



中华人民共和国国家标准

GB 2536—2011
代替 GB 2536—1990

电工流体 变压器和 开关用的未使用过的矿物绝缘油

Fluids for electrotechnical applications—
Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear

(IEC 60296:2003,MOD)

2011-12-05 发布

2012-06-01 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

前 言

本标准的4.2、第5章(表1的注2、表2的注和表3的注2所指的项目除外)、第6章为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替GB 2536—1990《变压器油》。

本标准与GB 2536—1990相比,主要变化如下:

- 标准名称修改为“电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油”;
- 扩大标准的适用范围(1990版的第1章,本版的第1章);
- 增加“术语和定义”一章(见第3章);
- 增加“分类和标记”(见第4章);
- 增加“表2 变压器油(特殊)技术要求和试验方法”和“表3 低温开关油技术要求和试验方法”(见5.1.2和5.1.3);
- 增加本标准与GB 2536—1990相比技术指标的变化一览表(参见附录A);
- 增加最低冷态投运温度(LCSET)下变压器油的最大黏度和最高倾点与GB 2536—1990标准中牌号的对应关系(参见附录B);
- 增加“总硫含量”、“抗氧化添加剂含量”、“2-糠醛含量”、“析气性”、“带电倾向”、“稠环芳烃(PCA)含量”和“多氯联苯(PCB)含量”等作为检验项目(见表1、表2和表3);
- 变更“氧化安定性”、“腐蚀性硫”、“酸值”和“水含量”测定方法(1990版的表,本版的表1、表2和表3);
- 增加“腐蚀性硫”、“运动黏度”、“介质损耗因数”和“密度”测定方法(见表1、表2和表3);
- 增加“检验规则”一章(见第6章);
- 取消产品牌号(1990版的第1章)。

本标准修改采用IEC 60296:2003《电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油》(英文版)。

本标准根据IEC 60296:2003重新起草。为了方便比较,在附录C中给出了本标准章条编号与IEC 60296:2003章条编号的结构性差异对照一览表。在附录D中给出了本标准与IEC 60296:2003技术性差异及其原因一览表。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油燃料和润滑剂分技术委员会(SAC/TC 280/SC 1)归口。

本标准起草单位:中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院、西安热工研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司润滑油分公司、中国石油化工股份有限公司润滑油分公司。

本标准主要起草人:陈延、孟玉婵、马书杰、何晓瑛、张玲俊。

电工流体 变压器和 开关用的未使用过的矿物绝缘油

警告:如果不遵守适当的防范措施,本标准所属产品在生产、贮运和使用等过程中可能存在危险。本标准无意对与本产品有关的所有安全问题提出建议。用户在使用本标准之前,有责任建立适当的安全和防范措施,并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本标准规定了未使用过的矿物绝缘油的术语和定义、分类和标记、要求和试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于变压器、开关及需要用电作绝缘和传热介质的类似电气设备所使用的、由石油馏分为原料,经精制后得到的未使用过的含和不含添加剂的矿物绝缘油。发电机用油可参考本标准。

本标准不包括由再生油制得的矿物绝缘油。

本标准不适用于在电缆或电容器中作为浸渍剂使用的矿物绝缘油。

注:符合本标准要求的、类别相同的和不含任何添加剂(见 3.3)的油被认为是相容的,并且可以以任何比例混合。

这一点不一定适用于含添加剂的油。当用户希望混合含添加剂的油时,建议先做检验以确保混合物满足本标准的要求。

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 259 石油产品水溶性酸及碱测定法
- GB/T 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法(GB/T 261—2008,ISO 2719:2002,MOD)
- GB/T 262 石油产品苯胺点测定法(GB/T 262—1988,neq ISO 2977:1974)
- 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 507—2002,eqv IEC 60156:1995)
- GB/T 511 石油产品和添加剂机械杂质测定法(重量法)
- GB 1094.1 电力变压器 第1部分:总则(GB 1094.1—1996,eqv IEC 60076.1:1993)
- 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 1884—2000,eqv ISO 3675:1998)
- GB/T 1885 石油计量表(GB/T 1885—1998,eqv ISO 91-2:1991)
- GB/T 3535 石油产品倾点测定法(GB/T 3535—2006,ISO 3016:1994,MOD)
- GB/T 4756 石油液体手工取样法(GB/T 4756—1998,eqv ISO 3170:1988)
- 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 5654—2007,IEC 60247:2004,IDT)
- GB/T 6541 石油产品油对水界面张力测定法(圆环法)(GB/T 6541—1986,eqv ISO 6295:1983)
- GB/T 7597 电力用油(变压器油、汽轮机油)取样方法
- 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 11140 石油产品硫含量的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法

