

21世纪长江水电开发

论文集

中国三峡总公司 主办

21 世纪长江水电开发论文集



ZHONGGUO SANXIA JIANSHE

2006 年 8 月增刊

1994 年 12 月创刊(双月刊)

主 管:国务院三峡工程建设委员会
主 办:中国长江三峡工程开发总公司
编辑出版:《中国三峡建设》杂志社
地 址:湖北省宜昌市东山大道 80 号
邮 编:443002
电 话:(0717)6762750、6762575、6767525
传 真:(0717)6767527
网 址:<http://www.ctgpc.com.cn>
投稿邮箱:kou_weihong@ctgpc.com.cn

本 刊 顾 问:蒲海青 陆佑楣 潘家铮
编委会主任:李永安
常务副主任:曹广晶
编委会委员:漆 林 杨 清 林初学
毕亚雄 樊永祥 郑守仁
张超然 喻新强 邓 剑
黄国安 汪元良 王耕农
刘福银 金长江(常务)

出 品 人:金长江
主 编:张立先
编辑部主任:于翔汉
发行部主任:寇卫红
责任编辑:寇卫红

印 刷:长江委航测信息工程院
发行范围:公开发行
国内发行:宜昌市邮政局
订 阅:全国各地邮局
邮发代号:38—218
国外发行:中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱)

国外代号:BM 4527
国际标准刊号:ISSN 1006—6349
国内统一刊号:CN 42—1388/TV
增 刊 号:鄂新出增刊字(2006)第 090 号
广告经营许可证号:4205004000012
定 价:28.00 元

目

次

工程科技

- 3 三峡三期大坝工程部分难点施工对策 肖兴恒 赵毅
- 5 三峡三期大坝混凝土浇筑质量控制技术应用 徐启辉 张俊霞 张建山
- 8 三峡三期工程混凝土浇筑计算机仿真系统 杨丹锋
- 11 三峡三期工程混凝土原材料及配合比对混凝土温控及防裂作用研究
..... 鹿国伟 王爱斌
- 16 三峡三期工程施工区环境监理新模式探讨 汪 达
- 19 三峡右岸电站厂房 IIA 标段封闭帷幕减压排水灌浆生产工艺性试验研究
..... 田启超
- 22 三峡三期厂坝廊道排水沟及顶拱钢模板的设计与应用 张建山 张俊霞
- 23 三峡地下电站快速门的安装与下门 乐 丰 赵承刚
- 25 三峡右岸厂房 15[#]~20[#]坝段压力钢管外包混凝土施工监理控制
..... 赵 毅
- 27 三峡工程地下电站主厂房岩锚梁开挖施工技术 张志斌
- 30 复合土工膜在三峡二期围堰试验研究及应用 孙开畅 李军
- 32 三峡二期工程导流底孔封堵生产性试验的实施及质量控制
..... 王忠民 许光明 杨辉
- 36 三峡工程压力钢管上弯段凑合节安装技术探讨 王德金 孙 柏
- 38 三峡大坝基础灌浆施工主要技术问题及解决措施 李 焰
- 41 大型水电工程主材供应管理绩效初探 王为华
- 44 水电工程施工供电概述 管树魁
- 47 利用周期迭加外延方法制作长江上游各流域面雨量的中长期预报
..... 孙士型 于大峰 田刚等
- 49 三峡励磁阳极过电压保护装置研究与试验分析 陈开来 陈小明 何幼军
- 51 溪洛渡电站辅助道路地质问题及处理 兰艇雁 张天华
- 54 宛坪高速公路软弱围岩浅埋大跨度双连拱隧道施工技术 李任良
- 59 三峡水电站左岸厂房水轮发电机特点分析 苏树昕
- 62 论“加权因子”的权重分布对转轮水力开发的导向作用 宋立人 徐 军
- 65 三峡大坝温控仿真反馈分析系统简介 戴会超 许 平
- 67 数字式安全稳定控制装置在三峡电力系统的应用 汤维贵 田 力
- 70 无源零开断的自动灭磁装置及方法简介 黄大可
- 71 溪洛渡水电站施工期生活供水规划 向 波
- 73 浅析施工期监理的产品 莫思芳

21 世纪长江水电开发论文集

目 次

- 75 岩溶地段隧道施工策略..... 李任良
78 关于 GB/T6402 标准与 CB/T1159 标准附录 B 部分内容对照的分析.....
..... 林庆煌 周月明 赵建方
80 三峡工程升船机及临时船闸坝段变形监测成果分析..... 赵思汗
82 葛洲坝电厂大、二江联络线短线保护改造 李玉蓉 刘广建
85 新老粉煤灰标准需水量比对比试验研究..... 张淑芝 马正梅
87 快速提高风电设备生产技术之路..... 刘茂祥
90 大型水电工程对区域经济发展影响的分析..... 陈 涛
93 三峡工程机组安装过程演示系统集成技术 吴正佳 刘灿学 刘笋萌

综合管理

- 97 论三峡工程制度创新..... 傅振邦
102 长江电力创建国际一流水电厂的评价标准探讨 程永权
104 梯级水利枢纽的水电联合调度管理 袁 杰 葛文波
108 大型复杂项目知识管理之道 车春鹏
110 项目管理在企业战略管理中的应用初探 桂许德
112 论提高企业管理者的自主创新能力 黄永盛
114 论企业员工全面薪酬制 王长波
116 TGPMS 在项目合同管理工作中的应用 张 宁
118 溪洛渡工程建设小业主大监理项目管理模式初探 刘晓东
122 我国企业债券的个案研究 金才玖 李镇光
124 信息资源规划(IRP)——企业信息化建设的根基 刘 华
126 机电设备安装与调试工程竣工资料管理工作综述 邓先国 陈伟
128 从三峡工程管理系统(TGPMS)中导出数据功能的研究与实现.....
..... 周竞亮 陈闽华
130 深度报道在企业报刊中的地位、作用及写作..... 于学钧 陈伟
133 在实践中弘扬三峡移民精神 郎 诚
134 浅谈水电建设项目实施阶段的造价控制 李 政
136 浅谈三峡电源电站工程项目经营管理思路 肖保林
138 关于面向工程建设的多项目管理平台的设想 陈 榕
141 面对新形势 采取新举措 切实做好移民工作 彭作佩

封面·封底 摄影:魏启扬



ZHONGGUO SANXIA JIANSHE

2006 年 8 月增刊

1994 年 12 月创刊(双月刊)

主 管:国务院三峡工程建设委员会
主 办:中国长江三峡工程开发总公司
编辑出版:《中国三峡建设》杂志社
地 址:湖北省宜昌市东山大道 80 号
邮 编:443002
电 话:(0717)6762750、6762575、6767525
传 真:(0717)6767527
网 址:<http://www.ctgpc.com.cn>
投稿邮箱:kou_weihong@ctgpc.com.cn

本 刊 顾 问:蒲海青 陆佑楣 潘家铮

编委会主任:李永安

常务副主任:曹广晶

编委会委员:漆 林 杨 清 林初学
毕亚雄 樊永祥 郑守仁
张超然 喻新强 邓 剑
黄国安 汪元良 王耕农
刘福银 金长江(常务)

出 品 人:金长江

主 编:张立先

编辑部主任:于翔汉

发行部主任:寇卫红

责任编辑:寇卫红

印 刷:长江委勘测信息工程院

发行范围:公开发行

国内发行:宜昌市邮政局

订 阅:全国各地邮局

邮发代号:38—218

国外发行:中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱)

国外代号:BM 4527

国际标准刊号:ISSN 1006—6349

国内统一刊号:CN 42—1388/TV

增 刊 号:鄂新出增刊字(2006)第 090 号

广告经营许可证号:4205004000012

定 价:28.00 元

文章编号:1006-6349(2006)08-0003-02

三峡三期大坝工程部分难点施工对策

肖兴恒 赵毅

(中国三峡总公司,湖北宜昌 443133)

摘要:按照调整计划三峡三期工程将提前1年完工,工程建设要求高,工期紧,难点突出,通过三峡工程建设者的努力,成功地在高温季节浇筑了3m升层混凝土,试验采用了低热水泥,并在模板、钢筋制安、混凝土浇筑及养护工艺上下工夫,保质保量地完成了工程建设任务。

关键词:三峡三期;工程;难点;施工;对策

中图分类号:TV 33; TV 42+1

文献标识码:B

1 概述

三峡三期右岸大坝工程为混凝土重力坝,坝顶高程为185m,最低建基面高程30m,最大坝高155m,上下游方向设两条纵缝将其分为三块,从上游至下游方向依此为甲块、乙块和丙块。坝段分为宽25m的钢管坝段和13.3m的实体坝段部分。上游在高程98m以上外悬12.5m的拦污栅支撑牛腿,高程98m以上设电站进水口拦污栅;钢管坝段在高程108m处设有电站厂房引水管进水口、下游坝坡有12条直径12.4m压力钢管及其外包混凝土。根据工程进度计划安排,2006年5月右岸大坝全线达到坝顶,汛期大坝能按要求抵挡一定频率的洪水,保证2006年汛期安全度汛,并实现右岸电站首批机组2007年发电。三峡工程技术复杂,要求高,特别三期工程需要在原定计划的基础上提前发挥工程的防洪效益,工期加紧,难点突出。

2 右岸厂房坝段3m升层研究实施

2.1 必要性

按年计划及2m升层措施,各钢管坝段甲块年升层数35~38层,由于2005年初过孔口施工进度受到限制,前5个月各钢管坝段甲块上升层数仅7~9层,每个坝段平均每月还要上升4层方可满足年计划要求,采用2m升层难以完成任务,需要采用3m升层。尽管3m升层混凝土在三峡二期工程中在低温季节进行过少量施工尝试,但要跨高温季节浇筑3m升层混凝土在混凝土的温度控制方面仍具有相当的挑战性。

2.2 3m升层混凝土模板稳定复核

按相关规范及混凝土上升速度(0.4m/h)计算混凝土侧压力,采用D22多卡模板或采用D15多卡模板加设两排16圆钢拉条,拉条采用0.75m间距经复核可满足受力要求。

2.3 混凝土温控措施

实施3m升层时段在2005年6~10月,即要在高温季节浇筑3m升层混凝土,如何搞好混凝土温度控制是一大难题。解决这一难题的总思路是用较高入仓强度保证浇筑温度。具体措施包括:机口温度7℃;单楼单仓,入仓强度在80~120m³/h;避开高温时段浇筑混凝土;布置两层冷却水管(第一层铁管,第二层塑料管),高标号区按水平间距1m,低标号

区按水平间距1.5~2m布置;开仓即通制冷水,前5天大流量通水并埋设测温管指导通水等措施。

2.4 实施及检测情况

三峡三期右岸大坝工程不仅质量要求高,而且工期紧,如按年计划15~20号厂房坝段年均需上升高度60.7m,但前5个月仅上升13m,进入6月份逐步推广3m升层,至10月底离年计划只差10m。

三峡右岸大坝工程甲块共浇筑3m升层136个仓,计25.95万m³,混凝土浇筑温度超温率控制在0.3%以下,最高温度均未超标(15~20号厂房坝段6~10月的61个仓次3m升层温度监测成果,最高温度35℃,32℃~35℃的占39%,30℃以下的占41%)。高温季节(6~9月)共浇筑92个仓,计19.13万m³,浇筑强度57.4~182.0m³/h,平均浇筑强度95.7m³/h,平均坯层覆盖时间3.2h。监理对已完成的大坝甲块3m层混凝土进行拆模后形体测量,偏差小于20mm的测点达96.9%,表明没有发生跑模现象。

