

智能化技术在电气安装工程中的应用研究

曹国强

中国华电科工集团有限公司, 北京 100071

[摘要] 电气安装工程正处在由传统的人工操作向智能化控制转变的过程当中。智能化技术依靠物联网感知、BIM 建模、智能控制等手段, 从提升施工效率、保障工程质量、加强安全管控等角度取得较好效果。经过研究得知, BIM 加 AR 技术使机电管线安装位置偏差由原来的 $\pm 35\text{mm}$ 减小到 $\pm 5\text{mm}$, 返工率降低 70%; 基于多传感器融合的在线监测系统可以达到 90% 以上的绝缘缺陷预警准确率。就目前技术应用存在的体系不健全、人才缺乏等状况而言, 应当从技术体系创建、平台协同治理、人员技能改善这三个方面来制定改进方案, 促使电气安装工程朝着智能化方向不断前进。

[关键词] 智能化技术; 电气安装工程; 智能监测

DOI: 10.33142/sca.v9i7.20037

中图分类号: TM9

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Technology in Electrical Installation Engineering

CAO Guoqiang

China Huadian Engineering Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: Electrical installation engineering is in the process of transitioning from traditional manual operation to intelligent control. Intelligent technology relies on Internet of Things perception, BIM modeling, intelligent control and other means to achieve good results from the perspectives of improving construction efficiency, ensuring project quality, and strengthening safety control. After research, it has been found that BIM combined with AR technology reduces the installation position deviation of mechanical and electrical pipelines from the original plus or minus 35 millimeters to plus or minus 5 millimeters, and reduces the rework rate by 70%; The online monitoring system based on multi-sensor fusion can achieve an insulation defect warning accuracy of over 90%. In terms of the current situation of incomplete system and talent shortage in technology application, improvement plans should be formulated from three aspects: technology system creation, platform collaborative governance, and personnel skill improvement, to promote the continuous advancement of electrical installation engineering towards intelligence.

Keywords: intelligent technology; electrical installation engineering; intelligent monitoring

引言

电气安装工程包含高低压配电、照明系统、弱电智能化等诸多专业方面, 施工质量同设备安全可靠运行紧密相关。传统的电气安装工程一直存在着管线密集碰撞、隐蔽工程质量控制困难、故障排查依靠人工经验等严重问题。由于工程建设规模越来越大, 传统的施工方式已经不能满足现代工程对于精度、效率、安全性的综合要求。近些年来, 建筑信息模型、物联网、人工智能等智能化手段快速渗入到工程建造当中。依靠数据驱动、实时感知、智能决策的科技力量正在改变着电气安装工程的技术流程以及管理方式。因此, 对智能化技术的应用现状和技术路线进行系统的梳理, 并且分析出它的主要优势和主要瓶颈, 提出相应的改进措施, 对促进行业转型升级有着十分重

要的意义。

1 智能化技术与电气安装工程概述

智能化技术是利用现代信息技术、自动控制技术和人工智能等手段, 使系统或者设备具有感知、分析、决策和执行功能的一种技术体系。在电气安装工程中, 智能化技术的应用主要是从三个方面来体现, 即以传感器和物联网为基础的感知层, 对设备的状态以及环境参数进行实时的数据采集; 以 BIM 和数字孪生为依托的建模层, 创建电气系统数字化映射; 以人工智能为支撑的分析决策层, 对采集到的数据进行处理分析, 给出预警和诊断建议。电气安装工程具有专业性、系统集成度高、安全要求严格等特点。传统的施工过程中, 管线综合排布依靠二维图纸, 碰撞问题一般在施工阶段才会被发现, 造成大量的返工; 设

备安装质量依靠人工抽检验收,存在检测盲区;运行维护采用定期巡检的方式,不能及时发现潜在的故障。智能化技术的价值就在于把事后处理变成事前预防,把经验判断变成数据驱动,从而系统地提高电气安装工程的技术水平和管理效能。

