

基于PLC的电子生产线自动化控制研究

刘 恋

连云港中复连众复合材料集团有限公司 江苏连云港 222000

摘要:当前电子制造业朝着高效、精准、柔性化方向前行,传统的人工与半自动化控制模式效率欠佳、误差明显,难以满足生产需求,急需可靠的自动化控制方案支撑升级。为增进电子生产线的效率,本文就基于PLC的自动化控制展开探讨研究,先对PLC技术基础以及其与电子生产线的适配性加以分析;再去探讨硬件的选型配置、程序设计优化以及设备通信集成等关键技术;随后针对SMT、元件插件、成品检测分拣环节开展应用实践探索;最后归纳研究现状及挑战,展望未来的发展趋势,旨在为电子生产线的自动化升级给出书面参考与借鉴。

关键词: PLC技术; 电子生产线; 自动化控制

在工业4.0与智能制造深度融合所形成的背景下,电子制造业面临多品种、小批量生产形态转型的需求,对生产线的响应速度、精度稳定性及柔性调整能力给出了更高要求。传统借助人工干预的半自动化控制模式,存在工序衔接滞后之类的问题,不易适配电子元件微型化的发展走向,限制了生产效率以及市场响应能力的提升。可编程逻辑控制器(PLC)凭借抗干扰性能强、编程灵活、硬件组态简便的技术优势,成为解决电子生产线控制困局的核心载体。然而,在当前的行业应用中,PLC与贴装设备、检测仪器等核心装置通信协同的水平不高,控制程序缺少动态优化机制,造成其自动化潜力未充分释放。本文围绕PLC在电子生产线的适配情况与应用实践进行研究,通过梳理技术源泉、攻克关键集成症结、结合典型环节证实,为电子生产线推进自动化升级提供系统的技术路径,协助制造业实现高效率、高精度生产转变。

一、PLC技术基础与在电子生产线中的适配性

PLC技术核心是围绕“硬件模块化+软件可编程”搭建起来的,硬件包含CPU(逻辑运算的核心所在处)、I/O模块(连接传感器与执行设备)、通信接口等,运行时借助“输入采样-程序执行-输出刷新”的循环扫描方式,实现实时调控。这种编程语言与工业逻辑相贴近,降低操作门槛,且具有较强的抵御电磁干扰能力,符合工业现场的环境要求,电子生产线需要面对多工序协同、高精度操作及柔性生产的需求,PLC的特性与此高度相符:I/O模块可做灵活的扩展,能够同时把贴片机、插件机、检测设备等连接起来,满足生产线多设备协同运转

需求;以毫秒为单位的扫描周期能精确控制元件定位、焊接温度等关键参数,适应电子元件微型化的精度要求;通过程序修改即可切换生产规格,无需对硬件做大规模的改造,符合电子制造业多品种、小批量的生产态势。这种技术特性与生产需求的合理匹配,为电子生产线自动化打下了可靠的基础^[1]。

二、基于PLC的电子生产线自动化控制关键技术

1. PLC硬件选型与配置设计

PLC硬件选型需把电子生产线实际需求作为核心参照。首先应当明确生产线的工序复杂程度、设备数量及信号类型,以这些为依据确定PLC的I/O点数,好比SMT生产线关联着贴片机、回流焊炉等多种设备,要预留20%-30%的I/O冗余量,防止后续扩容工作遭遇约束。挑选CPU性能要与控制精度要求相匹配,就像元件插件环节要求毫秒级响应,选择高速处理型CPU为宜;成品分拣环节对速度的要求较低,基础型CPU就能达成满足;电源模块应适配工业现场的电压起伏,优先选择宽电压输入型号,预防电压不稳造成设备停机^[2]。I/O模块需把数字量和模拟量类型区分清楚,数字量模块可连接传送带电机、电磁阀等执行装置,模拟量模块与温度传感器、压力传感器等相互对接,保证关键参数实时采集到。从配置设计的角度看,采用模块化布局方便后续维护,同时要考量硬件防护等级,若生产线有粉尘、油污存在,需采用IP65及以上防护标准的模块,保障硬件长时间稳定地工作。

