

PLC 控制在智能制造中的应用研究

吴 静

纳科诺尔智能装备（深圳）有限公司，广东 深圳 518000

[摘要]可编程逻辑控制器（PLC）作为智能制造体系的核心控制单元，在逻辑运算、顺序控制与实时监控等环节发挥着关键作用。在智能制造加速发展的背景下，工业自动化生产线对控制系统的性能提出了更高要求。文章介绍了 PLC 的结构与性能参数，从汽车制造、发电工程、包装制造三个领域着手，总结了智能制造背景下 PLC 的应用场景。从自动化生产线控制、智能物流输送、设备监测诊断、信息集成通信四个维度系统梳理 PLC 的具体应用，并提出完善系统架构设计、推进与工业互联网融合、加强安全防护、强化人才培养等优化策略。基于 PLC 的控制系统对于推动制造业智能化转型具有重要的技术支撑价值。

[关键词]PLC 控制技术；智能制造；自动化生产线

DOI: 10.33142/sca.v9i7.20016

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Research on the Application of PLC Control Technology in Intelligent Manufacturing

WU Jing

Naknor Smart Equipment (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: As the core control unit of intelligent manufacturing system, programmable logic controller (PLC) plays a key role in logic operation, sequential control and real-time monitoring. In the context of accelerated development of intelligent manufacturing, industrial automation production lines have put forward higher requirements for the performance of control systems. The article introduces the structure and performance parameters of PLC, starting from three fields: automobile manufacturing, power generation engineering, and packaging manufacturing, and summarizes the application scenarios of PLC under the background of intelligent manufacturing. This paper systematically combs the specific application of PLC from the four dimensions of automatic production line control, intelligent logistics transportation, equipment monitoring and diagnosis, and information integrated communication, and puts forward optimization strategies such as improving system architecture design, promoting integration with industrial Internet, strengthening security protection, and strengthening personnel training. The control system based on PLC has important technical support value for promoting the intelligent transformation of manufacturing industry.

Keywords: PLC control technology; intelligent manufacturing; automatic production line

引言

伴随着工业 4.0 战略不断推进，智能制造成了全球制造业升级转型的主要方向。在此过程中，由于可编程逻辑控制器具有高可靠性、灵活的编程和实时响应等特点，一直处在工业自动化控制的核心位置。PLC 是主要的控制单元，对逻辑运算、顺序控制以及实时监控等起到重要的作用。但是智能制造对于系统协同、数据集成和柔性生产的新要求，使得传统的 PLC 应用模式遇到了很多的难题。怎样才能最大限度地发挥 PLC 在智能制造中技术上的潜力，已经成为学术界以及产业界共同研究的课题。对 PLC 在智能制造中应用的场景及改进途径进行梳理，给相关的技术实践提供借鉴。

1 PLC 控制技术与智能制造概述

可编程逻辑控制器是专为工业环境设计的数字运算操作电子系统，用可编程序的存储器执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等指令，通过数字量或者模拟量输入输出控制各种机械或生产过程。PLC 基本结构由中央处理器、存储器、输入输出接口、电源和通信模块组成，工作原理是循环扫描，依次进行输入采样、程序执行、输出刷新这三个过程。智能制造是以信息物理系统为依托，依靠物联网、大数据、人工智能等技术，对制造全过程进行感知、分析、决策和控制的一种智能制造模式。在体系当中，PLC 起执行层控制以及数据采集的作用。随着工业 4.0 的发展，制造业对于高效、灵活的生产方式

需求越来越大, 机器人自动化生产线是智能制造的核心, 它把工业机器人、数控设备、传感器等技术集成起来, 实现高度自动化、智能化的生产过程。新一代 PLC 由原来只做简单的逻辑控制向具有边缘计算功能的智能控制节点转变, 是物理设备和信息系统之间的纽带。

2 PLC 控制在智能制造中的应用优势

2.1 提高生产过程自动化与控制精度

PLC 依靠准确的程序控制和闭环调节, 提高了生产过程的自动化程度和运行精度。PLC 可以快速读取各种传感器的信号, 并且对信号进行运算之后再发出准确的控制命令。在智能制造飞速发展的大环境下, 工业自动化生产线对于控制系统的要求也越来越高。传统的继电器控制系统依靠硬件接线来完成逻辑, 修改控制逻辑需要重新布线, 耗时费力且灵活性差; 而 PLC 用软件编程的方式来实现控制逻辑, 修改程序就可以改变控制策略, 大大缩短了系统调试和改造的周期。PLC 具有很高的可靠性和长时间连续工作的稳定性, 灵活的定时、计数功能可以实现复杂的时序控制。PLC 采用 PID 算法对温度、压力、流量等模拟量实施连续调节, 持续对比设定值和实际反馈值之间的差异并作出相应调整, 从而保持控制精度处于工艺需求范围之内。PLC 和伺服驱动配合使用可以达到微米级的定位控制精度, 在精密加工中减少人为操作误差, 提高产品的统一性以及良品率。

