

船闸工程金属结构安装施工技术分析

刘鸿鹏

(安徽建工路港建设集团, 安徽 合肥 230031)

摘要 船闸工程作为水利工程的重要组成部分, 船闸金属结构的安装施工技术直接关系到工程的稳定性和安全性。因此, 在施工过程中, 必须严格遵循相关技术标准和规范, 确保每一步施工都达到设计要求。同时, 还需对施工现场进行实地勘察, 了解地形地貌、水文条件以及周边环境, 为施工方案的制定提供可靠依据。本文结合实践经验对船闸工程金属结构安装的施工技术进行详细分析, 探讨其关键技术和施工要点, 以为类似工程提供参考。

关键词 船闸工程; 金属结构安装; 人字门安装; 门体吊装; 顶枢安装

中图分类号: U66

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.038

0 引言

船闸工程是水利工程中的关键设施, 用于调节水位, 实现船舶的通航。金属结构作为船闸工程的主要组成部分, 其安装施工技术的优劣直接影响到船闸工程的整体性能^[1]。因此, 对船闸工程金属结构安装施工技术进行深入分析, 对于提高工程质量、保障通航安全具有重要意义。

1 工程概况

淮河航道临淮岗复线船闸工程位于霍邱县和颍上县交界处, 涉及河南、安徽两省, 主体工程跨三县, 控制面积 4.22 万 km², 为一等大型工程。设计标准为 100 年一遇洪水, 滞洪 85.6 亿 m³, 1 000 年一遇洪水标准校核, 滞洪 121.3 亿 m³。新建船闸为 2 000 t 级, 闸室尺寸为 240×23×5.2 m, 设计代表船型为 2 000 吨级和 1 000 t 级机动驳。船闸闸首孔口净宽度为 23 m, 人字闸门关门时夹角为 22.5°。上闸首人字闸门门扇计算宽度为 13.60 m, 设计厚度为 1.5 m, 计算高度为 13.63 m, 门龛宽度为 2.30 m; 下闸首人字闸门门扇计算宽度为 13.86 m, 设计厚度为 2.0 m, 计算高度为 18.36 m, 门龛宽度为 2.70 m。工作阀门采用平板阀门。金属结构安装包括上闸首人字门 2 扇及埋件、工作阀门 2 扇及埋件、检修闸门埋件 1 孔, 下闸首人字门 2 扇及埋件、工作阀门 2 扇及埋件、检修闸门埋件 1 孔, 以及 24 套浮式系船柱及埋件。上闸首人字闸门: 计算宽度为 13.60 m, 设计厚度为 1.5 m, 计算高度为 13.63 m, 门龛宽度为 2.30 m。下闸首人字闸门: 计算宽度为 13.86 m, 设计厚度为 2.0 m, 计算高度为 18.36 m, 门龛宽度为 2.70 m。金属结构安装包括: 上闸首人字门 2 扇及埋件, 工作阀门 2 扇及埋件, 检修闸门埋件 1 孔, 下闸首人字门 2 扇及埋件, 工作阀门 2

扇及埋件, 检修闸门埋件 1 孔, 浮式系船柱及埋件 24 套。

2 船闸金属结构安装施工流程

1. 人字门安装工艺流程: 底枢轴座安装→顶枢埋件安装→门轴柱埋件安装→底枢及顶枢二期砼浇筑→底枢安装→顶枢安装→门体吊装、安装、拼焊→斜接柱、门轴柱承压条安装→门体调整及附件安装、调整→门轴柱二期砼浇筑→现场防腐→底枢及橡皮安装→人字闸门无水调试→灌注环氧砂浆→人字闸门有水调试^[2]。

2. 工作阀门安装工艺流程: 施工准备→测量放样→底枢安装→二期砼浇筑→主、副、侧轨、门楣安装→二期砼浇筑→阀门吊装、安装→止水橡皮检查、调整→工作阀门无水调试→工作阀门有水调试。

