

卷烟圆周稳定性控制的关键因素与优化

程天昱 陈昌盛

红塔烟草(集团)有限责任公司昭通卷烟厂 云南 昭通 657000

【摘要】：卷烟圆周即烟支的周长，是卷烟最基础的物理规格之一。卷烟圆周稳定性与卷烟产品质量密切相关，在一定程度上可以反映生产过程控制水平。本文系统分析影响圆周稳定性的关键因素，针对各类因素，提出优化原材料管控、加强设备维护改造、精细化管理工艺参数、强化过程监控、提升操作规范性等优化措施。控制圆周稳定性，对于保障产品品质、提升生产效率、控制生产成本具有重要意义。

【关键词】：卷烟；圆周稳定性；关键因素；优化

DOI:10.12417/2705-0998.25.24.031

圆周稳定性影响卷烟产品的外观一致性、吸烟口感与燃烧性能，最终影响消费者体验。在生产层面，圆周波动会影响设备运行流畅度，浪费材料，降低产品合格率，推高生产成本。因此，需实现并保持圆周高度稳定。本文剖析影响卷烟圆周稳定性的各类内外部因素，在此基础上，探讨优化路径，旨在提升产品质量稳定性。

1 控制卷烟圆周稳定性的重要性

卷烟圆周指卷烟烟支横截面的周长，测量时通常以毫米为单位。圆周稳定性会影响产品质量，如果圆周不稳，则烟支会有粗细差异，影响美观性，吸阻也会有差异，影响抽吸感受。卷烟圆周稳定性会对生产效率造成影响，烟支圆周超出标准会触发质量检测报警，自动被剔除，浪费更多物料，可能需要频繁调整、停机，进而影响设备运行效率。所以，圆周不一定会增加原料消耗，增加生产成本，控制圆周稳定性是技术问题，也与产品竞争力、生产效益、品牌声誉息息相关。

2 影响卷烟圆周稳定性的关键因素

2.1 原材料因素

原材料自身质量是否均匀、稳定与后续生产顺畅度、产品一致性密切相关。烟丝是卷烟的主要填充物，物理特性直接影响圆周。烟丝整丝率通常要求 $\geq 80\%$ ，碎丝率要求 $\leq 3\%$ ，整丝率高低、结构均匀性会影响烟枪内流动，影响分布状态，如果整丝率过低或碎丝过多，填充密度就会受影响，出现密度不均现象，形成“软硬点”，影响圆周稳定性。烟丝含水率宜控制在 $12.5\% \pm 1.0\%$ 范围内，含水率 $> 13.5\%$ 会影响流动性，烟丝柔软、粘连，易在烟枪内堆积；含水率 $< 12.0\%$ 会使烟丝脆硬，影响填充能力，水分过高、过低均会破坏成型过程稳定性^[1]。卷烟纸是卷烟的包裹材料，定量通常为 $28-32\text{g}/\text{m}^2$ 、厚度通常为 $0.035-0.045\text{mm}$ ，如果纸张横向或纵向厚度不均或伸长不一致，包裹松紧度就会产生差异，进而影响成型后烟支圆周一致性。

2.2 设备与工艺因素

供料系统必须在单位时间内恒定、连续向烟枪输送烟丝量，烟丝流量波动应控制在 $\pm 0.5\%$ 以内，流量脉动或中断会影响

响烟条密度，继而使圆周出现波动。成型系统中，如果烟舌磨损、变形或者烟枪内部积存烟垢，会使通道实际形状、光洁度受影响，烟舌与烟枪之间的配合间隙超出 $0.05-0.15\text{mm}$ 的范围，干扰烟丝束成型，使卷烟纸难以平整包裹。布带系统中，张力波动应小于 $\pm 5\%$ ，如果不稳会不均匀地拉伸或压缩烟条；布带磨损或跑偏会影响包裹力，张紧压力控制在 2.5Pa 左右为宜。搓板压力、均匀性以及搓板弧度、表面光洁度会影响烟支紧实度与外观圆整度。如果机械部件松动、磨损、对中不良或者气缸气压不稳，在设备高速运行中，问题会被放大，导致圆周不稳。

2.3 工艺参数设置

平准器设置深度对烟丝束基准重量有直接影响，设置准确度、响应灵敏度会影响进入成型通道的烟丝量，设定值 0.1mm 的微小变化就可能对烟支平均重量明显变化。烟条成型时需要精细控制工艺参数，如果温度过高或压力过大，卷烟纸可能会快速干燥收缩或过度拉伸；如果温度不足或压力太小则可能粘合不牢、定型不佳。布带运行速度与主机速度、刀头转速不匹配会影响烟条成型，使烟条拉伸或堆积，影响圆周稳定性^[2]。负压(吸风)系统用于吸附、稳定烟丝、卷烟纸，需要维持压力值稳定。通常真空度需维持 $-2.0 \sim -4.0\text{kPa}$ ，波动应小于 $\pm 0.2\text{kPa}$ 。如果负压波动大，烟丝在烟枪内的分布密度、均匀性、卷烟纸包裹贴服程度均会受影响。以上工艺参数相互关联、相互制约。

2.4 环境因素

生产车间环境条件不直接参与机械动作，但温湿度波动会对所有有机原材料和设备运行造成影响，理想的车间环境是温度 $22-26^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $60\%-65\%$ 。环境空气过干会使烟丝水分快速散失，烟丝会变干、变脆，填充值更高但更易碎，圆周可能增大，也可能出现波动；环境过湿会影响烟丝流动性，烟丝吸湿容易变软、发粘，圆周会偏紧或不匀。卷烟纸是高吸湿性材料，环境湿度高会对纸张含水率产生影响，改变卷烟纸尺寸、物理性能，在成型中引发松紧变化。环境温度也会对胶黏剂固

化速度、设备机械间隙造成影响。如果车间恒温恒湿控制不佳，早晚、季节变化则会使车间温湿度出现较大波动，圆周也可能缓慢、整体性“漂移”。

2.5 操作因素

在开机准备阶段，需要操作人员细致检查设备状态，确认布带是否安装正确、张力是否合适，烟枪、烟舌等关键部件是否清洁、安装是否严格对中，如果检查不到位，初始状态就会受影响。在生产过程中，操作人员是否专注监控设备运行状态关系到能否及时发现布带轻微打滑、异响等异常苗头，如果关注不足，生产就可能出现较大质量波动。在更换规格时，部件更换、调整精度、所用手法的规范度也会影响新规格产品的圆周稳定性。日常工作中，需做好清洁保养工作，特别是烟枪内部、吸风管道、搓板等关键区域必须彻底清洁，防止积垢。否则日积月累下会影响成型质量。操作人员对质量检测数据需要有足够的敏感度，具有较强的初步判断能力。当在线检测显示圆周出现趋势性变化时，如果操作者不能正确干预，可能引入不必要的、难以预测的人为波动，破坏圆周稳定性。

3 优化卷烟圆周稳定性的措施

3.1 优化原材料管控

强化烟丝管控，不仅需要继续常规进行批次平均检测，也需要深入检测批次内部均匀性。除常规检测含水率、整丝率，也需关注填充值和纯净度的波动，增加抽样频次到30min一次，加强统计，监控分布情况。卷烟纸要求物理性能均一性良好，对此，需严格测试每批卷纸的厚度、抗张强度、伸长率及透气度，约束公差范围，卷与卷之间的性能差异也需保持关注。验收滤棒及接装纸时，额外精确100%检测或高频次抽样检测圆度、硬度、直径，加强生产现场原材料流转与储存管理，要求烟丝库、辅料库保持恒温恒湿状态，如 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ， $62\pm 3\%$ ，防止因环境变化导致材料吸湿、放湿，物理特性发生变化。合理设计物料配送流程，先进先出，不同批次不可混杂，尽量减少搬运、缩短等待过程，避免品质劣化^[3]。强化质量追溯，从供应商到具体机台、具体生产时间段均纳入质量追溯链条，一旦发生圆周异常，借此迅速、准确定位原材料批次，分析根本原因，针对性改进，避免再次发生同类事件。

3.2 设备维护改造

强化设备维护，以预防为主、建立一套具有较强计划性的设备保养体系。根据设备说明书以及设备历史运行数据，为所有关键部件制定保养周期、检查项目和更换标准，内容必须清晰。烟枪、烟舌、布带、搓板等核心部件利用三维轮廓扫描仪定期检测磨损量，磨损量超过0.02mm触发更换预警。采用激光对中仪精密校准主传动系统，控制各传动轴的同轴度误差小于0.01mm。加强质量缺陷检查力度，日常点检、维护工作必须做到位，开机前检查设备各部位的对中、间隙、张力，运行

中监听、观察异常声音、振动、温升情况，定期彻底清洁设备，尤其是要做好烟枪通道、吸风管道内烟末与胶垢的清除工作，避免积垢积累改变烟条成型空间，影响气流。升级老式的电气、传动系统，机械平准器控制系统可升级为伺服电机驱动，响应速度、定位精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ ；开环温度控制可升级为PID闭环恒温控制，可提高烙铁温度控制精度达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 精细化管理工艺参数

精细化管理工艺参数，一方面要固化、标准化优秀的生产经验，另一方面要与实际情况匹配，科学动态调整参数。首先，必须为每一种规格的产品建立一套明确的“标准工艺参数表”，该表包含烟丝重量设定、平准器位置、搓板压力、布带速度、烙铁温度以及相关的负压值、涂胶量等辅助参数，参数不能仅依赖经验，必须经过充分验证，通过工艺试验找到各参数之间的最佳匹配点，在确保设备平稳运行的前提下达到最优圆周质量。参数管理必须“受控”“精确”。设定、修改所有参数必须有明确的授权，如实记录，操作人员调整时必须严格执行相关标准。要充分发挥设备监控系统的作用，通过监控系统实时收集关键工艺参数实际运行值，对比运行值与标准设定值，明确差异。监控系统需具备警报功能，发现超出允许范围的漂移立即触发。如果生产条件发生变化且变化可预见，例如更换一批次的卷烟纸、环境温湿度季节性变化，需要以预设的、基于历史数据总结的“参数微调指南”提供指导，小幅、定向的进行补偿性调整，迅速恢复过程受控状态。例如检测到圆周有缓慢变小的趋势，提前0.5秒微调平准器0.05mm进行补偿。

3.4 加强过程控制，强化质量监控

生产线上的关键节点部署高精度在线检测仪器，例如安装非接触式的激光或微波测径仪在卷烟机的出口位置，100%实时测量每一支卷烟的圆周、重量、吸阻、硬度，检测频率可达8000支/min以上。实时收集的数据传输至统计过程控制系统，计算平均值、极差，实时绘制 \bar{X} -R控制图、过程能力指数Cpk等。系统内置八项判异准则，自动识别如连续7点上升、连续3点中有2点落在 2σ 限外等过程中的异常趋势，在超出控制限之前发出预警。质量人员和分析工程师利用专业知识经验对这些图表背后的信息进行解读^[4]。例如，系统分析历史数据发现，所有单支烟圆周均合格，但发现波动范围在持续缓慢增大，则监控系统发出预警，提示关注设备是否存在渐进性磨损，原材料特性是否在缓慢变化，是否是环境因素引发此问题，提醒维护人员及时检查调整。

3.5 提高操作规范性

当前，设备、材料、工艺最终都离不开操作人员执行、维护，所以，要提高卷烟圆周稳定性，就必须规范操作，减少人为因素的影响。首先，必须建立一套详尽、可操作性强的标准作业程序，覆盖生产准备、正常操作、规格更换、中途保养、

故障处理、结束收尾这一流程的各个环节，烟枪安装与校准、布带张力设定与检查、搓接系统清洁调试等操作步骤均可能影响圆周稳定，对此必须建立唯一、明确、量化的动作标准，明确精度要求，消除模糊地带，尽量缩小个人理解上的差异。其次，配套持续开展操作培训，提高培训深度，采用多样化培训形式，关注培训效果，强化效果验证。通过培训，让操作者“知其然”且“知其所以然”，理解每一项操作规定的原因，影响，认同规定，严格执行各项操作要求。为提高培训有效性，需反复开展模拟操作，发挥师傅带教的优势，重视实操考核，使标准操作程序逐渐成为操作人员操作时的本能反应，形成肌肉记忆。在管理工作中，需明确表示支持规范化操作，将标准作业执行情况纳入日常绩效管理，建立激励机制；为加强把关，为关键操作提供专用、完好的工具、检具；发挥广大员工的作用，

群策群力，鼓励员工报告程序中的问题，提出改进建议，以此不断优化标准。

4 结语

综上所述，卷烟圆周稳定性关系到卷烟品质、消费者体验，与原材料、设备、工艺、环境、人员操作规范性均有一定的关系。要稳定控制卷烟圆周，仅改变单一环节难以达到理想效果，必须建立严格的原料标准、精细管理设备、提高工艺参数合理性、构建动态的质量监控体系，规范操作，应用过程控制理念，加强事前预防，不断优化管理。展望未来，在线检测技术与自动化控制不断发展，大数据分析 with 智能决策也在不断进步，控制卷烟圆周稳定性也有望获得更多技术支持，使稳定性控制迈向精准化、智能化。

参考文献：

- [1] 郑亚楠,申丽霞,马丹妮,等.细支卷烟吸阻稳定性影响因素研究进展[J].农产品加工,2023(12):71-74,78.
- [2] 张亚男.H 牌号卷烟物理指标相关性分析[J].上海轻工业,2024(4):139-141.
- [3] 李春华,黄家安,孙路芳,等.ZL29 成型机直径控制系统故障的诊断与维修[J].机械管理开发,2025,40(10):224-226,264.
- [4] 刘楷丽,孙洁霖,倪欣怡,等.基于烟支物理指标与烟气指标的细支卷烟质量控制评价[J].科技创新与应用,2025,15(13):55-59,63.