

基于BIM技术的高铁施工大型设备安全管理模式创新研究

张宜强

上海局集团有限公司上海东站铁路建设项目管理部 上海 200000

摘要: 本文探讨高铁施工大型设备安全管理, 针对复杂环境因素及传统安全管理模式的缺陷, 提出基于BIM技术的创新管理模式。通过构建一体化设备信息管理体系, 实现安全风险研判与预控, 优化施工流程协同管理, 创新设备操作人员培训与教育模式, 实现设备信息实时共享、风险主动防控、施工协同高效以及人员技能提升, 为高铁施工大型设备安全管理提供了科学有效的解决方案, 提升了项目整体安全性与管理效率。

关键词: BIM技术; 高铁施工; 大型设备; 安全管理; 模式创新

引言

高铁建设规模不断扩大, 施工大型设备的安全管理至关重要。然而, 高铁施工环境复杂, 传统安全管理模式在信息交互、风险评估、协同管理及人员培训等方面存在诸多深层次缺陷, 难以满足施工安全需求。BIM技术作为一种先进的数字化技术, 具有可视化、信息集成性、协同性和模拟性等特点, 为解决高铁施工大型设备安全管理困境带来了新的思路与方法。

1 BIM技术概述

1.1 BIM技术的概念

BIM技术是一种基于数字化三维模型的综合技术体系, 它整合了工程项目从规划设计、施工建设到运营维护全生命周期内的各种信息, 包括建筑结构、设备设施、施工进度、成本预算等。通过建立一个具有高度关联性和协同性的信息数据库, 将这些信息以三维可视化模型的形式呈现出来, 使得项目各参与方能够直观、准确地理解项目的全貌及细节, 实现信息的实时共享与协同工作。与传统的二维图纸设计相比, BIM技术不仅仅是简单的图形表达, 更是一个包含了丰富数据信息和智能功能的综合性平台, 它为工程项目的精细化管理与科学决策提供了有力支持。

1.2 BIM技术的特点

(1) 可视化。BIM技术以三维模型直观展现工程复杂结构和空间关系, 提升信息传递效率与准确性。无论是建筑外观、内部结构, 还是设备安装、运行状态, BIM都能逼真呈现, 减少理解偏差造成的错误, 助力工程精准实施, 彰显其强大的可视化功能。(2) 信息集成性。BIM模型集成项目全生命周期信息, 从规划到运营实时更新。这种集成性消除了信息孤岛, 提高了信息利用效率和协同工作能力, 确保项目顺利。BIM模型为项目成功提供坚实信息支撑, 实现信息的无缝衔接与高效共享。

(3) 协同性。BIM技术集成信息并可视化, 构建项目协同平台, 解决沟通不畅、设计变更滞后等问题。各方共享模型, 实时掌控项目进展, 及时解决问题。设计人员据反馈调整方案, 施工人员准确理解, 监理人员有效监督, 实现全生命周期高效协同管理。(4) 模拟性。BIM技术具有强大模拟分析功能, 能虚拟模拟工程项目情况^[1]。施工前, 模型可模拟施工过程, 优化调整以避免问题; 设备运行阶段, 模型预测故障并制定维护计划。这种模拟性为科学决策和风险管理提供依据, 确保工程和设备安全, 提升项目整体效率。

2 高铁施工大型设备安全管理的现存困境

2.1 大型设备安全管理的复杂环境因素

高铁施工大型设备面临复杂环境挑战。场地狭窄, 设备集中停放、大型设备移动和作业受限, 碰撞和倾覆风险增加。水域桥梁施工地质复杂, 软土地基、溶洞等挑战设备基础稳定性。周边既有交通设施和居民区要求严格控制设备噪音、振动等环境影响, 确保施工安全, 避免干扰和危害。此外, 恶劣天气如暴雨、大风、暴雪等, 对设备运行安全构成严重威胁, 增加故障和事故概率。因此, 高铁施工需全面考虑环境因素, 采取有效措施保障设备安全稳定运行, 减少风险, 确保项目顺利进行, 保护周边环境和居民安全。

2.2 传统安全管理模式的深层次缺陷

2.2.1 信息交互与存储的低效性

传统安全管理模式下, 设备信息交互与存储低效, 信息分散且缺乏统一标准, 易出错、遗漏和延误, 准确性和完整性难以保障。纸质记录存储查询不便, 耗时长, 影响工作效率。紧急情况下, 如设备故障需快速获取信息时, 传统方式可能导致决策迟缓, 延误维修, 进而影响工程进度。因此, 改进设备信息管理方式, 提高信息交互与存储效率, 对于确保工程顺利进行至关重要。

