

ICS 29.040.10

K 15

# 团 体 标 准

T/SDPEA 0012-2019

---

## 电力设备用改性天然酯绝缘油

Modified natural ester liquids for power equipment

2019-07-31 发布

2019-07-31 实施

山东省电力企业协会 发布

## 目 次

序 言.....	II
前 言.....	III
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	5
4 技术要求.....	5
5 改性天然酯绝缘油的现场验收和处理.....	6
5.1 一般要求.....	6
5.2 运输容器.....	7
5.3 验收检测.....	7
5.4 用户对改性天然酯绝缘油的处理和储存.....	7
5.5 改性天然酯绝缘油的灌装.....	7
6 改性天然酯绝缘油注油后的要求.....	7
7 维护处理.....	8
7.1 取样检验.....	8
7.2 净化处理.....	8
7.3 再生处理.....	8
7.4 混油和补油.....	8
附录 A（资料性附录）改性天然酯绝缘油的工艺简介.....	10
附录 B（资料性附录）改性天然酯绝缘油特性参数的含义.....	13
附录 C（规范性附录）天然酯绝缘油氧化安定性实验、矿物绝缘油氧化安定性实验.....	14
参考文献.....	16

## 序 言

从石油中提炼而来的矿物绝缘油，主要成分为烷烃、环烷烃和芳香烃。其作为一种成熟的电气绝缘油，具有优良的电气绝缘性和氧化安定性，粘度低，流动性好，降温换热效果显著。使用至今已经有一百多年的历史，但矿物绝缘油也存在一些缺点，如生物性表现为难以降解和不可再生，属于非环保型产品。

天然酯是一种混合型脂肪甘三酯物质，具有突出的高闪点和高燃点；良好的吸湿性和高过载性，可以提升电力设备安全运行寿命5-6倍；生物性几乎做到100%的降解。是一种很有发展前途的环保型的植物绝缘油。但天然酯也存在粘度大、氧化稳定性差，低温下容易凝固、高温下容易聚合结胶等缺陷需要继续改善。随着工艺技术的成熟，以天然植物油脂为基料，通过化学方法进行酯化改性后的改性天然酯绝缘油，已经成功应用于各个绝缘行业，其保留了矿物油低粘度、低温升，氧化安定性好、绝缘效果佳的特点，又兼具天然酯运行安全、寿命长、环保、可再生、可降解性的优势。

目前，针对天然酯绝缘油及应用产品如天然酯变压器的标准已经较多，为天然酯绝缘材料的应用提供了保障，但改性天然酯绝缘油的相关标准仍然处于空白，本文件针对改性天然酯制定了技术性规范条件，用以规范改性天然酯绝缘油的油料选用、化验和监测、加工使用、产品标识、运输及贮存等，以供国内生产厂家及使用单位参考。

## 前 言

本标准按照《山东省电力企业协会团体标准管理办法（暂行）》的要求，依据GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由山东省电力企业协会提出。

本标准由山东省电力企业协会技术归口并解释。

本标准起草单位：国网山东省电力公司电力科学研究院，江苏樱花化研化工有限公司，南方电网科学研究院有限责任公司，中国电力科学研究院有限公司，国网河南省电力公司电力科学研究院，国网淄博供电公司，中国石油天然气股份有限公司兰州润滑油研究开发中心，西安交通大学，西安西电变压器有限责任公司，国网山东综合能源服务有限公司，正泰电气股份有限公司。

本标准主要起草人：朱文兵，戴志荣，张曦，蔡胜伟，杨涛，刘兴华，朱庆东，朱孟兆，王会娟，李华强，胡小博，王硕，王建，陈程，王桂东、黄芝强。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至山东省电力企业协会（地址：济南市历下区经十路 9777 号鲁商国奥城 4 号楼 3 层）

# 电力设备用改性天然酯绝缘油

## 1 范围

本标准规定了电力设备用改性天然酯绝缘油（以下简称改性绝缘油）的术语和定义、技术要求、现场验收和处理、注入电力设备后的性能要求及维护处理等。

本标准适用于类似变压器电力设备的改性绝缘油。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 261	闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法
GB/T 264	石油产品酸值测定法
GB/T 265	石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法
GB/T 507	绝缘油击穿电压测定法
GB/T 1884	原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
GB/T 21801	化学品 快速生物降解性 呼吸计量法试验
GB/T 21802	化学品 快速生物降解性改进的 MITI 试验（I）
GB/T 21856	化学品 快速生物降解性 二氧化碳产生试验
GB/T 27861	化学品 鱼类急性毒性试验
GB/T 2900.5	电工术语绝缘固体、液体和气体
GB/T 2900.95	电工术语变压器、调压器和电抗器
GB/T 3535	石油产品倾点测定法
GB/T 5654	液体绝缘材料相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量
GB/T 7597	电力用油（变压器油、汽轮机油）取样方法
GB/T 7600	运行中变压器油和汽轮机油水分含量测定法（库伦法）
GB/T 25961	电气绝缘油中腐蚀性硫的试验法
GB/T 30515	透明和不透明液体石油产品运动黏度测定
DL/T 393	输变电设备状态检修试验规程
DL/T 419	电力用油名词术语
DL/T 1811	电力变压器用天然酯绝缘油选用导则
NB/SH/T 0811	未使用过的烃类绝缘油氧化安定性测定法

SH/T 0803 绝缘油中多氯联苯污染物的测定 毛细管气相色谱法

SH/T 0804 电气绝缘油腐蚀性硫试验 银片试验法

IEC 60666 矿物绝缘油中规定的添加剂的检验和测定 (Detection and determination of specified additives in mineral insulating oils)

IEC 62021-3 绝缘液体酸值的测定第3部分:非矿物绝缘油试验方法 (Insulating liquids-Determination of acidity-part 3: Test methods for non-mineral insulating oils)

### 3 术语和定义

GB/T 2900.5、GB/T 2900.95 和 DL/T 419 界定的术语及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**天然酯绝缘油 natural ester insulating oil**

从种子或其它生物材料中提取、用于变压器或类似电气设备的绝缘液体,其主要成分是甘油三脂,具有良好的生物降解性和环境相容性。

#### 3.2

**改性天然酯绝缘油 modified natural ester insulating oil**

从种子或其它生物材料中提取,并通过酯化交换等化学反应,使其粘度和氧化稳定性等得到改善的酯类绝缘油。

注:改性天然酯绝缘油的工艺简介参见附录A。

#### 3.3

**未使用过的改性天然酯绝缘油 unused modified natural ester insulating oil**

由供应商交付的未使用过的改性天然酯绝缘油。

### 4 技术要求

4.1 制造商应提供符合标准规定的有效检测报告,同时说明所加添加剂的种类和含量。

4.2 未使用过的改性绝缘油应不含多氯联苯(PCB)和腐蚀性硫化物。未使用过的改性绝缘油中PCB的浓度按照SH/T 0803进行检测。

注:未使用过的改性绝缘油中出现PCB或相关化合物只可能是交叉污染引起的。

4.3 应采用GB/T 21856、GB/T 21802和GB/T 21801等方法之一对改性绝缘油的生物降解性进行测试。

4.4 未使用过的改性绝缘油应无毒。

注:改性天然酯绝缘油的毒性测试可采用修改后的埃姆斯试验法或其它国际公认的试验方法,如GB/T 27861。

4.5 未使用过的改性绝缘油主要特性应满足表 1 要求。

表1 未使用过的改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法

项目 <sup>a</sup>		技术指标	试验方法
1. 物理特性			
外观		清澈透明、无沉淀物和悬浮物	目测
运动黏度 <sup>b</sup> mm <sup>2</sup> /s	100℃	≤5	GB/T 265
	40℃	≤15	
	0℃	≤90	GB/T 30515
倾点 /℃		≤-25	GB/T 3535
水含量 mg/kg		≤200	GB/T 7600
密度 (20℃) kg/m <sup>3</sup>		≤920	GB/T 1884
闪点 (闭口)		≥150	GB/T 261
2. 电气特性			
工频击穿电压(2.5mm) kV		≥40	GB/T 507
工频介质损耗因数 (tan δ) (90℃)		≤0.04	GB/T 5654
3. 化学特性			
酸值 mg KOH/g		≤0.06	GB/T 264
腐蚀性硫		非腐蚀性	GB/T 25961 或 SH/T 0804
总添加剂 (质量分数)		≤5%	IEC 60666 或其它方法
氧化安定性 <sup>c</sup>	试验时间 (h)	164	NB/SH/T 0811
	总酸值 (mg KOH/g)	0.6	
	运动黏度 (40℃) 比初始值增加量	≤30%	
	工频介质损耗因数 (tan δ) (90℃)	≤0.5	
<sup>a</sup> 改性天然酯绝缘油特性参数的含义参见附录 B。 <sup>b</sup> 当使用环境低于-20℃时，宜提供最低冷态投运温度对应的运动黏度值。 <sup>c</sup> 天然酯绝缘油和矿物绝缘油氧化安定性对比试验参见附录 C。			

## 5 改性天然酯绝缘油的现场验收和处理

### 5.1 一般要求

由于各制造商的设计、工艺可能存在差异，改性绝缘油变压器类电力设备的现场准备、注油、投运等指导说明宜由用户和制造商协商确定。所有油处理设备及其附件(如软管、管道、油罐、滤油设备等)应当保持清洁，应为改性绝缘油专用。有残余改性绝缘油的设备应密封，与空气和污染

物隔绝。油桶、油罐、储油罐等容器储存改性绝缘油时，油面宜采用干燥氮气或干燥惰性气体进行密封覆盖。

## 5.2 运输容器

改性绝缘油通常采用与其相容性良好的油桶、油罐等容器储运，所有容器应清洁、干燥、密封。

运输过程必须防日晒、防雨淋、防污染、运输车辆保持清洁，在搬运过程中应轻拿轻放，不得滚动、倒置，以防止产品损坏。

## 5.3 验收检测

未使用过的改性绝缘油运至现场后应按照标准 GB/T 7597 规定的程序进行取样，对油样的外观、运动黏度、水含量、酸值、击穿电压、介质损耗因数及闪点等性能按照表 1 规定的试验方法进行检测，检测结果满足表 1 要求方可接收。

注：检验值为基于对改性天然酯绝缘油注入变压器之前进行微粒过滤、脱气和除水处理后测得的结果。

## 5.4 用户对改性天然酯绝缘油的处理和储存

5.4.1 受条件限制不能直接把运输油罐中的油直接注入电力设备时，可把改性绝缘油注入储油罐中。改性绝缘油宜优先采用桶装方式储运。

5.4.2 宜采用户内型储油罐存储改性绝缘油，如果存放在室外，应避免阳光直射。改性绝缘油不宜储存在环境温度高或湿度大的地方(除非有干燥剂维护)，储存环境温度宜在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5.4.3 储油罐应配有法兰接口，罐内涂层应与改性绝缘油相容；

5.4.4 现有储油罐用于存储改性绝缘油应满足以下条件：

- a) 储油罐应彻底清洁并对生锈、泄漏情况进行检查处理；
- b) 储油罐中的原油应彻底排净并用改性绝缘油冲洗后才能灌注改性绝缘油，以免造成污染。

## 5.5 改性天然酯绝缘油的灌装

5.5.1 宜采用真空注油工艺，如果注油后有过多的气泡产生，应对改性绝缘油进行真空处理以充分脱气。

5.5.2 可用脱水和脱气设备对改性绝缘油进行处理。改性绝缘油的脱气应在 $60^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、真空度低于 $500\text{Pa}$ 条件下进行处理。

5.5.3 经真空脱气和过滤处理后的改性绝缘油应直接真空注入电力设备中。

## 6 改性天然酯绝缘油注油后的要求

6.1 已经注入电力设备中的改性绝缘油取样方法按照 GB/T 7597 执行。

6.2 改性绝缘油灌注完成、静置时间满足要求后，进行取样测试，性能满足表 2。

表2 注入后的改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法

项 目	电压等级分类		试验方法
	≤35kV	110 (66) kV	
外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物		目测
工频击穿电压 (2.5mm) kV	≥40	≥40	GB/T 507
工频介质损耗因数 ( $\tan \delta$ ) (90℃)	≤0.05	≤0.04	GB/T 5654
酸值 mg KOH/g	≤0.06	≤0.06	IEC 62021-3
水含量 mg/kg	≤200	≤150	GB/T 7600
运动黏度 (40℃)	≤15	≤15	GB/T 265

6.3 注入改性绝缘油的电力设备的高压试验，静置时间依据 DL/T 393 判断。

## 7 维护处理

### 7.1 取样检验

7.1.1 改性绝缘油现场取样按照 GB/T 7597 规定程序进行。

7.1.2 应对油样的外观、水含量、击穿电压、介质损耗因数等进行检测，以判断改性绝缘油的状态。

### 7.2 净化处理

7.2.1 净化处理指采用机械设备（如真空滤油机等）除去油中水分、气体和固体颗粒等影响油性能的物质。

7.2.2 如果在运输和储存改性绝缘油过程中，其水含量超过限值，应在注入设备前处理。

7.2.3 可采用高真空脱水系统降低油中溶解水含量。除脱水外，真空脱水系统还可以除去改性绝缘油中的气体和挥发性酸。但在高真空条件下，有些添加剂可能也被过滤掉，应与改性绝缘油制造商进行确认。

7.2.4 经过净化处理后的改性绝缘油性能应满足表 1 要求。

### 7.3 再生处理

再生处理前应对改性绝缘油做净化处理，特别是含有较多水分和颗粒杂质的改性绝缘油，应先对改性绝缘油除水、除杂质后再进行再生处理。再生后的改性绝缘油也应经过精密滤净化后方能使用，再生处理过程中可能除去油中的添加剂，应根据实测值决定是否补加。

### 7.4 混油和补油

7.4.1 改性绝缘油不宜与矿物绝缘油混用，如需将改性绝缘油和矿物绝缘油混合使用，应按混合后的改性绝缘油实测性能确定其适用范围。

7.4.2 不同原料来源的改性绝缘油不宜混合使用。如需将不同类型改性绝缘油的新油或已使用过的改性绝缘油混合使用，应按混合后的改性绝缘油实测性能确定其适用范围。

7.4.3 电力设备需补油时，应优先选用与电力设备内同基础油、同添加剂类型的油品。补加油品的性能应不低于设备内的原油。

SDPV

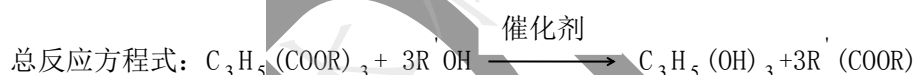
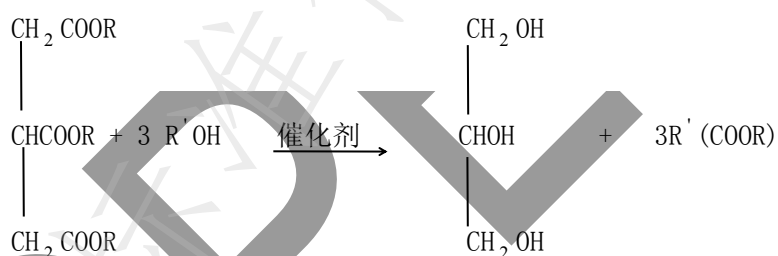
附录 A  
(资料性附录)  
改性天然酯绝缘油的工艺简介

