

# 石油产品芳烃含量在线紫外分析仪的研制

白万红 陈军 漆随平 张岱宗

(兰州炼油化工自动化研究院 兰州 730060)

苗春安

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

**摘要** 研制了一种可用于石油产品中芳烃含量在线检测的紫外分析仪, 仪器采用凹面全息光栅双单色仪和独特的进样系统, 可保证吸光度高达7Abs的润滑油样品在石油生产现场不经稀释即可进行在线分析检测。经五年多工业现场使用, 准确率达95%, 无故障运行率达97%以上。为润滑油生产过程质量监测、优化操作, 为光谱技术在石化工业应用开辟了一条新路。

**关键词** 芳烃 在线分析 紫外分光 全息光栅双单色仪

## 1 引言

随着科学技术的发展, 光谱技术在科研和工业生产中的应用显示出越来越大的重要性, 应用光谱技术, 不仅可以对某些金属元素进行定性定量检测, 而且也可以对复杂有机化合物相关官能团进行测量分析。

石油及石油产品是具有复杂结构的有机化合物的混合物, 一定波长紫外光通过油品时, 油品中某种成份会有特别的吸收, 从而使我们可以定性定量地判断出油品中某种成份的存在和数量的多少。

目前国内外光谱技术研究成果已大量应用在工业生产技术中, 对各种气体物质的分析或在线检测已达到很高水平。而对液体样品在线分析使用不多。我们研制的在线紫外分析仪表, 成功地实现了润滑油基础油芳烃含量的在线紫外检测, 为光谱技术在石化工业的应用开辟了一条新路。

炼油过程中的润滑油精制工艺, 主要是将稠环短侧链芳烃、胶质、沥青质进行脱除。润滑油基础油芳烃含量多少, 表征了润滑油的精制深度和油品质量。该仪表的研制成功, 为润滑油生

产过程的质量监测、优化操作和先进控制提供了可靠的在线质量检测手段,获得了明显的经济效益。

## 2 在线检测的可能性

润滑油中芳烃对紫外光吸光度高达 $7A_{bs}$ ,实验室分析时要将样品稀释625倍,再用普通紫外分光光度计测量样品吸光度,并按比尔定律算出芳烃含量。但是在线测试时很难对油品进行精密稀释处理,因此,能否在线直接测试出高吸光度样品紫外光谱,测试结果与实验室方法是否一致,测试数据线性如何等等,就成了研制在线紫外分析仪的关键。我们经过长期、细致工作,用实验室方法(对样品进行稀释)和模拟在线法(样品不经稀释)分别测试了减压二线、三线、四线及特种油等几十种油样的对照光谱图(图1和图2)。结果表明,模拟在线法直接测得的光谱图与实验室方法测出的光谱图规律相同。这就是说,只要研制出能测吸光度 $7A_{bs}$ 以上的紫外分光光度计和特殊的流动进样样品池,实现润滑油芳烃含量在线检测是完全可能的。