3 丙块钢管槽混凝土浇筑

三峡水利枢纽厂房坝段钢管坝段在丙块高程48.8m以上设有预留槽,预留槽布置在钢管坝段中间,宽16.4m,顺流向覆盖乙、丙块。预留槽内安装压力钢管并浇筑压力钢管外包混凝土。三期工程15~20号坝段管槽混凝土回填,在高程120m栈桥形成前,因入仓手段限制,压力钢管外包混凝土利用混凝土泵机浇筑,前期泵机布置在右岸厂房排沙孔坝段高程82m平台上,泵管顺伸缩节室一线搭设的排架和水平交通栈桥布置;高程120m栈桥形成后,利用高程120m栈桥上的门塔机配卧罐入仓;高程120m栈桥占压的部位采用侧卸料车由漏斗、钢管配My-box溜筒入仓。根据施工实际进度,钢管槽回填需要跨过2005年高温季节,由于进度原因也需要采用3m升层,加之在高程120m栈桥形成前入仓手段受到限制,采用泵送混凝土水泥用量大,给控制混凝土温度带来困难。为此除需要加快高程120m栈桥的贯通外,在原材料方面试验采用了低热水泥,同时加强现场温度控制措施以期控制好管槽混凝土的温度。

3.1 管槽回填混凝土试验采用低热水泥

中热、低热水泥物理力学性能检测结果见表。

表 中热、低热水泥物理力学性能检测结果

水泥品种	凝结时间		比表面积 (m ² /kg)	安定性	抗压强度 (MPa)			抗折强度 (MPa)			碱含量 (%)	水化热 (kJ/kg)		MgO (%)	SO ₃ (%)
	初凝 (min)	终凝 (h)			3d	7d	28d	3d	7d	28d		3d	7d		
42.5中热	182	3.8	322	合格	17.5	23.9	45.1	3.7	5.1	8.5	0.40	206	255	4.18	2.02
42.5低热	166	3.8	345	合格	/	16.6	43.2	/	4.1	7.4	0.27	179	217	4.04	2.76

在3组中、低热水泥混凝土进行现场生产性试验。试验要求混凝土配合比、温度计埋设位置(与离冷却水管及混凝土边缘的距离、仪器间距,以及距收仓面的高度)、通水条件等基本一致。试验时间为2005年8月,试验部位为右岸厂房坝段的15~20号管槽6个仓,其中15号与16号管槽、17号与18号管槽、19号与20号管槽分别为对比组。根据现场情况在管槽左右两侧各埋设一组测温管和1支无应力计,共埋设测温管12组、无应力计12支,测温管观测14天(最高温未出现时相应延长)。无应力计仪器安装后24小时内每4小时1次,之后每天观测3次至7天龄期,然后每天观测1次至15天,以后每周观测1次至混凝土龄期3个月。

3组管槽混凝土温度对比观测结果表明,低热水泥混凝土温峰出现时间比中热水泥混凝土平均推迟约2天,低热水泥混凝土最高温度比中热水泥混凝土平均约低2.1℃,低热水泥混凝土温升比中热水泥混凝土平均约低3.1℃。

3.2 现场混凝土温度控制措施

避开高温时段开仓浇筑混凝土开仓时间一般控制在下午气温开始下降的时候;利用管槽的有利体形搭设遮阳棚;泵管包裹保温被;仓内布置两层铁质冷却水管,按层间间距1.5m,水平间距1m布置,两层冷却水管在开仓之前布置妥当;开仓即通制冷水,前5天大流量通水并埋设测温管指导通水等措施。

4 电站进水口施工

右岸厂房坝段电站进水口顺流向分为喇叭口、渐变段,渐变段末端与直径为12.4m的圆断面压力钢管连接。每孔电站进水口顺流向由上至下设有两道闸门,即电站进水口检修门,电站进水口快速工作门。渐变段下游端至纵缝I为电站进水口压力钢管埋管段,埋管段长约11m。

4.1 渐变段模板施工

渐变段模板分为底模、侧墙模板和顶模三种,除底模为定型木模板外,其余模板均采用定型钢模板。

每孔渐变段侧墙模板又分为角模、边模(两种规格),顺流向各分为5块,每块长3m,对称加工。每孔顶模顺流向分为7块。侧墙模板和顶模均由6mm厚钢板与钢桁架组成,钢板背面设筋板,模板与模板间采用M18螺栓连接。钢桁架采用型钢加工制作,通过节点板与面板板筋焊接成整体。模板采用钢模台车支撑,通过可调节的顶杆与钢模台车连接。

模板钢模台车支架顺流向分为5组,且各支架间通过螺栓和连接杆连接成整体。台车支架安装在I18工字钢轨道上,轨道由I18工字钢支柱支撑,轨道与支柱间采用螺栓连接,在渐变段底板混凝土浇筑时预埋轨道支柱。在台车支架下口焊接[14槽钢,槽钢扣在轨道上,其间涂抹黄油,台车牵引采用手拉葫芦。

4.2 3层钢筋网施工

三期右岸厂房坝段进水口渐变段底板和顶板布置有3层钢筋网,侧墙布置有2层钢筋网,埋管段压力钢管周边设有3层钢筋网,钢筋直径28~40mm。渐变段周边钢筋密集,施工难度大,安装施工时按先施工环向筋、后施工轴向筋,先内层,后外层,先底部,后侧向筋的顺序安装。钢筋接头依设计图纸及施工规范要求错开,埋管段环向钢筋按同截面接头百分率25%布置,其余部分按同截面接头百分率50%布置。

钢筋与模板之间的保护层采用节安螺帽作支撑进行控制,节安螺帽一端抵紧模板,另一端焊接固定在结构钢筋上。钢筋绑扎安装完毕之后,及时妥加保护,避免发生错动和变形。

4.3 混凝土浇筑

按照设计要求,电站进水口混凝土标号为R₉₀300#D₂₅₀S₁₀。

钢筋密集区采用塌落度为5~7cm的二级料,快速工作门槽中心线上、下游各3m左右范围钢筋特别密集区浇一级料,埋管段钢管底部采用塌落度为16~20cm的二级料,其它部位采用塌落度为3~5cm的三级料。

低温时段采用平浇法浇筑,混凝土下料顺序遵循先高标号后底标号的原则,底板及侧墙处混凝土采用长柄 $\phi 100$ 、 $\phi 80$ 振捣器振捣。高温时段采用台阶法浇筑,台阶宽度4m左右。

喇叭口、渐变段底板挂样架人工抹面,渐变段底模施工部位在混凝土初凝前拆除模板,人工抹面收光。同一截面的抹面工作应同时进行,样架应逐个拆除,样架留下的槽迹应用原浆抹平收光。底板混凝土浇筑时,台车支柱埋设处底板预留30×30cm、深约5cm的浅坑,待台车拆除后,将外露支柱割除,再按照过流面修补标准进行修补抹面。

电站进水口埋管段底部混凝土前期浇至106.5m高程后进行埋管段金结压力钢管安装,为便于安装压力钢管及外包钢筋施工,在压力钢管部位高程105.0~106.5m范围预留管槽,管槽底宽为5.6m,管槽与收仓面以1:1斜坡连接。浇筑时,混凝土从管槽一侧下料,先浇20cm垫层,再浇筑2坯50cm层厚混凝土,靠钢管侧浇成一缓坡同预留槽1:1斜坡平顺相接,形成槽底混凝土下料斜面,斜面形成后,开始浇筑槽底混凝土,混凝土从一侧下料,直至混凝土填满钢管底部,并振捣密实。钢管底部以上采用左右对称下料。管槽浇筑过程中,安排人员进入钢管内用铁锤敲击钢管,检查钢管底部混凝土的密实性。

5 结束语

通过认真研究,确保了高温季节浇筑3m升层混凝土质量,三期大坝工程经检查还未发现裂缝。采用低热水泥,可减少混凝土2℃~3℃的温升,延迟混凝土温度峰值,有利于通水控制混凝土温升,管槽混凝土浇筑质量得到保证。电站厂房进水口混凝土浇筑拆模后过流面光滑,修补工作量很小。

□

(编辑:寇卫红)

作者简介:肖兴恒,中国长江三峡工程开发总公司试验中心主任,高级工程师。

赵毅,长江三峡技术经济发展有限公司三峡经理部厂坝监理部,工程师。

文章编号:1006-6349(2006)08-0005-03

三峡三期大坝混凝土浇筑质量控制技术应用

徐启辉 张俊霞 张建山

(葛洲坝集团公司三峡指挥部,湖北 宜昌 443134)

摘要: 三峡三期工程要全面实现一流,其混凝土浇筑质量控制贯穿于施工与管理的全过程。在三峡三期大坝混凝土施工中,通过加强过程控制,研究应用新技术、新工艺和实施精细化管理,确保了混凝土浇筑实物质量达到一流。

关键词: 三峡三期; 混凝土; 浇筑; 技术

中图分类号: TV 42

文献标识码: B

1 概述

三峡三期厂坝工程(1B标)为混凝土重力坝,其混凝土实物质量控制至关重要。在三峡三期大坝混凝土施工中,通过加强过程控制,不断研究应用新技术、新工艺和实施精细化管理,确保了已浇筑的210万 m^3 混凝土未出现一条裂缝。

2 混凝土浇筑质量一般控制技术

2.1 浇筑前准备

大坝混凝土浇筑准备是根据结构特点、结合现场条件,制定混凝土浇筑的具体施工方案,做好机具人员准备,保证水电及原材料供应,随时掌握季节天气变化。同时备好浇筑过程中所必须的排水设备和防雨、防暑、防寒等物资,以保证混凝土连续浇筑顺利进行。并注意检查模板的标高、位置、结构尺寸是否与设计符合;模板的紧密程度,支撑和固定是否可靠,缝隙和孔洞是否堵塞;钢筋与预埋件的规格、数量、安装位置及构件接点焊缝是否与设计符合,仓内杂物是否清除干净,安全设施、劳动力配备是否妥当,能否满足浇筑速度的要求。

2.2 仓面设计审查

三峡三期大坝浇筑仓面工艺设计是结合浇筑仓的结构特点、入仓手段、混凝土入仓强度和天气情况等对浇筑方法、台阶宽度、铺料顺序、混凝土标号级配、浇筑单元仓号层高度、质量保证措施和浇筑资源配置等进行审查,根据仓内配筋情况、周边影响因素和拌和系统供料能力,确定最优浇筑方案。

3 混凝土浇筑质量过程控制技术

3.1 检查资源配置

三峡三期厂坝,一般每个浇筑仓位配备11~13人,其中仓内指挥1人,下料、平仓、振捣8~10人(包括仓面清理)。如人工平仓工作量较大,平仓人数则相应增加。配置平仓机2台、f130振捣棒3台、f100振捣棒4台。实体坝段一般配置平仓机1台、f130振捣棒3台、f100振捣棒3台。遇特殊部位时,根据需要另配置长柄振捣棒或软管振捣棒。

3.2 检查入仓混凝土料

三峡三期厂坝入仓混凝土料采取“双控”措施,机口由检测监理对出机口混凝土坍落度、含气量、温度三项指标进行有效监督检查,不允许不合格混凝土料送出;若因拌和系统和运输系统等各种偶然因素的影响,造成不合格混凝土料入仓,现

