

包装车间设备自动化技术的应用与管理策略

刘绍涛

广东 佛山 528100

DOI:10.61369/ME.2025090012

摘要： 包装车间设备自动化技术涵盖多方面。从构建技术体系，到发展现状及趋势，还涉及能源监测、绿色工艺等应用与管理。通过各技术集成、全生命周期管理等提升生产效率与质量，同时注重节能降耗、安全保障，未来5G+MEC等有望带来新突破。

关键词： 包装车间；设备自动化技术；全生命周期管理

Application and Management Strategy of Equipment Automation Technology in Packaging Workshop

Liu Shaotao

Foshan, Guangdong 528100

Abstract : Packaging workshop equipment automation technology covers many aspects. From the construction of technical system to the development status and trend, it also involves the application and management of energy monitoring and green technology. Improve production efficiency and quality through technology integration and full life cycle management, and pay attention to energy saving and consumption reduction and safety assurance. 5g+mec is expected to bring new breakthroughs in the future.

Keywords : packaging workshop; equipment automation technology; life cycle management

引言

《“十四五”智能制造发展规划》(2021年颁布)强调推进制造业智能化转型，包装车间设备自动化技术在此背景下意义重大。其构建需融合视觉识别、伺服驱动及PLC控制等核心技术，当前虽国内外发展存在差异，但柔性化生产、智能化升级已成趋势。能源监测、绿色工艺优化助力节能降耗，全生命周期管理、数字化运维等提升设备效能与运维效率。变更管理、应急预案决策保障项目与生产稳定，智能物流、MBSE方法论等促进设备协同优化。余热回收、光储直柔系统集成提升能效，功能安全与安全冗余机制保障生产安全，未来新技术应用有望带来新突破。

一、包装车间设备自动化技术基础分析

(一) 自动化技术体系构建

包装车间设备自动化技术体系构建，需深度融合包装机械视觉识别系统、伺服驱动装置及PLC控制单元等核心技术。包装机械视觉识别系统，通过图像采集与处理技术，精准识别产品的形状、尺寸、位置等信息，为后续操作提供精确数据^[1]。伺服驱动装置接收这些信息后，依据指令精确控制电机运转，实现包装动作的精准定位与速度调节。而PLC控制单元则充当整个系统的“大脑”，它整合视觉识别系统传来的数据以及预设的生产逻辑，协调伺服驱动装置等各部分有序工作，从而实现包装生产流程的智能化。通过这种集成方式，各技术相互协作，奠定了包装车间设备自动化运行的坚实基础，极大提升生产效率与质量。

(二) 技术发展现状与趋势

包装车间设备自动化技术发展迅速。当前，国内外工业机器

人在本体技术参数方面存在一定差异，国外部分机器人精度更高、负载能力更强，而国内机器人在价格和本地化服务上具有优势。在通讯协议标准上，国外起步早、体系相对成熟，但国内也在加快追赶，积极推动标准的统一与完善。从趋势来看，随着市场对产品多样化需求增长，柔性化生产布局成为必然。这就要求设备选型具备高度灵活性与可重构性，以快速适应不同产品包装需求。工业机器人需与其他自动化设备高效协同，实现包装流程无缝对接。此外，融合人工智能、物联网等新兴技术，提升设备智能化水平，也是包装车间设备自动化技术未来的重要发展方向^[2]。

二、节能降耗导向的技术应用研究

(一) 能源动态监测系统应用

在包装车间设备自动化技术的应用中，能源动态监测系统具有关键作用。借助多源传感器融合技术，可对设备能耗进行精准

监测与分析，进而建立设备能耗数字孪生模型。该模型能够直观呈现设备能耗的实时状态与变化趋势，实现对设备能耗的精细化管理。以真空包装机热能循环系统为例，通过能源动态监测系统，可收集设备在运行过程中的各类能耗数据，如温度、压力、流量等，利用数字孪生模型对这些数据进行量化分析，深度挖掘其节能潜力^[3]。如此一来，有助于包装车间准确掌握设备能耗状况，为制定针对性的节能降耗措施提供有力依据，从而提升能源利用效率，降低生产成本，实现可持续发展。

(二) 绿色工艺优化案例

以全自动装盒机伺服驱动参数优化为例，深入探索绿色工艺优化在包装车间的应用。在实际生产中，全自动装盒机存在一定无效行程，导致能源浪费。通过引入模糊 PID 算法对其伺服驱动参数进行优化^[4]。该算法能够依据装盒机运行的实时状态，动态调整控制参数，精准控制装盒机的运行轨迹，有效减少无效行程。经实践验证，采用模糊 PID 算法优化后，全自动装盒机成功降低 30% 的无效行程能耗。这不仅显著提升了能源利用效率，降低生产成本，还为包装车间实现节能降耗目标提供了有力的技术支持，为其他设备的绿色工艺优化提供了可借鉴的范例，推动包装车间整体向高效节能方向发展。

