

藏木水电站大坝溢流面混凝土施工质量控制

汪劲松, 邹伟

(中国人民武装警察部队水电第三总队, 四川成都 610036)

摘要:藏木水电站大坝溢流面具有跨度大, 混凝土抗冲磨性要求高等特点, 从模板制安、分层分块、混凝土配合比选定、入仓方便等阐述了所采用的施工方法, 有效确保了工程质量。

关键词:溢流面; 混凝土; 质量; 控制; 藏木水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV544+91;TV512;TV652.1 **文献标识码:** B

文章编号:1001-2184(2014)增1-0014-04

1 工程概述

藏木水电站位于西藏自治区山南地区加查县境内, 是雅鲁藏布江干流中游桑日~加查峡谷段5级电站开发中的第4级, 工程为二等大(2)型工程, 开发任务为发电, 水库正常蓄水位高程3310 m, 坝后式厂房内安装6台单机容量85 MW的发电机组, 总装机容量为510 MW, 多年平均年发电量为24.008亿kW·h。

枢纽布置格局为重力坝+坝后式厂房, 大坝建基面高程3198 m, 最大坝高116 m, 坝顶总长度387.5 m。溢流坝全部布置在左岸, 设置有3~8#共6个溢流坝段(桩号: 坝0-010.0~坝0+078), 总长125 m, 顶宽48.5 m。除3#、4#、8#坝段坝顶长度分别为24.5 m、21 m、16.5 m外, 其余坝段长度均为20 m。溢流表孔为开敞式, 孔口尺寸为15 m×19 m(宽×高), 中墩厚5 m, 边墩厚4.5 m。坝顶高程3314 m, 最低建基面3204 m(8#溢流坝段), 最大坝高110 m, 大坝最大底宽87.3 m。

溢流坝5~8#坝段堰顶上游为椭圆曲线, 下游为WES型幂曲线与1:0.7的斜直线相切, 再通过半径35 m的反弧段与消力池相接。3、4#坝段是由导流明渠改建而成, 结构型式稍微不同, 堰顶上游为椭圆曲线, 下游为WES型幂曲线与1:0.8的斜直线相切, 再通过半径20 m的反弧段与1:10斜直线相接, 最后通过直线段与消力池相接。

2 施工关键技术

大坝主体结构采用常态混凝土, 施工预留溢流堰面结构层不小于60 cm, 坡面形成台阶状。

按施工计划, 大坝主体和闸墩施工到一定高程后再分段进行溢流面混凝土施工。

溢流面混凝土施工工艺流程: 仓面凿毛及清理→测量放样→钢筋绑扎及轨道安装→复测及轨道调整→滑模安装→混凝土入仓振捣→模板滑升抹面压光。

2.1 模板工艺

溢流面混凝土施工主要采用滑模, 对于滑模无法覆盖的部位则采用木模板或组合钢模板施工。为确保模板结构有足够的稳定性、刚度和强度, 以及足够的密封性, 保证混凝土的结构尺寸、形状和相互位置符合设计规定, 项目部专门请专业厂家设计加工了一套滑模, 针对各坝段宽度不一样, 同一坝段各部位溢流面宽度亦不一样, 将滑模设计成节长为3 m、6 m、8 m的模块, 根据各坝段和各部位宽度进行组合, 以满足仓位施工需求, 保证模板的适用性及安装质量要求。

滑模主要由面板系统、桁架系统、抹面平台、轨道及行走系统等部分组成。其中面板由4 mm厚钢板和筋板(筋板主要厚度为6 mm、高110 mm)组成。为满足底部溢流面、闸墩溢流面及宽尾墩溢流面处滑模的施工, 同时考虑方便运输及安拆, 滑模设计成五节组合结构(1节8000 mm×1200 mm、2节6000 mm×1200 mm、2节3000 mm×1200 mm), 每节面板平面内均布置有上、中、下三榀桁架, 每节面板之间以及面板与桁架之间采用M16×45高强度螺栓连接。在每节面板上纵梁底部均焊接有2组钢绳牵引挂钩吊耳, 吊耳采用10 mm厚的钢板制作, 相互间隔焊接在上纵梁上。滑模施工中, 由于溢流面宽度不同, 面板

收稿日期: 2014-06-15

有多种组合,每种组合均采用不同位置吊耳挂钩钢丝绳调整牵引受力,可使滑模一直保持在正常状态下滑升。

滑模拼装前,对滑模的面板进行表面平整度检查,拼装完成后用3 m靠尺对模板整体进行检查,以保证其满足 $\pm 3\text{ mm}/3\text{ m}$ 的设计技术要求。

