

千岛湖轮虫群落结构及水质生态学评价*

李 共 国¹ 虞 左 明²

(1: 浙江万里学院生物技术研究所, 宁波 315101; 2: 杭州市环境保护科学研究所, 杭州 310008)

提 要 研究了一大型深水湖泊——千岛湖轮虫的群落结构, 包括种类组成、种群动态、现存量, 并用轮虫污染指示种类、E/O 值和 $Q_{B/T}$ 值评价千岛湖水质和营养状况. 在一周年的研究中, 共发现轮虫 70 种, 污染指示轮虫 41 种, 其中寡污- β 中污带、 β 中污带和 β - α 中污带污染指示种类分别占总指示轮虫的 41.5%、36.5% 和 22.0%. 根据年平均密度, 优势种分别为螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*)、等刺异尾轮虫 (*Trichocerca similis*) 和针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*). 轮虫生物量的时空变化由晶囊轮虫属 (*Asplanchna*) 的轮虫决定, 以 5 月份的 I 站和 II 站生物量较高. 轮虫的 E/O 值变幅为 0.29-0.62, 平均 0.46; $Q_{B/T}$ 值变幅为 0.17-1.50, 平均 0.68. 相关分析表明: E/O 值和 $Q_{B/T}$ 值与水体透明度之间分别呈显著和极显著的负相关关系, 相关系数分别达 0.7182 和 0.7747. 与大型浅水湖泊相比, 千岛湖轮虫群落结构具有种类数较多、密度和生物量小、 $Q_{B/T}$ 值低的特征. 根据指示生物法和生物指数法评价千岛湖水质和营养类型, 千岛湖为寡污- β 中污 (贫-中营养型) 水体, 其中, I 站、II 站和 V 站为 β 中污 (中营养型), 其余各站均为寡污- β 中污 (贫营养型) 水体.

关键词 千岛湖; 轮虫; 群落结构; 生态学评价

分类号 Q959.181 X824

轮虫是淡水浮游动物的主要类群, 它不仅是鱼类优良的天然饵料, 许多学者还用轮虫群落生态评价水质污染和水体营养状况, 包括某些种类作为污染指示生物、E/O 和 $Q_{B/T}$ 指数等^[1-3]. 但对于大型、深水湖泊, 至今未见这方面的报道. 本文系统调查了千岛湖轮虫群落的种类数、密度、生物量及计算了其 E/O、 $Q_{B/T}$ 值, 对千岛湖轮虫群落在时间和空间上的结构特点进行分析, 并从生态学角度评价千岛湖水质和营养类型, 为千岛湖渔业资源开发和水环境质量监测提供一定的理论基础.

1 材料和方法

在千岛湖设置 10 个采样点 (图 1). 1999 年 1-12 月逐月采样, 采样和计数按《淡水浮游生物研究方法》^[4] 进行, 定性样品用 25 号筛绢制成的浮游生物网拖捞获取, 定量样品用 2L 采水器分别于该样点透明度 2 倍深度间均匀分 5 个水层采取等量水共 10L, 混匀后用国产 NXX76 型号尼龙筛绢制成的浮游生物网过滤取样, 当即用鲁哥氏溶液 (Lugol's solution) 固定, 带回实验室镜检. 轮虫种类按《中国淡水轮虫志》^[5] 鉴定, 生物量按体积法^[6] 统计.

* 杭州市环境保护局课题 (千岛湖浮游生物群落动态分析及控制对策研究) (199901).
2002-06-24 收稿; 2003-21-03 收修改稿. 李共国, 男, 1964 年出生, 副教授.

密度 (生物量) 优势度 = 优势种密度 (生物量) / 总密度 (生物量)

E/O 指数按 $E/O = E$ (富营养型指示种数) / O (贫营养型指示种数) 计算^[7].

$Q_{B/T}$ 指数按 $Q_{B/T} = B$ (臂尾轮虫属的种数) / T (异尾轮虫属的种数) 计算^[8].

