

基于 FMEA 法的 PROTOS1-8 卷烟机故障风险评估

安丽媛, 李越, 陈琳琳

山东中烟工业有限责任公司, 山东 济南 250014

摘要: 为有效降低 PROTOS1-8 卷烟机的故障停机率, 提高有效作业率生产效率, 基于失效模式和效应分析 (FMEA), 分析涉及卷烟机组潜在故障模式及其原因, 以及故障的检测与识别方法, 进一步探讨了这些故障对设备运行的影响及相应的处理措施。研究中利用风险顺序数 (RPN) 进行风险量化评估, 从而确定优先的改进方向。研究结果表明, FMEA 方法在降低 PROTOS1-8 卷烟机故障停机风险方面的实际应用价值, 为类似卷烟设备的故障预防和管理提供了有力的理论与实践支持。

关键词: PROTOS1-8 卷烟机; 故障停机; 失效模式和效应分析; 风险顺序数

Fault Risk Assessment of PROTOS1-8 Cigarette Machine Based on FMEA

An Liyuan, Li Yue, Chen LinLin

Shandong Tobacco Industrial Co., Ltd. Jinan, Shandong 250014

Abstract: In order to effectively reduce the failure shutdown rate of PROTOS1-8 cigarette rolling machine and improve the production efficiency of effective operation rate, based on Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), this paper analyzes the potential failure modes and causes of the cigarette unit, as well as the detection and identification methods of the failures. Furthermore, the impact of these failures on equipment operation and corresponding treatment measures are explored. In the study, risk order number (RPN) was used for risk quantification assessment to determine priority improvement directions. The research results indicate that the FMEA method has practical application value in reducing the risk of PROTOS1-8 cigarette rolling machine failure and shutdown, providing strong theoretical and practical support for the prevention and management of similar cigarette equipment failure

Keywords: PROTOS1-8 cigarette machine; fault shutdown; failure mode and effects analysis; RPN

PROTOS1-8 卷接机组是德国 HAUNI 公司生产的具有世界先进水平的中速卷烟设备, 主要为多规格、小批量生产而设计, 其额定生产速度为 6000 支 / 分钟, 承载着企业细支卷烟的生产任务。目前该机组的故障停机率较高, 导致设备有效作业率水平低下, 严重制约着企业细支卷烟的产量和发展。

为有效解决该问题, 采用失效模式与效应分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 对卷烟机的故障风险进行评估^[1-3], 通过对 PROTOS1-8 卷烟机工作流程中可能存在的故障模式及其原因、识别特征、故障影响及后果、处理措施进行全面的分析, 然后利用风险顺序数 (Risk Priority Number, RPN) 来量化和评估故障的风险程度, $RPN = \text{严重度}(S) \times \text{发生频度}(O) \times \text{探测度}(D)$, 如果 RPN 值越高, 表明该故障模式的风险越大。

一、基于 FMEA 的卷烟机停机故障分析

针对关键工艺关键过程, 结合机器内部流程, 寻找影响 PROTOS1-8 卷烟机故障停机的潜在原因。

(一) VE 供丝成型系统

VE 供丝成型系统的关键过程是形成烟丝束, 其常见的故障模式、原因分析及解决措施见表 1。

表 1 VE 供丝成型系统关键流程的故障分析

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
形成烟丝束	初级分离器气压不当	(1) 初级分离器气压过大; (2) 初级分离器气压不足	人工检查	定期校准, 保证气压正常
	风室上的压力不当	(1) 风室上的压力过大; (2) 风室上的压力不足	人工检查	定期校准, 保证风室上的压力正常

作者简介: 安丽媛 (1988.5-), 女, 山东中烟工业有限责任公司, 助理工程师, 硕士研究生。

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
形成烟丝束	烟舌磨损	烟舌安装位置不当	重量检测	定期校准, 及时更换
	针辊残缺	针环、掉针	人工检查	定期检查, 及时更换
	吸丝带质量不好	(1) 吸丝带磨损; (2) 安装不合适吸丝带打滑	人工检查	定期检查, 及时更换

(二) SE 烟条成型系统

SE 烟条成型系统的关键过程包括卷烟纸输送、封口上胶、烟条成型、烟条分切和样条段传递五个流程^[4]。SE 烟条成型系统关键过程常见的故障模式、原因分析及解决措施见表2。

