

doi: 10.7541/2019.162

长江流域底栖动物资源的宏观格局

和雅静^{1,2} 王洪铸¹ 舒凤月³ 崔永德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. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 曲阜师范大学生命科学学院, 曲阜 273165)

摘要: 文章系统总结了长江流域底栖动物的宏观格局。该流域共记录底栖动物1033种属, 隶属于3门7纲162科513属, 其中包括环节动物121种属、软体动物318种、节肢动物594种属。多样性分布格局: (1)就区域而言, 环节动物和软体动物种属数在中游最多, 而节肢动物的在上游最多; (2)就水体类型而言, 环节动物和软体动物种属数在湖泊最多, 节肢动物的在支流最多; (3)就子流域水系而言, 底栖动物总种属数在中游干流水系最多, 在上游干流水系、金沙江水系、洞庭湖水系和鄱阳湖水系次之。长江流域底栖动物总密度平均值为672 ind./m², 水生昆虫占优势; 总生物量平均值为34.22 g/m², 软体动物占优势。现存量分布格局: (1)底栖动物总密度在中游最高, 总生物量在下游最高, 在上游均最低; (2)底栖动物总密度和总生物量在湖泊最高, 支流次之, 干流最低; (3)底栖动物总密度在下游的太湖水系最高, 总生物量则在鄱阳湖水系最高。研究显示, 上游干流水系、中游干流水系、金沙江水系、洞庭湖水系和鄱阳湖水系是底栖动物物种的重要分布区。应尽快综合长江水生生物的信息, 制定全面的长江流域水生生物系统保护规划, 并付诸实施。

关键词: 底栖动物; 生物多样性; 宏观格局; 长江流域

中图分类号: Q178.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2019)增-0009-09

长江流域是一个独具特色的江湖复合生态系统, 水生生物多样性十分丰富, 是我国重要的种质资源库。然而, 长江流域的生物多样性正受到多重胁迫, 如水生生物栖息地丧失和退化, 水文连通和水文情势的改变, 严重的水污染和生物资源的过度利用^[1]。底栖动物作为一个重要的生态类群, 包括寡毛类等环节动物、水生昆虫和软体动物等, 在长江流域亦面临多重胁迫。

关于长江流域底栖动物的研究较多, 研究水体包括湖泊^[2,3]、水库^[4,5]、支流^[6,7]、干流^[8,9]、故道^[10]等, 研究尺度有单一水体、多个水体^[11]、子流域水系^[12,13]、全流域^[14,15], 研究方向包括群落特征与影响因子分析^[16,17]、渔业利用^[18,19]、生物监测与健康评价^[7,12,14]、物种多样性^[3]、宏观生态格局^[2,8,15,20]等。

基于1970—2017年间文献以及我们多年的积累, 我们对长江流域底栖动物及各类群的种类分布与现存量数据进行校对与汇总, 进而全面总结了物种多样性和现存量的分布特点, 以期为长江流域水生生物多样性保护提供基础依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

长江流域地势西高东低, 横跨我国大陆的三大阶梯, 地理位置为90°32'—122°12'E, 24°28'—35°53'N, 流域面积约180×10⁴ km²。长江水系发达, 干流全长约6300 km, 总落差约5400 m, 大小支流1万余条。根据水利部长江水利委员会^[21]的划定以及本研究的目的, 将长江流域分为11个子流域水系。江源至

收稿日期: 2018-11-06; 修订日期: 2019-08-16

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类, XDA23040402); 中国科学院特色研究所项目(支撑长江经济带可持续发展的生态环境保护战略对策研究)资助 [Supported by the Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA23040402); the Programme for Feature Institutes of Chinese Academy of Sciences (the Strategic Countermeasures of Ecological and Environmental Protection in Supporting Sustainable Development of the Yangtze Economic Belt)]

作者简介: 和雅静(1990—), 女, 湖北荆州人; 博士研究生; 主要研究方向为长江流域生物多样性宏观格局及系统保护。E-mail: hyjjayel@163.com

通信作者: 崔永德(1978—), 男, 副研究员; 主要从事寡毛类环节动物分类学、底栖动物生态学及生态系统健康评价研究。E-mail: ydcui@ihb.ac.cn

宜昌为上游,全长4504 km,流域面积约 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$,多为峡谷河段,包括金沙江水系、沱沱水系、嘉陵江水系、上游干流水系和乌江水系。宜昌至湖口为中游,全长955 km,流域面积为 $68 \times 10^4 \text{ km}^2$,河道坡降较小,水流平缓,众多的河流湖泊相连,包括汉江水系、中游干流水系、洞庭湖水系和鄱阳湖水系。湖口至长江口为下游,长938 km,流域面积为 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$,河段水深江阔,水位变幅小,通航能力大,包括下游干流水系和太湖水系。

1.2 数据来源及分析

底栖动物数据主要来源于2个方面:(1) 20世纪70年代以来,正式发表的底栖动物论文179篇;(2) 我们近30年的野外调查数据。在种类名录方面,寡毛纲和软体动物门主要参考我们的历史资料,其他类群主要参考他人最新成果。由于采样方式和努力程度对现存量的结果有影响,他人文献资料中数据的可比性较差,故在不同子流域水系、不同江段和不同生境密度和生物量比较主要依据我们的野外调查的结果。长江流域的底图及二级流域图从国家基础地理信息系统网站(<http://nfgis.nsd.gov.cn>)下载。种数分布图主要在ArcGIS 10.2中完成。数据的统计分析使用Excel 2016和R 3.4.4。

2 结果

2.1 物种组成

环节动物的寡毛纲和软体动物的种类被鉴定到种,环节动物中多毛纲和蛭纲及节肢动物约60%的种类被鉴定到属,其余多到种,少数到科。长江流域共记录底栖动物1033种属,隶属于3门7纲162科513属(表1)。共记录环节动物3纲8科49属121种属,占总数的11.7%;软体动物2纲19科69属318种属,占总数的30.8%;节肢动物2纲133科395属594种属,占总数的57.5%。