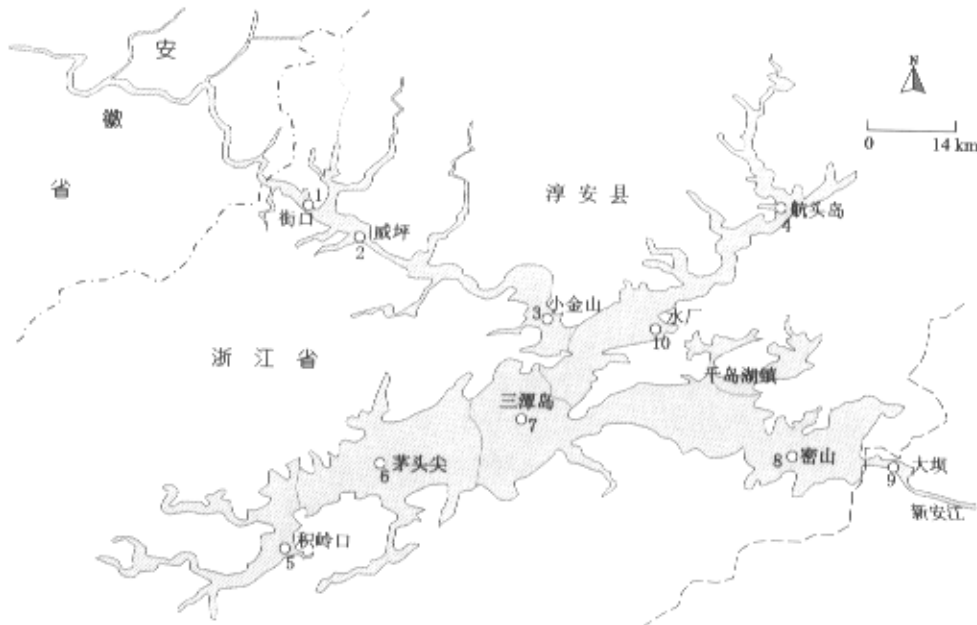


图 1 千岛湖浮游动物采样点位置

Fig.1 Sampling stations of zooplankton in Qiandao Lake

2 结果

2.1 轮虫种类组成、分布及污染指示

通过系统调查, 共鉴定轮虫 11 科 27 属 70 种. 污染指示轮虫 41 种, 其中寡污-β 中污带类型 17 种, β 中污带类型 15 种, β-α 中污带类型 9 种, 分别占总污染指示轮虫 41.5%、36.5%和 22.0%. 臂尾轮虫属 9 种, 异尾轮虫属 15 种. 轮虫种类在千岛湖的分布差异较大, 以 I 站轮虫种类数最多, 占 65.7%, 指示轮虫种数占 85.4%; VI 站轮虫种类数最少, 仅占 22.9%, 指示轮虫种数占 26.8%(表 1).

2.2 轮虫及其优势种群密度的时空变化

根据年平均密度, 轮虫优势种为螺形龟甲轮虫、等刺异尾轮虫、针簇多肢轮虫和圆筒异尾轮虫. 千岛湖轮虫在 5 月和 7 月各出现一个密度高峰, 5 月份裂足轮虫 (*Brachionus schizocerca*) 密度超过了优势种群螺形龟甲轮虫和针簇多肢轮虫, 优势度为 0.28. 7 月份优势种等刺异尾轮虫优势度达 0.44. 第 1 优势种螺形龟甲轮虫在 5-10 月份形成稳定的种群, 9 月份为其季节高峰, 优势度达 0.74 (图 2a). 轮虫密度的水平变化, 以 II 站为最高, 其次为 III 站和 VI 站, 其余各站均较低. 除 III 站主要由等刺异尾轮虫组成外, 其余各站均以螺形龟甲轮虫为主 (图 2b).

续表 1

尖趾单趾轮虫	<i>M. closteroerca</i>							+		+		β
前节晶囊轮虫	<i>Asplanchna odonta</i>	pri-	+	+	+	+		+	+	+	+	β
盖氏晶囊轮虫	<i>A. girodi</i>		+									$o - \beta$
卜氏晶囊轮虫	<i>A. brightwelli</i>		+			+						$o - \beta$
环形沟栖轮虫	<i>Taphrocampa annulosa</i>							+				
一种巨头轮虫	<i>Cephalodella</i> sp.					+						
小型腹尾轮虫	<i>Gastropus minor</i>							+				
一种腹尾轮虫	<i>G. sp.</i>					+						
等刺异尾轮虫	<i>Trichocerca similis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	β
韦氏异尾轮虫	<i>T. weberi</i>		+	+	+	+						
田奈异尾轮虫	<i>T. dixon-nuttalli</i>				+					+		
腕状异尾轮虫	<i>T. brachyura</i>				+							
纤巧异尾轮虫	<i>T. tenuior</i>									+		
瓷甲异尾轮虫	<i>T. porcellus</i>					+	+	+				+
颈环异尾轮虫	<i>T. collaris</i>		+									
双齿异尾轮虫	<i>T. bidens</i>					+	+	+	+	+	+	
细异尾轮虫	<i>T. gracilis</i>							+	+			
暗小异尾轮虫	<i>T. pusilla</i>			+								β
圆筒异尾轮虫	<i>T. cylindrica</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	$o - \beta$
长刺异尾轮虫	<i>T. longiseta</i>		+									$o - \beta$
双尖异尾轮虫	<i>T. bicuspes</i>					+						
冠饰异尾轮虫	<i>T. lophocssa</i>		+		+							
一种异尾轮虫	<i>T. sp.</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
针簇多肢轮虫	<i>Polyarthra trigla</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	$\beta - \alpha$
真翅多肢轮虫	<i>P. euryptera</i>		+			+			+			
尖尾疣毛轮虫	<i>Synchaeta stylata</i>					+	+			+		
颤动疣毛轮虫	<i>S. tremula</i>		+		+	+		+	+	+	+	β
截头皱甲轮虫	<i>Ploesoma truncatum</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	$o - \beta$
郝氏皱甲轮虫	<i>P. hudsoni</i>									+	+	$o - \beta$
沟痕泡轮虫	<i>Pompholyx sulcata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	$o - \beta$
顶生三肢轮虫	<i>Filinia maior</i>		+	+								β
跃进三肢轮虫	<i>F. passa</i>		+	+								$\beta - \alpha$
叉角聚花轮虫	<i>Conochilus dossuarius</i>		+									$o - \beta$
敞水胶鞘轮虫	<i>Collotheca pelagica</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
无常胶鞘轮虫	<i>C. mutabilis</i>				+	+		+				
瓣状胶鞘轮虫	<i>C. ornata</i>					+						$\beta - \alpha$

