

水域增温对轮虫影响初探

韩德举 胡菊香

(中国科学院 水利部 水库渔业研究所, 武汉, 430073)

Q959.181

摘要 根据对漳泽水库增温水域的轮虫调查,发现轮虫有33种,平均密度262.5个/l,生物量为0.0631mg/l。并运用相关、回归等方法分析了轮虫的群落特征,结果表明:在20—25℃温度范围内,温度增加,群落多样性指数和均匀度指数也增加;温差越大,群落的种类相似性系数越小;温度对不同种类的轮虫影响不同,两种优势种针簇多肢轮虫(*Polyarthra trigla*)和沟痕泡轮虫(*Pompholyx sulcata*)对温度呈现出显著的相关性,其回归方程分别为: $Y=362.21-13.99T$ 和 $Y=-1005.9+49.886T$,随着温度增加,优势种从针簇多肢轮虫向沟痕泡轮虫转变。

关键词: 轮虫, 温度, 群落, 相关。

轮虫(Rotifer)是浮游生物中的一类,是鱼类的一种优质饵料。对于轮虫与温度的关系的研究,国内外已有了报道^[1-3],但关于人为造成的水域增温对轮虫影响的研究则开展得较少。近年来,火电站发展迅速,大量的电厂冷却水向附近的江河湖海及水库排放,影响了周围的生态环境,对生物也有所影响。开展这方面的研究无论在生态学理论上,还是在环境保护^[4]及实际生产^[5]上都具有极为重要的意义。本文就1988年8月和12月对山西漳泽水库的调查,初步探讨了电厂热排水引起的水域增温对轮虫的影响。

1 概况与研究方法

1.1 漳泽水库是山西省第2大水库,位于长治市北20km处,于1960

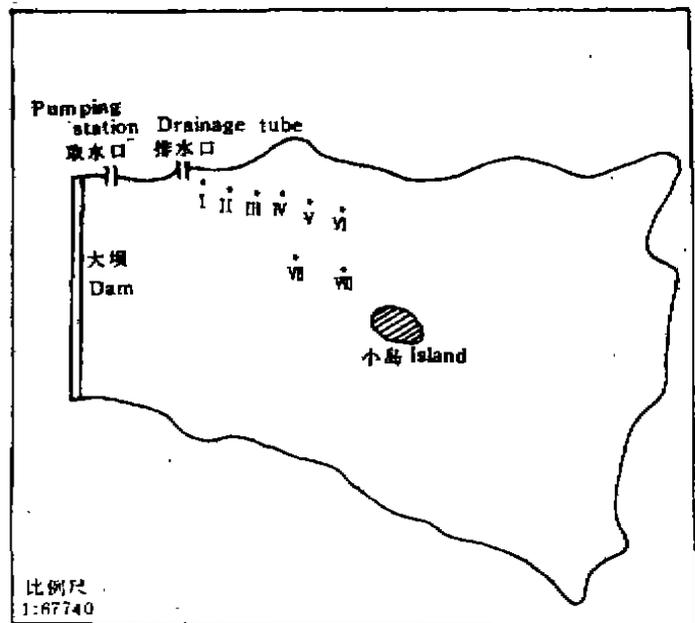


图1 漳泽水库轮虫采样站位置图
Fig 1 Sampling stations in Zhangze Reservoir

I—VI 增温区
Region of warm water
VII—VIII 非增温区(对照站)
Region of cold water
(contrast stations)

· 此项工作在刘乐和研究员的指导下完成;余志堂研究员审阅全文;计算工作得到陈燕国、胡兴跃的帮助;参加野外采样的还有吴生桂、简东、王礼德、肖智等同志,在此一并致谢。
本文于1991年11月22日收到,修改稿于1992年7月14日收到。

年建成蓄水,是一座具有防洪、发电、生活用水、养殖等综合作用的大型水库。漳泽电厂就座落在水库边,它从水库取水,然后将循环冷却水排入水库,造成局部水域水温的增加。调查期间水域增温幅度 8 月为 5℃,12 月为 11.2℃,非增温区平均水温 8 月为 20℃,12 月为 4.8℃。

