



黑龙江省地方计量技术规范

JJF(黑)XXX-2025

变压器用油面温控器校准规范

Calibration Specification for Top-oil Temperature

Indicator of Transformer

(审定稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

变压器用油面温控器校准规范

Calibration Specification for Top-oil

Temperature Indicator of Transformer

JJF(黑)XX-2025

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

齐齐哈尔市检验检测中心

本规范委托黑龙江省计量检定测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

田 钢（黑龙江省计量检定测试研究院）

乔 彬（齐齐哈尔市检验检测中心）

张 蕊（黑龙江省计量检定测试研究院）

李 昊（黑龙江省计量检定测试研究院）

陈 犁（黑龙江省计量检定测试研究院）

闫跃忠（齐齐哈尔市检验检测中心）

单 青（黑龙江省计量检定测试研究院）

参加起草人：

崔文雅（黑龙江省计量检定测试研究院）

王 洋（黑龙江省计量检定测试研究院）

吴彩虹（黑龙江省计量检定测试研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 变压器用油面温控器	(1)
3.2 测温系统	(1)
3.3 时间常数	(1)
3.4 示值重复性	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 示值误差	(2)
5.2 回程误差	(2)
5.3 示值重复性	(2)
5.4 接点动作误差	(2)
5.5 切换差	(2)
5.6 时间常数	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准前的准备	(3)
7.2 示值误差	(3)
7.3 回程误差	(4)
7.4 示值重复性	(4)
7.5 接点动作误差	(5)
7.6 切换差	(5)
7.7 时间常数	(5)
8 校准结果表达	(5)
8.1 校准记录	(6)
8.2 校准结果的处理	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 变压器用油面温控器校准记录格式 (推荐性)	(7)
附录 B 变压器用油面温控器校准证书内页格式 (推荐性)	(9)
附录 C 变压器用油面温控器示值误差测量结果的不确定度评定示例	(10)

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了 JJF 1909—2021《压力式温度计校准规范》和 JB/T 6302—2016《变压器用油面温控器》。

本规范为首次发布。

变压器用油面温控器校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围 $(-20\sim 160)^{\circ}\text{C}$ 的变压器用油面温控器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1909—2021 压力式温度计校准规范

JB/T 6302—2016 变压器用油面温控器

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

JB/T 6302—2016 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 变压器用油面温控器 top-oil temperature indicator for transformer

带有电气接点和远传信号装置，用以显示变压器顶层油温，并输出控制信号和远传信号的壓力式仪表。

[来源：JB/T 6302—2016，3.1]

3.2 测温系统 temperature measurement system

由温包、毛细管和弹性元件等组成的内部充有感温介质的封闭系统。

[来源：JB/T 6302—2016，3.2]

3.3 时间常数 time constant

当被测温度发生阶跃变化时，温控器的显示或输出信号由初始值上升（或下降）到终止值的变化量的63.2 %所需的时间。

注：阶跃幅度大于量程的50 %。

[来源：JB/T 6302—2016，3.5]

3.4 示值重复性 repeatability

在相同的测量条件下，在全量程范围内，在同方向对同一个被测量值进行多次连续测量所获得的随机误差。

[来源：JB/T 6302—2016，3.11]

4 概述

变压器用油面温控器（以下简称温控器）是一种测量和控制油浸变压器顶层油面温度的仪器。它是由温包（感温探头）、毛细管、弹性元件和显示装置等部件组成。当被测温度发生变化时，温包内介质的体积发生变化，通过毛细管的传递使表头的弹性元件产生一个相对应的位移量，这个位移经机械放大后可指示出被测温度，并带动开关动作输出信号。

5 计量特性

5.1 示值误差

温控器的示值误差应不大于最大允许误差。温控器的最大允许误差由准确度等级和量程决定，按式（1）计算：

$$\Delta_{\max} = \pm a\% \times FS \quad (1)$$

式中：

$\Delta_{\max}$ —— 温控器的最大允许误差，℃；

a —— 温控器的准确度等级，温控器的准确度等级一般为 1.5 级；

FS —— 温控器的满量程，℃。

5.2 回程误差

温控器的回程误差应不大于最大允许误差的绝对值。

5.3 示值重复性

温控器的示值重复性应不大于最大允许误差绝对值的二分之一。

5.4 接点动作误差

温控器的接点动作误差应不大于最大允许误差的 1.5 倍。

5.5 切换差

温控器的切换差为 $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

5.6 时间常数

温控器的时间常数应不大于 30 s。

注：以上指标不作为合格性判断标准，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：（15～35）℃；

湿度：≤75 %RH。

校准时仪器设备周围应无强烈振动，无强电磁场或其它干扰。

6.2 测量标准及其他设备

校准用测量标准及其他设备应符合表 1 要求，也可使用满足要求的其他测量标准或设备。

表 1 测量标准及其他设备技术要求

序号	设备名称	技术要求	用途	备注
1	铂电阻温度计	二等标准	测量标准	也可使用分辨力不大于 0.01 °C 且不确定度优于 $U=0.02\text{ °C}(k=2)$ 的其他温度计
2	电测设备	准确度等级不低于 0.02 级； 电阻分辨力不大于 1 mΩ（或换算成温度后分辨力不大于 0.01 °C）。	与测量标准配套使用	
3	恒温槽	温度范围：(-20~200) °C； 均匀性：≤0.2 °C； 温度波动性：0.2 °C/10min	提供恒温温场	/
4	计时器	MPE：±0.5 s/d	计时	/
5	绝缘电阻表	输出电压：500 V DC 准确度等级：10 级	测量绝缘电阻	/
6	放大镜	放大倍数 5 倍及以上	读数	选配

