1997, 43—85
- [17] Liu H Z, Zhu Y R, Smith C, et al. Evidence of host specificity and congruence between phylogenies of bitterlings and freshwater mussels [J]. *Zoological Studies*, 2006, **45**(3): 428—434
- [18] Lydeard C, Cowie R H, Ponder W F, et al. The global decline of nonmarine mollusks [J]. *BioScience*, 2004, **54**(4): 321—330
- [19] Shu F Y, Wang H J, Pan B Z, et al. Assessment of species status of Mollusca in the mid-lower Yangtze lakes [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, **33**(6): 1051—1058 [舒凤月, 王海军, 潘保柱, 等. 长江中下游湖泊贝类物种濒危状况评估. 水生生物学报, 2009, **33**(6): 1051—1058]
- [20] Li D L, Zhang T, Yu J B, et al. Temporal and spatial distributional patterns of Mollusca in a typical aquacultural lake-Datong Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, **35**(6): 946—954 [李德亮, 张婷, 余建波, 等. 典型养殖湖泊大通湖软体动物的时空分布格局. 水生生物学报, 2011, **35**(6): 946—954]
- [21] Ou Y S, Qi T, Xiao J Z, et al. Species diversity and abundance of freshwater molluscs in the middle reaches of Gan River and the surrounding branches [J]. *Journal of Nanchang University (Engineering & Technology)*, 2011, **33**(1): 1—6 [欧阳珊, 祁涛, 肖晋志, 等. 赣江中游及支流的淡水贝类多样性和丰度. 南昌大学学报(工科版), 2011, **33**(1): 1—6]
- [22] Liu Y Y, Wang Y X, Zhang W Z. On the freshwater molluscs in the area of Sanxia Reservoir [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 1991, **16**(1): 1—14 [刘月英, 王耀先, 张文珍. 三峡库区的淡水贝类. 动物分类学报, 1991, **16**(1): 1—14]
- [23] Wu X P, Ou Y S, Liang Y L, et al. Comparative studies on shell and radular morphology of *Bellamya* (Gastropoda: Viviparidae) [J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 2000, **24**(1): 1—5 [吴小平, 欧阳珊, 梁彦龄, 等. 三种环棱螺贝壳形态及齿舌的比较研究. 南昌大学学报(理科版), 2000, **24**(1): 1—5]
- [24] Pfenninger M, Cordellier M, Streit B. Comparing the efficacy of morphologic and DNA-based taxonomy in the freshwater gastropod genus *Radix* (Basommatophora, Pulmonata) [J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2006, **23**(6): 100
- [25] Graf D L, Cummings K S. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoida) [J]. *Journal of Molluscan Studies*, 2007, **73**(4): 291—314

DIVERSITY AND DISTRIBUTION PATTERN OF FRESHWATER MOLLUSCS IN THE YANGTZE RIVER BASIN

SHU Feng-Yue^{1,2}, WANG Hai-Jun¹, CUI Yong-De¹ and WANG Hong-Zhu¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Provincial Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment Conservation of Lake Nansihu, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

Abstract: Based on published studies and some unpublished data of our survey, we analyzed diversity and distribution pattern of freshwater molluscs in the Yangtze River basin. Altogether, 297 valid species are recognized, belonging to 62 genera in 17 families; particularly 197 species are endemic to China. Viviparidae, Plenoseridae, Pomatiopsidae, Limnaeidae and Unionidae are the predominant components, accounting for 250 species and 84.2% of the total. Total species richness decreases while the ratio of endemic species richness to total species increases with elevated elevation. Species richness in the tributaries and lakes of the Yangtze River were greatly higher than those in the mainstream, suggesting that the tributaries and lakes were essentially important for sustaining molluscan biodiversity in the basin. Species richness, endemic species and endemisity were significantly variable at the sub-basin scale with the most diverse fauna occurred in the Lake Dongting sub-basin and Lake Poyang sub-basin. Cluster analysis indicated that distribution patterns of freshwater molluscs reflected the topographic characteristics of the basin, and formed the pattern of medium altitude plateau, medium-low altitude hilly area, and low-altitude plain. Species distribution of the major groups extremely varied: 1) the Viviparidae and Limnaeidae had the broadest distribution; 2) most species of the Plenoseridae and Pomatiopsidae had a restricted distribution only at one sub-basin; 3) the species of the Unionidae were concentrated in the mid-lower Yangtze Basin, especially in Lake Poyang and Lake Dongting with 58 species and 45 species respectively. Our study indicated that Lake Dongting, Lake Poyang and the lower Jinshajiang sub-basin (especially lakes in Yunnan-Guizhou Plateau) had most diverse molluscan fauna, and they should be considered as hotspots for conservation of freshwater molluscs.

Key words: Freshwater molluscs; Species diversity; Distribution pattern; The Yangtze River