表 1 漳泽水库增温水域的轮虫种类

Table 1 The species composition of sampling stations in Zhangze reservoir

种 类 名 录		Species	
旋轮科	Philodinidae	腔轮科	Lecanidae
长足轮虫	<i>Rotaria neptunia</i>	罗氏腔轮虫	<i>Lecane ludwigii</i>
特轮虫	<i>R. rotatoria</i>	月形腔轮虫	<i>L. luna</i>
宿轮科	Habrotrochidae	尖角单趾轮虫	<i>Monostyla hamata</i>
宿轮虫	<i>Habrotrocha</i> sp.	月形单趾轮虫	<i>M. lunaris</i>
晶囊轮科	Asplanchnidae	椎轮科	Notommatidae
前节晶囊轮虫	<i>Asplanna girodi</i>	细尾椎轮虫	<i>Notommata silpha</i>
卜氏晶囊轮虫	<i>A. brightwelli</i>	巨头轮虫	<i>Cephalodella</i> sp.
臂尾轮科	Brachionidae	疣毛轮科	Synchaetidae
盘状鞍甲轮虫	<i>Lepadella patella</i>	长圆疣毛轮虫	<i>Synchaeta oblonga</i> ?
壶状臂尾轮虫	<i>Brachionus urceus</i>	针簇多肢轮虫	<i>Polyarthra trigla</i>
角突臂尾轮虫	<i>B. angularis</i>	异尾轮科	Trichocercidae
萼花臂尾轮虫	<i>B. calyciflorus</i>	刺盖异尾轮虫	<i>Trichocerca capuina</i>
花筐臂尾轮虫	<i>B. capsuliflorus</i>	长刺异尾轮虫	<i>T. longiseta</i>
剪形臂尾轮虫	<i>B. forficata</i>	聚花轮科	Conochilidae
裂足轮虫	<i>Schizocerca diversicornis</i>	聚花轮虫	<i>Conochilus</i> sp.
台杯鬼轮虫	<i>Trichostria pocillum</i>	镜轮科	Testudinellidae
螺形龟甲轮虫	<i>Keratella cochlearis</i>	微凸镜轮虫	<i>Testudinella mucronata</i>
曲腰龟甲轮虫	<i>K. valga</i>	沟痕泡轮虫	<i>Pomoholyx sulcata</i>
叶轮虫	<i>Notholca</i> sp.	奇异巨腕轮虫	<i>Pedalia mira</i>
大肚须足轮虫	<i>Euchlanis dilatata</i>	迈氏三肢轮虫	<i>Filinia maior</i> ?
棒状水轮虫	<i>Epiphanes clavulatus</i>		

表 2 样本的相似性系数

Table 2 Similarity coefficients of the samples (I_s)

温差(ΔT)°C Temperature gradient	0	1	2	3	4	5
I_s	0.0592	0.0559	0.0572	0.0534	0.0514	0.0533

1.2 在增温区按温度梯度设置 I—VI 6 个采样点,在非增温区选择 2 个水质等环境条件与增温区采样点基本相同的 2 个点 VII 和 VIII 作为对照,同时进行样品采集(见图 1)。采样和计数主要按《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》* 要求进行。定量样品是用 25 号筛绢网将 10L 混合水样(分 4 层,每层取 2.5L 水混合)过滤、浓缩,用鲁哥氏液(Lugol's solution)和福尔马林固定,然后带回实验室镜检,将所得数据用 Lotus123 软件在 Opus-386 计算机上处理。

2 结果与讨论

* 国家水产总局,1980. 内陆水域渔业自然资源调查试行规范。

2.1 种类组成及样本间相似性系数

经室内鉴定,在调查点中发现有 33 种轮虫,分属于 10 个科。详见表 1。

Mountford 用 J_s 表示相似性系数^[3]: $J_s = \frac{2c}{2ab - (a-b)c}$, 其中 a, b 为两种样本中所出现的浮游动物种类数, c 为这两种样本中相同的浮游动物种类数。按照不同的温差计算两种样本的 J_s (表 2), 比较两种样本的相似性。从表 2 可以看出, 温差越小, 两种样本的相似性系数越大; 温度相差越大, J_s 越小, 种类不同的程度越大。将 J_s 与温差 ΔT 作一元回归可得出: $J_s = 0.05841 - 0.00133\Delta T, R^2 = 0.7508$, 具有显著的相关性, 说明温度是影响轮虫种类分布的重要因素。

2.2 种群联合密度及生物量

从定性和定量结果看, 每一采样站有多种轮虫种群, 其密度各不相同, 但它们共同构成的多物种种群(可视为一个轮虫群落)也有一个联合密度, 其大小可以从数量上反映出该站轮虫群落的丰度。表 3 中增温区轮虫密度明显高于对照水体。对于生物量则没有这种关系, 这是由于种类个体间的差异造成的。

