

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 143—2023

压敏电阻测试仪校准规范

Calibration Specification for Varistor Testers

2023-01-09发布

2023-03-01实施

安徽省市场监督管理局 发布

压敏电阻测试仪校准规范

Calibration Specification for
Varistor Testers

JJF (皖) 143—2023

归口单位：安徽省电磁计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

本规范委托安徽省电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郑万红（安徽省计量科学研究院）

刘 菲（安徽省计量科学研究院）

王 亮（安徽省计量科学研究院）

郑四顺（安徽省计量科学研究院）

沈国勤（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

许 杰（安徽省计量科学研究院）

周伟伟（安徽省计量科学研究院）

王 海（安徽省计量科学研究院）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 测试仪的技术指标.....	3
5.2 纹波因数.....	3
5.3 绝缘电阻.....	3
5.4 耐电压试验.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及辅助设备.....	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.....	9
9 复校时间间隔.....	10
附录 A 测量不确定度评定示例.....	11
附录 B 压敏电阻测试仪校准记录.....	14

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011 《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》编制而成。

本规范为首次发布。

压敏电阻测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于具有最高电压不高于2kV的压敏电压和漏电流等测试功能的压敏电阻测试仪和（或）防雷元件测试仪（以下简称测试仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 795-2016 《耐电压测试仪检定规程》

JJG 843-2007 《泄漏电流测试仪检定规程》

JJF 1597-2016 《直流稳定电源校准规范》

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 10193-1997 《电子设备用压敏电阻器 第1部分：总规范》

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》

SJ 11267-2002 《电子设备用压敏电阻器安全要求》

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 直流参考电流 DC reference current

表征压敏电阻器“导通”——“截止”两种状态的转折点的电流，用来测量试样的“压敏电压”（直流参考电压）。

[SJ 11267-2002 3.5]

3.2 压敏电压 varistor voltage

直流参考电流流过试样时，试样两端的直流电压值。

[SJ 11267-2002 3.6]

3.3 漏电流 leakage current

在试样上施加其实际压敏电压值的83%电压时，流过试样的直流电流值。

[SJ 11267-2002 3.7]

3.4 纹波因数 ripple factor

纹波幅值与试验电压值之比

[GB/T 16927.1-2011 5.1.4]

3.5 电压比 (k) voltage ratio

通过压敏电阻器的电流为直流参考电流1mA时的电压值与通过压敏电阻器的电流为0.1mA时产生的电压值的比值。

3.6 非线性指数 (α) nonlinear index

非线性指数是描述压敏电阻器非线性强弱的参数，其值是压敏电阻器电压比值的对数的倒数

注： $\alpha = 1/\lg k$ ，(k 为电压比)

4 概述

测试仪是用来测量限压型伏安特性器件（压敏电阻器、氧化锌避雷器、稳压管等）直流参数的专用仪器，主要由恒流源、恒压源、测量输入、显示部分、内部处理器等组成。测试仪原理框图如图1所示。

