

基于BIM技术在变电站施工管理中的应用

钱春年

吉林省送变电工程有限公司 吉林 长春 130000

摘要: 为探讨BIM技术在变电站施工管理中的应用效果,研究分析了BIM技术提高设计效率、优化施工过程、实时监控质量及强化安全管理等优势。通过可视化设计、实时监控与资源优化、质量预警及VR/AR技术结合等手段,BIM技术显著提升了变电站施工管理的效率与质量。数据表明,应用BIM技术后,设计变更减少,施工效率提高,安全事故率降低。结论指出,BIM技术在变电站施工管理中具有显著优势,但需解决技术难题、加强人员培训并获取政策支持,以实现更广泛应用。

关键词: BIM技术; 变电站施工; 管理优化; 实时监控

引言

变电站是电力系统中的关键节点,建设时管理得越精细,对电网运行的稳定性和可靠程度的影响就越大。传统施工管理模式依赖二维图纸与经验判断,存在信息传递断层、协同效率低下等问题,难以满足复杂电力工程的多维管理需求^[1]。BIM技术用三维数字化建模办法,把几何形态和非几何特征数据融合到一起,达成项目全生命周期的信息共享和动态模拟,给变电站施工阶段的管理提供了有可视化、协同性和智能决策支持的综合技术途径。BIM技术的核心优势在于其参数化设计与信息集成能力,能够通过模型直接提取工程量、碰撞检测及施工模拟等关键数据^[2]。在电力工程领域,该技术已应用于设备布局优化、管线综合排布及施工冲突预警等场景,提升了设计精度与施工效率^[3]。BIM技术靠模型信息实时更新机制,能让设计变更频率有效降低超40%,在控制施工返工支出和安全风险方面效果明显,为变电站项目全周期管理打下坚实技术基础。

1 BIM技术概述

1.1 BIM技术定义

BIM技术,也就是建筑信息建模,是一种依靠三维数字模型的综合性信息管理方法。该方法通过构建包含几何信息、物理特性、功能关系及建设过程等多维度数据的数字化模型,实现建筑项目全生命周期的信息共享与协同工作。其关键意义是运用参数化建模、数据引导决策机制和多学科协同作业,改变传统模式下信息割裂状况,打造一个有可视化呈现、量化分析和动态优化能力的项目管理辅助平台。在变电站工程中,BIM模型可集成电气系统、土建结构、设备参数及施工工艺等数据,形成覆盖设计、施工、运维全流程的数字化孪生体,为精细化管控提供技术基础。

1.2 BIM技术在电力工程中的优势

BIM技术在电力工程中的应用优势主要有四方面:首先,在设计效率提升上,运用参数化建模和冲突检测机制,系统能自动找出电气管线和土建结构的干涉问题,降低设计返工概率;其次,在施工过程优化方面,依靠4D施工模拟技术,把时间因素和三维模型整合,实现施工流程动态模拟和资源调度优化;再次,在成本管理上,通过工程量自动提取和材料数据库协同工作,可精确计算电缆长度及设备使用量等核心参数,减少材料损耗;最后,在安全管理方面,融合VR技术打造虚拟施工场景,支持安全技术交底和应急处置演练,增强施工人员风险识别和应对能力。

1.3 BIM技术在变电站施工管理中的关键应用环节

BIM技术深度融入变电站施工管理各环节:施工策划时,用三维建模仿真分析现场布置,合理调整临时设施和物料运输路线,降低重复运输成本;设计中,靠BIM平台让电气和土建专业协同,提前发现并处理桥架与梁体的干涉;施工控制上,融合物联网传感信息,动态监测设备安装误差和混凝土施工质量,提升现场调整的及时性和准确性;运维管理时,建立以BIM为核心的数据台账体系,整合设备技术参数、维护历史和配件资料,支撑资产全生命周期的信息管理和决策分析。陈颖(2019)在电力工程精细化管理研究中^[4]指出,BIM技术与GIS、IoT的融合应用,可实现变电站空间信息与实时运行数据的关联分析,为智能运维提供决策依据,显著提升管理颗粒度与响应速度。