场监理核对入仓混凝土料的相关指标,不合格的坚决挖除。

3.3 混凝土铺料控制

三峡三期厂坝施工始终做到:在开仓前将仓内的混凝土种类、各种混凝土的位置等内容给门塔胎带机操作人员(包括司机、供料斗操作人员)交底清楚,并画简要示意图书面交底,使拌和人员、受料斗分料人员、塔带机操作人员和仓面指挥人员都心中有数。仓面用对比色明显的油漆划出分区线、坏层线和收仓线。采用汽车供料时,汽车上设有明显的混凝土分类标志,使混凝土受料斗分料人员能及时区分是何种标号级配的混凝土。而在浇混凝土前,则将层面均匀铺设一层厚2~3cm的水泥砂浆,砂浆标号比同部位混凝土标号高一级,保证新浇混凝土能与老混凝土良好结合。其浇筑过程中一般不改变铺料程序和布料方向;一种标号混凝土结束后,留出必要间隔时间,再换另一种标号混凝土;而基岩凹凸不平或工作缝在斜坡上的仓位,则由低到高铺料,先填塘,再按顺序铺料;遇有廊道、钢管埋件的仓位,廊道、钢管两侧采用对称下料,均衡上升,其两侧高差不超过铺料的厚度(一般为50cm)。

3.3.1 大坝典型仓面的混凝土铺料方法

混凝土浇筑一般顺序是从下游向上游浇筑或从上游往下游浇筑,边前进、边加高,逐步向前推进并形成明显的台阶,直到浇至收仓高程。塔带机布料铺料过程中保持下料皮筒沿直线行走,缓慢均匀移动布料,始终“软着陆”,形成鱼鳞式料堆,减少骨料分离与堆积,并使坏层厚度控制在50~55cm范围内。混凝土下料时皮筒离仓面距离1.0~1.5m,砂浆下料时皮筒离仓面距离0.5~0.7m,尽量降低下料高度。一般来说,低温季节塔带机入仓均采用平浇,而仓面面积大于500 m^2 的,用台阶法浇筑,台阶的宽度 $\geq 5\text{m}$;仓面面积小于500 m^2 的仓位,采用平浇。对面积大、钢筋少、混凝土种类少的仓位,浇筑强度大于100 m^3/h 。对面积小、钢筋密集、混凝土种类多的仓位,浇筑强度大于80 m^3/h 。

3.3.2 混凝土铺料间隔时间

三期厂坝混凝土铺料间隔时间规定夏季高温季节混凝土坏层覆盖时间控制在2.5小时以内。坏层间歇覆盖时间尽可能缩短,并在前层混凝土凝结之前用振捣器振捣30S,振捣棒周围10cm内仍能泛浆且不留孔洞、混凝土还能重塑时,可继续浇筑混凝土。否则,停止浇筑,作为“冷缝”处理。

3.4 混凝土振捣控制

3.4.1 振捣施工步骤

大坝混凝土振捣施工步骤是:当下料具备振捣条件时,启动振捣器移动就位,降低振捣棒,使振捣棒平滑地插入混凝土中,插入深度为55~60cm,插入过程耗时约10秒;振捣棒插入到位后,开始持续地振捣15~17秒,至混凝土表面有气泡排出并开始泛浆后,将振捣棒慢慢的拔出,拔出速度约5cm/s,拔起过程约10秒钟;以从振捣棒开始插入到拔出完毕为一个振捣周期,时间共35秒钟左右。一个周期完成后,以0.8m的倍数尺寸水平移动振动棒,和上一振捣区搭接,开始下一循环振捣。

3.4.2 振捣方法

大坝混凝土的振捣方法有两种,一是垂直振捣,即振动棒与混凝土表面垂直;一是斜向振捣,即振动棒与混凝土表面成一定角度,约45°~60°。混凝土振捣做到“快插慢拔”,快插是为了防止先将表面混凝土振实而与下面混凝土发生分层、离析现象;慢拔是为了使混凝土能填满振动棒抽出时所造成的空洞。振捣过程中,振动器插点均匀排列,采用“行列式”或“交错式”逐点移动,使混凝土振捣均匀。

3.4.3 振捣关键控制点

大坝混凝土振捣关键控制技术包括:平仓振捣机只用于非钢筋浇筑区域施工,对于边角,止水片,廊道附近及钢筋密集等部位,配备一定数量的手持插入式振捣棒辅助施工;平仓振捣机振动作业时振捣棒离模板的距离至少在1m以上;振捣机移动时其距离不超过有效作用范围的1.5倍,顺序依次,方向一致,避免漏振;混凝土分层浇筑时,每层混凝土厚度不超过振动棒长的1.25倍,混凝土铺层厚度应为55~60cm左右,每一插点掌握好振捣时间,过短不易捣实,过长会产生离析现象。一般每点振捣时间为20~30s,使用高频振动器时,最短不少于10s,但应以混凝土表面呈水平不再显著下沉,不再出现气泡,表面泛浆为准。

4 特殊条件下混凝土浇筑质量控制技术

4.1 止水(浆)片周围

止水(浆)片周围浇筑时,对该部位进行重点监控。浇筑过程中,其周边采用三级配混凝土(宽度为2m),下料距止水(浆)片不小于1m,料堆高度不大于1m,振捣时振捣棒禁止触到止水(浆)片和支撑托架,止水(浆)片周围聚集的大骨料及时挖除,积泌水及时排干,保证其周边混凝土振捣密实;收仓时,止水(浆)片周边高出收仓面10~20cm,收仓面不与水平止水(浆)片平齐,而是在止水(浆)片下部预留30cm~50cm的空间或在上部覆盖30cm~50cm混凝土。

4.2 塔带机盲区

三峡三期大坝塔带机盲区范围内混凝土浇筑,主要采用定点下料方式施工。盲区以外则在盲区边缘处定点下料,平仓铲转料方式施工。一般采用三级配混凝土,用平浇法浇筑。每坯层厚度为40~50cm,振捣采用 $\Phi 130$ 振捣棒和 $\Phi 100$ 振捣棒;遇廊道部位,无法采用平仓机转料,则搭设溜槽进料。

4.3 雨天浇筑

三期大坝雨天浇筑控制技术包括:开仓前仓面准备足够的防雨布等器材,每仓不少于400m²;遇降雨量小于25mm/d时,适当减少混凝土拌和用水量,将混凝土出机口坍落度控制在下限(4~5cm);遇降雨量大于25mm/d时,停止浇筑,拌和

楼停止打料,自卸车及料斗内未进仓的混凝土作好覆盖,在混凝土初凝前未能恢复生产,作废料处理;同时,新浇筑混凝土的保护,不得淋雨,浇筑台阶及整个仓面全部用雨布覆盖;仓面浇筑接头振捣密实,按1:4坡比处理,作好停仓准备,降雨减小后混凝土接头尚未初凝,加铺砂浆恢复浇筑,若已初凝,则按水平缝面处理;抗冲耐磨混凝土需要抹面的部位,不选择在雨天施工;遇特大雨或暴雨,停止混凝土浇筑。

5 混凝土浇筑质量“常见病”预控技术

5.1 针对蜂窝、麻面、气泡

塔带机下料做到均匀铺料,有序移动下料皮筒,对没有钢筋的仓面,皮筒卸料口距仓面1.5m,混凝土料堆高度不超过1.0m,布料条带清晰,并有足够宽度,及时振捣,不出现漏、欠振;在模板周围布料时,卸料点与模板的距离保持1~1.5m,粗骨料人工分散后,再用平仓机振捣;对布有水平钢筋网的仓面,优化钢筋布置,适当改变钢筋接头形式与施工程序,先用二级料垫底后再浇三级料;靠近模板边缘认真复振,复振间隔时间冬季30~50min,其它季节按20~40min控制;贴近模板边下料先将积水吸干。振捣机振捣时距板面距离不得小于1.5m; $\Phi 130$ 振捣棒距板面距离不得小于1.0m; $\Phi 100$ 振捣棒距板面距离不得小于30cm;把边使用 $\Phi 80$ 棒或软管。经过认真实施,三期大坝外露面基本实现了无气泡。

5.2 针对骨料分离

骨料分离产生的原因是:混凝土料较干,和易性差;弧门放料不连续或料下得小;先浇块多卡模板施工平台影响布料(存在盲区),造成料堆过高;塔带机1#与2#皮带夹角过小或过大时,塔带机运行灵活性差,布料时难以摆动造成料堆过高;皮带输送混凝土料经过多次倒换后砂浆后置,开仓时所下混凝土料分离严重。采取的措施是:3~5cm坍落度的混凝土料按上限控制;保证弧门放料的连续性;钢管坝段的混凝土浇筑资源配置增加一台平仓铲,用平仓铲平仓,平仓机振捣,较好地解决了浇筑过程中骨料分离难题。

5.3 针对仓面积、泌水

仓面积水产生原因是: $R_{90} 150^\circ$ /四料的胶凝材料较少,混凝土料的保水性较差;混凝土料有皮带运输过程中骨料级配的变化,使骨料分布不均匀;骨料积累处理不彻底。采取措施是:增加混凝土料的胶凝材料用量;在浇筑过程中杜绝外来水入仓,疏通仓面周围的排水管沟,每个仓位配置2根吸管和足够的桶、瓢、棉纱等排水工具,及时处理仓面积、泌水;禁止以混凝土赶水,混凝土浇筑后12小时内不用流动水冲刷混凝土面,以此保证了混凝土的浇筑质量。

5.4 针对浮浆

其原因是混凝土料子干,用平仓机振捣时间过长后,造成过振;盲区部位采取赶料平仓形成过振;骨料分离造成某些部位骨料少砂浆多,振捣后浮浆较厚。采取措施是:3~5cm坍落度的混凝土料按上限控制;改用平仓铲平仓,平仓机振捣,并控制振捣时间,从而使混凝土浮浆得到了较好控制。

6 混凝土浇筑夏季温度控制技术

6.1 熟悉温度控制标准

三峡三期大坝混凝土浇筑温度控制标准,依据三峡工程合同招标文件(TGP/CI-3)技术规范要求:主体建筑物基础

约束区四级配混凝土浇筑温度,除冬季 12~2 月采用自然入仓外,其他季节采用门塔机浇筑时,混凝土浇筑不超过 12℃~14℃(相应出机口温度 7℃),塔带机浇筑时,3、11 月混凝土浇筑温度不超过 12℃~14℃(相应出机口温度 7℃),4~10 月混凝土浇筑温度不超过 14℃~16℃(相应出机口温度 7℃);脱离基础约束区四级配混凝土 11~3 月自然入仓,其他季节混凝土浇筑温度不超过 16℃~18℃(相应门塔机浇筑时出机口温度为 14℃,塔带机浇筑混凝土时出机口温度为 7℃~9℃),对于二、三级配混凝土浇筑温度相应加严。

6.2 优化混凝土配合比设计

三期右岸大坝工程在一些高标号混凝土施工中,采用了优化减水剂掺量、提高粉煤灰用量,使用了低热水泥和聚羧酸类的高效减水剂等措施来降低混凝土水化热。

6.2.1 优化高标号混凝土中减水剂掺量

三期厂坝进水口周围 $R_{90} 300^{\#} F_{250} W_{10}$ 混凝土由于水泥用量较大出现了初期温升过快的现象,导致温控困难。为解决这一问题,将 $R_{90} 300^{\#} F_{250} W_{10}$ 标号混凝土在原配合比基础上,将缓凝减水剂掺量由 0.6% 提高到 0.7%,用水量减少 2kg,水胶比由 0.45 调高到 0.48,砂率由 28% 调高到 30%。混凝土各项指标均能满足设计要求,调整后的 $R_{90} 300^{\#} F_{250} W_{10}$ 每方混凝土比调整前降低胶凝材料用量达 18kg。

