

大体积混凝土智能温控系统在丰满水电站重建工程中的应用

田 政¹ 姚宝永¹ 李 琦²

(1. 中国水利水电建设工程咨询北京有限公司, 北京 朝阳 100024;

2. 中国水利水电第十六工程局有限公司, 福建 福州 350003)

【摘 要】 丰满水电站重建工程采用大体积碾压混凝土快速筑坝技术, 温度控制是碾压混凝土浇筑质量的控制重点和难点。本文主要通过介绍智能温控系统在丰满水电站重建工程中的应用, 阐述智能温控系统对混凝土温度控制管理工作带来的变化, 总结系统软件的管理工作经验, 以期为其他类似工程提供借鉴。

【关键词】 丰满水电站重建工程; 智能温控系统; 软件管理

中图分类号: TV52

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-057-04

Application of mass concrete intelligent temperature control system in Fengman Hydropower Station Reconstruction Project

TIAN Zheng¹, YAO Baoyong¹, LI Qi²

(1. China Water Conservancy and Hydropower Construction Engineering Consulting Beijing Co., Ltd., Beijing Chaoyang 100024, China;

2. China Water Conservancy and Hydropower No. 16 Engineering Bureau Co., Ltd., Fuzhou 350003, China)

Abstract: Mass RCC concrete rapid dam construction technology is adopted in Fengman Hydropower Station reconstruction project. Temperature control is the control key and difficult point for RCC concrete pouring quality. In the paper, the application of intelligent temperature control system in Fengman Hydropower Station reconstruction project is mainly introduced, the changes to concrete temperature control management work due to intelligent temperature control system are described, and the management work experience of the system software is summarized in order to provide reference for other similar projects.

Key words: Fengman Hydropower Station reconstruction project; intelligent temperature control system; software management

1 前 言

丰满水电站重建工程位于第二松花江干流丰满峡谷口, 在原丰满大坝下游 120m 处新建一座碾压混凝土重力坝, 并利用原丰满三期工程。碾压混凝土施工具有连续上升、施工速度快等优点, 但上升速度快必然导

致混凝土内部水化热产生的热量难以散发, 造成混凝土内外之间温差和上下层之间温差增大, 大大增加混凝土产生裂缝的几率。因此, 温度控制也是碾压混凝土浇筑的质量控制重点。为加强混凝土温控施工精细化管理, 丰满水电站重建工程采用了大体积混凝土温控防裂智能通水控制系统进行混凝土工程温度控制。



2 机构设置及管理

为加强智能温控系统建设和运行的监督管理,丰满水电站工程监理中心成立了大坝冷却通水领导小组,安排专人负责进行智能温控系统、现场冷却通水、混凝土温度监测等方面的监督管理。施工单位成立了信息中心,作为智能通水的管理部门,负责进行数字温度传感器的安装埋设,电缆敷设,冷却通水控制设备的安装、调试、维护、运行工作;采集分控站的建立,信息录入等工作。监理工程师对施工单位成立的管理机构进行了审批,确保满足施工需要。

3 现场温控设施管理

智能温控系统改变了传统常规的坝体混凝土温度质量控制措施。大坝混凝土温度控制措施方案中增加了采集分控站布置及设施投入方面的内容。为充分利用智能温控系统,方案中也对供排水管路布置、温度传感器布置及监测等方面进行了调整。

3.1 采集分控站构成

现场采集分控站由智能测控及配电箱、流量测控装置、冷却水进水口温度和回水口温度监测数字传感器、智能换向球阀、无线数据发射和接收装置等组成。其中,智能测控及配电箱内置4台智能数字温度流量测控单元,每个测控单元可控制4台流量测控装置,即每个分控站最多可配置16台流量测控装置。

