

影响 ZJ116 型卷接机组烟支重量偏差故障分析与排除方法

马洁 何士杰 刘宗强 陈正荣

红塔烟草(集团)有限责任公司昭通卷烟厂 云南 昭通 657000

【摘要】：烟支重量偏差超标是 ZJ116 型卷接机组生产中的高发性质量问题，直接影响卷烟内在质量稳定性、感官一致性及物料消耗控制水平。本文以 ZJ116 型卷接机组烟支重量闭环控制系统为研究对象，系统梳理了导致短期重量偏差的常见故障成因，归纳为主要原因与次要原因两大类，从机械结构、电气控制、工艺参数、原辅材料四个维度深入分析故障机理。结合生产实操案例，提出了具体可操作的故障排除步骤与优化措施，构建了“现象辨识—成因分析—排除处理—预防维护”全流程排查体系，并在实际生产中验证了其有效性。研究成果可为卷烟企业设备维护与工艺管理人员提供系统性技术参考，有助于提升故障响应效率、降低非计划停机、实现精准质量控制。

【关键词】：ZJ116 型卷接机组；烟支重量偏差；故障分析；排除方法；闭环控制；质量稳定性

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.009

前言

ZJ116 型卷接机组是国内卷烟工业的主流高速设备，其运行稳定性与工艺精度直接影响最终产品质量。烟支重量作为核心物理指标，关系到吸食口感、燃烧性能及成本控制，行业工艺规范通常要求偏差控制在标称值的 $\pm 2\%$ 以内。重量偏差超标不仅引起产品质量波动，还可能引发市场抽检不合格，造成品牌声誉与经济损失。

现有技术资料对 ZJ116 机组的通用维护与机械调整有所涉及，但针对“烟支重量偏差”的专题研究缺乏系统性成因归纳与逻辑化排查指引，相关论述分散，未能形成从现象定位到根源处理的完整知识链。一线人员常依赖经验试错，效率低且效果不稳。本文立足生产实践，通过分析重量控制系统结构原理，梳理故障案例与数据，对导致重量偏差的因素进行科学分类与层级化梳理，构建逻辑清晰的故障分析框架与排除路径，旨在为生产现场提供切实可行的理论指导与实践支持，助力实现“优质、稳定、低耗”的生产目标。

1 研究现状

烟支重量控制是卷烟生产过程中的关键工序，降低烟支重量偏差，提升烟支重量的稳定性，在行业内较多的同行进行研究。段兴坤等^[1]以现有 PROTOS70 卷烟机为基础，针对可能影响烟支单支克重偏差的微波重量控制、烟条长度、平整盘装置、铲丝刀、正负压供给、梗签二次分离装置、吸丝道、烟舌等进行系统分析，并提供可优化参数范围。赵虎等^[2]通过变异源分析，找到影响卷烟单支重量加工精度的原凶在于设备内部。为此从设备内部流程入手，通过 FMEA 筛选和等方差检验以及相关分析，找到影响卷烟单支重量加工精度的 6 项关键原因，再通过响应曲面设计和稳健参数设计，找到关键原因的最优值和参数的最优搭配。魏明月等^[3]针对影响单支克重偏差的平准器磨损、吸丝腔瓷轮磨损、烟舌磨损进行分析研究，确定平准器更换标准，改进吸丝腔导轨运行方式，确定烟舌更换标准，有效降低卷

烟单支克重偏差。兰志超^[4]等针对现有烟支卷接机重量控制系统在精度与稳定性的不足，基于微波检测质量检测技术，引入模糊算法优化 PID 控制技术，提出了一种基于模糊算法的卷接机烟支重量自动控制系统。此系统可根据现有产品与理想产品间的误差形成卷烟机控制量，使得生产的烟支重量得到稳定控制。本文重点围绕生产过程中影响烟支重量稳定性的因素和排出方法入手，提升烟支重量控制的稳定性。

2 烟支重量控制系统简介与偏差故障特征

2.1 重量控制系统组成与工作原理

ZJ116 型卷接机组的烟支重量控制为机电液气一体化闭环系统，由以下模块协同工作：

供丝系统负责烟丝定量均匀输送，核心包括风室、吸丝带、劈刀盘、刷丝轮等，其稳定性是重量控制的基础；成型系统：通过烟枪、压丝轮和烙铁将烟丝束卷裹成型，压丝轮压缩量直接影响烟支紧实度与密度分布；检测系统：采用微波密度扫描仪或直接称重传感器实时监测烟支重量/密度，并将数据反馈至控制系统；伺服控制系统：接收反馈信号，与预设目标值比较并计算偏差，通过驱动伺服电机调整劈刀盘位置或供丝元件转速，实现重量动态修正。

