

丹江口大坝溢流坝 21~24#坝段高程 124 m 以上 堰体混凝土施工技术综述

丁新中, 熊刘斌

(葛洲坝集团第二工程有限公司, 四川 成都 610091)

摘要:按照《南水北调中线一期丹江口大坝加高工程溢流坝堰面延期加高重大设计变更报告》和该工程 2013 年底完工的时间要求,堰面加高施工从 2011 年 10 月开始至 2013 年 5 月结束,利用两个枯水期进行堰面加高施工。针对该工程特点、施工条件、难点和重点,对溢流坝段堰面混凝土加高施工技术进行了介绍。

关键词:丹江口大坝加高工程;溢流坝段;堰面混凝土;施工技术

中图分类号:TV642;TV544;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2012)02-0009-03

1 工程概述

按照《南水北调中线一期丹江口大坝加高工程溢流坝堰体延期加高重大设计变更报告》和该工程 2013 年底完工的时间要求,堰体加高从 2011 年 10 月开始至 2013 年 5 月结束,利用两个枯水期进行堰体加高施工。本枯水期(2011 年 10 月至 2012 年 5 月)进行溢流坝 21~24#坝段堰体加高施工,下一枯水期(2012 年 10 月至 2013 年 5 月)分别进行溢流坝 14~17#和 19~20#坝段堰体加高施工。

由于堰体混凝土暂缓加高施工,加之工程渡汛需要,原溢流坝段坝顶结构均已形成,除了闸墩筒支跨有少量的预制板可以临时移除外,固定跨坝顶结构均无法移除,绝大部分堰体混凝土只能在封闭的状态下施工,采用门塔机、大型混凝土供料线系统浇筑混凝土已不可能,必须根据现场实际情况研究混凝土入仓和布料方法,做到技术可行、经济合理、保证质量、安全和工期。

2 施工的重点与难点

(1)鉴于裂缝检查处理、碳化层凿除、闸墩自锁锚杆施工、钢筋施工、堰面锚杆施工、廊道和门槽植筋施工、老坝体止水挖出与连接、安全监测施工等工序衔接紧密,相互干扰大,工序多,工期紧,技术要求高,需要合理组织和协调,才能保证施工正常进行。

(2)作业面施工场地狭小,施工干扰较大,作业面高差大,安全防护要求高。

(3)由于坝顶结构已经形成,混凝土供料线的规划布置、安装、升高、拆除均较困难,钢筋、模板等材料无法直接吊运至指定部位,人工搬运工作量很大。

(4)浅宽槽回填前的冷却主要为新浇混凝土的冷却,在一个月之内将浇筑块的温度降至 16℃~18℃达到宽槽回填温度后开始回填宽槽混凝土。时间紧、任务重,对后续施工及工程渡汛将产生较大的影响。

3 施工设施布置及特性

3.1 施工设施布置

(1)在溢流坝段新坝顶布置两台 M900 塔式起重机,塔机轨距和轮距均为 16 m,与坝顶 500 t 门机同轨。主要负责溢流坝段混凝土堵水叠梁门吊装、钢叠梁门的安拆,临时施工平台安拆、堰体混凝土浇筑,皮带机供料线系统安拆、升高、转移,施工栈桥安拆,布料机系统安拆、升高、转移,钢筋、模板等材料吊装等。

(2)在溢流坝 21~24#坝段堰体尾部(离坝轴线 12.8 m)沿坝轴线方向布置施工栈桥,其上布置两套可移动式混凝土布料机。主要负责溢流坝段后部 146 m 高程以下及离坝轴线 3 m(在坝轴线上游 3 m)及以下区域的混凝土浇筑。混凝土由自卸汽车运输,塔机配 3 m³吊罐将混凝土卸到布料机顶部的受料斗内,由布料机浇筑混凝土。为保证施工质量,布料机混凝土供料线系统初次安装高程为 140.5 m,经过一次升高后(升高后的安装高程为 149.5 m)完成堰面加高混凝土施工。

收稿日期:2012-03-13

(3)在闸室内沿水流方向中线布置有皮带机混凝土供料线系统,共布置 8 套供料线系统(每个闸室一套),主要负责离坝轴线 3 m 以上区域的混凝土浇筑,由自卸汽车直接将混凝土卸到位于坝顶工作门槽处的 4.5 m^3 受料罐内,经溜管、集料斗、移动式皮带机、头部分料装置浇筑混凝土。为保证施工质量,皮带机混凝土供料线系统初次安装高程为 143 m,经过一次升高后(升高后的安装高程为 153 m)完成堰面加高混凝土施工。溢流坝 21~24#坝段堰面混凝土施工布置情况见图 1、2。



