

电气工程领域供配电智能化控制系统的设计与施工管理探究

柏斗

广东 东莞 523000

DOI:10.61369/WCEST.2025110011

摘 要： 本文围绕电气工程领域供配电智能化控制系统展开，介绍基于功能层级模型构建的总体架构，阐述核心控制模块设计规范。提出运用BIM技术优化施工流程，强调施工管理中质量与安全控制要点。还涉及智能监控系统故障诊断、低压配电系统改造等，探讨施工技术难题及解决办法，阐述运维阶段关键环节及技术应用。

关 键 词： 供配电智能化；施工管理；运维技术

Design and Construction Management Exploration of Intelligent Control System for Power Supply and Distribution in the Field of Electrical Engineering

Bai Dou

Dongguan, Guangdong 523000

Abstract： This article focuses on the intelligent control system for power supply and distribution in the field of electrical engineering, introduces the overall architecture based on the functional hierarchy model, and elaborates on the design specifications of the core control module. Propose to use BIM technology to optimize the construction process, emphasizing the key points of quality and safety control in construction management. It also involves intelligent monitoring system fault diagnosis, low-voltage distribution system transformation, etc., exploring construction technology difficulties and solutions, elaborating on key links and technical applications in the operation and maintenance stage.

Keywords： intelligent power supply and distribution; construction management; operation and maintenance technology

引言

随着《关于推进智能电网建设的指导意见》（2015 年颁布）的推行，电气工程领域供配电智能化控制系统的发展至关重要。该系统从总体架构搭建、核心控制模块设计，到施工流程优化、施工管理等多方面进行全面革新。在技术实现上，涵盖传感器应用、通信协议处理、故障诊断算法开发等。然而施工与运维中面临异构设备通信、电磁干扰、进度控制等难题。政策的支持为其发展提供契机，通过解决现存问题，能推动该系统向更高效、智能方向发展，满足电力行业对智能化供配电的需求。

一、供配电智能化控制系统设计原理

（一）智能化供配电系统总体架构设计

智能化供配电系统总体架构基于功能层级模型构建。底层由各类传感器组成，负责实时采集诸如电压、电流、温度等运行参数，为系统提供基础数据支撑^[1]。中间层是数据传输与处理环节，将传感器收集的数据高效传输至中央控制单元，并进行初步处理。中央控制单元作为系统核心，具备强大的数据处理与决策能力，依据预设算法与策略，对采集数据进行深度分析，进而下达精准控制指令。在系统集成架构方面，注重从底层传感器到中央控制单元的无

缝衔接，确保数据传输的及时性与准确性。对于高低压设备，协同设计原则至关重要，需保证高低压设备在运行过程中相互配合、协调一致，共同保障供配电系统的稳定、高效运行。

（二）核心控制模块设计规范

在供配电智能化控制系统中，核心控制模块设计规范极为关键。针对物联网关控制逻辑，需确保其精准且高效地对供配电系统运行状态进行监测与调控，依据系统的不同运行场景与需求，设计合理的逻辑判断流程，使系统能迅速响应各类状况^[2]。对于继电保护算法，要以保障供配电系统安全稳定运行为目标，遵循相关行业标准与规范，优化算法以准确识别故障类型、位置及严

重程度，并快速执行保护动作，防止故障扩大。通信协议方面，应采用标准化协议，实现各设备间稳定、准确的数据传输与交互，保障系统整体的协调运行。模块化设计方法应用于高低压成套设备时，需明确各模块功能，确保模块间接口标准化，便于安装、维护与扩展，提升系统的可靠性与灵活性。

