

# 近红外光谱技术提高油品产能的重要作用

王平娟 (华亭华煤清能煤化工有限责任公司, 甘肃 华亭 744100)

**摘要:** 近红外光谱 (NIR) 技术作为一种快速、高效、环保的分析检测技术, 在油品质量快速分析与监测方面展现出巨大应用前景。本文首先介绍了近红外光谱技术的工作原理, 分析了其在成品油快速分析检测应用中具有操作简单、速度快、预测准确等优点。然后, 论述了传统油品检测技术存在的问题, 以及近红外光谱技术应用于成品油检测的意义。最后, 文章详细阐述了近红外光谱技术在提高油品产能方面的重要作用, 既能显著缩短检测时间, 又能准确预测油品质量, 实现油品的快速生产与高效监控。

**关键词:** 近红外光谱技术; 成品油; 快速检测; 质量监测; 产能提高

随着经济的快速发展, 社会对石油化工产品的需求量日益增加。作为汽车燃料、工业生产原料的重要油品, 其质量稳定性直接影响到经济发展和人们生活。成品油质量检测及监管对保证油品质量、杜绝不法分子掺假极为重要。传统的化学分析方法检测周期长, 无法满足快速增长的市场需求。此外, 传统方法效率低下也难以有效防范掺假行为。在这一背景下, 近红外光谱分析技术应运而生, 实现了实时分析, 提高了质量监测结果与实际之间的匹配度。因此, 本文对此进行详细解析, 为相关工作人员提供参考。

## 1 近红外光谱技术原理

近红外光谱 (NIR) 属于电磁波谱近红外区域, 波长范围约为 780-2500nm。当含有 O-H、N-H、C-H 等官能基的有机化合物分子受到近红外光的照射时, 这些官能基中的氢原子会发生伸缩振动, 吸收特定波长的光子, 引起分子震动转变到激发态。根据分子中不同官能基及其化学环境的不同, 吸收波长和强度也不相同。通过检测样品在近红外区域的扩散反射光谱, 可以获得样本中有机物分子特征官能基含量和化学结构的定量信息。近红外光谱技术检测简单快速, 样品前处理少, 结果分析迅速, 无消耗、无污染, 具有成本低、效率高、精度好的特点。其数据分析主要通过建立数学模型, 采用多变量分析、线性回归等数学方法, 建立各组分与波长的定量关系, 实现对样品组分的预测。

## 2 传统油品检测技术的问题

### 2.1 测试周期长, 无法满足市场需求

传统的油品检测方法如粘度计法、色谱法等需要对样品进行复杂的前处理操作, 包括取样、称量、溶解、稀释、过滤等, 这些准备工作就需要花费数小时

甚至更长时间, 严重拖长了检测周期。与此同时, 传统检测设备操作复杂, 需要花时间调试仪器, 确定检测参数, 让仪器达到稳定工作状态, 这进一步延长了检测时间。另外, 一些方法还需要进行数据处理和复杂计算工作来获得最终检测结果, 例如绘制标准曲线、参照标准图谱进行定性分析等。这些都需要依赖检测人员的经验, 也非常耗时。因此, 从样品前处理开始, 到最终获得可靠报告, 整个过程周期过长, 一般需要 2 ~ 3 天时间。这已经完全满足不了快速更新换代的成品油市场需求, 无法保证产品质量快速确认和释放, 制约了企业效益的提升, 也难以建立起快速响应的质量安全预警机制。

### 2.2 运行成本高, 制约了检测能力提升

传统油品检测设备和方法在运行过程中需要大量的人工操作参与, 检测人员的劳动强度大, 这导致了高额的人力成本。与此同时, 这些方法需要频繁配制标准溶液、更换易耗试剂和检测设备的部件, 一些色谱法、元素分析法需要使用的高纯度标准品和试剂价格昂贵, 这些都大大增加了检测成本的投入。更换频繁的耗材和设备维护修理也需要额外支出费用。总体来说, 高额的人力成本和运行成本增加了企业的检测经济负担, 这对检测机构和质检部门尤其严重。部分中小企业难以承担这样繁重的检测成本, 难以自主或委托他方开展充分的产品检测, 这制约了企业检测能力的提高。同时, 监管部门投入有限的财力资源也限制了监管频次, 不利于持续有效的市场监管, 也无法建立起快速响应的质量安全预警机制。

