JJF

吉林省地方计量技术规范

JJF（吉）XXXX—2026

电气安全综合测试仪校准规范

Calibration Specification for Electrical Safety Comprehensive Testers

2026-XX-XX 发布　　2026-XX-XX 实施

吉林省市场监督管理厅 发布

电气安全综合测试仪校准规范

Calibration Specification for
Electrical Safety Comprehensive Testers

JJF（吉）XXXX-2026

归 口 单 位：吉林省市场监督管理厅

主要起草单位：长春市计量检定测试技术研究院

本规范委托长春市计量检定测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

王　磊（长春市计量检定测试技术研究院）
马宏彦（长春市计量检定测试技术研究院）
张　健（长春市计量检定测试技术研究院）
郭芮滔（长春市计量检定测试技术研究院）
刘庆文（长春市计量检定测试技术研究院）
高博宇（长春市计量检定测试技术研究院）

参加起草人：

李洪宝（长春市计量检定测试技术研究院）
王　影（长春市计量检定测试技术研究院）
马　欣（长春市计量检定测试技术研究院）
徐炜炜（长春市计量检定测试技术研究院）
秦　萌（长春市计量检定测试技术研究院）
吴瑀晗（长春市计量检定测试技术研究院）

目　录

引言 ..... （II）
1　范围 ..... （1）
2　引用文件 ..... （1）
3　概述 ..... （1）
4　计量特性 ..... （2）
5　校准条件 ..... （2）
5.1　环境条件 ..... （2）
5.2　校准用仪器设备 ..... （2）
6　校准项目和校准方法 ..... （3）
6.1　校准项目 ..... （3）
6.2　校准方法 ..... （3）
7　校准结果表达 ..... （11）
8　复校时间间隔 ..... （11）
附录 A　校准原记录格式 ..... （12）
附录 B　校准证书内页格式 ..... （16）
附录 C　测量不确定度评定实例 ..... （19）

引　言

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》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

电气安全综合测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于具有耐电压、绝缘电阻、接地导通、泄漏电流测量功能的电气安全综合测试仪（以下简称安规测试仪）的校准，也适用于具有上述单一测量功能或组合测量功能的安规测试仪的校准。

本规范中耐电压输出上限为交直流电压 15kV；绝缘电阻额定电压上限为 5000V，绝缘电阻测量上限为 100GΩ；接地导通试验电流上限为交直流 30A，接地导通电阻测量上限 600mΩ；泄漏电流测量上限为交直流 20mA。

2 引用文件

JJG 795-2016 《耐电压测试仪检定规程》

JJG 843-2022 《泄漏电流测试仪检定规程》

JJG 984-2004 《接地导通测试仪检定规程》

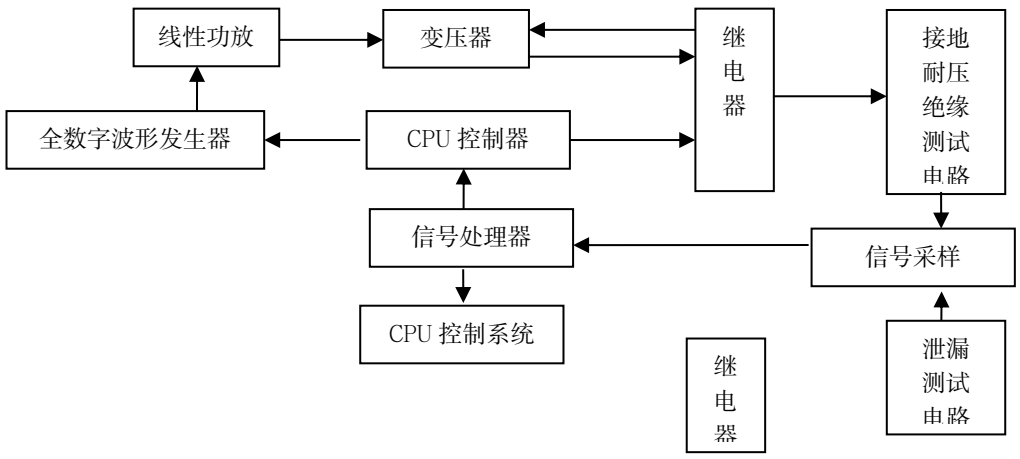
JJG 1005-2019 《电子式绝缘电阻表检定规程》

GB/T4706.1-2024 《家用和类似用途电器的安全通用要求》

使用本规范时，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 概述

安规测试仪是一款用于测试各类电气设备和器材的安全性能的测试设备。它集成交流-直流耐压（电气强度）、绝缘电阻、接地导通电阻、泄漏（接触）电流等多项测量模块，可检测电气设备防触电防护性能，能够自动完成安规项目测量、合格判定、数据存储输出，属于一体化程控式的测量仪器。其工作原理图如图 1 所示：



