
JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

防雷元件测试仪校准规范

Calibration Specification of Lightning Protection Component Testers

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

防雷元件测试仪校准规范

Calibration Specification of Lightning Protection Component Testers

JJF XXXX-XXXX

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

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：

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 恒流电流.....	1
3.2 起始动作电压.....	1
3.3 泄漏电流.....	1
3.4 直流击穿电压.....	2
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 起始动作电压.....	2
5.2 恒流电流.....	2
5.3 泄漏电流.....	2
5.4 直流击穿电压.....	2
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	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.....	10
9 复校时间间隔.....	10
附录 A 泄漏电流测量数据的一种数据处理方法及示例.....	11
附录 B 防雷元件测试仪校准原始记录格式.....	13
附录 C 防雷元件测试仪校准证书内页格式.....	14
附录 D 防雷元件测试仪泄漏电流校准结果不确定度评定示例.....	16

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。

防雷元件测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于恒流电流为 1 mA、起始动作电压、直流击穿电压不大于 2000 V 的数字式防雷元件测试仪的校准，具有本规范中的部分功能与相同测量范围的压敏电阻测试仪、电涌保护器测试仪等的校准可参考本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 9043-2008 通信设备过电压保护用气体放电管通用技术条件

GB/T 18802.311-2017 低压电涌保护器元件 第 311 部分 气体放电管（GDT）的性能要求和测试回路

GB/T 18802.331-2007 低压电涌保护器元件 第 331 部分 金属氧化物压敏电阻(MOV)规范

GB/T 21431-2015 建筑物防雷装置检测技术规范

GB/T 27746-2011 低压电器用金属氧化物压敏电阻器(MOV)技术规范

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 恒流电流 constant current

防雷元件测试仪测量金属氧化物压敏电阻器（以下简称 MOV）的压敏电压时输出的 1 mA 直流参考电流。单位：mA。

3.2 起始动作电压 initial operating voltage

防雷元件测试仪测量 MOV 的压敏电压时的电流达到恒流电流时显示的直流电压。单位：V。

3.3 泄漏电流 leakage current

防雷元件测试仪施加于 MOV 的电压为规定直流电压（通常为 0.75 倍起始动作电压）

时显示的直流电流。单位： μA 。

3.4 直流击穿电压 d.c. breakdown voltage

防雷元件测试仪施加于气体放电管（以下简称 GDT）的直流电压以一定上升速率缓慢升高至 GDT 从高阻抗状态转变为导通状态时，测试仪显示的直流电压，也称直流放电电压、直流点火电压。单位：V。

4 概述

防雷元件测试仪（以下简称测试仪），用于金属氧化物压敏电阻器、气体放电管等过压防护元件的直流参数（压敏电压、直流漏电流、直流击穿电压等）的测量，由试验电源、恒流源、恒压源、斜坡电压发生器、电流表、电压表、峰值电压表等组成。

测试电压限制型元器件时，恒流源产生电流施加在被测元器件（以下简称 DUT）上并从低值上升至 1mA 恒流电流时，电压表测得的 DUT 两端的电压即为其压敏电压；之后，恒压源继续产生规定的直流电压施加在 DUT 上，电流表测量流过 DUT 的电流，即为 DUT 的直流漏电流。

测量电压开关型元器件时，斜坡电压发生器产生直流电压并以一定的上升速率（一般为 100 V/s）升至 DUT 发生击穿，峰值电压表记录的击穿时的电压即为 DUT 的直流击穿电压。

按测试方式分，测试仪可分为手动测试型与自动测试型。按可否调节电压限值分，测试仪可分为可调型与不可调型。按输出波形分，测试仪可分为脉冲波型与持续波型。

5 计量特性

5.1 起始动作电压

测试仪起始动作电压一般不大于 2000 V，最大允许误差一般不超过 $\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$ 。

