



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

耐电压测试仪校验仪校准规范

Calibration Specification of Calibrators
for Withstanding Voltage Testers
(征求意见稿)

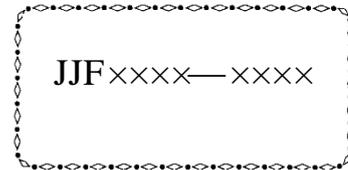
××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局发布

耐电压测试仪校验仪 校准规范

Calibration Specification of Calibrators
for Withstanding Voltage Testers



归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：工业和信息化部第五研究所

国网山东省电力公司电力科学研究院

青岛艾诺智能仪器有限公司

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

高志尚（山东省计量科学研究院）

王尚（山东省计量科学研究院）

林飞鹏（中国计量科学研究院）

参加起草人：

孙小杰（山东省计量科学研究院）

陈志雄（工业和信息化部第五研究所）

赵富强（国网山东省电力公司电力科学研究院）

杨之峰（青岛艾诺智能仪器有限公司）

目录

| | |
|--------------------------|------|
| 引言 | (II) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 术语和计量单位 | (1) |
| 3.1 失真度 | (1) |
| 3.2 纹波系数 | (1) |
| 3.3 电压持续（保持）时间 | (1) |
| 4 概述 | (1) |
| 5 计量特性 | (2) |
| 5.1 交（直）流电压示值误差 | (2) |
| 5.2 交（直）流电流示值误差 | (2) |
| 5.3 电压持续（保持）时间示值误差 | (3) |
| 5.4 交流电压失真度示值误差 | (3) |
| 6 校准条件 | (4) |
| 6.1 环境条件 | (4) |
| 6.2 测量标准及其他设备 | (4) |
| 7 校准项目和校准方法 | (6) |
| 7.1 校准项目 | (6) |
| 7.2 校准方法 | (6) |
| 8 校准结果表达 | (11) |
| 9 复校时间间隔 | (12) |
| 附录 A 测量不确定度评定示例（一） | (13) |
| 附录 B 测量不确定度评定示例（二） | (16) |
| 附录 C 测量不确定度评定示例（三） | (19) |
| 附录 D 测量不确定度评定示例（四） | (22) |
| 附录 E 测量不确定度评定示例（五） | (25) |
| 附录 F 校准原始记录页内格式 | (28) |
| 附录 G 校准证书内页格式 | (30) |

引言

本规范依据国家计量技术规范 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。
本规范为首次制定。

耐电压测试仪校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于具有（或部分具有）交（直）流电压、交（直）流电流、电压持续（保持）时间、交流电压的失真度、直流电压的纹波系数等测量功能，最高测量电压不高于 15kV 的耐电压测试仪校验仪（以下简称“校验仪”）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 496-2016 工频高压分压器

JJG795-2016 耐电压测试仪

JJG 1007-2005 直流高压分压器

JJF 1587-2016 数字多用表校准规范

GB 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求第 1 部分：通用要求

GB/T 16927.1-2011 高电压试验技术第 1 部分：一般定义及试验要求

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

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 失真度 distortion

周期性交流量中的谐波含量的方均根值与基波信号的电压有效值(方均根值)之比（用百分数表示）。

3.2 纹波系数 ripple ratio

直流输出电压中包含的交流分量的方均根值（有效值）与直流分量的绝对值之比。

3.3 电压持续（保持）时间 voltage duration

输出电压在稳定阶段所经历的时间，不包括电压上升和下降的时间。

4 概述

校验仪是用于对耐电压测试仪进行检定或校准的专用装置，可用于测量耐电压测试仪的交直流输出电压、交直流输出电流、输出电压的持续（保持）时间、交流输出电压的失

真度和直流输出电压的纹波系数等全部或部分参数。

校验仪通常由交直流高压测量单元、交（直）流电流测量单元、计时器、失真度测量单元和纹波测量单元等部分组成。

5 计量特性

5.1 交（直）流电压示值误差

交（直）流电压示值误差用公式（1）表示，相对示值误差用公式（2）表示：

$$\Delta_U = U_x - U_n \quad (1)$$

式中：

Δ_U ——被校校验仪交（直）流电压的示值误差，V；

U_x ——被校校验仪交（直）流电压的示值，V；

U_n ——交（直）流电压的标准值（实际值），V。

$$\delta_U = \frac{\Delta_U}{U_n} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_U ——被校校验仪交（直）流电压的相对示值误差，%。

交（直）流电压示值的最大允许误差见表1。

表1 校验仪交（直）流电压示值的最大允许误差

| 准确度等级 | 0.5级 | 1.0级 |
|--------|-------|-------|
| 最大允许误差 | ±0.5% | ±1.0% |

5.2 交（直）流电流示值误差

交（直）流电流示值误差用公式（3）表示，相对示值误差用公式（4）表示：

$$\Delta_I = I_x - I_n \quad (3)$$

式中：

Δ_I ——被校校验仪交（直）流电流的示值误差，A；

I_x ——被校校验仪交（直）流电流的示值，A；

I_n ——交（直）流电流的标准值（实际值），A。

$$\delta_I = \frac{\Delta_I}{I_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_I ——被校校验仪交（直）流电流的相对示值误差，%。

交（直）流电流示值的最大允许误差见表2。

表 2 校验仪交（直）流电流示值的最大允许误差

| | | |
|--------|-------|-------|
| 准确度等级 | 0.5级 | 1.0级 |
| 最大允许误差 | ±0.5% | ±1.0% |

