

水利工程中金属结构启闭机与闸门的协同施工工艺研究

焦世龙 徐征 陈汉 赵鑫 晏建银

江苏省水利机械制造有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6623

[摘要] 水利工程作为国民经济基础设施的核心组成部分,其安全稳定运行直接关系到水资源调控、防洪减灾及能源供给等重大民生需求。金属结构中的启闭机与闸门是水利工程功能性实现的关键载体,二者的协同施工质量直接决定了工程整体运行效能与使用寿命。传统施工模式中,启闭机与闸门常采用分段独立施工策略,易导致二者安装精度偏差、接口匹配性不足等问题,引发闸门卡阻、启闭力矩异常等运行故障,甚至危及工程安全。本文系统研究启闭机与闸门协同施工的核心工艺环节,探讨提升二者协同施工精度与效率的技术路径,为水利工程金属结构施工提供理论参考与实践指导。

[关键词] 水利工程; 金属结构; 启闭机; 闸门; 协同施工

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Research on Coordinated Construction Techniques for Hoisting Machinery and Gates in Hydraulic Engineering Metal Structures

Shilong Jiao Zheng Xu Han Chen Xin Zhao Jianyin Yan

Jiangsu Province Water Conservancy Machinery Manufacturing Co., Ltd.

[Abstract] As a core component of national economic infrastructure, the safe and stable operation of hydraulic engineering directly impacts critical public welfare needs such as water resource regulation, flood control and disaster mitigation, and energy supply. Hoisting machinery and gates within metal structures serve as critical functional components of hydraulic engineering. The quality of their coordinated construction directly determines the overall operational efficacy and service life of the project. Traditional construction approaches often employ segmented, independent construction strategies for hoisting machinery and gates, frequently resulting in installation accuracy deviations and inadequate interface compatibility. These issues can trigger operational failures such as gate jamming and abnormal hoisting torque, potentially jeopardising project safety. This paper systematically investigates the core technical aspects of coordinated hoist and gate construction, exploring technical pathways to enhance the precision and efficiency of their joint installation. It provides theoretical reference and practical guidance for the construction of metal structures in hydraulic engineering.

[Key words] Hydraulic engineering; Metal structures; Hoists; Gates; Coordinated construction

引言

在水利工程建设体系中,金属结构工程是连接土建工程与机电工程的重要纽带,启闭机作为闸门的动力驱动装置,其安装精度直接影响闸门的启闭灵活性与运行稳定性;闸门则作为水体阻隔与宣泄的核心构件,其安装质量与启闭机的协同匹配度,决定了水利工程的运行安全性与可靠性。随着水利工程向大型化、智能化方向发展,对金属结构施工的精度与协同性提出了更高要求。因此,开展启闭机与闸门协同施工工艺研究,打破传统施工模式的局限,建立全流程协同施工控制体系,对于提升水利工程施工质量、降低运维成本、保障工程长期稳定运行具有重要的现实意义与工程价值。

1 启闭机与闸门协同施工前期准备

1.1 技术协同准备

技术协同是协同施工的前提,需建立设计、施工、监理多方联动机制,实现技术信息的高效传递与精准对接。首先,需组织专业技术团队开展施工图纸会审,重点核查启闭机与闸门的设计参数匹配性,包括启闭机额定起重量、启闭行程与闸门尺寸、重量的适配性,以及二者连接接口的尺寸精度、安装基准面的设计一致性等。针对图纸中可能存在的接口冲突、尺寸偏差等问题,及时组织设计单位进行优化调整,避免施工阶段出现返工现象。其次,编制专项协同施工方案,明确启闭机与闸门的施工顺序、协同节点与技术标准。方案需结合工程实际工况,合理规划

施工流程,明确闸门预埋构件安装与启闭机基础施工的先后逻辑,确定二者协同调试的关键控制点与技术参数。同时,需针对施工过程中可能出现的技术难题,制定专项技术措施,确保施工技术方案针对性与可操作性。此外,开展技术交底工作,确保施工人员、技术人员与监理人员全面掌握协同施工要求。通过技术培训、方案讲解等形式,明确各岗位人员的职责分工与操作规范,重点强调启闭机与闸门安装过程中的协同配合要点,提升施工人员的协同作业意识与技术水平^[1]。

1.2 资源协同配置

资源协同配置是保障协同施工顺利推进的物质基础,需实现人力、设备、材料等资源的优化整合与动态调配。人力资源方面,组建具备丰富金属结构施工经验的专业团队,配备启闭机安装、闸门安装、焊接、测量等专项技术人员,明确各岗位协同职责,确保施工过程中各工序衔接顺畅。同时,配备专职质量与安全管理,全程监督协同施工过程,及时发现并解决施工中的质量安全隐患。设备资源方面,根据施工方案需求,合理配置吊装设备、测量仪器与加工设备。吊装设备需满足启闭机与闸门的吊装重量与作业半径要求,优先选用具备高精度控制能力的履带式起重机或塔式起重机,确保吊装过程中的稳定性与精准度;测量仪器需选用符合精度标准的全站仪、水准仪与激光测距仪等,用于启闭机基础放线、闸门安装定位等关键环节的精度控制;加工设备需配备焊接机、切割机等,用于施工过程中的构件加工与接口处理,确保构件连接质量。材料资源方面,建立严格的材料进场检验制度,确保启闭机、闸门及配套构件的质量符合设计要求与行业标准。进场前需核查构件的出厂合格证、性能检测报告等质量证明文件,对构件的尺寸精度、表面质量、焊缝质量等进行抽样检测,杜绝不合格构件进入施工环节。同时,合理规划构件存放场地,采用防雨、防潮、防变形措施,确保构件存放过程中的质量稳定性,为协同施工提供合格的材料保障。

