

# 叶巴滩水电站拱坝封拱温度方案设计

高红涛<sup>1</sup> 代辉<sup>2</sup>

1 西藏电建成勘院工程有限公司 2 中国电力建设集团成都勘测设计研究院

DOI:10.32629/hwr.v3i9.2414

**[摘要]** 叶巴滩拱坝高217m,混凝土量达231万 $m^3$ ,且叶巴滩电站位置海拔较高,坝顶高程2894m,当地年平均气温 $9.2^{\circ}C$ ,1-2月月平均气温接近 $0^{\circ}C$ ,极端低温达 $-23.5^{\circ}C$ 。因此叶巴滩的大坝混凝土温控设计是拱坝成败的核心,利用工程水文边界条件,根据规范计算方法,拟定相应的水库水温、上下游坝面温度及水温边界条件,分析得到正常蓄水位时拱冠梁坝段的稳定(准稳定)温度场,运用拱坝结构静力复核不同工况下不同方案的拱坝封拱温度,综合对比确定叶巴滩拱坝的温控方案。

**[关键词]** 拱坝; 混凝土温控设计; 拱冠梁坝段的稳定(准稳定)温度场; 拱坝封拱温度

## 1 工程概况

叶巴滩水电站位于四川白玉县与西藏贡觉县境内的金沙江干流上,电站正常蓄水位2889m,相应库容10.80亿 $m^3$ ,调节库容5.37亿 $m^3$ 。电站装机容量224万kW。电站装机容量为2240MW,年发电量(联合运行)102.22亿kWh。根据《防洪标准》<sup>[1]</sup>(GB50201-2014)及《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》<sup>[2]</sup>(DL5180-2003)的有关规定本工程为一等大(1)型工程,挡水、泄水和引水发电等主要建筑物按1级建筑物设计,次要建筑物按3级建筑物设计。厂房按500年一遇洪水设计,2000年一遇洪水校核;消能防冲建筑物按100年一遇洪水设计。叶巴滩拱坝高217m,混凝土量达231万 $m^3$ ,且叶巴滩电站位置海拔较高,坝顶高程2894,当地年平均气温 $9.2^{\circ}C$ ,1-2月月平均气温接近 $0^{\circ}C$ ,极端低温达 $-23.5^{\circ}C$ 。因此叶巴滩的大坝混凝土温控防裂,既要防止混凝土水化热控制不利产生温度裂缝,又要防止冬季可能低温造成的混凝土早期初凝过程中胶凝材料结冰膨胀造成混凝土开裂等质量问题。

## 2 水温边界条件

叶巴滩水库为不完全年调节水库,总库容10.8亿 $m^3$ ,多年平均径流量258亿 $m^3$ ,库区常年洪水量7.51亿 $m^3$ ,年径流和总库容之 $\alpha$ 比为23.9,洪水影响系数 $\beta$ 为0.69。根据规范DL/T5346建议,当 $\alpha < 10$ 时,水库水温属稳定分层型,即在库底存在稳定的低温水体;当 $10 < \alpha < 20$ 时,水库水温属过渡型;当 $\alpha > 20$ 时,水库水温属混合型;当 $\beta < 0.5$ 时,常年洪水对水库水温分布影响不大。叶巴滩水库的 $\alpha$ 值大于20,水库水温可确定为混合型,但由于 $\beta$ 值较小,且水库库深较大,另外根据密度佛汝德数法的判别结果,水库为过渡型,因此结合入库流量、水库特征、气象条件等情况,叶巴滩仍可按分层型水库考虑,确定相应的水温边界条件。

叶巴滩水电站在上游岗托建成以前,发挥金沙江上游龙头水库的作用调蓄,运行死水位为2855.00m。当上游岗托水库建成运行后,叶巴滩水电站的运行方式为周调节,消落深度5.0m,相应的死水位为2884.00m。以联合运行低水位2884.00m为坝前水位运行,是叶巴滩水电站运行期长期的运

