

Optimization of Standardized Workflow for Internal Wiring Installation in Power System Automation Context

Tianyong Gao

Yunfeng Power Plant, State Grid Northeast Branch Lvyuan Hydropower Company, Ji'an, Jilin, 134200, China

Abstract

With the advancement of power system automation, the standardization, refinement, and intelligentization of low-voltage internal wiring installation have become critical factors influencing project quality and operational safety. Traditional internal wiring installation faces challenges such as inconsistent management standards, arbitrary operations, and low digitalization levels in process coordination, quality inspection, and safety control, which fail to meet the high reliability and traceability requirements of automated systems. Based on the power system automation framework, this paper proposes an optimized workflow system integrating "standardized operations + digital monitoring + intelligent evaluation." Through process reengineering, templating, and data-driven management, the study achieves a transition from experience-based to standard-driven practices. The research demonstrates that the optimized standardized workflow reduces construction error rates by 28%, shortens project timelines by 15%, and significantly enhances the safety and consistency of electrical installations. This provides an effective pathway and technical support for digital and intelligent management of power engineering construction quality.

Keywords

power system automation; internal wiring installation; standardized operation

电力系统自动化背景下内线安装标准化作业流程优化

高天勇

国网东北分部绿源水力发电公司云峰发电厂，中国·吉林集安 134200

摘要

随着电力系统自动化水平的提升，低压内线安装的标准化、精细化与智能化已成为影响工程质量与运行安全的关键。传统内线安装管理模式、工序衔接、质量检验及安全控制方面存在标准不统一、操作随意和信息化水平低等问题，难以满足自动化系统的高可靠性与可追溯性要求。本文基于电力系统自动化框架，提出“标准作业+数字监控+智能评估”的流程优化体系，通过工序再造、作业模板化与数据化管理，实现由经验驱动向标准驱动的转变。研究表明，优化后的标准化流程可降低施工差错率28%，缩短工期15%，显著提升电气安装的安全性与一致性，为电力工程施工质量的数字化与智能化管理提供了有效路径与技术支撑。

关键词

电力系统自动化；内线安装；标准化作业

1 引言

随着我国电网规模的快速扩展与智能电力系统建设的加速推进，电气安装工程在整体电力系统中的地位愈加突出。内线安装作为电气安装的重要组成部分，直接关系到设备运行的可靠性和系统安全性。然而，在自动化系统要求日益严格的背景下，传统内线施工流程仍存在操作不规范、管理粗放、质量波动大的问题。施工环节依赖人工经验、缺乏标准模板与数据支撑，导致安装精度与一致性难以保障。电

力系统自动化的发展要求施工过程实现“全过程标准化、全链条可控化、全数据可追溯化”。本文以电力系统自动化为研究视角，探讨内线安装标准化流程的优化路径，从流程设计、管理机制与智能管控三方面提出改进措施，为电气工程施工现代化提供理论依据与实践范式。

2 电力系统自动化与内线安装标准化的关联分析

2.1 电力系统自动化的发展与施工要求变化

随着通信、传感、控制及智能决策技术的快速发展，电力系统正逐步迈向高度自动化与智能化阶段。自动化系统通过实时数据采集与动态调控，实现对电网运行状态的精准监测与自适应调节，其运行安全性与稳定性高度依赖于电气

【作者简介】高天勇（1971-），男，中国吉林集安人，本科，工程师，从事电力工程技术/生产运行—电力系统及其自动化/内线安装研究。

安装质量。特别是低压内线工程，作为自动化系统信号与电能传输的关键载体，其导线布局合理性、连接牢固性及接地可靠性直接影响控制系统的响应速度与精度。自动化设备如继电保护装置、智能终端及通信模块等，对布线规范、接触电阻、屏蔽措施及标识管理均提出更高要求。若安装过程存在虚接、干扰或接地不良问题，将可能引发系统误动或信号丢失，甚至导致设备故障。因此，建立科学、统一的内线施工标准体系，是保障电力系统自动化安全高效运行的基础前提。

2.2 内线安装施工的传统问题与标准化缺失

传统低压内线施工普遍依赖经验操作，缺乏系统的标准指导与质量评估机制，导致施工过程规范性不足。主要问题表现在：一是设计与施工脱节，图纸信息传递不充分，现场布线存在随意性与重复调整现象；二是工序衔接混乱，不同施工班组缺乏统一作业标准，接线方式与工艺质量不一致；三是质量控制体系不完善，施工记录缺失或滞后，难以实现质量追溯与统计分析；四是安全管理意识薄弱，绝缘检测、接地验证及回路标识等环节执行不到位。上述问题不仅降低了施工效率与设备可靠性，还为电力系统自动化运行埋下安全隐患。缺乏标准化指导的施工模式难以满足自动化系统对高精度、高稳定性布线的需求，亟需建立以标准化为核心的施工与质量管理体系，实现全流程的科学管控。

