

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.04.006

二滩水库坝前及下泄水体水温分布现场观测与分析

李冰冻,李 嘉,李克锋,邓 云,王玉蓉

(四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室,四川 成都 610065)

摘要 采用多功能水质参数仪 YSI6600 进行雅砻江干流二滩水库坝前水温全年观测,水温资料分析结果表明 二滩水库坝前水体常年处于温度分层状态,夏季表层与底层温差较大,冬季温差较小,电站进水口三维流动特性明显,导致进水口多取用表层温水,下泄水体水温比进水口处同高程水体水温高 0.8℃左右。

关键词 二滩水库 水体温度 三维流动 下泄水温

中图分类号 :TV122 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2009)04-0021-03

Field observation and analysis of water temperature distribution in front of dam and in outflow in Ertan Reservoir//LI Bing-dong, LI Jia, LI Ke-feng, DEN Yun, WANG Yu-rong(State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract :The YSI 6600 water quality instrument was used to survey water temperature in front of the Ertan Reservoir dam on the Ya Long River. The data analysis results show that water temperature stratification existed in front of the dam all year. The difference between the water temperature in the surface layer and in the bottom layer is large in the summer and small in the winter. Three-dimensional flow occurs around the intake of the power station, allowing more warm water in the surface layer to flow into the intake, so the outflow water temperature is higher by 0.8℃ where the attitude is the same with the intake.

Key words :Ertan Reservoir ; water temperature ; three-dimensional flow ; outflow water temperature

二滩水库位于四川省攀枝花市境内雅砻江干流上,雅砻江是金沙江最大的支流,发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓,干流全长 1 571 km,流域面积为 136 121 万 km²。雅砻江干流卡拉至江口段,长 412 km,天然落差 930 m,是水能资源最富集的河段,规划 5 级开发,即锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩和桐子林。二滩水电站为雅砻江水电梯级开发中的控制性电站之一,总装机容量为 330 万 kW,是雅砻江已建梯级电站中装机容量最大的电站。二滩水库属典型的峡谷式深水库,其回水长度超过 140 km,挡水大坝为抛物线形双曲拱坝,最大坝高为 240 m,坝顶长 774.65 m,设有 7 个溢流表孔,6 个中孔,右岸布置有 2 条泄洪洞,有 6 条发电引水管道,进水口底板高程为 1 128 m。二滩水电站于 1998 年建成发电,是雅砻江干流上最先开发的梯级电站。

水库建成后其巨大的库容拦蓄了大量水体,使得河道水体年内更替速度变缓,拦蓄水体的涵热作用将改变原有河道水体水温分布规律,在垂向上常

年形成稳定典型的水温分层结构^[1-5]。同时水库水体水温的改变将会影响河道中鱼类特别是珍稀鱼类的存活,也会影响灌溉农作物的产量^[6-7]。二滩水库修建后,正常蓄水位下其库容达 58 亿 m³,由于年内四季温差大,太阳辐射力强,导致坝前水体出现表层水体温度高而底层水温低的分层现象,使得下泄水体水温与原河道相比有巨大的变化。笔者采用深水测温仪对二滩水库坝前水体水温分布和下泄水体水温进行详细观测,并对坝前和下泄水温变化规律进行深入分析。

1 观测仪器

二滩水库在正常蓄水位下水深约 200 m,常规的测温仪难以在如此深的水体环境中正常工作,为满足测量要求,达到深水水温精确测量标准,必须选用深水测温仪和水下定位仪器。采用美国金泉仪器公司生产的 YSI6600 型多功能水质参数仪^[8](图 1),该仪器温度测量范围为 - 5 ~ 70℃,测量精度为

$\pm 0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。另外还配套有电缆线长为 120 m 的美国金泉仪器公司生产的 YSI 58 型数字溶解氧测量仪(图 2),该仪器温度测量范围为 $-5\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量水温精度可达 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,用来同步测量大坝下游下泄水体水温。



图 1 YSI6600 型多功能水质参数仪

图 2 YSI58 型数字溶解氧测量仪

2 断面观测位置及测量方法

电站进水口前水流流速大,流态复杂,此区域水温分层结构可能受流态的影响而发生改变,测量过程中在大坝坝前区域进行了详细观测,测点布置见图 3。距大坝 700 m 处横断面(1 号断面)上布置了 3 条垂线,电站进水口前 100 m 处布置了左、中、右共 3 条垂线,在靠近大坝右岸坝肩及大坝中间位置各布置 1 条垂线。在大坝下游电站出水口处布置了 1 个断面,以测量水库下泄水体水温。