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前的准备

在环境温度（15~35）°C、相对湿度不大于 75 %的条件下，温控器开关的输出端子与接地端子之间的电阻应不小于 20 MΩ；温控器常开开关输出端子之间的绝缘电阻应不小于 20 MΩ。

7.2 示值误差

温控器的校准点一般应不少于 4 个，均匀分布在整個测量范围上，且包括上限点和下限点。也可根据用户需求增加校准点。

示值误差校准应在正、反两行程进行，一般按照校准点的下限、中间和上限的顺序逐点进行，再进行反行程的校准。测量范围的上限点、下限点只进行正行程或反行程的单行程校准。

校准时，将测量标准和被校温控器温包插入恒温槽，温控器温包应全部浸没在恒温槽的工作区域，待测量标准和温控器示值稳定一段时间后（一般不少于 10 min），

开始读数。读数时，恒温槽温度偏离校准点不得超过 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ （以测量标准为准）。读取温控器示值时，视线应垂直于刻度盘，并估读到最小分度值的1/10。如采用放大镜度数，视线应透过放大镜的中心。温控器的示值误差按式(2)计算：

$$\Delta t = t_r - t_s \quad (2)$$

式中：

Δt —— 温控器的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_r —— 温控器的示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_s —— 测量标准的测量值， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.3 回程误差

回程误差校准与示值误差校准同时进行，同一校准点上正行程示值与反行程示值之差的绝对值作为该温控器的回程误差。温控器的回程误差按式(3)计算：

$$\Delta t_h = |t_1 - t_2| \quad (3)$$

式中：

Δt_h —— 温控器回程误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_1 —— 温控器正行程示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_2 —— 温控器反行程示值， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.4 示值重复性

温控器在相同测量条件下，对各测量点进行3次连续同行程（正行程或反行程）示值误差测量，同一测量点同行程3次示值误差的最大差值即为该测量点的示值重复性。温控器的示值重复性按式(4)计算：

$$t_{Re} = |\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}| \quad (4)$$

式中：

t_{Re} —— 温控器示值重复性， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\Delta t_{\max}$ —— 温控器在同一测量点三次示值误差的最大值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\Delta t_{\min}$ —— 温控器在同一测量点三次示值误差的最小值， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.5 接点动作误差

接点动作误差校准点应为出厂设定值或制造方与用户协商确定的设定值，且与温控器的校准点间隔应大于 6℃。

将测量标准和温控器温包插入恒温槽中，温控器接点端子接入到信号电路中。将恒温槽控温至低于设定值温度（不少于 10℃），待测量标准和温控器示值稳定一段时间后（一般不少于 10 min），以不大于 1.0℃/min 的速率升高恒温槽温度，使接点产生切换动作的同时读取测量标准示值，即为上切换值。上切换值与设定值的差值即为接点动作误差，温控器的接点动作误差按式(5)计算：

$$\Delta t_d = t_{sq} - t_{sd} \quad (5)$$

式中：

Δt_d —— 温控器的接点动作误差，℃；

t_{sq} —— 上切换值，℃；

t_{sd} —— 温控器的设定值，℃。

7.6 切换差

接点动作误差的校准完成后，将恒温槽控温至高于上切换值温度（不少于 10℃），待测量标准和温控器示值稳定一段时间后（一般不少于 10 min），以不大于 1.0℃/min 的速率降低恒温槽温度，使接点产生切换动作的同时读取测量标准示值，即为下切换值。上切换值与下切换值差值的绝对值即为温控器的切换差，温控器的切换差按式(6)计算：

$$\Delta t_{qh} = t_{sq} - t_{xq} \quad (6)$$

式中：

Δt_{qh} —— 温控器的切换差，℃；

t_{sq} —— 上切换值，℃；

t_{xq} —— 下切换值，℃。

7.7 时间常数

将温控器的温包插入恒温槽中，恒温槽控温至温控器的上限温度，待温控器示值稳定后，迅速将其移至常温水槽中，同时启动计时器，记录温控器示值的变化等于两槽温差的 63.2 % 时所用的时间，即为温控器的时间常数。

8 校准结果的表达

8.1 校准记录

校准记录推荐格式参见附录 A。

8.2 校准结果的处理

校准证书由封面和校准数据组成。校准证书内页推荐格式见附录 B。证书上的信息至少包括以下内容：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室地点不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校仪器的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度说明；
- l) 校准员及核验员的签名；
- m) 校准证书批准人的签名、职务或等效说明；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明；
- p) 对校准规范的偏离的说明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