二、智能化控制系统施工管理体系

（一）施工流程优化与 BIM 技术应用

在电气工程领域供配电智能化控制系统施工流程优化方面，将 BIM 技术融入其中可带来显著效益。借助 BIM 技术构建三维模型，能够对电缆敷设、设备安装等关键工序进行协同优化。在电缆敷设环节，三维模型可直观呈现电缆走向与空间布局，提前发现潜在碰撞冲突，合理规划路径，减少不必要的迂回与交叉，提高敷设效率与准确性。对于设备安装，能模拟设备就位过程，提前评估安装空间与操作可行性，精准确定设备位置与连接方式，确保安装顺利进行。通过 BIM 技术在各工序的协同优化，实现施工流程的高效、精准，提升供配电智能化控制系统整体施工质量^[3]。

（二）质量与安全控制要点

在电气工程领域供配电智能化控制系统的施工管理中，质量与安全控制极为关键。对于智能控制柜，要严格把控安装精度，从柜体基础制作、安装位置确定到固定螺栓紧固等环节，都需按规范操作，确保柜体垂直、水平度达标，为后续电气元件稳定运行奠定基础。接地系统阻抗关乎系统安全与设备性能，需选用合适的接地材料，优化接地极布置，严格测量接地电阻，使其满足设计要求，保障故障电流顺利导入大地，避免人员触电和设备损坏。此外，制定完善的供配电系统调试标准流程，对系统进行全面测试，涵盖设备性能、功能联动等方面，及时发现并解决潜在质量与安全隐患，确保智能化控制系统安全可靠运行^[4]。

三、智能化系统研发案例分析

（一）高压成套设备智能监控系统开发

1. 智能化环网柜系统设计

在电气工程领域供配电智能化控制系统中，以智能化环网柜系统设计为例，通过物联网技术达成温度监测与故障定位功能，充分展现传感器网络在高压设备中的应用。在该系统设计里，于环网柜关键部位合理部署温度传感器与故障检测传感器，组成完备的传感器网络^[5]。这些传感器实时采集温度、运行状态等数据，并借助物联网通信模块将数据上传至监控中心。监控中心运用数据分析算法，对温度变化趋势进行精准分析，及时察觉潜在过热风险；同时，利用故障检测数据实现故障的快速定位。如此一来，运维人员能够依据这些信息提前制定维护策略，及时处理故障，保障高压成套设备的稳定运行，有效提升供配电智能化控制系统的可靠性与安全性。

2. 故障诊断算法开发

在高压成套设备智能监控系统的故障诊断算法开发中，研究基于深度学习的设备状态评估模型是关键环节。通过对高压开关柜的运行数据进行深度挖掘与分析，借助深度学习强大的特征提取和模式识别能力，来精准评估设备状态。同时，建立高压开关

柜异常放电特征数据库意义重大，该数据库收集并整理不同工况下高压开关柜异常放电的各类特征数据，如放电频率、强度、波形等。将这些数据作为深度学习模型的训练样本，能够使模型学习到异常放电的典型模式，从而实现对高压开关柜潜在故障的准确诊断与预警，为高压成套设备的稳定运行提供有力保障^[6]。

（二）低压配电系统智能化改造

1. 智能断路器系统集成

在电气工程领域供配电智能化控制系统中，低压配电系统智能化改造的智能断路器系统集成至关重要。对于具有远程分合闸功能的低压断路器设计，需综合考虑电气参数，如额定电流、短路分断能力等，确保其能在不同负载情况下稳定运行。同时，通信协议转换模块开发方案是实现智能控制的关键。要将断路器内部协议与外部智能控制系统协议进行有效转换，以便远程精确控制。通过合理设计转换算法，可实现不同通信协议间的无缝对接。例如采用特定的通信芯片与软件算法相结合，将断路器的 Modbus 协议转换为以太网 TCP/IP 协议，使智能控制系统能通过网络对断路器进行远程分合闸操作^[7]，从而提高低压配电系统智能化水平，保障电力供应的可靠性与安全性。

