

印刷包装领域复合机、分切机与制袋机电维修保养体系的构建及效能评价

钟新华

广东荣耀包装有限公司, 广东 佛山 528203

DOI:10.61369/ME.2026070009

摘 要 : 在印刷包装行业, 建立复合机、分切机以及制袋机的机电维修保养体系, 要以设备的全生命周期管理作为基础, 对预防性维护、预测性诊断和故障应急响应模块进行整合。运用传感器收集振动、温度之类的参数建立数据驱动型的健康评估模型, 清楚人员职责与流程准则, 依靠数字化平台动态调控保养规划, 配合生产排程来降低非计划停机的情况, 效能评估通过设备可用率等指标检验体系成效, 建立设计、实施、评估的闭环, 促进设备管理朝着智能化与精细化方向发展。

关 键 词 : 印刷包装设备; 机电维修保养体系; 预测性维护

Construction and Performance Evaluation of the Electromechanical Maintenance and Repair System for Composite Machines, Shearing Machines and Bag-Making Machines in the Printing Packaging Field

Zhong Xinhua

Guangdong Glory Packaging Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528203

Abstract : In the printing and packaging industry, the electromechanical maintenance system of compound machine, cutting machine and bag making machine should be established. Based on the whole life cycle management of the equipment, the preventive maintenance, predictive diagnosis and fault emergency response modules should be integrated. Using sensors to collect parameters such as vibration and temperature to establish a data-driven health assessment model, clarify personnel responsibilities and process guidelines, rely on the digital platform to dynamically adjust and control maintenance planning, and cooperate with production scheduling to reduce unplanned downtime. Effectiveness evaluation tests the effectiveness of the system through indicators such as equipment availability, establishes a closed loop of design, implementation, and evaluation, and promotes the development of equipment management in the direction of intelligence and refinement.

Keywords : printing and packaging equipment; mechanical and electrical maintenance and servicing system; predictive maintenance

引言

印刷包装机械是印刷行业生产链条的重要基础装备, 其机电系统具备多模块集成的特点, 且在高温、粉尘等复杂的运行条件下, 容易引发频繁的故障, 这会直接对生产效能和产品品质产生影响。2021年国家出台的《十四五印刷业发展规划》清晰提出推进印刷装备智能化改革, 加强设备运维体系搭建, 为行业设备管理转变提供政策引导。着眼于复合机、分切机、制袋机在结构上的复杂性、环境适应能力以及连续生产方面的需求, 打造包含状态监测、维修流程、故障诊断与资源协同的机电维修养护体系, 已成为行业实现高质量发展的必然需要。此体系要把数据驱动当作核心, 融合预防性维护和预测性诊断工艺, 完善多设备协同管控机制, 提高设备可靠性与运转效率, 推动印刷业实现智能化、精细化运维变革。

一、印刷包装设备机电维修保养体系构建的理论基础

(一) 印刷包装设备运行特点与维修需求分析

复合机、分切机和制袋机身为印刷包装主要设备, 机电体系

展现多模块集成特性, 包含传动、张力调控、热压复合等子系统, 通过 PLC 与传感器实现闭环联动^[1]。运行场景常伴有高温、粉尘以及高湿状况, 容易导致电气元件出现老化, 使机械部件的磨损加剧。例如分切机刀片出现定位偏差, 或者复合机热辊温度

失去控制，都有可能造成产品质量方面的缺陷。设备要长时间持续运转来满足批量制造，故障停机机会直接对生产效能和交付期限产生影响。故而维保作业需针对结构复杂特性、环境适应特性以及生产连续特性，建立预防性维护与故障诊断相融合的机制，通过定期检测主要参数（像复合压力、分切速度）、完善润滑策略以及替换易损件，减少突发故障的可能性，为维修体系搭建提供具有针对性的根据。

（二）机电维修保养体系的构成要素与管理原则

印刷包装机械电气维修保养体系包含设备状况管理、维护流程、技术标准以及人员管理这四大要素。装置状态管控通过传感器即时采集温度、震动、电流等参量，结合过往故障数据搭建监测模型，实现预警与趋势分析^[2]。维护程序清晰界定日常巡检、定期维护以及故障检修准则，例如分切机刀轴的润滑时长和复合机张力的校准频次应编制成标准化作业文档。技术标准按照制造商手册和行业规范来制定，包含易损件的更换周期以及电气绝缘检测等方面的要求。人员管理建立技能培训体系，通过理论与实际操作考核加强诊断水平。该体系施行秉持预防性维护优先理念，减少突发停机时长；同时重点以数据推动决策，通过运行数据优化保养规划，实现维修资源的合理调配。

