综 述

淡水贝类生物多样性保育

董志国 李家乐
(农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海水产大学, 上海 200090)

BIODIVERSITY AND CONSERVATION OF FRESHWATER MOLLUSKS

DONG Zhi-Guo and LI Jia-Le
(*The Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Ecosystem Certified by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai* 200090)

关键词: 淡水贝类; 生物多样性; 保育
Key words: Freshwater mollusks; Biodiversity; Conservation
中图分类号: Q959.21 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)04-0440-05

生物多样性是地球上生命经过几十亿年发展进化的结果, 是人类赖以生存的最重要的物质基础。然而, 随着世界人口的迅猛增加及人类经济活动的不断加剧, 物种灭绝的速度不断加快, 现在地球上物种灭绝速度达到自然灭绝速度的近1000倍, 无法再现的基因、物种正以人类历史上前所未有的速度消失[1]。全球生物多样性的研究与保护正成为当今世界所关注的热点问题[2—5]。

贝类特别是淡水贝类作为生物多样性的重要组成部分, 已经越来越引起生物学家和环境保护组织与机构的重视。贝类是动物界的第二大门, 至今已记载的约有98800种[6], 它不仅种类多而且分布极广, 很多种类可供食用, 饲料用, 药用, 工业用, 工艺用等, 因此以至早在17世纪就已经综合各方面的研究建立了贝类学(Malacology 或 Condology)。现在的研究发现贝类有着更广泛而重要的价值[7—8], 不幸的是目前受到的威胁最大且处于大规模灭绝阶段的生物就是一些淡水贝类。本文对淡水贝类的生物多样性现状及其保护情况作一概述, 以期使中国进一步加强这一生物资源的研究保护与合理利用, 从而对《生物多样性公约》作出中国应有的贡献。

1 淡水贝类的生物多样性

淡水贝类是指软体动物门中瓣鳃纲(Lanellibranchia 又称双壳纲 Bivalvia)和腹足纲(Gastropoda)的一些生活于淡水中的种类。全球约有15000种双壳类, 在分布上存在明显不平衡性。淡水种有2000种, 主要分属于蚌目(Unionoida)中的蚌科(Unionidae)和珍珠蚌科(Margaritanidae)以及帘蛤目(Veneroida)的蚬科(Corbiculidae)和球蚬科(Sphaeriidae)[9]。国外把蚌科和珍珠蚌科的种类称为 mussel, 蚬科和球蚬科的种类称为 fingernail Clam。而螺类在贝类世界中是数量最多的一纲, 全世界有记载的淡水种约为12000多种[10]。

由于淡水贝类在全球分布的不平衡性以及世界各国对淡水贝类的保护生物学研究水平与重视程度的不同, 而中国与美国被认为是淡水贝类生物多样性最为丰富的国家, 因此本文仅选择这两个国家为例, 这也是将中国和美国作为东西方淡水贝类保护生物学研究的典型, 同时就中国淡水贝类的保护生物学与美国作一比较以便从中获得有益的借鉴。

1.1 中国淡水贝类的生物多样性

由于中国在地球演化过程中所处的特殊地位, 造成丰富的物种和包括活化石在内的许多特有的物种, 因而无脊椎动物特别是淡水贝类多样性是构成全球物种多样性的一个重要部分。中国现已记录软体动物种数为3500种占世界的3.5%[6]。淡水双壳类(Bivalvia)有11个属, 共计24个特有种[9](表1)。分布于中国的淡水水域的双壳类, 珍珠蚌科在中国仅有一属。珠母珍珠蚌(*Margaritiana dahuica* Middendorff)是仅发现于黑龙江省和吉林省的惟一一种珍珠蚌科贝类, 栖息于水质清澈透明, 底质较硬或石底, 水位较深的河流

收稿日期: 2002-12-14; 修订日期: 2004-03-15
基金项目: 上海市科委基础项目(02199); 上海市教委曙光计划项目资助(01SG42)
作者简介: 董志国(1977—), 男, 内蒙古丰镇人; 硕士; 主要从事贝类学教学与科研
通讯作者: 李家乐(1963—), 男, 浙江乐清人; 博士; 副研究员, 主要从事水产动物种质资源及生态学研究. Tel: 021-65710216, E-mail: jlli@shfu.edu.cn