就不同类群而言,寡毛纲的仙女虫科和颤蚓科是环节动物的主要成员,分别占环节动物种数的63.1%和29.8%,占底栖动物总种数的5.1%和2.4%;田螺科、肋蜷科、盖螺科、椎实螺科和蚌科是软体动物的主要组成部分,分别占软体动物种数的18.2%、11.0%、19.8%、8.8%和23.9%,占底栖动物总种数的5.6%、3.4%、6.1%、2.7%和7.4%;蜉蝣目、襁翅目、毛翅目、蜻蜓目、鞘翅目和双翅目是节肢动物的主要成员,分别占节肢动物种数的9.9%、7.6%、14.0%、10.3%、10.9%和34.2%,占底栖动物总种数的5.7%、4.4%、8.0%、5.9%、6.3%和19.7%。

表1 长江子流域水系底栖动物各类群的种属数

Tab. 1 Taxa (species/genera) number of macrozoobenthos in the Yangtze River Sub-basins

	金沙江水系JSS	沱沱水系MTS	乌江水系WS	嘉陵江水系JLS	上游干流水系UMS	中游干流水系MMS	洞庭湖水系LDS	汉江水系HS	鄱阳湖水系LPS	下游干流水系LMS	太湖水系LTS	合计 Total	所占比例 Percent (%)
环节动物门Annelida													
寡毛纲Oligochaeta	39	6	24	9	33	71	39	28	26	43	47	84	8.1
蛭纲Hirudinea	11	3	5	2	4	22	11	5	12	5	13	25	2.4
多毛纲Polychaeta	0	0	0	0	0	7	0	0	3	5	10	12	1.2
软体动物门Mollusca													
前鳃亚纲Prosobranchia	67	28	51	25	39	62	85	8	58	25	23	183	17.7
肺螺亚纲Pulmonata	33	12	18	18	16	35	23	13	18	14	17	45	4.4
双壳纲Bivalvia	15	16	15	18	14	51	65	9	79	31	47	90	8.7
节肢动物门Arthropoda													
甲壳纲Crustacea	12	6	1	8	6	18	18	8	10	18	19	36	3.5
蜉蝣目Ephemeroptera	29	14	10	30	28	28	18	22	10	10	1	59	5.7
襁翅目Plecoptera	12	6	1	6	34	7	2	14	2	1	1	45	4.4
毛翅目Trichoptera	33	8	6	22	60	16	17	26	8	9	4	83	8.0
蜻蜓目Odonata	11	3	3	14	15	24	14	15	15	9	19	61	5.9
鞘翅目Coleoptera	20	7	8	14	37	22	10	11	7	6	2	65	6.3
半翅目Hemiptera	12	4	2	1	11	12	5	4	7	5	1	28	2.7
广翅目Megaloptera	4	0	1	3	3	3	0	2	0	2	0	7	0.7
脉翅目Neuroptera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.1
鳞翅目Lepidoptera	0	0	1	0	2	3	0	1	0	0	2	6	0.6
双翅目Diptera	97	32	26	29	93	125	56	76	36	49	55	203	19.6
合计Total	395	145	172	199	395	506	363	243	291	232	261	1033	100

2.2 多样性分布格局

就底栖动物而言(图 1), 中游种属数最高, 占总数的72.3%, 其次为上游, 占68.3%, 下游最少, 占40.6% (图 1A)。但不同类群在三个区域的分布不同, 如环节动物种属数在中游最高, 占总数的90.9%, 而上游和下游种属数相当, 分别占总数的63.6%和66.9% (图 1B); 软体动物种属数亦在中游最多, 占总数的76.7%, 上游和下游分别占总数的59.7%和53.8% (图 1C); 节肢动物与环节动物和软体动物的分布格局不同, 上游节肢动物种属数最多, 占总数的73.9%, 中游和下游分别占总数的66.0%和27.8% (图 1D)。

就不同类型水体而言, 底栖动物在湖泊中丰富度最高, 占总数的71.5%; 其次是支流, 占68.8%, 干流最少, 占32.5% (图 2A)。不同类群在三类水体的分布不同, 如湖泊的环节动物种属数最多, 占总数的85.1%, 其次是支流, 占52.1%, 干流最少, 占48.8% (图 2B); 湖泊的软体动物种属数最多, 占总数的98.4%, 其次是支流, 占52.8%, 干流仅有占20.8% (图 2C); 节肢动物的分布格局不同, 支流最多, 占总数的80.8%, 其次是湖泊, 占54.0%, 干流仅占35.4% (图 2D)。

在11个子流域水系中, 底栖动物总种属数在中游干流水系中最多, 达总数的49.0%; 较为丰富的有

上游干流水系、金沙江水系、洞庭湖水系和鄱阳湖水系, 分别占总数的38.2%、38.2%、35.1%和28.2%, 其他水系种属数较少(图 3A)。不同类群在各子流域水系中的分布格局不同, 如环节动物在中游干流水系中种属数最高, 占总数的81.8%, 其次是太湖水系、下游干流水系和金沙江水系(图 3B), 分别占56.2%、43.8%和41.3%; 软体动物最丰富的是洞庭湖水系和鄱阳湖水系, 分别占总数的54.4%和48.7%, 其次是中游干流水系和金沙江水系, 分别占46.5%和36.2%, 而其他水系均较少(图 3C、图 3D)。

2.3 现存量分布格局

长江流域底栖动物密度为672(0—4856) ind./m², 水生昆虫占主要优势; 生物量(软体动物为带壳湿重)为34.22(0—385.88) g/m², 软体动物占主要优势。

