

航煤闪点检验方法的影响因素及优化

崔 婕

中石化(天津)石油化工有限公司 天津 300271

摘要: 航煤闪点检验受点火源参数、加热速率、试样均匀性、装样量、大气压力及容器设计等多因素影响。点火源需精准控制火焰大小与距离,加热速率应分段优化,试样需预处理确保均匀,装样量需精确匹配刻度。大气压力变化需通过公式修正,闭口杯法更贴近密闭工况。优化策略包括标准化操作流程、升级智能仪器、建立气压修正模型及加强原料与工艺管理,以提升检验准确性,保障航煤安全使用。

关键词: 航煤闪点; 检验方法; 影响因素; 优化

引言: 航煤闪点作为评估其易燃性与安全性的关键指标,在航空燃料质量控制中占据核心地位。准确测定航煤闪点不仅关乎飞行安全,更直接影响航空运输的可靠性与经济性。然而,检验过程中受操作参数、环境条件、设备精度及试样特性等多重因素交互影响,导致结果波动较大。本文系统梳理航煤闪点检验的关键影响因素,从标准化操作、设备改进及试样质量控制等维度提出优化策略,旨在为提升检验精度、保障航煤质量提供理论支持与实践指导。

1 文献综述

1.1 闪点检验方法分类

(1) 开口杯法: 主要适用于高闪点样品,如润滑油、重质燃油等,检验时样品暴露于大气环境中,模拟实际生产、储存中样品开放接触空气的场景。该方法通过逐步加热样品,定期引入点火源,直至出现闪火现象,记录此时的温度即为开口闪点,其特点是操作直观,但易受环境气流、温度的轻微影响,需在规范的实验室环境中进行。(2) 闭口杯法: 适用于低闪点样品,如航煤、柴油、溶剂油等,样品密封于专用密闭容器中检验,更贴近此类样品实际密闭储存、运输的工况,能有效避免样品挥发带来的检验误差。检验过程中,样品在密闭状态下加热,通过特定装置引入点火源,捕捉闪火瞬间的温度,准确性和重复性优于开口杯法,是低闪点易燃液体检验的首选方法^[1]。(3) 标准依据: 目前国内外已形成完善的闪点检验标准体系,其中ASTMD93(美国材料与试验协会标准)、ISO2719(国际标准化组织标准)、GB/T261(我国国家标准)应用最为广泛,明确规定了两种检验方法的操作流程、仪器参数、环境要求及结果判定标准,为检验工作的规范性和数据可比性提供了重要支撑。

1.2 现有研究进展

(1) 影响因素研究: 研究已明确,点火源参数(如

点火能量、点火时间间隔)、加热速率、试样纯度是影响闪点检验结果的核心因素。其中,加热速率过快易导致样品局部过热,使测定值偏低;试样中混入杂质会改变样品的挥发特性,进而影响闪火温度,相关研究为检验条件的优化提供了理论依据。(2) 误差控制: 针对检验过程中的误差来源,学者们提出了一系列优化措施,重点解决环境扰动、气压修正、设备校准三大问题。通过控制实验室温度、气流稳定,减少环境对样品挥发的影响;结合气压与闪点的相关性,建立修正公式,提升不同气压环境下的检验准确性;定期对检验仪器进行校准,保障仪器参数的稳定性,有效降低系统误差。(3) 技术改进: 随着智能化、自动化技术的发展,闪点检验技术得到显著提升。自动化闪点测定仪已广泛应用,实现了加热、点火、温度采集、结果记录的全流程自动化,减少了人为操作误差;在线监测系统的研发与应用,打破了传统离线检验的局限,可实时监测生产过程中样品的闪点变化,为安全生产提供了及时的技术保障^[2]。

2 航煤闪点检验方法的影响因素分析

2.1 操作参数类因素

(1) 点火源特性: 点火源的火焰大小、与试样液面的距离及停留时间,直接决定航煤蒸气的引燃敏感性。火焰过大易提前引燃液面上方的可燃蒸气,导致闪点测定值偏低;距离液面过远则无法有效接触蒸气层,易造成测定值偏高;停留时间不足难以捕捉闪火瞬间,过长则会导致样品局部过热,加速蒸气挥发,干扰检验结果的真实性,需严格遵循标准规范控制各项参数。(2) 加热速率: 加热速率直接影响航煤蒸气的挥发均匀性与实验效率。速率过快时,样品表面温度急剧上升,内部与表面蒸气浓度差异明显,局部蒸气提前达到引燃浓度,导致闪点测定值偏低;速率过慢则会大幅延长实验周期,且航煤轻组分过度挥发,会使后期测定的闪点值偏高,需结合

