

基于 BIM 的大跨度钢坝闸安装施工技术

李有平, 朱国林, 王永强, 余光勇

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要:大跨度钢坝闸作为景观挡水建筑物广泛应用于城市河道生态治理工程中,其现场安装工程量、安装精度要求高。以西昌市“三河六岸”生态治理一期工程东河 85 m 及西河 49 m 两座大跨度钢坝闸为对象,通过应用 BIM 技术,建立了钢坝闸门三维模型,对钢坝闸安装工艺进行了优化处理,有效地提高了闸门一次安装的合格率,所取得的经验对类似大跨度钢坝闸门的安装具有较好的参考价值。

关键词:大跨度钢坝闸;BIM;安装;施工技术;西昌市“三河六岸”

中图分类号:TV7;TV52;TV547.1

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)03-0008-03

BIM-based Installation and Construction Technology for Long-span Steel Dam Gates

LI Youping, ZHU Guolin, WANG Yongqiang, YU Guangyong

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: Long-span steel dam gates are widely used as landscape water retaining structures in urban river ecological management projects. The on-site installation of gates requires a large amount of work and high installation accuracy. The paper takes two long-span steel dam gates, 85 meters in the East River and 49 meters in the West River, as the objects of the first phase of the "Three Rivers and Six Banks" ecological governance project in Xichang City. By applying BIM technology, the three-dimensional model of the steel dam gates are established, and the installation process of the steel dam gates are optimized to effectively improve the qualification rate of the gate installation, which provides good reference for the installation of similar long-span steel dam gates.

Keywords: Long-span steel dam gates; BIM; Installation; Construction technology; "Three Rivers and Six Banks" in Xichang City

1 概述

西昌市“三河六岸”生态治理一期工程分别在东河及西河水利工程中新建了一座大跨度钢坝闸,其中东河 85 m 长的钢坝闸位于胜利大桥上游约 50 m 处,西河 49 m 长的钢坝闸位于长板桥上游约 35 m 处。东河钢坝闸的孔口净宽 85 m,西河钢坝闸的孔口净宽 49 m,两座钢坝闸门在河道中间均不设置中墩,其最大挡水高度均为 2.5 m,动水启闭,可用于泄洪、挡水和调节水位。两座钢坝闸现已投入使用,运行效果良好。笔者阐述了基于 BIM 的大跨度钢坝闸安装施工技术的应用过程。

2 BIM 模型的创建及应用

2.1 大跨度钢坝闸金属结构及土建 BIM 三维模型的创建

钢坝闸金属结构由闸门门叶、底轴、支铰座、防水套、液压启闭机、锁定装置、止水等部件组成,其土建结构包括闸室、液压启闭机室、门叶搁墩与铰座支墩。长度为 49 m 的大跨度钢坝闸金属结构及土建结构三维模型见图 1。

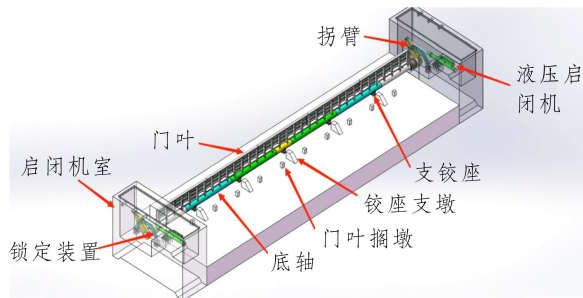


图 1 长度为 49 m 的大跨度钢坝闸金属结构及土建结构三维模型图

收稿日期:2024-02-28

2.2 大跨度钢坝闸 BIM 三维模型的应用

(1)辅助钢坝闸安装施工可视化技术交底。项目部利用三维模型进行三维可视化施工技术交底,使施工技术交底更加形象和准确^[1]。由于参与施工的人员水平参差不齐,不能完全理解图纸,而项目技术负责人利用三维可视化模型向施工作业人员进行 BIM 可视化施工技术交底,能够实现安装施工技术交底的快速性与准确性,使施工作业人员更加形象、直观地理解安装过程中的工艺流程和质量控制要点,进而能够避免因理解偏差造成的返工。

