

Innovation of management mode of tobacco packaging machinery under the background of digital transformation

Peiyong Li Jianchao Xi Bo Huang

Baoji Cigarette Factory, Shaanxi Zhongyan Industrial Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721013, China

Abstract

In the wave of deep integration between digital economy and manufacturing industry, digital transformation has become the core path for traditional industries to break through development bottlenecks and achieve high-quality development. As an important pillar industry of China's national economy, the tobacco industry has the characteristics of "strict supervision, efficient production, and quality control". The refinement of its production process and equipment management level directly determine the stability of product quality and market competitiveness. Based on this, this article focuses on the pain points and needs of tobacco packaging machinery management under the background of digital transformation, exploring innovative management models from four dimensions: data collection, maintenance system, collaborative platform, and talent cultivation. The aim is to provide replicable and scalable equipment management solutions for tobacco enterprises, help the tobacco industry build a solid production foundation in digital transformation, and achieve the core goals of "cost reduction, efficiency improvement, and quality enhancement".

Keywords

digital transformation; Tobacco packaging machine; Mechanical management; model innovation

数字化转型背景下烟草包装机械管理模式创新

李培勇 席剑超 黄博

陕西中烟工业有限责任公司宝鸡卷烟厂, 中国·陕西 宝鸡 721013

摘要

在数字经济与制造业深度融合的浪潮中, 数字化转型已成为传统行业突破发展瓶颈、实现高质量发展的核心路径。烟草行业作为我国国民经济的重要支柱产业, 兼具“严格监管、高效生产、品质管控”的行业特性, 其生产流程的精细化程度与设备管理水平直接决定产品质量稳定性与市场竞争力。基于此, 本文聚焦数字化转型背景下烟草包装机械管理的痛点与需求, 从数据采集、维护体系、协同平台、人才培养四个维度探索管理模式创新路径, 旨在为烟草企业提供可复制、可推广的设备管理方案, 助力烟草行业在数字化转型中筑牢生产根基, 实现“降本、增效、提质”的核心目标。

关键词

数字化转型; 烟草包装机; 机械管理; 模式创新

1 引言

包装环节作为烟草生产的“最后一公里”, 承担着产品外观成型、防伪溯源、物流适配的关键职能, 而烟草包装机械则是该环节的核心载体——据行业数据显示, 包装机械的有效运行时间占卷烟生产总工时的 35% 以上, 其故障率每降低 1%, 可带动企业整体生产效率提升 0.8%, 年节约成本超千万元。当前, 国家烟草专卖局在《烟草行业“十四五”数字化转型发展规划》中明确提出“推动生产设备智能化升级, 构建全生命周期管理体系, 实现设备管理从‘被动维修’向‘主动预测’转型”的目标。

2 烟草包装机械管理的现状

2.1 烟草包装机械的行业特性与管理价值

烟草包装机械集机械传动、电气控制、气动系统、光学检测于一体, 其核心功能涵盖烟包成型、商标粘贴、铝箔纸包裹、条盒包装等工序, 具有“高精度、高转速、高稳定性”的运行要求——以 ZB45 包装机组为例, 运行速度达 400 包/分钟, 烟包尺寸误差需控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内, 任何微小的设备故障(如切刀磨损、输送带偏移)都可能导致批量不合格产品, 直接造成单批次损失超万元。

从管理价值看, 烟草包装机械管理不仅影响生产效率, 更关联成本控制与合规性要求: 一方面, 设备维护成本占烟草企业生产总成本的 18%-22%, 其中备件库存积压、过度维护等问题导致成本浪费占比达 30%; 另一方面, 在产品质量方面, 包装机械的管理直接影响着烟草产品的包装质

【作者简介】李培勇(1975-), 男, 中国陕西宝鸡人, 本科, 高级技师, 从事烟草包装机械管理与维修研究。

量。精准运行的包装机械能够保证烟支包装的外形方正、外观平整度以及粘贴的牢固性。严格的设备管理标准和不断优化操作规程可以有效减少包装缺陷,提高产品的合格率^[1]。

2.2 传统烟草包装机械管理模式的痛点

当前,多数烟草企业的包装机械管理仍停留在“经验驱动+事后维修”的传统模式,具体痛点可归纳为三类:

2.2.1 数据采集碎片化,实时性与完整性不足

以往烟草包装机械管理模式中设备数据分散在生产部门的MES系统、设备部门的CMMS(计算机化维护管理系统)、质量部门的检测系统中,数据格式不统一(如MES记录“生产时长”,CMMS记录“维护时长”,单位与统计标准不一致),形成“数据孤岛”,难以实现设备全生命周期的数据分析^[2]。

2.2.2 维护体系被动化,资源配置效率低下

多数企业采用“定期维护+故障维修”的模式:一方面,定期维护按固定周期(如每月1次)执行,未考虑设备实际运行负荷——部分低负荷设备过度维护导致备件损耗,部分高负荷设备维护不及时引发故障;另一方面,故障维修依赖维修人员经验,故障定位平均耗时1.5小时,且缺乏对故障根源的分析(如某包装机频繁出现商标错位报错停机,仅更换传感器却未发现是输送带张力不均导致),导致同类故障重复发生率达25%^[3]。

