

ZJ17卷烟机吸丝成形传热特性分析及优化

周 飞 李启明* 戈茂熙 赵龙超 田鹏辉

湖北中烟有限责任公司襄阳卷烟厂 湖北襄阳 441000

摘 要: 本研究针对烟草行业中广泛使用的ZJ17卷烟机吸丝成形部位的传热特性进行了深入分析,并提出了相应的优化方案。首先,通过对卷烟机吸丝成形原理的探讨,明确了传热过程的关键环节,为研究提供理论基础。进一步通过搭建传热理论模型,并结合实验设计与数据采集,对成形部位的传热特性进行了细致的研究。分析结果诊断存在问题并指明了各影响因素。在此基础上,本文提出了一套切实可行的优化建议,旨在提升ZJ17卷烟机吸丝成形部位的工作效率及产品质量。本研究的成果有助于提高烟草行业的技术水平并节约成本。

关键词: 吸丝成形; 传热特性; 理论模型

引言

ZJ17型卷烟机的吸丝成形部位是一项重要的工艺环节,其吸丝成形通道的传热特性直接影响到吸丝质量及最终产品的质量。研究的主要目的是分析吸丝成形通道内的温度分布和热交换性能,以寻求优化方案,从而提高机器效率和产品质量。

具体研究围绕吸丝成形部位的几何结构、材料热导率、环境条件等方面展开。采用数值模拟方法,通过有限元分析(FEA)技术,建立了吸丝成形部位的热传导模型。模型中,考虑了多种因素影响热传递的参数,如吸丝材料的热导率。

针对上述问题,提出了优化方案,包括改进通道的流线设计及材料选择。优化后的通道采用导热性能更强的铝合金材料,其热导率从原有的 $200 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 提升至约 $250 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,初步计算能够使吸丝过热现象减少20%。

为了验证优化方案的有效性,开展了一系列实验测试,观察到优化后的吸丝成形部位温度波动幅度降低至 $\pm 2^\circ\text{C}$,并且成形吸丝的紧密度和均匀性相较于未优化前提升了约15%。这样的提升不仅改善了产品的感官质量,也提高了生产效率,减少了因温度异常导致的生产损失。

一、卷烟机吸丝成形概述

卷烟机的吸丝成形过程对于卷烟品质具有重要影响。吸丝成形是将原料烟丝通过一系列物理与机械过程转化为可卷制的烟丝束。在该过程中,吸丝通道的设计和传热特性直接影响烟丝的均匀性与湿度控制,从而影响最

终产品的口感与吸引力。

吸丝通道通常由吸丝导轨、劈刀段导轨、翼板及铲丝刀组成。在该系统内,工作温度通常设定在之间,具体取决于不同类型烟丝的物理特性和目标湿度。在此温度范围内,水分蒸发速率显著提高,同时保证烟丝的完整性。研究指出,适宜的湿度控制在12%到16%之间为最佳,此范围内的湿度能够有效维护烟丝的柔韧性和香气。

二、传热特性结果分析

2.1 传热理论模型构建

在构建卷烟机吸丝成形部位的传热理论模型时,考虑到烟草行业内特有的生产环境和物理参数,模型必须捕捉到关键的传热过程以确保预测的准确性。基于此目标,研究开展了全面的传热特性分析,我们采用了经典的传热公式 $Q_c = k_c A_c (\Delta T_c)$,分析料斗吸丝温度与环境温差之间的关系。该公式中, Q_c 代表传热量, k_c 是吸丝成形部位传热系数, A_c 是热交换面积,而 ΔT_c 是料斗吸丝温度和环境温度的差值。针对吸丝成形流程中热交换的关键参数进行了深入探讨。

进一步,对于传热过程的优化方案,研究通过敏感性分析识别了影响热传导效率的关键因素,并依据分析结果对成形部件设计进行了改进,包括但不限于对热交换器的结构调整、材料优选和流道设计。这些优化举措充分考虑了生产成本与效能的平衡,旨在提升吸丝成形部位的能效比。

