

# 电气安装工程施工管理中 BIM 技术的深度应用与效能提升

刘虹伶

(国网湖南省电力有限公司水电分公司, 湖南 长沙 410007)

**摘要** 在建筑工程领域, BIM 技术的应用范围不断扩大, 已成为一种新型的施工管理手段。本文以某 220 kV 开关站改造工程为背景案例, 从建立模型、前期准备、设备验收、施工指导四个方面介绍了 BIM 技术在电气安装中的深度应用, 并总结了基于 BIM 的工程管理要点, 包括管线综合优化与碰撞检查、工程量统计、施工安全管理。研究结果表明: 应用 BIM 技术, 该工程施工成本降低、进度加快, 取得满意的施工管理效果, 可在类似电气安装工程施工中推广应用。

**关键词** 电气安装; 施工管理; BIM 技术; 管线综合优化; 工程量统计

**中图分类号**: TU71; TP3

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.026

## 0 引言

BIM 指的是建筑信息模型, 依托数字化技术, 为模型提供与工程实际情况一致的工程信息库, 包括几何信息、专业属性和状态特征等, 为工程施工管理提供共享平台。《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》提出, 大力推广 BIM 技术, 推进 BIM 技术在新型建筑工业化全寿命期中的一体化集成应用<sup>[1]</sup>。在电气安装工程中, 因设备种类多、安装流程复杂, 需多个专业协同, 导致传统施工模式的效率低、质量控制不良, 甚至导致成本超支、工期延后。将 BIM 技术深入应用其中, 能优化现场施工管理模式, 提高模拟性和可视化程度, 达到降本增效的目标。本文结合实践探讨 BIM 技术在电气安装和工程管理中的具体应用。

## 1 工程概况

### 1.1 220 kV 开关站运行现状

某水电厂开关站建于 1960 年, 位于发电厂房右侧。其中 220 kV 开关站电气主接线为双母线带旁母接线, 总平面布置采用全户外 AIS 布置: 220 kV 出线间隔 3 个, 向东架空出线, 两用一备; 主变进线间隔 4 个, 由西南电缆进线; 电压互感器间隔 2 个, 母联间隔 1 个。站区主入口向西方向, 进站道路向北引出接入发电厂房区道路。根据调查, 220 kV 部分存在以下问题: (1) 配电装置区域内的结构支架、混凝土龙门架、钢桁龙门架等安全隐患大, 增加了开关站全站停电风险。(2)

开关站虽然进行过改造, 但选用的设备均为老旧型号, 因运行年限长、遭受周边潮湿环境影响, 出现一定程度的老化和锈蚀现象。(3) 站内计算机监控系统采用集中布置方案, 不利于常规检修维护, 且对时精度不满足要求。

### 1.2 改造方案和施工内容

结合 220 kV 开关站运行现状和问题, 拟采用整体推倒重建改造方案, 改造完成后终期 5 回 220 kV 主变进线, 3 回 220 kV 出线, 220 kV 配电装置采用户内 GIS 布置, 以确保设备安全、稳定运行, 提高发电效益。根据改造方案, 施工内容主要包括一次设备、二次设备、土建、水工消防、线路、通信 6 个部分。该电气改造工程规模大、设备数量多, 加之工作环境条件干扰, 为提高施工质量, 满足进度、成本控制要求, 决定将 BIM 技术应用在电气安装和工程管理中。

## 2 电气安装中 BIM 技术的深度应用

在低压电气安装环节, 主要包括配电柜安装、变压器安装、母线槽安装和线缆敷设等内容, BIM 技术的应用体现在建立模型、前期准备、设备验收、施工指导四个方面, 详细介绍如下。

### 2.1 建立模型

基于 BIM 建立电气工程模型, 可将平面图纸转化为三维立体模型, 重现电气设备的全貌, 帮助施工人员更加准确深入地掌握图纸, 分析电气设备与现场环

境的关系,进而高效开展安装工作。在模型建立环节,关键是识别图层信息,将设备参数导入模型中,包括空间位置、参照点坐标等;然后提取墙体轮廓,为设备安装提供精确指导。

### 2.1.1 识别图层信息

利用 BIM 识别图层信息,可采用图层自动识别算法,该算法能识别图纸对应的多个图层,提高建模的准确性<sup>[2]</sup>。在具体应用中,该算法具有较强的检索能力,其检索对象是特征元素,计算每个图层中单一特征元素的匹配度得分  $Score$ ,即可完成识别工作,计算公式如下:

