

# 北京小型湖泊底栖无脊椎动物群落结构特征与营养状况的研究\*

任淑智 (中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**【摘要】** 1987年间逐月调查分析了北京6个小型湖泊底栖无脊椎动物群落结构特征。通过指示种、优势种、种类、数量、生物量、Shannon多样性指数及其与水质的关系分析, 前3个湖相当于中营养湖泊, 后3个湖相当于中-富营养湖泊。梨形环稜螺(*Bellamya purificata*)和粗腹摇蚊幼虫(*Pelopia* sp.) 可作为北京6个小湖环境质量的指标生物, 前者指示水质较好, 后者指示水质较差。Shannon多样性指数值( $H'$ )与湖水BOD、COD、TP、TN含量之间关系比较密切, 用该指数并参考指示生物特征评价此类型浅水小湖营养状况是可行的。

**关键词** 湖泊 营养水平 大型底栖无脊椎动物 群落结构 多样性指数

Community structure of macroinvertebrates and trophic level of several small lakes in Beijing city. Ren Shuzhi (Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing 100080)-Chin. J. Appl. Ecol., 2(3):221-225.

The characteristics of species, abundance and biomass of benthic macroinvertebrates of 6 small connected lakes in Beijing city were investigated from January to December in 1987. The results indicate that mollusca, oligochaete and chironomid larvae are dominant groups of macroinvertebrates in the first 3 lakes, and in the other 3 ones, there are oligochaete and chironomid larvae only. Among them, *Bellamya purificata* only occur in the first 3 lakes, and *Pelopia* sp. larvae in the other 3 ones. The Shannon species diversity indices ( $H'$ ) show the similar tendency. It shows that the first 3 lakes belong to mesotrophic, and the other 3 ones to meso-eutrophic. The Shannon species diversity indices ( $H'$ ) are well correlated with concentrations of BOD, COD, TP and TN in the water. It is possible to evaluate shallow lake trophic level, using diversity index ( $H'$ ) combined with species indicator of macroinvertebrates.

**Key words:** Lake, Trophic level, Macroinvertebrate, Community structure, Diversity index.

## 1 引言

大型底栖无脊椎动物是水生生态系统重要的组成部分, 其种类和群落结构可作为水质评价的指示生物。通过对底栖动物群落结构的调查研究, 评价湖泊营养状况, 国内外已有报道<sup>[3,9,12]</sup>, 我国对主要湖泊富营养化程度的评价标准也有不少研究<sup>[4,8]</sup>。大伙房水库底

栖动物监测污染的经验已被应用<sup>[2,10]</sup>, 而风景区内浅水小湖的富营养化评价只限于水质分析和细菌与浮游生物数量<sup>[6,7]</sup>, 应用底栖动物群落结构评价此类水域尚未见报道。1987年我们对北京6个小湖底栖无脊椎动物的种类、数量、分布及其与环境关系进行了调查研究, 现将结果报告于后。

## 2 湖泊的水环境

北京几个小型湖泊系位于北京市区内, 前后互相连接, 形成一个小湖群, 是首都的风景

\* 文稿整理中得到黄玉瑶教授指导, 赵忠宪、高玉荣、许木启、朱江、曹宏、林平、宋毅刚同志协助采样, 朱新源先生协助鉴定寡毛类, 在此一并致谢。

本文于1990年5月3日收到。

点和旅游区之一。共有 6 个小湖泊, 自北而南排列, 为了叙述方便, 分别用 W、P、F、N、C、S 表示。6 个湖泊的面积分别为 0.078、0.170、0.090、0.380、0.28 和 0.21 km<sup>2</sup>。水流方向自北而南, 平时水流缓慢, 主要受人为控制。水深 1.5m 左右, 水温年变化在 2—28.8℃, 12—3 月中旬为结冰期, pH7.16—8.71。前 3 个湖底质为泥沙或泥底, 水草较多, 后 3 个湖为泥底, 水草很少。C 湖中近年还散

养有鲤、鲫鱼及花、白鲢, 并在网箱中养殖罗非鱼。

### 3 研究方法

依据“湖泊富营养化调查规范”<sup>[1]</sup>, 在 6 个小湖中共设置采样点 23 个, 包括每个湖的中部及进出水口。各湖统一于 1、5、9 月份进行调查, 其中 C 湖在 4、6、7、8、10、11 月也进行了采样。定量样品用 0.025 m<sup>2</sup> 采泥器连采 2 次, 合并后用 50 目铜筛筛

