

内蒙古自治区地方计量技术规范

JJF (蒙) 062—2023

绝缘油介电强度测试仪校准规范

Calibration Specification For Dielectric Strength Detector of
Insulating Oils

2023-10-01 发布

2024-01-01 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

绝缘油介电强度测试仪 校准规范

Calibration Specification For Dielectric
Strength Detector of Insulating Oils

JJF(蒙)062—2023

归口单位：内蒙古自治区市场监督管理局

主要起草单位：内蒙古自治区计量测试研究院

内蒙古自治区药品检查中心

参加起草单位：包头市检验检测中心

内蒙古电力（集团）有限责任公司

国网内蒙古东部电力有限公司电力科学研究院

本规范委托内蒙古自治区计量测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

贾 多（内蒙古自治区计量测试研究院）

潘炳全（内蒙古自治区计量测试研究院）

李宜铮（内蒙古自治区药品检查中心）

参加起草人：

郝继君（包头市检验检测中心）

李 昂（内蒙古电力（集团）有限责任公司）

布 和（内蒙古电力（集团）有限责任公司）

佟 敏（国网内蒙古东部电力有限公司电力科学研究院）

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语及计量单位.....	1
3.1 绝缘油介电强度.....	1
3.2 谐波失真度.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 输出电压.....	2
5.2 升压速度.....	2
5.3 输出电压谐波失真度.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 校准环境条件.....	3
6.2 校准时所需的标准器及配套设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准项目.....	4
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	6
9 复校时间间隔.....	7
附录 A 测量不确定度评定示例.....	8
附录 B 绝缘油介电强度测试仪校准原始记录格式.....	11
附录 C 校准证书(内页)格式.....	12

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范为首次制定。

绝缘油介电强度测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于额定频率 50Hz，输出电压不高于 100kV 的模拟指示及数字显示的绝缘油介电强度测试仪的校准。其他具有绝缘油介电强度测试功能的仪器可参照本规范执行。

2 引用文件

JJG 795 耐电压测试仪

GB/T 507 绝缘油击穿电压测定法

GB/T 15472 失真度测量仪通用规范

DL/T 846.7 绝缘油介电强度测试仪

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

3 术语及计量单位

3.1 绝缘油介电强度

绝缘油介电强度是反应绝缘油介质耐受电击程度强弱的参数，通过试验能直接反应出绝缘油介质的绝缘性能，单位为千伏每毫米，kV/mm。

3.2 谐波失真度

衡量一个非正弦波信号的失真程度，通常用谐波失真度描述。在实际中，对一个非理想正弦波信号的谐波失真度 THD（Harmonic Distortion Factor）测量，通常采用基波抑制（滤除）方法。其定义为：总谐波信号的有效值电压与总信号的有效值电压之比，取其百分比值。

4 概述

绝缘油介电强度测试仪，也称为绝缘油耐压测试仪，绝缘油击穿电压测试仪等，以下简称测试仪。测试仪是在工频电压下测量绝缘油介电强度的专用测试仪器，通常由升压单元、测量单元及试验组件组成。升压单元由调压器、变压器等组成，试验组件主要由测试油杯和电极等部分组成，其结构原理如图 1 所示。

