

# 红外光谱法定量测定绝缘油中抗氧化剂 T501 的含量

FTIR-092

**摘要：**监测抗氧化剂 T501 (2,6-二叔丁基对甲基苯酚) 含量是电气设备用绝缘油质量评价和监督的重要工作之一。本文参考国标《变压器油、汽轮机油中 T501 抗氧化剂含量测定法 第 3 部分：红外光谱法》(GB/T 7602.3-2008)，使用岛津红外光谱仪 IRSpirit 建立测定变压器油中抗氧化剂 T501 含量的方法。实验结果表明，该方法分析速度快，标准曲线线性可达 0.999，测试的准确性和重复性良好，完全满足国标测试要求。

**关键词：**红外光谱 变压器油 抗氧化剂 T501 定量

## 技术特点：

- ❖ IRSpirit 灵活小巧，标准红外样品仓，可扩展多种红外附件；
- ❖ 红外标准曲线法测定绝缘油中 T501 抗氧化剂的含量，线性佳，检测限低，重复性好，完全满足 GB/T 7602.3-2008 要求。

变压器油是石油的一种分馏产物，又称绝缘油，用于变压器等电气设备中，可起冷却和绝缘作用，其质量关系到充电电气设备的安全稳定运行。变压器在运行中会发热，绝缘油在高温下与空气和潮气接触，其发生氧化还原反应是不可避免的，提高绝缘油的抗氧化能力，可减少油中酸性物质和沉淀物的产生，从而延长绝缘油的使用寿命并保证设备的安全运行。

绝缘油在生产使用过程中一般都会添加抗氧化剂，使用范围最广泛的是 T501，其作用原理是利用酚基的化学活性，与油中的活性自由基和过氧化物发生

反应，最终形成稳定化合物，可有效减缓绝缘油的氧化进程。因此，监测绝缘油中抗氧化剂 T501 含量是一项重要的工作。

通常，可测定绝缘油中 T501 含量的方法有高效液相色谱法、气相色谱法和分光光度法等，但它们存在前处理繁琐，分析速度慢、成本高等缺点，而红外光谱法操作简单，测试速度快，是测定 T501 含量的有效手段。本文参考国标 GB/T 7602.3-2008 的方法，使用岛津红外光谱仪 IRSpirit 测定了绝缘油中抗氧化剂 T501 的含量。

## ■ 仪器

傅立叶变换红外光谱仪 IRSpirit，配置溴化钾窗片（光程长 0.5 mm）



图 1 傅立叶变换红外光谱仪 IRSpirit



图 2 液体池

## ■ 实验原理

绝缘油中添加 T501 抗氧化剂后， $3650\text{ cm}^{-1}$  处酚羟基的伸缩振动吸收峰校正吸光度与 T501 浓度（含量）成正比的关系，通过绘制标准曲线，进而求出 T501 在绝缘油中的含量。

## ■ 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	$3800\sim 3500\text{ cm}^{-1}$	扫描次数	20
分辨率	$4\text{ cm}^{-1}$	变迹函数	Happ-Genzel

3.2.1 样品测试方法

(1) 检查基础油是否含有 T501 抗氧化剂

将预处理后或市售的基础油注入液体池中，盖好塞子后进行测试，观察  $3650\text{ cm}^{-1}$  处是否出现 T501 的吸收峰。

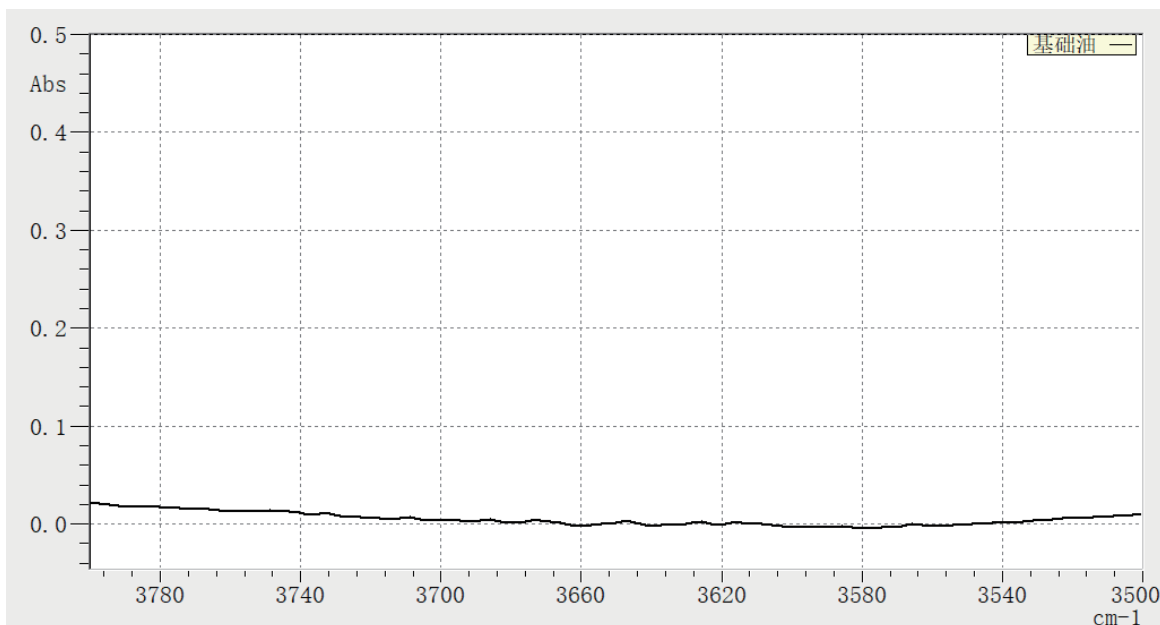


图 3 基础油红外光谱图

从上图 3 可观察到，基础油在  $3650\text{ cm}^{-1}$  处无明显吸收峰，表明基础油不含 T501 抗氧化剂成分，可用于配制 T501 的标准油。

(2) 标准曲线绘制

按照国标方法，使用基础油配制 T501 抗氧化剂含量分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4% 和 0.5% 的标准油，依次将标准油注入液体池中完成测试，以  $3650\text{ cm}^{-1}$  处的校正峰高对含量绘制标准曲线，见下图 4 和图 5 所示。