5.2 恒流电流

测试仪提供的 1 mA 恒流电流的最大允许误差一般不超过 $\pm 0.5\% \sim \pm 3\%$ 。

5.3 泄漏电流

测试仪在 $(1 \sim 20) \mu\text{A}$ 范围内其泄漏电流的最大允许误差一般不超过 $\pm 1 \mu\text{A}$ 。

5.4 直流击穿电压

测试仪直流击穿电压一般不大于 2000 V，最大允许误差一般不超过 $\pm 1\% \sim \pm 2\%$ 。

注：以上指标不作为合格性判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：25 °C ±5 °C；相对湿度：45%～75%。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 校准的主要设备

a) 直流电压表

测量范围：应能覆盖 1000V 及以下校准点。

应具有测量和记录最大值功能。

校准直流击穿电压、脉冲波型测试仪的起始动作电压和恒流电流等快速上升信号类参数时，采样间隔应不大于该参数最大允许误差绝对值与电压、电流上升阶段持续时间乘积的 1/4。

注：脉冲波型测试仪电压、电流从启动测试到上升至校准点的持续时间很短，对于上升信号，为使采样间隔引起的误差不大于被检测试设备最大允许误差的 1/4，采样间隔应不大于测试仪该参数最大允许误差绝对值与信号上升阶段持续时间乘积的 1/4。例如，当测试仪起始动作电压最大允许误差为 ±2%，电压上升阶段持续时间为 400ms 时，校准起始动作电压时的采样间隔应不大于 2 ms，即每秒不少于 500 次读数。

b) 直流电阻分压器

测量范围：不低于 2000 V。

分压比不大于 10000:1。

c) 直流电流表

测量范围：应能覆盖 1 mA 及以下电流校准点。

校准脉冲波型测试仪的起始动作电压和恒流电流时，应具有测量和记录最大值功能。校准脉冲波型测试仪的泄漏电流时，应具有数据存储功能。

校准脉冲波型测试仪的起始动作电压、恒流电流等快速上升信号类参数时，采样间隔应不大于该参数 MPEV 与电压、电流上升阶段持续时间乘积的 1/4；校准脉冲波型测试仪的泄漏电流等短时恒定信号类参数时，采样间隔与数据存储间隔应不大于电流持续时间的 1/10。

注：校准脉冲波型测试仪的泄漏电流等短时恒定信号时，为确保进行后续数据处理时有不少于 10 次数据，采样间隔应不大于电流持续时间的 1/10，例如，当测试仪泄漏电流持续时间为 200ms 时，校准时的采样间隔与数据存储间隔应不大于 20ms，即每秒不少于 50 次读数。

d) 负载电阻及标准高值电阻

测量范围：应能覆盖校准点。

2 M Ω 及以下阻值；应能允许通过 1 mA 直流电流。

用于测量泄漏电流时，应能承受等于压敏电阻压敏电压的直流电压。

e) 压敏电阻

推荐使用压敏电压为 500 V 的压敏电阻，可以使用压敏电压为其他值的压敏电阻但压敏电压宜不大于 500 V 且不小于 100 V。

直流漏电流应小于泄漏电流最小校准点。

f) 电压击穿模拟装置

击穿电压设定范围应能覆盖校准点。

输入阻抗不低于 10 G Ω 。响应时间不大于 10 ms。

6.2.2 校准时由标准器、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度（包含因子 $k=2$ ）应不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 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	校准项目
1	起始动作电压
2	恒流电流
3	泄漏电流
4	直流击穿电压

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

测试仪的外形结构应完好。开关、按键等操作灵活可靠，标志清晰明确，外露件不应有松动和机械损伤。外壳上应标明其名称、制造者、型号、出厂编号等信息。通电预热后测试仪各个功能应显示正常，各个开关和按键应能正常工作。

7.2.2 起始动作电压的校准

7.2.2.1 电流表法

在测试仪测量范围内选取（3~5）个点进行校准。

校准接线图见图 1，将标准高值电阻与直流电流表依次串联联接在测试仪正负极两端。已知回路电流为 1 mA，根据校准点电压值 V 的大小，由欧姆定律计算标准高值电阻阻值 R_Z （不大于 2 M Ω ），调整标准高值电阻阻值至 R_Z 。选择测试仪压敏电压功能，具有手动测量功能的测试仪选择手动测量功能；可以调节电压限值的测试仪，设置电压限值至略大于校准点电压值。