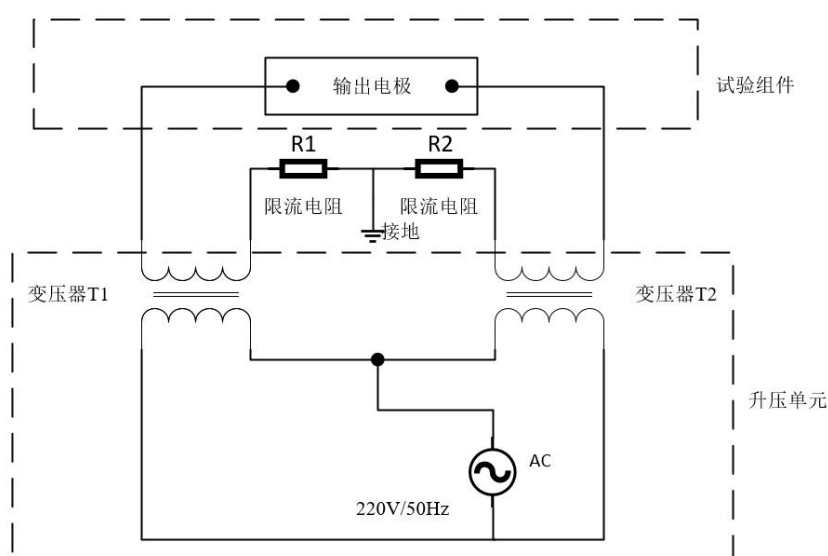


图 1 绝缘油介电强度测试仪原理框图

测试仪工作机制为对放在试样杯内的被测绝缘油样施加设定速度持续上升的试验电压直到设定值为止，或按设定速度持续上升直至绝缘油击穿为止，以确定绝缘油的击穿电压值。

5 计量特性

5.1 输出电压

模拟指示型测试仪的输出电压示值误差以引用误差表示，按式（1）计算。

$$\gamma_{FS} = \frac{X - X_0}{X_N} \times 100\% \quad (1)$$

式中： γ_{FS} —— 测试仪的引用误差，%；

X —— 测试仪的指示值，kV；

X_0 —— 被测量的实际值，kV；

X_N —— 测试仪的最大量程值，kV。

数字显示型测试仪的输出电压示值误差以相对误差表示，按式（2）计算：

$$\gamma = \frac{U - U_0}{U_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中： γ —— 测试仪的相对误差，%；

U —— 测试仪的指示值，kV；

U_0 —— 被测量的实际值，kV；

5.2 升压速度

测试仪升压速度误差一般不超过 $\pm 10\%$ ，对于具有升压速度设定的测试仪，输出电压的速度可设定为 2kV/s 或 3kV/s。

5.3 输出电压谐波失真度

测试仪输出电压谐波失真度一般不大于 5%。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 校准环境条件

校准时的环境条件应满足以下要求：

- a) 环境温度： $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$
- b) 相对湿度：不大于 80%；
- c) 供电电压： $220\text{V}\pm 22\text{V}$
- d) 周围无影响仪器正常工作的机械振动和电磁场干扰。

6.2 校准时所需的标准器及配套设备

根据采用的校准方法，选择以下可以满足校准需求的标准设备：

- a) 绝缘油介电强度测试仪校准装置

测量范围：（10～100）kV，最大允许误差不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/3。

- b) 交流分压器

测量范围：（10～100）kV，最大允许误差不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/3。分压器阻抗引起的负荷消耗不大于测试仪输出功率的 1/10。

- c) 差分式数字电压表

测量范围：（0.1～100）V，最大允许误差不大于 $\pm 0.1\%$ 。

- d) 电子秒表

测量范围：（0～60）s，分辨力不低于 0.1s。

- e) 失真度测量仪

测量范围：（0.1～30）%，最大允许误差不大于满刻度的 $\pm 10\%$ 。

- f) 绝缘电阻测试仪

绝缘电阻测试仪测量电压 500V，准确度等级不低于 10 级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	输出电压	7.2.3
2	升压速度	7.2.4
3	谐波失真度	7.2.5

