

多工序交叉作业下大型水闸工程施工现场质量安全协同管控对策研究

高 炎

临泉县水利工程质量安全监督站，安徽 临泉 236400

[摘要]大型水闸工程施工工序多、涉及专业广、参与建设单位多，现场经常出现多工序同步施工、多层交叉作业的情况。以往质量、安全分开管理的模式，存在工作脱节、联动不畅、整体统筹不足的问题，影响工程建设质量和施工安全。文章以某大型水闸工程为研究对象，详细分析大型水闸工程交叉作业的时间、空间分布特点和工序衔接规律，系统梳理质量、安全风险的叠加成因、影响方式和演变过程。结合现场施工实际，搭建组织、技术、管理、信息四位一体的质量安全协同管控体系。创新采用工序链拆分方式，精准划分各类交叉作业的施工界面；依托 BIM+物联网技术搭建智能实时协同监测体系，建立多单位联动、全流程可追溯的隐患闭环整改管理模式。有效解决了土方开挖与基础防渗同步施工、混凝土浇筑与金属结构安装交叉施工、土建施工与机电设备安装穿插作业等重难点管控难题，施工全过程未发生任何安全事故，以供参考。

[关键词]大型水闸；多工序交叉作业；质量安全；协同管控；杨桥闸；施工现场

DOI: 10.33142/hst.v9i8.20428

中图分类号: TV732.4

文献标识码: A

Research on Collaborative Quality and Safety Control Strategies for Large-scale Water Lock Construction Sites under Multi-process Cross operation

GAO Yan

Linquan County Water Conservancy Engineering Quality and Safety Supervision Station, Linquan, Anhui, 236400, China

Abstract: large-scale water gate projects involve multiple construction processes, a wide range of specialties, and multiple participating construction units. On site, synchronous construction of multiple processes and multi-level cross operation often occur. The previous model of separating quality and safety management has problems such as work disconnection, poor linkage, and insufficient overall planning, which affect the quality and safety of engineering construction. The article takes a large water gate project as the research object, analyzes in detail the time and spatial distribution characteristics and process connection rules of cross operation in large water gate projects, and systematically sorts out the causes, impact modes, and evolution process of the superposition of quality and safety risks. Based on the actual construction site, establish a quality and safety collaborative control system that integrates organization, technology, management, and information. Innovatively adopting the process chain splitting method to accurately divide the construction interfaces of various cross operations; Building an intelligent real-time collaborative monitoring system based on BIM + Internet of Things technology, establishing a closed-loop rectification management mode for hidden dangers with multi unit linkage and full process traceability. Effectively solved the key and difficult control problems of synchronous construction of earthwork excavation and foundation anti-seepage, cross construction of concrete pouring and metal structure installation, and interlaced operation of civil construction and mechanical and electrical equipment installation. No safety accidents occurred during the entire construction process for reference.

Keywords: large-scale water gates; multi-process cross operation; quality and safety; collaborative control; Yangqiao lock; construction site

引言

水闸是江河防洪、水资源调配水利工程的核心节点，可同时实现蓄水泄洪、通航、农田灌溉等多项功能^[1]。当前国内水利基建进入高质量发展阶段，大型水闸逐步朝着

超大规格、复杂结构、多功能集成的方向发展。在施工过程中，土方开挖、地基处理、混凝土浇筑、金属结构与机电设备安装、房屋建筑等多个专业工序同步开展、交叉施工、立体作业的情况越来越普遍。同时 BIM、物联网、

大数据等数字化技术,也为施工现场协同管控提供了技术支撑^[2]。但现有研究大多聚焦房建、交通类工程,针对大型水闸多工序交叉作业场景的质量安全协同管控系统性研究仍存在明显短板,缺乏可落地、可复制的完整实践方案。文章以一座原址拆除重建的II等大(2)型水利节制闸枢纽工程为研究载体,该工程施工场地狭小、各工序时空交叉密集,质量安全管控难度和压力极大。通过梳理分析该工程交叉作业的风险特征,搭建适配大型水闸工程的质量安全协同管控体系,为同类水闸工程建设提供理论依据和实践参考。

