

整体式滑模在泄水闸闸墩混凝土施工中的应用

林东升

(重庆航运建设发展有限公司,重庆 401121)

摘要:滑模施工技术是航电枢纽工程中一项高效、低廉的混凝土施工技术,具有施工速度快、安全可靠、质量好、成本低等优点。通过整体式滑模施工技术的设计与运用,实现了单个闸墩整体一次浇筑成型,确保了结构的整体性,节省了支模和搭设脚手架施工工序,大幅度降低了施工难度,施工工效显著提高。同时,针对航电枢纽工程混凝土施工普遍采用的分层分块方式造成的层间分缝较多、成型质量较差,使用整体式滑模大大保证了其成型的外观质量。

关键词:潼南航电枢纽;闸墩混凝土;整体式滑模

中图分类号:TV7;TV52;TV53

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增1-0012-05

1 概述

潼南航电枢纽工程等别为Ⅱ等,工程规模为大(2)型,建筑物自左到右依次为左岸土坝连接段、发电厂房、泄水闸、船闸、船闸门库、右岸土坝连接段。

泄水闸为3级建筑物,按50a一遇洪水设计,500a一遇洪水校核,泄水闸最高挡水位高程和正常蓄水位相同,为236.5m。由18孔开敞式泄水闸组成,采用开敞式平底宽顶堰,孔口净宽为14m,堰顶高程为225m,前沿总长307.8m,闸室底板顺水流长25.5m,底板最小厚度为3.5m。闸墩顶长29.5m,墩顶高程为252.4m。为使水流平顺、侧向收缩小,闸墩上、下游墩头均采用半圆形,圆弧半径为1.4m,在闸墩上游高程246.4m处以1:1悬挑4m牛腿,用于支承坝顶公路桥。

该工程共设19个闸墩,为2个边墩、17个中墩(7#墩较厚,厚6m,导截流阶段与纵向混凝土围堰结合承担挡水任务)。2#~6#和8#~18#闸墩为标准墩,高27.4m(其中:牛腿高6m,标准段高21.4m),顺水流长25.5m,厚2.8m,16个闸墩全部采用整体滑模工艺浇筑而成。闸室设上游检修门槽、工作闸门槽和下游检修门槽,分别距离上游墩头8.9m、17.6m、21.6m,尺寸(长×宽)分别为:2300mm×600mm、2480mm×800mm、1800mm×600mm,同时在门槽处预留了一期插筋(φ32钢筋@200mm×200mm)和二期混凝土(上游检修门槽、工作门槽、下游检修门槽二

期混凝土尺寸(长×宽)分别为:600mm×600mm、600mm×800mm、600mm×400mm)与后期闸门轨道连接,为二期混凝土预留的一期插筋给整体滑模施工造成了一定困难。

2 滑模结构

2.1 滑模的组成

整体式滑模主要由模板组、提升架、液压爬升器、千斤顶、主平台、抹面平台、分料平台等组成。

2.2 模板系统

2.2.1 模板

为了满足闸墩体型要求,所采用的模板分为直线模板、圆弧模板和门槽模板,模板选用定型钢模板,面板厚度为3mm,高度为1250mm,背肋为50mm×5mm的角钢,模板间采用螺栓连接。为了减少摩擦阻力和粘结力,模板在设计时应设计成上大下小并保证其具有0.3%~0.5%的斜度,组装时按上大下小原则组装,避免出现负锥情况。

2.2.2 围圈

为抵消混凝土的侧压力,在模板外侧设置了一道围圈。围圈是模板的支座,用于将模板、千斤顶和提升架连成整体,以便承受和传递整个滑升模板的垂直和水平荷载。围圈采用钢桁架制作而成,钢桁架主边框为∠80mm×8mm的角钢,腹杆为∠63mm×6mm的角钢,宽度为1200mm,高度为1000mm。

2.2.3 提升架

提升架由立柱和门型桁架组成,对称布置,下

收稿日期:2018-10-28

部由模板围圈作为支撑,上部采用门型桁架跨闸墩连接,其上、下分别采用焊接和螺栓与主平台和分料平台相连,中间安装千斤顶。提升架分内外两层,高度分别为 1 700 mm 和 2 700 mm,立柱和千斤顶横梁采用 20#槽钢加工,其中高 2 700 mm 的提升架上横梁为桁架式结构(防止模板变形),桁架的上弦采用 $\angle 80 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 角钢,下弦及腹杆采用 $\angle 63 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 角钢。