2.2.3 管理流程协同弱,跨部门响应效率低

包装机械管理涉及生产、设备、质量、采购多部门:生产部门需根据生产任务安排维护时间,设备部门需根据设备状态调整生产计划,质量部门需追溯设备参数与产品质量的关联,采购部门需根据备件消耗制定采购计划。跨部门工作协同程度决定了整个系统的响应速度与整体效率,高效的协同能够大幅减少系统等待时间以及能源、物料的浪费。

3 数字化转型对烟草包装机械管理的新需求

随着烟草行业数字化转型的推进,包装机械管理需满足“三个转型”需求:

3.1 从“事后维修”向“预测性维护”转型

数字化时代要求通过实时采集设备运行数据,运用算法预测故障风险,实现“故障前预警、隐患前排查”,将设备停机时间从传统的8小时/月降至3小时/月以内,提升设备综合效率(OEE)至90%以上(当前行业平均OEE为82%)。

3.2 从“分散管理”向“协同化管理”转型

打破部门数据壁垒,构建统一的管理平台,实现生产计划、设备状态、质量数据的实时共享,让生产部门提前规避设备故障时段安排生产,质量部门快速追溯不合格产品对应的设备参数,采购部门根据库存自动采购易损备件,提升跨部门协同效率。

3.3 从“人工驱动”向“数据驱动”转型

通过数据分析优化管理决策,如基于设备运行数据优

化维护周期,基于备件消耗数据优化库存水平,基于故障数据识别高频故障部件并推动设备改造,实现管理决策从“经验判断”到“数据支撑”的转变^[4]。

4 数字化转型背景下烟草包装机械管理模式创新路径

4.1 构建“物联网+边缘计算”的实时数据采集体系

4.1.1 设备数据采集层,全场景感知与接口适配

针对烟草包装机械的结构特性,分两类实现数据采集:对无数据接口的老旧设备(如ZB45包装机),加装振动传感器(监测轴承振动频率)、温度传感器(监测电机与油液温度),传感器采样频率设为1次/秒,数据通过LoRa无线通信传输至边缘网关,解决“老设备数字化改造”难题;对新设备(如ZB415包装机),通过OPCUA协议直接对接其PLC(可编程逻辑控制器),采集设备运行参数(转速、压力、电机电流)、生产数据(停机原因、产量、合格率)、故障代码等,数据传输延迟控制在100ms以内,确保数据实时性。

4.1.2 边缘计算层,实时分析与本地预警

在车间部署边缘计算网关,对采集到的实时数据进行“预处理+本地化分析”。边缘网关对传感器数据进行滤波处理,并将不同来源的数据统一格式,避免数据格式混乱;在边缘网关中部署简单算法(如阈值判断、趋势分析),当数据超出预设范围时,立即通过声光报警器提醒现场操作人员,并推送预警信息至设备管理平台,实现“异常实时发现”。

4.1.3 数据传输层,安全可靠的网络架构

采用“5G+工业以太网”的双网络架构,5G用于无线传感器与边缘网关的通信,利用5G低延迟、大连接特性,满足车间内多设备同时传输数据的需求;工业以太网用于边缘网关与企业云端平台的通信,通过划分VLAN将设备数据与办公网络隔离,防止数据泄露,同时采用VPN加密传输,确保数据安全^[5]。

4.2 打造“算法模型+数字孪生”的预测性维护体系

4.2.1 构建设备故障预测模型

基于历史数据与实时数据,分三步建立预测模型:

数据样本积累阶段,收集包装机近3年的故障数据(故障类型、发生时间、故障前设备参数)、维护数据(维护内容、备件更换记录)、运行数据(负载率、环境温度),形成包含10万+条记录的样本库;

特征工程与模型训练阶段,提取设备故障的关键特征,采用随机森林、LSTM等算法训练预测模型——例如,针对ZB45包装机的切刀磨损故障,模型通过分析“切刀转速、切割扭矩、辅材切口平整度”三个参数的变化趋势,可提前48小时预测故障风险。

4.2.2 搭建包装机械数字孪生系统

以ZB45包装机为例,构建“物理设备-数字模型-数据交互”的数字孪生体系:利用Solid Works建立包装机的

三维模型，将物理设备的 200+ 个关键参数（如电机转速、气缸压力、传感器数值）实时映射到数字模型中，通过 Unity3D 实现设备运行状态的可视化展示（如电机温度过高时，数字模型中电机部分显示红色报警）；

在数字孪生系统中模拟常见故障（如输送带断裂、商标纸卡阻），分析故障对设备运行的影响，并演练维护流程——例如，模拟“切刀磨损”故障时，系统可展示切刀更换的步骤（SOP）、所需备件编号、操作时长，帮助维修人员提前熟悉流程，将实际维修时间从 1.5 小时缩短至 45 分钟以内；通过数字孪生系统仿真不同运行参数对设备性能的影响，找到最优运行参数组合，实现设备故障率最低且能耗最少，可使设备能耗降低。

