

铜街子水电站大体积混凝土温控监测

林长山 谭登明

(水利电力部第七工程局)

提 要

本文着重介绍铜街子一期工程大体积混凝土施工期的温控监测。通过观测成果分析,论述不同高度的浇筑层对混凝土块体温升的影响,及在大体积混凝土中掺粉煤灰、薄层浇筑取得的良好温控效果。

文章还阐述了选用适当的观测仪器对水工建筑物进行监测,是加强混凝土温控、提高混凝土质量的重要环节。

一、问题的提出

水工建筑物的大体积混凝土,由于浇筑初期水泥水化热作用,混凝土结构内部温度迅速上升且散发较慢;冬季气温骤降时便形成结构内部和外部较大的温度差,导致混凝土表面产生裂缝。大坝建成蓄水后,库内年平均水温一般较低。受库水温度影响,坝体内部温度逐渐下降,但坝体受外部约束不能自由变形,内部混凝土就会出现拉应力。

龚嘴水电站的混凝土重力坝内部埋设的差动电阻式应变计实测资料,显示了施工浇筑条件对混凝土浇筑块温度及温度应力的影响情况,见图1、图2。

图1示出在1m厚的薄层浇筑块上,继续浇筑4m厚高层混凝土的情况。图2示出了3m厚薄层混凝土,间歇120天后继续浇筑上层混凝土的情况。图中 ΔT 为实测温度与浇筑初始温度差。

图1应变计 S_1 应力变化过程显示出:浇筑后第三天开始,混凝土出现拉应力;大约第六天时继续浇筑上层混凝土,混凝土转向受压。坝体形成并蓄水后,内部混凝土温度开始下降,由于坝基和明渠底板的约束,应变计 S_1 和 S_2 都显示出拉应力。一年后,应变计 S_2 显示出约0.49MPa的最大拉应力。

图2应变计应力变化过程说明:块体第一层混凝土浇筑后,长时间停歇,底部便会出现拉应力,这就是块体温度下降时,基岩对浇筑块的约束在块体内引起应力变化的实例。应变计 S_1 最大拉应力约1.77MPa,出现在块体浇筑后150天左右。其后由于继续浇筑上层混凝土,应变计 S_1 则又显示出压应力。

上述两浇筑块都位于大坝迎水面,结构尺寸相近,温升、温降情况基本相似,仅有

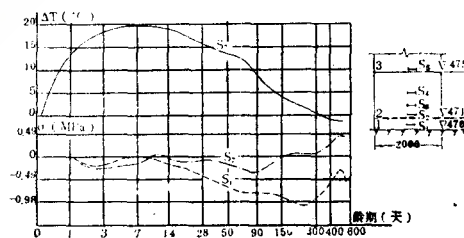


图1 龚嘴重力坝4坝段高块浇筑柱体底部温度及温度应力

降温速度快慢之别。然而，其温降差与对应产生的拉应力却不呈正比例关系变化，不能简单地认为块体温度下降若干度，将相应产生多少拉应力。实践证明，该应力受多种相关因素的影响，需认真分析、研究，才能得出正确结论。

铜街子水电工程地处四川盆地边缘，是大渡河流域梯级开发的最末一级电站。大坝长1029m，最大坝高88m，混凝土浇筑量271万m³。该地区气候湿润、多雨，冬季温暖，夏季也不甚热。上游龚嘴水库建成后下泄的大渡河水温及气温资料可分别用数学式表达：

月平均水温，

$$T_w = 13.6 - 4.6 \cos \frac{2\pi t}{12} \quad (1)$$

月平均气温：

$$T_a = 17 - 9.1 \cos \frac{2\pi t}{12} \quad (2)$$

式中 t 值：元月份 $t=0$ ，二月份 $t=1$ ……依此类推。

根据本地区自然环境，为论证浇筑条件对混凝土浇筑块体温度及温度应力的影响；了解铜街子导流明渠工程施工中混凝土及其原材料的诸性能；制定二期大坝主体工程施工程应采取的有效温控措施；提出对铜街子导流明渠大体积混凝土结构的温控监测研究。

