失效矿物绝缘油处置技术条件

编 制 说 明

目 次

[1 编制背景 1](#_Toc25293)

[2 编制主要原则 1](#_Toc15889)

[3 主要工作过程 2](#_Toc21756)

[4 标准结构和内容说明 3](#_Toc12809)

[5 标准水平说明 3](#_Toc8617)

[6 标准实施措施说明 4](#_Toc14817)

1 编制背景

本文件是根据中国电机工程学会电机咨〔2023〕512 号文，“关于印发中国电机工程学会2023年标准计划（第二批）的通知”下达制定任务，项目序号202302200003，对“失效矿物绝缘油处置技术条件标准”进行制定的。由国网湖北省电力有限公司电力科学研究院负责起草。

为了规范失效矿物绝缘油处置中的术语和定义、分类、失效判定检验方法及合理分类处置，达到分级判定检定、回收保值、修复再利用和废物资源化利用目的,特制订《失效矿物绝缘油处置技术条件》。

制订《失效矿物绝缘油处置技术条件》标准意义：近年来，电力系统用绝缘油里越来越大，各种各样的退役油、劣化油、回收绝缘油越来越多。由国网湖北省电力公司孝感供电公司研制和生产的XD系列新型高效吸附剂用于电力用绝缘油脱水、破乳化、脱酸、提高绝缘电阻、降低介质损耗因素和脱色有很好的技术效果。为了保证本分级判定检定、回收保值、修复再利用和废物资源化利用的规范化和标准化，特制订本标准。

本文件与有关政策、法律法规及强制性标准相一致。目前我国将废旧变压器油归为危险废物，由环保部门强制监控。环保部出台了《危险废物收集暂存运输处置管理办法》，本标准参照环保标准制定更详细的收集分类处置措施。DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》主要是针对生产运行使用过程中的油，而本标准是针对回收处置中心集中暂存的废旧油，填补了相关标准在回收油、报废油判定检定和处置及其回收保值与修复、资源化利用方面的空白。

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

目前我国将废旧变压器油归为危险废物，由环保部门强制监控。国家电网有限公司出台了Q/GDW 12289.1—2023 《电网企业危险废物暂存场所环境保护技术规范第 1 部分：暂存仓库》和Q/GDW 12289.2—2023《电网企业危险废物暂存场所环境保护技术规范第 2 部分：模块化箱式暂存仓》，本标准参照环保标准制定更详细的收集分类处置措施。本领域中已有的标准DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》虽然对矿物绝缘油报废工作提出相应要求，但是DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》是指在生产运行使用过程中的油，而本标准是指回收处置中心集中暂存的废旧油。从技术报告看，对失效矿物油麦耶斯指数进行介绍和要求，因此本文件与DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》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，有效推进失效报废流程规范和再利用吸附剂的应用推广，进而提升电网失效矿物绝缘油报废能力和整体运行效率。

2.3 实用性

2.3.1 采用有利于失效矿物绝缘油再生质量提升的原则

标准制订针对不同质量等级失效矿物绝缘油的差距，先制订不同吸附剂量的失效矿物绝缘油再生标准，采用逐步加大吸附剂量提升再生油质量的方案，改善再生油酸值高、介损大和易老化的弱点，对后期再生油挂网运行、老化分析具有重要的现实意义。

2.3.2 采用有利于绝缘油运行稳定的原则

由于失效油再生精制后的绝缘油和传统的新油老化特性不同，因此，需要开展失效矿物绝缘油再生精制后的绝缘油挂网运行，以及通过提高负荷加速老化实验，研究再生精制后的矿物绝缘油老化引起其特征量的变化规律，提出再生精制后的矿物绝缘油老化分析的新方法、吸附剂加用量和报废条件，对失效的矿物绝缘油再生使用具有重大意义。

2.3.3 有利于失效矿物绝缘油绝缘油在低碳环保和资源利用领域的应用快速推进

为了验证失效矿物绝缘油再生后长期运行的可行性及解决大范围推广运行的阻碍，我们通过对再生的失效矿物绝缘油进行检测试验，发现存在的问题，分析查找出问题的原因并解决问题，然后再对使用再生油的变压器进行调试试验，检测使用再生油的变压器投入前的运行状态有无异常，如有异常对使用再生油的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，确保使用再生油的变压器正常运行。

总之，通过本标准的制订和应用，提升失效矿物绝缘油的再生质量，可提高变压器油的使用寿命，制定失效矿物绝缘油再生标准和报废技术条件，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

自2018年起，国网湖北省电力有限公司孝感供电公司对多地变压器油进行采集分析和回收处理，并牵头编制了《矿物绝缘油失效报废技术规范》企业标准。执行过程中积累了丰富的失效油性能数据以及评估分类、回收利用、报废经验。为《失效矿物绝缘油处置技术条件标准》的制定提供了技术保障。

