

基于“BIM+”技术在高埋深洞室质量管控模式研究及应用

翟为勃¹ 朱伟玺^{2,3*} 明仁贵^{2,3} 江 来^{2,3} 李嘉庆^{2,3}

1. 中国水利水电第三工程局有限公司 陕西 西安 710000

2. 华能澜沧江水电股份有限公司 云南 昆明 650200

3. 华能澜沧江上游水电有限公司 西藏 昌都 854001

摘要: 在数字化转型与“双碳”目标驱动下,传统施工质量管理模式难以满足复杂工程的高效协同与精细化管控需求。本文以某水电工程地下隧洞为研究对象,提出一种基于“BIM+”技术的全流程施工质量管理创新模式。通过构建“事前-事中-事后”三阶段管控体系,融合BIM、物联网、GIS等技术,实现质量数据的动态集成、可视化分析与智能预警。研究表明,该模式显著提升了跨部门协同效率,降低了返工率,为工程管理从经验驱动向数据驱动转型提供了创新路径。

关键词: “BIM+”技术;施工质量管理;全流程管控

1 引言

施工质量管理是工程建设的核心环节,直接影响项目经济效益与社会公共安全。随着水利水电工程规模与复杂性增加,传统依赖人工监督与经验决策的管理模式暴露出信息孤岛、协同效率低、风险预警滞后等缺陷。本文以“BIM+”技术为核心,探索施工质量管理的全流程数字化转型路径,旨在解决传统模式中数据割裂、信息孤岛和动态响应不足等痛点,为行业管理创新提供理论支撑与实践参考。

2 研究现状

传统的隧洞施工质量管控多依靠施工单位的自觉性以及监理单位的常态监督,管理主要依赖常规巡检、纸质文档记录与经验决策,存在信息孤岛、响应性滞后和主观决策风险,不利于地下隧洞施工质量精细化管控。随着信息技术的发展,BIM技术逐渐应用于工程建设领域。BIM技术具有三维可视化、信息集成化、协同管理等优势,能够有效解决传统施工质量管理中的信息孤岛问题,提高沟通效率和协同管理水平。然而,目前BIM技术在施工质量管理中的应用还处于初级阶段,主要集中在设计优化、碰撞检查等方面,缺乏对施工全过程的质量管控体系研究。在国外,BIM技术在施工质量管理中的应用已经有了较为深入的研究和实践,许多学者和企业将BIM技术与物联网、大数据、人工智能等技术相结合,构建了智能化的施工质量管理体系,提出了基于BIM的质量检查和验收方法,提高了质量管控的效率和准确性。然而,国外的研究也存在一些局限性。如大部分研究集中在发达国家,对于发展中国家的复杂地质条

件和施工环境适应性不足,国外的BIM应用标准和规范与国内存在差异,难以直接照搬应用。因此,为了进一步提升沟通效率,实现信息快速传递,提高质量管控精细化能力,借助及运用BIM技术,基于BIM模型可有效避免因多工作面共同推进导致各专业交叉施工作业产生各类质量问题,实现快速向施工单位传递信息,有效减少了信息流转不畅,以此探索一种基于BIM+质量管理模式研究及应用。

3 基于“BIM+”质量管理创新模式构建

3.1 强化事前控制,提升风险预控能力

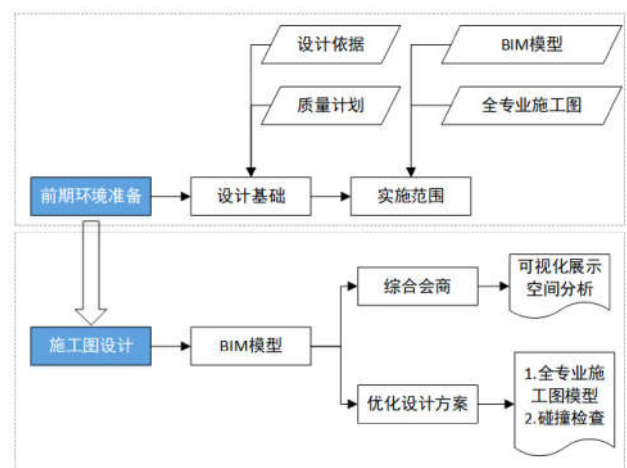


图1 BIM+技术质量事前控制流程

事前控制阶段业务流程主要包括前期环境准备和施工图设计两个业务流程阶段,前期环境准备阶段是指对设计单位提供的设计依据、质量计划等设计基础资料进行分析;施工图设计阶段是根据设计变更构建BIM新模

型，优化施工图设计方案，实施碰撞检查技术交底；再依据BIM技术开展可视化展示、综合会商等应用。基于BIM模型为技术交底，将质量问题提前至优化设计阶段，由此减少现场施工阶段的质量问题。

3.2 注重事中控制，精细化过程管控

事中控制阶段是基于事前控制设计阶段成果，实时采集施工数据并与BIM模型动态关联。通过“人-机-料-法-环”多维数据分析，从施工准备、人材机入场、现场管理和施工管理四个业务流程阶段。施工准备是根据质