2.2 线性控制及轨道安装

溢流面混凝土采用有轨滑模,轨道选用焊接H型钢(200 mm \times 200 mm)制作加工,先绘制设计曲线,在曲线上按3 m一段等分曲线,将轨道按照3 m一段设计曲线进行加工制作,将偏差控制在施工规范允许范围内。

安装前,首先进行精确放样,放样后用钢筋支架或斜撑支撑,支撑间距60 cm,然后安装定位锥、上拉杆及轨道。轨道3 m一节,轨道侧面采用钢管或钢筋限制其侧向变形。定位锥及上拉杆中心线距坝段横缝、闸墩边墙(宽尾墩边线)距离62 mm,轨道安装完成后进行复测,采用可调螺杆进行高程调节,以满足溢流面结构边线精度要求。经复测检查成型后的溢流面与设计曲线最大偏差为1.48 cm。

2.3 混凝土分段及分层

根据大坝溢流面结构特征,考虑坡度、闸墩、宽尾墩及掺气槽等部位影响,结合溢流面预留台阶以及滑模轨道布置情况,将溢流面混凝土按照以下区域分段进行浇筑。

(1) 5~8#坝段下游直立面高程3 231.4~3 236 m采用组合钢模板,分两层进行浇筑;

(2) 5~8#坝段溢流面浇筑。在底部高程3 236 m高程左右视坡度情况,将该部位3~6 m划为一段,采用钢筋样架直接浇筑;平缓段结束后至闸墩墩尾(坝)0+046.00划为一段、闸墩墩尾(坝)0+046.00~宽尾墩墩尾(坝)0+030.80划为一段、宽尾墩墩尾(坝)0+030.80~宽尾墩墩头(坝)0+021.80划为一段、宽尾墩墩头(坝)0+021.80~坝顶(坝)0+005.80划为一段,均采用滑模浇筑;

(3) 3~4#坝段溢流面浇筑。将(坝)0+073.00~(坝)0+049.56划为一段,采用钢筋样架直接浇筑;将(坝)0+049.56~(坝)0+026.64划为一段、将(坝)0+023.18~坝顶(坝)0+005.80划为一段,均采用滑模浇筑;

(4) 按照预留台阶厚度60~100 cm考虑,溢流面混凝土分为一层浇筑。

2.4 混凝土入仓方式

溢流面混凝土采用自卸车运输,由布置在右岸的缆机吊运入仓,每台缆机吊运能力为 6 m^3 ,生产能力为48~72 m^3 。由于缆机配置的是 6 m^3 立罐,考虑溢流面预留台阶厚度、每次浇筑层厚、滑升速度、卸料冲击力等因素,每次采用 6 m^3 立罐运送 3 m^3 混凝土至仓面。

2.5 滑模施工

滑模施工在确定滑升程序或平均滑升速度时,首先应考虑混凝土出模强度,根据不同季节混凝土初凝时间以及最佳收面时间确定滑模每隔几个小时滑升一次,以及相应的滑升距离,一般将滑升距离控制为20~40 cm/h。滑升除考虑上述主要因素外,还应考虑气温条件、混凝土原材料及强度等级、结构特征以及模板条件。根据5#坝溢流面浇筑试验情况对比分析,滑模滑升速度一般为2~2.5 h滑升一次,滑升距离为40~50 cm/次。若是白天晴朗天气施工,则滑升速度和滑升距离取小值;若是阴雨天气或夜间施工,则取大值。

另外,溢流面混凝土浇筑时分层浇筑,分层厚度为30 cm。浇筑时,采用立罐直接卸料入仓,卸料高度不得过高,卸料应均匀、连续、卸料顺序由中间向两端对称进行,避免混凝土冲击力过大而造成模板位移。混凝土下料时均匀对称,由专人统一指挥。混凝土采用插入式振捣器振捣,局部辅以软轴振捣器配合振捣,以确保混凝土浇筑密实。

3 混凝土质量控制措施

溢流面混凝土设计为二级配C4028W8F150抗冲耐磨混凝土,浇筑工程量为4 557 m^3 。

3.1 原材料及配合比选择

本工程混凝土生产系统由业主另行招标实施,负责供应整个工程的砂石骨料和主体工程混凝土。根据设计提供的《抗冲耐磨混凝土试验研究报告》,我部对溢流面混凝土的原材料和抗冲耐磨性能进行了试验,试验的目的是:在满足施工的前提下,通过采用高效减水剂,尽可能降低用水量,采用矿物掺合料降低水化温升,使深孔抗冲磨混凝土达到高性能混凝土的要求,使其具有较高的抗裂性、抗冲磨性和良好的工作性。