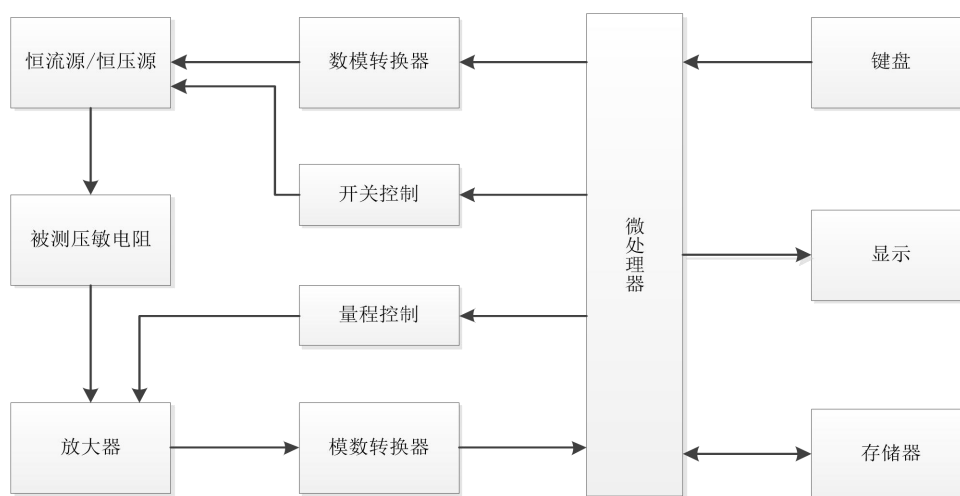


图1 原理框图

测量压敏电压时，恒流电流施加在压敏电阻器上，测试仪测量压敏电阻器上的直流电压；测量漏电流时，恒定电压施加在压敏电阻器上，测试仪测量流过压敏电阻器的直流电流；测量电压比或非线性指数时，通过内部计算处理压敏电压和0.1倍直流参考电流下的直流电压值，直接显示电压比或非线性指数。

5 计量特性

5.1 测试仪的技术指标

直流参考电流、压敏电压、漏电流、电压比的测量范围及最大允许误差如表1所示：

表 1 测量范围和最大允许误差

参数	测量范围	允许误差
直流参考电流	0.1mA~10mA	$\pm 0.5\% \sim \pm 5\%$
压敏电压	0V~2000V	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
漏电流	0.1 μ A~2mA	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
电压比	1.000~1.199	$\leq \pm 0.005$

5.2 纹波因数

测试仪直流电压的纹波因数一般不超过1%。

5.3 绝缘电阻

测试仪电源端与外壳之间、输出端与外壳之间的绝缘电阻均不小于 5M Ω 。

5.4 耐电压试验

测试仪电源端与外壳之间、输入端与外壳之间应能承受工频 2.5kV电压，历时1min，应无击穿和飞弧现象。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：15 $^{\circ}$ C~25 $^{\circ}$ C；

相对湿度：45%~75%

供电电压：220V \pm 22V，频率：50Hz \pm 0.5Hz

6.2 测量标准及辅助设备

6.2.1 校准时所需标准器及配套设备如下：

- a) 标准数字表（包含数字电压表、数字电流表、数字高压表）
- b) 标准电阻箱
- c) 标准分压器
- d) 示波器
- e) 绝缘电阻表

f) 耐压测试仪

g) 压敏电阻器

6.2.2 校准装置对应功能的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于被校测试仪相应功能最大允许误差绝对值的三分之一。

校准用标准电阻箱电阻盘应能通过1mA电流，绝缘电阻表准确度等级不低于10级，耐压测试仪准确度等级不低于5级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

压敏电阻测试仪的校准项目见表2。

表2 校准项目一览表

序号	项目名称	校准方法的条款
1	外观及通电检查	7.2.1
2	绝缘电阻	7.2.2
3	耐电压试验	7.2.3
4	直流参考电流示值误差	7.2.4
5	压敏电阻示值误差	7.2.5
6	直流输出电压示值误差	7.2.6
7	漏电流示值误差	7.2.7
8	电压比示值误差	7.2.8
9	纹波因数	7.2.9

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

被校测试仪的名称、型号、制造厂名或商标、出厂编号等信息应齐全；外壳、端钮、开关和按键等应无影响校准或使用安全的松动、损伤、脱落；各种功能标志应齐全正确。

通电后开关、按键应能正常工作，各种显示均应正常。

7.2.2 绝缘电阻

使用500V绝缘电阻表测量被校压敏电阻测试仪的输出端与外壳、电源端与外壳之间的绝缘电阻，应满足相应的计量特性要求。

7.2.3 耐电压试验

使用耐电压测试仪测量被校测试仪的输出端与外壳、电源端与外壳之间的耐电压，输出2.5kV正弦波电压持续1min，应无击穿与飞弧现象。

7.2.4 直流参考电流示值误差

直流参考电流是测试仪恒流源输出的电流，一般为1mA和0.1mA标称值；若有其它输出值，可在输出范围内均匀选取（包含1mA、0.1mA两点）5个校准点进行校准，或根据客户需要，选取包含1mA、0.1mA在内的其它校准点。