5.3 电压持续（保持）时间示值误差

电压持续（保持）时间示值误差用公式（5）表示，相对示值误差用公式（6）表示：

$$\Delta_t = T_x - T_n \quad (5)$$

式中：

Δ_t ——被校校验仪电压持续（保持）时间的示值误差，s；

T_x ——被校校验仪电压持续（保持）时间的示值，s；

T_n ——电压持续（保持）时间的实际值，s。

$$\delta_t = \frac{\Delta_t}{T_n} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

δ_t ——被校校验仪电压持续（保持）时间的相对示值误差，%。

电压持续（保持）时间最大允许误差见表 3。

表 3 校验仪电压持续（保持）时间示值的最大允许误差

| 电压持续（保持）时间 | 电压持续（保持）时间示值的最大允许误差 |
|------------|---------------------|
| ≤20 s | ±0.2 s |
| >20 s | ±1% |

5.4 交流电压失真度示值误差

交流电压失真度示值误差用公式（7）表示：

$$\Delta_D = D_x - D_n \quad (7)$$

式中：

Δ_D ——被校校验仪交流电压失真度的示值误差，%；

D_x ——被校校验仪交流电压失真度的示值，%；

D_n ——交流电压失真度的标准值（实际值），%。

交流电压失真度的最大允许误差（绝对误差）不超过±1%。

5.5 直流电压纹波系数示值误差

直流电压纹波系数示值误差用公式（8）表示：

$$\Delta_{D,DCW} = D_{DCW,x} - D_{DCW,n} \quad (8)$$

式中：

$\Delta_{D,DCW}$ ——被校校验仪直流电压纹波系数的示值误差，%；

$D_{DCW,x}$ ——被校校验仪直流电压纹波系数的示值，%；

$D_{DCW,n}$ ——直流电压纹波系数的标准值（实际值），%。

直流电压纹波系数的最大允许误差（绝对误差）不超过 $\pm 1\%$ 。

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 环境条件

6.1.1 环境温度： $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度：35%~80%；

6.1.3 电源要求：交流供电电压 $220\text{ V} \pm 22\text{ V}$ ；电源频率 $50\text{ Hz} \pm 0.5\text{ Hz}$ 。

6.2 测量标准及其他设备

标准设备的测量范围应覆盖被校校验仪的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度等级和稳定性。测量标准单独或者组合使用时的扩展不确定度（ $k=2$ ）应不大于被校校验仪各参数最大允许误差绝对值的 1/3。根据所采用的校准方法，选择以下可以满足校准要求的测量设备。

测量标准及其他设备见表 4。

表 4 测量标准及其他设备

| 测量标准及其他设备名称 | 性能指标 |
|---|---|
| 多功能标准源 | 具有交直流输出功能，其输出电流的范围应能覆盖被校校验仪的量程，多功能源的稳定性应不影响数字多用表和被校校验仪读数的可靠性。 |
| 分压器 (直流高压分压器、电压互感器、 电容分压器、工频电压比例标准、 数字高压表) | 额定电压应能覆盖被校校验仪的电压测量范围，其实际使用范围应经过溯源。 准确度等级不大于被校校验仪交直流电压最大允许误差绝对值的 1/5。 |

表 5（续）

| | |
|------------------|--|
| 高压源 | 直流输出电压稳定度引起的误差应不大于被校校验仪最大允许误差的 1/10，直流高压源的纹波系数应不大于 0.2%。交流输出电压稳定度及频率稳定度引起的误差应不大于被校校验仪最大允许误差的 1/10，交流高压源的谐波总含量应不大于 3%。采用高压源法校准时，其准确度应不大于被校校验仪最大允许误差的 1/3。 |
| 标准分流器 | 额定工作电流应覆盖被校校验仪量程，准确度等级不大于被校校验仪交直流电流最大允许误差绝对值的 1/5。 |
| 谐波源 (标准电能功率源) | 最大允许误差绝对值小于 0.2%。 |
| 数字多用表 | 最大允许误差不大于被校校验仪对应参数最大允许误差绝对值的 1/10。 |
| 标准电阻 | 额定电流应能覆盖被校校验仪的电流量程，准确度等级不低于 0.01 级。 |
| 示波器 | 时间测量最大允许误差不低于 $\pm 0.1\%$ ，在合理存储深度时，采样率应大于 250S/s。 |
| 函数信号发生器 | 具有编程功能，能输出带有设定谐波分量的交流电压。 |
| 高压放大器 | 高压放大器应能具有谐波放大功能，其输出电压应能达到被校校验仪的最低交流测量电压。 |
| 直流电压源 (纹波源) | 输出电压应能达到被校校验仪的最低直流测量电压。 |
| 电压发生器 | 电压发生器的输出电压不低于 500V，输出电压的持续时间不小于 60s。 |
| 分压装置 | 额定电压应大于 500V，带宽应大于 100kHz。 |
| 绝缘电阻表 | 1、输出电压：500V，准确度等级：不低于 10 级；测量范围：不低于 20 M Ω ； 2、输出电压：2.5kV，准确度等级：不低于 20 级；测量范围：不低于 40 M Ω 。 |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 6。

表 6 校准项目一览表

| 序号 | 校准项目 | 计量特性条款 | 校准方法条款 |
|----|----------------|--------|--------|
| 1 | 交（直）流电压示值误差 | 5.1 | 7.2.3 |
| 2 | 交（直）流电流示值误差 | 5.2 | 7.2.4 |
| 3 | 电压持续（保持）时间示值误差 | 5.3 | 7.2.5 |
| 4 | 交流电压失真度示值误差 | 5.4 | 7.2.6 |
| 5 | 直流电压纹波系数示值误差 | 5.5 | 7.2.7 |

