

新时期配网电力工程自动化施工管理技术

答浩波

420325*****1930

摘要: 随着智能电网建设的深入推进与“双碳”战略目标的实施,配电网作为连接主网与用户的“最后一公里”,其智能化、自动化水平直接关系到供电可靠性、电能质量及能源利用效率。传统的配网施工管理模式已难以适应高渗透率分布式能源接入、多元负荷增长以及高自愈性要求的新形势。本文聚焦于新时期背景下配网电力工程自动化施工管理技术,首先阐述了自动化施工管理的内涵与必要性;进而从设计协同数字化、物料管理智能化、施工过程可视化与精准化、质量安全管控集成化以及调试投运远程化等核心环节,系统分析了关键技术体系的应用与创新;最后,探讨了面临的主要挑战并展望了融合数字孪生、人工智能等前沿技术的发展趋势。研究表明,构建以数据驱动为核心、全流程数字化管控为特征的自动化施工管理体系,是提升配网工程建设质效、支撑新型电力系统建设的必然路径。

关键词: 配电网; 电力工程; 自动化施工; 施工管理; 智能管控; 数字化技术

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.005

引言

配电网是电能分配的核心网络,直接面向终端用户,其运行状态与建设质量深刻影响着社会经济发

展的能源保障水平。进入新时期,以可再生能源为主体的新型电力系统构建进程加速,分布式光伏、储能、电动汽车等柔性负荷大规模接入,对配电网的灵活性、自适应能力和可靠性提出了前所未有的高标准。与此同时,云计算、物联网(IoT)、大数据、移动互联、人工智能(AI)及机器人技术等新一代信息技术的迅猛发展,为变革传统工程建设模式提供了强大动能。在此背景下,配网电力工程的施工管理正经历从依赖人工经验、纸质流程、离散管控向数字化、自动化、智能化方向的深刻转型。

传统的配网工程施工管理普遍存在信息不对称、流程协同效率低、现场管控粗放、质量安全风险管控依赖人为监督、竣工资料整理滞后等问题,难以满足项目周期短、技术复杂度高、质量要求严、环境多变的现代配网工程建设需求。自动化施工管理技术,旨在通过技术手段的深度融合与应用,实现工程全生命周期内规划、设计、采购、施工、调试、验收各环节数据的自动采集、智能分析与决策支持,以及对人员、机械、物料、方法、环境的精准、高效、协同管控。这不仅是提高工程建设效率、降低成本和保障安全质量的内在需要,更是推动配电网向智能、可靠、绿色、高效方向升级,支撑能源转型战略落地的关键基础。因此,深入研究与推广应用新时期配网电力工程自动化施工管理技术,具有

极其重要的理论价值与现实意义。

1 自动化施工管理的内涵与技术架构

新时期配网电力工程自动化施工管理,并非简单指施工环节的机械化或自动化作业,而是一个贯穿工程项目全生命周期的系统性管理理念与技术体系。其典型技术架构通常包括以下层次:

感知执行层: 由部署于现场的各种智能传感设备、智能施工机具以及移动智能终端构成,负责实时采集人、机、料、法、环等全方位数据,并执行系统下达的指令[1]。

网络传输层: 依托电力专网、5G、LoRa、NB-IoT等混合通信网络,实现感知层与平台层之间海量、异构数据的可靠、低延时、安全传输。

平台支撑层: 即施工管理数字平台,是自动化管理的“大脑”。它基于云平台或边缘计算架构,集成BIM(建筑信息模型)/GIS(地理信息系统)引擎、物联网平台、大数据分析平台、AI算法库等,提供数据汇聚、存储、处理、建模与分析的核心能力。

应用服务层: 面向设计、物资、施工、安质、调试等不同业务角色,提供具体的数字化应用功能,如数字化设计交底、智能物料追踪、施工进度三维可视化、安全风险智能预警、远程质量验评、自动竣工资料生成等,实现管理业务的自动化与智能化。

标准规范与安全体系: 贯穿各层的技术标准、数据

标准、管理规范以及网络安全、数据安全防护体系，保障整个系统有序、可靠、安全运行。

2 设计协同与数字化交底技术

设计是工程的源头，自动化施工管理始于设计的数字化与协同化。基于 BIM 技术构建配网工程三维信息模型，将电气一次、二次设备、土建基础、管线通道等所有要素集成于统一平台，实现设计信息的结构化、可视化与可计算。