二、复合机、分切机与制袋机维修保养体系的设计

（一）复合机电系统维修保养方案设计

复合机的维保方案以传动系统、控制系统以及主要功能模块为基础，搭建起闭环体系。传动体系针对伺服电机、减速器以及同步带，拟定每日进行清洁润滑、每周检测传动精度误差、每季度检测齿轮啮合空隙与轴承磨损程度的规程，保证传动误差控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内。控制体系以 PLC、触摸屏和传感器为主要，每天查看程序运行记录与信号反馈情况，每月对温度、张力传感器开展校准工作，每半年开展软件备份以及接口清洁工作，把控制信号延迟率降低到 10ms 以下。对复合辊、涂布装置等核心模块建立磨损监测体系，通过红外测温以及振动分析实现故障预警，运用故障树分析法来规范常见故障的处理步骤，将平均修复时长缩减至30分钟以内。此方案引入物联网平台开展实时数据收集，促使从被动式维修向主动型预防转变，力求设备综合效率（OEE）提高到85%以上^[3]。

（二）分切机与制袋机维修保养流程优化

分切设备与制袋设备的维保流程优化要围绕机械构造、电气操控以及运行参数管控来开展。对于分切机刀轴轴承、张力辊这类主要零部件，建立依靠振动和温度传感器的状态监测机制，取代定时拆解排查，降低不必要的停机情况；电气系统对 PLC 故障诊断模块予以优化，即时采集伺服电流以及变频器参数，实现异常预警与迅速定位。制袋装置重点关注热封刀具的温度调控以及送料的同步特性，通过红外温度测量与编码器数据的对比来精确调整参数，并且根据负载状况和环境湿度动态优化送料链条的润滑时间间隔。整合流程中的历史故障和维护数据，搭建数字化的保养台账，实现维修任务的智能调度以及资源配置，保证工作能

够追溯且按标准化执行^[4]。

三、机电维修保养体系实施过程与效能评价方法

（一）维修保养体系实施机制分析

1. 设备维护计划制定与执行管理

复合机、分切机和制袋机的维护保养计划要根据运行特点和生产要求，以可靠性作为核心来搭建多方面的体系：复合机重点于张力和温度的调控，分切机加强刀轴与张力的校准，制袋机留意热封和定位的精准度。定期性维护根据使用频次设定分级周期，如加热辊每300小时进行清洁；状态监控采用振动、温度和油液检测手段，捕捉初期故障信号。在执行环节建立计划、执行、记录、反馈的闭环体系，通过电子工单实现可追溯式管理，降低人为因素造成的偏差。三种机制共同协作，加强设备稳定性以及生产的连续性。效能评估参考高山（2023）提出的多维指标理念，从技术有效性、经济合理性以及管理响应性这三个方面搭建模型，将运行、工单和质量数据进行关联，实现过程化的评价^[5]。

2. 故障诊断与维修资源协同管理

故障诊断和维修资源协同管控直接关系到设备停机时长与生产持续性。因为复合机、分切机和制袋机故障存在多源性 & 关联性，要通过振动监测、温度传感等物联网技术搭建实时诊断模型，利用数据挖掘找出轴承磨损、传动偏移等潜藏故障，实现从被动维修到预测性维护的转变^[6]。维护资源建立动态调配机制，按照设备优先次序和故障种类来匹配备品库存以及技术人员的技能列表，例如分切机刀轴出现故障时要优先调配高精度工具与资深技术人员，防止资源闲置或者短缺。人员协作通过数字化平台实现信息互通，维修小组和生产班组实时共享状态及进展，依靠跨部门合作缩减决策流程。此机制通过诊断精确性、配置恰当性以及协作高效性，一同降低非计划停机的风险。

（二）维修保养效能评价指标体系构建

1. 设备可靠性与运行效率评价指标

设备的可靠性以及运行效率属于维修保养效能评估的主要方面。运行的稳定性由平均无故障工作时长（MTBF）、故障停机比率以及主要部件的磨损速度来衡量，MTBF 体现保养周期当中的持续运行能力，故障停机率与生产中断风险直接相关^[7]。故障评估专注于类型分布（电气、机械、控制系统）、重复故障发生比率以及响应时长。其中重复故障发生比率能够揭示保养措施对根源性问题的解决成效，响应时长则体现应急处理的效率。生产效能指标包含设备综合效率（OEE）、有效生产时长占比和单位时间产量，OEE 融合可用比率、性能利用程度和合格比率，全方位体现保养之后的实际功效；单位时间产量要根据复合速度、分切精准度、制袋速率等设备特性进行差异化设定，保证指标和功能紧密适配。

