

Sliding Formwork Construction Technology for the Lining of the Regulating Shaft of the Huairane River Hydropower Station in Laos

Jianfei Yang

China Water Resources and Hydropower Tenth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611800, China

Abstract

Slipform construction can allow each process to proceed continuously and adapt to each other, while minimizing or even avoiding construction joints. The sliding formwork is poured in one go, maintaining the overall integrity of the concrete, with good appearance and forming effect, eliminating the need for scaffolding construction, reducing safety risks, and improving construction efficiency. In sliding formwork construction, the design concept of high-quality and efficient “modular assembly structure”, rapid warehousing of concrete, and rigorous and scientific construction organization are all key factors to ensure the rapid and successful sliding formwork construction. The successful application of sliding formwork construction in the Huairane River surge shaft has reference and guiding significance for the construction of hydropower station surge shafts and similar engineering fields.

Keywords

pressure regulating well; sliding mode; construction technique

老挝怀拉涅水电站调压井衬砌滑模施工技术

杨建飞

中国水利水电第十工程局有限公司, 中国·四川·成都 611800

摘要

滑模施工,可以使各工序连续进行,互相适应,又可以最大限度减少甚至避免施工缝。滑模一次性浇筑完成,保持混凝土较好的整体性,外观成形效果好,省去了脚手架施工,降低了安全风险,提高了施工效率。在滑模施工中,优质高效的“模块式组装结构”设计理念、混凝土的快速入仓、严谨科学的施工组织,均是保证滑模施工快速成功的关键。滑模施工在怀拉涅河调压井的成功应用,对水电站调压井及类似工程施工建设领域,具有借鉴和指导意义。

关键词

调压井;滑模;施工技术

1 引言

近年来,滑模施工凭借着施工速度快、安全有保障等诸多优势,在调压井衬砌工程中得到了广泛推广和应用,综合效益较为显著。与传统模板方案相比,滑模在施工效率、质量方面均表现较好,通过合理的组织与周密计划,可取得理想施工效果,论文结合怀拉涅水电站调压井衬砌工程对滑模施工技术展开详细分析。

2 工程概况

怀拉涅水电站位于老挝色贡省格林县班诺村附近的怀拉涅河中下游段,水电站的工程任务主要为发电,装机容量 $2 \times 30\text{MW}$ 。

【作者简介】杨建飞(1987-),男,中国河南驻马店人,本科,工程师,从事水利水电、建筑施工技术与管理研究。

调压井布置于引水隧洞末端Y3+950.907处,后接压力管道埋管段,井底高程EL.1169.35m,顶部高程EL.1229.00,井深59.65m。调压井采用圆筒阻抗式设计,开挖直径7.3m,一期锚喷支护厚10cm,永久钢筋混凝土衬砌厚80cm,成型后直径5.5m。

3 滑模结构设计

滑模设计参照国家标准GB/T50113—2019《滑动模板工程技术标准》中的有关要求,根据调压井结构形式和滑模施工布置特点,滑模系统主要由平台系统、模板系统、液压支撑系统和辅助系统等组成。

3.1 平台系统

平台系统分为上、中、下三大部分。

最上部利用钢管搭设2.5m高的平台,平台上满铺 $20\text{cm} \times 3\text{cm}$ 木板,其主要功能为钢筋绑扎平台兼集料分料平台。

中部为操作平台是滑模施工的主要工作场地。为了保证安全、节省材料,减轻结构自重,采用16#槽钢焊接成网格型,再用16#槽钢上下连接成桁架结构,局部利用5×5cm方钢加固以保证模体刚度满足要求,平台分三大块,分块吊入井内再进行拼接。平台铺板采用5mm厚花纹钢板满铺,平台与模板上面平齐以防止混凝土洒落,平台保持平整密封。

下部为辅助平台,其功能为便于施工人员随时检查脱模后的混凝土外观成型质量,及时修补混凝土局部缺陷,以及及时对混凝土表面进行洒水养护。辅助平台在操作平台下方约2.1m,外侧距离混凝土面15cm。辅助平台为圆形结构,用∠50角钢焊制而成,挂钩采用φ25钢管,悬挂于操作平台下。

各平台之间应有扶梯通道,便于人员通行。

3.2 模板系统

模板是混凝土井壁成形的模具,模板系统由模板、围圈和提升架组成。

模板为14块高1.2m厚5mm的钢板,围圈为2根14#槽钢,上下围圈距模板上口和下口各20cm,上、下两道围圈间距80cm。

提升架采用F型悬臂提升架,其是滑升模板与主体结构的联系构件,并且通过安装于其顶部的液压千斤顶,带动联系构件等模体上所有的荷载沿支撑杆爬升,用来安装千斤顶并提吊滑模体滑升。

