

不同夏季水位时黑龙滩水库的理化性状

邬红娟 胡传林 张 庆

(水利部 中国科学院 水库渔业研究所, 武汉 430079)

摘要: 对黑龙滩水库夏季不同水位时理化性状进行差异显著性分析以及外源性输入和理化性状在库区的变化过程比较分析, 得出高水位时输入水中 Mg , Ca , SO_4^{2-} , NO_3^- , TN , 硬度及电导率均显著高于低水位时, 而 COD_{Cr} 和 NH_4^+ 含量则显著低于低水位时; 高水位时理化指标在库区的变化幅度比低水位时高。说明高水位时生物活动强度比低水位时高。

关键词: 水库, 水位, 理化性状

中图分类号: S931.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2000)01-06

水库是人类经济和社会活动的一项巨大的水利工程, 通过人工对水量的调蓄使水库各项功能运转。这种调蓄作用通过进出水量平衡和水库平面形态决定水位的变化。同时, 水又是物质的载体, 溶解的和不溶解的物质随着水团的运动发生物理的, 化学的和生物的混合, 分布, 迁移和转化过程。因此, 水库的调蓄作用不仅影响水体的水量的平衡, 也影响水体的理化性状。通过对黑龙滩水库夏季不同水位时理化性状进行分析, 揭示不同夏季水位时理化性状的变化规律, 对水库水资源管理和可持续发展具有重要的理论和实践意义。

1 研究方法

为了反映不同夏季水位时理化性状在水库的空间分布特征和规律, 分别于 1992 和 1993 年夏季在水库选择包括进出水口等 6 个采样站采样^[1]。

测试按《水和废水监测分析方法》^[2], 其中, 透明度: 萨氏 (Secchi) 透明度盘, pH: PHB-29c 酸度计, 电导率: DPS-11A 电导仪, 硬度: EDTA-二钠容量法, 碱度: 中和法, COD_{Cr} : 重铬酸钾法, Ca : EDTA-二钠容量法, Mg : EDTA-二钠容量法, Cl^- : 氯化银滴定法, SO_4^{2-} : 铬酸钡容量法, HCO_3^- : 滴定法, NH_4^+ : 纳氏比色法, NO_2^- : 盐酸 a-萘胺比色法, NO_3^- : 酚二磺酸比色法, 总氮: 凯氏定氮法, 总磷: 磷钼酸比色法, PO_4^{3-} : 磷钼酸比色法。

用 t 检验方式对夏季不同水位时理化性状进行差异显著性检验。

2 结果

不同夏季水位时理化性状差异显著性检验结果表明 (表 1), 其透明度, pH, 碱度, Cl^- ,

收稿日期: 1998-06-04; 修正日期: 1999-08-20

作者简介: 邬红娟 (1960-), 女, 浙江省绍兴人, 副研究员, 博士生, 从事水库生态学研究。

表1 夏季不同水位时理化性状的差异显著性检验(n=6)

Tab.1 The significant test for the physicochemical characters at different summer water levels

