



中华人民共和国国家标准

GB/T 14542—2017
代替 GB/T 14542—2005

变压器油维护管理导则

Guide for maintenance and supervision of transformer oil

(IEC 60422:2013, Mineral insulating oils in electrical equipment—
Supervision and maintenance guidance, NEQ)

2017-05-12 发布

2017-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 取样 2

5 新变压器油的验收 2

6 运行中变压器油的检验 3

7 油的相容性(混油) 8

8 运行中变压器油的维护 9

9 变压器油泥的冲洗..... 11

10 油的储存和输送 11

11 设备的技术档案与技术资料 12

12 安全与卫生 12

附录 A (资料性附录) 变压器设备的防油质劣化措施 13

附录 B (资料性附录) 防止油老化和油处理方法常用材料 15

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 14542—2005《运行变压器油维护管理导则》，与 GB/T 14542—2005 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 标准名称修改为“变压器油维护管理导则”；
- 修改了标准的适用范围；
- 修改了规范性引用文件；
- 增加了术语和定义；
- 简化了取样章节内容；
- 修改了新油净化后、热油循环后的油品检验项目及质量标准；
- 修改了运行中变压器油的质量标准及检测周期，增加了色度、析气性、带电倾向、腐蚀性硫、颗粒污染度、抗氧化添加剂含量、糠醛含量、二苄基二硫醚(DBDS)含量等项目；
- 删除了试验结果的解释；
- 修改了运行中变压器油超限值原因及对策，增加了腐蚀性硫、颗粒污染度、糠醛含量、二苄基二硫醚(DBDS)含量的超限值、可能原因及采取对策；
- 修改了油的相容性(混油)内容；
- 将运行油防老化措施及油处理章节内容合并修改，标题修改为“运行中变压器油的维护”；
- 修改了油的储存和输送及技术管理章节内容；
- 删除了资料性附录 A；
- 修改了原标准资料性附录 B 内容。

本标准使用重新起草法参考 IEC 60422:2013《电气设备中矿物绝缘油监管与维护指南》编制，与 IEC 60422:2013 的一致性程度为非等效。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电气化学标准化技术委员会(SAC/TC 322)归口。

本标准主要起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准参加起草单位：国网陕西省电力公司电力科学研究院、华东电力试验研究院有限公司、华北电力科学研究院有限责任公司。

本标准主要起草人：王笑微、冯丽苹、朱红梅、彭伟、王应高、李烨峰。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 14542—1993、GB/T 14542—2005。



变压器油维护管理导则

1 范围

本标准规定了变压器油维护管理的原则。

本标准适用于电力变压器、电抗器、互感器、充油套管等充油电气设备中使用的矿物绝缘油。

本标准不适用于各种合成绝缘液体。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 507 绝缘油 击穿电压测定法
- GB 2536 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油
- 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 6540 石油产品颜色测定法
- GB/T 6541 石油产品油对水界面张力测定法(圆环法)
- GB/T 7595 运行中变压器油质量
- GB/T 7597 电力用油(变压器油、汽轮机油)取样方法
- GB/T 7598 运行中变压器油水溶性酸测定法
- 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 8926—2012 在用的润滑油不溶物测定法
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 285 矿物绝缘油腐蚀性硫检测法 裹绝缘纸铜扁线法
- DL/T 385 变压器油带电倾向性检测方法
- DL/T 419 电力用油名词术语
- DL/T 421 电力用油体积电阻率测定法
- DL/T 429.6 电力用油开口杯老化测定法
- DL/T 429.7 油泥析出测定法
- DL/T 432 电力用油中颗粒污染度测量方法
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 703 绝缘油中含气量的气相色谱测定法
- DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则
- DL/T 1096 变压器油中颗粒度限值
- DL/T 1355 变压器油中糠醛含量的测定 液相色谱法
- DL/T 1419 变压器油再生与使用导则
- DL/T 1459 矿物绝缘油中金属钝化剂含量的测定 高效液相色谱法
- DL/T 1552 变压器油储存管理导则

NB/SH/T 0810 绝缘液在电场和电离作用下析气性测定法

NB/SH/T 0812 矿物绝缘油中 2-糠醛及相关组分测定法

SH/T 0802 绝缘油中 2,6-二叔丁基对甲酚测定法

IEC 60422 电气设备中矿物绝缘油监督与维护指南 (Mineral insulating oils in electrical equipment—Supervision and maintenance guidance)

IEC 62697-1 未使用和已使用的绝缘液体腐蚀性硫化合物定量测定的测试方法 第 1 部分: DBDS 定量测定的试验方法 [Test methods for quantitative determination of corrosive sulfur compounds in unused and used insulating liquids—Part 1: Test method for quantitative determination of dibenzyl disulfide (DBDS)]

3 术语和定义

DL/T 419 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿物绝缘油 mineral insulating oil

从天然石油中提炼精制的绝缘油。

[DL/T 419—2015, 定义 3.9]

3.2

再处理 reconditioning

采用物理方法降低已用油品中的气体、水分和固体颗粒等杂质含量,达到可接受的水平的处理工艺。

[DL/T 419—2015, 定义 8.2]

