

引水对杭州西湖轮虫群落结构的影响*

李共国

魏崇德 裴洪平

(浙江农村技术师范专科学校动物饲养系 宁波 315101) (杭州大学生命科学学院生态系 杭州 310012)

摘要 1990~1991年和1995年对引流钱塘江水后的杭州西湖轮虫的群落结构进行了调查。引水前1984年的轮虫密度为1635个/L;引水第一个五年后的1990~1991年,轮虫密度为947个/L,生物量为1.268mg/L,多样性指数为1.71,显著减少了轮虫的密度,但第二个五年后的1995年,轮虫密度又增为1495个/L,生物量0.963mg/L,多样性指数降为1.64。引水前期和后期的方差分析结果表明:引水对西湖轮虫群落结构影响较大的生态因素分别为不同水域、季节和年份。西湖进水口轮虫群落的多样性显著优于其他湖区;春、夏季轮虫群落的多样性显著优于秋、冬季;引水后,前、后二个五年间西湖轮虫群落结构无显著变化。与轮虫生物量相关性最大的生态因素是水体叶绿素a含量。

关键词 西湖 轮虫 群落 多样性指数

杭州西湖是闻名中外的风景旅游湖泊,面积5.66km²,平均水深1.56m。随着城市的发展,西湖水质恶化极为严重,受到了有关部门的高度重视。1986年疏通了向钱塘江引水的工程,日引水量为30×10⁴m³,连续引水一个月即可完成西湖一次水体交换。引水后西湖浮游动物的生态研究虽有报道^[1,2],但均未阐述引水对西湖生态效益的时效性。作者对西湖浮游动物的重要组成者——轮虫群落,进行了不同年份、不同水域、季节变化及若干生态因子对轮虫群落影响的研究。这对阐明轮虫与水体环境及质量之间的关系,评价引水对西湖水生态效益的时效,进一步合理治理和保护西湖环境均具有重要的意义。

1 方法与材料

在西湖内沿着引流路线设三个轮虫的采样点(见图1),即小南湖(进水口)、湖心和少年宫湖区(出水口)。于1990年9月至1991年8月和1995年1~2月期间进行逐月采样。采样和计数主要按湖泊调查常规要求进行^[3]。定性样品用25号浮游生物网收集;定量样品用采水器分别在离水面0.5、1.0和1.5m三个水层各采1升水,混匀后取样,用2%甲醛溶液固定。轮虫生物量(湿重)用黄祥飞^[4]体积法实测统计。

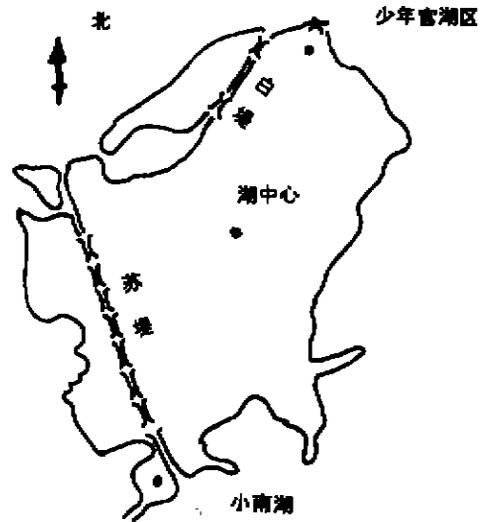


图1 西湖轮虫采样点的位置

轮虫群落的多样性指数按 Margalef(1958) 计算公式 $d = s - 1/\ln N$, 式中, s 为种类数, N 为密度; 均匀度指数 $E = d/d_{\max}$; 群落相似性指数按 Whittaker 和 Faibanks(1958) 计算公式 $I_c = c/a + b - c$, 式中, a 、 b 分别为两种样本所

* 国家自然科学基金资助项目 No. 39170169;

第一作者介绍:李共国,男,34岁,讲师,硕士;

收稿日期:1997-05-28,修回日期:1998-03-10

出现的种类数, c 为这两种样本相同的种类数。

2 结果与分析

2.1 引水年限长短对轮虫群落影响不显著。引水后期(1995年)与引水前期(1990~1991年)相比,仅群落的密度和相似性指数有一定增加(见表1、表2),其他群落指标变化均不明显。

表1 不同年份、水域及季节条件下轮虫群落特征平均值

群落指标	种类数		密度(ind/L)		生物量(mg/L)		d		d_{max}		E		I_s^*	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
西湖	45	43	947	1495	1.268	0.963	1.71	1.64	2.20	1.94	0.78	0.85	0.39	0.50
小南湖	35	34	228	291	0.205	0.421	2.41	2.26	3.70	3.53	0.65	0.64	—	—
湖心	23	25	1362	2312	2.041	1.228	1.28	1.34	1.59	1.58	0.81	0.85	0.37	0.50
少年宫	19	23	1252	1883	1.557	1.239	1.43	1.33	2.00	1.88	0.72	0.71	0.42	0.50
春	27	29	684	1434	1.343	1.090	1.86	1.75	2.02	1.94	0.92	0.90	0.35	0.45
夏	26	19	1639	2057	1.423	2.034	1.94	1.64	2.20	1.77	0.88	0.96	0.35	0.62
秋	22	17	1193	2433	1.651	0.691	1.61	1.47	1.82	1.60	0.88	0.92	0.52	0.47
冬	20	21	273	57	0.656	0.035	1.41	1.69	1.49	1.93	0.95	0.88	0.35	0.46

