

山口岩水库水温计算及其对下游河道水温影响分析

詹晓群, 陈 建, 胡建军

(江西省水利规划设计院, 江西 南昌 330029)

摘要 对山口岩水库水温分布、水库泄水温度状况及坝下游河道水温沿程变化作了预测, 结合灌区工程布置及灌溉农田的基本情况, 对水库兴建后水温对下游农田灌溉的影响进行分析评价, 结果表明: 库区水温结构属典型的分层型; 在坝址至半山水汇入口 6 km 长的河段水温回升较慢, 年平均水温温升率为 $0.414^{\circ}\text{C}/\text{km}$, 对应的左岸直灌区和锡陂灌区沿程水温在水稻生育期的月平均值低于水稻生长所需的最低水温, 需采取调温措施; 在坝址下游 10 km 断面, 由于受袁河支流半山水汇入影响, 各月平均水温与建库前天然水温相差不超过 0.3°C , 能满足农田灌溉的要求。最后从工程设计、水库调度运行、灌溉方式等方面提出了对策措施。

关键词 环境影响评价; 水温; 山口岩水库

中图分类号 X820.3 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2005)01-0029-03

Water temperature calculation for Shankouyan Reservoir and influence on temperature of river downstream

ZHAN Xiao-qun, CHEN Jian, HU Jian-jun

(Water Conservancy Planning and Design Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China)

Abstract The temperature distribution of the Shankouyan Reservoir, temperature status of outflow, and temperature variation along the river downstream of the dam are predicted. With the project layout and farmland status in the irrigation area taken into consideration, the influence of thermal discharge on irrigation of farmland downstream is analyzed and evaluated. It shows that the temperature structure in the reservoir is typically stratified. The water temperature in the stream segment from the dam to the confluence point of Banshanshui river increases slowly, with an annual temperature increase rate of $0.414^{\circ}\text{C}/\text{km}$. The monthly averaged water temperature along the irrigation area in the left bank and the Xibo irrigation area during the growing season of rice is lower than that needed by rice, so temperature regulation measure is required. Because of the confluence of the the Banshanshui, a tributary of the Yuanhe River, the difference of monthly averaged water temperature now is not more than 0.3°C compared with that before the construction of the reservoir, meeting the requirement of farmland irrigation. Countermeasures are presented, including engineering design, reservoir operation, and irrigation mode.

Key words environmental impact assessment; water temperature; Shankouyan Reservoir

水库蓄水是我国一些地区农田灌溉的主要水源, 我国现有农田灌溉面积约 $0.487 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 其中大部分是水田。水稻是喜温作物, 要求有适宜的温度环境, 一般认为水温 $28 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 最适宜, 不能低于 25°C 。据有关资料, 水温在 23°C 时每降低 1°C , 水稻的不穗率增加 20%, 至 18°C 时, 不穗率为 100%, 水

温对水稻的产量是一关键因素。因此水温作为表征水库热状况的基本要素, 是水利水电工程环境影响评价的一项重要因子。

通过对江西省萍乡市山口岩水库水温分布、水库泄水温度状况及坝下游河道水温沿程变化的预测分析, 结合灌区工程布置及灌溉农田的基本情况, 评

作者简介: 詹晓群 (1969—), 男, 江西南昌人, 工程师, 从事水利工程环境影响评价和水土保持工作. E-mail: ZXQ@jxsly.com

1 工程概况

山口岩水利枢纽工程位于江西省西部的萍乡市东南部、赣江支流袁河上游,坝址位于萍乡市芦溪县上埠镇山口岩村附近,距萍乡市 30 km。山口岩水库水系见图 1。

工程任务以防洪、供水为主,兼顾发电、灌溉等,是一座大(2)型水利工程。水库正常蓄水位 244 m,总库容 1.05 亿 m³,平均日供水量 20 万 t,电站装机 10 MW,灌溉面积 6 747 hm²。

