

团 体 标 准

T/SHJNXH 0026—2025

配电变压器置换改性天然酯绝缘油 技术规程

Technical specification for replacing mineral oil with modified oil for oil-immersed
distribution transformers

2025 - 12 - 30 发布

2025 - 12 - 30 实施

上海市节能协会 发布

目 录

前 言	III
引 言	IV
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 一般要求	6
4.1 改性天然酯绝缘油	6
4.2 固体绝缘材料	6
4.3 导线绝缘涂层	6
4.4 套管	6
4.5 分接开关	6
4.6 密封材料	6
4.7 油箱夹件内部油漆	6
4.8 冷却装置	6
4.9 油箱和储油柜	6
4.10 粘合剂（胶水）	7
4.11 气体继电器	7
4.12 油位计	7
4.13 相容性	7
5 温升限值	7
6 改性天然酯绝缘油置换过程要求	7
6.1 置换方式	7
6.2 混油和注油要求	8
6.3 更换密封件	8
7 试验	8
附 录 A （资料性） 改性天然酯绝缘油的工艺简介	10
附 录 B （规范性） 未使用过的改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法	11
附 录 C （规范性） DL-7 绝缘油和其它材料相容性参考	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由上海市节能协会提出并归口。

本文件起草单位：国网上海市电力公司、国网上海奉贤供电公司、国网上海电科院、上海久隆电力（集团）有限公司变压器修试公司、上海慧逸电气设计中心、江苏樱花化研化工有限公司、上海富矾电机变压器有限公司、上海闸电东海电力工程有限公司、上海信宇电力工程公司、重庆大学。

本文件主要起草人：崔浩、陆志浩、吴欣焯、陆磊、张星、沈晨、徐春峰、盛连军、张欢欢、勾衬衬、邓先钦、孟鑫、王坚、陈伟华、戴志荣、潘军、彭勃、葛海华、钟永兴、黄正勇。

本文件承诺执行单位：国网上海奉贤供电公司、上海久隆电力（集团）有限公司变压器修试公司、上海慧逸电气设计中心、江苏樱花化研化工有限公司、上海富矾电机变压器有限公司、上海闸电东海电力工程有限公司、上海信宇电力工程公司。

本文件属于首次发布。

引 言

为贯彻落实国家碳达峰、碳中和战略部署，积极响应《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》要求，助力电力行业绿色转型和高质量发展，特制定《配电变压器置换改性天然酯绝缘油技术规程》。

2022年9月，国网上海市电力公司奉贤供电公司、上海慧逸电气设计中心等单位启动了“植物油（改性酯油）技术在配网变压器中的研究及应用”科技项目；2022年12月，置换改性天然酯绝缘油的10千伏配电变压器在上海顺利挂网运行。该项目研究成果和设备挂网运行跟踪检测情况，为制定本标准奠定了坚实的基础，本标准较好地体现了创新性、引领性和必要性。

目前，改性天然酯绝缘油的采购成本高于矿物油，但从全生命周期的节能效益、环保价值、安全成本和设备长寿命来看，对比矿物油具有显著优势。主要表现在：一是可再生、可快速生物降解；二是更高的防火安全性；三是延长设备寿命，降低综合成本；四是优异的电气与散热性能；五是契合能源转型和“双碳”目标。有序推动传统矿物油配电变压器置换改性天然酯绝缘油具有积极的现实意义。

配电变压器置换改性天然酯绝缘油技术规程

1 范围

本文件规定了矿物绝缘油配电变压器置换改性天然酯绝缘油的一般要求、温升限值、置换过程要求、试验要求等。

本文件适用于容量 3150kVA 及以下，额定电压 35kV 及以下油浸式配电变压器和 10kV 级箱式变站内油浸式配电变压器，置换改性天然酯绝缘油的变压器应满足 GB/T 1094.1、GB/T 17468 的有关规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则

GB/T 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升

GB/T 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB/T 1094.4 电力变压器 第 4 部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则

GB/T 1094.7 电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则

GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求

GB/T 7597 电力用油（变压器油、汽轮机油）取样方法

GB/T 13234 用能单位节能量计算方法

GB/T 17468 电力变压器选用导则

GB/T 25446 油浸式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求

GB/T 28750 节能量测量和验证技术通则

GB/T 32045 节能量测量和验证实施指南

GB/T 44663 绝缘液体 电气用未使用过的改性或混合酯

JB/T 501 电力变压器试验导则

IEC 63012-2019 绝缘液体 电气用未使用过的改性或混合酯 (Insulating liquids—Unused modified or blended esters for electrotechnical applications)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

