

黑龙滩水库夏季不同水位对鱼产量 及浮游生物的影响*

邬红娟 胡传林

(水利部中国科学院 水库渔业研究所, 武汉 430073)

提 要

水位变动对鱼产量及浮游生物群落结构有着重要影响。本文通过对黑龙滩水库13年(1980—1992)水位落差(夏季水位)、年降雨量、5—9月降雨量,年入库流量与鱼产量的关系进行了回归分析,其中鱼产量(Y)与水位落差(X)呈显著的负相关: $Y = 25.98 - 1.33X$, ($r = -0.7113$)。对该水库夏季不同水位时浮游生物种类组成,现存量及生物多样性指数进行了分析比较,发现夏季高水位时(1992年6月)浮游生物个体小型化,生物量减少,浮游植物多样性增加。根据营养级差串联效应理论(Cascading trophic interaction),可能与鱼的摄食压力有关。

关键词 夏季,水位,鱼产量,浮游生物群落结构

我国拥有80000多座水库,其中大型水库320余座,尤其是以引蓄灌溉为主的水库占多数,水位落差和水位变动大是这类水库的重要特点。一些学者¹⁻³已认识到水库水文状况对水库生态系统所起的重要作用。并相应开展了对高、低水位年鱼获量的研究。Martin等对高、低水位年幼龄鱼的生长,繁殖和饵料进行了研究,认为饵料生物的种类组成与鱼的摄食有关。史为良等在辽宁清河水库对年降雨量,5—9月降雨量,以及年入库流量与鱼类的生长关系进行了相关分析,并观察了该水库夏季水位降低时水质的变化情况¹。

本文通过对黑龙滩水库夏季不同水位年的浮游生物群落结构及生物多样性指数进行了分析比较,并统计了该水库13年的水位,年降雨量,5—9月降雨量以及年入库流量与鱼产量,分析了若干水文因素与鱼产量的回归关系,对研究水库湖沼学,以及黑龙滩水库夏季不同水位年鱼产量的预测预报有着重要意义。

1 方法

在水库的主库区设6个采样点(图1),于1992年6月(水位478m)和1993年7月(水位471m)采样,测定浮游生物现存量,优势种和浮游植物多样性。按章宗涉等方法对

* 本工作系国家“八五”攻关项目。

1) 史为良,1986,影响辽宁水库鲢鳙年生长的原因(复印件)。
1994年3月26日收到。

浮游生物采样和计数^[4]。收集黑龙滩水库 1980—1992 年水位,降雨量等 13 年资料,并进行回归分析。



图 1 黑龙滩水库采样站示意图

Fig. 1 The map of sampling stations in Heilongtan Reservoir

2 结果

2.1 水库的水文特征

黑龙滩水库集雨区面积 185.5 km^2 。正常高水位为 484m, 一般年水位变幅为 10m 左右。每年 3 月底开始放水, 至 6—7 月最低水位。8—9 月开始蓄水至 10 月为正常水位, 10 月至翌年 2 月水位基本保持稳定。由于每年用水量不同, 夏季水位和变幅亦不同(图 2)。

