

A Comparison of the Ostracod Assemblages in Lake Donghu across the 1957-2014 Interval and Its Environmental Significance

Guangcheng Zhang¹, Yangmin Qin^{1,2*}

¹School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan Hubei

²State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, Wuhan Hubei

Email: guangcheng1112@163.com, qinyangmin2005@163.com

Received: Apr. 2nd, 2017; accepted: Apr. 22nd, 2017; published: Apr. 26th, 2017

Abstract

Ostracod species had been identified and described by previous studies in the Lake Donghu, Wuhan in 1957. However, the environment and water conditions of Lake Donghu have been changed dramatically in the past 60 years, which may cause the succession in ostracod assemblage. In this paper, the species distribution of modern ostracod in Lake Donghu was investigated again in 2014. There were 15 species of 8 genera of ostracods, of which only two species were the same as those reported in 1957, and the ostracod species and community composition have undergone great changes. We summarized the ecological conditions and water environment data of Lake Donghu in 1957 and 2014, and suggested that the changes of the ostracod community assemblages sensitively reflected the processes of human-induced deterioration of water quality in Lake Donghu.

Keywords

Ostracod, Environmental Change, Lake Donghu, Urban Lake, Human Activity

近60年来武汉东湖介形虫组合变化及其环境意义

张光成¹, 秦养民^{1,2*}

¹中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北 武汉

²生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北 武汉

Email: guangcheng1112@163.com, qinyangmin2005@163.com

*通讯作者。

收稿日期: 2017年4月2日; 录用日期: 2017年4月22日; 发布日期: 2017年4月26日

摘要

早在1957年前人就对武汉东湖介形虫的属种进行了调查, 当时共记载了6属8种及1新种。如今时隔60年后, 武汉东湖的深度、面积和水质状况等发生了巨大变化, 这些变化可能会造成水生生物群落的改变。本文于2014年再次调查了武汉东湖现代介形虫的物种分布情况, 共发现介形虫8属15种, 其中仅有2种介形虫与1957年的报道相同, 介形虫的物种和生物群落组成都发生了很大变化。综合1957年和2014年武汉东湖的生态条件和水环境数据, 本文认为介形虫群落组成的变化灵敏地反映了上世纪50年代以来武汉城市化和工业化等人类活动引起的湖泊环境变化过程。

关键词

介形虫, 环境变化, 东湖, 城市湖泊, 人类活动

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

介形虫是一类微型甲壳动物, 它们广泛分布在海洋、湖泊、沼泽、水库等各类水域中, 其碳酸钙质的壳体在湖泊沉积物中易于保存, 可以提供重要的环境变化信息[1] [2]。介形虫的生活领域十分广泛, 在绝大多数天然水域中都能生存。在湖泊水体中, 湖泊的水文状况和水化学条件容易受气候条件和人类活动的影响而发生变化, 介形虫对湖泊的水体环境, 特别是对盐度和温度的变化十分敏感。因此, 国际上广泛利用沉积物中的介形虫组合变化结合年代学框架来反映湖泊过去的环境变化过程[3] [4] [5] [6] [7]。同时由于介形虫分布广、物种丰富、易于收集, 是水生生态系统的重要组成部分, 是一种良好的水质指示生物, 也被广泛用于指示水体的生态健康[8]。

自20世纪60年代以来长江中下游众多湖泊受到了人类活动不同程度的干扰[9] [10], 而武汉东湖是该地区具有代表性的浅水湖泊之一, 它是武汉居民生活和工农业生产的重要水源, 也是居民休闲的重要场所, 在居民的生产和生活中发挥着重要作用。上世纪70年代以来, 由于东湖沿岸及周边经济的快速发展和人口数量的大幅增加, 致使各类污染物大量进入东湖, 从而破坏了东湖的生态环境和生态平衡, 并影响了人民的的生活和健康。因此, 研究东湖半个世纪以来的环境变化过程, 有助于认识大型城市湖泊的环境演变过程和人类活动的关系, 从而为现代城市湖泊的治理、管理和可持续发展提供决策依据。

本论文调查了武汉东湖表层沉积物中现代介形虫的物种分布情况, 与20世纪50年代东湖介形虫的种类和数量进行对比分析, 力求从介形虫生物群落演化的角度反映20世纪50年代与现代东湖的水体环境差异, 从中得出人类活动对湖泊水质的影响, 以期引起相关方面的重视。