2.2.2 风险评估与预警体系的不完善

传统安全风险评估依赖人工经验和简单检查表,缺乏科学系统的方法与模型,难以全面准确识别设备风险及其严重程度、发生概率。同时,传统模式缺乏有效预警机制,无法实时监测设备运行状态和风险变化,潜在安全隐患难以及时发现并预警,增加了安全事故发生的风险^[2]。因此,引入科学的风险评估方法和预警机制对于提升安全管理水平至关重要。

2.2.3 施工流程协同管理的脱节

高铁施工中,多专业和工种需紧密配合,但传统管理模式沟通不畅,协同管理脱节。设备安装时,图纸与现场不符,位置和尺寸偏差影响运行和质量。运行时,施工人员不了解操作规程,与其他环节配合出问题,易引发安全事故。施工流程协同管理脱节严重影响设备安全运行和工程进度,增加工程成本和风险。因此,加强施工流程协同管理,确保各方有效沟通,是保障高铁施工顺利进行的关键。

2.2.4 人员培训与教育体系的滞后性

大型设备操作人员技能与安全意识对安全运行至关重要。传统培训体系滞后,内容缺乏深入,方式缺乏互动和实践,效果不理想。培训计划无系统性和针对性,难以应对复杂问题。操作人员在实际工作中难以灵活运用所学知识,安全意识和技能难以提升。因此,改进培训体系,加强互动和实践,制定个性化培训方案,是提升操作人员技能和安全意识的关键,确保设备安全运行。

3 基于 BIM 技术的创新安全管理模式构建

3.1 构建一体化的设备信息管理体系

(1) 借助BIM技术,为每一台高铁施工大型设备构建深度融合多维度信息的BIM模型。在模型构建过程中,不仅要精确还原设备的外观形状、尺寸规格、内部结构等几何信息,还要将设备的技术参数、生产厂家、采购时间、使用年限、操作规程、维护手册等非几何信息与模型进行深度关联。通过建立详细的设备族库,对不同规格的设备进行标准化建模,确保模型的准确性和通用性。对于复杂的大型设备,如盾构机,要对其刀盘系统、推进系统、注浆系统、电气系统等各个子系统进行详细建模,并关联各子系统的技术参数、运行原理和维护要求^[3]。同时,利用BIM软件参数化设计功能,实现设备模型的参数化驱动,当设备的某一参数发生变化时,模型能够自动更新,确保模型与实际设备的一致性。(2) 为了提升设备管理的效率和准确性,应建立基于BIM技术的设备信息动态更新与共享机制。在设备使用周期内,其状态和信息不断变化,需利用BIM技术的

信息集成与实时更新功能,结合物联网技术,实现设备信息的自动采集和实时更新。当设备发生故障维修后,维修人员可通过移动终端或BIM信息管理平台,即时录入维修记录、更换零部件信息及维修时间等,确保模型信息时效准确。同时,构建项目各方可访问的BIM信息管理平台,实现设备信息在设计、施工、监理、供应商等参与方向的实时共享。各方根据自身权限,随时通过平台查看设备最新信息,掌握运行状态和维护情况,促进信息高效沟通,提升协同工作效率。这一机制将极大优化设备管理流程,确保项目顺利进行。

3.2 实现安全风险研判与预控

BIM技术通过建立涵盖建筑工程全生命周期信息的三维模型,整合工程的几何、物理、功能等多维度数据,为安全风险研判提供了全面、直观的信息基础。在项目规划设计阶段,借助BIM模型,安全管理人员可运用专业分析软件,模拟施工过程,对不同施工方案的安全风险进行量化评估。例如,分析高空作业、深基坑开挖、大型设备安装等环节可能存在的风险点,通过模拟计算获取风险发生的概率及可能造成的后果,提前识别潜在风险。施工阶段,BIM模型与物联网技术相结合,实现对施工现场的实时监测。各类传感器,如温湿度传感器、位移传感器、应力传感器等,可将采集到的数据实时传输至BIM平台,与模型中的对应构件关联。一旦监测数据超出预设安全阈值,系统会立即发出预警。如在监测脚手架时,当位移传感器监测到某部位位移过大,BIM系统将自动定位问题位置,并以醒目颜色标记,同时推送预警信息给相关人员,便于其迅速采取措施。针对研判出的安全风险,BIM系统可制定相应的预控策略。基于模型信息,生成详细的风险应对计划,明确责任人员、处理流程和时间节点。例如,针对高处坠落风险,系统生成防护设施安装方案,并在模型中标注具体位置;对火灾风险,规划消防设施布局和疏散路线,并通过BIM模型向施工人员进行可视化交底,确保他们熟悉应急流程。此外,利用BIM技术对安全风险预控措施的实施效果进行跟踪评估。根据实际施工情况,更新BIM模型,对比分析预控措施实施前后的风险状态,及时调整优化预控方案,持续提升安全管理水平。