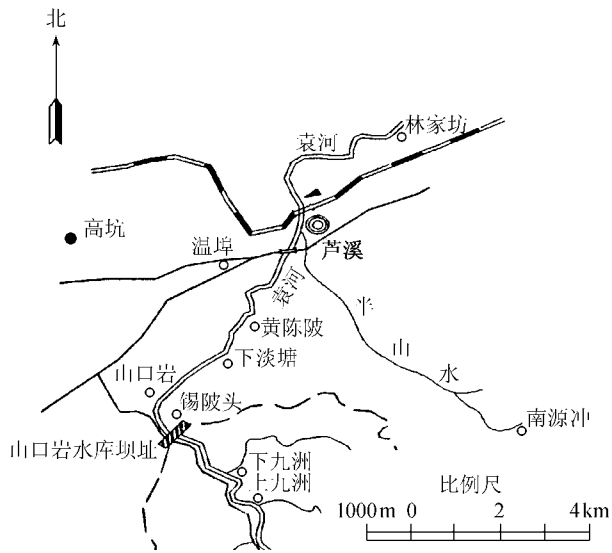


图 1 山口岩水库水系

工程坝址处控制流域面积 230 km²,多年平均流量为 7.54 m³/s,多年平均年径流量为 2.38 亿 m³,4~9 月的径流量约占全年总量的 80% 以上,多年平均含沙量为 0.140 kg/m³。

项目区属亚热带季风湿润气候区。多年平均气温为 17.20℃,年平均降雨量为 1 604.2 mm。

2 对水温的影响

2.1 水温结构判断

建坝后,水库整体的水温结构将发生变化,除了受气候条件影响之外,库区水温还取决于水库规模和库内水流急缓状况。水库水温结构大致分为分层型和混合型两种类型,一般根据库水交换次数指标 α 值判断库区水温结构。

α = 多年平均年入库径流量/总库容; β = 一次洪水量/总库容。

当 $\alpha > 20$ 时,水库的水温结构为混合型;当 $\alpha < 10$ 时,为分层型;当 $10 < \alpha < 20$ 时,为过渡型。对于分层型水库,如遇 $\beta > 1$ 的洪水,则为临时性的混合型; $\beta < 0.5$ 的洪水对于水库水温的结构无多大影响。

山口岩水库总库容为 1.05 亿 m³,多年平均径流量为 2.38 亿 m³,其 α 值为 2.27,远小于 10,库区水温结构属分层型;当遇 $P = 2\%$ 洪水时, β 为 0.33,由此可见,山口岩水库水体全年替换缓慢,全年共替换 2.27 次,50 年一遇洪水总量占总库容的 33%,库区水温分布结构为典型的分层型,库底存在稳定的低温水体。

2.2 水温预测分析

2.2.1 水库水温的垂向分布

水库水温分布包括横向水温分布和纵向水温分布。国内水库实测成果表明,瞬时水温等值线的走向基本上是水平的,只是在库岸、浅滩附近或有洪水入库扰动时个别情况例外,即使有波动,仅仅是局部的和临时的,且温差很小,年、月平均水温等值线,几乎完全是水平的。故本次只预测水库水温的垂向分布情况。

根据东北勘测设计研究院公式^[1]

$$T_y = (T_0 - T_b) e^{-(y/x)^n} + T_b$$
$$n = \frac{15}{m^2} + \frac{m^2}{35}$$
$$x = \frac{40}{m} + \frac{m^2}{2.37(1 + 0.1^m)}$$

式中: T_y 为距离水面深度 y 的水温,℃; T_0 为库表水温,℃; T_b 为库底水温,℃; m 为月份数, $m = 1, 2, 3, \dots, 12$; y 为水深, m; n, x 为与 m 有关的参数。

水库垂向水温分布预测结果见图 2。

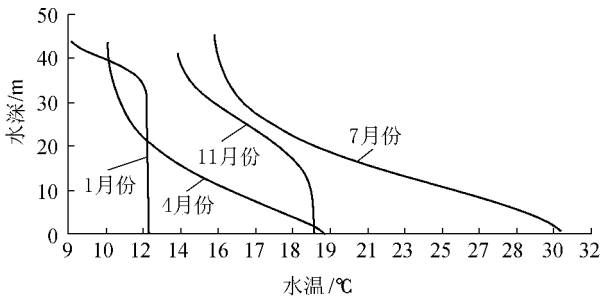


图 2 水库垂向水温分布

从图 2 可见,库区水温垂直结构受洪水入库的影响,界面在年内略有变动,但大体上分为 3 层:从水面到水深 12 m 内为活动层,水温随气温变化而变化,库表水温在 11.9~30℃ 之间变动,在升温期,表面水温迅速上升,8 月份达最高值 29.9℃,此后,表面水温逐渐下降,水温梯度变小,到次年 1 月,库表水温与中下层水温基本一致;水深 12~30 m 之间为温跃层,以 8 月最为显著,水温随水深剧烈变化,水温从 25.4℃ 降到 16.1℃,水温梯度达 0.5℃/m;水深 30 m 以下为滞温层,对外界气温和库表水温变化不敏感,水温变幅很小,基本与库底水温保持一致,常年维持在 8.5~16.2℃ 之间。