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，见附录 A。

3.2

改性天然酯绝缘系统 conventional insulation system

满足耐热等级为105℃（A级）固体绝缘材料，改性天然酯绝缘油组成的绝缘系统。

4 一般要求

运行于电网的常规A级绝缘系统的矿物绝缘油全密封配电变压器。

4.1 改性天然酯绝缘油

改性天然酯绝缘油应符合GB/T 44663 绝缘液体电气用未使用过的改性或混合酯第5章的要求，见附录B。

4.2 固体绝缘材料

固体绝缘材料应满足A级绝缘系统耐热等级要求。

4.3 导线绝缘涂层

导线绝缘涂层应满足绝缘系统耐热等级要求，且绕组导线所用绝缘漆应与改性天然酯绝缘油进行相容性试验且结果合格。

4.4 套管

套管的选用应与绝缘系统的温升匹配，且高压采用肘型套管时，应满足材料相容性，高、低压套管应满足变压器额定电流120%长期运行。

4.5 分接开关

与绕组导线连接的触头材料耐温以及触头材料（例如镀锌铜板）应符合与改性天然酯绝缘油在较高温度下的相容性要求。变压器分接开关应根据变压器满足120%电流温升限值进行选择。

4.6 密封材料

密封垫应采用抗老化、抗龟裂、抗紫外线制品，密封材料性能不应受改性天然酯绝缘油影响。变压器密封面应密封良好，并应有防氧化老化措施。所用的材料在使用温度下应与改性天然酯绝缘油具有良好的相容性。

4.7 油箱夹件内部油漆

变压器油箱、夹件内部油漆应与改性天然酯绝缘油相容。

4.8 冷却装置

改性天然酯绝缘油运动黏度小，较常规矿物油压器可提高冷却器的散热功率。散热器宜采用片式散热器，满足120%（容量）运行时散热器不发生塑性永久变形，提高防爆燃等级。

4.9 油箱和储油柜

油箱内壁及器身紧固金属件等不得采用热镀锌工艺。采用改性天然酯绝缘油变压器应为全密封变压器型式，取消储油柜结构。

4.10 粘合剂（胶水）

变压器内部使用的粘合剂（胶水）应适用于相对应的运行温度且与改性天然酯绝缘油相容。

4.11 气体继电器

气体继电器的选用和保护整定宜与改性天然酯绝缘油、运行温度及可能产生的气体相适应。

4.12 油位计

油位计的材质应与改性天然酯绝缘油相容，油位计中的改性天然酯绝缘油不应受到阳光照射。

4.13 相容性

上述材料与改性天然酯绝缘油相容性见附录C。

5 温升限值

过负荷运行能力。

绝缘系统变压器的最高过负荷温度限值参考，GB/T 1094.7 电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则。

表 1 绝缘系统变压器的最高过负荷温度限值

项目	改性天然酯绝缘系统
固体高温绝缘最低耐热等级要求	105
绝缘系统的参考温度（℃）	75
顶层油温（正常周期性负载）（℃）	105
顶层油温（长期应急性负载）（℃）	115
顶层油温（短期应急性负载）（℃）	115
绕组热点（正常周期性负载）（℃）	120
绕组热点（长期应急性负载）（℃）	140
绕组热点（短期应急性负载）（℃）	160

置换改性天然酯绝缘油的变压器还可用于负荷较重地区、箱式变电站内油浸式配电变压器和对环保要求较高的区域。

6 改性天然酯绝缘油置换过程要求

6.1 置换方式

6.1.1 工厂置换

对能长时间停电的矿物油变压器优先采用工厂置换改性天然酯绝缘油，其流程一般为常规工厂试验后，对器身进行干燥后以排除器身内矿物（绝缘）油，变压器绝缘密封件更换后，注入合格改性天然酯绝缘油。

6.1.2 现场置换

对不能长时间停电，或者返厂困难的矿物油变压器可采用现场置换改性天然酯绝缘油，在置换前应进行变压器运行状态评估（电阻测试、绝缘电阻、油样测试）合格后，在现场满足抽油及足够静放时间后，再注入合格的改性天然酯绝缘油。特殊情况时增加对改性天然酯绝缘油现场处理，包括：热油循环、真空过滤过程。满足静放时间前提下，现场交接试验合格后，方可投入运行。

6.2 混油和注油要求

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，应按混合后的改性绝缘油实测性能确定其适用范围。混油后矿物油比例应控制在10%以内，置换后现场取油样，检测合格后，方可投入运行。进行改性天然酯绝缘油置换时可能产生混油和注油，（工厂内）电力设备需注油时，应优先选用与电力设备内同油基、同添加剂类型的改性天然酯绝缘油。补加改性天然酯绝缘油的性能应不低于设备内的改性绝缘油。

6.3 更换密封件

上述二种场合置换改性天然酯绝缘油应对产品密封件更换。

7 试验

7.1 试验项目

长期运行矿物油变压器的试验项目和要求应按照GB/T 1094.1、GB/T 6451或GB/T 25446的有关规定执行。

7.2 试验方法

置换改性天然酯绝缘油的变压器试验可参照GB/T 1094.1执行。但对因置换油使产品负荷特性优化特点需进行相关试验认证。

试验方法应符合GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.4、GB/T 6451、GB/T 25446和JB/T 501的有关规定。

7.3 试验要求

7.3.1 负荷特性试验要求

35kV及以下电压等级改性天然酯绝缘油配电变压器应具备短时过载能力，在最高运行油位下完成温升试验后再施加1.5倍额定负载，持续运行2h后应满足下列要求：油箱波纹或片式散热器的变形量在规定范围内。