多专业协同设计：电气、结构、通信等专业在设计阶段基于同一模型并行工作，自动进行碰撞检查、间距校验，提前发现并解决设计冲突，大幅减少施工阶段的变更与返工。

数字化设计成果交付与交底：将传统的二维图纸、文字说明转变为富含几何信息、属性信息、逻辑关系的三维 BIM 模型。施工单位可通过移动终端或 AR（增强现实）设备，在施工现场直接调阅模型，进行可视化的技术交底。施工人员能够直观理解设备安装位置、接线方式、空间关系，显著降低识图误差，提高交底效率与效果^[2]。

设计数据自动流转：BIM 模型中的设备清单、材料规格等信息可自动导出，与物资采购系统、工程量计算系统对接，为后续的智能物料管理和进度计划编制提供精准数据基础。

3 智能物料与供应链管理技术

物料管理是影响工程进度与成本的关键环节。自动化施工管理通过物联网与信息技术，实现物料从采购、仓储、运输到现场使用的全过程可追溯、可管控。

物资编码与标识：为所有主要设备和材料赋予唯一的 RFID 电子标签或二维码。标签内存储物料编码、规格型号、生产批次、供应商信息、质检报告等关键数据。

智能化仓储与配送：在中心库和现场临时仓库部署 RFID 读写设备、智能货架，实现物资的自动化盘点、快速出入库。系统根据施工进度计划（WBS），结合物联网定位数据，自动生成最优的配送计划，确保物料“准时制”到达作业点，减少现场堆积和二次搬运。

现场物料精细管理：施工人员通过手持终端扫描物料标签，即可完成领用、安装等操作记录，系统自动更新物料状态与位置信息。管理者可实时查看各类物料的到场情况、库存状态、使用去向，实现对物料消耗的精准控制，有效杜绝错用、丢失和浪费^[3]。

4 施工过程可视化与精准化管控技术

施工过程是自动化管理的核心应用场景，重点在于实现作业过程的可视、可知与可控。

进度管理可视化：将施工进度计划（如甘特图）与 BIM 模型中的构件、工序进行关联。通过现场移动终端上报的每日完工量、无人机定期航拍的正射影像与三维实景模型，系统自动对比实际进度与计划进度，在三维场景中以不同颜色直观显示进度偏差（如绿色代表正常，红色代表滞后），并预警关键路径上的延期风险。

作业指导与工艺标准化：针对复杂的安装、接线、调试工序，制作三维动画或 VR（虚拟现实）模拟作业指导书，推送到作业人员终端。通过 AR 技术，可将虚拟的操作步骤、接线图、工艺标准叠加在真实设备上，引导施工人员按标准流程规范作业，确保施工工艺质量。

人员与机械智能调度：基于定位技术（如 UWB、蓝牙信标）和电子围栏，实时掌握各类人员（管理人员、技术人员、作业人员）及施工机械（吊车、挖掘机）的位置与活动轨迹。系统可根据作业任务、人员技能资质、机械状态等信息，进行动态的任务分派与资源优化调度，提高现场协同效率^[4]。

自动化施工装备应用：在条件允许的环节，推广使用自动化施工设备。例如，电缆自动剥切与压接设备，能保证接头工艺的一致性；无人机可用于线路巡检、通道勘测和工程进度复核；特种机器人可用于电缆管道穿缆、狭窄空间设备安装等危险或困难作业，提升施工安全性、质量和效率。

5 质量与安全集成化管控技术

质量与安全是工程建设的生命线，自动化管理技术通过主动预防与实时监控，实现从“人防”到“技防”的转变。

质量验评过程数字化：将国家、行业质量标准及验评规范内置到管理系统中。现场质检人员使用移动终端，依据标准条目，通过拍照、录像、填写数据等方式在线完成检验批、分项工程的验收评定。数据实时上传，系统自动生成验评记录，并与 BIM 模型构件关联，形成可追溯的数字化质量档案。

隐蔽工程可视化留痕：对电缆接头制作、接地网敷设等关键隐蔽工序，要求施工人员通过智能安全帽摄像头或专用记录仪，对关键工艺步骤进行第一视角视频录制或 360 度全景拍照，并上传至系统与相应模型位置绑定，作为后续验收、运维的重要依据。