采样站 Station		平均值 (mean)					
		1	2	3	4	5	6
透明度 Transparency	高水位时 ⁵	40	125	100	100	92	70
	低水位时 ⁶	10	60	85	85	95	80
t值 ¹		0.8946	0.8235	0.1487	0.4698	0.2984	0.072
显著水平 ²		0.4	0.5	0.8	0.5	0.6	0.7
pH	高水位时 ⁵	7.8	8.2	8.2	7.9	8.2	8.2
	低水位时 ⁶	8.1	7.6	7.8	7.8	7.9	8.2
t值 ¹		0.218	0.0661	0.2105	0.1888	0.2182	0.305
显著水平 ²		0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6
电导率	高水位时 ⁵	272	260	244	218	223	257
Conductivity	低水位时 ⁶	228	230	233	240	242	233
t值 ¹		3.3487	1.9818	2.4873	2.0919	2.4873	1.3733
显著水平 ²		0.05*	0.1	0.05*	0.1	0.05*	0.35
硬度 Hard	高水位时 ⁵	7.63	6.84	6.45	6.06	6.06	6.5
	低水位时 ⁶	5.95	6.33	6.51	6.67	6.62	6.33
t值 ¹		6.0943	2.1356	2.5349	1.0911	1.5529	0.9435
显著水平 ²		0.001*	0.1	0.05*	0.4	0.2	0.4
碱度 Alkaline	高水位时 ⁵	2.15	2.23	2.05	1.8	1.85	1.99
	低水位时 ⁶	2.15	2.2	2.2	2.2	2.25	2.1
t值 ¹		0.0212	0.0276	0.0767	0.2211	0.2717	0.0118
显著水平 ²		0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.9
CODcr	高水位时 ⁵	3.6	2	4	4	3.2	9.2
	低水位时 ⁶	13.2	12	7.6	10	8	10
t值 ¹		7.7752	6.8201	7.5771	3.1225	7.1028	1.0286
显著水平 ²		0.001***	0.001***	0.001***	0.05*	0.001***	0.4
Ca ²⁺	高水位时 ⁵	35.83	31.9	37.68	29.26	29.98	33.91
	低水位时 ⁶	35.27	32.86	38.47	28.06	30.45	32.06
t值 ¹		3.6428	1.2805	0.8367	0.7732	1.3696	3.8643
显著水平 ²		0.01**	0.3	0.4	0.4	0.2	0.01**
Mg ²⁻	高水位时 ⁵	11.33	10.31	5.11	8.51	8.07	7.88
	低水位时 ⁶	4.38	7.54	4.86	11.92	10.21	8.03
t值 ¹		4.2151	4.1492	2.6554	6.5915	3.5149	1.8294
显著水平 ²		0.01**	0.01**	0.05*	0.001***	0.05*	0.1
Cl ⁻	高水位时 ⁵	6.5	2.8	2.2	2.1	3	3
	低水位时 ⁶	9.3	8.2	4.2	2.2	2.5	4.2

续表

采样站 Station	平均值 (mean)					
	1	2	3	4	5	6
t值 ¹	0.5188	0.2824	0.8809	0.088	0.9106	0.2152
显著水平 ²	0.5	0.8	0.4	0.9	0.4	0.8
SO ₄ ²⁻	高水位时 ⁵	106.05	87.99	6.92	25.74	27.28
	低水位时 ⁶	53.79	56.87	91.06	51.87	65.32
t值 ¹		5.0229	5.4406	4.1956	1.9245	3.0451
显著水平 ²		0.01**	0.01**	0.01**	0.1	0.05*
HCO ₃ ⁻	高水位时 ⁵	107.61	111.61	102.6	90.09	92.34
	低水位时 ⁶	107.6	110.11	110.11	110.11	112.61
t值 ¹		0.2215	0.0783	0.0164	0.3833	0.0445
显著水平 ²		0.8	0.9	0.9	0.8	0.9
NH ₄ ⁺	高水位时 ⁵	0.3216	0.1384	0.1181	0.1842	0.1791
	低水位时 ⁶	0.5404	0.3165	0.0366	0.8767	0.5955
t值 ¹		4.6335	1.6427	1.0592	3.4633	3.3525
显著水平 ²		0.01**	0.2	0.3	0.01**	0.05*
NO ₂ ⁻	高水位时 ⁵	0.0113	0.0045	0.0038	0.0008	0.0004
	低水位时 ⁶	0.0132	0.0083	0.0019	0	0.023
t值 ¹		1.0597	1.7427	0.5919	0.3164	1.9951
显著水平 ²		0.4	0.2	0.6	0.8	0.1
NO ₃ ⁻	高水位时 ⁵	1.1213	0.4725	0.1966	0.0102	0.2028
	低水位时 ⁶	0.7861	0.3007	0.0925	0.0102	0.0053
t值 ¹		5.292	3.0363	3.2064	0.5203	2.4646
显著水平 ²		0.01**	0.05*	0.05*	0.7	0.05*
TN ³	高水位时 ⁵	1.736	1.848	1.904	1.17	1.344
	低水位时 ⁶	1.232	1.064	0.84	1.176	0.952
t值 ¹		3.0348	3.1643	1.3438	1.1316	1.3461
显著水平 ²		0.05*	0.05*	0.2	0.3	0.2
TP ⁴	高水位时 ⁵	0.052	0.0137	0.0123	0.0325	0.0285
	低水位时 ⁶	0.089	0.088	0.06	0.13	0.08
t值 ¹		1.2202	1.5231	1.552	1.3167	0.7655
显著水平 ²		0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
PO ₄ ³⁻	高水位时 ⁵	0.0412	0.0084	0.0114	0.023	0.0122
	低水位时 ⁶	0.058	0.0244	0.0175	0.0328	0.0481
t值 ¹		1.524	1.7104	1.4869	1.0186	1.2457
显著水平 ²		0.2	0.1	0.2	0.4	0.3
						0.4

¹ t value, ² significant, ³ total phosphorus, ⁴ total nitrogen, ⁵ at summer high water level, ⁶ at summer low water level.