* $o - \beta$: 寡污- β 中污种; β : β 中污种,; $\beta - \alpha$: $\beta - \alpha$ 中污种.

2.3 轮虫及其优势种群生物量的时空变化

千岛湖轮虫在 5 月出现一个生物量高峰期, 达 0.413mg/L, 主要由生物量优势种晶囊轮虫属 (*Asplanchna*) 的轮虫组成; 7 月份出现的一个次高峰, 其生物量则主要由等刺异尾轮虫 (*Trichocerca similis*) 构成 (图 3a). 轮虫生物量的水平变化, 以 II 站为最高, I 站次之, 均主要由晶囊轮虫属 (*Asplanchna*) 的轮虫所构成, 其中 II 站晶囊轮虫生物量优势度达 0.92. 其余各站生物量均较低, 并且优势种的优势度不明显 (图 3b).

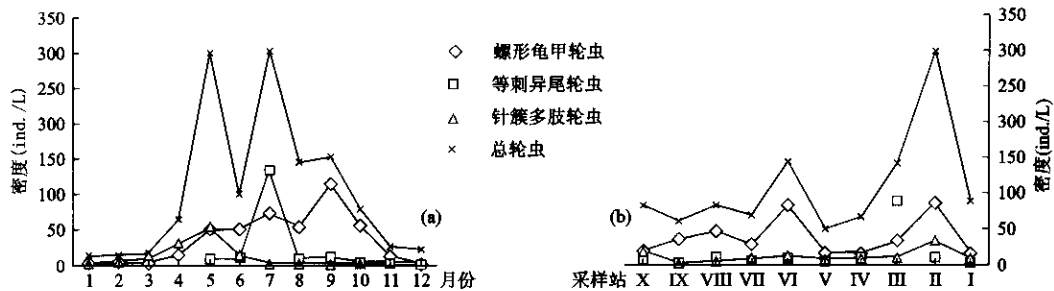


图 2 千岛湖总轮虫及其优势种群密度的变化 (a: 月变化; b: 水平变化)

Fig. 2 The changes in densities of Rotifera and its dominant species in Qiandao Lake

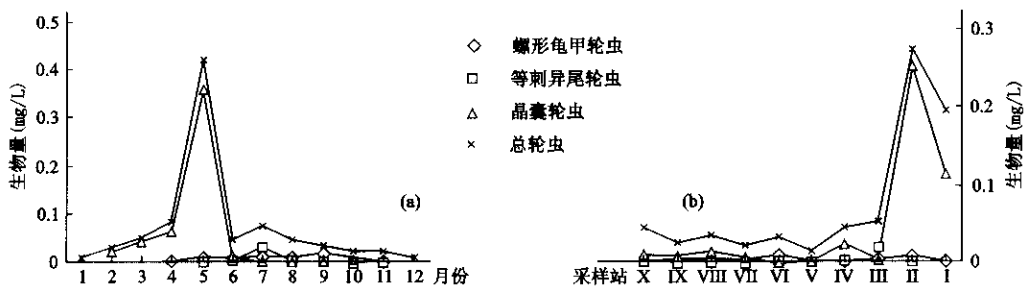


图 3 千岛湖总轮虫及其优势种生物量的变化 (a: 月变化; b: 水平变化)

Fig. 3 The changes in densities of Rotifera and its dominant species in Qiandao Lake

2.4 千岛湖水质生态学评价

千岛湖轮虫 E/O 值变幅为 0.29-0.62, 平均 0.46; $Q_{B/T}$ 值变幅为 0.17-1.50, 平均 0.68 (表 2). 轮虫 E/O、 $Q_{B/T}$ 值与水质透明度之间有显著的负相关关系 (图 4).

