

电站大坝厂房混凝土快速施工技术研究

陈宏照

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450000

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16010

[摘要] 本文以某水电站工程为例,针对小流域水电开发中投资受限导致导流功能不足、工期紧张的问题,围绕电站大坝厂房混凝土快速施工展开技术研究。厂房快速混凝土施工需要重点细化混凝土运输、浇筑及养护等关键环节的技术参数与操作规范,在保证混凝土质量的前提下,尽可能缩短施工工期,为小流域水电站混凝土快速施工提供可靠施工质量保障。

[关键词] 小流域水电站;混凝土快速施工;技术要点

引言

目前,随着大流域水电市场开发逐渐转向萎缩,小流域水电开发必将迎来一个开发高潮,但是在小流域开发过程中同时也受到一定条件的限制,比如建设投资等。由于受到投资影响,本该需要加大投资的一些单位工程(比如导流洞)也缩减了投资,使其施工功能受限。由于这些单位工程使用功能受到一定限制,往往会对后续单位工程施工工期造成很大影响,但是小流域开发在工期上却往往不会延长,因此,需要总结一套针对小流域项目混凝土快速施工的技术。

1 工程概况

贵州芙蓉江官庄水电站工程拦河坝坝型选用常态混凝土重力坝,枢纽由溢流坝段、非溢流坝段、主厂房坝段、安装间坝段和左岸防渗墙组成,坝顶高程 416.00m,最大坝高 50m,坝顶全长 209.25m,厂房为河床式厂房,布置在河床左岸,总长度 62.5m。本工程主要施工工程量为土石方开挖 23 万 m³,混凝土浇筑 15 万 m³,钢筋制安 6200t。

本工程为 III 等中型工程,主要永久性建筑物按 3 级建筑物设计,次要永久性建筑物按 4 级建筑物设计,临时建筑物按 5 级建筑物设计。泄水建筑物位于河床中部,由坝身溢流表孔组成,共 5 孔,孔口尺寸为 9.5m×17m(宽×高),堰顶高程 394.00m,闸墩中墩厚 3m,边墩厚 2.5m,溢流坝前缘净宽 64.5m。堰面曲线为三圆弧下接 WES 曲线,曲线方程为 $y=0.047366x^{1.85}$,WES 曲线下接反弧段,反弧半径为 15m,弧底高程为 376m,挑角为 40°。表孔工作闸门为弧形闸门,采用液压启闭机启闭;检修闸门为平板叠梁门,采用坝顶移动门机启闭。工程采用一次拦断河床、隧洞导流形式,但是根据导流洞最大过流设计,隧洞导流只满足非汛期施工需要,即本年 11 月份至次年 4 月份施工。在汛期时,由于洪水量大,必须采取河床与隧洞联合泄流方式,即该时段围堰过水,导

流洞及基坑泄流,洪水淹没基坑,大坝及厂房停止施工。根据总进度计划,大方量混凝土施工时间不足 5 个月,所以本工程混凝土施工时间受到很大限制,因此必须在有效的施工时间内加快混凝土施工,确保工程按期完工。

2 混凝土快速施工技术原理

大坝及厂房底板等大体积混凝土部位施工中,对官庄电站大坝厂房混凝土快速施工技术进行研究,确定了大体积混凝土浇筑施工方法,通过对浇筑过程中混凝土水平运输、入仓以及混凝土仓号分块分层等综合研究,在保证工程安全及质量的前提下,确保大坝及厂房大体积混凝土快速浇筑施工,从而减少资源投入、缩减工期,确保工程顺利完工投产发电。

(1) 合理确定混凝土施工分块及施工顺序,确保混凝土施工连续进行

由于混凝土施工工程量大、强度高,只有混凝土施工能做到连续进行,才能确保混凝土施工按期完成。

(2) 合理进行混凝土施工人员、机械配置,保证混凝土正常施工

为达到混凝土连续施工这一目的,根据需要共安排 2 台建筑塔吊、1 台履带式布料机、1 台 25t 汽车吊、2 台长臂反铲(斗容 0.8~1m³),1 台混凝土汽车泵、1 台拖泵等大型混凝土浇筑设备,确保各个工作面同时施工。