2.2 增强生产系统协同运行与柔性制造能力

现代智能制造要实现多设备、多工序的协同作业, 而 PLC 由于具备很强的通信及组网功能, 给系统协同工作给予了技术支持。采用工业以太网或者现场总线, 多台 PLC 可以组成分布式控制系统, 完成设备之间数据的交换以及联动控制。采用分布式系统架构, 用 PLC 和数据采集与监视控制系统来实现设备的实时控制以及协同工作。协同运行时, 各个 PLC 从站把自身的运行状况和重要参数及时上交给主站, 主站依照全局生产节拍来调节各个从站的动作时序, 保证上下游工序之间物料供应及加工进度的准确对接。在柔性制造上, 由于 PLC 程序可以修改, 参数可以调节, 所以生产线可以迅速改变产品的种类和生产节奏, 满足小批量、多品种的需求。产品换型时 PLC 调用不同的子程序和参数配方, 自动切换伺服电机运动轨迹、变频器运行频率、气动执行器动作时序, 不需要对硬件做机械调整, 换型时间由原来的数小时缩短到数分钟。它极大地提高了制造企业对于市场变化的反应速度。

3 PLC 控制在智能制造中的具体应用

3.1 自动化生产线控制中的应用

PLC 是自动化生产线的控制中心, 用来控制各个工位设备有条不紊地工作。从输送带启停、机械手动动作到加工参数调节, 都是由 PLC 按照事先设定好的程序来统筹安排。以 PLC 为基础的系统从信号采集和传感融合、输入输出接口配置、PLC 控制任务调度、通信网络协议适配、人机交互集成反馈等几个方面进行设计, 形成了一种实时性和扩展性兼备的设计方案。PLC 在线生产时是以循环扫描的方式依次完成输入采样、程序执行和输出刷新这三个过程, 扫描周期一般为 10~50ms, 能及时响应现场信号并完成控制的确切性^[1]。在汽车焊装线上的 PLC 控制上百台焊机和机器人一起工作, 保证每一个焊点的位置、时间以及电流参数的准确无误。PLC 用工业以太网接收到机器人控制器反馈的实时位置信息, 当焊钳到达指定坐标点的时候, 发出焊钳到达命令, 此时输出电流和时间参数符合焊接设定值, 多点同时作业时时序误差 $\leq 2\text{ms}$, 保证焊点强度一致、车身尺寸准确。在食品包装线上, PLC 控制灌装、封口、贴标等工序的时序配合, 达到高速连续生产的目的。包装线一般用传送带主轴编码器信号作为同步基准, PLC 根据这个计算出各个执行机构动作的触发时间, 在连续运动中保证灌装头升降、封口压合、标签贴附等动作准确无误。PLC 同上位机系统对接后, 可以接收到生产管理系统下派的工艺参数, 从而达成远程配方控制以及生产追踪的目的。

3.2 智能物流与物料输送系统中的应用

智能物流系统属于智能制造的一部分, PLC 对它的路径规划、输送控制以及物料追踪等工作起着作用。PLC 控制堆垛机的水平、垂直运动来完成货位的精确定位和存取工作。堆垛机的定位一般用激光测距或者编码器反馈来实现闭环控制, PLC 把实时的位置和目标地址持续比较, 并且根据比较结果动态调节变频器的输出频率, 使堆垛机在接近目标位的时候自动减速到设定的低速完成最后的定位, 防止惯性过冲造成货位偏差。AGV (自动导引车) 调度系统中 PLC 和地面控制系统通信, 实时获取路径指令并控制车辆运行状态^[2]。在复杂的路径环境中, 多台 AGV 同时工作的时候会存在路径冲突的风险, PLC 实时对各个 AGV 的位置坐标以及运动方向加以监测, 依照事先设定好的路权优先级规则来动态地安排通行权利, 从而防止发生碰撞或者死锁的情况, 保证多车协同作业的顺畅和安全。在智能制造的背景下, PLC 在包装制造等领域的应用也越来越大。输送线系统中 PLC 用光电传感器检测物料的位置, 控制分流、合流和暂存的动作, 使物料按照一定的路径流动。通过和 RFID 或者条码扫描系统相接,