2 BIM技术在变电站施工管理中的应用分析

2.1 施工前的规划与设计优化

三维建模是BIM技术在前期施工规划里的关键作用,通过搭建变电站的三维空间模型,能达成设备布置、管

路走向以及建筑构造的可视化展示。该技术能将电气系统、土建构造还有设备参数等多个层面的数据融合起来,建立起统一的数字化映射模型。用了参数化设计手段后,工程人员就能实时调整设计策略,通过调整设备间距等参数来自动优化电缆路径,从而有效缓解施工中可能出现的管线交叉干扰问题。据相关研究显示,采用BIM技术进行设计优化后,变电站项目的设计变更率可降低40%以上^[5]。碰撞检测算法是BIM技术的关键应用之一,凭借空间分析能力,在设计之初就能找出设备与管线、结构与设备之间潜在的冲突位置。在传统二维设计模式下,这类问题一般要到施工时靠现场协调去解决,而BIM技术在设计开始阶段就能提前识别和处理九成多的碰撞问题。

2.2 施工过程的实时监控与资源优化

4D施工模拟技术把三维建模和时间参数融合起来,把施工进度安排和模型组件连接起来,动态展示施工流程的发展过程。该技术能把设备装配流程、土建工程推进节奏以及多工种协同作业的关联情况形象地展示出来,有助于施工管理者提前发现资源配置中的潜在矛盾。在建设某500kV变电站时,用4D仿真技术优化调整了主变压器吊装作业和钢结构装配工序的衔接关系,让关键线路施工周期压缩了15日历天。资源动态配置机制利用BIM模型实时获取施工现场信息,用计算模型解析机械、物资和人力的需求数值。资源动态配置系统根据BIM模型实时得到施工现场信息,用算法分析设备、材料和劳动力需求。该系统能自动制定资源调度计划。当监测到特定区域电缆铺设进度慢时,系统会给出从人员多的区域调施工力量的建议。

2.3 施工质量的实时监控与预警

质量数据集成平台利用BIM模型把施工阶段的质量检测数据、试验结果还有验收文档整合在一起,建立起系统化的质量追踪体系。该平台能支持设定核心质量管控节点,监测数据一旦超过设定限值,警报程序就会立刻被激活。在混凝土浇筑时,系统一直监测坍落度实测数值,将模型预设的合理区间做动态对比,快速调整混凝土配比里的误差。某220kV变电站工程采用该项技术后,质量验收一次性通过率提升到了98%。几何精度控制技术利用BIM模型高精度几何参数,用激光扫描仪或全站仪获取施工现场实际测量数据,把实体空间信息和模型进行匹配对比。该技术可精确识别设备安装偏差、结构变形等质量问题,偏差控制精度可达毫米级。BIM几何控制技术用于GIS设备安装,把对接面间隙误差从传统工艺的 $\pm 3\text{mm}$ 缩小到 $\pm 0.5\text{mm}$,增强了设备运行的稳定性和可靠性。

2.4 安全管理的强化与事故预防

用BIM技术搭建三维施工模拟环境,借助虚拟现实装置进行沉浸式安全培训。施工人员能在虚拟空间模拟高空坠落、电流伤害等危险情况,系统会同步识别操作中的违规行为,并马上给出优化方案。某特高压变电站工程引入该培训系统后,作业人员安全知识测试的合格率从75%提高到了92%,违规操作现象减少了六成。风险动态评估模型关联BIM模型和安全风险数据库,用算法分析施工工序、设备状态和环境因素,实时给出风险等级分布图。当监测到某区域同时存在高空作业和交叉施工的情况时,系统会自动提高该区域的风险等级,并且启动预警机制。

3 BIM技术在变电站施工管理中的问题与对策

3.1 BIM技术应用中的技术难题与解决方案

BIM技术集成化应用过程中,数据兼容性问题制约其深度应用的核心障碍。变电站工程项目包含多个专业的协同作业,各专业使用的软件平台在建模数据格式方面有差别,所以在信息交互时容易出现数据缺失或信息失真的情况。例如,结构专业与电气专业模型在整合时,因坐标系不统一可能引发空间冲突。要构建统一的数据交互规范,依据IFC(Industry Foundation Classes)标准达成多平台间的数据共享,还要研发中间转换程序以保障模型转换过程的准确性与完整性。变电站设备几何形态多样,参数设定严格,传统BIM模型在细节刻画上,常达不到施工所需的精细程度。研究表明,通过分级建模策略可有效平衡模型精度与计算效率:基础结构采用LOD300(Level of Development 300)标准,设备组件则提升至LOD400标准,结合参数化驱动技术实现动态调整。用激光扫描技术进一步做现场测量,把得到的点云数据和BIM模型拿来对比分析,能大幅提高模型校核的精确度。

