

电气设备安装质量控制与智能化技术应用

王 强

内蒙古新鑫工程建设有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 电气设备安装是建筑与工业工程的核心分项,其质量直接决定电气系统运行稳定性与使用安全性,传统质量管控模式存在漏洞多、追溯难、效率低等痛点。本文立足电气设备安装全流程,剖析人员、材料、工艺、管理四大核心质量影响因素,构建融合BIM、物联网、大数据、数字孪生的智能化质量控制技术体系,细化配电、防雷接地、电缆敷设等关键环节的智能化管控实践,同时提出系统实施的保障措施,推动质量管控从人工粗放型向数字精准型转型,为提升电气设备安装质量、推进工程智能化建设提供可行参考。

关键词: 电气设备安装; 质量控制; 智能化技术

引言:随着建筑智能化与工业电气化水平持续提升,电气设备安装的质量标准愈发严苛,涵盖配电、防雷、电缆敷设、智能终端等多类施工内容,工序繁杂、协同要求高。传统质量控制依赖人工巡检、纸质记录,易出现隐患漏查、数据失真、责任难追溯等问题,难以适配现代工程高质量建设需求。智能化技术的普及为质量管控升级提供了新路径,将数字技术与安装施工深度融合,可实现全流程可视化、可追溯、智能化管控,有效规避各类质量风险,保障电气设备安装达标,助力整体工程高效推进。

1 电气设备安装质量影响因素分析

1.1 人员因素

人员是电气设备安装施工的核心主体,其专业能力与责任意识直接决定安装质量,是最核心的主观影响因素。施工人员方面,部分一线操作人员未接受系统专业培训,不熟悉施工规范与工艺标准,对接线、固定、调试等关键工序操作不规范,易出现接线松动、标高偏差、部件错位等质量问题;技术管理人员若专业素养不足,无法精准把控施工重难点与质量管控节点,技术交底不到位、现场指导缺失,会导致施工流程混乱;此外,人员流动性大、责任意识薄弱,未严格落实质量自检要求,敷衍施工、违规操作,也会直接引发各类质量缺陷,埋下后期运行隐患。

1.2 材料与设备因素

材料与设备是电气设备安装的物质基础,其质量达标是保障整体安装质量的前提,不合格材料设备会直接导致系统故障。原材料方面,电缆、电线、管材、接地材料等若规格不达标、材质劣质,会出现绝缘性能差、导电效率低、易腐蚀老化等问题,不符合电气安全规范;进场设备如配电柜、智能终端、开关器件等,若存在参数偏差、

部件缺失、外观破损、无合格资质文件等问题,即便安装工艺规范,也无法保障后期稳定运行;另外,材料设备进场验收环节管控松懈,未开展性能检测、资质核验,劣质产品流入施工现场,会从源头埋下质量隐患,且后期整改难度大、成本高^[1]。

1.3 工艺与环境因素

施工工艺规范性与现场作业环境,直接影响电气设备安装的精度与质量稳定性,是不可忽视的客观影响因素。工艺方面,若未按照设计方案与行业规范制定标准化施工流程,关键工序无明确工艺标准,如电缆敷设弯曲半径不足、防雷接地焊接不饱满、设备固定不牢固等,会直接产生质量缺陷;施工工艺更新不及时,沿用老旧工艺适配新型智能设备,也会导致安装精度不达标。环境方面,施工现场潮湿、多尘、高温、强振动,会影响设备安装精度与材料性能,尤其潮湿环境易引发线路绝缘失效;交叉施工时,其他工序扰动会破坏已安装的电气部件,施工现场杂物堆积、通道不畅,也会干扰正常施工,增加质量隐患。

1.4 管理因素

管理体系不完善、管控流程不规范,是各类质量问题频发的核心根源,贯穿电气设备安装全周期。前期管理中,施工图纸审核不细致、方案编制不合理,未结合现场实际优化施工路径,易导致施工返工;过程管理缺失,未落实自检、互检、交接检的三级质检制度,现场巡检流于形式,质量隐患无法及时发现整改;资料管理混乱,施工记录、验收资料缺失、造假,质量数据无法追溯;后期验收管理松懈,未严格按照验收标准开展全面检测,部分质量问题被忽略,导致不合格工程交付使用。另外,管控责任划分不明确,各岗位权责不清,出现问题相互推诿,难以形成闭环质量管控。