(3) 在加大施工机械资源投入的过程中,确保资源能在最经济的情况下进行施工。

3 混凝土快速施工技术要点分析

3.1 混凝土快速施工程序

考虑大坝自身特点,闸室段混凝土、护坦混凝土工程施工强度大、工期紧、浇筑线长,前期主要采用大型设备集中力量进行闸室段混凝土、护坦混凝土浇筑,其他部位混凝土可安排在后期浇筑以降低混凝土浇筑强度。混凝土施工的程

序如图1所示。

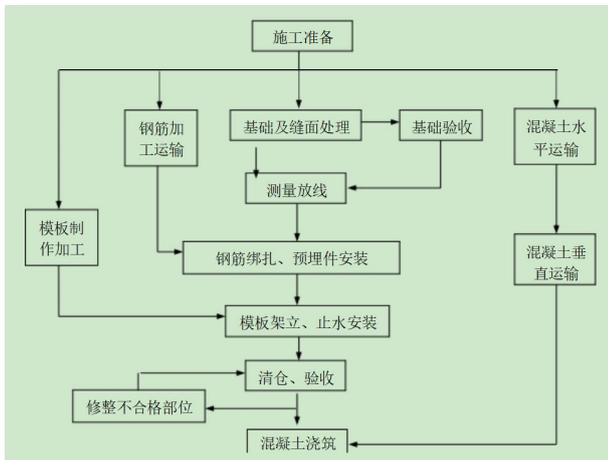


图1 快速混凝土施工流程

3.3 混凝土施工

3.3.1 混凝土运输

拌制好的混凝土采用8m³混凝土搅拌运输车运至现场,运输中不应发生分离、漏浆和严重泌水、过多温度回升(或损失)和坍落度损失现象,并采取覆盖的措施防晒(或防冻),混凝土的自由下落高度不宜大于1.5m^[1],超过时,采取缓降或其他措施以防止骨料分离。视不同部位采用不同的入仓方式。

3.3.2 混凝土浇筑

工程属于大体积混凝土施工,拟分块进行跳仓浇筑,混凝土穿插有楼梯间和廊道要预留,根据不同坝段实际情况,垂直高度根据结构物分为2.5~3m一仓,水平按坝纵方向分块,一般要求每仓浇筑平面面积小于400m²,水平方向进行跳仓浇筑、垂直方向进行错缝浇筑,避免施工缝在同一垂直面上。入仓方式采用履带式布料机和长臂反铲,配合8m³混凝土罐车浇筑,并用佛山100型振捣器进行振捣。施工程序为:缝面处理→模板施工→止水和预埋件安装→钢筋安装→混凝土浇筑→养护。

(1) 模板施工。为了使官庄水电站主坝混凝土施工达到既美观又快速目的,混凝土外表面使用大型悬臂组合模板,以获得光亮及整齐的外观效果和减少资源投入。要求模板安装时对缝拼装,拼缝严密,有足够的密封性,不漏浆。模板表面清洁,不含油质及其它可能污染混凝土外表面的物质,不得使用损坏或变形的模板。模板制作安装误差按混凝土结构及构筑物成型后允许误差进行控制。对于悬臂大模板,模板固定统一采用定位锥,以利于模板安拆^[2]。同时,统一收仓高程,采用压条控制收仓高程,以便拆模后混凝土表面分

缝印迹线和定位孔位置横平竖直,正交排列。其余无法使用大型悬臂模板的部位,均采用专门设计的异型模板或组合钢模板,如需采用木模浇筑则需在木模表面贴PVC板,以保证混凝土成型外观质量。模板水平运输采用左右岸塔吊,采用25t汽车吊进行安装,部分模板安装施工人员进行辅助。