3.3 优化施工流程协同管理

(1) 利用BIM技术的模拟功能,结合高铁施工进度计划,对大型设备的施工过程进行全面、细致的模拟分析。通过模拟,可以直观地展示设备在不同施工阶段的运行状态、作业顺序以及与其他施工环节的配合情况,提前发现施工过程中可能存在的设备冲突、施工顺序不

合理、资源分配不均衡等问题。在隧道施工中,通过BIM模拟可以确定盾构机与后续衬砌台车、运输车辆等设备的最佳施工间距和作业顺序,避免设备之间的相互干扰和碰撞。根据模拟结果,对施工进度计划进行优化调整,合理安排设备的进场时间、作业任务和资源分配,确保施工过程的顺利进行,提高施工效率和设备的利用率。同时,利用BIM技术的资源管理功能,对设备的使用情况、维护保养计划、人员配置等资源进行合理调配和优化,实现资源的高效利用,降低施工成本。(2)基于BIM技术的高铁施工大型设备安全管理跨部门协同平台,实现了项目各参与方的无缝对接与信息共享。设计单位、施工单位、监理单位、设备供应商及安全管理部门均可实时访问BIM模型,共同参与安全管理。设计人员能依据施工反馈优化设备设计,施工人员可提交设备问题及隐患,与其他方共商解决方案。监理人员实时监督设备安装、运行、维护,确保合规。安全管理部门实时监测评估风险,制定管理制度^[4]。此平台打破了信息壁垒,强化了沟通与协作,提升了安全管理水平。通过深度应用,各方协同更加紧密,设备安全问题快速响应与解决,确保了高铁施工顺利进行,降低了安全风险,为项目成功奠定了坚实基础,推动了高铁建设的稳健发展。

3.4 创新设备操作人员培训与教育模式

(1)利用BIM、VR和AR技术,打造沉浸式大型设备操作人员虚拟仿真培训环境,显著提升培训效果。在虚拟环境中,操作人员通过BIM模型体验逼真的设备操作场景,模拟真实操作。佩戴VR头盔或使用AR设备,操作人员可直观了解设备结构、操作方法和安全注意事项,进行启动、运行、停止和故障排除等练习。塔吊操作人员可在虚拟环境中体验不同工况下的吊装作业,提升应对突发情况的能力。此外,操作人员与虚拟环境实时交互,学习设备维护保养知识和技能。这种高度沉浸感和互动性的培训方式,使操作人员更深入地掌握设备操作和维护技能,提高实际操作的安全性和效率,为高

铁施工等大型项目提供有力的人才保障。(2)借助BIM技术收集的操作数据和虚拟培训表现数据,为每位操作人员定制个性化培训方案。针对技能薄弱者,强化基础操作训练,增加练习时长和频次,并安排导师一对一辅导。例如,塔吊操作人员在平衡控制不佳时,可设置多样吊运练习,导师实时指导。对于操作熟练但安全意识不足者,重点安排安全案例分析课程,通过BIM重现事故场景,深入分析原因,强化安全意识。同时,根据学习进度和能力提升,动态调整培训方案,确保贴合实际需求,最大化培训效果。这种数据驱动的个性化培训,能精准提升操作人员技能和安全意识,为高铁施工等大型项目提供高素质人才保障,确保设备安全运行,降低事故风险。

结束语

通过应用BIM技术构建创新安全管理模式,高铁施工大型设备的安全管理得到显著改善。一体化设备信息管理体系使信息高效流通,风险预警与精准评估降低安全隐患,施工流程协同管理提升项目效率,创新培训模式培养高素质操作人员。未来,随着技术的不断发展,BIM技术在高铁施工安全管理领域将有更广阔的应用前景,持续为高铁建设保驾护航,推动行业安全管理水平迈向新高度。

参考文献

- [1]龙道杰,王步云.BIM技术在大型高铁综合客运枢纽机电安装中的应用[J].铁路技术创新,2020(3):61-64.
- [2]刘义勤,郭戈,刘贺江,等.BIM技术在京张高铁电力和电气化工程施工中的应用[J].铁路技术创新,2020(1):102-105.
- [3]董无穷,武向阳.双层车场铁路站房——丰台站施工BIM综合应用[J].土木工程信息技术,2021,13(4):88-94.
- [4]江文化,江伟伟,刘玉振,等.基于"BIM+仿真模拟"的地铁车站摄像机监控盲区问题研究[J].铁道勘察,2024,50(1):157-162,169.