

电力及电气安装工程管理中新型电气自动化技术运用分析

刘冬 李琪

国家电投集团工程有限公司 上海市 201100

摘要：随着我国经济社会高速发展，对电力供应的可靠性、稳定性与经济性提出更高要求。电力及电气安装工程作为电力系统建设的基础，其管理水平关乎电网安全与效能。传统工程管理模式存在信息滞后、依赖人工、协同性差等问题，难以适应现代电力建设需求。本文深入分析新型电气自动化技术在电力及电气安装工程管理全生命周期（项目规划、设备安装、调试运行、运维管理）中的具体运用与实践价值。文章先阐述工程管理面临的挑战及与自动化技术融合的必要性，再系统论述物联网、大数据等新型技术的核心构成，重点剖析其在安全、进度、质量、成本控制等关键环节的应用模式与成效，最后总结应用挑战并展望发展趋势。研究表明，深度融合新型电气自动化技术是提升工程管理现代化水平、实现精益化管理的必由之路。

关键词：电气自动化；工程管理；物联网；人工智能；智能运维

1. 引言

电力及电气安装工程是涵盖变电站建设、线路敷设、配电系统安装、自动化系统集成等内容的综合性工程。它具有技术密集、专业交叉、安全要求高、工期紧张、参与方众多等特点。传统的工程管理主要依赖于管理人员的个人经验、纸质文档流转和阶段性的人工检查，这种模式存在信息传递效率低、过程管控不透明、安全风险预警滞后、资源调配不精准等一系列问题。例如，在大型变电站建设中，设备到货信息、安装进度、调试数据分散在各个施工队和工程师手中，项目经理难以及时获取全局、准确的信息，导致决策延迟，甚至可能引发返工和工期延误。

在此背景下，以数字化、智能化为核心的新型电气自动化技术的兴起，为破解上述管理难题提供了强有力的技术支撑。这些技术不再是传统意义上局限于控制电机启停或流程逻辑的自动化，而是融合了现代信息通信技术，能够实现状态全面感知、信息高效处理、决策智能生成与执行精准控制的综合性技术体系。将此类技术系统性地应用于工程管理，并非简单地将纸质流程电子化，而是对管理理念、组织架构和业务流程的一次深刻变革。本文即立足于这一变革视角，系统分析新型电气自动化技术如何赋能电力及电气安装工程管理，提升其整体效能。

2. 新型电气自动化技术的核心构成

要理解其在管理中的应用，首先需厘清其技术内涵。

新型电气自动化技术是一个集成性概念，主要由以下几项关键技术构成：

2.1 物联网技术

物联网是实现工程管理“可视化”与“可感知化”的基石。通过在施工现场、电气设备、施工机具乃至人员安全帽上部署各类传感器（如温湿度传感器、振动传感器、定位模块、RFID标签、高清摄像头等），可以实时采集环境参数、设备状态、人员位置、作业影像等海量数据。这些数据通过无线网络传输至管理平台，从而将物理世界中的工程要素与数字世界中的管理模型紧密连接起来，为后续的数据分析与智能决策提供了数据源头^[1]。

2.2 大数据与云计算技术

物联网传感器产生的数据是海量且多元的。大数据技术负责对这些数据进行存储、清洗、整合与分析，从中挖掘出有价值的信息。例如，通过分析历史安装数据，可以预测特定工序的合理工期；通过分析设备运行数据，可以预判其潜在故障。而云计算平台则为海量数据的处理与存储提供了弹性的、成本可控的计算资源，使得项目各方可以随时随地通过终端访问统一的云管理平台，实现了数据的协同与共享。

2.3 人工智能与机器学习技术

人工智能，特别是机器学习技术，已然成为赋予管理系统“智能”的核心驱动力。借助对海量工程数据的深度学习与挖掘，这些数据涵盖图纸、规范、历史事故案例以及施

工影像等多元类型, AI 模型能够发挥出强大且多元的功能。

其一,在图像识别方面, AI 模型可对监控视频进行实时分析,自动精准识别人员是否佩戴安全帽、有无擅自进入危险区域等违规行为,一旦发现违规,立即自动抓拍并触发报警机制,有效提升安全管理效率与精准度。其二,在预测性维护领域,基于设备运行数据, AI 模型能深入分析设备状态,精准预测变压器、开关柜等关键设备在未来特定时间段内的故障概率,助力管理人员将传统的“事后维修”模式转变为“事前维护”,大幅降低设备故障风险与维修成本。其三,在智能规划与优化环节, AI 模型可辅助管理人员综合考量多种因素,优化施工方案、合理规划物料供应计划以及科学安排人员调度,实现工程管理的精益化与高效化。

