

洱海湖滨带大型底栖动物的群落结构

王丑明^{1,2}, 张君倩^{1,2}, 蒋小明^{1,2}, 熊晶^{1,2}, 谢志才¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:洱海是云贵高原第二大湖泊, 拥有生物较为丰富的湖滨带和特有种, 如螺蛳(*Margarya melanioides*)、绘环棱螺(*Bellamya limnophila*)。2009年5月和12月在洱海湖滨带开展调查, 共采集到底栖动物30个分类单元; 其中, 寡毛类、摇蚊科幼虫和软体动物等主要类群为11种、7种和9种, 分别占物种总数的36.7%、23.3%和30.0%, 其它动物3种。在密度方面, 群落结构以寡毛类为主, 平均密度达488个/m²(占总丰度的89.7%), 密度峰值出现在弥苴河口(7424个/m²); 而在生物量方面则以软体动物占优势, 平均生物量为67.26 g/m²(占总丰度的91.4%)。按密度的平均相对丰度计算, 霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)为第一优势种(平均相对丰度24.4%), 其次为异腹腮摇蚊(*Einfeldia* sp.)(13.2%)、苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)(11.6%)和正颤蚓(*Tubifex tubifex*)(11.5%)。按生物量计算, 圆田螺(*Cipangopaludina* sp.)为第一优势种(占总生物量的79.3%), 其次为河蚬(*Corbicula fluminea*)(10.6%)和环棱螺(*Bellamya* sp.)(6.2%)。洱海的Shannon-Wiener指数平均为1.08, 西岸比东岸的生物多样性指数要高。

关键词:洱海; 大型底栖动物; 群落结构

中图分类号:Q145 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2011)02-0025-06

洱海(25°36'~25°58'N, 100°5'~100°18'E)位于云南省大理市境内, 是云南省第二大淡水湖泊; 形似人耳, 南北长, 东西窄; 当水位1974 m时, 湖面积250 km², 南北长42.5 km, 平均水深10.5 m, 最深处达20.5 m, 最大湖宽8.4 km, 湖容量28.8亿m³; 底质主要为粉沙和粘土, 在入湖河口附近滨岸水域内主要是泥沙; 湖水从西洱河流出, 与漾濞江汇合注入澜沧江(韩涛等, 2005)。洱海东岸大部分湖岸均以陡坡形式向深水区过渡, 仅河流入口处有湖滩; 西岸主要为冲积岸, 苍山十八溪入口处在湖滨形成扇形三角洲(颜京松, 1989)。湖滨带是水陆生态交错带的一种类型, 是指相邻的陆地生态系统与水域生态系统之间的过渡带(尹澄清, 1995), 历来是人类活动最集中的场所, 也是地球上最脆弱的湿地生态系统之一。湖滨带的功能主要表现为湖滨水陆交错带内生物或非生物因素的相互作用, 对交错带内能量流动和物质循环的调节以及在景观斑块的变化或稳定性中所起的作用。

洱海的现状令人堪忧, 近几十年来, 随着湖区经

济的快速发展和人口的急剧增长, 人类对其自然资源的开发不断加剧, 使其生态环境逐渐恶化, 富营养化进程加剧, 水质呈不断恶化的趋势。富营养化影响底栖动物群落结构和多样性(龚志军等, 2001); 有机物的增加会导致淤积、底质改变、缺氧, 这些都影响底栖动物的分布(Graneli & Solander, 1988)。

1 材料与方法

1.1 大型底栖动物的采集

底栖动物的采集使用0.0625 m²的改良彼得生采样器, 泥样经450 μm的铜筛筛洗干净后装入塑料袋, 室内在解剖盘中用肉眼仔细将动物标本检出, 置入50 mL的塑料标本瓶中, 用10%的福尔马林进行固定。软体动物的采集主要使用拖网。在试验室, 动物标本经种类鉴定、计数和用电子天平称重后, 换算成每1 m²的含量(刘月英等, 1979; Brinkhurst, 1986; Epler, 2001)。采样点见图1。

1.2 数据处理

底栖动物的物种多样性计算采用Shannon-Wiener指数, 用Excel软件和Biodiversity tool工具进行。统计分析用SPSS软件。

Shannon-Wiener多样性指数(H):

$$H = - \sum_{i=1}^S \left[(n_i/N) \ln(n_i/N) \right]$$

式中: S 为总物种数, N 为总密度, n_i 为物种 i 的密度。

收稿日期: 2010-09-03

基金项目: 国家科技重大专项水体污染的控制与治理(2008ZX07102-005, 2008ZX07105-004); 淡水生态与生物技术国家重点实验室(2009FB16)联合资助。

