

DOI:10.3969/j.issn.1004-4701.2017.6.05

花桥水库水温影响预测及分层取水方案探讨

胡西红¹, 黄影²

(1. 江西省水利规划设计研究院、江西省水工结构工程技术中心, 江西 南昌 330029;
2. 江西省环境保护科学研究院, 江西 南昌 330039)

摘要:本文以花桥水库为例,根据水温垂向分布,以温差较大的典型月份为例,从下游灌溉作物类型角度分析是否需要分层取水,并得出分层取水的各层取水口高程范围,为工程设计提供科学依据;结合工程布置,简要分析了分层取水后的发电尾水水温对下游水生态环境影响。

关键词:水温分层;灌溉;分层取水;水生态

中图分类号:S273 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)06-0412-05

0 引言

水库水温分层及其低温水下泄是水利水电工程建设引起的重要环境问题之一^[1],因此,有必要了解水库的水温分层情况,通过工程和非工程措施来进行水库水体调节和管理,减缓水库下泄低温水对环境和生态的不利影响^[2]。目前,大部分环境影响评价是按照工程已采取的分层取水,然后评价其合理性,这种分析模式滞后于工程设计,易导致工程布置的大规模调整。本文拟从灌区主要作物水温需求角度,分析分层取水的必要性,将生态文明的理念科学地融入工程设计中,改变传统的影响评价模式,为工程设计提供科学依据。

1 工程概况

花桥水库位于江西省东北部、信江左支罗塘河上游,贵溪市文坊镇雷家山至花桥村的峡谷河段,距贵溪市约49 km,是一座以供水、灌溉为主,兼顾防洪及发电等综合效益的大(2)型水利枢纽工程,该水库属新建工程。水库总库容 $1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,正常蓄水位132.00 m(黄海高程,下同),水库设计洪水位为132.74 m,校核洪水位为133.56 m。工程建成后,可向鹰潭市、贵溪市进行供水,设计水平2030年取水量为 $8431 \times 10^4 \text{ m}^3$,相

应日取水量为 $23.1 \times 10^4 \text{ m}^3$,供水保证率为95%,工程取水的引水流量为 $2.67 \text{ m}^3/\text{s}$;该水库下游范围内现有耕地面积6773.4 hm^2 ,其中水田5946.7 hm^2 ,旱地826.7 hm^2 ,设计灌溉面积5786.7 hm^2 。同时,水库对下游现有灌区进行补水灌溉,提高灌溉保证率,控制灌溉面积4380.0 hm^2 ,控灌农田分布于水库下游罗塘河和童家河干流周边,包括贵溪市的6个乡镇、鹰潭市月湖区1个乡镇,共7个乡镇场。为充分利用水力资源,工程兼顾发电,电站装机2.0 MW,年发电量956万 $\text{kW} \cdot \text{h}$,每台机组额定发电流量为 $2.67 \text{ m}^3/\text{s}$,水库具有年调节性能,补偿系统内小水电枯水期出力不足。水库建成后,能使下游的防洪标准提高到20年一遇。

工程采用岸塔式分层取水口,取水口设在右岸非溢流坝段前,取水口底板高程106.00 m,孔宽3.00 m,设拦污栅和两层工作闸门。拦污栅为平面滑动式钢栅,工作闸门为平面定轮钢闸门,启闭设备为卷扬式启闭机。

2 水库垂向水温结构

采用通用的库水替换次数判断水温结构类型:

$$\alpha = (\text{多年平均年入库径流量}) / (\text{总库容}) \quad (1)$$

当 $\alpha < 10$ 时,水库为分层型;当 $\alpha > 20$ 时,水库为混合型;当 $10 < \alpha < 20$ 时,水库为过渡型^[3]。

但当洪水条件不同时,分层型也可能成为混合型,

收稿日期:2017-08-26

作者简介:胡西红(1980-),男,硕士,工程师。

所以采用 β 值作为第二判别标准。

$$\beta = (\text{一次洪水总流量}) / (\text{总库容}) \quad (2)$$

分层型湖库如遇 $\beta > 1$ 的大洪水,则洪水会破坏原有的水温结构,使其变为临时的混合型;若遇 $\beta < 0.5$ 的洪水,一般对湖库的水温结构没有显著影响。

花桥水库正常蓄水位总库容为 $1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,坝址断面多年平均年径流量为 $2.09 \times 10^8 \text{ m}^3$,5 年一遇最大 24 h 洪量为 $0.24 \times 10^8 \text{ m}^3$,则该水库 α 值为 1.92, β 值为 0.22,小于 0.5,根据上述判别标准,花桥水库水温结构属稳定分层型。