- GB/T 14542 运行变压器油维护管理导则
- GB/T 17040 石油和石油产品硫含量的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法
- GB/T 21216 绝缘液体 测量电导和电容确定介质损耗因数的试验方法(GB/T 21216—2007, IEC 61620:1998, IDT)
- GB/T 25961 电气绝缘油中腐蚀性硫的试验法
- 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
- 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 0810—2009, IEC 60628 (A 法):1985, MOD)
- NB/SH/T 0811 未使用过的烃类绝缘油氧化安定性评价法(NB/SH/T 0811—2009, IEC 61125 (C 法):1992, MOD)
- NB/SH/T 0812 矿物绝缘油中 2-糠醛及相关组分测定法(NB/SH/T 0812—2009, IEC 61198:1993, MOD)
- NB/SH/T 0837 矿物绝缘油低温运动粘度测定法(NB/SH/T 0837—2009, IEC 61868:1998, MOD)
- NB/SH/T 0836 绝缘油酸值的测定 自动电位滴定法(NB/SH/T 0836—2009, IEC 62021-1:2003, MOD)
- NB/SH/T 0838 未使用过的润滑油基础油及无沥青质石油馏分中稠环芳烃(PCA)含量的测定 二甲基亚砷萃取折光指数法
- SH 0164 石油产品包装、贮运及交货验收规则
- SH/T 0253 轻质石油产品中总硫含量测定法(电量法)
- SH/T 0604 原油和石油产品密度测定法(U 型振动管法)(SH/T 0604—2000, eqv ISO 12185:1996)
- SH/T 0689 轻质烃及发动机燃料和其他油品的总硫含量测定法(紫外荧光法)
- SH/T 0792 电器绝缘油中 2,6-二叔丁基对甲酚和 2,6-二叔丁基苯酚含量测定法(红外吸收光谱法)
- SH/T 0802 绝缘油中 2,6-二叔丁基对甲酚测定法(SH/T 0802—2007, IEC 60666:1979, MOD)
- SH/T 0803 绝缘油中多氯联苯污染物的测定 毛细管气相色谱法(SH/T 0803—2007, IEC 61619:1997, MOD)
- SH/T 0804 电气绝缘油腐蚀性硫试验 银片试验法
- ISO 14596 石油产品硫含量的测定 波长色散 X 射线荧光光谱测定法(Petroleum products—Determination of sulfur content—Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变压器油 transformer oil

适用于变压器、电抗器、互感器、套管等充油电气设备中,起绝缘和冷却作用的一种绝缘油品。

3.2

低温开关油 low temperature switchgear oil

在户外寒冷气候条件下,用于油浸开关起绝缘和灭弧作用的一种绝缘油品。

3.3

添加剂 additive

能赋予油品某种特殊性能或为加强其本来具有的某种性能而加入的物质。

注：如：抗氧化添加剂(见 3.4)和带电倾向抑制剂[如：苯并三氮唑(BTA)]。

3.4

抗氧化添加剂 antioxidant additive

加入油品中可以抑制氧化的添加剂。

注：有多种抗氧化添加剂可以使用。就本标准而言，仅限于 2,6-二叔丁基对甲酚抗氧化添加剂。

3.5

不含抗氧化添加剂油 uninhibited oil

不含抗氧化添加剂，但允许含有 3.3 规定的其他添加剂的绝缘油品。

3.6

含微量抗氧化添加剂油 trace inhibited oil

抗氧化添加剂含量(质量分数)最高为 0.08%，且允许含有 3.3 规定的其他添加剂的绝缘油品。

3.7

含抗氧化添加剂油 inhibited oil

抗氧化添加剂含量(质量分数)在 0.08%~0.40%之间，且允许含有 3.3 规定的其他添加剂的绝缘油品。

3.8

未使用过的矿物绝缘油 unused mineral insulating oil

未使用过的充入设备前的绝缘油品。

注：这种油品既未被使用过，也未与电气设备或生产、贮存或运输过程中不需要的其他设备有过任何接触。未使用过的油的生产商和供应商应采取各种预防措施以确保油品不被多氯联苯(PCB)或多氯三联苯(PCT)、使用过的油、再生油和脱氯油或其他污染物污染。