2.3 标准化作业在自动化施工体系中的意义

标准化作业是电力自动化施工体系实现精细化与智能化管理的关键。通过制定统一的技术标准、作业规范与验收程序，可实现从设计、施工到检测的全过程一致性，确保“人、机、料、法、环”五要素均处于受控状态。标准化不仅能提高施工质量与效率，还能为智能监测与数据分析提供准确的基础数据支撑，促进施工现场与数字化管理平台的无缝衔接。在自动化施工体系中，标准化流程为 BIM、物联网及 AI 决策提供了结构化数据基础，使施工过程可量化、可追溯、可评估。同时，标准化作业实现了风险前移与事前控制，通过规范化操作有效降低人为失误与安全隐患。其在保障电力系统可靠运行、提升工程管理水平及推动行业智能化升级方面具有重要战略意义。

3 内线安装标准化作业流程优化的总体思路

3.1 优化目标与原则

低压内线工程标准化流程优化的核心目标是实现“工序清晰、责任明确、信息可溯、质量可控”，以提高工程质量与管理效率^[1]。优化工作应遵循系统性、协同性、数据驱动与安全优先四大原则。系统性原则要求流程覆盖设计、施工、检测与验收全过程，形成完整的闭环管理；协同性原则强调不同工种、环节与部门之间的信息共享与作业衔接，避免工序断层与资源浪费；数据驱动原则要求以监测数据、检测结果和施工记录为依据，实现动态优化与实时反馈；安

全优先原则则在各阶段设置安全控制节点，通过监测电气安全参数、作业环境与设备状态，防范潜在风险。通过上述原则的协同应用，可建立高效、透明、可追溯的质量管控体系，为工程管理的科学化与精细化提供制度基础。

3.2 标准化作业流程框架设计

优化后的标准化作业流程共分为设计准备、材料检验、安装实施、检测验证与信息归档五个核心阶段。设计准备阶段依据施工图纸与系统自动化要求，构建线缆布线规划模型，明确工序顺序与质量目标；材料检验阶段对导线、端子、接头及绝缘材料进行性能检测与二维码编码，实现材料全生命周期管理；安装实施阶段推行模板化作业方法，采用分区分层布线与标准化压接工艺，确保布设间距、弯曲半径及压接力矩符合技术规范；检测验证阶段利用智能检测设备开展导通性、绝缘性及信号质量测试，确保电气性能满足标准要求；信息归档阶段通过数字化系统记录施工数据、检测结果与评估报告，形成结构化质量档案，实现可追溯管理。该流程体系以规范化、透明化为特征，有效减少施工误差与质量偏差。

3.3 标准化流程与信息化平台融合路径

为实现标准化作业体系与信息化管理的深度融合，应构建“标准化作业+信息化监管+智能分析”的综合管理平台。平台以 BIM 模型为核心载体，将设计、施工与监测数据进行空间关联，实现可视化管理。通过集成物联网、云数据库与移动终端，实现施工状态的实时监控、数据采集与多端协同。系统内置质量控制算法与风险识别模型，可依据监测数据自动生成预警提示与优化建议，支持管理人员进行科学决策。平台还可实现各环节的动态追踪与责任分级管理，使施工过程从人工经验驱动转向数据驱动，形成“标准引导、数据支撑、智能决策”的管理新模式。该融合路径有效提升了施工信息化水平，为电气工程质量管控的智能化转型提供了可复制的技术框架与实践路径。

4 内线安装标准化作业关键技术研究

4.1 流程模板化与作业标准建立

流程模板化是实现施工过程标准化与质量一致性的核心环节。针对低压内线施工中不同场景（如配电箱布线、桥架敷设、控制柜接线等），应制定覆盖全流程的统一作业模板与质量控制标准。每个作业模板需明确操作步骤、工艺参数、验收标准及检测方法，确保施工过程有章可循。通过模板化作业，可以显著减少因人员经验差异导致的质量波动，保证关键环节操作的一致性与可追溯性。例如在端子压接环节，采用标准化压接力矩模板，可有效防止接触不良和虚接现象。模板应与数字化施工管理系统相结合，实现作业标准的动态调用与过程记录，为质量管控提供制度化与数据化支撑，从而实现工程施工过程的规范化、精准化与可复制化管理。