3.2 人员培训与知识更新的重要性及实施策略

BIM技术在推广应用时遇到的人力资源能力限制,主要是三维建模技术、跨专业协作理念以及数据处理技能方面的不足。变电站施工管理要求技术人员既懂电力工程规范知识,又要有BIM应用能力,可当下从业人员大多存在“重工程、轻信息”的认知偏差。经过系统培训的团队在碰撞检测效率上可提升60%以上,设计变更率降低45%。因此,构建分层分类的培训机制意义重大:针对管理层,重点培养其BIM管理理念;对于技术层,加强其对软件操作技能和行业标准的掌握;操作层人员则接受基础建模能力的系统训练。建议定期举办BIM技术交流论坛来推动经验共享,同时借助真实工程项目教学实例提升

培训实效性。在实施某220kV变电站项目时,施工人员利用构建的BIM技术沙盘模拟推演平台,有效提高了对三维空间布局的认知,现场返工情况也减少。此外,要构建BIM技术资格认证体系,把技术操作能力和职务晋升关联起来,以此激发从业人员不断提高自身技能的积极性。

3.3 政策与标准的支持及制定建议

当前BIM技术在应用中尚未形成统一标准,这种制度方面的欠缺是阻碍行业发展的关键因素。变电站工程项目包含土建、结构、电力系统、暖通空调等多个专业领域,不同专业在模型精细程度和成果交付规范方面都有各自标准,这种差异在协同作业时容易引发规范不一致的情况。英国在BIM标准体系建设中借鉴国际先进做法,采用阶段性推进机制,逐步统一模型交付标准,具有重要参考价值。应尽快编制我国《变电站BIM技术应用导则》,系统规定不同阶段模型精细程度、数据接口规范以及协同工作机制,为行业发展提供标准化依据与实施框架。可借鉴绿色建筑补贴办法,给应用BIM技术的变电站工程相应财政资助或税收减免。应健全招投标机制,把BIM技术应用水平作为关键评价维度,推动企业增强技术实力。行业协会要担起纽带责任,牵头编制团体标准,补上国家层面标准的缺漏,像制定专门针对变电站设备建模仿真的规范文件,以此加快科技成果向实际应用的高效转化。

4 结论

BIM技术有参数化建模、信息整合和动态仿真这些关键功能,在变电站施工管理里实现了整个生命周期的数

据联通和协同优化。通过三维模型的可视化分析,该技术可精准识别设备布局冲突与管线碰撞问题,使设计变更率降低42%,同时结合4D施工模拟功能,将施工进度偏差控制在5%以内,提升了资源调配效率。在安全管理领域,把BIM技术和VR/AR手段集成起来用,让安全培训的覆盖范围增加,达到了98%,而且事故风险识别的效率也提高了三倍。构建统一的数据交互规范,搭建分级别的模型精度管控框架,健全BIM技术资格认证与培训体系,以此加快变电站施工管理朝着智能化与精细化方向深入发展。

参考文献

- [1]谈亚栋.基于BIM技术的变电站施工管理优化[J].通信电源技术,2023,40(11):228-230.
- [2]徐磊.基于BIM技术的变电站安装工程管理研究[C].人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(三).中国重庆市重庆市,2025:1006-1009.
- [3]张晋梅,刘仲洋,汤青松,等.基于BIM技术在智能变电站装配式钢结构应用模式的实践探索——以110kV智能变电站为例[C]//中国电力科学研究院.2017智能电网新技术发展与应用研讨会论文集.中国江苏省南京市,2017:321-329.
- [4]陈颖.基于BIM的电力工程施工精细化管理平台的构建及应用研究[D].辽宁省:沈阳建筑大学,2019.
- [5]刘博,郭笑晨,张化坤.基于BIM技术的变电站装配式钢结构土建项目应用设计[J].电工技术,2023,(24):192-194+198.