二、温控监测仪器布置

铜街子导流明渠工程温控监测仪器布置，见图3~8。

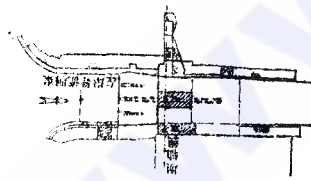


图3 一期工程温控监测部位示意图

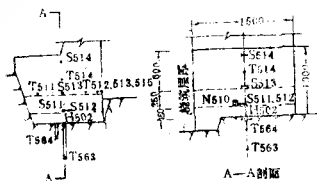


图4 明渠左导墙七段监测仪器布置图

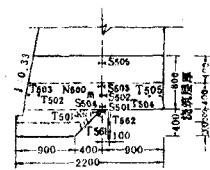


图5 明渠右导墙五段监测仪器布置图

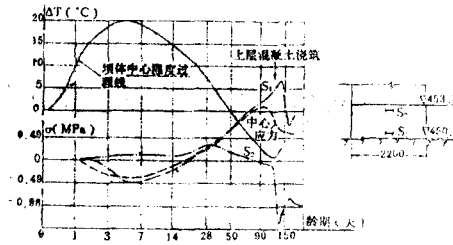


图2 龚嘴重力坝11坝段低长块，长间歇，柱体底部温度应力

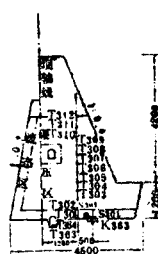


图6 第三坝段温控监测仪器布置图

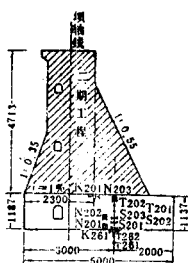


图7 第六坝段温控监测仪器布置图

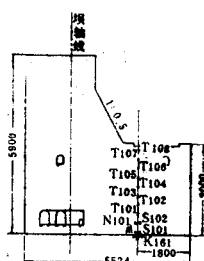


图8 第八坝段温控监测仪器布置图

三、成果分析

(一) 混凝土温升

工程施工中水泥供应情况复杂,产地广、品种多,质量不稳定,混凝土配合比调整频繁,给温度观测资料的分析带来了一定困难。部份代表性监测成果见图9和表1。

1. 曲线1、2代表没有掺混合料的 $R_{28}150^{\circ}$ 混凝土,1985年夏季施工。各龄期混凝土温升均较掺混合料的其它同龄期混凝土高。

2. 曲线3代表第六坝段护坦面 $R_{90}200^{\circ}$ 抗冲混凝土。掺20%粉煤灰,1985年夏季施工。90天绝热温升较未掺粉煤灰混凝土约降低 9°C 。

3. 曲线4、5代表块体内部 $R_{90}150^{\circ}$ 混凝土。掺30%粉煤灰,1986年春季施工。90天绝热温升未超过 15°C 。由于水泥熟料成份不同,两条曲线温升速率也不同。 425° 普通水泥早期发热量低,后期发热量比 525° 普通水泥高。说明在相同粉煤灰掺量条件下,前者后期活性比后者大,若采用更后的设计龄期(180天)会更有利。

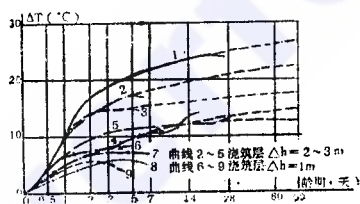


图9 大体积浇筑块混凝土绝热温升

表1 大体积混凝土绝热温升曲线参数

曲线号	混凝土标号	浇筑季节	仪器代号	混级 凝土配	水泥品种及标号	水泥用量 C+F kg/m ³	分层厚度 (m)
1	R ₂₈ 150	夏	S513	三	峨眉525#普通水泥	163+00	>2
2	R ₂₈ 150	夏	S502	四	峨眉525#普通水泥	133+00	2
3	R ₉₀ 200抗冲	夏	N203	四	峨眉525#普通水泥	136+34	1.9
4	R ₉₀ 150	春	T201	四	峨眉425#普通水泥	105+45	2.5
5	R ₉₀ 150	春	T106	四	峨眉525#普通水泥	107+45	3
6	R ₉₀ 200	冬	T102	四	峨眉525#大坝水泥	137+34	1
7	R ₉₀ 200	冬	S201	四	峨眉525#大坝水泥	137+34	1
8	R ₉₀ 150	冬	T103	四	峨眉525#大坝水泥	104+27	1
9	R ₉₀ 150	冬	S102	四	峨眉525#大坝水泥	104+27	1