2.3 操作平台系统

整体式滑模的操作平台系统包括主平台、抹面平台、分料平台,各平台相互间设置楼梯作为施工通道。

2.3.1 主平台

主平台不仅承担施工区间的全部荷载,而且还是钢筋绑扎、预埋件安装、下料点布置、混凝土振捣的主要工作场所。模板外侧设置了一圈主平台,利用模板外侧的钢桁架围圈做支撑,模板与钢桁架间采用焊接连接,钢桁架上部采用钢板铺设成操作平台,采用焊接牢固连接,其外部设置了一圈安全护栏。

2.3.2 抹面平台

抹面平台位于主平台钢桁架下部,高度为 1 800 mm,宽度为 1 000 mm,采用 $\varphi 18$ 钢筋作为吊杆,与钢桁架可靠连接,下部铺设竹夹板作为抹面平台。

2.3.3 分料平台

分料平台位于主平台上部,底部采用 $\varphi 48$ 钢管(壁厚 3.5 mm)搭设而成,与门型架可靠连接,上部采用竹夹板封闭成操作平台,下料点位置开设 400 mm \times 400 mm 下料孔,平台中心位置设置回转料斗,回转料斗可 360°旋转,灵活分料。在分料平台周边采用短钢管按竖向钢筋间距焊接固定一圈,用于竖向钢筋的固定和定位。

2.4 液压提升系统

液压提升系统是滑模构成的重要部件,主要包括 26 个液压千斤顶、液压泵站和爬杆。

爬杆材料选用 $\varphi 48$ 钢管(壁厚 3.5 mm),单根长 3 000 mm,采用丝杆接长。滑模施工过程中所产生的全部荷载均由爬杆承担,每根爬杆对应一个千斤顶,该工程闸墩整体滑模爬杆数量为 26 根,墩壁环向爬杆按竖向钢筋位置均匀布置。爬杆在下部混凝土浇筑时预埋到位(该工程采

用在下部闸底板混凝土内预先埋设 $\varphi 20$ 钢筋($L = 1 000 \text{ mm}$,外露 200 mm)用作焊接加固爬杆)。

3 整体式滑模的工作原理、工艺及施工方法

3.1 整体式滑模的工作原理

该工程整体式滑模采用爬杆埋入式,通过液压千斤顶在爬杆上的单向爬升实现位移。工作时爬杆固定,而千斤顶的动作分为两部分完成:活塞与上卡体为第一组,缸体、端盖、下卡体为第二组,两部分组件交替动作,其上升步骤为:当千斤顶进油时第一组的上卡体紧卡爬杆,锁紧在原来的位置,第二组被油液压力顶升,千斤顶即向上爬升一定行程,同时带动滑模向上移动;回油时,第二组的下卡体紧卡爬杆锁紧,一组复位。由此循环节节上升,完成爬升工作。

3.2 施工工艺流程及采用的主要施工方法

3.2.1 施工工艺流程

施工准备→测量放线→滑模安装→钢筋绑扎→预埋件安装→混凝土浇筑→滑模初次滑升→滑模正常滑升→滑升结束→拆除滑模。

3.2.2 主要施工方法

3.2.2.1 滑模系统的安装

滑模各结构的安装顺序:滑模组件运输→测量放样标出结构物设计轴线、轮廓线→安装模板及主平台→围圈→提升架→液压提升系统→分料平台→运行调试→滑模混凝土浇筑→滑升→抹面平台安装。

3.2.2.2 钢筋制安

(1)受操作平台及施工条件的限制,钢筋下料时墩头圆弧钢筋下料长度一般按 4 500 mm 控制,竖向钢筋按不超过 6 000 mm 长度下料。

(2)钢筋的绑扎速度要与混凝土的浇筑速度相匹配,墩圈外层竖向主筋超前滑模模板上口 2 000 mm 左右,分布筋超前滑模模板上口 500 mm 左右,并随着模板的滑升不断绑扎。

(3)为保证钢筋准确就位,在滑模上部设置钢筋样架进行竖向钢筋定位,样架采用 $\varphi 48$ 钢管截成长 200 mm 短管,按竖向钢筋间距焊接在分料平台横杆上。

(4)为了方便门槽处二期混凝土预留的一期插筋($\varphi 32 @ 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$)的固定和一、二期混凝土结合面成型质量,在结合面部位采用柔性免拆模板加固一期插筋。