底栖动物密度在上中下游和各类水体的分布不同(图 4)。底栖动物总密度在中游最高, 上游次之, 下游最低; 在湖泊最高, 支流次之, 干流最低。寡毛类密度在中下游较高, 上游较低; 在湖泊较高, 干支流较低。软体动物密度在中下游较高, 上游较低; 在湖泊较高, 干支流较低。水生昆虫密度在上中游较高, 下游较低; 在支流最高, 湖泊次之, 干流最少。

湖泊底栖动物总生物量明显高于干流和支流(图 5)。各类群的分布格局不同: 寡毛类和软体动

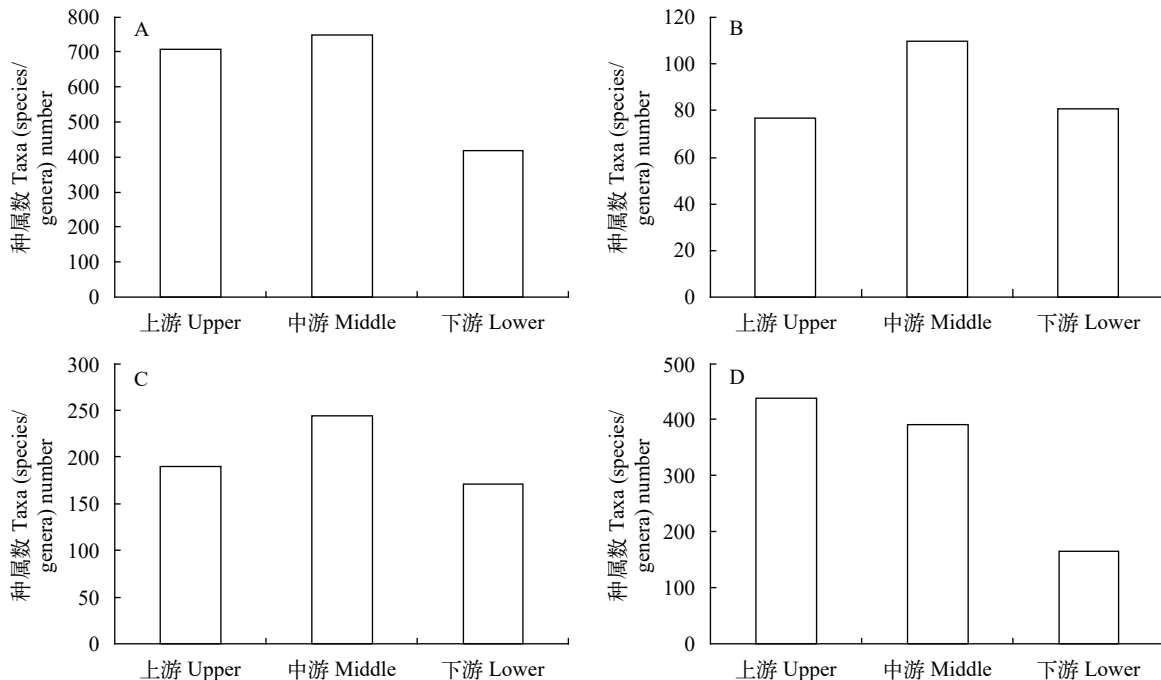


图 1 长江流域上游、中游和下游底栖动物各类群种属数

Fig. 1 Taxa (species/genera) numbers of different groups of macrozoobenthos in the upper, middle and lower of the Yangtze River Basin

A. 总种属数; B. 环节动物; C. 软体动物; D. 节肢动物

A. Total taxa (species/genera) number; B. Annelids; C. Molluscs; D. Arthropods

物的生物量均是在湖泊最高,干流居中,支流最低;水生昆虫的生物量则在支流最高,湖泊次之,干流最低。

在11个子流域水系中,底栖动物总密度在中游干流水系最高,其次为汉江水系和下游的太湖水系(图 6A),总生物量则在鄱阳湖水系最高,其次为太湖水系(图 6B)。寡毛类密度分布规律与底栖动物总密度的规律一致(图 6C),而寡毛类生物量在下游的太湖水系最高(图 6D);软体动物的密度和生物量均在中游的鄱阳湖水系最高,其次为太湖水系(图 6E、6F);水生昆虫的密度和生物量的最高值均出现在上游干流水系,其次为中游干流水系和汉江水系(图 6G、6H)。

3 讨论

对于长江流域水生生物宏观格局的研究,多集中在鱼类^[22, 23]、水鸟^[24]及江豚^[25]、中华鲟、扬子鳄等旗舰种。鱼类在支流中的种数最多,其次是干流和湖泊,上游特有种比例较高,且主要分布在上游的源头区、上游干流水系和乌江水系。水鸟多分布在金沙江干流、岷沱水系、洞庭湖、鄱阳湖、中下游干流水系和长江口湿地。江豚主要

分布在中下游鄂州至安庆和芜湖至镇江的干流江段,以及洞庭湖和鄱阳湖。本研究表明,底栖动物的分布区和水鸟的重叠较大;水生昆虫的分布区与鱼类的相似;软体动物的分布区主要在洞庭湖和鄱阳湖及中游干流水系,与江豚的相似。

底栖动物作为一个重要的生态类群,在淡水生态系统中起着十分重要的作用^[26]。它们不仅能够指示生物的多样性,还能指示生境的多样性^[27],是重要的生物多样性替代指标(Biodiversity surrogate)^[28]。面对淡水物种灭绝速率高于陆地的这一严峻现实,开展淡水生态系统的系统保护刻不容缓。对鱼类的研究显示,应优先保护种类高度特化的上游,以及两大通江湖泊^[23]。对水鸟的研究显示,应对嘉陵江流域、上游干流流域及中下游干流(湖北、湖南、江西、安徽)的沿江湖泊湿地等区域加强保护^[24]。对江豚的研究显示,中下游干流和两大通江湖泊应是保护的重点区域^[25]。我们的研究显示,上游干流水系、中游干流水系、金沙江水系、洞庭湖水系和鄱阳湖水系是底栖动物物种的重要分布区。应尽快综合这些信息,制订全面的长江流域水生生物系统保护规划,并付诸实施。