4.3 搭建“跨部门协同 + 全流程可视化”的管理平台

4.3.1 平台功能模块设计

平台以“设备全生命周期管理”为核心，设置五大功能模块：

设备监控模块：实时展示包装机械的运行状态（转速、温度、产量）、故障预警信息、OEE 指标，支持管理人员通过电脑或手机 APP 查看，实现“随时随地掌握设备情况”；

维护管理模块：自动生成维护任务（基于预测模型），分配给维修人员，并实时跟踪维护进度（如“任务已派单→维修人员已接单→维护中→维护完成→验收”），维护完成后自动记录维护内容与备件消耗；

生产协同模块：对接 MES 系统，将设备状态（如“正常运行”“故障停机”“计划维护”）同步至生产部门，生产部门可根据设备状态及时调整生产计划；

质量追溯模块：关联质量检测系统，当出现不合格产品时，可通过“产品批次→生产时间→对应包装机→设备运行参数”的链路，快速定位质量问题根源——如发现某批次烟包商标错位，追溯到对应包装机的“商标纸输送速度异常”，及时调整设备参数；

数据分析模块：自动生成设备运行报表（OEE 趋势、故障率统计）、维护报表（维护成本、备件消耗）、质量报表（设备参数与合格率关联分析），支持管理人员通过图表直观查看数据，辅助决策。

4.3.2 全流程数据可视化与决策支持

基于工业互联网与数字孪生技术的深度融合，新一代管理平台构建起全息化数据感知与决策体系。平台不仅通过物联网传感器实时采集包装机械的振动频率、温度变化、能耗数据等 200 多项运行参数，还利用数字孪生技术在虚拟空间中 1:1 复刻设备运行状态，实现物理实体与数字模型的实时交互映射。

在数据应用层面，设备生产厂家可通过远程读取设备震动、油液温度等，实施平台采用深度学习算法对设备全生命周期数据进行深度挖掘。通过构建设备健康度预测模型，结合环境参数、运行工况等多维度数据，可提前 72 小时预

测潜在故障风险，甚至能够结合震动监测点位判断到故障点及故障类型。同时，平台通过对比设备设计参数与实际运行数据，自动生成“性能优化图谱”，指导操作人员对机械传动系统、气动装置等关键部件进行精准调校。

4.4 人才与组织保障

4.4.1 明确“机电一体化 + 数据分析 + 工艺理解”的复合型岗位画像

通过搭建“人-岗-证-课表”能力矩阵，将人才能力划分为基础、进阶、高级三个层级：基础层聚焦工艺操作与安全生产规范，确保员工掌握包装机械基本运维技能；进阶层侧重振动谱分析、故障根因诊断等技术，提升设备异常识别与初步研判能力；高级层则要求具备模型解读、参数优化及数字孪生系统运维能力，满足智能化管理需求。

4.4.2 设计技术与管理并行的“双通道”培养路径

技术通道以“值机员→高级技师→设备数据工程师→工艺优化专家”为进阶方向，助力技术人才深耕设备数字化运维与工艺改进领域；管理通道以“班组长→线长→车间设备经理→工厂设备总监”为发展路径，培养具备跨部门协同能力与数字化管理思维的管理人才。同时，建立与数字化管理目标适配的激励与治理机制：将“预测工单命中率、一次修复率、重复故障率、备件节约费用”等关键绩效指标（KPI）纳入员工考核体系，以数据化成果驱动工作效能提升；同步推行“问题复盘 + 经验库”机制，通过梳理典型故障案例、优化维护流程，形成标准化作业卡（SOP）与知识图谱，实现管理经验的沉淀与复用，为烟草包装机械管理模式创新提供持续的人才与组织保障。

5 结论

数字化转型为烟草包装机械管理模式创新提供了技术支撑，通过构建“实时数据采集体系”突破数据瓶颈，打造“预测性维护体系”提升维护效率，搭建“跨部门协同平台”优化管理流程，培养“复合型人才”夯实落地基础，可实现烟草包装机械管理从“经验驱动”向“数据驱动”、从“被动维修”向“主动预测”、从“分散管理”向“协同高效”的转型。对于烟草企业而言，需把握数字化转型机遇，结合自身设备现状与生产需求，制定个性化的管理模式创新方案。

参考文献

- [1] 汤馥蔚,戴智虹,辛金龙,等.数字化展示在烟草包装中的应用[J].包装工程,2025,46(S1):108-111.
- [2] 王颖,李鹏梅,赵越.烟草行业绿色包装需求分析与有关建议[J].现代工业经济和信息化,2024,14(11):188-192+195.
- [3] 娄巍,刘艳涛,王珺.数字化赋能烟草包装行业生产现场管理的思路与实践[J].现代信息科技,2024,8(19):115-123.
- [4] 余晶.烟草行业数字化转型与企业管理优化研究[J].中国战略新兴产业,2025,(14):194-196.
- [5] 陈镜安,李旭宝.数字化转型背景下烟草商业企业全面预算管理现状[J].财讯,2025,(09):167-169.