图 1 坝下施工栈桥及布料机系统

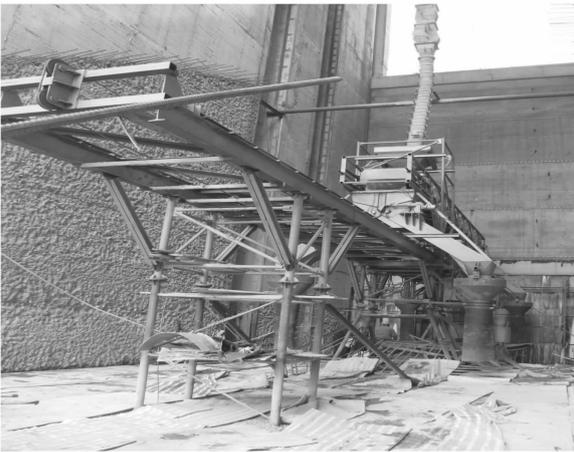


图 2 闸室内皮带机供料线系统

3.2 堰面混凝土施工设施、设备特性

(1)两台 M900 塔机起重特性。

两台 M900 塔机起重特性见表 1,其中括号内为 1#M900 塔机数据,括号外为 2#M900 塔机数据。

(2)闸室内皮带机混凝土供料线系统特性。

闸室内皮带机混凝土供料线系统特性见表

2。

表 1 两台 M900 塔机起重特性表

序号	名称	单位	性能参数
1	起重臂端部至回转中心长度	m	42.62(72.62)
2	平衡臂端部至回转中心长度	m	24
3	最大起重量	t	50(32)
4	最小起重量	t	23.5(11)
5	起升速度	m/min	0~55
6	变幅速度	m/min	0~25
7	回转速度	r/min	0~0.55
8	行走速度	m/min	0~20
9	最大起升高度	m	32.21(44.21)
10	电源		~380 V 50 Hz
11	总功率	kW	170
12	全机自重	t	310(350)
13	行走轨道		QU120(起重机专用钢轨,与坝顶门机同轨)
14	轨距、轮距		轨距、轮距均为 16 m

表 2 闸室内皮带机混凝土供料线系统特性表

序号	名称	单位	性能参数	备注
1	受料罐容量	m^3	4.5	
2	钢管溜管直径	mm	356	壁厚 9 mm
3	钢管溜管长度	m	33	每根溜管配两个缓降搅拌器
4	皮带机长度	m	13.4	
5	皮带机带宽	mm	800	
6	皮带机带速	m/s	3.15	
7	行走速度	m/min	28	
8	总功率	kW	18.88	
9	设计生产率	m^3/h	100	
10	电源		~380 V 50 Hz	

(3)布料机混凝土供料线系统特性。

布料机混凝土供料线系统特性见表 3。

表 3 布料机混凝土供料线系统特性表

序号	名称	单位	性能参数
1	布料机浇筑最大半径	m	16.5
2	布料机浇筑最小半径	m	2.5
3	布料机带宽	mm	650
4	布料机带速	mm	2.5
5	布料机行走速度	m/min	5~8
6	布料机总功率	kW	24.5
7	设计生产率	m^3/h	60
8	布料机上受料斗容量	m^3	3
9	施工栈桥	m	96
10	栈桥轨道(P43)	m	192
11	布料机电源		~380 V 50 Hz

4 混凝土设备、设施浇筑规划

所有混凝土均由自卸汽车运输。混凝土由三种方式入仓:(1)由塔机配 6 m^3 或 3 m^3 吊罐直接进入仓浇筑混凝土;(2)塔机配 3 m^3 吊罐将混凝土

卸到布料机受料斗内,由布料机系统布料浇筑混凝土;(3)由自卸汽车将混凝土直接卸到坝顶 4.5 m^3 受料罐内,由闸室内皮带机供料线系统布料浇筑混凝土。

方式一的浇筑区域为溢流坝段下块;方式二的浇筑区域为坝轴线上游 3 m 以下的区域,高程为 128 m 至 146 m 区域;方式三的浇筑区域为坝轴线上游 3 m 以上的区域,高程为 131.2 m 至 151.2 m 区域。