单个流量测控装置最大可满足 $10\text{m}^3/\text{h}$ 流量,在满足设计及规范要求的前提下,可通过水包头连接4~5根冷却水管(1拖4的方式)。以单个坝段每层4根冷却水管为例,按3m一仓两层冷却水管计算,每仓每个坝段需要2台水管流量测控装置,根据现场实施经验,以每个分控站控制两个坝段4仓的8层冷却通水为最佳方案。

3.2 采集分控站选址

采集分控站选址至关重要,直接关系到智能温控系统的顺利实施。

该工程采集分控站布置在大坝下游侧,尽量靠近

大坝坝体,这样可减少外露冷却水管和外露内部温度传感器电缆的长度,减少碾压混凝土升层备仓过程中对下部外露冷却水管和外露内部温度传感器电缆的破坏。

因数据传输采用无线网络,采集分控站的布置应注意坝后结构物对无线信号的影响。该工程为坝后式厂房,因此进行采集分控站布置时考虑到了坝后主厂房、安装间及端部副厂房等结构物对无线信号的影响。

3.3 采集分控站平台搭设

随着碾压混凝土的浇筑,采集分控站平台的搭设也有所不同。

低高程浇筑阶段,坝体距离下游边坡较近,采集分控站可利用在基坑开挖产生的马道、较缓的边坡或坝趾区域垫层混凝土满塘浇筑后随着坝体体型变化而产生的混凝土平台进行布置。备仓和仓面养护会产生较多废水,本工程利用不同高程的坝趾区域逐层设置集水池。因此对低高程分控站设置进行审核时应结合工程排水方案,避免在施工废水汇集范围内设置采集分控站,如无法避开时应采用搭设脚手架的方式作为采集分控站的布置平台。

随着浇筑高度的上升,坝体逐渐远离边坡,可采用搭设脚手架平台或设置坝后钢平台作为采集分控站布置平台。该工程上下游坝面采用连续翻升模板,进行备仓过程中,下层碾压混凝土会存在钢模板尚未拆除的情况。因此,为保证采集分控站钢平台的布置,应结合浇筑升仓情况提前预埋埋件。

随着浇筑高程的不断增高,搭设脚手架的难度逐渐增加,搭设较高的脚手架,周期较长,因此,不宜采用搭设脚手架的方式作为采集分控站平台,可利用原设计结构内的坝后工作桥或坝后钢平台进行采集分控站建设。

3.4 供水、排水管路布置

冷却通水供水管路应在大坝碾压混凝土施工区整体供水管路的基础上进行布置,在每年碾压混凝土浇筑前提前策划。根据碾压混凝土浇筑计划和分控站布置,提前策划好冷却通水供水管路与主供水管路的连

接点。进行主供水管路布置时,提前在连接点位置设置三通结构和法兰盘阀门,以便于冷却通水供水管路的连接。冷却通水供水管路与各层分控站分支供水管路的连接点也应做好相同设置。尽量避免在冷却通水过程中通过切割主管路或分支管路进行下一级供水管路连接,从而避免冷却通水过程暂时中段。

3.5 冷却水管布置

碾压混凝土内埋设冷却水管,采用蛇形布置。根据设计要求,基础强约束区采用 $1.50\text{m} \times 1\text{m}$ (层间距 $\times$ 水平间距),基础弱约束区和非约束区均为 $1.50\text{m} \times 1.50\text{m}$ (层间距 $\times$ 水平间距),单根循环蛇型水管长度不大于 250m 。挡水坝段、厂房坝段冷却水管从大坝下游面引出,溢流坝段冷却水管采用跨缝管从两侧导墙非溢流面引出,接至分控站。

3.5.1 出坝面处理

随着坝体的升高,一般分控站位置低于冷却水管所在高程,冷却水管引出坝面后会向下垂。现场检查发现,冷却通水过程中,由于冷却水管和水的自重影响,易造成冷却水管出坝面位置弯折,外露冷却水管越长越易出现。因此,应注意控制外露冷却水管的长度,同时控制冷却水管出坝面角度,尽量与坝面呈较小的角度,可一定程度上避免冷却水管出坝面处弯折。