三峡三期厂坝进水口周围调整前、后的 $R_{90} 300^{\#} F_{250} W_{10}$ 配合比见表 1。

表 1 $R_{90} 300^{\#} F_{250} W_{10}$ 调整前后配对比照表

	配合比主要参数					每方混凝土材料用量(kg/m ³)						
	单位用水量	水胶比	砂率(%)	粉煤灰掺量(%)	减水剂掺量(%)	AIR202掺量(/万)	水泥	粉煤灰	砂	小石	中石	大石
调整前	98	0.45	28	20	0.6	3	174	44	588	378	378	756
调整后	96	0.48	30	20	0.7	2.5	160	40	637	371	371	743

6.2.2 在大体积混凝土中应用低热水泥和高效减水剂

钢管坝段管槽外包混凝土需在高温季节浇筑 $R_{28} 250^{\#}$ 泵送混凝土,若使用中热水泥和常规萘系减水剂,水泥用量将达到 273kg/m³,混凝土最高温度将超过设计标准,为了降低水泥用量,减少水化热温升,使用了低热水泥和高效减水剂。中、低热水泥现场绝热温升试验数据见表 2。

表 2 中、低热 42.5 级水泥混凝土绝热温升试验数据

水泥种类	单位:℃													
	0d	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	10d	14d	19d			
中热	温度	13.6	21.1	24.4	27.2	28.5	29.3	30	30.6	31.3	31.79	32.03		
	温升		7.5	11.3	13.6	14.9	15.7	16.4	17	17.7	18.19	18.43		
低热	温度	13.8	19.7	22.6	24.2	25.1	26	26.7	27.5	29.3	31.07	32.2		
	温升		5.9	8.8	9.4	11.3	12.2	12.9	13.7	15.5	17.27	18.4		

试验结果表明:中热 42.5 水泥混凝土($R_{90} 200^{\#}$)最高温度为 32.03℃,距温度计埋设时间 19 天;低热 42.5 水泥混凝土最高温度为 32.2℃,距温度计埋设时间 19 天。二个品种水泥混凝土的最高温度和最高温度发生时间基本相同,但低热水泥混凝土头 10 天温度比中热水泥混凝土低 2℃~3℃,14 天后中低热水泥混凝土温度才基本持平。大坝混凝土在通水的状况下,最高温度一般在收仓后 3~4 天出现,低热水泥混凝土前期温度低这一特点对控制混凝土最高温度,防止出现温度裂缝是有利的。

江苏博特新材料有限公司生产的 JM-PCA 混凝土超塑化剂系以羧酸类接枝聚合物为主体的复合添加剂,具有大减水、高保坍、高增强等功能,特别适合配制高耐久、高流态、高保坍、高强以及对外观质量要求高的混凝土工程。使用 JM-PCA 后, $R_{28} 250^{\#} D_{250} S_{10}$ 泵送混凝土水泥用量由 273kg 减少到了 241kg。

6.3 控制出机口温度

为控制出机口温度,采用了二次风冷骨料—加片冰—加冷水拌和混凝土的施工工艺,即在调节料仓内一次风冷特大石、大石、中石、小石四级骨料,拌和楼料仓二次风冷特大石、大石、中石、小石四级骨料。经过二次风冷,特大石、大石、中石内部温度达到 -1.5℃~3℃,小石表面温度达到 6℃~8℃。水泥进罐温度一般控制在 60℃ 以内。根据二次风冷后骨料的温度和砂子含水率来确定拌和混凝土的片冰和冷水掺量,加冰量一般 30~60kg。采用了上述措施后,EL. 150 拌和系统在 2005 年 4~11 月份,检测出机口温度 5618 次,合格率 99.6%。

6.4 控制施工过程中的温升

三期工程主要采用塔带机浇筑混凝土,塔带机浇筑混凝土过程中的温度控制主要是防止拌和料在运输过程和浇筑过程中的温度回升,采取了遮阳、盖保温被(板)、喷雾等措施,保证了浇筑温度达到设计要求。

6.4.1 供料线降温

使用塔带机浇筑时,混凝土直接从拌和楼经供料线运输入仓。由于三期工程供料线最长达 1100m,为减少预冷混凝土在运输途中的热量倒灌,采用了封闭上部皮带和对下部皮带背面冲水降温的措施。在供料线棚顶粘贴聚乙烯苯板保温,并在供料皮带上部两侧增设橡皮裙边达到了封闭上部皮带隔热保温目的;其次,开仓前 15 分钟,用 4℃ 冷水冲洗皮带,皮带空转时在下部皮带反面冲水以降低皮带温度,并在供料过程中保持料流的连续,不间断。上述措施降低了供料线上混凝土温度回升 2℃~3℃。

6.4.2 仓面降温

仓面降温是通过在仓位两侧布置喷雾管喷雾,在浇筑仓面上方形成雾层,一方面雾层阻挡阳光直射仓面,另一方面雾滴吸热蒸发,达到降低浇筑部位上方环境温度的目的。为加强喷雾效果,仓面每侧喷雾管一般分两段,雾化器装在管路中间,通过阀门控制只在浇筑仓面上方喷雾。每次开仓前先进行试喷,确定最佳风、水流量比例、压力确保达到最佳喷雾效果。通过喷雾,仓面小环境温度比气温低 5℃~6℃。

6.4.3 仓面保温

开仓前备够 2/3~3/4 仓面面积的保温被,浇筑坯层振捣完毕后立即覆盖保温被保温。三期工程使用的隔热被是在 1.0m×2.0m 高发泡聚乙烯塑料卷材外套了一层帆布套,帆布套表面涂刷有一层防水、防酸、碱腐蚀的胶水。这样,保温被不仅美观、耐用,也增加保温效果,下雨还可兼做防雨布。浇筑时派专人盖、揭保温被,每块保温被搭接 5~10cm,不留空隙。实践表明,对面积较大的无钢筋或少钢筋坝块,在实施大面积或全仓隔热保温的情况下,无需启用仓面喷雾等其他措施,即可确保浇筑温度不超温。

6.5 控制混凝土浇筑温度

高温季节浇筑时,尽量避开高温时段开仓,(下转 21 页)

三峡三期工程混凝土浇筑计算机仿真系统

杨丹锋

(葛洲坝集团三峡指挥部,湖北宜昌 443134)

摘要: 葛洲坝集团三峡指挥部在三峡三期工程混凝土大坝浇筑中开发了计算机仿真系统,该系统可以方便快捷地编排出施工计划,为各种施工措施的合理选择和施工方案的确立提供依据,对大坝施工进行实时控制和动态管理,保证工程按计划顺利完成。

关键词: 三峡三期;混凝土;浇筑;仿真;系统

中图分类号: TV 43

文献标识码: B

三峡三期工程的大坝施工规模宏大,其混凝土数量大、浇筑强度高、周期长,采取何种浇筑设备和施工方法,如何对工程进行实时控制和动态管理,都会关系到工程总进度、工程质量和造价,每一步均应特别慎重决策。因此,对于三峡工程三期大坝混凝土工程,更需要在整个工程实施阶段,对其进行实时控制和动态管理,及时指导和决策,保证工程近期目标和长远目标有效结合,以现有的条件为基础,按对工程总体最优的目标施工,避免急功近利的做法,这对三峡工程的顺利实施和建成非常重要。

混凝土施工过程计算机模拟技术,作为一种新技术,为解决上述问题提供了一种新的途径。三峡三期工程混凝土浇筑仿真系统采用计算机数字模拟仿真的方法,将影响大坝混凝土浇筑的众多因素作为模拟限制条件,对大坝混凝土浇筑的过程进行计算机模拟,全面系统的反映各种因素对大坝混凝土浇筑的影响程度,每一种限制条件的改变都将得到一个定量的结果,这就为各种施工措施的合理选择和施工方案的确立提供依据,对大坝施工进行实时控制和动态管理,保证工程按计划顺利完成。

1 坝体建模及方量计算

坝体建模及方量计算为仿真系统提供了三维图形显示的原始模型和各项段各坝块每 10cm 高度的混凝土工程量。这些数据的实现除了能给工程管理和仿真系统提供基础的计算数据,还可以为施工单位、设计单位等提供直观的依据及模型中大量的工程数据信息。

1.1 三维模型的建模方法

1.1.1 原始数据

坝块模型和廊道模型的建立主要依据是长江水利委员会长江勘测规划设计研究院提供的施工详图。

①右厂排~右厂 20# 坝段 174.00m 以下结构布置图(1/12~10/12)

②右厂排~右厂 20# 坝段混凝土标号分区图(1/2~2/2)

1.1.2 坝体模型的建立

坝体模型主要分为三种。第一种是钢管坝段,很显然在这种坝段中含有排洪钢管,共有六段(151,161,171,181,191,201);第二种是实体坝段,这种坝段都是混凝土组成的实体,

共有六段(152,162,172,182,192,202);第三种坝段是排沙坝段,只有一段(ps)。

这三种坝段的共同点是坝段的外部形状基本相同。不同点有以下几点:

①根据原始的图纸数据,这三种坝段虽然外形近似,但尺寸各不相同。

②由于廊道系统的复杂性,它与坝体相交后结果模型也不太相同。

③由于地面起伏,各坝段底部也各不相同。

正是这些相同点和不同点,使得在建立坝体模型的时候要格外注意,它是建立正确模型的重要依据和信息。

模型建立的主要步骤如下(以 151 坝段为例):

①建立初始模型。从 CAD 导入 SURPAC 中的线框模型,再由线框模型生成实体模型。

②建立廊道及其他细部模型。在 SURPAC 中分别建立不同高度廊道的中心线和廊道剖面,由 center line 和 profile 可形成廊道的实体模型。

③建立成果模型。

1.2 建立块模型

如果说实体模型将原本平面的施工图由二维图形转换为三维立体图形,而块模型的建立展示出其强大的第四维特性。对某一坝段而言,他的块模型的表现形式是将其实体模型分解成若干块;换言之,由许多单位体积很小的立方体小块来填充该实体模型。这些立方体小块包含了很多有用数据信息,例如材料特性,时间特性,质量特性等等。因此将这些块组合后,你所表现的实体不再只是简单的三维构造,同时还赋予了数据生命。

1.3 方量数据生成

块模型的建立使得三维坝体模型中的每一点都包含了工程数据信息。在输入选择条件后,计算机将输出相应的结果。在仿真系统中,需要计算大坝在某时某刻及某种条件下已经完成的混凝土浇筑方量或者未浇筑的大坝方量,这些方量的计算基础便来源于通过大坝建模并将坝体分解若干层求得的大量方量数据。通过系统处理,按输入条件叠加后的方量结果即为仿真的结果。

2 系统总体设计

2.1 基本设计概念

系统设计分为两个部分。

(1) 工程配置部分:主要完成根据已有的模型数据,整合并建立整个场景,并读取数据库中的计划信息,并与场景数据建立联系。系统的主要工作是系统与外部系统信息的交换。可以看成系统的前处理。

(2) 显示处理部分:主要根据用户的不同显示要求,显示场景的不同状态。系统的没有与外部系统的信息的信息交换,可以看成系统的后处理。

2.2 系统模块的划分

根据系统的基本设计概念,系统按功能可以划分为以下模块:

(1) 模型建立模块:主要功能是完成系统与外界系统的信息交换,并将信息转换为本系统的数据格式。在图系统中现实中的所有景物都应属于某一个场景,场景也就是用户能看到的所有的三维图形的集合。大坝是由若干的大坝段组成,是大坝段的集合。

