

景洪电站碾压混凝土工程温控措施效果分析

舒光胜, 周厚贵

(中国葛洲坝集团公司, 湖北 宜昌 443002)

摘要 :以景洪电站大坝混凝土纵向围堰⑧~⑩坝块高程 544.4~550.6 m 的混凝土浇筑为例,分析影响碾压混凝土内部最高温度的因素,通过对碾压混凝土各项温控措施的理论分析和实际监测比较,阐述各单项温控措施所能达到的控制效果。分析结果表明,混凝土浇筑过程中所采取的各单项温控措施之间是相互关联的,在亚热带地区施工的大体积碾压混凝土需要采取综合的温控措施。

关键词 :碾压混凝土坝;混凝土浇筑;温度控制措施;景洪电站

中图分类号:TV331

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2007)02-0055-03

RCC temperature control measures for Jinghong Hydropower Station//SHU Guang-sheng, ZHOU Hou-gui (China Gezhouba Group Corporation, Yichang 443002, China)

Abstract :With concrete pouring of the dam section No. 8-No. 10 of the longitudinal cofferdam in the Jinghong Hydroelectric Project taken as an example, factors influencing the highest internal temperature of RCC were analyzed. Based on theoretical analysis of each temperature control measure and comparison with the monitoring result, the effects of different measures for temperature control were discussed in theory and practices. It is demonstrated that the temperature control measures are correlative to each other, and that comprehensive measures should be taken for temperature control of massive RCC in semitropical area.

Key words :RCC dam; concrete pouring; temperature control measure; Jinghong Hydropower Station

景洪电站坝址地处亚热带地区,多年平均气温在 17~22℃范围,据坝址区多年气温统计,夏季极端最高气温达 41.1℃,全年高温时段长达 8 个月。景洪电站大坝和混凝土纵向围堰主要采用碾压混凝土,施工强度高,结构复杂,坝址区高温时段长,年平均气温高,昼夜温差大,对温控工作极为不利。为此,针对景洪地区的气候特点,开展了一系列碾压混凝土温控研究工作。本文主要以混凝土纵向围堰⑧~⑩坝块高程 544.4~550.6 m 的混凝土浇筑为例,分析影响碾压混凝土内部最高温度的因素以及各项因素的影响值,然后提出相关建议。

纵向围堰碾压混凝土施工中的温控主要采取 4 项措施:①控制出机口温度,采取对骨料二次风冷技术,加冰和制冷水拌和;②运输过程中遮阳,汽车上搭设遮阳棚;③仓面喷雾;④表面流水养护等。下面对各项措施进行分析^[1]。

1 碾压混凝土出机口温控措施和温度检测

1.1 温控措施

当气温达到 25℃以上时,右岸拌和系统按要求

对骨料进行一、二次风冷。一、二次风冷后,碾压混凝土的骨料大、中、小石分别要求达到 3℃、5℃、8℃以下,常态混凝土的骨料大、中、小石分别要求达到 0℃、3℃、5℃以下。一次风冷的预冷仓上部控制在冷风机回风口高度以内,以避免因冷风短路而造成冷风泄漏和骨料冷却不足,一次风冷骨料风冷时间约 40~50 min,二次风冷拌和楼骨料仓上部净空控制在回风口高程以内。在混凝土浇筑时,拌和楼根据混凝土浇筑计划,提前对骨料进行通风预冷,通风预冷平均温度一般为 0~6℃。

当气温达到 25℃以上或采取骨料预冷仍然无法控制出机口温度时,采用加冷水或加冰拌和措施。混凝土拌和用冷水温度为 2~4℃,片冰温度为 -5℃左右,并保持冰片干燥松散。

1.2 温度检测

拌和系统实行 24 h 两班制值班制度,由专职质检员对骨料预冷、拌和加冰、出机口温度进行跟踪检测记录,记录的内容包括施工部位、编号、起始高程、原材料温度、出机口温度、混凝土小时生产量,以及一、二次风冷风温等,混凝土原材料温度每 4 h 检测

1 次,出机口温度每 2h 检测 1 次。原材料温度使用红外线测温器测温,大骨料测砸开后的内部温度,小骨料测出风温度,二次风冷用红外线测温计测温,出机口混凝土用红外线测温计测温,同时从机口抽取部分混凝土样,用水银温度计测温。出机口温度检测成果见表 1。

表 1 出机口温度检测成果

浇筑部位 高程/m	浇筑日期	浇筑时段 平均气温/℃	检测次数/ 次	出机口 平均温度/℃
541.6 ~ 544.4	05-03 ~ 05-05	30.3	44	13.9
544.4 ~ 550.6	05-10 ~ 05-14	28.7	89	15.3
550.6 ~ 555.0	05-23 ~ 05-24	22.9	28	14.4

注 浇筑年份为 2004 年,施工部位为纵向围堰上纵段⑧~⑩坝块,气温为室外温度。

拌和系统是按照常态混凝土和碾压混凝土出机口温度 14℃设计的,从检测结果看,实际控制的平均温度有时会超过设计值,主要原因是骨料的含水率偏高,景洪地区在 5 月份已经进入雨季,骨料受气候的影响导致脱水时间无法满足,因此,拌和混凝土时,冰和制冷水的掺入量减小,以至于出机口温度超过设计要求。

