

研究简报

## 滇池底栖无脊椎动物群落结构及水质评价

王丽珍<sup>1</sup> 刘永定<sup>2</sup> 陈亮<sup>1</sup> 肖邦定<sup>2</sup> 刘剑彤<sup>2</sup> 吴庆龙<sup>3</sup>

(1. 云南大学生物系, 昆明 650091; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072;  
3. 中国科学院南京地理研究所, 南京 210000)

### BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN DIANCHI LAKE YUNNAN AND ASSESSMENT OF ITS WATER

WANG Li-Zhen<sup>1</sup>, LIU Yong-Ding<sup>2</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, XIAO Bang-Ding<sup>2</sup>, LIU Jian-Tong<sup>2</sup> and WU Qing-Long<sup>3</sup>

(1. Department of Biology, Yunnan University, Kunming 650091; 2. Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;  
3. Institute of Geographical, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210000)

关键词: 底栖无脊椎动物群落; 水质评价

Key words: Benthic macroinvertebrate community; Assessment of water quality

中图分类号: Q958.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2007)04-0590-04

滇池位于云南省昆明市西南郊, 海拔 1885m 的高原面上, 接纳盘龙江、宝象河等 21 条入湖水源, 湖水出口南流转北注入金沙江。滇池南北长 39.0km<sup>2</sup>, 东西最宽 12.5km<sup>2</sup>, 最窄 2.44km<sup>2</sup>, 湖岸线 151.2km<sup>2</sup>, 面积为 330.0km<sup>2</sup>, 属于高原构造型亚热带石灰岩富营养型湖<sup>[1]</sup>。

在底栖无脊椎动物方面, 王丽珍等从 1985 年至今<sup>[2-5]</sup>都做了一定的调查研究和报道。本研究在滇池全湖设置 20 个采样点, 从 2001 年 9 月和 2002 年 7 月按隔月一次的频度(6 次)进行了为期一年的研究工作, 定量分析了底栖动物的种类分布、密度、生物量及群落多样性指数的变化。为滇池的富营养化及蓝藻水华治理的实施提供科学依据。

### 1 研究方法

**1.1 断面划分** 于 2001 年 9、11 月及 2002 年 1、3、5、7 月止, 历时一年, 根据滇池的污染状况及河口的地理位置, 设置 40 个样点, 底栖动物采样点为 20 个(图 1)<sup>[6]</sup>, 按隔月一次的频度进行定量采样, 分析底栖动物的种类分布、密度、生物量及群落多样性指数的变化。

在本次的调查中, 将划分为 8 个断面 20 个样点, 并用 A、B、C、D、E、F、G、H 分别来表示各个断面, 每个断面由若干采样点组成(见图 1)。监测断面概况为: A 断面由 2、3 点组成, 该断

面左邻西山, 右靠官渡, 形状狭长, 受人为活动影响大; B 断面由 4、6、8 点组成, 该断面左面为灰湾, 右面仍为官渡, 东西方向宽, 受人为活动影响较大; C 断面由 10、12、14 点组成, 该断面左为西华街, 右为可乐村, 这段区域东西方向相对最宽阔; D 断面由 16、18、20 点组成, 该断面左面是观音山、白鱼口的交界处, 右面是海星村; E 断面由 22、24 点组成, 在此区域滇池变窄; F 断面由 26、28 点组成, 位于海口入口处, 是相对最狭窄区; G 断面由 32、34 点组成, 左邻古城河, 右对新街, 是相对较狭窄区域; H 断面由 35、37、39 点组成, 位于滇池末端, 三面分别为太史村、牛牵手、东大河所包围。

**1.2 生物指数** 采用下列两种多样性指数, 对滇池水质进行评价。

辛普森多样性指数<sup>[7]</sup>  $D = 1 - \frac{(N_i/N)^2}{\sum (N_i/N)^2}$  辛普森指数的最低值为 0, 最高值为  $(1 - 1/s)$ , 一般认为  $D$  小于 0.25 为严重污染; 0.25—0.50 为重污染; 0.50—0.75 为中度污染; 0.75—1.0 之间, 随着数值的提高, 水质由轻度污染上升为清洁。数值越高, 水质越好。