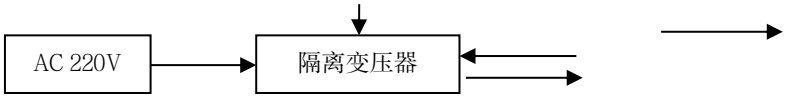


图 1 工作原理图

4 计量特性

4.1 安规测试仪各功能测量范围和最大允许误差见表 1

表 1 安规测试仪的测量范围和最大允许误差一览表

校准参数	测量范围	最大允许误差
输出电压（耐电压）	交、直流：（0.1～15）kV	±1%～±10%
电流（耐电压）	交、直流：（（0.5～100）mA	±1%～±10%
输出电压持续时间（耐电压）	（0.1～999.9）s	＞20s 时±5%，≤20s 时±1s
试验电流（接地导通）	交、直流：（1～30）A	±1%～±5%
接地电阻（接地导通）	（1～600）mΩ	±1%～±10%
报警预置电阻（接地导通）	（1～600）mΩ	±1%～±10%
试验端子开路电压（绝缘电阻）	直流：（10～5000） V	±2%～±20%
绝缘电阻（绝缘电阻）	0.1MΩ～100GΩ	±2%～±20%
试验电压（泄漏电流）	交、直流：（30～300）V	±1%～±10%
泄漏电流（泄漏电流）	交、直流：（0.05～20）mA	±1%～±10%

注：以上所有指标不适用于合格性判别，仅提供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：（20±5）℃；

5.1.2 相对湿度：20%～75%；

5.1.3 电源电压：变化不超过电源额定电压的±10%；

5.1.4 电源频率：（50±0.5）Hz，电源波形失真≤5%。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 标准器

5.2.1.1 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。

5.2.1.2 所用标准器的准确度等级或最大允许误差见表 2

表 2 校准用标准器的准确度等级或最大允许误差

标准器名称	校准参数	校准装置的准确度等级或最大允许误差
耐电压测试仪校准装置	交直流电压	±0.5%
	交直流电流	±0.5%
	电压持续时间	> 20s 时 1%，≤20s 时 ±0.2s
绝缘电阻测试仪校准装置	绝缘电阻	0.2 级 ~ 5.0 级
标准器名称	校准参数	校准装置的准确度等级或最大允许误差
接地导通电阻测试仪校准装置	交直流电流	±0.2% ~ ±0.5%
	电阻	±0.2% ~ ±0.5%
泄漏电流测试仪校准装置	交直流电压	±0.2% ~ ±2%
	交直流电流	±0.2% ~ ±2%
绝缘电阻表（额定电压不低于1000V）	绝缘电阻	不低于 10 级

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

6.1.1 校准项目见表 3

表 3 校准项目一览表

序号	校准项目
1	外观及功能检查
2	绝缘电阻试验
3	输出电压（耐电压）
4	电流（耐电压）
5	输出电压持续时间（耐电压）
6	试验电流（接地导通）
7	接地电阻（接地导通）
8	报警预置电阻（接地导通）
9	试验端子开路电压（绝缘电阻）
10	电阻（绝缘电阻）
11	试验电压（泄漏电流）
12	电流（泄漏电流）

6.2 校准方法

6.2.1 外观及功能检查

6.2.1.1 外观检查

测试仪应有保证正确使用的必要标识，其面板、机壳或铭牌上应有以下主要标志和符号：

产品名称及型号、制造厂名称或商标、出厂编号、准确度等级或最大允许误差、电压范围和标称容量，所有的标识应清晰明显，有明显的测量端标识且接线端子完好，测试仪各种功能开关、按键应灵敏可靠。不允许有影响计量性能、引起测量错误和影响安全性能的外观缺陷。

