

基于现场总线技术的智能型低压空气断路器与智能低压配电系统研究

周浩 王以盾 陈士军

温州正泰电器科技有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8601

[摘要] 现场总线是工业自动化发展的关键突破，它不仅仅是通讯，还能传递更多的设备信息，提高测量数值的准确性。作为连接现场仪表、控制器和执行机构的高速信息通道，现场总线技术推动了自动化系统从集中控制向分布式智能控制的转型。在现代科学技术不断革新与发展的背景下，低压电器需求量提升，传统的硬接线方式已难以满足复杂系统的实时性、扩展性需求，为满足多方面的使用需要，提高系统的稳定性与安全性，使新一代低压电器显示出优越性能，应充分发挥现场总线技术的优势。基于此，本文将概括现场总线技术的结构特性及其应用价值，分析现场总线技术及在低压电器领域中的具体应用情况，研究智能型低压空气断路器与智能低压配电系统，以供参考。

[关键词] 现场总线技术；智能型低压空气断路器；智能低压配电系统

[中图分类号] TM52；TP273

Research on Intelligent Low-Voltage Air Circuit Breakers and Intelligent Low-Voltage Power Distribution Systems Based on Fieldbus Technology

Zhou Hao Wang Yidun Chen Shijun

Wenzhou CHNT Electric Technology Co., Ltd.

[Abstract] Fieldbus is a key breakthrough in the development of industrial automation, serving not only as a communication medium but also capable of transmitting more device information and enhancing measurement accuracy. As a high-speed information channel connecting field instruments, controllers, and actuators, fieldbus technology has driven the transition of automation systems from centralized control to distributed intelligent control. Against the backdrop of continuous innovation and advancement in modern science and technology, the demand for low-voltage electrical equipment has increased. Traditional hard-wired methods can no longer meet the real-time and scalability requirements of complex systems. To fulfill diverse usage needs, improve system stability and safety, and demonstrate superior performance in the new generation of low-voltage electrical equipment, the advantages of fieldbus technology should be fully leveraged. Based on this, this paper will summarize the structural characteristics and application value of fieldbus technology, analyze its specific applications in the field of low-voltage electrical equipment, and study intelligent low-voltage air circuit breakers and intelligent low-voltage power distribution systems for reference.

[Key words] Fieldbus technology; Intelligent low-voltage air circuit breaker; Intelligent low-voltage power distribution system

随着工业生产规模扩大与电力需求升级，传统低压配电系统的局限性日益凸显，其依赖点对点硬接线的连接方式，不仅导致数据传输实时性差、设备互联互通性弱，更难以满足系统扩展需求。在国家“双碳”目标与国家电网“新型电力系统”的双重推动下，园区、企业、工厂、商业等大用户的传统配电系统，受新科技、新技术、新思路与新市场的驱动，正逐步向智能化、节能化、低碳化及高效化方向转型。传统配电系统的信息流传递路径为配电设备先将信息传输至电气自动化系统(ECS)，再由ECS反馈给操作人员、工程师或值班人员，相关人员依据屏幕显示的电流、电压、波形及报警信息，处理对应问题或事故，以此完成整个信息流过程。现场总线技术作为工业通信网络的重要实现方式，通过数字化、网络化的通信架构，实现了现场设备与控制系统的无缝集成，不仅可以传输过程数据，还能实现设备状态监测、参数配置、故障诊断等高级功能，为构建智能化工业控制系统提供关键支撑。当前，现场总线技术已在低压电器领域引发变革，智能断路器、可通信接触器等设备通过该技术形成智能化系统，具备自诊断与远程控

制能力，显著提升了电气系统安全性与能效。然而，智能型低压空气断路器与配电系统的深度融合仍面临协议适配、数据协同等挑战。基于此，本文聚焦现场总线技术的应用场景，探究智能型低压空气断路器的智能化升级路径及其与配电系统的协同运行机制，旨在为构建高可靠、高智能的低压配电体系提供技术参考。

1 现场总线技术的概况

1.1 现场总线技术的结构特性

当前，现场总线技术通过采用数字通信取代了传统的模拟信号，实现了双绞线上连接多个设备的能力，颠覆了传统控制系统架构。不同于传统集中式控制系统，现场总线技术将专用微处理器置入传统的仪器设备，确保每个智能节点都内置微处理器，具备自主决策能力。这种架构通过双绞线或光纤构成的网络拓扑，实现了设备间的对等通信，形成各种适应实际需要的自动控制系统^[1]。在实际操作中，现场总线技术有利于促进不同厂商设备的无缝集成，主要原因该技术具有独特的系统开放性、互可操作性与互用性，用户可以根据需求灵活配置系统，