3.3

再生 reclaiming; regeneration

为使油品性能尽可能恢复或接近其原始值,采用化学与物理方法清除油品中有害化学成分的工艺。

[DL/T 419—2015, 定义 8.3]

4 取样

取样容器及方法按照 GB/T 7597 的规定执行,油中颗粒污染度测定用容器及方法按照 DL/T 432 的规定执行。

5 新变压器油的验收

5.1 新油验收

新油验收时应对接受的全部油品进行监督,以防止出现差错或带入污物。新油应按 GB 2536 标准验收,也可按照有关国际标准或合同规定验收。

5.2 新油注入变压器(电抗器)前的检验

新油注入设备前应用真空滤油设备进行过滤净化处理,以脱除油中的水分、气体和其他颗粒杂质,达到表 1 要求后方可注入设备。互感器和套管用油的检验依据 GB 50150 有关规定执行。

表 1 新油净化后的质量指标

项目	设备电压等级/kV					
	1 000	750	500	330	220	≤110
击穿电压/kV	≥75	≥75	≥65	≥55	≥45	≥45
水分/(mg/L)	≤8	≤10	≤10	≤10	≤15	≤20
介质损耗因数 (90 ℃)	≤0.005					
颗粒污染度/粒 ^a	≤1 000	≤1 000	≤2 000	—	—	—
注：必要时，新油净化后可按照 DL/T 722 进行油中溶解气体组分含量的检验。						
^a 100 mL 油中大于 5 μm 的颗粒数。						

5.3 新油注入变压器(电抗器)进行热循环后的检验

新油注入设备经过热油循环后,应符合表 2 要求。

表 2 热油循环后的质量指标

项目	设备电压等级/kV					
	1 000	750	500	330	220	≤110
击穿电压/kV	≥75	≥75	≥65	≥55	≥45	≥45
水分/(mg/L)	≤8	≤10	≤10	≤10	≤15	≤20
油中含气量 (体积分数)/%	≤0.8	≤1	≤1	≤1	—	—
介质损耗因数 (90 ℃)	≤0.005					
颗粒污染度/粒 ^a	≤1 000	≤2 000	≤3 000	—	—	—
^a 100 mL 油中大于 5 μm 的颗粒数。						

5.4 新设备通电投运前的检验

合格的新变压器油注入电气设备,在热油循环后、通电投运前,其油品质量应符合表 3 中“投入运行前的油”的要求。油中溶解气体组分含量的检验按照 DL/T 722 的规定执行。

6 运行中变压器油的检验

6.1 运行中变压器油的质量标准及检验周期

6.1.1 运行中变压器油、断路器油的质量应按 GB/T 7595 的规定检验,特定设备用油应按制造厂的规定检验。运行中变压器油的质量标准见表 3,运行中断路器油的质量标准见表 4。

表 3 运行中变压器油质量标准

序号	检验项目	设备电压等级/ kV	质量标准		检验方法
			投入运行前的油	运行油	
1	外观	各电压等级	透明、无沉淀物和悬浮物		外观目视
2	色度/号	各电压等级	≤ 2.0		GB/T 6540
3	水溶性酸(pH 值)	各电压等级	> 5.4	≥ 4.2	GB/T 7598
4	酸值(以 KOH 计)/ (mg/g)	各电压等级	≤ 0.03	≤ 0.10	GB/T 264
5	闪点(闭口)/℃	各电压等级	≥ 135		GB/T 261
6	水分/(mg/L)	330~1 000	≤ 10	≤ 15	GB/T 7600
		220	≤ 15	≤ 25	
		≤ 110	≤ 20	≤ 35	
7	界面张力(25 ℃)/ (mN/m)	各电压等级	≥ 35	≥ 25	GB/T 6541
8	介质损耗因数(90 ℃)	500~1 000	≤ 0.005	≤ 0.020	GB/T 5654
		≤ 330	≤ 0.010	≤ 0.040	
9	击穿电压/kV	750~1 000	≥ 70	≥ 65	GB/T 507
		500	≥ 65	≥ 55	
		330	≥ 55	≥ 50	
		66~220	≥ 45	≥ 40	
		≤ 35	≥ 40	≥ 35	
10	体积电阻率(90 ℃)/ ($\Omega \cdot m$)	500~1 000	$\geq 6 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	DL/T 421
		≤ 330		$\geq 5 \times 10^9$	
11	油中含气量 (体积分数)/%	750~1 000	≤ 1	≤ 2	DL/T 703
		330~500		≤ 3	
		电抗器		≤ 5	
12	油泥与沉淀物 ^a (质量分数)/%	各电压等级	—	≤ 0.02 (以下可忽略不计)	GB/T 8926—2012
13	析气性	≥ 500	报告		NB/SH/T 0810
14	带电倾向/(pC/mL)	各电压等级	—	报告	DL/T 385
15	腐蚀性硫	各电压等级	非腐蚀性		DL/T 285
16	颗粒污染度/粒 ^b	1 000	$\leq 1\ 000$	$\leq 3\ 000$	DL/T 432
		750	$\leq 2\ 000$	$\leq 3\ 000$	
		500	$\leq 3\ 000$	—	
17	抗氧化添加剂含量 (质量分数)/% 含抗氧化添加剂油	各电压等级	—	大于新油原始值的 60%	SH/T 0802

表 3 (续)

