

# 红外光谱法定量测定绝缘油中的结构族组成

FTIR-091

**摘要:** 电气设备绝缘油和润滑油的结构族组成测定对保证设备安全稳定运行具有重要指导作用。本文参考标准《矿物绝缘油、润滑油结构族组成的测定 红外光谱法》(DL/T 929-2018), 使用岛津红外光谱仪 IRSpirit 建立绝缘油结构组成测定方法, 具有简捷、快速、稳定性好等优点。

**关键词:** IRSpirit 绝缘油 结构族组成 定量

## 技术特点:

- ❖ IRSpirit 紧凑型设计, 占用空间小, 扩展性强, 可适配多种红外附件;
- ❖ 红外光谱法无需前处理样品, 可直接测定烷链碳 ( $C_P$ )、芳香碳 ( $C_A$ ) 和环烷碳 ( $C_N$ ) 含量。

绝缘油和润滑油是常用的电气设备用油, 其结构族组成直接影响油品的物理、化学和电气性能。比如, 油品中适量的芳香族可改善绝缘油的析气性能, 但如果芳族过量则影响它的氧化稳定性。环烷烃的存在可降低绝缘油的冷凝点, 可使其具有理想的黏度 - 温度性能。因此, 准确定量测定绝缘油和润滑油中各结构族组成, 对评价、监督和验收油品具有重要指导意义。

绝缘油和润滑油是多种组分的混合物, 通常采用

测定烷链碳 ( $C_P$ )、芳香碳 ( $C_A$ ) 和环烷碳 ( $C_N$ ) 来表示它们的组成。

红外光谱法是分析绝缘油和润滑油结构族组成的有力手段, 相比于色谱法和质谱法等, 具有设备简单、操作便捷、分析速度快、稳定性好等优点, 在电力行业得到广泛应用。本文参考电力行业标准 DL/T 929-2018, 使用岛津红外光谱仪 IRSpirit 建立了测试绝缘油结构族组成的方法。

## 仪器

傅立叶变换红外光谱仪 IRSpirit, 配置固定膜厚液体池 (氯化钠窗片, 膜厚 0.1 mm)



图1 IRSpirit



图2 固定膜厚液体池

## 实验原理

根据被测样品的红外吸收光谱分别计算  $1610\text{ cm}^{-1}$  和  $720\text{ cm}^{-1}$  处的吸光度, 代入以下公式分别求出芳香碳 ( $C_A$ )、烷链碳 ( $C_P$ ) 和环烷碳 ( $C_N$ ) 的含量。

$$C_A (\%) = 1.2 + 9.8 \times \frac{A_{\text{MAX}}^{1610\text{ cm}^{-1}}}{l}$$

$$C_P (\%) = 29.9 + 6.6 \times \frac{A_{\text{MAX}}^{720\text{ cm}^{-1}}}{l}$$

$$C_N (\%) = 100 - C_A - C_P$$

其中,  $A_{\text{MAX}}^{1610\text{ cm}^{-1}}$  和  $A_{\text{MAX}}^{720\text{ cm}^{-1}}$  分别为波数  $1610\text{ cm}^{-1}$  和  $720\text{ cm}^{-1}$  处最大吸光度,  $l$  为液体池的光程长 (mm)。

## ■ 实验部分

3.1 测试样品：市售某品牌绝缘油

3.2 测试条件

本次测试条件如下表 1 所示。

表 1 IRSpirit 测试条件

仪器参数	设定值	仪器参数	设定值
波数范围	1900~600 $\text{cm}^{-1}$	分辨率	2 $\text{cm}^{-1}$
扫描次数	20	变迹函数	Happ-Genzel

3.3 液体池光程长的测定

为准确计算绝缘油中结构族组成，需要获得液体池精确的光程长。根据标准方法，使用干涉条纹法进行计算，结合 LabSolutions IR 软件的“膜厚”功能，可自动计算光程长，见下图 3 所示。

