

基于BIM技术的水利水电工程绿色施工方法研究

杨晓斌

中国葛洲坝集团第二工程有限公司 四川 成都 610000

摘要:为解决水利水电工程施工生态扰动大、资源浪费、管控精细化不足等问题,本文依托绿色施工与BIM数字化理论,探究二者融合机理,从三维建模、资源节约、生态环保、协同管控四方面构建BIM绿色施工体系。结合实际水利枢纽工程开展应用验证,结果表明该方法可有效节约资源、防控施工污染、提升智能管控水平。同时梳理应用短板并提出优化对策,为水利工程绿色数字化施工提供参考。

关键词: 基于BIM技术; 水利水电工程; 绿色施工方法

引言:水利水电工程露天作业多、土石方量大、生态敏感性强,传统施工模式存在资源损耗高、生态管控滞后、多方协同不畅等问题,难以适配低碳生态的行业发展要求。BIM技术凭借可视化、数字化、全周期管控优势,可有效弥补传统施工短板。为推动水利工程绿色、精细化、智能化发展,本文结合水利施工特性,构建基于BIM的绿色施工方法,通过工程实践验证其应用价值,助力水利工程生态与建设协同发展。

1 相关理论与技术基础

1.1 水利水电工程绿色施工理论体系

(1)绿色施工核心内涵:水利水电工程绿色施工以生态保护为核心,在全施工周期内统筹工程质量、安全与生态效益,遵循节能降耗、生态优先、因地制宜、全程管控原则。相较于普通建筑工程,水利工程多临水域、地处野外,与流域生态、水土环境关联更紧密,绿色施工更侧重水域生态保护与水土资源维系。(2)水利绿色施工评价标准:行业评价体系包含四大核心维度,分别是聚焦水、土地、建材、能源高效利用的资源节约维度;管控水域生态、植被与水土保持的生态保护维度;规范施工废水、扬尘、噪音、固废治理的污染防控维度;严控施工能耗与碳排放、契合行业低碳发展要求的低碳施工维度。(3)水利绿色施工重难点:水利工程露天作业、土石方工程量大,易破坏原有地形与水土结构。且施工周期长、覆盖范围广,生态扰动持续性久,同时工况受自然水文条件制约,整体管控难度大,资源损耗与生态污染防控难度显著高于普通建筑工程^[1]。

1.2 BIM技术核心理论与功能特性

(1)BIM技术基本概念:BIM技术即建筑信息模型技术,依托数字化手段构建工程三维信息模型,核心原理是整合工程全维度数据,实现工程信息的集成化、可视化管理,可贯穿工程设计、施工、运维全生命周期,

提升工程数字化管控水平。(2)BIM核心技术功能:其核心功能包含三维建模、碰撞检测、施工进度模拟、资源数据统计、可视化管控及多方数据协同,可精准排查施工设计问题,动态调控施工进度与资源配比,为精细化施工提供数据支撑。(3)BIM技术适配水利工程的优势:水利工程结构复杂、水文工况多变、参与协同单位多,传统施工管控难度大。BIM技术可实现工程数据一体化管控,有效适配复杂施工场景,助力水利工程施工的数字化、精细化管理。

1.3 BIM与水利绿色施工融合机理

(1)资源优化配置融合:利用BIM数字化统计功能,精准测算建材、水资源、机械设备用量,优化资源配比方案,减少资源闲置与浪费,有效降低施工资源损耗。(2)施工过程绿色管控融合:通过BIM施工模拟预演,优化施工工艺与施工方案,提前规避高污染、高扰动施工行为,有效减少扬尘、噪音、水土污染等生态环境影响。(3)全周期绿色监管融合:依托BIM数字化管理平台,整合各类绿色施工指标,实现施工全过程绿色数据动态监测、实时管控,构建全周期绿色施工监管体系。

2 基于BIM技术的水利水电工程绿色施工方法构建

2.1 基于BIM的绿色施工三维建模体系

(1)工程参数化建模:结合水利水电工程结构特征,对大坝、堤防、厂房、渠道等核心构筑物开展BIM参数化建模。通过参数化技术精准定义构筑物尺寸、结构、材质等关键参数,取代传统二维图纸,完整还原工程实体结构与空间形态,适配水利工程大型化、复杂化的结构特点,为后续绿色施工模拟、施工方案优化,筑牢精准的数字化模型基础。(2)场地生态建模优化:打破传统建模仅聚焦工程结构的局限,整合施工全域信息,将场地地形地貌、原生植被、自然水系、生态保护区等生态要素纳入建模范畴,搭建一体化场地生态BIM模