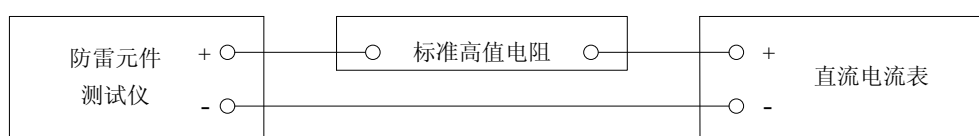


图 1 电流表法校准起始动作电压与恒流电流接线图

启动测试仪输出，读取测试仪显示的稳定后的电压值即为起始动作电压显示值 V_x 。对于持续波型测试仪，同时迅速读取直流电流表的读数；对于脉冲波型测试仪，启动直流电流表最大值测量功能，并设置合理的采样间隔，读取直流电流表的最大读数，测量两次取平均值。记录标准高值电阻阻值 R_Z ，按公式（1）计算测试仪起始动作电压实际值 V_n ，

$$V_n = I_0 \times R_Z \quad (1)$$

式中：

V_n ——起始动作电压实际值，V；

I_0 ——直流电流表的读数/直流电流表的最大读数的平均值，mA；

R_Z ——校准起始动作电压时使用的标准高值电阻/负载电阻阻值，k Ω 。

起始动作电压示值相对误差按公式（2）计算。

$$\gamma_V = \frac{V_x - V_n}{V_n} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

γ_V ——起始动作电压的相对误差，%；

V_x ——起始动作电压显示值，V。

7.2.2.2 电压表法

在测试仪测量范围内选取（3~5）个点进行校准。

校准接线图见图 2，校准值不大于 1000 V 时，将直流电压表与负载电阻并联，见图 2（a）；校准值大于 1000 V 时，将直流电阻分压器一次端与负载电阻并联，将直流电压表接在直流电阻分压器二次端，见图 2（b）。按公式（3）计算负载电阻阻值 R_Z ，调整负载电阻阻值至 R_Z 。选择测试仪压敏电压功能，具有手动测量功能的选择手动测量功能。对于可以调节电压限值的测试仪，将限值设定至略大于校准点电压值。

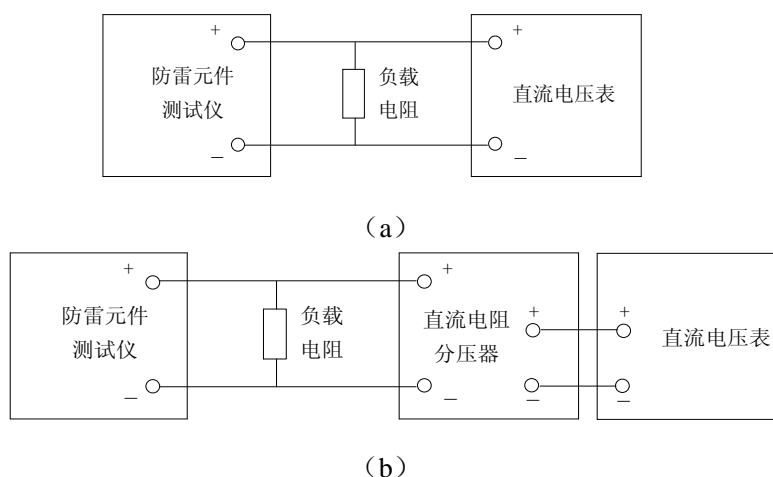


图 2 电压表法校准不可调节电压限值测试仪的起始动作电压接线图

$$R_Z = \frac{1000 R_V \times V}{1000 R_V - V} \quad (3)$$

式中：

V ——起始动作电压校准点电压值，V；

R_V ——与负载电阻并联的直流电压表或直流电阻分压器的输入阻抗，M Ω 。

启动测试仪输出，读取测试仪显示的稳定后的电压值即为起始动作电压显示值 V_x 。对于持续波型测试仪，同时迅速读取直流电压表的读数；对于脉冲波型测试仪，启动直流电压表最大值测量功能，并设置合理的采样间隔，读取直流电压表的最大读数，测量两次取平均值。按公式（4）计算测试仪起始动作电压实际值 V_n ，

