

基于 PLC 的果汁灌装生产线自动化控制系统研究

唐学东

沈阳德氏冷饮食品有限公司 辽宁沈阳

【摘要】随着食品工业的快速发展，果汁灌装生产线自动化程度直接影响生产效率与产品质量。基于 PLC 的果汁灌装生产线自动化控制系统，融合传感器技术、电气控制技术，实现生产线精准控制与高效运行。系统具备灌装量精确调节、设备状态实时监测、故障快速诊断等功能，可有效降低人工干预，减少物料浪费与生产事故。通过优化控制算法与硬件配置，提高系统稳定性与兼容性，满足多样化生产需求，为果汁灌装生产线智能化升级提供技术支撑，对推动食品加工行业自动化发展具有重要意义。

【关键词】PLC；果汁灌装生产线；自动化控制；传感器技术；系统设计

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日

【出刊日期】2025 年 4 月 18 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250026

Research on the automation control system for fruit juice filling production line based on PLC

Xuedong Tang

Shenyang Deshi Cold Food. Co., Ltd., Shenyang, Liaoning

【Abstract】 With the rapid development of the food industry, the automation level of fruit juice filling production lines directly impacts production efficiency and product quality. The automation control system for fruit juice filling production lines based on PLC integrates sensor technology and electrical control technology to achieve precise control and efficient operation of the production line. The system features precise adjustment of filling volume, real-time monitoring of equipment status, and rapid fault diagnosis, effectively reducing manual intervention, material waste, and production accidents. By optimizing control algorithms and hardware configurations, the system enhances stability and compatibility, meeting diverse production needs and providing technical support for the intelligent upgrade of fruit juice filling production lines. This is significant for advancing the automation of the food processing industry.

【Keywords】 PLC; Fruit juice filling production line; Automation control; Sensor technology; System design

引言

在食品工业智能化发展浪潮下，果汁灌装生产线对自动化控制的需求愈发迫切。传统人工操作与简单机械控制存在效率低、误差大、成本高等问题，难以适应市场对高品质、高效率生产的要求。PLC 以其可靠性高、编程灵活、抗干扰能力强等优势，成为工业自动化控制核心设备。研究基于 PLC 的果汁灌装生产线自动化控制系统，旨在突破传统技术瓶颈，实现生产线精准、高效、稳定运行，提升企业市场竞争力，推动食品加工行业自动化进程。

1 系统总体设计

在果汁灌装生产线的自动化进程中，系统总体设计如同搭建一座大厦的蓝图，是整个控制系统的

根基与核心框架。基于果汁灌装生产工艺的独特需求，构建以 PLC 为核心的自动化控制系统架构，其目的在于将生产流程中的各个环节有机整合，实现高效、稳定且精准的生产作业。

系统所涵盖的信号采集模块，犹如生产线的“感知神经”，它部署了光电传感器、称重传感器等多种关键设备。这些传感器分布在生产线的各个关键节点，实时敏锐地捕捉着生产线运行的各项参数。光电传感器在空瓶输送环节，能够精准识别每一个瓶子的位置与状态，无论是瓶子是否到位、是否存在错位或堵塞，都能第一时间将信号反馈给控制系统；而称重传感器则专注于灌装量的精确监测，在灌装过程中持续感知液体重量的变化，为灌装精度提供

可靠的数据支撑^[1]。其他传感器还能监测诸如温度、压力等环境参数,确保整个生产环境处于适宜状态。

控制执行模块、人机交互模块与通信模块则共同构成了生产线的“指挥中枢”与“交互桥梁”。控制执行模块依据 PLC 预设的程序指令,结合信号采集模块反馈的实时信息,精准地驱动灌装阀、传送带电机等设备动作。灌装阀如同生产线的“水龙头”,能快速且精确地控制液体流量,根据不同产品规格完成精准灌装;传送带电机则按照生产节奏有序运转,保障瓶子在各工序间平稳传输。人机交互模块通过直观易用的触摸屏,让操作人员能够便捷地设置生产参数,如灌装速度、灌装量、生产批次等,同时还能实时查看生产线的运行状态、设备参数以及生产数据统计等信息,实现人与设备的高效互动^[2]。通信模块则在 PLC 与上位机、智能设备之间架起了数据传输的“高速公路”,确保生产数据、控制指令等信息能够快速、准确地流通,使整个生产线各部分协同配合,达到最佳生产效率。