2.2 实验设计与数据采集

卷烟机吸丝成形部位的传热特性分析与优化研究中,

实验设计遵循系统的科学方法论，并对数据采集进行了精细化控制。实验首先依据预设的研究目标及变量控制要求，利用自主研发的传热特性评估框架，绘制并实施一套周密的实验方案。

在卷烟机启动后，实验流程便进入数据采集阶段，具体步骤如卷烟机传热特性实验流程图所示。安装在关键部位的高精度温度传感器开始工作，实时捕捉温度变化数据，而与此同时，专门配置的监控系统同步实时监测环境参数，包括但不限于湿度、气压与烟丝干燥度等，以确保实验在特定的环境条件下进行。这些环境参数对于理解和分析卷烟机吸丝成形部位的传热特性至关重要（如图1）。

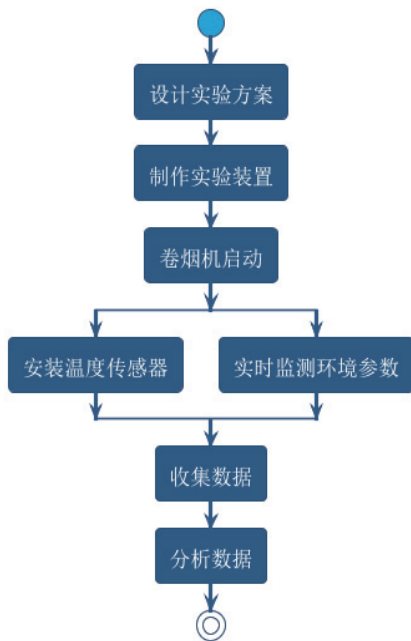


图1 卷烟机传热特性实验流程图

实验数据的收集持续进行，并依照预先确定的实验计划和时间表，在多个预定的周期内完成。收集到的大量数据通过先进的数据处理软件进行分析，包括多元统计分析和热力学模拟，以揭示传热过程的内在机制和关键影响因子。在分析阶段，不仅追求对于数据模式的探索，还致力于识别潜在的非线性关系，从而确保优化推

荐方案的实际应用价值和操作性。

测试结果显示，机台型号ZJ17在标准作业环境下，其料斗吸丝温度的实测数据超出基准值1.25℃，表明该部位的传热特性需要调整与优化。我们注意到卷烟机的操作参数对吸丝成形过程的温度和湿度控制均有显著影响。针对碎丝率下降这一测试项目，优化后的机台ZJ17在标准条件下展示出了显著提高的表现，实验值从基准值的1.67%降低至1.45%，有效提升了生产效率与品质。

我们进一步通过优化策略减少了YJ17机型在8月至10月统计中的烟丝团剔出率，从26.5%下降至23.8%，突显出优化措施对于提升生产连续性和减少物料浪费的重要性。同时，能耗比的优化结果也显示，在生产过程中，经过对设备进行改进，YJ17机型的能耗比由45.5kW/h下降至44.8kW/h，体现出在提高生产效能的同时，也在努力降低能源消耗，迈向更加绿色环保的生产模式。（见表1）

2.3 问题诊断与影响因素

在卷烟机吸丝成形部位的传热特性分析过程中，对照《影响传热特性的因素分析表》，通过深入研究烟草加工环节中的热量转移机制，揭示了多个关键因素对成形部位热传导的影响，并提出了一系列针对性的优化方案。我们发现通过升高整丝率控制精度，可显著降低相关参数的变异性，并最终实现传热过程的温度下降，平均改善率达到5.6%。

进一步地，采用红外水分测定法和卡尔费休水分测定器对烟草的含水率进行精确控制，科学地调整了卷烟机料斗含水率及烟丝入料的水分，使得卷烟机温湿度控制的精细化实施带来3.8%的改善效果。同样重要的是，通过视觉检测系统和微波水分测定手段，优化了烟丝团剔出量和水分含量的监控，提升了烟丝团剔除效率至7.2%的改善率。