行工况,因此十分有必要进行联合运行低水位2884.00m对应工况相关的温度控制设计和分析。

图1-3分别为计算得到的枯水年、丰水年、平水年把坝前水温垂向分布图。

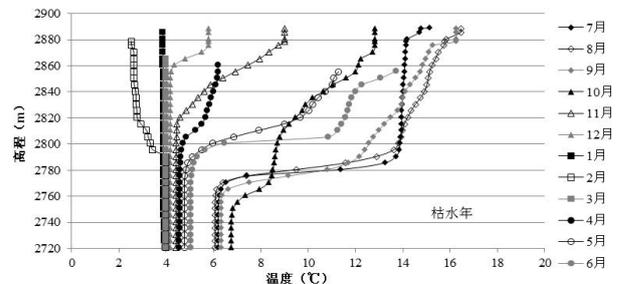


图1 枯水年单层取水口方案坝前水温垂向分布图

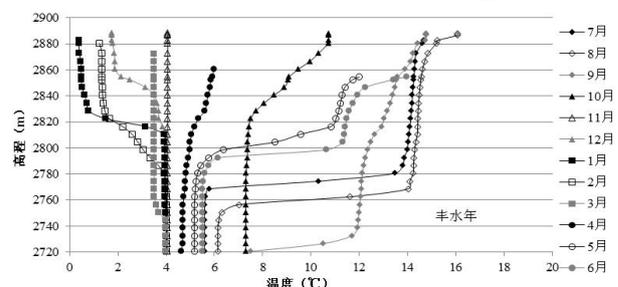


图2 丰水年单层取水口方案坝前水温垂向分布图

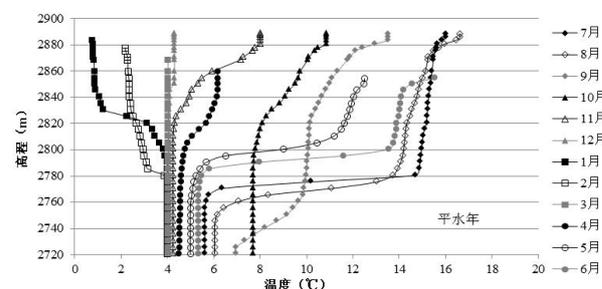


图3 平水年单层取水口方案坝前水温垂向分布图

从数值计算结果可知,高程2740.00m以下坝前水温基本在 $4^{\circ}C \sim 6^{\circ}C$ 之间,更多月份的水温维持在 $4^{\circ}C$ 左右。

## 3 拱坝封拱温度

根据上述两个水库水温方案得到坝体稳定温度场计算

结果, 水库恒温层和库底的年平均水温增加2℃的变化引起坝体平均稳定温度场在正常蓄水位以下至2700m高程增加约1℃, 2700m高程至坝底增加约2℃左右。从拱坝运行来看, 方案一对应的稳定温度场对施工期温控的要求更加严格, 从安全角度出发, 确定库水温度边界条件取方案一, 即库水恒温层年平均水温取为4℃, 坝底年平均温度取为6℃。根据封拱温度选择原则, 本阶段制定的封拱温度见表1~4。

封拱温度设计方案

表1 单位: (°)

封拱温度方案	高程(m)							
	2894	2870	2830	2790	2760	2730	2700	2677
1	9	9	7	7	7	7	7	7
2	10	10	8	8	8	8	8	8
3	11	11	9	9	9	9	9	9

三种封拱温度方案分别采用拱梁分载法进行拱坝结构静力计算复核, 主要考虑以下主要荷载组合:

- ①基本组合 I: 上游正常蓄水位+相应下游水位+泥沙压力+自重+温降;
- ②基本组合 II: 上游死水位+下游最低尾水位+泥沙压力+自重+温升;
- ③基本组合 III: 上游正常蓄水位+相应下游水位+泥沙压力+自重+温升;
- ④基本组合 IV: 上游死水位+相应下游水位+泥沙压力+自重+温降;
- ⑤基本组合 V: 联合运行低水位+相应下游水位+泥沙压力+自重+温升;
- ⑥基本组合 VI: 联合运行低水位+相应下游水位+泥沙压力+自重+温降。

应力分析主要成果比较如下表所示:

各封拱温度方案的上游面拉压应力最大值比较

表2 单位: MPa

封拱温度方案	基本组合 I		基本组合 II		基本组合 III		基本组合 IV		基本组合 V		基本组合 VI	
	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力
方案1	6.20	-0.46	4.07	-0.89	5.37	-0.75	4.20	-0.48	5.01	-0.74	5.84	-0.43
方案2	6.23	-0.59	4.00	-1.03	5.40	-0.88	4.13	-0.61	5.04	-0.87	5.87	-0.55
方案3	6.26	-0.71	3.93	-1.16	5.42	-1.01	4.10	-0.75	5.06	-1.01	5.90	-0.68

各封拱温度方案的下游面拉压应力最大值比较

表3 单位: MPa

封拱温度方案	基本组合 I		基本组合 II		基本组合 III		基本组合 IV		基本组合 V		基本组合 VI	
	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力	压应力	拉应力
方案1	7.00	-0.51	5.24	-0.20	7.03	-0.30	5.23	-0.20	6.75	-0.23	6.73	-0.43
方案2	7.14	-0.69	5.38	-0.20	7.17	-0.47	5.37	-0.21	6.89	-0.39	6.86	-0.60
方案3	7.28	-0.86	5.52	-0.20	7.31	-0.65	5.51	-0.32	7.03	-0.56	7.00	-0.78

各封拱温度方案的径向位移极值比较

表4 单位: cm

封拱温度	基本组合 I		基本组合 II		基本组合 III		基本组合 IV		基本组合 V		基本组合 VI	
	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值
方案1	-0.009	-8.140	0.206	-4.183	0.034	-7.413	0.021	-4.547	0.034	-6.729	-0.004	-7.470
方案2	-0.011	-8.408	0.158	-4.386	0.031	-7.681	0.015	-4.749	0.032	-6.997	-0.007	-7.738
方案3	-0.013	-8.681	0.109	-4.588	0.029	-7.949	0.010	-4.951	0.029	-7.265	-0.009	-8.006

注: 径向位移向上游为正值, 向下游为负值。

4 结论

根据设计制定的叶巴滩拱坝温度控制标准和大坝混凝土温控计算分析成果, 结合坝址区的水文、气象和坝体结构特点, 通过分析计算并结合国内外相关工程经验类比可知: 叶巴滩水电站拱坝封拱温度方案是合适的。

[参考文献]

- [1]左敏. 加强水电站运行管理提高发电能力[J]. 科技风, 2018, (31): 170.
- [2]钟林. 加强水电站运行管理提高发电能力[J]. 技术与市场, 2018, 25(06): 206+208.
- [3]王勇征. 加强水电站运行管理根本提高发电能力[J]. 科技风, 2017, (12): 204.

作者简介:

高红涛(1982--), 男, 陕西南郑人, 汉族, 学士学位, 高级工程师, 研究方向: 从事水工结构设计。