确保了设备间的协同工作,有效提高了系统的整体效能。以其独特的智能化与功能自治性、结构的高度分散性、对现场环境的适应性等特性,使现场设备能够自主完成复杂任务,减轻上位机负担,增强了系统的容错能力,保证了系统的稳定运行,降低了误差率。而且,现场总线技术具有较高的性能价格比,能够使得自动化系统投资回报率显著提升,成为工业 4.0 时代不可或缺的技术支撑。

1.2 现场总线技术的智能型低压空气断路器与智能低压配电系统中的应用价值

1.2.1 提高控制体系的精确性和可靠性

现场总线技术通过数字化通信架构,实现智能型低压空气断路器与配电系统的精准数据交互,从根源上解决了传统模拟信号传输中的干扰与衰减问题。智能断路器内置的通信模块可实时采集电流、电压、温度等关键参数,经总线传输至控制中心,测量误差较传统模式大幅降低。同时,依托 PROFIBUS 等总线协议的高速响应特性,断路器能快速执行分合闸指令,配合自诊断功能及时定位故障,如地铁配电系统中 3WL 智能断路器可通过总线实时反馈脱扣、储能等状态信号,显著提升系统运行可靠性,保障供电连续性。

1.2.2 实现多技术兼容

现场总线技术的开放性与标准化特性,打破了不同厂商设备间的兼容壁垒。智能型低压空气断路器通过集成 Modbus、PROFIBUS 等通用协议模块,可无缝接入各类智能配电系统,无需担忧接口适配问题。这种兼容性不仅让用户能灵活整合不同品牌的监控设备与执行单元,还支持系统后期按需扩展。例如,通过总线新增负载监测模块或能效管理单元,不需要重构整体架构,能够有效提升系统配置的灵活性与适配性。

1.2.3 节约全生命周期成本

现场总线构建的分布式控制模式,大幅简化了智能低压配电系统的硬件部署与接线流程。相较于传统点对点接线,通过总线连接的智能断路器可减少大量控制电缆与变送器,降低安装调试成本,如地铁采用总线架构后,低压系统接线复杂度显著降低。更重要的是,智能断路器的自检数据经总线实时上传,支持远程参数组态与故障诊断,使维护人员能提前预判设备隐患,减少非计划停机时间,从安装、运维到检修全链条实现成本优化。

2 现场总线技术在低压电器领域中的具体应用

2.1 现场总线技术在智能型低压空气断路器中的应用

现场总线技术在低压电器领域中的具体应用,尤其在智能型低压空气断路器方面,展现出了其独特的优势。以 Profibus 为例,这一国际标准凭借其卓越的性能,在智能化断路器(如 3WN6 系列)中得到了广泛应用,如图 1 所示。

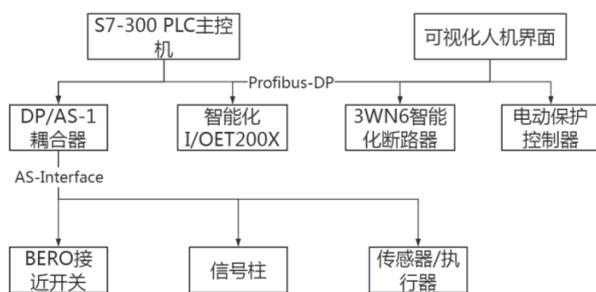


图 1

智能化断路器借助内置的 Profibus-DP 通讯接口,轻松接入 Profibus-DP 网络体系,与上级控制系统建立流畅的数据交互通道,不仅精简了系统布线复杂度,还保证了控制指令及断路器状态反馈仅需依赖一条双芯电缆或光纤线缆,即可直抵配备 Profibus-DP 协议支持的自动化管理层级,巧妙的优化了信号传输路径,提高了整体系统的通讯效率与简洁性。同时,DP/3WN6 接口作为断路器与 Profibus 网络之间的桥梁,实现了点对点的可靠连接,使 Profibus DP 配置的灵活更改均在该接

口处完成。Profibus-DP 支持高达 12Mbit/s 的数据传输速度,确保了控制指令和状态反馈的实时性,需要注意的是,在初次使用时,应预置 Profibus DP 地址,其他总线参数由主机单元统一预设,使接口能够自动识别并接受来自断路器的信息^[3]。一旦电源接通,与断路器的通信可以自动建立,工作状态可以通过两个发光二极管(红色指示故障,绿色指示正常)直观显示。此外,DP/3WN6 接口的配置与策划可通过多种软件工具完成,如 SIMATIC S5 的 COM Profibus 参数化软件、SIMATIC S7 编程软件,或其他主流主机供应商提供的专用软件,确保了系统集成和调试的便捷性与高效性。利用这一现场总线技术,能够提高低压电器系统的智能化水平,为工业自动化和智能制造提供技术支撑。