表2 以月份(季)为协变量的群落各指标的多因素方差分析

群落指标	种类数		密度(ind/L)		生物量(mg/L)		d		d_{max}		E		I_s^*		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
西湖	F 值	0.15	3.56		0.41		0.12		0.74		0.31		2.15		
	P 值		<0.25										<0.25		
水域	F 值	1.32	0.11	7.57	4.86	3.75	1.90	26.4	7.49	17.3	1.93	2.05	0.07	0.50	0.02
	P 值			<0.01	<0.05	<0.05	<0.25	<0.01	<0.05	<0.01	<0.25	<0.25			
季节	F 值	9.79	1.56	0.61	2.16	0.28	4.52	4.80	7.00	2.03	1.56	0.42	1.68	0.84	0.42
	P 值	<0.01					<0.05	<0.05	<0.05	<0.25					

* 相似性指数以小南湖湖区为参照

** I 示 1990 年, II 示 1995 年

2.3 轮虫群落的种类组成有明显的季节性,春、夏季的种类数明显多于秋、冬季(表1)。两次调查期间共记录轮虫 85 种,分属于 14 科 40 属。常见种有针簇多肢轮虫(*Polyarthra trigla*)、暗小异尾轮虫(*Trichocerca pusilla*)、臂尾轮虫(*Brachionus* spp.)和裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)。群落密度在夏、秋季较高,冬季群落的密度和生物量均最低(表1)。另外,群落多样性、1990年的种类数和1995年的生物量均有显著季节变化(表2)。

2.4 群体生物量对群落的影响表现在群体生物量越大,群落的种类数、多样性指数及其最大值、相似性指数均显著下降,但对群落的密度和均匀度影响不大,其回归方程和相关系数如下:

2.2 西湖不同水域轮虫群落结构的特征表现在:进水口的种类数多,密度和生物量低,具有较高的生物多样性(表1)。引水前期水域间群落的密度、多样性指数及其最高值均有极显著的差异,生物量有显著差异(表2);引水后期水域间群落的密度和多样性指数均有显著差异。

种类数 = $36.153 - 8.807$ 生物量 (相关系数 = $-0.919, P < 0.01$)

多样性指数 = $2.435 - 0.682$ 生物量 (相关系数 = $-0.914, P < 0.05$)

d_{max} = $3.563 - 1.106$ 生物量 (相关系数 = $-0.896, P < 0.05$)

相似性指数 = $0.698 - 0.165$ 生物量 (相关系数 = $-0.994, P < 0.01$)

密度 = $335.398 + 794.561$ 生物量 (相关系数 = $0.657, P > 0.05$)

均匀度 = $0.634 + 0.088$ 生物量 (相关系数 = $0.730, P > 0.05$)

2.5 群体生物量与若干生态因子的相关性分析表明:生物量与水温、叶绿素 a 含量均呈显

著正相关性,与透明度呈显著负相关性(见表3)。

表3 西湖轮虫生物量与若干生态因子的相关分析(1995)

项目	关系式	n	r	显著性检定
水温(°C)(x)	$y = 0.0749x - 0.401$	36	0.547	$P < 0.01$
透明度(m)(x)	$y = 2.851 - 3.160x$	36	-0.559	$P < 0.01$
叶绿素a含量(mg/L)(x)	$y = 16.7x - 0.075$	36	0.593	$P < 0.01$

西湖轮虫生物量随水温的升高而增加,最高值出现在8月份,为2.526mg/L(见图2),此时叶绿素a含量达到最高值,为0.125mg,而透明度最低,仅0.40m。至冬季,轮虫生物量仅0.035mg/L,叶绿素a含量相应降到0.031mg/L,透明度达到0.80m。