通讯作者: 谢志才。E-mail: zhexie@ihb.ac.cn

作者简介: 王丑明, 1984年生, 男, 硕士研究生, 主要从事底栖动物生态学研究。E-mail: wangchouming@126.com

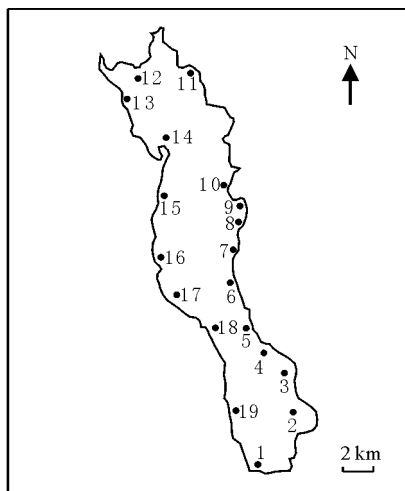


图1 洱海大型底栖动物采样点分布

Fig. 1 Samples of Lake Erhai

2 结果

2.1 物种丰富度

调查期间共采集到底栖动物 30 个分类单元(表1)。其中,寡毛类、摇蚊科幼虫和软体动物等主要类群分别记录 11 种(占总物种数的 36.7%)、7 种(23.3%)和 9 种(30.0%);其他动物 3 种,分别为水蛭(*Hirudinea* spp.)、米虾(*Caridina* sp.)和钩虾(*Gammarus* sp.)。

2.2 密度和生物量

对洱海底栖动物的丰度调查表明,全湖平均密度为 437 个/ m^2 ;其中,摇蚊科密度较高点出现在才村、桃园码头和阳和,其密度分别为 176、144 和 112 个/ m^2 ;软体动物密度较高点出现在弥苴河和赤文岛,其密度分别为 192 个/ m^2 和 144 个/ m^2 ;另外,在海舌和红山湾也有较高的密度,其密度均为 112 个/ m^2 ;寡毛类密度较高点出现在弥苴河和金梭岛,其密度分别为 7 424 个/ m^2 和 5 872 个/ m^2 。摇蚊科生物量较高点出现金梭岛和桃园码头,其生物量分别为 0.57 g/m^2 和 0.27 g/m^2 ;软体动物生物量较高点出现在红山湾和赤文岛,其生物量分别为 173.04 g/m^2 和 80.55 g/m^2 ;另外,在弥苴河和潘溪也有较高的生物量,其生物量分别为 64.30 g/m^2 和 58.85 g/m^2 ;寡毛类生物量较高点出现在红山湾和文笔,其生物量分别为 4.76 g/m^2 和 4.05 g/m^2 。

2.3 优势种群

从表 2 可以看出,在密度方面群落结构以寡毛类为主,平均密度达 488 个/ m^2 (占总丰度的 89.7%),密度峰值出现在弥苴河(7 424 个/ m^2)。而在生物量方面则以软体动物占优势,平均生物量

为 67.26 g/m^2 (占总丰度的 91.4%),生物量峰值出现在红山湾(173.04 g/m^2)。

分析各物种密度的优势度,发现霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)为第一优势种(平均相对丰度 24.4%),其平均密度和平均生物量分别为 404 个/ m^2 和 0.23 g/m^2 ,分别占总密度和总生物量的 74.2% 和 1.4%;其次是异腹腮摇蚊(*Einfeldia* sp.),平均相对丰度为 13.2%,其密度和生物量分别为 10.8 个/ m^2 和 0.008 g/m^2 ,分别占总密度和总生物量的 2.0% 和 0.05%;然后是苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)(11.6%)和正颤蚓(*Tubifex tubifex*)(11.5%),霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)最大密度和最大生物量均出现在弥苴河,分别为 6 592 个/ m^2 和 3.76 g/m^2 ,异腹腮摇蚊(*Einfeldia* sp.)最大密度和最大生物量均出现在才村,分别为 112 个/ m^2 和 0.09 g/m^2 。

分析各物种生物量的优势度,圆田螺(*Cipangopaludina* sp.)为第一优势种(占总生物量的 79.3%),其次为河蚬(*Corbicula fluminea*)(10.6%)和环棱螺(*Bellamya* sp.)(6.2%)。圆田螺(*Cipangopaludina* sp.)最大密度和最大生物量均出现在赤文岛,分别为 16 个/ m^2 和 689.22 g/m^2 ,河蚬(*Corbicula fluminea*)最大密度和最大生物量也出现在赤文岛,分别为 80 个/ m^2 和 78.34 g/m^2 。环棱螺(*Bellamya* sp.)最大密度和最大生物量出现在弥苴河口,分别为 80 个/ m^2 和 118.25 g/m^2 。

