

白鹤滩水电站进水塔超深门槽二期混凝土快速施工技术

李 治

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘要：白鹤滩水电站右岸进水塔门槽二期混凝土浇筑高度为98m，属超深门槽，采用传统搭设排架作业平台施工，具有安全风险极高、排架材料占用多、施工干扰大、功效低等特点，通过前期大量研究及后期实践总结，创新设计了超深门槽二期混凝土自爬钢绞线滑模系统，有效解决了超深门槽二期混凝土施工的各项难题，实现快速高效的混凝土浇筑体系。

关键词：进水塔；门槽二期；混凝土；快速施工

1 工程概述

白鹤滩水电站右岸进水口采用岸塔式，进水塔采用墩墙式钢筋混凝土结构，底板高程为736.00m，塔顶高程为834.00m。塔体前沿宽度为265.6m，分9#~16#共8段布置，单塔宽33.2m，顺水流向长32.5m，依次布置拦污栅、叠梁门、检修闸门、快速闸门、通气孔。单个进水塔机组段设5孔拦污栅槽，5孔叠梁门槽，5孔叠梁门储门槽，1孔检修门槽和1孔快速门槽，共设2个检修门储门槽。所有门槽二期混凝土均布置在门孔四角，除叠梁门储门槽和检修闸门储门槽外，其余门槽均设有底坎。

检修门槽总高98m，门槽孔断面尺寸为：11m*3.5m，二期混凝土断面尺寸为：1.1m*0.7m，门槽二期混凝土标号为C40W10F100，一级配。

在白鹤滩水电站右岸进水塔门槽二期混凝土施工过程中，施工局结合现场施工情况和资源配置情况，采取有效措施，在前期进行了大量研究及后期实践总结的基础上，形成了超深门槽二期混凝土自爬钢绞线滑模施工技术。本技术自主创新设计了超深门槽二期自爬钢绞线滑模+一种模板调节螺杆+滑模及电动吊篮防卡阻装置+抗冲击混凝土溜管及缓冲器，有效解决了超深门槽二期混凝土施工的各项难题，实现快速高效的混凝土浇筑体系，保证了门槽二期的浇筑质量和工期要求。

2 施工重难点

(1) 门槽二期混凝土浇筑高度高、工作面多、施工作业面狭小、工期紧、上下同时作业影响较大，常规排架施工方式操作复杂、安全及施工效能低^[1]。

(2) 滑模施工过程中各部件相对结构固定，不能随着一期混凝土面调整模板，二期混凝土模板与一期混凝土面难以结合现象时有发生。

(3) 进水口常年大风天气影响滑模及电动吊篮施工的稳定性和滑模爬升过程中减小滑模及电动吊篮晃动才

能保证施工质量和施工安全。

(4) 超深门槽二期混凝土单位高度方量小，下料高度高，下料方式单一，防止骨料离析减少溜管损耗是一难点。

3 主要施工技术

3.1 施工流程

门槽结构研究→施工准备→滑模设计及加工→滑模吊运→电动吊篮安装→钢绞线安装→滑模调试→溜管安装→混凝土入仓浇筑→滑模提升→抹面养护→施工技术分析总结^[2]。

3.2 主要施工要点

3.2.1 滑模设计加工

滑模根据门槽尺寸进行设计加工，包括主平台、辅助平台、抹面平台、模板系统、爬升系统等。

主平台即是连接溜管下料系统及滑模的通道，也是部分周转材料的临时存放平台，并作为混凝土平仓振捣平台。平台框架主要采用[16、[12槽钢焊接，主、辅平台间连接为[12槽钢，平台上两端头工作区域铺设3mm厚花纹钢板，中间区域铺设钢板网^[3]。平台外框架上布置4个导向轮，防止滑模提升过程中与井壁碰撞及卡阻。辅助平台上布置数控提升泵站，并作为千斤顶维护、模板调节的平台。抹面平台布置在辅助平台下部，框架主要采用[10槽钢焊接，与辅助平台通过[10槽钢连接，平台上铺设钢板网。

各平台间布置钢爬梯，作为上下通道，平台周边临空侧均布置1.2m高Φ48钢管防护栏杆及30cm高踢脚板。

3.2.2 滑模安装、调试

滑模在加工厂加工成整体后托运至现场进行安装，在进水塔平台采用25t汽车吊及门、塔机配合吊运，吊运时用于吊装的钢丝绳逐节逐段下放，每下放一段采用井口锁定梁进行临时固定，接长吊装钢丝绳继续下放，吊

运到位后将钢丝绳临时固定在井口锁定梁上。将加工好的门架固定在门槽上口，先进行电动吊篮的安装，再以电动吊篮为平台进行吊滑模钢绞线安装及调校，滑模门槽间移动及安装由25t吊车及门塔机配合施工^[4]。

滑模采用4台GYS20-200提升顶配φ15.24mm钢绞线进

行提升，4台千斤顶通过智能泵站进行控制，提升顶采用螺栓连接在主平台框架梁联结板上，并配备2根安全绳。同时，为防止钢绞线污染使滑模提升打滑，采用φ20PE软管对钢绞线全段保护。