2 智能化技术在电气安装工程中的应用优势

2.1 提高电气安装施工效率

智能化技术可以提高施工效率,在设计协同、预制加工、现场作业这三个环节都有体现。BIM 技术创建包含多专业信息的三维数字模型,利用碰撞检测功能自动发现管线交叉问题,在设计阶段完成方案优化,防止施工阶段出现返工。通过研究可知,采用 BIM 技术进行管线综合后,变更设计的次数会减少 60%以上。在预制加工环节,BIM 模型的精确数据可以直接输入到自动化生产线中,从而实现桥架、线管、配电箱等电气构件的工厂化预制。该种数字化设计、工业化生产、装配式施工一体化模式把大量的现场作业转移到了工厂环境之中,从而大大缩短了现场施工周期。在现场作业环节中,机器人的运用改变了传统的手工操作方式。配网带电作业机器人依靠视觉识别和双机械臂配合,可以自主完成导线定位、绝缘层剥除、接地挂环安装等标准化工作,作业效率比人工提高 30%以上,而且可以避免高空带电作业的安全隐患。

2.2 提升工程质量与安全管理水平

质量控制由原来的抽样检测变为全过程的监控。使用 BIM+AR 技术时,工作人员可以借助 AR 移动终端将数字模型和现场实景叠加起来查看,实时比较安装位置同设计要求之间的差异。用 BIM 加 AR 技术之后,机电管线安装平均绝对位置偏差由原来的 $\pm 35\text{mm}$ 降到 $\pm 5\text{mm}$,核心筒对接精度达到 99%,整体返工率降低了 70%。从安全管理角度来讲,智能化技术依靠实时监测和智能预警创建起主动防控的体系。物联网感知设备可以对施工现场的电流、电压、温度等参数进行全天候采集,当监测数值超过设定阈值时,系统会自动发出报警信号,并且联动执行机构切断故障回路。和传统依靠人工巡检的模式相比,智能化监控方式把电气安全隐患的发现从事后处理变为事前预警。

3 智能化技术在电气安装工程中的具体应用

3.1 监测与故障诊断技术应用

智能监测与故障诊断技术是电气安装工程智能化的主要支撑。该技术是在电气设备的重要位置上布置各种传感器,对振动、温度、局部放电、电流等状态参数进行连续监测,并用数据分析的方法进行综合判断,从而达到对

设备健康状况做出准确评价的目的。在线监测技术的应用,使得电气设备的运维方式发生了根本性的变化。以 35kV 电缆及开关柜局部放电在线监测系统为例,该系统把高频脉冲电流、特高频和接地环流这三种监测技术结合起来,创建起一个多维感知的联合诊断体系。系统自带的 AI 专家图谱库可以自动对局部放电信号进行分析,可以识别出悬浮放电、尖端放电等五种常见的绝缘缺陷,并给出预警,准确率达到 90%以上。系统投运之后,运维人员可以利用放电趋势分析提前一个月预估绝缘变质的风险,从而达到由被动抢修转向主动预警的智慧化转变。传感器布置上,对电缆终端、中接头、开关柜断路器室等局部放电高发部位,采用多点布控方式,每个监测点设置高频电流和特高频传感器各一套,实现双重覆盖。核心设备采样频率可以达到每秒 10000 次,保证瞬态放电信号的全部记录。从诊断算法上来说,系统用卷积神经网络来提取局部放电图谱的特征,并做模式识别,对于五种典型的缺陷的识别准确率都大于 90%。系统具有自学习功能,可以依据长时间的运行数据不断改进诊断模型,从而使得预警准确率不断提高。

