

车作业安全仿真与优化系统。

参考文献

- [1] 平定县委办. 关于进一步加强铲装作业、高处作业和有限空间作业安全管理工作的通知[EB/OL]. (2025-01-26).
- [2] 乌海市应急管理局. 场(厂)内专用机动车辆典型事故案例选编[EB/OL]. (2023-01-10).
- [3] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分: 设备 通用要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [4] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 3836.14-2021 爆炸性环境 第14部分: 场所分类 爆炸性气体环境[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [5] Center for Chemical Process Safety (CCPS). Guidelines for Risk Based Process Safety[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- [6] Amyotte P R, Eckhoff R K. Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview[J]. Journal of Chemical Health & Safety, 2010, 17(1): 15-28.
- [7] 湖南省应急管理厅. 工贸企业预防机械伤害及物体打击事故七条硬措施[EB/OL]. (2025-07-14).
- [8] 常州市市场监督管理局. 常州市乐轩新材料科技有限公司“11·9”车辆(叉车)伤害一般事故调查报告[EB/OL]. (2022-01-27).
- [9] Grabowski L E, Goode S R. Review and analysis of safety policies of chemical journals[J]. Journal of Chemical Health & Safety, 2016.
- [10] 张华, 李强. 基于物联网的厂内机动车辆安全监控系统研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18(5): 178-183.

Design and debugging of electrical automation control system based on PLC

Yuanhu Ma Ming Qi

Qinghai Western Hydropower Co., Ltd., Haidong, Qinghai, 810800, China

Abstract

With the continuous advancement of industrial automation, Programmable Logic Controllers (PLCs) have become increasingly prevalent in electrical control systems. This paper explores the design and debugging processes of PLCs in electrical automation control systems based on their fundamental principles. By analyzing specific application requirements in control systems, a typical PLC control system is designed, detailing hardware selection, control logic programming, and debugging methodologies. Practical case studies further demonstrate PLC debugging techniques and optimization strategies for production environments. Research indicates that PLCs significantly enhance the stability, reliability, and efficiency of electrical automation systems, effectively addressing complex control tasks while providing practical solutions for modern industrial applications. Through rational design and debugging of PLC control systems, production efficiency and control precision can be substantially improved, thereby advancing industrial automation development.

Keywords

PLC; electrical automation control; system design; debugging; control system

基于 PLC 的电气自动化控制系统设计与调试

马元虎 祁明

青海西部水电有限公司, 中国·青海 海东 810800

摘要

随着工业自动化水平的不断提升, PLC (可编程逻辑控制器) 在电气控制系统中的应用日益广泛。本文基于 PLC 的基本原理, 探讨了其在电气自动化控制系统中的设计与调试过程。通过分析 PLC 在控制系统中的具体应用需求, 设计了一个典型的 PLC 控制系统, 详细阐述了硬件选择、控制逻辑的编程与调试方法。结合实际案例, 本文还介绍了 PLC 在生产现场中的调试技巧与优化策略。研究表明, PLC 在提升电气自动化控制系统的稳定性、可靠性和高效性方面具有显著优势, 能够有效应对复杂的控制任务, 并为现代化工业提供了切实可行的解决方案。通过对 PLC 控制系统的合理设计与调试, 能够大幅提高生产效率与控制精度, 促进工业自动化的发展。

关键词

PLC; 电气自动化控制; 系统设计; 调试; 控制系统

1 引言

在现代工业中, 电气自动化控制系统至关重要, 生产对自动化和精确度要求不断提高, PLC (可编程逻辑控制器) 作为核心控制设备应用广泛。它具备灵活编程、可靠性强、扩展性佳等优点, 能满足复杂生产环境的自动化控制需求, 通过采集输入信号、执行程序控制、输出指令实现对设备的精确控制, 已成为工业自动化控制系统的关键。本文将详细探讨基于 PLC 的电气自动化控制系统的设计与调试, 分析硬件选型、编程技巧及调试问题与方案, 以提供技术支持, 提升系统稳定性与效率。

【作者简介】马元虎 (1989-), 男, 回族, 中国青海海东人, 本科, 助理工程师, 从事自动化研究。

2 PLC 电气自动化控制系统设计

2.1 PLC 的基本原理

PLC (可编程逻辑控制器) 是一种数字运算控制装置, 专门用于工业自动化控制。它通过采集输入信号并执行程序逻辑, 输出控制信号, 从而实现对工业设备的自动控制。PLC 的基本工作原理包括三个主要步骤: 输入信号的采集、程序的执行和输出信号的生成。在输入信号采集阶段, PLC 从现场传感器或开关等设备接收数据, 并将这些信号转化为可处理的数字信息。在程序执行阶段, PLC 根据预先编写的控制程序进行数据处理, 采用梯形图、功能块图、结构化文本等编程语言实现控制逻辑。在输出控制阶段, PLC 根据处理结果向执行机构 (如电机、阀门、传送带等) 发出控制信号, 完成对设备的操作。PLC 具有较强的抗干扰能力、灵活的编程功能和可靠性, 使其成为自动化控制系统中的核