根据试验成果,藏木水电站溢流面混凝土采用了(20%粉煤灰+6%硅粉+0.9 kg/m³PVA纤维)拌制抗冲耐磨混凝土,其配合比见表1。

表1 溢流面混凝土施工配合比表

混凝土等级	水胶比	砂率	每 m ³ 混凝土材料用量/kg						
			水	水泥	粉煤灰	硅粉	砂	石	纤维
C40	0.39	32%	132	250.5	67.7	20.3	596	1 277	0.9
C ₉₀ 40	0.39	32%	132	250.5	67.7	20.3	596	1 277	0.9

注:①粗骨料二级配比例为中石:小石=50:50;②高效减水剂按胶材用量的0.7%~0.8%取值;引气剂掺量根据含气量控制,其范围为3.5%~4.5%;溢流面混凝土在掺入硅粉纤维后,性能指标有显著提高;①同水胶比条件下硅粉纤维粉煤灰混凝土抗压强度、抗拉强度、抗冲磨强度及极限拉伸值最高,硅粉粉煤灰混凝土次之,粉煤灰混凝土最低;②相同条件下复掺纤维能减少混凝土因硅粉带来的收缩变形,降低混凝土早期开裂,提高混凝土的抗冻性和抗冲击性能。

(1) 施工缝面的处理。

施工缝面包括预留台阶水平和垂直缝面、与闸墩接触面、先浇块接触面等。根据现场实际情况,缝面采用风镐深度凿毛,将缝面表面松动、蜂窝孔洞、乳皮及灰浆浮渣等清除干净,然后用水清洗,直至微露粗砂。台阶直角部位在预留施工中浇筑成倒角。

对凿毛后的缝面及时进行预验收,满足要求后进行钢筋铺设等工序,在浇筑验收之前重新进行清洗并保持缝面清洁湿润。

(2) 加强搅拌。

由于混凝土中掺入了硅粉纤维,夏季拌制过程中还用冰水搅拌,为防止各组分产生离析分层现象,提高混凝土的均匀性,经试验将拌和时间增加至110 s。

(3) 塌落度要求。

藏木水电站大坝坝址位于高寒缺氧地区,蒸发量大、大风天气多、日照时间长、昼夜温差大,经现场测定,出机口到仓面混凝土的塌渣损失一般在30%左右,晴朗天气下中午有时可以达到50%~60%。为了确保混凝土浇筑质量,经现场试验及浇筑过程控制,在晴朗天气下,上午10:00~下午16:00左右塌落度选择为5~7 cm,特别是在中午温度最高时尽可能选择大值;其它时间或阴雨天气下塌落度选择为3~5 cm。另外,浇筑过程中要随时检查混凝土的塌落度和干硬性,严格控制水灰比,不得随意增加用水量,密切配合以保证混凝土的质量。

(4) 定点卸料。

由于溢流面预留台阶宽度较窄,每次滑升范围内混凝土浇筑方量较小,因此,混凝土卸料时不应摊铺过宽,一般控制为2~3个台阶宽度,每次立罐分2~3次分开定点卸料,确保卸料均匀、连

续且摊铺范围受控,避免因卸料不均匀(连续)或摊铺范围过宽而造成混凝土初凝等现象发生。

(5) 加强振捣。

溢流面混凝土采用插入式振捣器振捣,局部辅以软轴振捣器配合振捣,以确保混凝土浇筑密实。每仓混凝土浇筑施工配置2个φ100插入式振捣器和2个φ50软轴振捣器,缆机卸料后首先采用φ100插入式振捣器进行大范围深度振捣,振捣时与侧模保持5~10 cm的距离,垂直插入且插入下层混凝土5~10 cm,然后采用φ50软轴振捣器平行滑模斜向振捣。加强振捣能使拌和物更好地充满模板,减少其内部空隙并增大混凝土的密实度,尽可能地排出其内部气泡,减少显孔、大孔,尤其是连通孔,提高其强度,从而提高其抗渗能力,达到改善耐久性的目的。

(6) 强化现场管理与协调。

在溢流面混凝土浇筑期间加强现场管理与协调。由于溢流面混凝土每仓浇筑时间较长(7~10 d),因此,需要对以下几个方面加强管理与协调,确保混凝土浇筑的连续性、均衡性以及质量稳定性:

①由于藏木水电站大坝、厂房分别由三家单位承建,缆机有时需要供其它标段单位吊装,特别是机电标和厂房标段,现场管理人员及调度应及时协调缆机,确保混凝土浇筑的均衡性,保证浇筑质量;

②现场质检人员及试验人员按照规范加强对混凝土半成品的检测,并根据天气情况及时调整混凝土塌落度,保证混凝土浇筑质量;

