



中华人民共和国工业和信息化部 机械计量技术规范

JJF（机械） xxxx—2023

SPD 动作负载测试装置校准规范

（送审稿）

Calibration specification of direct current measurement system

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

SPD 动作负载测试装置 校准规范

Calibration specification of
direct current measurement system

JJF（机械）XXXX—2023

归口单位：中国机械工业联合会

主要起草单位：甘肃电器科学研究院

参与起草单位：甘肃省天水市计量测试检定所

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：

燕 琦：[甘肃电器科学研究院]

孙文宝：[甘肃电器科学研究院]

龙作亮：[甘肃电器科学研究院]

参加起草人：

刘永杰：[甘肃省天水市计量测试检定所]

韩 兴：[机械工业第二十九计量测试中心站（天水）]

任雪玲：[机械工业第二十九计量测试中心站（天水）]

袁 博：[机械工业第二十九计量测试中心站（天水）]

目录

引言..... II

1 范围..... 1

2 引用文件..... 1

3 术语和计量单位..... 1

4 概述..... 2

5 计量特性..... 2

6 校准条件..... 3

7 校准项目和校准方法..... 3

8 校准结果表达..... 7

9 复校时间间隔..... 7

附录 A SPD 动作负载测试装置示值误差测量不确定度评定示例..... 8

附录 B 校准原始记录格式 15

附录 C 校准证书内页格式..... 17

引言

本规范依据 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》编制。本规范主要用于 SPD 电涌保护器动作负载测试装置的校准。

本规范为新制订。

SPD 动作负载测试装置校准规范

1 范围

本规范适用于 SPD 电涌保护器动作负载测试装置的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1059-2012 《测量不确定度评定与表示》

GB/T 18802.1-2011《低压电涌保护器（SPD）第 1 部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法》

JJF（机械）109-2014《冲击电流测量系统校准规范》

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(包括所有的修改版)适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范

3.1 电涌保护器（SPD） surge protective device

用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的电器，它至少包含一非线性的元件。

3.2 最大持续运行电压 maximum continuous operating voltage（ U_c ）：

可持续加于电子系统电涌保护器端子上，且不致引起电涌保护器传输特性减低的最大方均根电压或直流电压。

3.3 标称放电电流 nominal discharge current

I_n 流过电涌保护器 SPD 具有 8/20 波形的电流峰值。

3.4 冲击电流 impulse current

I_{imp} 由三个参数来定义：电流峰值 I_{peak} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 。一般用于 SPD 的 I 级分类动作负载试验参数。

3.5 最大放电电流（ I_{max} ）

一般情况下等于 2 倍 I_n 。一般用于 SPD 的 II 级分类动作负载试验参数，其值按 II 类动作负载试验的程序确定。 I_{max} 应大于 I_n 。

3.6 I 级试验（class I test）

电气系统中采用Ⅰ级试验的电涌保护器要用标称放电电流 I_n 、 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压和最大冲击电流 I_{imp} 做试验。

3.7 Ⅱ级试验 (class II test)

电气系统中采用Ⅱ级试验的电涌保护器要用标称放电电流 I_n 、 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压和 $8/20\mu\text{s}$ 电流波最大放电电流 I_{max} 做试验。

