

竖井混凝土衬砌滑模施工技术

商城

中国水利水电第十二工程局有限公司第一工程公司, 浙江 湖州 313300

[摘要] 在长龙山抽水蓄能电站导流泄放洞施工过程中, 混凝土施工为关键施工工序, 竖井混凝土衬砌采用液压顶升式滑模施工, 一次连续浇筑成型, 外观效果好, 省去脚手架施工, 降低了安全风险, 同时降低施工成本, 对同类工程施工具有很好的参考价值。

[关键词] 竖井; 衬砌; 滑模; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6555

中图分类号:

文献标识码: A

Slip Form Construction Technology for Shaft Concrete Lining

SHANG Cheng

The First Engineering Company of Sinohydro Engineering Bureau 4 Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313300, China

Abstract: During the construction of the diversion and discharge tunnel of changlongshan pumped storage power station, concrete construction is the key construction process. The concrete lining of the shaft is constructed by hydraulic jacking slip form, which is cast continuously at one time. The appearance effect is good. The scaffold construction is omitted, the safety risk is reduced, and the construction cost is reduced, which has a good reference value for the construction of similar projects.

Keywords: shaft; lining; slip form; construction technology

1 概述

长龙山抽水蓄能电站位于浙江省安吉县天荒坪境内, 下库导流泄放洞闸门井竖井高度为 78.679m, 开挖断面为 5.8m×7.0m 的马蹄形断面, 闸门孔口尺寸为 5.0m×2.75m, 设有 A120 的通气孔, 衬砌混凝土标号为 C25W8F50。混凝土衬砌断面见下图:

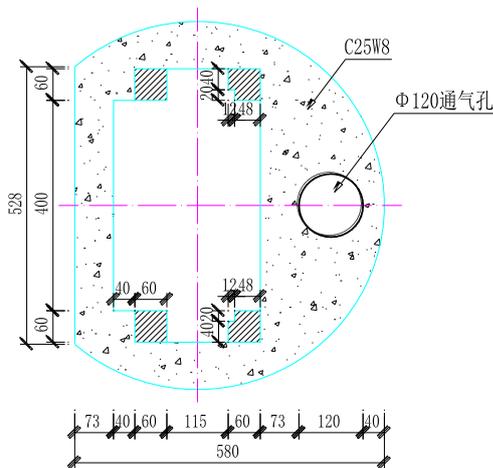


图 1 竖井混凝土衬砌断面图

导流泄放洞竖井混凝土衬砌总量约 1176.58m³, 施工工期仅有 45 天。时间紧、任务重、施工难度大、安全风险高, 如何多、快、好、省地组织施工至关重要。竖井施工能否按期完成直接制约着导流泄放洞能否如期过流, 进而影响整个电站的进展。

综合考虑各方影响因素, 经方案比选, 确定选用液压顶升式滑模施工。液压滑模施工较常规倒模施工优势主要体现在以下几个方面:

- (1) 滑模施工操作比较简单, 施工人员经过简单的培训即可上岗, 混凝土连续浇筑极大的节省了工期;
- (2) 滑模施工可靠性高, 操作平台牢固, 有效的避免了安全事故的发生;
- (3) 液压滑模仅需拼装一次, 且可以提前拼装后整体吊装就位, 极大的节省了工期;
- (4) 液压滑模施工保证了施工的连续性, 有效减少了施工缝的数量;

2 滑模设计

2.1 滑模结构布置

导流泄放洞竖井滑模主要由平台系统、模板系统、液压系统、和辅助系统组成。

平台系统分为上平台、主平台和下平台三部分。上平台、主平台均由支承框架组成, 下平台为支承框架下部内悬挂吊架组成, 平台均用花纹钢板满铺。

模板系统由模板、提升架、支承千斤顶、支承框架等组成, 由型钢制作的悬臂提升架沿四周范围内有规律布置, 模板由 4mm 钢板及角钢等材料制成, 各部件间用螺栓连接, 模板高度 1.5m。

液压系统由 HY-36 型液压控制站、XT-35 型调平器、液压穿心千斤顶、管路、分油器等组成。液压穿心千斤顶选用 12 套 (井筒) QYD-100 型滚珠式千斤顶, 爬杆采用