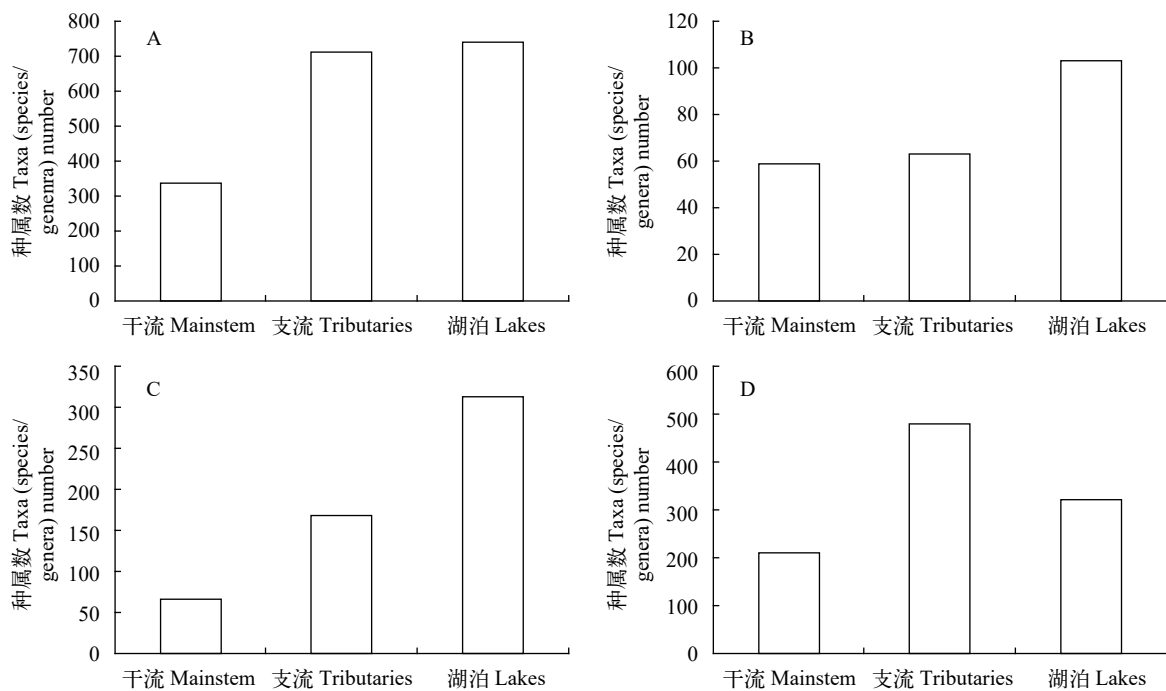


图 2 长江流域干流、支流和湖泊底栖动物各类群种属数

Fig. 2 Total taxa (species/genera) numbers of different groups of macrozoobenthos in the mainstem, tributaries and lakes of the Yangtze River Basin