### A.1 油脂净化

天然油脂经干燥器内进一步脱水,加漂白土和活性炭对油脂进行脱色和除去油脂中的磷酸盐等其它杂质。

### A.2 酯交换反应

净化的油脂在催化剂作用下用醇来进行酯交换反应。油脂主要是甘油三酯与醇通过酯交换制备,甘油三酯先与一个醇反应生成甘油二酯和酯,甘油二酯和醇继续反应生成甘油单酯和酯,甘油单酯和醇继续反应生成甘油和酯。其原理如下:



### A.3 中和反应釜

将含有醇的粗酯为原料,加入适量的酸或碱(以催化剂的酸碱来加)调整PH至7显示中性。将中和反应釜中含醇的粗酯泵入到闪蒸罐中,除去过量的醇,并将其泵入到过滤混合釜中,加入活性炭,漂白土等进行脱色和滤去杂质。

### A.4 主产品泵入罐区,取样检测合格后包装

将过滤混合釜中的粗酯加热进入蒸馏塔中,控制塔顶和塔底的温度和真空,馏出物经冷却分为前馏分、中间馏分、后馏分,主产品中间馏分泵入灌区储罐后取样进行相关指标检测,检测合格后充氮包装。

## 附录 B (资料性附录)

### 改性天然酯绝缘油特性参数的含义

#### B.1 物理性能

##### B.1.1 外观

通过肉眼检查未使用过的改性绝缘油应透明、无可见污染物、游离水和悬浮物。

##### B.1.2 运动黏度

运动黏度指液体流动时内摩擦力的量度。运动黏度随温度的升高而降低。本标准规定在指定温度下用运动黏度来评价绝缘油的流动性能，单位为  $\text{mm}^2/\text{s}$ ，用运动黏度的上限值作为对冷却效果的保证。随着温度升高，绝缘油运动黏度下降，下降速率取决于绝缘油的化学组分。

##### B.1.3 倾点和凝点

倾点：在规定条件下，被冷却的试样能流动的最低温度，单位为  $^{\circ}\text{C}$ 。

凝点：试样在规定条件下冷却至停止流动的最高温度，单位为  $^{\circ}\text{C}$ 。

由于测定方法和条件不同以及油品的组分和性能不同，两者有一定的差别。

##### B.1.4 水分

水分指存在于油品中的水分含量。油中水分主要以三种形态存在：溶解水、乳化水和游离水。溶解水是呈分子状态的水，借分子间存在的诱导力与分散力溶解于油中；乳化水指呈微球的乳油水珠，他们高度分散在油中而不易分离；游离水是与油有明显分界面，大都受重力作用沉积在容器的底部或者附着在器壁上。水在油中的溶解度随温度的升高而增大。油中游离水的存在或在有溶解水的同时遇到纤维杂质时，将会降低油的电气强度。将油中含水量控制在较低值，一方面是防止温度降低时油中游离水的形成，另一方面也有利于控制纤维绝缘中的含水量，还可以降低油纸绝缘的老化速率。

##### B.1.5 密度

在规定温度下，单位体积内所含物质的质量数，以  $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{g}/\text{ml}$  表示。由于油的密度受温度影响较大，标准规定的密度是指  $20^{\circ}\text{C}$  时的值。油品的密度与其化学组分有关，为了使油中水分和生成的沉淀物尽快下沉到油箱底部，要求绝缘油的密度尽量小。

##### B.1.6 界面张力

指绝缘油和纯水之间的界面分子力的作用，表现为反抗其本身的表面积增大的力。用来表征绝缘油中含有极性组分的量，单位为  $\text{mN}/\text{m}$ 。

由于改性绝缘油和矿物绝缘油固有化学性能不同，改性绝缘油的界面张力比矿物绝缘油低，改性绝缘油的界面张力典型值在  $25\text{mN}/\text{m}\sim 35\text{mN}/\text{m}$  之间。本标准没有给出改性绝缘油界面张力限值，但是当运行中的改性绝缘油界面张力比初始值降低 40% 以上时应应对改性绝缘油做进一步的检查。