$$V_n = k \times V_0 \quad (4)$$

式中：

V_0 ——直流电压表的读数/直流电压表的最大读数的平均值，V；

k ——直流电阻分压器的分压倍率，若不使用则取 1。

起始动作电压示值误差按公式（2）计算。

7.2.3 恒流电流的校准

将负载电阻与直流电流表依次串联联接在测试仪正负极两端，校准接线图见如图 3。

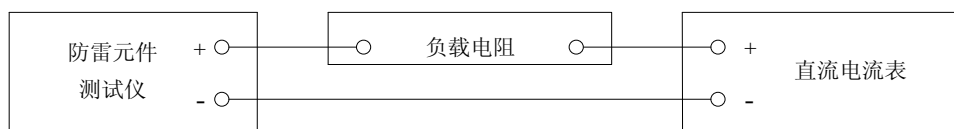


图 3 校准恒流电流接线图

负载电阻推荐选取 500 kΩ，可以使用其他阻值的负载电阻但阻值宜不大于 500 kΩ 且不小于 100 kΩ。选择测试仪压敏电压功能，具有手动测量功能的选择手动测量功能。对于可以调节电压限值的测试仪，将限值设定至略大于恒流电流与负载电阻阻值的乘积，使测试仪电流输出可以达到其恒流电流。

启动测试仪输出，读取测试仪稳定后的恒流电流显示值，没有恒流电流显示功能的记录恒流电流标称值 I_{cx} 。对于持续波型测试仪，同时迅速读取直流电流表的读数值即为恒流电流实际值 I_{cn} ；对于脉冲波型测试仪，启动直流电流表最大值测量功能，并设置合理的采样间隔，读取直流电流表的最大读数值，测量两次取平均值，即为恒流电流实际值 I_{cn} 。

恒流电流示值误差按公式 (5) 计算。

$$\gamma_{IC} = \frac{I_{cx} - I_{cn}}{I_{cn}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

γ_{IC} ——恒流电流的相对误差，%；

I_{cx} ——恒流电流显示值或标称值，mA；

I_{cn} ——恒流电流实际值，mA。

7.2.4 泄漏电流的校准

在 (1-20) μA 范围内选取不少于 3 个点进行校准，其中 20 μA 点必选。

对于加载高阻负载后仍可进行泄漏电流测量的测试仪，其校准接线图见图 3。根据校准点电流值 I 的大小，由欧姆定律计算负载电阻阻值，推荐选取使负载电阻两端电压约为 500 V 的阻值，可以使用其他阻值的负载电阻但阻值宜使其两端电压不大于 500 V 且不小于 100 V。可以调节电压限值的测试仪，调节电压限值至略大于校准点电流值与

负载电阻阻值的乘积。

对于加载高阻负载后不可进行泄漏电流测量的测试仪，选择符合 6.2.1 要求的压敏电阻与负载电阻并联，其校准接线图见图 4，按公式 (6) 计算负载电阻阻值 R ，调整负载电阻阻值至 R 。