2.4 生物多样性

图 2 显示洱海 Shannon-Wiener 多样性指数。从图 2 可以看出,整体上看,多样性指数显示西洱河口、潘溪和向阳溪有较高的生物多样性,样点金梭岛、罗荃寺和才村生物多样性相对较低。

在 12 月的调查中,洱海的 Shannon-Wiener 指数平均为 0.81,西岸和东岸为 0.92 和 0.71;而在 5 月的调查中,洱海西岸和东岸的 Shannon-Wiener 指数为 1.33 和 0.89,2 次调查平均为 1.08。比较可见,洱海 12 月的生物多样性比 5 月有所降低;同时,洱海西岸要比东岸的生物多样性指数高。

2.5 底栖动物历史变迁

在本次调查中,洱海软体动物的种类数很少,密度也较低,洱海特有种绘环棱螺(*Bellamya limnophila*)在本次调查中未发现。张立(1985)调查了洱海的腹足类和瓣鳃类,共发现腹足类 13 种、瓣鳃类 8 种,腹足类的螺蛳(*Margarya melanioides*)和瓣鳃类的无齿蚌(*Anodonta* sp.)为优势种(黄宝玉和

表 1 洱海湖滨带底栖动物物种名录

Tab. 1 List of species of macroinvertebrates occurred in aquatic-terrestrial ecotones of Lake Erhai

底栖动物	样点编号与名称																		
	1 西洱河口	2 下河	3 金梭岛	4 罗荃寺	5 文笔	6 阳和	7 海印	8 小普陀	9 挖色	10 赤文岛	11 红山湾	12 弥苴河	13 桃园	14 海舌	15 向阳溪	16 潘溪	17 马久邑	18 才村	19 家朋
环节动物门 Annelida																			
寡毛纲 Oligochaeta																			
颤蚓科 Tubificidae																			
正颤蚓 <i>Tubifex tubifex</i>			+	+			+	+			+	+	+	+		+	+	+	+
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>				+	+			+			+	+	+	+	+			+	+
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>			+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
巨毛水丝蚓 <i>L. grandisetosus</i>			+	+			+												
克拉伯水丝蚓 <i>L. clapedianus</i>				+		+			+										+
多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriset</i>							+			+			+						
维奈夫盘丝蚓 <i>Bothrioneurum vejdoskyanum</i>			+			+													+
坦氏泥蚓 <i>Ilyodrilus templetoni</i>	+					+								+	+				
仙女虫科 Naididae																			
仙女虫属 <i>Nais</i> sp.			+														+		+
吻盲虫属 <i>Pristina</i> sp.														+					
指鳃尾盘虫 <i>Dero digatata</i>				+															
节肢动物门 Arthropoda																			
昆虫纲 Insecta																			
摇蚊科 Chironomidae																			
羽摇蚊 <i>Chironomus plumosus</i>				+															
细长摇蚊 <i>Chironomus attenuatus</i>									+	+		+		+	+			+	
双叉摇蚊 <i>Dicrotendipes</i> sp.															+		+		
雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes</i> sp.														+	+	+	+		
多足摇蚊 <i>Polypedilum</i> sp.							+						+	+	+		+		+
异腹腮摇蚊 <i>Einfeldia</i> sp.					+	+	+	+		+	+		+	+			+		+
隐摇蚊 <i>Cryptochironomus</i> sp.													+						
甲壳纲 Crustacea																			
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.							+	+		+	+	+		+	+	+			
软体动物门 Mollusca																			
腹足纲 Gastropoda																			
环棱螺属 <i>Bellamya</i> sp.	+					+							+			+	+		
纹沼螺 <i>Parafossarulus striatulus</i>													+						
尖膀胱螺 <i>Physidae acuta</i>	+										+			+			+		
扁卷螺属 <i>Gyraulus</i> sp.										+		+	+	+	+			+	
圆田螺属 <i>Cipangopaludina</i> sp.							+			+	+	+	+	+					
长角涵螺 <i>Alocinma longicornis</i>																+			
椭圆萝卜螺 <i>Radix swinhoei</i>	+				+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
耳萝卜螺 <i>R. auricularia</i>								+	+								+		
瓣鳃纲 Lamellibranchia																			
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>		+									+	+	+				+		+

张立,1984); 颜京松 (1989) 对洱海调查的结果表明,异腹腮摇蚊(*Einfeldia* sp.) 和苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*) 分别是洱海摇蚊科和寡毛类的优势种;杜宝汉等 (1994) 对洱海进行了一次全面的调