6.2.1.2 功能检查

测试仪应具有预置功能、切断功能、报警功能、复位功能、定时功能，将检查结果记录于附录 A 的 A.1 中。

6.2.2 绝缘电阻试验

电源开关置于“开”状态，使用 1000V 绝缘电阻表，测量电源输入端（LN 端用线连接到一起）与机壳之间的绝缘电阻，其阻值应不小于 50MΩ，将数据记录于附录 A 的 A.2 中。

6.2.3 输出电压（耐电压）的校准

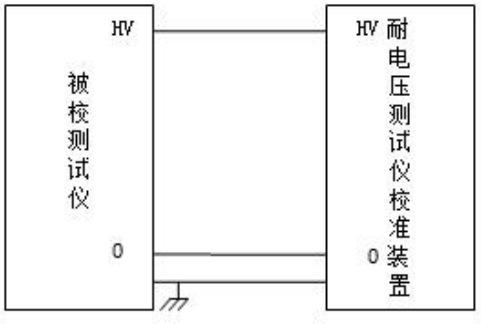


图 2 输出电压（耐电压）校准的连接示意图

6.2.3.1 交直流电压校准方法相同，采用直接测量法，按图 2 接线方式将被校测试仪的耐压输出端与耐电压测试仪校准装置的测量端直接连接。

6.2.3.2 选取最高量程为全校量程，其他量程选点校准。设各量程满度值为 U_m，全校量程应在 $40\%U_m \sim 100\%U_m$ 范围均匀选取校准点，且不少于四点；其余量程选取 $40\%U_m$、$70\%U_m$、$100\%U_m$ 三点。

6.2.3.3 调节被校安规测试仪输出电压至校准点 U_x，读取校准装置电压示值 U_n，输出电压误差按公式（1）计算，将数据记录于附录 A 表 A.3、A.4 中。

$$\delta_{U_x} = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \qquad (1)$$

式中：

δ_{U_x}——输出电压相对误差，%；

U_x——输出电压示值，kV；

U_n——输出电压实际值，kV。

6.2.4 电流（耐电压）的校准

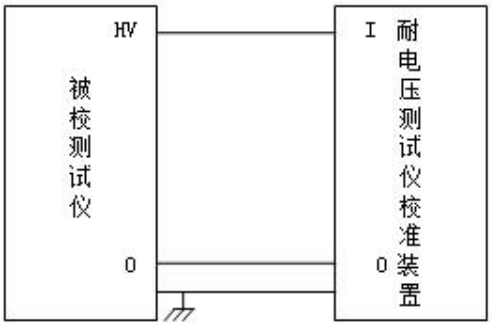


图 3 电流（耐电压）校准的连接示意图

6.2.4.1 交直流电流校准方法相同，采用直接测量法，按图 3 接线方式将被校测试仪的耐压输出端与耐电压测试仪校准装置的测量端直接连接。

6.2.4.2 设被校测试仪泄漏电流各量程满度值为 I_m，根据被校测试仪泄漏电流在每个电流量程的 $20\%I_m \sim 100\%I_m$ 范围内均匀选取至少 3 个校准点。

6.2.4.3 合理选择耐压测试仪校准装置中的高压负载电阻，应使得回路电流达到泄漏电流校准点时，被校测试仪的输出电压不大于高压负载电阻的额定电压，不小于被校测试仪额定电压的十分之一，若额定电压小于 500V，则不低于测试仪额定电压。

6.2.4.4 设定被校测试仪的输出电压加在负载电阻上，并注意观察校准装置的电流显示值， 当回路电流增大到被校测试仪的泄漏电流校准点 I_x 时读取校准装置的电流显示值 I_n；或设置校准装置泄漏电流测量功能为保持当前回路最大电流值，当被校测试仪发出报警或切断输出电压时，校准装置所保持示值即为电流测量值 I_n。电流示值误差按公式（2）计算，将数据记录于附录 A 表 A.5 或 A.6 中。