2. 研究区概况

武汉东湖位于湖北省武汉市武昌区东郊, 水域面积约33 km², 最大水深为6 m, 湖水平均深度大于2 m, 在2014年前东湖曾是中国最大的城中湖。东湖是由长江淤塞而形成, 100多年前曾和武昌其他湖泊

相通并与长江相连, 水患频繁。1899年至1902年, 地方政府在长江与东湖之间修建了武青堤和武金堤, 并在堤防上修建了武丰闸和武泰闸。1955年, 武汉市政府对武泰闸进行了彻底改造。1967年, 武泰闸改名工农闸, 1972年恢复原名至今。在人工建造堤坝和水闸的干预下, 东湖被分割成为若干个子湖, 并与长江分离, 水域面积急剧减少。此次研究选择了具有代表性的郭郑湖、汤菱湖和水果湖作为研究地点(图1)。

3. 材料和方法

选择湖心不同水深的采样点, 利用奥地利抓斗采泥器采集湖泊表层沉积物, 样品从水中取上后小心获取采泥器表层0~1 cm沉积物样品用于介形虫分析。

将采集的沉积物装入密封袋中, 带回实验室后称取50 g进行处理。样品水洗后在显微镜下观察到有大量活体介形虫, 为了进一步观察挑选, 样品用200目(0.074 mm)钢筛过滤, 之后将过筛样品倒进培养皿, 在烘箱内(温度60℃)烘干。再在显微镜下鉴定和统计。形态鉴定主要依据介形虫壳面装饰类型、壳形及双壳的叠覆关系、绞合构造、肌痕和眼点等特征, 鉴定主要参考《Freshwater Ostracoda》[11], 《Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe》[12], 《中国非海水介形类》[13], 《中国动物图谱: 甲壳动物》[14]和《中国介形类化石(第一卷)》[15]及《中国介形类化石(第二卷)》[16]等资料。对于每个样品中的代表性物种, 挑选后进行扫描电子显微镜照相, 分析电镜照片的细微纹饰等再次对物种进行分类。

4. 结果和讨论

4.1. 物种多样性和群落结构变化

陈受忠(1957)在东湖发现的介形虫有6属9种[17], 而本次研究发现的则有8属15种介形虫(如图2、表1); 其中近球形金星介和文杜维异星介在这两次调查中都有出现。但是, 1957年发现的7种介形虫: 上野湖湾介、绿色湖湾介、中华薄壳介、透明薄壳介、上野高背介、八角狭长介、马氏狭长介在本次



Figure 1. Lake Donghu and sampling sites
图 1. 东湖及采样点位置图

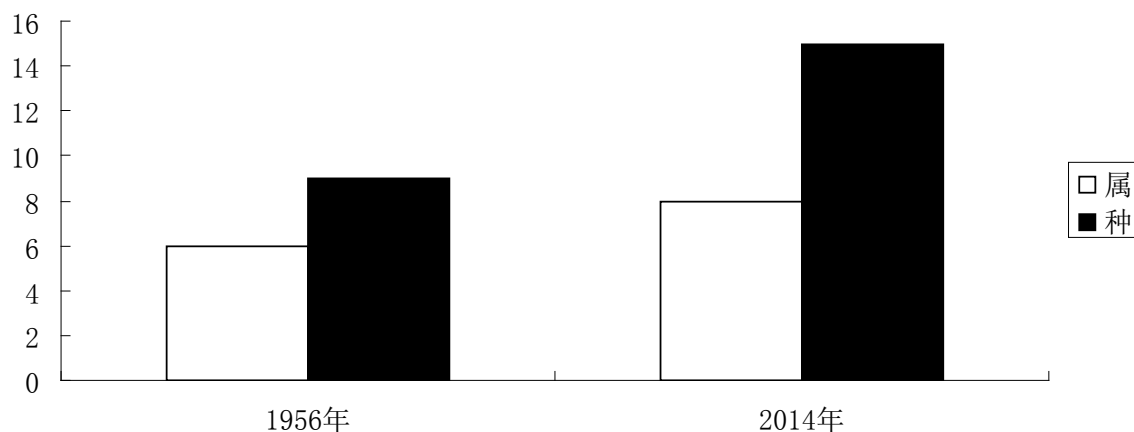


Figure 2. Comparison of ostracod species and genus number in 1957 and 2014 in Lake Donghu

