

基于BIM技术的变电站施工全过程管理与一次设备安装应用

孟 健

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要：变电站施工具有专业接口多、空间冲突频繁、设备安装精度要求高等特点，传统二维管理模式难以有效应对。建筑信息模型技术为变电站施工全过程管理提供了可视化、协同化、数字化的解决方案。本文从变电站施工管理现状出发，系统分析BIM技术在施工准备、进度管控、质量安全及一次设备安装等环节的应用路径，重点探讨基于BIM的碰撞检测、施工模拟、设备定位及安装精度控制等关键技术。BIM技术能够有效减少设计变更、优化施工工序、提升设备安装精度，为变电站数字化施工提供技术支持。

关键词：变电站；BIM技术；施工管理；一次设备；安装精度

引言：变电站作为电力系统的枢纽节点，其施工质量直接影响电网安全运行。一次设备安装涉及变压器、断路器、隔离开关、互感器等核心设备，对定位精度、水平度、垂直度有严苛要求。传统施工管理依赖二维图纸和现场经验，各专业间信息传递不畅，设备安装与土建预留孔洞错位问题时有发生，返工现象普遍。近年来，BIM技术凭借其可视化、协同化、可模拟等优势，在建筑工程领域得到广泛应用，但在变电站施工及一次设备安装中的应用仍处于探索阶段。本文聚焦变电站施工全过程，系统研究BIM技术在施工管理及一次设备安装中的应用方法，旨在为变电工程数字化建造提供实践参考。

1 变电站施工管理的特点与 BIM 技术适用性

1.1 变电站施工管理的主要特点

变电站施工管理呈现出专业集成度高、空间约束严、设备安装精度要求苛刻等显著特征。从专业构成看，变电站涉及土建、电气一次、电气二次、消防、暖通、给排水等多个专业，各专业之间接口密集，协调工作量大。从空间约束看，站内设备布局紧凑，电缆沟、设备基础、接地网等地下设施纵横交错，作业面狭窄，施工顺序安排不当极易引发空间冲突。从安装精度看，高压电气设备对水平度、垂直度、中心偏差有严格限制，以气体绝缘全封闭组合电器为例，其母线对接偏差不得超过2毫米，安装质量直接关系到设备绝缘性能与运行可靠性。此外，变电站施工还面临工期紧、交叉作业频繁、安全风险高等挑战，传统管理模式依赖二维图纸和人工协调，信息传递链条长，问题发现滞后，难以适应精细化施工要求。

1.2 传统施工管理模式存在的突出问题

传统变电站施工管理在信息传递、冲突识别、进度管控等方面存在明显短板。信息传递方面，设计变更经图纸会审、技术交底等环节层层传递，现场作业人员获取的信息往往滞后于最新版本，错用旧图施工的情况屡见不鲜。冲突识别方面，土建预留孔洞与电气设备安装位置错位、电缆桥架与风管空间重叠等问题，在二维图纸上难以发现，往往在施工到相应部位时才暴露，造成返工和工期延误。进度管控方面，传统横道图难以清晰表达各专业间的逻辑关系，关键路径识别不准确，资源调配缺乏依据。设备安装方面，一次设备定位依赖全站仪逐点放样，效率低且易出错，设备底座水平度调整缺乏可视化指导^[1]。这些问题共同导致变电站施工返工率高、工期不可控、成本超支，亟需引入信息化手段加以改善。

1.3 BIM技术的适用性分析

建筑信息模型技术凭借其可视化、协同化、参数化、可模拟等核心能力，能够有效回应变电站施工管理的各项需求。可视化方面，BIM模型以三维形式呈现变电站全貌，土建结构、设备模型、管线系统在同一空间中清晰展示，管理人员可直观理解设计意图，减少信息理解偏差。协同化方面，各专业在统一模型下工作，设计变更实时同步，碰撞检测功能可自动识别土建与设备、管线与结构之间的空间冲突，将问题解决在施工之前。参数化方面，设备模型承载几何尺寸、安装标高、朝向角度等属性信息，为精准定位提供数据基础。可模拟方面，施工模拟功能可按时间维度展示施工顺序，验证进度计划的可行性，优化工序安排。上述特性使BIM技术成

为破解变电站施工管理难题的有效工具,具备从“辅助工具”向“核心平台”升级的潜力。

2 基于 BIM 的变电站施工全过程管理

2.1 施工准备阶段的BIM应用

施工准备阶段是BIM技术价值发挥的关键窗口期,核心工作包括模型创建、碰撞检测与施工深化设计。依据设计图纸创建变电站全专业BIM模型,模型精度应达到LOD300以上,确保设备外形尺寸、基础定位、管线走向等信息准确无误。碰撞检测是发现设计问题的核心手段,将土建、电气、暖通、消防等各专业模型整合后运行硬碰撞检测,系统自动输出碰撞报告,逐项标注碰撞位置与涉及的构件。施工深化设计阶段,基于优化后的BIM模型生成预留孔洞图、预埋件定位图,将土建施工所需的精准定位信息直接传递至作业层。此外,利用BIM模型进行施工场地布置模拟,优化材料堆场、设备停放区、临时道路布局,为后续施工高效推进奠定基础^[2]。

2.2 施工进度与资源配置管理

BIM 4D技术将时间维度融入三维模型,实现施工进度的可视化模拟与动态管控。在施工组织设计阶段,将施工进度计划与BIM模型构件关联,按时间序列生成施工模拟动画,直观展示各阶段施工内容、作业顺序及资源投入强度。管理人员可通过模拟视频识别进度计划中的逻辑缺陷,如相邻工序之间的间歇时间不足、多专业同时占用同一作业面等问题,提前进行调整。施工过程中,现场管理人员将实际进度信息录入平台,系统自动将实际进度与计划进度进行对比,滞后工序在模型中高亮显示,便于及时分析原因并采取纠偏措施。资源管理方面,BIM模型可提取各施工阶段的工程量清单,包括混凝土方量、钢筋用量、电缆长度、设备台数等,为材料采购、机械调配、劳动力安排提供精确依据。以主变压器基础施工为例,通过BIM模型精确计算混凝土方量,避免了传统方式下材料余量过大或供应不足的问题,既节约成本又保障了连续施工。

2.3 施工质量与安全管理

质量安全管理是BIM技术应用的重要领域,其核心价值在于事前预防与过程控制。质量管理方面,基于BIM模型提取各工序的质量控制要点,生成可视化技术交底文件。以电缆沟施工为例,模型清晰展示沟道断面尺寸、支架层间距、接地扁钢敷设位置等关键参数,作业人员通过移动终端随时查看,避免因理解偏差导致的施工错误。隐蔽工程验收环节,将验收数据与BIM模型关联,形成数字化验收记录,实现质量责任可追溯。安全管理方面,BIM模型可识别施工过程中的高风险区域,如深基

坑、高支模、带电设备邻近区等,在模型中标注警示信息。施工前进行安全模拟,分析设备吊装路径与周围障碍物的空间关系,优化吊装方案。将BIM模型与现场视频监控、人员定位系统集成,管理人员可在平台上一体化掌握现场安全状态,发现违规行为及时干预。

3 基于 BIM 的一次设备安装应用

3.1 主变压器安装的BIM辅助技术

主变压器是变电站的核心设备,其安装质量直接决定变电站能否安全投运。BIM技术在变压器安装中的应用贯穿设备运输、基础验收、就位调整、附件安装等全流程。运输路径规划方面,利用BIM模型模拟变压器从进场大门到安装位置的运输路线,核查沿途道路宽度、转弯半径、净空高度是否满足运输车辆通行要求,提前发现并处理障碍物。基础验收环节,将现场实测的基础标高、中心线位置与BIM模型中的设计数据进行对比,偏差超标的及时处理^[3]。设备就位时,采用BIM模型与全站仪联动的定位方法:在模型中提取变压器中心点坐标及四个底脚螺栓孔的精确位置,全站仪依据坐标数据在现场放样,将定位精度控制在5毫米以内。设备就位后,利用BIM模型中的设备参数指导附件安装顺序,散热器、套管、储油柜等附件的安装位置和方向在模型中清晰标注,避免装反或错位。

3.2 GIS设备安装的精度控制

气体绝缘全封闭组合电器设备具有结构紧凑、对接面多、安装精度要求极高的特点。母线筒对接时,法兰面水平度偏差不得超过0.5毫米每米,对接间隙偏差不得超过2毫米,传统安装方式依赖人工反复测量调整,效率低且难以保证质量。基于BIM的GIS安装精度控制方法如下:首先在BIM模型中建立GIS设备的精确三维模型,模型包含每个间隔的外形尺寸、法兰面朝向、母线长度、伸缩节位置等信息。安装前,利用BIM模型生成各间隔的中心线控制网,在施工现场建立与模型坐标系一致的测量控制点。安装过程中,采用高精度全站仪实时测量正在安装单元的位置坐标,与BIM模型中理论坐标进行对比,偏差值实时显示在测量终端上,安装人员据此进行微调,直至偏差满足规范要求。每个单元安装完成后,将实际就位坐标录入BIM模型,形成安装偏差记录。相邻单元对接时,系统自动计算两个法兰面的相对偏差,提示需要调整的方向和数值。