变压器用油面温控器校准记录格式（推荐性）

委托单位		记录编号	
仪器名称		温 度	
型号规格		相对湿度	
出厂编号		校准依据	
制 造 厂		校准地点	
校准人员		校准日期	
核验人员		备 注	

校准使用的测量标准

标准名称	型号/规格	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	证书编号及 有效期

一、绝缘电阻：

二、示值误差和回程误差

℃

校准点	行程	测量标准值	温控器示值	示值误差	回程误差	示值误差扩展不 确定度 $U(k=2)$
	正/反				/	
	正行程					
	反行程					
	正行程					
	反行程					
	正/反				/	

三、示值重复性

℃

校准点					
第一次示值 误差	标准器测量 值				
	被检温控器 示值				
第二次示值 误差	标准器测量 值				
	被检温控器 示值				

JJF (黑) XXX-2025

校准点					
第三次示值 误差	标准器测量 值				
	被检温控器 示值				
示值重复性					

四、接点动作误差

℃

校准点	上切换值	接点动作误差	扩展不确定度 $U(k=2)$

五、切换差

℃

校准点	下切换值	切换差	扩展不确定度 $U(k=2)$

六、时间常数

s

时间常数	
------	--

附录 B

变压器用油面温控器校准证书内页格式 (推荐性)

校准结果

一、示值误差 ℃

校准点				
示值误差				
扩展不确定度 $U(k=2)$				

二、回程误差 ℃

校准点		
回程误差		

三、示值重复性 ℃

校准点				
示值重复性				

四、接点动作误差: ℃

校准点	接点动作误差	扩展不确定度 $U(k=2)$

五、切换差: ℃

校准点	切换差	扩展不确定度 $U(k=2)$

六、时间常数:

----- 以下空白 (End) -----

附录 C

变压器用油面温控器示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校仪器：变压器用油面温控器，测量范围：（0～150）℃。

C.1.2 测量标准：测量范围为（0～150）℃，在 100℃测量点进行评定。

C.1.3 环境条件：环境温度（15～35）℃；相对湿度≤75%。

C.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

C.2 测量模型

$$\Delta t = t_r - t_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt ——温控器的示值误差，℃；

t_r ——温控器的示值，℃；

t_s ——测量标准的测量值，℃。

C.3 灵敏系数

各影响量的灵敏系数计算：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_r} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

C.4 标准不确定度分量评定

C.4.1 被校温控器引入的标准不确定度 $u(t_r)$ 。

被校温控器的示值重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_r)$ 。示值重复性属正态分布，在相同条件下，进行评定。在 100℃点重复测量 10 次，得到一组测量值如下（单位：℃）：

100.0	99.9	100.0	100.00	100.0	100.1	100.1	100.2	100.1	100.1
-------	------	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

对其计算实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.10^\circ\text{C}$$

计算得出 $s=0.10^\circ\text{C}$ ，则

$$u_1(t_r)=s=0.10^{\circ}\text{C}。$$

被校温控器的示值估读引入的标准不确定度 $u_2(t_r)$ ，由于被校温控器的示值估读到其分度值的 1/10，即为 0.2°C ，区间半宽为 0.1°C ，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_2(t_r)=0.1/\sqrt{3}=0.06^{\circ}\text{C}。$$

取二者中较大者，则被校温控器示值引入的标准不确定度

$$u(t_r)=0.10^{\circ}\text{C}。$$

C.4.2 测量标准及其他设备引入的标准不确定度 $u(t_s)$

C.4.2.1 测量标准的不确定度引入的不确定度分量 $u_1(t_s)$

测量标准的扩展不确定度为 $U=0.02^{\circ}\text{C}(k=2)$,B 类，则

$$u_1(t_s)=0.02/2=0.01^{\circ}\text{C}$$

C.4.2.2 恒温槽温场不均匀引入的标准不确定度 $u_2(t_s)$

恒温槽工作区域最大温差为 0.2°C ，半宽为 0.1°C ，属均匀分布，B 类，则恒温槽不均匀引入的标准不确定度，则

$$u_2(t_s)=0.1/\sqrt{3}=0.06^{\circ}\text{C}。$$

C.4.2.3 恒温槽温度波动引入的标准不确定度 $u_3(t_s)$

恒温槽工作区域波动度 $\leq 0.2^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ ，半宽为 0.1°C ，属正弦分布，B 类，则恒温槽温度波动引入的标准不确定度，则

$$u_3(t_s)=0.1/\sqrt{2}=0.07^{\circ}\text{C}$$

测量标准及其他设备引入的标准不确定度

$$u(t_s)=\sqrt{u_1^2(t_s)+u_2^2(t_s)+u_3^2(t_s)}=0.09^{\circ}\text{C}$$

C.5 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	标准不确定度符号	标准不确定度/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数 c_i
1	被校温控器引入	$u(t_r)$	0.10	1
2	测量标准及其他设备引入	$u(t_s)$	0.09	-1

以上各项标准不确定度互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(t_r) + c_2^2 u^2(t_s)} = 0.14^\circ\text{C}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则示值误差校准结果的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.14 = 0.3^\circ\text{C}$$