表 3 调查点联合种群密度(个/l)及生物量(mg/l)
Table 3 Combination density (ind./l) and biomass of population

项 目 Items	采样点 Sampling Stations							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
密度 Density	430.5	241.5	169.5	204.0	280.5	154.5	165	183
平均值 Average	265.2					167.5		
生物量 Biomass	0.11528	0.07864	0.05409	0.06749	0.10587	0.23657	0.10512	0.07374

表 4 不同采样点轮虫的群落指数
Table 4 Indexes of communities of rotifers in different sampling stations

项 目 Items	采样点 Sampling Stations							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
种类数 Number of species	13	14	13	12	16	13	13	13
H Indexes of diversity	2.1685	2.7563	2.2977	2.4687	2.7681	2.0593	2.0255	1.5691
平均值 Average	2.4919					1.8846		
E Evenness indices	0.4298	0.5463	0.4554	0.4893	0.5486	0.4082	0.4015	0.311
平均值 Average	0.4939					0.3736		
d Dominance indices	0.7666	0.4099	0.6814	0.4191	0.3102	0.5146	0.6173	0.6967
优势种 Dominant species	pp.	pp.	pp.	pp.	p.	p.	p.	p.

pp. 为沟痕泡轮虫(*Pompholyx sulcata*),

p. 为针簇多肢轮虫(*Polyarthra incisa*).

2.3 群落特征

Shannon-Weaver 多样性指数 $H = -\sum P_i \log_2 P_i$, 可写成: $H = 3.3219(\log_{10} N - (1/N))$

$\Sigma n_i \log_{10} n_i$); 均匀度指数 $E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\log_2 S}$; Berger-Parker 优势度指数 $d = \frac{N_{max}}{N}$ 。其中 P_i 为属于第 i 种的个体指数的概率, H_{max} 为最大多样性指数, S 为总种数, N_{max} 为优势种的个体数, N 为所有种的个体总数。

以上述方法为基础的群落指数列于表 4。当水温在 21—25℃ 时, 轮虫多样性指数平均为 2.4919, 在 20℃ 时为 1.8846, 增温水域的轮虫多样性指数高于非增温水域。对于均匀度, 当 $E = 1$ 时表示群落最均匀, $E = 0$ 时群落最不均匀, 表 4 中 E 的平均值反映出增温水域的轮虫群落比非增温水域均匀。优势度指数是表示优势种所占优势程度的一种指标。在非增温水域, 针簇多肢轮虫占绝对优势, 随着水温增加, 针簇多肢轮虫的优势度指数下降, 沟痕泡轮虫的 d 值上升, 在 W 和 V 站两者都不占绝对优势, 温度继续上升, 沟痕泡轮虫逐渐取代针簇多肢轮虫而成为绝对优势种。第 I 站的 d 值较小并不是由针簇多肢轮虫引起的, 而是因为该站的龟甲轮虫数量相对较多导致了沟痕泡轮虫的 d 值较低。如果排除龟甲轮虫, 沟痕泡轮虫与针簇多肢轮虫相比还是占绝对优势。

表 5 几种主要轮虫的种群密度与温度的相关系数 R^2
Table 5 Correlation coefficients for population density of major rotifers and temperature

种类 Species	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>	刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca capwina</i>	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i>	前节晶囊轮虫 <i>Asplanana girodi</i>	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	联合种群 Combined population
相关系数 R^2 Correlation coefficients	0.7063 *	0.3554 +	0.0877 -	0.7103 *	0.4314 +	0.1656 -	0.4208 +

* 显著 significant. + 不显著 not significant. - 不相关 not correlative.

2.4 种群密度与温度的相关性

表 5 列出了漳泽水库几种主要轮虫的种群密度与温度的相关系数 R^2 。针簇多肢轮虫和沟痕泡轮虫与温度具有显著的相关性。其他几种轮虫的 R^2 都很小, 并不表明温度对它们没有影响, 只能说明在 20—25℃ 小温幅内水域增温对它们影响不明显。事实上, 调查水域的轮虫除了少数几种(如叶轮虫)为冷水性种类外, 大都为广温性种^[1,2,6], 对温度有很强的适应性, 温度的微小变化不能引起种群密度的大幅度波动。