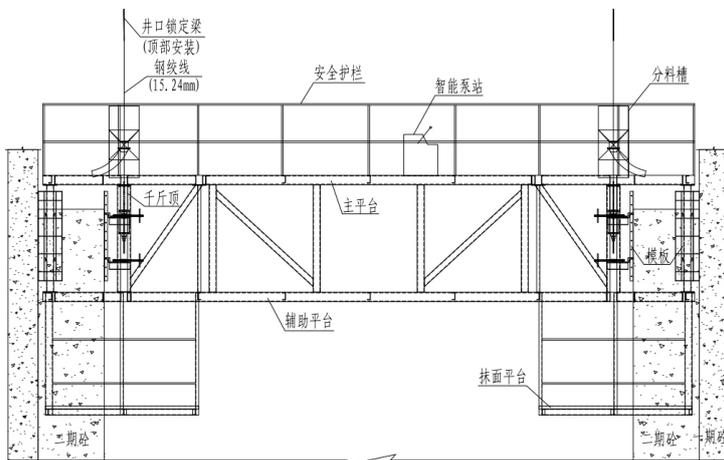


图1 滑模平台示意图

3.2.3 电动吊篮安装

门槽在进行二期混凝土施工时，均需采用电动吊篮作为施工人员上下通道，单个门槽配备1个电动吊篮，人员上下配备防坠器及安全绳。电动吊篮安装布置在滑模上部，通过井口型钢梁进行固定^[5]。吊篮安装完成，在正式使用前应认真检查各部位是否符合安装要求、并进行使用前的检查和调整，经调整正常后，方可正式使用。

3.2.4 模板安装

滑模模板采用定型钢模板，通过型钢围檩挂设固定在滑模框架上，模板背面配置专用螺杆调节装置，使模板可以根据一期混凝土浇筑情况及现场施工情况进行调整。为保证螺杆能在模板卡阻的情况下顺利调节，特采用φ24圆钢定制加工大丝距的“T”型螺纹丝杆，并采用配套的10cm长M24螺母，螺母焊接在支架上，通过螺杆转动调节模板前后位置；同时在模板侧面焊接20cm长螺杆以调节左右位置。调节螺杆上部采用木板或泡沫板进行防护。

3.2.5 溜管安装

门槽二期混凝土下料采用DN200防分离溜管下料，检修门槽布置2趟，拦污栅槽及叠梁门槽布置1趟。溜管单节长3.0m，采用法兰盘连接成整体；每隔12m设置缓冲器，同时，溜管下口布置一个缓冲器；溜管采用2根φ20mm钢丝绳串联在吊耳上进行固定；每隔4.5m布设一道连墙件（φ16钢筋）；串联钢丝绳固定于井口型钢梁上。溜管上口布置受料斗，下口通过溜筒衔接至浇筑

部位；随着二期混凝土浇筑上升，溜筒从下至上逐节拆除，单层浇筑完成后，采用塔顶门机、塔机吊离溜管。

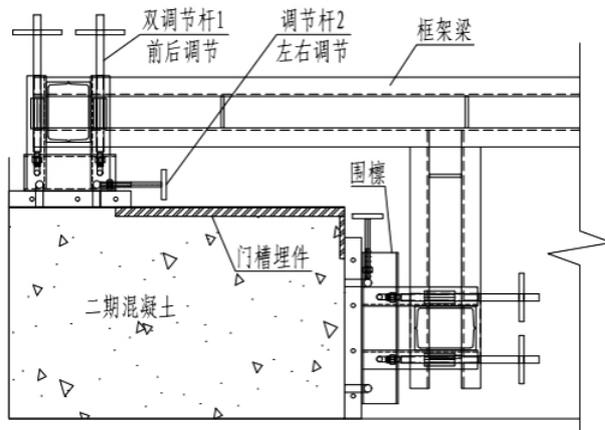


图2 模板调节系统

3.2.6 混凝土施工

(1) 混凝土入仓。混凝土通过搅拌车运输至834m平台，通过混凝土搅拌车直接下料及采用塔顶临时门机+1m³吊罐入仓，备用手段为MQ900门机及C7050塔机+1.5m³吊罐将混凝土吊运至门槽834m平台受料斗，经DN200溜管、溜筒入仓。

(2) 混凝土浇筑。滑模施工顺序：下料→平仓振捣→滑升→下一循环施工。由于二期混凝土施工部位狭小，为保证二期混凝土施工下料、仓内振捣及浇筑密实性，滑模混凝土要求入仓塌落度16~18cm（现场可根据实际情况进行调整），混凝土振捣采用φ30/50mm软轴振捣

棒振捣,作业人员在吊滑模主平台上进行振捣施工,振捣时避免直接振动模板,并插入下层混凝土5cm左右,模板提升时停止振捣。滑模正常提升根据施工现场混凝土初凝、混凝土供料、施工配合等具体情况确定合理的滑升速度,按分层浇筑间隔时间不超过允许间隔时间。