表2 SE 烟条成型系统关键流程的故障分析

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
卷烟纸输送	卷烟纸跑偏	挡块位置不正确	人工检查	重新校准, 保证挡块位置正确
	拼接压花辊拼接位置不正确	拼接压花辊位置不正确	人工检查	及时更换
	清洁气管堵塞	(1) 清洁气缸堵塞; (2) 清洁气阀堵塞	人工检查	定期清理
封口上胶	胶桶有气泡	胶桶压力 B60S 大	人工检查	定期检查校准, 保证压力正常
	胶水质量参差不齐	胶桶内有沉淀结皮	人工检查	增加过滤装置, 过滤沉淀结皮
	喷胶头位置不正确	安装位置不准确	设备停机报警	重新安装定位喷胶头
	封口胶胶量不正确	加胶电机转速设定不正确, 造成封口胶过量或不足	设备停机报警	精确设定加胶电机转速
烟条成型	大压板位置不正确	安装位置不准确	设备停机报警	重新安装定位大压板
	小压板位置不正确	安装位置不准确	设备停机报警	重新安装定位小压板
	烙铁位置不正确	安装位置不准确	设备停机报警	重新安装定位烙铁
	烙铁温度设定不当	(1) 烙铁温度设定过高; (2) 烙铁温度设定过低	设备显示报警	重新设定烙铁温度
	布带松紧度不正确	(1) 布带拉力过大; (2) 布带拉力过小	设备停机报警	重新校准布带松紧
	布带质量不好	(1) 布带磨损; (2) 布带安装不合适	设备停机报警	(1) 更换皮带; (2) 重新安装定位布带
	打条器安装位置错误	安装位置不正确	人工检查、设备报警	重新安装定位打条器
烟条分切	喇叭嘴安装位置错误	喇叭嘴装反	设备停机报警	重新安装定位喇叭嘴

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
烟条分切	进刀次数错误	进刀次数少	进刀次数人工检查	重新设定进刀次数
	磨刀电机安装角度不正确	安装角度不正确	人工检查、设备报警	重新安装定位磨刀电机
烟条段传递	蜘蛛爪与传烟导轨间隙不正确	安装位置不正确	设备报警	重新安装定位蜘蛛爪与传烟导轨
	蜘蛛手传递臂气流通道堵塞	负压设置不正确	设备报警 停机	重新设定负压
	接收鼓与吸气槽位置不对应	接收鼓与吸气槽工作不同步	人工检查	检查清理
	吸气槽磨损	安装位置不正确	人工检查	重新安装定位吸气槽

(三) MAX 滤嘴接装系统

MAX 滤嘴接装系统的关键过程包括滤嘴输入、水松纸切割、烟支交接、烟支切割和烟支输出五个流程。MAX 滤嘴接装系统关键过程常见的故障模式、原因分析及解决措施见表3。

表3 MAX 滤嘴接装系统关键流程的故障分析

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
滤嘴输入	滤棒硬度不标准	滤棒硬度大	人工检查	质量追溯
	滤棒分切轮负压不正确	负压大, 造成滤棒抢孔	设备报警 停机	降低滤棒分切轮负压
	滤嘴加速轮导轨间隙不当	滤嘴加速轮导轨设计不当	人工检查	重新设定滤嘴加速轮导轨
水松纸切割	水松纸切刀磨损	水松纸切刀磨损	人工检查	定期检查, 及时更换
烟支交接	平衡风不稳定	(1) 平衡风压力过大; (2) 平衡风压力过小	人工检查	重新设定平衡风
	搓板与搓接鼓轮间隙不当	(1) 搓板与搓接鼓轮间隙过大; (2) 搓板与搓接鼓轮间隙过小	人工检查	重新设定搓板与搓接鼓轮间隙
	切纸轮与靠拢鼓轮间隙不当	(1) 切纸轮与靠拢鼓轮间隙过大; (2) 切纸轮与靠拢鼓轮间隙过小	人工检查	重新设定切纸轮与靠拢鼓轮间隙
	搓板加热器温度不当	(1) 搓板加热器温度过大; (2) 搓板加热器温度过小	人工检查	重新设定搓板加热器温度
	搓接鼓轮吸风口数量不当	搓接鼓轮吸风口数量不当	人工检查	重新设定搓接鼓轮吸风口数量
烟支切割	最终切割鼓轮刀缝不当	(1) 最终切割鼓轮刀缝过大; (2) 最终切割鼓轮刀缝过小	人工检查	重新安装定位喇叭嘴

关键流程	故障表现	故障原因	识别方法	解决措施
烟支切割	最终切割鼓轮刀磨损	最终切割鼓轮刀磨损	人工检查	定期检查, 及时更换
烟支输出	输送带与转角尼龙位置不当	输送带与转角尼龙间存在间隙	设备报警	重新安装定位
	皮带磨损	皮带磨损接触不均匀	设备报警停机	定期检查, 及时更换
	皮带张紧度不当	轴承压力受力不均	设备报警停机	重新定位张紧轮

二、RPN 分析

由项目设计人员、专业技术人员及资深操作人员组成的 FMEA 小组, 共同探讨和量化故障模式的严重性、发生频度和探测度并计算风险值^[5]。对于所有考虑到的故障模式, 评估故障模式的严重程度、发生频度和探测度。