2 碾压混凝土入仓浇筑温度控制措施及分析

2.1 入仓及浇筑温度控制措施

当混凝土运出拌和楼时,由于外界气温的影响,温度开始回升,因此需要沿程采取一系列措施来减少温度回升值。景洪电站在运输混凝土过程中采取的措施有汽车遮阳、仓面喷雾等,碾压混凝土在浇筑过程中主要采取摆动式喷雾机和高压水枪喷雾以降低仓面环境温度,但由于碾压混凝土干硬性施工的特征,要求浇筑过程中仓面不积水但又必须保持一定的湿润度,故此,对喷雾的要求很高。

关于碾压混凝土入仓温度和浇筑温度的计算,由于混凝土采用汽车和门塔机等常规的方式入仓,在这方面过去已经有大量的研究成果,并得出经验公式如下^[2]:

$$T_{B,P} = T_0 + (T_a - T_0)(\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n) \quad (1)$$

式中: $T_{B,P}$ 为混凝土入仓温度,℃; T_0 为混凝土出机口温度,℃; T_a 为混凝土运输过程的气温,℃; θ_i 为关系系数(其取值为:混凝土装、卸和转运,每次 $\theta = 0.032$;混凝土运输时, $\theta = At = 0.002 \times 20 \text{ min}$, A 为

表 3 碾压混凝土入仓和浇筑温度检测成果

浇筑仓高程/m		浇筑日期	仓面平均 气温/℃	入仓混凝土		浇筑混凝土		浇筑温度与 入仓温度差/℃
起点	止点			检测次数/次	平均温度/℃	检测次数/次	平均温度/℃	
541.6	544.4	05-03 ~ 05-05	26.4	24	15.8	16	23.1	7.3
544.4	550.6	05-10 ~ 05-14	28.7	51	16.1	51	24.8	8.7
550.6	555.0	05-23 ~ 05-24	28.9	22	15.9	51	23.2	7.3

注 浇筑年份为 2004 年,施工部位为纵向围堰上纵段⑧~⑩坝块。

运输过程中的热量损失系数)。

依照公式(1)对于碾压混凝土而言,只存在拌和楼转料 1 次,混凝土运输时间平均取 20 min,当出机口温度为 13.9℃、15.3℃、14.4℃时,外界气温取监测气温的平均值,计算混凝土浇筑温度的公式如下:

$$T_P = T_{B,P} + 0.003\tau(T_a - T_{B,P}) \quad (2)$$

式中: τ 为浇筑平仓碾压到上层覆盖前的全部时间, $\tau = 240 \text{ min}$ 。

根据上述条件,在外界气温为 26.4℃、28.7℃、28.9℃时混凝土的入仓温度和浇筑温度见表 2。

表 2 混凝土入仓温度和浇筑温度计算结果 ℃

气温	出机口温度	入仓温度	浇筑温度
26.4	13.9	15.9	25.4
28.7	15.3	17.0	27.5
28.9	14.4	15.5	27.6

从表 2 中可以看出,混凝土在运输途中温度回升较小,一般为 1~2℃。温度回升较大的是在碾压层的间歇期间,一般碾压仓覆盖 1 层需要 4~5 h,长时间的间歇导致碾压混凝土温度回升较大,特别是中午时段,温度回升可高达 8~10℃。

2.2 入仓和浇筑温度检测

在混凝土浇筑过程中,每班检测不少于 5 次,即平均 2h 检测 1 次,记录内容包括施工部位、编号、起止高程、天气、气温、混凝土种类、入仓温度、浇筑温度、喷雾及覆盖隔热被情况。入仓温度在卸料后立即测取,浇筑温度指即将被上层混凝土覆盖前、层面以下 10 cm 处的混凝土温度。混凝土入仓和浇筑温度检测成果见表 3。

由于混凝土在运输过程中采用遮阳棚遮阳,运输过程中温度变化基本只受入仓铺料的速度影响,因此,入仓温度与实际检测的温度相差不大。浇筑过程中由于时间长,仓面采取喷雾和遮阳措施,同时在浇筑安排上尽量缩短时间,因此实测的浇筑温度比理论计算的浇筑温度小 3~4℃,可以看出仓面喷雾的控温效果较明显。

但是,从混凝土入仓至上一层混凝土覆盖中,温度回升为 7.3℃、8.7℃和 7.3℃,回升值较大。混凝土从出机口至浇筑覆盖过程中,以浇筑过程的温度控制最为关键,关系到内部温度能否控制在设计要求范围以内,所以,对于碾压混凝土施工,在浇筑过

程中采取得力的温控措施至关重要,主要措施是喷雾和覆盖隔热被以及缩短混凝土浇筑时间。

3 碾压混凝土内部最高温度监测及分析

3.1 混凝土内部最高温度分析

混凝土内部最高温度用残留比法进行计算^[2]:

T_m = (T_p - T_b)E_2 / (1 - E_1) + T_r / (1 - E_1) + T_b (3)

