|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 29.040.10 |
| CCS | E 38**CSEE** |

团 体 标 准

T/CSEE XXXX—XXXX

变压器用植物绝缘油运维技术规范

Operation and maintenance standard of rapeseed insulating oil for transformer

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX发布 XXXX-XX -XX实施

中 国 电 机 工 程 学 会 发布

# 目 次

[前言 II](#_bookmark0)

[1 范围 1](#_bookmark1)

[2 规范性引用文件 1](#_bookmark2)

[3 术语和定义 1](#_bookmark3)

[4 取样 2](#_bookmark4)

[5 未使用的植物绝缘油质量指标 3](#_bookmark5)

[6 变压器运行植物绝缘油质量指标 4](#_bookmark6)

[7 投运前和运行中植物绝缘油的监督维护 4](#_bookmark7)

[8 储存管理 6](#_bookmark8)

[9 安全措施 6](#_bookmark9)

[附录A（规范性） 植物绝缘油在线处理装置技术规范 7](#_bookmark10)

[附录B（规范性） 植物绝缘油降解技术规范 9](#_bookmark11)

# 前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据GB/T1.1—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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会变电标准专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司孝感供电公司、三峡大学、国网河南省电力公司电力科学研究院、湖北工程学院、武汉泽电新材料有限公司、中广核核电运营有限公司、孝感市光源电力集团有限责任公司。

本文件主要起草人：蔡萱、任乔林、张涛、高超、张莹、张驰、胡婷、瞿子涵、易锫、李善风、肖洒、付汉江、苏静、蔡世腾、程胜宏、孙云、杨涛、王伟、鲁伟。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见和建议反馈至中国机电工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：[http://www.csee.org.cn,](http://www.csee.org.cn/)邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

# 变压器用植物绝缘油运维技术规范

1. 范围

本文件规定了变压器用植物绝缘油及其相关用油设备、油系统的运行与维护方法。本文件适用于电压等级为6kV、10kV和35kV的变压器用植物绝缘油系统的维护。

1. 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/T264 石油产品酸值测定法

GB/T265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法

GB/T507 绝缘油 击穿电压测定法

GB/T1884 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/T3535 石油产品倾点测定法

GB/T3536 石油产品 闪点和燃点的测定 克利夫兰开口杯法

GB/T5654 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/T7597 电力用油（变压器油、汽轮机油）取样方法

GB/T7600 运行中变压器油和汽轮机油水分含量测定法(库仑法)

GB/T25961 电气绝缘油中腐蚀性硫的试验法

DL/T 572 电力变压器运行规程

DL/T 573 电力变压器检修导则

DL/T 1102 配电变压器运行规程

DL/T1538 电力变压器用真空有载分接开关使用导则

SH/T0804 电气绝缘油腐蚀性硫试验银片试验法

NB/SH/T0811 未使用过的烃类绝缘油氧化安定性测定法

NB/T42140 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

IEC60666 绝缘油中特定抗氧化添加剂的检测和测定

IEC 62021-3 绝缘液体酸度的测定 第3部分 非矿物绝缘油的试验方法

1. 术语和定义

GB/T 2900.5界定的以及下列术语和定义适用于本文件。



植物绝缘油 vegetable insulating oil

从种子或其它植物材料中提取、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酯。



未使用的植物绝缘油 unused vegetable insulating oil

由供应商交付的全新的植物绝缘油；以及交付后，根据需要进行脱微粒碳、脱水、脱气的新油。



油系统 oil system

包括油箱、油枕、散热器、取样阀、放油阀以及存储油桶或油罐、过滤器或再生装置组成的系统。

1. 取样

容器

取样容器为500mL～1000mL磨口具塞玻璃瓶，按GB/T 7597要求准备。

取样瓶的准备：取样瓶先用洗涤剂进行清洗，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗净，烘干，冷却后， 盖紧瓶塞，粘贴标签待用。