入射角设置为  $0^\circ$ ，折射率置为 1.00（空气），经膜厚软件计算，其光程长为  $l=0.103 \text{ mm}$ 。

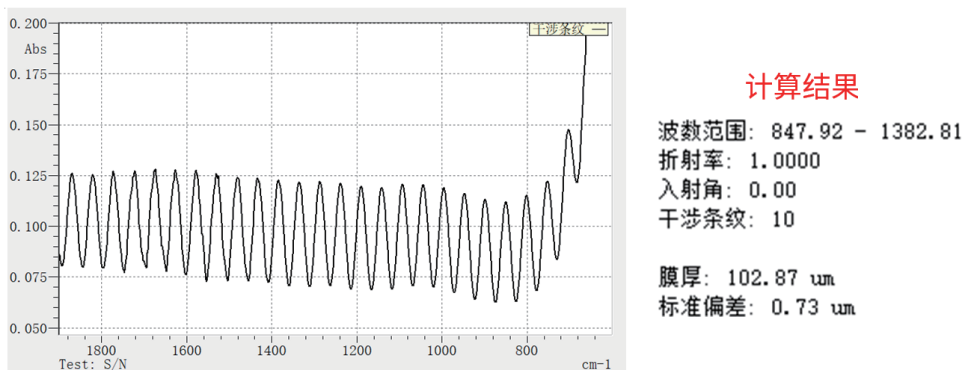


图 3 氯化钠液体池红外干涉条纹图及光程长计算结果

3.4 绝缘油结构族测定

对绝缘油样品进行测试，其红外光谱图如下图 4 所示。从图上可观察到  $1610 \text{ cm}^{-1}$  和  $720 \text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰，分别对应芳香碳 ( $C_A$ ) 和烷链碳 ( $C_P$ )。

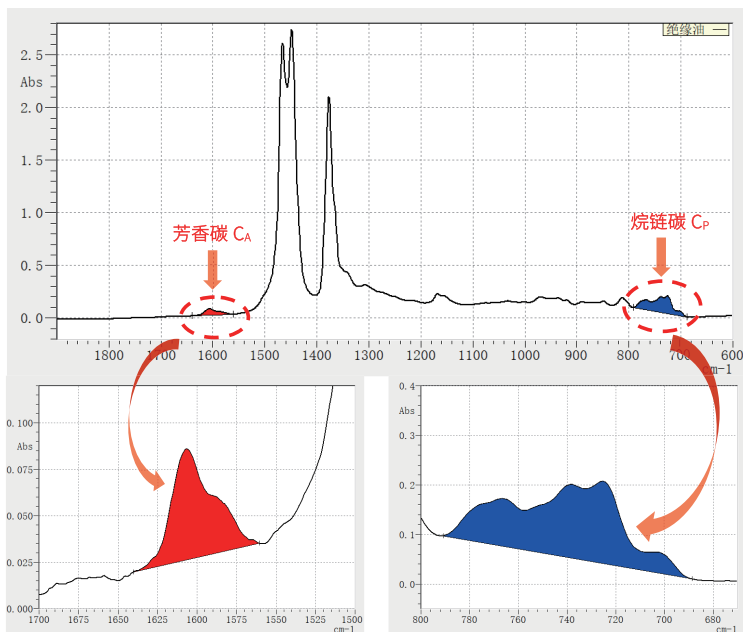


图 4 绝缘油红外光谱图

由软件自动求出其最大吸光度，代入公式即可计算各结构族含量，绝缘油 2 次平行测试结果见下表 2 所示。

表 2 绝缘油结构族测定结果

样品名称	$A_{MAX}^{1610\text{ cm}^{-1}}$	$A_{MAX}^{720\text{ cm}^{-1}}$	芳香碳 $C_A$ (%)	平均值 (%)	烷链碳 $C_P$ (%)	平均值 (%)	环烷碳 $C_N$ (%)	平均值 (%)
绝缘油-1	0.055	0.165	6.43	6.37	40.45	40.38	53.12	53.25
绝缘油-2	0.054	0.162	6.31		40.30		53.39	

## ■ 结论

使用红外光谱仪 IRSpirit 测定绝缘油中的结构族组成，样品无需复杂前处理，操作便捷，测试速度快，结合软件可快速获得液体池光程长和各结构族含量结果，特别适用于绝缘油类结构族组成的测定。

岛津应用云