4.2 智能检测与实时质量监控技术

智能检测技术是实现施工质量动态监控与过程闭环控制的重要支撑。通过部署物联网传感器,对导线温度、压接电阻、绝缘电阻及回路电流等关键指标进行实时监测,采集数据经无线传输终端上传至云端数据库,形成多维度施工质量监控体系。系统结合阈值判断与趋势分析算法,自动识别异常工点并生成预警信息,管理人员可通过移动终端实时掌握施工状态。该技术有效克服了传统人工巡检的局限,显著提高了监测精度与响应速度。通过将检测环节前移,实现从“事后检测”向“过程控制”的转变,既提高了施工质量的可控性,又减少了人工检测成本与返工风险,为工程管理智能化提供了技术保障。

4.3 数据驱动的质量分析与反馈机制

数据驱动的质量分析机制是实现智能决策与持续改进的关键环节。系统通过融合历史施工数据与实时监测数据,构建基于多维特征的质量评估模型,对施工质量进行综合判定与趋势分析。采用机器学习算法(如随机森林、支持向量机等)识别质量异常与潜在风险点,实现施工过程的预测性管控。当系统检测到偏离标准的工况时,可自动将分析结果回传至作业端,指导施工人员调整操作参数或工艺流程,形成“分析—反馈—调整”的动态闭环。该机制实现了从数据采集到智能决策的全链条优化,不仅提升了问题响应效率,也推动了施工质量从经验管理向数据驱动管理的转型,为实现低压内线工程的智能化、精细化管控提供了可靠支撑。

5 标准化作业流程的优化实施与应用成效

5.1 优化实施的步骤与要点

标准化流程优化的实施需遵循“试点—推广—优化”的渐进策略,以确保体系构建的科学性与可操作性。试点阶段选取典型自动化配电工程项目,通过标准化作业模板、工序规范及数字化记录手段验证可行性与适应性;推广阶段在总结试点经验的基础上,制定企业级标准作业规范、质量检查流程与人员培训体系,确保不同项目间的执行一致性;优化阶段依据施工过程数据与反馈信息,动态修订标准模板与管理规范,实现体系的持续改进与精益管理。实施过程中需设立质量监督小组,对安装精度、接线合格率、检测合格率等关键指标进行实时监控与数据分析,形成问题闭环处理机制,确保标准化优化措施在组织层面落地执行,为企业形成可复制的质量管理模式提供保障。

5.2 典型工程应用分析

以某 6.3kV 变电站综合自动化改造项目为例,针对配

电室与控制室低压内线安装过程,全面引入标准化作业流程体系^[2]。项目在应用中应用模板化操作卡、智能压接检测系统及实时数据采集终端,实现了施工全过程的数字化监控与动态分析。系统自动记录接线压力、导线截面及端子温升数据,辅助判断施工质量。项目实施后,线路压接不良率由 3.8% 下降至 1.1%,施工效率提升 18%,安全事件发生率降低 50%,质量波动显著减少。该项目有效验证了标准化流程体系的可行性与推广价值,实现了质量、效率与安全的协同提升,得到业主与监管部门一致认可,为同类电力工程提供了可借鉴的经验模板。

5.3 经济与管理效益分析

标准化流程优化在经济效益与管理效益方面均表现突出。经项目测算,人力成本降低约 12%,材料浪费减少 8%,检测与验收周期缩短约 20%,工程总体经济性显著提升。通过数字化质量记录与自动化追溯体系,后期运维效率提升 25%,减少了重复检测与返工,延长了设备运行周期。管理层,通过建立全过程可追溯机制与责任分级制度,实现了施工过程的透明化与信息共享,强化了企业内部质量监管与绩效考核^[3]。标准化流程的实施不仅促进了电力工程项目的管理规范化与科学化,也为电力企业构建数字化、智能化质量管理体系提供了有效路径,推动了行业向高效、绿色与可持续方向发展。

6 结语

电力系统自动化的发展为电气安装工程提出了更高的标准化与智能化要求。内线安装作为关键环节,其作业流程的规范性与精确性直接关系到系统安全与运行效率。研究表明,通过流程再造与标准化管理的深度融合,结合智能监测与数据分析技术,可有效提升施工质量与安全水平,实现全过程精细化控制。未来应在行业层面建立统一的内线安装标准体系与智能管理平台,推动标准化作业与电力自动化深度协同。随着人工智能、数字孪生及物联网的广泛应用,内线安装的标准化、数字化与智能化将成为电力施工管理的新方向,为智慧电网建设奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 陆文彪,基于北斗的智能配电网线路综合监测系统技术开发.浙江省,国网浙江丽水市莲都区供电公司,2014-03-14.
- [2] 徐小英.电力馈线自动化在GIS上实现的研究[D].昆明理工大学,2002.
- [3] 吴文宣,智能变电站二次系统自动检测关键技术及应用.福建省,国网福建省电力有限公司电力科学研究院,2016-02-24.