③现场管理人员需经常对运输设备、入仓设备及滑模等进行检查,及时发现问题并解决问题,确保设备完好,保证混凝土连续浇筑。

3.3 混凝土收面

滑模施工脱模后采用人工抹面,抹面由专业班组在滑模尾部抹面平台进行,严禁人员踩踏混凝土表面。抹面分三步进行:

第一步,人工找平。过程中用事先准备好的3 m靠尺检查上下游方向的平整度,挖高填低,并将两侧的轨道及定位锥等拆除,再进行上下游方向找平,同时用靠尺检查左右方向的平整度,进行挖高填低。在以上措施都满足设计要求的基础上,再用杉板提浆,杉板提浆时必须将表面残留气孔抹平。

第二步,一次压光。在人工找平后、混凝土初凝之前进行(用手轻按有明显的凹陷),压光之前用3 m的标准靠尺顺水流方向和垂直水流方向再次检查混凝土表面平整度是否满足设计要求;对于不能满足设计要求的部位,采用混凝土原浆填补。本次压光采用紧光机配合人工抹面。

第三步,二次压光。在首次压光60~90 min后(视情况而定,环境气温高时时间短一些,反之时间长一些;白天时间短一些,夜间时间长一些)进行第二次压光,第二次压光方向与第一次压光方向垂直。

人工收面压光严格按照上述程序进行,确保面层压实压光无气泡,该措施可以在一定程度上提高溢流面面层混凝土强度、抗渗性能和抗冲击性。

3.4 及时养护

在常温及夏季溢流面混凝土施工过程中,收面时采用保温卷材简单覆盖,随揭开保温卷材随收面,收面完成后采用保温薄膜加麻袋进行保温保湿覆盖,并在滑模抹面平台处安置养护水管,养护水管采用 $\varphi 25$ 硬质塑料水管,间隔20 cm钻设一个 $\varphi 2$ 圆孔,布置在距抹面平台下方桁架位置,呈水滴状养护混凝土面。对混凝土及时全方位采取上述养护措施,可以保持水化的适宜温度和湿度,保证水泥水化硬化的正常进行,从而提高其早期强度,也有利于改善混凝土的耐久性。

3.5 其它措施

(1) 设备的保温隔热。

夏季混凝土水平运输时,车顶设遮阳篷,两侧用灰海绵保温,以减少混凝土温度回升;垂直运输时,立罐口设遮阳篷,四周用灰海绵保温,对采用缆机运输的混凝土,在现场设立完善的缆机信号

指挥系统,缩短运输时间,严控缆机他用;加强现场调度的协调,减少运输车辆卸料过程中长时间压车,若出现压车现象,则将车停在附近阴凉处,减少热温倒灌。通过采取上述措施,夏季主要是隔热(冬季措施一样、主要是保温),一般可以将出机口到仓面的温度回升(落)控制在 1°C 以内。

(2) 浇筑过程中的温控。

在浇筑过程中,一是在滑模桁架上加盖彩钢瓦,随着滑模滑升可以阻挡新浇面层不受太阳直射和雨淋,确保收面质量稳定;二是遇有太阳直射或下雨时,及时采用彩条布将浇筑坯层覆盖,确保混凝土浇筑质量。

(3) 仓面喷雾。

高温季节浇筑混凝土时,外界气温较高,为防止混凝土初凝及气温倒灌,采用喷雾机喷雾以降低仓面环境温度,喷雾时保证成雾状,避免其形成水滴落在混凝土面上,使仓面混凝土在浇筑过程中减少阳光直射强度,降低仓面环境温度,该措施对减少混凝土在浇筑振捣过程中的温度回升及降低仓面周围的环境气温具有较好的效果。喷雾机安放在周边模板或仓面固定支架上,架高2~3 m,结合风向,使喷雾方向与风向一致。同时,根据仓面大小选择喷雾机数量(2~3台),以保证喷雾降温效果。

(4) 洒水养护。

溢流面混凝土在养护过程中除采取覆盖麻袋和保温薄膜进行保温保湿养护外,还必须采取水管流水全天候养护。流水养护可以有效降低溢流面混凝土的水化热,确保溢流面面层不开裂。

4 结 语

藏木水电站大坝溢流面混凝土于2013年6月中旬开始浇筑,截止至9月,已完成5#、6#坝段3 254 m高程以下部位混凝土浇筑。由于采用了先进的模板设计、适当的施工方案,并在原材料优化、混凝土配合比及温度控制、施工工艺等方面进行了严格控制,溢流面混凝土内外质量均得到有效控制,无表面裂缝,取得了较好的效果。

作者简介:

汪劲松(1975-),男,安徽肥东人,高级工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作;

邹伟(1977-),男,江西吉安人,工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)