2 硬件配置方案

硬件配置方案是保障果汁灌装生产线自动化控制系统稳定运行的物质基础,每一个硬件设备的选择与组合都至关重要。选用高性能的 PLC 控制器作为系统核心,它犹如整个控制系统的“大脑”,凭借其丰富的 I/O 接口与强大的运算能力,能够轻松应对生产线中大量复杂信号的处理需求。无论是来自传感器的微弱电信号,还是控制执行机构所需的强电信号,PLC 都能精准识别与处理,为生产线的稳定运行提供可靠的控制保障。

在传感器选型方面,各类传感器各司其职,发挥着不可或缺的作用。光电传感器凭借其快速的响应速度和高灵敏度,承担起空瓶检测与定位的重任。在空瓶输送线上,光电传感器能够迅速检测到瓶子的到来,并准确判断其位置,确保后续灌装工序的精准对接;称重传感器则以极高的精度实时监测灌装量,通过对液体重量的精确感知,及时反馈给控制系统,以便对灌装过程进行动态调整,保证每一瓶果汁的灌装量都符合标准^[3]。温度传感器则时刻关注着灌装环境的温度变化,因为温度的波动可能会影响果汁的品质和灌装效果,当温度出现异常时,它能及时发出信号,提醒操作人员采取相应措施,维持灌装环境的稳定。

执行机构与电气元件的配置同样不容忽视。高精度的灌装阀和变频调速电机是执行机构的关键设

备。灌装阀具备快速响应控制信号的能力,能够根据不同产品的灌装需求,精确控制液体的流量和灌装时间,无论是小容量的精致包装,还是大容量的家庭装产品,都能实现精准灌装^[4]。变频调速电机则赋予传送带灵活的速度调节能力,它可以根据生产节奏的变化,自动调整传送带的运行速度,在保证生产效率的同时避免因速度过快或过慢导致的瓶子堆积或生产延误。继电器、接触器等电气元件构建起稳定可靠的硬件电路,它们如同电路中的“开关卫士”,在 PLC 的控制下,安全、准确地控制着电流的通断,为整个硬件系统的稳定运行保驾护航。

3 软件编程实现

初始化模块在系统启动时发挥着至关重要的作用,它如同系统的“起跑发令员”,负责完成系统参数的全面设置与设备的自检工作。在参数设置方面,它会根据生产任务和产品规格,预设好灌装量、灌装速度、传送带运行模式等关键参数;对 PLC 内部的寄存器、计数器等初始化配置,为后续程序的正常运行奠定基础。设备自检过程中,初始化模块会逐一检查各个传感器、执行机构以及通信模块等设备的连接状态和工作性能,一旦发现设备异常或连接故障,便立即发出警报,提示操作人员进行检修,避免在生产过程中出现设备故障,影响生产进度。

信号处理模块如同系统的“数据分析师”,它对传感器采集到的大量原始数据进行深入处理。由于实际生产环境中存在各种干扰因素,传感器采集的数据可能会存在噪声和误差,信号处理模块首先会对这些数据进行滤波处理,去除干扰信号,还原真实有效的数据;接着对数据进行转换和分析,将传感器输出的物理量信号转化为 PLC 能够识别和处理的数字信号,并提取出关键信息,如灌装量的实时数值、瓶子的位置坐标等^[5]。经过处理后的数据将被准确传递给逻辑控制模块,为其决策提供可靠依据。

逻辑控制模块和故障诊断模块则是保障生产线安全、稳定运行的“守护者”。逻辑控制模块根据信号处理模块提供的数据,严格按照灌装流程的逻辑规则,精准控制执行机构的动作。从空瓶输送、定位,到灌装、封盖,再到成品输出,每一个环节的动作顺序和时间间隔都经过精心编排,确保整个生产过程有条不紊地进行。而故障诊断模块则如同一位时刻警惕的“安全卫士”,它实时监测着系统的运行状态,对各类信号进行持续分析^[6]。一旦检测到异常信

号,如灌装量超出误差范围、设备出现过载或异常振动等情况,故障诊断模块会立即触发报警机制,通过声光报警等方式提醒操作人员,并迅速执行停机保护程序,防止故障进一步扩大,同时记录下故障发生的时间、位置和详细信息,为后续的故障排查和维修提供有力支持。