图 2. 1957 年和 2014 年武汉东湖介形类属种数量的柱状对比图(单位: 个)

Table 1. Comparison of ostracod species in 1957 and 2014 in Lake Donghu

表 1. 东湖 1957 年和 2014 年的介形虫种属对比

属	种	1956	2014
金星介属	半球腺状虫 <i>Cyprissub globosa</i> (Sowerby, 1840)	+	+
高背介属	上野高背介 <i>Cyprinotus uenoi</i> (Brehm, 1936)	+	-
薄壳介属	中华薄壳介 <i>Dolerocypriss lnensis</i> (Sars, 1903)	+ *	-
	透明薄壳介 <i>Dolerocypris Gpellucida</i> (Klie, 1933)	+	-
异星介属	文杜维异星介 <i>Heterocypris vandouwei</i> (Brehm, 1923)	+	+
湖湾介属	上野湖湾介 <i>Strandesia uenoi</i> (Klie, 1938)	+ *	-
	绿色湖湾介 <i>Bradleystrandesia viridis</i> (Chen, 1957)	+ *	-
狭星介属	八角狭长介 <i>Stenocypris derupt</i> (Vávra, 1906)	+	-
	马氏狭长介 <i>Stenocypris malcolmsoni</i> (Brady, 1886)	+	-
玻璃介属	蓝田玻璃介 <i>Candona lantianensis</i> (Lee, 1966)	-	+
	疏忽玻璃介 <i>Candona neglecta</i> (Sars, 1887)	-	+
	爬行玻璃介 <i>Herpetocypris reptans</i> (Baird, 1835)	-	+ *
丽星介属	犁头玻璃介 <i>Candona vemerina</i> (Jiang, 1983)	-	+
	明亮丽星介 <i>Cypria luminosa</i> (Bojie, 1978)	-	+ *
达尔文介属	肥丽星介 <i>Cypria obesa</i> (Sharpe, 1897)	-	+
	史氏达尔文介 <i>Darwinula stevensoni</i> (Brady et Robertson, 1870)	-	+
真星介属	近似真星介 <i>Eucypris affinis</i> (Fishcher, 1851)	-	+
	真星介(未定种 1) <i>Eucypris</i> sp.1	-	+
土星介属	真星介(未定种 2) <i>Eucypris</i> sp.2	-	+
	放射土星介 <i>Ilyocypris radiate</i> (Sars, 1903)	-	+ *
	近美丽土星介 <i>Ilyocypris subpulchra</i> (Yang, 1982)	-	+
瘤丽星介属	克氏瘤丽星介 <i>Physocypris kraeplini</i> (G. W. Müller, 1903)	-	+

(“+”表示有记录, “-”表示未发现, “*”表示优势种)

研究中均未出现, 推测这些物种在东湖可能已经消失。与前人在东湖的调查结果相比, 本次调查新出现了 13 种介形虫: 蓝田玻璃介、疏忽玻璃介、爬行玻璃介、犁头玻璃介、明亮丽星介、肥丽星介、史氏达尔文介、近似真星介、真星介(未定种 1)、真星介(未定种 2)、放射土星介、近美丽土星介、克氏瘤丽星介[18] [19] (表 1)。东湖介形虫的数量和属种组合不但发生了显著变化, 而且优势种也发生了改变, 1957 年介形虫的优势种主要是上野湖湾介、中华薄壳介和透明薄壳介, 而 2014 年的优势种是爬行玻璃介、明亮丽星介和放射土星介。

4.2. 介形类属种变化的原因分析

在 1957 年和 2014 年两次的调查显示介形虫属种组合和数量发生了较大变化, 其主要原因可能是湖泊的水动力条件发生了较大变化。上世纪 50 年代东湖水域人工修路建桥较少, 河湖相连, 湖泊的水动力较大。然而到了 60 年代以后, 由于城市发展大规模修路建桥, 造成河汉分隔, 湖泊隔离, 使湖泊流动性减小, 湖泊水动力也随之减小。水动力条件变化也会引起生物属种变化, 但是上世纪 50 年代至今东湖水动力总体变化较小, 所以对介形虫的种类变化影响甚微。