3.2.2.3 埋件的安装

由于闸门槽内预埋件较多,在施工前应认真做好预埋件提示表,并根据预埋件提示表进行安装,严禁错埋和漏埋。

3.2.2.4 混凝土浇筑

(1)混凝土入仓、下料和平仓。

采用混凝土泵车直接入仓,通过滑模分料平台上设置的下料点均匀下料。浇筑第一仓前,应在老混凝土面上铺一层20~30 mm厚水泥砂浆,以保证结合面良好。混凝土下料应均匀上升,高差不得超过300 mm,按一定方向、次序分层、人工对称平仓,坯层厚度为300 mm,须满足上层混凝土覆盖前下层不出现初凝。

为保证结构混凝土的设计体型,每个下料点须对称布料,原则上先厚后薄(先浇筑标准段、后浇筑门槽部位)。

人工对混凝土进行平仓,根据混凝土的下料速度及时将下料点周围的混凝土铲平,防止混凝土漏出模板外并及时依据对称下料的原则更换下料点。

(2)混凝土振捣。

混凝土振捣采用软轴振捣器分层振捣,振捣在平仓后立即进行。对于易使模板产生强烈振动和位移的部位,振捣时快插慢拔,振捣点要均匀(不超过400 mm),不得有漏点,振捣点控制在隔墙厚度的中间位置(必要时设置导向管),预先安排好混凝土下料点位置,振捣器操作人员就位。

(3)滑模滑升速度的控制。

根据该工程的实际情况,滑模模板设计高度为1250 mm。混凝土设计初凝时间为8~10 h,浇筑坯层厚度为200~300 mm,混凝土最大仓面浇筑面积为60.95 m²,单个坯层混凝土浇筑量为12~18 m³,滑模滑升速度按100~200 mm/h控制,1250 mm高混凝土浇筑时间为4~6 h,混凝土运输、等待、入仓等时间按2 h考虑,则仓面首层混凝土达到6~8 h的强度,基本满足混凝土滑升强度要求(0.2~0.4 MPa)。

(4)模板的滑升。

根据滑模施工的特点和技术要求,滑模滑升分初始滑升、正常滑升和完成滑升三个阶段。滑模施工初始阶段的混凝土分层浇筑至600~700 mm高度,然后开始进行模板的试滑升。正常滑

升阶段,混凝土浇筑高度应控制在模板上口以下50~100 mm处,并应将最上面一道横向钢筋留置在外,作为绑扎上一道横向钢筋的标志。

①初始滑升。

初始滑升是滑升的重要一环,其目的在于观察混凝土强度发展情况,确定脱模时间,以便对滑升模板系统进行全面检查和调整,检查每个千斤顶是否已到位。若因各千斤顶的加压及回油时间不完全一致,立即更换滑升不正常的千斤顶。

滑模的初次滑升需缓慢进行,滑升过程中对液压装置、模板结构以及有关设施的负载条件作全面检查,发现问题及时处理并严格按以下六个步骤进行:第一层浇筑30~50 mm厚水泥砂浆(新老混凝土面能较好结合),接着按300 mm分层厚度浇筑完2层(总厚度达到650 mm)后开始滑升50 mm,同时检查脱模时间是否合适;第四层浇筑完成后模板滑升50 mm;继续浇筑第五层,然后再滑升150~200 mm;第六层浇筑后又滑升200~300 mm,若无异常现象,即可转入正常滑升阶段。

②正常滑升。

滑模经初始滑升并检查调整后,即可正常滑升。正常滑升时应控制滑升速度为100~200 mm/h,每次滑升200~300 mm。滑升时,若脱模混凝土尚有流淌、坍塌或表面呈波纹状,说明混凝土脱模强度低,应放慢滑升速度;若脱模混凝土表面不湿润,手按有硬感或伴有混凝土表面被拉裂现象,则说明脱模混凝土强度高,宜加快滑升速度。

正常滑升阶段的混凝土浇筑与绑扎钢筋、埋件安装、爬杆连接及加固、混凝土浇筑、模板提升施工等各道工序之间应相互交替进行、紧密衔接,以保证施工顺利进行。在滑升过程中,应及时清理粘结在模板上的砂浆。

③完成滑升。

当模板滑升至距终止高程约1000 mm左右时,滑模即进入完成滑升阶段,此时应放慢滑升速度,准确找平混凝土,以保证顶部高程及位置的正确。

混凝土浇筑结束后,模板继续上滑,直至混凝土与模板完全脱开为止。在此阶段,必须严格控制滑模滑升的速度。

(5) 抹面

在滑模滑升后,混凝土强度较低,混凝土表面不光滑或出现裂纹,需对混凝土进行抹面以确保施工质量。混凝土抹面在滑模爬升后人工利用滑模下部反吊的抹面平台完成。

3.2.2.5 测量放样

(1) 滑模安装的测量控制。

①滑模安装采用全站仪进行校核,以保证安装精度(点位偏差 $\pm 5\text{ mm}$),同时记录各个点位的坐标与闸底板相对位置的关系。

②滑模系统安装完成后,在操作平台上安装1~2个强制对中盘,以方便在滑模运行过程中检测滑模的水平度。

(2) 滑模施工过程中的测量控制。

模板的初始滑升必须在设计的断面尺寸上,当模板组装好后,要求精确进行对中、调平,经验收合格后方可进行下道工序施工。滑模滑升过程中的测量控制方法如下:

①滑模滑升过程中,时刻观察模板与垂线的相对位置,同时定期用固定在滑模上的透明水准管对滑模水平面进行调平和校核,每班至少进行1次模板水平校核。

②滑模滑升过程中,利用所布置的垂线对模板进行校核,即根据两个垂球的平面坐标用钢尺确定滑模中心,然后与滑模设计中心进行对比校核。不定期的用全站仪通过后方交会法的两个垂线定出测站点的坐标,再通过全站仪对滑模进行检测。

3.2.2.6 混凝土养护

混凝土浇筑完12 h后,即可采用自制花管洒水养护,具体做法为:用电钻在 $\varphi 48$ 钢管上沿一条线钻一排小孔,将该钢管固定在滑模抹面平台下部,其通水后即可对混凝土进行养护,养护时间为28 d。

3.3 应急措施

3.3.1 滑模纠偏措施

滑模发生偏移主要由两种原因造成:一是模板内混凝土的侧压力不均衡而使模板发生偏移;二是千斤顶不同步而造成模板产生倾斜,甚至发生扭转,如果不及时纠正,其将会随倾斜模板的上升而发生偏移。为防止模板发生偏移,针对其产生原因的不同采用不同的措施进行预防和纠偏,

纠偏按渐变原则进行,一次纠偏不能过大,否则会造成局部变形过大,混凝土保护层不一致,模板及平台过分倾竖,爬杆弯曲变形,滑升阻力大。滑模偏移的检测主要通过测量模体的水平度和垂直度判断。

3.3.1.1 初次滑升模板的固定

在初次滑升前,为防止混凝土下料不均匀所导致的侧压力使模板发生偏移,在模板对中、调平、固定重垂线后,需要对初次滑升模板的上下口进行加固处理。

上口周圈用 $\varphi 40$ 丝杆顶住模板进行固定。模板下口焊挡块进行限位,周边共设六个,均匀布置在模板下口外侧。必须控制好混凝土的下料速度和滑模的滑升速度,一般控制模板中混凝土的高度在900 mm左右,即滑空高度不超过300 mm。

3.3.1.2 爬杆的加固

起滑段爬杆的加固:将滑模安装阶段的爬杆下段与闸墩底板分布钢筋进行焊接,在千斤顶下卡头与已浇筑混凝土面之间的爬杆中部增设拉杆。

正常滑升段爬杆的加固:由于爬杆的自由长度较长,在外力作用下有可能产生侧向位移(即摆动)。为了防止此类现象发生,在施工中可根据实际情况(如出现摆动时)利用墩体内的结构钢筋焊接 $\varphi 16$ 钢筋,钢筋的一端焊接 $\varphi 50$ 圆环套住爬杆并沿闸墩四周均匀布置,每2 000 mm一圈,当模板上升到该位置时割断除掉,模板继续上升。

3.3.1.3 对千斤顶不同步进行限位

模板在滑升过程中发生偏移的最主要原因:由于千斤顶不同步而造成模板发生倾斜,即模板中心线与墩身的中心线不重合。

为了防止此类现象的产生,经研究决定采取了以下措施:①每个千斤顶在安装前必须进行调试,以保证行程一致;②在每个千斤顶上安装限位装置,即在千斤顶上部300 mm处安装限位器,安装限位器时用水准仪找平,以保证模板在300 mm行程中行程一致,从而使整个模板水平上升而不发生偏移。

3.3.1.4 千斤顶纠偏

在滑升过程中,通过重垂线发现模板有少量

偏移(一般在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内),利用千斤顶实施纠偏;如发生向一侧偏移,则关闭该侧的千斤顶,滑升另一侧,即可达到纠偏的目的。在纠偏过程中,要缓慢进行,不可操之过急,以免混凝土表面出现裂缝。

