

锦屏一级水电站右岸工程4.5 m 升层浇筑试验仓温控分析

旷强平

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川 成都 610091)

摘要:总结了锦屏一级水电站大坝右岸工程4.5 m 升层浇筑试验仓混凝土入仓温度和浇筑温度控制、混凝土内部温度控制及混凝土通水冷却情况,为全面进行拱坝4.5 m 升层混凝土浇筑施工提供了有力的技术指导。

关键词:4.5 m 升层;温控;锦屏一级水电站

中图分类号:TV7;TV544;TV522

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增1-0056-04

1 概述

锦屏一级水电站混凝土双曲拱坝坝顶高程为1 885 m,最大坝高305 m,大坝分为26个坝段,大坝右岸工程包含14至26号坝段。

大坝混凝土温控主要通过拌和楼风冷水冷控制混凝土出机口温度、混凝土运输入仓和浇筑管理、坝体通水冷却、养护及保温对大坝混凝土进行温度控制,以确保混凝土最高温度、降温速率、目

标温度、内部温差及梯度符合温控技术要求,防止混凝土产生裂缝而危及大坝运行安全。

2 4.5 m 升层试验仓的基本情况

本期试验仓共计8个单元,混凝土浇筑方量总计约5万m³,共埋设温度计110支。

本期大坝右岸4.5 m 升层浇筑各仓仓面设计及基本情况见表1。

3 混凝土入仓温度、浇筑温度检测情况

表1 各仓仓面设计基本情况表

序号	仓位	起止高程/m	面积/m ²	方量/m ³	设备配置	冷却水管布置/m	监测仪器/支
1	15#-17	1 616~1 620.5	1 440	6 471	4 缆4平4振	1.5 m×1.5 m	27
2	15#-18	1 620.5~1 625	1 380	6 205	4 缆4平4振	1.5 m×1.5 m	27
3	19#-10	1 673~1 677.5	1 840	8 267	3 缆3平3振	1 m×1.2 m	9
4	19#-11	1 677.5~1 682	1 690	7 610	3 缆3平3振	1 m×1.2 m	9
5	19#-15	1 691~1 695.5	1 320	5 942	3 缆3平4振	1 m×1.2 m	11
6	19#-16	1 695.5~1 700	1 311	5 942	3 缆3平4振	1 m×1.2 m	9
7	19#-17	1 700~1 704.5	1 307	5 942	3 缆3平4振	1 m×1.2 m	9
8	20#-6	1 688~1 692.5	843	4 147	3 缆2平3振	1 m×1.2 m	9支
合计	/	/	11 131	50 526	/	/	110

从出机口至上坏层混凝土覆盖前的温度回升值不超过4℃,浇筑温度按不超过11℃控制,浇筑温度合格率要求大于90%且超标值不高于2℃。

试验仓共计检测入仓温度1 076次,最高温度为10.1℃,最低温度为5℃,平均温度为5.7℃,合格率为100%。

试验仓共计检测浇筑温度966次,最高温度为13.8℃,最低温度为7.2℃,平均温度为9.9

℃,合格率为95.7%,满足规定要求。

4 混凝土内部温度控制

控制混凝土内部温度从控制浇筑温度开始,混凝土浇筑完毕,实施及时有效的保温、养护措施,实行个性化通水,按照通水日计划动态调整各冷却水管通水的流量、温度,严格控制混凝土内部温度变化,避免最高温度、降温速率、仓内温差超标,谨防温度反弹。

4.1 最高温度及符合率统计分析

分区按照设计要求的26℃、27℃、28℃、29

收稿日期:2015-04-25

℃最高温度控制,低温季节(每年11月~次年2月)最高温度按照不低於一冷目标温度控制,岸坡坝段最高温度控制可略高於一冷目标温度(23℃)。其他时段对应控制在23℃~26℃、24℃~27℃、25℃~28℃、28℃~29℃,符合率要求大于95%,最高温度不允许超标。

根据统计得知:除19#-16、20#-6仓内部最高温度符合率分别仅为55.6%和66.7%外,其余各仓最高温度符合率为100%。

表2 单元内部温差控制情况表

一期冷却			中期冷却			二期冷却结束温度		
≤4℃单元数/个	总单元数/个	符合率/%	≤4℃单元数/个	总单元数/个	符合率/%	≤2℃单元数/个	总单元数/个	符合率/%
10	16	62.5	35	44	79.5	46	56	82.1

注:本表统计时段为2011年6月16日至6月23日。

5 混凝土通水冷却

5.1 大坝各期冷却通水成果

根据统计得知:一期冷却进水温度平均为13.3℃,出水温度为15℃,进出水平均温差为1.7℃,平均流量为1.44 m³/h;中期冷却进水温度平均为13.7℃,出水温度为15.3℃,进出水平均温差为1.6℃,平均流量为1.08 m³/h;二期冷却进水温度平均为9.6℃,出水温度为11.2℃,进出水平均温差为1.6℃,平均流量为1.11 m³/h。