2 电气设备安装智能化质量控制技术体系构建

2.1 基于BIM的安装过程数字化管控

BIM技术实现电气设备安装全过程数字化建模与可视化管控,从源头规避施工冲突与质量问题。前期通过BIM搭建三维安装模型,整合土建、电气、暖通等专业图纸,进行碰撞检查,提前排查管线交叉、设备位置冲突等问题,优化施工方案与安装路径,避免后期施工返工;施工阶段依托BIM模型进行可视化技术交底,让施工人员直观清晰掌握安装位置、工艺要求、标高尺寸,降低操作失误率;同时将BIM模型与施工进度关联,实时同步施工进度与质量管控节点,实现施工过程动态模拟,精准把控各工序质量;竣工后基于BIM模型形成竣工数字档案,整合施工数据、验收资料,为后期运维、改造提供完整数据支撑。

2.2 物联网感知层质量监测技术

物联网感知层技术通过各类传感器终端,实现电气设备安装质量实时在线监测,替代传统人工巡检的粗放模式。在电缆敷设、配电设备、防雷接地等施工环节,部署温度传感器、压力传感器、绝缘监测模块、位置传感器等终端,实时采集线缆敷设张力、设备安装平整度、接地电阻、接线端子温度等关键质量数据,通过无线传输技术实时上传至管控平台;传感器终端具备阈值预警功能,当监测数据超出质量标准范围时,立即发出预警信号,精准定位问题点位,提醒管理人员及时整改;该技术可实现24小时不间断监测,不受人工因素影响,数据真实精准,有效捕捉隐蔽工程、高空作业等人工难巡检区域的质量隐患^[2]。

2.3 大数据分析 with AI 质量缺陷识别

大数据分析 with AI 技术结合,实现电气设备安装质量缺陷智能识别与风险预判,提升质量管控效率。通过大数据平台整合施工材料数据、工艺参数、监测数据、历史质量问题等海量信息,建立质量管控数据库,分析各类质量问题的频发环节、产生原因与影响规律,提前制定防控措施;AI技术依托图像识别、智能算法,通过现场摄像头、智能巡检设备,自动识别安装施工中的接线错误、部件松动、焊接缺陷、标识缺失等显性质量缺陷,对比标准施工模型,自动标记问题区域,生成整改通知单;同时AI可根据实时监测数据,预判潜在质量风险,提前发出预警,实现从事后整改向事前防控、事中管控转变,大幅降低质量缺陷发生率。

2.4 数字孪生技术驱动的质量追溯

数字孪生技术构建电气设备安装实体与数字模型的双向映射,实现全流程质量可追溯、可管控。依托施工

现场数据采集终端,实时采集人员操作、材料参数、施工工艺、验收结果等全维度数据,同步映射至数字孪生模型,完整还原施工全过程;针对质量问题发生环节,可通过数字模型回溯对应施工时段、操作人员、材料批次、工艺参数,精准定位责任主体与问题根源,为质量整改、责任追究提供可靠依据;数字孪生模型还可模拟不同施工工艺、环境条件下的安装质量效果,优化施工方案,提前规避质量风险;竣工后,数字孪生模型留存全周期质量数据,实现质量管控全程留痕,形成闭环追溯体系,强化各环节质量责任意识。

3 关键施工环节智能化管控实践

3.1 配电系统安装质量控制

配电系统作为电气核心模块,其安装质量智能化管控聚焦设备定位、接线、调试全流程。前期通过BIM模型精准规划配电柜、配电箱安装位置与管线走向,规避与其他专业管线冲突;安装阶段利用物联网倾角传感器、水平传感器,实时监测柜体安装水平度与垂直度,确保安装精度达标;接线环节通过AI图像识别技术,自动核查接线顺序、端子紧固程度、线号标识,杜绝错接、松动、漏接问题;调试阶段借助智能监测仪器,实时采集电压、电流、绝缘电阻等参数,大数据平台自动分析数据合规性,校验保护装置动作灵敏度;同时依托数字孪生模型模拟配电系统运行状态,提前排查运行隐患,保障配电系统安装质量达标,后期运行稳定。

3.2 防雷接地系统智能化施工

防雷接地系统关乎电气安全,智能化管控重点把控焊接质量、接地电阻、导通性能等核心指标。施工前通过BIM优化接地线路布局,确定接地极安装位置,避免遗漏接地点位;施工阶段利用智能焊接监测设备,实时监测焊接温度、焊缝饱满度,AI图像识别自动排查虚焊、漏焊、夹渣等缺陷;通过物联网接地电阻监测模块,实时采集接地电阻值,确保数值符合规范要求,一旦超标立即预警;隐蔽工程覆盖前,借助数字孪生模型记录接地线路走向、焊接点位、接地电阻数据,留存完整施工档案;竣工后智能检测系统全面校验防雷导通性能,确保防雷接地系统防护有效,杜绝漏电、雷击损坏等安全隐患。