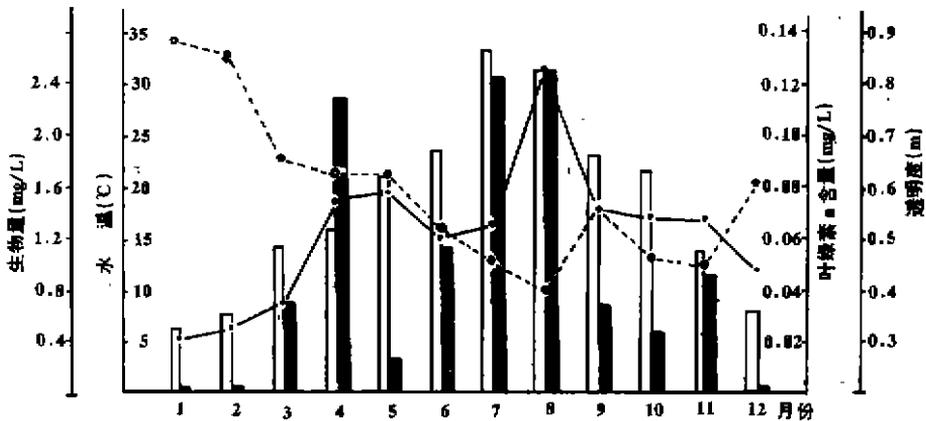


图2 西湖轮虫生物量与水温、叶绿素a含量和透明度之间的关系

■生物量 □水温 ————叶绿素a含量 ·····透明度

轮虫生物量在4月份出现次高峰,为2.311mg/L,是个体大的卜氏晶囊轮虫(*Asplanchna bright welli*)繁殖所致,叶绿素a含量在4、5月份也有一个次高峰(图2)。

2.6 根据魏崇德等^[5,6]的研究成果,引水前西湖湖心的轮虫种类数较少,群落多样性较低,引水后种类数和多样性指数均有显著增加(见表4)。但在引水后期增幅甚微,说明西湖轮虫在引水后又建立了新的稳定群落结构。

表4 历年西湖湖心轮虫种类数和多样性指数

年份	引水前		引水后	
	1980	1984	1990	1995
种类数	18	17	23	25
多样性指数	2.37	2.23	3.05	3.10

3 讨论

3.1 引水对西湖不同水域的轮虫群落结构影响较大。小南湖群落的各项指标均较优,根据

群落多样性指数的生物学意义,小南湖d值大于2(表1),为α-中污性水体,而其他湖区d值均小于2,为β-中污性水体。另外,从引水前、后期群落各指标的方差分析看,不同水域间的差异在逐渐缩小,西湖轮虫群落的均匀度和相似性指数增大了(表1、表2)。从群落的生物量和多样性指数看,引水对西湖轮虫群落的影响逐渐由小南湖向湖心传递。

3.2 浮游动物生物量在湖、库营养水平评价上是一项重要的指标^[7]。轮虫作为杭州西湖浮游动物的重要组成者,其生物量与群落的种类数、多样性指数及其最大值、相似性指数以及与水体的透明度均呈显著的负相关性,可见,轮虫的生物量是群落的重要特性,并且与水体环境质量密切相关。引水后期轮虫群落的生物量比引水前期下降了24.1%,表明引水有效地遏制了湖水的富营养化进程。

3.3 由于群落密度引水后期比前期增加了57.9%，说明西湖轮虫种类的体型向小型化发展。镜检中大量出现的是生活在中、下水层个体小的暗小异尾轮虫和裂痕龟纹轮虫，前者年平均密度达520个/L，这对群落造成了生态压力，影响了群落的多样性发展。所以，作者建议改造西湖的出水口，设法从西湖的中、下水层排水，以带走更多的淤泥和轮虫。

3.4 叶绿素a含量与轮虫生物量的关系最密切，而叶绿素a含量代表着藻类的总量^[8]。在西湖水体中适当培养鲢鱼可减少藻类的总量，从而抑制轮虫的生物量，提高水体的透明度。

3.5 鉴于钱塘江受潮汐和自身受污的影响，一年中能供西湖引水的时间越来越少，1991年和1995年实际引水量分别为 $2.155 \times 10^7 \text{m}^3$ 和 $1.553 \times 10^7 \text{m}^3$ ，且间隔5年后轮虫的群落结构无显著变化，群落多样性不但没有提高，反而有所

下降，这不得不使人们考虑治理西湖的新途径。

参 考 文 献

- 1 李共国,魏崇德.钱塘江水对西湖水生态的影响.杭州大学学报(自然科学版),1994,21(增刊):41~45.
- 2 李共国等.西湖及入湖溪流浮游动物群落结构的研究.生态研究与探索.北京:中国环境科学出版社,1997.253~257.
- 3 章宗涉等.淡水浮游生物研究方法.北京:科学出版社,1991.358~362.
- 4 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.
- 5 魏崇德.杭州西湖治理后的浮游动物现状.西湖环境研究论文集.杭州:杭州市环境保护局等,1990.130~134.
- 6 魏崇德,俞大维.杭州西湖浮游动物的研究.杭州大学学报(自然科学版),1983,10(增刊):1~16.
- 7 陈昌齐.湖、库营养状况影响因素统计分析.湛江水产学院学报,1991,11(2):11~14.
- 8 高玉荣.北京四海浮游藻类叶绿素a含量与水体营养水平的研究.水生生物学报,1992,16(3):237~243.