序号	检验项目	设备电压等级/ kV	质量标准		检验方法
			投入运行前的油	运行油	
18	糠醛含量 (质量分数)/ (mg/kg)	各电压等级	报告	—	NB/SH/T 0812 DL/T 1355
19	二苯基二硫醚 (DBDS)含量(质量 分数)/(mg/kg)	各电压等级	检测不出 ^c	—	IEC 62697-1
^a 按照 GB/T 8926—2012(方法 A)对“正戊烷不溶物”进行检测。 ^b 100 mL 油中大于 5 μm 的颗粒数。 ^c 指 DBDS 含量小于 5 mg/kg。					

表 4 运行中断路器油质量标准

序号	检验项目	设备电压等级/kV	质量标准	检验方法
1	外观	各电压等级	透明、无游离水分、 无杂质或悬浮物	外观目视
2	水溶性酸(pH 值)	各电压等级	≥ 4.2	GB/T 7598
3	击穿电压/kV	>110	投运前或大修后 ≥ 45 运行中 ≥ 40	GB/T 507
		≤ 110	投运前或大修后 ≥ 40 运行中 ≥ 35	

6.1.2 表 5 列出了运行中变压器油试验项目及推荐的适于不同设备类型的检验周期。按照表 5 列出的试验要求,有些试验项目和检验次数可依据各地实际情况而调整。

6.1.3 应按照下列原则进行检验:

- 在表 5 中所规定的周期内应定期进行性能检验,除非制造厂商另有规定;
- 如有可能,在经常性的检验周期内,检验同一部位油的特性;
- 对满负荷运行的变压器可以适当增加检验次数;
- 对任何重要的性能若已接近所推荐的标准限值时,应增加检验次数。

6.1.4 运行中变压器油溶解气体组分含量的检验项目及检测周期按照 DL/T 722 的规定执行。

表 5 运行中变压器油、断路器油检测周期及检验项目

设备类型	设备电压等级	检测周期	检验项目
变压器、 电抗器	330 kV～ 1 000 kV	投运前或大修后	外观、色度、水溶性酸、酸值、闪点、水分、界面张力、介质损耗因数、击穿电压、体积电阻率、油中含气量、颗粒污染度 ^a 、糠醛含量
		每年至少一次	外观、色度、水分、介质损耗因数、击穿电压、油中含气量
		必要时	水溶性酸、酸值、闪点、界面张力、体积电阻率、油泥与沉淀物、析气性、带电倾向、腐蚀性硫、颗粒污染度 ^a 、抗氧化添加剂含量、糠醛含量、二苄基二硫醚含量、金属钝化剂 ^b
	66 kV～220 kV	投运前或大修后	外观、色度、水溶性酸、闪点、水分、界面张力、介质损耗因数、击穿电压、体积电阻率、糠醛含量
		每年至少一次	外观、色度、水分、介质损耗因数、击穿电压
		必要时	水溶性酸、酸值、界面张力、体积电阻率、油泥与沉淀物、带电倾向、腐蚀性硫、抗氧化添加剂含量、糠醛含量、二苄基二硫醚含量、金属钝化剂 ^b
	≤35 kV	3 年至少一次	水分、介质损耗因数、击穿电压
断路器	>110 kV	投运前或大修后	外观、水溶性酸、击穿电压
		每年一次	击穿电压
	≤110 kV	投运前或大修后	外观、水溶性酸、击穿电压
		3 年至少一次	击穿电压
互感器和套管用油的检验项目及检测周期按照 DL/T 596 的规定执行。 注：油量少于 60 kg 的断路器油 3 年检测一次击穿电压或以换油代替预试。			
^a 500 kV 及以上变压器油颗粒污染度的检测周期参考 DL/T 1096 的规定执行。 ^b 特指含金属钝化剂的油。油中金属钝化剂含量应大于新油原始值的 70%，检测方法为 DL/T 1459。			

6.2 运行中变压器油超限值原因及对策

对于运行中变压器油检验项目超出质量标准的原因分析及应采取的措施见表 6，同时遇有下述情况应引起注意：

- 当试验结果超出运行中变压器油的质量标准时，应与以前的试验结果进行比较，如情况许可时，在进行任何措施之前，应重新取样分析以确认试验结果无误；
- 如果油质快速劣化，则应缩短检测周期进行跟踪试验，必要时检测油中抗氧化剂含量，结合油温、负荷及色谱分析结果采取相应措施；
- 某些特殊试验项目，如击穿电压低于运行油标准要求，或是色谱检测发现有故障存在，则可以不考虑其他特殊性项目，应果断采取措施以保证设备安全；
- 如检测变压器油的介质损耗因数、颗粒污染度等指标异常时，可关注并检测油中铜、铁等金属含量。