## B.2 电气性能

### B.2.1 击穿电压

在规定的试验条件下，试样发生击穿时的电压。通常标准规定的均指绝缘油在工频电压作用下的击穿电压值，它表征绝缘油耐受电应力的能力，该值与绝缘油的组成和精制程度等绝缘油本质因素无关，主要受绝缘油中杂质和温度的影响。影响最大的杂质是水分和纤维，特别是两者同时存在时。绝缘油经净化处理后，不同绝缘油的击穿电压值都可得到很大提高。因此，从某种意义上说，击穿电压值不是油品本身的电气特性，而是对绝缘油物理状态的评定。

### B.2.2 介质损耗因数

它是由于介质电导和介质极化的滞后效应，在其内部引起的能量损耗，取决于油中可电离的成分和极性分子的数量，同时还受到绝缘油精制程度的影响。介质损耗因数增大，表明绝缘油受到水分、带电颗粒或可溶性极性物质的污染。它对油处理过程中的污染非常敏感，对变压器而言，内部的清洁度是至关重要的。

### B.2.3 相对介电常数

相对介电常数是在一个电容器两电极之间和周围全部由被试绝缘材料充满时的电容量与同样电极形状极板间为真空时的电容量之比。液体绝缘材料的相对介电常数很大程度上取决于试验条件，特别是温度和施压电压的频率。相对介电常数是介质极化和材料电导的度量。

## B.3 化学性能

### B.3.1 酸值

在规定条件下，中和 1 克试油中的酸性组分所消耗的氢氧化钾毫克数。除非受到污染，新油的酸值可以达到非常低的水平。绝缘油经过氧化试验后，酸值是作为评定该油氧化安定性的重要指标之一，它既是反映绝缘油早期劣化阶段的主要指标，也是运行性能指标。

### B.3.2 腐蚀性硫

指存在于油品中的腐蚀性硫化物（含游离硫）。某些活性硫化物对铜、银等金属表面有很强的腐蚀性，特别是在温度作用下，能与铜导体化合形成硫化铜浸蚀绝缘纸，从而降低绝缘强度。因此，改性绝缘油中不允许存在腐蚀性硫。

### B.3.3 添加剂

添加剂可包含抗氧化剂、金属钝化剂、降凝剂等。抗氧化剂可以延缓改性绝缘油的氧化，避免凝胶和酸性物质的形成，例如 2,6-二叔丁基对甲酚（DBPC），即 BHT。添加剂的检测方法参照 IEC 60666 或其它合适方法。所有添加剂的质量分数应低于 5%。改性绝缘油供应商应告知用户所有添加剂的类型及抗氧化剂和钝化剂的浓度。最初的添加剂类型和浓度对于改性绝缘油变压器的运行和维护指导非常有用。

### B.3.4 氧化安定性

它表征绝缘油抵抗氧气、温度等作用而保持其性能不发生永久变化的能力，是绝缘油的一项重要性能指标。

## B.4 健康、安全和环境（HSE）性能

### B.4.1 多氯联苯（PCB）

在联苯分子中两个或两个以上的氢原子被氯原子取代后，得到的一些同分异构体和同系物混合而成的绝缘液体。PCB 是一种有毒化合物，会对肝脏、神经和内分泌系统等造成损伤，也是致癌物质，因而被严格控制。但是，由于其电气性能良好、燃点高，过去曾被一些国家作为绝缘介质使用，在我国曾有少量电容器使用过。未使用过的改性绝缘油应不含任何多氯联苯，为防止改性绝缘油受到污染应控制 PCB 的引入。

### B.4.2 生物降解

生物降解一般指微生物的分解作用，有可能是微生物的有氧呼吸，也可能是微生物的无氧呼吸。自然界存在的微生物分解物质对环境不会造成负面影响。改性绝缘油比矿物绝缘油环境相容性更好，需采取生物降解性试验来验证绝缘油的生物降解性。有机污染物根据其生物降解性分为：

