

基于 PLC 的电气控制线路智能化改造与程序设计方法

李璐 杨贺凯

博思特能源装备（天津）股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8317

[摘要] 随着工业自动化技术的不断进步，电气控制线路的智能化改造已成为提升生产效率与产品质量的关键。传统的电气控制线路存在接线复杂、灵活性差、维护困难等问题，难以满足现代工业对高效、精准控制的需求。在电气控制线路的智能化改造中，PLC 已得到广泛应用。然而针对特定应用场景的 PLC 程序设计方法，以及如何通过智能化改造提升系统性能，仍是当前研究的热点和难点。因此基于可编程逻辑控制器（PLC）的电气控制线路智能化改造应运而生，旨在通过 PLC 的编程灵活性和高可靠性，实现电气控制线路的智能化升级。

[关键词] PLC; 电气控制线路; 智能化; 程序设计

Intelligent transformation and program design method of electrical control circuit based on PLC

Li Lu Yang Hekai

Bosch Energy Equipment (Tianjin) Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous advancement of industrial automation technology, the intelligent transformation of electrical control circuits has become the key to improving production efficiency and product quality. Traditional electrical control circuits suffer from complex wiring, poor flexibility, and difficult maintenance, making it difficult to meet the demands of modern industry for efficient and precise control. PLC has been widely used in the intelligent transformation of electrical control circuits. However, the PLC program design methods for specific application scenarios and how to improve system performance through intelligent transformation are still hot and difficult topics in current research. Therefore, the intelligent transformation of electrical control circuits based on programmable logic controllers (PLCs) has emerged, aiming to achieve the intelligent upgrade of electrical control circuits through the programming flexibility and high reliability of PLCs.

[Key words] PLC; Electrical control circuit; Intelligentization; programming

引言：

PLC 作为一种专为工业环境设计的数字运算操作电子系统，具有可靠性高、编程灵活、易于扩展等优点，能够实现对电气控制线路的智能化控制。通过 PLC 的引入不仅可以简化控制线路的结构，降低接线复杂度，还可以提高系统的稳定性和可维护性。同时，PLC 强大的编程功能使得电气控制线路能够根据不同生产工艺需求进行灵活调整，实现智能化控制，从而提高生产效率和产品质量。本文旨在探讨基于 PLC 的电气控制线路智能化改造与程序设计方法。包括传统电气控制线路存在的问题及其智能化改造的必要性，深入探讨 PLC 的电气控制线路智能化改造方法，在此基础上结合具体工程案例，详细阐述基于 PLC 的电气控制线路智能化改造的实施过程及效果评

估。本研究期望能够为工业企业的电气控制线路智能化改造提供一套可行的技术方案，期望将为 PLC 技术在电气控制领域的应用拓展提供有益的参考和借鉴，促进相关学科之间的交叉融合与创新发展^[1]。

一、PLC 电气控制线路智能化改造的必要性

1.1 传统电气控制线路的局限性

在探讨 PLC（可编程逻辑控制器）电气控制线路智能化改造的必要性时，我们不得不首先审视传统电气控制线路的局限性。这些局限性不仅限制了生产效率的提升，还可能对工业生产的安全性和可靠性构成潜在威胁。以下是对传统电气控制线路局限性的详细分析。传统电气控制线路在设计上往往采用硬接线方式，这意味着电路的连接和逻辑控制是通过实际的物理

线路来实现的，这种方式在灵活性上存在显著不足。一旦生产流程或控制需求发生变化，就需要对线路进行重新布线和调整，这不仅耗时费力，而且成本高昂。硬接线方式还限制了系统扩展的可能性，使得企业在面对市场变化或技术升级时难以迅速作出响应。在可靠性方面，传统电气控制线路也暴露出不少问题。由于线路复杂且易受环境因素影响（如潮湿、振动等），线路故障时有发生。这些故障不仅会导致生产中断，还可能引发安全事故。同时，传统的继电器和接触器等电气元件在使用寿命和稳定性方面也存在局限，进一步增加了系统维护的难度和成本。智能化程度的不足是传统电气控制线路的另一大局限。随着信息技术的飞速发展，工业自动化对控制系统的智能化要求越来越高^[2]。传统电气控制线路在数据采集、处理和分析方面能力有限，难以满足现代工业对实时监控、故障诊断和远程操控的需求。这使得企业在提升生产效率、优化资源配置和降低能耗等方面面临诸多挑战。

1.2 智能化改造带来的优势

智能化改造的首要优势在于显著提升系统的灵活性与可扩展性。传统 PLC 电气控制线路往往采用硬接线方式，一旦生产工艺或设备布局发生变化，就需要进行繁琐的线路调整与重新布线，这不仅耗时费力，还增加了维护成本。而智能化改造则通过软件编程与模块化设计，实现了控制逻辑的快速修改与扩展，极大地提高了系统的适应性与灵活性。企业可以根据实际需求，轻松调整控制策略，无需进行大规模的硬件改动，从而降低了改造成本与时间成本。