2. 能耗监控平台构建

在能耗监控平台构建中，数据采集终端与能源管理软件的接口开发技术至关重要。数据采集终端负责实时收集低压配电系统的各类能耗数据，如电压、电流、功率等^[8]。这些数据需精准且高效地传输至能源管理软件，这便依赖于接口开发技术。接口开发要确保数据的无缝对接，一方面，需依据数据采集终端的输出格式和协议，精心设计能源管理软件的数据接收模块，使两者在数据格式、通信协议等方面完全匹配。另一方面，要保证接口具备良好的稳定性与兼容性，能够适应不同环境及硬件设备的变化。通过先进的接口开发技术，将采集到的能耗数据准确无误地整合到能源管理软件中，为后续的用电分析、能耗评估以及节能策略制定提供坚实的数据基础，从而实现低压配电系统能耗的有效监控与智能化管理。

四、智能化施工技术挑战与对策

（一）系统集成技术难点

1. 异构设备通信兼容性问题

在电气工程领域供配电智能化控制系统的施工中，异构设备通信兼容性是一大关键难题。不同厂商设备常采用不同通信协议，如 Modbus 与 Profibus 协议，这给系统集成带来诸多阻碍。分析其技术瓶颈，一方面，两种协议的数据格式、传输速率、通信规则存在差异，导致数据交互困难。例如，Modbus 协议数据帧结构相对简单，而 Profibus 协议更为复杂，转换时易出现数据丢失或错误^[9]。另一方面，硬件接口标准不同，设备间物理连接适配也存在挑战。针对这些问题，解决方案可从软件与硬件两方面入手。软件上，开发专门的协议转换程序，对数据进行解析与重新封装；硬件上，设计通用的接口转换模块，实现不同协议设备间的物理连接，以此提升异构设备通信兼容性，保障供配电智能化控制系统的稳定运行。

2. 电磁干扰防护措施

在电气工程领域供配电智能化控制系统的施工中，电磁干扰

是不容忽视的系统集成技术难点。智能控制柜内强弱电共存，易产生电磁干扰，影响系统稳定运行。对此，需严格遵循强弱电隔离设计标准，从空间布局上确保两者保持安全距离，减少相互干扰。同时，积极创新屏蔽接地技术。一方面，选用优质屏蔽材料对弱电线路及敏感设备进行屏蔽，阻挡外界电磁干扰的侵入；另一方面，优化接地系统，降低接地电阻，确保干扰电流能快速、有效导入大地。接地系统的设计应充分考虑电气设备特性及现场环境，通过合理设置接地极、选择合适接地导线等措施，提升接地效果。只有通过这些电磁干扰防护措施，才能保障供配电智能化控制系统稳定、可靠运行^[10]。

（二）施工协同管理问题

1. 跨专业界面管理

在电气工程领域供配电智能化控制系统的施工中，跨专业界面管理是关键挑战。建筑、电气、自动化等专业间存在复杂的接口，各专业关注点和标准不同，易出现界面衔接不畅问题。例如建筑专业侧重于空间布局，电气专业注重电力分配，自动化专业关注系统智能控制，若沟通不足，会导致线路铺设与建筑结构冲突、自动化设备与电气系统不兼容等。因此，建立各专业协同作业流程极为必要，通过定期召开跨专业沟通会议，共享设计与施工进展，提前发现并解决潜在接口问题。同时，提出接口问题预警机制，利用信息化手段实时监测，一旦出现参数偏差或可能影响后续施工的隐患，及时发出预警，以便各专业团队迅速协调，确保供配电智能化控制系统施工顺利进行，提高整体工程质量。

2. 进度动态控制方法

在电气工程领域供配电智能化控制系统的施工中，进度动态控制至关重要。一方面，施工过程中存在诸多不确定因素，如设计变更、设备故障等，会对进度造成干扰。传统的进度计划难以实时应对这些变化，导致进度失控风险增加。另一方面，智能化系统施工涉及多种专业技术，各环节衔接紧密，若进度协调不当，易出现窝工、返工现象。为有效解决这些问题，可利用信息化手段，如 BIM 技术结合进度管理软件，实时监控施工进度，及时发现偏差并预警。同时，建立动态调整机制，依据实际情况灵活调整施工计划，合理调配资源，确保各工序按最优顺序推进，从而保障供配电智能化控制系统施工进度始终处于可控状态，实现高效、有序施工。