表 1 北京几个小湖底栖动物种类分布\*

Tab.1 Distribution of macroinvertebrates in some small lakes in Beijing city

种 Species	类	湖 泊 Lakes					
		W	P	F	N	C	S
六附器毛突摇蚊	<i>Chaetocladius sexpapilosus</i>	+			+	+	
环足摇蚊	<i>Cricotopus</i> sp.	+		+			
直突摇蚊	<i>Orthoclaadiinae</i> sp.				+		
粗腹摇蚊	<i>Pelopia</i> sp.	+			++++	++++	++++
花纹前突摇蚊	<i>Procladius choreus</i>	+	++	+	++	++	-
前突摇蚊	<i>Procladius</i> sp.				+	+	+
羽摇蚊	<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	+		+	++	++	+
大红摇蚊	<i>Chironomus</i> gr. <i>reductus</i>		+			+	
红羽摇蚊	<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus-reductus</i>					+	
摇蚊	<i>Chironominae</i> sp. 1	+		+			
摇蚊	<i>Chironominae</i> sp. 2	+					
湖摇蚊	<i>Ditotendipes</i> sp.		+	+	++		
雕翅摇蚊	<i>Glyptotendipes</i> sp. 1		+++	+	+		
雕翅摇蚊	<i>Glyptotendipes</i> sp. 2			-			-
梯形多足摇蚊	<i>Polypedium scalaenum</i>		+		+		
罗甘小突摇蚊	<i>Micropsectra logana</i>			+			
霍甫水丝蚓	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	++++	++	+++	+++	+++	+++
克拉泊水丝蚓	<i>L. clapedianus</i>					++	+++
奥特开水丝蚓	<i>L. udekemianus</i>	+++				++	+
巨毛水丝蚓	<i>L. silvani</i>		+++		+		++
多毛管水蚓	<i>Aulodrilus plariseta</i>		+	++	+++	+	++
苏氏尾鳃蚓	<i>Branchiura sowerbyi</i>	+++	+++	+++	+++	++	++
颤蚓	<i>Tubifex</i> sp.		+	+	+	++	+
梨形环稜螺	<i>Bellamya purificata</i>	++	++++	+++	+		
耳萝卜螺	<i>Radix auricularia</i>					+	
背角无齿蚌	<i>Anodonta woodiana woodiana</i>	+	+				
三角帆蚌	<i>Hyriopsis cumingii</i>	+					
米虾	<i>Caridina</i> sp.					+	
蛭	<i>Hirudinea</i> sp.	+	+		+		
其他						+	
种类数		14	12	13	16	17	12

\* + 有; ++ 较多; +++ 很多; ++++ 极多。

洗,用70%酒精固定后回室分检、计数与称重,并换算成原鲜重。定性样品用手抄网在岸边及湖底捞取。

#### 4 底栖无脊椎动物群落结构特征与湖泊营养状况

##### 4.1 种 类

经过一年不同季节多次调查,北京6个小湖中共发现底栖无脊椎动物30种,属于7科21属,其中水生昆虫摇蚊科幼虫12属16种;寡毛类1科4属7种;软体动物3科3属4种;甲壳动物十足目1科1属1种;蛭纲1科1属1种;其他动物1种。其中梨形环棱螺(*Bellamyia purificata*)、苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)、霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)和粗腹摇蚊幼虫<sup>[11]</sup>(*Pelopia* sp.)数量较多,为优势种。它们在6个湖泊中的分布有所不同。梨形环棱螺和苏氏尾鳃蚓主要分布在前3个湖;粗腹摇蚊幼虫主要分布在后3个湖;霍甫水丝蚓分布最为广泛,各湖均较丰富(表1)。

由表1可见,几个小湖底栖无脊椎动物种类比较简单,均在12—17种之间,但在种类组成上有所不同,前5个湖中底栖动物主要由软体动物、寡毛类和摇蚊幼虫组成,最后1个湖中底栖动物全部由寡毛类和摇蚊幼虫组成(表2)。从表2可见,6个小湖底栖动物均以较耐

污的摇蚊幼虫和寡毛类占优势,尤以S湖最为明显,反映了几个湖泊处于中-富营养的状况。

##### 4.2 数量

底栖动物数量有明显的季节性变化。冬、秋季数量较大,春季较小,寡毛类及摇蚊幼虫

表2 北京几个小湖底栖动物种类数组成\*

Tab. 2 Composition of macroinvertebrates in some small lakes in Beijing city

类 群 Group	湖 泊 Lakes					
	W	P	F	N	C	S
软体动物 Mollusca	3	2	1	1	1	
寡毛类 Oligochaete	3	5	5	5	6	7
摇蚊幼虫 Chironomid larvae	7	4	7	9	8	6
其 他 Other	1	1		1	2	
合 计 Total	14	12	13	16	17	13