(2) 基本图形变换模块:该模块为系统提供基本的三为维图形操作平台,该模块目的是建立了独立的图形平台,从系统的可维护性说,以后的仿真模块都可以建立在该模块之上,因此,该模块的要求是建立起与显示内容无关的诸多图形变换。

(3) 计划/实况显示模块:主要功能是根据用户选择的计划,显示场景的年计划、月计划、全程计划和实况。

(4) 坝块显示管理模块:为了使用户能更好地观察大坝的局部,系统可以对于每一个坝块提供如图 1 所示。

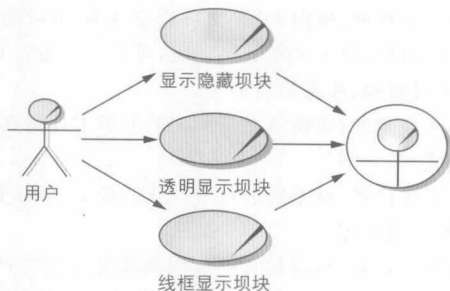


图 1 坝块显示管理模块的功能与用户接口

(5) 系统输入/输出模块:当用户建立起工程后,系统应该允许用户保存工程配置,该模块主要的功能是将用户建立的场景保存到永久存储介质,从永久存储介质读取保存过的场景。系统需要保存的工程配置数据有:

- ① 工程中所有的计划(对应的数据库连接);
- ② 工程中所有的坝块名(大坝段名由数据库中坝段名和坝块名组成);
- ③ 工程中所有的坝块对应的模型文件存储位置信息;
- ④ 工程实况所在数据库信息。

系统读取工程时,应该依据保存的数据重新读入场景的模型数据,以及计划数据,工程实况数据,因此,场景数据能与数据库和大坝模型的生成系统保持一致。在场景读入之后,系统可以对工程进行修改和保存。

2.3 系统的数据结构组织

(1) 逻辑结构设计要点:该系统的场景数据的逻辑结构够采用场景一大坝一坝块一三角形的组织形式,其中一个场景有大坝,一个大坝对应多个坝块,一个大坝块由多个表面三角形组成,其用图形表示如图 2。

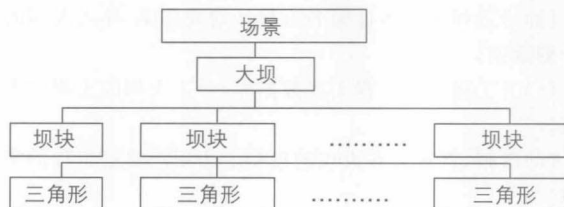


图 2 系统的场景数据的逻辑结构存储

(2) 物理结构设计要点:对于一个场景的数据,在运行时都存储在内存中,为了避免用户重新建立场景的烦琐,应该能够保存场景数据,包括场景的几何信息和计划信息的对应关系。

3 系统的基本结构

3.1 系统输入

(1) 大坝几何图形数据:大坝几何图形数据采用 DXF 文件的格式,DXF 文件采用文本格式存储。在本系统中,仅仅读取存储在 DXF 文件中的三维三角形实体。

(2) 大坝工程计划数据:大坝的工程计划数据存放在 Oracle 的数据库中。该系统读取数据库的 Output 表,Output 表的主要结构见表 1。

表 1 output 表主要结构

序号	字段名	字段说明	数据类型	
0	NO	序号	Float	
1	DAMPART	坝段	Varchar2	
2	DAMBLOCK	坝块	Varchar2	
3	CANGNO	仓号	Varchar2	
4	INITHEIGHT	起始高程	Float	
5	HEIGHT	结束高程	Float	
6	VOLUME	方量	Float	
7	OPENCANGDT	开仓时间	Varchar2	
8	CLOSECANGDT	收仓时间	Varchar2	
9	JZMEANS	浇筑手段	Varchar2	
.....				

(3) 大坝工程实况数据:大坝的工程实况数据存放在 Oracle 的数据库中的实况数据表中,系统读取数据库的实况数据 CM_LONGSTOPCHXX 表。

3.2 系统输出

系统应能保存用户设计过的工程,主要指大坝的模型数据与数据库对应的关系,也就是整个大坝的配置信息。系统输出设计的根本目的是为了保证用户不需要对设计过的工程

进行重新配置,并在达到目的的前提下使得整个工程与数据库和模型输出系统保持一致。

3.3 基本交互

- (1) 用户选择多个坝块数据文件(DXF 格式)。
- (2) 根据用户选择提供大坝的不同的三维图形的显示方式。
- (3) 为工程选择各计划的工程计划数据库,导入大坝的工程计划数据。
- (4) 为工程选择工程实况数据库,导入大坝的工程实况数据。
- (5) 清晰,直观地在大坝的模型上为用户显示工程的实况状态。
- (6) 用户指定时间,系统显示在用户指定时间内工程计划中大坝应该存在的状态。

3.4 系统基本流程

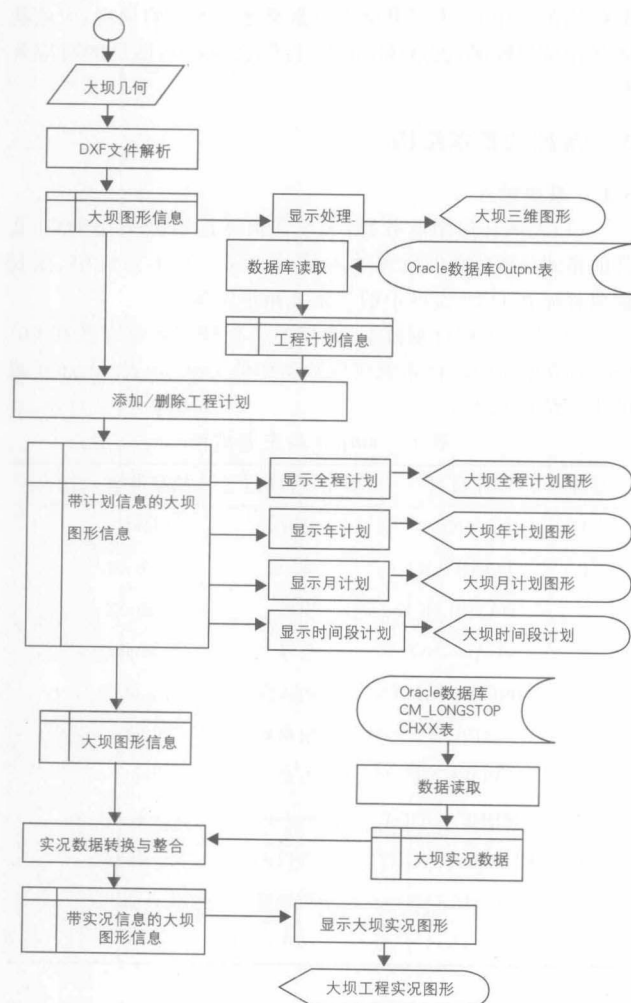


图3 系统流程图

3.5 系统主要功能

利用计算机仿真来模拟大坝现场的情况,通过输入设备

能力、手段分配、开工日期、雨季等各种约束条件来模拟现场的条件,通过时间的推移,计算机可以制定出大坝浇筑的年计划、月计划、周计划,并且可以完成多种年计划的比较、立视图、逐月浇筑强度图、工程量查询等功能。

- (1) 参数设置:录入仿真所需参数。如:设备能力、强制优先级、约束区高程、手段分配、备仓时间、结构分层、天气等。
 - (2) 仿真初始化:对录入的参数进行初始化工作,为仿真做准备。
 - (3) 导入现场数据:导入大坝施工现场的浇筑信息,为仿真做准备。
 - (4) 浇筑仿真:进行浇筑仿真操作。
 - (5) 结果(方案)保存:将仿真的结果保存为方案。
 - (6) 方案选择:选择最优方案作为计划。
 - (7) 仓浇筑强度查询:按月(周)查询各坝块的平均浇筑强度。
 - (8) 平均等待时间查询:按月(周)查询各坝块的平均等待时间。
 - (9) 方案查询:查询仿真的结果,即查询各种方案。
 - (10) 数据库配置:配置数据库信息。
 - (11) 权限管理:给操作员分配权限。
 - (12) 新建:建立三维显示场景,并支持场景的保存与场景的重新读取。
 - (13) 打开:打开已建立好的三维场景。
 - (14) 视图:对整个场景进行旋转、平移、缩放、全图显示的操作,从而达到对整个场景的多方位观察。
 - (15) 计划管理:系统可以通过对数据库的访问,允许用户向场景中加入或删除大坝工程的全程计划、年计划、季计划、月计划、周计划以及大坝浇筑的实况。
 - (16) 坝块管理:根据 DXF 文件建立大坝的三维场景,添加要显示的坝块,对于大坝的每一段,可以分别指定其显示模式,如显示或隐藏、或透明显示等。
 - (17) 大坝高度:切换到在三维图形上单击显示高程,坝块信息的模式。
 - (18) 系统设置:对系统进行个性化的设置,如场景的背景色,场景的透明度等。
 - (19) 坝块设置:对应仿真中的坝块和现场施工中的坝块。
 - (20) 帮助主题:联机帮助,实现所见即所得的效果。
- 三期工程混凝土浇筑仿真系统建立在三峡三期工程施工管理信息系统中,二套系统使用同一数据库平台,信息完全共享。施工管理信息系统为浇筑仿真系统提供施工实时数据,保证仿真结果的准确性,浇筑仿真系统又为施工管理信息系统提供了编排计划的手段。经过实际应用,三期工程混凝土浇筑仿真系统在三峡三期工程施工方案和进度计划的编制过程中效果显著,为大坝建设的规划和实施提供了科学、合理、方便和快捷的工具。□

(编辑:寇卫红)

作者简介:杨丹锋,葛洲坝集团三峡指挥部,工程师。

文章编号:1006-6349(2006)08-0011-05

三峡三期工程混凝土原材料及配合比 对混凝土温控及防裂作用研究

庞国伟¹ 王爱斌²

(1. 金安桥水电站有限公司工程部, 云南 丽江 674100; 2. 宜昌青云水利水电联营公司, 湖北 宜昌 443133)

摘要: 混凝土原材料的选用对混凝土的性能有着十分重要的影响。三峡三期工程对混凝土工程使用的水泥、粉煤灰、粗细骨料、外加剂及水等进行了有效的监控, 并重点对混凝土原材料在混凝土水化热温升方面的影响和特种混凝土在坝体温控防裂方面的效果进行了研究。

关键词: 三峡三期; 混凝土; 原材料; 配合比; 温控; 研究

中图分类号: TV 543+.6

文献标识码: B

1 前言

混凝土原材料的选用对混凝土的性能有着十分重要的影响。三峡右岸三期工程混凝土原材料选用均严格按国家及三峡工程标准进行控制, 严把材料使用关, 对混凝土工程使用的水泥、粉煤灰、粗细骨料、外加剂及水等进行了有效的监控, 并重点对混凝土原材料在混凝土水化热温升方面的影响进行了研究。

三峡三期工程混凝土原材料中水泥主要采用中热水泥, 通过长期的试验和应用, 中热水泥混凝土施工技术已十分成熟, 取得了良好的效果。混凝土水化热温升主要取决于水泥用量, 为进一步降低混凝土水化热温升, 保证混凝土内外温差, 控制温度裂缝产生, 对三峡三期工程采用的混凝土配合比进行了进一步的优化。

