

BIM 技术在电力工程中的应用和前景

卢立娜¹ 王绍金²

1.山东万鸿能源集团有限公司 山东 日照 2768001

2.山东智合电力有限公司 山东 日照 2768002

【摘要】随着新型电力系统建设加速,电力工程向大型化、智能化、复杂化转型,传统设计施工与运维模式面临精度不足、协同低效等挑战。BIM技术以三维建模为核心,融合数据集成与可视化能力,为电力工程全生命周期管理提供新路径——从变电站三维设计优化布局,到输电线路施工模拟规避风险,再到运维阶段设备状态可视化监测,已成为破解行业痛点的关键工具。当前BIM在电力工程应用仍处深化阶段,未来随数字孪生、AI等技术融合,其将进一步赋能工程降本增效,助力电力行业实现高质量发展。

【关键词】BIM技术; 电力工程; 应用; 前景

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.059

引言

BIM技术作为一种可以集合项目整个生命周期中的特性、功能的技术手段,近年来在各行各业,尤其是建筑业崭露头角。随着电力行业的发展突飞猛进,传统基于二维的电力工程建造方式已愈发难以适应逐步发展的现代经济。近年,BIM技术在电力行业的应用研究也越来越多,充分利用BIM的数据整合与全生命周期管理的优势,可以有效提高电力工程建设的经济性与效率性,进而解决我国所存在的电力供需难题。

1 电力工程行业转型背景下的BIM技术价值

随着“双碳”目标推进,新型电力系统建设成为国家能源战略核心,风电、光伏电站、特高压输电线路等工程规模持续扩大,电力工程逐渐呈现“大型化、智能化、跨区域协同”特征。传统电力工程管理模式依赖二维图纸与人工协调,在复杂工程中暴露出诸多痛点:设计阶段各专业图纸碰撞频发,如变电站土建与电气设备布局冲突,往往需施工阶段返工调整,造成工期延误与成本超支;施工阶段依赖人工巡检,输电线路跨越山川河流时,施工安全风险难以及时预警;运维阶段设备信息分散存储,变电站设备检修需翻阅海量纸质档案,效率低下且易遗漏关键数据。

在此背景下,建筑信息模型(BIM)技术凭借“三维可视化、全生命周期数据集成、多参与方协同”的核心优势,成为破解电力工程行业痛点的关键技术支撑。BIM技术并非简单的三维建模工具,而是以数字化模型为载体,整合工程从规划、设计、施工到运维全阶段的几何信息、物理信息与管理信息,实现“数据驱动决策”的新型工程管理模式。据中国电力企业联合会数据显示,2024年应用BIM技术的电力工程项目,设计阶段图纸碰撞率降低65%以上,施工阶段工期缩短15%-20%,运维阶段设备故障响应时间缩短30%,充分体现其在电力工程领域的应用价值。

2 BIM技术在电力工程各阶段的深度应用实践

2.1 进行优化方案与碰撞检查, 提升设计精度

电力工程设计涉及土建、电气、暖通等多专业协同,传统二维设计易出现“信息孤岛”,导致专业间图纸冲突。BIM技术通过构建三维协同设计平台,实现各专业设计数据实时同步,从源头减少设计误差。以500kV变电站设计为例,设计团队利用Revit软件分别搭建土建结构、电气设备、电缆桥架的BIM模型,再通过Navisworks软件进行全专业模型整合与碰撞检查。某变电站项目中,通过BIM碰撞检查发现,原设计中12处电缆桥架与消防管道位置冲突、8处设备基础与地下电缆沟重叠,这些问题在施工前得以解决,避免了后期返工带来的200余万元成本损失。

同时,BIM技术支持设计方案的可视化分析与优化。在风电场选址设计中,设计团队将BIM模型与地理信息系统(GIS)数据融合,直观呈现风电场地形、风速分布与设备布局关系,通过模拟不同风机排列方案的发电量与土地利用率,最终选择最优布局,使风电场年发电量提升5%-8%。在特高压输电线路设计中,利用BIM技术构建线路路径三维模型,结合沿线地形、植被、建筑物等数据,优化塔基位置与导线弧垂,减少对生态环境的破坏,同时降低线路施工难度。

2.2 实施模拟推演与动态管控, 保障施工效率与安全

电力工程施工环境复杂,如输电线路需跨越山区、河流,变电站施工涉及大型设备吊装,传统施工管理依赖经验判断,易出现工期延误与安全事故。BIM技术通过施工模拟与动态管控,实现施工过程的“事前规划、事中监控、事后追溯”。在变电站大型主变吊装施工中,施工团队利用BIM技术构建吊装场景三维模型,导入吊车性能参数、设备重量、场地地形等数据,模拟不同吊装角度、吊装路径下的受力情况,选择最优吊装方案,同时通过4DBIM(三维模型+时间维度)模拟施工进度,将主变吊装工期从传统的3天缩短至1.5天,且避免了