内。该蚌由于贝壳坚硬,珍珠层光泽美丽,是良好的育珠和工艺品材料。中国对于这一可贵的资源尚未有较系统的调查与利用。而淡水贝类,主要是蚌科的种类,它们种类多,产量大,栖息于中国各地的江河、湖泊、池塘及其他的淡水水域,有些种类生活在水流较急,水质澄清的,底为砂石的水域中。其中也有一些种类(大多为无齿蚌亚科的种类)则生活在水流较缓或静水中。

表 1　中国双壳类特有种[9]

Tab. 1　Species of mussels and fingernail clams occurrence in China

尖嵴蚌属(*Acuticosta* Simpson 1900)	丽蚌属(*Lamprotula Simpson* 1900)
中国尖嵴蚌 *A. chinensis*(Lea)	洞穴丽蚌 *L. caveata* (Heude)
卵形尖嵴蚌 *A. ovata* (Simpson)	失衡丽蚌 *L. tortuosa* (lea)
扭蚌属(*Aonaia*. Conrad 1865)	猪耳丽蚌 *L. rochechouarti*(Heude)
扭蚌 *A. lanceolata*(Lea)	三巨瘤丽蚌 *L. triclava*(Heude)
楔蚌属(*Cuneopsis* Simpson 1900)	天津丽蚌 *L. tientsinesis* (Crosse et Debeaux)
圆头楔蚌 *C. heudei*(Heude)	楔形丽蚌 *L. bazini*(Heude)
矛形楔蚌 *C. celtiformis*(Heude)	绢丝丽蚌 *L. fibrosa*(Heude)
微红楔蚌 *C. rufescens*(Heude)	环带丽蚌 *L. zonata*(Heude)
鱼尾楔蚌 *C. pisciculus*(Heude)	多瘤丽蚌 *L. polystictа*(Heude)
帆蚌属(*Hyriopsis* Conrad 1853)	角月丽蚌 *L. cornuumr lunae*(Heude)
三角帆蚌 *H. cumingii*(Lea)	无齿蚌属(*Anodonta* Lamarck 1799)
矛蚌属(*Lanceolaria* Conrad 1853)	球形无齿蚌 *A. globosula*(Heude)
三型矛蚌 *L. triformis*(Heude)	蛏蚌属(*Solenaia* Conrad 1869)
裂脊蚌属(*Schistodesmus* Simpson 1900)	橄榄蛏蚌 *S. olevora*(Heude)
棘裂脊蚌 *S. spinosus*(Simpson)	蚬属(*Corbicula Megerle* V. Mühlfeld 1811)
鳞皮蚌属(*Lepidodesma* Simpson 1900)	刻纹蚬 *C. largillierti*(Philippi)
高顶鳞皮蚌 *L. languilati*(Heude)	

蚌科已见报道的有 15 属约 140 余种[10]。它们分属于珠蚌亚科(Unioninae)和无齿蚌亚科(Anodontinae)。目前生产上用来培育珍珠的主要有蚌科(Unionidae),珠蚌亚科(Unioninae)的三角帆蚌,褶纹冠蚌和无齿蚌亚科(Anodontinae)的背角无齿蚌。三角帆蚌是淡水育珠质量最佳者分布于河北、河南、山东、安徽、江苏、浙江、江西、湖北及湖南等省。褶纹冠蚌分布于黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、河南、安徽、江苏、浙江、福建、山西、湖北、江西、湖南等省。背角无齿蚌在中国分布最广,遍布于中国各省市[10—12]。

帘蛤目有蚬科(Corbiculidae)的河蚬(*Corbicula fluminea*)、刻纹蚬和闪蚬(*Corbicula nitens*)与球蚬科(*Sphaeriidae*)的湖球蚬(*Sphaerium lacustre*)。截蛏科(Solecurtidae)仅见淡水蛏属的中国淡水蛏(*Novaculina chinensis* Liu et Zhang)1 种。

分布于中国的淡水螺类,皆隶属于前鳃亚纲(Prosobranchia)与肺鳃亚纲(Pulmonata)。中国软体动物特有种属很多[10],刘月英在 1979 年对当时中国的淡水经济螺作了论述,而近年发现的新属新种还未见较系统的资料整理与报道。