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

a) 被校测试仪外观结构完好，不应有影响正常工作的外观缺陷，按键无卡死或无接触不良的现象，应有专用接地端子，且有明显接地标识；

b) 被校测试仪产品名称、制造厂家、仪器型号和编号等均应有明确标记；

c) 试验组件如试样杯、电极、搅拌器等应符合 GB/T 507《绝缘油击穿电压测定法》的相关要求。

d) 高压输出有安全连锁保护功能，保护开关断开时，测试仪不能输出高压；测试仪升压过程中，保护开关断开，测试仪能立即切断高压输出。

7.2.2 绝缘电阻

用 500V 绝缘电阻表测量测试仪的电源输入端与机壳及地之间的绝缘电阻，绝缘电阻值应不小于 20MΩ。

7.2.3 输出电压

7.2.3.1 校准点选取

示值误差校准点一般选择从 20kV 开始，每隔 10kV 测量一个点，直至被校测试仪的额定输出电压值，实际校准过程中也可根据用户的需求来确定校准点。

对于多油杯的测试仪，选择任意一个油杯进行全量程校准，其他油杯位只校准额定电压点。

7.2.3.2 测试仪校准装置法

按图 1 所示接线，设置测试仪输出电压值，待输出电压值稳定后，按式 (1) 或式 (2) 计算测输出电压示值误差

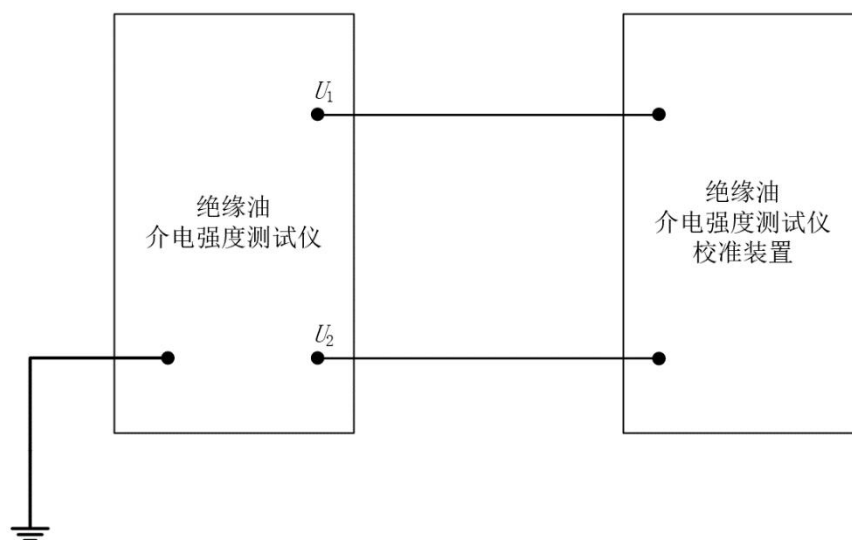


图 2 校准装置法校准接线图

7.2.3.3 分压器法

按图 3 所示接线，设置测试仪输出电压值，待输出电压值稳定后，按式 (1) 或式 (2) 计算测输出电压示值误差

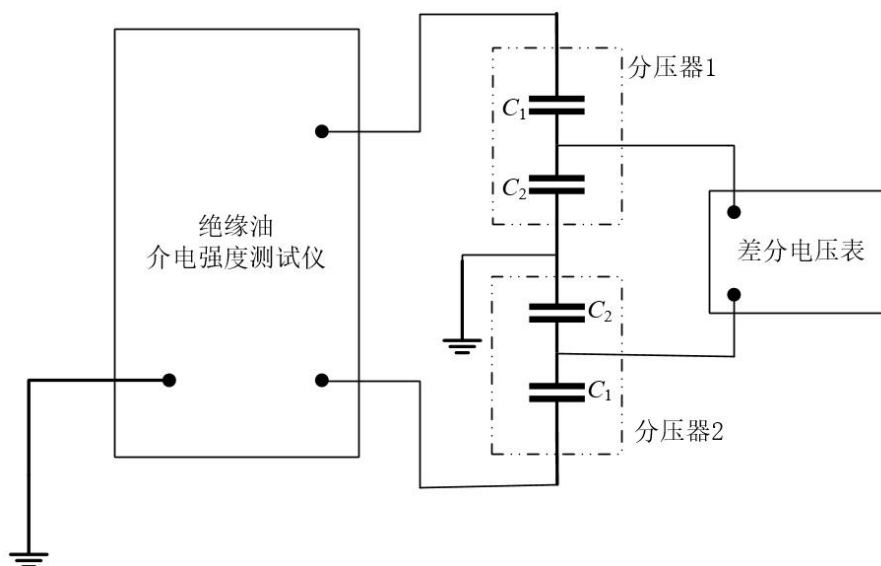


图 3 分压器法校准接线图

7.2.4 升压速度

对于具有设置升压速度功能的测试仪，升压速度设置为 2kV/s，按图 2 或图 3 所示接线。使用分度值为 0.1s 的秒表或具有升压速度测量功能的校准装置，测量测试仪从零