经统计,对于溢流坝单个坝段而言,由M900塔机直接入仓浇筑混凝土量占单个坝段总方量的 11.1% ;由M900塔机配合布料机系统入仓浇筑混凝土量占单个坝段总方量的 26.4% ;由皮带机供料线系统直接入仓浇筑混凝土量占单个坝段总方量的 62.5% 。单个坝段的混凝土总量为 $9\,001.5\text{ m}^3$ 。

5 主要施工技术

5.1 施工程序

根据溢流坝21~24#坝段堰体结构,利用两台M900塔机先浇筑堰体下块混凝土,并在浇筑堰体下块混凝土的同时预埋布料机栈桥立柱基础节。通过工作门槽、检修门槽空腔用塔机安装闸室内皮带机立柱基础节并浇筑基础混凝土。利用两台塔机安装布料机栈桥、布料机、闸室内皮带机供料线系统。

总体施工程序为:混凝土碳化层凿除、裂缝处理、砂浆锚杆施工、植筋施工、自锁锚杆施工→下块混凝土浇筑及布料机栈桥立柱基础节预埋→布料机栈桥及布料机安装→闸室内皮带机立柱基础节预埋及基础混凝土施工→闸室内皮带机系统安装→堰体混凝土浇筑→工作门下闸→吊起堵水钢叠梁门→移交施工部位、准备工程渡汛。

混凝土施工程序为:混凝土碳化层凿除、裂缝处理、砂浆锚杆施工、植筋施工、自锁锚杆施工→堰面钢筋、廊道钢筋、防裂钢筋安装→立模→堰体混凝土分层浇筑→门槽底坎安装及二期混凝土浇筑、预留宽槽二期混凝土回填。

5.2 主要施工技术

5.2.1 布料机混凝土供料线系统技术

布料机混凝土供料线系统由坝下施工栈桥和混凝土布料机组成。施工栈桥由轨道梁、轨道、支撑系统、护栏、立柱等组成,布料机由压重块、平衡

重、底座、立柱、连接柱、回转驱动装置、伸缩皮带机总成、顶部受料斗、平台走道护栏等组成。施工栈桥和布料机均由坝顶两台M900塔机负责装拆,由专业队伍负责现场安拆和升高。

混凝土由M900塔机吊 3 m^3 吊罐供布料机供料,通过布料机的行走、回转、伸缩完成布料工作,整个混凝土施工区域无死区。

5.2.2 闸室内皮带机混凝土供料线系统技术

闸室内皮带机供料线系统由坝顶两台M900塔机负责装拆,两台 5 t 慢动卷扬机配合,由专业队伍负责现场安拆及升高。

混凝土由自卸汽车运输,自卸汽车直接卸到位于坝顶的受料斗内,经带有缓冲搅拌器的钢管溜管、集料斗到皮带机上。皮带机通过行走机构、头部分料装置、可摆动的软管溜筒完成布料工作,整个混凝土施工区域无死区。

5.2.3 堰面混凝土施工引排水

工作门提起后,即开始进行堰面引排水工作。针对每一孔叠梁门渗漏情况采取不同的措施,对大的渗水点采取引管排水,对分散的小的渗水点采用表面封闭排水,渗漏水经下部集水槽流入集水暗井内,经排水廊道排至下游面,最后对集水槽和集水暗井进行灌浆封堵。

5.2.4 模板规划施工

124 m 高程以上堰面由 $1:1$ 斜坡段、抛物线段、两圆弧段、进口垂直段组成。模板规划如下:

(1)在 $151.4\sim 152\text{ m}$ 高程之间堰顶区域,堰面较平缓,采用挂设样架的方法浇筑混凝土,人工抹面收光。

(2)工作门槽下游面 128 m 高程以上斜直段及曲线段与 128 m 高程以下斜直段均使用扣模施工。

(3)检修门槽上游面 $148.5\sim 151.4\text{ m}$ 高程曲线段(圆弧段)较陡部分采用定型模板施工,初凝前边拆除模板、边进行人工抹面收光。

为控制堰面体型,使用钢筋样架定位模板。钢筋样架单独设置和固定,通过测量放样控制样架位置和精度,模板通过钢筋样架固定和定位。

5.2.5 混凝土浇筑

(1)混凝土施工分层。

按照招标文件及相关设计要求,考虑现场
(下转第46页)