2 启闭机与闸门核心工序协同施工工艺

2.1 基础施工阶段协同控制

启闭机基础与闸门预埋构件的施工质量,是保障后续设备安装精度的前提,需实现二者基础施工的协同控制。首先,建立统一的施工基准体系,以土建工程的基准轴线与高程控制点为基础,联合测量启闭机基础与闸门预埋构件的安装基准线,确保二者基准的一致性。采用全站仪进行精准放线,明确启闭机基础螺栓预留孔的位置、尺寸与高程,以及闸门门槽预埋钢件的安装位置与垂直度要求,放线完成后需进行联合复核,确保基准线偏差符合设计规范。在启闭机基础施工过程中,需重点控制基础混凝土的浇筑质量与基础螺栓的安装精度^[2]。基础螺栓的预埋需采用定位支架进行固定,确保螺栓的垂直度、间距与高程偏差在允许范围内,浇筑过程中需安排专人监护,防止螺栓移位。同时,闸门门槽预埋钢件的安装需与启闭机基础施工同步进行,确保门槽的垂直度、中心线偏差与启闭机安装基准相匹配。浇筑完成后,需对基础表面平整度与预埋构件位置进行联合检测,及时处理超出允许偏差的部位,为后续设备安装提供精准的基础条

件。此外,需做好基础施工后的养护与保护工作,确保混凝土强度达到设计要求后方可进行后续设备安装。养护期间需对预埋构件进行覆盖保护,防止杂物进入预留孔或造成构件表面损伤,同时定期监测基础沉降情况,确保基础沉降稳定后再开展启闭机与闸门的安装作业。

2.2 构件安装阶段协同实施

构件安装阶段是启闭机与闸门协同施工的核心环节,需实现启闭机安装、闸门安装与接口连接的协同配合,确保二者安装精度与匹配性。启闭机安装需以基础施工确立的基准线为依据,采用分段吊装、整体调整的方式进行。首先,将启闭机机体分解为机架、卷筒、驱动装置等部件进行吊装,吊装过程中需采用精准定位措施,确保机架安装的水平度、垂直度符合规范要求。机架安装完成后,进行卷筒与驱动装置的安装,重点控制卷筒轴线与启闭机基准线的平行度,以及驱动装置与卷筒的同轴度,确保启闭机运行时的稳定性。闸门安装需与启闭机安装同步协调进行,根据闸门类型采用相应的吊装工艺^[3]。平面闸门安装时,需先将闸门门叶吊装至门槽上方,调整闸门的垂直度与中心线位置,确保闸门与门槽的间隙均匀。弧形闸门安装则需重点控制铰座安装精度,确保铰座轴线与闸门转动中心的一致性。在闸门吊装过程中,需与启闭机安装人员密切配合,根据启闭机的安装进度调整闸门吊装位置,确保闸门吊点与启闭机卷筒的中心线精准对齐,为后续启闭系统连接奠定基础。接口连接协同是构件安装阶段的关键控制点,需实现启闭机钢丝绳与闸门吊点的精准连接。连接前需对吊点位置与钢丝绳长度进行精准测量,调整启闭机卷筒位置或闸门吊点高度,确保连接后钢丝绳受力均匀。对于采用螺杆启闭机的系统,需重点控制螺杆与闸门吊耳的同轴度,避免螺杆运行时产生偏磨现象。连接完成后,需进行初步的启闭试验,检查闸门升降过程中的灵活性,及时调整启闭机与闸门的相对位置,确保接口连接的可靠性与匹配性。

2.3 调试阶段协同优化

调试阶段是检验启闭机与闸门协同施工质量的核心环节,需通过系统性的协同调试,优化二者运行参数,确保其满足设计运行要求。调试工作需遵循先单机调试、后联合调试的原则,分阶段开展启闭机单机调试、闸门单机调试与二者联合调试。启闭机单机调试重点检测驱动装置的运行性能,包括电机启动电流、转速、制动性能等参数,确保驱动装置运行稳定。同时,检测启闭机的起升高度控制精度与限位装置灵敏度,通过模拟启闭作业,验证启闭机在额定载荷下的运行稳定性,及时调整制动间隙与限位装置参数,避免超程运行风险。闸门单机调试需检测闸门在门槽内的升降灵活性,重点检查闸门与门槽的摩擦阻力、止水装置的密封性等。通过手动或低速驱动方式使闸门完成全行程升降,观察闸门是否存在卡阻、偏斜等现象,对门槽内的杂物或凸起部位进行清理,调整止水橡皮的压缩量,确保闸门止水性能符合要求。联合调试是协同优化的关键环节,需模拟实际运行工况,进行启闭机与闸门的同步运行调试。首先,在空载状态下进行全行程启闭试验,记录闸门升降速度、启闭机运行电流等

