老挝色拉龙水电站大坝混凝土施工温控技术

邓挺

中国水利水电第十工程局有限公司,老挝公司

DOI:10.32629/hwr.v4i4.2905

[摘要] 老挝色拉龙水电站大坝为碾压混凝土重力坝。受当地气候影响,气温较高,通过计算对大坝混凝土浇筑施工制定一系列温控措施,以保证大坝混凝土质量。

[关键词] 混凝土基础容许偏差; 温度计算; 出机口温度; 入仓温度; 冷却机组; 冷却水管

1 工程概况

色拉龙一级水电站坝址位于老挝色拉龙河下游河段、色拉龙河与色邦亨河汇合处上游约10km处。电站装机为2×35MW。电站以发电为主要开发目的,采用坝式开发。枢纽工程由混凝土挡水坝、溢流坝、引水系统、坝后式发电厂房及开关站组成。电站拦河大坝为碾压混凝土重力坝,混凝土坝顶全长459m,坝顶高程219.50m,最大坝高64.5m,从左岸至右岸依次为长180m的左岸重力坝段,长71m的布置4个溢流孔的溢流坝段,长14m的导流底孔坝段,长34m的厂房进水口坝段,以及长160m的右岸重力坝段。色拉龙河流域地处低纬度地区,属热带季风气候,受季风影响,降水年内分配极不均匀,形成明显的旱季和雨季;根据当地气象数据资料,每年4月气温最高,月平均气温为24~30℃,最高气温35℃。由于旱季气温较高,大坝施工对混凝土温度控制要求较高。针对本工程的具体特点,制定有效的大坝混凝土浇筑温控措施是保证混凝土施工质量的重要手段。

2 混凝土温度控制标准

2.1 基础温差

混凝土基础容许温差见(表1)。

表1 混凝土基础容许温差控制标准 单位: (℃)

基础约束范围		溢流坝段、底孔坝段、取水口坝段	左右岸挡水坝段	左右岸挡水坝段
0~0.2L	碾压混凝土	14	14	18
0.2~0.4L	碾压混凝土	16	16	18

2.2 上、下层温差

基础约束区长时间新老混凝土上新浇混凝土,按基础强约束区考虑。

自由区范围内,在间歇期超过28d的老混凝土面上继续浇筑混凝土时,当上层短间歇均匀上升的高度大于0.5块长时,上下层温差13℃;当上层混凝土上升的高度小于0.5块长时,按基础约束区考虑。

2.3 内外温差

常态混凝土内外温差控制≤19℃;碾压混凝土内外温差≤16℃。

2.4 容许最高温度

根据本地区气候特性以及设计温控要求允许浇筑最高温度,同时考虑允许基础温差、内外温差,综合考虑拟定允许最高温度见(表2)。

表2 大坝混凝土允许最高温度单位: (℃)

大坝混凝土范围		强约束区 0.0~0.2L	弱约束区 0.2~0.4L	自由区 0.4L以上
溢流坝、底孔坝段、进水口坝段、左右岸挡水坝段	允许浇筑温度	24	24	28
	允许最高温度	37	39	45
左右岸挡水坝段	允许浇筑温度	28	28	28
	允许最高温度	43	43	/

3 混凝土温度计算

根据温控技术要求中表2大坝各月允许浇筑最高温度,低温月份11月至次年2月平均最高气温为21℃,强约束区、弱约束区及自由区为自然入仓(月均气温+3℃),即最高浇筑温度不超过24℃,此时自然浇筑温度满足混凝土温控要求;高温月份3月至10月,平均月最高气温为30摄氏度,强约束区允许最大浇筑温度28℃,弱约束区允许最大浇筑温度为30℃,自由区允许最大浇筑温度为32℃,在此选择混凝土最高浇筑温度不超过28℃进行计算。常态混凝土由10m³罐车运输,罐车上覆盖厚无纺布洒水保持湿润,避免阳光直晒,采用长臂反挖或泵机入仓,泵送入仓时间约10min;碾压混凝土由25t自卸汽车运输,直接入仓卸料,车厢上设无纺布凉棚,避免阳光直晒。从拌和站运输至浇筑面综合运距约1.1km,运输时间按16min计。混凝土入仓后浇筑完成至下一胚层覆盖温度回升计算:单个坝段进行浇筑,计算仓面面积为20m×40m,覆盖胚层厚度为30cm,则每胚层混凝土方量为240m³,以混凝土入仓强度按60m³/h进行计算,每胚层覆盖时间为4h。