3.3.2 滑模停滑的处理

滑模停滑包括正常停滑和特殊停滑两种情况。

正常停滑系指滑模滑升至预定高程桩号停滑,特殊情况下的停滑包括出现故障及其他因素引起的停滑。

停滑后,应采取以下措施:停滑时混凝土应浇筑到同一水平面上。混凝土浇筑完毕,模板应每隔1 h左右整体提升一次,每次提升20~30 mm,如此连续进行4 h以上,直至混凝土与模板不会粘结为止,并清理模板上的混凝土、涂刷脱模剂。继续施工时,应对液压系统进行全面检查。对于因特殊情况造成的停滑,混凝土面按施工缝进行处理。

4 结语

与传统施工工艺相比较,闸墩混凝土采用整体式滑模施工具有以下优势:

(1)机械化程度高。滑模施工的整个施工过

程只需进行一次模板组装,整套滑模装置均利用机械提升,从而减轻了劳动强度,实现了机械化操作。

(2)结构整体性好。混凝土分层连续浇筑,各层之间无施工缝,因而其结构整体性好。同时,混凝土面可随模板的提升及时地进行二次抹面,能有效地减少混凝土表面气泡及收缩裂缝,提高外观质量。

(3)施工速度快。模板组装一次成型,减少了模板装拆工序且连续作业,施工速度快。闸墩采用的整体式滑模混凝土施工工艺其施工进度达每天2 m,大大地缩短了工期,创造了良好的经济效益。

(4)节约模板和劳动力,有利于安全施工。滑模的施工装置事先在地面组装,不但可以节约大量模板,同时极大地减少了装拆模板的劳动强度且浇筑混凝土方便,改善了操作条件,有利于安全施工。

作者简介:

林东升(1983-),男,四川成都人,工程师,从事航电枢纽工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

乌东德工程枢纽区地质灾害综合监测预警系统通过评审

“该系统已实现预期目标要求,在水电工程地质灾害风险管理中起到了先导和示范作用,具有较高的社会效益和经济效益。”联合评审专家组对综合地质灾害监测预警系统的意义给予了高度赞扬。2017年12月6日下午,由国家能源局总工程师韩水带队,联合中国水力发电工程学会、四川省地质矿产开发局组成的专家组,在三峡集团党组成员、副总经理樊启祥陪同下来到乌东德水电站工程建设现场,对乌东德水电站工程枢纽区地质灾害综合监测预警系统开展评审。评审期间,专家组一行先后查勘了金坪子、右岸鸡冠山梁子、右岸出线场平台等监测设备布置地点和运行情况,听取了综合监测预警系统承建单位现场负责人的介绍,查阅了项目档案资料,并与工作人员进行了交流,详细询问了该系统分布式光纤与地震监测站点等的布设情况和监测效果。

12月7日上午,专家组组织召开该系统的评审会,并与参建各方深入交换意见。专家组对该项目的顺利完工表示祝贺,肯定了该系统的建设意义和已取得的实效,一致认为该系统具有前瞻性、监测方法先进、指标依据充实,不仅有效降低了乌东德工程区地质灾害风险,还完善了乌东德工程区地质灾害风险管理体系,提高了乌东德工程区应急管理水平。专家组表示,我们要深刻认识到地质灾害发生的特殊性、监测预警的复杂性和保护对象的重要性,今后还要加大监测力度、加强数据采集、慎重选择预警阈值,以大数据分析为基础来完善预测模型,建立适合乌东德工程区地质条件的监测预警系统,同时要密切与当地政府部门的联系,形成协同统一、数据共享的联系系统。专家组最后建议,要进一步加强该系统的应用管理和在行业中的推广应用。

针对下一步工作,樊启祥指出:一是要进行梳理总结,按照合同要求,完善整个系统的验收和资料归档。二是要深度挖掘该系统的运行,将其与常规安全监测系统进行统一对接,最大化发挥其价值。三是要以该系统为基础,打造集水文、水情、气象、地质灾害预警预报于一体、具有三峡特点的跨流域综合监测系统。

据了解,乌东德水电站工程枢纽区综合地质灾害监测预警系统是一套集泥石流监测、高边坡光纤监测、地震动力响应监测为一体的预警平台,它构建起与临界雨量分级预警联系的现地警报及发布系统,实现了对重点地质体远程与近程、实时视频与人工观察相结合的综合监测。该系统在成都山地所及长江设计院已有工作的基础上,于2016年1月委托中国水力发电工程学会统筹有关单位组织建设,可有效地降低乌东德工程施工区地质灾害风险,保障电站的建设与运营安全。

三峡集团总工程师陈文斌,三峡集团科技管理部、三峡建设管理公司、乌东德工程建设部等有关部门的同志参加了评审会。