图 3 坝前观测垂线及坝下观测点布设情况

水温原则上垂向每隔 2 m 测 1 点,相邻测点之间的温差控制在 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,并可根据实测情况增加或减少测点,大坝下游下泄水温用任一测点的水温代表断面平均水温。

3 水库库区水温分布数据分析

3.1 水库坝前水温年内变化规律

图 4 给出了 2005 年 11 月至 2006 年 12 月水库坝前 700 m 断面水温分布,从实测资料来看,二滩水库坝前水体全年水温在垂向上保持有温度分层结构,最大温差出现在夏季,为 7 月份的 $14.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,最小温差出现在冬季,为 11 月份的 $4.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冬季温差小

是由于入流水体水温低,其密度较大,一直沿库底流动,替代了底层的温水,而表层水体水温由于气温的降低而减小,这样使得库表和库底水体温差减小。夏季入流的温水密度小,受浮力影响沿库表流动,在当地太阳辐射和气温的影响下表层水体温度较高,底层水体则保持低温,因而水温在垂向上的温差大。水库坝前水体表层水温从 2005 年 11 月的 $18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降低到 2006 年 3 月的 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,随后水温逐渐升高,从 2006 年 5 月份 $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 逐渐升高到 2006 年 7 月的 $25.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,最后降低到 12 月份的 $17.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,表层水温变幅达 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,可见二滩水库坝前水体表层水温随季节变化,夏季温度高而冬季温度低。底层水温 2005 年 11 月为 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$,2006 年 3 月为 $9.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,5 月为 $10.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,7 月为 $10.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,12 月为 $11.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,底层水温变幅仅为 $4.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,与表层水温差相比,水库水体巨大涵热作用减少了底层水体水温的变幅。

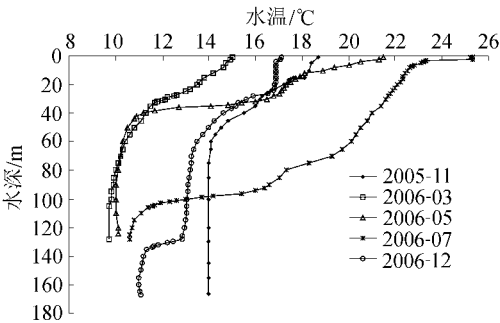


图 4 坝前 700 m 断面水温年内分布

3.2 坝前 1 号断面水温对比分析

图 5 给出了 2006 年 5 月 1 号断面(距坝前 700 m)3 条垂线上不同位置处水温沿深度的变化情况,5 月水库水位为 1 157 m,从左到右 3 条垂线上表层水温分别为 $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $21.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,底层水温均为 $10.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,横断面上底层水温为同一值,表层水温左边和中间测点一致,右边测点水温值与左边及中间测点水温值均相差 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,这是因为该点测量时临近傍晚,气温下降较快。从图 5 中可以看出各断面上水温分布点基本落在中心垂线位置处水温沿水深的分布线上,水温分布点基本重合,也即表明在观测工况下,库区稳定的水温分布结构在横向上得以保持,横向上

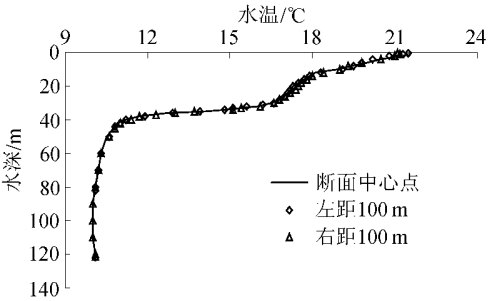


图 5 2006 年 5 月 1 号断面水温分布对比

基本不存在水温的变化。

3.3 进水口前坝体水温分析

电站进水口处水流流速大,紊动剧烈,流态复杂,将影响坝前水体垂向水温的分布。在水库库区水体温度稳定分层状态下,当泄水流量较大时,进水口附近区域流速大,流态复杂,泄水层将会扩大而穿过斜温层,这时进水口会取到上层温水^[9-10]。图6给出了2006年3月进水口前不同位置处垂线上的水温分布情况,从图6中可以看出,进水口前3条垂线上的温度变化趋势与坝前库中心的温度变化一致,存在明显的温度分层,表层水体水温为15.0℃,库底水温为9.7℃,温跃层出现在水深为0~40m的区域内,温差达4.2℃,水深大于40m以下区域温度变化很小,当水深大于30m时,进水口前左、中、右水温数据点与坝前库中心水温分布曲线基本重合,而水深为0~30m的区域,水温数值点略有差异,表明表层水体水温受进水口附近水流流速的影响导致不同垂线同一深度上的水温有所变化,但这种影响较小,进水口水流流动并未破坏库区水体温度的分层,也即在距进水口100m外区域,在浮力作用下温度分层得以稳定保持。