3.9

再生油 reclaimed oil

对用过的旧油采用物理、化学方法处理提纯后的油品。

注：未使用过的油与再生油以任何比例混合均被视为是再生油。

3.10

带电倾向 electrostatic charging tendency**ECT**

表征变压器油在一定外界条件下流过固体绝缘表面时产生电荷的程度，以单位体积的变压器油所产生电荷的总数表示，单位为 $\mu\text{C}/\text{m}^3$ 。

4 分类和标记

4.1 产品分类

4.1.1 产品类别

本标准所属矿物绝缘油分为两类：

- 变压器油；
- 低温开关油。

4.1.2 抗氧化添加剂含量

矿物绝缘油根据抗氧化添加剂含量的不同，分为三个品种：

- 不含抗氧化添加剂油:用 U 表示;
- 含微量抗氧化添加剂油:用 T 表示;
- 含抗氧化添加剂油:用 I 表示。

4.1.3 最低冷态投运温度(LCSET)

矿物绝缘油除标明抗氧化添加剂外,还应标明最低冷态投运温度(LCSET)。

最低冷态投运温度(LCSET)是区分绝缘油类别的重要标志之一。应根据电气设备使用环境温度的不同,选择不同的最低冷态投运温度(LCSET),以免影响油泵、有载调压开关(如果有)的启动。

变压器油的标准最低冷态投运温度(LCSET)为-30℃,比 GB 1094.1 中规定的户外式变压器最低使用温度低 5℃。其他最低冷态投运温度(LCSET)可依据每个地区气候条件的不同,由供需双方协商确定。

4.2 产品标记

变压器油标记为:

品种代号 最低冷态投运温度 产品名称 标准号

标记示例:



5 要求和试验方法

5.1 技术要求

5.1.1 变压器油(通用)技术要求和试验方法见表 1。

5.1.2 变压器油(特殊)技术要求和试验方法见表 2。

注:对于在较高温度下运行的变压器或为延长使用寿命而设计的变压器的用油,应满足变压器油(特殊)技术要求。

5.1.3 低温开关油技术要求和试验方法见表 3。

5.2 油的相容性

同类型、同品种、同最低冷态投运温度(LCSET)的未使用过的矿物绝缘油被认为彼此可以互混互溶,其相容性应符合 GB/T 14542 的有关规定。

6 检验规则

6.1 检验分类与检验项目

6.1.1 出厂检验

出厂批次检验项目包括：倾点、运动黏度、水含量、击穿电压、密度、介质损耗因数、外观、酸值、水溶性酸或碱、界面张力、总硫含量、腐蚀性硫、抗氧化添加剂含量、2-糠醛含量、析气性、闪点（闭口）和苯胺点。

在原材料、生产工艺没有发生可能影响产品质量的变化时，出厂周期检验项目包括：氧化安定性，每一年至少测定一次。

注：水含量出厂检验结果的有效期为三周。

6.1.2 型式检验

型式检验项目为 5.1 技术要求规定的所有检验项目。

在下列情况下进行型式检验：

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
- b) 原材料、生产工艺等发生较大变化，可能影响产品质量时；
- c) 原材料、生产工艺等技术内容未知或不明确时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

6.2 组批

在原材料、生产工艺不变的条件下，产品每生产一罐或釜为一批。

6.3 取样

出厂检验和型式检验取样按 GB/T 4756 进行，每批产品取样 5 L 作为检验和留样用。到货验收取样按 GB/T 7597 进行。

6.4 判定规则

出厂检验和型式检验结果符合 5.1 技术要求的规定时，则判定该批产品合格。

6.5 复验规则

如出厂检验和型式检验结果中有不符合 5.1 技术要求的规定时，按 GB/T 4756 的规定自同批产品中重新抽取双倍量样品，对不符合项目进行复验，复验结果如仍不符合技术要求时，则判定该批产品为不合格。