$$\delta_{I_x} = \frac{I_x - I_n}{I_n} \times 100\% \qquad (2)$$

式中：

δ_{I_x}——电流相对误差，%；

I_x——电流示值，mA；

I_n——电流实际值，mA。

6.2.5 输出电压持续时间（耐电压）的校准

6.2.5.1 采用直接测量法，按图 2 接线方式将被校测试仪的耐压输出端与耐电压测试仪校准装

置的测量端直接连接。

6.2.5.2 设置定时时间校准点 T_x，大于 20s 范围内选择至少 1 个校准点，其中 60s 为必校点。小于等于 20s 范围内选择至少 1 个校准点。

6.2.5.3 将被校测试仪时间控制置于定时方式。调整输出电压至 0.1U_H（U_H为电压最大量程满度值），但不能低于 500V。按下输出“启动”键，当测试仪输出电压达到稳定时自动启动标准计时器，当被校测试仪发出切断信号时，自动终止计时，由耐电压测试仪校准装置读取电压持续时间 T_n，电压持续时间设定值的示值绝对误差按公式（3）计算，相对误差按公式（4）计算，并将数据记录于附录 A 表 A.7 中。

$$\Delta_t = T_x - T_n \tag{3}$$

$$\delta_t = \frac{T_x - T_n}{T_n} \times 100\% \tag{4}$$

式中：

Δ_t——输出电压持续时间绝对误差，s；

δ_t——输出电压持续时间相对误差，%；

T_x——输出电压持续时间设定值，s；

T_n——输出电压持续时间实际值，s。

6.2.6 试验电流（接地导通）的校准

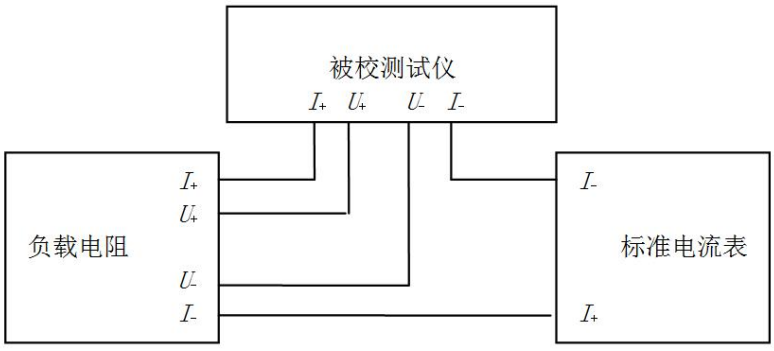


图 4 试验电流（接地导通）校准的连接示意图

6.2.6.1 采用标准电流表法，按图 4 接线方式将标准电流表、负载电阻与被校测试仪的电流输出端串联，负载电阻取测试仪的测量上限值；测试仪的电压采样端与负载电阻并联。

6.2.6.2 被校测试仪的电流源应在量程的 20% ~ 100%之间均匀选取 3 ~ 5 个校准点。

6.2.6.3 接通测试仪的测试开关，由标准电流表测量出测试仪输出的试验电流的实际值，试验电流的示值误差按公式（5）计算，将数据记录于附录 A 表 A.8 中。

$$\gamma = \frac{I-I_0}{I_0} \times 100\% \qquad (5)$$

式中：

γ——试验电流示值相对误差，%；

I——试验电流的示值，A；

I_0——试验电流的实际，A。

6.2.7 接地电阻（接地导通）的校准

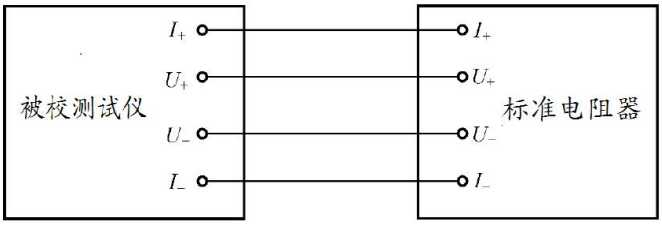


图 5 电阻（接地导通）校准的连接示意图

6.2.7.1 采用标准电阻器法，按图 5 接线方式将被校测试仪的电流输出端和电压采样端分别与标准电阻器的电流端和电压端相接。

6.2.7.2 校准点在量程的 2%～100%之间均匀选取，在基本电流量程（没有特别说明时，一般以 25A 为基本电流量程），校准点不少于 5 个点。在其他电流量程电阻示值的校准点不少于 2 个点。