表 2 千岛湖 10 个采样站的 E/O 值和 $Q_{B/T}$ 值
Tab.2 E/O value and $Q_{B/T}$ value at 10 sampling stations in Lake Qiandao

采样站										
E/O 值	0.62	0.60	0.43	0.44	0.86	0.33	0.29	0.38	0.33	0.33
$Q_{B/T}$ 值	1.50	1.20	0.43	0.75	0.57	0.20	0.17	0.43	0.75	0.80

应用浮游动物中富营养型种 (E) 与寡营养型种 (O) 的种数比 (E/O 值) 来评价水体营养类型, 该比值在 0.5 以下为贫营养, 0.5-1.0 之间为中营养^[7]. 由表 2 可知, 千岛湖除 I 站 (街口)、II 站 (威萍) 和 V (织岭口) 站为中营养外, 其余各站均为寡营养.

Sladeck^[8]提出的 $Q_{B/T}$ 指数也常用于评价水质, 通常将 $Q_{B/T}$ 值小于 1 划为寡营养, 1-2 之间划为中营养. 由表 2 可知, 千岛湖除 I 站和 II 站为中营养外, 其余各站均为寡营养. 街口、织岭口为千岛湖的进水口, 威萍镇人口较密, 此三站水体营养水平的提高也反映了人类周边活动对千岛湖水质的影响.

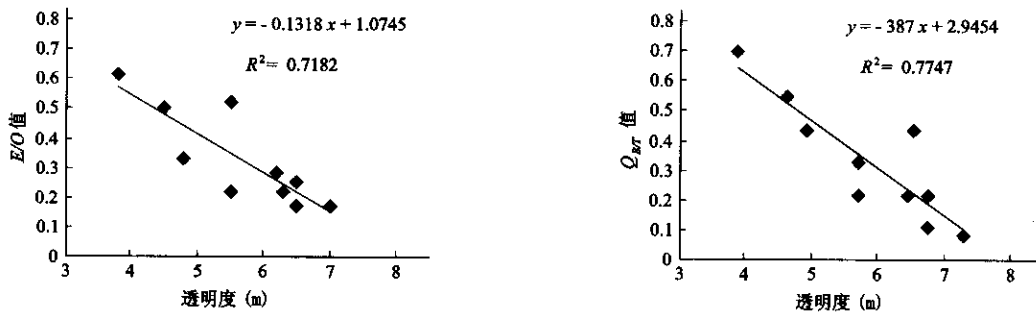


图 4 千岛湖轮虫 E/O, $Q_{B/T}$ 值与水体透明度关系

Fig. 4 Relationships between transparency and E/O, $Q_{B/T}$ value of Rotifera in Qiandao Lake

另外, 千岛湖指示轮虫绝大多数为寡污至中污种类, 其中寡污-β 中污种类最多, β 中污种类次之, β - α 中污种类最少 (表 1). 因此, 千岛湖水体似在寡污-β 中污型范围之内.

3 讨论

3.1 千岛湖轮虫群落特征

千岛湖属于我国东部平原湖区, 因拦坝建造新安江水库而使湖面加宽、水深加大而具有水库生态系统的特点, 因此, 湖泊有初级生产力低, 水生高等植物缺乏, 沿岸带生境不发达, 水体有分层现象等特点. 但千岛湖内有众多的岛屿, 水位低时湖泊岛屿率更大, 湖泊的岸线更长, 使它的生态环境复杂多样化. 与大型浅水湖相比, 千岛湖轮虫种类数较多, 密度和生物量很小, $Q_{B/T}$ 值低, 显示了千岛湖良好的生态环境 (表 3).