3.5.2 跨越廊道处理

冷却水管布置不跨越横缝,但坝内廊道系统对冷却水管的布置影响较大,特别是碾压仓内含有横向基础灌浆廊道和横向排水廊道或交通廊道的情况,冷却水管布置往往需要跨越2次廊道。根据该工程施工情况,碾压混凝土仓内冷却水管跨廊道主要采用以下两种方式:

a. 廊道底板内预埋。为便于碾压混凝土浇筑,本工程廊道底板单独设置浇筑仓进行变态混凝土浇筑,浇筑过程中将跨廊道底板冷却水管预埋至仓内,即浇筑廊道所在坝段碾压混凝土时,将碾压仓内冷却水管与廊道底板预埋冷却水管连接,形成统一循环管路。这一方式优点在于容易控制单组冷却水管的长度,使得同一组冷却水管基础处于同一层面,冷却水管一次

布置完成。缺点在于增加了单组冷却水管的接头数量,如跨越2次廊道则会出现8个接头,接头数量过多就会增加冷却水管布置时间和漏水的概率。但由于廊道底板钢筋布置,廊道底板厚度往往大于 1m ,即为大体积混凝土,因此布置冷却水管是必要的。

b. 廊道顶拱跨越。从廊道顶拱跨越主要是在碾压仓冷却水管布置时采用从廊道钢筋网外侧跨越廊道顶拱布置冷却水管。这一方式优点是单组冷却水管仓内没有接头,一般情况下不会出现漏水情况。缺点是由于廊道顶拱在高程上一般高于冷却水管布置高程,因此在跨越廊道顶拱两侧会增加冷却水管的弯曲,可能会出现弯折情况。

本工程廊道高程的碾压混凝土浇筑时,单仓浇筑高度一般为 3m ,布置两层冷却水管。一般第一层冷却水管位于廊道底板高程,采用穿过廊道底板预埋的布置方式。第二层冷却水管则采用跨越廊道顶拱进行布置。

现场检查中发现施工单位进行廊道底板浇筑过程中,为方便模板安装,采用原上下游面大块钢模板,预埋的冷却水管往往从廊道底板浇筑顶面上下游边缘穿出。在后续碾压仓备仓过程中,安装廊道模板和廊道钢筋时容易碰到预埋冷却水管,造成冷却水管弯折,特别是出混凝土面位置的弯折,对后续碾压仓冷却水管布置带来较大麻烦。浇筑过程中也会出现类似情况。为保证冷却水管布置良好,进行廊道底板仓面设计审查时应注意加强模板布置和冷却水管预埋部位的审查,要求施工单位预埋冷却水管应从上下游侧面穿出,并在该部位采用木模板并预留穿出孔洞。对于预埋冷却水管外露长度也应进行控制,在保证接头足够长度的情况下,一般外露长度控制在 $50\text{cm} \sim 80\text{cm}$ 为宜。同时应在备仓及浇筑过程中监督施工单位,注意对外露冷却水管的保护。进行碾压仓浇筑旁站过程中,应提醒施工单位注意控制廊道上下游侧浇筑速度,上下游浇筑进度尽量一致,尽量保证每层冷却水管上下游侧同时布置,以便于通水检查,确保冷却水管布置质量。完成跨廊道顶拱冷却水管布置后,应注意该部位廊道两侧变态混凝土浇筑,振捣时注意控制冷却水管



弯曲的位置,避免弯折。

3.5.3 跨纵缝处理

大坝混凝土浇筑过程中纵缝对冷却水管的布置也有较大影响。本工程低高程阶段主要在变态混凝土浇筑仓块设置有纵缝。当先浇筑上游块时,冷却水管和温度传感器电缆直接从纵缝穿出,穿过整个下游块到大坝下游侧分控站。而进行下游块备仓作业时,由于仓面内含有上游块的冷却水管和温度传感器电缆,对备仓造成很大影响,极易出现冷却水管破损、温度计电缆损坏的情况,大大增加了维护难度。因此,对于设置纵缝的坝段最好采用先下游块再上游块的施工方式,在下游块浇筑过程中预埋上游块所需的进水和回水管路以及温度传感器电缆或电缆穿线预埋管路。