检验标准与仪器特性,设定合理的加热速率。(3)试样均匀性:航煤若存在沉淀、乳化或分层现象,会导致试样局部组分浓度失衡,进而影响蒸气的生成与聚集。分层后的轻组分集中区域,蒸气浓度易提前达到引燃阈值,重组分集中区域则会延迟闪火,导致检验结果波动过大;乳化状态会阻碍蒸气挥发,同样会造成测定偏差,实验前需通过搅拌、离心等方式确保试样均匀^[3]。(4)装样量:装样量需严格匹配仪器刻度要求,其偏差会直接影响蒸气扩散空间。装样未达刻度线时,蒸气扩散空间过大,可燃蒸气浓度难以达到引燃条件,导致闪点值偏高;装样过量则会压缩蒸气空间,加热时样品易溢出,且蒸气浓度过高会使闪火提前,造成测定值偏低,装样过程需精准控制、规范操作。

2.2 环境与设备因素

(1)大气压力:大气压力与航煤蒸气分压呈正相关,低气压环境下,航煤蒸气更易从液体表面挥发,可燃蒸气浓度提前达到引燃阈值,导致闪点值偏低;高压则会抑制蒸气挥发,使闪点值偏高,实际检验中需根据实时气压进行数值修正,确保结果可比性。(2)空气扰动:实验台面的气流扰动会破坏试样表面的蒸气层,导致点火火焰不稳定,难以准确捕捉闪火瞬间,同时气流会加速蒸气扩散,造成测定值偏差。因此,检验需在无明显气流、温度稳定的实验室环境中进行,必要时可配备气流屏蔽装置。(3)容器设计:开口杯与闭口杯的蒸气聚集效率存在显著差异,航煤作为低闪点样品,优先采用闭口杯法检验,其密闭设计可减少蒸气扩散,更贴近实际储存工况,测定结果更精准;开口杯法中蒸气易扩散,会导致闪点测定值偏高,需根据样品特性选择合适的检验容器。(4)仪器精度:温控系统、搅拌装置的校准状态直接决定检验精度。温控系统偏差会导致加热温度偏离标准要求,搅拌装置故障则会造成试样加热不均,两者均会导致航煤蒸气生成不稳定,进而引发闪点测定值的系统误差,实验前需对仪器进行全面校准调试。

2.3 试样特性因素

(1)轻组分含量:航煤中的轻组分挥发性极强,若轻组分比例过高,样品在较低温度下即可生成足够浓度的可燃蒸气,导致闪点值偏低;轻组分含量过低则会使蒸气生成缓慢,闪点值偏高,轻组分的波动是航煤闪点检验结果差异的核心原因之一。(2)杂质与添加剂:航煤中含有的硫化物、机械杂质及添加的抗氧化剂、防静电剂等,会改变其燃烧特性与挥发速率。部分杂质会促进蒸气生成,降低闪点;部分添加剂则会抑制燃烧反应,导致闪点偏高,需重点关注试样纯度及添加剂种类对检验结

果的影响。(3)水分含量:水分子会阻碍航煤分子的挥发,抑制可燃蒸气的形成,若试样中水分含量过高,会降低蒸气浓度,导致闪点测定值偏高,同时水分还可能干扰点火效果,造成闪火捕捉困难,因此实验前需对航煤试样进行脱水预处理,脱除其中的游离水分。

3 航煤闪点检验方法的优化策略

3.1 操作流程标准化

(1)点火控制:严格遵循ASTMD93、GB/T261等标准要求,按仪器说明书要求调节电子点火器强度,强度过大或过小对蒸气引燃敏感性造成影响;同时固定点火源与试样液面的距离为6mm,控制点火停留时间为1-2s,既保证能有效接触可燃蒸气捕捉闪火瞬间,又防止停留时间过长导致样品局部过热,干扰检验结果,操作过程中需全程观察火焰状态,及时调整校准。(2)升温曲线优化:摒弃传统单一速率升温模式,采用分段升温策略,兼顾检验效率与结果准确性。具体而言,升温初期采用2-3°C/min的速率,快速将试样温度提升至接近预估闪点的区间,缩短实验周期;当温度达到预估闪点前10°C左右时,将升温速率调整为1°C/min,缓慢升温,确保航煤蒸气均匀挥发,使蒸气浓度逐步达到引燃阈值,避免因升温过快导致局部蒸气浓度过高,造成闪点测定值偏低,分段升温参数需根据不同型号检验仪器进行微调校准^[4]。(3)试样预处理:实验前必须对航煤试样进行严格预处理,消除试样不均匀性带来的误差。对于存在沉淀、杂质的试样,采用高速离心法(转速设置为3000-4000r/min,离心时间5-10min)脱除沉淀与机械杂质;对于易乳化、分层的试样,将其置于恒温水浴(温度控制在20±2°C)中,配合磁力搅拌装置搅拌15-20min,确保试样组分均匀分布,无局部浓度偏差,预处理后的试样需立即进行检验,避免轻组分挥发。(4)装样量校准:装样量的精准控制是保障蒸气扩散空间合理的关键,摒弃传统人工倾倒装样的方式,采用定量移液管或自动进样装置进行装样。选用量程匹配的定量移液管(精度为0.01mL),装样前对移液管进行校准,确保移液准确性;条件允许时,优先选用具备自动进样功能的检验仪器,精准控制装样量符合仪器刻度要求,杜绝装样不足或过量导致的检验误差。