通过一系列计算拌和站出机口温度只要低于25.6℃,可满足混凝土浇筑温度最高不超过28℃的要求。常态混凝土C20和碾压混凝土C15的结果得混凝土的出机口温度不能高于25.6℃,常态混凝土C20和碾压混凝土C15采用加冷冻水的混凝土温控工艺可以满足温控要求。

4 拌合站布置冷水机组

通过对本工程高峰期浇筑强度和混凝土配比每方混凝土最大加水量计算,选择一台冷水机LS-2-510B,制冷量1135kw、出水量31t/h,出水温度不高于3℃,可满足要求。

5 混凝土温控综合措施

5.1 合理安排施工程序及进度

5.1.1 将浇筑块尺寸较大、温控较严的部位尽量安排在低温时段施工。

5.1.2 在满足浇筑计划的同时,采用0.3m厚胚层铺筑、短间歇、均匀上升的浇筑方法。

5.1.3 基础约束区,浇筑层厚1.8m,最小间歇期3~5d;自由区,浇筑层厚3.6m,最小间歇期3~5d,最大层间间歇期不宜超过21d。

5.1.4 在满足间歇时间的前提下,尽量缩小层间间歇期,若超过允许最大间歇时间,则老混凝土以上混凝土的温控标准按该坝段约束区混凝土的温控标准进行控制。

5.1.5 根据招标文件及设计温控技术要求,结合流域气温条件,针对不同季节采取有差别的温控措施。

5.1.6 严格按坝体混凝土温控标准要求进行施工。

5.2 降低混凝土的水化热温升

5.2.1 选用水化热低的中热水泥。

5.2.2 在满足施工图纸要求的混凝土强度、耐久性和和易性的前提下,改善混凝土骨料级配,加优质的掺和料和外加剂以适当减少单位水泥用量。

5.2.3 控制水泥的入罐温度不大于 50°C 。做好砂石骨料的降温遮阳工作,做好水泥罐、粉煤灰罐的遮阳及混凝土运输车辆的遮阳及保温工作。混凝土的拌和用水温度应控制在 3°C 左右。

5.2.4 做好混凝土的配合比设计工作,反复进行试验,尽量减少用水量及水泥用量,从源头上控制好混凝土的温度。

5.3 控制混凝土浇筑温度

5.3.1 运输混凝土工具应有隔热遮阳措施,缩短混凝土暴晒时间,减少混凝土运输和浇筑过程中的温度回升,快速入仓、平仓、碾压,碾压混凝土从加水拌和到碾压完毕需在2h以内完成,减少外界温度的倒灌。

5.3.2 在混凝土碾压压实后立即覆盖保温材料进行保温,且混凝土覆盖时间必须控制在5h之内。控制混凝土温度从出机口至碾压完毕,温度回升不大于 5°C 。

5.3.3 对成品料仓设置凉棚,尽可能使骨料温度不受日气温变化的影响,成品料仓堆料高度应大于6m。

5.3.4 尽量避免高温时段浇筑混凝土,应充分利用低温季节和早晚及夜间气温低的时段浇筑。高温时段浇筑时,现场配备足量的喷雾机进行仓面喷雾,使仓面始终保持湿润,以保持仓面低温的环境温度。配备足量的操作人员进行仓面温控设备操作。同时做好仓面的遮阳、防雨、降温工作。喷雾时水分不应过量,要求雾滴直径达到 $40\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ 。同时也应做好仓面排水措施,配备水舀子,海绵等排水工具,以备在实际施工中局部喷雾过量在形成仓面形成汇水时及时排水。

5.4 混凝土面保护

5.4.1 选择保护效果好又便于施工的表面保护材料,选定的保温材料应进行现场试验,且验算等效热交换系数 β 值,应满足保护标准的要求。

5.4.2 气温骤降期间,小于180d龄期的混凝土的暴露表面均应进行表面保护,保护标准为等效热交换系数 $\beta \leq 15\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$,保护材料应紧贴被保护面。采用聚苯乙烯泡沫塑料板。

5.4.3 混凝土上下游外立面及长期暴露的侧面,采用塑料花管进行流水养护28天,之后对上下游外立面采取表面保护,保护材料应紧贴被保护面。暴露侧面的流水养护直至相邻坝段覆盖侧面后方可结束。