(2)优化钢坝闸安装施工方法并用于指导现场安装。大跨度钢坝闸底轴及门叶安装同轴度、直线度及顺直度是闸门安装精度控制的关键,若在保证闸门安装的精度,就要保证测量控制点及放样线的准确性。由于钢坝闸土建结构闸室的孔口净宽、预留穿墙孔洞等可能存在一定的误差,同时可能因安装人员的计算失误导致放样点或放样线错误而致使已安装的底轴或门叶在后续复检时造成返工,项目部通过测量现场各闸室的实际尺寸、对闸门土建结构模型进行调整、建立与实际结构比例为 1:1 的 BIM 模型对闸门安装的测量放样线及安装方法进行优化。

3 施工工艺流程及施工技术

3.1 大跨度钢坝闸安装施工工艺流程

大跨度钢坝闸安装施工工艺流程:安装现场清理→测量放线→铰座埋件吊装就位→底轴吊装就位→底轴调整固定→底轴安装直线度、同心度复测→底轴对接施焊→液压启闭机、锁定装置安装→二期混凝土浇筑→门叶安装→门叶调整、焊接→水封及附件安装→现场防腐修补→复测、验收。

3.2 大跨度钢坝闸安装采用的施工技术

3.2.1 安装施工现场的准备

- 钢坝闸安装前应完成以下工作:
- (1)对一期混凝土进行凿毛处理,调整预留插筋;
 - (2)清除门槽内的渣土与积水;
 - (3)设置孔口中心、高程及里程测量控制点,并用红铅油标示。

3.2.2 底轴及支铰座的安装

(1)测量放线。以设计图纸为依据,同时根据

钢坝闸 BIM 模型在闸室底板放出底轴中心线及两侧外轮廓垂直投影线,用墨盒弹线进行标记^[2]。

(2)安装底轴。将穿墙底轴吊至液压室外侧预留的穿墙孔处,严格对照图纸及放样尺寸线调整穿墙底轴的位置、高程、同轴度,以避免影响后续底轴的安装。待穿墙轴各个方向的高程、同轴度等确定无误后,将穿墙套管与预留的一期插筋通过搭接钢筋临时搭接固定。

(3)安装支铰座。用起重设备将支铰座吊至底轴不锈钢处,调整支铰座中心线与一期预留支墩中心线重合,调整完成后用搭接钢筋与一期预留插筋焊接固定。

(4)底轴对接施焊。待钢坝闸底轴整体直线度、标高调整完成后,焊接搭接钢筋对穿墙底轴及支铰座进行完全加固。底轴的现场施焊采用 CO₂ 气体保护焊,焊接时可以采用折叠式防风帐篷挡风以确保焊工施焊位置无较大的风;同时,底轴对接施焊时应由两人同时焊接,以保证焊接质量与效率。

3.2.3 拐臂、锁定装置的安装

(1)在安装拐臂、锁定装置前,先将拐臂与锁定装置通过临时装置连接在一起,然后用起重设备将拐臂与锁定装置一起吊入液压室内进行安装。

(2)拐臂安装时,必须严格控制拐臂中心线至底轴最外侧的距离,同时辅以手拉葫芦调整拐臂位置,待拐臂与底轴上标记的安装位置重合时,在拐臂与底轴连接处进行点焊连接,待启闭机安装调整完毕再进行满焊,同时将锁定装置上的固定板与一期预留的锚筋进行焊接固定。

3.2.4 液压启闭机的安装

(1)启闭机安装前必须对埋件位置、尺寸进行复测,以确保油缸支承机架的安装偏差符合施工图纸的规定^[3]。钢坝闸门液压启闭机的安装步骤为:①根据设计图纸及 BIM 模型在液压室的上底板放出启闭机底座中心线,并确保放样线与拐臂中心线重合;②将启闭机吊至预定位置,利用手拉葫芦调整启闭机;③液压启闭机位置调整完成后,在油缸支撑机架座板焊接搭接钢筋与一期预留插筋进行固定。