测试仪直流参考电流示值误差校准接线如图2，测试仪输出端接压敏电阻器，在电流回路中串联一块数字电流表，切换测试仪恒流档输出电流 I_L ，直接读取数字电流表的电流实测值 I_{L0} ，示值误差按式(1)计算。

$$\lambda_L = \frac{(I_L - I_{L0})}{I_{L0}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

λ_L —— 直流参考电流示值相对误差；

I_L —— 测试仪显示值， μA 或 mA ；

I_{L0} —— 标准表实测值， μA 或 mA 。

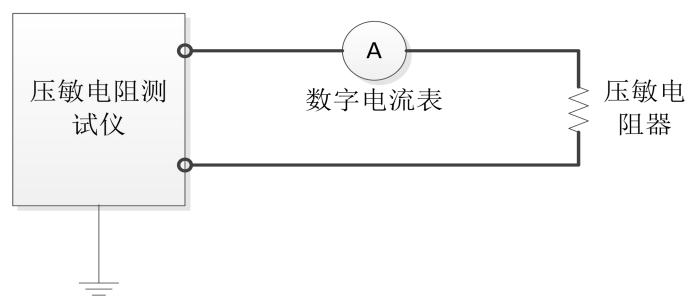


图2 直流参考电流校准接线图

7.2.5 压敏电压示值误差

在测试仪测量范围内，每一个量程都应进行校准。若只有一个量程，则均匀选取包括量程值（或接近量程值）的5个点；若有多量程，选取最大允许误差最小的量程为基本量程，均匀选取包括量程值（或接近量程值）的4~5个点进行校准，其它每个量程均匀选取3个点（应包含量程值点或接近量程值点）进行校准，也可根据客户需要选取其它校准点。

校准测试仪压敏电压示值误差校准接线如图3，选择不同标称电压的压敏电阻器，在回路中并联一块数字电压表或数字高压表。切换测试仪恒流档电流输出，读取数字电压表的电压实测值 U_s ，从测试仪上读取压敏电压显示值 U_x ，按公式（2）计算压敏电压示值误差。

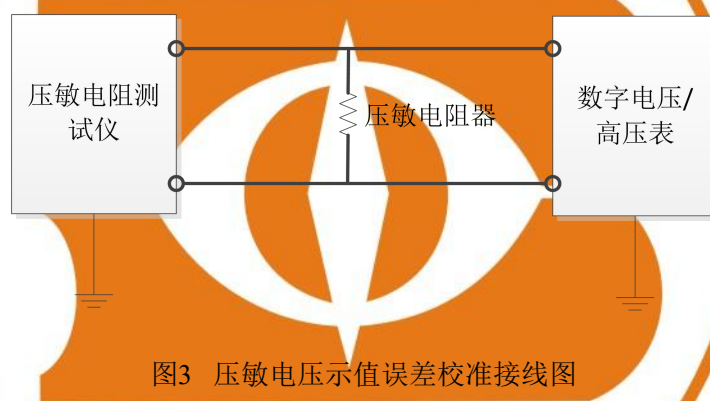
$$\lambda_u = \frac{(U_x - U_s)}{U_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

λ_u ——压敏电压示值相对误差；

U_x ——测试仪显示值，V；

U_s ——标准表实测值，V。



7.2.6 直流输出电压示值误差

漏电流示值误差的校准可先测量直流输出电压值，该电压是测试仪恒压源输出的电压，在测试仪直流电压输出范围内，每一个量程都应进行校准。若只有一个量程，则均匀选取包括量程值（或接近量程值）的5个点；若有多量程，选取最大允许误差最小的量程为基本量程，均匀选取包括量程值（或接近量程值）的4~5个点进行校准，其它每个量程均匀选取3个点（应包含量程值点或接近量程值点）进行校准，也可根据客户需要选取其它校准点。

校准测试仪的漏电流电压可采用直接测量法，如图4所示测试仪输出端接数字电压表，调节测试仪恒压输出值开始校准，直接读取数字电压表实测值，可参照公式（2）进行误差计算。

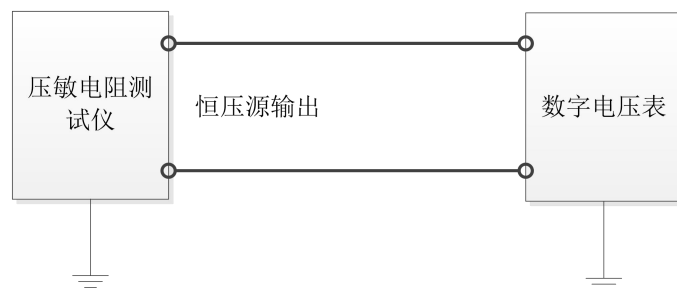


图4 直流输出电压校准接线图

7.2.7 漏电流示值误差

在测试仪测量范围内，每一个量程都应进行校准。若只有一个量程，则均匀选取包括量程值（或接近量程值）的5个点；若有多量程，选取最大允许误差最小的量程为基本量程，均匀选取包括量程值（或接近量程值）的4~5个点进行校准，其它每个量程均匀选取3个点（应包含量程值点或接近量程值点）进行校准，也可根据客户需要选取其它校准点。

7.2.7.1 串联电流表法

串联电流表法校准测试仪漏电流示值误差校准接线如图5，测试仪输出端接标准电阻箱，在电流回路中串联一块数字电流表，选择需要测量的恒压输出值，调节标准电阻箱开始校准。读取数字电流表实际值 I_s ，从测试仪上可直接读取漏电流显示值 I_x 。误差按式(3)计算。

$$\lambda_I = \frac{(I_x - I_s)}{I_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

λ_I ——漏电流示值相对误差；

I_x ——测试仪显示值， μA 或 mA ；

I_s ——标准表实测值， μA 或 mA 。

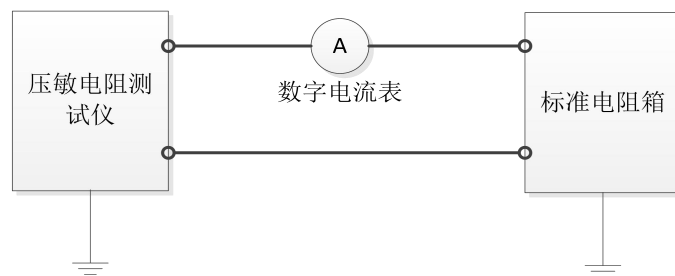


图5 串联电流表法校准接线图

7.2.7.2 并联电压表法

并联电压表法校准测试仪漏电流示值误差校准接线如图6，测试仪输出端接标准电阻箱，在电流回路中并联一块数字电压表，调节测试仪电压值开始校准。数字电压表电压档可直接读取测试仪电压输出值 U_L ，调节标准电阻箱电阻值 R_L ，通过公式 $I_s = U_L / R_L$ 计算出漏电流实际值，从测试仪上可直接读取漏电流显示值 I_x ，按公式 (3) 计算漏电流示值误差。

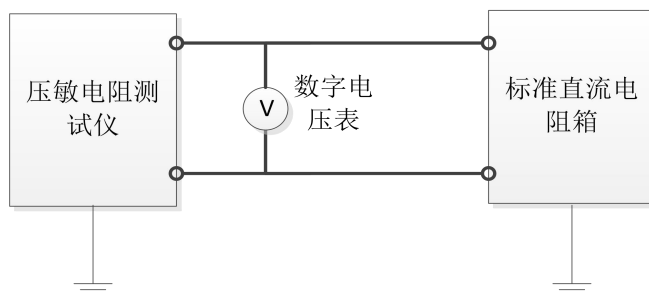


图6 并联电压表法校准接线图

7.2.8 电压比示值误差

电压比较校准接线方式与压敏电压示值误差校准接线相同，数字电压表测量 U_1 和 $U_{0.1}$ 电压值。选择测试仪1mA档电流输出，测量记录此时的压敏电压实际值 U_1 ；选择测试仪0.1mA档电流输出，测量记录此时的压敏电压实际值 $U_{0.1}$ ，按公式电压比 $k = U_1 / U_{0.1}$ 计算出电压比实际值，从测试仪上读取电压比或非线性指数显示值 k_0 或 α ，根据 $\alpha = 1/\lg k_0$ 可转换成电压比。误差按公式(4)计算：