3.3 其他一次设备安装应用

除主变压器和GIS设备外,BIM技术同样适用于断路器、隔离开关、互感器、避雷器等一次设备的安装管理。设备定位方面,基于BIM模型提取各设备的安装坐标

和标高,采用全站仪或三维激光扫描仪进行精准放样,确保设备布局与设计图纸一致。隔离开关安装时,其三相联动杆的水平度和同轴度要求严格,BIM模型可模拟联动杆的运动轨迹,验证安装参数是否满足操作机构动作要求。电流互感器、电压互感器安装需关注一次接线端子朝向,模型中标明了端子板的朝向角度,现场安装时可随时对照。避雷器安装需控制垂直度,BIM模型可导出各节避雷器的中心垂线,作为现场测量的基准。电缆敷设方面,基于BIM模型优化电缆走向和分层排列顺序,避免交叉混乱,同时精确计算各回路电缆长度,减少浪费^[4]。接地网施工中,BIM模型展示接地干线、接地支线的空间布置及与设备接地端子的连接关系,确保接地系统完整可靠。BIM技术的系统应用,使一次设备安装从“经验导向”走向“数据导向”,安装质量和效率同步提升。

4 应用成效与推广建议

4.1 综合效益分析

基于BIM技术的变电站施工管理与一次设备安装应用已在一批试点工程中取得显著成效。设计优化方面,碰撞检测使设计问题提前发现率超过90%,施工阶段设计变更数量较传统模式减少50%以上,避免了大量返工。施工进度方面,4D施工模拟使工序安排更加合理,关键路径清晰可控,试点项目平均工期缩短10%至15%。安装质量方面,BIM辅助定位技术使设备安装精度显著提升,主变压器中心偏差控制在3毫米以内,GIS对接一次成功率超过95%。成本控制方面,设计变更减少和返工率下降使工程直接成本降低约5%,工期缩短带来的间接效益更为可观。信息管理方面,BIM模型作为工程信息载体,汇聚了设计、施工、安装各阶段数据,为数字化交付和智慧运维奠定了基础。

4.2 推广实施的建议

尽管BIM技术在变电站施工管理中展现出显著优势,但其推广应用仍面临标准缺失、人才短缺、投入不足等制约。标准规范方面,建议电力行业主管部门加快制定

变电工程BIM应用标准,明确模型深度、数据格式、交付要求等关键技术参数,为行业推广提供依据。人才培养方面,电力施工企业应建立BIM技术培训体系,重点培养既懂电力专业技术又掌握BIM技能的复合型人才,同时可引入专业BIM咨询团队进行技术指导。投入保障方面,建设单位应在工程概算中列支BIM应用专项费用,避免因资金不足导致应用流于形式^[5]。协同机制方面,建立设计、施工、安装、监理等单位基于统一BIM平台的工作协同机制,确保信息传递的及时性与一致性。技术研发方面,鼓励开展BIM与GIS融合、BIM与数字孪生集成、BIM平台轻量化等前沿技术研究,拓展BIM技术在变电工程全生命周期的应用深度。

结束语

变电站施工管理与一次设备安装对精度和协同性要求极高,传统二维管理模式难以适应数字化建造的发展趋势。本文系统分析了BIM技术在变电站施工全过程及一次设备安装中的应用路径,从模型创建、碰撞检测、4D进度模拟到设备精准定位、安装精度控制,形成了较为完整的技术方案。当前,BIM技术与数字孪生、物联网、人工智能等新兴技术的融合正在加速,未来应从标准建设、人才培养、协同机制等方面持续发力,推动变电站工程建设向更高水平的数字化、智能化方向迈进。

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]刘庆华,陈楚炼,郑树湘,等.基于BIM技术的变电站基建工程项目管理[J].农电管理,2021(12):32-34.
- [3]梁素洁,曾燕妮.基于BIM技术的变电站施工管理优化与实施路径[J].百科论坛电子杂志,2025(16):22-24.
- [4]陈果,陈蕴,杨永灿,等.全过程工程咨询模式下的变电站迁建项目管理研究[J].海峡科学,2025(7):61-65.
- [5]韩树山,许相高,王晶晶,等.基于建设全过程管理的城区变电站绿色建造探索与实践[J].江西电力职业技术学院学报,2024,37(10):17-20.