2. 维修成本与管理效果综合评价

修理成本管控、维护效能以及管理标准化程度是效能评估的主要方面。成本管控包含预防性保养、故障检修以及备件库存成本，通过对比体系施行前后单位时长的维修开支与停机损耗，对优化成

效进行量化。保障效率可从平均故障间隔时间（MTBF）、平均修复时间（MTTR）以及设备综合效率（OEE）着手，分析体系对运行稳定性和生产连续性的提高作用。管理规范化评估流程的标准程度、人员培训的覆盖比例以及保养记录的完整状况。此体系经由降低故障发生率、缩短停机时间以及优化资源配置，直接提高管理成效，像降低订单延误情况、提高产能使用效率。研究显示科学的维保体系能够让 OEE 提高 15%–20%，维修费用降低 10%–15%^[9]。综合评估应融合定量数据和定性分析，全方位显示成本、效能以及管理环节的推行成效，为不断优化提供支撑。

四、印刷包装设备维修保养体系优化与应用提升

（一）设备预防性维护模式优化

1. 基于设备状态的维护策略调整

复合设备、分切设备与制袋设备的传统固定时段维护易造成过度维护或维护不足。以实时监测为主要的通过设备状态的策略调整，通过振动、温度以及电流传感器收集轴承振动、电机温度、传动电流等参数，搭建设备健康评估模型，把状态数据和历史故障库进行对比，识别潜在的风险等级^[9]。针对复合辊磨损、刀片间隙偏差以及热封温度波动这类典型问题，建立多参数融合的预警机制，当监测数值超出阈值时触发分级响应措施：出现轻微异常情况时在线调整参数，出现严重异常情况时停机开展检修工作。优化方案将运行负荷和生产优先级相融合，动态调控维护时段，降低不必要的停机情况，同时通过数据分析追溯故障发生的根源，为方案迭代提供支撑，实现从定期维护到按需维护的精确转变，提高设备的综合效能。

2. 智能化维修管理技术应用方向

智能化维修管控重点于数字化管控、数据收集与智能诊断科技的深度整合。运用物联网搭建设备状态监测网络，把复合机张力、分切机刀座磨损、制袋机热封温度等参数接入云平台，通过大数据分析识别故障先兆模式，帮助维修决策。智慧诊断联合机器学习算法对过往故障案例进行训练，建立知识库，实现异常的自动识别与精准定位，提高响应的效率和准确性。相关研究显示，数字化和智能化技术能够让非计划停机时长减少超过 30%，维护费用降低大约 20%^[10]。其意义不只是提高维修效能，更通过数据引领的策略增加设备的使用时长，为企业生产的连贯性与成本管控提供技术保障。

（二）多设备协同维修管理体系完善

1. 复合机、分切机与制袋机联动维护机制

协同维护机制要根据设备间工艺联系与故障传播规律，集成运行数据、维护档案以及性能指标，建立跨设备状态监控网络。通过统一的预警模型，分析复合机强度的波动情况、分切机张力的失衡状况和制袋机热封的偏差问题之间的关联，实现故障的提前预判以及协同处置。维护方案突破单设备限制，对辊轴更换、刀片研磨和热封模校准等工作的时间顺序进行优化，通过生产间隙开展同步作业，降低停机情况。建立资源共享体系，统筹调配备件和技术人员，针对如共用传动系统、温控模块这类设备制定

协同维护规范，提高资源利用效率。此机制包括日常协同巡查、关联分析直至一体化实施，建立闭环式管理，实现多设备维护效率的总体提高。

2. 维修标准化与持续改进机制建设

根据复合机、分切机以及制袋机的机电特性，要搭建包括全生命周期的维修标准系统，确定主要部件的检测时长、维修界限以及操作准则，例如热辊温度的偏差要控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围以内，刀片的更换时长按照精度衰减曲线来设定，热封刀的校准频次和封边强度相互关联。同时建立维修数据闭环反馈体系，通过状态监控收集振动、温度、能耗等数据，结合故障过往形成维修决策模式，促进从被动式维修向预测性检修转变。引入 PDCA 循环以进行持续改进，定期对标准执行成效开展评估，针对如剥离强度起伏、收卷端面不整齐这类共性问题，对流程与工艺加以优化，把改进措施固化成新的标准，促使维修保养工作实现规范化、系统化，提高设备综合效能和生产稳定性。