部位

* + 1. 新油取样

植物绝缘油以桶装形式交货，取样按GB/T 7597方法进行。

* + 1. 油系统取样

油系统取样应符合下列要求：

* + - 1. 油样应能代表设备本体油，应避免在油循环不够充分的死角处取样。一般应从设备底部的取样阀取样，在特殊情况下可在不同取样部位取样。
			2. 如发现油质被污染，必要时增加取样点（如油箱顶部、过滤器或再生装置出口等）取样，以便查明污染原因。
			3. 油箱顶部取样时，先将箱盖清理干净后打开，用专用取样器从存油的上部及中部取样，取样后将箱盖复位卦好。
		1. 样品标记

取样瓶上应贴好标签，标签包含以下内容：

1. 变压器名称及编号；
2. 运行时间；
3. 植物绝缘油牌号；
4. 测试项目内容；
5. 取样部位；
6. 取样日期；
7. 取样人签名；
	* 1. 注意事项

取样时需要注意以下事项：

1. 取样过程要求全密封，即取样连接方式可靠，既不能让油中溶解水分及气体逸散，也不能混入空气（必须排净取样接头内残存的空气），操作时油中不得产生气泡。
2. 取样应在晴天进行。
3. 油样应避光保存。
4. 未使用的植物绝缘油质量指标

未使用的植物绝缘油的质量指标应符合表1的规定。

表1 未使用的植物绝缘油质量指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 技术指标 | 试验方法 |
| 物理特性 |
| 外观 | 清澈透明、无沉淀物和悬浮物 | 目测 |
| 运动粘度 a | （100℃）/（mm2/s） | ≤15 | GB/T 265 |
| （40℃）/（mm2/s） | ≤50 | GB/T 265 |
| （0℃）/（mm2/s） | ≤500 | GB/T 265 |
| 倾点 a/℃ | ≤-10 | GB/T 3535 |
| 水含量（mg/kg） | ≤200 | GB/T 7600 |
| 密度（20℃）/kg/m3 | ≤1000 | GB/T 1884 |
| 电气特性 |
|  击穿电压 b/kV（2.5mm 间隙） | ≥40 | GB/T 507 |
|  介质损耗因数（tan**）（90℃） | ≤0.04 | GB/T 5654 |
| 化学特性 |
| 酸值（mg KOH/g） | ≤0.06 | IEC 62021-3 |
| 腐蚀性硫 | 非腐蚀性 | SH/T 0804GB/T 25961 |
|  总添加剂（质量分数） | ≤5% | IEC60666 或其它方法 |
| 氧化安定性 | 试验时间（h） | 48 | NB/SH/T 0811 |
| 总酸值（mg KOH/g） | 0.6 |
| 运动粘度（40℃） | 比初始值增加量≤30% | GB/T 265 |
| 介质损耗（90℃） | ≤0.5 | GB/T 5654 |
| 燃点（℃） | ≥300 | GB/T 3536 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 闪点（℃） | ≥250 | GB/T 3536 |
| a 当所提供的植物绝缘油倾点低于-20℃时，宜提供最低冷态投运温度对应的运动粘度值。b 植物绝缘油击穿电压试验前静置时间不应小于 30min。 |

未使过用过的植物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、水含量、酸值、击穿电压、介质损耗因数等性能按照表 1 规定的试验方法进行检测。

若部分性能（微水、击穿电压等）无法满足要求，但可通过微粒过滤、脱气和除水处理后满足要求，也可验收和注入变压器使用。推荐注入变压器前，进行真空滤油操作，可以更好的保障油样性能。

具体验收项目和参考标准也可根据用户需求决定。

1. 变压器运行植物绝缘油质量指标

运行中的变压器用植物绝缘油的质量指标应符合表2的规定。

 表2 运行中的变压器用植物绝缘油质量指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 质量指标 | 检验方法 |
| 投运前 | 运行中 |
| 未使用 | 使用过 |
| 1 | 外观 | 清澈透明、无沉淀物和悬浮物 | 目测 |
| 2 | 酸值（mg KOH/g） | ≤0.08 | ≤0.2 | ≤0.5 | IEC62021-3 或GB/T 264 |
| 3 | 水含量 mg/kg | ≤200 | ≤200 | ≤450 | GB/T 7600 或NB/T 42140 |
| 4 |  运动粘度(40℃ )（mm2/s） | ≤50 | ≤55 | 相对投运前数值增长率≤15% | GB/T 265 |
| 5 | 介质损耗因数（90℃） | ≤0.07 | ≤0.15 | ≤0.5 | GB/T 5654 |
| 6 | 击穿电压 a（2.5mm间隙）kV | ≥40 | ≥35 | ≥35 | GB/T 507 |
| a 植物绝缘油击穿电压试验前静置时间不应小于 30min。 |