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

a) 外观检查

外壳上的仪器名称、制造厂名或商标、型号、出厂编号等信息应齐全。被校校验仪的外形结构应完好，开关、按键等操作灵活，外露件应无松动、损伤、脱落，各种功能标志应齐全明确。外壳上应有明显或可靠的接地端子。

b) 工作正常性检查

通电预热后按键、显示屏、测量仪表和各种状态指示灯（标志）开关和按键应工作正常。

c) 绝缘水平检查

用 500 V 绝缘电阻表测量被校校验仪电源输入端对外壳及地之间的绝缘电阻，应大于 20 M Ω 。

用 2.5 kV 绝缘电阻表测量被校校验仪高压输入端与地之间的绝缘电阻，应大于 40 M Ω 。

7.2.2 校准点的选取原则

被校校验仪校准点的选取应覆盖所有量程，并兼顾各量程之间的覆盖性及量程内的均匀性，也可根据实际情况或送校单位的要求选取校准点。

7.2.2.1 交（直）流电压示值误差校准点的选取原则

交（直）流电压校准点的选取应覆盖被校校验仪的测量范围，由低到高至满量程值点，均匀选取，至少选取 5 个校准点。

7.2.2.2 交（直）流电流示值误差校准点的选取原则

交（直）流电流校准点的选取应覆盖被校校验仪的测量范围，由低到高至满量程值点，均匀选取。对于单一量程的校验仪，在不大于 2 mA 范围内均匀选取不少于 3 个校准点；在 2 mA~20 mA 测量范围内，选取不少于 3 个校准点；在 20 mA 到满量程范围内均匀选取不少于 3 个校准点。对于多量程的校验仪，每个量程内均匀选取不少于 3 个校准点。

7.2.2.3 电压持续（保持）时间示值误差校准点的选取原则

电压持续（保持）时间校准点的选取参照 JJG 795-2016 中电压持续（保持）时间的检定点选取规则进行，选取不少于 3 个校准点。大于 20 s 范围内选择至少 1 个校准点，其中 60 s 为必选点。小于等于 20 s 范围内选择至少 1 个校准点。

7.2.2.4 交流电压失真度示值误差校准点的选取原则

交流电压失真度示值误差校准点的选取由低到高，在其测量范围内至少选取 3 个校准点。

7.2.2.5 直流电压纹波系数示值误差校准点的选取原则

直流电压纹波系数示值误差校准点的选取由低到高，在其测量范围内至少选取 3 个校准点。

7.2.3 交（直）流电压示值误差

7.2.3.1 分压器法

将选取的标准器按图 1 连接，按 7.2.2 选取校准点，调节交（直）流高压源的输出，记录被校校验仪的示值。设数字多用表的示值为 V_n ，被校校验仪的示值为 U_x 。被校校验仪的交（直）流电压示值误差按公式（9）计算。

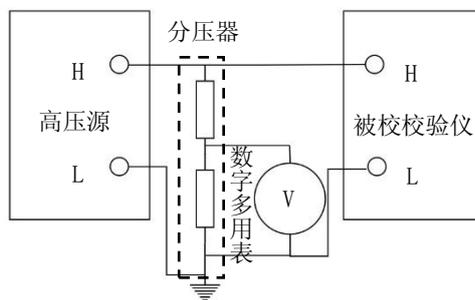


图 1 分压器法校准交（直）流电压示意图

$$\delta_U = \frac{U_x - K_n V_n}{K_n U_n} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

V_n ——数字多用表的示值，V；

K_n ——分压器的分压比。

7.2.3.2 数字高压表法

按图 2 连接，按 7.2.2 选取校准点，调节交（直）流高压源的输出，记录被校校验仪的示值。设数字高压表的示值为 U_n ，被校校验仪的示值为 U_x 。被校校验仪的交（直）流电压示值误差按公式（2）计算。

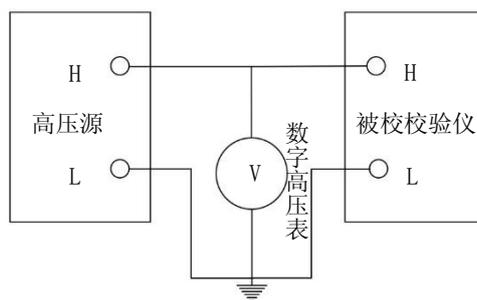


图 2 数字高压表法校准交（直）流电压示意图

7.2.3.3 高压源法

按图 3 连接，按 7.2.2 选取校准点，调节交（直）流高压源的输出，记录被校校验仪的示值。设高压源的输出值为 U_n ，被校校验仪的示值为 U_x ，被校校验仪的交（直）流电压示值误差按公式（2）计算：

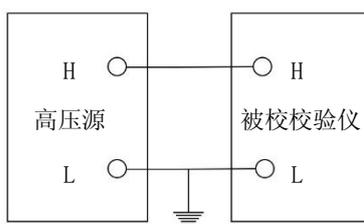


图 3 高压源法校准交（直）流电压示意图

7.2.4 交（直）流电流的示值误差

7.2.4.1 标准源法

按

图 4 连接，按 7.2.2 选取校准点，调节多功能标准源的输出，记录被校校验仪的示值。设多功能标准源的输出值为 I_n ，被校校验仪的示值为 I_x ，被校校验仪的交（直）流电流示值误差按公式（4）计算：