3. 浮式系船柱安装工艺流程: 施工准备→测量放样→埋件安装→浮式系船柱吊装调试。

4. 检修闸门埋件安装工艺流程: 施工准备→测量放样→底枢安装→二期砼浇筑→主、副轨安装→二期砼浇筑。

3 金属结构安装施工技术分析

3.1 人字门安装施工技术分析

仔细审查施工图, 制定人字门安装方案, 并对作业人员进行技术交底。安装测量放线步骤包括: 测量底枢旋转中心, 投影顶枢旋转中心, 放出控制点和线。主要测量仪器包括全站仪和水准仪。底枢由多个部件组成, 部分部件与门叶整体吊装, 最大不可拆分部分重约 0.5 t。底枢支承座安装前, 需焊接安装支架, 使用 16 t 汽车吊吊装就位, 并调整水平偏差^[3]。合格后焊接底枢支承座调整螺栓, 与预埋件焊接牢固, 并复测相关尺寸。枕座预埋件采用 25 t 汽车吊逐块吊装就位, 并与调整角钢焊接。安装完成后, 采用铅垂线控

制调整枕座扭曲,并测量中心线直线度。相同方法用于安装枕垫块、支垫块。

3.2 门体吊装及焊接

上闸首人字门最重门叶为第一节,重 24.5 t,共 3 节单节,门叶采用 300 t 汽车吊进行吊装。下闸首最重门叶为第一节,重 22.35 t,共 5 节单节,门叶采用 200 t 汽车吊进行吊装。查看施工现场道路情况,上闸首人字门使用 300 t 吊车从上游道路进场,吊车就位后在检修门门槛位置吊装。下闸首人字门使用 200 t 吊车从下游道路进场,在下游人字门门槛上就位^[4]。吊装措施:(1)清理钢管、模板,修整施工道路后进行闸门吊装。(2)300 t 汽车吊进入现场,运输车辆转运闸门构件至吊装位置,按顺序吊装闸门各节。(3)每节门叶吊装前,地面焊接走台和栏杆,作为操作平台,上下通道使用爬梯或梯笼。(4)门叶吊装后,用千斤顶调整水平、垂直度,调整后固定支墩和门叶。(5)门叶几何尺寸检测合格后,进行节间焊接,焊接人员持证上岗,确保焊缝质量。

3.3 顶枢安装

利用全站仪精确测定并标记左右拉架的中心线,以门叶顶部旋转中心的高程作为基准,进而确定左右拉座的高程,确保两拉架的吊装定位准确无误:拉杆中心线的交点与顶枢中心的重合度偏差不得超过 2 mm;顶枢轴线与底枢轴线同轴度公差应控制在 0.5 mm 以内;拉座中心高程的偏差应控制在 +3 mm 范围内;拉座两端的高差应不超过 1.0 mm^[5]。在安装过程中,需密切关注各部件的相互位置关系,确保顶枢与底枢的精确配合。在顶枢安装到位后,采用专用工具进行紧固,防止松动。同时,对安装完成的顶枢进行复查,确保所有参数均满足设计要求。在安装过程中,还应做好施工记录,为后续的质量控制和维修提供可靠依据^[6]。

3.4 门体附属构件安装

门体附属构件主要包括背拉杆、护木(柔性护木、钢护木)、工作桥等。在门叶节间焊缝焊接完成后,进行附属构件的安装。背拉杆的主要功能在于提升门叶的刚度以及防止斜接柱端的下垂现象。在安装前,在背拉杆两端下方搭建长 1.5 m,宽 1 m 的工作平台。吊装过程中,采用多点吊装法,以控制背拉杆在吊装过程中的变形。定位后,在其上端两侧焊接反力支座,并使用两台 100 t 的千斤顶对背拉杆施加预紧力,随后收紧背拉杆螺母,拆除反力支座和施工平台,从而完成背拉杆的安装^[7]。施工方法如下:(1)按照先主背拉杆后副背拉杆的顺序进行施加。依据主背拉杆加力后副背拉杆自动收紧的规律,可采用主带副的施工