在 PROTOS1-8 卷烟机停机故障 FMEA 分析中, 采用的故障模式严重度、发生频度和探测度等级结合了参与者知识、经验以及团队的协商, 最终形成的 FMEA 分析表。根据风险度 (RPN) 分值, 筛选出 RPN 值高 ≥ 100 分的潜在失效模式为封口胶量不正确、蜘蛛手传递臂气流通道堵塞、滤嘴加速轮导轨间隙不当、搓板与搓接鼓轮间隙不当、胶水质量参差不齐、磨刀电机安装角度不正确、烟舍磨损、布带松紧度不正确、吸气槽磨损、水松纸切刀磨损、烙铁温度设定不当、吸丝带质量不好、打条器安装位置错误这 14 项^[6]。

三、改进措施

根据 FMEA 分析的结果, 针对 14 项潜在失效模式, 从原因是否明确、措施是否对口、改进容易程度、过程是否可逆、改进

成本大小、改进时间长短等方面可行性评价, 确定相应的改进措施^[7]。首先, 针对吸丝带质量不好、滤嘴加速轮导轨间隙不当、磨刀电机安装角度不正确、烟舌磨损、吸气槽磨损、水松纸切刀磨损、输送带与转角尼龙位置不当和搓接鼓轮吸风小口数量不当这 8 项失效模式, 及时分析原因, 果断采用调整或更换部件的快速改进措施, 故障停机率得到显著降低^[8]。其次, 采用技术分析或试验设计等科学方式, 筛选胶水品牌, 确定上机适用性最好的胶水产品; 合理调整烙铁温度, 使其在最佳范围内发挥作用; 适度调节布带松紧度, 保障生产的顺畅进行; 准确调整打条器位置, 提高产品的质量和一致性等, 通过对参数的优化, 极大地提升了制造过程的质量, 从而进一步有效降低故障发生率。接着, 开展专业培训项目, 为操作者提供全面系统的操作、维护和故障排除培训, 确保操作人员能够正确且安全地使用设备, 及时识别潜在问题, 并采取恰当的措施进行处理。最后, 建立卷烟机关键部件的定期维护和检查计划, 按照计划定期点检, 清理设备, 及时更换老化或易损的部件, 始终保持设备处于最佳工作状态, 为高效、稳定的生产提供有利保障。

四、结论

(1) 应用 FMEA 法, 本文系统梳理出 PROTOS1-8 卷烟机存在的主要故障停机风险, 通过定量和定性的分析, 评估了这些潜在的故障模式可能对设备的作业率造成的影响^[9]。

(2) 通过风险顺序数 (RPN) 的计算与分析, 明确了故障模式的优先级, 为资源分配与改进优化提供了明确的量化依据。

(3) 本文强调定期维护和检查对确保设备长期稳定运行至关重要, 即在实施基于 FMEA 的改进措施后, 持续的检查和保养仍然是保障设备最佳状态的关键^[10]。

通过上述分析, 本文展现了 FMEA 方法在降低 PROTOS1-8 卷烟机故障停机风险方面的实际应用价值, 为类似卷烟设备的故障预防和管理提供了有力的理论与实践支持。

参考文献

- [1] 马庆丰, 苏国寿, 杨艳阳等. 基于六西格玛原理的降低卷烟单箱耗叶 [J]. 科技创新导报, 2017, 14(34): 106.
- [2] 谢春芳. FMEA 的认识及应用 [J]. 中国高新技术企业, 2011(05): 40.
- [3] 钟军宁, 雷静彬. 降低 ZJ17 型卷接机故障停机次数的方法探究 [J]. 设备管理与维修, 2017(19): 69.
- [4] 伞金辉, 杨天侯, 卢煜文, 白九重, 喻波. 基于 CNN 算法的高速卷烟机智能故障诊断系统设计与实现 [J]. 中国机械, 2024, (02): 28-31.
- [5] 钟东怀. 烟机设备故障诊断智能化流程及日常维护策略研究 [J]. 中国设备工程, 2023, (20): 178-180.
- [6] 孙梦迪. 基于算法分析的卷烟机 MAX 大风机故障诊断 [J]. 设备管理与维修, 2022, (22): 156-158.
- [7] 赵森, 杨雪超, 聂坤, 罗扬, 潘思禹. ZJ17 型卷烟机接装纸多形式缺陷故障维修 [J]. 今日制造与升级, 2022, (10): 181-183.
- [8] 谭兴旺, 王兴会, 马昌祥, 杨坤华, 陈鹏, 代超, 刘克龙. 帕西姆卷烟机停机超时自动关停加热系统 [J]. 轻工科技, 2022, 38 (02): 98-100.
- [9] 黄春辉, 徐志. PROTOS 70 卷烟机组烟支剔除装置的设计与实现 [J]. 电大理工, 2021, (02): 9-12.
- [10] 杨劲松. 卷烟机设备管理与维护研究 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11 (17): 191-193.