A. 总种属数; B. 环节动物; C. 软体动物; D. 节肢动物

A. Total taxa (species/genera) number; B. Annelids; C. Molluscs; D. Arthropods

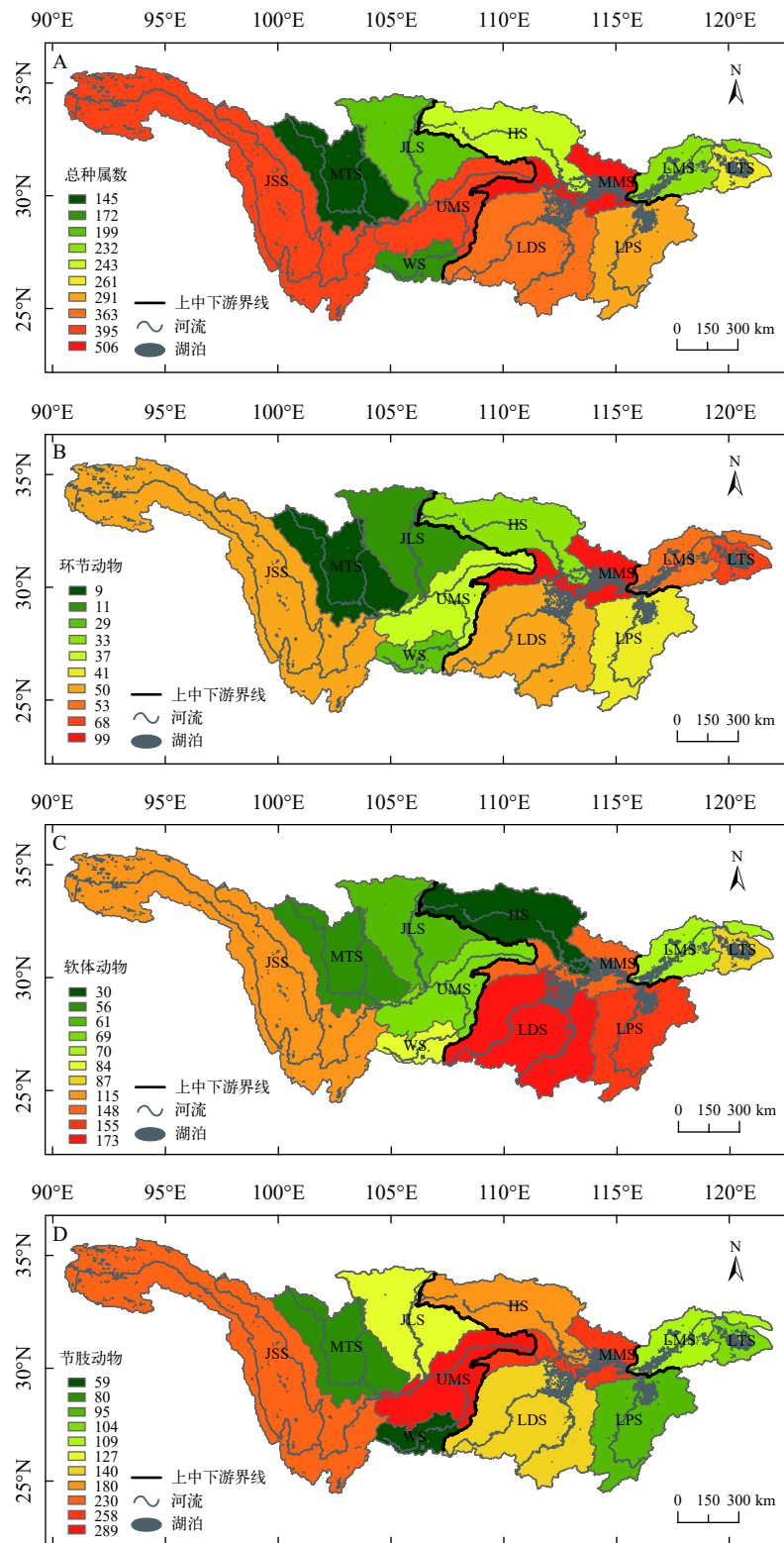


图3 长江子流域水系底栖动物各类群种属数(A. 总种属数; B. 环节动物; C. 软体动物; D. 节肢动物)

Fig. 3 Taxa (species/genera) numbers of different groups of macrozoobenthos in the Yangtze River Sub-basins (A. total taxa number; B. annelids; C. mollusks; D. arthropods)

JSS. 金沙江水系; MTS. 岷沱水系; JLS. 嘉陵江水系; UMS. 上游干流水系; WS. 乌江水系; HS. 汉江水系; MMS. 中游干流水系; LDS. 洞庭湖水系; LPS. 鄱阳湖水系; LMS. 下游干流水系; LTS. 太湖水系

JSS. Jingshajiang sub-basin; MTS. Min-tuo sub-basin; JLS. Jialingjiang sub-basin; UMS. upper mainstem sub-basin; WS. Wujiang sub-basin; HS. Hanjiang sub-basin; MMS. middle mainstem sub-basin; LDS. Lake Dongting sub-basin; LPS. Lake Poyang sub-basin; LMS. lower mainstem sub-basin; LTS. Lake Taihu sub-basin

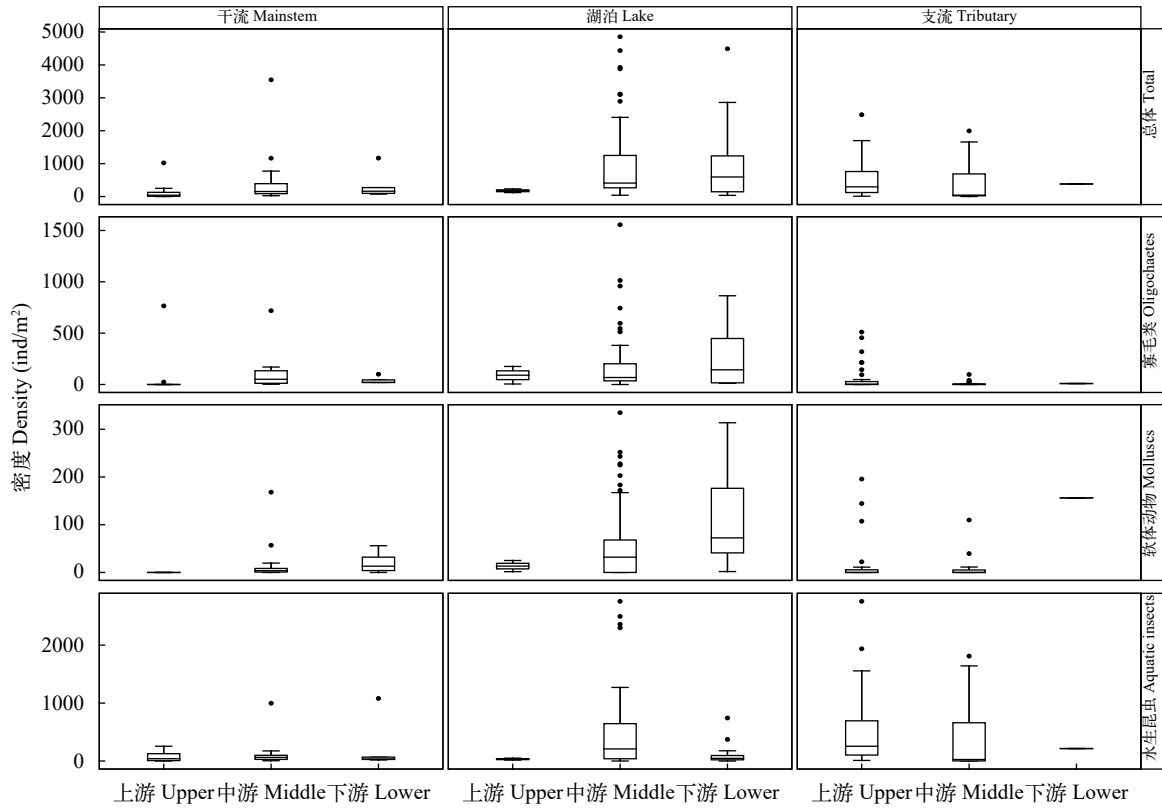


图 4 长江流域不同类型水体的底栖动物密度

Fig. 4 Densities of different groups of macrozoobenthos in different water bodies in the Yangtze River Basin

