Research on the Application of Programmable Logic Controllers in Electrical Automation Production Lines

Dekai Meng[1] Haijun Chen[2]

1. GoerTek Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261202, China
2. Shaanxi Iron and Steel Group Hanzhong Iron and Steel Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 724200, China

Abstract

Modern industrial manufacturing is undergoing profound changes, and the production mode is accelerating its transformation towards intelligence and precision. As the core hub of electrical automation production lines, programmable logic controllers accurately command the actions of execution mechanisms through real-time acquisition and logical operation of sensor signals, building the cornerstone of highly automated production processes. It not only significantly improves the accuracy and consistency of product processing, but also demonstrates irreplaceable value in optimizing resource allocation and ensuring production safety. Thoroughly analyzing its specific application mechanism in the production line, clarifying the bottlenecks and challenges in the current implementation process, and exploring practical and feasible optimization paths have urgent practical significance and profound industrial value for breaking through the ceiling of existing manufacturing efficiency and enhancing the core competitiveness of enterprises.

Keywords

programmable logic controller; electrical automation; production line control

可编程逻辑控制器在电气自动化生产线中的应用研究

孟德凯[1] 陈海军[2]

1. 歌尔股份有限公司，中国·山东 潍坊 261202
2. 陕钢集团汉中钢铁有限责任公司，中国·陕西 汉中 724200

摘 要

现代工业制造正经历深刻变革，生产模式向智能化、精密化加速转型。可编程逻辑控制器作为电气自动化生产线的核心中枢，通过对传感器信号的实时采集与逻辑运算，精准指挥执行机构动作，构筑了生产流程高度自动化的基石。它不仅显著提升了产品加工的精度与一致性，更在优化资源配置、保障生产安全方面展现出无可替代的价值。深入剖析其在生产线中的具体应用机制，厘清当前实施过程中的瓶颈与挑战，并探寻切实可行的优化路径，对于突破现有制造效能的天花板、提升企业核心竞争力，具有迫切的现实意义与深远的产业价值。

关键词

可编程逻辑控制器；电气自动化；生产线控制

1 引言

电气自动化生产线是现代工业的骨骼与血脉，其运转效率直接关乎整个制造体系的生命力。随着市场竞争的白热化，传统的继电器控制模式因其接线繁复、灵活性差、故障率高等顽疾，已难以适应多品种、快节奏的现代生产需求。可编程逻辑控制器凭借其卓越的抗干扰能力、便捷的编程方式及模块化结构，逐渐占据主导地位。然而，技术在现场的落地并非一帆风顺，从程序编写的草率到硬件选型的偏差，诸多隐患制约着产能释放。

【作者简介】孟德凯（1989–），男，中国山东潍坊人，本科，工程师，从事电气自动化（PLC）可编程逻辑控制器研究。

2 可编程逻辑控制器对电气自动化生产体系的核心支撑作用

电气自动化生产线并非简单的设备堆砌，而是一个由机械、电气、液压、气动等多学科技术融合而成的复杂系统，其内在运行逻辑要求极高的时序性与协调性。可编程逻辑控制器之所以能够占据这一系统的中心地位，根源在于其构建了一种“柔性”的控制范式。不同于硬接线的继电器逻辑，PLC 通过软件程序的编写即可实现控制逻辑的变更，这意味着同一条生产线可以在极短的时间内完成从生产 A 型号产品到 B 型号产品的切换，无需对物理线路进行大规模改造。这种柔性化生产能力是应对市场个性化定制需求爆发的根本保障。

同时，PLC 构建了生产过程的数字化镜像（如图 1）。

在自动化产线中，每一个电机的启停、每一个气缸的伸缩、每一个温度的波动，都被转化为二进制信号在 PLC 的内存中进行处理。这种数字化的处理方式极大地提高了系统的可靠性与响应速度，毫秒级的扫描周期确保了即使在高速运转的包装或装配线上，也能做到动作的严丝合缝。更为重要的是，PLC 作为工业网络的关键节点，打破了信息孤岛，使得生产数据能够实时上传至监控层或企业资源计划系统，为管理层提供决策依据。可以说，没有 PLC 的深度应用，电气自动化生产线就失去了灵魂，只能停留在机械化而非自动化的初级阶段，其生产效率与质量控制水平将大打折扣。



图 1 生产数字化镜像图

3 当前电气自动化生产线中存在的现实困境

3.1 程序代码规范性缺失引发维护困境

工程现场的软件逻辑架构往往呈现出一种原始粗犷的状态，缺乏统一的设计规范与文档标准。开发人员习惯于依据个人偏好随意搭建逻辑回路，变量定义晦涩难懂，注释说明更是寥寥无几，甚至充斥着大量废弃无用的逻辑冗余。这种“一次成型”的编程思维致使设备运行数年后，一旦发生异常，后续接手的维护人员面对密密麻麻的梯形图束手无策。代码的可读性匮乏使得故障排查陷入泥潭，原本只需修改一个触点参数的简单操作，却不得不耗费数天时间去逆向推导前任留下的逻辑迷宫。

3.2 硬件配置与实际工况适配度不足

在生产线规划初期，决策者往往受限于预算或认知，未能前瞻性地对产能爬坡与技术升级留有余地，导致电气柜内的空间布局与模块容量处于临界饱和状态。这种“将就”式的硬件选型策略，使得系统在满负荷运转时频频出现响应迟滞、信号处理阻塞等现象。更为严峻的是，工业现场的恶劣环境对硬件构成了严峻考验，高温、粉尘、电磁干扰无时无刻不在侵蚀着电子元件的寿命。由于缺乏针对性的防护设计与环境适应性考量，输入输出通道的烧毁、电源模块的莫名跳闸时有发生（如图 2）。这种硬件配置与真实工况的错位，并非单纯的器件质量瑕疵，而是系统设计阶段对实际生产复杂性的漠视，最终迫使企业在投产后不得不付出高昂的代价进行被动改造与补救。



图 2 电子元件故障图

3.3 网络通信架构的稳定性与安全性隐患

虽然工业网络技术已经渗透到各个层面，但因不同品牌机型混杂应用，存在严重的兼容性及协议限制等问题。各厂商所产的驱动器、传感器等无法互通有无，存在大量的通信延迟以及信息丢失的问题，严重影响整体进度协调。另一方面，在互联网更加开放的同时也伴随着风险，许多产线并未建立有效的防火墙或权限控制机制，并未对数据进行必要的安全防护，如加密、防入侵等，脆弱的网络安全防护将导致核心生产数据有被窃取的风险。甚至一旦发生病毒侵入或黑客攻击、控制指令信息突然中断的情况，则可能导致整个自动生产线出现混乱，并造成不可估量的经济损失。

4 可编程逻辑控制器在电气自动化生产线中的深化应用路径

4.1 构建模块化与结构化程序设计体系

要想提升控制器软件质量，则需摒弃以往杂乱无章的编程理念，转而树立规范化的模块化编程观念，在实际工作中积极贯彻标准化编程规范的要求，明确要求程序员将复杂的控制任务划分为若干个单一功能的小模块来实现，比如将皮带机启停、机械手抓取动作、报警指示灯控制等功能独立开来，各成一个逻辑块。这样做的好处很多，就像搭积木一样，只要有这个需求就直接调用对应的部分即可，不用重复地写所有代码了。

所有的功能块都要有对应的文字说明，详细描述其作用、输入输出变量的意义及其修改记录。在公司形成了通用的标准函数库以后，进行开发时，新来的程序员或者开发新的设备都可以直接使用经过验证的稳定程序模块，节约了大量的开发时间，减少了无效劳动。另外，在平时编程中应尽量采用有意义的实际标识替代冰冷的位置数字，让变量名称能直接说明其用途，如“启动按钮”或“电机运行反馈”而不是简写的 “X1.0”。这样的清晰命名可以降低理解难度，数年后进行维修时依旧能够很快地看懂程序架构，有利于减少对某一个人的依赖，提高团队协作效率。

4.2 实施基于状态机的工艺流程精准控制

面对越来越复杂的自动化生产工艺过程，仅仅依靠简单的继电器并联电路或简单的顺序步进控制方式已经不够

了，这种方式不能有效解决在实际生产中可能出现的各种情况。所以必须要使用状态机编程的方法进行准确的控制，这就需要将机器的工作状态进行分类，通常分为“通电运行”、“手动控制”、“自动控制”、“暂停”及“故障报警”等工作状态。