2023年 2月，向中国电机工程学会变电专业标准委员会提交了立项申请并成立了项目工作组。

2023 年12月，中国电机工程学会下达通知，通过了立项申请，同期工作组编写完成了项目任务书。

2024年2月，工作组依据标准项目任务书，修改了标准草案，形成标准初稿。

2024年4月，工作组对标准初稿进行内部审查，并按照审查意见修改。

2024年 6月，工作组邀请专家对标准初稿进行审查，并按照审查意见修改，形成征求意见稿。

4 标准结构和内容说明

4.1 范围

本文件规定了失效的矿物绝缘油处置中的术语和定义、失效矿物绝缘油的报废判定和分类处置、标志、包装、运输和储存。

本文件适用于对矿物绝缘油失效处置中的判定检定、回收保值和修复再利用。

4.2 主要技术内容

国网湖北省电力有限公司孝感供电公司、武汉大学、三峡大学、中广核核电运营有限公司、中电华创(苏州)电力技术研究有限公司、国网福建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电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司随州供电公司、国网湖北省电力有限公司超高压公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、江苏方天电力技术有限公司、国网河南省电力公司商丘供电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，包括回收的矿物绝缘油、失效的矿物绝缘油、绝缘油麦耶斯指数。

（2）矿物绝缘油分类判定及处置。

（3）标志、包装、运输和储存。

5 标准水平说明

区别《Q/GDW 12289.1—2023 电网企业危险废物暂存场所环境保护技术规范第 1 部分：暂存仓库》和《Q/GDW 12289.2—2023电网企业危险废物暂存场所环境保护技术规范第 2 部分：模块化箱式暂存仓》,本标准本标准参照环保标准制定更详细的收集分类处置措施， 与有关法律法规及强制性标准相一致。

区别标准DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》，这两个标准虽然对矿物绝缘油报废工作提出相应要求，但是DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》是指在生产运行使用过程中的油，而本标准是指回收处置中心集中暂存的废旧油。从技术报告看，本标准对失效矿物油麦耶斯指数进行介绍和要求，因此本文件与DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》在使用上能够形成很好的互补。

该项标准制订能起到以下作用：

a）能填补国标、行标在失效矿物绝缘油报废方面的空白；

b）是市场上失效矿物绝缘油报废和再利用亟需的技术。

在失效矿物绝缘油报废和再利用工艺填补了国标、行标的空白；通过分类处置和报废，延长了失效矿物绝缘油的使用寿命，使得各项报废指标相对于国外的失效报废指标更严格，达到更高要求，减少在运变压器油故障率，减少了油报废损失和变压器损坏，大副提升了失效变压器油再生市场空间。

与有关法律法规及强制性标准相一致。本标准本标准参照环保标准制定更详细的收集分类处置措施。从技术报告看，对失效矿物油麦耶斯指数进行介绍和要求，因此本文件与DL/T1419-2015《变压器油再生与使用导则》和DL/T 1837-2018《电力用矿物绝缘油换油指标》在使用上能够形成很好的互补。国际标准《绝缘油回收指南和绝缘油使用准则》IEEE 637-1985（R2007）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

电力绝缘油主要用作电介质，具有绝缘、散热和消弧作用，是支撑电网发展的关键材料；绝缘油由深度精制的基础油调制而成，使用时间长须及时更换；据统计全国电力系统每年产生退役绝缘油约10万吨，各省需按环保要求集中暂存，否则面临处罚。回收油含有优质且十分有限的环烷烃资源（世界上只有我国的克拉玛依油田是最优质的环烷烃原油，且所剩不多），迫切需要从回收油中精制加以补充。

6.2 关于标准实施范围的说明

适用范围：本标准适用于对矿物绝缘油失效处置中的判定检定、回收保值和修复再利用。

主要内容：已建立孝感供电公司《变压器油失效报废技术规范》企业标准在国网湖北省电力有限公司试行。按照此企业标准，孝感供电公司现有省级“废矿物油回收处置管理中心”，办理了电力系统首家“危废证”，每年收集全省14个地市公司约500吨废弃绝缘油分类处置，判定报废的绝缘油则在省公司环保处的统一协调下，根据分级指标对废旧变压器油进行再利用或者在省电力物资部的协调下招标售卖。2000年至2013年，孝感供电公司采用自己发明的吸附剂对大亚湾核电站约2000吨废旧变压器油进行了吸附处理，吸附效果优于美国技术的南非滤油机。目前我国失效绝缘油回收净化主要是采用美国的分散收集废旧油处理方法和体系，即采用吸附的方法进行再利用，国外其他国家如欧洲采用集中收集的方法吸附再利用变压器油。变压器油分散收集处理急需规范化。本标准失效的矿物绝缘油处置中的术语和定义、符号和缩略语、失效矿物绝缘油的报废判定和分类处置、标志、包装、运输和储存等。本标准的建立能够为保障失效矿物绝缘油分类处置建立技术规范，避免造成不必要的油报废损失和变压器损坏，保障电网的安全稳定运行，进而保护员工、居民的人身安全。