(2)钢坝闸液压启闭机安装时关键尺寸的控制情况见图 2。液压启闭机安装时必须控制以下

尺寸:①底轴中心至启闭机座中心的水平距离;②立门 90°或倒门 0°时底轴中心至启闭机液压杆吊耳中心的水平距离;③底轴中心至启闭机座板的高度。

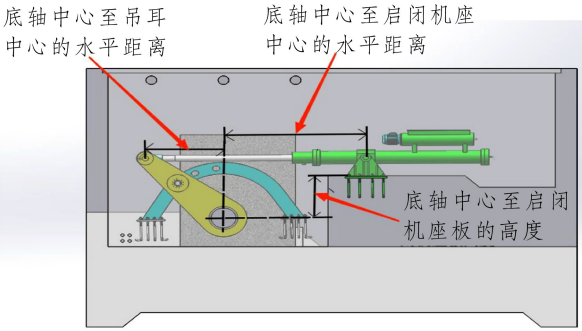


图 2 钢坝闸液压启闭机安装关键尺寸控制示意图

3.2.5 门叶的安装

(1)门叶吊装前,需要将底轴用锁定装置固定在相应的闸门全关位置^[4]。

(2)门叶吊装时一定要根据底轴与门叶制造时所作的标记进行对号后再进行吊装,以保证闸门在全开状态时门叶可以水平置于支墩上,否则闸门在全开状态时门叶无法完全置于支墩上而导致返工。

(3)使用起重设备将已就位的门叶吊至底轴上,使弧板上的中心位置与底轴中心位置按标记对准。将第一扇门叶吊装到底轴时在门叶翼缘一侧顶端用磁性线垂测量门叶的顺直度以保证其不倾斜。门叶调整后,在底轴接触面进行焊接固定,依次吊装剩余的门叶。

(4)门叶全部吊装完成后,复测门叶整体的顺直度及高程。

(5)门叶整体调整完成后,在门叶与底轴的连接面进行满焊连接^[5]。

3.2.6 埋件的安装

钢坝闸的埋件由铰座埋件、搁墩埋件、底止水埋件、启闭机座埋件、锁定埋件组成。

(1)铰座埋件的安装。铰座埋件在支铰座安装时用搭接钢筋在铰座底部与一期的预留钢筋进行焊接加固。由于底轴与支铰座轴承接触部位为不锈钢面,为了防止支铰座在浇筑二期混凝土时混凝土进入轴承内,在安装铰座埋件时在支铰座两侧安装了两块软泡沫以对铰座轴承进行保护。

(2)搁墩埋件的安装。将搁墩埋件置于一期

预留的搁墩插筋上,使用水准仪测量埋件的高程以确保搁墩埋件整体安装的水平。待埋件位置和高程调整无误后,与一期预留的搁墩插筋进行焊接固定。

(3)启闭机座及锁定位埋件的安装。启闭机座与锁定埋件采用地脚螺栓进行固定,待启闭机座与锁定装置安装固定后将地脚螺栓插入预留槽内并拧紧螺母后进行二期混凝土浇筑。启闭机座的地脚螺栓可以在吊装启闭机前预先固定在启闭机座上,吊装启闭机时直接将其吊至预留槽内以减少安装的难度。地脚螺栓对于启闭机固定具有关键作用,安装时不能破坏地脚螺栓的位置。

(4)底止水埋件的安装。对于底止水埋件采用分段安装的方式,埋件位置调整好后通过搭接钢筋与一期预留的钢筋进行焊接固定,所有底止水埋件的搭接固定完成后对接施焊。

3.2.7 水封的安装

钢坝闸水封由底止水和侧止水水封两部分组成。

(1)侧止水水封的安装。钢坝闸侧止水安装的止水效果与大理石的粘贴位置至关重要。钢坝闸穿墙底轴防水套的最外侧应与大理石贴面重合,若不重合,则侧止水底部就会出现漏水现象。同时应保证大理石面的光滑平整,否则,后期闸门运行时将会对水封橡胶造成破坏。

(2)底止水水封的安装。底止水水封的安装由底止水垫板、P 型止水橡胶、水封压板三部分组成。

由于底轴旋转时容易将 P 型止水橡胶的头部卷入底轴与止水埋件间而达不到预期的止水效果,在安装底止水时一定要在 P 型橡胶下侧加上止水垫板。鉴于大跨度钢坝闸孔口净宽较大,若底止水安装时没有加装止水垫板,则后期返工将会浪费大量的人力、物力;若闸门已运行,返工时将会存在一定的安全隐患。

4 结 语

通过应用 BIM 技术,创建了大跨度钢坝闸三维模型。在三维视图中发现了施工中存在的细部问题并对钢坝闸安装工艺进行了优化处理,有效地提高了钢坝闸底轴及门叶安装的直线度、同轴度、顺直度等的安装精度,提升了闸门一次安装

(下转第 28 页)