表 1 坝址下游河道水温沿程变化

℃

月份	下泄 水温	天然 水温	坝址下游各断面月平均水温											
			0.4 km	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km	6 km	7 km	8 km	9 km	10 km	15 km
1	11.9	8.1	11.3	10.8	10.2	9.8	9.5	9.3	9.2	8.5	8.4	8.3	8.3	8.2
2	8.6	8.3	8.5	8.5	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
3	8.7	12.3	9.2	9.8	10.3	10.7	11.0	11.1	11.2	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2
4	10.6	17.5	11.6	12.7	13.8	14.5	14.9	15.3	15.5	16.7	17.0	17.1	17.2	17.3
5	11.2	22.6	12.8	14.5	16.4	17.5	18.3	18.9	19.3	21.3	21.8	22.0	22.1	22.4
6	15.6	25.5	17.0	18.5	20.1	21.1	21.8	22.3	22.6	24.3	24.8	25.0	25.1	25.3
7	15.9	29.9	17.9	20.0	22.3	23.7	24.7	25.4	25.8	28.3	28.9	29.1	29.3	29.7
8	16.1	30.4	18.2	20.3	22.6	24.1	25.0	25.8	26.2	28.7	29.3	29.6	29.8	30.2
9	16.2	26.5	17.7	19.3	20.9	21.9	22.7	23.2	23.5	25.3	25.7	25.9	26.1	26.4
10	15.1	21.9	16.1	17.1	18.2	18.9	19.3	19.7	19.9	21.1	21.4	21.5	21.6	27.8
11	14.7	16.6	14.9	15.2	15.5	15.7	15.9	16.0	16.0	16.4	16.5	16.5	16.5	16.6
12	12.7	9.6	12.2	11.8	11.3	11.0	10.8	10.6	10.5	10.0	9.8	9.8	9.7	9.7
年平均	13.1	19.1	14.0	14.9	15.8	16.4	16.9	17.2	17.3	18.4	18.7	18.8	18.8	19.5

水库正常蓄水位 244 m ,供水、灌溉用水、发电引水隧洞进水口底板高程为 212.5 m ,洞径 3 m ,故水库下泄水温相当于水库水深 30 m 处的水温。

2.2.2 坝下游河道水温沿程变化

根据支流汇入口的位置 ,坝下游河道及灌溉渠道水温沿程变化分别采用以下公式估算^[1]：

无支流汇入段：

$$L = \frac{c\rho vd}{H_o}\Delta\theta$$

有支流汇入段：

$$L = \frac{c\rho vd}{H_o + B_0}\Delta\theta$$

$$H_0 = a(\theta_{\infty} - \theta)$$

$$B_0 = b(\theta_i - \theta)$$

式中 :L 为影响长度 ,km ;c 为水的比热 ,J/(kg·K) ;ρ 为水的密度 ,kg/m³ ;v 为 L 区间内平均流速 ,m/s ;d 为 L 区间内平均水深 ,m ;Δθ 为水库下泄水温与天然河道的温差 ,℃ ;a , b 为比例系数 ,取 a = 41.868J/(m²·K·s) ;b = 2093.4 ~ 4186.8J/(m²·K·s) ;θ∞ , θ , θi 分别为平衡水温、主流水温、支流水温 ,℃ ;预测结果见表 1。

从预测结果分析 ,在坝址至半山水汇入口 6 km 长的河段 ,水温回升较慢 ,年平均水温温升率为 0.414 ℃/km ,水稻生育期(3 ~ 10 月份)水温温升率为 1.1 ℃/km。在坝址下游 10 km 断面(老联陂) ,由于受袁河支流半山水汇入的影响 ,各月平均水温与建库前天然水温相差不超过 0.3℃。