1. 投运前和运行中植物绝缘油的监督维护

投运前的试验

新绝缘油注入设备后应进行油循环过滤，对油系统进行冲洗，以滤除系统内的颗粒杂质，油循环结束后，取样进行油质分析，试验结果应符合表2中投运前的质量指标要求。

注满植物绝缘油的变压器应在静置足够时间后方可进行高压试验。在同等条件下，植物绝缘油一般比矿物绝缘油需要更长的时间浸渍绝缘纸（纸板）；采用厚绝缘纸板的变压器需要更长的时间来充分浸渍植物绝缘油。植物绝缘油的浸渍速率与油温和纤维素厚度成函数关系，浸渍速率应由变压器和绝缘纸（纸板）制造商以及植物绝缘油制造商提供，浸渍时间取决于纸板类型、厚度、绝缘油的 初始温度、

环境温度、电压等级等。 如无规定时，35kV 及以下变压器静置时间应不少于 24 小时，其他电压等级由变压器制造商确定。

油务运行、检测人员巡检项目

油务运行、检测人员巡检下列项目：

* 1. 定期记录油温、油箱油位，补油量等。
	2. 定期对油样的外观、水含量、击穿电压、介质损耗因数等进行检测，以判断植物绝缘油的状态。
	3. 为了更全面表征植物绝缘油的状态，还可进行运动黏度、酸值，油中溶解气体等测试。

取样分析项目及周期

运行中的变压器用植物绝缘油质量指标检测项目和周期如下表（表3）。

表3 运行中的变压器用植物绝缘油分析项目及周期

|  |  |
| --- | --- |
| 试验周期 | 试验项目 |
| 设备投运前或大修后 | 表 2 中序号 1~6 |
| 必要时 | 自行规定 |

运行异常油劣化处理

植物绝缘油变压器运行异常劣化后处理应按照DL/T 572、DL/T 573、DL/T 1102和DL/T 1538的要求执行。

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植物绝缘油，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，以防吸附剂等 残留物带入运行设备中。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。再生处理后的油样，性能需满足表2中投运前已使用过的油样性能参数。可以采用附录A的再生方式，但不仅限此方式。

 混油和补油

1. 植物绝缘油不宜与矿物绝缘油混用，不同类型的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。
2. 不同原料来源的植物绝缘油不宜混合使用。如需将不同类型植物绝缘油的新油或已使用过的植物绝缘油混合使用，应按混合后的绝缘油实测性能确定其适用范围。
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。

植物绝缘油的防劣措施

由于各制造商的设计、工艺可能存在差异，植物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，应为植物绝缘油专用。有残余植物绝缘油的设备应密封，与空气和污染物隔绝。油桶、油罐、储油罐等容器储存植物绝缘油时，油面宜采用干燥氮气或干燥惰性气体进行密封覆盖。

1. 储存管理

植物绝缘油宜优先采用桶装方式储运，工厂内宜采用户内型储油罐存储植物绝缘油，如果存放在室外，应避免阳光直射。植物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。

受条件限制不能直接把运输油桶或油罐中的油直接注入变压器时，可把植物绝缘油注入储油罐中。储油罐应配有法兰接口，罐内涂层应与植物绝缘油相容；不应采用自由呼吸式储油罐。

现有变压器油储油罐用于存储植物绝缘油应满足以下条件：

1. 由于植物绝缘油的黏度一般高于普通矿物绝缘油,在选择油泵时应考虑植物绝缘油黏度影响。传输泵和管线能够输送黏度更大的植物绝缘油。在寒冷的环境中输送植物绝缘油时，需采取如下措施：输油管线采取电或其他加热措施，储油罐采用加热装置；
2. 储油罐应彻底清洁并对生锈、泄漏情况进行检查处理；
3. 储油罐中的变压器油应彻底排净并用 60℃至80℃的植物绝缘油冲洗后才能灌注植物绝缘油， 以免造成污染。
4. 安全措施