其安全防护意识;要求进入施工现场的人员必须佩戴好相关的安全防护用品。

(2)施工时根据现场实际情况和基础处理施工的特点,制定出相应的安全管理制度和各工序安全操作规程。

(3)各种机械设备的操作人员考核不合格不得上岗。

(4)各种机械和电器的操作必须严格按照操作规程进行。

6.2 实施效果

胜利水电站库区堆积体围堰的顺利修筑,使该电站首部进水闸提前 1 个多月施工至防洪度汛水面以上,降低了洪水对新建引水隧洞的威胁;较业主确定的目标计划提前了 15 d 完成,使得水面以下的开挖较计划提前 20 d 完成,提前进入新建进水口结构施工阶段,为业主方和项目部带来了较大的经济效益。

在水面以下的开挖较原计划提前 20 d 完成的情况下,项目部通过加大资源投入的方式,使新建进水口结构施工较原计划提前了 47 d 施工至水面以上,将关键线路上的工期提前了 47 d,使老机组提前 47 d 恢复发电。对业主而言,减少老电站停机造成的发电损失: $47\times 24\text{ h}\times 15\,800\text{ kW}\times 0.25\text{ 元/kW}\cdot\text{h}=445.56(\text{万元})$;对项目部而言,虽然增加了一定的投入,但在经济上获得了业主方相应的节点奖励,同时亦为新建电站后续施工争取了一定的时间保障,在技术上亦为类似条件围堰的施工积累了丰富的经验。

(上接第 10 页)

准确率,同时节约了施工工期,降低了成本。该施工技术在西昌市东河长度为 85 m 及西河长度为 49 m 两座大跨度钢坝闸安装中的成功应用,对类似大跨度钢坝闸门的安装具有较好的参考价值。

参考文献:

[1] 杜静侠,彭建国,田文恒.弧门面板加工新工艺的探索与应用[J].四川水力发电,2021,40(6):83-86,91.

[2] 熊兵,曾成.底轴卧式景观钢坝安装施工技术与应用[J].中国水能及电气化,2020,16(6):13-15,24.

[3] 徐永仁.底横轴翻板闸门安装施工工艺介绍[J].安装,2016,30(4):55-56.

[4] 赵卫平.大型贯流式机组定子下线关键技术探讨[J].四川

7 结 语

土石围堰为水电工程中应用最广泛的围堰形式之一,其具有可以就地取材、造价低廉、结构简单、施工简单、拆除方便^[5]等诸多优点,但其在部分特殊水文地质条件下存在一定的局限性。笔者通过胜利水电站库区堆积体修建围堰成功的应用案例介绍,为今后类似水文地质条件下的土石围堰施工提供了一种思路,值得在类似工程施工中推广应用。

参考文献:

[1] 王兴德.黏土心墙的填筑要求与质量控制探析[J].农业科技与信息,2018,35(11):107-108.

[2] 董雪娇,陈晨,毛文飞.某水电站库区堆积体成因及稳定性分析[J].中国水运(下半月),2014,14(3):223-225.

[3] 李姗姗.浅谈桐子林水电站围堰高喷防渗墙施工措施[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2020,29(3):173-175.

[4] 肖恩尚,欧阳幸,袁梅.控制性灌浆技术述评[C].武汉:中国水电基础工程局有限公司;昆明市水利水电勘测设计院;中国水利水电第十四工程局,2009.

[5] 武蕾.浅谈水利工程围堰施工的要点及质量控制[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2017,9(6):140.

作者简介:

杜鹏飞(1987-),男,河南南阳人,项目副总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

宋显义(1985-),男,贵州毕节人,项目常务副经理,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

薛 锋(1983-),男,重庆万州人,项目副总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

李双宏(1993-),男,重庆开州人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)

水利,2019,40(3):69-71.

[5] 梁斌.底轴驱动钢坝闸模块化施工应用与研究[J].南阳理工学院学报,2020,12(4):100-105.

作者简介:

李有平(1998-),男,云南曲靖人,助理工程师,学士,从事水工金属结构制作及安装技术工作;

朱国林(1991-),男,重庆奉节人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

王永强(1994-),男,甘肃兰州人,助理工程师,从事建设工程安全与环保工作;

余光勇(1990-),男,重庆巫溪人,技师,从事金属结构制作与安装工作。

(编辑:李燕辉)