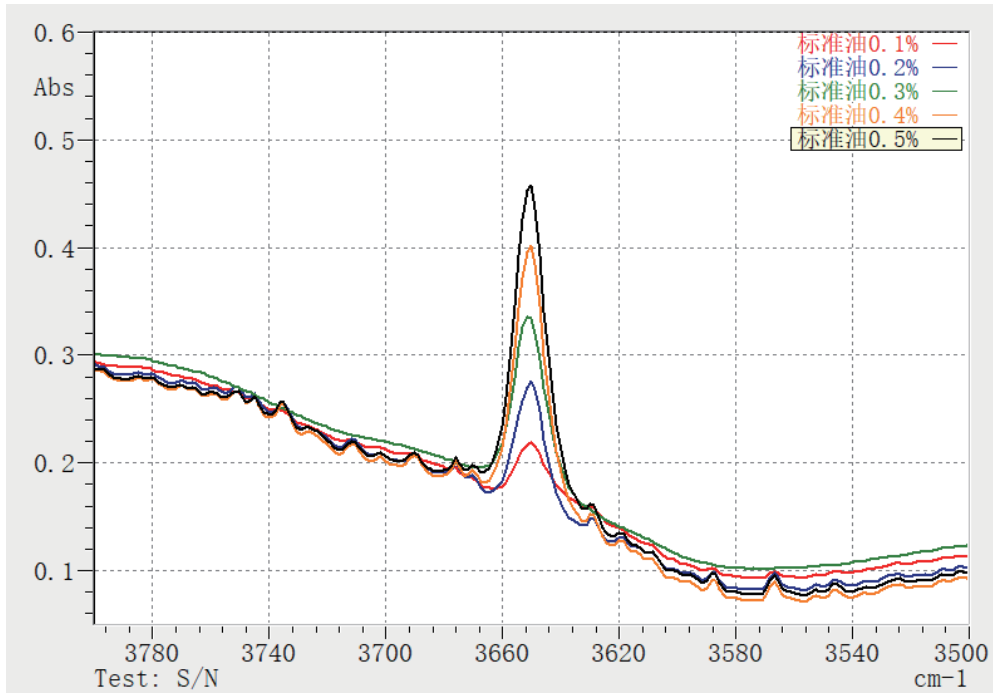


图4 不同 T501 抗氧化剂含量标准油红外红外光谱叠加图

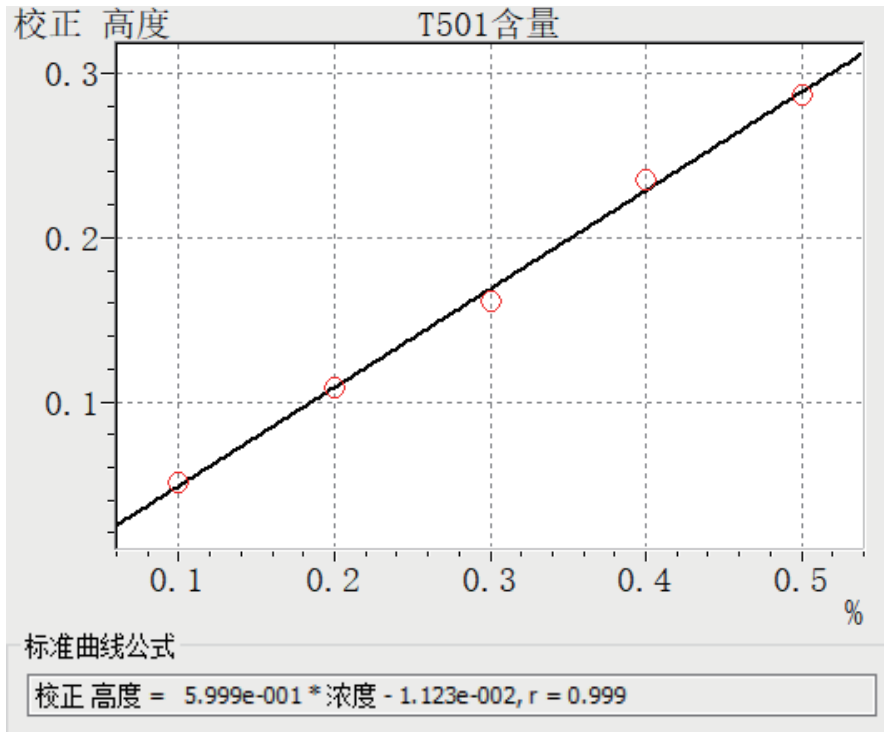


图5 T501 抗氧化剂标准曲线

(3) 检测限

扫描空白样品 10 次，计算  $3650\text{ cm}^{-1}$  处校正吸光度的标准偏差 (SD)，以 3 倍 SD 除以标准曲线斜率计算得到检测限为 0.003%。

(4) 样品分析结果

对绝缘油产品进行 2 次平行分析，并考察加标回收率，其红外光谱见下图 6 所示。

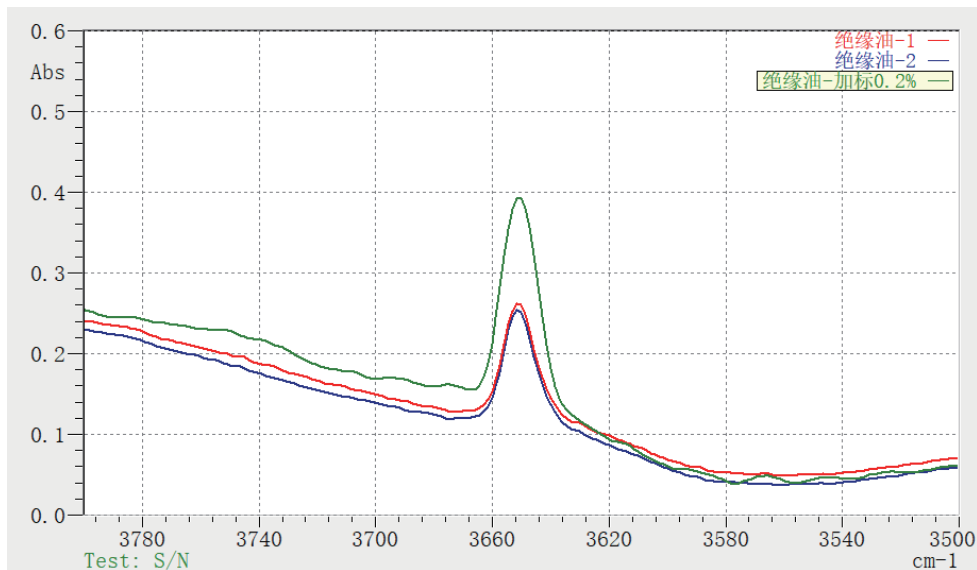


图 6 绝缘油样品红外光谱图

将绝缘油样品红外光谱 3650  $\text{cm}^{-1}$  处的校正峰高代入标准曲线即可获得 T501 抗氧化剂的含量，结果见下表 2 所示。

表 2 绝缘油样品中 T501 抗氧化剂含量

测定样品	校正峰高	含量 (%)	平均值 (%)	加标量 (%)	加标测定值 (%)	回收率 (%)	RSD (%) (n=3)
绝缘油	0.149	0.266	0.265	0.20	0.458	96.3	2.3
	0.147	0.264					

## ■ 结论

岛津红外光谱仪 IRSpirit 和液体池测试绝缘油中 T501 抗氧化剂的含量，方法简单，设备使用灵活，测定结果稳定可靠，是评价绝缘油质量的有力助手。

岛津应用云