心控制单元。

2.2 电气自动化控制系统需求分析

电气自动化控制系统设计时需要充分考虑系统的复杂性、可扩展性与安全性。典型的自动化控制系统由电源系统、控制单元、执行机构和人机界面等部分构成。电源系统为控制系统提供稳定的电力供应；控制单元主要由 PLC、传感器和其他控制模块构成，负责处理输入信号并执行控制任务；执行机构则根据控制信号执行物理操作，如启动电机、调节阀门等；人机界面则为操作人员提供系统监控与控制的接口。在设计时，必须确保系统的高效性与稳定性，选择合适的 PLC 硬件和通信协议，确保系统能够应对不同规模与复杂度的控制任务。此外，系统还需具备实时监控、数据记录与故障诊断功能，这对于维持系统的长期稳定运行至关重要。整体设计需兼顾灵活性和可扩展性，以适应未来需求的变化和系统的升级。

2.3 PLC 硬件选择与配置

PLC 硬件的选择与配置直接影响控制系统的稳定性、可靠性和扩展能力。在选择 PLC 硬件时，需要综合考虑控制系统的规模、输入输出点数、控制任务的复杂性以及系统的扩展需求。常见的 PLC 硬件组件包括中央处理单元（CPU）、输入输出模块、电源模块和通讯模块。CPU 模块是 PLC 的核心，负责程序的执行与数据处理，选择时需考虑其处理能力、内存容量等因素。输入输出模块负责采集外部信号并向执行机构发送控制信号，选择时需要根据现场设备的类型和数量确定其规格与配置。电源模块确保系统的稳定供电，而通讯模块则用于 PLC 与其他设备或系统的连接。根据不同的应用需求，如生产线自动化、楼宇管理或能源监控等，选择合适的 PLC 型号及其配件，能够保证系统的高效运行与后期维护的便利性，确保系统能够在不同场景中稳定可靠地工作。

3 PLC 控制逻辑编程

3.1 梯形图编程语言

梯形图（Ladder Diagram, LD）是 PLC 编程语言中最常用的一种，广泛应用于控制系统的设计中。其主要优点在于其直观性和易懂性，使得电气工程师能够快速理解和编写控制逻辑。梯形图的构成元素通常包括“继电器触点”和“线圈”，通过这些元件的组合与连接，表示控制电路的逻辑关系。每个“继电器触点”代表一个输入信号，线圈则代表一个输出动作或设备状态。编写梯形图时，首先要合理安排各控制点的连接，确保输入信号与输出设备的协调。此外，优先级的设置也是非常重要的，尤其在处理复杂逻辑时，正确的信号处理顺序能有效避免冲突或执行错误。梯形图编程语言不仅符合电气工程师的传统工作习惯，还能够清晰地展示控制系统的工作流程，是 PLC 系统中最具代表性的编程方式之一。

3.2 功能块图编程语言

功能块图（Function Block Diagram, FBD）是一种图形化的 PLC 编程语言，特别适用于复杂的控制任务。它通过将系统的控制功能分解为不同的功能块，每个功能块实现一个具体的控制任务，如计数器、定时器、逻辑运算等。开发人员通过将这些功能块按照控制逻辑连接起来，完成整个系统的功能实现。功能块图编程语言的优势在于它能够以模块化的方式呈现控制逻辑，便于管理和扩展。当面临需要处理多个复杂信号的情况时，FBD 能够通过功能块的叠加和逻辑关系的优化，简化复杂系统的设计与调试。使用功能块图时，开发人员需要选择合适的功能模块，并确保它们之间的连接正确无误。此外，FBD 的图形化界面使得调试和后期维护变得更加直观和方便，尤其在处理多功能控制时具有显著优势。

3.3 结构化文本编程语言

结构化文本（Structured Text, ST）是一种类似于高级编程语言的文本编程语言，适用于处理复杂的数学计算和数据处理任务。与梯形图和功能块图相比，结构化文本具有更强的表达能力，能够实现更复杂的控制逻辑。ST 语言使用标准的控制结构，如 IF、FOR、WHILE 等，使得开发人员可以编写包含条件判断、循环运算等复杂操作的程序。在编写 ST 程序时，开发人员需要注重代码的规范性与可读性，确保程序能够在后期得到有效的维护和扩展。此外，ST 语言支持面向对象的编程方式，便于模块化开发和代码重用，因此在处理大规模的系统时，ST 能够提供更高的灵活性与效率。尽管结构化文本对于电气工程师来说可能比梯形图和功能块图更具挑战性，但它为复杂的工业控制系统提供了强大的功能支持，是现代 PLC 编程中不可忽视的重要语言之一。

4 PLC 系统调试与优化

4.1 调试流程

PLC 系统的调试是确保自动化控制系统顺利运行的关键环节，通常包括硬件检查、程序加载、信号测试和功能验证等多个步骤。调试的第一步是进行硬件连接检查，确保输入输出模块与 PLC 本体的接线准确无误，避免接线错误或短路引发的设备损坏。在硬件检查完成后，调试人员将程序加载到 PLC 中，并通过模拟输入信号来验证控制程序的逻辑功能是否符合预期。在此过程中，需要逐步进行测试，模拟实际工况下的设备运行，检查控制程序是否能正确响应不同的输入信号，执行预定的控制任务。调试过程中，控制系统可能会出现不稳定的情况，调试人员应根据测试结果对程序和硬件进行相应的优化和调整，以确保系统在实际运行中的稳定性和可靠性。

4.2 常见问题的解决方法

在 PLC 调试过程中，常常会遇到一些典型问题，包括