系统通过 SRM（标准重量模块）进行集中参数管理，设定目标重量、修正速率、偏差范围、剔除阈值等关键参数。控制环路性能取决于机械执行灵敏度、检测准确性及参数设置合理性。

2.2 重量偏差故障的典型特征

短期重量偏差超标指单支烟重量持续或间歇性超差，具有以下特征：

多因性：多由机械、电气、工艺、物料等多因素共同作用导致。

关联性：某环节异常会通过系统耦合传递放大，如吸丝带

打滑引发供丝不均，进而导致重量波动与机构磨损。

隐蔽性：初期可能仅表现为统计值缓慢下降，易被忽视，待批量超差时根源已存在较久。

表现多样性：分为超重（平均重量持续偏高）、偏轻（持续偏低）和波动（重量忽高忽低，标准偏差大）三类。

据长期故障统计，机械结构异常占比超 60%，电气控制失准约占 20%，工艺执行与物料质量波动各占约 10%，为排查优先级提供了依据。

3 烟支重量偏差常见故障原因分析

根据卷烟生产特点、设备状况和人员管理多方情况，提出基于故障频率、影响程度与排查复杂度，将原因分为“主要原因”与“次要原因”，以引导维护人员按优先级排查。

3.1 主要原因分析

主要指直接且高概率导致核心功能失效的因素。

序号	故障类别	具体原因	简要机理分析
1	机械结构异常	风室导条通道磨损形成倒台阶或涂层脱落	阻碍烟丝顺畅输送，形成空穴导致局部密度不均、整体偏轻。
		吸丝带与导轨间隙过大(>0.2mm)或打滑	破坏负压密封性，导致烟丝吸附不稳、输送量波动，引发周期性或随机重量波动。
		劈刀盘与刷丝轮间隙调整不当	标准间隙（前后劈刀盘约 0.1mm，与刷丝轮约 0.3mm）是定量刮削关键，过大导致超重，过小导致偏轻。
		压丝轮压缩量设置不当	压缩量影响烟支紧实度与直径，过小则松散偏轻，过大则过紧超重。
2	电气控制失准	SRM 模块参数设置错误	重量目标值、修正系数、剔除阈值等核心参数错误会导致控制系统基准失准或修正异常。
		重量检测传感器零点漂移或污染	检测信号失真引发“误修正”，可能误剔合格品或放行不合格品。
		伺服电机及丝杆机构磨损导致定位不准	修正指令执行不精确，造成修正量不足或过量。
		关键检测元件(如料位光电开关)灵敏度下降	无法准确监控烟丝料位，破坏供丝稳定性。

3.2 次要原因分析

通常为加剧偏差、诱发偏差或在主要原因排除后需检查的关联因素。

序号	故障类别	具体原因	简要机理分析
1	机械关联异常	针辊、弹丝辊等运转不匹配	导致烟丝梳理不充分、输送不同步，形成结块或分布不均。
		传动部件（齿钉）磨损、弯曲	引起烟丝输送均匀性持续波动，高速运行时影响显著。
2	工艺执行波动	工艺负压不稳定或偏低	负压不足导致烟丝吸附力不足、烟束松散，引发偏轻和空头。
		压缩空气压力波动	影响气动元件动作稳定性，间接导致机械状态变化。
3	原辅材料问题	烟丝含水率偏离标准（如 11%-13%）	含水率高则黏连流动性差，含水率低则脆易碎，均破坏供丝均匀性。
		烟丝结构不合理	填充值波动大，相同体积下重量差异显著，难以形成均匀烟丝束。
		卷烟盘纸等厚度或透气度波动	影响烟支直径和密度信号换算，间接干扰重量控制系统判断。

4 烟支重量偏差故障排除方法

提高烟支重量稳定性，讲的烟支偏差偏差，生产过程中遵循“先外后内、先易后难、先主后次”原则，按以下逻辑路径排查。

4.1 针对主要原因的排除方法

排查顺序	故障点	具体排除方法与操作步骤
第一步	检查与调整 SRM 参数	核对工艺标准，确认标称重量与公差； 检查 SRM 中目标值、修正系数、剔除阈值等参数是否正确； 必要时调用备份参数恢复或重新设定，试运行并微调至稳定。
第二步	检查与校准检测系统	清洁微波测量管或窗口，清除烟沫胶垢； 检查“常吹风”气压稳定； 执行传感器零点校准，用标准砝码验证精度（误差±0.01g 内）； 检查信号线缆连接。

第三步	检查与调整机械核心部件	吸丝带系统: 测量并调整导轨间隙 $\leq 0.2\text{mm}$; 检查驱动轮、导向轮磨损与清洁; 确认张紧气压约 2.5bar。 劈刀盘与刷丝轮: 按标准校准间隙; 检查平键配合间隙 $\leq 0.05\text{mm}$; 调整组件与导轨间距; 校准机械限位。 风室导条通道: 拆卸并消除倒台阶, 抛光工作面, 严重磨损则更换。 压丝轮与烟枪: 按工艺直径调整压缩量; 使用量具校准中心高度, 确保烟丝束居中。
第四步	检查伺服执行机构	检查联轴器、丝杆等传动部件磨损与松动; 维修模式下测试伺服电机全行程动作, 验证定位精度; 清洁并校准料位光电开关灵敏度。

4.2 针对次要原因的排除与验证

在主要原因解决后, 若重量仍不稳定, 需进行以下检查:

排查方向	具体排除与验证方法
检查关联机械	确认针辊、弹丝辊运转方向正确; 检查匀丝辊与提升带匹配情况; 检查齿钉完好性, 补齐或更换损坏件。
校核工艺参数	检测并调整供丝负压、烟枪负压至工艺范围 (如 $-85\sim-90\text{mbar}$); 检查压缩空气压力稳定, 清洁或更换过滤器、调压阀。
监控原辅材料	加强烟丝含水率与结构检验, 不合格严禁上线; 运行中观察烟丝状态, 及时反馈结块、过碎等问题; 确保备件 (陶瓷滚轮、压丝轮等) 符合精度要求。

5 故障预防与系统性优化措施

为减少重量偏差发生, 应从被动维修转向主动预防, 进一步建立以下系统化管理措施:

参考文献:

- [1] 段兴坤, 谢勇, 邓加睿, 等. 烟支单支克重偏差影响因素分析[J]. 价值工程, 2024, 43(9): 38-40.
- [2] 赵虎, 廖克存, 张广喜. “泰山(宏图)”牌号卷烟单支重量加工精度研究[C]//2010年中国烟草学会工业专业委员会烟草工艺学术研讨会论文集. 2010: 319-331.
- [3] 魏明月, 宋亮, 杨忠庆, 等. 降低卷烟单支克重偏差研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(18): 157-160.
- [4] 兰志超, 鄢红章, 张良水, 等. 基于模糊算法的卷接机烟支重量自动控制系统优化研究[J]. 机械与电子, 2023, 41(1): 35-38, 45.

5.1 建立分级周期性预防性维护体系

进一步巩固设备运行经典, 需强化设备保养, 根据工厂设备运行状态, 通过日保养: 操作工清洁吸丝带、劈刀盘、检测头等, 检查气压、负压显示; 周保养: 维修工检查紧固传动件, 初步检查关键间隙, 清洁滤网与过滤器; 月保养: 专业维修人员系统校准机械间隙, 检查伺服丝杆磨损并润滑, 清洁校准传感器, 备份控制参数; 年度大修: 解体检查, 更换到期易损件, 恢复设备精度。

5.2 实施标准化参数与工艺管理

标准化管理是巩固提升烟支重量偏差的有效途径编制各牌号参数标准作业指导书 (SOP), 调整需依规审批记录。实行参数双备份制度 (控制器与外部存储), 定期备份; 定期点检工艺执行情况 (负压、气压、温度等), 确保稳定在工艺窗口内。

5.3 强化原辅材料与备件管理

建立供应商质量档案与准入淘汰机制。完善来料检验与追溯流程, 关联生产批次信息。基于设备运行数据制定预测性更换计划, 优化备件库存。

5.4 构建人员培训与能力提升机制

分层培训: 操作工重点学习点检与简单故障识别; 维修工深入掌握系统原理与精密调整。建立故障案例库与知识共享平台。实施关键岗位持证上岗与定期考核。

6 结语

ZJ116型卷接机组烟支重量偏差控制是一项系统工作。本文通过梳理成因逻辑与结构化排除方法, 提供了清晰的诊断路径。实践证明, 遵循“先参数检测、后机械执行、再关联验证”的步骤, 结合主次分析, 可显著提升处理效率。

预防优于纠正。通过执行四级预防维护、标准化管理、全流程物料管控及人员能力建设, 可从根本上提升设备稳定性, 将重量偏差控制在 $\pm 1.5\%$ 甚至更优水平, 从而提高设备综合效率与产品质量一致性。

展望未来, 结合工业互联网与大数据技术, 开发具备趋势预警、根因推断与参数自优化功能的智能诊断系统, 将是实现智能化、精益化生产的重要方向。