1.2　美国淡水贝类的生物多样性

由于双壳类的运动迁徙能力较差,终生生活在固定的淡水水域,这就造成了广泛的生物多样性。美国有 335 种淡水双壳类,蚌目种类为 297 种,帘蛤目种类 38 种;这些淡水贝类主要分布于美国东南部的河流中,这些河流中蚌目双壳类有 269 种,帘蛤目 20 种[13],被称为淡水贝类生物多样性最丰富的国家[14](表 2)。这 269 种动物的历史区系,有的仅在某一个州存在,而有些则遍布于美国东南部各个州。其中淡水双壳类最多的州是 Alabama 州有 175 种,而种类最少的就是 south Carolina 州有33 种,各州分布见表3。有关美国和加拿

表 2　美国及其东南部各州贝类物种数目

Tab. 2　Species richness of freshwater mollusks in the southeast United States

分类组 Taxonomic Group	全美国种数 Number of U. S Species	东南部各州的种数 Number of Species in Southeast[1]
蚌目 mussels	297	269(91)
帘蛤目 Fingernail Clams	38	20(53)
螺类 Snails	516	313(61)

1 括号内为东南部各州淡水贝类在全美国内所占的比例,引自 Richard J. N 等, 1997

Percent of U. S species in parentheses.

表 3　蚌目双壳类在美国东南部 11 个州的分布种数及各州受威胁双壳类的比例

Tab. 3　Number of freshwater mussel species of Unionoida in the 11 southeast states and imperiled freshwater mussel proportion

东南部各州 State in southeast of US	蚌目双壳类的种数 Number of Species in Unionoida	受威胁淡水双壳类在各州的比例 Imperiled freshwater mussel proportion(%)
Arkansas	70	41
Kentucky	103	58
Tennessee	132	68
South Carolina	33	50
North Carolina	49	66
Mississppi	84	48
Alabama	175	70
Georgia	98	67
Louisiana	64	34
Florida	51	57
Virginia	80	71

资料整理自 Richard J. N 等, 1997; Master, L. 1990。

大淡水双壳类的种类及在各州的分布情况在美国鱼类与野生生物司 James D. Williams[15] 等以及 http://www.inhs.uiuc.edu/ksc/MusselGenera.html 上可见到。分布在北美淡水螺类有 516 种分

属于14个科,其东南部11个州为313种,占美全国的61%。Mobile River盆地的生物多样性最好,达到118种,Tennnessee River。盆地96种[13]。

2 淡水贝类濒危灭绝的原因

近百年来,人类活动对地球环境造成日益严重的破坏,其直接后果是造成大量生物种类处于濒危或灭绝状态。淡水贝类作为主要的淡水水生物种之一,其多样性也受到了巨大破坏,据受威胁及濒危物种系统(TESS)估计,全世界共有105种软体动物处于濒危或受危状态。中国对软体动物受危状态的调查不是很多,但从世界其他国家淡水贝类受危情况及中国现有的其他水生物种受危状态调查报告推测,情况不容乐观。造成贝类濒危灭绝的因素是多方面的,主要有以下几种可能的因素。

2.1 人口压力

目前世界人口共计52亿,并以每年1.8%的比例增长。如果继续以相似的速度增长,到2035年世界的人口就要增加一倍[16]。人口增长通过对食物、住所、其他物品和服务设施的需求直接造成了生物多样性的恶化。许多其他社会因素也加剧了生物多样性的破坏,包括迅速的文化变迁,人类中心主义论,缺乏环境道德,盲目追求经济发展,低效的行政或政治制度,短视的政策,缺乏对自然资源的可持续利用和管理[17]。这些因素中最直接的原因就是出于经济利益的趋动,过度的捕捞与收获。如据山东省1979—1984年对南四湖及东平湖的调查证实由于70年代对贝类的滥捕,致使资源衰退。捕捞的环棱螺(*B. purificata*)、圆田螺(*Cipangopaludina cathayensis*)多为幼螺,有育珠价值的褶纹冠蚌(*Cristaria plicata*)及三角帆蚌资源已近绝迹;而近年国际市场对珍珠的大量需求加剧了野生贝类的濒危状况[18]。中国生产淡水珍珠的主要二种淡水贝类三角帆蚌和褶纹冠蚌,根据笔者一年来的调查,在过去盛产三角帆蚌的中国五大淡水湖,原种数量已大为减少,有些地方已很难找到。