$$\Delta k = k_0 - k \quad (4)$$

式中：

Δk ——电压比示值误差；

k_0 ——测试仪显示值；

k ——电压比实测值。

7.2.9 纹波因数

纹波因数校准接线如图7，适当选择交流标准分压器使输入电压在数字电压表或示波器允许输入电压范围内。调整测试仪输出电压至量程满度值 U_H ，用数字电压表测量时，从交流档读取电压有效值；用示波器测量时，从示波器中读出纹波电压的有效值，乘以交流标准分压器分压比，即为输出电压的纹波电压有效值 U_r ，纹波因数按式(5)计算：

$$S_r = \frac{U_r}{U_d} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

S_r ——直流输出电压的纹波因数；

U_r ——测试仪直流输出电压的纹波电压有效值，V或kV；

U_d ——测试仪直流输出电压显示值，V或kV。

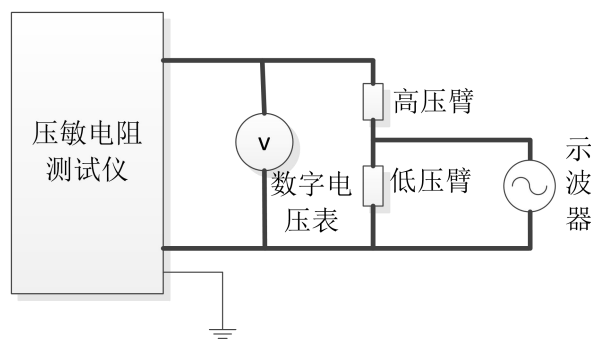


图7 纹波因数校准接线图

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）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;
- 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) 进行校准的日期;
- g) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- i) 校准环境的描述, 物品状态的描述;
- j) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- k) 被校对象的描述和明确标识;
- l) 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;
- 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说明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

不确定度的评定示例见附录A, 校准原始记录格式见附录B。

8.2 数据处理原则

校准结果小数点后保留的位数应与扩展不确定度有效位数一致。

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。

附录A

测量不确定度评定示例

A.1 概述

本附录以压敏电压180V示值误差校准结果的测量不确定度为例，说明压敏电阻测试仪校准项目的测量不确定度评定的程序，其它校准项目的测量不确定度评定程序类同。

A.1.1 计量标准

主要计量标准设备为数字多用表，其相应技术性能如下

序号	标准设备名称	技术指标
1	数字多用表	测量范围：0~1000V 最大允许误差：±0.005%

A.1.2 被校对象

序号	被校设备名称	技术指标
1	压敏电阻测试仪	电压测量范围：0~1000V 最大允许误差：±2%

A.1.3 校准方法

采用数字多用表作为标准器，对一台某公司生产的压敏电阻测试仪在环境温度为20.5℃，相对湿度55%的条件下放置24小时后开始校准。

A.2 测量模型

设 Z_N 为数字多用表的测量标准电压值， Z_X 为压敏电阻测试仪压敏电压显示值。由使用说明书可知，对于数字多用表和压敏电阻测试仪，在标准条件下，温度、湿度、磁场等环境引入带来的影响可忽略，由此得到：

$$\Delta = Z_X - Z_N \quad (\text{A.1})$$

考虑到压敏电阻测试仪分辨力对测量结果的影响，测量模型成为：。

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

式中:

Δ —— 电压示值误差, V;

Z_X —— 被校压敏电阻测试仪电压显示值, V;