2.4 数字孪生技术

数字孪生是上述技术的集大成者。它通过在虚拟空间中构建一个与物理工程实体完全一致的数字化模型。这个模型不仅是三维可视化的,更是可计算、可模拟、可预测的。在工程管理中,管理人员可以在数字孪生体上进行施工模拟,提前发现设计与施工方案的碰撞冲突;可以实时映射物理现场的进度与状态,实现远程精准管控;还可以在虚拟环境中进行应急预案演练和操作人员培训。

3. 新型自动化技术在工程管理关键环节的具体应用

3.1 在安全管理中的应用: 从事后追责到事前预防

安全是电力工程的生命线。新型自动化技术将安全管理从被动响应提升为主动预防。

1. 人员安全智能监控: 为施工人员配备集成定位和生命体征监测的智能安全帽。系统可实时监控人员位置,一旦未经授权进入高压危险区或受限空间,系统立即发出声光报警并通知管理人员。同时,通过部署在现场的 AI 摄像头,自动识别未正确佩戴安全防护用品、吸烟等违规行为,并实时推送告警。

2. 设备状态在线监测与预警: 在安装调试阶段,对关键电气设备(如电缆接头、断路器)安装无线测温传感器,实时监测其温度变化。一旦发现温度异常升高,系统可提前预警,避免因接触不良、过载等原因引发火灾或设备损坏事故^[2]。

3. 安全作业流程电子化与强制校验: 将高风险作业(如高压倒闸操作、带电作业)的审批流程和操作规程嵌入移动端。作业前,系统强制要求操作人员逐项确认安全措施,并通过扫码核对设备编号,从根本上杜绝误操作。整个作业过程

的关键节点数据被自动记录,形成不可篡改的电子档案。

3.2 在进度管理中的应用: 从粗放估算到精准控制

传统进度管理依赖人工填报和周例会,信息滞后且失真。新型技术实现了进度的实时、透明化管控。

1. 基于物联网的进度自动采集: 在重要设备上粘贴RFID 或二维码标签。当设备完成进场、安装、接线、调试等工序时,施工人员只需用手持终端扫描标签并确认,进度数据便自动更新至云平台。项目经理可以像查看快递物流一样,实时追踪每一个设备、每一道工序的完成状态。

2. 4D-BIM 与进度模拟: 将三维建筑信息模型与时间维度相结合,形成 4D 模型。管理者可以在电脑上直观地模拟整个项目的施工进程,将实际进度与计划进度进行可视化对比,快速发现偏差^[3]。例如,模型可以清晰显示出因某一区域电缆桥架安装延误,将如何影响后续通风管道和消防管道的安装。

3. 数据驱动的进度预测与预警: 系统整合天气、物料供应、劳动力等数据,利用机器学习算法分析当前进度趋势。当系统预测到可能因某些因素导致工期延误时,会提前向管理者发出预警,并辅助分析关键路径,为调整资源、优化工序提供决策支持。

3.3 在质量管理中的应用: 从结果验收到过程精品

工程质量决定了电力系统长期运行的可靠性。自动化技术将质量管理贯穿于每一个施工环节。

1. 安装工艺标准化与指导: 对于复杂的接线、压接等工艺,通过 AR 技术,施工人员佩戴 AR 眼镜后,设备内部的标准接线图、扭矩要求等虚拟信息会叠加在真实视野中,一步步指导其完成规范操作,极大降低了人为错误率。

2. 隐蔽工程数字化档案: 对埋设的电缆管线、接地网等隐蔽工程,在施工过程中即通过移动终端记录其精确的地理位置、埋深、材质等信息,并附上施工过程中的影像资料。这些数据与 BIM 模型关联,形成完整的数字化档案,为后续的运维、扩建和故障定位提供极大便利。

3. 调试数据自动记录与分析: 在系统调试阶段,利用智能继电保护测试仪、在线监测装置等自动化设备,对保护定值、断路器动作时间、绝缘电阻等参数进行测试,测试数据自动上传并生成报告。系统可自动判断测试结果是否合格,并与设计值、出厂值进行比对分析,确保安装调试质量完全符合标准。

3.4 在成本与物料管理中的应用：从经验估算到精益控制

1. 物料精准管理与追踪：利用物联网技术，对仓库中的电缆、开关、元器件等主要材料进行二维码/RFID管理。物料从入库、出库到安装使用，全流程可追溯。系统可以设置库存预警线，当库存低于安全值时自动生成采购建议，避免因缺料停工或过量囤积占用资金。