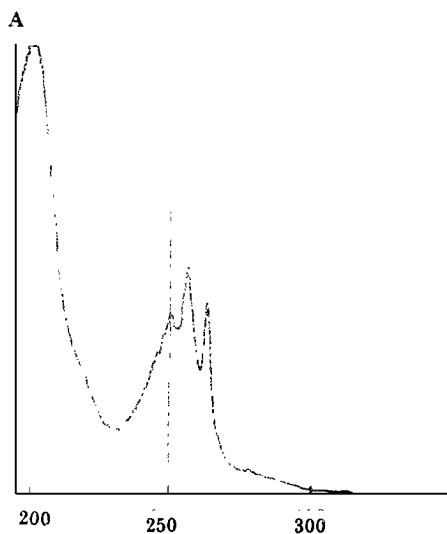


Fig 1 Spectrogram in laboratory

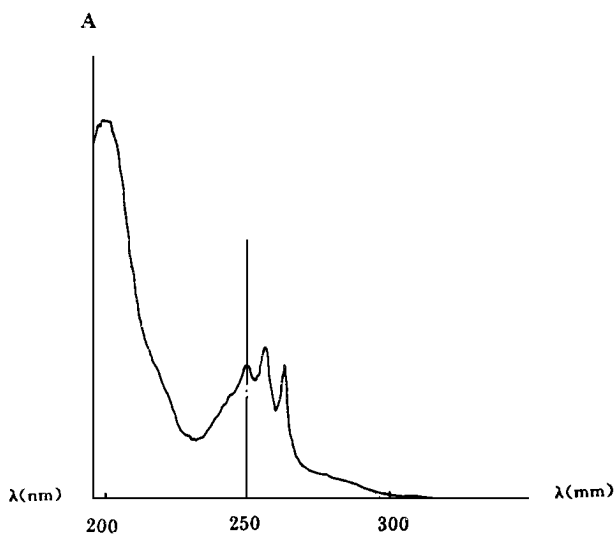


Fig 2 Spectrogram by simulating on-line

## 3 仪器结构原理

芳烃含量在线紫外分析仪由光源照明装置、进样系统、光栅双单色仪、检测系统及关联输出五大部分组成。图3为仪器结构框图。

芳烃特征吸收在紫外区,光源照明装置采用氙灯及反射聚光镜。整台分析仪是一台单光束紫外分光光度计,要求氙灯发出的光必须非常稳定,因此氙灯电源要有很好的恒流作用。在线测试还要求遇有电网大幅波动、氙灯熄灭后应具有自启动功能,以保证在线测试连续。为此,我们专门设计了具有深度负反馈控制、高稳流作用和自启动功能的氙灯控制电源,将氙灯启动点和工作点调节在合理区域,使氙灯寿命超过5000h,远大于500h的额定寿命,满足了在线测试

长期运行的要求。

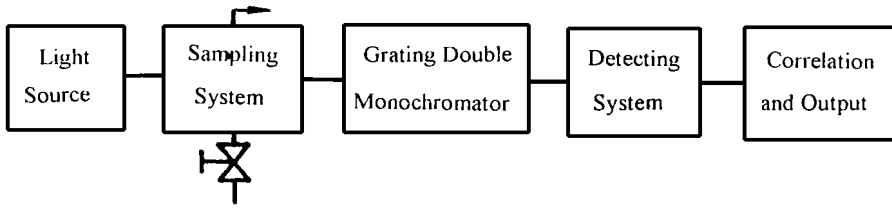


Fig 3 Block diagram of the analyzer

进样系统是在线分析仪的关键部分之一, 它由样品预处理系统、流动比色皿、进样超压保护系统及样品池自清洗系统等组成。样品池为特殊设计的极短光程流动比色皿, 有油品入口、出口和三个工作位置(检测位置、零点校对和参比校对位置)。

光栅双单色仪是在线紫外分析仪的核心。由于石油样品紫外吸光度高达7Abs, 也就是说经过样品的被测光强仅为入射光强的千万分之几, 这样微弱的讯号极易被杂散光和噪声淹没。所以分光系统必须精心设计, 要求单色仪相对口径大, 杂散光小, 紫外反射率高。中科院长春光机所研制的QGS-20凹面全息光栅双单色仪相对口径为1.45, 杂散光达 $10^{-10}$ , 闪烁波长在250nm<sup>[1]</sup>。

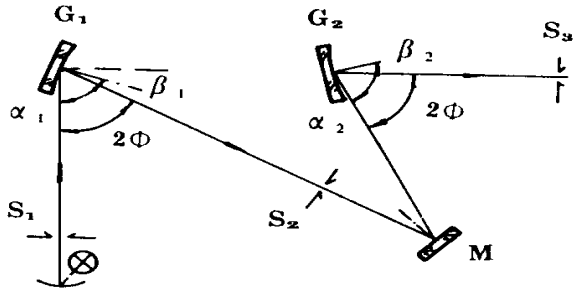


Fig 4 Optical system of double monochromator

QGS-20光栅双单色仪光路图如图4所示。由气灯发出的光经样品吸收后照射到单色仪入射狭缝 $S_1$ , 经凹面光栅 $G_1$ 色散后聚焦到中间狭缝 $S_2$ , 经反射镜 $M$ 与后单色仪折叠串联, 再经凹面光栅 $G_2$ 第二次色散后, 从出射狭缝 $S_3$ 射出。这种双单色仪是由两个Seya-Namiooka型凹面光栅单色仪串联而成, 由于采用全息光栅, 且两单色仪为色散相减型, 所以在出射狭缝 $S_3$ 处可以得到杂散光极小的单色光。用正弦机构驱动两光栅同步转动, 可实现波长线性扫描。这种光栅双单色仪完全能满足石油产品在线紫外分析的苛刻要求。