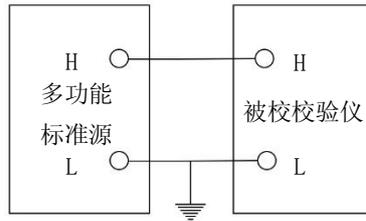


图4 标准源法校准交（直）流电流示意图

7.2.4.2 标准表法

按图 5 连接，按 7.2.2 选取校准点，调节多功能标准源的输出，记录被校校验仪的示值。设数字多用表的电流示值为 I_n ，被校校验仪的示值为 I_x 。被校校验仪的交（直）流电流示值误差按公式（4）计算。

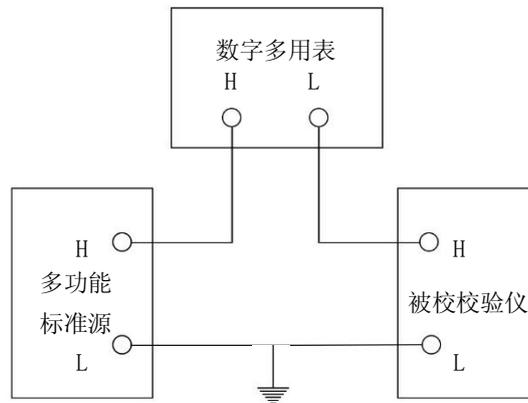


图5 标准表法校准交（直）流电流示意图

7.2.4.3 标准电阻、数字多用表法

按图 6 连接，按 7.2.2 选取校准点，根据被校校验仪的限流电阻，选取合适的标准电阻，调节交（直）流高压源的输出，使电流值到达相应的校准点，记录被校校验仪的示值。设数字多用表的电压示值为 U_n ，被校校验仪的示值为 I_x 。被校校验仪的交（直）流电流示值误差按公式错误！未找到引用源。计算。

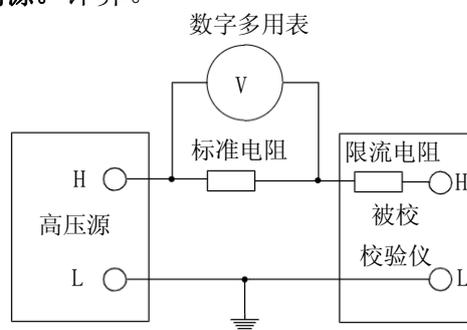


图6 标准电阻、数字多用表法校准交（直）流电流示意图

7.2.5 电压持续（保持）时间的示值误差

按图7连接,按7.2.2选取校准点,设置电压发生器的时间间隔,调节电压输出至500V,启动计时。设示波器的时间示值为 T_n ,被校校验仪的示值为 T_x 。被校校验仪的电压持续(保持)时间示值误差按公式(6)计算。