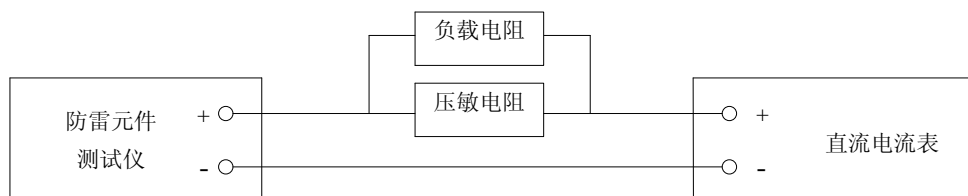


图 4 校准泄漏电流接线图

注：测试仪加载高阻负载后受额定电压限制将不能达到恒流电流，部分测试仪仍可进入泄漏电流测量功能，部分测试仪将显示错误或报警，不可进入泄漏电流测量功能。

$$R \approx \frac{0.75V_N}{I - I_N} \quad (6)$$

式中：

R ——与压敏电阻并联的负载电阻阻值， $M\Omega$ ；

V_N ——压敏电阻的压敏电压， V ；

I ——泄漏电流校准点电流值， μA ；

I_N ——压敏电阻的漏电流， μA 。

选择测试仪压敏电压功能，具有手动测量功能的选择手动测量功能。

启动测试仪输出，读取测试仪稳定后的泄漏电流显示值 I_x 。对于持续波型测试仪，同时迅速读取直流电流表的读数值即为泄漏电流实际值 I_n ；对于脉冲波型测试仪，启动直流电流表数据存储功能，并设置合理的采样间隔，将直流电流表存储的测量数据进行处理，得到泄漏电流实际值 I_n ，数据处理的一种方法见附录 A。

泄漏电流示值误差按公式 (7) 计算。

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (7)$$

式中：

ΔI ——泄漏电流的绝对误差， $\%$ ；

I_x ——泄漏电流显示值， μA ；

I_n ——泄漏电流实际值， μA 。

7.2.5 直流击穿电压的校准

在测试仪测量范围内选取不少于（3~5）个点进行校准。

直流击穿电压的校准采用电压表法，校准接线图见图 5，校准值不大于 1000 V 时，直流电压表与电压击穿模拟装置并联，见图 5（a）；校准值大于 1000 V 时，将直流电阻分压器一次端与电压击穿模拟装置并联，将直流电压表接在直流电阻分压器二次端，见图 5（b）。设置电压击穿模拟装置的动作电压至校准点电压值。

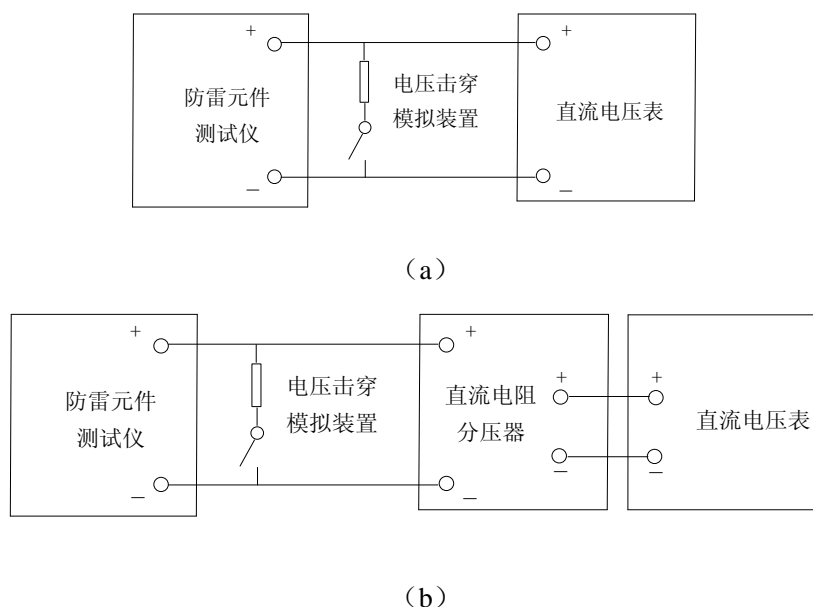


图 5 电压表法校准直流击穿电压接线图

选择测试仪放电管功能，启动直流电压表最大值测量功能，并设置合理的采样间隔。启动测试仪输出，读取测试仪显示的电压值即为直流击穿电压显示值 V_{bx} ；读取直流电压表的最大读数值，测量两次取平均值，按公式（8）计算测试仪直流击穿电压实际值 V_{bn} ，

$$V_{bn} = k \times V_0 \quad (8)$$

式中：

V_{bn} ——直流击穿电压实际值，V，

k ——直流电阻分压器的分压倍率，若不使用则取 1。

直流击穿电压示值误差按公式（9）计算。

$$\gamma_{vb} = \frac{V_{bx} - V_{bn}}{V_{bn}} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

γ_{vb} ——直流击穿电压的相对误差，%；

V_{bx} ——直流击穿电压显示值，V。

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 C 要求，并可根据测试仪的情况进行填写。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) 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) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 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 泄漏电流测量数据的一种数据处理方法及示例