4. 曲线6~9代表浇筑层高1m的薄层浇筑混凝土,系大坝基础部位,采用峨眉525#大坝水泥,掺20~30%粉煤灰,在冬季低温季节浇筑, $R_{90}200^{\circ}$ 混凝土温升在 10°C 以

下, $R_{90,150}^*$ 混凝土温升在 6°C 左右。

(二) 混凝土温度应力分析

铜街子一期工程大体积混凝土温控监测成果见图 10~14。

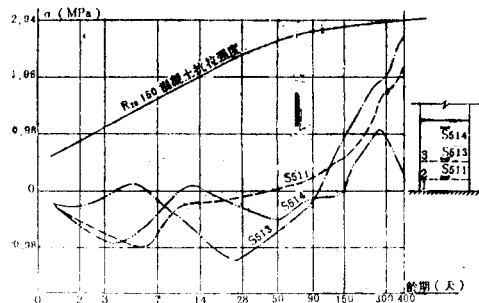
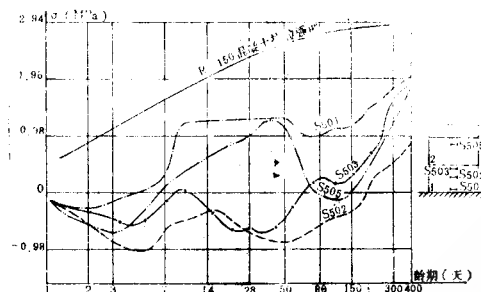


图 10 明渠左导墙七段混凝土温度应力与龄期关系



四、结束语

(一) 铜街子一期工程大体积混凝土施工, 采用掺粉煤灰抑制水泥水化热和利用混凝土后期强度设计配合比, 对改善混凝土施工和易性、控制大体积混凝土温度应力是有效的。

(二) 坝基底层混凝土设计标号高, 水泥水化发热温升大, 利用冬季低温季节施工, 采用1m厚的薄层浇筑法, 对降低浇筑块体混凝土温升效果显著。

(三) 为了节约工程投资, 大体积混凝土施工采取以下措施是可行和必要的:

1. 利用混凝土温度应力现代解析法, 对浇筑部位的混凝土温度应力情况进行全面分析、预测。

2. 选用低热水泥、掺用粉煤灰、限制浇筑层高度、严格控制上下层混凝土施工间歇时间、利用有利的施工季节、限制炎热夏季混凝土浇筑量、实施严格的混凝土层面养护细则, 以节约用于人工冷却的温控设施费用。

(四) 重点工程部位, 有选择地布置观测仪器进行温控监测, 加强工程施工管理是搞好大体积混凝土温控, 提高混凝土质量的重要环节。

《四川水力发电》征稿简则

1. 《四川水力发电》为四川省水力发电工程学会主办的综合性学术刊物。本刊以四项基本原则为指导思想, 贯彻“双百”方针, 宣传党的水电建设方针和政策, 报导我省和全国水电建设成就, 总结交流水电建设经验, 立足四川, 面向全国, 促进学术交流推动我省和全国水电建设事业的发展为宗旨。

2. 本刊设有: 能源政策, 水能规划与动能经济, 水文泥沙, 工程地质与岩石力学, 水电站建筑物, 机电与金属结构, 施工、运行与管理, 地方水电建设, 系统工程应用等栏目。刊载有关上述栏目的论著、科研成果、实践经验和新兴应用技术的科普文章, 同时也适当刊登有应用价值的译文。

3. 来稿内容要求论点明确, 引证有据, 数据可靠, 文字精练。为尊重他人劳动成果, 引用数据、资料等应注明其出处。引用文献以公开发表的为主, 对于重要内部成果一概作为脚注注记在相应页的下方(保密责任自负); 引用公开发表的文献, 按出现的先后顺序列入文末的参考文献中。参考文献格式如下:

〔1〕作者, 论文题目, 刊名, 年份, (卷)期, 页码

〔2〕作者, 书名, 版次, 出版社, 出版年, 页码

外文文献仍依上述次序书写。最好用打字机打出, 或仿印刷体书写清楚。

4. 稿件一律用方格稿纸单面横写, 字迹切勿潦草, 简化字以1986年10月10日国家语言文字工作委员会重新公布的《简化汉字总表》为准。文中涉及的计量单位, 一律按

(下转80页)