

天然酯绝缘油变压器交接试验技术规范

Technical specification for hand-over test of natural ester insulating oil-immersed
power transformers

2024 - 12 - 30 发布

2025 - 01 - 30 实施

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专利的责任。本

文件由山东省能源局提出并组织实施。

本文件由山东省能源标准化技术委员会归口。

天然酯绝缘油变压器交接试验技术规范

1 范围

本文件规定了天然酯绝缘油变压器在现场安装后、投入运行前交接验收试验的技术要求、试验项目、试验方法及判定准则。

本文件适用于电压等级为10 kV～220 kV的天然酯绝缘油变压器（以下简称“天然酯变压器”）。天然酯绝缘油电抗器等同类设备参照本文件执行。

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 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法
GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
GB/T 507 绝缘油 击穿电压测定法
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 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
GB/T 3535 石油产品倾点测定法
GB/T 3536 石油产品 闪点和燃点的测定 克利夫兰开口杯法
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 7600 运行中变压器油和汽轮机油水分含量测定法（库仑法）
GB/T 25961 电气绝缘油中腐蚀性硫的试验法
GB 50150 电气装置安装工程 电力设备交接试验标准
DL/T 1811 电力变压器用天然酯绝缘油选用导则
DL/T 1977 矿物绝缘油氧化安定性的测定 差示扫描量热法
DL/T 2484 天然酯绝缘油电力变压器选用导则
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

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。

注：主要成分是甘油三酯。

4 试验条件

4.1 本文件中规定的常温范围为 10℃～40℃。

4.2 在进行与温度和湿度有关的各种试验时（如测量直流电阻、绝缘电阻、 $\tan\delta$ 、泄漏电流等），应同时测量被试品的温度和周围空气的温度和湿度。

4.3 试验时温度不宜低于 5℃，设备表面应清洁、干燥。对不满足上述温度条件下，测得的试验数据应进行综合分析，以判断电气设备是否可以投运。试验时，应注意环境温度的影响，以被试设备上层油温作为测试温度。

4.4 在进行直流高压试验时，应采用负极性接线。

4.5 针对特殊进线的设备，其交接试验宜在与周边设备连接前单独进行，当单独无法进行试验或须与电缆、GIS 等通过油气、油套管等连接后方可进行试验的，宜考虑相互间的影响。

5 试验项目

5.1 容量为 1 600 kVA 以上的天然酯变压器现场交接试验项目，应包括下列内容：

- a) 油中溶解气体分析（适用于 35 kV 及以上电压等级、8 000 kVA 及以上容量）；
- b) 绕组连同套管的直流电阻；
- c) 绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数；
- d) 绕组连同套管的介质损耗因数和电容量；
- e) 套管试验；
- f) 绝缘油试验；
- g) 绕组连同套管的耐压试验；
- h) 铁心和夹件的绝缘电阻（有外引接地线的）；
- i) 变压器绕组电压比；
- j) 三相变压器的接线组别或单相变压器极性；
- k) 绕组连同套管的带有局部放电测量的感应电压试验；
- l) 低电压空载电流测量；
- m) 短路阻抗测量；
- n) 有载调压装置的检查和试验；
- o) 测温装置试验；
- p) 气体继电器试验；
- q) 压力释放阀试验；
- r) 套管电流互感器试验；
- s) 声级试验；
- t) 变压器绕组变形试验。

5.2 容量为 1 600 kVA 及以下天然酯变压器，按 5.1 中第 b)、c)、e)、f)、g)、h)、i)、j)、n)、o) 试验项目进行。

6 试验方法及判定准则

6.1 油中溶解气体分析

6.1.1 应至少进行两次检测，一次在注油静置后，一次在耐压和局部放电试验后；试验后取样间隔应为同电压等级矿物绝缘油电力变压器规定时间的 1.5 倍，且不应少于 24 h。

6.1.2 新装变压器的油在两次检测中，任一项溶解气体含量中氢气不应超过含 100 $\mu\text{L/L}$ 、乙炔不应超过 0.1 $\mu\text{L/L}$ 。