2.2 现场总线技术在智能低压配电系统中的应用

智能低压配电系统集成现场总线技术,能够实现配电网的全面数字化升级。系统采用 Profibus-DP 或 Modbus 等总线协议,可以将断路器、智能仪表等设备联网,构建实时监控网络^[4]。其核心功能包括实时采集电流、电压、功率等参数(遥测);监测开关状态、刀闸状态、变压器分接头信号变化等(通信);远程调试控制量设备(遥调);执行分合闸操作,远程控制开关控制设备(遥控)。系统对受控设备实现故障自诊断,精确定位短路、过载等异常,与上一级自动化系统进行通信,实现电力系统自动化,显著提升供电可靠性和运维效率。

以某智能低压配电系统为例,在应用现场总线技术时,系统应采用 Modbus-CAN 通信接口模块构建网络架构(如图 2 所示)。在该系统中,智能仪表与智能元件通过独立的 Modbus 通信链路连接,经 Modbus-CAN 接口模块与 S7-1200 PLC 实现数据交互^[5]。系统实现了完整的遥信、遥测、遥调、遥控功能,保证了数据传输的实时性,实现了设备的模块化扩展,提升了配电系统的自动化水平和运维效率。

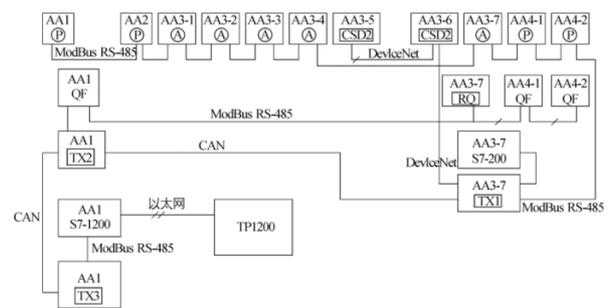


图 2

系统操作界面设计直观,包含以下五个画面,通过现场总线技术的有效应用,实现高效、智能的配电管理。

(1) 系统画面:采用仿真方式呈现四台低压开关柜的正面布局,操作人员可清晰观察各智能设备的通信连接状态以及断路器、配电回路的实时工况。当通信连接正常时,设备图标显示为红色;通信中断时则切换为白色显示。同时,运行中的配电回路会触发红色状态指示灯亮起,通过这种直观的视觉反馈机制,系统运行状态一目了然。如图 3 所示。

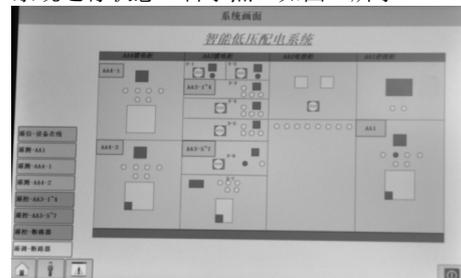


图 3

(2) 遥信画面:遥信画面注重智能元件的通信状态监测,通过指示灯颜色(红色在线、绿色离线)及文字提示,快速定

位通信异常。如图 4 所示。

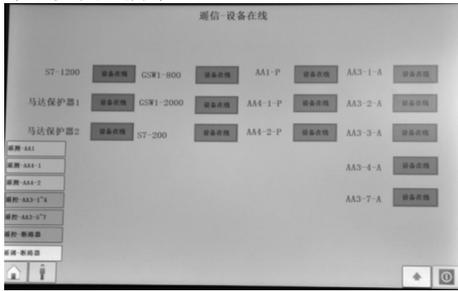


图 4

(3) 遥测画面：回路电测仪表电量参数（上部）和断路器本体测量电量（下部），为运维人员提供全面的数据支持。如图 5 所示。

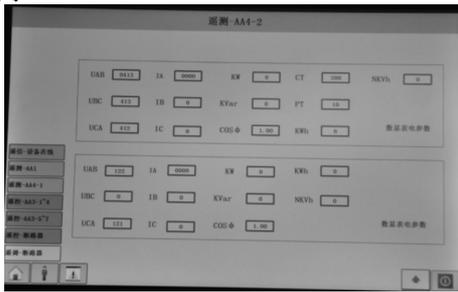


图 5

(4) 遥调画面：首先选定待设置的断路器设备，输入正确的设备编码后，即可对过载保护值、短路保护阈值等核心参数进行修改，完成参数输入后，操作者点击“写”按钮确认提交，系统通过 Modbus 总线将参数写入断路器智能控制器，并实时读取返回值进行校验，确保参数设置准确无误。当返回值与设定值完全一致时，画面显示“遥调完成”的绿色状态提示；若出现通信超时或数值不符等情况，则显示红色“遥调故障”报警，并自动记录故障日志。如图 6 所示。

