

天然酯绝缘油变压器状态检修技术规范

Technical specification for condition based maintenance strategy 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状态检修技术规范

1 范围

本文件规定了运行中天然酯绝缘油变压器状态检修的总体要求、检修分类以及检修策略。

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 264 石油产品酸值测定法

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 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

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 1685 油浸式变压器（电抗器）状态评价导则

NB/T 42140 绝缘液体 油浸纸和油浸纸板用卡尔费休自动电量滴定法测定水分

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 总体要求

- 4.1 天然酯变压器状态检修应遵循“应修必修，修必修好”的原则，依据设备状态评价的结果，考虑设备风险因素，动态制定设备的检修计划，合理安排状态检修的计划和内容。天然酯变压器状态检修工作内容包括停电、不停电试验以及停电、不停电检修维护工作。
- 4.2 在现场进行变压器的检修工作时，应做好防雨、防潮、防尘和消防措施，同时应注意与带电设备保持安全距离，准备充足的施工电源及照明，安排好储油容器、大型机具、拆卸组部件的放置地点和消防器材的合理布置等。
- 4.3 状态评价应实行动态化管理，天然酯变压器每次检修或试验后应进行一次状态评价。
- 4.4 110（66）kV 及以上的新天然酯变压器投运后 1 年内应安排停电例行试验，同时还应对天然酯变压器及其附件（包括电气回路及机械部分）进行全面检查。
- 4.5 对于运行时间超过 15 年的老旧天然酯变压器，应按照 DL/T 984 开展相应项目检测及评价。宜根据厂家要求，结合天然酯变压器运行状况及评价结果，对检修计划及内容进行调整。
- 4.6 应按 DL/T 393 规定的试验周期要求开展停电例行试验。若结合检修停电开展全部要求的停电例行试验项目，试验周期可重新开始计算。
- 4.7 停运 3 个月以上重新投运前的天然酯变压器，应进行例行试验。

5 检修分类

5.1 检修类别

- 5.1.1 按工作性质内容及工作涉及范围，天然酯变压器检修工作分为 A 类检修、B 类检修、C 类检修、D 类检修四类。其中 A、B、C 类是停电检修，D 类是不停电检修。
- 5.1.2 A 类检修是指天然酯变压器本体的整体性检查、维修、更换和试验，主要包括吊罩、吊芯检查，本体油箱及内部部件的检查、改造、更换、维修，返厂检修等。
- 5.1.3 B 类检修是指天然酯变压器局部性的检修，部件的解体检查、维修、更换和试验，主要包括套管或升高座、储油柜、调压开关、冷却系统、非电量保护装置、绝缘油等油箱外部部件的更换处理、现场干燥处理等。
- 5.1.4 C 类检修是指天然酯变压器的常规性检查、维修和试验，主要包括停电例行试验、防腐处理、防污闪处理、套管接头打磨与紧固，气体继电器定期校验和低压侧绝缘化处理等需要停电进行的清扫、检查和维修等。
- 5.1.5 D 类检修是对天然酯变压器在不停电状态下进行的带电测试、外观检查和维修，主要包括专业巡检、带电检测、带电水冲洗、更换硅胶、处理监测装置缺陷、防腐等带电维护保养，以及冷却系统部件、控制回路元器件等可带电进行的部件更换。

5.2 检修项目

- 5.2.1 天然酯变压器的检修项目及内容按照表 1 规定执行。
- 5.2.2 B-1-6 中天然酯绝缘油参数注意值标准按附录 A 执行，当参数不符合表 A.1 的值，若现场处理后仍不满足要求时，天然酯绝缘油宜退役。

表1 天然酯变压器检修类别与检修内容对应表

检修类别	检修条件	检修内容
A类检修	停电	A-1 吊罩、吊芯检查 A-2 本体油箱及内部部件的检查、改造、更换、维修 A-3 返厂检修或现场工厂化检修 A-4 相关试验
B类检修	停电	B-1 油箱外部主要部件更换 B-1-1 套管或升高座 B-1-2 储油柜 B-1-3 调压开关 B-1-4 冷却系统 B-1-5 非电量保护装置 B-1-6 天然酯绝缘油 B-1-7 其他
B类检修	停电	B-2 油箱外部主要部件处理 B-2-1 套管或升高座 B-2-2 储油柜 B-2-3 分接开关 B-2-4 冷却系统 B-2-5 其他 B-3 现场干燥处理 B-4 相关试验
C类检修	停电	C-1 按 DL/T 393 规定进行停电例行试验 C-2 清扫、检查、维修 C-2-1 防腐处理 C-2-2 防污闪处理 C-2-3 套管接头打磨、紧固 C-2-4 气体继电器定期校验 C-2-5 低压侧绝缘化处理 C-2-6 其他
D类检修	不停电	D-1 专业巡检 D-2 带电检测 D-3 维护保养 D-3-1 带电水冲洗 D-3-2 更换硅胶 D-3-3 处理监测装置缺陷 D-3-4 防腐处理 D-3-5 其他 D-4 可带电进行的部件更换 D-4-1 冷却系统部件 D-4-2 控制回路元器件 D-4-3 其他