$$Score = \begin{cases} 0, \exists NC == false \\ \frac{N(SC == True) + 1}{N(SC) + 1}, \neq \exists NC == false \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中,  $N(SC == True)$  表示符合匹配条件特征的数量,  $SC$  表示充分条件,  $NC$  表示必要条件,  $false$  表示错误匹配。根据计算结果,进一步计算每个图层中所有特征元素的匹配度得分  $T_{Score}$ , 计算公式如下:

$$T_{Score} = Score(FE) + \sum_{i=1}^{n} Score(RE_i) \quad (2)$$

式(2)中,  $FE$  表示图层中的特征元素,  $RE_i$  表示特征元素  $i$  的临近相关元素。

### 2.1.2 提取墙体轮廓

提取墙体轮廓时,先对墙体自适应分块能提高提取效率和精度。具体方法是划分适应离散点数据,将电气设备的整体布局图像,划分为统一规格的网状结构,利用离散点数据描绘墙壁特征,并且符合动态变化与调整的要求。该环节,网状结构中的最优平均坐标点数量越多,提取到的墙壁特征越准确,表达式如下:

$$\begin{cases} W = X_{max} - X_{min} \\ H = Y_{max} - Y_{min} \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中,  $W$  表示网格宽度,  $H$  表示网格高度,  $X_{max}$  和  $Y_{max}$  分别表示网格横、纵坐标的最大值,  $X_{min}$  和  $Y_{min}$  分别表示网格横、纵坐标的最小值。在网格中,定点坐标的密度期望值  $\rho$  计算公式:

$$\rho = \frac{n}{WH} \quad (4)$$

式(4)中,  $n$  表示坐标的数量。搜索圆外接正方形的面积,计算公式:

$$S = \frac{28A}{n\pi} \quad (5)$$

式(5)中,  $A$  表示定点集的覆盖面积。得到  $\rho$  和  $S$  后即可计算电气安装场景中墙体的物理量  $M$ , 计算公式:

$$M = S\rho = \frac{28A}{n\pi} \times \frac{n}{WH} = \frac{28A}{\pi WH} \quad (6)$$

## 2.2 前期准备

计算得到电气设备安装场景的图层和墙体轮廓后,能为构建三维模型提供准确数据。在前期准备环节,需要全面了解电气安装工程的内容。从设计图纸、安装方案和规范要求出发,确定科学合理的实施步骤及物料清单,针对图纸中的错误及时修正,预测安装施工可能遇到的问题,尤其是预埋件的位置和数量等,避免现场安装环节出现返工现象。

### 2.3 设备验收

电气设备零部件的质量,直接影响整合安装质量和性能,设备进场时必须展开全面验收工作。验收要点包括:(1)采购时要兼顾设备材料的先进性、实用性、耐久性,严格审查供应商的资质,避免出现以次充好问题<sup>[3]</sup>。(2)满足国家节能环保要求,设备材料使用中不能出现污染、能源浪费等问题。(3)取样送检,经技术专家和监理工程师把关,确保质量和性能满足电气工程的要求。

### 2.4 施工指导

低压电气安装时,需严格审核设计图纸,重点把控设备型号、安装位置、技术规范等内容。因电气安装涉及多个专业,需在 BIM 模型中进行施工预演,分析不同专业的相互影响,发挥出协同作用。

#### 2.4.1 配电柜安装

因配电柜结构体型较大,安装时利用配电柜的高精度模型,明确尺寸、门开启方向、进出线位置等属性,确保配电柜与墙体、通风管道、消防设备间距  $\geq 50$  cm,避免后期返工。与此同时,在 BIM 中模拟配电柜的运输通道,确保设备的可通过性,如门洞宽度  $\geq$  设备宽度 + 20 cm<sup>[4]</sup>。同时对基础槽钢定位,导出坐标数据指导现场钻孔,将误差控制在  $\pm 2$  mm 以内。

#### 2.4.2 变压器安装

变压器安装时,将变压器模型与结构梁柱模型整合,验证基础承重是否达标,要求基础承重  $\geq 1.5$  倍设备重量。在变压器吊装环节,使用 BIM 技术模拟吊车选型、臂长角度,确保安全的作业半径。变压器安装完成,及时开展防雷接地施工,配备安全防护系统。在该工程中,基于 BIM 技术采取多项防雷措施,确保接地装置放置在指定位置,采用隐蔽方式布置接地导线;然后安装均压环、搭建避雷网,将室内接地干线与接地装置相连。

#### 2.4.3 母线槽安装

母线槽安装时,一方面,利用 BIM 电气模块自动

生成母线槽的最短路径，减少弯头数量。同时集成力学软件，验证支架间距是否符合规范标准，要求水平段 $\leq 2$  m，垂直段 $\leq 3$  m；另一方面，在BIM中设定母线槽连接器允许公差，轴向 $\pm 3$  mm，径向 $\pm 1.5$  mm，模拟热膨胀位移，保证连接器精准安装。