策略。(2)在加力过程中,需注意主、副背拉杆之间的相互作用,尽量在粗调加力阶段减少两杆之间的应力差。(3)在微调阶段,目的是使门体斜接柱和门轴柱的变形达到理想状态,应力达到设计范围,同组中背拉杆的应力差应小于 1%。同时,尽量减少两端柱中间部位的鼓肚现象,以确保后续支枕垫块两侧环氧填料的填筑间隙。

3.5 左右门叶联合安装

完成门叶独立安装和整体调整后,进行连构件安装。门叶主体焊接基本完成,需镗孔作业以确定顶枢回转中心。通过放样点复测顶枢轴孔,确保满足设计要求后安装顶枢轴。顶枢安装后,待混凝土强度达到预定值,拆除门叶支撑,使用启闭机和监测仪器调整门叶扭曲变形和径向跳动,以满足使用要求。人字门门体调整包括背拉杆预应力、顶枢中心和径向跳动量的调整。背拉杆调整前,贴应变片并使用千斤顶顶升门体,调整遵循先主杆后副杆原则。调整至斜接端板中心垂直度和主副杆受力在设计范围内^[8]。通过背拉杆预应力调整门叶刚度,测定径向跳动调整顶枢轴线。检查门体径向跳动值验证摆正情况,通过水平仪测量调整左右拉杆长度,直至径向跳动小于 1.5 mm。安装底节支垫块,调整至全关位置,确保支垫块顶紧枕座。支、枕垫块间浇注填料应符合相关规范。支、枕垫块安装以枕垫块为基准,对称度和垂直度公差为 1 mm,间隙检查符合规定。安装就位卡钳座、导轮等附件,调整卡钳座与导轮位置。

3.6 金属结构防腐涂装

涂料配套使用,针对本工程底、中、面涂料,由制造厂家统一采购。埋件安装后,外露面由于焊接对油漆面的损毁,根据设计要求进行防腐。封闭底漆为环氧封闭底漆二道,干膜厚 60 μm,中间漆为环氧云铁二道,干膜厚 100 μm,面漆为聚氨酯面漆三道,干膜厚 80 μm,漆膜总厚度 240 μm。船闸人字闸门现场拼接后,门叶对接焊缝将原本油漆面损毁,按设计要求将损坏面防腐后,再按照面漆为聚氨酯面漆三道,干膜厚 80 μm,并保证漆膜总厚度 240 μm。为确保涂装质量,涂装前应对金属表面进行彻底清理,去除油污、锈蚀和旧漆层,确保表面干净、干燥。在涂装过程中,应严格控制涂料稀释比例和涂装层数,保证每层涂装的均匀性和附着力。涂装完成后,应对漆膜进行厚度检测和外观检查,确保漆膜厚度达到设计要求,且表面光滑、平整、无漏涂、气泡和剥落等缺陷。同时,涂装施工应在良好的通风条件下进行,避免涂料挥发对人体造成危害。此外,涂装材料应存放在干燥、阴

凉处,避免阳光直射和高温,确保材料的质量和稳定性。

3.7 工作阀门的安装施工技术分析

船闸金属结构安装工程技术人员审阅施工图,确定阀门施工方案,并对作业人员进行技术交底。平面门安装测量放线步骤包括:测量孔口中心线、门槽中心线及底板高程控制点。主要测量仪器有全站仪、水准仪等。底槛安装涉及从工地运输、卸载至基准点,并在钢支撑平台上进行调整。调整顺序为高程、中心,最后复查高程,使用水准仪和调整螺栓进行精细调整。中心线调整采用拉线法和千斤顶移位法。调整后,进行焊接固定,并每隔1 000 mm测量1点。轨道安装包括运输至现场、临时起吊、调整高程和扭曲,确保技术指标符合规范。门楣安装则通过塔吊吊至现场,测量并调整门楣与底槛的垂直距离,最后焊接固定。