\* 表中数据均以1、5、9月份调查资料统计的结果。

的变化均很显著(参见表3、4)。因此可将各湖1、5、9月4种主要底栖动物数量平均值作一比较(表5)。从表5可清楚看出,梨形环棱螺主要分布在前3个湖中;苏氏尾鳃蚓各湖均有分布,但数量呈下降趋势;霍甫水丝蚓分布均匀;而粗腹摇蚊幼虫则主要分布在后3个湖泊中。这一分布趋势也反映了6个湖泊营养状况为后3个湖营养化程度较高。需要说明

表3 C湖底栖动物种类数量逐月变化\*

Tab.3 Monthly changes of species and number of macroinvertebrates in lake C in Beijing city

项 目 Item		月 份 Month											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
种 类 Species	寡毛类 Oligochaete	3	—	—	4	3	2	3	2	4	4	2	—
	摇蚊幼虫 Chironomid larvae	4	—	—	4	5	3	3	5	5	5	4	—
	总 计 Total	7	—	—	8	8	5	6	7	9	9	6	—
数 量 (个/m <sup>2</sup> ) Number (ind./m <sup>2</sup> )	寡毛类 Oligochaete	867	—	—	100	71	67	78	122	92	1933	322	—
	摇蚊幼虫 Chironomid larvae	300	—	—	1022	578	789	167	967	1325	2900	2067	—
	总 计 Total	1167	—	—	1122	649	856	245	1089	1417	4833	2389	—

\* 2、3及12月未取样。

表 4 北京几个小湖中主要摇蚊幼虫的季节变化 (个/m<sup>2</sup>)

Tab.4 Seasonal changes of major chironomid larvae in some small lakes in Beijing city (ind./m<sup>2</sup>)

月 份 Month	湖 泊 Lakes					
	W	P	F	N	C	S
1	401	400	133	1 217	300	2 433
5	100	33	367	858	433	517
9	—	22	59	2 167	1 291	1 243

表 5 北京几个小湖底栖动物主要种类的分布 (个/m<sup>2</sup>)

Tab.5 Distribution of major species of macroinvertebrates in some small lakes in Beijing city (ind./m<sup>2</sup>)

种 类 Species	湖 泊 Lakes					
	W	P	F	N	C	S
梨形环棱螺 <i>Bellamya purificata</i>	187.5	789.0	313.7	2.7	0	0
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	653.0	482.3	213.0	380.7	40.4	142.3
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	547.0	67.3	352.0	359.0	170.3	669.7
粗腹摇蚊幼虫 <i>Pelopia sp.</i>	133.5	0	0	983.3	409.3	1 333.3

的是, C 湖中放养一些鱼类, 底栖动物数量可能受影响。

### 4.3 现存量

6 个湖泊 1、5、9 月平均底栖动物生物量列于表 6。从表 6 可见, 前 3 个湖生物量远远大于后 3 个湖。其中软体动物的梨形环棱螺是主要的影响因素。寡毛类和摇蚊幼虫生物量则有相反趋势。

### 4.4 多样性指数与营养等级

以上底栖动物种类、数量及生物量分布情况一致反映出北京 6 个小湖中前 3 个湖水水质优于后 3 个湖。为了进一步定量表达各湖水水质具体状况, 我们试用 Margalef 种类丰度指数 ( $d$ )<sup>[13]</sup> 和 Shannon-Weaver 种类多样性指数 ( $H'$ )<sup>[14]</sup>, 分别分析其与湖水 BOD、COD、TP、TN 浓度之间的相关程度。结果发现  $H'$

表 6 北京几个小湖底栖动物主要类群生物量

Tab.6 Biomass of major groups of macroinvertebrates in some small lakes in Beijing city (g/m<sup>2</sup>)

类 群 Group	湖 泊 Lakes					
	W	P	F	N	C	S
软体动物 Mollusca	269.2	1 707.2	699.9	8.4	0	0
寡毛类 Oligochaete	27.8	27.8	25.4	31.3	10.9	46.0
摇蚊幼虫 Chironomid larvae	11.7	40.9	23.4	97.2	44.8	93.5
合 计 Total	308.7	1 775.9	748.7	136.9	55.7	139.5

值与 BOD、COD、TP 和 TN 之间的关系比较密切, 相关系数分别为 -0.7795、-0.7866、-0.9534、-0.9756, 经显著性检验, 相关非常显著 (图 1)。因此, 选用 Shannon-Weaver 种类多样性指数 ( $H'$ ) 来进一步讨论 6 个小湖的水质状况。其公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

式中,  $H'$  为多样性指数,  $s$  为种类数,  $n_i$  为样品中第  $i$  种的个体数,  $N$  为样品中所有生物的总个数。

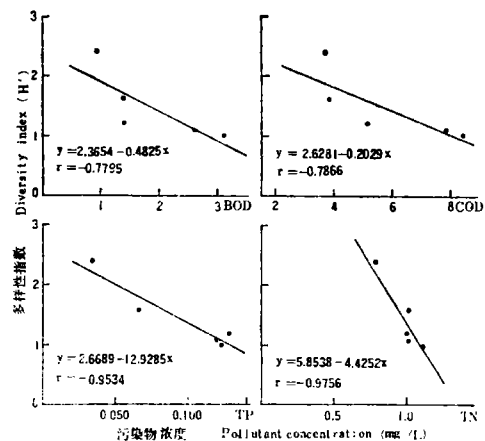


图 1 北京几个小湖多样性指数 ( $H'$ ) 和 BOD、COD、TP、TN 的关系

Fig. 1 Relationship between diversity index ( $H'$ ) and water quality in some small lakes in Beijing city.