### 2.3 对环境影响大, 有污染排放

传统的油品检测方法如粘度计法、化学滴定法和色谱法等在实际运行过程中会产生大量的有毒有害废

液废气,这些都对环境和空气质量构成严重威胁。例如化学滴定法需要大量酸碱试剂参与化学反应,残留的试剂和反应产生的盐类物质很难处理,都属于有害废弃物。色谱法使用的移动相和展开液含有毒性较强的有机溶剂,也很难回收利用。这些有害废弃物对水体、土壤和大气都会产生污染。长期的污染排放造成环境容量超载,不利于生态系统的平衡。这些都与现代环境保护理念和可持续发展的框架相违背。另外,企业也需投入更多人力物力对这些污染排放进行治理和处理,增加了合规成本。如果处理不当,还可能面临法律制裁和环境损害赔偿,这无形中也增加了企业运营的风险。

### 3 应用近红外光谱技术的重要意义

近红外光谱技术的应用能有效解决传统方法中存在的种种问题。其快速、高效的特点,使其成为理想的成品油快速检测与质量监测新技术。

#### 3.1 操作简单,测试快速

近红外光谱技术应用于成品油检测,操作简便快速。其最大优势在于简化了样品处理,测量仅需要简单的稀释或直接检测,省去了传统方法中复杂的样品提取、衍生化、稀释等前处理步骤,大大简化操作。近红外光谱仪采集全谱信息的时间也远短于传统色谱、质谱等检测技术,一般只需要数秒即可完成,不需等待样品通过柱的时间,且近红外光谱作为一种本底吸收技术,可以同时定量检测多个组分,而不受成分及其数量的限制,满足成品油多组分同时检测分析的需求。测试结果也可在采样后20分钟内直接通过建模分析输出,这对成品油的快速质量控制与过程检测起到关键性的支持作用。

#### 3.2 预测结果准确可靠

近红外光谱技术通过采集成品油样本在近红外光区的全息谱信息,建立样品与组分质量参数间的定量预测模型,实现对成品油中硫含量、烯烃含量、辛烷值等多个质量指标的同时快速预测。其数学模型建立在对大批样本全息光谱数据和验证化学分析基础质量参数数据的定量回归方法上,保证了模型和预测结果的准确性和可靠性。这种基于仪器分析的全息光谱数据建模的预测技术,确保了超过80%的未知样本预测误差在化学分析方法的标准误差范围内,预测性能完全达到传统实验室色谱、质谱等化学分析方法的水平。所以,近红外光谱快速检测成品油质量的预测结果和

传统实验室检测结果具有相当的精度和可靠性。

#### 3.3 高效环保,降低检测成本

近红外光谱技术作为一种新型的环境友好型检测技术,它的工作原理基于材料对近红外线区域光的特征吸收,属于一种干式检测,整个检测过程中无需加入任何潜在污染的化学试剂,无废气废液产生,完全环保无污染。同时其操作简便,自动取样和全自动检测减少了人工参与,同一时段可完成更多检测,大幅提高检测效率。这降低了检测成本中主要的人力成本。该技术设备投资成本也较为经济,且无需频繁购买试剂和耗材。综上,近红外光谱技术检测成品油质量的参数成本约为传统化学分析方法的1/3,几乎可实现每桶油产品质量的经济高效监测,满足现代高速增长石油化工产业的产量需求。

### 4 近红外光谱技术提高油品产能的重要作用

近红外光谱技术在成品油快速检测与质量监测中具有独特优势,其应用对于提高油品产量具有重大意义。

#### 4.1 缩短检测周期,加快产品释放速度

近红外光谱技术具有检测快速的显著优势,这对于石油化工企业提高成品油的生产效率和产能起到关键性作用。传统检测技术需要对样品进行预处理后,经过漫长的检测过程才能获得结果。利用近红外技术,样品无需复杂处理,检测设备自动取样,数秒钟内即可读取成品油样本的全频光谱信息。配合预建立的预测模型,几分钟内即可对样品的参数指标如硫含量、烯烃值等进行预测。进一步结合信息技术手段,可实现检测与生产设备的联网,光谱数据无线传输到信息平台,实现成品油的快速在线质量监测与过程控制。这样从取样到结果分析,出具监测报告的时间大幅度压缩,缩短到20分钟左右,较之传统方法的2~3天增快上百倍。检测周期的显著缩短使合格产品快速通过检测关口释放销售,避免堆积瓶颈,减少企业资金占用,提高经济和社会效益。同时也大幅提高检测频次,可适应成品油产量快速增长的需求。快速检测技术应用促进了信息化与工业化深度融合,推动了成品油生产模式向智能化生产方向升级。

#### 4.2 准确预测产品质量,实现过程质量控制

近红外光谱技术建立在对大样本的高通量检测数据建模的基础上,其预测模型确保了对未知样品的精准预测。这种预测模型精度与直接检测分析方法的准确性可比性高。近红外光谱技术可在成品油生产线上