A48 钢管, 输油管路分四组分别布置。

辅助系统包括模板上升监测系统、工作用电及照明、爬梯、安全护栏、建筑安全网等。也包括洒水养护、中心测量、水平测量等装置。环向养生喷淋管采用直径 $\phi 33.5 \times 3.25\text{mm}$ (DN25) 的钢管制成, 固定在模板下端, 沿混凝土壁在管中均匀布孔。中心测量用重垂线观察模板的水平位移, 在模板的多个不同位置设重垂线。水平测量利用水准管, 观察滑模盘的水平度, 以便在滑模运行过程中及时校核滑模水平度和垂直度。

2.2 钢平台布置

为便于竖井滑模安装, 需提前布置好滑模安装平台。滑模安装平台以预埋牛腿作为平台支撑, I25b、I12 作为主次梁, 顶层满铺 10mmQ235 钢板。滑模安装平台兼顾井盖作用。

钢平台安装完成后, 平台与岩壁间间隙填塞橡胶片, 平台上满铺彩条以防止固结灌浆期间浆液渗漏至导流泄放洞污染源。

2.3 滑模安装调试

(1) 滑模拼装

结合现场实际, 滑模零部件进场后堆放在竖井旁空闲处, 人工配合 16t 汽车吊安装。

滑模安装施工顺序为: 划线定位→安装桁架及圈梁→安装侧模板→安装液压千斤顶→固定支承杆→安装液压设备→安装通讯系统→检查调试。

滑模安装前, 测量队根据竖井及滑模结构尺寸测量放样理论衬砌中心、理论衬砌的外轮廓线, 滑模模板将以此作为安装基准, 确保安装基础的水平高差不大于 5mm。

(2) 滑模吊装

组装好的滑模体整体重量约 10t, 提升高度约 70m, 现场采用 50t 汽车吊进行吊装, 利用安装平台进行滑模安装。

滑模体起吊前, 四个角落绑扎牵引绳, 滑模体吊装下落过程中通过牵引绳的牵引避免晃动幅度过大, 并可以实现粗定位。滑模体落位后, 调试人员进入钢平台调整, 确保定位准确。

(3) 爬干埋设

滑模体位置调试准确后即可进行爬杆安装, 滑模爬杆选用 A48 钢管, 首批钢管按 3.0m、6.0m 交替布置, 钢管就位准确后采用环向钢筋连接成整体, 并与系统钢筋焊接牢固。后续爬杆全部选用 6.0m 对接, 对接接头由 A48 圆钢加工而成。

(4) 滑模调试

滑模安装完成后试滑升 3~5 个行程, 对提升系统、液压控制系统、模板等进行全面检查, 发现问题及时解决。

3 滑模施工

3.1 施工准备

滑模施工前必须做好各项准备工作, 主要包括施工通

讯布置、井口作业平台布置、井内运输系统布置。

门式起重机运行及混凝土要料、下料及钢筋调运均需保持井口与井下作业人员之间的讯息畅通, 信号传递以对讲机直接对话为主, 并辅助以电铃、电灯进行信号传递。井下作业面配置两部对讲机, 井口平台和滑模平台设专人持对讲机指挥卷扬机运行, 确保施工安全。

井口作业平台四周设置防护栏杆, 防护栏杆内侧采用竹跳板进行全封闭。

施工人员通过竖井扩挖吊篮上下竖井, 钢筋、插筋等小型材料通过 2.8t 门式起重机垂直运输, 混凝土通过布置在井壁的溜桶垂直运输。

3.2 混凝土浇筑

(1) 钢筋施工

竖井钢筋为双层钢筋网, 竖向钢筋规格为 C25@20, 环向钢筋规格为 C25@20。钢筋由钢筋加工厂加工, 通过汽车运至闸门竖井平台后由提升系统吊运至作业面安装。钢筋在垂直起吊前应摆放均匀, 并采取有效措施加固好钢筋, 在材料垂直运输过程中, 滑模主平台严禁站人。

由于竖井混凝土采用滑模施工工艺, 钢筋必须先于滑模到位前制安完成, 尤其是外侧钢筋的安装不能过多占用滑模混凝土施工时间, 以免混凝土出现冷缝。

钢筋间排距严格按照设计图纸布置, 人工绑扎、焊接牢固。外侧竖向钢筋可适当超前制安, 内侧环向钢筋位于爬杆内侧, 视模板的滑升情况及时跟进, 所有钢筋接头位置应按规范要求错开布置。