A.1 数据处理的顺序

数字多用表存储器中的泄漏电流测量数据需要依次经过数据转存、剔除无用数据及粗大值、求平均值等步骤，得到泄漏电流实际值 I_n 。

A.2 数据转存

可利用多种方式将数字多用表存储的测量数据转存至外部或计算机。如 USB 存储器、USB 接口、串行接口、网络接口、GPIB 接口、数字多用表显示器等。具体方法参考所用数字多用表的使用说明书。某些数字多用表转存至计算机的数据以某些特定格式的文件存储，如 CSV 文件等，这些文件通常可以用文字处理软件进行编辑和处理。

以 34410A 型数字多用表为例，通过前面板或远程接口，设置远程接口的参数（如 LAN 接口的 IP 地址、子网掩码、网关等，GPIB 接口的 GPIB 地址，USB 接口不需要配置参数）建立与计算机的连接。从计算机的 web 浏览器输入 34410A 的 IP 地址启用其 web 界面，即可对 34410A 进行控制或读取存储器数据；也可编写计算机程序通过 GPIB 接口或 USB 接口对 34410A 进行控制或读取存储器数据。

A.3 剔除无用值及粗大值

由于进行数据存储时会将整个测量过程的全部数据进行存储，在泄漏电流测量阶段之前的电流上升、下降阶段以及泄漏电流测量阶段结束后的电流下降阶段的数据也将被存储下来，所以首先要将泄漏电流测量阶段之外的数据进行剔除。图 A.1 是在 MS Excel 软件中将某一脉冲型测试仪的全部电流测量数据以折线图的形式绘制出来的数据图表的实例，直观表示了整个测量过程的电流变化曲线。两条竖线之间的部分为泄漏电流测量数据，需要保留，其余数据则需要剔除。

剔除无用值后宜保留至少 10 个数据，否则需要重新设置数据存储功能的采样速率后再次测量。

剔除无用值后需要剔除明显偏离测量序列的粗大值，可根据测量次数的多少选则相应法则，包括莱依达法则、狄克松法则、格罗布斯法则、罗曼诺夫斯基法则等，利用文字处理软件中的图表功能、宏命令、VBA 程序也可以在文件中快速地剔除粗大值。

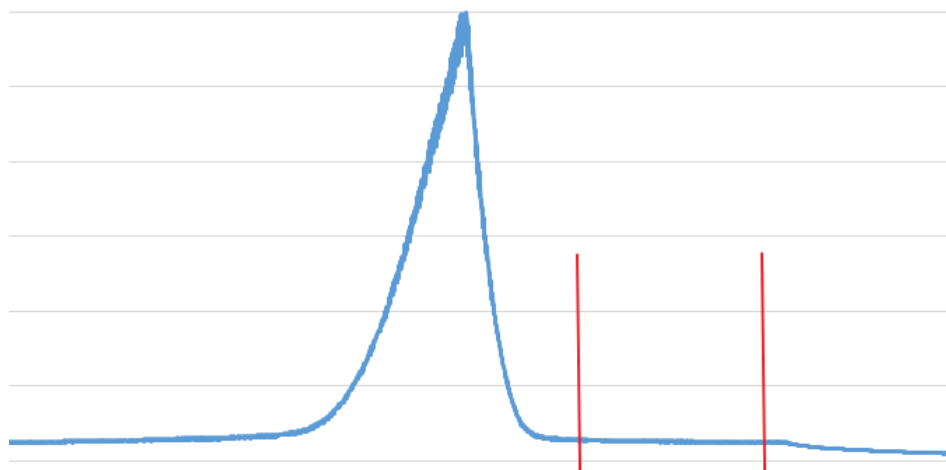


图 A.1 电流测量曲线

A.4 求平均值

剔除粗大值后，将剩余的数据求平均值，即得到泄漏电流实际值 I_n 。

附录 B 防雷元件测试仪校准原始记录格式

防雷元件测试仪校准原始记录

委托单位：

地址：

仪器名称				证书编号		
制造者		型 号		出厂编号		
标准器名称		标准器证书号		有效期至		
测量范围		不确定度 (或准确度)				
校准依据			温 度	℃	湿 度	%RH
校准日期	年	月	日	建议下次校准日期	年	月 日
校准地点						

