

水利水电工程中水闸施工现状研究

王东亚¹ 葛建文² 徐华业³

1. 淮安市淮阴区渔沟水利服务站 江苏 淮安 223300

2. 淮安市淮阴区水生态建设服务中心 江苏 淮安 223300

3. 淮安市淮阴区张福河船闸管理所 江苏 淮安 223300

摘要: 本文研究水利水电工程中水闸施工现状。首先阐述水闸施工核心技术体系, 涵盖基础、结构及新型施工技术。接着分析当前水闸施工在技术、管理、环境与资源层面存在的问题。最后提出施工现状优化路径, 包括技术创新方向、管理机制改进以及环境友好型施工策略, 为提升水闸施工质量与效益提供参考。

关键词: 水利水电工程; 水闸施工; 施工技术; 施工管理; 环境友好型施工

引言: 水利水电工程对水资源调配与经济发展意义重大, 水闸作为关键组成部分, 其施工质量直接影响工程整体效能。当前, 水闸施工面临复杂地质条件、技术更新、管理协调及环境资源等多方面挑战。深入研究水闸施工现状, 剖析存在问题并探索优化路径, 有助于提升施工水平, 保障工程安全稳定运行, 推动水利水电工程可持续发展。

1 水闸施工的核心技术体系

1.1 基础施工技术

地基处理技术需结合场地地质条件选择应用方式。换填技术适用于浅层软弱土层, 通过挖除不良土体并回填强度较高的砂石或灰土, 形成稳定持力层, 其关键在于确保换填材料级配合理且压实度达标。强夯技术依靠重锤下落产生的冲击力压缩地基土体, 提升地基承载力, 适用于碎石土、砂土等渗透性较好的地层, 施工时需根据土层性质调整夯击能量与次数, 避免过度扰动周边结构^[1]。桩基技术通过在地基中植入钢筋混凝土桩或钢管桩, 将上部荷载传递至深层坚硬土层, 适用于软土地基或荷载较大的水闸工程, 桩体选型需匹配地质勘察结果与结构受力要求。防渗体系构建需形成多层次协同防护。止水带安装需保证与混凝土结构紧密贴合, 通过预留槽口或嵌入方式固定, 防止因结构变形产生缝隙导致渗漏。帷幕灌浆通过在闸基钻孔并注入水泥浆液, 形成连续防渗帷幕, 浆液浓度需随地质渗透性动态调整, 确保灌浆体渗透系数满足设计标准。防渗墙技术则通过专用设备在地基中构筑混凝土墙体, 阻断地下水渗透路径, 墙体接头处理需采用套接或咬合工艺, 避免形成渗漏通道。

1.2 结构施工技术

混凝土浇筑工艺需注重分层分段控制。分层厚度根

据结构尺寸与振捣设备性能确定, 一般不超过振捣器有效作用深度的1.25倍, 相邻层次浇筑间隔需控制在混凝土初凝前, 防止出现冷缝。温控措施包括选用低热水泥、掺加粉煤灰等矿物掺合料, 降低水化热峰值, 通过预埋冷却水管循环通水, 将内部温度控制在合理范围, 减少温度应力引发的裂缝。浇筑过程中需保证振捣均匀, 避免漏振或过振导致混凝土密实度不足或离析。金属结构安装需严格控制精度偏差。闸门安装前需检查门槽尺寸与垂直度, 通过调整预埋螺栓位置确保门框定位准确, 门叶吊装时采用多点同步起吊技术, 避免构件变形。启闭机安装需保证机架水平度与垂直度, 驱动装置与闸门连接部位的轴线偏差需控制在允许范围内, 试运行阶段需测试不同工况下的启闭速度与受力状态, 确保运行平稳。连接螺栓紧固需采用扭矩扳手按顺序分次拧紧, 防止受力不均引发结构松动。

1.3 新型施工技术探索

装配式水闸构件通过工厂标准化预制, 再运输至现场进行拼装, 能大幅减少现场浇筑作业量。构件设计需充分考虑运输与吊装的便利性, 外形尺寸和重量需适配运输工具与吊装设备的承载能力。节点连接采用灌浆套筒或预应力技术, 确保拼接部位的受力性能与整体结构一致。预制构件的尺寸精度需严格把控, 避免安装时出现缝隙影响结构密封性, 密封材料的选择需能适应水体长期浸泡的环境, 防止渗漏问题出现。这类技术适合场地狭窄或工期紧张的工程, 能有效缩短施工周期, 降低对周边环境的干扰。数字化施工管理以BIM技术为基础构建三维模型, 整合地质勘察数据、设计图纸信息和施工方案内容。模型可模拟施工过程中的构件碰撞情况和工序衔接问题, 提前优化施工组织。物联网技术通过在施工现场布置传感器, 实时采集混凝土温度、结构位移等