表3 各期冷却降温幅度及历时控制情况表

单元工程名称	一期冷却			中期冷却			二期冷却				
	最高温度/℃	历时(≥5 d)	结束温度/℃	历时(≥15 d)	降幅(5℃~6℃)	结束温度/℃	降幅(3℃~5℃)	历时(≥28 d)	结束温度/℃	降幅(3℃~6℃)	历时(≥42 d)
15#-17	24.5	4 d 22 h	20.8	28 d 1 h	3.7	17.8	3	107 d	12.75	5.05	85 d
15#-18	24.6	5 d 2 h	21.2	28 d 9 h	3.4	17.7	3.5	107 d	12.9	4.8	85 d
19#-10	25.6	5 d 12 h	20.6	28 d 10 h	5.1	18.3	2.3	47 d	/	/	/
19#-11	24.6	4 d 8 h	20.8	27 d 19 h	3.8	17.8	3	38 d	/	/	/
19#-15	25.9	10 d 0 h	21.9	29 d 5 h	4	/	/	/	/	/	/
19#-16	27.9	9 d 20 h	/	/	/	/	/	/	/	/	/
19#-17	23.3	3 d 12 h	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20#-6	31.5	9 d 8 h	/	/	/	/	/	/	/	/	/

5.3 各期冷却目标温度控制情况

按照一冷目标温度为21℃~23℃,中冷目标温度为17℃~18℃,二冷目标温度为12℃~15℃进行控制,将一期和中期冷却目标温度的偏差控制在-2℃以内,二期冷却目标温度偏差为

4.2 单元内部温差控制情况

为避免混凝土内部温度梯度过大而产生裂缝,要求严格控制同一单元内部温差一期、中期≤4℃,二期≤2℃。温差符合率大于95%,按照符合单元数/总单元数计算。

经过统计,一期、中期和二期冷却内部温差符合率分别为:62.5%、79.5%和82.1%,均未达到95%的规定水平。单元内部温差控制情况见表2。

5.2 各期冷却降温幅度及历时控制情况

降温幅度根据各阶段目标温度要求并结合上一阶段目标温度实际控制情况确定,一般一冷降幅为5℃~7℃,冷却天数≥21 d;中冷降幅为3℃~5℃,冷却天数≥28 d;二冷降幅为3℃~6℃,冷却天数≥42 d。因冷却水管间距不同,冷却天数有所不同,控温和降温天数具体按照温控技术要求控制。各期冷却降温幅度及历时控制情况见表3。

-1℃。各期冷却符合率应大于95%,按照各期结束的目标温度范围内的单元数/总单元数(不含正在冷却的单元)计算。各期冷却目标温度控制情况见表4。

5.4 各期冷却降温速率控制情况

表4 各期冷却目标温度控制情况表

序号	单元名称	一期冷却			中期冷却			二期冷却		
		历时 (≥21 d)	时差 /d	结束温度 /℃	历时 (≥28 d)	时差 /d	结束温度 /℃	历时 (≥42 d)	时差 /d	结束温度 /℃
1	15#-17	28 d 1 h	+	20.8	107 d	+	17.8	85 d	+	12.8
2	15#-18	28 d 9 h	+	21.2	107 d	+	17.7	85 d	+	12.9
3	19#-10	28 d 10 h	+	20.6	47 d	+	18.6	/	/	/
4	19#-11	27 d 19 h	+	20.8	38 d	+	17.6	/	/	/
5	19#-15	29 d 5 h	+	21.9	/	/	/			
6	19#-16	/	/	/						
7	19#-17	/	/	/						
8	20#-6	/	/	/						
符合率		100	100	40	100	100	75	100	100	100

注:表中d代表天数,h代表小时数。

一冷降温速率≤0.5℃/d;中冷降温速率≤0.3℃/d;二冷降温速率≤0.3℃/d。降温速率符合率应达到95%以上且不能出现连续两天超标,并且超标的不能大于设计要求的0.1℃/d。

最高温度下降2℃后开始计入降温速率符合率评定。降温速率每天统计一次,符合率按照当天观测降温速率满足要求的温度计数量/观测温度计总数量,统计情况见表5。

表5 各期冷却降温速率控制情况统计表

项目	一期降温速率			中期冷却降温速率			二期冷却降温速率		
	符合数	超标数	连续超标数	符合数	超标数	连续超标数	符合数	超标数	连续超标数
右岸	79	6	1	175	17	5	153	4	0
符合率/%	92.4			90.3			98.7		