2.5 优势种的演替

上面提到优势种为针簇多肢轮虫和沟痕泡轮虫, 将它们的种群密度与温度作一元回归可得出如下回归方程: 针簇多肢轮虫, $Y_1 = 362.21 - 13.99T$, $R^2 = 0.7063$; 沟痕泡轮虫, $Y_2 = -1005.92 + 49.886T$, $R^2 = 0.7103$ 。图 2 表明了优势种随温度升高而逐渐变化的趋势, 在 20℃ 的水域 (W 和对照站), 针簇多肢轮虫占绝

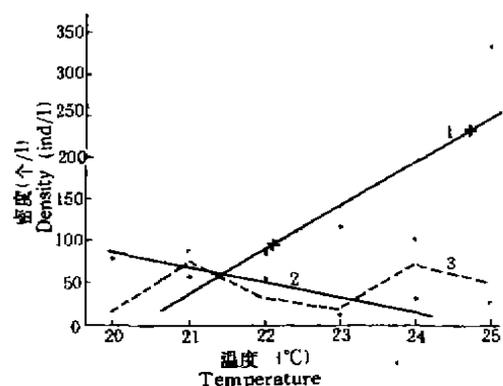


图 2 优势种群密度与温度的关系
Fig 2 Relationships between population density of dominant species and water temperature

- 1 沟痕泡轮虫 *Pompholyx sulcata*
 $Y_2 = -1005.92 + 49.886T$
- 2 针簇多肢轮虫 *Polyarthra trigla*
 $Y_1 = 362.21 - 13.99T$
- 3 螺形龟甲轮虫 *Keratella cochlearis*

对优势;在 21℃左右,由于针簇多肢轮虫密度下降和沟痕泡轮虫密度上升,针簇多肢轮虫、沟痕泡轮虫、螺形龟甲轮虫共同构成优势种;当温度再升高时,沟痕泡轮虫取代针簇多肢轮虫而成为绝对优势种。

2.6 其他问题

上文讨论了人为造成的增温水域对轮虫的影响。王家楫^[9]、黄祥飞^[2]等对武汉东湖的轮虫随季节变化的规律有较为详细的论述,他们认为在一定限度内,水温上升能促进轮虫的繁殖。这是对一般情况而言,有是也有例外。漳泽水库增温水域的针簇多肢轮虫在 20—25℃温度范围内,种群密度与温度呈负相关。另外,1988年12月漳泽水库的轮虫种群都已消失,只在增温水域发现少数几种轮虫,但也都以个体形式存在,并没有种群群游现象。这与武汉东湖的情况不尽相同,可能是由于漳泽水库地处北方,有其特殊性。关于这个问题有待今后进一步的探讨。

参 考 文 献

- [1]王家楫. 中国淡水轮虫的生态分布. 水生生物学集刊, 1958, (1), 24—40
- [2]黄祥飞等. 武汉东湖的轮虫. 水生生物学报, 1985, 9(2), 129—143
- [3]Beach N W. A study of the planktonic rotifers of the Okechoc Rier system. Presque Isle Country, Michigan. *Ecol. Monogr.*, 1960, 30, 339—357
- [4]LeCren E D & Lowe—McConnell R H. The functioning of freshwater ecosystems (JBP No. 22). Cambridge University Press, Cambridge, 1980, 247—453
- [5]Pace M L & Orcutt J D. The relative importance of protozoans, rotifers and crustaceans in a freshwater zooplankton community. *Limnol. Oceanogr.*, 1981, 26(5), 822—830
- [6]Sisdeck V. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 1983, 100, 169—201
- [7]Winberg G G. *Productivity problems of freshwaters*. Warszawa & Krakow Polish Scientific Publishers, 1972, 363—381
- [8]大森信, 池田勉著. 罗会明译. 浮游动物生态的研究. 北京: 海洋出版社, 1987, 113—131
- [9]王家楫等. 武汉东湖轮虫种类与数量季节变动的初步观察. 水生生物学集刊, 1965, 5(2), 183—201

EFFECT OF WATER TEMPERATURE ON ROTIFERS

Han De-Ju Hu Ju-Xiang

(Institute of Reservoir Fisheries, Wuhan, 430073)

Effect of the warm water drained off from a power station on the rotifer community has been studied in this paper. The water temperature is ranged from 20℃ to 25℃. The results from the study shows that the diversity index is getting higher with the increase of water temperature. The population density of dominant species is correlative with the water temperature. The regression equations are as follows; *polyarthru trigla*, $Y = 362.21 - 13.99T$; *pompholyx sulcata*, $Y = -1005.9 + 49.886T$. The dominant species vary with the water temperature.

Key words, rotifers, temperature, correlation.