一般要求

满足本标准的植物绝缘油应无毒且生物降解性好，对健康和环境应无危害。虽然基础油的添加剂可能不同，但在植物绝缘油的正常使用过程中目前还没有发现有危害性。

泄漏

在设备维护中应对泄露情况做如下例行检查:

a)当植物绝缘油发生轻微泄漏时, 可用吸油布、清洁剂清理；

b)当植物绝缘油泄露到水中时，可采用洗涤剂除去水中的植物绝缘油；

c)当植物绝缘油泄漏到土壤，可自行快速生物降解。因为土壤作为吸收剂，为自然生物降解提供了良好的条件。同时也可采用生物降解催化剂加快降解速率。

植物绝缘油降解特性见附录 B。

附 录 A

（规范性附录）

植物绝缘油在线处理装置技术规范

* 1. 植物绝缘油在线油处理工序
		1. 吸附剂及其使用条件

根据植物变压器的油质情况和前述模拟结果选油重2％～4％的XDK2－02吸附剂（若酸值高，需要加用6%的碱性氧化铝吸附剂）。吸附剂为颗粒状，粒度2mm～3mm，装入吸附罐，油流出吸附罐后经两台平板滤油机串联又经过真空滤油机精滤以保证油无粉尘污染。XDK2－02吸附剂的最佳吸附温度为50℃，这样吸附效率最高，处理所需时间最短。单靠真空滤油机的加热器提高油温，变压器的散热面积较大，油温为30℃～35℃左右。

* + 1. 油处理流程图

吸附剂分装在六个特制的吸附罐内，分两组，每组二个吸附罐并联循环45小时再切换到另一组运行。油处理工序图如图A.1所示。



说明：

1—变压器2—变压器出口阀 3—补充油阀4—油泵 5—吸附罐抽油泵6—吸附罐7—缓冲罐 8—平板滤油机9—精密滤油机10—流量计11—真空滤油机12—变压器进油阀 13—内循环油阀14—吸附罐连通管出油阀15—补充油罐

图 A.1 油处理工序图

* 1. 油处理过程
		1. 内循环

为了保证吸附罐处理油过程中不会有大量气泡和吸附罐、滤油机和其他设备的工作稳定性，在变压器本体油处理前应进行油处理系统内部循环。具体作法是用补充油充满油处理管道、吸附罐、滤油机并将缓冲罐注油至一定的油位后，关闭变压器出口阀2、开启内循环阀13，将油泵4、吸附罐6、缓冲罐7、平板滤油机8、精密滤油机9和真空滤油机11组成油循环系统并运行约2小时。这样就使油处理系统进入变压器本体循环后稳定可靠。

* + 1. 取样和监测

为控制油处理效果和决定是否切换吸附罐，在油循环过程中每20小时左右从不同的点取油样分析试验，主要是测试油的tgδ和击穿电压以考察油处理效果。

* + 1. 设备参数
			1. 吸附剂的用量：吸附剂的用量，视植物油的劣化程度确定。轻度劣化的电力用油 2％即可，重度劣化采用 4%，有条件者可用小样试验的方式确定；
			2. 吸附温度：吸附最佳温度为 35℃～50℃；
			3. 吸附流量及压力；吸附流量为 20升／分左右，压力控制在 0.2Mpa 以下；
			4. 吸附有效时间；吸附最佳有效时间为 8小时，视油质而定，一般 8小时后应更换吸附剂。直至油质合格为止；
			5. XFJ-Q/02植物油处理机加热器功率 12kW，起吊重量 0.5吨。
		2. 使用方法
1. 检查电源接线是否正确，试电机旋转方向是否正确，接地是否完好；
2. 将污油管接到阀 1，净油管接到阀 7出口，另一端接到真空滤油机；
3. 系统填油：将合格的与待处理油同型号的变压器油填入吸附罐，并静置约 2小时令气泡析出；
4. 内循环：将平板滤油机和吸附罐组成系统，打开阀 8，关闭筏 1和阀 6，进行内循环以去除吸附剂细粉；
5. 滤油：检查电源接线是否正确，试电机旋转方向是否正确，接地是否完好；打开进油阀 1，检查吸附塔调节阀应在开的位置，打开出油阀门；开机、待出油阀油流出后投入加热器，加热器功率 36kW；
6. 换吸附剂；待吸附剂罐进出口介损基本无变化后停机更换吸附剂；
7. 完工清油：打开阀 4，利用平板滤油机清理出滤油机系统内植物变压器油；
8. 处理后的变压器油换应作油中抗氧化剂含量的测试，若油中抗氧化剂含量过低，应按照植物油