表 6 运行中变压器油超限值原因及对策

序号	项目	超限值		可能原因	采取对策
1	外观	不透明,有可见杂质或油泥沉淀物		油中含有水分或纤维、碳黑及其他固形物	脱气脱水过滤或再生处理
2	色度/号	>2.0		可能过度劣化或污染	再生处理或换油
3	水分/(mg/L)	330 kV~1 000 kV	>15	a) 密封不严、潮气侵入; b) 运行温度过高,导致固体绝缘老化或油质劣化	a) 检查密封胶囊有无破损,呼吸器吸附剂是否失效,潜油泵管路系统是否漏气; b) 降低运行温度; c) 采用真空过滤处理
		220 kV	>25		
		≤110 kV	>35		
4	酸值(以 KOH 计)/(mg/g)	>0.10		a) 超负荷运行; b) 抗氧化剂消耗; c) 补错了油; d) 油被污染	再生处理,补加抗氧化剂
5	击穿电压/kV	750 kV~1 000 kV	<65	a) 油中水分含量过大; b) 杂质颗粒污染; c) 有油泥产生	a) 真空脱气处理; b) 精密过滤; c) 再生处理
		500 kV	<55		
		330 kV	<50		
		66 kV~220 kV	<40		
		≤35 kV	<35		
6	介质损耗因数(90 ℃)	500 kV~1 000 kV	>0.020	a) 油质老化程度较深; b) 杂质颗粒污染; c) 油中含有极性胶体物质	再生处理或换油
		≤330 kV	>0.040		
7	界面张力(25 ℃)/(mN/m)	<25		a) 油质老化,油中有可溶性或沉析性油泥; b) 油质污染	再生处理或换油
8	体积电阻率(90 ℃)/(Ω·m)	500 kV~1 000 kV	<1×10 ¹⁰	同介质损耗因数原因	再生处理或换油
		≤330 kV	<5×10 ⁹		
9	闪点(闭口)/℃	<135 并低于新油原始值 10 ℃ 以上		a) 设备存在严重过热或电性故障; b) 补错了油	查明原因,消除故障,进行真空脱气处理或换油
10	油泥与沉淀物 ^a (质量分数)/%	>0.02		a) 油质深度老化; b) 杂质污染	再生处理或换油
11	油中溶解气体组分含量/(μL/L)	见 DL/T 722		设备存在局部过热或放电性故障	进行跟踪分析,彻底检查设备,找出故障点并消除隐患,进行真空脱气处理

表 6 (续)

序号	项目	超限值		可能原因	采取对策
12	油中含气量 (体积分数)/%	750 kV~1 000 kV	>2	设备密封不严	与制造厂联系,进行设备的严密性处理
		330 kV~500 kV	>3		
		电抗器	>5		
13	水溶性酸 (pH 值)	<4.2		a) 油质老化; b) 油被污染	a) 与酸值比较,查明原因; b) 再生处理或换油
14	腐蚀性硫	腐蚀性		a) 精制程度不够; b) 污染	再生处理、添加金属钝化剂或换油
15	颗粒污染度/粒 ^b	750 kV~1 000 kV	>3 000	a) 油质老化; b) 杂质污染; c) 油泵磨损	a) 再生处理; b) 精密过滤; c) 换泵
16	糠醛含量 (质量分数)/ (mg/kg)	—		纸绝缘热老化	做聚合度试验,考虑降负荷运行或更换变压器
17	二苯基二硫醚 (DBDS)含量 (质量分数)/ (mg/kg)	—		腐蚀性硫	再生处理、添加金属钝化剂或换油
a 按照 GB/T 8926—2012(方法 A)对“正戊烷不溶物”进行检测。					
b 100 mL 油中大于 5 μm 的颗粒数。					

7 油的相容性(混油)

7.1 油品需要混合使用时,参与混合的油品应符合各自的质量标准(新油应满足新油质量标准,运行油应满足运行油质量标准)。

7.2 电气设备充油不足需要补油时,应补加同一油基、同一牌号及同一添加剂类型的油品。应选用符合 GB 2536 标准的未使用过的变压器油或符合 GB/T 7595 运行油质量标准的已使用过的变压器油,且补加油品的各项特性指标都应不低于设备内的油。补油量较多时(大于 5%),在补油前应先做混合油的油泥析出试验,确认无油泥析出、酸值及介质损耗因数低于设备内的油时,方可进行补油。

7.3 不同油基、牌号、添加剂类型的油原则上不宜混合使用。特殊情况下,如需将不同牌号的新油混合使用,应按混合油的实测倾点(倾点需参考 GB 2536 新变压器油的倾点指标)决定是否适于该地区使用,然后再按 DL/T 429.6 方法进行开口杯老化试验。老化后混合油应无油泥析出,且混合油的酸值及介质损耗因数应不比最差的单个油样差。

7.4 如在运行油中混入不同牌号的新油或已使用过的油,除应事先测定混合油的倾点(倾点需参考 GB 2536 新变压器油的倾点指标)以外,还应满足下列要求:

- a) 补加油品的各项特性指标都应不低于设备内的油,且混合油的质量应不低于运行油;

- b) 应对运行油、补充油和混合油按照 DL/T 429.6 方法进行开口杯老化试验,老化后混合油应无油泥析出,且混合油及补充油的酸值及介质损耗因数应不大于运行油老化后的测定结果。

7.5 在进行混油试验时,油样的混合比应与实际使用的比例相同;如果混油比无法确定时,则采用 1:1 质量比例混合进行试验。

7.6 油泥析出试验应按照 DL/T 429.7 或 GB/T 8926—2012(方法 A)进行测试。当无法用 DL/T 429.7 方法观察并对比不同油样的油泥析出情况时,则应按照 GB/T 8926—2012(方法 A)进行油泥含量的测试及对比。

