

A Brief Analysis of the Measurement Research of Oil Concentration Analyzers in Water

Yanjuan Yu¹ Chengjun Wang²

1. Changchun Institute of Metrology and Testing Technology, Changchun, Jilin, 130012, China

2. Jilin Provincial Product Quality Supervision and Inspection Institute, Changchun, Jilin, 130103, China

Abstract

Oil concentration analyzers in water are core devices for oil pollution monitoring, accurately quantifying petroleum hydrocarbons, animal and vegetable oils and other pollutants to provide critical data support for water quality management and compliant discharge in environmental monitoring, petrochemicals, sewage treatment, maritime shipping and other fields. Adopting mainstream optical detection technologies (infrared/ultraviolet spectrophotometry, ultraviolet fluorometry), their precise operation relies on scientific standard solution calibration and regular component maintenance, with high-end models integrated with intelligent automatic calibration and anti-interference compensation for enhanced stability. Currently, the market sees foreign dominance in the high-end segment while domestic manufacturers expand mid-end share with accelerated substitution, boasting advantages in cost performance and localized services but relying on imported high-end core components. Future development, driven by stringent environmental regulations and technological innovation, will focus on high precision, intellectualization, on-line monitoring and miniaturization. AI edge computing, integrated multi-parameter monitoring and core component localization will be key priorities, as domestic equipment is expected to break high-end market barriers, supporting aquatic ecological protection and industrial green development.

Keywords

Oil concentration analyzer in water; Measurement method; Precautions; Indication error

浅析水中油分浓度分析仪的测量研究

于艳娟¹ 王成军²

1. 长春市计量检定测试技术研究院, 中国·吉林 长春 130012

2. 吉林省产品质量监督检验院, 中国·吉林 长春 130103

摘要

水中油分浓度分析仪是水体油类污染监测的核心设备,可精准定量水体中石油类、动植物油等污染物浓度,为环境监测、石油化工、污水处理、船舶海事等领域的水质管控与合规排放提供关键数据支撑。该仪器主流采用红外分光光度法、紫外分光光度法、紫外荧光法等光学检测技术,仪器的精准运行需依托科学的标液校准与定期的部件清洁、维护,部分高端机型已集成智能自动校准、抗干扰补偿功能,进一步提升检测稳定性。当前,该仪器市场呈现外资主导高端、国产抢占中端且替代进程加速的格局,国产设备虽在性价比、本地化服务上具备优势,但高端核心元器件仍存进口依赖。未来,随着环保监管趋严与技术创新,水中油分浓度分析仪将朝着高精度、智能化、在线化、微型化方向发展,AI边缘计算、多参数一体化监测、核心元器件国产化将成为发展重点,国产设备也将持续突破高端市场壁垒,为水生态保护与工业绿色发展提供更坚实的技术支撑。

关键词

水中油分浓度分析仪; 测量方法; 注意事项; 示值误差

1 测量方法

1.1 概述

水中油分浓度分析仪分为红外分光光度法测油仪和非分散红外光度法测油仪两类。红外分光光度法测油仪可以进行波数扫描,定量测量油类在红外区的多处特征吸收,如波数为 2930cm^{-1} 、 2960cm^{-1} 和 3030cm^{-1} 处的特征峰。该类仪

器按使用方式又分为实验室、便携式和在线式三种。非分散红外光度法测油仪是固定波数,通常只对 2930cm^{-1} 或 $3.4\mu\text{m}$ 处的特征吸收进行测定。

1.2 技术要求

仪器应有下列标识: 仪器名称、仪器型号、出厂编号、生产厂家名称、生产日期、工作电压及频率等标识,国产仪器应有制造计量器具许可证标志及编号。

仪器不应有妨碍正常工作的机械损伤;各调节器转动灵活,定位准确;各固定件应无松动;样品池及液路无泄漏;通电后,数字显示完整清晰。

【作者简介】于艳娟(1977—),女,本科,高级工程师,从事化学计量研究。

测量环境条件：温度：10℃~35℃，相对湿度：不大于85%。供电电源：电压220V±22V，频率50Hz±1Hz。应具备良好的通风设施，并配备必要的个人防护器具，以防四氯化碳经过皮肤吸收或呼吸道吸入。

测量用仪器及设备：绝缘电阻表：输出电压500V，准确度级别不低于10级。调压变压器：调压范围0V~250V，功率大于仪器额定功率的20%。玻璃量器：A级常用玻璃量器。