表 1 用于牛腿部位施工的各方案分析比较情况表

项目	方 案 名 称		
	仓内吊模方案	大模板整体提升方案	液压自爬模板方案
立拆模功效	模板设大量的拉条,并且仓内需预埋拉筋柱,仓外需搭设钢管排架作为操作平台,因而立拆模效率很低	模板整体起吊和就位,仅设少量拉条,仓内需预埋拉筋柱,因而立拆模效率较高	除首仓外,其余仓位均可采用自身的结构进行立拆模及爬升,效率很高
安全操作方面	需在临时搭设的脚手架上操作,安全性较差	模板自身设计有多层操作平台,安全方面有保障	模板自身设计有多层操作平台,安全方面有保障
需起吊设备情况	不需要吊车,人工立拆模	需要吊车立拆模	除首仓安装需要吊车外,均不需要吊车,可依靠自身的液压系统进行自动爬升
混凝土表面质量	存在大量的外露拉条,并且面板拼缝多,表面质量不如大面板好	采用预埋套筒的方式内拉,没有外露的拉条,修补后混凝土表面光滑	采用定位锥和锚筋固定模板,没有外露的拉条头,修补后混凝土表面光滑
模板投入成本	模板占压时间长,投入的总量大,损耗的拉条及拉筋柱较多。但组合钢模板及钢管围檩后期可周转使用到其它部位	模板量只需按一个浇筑升层配置,每个升层损耗少量的拉条及拉筋柱。模板投入需考虑吊车台班费。模板后期除面板外,支撑系统等利用率均不高,综合看投入成本与仓内吊模法相差不多	模板量只需按一个浇筑升层配置,模板投入总量较整体提升方案大。另外,液压系统造价很高,因而模板总投入成本远远高于前两者
适用情况	适用于牛腿斜长很短,表面质量要求不高的结构	适用于牛腿斜长很长、工期较紧、表面质量要求较高的工程	适用于牛腿斜长很长、工期较紧、表面质量要求较高的工程

4 结 语

从以上对各方案进行的分析比较情况看,大模板整体提升方案和液压自爬模板方案的优势明显高于仓内吊模方案,但在实际工程施工中,采用何种施工方案不能一概而论,还要结合本工程的规模、工期、质量要求、现有模板及机械设备情况

等诸多因素进行论证,最终确定采用何种施工方案,以便达到施工迅速、安全、经济、质量优良等目的。

作者简介:

刘红岩(1974-),女,辽宁铁岭人,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第 11 页)

实际情况,堰面混凝土施工分层按 2 m 左右控制,层间间歇期为 4 ~ 9 d,在每层层面上布置冷却水管。

(2)混凝土浇筑。

①混凝土由拌和系统拌制,混凝土水平运输全部采用自卸汽车,混凝土采用三种方式浇筑方式:a. 闸室内皮带机系统;b. 塔机直接入仓;c. 塔机 + 布料机系统。

②采用台阶法浇筑混凝土,结合面砂浆边浇筑混凝土边摊铺。表层抗冲耐磨混凝土、过渡层和下层混凝土一次性浇筑,在闸墩侧面、模板表面作出明显的分区标识,以防混料。

5.2.6 浅宽槽回填施工

浅宽槽(宽 1.2 m × 深 2 m)混凝土采用带有缓降搅拌器的溜管、集料斗、溜槽浇筑。使用扣模连续翻转浇筑混凝土,人工平仓、振捣和抹面收

光。混凝土由自卸汽车运输,由 M900 塔机将吊罐内的混凝土卸到集料斗中,通过钢管溜管(中间配两个缓降搅拌器)将混凝土卸到其下的集料斗内,经溜槽浇筑混凝土,将溜槽铺设在浅宽槽钢筋表面并固定。

6 结 语

该工程自 2011 年 11 月 28 日开始第一仓堰体加高混凝土施工以来,通过采用三种入仓方式,闸室内皮带机供料线和坝下布料机供料线施工技术,工程进展顺利,质量满足设计要求,保证了工程安全渡汛。

作者简介:

丁新中(1961-),男,河南邓县人,副总经理,高级工程师,高级经济师,从事水电工程施工技术与管理工
熊刘斌(1963-),男,湖北黄梅人,项目总工程师,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)