量关键节点文件确定施工质量控制点，确定好关键施工位置，做好施工质量控制工作，并确定人、材、机管理方式方法。人材机入场是进行人员岗前专业培训，生产材料和机械设备的现场试验检验。现场管理是根据现场布置规划，将机械设备按照作业面进行配。施工管理是依据施工质量控制点开展施工工序质量验评以及质量检查工作。最后将培训记录、质检文件、现场管理数据和质量控制文件等数据同步至一体化管控平台以及挂接至施工阶段BIM模型中。

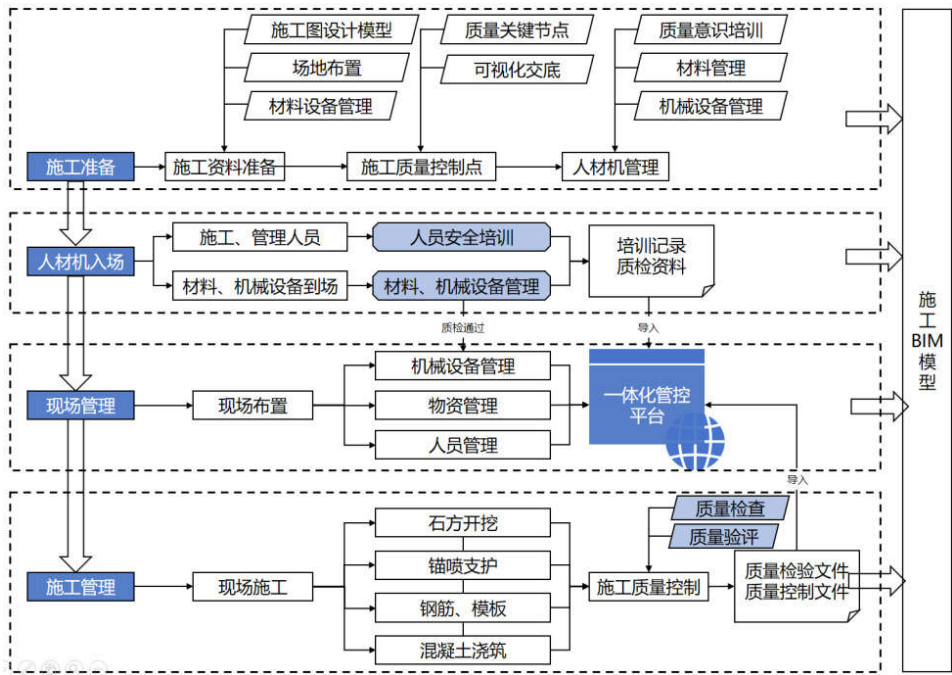


图2 BIM+技术质量事中控制流程

3.3 强调事后控制，加强持续改进效果

事后控制阶段对项目中出现的质量问题及其文件资料进行总结和分析，建立竣工BIM模型库与质量问题数据库，利用可视化看板、标准化作业等技术实施施工全过程管理，形成质量问题处理标准流程，采用机器学习算法挖掘质量风险规律，形成标准化解决方案。事后控制主要包括项目验收、工程资料整理和质量问题总结三个业务阶段，项目验收对项目资料、实体工程、竣工BIM模型进行验收，施工单位根据验收整改意见进行整改后提交整改报告。工程资料整理是指将施工阶段过程管理等出现的质量问题和施工阶段BIM模型、设计更改等问题进行整理并汇总。质量问题总结在施工过程中出现的设计问题、施工问题和管理问题等进行分析，对各类质量问题进行总结归纳，形成问题解决标准化方案，为后续项目提供借鉴。

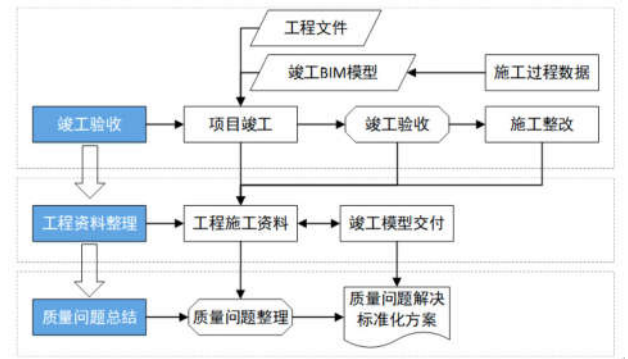


图3 BIM+技术质量事后控制流程

4 工程实例

4.1 构建多阶段多模态BIM模型

结合“BIM结构及分类编码”、“BIM数据存储和交换”、“BIM交付与成果归档”中的规定和设计相关BIM标准要求，需构建施工图阶段BIM模型、施工阶段BIM模

型和竣工阶段BIM模型。

(1) 施工图阶段BIM模型根据设计图纸绘制三维模型。

(2) 施工阶段BIM模型在施工图BIM模型的基础上进行拆分、重组、属性添加等调整而形成,所有设备类构件均须包含施工属性信息。地下隧洞竣工模型应提供源模型的基础上,通过数字移交系统进行轻量化移交。且应符合BIM实施约束性文件,同时须满足质量验评、进度、成本和变更管理等施工管理要求。