3.8 工作阀门吊装、安装

施工现场具备工作阀门安装条件,所有埋件二期混凝土已具备施工条件。工作阀门吊装前检查:门槽内杂物清理干净;检查浇筑后门槽尺寸是否符合设计要求;底槛上方杂物清理干净;预备肥皂水等给轨道润滑,防止水封受损。工作阀门到达施工现场,利用吊车将阀门缓缓吊起,做静平衡试验,使用水准仪测量阀门两端底梁高差,记录数据。单吊点阀门安装前作静平衡试验,其左右倾斜度不应超过门高的1/1 000,且不大于8 mm可继续吊装施工,如不满足规范要求,上报施工技术负责人,提出解决方案报监理审批,直至静平衡试验完成后,方可吊装入槽。使用汽车吊将工作阀门吊起插入门槽,为保护底封水,事先在底封水处垫上方木,在放入门槽时,在轨道上撒泼肥皂水,以保护侧水封、顶水封橡皮。

3.9 浮式系船柱安装施工技术分析

技术人员仔细审查施工图,制定浮式系船柱安装方法,并对作业人员进行技术交底。安装步骤包括测量孔口中心线、导轨中心线和标记底板高程控制点。使用全站仪和水准仪进行测量。通过螺母调整埋件位置,并用全站仪控制精度。确保埋件在浇筑砼时稳定,对接接头错位进行处理,焊疤和焊缝余高磨平,进行防腐处理。埋件安装后,检查合格后5~7天内浇筑砼。导轨和护角底高程根据闸室不同而定,埋件基础面钢筋使用 $\phi 25$ 钢筋支撑。根据高程计算埋件底高程与钢筋距离,使用槽钢作为基准,用汽车吊将埋件吊入,测量垂直度和控制点。使用 $\phi 16$ 钢筋加固埋件,底槛高程为12.34 m。浮式系船柱用平板汽车运输至闸室,用25 t吊车吊装至槽内,检查升降功能。

3.10 检修闸门埋件安装工艺流程参照工作阀门埋件安装工艺流程

检修闸门埋件安装工艺流程主要包括以下几个步骤:(1)准备阶段,确认埋件的安装位置、周边环境及混凝土浇筑情况。根据设计图纸,准备所需的埋件及配件,确保材料符合相关标准。准备安装所需的工具,如起吊设备、电焊机、测量工具等。对参与安装的人员进行安全培训,确保其了解安装过程中的安全注意事项。(2)埋件安装阶段,对埋件进行外观检查和变形校正,确保埋件符合设计要求。对门槽内的一期混凝土进行凿毛处理,并清理渣土和积水。根据设计要求,调整预埋螺栓的位置和高度。利用起吊设备将埋件吊入预定位置,并利用预埋螺栓和拉紧器进行调整和固定。对埋件的接头进行焊接,并磨平焊缝,确保埋件表面平整。对埋件的安装精度进行复测,确保符合设计要求,并进行验收。(3)二期混凝土浇筑与养护,在埋件安装完成并验收合格后,进行二期混凝土的浇筑。对浇筑完成的二期混凝土进行养护,确保其强度达到设计要求。

4 结束语

船闸工程金属结构安装施工技术是船闸工程建设中的关键环节。通过合理的施工准备、安装顺序与方法、焊接与连接技术以及防腐与保护措施的应用,可以有效提高金属结构的安装施工质量和性能。同时,加强质量控制措施的实施也是确保船闸工程稳定性和安全性的重要保障。未来,随着技术的不断进步和创新,船闸工程金属结构安装施工技术将会得到更加广泛的应用和发展。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通运输部.船闸工程施工规范(JTS 218-2014)[S].2014-12-01.
- [2] 中华人民共和国交通运输部.水运工程质量检验标准(JTS 257-2008)[S].2008-12-22.
- [3] 刘峥,章少兰,黄琬.适用于水上施工的船闸闸首结构与施工方法[J].水运工程,2020(03):169-173.
- [4] 同[1].
- [5] 耿新林.船闸闸门吊装工艺的研究与应用[J].中国港湾建设,2022,42(01):68-71.
- [6] 国家能源局.NB/T 11418—2023,水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程[S].2023-12-28.
- [7] 徐莉萍.高港枢纽二线船闸工程安全复核报告[R].南京:高港枢纽二线船闸工程安全鉴定会,2023.
- [8] 陈秋声.大型船闸多空箱混凝土结构预制钢筋混凝土模板施工技术[J].工程技术研究,2021,06(13):96-97.