7 标志、包装、运输、贮存

标志、包装、运输、贮存及交货验收按 SH 0164 进行。运输和贮存容器应清洁并适于防止任何污染。

每一批交付的油品应附有一份生产商提供的文件，文件至少包括：生产商名称、油品类别、合格证。如有要求，生产商应说明所添加的任何添加剂的类型和含量。

表 1 变压器油(通用)技术要求和试验方法

项 目		质量指标					试验方法
		0 ℃	-10 ℃	-20 ℃	-30 ℃	-40 ℃	
最低冷态投运温度(LCSET)		0 ℃	-10 ℃	-20 ℃	-30 ℃	-40 ℃	
功 能 特 性 ^a	倾点/℃ 不高于	-10	-20	-30	-40	-50	GB/T 3535
	运动黏度/(mm ² /s) 不大于						GB/T 265
	40 ℃	12	12	12	12	12	
	0 ℃	1 800	—	—	—	—	
	-10 ℃	—	1 800	—	—	—	
	-20 ℃	—	—	1 800	—	—	
	-30 ℃	—	—	—	1 800	—	
	-40 ℃	—	—	—	—	2 500 ^b	NB/SH/T 0837
	水含量 ^c /(mg/kg) 不大于	30/40					GB/T 7600
	击穿电压(满足下列要求之一)/kV 不小于						GB/T 507
未处理油	30						
经处理油 ^d	70						
密度 ^e (20 ℃)/(kg/m ³) 不大于	895					GB/T 1884 和 GB/T 1885	
介质损耗因数 ^f (90 ℃) 不大于	0.005					GB/T 5654	
外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物					目测 ^h	
酸值(以 KOH 计)/(mg/g) 不大于	0.01					NB/SH/T 0836	
水溶性酸或碱	无					GB/T 259	
界面张力/(mN/m) 不小于	40					GB/T 6541	
总硫含量 ^k (质量分数)/%	无通用要求					SH/T 0689	
腐蚀性硫 ^l	非腐蚀性					SH/T 0804	
抗氧化添加剂含量 ^k (质量分数)/%						SH/T 0802	
不含抗氧化添加剂油(U)	检测不出						
含微抗氧化添加剂油(T) 不大于	0.08						
含抗氧化添加剂油(I)	0.08~0.40						
2-糠醛含量/(mg/kg) 不大于	0.1					NB/SH/T 0812	

表 1 (续)

项 目		质量指标					试验方法	
		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C		
最低冷态投运温度(LCSET)		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C		
运行特性 ¹	氧化安定性(120 °C)							NB/SH/T 0811
	试验时间: (U)不含抗氧化添加剂油: 164 h	总酸值(以 KOH 计)/ (mg/g) 不大于	1.2					
	(T)含微量抗氧化添加剂油: 332 h	油泥(质量分数)/% 不大于	0.8					
	(I)含抗氧化添加剂油:500 h	介质损耗因数 ^l (90 °C) 不大于	0.500					GB/T 5654
析气性/(mm ³ /min)		无通用要求					NB/SH/T 0810	
健康、安全和环保特性 (HSE) ^m	闪点(闭口)/°C 不低于		135					GB/T 261
	稠环芳烃(PCA)含量(质量分数)/% 不大于		3					NB/SH/T 0838
	多氯联苯(PCB)含量(质量分数)/ (mg/kg)		检测不出 ⁿ					SH/T 0803
<p>注 1: “无通用要求”指由供需双方协商确定该项目是否检测,且测定限值由供需双方协商确定。</p> <p>注 2: 凡技术要求中的“无通用要求”和“由供需双方协商确定是否采用该方法进行检测”的项目为非强制性的。</p>								
<p>^a 对绝缘和冷却有影响的性能。</p> <p>^b 运动黏度(-40 °C)以第一个黏度值为测定结果。</p> <p>^c 当环境湿度不大于 50%时,水含量不大于 30 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 40 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。当环境湿度大于 50%时,水含量不大于 35 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 45 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。</p> <p>^d 经处理油指试验样品在 60 °C 下通过真空(压力低于 2.5 kPa)过滤流过一个孔隙度为 4 的烧结玻璃过滤器的油。</p> <p>^e 测定方法也包括用 SH/T 0604。结果有争议时,以 GB/T 1884 和 GB/T 1885 为仲裁方法。</p> <p>^f 测定方法也包括用 GB/T 21216。结果有争议时,以 GB/T 5654 为仲裁方法。</p> <p>^g 受精制深度和类型及添加剂影响的性能。</p> <p>^h 将样品注入 100 mL 量筒中,在 20 °C ± 5 °C 下目测。结果有争议时,按 GB/T 511 测定机械杂质含量为无。</p> <p>ⁱ 测定方法也包括用 GB/T 11140、GB/T 17040、SH/T 0253、ISO 14596。</p> <p>^j SH/T 0804 为必做试验。是否还需要采用 GB/T 25961 方法进行检测由供需双方协商确定。</p> <p>^k 测定方法也包括用 SH/T 0792。结果有争议时,以 SH/T 0802 为仲裁方法。</p> <p>^l 在使用中和/或在高电场强度和温度影响下与油品长期运行有关的性能。</p> <p>^m 与安全 and 环保有关的性能。</p> <p>ⁿ 检测不出指 PCB 含量小于 2 mg/kg,且其单峰检出限为 0.1 mg/kg。</p>								