注:本表统计时段为2011年6月16日至6月23日。

5.5 内部温度控制分析

5.5.1 各仓最高温度控制

在高温季节,为控制新浇混凝土内部温升过快,现场采用了最大流量,通11℃~12℃低温水及仓面流水养护控温,但最高温度仍然没有得到完全控制。除20#-6温度少量超标外,其余各仓最高温度均低于设计要求的27℃。根据统计得出,最高温度出现时间在4~8d,一般在5~7d。

5.5.2 各仓内部温度过程线控制

在最高温度出现后,各仓通过调整温度和流量,严格按照设计要求控制降温速率。

15#-17仓最高温度未超标,一冷、中冷、二冷降温速率均没有超过设计标准,个别温度计在一冷期间温度出现反复,最高温度偏低,个别温度计在二冷末期温度较低,显示出不同步,各部位温度控制不够协调。

15#-18仓最高温度未超标,一冷、中冷、二

冷降温速率均没有超过设计标准,各部位温度同步变化,温度控制比较协调。

19#-10仓最高温度未超标,但部分温度计显示最高温度偏低。一冷期间各部位温差较大,没有做到同步升温 and 降温,温差,降温速率基本都没有超标,个别温度计温度出现反弹。

19#-11仓埋设了3层温度计。第一层、第二层温度曲线达到标准,但第三层温度曲线在一冷期间出现反弹,且部分时段降温速率超标。

19#-15仓各支温度计温度变化不均匀,出现反弹,降温速率基本没有超出规定范围。但同期各支温度计温度变化不同步,温差超出规定范围(4℃)较多。目前处于中期冷却,温度变化趋于同步一致。

19#-16仓各支温度计在一冷控温阶段温度变化比较同步,但二次高峰出现时陡升、陡降的情况发生,并有温度计出现温度超过最高温度设计

标准的情况。一冷降温阶段各支温度计温度变化不同步,温差较大,接近极限允许值。

19#-17仓在一冷控温阶段温度早期提升很快,然后变缓,达到最大。各支温度计温度值相差较大且变化不够平稳,某时段降温速率超标。一冷末期,各支温度计温度趋于协同。

总体来说,通水冷却的混凝土温度控制过程基本满足设计要求。

6 结语

4.5 m升层浇筑试验仓混凝土入仓温度和浇筑温度控制总体符合设计要求,未给混凝土内部最高温度控制带来大的困难。根据岸坡坝段4.5 m升层仓控温较难的情况,冷却水管采取了1 m×1.2 m布置,观其效果总体是有效的。

从内部温度过程曲线看,通水冷却控制不够好,主要存在降温速率、温度反弹、平差等问题。4.5 m升层的温控问题应该不是技术问题,而是管理问题。从实际情况看,控制混凝土内部温度的关键还是通水冷却。项目部通过采取冷却通水自动采集系统实现个性化通水,及时预警,及时有效地控制混凝土内部温度变化。

通过4.5 m升层浇筑试验仓温控总结可以得出一个结论:拱坝大体积混凝土浇筑4.5 m升层是可行的。

作者简介:

旷强平(1971-),男,湖南娄底人,项目质安部部长,工程师,从事水电工程施工质量、技术与温控工作。

(责任编辑:李燕辉)

· 书讯 ·

《论工程施工合同范本及其更新》征订启事

作者徐铨教授从事水利水电工程建设技术工作52年,集前半生之设计经验,后半生之监理经验、咨询经验、仲裁经验,对监理合同范本尤其对施工合同范本进行了深入探讨,近七、八年来对范本的前因后果进行了梳理、领悟和思考,获得一系列新认识。认识的根据是《合同法》,而来自二滩水电站工程的、按第四版菲迪克合同条件所进行的十年合同管理经验提供了诸多帮助;认为当事人条款约定有欠平等、公平、诚信,监理人条款约定偏向发包人,所以提出对施工合同范本的更新。更新的第一个含义是通过对书面合同的整体解释,推定某些约定应属无效;更新的第二个含义是修改哪些约定,提出了平等、公平、诚信的主要通用合同条款,对此称之为展望的管理模式。此外,对区别工程风险与不可抗力、风险事故责任与事故责任,对指向发包人标的变更的分类,按双方违约求解同期延误等类合同问题,对监理人的法律定位以及与当事人的法律关系等进行了求证或论述。

该书的直接对象是监理人、发包人、承包人;可供合同范本、监理规范和监理教材编写人员,大、中院校相关师生、教学研究人员参考。因为《合同法》与国际接轨,所以对涉外合同管理人员、工程技术人员也有一定的参考价值。

该书为大16开本,2015年5月由西南交通大学出版社出版,书号为ISBN 978-7-5643-3882-4,字数为555千字,每本书重近1公斤,每册定价88元,邮购需每册另加13元。

购书款请汇至四川电力年鉴编辑部
 指定账户:成都电鉴文化传播有限公司
 开户行:民生银行成都青羊支行
 账号:200 801 383 000 2248
 联系人:李燕辉 13980099327