HCO₃⁻, NO₂, 总磷和 PO₄³⁻ 差异不显著, 差异较显著的依次为: COD_{Cr}, Mg, Ca, SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, 总氮, 硬度和电导率, 尤其是 1 站, 即低水位时 COD_{Cr} 和 NH₄⁺ 显著高于高水位时库区高水位时, 而高水位时的 Mg, Ca, SO₄²⁻, NO₃⁻, 总氮, 硬度和电导率则显著高于低水位时。

理化性状在库区的变化过程表现为:透明度由上游至下游的变化趋势则基本一致,均表现为1站透明度较低,入库后越近下游透明度越高。pH变化不大。电导率高水位时各测站变幅较大,其中最高为 $272\text{s}/\text{cm}^2$ (1站),最低为 $219\text{s}/\text{cm}^2$ (4,5站),而低水位时电导率在库区较为稳定,基本保持在 $233\text{s}/\text{cm}^2$ 。高低水位时硬度在库区的变化趋势基本一致,也表现为高水位时各测站变幅较大,1站硬度最高为7.65个德国度,4,5站最低为5.05个德国度左右,而低水位时较平稳,变幅为5.95到6.7德国度,与高水位正好相反,1站最低,4,5站最高。碱度亦表现为高水位时变幅较大,即1,2站基本与低水位时相同,但到3站开始显著下降,至4站最低,而低水位时则较平稳,基本保持在 2.2mol/L 左右。不同夏季水位时COD_{Cr}在上游有显著差异,愈近下游差异减小。 Ca^{2+} 高低水位时在库区的分布基本相同,均表现为3站最高,4站最低。高低水位时 Mg^{2+} 在库区由上到下的分布趋势相反,即高水位时上游(1,2站)高,下游(4,5站)低,而低水位时上游(1,2站)低,下游(4,5站)高,两个不同水位时的 Mg^{2+} 含量在3站有一个交叉点为 5mg/L 左右,也是最低值,6站含量亦相同为 8.5mg/L 。高低水位时 Cl^- 含量在库区的变化基本一致,均表现为1站最高,然后逐渐下降,至4站最低,然后到下游略有上升。 SO_4^{2-} 高水位时在库区分布的变幅较大,表现为1站最高,然后逐渐下降,其最大值为 105mg/L (1站),最小值为 5mg/L (2站),低水位时 SO_4^{2-} 含量在库区的分布比较均一,平均为 $6\text{--}7\text{mg/L}$ 。 HCO_3^- 与碱度的变化趋势一致,即1站和2站高低水位时 HCO_3^- 含量相同为 108mg/L ,但高水位时 HCO_3^- 含量进库后显著下降,至4站降至最低为 90mg/L ,而低水位时则保持在 110mg/L 左右。1站 NO_3^- 含量高水位时远高于低水位时,其值相差达10倍,即高水位时为 1.1mg/L ,低水位时为 0.3mg/L ,入库后, NO_3^- 含量显著下降,并在4站与低水位时相同。但高水位时变幅较大,低水位时则较平稳。高水位时 NH_4^+ 含量低于低水位时,并且较稳定,基本保持在 0.18 到 0.2mg/L ,而低水位时 NH_4^+ 含量则变幅较大,1,2站含量接近,但在3站显著提高,直至6站最高达 1.1mg/L 。 NO_2^- 在上游(1—4站)无论高低水位,其含量趋近且变化趋势一致,即由上至下逐渐下降,到4站最低为 $0\text{--}0.001\text{mg/L}$,但低水位时在5站突然升高至最大值为 0.023mg/L ,6站又下降与高水位时相同为 0.003mg/L ,而高水位时 NO_2^- 含量则变化较小。高水位时总氮(TN)含量高于低水位时,尤其是1,2,3站,到4站TN含量显著下降,并与低水位时含量相同约 1.2mg/L 。高低水位时TP含量在库区的消长变化是一致的。

3 讨论

3.1 不同夏季水位时来水中的理化性状

水库完成蓄水过程后,淹没区的有机物质经矿化作用逐步分解为无机物质,并被植物所利用,经过数年后,由于水的交换和生物的利用,大量的这种内源性物质向水库生态系统外流失,以后水库生态系统的营养物质主要依赖于集雨区径流带来的外源性营养。已有资料表明,很多水库外源性营养物质在初级产品中占有很大份额,苏联雷宾斯克水库可达70%,日本的Kayama水库外部流入的有机物质比本库光合作用产物高出223%^[3,4]。陈义煊等¹⁾对黑龙滩水库氮、磷收支平衡分析,得出外源性氮占90%,磷占70%。