由光栅双单色仪射出的单色光被检测系统检测。检测系统包括光电转换及讯号放大。光电转换器件选用紫外灵敏度极高、暗电流很小的光电倍增管, 光电倍增管输出 $(2\sim 20) \times 10^{-12}A$ 电流讯号, 经 $I/V$ 变换为几微伏到几十微伏的电压讯号, 再由低频放大器进行放大。放大器总增益达 $10^6$ , 共模抑制比好于110db, 满足了对微弱讯号放大和有效抑制工业现场强电磁干扰的要求。

放大器给出的电讯号与参比讯号比较并经对数运算, 即可得出样品的吸光度。但石油产品紫外检测标准规定<sup>[2]</sup>, 用吸光系数考核芳烃含量。因此, 在线仪表测出吸光度后, 还必须转换成油品吸光系数。根据两者数学关系, 设计出关联电路, 再经 $V/I$ 变换, 以4-20mA标准电流讯号输出给记录仪表或计算机接口。通过对大量样品测试表明, 关联电路数学模型与各线油样吸

光系数实测值具有良好的线性关系。

此外,石油工业现场条件非常恶劣,精密光学仪器必须采取防潮、防振、防爆措施。因此,专门设计了防爆系统,并经过国家有关部门审查和样机爆炸试验。

## 4 仪器主要性能

波长范围: 200~ 400nm

波长精度:  $\pm 0.3$ nm

光谱带宽: 5nm

杂散光:  $10^{-10}$

测量范围: 0~ 7A b s

量 程: 1A b s

吸光系数: 0- 3.0(精油)

2.0- 10(原料)

准 确 度: 不大于0.25(与文献[2]测量的吸光系数极差)

重 复 性: 不大于0.15

稳 定 性: 不大于0.25(同一样品连续168h 分析最大极差)

## 5 应 用

该仪表自1994年下半年在兰州炼油化工总厂润滑油装置投入工业试验和使用以来,进行了上百个样品的对比分析,用实验室分析值做为标准,其准确率达95%以上。仪表在三年运行中,光路系统和电路系统故障率为零,进样系统故障6次,每次停机2h左右;仪表无故障运行率达到97%以上。操作工根据仪表指示值进行质量卡操作,提高了油品收率,降低了不合格率,给车间生产带来很大方便和经济效益。经统计,使用该仪表至少使成品油收率提高1.5个百分点,合格率提高2个百分点,每个装置(10万吨/年)年创收效益300万元以上。该仪表已分别获得国家发明专利和实用新型专利,并通过了中国石化总公司主持的技术鉴定。该仪表是为测量润滑油基础油芳烃含量研制的,除可测蒸馏装置常压各线油、减压各线油以及各种石蜡产品的芳烃含量外,由于本仪表为隔爆型在线仪表,可用于油、汽混合爆炸场所及各种有毒气体环境中,在炼油化工、环保(如水含油)以及医药和化妆品等领域都将有广阔的应用前景。

### 参 考 文 献

- 1 马仁宏等. 一种色散相减型凹面全息光栅双单色仪. 光学 精密工程, 1998, 6(2): 83~ 88
- 2 SY2868- 83, 石油产品紫外吸光值检验法. 北京: 石油工业出版社, 1984

## The Development of an On-line Ultraviolet Analyzer for Aromatic Hydrocarbon Content in Petroleum

BAIWang-Hong, CHEN Jun, QISui-Ping, ZHANG Dai-Zhong

*(Automation Institute of Lanzhou Petroleum Processing  
and Chemical Complex of SINOPEC, Lanzhou 730060)*

MIAO Chun-An

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

### Abstract

An on-line ultraviolet analyzer for aromatic hydrocarbon content in petroleum was developed. The instrument adopts concave holographic grating double monochromator and a unique sampling system, and can test lubricant oil of absorbance up to 7Abs in on-line analysis without diluting in petroleum productive field. It has been operated in productive field for five years and given accuracy of better than 95%, failure-free operation rate of better than 97%. It will open the new road for the quality monitoring, the optimizing operation in process of lubricant oil's product and the applying of spectral technology in petrochemical industry.

**Key words:** Aromatic hydrocarbon, On-line analysis, Ultraviolet spectrum, Holographic Grating double monochromator

白万红 男, 1962年11月出生, 西北工业大学毕业, 在兰州炼油化工自动化研究院从事石油化工生产过程质量分析仪表研制工作, 先后获得兰州炼油化工总厂科技进步奖多项, 在《石油炼制与化工》等期刊发表论文多篇。