

智能化背景下电气安装施工技术应用与实践

邵士振¹, 王 梅²

(1. 山东金字信息科技有限公司, 山东 济南 250101;

2. 众汇中宏建工集团有限公司, 山东 泰安 271000)

摘 要 随着智能化技术不断发展, 电气安装施工也发生着深刻的变革。传统施工模式效率低、精度差、安全控制不到位等问题越来越突出, 以 BIM 技术、自动化设备、物联网传感系统为代表的智能化技术给电气安装施工提供了一条新路径。本文从电气安装施工技术的智能化发展现状入手, 对 BIM 集成应用、自动化施工设备实践、智能传感监控等关键技术的应用方式进行梳理, 再从数字化管理体系创建、技术标准规范制定、人才培养体系完善三个方面提出智能化电气安装施工技术的改进途径和保证措施, 以期给电气安装施工质量提升和行业智能化转型提供参考。

关键词 智能化; 电气安装施工; BIM 技术; 物联网; 数字化管理

中图分类号: TU85

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.24.008

0 引言

电气安装施工是建筑工程的重要组成, 其施工质量直接关系到建筑整体安全运行和使用功能。长期以来, 电气安装施工一直依靠人工操作, 管线布置繁杂、施工环境多变、质量控制困难等问题阻碍着行业的进步。进入智能化时代之后, 信息技术、自动化控制技术、传感技术迅速发展, 为解决上述问题提供强大的支持。国家层面也不断出台相关政策, 促使建筑业向着数字化、智能化的方向发展, 电气安装施工领域智能化改造也成了行业发展的必然趋势。在此背景下, 对智能化技术在电气安装施工中的应用模式及实践路径进行系统的研究, 总结目前的技术应用问题, 并提出相应的优化保障措施, 具有重大的现实意义和应用价值。本文以工程实践为基础, 从理论和实践两个方面对相关问题进行研究, 以期为相关人员提供参考。

1 智能化背景下电气安装施工技术的发展现状

1.1 智能化技术在电气施工领域的渗透与应用

近年来, 智能化技术渗入电气安装施工当中, 包含信息建模、自动控制、远程监测等诸多方面。BIM 技术被广泛使用之后, 管线综合设计从二维图纸变成了三维可视化模型, 施工前的碰撞冲突大大降低; 物联网传感器的安装实现了施工现场的实时数据采集与远程监控, 有效提升了现场管理水平。智能化技术的引入,

正在对电气安装施工的作业方式和组织架构进行全方位的改变^[1]。

1.2 电气安装施工技术的发展与转型特征

电气安装施工技术的发展过程, 先是完全依靠手工操作, 后来引进机械辅助, 现在是以数字化、智能化为主导的三个阶段。当前阶段的特点是施工信息越来越数字化, 施工过程的可追溯性也越来越强, 设备和系统之间协同联动的能力也越来越强。该转变不单表现在施工工具和工艺的更新上, 而且表现在施工组织思想、质量控制思路以及全过程管理方式等方面的根本改变上^[2]。

1.3 当前电气安装施工面临的技术挑战

虽然智能化转型不断推进, 但是电气安装施工还存在一些现实的困难。一方面, 施工企业技术积累不足, 智能化设备操作水平和软件应用水平普遍较低; 另一方面, 行业内缺少统一的智能化施工技术标准 and 规范体系, 造成各个企业、各个项目的实施效果千差万别。另外, 智能化设备前期投入大, 中小型施工企业转型的内在动力小, 推进速度慢^[3]。

2 智能化电气安装施工核心技术的应用实践

2.1 BIM 技术在电气管线综合布置中的集成应用

BIM 技术在电气管线综合布置中的应用, 从根本上解决了传统设计和施工相脱离的问题。施工前期建模

作者简介: 邵士振 (1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 电气安装智能化工程施工。

人员根据设计图纸在 BIM 平台上建立电气管线三维精细模型,用碰撞检测功能对电气管线与结构构件、暖通管道、给排水管道之间空间冲突进行系统识别。经由实际工程数据证实,在引入 BIM 碰撞检测之后,施工之前发现的管线冲突问题大致能缩减一半以上,从而有效地防止由于设计上的疏忽所引发的现场返工现象发生。施工阶段 BIM 模型可以直接给出管线定位坐标及施工排布图,给工人提供可视化的作业指导,降低施工经验依赖程度。BIM 平台也可以实现各个专业施工方之间的协同工作,电气、暖通、结构等各个专业施工进度及变更信息可以在同一个平台上同步到各个施工方,使各方的信息一致。部分项目在引入 BIM 协同管理之后,由于信息不对称所导致的各专业之间协调性返工次数明显减少,施工效率也得到了一定的提高^[4]。另外,BIM 模型在工程结束之后也可以转化成竣工档案以及运维数据库,一直服务于建筑后期的运营管理,拓宽了技术应用的价值链条。