6.3 关于标准失效油再生处理吸附剂的说明

本项目失效油的吸附再生技术依托孝感供电公式XDK高效吸附剂，该吸附剂优势如下：1）比表面大，吸附性能好

吸附净化是液一固相界面上发生的物理作用。油中的酸性氧化物、油溶胶体、金属、微粒炭等属于吸附质。在一定温度和吸附传质速度（即一定的搅拌速度或油流量）下，当吸附剂及吸附质种类一定时，被吸附物质的量将随着吸附表面的增加而增大。因此，为了提高吸附效果，必须尽可能地选择那些比表面较大的吸附剂。经西北化工研究院分析测试中心检测，XDK系列吸附剂的比表面在400m2/g左右，优于传统的其他吸附剂，如白土、活性氧化铝等。

2）吸附孔径大于现用的所有吸附剂

绝缘油劣化和被污染的杂质多为大分子和大粒径的物质，例如由氮、氧、硫等原子与不饱和烃结合组成通常称为胶质的化合物，粒子线径在1～100nm金属粉尘和悬浮炭粒线径10～10000nm，而目前一般工业用滤纸的滤度为20000～30000nm，最精密的滤件其滤度约为500nm，因此，上述微粒物质需用吸附剂吸附除去。由于XDK系列吸附剂平均孔径达到10～15nm（有10％的孔径在50nm以上），比粗孔硅胶的孔径还要大，特别利于油中大线径杂质的内扩散，保证了吸附作用在内孔表面发生，使吸附潜能充分发挥。

对比实例：荆州供电局某220kv主变40吨油中金属微粒（铜、铁）含量为1.25μg/g，油介损1.93%，该局采用本公司生产的XDK2型吸附剂2％进行吸附处理，经96小时后，油中铜、铁含量降至0.137μg/g，油介损0.08%。

3）吸附容量很大

吸附容量表征吸附剂净化油的能力大小。通常用1克吸附剂所能吸附相当于多少毫克氢氧化钾的酸性物质来表示，单位mgKOH/g。根据有关资料，特将XDK和其他一些吸附剂的吸附容量摘录排序如下：

801 4·553mgKOH/g

XDK 4·445mgKOH/g

高效吸附粉 2·206mgKOH/g

活性氧化铝 2·563mgKOH/g

硅 胶 0·625mgKOH/g

活性白土 0·467MmgOH/g

从以上数据看，1％的XDK相当于9％的白土之吸附能力，具有投料少，效率高的特点。

4）具有现场连续再生的工艺性

XDK系列吸附剂是块状粒剂，有一定的机械强度，既适用于接触法，更适用于压力渗滤法。用于接触法时，可直接将粒剂置于油罐中加热搅拌。和粉状吸附剂801或白土相仿，工艺流程是：

被净化油的前处理→预热升温→搅拌罐吸附→固液分离→后处理（除细微粒等）。

用于压力渗滤法时，以一级或二级吸附柱方式接入油处理系统，采用封闭强迫油循环吸附，能收到连续稳定、快速的处理效果。生产效率高，适用于变电站现场处理，也可用于修造工场集中废油污油再生处理。其工艺流程是：

被净化油的前处理→预热升温→一级或二级吸附处理→后处理（精滤脱气脱水）。

注意：前处理－若油中有油泥，大量杂质和乳化水或沉积水应设法事先滤除，避免再生时，吸附剂“中毒”而影响处理效果。

由于XDK吸附剂具备上述多项优点，受到全国电力系统发供电单位采用和好评。

对比实例（经第三方验证）：

广东大亚湾核电站＃1主变油质劣化，油介损高达21·0％，油颜色14号，我公司用XDK吸附再生处理，270吨油312小时，油介损降至1·06％，颜色降到8号。

广东大亚湾核电站＃2主变油质劣化，油介损11％，某单位用活性白土再生处理，270吨油504小时，油介损降到0·5％，颜色暗红变化不大。

众多实例说明XDK的确具备新型高效的特性，失效的矿物油可以采用此吸附剂进行再生利用。不过按照目前XDK吸附剂售价约8万左右一吨，5%的吸附剂4000元，合格矿物油4000到5000元，因此建议再生处理时XDK吸附剂总用量不超过5%，否则处理就没有性价比，不如直接报废。