香农-威纳多样性指数<sup>[7]</sup>  $H = - \sum (N_i/N) \log_2 (N_i/N)$  一般认为  $H$  小于 1 为重污染; 1—2 为中度污染; 2—3 为轻度污染; 大于 3 为清洁水。\* $N_i$  为第  $i$  种的个体数,  $N$  为总的个体数。

收稿日期: 2005-03-02; 修订日期: 2006-05-30

基金项目: 国家科技部和云南省滇池招标课题(项目号 DCH-01-001-01-02)资助

通讯作者: 王丽珍(1953—), 女, 广东人; 教授; 主要从事无脊椎动物分类研究。E-mail: wanglizhen@ynu.edu.cn

表 1 滇池各样点底栖动物种类分布(条/m<sup>2</sup>)(2001 年 9 月至 2002 年 7 月)  
Tab.1 The species and their distribution of zoobenthos of in Dianchi Lake from September in 2001 to July in 2002

种类分布 Distribution of species	羽摇蚊幼虫 <i>Tendipes plumosus</i>	中华长足 摇蚊幼虫 <i>Tanytus chinensis</i>	细长摇蚊幼虫 <i>T. attenuatus</i>	花纹前突 摇蚊幼虫 <i>Procladius choreus</i>	苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	克拉伯水丝蚓 <i>Limnodrilus claparedianus</i>	霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	夹杂带丝蚓 <i>Lumbriculus variegatum</i>	中华颤蚓 <i>Tubifex sinicus</i>	螺蛳 <i>Margarya melanoides</i>	虾 <i>Macrobrachium nipponensis</i>	瑞士水丝蚓 <i>L. helveticus</i>	奥特开水 丝蚓 <i>L. udekemianus</i>	种类数 (种) Number (species)	个体总数 (只/m <sup>2</sup> ) Number
2 号	129	62	6	0	2241	1111	147	271	11	0	0	0	0	8	3978
3 号	134	20	0	0	478	1705	275	146	79	0	0	0	0	7	2837
4 号	20	410	0	12	536	1062	241	153	34	0	0	0	0	8	2468
6 号	0	22	0	0	482	1278	122	474	60	0	0	0	0	6	2438
8 号	3	0	0	6	276	505	86	199	39	0	0	0	0	7	1114
10 号	0	256	0	0	416	610	114	154	115	0	0	0	0	8	1665
12 号	12	9	0	3	799	1596	240	606	49	0	0	0	0	6	3314
14 号	0	53	0	0	131	404	132	84	3	0	0	0	0	6	807
16 号	53	1645	0	0	249	538	103	70	0	5	0	0	0	8	2663
18 号	5	3	0	3	533	1193	149	245	39	0	0	0	0	8	2170
20 号	5	25	0	0	897	3300	949	677	154	3	5	0	0	9	6015
22 号	5	3	0	129	397	775	94	100	16	0	0	0	0	8	1519
24 号	40	0	0	0	381	1325	100	158	14	0	0	0	0	6	2018
26 号	34	1443	0	29	468	1295	248	105	34	0	0	0	0	8	3656
28 号	175	182	0	14	315	852	130	91	11	3	0	0	0	9	1773
32 号	9	11	0	0	403	1083	192	135	114	0	0	0	0	7	1947
34 号	29	491	0	12	4559	16288	5855	4104	6666	3	0	26621	2634	11	67262
35 号	114	833	0	43	524	881	172	166	43	0	0	0	0	8	2776
37 号	76	318	0	6	336	939	155	101	20	0	0	0	0	8	1951
39 号	34	1219	0	37	477	316	129	114	28	0	0	0	0	8	2354

