

附件 1  
ICS 号  
中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/SDPEA 0011-2018

---

## 电力设备用改性天然酯绝缘油

Modified Natural ester liquids for power equipment

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布 XXXX-XX-XX 实施

山东省电力企业协会 发布



目 次

前言..... II

1 范围..... 3

2 规范性引用文件..... 3

3 术语和定义..... 4

4 未使用过的改性天然酯绝缘油选用要求..... 5

5 改性天然酯绝缘油的现场验收和处理..... 6

6 改性天然酯绝缘油注油后的要求..... 7

7 改性天然酯绝缘油的维护处理..... 8

附录 A(规范性附录)改性天然酯绝缘油氧化安定性试验..... 9

附录 B(资料性附录)改性天然酯绝缘油特征参数的含义..... 10

# 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。

本标准由山东电力企业协会提出。

本标准由电力行业电力变压器标准化技术委员会（DL/TC 02）归口。

本标准主要起草单位： .....

本标准主要起草人： .....

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标准执行办公室（地址：济南市历下区经十路 9777 号鲁商国奥城 4 号楼 3 层，250000，网址：<http://www.sdpea.org>）。

# 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、注入变压器后的性能要求及维护处理等。

本标准适用于用于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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

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 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

DL/T 419 电力用油名词术语

NB/SH/T 0811 未使用过的烃类绝缘油氧化安定性测定法

NB/SH/T 0812 矿物绝缘油中 2-糠醛及相关组分测定法

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)

OECD 201-203 生态毒性试验导则 (OECD 201-203, Test Guidelines for ecotoxicity)

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 17th 1992)

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)

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))

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标准。

为了便于使用, 以下重复列出了 GB/T 2900.95 中的某些术语和定义。

3.1

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，并通过酯交换或其他化学反应得到的酯类绝缘油。

3.2

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

没有使用过，也没有与其它电气设备或生产、贮存、运输过程中不需要的设备接触过的新油。

注：未使用过的改性天然酯绝缘油应不含多氯联苯、多氯三联苯 (PCB, PCT)

或腐蚀性硫化合物。

4 技术要求

4.1 改性天然酯绝缘油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 未使用过的改性天然酯绝缘油应不含多氯联苯 (PCB)。未使用过的改性天然酯绝缘油中 PCB 的浓度按照 SH/T 0803 进行检测。

4.3 应采用 GB/T 21856、GB/T 21802、GB/T 21801 等方法对改性天然酯绝缘油的生物降解性进行测试。

4.4 未使用过的改性天然酯绝缘油应无毒。

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，例如 GB/T 21757、GB/T 27861。

4.5 未使用过的改性天然酯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		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>a</sup> mm <sup>2</sup> /s	100℃	≤5	GB/T 265  GB/T30515
	40℃	≤15	
	0℃	≤90	
倾点 °C		≤-25	GB/T 3535
水含量 mg/kg		≤100	GB/T 7600
密度 (20℃) kg/m <sup>3</sup>		≤920	GB/T 1884
闪点（闭口）		≥135	GB/T 261
2.电气特性			
击穿电压 <sup>b</sup> (2.5mm) kV		≥40	GB/T 507
介质损耗因数 (tanδ) (90℃)		≤0.04	GB/T 5654
3.化学特性			

酸值 mg KOH/g		≤0.06	GB/T264
腐蚀性硫		非腐蚀性	GB/T 25961 或 SH/T 0804
总添加剂（质量分数）		≤5%	IEC60666 或其它方法
氧化安定性	实验方法参见 DL/T 1811 附录 A 总酸值 《0.6 介损 《0.5 运动黏度增加值 《30%		NB/SH/T0811
a 当所提供的改性天然酯绝缘油倾点低于-20℃时，宜提供最低冷态投运温度对应的运动黏度值。			
b 未使用过的改性天然酯绝缘油交付时的击穿电压测试值。			

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，改性天然酯绝缘油变压器的现场准备、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(如软管、管道、油罐、滤油设备等)应当保持清洁，应为改性天然酯绝缘油专用。有残余改性天然酯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天然酯绝缘油时，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

改性天然酯绝缘油通常采用与改性天然酯绝缘油相容性良好的油桶、油罐等容器储运，所有容器应清洁、干燥、密封。

5.3 验收检测

未使用过的改性天然酯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：检验值是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变压器时，可把改性天然酯绝缘油注入储油罐中。改性天然酯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天然酯绝缘油，如果存放在室外，应避免阳光直射。改性天然酯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℃~40℃范围内。