（三）维修保养体系效能提升路径

1. 设备运行保障能力提升措施

加强设备运行保障水平要针对复合机、分切机和制袋机的机电特性开展。为解决复合机张力控制受温湿度作用的问题，引入可实时监测温湿度的模块来联动调节张力补偿系数，降低因材料拉伸不均衡而引发的停机情况。分切机刀片出现磨损时，可通过安装振动传感器和在线检测设备，建立磨损预测模型，设置预警界限，实现预判式更换，防止突发故障情况发生。制袋机的热封体系运用智能温控组件实时收集温度资料，通过 PID 算法动态调控加热功率，且定时校准压力传感装置，以保障封口的稳定性。同时建立主要部件履历文档，记载更换时刻、运行时长以及故障频率，通过大数据分析生命周期规则，拟定预防性替换规划，确实降低非计划停机比率，为生产连续性提供保障。

2. 体系评价反馈与优化调整机制

在印刷包装设备维修保养体系的优化及应用提高进程里，体系的评价反馈和优化调整机制属于实现效能持续提高的主要部分。评估结果反馈采用量化数据和定性分析相融合的方法，把复合机、分切机以及制袋机在运转期间的故障频次、停机时长、维修费用等核心指标转变为体系优化的根据。比如复合机的张力控制体系故障发生率过高，或许表明预防性保养周期设定不合理；分切机的刀片磨损速度过快，则暗示润滑保养流程存在缺陷。根据评价成果，建立可不断优化的闭环管理体制，要整合设备运转数据、检修记录以及操作人员的反馈情况，建立出一个从数据搜集、分析诊断到方案制定、成效验证的循环式流程。通过动态调节保养时长、优化检修技术预案、更新备品管理策略等途径，实现维修保养体系和设备实际运行要求的精确匹配。最终促使体系效能从被动应对向主动预防转变，提高印刷包装设备的综合运行效率与使用年限。

五、总结

印刷包装装备机电的维修保养体系通过全生命周期管理，融

合预防性维护、预测性诊断以及故障应急响应这三大板块。系统设计融合设备运转特性和生产要求，通过传感器收集振动、温度等参量建立健康评价模型，清楚人员职责和流程准则。推行通过数字化平台对维修计划进行动态调整，与生产排程协作，降低非计划停机情况。效能评估从设备可利用率、停机时长、维修费用等方面验证成效，预测性保养精准度直接作用于可利用率提高，

成本管控通过备件库存优化与技能适配。规划、执行与评估构成闭环，规划决定执行的可行性，执行影响评估结果，评估反馈指引迭代。未来能够探寻 AI 算法加强故障诊断的即时性，并且搭建跨设备的资源共享体系，促进管理朝着智能化、精细化方向迈进。

参考文献

[1] 张璐. 草原生态治理效能评价指标体系构建与应用研究 [D]. 内蒙古工业大学, 2022.

[2] 潘登. S 印刷包装公司环境会计信息披露质量评价研究 [D]. 湖南科技大学, 2022.

[3] 甘韶琪. 我国档案治理效能评估指标体系构建及实证研究 [D]. 郑州大学, 2023.

[4] 鞠佳杉. 采煤机液压系统数字孪生体构建与预测性维护方法研究 [D]. 西安科技大学, 2022.

[5] 高山. 智慧城市的构建及其效能评价机制研究 [D]. 山东大学, 2023.

[6] 模切机分切机复合机 [J]. 标签技术, 2022.

[7] 杨洁, 王梦翔. 包装印刷企业社会责任披露评价体系构建与应用——基于障碍因子分析法 [J]. 会计之友, 2022(9):7.

[8] 储呈晨, 陈颖, 季智勇, 等. 大型医用设备维修保养质量评价指标体系构建与应用 [J]. 中华医院管理杂志, 2022, 38(8):613-616.

[9] 王义方, 程琳琳, 郑洋. 村庄综合效能评价指标体系构建及应用——以山东省新泰市为例 [J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(5):1156-1168.

[10] 刘丽君, 刘小川. 山东公共文化云服务效能评价体系构建与研究 [J]. 高校图书馆工作, 2024, 44(2):58-65.