2.2 自动化施工设备与机器人技术的现场实践

自动化施工设备和机器人技术在电气安装现场使用,可以较好地克服传统的人工作业精度低、劳动强度大、危险作业环境适应性差等缺点。以管线穿线为例,自动化穿线设备用气动或者机械牵引的方式,在复杂的管路中可以完成电缆的自动穿引,比人工穿线效率高很多,而且大大减少了由于操作不当造成的电缆绝缘层损伤概率。高空或者密闭空间内使用辅助机器人设备可以改善施工的安全条件。从相关实践数据可知,用辅助机器人进行高空桥架安装的工程项目,施工人员处在高风险作业环境的时间比以前少四分之一左右,安全事故发生率明显降低。与此同时,自动化放线设备依靠内置的测量、定位系统,可以按照事先设定好的路径准确地把导线展放到指定的位置并加以固定,从而避免由于人工操作出现的线缆排布不规则情况^[5]。自动化设备的推广使用对操作人员的技术水平有更高的要求,施工企业要同步建立与之相适应的人员培训和设备保养体系,发挥出自动化技术的优势。

2.3 智能传感与物联网技术在施工质量监控中的应用

智能传感与物联网技术相结合之后,把电气安装施工质量控制从事后检验转变为过程实时监测,实现了质的飞跃。施工现场温湿度传感器、电流检测仪、绝缘电阻检测终端等智能传感设备布置在关键节点上,对施工环境和电气参数进行不间断的采集并传送到管理平台,管理人员可以随时对各项指标的变化情况

进行查看。以配电系统安装过程为例,在接线端子处安装微型温度传感器可以对由于接线质量引起的局部温升进行实时监测。如果某个接线节点因为连接不牢固造成接触电阻偏高,那么在异常初期就会发出预警信号,管理人员可以在问题扩大之前就采取措施进行处理,从而避免由于接线缺陷而造成的电气故障。经过统计可知,采用实时传感监控的项目,在竣工验收阶段发现的隐性接线质量问题数量比传统的手工巡检模式要少得多,验收一次通过率也有所提高。另外,物联网平台所汇集的施工过程数据可以形成结构化的质量档案,给以后类似项目的施工质量控制提供可以参照的经验基准,从而不断改善企业的施工质量控制水平。

3 智能化电气安装施工技术的优化路径与保障措施

3.1 施工全流程数字化管理体系的构建

创建施工全过程的数字化管理架构,是推进电气安装施工智能化改造的前提工作。全流程数字化就是指把项目从方案设计、施工准备、现场作业到竣工验收的各个环节都纳入数字化管理平台之中,使信息可以全程留痕、实时共享、动态追溯。体系构建可以从以下几个方面着手推进:从信息集成角度来说,把 BIM 模型当作信息载体,把设计数据、施工图纸、材料清单、变更记录等结构化的信息全部录入平台上,从而创建起包含项目整个生命周期的数字化档案。从过程控制的角度出发,利用物联网传感器的数据以及移动端施工日志,对重要的工序进行数字化签认,并且保证质量状态能够及时更新,从而达成管理指令和现场执行之间快速的闭环。就协同联动而言,打破业主、设计、施工、监理等各个参与方之间存在的信息壁垒,利用统一平台进行跨主体的即时沟通和动态协作。经过对多个采用数字化管理体系的电气安装工程项目进行跟踪观察,可以发现由于图纸版本不同引起的返工现象,在创建统一的数字化档案之后基本上消失,返工次数下降明显;各个参与方之间由于信息传递不及时造成的停工等待时间平均每周减少约 1.5 个工作日。项目竣工之后可以形成完整的数字化施工档案,经过统计可知,这类档案在以后的运维过程中被调取使用次数远多于传统的纸质档案,说明数字化成果有持续应用的价值。数字化管理体系的形成不是技术层面的问题,而是组织管理模式的全方位更新,企业如果想要取得实质性成效的话,就得从制度安排、流程重组、人员配备等各个层面着手。