厂家要求补加为宜。

附 录 B

（规范性附录）

植物绝缘油降解技术规范

* 1. 背景

废绝缘油中普遍存在且含有多种毒性物质，这些毒性物质一部分来源于为实现或增强某种功能而加入的化学添加剂，另一部分则产生于油品在使用过程中受到的污染、发生的化学变化或某些添加剂因分解作用而生成的产物，除去排放到大气中的部分，剩余毒性物质均留存在废油中。由于相关技术和措施缺乏，目前报废的绝缘油主要通过废旧物资变卖处置的方式流入社会上的废油回收公司等机构，在贮存过程中，油品数量、场地封闭性、油品盛装容器的密封性、场地通风条件等因素，均会影响到退运油品对贮存场地造成生态环境影响的可能性。同时，若贮存场地有明火或出现电器放电打火等现象，将会引发火灾甚至爆炸，将造成附近人员的伤亡和财产的损失。

* 1. 规范性引用文件

HJ 607-2011 废变压器油回收利用污染控制技术规范

GB18484 危险废物焚烧污染控制标准

GB18597 危险废物贮存污染控制标准

GB18598 危险废物填埋污染控制标准

SH/T0356-1996 燃料油主要技术要求

* 1. 工艺流程

废植物绝缘油再生利用的处置方法较多，早期普遍存在设备工艺简单、处置工艺落后的现象，大部分不能满足环境保护有关法律法规的要求，如单一的蒸馏法、挤压法、加热法等，容易产生恶臭以及因现场管理不善造成对周围土壤不同程度的污染问题。根据HJ 607—2011中的有关规定，废植物绝缘油的再生处理宜采用沉降、过滤、蒸馏、精制、催化裂解工艺，可根据废变压器油污染程度、再生产品质量要求选择，鼓励采用无酸废油再生技术，不得使用硫酸/白土法再生废植物绝缘油。

废绝缘油再生成燃料油的工艺主要过程如下:

* + 1. 沉降、过滤：主要是将废变压器油中的大颗粒杂质去除；
		2. 蒸馏：一般采用常压蒸馏，在常压下，利用各种馏分的沸点不同，将低沸点油品从废油中蒸馏除去；
		3. 裂解：当温度提高到一定程度，发生催化热裂解；
		4. 冷凝:：采用冷却水作为冷凝介质，低沸点组分的废植物绝缘油在水的冷却下，可以由气态物质转变为液态物质。蒸馏后的废油遇冷变成油气，冷凝水接收于收集罐，尾气接入加热炉膛，并将油气管道阀通向半成品接收罐；
		5. 分离：采用沉降分离罐将杂质进一步分离。分离罐上部的不凝气返回蒸馏釜作加热燃料，分离出的废水进入污水设施处理。分离出的油料即是产品燃料油，用泵送至成品油罐区。废植物绝缘油经再生后作为燃料油出售，其产品需符合国家有关规定。可以参照的产品标准有《燃料油主要技术要求》SH/T0356-1996。

由于废植物绝缘油在蒸馏过程中产生的不冷凝气体浓度较高，污染物质浓度也较高，若直接排放将形成恶臭污染，影响周边空气质量。现在均要求不凝气体经预处理后，引入回收系统的裂解炉燃烧，既减轻了不凝气体排放对环境空气的影响，同时不凝气体燃烧产生的热值也可用于裂解炉所需的热能，减

少了能源用量，环境效益和经济效益都十分显著。若遇到特殊情况，如不凝气体产生速率大于燃烧消耗的速率，可能导致储气罐压力过大，需要排掉过剩不凝气体。

无法进行再利用的废变压器油可焚烧处理，其中，焚烧应符合GB 18484中的有关规定，焚烧工程的建设应符合HJ/T 176中的有关规定，焚烧处置时可考虑热能综合利用。无法再生利用或焚烧处置的废植物绝缘油及废植物绝缘油焚烧残余物可进行填埋处置，填埋应符合GB 18598中的有关规定。