两次调查结果差别较大的另外一个可能原因是 1957 年陈受忠只在东湖浅水区利用浮游生物网捞取样品, 采集的是生活在水体中的介形虫, 对于大量活动在表层底泥的介形虫没有调查, 而本次调查的样点设置在湖泊的中心和浅水区都有, 对水体和表层底泥中的介形虫都有采集, 这也可能是造成两次调查结果不同的另一个原因。

4.3. 近 60 年来东湖水体环境变化

综合前人研究结果[20] (表 2)可以看出, 1957 至今东湖水质条件发生了巨大的变化, 主要体现在: 与湖泊富营养化密切相关的总氮、总磷的含量在近 60 年里的增加 3 倍多, 表明东湖的营养物质显著增多, 和正常水质相比现在东湖处于富营养化状态[20] [21] [22]。水体透明度也有很大幅度的降低, 说明湖水中与水体污染相关的悬浮物质、浮游生物等显著增多, 水体污染加剧。

4.4. 介形虫组合特征对水体环境变化的耦合响应

湖泊介形类是对环境变化灵敏的微型生物之一, 不同种类的介形虫物种对其生活的环境具有较强的选择性, 介形类食性多样, 常以细菌、底栖生物、藻类浮游动物和水生高等植物的碎屑为食, 所以在水草繁茂和有机质含量较丰富的浅水富营养水体中数量最多[23] [24] [25]。自 20 世纪 80 年代后期以来, 东湖周边人口增加, 农业渔业活动发达, 工业得到了迅速发展, 城市化进程加快, 营养物质输入急剧增加, 水体环境发生了显著变化, 介形类的对这些环境变化的响应十分迅速, 例如其数量上升、多样性增高, 特别是爬行玻璃介和史氏达尔文介等耐污染介形类数量增加响应了这种变化[26] [27]。氮、磷作为生物生长、发育的重要营养元素, 也是水生生物的关键制约因子, 并且存在着某种意义上的对应关系(如环境指示种、优势种)。水体中氮和磷浓度的增加会导致浮游植物密度的增加, 东湖湖水磷的浓度为 0.16 mg/L,

Table 2. Part of the water quality data in 1960s, 1970s [20] and 2014 in Lake Donghu

表 2. 武汉东湖 1960s、1970s [20]和 2014 年部分水质指标数据

指标	1963	1973-1975	1978~1979	2014
总氮(mg/L)	-	0.088	0.183	0.382
无机磷(mg/L)	0.005	0.004	0.024	-
总磷(mg/L)	-	0.067	0.078	0.153
水体透明度(cm)	200	185	-	129

并且底质以 $1.62 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 的速率向东湖湖水中释放磷, 氮的浓度为 1.27 mg/L [21], 较高的氮、磷浓度为各种藻类、水生植物的生长提供了充足的营养元素, 导致东湖水体藻类和水生植物数量增多, 也为介形虫提供了充足的食物, 从而使介形虫数量增多。

此外, 介形虫对东湖水体环境变化的响应还体现在其优势种的变化上。1957年, 上野湖湾介、中华薄壳介和透明薄壳介是东湖介形虫的优势种, 而2014年东湖介形虫的优势种变为爬行玻璃介、明亮丽星介和放射土星介。1957年的介形虫优势种到了2014年被其它优势种代替, 存活下来的主要是一些耐污染的物种。介形虫优势种的剧烈变化进一步表明近60年来东湖的水质条件发生了巨大变化, 水体环境的变化是导致东湖介形虫优势种变化的主要原因。

5. 结论

介形虫是一类对环境变化敏感的甲壳纲动物, 是环境变化的良好指示器。本文通过对现代和1957年武汉东湖介形虫属种的分布对比分析, 发现近60年以来, 介形虫的种类组合和优势种的数量均发生了显著变化, 现代东湖的介形虫以耐污染的种类为优势种, 结合东湖水质变化数据, 认为东湖湖泊水体富营养化和水体污染等因素是导致介形虫组合变化的主要原因。

致 谢

感谢周修高教授在介形虫鉴定过程中的指导。顾延生教授为样品处理和鉴定提供了实验室条件, 陈旭副教授在采集样品期间提供了大量帮助, 在此一并表示感谢。

基金项目

国家自然科学基金项目, 长江中游泥炭湿地有壳变形虫生态学与全新世古水位重建, 项目编号: 41502167。

参考文献 (References)

