

石化产品质量检验检测关键技术研究

林冠春

中理检验有限公司 北京 100061

摘要: 石化行业作为国民经济的支柱产业,其产品质量直接关系到安全生产、市场流通、生态环境及下游产业发展。本文以石化产品质量检验检测技术为研究核心,阐述了石化产品分类及质量特性、检验检测基础原理,分析了物理性能检测、化学成分分析、痕量杂质与污染物检测及在线检测与实时监控等关键技术的分类、原理及应用场景,结合行业实际需求剖析了各类技术的应用优势与适配范围,最后总结了不同检测技术的核心价值与应用要点,为石化行业提升产品质量管控水平、优化检测技术应用提供理论与实践参考。

关键词: 石化产品;质量检验;检测技术

绪论

石化产业是连接能源与制造业的核心枢纽,涵盖原油加工、基础化工原料生产、成品油炼制及高分子材料合成等多个领域,其产品广泛应用于能源、交通、建筑、电子、医药等国民经济关键行业。随着我国经济的高质量发展,市场对石化产品的质量要求不断提升,而质量检验检测作为把控产品质量的核心环节,直接决定了石化产品的合规性、安全性与适用性。研究旨在通过系统梳理石化产品质量检验检测的基础理论,深入分析各类关键检测技术的原理与应用,明确不同技术的适配场景与应用要点,为石化企业优化检测方案、提升质量管控能力提供支撑。

一、石化产品质量检验检测的基础理论与要求

(一) 石化产品的分类与质量特性

石化产品种类繁多,依据生产流程与用途可分为基础化工原料、成品油及石化衍生品三大类,不同类别产品的质量特性与检测重点存在显著差异。基础化工原料作为石化产业的“源头”,主要包括原油、乙烯、丙烯、苯、甲苯等,其质量指标直接影响后续加工产品的质量^[1]。其中,原油的质量特性主要体现在密度、黏度、硫含量、氮含量、酸值及金属杂质含量等方面,不同产地的原油质量差异较大,需通过精准检测确定加工方案;乙烯、丙烯等烯烃类原料的核心质量指标为纯度、杂质含量,

纯度直接决定聚合反应的效率与产物性能。

成品油是石化产品中与民生关联最紧密的类别,主要包括汽油、柴油、润滑油、煤油等,其质量特性与使用安全及环保性能密切相关。汽油的核心质量参数包括辛烷值、硫含量、馏程、蒸气压、胶质含量等,辛烷值决定汽油的抗爆性,硫含量则直接影响尾气排放与大气污染治理;柴油的关键质量指标为十六烷值、凝点、冷滤点、硫含量及黏度,十六烷值影响柴油的点火性能,凝点与冷滤点则决定其低温使用适应性;润滑油的质量核心在于黏度指数、闪点、滴点及抗氧化性能,直接关系到设备的润滑效果与使用寿命。

石化衍生品涵盖塑料、橡胶、化纤、涂料等多个品类,其质量特性聚焦于使用性能与加工性能。塑料的核心质量参数包括熔体流动速率(MFR)、拉伸强度、冲击强度、耐热性及耐腐蚀性;橡胶的质量指标主要为邵氏硬度、拉伸强度、扯断伸长率及耐磨性能;化纤产品则重点关注纤度、断裂强度、断裂伸长率及染色性能,这些指标直接决定衍生品在下游行业的应用适配性。

(二) 质量检验检测的基本原理

石化产品质量检验检测的核心是通过各类技术手段获取产品的质量参数,其基本原理依据检测对象的物理、化学及安全性能差异可分为三大类。物理性质检测主要基于物质的物理特性与外界条件的相互作用规律,通过测量相关物理量反映产品质量。

化学性质检测核心是利用物质的化学反应特性或组分的物理化学性质差异,实现对化学成分的定性及定量分析。定性分析主要通过识别物质的特征化学反应或特征光谱、色谱峰,确定产品中含有的组分;定量分析则

作者简介: 林冠春(1982.10-),男,广西北海市人,汉族,工程师,硕士研究生,研究方向:长期从事矿产、石化、农产等大宗产品的检验检测工。

基于化学反应的计量关系或组分的响应信号强度与浓度的线性关系, 精准测定各组分的含量。

安全性能检测主要基于石化产品的易燃易爆、有毒有害等危险特性, 通过模拟实际使用场景, 测定其安全临界参数。闪点与燃点检测基于油品的蒸发特性与易燃性, 通过逐步升温并引入点火源, 测定油品发生闪燃或持续燃烧的最低温度, 判断其火灾危险性; 爆炸极限检测则通过测定产品蒸气与空气混合体系发生爆炸的浓度范围, 为安全生产与储存提供依据; 重金属等有毒杂质检测则基于其对生物体或环境的危害特性, 通过高精度技术手段测定其含量, 确保产品符合环保与安全标准^[2]。