8 运行中变压器油的维护

8.1 运行油防老化措施

8.1.1 延长运行中变压器油的寿命,应采取的防劣措施包括:

- a) 安装油保护装置(包括呼吸器和密封式储油柜),以防止水分、氧气和其他杂质的侵入;
- b) 在油中添加抗氧化剂(如 T501 抗氧化剂),以提高油品的氧化安定性。

8.1.2 防劣措施的选用应根据充油电气设备的种类、型式、容量和运行方式等因素来选择:

- a) 电力变压器应至少采用 8.1 中所列举的一种防劣措施;
- b) 对于高电压、大容量的电力变压器,应装设密封式储油柜;
- c) 对 110 kV 及以上电压等级的油浸式高压互感器,应采用隔膜密封式储油柜或金属膨胀器结构(参见附录 A)。

8.1.3 在油中添加和补加 T501 抗氧化剂时,应注意以下事项:

- a) 药剂的质量应按标准(参见 B.2)进行验收,并注意药剂的保管,防止变质。
- b) 对于不明牌号的新油(包括进口油)、再生油及老化污染情况不明的运行油,应进行油对抗氧化剂的感受性试验(感受性:进行油的氧化或老化试验,其结果若有一项指标较不加 T501 抗氧化剂的油提高 20%~30%,且其余指标均无不良影响,则称该油对 T501 抗氧化剂具有良好的感受性),确定该油是否适合添加 T501 抗氧化剂和添加时的有效剂量。对 T501 抗氧化剂感受性差的油,可将油进行净化或再生处理后,再做感受性试验。
- c) 当新油中 T501 抗氧化剂的含量(质量分数)为 0.08%~0.40%时,运行油中的含量应不低于新油原始值的 60%。
- d) 运行油添加抗氧化剂时应在设备停运或检修时进行。添加前,应先清除设备内和油中的油泥、水分和杂质。添加时应采用热溶解法添加,即将 T501 抗氧化剂在 50℃ 下配制成 5%~10%(质量分数)的油溶液,然后通过滤油机,将其加入循环状态下设备内的油中并混合均匀,以防药剂过浓导致未溶解的药剂颗粒积沉在设备内。添加后,油的电气性能应合格。
- e) 对含抗氧化剂的油,如发现油质老化严重,应对油进行处理,当油质达到合格要求后再补加抗氧化剂。

8.1.4 为充分发挥防劣措施的效果,应对几种防劣措施进行配合使用并切实做好监督和维护工作。对大容量或重要的电力变压器,必要时可采用两种或两种以上的防劣措施配合使用。在运行中,应避免足以引起油质劣化的超负荷、超温运行方式并采取措施定期清除油中的气体、水分、油泥和杂质等。设备检修期间需做好充油、补油和设备内部清理工作。

8.2 变压器油处理

8.2.1 变压器油的处理通过物理或化学的方法,使无法满足运行要求的变压器油恢复其性能指标并继续投入使用的一种工艺。不同的油处理方法可除去油中不同种类的杂质,总体包括变压器油的再处理及再生,具体处理工艺可参考 DL/T 1419。

8.2.2 再处理

8.2.2.1 采用物理方法降低已用油品中的气体、水分和固体颗粒等杂质含量,达到可接受的水平的处理工艺。典型的处理方法有:沉淀、过滤、离心、真空干燥和脱气。使用时,根据处理后应达到的指标要求和处理方法的特点进行选择。

8.2.2.2 过滤处理包括机械过滤、凝聚过滤、自然重力过滤、压力过滤等。机械过滤不能有效去除油中溶解的或呈胶态的杂质,也不能脱除气体,使用机械过滤设备时应注意下列事项:

- a) 过滤器的过滤介质在使用前应充分干燥。当过滤含有水的油时,应在较低温度(一般低于45℃)下过滤,有利于脱水效果的提高。
- b) 滤油机的工作状况主要靠观察滤油机的进口油压和测定滤油机出口油的水分含量或击穿电压值来进行评估。当发现过滤器油压增加或滤出油的水分含量增加、击穿电压值降低时,应采取更换滤纸等措施加以处理。
- c) 当过滤含有较多油泥或其他固体杂质时,应增加更换滤纸的次数。必要时,可采用预滤装置(滤网)。
- d) 处理超高压设备用油时,可将机械过滤和真空过滤配合使用。

8.2.2.3 当处理含有大量水分、固体颗粒、油泥等悬浮物的油时,应先用离心分离方式进行净化。离心分离是通过机械装置分离游离态和悬浮态的碳、水、油泥和油。一般情况下,离心分离可以处理其他滤油方法难以处理的严重污染,但难以用于脱除溶解态的水分以及高度分散的碳微粒。离心分离后的油品可在处理过程的温湿度下达到水分的溶解平衡。油再生过程中,离心分离可与其他再生设备联合使用。

8.2.2.4 真空过滤能够有效脱除绝缘油中的气体和水分,其基本原理为:油品短时间内通过一个高温、高度真空的环境实现水气分离。真空处理的一种方法是让油品通过专用喷嘴雾化后进入真空室,另一种方法是让油品通过真空室内的一系列挡板从而形成一个大表面的油膜,如果油中含有固体杂质,应在真空处理前将其过滤除掉。真空滤油是一个连续的过程,在脱水的同时还可脱去油中的气体和挥发性酸,但对于非挥发性酸无法靠真空脱水加以脱除,故此方法无法使油品的酸值得到大的改善。