6.2 绕组连同套管的直流电阻

6.2.1 试验方法按照 GB 50150 的规定执行。

6.2.2 1 600 kVA 及以下三相变压器，各相绕组相互间的差别不应大于 4%；无中性点引出的绕组，线间各绕组相互间差别不应大于 2%；1 600 kVA 以上变压器，各相绕组相互间差别不应大于 2%；无中性点引出的绕组，线间相互间差别不应大于 1%。

6.2.3 与相同温度下的出厂值比较，其变化不应大于 2%。

6.3 绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数

6.3.1 宜采用 2 500 V 或 5 000 V 兆欧表进行测量。

6.3.2 测量宜在顶层油温低于 50 $^{\circ}\text{C}$ 时进行，并记录顶层油温。

6.3.3 绝缘电阻值不宜小于 300 $\text{M}\Omega$ ，且不宜低于出厂试验值（或上次试验值）的 70%（大于 2 000 $\text{M}\Omega$ 不考虑）。

6.3.4 吸收比在常温下不宜小于 1.3，极化指数在常温下不宜小于 1.5，当 R_{60} 大于 2 000 $\text{M}\Omega$ （20 $^{\circ}\text{C}$ ）时，极化指数可不作考核要求。

6.4 绕组连同套管的介质损耗因数和电容量

6.4.1 宜在顶层油温低于 50 $^{\circ}\text{C}$ 时试验，并记录顶层油温和空气相对湿度，应注意温度对 $\tan\delta$ 值的影响。

6.4.2 90 $^{\circ}\text{C}$ 时的 $\tan\delta$ 不大于下列数值：

——66 kV~220 kV：0.02；

——35 kV 及以下：0.04。

6.4.3 $\tan\delta$ 值不应大于出厂值的 130%。一般 $\tan\delta$ 出厂值较小（小于限值的 30%）时，可不作考核。

6.4.4 电容量与出厂试验值相比不应有明显变化。

6.5 套管试验

6.5.1 套管绝缘采用非天然酯绝缘油的，按照 GB 50150 的规定执行。

6.5.2 套管绝缘采用天然酯绝缘油的，除按照 GB 50150 的规定执行外，绝缘油部分应满足 6.1 和 6.6 的规定。

6.6 绝缘油试验

6.6.1 未使用过的绝缘油验收试验，按照 DL/T 1811、DL/T 2484 的规定执行。

6.6.2 当设备不具备取油条件或按本文件有关规定无需取油时，不宜进行交流耐压试验。

6.6.3 天然酯绝缘油注入变压器后通电投运前，天然酯绝缘油试验项目和标准要求按照表 1 规定执行。

表1 天然酯绝缘油的试验项目和标准要求

序号	项目	电压等级分类			试验方法
		≤35kV	110（66）kV	220kV	
1	外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物			目测
2	击穿电压（2.5mm） kV	≥45	≥55	≥60	GB/T 507
3	介质损耗因数（tanδ）（90℃）	≤0.07	≤0.05	≤0.05	GB/T 5654
4	酸 值 mg KOH/g	≤0.06	≤0.06	≤0.06	IEC 62021-3
5	水含量 mg/kg	≤200	≤150	≤100	GB/T 7600
6	运动黏度（40℃） mm ² /s	≤50	≤50	≤50	GB/T 265
7	闪点 ℃	≥250	≥250	≥250	GB/T 261

6.6.4 补油或混合油使用的规定。当绝缘油需要进行混合时，在混合前应按混油的实际使用比例先取混油样进行分析，其结果应符合 DL/T 1811 有关规定。混油后绝缘油的性能还应满足表 1 规定。