2 混凝土原材料研究

2.1 水泥

三峡三期工程混凝土原材料中水泥主要采用中热水泥, 为了解不同的水泥品种和混凝土水化热温升之间的关系, 在右非 2[#] 坝段混凝土施工时, 改用了低热水泥混凝土, 同时, 进行了中热水泥和低热水泥强度及水化热对比试验, 对比试验结果见表 1、表 2。

表 1 三峡三期工程中热水泥和低热水泥强度对比试验成果

水泥品种	统计值	抗压强度(MPa)			抗折强度(MPa)		
		3d	7d	28d	3d	7d	28d
42.5 中热水泥	检测次数	18	18	18	18	18	18
	平均	16.2	25.3	49.9	4.2	5.7	8.6
42.5 低热水泥	检测次数	3	3	3	3	3	3
	平均	—	15.3	48.3	—	4.0	8.6

表 2 三峡三期工程中热水泥和低热水泥水化热对比试验成果

序号	水泥品种	水化热(kJ/kg)	
		3d	7d
1	低热水泥 42.5	176	218
2	中热水泥 42.5	235	269

由中热水泥和低热水泥强度及水化热对比试验可以看出: 低热水泥 3 天强度较低, 28 天强度能够满足设计要求; 低热水泥水化热比中热水泥低, 混凝土水化热引起的温升较小。为了解低热混凝土内部水化热温升, 在右非 2[#] 坝段采用低热水泥混凝土施工的部位布置埋设了温度计进行温度观测, 并与右厂 24[#] 坝段同期、同标号中热水泥混凝土中埋设的温度计观测成果进行比较。通过混凝土中埋设的典型温度计观测数据显示: 低热水泥混凝土内部布置埋设的温度计显示水化热最高温升为 22.5℃, 出现在混凝土浇筑后的第 7 天, 而中热水泥混凝土内部布置埋设的温度计所测得的水化热最高温升为 24.2℃, 出现在混凝土浇筑后的第 5 天; 从温度变化过程来看, 低热水泥混凝土内部温度发展规律和中热水泥基本一致, 而低热水泥混凝土内部温度全程均低于中热水泥混凝土, 最高温度也低于中热水泥混凝土。

试验证明: 采用低热水泥混凝土施工部位比相同要求的中热水泥混凝土施工水化热最高温升平均低 2℃~3℃, 有利于控制大体积混凝土内部温度, 采用低热水泥对大体积混凝土内部温度控制更为有利。

低热水泥混凝土后期强度满足设计要求, 并略高于中热水泥混凝土, 满足设计要求, 但由于低热水泥混凝土早期强度较低, 在三峡地区冬季低温季节施工时, 对混凝土水平缝面冲毛及模板施工存在一定的影响, 在夏季高温季节可推广使用。

2.2 外加剂

外加剂是在混凝土拌制中掺入, 用以减少用水量, 改善混凝土性能的物质。现已发展为拌制混凝土不可缺少的成份, 其品质的优劣将直接影响到混凝土质量、进度和工程造价。

选用品质优良、减水率高的外加剂是降低混凝土用水量及温控的重要措施之一。利用高效减水剂能大幅度降低水泥用量,有效减少水化热对混凝土产生的温升,外加剂的选择已成为混凝土配合比设计中优选原材料的重要内容。为适应三峡三期工程施工浇筑强度高、仓面大的特点,需选用缓凝高效减水剂;对于有抗冻、抗渗要求的混凝土,还需在混凝土中掺用引气剂以引入结构合理的气泡,使混凝土达到合适的含气量。在三期工程主要标号混凝土配合比试验中,于2002年10月选用JG3、ZB-1A高效缓凝减水剂及Air202引气剂进行了全面试验;2003年4月又掺用X404、JM-ⅡC高效缓凝减水

剂及Air202引气剂再次进行了混凝土配合比全面试验。

(1)减水剂

掺外加剂混凝土性能试验,ZB-1A、JG3、JM-Ⅱ、JM-ⅡC、X404-C五种减水剂按照国标《混凝土外加剂》(GB8076-97)一等品进行,其中试验采用华新中热525[#]水泥,水泥用量330±5 kg/m³,下岸溪人工骨料,砂FM=2.72,砂率40%,坍落度7~9cm。基准混凝土用水量195kg/m³,坍落度8.7cm,掺减水剂混凝土通过调整用水量控制坍落度7~9cm范围内,然后进行了减水率、和易性、含气量、凝结时间、抗压强度比(3d、7d、28d)试验,试验结果见表3。

表3 掺外加剂混凝土性能试验结果

试验 编号	混凝土 类别	水胶比	实测坍 落度 (cm)	用水量 (kg/m ³)	减水剂 (%)	减水率 (%)	抗压强度(MPa)/抗压强度比(%)			含气量 (%)	凝结时间(min)		凝结时间差(min)		和易性
							3d	7d	28d		初凝	终凝	初凝	终凝	
基准-1	基准	0.59	8.7	195	/	/	12.6/100	19.7/100	35.5/100	1.0	352	448	/	/	较好
Z-1-2	试验	0.48	8.1	158	ZB-1A0.5	19.0	21.6/171	34.8/177	48.8/137	1.6	526	630	+174	+182	较好
Z-1-3	试验	0.46	7.5	152	0.6	22.1	21.9/174	35.8/182	49.7/140	2.2	/	/	/	/	好
J-G-2	试验	0.48	8.4	160	JG30.5	17.9	20.2/160	35.4/180	49.4/139	1.3	678	822	+326	+374	较好
J-G-3	试验	0.47	8.2	154	0.6	21.0	20.7/164	36.2/184	48.4/136	1.8	/	/	/	/	好
J-C-1	试验	0.47	8.6	155	JM-ⅡC0.5	20.5	20.4/162	36.1/183	50.8/143	1.1	/	/	/	/	好
J-C-2	试验	0.45	8.4	150	0.6	23.1	21.2/168	36.7/186	52.6/148	1.6	503	665	+151	+217	好
J-1-1	试验	0.47	7.7	155	JM-Ⅱ0.5	20.5	19.8/157	34.6/176	48.5/137	1.0	/	/	/	/	好
J-1-2	试验	0.46	8.2	151	0.6	22.6	19.2/152	34.4/175	49.2/139	1.2	976	1320	+624	+872	好
X-1-2	试验	0.48	8.4	157	X404-C0.4	19.5	22.4/178	34.7/176	48.2/136	0.8	476	595	+124	+147	好
X-1-3	试验	0.46	8.3	152	0.5	22.1	23.2/184	35.2/178	49.1/138	1.2	/	/	/	/	好
GB8076-97 缓凝高效减水剂(一等品)		/	8±1	/	/	≥12	≥125	≥125	≥120	<3.0	/	/	>+90	/	/

表3的试验结果表明:ZB-1A、JG3、X404-C、JM-ⅡC、JM-Ⅱ五种减水剂均满足《混凝土外加剂》(GB8076-97)性能要求。JG3与ZB-1A在0.6%掺量时,JG3与ZB-1A混凝土拌和物和易性接近,JM-ⅡC、JM-Ⅱ减水率相对较高,外加剂试拌的混凝土均可满足混凝土和易性要求;X404在0.4%掺量时,与ZB-1A和JG3掺0.6%、JM-ⅡC和JM-Ⅱ掺0.5%试拌的混凝土拌和物和易性能接近,能满足混凝土拌和物的要求。

根据混凝土施工浇筑的需要,ZB-1A、JG3、JM-ⅡC、X404-C四种减水剂进行了掺外加剂混凝土拌和物坍落度损失试验,试验按照《水工混凝土试验规程》(SD105-82)附录“混凝土配合比设计方法”进行。其中试验采用华新中热525[#]水泥,邹县Ⅰ级粉煤灰,下岸溪人工骨料,水灰比为0.55,粉煤灰掺量40%,砂率26%,坍落度3~5cm,AIR202掺量0.025%,试验结果见表4。

表4 混凝土坍落度损失试验结果表														
试验 编号	水胶 比	用水量 (kg/m ³)	减水剂 (%)	引气剂 (%)	坍落度损失率(%)									
					出机	15'	损失率	30'	损失率	45'	损失率	60'	损失率	
T-Z-10.55	84	ZB-1A 0.6	AIR202 0.025	6.4	4.8	25.0	3.6	43.8	2.8	56.3	1.8	71.9		
T-J-10.55	84	JG3 0.6	AIR202 0.025	6.1	4.5	26.2	3.3	45.9	2.8	54.1	1.7	72.1		
T-JM-10.55	84	JM-ⅡC 0.5	AIR202 0.025	5.7	4.4	22.8	3.4	40.4	2.9	49.1	2.1	63.2		
T-JM-20.55	84	X404-C 0.4	AIR202 0.025	5.4	5.1	5.6	4.8	11.1	3.5	35.2	3.0	44.4		

表4试验结果表明:掺ZB-1A、JG3、JM-ⅡC三种减水剂分别拌和的混凝土坍落度损失率均比较接近,掺JM-ⅡC混凝土坍落度损失率略小,掺X404-C的混凝土坍落度损失率较小。同时表明,混凝土拌和物初凝时间的延长,对于混凝土施工具有重要意义,有利于三峡地区高温季节混凝土浇筑施工。

综合以上试验结果可以看出:ZB-1A、JG3、X404-C、JM-ⅡC、JM-Ⅱ五种减水剂均满足《混凝土外加剂》

(GB8076-97)一等品标准要求,具有高减水率、缓凝、高强度、容易配制、无沉淀等特性,且掺用后混凝土和易性好、易于振捣、节约水泥、有利于混凝土温度控制。各种外加剂减水性能由高到低依次为:X404-C、JM-II C、JM-II、ZB-1A、JG3。其中,X404-C减水剂减水率最高;掺X404-C混凝土性能最稳定,但X404-C采购成本相对较高。JM-II C、ZB-1A、JG3三种材料以JM-II C性能最好,单价基本在同一水平。

(2)引气剂

表5 掺引气剂混凝土性能试验结果

试验 编号	混凝土 类别	水胶比	实测坍 落度 (cm)	用水量 (kg/m ³)	减水剂 (%)	减水率 (%)	抗压强度(MPa)/抗压强度比(%)			含气量 (%)	凝结时间 (min)		凝结时间 差(min)		和易 性
							3d	7d	28d		初凝	终凝	初凝	终凝	
基准-1	基准	0.59	8.7	195	/	/	12.6/100	19.7/100	35.5/100	1.0	352	448	/	/	较好
A-1-1	试验	0.56	7.3	185	AIR202 0.018	5.1	12.8/102	21.2/108	33.6/95	4.2	/	/	/	/	好
A-1-2	试验	0.55	8.4	183	0.020	6.2	12.4/98	20.5/104	34.7/98	4.8	377	469	+25	+21	好
A-1-3	试验	0.54	7.9	180	0.025	7.7	12.2/97	20.7/105	34.3/97	5.4	/	/	/	/	好
GB8076-97 引气剂		/	8±1	/	/	≥6	≥95	≥95	≥90	4.5~5.5	/	/	-90~+120	-90~+120	/

AIR202引气剂在0.018%、0.02%和0.025%掺量时,试拌的混凝土均能满足混凝土和易性要求,在0.018%掺量时含气量略偏低,在0.02%掺量时效果最佳。