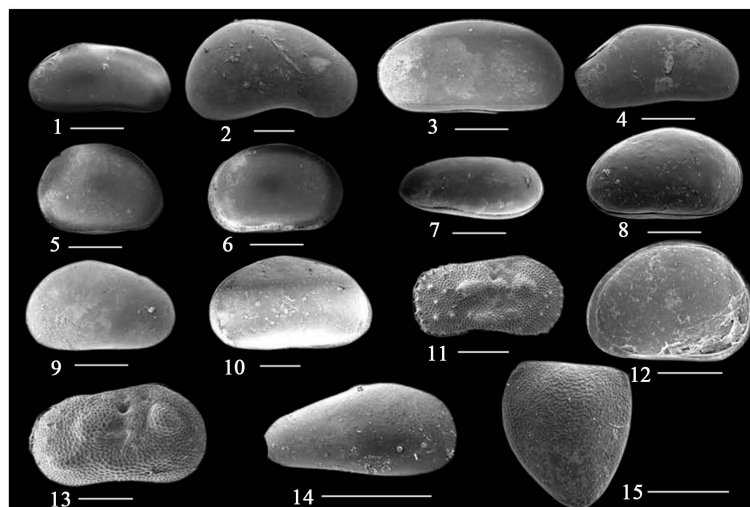
- [1] Delorme, L.D. (1978) Distribution of Freshwater Ostracodes in Lake Erie. *Journal of Lakes Research*, **4**, 216-220.
- [2] 李军, 余俊清. 湖相介形类壳体地球化学在环境中的应用和进展[J]. 湖泊科学, 2001, 13(4): 361-375.
- [3] De Decker, P. and Forester, R.M. (1988) The Use of Ostracods to Reconstruct Conditional Palaeoenvironmental Records. In: De Deckker, P., Colin, J.-P. and Peypouquet, J.-P., Eds., *Ostracoda in the Earth Sciences*, Elsevier, Amsterdam, 175-199.
- [4] Delorme, L.D. (1969) Ostracodes as Quaternary Paleocological Indicators. *Canadian Journal of Earth Science*, **6**, 1471-1476.
- [5] Neale, J.W. (1988) Ostracods and Palaeosalinity Reconstruction. In: DeDecker, P., Colin, J.-P. And Peypouquet, J.-P., Eds., *Ostracoda in the Earth Science*, Elsevier, Amsterdam, 125-155.
- [6] Yang, F. (1988) Distribution of Brackish-Salt Water Ostracods in Northwestern Qinhai Plateau and Its Geological Significance. In: Hanaietal, *Evolutionary Biology of Ostracoda*, Elsevier, Amsterdam, 519-530.
- [7] 李军, 余俊清. 湖相介形虫古生态学在环境变化研究中的应用[J]. 盐湖研究, 2002, 10(1): 67-68.
- [8] Klkyliglu, U.O. and Dugel, M. (2004) Ecology and Spatiotemporal Patterns of Ostracoda (Crustacea) from Lake Golcuk (Bolu, Turkey). *Archiv fur Hydrobiologie*, **160**, 67-83. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2004/0160-0067>
- [9] Qin, Y.M., Booth, R.K., Gu, Y., et al. (2009) Testate Amoebae as Indicators of 20th Century Environmental Change of Lake Zhangdu, China. *Fundamental and Applied Limnology*, **175**, 29-38. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2009/0175-0029>
- [10] Qin, Y.M., Payne, R., Yang, X., et al. (2016) Testate Amoebae as Indicators of Water Quality and Contamination in Shallow Lakes of the Middle and Lower Yangtze Plain. *Environmental Earth Science*, **75**, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5442-7>
- [11] Bronshtein, Z.S. (1988) Freshwater Ostracoda. New Series No. 31, Fauna of the USSR, Crustacean, Routledge, Ab-

ingdon-on-Thames.