3.8 续流 follow current

I_f 冲击放电电流以后, 由电源系统流入电涌保护器 SPD 的电流。

3.8 额定负载电流 rated load current

I_L 能提供给连接到电涌保护器 SPD 保护输出端的负载的最大持续额定交流电流有效值或直流电流。

3.9 限制电压 measured limiting voltage

施加规定波形和幅值的冲击时, 在电涌保护器 SPD 接线端子间测得的最大电压峰值。

3.10 暂时过电压试验值 temporary overvoltage test value

U_T 施加在电涌保护器 SPD 上并持续一个规定时间的试验电压, 以模拟在 TOV 条件下的应力。

3.11 残压 residual voltage

放电电流流过电涌保护器 SPD 时, 在其端子间产生的电压峰值。

4 概述

电涌保护器适用于 220/380V 低压电源保护, 是一种非线性元件, 根据国标规定, 电涌保护器是主要抑制传导过来的线路过电压和过电流的装置。电涌保护器起到保护作用, 基本要求是必须承受预期通过的雷电电流, 并且通过电涌最大钳压, 有效熄灭在雷电电流通过后产生的工频续流, 把窜入电力线、信号传输线的瞬时过电压限制在设备或系统所能承受的电压范围内, 或将强大的雷电流泄流入地, 保护被保护的设备或系统不受冲击而损坏。标准规定凡在低压配电系统中使用的 SPD 必须通过动作负载试验, 以保障 SPD 在线路中运行时遭遇雷击不仅能短时间内泄放雷电流, 而且能有效的截断工频电源的注入 (切断续流), 因此对电涌保护器 SPD 的参数校准极为重要。

5 计量特性

主要计量特性: 最大持续工作电压: $(0.1 \sim 3000) \text{ V}$, 最大允许误差: $\pm 3\%$

冲击电流：（0.1~250）kA，最大允许误差：±10%

续流电流：（0.1~1.5）kA，最大允许误差：±5%

施加冲击电流时与工作电压的相位：（0.1°~360°），

最大允许误差：±1°

残压：（0.1~20）kV

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（20±10）℃

6.1.2 湿度：≤80%RH

6.1.3 电源要求：220（1±10%）V

6.1.4 电源频率：（50±0.5）Hz

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准冲击电流传感器：电流（0.1~300）kA，最大允许误差：±1%

标准工频电流传感器：（0.1~2000）A，最大允许误差：±0.5%

差分探头：（0.1~7）kV，最大允许误差：±0.2%

或交直流分压器：（0.1~7）kV，最大允许误差：±0.2%

数字示波器：带宽：500MHz，最大允许误差：±1%

数字多用表：（0.01~1000）V，最大允许误差：±0.1%

残压分压器：（0.1~20）kV，最大允许误差：0.2%

6.2.2 原则上标准不确定度小于被校测量允许误差的 1/3。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目

序号	项目名称	校准方法条款
1	最大持续工作电压校准	7.2.2
2	冲击电流校准	7.2.3
3	续流电流校准	7.2.4
4	相位校准	7.2.5
5	残压校准	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观及性能检查

被校准 SPD 动作负载测试装置应外观完好，各组成部分应功能正常、各开关和按钮灵活可靠，名称、生产厂家、型号、编号信息等标识清晰。

在校准之前应该对被校SPD动作负载测试装置按照说明书进行预热，开机后被检仪器应能正常工作，各种显示正确，各开关及功能键显示正常，量程切换正常，基本功能能正常工作。

7.2.2 最大持续工作电压校准

校准连接线及校准点的选取：

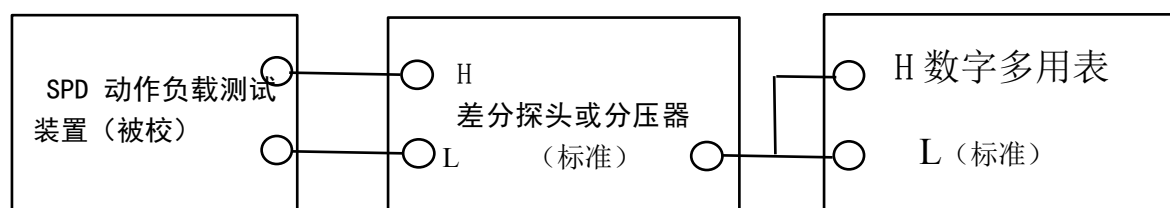


图1 校准接线示意图

如图 1 所示的直接比较法进行校准。按照量程均匀选取 3~5 个校准点，或者根据客户需求自行选择校准点，同时用标准差分探头与数字多用表组成的测量系统和被校准 SPD 动作负载测试装置测量同一电压，两个测量系统同时读数，标准测量系统测出实际高压值 U_s ，被校准测量系统测出高压值 U_x ，利用公式（1）计算出被校测量系统的基本误差。