2. PLC控制程序设计与优化

PLC控制程序设计需紧密贴合电子生产线既有的工

艺流程，采用结构化编程方式提升程序的可读性与可维护程度。例如把SMT生产线划分成上料、印刷、贴装、焊接四个功能区域，对各个功能模块独立开展程序编写，既方便进行单独调试，也方便后期对工艺参数加以修改。程序编写需留意逻辑的严谨程度，采用互锁与联锁机制，若贴片机未完成元件定位时，禁止传送带开启，防止设备碰撞或产品毁坏。程序优化应聚焦提升控制效率，降低故障风险，利用去除冗余指令、优化程序执行顺序，减少PLC扫描时长，把高频执行的温度监测程序设作中断服务程序，优先响应关键信号；添加故障诊断模块，实时对I/O端口状态与设备运行参数开展监测，若传感器故障或者电机过载时，立即触发报警并记下故障代码，降低故障排查所花费的时长。程序应具备灵活适配的能力，依靠参数化设计完成多品种生产切换，修改贴片机坐标参数便可适配不同规格电路板，不用重写程序。

3. PLC与电子生产线设备的通信与集成技术

PLC与电子生产线设备通信需按照设备类型及控制需求，选用合适的通信协议及硬件接口。针对距离近且速率低的设备，可采用Modbus-RTU这一协议，采用RS485接口实现数据的传递，该协议花费少、稳定性强，适配中小型生产线；针对高速运行的装置，要选用Profinet、EtherCAT这类工业以太网协议，保证数据传输速率达到100Mbps以上的水平，适应实时控制相关的要求。设备集成须实现数据双向对换与系统协同，PLC要采集设备运转时的数据，如贴片机的元件贴装精度水平、检测仪器的不良品率，依靠数据分析对控制参数加以调整，如当检测到焊接温度过高造成不良品数量增加时，PLC自动把回流焊炉温度调低；PLC依旧要向设备下发控制指令，如依照生产计划向传送带发送速度调整的信号，实现工序间的无障碍衔接。完成PLC与上位管理系统的集成事宜，把生产产量、设备利用率等数据上传至MES，为生产调度及工艺优化供给数据支撑，构建“控制-监测-管理”一体化的自动化体系^[3]。

三、PLC在电子生产线关键环节的应用实践

1. 表面贴装技术（SMT）生产线的PLC控制

SMT生产线的流程涉及焊膏印刷、元件贴装、回流焊接以及AOI检测方面，在这个过程中，PLC承担起核心协同控制的功能。当进行焊膏印刷时，PLC依靠编码器实时采集钢网位移的相关数据，利用伺服电机来校准钢网与电路板的对位精度，误差能控制在±0.02mm这个范围，同时联合刮刀气压阀实现联动，按照焊膏粘度动

态调控刮刀压力，避免产生漏印与多印的现象。在元件贴装这一环节，PLC接收来自贴片机元件吸嘴的真空气体信号，若真空度不达标立即触发停机，防止元件从吸嘴上脱落；且同步掌管传送带速度，保障贴装节奏与后续工序相匹配，实施回流焊接的时段里，PLC连接各温区热电偶，实时采集温度数据，预热区温度设定为150℃到180℃，焊接区温度设定为230℃到250℃，采用PID算法调节加热管的功率大小，保证温度曲线平稳^[4]。完成AOI检测后，PLC按照检测结果给分拣机构发送指令，实现自动将不良品剔除，全阶段都不用人工干预，促使SMT生产线的产品良率提升到99.2%以上。

2. 电子元件插件生产线的PLC控制

电子元件插件生产线须实现元件供料、精准插件、剪脚成型的自动衔接，PLC依靠多模块协同保障生产的效率与精度。供料环节，自动供料器的光电传感器连接到PLC，若检测到元件的余量低于所设阈值，引发声光报警现象并切换备用供料设备，防止缺料引发停机。PLC控制着插件机XYZ轴的伺服电机，结合光栅尺反馈回来的位置数据，带动插件头把电阻、电容等元件精准插入电路板的插孔当中；同时规划互锁逻辑，若电路板没有到达合适位置或插件头没有归位，阻止插件动作发展，预防设备出现碰撞。插件作业完成后，剪脚机同PLC达成联动，按照元件引脚的长度调节剪刀高度，实现剪脚一致性效果^[5]。通过PLC控制，生产线的关键指标得到显著优化，具体数据如表1所示：

表1 PLC控制前后指标示意图

控制指标	PLC控制前	PLC控制后
插件速度（件/小时）	300-350	480-520
插件定位误差（mm）	±0.15	±0.05
设备故障率（%）	8.5	1.2
单次停机时间（min）	15-20	3-5

3. 电子成品检测与分拣环节的PLC控制

电子成品检测与分拣环节需兼顾检测精度以及分拣效率，PLC借助数据交互和逻辑控制达成“检测-判断-分拣”闭环。检测阶段，PLC先触发电气性能检测模块，控制探针与成品引脚相接触，采集包含导通电阻、绝缘电阻的相关数据，若数据超过阈值，就标记为“电气不良”；同时与视觉传感器进行联动，拍下成品外观模样，如外壳的划痕现象、标识的清晰程度等，PLC对图像信号进行处理后，判断是否存在“外观不良”。PLC凭借检测结果控制分拣机构活动：合格成品依靠主传送带送达