表 2 变压器油(特殊)技术要求和试验方法

项 目		质量指标					试验方法
		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	
最低冷态投运温度(LCSET)		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	
功 能 特 性 ^a	倾点/°C 不高于	-10	-20	-30	-40	-50	GB/T 3535
	运动黏度/(mm ² /s) 不大于						GB/T 265
	40 °C	12	12	12	12	12	
	0 °C	1 800	—	—	—	—	
	-10 °C	—	1 800	—	—	—	
	-20 °C	—	—	1 800	—	—	
	-30 °C	—	—	—	1 800	—	
	-40 °C	—	—	—	—	2 500 ^b	NB/SH/T 0837
	水含量 ^c /(mg/kg) 不大于	30/40					GB/T 7600
	击穿电压(满足下列要求之一)/kV 不小于						GB/T 507
未处理油	30						
经处理油 ^d	70						
密度 ^e (20 °C)/(kg/m ³) 不大于	895					GB/T 1884 和 GB/T 1885	
苯胺点/°C	报告					GB/T 262	
介质损耗因数 ^f (90 °C) 不大于	0.005					GB/T 5654	
精 制 / 稳 定 特 性 ^g	外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物					目测 ^h
	酸值(以 KOH 计)/(mg/g) 不大于	0.01					NB/SH/T 0836
	水溶性酸或碱	无					GB/T 259
	界面张力/(mN/m) 不小于	40					GB/T 6541
	总硫含量 ⁱ (质量分数)/% 不大于	0.15					SH/T 0689
	腐蚀性硫 ^j	非腐蚀性					SH/T 0804
	抗氧化添加剂含量 ^k (质量分数)/%						SH/T 0802
	含抗氧化添加剂油(I)	0.08~0.40					
	2-糠醛含量/(mg/kg) 不大于	0.05					NB/SH/T 0812

表 2 (续)

项 目		质量指标					试验方法	
		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C		
最低冷态投运温度(LCSET)		0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C		
运行特性 ¹	氧化安定性(120 °C)							NB/SH/T 0811
	试验时间: (I)含抗氧化 添加剂油:500 h	总酸值(以 KOH 计)/ (mg/g) 不大于	0.3					
		油泥(质量分数)/% 不大于	0.05					
		介质损耗因数 ^l (90 °C) 不大于	0.050					GB/T 5654
	析气性/(mm ³ /min)		报告					NB/SH/T 0810
带电倾向(ECT)/(μC/m ³)		报告					DL/T 385	
健康和安 全和环境 保持特性 (HSE) ^m	闪点(闭口)/°C 不低于		135					GB/T 261
	稠环芳烃(PCA)含量(质量分数)/% 不大于		3					NB/SH/T 0838
	多氯联苯(PCB)含量(质量分数)/ (mg/kg)		检测不出 ⁿ					SH/T 0803

注：凡技术要求中“由供需双方协商确定是否采用该方法进行检测”和测定结果为“报告”的项目为非强制性的。

- ^a 对绝缘和冷却有影响的性能。
- ^b 运动黏度(-40 °C)以第一个黏度值为测定结果。
- ^c 当环境湿度不大于 50% 时,水含量不大于 30 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 40 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。当环境湿度大于 50% 时,水含量不大于 35 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 45 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。
- ^d 经处理油指试验样品在 60 °C 下通过真空(压力低于 2.5 kPa)过滤流过一个孔隙度为 4 的烧结玻璃过滤器的油。
- ^e 测定方法也包括用 SH/T 0604。结果有争议时,以 GB/T 1884 和 GB/T 1885 为仲裁方法。
- ^f 测定方法也包括用 GB/T 21216。结果有争议时,以 GB/T 5654 为仲裁方法。
- ^g 受精制深度和类型及添加剂影响的性能。
- ^h 将样品注入 100 mL 量筒中,在 20 °C ± 5 °C 下目测。结果有争议时,按 GB/T 511 测定机械杂质含量为无。
- ⁱ 测定方法也包括用 GB/T 11140、GB/T 17040、SH/T 0253、ISO 14596。结果有争议时,以 SH/T 0689 为仲裁方法。
- ^j SH/T 0804 为必做试验。是否还需要采用 GB/T 25961 方法进行检测由供需双方协商确定。
- ^k 测定方法也包括用 SH/T 0792。结果有争议时,以 SH/T 0802 为仲裁方法。
- ^l 在使用中和/或在高电场强度和温度影响下与油品长期运行有关的性能。
- ^m 与安全环保有关的性能。
- ⁿ 检测不出指 PCB 含量小于 2 mg/kg,且其单峰检出限为 0.1 mg/kg。