水库水体长期处于水温分层情况下,作为灌溉用水,水温过低不利于农作物生长,对下游水生态环境也存在不利影响。

2.1 垂向水温计算方法

根据《水利水电工程水文计算规范》(SL278 - 2002),垂向水温按东北勘测设计院公式进行计算:

$$T_y = (T_0 - T_b) \exp \left\{ - \left(\frac{y}{x} \right)^n \right\} + T_b \quad (3)$$

$$n = \frac{15}{m^2} + \frac{m^2}{35} \quad (4)$$

$$x = \frac{40}{m} + \frac{m^2}{[2.37 \times (1 + 0.1m)]} \quad (5)$$

式中: T_y 为从库水面计水深为 y 处的月均水温, $^{\circ}\text{C}$; T_0 为库表面月平均水温, $^{\circ}\text{C}$; m 为月份,1、2、3……、12; n 、 x 为与 m 有关的参数; T_b 库底月平均水温, $^{\circ}\text{C}$ 。

各月份 T_b 取值按《水利水电工程水文计算规范》(SL278 - 2002)依据工程所在纬度和坝前水深进行查询,大坝所在纬度采用 GPS 现场定位所得,为 28.0° ;坝前水深由大坝高程和水库正常蓄水位确定,为 32.00 m, T_0 源于当地气象统计资料。

2.2 垂向水温计算结果及分布

(1)库底水温与天然水温比较

根据公式(3)~(5),计算出水库库底各月份平均水温,见表 1。

(2)水库垂向分布

根据公式(3)~(5),可计算出拟建水库垂向水温

表 1 花桥水库库底及库表各月份水温

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
表层	10.2	10	12.1	15.1	21.4	24.2	28.9	29.8	24.7	21.3	18.7	13.0
库底	10.3	10.3	10.3	14.1	14.1	20.2	20.2	20.2	20.8	17.8	17.9	13.6
差值	0.1	0.3	-1.8	-1.0	-7.3	-4.0	-8.7	-9.6	-3.9	-3.5	-0.8	0.6

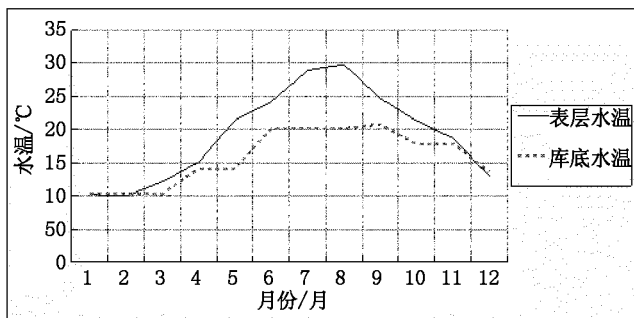


图 1 水库各月份库底平均水温与表层水温图

分布情况,然而,经验公式计算出的结果具有一定局限性,深层水温结果有一定偏差。根据杨梦斐《规范推荐的水库水温经验预测方法比选研究》^[4],水库水温预测常用方法有 3 种:东北勘测设计院法、朱伯芳法、统计法,并采用多个水库实测资料对这 3 种方法和规范推荐的库底水温计算公式进行模拟验证,分析了各种方法计算结果与实测水温的差值情况。3、4 月份计算值比实

测值偏大,其它月份计算值偏小,水库库底水深为 50.00 m 时,计算出最大水温偏差出现在 9 月份,出现位置约为水下 30 m,温差为 3.2°C ,其他月份水温差值基本在 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$,1~3 月、11 月、12 月份偏差小于 1°C ,4~7 月份温差在 2°C 范围内、8~10 月份最大温差 3.2°C 。