PLC 可以对物料信息进行实时绑定和追踪，给生产溯源提供数据支持。

3.3 智能设备监测与故障诊断中的应用

设备状态监测和故障诊断属于保证智能制造系统正常运转的重要部分，PLC 在其中有着天然的优势。PLC 可以对电机电流、振动温度、运行速度等参数进行实时采集，并和设定的阈值相比较来判断设备的健康状况。就信号采集、传感融合而言，PLC 系统可以对工业设备运行参数实施实时监测，并作出异常判断。当检测到异常信号的时候，PLC 会马上启动安全保护程序，例如紧急停车、故障报警或者自动切换备用设备等措施来避免故障的进一步蔓延。从故障诊断的角度来讲，PLC 保存的历史数据和报警序列可以给维修人员提供故障定位的依据，从而减少停机时间。部分高端 PLC 已经集成了自诊断功能，可以对自身的 CPU、电源、通信模块的工作情况进行监测，从而达到系统的健康管理。

3.4 智能制造信息集成与数据通信中的应用

PLC 属于智能制造信息化架构里的数据采集和信息上传的重要节点。采用 OPC UA、Modbus TCP、PROFINET 等通信协议，PLC 可以将现场设备运行数据实时上传到制造执行系统或者云端平台。依靠工业机器人、数控设备、传感器等技术的整合来创建高度自动化、智能化的生产过程^[3]。车间级数据采集与监控系统里，PLC 属于子站控制器，它把收集到的产量，质量，能耗这些数据汇总起来，

然后传递给中控室，以此来给生产决策赋予即时的支撑。PLC 上传的连续运行数据经过大数据分析模型处理之后，可以发现设备的退化趋势，从而发出维护预警。从表 1 可以看出不同的通信协议有各自的实时性、数据容量、适用范围，在实际使用中要根据工艺的要求来选择合适的通信协议。伴随着 5G 以及时间敏感网络技术的发展，PLC 的数据通信实时性、确定性得到提高，为工业互联网全面落地打下了基础。

4 PLC 控制技术在智能制造应用中的优化策略

4.1 完善 PLC 控制系统架构设计

合理的系统架构是 PLC 高效使用的基础。应从设备层、控制层、管理层三方面综合设计。设备层上要合理地设置传感器和执行器的种类、数量，保证信号采集的完整性和控制的全面性。控制层要根据工艺复杂程度来选择集中式或者分布式 PLC 架构，合理分配控制任务，防止单点过载。对大型生产线，建议使用主从式多 PLC 结构，主站负责全局调度和数据汇总，从站执行具体的控制任务。采用分布式系统架构，用 PLC 和数据采集与监视控制系统相结合的方式，对设备进行实时控制以及协同工作。管理层 PLC 应该留有标准的通信接口，方便同 MES、ERP 等系统对接。图 1 给出了分层架构中各个层次设备的功能定位和数据流方向，给大型生产线 PLC 控制系统部署提供了一个参考框架。控制柜布置、线缆敷设以及接地保护等工程细节都会影响到系统的可靠性，必须严格按照规范进行施工。

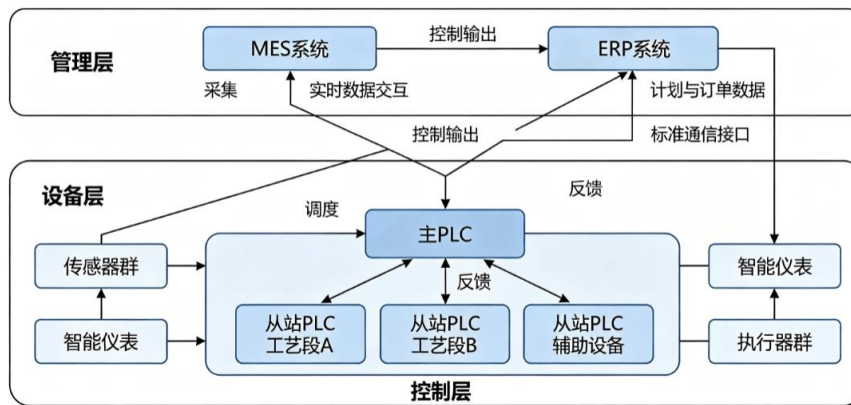


图 1 PLC 控制系统三层架构示意图

表 1 智能制造中 PLC 常用工业通信协议对比

协议名称	通信方式	实时性等级	数据容量	典型应用场景
PROFINET	工业以太网	高（ $\leq 1\text{ms}$ ）	大	运动控制、机器人协同
EtherNet/IP	工业以太网	较高（ $1\sim 10\text{ms}$ ）	大	离散制造、装配线
Modbus TCP	工业以太网	中等（ $10\sim 100\text{ms}$ ）	中等	设备数据采集、能源监控
PROFIBUS-DP	现场总线	高（ $\leq 1\text{ms}$ ）	中等	现场设备高速通信
CC-Link	现场总线	高（ $\leq 5\text{ms}$ ）	中等	汽车、半导体生产线
OPC UA	工业以太网	中等（可配置）	极大	跨系统信息集成、云端上传