6 状态检修策略

6.1 通用要求

- 6.1.1 天然酯变压器状态检修策略既包括年度检修计划的制定，也包括缺陷处理、试验、不停电的维修和检查等。检修策略应根据天然酯变压器状态评价的结果动态调整。
- 6.1.2 年度检修计划每年至少修订一次。根据最近一次设备状态评价结果，考虑设备风险评估因素，并参考厂家的建议，确定下一次停电检修时间和检修类别。在安排检修计划时，应协调相关设备检修周期尽量统一安排，避免重复停电。
- 6.1.3 对于设备缺陷，根据缺陷性质，按照缺陷管理有关规定处理。同一设备存在多种缺陷，也宜安排在一次检修中处理，必要时，可调整检修类别。
- 6.1.4 C类检修正常周期宜与试验周期一致。不停电维护和试验根据实际情况安排。
- 6.1.5 按照 DL/T 1685 开展变压器状态评价获得结果后，制定相应的检修策略，天然酯变压器检修策略按照表 2 规定执行。

表2 天然酯变压器检修策略表

设备状态	检修策略			
	正常状态	注意状态	异常状态	严重状态
检修策略	见 6.2	见 6.3	见 6.4	见 6.5
推荐周期	正常周期或延长一年	不大于正常周期	适时安排	尽快安排

6.2 “正常状态”检修策略

被评价为“正常状态”的天然酯变压器，执行C类检修。根据设备实际状况，C类检修可按照正常周期或延长1年执行。在C类检修之前，宜开展一次D类检修。

6.3 “注意状态”检修策略

被评价为“注意状态”的天然酯变压器，执行C类检修。如果单项状态量扣分导致评价结果为“注意状态”时，应根据实际情况提前安排C类检修。如果仅由多项状态量合计扣分导致评价结果为“注意状态”时，应按正常周期执行，并根据设备的实际状况，增加必要的检修或试验内容。“注意状态”的设备应适当加强D类检修。

6.4 “异常状态”检修策略

被评价为“异常状态”的天然酯变压器，根据评价结果确定检修类型，并适时安排检修。实施停电检修前应加强D类检修。

6.5 “严重状态”的检修策略

被评价为“严重状态”的天然酯变压器，根据评价结果确定检修类型，并尽快安排检修。实施停电检修前应加强D类检修。

附录 A
(规范性)
天然酯绝缘油检修注意值

天然酯绝缘油检修注意值见表A. 1。

表A. 1 天然酯绝缘油检修注意值

项目	电压等级 分类			试验方法
	≤35 kV	110（66）kV	220 kV	
酸值（以 KOH 计） mg/g	>0.3			IEC 62021-3 或 GB/T 264
燃点 ℃	<300			GB/T 3536
水分 mg/kg	>250	>200	>150	GB/T 7600 或 NB/T 42140
运动黏度增加率（40 ℃） %	>10 （相比初始值）			GB/T 265
介质损耗因数（tanδ）（90 ℃ ）	>0.2	>0.15	>0.15	GB/T 5654
击穿电压（2.5 mm） kV	<40	<50	<55	GB/T 507
闪点 ℃	≤250			GB/T 261
抗氧化剂添加剂含量（质量分数） %	<70 （相比初始值）			IEC 60666 或其 他
腐蚀性硫	非腐蚀性			GB/T 25961 或 SH/T 0804
注1：天然绝缘油击穿电压试验前静置时间不小于30 min，击穿间隔在5 min以上。				
注2：本表数据仅限于一直使用天然酯绝缘油的变压器，这些数据是基于非常有限的加速老化和现场运行超过十年变压器采集的样本。				
注3：与制造商联系具体的天然酯绝缘油推荐的添加剂限值，必要时进行补加。				