包装工位，“电气不良”成品引起第一路气缸推杆动作，推往返修通道，“外观不良”的成品触发第二路推杆动作，送进废弃路径，PLC实时记录每批次成品的检测数据，如检测数量、不良类型及其占比等，而后上传至上位系统，利于管理人员追溯不良问题的根源；增加分拣计数功能，当某一通道的成品累计堆积到100件，自动让这个通道暂停且报警，采用PLC开展控制，分拣准确率与分拣效率显著提升，极大地超出人工分拣的水平。

四、基于PLC的电子生产线自动化控制研究现状与挑战

当前研究已实现PLC于电子生产线的规模化运用，基础自动化能力已十分成熟：在SMT、元件插件等工序，PLC可完成温度闭环控制、元件定位等核心事项，且多数生产线已做到PLC与MES系统的初步数据往来，可上传涉及产量、设备利用率的基础数据。硬件范畴内，紧凑型PLC已适配小批量生产线，高速PLC满足SMT贴片机这类设备的毫秒级响应需求。但挑战依旧显著：多设备协同的兼容性欠佳，电子生产线中设备品牌繁杂不一，各设备之间通信协议差异明显，PLC集成需借助第三方转换模块，引发数据传输延迟上升10%~15%，影响工序衔接效率；高精度控制面临的瓶颈，针对微型元件贴装这一情况，单独依靠PLC控制难以达到纳米级精度要求，要与运动控制器相互配合，但二者数据同步容易出现一些偏差；故障诊断能力欠佳，当下的PLC大多借助预设阈值发出报警，无法借助历史数据开展故障预测，导致非计划停机时长平均每次达到4小时以上^[6]。

五、未来发展趋势展望

未来PLC在电子生产线的应用将向着“智能协同、柔性适配、绿色高效”的方向升级。PLC与AI深度融合，搭载简易AI模型：借助分析PLC所采集的设备振动、电流等实时数据，可提前72小时预估贴片机吸嘴磨损、插件机导轨卡顿等故障，降低故障排查时间，而AI算法可在动态过程中优化控制参数，实现产品良率提升5%~8%。PLC与物联网（IoT）合作达成全域管控：采用5G或工业以太网，PLC可把多生产线的数据上传到云端

管理平台，实现远程监控与参数远程下发，实现“一键切换生产品种”，适配电子制造业多式样、小批量的生产需求，换产时间从原先的2小时减少到15分钟以内。绿色节能范畴实现新突破：PLC要添加能耗监测模块，借助优化控制方面的逻辑，如在非高峰时段，降低传送带的速度、动态调控设备的待机功率，结合电子生产线的能耗规律规划节能方案，预计能把生产线整体能耗降低12%~15%，贴合制造业“双碳”目标愿景。

结束语

综上所述，本文围绕PLC在电子生产线自动化控制这一核心需求，从对技术适配性的分析起步，解决硬件选型、程序优化与设备集成的难题，且借助SMT、元件插件等关键环节的实践检验其应用价值。研究不仅梳理出PLC促进生产线自动化的清晰方向，还点明当下协同控制与动态优化存在的缺陷。后续可进一步结合AI、物联网技术深化研究，促进PLC控制由“自动化”迈向“智能化”升级，为电子制造业解决柔性生产挑战、达成高质量发展提供更可靠的技术后盾。

参考文献

- [1] 孟召琴. PLC在汽车生产线自动化控制中的关键技术研究[J]. 大众汽车, 2025, (07): 37-39.
- [2] 罗宪昌. 基于PLC的工业生产线自动化控制系统优化与故障诊断研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(09): 137-140.
- [3] 刘华斌. 基于PLC的造纸机械自动化控制系统设计研究[J]. 华东纸业, 2025, 55(04): 25-27.
- [4] 任如桂, 贺琴. 基于PLC的造纸生产线自动化控制系统设计与优化[J]. 华东纸业, 2025, 55(04): 55-57.
- [5] 黄武, 吴井生. 基于PLC的汽车冲压生产线自动化控制技术应用研究[J]. 汽车知识, 2025, 25(01): 83-85.
- [6] 徐刚, 李翠翠. 安全高效处置自动化生产线设备突发状况的PLC程序设计[J]. 职大学报, 2020, (04): 91-94.