3.3 液压支撑系统

液压系统由YKT-36s型液压控制台、16台QYD-60型滑模液压千斤顶、高/低压油管及附件、支撑杆组成。千斤顶与液压系统分4组并联连接,以便于滑升过程中及时调整模体的倾斜度。支撑杆的下端埋在混凝土井壁内,上端穿过液压千斤顶的通心孔,承受整个滑模荷载,将其传递给下部衬砌混凝土,并作为井壁竖筋的部分存留在混凝土井壁内,现场采用φ48×3.6mm钢管作为支撑杆。

3.4 辅助系统

辅助系统由工作用电用水及照明、爬梯、安全防护栏等组成^[1]。

4 滑模施工

滑升施工的特点是钢筋绑扎、混凝土浇筑、滑模滑升平行作业、连续进行。

4.1 钢筋绑扎

首段钢筋绑扎,可在滑模安装前进行,其后钢筋则需随模板的提升穿插进行。施工时每层混凝土浇筑完毕后,必须保证在混凝土表面上应有一道绑扎好的横向钢筋。竖向钢筋绑扎时,在提升架上部设置钢筋定位架,以保证钢筋绑扎位置准确。

4.2 滑模安装工艺流程

①底板上放线定点,打出调压井中心点和轮廓线。

②模板和围圈均匀放置在内侧钢筋边上。③辅助平台放置在阻抗井底板。④安装主平台(三块件拼装螺栓连接)。⑤提升架安装(16件拼装螺栓连接)。⑥上下围圈安装。⑦模板安装(12件拼装螺栓连接)。⑧穿心液压千斤顶安装,液压系统安装后不插支撑杆空载试运转合格(排除空气、检测有无泄漏、每缸是否正常)。⑨插装支撑杆(液压系统空载合格后插装第一批插入千斤顶的支撑杆,加工成四种长度,且应交错排列,使其在同一断面处的接头数不超过总数的25%),下部用钢筋分层焊接加固。⑩电器及辅助系统安装,安装观测标架及其他附属设施等。⑪辅助平台就位,挂安全网(该平台在滑模滑升2.1m高度后安装),敷设养护水管。

4.3 混凝土浇筑

调压井EL.1229.00平台上口设置一进料斗,料斗下接溜管,溜管为φ300mmPE。溜管沿着调压井井壁布置,直至下部集料斗,溜管随着滑模滑升分节进行拆除。在最下部设置一水平溜筒作为缓冲装置,水平溜筒接集料斗,集料斗下部搭设分料溜槽,分料溜槽共设置8个,沿衬砌混凝土均匀布置,末端至模板上口。混凝土料经进料斗、溜管、缓冲溜筒、下部集料斗、下部分料溜槽输送至仓内。混凝土下料必须保证均匀、对称,以防模体结构受力不均,发生偏移。混凝土入仓后,人工平仓,人工持φ50软轴插入式振捣器在操作平台上振捣。

4.4 模板的滑升

4.4.1 试滑

滑模安装完成后,需先进行试滑工作,主要是检查滑模液压系统是否安装正确及滑模整体结构稳定性,试滑高度5个千斤顶行程约15cm,试滑结束后需对下部脱空部位安装封板。

4.4.2 模板的初滑阶段

第一层浇筑5~10cm厚砂浆,接着按分层30cm浇筑第二层、第三层,混凝土厚度达到600~800mm(模板高度的1/2~2/3)高度后,第一层混凝土强度达到0.2MPa左右(4h左右),应进行1~2个千斤顶行程3~5cm的提升,并对滑模装置和混凝土凝结状态进行检查。模板初次滑升要缓慢进行,并在此过程中对提升系统、液压控制系统、平台及模板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。

4.4.3 模板的正常滑升阶段

正常滑升时应遵守“勤滑少滑、勤滑勤校”的原则。施工进入正常浇筑和滑升时,要保持连续施工,并设专人观察和分析混凝土表面情况,滑模模板高度为1.2m,施工采用分层浇筑、逐层滑升的方法。根据现场条件确定合理的滑升速度和分层浇筑高度。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;强度应控制在

0.2~0.4MP,能用抹子抹平。

滑升参数初拟定为:分层厚度 30cm;混凝土面距模板上口约 1/6 (20cm) 时,开始滑升模板,并将最上一道横向钢筋留置在混凝土之外。滑升时间间隔为 1h,最大不超过 1.5h,正常提升时应控制速率为 15~20cm/h。在模板滑升后,若脱模混凝土有流淌、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,则说明脱模强度高,宜加快滑升速度。