#### 2.4.4 线缆敷设

在线缆敷设环节，设定明确的线缆敷设规则，如强电与弱电线路间距 $\geq 30$  cm，弯曲半径 $\geq 10$ 倍线缆直径，由BIM自动生成最优路径。考虑到线缆类型多样、数量较大，为提高施工效率和资源配置率，将线缆敷设进度与BIM模型关联，实时监控敷设进度，出现异常及时预警。

### 3 电气安装工程施工管理中BIM技术的深度应用

#### 3.1 管线综合优化与碰撞检查

管线综合优化与碰撞检查是BIM技术落地的核心环节，直接影响施工效率和工程质量<sup>[5]</sup>。在该工程中，管线综合环节将电气桥架和母线槽模型与暖通、给排水、建筑结构模型整合，在同一个平台上确保其坐标系、标高体系一致。同时赋予管线系统类型、电压等级、防火等级等属性，方便后续智能筛选与冲突分类。碰撞检查环节主要包括硬碰撞、软碰撞两种类型，前者是实体交叉需100%消除，避免施工作业中返工。后者指的是安全间距不足、净高不足，根据规范要求进行动态调整。完成碰撞检查后自动生成报告，其中包含冲突位置的坐标、截图、责任主体及建议修改方案，支持PDF、Excel格式查看，便于施工班组在现场对照整改。

#### 3.2 工程量统计

在该工程现场施工中，依托BIM模型实现精准计量，为相关物资的调配提供科学依据。实施要点包括：（1）在电缆桥架、配电柜等电气构件的模型中，置入规格、材质、单价等参数，可按系统类型自动分类统计<sup>[6]</sup>。

（2）根据计量规则标准导出工程量清单，自动关联造价软件，相较于人工计算显著提升了效率。（3）针对设计变更情况，BIM模型可实现数据的实时更新，避免人工重复计算。

#### 3.3 施工安全管理

电气安装工程的施工风险因素较多，为降低施工事故率，保障人员与设备安全，该工程在安全管理方面引入BIM技术。首先，建立安全数据库，集成电气模型和带电操作、高空作业等规范，自动识别高风险

作业类型，如高压配电室、交叉作业区等。其次，BIM技术和高精度传感器相结合，自动采集现场环境的温度、湿度、气体浓度等参数，出现异常数据自动预警，提示施工人员及时干预。最后，在安全培训活动中，利用BIM软件创设触电、坠落等虚拟场景，增强施工人员的安全意识和应急处理能力。

### 4 工程施工管理效能提升评价

#### 4.1 施工成本降低

BIM技术的深度应用，降低了工程施工成本，其中材料浪费率从5.4%降低至1.7%，返工成本占比从4.6%降低至2.2%，提高了施工单位的经济效益。

#### 4.2 施工进度加快

在电气安装工程施工管理中，BIM技术的深度应用加快了施工进度，实现了施工资源的精准化、动态化调配，将实际施工进度与预期目标的偏差控制在5%以内，最终在规定工期内完工，实际工期缩短4 d。

### 5 结束语

将BIM技术应用在电气安装工程领域，符合新型建筑工业化发展方向，也是提高施工信息化水平的必然要求。本研究结合工程案例，详细介绍了BIM技术在电气安装和工程管理中的深度应用，显著提升了施工管理效能，可在类似工程中推广。未来，随着大数据、云计算、智能算法等技术的发展，可与BIM技术紧密结合，提高电气安装工程的可视化程度，从以往粗放型管理模式转变为自动化、精细化管理模式，更好地实现预期管控目标。

#### 参考文献：

- [1] 牛旭. 房屋建筑电气设计中BIM技术的应用研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(19):88-90.
- [2] 廖彬, 曹乾坤, 赵志刚. PPP模式下BIM技术在装配式建筑电气工程中的应用探究[J]. 建筑与装饰, 2025(01):118-120.
- [3] 黄颖峰, 陈果, 陈蕴, 等. BIM技术在F市220kV北郊变电站迁建工程中的应用[J]. 海峡科学, 2024(10):36-38.
- [4] 刘秀彬, 闫博. 建筑电气安装中智能化技术应用与质量提升策略[J]. 科海故事博览, 2025(05):28-30.
- [5] 李杰. 建筑机电安装中电气管线的预留技术研究[J]. 工程技术研究, 2024, 06(21):92-94.
- [6] 李丽萍, 李萍萍, 赵国磊. 基于BIM技术的装配式变电站工程造价影响因素敏感性分析: 以某220kV变电站为例[J]. 价值工程, 2023, 42(27):98-101.