4.2 推进 PLC 与工业互联网深度融合

PLC 同工业互联网的融合,乃是达成智能制造升级的重要途径。一方面可以推进 PLC 通信接口标准化、网络化,使用 OPC UA、MQTT 等主流的工业通信协议来消除信息孤岛。智能制造飞速发展之时,PLC 控制系统的通信网络协议适应性就显得十分重要。另一方面可以对 PLC 边缘计算功能进行开发,在完成基本控制任务的基础上,也可以担负起数据预处理、特征提取等边缘计算的任务,从而减轻云端计算的压力。数字孪生的应用就是用 PLC 实时数据来驱动虚拟模型的同步运行,从而达到对生产过程进行虚拟监控和仿真优化的目的。利用工业互联网平台获取多台 PLC 的历史运行数据来创建工艺参数优化模型,进而可以反向控制 PLC 的运行方式。

4.3 加强系统安全防护与稳定性保障

由于智能制造系统具有开放互联的特点,因此给 PLC 带来了越来越大的网络安全风险。应从物理安全、网络安全、数据安全三个方面来建立防护体系。从物理上讲,应保证控制柜与环境隔离,防止未经授权的物理接触。网络上要在 PLC 和外部网络之间设置工业防火墙,对访问进行控制,阻止非法的通信请求。PLC 技术在信号采集、逻辑控制、过程调节、数据通信、故障诊断等主要应用环节的运行机制表明,通信安全、数据完整性应当成为系统设计的内容。就数据而言,对 PLC 配置参数和用户程序实行加密保存并加以权限控制,防止被恶意修改。在稳定性保证上,关键控制节点要具备冗余配置,主 PLC 出现故障的时候可以自动切换到备用单元,从而保证生产不会受到影响。定期做系统安全审计和漏洞扫描也是防患于未然的一种方式。

4.4 强化智能制造专业人才培养与技术创新

PLC 技术在智能制造中深入应用,给人才的知识结构和技能水平提出新的要求。要创建面向智能制造的复合

型人才培养体系,把 PLC 编程、工业网络、数据分析、人工智能等各方面的知识纳入培训范围之中。为了满足智能制造教学实训对便携式多功能设备的要求,以 PLC 为基础的智能制造实训系统采用模块化结构以及工业总线通信的方式来达到系统的协同控制。企业可以采用校企合作、技能竞赛、在岗培训等途径来提高技术人员的系统集成能力以及创新能力。就技术创新而言,要密切关注 PLC 同人工智能融合的最新动向,探究 AI 算法同 PLC 故障预估、参数自动调节等应用方面的可能,促使 PLC 由程序执行器变为智能决策器。

5 结语

PLC 控制技术是智能制造体系的中心支撑,对提高自动化水平、加强协同能力、改善生产流程起着无法取代的作用。PLC 已经从自动化生产线、智能物流系统、设备监测诊断、信息集成通信等各个方面进入到智能制造各个关键环节中。面向未来,不断改进 PLC 系统架构的设计,加强和工业互联网的融合,提升安全防护水平,加快人才培养步伐,促使 PLC 技术由自动化控制迈向智能化决策的发展。只有这样,才能充分发挥 PLC 在智能制造转型中所起的战略作用,推动制造业高质量发展。

[参考文献]

- [1]沈锋.智能制造背景下 PLC 的应用场景及发展趋势[J].造纸装备及材料,2025,54(3):55-57.
- [2]张三春.PLC 赋能电气仪表自动化控制系统研究[J].信息记录材料,2026,27(9):83-85.
- [3]李梦彬.机械制造中机器人自动化生产线的设计与实现[J].现代制造技术与装备,2025,61(1):189-191.

作者简介:吴静(1996—),女,汉族,安徽铜陵人,电气工程师,2024年6月毕业于长春理工大学电子信息专业,硕士,主要负责干法电极、固态电池新型辊压装备电控研发与智能化升级。