2.2 栖息地及其环境的变化

贝类作为底栖生物及理想的水生态系统指示生物,对水质及环境条件要求较高。大坝和水库的建设、河床采泥、水道的调整、淤积、污染等均会对环境造成破坏。大坝和水库的建设使贝类幼体所需的宿主鱼减少,从而中断其生殖循环或迁移。同时还改变了河流上下游的物理、化学以及生态环境。大坝的水库区环境与湖泊相似,而在大多数情况下,河流中的贝类不能在湖中存活。这些原因可导致约30%到60%的原有贝类资源被破坏[19—20]。在美国和加拿大,水坝和水库的建设造成当地称为白瘤背(*Plethobasus cicatricosus*)的一种淡水贝类的许多栖息地的淹没,使其需要的砂砾和沙质环境减少,并对其宿主鱼的分布也造成了影响。同时,露天采矿、伐木、耕作带来的土壤侵蚀增加了许多河流的淤积,堵塞了这种贝类的进水管甚至完全把它埋了起来。黑檀贝(*Fusconaia ebena*)及象耳贝(*Elliptio crassidens*)幼体的主要宿主是金绿西鲱(*skipjack herring*),分布于Twin cities以南至墨西哥湾的密西西比河流域。它是一种洄游鱼类,在密西西比河上游流域的Pepin湖或其他地方产卵。但1913年在爱荷华州基奥卡克的密西西比河上建了一座水电大坝后,金绿西鲱不能再迁移到大坝的南方,这一物种在基奥卡克以南的密西西比河流域就再看不到了。随着金绿西鲱的消失,大坝上游的黑檀贝及象耳贝的所有(或大部分)繁殖就停止了。今天在基奥卡克上游的密西西比河只能找到个别的黑檀贝及象耳贝的存活个体[21]。在对密西西比河的5个采样点的监查,帘蛤目的种类在数量上显著下降($P \leqslant 0.05$),蚌目种类由20世纪20年代的50—60种下降到20世纪80年代中期的30多种[22]。

2.3 污染问题

森林砍伐、农业活动以及河滨地带的破坏带来的水土流失,会导致淤积增加、造成河底的淤泥化。而人们很久以前就认识到淤积和污染,如重金属、杀虫剂、矿山酸性排水均会对贝类造成危害[23—24]。Fuller报道过环境变化对贝类的影响。大量沉积物进入河流中会掩住砂砾质或石质的河底,导致贝类窒息。大多数贝类不能在泥质或松散的砂质河底存活,它们需要石质、砂砾质或较硬的砂质河底。而工农业带来的污染物对贝类均有毒害作用[25]。集约耕作造成的土壤侵蚀、表层土流失引起的窒息,杀虫剂及化肥的毒性作用在美国导致了一种被称为白猫爪的淡水贝类(*Epioblasma obliquata perobliqua*)处于濒危状态,使其目前仅存一个种群[26]。有时往往是这些因素综合起来造成了淡水贝类处于灭绝的危险中。美国Mobile Bay盆地的螺类,由于酸性废物的排放,局部点的过量取水,以及处理水废弃物排放和现在调查知至少有6个属的26种灭绝[27]。在1955—1965年间在对纽约Susquehanna流域的双壳类进行调查发现以前处于稳定状态的6种双壳类,现在有两种处于濒危的境地,调查原因表明是由于人类活动与农业生产造成的富营养化和大量沉积物的影响[28]。

2.4 外来物种的不当引入

有意无意的引入外地种,有时候由于这种外地种可能对当地环境更为适应,往往对当地种的生存环境造成破坏,导致本地种的受威或灭绝。这种事例屡见不鲜。河蚬(*Corbicula fluminea*)在上世纪三十年代被引进美国西海岸地区,现已成为北美地区分布最广泛的非本地双壳类养殖品种。河蚬在美国部分地区迅速增殖,密度可高达每平方米数千个,对许多当地贝类物种造成了危害,使其处于濒危或灭绝状态[29]。原产于巴尔干半岛、波兰、前苏联的多形饰贝(*Dreissena polymorpha*)在18世纪末19世纪初,随着大规模的运河系统建设,开始在整个欧洲的河流中出现。由于它可以吸附在船底,并可在适当条件下离水生活数日,它在美国又蔓延开来。美国最早于1988年在St. Clair湖发现它的种群存在,其后迅速遍布美国及南加拿大的许多主要大湖。它的迅速蔓延在欧洲、美国、加拿大对许多当地淡水贝类都造成灭绝性的危害[30—31]。福寿螺(*Pomacea canaliculata* Spix)原产南美洲亚马逊河流域,20世纪70—80年代引入台湾、广东等地,最