SPD 动作负载测试装置最大持续电压基本误差表达式为公式（1）。

$$r_U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \quad \dots\dots (1)$$

式中： r_U ——被校 SPD 动作负载测试装置基本误差；

U_s —— 标准测量系统电压值；

U_x —— 被校 SPD 动作负载测试装置电压值。

7.2.3 冲击电流校准

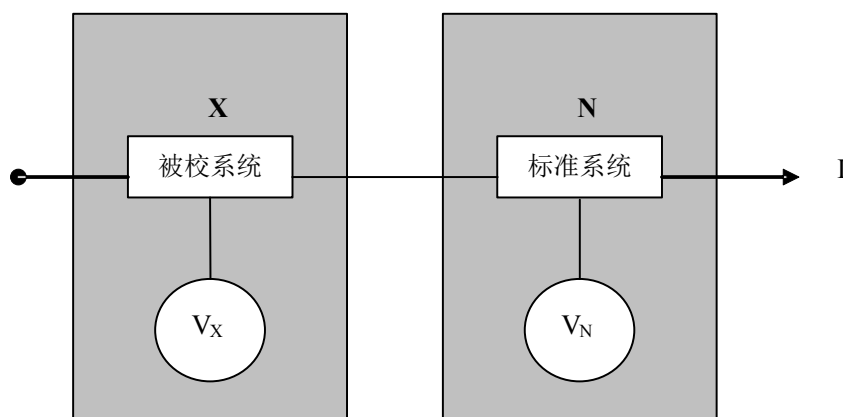


图2 校准接线示意图

整SPD动作负载测试装置的刻度因数是通过与标准测量系统的比对确定的。标准测量系统与被校测量系统串联连接，连接方式如图2所示。应采取措施避免电流传感器和测量仪器间的接地环路造成不可接受的影响。

两个系统应同时读数。由标准测量系统读到的每次测量的一次电流峰值除以被校电流传感器的相应的二次读数求得在电流水平 I 下测量的刻度因数 $F_{i,g}$ 值。重复该测量 n 次，求取被校电流传感器在某一电流水平 I_g 下的刻度因数的算术平均值 $\overline{F_g}$ 。平均值由公式（2）给出：

$$\overline{F_g} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{i,g} \quad \dots\dots (2)$$

7.2.4 续流电流校准

将工频电流传感器串联接入工频续流电流回路中如图3，此回路应连接到工频电源，按照客户需求在量程范围内均匀选择5~8个校准点，500A为必校准点，在示波器中采集对应的波形，通过测量计算得到实际电流值 I_{xf} ，同时读取SPD动作负载测试装置续流读数 I_{sf} ，以此计算出被校SPD动作负载测试装置和实际电流值之间的误差，SPD动作负载测试装置最大持续电压基本误差表达式为公式（3）。