数据,传输至管理平台进行分析并发出预警。两者的集成实现了施工全过程的可视化管控,有助于提升工序衔接效率,及时发现并处理质量隐患,推动施工模式向精细化转型。

2 当前水闸施工的主要问题

2.1 技术层面

复杂地质条件下施工适应性不足体现在多种场景。岩溶发育区域地基处理常遇溶洞填充不实问题,钻孔过程中易出现漏浆或塌孔,传统灌浆技术难以形成连续防渗体。深厚软土地层中,地基承载力提升效果受土层均匀性影响显著,采用常规排水固结法时,孔隙水压力消散速度不均衡,易引发闸基不均匀沉降。断层破碎带分布区域,岩体完整性差,开挖过程中边坡稳定性控制难度大,临时支护措施若与岩体特性不匹配,可能导致塌方风险加剧。这些地质条件往往伴随多种不利因素叠加,单一技术方案难以全面应对,施工中需频繁调整工艺参数,影响施工连续性。混凝土裂缝控制与耐久性提升面临多重制约。温度应力引发的裂缝在大体积混凝土结构中较难避免,尽管采用温控措施,仍可能因环境温度突变或散热路径不畅产生细微裂缝。干燥收缩与碳化作用相互促进,使混凝土表层出现网状裂纹,削弱结构抗渗性能。水流冲刷与侵蚀介质长期作用下,混凝土表面保护层易受损,钢筋锈蚀后体积膨胀进一步加剧裂缝扩展^[2]。现有修补技术多针对表面缺陷,难以根治内部结构损伤,且修补材料与原混凝土结合性能存在差异,易形成二次开裂隐患,导致耐久性提升效果受限。

2.2 管理层面

施工组织协调效率与资源调配的矛盾贯穿全过程。水闸施工涉及土建、金属结构安装、机电设备调试等多专业交叉作业,各工序衔接依赖精准的进度计划,但若缺乏统一协调机制,易出现前道工序滞后影响后续作业,或后道工序准备不足导致工作面闲置。资源调配中,机械设备与人力配置常因工序变动产生失衡,例如混凝土浇筑高峰期若振捣设备数量不足,会延长浇筑时间窗口,而设备过剩时又造成闲置浪费。材料供应与施工进度不同步同样常见,钢筋、模板等物资短缺会迫使施工中断,过量储备则增加仓储成本与管理难度,形成资源利用效率低下的循环。施工人员技能水平与新技术应用需求存在明显差距。装配式构件安装要求精准的测量定位与节点处理,部分操作人员仍沿用传统现浇施工经验,对预制构件拼接精度控制不足,导致接缝密封性下降。数字化管理工具的应用需要基础操作能力,现场技术人员若对BIM模型查看、物联网数据解读不熟练,会

使技术优势难以转化为实际效益。新技术推广过程中,技能培训多停留在理论讲解层面,缺乏结合具体工程场景的实操训练,导致人员在面对突发技术问题时难以快速响应,制约新技术应用深度。

2.3 环境与资源层面

施工对周边生态的潜在影响体现在多个环节。基坑开挖过程中,裸露土体若未及时覆盖,遇强降雨易引发水土流失,泥水进入周边水体可能导致河道淤积或水质浑浊,影响水生生物栖息环境。施工营地生活污水、机械维修废液若处理不当,会渗入土壤或直接排入水域,造成局部环境污染。取土场与弃渣场选址若靠近生态敏感区,可能破坏原有植被覆盖,导致地表径流路径改变,加剧边坡侵蚀,而植被恢复过程缓慢,短期内难以恢复生态功能。施工噪声与粉尘也会对周边动植物生存环境形成干扰,影响生态系统稳定性。资源消耗与绿色施工理念的冲突较为突出。传统混凝土生产依赖水泥、砂石等不可再生资源,其开采与加工过程能耗较高,且骨料级配不合理会增加水泥用量,进一步加剧资源消耗。模板周转次数低是普遍现象,木模板一次性使用比例仍较高,钢模板维护不当会缩短使用寿命,与材料循环利用原则相悖。施工过程中水资源回收利用率低,混凝土养护、机械冲洗等环节多采用新鲜水源,废水未经处理直接排放,既浪费资源又污染环境。绿色施工技术如太阳能照明、雨水收集系统等因初期投入较高,在成本控制压力下推广难度较大,导致资源节约与环境保护目标难以充分实现。

3 施工现状的优化路径

3.1 技术创新方向

智能化监测与预警系统的开发需整合多维度感知技术。基础施工阶段,地基内部植入光纤传感器,实时捕捉土体应力变化与沉降位移,数据经无线传输至中央处理平台,生成应力分布云图与变形趋势曲线,监测值接近阈值时自动触发预警^[3]。混凝土结构浇筑中预埋温度传感器与应变片,同步监测内部温度梯度与应力发展,结合环境数据优化养护措施。金属结构安装后,通过位移传感器与振动监测装置捕捉闸门启闭时的细微形变与异常振动,为维护提供依据。此类系统需具备自适应能力,随施工阶段切换监测维度,实现全流程状态感知。新型材料的研发与应用需聚焦性能提升与场景适配。高性能混凝土通过调整矿物掺合料比例优化结构,掺入纳米碳酸钙细化孔隙提高抗渗性,添加钢纤维或玄武岩纤维增强韧性。水下环境可采用低热微膨胀混凝土,利用膨胀剂补偿收缩。金属结构表面采用电弧喷涂铝镁合金