参数,检查二者运行的协调性。随后,逐步增加负载进行重载调试,验证启闭机与闸门在设计载荷下的运行性能,重点检测启闭力矩与闸门受力分布情况,确保启闭机输出力矩与闸门运行阻力匹配。调试过程中需安排专业人员全程监测,采用振动监测、应力检测等手段评估设备运行状态,对发现的运行偏差及时调整,通过优化启闭机运行参数与闸门安装位置,实现二者的最佳协同运行状态。

3 协同施工质量与安全保障体系

3.1 质量协同保障措施

质量协同保障需贯穿施工全过程,建立事前预防、事中控制、事后验收的全流程质量控制机制。事前预防阶段,需严格落实材料进场检验与施工方案审核制度,确保施工所用材料与设备符合质量要求,施工方案具备科学性与可行性。同时,对施工人员进行质量意识培训,明确各工序质量控制标准,提升施工人员的质量控制能力。事中控制阶段,需建立多点协同质量检测机制,在基础施工、构件安装、接口连接等关键工序设置质量控制点,采用专业测量仪器进行实时检测。例如,在启闭机机架安装过程中,每完成一个安装步骤需进行水平度与垂直度检测;闸门安装时,需全程监测闸门中心线与垂直度偏差,确保各工序质量符合规范。同时,加强施工过程中的技术复核,由技术负责人与监理人员共同对关键工序质量进行验收,合格后方可进入下一工序施工^[4]。事后验收阶段,需组织多方联合验收小组,对启闭机与闸门协同施工质量进行全面检测。

3.2 安全协同管理措施

安全协同管理需建立全员参与、全程控制的安全管理体系,确保施工过程中的人员安全与设备安全。首先,健全安全管理制度,明确各岗位安全职责,制定针对性的安全操作规程,重点规范吊装作业、高空作业、电气作业等危险工序的安全操作要求。同时,开展常态化安全培训与应急演练,提升施工人员的安全意识与应急处置能力,确保施工人员熟练掌握安全防护措施与应急逃生技能。施工过程中需强化现场安全协同管控,在吊装作业区域设置安全警戒线与警示标识,安排专职安全人员现场监护,严禁非作业人员进入危险区域。吊装作业时,需确保吊装设备性能完好,吊装索具强度符合要求,采用专人指挥、统一信号的方

式进行,避免吊装过程中发生设备碰撞或构件坠落事故。高空作业人员需佩戴齐全安全防护用品,作业平台需设置防护栏杆与防滑措施,确保高空作业安全^[5]。此外,需加强设备安全管理,定期对启闭机、闸门及施工设备进行安全检查与维护,及时排查设备故障与安全隐患。电气设备安装需严格遵循电气安全规范,确保接地可靠、线路绝缘良好,避免触电事故发生。同时,建立恶劣天气应急预案,在暴雨、大风等恶劣天气条件下,及时停止室外作业,对已安装构件进行加固保护,确保施工安全。

4 结束语

启闭机与闸门的协同施工是水利工程金属结构施工的核心环节,其施工质量直接决定工程运行效能与安全稳定性。核心工序协同控制是提升施工质量的关键,基础施工阶段需建立统一基准体系,构件安装阶段需实现精准对接,调试阶段需通过系统性优化确保二者运行匹配,形成全流程协同施工控制链条。健全的质量与安全保障体系是协同施工顺利开展的重要支撑,通过全流程质量控制与全方位安全管理,可有效规避施工质量隐患与安全风险,确保施工过程安全有序。未来的研究需注重理论与实践的结合,不断优化协同施工工艺体系,为水利工程高质量建设提供更有力的技术支撑,推动水利事业可持续发展。

[参考文献]

- [1]于权伟,王海峰,曹晨星,等.龙羊峡水电站溢洪道闸门及启闭机改造设计[J].水电站机电技术,2025,48(01):64-67+129.
- [2]倪国胜.杨湾闸闸门及其启闭机设计研究[J].水电站机电技术,2025,48(01):78-81.
- [3]李鹏博,招滨,张学东.西津水利枢纽二线船闸工程金属结构设计[J].红水河,2024,43(06):36-40.
- [4]黄传学.华容某灌溉涵闸金属结构设备安装工艺研究[J].海河水利,2024,(07):49-51.
- [5]张医娟.原平市抽水蓄能电站金属结构布置与设计[J].山西水利,2023,(11):56-57+60.

作者简介:

焦世龙(1988--),男,汉族,江苏扬州人,本科,现有职称:工程师,研究方向或主要从事工作:水利工程。