8.2.2.5 当电气设备需要再次注油时,应经过再次净化后直接注入设备中。应保证芯子绕组、内桶和其他含油隔板使用已净化的油清洗。

8.2.2.6 循环净化滤油方式分为直接循环净化和间接循环净化两种方式,通常采用间接循环法。

- a) 直接循环净化是将滤油机与变压器设备连成循环回路,通过滤油机,油从电气设备底部抽取,自电气设备顶部回入。返回的油应该平稳地在靠近顶部油面的水平位置回入,避免已处理油与未处理油相混合。为了提高直接循环净化的效果,在实施时应注意以下事项:
 - 1) 循环过滤次数。被处理的设备内的总油量通过滤油机的次数应不低于3次,最终的循环次数应视被处理的油在设备内稳定数小时后,从设备底部取样经检测水分、击穿电压或含气量合格后,才能决定循环净化过程的结束。
 - 2) 净油机的进、出口油管与设备的连接应分别接在对角线上,并在处理过程中改变回油进入设备的位置,以避免设备内有循环不到的死角。
 - 3) 未参加循环的油,如变压器设备中的冷却器、有载调压开关油箱、储油柜等内部的油,应放出过滤后再分别返回原设备内。
 - 4) 循环净化不能带电作业,应在电气设备的电源拉断后进行。
- b) 间接循环净化是将滤油机串接在设备与油处理罐之间,先将设备中的油过滤后送入油罐,待对设备内部工件脱除水分、气体后,再用滤油机将处理好的油罐油抽回设备。当间接循环法不能实施时(如变压器壳体不能承受真空时)应采用直接循环法。

8.2.2.7 特殊情况下,电气设备无法拉断电源但又必须进行带电滤油时,应做好各方面的安全措施,并

特别注意：

- a) 滤油机的进、出管路应严密,避免管路系统进气和漏油,以免发生故障;
- b) 控制油流速度不能过大,以免产生流动带电而引起危险。

8.2.3 再生

8.2.3.1 再生是一种使油品性能尽可能恢复或接近其原始值,采用化学与物理方法清除油品中有害化学成分的工艺。再生通常与滤油处理联合使用,典型的方法为吸附处理。

8.2.3.2 吸附法适合现场对劣化程度较轻的变压器油进行处理,吸附法再生变压器油常用吸附剂的性能参见附录 B。硫酸-白土、蒸馏、溶剂萃取加氢的精炼方法适合将严重劣化或出现故障的变压器油收集后,在专门的场所进行集中处理。再生油应在商品标签上进行明确标注,再生后应根据 DL/T 1419 的要求进行验收。

8.2.3.3 再生处理前需对变压器油作净化处理,含有较多水分和颗粒杂质的油,应先进行水分及颗粒杂质的去除后,才能进行再生。再生后的变压器油应经过精密过滤净化后才能投入使用,以防吸附剂等残留物带入运行设备中。

8.2.3.4 再生后的变压器油一般不推荐在新设备中使用,除非经过长期运行试验证明安全可靠。用于变压器的再生油,应从变压器或同类设备中回收再生而来,油品不应被多氯联苯、硅树脂、游离碳或其他原始性能不符合 GB 2536 要求的液体所污染。包含大量电弧产物的变压器油、断路器油和不同来源的混合油,再生后不应用于变压器设备。

8.2.3.5 通常再生处理会使添加剂损失,因此再生处理后应确保 T501 抗氧化剂的质量浓度达到合格范围。

9 变压器油泥的冲洗

9.1 变压器油热油是其裂解产物的良好溶剂,需要加热的温度可由其苯胺点试验确定。

9.2 将变压器油加热到 80℃ 时,就可以溶解设备内沉积的油泥。利用热油冲洗变压器内的油泥需要将再生、清洗和油的溶解能力相结合。加热、吸附和真空过滤处理(脱气、脱水)的具体实施是将再生设备和变压器组成闭路循环系统,被处理的油从变压器中流出,经过加热器将油加热到 80℃,再通过过滤装置,除去油中的杂质和水分,最后经吸附过滤器去掉油中溶解的油泥,再经真空过滤和精密过滤后,纯净的油重新返回变压器中。油品通过变压器的循环次数取决于油泥含量的大小。

9.3 采用这种除油泥的方式,宜在断电的情况下作业。

10 油的储存和输送

10.1 库存油管理

10.1.1 新购进的油须先验明油种、牌号,检验油质是否符合相应的新油标准。经验收合格的油入库前须经过滤净化合格后方可注入备用油罐。

10.1.2 库存备用的新油与合格的油应分类、分牌号存放并挂牌建账。

10.1.3 库存油应严格执行油质检验。除应对每批入库、出库油作检验外,还要加强库存油移动时的检验与监督。油的移动包括倒油罐、倒桶以及存油容器内再装入新油等。油在移动前后均应进行油质检验,并作好记录,以防油的错混与污染。对长期储存的备用油,应定期(一般每半年一次)检验,以保证油质处于合格备用状态。