3.6 温度传感器布置

温度传感器按大仓每5个坝段2~3根,独立小仓1~2根布置。碾压大仓面温度传感器埋设为第一个坝段上游四分之一处,中间坝段中部,最后一个坝段下游四分之一处。温度传感器进场后应及时进行率定,确保温度传感器正常。安装前也应对温度传感器进行检查,确保使用前温度传感器完好。碾压混凝土内的温度传感器及电缆的埋设采用后埋法。在埋设高程碾压分层施工完成后,挖设坑槽。坑槽深度大于20cm,采用该部位原混凝土,剔除大于40mm粒径骨料的新鲜混凝土进行人工回填并捣实,确保回填混凝土的密实。由于在溢流坝段温度传感器电缆不得从溢流面穿出,因此,须做好温度传感器电缆跨横缝处理。

3.7 采集分控站迁移

现场施工高峰期时,现场混凝土浇筑、碾压混凝土入仓道路临时变化、备仓过程模板拆除作业、混凝土仓面冲洗、混凝土养护、供水管路改线等均对分控站产生一定影响,其中,影响较大的为入仓道路临时变化和供水管路改线。入仓道路临时变化会导致一个或多个分控站拆除、迁移,从而导致该区域智能通水中断。铺筑入仓道路易造成内部温度传感器外露电缆损坏或引起内部温度无法采集,从而导致无法指导冷却通水。这就要求在分控站拆除和迁移过程中加强温度传感器电

缆和外露冷却水管的保护和标记。一般将外露冷却水管整理后对该区域采用细石渣或细砂进行足够厚度的覆盖,温度传感器电缆采用穿管保护,保证修筑过程中不会被石块砸断或压断。另外,对温度传感器电缆和外露冷却水管接头做好标记,确保与分控站设备接口一一对应。供水管路改线将导致通水中断,内部温度无法控制,因此应尽量保证供水正常,如必须改线应尽快施工,尽可能缩短供水中断时间。

针对上述情况,应提前规划,在年度温控方案中直接说明,在月施工计划中也须做好分控站与施工通道、供排水管线、入仓口之间的相互配合,尽量避免采集分控站运行过程中的迁移。

4 系统软件管理

大体积混凝土智能温控系统软件是现场温控设备的延伸,是整个智能温控系统的核心,通过无线网络接收现场数据,并将各类指令发送至现场分控站,指导现场温控设备进行各项温控措施。施工单位安排专人负责将现场浇筑信息、温控设备使用信息、水管信息等录入软件系统,并完成调试工作,保证软件及硬件运行正常,同时负责系统软件的预警处理工作。软件研发单位系统管理员协助指导施工单位进行系统的日常使用和维护工作。监理单位安排专人负责对施工单位录入的各项基本信息进行审核,确保与现场实际情况相一致,监督施工单位完成调试工作,确保现场分控站正常运行,开始进行智能通水;根据系统软件预警信息监督施工单位及时进行预警处理。

根据目前本工程智能温控系统软件运行以来的管理情况,智能温控系统运行初期出现最多的问题在于录入信息错误、录入不及时等,主要是由于初次运用智能温控系统,对温控系统软件和现场温控设备不熟悉,智能温控系统应用与过去温度控制管理有所差别,施工人员思想观念尚未转变,认为温控系统应用增加了很多的录入工作,增加了较多的工程量,导致温控系统软件管理与现场温控实际管理存在一定的脱节现象。

随着混凝土的浇筑,温控系统和温控设备逐步应用,温控系统逐渐融入到混凝土温控 (下转第77页)