7.3.2 油样试验要求

改性天然酯绝缘油变压器在制造厂内注油后的静置时间宜满足表2要求。满足静置时间要求后，按照GB/T 7597的规定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应满足表3的要求后，方可对改性天然酯变压器按新品的出厂要求进行高压试验。置换改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法应满足表4要求。

表 2 改性天然酯绝缘油变压器注油后静置时间

电压等级 kV	静置时间 h
<35	≥12
35	≥24
注：可根据实际环境温度、变压器容量等适当延长或缩短静放时间。	

表3 改性天然酯绝缘油变压器注油后现场（推荐）静置时间

电压等级 kV	静置时间 h
<35	≥4
35	≥12
注：可根据实际环境温度、变压器按现场交接试验标准考核。	

表 4 置换改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法

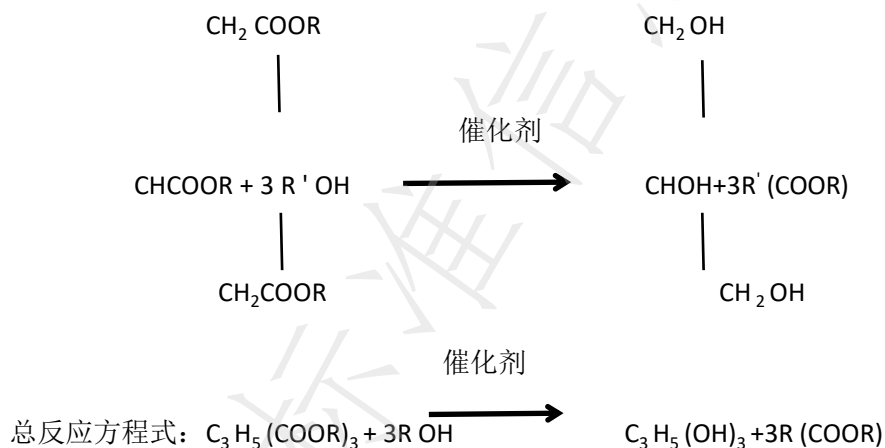
项 目	性能指标	试验方法
	35kV	
外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物	目测
击穿电压(2.5mm) kV	≥40	GB/T 507
介质损耗因数 (tan δ) (90℃)	≤0.07	GB/T 5654
酸值 mg KOH/g	≤0.06	IEC 62021-3 或 GB/T 264
水含量 mg/kg	≤200	GB/T 7600 或 NB/T 42140
运动粘度 (40)	≤15	GB/T 265
<p>注：35kV 以下电压等级改性天然酯绝缘油变压器的试验项目和要求可参照 35kV 规定执行。 检验值为基于对改性天然酯绝缘油注入变压器之前进行微粒过滤、脱气和除水处理后测得的结果。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 判断变压器绝缘电阻置换前后需要进行测试，并记录作比较，其中介质损耗因数数值仅作参考；增加吸收比测试，来判断器身干燥状态。运行一段时间后产品油样测试跟踪。</p>		

附 录 A
(资料性)
改性天然酯绝缘油的工艺简介

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. 1 酯交换反应

精华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. 2 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. 3 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
(规范性)

未使用过的改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法

未使用过的改性天然酯绝缘油技术要求和试验方法。

表 B.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 ^a		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 ^b mm ² /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 ³		≤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 (tanδ) (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 ^c	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 (tanδ) (90℃)	≤0.5	
<p>a 改性天然酯绝缘油特性参数的含义参见附录B。</p> <p>b 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。</p> <p>c 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。</p>			

附 录 C
(规范性)

DL-7 绝缘油和其它材料相容性参考

说明：变压器灌注变压器油之前，变压器厂家需要对新绝缘油和内部固体绝缘材料做相容性试验，以下基于有限的试验得到的附表相容性试验结果仅供参考。

绝缘油	相容结果	原材料/组部件名称
樱花绝缘油 DL-7	相容	硅钢片、钢板、裸铜/铝、铜/铝制的电磁浸漆线、牛皮纸、层压纸板、菱格绝缘纸、普通白纸、纸管、皱纹纸管、硫化纤维板、聚酰胺带、玻璃纤维、环氧树脂、聚酯、酚醛树脂、涤纶、玻璃丝/层压板、松木块、耐高温尼龙及其绑扎带、丙烯酸酯带、UPM203不饱和聚酯玻璃纤维毡板材料、丁腈含量 $\geq 35\%$ 的NBR、HNBR、氟橡胶、聚四氟乙烯。
	不相容	硅油、三元乙丙橡胶（EPDM）、天然橡胶、丁苯橡胶、丁腈含量小于35%的NBR、聚苯乙烯、聚醋酸乙烯粘合剂（白乳胶）、交联结构聚氨酯（XLPE、Raychem ZHTM）、AQP聚烯烃弹性体（Raychem HX-SCE）、硅酮密封胶、环氧铁红底漆、镀锌钢材及镀锌漆材料。