2.2 鱼产量与水位落差等因子的关系

根据黑龙滩水库 1980—1992 年鱼产量, 年水位落差, 年降雨量, 5—9 月降雨量, 年入库流量(表 1) 分析得出其相关关系。其中鱼

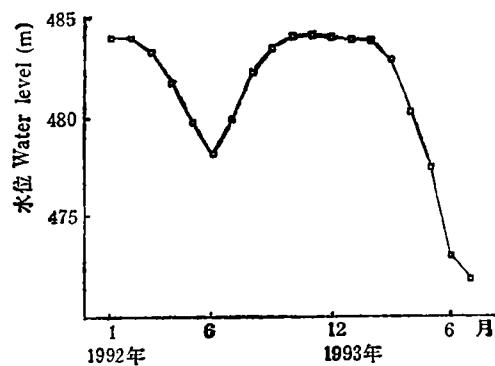


图 2 黑龙滩水库月水位的变化

Fig. 2 Monthly fluctuation of water level in Heilongtan Reservoir

产量 (Y) 与水位落差 (X , 即夏季水位) 的回归关系为 $Y = 25.98 - 1.33X$ ($r = -0.7113$, $p < 0.01$), 与消落区面积差 (X) 为 $Y = 27.96 - 9.03X$ ($r = -0.7146$, $p < 0.01$), 与年降雨量的关系为 $Y = 69181.2 + 51.4X$ ($r = 0.2117$, $p > 0.05$), 与 5—9 月降雨量 (X) 为 $Y = 89700 + 3.00X$ ($r = 0.1450$, $p > 0.05$), 与年入库流量 (X) 的关系为 $Y = 85092.4 + 1.45X$ ($r = 0.1769$, $p > 0.05$)。由此可见, 水位落差, 消落区面积差与鱼产量关系最为显著(图 3)。

2.3 夏季不同水位时浮游生物群落结构特点

2.3.1 优势种 根据黑龙滩水库浮游生物定性分析, 藻类共有 6 门, 58 种。原生动物 28 种, 轮虫 28 种, 枝角类 16 种, 桡足类 3 大类及其无节幼体。其中 1992 年夏季高水位时常见种类, 藻类 13 种, 原生动物 3 种, 轮虫 4 种, 枝角类 3 种, 1993 年 7 月夏季低水位时常

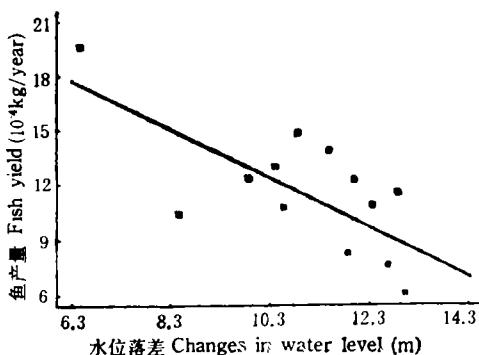


图 3 年鱼产量与夏季水位的回归关系

Fig. 3 The regression of annual fish yield and summer water level

表 1 黑龙潭水库水文及鱼产量 (1980—1992)

Tab. 1 A list of fish yield and hydrological parameters in Heilongtan Reservoir

年 Year	年降雨量 (mm)	5—9 月降雨量 (mm)	年入库流量 (10^4 m ³)	水位落差 (m)	鱼产量(不含网箱) (kg)
1980	992.1	761.1	20083	12.4	75850
1981	1145.7	1049.1	20183	8.2	104500
1982	1276.7	1068.2	17852	10.1	130000
1983	1150.7	930.5	12629	11.2	138500
1984	1175.4	1045.5	18274	9.7	126000
1985	1166.5	966.9	20304.6	10.3	107500
1986	1011.5	860.1	27254	11.7	122500
1987	850.9	667.6	28411.1	12.1	108500
1988	1074.5	938.1	17369.4	13.0	60000
1989	869.6	610.7	23816.1	11.6	82200
1990	1156.7	948.8	24797.2	12.6	115000
1991	812.2	606.3	20800.1	10.6	148500
1992	1148.3	934.1	26450.9	6.4	198000

见的藻类 11 种, 原生动物 3 种, 轮虫 7 种, 枝角类 2 种(表 2)。

1992 年 6 月浮游植物中束丝藻 (*Aphanizomenon*) 占绝对优势, 其数量和生物量占浮游植物总量的 90—95%。1993 年 7 月束丝藻仅占 7.7—55.4%, 其它优势种还有隐藻 (*Cryptomonas*) 和针杆藻 (*Synedra*)。1992 年 6 月枝角类中象鼻溞 (*Bosmina*) 占 34%, 秀体溞 (*Diaphanosoma*) 66%; 1993 年象鼻溞占 10—20%, 秀体溞占 80—90%(表 3)。

显然, 1992 年 6 月夏季高水位时以束丝藻, 象鼻溞等小型浮游生物为主, 1993 年 7 月夏季低水位时束丝藻, 象鼻溞等小型种类比例下降, 出现了隐藻和秀体溞等较大型浮游生物种类。

2.3.2 现存量 由表 4、表 5 可见, 夏季低水位时(1993 年 7 月)无论是浮游植物还是浮游动物现存量均显著高于夏季高水位时(1992 年 6 月)。