(2) 混凝土浇筑。

a) 浇筑方法及要求。在官庄水电站大坝厂房混凝土施工中,针对不同方向的仓面特点,采用差异化浇筑方法以兼顾质量与效率。坝体横方向仓面优先选用台阶法施工,该方法按照“分层布料、分层振捣”的原则,将仓面沿高度方向划分为30~50cm的台阶层,混凝土从仓面一端向另一端推进,每层台阶浇筑完成后及时振捣,避免出现冷缝。此方法适用于横方向仓面较长(超过15m)的区域,能有效控制混凝土浇筑速度,确保振捣密实^[3]。

坝纵方向采用跳仓法施工,根据坝体结构及混凝土收缩特性,将纵方向仓面划分为若干个独立仓块,每个仓块面积控制在200~350m²之间,相邻仓块浇筑间隔时间不少于7天。施工时先浇筑奇数仓块,待其完成一定程度收缩(混凝土强度达到设计强度的70%以上)后,再浇筑偶数仓块,通过跳仓间隔释放混凝土收缩应力,减少裂缝产生。同时,跳仓法可实现多仓块平行作业,配备2~3组施工人员及设备,大幅提升纵方向混凝土浇筑效率。

当仓内存在两种及以上标号混凝土时,需在混凝土分界面处设置临时挡板。挡板采用厚度5mm的钢板制作,高度与浇筑层厚度一致(2.5~3m),底部嵌入仓面基层3~5cm,两侧通过钢筋支架固定,确保挡板垂直度偏差不超过1%。浇筑过程中,先浇筑高标号混凝土,待其液面高于低标号混凝土液面5~10cm后,再浇筑低标号混凝土,避免两种标号混凝土混杂,保证结构受力性能。

b) 仓面准备。仓面准备工作以基础垫层混凝土施工标准为基准,同时结合大坝厂房混凝土施工特点细化流程。首先进行仓面清理,采用高压水枪(压力不低于0.8MPa)冲洗仓面基层,清除表面的浮渣、杂物及松散混凝土,对于基础垫层与上层混凝土结合面,需将垫层表面凿毛,凿毛深度控制在5~10mm,每平方米凿毛点数量不少于50个,确保新旧混凝土结合紧密。若仓面存在油污,使用丙酮溶液擦拭清理,避免油污影响混凝土粘接强度^[4]。

接着检查仓面平整度及高程,利用水准仪测量仓面各控制点高程,偏差超过±5mm的区域采用水泥砂浆找平或人工

凿除处理。对于设有施工缝的仓面,需对缝面进行特殊处理:先将缝面混凝土表面的浮浆层凿除,露出新鲜骨料,然后用高压风清除缝内碎屑,再铺设一层厚度2~3cm的同标号水泥砂浆(水灰比略低于混凝土),铺设面积与浇筑面积一致,确保缝面结合质量。

仓面周边模板及止水结构检查也是重点环节。检查模板拼缝是否严密,采用手电筒照射法检测,若发现漏光部位,用海绵条或密封胶封堵;检查止水片安装是否牢固,止水片接头采用热熔焊接,焊接强度不低于母材强度,接头处无气泡、裂缝。同时,在仓面周边设置排水沟及集水坑,防止雨水或施工用水积聚,确保仓面处于干燥状态,为混凝土浇筑创造良好条件。

c) 平仓浇筑。混凝土单仓平仓与振捣方法参照基础垫层常态混凝土施工工艺,同时针对大坝厂房大体积混凝土特性优化参数。平仓作业采用长臂反铲配合人工进行,反铲斗容选用 1m^3 ,将混凝土均匀摊开,平仓厚度控制在30~40cm,避免混凝土堆积过高导致骨料分离。平仓过程中,安排专人检查混凝土坍落度,每2小时检测一次,确保坍落度符合设计要求(常态混凝土坍落度控制在50~70mm),若坍落度损失过大(超过20mm),及时与拌合站沟通调整,严禁向仓内加水。