型。依托模型可视化优势,清晰界定施工作业区与生态敏感区,提前规避珍稀植被、水域生态、水土涵养等保护区域,从源头降低施工对原生生态环境的扰动与破坏^[2]。(3)模型精度与数据校准:依据水利水电工程施工及数字化建模相关规范,制定适配绿色施工的BIM模型精度标准,明确构件细化程度与数据参数规范。结合施工现场实测数据,定期校验校准模型尺寸、参数及空间位置,根据施工进度、场地工况动态更新模型,确保模型与施工现场高度契合,保障绿色施工分析、管控工作的精准性与有效性。

2.2 基于BIM的资源节约绿色施工方法

(1)建材精细化管控方法:利用BIM模型的工程量自动统计功能,精准核算土石方、混凝土、钢筋等主要施工材料的用量,相较于传统人工算量,有效规避统计误差。基于精准数据制定材料采购、领用、堆放方案,优化材料配比与使用流程,减少材料过量损耗、堆放浪费及废弃建筑垃圾,实现建材全流程精细化管控,提升资源利用率。(2)水资源节能施工方法:依托BIM可视化模拟功能,还原施工现场用水、排水全流程,梳理施工拌合、场地降尘、设备清洗等用水环节的损耗痛点。针对性优化施工节水方案,规划施工废水收集、沉淀、回收再利用路径,搭建数字化用水管控体系,减少新鲜水资源取用,实现水资源循环高效利用,契合绿色节水施工要求^[3]。(3)机械设备低碳调度方法:结合BIM4D进度模拟技术,匹配整体施工进度与工序安排,科学规划挖掘机、运输车、碾压设备等工程机械的作业时序与作业路径。合理调配设备进场与退场时间,规避设备闲置、空转、重复作业等问题,有效降低设备燃油消耗与能源损耗,减少施工碳排放,实现机械设备低碳化、高效化调度。

2.3 基于BIM的生态环保绿色施工方法

(1)施工污染精准防控:通过BIM预演各施工工序作业流程,提前识别土方开挖、物料运输、现场浇筑等环节的污染隐患。基于模拟结果制定针对性防控方案,精准规划扬尘喷淋、噪音隔离、污水收集、固废分类堆放点位与作业标准,实现施工污染从末端治理转向源头精准防控,全方位降低施工污染影响。(2)水土保持优化施工:依托BIM三维地形模型,精准掌握施工现场地形起伏、土层结构、水流走向等特征,优化土石方开挖、填筑、堆放施工方案。通过模拟施工扰动范围,调整作业区域与施工方式,减少大面积土方裸露与地形破坏,有效抑制施工期水土流失,稳固区域水土结构,保护场地生态基底。(3)生态修复同步施工:结合BIM全域

生态模型,统筹规划施工全过程生态修复工作。提前模拟施工完成后的场地状态,精准制定植被补植、水系疏通、地形复原等生态修复方案,将生态修复工序嵌入施工各阶段,实现工程施工与生态保护、修复同步推进,最大限度恢复区域生态环境。

2.4 基于BIM的绿色施工协同管控方法

(1)多方协同数据共享:搭建专属BIM绿色施工协同管理平台,打破建设、施工、监理、设计等参建单位的数据壁垒。整合汇总各单位的施工进度、资源消耗、生态管控、污染治理等绿色施工数据,实现数据实时共享、在线同步,为多方协同开展绿色施工管控提供统一的数据支撑。(2)施工进度绿色优化:利用BIM4D动态进度模拟功能,还原全周期施工流程,结合区域生态时序特征,合理调整施工工序与工期排布。主动规避雨季、动植物繁殖期等生态脆弱时段的高扰动施工,最大程度降低施工活动对区域生态环境的阶段性影响,实现施工进度与生态保护的平衡协调。(3)绿色施工动态监测:依托BIM模型实时更新施工现场数据,对接资源消耗、污染排放、水土保持等各类绿色施工指标,构建动态监测体系。系统可实时识别超标、违规施工问题并自动预警,工作人员可及时整改落实,形成“监测-预警-整改-复核”的闭环管控模式,提升绿色施工管控智能化水平^[4]。

3 工程案例应用与效果分析

3.1 工程案例概况

(1)工程基本信息:本次选取某中小型水利枢纽工程作为应用案例,项目主要包含大坝填筑、渠道开挖、配套厂房及附属设施建设等施工内容。工程地处城郊流域地带,施工范围广、露天作业量大,区域内水系密集、植被丰富,属于生态敏感区域。项目建设对水土保持、污染控制、生态维稳有着严格标准,整体施工需兼顾工程建设进度质量与流域生态保护双重要求。(2)工程绿色施工难点:该项目传统施工模式存在诸多短板。资源管控方面,主要依靠人工算量与经验调度,材料损耗、施工用水及机械能耗偏高,资源浪费问题突出。生态管控方面,施工现场土石方作业频繁,传统方案预判性不足,扬尘、污水、水土流失防控难度大,生态扰动风险较高。管理协同方面,各参建单位信息互通不畅,施工方案调整滞后,绿色施工管控碎片化、效率偏低。(3)BIM应用基础条件:项目具备完善的BIM应用软硬件支撑条件,配备专业建模、模拟分析及协同管理系统,可满足三维建模、进度模拟、数据监测等功能需求。同时项目组建了具备BIM操作能力的技术团队,人员熟悉水利工程施工流程与数字化管控方法,可为BIM绿色