初价值很高, 颇受欢迎, 但其肉质松软, 缺乏本地田螺的香脆, 致使销路大减, 人们被迫弃养, 福寿螺因此成为河道、水沟、池塘的野生生物。由于福寿螺食性杂、繁殖力强、发育速度快, 很快便成为福建、广东、广西、浙江、上海等地的有害动物, 福寿螺经常啃食水生植物叶片和茎杆, 严重影响植物生长, 它在水体中很快就会成为优势种, 这对水域中本地淡水贝类无疑是一种灭顶之灾[32]。

3　美国对淡水贝类的生物多样性保护

在美国淡水贝类的衰退从19世纪80年代就开始了, Master认为55%的淡水双壳类应当作为濒危物种加以保护, 而鸟类和哺乳类只有7%。尤其在美国东部的濒危比例要远其他地区[33](表3)。1973年, 濒危物种保护法(The Endangered Species Act, ESA)的颁布, 表明美国社会对世界范围内许多野生动植物种类的衰亡报有担忧。该法被认为是世界上最全面的野生动植物保护法之一。ESA的目的就是为了保护濒危物种和正在面临威胁的物种的生存环境, 保护并试图恢复濒危与受威胁物种名单中的物种。在该法律中, 所列物种分为濒危物种和正在面临威胁的物种。所有的动植物种类, 除了有害昆虫外, 都可以列入该法。

就全球整体而言, 美国对淡水贝类的保护生物学研究与重视程度要高于其他国家, 尤其是在美国的东南部各州。美国科学家通过调查研究认为美国71.7%的种类处于濒危、受威胁和特别关注的地位。蚌目的297种双壳类中, 有21种双壳类处于濒危及可能灭绝的状态, 只有70种(23.6%)被认为种群较稳定(图1)。据濒危与受危胁物种系统(Threatened and Endangered Species System, TESS), 截止2002年7月31日全球列入该系统的蚌目双壳类共72种, 其中濒危种64种, 美国现已将其中的62种淡水贝类作为濒危种, 8种列为受危种而进行保护。而且, 截止2002年8月19日被建议作为候选物种加入该体系的双壳类还有9种, 详细种类名录可在鱼类与野生生物司官方网站 http://ecos.fws.gov 可以查到。

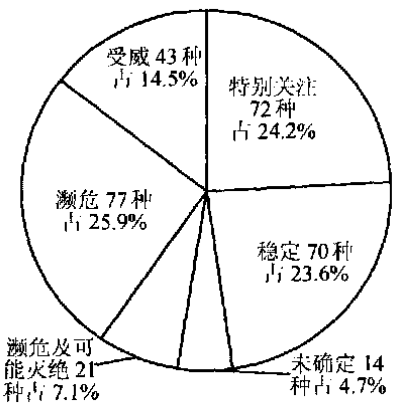

图1　处于不同保护地位的淡水双壳类的比例

Fig. 1　The percentage of the U.S mussel fauna classified by conservation status category

截止2002年7月31日加入TESS的螺类有33种, 美国的就有21种处于濒危状态, 处于受危状态的11种全部在美国; 而现在共有21种螺类在划定保护区(关键栖息地 Critical habitat)内进行保护。同时还有26种正被列为建议加入种(Proposed Species), 等待加入TESS名单中加以保护。

美国现在所采取的保护措施叫做恢复计划(Recovery Plans), 现在加入该计划的双壳类有56种, 所有进行恢复计划的物种都会采取关键栖息地保护复原措施进行保护。而且美国的鱼类与野生生物署在各个州都设有地方分支机构, 随时监查着当地野生生物的情况; 同时美国各州都有专门的生物保护网站, 随时公布本州内鱼类与野生生物的情况。

4　中国淡水贝类生物多样性保护

20世纪20年代, 中国科学家开始对中国的贝类做系统的调查研究, 并建立了一些研究机构, 这为中国的贝类研究奠定了基础。建国后, 进行了多次的海洋资源调查, 全国各地区进行了内陆的资源调查, 并出版了一些贝类方面的专著。过去的工作主要集中在调查和保护海水贝类上, 曾进行过大规模的沿海及深海软体动物调查, 并出版了有关专著和论文。对其中属于受危及濒危的种类如宝贝科的虎斑宝贝、砗磲科的库氏砗磲和鹦鹉螺科的鹦鹉螺等进行了重点记录和保护[6], 如在广东海康与海南临高建立的白鲞贝保护区。而现在除脊椎动物外, 中国对无脊椎动物的家底特别是淡水贝类的家底尚不清楚, 很少有全国性淡水贝类的系统调查, 基础资料还不很完善, 这就为中国新时期的资源评估与保护工作增加了难度, 很多物种在没有被记录就已灭绝, 这与美国的研究保护水平相差是很大的。