设备碰撞风险。

在输电线路施工中, BIM 技术与无人机巡检、物联网(IoT)设备结合, 实现施工过程动态监控。施工团队在塔基施工阶段, 通过无人机拍摄现场影像, 将数据导入 BIM 模型, 对比实际施工进度与计划进度, 及时调整资源配置; 在导线架设阶段, 利用 BIM 模型实时显示导线张力、弧垂等参数, 结合现场传感器数据, 确保导线架设符合设计要求。例如: 过三梁至德岭山双回 500kV 输电线路项目中, 通过 BIM 动态管控, 施工阶段返工率降低 40%, 安全事故发生率为零, 提前 10 天完成施工任务(如下图 1 所示)。



图 1 BIM 动态管控下完善蒙西电网主网架结构

2.3 强化可视化管理与预测性维护, 延长设备寿命

电力工程运维是保障电力系统稳定运行的关键环节, 传统运维依赖人工巡检与纸质档案, 设备信息更新不及时, 故障排查效率低。BIM 技术通过构建运维阶段 BIM 模型, 整合设备运行数据、检修记录、维护周期等信息, 实现设备可视化管理与预测性维护。在变电站运维中, 运维人员通过 BIM 模型可直观查看每台设备的位置、型号、安装时间、历史检修记录等信息, 点击模型中的设备构件, 即可调取设备运行实时数据(如温度、电压、电流)。当设备运行参数超出阈值时, BIM 系统自动发出预警, 并推送故障排查指南, 指导运维人员快速定位问题。

此外, BIM 技术与数字孪生、人工智能(AI)技术融合, 实现设备预测性维护(如图 2 所示)。某省级电网公司将变电站 BIM 模型与数字孪生技术结合, 构建变电站数字孪生体, 实时映射现场设备运行状态, 通过 AI 算法分析设备历史运行数据, 预测设备潜在故障。例如, 通过分析变压器油温、油位、绝缘电阻等数据, 提前 3 个月预测出某台主变的绝缘老化风险, 及时安排检修, 避免了变压器停运造成的大面积停电事故, 减少经济损失超千万元。在风电运维中, 运维团队利用 BIM 模型整合风机运行数据(如风速、转速、齿轮箱温度), 通过 AI 算法预测风机部件寿命, 提前更换易损件, 使风机运维成本降低 25%, 设备故障率降低 30%。

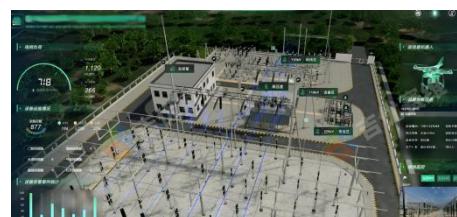


图 2 智慧电厂三维可视化平台

2.4 开展数据支撑与风险预判, 提升投标竞争力

电力工程招投标涉及工程量核算、成本估算、风险评估等关键环节, 传统投标依赖人工算量与经验报价, 易出现工程量偏差、成本漏算等问题, 导致投标竞争力不足或中标后利润缩水。BIM 技术凭借三维模型的参数化特性与数据集成能力, 为招投标工作提供精准的数据支撑与风险预判工具。

在工程量清单编制环节, 投标团队可基于 BIM 模型自动提取工程量数据, 避免人工算量的误差。以 220kV 变电站投标为例, 利用 BIM 软件(如广联达 BIM 安装计量软件)导入设计院提供的初步设计模型, 软件可自动统计电缆长度、设备基础混凝土用量、钢结构重量等关键工程量, 相比传统人工算量, 效率提升 40%以上, 误差率控制在 3%以内。同时, BIM 模型可关联市场价格数据库, 实时更新建材、设备、人工的市场价格, 快速生成精准的成本估算, 为投标报价提供数据依据, 避免因价格虚高或过低影响中标概率。

此外, BIM 技术支持投标阶段的风险预判。投标团队通过构建投标项目的 BIM 模型, 模拟不同施工方案的成本与工期, 分析潜在风险(如复杂地形对施工成本的影响、设备供应周期对工期的制约)。德兴市绕二风电场项目投标中, 投标团队利用 BIM 模型模拟风机运输路径, 发现原方案中部分山路无法满足风机塔筒运输要求, 需新增临时便道, 据此调整投标报价与施工方案, 既避免了中标后因方案变更导致的成本超支, 又因方案的可行性与细致性获得业主认可, 最终成功中标。同时, BIM 模型可作为投标文件的可视化附件, 直观展示工程设计方案、施工进度计划与质量管控措施, 提升投标文件的专业性与说服力。

3 BIM 技术在电力工程应用中的现存问题

尽管 BIM 技术在电力工程领域取得显著应用成效, 但当前仍面临技术、管理、人才等方面的挑战。在技术层面, BIM 模型数据标准不统一, 不同电力工程参与方(如设计单位、施工单位、运维单位)使用的 BIM 软件(Revit、Bentley、广联达等)数据格式存在差异, 导致模型数据难以高效共享。例如, 设计单位用 Revit 构建的变电站模型, 施工单位使用 Bentley 软件打开时, 部分设备参数与几何信息丢失, 需重新建模, 增加了工作成本。