二、石化产品质量检验检测关键技术分类及应用

(一) 物理性能检测技术

1. 馏程测定技术

馏程测定技术是油品检测的核心技术之一, 主要用于汽油、柴油、煤油等成品油及石脑油、溶剂油等化工原料的质量检验, 其原理是基于油品中各组分沸点的差异, 在规定条件下对油品进行加热蒸馏, 测定不同温度下的馏出体积分数, 从而反映油品的蒸发性能与使用适应性。该技术使用的核心设备为自动馏程测定仪, 配备精密温控系统与馏出液收集装置, 可实现加热速率、冷凝温度的精准控制。操作过程中需严格遵循GB/T6536《石油产品蒸馏测定法》, 确保样品取样量、加热速率等参数符合标准要求, 避免因操作偏差导致检测结果失真。

2. 密度与黏度检测技术

密度与黏度检测技术是反映石化产品组分与流动特性的关键手段, 适用于各类石化产品的质量检验。密度检测常用方法为比重瓶法与密度计法, 比重瓶法基于体积与质量的精准测量, 适用于高精度密度测定, 核心设备为标准比重瓶与恒温槽, 通过测量样品与标准物质的质量比确定密度; 密度计法操作简便、效率高, 适用于现场快速检测, 通过密度计在样品中的漂浮高度直接读取密度值, 广泛应用于成品油的现场质量筛查^[3]。黏度检测主要采用旋转黏度计法与毛细管黏度计法, 旋转黏度计法基于转子在样品中旋转时受到的内摩擦阻力, 通过测量阻力矩计算黏度, 适用于润滑油、沥青等黏稠度较高的产品; 毛细管黏度计法则基于样品在重力作用下通过毛细管的流动时间, 结合毛细管常数计算黏度, 适用于汽油、柴油等低黏度油品。检测过程中需严格控制检测温度, 因为温度对石化产品的密度与黏度影响显著, 通常需在20℃、40℃等标准温度下进行测定。

3. 闪点与燃点检测技术

闪点与燃点检测技术是评估石化产品火灾危险性的核心技术, 广泛应用于成品油、溶剂油、润滑油等易燃易爆石化产品的质量检验与安全管控。根据检测条件的不同, 闪点检测分为闭口杯法与开口杯法, 闭口杯法适用于挥发性较强的轻质油品, 如汽油、石脑油, 其原理是在密闭容器中加热样品, 定期引入点火源, 测定样品发生闪燃的最低温度; 开口杯法适用于挥发性较弱的重质油品, 如柴油、润滑油, 在敞口容器中加热样品, 通过点火源测定闪燃温度。燃点检测则在闪点检测基础上继续升温, 测定样品发生持续燃烧的最低温度。

(二) 化学成分分析技术

1. 色谱分析技术

色谱分析技术是石化产品化学成分分析中应用最广泛的技术之一, 核心优势在于组分分离能力强、检测精度高, 可实现复杂基质中多组分的同时分析, 主要包括气相色谱(GC)与液相色谱(HPLC)两大类。气相色谱技术适用于挥发性强、热稳定性好的组分分析, 如汽油中苯、甲苯含量, 乙烯、丙烯纯度, 以及油品中硫化物、氮化物含量的测定。其原理是利用不同组分在气相流动相和固体/液体固定相之间分配系数的差异, 组分随流动相流经固定相时实现分离, 再通过检测器将组分信号转化为电信号, 结合标准曲线实现定量分析^[4]。液相色谱技术则适用于沸点高、热稳定性差、极性强的组分分析, 如润滑油中的添加剂含量、塑料中的残留单体等, 其原理与气相色谱类似, 差异在于流动相为液体, 固定相为高效色谱柱, 检测器主要包括紫外检测器、示差折光检测器等, 可实现对难挥发组分的精准分析。

2. 光谱分析技术

光谱分析技术基于物质对不同波长光的吸收、发射或散射特性, 实现对化学成分的定性与定量分析, 具有检测速度快、样品用量少、可实现无损检测等优势, 主要包括红外光谱(IR)、原子吸收光谱(AAS)、质谱(MS)等。红外光谱技术通过测定样品对红外光的吸收光谱, 依据特征吸收峰的位置与强度识别物质的官能团与分子结构, 广泛应用于石化衍生品的定性分析, 如塑料、橡胶的材质鉴别, 以及油品中污染物的定性判定。原子吸收光谱技术主要用于金属元素的定量分析, 其原理是通过光源发射特定波长的光, 被样品中待测金属元素的基态原子吸收, 根据吸收程度计算元素含量, 适用于原油、成品油中铅、汞、砷等重金属元素的检测, 检测限可达 $\mu\text{g/L}$ 级别。质谱技术则通过将样品分子离子