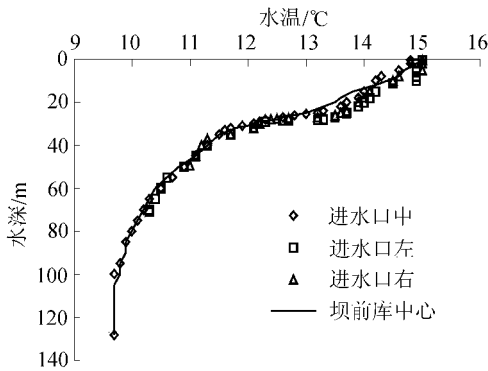


图6 2006年3月进水口前不同位置水温垂向分布

3.4 坝前水体水温与下泄水温对比分析

二滩水库电站进水口底板高程为1128m,尺寸为10m×9m(高×宽),实测进水口前水体平均水温与下泄水体水温关系见图7。一般来说,水库水体水温在稳定分层情况下,由于浮力作用,电站进水口总是趋向于取用与进水口同高程等温的水体,其下

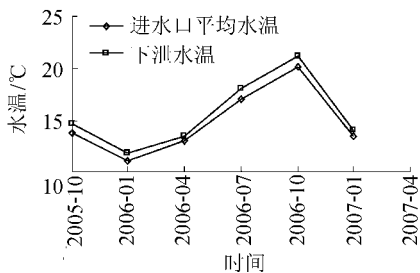


图7 坝前进水口处平均水温与下泄水温对比

泄水体水温应该在进水口范围内的水体温度之间变化。而从图7可以看出,下泄水体水温普遍比进水口同高程范围内水体平均水温高0.8℃,由此可推断进水口前水流的三维效应明显,进水口更倾向于取用表层温度高的水体。

4 结论

根据二滩水库坝前年内水温观测资料,对二滩水库坝前水体水温及年内分布特性进行分析,其分布规律如下:

a. 二滩水库正常蓄水位下库容达58亿m³,巨大水体的涵热作用改变了原有河道水体水温分布规律,使坝前水体水温在全年保持有温度分层结构,表层水体受当地气温影响较大,年内温差起伏大,底层水体受到的影响小,温差变幅也较小,垂向上水体的温差在夏季最大,而在冬季最小。

b. 坝前700m处横断面水温对比分析结构表明,二滩水库库区水温在垂向上有温差,而在横向上基本没有变化。

c. 进水口附近流速大,流动复杂,在局部小范围内三维流动特征明显,对进水口前垂向上的水温分布有一定的影响,整个坝前区域仍保持稳定的垂向分层结构。

d. 水库下泄水体水温比进水口同高程范围内水体平均水温高0.8℃,进水口更多的是取用进水口表层的温水。

参考文献:

- [1] 邓云.大型深水库的水温预测研究[D].成都:四川大学,2003.
- [2] 郝红升,李克锋,梁瑞峰,等.支流影响下的水库水温预测模型[J].水利水电科技进展,2006,26(5):7-9.
- [3] 詹晓群,陈建,胡建军.山口岩水库水温计算及其对下游河道水温影响分析[J].水资源保护,2005,21(1):29-31.
- [4] 叶阂,陈惠敏.一维垂向水温分布模型在隔河岩水库中的应用与检验[J].水资源保护,2001,17(2):19-22.
- [5] 蔡为武.水库及下游河道的水温分析[J].水利水电科技进展,2001,21(5):20-23.
- [6] 余文公,夏自强,于国荣,等.三峡水库水温变化及其对中华鲟繁殖的影响[J].河海大学学报:自然科学版,2005,33(1):86-91.
- [7] 李文芳,石娜,谢能刚.引黄入晋工程申同嘴水库冬季输水安全性分析[J].河海大学学报:自然科学版,2004,32(2):172-174.
- [8] YSI公司.环境监测系统操作手册[R].俄亥俄州:YSI公司,2005.
- [9] 赵文谦.环境水力学[M].成都:成都科技大学出版社,1986.
- [10] 董志勇.环境水力学[M].北京:科学出版社,2006.

(收稿日期:2009-01-06 编辑:方宇彤)