废植物绝缘油在利用和处置过程中排放的废气、废水和场地土壤应进行监测，监测方法、频次应符合HJ/T 55、HJ/T 397、HJ/T 91、HJ/T 373、HJ/T 166等相关要求。废绝缘油在利用和处置过程中排放的废水、废气、噪声应符合GB 8978、GB 13271、GB 16297、GB 12348等相关要求。废植物绝缘油处置过程中污染物排放检测记录应保存10年以上、并接受环境保护主管部门的检查。

* 1. 降解流程及标准
1. 获取菌液，生物活菌水平为 (4.0～9.5) ×105CFU/mL，并保存于6℃左右的冰箱中。
2. 获取99.5%浓度的KH2PO4、99%浓度的Na2HPO4·2H2O、99%浓度的K2HPO4、96%浓度的NH4Cl、 98%浓度的MgSO4·7H2O、96%浓度的FeCl3·6H2O。
3. 获取磷酸盐缓冲液：8.50g磷酸二氢 (KH2PO4) 、21.75g磷酸氢二钾 (K2HPO4) 、33.40g二水合磷酸氢二钠(Na2HPO4·2H2O)和0.5g氯化铵(NH4Cl)，用纯水溶解,定容至1L，pH为7.4。
4. 获取氯化钙溶液：27.5g无水氯化钙 (CaCl2)，用水溶解，定容至1L。
5. 获取硫酸镁溶液：22.50g七水合硫酸镁(MgSO4·7H2O)，用水溶解，定容至1L。
6. 获取氯化铁溶液：0.25g六水合氯化铁(FeCl3·6H2O)，用水溶解，定容至1L。加入0.4g/LEDTA二钠盐缓冲溶液保存。另取磷酸盐缓冲液、氯化钙溶液、硫酸镁溶液和氯化铁溶液各1mL于800mL实验用水中，定容至1L。
7. 将BOD瓶中加入1.5mL植物绝缘油贮备液和0.3mL接种物；
8. 将300mL培养液分别加入各BOD瓶中，塞好瓶塞后，放置在恒温摇床避光培养28d。设置摇床的温度为30℃，摇床的转速为180r/min。再经过降解半年后，植物绝缘油完成降解。

因此，参照上述配方，经过半年的降解，植物油降解率达到100%，它的易降解特性使得在变压器绝缘方面的应用将更加环保。

变压器用植物绝缘油运维技术规范

 编 制 说 明

目 次

[1 编制背景 3](#_Toc117844464)

[2 编制主要原则 3](#_Toc117844465)

[2.1 统一性 3](#_Toc117844466)

[2.2 协调性 3](#_Toc117844469)

[2.3 实用性 3](#_Toc117844470)

[3 主要工作过程 4](#_Toc117844474)

[4 标准结构和内容说明 5](#_Toc117844477)

[4.1 范围 5](#_Toc117844478)

[4.2 主要技术内容 5](#_Toc117844479)

[5相关标准对比说明 5](#_Toc117844480)

[6标准实施措施说明 6](#_Toc117844481)

[6.1 电力环保“双碳”政策后变压器油的改变 6](#_Toc117844482)

[6.2 关于标准实施范围的说明 6](#_Toc117844483)

1 编制背景

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据GB/T1.1—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。

随着植物绝缘油在电力行业广泛推广及应用, 变压器中植物绝缘油的运维管理工作效果，直接关系到电力设备正常稳定运行、植物油变压器的运行成本及收益。目前，国家关于变压器中植物绝缘油运维技术的标准尚属空白，为规范植物绝缘油运行维护的相关技术要求，特制定《变压器用植物绝缘油运维技术规范》。

制订《变压器用植物绝缘油运维技术规范》标准意义：湖北等地植物绝缘油变压器使用规模越大, 标准化运维工作的优势越显著。然而，变压器用植物绝缘油运维技术标准不完善，阻碍了植物绝缘油的进一步推广应用。我们通过对数据的整合所制定的《变压器用植物绝缘油运维技术规范》标准意义重大，该标准的建立能够为变压器中植物绝缘油的应用建立规范，避免造成不必要的非停和变压器损坏，从而避免不必要的经济损失。