涂层形成致密氧化膜, 闸门止水部位试用氢化丁腈橡胶, 适应长期浸泡。玻璃纤维增强塑料可替代部分金属构件, 凭借轻质高强与抗腐蚀特性降低维护频率。材料应用需结合施工环境测试, 确保与工艺兼容。

3.2 管理机制改进

全生命周期施工管理理念的引入需打破阶段分割。设计阶段需同步考虑施工可行性与后期运维需求, 通过三维建模模拟施工过程中的结构受力, 提前优化配筋方案与节点构造。施工阶段需留存完整技术档案, 包括材料性能报告、工序验收记录与监测数据, 为后期运维提供基础资料。竣工验收时需组织施工、设计、运维多方参与, 明确各阶段质量责任边界, 形成闭环管理。运维阶段收集的结构性数据应反馈至施工团队, 用于改进类似工程的施工工艺。管理过程中需建立信息共享平台, 确保设计参数、施工记录与运维数据实时互通, 避免因信息孤岛导致决策偏差。标准化施工流程与质量管控体系的完善需覆盖全工序。针对基础施工, 需制定不同地质条件下的开挖与支护标准作业程序, 明确钻孔深度、灌浆压力等关键参数的允许偏差范围。混凝土施工需规范原材料检验流程, 从配合比设计到养护周期均设定统一标准, 例如规定大体积混凝土内外温差控制限值与测温频率。金属结构安装需制定精度校准规范, 明确闸门垂直度、启闭机同步性的检测方法 with 合格标准。质量管控体系需包含三级巡检制度, 班组自检聚焦工序衔接质量, 项目部巡检侧重关键指标达标情况, 第三方抽检验证整体施工效果。验收环节需采用量化评估方式, 通过实体检测与资料核查的双重验证, 确保质量标准落地。

3.3 环境友好型施工策略

生态友好型施工工艺需减少对周边环境的扰动。低扰动开挖可采用液压破碎锤替代传统爆破方式, 降低振动与噪声影响; 开挖区域需设置临时挡墙与截水沟, 防止雨水冲刷引发水土流失。对于基坑排水, 可采用封闭式降水系统, 将抽出的地下水经沉淀处理后用于混凝土养护或场地洒水降尘, 减少新鲜水源消耗^[4]。泥浆循环利

用需建立专用处理系统, 钻孔产生的泥浆经分离器分离出砂粒与岩屑, 添加絮凝剂净化后重新用于钻孔作业, 干化的固体废弃物可作为路基填料。水下混凝土浇筑可采用导管法连续施工, 减少水泥浆扩散, 降低对水体的污染。施工废弃物减量化与资源化利用需贯穿施工全程。材料采购需精准核算用量, 根据施工进度分批次进场, 避免过量储备导致的损耗。混凝土搅拌过程中需控制坍落度偏差, 减少因和易性不佳造成的废料; 浇筑剩余的混凝土可用于制作预制垫块或排水沟盖板, 提高材料利用率。模板工程可推广钢框竹胶板等可周转材料, 通过规范拆装与定期维护延长使用寿命; 废弃模板经裁切加工后可用于临时支护或防护设施。金属废弃物如钢筋头、边角料可集中回收, 经熔炼加工后重新制作预埋件。施工营地产生的生活垃圾分类收集, 有机废弃物经堆肥处理用于场地绿化, 塑料与纸张等可回收物交由专业机构处理, 实现废弃物源头减量与循环利用。

结束语

水利水电工程中水闸施工现状复杂, 存在诸多问题, 但通过技术创新、管理机制改进以及实施环境友好型施工策略等优化路径, 有望提升水闸施工质量与效益。未来需持续关注新技术发展, 完善管理机制, 强化环保意识, 推动水闸施工向智能化、标准化、绿色化方向发展, 为水利水电工程建设提供更坚实保障, 助力水资源合理利用与经济发展。

参考文献

- [1]张彦民,古志辉.水利水电工程中水闸施工技术与管理探讨[J].珠江水运,2023(14):35-36.
- [2]程雷梓,路佳欣.水闸施工技术在水利水电工程当中的应用[J].建材与装饰,2023(51):303-304.
- [3]李辉光.水利水电工程中的水闸施工技术与管理[J].中华建设,2023(6):54-55.
- [4]甲宗霞,范文涛.刍议水利水电工程中水闸的设计优化[J].农村经济与科技,2023(10):53-54.