- [12] Meisch, C. (2000) Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel, J. and Zwick, P., Eds., *Süßwasslig; Wasserfauna von Mitteleuropa 8/3*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 522.
- [13] 禹娜. 中国非海水介形类[M]. 上海: 上海教育出版社, 2014: 1-261.
- [14] 董聿茂, 戴爱云, 蒋变治, 等. 中国动物图谱甲壳动物第一册(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 45-56.
- [15] 侯佑堂, 勾韵娴, 陈德琼. 中国介形类化石(第一卷): *Cypridacea* 和 *Darwinulidacea*[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1-1090.
- [16] 侯佑堂, 勾韵娴. 中国介形类化石(第二卷): *Cytheracea* 和 *Cytherellidae*[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-798.
- [17] 陈受忠. 武昌东湖的数种介形类甲壳动物[J]. 水生生物学集刊, 1957, 2: 314-321.
- [18] Yu, N. (2009) Tolerance of *Physocypria kraepelini* (Crustacean, Ostracoda) to Water-Borne Ammonia, Phosphate and pH Value. *Journal of Environmental Sciences*, **21**, 1575-1580.
- [19] Yu, N. (2009) An Updated and Annotated Checklist of Recent Non-Marine Ostracods from China. *Zootaxa*, **2067**, 29-50.
- [20] 龚循矩. 从原生动物变化看武汉东湖富营养化的发展[J]. 水生生物学报, 1986, 10(4): 341-352.
- [21] 陈春华, 王焰新. 武汉东湖底质磷释放对水体的影响[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(10): 15-16.
- [22] 王琴, 王海军, 崔永德. 武汉东湖水网区底栖动物群落特征及其水质的生物学评价[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 739-746.
- [23] 隋少峰, 罗启芳. 武汉东湖底泥释磷特点[J]. 环境科学, 2001, 22(1): 102-105.
- [24] Carbonel, P., Colin, J.P. and Danielopol, D.L. (1988) Paleocology of Limnic Ostracodes: A Review of Some Major Topics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **62**, 413-461.
- [25] Coena, S., Dussingerb, R. and Richardson, J. (1983) Lacustrine Paleochemical Interpretations Based on Eastern and Southern African Ostracodes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **43**, 129-151.
- [26] 顾延生, 李雪艳. 100年来东湖富营养化发生的沉积学记录[J]. 生态环境, 2008, 17(1): 35-40.
- [27] 张家武, 何晶, 陈硕, 等. 第四纪湖相介形类壳体化石在古环境中的应用——一种属组合研究进展与问题[J]. 地球科学进展, 2009, 24(11): 1229-1237.

图版说明

标本之下的标尺长为 200 μm , 标本保存在中国地质大学(武汉)地球科学学院。



1. 蓝田玻璃介 *Candona lantianensis* (Lee, 1966) 右壳外视(登记号: DH-1)
2. 疏忽玻璃介 *Candona neglecta* (Sars, 1887) 右壳外视(登记号: DH-2)
3. 爬行玻璃介 *Candona reptans* (Baird, 1835) 左壳外视(登记号: DH-3)
4. 犁头玻璃介 *Candona vemerina* (Jiang, 1983) 左壳外视(登记号: DH-4)
5. 明亮丽星介 *Cypria luminosa* (Bojje, 1978) 左壳外视(登记号: DH-5)
6. 肥丽星介 *Cypria obesa* (Sharpe, 1897) 右壳外视(登记号: DH-6)
7. 史氏达尔文介 *Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson, 1870) 右壳外视(登记号: DH-7)
8. 近似真星介 *Eucypris affinis* (Fishcher, 1981) 右壳外视(登记号: DH-8)
9. 真星介(未定种 1) *Eucypris* sp.1 左壳外视(登记号: DH-9)
10. 文杜维异星介 *Heterocypris Vandouwei* (Brehm, 1923) 右壳外视(登记号: DH-10)
11. 放射土星介 *Ilyocypris radiata* (Sars, 1903) 右壳外视(登记号: DH-11)
12. 克氏瘤丽星介 *Physocypris kraepelini* (G. W. Müller, 1903) 右壳内视(登记号: DH-12)
13. 近美丽土星介 *Ilyocypris subpulchra* (Yang, 1982) 右壳外视(登记号: DH-13)
14. 真星介(未定种 2) *Eucypris* sp.2 右壳外视(登记号: DH-14)
15. 帽角星介 *Goniocypris mitra* Brady? 左壳外视(登记号: DH-15)

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org