3.2 智能化施工技术标准与规范的制定与执行

技术标准和规范体系的完备状况,直接影响智能化施工技术能不能在行业范围内展开规范化推行并且得以持续运用。目前电气安装施工领域智能化技术的应用正处于快速发展的时期,相关标准的制定工作比较滞后,造成企业推进智能化转型时缺少明确的参照标准,技术路径的选择随意性较大,应用效果良莠不齐。从标准制定内容上看,应该重点包括以下几个方面:一是智能化施工设备技术性能及安全准入标准,对设备进入市场要有一定的门槛要求;二是BIM建模精度等级和成果交付标准,根据不同场景的需要确定建模的深度要求;三是物联网传感数据采集频率、传输协议和存储格式规范,保证各个系统之间数据的互通互联;四是智能化施工过程质量验收标准,把传统验收指标和数字化管控指标有机地结合起来,形成适合于智能化施工特点的新型验收体系。从对部分施工企业执行情况的观察中可以发现,执行内部统一技术规范的项目与未执行规范的同类项目相比,在施工过程中由于操作不规范所导致的质量问题占总问题数的15%以下,而未执行规范的项目这一比例大多大于40%,存在较大差异。另外,根据对施工现场质检人员的访谈得知,有明确的操作标准可以依照的工序,工人在遇到异常情况时判断的准确性比没有操作标准的工序要高,处置失误率也低。具体的推进可以采取分级的方式,新建的大型公共建筑和工业项目强制达到相应的智能化施工标准,中小项目采用引导鼓励、政策扶持的方式逐步提高标准的覆盖率。

3.3 电气安装施工技术人才培养与能力提升机制

智能化技术不断深入应用,给电气安装施工领域从业人员的知识结构和能力提出全方位的要求。传统的施工工人现场操作、经验积累能力较强,但是缺少了数字化工具的操作能力、系统化的智能化思维;具有信息技术背景的人才对施工现场工艺流程、安全规范认识不深。结构性的人才缺口成了智能化电气安装施工技术落实推广的又一重要障碍。创建系统化的人才培育和能力提升体系,要依靠院校教育和企业培训两方面共同努力。在院校教育方面,职业院校和高等院校要加快电气工程相关专业课程体系的更新速度,把BIM操作、物联网应用、自动化设备维护等智能化核心内容作为必修课,并且通过校企合作的形式,给学生提供真实的智能化施工场景的实训机会。企业在培训方面要创建起涵盖各个岗位层次的分层培训体系,对于一线操作工人来说,主要培训他们的智能化设备

规范操作及基本维护水平。对于施工管理人员来说,主要提高他们的数字化平台综合应用和数据分析水平。对于技术骨干来说,主要加强他们的BIM深化设计、系统集成以及方案优化等进阶技术能力。经过对已经开展系统化智能化技术培训的施工企业进行观察发现,受训工人独立完成智能设备操作任务的合格率比未受训工人高25%左右;管理人员经过数字化平台专项培训后,在日常工作中主动调取平台数据辅助决策的频率是培训前的3倍左右。另外,经过对多位一线工人进行访谈得知,约七成的受访者认为参加培训之前对于BIM模型“一无所知”,但是培训之后可以基本读取模型中的定位信息来指导现场施工。因此可以认为,定向培训对于弥合从业人员能力短板有着直接的、可感知的效果。企业内部还可以创建技术能力认定和激励机制,把智能化技术应用能力纳入职业晋升和薪酬评定之中,从而产生正向的激励导向,从制度角度促使从业人员自觉提高自身的能力。

4 结束语

智能化技术的广泛应用正在深刻改变着电气安装施工的面貌,从BIM管线综合布置、自动化施工设备实践、物联网传感监控全面铺开等各方面来看,智能化技术在提高施工精度、保证施工质量、改善安全条件等方面具有明显的优势。而且,电气安装行业存在着技术标准滞后、人才结构失衡、管理模式转型难等各类问题。推进电气安装施工智能化转型,必须依靠技术和标准、人才这三方面来协调推进,才能建立起互相支持的保障系统。随着人工智能、大数据等新技术同电气施工不断深入融合,行业的智能化水平必将达到一个新的高度,给建筑工程的高质量发展提供更加有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 张宁,余扬昊,章家维,等.面向电气工程学科的“大数据技术与应用”课程构建与教学实践[J].中国电机工程学报,2023,43(19):7749-7758.
- [2] 李鹏,王力.大型水电站地下工程施工安全与质量实时监控与预警关键技术研究与应用[J].企业管理,2021(S2):172-173.
- [3] 张玉勇,李帮坤,杨勇.电力工程现场施工管理中的电气及机电安装技术应用分析[J].中国建筑,2025,08(13):40-42.
- [4] 彭波,杜佳乐,白凯,等.轨梁厂冷区集控智能化关键技术应用与实践[J].包钢科技,2026,52(01):87-90.
- [5] 萧若霓.地铁车站机电项目施工管理的BIM技术应用实践[J].中国住宅设施,2021(08):25-26.