安全风险智能预警与管控：人员安全：通过智能安全帽集成传感器，实时监测作业人员体温、心率等生理状态，以及是否发生跌落、撞击。结合电子围栏，对未经授权进入危险区域（如带电间隔、开挖深坑）的人员发出声光报警和系统告警。环境与设备安全：在现场部署传感器，监测风速、降雨、温湿度等气象条件，以及基坑边坡稳定、临时用电安全状态^[5]。当监测值超过阈值时，系统自动向相关管理人员和现场人员推送预警信息，并提示或启动应急预案。行为识别：利用部署在关键作业点的视频监控，结合 AI 图像识别算法，自动识别人员未正确佩戴安全帽、高处作业未系安全带、违章跨越等不安全行为，实时抓拍并报警，实现全天候、无死角的自动安全监督。

6 调试投运与竣工移交远程化、自动化技术

工程后期调试与移交工作的自动化，能有效缩短送电周期，提升档案管理质量。

远程调试与预验收：对于具备条件的自动化设备（如智能开关、FTU/DTU），可利用通讯网络，由调试人员在后台或异地远程下发测试指令、召测数据、验证逻辑功能，减少现场往返，提高调试效率。配合视频会议系统，可组织远程预验收。

竣工资料自动生成与移交：施工过程中积累的各类数字化记录（设计变更、物料信息、质检记录、试验报告、隐蔽工程影像等），由系统按照预设的归档标准和格式，自动分类、整理、组卷，生成结构化的数字化竣工档案。该档案可与资产管理系统、电网 GIS 平台实现一键移交，确保“图实一致”、数据完整，极大减轻竣工资料整理工作量，并为后续的智能运维提供精准的数据基础。

7 面临挑战与发展趋势

尽管自动化施工管理技术展现出巨大潜力，但在实际推广中仍面临诸多挑战：一是初始投资成本较高，对中小型施工企业构成压力；二是技术标准体系尚不完善，不同厂商系统间的数据互联互通存在障碍；三是传统管理思维和作业习惯的转变需要过程，对人员数字素养和技能提出了新要求；四是网络安全与数据隐私保护风险随之增加。

展望未来，配网电力工程自动化施工管理技术将呈现以下发展趋势：一是与数字孪生（Digital Twin）深度结合，构建与物理工程全程同步映射的虚拟模型，在数

字世界进行施工全过程模拟、方案优化和风险预测，实现真正的“先虚后实”建设。二是人工智能（AI）应用将更加深入，从风险识别、进度预测扩展到自动生成施工方案、优化资源调配、智能诊断施工质量缺陷等领域。三是机器人技术与自动化装备应用范围将进一步扩大，从辅助作业走向主体施工。四是平台将向一体化、云原生、微服务架构演进，更灵活地响应业务需求变化。五是更加注重绿色施工的智能化管控，通过优化施工组织、降低能耗物耗，助力“双碳”目标实现。

8 结语

新时期赋予配电网建设更高的使命与要求，推动施工管理向自动化、智能化转型升级已是大势所趋。本文系统探讨了以数字化、网络化、智能化为特征的配网电力工程自动化施工管理技术体系，涵盖了从设计到移交的全过程关键环节。实践证明，该技术体系能够有效破解传统管理模式的瓶颈，显著提升工程质量、安全、效率和经济效益，是实现配网工程精益化管理的核心手段。

然而，技术的成功应用并非一蹴而就，它需要建设方、设计方、施工方、设备供应商及软件开发商等多方协同，在技术标准统一、管理模式革新、人员能力培养、安全体系建设等方面持续努力。未来，随着数字孪生、人工智能等前沿技术的深度融合与应用，配网电力工程自动化施工管理将迈向更高水平的智慧建造新阶段，为构建安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化配电网，支撑新型电力系统建设和能源革命提供坚实保障。持续深化相关技术研究与实践探索，具有长远而重大的战略意义。

参考文献

- [1] 赵鑫. 电力工程技术在智能电网建设中的应用[J]. 光源与照明, 2025, (09): 239-241.
- [2] 何春光. 配网电力工程技术可靠性影响因素与提升策略[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2025, 18(03): 76-78.
- [3] 汤茗茗. 电力工程中的电力自动化技术分析[J]. 电力设备管理, 2025, (14): 228-230.
- [4] 张雅琼. 基于配网抢修指挥故障研判策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (19): 7-9.
- [5] 倪焯峰. 配网电力工程自动化技术研究[J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1): 465-466.