本文件与有关政策、法律法规及强制性标准相一致。区别T/CEC 291.4-2020天然酯绝缘油电力变压器第4部分:运行和维护导则。《变压器用植物绝缘油运维技术规范》是从化学角度来进行管理和规范。从技术报告看，对植物绝缘油的降解进行介绍和要求。植物绝缘油的运维也是从分子老化角度测量频域介损。

本文件是根据中国电机工程学会电机咨〔2021〕278 号关于印发“中国电机工程学会2021年标准计划（第一批）”的通知下达制定任务，项目序号202011190001，由国网湖北省电力有限公司电力科学研究院牵头起草和制定。

2 编制主要原则

## 2.1 统一性

### 2.1.1 文体统一

文件中各个章节涉及到相同的内容或相似的内容时，使用相同或类似的措辞描述。

### 2.1.2 术语统一

文件中对于同一个概念均使用同一个术语，对于已定义的概念会避免使用同义词，每个选用的术语尽可能只有唯一含义。

## 2.2 协调性

本领域中已有的标准T/CEC 291.4-2020《天然酯绝缘油电力变压器第4部分:运行和维护导则》虽然对天然酯绝缘油电力变压器运维工作提出相应要求，但《变压器用植物绝缘油运维技术规范》是从化学角度来进行管理和规范。从技术报告看，对植物绝缘油的降解进行介绍和要求，植物绝缘油的运维也是从分子老化角度测量频域介损。因此本文件与T/CEC 291.4-2020《天然酯绝缘油电力变压器第4部分:运行和维护导则》在使用上能够形成很好的互补，有利于形成标准化产品市场秩序，有效推进植物绝缘油的应用推广，进而提升电网植物绝缘油变压器运维管理能力和整体运行效率。

## 2.3 实用性

### 2.3.1 采用有利于植物绝缘油精炼质量的提升的原则

标准制订针对不同电压等级植物绝缘油的要求之间的差距，先制订10-35千伏变压器用植物绝缘油运维标准，采用逐步提升的方案，改善植物变压器油酸值高、介损大和易老化的弱点，对后期植物绝缘油挂网运行、老化分析以及退运降解标准中的影响具有重要的现实意义。

### 2.3.2 采用有利于植物绝缘油运行稳定的原则

由于精制后的植物绝缘油和传统的植物绝缘油老化特性不同，因此，需要开展精炼植物绝缘油挂网运行，以及通过提高负荷加速老化实验，研究植物绝缘油绝缘老化引起其特征量的变化规律，提出植物绝缘油绝缘老化分析的新方法、在线处理措施和运维标准，对植物绝缘油投入使用具有重大意义。

### 2.3.3 有利于变压器植物绝缘油在低碳环保和新能源领域的应用快速推进

为了验证植物绝缘油长期运行的可行性及解决大范围推广运行的阻碍，我们通过对运行的植物油变压器检测试验，发现存在的问题，分析查找出问题的原因并解决问题，然后再对植物油变压器进行调试试验，检测植物油变压器投入前的运行状态有无异常，如有异常对植物油变压器进行检修及维护（需变压器厂家检修或更换通知用户联系厂家），无异常投运后按标准定期做跟踪试验，确保植物油变压器正常运行。

总之，通过本标准的制订和应用，提升精制植物绝缘油质量，可提高变压器油的使用寿命，制定植物变压器再生标准，最大限度地利用设备价值，具有较大的经济效益和环保社会效益，研究成果可在全国范围内推广应用。

3 主要工作过程

a）2021年12月，在国网孝感供电公司双创中心组织了第一次审核会议。

b）2022年6月，采用现场会与线上会结合的方式，组织了第二次审核会议。

c）2022年9月，征求了中广核运营公司意见。

4 标准结构和内容说明

## 4.1 范围

本文件规定了变压器用植物绝缘油的运行与维护方法。

本文件适用于电压等级为6kV、10kV和35kV的变压器用植物绝缘油的维护。

## 4.2 主要技术内容

国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司孝感供电公司、三峡大学、国网河南省电力公司电力科学研究院、湖北工程学院、武汉泽电新材料有限公司、中广核核电运营有限公司、孝感市光源电力集团有限责任公司等单位长期合作推进技术验证及示范应用。各参编单位共同制定了本文件，主要技术内容如下：