- a) 可生物降解物质，如单糖、淀粉、蛋白质等；
- b) 难生物降解物质，如纤维素、农药、烃类等；
- c) 不可生物降解物质，如塑料、尼龙等。

改性绝缘油应属于可生物降解物质。

### B.4.4 毒性

又称生物有害性，一般是指外源化学物质与生命机体接触或进入生物活体体内后，能引起直接或间接损害作用的相对能力，或简称为损伤生物体的能力。改性绝缘油的毒性测试可以采用修改后的埃姆斯试验法或其它国际公认的试验方法，无污染的改性绝缘油应为无毒。

## 附录 C (规范性附录)

### 天然酯绝缘油和矿物绝缘油氧化安定性试验

#### C.1 概述

天然酯绝缘油采用 NB/SH/T 0811 相似的加速老化试验方法进行氧化安定性评价（见 DL/T 1811 附录 A）。在待测天然酯绝缘油样品中放入固体铜催化剂，向油中通入恒定体积的空气，在 120℃ 温度下保持 48h，通过测定氧化后油品的挥发性酸值、油溶性酸值、沉淀物含量、黏度和介质损耗因数来评价抗氧化能力。

矿物绝缘油按照 NB/SH/T 0811 试验方法进行氧化安定性评价。在待测样品中放入固体铜催化剂，恒速通入空气，在 120℃ 温度下保持 164h，通过测定氧化后油品的挥发性酸值、油溶性酸值和沉淀物含量来评价抗氧化能力。

#### C.2 试验条件

矿物绝缘油加速老化时间设定为 164h，天然酯绝缘油加速老化时间设定为 48h，其他试验条件，例如绝缘油的数量、铜丝催化剂的长度和直径，氧化温度和氧化剂（空气）流量等都完全相同。

#### C.3 精密度

##### C.3.1

通过对商用天然酯绝缘油的罗宾循环试验 48h 后得到的精度值见表 C.1

表 C.1 各性能的重复性和再现性

性能	重复性 r (%)	再现性 R (%)
运动粘度 (40℃)	5	7.5
总酸值	13	38
油泥	22	57
介质损耗因素 (90℃)	-	47

注 1：重复性 (r) 是指同一个实验室在 95% 的置信水平下给出的重复值。  
注 2：再现性 (R) 是指不同的实验室在 95% 的置信水平下给出的重复值。

##### C.3.2

未加抑制剂矿物绝缘油 164h 实验后的精密度数值见表 C.2

表 C.2 精密度

性能	重复性 r (%)	再现性 R (%)
总酸值 (mgKOH/g)	16%X	52%X
沉淀物 (%)	24%X	87%X

注 1:  $\bar{X}$  为测试结果的算术平均值。

注 2: 重复性 ( $r$ ) 是指同一操作者使用相同仪器, 对同一试样测得的试验结果之差不应大于表中规定的值。

注 3: 再现性 ( $R$ ) 是指不同操作者在不同实验室使用不同的仪器, 对同一试样测得的试验结果之差不应大于表中规定的值。

SDPV

## 参 考 文 献

- [1] OECD 201-203 生态毒性试验导则 (OECD 201-203, Test Guidelines for ecotoxicity)
- [2] OECD 301 欧洲理事会化学品试验导则 (OECD 301, Guideline for testing of chemicals adopted by European Council on July 17th1992)
- [3] US EPA 835.311 美国环保署农药和有毒物质预防办公室(OPPTS)835.311, 运输和转化试验导则 (US EPA, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances (OPPTS) 835.311. Fate, Transport and Transformation Test Guidelines)
- [4] EPA 600/4.82.068 沙门氏菌/微粒体的诱变化验 (埃姆斯试验) 暂行办法 (Interim procedure for conducting the salmonella/microsomal mutagenicity assay (Ames Test))