国家二级或二级以上测油仪用溶液标准物质，不确定度为3% (k=2)。稀释用溶剂。

用稀释剂四氯化碳将溶液标准物质稀释成系列浓度。检定红外分光光度法测油仪，用5mg/L和满量程百分之四十、百分之八十的溶液；检定非分散红外光度法测油仪，用满量程百分之二十、百分之四十、百分之八十的溶液。

分析纯四氯化碳，在3400cm⁻¹~2400cm⁻¹范围内应无特征吸收，否则需经过精馏或吸附剂吸附等方法进行纯化，纯化后经检验合格后方可使用。

2 性能要求

2.1 红外分光光度法测油仪

2.1.1 示值误差

测量范围≤10mg/L时，示值误差不超过±0.8mg/L；

测量范围>10mg/L时，示值误差不超过±8mg/L。

2.1.2 重复性

重复性不大于2%。

2.1.3 漂移

实验室仪器、便携式仪器连续运行30min，在线仪器连续运行3h，零点漂移不超过±0.5mg/L，示值漂移不超过±5%。

2.1.4 最小检出浓度

最小检出浓度不大于0.5mg/L。

2.1.5 电源电压的影响

使用交流电的仪器，当电源电压在额定电压的±10%范围内变化时，仪器的示值误差应符合3.1的要求。

2.2 非分散红外光度法测油仪

示值误差：示值误差不超过±8%；重复性：重复性不大于2%；漂移：仪器连续运行30min，零点漂移不超过±0.5mg/L，示值漂移不超过±5%；电源电压的影响：使用交流电的仪器，当电源电压在额定电压的±10%范围内变化时，仪器的示值误差应符合3.6的要求。

3 方法

3.1 红外分光光度法测油仪

3.1.1 示值误差

仪器开机完成预热并达到稳定工作状态后，以四氯化碳为基础试剂，搭配对应浓度的测油仪专用溶液标准物质，严格遵循仪器配套说明书载明的操作流程完成整机校准工作。对完成校准的仪器，向其样品池内注入浓度为5mg/L

的标准物质，对该标样开展三次平行测定，将三次测定结果的算术平均值作为仪器实测值，依据公式(1)计算该实测值在≤10mg/L范围内的示值误差。

$$\Delta\rho = \bar{\rho} - \rho_s \quad (1)$$

式中： $\Delta\rho$ ：测量值≤10mg/L时的示值误差，mg/L；

$\bar{\rho}$ ：三次测量结果的算术平均值，mg/L；

ρ_s ：标样浓度，mg/L。

按仪器说明书要求，在样品池注入满量程百分之四十、百分之八十的标准物质。连续测定三次，以所得结果的算术均值作为仪器实测值，依据公式(2)计算实测值超10mg/L时的示值误差 $\Delta\rho_{rel}$ 。

$$\Delta\rho_{rel} = \frac{\bar{\rho} - \rho_s}{\rho_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $\Delta\rho_{rel}$ ：测量值大于10mg/L的示值误差(%)，

$\bar{\rho}$ ：三次测量结果的算术均值(mg/L)，

ρ_s ：标样浓度(mg/L)。

3.1.2 重复性

完成校准的仪器，依操作说明书要求向样品池注入满量程百分之四十的标样，待数值稳定后读取示值，连续测定六次，分别依据公式(3)、公式(4)计算相对标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$s_r = \frac{s}{\rho} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

s ：标准偏差(mg/L)，

s_r ：相对标准偏差(%)，

n ：测量次数($n=6$)，

ρ_i ：第*i*次测量值(mg/L)，

$\bar{\rho}$ ：6次测量值的平均值(mg/L)。

3.1.3 漂移

校准后的仪器，注入5mg/L标样测定零点漂移；仪器稳定后读取初始示值，实验室及便携式仪器持续运行校准后的仪器，注入5mg/L标样测定零点漂移；仪器稳定后读取初始示值，实验室及便携式仪器持续连续运行三十分钟，每隔五分钟读取一次示值。共六次；在线仪器持续运行三小时，每三十分钟读取一次示值，累计测定6次；单次测定完成后，立即将比色皿从仪器中取出，下次测定前重新装皿读数。

零点漂移按公式(5)计算。

$$D_z = \pm \max|\rho_i - \rho_0| \quad (5)$$

式中：

D_z ：零点漂移(mg/L)，

ρ_i ：第*i*次测量示值(mg/L)，

ρ_0 ：仪器初始示值 (mg/L)。

当 $\rho_i \geq \rho_0$ 时取正值，当 $\rho_i < \rho_0$ 时取负值。

经校准后的仪器，注入满量程百分之八十的标准物质测定仪器的示值漂移。方法同零点漂移，按公式 (6) 计算。

$$D_{\text{Srel}} = \frac{\pm \max|\rho_i - \rho_0|}{\rho_s} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