三、自动化工程管理系统构建

(一) 技术管理体系架构

1. 全生命周期管理标准

包装车间设备全生命周期管理标准需涵盖设备从规划、采购、安装调试，到使用、维护、改造直至报废的各个阶段。在规划采购阶段，明确设备性能参数、技术指标，确保符合车间生产需求。安装调试时，制定详细规范，保证设备正确安装运行。使用阶段，建立设备档案，记录运行数据、故障情况等。维护环节，结合制定的设备健康度三级预警机制与 CMMS 系统，实现预防性维护标准化作业流程，根据设备运行状况及时预警并维护，延长设备使用寿命。改造阶段评估技术可行性与经济效益。报废阶段严格遵循相关规定处置。通过全生命周期管理标准，提升设备整体效能，保障包装车间生产的稳定高效运行^[5]。

2. 数字化运维工具集成

在包装车间自动化工程管理系统的技术管理体系架构中，数字化运维工具集成至关重要。整合 AR 远程诊断平台与 SCADA 系统的数据接口是关键环节。通过此整合，可实现设备运行数据的实时采集与传输。AR 远程诊断平台能借助 SCADA 系统提供的实时数据，为现场维护人员提供远程协助，专家可基于实时数据通过 AR 技术直观指导维修。同时，利用这些数据构建设备 KPI 可视化监控网络，将设备的关键性能指标，如设备利用率、故障停机时间等以直观图表形式呈现，便于管理人员实时掌握设备运行状态，及时发现潜在问题并制定维护策略，提高设备运维效率，确保包装车间生产高效稳定运行^[6]。

(二) 工程风险控制策略

1. 变更管理控制模型

在包装车间设备自动化技术改造项目中，变更管理控制模型的建立至关重要。采用 FMEA 方法对技术改造项目进行风险识别后，通过建立工艺变更影响矩阵评估模型，能够系统、全面地评估

变更所带来的影响。此模型以工艺参数为行，变更类型为列，构建矩阵。在每个矩阵单元中，依据预先设定的评估标准，对工艺变更对各参数的影响程度进行打分，如从轻微影响到严重影响分为不同等级。通过对矩阵中各单元的分析，确定变更可能引发的风险大小。这样的模型不仅能直观呈现变更对工艺的影响，还为后续制定针对性的风险应对措施提供依据，帮助包装车间在设备自动化技术改造过程中，更好地控制因变更带来的工程风险^[7]。

2. 应急预案决策支持

在包装车间设备自动化技术应用过程中，应急预案决策支持尤为关键。基于蒙特卡洛模拟构建的异常停机时间预测模型，能对设备可能出现的异常停机状况进行概率性预估，为应急预案提供时间维度的参考。而开发具备自学习能力的故障处置决策树，可依据过往故障数据及处置经验，自动生成针对不同故障类型的应对策略。当设备突发故障时，决策树能快速给出适宜的处置建议。同时，决策树还会根据新的故障处置反馈不断学习进化，优化应对策略。这种结合蒙特卡洛模拟预测与自学习决策树的方式，从故障预测到处置策略制定，全方位为应急预案提供有力的决策支持，有效提升包装车间应对设备突发状况的能力^[8]。

四、技术优化升级实施路径

(一) 设备联动协同优化

1. 智能物流系统整合

在包装车间，为实现设备联动协同优化，智能物流系统整合至关重要。设计基于 AGV 调度算法的物料自动补给系统是关键一环。通过精确的算法，使 AGV 小车能够依据包装线的实时物料需求，从仓储系统快速、准确地获取物料并补给至包装线^[9]。这不仅提升了物料运输效率，还确保包装线与仓储系统的节拍协同控制。一方面，对 AGV 小车的行驶路径进行优化规划，避免拥堵与碰撞，提高运行稳定性；另一方面，建立包装线与仓储系统的实时通信机制，及时反馈物料库存与消耗信息，以便仓储系统能提前准备，保证物料供应的及时性与连续性。如此，有效整合智能物流系统，促进包装车间设备联动协同的高效运作。

2. 数字线程构建方法

应用 MBSE 方法论来构建数字线程，能有效打通 MES 与设备控制系统间的信息孤岛，显著提升工艺参数动态调整响应速度。通过 MBSE 方法论，对包装车间设备自动化流程进行模型化描述，从需求分析、功能设计到物理架构搭建，全面构建精准的系统模型^[10]。借助该模型，将 MES 中生产计划、订单信息等与设备控制系统的运行参数、状态监测等数据深度关联。如此，当 MES 下达新的生产指令或需调整工艺参数时，基于数字线程，设备控制系统能快速响应，实现设备间的联动协同优化。同时，数字线程的构建为包装车间设备自动化技术的持续优化提供数据追溯与分析基础，便于及时发现问题、改进流程，进一步提升整体自动化水平与生产效率。

(二) 能效持续改进方案

1. 余热回收装置选型

在包装车间全自动热成型包装机余热回收装置选型中，热管技术与相变储热技术各有特点。热管技术具有高效导热特性，能快速将热量传递至指定位置，其传热能力强、等温性好，对于包