2.3.3 生物多样性 根据 Margalef 多样性指数 $\bar{d} = \frac{S - 1}{\ln N}$ 计算浮游植物的多样性

表2 黑龙滩水库夏季不同水位时主要浮游生物群落结构

Tab. 2 The composition of main plankton species in summer at different water levels in Heilongtan Reservoir

	种类 Species	1992.6 (478m)	1993.7 (471m)
硅藻门 Bacillariophyta	小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.	+	
	肋状针杆藻 <i>Synedra uina</i>	+	+++
	桥弯藻 <i>Cymbella</i> sp.	+	
	粗壮双菱藻 <i>Surirella robusta</i>		+
	曲壳藻 <i>Achnanthes</i> sp.		
绿藻门 Chlorophyta	微小四角藻 <i>Tetraedron minumum</i>		
	栅藻 <i>Scenedesmus</i> sp.		
	尖细栅藻 <i>S. acuminatus</i>	+	
	针形纤维藻 <i>Ankistrodesmus acicularis</i>	+	+
	镰形纤维藻 <i>A. falcatus</i>	+	
蓝藻门 Cyanophyta	卵囊藻 <i>Oocystis</i> sp.	+	
	四角十字藻 <i>Crucigenia quadrata</i>	+	
	针晶蓝纤维藻 <i>D. raphidioides</i>		+
	束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> sp.		+++
	弯形尖头藻 <i>Raphidopsis curvata</i>		
甲藻门 Pyrrhophyta	拉氏项圈藻 <i>Anabaenopsis naciborshii</i>		+
	埃尔多甲藻 <i>Peridinium elpatiewskii</i>		+
隐藻门 Cryptophyta	蓝隐藻 <i>Chroomonas</i> sp.	+	+
	卵隐藻 <i>Cryptomonas ovata</i>		
裸藻门 Euglenophyta	裸藻 <i>Englena</i> sp.	+	
	囊裸藻 <i>Trachelomonas</i> sp.	+	
原生动物 Protozoa	快盗虫 <i>Strombilidium strombilidium</i> sp.	+	+
	淡水筒壳虫 <i>Tintinnidium fluviatile</i>	+	+
	膜袋虫 <i>Cyclidium</i> sp.	+	+
轮虫 Rotifer	裂痕电纹轮虫 <i>Anuraeopsis fissa</i>	+	+
	对棘同尾轮虫 <i>Diurella stylata</i>	+	+
	前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>		+
	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>		+
	卵形彩胃轮虫 <i>Chromogaster ovalis</i>		+
	长圆疣毛轮虫 <i>Synchaeta oblonge</i>	+	+
	沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i>	+	
枝角类 Cladocera	较大三肢轮虫 <i>Filinia maior</i>		+
	长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i>	+++	+
	短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	
	尖额溞 <i>Alona</i> sp.	+	

表 3 黑龙滩水库夏季不同水位时浮游生物优势种数量百分比(%)

Tab. 3 The percentage of dominant plankton species in summer at different water levels in Heilongtan Reservoir

	象鼻溞	秀体溞	束丝藻	隐藻	针杆藻
1992.6	34	66	90—95	0	0
1993.7	10—20	80—90	7.7—55.4	7—30	8.3—20

(表 6), 1992 年 6 月高水位时浮游植物多样性指数要高于 1993 年 7 月低水位时。

3 讨论

3.1 水位与鱼产量的关系

水库水文状况对鱼类种群数量的影响是不可忽视的, 它包括水位变幅, 降雨量和入库流量等。同时, 这些水文因子对鱼类种群数量的影响也是多方面的。有的可能是因为水位落差大对鱼的产卵场的影响, 以致影响到鱼的种群数量, 如 Martin 等比较了 1974 年(低水位)和 1975 年(高水位) Francis case 湖鱼早期的丰度、生长、饵料和食物供应, 发现高水位年鱼获量显然比低水位年高。 Sena 等指出水库的年平均水位与两年后莫桑比克罗非鱼 (*Oreochromis messambicus*) 产量呈正相关。有的如史为良等对辽宁清河水库年降雨量, 5—9 月降雨量以及年入库流量与鱼产量进行分析, 表明有显著的正相关关系。根据黑龙滩水库 1980—1992 年 13 年鱼产量及水文资料分析, 鱼产量与水位落差呈显著的负相关 ($r = -0.7113$), 即夏季高水位年鱼产量高, 夏季低水位年鱼产量低。与年入库流量 ($r = 0.1769$), 年降雨量 ($r = 0.2127$) 和 5—9 月降雨量 ($r = 0.1005$) 相关不显著。对水位落差与两年后鱼产量进行回归分析, 发现其相关性极其微弱 ($r = 0.08$)。显然, 黑龙滩水库的水位落差与当年鱼产量有关, 其机制有待进一步分析研究。