智能化改造能够大幅提升系统的可靠性与稳定性。传统电气控制线路易受环境因素影响，如线路老化、接触不良等问题，这些都可能导致系统故障频发。而智能化改造通过采用先进的传感器技术、故障诊断算法以及远程监控手段，实现了对系统状态的实时监测与预警，有效预防了潜在故障的发生。同时智能化的冗余设计与故障切换机制，确保了即使部分组件出现故障，系统也能持续稳定运行，从而保障了生产过程的连续性与安全性。智能化改造还促进了生产效率与产品质量的双重提升。通过集成先进的控制算法与数据分析功能，智能化 PLC 系统能够实现对生产过程的精确控制与优化调度，减少了人为干预与误差，提高了生产精度与效率。令外结合物联网与大数据技术，系统还能实时收集并分析生产数据，为持续改进生产工艺、优化产品配方提供有力支持，进而推动产品质量的持续提升^[3]。

二、基于 PLC 的电气控制线路智能化改造方法

2.1 硬件系统的改造方案

PLC 的选型是硬件改造的首要步骤，选型时需综合考虑电气控制线路的具体需求，如控制点数、控制精度、处理速度以

及通讯能力等。对于复杂的控制任务，应选择高性能、多功能的 PLC 型号，以确保系统的稳定性和扩展性。同时 PLC 的编程语言和开发工具也应与团队的技术储备相匹配，以降低后续开发和维护的难度。输入输出（I/O）模块的配置是硬件改造的关键。I/O 模块负责连接 PLC 与外部电气元件，实现信号的采集和控制指令的输出。在配置 I/O 模块时，需根据电气控制线路的实际布局和控制需求，合理规划 I/O 点的数量和类型。如对于需要精确控制位置和速度的电机，应选用具有高速计数和定位功能的 I/O 模块。此外，为了提高系统的抗干扰能力和可靠性，还应采用隔离技术和冗余配置等措施。在硬件组件的集成与优化方面，需重点关注传感器、执行器、以及通讯接口等关键组件的选型与布局。传感器作为信息采集的前端设备，其精度和稳定性直接影响到系统的控制效果。因此，在选型时应优先考虑高性能、高精度的传感器。执行器则负责将 PLC 的控制指令转化为机械动作，其响应速度和可靠性同样至关重要。在布局上，应确保传感器和执行器与 PLC 之间的连接线路简明了，减少信号干扰和传输延迟。通讯接口的集成也是硬件改造不可忽视的一环。PLC 通常支持多种通讯协议和接口标准，如 RS-232、RS-485、以太网等。在改造过程中，应根据电气控制线路的实际需求和网络架构，选择合适的通讯接口和协议，以实现 PLC 与其他设备或上位机之间的高效数据交换^[4]。

2.2 软件系统的优化策略

从模块化设计的角度出发，软件系统的优化应强调代码的复用性和可维护性。通过将复杂的控制系统分解为若干功能明确的模块，每个模块负责特定的控制逻辑或数据处理任务，可以显著降低系统开发的复杂度和周期。同时，模块化设计便于后续的故障排查与功能升级，只需针对特定模块进行调整，无需对整个系统进行大规模修改。在 PLC 编程中，利用结构化文本（ST）、功能块图（FBD）等高级编程语言，可以方便地实现模块化设计，提高软件的可读性和可维护性。智能化算法的应用是软件系统优化的另一大关键。通过引入自适应控制、模糊逻辑控制、神经网络控制等先进算法，可以使电气控制系统具备更强的自适应能力和鲁棒性。如自适应控制算法能够根据系统运行状态实时调整控制参数，优化控制效果；模糊逻辑控制则能处理模糊信息，提高系统对不确定因素的应对能力。这些智能化算法的应用，能够显著提升电气控制系统的智能化水平，减少人为干预，提高生产效率。软件系统的优化还需注重实时性与可靠性。实时性要求系统能够在规定时间内准确响应外部事件，这需要通过优化任务调度算法、提高数据处理速度等手段来实现。可靠性方面，则需采用冗余设计、故障检测与诊断技术等手段，确保系统在出现故障时能够迅速切换至备用状态，保障生产的连续性和安全性。