5.5 混凝土养护

5.5.1 每一浇筑层应在混凝土终凝后即开始表面流水养护,直到上一层混凝土浇筑准备工作开始,上一层准备工作期间可采用洒水养护。要求流水和洒水水质清洁、均匀覆盖整个仓面,流水养护应控制水流不漫流到其它仓面。

5.5.2 对于抗冲磨底板和侧面边墙混凝土,收仓、拆模后仓面可及时覆盖持水保温材料(如1cm厚麻布袋)进行保水养护,且保证麻布袋紧贴混凝土表面,随时保持麻布袋充分湿润。

5.5.3 混凝土养护应有专人负责,并应作好养护记录。

5.6 温度观测

5.6.1 在混凝土浇筑过程中,混凝土原材料温度、出机口温度、入仓温度和仓内气温至少每4小时检测1次。

5.6.2 混凝土浇筑温度测量,每 100m^2 仓面面积不少于1个测点,每个浇筑层不少于3个测点,每个测点至少配3只温度计,分别布置在浇筑层面的上部、中部和下部。测点布置应考虑不同强度等级的混凝土部位。同时满足温控技术要求规定:温度计埋设密度 ≥ 1 支/ 300m^2 ,且最少不低于3支。

5.7 冷却水管通水冷却

5.7.1 坝体内的布置冷却水管,主管内径 32.60mm ,支管内径为 28.00mm

的HDPE塑水管,壁厚 2.00mm 。冷却水管除满足给水用高密度聚乙烯(HDPE)管材相关国家标准要求外,还应具有较高的导热性能,其导热系数 $\geq 1.6\text{KJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。水管布置按:基础约束区、孔口坝段约束区,冷却水管垂直间距为 1.8m ,水平间距为 1.5m ;自由区冷却水管垂直间距为 3.6m ,水平间距为 1.5m 。冷却水管距上、下游坝面的距离为 $0.8\text{m}\sim 1.5\text{m}$,冷却水管距横缝面的距离为 0.8m ;冷却水管距廊道、孔口、电梯井等内壁面的距离不应小于 0.5m 。冷却水管不允许穿过横缝及各种、廊道及孔洞,也不允许和坝内其它管路搭接、相交。每仓混凝土中两条冷却水管长度应接近,且每条直管在坝外应有单独流量计量装置,冷却完成后,在蓄水前进行封堵。仓面冷却水管典型布置图见图1。

图1 冷却水管平面布置示意图(单位mm)

5.7.2 在混凝土浇筑过程中应注意避免水管受损、折断、碰坏和堵塞。

5.7.3 水管使用结束后,应先用M30的水泥浆对坝内冷却蛇形管进行回填灌浆,再切除蛇形管的外露部分,并处理至满足坝面美观要求。

5.7.4 对坝段内冷却水管的分组、管长、材质、间距等应作详细记录,对主管出口应作编号,并进行明显标识。坝体通水冷却的各个阶段均应对通水情况进行记录,对于新浇混凝土在最高温度出现之前,温度测量间隔小于4h。

5.7.5 通水冷却控制。为了控制碾压混凝土最高温度,在规划的高程铺完冷却水管之后开始通水冷却,采用通天然河水,通水流量 $1.2\sim 1.5\text{m}^3/\text{h}$,通水日降温幅度不超过 1°C ,通水天数不少于28天,通水温度与混凝土温度温差不大于 20°C ,通水冷却时应严格控制混凝土的降温速率,混凝土达到最高温度前可适当加大通水流量,同时采用中下部深度的河水作为通水冷却水,冷却水池采取遮阳措施。

6 总结

本工程通过对当地气候条件的充分了解,经计算得出适宜本地区大坝混凝土浇筑的温度控制范围,在拌合站设置冷水机组,混凝土浇筑过程设置冷却水管、温度计监测等方法保证了大坝混凝土施工质量。

[参考文献]

- [1]傅代兵.对水利工程施工组织设计现状的思考[J].水利规划与设计,2019(11):118-119+158.
- [2]冯江波,姜文超,王鑫.水利设计单位对造价专业人员的需求分析[J].山东水利,2019(12):11-12.
- [3]王江涛.三板溪电站进水口大崩积体治理的抗滑桩施工[J].云南水力发电,2005(02):62-65.
- [4]郑英国.论水利工程施工组织设计优化[J].城市建设理论研究(电子版),2017(32):152.

作者简介:

邓挺(1986--)男,四川内江人,汉族,本科,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理。