3.2 夏季不同水位年鱼产量与浮游生物群落结构特征

对夏季不同水位年浮游生物优势种, 现存量及浮游植物多样性分析, 高水位年(1992 年 6 月), 束丝藻和象鼻溞等小型种类占绝对优势, 其现存量可达 90% 以上, 低水位年(1993 年 7 月)束丝藻和象鼻溞比例显著下降, 代之以隐藻和秀体溞等大型种类。并且低水位年浮游生物现存量显著高于高水位年, 而高水位年浮游植物多样性比低水位年高。类似的现象, 史为良等在辽宁清河水库、Martin 等在 Case 湖均有发现。史为良等认为夏季不同水位年浮游生物现存量的差异与水的跃温层有关。高水位时有跃温层出现, 水体保持相对静止, 抑制库底营养向水体中释放, 浮游生物现存量低, 而低水位年跃温层消失, 水体呈垂直全同温流转, 加速了库底营养向水体中释放, 因而浮游生物现存量高。但我们认为这仅对浅水水体而言。对于黑龙滩水库这种平均水深达 20m 的深水水库, 无论高、低水位时均有跃温层出现。Martin 等通过对 Case 湖高、低水位年幼龄鱼的生长和饵料生物的供应进行了研究, 认为浮游生物的种类组成和多样性与鱼的生长有关, 并指出大个体的浮游动物如哲水蚤 (*Calanoids*) 和溞 (*Daphnids*) 现存量在高水位年减少, 较小的个体如长额象鼻溞 (*Bosmina longirostris*) 和圆形盘肠溞 (*Chydorus sphidericus*) 增加, 可能是幼龄鱼摄食所致。

表4 黑龙滩水库夏季不同水位时浮游植物现存量
Tab. 4 The standing crop of phytoplankton in Heilongtan Reservoir at different water levels

采样站	采样时间	蓝藻门		隐藻门		硅藻门		绿藻门		金藻门		甲藻门		裸藻门		合计
		10 ⁴ /L	mg/L	10 ⁴ /L	mg/L	10 ⁴ /L	mg/L	10 ⁴ /L	mg/L							
林试场	1992.6	39.52	0.49	0.59	0.01	13.57	0.57	10.03	0.08			5.9	2.83	69.61	3.97	
(2)	1993.7	457.8	4.86	96.60	1.61	121.80	0.79	21.00	0.25			4.2	0.25	705.6	8.01	
捕捞队	1992.6	40.1	0.69	0.98	0.20	1.20	0.12	1.80	0.18	0.1	0.9			44.25	1.20	
(3)	1993.7	252.0	3.25	63.0	0.47	37.8	0.38	8.40	0.01			8.4	0.50	16.8	0.01	
养殖场	1992.6	646.4	4.35	0.60	0.23	34.60	0.38	50.0	0.75			1.3	0.18	0.60	1.11	
(4)	1993.7	46.2	0.75	54.60	0.96	25.20	0.21	4.20	~0.02			4.2	0.25	1.70	1.01	
两河口	1992.6	1.18	0.13	3.50	1.47	92.60	0.25	23.0	0.12			1.8	1.42	122.1	3.20	
(5)	1993.7	46.2	1.11	25.60	0.88	100.80	0.84	37.80	0.10			12.6	0.76	273.0	3.38	

表5 夏季不同水位时黑龙滩水库浮游动物现存量
Tab. 5 The standing crop of zooplankton in Heilongtan Reservoir at different water levels