(3)滑模初浇、初升。混凝土初次浇筑和模板初次滑升应严格按以下步骤进行:首次铺设5cm砂浆,接着按分层30cm浇筑两层,厚度达到65cm时,滑升15~20cm检查脱模的混凝土凝固是否合格;若无异常情况,便可进行正常浇筑和滑升。

模板初次滑升要缓慢进行,并在此过程中对爬升系统、模板系统变形情况进行全面检查,发现问题及时处理,待一切正常后方可进行正常浇筑和滑升施工。

(4)模板滑升。当施工进入正常浇筑和滑升时,应尽量保持连续施工,并设专人观察和分析混凝土表面情况,根据现场条件确定合理的滑升速度和分层浇筑厚度。依据下列情况进行鉴别:滑升过程中能听到“沙沙”的声音;出模的混凝土无流淌和拉裂现象,手按有硬的感觉,并留有1mm左右的指印;能用抹子抹平。

滑升过程中有专人检查千斤顶的情况,观察爬杆上的压痕和受力状态是否正常,检查滑模中心线及操作盘的水平度。

(5)表面修整及养护。表面修整是关系到结构外表和保护层质量的工序,当混凝土脱模后,须立即进行此项工作。一般用抹子在混凝土表面作原浆压平或修补,如表面平整亦可不做修整。为使已浇筑的混凝土具有适宜的硬化条件,减少裂缝,混凝土出模后12h以内开始喷水养护。养护用花管设在滑模抹面平台底部。

3.3 质量控制

3.3.1 滑模施工保证措施

(1)滑模施工各工种必须密切配合,各工序必须衔接,以保证连续均衡施工。

(2)施工前,对混凝土的配合比、外加剂进行试验工作,测定混凝土的塌落度、凝固时间,为滑模做好技术准备。

(3)千斤顶钢绞线应进行控制安装,顶部锁定梁上的钢绞线锚具应严格按照测量数据安装。

(4)安装完毕的吊滑模,应经总体检查验收后,才允许投入生产。

3.3.2 质量保证措施

(1)施工所用原材料符合招标文件、设计施工要求和国家有关质量标准,有生产许可证、合格证及技术资料,使用前按有关规程规定进行抽查、复检,经检验合

格,方可使用。

(2)坚持施工质量“三检”制,严放漏检、错检。

(3)利用奖励考核办法、施工质量奖励制度保证和提高工艺质量。

(4)模板的制安、拼装满足建筑物结构外形,制作允许偏差不超过规范的规定,保证牢固可靠、不变形,模板表面涂脱模剂以保证混凝土表面光洁平整。

(5)混凝土养护设专人负责,并做好养护记录。

4 关键技术和创新点

(1)研发的自爬钢绞线滑模施工系统,在超深门槽二期混凝土施工中的成功应用,解决了高空作业面、狭小空间内混凝土高标准浇筑的施工难题,通过多层工作平台的设计,使混凝土浇筑、振捣、抹面、养护等工作同步进行,极大提到了工作效率。采用滑模自爬钢绞线的方式,解除了现有主流滑模对爬杆加固的限制。

(2)研发了模板专用螺杆调节装置,使模板在随滑模框架结构滑升时,可根据门槽一期混凝土浇筑面情况进行快速调节移动,满足了模板在滑升过程中多方向调节需求,保证了门槽二期混凝土浇筑外形结构尺寸的精度,大大降低了滑模结构在滑升过程中出现偏差时的调节难度。

5 结语

根据目前国内外门槽二期混凝土施工情况,搭设作业平台并通过内拉加固模板的方式进行二期混凝土浇筑,结合白鹤滩水电站实际情况,白鹤滩水电站右岸进水塔共有检修门槽8孔,门槽二期混凝土高98m,属于超深门槽二期混凝土施工,针对门槽二期混凝土结构及特点,采用该施工技术取得了良好效果,在提高了工作效率的同时,降低了安全风险,节约了施工成本,对类似工程具有重要的借鉴作用。

参考文献

[1]王钥,廖志毅,陈琰,等.基于枕头坝二级水电站混凝土导墙爆破拆除的邻近建(构)筑物动态响应数值模拟研究[J].水力发电,2024,50(9):49-58.

[2]陈加伦,杨斌葛.水电站混凝土面板堆石坝分布式光纤传感技术变形监测研究[J].混凝土世界,2024(5):90-93.

[3]熊新宇,姚勇强,王曙东,等.西藏扎拉水电站混凝土骨料料源选择分析[J].水利水电快报,2024,45(8):47-51,64.

[4]王孝海,赵贺来,赵静雅,等.白鹤滩水电站泄洪洞混凝土施工全流程三维动态仿真模拟[J].水力发电,2024,50(2):65-70.

[5]罗立博.杨房沟水电站地下厂房混凝土喷层开裂成因分析[J].水利水电快报,2024,45(z1):10-12.