表 3 千岛湖与大型浅水湖泊轮虫的群落特征比较

Tab.3 Comparison of rotifer characteristics between Qiandao Lake and other shallow lakes

湖泊	面积(km ²)	水深(m)	种类数(ind./L)	密度(mg/L)	生物量	$Q_{B/T}$ 值	资料来源
千岛湖	573	34	70	103	0.069	0.76	本文
鄱阳湖	3583	8	85	688	0.655	0.90	文献[2]
东平湖	632	2	52	688	—	1.40	文献[1]

3.2 千岛湖水质评价

林育真等利用轮虫群落对东平湖水质进行生态学评价, 结果与理化分析基本相符, 认为轮虫可作为有效的水体污染指示生物, 并能更直接真实反映水体质量优劣对生物群落本身的影响程度^[1]. 千岛湖轮虫 E/O、 $Q_{B/T}$ 值与水体透明度之间有显著的负相关关系, 虽为用轮虫污染指示种类、E/O 值和 $Q_{B/T}$ 值评价千岛湖水质和营养状况提供了有力的支持, 但由于生物和环境的复杂多样性, 不少轮虫如螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*) 既能生活在贫营养型水体中, 又能在富营养水体中生存, 仅从生态学角度反映了千岛湖的环境状况还不够全面. 况且, 不同生态学方法可从不同的角度反映水体污染状况. 因此, 将轮虫群落生态学指标与水质理化分析结合起来综合评价, 才能得到更切合实际的千岛湖水质和营养状况结果.

参考文献

- 1 林育珍, 李玉仙, 郭沛涌等. 东平湖轮虫群落与水质评价. 山东师大学报 (自然科学版), 1998, 13 (1): 63-67
- 2 谢钦铭, 李 云, 李长春. 鄱阳湖轮虫种类组成与现存量季节变动的初步研究. 江西科学, 1997, 15 (4): 235-241
- 3 饶小珍, 许友勤, 陈寅出. 福州内河的轮虫与水质评价. 福建师范大学学报 (自然科学版), 2000, 16 (1): 71-75
- 4 章宗涉, 黄祥飞著. 淡水浮游动物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991
- 5 王家楫著. 中国淡水轮虫志. 北京: 科学出版社, 1961
- 6 黄祥飞. 简易测重法在武汉东湖轮虫常见种中的应用. 水生生物学集刊, 1981, 7 (3): 409-416
- 7 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册. 北京: 农业出版社, 1991: 12-109
- 8 Sladeck V. Rotifera as indicators of water quality. Hydrobiologia, 1983, 100: 169-201

Community Structure of Rotifera and Ecological Assessment of Water Quality in Qiandao Lake

LI Gongguo¹ & YU Zuoming²

(1: Institute of Biotechnology, Zhejiang Wanli University, Ningbo, 315101, P.R.China;

2: Institute of Environmental Protection Science, Hangzhou, 310000, P.R.China)

Abstract

The community structure of Rotifera and ecological assessment of water quality, including species composition, population dynamics, standing crops and indicator organisms, E/O and $Q_{B/T}$ index, was studied in a large, deep lake, Qianda Lake, Zhejiang Province. After one-year monitoring *in situ*, 70 species of Rotifera were found, 41 species were pollution indicator species, of which oligo- β mesosaprobic, β mesosaprobic and β - α mesosaprobic species accounted for 41.5%, 36.5% and 22.0% of the total indicator species, separately. In terms of annual average density, the dominant species were *Keratella cochlearis*, *Trichocerca similis* and *Polyarthra tri-*

gla, which accounted for 59.2% total density. *Asplanchna* spp. accounted for 56.5% of total biomass. The annual average density of Rotifera was 103 ind./L, and biomass was 0.069mg/L. Except for *Keratella cochlearis*, which form stable population, the density distribution of other dominant species were varied temporarily from station to station, such as *Schizocerca diversicornis* density reached 800ind./L at station II in May, *Trichocerca similis* density reached 1000ind./L at station III in July, and *Keratella cochlearis* density reached 560ind./L at station VI in September. Biomass changes in space and times were determined by *Asplanchna* spp, the higher biomass at station I and II in May, reached 0.169 mg/L and 0.275 mg/L, separately. The ranges of E/O values in Qiandao Lake were 0.29-0.62(0.46 on average), and the ranges of $Q_{B/T}$ values were 0.17-1.50(0.68 on average). The regression analysis showed that the transparency of lake water had negative linear relationships with E/O value ($r^2=0.7182$) and $Q_{B/T}$ value($r^2=0.7747$). The characteristics of Rotifera community in Qiandao Lake showed the rich species number and low density, biomass and $Q_{B/T}$ value compared with other large shallow lakes in China. Furthermore, biological assessment of water pollution and trophic condition were evaluated by species indicators, biotic index of E/O and $Q_{B/T}$. The trophic type of Qiandao Lake could be regarded as oligo- β mesosaprobic, of which station I, II and V were considered as β mesosaprobic, while others were considered as oligo- β mesosaprobic.

Keywords: Qiandao Lake; Rotifera; community structure; ecological assessment