1 大型水闸工程多工序交叉作业特征与风险分析

1.1 多工序交叉作业的时空特征

大型水闸工程施工是多专业、多工种、多单位在有限空间和时间内协同推进的复杂系统工程,工程施工以闸室为核心,施工层级多、作业面重叠度高。垂直方向上,从底部的闸基防渗墙、闸室底板,到上部的启闭机房、桥头堡,自下而上形成多层施工面;水平方向上,两岸连接建筑、消能防冲设施、翼墙、引堤等结构同步开展施工。整体施工场地狭小,却同时叠加深基坑施工、大体积混凝土浇筑、防渗墙施工、构件吊装、金属结构安装等多项作业,最终形成垂直分层、水平分区的立体化交叉施工模式。水闸施工受汛期、天气等水文气象条件限制极大,季节性施工特点鲜明,必须严格把控汛前施工节点,倒逼各工序紧密衔接。施工主要依托枯水期窗口期,集中完成旧闸拆除、基坑开挖、基础处理、闸室主体等核心工程^[3]。土建混凝土浇筑、钢筋模板施工、防渗墙开挖、桥梁预制等多项工作,大量同步开展、穿插推进,工序时间搭接密度极高。同时,工程涵盖水利土建、金属结构、机电自动化、桥梁等多个专业工种,各专业施工界面深度耦合。任意一道工序出现质量问题、施工滞后,都会直接影响后续所有工序,产生连锁式施工影响,整体施工容错率低。此外,施工现场涉及建设、勘察、设计、监理、总包、分包、设备供应、全过程检测等多方单位,参与人员数量大、层级多。各单位的管理目标、施工节奏、工作标准各不相同,很容易出现沟通壁垒、衔接脱节问题,大幅提升了交叉作业的安全、质量、进度管控难度。

1.2 质量安全风险耦合机理

多工序交叉作业场景下,质量风险和安全风险并非相互独立,同一施工区域多道工序同时开展,会产生直接的物理干涉冲突。高处作业掉落的杂物、工具,不仅会威胁下方施工人员的人身安全,还会撞击、磕碰已完工的成品构件,造成成品损坏。水利施工工序衔接紧密、工艺要求

严格,对施工顺序和隐患排查规范性要求极高。若为赶工期、抢进度,前一道工序存在的质量、安全隐患没有彻底排查整改,就被后续作业覆盖掩埋,会形成难以发现的隐蔽工程缺陷。多个作业面同步施工时,现场的施工人员、机械设备、安全防护设施、管控人力等资源会被大幅摊薄。尤其在交接班、夜间施工、节假日施工等薄弱时段,现场监护力量容易缺位,安全员、质检员的巡查、管控范围无法全面覆盖各作业点。管控盲区叠加资源不足的问题,会直接导致现场违章作业频发,工程质量管控失效,安全和质量风险同步攀升。在开展开挖、拆除、吊装等高危作业时,作业人员往往不清楚现场管线分布、施工振动限值、建筑结构承载力等关键参数,极易因操作不当引发质量破损和安全事故。而现场信息传递滞后、信息阻滞的问题,会进一步放大各类隐患,让单一风险演变为复合型施工风险。