3 对下游农田灌溉的影响分析

山口岩水库灌区控灌面积为 6 747 hm² ,除水库直灌的 300 hm² 耕地高程较高外 ,其余耕地高程均分布在 150 m 以下 ,低于山口岩水电站发电尾水位 ,故采用发电尾水进行灌溉 ,水库直灌的灌区从发电引

水隧洞引水。

本工程灌区包括左岸直灌区、锡陂灌区、郑公陂灌区、老联陂灌区、座陂灌区和五一陂灌区。各灌区控灌面积见表 2。

表 2 山口岩灌区渠系控灌面积

灌区名称		灌溉面积 /hm²	灌渠长度 /km	备 注
左岸直灌区		300	7.04	新增灌溉面积 200 hm²
锡陂灌区	左干渠	1 373	3.00	改善灌溉面积
	右干渠	1 033	9.00	
郑公陂灌区	左干渠	387	3.90	改善灌溉面积
	右干渠	400	6.00	
老联陂灌区	左干渠	467	3.50	改善灌溉面积
	右干渠	347	3.10	
座陂灌区	左干渠	640	5.00	改善灌溉面积
	右干渠	467	4.10	
五一陂灌区	左干渠	800	7.50	改善灌溉面积
	右干渠	533	4.90	

灌区农田复种指数为 2.52 ,而水稻作物组成系数总和达到 1.41 ,可见灌区农业生产以种植水稻为主。根据目前国内外的实验研究 ,综合分析得出水稻在各生长期内对灌溉水温的要求 ,见表 3^[2]。

表 3 水稻各生长期对水温的要求

生育期	所在月份		最低温度 /℃	适宜温度 /℃	最高温度 /℃
	早稻	晚稻			
发 芽	3	7	10 ~ 13	30 ~ 35	36 ~ 42
幼 苗	3、4	7	15	28 ~ 32	36 ~ 40
返 青	4、5	7、8	18	30 ~ 35	36 ~ 40
分 蘖	5	8	19	32 ~ 34	36 ~ 40
孕 穗	5、6	8、9	18	28 ~ 30	36 ~ 38
抽穗扬花	6	9	20	30 ~ 35	36 ~ 40
乳熟、黄熟	6、7	9、10	20	35 ~ 38	36 ~ 42

从预测结果分析 ,左岸直干渠及锡陂灌区渠首水温年平均值分别为 13.1℃ 和 14℃ ,比天然水温低 5 ~ 6℃ ,水稻生育期水温平均值在 13.7 ~ 15.1℃ ,比天然水温低 8.2 ~ 10℃。据估算 (下转第 35 页)

[7] He L H ,Wu M ,Qian P Y ,et al. Effects of co-culture and salinity on the growth and agar yield of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* zhang et al[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology 2002 20(4) 365 ~ 370.

[8] Yarish C ,He P ,Carmona R ,et al. The aquaculture of *Porphyra Leucosticta* (Rhodophyta) for an integrated rinfish/seaweed recirculating aquaculture system in an urban application[J]. Journal of Phycology 2002 38(1) 39.

[9] Martinez-Aragon J F ,Hernandez I ,Perez-Llorens J L ,et al. Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 1. Phosphate[J]. Journal of Applied Phycology 2002 14(5) 365 ~ 374.

[10] 庄铁诚 ,张瑜斌 ,林鹏. 红树林土壤微生物对甲胺磷的降解[J].应用与环境生物学报 2000 6(3) 276 ~ 280.

[11] Ke L ,Wang W Q ,Wong T W Y ,et al. Removal of pyrene from contaminated sediments by mangrove microcosms[J]. Chemosphere 2003 51(1) 25 ~ 34.

[12] Tam N F Y ,Yao M W Y. Concentrations of PCBs in coastal mangrove sediments of Hong Kong[J]. Marine Pollution Bulletin 2002 44(7) 642 ~ 651.

[13] Radwan S S ,Hasan R H ,Salamah S ,et al. Bioremediation of oily sea water by bacteria immobilized in biofilms coating macroalgae[J]. International Biodeterioration and Biodegradation ,2002 50(1) 55 ~ 59.