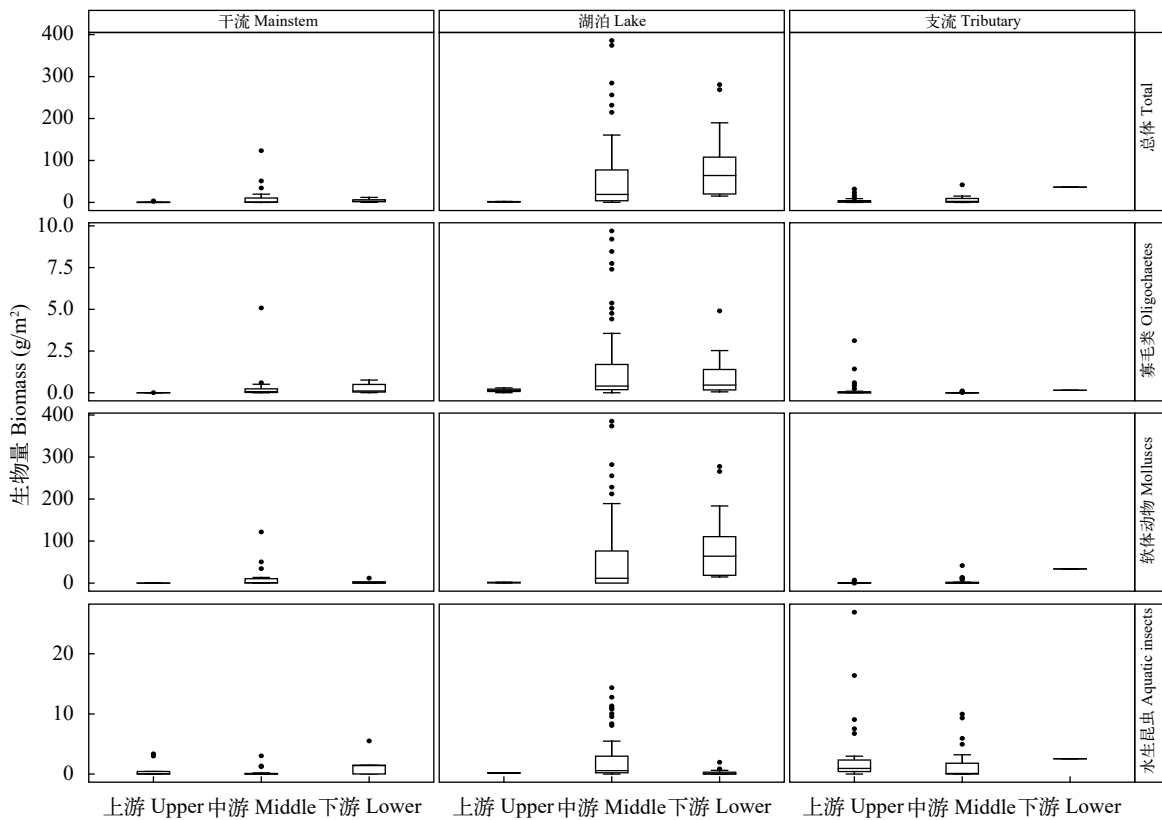


图 5 长江流域不同类型水体的底栖动物生物量

Fig. 5 Biomass of different groups of macrozoobenthos in different water bodies in the Yangtze River Basin