一、恒流电流 (mA):

显示值/标称值	实际值	不确定度 ($k=2$)

二、起始动作电压 (V):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

三、泄漏电流 (μA):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

四、直流击穿电压 (V):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

附录 C 防雷元件测试仪校准证书内页格式

校准证书内页格式

证书编号 ××××××-××××

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
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	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-D

第×页 共×页

证书编号 ××××××-××××

校准结果

一、恒流电流示值 (mA):

显示值/标称值	实际值	不确定度 ($k=2$)

二、起始动作电压示值 (V):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

三、泄漏电流示值 (μA):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

四、直流击穿电压 (V):

显示值	实际值	不确定度 ($k=2$)

附录 D 防雷元件测试仪泄漏电流校准结果不确定度评定示例

D.1 概述

测量标准：数字多用表、负载电阻等。

被测对象：防雷元件测试仪。

环境条件：环境温度：22.0℃，相对湿度：56%。

测量方法：以电流表法校准防雷元件测试仪的泄漏电流为例。

D.2 测量模型：

采用电流表法校准泄漏电流示值误差的测量模型见公式 (D.1)：

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (\text{D.1})$$

式中：

ΔI ——泄漏电流的绝对误差，%；

I_x ——泄漏电流显示值， μA ；

I_n ——泄漏电流实际值， μA 。

D.3 电流表法校准泄漏电流的测量不确定度评定

在本规范要求的环境条件下，温度和相对湿度稳定，对防雷元件测试仪泄漏电流进行测量。由测量模型可知，泄漏电流示值误差的测量不确定度分别由 I_x 、 I_n 引入。本示例中以泄漏电流 20 μA 点为例进行分析。

D.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(I_x)$

对泄漏电流 20 μA 点在重复性条件下测量 10 次，由测量重复性引入的不确定度采用 A 类方法评定。测量结果见表 D.1：

表 D.1 测试仪 10 次显示值 (μA)

20.2	20.0	20.1	20.0	20.2	20.1	20.1	20.0	20.2	20.2
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

单次测量值的标准偏差： $s=0.087 \mu\text{A}$ ，由于实际校准中以一次测量的值作为实测值，则 $u_1(I_0)=s=0.087 \mu\text{A}$ 。

D.3.2 分辨力引入的标准不确定度 $u_2(I_x)$

电流显示分辨力为 0.1 μA ，区间半宽为 0.05 μA ，此区间服从均匀分布，包含因子 $k=$

$$\sqrt{3}，则 u_2(I_0)=\frac{0.05 \mu\text{A}}{\sqrt{3}}=0.029 \mu\text{A}。$$

取重复性与分辨力引入的标准不确定度的最大者 $u_1(I_x)$ 。

D.3.3 数字多用表准确度引入的标准不确定度 $u_3(I_n)$

测量泄漏电流 $20 \mu\text{A}$ ，数字多用表准确度在常规采样间隔时为 $\pm(0.05\% \text{读数值} + 0.025 \mu\text{A}) = 0.035 \mu\text{A}$ ，区间半宽为 $0.035 \mu\text{A}$ ，此区间服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_3(I_0) = \frac{0.035 \mu\text{A}}{\sqrt{3}} = 0.020 \mu\text{A}。$$

D.3.4 标准不确定度分量

D.3.4.1 各标准不确定度分量见表 D.2:

表 D.2 不确定度分量汇总

输入量	来源	标准不确定度
$u_1(I_x)$	测量重复性	$0.087 \mu\text{A}$
$u_3(I_n)$	数字多用表准确度	$0.020 \mu\text{A}$

D.3.4.2 合成标准不确定度 $u(\Delta I) = \sqrt{u^2(I_n) + u^2(I_x)} = 0.090 \mu\text{A}$ 。

D.3.5 扩展不确定度

取 $k=2$ ，泄漏电流示值误差测量不确定度： $U = 0.090 \times 2 \approx 0.18 \mu\text{A}$ ， $k=2$ 。