2 多工序交叉作业质量安全协同管控对策

2.1 组织协同:构建一体化责任体系

搭建矩阵式协同管理架构。成立由项目法人牵头、负首要责任的创优工作小组,下设五大专业作业班组,全面推行质量、安全双岗双责机制,把创优创奖、安全生产零事故等核心目标统一部署、统一推进、统一考核,杜绝权责分割、管理脱节问题。各专业小组全程联动配合,实现施工全过程同步管控。在编制施工方案时,同步配套完善质量保障、安全防护相关措施;在布置施工任务时,同步落实质量管控要求和安全技术交底工作;现场巡检环节,由质检、安监人员联合巡查、同步检查,一次性排查质量、安全各类隐患,提升现场管控效率。针对交叉作业容易出现的管理盲区,项目组织各施工班组全面摸排梳理现场作业界面,逐一查清各级各类交叉作业点位,制定专项责任清单。清晰明确每个作业点位的主控责任人、配合责任人、现场监护责任人,细化对应的质量标准和安全管控要求,彻底厘清各岗位、各班组作业权责,从根源杜绝推诿扯皮、管理缺位等问题。同时,项目严格落实交叉作业审批许可制度。凡是多个班组在同一时间段、同一区域开展交叉作业的,必须提前办理协同审批手续,明确作业具体范围、施工时限、安全防护及管控措施,经技术、安全负责人双重签字确认后,方可开工施工。针对高风险、高危交叉作业场景,进一步提升审批审核层级,同时安排专职安全员全程旁站监护,全方位、全流程把控交叉作业的施工安全和工程质量^[4]。

2.2 技术协同:优化工序组织与工艺方案

通过时空流水优化、关键工序专项管控、新型技术工

艺集成三项核心措施,同步提升了施工安全、工程质量和建设进度,实现三者统筹协调、高效推进。

工程全程运用网络计划技术和 BIM 施工模拟技术,严格遵循“先深后浅、先下后上、先主后次、先深后浅、先重后轻、先高后矮、先主后次”的施工准则,把 9 孔闸室划分为三个施工单元开展流水作业。通过错峰安排土方开挖、基础处理、闸室底板及闸墩施工等工序,有效避开高风险交叉施工场景,减少同一作业区域的施工人员、设备密度,既平稳推进施工进度,又从源头规避安全风险,保障施工有序安全开展。

针对施工现场核心的交叉施工工序,项目制定了专属协同管控方案,精准把控关键施工环节。大体积混凝土施工阶段,实行 24h 全程温控监测,根据实时温度数据动态调整养护方式,严格控制混凝土内外温差,杜绝开裂、强度不达标等质量问题;止水施工环节设立专属监护岗位,专人全程跟进监督,同步保障止水片安装精度和现场作业安全;预制梁板吊装作业严格规范施工流程,采取分区管控、分段施工模式,严禁上下同步施工,彻底消除高空交叉作业安全隐患。

与此同时,项目集中应用住建部八大类 16 项新型施工技术,搭配止水螺杆、盘扣式脚手架、水能量养护膜等多项新工艺、新材料。通过技术工艺升级,有效规避结构渗水、高处动火、临水施工等各类安全质量隐患,大幅提升脚手架体稳定性和混凝土成型质量,全方位优化施工现场协同管控效果,助力工程提质、增效、保安全。

2.3 管理协同:创新过程管控机制

施工环节彻底改变以往质量、安全分项单独交底的传统模式,所有工序开工前,统一开展质量安全联合技术交底。交底过程结合图文讲解、正反施工案例对比的方式,一次性讲清施工质量标准、现场操作重点和危险点防控要求。全程落实签字确认、影像留存留痕制度,关键工序交底实现 100%全覆盖,从源头把控施工质量和施工安全。项目建立“日巡查、周联检、月评比”常态化协同检查机制,日常巡查同步排查施工质量缺陷和现场安全隐患;每周由总工程师牵头组织质量安全联合大检查,建立统一的隐患问题台账,严格按照“五定”原则落实整改,实行发现、整改、复核、销号全流程闭环管理,彻底消除交叉作业存在的检查整改盲区。同时严格执行三方工序交接验收制度,由质检员、安全员、下道工序班组长共同参与联合验收,同步把控施工工艺质量和现场作业安全,有效规避模板支撑、架体搭设等关键环节的质量问题和安全风险。除此之外,项目统筹推进质量安全应急管理工作,针对性

编制多项专项应急预案,组建专职抢险队伍、配齐配足各类应急救援物资,常态化组织开展应急演练,提前明确施工人员定点救治医院及应急通行路线。汛期主动对接气象部门获取预警信息,提前储备充足防汛物资,全方位保障工程施工平稳、安全推进。