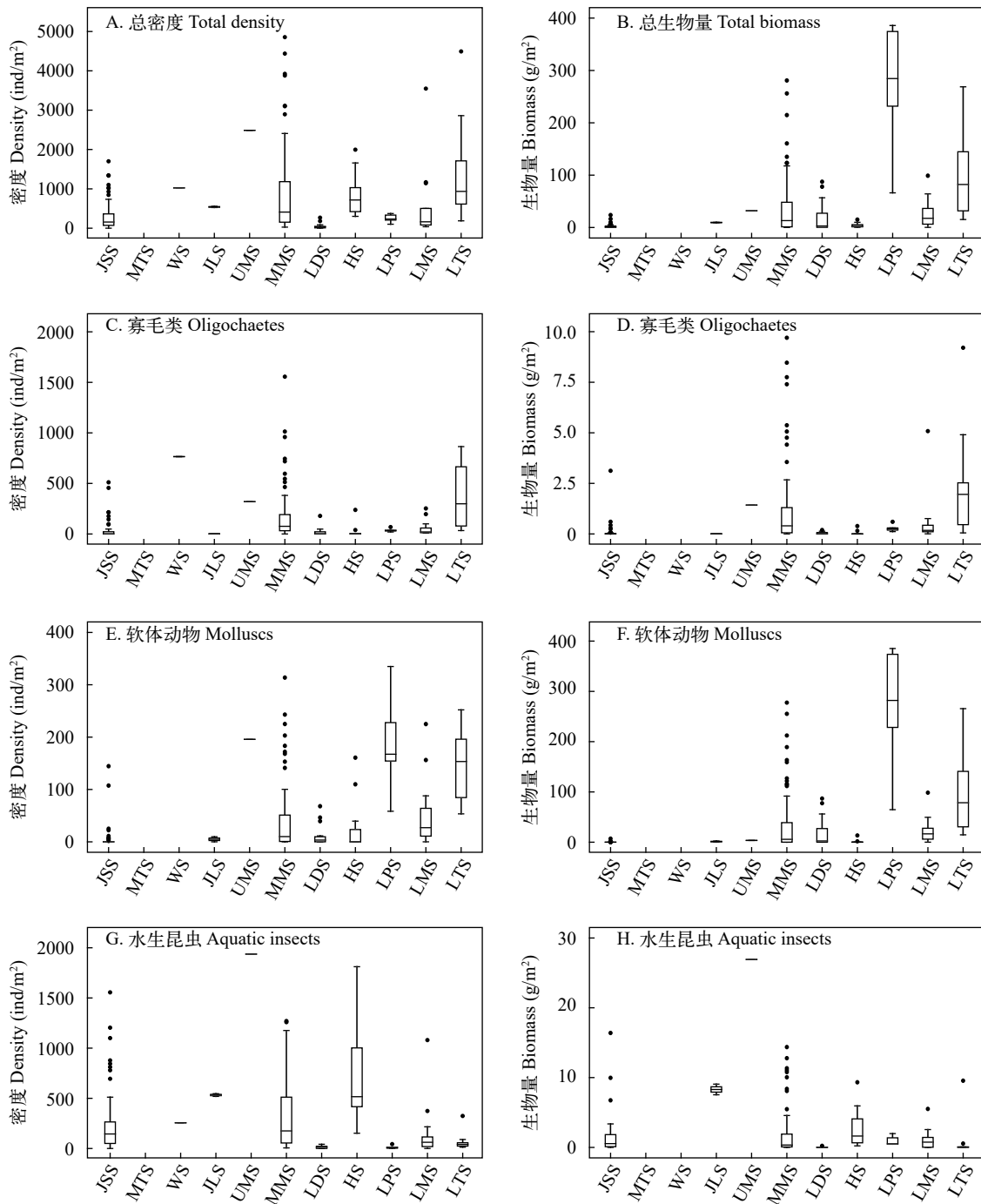


图6 长江子流域水系底栖动物各类群密度和生物量

Fig. 6 Density and biomass of different groups of macrozoobenthos in the Yangtze River Sub-basins

参考文献:

- [1] Wang H Z, Liu X Q, Wang H J. The Yangtze River Floodplain: threats and rehabilitation [J]. *American Fisheries Society Symposium*, 2016, **84**: 263—291
- [2] Pan B Z. Macroecological patterns of macrozoobenthos in the Yangtze floodplain waters [D]. Thesis for Doctor of Science, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2009 [潘保柱. 长江泛滥平原水体底栖动物的宏观生态格局研究. 博士学位论文, 中国科学
- 院水生生物研究所, 武汉. 2009]
- [3] Cai Y J, Jiang J H, Zhang L, *et al.* Community structure and biodiversity of macrozoobenthos of typical lakes in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2010, **22**(6): 811—819 [蔡永久, 姜加虎, 张路, 等. 长江中下游湖泊大型底栖动物群落结构及多样性. 湖泊科学, 2010, **22**(6): 811—819]
- [4] Wang B Q, Liu X Q, Peng Z H, *et al.* The community structure of zoobenthos in the Three Gorges Reservoir: a comparison before and after the impoundment [J]. *Acta*

- Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 965—972 [王宝强, 刘学勤, 彭增辉, 等. 三峡水库底栖动物群落结构特征及其与蓄水前资料的比较. *水生生物学报*, 2015, **39**(5): 965—972]
- [5] Shao M L. Ecological study on benthic macroinvertebrates of the reservoir aggregate—Hubei portion of Three-Gorges Reservoir and Xiangxi River Basin as examples [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2008 [邵美玲. 水库群底栖动物生态学研究——以三峡水库湖北段和香溪河流域为例. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2008]
- [6] Chi S Y, Chen S, Wang H J, *et al.* Zoobenthos communities in the middle and lower reaches of the Hanjiang River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2014, **35**(5): 82—90 [池仕运, 陈胜, 汪红军, 等. 汉江中下游底栖动物群落结构特征研究. *水生态学杂志*, 2014, **35**(5): 82—90]
- [7] Gong Y T, Chi S Y, Chang J B, *et al.* Water quality assessment for Chishui River Basin using macroinvertebrates as bio-indicators [J]. *Express Water Resources & Hydropower Information*, 2012, **33**(1): 39—44 [龚昱田, 池世运, 常剑波, 等. 基于底栖动物指标的赤水河流域水质生物学评价. *水利水电快报*, 2012, **33**(1): 39—44]
- [8] Zhao W H. Macroecological patterns of macrozoobenthos in rivers of China and environmental flow requirements in lower reaches of the Yellow River [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2010 [赵伟华. 中国河流底栖动物宏观格局及黄河下游生态需水研究. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2010]
- [9] Wu T H, Chen Q Y. Density and distribution of zoobenthos in the lower reaches (Nanjing-Jiangyin section) of Changjiang (the Yangtze) River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1986, **10**(1): 73—85 [吴天惠, 陈其羽. 长江下游南京至江阴江段底栖动物的种群密度与分布状况. *水生生物学报*, 1986, **10**(1): 73—85]
- [10] Pan B Z, Wang H J, Liang X M, *et al.* Macrozoobenthos in Yangtze oxbows: community characteristics and causes of resources decline [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2008, **20**(6): 806—813 [潘保柱, 王海军, 梁小民, 等. 长江故道底栖动物群落特征及资源衰退原因分析. *湖泊科学*, 2008, **20**(6): 806—813]
- [11] Wang H Z. Studies on taxonomy, distribution and ecology of microdrile oligochaetes of China, with descriptions of two new species from the vicinity of the Great Wall Station of China, Antarctica [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 1995 [王洪铸. 中国小蚓类研究——附中国南极长城站附近地区两新种. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 1995]
- [12] Qu X D. Studies on the spatial-temporal variation and biological integrity of macroinvertebrate in the Xiangxi River, and the impact of small hydro power on its communities [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2006 [渠晓东. 香溪河大型底栖动物时空动态、生物完整性及小水电站的影响研究. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉, 2006]
- [13] Jiang X M. Biodiversity patterns of macroinvertebrates in several river ecosystems across the Midwest of China and their applications in environmental assessment [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2012 [蒋小明. 中西部河流大型无脊椎动物多样性格局及其环境评价. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉, 2012]
- [14] Duan X H, Wang Z Y, Yu G A. Ecological assessment of the Yangtze River eco-system with benthic invertebrate as indicator species [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, **18**(3): 241—247 [段学花, 王兆印, 余国安. 以底栖动物为指示物种对长江流域水生态进行评价. *长江流域资源与环境*, 2009, **18**(3): 241—247]
- [15] Shu F Y, Wang H J, Cui Y D, *et al.* Diversity and distribution pattern of freshwater molluscs in the Yangtze River Basin [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, **38**(1): 19—26 [舒凤月, 王海军, 崔永德, 等. 长江流域淡水软体动物物种多样性及其分布格局. *水生生物学报*, 2014, **38**(1): 19—26]
- [16] Gong Z J. Studies on ecology of macrozoobenthos in shallow lakes along the middle reaches of the Changjiang River [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2002 [龚志军. 长江中游浅水湖泊大型底栖动物的生态学研究. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2002]
- [17] Cai Y J. Ecological studies of macrozoobenthos in eutrophic shallow lakes of the middle and lower reaches of the Yangtze River [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing. 2011 [蔡永久. 长江中下游浅水湖泊富营养化过程中大型底栖动物生态学研究. 博士学位论文, 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京. 2011]
- [18] Yan Y J, Liang Y L. The comparison of secondary production of macrozoobenthos between a typical algal lake and a typical macrophytic lake [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, **16**(1): 81—84 [闫云君, 梁彦龄. 草型湖泊与藻型湖泊大型底栖动物生产力的比较. *湖泊科学*, 2004, **16**(1): 81—84]
- [19] Su H W. Community structure and secondary production of benthic macroinvertebrates in a second order river of Changjiang River Basin [D]. Thesis for Master of Science. Huazhong University of Science & Technology, Wuhan. 2007 [苏华武. 长江流域二级河流大型底栖动物群落结构和生产量的研究. 硕士学位论文, 华中科技