D_{Srel} ：示值漂移 (%)，

ρ_i ：第 i 次测量示值 (mg/L)，

ρ_0 ：仪器初始示值 (mg/L)，

ρ_s ：标准物质浓度值 (mg/L)。

当 $\rho_i \geq \rho_0$ 时取正值，当 $\rho_i < \rho_0$ 时取负值。

3.1.4 最小检出浓度

校准完成的仪器，依操作说明书要求向样品池注入 5mg/L 标样，待数值稳定后读取仪器示值，连续测定六次，分别按公式 (3)、公式 (7) 计算最小检出浓度。

$$\rho_L = 3s \quad (7)$$

式中：

ρ_L ：最小检出浓度 (mg/L)，

s ：标准偏差 (mg/L)。

3.1.5 电源电压的影响

调整调压变压器使其输出电压为 220V，然后将仪器电源连接到调压电源上，仪器开机稳定后，按仪器使用说明书对仪器进行校准。

调整调压变压器使其输出电压为 198V，按 4.1 方法进行示值误差校准。

调整调压变压器使其输出电压为 242V，按 4.1 方法进行示值误差校准。

3.2 非分散红外光度法测油仪

3.2.1 示值误差

仪器开机预热至稳定状态，以四氯化碳配合对应浓度测油仪专用标液，按仪器说明书操作完成整机校准。对于多量程仪器应首先在低量程进行校准。

校准后的仪器，依操作说明书要求向样品入口注入满量程百分之二十、百分之四十、百分之八十的标样。连续测量三次，取其平均值作为仪器的测量值，按公式 (2) 计算仪器的示值误差 $\Delta\rho_{\text{rel}}$ 。

3.2.2 重复性

校准后的仪器，依操作说明书要求向样品入口注入满量程百分之四十标样，连续测定六次，分别按公式 (3)、公式 (4) 计算相对标准偏差。

3.2.3 漂移

校准后的仪器，注入四氯化碳测定零位漂移；仪器稳定后读取初始示值，持续运行三十分钟，每五分钟读取一次仪器示值，累计六次，零点漂移按公式 (5) 计算。

校准后的仪器，注入浓度约为满量程百分之八十的标液，测定其示值漂移；仪器稳定后读取示值，持续运行三十分钟，每五分钟读取一次实测值，累计六次；单次测定完成后放空标液，下次测定前重新注入新标液，示值漂移按公式 (6) 计算。

3.2.4 电源电压的影响

调整调压变压器使其输出电压为 220V，然后将仪器电源连接到调压电源上，仪器开机稳定后，按仪器使用说明书对仪器进行校准。

调整调压变压器使其输出电压为 198V，按 4.6 方法进行示值误差校准。

调整调压变压器使其输出电压为 242V，按 4.6 方法进行示值误差校准。

4 注意事项

水中油分浓度分析仪开机后应预热 30 分钟后再进行空白校准，空白样品需与待测水样同批次处理，消除基体干扰，确保仪器测量的准确度。

水中油分浓度分析仪所用四氯化碳应为分析纯以上并经活性炭过滤提纯或蒸馏提纯，经仪器验证合格后方可使用，避免试剂含油或杂质影响测量。

必须使用稳定的 220V 的电源电压。

操作水中油分浓度分析仪时应佩戴防护手套和口罩，打开通风设施，在通风橱内操作，保持空气流通，防止有机溶剂挥发对人体健康造成危害。

照明的光学器件应避免人手触摸，尽量避免灰尘的沾污。若光学镜面沾有手印或灰尘，可以在技术人员指导下用无水酒精或丙酮冲洗镜面，对于光栅不能这样清洗，需专业人员才能维护。

废液需妥善处理，避免四氯化碳污染环境。

水中油分浓度分析仪检测完成后，立即用纯水冲洗管路、比色皿或流通池，红外法仪器需额外用四氯化碳润洗，避免残留油分附着。

定期清洁仪器表面灰尘与污渍，整理电源线、数据线，切断电源后加盖防尘罩。

如果操作过程中发现异常现象，可以关闭水中油分浓度分析仪主机电源和微机，然后重新开机工作。

5 结语

本研究建立了水中油分浓度分析仪常用测量方法，在实际工作中要严格遵循检定规程，把控仪器性能状态，落实操作及注意事项，能够有效提升水中油分浓度分析仪检测数据的准确性与可靠性。

参考文献

- [1] JJG 950—2012《水中油分浓度分析仪检定规程》[s].
- [2] JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》[s].