10.1.4 储备用油至少应以最大一台变压器用油量的 1.1 倍的油量储存,以防意外情况的急需用油。

10.1.5 变压器油的储存管理可参考 DL/T 1552。

10.2 油品输送

10.2.1 使用油桶储存油时,应在桶上清楚地标明是净油还是污油,并注明该油是否为专供某类型设备所使用。对于油桶,应将带盖子的一端朝上放置并拧紧桶盖,防止储存期间水分的侵入。使用时,将油从容器中输送至电气设备时,应经过净化处理。

10.2.2 清洁的油输入电气设备时,应保持管道清洁、无水分并检查管道的严密性,防止气体侵入设备。软接管和手泵应仔细检查并确保清洁、干燥,使用前还应应用清洁的油进行清洗。用于输送清洁油的专用胶管应有清楚的标记,不使用时端部应用密封塞子进行保护。

11 设备的技术档案与技术资料

11.1 主要用油设备台账:包括设备地点、容量、电压等级、油种、油量、油保护方式、投运日期及移动情况记录。

11.2 主要用油设备运行油质检验台账:包括换油、补油、防老化措施执行情况、运行油质量检验及油处理情况记录。

11.3 主要变压器等用油设备中气体色谱分析台账:包括异常情况、检验与处理结果记录。

11.4 主要用油设备大修检查记录。

11.5 旧油、废油回收和再生处理记录。

11.6 库存备用油油质检验台账:包括油种、牌号、油量及油移动等情况记录。

12 安全与卫生

12.1 油库、油处理站设计应符合消防与工业卫生有关要求。油罐安装间距及油罐与周围建筑的距离应具有足够的防火间距,且应设置油罐防护堤。为防止雷击和静电放电,油罐及其连接管线应装设接地装置,消防器材和通风、照明、油污废水处理等设施均应合格齐全。油再生处理站还应根据环境保护法律法规,妥善处理油再生时的废渣、废气。

12.2 油库、油处理站及其所辖油区应严格执行防火防爆制度。杜绝油料的渗漏与泼洒,地面油污应及时清除。严禁烟火,对用过的沾油棉织物及一切易燃物品应清除干净。油罐输油操作应注意防止静电放电,查看或检修油罐油箱时,应使用低电压安全行灯并注意通风。

12.3 从事接触油料工作应注意有关的保健防护措施,尽量避免吸入油雾或油蒸气;避免皮肤长时间过多地与油接触,必要时操作过程中应戴防护手套及围裙,操作前也可涂抹合适的护肤膏。操作后及饭前应将皮肤上的油污清洗干净,油污衣服应及时清洗等。

12.4 PCBs 是一种危险的致癌物质,对环境的污染比较严重。对于新设备和新油,以及维护过程中有潜在污染(油处理、变压器维修等)时,应检测油中的 PCBs 含量,一经发现应立即采取措施,加强用油管理,杜绝含有 PCBs 的油对其他净油的污染,以保护人身安全和防止环境污染。

附录 A (资料性附录)

变压器设备的防油质劣化措施

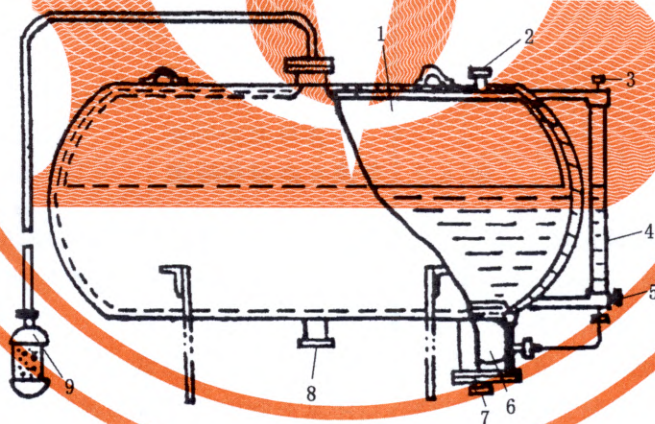
A.1 呼吸器

充油电气设备一般均应安装呼吸器。呼吸器通常与储油柜配合使用,其内部装有吸水性能良好的吸附剂(如硅胶、分子筛等),其底部设有油封。吸附剂在使用前应按规定条件进行烘干处理,使用失效时应立即更换。

A.2 密封式储油柜

A.2.1 大容量电力变压器中的密封式储油柜内部装有耐油的专用橡胶密封件,使油和空气隔离,以防外界湿气和空气的进入而导致油质氧化加速与受潮。但这种装置不能清除已进入设备的湿气和设备内部绝缘材料分解所产生的水分。密封式储油柜有两种结构型式,胶囊式储油柜与隔膜式储油柜。这两种储油柜在结构上应符合全密封的要求(见图 A.1、图 A.2),并应包括:

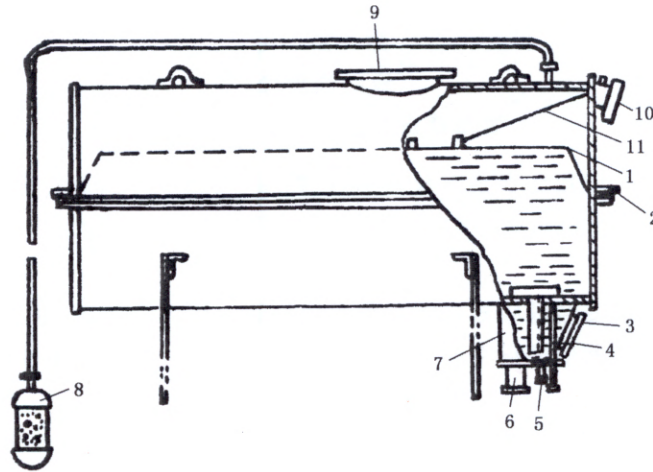
- 将安全气道改为压力释放器;
- 采用压油袋式油位计或铁磁油位计。



说明:

- 1——胶囊;
- 2——放油塞;
- 3——放气塞;
- 4——油位计;
- 5——放油塞;
- 6——油压袋;
- 7——放气塞;
- 8——气体继电器联管;
- 9——呼吸器。

图 A.1 胶囊式密封储油柜



说明：

- 1 —— 隔膜；
- 2 —— 放水阀；
- 3 —— 视察窗；
- 4 —— 排气管；
- 5 —— 注放油管；
- 6 —— 气体继电器联管；
- 7 —— 集气盒；
- 8 —— 呼吸器；
- 9 —— 人孔；
- 10 —— 铁磁式油位计；
- 11 —— 连杆。

图 A.2 隔膜式密封储油柜

A.2.2 储油柜密封件的安装应按设备制造厂说明书的要求进行。安装时，应防止密封件发生扭曲或皱皮而导致的损伤。注油时，应设法排尽变压器内死角处积存的空气，注入的油应经过高效真空脱气处理，并检测油中总含气量(体积分数)应小于1%。

A.2.3 密封式储油柜在运行中，应经常检查柜内气室呼吸是否畅通，油位变化是否正常。如发现呼吸器堵塞或密封件油侧积存有空气，应及时排除，以防发生假油位或溢油现象。

A.2.4 装有密封油柜的变压器，应定期检查油质情况，特别是油中含气量和含水量的变化。如有异常，应查明原因，消除缺陷，并对设备内的油进行真空脱气、脱水处理。

附录 B

(资料性附录)

防止油老化和油处理方法常用材料

B.1 常用吸附剂性能见表 B.1。

表 B.1 常用吸附剂性能

名称	型号	化学成分	形状	活性表面积/($\text{m}^2 \cdot \text{g}$)	活化温度/ $^{\circ}\text{C}$	最佳使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	能吸附的组分
硅胶	细孔 粗孔 变色	$m\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 变色硅胶浸有 COCl_2	干燥时呈乳白色块状或球状结晶, 孔径: 粗孔胶为 8 nm~10 nm, 细孔胶为 2 nm	300~500	450~600 变色硅胶 120 $^{\circ}\text{C}$	30~50	水分、气体、有机酸等氧化产物(细孔硅胶多用于吸水、粗孔硅胶多用于油处理。变色硅胶作吸附剂吸水性指示用)
活性氧化铝		$m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	块状、球状或粉状结晶, 孔径 2.5 nm~5.5 nm	180~370	300	50~70	有机酸及其他氧化产物
分子筛(常用)(沸石)	A 型 X 型 Y 型	通式为 $a \cdot (\text{M}_{2/n}\text{O}) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot b$ $\cdot (\text{SiO}_2) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$ M 一般为 K、Na、Ca n 为阳离子价数 a, b, c 均为系数	条状或球形孔径 3A~10A		450~550	25~150	水、气体、不饱和烃、有机酸等氧化产物(3A、4A、5A 型分子筛可用于油处理)
活性白土		通式为 $\text{MSiO}_2 \cdot \text{NAl}_2\text{O}_3$ (含少量 FeO , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO 等) M, N 为系数	无定形或结晶状的白色粉末或粒状	100~300	450~600	100~150	不饱和烃, 树脂及沥青有机酸、水分等(用于油接触法再生处理)
高铝微球	801	$\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (担体为稀土 Y 型分子筛)	微球状	530	120	50~60	除去酸性组分及其他氧化产物(用于接触法再生油)

B.2 T501 抗氧化剂的质量标准见表 B.2。

表 B.2 T501 抗氧化剂的质量标准

项目	专业标准 SH 0015		试验方法
	一级品	合格品	
外状	白色结晶	白色结晶 ^a	目测
游离甲酚/% 不大于	0.015	0.03	附录
初熔点/℃	69.0~70.0	68.5~70.0	GB 617
灰分/% 不大于	0.01	0.03	GB 509
水分/% 不大于	0.06	—	GB/T 606 ^b
闪点/℃(闭口)	报告	—	GB/T 261
^a 贮存后允许变为淡黄色但仍可使用。 ^b 测定水分时,操作手续改为取 3 mL~4 mL 溶液甲,以溶液乙滴定至终点不记录读数,然后迅速加入试样 1 g (称准至 0.01 g)在不断搅拌下使之溶解,用溶液乙滴定至终点。			

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
变压器油维护管理导则
GB/T 14542—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 36 千字
2017年5月第一版 2017年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-55736 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 14542-2017