2 结 果

根据 2001 年 9、11 月及 2002 年 1、3、5、7 月 (6 个月) 20 个定量采样点的调查研究结果,共采到底栖动物 5 科 9 属、13 种;全湖平均密度为 5010.21 条/ m<sup>2</sup>,生物量为 22.2 g/ m<sup>2</sup>;多样性指数则表现出一种整体的平均性。根据指数值与水质等级的划分标准及采样现场观察:滇池全湖普遍为中度污染。

2.1 底栖动物的种类分布

根据滇池 6 次采样的定量分析鉴定结果,共获得底栖动物 5 科、9 属、13 种,其中环节动物 2 科、4 属 7 种,为苏氏尾鳃蚓 (*Branchiura sowerbyi*)、克拉伯水丝蚓 (*Limnodrilus claparedianus*)、霍甫水丝蚓 (*L. hoffmeisteri*)、奥特开水丝蚓 (*L. udekemianus*)、瑞士水丝蚓 (*L. helveticus*)、夹杂带丝蚓 (*Lumbriculus variegatus*)、中华颤蚓 (*Tubifex sinicus*);软体动物田螺科 1 种,为螺蛳 (*Margarya melanioides*);摇蚊科幼虫 4 属 4 种,为羽摇蚊幼虫 (*Tendipes plumosus*)、细长摇蚊幼虫 (*T. attenuatus*)、中华长足摇蚊幼虫 (*Tanytus chinensis*)、花纹前突摇蚊幼虫 (*Procladius choreus*);甲壳动物虾 1 种,为日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 见表 1。其中耐污的摇蚊幼虫和水栖寡毛类分布最广,在全湖 20 个样点都有它们的分布(见表 1)。而对水质敏感的螺蛳和虾,分布则很不平均,且种类较为单一。

2.2 底栖动物的密度和生物量变化

滇池底栖无脊椎动物 6 次定量调查结果,全湖平均密度为 5010.21 条/ m<sup>2</sup>,生物量为 22.2g/ m<sup>2</sup>;其中摇蚊幼虫的密度为 407.71 条/ m<sup>2</sup>,生物量 4.18 g/ m<sup>2</sup>;水蚯蚓的密度为 4608.5 条/ m<sup>2</sup>,生物量 18.02 g/ m<sup>2</sup>。其中摇蚊幼虫的密度占总密度的 8.02 %,水蚯蚓占总密度的 91.98 %;摇蚊幼虫生物量占总生物量的 18.83 %,水蚯蚓占总生物量的 81.17 %。

从表 2 可明显看出底栖动物的数量是随着季节变化的,摇蚊幼虫的密度和生物量在滇池是春、夏、冬三个季节较大,而秋季较小;水蚯蚓的密度和生物量在滇池是秋、春季较大,而夏季、秋季、冬季较小。