表 3 低温开关油技术要求和试验方法

项 目		质量指标	试验方法
最低冷态投运温度(LCSET)		-40℃	
功 能 特 性 ^a	倾点/℃ 不高于	-60	GB/T 3535
	运动黏度/(mm ² /s) 不大于		GB/T 265
	40℃	3.5	
	-40℃	400 ^b	NB/SH/T 0837
	水含量 ^c /(mg/kg) 不大于	30/40	GB/T 7600
	击穿电压(需满足下列要求之一)/kV 不小于		GB/T 507
	未处理油	30	
	经处理油 ^d	70	
密度 ^e (20℃)/(kg/m ³) 不大于	895	GB/T 1884 和 GB/T 1885	
介质损耗因数 ^f (90℃) 不大于	0.005	GB/T 5654	
精 制 / 稳 定 特 性 ^a	外观	清澈透明、无沉淀物和悬浮物	目测 ^b
	酸值(以 KOH 计)/(mg/g) 不大于	0.01	NB/SH/T 0836
	水溶性酸或碱	无	GB/T 259
	界面张力/(mN/m) 不小于	40	GB/T 6541
	总硫含量 ⁱ (质量分数)/%	无通用要求	SH/T 0689
	腐蚀性硫 ^j	非腐蚀性	SH/T 0804
	抗氧化添加剂含量 ^k (质量分数)/%		SH/T 0802
	含抗氧化添加剂油(D)	0.08~0.40	
2-糠醛含量/(mg/kg) 不大于	0.1	NB/SH/T 0812	
运 行 特 性 ^l	氧化安定性(120℃)		NB/SH/T 0811
	试验时间: (I)含抗氧化 添加剂油:500 h	总酸值(以 KOH 计)/ (mg/g) 不大于	1.2
		油泥(质量分数)/% 不大于	0.8
		介质损耗因数 ^f (90℃) 不大于	0.500
析气性/(mm ³ /min)	无通用要求	NB/SH/T 0810	

表 3 (续)

项 目		质量指标	试验方法
最低冷态投运温度(LCSET)		-40 ℃	
健康、安全和环境保护特性 (HSE) ^m	闪点(闭口)/℃ 不低于	100	GB/T 261
	稠环芳烃(PCA)含量(质量分数)/% 不大于	3	NB/SH/T 0838
	多氯联苯(PCB)含量(质量分数)/ (mg/kg)	检测不出 ⁿ	SH/T 0803
<p>注 1: “无通用要求”指由供需双方协商确定该项目是否检测,且测定限值由供需双方协商确定。</p> <p>注 2: 凡技术要求中的“无通用要求”和“由供需双方协商确定是否采用该方法进行检测”的项目为非强制性的。</p>			
<p>^a 对绝缘和冷却有影响的性能。</p> <p>^b 运动黏度(-40 ℃)以第一个黏度值为测定结果。</p> <p>^c 当环境湿度不大于 50%时,水含量不大于 30 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 40 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。当环境湿度大于 50%时,水含量不大于 35 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于 45 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货。</p> <p>^d 经处理油指试验样品在 60 ℃下通过真空(压力低于 2.5 kPa)过滤流过一个孔隙度为 4 的烧结玻璃过滤器的油。</p> <p>^e 测定方法也包括用 SH/T 0604。结果有争议时,以 GB/T 1884 和 GB/T 1885 为仲裁方法。</p> <p>^f 测定方法也包括用 GB/T 21216。结果有争议时,以 GB/T 5654 为仲裁方法。</p> <p>^g 受精制深度和类型及添加剂影响的性能。</p> <p>^h 将样品注入 100 mL 量筒中,在 20 ℃±5 ℃下目测。结果有争议时,按 GB/T 511 测定机械杂质含量为无。</p> <p>ⁱ 测定方法也包括用 GB/T 11140、GB/T 17040、SH/T 0253、ISO 14596。</p> <p>^j SH/T 0804 为必做试验。是否还需要采用 GB/T 25961 方法进行检测由供需双方协商确定。</p> <p>^k 测定方法也包括用 SH/T 0792。结果有争议时,以 SH/T 0802 为仲裁方法。</p> <p>^l 在使用中和/或在高电场强度和温度影响下与油品长期运行有关的性能。</p> <p>^m 与安全和环保有关的性能。</p> <p>ⁿ 检测不出指 PCB 含量小于 2 mg/kg,且其单峰检出限为 0.1 mg/kg。</p>			