施工技术的落地应用提供技术与人员支撑。

3.2 BIM绿色施工方法落地应用

(1) 项目BIM模型搭建与优化: 结合工程设计图纸与现场实测数据, 完成大坝、渠道、厂房等主体结构BIM参数化建模, 同步整合施工场地、地形水系、生态保护区等信息, 构建工程与生态一体化三维模型。对照水利施工规范完成模型精度校准与参数更新, 确保模型与施工现场高度契合, 为后续绿色施工优化提供精准数据载体。(2) 资源节约技术落地: 依托BIM工程量统计功能, 精准核算各类建材用量, 制定精细化材料领用与堆放方案, 有效降低材料损耗。通过BIM模拟施工用水流程, 优化废水回收循环利用方案, 减少水资源消耗。结合4D进度模拟优化工程机械作业时序与作业路线, 规避设备空转、重复作业等问题, 实现机械设备低碳高效调度^[5]。(3) 生态环保施工落地: 利用BIM开展施工全过程工序预演, 提前识别污染隐患, 优化扬尘喷淋、污水收集、固废处置、噪音隔离等防控方案。基于地形模型优化土石方开挖与填筑工序, 减少土方裸露与坡面扰动, 强化水土保持效果。同时依托模型统筹规划施工后期植被恢复、水系整治等生态修复工作, 实现施工与生态保护同步开展。

3.3 应用效果对比分析

(1) 资源节约效果: 相较于传统施工模式, BIM数字化管控有效降低了各类资源消耗, 工程主材损耗率、施工水电消耗量、机械设备燃油能耗均实现明显下降, 大幅减少了资源浪费, 提升了工程资源利用效率, 低碳节能成效显著。(2) 生态环保效果: 通过BIM源头防控与方案优化, 施工现场扬尘、噪音、施工污水排放均控制在规范标准范围内, 排放量显著降低。同时土石方施工造成的水土流失问题得到有效改善, 施工对区域水系、植被及原生生态的扰动大幅减少, 生态保护效果良好。(3) 施工管理效果: BIM协同平台实现多方数据共享, 有效解决了信息闭塞问题, 施工工序衔接更加顺畅。项目施工返工率明显降低, 整体施工效率稳步提

升, 绿色施工全过程实现动态、闭环管控, 数字化精细化管理优势突出。

3.4 应用存在的问题与优化建议

(1) 实际应用存在的问题: 项目BIM绿色施工应用仍存在部分短板, 一是部分复杂工况下模型动态适配性不足, 数据更新存在轻微滞后性; 二是部分现场操作人员BIM应用熟练度不足, 实操落地不够规范; 三是绿色施工BIM管控体系尚未完全完善, 考核与监管制度不够细化。

(2) 针对性优化建议: 针对现存问题提出对应改进方案, 持续升级BIM技术平台, 优化模型动态更新功能, 提升复杂工况适配能力。定期开展专项技能培训, 强化现场人员数字化操作能力。完善BIM绿色施工管理制度与考核标准, 细化各岗位管控职责, 迭代升级协同监管平台, 进一步提升绿色施工数字化管控的规范性与高效性。

结束语

本文构建的BIM水利水电工程绿色施工方法, 实现了资源优化、生态防控、动态监管的一体化施工管控, 经工程实践证实可显著降低资源消耗与生态扰动, 提升施工管理质效。同时研究发现当前技术应用存在模型适配性不足、人员实操能力薄弱、管控体系不完善等问题。未来需持续迭代技术平台、强化人员培训、健全管理制度, 进一步推动BIM技术在水利绿色施工领域的规模化、规范化应用。

参考文献

- [1]李文春.探讨BIM技术在水利水电工程建设中的应用[J].水利建设与管理,2022,38(10):37-40.
- [2]刘志明.BIM技术在提高水利水电工程建设现代化水平中的探讨[J].水利规划与设计,2023,11(2):61-68.
- [3]龙潜.我国水利水电工程中BIM技术应用现状研究[J].价值工程,2022,37(5):191-192.
- [4]刘丽华.BIM技术在水利水电工程可视化仿真中的应用[J].黑龙江水利科技,2024,45(10):125-127.
- [5]张晓.BIM技术在水利水电工程全生命周期中的应用[J].市政技术,2023,12(4):93-96.