3 混凝土配合比研究

3.1 中热水泥混凝土配合比调整

混凝土水化热温升主要取决于水泥用量,为进一步降低混凝土水化热温升,对三峡三期工程采用的混凝土配合比进行了进一步的优化,主要对C₉₀30F250W10、C₉₀15F150W8两个标号混凝土进行了配合比调整,减少水泥用量以降低水化热温升。其中C₉₀30F250W10混凝土水灰比由0.45加大为0.48,粉煤灰掺量不变,不同配比水泥用量均有不同程度的减少,在11~21kg/m³之间;对C₉₀15F150W8四级配混凝土水灰比由0.55缩小为0.50,粉煤灰掺量由40%调整为45%,水泥用量减少了5.0kg/m³。通过配合比的优化调整,有效地降低了混凝土水化热温升,为大体积混凝土温度控制提供了有力的技术支持。

两个标号混凝土经过优化后,性价比都有所提高。降低了水泥用量,提高了混凝土的防裂性能。

3.2 低热水泥混凝土配合比设计

除了对中热水泥混凝土配合比进行优化外,为进一步了解不同的水泥品种和混凝土水化热温升之间的关系,丰富和提高大体积混凝土大坝综合防裂施工技术,在三峡三期工程右岸2[#]坝段施工中,对使用的几种标号的混凝土采用了低热水泥施工。从现场施工的情况看,低热水泥混凝土除了早期强度较低,冬季低温季节对施工有一定影响外,其余均能够满足设计要求。从采用低热水泥浇筑的右非2[#]坝段内部温度监测成果看,混凝土拌制时掺用低热水泥,在混凝土水化热温升方面优于中热水泥,更利于混凝土内部温度控制。给高温季节大体积混凝土快速施工提供了有力的保障。

混凝土掺入引气剂,可以在搅拌过程中引入大量均匀分布的,稳定而封闭的微气泡。由于气泡的存在,相对增加了水泥浆体积,可以提高混凝土的流动性,大量微细气泡还可显著地改善混凝土的粘聚性和保水性,由于气泡能隔断混凝土中毛细管道,以及气泡对水泥内水分结冰时所产生的水压力的缓冲作用,能提高混凝土的抗渗性和抗冻性,气泡还使混凝土弹性模量有所降低,对提高混凝土抗裂性有利。试验按照国标《混凝土外加剂》(GB8076-87)进行。混凝土性能成果见表5。

4 特种混凝土研究

三峡右岸三期工程施工中,在一些特殊结构部位使用了特种混凝土,主要有钢纤维混凝土、杜拉纤维混凝土、抗冲耐磨混凝土、高流态混凝土等。

4.1 钢纤维混凝土

为了提高混凝土的抗拉强度,预防部分重要结构部位混凝土产生裂缝,在三峡右岸三期施工时,“青云公司”对钢纤维混凝土配合比及施工方法进行了重点研究,并在坝顶结构、EL. 120.0m施工栈桥等重要结构部位均推广使用了钢纤维混凝土。

为了获得高强度的钢纤维混凝土,需满足相关配制要求:具有足够数量的、匀质的高强钢纤维;在整个工艺过程中,钢纤维仍保持自身的大部分强度;钢纤维同混凝土的粘结力良好,纤维同砂浆接触部分的密实度高;纤维均匀分布在基体材料的整个体积中;基体材料对纤维是化学惰性的;纤维的弹性模量比基体弹性模量高;基体材料具有足够的抗剪强度。

与普通混凝土相比,钢纤维混凝土抗拉、抗弯强度及耐磨、耐冲击、耐疲劳、韧性和抗裂、抗爆等性能都有所提高。钢纤维混凝土中大量的细小钢纤维均匀地分散在混凝土中,与混凝土接触面积广,在所有的方向,使混凝土的强度均得到增高,各项同性增强,大大改善了混凝土的各项性能。钢纤维混凝土作为一种新的复合材料,具有普通钢筋混凝土所没有的优越性能。

(1)钢纤维混凝土配合比的设计

①纤维的规格与掺量。为使钢纤维能均匀地分布于混凝土中,钢纤维需具有适当的长径比,一般不能够超过纤维的临界长径比值。当使用单根状钢纤维时,其长径比一般不大于100,多数情况下,60~80为宜。对于每一种规格的钢纤维与每一种混凝土组份,均存在纤维掺量的最大限值,若超过限值,钢纤维在混凝土拌制过程中会互相缠结。钢纤维的掺量以体积率表示,一般为0.5%~2.0%。

②水灰比的确定。钢纤维混凝土的抗拉强度,基本上受制于钢纤维的平均间隔和混凝土的基本强度。钢纤维平均间隔小,可增加钢纤维掺量,使用小直径的钢纤维,效果更为明显。同时,混凝土的水灰比愈小,钢纤维混凝土的抗拉强度亦愈高。

③粗骨料最大粒径的确定。粗骨料的粒径,对钢纤维混凝土的抗弯强度有较大影响。主要原因是:钢纤维混凝土的抗拉强度和抗弯强度受钢纤维的平均间隔影响。粗骨料的粒径较大时,钢纤维不能够均匀分散,引起混凝土中局部的钢纤维平均间隔加大,导致混凝土抗弯强度降低。

④砂率的确定。钢纤维混凝土的砂率,比普通混凝土更具重要意义;砂率影响到钢纤维在混凝土中的分散度,对混凝土强度有一定的影响;砂率也是影响钢纤维混凝土稠度最重要的因素。砂率的确定要综合考虑满足钢纤维混凝土强度和稠度两方面的要求。

⑤外加剂的使用。钢纤维混凝土的单位水泥用量一般较大,利用高效减水剂能大幅度降低水泥用量,有效减少水化热对混凝土产生的温升。

(2)钢纤维混凝土施工

①搅拌工艺。(砂+粗骨料+钢纤维)→混合搅拌1.0min→十水泥、粉煤灰(外加剂+水)→搅拌3.0min→钢纤维混凝土

②浇筑与成型工艺。浇筑,钢纤维混凝土中纤维相互摩擦和相互缠绕,具有了一定程度的刚性,形成空间网结构,抑制了内部水及水泥浆的流动度。钢纤维混凝土的流动性随着纤维掺量的增加而显著下降,给施工增加了一定的难度;振捣成型,钢纤维混凝土的浇筑,可使用普通的振动台或表面振动器,内部振动器不太适用。与普通混凝土相比,钢纤维混凝土的振捣时间需适当延长。

(3)钢纤维混凝土应用结果

通过在坝顶结构及 EL. 120.0m 栈桥等部位应用钢纤维混凝土结果来看,混凝土结构物表面光滑、平整、无裂缝发生,取得了较好的效果。三峡右岸三期钢纤维混凝土配合比见表 6。

表 6 三峡三期工程钢纤维混凝土配合比

混凝土 强度等 级	水泥 品种	级 配	水灰 比	粉煤 灰 (%)	砂率 (%)	外加剂		坍落 度 (cm)	单位材料(kg/m ³)		
						JM—ⅡC (%)	AIR202 (/万)		理论 用水	水泥	粉煤 灰
CF50	中热 42.5	—	0.33	0	45	1.0	钢纤维 掺量 86kg/m ³	3~5	160	485	0

4.2 杜拉(聚丙烯)纤维混凝土

杜拉(聚丙烯)纤维混凝土主要应用于三峡右岸三期工程冬季低温季节长间歇面表层部位(右厂 21~23[#] 钢管坝段进水口底部、右厂及右非坝顶长间歇面等部位)。聚丙烯纤维是混凝土增强材料,经化学与物理改性及纤维表面处理,使纤维与混凝土黏结有力,具有抗紫外线,抗老化不变质,耐酸碱强度高,易分散不结团等优点。混凝土中掺入杜拉(聚丙烯)纤维,可以有效地阻止混凝土由于塑性收缩、干缩、温度变化和应力等因素引起的微裂缝,阻抑微裂缝的形成和发展,进而改善混凝土物理力学性能。

(1)杜拉(聚丙烯)纤维混凝土配合比的设计

①水灰比的确定。杜拉(聚丙烯)纤维混凝土水灰比由混凝土设计强度等级、水泥品种等确定,其抗拉强度,主要与混凝土设计强度等级、体积含量、纤维弹性模量、界面黏结以及纤维外形等密切相关。

②粉煤灰。杜拉(聚丙烯)纤维混凝土中掺粉煤灰抗压强度略有降低,但也能够满足设计强度指标,优点在于掺粉煤灰混凝土能够大量降低水泥用量,降低混凝土水化热温升,有利于混凝土内部温度控制。

③骨料。骨料采用人工砂、人工碎石。

④砂率的确定。杜拉(聚丙烯)纤维混凝土经特殊的拌和生产工艺,所掺加的纤维能够在混凝土拌和物中均匀分散、混合,混凝土粘聚性好;砂率为 45% 较适中,增加到 50% 后,混凝土含砂量较多。

⑤外加剂的使用。杜拉(聚丙烯)纤维混凝土的单位水泥用量一般较大,利用高效减水剂能大幅度降低水泥用量,有效减少水化热对混凝土产生的温升。

(2)钢纤维混凝土施工

①搅拌工艺。杜拉(聚丙烯)纤维混凝土拌和工艺为:依次加入石、砂、水泥、粉煤灰和聚丙烯纤维→干拌 1.0min→加入外加剂、水→净拌 3.0min→杜拉(聚丙烯)纤维混凝土。

②浇筑与成型工艺。浇筑,由于纤维相互摩擦和相互缠绕,具有了一定程度的刚性,形成空间网状结构,抑制了内部水及水泥浆的流动度,因此杜拉(聚丙烯)纤维混凝土施工较普通混凝土困难;振捣成型,杜拉(聚丙烯)纤维混凝土的成型,可使用普通的振动台或表面振动器。与普通混凝土相比,杜拉(聚丙烯)纤维混凝土的振动时间需适当延长。

(3)杜拉(聚丙烯)纤维混凝土应用结果

杜拉(聚丙烯)纤维混凝土和钢纤维混凝土性能相似,主要用于提高混凝土的抗裂性能,从目前使用的效果来看,使用杜拉(聚丙烯)纤维结构物部位,混凝土表面光滑平整无裂缝发生,效果良好。三峡右岸三期聚丙烯纤维混凝土配合比见表 7。

表 7 三峡三期工程聚丙烯纤维混凝土配合比

序号	混凝土强度等级	水泥品种	水灰比	粉煤灰 (%)	砂率 (%)	外加剂			坍落度 (cm)	单位材料 (kg/m ³)		
						JM-ⅡC	AIR202	(/万)		理论用水	水泥	粉煤灰
1	C ₉₀ 30F250W10	中热 42.5	—	0.48	20	35	0.7	3.0	5~7	122	203	51
2		中热 42.5	—	0.48	20	30	0.7	3.0	3~5	99	165	41

注:聚丙烯纤维掺量为 1.0kg/m³。

4.3 抗冲耐磨混凝土

水流对泄水建筑物表面材料产生冲击、摩擦及切削等作用力将引起建筑物冲磨破坏。施工中若泄水建筑物体型不良或表面平整度达不到设计要求,便会同时产生气蚀破坏。抗冲磨混凝土配合比设计能显著提高混凝土的整体强度并使混凝土中的胶凝产物致密、坚硬、耐磨。

在三峡右岸三期施工时,“青云公司”对抗冲磨混凝土配合比及施工方法进行了重点研究,并应用于排沙孔、排漂孔进水口表面和泄洪孔过流面等部位,从已经施工的部位来看,混凝土表面光滑、平整且没有裂缝发生,效果良好。