查,共发现底栖动物种类 44 属(种),其中螺蛳 (*Margarya melanioides*) 是软体动物中的优势种;而吴庆龙和王云飞 (1999) 发现底栖动物只有 30 属(种)。与历史资料相比,在此次调查中,只发现腹

足类 8 种,瓣鳃类 1 种,以前的优势种螺蛳 (*Margarya melanioides*) 和无齿蚌 (*Anodonta* sp.) 均未发现,除了寡毛类的密度和生物量,摇蚊科和软体动物的密度和生物量均有较大幅度的下降,优势种也演变成了以霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*) 为代表的耐污种,但异腹腮摇蚊 (*Einfeldia* sp.) 作为洱海摇蚊科优势种的地位并没有变。

表 2 洱海底栖动物各类群的平均丰度

Tab. 2 Mean standing crops of different macroinvertebrates groups in Lake Erhai

底栖动物	密度/ 个·m ⁻²	百分 比/%	标准 误	生物量/ g·m ⁻²	百分比/ %	标准 误
寡毛类	488	89.7	363	1.26	8.3	0.69
摇蚊科	22	4.1	10	0.04	0.2	0.03
软体动物	27	4.9	11	67.26	91.4	36.89

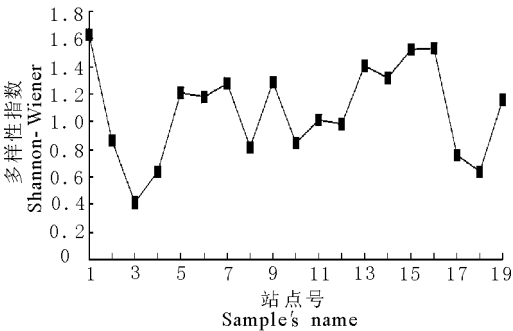


图 2 洱海各样点底栖动物 Shannon-Wiener 多样性指数
Fig. 2 Shannon-Wiener biodiversity of macroinvertebrates in Lake Erhai

3 讨论

3.1 洱海底栖动物的种质资源

洱海是一个相对封闭的湖泊系统,其底栖动物的种质资源库极其匮乏。西面的苍山十八溪虽流入洱海,但溪流的底栖动物种类多数很难在湖泊系统中存活,南部虽有西洱河与澜沧江连通,但逆行的水流是底栖动物迁移的自然屏障,东部基本无水体与洱海连通,且沿岸的环湖公路基本阻隔了洱海与外界的联系,而唯一与洱海连通、能给其提供种质资源的河流是北部的弥苴河,该河与洱海的子湖茈碧湖连通,该湖水质清澈、水草丰富,为底栖动物提供了较为适宜的生活环境。我们在弥苴河口亦采集到一些小型螺类如纹沼螺 (*Parafossarulus striatulus*) 和寡毛类的仙女虫属 (*Nais* sp.), 表明可能已有部分底栖动物通过弥苴河由茈碧湖迁移至洱海。

3.2 洱海生态功能丧失的原因

1996 年以前,洱海的水草极为茂密,水体清澈,洱海的底栖动物特别是超大型底栖动物较为丰富,湖泊沿岸带随处可见河蚌、螺蛳,当地居民常以其为食。但 1997 年和 2003 年洱海发生 2 次大的藻类爆发,引起湖水透明度急剧下降,造成水生植物的大片死亡,未及时打捞出的死亡水草在湖底迅速腐败,引起湖底大面积缺氧,导致底栖动物,特别是一些不耐污的物种和喜生活于深水区的底栖物种大量死亡。虽然洱海水质随后逐渐变好,但一些 R 对策者(如河蚌、螺蛳)由于自然迁移慢、生活周期长,虽经 6 年的自然恢复,也未在洱海湖底觅到其踪迹。本次调查发现洱海湖滨带分布的水草主要为苦草、黄丝草、红线草、微齿眼子菜和马来眼子菜等,其中耐污种微齿眼子菜占据了一定的优势地位。近年来资源过度开发和面源污染使洱海面临富营养化威胁,究其主导原因是人类活动的强度远超过湖泊自身调节能力,也是湖泊系统急剧变化的外在表现,造成洱海的生态功能严重丧失(王云飞等,1999)。

3.3 洱海西岸和东岸的生物多样性比较

洱海西岸比东岸的生物多样性高,究其原因可能是不同于洱海东岸的陡坡,西岸有着更为丰富的湖滨带,从而可以支撑更高的生物多样性。湖滨带通常具有较为优越的自然环境条件和丰富的水生植被,生境异质性很高(颜昌宙,2005)。高度的空间异质性不仅为底栖动物提供了大量的生活、摄食和繁殖的场地,同时也为它们提供了良好的躲避场所(Newman,1991)。