这里需要说明的是, 冬季(1月)期间, 湖水温度下降, 水面结冰, 虽然破冰取样, 但样品采集不太理想, 而且其时藻类死亡, 各湖湖水澄清, 彼此水质差异不太明显。春季(5月), 由于摇蚊幼虫种类、数量明显减少, 因此这里主要以各湖9月份的资料进行比较讨论。

计算结果表明, 9月份各湖平均多样性指数( $H'$ )值分别为: P湖, 1.60; F湖, 2.40; N湖, 1.21; C湖, 1.10; S湖, 1.01 (W湖未采样)。根据黄玉瑶等(1982)提出的  $H'$  值与水质的关系标准<sup>[6]</sup>判断, 除F湖属轻度污染外, 其余均属于中度污染水体, 但程度上略有不同, 即后3个湖比较重一些。参考水质分析资料<sup>1)</sup>, 北京6个小湖主要是氮、磷和一般耗氧有机物偏高, 有毒物质很少。参考前述底栖动物种类、数量、生物量的特点以及浮游植物资料<sup>2)</sup>, 可以认为北京6个小湖的前3个湖属中营养湖泊, 后3个湖属中-富营养水体。

## 5 结 论

北京6个小型湖泊前3个湖属软体动物-摇蚊幼虫-寡毛类型, 相当于中营养湖泊; 后3个湖属摇蚊幼虫-寡毛类型, 相当于中-富营养湖泊。Shannon 多样性指数值与此结果基本吻合。

底栖动物指示种、优势种、密度与群落结构特征是浅水湖泊有价值的生物学指标。其中梨形环棱螺和粗腹摇蚊幼虫可作为北京6个小湖水环境质量的指标生物, 前者指示水质较好, 后者指示水质较差。

Shannon 多样性指数值与湖水 BOD、

COD、TP、TN 含量之间关系密切。用该指数结合底栖动物种类、数量及生物量等特征, 可以比较满意地评价浅水湖泊的营养状况。

## 主要参考文献

- 1 全国主要湖泊、水库富营养化调查研究课题组编。1987. 湖泊富营养化调查规范。中国环境科学出版社, 北京, 23—27。
- 2 宋 福等。1988. 密云水库水体营养状况与水生生物关系的研究。第二届环境科学学术报告会论文集。中国环境科学出版社, 北京, 287—295。
- 3 李开国。1983. 运用底栖无脊椎动物监测大伙房水库的污染。环境科技, (1): 23—28。
- 4 顾丁锡。1982. 湖泊富营养化评价方法。环境污染与防治, (3): 14—17。
- 5 黄玉瑶等。1982. 应用大型无脊椎动物群落结构特征及其多样性指数监测蓟运河污染。动物学集刊(2)。科学出版社, 北京, 133—146。
- 6 舒金华。1981. 风景区水质评价方法。中国环境科学, (6): 22—25。
- 7 舒金华。1982. 风景区水质资源的保护。环境污染与防治, (4): 1—4。
- 8 舒金华。1986. 我国主要湖泊富营养化程度的初步评价与防治对策。环境科学丛刊, 7(2): 1—9。
- 9 谢翠娟。1985. 洞庭湖水环境质量生物学评价的研究。长江水资源保护, (6): 47—52。
- 10 蔡士悦。1988. 乌梁素海水污染与水生生物学研究。环境科学研究, 1(4): 14—22。
- 11 颜京松等。1977. 白洋淀的摇蚊幼虫及2新种记述。昆虫学报, 20(2): 183—195。
- 12 Rosas, I. et al. 1985. Benthic organisms as indication of water quality in lake patzcuaro Mexico. Water Air and Soil Pollut., 25(4): 401—414。
- 13 Margalef D. R. 1957. Information theory in ecology. Mem real acal, 3rd ser Barcelona, 32: 374—449。
- 14 Shannon, C. E. et al. 1949. Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana。

1) 水质分析资料由北京市西城区环境监测站提供。

2) 高玉荣。北京四海藻类群落结构特征与水体富营养化水平。生态学报(待出版)。