其中 T_r = 17.38t / (2.93 + t)

式中:T_m 为混凝土平均温度,℃;T_b 为混凝土表面温度,℃;T_p 为混凝土浇筑温度,℃;E_1 为新混凝土接受老混凝土固定热源作用并向顶面散热的残留比;E_2 为新混凝土固定热源向空气和老混凝土传热的残留比;T_r 为混凝土水化热温升,℃;t 为时间,d。

根据公式(3),按照浇筑升层为3.0m计算出外界平均气温为26.4℃,28.7℃,28.9℃的混凝土内部最高温度分别为36.1℃,37.4℃,37.5℃,最高温度出现的时间均在第18天。

3.2 混凝土内部最高温度监测

混凝土浇筑后,表面采取流水养护,混凝土内部温度在水化热温升作用下开始上升,为监测混凝土内部的温度变化情况,在碾压混凝土内部埋设若干支测温仪器。仪器按照温度场的变化规律来埋设,选择2个断面,按照周边密集布置、中部间距相对较大的原则共计埋设72支测温仪器。

混凝土水化热温升过程及最高温度监测频率:仪器埋设后至最高温度出现每天记录3次;导热系数监测选择日气温变化较大的晴天进行连续观测,每小时观测1次,连续观测3d,记录每天观测的温度,每支仪器取3d同一测次的平均值,绘制温度过程线,各支仪器的温度过程线绘制在同一时间坐标上,以便相互比较,从过程线上求得每天的温度日变幅,从而根据日气温在坝体内传播的规律计算混凝土导温系数。

上游围堰⑧~⑩坝块浇筑升层中,高程546.0m的温度计埋设在浇筑升层的中部,因此该温度计受外界气温变化的影响较小,能够较准确地反映出混凝土内部温度变化情况,可以作为分析内部最高温度的依据。将中间编号为T1-3-3~T1-3-6的温度计读数作为浇筑层的混凝土平均温度,根据堰体内部埋设仪器的监测成果,混凝土内部最高温度见表4。

从表4中可以看出,实测混凝土内部最高温度值比式(3)计算值高。温度计T1-3-3和T1-3-6离围堰侧面较近,受外界气温变化影响较大,因此,其测值比另外两支温度计低;温度计T1-3-4和T1-3-5

表4 监测的混凝土内部最高温度值

温度计编号	埋设时混凝土温度/℃	混凝土内部最高温度监测情况		
		温度/℃	出现日期	浇筑后时间
T1-3-3	21.0	38.5	2004-05-23	第14天
T1-3-4	20.6	41.9	2004-06-20	第41天
T1-3-5	22.3	41.7	2004-06-06	第37天
T1-3-6	22.7	38.4	2004-05-25	第16天

注:温度计埋设日期为2004年5月10日,埋设点高程为545.2m。测得的最高温度值比计算的高4℃以上。分析其原因,一是养护过程中流水没有达到要求,二是由碾压混凝土的性能决定。由于碾压混凝土水化热低,在混凝土浇筑后较长的时间内一直是外界热量向混凝土内传递,计算中所取的残留比按照常态混凝土取值,故取值偏大。上述4支温度计的变化规律相同,取T1-3-4温度计2004年观测期的温度变化曲线来说明(见图1)。

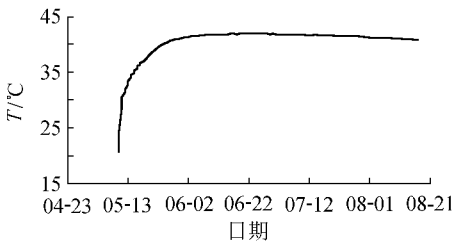


图1 T1-3-4温度变化曲线

图1中仪器埋设时的温度为浇筑温度,在混凝土浇筑后的30d之内,混凝土内部温度变化较大,胶泥材料水化释放的热量大于表面散发的热量,测得的温度变化曲线呈上升趋势。到41d后,胶泥材料水化热释放基本完成,内部热量通过表面逐渐散失,故测得的温度变化曲线呈下降趋势,但下降的坡度很缓。

4 结 语

本文通过对景洪电站碾压混凝土施工过程的温控措施及相应达到的效果进行分析,可以看出施工过程的各单项措施是相互关联的,每一单项措施执行的效果对混凝土内部的最高温度均产生影响,因此混凝土温度控制措施是一个系统措施,采取单一的措施均不能一步到位地满足要求,对于主体的永久工程,有必要采取冷却通水措施,进一步降低混凝土内部最高温度,从而达到温控防裂的目的^[3]。

参考文献:

[1]周厚贵,舒光胜.景洪电站高气温条件下大坝碾压混凝土连续施工研究[J].水力发电学报,2006,25(3):91-96.
[2]《水利水电工程施工组织设计手册》编辑委员会.水利水电工程施工组织设计手册:第三卷 混凝土工程[M].北京:中国水利电力出版社,2002:126-143.
[3]周厚贵,舒光胜.龙滩大坝碾压混凝土温度控制的难点及措施[J].红水河,2004,23(3):5-9.

(收稿日期:2006-04-26 编辑:高建群)