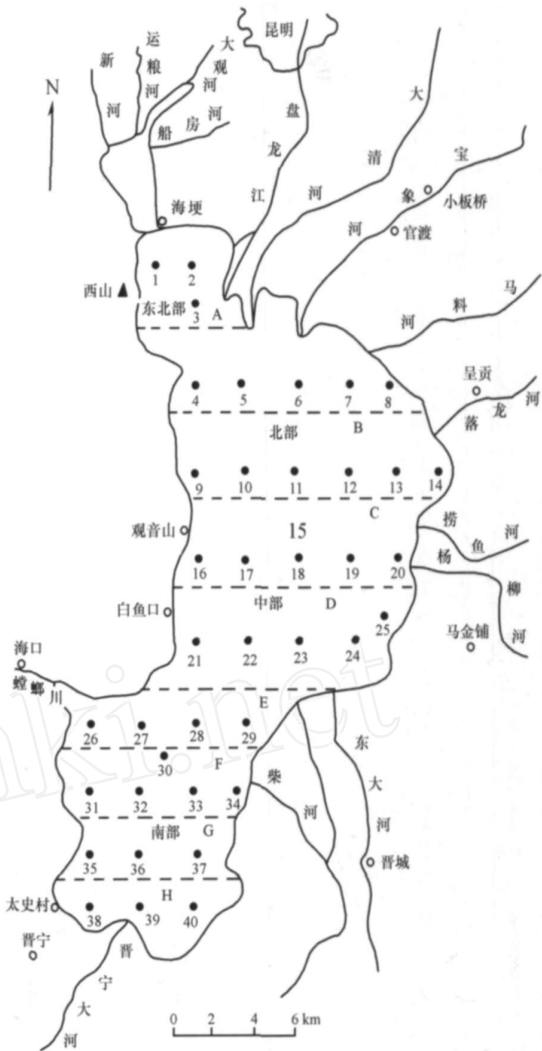


图 1 滇池采样点分布图

Fig.1 The sampling locations in Dianchi Lake

表 2 滇池摇蚊幼虫、水蚯蚓密度(条/ m<sup>2</sup>)及生物量(g/ m<sup>2</sup>)

Tab.2 The density(ind/ m<sup>2</sup>) and biomass(g/ m<sup>2</sup>) of chironomid and water earthworm of in Dianchi Lake

时间 Time	摇蚊幼虫 Tendipedidae		水蚯蚓 Oligochaeta	
	密度(条/ m <sup>2</sup> ) Density(ind/ m <sup>2</sup> )	生物量(g/ m <sup>2</sup> ) Biomass(g/ m <sup>2</sup> )	密度(条/ m <sup>2</sup> ) Density(ind/ m <sup>2</sup> )	生物量(g/ m <sup>2</sup> ) Biomass(g/ m <sup>2</sup> )
2001.9	167.48	2.48	1749.61	8.17
2001.11	270.73	3.52	7730.82	26.46
2002.1	461.79	5.54	1749.59	14.27
2002.3	462.89	5.12	7114.09	26.68
2002.5	409.45	3.59	6814.66	16.65
2002.7	637.9	4.82	2492.23	15.9
平均 Average	401.71	4.18	4608.5	18.02
全湖总平均 Average	密度 Density: 5010.21		生物量 Biomass: 22.2	

2.3 底栖动物群落多样性指数的变化

根据调查所得结果,计算出各点的辛普森(Simpson)和香农-威纳(Shannon)多样性指数。从表3中可以看出,尽管各采样点底栖动物数量及生物量有忽高忽低的现象,但其多样性指数则表现出一种整体的平均性。根据指数值与水质等

级的划分标准及采样现场观察:滇池2、3、6、8、12、14、16、18、20、22、24、32采样点两种指数评价为中污;4、26、34、37、39采样点两种指数评价辛普森指数评价为中污,香农-威纳指数评价为轻污;10号及35号采样点两种指数评价为轻污;总的来说滇池全湖普遍为中度污染。

表3 滇池各样点不同生物指数平均值  
Tab.3 The biotic indices of in various stations of in Dianchi Lake

采样点 Sample point	D2	D3	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16	D18
辛普森指数 Simpson's diversity index	0.5973 中污 *	0.5953 中污 *	0.7237 中污	0.6451 中污	0.694 中污	0.7617 轻污	0.671 中污	0.6811 中污	0.5663 中污	0.6196 中污
香农指数 Shannon-Weiner index	1.7118 中污	1.8233 中污	2.1874 轻污	1.8192 中污	1.9782 中污	2.2948 轻污	1.8765 中污	1.9805 中污	1.6641 中污	1.7433 中污
采样点 Sample point	D20	D22	D24	D26	D28	D32	D34	D35	D37	D39
辛普森指数 Simpson's diversity index	0.6385 中污	0.6559 中污	0.5242 中污	0.6967 中污	0.7091 中污	0.6297 中污	0.7574 中污	0.763 轻污	0.7015 中污	0.6668 中污
香农指数 Shannon-Weiner index	1.8503 中污	1.9243 中污	1.5170 中污	2.0307 轻污	1.9006 中污	1.8554 中污	2.4137 轻污	2.4 轻污	2.1586 轻污 *	2.0469 轻污