开始上升到 50%最大输出电压所需时间，升压速度按式（3）计算。若测试仪无升压速度设置功能，不校准此项目。

$$v = \frac{U_{50}}{t} \quad (3)$$

式中：

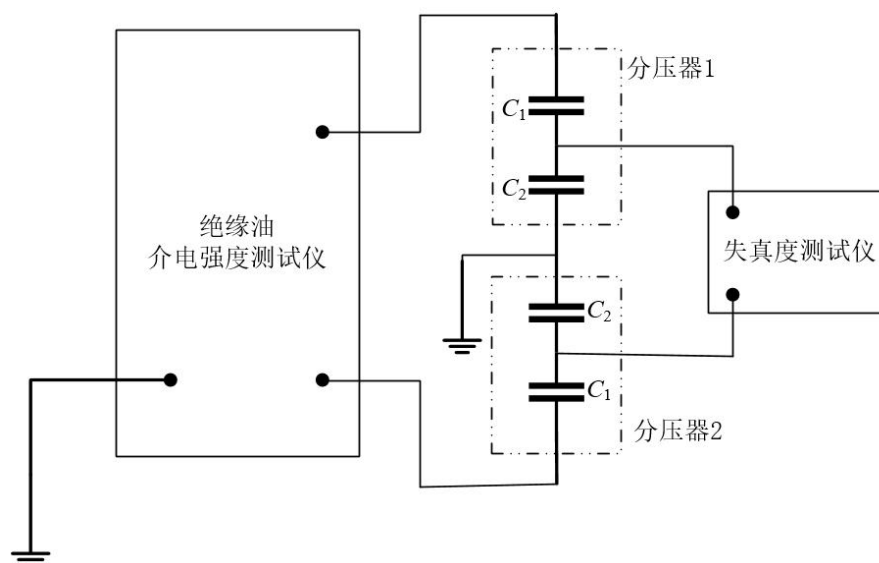
v —— 测试仪的升压速度，kV/s；

U_{50} —— 被校测试仪的 50%最大输出电压，kV；

t —— 升压时间，s。

7.2.5 谐波失真度

对于具有失真度测量功能的测试仪校准装置，按图 4 所示接线，直接从校准装置读取失真度数据。若校准装置无失真度测量功能的，使用失真度测量仪分别在测试仪最大



输出电压的 50%和 100%两点进行测量。

图 4 失真度测量接线图

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反应，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

- a) 标题，“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

- e) 客户的名称和地址;
 - f) 被校对象的描述和明确标识;
 - g) 进行校准的日期;
 - h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
 - i) 本次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的说明;
 - l) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对校准过程中被校对象的设置和操作进行说明;
 - m) 对校准规范的偏离的说明;
 - n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
 - o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
 - p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。
- 校准原始记录格式见附录 B, 校准证书内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时, 应及时校准。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

测量不确定度评定示例

A.1 概述

测量依据：JJF (蒙) XXXX-2022《绝缘油介电强度测试仪校准规范》；

环境条件：温度 21.0 °C，湿度 50% RH。

测量标准：绝缘油介电强度测试仪校准装置

被测对象：绝缘油介电强度测试仪

测量方法：直接测量法，操作被校准绝缘油介电强度测试仪输出高电压，读取电压显示值，同步读取绝缘油介电强度测试仪校准装置的实测值。

A.2 测量模型

在环境温度：(20±5) °C，相对湿度：20%~80%，供电电源：电压(220±22) V，频率(50±0.5) Hz，且无影响设备正常工作的电磁干扰的参比情况下，被校准绝缘油介电强度测试仪输出电压示值误差可表示为：

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (A-1)$$

式中： ΔU — 绝缘油介电强度测试仪输出电压的误差，kV；

U_x — 绝缘油介电强度测试仪电压示值，kV；

U_n — 绝缘油介电强度测试仪校准装置电压示值，kV。

A.3 不确定度的来源与不确定度分量的评定

主要来源有：由被校准绝缘油介电强度测试仪重复性引入的不确定度分量 u_1 ，由被校准绝缘油介电强度测试仪示值分辨力引入的不确定度分量 u_2 ，由绝缘油介电强度测试仪校准装置最大允许误差引入的不确定度分量 u_3 。