可喜的是, 建国后国家与地方已制定并颁布了一系列法律法规新修订的《中华人民共和国渔业法》。同时中国已于1993年12月29日加入《生物多样性公约》这将对中国生物多样性的保护起到巨大的推动作用。

目前淡水贝类的保护措施主要是集中于自然保护区中, 由于这些自然保护区生态环境得到了较好的保持, 因此生活其中的淡水贝类也相应得到一定的程度保护, 如海南自然保护区内淡水贝类的保护。但这种保护缺乏针对性和调查, 没有明确的像北美那样划定关键栖息地(Critical habitat), 有针对性的对贝类进行保护, 其效果如何, 没有明确的结论。

总的来说, 目前对贝类的研究主要集中在资源开发、经济价值利用上, 缺乏全国性的淡水贝类资源调查, 淡水贝类总量、物种受危况、可行的保护措施等均不清楚。相关的研究报告也不多见, 与陆地生态系统相比, 淡水生态系统中的生物多样性问题远远没有被人们所重视, 至今只见极少数零星的研究报道(而且主要是关于鱼类), 这与中国丰富的淡水贝类资源相比极不相称, 与中国无脊椎动物的研究水平差距也很大, 更远远落后于国际生物多样性研究、保护的水平, 这是中国目前急需填补的空白。

参考文献:

[1] Xie P, Chen Y Y. Protection of biodiversity in China Protection of biodiversity in China[M]. Beijing: China Environment Press. 1996, 208—217. [谢平, 陈宜瑜. 保护中国的生物多样性. 北京: 中国环境科学出版社. 1996, 208—217]

[2] Wilson, E. O. The diversity of life[M]. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1992, 424

[3] Hu C Y. Influence of enclosure aquaculture on standing crop and biodiversity index of zooplankton in the baoan lake, Hubei[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(5): 430—433. [胡春英. 围圈养鱼对浮游动物多样性的影响. 水生生物学报, 2000, **24**(5): 430—433]

[4] Groom bridge B. Global biodiversity: Status of the earth's living resources[M]. NewYork: Chapman & Hall, 1992, 585

[5] Gong Z J, Xie P, Tang H J, *et al*., The influence of eutrophycation upon community structure and biodiversity of macrozoobenthos[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, **25**(3): 210—216. [龚志军, 谢平, 唐汇涓, 等. 水体富营养化对大型底栖动物群落结构及多样性的影响. 水生生物学报, 2001, **25**(3): 210—216]

[6] National Environment Protection Bureau. A report of biodiversity research in China[M], Beijing: China environment press. 1998. [国家环保局. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社. 1998]

[7] Johnson R I. Zoogeography of North American Unionidae(Mollusca: Bivalvia) north of the maximum pleistocene glaciation[J]. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* (Harvard), 1980, **149**: 77—189

[8] Brian D Winter, Robert M. Hughes. American Fisheries Society Position Statement on Biodiversity [J]. *Fisheries*, 1997, **22**(3): 16—2

[9] Liu Y Y. Economic fauna of China(Freshwater Mollusk)[M]. Beijing: Science Press. 1979. [刘月英. 中国经济动物志(淡水软体动物), 北京: 科学出版社. 1979]

[10] Cai Y Y. Malacology generality[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 1995. [蔡英亚. 贝类学概论, 上海: 上海科学技术出版社. 1995]

[11] Malacology proceeding(No. 1, No. 2)[C]. Beijing: Science and Technology Press. 1998[贝类学论文集(No. 1, No. 2), 北京: 科学出版社. 1998]

[12] Dong Z M. Zhejiang(Mollusks) fauna[M]. Hangzhou: Zhejiang Science Press. 1989, 202—203. [董聿茂. 浙江(软体)动物志. 杭州: 浙江科学出版社, 1989, 202—203