（三）运维阶段技术延伸

1. 智能巡检系统开发

在电气工程领域供配电智能化控制系统的运维阶段，智能巡

检系统开发是关键环节。通过设计基于机器视觉的配电设备状态自动识别系统架构，可有效实现智能巡检。该系统借助先进的机器视觉技术，对配电设备的外观、运行参数等进行实时监测与分析。一方面，能快速精准捕捉设备异常，如设备表面的破损、过热变色等，为及时维修提供依据。另一方面，通过对大量巡检数据的深度挖掘，可预测设备潜在故障，提前采取防范措施，保障供配电系统稳定运行。然而，开发过程中面临着图像识别精度受环境干扰、数据传输稳定性等挑战。需通过优化算法，增强对复杂环境的适应性，同时构建可靠的数据传输网络，确保巡检数据准确、及时传输，以实现高效智能的巡检功能。

2. 数字孪生技术应用

在电气工程领域供配电智能化控制系统的运维阶段，数字孪生技术应用具有重要意义。通过搭建供配电系统的三维可视化运维平台，数字孪生技术能够实现实时数据映射。借助传感器等设备收集系统运行的各类实时数据，如电压、电流、功率等，将其精准映射到虚拟的数字孪生模型中，运维人员可直观了解系统运行状态。同时，数字孪生技术助力实现预测性维护。利用历史数据与实时数据进行深度分析，构建故障预测模型，提前发现潜在故障隐患，及时安排维护工作，避免故障发生对供配电系统造成影响，提高系统运行的稳定性与可靠性，有效延长设备使用寿命，降低运维成本。

五、总结

智能化控制系统为电气工程领域供配电带来诸多变革。其技术创新点显著，例如实现了电力设备的实时监测与智能调控，极大提升供电可靠性与电能质量。在施工管理方面，建立智能化施工标准体系十分关键，它能规范施工流程，保障施工质量与效率，确保智能化控制系统有效落地。从发展趋势看，数字孪生与边缘计算技术的融合将为电气工程注入新活力。数字孪生可构建精准虚拟模型，辅助系统优化；边缘计算能在本地快速处理数据，降低网络延迟。二者结合可进一步提升供配电智能化水平，助力电气工程领域向更高效、智能、绿色方向迈进，为未来电力系统发展开拓广阔空间。

参考文献

- [1] 施后祥. 天河潭供配电工程施工管理研究 [D]. 贵州大学, 2021.
- [2] 王爱群. 高速公路施工过程中的环境安全管理探讨与实践 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2021.
- [3] 陶丽文. 设备备件智能化仓储管理系统设计与开发 [D]. 南昌大学, 2022.
- [4] 刘先国. 基于 BIM 的项目施工管理应用研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [5] 杨金淞. 高压变电站辅助设备智能化控制系统设计 [D]. 长江大学, 2023.
- [6] 鲍立平. 浅谈建筑智能化系统设计与施工管理 [J]. 江西建材, 2021, 000(007): 63-65.
- [7] 王珊珊. 建筑智能化系统设计与施工管理思考 [J]. 佛山陶瓷, 2023, 33(6): 53-55.
- [8] 张斌. 浅谈智能化在建筑装饰装修施工管理中的应用 [J]. 建设科技, 2018(7): 76-77.
- [9] 杨建升. 电气工程中供电系统的施工管理实践探究 [J]. 中国设备工程, 2022(6): 247-248.
- [10] 郭林. 变电运维技术中的智能化技术探究 [J]. 电脑校园, 2019(1): 3091.