采样站	采样时间	原生动物		轮 虫		枝角类		桡足类		合 计	
		ind./L	mg/L	ind./L	mg/L	ind./L	mg/L	ind./L	mg/L	ind./L	mg/L
林试场	1992.6			150	0.02	2.1	0.03	3.0	0.02	150	0.10
(2)	1993.7	2250	0.11	2595	3.41	1.5	0.03	3.20	0.02	4848.7	3.27
捕捞队	1992.6	11799	0.21	90	0.02	1.6	0.03	4.20	0.02	11894	0.28
(3)	1993.7	5100	0.26	345	0.41	1.5	0.03	10.0	0.06	5456.6	0.76
养殖场	1992.6	23492	0.17	720	0.22	1.5	0.02	20.0	0.11	24233.5	0.52
(4)	1993.7	1200	0.06	390	0.47	3.8	0.08	82.0	0.48	1675.8	1.08
两河口	1992.6	11799	0.20	720	0.21	2.2	0.02	19.3	0.11	12540	0.54
(5)	1993.7	450	0.02	1605	1.93	1.0	0.02	21.4	0.15	2077.4	2.2

表 6 黑龙滩水库夏季不同水位时浮游植物多样性

Tab. 6 Phytoplankton diversity in summer at different water levels in Heilongtan Reservoir

	上海	I	II	III	IV
1992.6	3.058	3.535	2.902	2.123	2.500
1993.7		2.135	2.015	1.990	2.140

黑龙滩水库以放养花、白鲢等滤食性鱼类为主, 夏季高水位时高的鱼产量, 浮游生物种类个体小型化比例的增加, 与 Martin 等的分析结果以及 Kirsten Christoffersen 等用围隔研究鱼类摄食对浮游生物群落结构的潜在作用是一致的。并且与目前大水面养鱼出现的浮游生物个体小型化也是相吻合的。这从刘建康等对东湖浮游生物群落结构特征的研究也得以证明。他们发现东湖 1979 年以前藻类优势种为微囊藻 (*Microcystis*)、鱼腥藻 (*Anabaena*) 和颤藻 (*Oscillatoria*); 1979—1986 年上述种类逐渐减少, 取而代之的是平裂藻 (*Merismopedia*) 和纤维藻 (*Ankistrodesmus*) 等小型种类。浮游动物也因鱼类的摄食表现出小型化。根据 Carpenter 级差营养串联效应 (Cascading trophic interaction) 理论, 即滤食性鱼类的摄食强度增加, 控制了大型甲壳动物的群体, 使小型浮游生物群体增大。因此, 我们认为: 黑龙滩水库夏季不同水位年浮游生物群落结构的差异可能与滤食性鱼类的摄食强度不同有关。

参 考 文 献

- [1] 史为良。清河水库夏季水位降低引起的水质变化。水产科学, 1984, 3(2): 1—7。
- [2] Dan B Martin, et al. Spring and Summer Water Levels in a Missouri River Reservoir: Effects on age-0 fish and zooplankton. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1980, 110:370—381.
- [3] Sena S, De Silva. The Mahaweli Basin (Sri Lanka): FAO Fish. Tech. Pap., 1985: 91—96.
- [4] 章宗涉、黄祥飞。淡水生物研究方法。北京: 科学出版社, 1991。
- [5] Kirsten Christoffersen. Potential role of fish predation and natural populations of zooplankton in structuring a plankton community in eutrophic lake water. *Limnol. Oceanogr.*, 1993, 38(3): 561—573.
- [6] Carpenter S. R. Cascading trophic interactions and lake productivity: Fish predation and herbivory can regulate ecosystem. *Bioscience*, 1985, 45: 634—639.
- [7] 刘建康。东湖生态学研究(一)。北京: 科学出版社。1990。

EFFECTS OF SUMMER WATER LEVEL ON FISH YIELD AND PLANKTON COMMUNITY IN HEILONGTAN RESERVOIR

Wu Hongjuan and Hu Chuanlin

(Institute of Reservoir Fisheries, Ministry of Water Conservancy and The Academy
of Sciences, Wuhan 430073)

Abstract

This paper described analyses of plankton species composition and phytoplankton diversity and the relationship between hydrological parameters and fish yield. Significant negative relationship was observed between summer water level and fish yield, $Y = 25.98 - 1.33X$ ($r = -0.7113$). At summer high water level, microplankton was observed with decreasing biomass and increasing phytoplankton diversity. However, at summer low water level microplankton was perceived with increasing biomass and decreasing phytoplankton diversity. According to the theory of cascading trophic interaction, this variation was related possibly to fish predacity.

Key words Summer, Water level, Fish yield, Plankton