4.4.4 滑模控制

滑模中线控制:为保证结构中心不发生偏移,利用全站仪定出中心点,在井口中心点处钢丝绳悬挂锤球放置井内进行中心检查控制。每上升 5m 左右进行滑模中心复核。

正常滑升时应注意以下事项:①正常滑升过程中,两次提升的时间间隔不应超过 1.5h。②提升过程中,应使所有的千斤顶充分进油、排油。如出现油压值增至正常滑升的 1.2 倍,仍不能使全部液压千斤顶升起的情况,应停止提升操作,立即检查原因,及时进行处理。③混凝土每层浇筑厚度 30cm 左右,利用支溜槽均匀对称铺筑,振捣密实。模板逐渐提升,每次提升高度 15~20cm,时间间隔 0.5~1.0h/次,间隔提升时间不得超过 1.5h,随着混凝土的连续浇筑,滑模也随之在间隔时段内进行提升。④正常滑升过程中,操作平台应保持水平。滑升过程中有派专人利用水准仪、锤球等测量工具,检查滑模垂直度及操作平台的水平度,对误差状况及时纠偏。

4.4.5 模板的完成滑升阶段

当滑模滑升至距调压井顶部 1m 时,滑模即进入完成滑升阶段。支撑杆此时外露长度较高,稳定性较差,此时应放慢滑升速度,保证模体整体稳定,使最后一层混凝土能够均匀地浇筑完成。

4.5 表面修整及养护

混凝土表面修整是关系到结构外表和保护层质量的工序,混凝土脱模后,须立即进行此项工作。用抹子在混凝土表面做原浆压平或修补,如表面平整亦可不作修整。为使已浇筑的混凝土具有适宜的硬化条件,减少裂缝,在辅助平台下端一周铺设喷淋管喷水对混凝土进行养护。混凝土表面出现蜂窝、麻面或其他损坏的缺陷,按监理工程师的指示的方法进行修补,并做好记录^[2]。

4.6 滑模拆除

滑模滑升接近顶部位置时,开始准备滑模的拆除。当混凝土浇筑到设计高程,将模体滑空,利用 25t 吊车将模体分步骤逐步进行拆除后吊运收集。

滑模模体拆除应注意以下事项:

- ①必须在现场人员的统一指挥下进行。
- ②操作人员必须正确佩戴安全帽及安全带。
- ③拆除的滑模部件要严格检查,捆绑牢固后吊运。

5 施工出现的问题及应对措施

滑模施工中常出现问题有:滑模倾斜、平移、扭转、模板变形、混凝土表面缺陷、支撑杆弯曲等,其产生的根本原因在于千斤顶工作不同步,荷载不均匀,浇筑不对称,纠偏过急等。因此,在施工中首先把好质量关,加强观测检查工作,确保良好运行状态,发现问题及时解决。

5.1 纠偏

利用水平仪、铅锤等测量工具,检查滑模垂直度及操作平台的水平度,若发生偏移,利用千斤顶自身纠偏,即关闭四分之一的千斤顶,然后滑升 2~3 行程,再打开全部千斤顶滑升 2~3 行程,反复数次逐步调整至设计要求。所有纠偏工作不能操之过急,以免造成混凝土表面拉裂、死弯、滑模变形、支撑杆弯曲等事故发生。针对模板垂直度和水平度偏差较大的滑模,可以先将滑模整体滑空。再将模板通过螺旋千斤顶在模板四周顶推或拉拽的方式,将滑模调整到理论衬砌位置,再用木模补齐滑空的部分,即可再次进行滑升、浇筑。

5.2 支撑杆弯曲处理

当支撑杆发生弯曲时,停止滑模滑升,立即进行加固,采用加焊钢筋或斜支撑帮焊,弯曲严重时切断,接入支撑杆重新与下部支撑杆焊接,并加焊“人”字型斜支撑。

5.3 模板变形处理

对局部变形较小的模板采用重锤外力缓慢复原,模板表面挂浆要及时清除,以免影响滑出影响混凝土的外观质量。

5.4 停滑措施及施工缝处理

滑模施工要求连续进行,意外停滑时应立即启动“停滑紧急处理措施”:混凝土停止浇筑后,每隔 0.5~1h,滑升 1~2 个行程,保证混凝土与模板不发生粘结。由于其他原因致使滑模停滑,按照相关要求,在混凝土表面预先作连接钢筋和止水措施,然后在复工前将混凝土表面残渣除掉,用水冲净,先浇一层细石混凝土或水泥砂浆,然后再浇筑原配比混凝土^[3]。

6 结语

调压井衬砌采用滑模施工共计历时 11d,日滑升高度在 4~6m,施工一次性滑模浇筑完成,结构整体性好。滑模施工工具有效率高、可节省支模和搭设脚手架所需的工料、能较方便地将模板拆散和灵活组装并可重复使用等优点,值得推广和借鉴。

参考文献

- [1] 聂光利,古显奎.液压滑模技术在毛尔盖水电站深大调压井施工中的运用[J].四川水利,2012,33(5):23-26.
- [2] 田亮.滑模在洪屏抽水蓄能电站上水库竖井混凝土施工中的应用[J].水利水电技术,2015(5):50-53.
- [3] 肖凤平.上通坝水电站调压井竖井衬砌混凝土滑模施工技术综述[J].科技创新导报,2017,14(32):22-23.