(1)抗冲耐磨混凝土配合比的设计

①水灰比的确定。为保证抗冲耐磨混凝土的强度,水灰

比一般较小,水灰比取 0.37 左右。

②粉煤灰。掺粉煤灰混凝土能够大量减少水泥用量,降低混凝土水化热温升,抗冲耐磨混凝土中掺粉煤灰抗压强度略有降低,因此,掺量不宜过大,一般为 20% 左右。

③骨料。当抗冲耐磨强度较小的水泥石被冲刷后,骨料粒径越大,混凝土表面就越不平整,气蚀破坏也就越严重。因此,抗冲耐磨混凝土中骨料粒径不宜过大。此外,还需提高骨料的抗冲耐磨强度。

④砂率的确定。采用不同砂率的配合比,对混凝土的和易性影响较大。在混凝土坍落度较大时,随着砂率的减小,混凝土粘聚性变差,易产生离析现象;在混凝土坍落度较小时,采用较小的砂率,混凝土成型时,尽管也能有足够的砂浆保证混凝土密实,但成型较为困难。采用合适的砂率,在施工中,有利于达到对抗冲耐磨混凝土表面平整度的严格要求。

⑤外加剂的使用。抗冲耐磨混凝土强度较高,其胶材用量高,水灰比较小,必须采用高效减水剂,以减少混凝土用水量,提高混凝土的密实性,改善混凝土的孔结构,增强水泥石与骨料界面的粘结强度,不仅可以拌制出均匀致密、和易性良好的混凝土,而且可提高混凝土强度和抗冲耐磨强度。

(2) 抗冲耐磨混凝土施工

①搅拌工艺。进料及搅拌时间:按粗骨料、细骨料、水泥、粉煤灰、外加剂及水的次序投料,拌匀后再加水搅拌,总搅拌时间不少于 180s。

②浇筑施工工艺。振捣是抗冲耐磨混凝土施工的关键工序,过振会造成混凝土泛浆严重,表面出现龟裂;漏振造成混凝土不密实,抹面困难;抗冲耐磨混凝土一般均为高标号混凝土,水泥用量多,结构较薄,容易因混凝土表面失水干燥而出现干缩变形,形成不同程度的裂缝。在施工中需加强养护,在混凝土初凝后,立即覆盖草袋,进行洒水养护,随时保持草袋湿润,一般不得少于 28d。

(3) 抗冲耐磨混凝土应用结果

抗冲耐磨混凝土主要应用于排沙孔、排漂孔进水口表面和泄洪孔过流面等高速水流区部位,从已经施工的部位来看,混凝土表面光滑、平整、没有裂缝发生,抗冲耐磨混凝土的应用对于预防混凝土裂缝的发生起到了良好的作用。三峡右岸三期抗冲耐磨混凝土配合比见表 8。

表 8 三峡三期工程抗冲耐磨混凝土配合比

序号	混凝土强度等级	水泥品种	灰 灰 比	粉煤灰 (%)	砂率 (%)	外加剂		坍落度 (cm)	单位材料 (kg/m ³)			
						X404-C (%)	AIR202 (%)		理论用水	水泥	粉煤灰	
1	C ₉₀ 40F250W10	中热 42.5	二	0.37	20	33	0.6	2.0	5~7	111	240	60
2		中热 42.5	三	0.37	20	28	0.6	2.0	5~7	98	212	53

4.4 高流态混凝土

为了保证引水压力钢管底部混凝土回填密实,在三峡右岸三期工程引水压力钢管底部使用了高流态混凝土。

高流态混凝土具有良好的流动性,在自重作用下,能够自流平、自密实;具有良好的均匀性和稳定性,在流态时不泌水、不起泡;硬化后体积稳定性好,不产生收缩裂缝;初凝时间较长,终凝时间较短,具有较高的早期强度;表面平整耐磨性好,与基层材料黏结力较强。

(1) 高流态混凝土配合比的设计

高流态混凝土由水泥、砂、掺合料、外加剂等混合配制而成,加水拌合均匀后即可用于施工。

①水泥。采用中热 42.5 硅酸盐水泥,要求水泥组成与颗粒级配合理,对外加剂的相容性要好。

②砂率。为使高流态混凝土获得较好的流动性及和易性,应该选择合适的砂率,不宜过大、过小,目前选用的砂率为 48%。

③掺合料。选用需水量低的、符合标准的一级粉煤灰,通过粉煤灰调整材料的微级配,改善流动性和提高稳定性。粉煤灰掺量在 10%~30% 范围。

④缓凝高效减水剂。缓凝高效减水剂采用新一代的聚羧酸类外加剂,该减水剂减水率高,掺入后混凝土强度相比萘系减水剂发展较快,混凝土拌和物粘聚性好,能保证高流态混凝土在自流平后大骨料不分离,外加剂掺量为 0.6%。

(2) 高流态混凝土施工

①搅拌工艺。(粗骨料+细骨料+水泥)→混合搅拌 1.0 min→+(外加剂+水)→搅拌 3.0min→高流态混凝土

②浇筑施工工艺。高流态混凝土能够自流平实,不需振捣。

(3) 高流态混凝土应用结果

高流态混凝土的配比优化主要是为了提高混凝土的自密实性能,高流态混凝土在应用初期,只参加高效缓凝减水剂,施工时,部分大粒径骨料流动困难。随着对混凝土配合比的进一步深入研究,高流态混凝土在参加高效缓凝减水剂的基础上,又参加了增粘剂,以提高混凝土的粘聚性和流动性,解决了大粒径骨料流动困难、高流态混凝土骨料分布不均匀等难题。在应用一段时间后,又采用新一代聚羧酸类高效减水剂 SP8CR-HC 对高流态混凝土配合比进一步优化。

根据试验结果,三峡右岸三期工程引水压力钢管底部高流态混凝土浇筑质量良好,表面没有产生裂纹。三峡右岸三期高流态混凝土配合比见表 10。

表 10 三峡三期工程高流态混凝土配合比

混凝土强度等级	水泥品种	灰 灰 比	粉煤灰 (%)	砂率 (%)	外加剂		扩散度 (cm)	单位材料 (kg/m ³)			
					SP8CR-HC (%)	AIR202 (%)		理论用水	水泥	粉煤灰	
C25F250W10	中热	二	0.40	25	48	0.6	0.4	60±5	160	300	100
C ₉₀ 30F250W10	42.5										

5 结束语

三峡右岸三期工程主坝大体积混凝土施工,从混凝土原材料、配合比及特种混凝土等几方面进行重点研究,尽量减少大体积混凝土内部水化热,降低混凝土内部最高温升,使混凝土内外温差控制在设计允许范围之内,积极消除混凝土温度裂缝发育的条件。

由于三峡右岸三期工程对混凝土温控方面采取了严格的措施,主坝大体积混凝土温控效果良好,右岸三期 1A 标段共浇筑混凝土 204 万 m³,没有发生裂缝,为今后大体积混凝土快速施工提供了有力的保障。□ (编辑:寇卫红)

作者简介:庞国伟,金安桥水电站有限公司工程部,工程师。

王爱斌,宜昌青云水利水电联营公司技术部,主任工程师。

文章编号:1006-6349(2006)08-0016-03

三峡三期工程施工区环境监理新模式探讨

汪 达

(水利部长江委长江水资源保护科学研究所,湖北武汉 430051)

摘要:三峡工程前两期(1993~2003年)施工区管理(包括环境保护管理)实行“以三峡开发总公司为主,地方政府配合”的封闭管理模式。为了适应国家对建设项目施工环境保护管理与环境保护验收的新要求,从第三期(2004~2009年)工程开始实施环境保护管理新体制。根据监理项目的具体情况,编制其环境监理实施细则,配备相应的环境监理人员,实行项目副总监监理工程师、监理工程师等二级管理体制,将施工合同条款、初步设计等文件中所有环境保护内容纳入监理工作范围,对施工活动实行全方位、全过程监理。

关键词:三峡三期;施工;环境;监理;模式

中图分类号:TV;X321

文献标识码:B

1 前言

长江三峡工程对生态与环境的影响,是国内外关注的焦点。中国长江三峡工程开发总公司(简称三峡总公司)把环境保护作为三峡工程建设的组成部分,确立了“环境建设与工程建设同步”的指导原则,采取了一定的环境保护管理措施,使施工区环境污染得到了初步控制。

三峡工程施工量大,工期长,施工单位多,涉及的环境因素复杂,计划总工期17年,结合施工期通航的要求,分三期施工(1993~1997年,1998~2003年,2004~2009年)。由于工程的重要性、复杂性、特殊性 & 历史形成等原因,工程前两期施工管理实行封闭型模式。

2005年国家环境保护总局(简称环保总局)对《长江三峡水利枢纽地下电站和电源电站环境影响报告表》的批复意见提出三峡第三期工程必须实行环境监理的明确要求。三峡总公司为了顺应工程建设环境保护新形势,并为工程竣工环境保护验收奠定基础,自2005年实施环境监理新类型。

2 三峡第一、二期工程施工区环境保护管理工作回顾

1992年底三峡准备工程实施以来,三峡总公司认真贯彻落实长江水资源保护科学研究所(简称长江水保所)编制的《长江三峡工程施工区环境保护实施规划》(简称《实施规划》),在第一、二期工程施工中,对施工区采取了一系列环境保护控制措施和管理办法,使环境污染得到了初步控制。

2.1 环境保护管理制度

三峡总公司对环境保护较为重视,1993年就成立了环境及文物保护委员会咨询机构;并在坝区管理部设置了环境保护处,具体负责施工区环境保护管理工作,1997年环境保护处还下设了施工区环境保护监督检查和环境监测的执行机构——坝区环境保护中心。

三峡工程建设和管理实行“建设部负责制、招标投标制、建设监理制、合同管理制”体制,施工区实行“以三峡总公司为主,地方政府配合”的封闭型管理模式,其环境保护管理也实

行由三峡总公司统一管理与各施工单位分项管理相结合的特殊体制。

为加强施工区环境保护的规范性管理,三峡总公司1994~1996年先后制定了《三峡工程施工区环境保护管理实施办法(试行)》(简称《实施办法》)、《三峡工程施工区环境卫生管理办法》及其实施细则、《三峡工程施工区绿化规划、实施和管理办法》,2000年又制定了《三峡工程施工区环境监测监督管理办法》。

2.2 环境保护监督与监测

《实施办法》等法定文件明确了参建各方的职责、权利和义务,以及施工区相关环境保护工作的基本内容、范围、管理程序及奖惩办法等,所有规定内容作为合同条款的有机组成部分,纳入合同管理范畴。三峡总公司通过完善合同条款、加强设计审查和对项目实施及运转的监督,开展现场环境保护监督管理。

施工区环境监测工作从1992年开始,采取合同管理的形式委托长江流域水环境监测中心总承,三峡总公司坝区环境保护中心负责总协调,并根据合同及《三峡工程施工区环境监测监督管理办法》进行质量考核。

2.3 本阶段环境保护监管小结

环境保护是我国的一项基本国策。自20世纪70年代开始,国家陆续颁行了《环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》、《环境影响评价法》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》等,要求贯彻执行建设项目环境影响评价、“同时设计、同时施工、同时投产使用”和竣工环境保护专项验收等制度。但在建设项目执行这些制度的过程中,因没有建立相应配套的工程环境监理制度,多年来,形成工程建设施工阶段环境污染与生态破坏失控。

三峡工程建设项目管理在第一、二期工程施工阶段,逐步实施了业主制、招标投标制和工程监理制。但由于受各方面条件的制约,环境保护监督管理工作没有纳入工程监理中,更没有实行环境监理制度。所有环境保护监督管理工作均由业主单位三峡总公司坝区管理部环境保护处进行管理,既是运