Z_N —— 标准电压示值, V;

δZ_X —— 被校压敏电阻测试仪的分辨力对测量结果的影响, V。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 被校压敏电阻测试仪重复性引入的标准不确定度 $U_A(Z_X)$

测量结果的重复性引入的标准不确定度采用A类方法评定。对180V压敏电压测量点, 10次重复测量结果如表A.1所示,

表A.1 压敏电阻测试仪直流电压重复性测量数据

第 <i>i</i> 次测量	1	2	3	4	5
测量值 x_i/V	180.24	180.30	180.36	180.18	180.12
第 <i>i</i> 次测量	6	7	8	9	10
测量值 x_i/V	180.20	180.27	180.24	180.22	180.26

测量结果的平均值: $\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 180.239V$

单次测量值的实验标准偏差: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.0661V$

则 $U_A(Z_X) = 0.0661V$

A.3.2 测量标准数字多用表的直流电压准确度引入的标准不确定度 $U(Z_N)$

测量标准数字多用表直流电压的技术指标在180V测量点最大允许误差为 $\pm 0.005\%$, 其半宽度 $a = 0.005\% \times 180V = 0.009V$, 在该区间内为服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则测量标准引入的标准不确定度为:

$$U(Z_N) = \frac{a}{k} = \frac{0.009}{\sqrt{3}} \text{V} = 0.00520\text{V}$$

A.3.3 被校压敏电阻测试仪的分辨力引入的标准不确定度 $u(\delta Z_x)$

被校压敏电阻测试仪直流电压分辨力为1V，其区间半宽为 $a = 0.5\text{V}$ ，为均匀分布，则包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(\delta Z_x) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \text{V} = 0.289\text{V}$$

A.4 合成标准不确定度

不确定度分量的汇总见表A.2。灵敏系数由公式 (A.1) 或 (A.2) 计算得到。

表A.2 压敏电阻测试仪压敏电压校准不确定度分量汇总表

输入量 X_i	不确定度来源	标准不确定度 $u(x_i)/\text{V}$	分布类型	灵敏系数	不确定度分量 u_i/V
Z_x	被测压敏电阻测试仪的重复性	0.0661	正态	1	0.0661
Z_N	数字多用表的最大允许误差	0.00520	均匀	-1	0.00520
δZ_x	被测压敏电阻测试仪的分辨力	0.289	均匀	1	0.289

考虑到被测压敏电阻测试仪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：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{(0.289)^2 + (0.00520)^2} \text{V} = 0.289\text{V}$$

A.5 扩展不确定度

$U = k \cdot u_c$ ，取 $k=2$ ，由此得到压敏电压180V校准结果的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.289\text{V} = 0.58\text{V}$$

换算至相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = 0.4\%$ ， $k = 2$ 。

附录B

压敏电阻测试仪校准记录

证书编号: _____ 共 页 第 页

送校单位: _____ 委托方地址: _____

仪器名称: _____ 制造单位: _____

规格型号: _____ 器具编号: _____

被校仪器状态 (完好“√”) : 校准前: _____ 校准后: _____

校准依据: _____ 环境条件: 温度: _____ °C 相对湿度: _____ %

标准器名称	规格型号	出厂编号	有效期	备注

1. 外观及通电检查: _____ 2. 绝缘电阻: _____ M Ω , 结论: _____

3. 耐电压试验: _____ 4. 纹波因数: 当测试电压为 _____ V, 纹波因数为 _____ %

5. 直流参考电流示值误差:					
量程	显示值	实测值	量程	显示值	实测值

6. 压敏电压示值误差:

量程	显示值	实测值	量程	显示值	实测值

7. 漏电流示值误差

量程	显示值	实测值	量程	显示值	实测值

8. 直流参考电流示值误差			9. 电压比示值误差		
量程	显示值	实测值	/	显示值	实测值
	1mA				
	0.1mA				

测量不确定度：_____ 校准地点：实验室_____ 现场_____

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____年_____月_____日