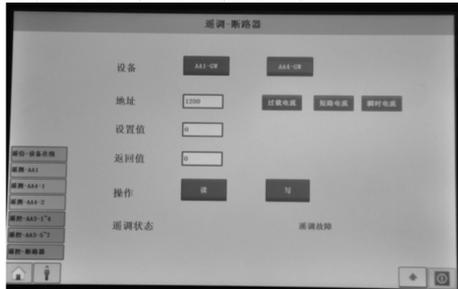


图 6

(5) 遥控画面：赋予用户远程操控各回路开关或电机的能力，用户通过点击合、分闸及启、停按钮，可以实现设备的远程控制，有效提升操作便捷性和系统响应速度。如图 7 所示。

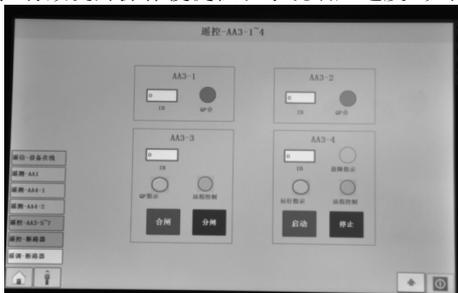


图 7

总之，该系统充分发挥了现场总线技术的优势，设计了可视化人机界面，提高了通信速率与电力系统自动化水平。又以某选煤厂智能低压供电系统为例，在应用现场总线

技术时，应先搭建系统架构，如图 8 所示。

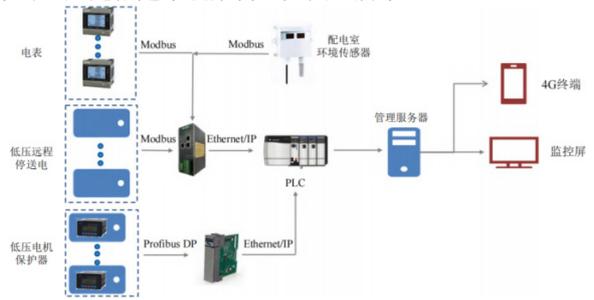


图 8

项目采用罗克韦尔自动化的 Logix 5000 系列 PLC 作为控制核心，结合 Factorytalk view 软件，打造强大的控制与管理平台，同时融合罗克韦尔的 Ethernet/IP 与西门子的 Profibus 两大工业现场总线技术，实现对低压供电系统的深度集成与全面监控^[6]。系统架构分为物理层、网络层和控制层三层，其中物理层涵盖低压远程停送电装置、电机保护器及电表等，通过 RS485 协议实现内部通信，确保数据采集的准确性与实时性；网络层则利用 Ethernet/IP 高速以太网技术，实现数据的快速传输与共享；控制层依托 Logix 5000 PLC 的强大处理能力，结合 Factorytalk view 的直观界面，实现对物理层的精准控制，提供丰富的数据分析与可视化功能，有效降低后期维护难度。系统智能供配电监控画面如图 9 所示。这一系统不仅有效解决了选煤厂低压供电系统智能化升级过程中存在的设备兼容性、通信稳定性以及运维效率等问题，还实现了高效运营管理。



图 9

综上所述，在工业现场，控制设备间的实时可靠通信已成为现代工业自动化的核心需求。随着第四次工业革命（工业 4.0）的加速到来，智能产品、先进方法和创新架构正推动自动化和控制技术突破边界，工业控制设备间的通信技术正不断更新和升级，引领工业迈向更高效、更互联的未来。现场总线技术作为工业自动化领域的重要通信技术，应有效利用基金会现场总线、Lonworks、Profibus、CAN 等总线技术，提高其在智能型低压空气断路器中、智能低压配电系统中的应用效果，推动低压电器行业发展。

【参考文献】

[1]贾建华.现场总线在智能化低压电控配电系统中的应用研究[J].光源与照明, 2024, (01): 195-197.
[2]徐建德.基于以太网技术的智能电机管理单元在化工行业的应用[J].机电信息, 2023, (03): 85-88.
[3]李浩, 李雷远, 钟睿哲, 等.基于 PROFIBUS 总线的智能断路器设计与性能分析[J].电子设计工程, 2020, 28 (2): 5.
[4]李浩, 李雷远, 钟睿哲, 等.基于 PROFIBUS 总线的智能断路器设计与性能分析[J].电子设计工程, 2020, 28 (02): 157-160, 168.
[5]刘艳.基于现场总线技术的智能低压配电系统[J].电工技术, 2021, (16): 105-106, 108.
[6]王宇涵.基于工业现场总线的选煤厂智能低压供电系统设计应用[J].选煤技术, 2024, 52 (06): 74-78.
作者简介:周浩(1990.05.08-),男,汉族,江西九江人,大专,研究方向:低压电器。