- 5.4.3 储油罐应配有法兰接口，罐内涂层应与改性天然酯绝缘油相容；
- 5.4.4 现有变压器油储油罐用于存储改性天然酯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) 储油罐中的变压器油应彻底排净并用改性天然酯绝缘油冲洗后才能灌注改性天然酯绝缘油，以免造成污染。

5.5 改性天然酯绝缘油的灌装

5.5.1 改性天然酯绝缘油变压器宜选用真空注油工艺，如果注油后有过多的气泡产生时，应对改性天然酯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天然酯绝缘油进行处理。改性天然酯绝缘油的脱气应在 60℃至 100℃、真空度低于 500Pa 条件下进行处理，确保彻底脱去之前引入的气体 and 水分。

5.5.3 经过真空脱气和过滤处理后的改性天然酯绝缘油应直接真空注入变压器中。

6 改性天然酯绝缘油注油后的要求

- 6.1 已经注入变压器中的改性天然酯绝缘油取样方法按照 GB/T 7597 中规定的程序执行。
- 6.2 改性天然酯绝缘油灌注完成、静置时间满足要求后，对变压器中的改性天然酯绝缘油进行取样测试，改性天然酯绝缘油性能满足表 2 的要求后方可通电。

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
击穿电压（2.5mm）kV	≥40	≥40	GB/T 507
介质损耗因数（tanδ）（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	≤150	≤120	GB/T 7600
运动黏度（40℃）	≤15	≤15	GB/T 265

6.3 注满改性天然酯绝缘油的变压器静置时间 DL/T 393 后方可进行高压试验。

7 维护处理

7.1 取样检验

- 7.1.1 改性天然酯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，以判断改性天然酯绝缘油的状态。

7.2 净化处理

7.2.1 本标准中的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。



7.2.2 如果在运输和储存绝缘油过程中绝缘油水含量超过限值则不能直接注入变压器，需进行必要的除水处理。

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，应与绝缘油制造商进行确认。

7.2.4 经过净化处理后的改性天然酯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天然酯绝缘油，应先对绝缘油除水、除杂质后再进行再生处理。再生后的绝缘油也应经过精密过滤净化后才能使用，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 改性天然酯绝缘油不宜与矿物绝缘油混用，如需将改性天然酯绝缘油和矿物绝缘油混合使用，应按混合后的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天然酯绝缘油不宜混合使用。如需将不同类型改性天然酯绝缘油的新油或已使用过的改性天然酯绝缘油混合使用，应按混合后的绝缘油实测性能确定其适用范围。

7.4.3 变压器需补油时，应优先选用与变压器内相同的同一基础油、同一添加剂类型的油品。补加油品的性能应不低于设备内的原油。

附 录

(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天然酯绝缘油应透明、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 mm<sup>2</sup>/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℃。

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℃。

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滴，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  $\text{g/cm}^3$  或  $\text{g/ml}$  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℃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  $\text{mN/m}$ 。

由于改性天然酯绝缘油和矿物绝缘油固有化学性能不同，改性天然酯绝缘油的界面张力比矿物绝缘油低，改性天然酯绝缘油的界面张力典型值在  $25\text{mN/m} \sim 30\text{mN/m}$  之间。本标准没有给出改性天然酯绝缘油界面张力限值，但是当运行中的改性天然酯绝缘油界面张力比初始值降低 40% 以上时应对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，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天然酯绝缘油的氧化，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%。改性天然酯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天然酯绝缘油变压器的运行和维护指导非常有用。

**B.3.4 2-糠醛**

用目前测试方法测到的呋喃化合物中的主要成分，通常称为 2-糠醛。在新油中表征某些绝缘油在炼制过程中经糠醛精制后的残留量，与绝缘油的性能无关。运行中的绝缘油，则可由 2-糠醛含量了解变压器中纤维绝缘的老化程度。限制新油中的含量是为了尽量避免对运行中绝缘老化程度判断的干扰。

未使用过的改性天然酯绝缘油中应不含 2-糠醛。绝缘油中 2-糠醛及相关化合物应按 NB/SH/T 0812 进行检测，未使用的改性天然酯绝缘油中也可能存在痕量的某些呋喃化合物。

**B.3.5 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物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。未使用过的改性天然酯绝缘油应不含任何多氯联苯，为防止改性天然酯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。改性天然酯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。

改性天然酯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。改性天然酯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，无污染的改性天然酯绝缘油应为无毒。