振捣作业采用插入式振捣器,振捣器有效振动半径为30~40cm,振捣点间距控制在50cm以内,呈梅花形布置。振捣时将振捣器垂直插入混凝土中,插入深度至下层混凝土5~10cm,振捣时间为20~30秒,直至混凝土表面出现浮浆、不再下沉为止,避免过振导致骨料离析或漏振出现蜂窝麻面。对于仓面边角、预埋件周边等振捣困难区域,采用小型振捣棒(直径30mm)辅助振捣,确保混凝土密实度。振捣完成后,及时检查混凝土表面平整度,若存在凸起或凹陷,采用人工刮尺修整,保证仓面平整度偏差不超过8mm。

d) 抹面收仓。混凝土抹面收仓是保障结构外观质量与保护层性能的关键工序,需在混凝土脱模后1~2小时内启动(此时混凝土表面已初凝,手指按压无明显痕迹)。首先进行初次抹面,采用木抹子将混凝土表面的浮浆、气泡抹平,重点处理表面裂缝及凹陷部位,对于宽度超过0.2mm的表面裂缝,用水泥原浆填补压实^[5]。初次抹面完成后,等待混凝土表面水分蒸发至无明显积水时(约30~60分钟),进行二次抹面,使用铁抹子进行原浆压平,使混凝土表面形成光滑、致密的表层,减少水分蒸发速度,增强表面抗裂

能力。

(3) 混凝土养护。混凝土表面的潮湿养护也是保证混凝土质量的关键工作,为使已浇筑的混凝土具有适宜的硬化条件,对混凝土表面进行洒水养护,强度上来后表面用浸湿麻袋片覆盖并洒水养护7天或根据监理人的指示采取相应的养护措施。混凝土浇筑完成后,待表面初凝,立即启动洒水养护,采用自动喷淋系统或人工洒水方式,确保混凝土表面始终处于湿润状态(表面含水率不低于80%)。洒水频率根据环境温度调整,夏季高温时段(气温超过 30°C)每1小时洒水1次,冬季低温时段(气温 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$)每3~4小时洒水1次,避免表面水分过快蒸发导致裂缝。

当混凝土强度达到设计强度的50%以上(通常浇筑后3~5天),改用浸湿麻袋片覆盖养护。麻袋片需提前浸泡至完全湿透,覆盖时确保与混凝土表面紧密贴合,无空隙,相邻麻袋片搭接宽度不小于10cm,顶部采用重物压实防止风吹移位。覆盖后每天检查麻袋片湿润程度,若发现干燥及时洒水补充水分,养护时间不少于7天;对于有抗渗要求的部位(如溢流坝段、止水结构周边),养护时间延长至14天,或按照监理人指示调整。

结语

本研究围绕工程实例提出一种适用于小流域水电项目的混凝土快速施工技术体系,有效解决小流域开发中“投资受限导致导流功能不足、工期却不延长”的核心矛盾,能够为同类工程建设提供有效参考。在具体应用中需要做好施工板块的合理划分,合理采用相应的浇筑策略,同时还需要做好针对性的养护措施,确保混凝土凝结强度。

[参考文献]

- [1] 孙宾,陈蕾,黄远方. 电站厂房混凝土裂缝产生的原因分析及采取的防裂措施[J]. 云南水力发电, 2025, 41(02): 158-160.
- [2] 郝龙. 电站厂房混凝土浇筑分层分块设计[J]. 铁道建筑技术, 2025, (02): 93-96.
- [3] 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(S1): 10-12.
- [4] 魏建林. 大型厂房混凝土施工技术及其质量控制策略[J]. 散装水泥, 2023, (06): 167-168+172.
- [5] 傅迪,宁卫琦. 某水电站上游副厂房混凝土顶板裂缝处理[J]. 东北水利水电, 2021, 39(12): 12-14.