2. 能耗与机械使用效率监控：在临时供电线路和大型施工机械上安装智能电表，实时监测能耗数据。通过分析不同班组、不同工序的能耗情况，可以发现能源浪费点，优化施工方案。同时，对机械的运行时间、工况进行监控，实现预防性维护，提高设备利用率和寿命^[4]。

3. 基于数据的成本动态核算：管理系统将进度、物料、人力等数据自动汇总，并与预算进行动态对比。管理者可以随时查看项目成本的实时执行情况，精确了解哪些分项工程超支、哪些节约，从而实现成本的动态控制和精细化管理。

4. 应用过程中面临的挑战与对策

尽管新型自动化技术前景广阔，但在实际推广应用中仍面临诸多挑战：

1. 初始投资成本高：传感器、硬件设备、软件平台及系统集成的初期投入较大，可能使部分中小型工程企业望而却步。对策：可以采取分阶段实施的策略，优先在安全风险高、质量要求严、规模大的项目中试点应用，待见到实效后再逐步推广。同时，探索设备租赁、云服务等轻资产模式以降低门槛^[5]。

2. 技术融合与数据孤岛问题：新建系统需要与已有的设计软件、财务软件、OA系统等打通，不同厂商的设备与系统之间存在数据接口不兼容的问题。对策：在项目规划初期就制定统一的数据标准和接口规范，优先选择开放性好、兼容性强的平台型解决方案。

3. 人员技能与思维转变：传统管理人员和施工人员可能对新技术存在抵触心理或技能短板。对策：企业需要制定系统的培训计划，提升全员数字化素养。同时，通过管理制度变革，将新技术的使用与绩效考核挂钩，激励员工主动学习和应用。

4. 数据安全与隐私保护：海量的工程数据，特别是涉及电网地理信息、关键设备参数等，具有很高的安全敏感性。对策：必须建立完善的数据安全管理制度，采用数据加密、访问权限控制、私有云部署等技术手段，确保核心数据不被

泄露和篡改。

5. 结论与展望

综上所述，将物联网、大数据、人工智能等新型电气自动化技术融入电力及电气安装工程管理，已不再是可有可无的选择，而是行业发展的必然趋势。它通过实现全要素的实时感知、数据的深度挖掘和过程的智能决策，深刻地改变了传统管理模式，在安全、进度、质量和成本四大核心控制领域均展现出显著优势，有效提升了工程管理的精细化、透明化和智能化水平。

展望未来，随着技术的不断演进，电力及电气安装工程管理将呈现以下发展趋势：

1. 决策自主化：AI将不再仅限于辅助决策，而是在更多标准化、重复性的管理任务中实现自主决策与执行。例如，系统可根据实时进度和资源状态，自动下达工单、调整施工顺序。

2. 全生命周期一体化：工程阶段形成的数字孪生模型和数据资产，将无缝对接到后续的运维阶段，实现从“建造”到“运营”的全生命周期数据闭环管理，为智能电网提供最基础、最准确的数字底座。

3. 产业链协同生态化：基于云平台的管理将突破单个项目的界限，连接业主、设计、施工、设备供应商等所有参与方，形成一个高效协同的数字化生态系统，极大提升整个产业链的运作效率。

总而言之，积极拥抱并成功应用新型电气自动化技术，是电力建设企业提升核心竞争力、保障国家能源基础设施安全可靠、推动行业高质量发展的关键路径。这要求企业不仅要在技术上投入，更要在管理理念、组织文化和人才培养上进行一场深刻的自我革新。

参考文献：

[1] 史丹. 电气自动化技术在电力工程中的应用 [J]. 价值工程, 2024, 43(34): 152-154.

[2] 林辉辉. 电气自动化技术在电力设备节能管理中的创新应用 [J]. 电力设备管理, 2025, (20): 265-267.

[3] 吴鹏. 人工智能技术在电力设备运维中的应用及未来发展趋势探析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2025, 15(01): 273-275.

[4] 贲传星, 王文清, 陈家辉. 电力工程中电气自动化技术的分析和应用 [J]. 现代工业经济和信息化, 2025, 15(07): 127-129.

[5] 叶秀虹, 俞锦. 电气自动化在电力工程中的应用 [J]. 光源与照明, 2024, (11): 213–215.

作者简介: 刘冬, 出生年月: 1988.10.09, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山西省忻州市偏关县, 学历: 本科, 从事的研究

方向或工作领域: 新能源建设电气管理方向

李琪, 19870107, 男, 汉, 陕西省蒲城县, 本科, 工程师, 从事新能源建设电气管理方向。