化,根据离子的质荷比差异实现组分的分离与检测,具有检测精度高、定性能力强的优势,常与色谱技术联用(如GC-MS、HPLC-MS),实现复杂基质中痕量组分的精准分析,如油品中多环芳烃、塑料中残留有机溶剂的检测。

3.元素分析技术

元素分析技术聚焦于石化产品中核心元素的含量测定,为产品质量管控与环保合规性判定提供关键数据,其中X射线荧光光谱(XRF)技术应用最为广泛。其原理是利用X射线激发样品中的原子,使原子内层电子跃迁并发射特征X射线,根据特征X射线的波长与强度确定元素的种类与含量,具有检测速度快、样品前处理简单、可实现多元素同时检测等优势。在石化行业中,XRF技术主要用于原油、成品油中硫含量的检测,以及塑料、橡胶中金属元素、卤素含量的测定。

(三)痕量杂质与污染物检测技术

1.重金属杂质检测技术

重金属杂质检测技术的核心是电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)技术,其兼具电感耦合等离子体的高离子化效率与质谱的高检测精度,可实现对多种重金属元素的同时检测,检测限可达ppt级别,适用于原油、成品油、化工原料及石化衍生品中重金属杂质的精准分析。其原理是通过电感耦合等离子体将样品离子化,生成的离子经质量分析器分离后,通过检测器检测离子信号强度,结合标准曲线计算元素含量。该技术的优势在于样品适用性广,可检测液态、固态及气态样品,且抗干扰能力强,可有效避免石化产品复杂基质的干扰。

2.有机污染物检测技术

有机污染物检测技术以固相萃取-气相色谱质谱联用技术(SPE-GC-MS)为核心,适用于石化产品中多环芳烃、酚类、酯类等有机污染物的痕量检测。其原理是先通过固相萃取技术对样品进行前处理,利用固相萃取柱的吸附作用富集目标污染物,去除样品基质中的干扰组分,再通过气相色谱质谱联用技术实现污染物的分离与检测^[5]。固相萃取技术可大幅提高目标污染物的浓度,降低检测限,适用于低浓度有机污染物的检测;气相色谱质谱联用技术则结合了气相色谱的强分离能力与质谱的高定性准确性,可实现对复杂有机污染物的精准识别与定量。该技术广泛应用于成品油中多环芳烃含量检测、塑料中残留有机溶剂检测及化工废水处理后的污染物达标检测,检测精度可达ppb级别,满足环保标准对石化

产品有机污染物排放的严格要求。

3.硫化物、氮化物检测技术

硫化物、氮化物检测技术主要包括化学滴定法与仪器分析法,其中化学滴定法适用于常量硫化物、氮化物的检测,仪器分析法则适用于痕量检测。化学滴定法中,硫化物检测常用碘量法,基于硫化物与碘的氧化还原反应,通过标准碘溶液的消耗量计算硫化物含量;氮化物检测常用克氏定氮法,通过将样品中的氮转化为氨,再用酸滴定氨的含量,实现氮化物的定量。化学滴定法操作简便、成本低,但检测精度有限,适用于常规质量管控。痕量硫化物、氮化物检测则主要采用气相色谱法与化学发光法,气相色谱法结合火焰光度检测器(FPD)可精准测定油品中痕量硫化物的含量;化学发光法则基于氮氧化物与臭氧反应产生的化学发光信号,通过检测信号强度计算氮化物含量,检测限可达ppb级别。

结论

本文通过对石化产品质量检验检测基础理论与关键技术的系统分析,得出以下结论:石化产品种类繁多,不同类别产品的质量特性差异显著,需结合产品用途与行业标准,选择适配的检测技术与检测指标,确保检测结果的针对性与实用性;物理性能检测技术是产品质量检验的基础,化学成分分析技术是精准判定产品组分的核心,痕量杂质与污染物检测技术是满足环保与高端需求的关键,各类技术各具优势,需根据检测需求合理搭配使用。未来,随着石化行业向智能化、绿色化方向发展,石化产品质量检验检测技术将呈现高精度、智能化、绿色化的发展趋势。

参考文献

- [1]邱碧波,郑建敏.石油产品质量快速检测技术的需求与发展研究[J].石化技术,2024,31(7):319-320,269.
- [2]冯本庆.石油产品检验检测的相关问题及应对策略[J].化工设计通讯,2023,49(3):14-16,25.
- [3]许平.油品质量检验的关键技术[J].实验室检测,2025,3(14):168-170.
- [4]史小松.石油化工分析检验质量的管理[J].工程学研究与应用,2023,4(2).
- [5]程泽,马少飞.化工产品储运质量控制及检测技术分析[J].中国化工贸易,2024,16(1):126-128.