[13] Richard J. Neves, Arthur E. Bogan. Status of Aquatic Mollusks in the Southeastern United States: A Downward Spiral of Diversity. Aquatic Fauna in Peril: The southeastern Perspective. Special Publication[J]. J. Southeast Aquatic Research Institute, Lenz Design and Communication, Decatur, 1997. 44—85

[14] Turgeon D D. Common and Scientific Names of Aquatic Invertebrates from the United States and Canada: Mollusks. [J]. *The Veliger*, 1988, **42**(2): 211—215

[15] James D Williams, Melvin L. Warren, *et al*. Conservation Status of Freshwater Mussels of the Unit ed States and Canada[J]. *Fisheries*, 1992, **18**(9): 6—22

[16] Lubchenco J, AM Olson, LB Brubaker, *et al*. The sustainable biosphere initiative: an ecological res earch agenda[J]. *Ecology*, 1991. **72**(2): 371—412

[17] Becker C D. Population growth versus fisheries resources[J]. *Fisheries*, 1992, **17**(5): 4—5

[18] Xiao F Q. Pearl Material Scarcity in Japan[J]. *Fisheries Digest*. 1991, (2): 6. [肖凤岐. 珍珠核材告急. 水产文摘, 1991, (2): 6]

[19] Layzer J B. Mussels: the forgotten fauna of regulated river[J]. *Regul. Rivers and Res. & Manager* 1993, **8**: 63—70

[20] Williams J D. S. L. H. Fuller. Effects of impoundment on freshwater mussels(Mollusc: Bivivia: Unionidae) in the main channel of the Black Warrior and Tombigbee rivers in western Alabama[J]. *Bull. Alabama Museum of Natural History*, 1992, **13**: 1—10

[21] Thiel, P. Return of the Skipjack Herring[J]. Wisconsin Natural Resources. 1985, **9**(3): 2—3

[22] James Wiener, Teresa Naimo *et al*. Biota of the Upper Mississippi River Ecosystem. Aquatic Ecosyst ems[R]. Our Living Resources. 1995, 236—238

[23] Ortmamn, A. E. The Destruction of freshwater fauna in western Penrsylvania[J]. *Proc. Am. Philos. Soc*. 1909*(48)*: 90—110

[24] Ellis, M. M. Some factors affecting the replacement of the commercial fleshr water mussels [J]. *U. S. Bureau of Fisheries Circular*. 1931, *(7)*: 1—10

[25] Fuller, S. L. H. Clams and mussels Pollution ecology of freshwater invertebrates[M]. New York. Academic Press, Inc, 1974, 215—273

[26] Hoggarth, Michael A., Daniel L. Rice, and Diana M. Lee. Discovery of the Federally Endangered Freshwater Mussel, Epioblasma obliquata obliquata(Rafinesque, 1820) (Unionidae), in Ohio[J]. *Ohio Journal of Science*, 1995c, **95**(4): 298—299

[27] Arthur E. Bogan *et al*. Decline in the Freshwater Gastropod Fauna in the Mobile Bay Basin[R]. Our Living Resources-Aquatic Ecosystems, 1995, 249—252

[28] David L. Strayer, Andrew R. Changes in the Distribution of Freshwater Mussels(Unionidae) in the Upper Susquehanna River Basin, 1955—1965 to 1996—1997[J]. *The American Midland Naturalist*, 1999, **142**(2): 328

[29] McMahon, R. F. Ecology of an invasive pest bivalve, Corbicula. W. D. Russell-Hunter, editor. The mollusk. Ecology[M]. New York: Academic Press, 1983, 505—561

[30] Thomas F. Nalepa, Donald W. Schloesser. Zebra mussels biology, impacts, and control. Lewis Publishers[M], Boca Raton, F L. 1992

[31] Paul Arthur Berkman, Melissa A. Haltuch *et al*., Zebra mussels invade Lake Erie muds[J]. *Nature*, 1998, 393: 27—28

[32] Ding J Q and Xie Y. Foreign Species Invasion mechanism and countermeasure[M]. Protection of Biodiversity In China(Ⅱ). Beijing: China Environment Press. . 1996, 107—128. [丁建清, 解焱. 中国外来种入侵机制及对策. 保护中国的生物多样性(二). 北京: 中国环境科学出版社. 1996, 107—128]

[33] Master, L. The imperiled status of North American aquatic animals[J]. *Biodiversity Network News*. 1990, (3): 1—2, 7—8