(3) 竣工验收阶段BIM交付成果内容包括竣工模型、竣工图纸、BIM实施方案、各方审核报告、模型与工程实体一致性核对报告、模型应用成果、设备铭牌照片和说明书等内容。

4.2 基于“BIM+”技术的地下隧洞质量全流程管理

(1) 基于BIM技术“所见即所得”的特点,及时发现设计方案中的隐蔽问题,快速进行调整,力求实现最优设计方案。在施工图设计阶段,结合现场情况,利用BIM技术进行方案优化后,对局部结构进行了优化调整。

(2) 基于BIM技术进行可视化展示,即利用地下隧洞BIM模型,将几何、非几何信息集成表达,直观呈现构筑物之间的布局及空间位置关系,提升沟通效率,提升模型检查优化能力,同时有助于在地下隧洞设计交底、施工过程中方案讨论及决策。

(3) 基于BIM技术进行技术交底,可以有效提升设计交底和施工交底效率。在施工图设计阶段,融入施工图设计阶段BIM模型,在设计交底过程中便于各参建方高效理解设计思路及意图;在施工阶段,基于施工阶段BIM模型并结合施工工艺仿真模拟,向施工班组实现可视化施工交底,便于施工班组人员快速理解施工工艺流程,了解施工过程中的核心环节,避免因施工工艺理解不到位,导致产生重复性返工。

(4) 基于BIM+GIS平台,应用无人机、激光扫描、倾斜摄影等数字化手段进行地理信息数据采集,通过GIS平台进行数据的管理和共享,可实现工程多专业数据协同以及施工方案的讨论。

(5) 基于BIM技术实现新现场管理模式,利用视频监控以及现场传感器设备,实时采集各单元工程作业面的相关人员、机械设备相关数据,与计划人、机投入情况进行对比分析,评估当前人员、机械设备投入情况是否满足现场管理要求,并针对人员、机械设备投入明显不足的情况进行预警预报。

(6) 基于BIM技术实现施工过程质量的精细化管控,其主要围绕质量验评以及质量检查工作,加大对施工现场的质量管控,质量验评以及质量检查过程中发现的质量问题及整改情况应在一体化管控平台中与相应模

型关联,实现基于BIM模型的质量验评及质量检查工作。

结束语

结合地下隧洞施工质量管控现状和管控需求,以BIM、GIS为核心,利用物联网、大数据等技术,构建基于BIM的地下隧洞施工质量管控体系,并按照事前、事中、事后三个阶段推进地下隧洞施工质量管控业务工作,显著提升了施工图设计阶段地下隧洞设计质量,有效地减少了设计变更约15%,同时基于BIM+质量管控体系,地下隧洞施工过程质量管控能力得到了显著的提升,地下隧洞工程施工质量得到了显著改善,同时可实现节约工程建设约5%左右。

参考文献

- [1]靖鹏.BIM技术在复杂地质隧道工程施工管理中的应用[J].中国高新科技,2024,(21):143-145.
- [2]宋庆军.BIM技术在隧道施工工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):163-165.
- [3]李羊站.BIM技术在公路隧道工程设计中的应用[J].黑龙江科学,2024,15(14):124-127.
- [4]徐沛龙.基于BIM技术的施工信息化管理在隧道工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(26):23-25.
- [5]范发亮.水利水电工程建设中的BIM技术应用分析——评《水利水电工程BIM数字化应用》[J].人民黄河,2023,45(05):163.
- [6]赵程俊.基于BIM技术的隧道工程应用探究[J].中华建设,2023,(03):143-145.
- [7]彭辉.BIM技术在隧道工程项目管理中的应用[J].交通世界,2022,(20):7-9.
- [8]李潇聪.基于BIM+GIS的长大隧道智能建造技术应用研究[D].华南理工大学,2022.
- [9]李雷烈.基于BIM+GIS的山岭隧道三维建模技术及应用研究[D].武汉工程大学,2022.
- [10]刘振欣.BIM技术在市政隧道预制构件钢筋工程中的应用[J].上海建设科技,2022,(01):31-32+40.
- [11]肖尹亮.BIM技术在某隧道工程中的应用研究[D].中南大学,2021.
- [12]刘星宏,林达明,俞缙,等.BIM技术在国内隧道工程中的应用[J].现代隧道技术,2020,57(06):25-35.
- [13]樊康佳.BIM技术在公路隧道工程设计中的应用探索[J].居舍,2020,(13):43.
- [14]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,2018,38(10):37-40.
- [15]向功兴.隧道工程三维设计技术中BIM的应用[J].珠江水运,2016,(13):84-85.