（1）术语和定义，包括植物绝缘油、未使用的植物绝缘油和油系统。

（2）取样，包括取样容器和取样部位。

（3）新植物绝缘油质量标准。

（4）运行植物绝缘油质量标准。

（5）投运前和运行中植物绝缘油的监督和维护，包括投运前的试验、油务运行和检测人员巡视项目、取样分析项目和周期、运行异常油劣化处理、再生处理、混油和补油和植物绝缘油的防劣措施。

（6）储存管理。

（7）安全措施，包括一般要求和泄漏。

5 相关标准对比说明

5.1 与有关法律法规及强制性标准相一致。区别T/CEC 291.4-2020天然酯绝缘油电力变压器第4部分:运行和维护导则,本标准主要从化学角度开展植物绝缘油运维管理。从技术报告看，我们主要是对各种植物油的化学吸附精制造，对降解进行介绍和要求。植物绝缘油的运维也是从分子老化角度测量频域介损。

5.2 《电力变压器运行规程》（DL/T 572-2021）已于 2021年由发展能源局发布实施，河南电科院提出该标准适用性不强。

5.3 该项标准制订能起到以下作用：

a）能填补国标、行标在变压器用植物绝缘油运维方面的空白；

b）是市场上变压器植物绝缘油运维亟需的技术。

 在植物油精制运维吸附处理工艺以及检测植物绝缘油频域介损方面填补了国标、行标的空白；通过优化精练、降解工艺，延长了使用寿命、降低降解时间，使得各项指标突破国外植物绝缘油标准，达到更高要求，减少因植物绝缘油变压器停电、故障带来的经济损失，大副提升了植物绝缘油市场空间。

与有关法律法规及强制性标准相一致。区别T/CEC 291.4-2020天然酯绝缘油电力变压器第4部分:运行和维护导则。本标准主要从化学角度开展植物绝缘油运维管理。从技术报告看，我们主要是对各种植物油的化学吸附精制造，对降解进行介绍和要求。植物绝缘油的运维也是从分子老化角度测量频域介损。

5.4 国际标准《植物绝缘油运维导则》IEEE C57-2008指标要求较低，不适合我国国情。

6 标准实施措施说明

## 6.1 电力环保“双碳”政策后变压器油的改变

植物绝缘油作为电力变压器的绝缘和冷却介质，是由多种碳氢化合物组成的液体混合物。植物绝缘油因具有优良的电气性能、理化性能以及成本低廉，广泛应用于电力设备中。普通的植物绝缘油中存在多环芳烃，其燃点低，为160℃左右，在变压器过热或内部短路故障情况下，植物绝缘油电力变压器可能发生火灾或爆炸事故，无法满足矿山、军事设施以及高层建筑等场所对消防、安全的要求。此外，植物绝缘油的生物降解率低于30%，是一种非环保型液体绝缘材料，广泛分布在农村、水源附近、城市街道等地方的充油电力变压器，如果发生泄漏或火灾将会严重污染环境。随着石油资源的逐渐枯竭，寻找一种在性能上能替代植物绝缘油的高燃点、可再生的环保型绝缘介质的需求越来越迫切。

## 6.2 关于标准实施范围的说明

适用范围：本标准适用于变压器用菜籽绝缘油、大豆绝缘油等植物绝缘油。

主要内容：现阶段随着国产南瑞泽能等公司植物绝缘油大规模的推广应用，植物油变压器的运维标准还不完善，我们通过一系列的实验研究，对实际测得的植物油变压器的相关数据进行整合，建立了植物油变压器运维标准。本标准规定了用于变压器油植物油老化后的化学吸附精制的实验方法和规范、降解方法和规范，频域介电谱的测量方法、检验规则等。本标准的建立能够为保障植物绝缘油变压器运行维护建立技术规范，避免造成不必要的非停和变压器损坏，保障电网的安全稳定运行，进而保护员工、居民的人身安全。