3.2 环境与设备改进

(1)气压修正模型:大气压力的变化会直接影响航煤蒸气分压,进而导致闪点测定值偏差,因此需引入实时气压数据,建立科学的气压修正模型。采用高精度气压传感器,实时采集实验环境中的大气压力(单位:kPa),结合公式 $\Delta T = 0.033 \times (101.3 - P)$ 进行闪点值修正

(其中 ΔT 为修正值, P 为实时大气压力, 101.3kPa为标准大气压), 当实时气压低于标准大气压时, 修正值为正, 对测定的闪点值进行正向修正; 当实时气压高于标准大气压时, 修正值为负, 进行反向修正, 确保不同气压环境下的检验结果具有可比性。(2) 防扰动实验台: 空气扰动会破坏试样表面的蒸气层, 导致火焰不稳定, 难以准确捕捉闪火瞬间, 因此需对实验台进行防扰动改进。在检验仪器周围配备透明空气屏蔽罩, 阻挡外界气流干扰, 同时保持屏蔽罩内空气静止; 对于精度要求较高的检验实验, 可采用负压环境舱, 将检验仪器置于密闭的负压舱内, 控制舱内气压稳定、无气流扰动, 进一步提升检验过程的稳定性, 减少环境气流带来的误差。(3) 智能仪器升级: 摒弃传统手动操作仪器, 选用具备自动点火、温控补偿及数据记录功能的闭口杯闪点仪, 适配航煤低闪点样品的检验需求。该类智能仪器可实现点火源参数、升温速率的自动控制, 避免人为操作偏差; 内置高精度温控补偿系统, 可实时修正环境温度与仪器自身温度的偏差, 确保加热温度精准稳定; 同时具备自动数据记录与分析功能, 可全程记录检验过程中的温度、时间、气压等参数, 生成标准化检验报告, 便于数据追溯与误差分析, 进一步提升检验效率与结果准确性^[5]。

3.3 试样质量控制

(1) 原料筛选: 严格把控航煤原料的入场质量, 建立原料闪点抽检机制, 每批次原料入场后, 随机抽取多个样品进行闪点检验, 确保原料闪点符合标准要求(如 $\geq 38^{\circ}\text{C}$), 坚决杜绝轻组分含量超标的原料入场。同时, 对原料的组分进行检测, 监控轻烃组分比例, 避免因原料组分波动导致航煤成品闪点检验结果偏差, 从源头保障航煤质量的稳定性。(2) 加氢脱硫工艺优化: 航煤生产过程中的加氢脱硫工艺, 会影响轻烃组分的残留量, 进而影响成品闪点, 因此需优化加氢脱硫工艺参数。通过调整汽提蒸汽量、分馏塔温度及塔顶压力等关键参

数, 合理控制分馏精度, 减少航煤中的轻烃残留; 同时, 优化加氢反应条件, 在保证脱硫效果的前提下, 避免过度加氢导致轻组分生成过多, 确保航煤成品中轻组分含量控制在合理范围, 提升成品闪点的稳定性。(3) 添加剂管理: 航煤生产过程中添加的抗氧化剂、防静电剂等添加剂, 会不同程度地改变航煤的燃烧特性与挥发速率, 潜在影响闪点检验结果, 因此需加强添加剂管理。严格限制各类添加剂的添加量, 确保添加量符合行业标准要求; 选用对航煤闪点影响较小的添加剂类型, 在添加前进行小型试验, 评估添加剂对闪点的影响程度; 同时, 在闪点检验过程中, 记录添加剂的种类与添加量, 便于分析添加剂对检验结果的潜在影响, 进一步提升检验结果的准确性。

结束语

航煤闪点检验的精准性对航空安全意义重大。本文深入剖析了操作参数、环境设备及试样特性等因素对检验结果的影响, 针对性地提出了标准化操作流程、智能仪器升级、气压修正模型构建及原料与工艺管控等优化策略。通过系统优化, 可有效降低检验误差, 提升结果可靠性。未来需持续探索新技术、新方法, 进一步完善检验体系, 为航煤质量保障与航空运输安全提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张华,李建国.影响润滑油闪点测定准确性的因素探讨[J].润滑油与燃料,2021,31(2):45-49.
- [2]刘波,吕冰雪,赵玉凯.影响石油产品闭口闪点测定的因素分析[J].建筑技术科学,2025,(2):72-74.
- [3]张欣,李娟.石油产品闭口闪点测量不确定度的评定[J].建筑技术科学,2023,(11):143-145.
- [4]李娟.石油产品闪点测定影响因素及改进[J].建筑技术科学,2024,(9):101-103.
- [5]任伯君,严仍龙,王福军.航煤闪点检验方法的影响因素及优化[J].建筑技术科学,2025,(5):80-83.