$$r_{ff} = \frac{I_{xf} - I_{sf}}{I_{sf}} \times 100\% \quad \dots\dots (3)$$

式中： r_{ff} ——被校SPD动作负载测试装置续流相对误差；

I_{sf} ——标准系统电流读数值；

I_{xf} ——被校 SPD 动作负载测试装置续流读数值。

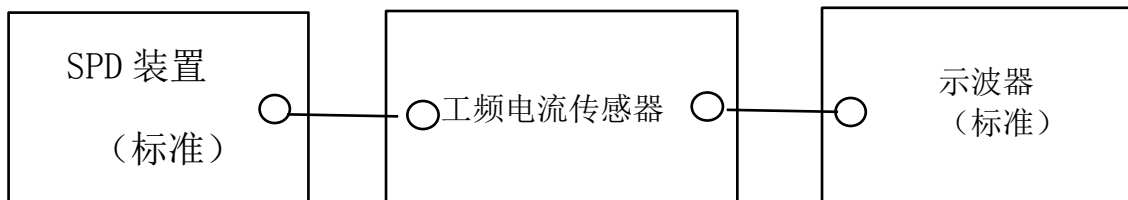


图3 校准示意图

7.2.5 相位校准

施加 15 次 8/20 正极性的冲击电流，分成 4 组，每组 3 次冲击。样品与符合要求的工频电源连接。每次冲击应与电源频率同步。从 0° 角开始，同步角应以 $30^\circ \pm 5^\circ$ 的间隔逐级增加。我们需要校准电角度的数值是否满足要求。波形记录仪中采集对应的波形，通过测量得到电角度值，电流波实际起始角度计算公式（4）。

$$T = (\Delta t - 20ms) / 20ms \times 360^\circ \dots\dots (4)$$

7.2.6 残压校准

采用如图 4 所示的直接比较法进行校准。即同时用标准测量系统和被校准测量系统测量所示试品两端的电压，两个测量系统同时读数，标准测量系统测出实际高压值 U_s ，被校准测量系统测出高压值 U_x ，利用公式（5）计算出被校测量系统的基本误差。

$$r_U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \dots\dots (5)$$

式中 r_U ——被校 SPD 动作负载测试装置残压基本误差；

U_s —— 标准测量系统冲击电压值；

U_x —— 被校 SPD 动作负载测试装置残压值。

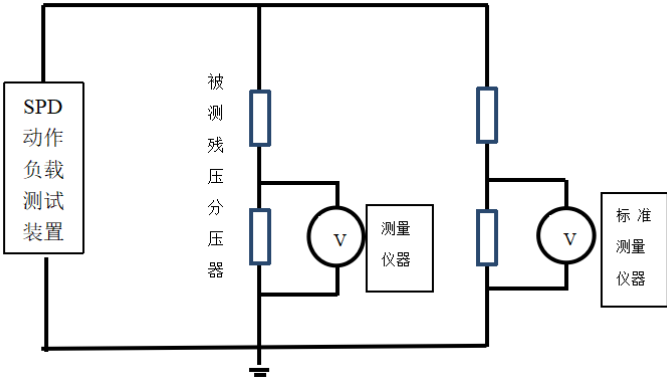


图4 校准示意图

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 校准证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及编号；
- 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) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。
SPD 动作负载测试装置在修理或调整后，应经校准才能使用。

附录 A

SPD 动作负载测试装置示值误差测量不确定度评定示例

A 1 电压不确定度

A 1.1 概述

环境条件：温度 20.0℃，相对湿度：42%；

测量标准：差分探头；

被测对象：SPD 动作负载测试装置；

校准点：SPD 动作负载测试装置最大持续工作电压 200V。

A 1.2 建立测量模型

测量模型：

SPD 动作负载测试装置电压示值误差为：

$$r_U = \frac{U_X - U_S}{U_S} \times 100\%$$

式中：

r_U ——被校 SPD 动作负载测试装置电压相对误差%；

U_X ——被校 SPD 动作负载测试装置电压输出示值 V；

U_S ——差分探头标准读数值 V。

A 1.3 不确定度分量来源分析

影响 SPD 动作负载测试装置校准测量结果不确定度主要因素有：

- (a) SPD 动作负载测试装置测量重复性引入的不确定度；
- (b) 差分探头最大允许误差引入的不确定度；
- (c) 数字多用表分辨力引入的不确定度。

A 1.3.1 测量重复性的不确定度分量 u_1

我们对 SPD 动作负载测试装置电压 200V 值进行 10 次短期重复测量，得到以下表；

表 A1 差分探头 10 次测量数据

序号	读数/V
1	200.4
2	200.2
3	200.4
4	200.4
5	200.3
6	200.3
7	200.3
8	200.4
9	200.5
10	200.3