3.2 BIM 技术在电气安装中的应用

BIM 技术属于电气安装工程数字化的主要技术手段。它在设计深化、施工模拟、材料管理、现场安装等各个环节都有应用。设计深化阶段 BIM 技术创建出包含电气系统全部信息的三维模型,凭借可视化以及模拟性的特点,工程师可以在虚拟环境里开展管线排布改良工作,自动发现电气系统同结构构件、其他专业管线之间的碰撞冲突,从而打破设计和施工之间的信息隔阂。施工准备阶段利用 BIM 模型做施工模拟和可视化交底,使作业人员清楚地了解施工工艺和技术要求^[1]。BIM 模型可以直接产生材料清单和加工图纸,支持电气构件的工厂化预制。在施工现场安装过程中,用 BIM 模型加 AR 技术把数字信息传达到现场施工当中去。表 1 为 BIM+AR 技术比传统施工方式在机电安装精度控制上带来的提高情况。

表 1 BIM+AR 技术与传统施工方式的机电安装精度对比

对比维度	传统施工方式	BIM+AR 技术应用	改善效果
管线安装平均位置偏差	$\pm 35\text{mm}$	$\pm 5\text{mm}$	偏差缩小 85.7%
核心筒对接精度	约 90%	99%	精度提升 9 个百分点
隐蔽工程误差整改率	抽检,部分遗漏	100%	实现全覆盖
整体返工率	基准值	降低 70%	显著减少返工

3.3 智能控制系统的集成应用

智能系统集成技术把分散的电气设备、传感器、执行机构同中央控制平台联系起来,塑造起感知、传输、分析、控制的闭环体系,从而达到对照明、空调、动力、消防等电气子系统集中监控和协同治理的目的。建筑电气中智能控制系统可以对空调、照明、电梯等设备的配电情况进行实时监测^[2]。利用联动温湿度传感器调节空调的运行负荷,防止能源浪费,检测非工作时段电流变化防止设备误启动。工业生产环境里,智能控制系统对电机、变频器这些重要设备的电流、电压变动实施即时监测,一旦出现参数超出额定范围的情况就会发出警报并促使保护装置启动。经过实践证明,采用智能控制系统之后运维效率提高50%以上,综合能耗下降8%~15%。随着边缘计算技术的加入,有些分析决策工作被搬到了靠近数据源的边缘网关上,从而达到更快的本地响应和更强的断网自治的效果。

3.4 物联网技术在电气设备管理中的应用

物联网技术给电气设备全生命周期管理赋予了技术根基。通过在电气设备上安装智能感知终端,采用无线通信和云平台,对设备运行状态及能耗数据进行远程实时监测,使设备管理由原来的靠人工巡检向数字化、智能化转变。物联网系统可以对配电室总进线、分进线和终端设备进线端进行全方位的监测。监测终端由电流电压采集模块、温湿度传感器、剩余电流检测器等组成,精度为0.1~0.5级。从通信传输角度来讲,物联网系统按照应用场景选择不同的通信方式,在工业总线上采用稳定性高的工业车间场景,远距离低功耗无线通信技术适合于户外分布式场景的低功耗远距离传输,4G/5G适用于跨区域多站点的广覆盖场景。从平台管理的角度来说,物联网云平台可以对大量的配电数据进行实时的存储以及可视化地展现。平台自带智能预警系统,用阈值判定和趋势分析来找出电流过载、电压不正常等危险,从而发出警报。运维人员可以通过多种终端远程查看配电拓扑图和实时参数,也可以远程控制回路开关。

4 智能化技术在电气安装工程中的应用优化策略

4.1 完善智能化技术应用体系建设

智能化技术的应用要依靠完善的体系来支持。目前实践当中存在技术应用碎片化、标准缺失、数据接口不统一等状况,造成整体效能不能被完全释放出来。完善技术应用体系要从标准规范、数据互通、系统集成三个方面入手^[3]。从标准规范上来说,应该制定电气安装工程智能化技术应用指南和验收标准,对BIM建模深度、传感器布

置要求、数据传输协议等技术参数作出规定。从数据互通角度来讲,要创建电气安装工程的数据字典和交换标准,冲破设计软件,施工管理平台以及运维系统间的数据壁垒。从系统集成的角度来说,应该把智能化子系统加入工程总控平台中,创建起一个统一的数据汇聚和决策中枢,防止出现信息孤岛的情况。