附录 A

(资料性附录)

本标准与 GB 2536—1990 相比技术指标的变化

表 A.1 给出了本标准与 GB 2536—1990 相比技术指标的变化一览表。

表 A.1 本标准与 GB 2536—1990 相比技术指标的变化

项 目		本标准			GB 2536—1990		
		变压器油		低温 开关油	10#	25#	45#
		通用	特殊				
倾点/℃	不高于	-10、-20、-30、-40、-50		-60	-7	-22	报告
凝点/℃	不高于	—		—	—	—	-45
运动黏度/(mm ² /s)	不大于	12 (40℃)	12 (40℃)	3.5 (40℃)	13 (40℃)	13 (40℃)	11 (40℃)
		1 800 (0℃、-10℃、 -20℃、-30℃)	1 800 (0℃、-10℃、 -20℃、-30℃)	—	—	200 (-10℃)	—
		2 500 (-40℃)	2 500 (-40℃)	400 (-40℃)	—	—	1 800 (-30℃)
界面张力/(mN/m)	不小于	40		—	40	40	38
闪点(闭口)/℃	不低于	135	135	100	140	140	135
水含量/(mg/kg)	不大于	30(散装)/40(桶装或 IBC) 35(散装)/45(桶装或 IBC)			报告		
击穿电压/kV	不小于	30(未处理油) 70(经处理油)			35		
酸值(以 KOH 计)/(mg/g)	不大于	0.01			0.03		
氧化安定性(120℃)							
试验时间: (U)不含抗 氧化剂油: 164 h	总酸值(以 KOH 计)/(mg/g) 不大于	1.2	0.3	1.2	0.2		
(T)含微量 抗氧化剂油: 332 h	油泥(质量分数)/% 不大于	0.8	0.05	0.8	0.05		
(D)含抗氧 化剂油:500 h	介质损耗因数 (90℃) 不大于	0.500	0.050	0.500	—		

表 A.1 (续)

项 目	本标准			GB 2536—1990		
	变压器油		低温 开关油	10 #	25 #	45 #
	通用	特殊				
总硫含量(质量分数)/% 不大于	无通用要求	0.15	无通用要求	—		
抗氧化剂含量(质量分数)/% 不大于	(U)检测不出 (T)0.08 (I)0.08~0.40	(I) 0.08~0.40	(I) 0.08~0.40	—		
2-糠醛含量/(mg/kg) 不大于	0.1	0.05	0.1	—		
析气性/(mm ³ /min)	无通用要求	报告	无通用要求	—		
带电倾向(ECT)/(μC/m ²)	—	报告	—	—		
稠环芳烃(PCA)含量(质量分数)/% 不大于	3			—		
多氯联苯(PCB)含量(质量分数)/% 不大于	检测不出			—		

附录 B

(资料性附录)

最低冷态投运温度(LCSET)下变压器油的最大黏度和最高倾点
与 GB 2536—1990 标准中牌号的对应关系

表 B.1 给出了最低冷态投运温度(LCSET)下变压器油的最大黏度和最高倾点与 GB 2536—1990 标准中牌号的对应关系。

表 B.1 最低冷态投运温度(LCSET)下变压器油的最大黏度和最高倾点
与 GB 2536—1990 标准中牌号的对应关系

最低冷态投运温度 (LCSET)/℃	最大黏度/ (mm ² /s)	最高倾点/ ℃	GB 2536—1990 标准 中的牌号
0	1 800	-10	10 #
-10	1 800	-20	25 #
-20	1 800	-30	—
-30	1 800	-40	45 #
-40	2 500	-50	—

附录 C
(资料性附录)

本标准章条编号与 IEC 60296:2003 章条编号结构性差异对照

表 C.1 给出了本标准章条编号与 IEC 60296:2003 章条编号结构性差异对照一览表。

表 C.1 本标准章条编号与 IEC 60296:2003 章条编号结构性差异对照

本标准章条编号	对应的 IEC 标准章条编号
1	1
2	2、参考标准
3.1~3.9	3.1~3.9
3.10	—
4.1.1~4.1.3	5.1.1~5.1.3
4.2	5.1 的实例
5.1	4.5.1.3 的表 1、5.2 的表 2、6、7
5.2	5.3
6.1~6.2	—
6.3	5.5
6.4~6.5	—
7	5.4
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	—
附录 D	—