的关键控制点布设光谱在线检测探头,结合信息化手段,实现整个生产过程的在线质量监控。成品油生产涉及复杂的物理化学变化,原料、中间体和产品在整個生产线上的流动都会影响最终产品的质量。近红外光谱技术可以在不同生产单元实时检测产品质量变化情况,例如反应前后原料转化度、中间体合成指数、最终产品质量指标等,把产品质量的整个演变过程以数字光谱信息的形式展现出来。一旦检测到质量指标出现异常,可第一时间给自动化分析与过程控制系统发送预警信号,通过调整流程工艺参数,实现快速干预与纠偏。这种精准的过程质量控制有利于及时发现和消除质量安全隐患,也确保了整个生产系统的平稳运行,保证了产品的质量一致性,使产出保持在高水平、高稳定状态。所得产品均可满足质量标准,避免因质量波动带来的经济损失。这种过程质量智能监控技术,有力推进了成品油生产的自动化、信息化、智能化。

#### 4.3 高效监管,有效遏制掺假行为

近红外光谱技术检测快速高效的技术优势,使其成为市场监管部门监督检查成品油质量的一种有力手段。这种新型检测技术可在多个关键节点对产品进行快速非破坏取样检测。监管部门可制定重点检查计划,选择大型成品油生产企业、批发中心以及加油站等关键环节,建立例行化的巡查采样制度。现代信息技术可实时收集各采样点数据,通过云平台统一分析,形成质量风险地图。对于异常数据点,可第一时间展开现场核查,迅速查明质量问题的根源。这种快速高效的质量抽查方式,可有效遏制市场上部分不法商家以次充好的假冒行为。同时监管部门还可以根据数据分析找出产品质量波动的规律,推断掺假高发区域和时段,有针对性开展精准打击,大大提高行动效率。为了进一步锁定嫌疑目标,可通过数据的回溯分析判断产品流通链条上可疑环节。现代高效检测技术的应用为案件侦查提供了指纹和物证,也为最终认定真正责任人提供了有力依据。同时,利用信息技术建立起产品全生命周期数字化质量追溯体系,对每桶成品油“来源可查、去向可追”,有效阻断市场上的不法分子。这种新型的数字化监管模式,有效遏制了市场上的失信行为,保护了公平竞争的经营环境,维护了行业信誉度和品牌形象,也维护了广大消费者的合法权益。

#### 4.4 提高产品设计和质量控制能力

近红外光谱技术可以对成品油中的各组分含量和

质量参数实现快速的量化分析与预测。这为企业实施产品设计和质量控制提供了有力的数据支持。例如,企业研发人员可收集多种配方、不同工艺产品的全频光谱信息,建立可靠的预测模型。模型通过回归分析确定特定组分与光谱特征波段间的定量关系。研发人员可评估不同配方、工艺对成品油质量的影响规律,进行多方案比较,指导产品配方和工艺流程的优化设计。同时借助预测模型,可以事先评估原料的质量厂内指标是否满足产品质量要求。一旦检测到次级原料,可第一时间更换,避免因原料质量波动带来产品质量安全事故。此外,企业还可以通过监测产品全生命周期中不同环节的光谱信息变化情况,建立起从原料到中间体再到成品的连续质量演变模型。这样可以事先预测在给定的工艺条件下,不同环节的质量状态对最终产品质量可能造成的影响,指导生产过程质量控制工作。当光谱监测发现成品出现质量异动时,可第一时间反溯确定导致质量异常的关键环节和根源,及时纠正,消除安全隐患。这种精准高效的数据驱动型的数字化产品设计和过程质量智能控制技术,显著增强了企业对产品和过程的可控性,有效保证产量的高水平和稳定性。这标志着近红外光谱技术的应用将推动石油化工产业向数字化、智能化方向升级。

#### 5 结束语

近红外光谱技术以其检测快速、预测准确、操作简便、环保高效的技术优势,在实现成品油生产过程的质量监测与控制,产品检测流程的重构,以及市场质量监管能力的提升等方面发挥着独特作用,大幅度增强了产业的安全性、经济性和可持续发展能力。这项新型检测技术的应用,推动了成品油生产模式和管理模式的转型升级,引领产业迈向更高效、更智能、更绿色的新阶段。希望这种高水平的本土自主创新技术解决方案能加快在全国范围内推广应用,带动我国成品油及相关石化产业的高质量跨越式发展。

#### 参考文献:

- [1] 姚成,高俊.近红外光谱分析技术在油品质量分析中的应用[J].南京师范大学学报(工程技术版),2004,(02):1-4.
- [2] 李轲,杜彪,肖哲等.基于近红外光谱技术的油品快检方法研究进展[J].计量科学与技术,2022,66(12):3-10+26.