装机工作时产生的大量瞬时余热，可迅速收集并转移至需要预热或加热的区域，实现余热高效利用，适合应用于余热分布相对集中、热量需求及时性高的环节。相变储热技术则依靠材料相变过程中的潜热储存和释放，储热密度大，能在较长时间内稳定释放热量。在包装机间歇运行或余热产生不稳定的情况下，相变储热技术可先储存余热，后续再按需释放，维持系统热量供应稳定性。需综合考虑包装机工作模式、余热分布与利用需求等因素，精准匹配适用性更高的技术，实现余热高效回收与利用，提升设备整体能效。

2. 光储直柔系统集成

在包装车间设备自动化技术的能效持续改进方案的光储直柔系统集成中，为降低生产线碳排放强度，可采用分布式光伏与伺服系统直流母线并网。首先，对包装车间的电力使用情况进行全面评估，明确各设备能耗占比，为后续优化提供数据支撑。针对分布式光伏，依据车间光照条件，合理布局光伏板，提升光能捕获效率。对于伺服系统直流母线并网，优化并网控制策略，确保光伏产生的直流电能高效稳定并入母线，供设备使用。同时，通过智能监测系统实时监控系统运行状态，对光伏输出、母线电压、设备能耗等关键参数进行动态跟踪，及时调整系统参数，保障光储直柔系统集成稳定运行，持续提升能效，最大程度降低生产线碳排放强度。

(三) 安全冗余机制强化

1. 功能安全等级提升

为提升包装车间设备的功能安全等级，依据 IEC 61508 标准重构安全联锁系统是关键举措。通过对系统架构深入分析，精准识别可能存在的风险点，为构建多层防护体系提供依据。采用冗余设计，对关键的安全联锁部件进行备份，当主部件出现故障时，备用部件能及时接替工作，降低因单点故障导致事故的可能性。同时，优化系统逻辑，确保联锁功能更精准、高效。多层次防

护体系从设备运行环境监测、操作人员权限管理到设备自身故障诊断等多个维度展开。实时监测环境参数，避免因环境异常引发设备故障；严格限定操作人员权限，防止误操作；强化设备故障诊断功能，及时发现潜在问题并预警，全方位防止机械伤害事故，实现包装车间设备功能安全等级的有效提升。

2. 信息安全保障体系

在包装车间设备自动化技术优化升级过程中，安全冗余机制强化与信息安全保障体系建设是关键。采用零信任架构设计设备控制网络，打破传统网络边界信任模型，对每一次网络访问请求进行严格的身份验证和权限评估，不论其来自内部还是外部网络，确保非法访问无法渗透，保障设备控制指令准确无误传输。同时，构建基于区块链技术的操作指令审计系统，利用区块链的不可篡改特性，完整记录每一条操作指令的执行过程与时间戳，便于精准追溯与实时审计。一旦出现问题，可迅速定位异常操作，分析原因，及时纠错，从而为包装车间设备自动化运行筑牢安全防线，提高设备运行稳定性与可靠性。

五、总结

包装车间设备自动化技术的应用与管理策略对提升车间生产效率、降低能耗及优化项目周期具有重要意义。构建设备健康管理数字孪生平台显著提升包装线 OEE 指标，基于深度学习算法的能耗预测模型有效降低单位产品能耗，全生命周期风险管理框架缩短技改项目投产周期，这些成果充分展现了自动化技术应用与科学管理策略结合的成效。未来，5G+MEC 边缘计算在远程运维中的应用，以及数字主线与区块链技术的深度整合，有望为包装车间设备自动化带来新的突破，进一步提升车间的智能化与高效化水平，持续推动包装车间生产模式的革新与发展。

参考文献

- [1] 褚俊娟. 智能包装车间 AGV 路径规划与动态调度研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2021.
- [2] 郝维. 云南 D 职业技术学院实训室仪器设备全生命周期管理研究 [D]. 贵州大学, 2022.
- [3] 秦磊. 生命周期视角下的 W 高校大型仪器设备管理研究 [D]. 华中农业大学, 2022.
- [4] 于丰源. 多品种小批量包装设备制造车间工艺规划与排产研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2022.
- [5] 李享. 印刷包装车间送料 AGV 运动控制策略研究 [D]. 西安理工大学, 2021.
- [6] 王笛, 许峰, 周传坤, 等. 大型医用设备配置与使用管理现况及策略研究 [J]. 中国医学装备, 2021, 18(5): 136-139.
- [7] 黄天尘. 煤矿机电设备全生命周期管理研究与应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(2): 121-122.
- [8] 闫慧芳, 穆丹, 高敏, 等. 大型医疗设备使用效益分析在医疗设备管理中的应用 [J]. 中国医疗设备, 2021, 36(1): 143-146.
- [9] 陈文静. EAM 信息系统在设备管理中的应用 [J]. 设备管理与维修, 2022(7): 18-19.
- [10] 张爱连. 医疗设备全生命周期管理优化策略研究 [J]. 中国设备工程, 2022(23): 73-75.