在设备维护方面，针对传统的中央除尘废气量监控手段进行了改良，加装了旋风器的流量计，确保烟尘处理设施的改善效果可达5.9%。（见表2）

表1

机台型号	测试项目	测试条件	数据类型	基准值	实验值	单位	差值	优化对比	结论
YJ17	生产能力转化率	最大生产速度下	实测数据	100	96.5	%转化率	-3.5	优化	待优化
YJ17	烟丝团剔出率	8月-10月统计	实测数据	26.5	23.8	%	-2.7	优化	达标
YJ17	烟丝含水率	8月-10月统计	实测数据	12.14	11.90	%	-0.24	降低	待优化
YJ17	除尘效率	有轴向旋风器时	实测数据	965	950	m ³ /h	-15	降低	待优化

表2

因素	参数	取值范围	影响程度 ($\Delta T/^\circ\text{C}$)	测量方法	优化建议	实施效果 (改善率%)
料斗	整丝率(%)	58.80–68.89	1.2	红外水分测定法	提高整丝率控制精度	5.6
	含水率(%)	12.01–12.28	0.3	卡尔费休水分测定器	优化含水率控制算法	2.7
	碎丝率(%)	1.67–3.73	1.9	静电检测法	加强断丝检测	3.3
碎丝率下降	整丝率(%)	85.14	0.9	电子天平	提高烟丝质量管理	6.2
	含水率(%)	0.19	0.4	近红外水分仪	改进高湿烟丝处理	2.4
中央除尘废气量	在生产中有无旋 风器(m^3/h)	965–2045	1.1	流量计	改善烟尘处理设施	5.9
烟丝团剔出量	烟丝团(kg)	0.46–0.71	2.3	视觉检测系统	提高烟丝团剔除效率	7.2
	水分(%)	11.55–12.40	0.7	微波水分测定	控制烟丝入料水分	3.0
	梗签(kg)	1.59–3.21	2.1	金属探测器	提升梗签剔出精准度	4.5
生产能力	最大生产能力 (支/min)	6000	1.4	生产数据记录	提高生产线效率	6.1

三、吸丝通道性能分析及优化

研究结果表明,吸丝成形部位的传热系数在不同工作条件下变化显著,最佳传热状态出现在吸风室气流速度为 5m/s 的条件下,此时传热系数可达到 $80\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。与传统参数相比,优化后的传热效率提高了15%。

通过对不同材料热导率进行比较,发现导热性较强的材料可以有效降低吸丝成形部位的温度波动,吸丝导轨选用合金作为伴热材料对提升整体传热效率的贡献达到了20%。

在设备维护方面,针对传统的中央除尘废气量监控手段进行了改良,加装有旋风器的流量计,确保烟尘处理设施的改善效果可5.9%。

通过不同烟丝结构比较发现通过升高整丝率控制精度,可显著降低相关参数的变异性,并最终实现传热过程的温度下降,平均改善率达到5.6%。

在成形部位安装温湿度传感器,实时监测成形环境,数据反馈至中央控制系统进行分析,确保成形条件始终处于最佳状态。数据存储周期设定为24小时,以便后期数据分析与优化迭代。

未来的研究将着重于通过智能控制系统的引入,实现对成形过程的实时监控与调节,以进一步优化生产工艺。结合行业发展趋势,建议进行新材料应用研究,探索新型高导热材料。

参考文献

- [1]王铭翔.负离子源中性束系统超大抽速低温泵的运行控制研究[J].2023
- [2]于涛.电子烟烟具加热雾化技术研究[J].2019
- [3]苗雨宸.溴化锂吸收式制冷系统超亲水横管降膜吸收流动及强化传热性能研究[J].2022
- [4]郭琳琳.柔性电感式温湿度传感器设计及实现[J].2022
- [5]熊塘.结构参数对复合吸液芯超薄热管传热性能影响分析[J].2022
- [6]鲁友均.形状记忆合金空间展开结构驱动器研究与设计[J].2022
- [7]于涛.电子烟烟具加热雾化技术研究[J].2019