注： u_1 和 u_2 相差较大时，一般仅考虑 u_1 和 u_2 中的较大值。

以校准绝缘油介电强度测试仪输出电压 20kV 为例。

1) 测量重复性引入的不确定度 u_1

对被校准绝缘油介电强度测试仪，预设输出电压 20kV，对输出电压重复测量 10 次，测量数据见 A-1。

表 A-1 电压重复性测量值

次数	电压 (kV)
1	19.8
2	19.8

3	19.9
4	19.8
5	19.7
6	19.8
7	19.9
8	19.8
9	19.7
10	19.9

则有 10 次测量的平均值为：

$$\bar{U}_x = 19.83 \text{ kV}$$

根据贝塞尔公式，电压测量的单次实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.189 \text{ kV}$$

则测量重复性引入不确定度 u_1 为：

$$u_1 = s = 0.189 \text{ kV}$$

2) 被校准绝缘油介电强度测试仪示值分辨力引入的不确定度分量 u_2

绝缘油介电强度测试仪输出电压 20kV 时，电压示值分辨力为 0.1kV。由此引入的测量不确定度按 B 类评定，设概率分布为均匀分布，被校绝缘油介电强度测试仪电压示值分辨力引入的不确定度：

$$u_2 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kV}$$

可知分辨力引入的不确定分量小于重复性引入的不确定度分量，可以不予考虑。

3) 绝缘油介电强度测试仪校准装置的最大允许误差带来的不确定度 u_3

所使用的绝缘油介电强度测试仪校准装置，主要误差来源为电阻分压式电压传感器的分压变比，通过对高压臂电阻与低压臂电阻的试验，选取一致性较好的电阻，在参比条件下可以获得最大允许误差小于 $\pm 0.5\%$ 的分压变比，从而对于校准装置整体，最大允许误差小于 $\pm 1.0\%$ ，属于均匀分布，采用 B 类评定，故校准装置的最大允许误差引入的不确定度：

$$u_3 = \frac{1.0\%}{\sqrt{3}} \times 20\text{kV} = 0.115 \text{ kV}$$

A.4 合成标准不确定度

表 5.4 不确定度分量汇总表

<i>i</i>	不确定分量 u_i	不确定度来源	测量结果的分布	标准不确定度/kV
1	u_1	测量结果重复性	正态	0.189
3	u_3	标准器最大允许误差	均匀	0.115

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = 0.22 \text{ kV}$$

A.5 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定为：

$$U = k u_c = 0.44 \text{ kV}$$

A.6 测量不确定度的最后陈述

用绝缘油介电强度测试仪校准装置法对测试仪输出电压 20kV 点进行校准，校准结果输出电压示值误差的测量不确定度为 $U=0.44 \text{ kV}$ ($k=2$)。

附录 B

绝缘油介电强度测试仪校准原始记录格式

校准证书编号：_____ 第 _____ 页 共 _____ 页

委托单位：		
委托单位地址：		
仪器名称：	规格型号：	
制造单位：	出厂编号：	
校准依据：		
校准地点：		
校准日期：	环境温度： _____ °C	相对湿度： _____ %

校准时所需的标准器及配套设备

名称	测量范围	出厂编号	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期

一、 校准前准备

二、 1.外观检查：

三、 2.安全连锁保护功能：

四、 绝缘电阻

五、 输出电压误差

油杯	输出示值 (kV)	标准值 (kV)	示值误差 ()	不确定度

四、 升压速度

升压速度设置值 (kV/s)	U_{50} 输出电压 (kV)	升压时间 (s)	升压速度实测值 (kV/s)	误差 (kV/s)

五、 谐波失真度

电压 (kV)	失真度

校准人员：_____ 核验人员：_____

附录 C

校准证书（内页）格式

一、外观及通电检查：_____

二、绝缘电阻：_____

三、输出电压误差

油杯	输出示值 (kV)	标准值 (kV)	示值误差 ()	不确定度

四、升压速度

升压速度设置值 (kV/s)	升压速度实测值 (kV/s)	误差 (kV/s)

五、谐波失真度

电压 (kV)	失真度