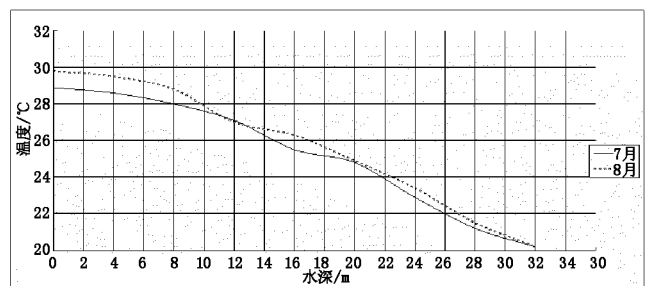


图 2 花桥水库 7、8 月份垂向水温变化图

为更准确地反映水库建成后水温垂向分布情况,引

用上文研究成果对花桥水库水温进行修正,修正结果见表2。

由表2可知,温差较大的两个月份为7、8月,库底

和库表分别相差8.7℃、9.6℃,以这两个月为例,分析垂向水温变化情况,以便为主体工程选择分层提供参考。花桥水库7、8月份水库垂向水温变化趋势见图2。

表2 花桥水库水温垂向分布修正结果

月份	T_0	T_4	T_8	T_{12}	T_{16}	T_{20}	T_{24}	T_{28}	T_{32}
1	10.2	10.3	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.3
2	10.0	10.1	10.1	10.2	10.2	10.3	10.3	10.3	10.3
3	12.1	11.8	11.5	11.1	10.9	10.5	10.3	10.3	10.3
4	15.1	14.7	14.7	14.5	14.4	14.2	14.2	14.2	14.1
5	21.4	21.2	20.8	19.0	17.9	16.6	14.8	14.3	14.1
6	24.2	23.9	23.6	23.3	22.7	22.0	21.4	20.7	20.2
7	28.9	28.6	28.0	27.1	25.5	24.8	22.9	21.2	20.2
8	29.8	29.5	28.8	27.0	26.3	24.9	23.4	21.5	20.2
9	24.7	24.6	24.4	24.0	23.8	23.0	22.6	21.5	20.8
10	21.3	21.3	21.2	21.0	20.7	20.4	19.6	18.7	17.8
11	18.7	18.7	18.7	18.7	18.6	18.6	18.3	18.2	17.9
12	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.6

3 水温对灌区影响及分层取水高程建议

3.1 水温对灌区作物影响

花桥水库灌区主要涉及坝址下游的文坊、金屯、塘湾、雷溪、罗河镇等乡镇,作物组成主要有:早稻、晚稻、油菜、豆类、蔬菜等,大部分为水稻,详见表3。

表3 花桥水库灌区设计水平年作物组成系数表

作物种类	早稻	晚稻	油菜	豆类	蔬菜	复种指数
组成系数	0.75	0.83	0.52	0.14	0.06	2.30

水稻各生育期生长的适温大致为25℃~35℃,最适温度为28℃~32℃,各生长期的水温下限大致是20℃、上限约38℃。

低温水对农作物会造成不利影响,物别是需水喜温作物——水稻。早稻在秧田期以前,日平均气温低12℃三天以上易感染绵腐病,出现烂秧、死苗,后季稻秧苗温度高于40℃易受灼伤。日平均气温15℃~17℃以下时,分蘖停止,造成僵苗不发。花粉母细胞减数分裂期(幼小孢子阶段及减数分裂细线期),最低温度低于15℃~17℃,会造成颖花退化,不实粒增加和抽穗延迟。抽穗开花期适宜温度为25℃~32℃(杂交稻25℃~30℃),当遇连续3天平均气温低于20℃,易形成空壳

和瘪谷。灌浆结实期要求日平均气温在23℃~28℃之间,温度低时物质运转减慢,温度高时呼吸消耗增加,温度在13℃~15℃以下灌浆相当缓慢。

若从水库深层取水,以水稻生长重要期的5月份为例,分析低于20℃的冷害影响范围。根据灌区分布,最近的灌区位于坝址下游1.0 km。发电尾水泄放至河道后,河道逐步升温,然后由河道直接进入原有灌渠进行灌溉。河道初始宽度约30 m、水深1.00 m,河道内水体升温采用以下经验公式计算:

$$\Delta Q = (Q_{eg} - Q_0)(1 - e^{-\beta t}) \quad (6)$$

式中: ΔQ 为增温量,℃; Q_{eg} 为平衡水温,℃; Q_0 为初始水温,℃; $\beta = h(1 + 2a)/C\rho H$, $t = HA/D$; a 为经验系数,取0.5~1.5; H 为平均水深,m; A 为水面面积,m²; D 为流量,m³/s; C 为水的比热,J/(kg·K); ρ 为水的密度,kg/m³; $h = 1.05 + 0.75V^2$ (V 为2 m处的风速,m/s)。计算结果见表4。

表4 5月份河道及渠道增温情况

下游 距离/km	1	3	5	8	15	20	25	26	30
水温/℃	16.7	17.0	17.3	17.6	18.3	19.1	19.8	20.0	20.3

由表4可知,工程若从深层取水进行补水灌溉,需历经26 km后水温才能回升至20℃。根据花桥灌区分

布图,该范围主要为西溪坝-坝址段的灌区,面积约666.67 hm²,占工程控灌面积的比例为15.2%。因此,为减小工程对灌区产生冷害影响,有必要进行分层取水,以便减小低温下泄水对下游农作物的影响。