根据实验方差公式:

$$s_n(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{10-1}} = 0.085\text{V}$$

$$u_1 = 0.0850\text{V}$$

A 1.3.2 差分探头最大允许误差引入的不确定度分量 u_2

差分探头经校准，符合技术指标要求，差分探头的精度为 0.5 级，其最大允许误差为 $\pm 1\text{V}$

设其变化量 R_1 为均匀概率分布，则标准不确定度为：

$$u_2 = 1/\sqrt{3} = 0.58\text{V}$$

A 1.3.3 数字多用表分辨力引入的不确定度分量 u_3

数字多用表 200V 分辨力为 0.1V, 取其半宽 0.005 V 为均匀概率分布引入的不确定度 u_3 其不确定度分量为:

$$u_3 = 0.05/\sqrt{3} = 0.29\text{V}$$

A 1.4 标准不确定度一览表

见表 A2:

表 A2 标准不确定度一览表

项目	标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值 u_x
电压	u_1	重复性	0.085V
	u_2	最大允许误差	0.58V
	u_3	分辨力	0.29V

A 1.5 合成不确定度

电压 100V 合成标准不确定度

$$u_c(y)=\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2}=0.654\text{V}$$

A 1.6 扩展不确定度

电压 100V 选取扩展因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U=k u_c(y)=2\times 0.654\text{V}=1.308\text{V}$$

$$U_{\text{rel}}=1.308\text{V}/200\text{V}=6.6\times 10^{-3}$$

A2 电流测量不确定度

A 2.1 概述

环境条件：温度 20.0℃，相对湿度：42%；

测量标准：电流传感器；

被测对象：SPD 动作负载测试装置；

校准点：电流 1000A

A 2.2 建立测量模型

测量模型：

电流示值误差为：

$$r_I=\frac{I_x-I_s}{I_s}\times 100\%$$

式中：

r_I ——被校 SPD 动作负载测试装置电流相对误差%；

U_{hx} ——被校 SPD 动作负载测试装置电流输出示值 A；

U_{hs} ——电流传感器标准读数值 A。

A 2.3 不确定度分量来源分析

影响 SPD 动作负载测试装置电流测量结果不确定度主要因素有：

- (a) SPD 动作负载测试装置重复性引入的不确定度分量；
- (b) 电流传感器最大允许误差引入的不确定度分量；
- (c) 示波器分辨力引入的不确定度分量。

A 2.3.1 测量重复性的不确定度分量 u_1

我们对 SPD 动作负载测试装置 500A，进行 10 次短期重复测量，见表 C3：

表 A3 电流传感器 10 次测量测量结果

序号	读数/A
1	502.4
2	502.2
3	502.1
4	502.2
5	502.1
6	502.4
7	502.2
8	502.2
9	502.1
10	502.4

$$s_n(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{10-1}} = 1.25 \times 10^{-2} \text{A}$$

$$u_1 = 1.25 \times 10^{-2} \text{A}$$

A 2.3.2 电流传感器及其示波器组成的标准系统不确定度引入的不确定度分量 u_2

电流传感器经校准，符合技术指标要求，由电流传感器说明书得知该仪器精度 1 级，其最大允许误差为 $\pm 5 \text{A}$

$$u_2 = 5 / \sqrt{3} = 2.887 \text{A}$$

A 2.4 标准不确定度一览表

见表 A4:

表 A4 标准不确定度一览表

项目	标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值 u_x
电流	u_1	重复性	$1.25 \times 10^{-2} \text{A}$
	u_2	最大允许误差	2.887A

A 2.5 合成不确定度

合成标准不确定度:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 2.9 \text{ A}$$

A 2.6 扩展不确定度

电流点选取扩展因子 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = k u_c(y) = 2 \times 2.9 \text{A} = 5.8 \text{A}$$

$$U_{\text{rel}} = 5.8 / 500 \text{A} = 1.2 \times 10^{-2}$$

A 3 冲击电流测量不确定度

A 3.1 概述

环境条件: 温度 22.3℃, 相对湿度: 48.7%;

测量标准: 电流传感器;

被测对象: SPD 动作负载测试装置;

校准点: 冲击电流 20kA

A 3.2 建立测量模型

测量模型:

电流示值误差为:

$$r_I = \frac{I_x - I_s}{I_s} \times 100\%$$

式中:

r_I ——被校 SPD 动作负载测试装置电流相对误差%;

I_x ——被校 SPD 动作负载测试装置电流输出示值 kA;

I_s ——电流传感器标准读数值 kA。

A 3.3 不确定度分量来源分析

影响 SPD 动作负载测试装置电流测量结果不确定度主要因素有：

- （a）SPD 动作负载测试装置重复性引入的不确定度分量；
- （b）电流传感器最大允许误差引入的不确定度分量；
- （c）示波器分辨力引入的不确定度分量。

A 3.3.1 测量重复性的不确定度分量 u_1

我们对 SPD 动作负载测试装置 20kA，进行 10 次短期重复测量，见表 A5：

表 A5 电流传感器 10 次测量测量结果

序号	读数/kA
1	22.44
2	22.32
3	22.32
4	22.36
5	22.36
6	22.41
7	22.42
8	22.38
9	22.33
10	22.43

$$s_n(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{10-1}} = 4.60 \times 10^{-2} \text{kA}$$

$$u_1 = 4.6 \times 10^{-2} \text{A}$$

A 3.3.2 电流传感器及其示波器组成的标准系统不确定度引入的不确定度分量 u_2

电流传感器经校准，符合技术指标要求，由电流传感器说明书得知该仪器精度 2 级，其最大允许误差为 $\pm 0.4 \text{kA}$

$$u_2 = 0.6 / \sqrt{3} = 0.23 \text{kA}$$

A 3.4 标准不确定度一览表

见表 A6：

表 A6 标准不确定度一览表

项目	标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值 u_x
电流	u_1	重复性	$4.60 \times 10^{-2} \text{kA}$
	u_2	最大允许误差	0.23kA

A3.5 合成不确定度

合成标准不确定度:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.23 \text{ kA}$$

A 3.6 扩展不确定度电流点选取扩展因子 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = k u_c(y) = 2 \times 0.23 = 0.46 \text{ kA}$$

$$U_{\text{rel}} = 0.46 \text{ kA} / 20 \text{ kA} = 2.3 \times 10^{-2}$$

附录 B

校准原始记录格式

证书编号：		校准日期：	
送检方：		器具名称：	
制造厂：		出厂编号：	
型号规格：	准确度：	测量范围：	
被校测量器具信息说明：			
标准器名称：		型号规格：	出厂编号：
准确度等级：		测量范围：	
溯源机构及证书编号：		证书有效期：	
标准器名称：		型号规格：	出厂编号：
准确度等级：		测量范围：	
溯源机构及证书编号：		证书有效期：	
环境条件:温度:（℃）		相对湿度（%）	
试验开始时：		试验开始时：	
试验结束时：		试验结束时：	
校准地点：			
依据的技术文件：			

1、最大持续工作电压校准：		
示值	标准值	误差
本次电压测量结果的不确定度：		
2、冲击电流校准：		
示值	标准值	误差
本次电流测量结果的不确定度：		
3、续流电流校准：		
示值	标准值	误差

JJF（机械）XXXX-2023

本次电流测量结果的不确定度：		
4、相位校准：		
示值	标准值	误差
本次相位测量结果的不确定度：		

附录 C

校准证书内页格式

本次校准依据的技术文件（代号、名称） Reference Documents For The Calibration（Code Name）					
被校测量器具信息说明：					
本次校准所使用的主要校准计量器具 Main Standards Of Measurement Used in The Calibration					
名称 Name	编号 No.	测量范围 Measuring Range	不确定度/准确度 等级/最大允许误差 Uncertainty/Accuracy Class/Maximum Permissible Error	溯源机构及证书编号 Traceability agency and certificate number	有效期至 Effective date
校准地点： Place					
环境温度： Ambient Temperature		相对湿度： Relative Humidity		其 它： Others	
其它说明： Remarks					
校准数据/结果 Data/Results Of Calibration					
数据结果请见下页					