4.2 加强智能化设备与平台协同管理

智能化设备布置、平台协同运转属于技术价值实现的中间环节。目前部分项目存在着设备选型同平台功能相脱离、数据采集同业务需求相脱节的情况,造成智能化系统建而不用或者用而不优。加强协同管理首先要做需求分析和方案设计。在设备选型时要根据工程规模、管理目标等各方面因素来确定合理的智能化配置方案。传感器布置要覆盖重要节点和高危地段,通信方式要适应现场环境条件。运行期间要形成设备和平台的日常巡检、校核制度。传感器采集的数据是否准确,会直接导致分析结果的可信度受到影响,所以要定期对传感器进行标定、比对。平台算法有效性的体现要依靠现场反馈不断改进,智能预警阈值设置要依照设备老化、环境改变动态调节。

4.3 提升电气安装人员智能化技术水平

智能化技术的运用要依靠有相关技能的人才。目前行业所面对的一个主要矛盾就是,智能化设备不断被应用,但是操作人员和维护人员的技能、素质还存在着明显的不足,成为技术推广的障碍。提高人员的技术水平要从培训体系、岗位认证、人才引进三个方面一起推进。从培训体系角度来说,应该创建分层分类的技能培训课程,管理人员重视智能化系统架构能力培训,技术人员看重BIM建模,物联网配置等实操技能培训,一线作业人员重视智能工具使用能力培训。从岗位认证角度出发,可以把智能化技能要求加入到电气安装工程的岗位能力标准里,创建起考核和认证体系。在人才引进上要同职业院校合作定向培养具有电气专业基础和智能化技术应用能力的复合型人才。

4.4 健全智能化工程运维与保障机制

智能化系统长期稳定运行要建立良好的运维和保障体系。目前一些项目在竣工移交之后,由于智能化系统缺少有效的维护而渐渐失效,技术投入不能变成持续的效益产出。健全运维保障机制要从组织架构、制度流程、技术支持三个方面着手。从组织架构上来说,要确定智能化系统运维的责任主体,设置专职或者兼职的运维人员。对规模大或者技术复杂项目采用第三方专业运维服务。从制度流程角度出发,应该制定出智能化系统运维管理的标准化流程,包含日常巡检的内容和频次、故障上报及处理流程、

系统升级和变更管理等重要部分,并且要创建运维台账制度。从技术支撑角度来说,应当同设备供应商、系统集成商创建起长久的技术服务合作关系,创建起系统备品备件库,给老旧系统的技术更新留出升级接口,削减全生命周期成本。

5 结语

智能化技术正在对电气安装工程的技术形态、管理方式造成重大改变。BIM 技术的数字化设计、智能监测系统实时诊断、物联网平台设备管理、智能控制系统协同运行等智能化手段已经渗透到电气安装工程的设计、施工、运维全过程。经过实践证明,这些技术的使用可以提高施工效率、保证工程质量、加强安全管理。但是目前智能化技术的应用还存在着体系不完善、人才短缺等问题。未来要从技术标准、平台协同、人才培养、运维保障等各方面

形成系统的优化策略,使电气安装工程朝着更加智能、更加精益的方向不断前进。

[参考文献]

- [1]刘鹏飞,张景涛,张泰然.基于传感器监测的高压电气设备安装质量检测系统[J].电气技术与经济,2025(2):213-215.
- [2]陈亮,王桂勇,班廷首,等.基于 BIM 技术住宅标准层机电安装新建造方式应用研究[J].土木建筑工程信息技术,2025,17(5):92-97.
- [3]曹丹娟.智能化技术在建筑电气工程数字化转型设计中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025(2):267-269.

作者简介:曹国强(1986—),男,河南巩义人,工程师,郑州大学自动化专业毕业,现就职于中国华电科工集团有限公司,从事工程造价工作。