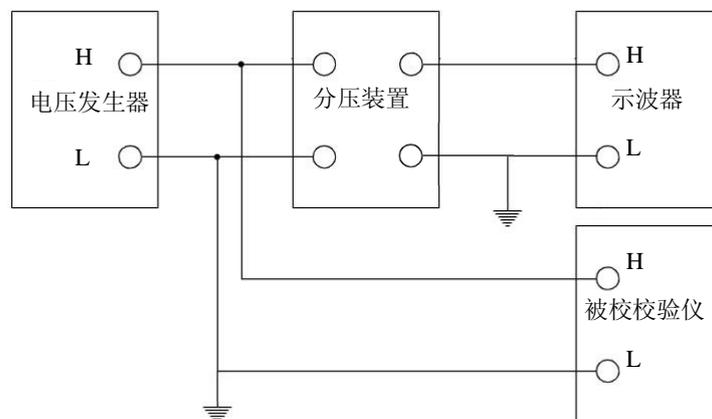


图7 校准电压持续(保持)时间示意图

7.2.6 交流电压失真度的示值误差

7.2.6.1 标准电能功率源法

采用标准电能功率源对被校校验仪的失真度测量功能进行校准,按图8连接,按7.2.2选取校准点,其示值误差用公式(7)计算。

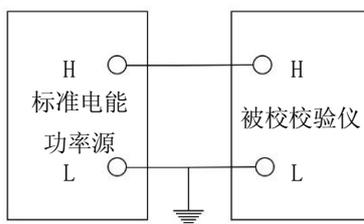


图8 标准电能功率源法校准交流电压失真度示意图

7.2.6.2 谐波源法

对于有失真度专用测量接口的被校校验仪,可以采用谐波源进行校准,按图9连接,按7.2.2选取校准点,其示值误差用公式(7)计算。

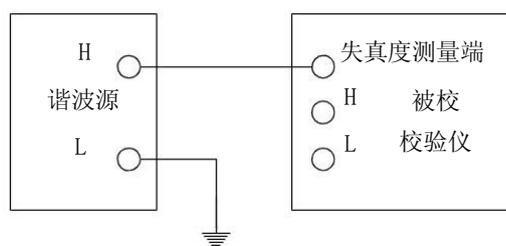


图9 谐波源法校准交流电压失真度示意图

7.2.6.3 函数信号发生器、高压放大器法

采用函数信号发生器、高压放大器对被校校验仪的失真度测量功能进行校准，按图 10 连接，按 7.2.2 选取校准点，其示值误差用公式（7）计算。

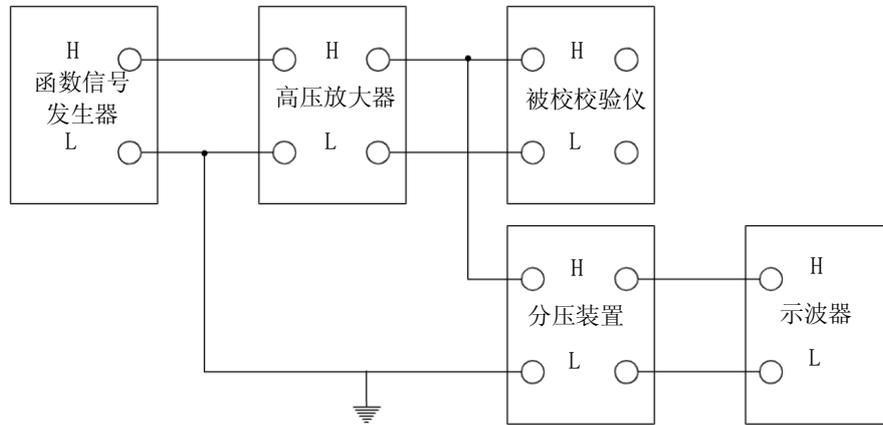


图 10 函数信号发生器、高压放大器法校准交流电压失真度示意图

7.2.7 直流电压纹波系数的示值误差

将具有直流电压纹波功能的直流电压源和被校校验仪按图 11 连接，按 7.2.2 选取校准点。校准时直流电压源的输出电压不小于校验仪的动作电压，其示值误差用公式（7）计算。

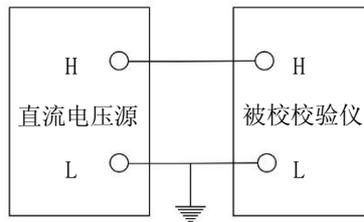


图 11 直流标准源法校准直流电压纹波系数的示值误差示意图

8 校准结果表达

经校准后出具校准证书，校准证书由封面和校准数据内页组成，封面由校准机构确定统一格式，校准数据按附录 A、附录 B 要求，并可根据校验仪的情况进行填写。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：“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, 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) 对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) 校准证书或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, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 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 测量不确定度评定示例（一）

A.1 概述

环境条件：温度 20.5℃，相对湿度：50%；

测量标准：交流高压发生器、HJB-35G1 型电压互感器、3458A 型数字多用表；

被测对象：JK2005 型耐压测试仪校验装置；

测量方法：以交流电压为例，采用分压器法，将被校校验仪和电压互感器并联，用交流高压发生器输出 10kV 电压，记录被校校验仪和数字多用表示值。

A.2 测量模型

设 U_X 为数字多用表电压显示值， K 为电压互感器变比， U_N 为被校校验仪的示值，由使用说明书可知，对于数字多用表、电压互感器和被校校验仪，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = U_X - KU_N \quad (\text{A.1})$$

考虑到被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = U_X - U_N + \delta U_X \quad (\text{A.2})$$

式中：

Δ ——被校校验仪的交流电压示值误差，kV；

U_X ——被校校验仪的示值，kV；

K ——电压互感器变比；

U_N ——数字多表示值，V；

δU_X ——被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，kV。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 由被校校验仪测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_{1\text{rel}}$

交流高压发生器输出交流电压 10kV，选择被校校验仪合适的量程，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得数据如表 A.1。

表 A.1 重复性测量数据

| 次数 | x_i / kV |
|----|------------|
| 1 | 10.001 |
| 2 | 10.004 |
| 3 | 10.003 |
| 4 | 10.003 |
| 5 | 10.001 |
| 6 | 10.004 |
| 7 | 10.004 |
| 8 | 10.005 |
| 9 | 10.003 |
| 10 | 10.002 |

测量结果的平均值： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.003 \text{ kV}$

单次测量值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.00133 \text{ kV}$

则 $u_{1\text{rel}} = 0.0133\%$

A.3.2 由电压互感器准确度引入的相对标准不确定度 $u_{2\text{rel}}$

电压互感器经上级计量机构量值传递合格，其准确度等级为 0.02 级，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_{2\text{rel}} = \frac{0.02\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0116\%$$

A.3.3 由数字多用表准确度引入的相对标准不确定度 $u_{3\text{rel}}$

数字多用表经上级计量机构量值传递合格，该测量点最大允许误差为 $\pm 0.03\%$ ，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，因此：

$$u_{3\text{rel}} = \frac{0.03\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0173\%$$

A.3.4 由被校校验仪的分辨力引入的相对标准不确定度 $u_{4\text{rel}}$

被校校验仪在交流电压 10kV 点的分辨力为 0.001kV，在 $\pm 0.0005 \text{ kV}$ 区间内为均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，因此：

$$u_4 = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} \text{ kV} \approx 0.00029 \text{ kV}$$

换算成相对不确定度为： $u_{4\text{rel}}=0.0029\%$

A.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表 A.2。

表 A.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 评定方法 | 概率分布 | $u_{i\text{rel}}$ 的值 |
|-------------------|-----------|------|------|----------------------|
| $u_{1\text{rel}}$ | 重复性 | A 类 | 正态 | 0.0133% |
| $u_{2\text{rel}}$ | 电压互感器的稳定性 | B 类 | 均匀 | 0.0116% |
| $u_{3\text{rel}}$ | 数字多用表的准确度 | B 类 | 均匀 | 0.0173% |
| $u_{4\text{rel}}$ | 被校校验仪的分辨力 | B 类 | 均匀 | 0.0029% |

考虑到被校校验仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2 + u_{2\text{rel}}^2 + u_{3\text{rel}}^2} \approx 0.025\%$$

A.5 扩展不确定度

$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}}$ ，取 $k=2$ ，由此得到交流电压 10kV 点的扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = 2 \times 0.025\% = 0.05\%， k=2。$$

换算至绝对扩展不确定度为： $U = 0.005 \text{ kV}$ ， $k=2$ 。

附录 B 测量不确定度评定示例（二）

B.1 概述

环境条件：温度 20.5℃，相对湿度：50%；

测量标准：直流高压发生器、RVD-30 型直流电阻分压器、3458A 型数字多用表；

被测对象：JK2005 型耐电压测试仪校验装置；

测量方法：采用分压器法，将被校校验仪和直流电阻分压器并联，用直流高压发生器输出 10kV 电压，记录被校校验仪和数字多用表示值。

B.2 测量模型

设 U_N 为数字多用表电压显示值， K 为电压互感器变比， U_X 为被校校验仪的示值，由使用说明书可知，对于数字多用表、电压互感器和被校校验仪，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = U_X - KU_N \quad (\text{B.1})$$

考虑到被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = U_X - KU_N + \delta U_X \quad (\text{B.2})$$

式中：

Δ ——被校校验仪的直流电压示值误差，kV；

U_X ——被校校验仪的示值，kV；

K ——分压器分压比；

U_N ——数字多用表示值，V；

δU_X ——被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，kV。

B.3 标准不确定度评定

B.3.1 由被校校验仪测量重复性引入的相对标准不确定度 u_{rel}

直流高压发生器输出直流电压 10kV，选择被校校验仪合适的量程，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得数据如表 B.1。

表 B.1 重复性测量数据

| 次数 | x_i /kV |
|----|-----------|
| 1 | 10.003 |
| 2 | 10.002 |
| 3 | 10.003 |
| 4 | 10.004 |
| 5 | 10.001 |
| 6 | 10.005 |
| 7 | 10.003 |
| 8 | 10.005 |
| 9 | 10.002 |
| 10 | 10.001 |

测量结果的平均值： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.003\text{kV}$

$$\text{单次测量值的实验标准偏差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.00138\text{kV}$$

则 $u_{1\text{rel}} = 0.0138\%$

B.3.2 由电压互感器准确度引入的相对标准不确定度 $u_{2\text{rel}}$

电压互感器经上级计量机构量值传递合格，其准确度等级为 0.05 级，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_{2\text{rel}} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0289\%$$

B.3.3 由数字多用表准确度引入的相对标准不确定度 $u_{3\text{rel}}$

数字多用表经上级计量机构量值传递合格，该测量点最大允许误差为 $\pm 0.009\%$ ，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_{3\text{rel}} = \frac{0.009\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0052\%$$

B.3.4 由被校校验仪的分辨力引入的相对标准不确定度 $u_{4\text{rel}}$

被校校验仪在直流电压 10kV 点的分辨力为 0.001kV，在 $\pm 0.0005\text{ kV}$ 区间内为均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，因此分辨力引入的相对标准不确定度 $u_{4\text{rel}}$ ：

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} \text{kV} \approx 0.00029 \text{kV}$$

换算成相对不确定度为： $u_{4rel} = 0.0029\%$

B.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表 B.2。

表 B.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 评定方法 | 概率分布 | u_{irel} 的值 |
|------------|---------------|------|------|---------------|
| u_{1rel} | 重复性 | A 类 | 正态 | 0.0138% |
| u_{2rel} | 电压互感器的 稳定性 | B 类 | 均匀 | 0.0289% |
| u_{3rel} | 数字多用表的 准确度 | B 类 | 均匀 | 0.0052% |
| u_{4rel} | 被校校验仪的 分辨力 | B 类 | 均匀 | 0.0029% |

考虑到被校校验仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则：

$$u_{crel} = \sqrt{u_{1rel}^2 + u_{2rel}^2 + u_{3rel}^2} \approx 0.032\%$$

B.5 扩展不确定度

$U_{rel} = k u_{crel}$ ，取 $k=2$ ，由此得到直流电压 10kV 点的扩展不确定度为：

$$U_{rel} = 2 \times 0.032\% = 0.07\% \quad , \quad k=2。$$

换算至绝对扩展不确定度为： $U = 0.007 \text{kV}$ ， $k=2$ 。

附录 C 测量不确定度评定示例（三）

C.1 概述

环境条件：温度 20.5℃，相对湿度：50%；

测量标准：TD1860 多功能标准源；

被测对象：JK2005 型耐电压测试仪校验装置；

测量方法：采用标准源法，用多功能标准源输出交流 10mA 电流，记录被校校验仪示值。

C.2 测量模型

设 I_N 为多功能标准源的输出标准值， I_X 为被校校验仪的示值，由使用说明书可知，对于多功能标准源和被校校验仪，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = I_X - I_N \quad (\text{C.1})$$

考虑到被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = I_X - I_N + \delta I_X \quad (\text{C.2})$$

式中：

Δ ——被校校验仪的交流电流示值误差，mA；

I_X ——被校校验仪的示值，mA；

I_N ——多功能标准源的输出标准值，mA；

δI_X ——被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，mA。

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 被校校验仪测量重复性引入的标准不确定度 u_1

多功能标准源输出交流电流 10mA，选择被校校验仪合适的量程，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得数据如表 C.1。

表 C.1 重复性测量数据

| 次数 | x_i / mA |
|----|-------------------|
| 1 | 10.005 |
| 2 | 10.004 |
| 3 | 10.003 |
| 4 | 10.003 |
| 5 | 10.001 |
| 6 | 10.006 |
| 7 | 10.004 |
| 8 | 10.005 |
| 9 | 10.005 |
| 10 | 10.004 |

测量结果的平均值： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.004 \text{ mA}$

单次测量值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.00141 \text{ mA}$

则 $u_1 = 0.00141 \text{ mA}$

C.3.2 由多功能标准源准确度引入的标准不确定度 u_2

多功能标准源经上级计量机构量值传递合格，其 10mA 点最大允许误差为 $\pm 0.009 \text{ mA}$ ，其半宽度 $a = 0.009 \text{ mA}$ ，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.009}{\sqrt{3}} \text{ mA} \approx 0.0052 \text{ mA}$$

C.3.3 由被校校验仪的分辨力引入的标准不确定度 u_3

被校校验仪在交流电流 10mA 点的分辨力为 0.001mA，在 $\pm 0.0005 \text{ mA}$ 区间内为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} \text{ mA} \approx 0.00029 \text{ mA}$$

C.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表 C.2。

表 C.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 评定方法 | 概率分布 | u_i 的值(mA) |
|--------|------------|------|------|--------------|
| u_1 | 重复性 | A 类 | 正态 | 0.00141 |
| u_2 | 多功能标准源的准确度 | B 类 | 均匀 | 0.0052 |
| u_3 | 被校校验仪的分辨力 | B 类 | 均匀 | 0.00029 |

考虑到被校校验仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.00141^2 + 0.0052^2} \text{mA} \approx 0.0054 \text{mA}$$

C.5 扩展不确定度

$U = k u_c$ ，取 $k=2$ ，由此得到交流电流 10mA 点的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.0054 \text{ mA} = 0.0108 \text{ mA} \approx 0.011 \text{ mA}, k=2。$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = 0.11\%$ ， $k=2$ 。

附录 D 测量不确定度评定示例（四）

D.1 概述

环境条件：温度 20.5℃，相对湿度：50%；

测量标准：TD1860 多功能标准源；

被测对象：JK2005 型耐电压测试仪校验装置；

测量方法：采用标准源法，用多功能标准源输出直流 10mA 电流，记录被校校验仪示值。

D.2 测量模型

设 I_N 为多功能标准源的输出标准值， I_X 为被校校验仪的示值，由使用说明书可知，对于多功能标准源和被校校验仪，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = I_X - I_N \quad (\text{D.1})$$

考虑到被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = I_X - I_N + \delta I_X \quad (\text{D.2})$$

式中：

Δ ——被校校验仪的直流电流示值误差，mA；

I_X ——被校校验仪的示值，mA；

I_N ——多功能标准源的输出标准值，mA；

δI_X ——被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，mA。

D.3 标准不确定度评定

D.3.1 被校校验仪测量重复性引入的标准不确定度 u_1

多功能标准源输出直流电流 10mA，选择被校校验仪合适的量程，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得数据如表 D.1。

表 D.1 重复性测量数据

| 次数 | x_i / mA |
|----|------------|
| 1 | 10.001 |
| 2 | 10.002 |
| 3 | 10.006 |
| 4 | 10.002 |
| 5 | 10.002 |
| 6 | 10.003 |
| 7 | 10.004 |
| 8 | 10.005 |
| 9 | 10.003 |
| 10 | 10.002 |

测量结果的平均值： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.003 \text{ mA}$

单次测量值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.00156 \text{ mA}$

则 $u_1 = 0.00156 \text{ mA}$

D.3.2 由多功能标准源准确度引入的标准不确定度 u_2

多功能标准源经上级计量机构量值传递合格，其 10mA 点最大允许误差为 $\pm 0.002 \text{ mA}$ ，其半宽度 $a = 0.002 \text{ mA}$ ，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.002}{\sqrt{3}} \text{ mA} \approx 0.0012 \text{ mA}$$

D.3.3 由被校校验仪的分辨力引入的标准不确定度 u_3

被校校验仪在直流电流 10mA 点的分辨力为 0.001mA，在 $\pm 0.0005 \text{ mA}$ 区间内为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} \text{ mA} \approx 0.00029 \text{ mA}$$

D.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表 D.2。

表 D.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 评定方法 | 概率分布 | u_i 的值(mA) |
|--------|------------|------|------|--------------|
| u_1 | 重复性 | A 类 | 正态 | 0.00156 |
| u_2 | 多功能标准源的准确度 | B 类 | 均匀 | 0.0012 |
| u_3 | 被校校验仪的分辨力 | B 类 | 均匀 | 0.00029 |

考虑到被校校验仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.00156^2 + 0.0012^2} \text{mA} \approx 0.002 \text{mA}$$

D.5 扩展不确定度

$U = k u_c$ ，取 $k=2$ ，由此得到直流电流 10mA 点的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.002 \text{ mA} = 0.004 \text{ mA}, k=2。$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = 0.04\%$ ， $k=2$ 。

附录 E 测量不确定度评定示例（五）

E.1 概述

环境条件：温度 20.5℃，相对湿度：50%；

测量标准：DPO7254 数字示波器、P6015 高压衰减器、耐压测试仪；

被测对象：JK2005 型耐电压测试仪校验装置；

测量方法：把耐压测试仪电压输出端连接到被校校验仪和高压衰减器输入端，高压衰减器二次端与数字示波器连接，设定耐压测试仪保持时间后输出电压，记录数字示波器和被校校验仪时间示值。