关键过程由混沌状态变成明确的各个时期间的过渡规定。基于目前存在的环境以及外界输入的信息，控制器决定下一步操作并产生状态变化。这种控制形式的优点在于它消除了矛盾逻辑，即消除机器可能发生的意外情况。尤其是对于有很多工作台，并且相互之间需要紧密配合的装配线来说，采用状态机的方法可以让每一个工作台上的工作步调一致，在运输过程中不会发生碰撞现象，也不会出现零件掉落的情况。这样整个生产流程就会显得非常有规律性，当遇到紧急制动或者是缺料等情况时，机器也能够按照规定的路线进行回位或者是回到起点。这能大大提高生产流畅度以及操作安全性，避免因逻辑混乱而引起机械故障的可能性。

4.3 强化数据采集分析与预测性维护功能

随着技术的发展，现在的控制系统运算能力已今非昔比了，不应再把它们当成只负责执行动作的装置来对待，而应当将它们当作生产过程中信息管理中心看待，在控制程序中精心设计的数据采集系统可随时记录电动机运行功率值、轴承温度值以及气缸行程时间值等关键数据。经过简单的数学变换就可以实现自动诊断机器是否出现故障。

例如，系统检测到某气缸的运动速率小于规定标准值或者无负载时电动机的电流异常增大时，系统会根据上述情形判断该组件存在漏气现象、卡顿现象或是滚珠轴承破损等情况，并实时显示于显示器上，提醒人员检查维修故障点。这种预防性维护完全改变了过去那种“坏了才修”或者“定期大拆卸大检查”的做法，可以将故障消灭在萌芽状态，避免小缺陷发展为大故障，并大大缩短突发故障造成的停机时间。对单位来说，不仅意味着降低设备故障率，同时直观节省了紧急修理费用以及零件损耗，使得生产过程更加平稳进行，不因临时发生设备事故而频繁中断，从而有效提升了整体经营效率。

4.4 推进人机界面交互与远程运维集成

操作员与设备控制系统的交互体验，直接决定了生产管理的精细程度和工作效率。我们应当应用更先进的人机界面技术，设计出直观、美观且富有引导性的操作画面，将复杂的设备状态通过图形、颜色和动画效果生动地展示出来，让一线工人一眼就能看懂当前的运行情况和故障位置。通过引入先进的配方管理功能，系统允许操作员根据不同的生产任务需求，一键快速切换所有相关的工艺参数设置。这一改进彻底改变了以往需要手动逐一调整电位器或拨动多个开关的繁琐操作模式，不仅大幅提升了操作效率，而且显著降低了因人为失误导致的操作错误风险，使得生产过程更加快捷、可靠且不易出错。

更进一步，借助成熟的无线通信技术，我们可以将分散在各处的生产设备连接到云平台，实现远程的监控与调试。这样一来，经验丰富的工程师即便身在办公室，甚至是出差在途中，只要通过网络连接，就能实时查看到千里之外生产线的运行画面和数据报表，进行程序的上传、下载以及在线诊断。这种远程运维模式极大地提高了问题响应速度，特别是在深夜或节假日发生故障时，无需驱车赶往现场也能初步判断问题所在。同时，这也为跨区域经营的集团化企业实现集中管控、统一调配技术资源提供了坚实的技术支撑，让生产管理突破了地理空间的限制，变得更加高效和智能。

5 结语

可编程逻辑控制器作为电气自动化生产线的核心控制枢纽，其应用深度已然成为衡量制造业现代化程度的标尺。纵观当下，虽在硬件普及上成就斐然，但程序规范性匮乏、工况适配度不足及网络安全隐患等短板依然明显。面向未来，唯有坚持模块化编程与结构化设计，深度融合数据采集与远程运维技术，方能让控制器在嘈杂环境中展现出智慧的一面。这需要工程技术人员沉心打磨系统架构，摒弃急功近利之念。当每一行逻辑都严谨如仪，每一条链路都坚如磐石，生产线才能释放出智能制造的真正潜能，为工业体系的持续进化注入不竭动力。

参考文献

[1] 周丽萍,赵勇成.可编程逻辑控制器(PLC)在农业机械自动化中的应用研究[J].河北农机, 2025(9):25-27.

[2] 侯志华.可编程逻辑控制器在工业电气自动化的实践[J].办公自动化, 2024, 29(3):15-17.

[3] 姬广盈.PLC技术在电力电气自动化系统中的控制研究[J].自动化与仪器仪表, 2024(1):252-256.

[4] 王金宝,张贺伟.PLC控制技术在电气自动化设备系统中的应用[J].丝路纵横, 2024(2):83-85.