4 系统优化升级

针对灌装精度波动的问题,引入 PID 控制算法是一种有效的解决方案。PID 控制算法作为工业控制领域中应用广泛且成熟的控制策略,能够根据灌装量的实际值与预设值之间的偏差,自动调整控制参数,实现对灌装量的动态调节。在灌装过程中,当称重传感器检测到灌装量与目标值存在偏差时,PID 控制器会迅速计算出合适的控制量,通过调整灌装阀的开启时间或流量大小,对灌装过程进行实时修正,从而使灌装量快速、准确地回到设定值范围内。通过不断地监测和调整,PID 控制算法能够有效抑制外界干扰因素对灌装精度的影响,大大提高灌装精度的稳定性,确保每一瓶果汁的灌装量都符合严格的质量标准。

为减少设备响应延迟,系统需要在多个方面进行优化。通过模拟仿真与实际测试相结合的方式,对 PLC 扫描周期、传感器采样频率等关键参数进行精细调整。PLC 扫描周期决定了系统对输入信号的响应速度和控制指令的执行频率,合理缩短扫描周期可以使 PLC 更快地获取传感器信号并做出反应,提高系统的实时性;而传感器采样频率则直接影响到数据采集的准确性和及时性,适当提高采样频率能够更精确地捕捉生产过程中的参数变化,为控制系统提供更准确的决策依据^[7]。在实际操作中,技术人员需要反复进行测试和调整,找到这些参数的最佳组合,以最大限度地减少信号传输延迟,确保设备能够快速、准确地响应控制指令,提升生产线的整体运行效率。

增强系统兼容性也是系统优化升级的重要方向。在科技飞速发展的当下,新型设备和先进技术不断涌现,为了使果汁灌装生产线能够紧跟时代步伐,系统预留了丰富的扩展接口。这些接口为后续接入物联网模块、人工智能算法等新技术提供了便利条件。通过接入物联网模块,企业管理人员可以实现对生产线的远程监控,无论身处何地,都能实时了解生产线的运行状态、生产数据以及设备健康状况,及时做

出决策和调度;引入人工智能算法则可以对生产数据进行深度分析和挖掘,优化生产调度方案,预测设备故障,提前安排维护计划,降低设备停机时间,提高生产效率和经济效益^[8]。通过这些优化升级措施,果汁灌装生产线自动化控制系统将能够更好地适应不断变化的生产需求和技术发展趋势,始终保持行业领先地位。

5 结语

基于 PLC 的果汁灌装生产线自动化控制系统实现生产线精准控制与高效运行,有效提升生产效率与产品质量。系统在硬件配置、软件编程与功能实现上展现出良好性能与稳定性。未来,随着工业自动化技术持续发展,该系统可进一步融合物联网、大数据、人工智能等技术,实现生产过程智能决策、设备预测性维护,推动果汁灌装生产线向高度智能化、柔性化方向发展,为食品加工行业自动化升级提供更广阔发展空间。

参考文献

- [1] 陈识微,蒋鲁军,沈莹.基于智能算法的大型电力系统动态访问自动化控制优化研究[J].电子设计工程,2025,33(12): 115-119.
- [2] 王程,王红升,贾斌斌.快速定量装车站自动化控制系统设计与优化[J].装备维修技术,2025,(03):52-55.
- [3] 周凯,付洪海.自动化控制在煤矿采煤机电气系统中的应用[J].冶金管理,2025,(05):64-66+70.
- [4] 苏海海.基于 DCS 控制系统的化工自动化控制[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(10):102-104.
- [5] 卢小军.无菌果粒果汁灌装机研究与创新[J].酒·饮料技术装备,2024,(05):58-60.
- [6] 宁孔卯,姜启兴,余达威,等.杀菌工艺对蓝莓果汁品质的影响[J].食品与生物技术学报,2021,40(06):60-64.
- [7] 杜新珂,徐洪亮.基于 PLC 的果汁灌装机控制系统设计[J].食品工业,2021,42(05):296-298.
- [8] 郭清坤.基于 HACCP 和 SPC 的 PET 瓶热灌装果汁饮料生产质量安全控制研究[J].福建轻纺,2020,(10):31-38.

版权声明:©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS