



中华人民共和国工业和信息化部
机械计量技术规范

JJFZ (机械) XXXX-XXXX

电力设施着火危险试验设备校准规范

Calibration Specification of Fire Hazard Testing Equipment in Power
Facilities

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

电力设施着火危险试验设备
校准规范

Calibration Specification of Fire Hazard
Testing Equipment in Power Facilities

JJFZ (机械) XXXX-XXXX

归口单位：中国机械工业联合会

主要起草单位：威凯检测技术有限公司

参加起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司

格力电器（珠海金湾）有限公司

本规范委托全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

周李渊（威凯检测技术有限公司）

揭敢新（中国电器科学研究院有限公司 工业产品环境适应性全国重点实验室）

许 可（中国电器科学研究院有限公司 工业产品环境适应性全国重点实验室）

罗燕红（威凯检测技术有限公司）

参加起草人：

邓 军（中国南方电网有限责任公司超高压输电公司）

谢志成（中国南方电网有限责任公司超高压输电公司）

张 芮 [格力电器（珠海金湾）有限公司]

欧煜佩（威凯检测技术有限公司）

目 录

引 言.....	I
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 电源条件.....	2
6.3 电弧发生装置.....	3
6.4 其他条件.....	2
6.5 校准用设备.....	3
7 校准项目与校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
8 校准结果表达.....	5
9 复校时间间隔.....	6
附录 A 测量结果不确定度分析示例.....	8
附录 B 校准记录格式.....	11
附录 C 校准证书结果页格式.....	122

引 言

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

本规范为首次发布。

电力设施着火危险试验设备校准规范

1 范围

本校准方法适用于采用电弧法实施电力设施着火危险试验的设备及其他类似试验装置的设备的校准。

2 引用文件

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》

JJG 30—2012 《通用卡尺检定规程》

GB/T 1094.1 《电力变压器 第1部分：总则》

GB/T 5169.1 《电工电子产品着火危险试验 第1部分：着火试验术语》

GB/T 5169.49 《电工电子产品着火危险试验 第49部分：电弧法 材料的电弧着火试验方法》

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 术语和计量单位

3.1 电弧（electric）arc

一种自持气体导电，其大多数载流子为一次电子发射所产生的电子。[GB/T 5169.49]

3.2 电弧起燃试验 arc ignition test

采用电弧作为引燃源的固体材料或电力设施的起燃试验。[GB/T 5169.49]

3.3 电极间距 distance between two electrodes

电弧起燃试验时，电工电子产品或材料绝缘介质电击穿过程中两个电极之间的距离。
[GB/T 5169.49]

3.4 电弧电压 arc voltage

电弧起燃试验时，电工电子产品或材料绝缘介质电击穿过程中电极之间的电位差有效

值。[GB/T 5169.49]

3.5 电弧电流 arc current

电弧起燃试验时，电工电子产品材料绝缘介质电击穿过程中流过电极之间的电流有效值。[GB/T 5169.49]

4 概述

电力设施着火危险试验设备是一种用于评估电力设备在电气故障条件下着火风险的测试装置，通常包括供电装置、电弧发生装置、电参数测量系统等。通过电弧引燃法等不同的试验方法，模拟电力设施由故障电弧、短路、过载等电气故障导致的着火，并监测起燃、燃烧过程中的电参数，用于评估电力设施的着火风险。

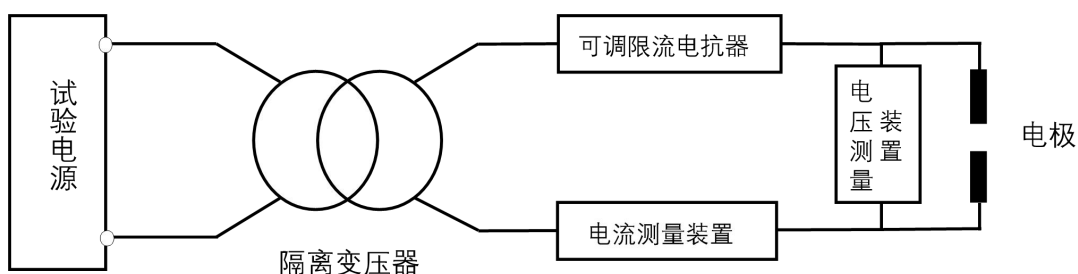


图1 电力设施着火危险试验设备接线图

5 计量特性

电力设施着火危险试验设备各项目的测量范围和最大允许误差见表1。

表1 主要计量特性技术指标

项目	测量范围/技术要求	最大允许误差
电极尺寸、间距确认数显卡尺	(0~300) mm	±0.02mm
测试交流电压	(0.1~150) V	±1%
测试交流电流	(0.1~150) A	±1%

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：15℃~25℃；

6.1.2 相对湿度：≤80%；

6.1.3 气压：80kPa~106kPa。

6.2 电源条件

试验电源采用交流电网电源或交流发电机电源，功率不小于 10kW，可维持在整个试验持续时间内持续产生电弧电流，且试验电流的频率与额定频率的偏差不大于 $\pm 10\%$ 。

供电装置在额定输出时，电源电压的总谐波畸变率不大于 5%。

变压器其他性能应满足 GB/T 1094.1 的要求。

6.3 电弧发生装置

电弧发生装置电极应保持光滑、整洁且无缺陷，接到电极上的导杆不对电极周围的电场分布产生显著影响。

6.4 其他条件

设备进行校准时的其他条件如下：

- a) 设备周围无强烈冲击、振动、电磁场及腐蚀性气体存在；
- b) 设备应避免阳光直射或其他冷热源影响；
- c) 被校设备与标准测量系统应实行共地连接，接入同一保护地基准点；数字采样仪器与源线缆应分离布放，避免形成环路造成干扰。

6.5 校准用设备

校准时，可参考选用表 2 所列设备，主要测量标准技术指标如表 2 所示。

表2 主要测量标准技术指标

名称	测量范围	技术指标
量块	(10~291.8)mm	5等
交流数字电压表	交流电压：(0.1~100) V	$\pm 0.1\%$
交流数字电流表	交流电流：(0.1~100) A	$\pm 0.1\%$

7 校准项目与校准方法

7.1 校准项目

电力设施着火危险试验装置校准项目见表 3。

表3 校准项目

序号	项目名称	计量特性条款	校准方法条款
1	长度	5	7.2.4
2	测试交流电压	5	7.2.5
3	测试交流电流	5	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

被检验项目外观应整洁完好，无影响装置计量性能和安全性能的机械损失；被检验装置应有明显的接地端钮及接地标志。

7.2.2 工作正常性检查

通电检查，被检查装置电气工作性能正常，开关、按键工作灵活，显示装置清晰、完整正确。

7.2.4 电极尺寸、间距确认数显卡尺

7.2.4.1 校准步骤

电极尺寸、间距确认数显卡尺是用于测量确认电极尺寸以及电极间的距离是否满足实验要求的长度计量器具，其示值误差使用 5 等量块测量，将选定长度的量块组合夹持于游标卡尺量爪之间，量块应与测量面充分接触，施加稳定、适当的测量力，避免冲击和侧向力，待读数稳定后，读取游标卡尺示值。测量点的分布：对于测量范围在 300mm 内的卡尺，不少于均匀分布 3 点，其测量点为 101.20mm，201.50mm，291.80mm。平面度、平行度的校准方法参考 JJG 30—2012《通用卡尺检定规程》。

示值误差计算公式为：

$$e = L - L_0 \quad (1)$$

式中：

e ——卡尺的示值误差，mm；

L ——卡尺的读数值，mm；

L_0 ——量块的长度，mm。

7.2.5 电压测量装置

7.2.5.1 校准步骤

通过比较法进行电压测量装置的校准。将标准电压表与被较电压测量装置并联，断开电极，调节电压，在不同电压校准点同时读数，计算电压测量装置的示值误差。校准点通常选取被校测量装置的10%、20%、50%、80%、100%量程电压点，也可根据客户要求选择。

示值误差计算公式为：

$$\Delta_u = U_x - U_N \quad (2)$$

相对示值误差计算公式为：

$$\gamma_u = \frac{U_x - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

Δ_u ——为被较电压测量装置的示值误差，V；

γ_u ——为被较电压测量装置的相对示值误差，%；

U_x ——为被校电压测量装置显示值，V；

U_N ——为标准电压表的显示值，V。

7.2.6 电流测量装置校准

7.2.6.1 校准步骤

通过比较法进行电流测量装置的校准。将标准电流表与被校电流测量装置串联，短接电极，调节电流，在不同电流校准点对两套测量系统同时读数，按公式计算电流测量装置的示值误差。校准点通常选取被校测量装置的10%、20%、50%、80%、100%量程电流点，也可根据客户要求进行校准点选择。

示值误差计算公式为：

$$\Delta_I = I_x - I_N \quad (4)$$

相对示值误差计算公式为：

$$\gamma_I = \frac{I_x - I_N}{I_N} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

Δ_I ——为被校电流测量装置的示值误差，A；

γ_I ——为被校电流测量装置的相对示值误差，%；

I_x ——为被校电流测量装置的显示值，A；

I_N ——为标准电流的显示值，A。

8 校准结果表达

校准证书至少应包含以下信息：

- 标题：“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 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, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素决定的, 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

测量结果不确定度分析示例

A.1 交流电压测量示值误差不确定度分析

A.1.1 测量方法：采用直接比较法，用数字电压表直接校准电压测量示值误差并进行不确定度评定。

A.1.2 测量模型：

$$\Delta_U = U_X - U_N \quad \text{..... (A.1)}$$

式中： U_X ——被校装置的显示值，V；

U_N ——标准电压表的标准值，V；

Δ_U ——被校准装置测试电压示值误差，V。

灵敏系数：

$$c(U_X) = \frac{\partial U_X}{\partial \Delta_U} = 1$$

$$c(U_N) = \frac{\partial U_N}{\partial \Delta_U} = -1$$

A.1.3 标准不确定度分量计算：

A.1.3.1 由被校装置读数引入的标准不确定度 $u(U_X)$

A.1.3.1.1 由被校装置重复性引入的标准不确定度 $u(U_{X1})$

校准时考虑到采样的同步性及电源的稳定性这两方面引入的不确定度都包含在复现性中，因此，对这两方面不再独立分析。

以 100V 点为例进行分析。重复测量 10 次，所得数据如表 A.1。

表 A. 1

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数(V)	100.6	100.6	100.5	100.5	100.4	100.7	100.5	100.4	100.5	100.6

①平均值： $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n = 1000.53V$

②求单次测量的标准偏差： $S = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)} = 0.0949V$ ；

因此 $u(U_{X1}) = S = 0.0949V$ ；

A.1.3.1.2 由被校装置分辨力引入的不确定度分量 $u(U_{x2})$

被校装置在示值为 100.0V 时的分辨力为 0.1V，其在 $\pm 0.05V$ 的区间为均匀分布。故：

$$u(U_{x2}) = 0.05/\sqrt{3} = 0.029V$$

注：由于重复性测量和被校准装置显示值分辨力对测量不确定度的贡献存在重复，因此，这两个分量在计算合成不确定度时，只取其中的最大，所以，本次评定只取由重复测量引入的不确定度。故重复性标准不确定度为：

$$u(U_X) = u(U_{x1}) = S = 0.0949V \quad (A.2)$$

A.1.3.2 由标准表引入的标准不确定度 $u(U_N)$

标准表的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ ，标准表在测量 100.53V 时产生的最大误差为：

$$a = 0.1\% \times 100.53V = 0.1005V \quad (A.3)$$

属均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则由标准表示值误差引入的不确定度 $u(U_N)$ 为：

$$u(U_N) = 0.1005/\sqrt{3} = 0.0580V \quad (A.4)$$

A.1.3.3 环境温湿度的影响

整个校准过程按照校准规范规定的条件进行，由环境温湿度引入的测量不确定度可以忽略不计

A.1.3.4 合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{c^2(U_X)u^2(U_X) + c^2(U_N)u^2(U_N)} = 0.1113V \quad (A.5)$$

A.1.3.5 扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.1113 \approx 0.22V \quad (\text{取 } k=2)$$

A.2 交流电流示值误差测量不确定度分析

A.2.1 测量方法：采用直接比较法，用标准电流表直接校准电流测量示值误差并进行不确定度评定。

A.2.2 测量模型：

$$\Delta_I = I_X - I_N \quad (A.6)$$

式中： I_X ——被校装置电流显示值，A；

I_N ——标准电流表读数值，A；

Δ_I ——被校准装置测试电流示值误差，A；

灵敏系数:

$$c(I_X) = \frac{\partial I_X}{\partial \Delta_I} = 1$$

$$c(I_N) = \frac{\partial I_N}{\partial \Delta_I} = -1$$

A.2.3 标准不确定度分量计算:

A.2.3.1 由被校装置读数引入的标准不确定度 $u(I_X)$

A.2.3.1.1 由被校装置重复性引入的标准不确定度 $u(I_{X1})$

校准时考虑到采样的同步性及电源的不稳定性这两方面引入的不确定度都包含在复现性中, 因此, 对这两方面不再独立分析。

以 10A 点为例进行分析。重复测量 10 次, 所得数据如表 A.2。

表 A. 2

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 (A)	10.02	10.01	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02	10.02	10.02	10.02

①求平均值: $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n = 10.018A$

②求单次测量的标准偏差: $S = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)} = 0.00422A$

因此 $u(I_{X1}) = S = 0.00422A$;

A.2.3.1.2 由被校装置的分辨力引入的不确定度分量 $u(I_{X2})$

被校装置在示值 10.00A 时的分辨力为 0.01A, 其在 $\pm 0.005A$ 的区间为均匀分布。故:

$$u(I_{X2}) = 0.005A / \sqrt{3} = 0.0029A。$$

注: 由于重复性测量和被校准装置显示值分辨力对测量不确定度的贡献存在重复, 因此, 这两个分量在计算合成不确定度时, 只取其中的最大, 所以, 本次评定只取由重复测量引入的不确定度。故重复性标准不确定度为:

$$u(I_X) = u(I_{X1}) = S = 0.00422A \dots\dots\dots (A.7)$$

A.2.3.2 由标准电流表引入的标准不确定度 $u(I_N)$

标准表的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 标准表在测量 10.018A 时产生的最大误差为:

$$a = 0.1\% \times 10.018A = 0.010A \dots\dots\dots (A.8)$$

属均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则由标准表示值误差引入的不确定度 $u(I_N)$ 为：

$$u(I_N) = 0.010A / \sqrt{3} = 0.0058A \dots\dots\dots (A.9)$$

A.2.3.3 环境温湿度的影响

整个校准过程按照校准规范规定的条件进行，由环境温湿度引入的测量不确定度可以忽略不计。

A.2.3.4 合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{c^2(I_X)u^2(I_X) + c^2(I_N)u^2(I_N)} = 0.0072A \dots\dots\dots (A.10)$$

A.2.3.5 扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.0072 \approx 0.014A \quad (\text{取 } k=2)$$

附录 B

校准记录格式

表1 外观和工作正常性检查

记录序号	项目名称	检查记录
1	外观检查	
2	工作正常性检查	

表2 试验电源的校准记录

	示值				标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)
电源频率							
电源电压稳定性:							

表3 测试电压的校准记录

序号	频率	示值						标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

表4 测试电流的校准记录

序号	频率	示值						标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

表5 电极尺寸、间距确认卡尺的校准记录

序号	测量值				标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

附录 C

校准证书结果页格式

1.外观检查

2.工作正常性检查

3.电源电压稳定性:

电源频率:

4. 测试电压

单位 V

通道	示值	标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

5.测试电流

单位 A

通道	示值	标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

6.电极尺寸、间距确认卡尺

单位 mm

序号	测量值	标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)