三、基于 PLC 的电气控制程序设计方法

3.1 程序设计的基本原则

程序设计的基本原则构成了整个改造过程的核心指导框架，这些原则不仅确保了 PLC 系统的高效运行，还保障了改造后的电气控制线路具备高度的可靠性和智能化水平。模块化设计是程序设计的基本原则之一。模块化设计通过将复杂的控制系统分解为多个功能相对独立的子模块，每个模块完成特定的控制任务。这种设计方式不仅提高了程序的可读性和可维护性，还便于后续的调试与升级。在 PLC 程序中，模块化设计使得开发者能够针对每个子模块进行单独的测试和优化，从而有效降低整体系统的开发难度和风险。清晰的逻辑结构是确保 PLC 程序正确执行的关键。PLC 程序通常用于实现复杂的逻辑控制，因此，清晰的逻辑结构对于避免逻辑错误至关重要。在程序设计时，应明确各输入、输出信号之间的关系，以及它们如何影响系统的运行状态。通过合理的逻辑设计，可以确保 PLC 程序在各种工况下都能准确、快速地响应输入信号，输出正确的控制指令。可靠性与稳定性是 PLC 程序设计不可忽视的原则。电气控制线路智能化改造的核心目标是提高系统的可靠性和稳定性。因此，在程序设计时，应充分考虑各种可能的故障情况，并采取相应的保护措施。例如，通过增加冗余设计、故障检测与诊断功能等，提高系统的容错能力和自我恢复能力。同时合理的程序设计还能有效减少因误操作或外部干扰导致的系统异常，确保系统的长期稳定运行。易于扩展与升级也是程序设计的重要原则，随着生产需求的不断变化，电气控制线路可能需要不断增加新的控制功能或优化现有功能。在程序设计时，应预留足够的接口和扩展空间，以便于后续的功能扩展和系统升级。这不仅降低了未来改造的成本和风险，还提高了系统的灵活性和适应性。这些原则相互关联、相互支撑，共同构成了 PLC 程序设计的基础框架。在实际应用中，遵循这些原则将有助于开发出高效、可靠、智能的电气控制系统，为工业自动化和智能化升级提供有力支持^[5]。

3.2 典型程序设计案例分析

某生产线原本采用传统的继电器控制线路，存在接线复杂、故障率高、维护困难等问题。为了提升生产效率和可靠性，决定采用 PLC 进行智能化改造。改造首先对原有控制线路进行详尽的分析，明确控制逻辑和功能需求。随后根据这些需求，选择合适的 PLC 型号，并设计相应的程序。在程序设计阶段，采用了模块化设计思想。将整个控制系统划分为多个功能模块，如输入处理模块、逻辑判断模块、输出控制模块等。每个模块负责特定的功能，通过 PLC 内部的程序逻辑实现相互之间的数据交换和协同工作。这种模块化设计不仅提高了程序的可

读性和可维护性，还有利于后续的调试和扩展。在具体实现上充分利用了 PLC 的定时器和计数器功能，实现了对生产线上各个工序的精确控制。如通过设定定时器来控制某一工序的运行时间，当时间到达后自动切换到下一工序；利用计数器来记录某一工序的完成次数，当次数达到预设值时触发相应的报警或停机操作。这些功能的实现大大提高了生产线的自动化水平和灵活性。在智能化改造中还引入了传感器技术和网络通信功能。通过在关键位置安装传感器，实时采集生产线的状态信息，如物料位置、设备运行状态等，并将这些信息反馈给 PLC 进行处理。PLC 再根据处理结果做出相应的控制决策，实现生产线的智能化监控和管理。还通过网络通信功能，将 PLC 与上位机或远程监控系统相连，实现了生产数据的实时传输和远程监控。通过这一典型程序设计案例分析可以看出，基于 PLC 的电气控制线路智能化改造与程序设计方法在实际应用中取得了显著成效。它不仅简化了控制线路、降低了故障率、提高了生产效率，还实现了生产线的智能化监控和管理。这一方法的成功应用为其他类似场景的智能化改造提供了有益的参考和借鉴。随着 PLC 技术的不断发展和完善，其在电气控制领域的应用前景将更加广阔。

结束语：

PLC 的电气控制线路智能化改造与程序设计方法是一项具有深远意义的研究工作。它不仅提高了电气系统的自动化水平，还为工业生产的智能化、高效化提供了有力的技术支撑。未来随着 PLC 技术的不断发展和完善，我们有理由相信 PLC 在电气控制领域的智能化改造将会取得更加显著的成效，为工业自动化发展注入新的活力。因此我们期待更多的学者和工程师能够加入到这一领域的研究中来，共同推动 PLC 技术的创新与应用。

[参考文献]

- [1]夏冰冰. "PLC 技术在电力电气自动化系统中的控制分析." 中国设备工程 . 12 (2025): 112-114.
- [2]韩效成. "基于智能化的机械设备电气自动化技术应用研究." 冶金设备管理与维修 43. 03 (2025): 73-75+78.
- [3]王鸿科. "基于 PLC 控制的工业电气设备自动化系统设计." 自动化应用 66. 11 (2025): 19-21. doi: 10.19769/j.zdhy.2025.11.006.
- [4]刘祖其, 刘海. 万能铣床电气控制线路改造的 PLC 程序设计[J]. 机电工程技术, 2009, 38 (08): 55-57+172+208.
- [5]李海月. "电气控制线路的设计方法与探索." 数字通信世界 . 05 (2020): 187.