2.4 信息协同:搭建数字化协同平台

通过数字化、智能化技术,搭建了全方位施工管控体系,大幅提升了立体交叉施工场景下的安全管理和质量管控水平。搭建了全覆盖的可视化监控系统,针对基坑周边、闸室高空作业区、材料堆场、施工出入口等所有高风险、关键施工区域,全部布设高清监控设备,同时配套建设两级远程监控中心。管理人员可通过监控大屏、手机移动端随时查看现场施工情况,实现 24h 不间断全过程监管,能够第一时间发现并整改现场违章作业、施工质量不达标等各类问题。同时,项目全面推行线上信息化协同办公模式,上线 OA 办公平台和项目管理系统,把施工方案审核、技术交底、安全隐患整改、工程质量验收等所有核心施工流程,全部转为线上办理。各施工班组可通过手机端随时上报现场施工问题,管理人员在线派发整改任务、全程跟踪整改进度,彻底打通各部门信息壁垒,快速同步施工计划、工序交接、安全通知等关键信息,确保多工种交叉施工顺畅衔接、有序推进。除此之外,针对深基坑、大体积混凝土等危险性较大的分部分项工程,项目专门搭建自动化监测系统,实时采集并上传基坑变形、结构沉降、混凝土温度等关键施工数据。系统提前设置智能预警标准,一旦数据出现异常,会同步推送提醒给各岗位管理人员,实现安全风险早发现、早处置。同时依托实时监测数据动态调整优化施工参数,用精准数据为工程安全、施工质量筑牢管控基础。

3 实施效果与分析

大型水闸重建工程通过落地质量安全协同管控对策体系,顺利解决了多工序交叉作业带来的各类管理难点,项目整体施工成效显著。质量管理方面,依托协同管控的管理模式,工程所用全部原材料、施工中间产品质量均合格达标,实体工程整体施工质量优良,全程未发生任何质量事故。针对混凝土施工这一关键工序,项目采用精细化协同管控手段。同时新型施工工艺落地应用效果良好,混凝土外观质量、封堵施工质量均符合标准,防渗施工、结构安装、设备调试等核心关键工序,全部满足设计要求及行业规范标准。安全管理方面,项目施工全过程实现零死亡、零重伤的安全目标,仅存在可控的轻微安全风险,未发生任何安全事故。管理效率方面,通过组织协同、信息

协同的双重优化,有效简化、理顺了施工流程,减少了不必要的会议,大幅缩短了工序衔接等待时间和隐患整改周期,各类施工资源配置更加科学合理。

4 结论与展望

针对大型水闸多工序交叉施工场景,搭建组织-技术-管理-信息四位一体的协同管控体系,通过矩阵式管理组织、明确各专业界面责任清单、优化施工流水段时空布局、应用新型工艺技术、落实联合技术交底与联合验收,以及依托 BIM+物联网智能化监控等多项实操措施,整套管控方法实用性强,在提高施工质量的同时确保施工安全,进一步提高管理效率。结合智慧水利发展趋势,后续可围绕数字孪生仿真预判、AI 智能风险预警、区块链施工责任追溯等方向深入研究,进一步提升水利工程施工现场的现

代化、智能化管理能力。

[参考文献]

- [1]李福春.智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集[C].重庆:重庆建筑编辑部,2025.
- [2]吴世远.基于 BIM 仿真的某大型水闸工程进度优化与控制研究[D].天津:天津工业大学,2024.
- [3]林正标.浅议大型水闸工程的运行与管理的有效策略[J].低碳世界,2022,12(4):108-110.
- [4]李顺勇.大型水闸施工质量管理与控制[J].黑龙江水利科技,2017,45(12):90-92.

作者简介:高炎(1997—),男,汉族,本科学历,现任职临泉县水利工程质量安全监督站,助理工程师,从事水利工程质量安全监督工作。