E.2 测量模型

设 T_N 为数字示波器显示时间标准值， T_X 为被校校验仪的示值，由使用说明书可知，对于数字示波器和被校校验仪，在标准条件下，温度、湿度、输入零电流、输入阻抗等带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = T_X - T_N \quad (\text{E.1})$$

考虑到被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：

$$\Delta = T_X - T_N + \delta T_X \quad (\text{E.2})$$

式中：

Δ ——被校校验仪的时间示值误差，s；

T_X ——被校校验仪的示值，s；

T_N ——数字示波器的显示时间标准值，s；

δT_X ——被校校验仪的分辨力对测量结果的影响，s。

E.3 标准不确定度评定

E.3.1 被校校验仪测量重复性引入的标准不确定度 u_1

耐压测试仪设定时间为 10s，选择被校校验仪合适的量程，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得数据如表 E.1。

表 E.1 重复性测量数据

| 次数 | x_i/s |
|----|---------|
| 1 | 10.01 |
| 2 | 10.01 |
| 3 | 10.01 |
| 4 | 10.01 |
| 5 | 10.02 |
| 6 | 10.01 |
| 7 | 10.02 |
| 8 | 10.01 |
| 9 | 10.01 |
| 10 | 10.01 |

测量结果的平均值： $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10.012s$

单次测量值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \approx 0.0042s$

则 $u_1 = 0.0042s$

E.3.2 由数字示波器准确度引入的标准不确定度 u_2

数字示波器经上级计量机构量值传递合格，其在 10s 点最大允许误差为 $\pm 0.01s$ ，其半宽度 $a = 0.01s$ ，在区间内认为服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} s \approx 0.0058s$$

E.3.3 由被校校验仪的分辨力引入的标准不确定度 u_3

被校校验仪在时间 10s 点的分辨力为 0.01s，在 $\pm 0.005s$ 区间内为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} s \approx 0.0029s$$

E.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表 E.2。

表 E.2 不确定度分量汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 评定方法 | 概率分布 | u_i 的值(s) |
|--------|---------------|------|------|-------------|
| u_1 | 重复性 | A 类 | 正态 | 0.0042 |
| u_2 | 数字示波器的 准确度 | B 类 | 均匀 | 0.0058 |
| u_3 | 被校校验仪的 分辨力 | B 类 | 均匀 | 0.0029 |

考虑到被校校验仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去，则：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.0042^2 + 0.0058^2} \text{s} \approx 0.0071 \text{s}$$

E.5 扩展不确定度

$U = k u_c$ ，取 $k=2$ ，由此得到时间 10s 点的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.0071 \text{s} \approx 0.02 \text{s}, k=2。$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = 0.2\%$ ， $k=2$ 。

附录 F 校准原始记录页内格式

耐压测试仪校验仪校准原始记录格式

| | |
|---------|---------|
| 委托单位: | 校准证书编号: |
| 委托单位地址: | 校准依据: |
| 仪器名称: | 出厂编号: |
| 型号/规格: | 制造单位: |
| 环境温度: | 相对湿度: |
| 校准员: | 核验员: |
| 校准日期: | 校准地点: |

校准用主要计量标准器具

| 名称 | 型号/规格 | 出厂编号 | 不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至 |
|----|-------|------|---------------------------|------|--------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

1. 交直流电压的示值误差（分压器法）

| 显示值 | 数字多用表 示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-------------|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电压的示值误差（数字高压表法）

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交直流电压的示值误差（高压源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2.交直流电流的示值误差（标准源法）

| 量程 | 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-----|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电流的示值误差（标准表法）

| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-----|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电流的示值误差（标准电阻、数字多用表法）

| 量程 | 标准电阻值 | 标准电阻端电压 | 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-------|---------|-----|-----|------|------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

3.电压持续（保持）时间的示值误差

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

4.交流电压失真度的示值误差（标准电能功率源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交流电压失真度的示值误差（谐波源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交流电压失真度的示值误差（函数信号发生器、高压放大器法）

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

5.直流电压纹波系数的示值误差

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

附录 G 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

| <校准机构授权说明> | | | | |
|--------------------|------|---------------------------|------|--------|
| 校准环境条件及地点: | | | | |
| 温度 | ℃ | 地点 | | |
| 相对湿度 | % | 其它 | | |
| 校准所依据的技术文件（代号、名称）: | | | | |
| 校准所使用的主要测量标准: | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至 |
| | | | | |

注:

- 1、×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
- 2、本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
- 3、未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第 X 页共 X 页

校准结果

1. 交直流电压的示值误差（分压器法）

| 显示值 | 数字多用表 示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-------------|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电压的示值误差（数字高压表法）

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交直流电压的示值误差（高压源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2. 交直流电流的示值误差（标准源法）

| 量程 | 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-----|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电流的示值误差（标准表法）

| 量程 | 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-----|-----|------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

交直流电流的示值误差（标准电阻、数字多用表法）

| 量程 | 标准 电阻值 | 标准电阻 端电压 | 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|----|-----------|-------------|-----|-----|------|------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

校准结果

3.电压持续（保持）时间的示值误差

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

4.交流电压失真度的示值误差（标准电能功率源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交流电压失真度的示值误差（谐波源法）

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

交流电压失真度的示值误差（函数信号发生器、高压放大器法）

| 显示值 | 实际值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

5.直流电压纹波系数的示值误差

| 标准值 | 显示值 | 示值误差 | 不确定度 |
|-----|-----|------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

校准员： 核验员：