志谢:感谢中国环境科学研究院洱海野外工作站在采样中提供的便利;此外,对华中师范大学硕士研究生兰波在野外采样中的协助也深表谢意。

参考文献

杜宝汉. 1994. 日中洱海生态调查[J]. 海洋与湖沼, 25(5): 532-538.
龚志军, 谢平, 唐汇娟, 等. 2001. 水体富营养化对大型底栖动物群落结构及多样性的影响[J]. 水生生物学报, 25(3): 210-216.
韩涛, 彭文启, 李怀恩, 等. 2005. 洱海水体富营养化的演变及其研究进展[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 3(8): 71-73.
黄宝玉, 张立. 1989. 云南洱海、茈碧湖淡水瓣鳃类[A]. 云南洱海科学文集[C]. 昆明: 云南民族出版社: 267-274.

- 刘月英,张文珍,王跃先,等. 1979. 中国经济动物志 - 淡水软体动物[M]. 北京:科学出版社.
- 王云飞,潘红玺,吴庆龙,等. 1999. 人类活动对洱海的影响及对策分析[J]. 湖泊科学, 11(2):123-128.
- 吴庆龙,王云飞. 1999. 洱海生物群落的历史演变分析[J]. 湖泊科学, 3(11):267-272.
- 颜昌宙,金相灿,赵景柱,等. 2005. 云南洱海的生态保护及可持续利用对策[J]. 环境科学, 26(5):38-42.
- 颜京松. 1989. 云南洱海的摇蚊幼虫及水蚯蚓[A]. 云南洱海科学文集[C]. 昆明:云南民族出版社:68-79.
- 尹澄清. 1995. 内陆水陆交错带的生态功能及其保护与开发前景[J]. 生态学报, 5(3):331-335.
- 张立. 1985. 云南洱海淡水腹足类[A]. 云南洱海科学文集[C]. 昆明:云南民族出版社:257-263.
- Brinkhurst R O. 1986. Guide to the Freshwater Aquatic Microdrile Oligochaetes of North America[M]. Canada:Department of Fisheries and Oceans.
- Epler J H. 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae of North and south Carolina[M]. America:North Carolina Department of Environment and Natural Resources Division of Water Quality.
- Graneli W, Solander D. 1988. Influence of Aquatic Macrophytes on Phosphorus Cycling in Lakes[J]. Hydrobiologia, 70:245-266.
- Newman R. 1991. Herbivory and Detritivory on Freshwater Macrophytes by Invertebrates;a review[J]. Journal of the North American Benthological Society, 10:89-114.

(责任编辑 万月华)

Macrozoobenthos Community Structure in Aquatic-terrestrial Ecotones of Lake Erhai

WANG Chou-ming^{1,2}, ZHANG Jun-qian^{1,2}, JIANG Xiao-ming^{1,2}, XIONG Jing^{1,2}, XIE Zhi-cai¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Lake Erhai, a deep lake with rich aquatic-terrestrial ecotones, is the second largest plateau lake located in Dali City of Yunnan Province. It possesses endemic zoobenthos, such as *Margarya melanioides* and *Bellamya limnophila*; however, its macrobenthos community has been poorly investigated. Herein, surveys of macrobenthos were carried out in May and December 2009 in the whole aquatic – terrestrial ecotones of the lake. A total of 30 taxa were collected, among which, oligochaete, chironomid and mollusc were main groups, and 11 species (36.7% of the total number of species), 7 (23.3%) and 9 (30.0%), respectively, were recorded. Oligochaetes dominated in the total density, and the average value was 488 ind./m² (89.7% of the total abundance), with the highest one occurred in the mouth of Miju river (7 424 ind./m²). Mollusc, however, covered 91.4% of the total biomass (67.26 g/m²). According to the density of the average relative abundance, the first dominant species was *Limnodrilus hoffmeisteri* (average relative abundance is 24.4%), followed by *Einfeldia* sp. (13.2%), *Branchiura sowerbyi* (11.6%) and *Tubifex tubifex* (11.5%). As to the biomass, the first dominant species was *Cipangopaludina* sp. (79.3% of total biomass), followed by *Corbicula fluminea* (10.6%) and *Bellamya* sp. (6.2%). The mean Shannon-Wiener index was 1.08, and the value in the west region was higher than that of east one.

Key words: Lake Erhai; macrozoobenthos; community structure