3.2 分层取水建议

根据水库水温垂向分布、灌区作物组成及灌溉制度等,以库表、库底温差最大的8月份为例,将花桥水库下泄的水温控制在较为适宜的温度,以便减小低温水对农作物影响。

工程所在地的8月份时期,水库表层水温约为30℃,而水稻适宜气温为25~35℃,因此,下泄水温应不低于25℃,以25℃~30℃为宜。根据水库垂向水温变化图,该水温垂向水深约为10 m~15 m,正常蓄水位为132.00 m,则第一层取水口底板高程应不低于122.00 m。

然而,当遇到枯水季节,水位难以蓄至第一层取水高程时,在不降低取水保证率的同时,水温也同样需要进行考虑。花桥水库死水位111.00 m,应不高于死水位,第二层取水高程与水面的差值参照第一层,即10 m~15 m。因此,可得出第二层取水口底板高程不低于104.00 m。

将上述计算结果反馈至工程设计项目组后,工程已采纳该成果作为取水建筑物参数。首先,同意采取分层取水;然后,将第一层取水口底板高程确定为119.00 m、第二层底板高程为106.00 m,取水口顶板高程为正常蓄水位。将生态文明的理念科学地融入了工程设计中,从源头减小工程环境影响。

3.3 水温对下游水生动物影响

根据水生态调查结果,工程所在的罗塘河鱼类有3目8科,主要品种为:鲤科有马口鱼、宽鳍鱲、台湾白甲鱼、侧条光唇鱼、麦穗鱼、短须颌须鲷、高体鳊、鲫、鲤、草鱼、青鱼、鳙、鲢、白鲫、鱼餐;鳅科有泥鳅、平舟原缨口鳅、中华花鳅;鲇科有鲇、胡子鲇等。罗塘河底栖动物共26种,包括环节动物、软体动物和节肢动物。其中节肢动物17种,占底栖动物种类比例最大,为65.38%;软体动物次之,为5种,占19.23%;环节动物较少,仅4种,占15.38%。

根据繁殖习性,区域鱼类产卵类型可以分为3类:

①但在静水环境下性腺一般不能完全成熟,需由湖入江上溯,或由下游上溯到上游适宜场所繁殖。鱼卵比

重稍大于水,但卵膜可吸水膨胀,可借助流水随水漂流发育。如草鱼、鲢、鳙等。

②在生殖季节需在一定的水流刺激条件生殖。有的卵为粘性,卵产出后粘附于水草或砾石上发育,如鲴类、鲇类等。有的鱼卵因含油球呈浮性,可在水中漂浮发育,如鳊属鱼类等。

③能在静水缓流水条件下繁殖。但这一类鱼,因产卵环境、基质不同而有种种差异;有的鱼卵粘附于水草发育,如鲤、鲫等;有的粘附于砾石、残瓦上,如麦穗鱼等。

工程所在河道的鱼类繁殖期大多为3~4月,罗塘河流域多为粘砾石或草基的产卵场。砾石和草基的温度属两方面影响,一是天然气温,二是河道水温。由水库垂向水温分布可知,3月、4月份下泄水温与表层水温差值较小,对下游鱼类产卵影响较小。

河道底栖动物大多位于底泥中,部分月份下泄水温略低于表面水温,但底栖动物对水温变化适应较强,影响相对较小。

4 结论

花桥水库属于水温稳定分层型,若从水库深层取水,对灌区会产生较为明显的冷害影响。根据水库垂向水温分布、库底与表层温差较大的典型月份为例,以灌区主要作物生长特性及水温需求,在满足工程取水和灌区作物水温要求的前提下,对花桥水库水温分层的取水高程范围给出了建议,为工程设计提供了科学依据,将生态文明融合于工程设计中。

参考文献:

- [1] 祁昌军,陈凯麒,等. 水利水电工程水温影响预测及技术复核要点[J]. 环境影响评价,2016,38(3):1~4.
- [2] 张士杰,刘昌明,等. 水库低温水的生态影响及工程对策研究[J]. 中国生态农业学报,2011,19(6):1412~1416.
- [3] 戴凌全,李华,陈小燕. 水库水温结构及其对库区水质影响研究[J]. 红水河,2010,29(5):30~36.
- [4] 杨梦斐,李兰,李亚农,等. 规范推荐的水库水温经验预测方法比选研究[J]. 水资源保护,2011,27(5):55~58.

编辑:张绍付

(下转第442页)