3.3 电缆敷设质量优化技术

电缆敷设施工易出现扭曲、过度拉伸、弯曲半径不足、交叉混乱等问题,智能化技术可实现全程精准管控。利用BIM模型规划电缆敷设路径,避开障碍物与高温、潮湿区域,设计合理弯曲半径与敷设间距,提前规避交叉缠绕问题;敷设阶段通过物联网张力传感器,实时监测

电缆敷设拉力，防止拉力过大损伤线芯与绝缘层，结合智能导向设备，保障敷设路径规范；借助智能标识设备，自动打印粘贴电缆编号、走向标识，避免标识缺失模糊；敷设完成后^[3]。通过绝缘智能监测仪检测电缆绝缘性能，红外热成像仪排查线路过热隐患，大数据平台整合敷设数据，生成敷设质量报告，实现电缆敷设全程可控、质量可查。

3.4 智能化终端设备安装

智能传感器、监控终端、控制模块等智能化终端设备安装，精度要求高、协同性强，智能化管控可保障安装与联动质量。前期通过BIM模型精准定位终端设备安装位置，确定安装高度与角度，确保信号接收、监测效果最优；安装阶段利用激光定位仪器辅助定位，保证安装偏差在允许范围内，AI智能校验设备安装牢固性与接线规范性；调试阶段依托智能联动平台，测试终端设备与控制系统的通信联动性能，确保数据传输稳定、响应及时；通过物联网平台实时监测设备运行参数，核验设备功能达标情况，针对安装偏差、功能异常等问题，自动生成整改方案；同时留存设备安装、调试数据，纳入数字档案，为后期运维调试提供依据。

4 电气设备安装智能化质量管控系统实施保障

4.1 数据安全保障机制

智能化质量管控依托海量施工与监测数据，数据安全是系统稳定运行的核心保障，需构建全方位防护机制。建立数据分级分类管理体系，区分核心质量数据、基础施工数据、人员信息数据，设定差异化访问权限，严禁数据越权调取、篡改；部署防火墙、数据加密、入侵检测等网络安全设备，防范网络攻击、数据泄露风险，尤其保障物联网终端传输数据、云端存储数据的安全；建立数据备份与恢复机制，定期备份平台数据，采用本地与云端双重备份模式，避免数据丢失；规范数据操作流程，留存数据访问、修改、传输日志，实现数据操作可追溯，同时遵守行业数据安全法规，保障工程数据保密性与完整性。

4.2 人员技能升级路径

智能化质量管控系统落地，需匹配专业复合型人员，需构建系统化人员技能升级路径。针对一线施工人员，开展智能化设备操作、标准化施工工艺、质量规范培训，使其熟练掌握传感器、智能调试设备的使用方法，规范施

工操作；针对技术管理人员，开展BIM、数字孪生、大数据平台操作培训，提升数字化管控、隐患排查、数据研判能力；定期组织行业新技术、新标准学习交流，邀请技术专家现场指导，跟进智能化技术更新迭代；建立技能考核与激励机制，将技能水平、质量管控成效与绩效考核挂钩，激发人员学习积极性，打造既懂电气施工、又精通数字技术的专业团队，保障智能化管控系统高效运行。

4.3 标准体系完善建议

完善的标准体系是智能化质量管控规范化运行的基础，需结合行业发展与技术应用持续优化。制定电气设备安装智能化施工质量标准，明确BIM建模、物联网监测、AI识别等技术应用的操作规范、质量指标与验收标准，统一技术口径；完善智能化质量管控流程标准，梳理从前期建模、过程监测、缺陷整改到竣工验收的全流程规范，明确各岗位管控职责；建立设备与系统兼容标准，统一不同品牌传感器、管控平台的数据接口，实现数据互通共享；结合国家电气施工规范与智能化技术发展趋势，动态更新标准体系，推动智能化管控与传统施工规范深度融合，确保质量管控有章可循、有规可依^[4]。

结束语

电气设备安装质量控制是电气工程核心，智能化技术为破解传统管控难题、提升质量提供有效路径，实现全流程数字化精准管控。通过分析质量影响因素，构建BIM、物联网等多技术融合的智能化管理体系，落实关键环节应用，配套数据安全、人员技能、标准体系保障，从源头规避隐患，提升质量与效率。未来需持续深化智能化技术与电气施工的融合，不断优化管控体系，推动电气设备安装质量控制向智能化、标准化、集约化升级，为电气系统安全稳定运行筑牢根基。

参考文献

- [1]戴佐政,高小争.智能建筑电气设备安装质量控制措施探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(1):108-111.
- [2]沈雄斌.电力工程电气设备安装研究[J].光源与照明,2025(8):248-250.
- [3]李培元.电气设备安装常见问题及预防措施分析[J].造纸装备及材料,2025,54(5):43-45.
- [4]崔元浩.变电站电气设备安装技术要点分析[J].电力设备管理,2024(4):195-197.