3 讨 论

由于至今尚没有专门反映水质的生物指数,我们就选用了两种:辛普森多样性指数和香农-威纳多样性指数。辛普森多样性指数主要是基于种的均匀性,即种类中个体分配上的平均性,并不能反映种的丰富度,即种类数目。而香农-威纳多样性指数则包含两个因素:种的均匀性和种的丰富度。将两个指数共同应用,能够从不同层次更全面的评价滇池水质。

研究结果表明,滇池全湖水质基本为中度污染,但污染的具体情况有所不同,如第2、3、6、16、20、24、35号点,摇蚊和水蚯蚓的密度较大,与这几个点水体的富营养化有着密切的关系,而第14、28号点摇蚊和水蚯蚓的密度较小,估计与水体毒性较大有关,如第14号点靠近呈贡县,而此县是我省主要的粮食生产基地和花卉基地,农业生产中大量残留农药通过河流等进入滇池,使水体毒性大,底栖动物难以繁殖。其他各点的污染类型则介于富营养化污染和毒性污染之间。

总之,通过底栖动物群落结构,应用生物多样性指数能够较好地反映出滇池的水质。底栖动物作为一种指示生物,是水质检测中不可缺少的重要参数之一。

参考文献:

[1] Yang Y G, Yang G H. An Outline of Physical Geography of the Yunnan Dianchi Lake Yunnan [J]. *Journal of Yunnan University (natural sciences)*, 1985, 7(supplement): 1—5 [杨一光, 杨桂华. 滇池自然地理概要. 云南大学学报, 1985, 7(增刊): 1—5]

[2] Wang L Z. A Reseach of Biger Invertebrates in Yunnan Dianchi Lake [J]. *Journal of Yunnan University (natural sciences)*, 1985, 7(supplement): 73—83 [王丽珍. 滇池的大型无脊椎动物. 云南大学学报, 1985, 7(增刊): 73—83]

[3] Wang L Z, Xu X Q, Zhou W B. A study on the zoobenthos in Macunwan and Haidongwan region of Dianchi lake Yunnan [J]. *Journal of Yunnan University (natural sciences)*, 2002, 24(2): 134—139 [王丽珍, 徐小清, 周文博. 云南滇池马村湾、海东湾底栖动物本底调查研究. 云南大学学报(自然科学版), 2002, 24(2): 134—139]

[4] Wang L Z, Liu Y D, Chen X D, et al. The character of Zoobenthos community structure and the research on water quality in Macunwan and Haidongwan Region of Dianchi lake Yunnan [J]. *Reservoir Fisheries*, 2003, 23(2): 47—48 [王丽珍, 刘永定, 陈旭东, 等. 滇池马村湾、海东湾底栖动物群落结构及水质评价. 水利渔业, 2003, 23(2): 47—48]

[5] Wang L Z, Liu Y D, Xiao B D. Benthos in the Enclosures in the Dianchi Lake [J]. *Reservoir Fisheries*, 2003, 23(1): 49—51 [王丽珍, 刘永定, 肖邦定. 滇池非封闭围隔水体底栖动物的监测调查. 水利渔业, 2003, 23(1): 49—51]

[6] Fang T, Ao H Y, Liu J T. The spatio-temporal of water environmental status in Dianchi lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28(2): 124—129 [方涛, 敖鸿毅, 刘建彤. 滇池水体理化环境状况时空分布格局研究. 水生生物学报, 2004, 28(2): 124—129]

[7] Cai X M, Ren J C, Zong Z X. Benthic macroinvertebrate communities in Qinglong River and assessment of its water quality [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1992, 3(4): 367—370 [蔡晓明, 任久长, 宗志祥. 青龙河底栖无脊椎动物群落结构及其水质评价. 应用生态学报, 1992, 3(4): 367—370]