6.6.5 当对天然酯绝缘油的性能存疑时，应按附录 A 的全部试验项目进行。

6.7 绕组连同套管的耐压试验

- 6.7.1 试验方法按照 GB 50150 的规定执行。
- 6.7.2 外施交流电压试验电压的频率不应低于 40 Hz。
- 6.7.3 工频交流耐压试验时加至试验标准电压后的持续时间，凡无特殊说明时均为 1 min；其他耐压试验方法的施加时间，根据有关设备的试验规定执行。
- 6.7.4 非标准电压等级的天然酯变压器的交流耐压试验值，可根据本文件规定的相邻电压等级按比例采用插值法计算。如有特殊要求，按照天然酯变压器相关技术文件规定执行。
- 6.7.5 进行耐压试验时，应尽量将连在一起的各种设备分离开来单独试验（制造厂装配的成套设备不在此限），但同一试验电压的设备可以连在一起进行试验。已有单独试验记录的若干不同试验电压的电力设备，在单独试验有困难时，也可以连在一起进行试验，此时，试验电压应采用所连接设备中的最低试验电压。
- 6.7.6 天然酯变压器在注油后应有足够的静置时间才可进行耐压试验。静置时间如无制造厂规定，则根据设备的额定电压应满足以下要求：220 kV 设备静置时间不应小于 96 h；110 kV 设备静置时间不应小于 60 h；35 kV 设备静置时间不应小于 48 h；35 kV 以下设备静置时间不应小于 24 h。

6.8 铁心和夹件的绝缘电阻（有外引接地线的）

宜采用2 500 V兆欧表，铁心、夹件分别引出接地的，还应测量铁心对夹件的绝缘电阻。绝缘电阻值换算至同一温度下与前期测试数据相比不应有显著变化，不宜低于出厂试验值（或上次试验值）的70%。

6.9 变压器绕组电压比

- 6.9.1 试验方法按照 GB 50150 的规定执行。
- 6.9.2 电压等级在 35 kV 以下，电压比小于的变压器电压比允许偏差应为±1%；其他所有变压器额定分接下电压比允许偏差不应超过±0.5%；其他分接的电压比应在变压器阻抗电压值（%）的 1/10 以内，且允许偏差应为±1%。

6.10 三相变压器的接线组别或单相变压器极性

6.10.1 试验方法按照 GB 50150 的规定执行。

6.10.2 变压器的三相接线组别和单相变压器引出线的极性应符合设计要求，并与铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

6.11 绕组连同套管的带有局部放电测量的感应电压试验

6.11.1 电压等级为 110（66）kV 及以上的变压器应进行。

6.11.2 试验方法应按照 GB/T 1094.3 的规定执行。

6.11.3 在线端电压为 $1.58U_r/\sqrt{3}$ 始时，放电量不大于 100 pC。

6.12 低电压空载电流测量

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.13 短路阻抗测量

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.14 有载调压装置的检查和试验

6.14.1 有载调压装置采用非天然酯绝缘油时，按照 GB 50150 的规定执行。

6.14.2 有载调压装置采用天然酯绝缘油时，除按照 GB 50150 的规定执行外，绝缘油部分应满足 6.6 的规定。

6.15 测温装置

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.16 气体继电器

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.17 压力释放阀试验

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.18 套管电流互感器

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.19 声级

试验方法和判定规则按照 GB 50150 的规定执行。

6.20 变压器绕组变形试验

6.20.1 试验方法按照 GB 50150 的规定执行。

6.20.2 对于 35 kV 及以下电压等级变压器，宜采用低电压短路阻抗法；对于 110（66）kV 及以上电压等级变压器，宜采用频率响应法测量绕组特征图谱。

附 录 A
(规范性)

未使用过的天然酯绝缘油技术要求和试验方法

未使用过的天然酯绝缘油技术要求和试验方法见表A. 1。

表A. 1 未使用过的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 ^a mm ² /s	100 ℃	≤15	GB/T 265
	40 ℃	≤50	
	0 ℃	≤500	
倾点 ℃		≤-10	GB/T 3535
水含量 mg/kg		≤200	GB/T 7600
密度（20 ℃） kg/m ³		≤1000	GB/T 1884
2. 电气特性			
击穿电压 ^b （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 mgKOH/g		≤0.06	IEC 62021-3
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	试验时间 h	48	DL/T 1977
	总 酸 值 mg KOH/g	0.6	
	运动黏度（40 ℃）增加量 %	≤30 （相比于初始值）	GB/T 265
	介质损耗因数（tanδ）（90 ℃）	≤0.5	GB/T 5654
燃点 ℃		≥300	GB/T 3536
闪点 ℃		≥250	GB/T 261
^a 当所提供的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 未使用过的天然酯绝缘油交付时的击穿电压测试值。			