在管理层面, 电力工程企业 BIM 应用管理制度不完善,

多数企业仍采用传统的项目管理模式，未建立基于 BIM 技术的协同管理流程。部分项目中，BIM 技术仅用于设计阶段的碰撞检查，未延伸至施工、运维全阶段，导致 BIM 技术价值未充分发挥。此外，BIM 模型数据安全风险不容忽视，电力工程涉及国家能源安全，BIM 模型包含大量敏感信息（如变电站布局、设备参数、输电线路路径），若数据安全防护措施不到位，易出现数据泄露风险。

在人才层面，复合型 BIM 人才短缺是制约电力工程 BIM 应用的关键因素。电力工程 BIM 应用需要既掌握电力工程专业知识（如变电站设计、输电线路施工），又熟悉 BIM 软件操作、数据集成技术的复合型人才。目前，高校电力工程专业多未开设 BIM 相关课程，企业内部培训多侧重软件操作，缺乏对 BIM 技术与电力工程深度融合的系统培训，导致项目团队中能独立完成 BIM 全生命周期应用的人才较少。

4 BIM 技术在电力工程中的未来发展前景

随着数字技术与能源行业的深度融合，BIM 技术在电力工程领域的应用将向“全生命周期集成化、多技术融合化、智能化”方向发展，未来前景广阔。

在全生命周期集成化方面，未来电力工程将构建“规划-设计-施工-运维-退役”全阶段的 BIM 集成应用体系。通过统一 BIM 数据标准（如采用 IFC 标准），实现各参与方、各阶段的模型数据无缝衔接，避免数据孤岛。例如，规划阶段的风电机场选址 BIM 模型，可直接导入设计阶段用于风机布局优化，设计阶段的 BIM 模型可导入施工阶段用于施工模拟，施工阶段的模型数据（如实际施工参数、设备安装记录）可更新至运维阶段 BIM 模型，为运维提供完整的数据支撑。同时，全生命周期 BIM 集成应用将推动电力工程管理模式变革，实现从“分散管理”向“一体化管理”转变，进一步提升工程管理效率。

在多技术融合方面，BIM 技术将与数字孪生、AI、IoT、5G 等技术深度融合，赋能电力工程智能化发展。在新型电力系统建设中，BIM 技术与数字孪生结合，构建电力系统数字孪

生体，实时映射电网运行状态，支持电网调度决策；BIM 与 AI 结合，可实现设计方案自动优化、施工进度智能预测、设备故障自动诊断，例如，AI 算法可基于历史设计数据，自动生成变电站初步设计方案，再通过 BIM 技术进行可视化优化；BIM 与 IoT、5G 结合，可实现施工现场、设备运行数据的实时采集与传输，为 BIM 模型动态更新提供数据支持，提升工程管理的实时性与精准性。

在智能化应用方面，未来 BIM 技术将在电力工程特殊场景中发挥更大作用。在海上风电工程中，BIM 技术与海洋环境模拟技术结合，模拟海浪、海风对风机基础、海底电缆的影响，优化工程设计与施工方案；在智能微电网建设中，BIM 技术构建微电网三维模型，整合光伏、储能、负荷等数据，模拟不同运行场景下的微电网供电稳定性，为微电网优化配置提供支撑；在电力工程应急抢修中，利用 BIM 模型快速定位故障位置，模拟抢修方案，指导抢修人员高效作业，缩短停电时间。

此外，随着国家对数字经济与新型基础设施建设的重视，相关政策将进一步推动 BIM 技术在电力工程领域的应用。例如，国家能源局在《新型电力系统发展规划（2024-2030 年）》中明确提出，“推广 BIM、数字孪生等技术在电力工程全生命周期的应用，提升电力工程数字化、智能化水平”，未来将有更多电力工程项目强制要求应用 BIM 技术，为 BIM 技术发展提供政策保障。

总而言之，BIM 技术作为电力工程数字化转型的核心技术，已在设计、施工、运维各阶段展现出显著的应用价值，有效解决了传统电力工程管理中的精度不足、协同低效、运维滞后等问题。尽管当前面临数据标准不统一、管理制度不完善、人才短缺等挑战，但随着技术创新、政策支持与人才培养体系的完善，BIM 技术将在电力工程全生命周期集成化、多技术融合化、智能化应用中实现突破，为新型电力系统建设与电力行业高质量发展提供有力支撑。未来，电力工程企业需抓住数字化发展机遇，加快 BIM 技术应用落地，推动电力工程管理模式变革，实现工程降本增效与可持续发展，为国家“双碳”目标实现贡献力量。

参考文献：

- [1] 李洪涛.基于 BIM 技术的电力工程施工管理系统设计[J].微型电脑应用,2025,41(09):313-316.
- [2] 洪婉莎,王佳林.BIM 技术在电力工程成本控制中的应用[J].电子技术,2025,54(07):254-255.
- [3] 金杰.BIM 技术在电力工程数字化管理中的应用[J].集成电路应用,2024,41(11):222-223.
- [4] 程辉.浅谈 BIM 技术在电力施工管理中的应用研究[J].江西电力,2024,48(05):46-49.
- [5] 王英.BIM 技术在电力工程数字化管理中的应用[J].石河子科技,2024,(05):57-58.