(2) 模板施工

竖井滑模模板由固定部分和可滑移部分组成, 设计有二期混凝土范围内布置可滑移模板, 其他位置布置固定模板, 可滑移模板上按照二期混凝土插进间排距预留孔位。

模板使用前应清理干净并涂刷脱模油, 安装模板时, 顶层模板口上的砂浆必须清理干净, 使接缝严密。

正常浇筑和滑升阶段, 应确保连续施工, 需安排专人观察和分析混凝土表面情况, 结合具体工况确定合理的滑升速度。滑升过程中能听到“沙沙”的声音。

滑升过程中还需安排专人检查千斤顶运行情况, 观察爬杆上的压痕是否对称、均匀, 检查滑模中心线及操作平台的水平度和垂直度。

(3) 预埋件施工

导流泄放洞竖井埋件主要有滑模爬杆、接地铜绞线、二期混凝土插筋、通气孔钢衬管和灌浆管。

滑模爬杆尽量与滑模提升同步, 若安装高度过高, 无缝钢管需采取与井壁锚杆固定的措施避免钢管偏移。

竖井在四个转角处 60cm×60cm 范围内为 C30W10F100 二期混凝土。根据设计要求, 需设置二期插筋, 二期插筋与滑模提升同步, 插筋按照设计图纸准确定位并固定牢固。

通气孔钢衬管 3m 一节, 单节重量约 0.71t, 通气钢

衬管焊接接长尽量与滑模提升同步,焊接合格后在不影响滑模滑升的范围内均需增设临时支撑,确保施工安全。

(4) 渗水处理

在竖井混凝土浇筑阶段,可根据岩壁渗水情况利用滑模的分料平台搭设临时防雨棚,对于井壁渗水较大的部位采用在混凝土浇筑期间预埋管的方式集中将渗水引出,后期固结灌浆时用同结构混凝土标号的水泥砂浆进行封堵。

(5) 混凝土施工

采用溜管方式进行混凝土垂直运输,集料斗底部布置 5cm 筛网,以防止杂物混入溜管堵塞管道,溜管由 $\Phi 219 \times 4.5$ 钢管加工而成,钢管之间用法兰连接,井壁设锚筋,锚筋固定在法兰连接处,安装时必须保证钢管铅垂度,以防钢管磨损太快。为了防止砼下料速度太快及出现离析现象,溜管每隔 15m 左右安装一组简易缓降器。为方便布料,模体的操作平台上安设一个可向不同方向送料的布料机。

结合滑模的具体滑升位置,需要及时拆除溜管。

混凝土下料前,先湿润溜管、布料机、溜槽。浇筑第一仓前,应在前期已浇筑混凝土上摊铺一层 3~5cm 厚 M25 水泥砂浆。混凝土下料应均匀上升,分层浇筑,分层厚度为 25~30cm,须满足上层混凝土覆盖前下层混凝土不初凝。混凝土坍落度一般控制在 10~12cm,对混凝土坍落度过小的混凝土应严禁入料斗,以确保不堵管。

振捣过程中,尽量避免直接接触爬杆及模板,避免过振,振捣时间以控制不再显著下沉,并开始泛浆为准,模板滑升时停止振捣。

竖井混凝土初次滑升施工应严格按以下步骤进行:首先浇筑 50mm 厚砂浆,接着按 300mm 一层连续浇筑两层,当厚度达到 650mm 时,滑升 30~60mm 检查脱模混凝土凝固情况,再次浇筑 300mm 后滑升 150mm,浇筑第五层后滑升 150~200mm,浇筑第六层浇筑后滑升 200mm,若无异常情况,进行正常浇筑和滑升,若发现问题须及时处理。

滑模正常滑升阶段,根据施工现场混凝土初凝时间、混凝土供料速度、施工环境温度等具体情况确定滑升速度,分层浇筑间隔时间不得超过允许间隔时间,层厚按 30cm 控制。正常滑升间隔按 2.0 小时控制,控制滑升高度 30cm。

首批入仓混凝土层厚约 60cm,用手按压混凝土表面,能留有 1mm 左右的压痕即可开始初始试滑升,通过观察混凝土实际凝结情况,确定下部混凝土是否达到出模强度。

滑升过程中对液压系统、模板系统以及辅助系统在负荷条件下做系统检查,重点检查爬杆有无弯曲、千斤顶和油管接头有无漏油、模板有无倾斜,发现问题及时处理。

如果在脱模操作后,混凝土没有彻底的凝结,存在结构坍塌的情况,这就表示混凝土脱模强度相对较差,需要控制降低滑升的速度,如果脱模之后混凝土表层湿润度较差,并且表层结构存在裂缝的问题,那么就表示脱模强度