- 大学, 武汉. 2007]
- [20] Shu F Y. Anatomical characters for taxonomy of *Hydrophila* (Gastropoda: Pulmonata) and diversity patterns of freshwater Mollusca in China [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 2009 [舒凤月. 沼肺螺类的解剖学分类特征及中国淡水贝类的多样性格局. 博士学位论文, 中国科学院水生生物研究所, 武汉. 2009]
- [21] Changjiang Hydrological Committee of Hydrology Ministry. Atlas of the Yangtze River Basin [M]. 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]
- [22] 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
- [23] Fu C C. Spatial pattern and resource analysis of fish biodiversity in the Yangtze River Basin [D]. Thesis for Doctor of Science. Fudan University, Shanghai. 2003 [傅萃长. 长江流域鱼类多样性空间格局与资源分析. 博士学位论文, 复旦大学, 上海, 2003]
- [24] Guo Y, Liang C, Li X W. Systematic conservation planning for freshwater wetlands in the Yangtze River Basin based on waterfowl [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, **38**(6): 1984—1993 [郭云, 梁晨, 李晓文. 基于水鸟保护的长江流域湿地优先保护格局模拟. 生态学报, 2018, **38**(6): 1984—1993]
- [25] Zhao X, Wang D, Turvey S T, *et al.* Distribution patterns of Yangtze finless porpoises in the Yangtze River: implications for reserve management [J]. *Animal Conservation*, 2014, **16**(5): 509—518
- [26] Covich A P, Palmer M A, Crowl T A. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling [J]. *BioScience*, 1999, **49**(2): 119—127
- [27] Turak E, Marchant R, Barmuta L A, *et al.* River conservation in a changing world: invertebrate diversity and spatial prioritisation in south-eastern coastal Australia [J]. *Marine & Freshwater Research*, 2011, **62**(4): 300—311
- [28] Linke S, Turak E, Nel J. Freshwater conservation planning: the case for systematic approaches [J]. *Freshwater Biology*, 2011, **56**(1): 6—20

MACRO-PATTERNS OF SPECIES DIVERSITY AND STANDING CROPS OF MACROZOOBENTHOS IN THE YANGTZE RIVER BASIN

HE Ya-Jing^{1,2}, WANG Hong-Zhu¹, SHU Feng-Yue³ and CUI Yong-De¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. College of Life Sciences, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

Abstract: We summarize macro-patterns of macrozoobenthos in the Yangtze River basin in this paper. A total of 1033 taxa (species/genus) belonging to 3 phyla, 7 classes, 162 families and 513 genera have been recorded from the Yangtze River Basin, including 121 annelids, 318 molluscs and 594 arthropods. In terms of taxa distributions, the species/genus number of annelids and of molluscs in the middle reaches were the highest, while that of arthropods in the upper reaches was the highest; the species/genus number of annelids and of molluscs in the lakes were the highest, while that of arthropods in the tributaries was the highest; the species/genus number of macrozoobenthos in the middle mainstem sub-basin ranked first, and that of the upper mainstem sub-basin, of the Jinshajiang sub-basin, of the Lake Dongting sub-basin and of the Lake Poyang sub-basin second. The total density of macrozoobenthos in the Yangtze River basin was 672 ind./m², and insects were predominant; the total biomass was 34.22 g/m², and molluscs were predominant. In terms of standing crops distribution, the total density of macrozoobenthos in the middle reaches was the highest, the total biomass in the lower reaches the highest, while the total standing crop in the upper reaches was the lowest; the total density and biomass of macrozoobenthos in the lakes ranked first, those in the tributaries second, and those in the mainstem last; the total density of macrozoobenthos in the Lake Taihu sub-basin was the highest, and the total biomass in the Lake Poyang sub-basin was the highest. Our study indicates that the upper and middle mainstem sub-basins, the Jinshajiang sub-basin, the Lake Dongting sub-basin and the Lake Poyang sub-basin are important distribution regions for macrozoobenthos. By integrating more information of aquatic organisms, we should make comprehensive and systematic conservation planning of the Yangtze River system and implement them as soon as possible.

Key words: Macrozoobenthos; Biodiversity; Macro-patterns; The Yangtze River Basin