附 录 D
(资料性附录)

本标准与 IEC 60296:2003 技术性差异及其原因

表 D.1 给出了本标准与 IEC 60296:2003 技术性差异及其原因一览表。

表 D.1 本标准与 IEC 60296:2003 技术性差异及其原因

本标准章条编号	技术性差异	原 因
1	适用范围中增加了发电机用油可参考使用。	针对国外引进的、用油来冷却和绝缘的发电机组提出。
2	<p>关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下:</p> <p>——用适用的我国文件代替国际标准中部分引用文件(见第2章);</p> <p>——增加 GB 1094.1,删除 IEC 60076.2(见4.1.3);</p> <p>——增加 GB/T 259、GB/T 511(见表1、2、3);</p> <p>——增加 GB/T 262(见表2);</p> <p>——增加 GB/T 1885(见表1、2、3);</p> <p>——增加 GB/T 4765、GB/T 11140、GB/T 17040、SH 0164、SH/T 0689、SH/T 0792(见表1、2、3)。</p> <p>——增加 GB/T 25961(见表1、2、3)。</p>	<p>适应我国技术条件。</p> <p>因为 IEC 60076.2 中提到的相关内容体现在 GB 1094.1 中。</p> <p>GB 2536—1990 中有要求。</p> <p>表 2 中增加了苯胺点的测定。</p> <p>为配合 GB/T 1884 的查表计算。</p> <p>为方便使用。</p> <p>满足对腐蚀性硫的测定要求。</p>
3	<p>按照 DL/T 419 编写相关术语和定义。</p> <p>修改 3.3“添加剂”的条文注,例举的添加剂仅包括抗氧化添加剂和带电倾向抑制剂。</p> <p>增加 3.10“带电倾向”。</p>	<p>与国内同类标准接轨,便于使用。</p> <p>应电力行业的要求。</p> <p>对标准中新增的术语进行解释和定义。</p>
4.2	增加产品标记。	为方便使用。
5.1	<p>变压器油最低冷态投运温度(LCSET)增加-10℃一档,其运动黏度(-10℃)为“不大于1800 mm²/s”,倾点为“不高于-20℃”。</p> <p>运动黏度(-40℃)加脚注说明以第一个黏度值为测定结果。</p> <p>水含量指标加脚注说明“当环境湿度大于50%时,水含量不大于35 mg/kg 适用于散装交货;水含量不大于45 mg/kg 适用于桶装或复合中型集装箱(IBC)交货”。</p>	<p>主要针对国内广泛使用的25#变压器油而设置。</p> <p>结合方法标准的“结果表示”予以说明。</p> <p>考虑到我国地域辽阔,影响油品水含量的气候条件(湿度)差别较大,且用户在使用前还需进一步处理,所以指标适当放宽。</p>

表 D.1 (续)

本标准章条编号	技术性差异	原因
5.1	<p>腐蚀性硫测定增加 GB/T 25961,并加脚注说明“由供需双方协商确定是否采用该方法进行检测”。</p> <p>表 2 中 2-糠醛含量指标修改为不大于 0.05 mg/kg。</p> <p>表 2 增加苯胺点为报告项目。</p> <p>表 2 中析气性项目为报告项目。</p> <p>低温开关油仅保留含抗氧化添加剂油一个品种。</p>	<p>因银片腐蚀测定为“通过”的油品仍出现过对设备产生腐蚀的情况,目前很多变压器生产企业要求用该方法测定新油。</p> <p>为提高对在较高温度下运行的变压器或为延长使用寿命而设计的变压器绝缘老化的判断。</p> <p>反映油品大致的结构组分。</p> <p>明确油品的析气特性。</p> <p>结合国内外该类油品的实际情况。</p>
6.1、6.2、6.4、6.5	增加:6.1 检验分类与检验项目、6.2 组批、6.4 判定规则、6.5 复验规则。	根据我国石油产品标准编写习惯,便于标准的执行。
附录 A、B、C、D	<p>增加:附录 A</p> <p>附录 B</p> <p>附录 C、D。</p>	<p>按照 GB/T 1.1—2009 的规定编写。</p> <p>提供“最低冷态投运温度与 GB 2536—1990 标准中牌号的对应关系”的信息。</p> <p>按照 GB/T 20000.2—2009 的规定编写。</p>