较高,还需要提高滑升的速度。

在滑升的过程中,千斤顶需要进行合理地利用,从而对滑升效率和效果加以保障,如果油压升高并且油压千斤顶无法正常适应,那么需要即刻停止滑升,并且对造成问题的主要根源加以判断,利用有效的方法来加以处理和解决,在滑升的过程汇总,操作台务必要确保良好的稳定性,各千斤顶的相对高度差不能超过规定的要求,对于滑升机的运行需要实时进行还差,这样就可以在遇到问题的时候能够高效的解决。

正常滑升阶段,混凝土浇筑与钢筋绑扎、滑模滑升等施工工序应相互交替作业,紧密衔接以保证施工顺利进行。

滑升前混凝土应浇筑到距模板上缘 30cm 左右位置。滑模通过液压千斤顶提升,一次滑升 30cm 左右,利用千斤顶限位装置确保千斤顶行程一致。

模板滑升至距顶高程约 1m 时,应放慢滑升速度,准确找平混凝土,以确保顶部高程及位置准确。

混凝土浇筑结束后,模板继续滑升,直至混凝土与模板完全脱离。

(6) 抹面与养护

滑模提升结束之后,混凝土和钢模板二者会出现相对滑动的情况,混凝土表层也会形成诸多的细小的裂缝,所以刚刚脱模的混凝土应当进行原浆抹面压光,采用人工操作的方法来对结构面进行处理。

抹面前应做好防水措施,确保没有渗水、滴水侵蚀混凝土面,并用直尺检查表面平整度。

混凝土浇筑完成 12 小时后即可进行洒水养护。

用电钻将固定在抹面平台的 A48 钢管钻一排小孔,通水后即可进行流水养护。

3.3 特殊情况处理

(1) 纠偏处理

滑模偏移通常涉及到两种情况,首先是混凝土侧压力不均匀,模板出现偏移的问题。其次是千斤顶运行不一致导致模板出现倾斜的情况。

为了规避发生模板位移的情况,对于各种情况都需要采用针对性的解决方法。

竖井花膜安装操作中下层和竖井分布钢筋之间实施焊接操作,并且在千斤顶下层卡头与已经浇筑的混凝土之间的爬杆中会设置拉杆,其两边会与爬杆以及锚杆进行连接。

模板初次滑升前,停放位置必须准确。在滑升那个操作中,滑膜的滑升过程中通常都是运用的吊锤线来实施控制,在进口位置安设两个垂线进行吊锤,吊线使用 16# 铅丝,吊锤采用大号金属锤球。两个锤球投影组合成点连接之后,都会通过竖井的中心线,在对滑膜偏差问题进行检查的时候,只需要对锤球的投影是否与滑膜设计中心线保持重合进行检查就可以。滑膜滑升的过程中,对于模板和垂线的相对位置需要进行严格的把控。

滑升过程中,模板有少量偏移时,可利用千斤顶纠偏;如果出现一侧位移的情况,那么需要将这一侧的千斤顶进行关闭,滑升另一边这样就可以起到调整的作用,并且也可以保证混凝土表层不会出现破损。

(2) 滑模停滑处理

滑模停滑主要可以划分为正常停滑以及特殊停滑两种情况。其中前者其实质就是指滑膜滑升到指定的位置,而后者就是在遇到故障情况的时候所造成的停滑。

在发生停滑的问题之后,可以采用下列方法加以处理:停滑之后混凝土层的浇筑需要在同一个水平面上,并且对于模板上的混凝土、涂抹的脱模剂进行清理。

4 结束语

滑模施工可以节约模板和支撑材料,加快施工进度,机械化程度高,结构整体性好,提高混凝土表面质量,安

全性高。可为类似工程提供一定的技术参考。

【参考文献】

- [1]李怀鹏.小型隧洞除险加固混凝土衬砌施工方案[J].农业科技与信息,2017(12):123-124.
 - [2]王来所.新型滑模在竖井混凝土施工中的应用[J].水利水电施工,2009(6):30-34.
 - [3]郑崇飞.滑模技术在水利水电工程闸墩施工中的应用探讨[J].广东科技,2014(14):93-94.
 - [4]曹莉.浅析水利水电工程施工中滑模技术应用[J].河南水利与南水北调,2014(14):33-34.
- 作者简介:商城(1995.3-)男,毕业院校:浙江工业大学;所学专业:土木工程;就职单位:中国水利水电第十二工程局有限公司海南分公司;职务:技术质检科业务主办;职称:助理工程师。