1) 陈义煊等:四川省水库富营养化现状和养殖容量研究(打印本)

水位的高低反映了水库的水量平衡,当水位高时表明来水量大,反之则小。以进水口(1站)不同夏季水位时的理化指标表明来水中的水质状况以及进入水库的外源性营养物质的含量。高水位时电导率,硬度, Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- 和总氮含量均比低水位时高,而 COD_{Cr} 和 NH_4^+ 含量则比低水位时低,这些均表明高水位时进入水库的营养物和氧含量比低水位时高²,也反映了外源性营养在水库营养收支平衡中的重要作用。

3.2 不同夏季水位时理化性状在库区的变化过程

从不同水位时库区水的理化状况可以看出鱼类对水的理化性状的作用。高低水位时水的理化指标在入库后,从上游到下游,其消长变化基本趋于一致,从上游到下游理化指标逐渐提高的有透明度,pH, COD_{Cr} , NH_4^+ 等含量逐渐下降的有电导率,硬度,碱度, Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} 等离子以及 NO_3^- , PO_4^{3-} 和总磷等营养元素。这与阮景荣^[5]在东湖鱼类对水体营养水平影响的模拟试验结果是一致的。这也是不同水位时水库理化指标变化的共性。电导率和硬度的降低表明水中无机离子入库后,物理的沉淀作用和饵料生物的同化作用所致。同时,还可看到高水位时这些理化指标的变化幅度均比低水位时大,表明入库后由于生物和有机物耗氧使溶氧含量降低,同时也说明高水位时生物对理化性状的作用比低水位时强烈^[1]。

3.3 水库形态对理化性状的影响

大多数水库大坝建在水库下游,其理化性状变化趋势(表1)与Kent et al.^[6]描述的一致,即根据水库自上而下不同水力学和水文学特征引起的理化和生物学特征的梯度变化,将水库分为河流区(Riverine),过渡区(Transition)和湖泊区(Lacustrine)。河流区库面窄,水流带有大量的悬浮物,透明度低;过渡区有机物及其它悬浮物逐渐沉淀,透明度增加;湖泊区为湖泊特征,透明度的提高促进初级生产。黑龙滩水库大坝在水库中游,在大坝以上的1到4站与Kent的划分一致,而大坝以下5,6站库面变窄,又表现为河流特征。以透明度为例,由1站到4站透明度逐渐增大,而从5站开始透明度又逐渐减小。类似的还有电导率和Ca等离子。

参 考 文 献

- [1] 邬红娟,胡传林. 黑龙滩水库夏季不同水位对鱼产量和浮游生物群落结构的影响[J]. 水生生物学报, 1995, 19(4): 360—367
- [2] 国家环保局《水和废水监测方法》编委会. 水和废水分析监测方法(第三版)[M]. 中国环境科学出版社, 1986.
- [3] 陈敬存. 按照自然规律和经济规律搞好水库综合利用[J]. 水库渔业, 1981, (1): 3—7
- [4] 龚 涛. 水库的自然环境和渔产性能[J]. 水库渔业, 1981(2): 64—66
- [5] 阮景荣等. 微型生态系统中鲢、鳙下行影响的实验研究—2, 营养水平[J]. 湖泊科学, 1995, 7(4): 334—340
- [6] Kent W. Thornton et al. Reservoir Limnology[M]. John Wiley & Sons, Inc. 1989

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERS AT DIFFERENT SUMMER WATER LEVELS IN HEILONGTAN RESERVOIR

WU Hong-juan, HU Chuan-lin and ZHANG Qin

(Institute of Reservoir Fisheries, The Chinese Ministry of Water Resources,

and The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430079)

Abstract: The significant test for the physicochemical characters at different summer water levels in Heilongtan Reservoir was carried out and the input and variation of physicochemical characters analysed comparatively. It showed in input, higher contents of conductivity, hardness, NO_3^- , TN and Mg^{2+} , SO, Ca, lower contents of COD_{Cr} and NH_4^+ were observed at high summer water level. The gradient of physicochemical characters was greater at high summer water level than that at low summer water level.

Key words: Reservoir, Water level, Physicochemical characters