[14] 汤坤贤 ,袁东星 ,林泗彬 ,等. 江蓠对赤潮消亡及主要水质指标的影响[J].海洋环境科学 2003 23(2) 24 ~ 27.

[15] Jeong J H ,Jin H J ,Sohn C H ,et al. Algicidal activity of the seaweed corallina pilulifera against red tide microalgae[J]. Journal of Applied Phycology 2000 12(1) 37 ~ 43.

[16] Nagayama K ,Shibata T ,Fujimoto K ,et al. Algicidal effect of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome* on red tide microalgae[J]. Aquaculture 2003 218 601 ~ 612.

[17] 郑文教 ,林鹏. 深圳福田白骨壤红树林 Cu ,Pb ,Zn ,Cd 的累积及分布[J].海洋与湖沼 ,1996 27(4) 386 ~ 393.

[18] 郑逢中 ,林鹏. 红树植物秋茄幼苗对镉耐性的研究[J].生态学报 ,1994 14(4) 408 ~ 414.

[19] 康士秀 ,沈显生 ,黄宇营 ,等. 青岛藻重元素富集特性的 SR-XRF 分析及对海洋环境监测的应用[J].光谱学与光谱分析 2003 23(1) 94 ~ 97.

[20] 刘玉 ,陈桂珠 ,缪绅裕. 深圳福田红树林系统藻类生态及系统净化功能研究[J].环境科学研究 ,1994 7(6) :29 ~ 34.

[21] 缪绅裕 ,陈桂珠. 人工污水对温室中秋茄苗光合速率的影响[J].环境科学学报 ,1997 17(3) 41 ~ 45.

[22] Jones A B ,Preston N P ,Dennison W C. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent[J]. Aquaculture Research ,2002 33(1) :1 ~ 19.

(收稿日期 2004-05-31 编辑 傅伟群)

(上接第 31 页)干渠水温回升率在 0.04 ~ 0.13℃ 之间,左岸直干渠及锡陂灌区干渠沿程水温在水稻生育期的月平均值均低于水稻生长所需的最低水温,对于上述两个灌区采用干渠取水灌溉的农田而言,其农业增产效益会受到较大的影响,必须采取相应的调温措施。郑公陂灌区渠首水温年平均值在 17.3℃ 左右,比天然水温低 1.8℃,水稻生育期水温平均值在 20.5℃ 左右,比天然水温低 2.8℃,3 ~ 10 月份的月平均水温均能保证不低于水稻生长所需的最低水温。在坝址下游 10 km 断面(老联陂),由于受袁河支流半山水汇入的影响,各月平均水温与建库前天然水温相差不超过 0.3℃,因此老联陂灌区及其下游的座陂灌区和五一陂灌区的水温受水库下泄低温水的影响很小,水温能满足农田灌溉的要求。

4 对策措施

由以上分析可知,山口岩水库灌区灌溉水温偏低,将对水库灌溉功能的增产效益产生较大的影响,可考虑采取如下对策措施:

- 在工程设计时,应考虑采用分层取水措施。
- 合理利用水库洪水调度运行方式,采用放空

洞泄洪,改善库区水体水温结构。汛期(6 月前后)来水流量大,紊动较强,利用放空洞排出库底低温水体,可以较大程度改善水温的垂向结构,且通过放空洞下泄的水体通过挑流消能,将水流散射到空中,产生水流的撞击作用,增加水体与空气的接触面积,吸收太阳辐射,可有效促使泄流水体升温。

c. 尽量采用宽浅式过水断面的灌溉渠道,以利于灌溉水体水温上升。

d. 可结合灌区水土保持设计沿渠植树,既防止水土流失,又可形成防风林,减少风对渠道水温的降温影响。

e. 采用田间调温措施。设置田间迂回加温水渠、加温池和升温田,在渠道适当位置修建加温池,同时充分利用休耕水田或田间池塘来作加温水池,从渠道引来的低温水在这种加温池或加温田中停留一段时间,待水温提高以后再进行灌溉。

参考文献:

[1] SL278—2002 水利水电工程水文计算规范[S].

[2] 刘仲桂. 水库水温与水稻丰产灌溉[M]. 北京:水利电力出版社,1985.100.

(收稿日期 2003-06-23 编辑 徐 娟)