6.2.7.3 调节标准电阻器至被校测试仪校准点相应的标称值，当被校准测试仪的输出电流稳定后，读取被校测试仪的指示值，电阻示值的相对误差按公式（6）计算，将数据记录于附录 A 表 A.9 中。

$$\gamma = \frac{R-R_0}{R_0} \times 100\% \qquad (6)$$

式中：

γ——电阻示值相对误差，%；

R_x——电阻示值，mΩ；

R_s——标准电阻器实际值，mΩ。

6.2.8 报警预置电阻（接地导通）的校准

6.2.8.1 报警预置电阻一般在 0.1Ω点进行校准，可根据实际情况或用户的要求增加校准点。采

$$\gamma = \frac{R-R_0}{R_0} \times 100\%$$

用可调式标准电阻器法,按图 5 方法进行接线。由被校测试仪输出预定的试验电流，缓慢调节标准电阻器直至测试仪报警装置报警,报警预置误差按公式（7）计算，将数据记录于附录 A 表 A.10 中。

（7）

式中：

γ_1——报警预置误差，%；

R——报警预置电阻值，mΩ；

R_0——报警时电阻的实际值，mΩ。

6.2.9 试验端子开路电压（绝缘电阻）的校准

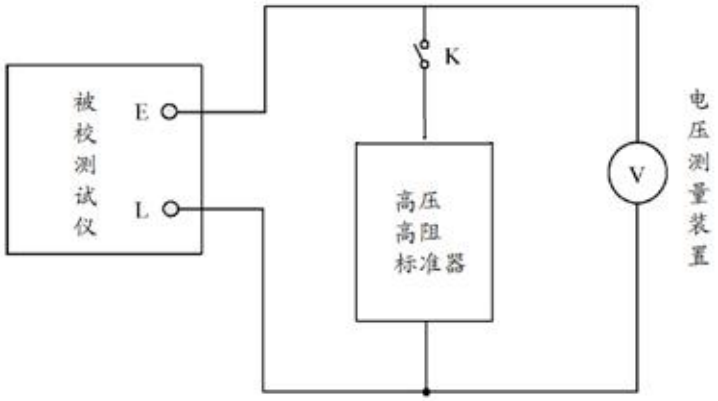


图 6　试验端子开路电压（绝缘电阻）校准的连接示意图

6.2.9.1 开路电压采用直接测量法，按图 6 接线，在开关 K 断开的状态下，电压测量装置测得的电压值为被校测试仪的开路电压值。

6.2.9.2 对于额定电压为固定值的测试仪，应选取相应的固定值为校准点，对于连续可调的测试仪，应选取 250V、500V、1kV、2.5kV、5kV 等与电压序列接近的电压值为校准点。设置试验电压并启动被校测试仪，读取电压测量装置测得的电压，将数据记录于附录 A 表 A.11 中。

6.2.10 电阻（绝缘电阻）的校准

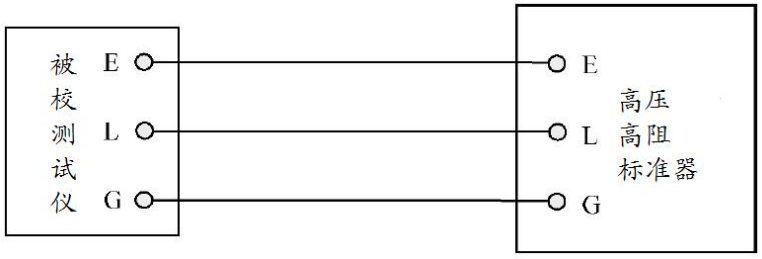


图 7　绝缘电阻（绝缘电阻）校准的连接示意图

6.2.10.1 采用标准电阻器法，按图 7 将被校测试仪的绝缘电阻测量端及屏蔽端与高压高阻标准器的电阻端及屏蔽端分别连接。

6.2.10.2 绝缘电阻校准点选取，在不同的试验电压量程内均匀的选取不少于 5 个校准点，并应包括量程的 10%、50%、90%接近的值。

6.2.10.3 调节高压高阻标准器的电阻值至校准点 R_s，读取被校测试仪的示值 R_x，绝缘电阻示值的相对误差按公式（8）将数据记录于附录 A 表 A.12 中。

$$\gamma = \frac{R_x - R_s}{R_s} \times 100\% \qquad (8)$$

式中：

γ——绝缘电阻示值相对误差，%；

R_x——绝缘电阻显示值，MΩ；

R_s——标准器示值，MΩ。

6.2.11 试验电压（泄漏电流）的校准

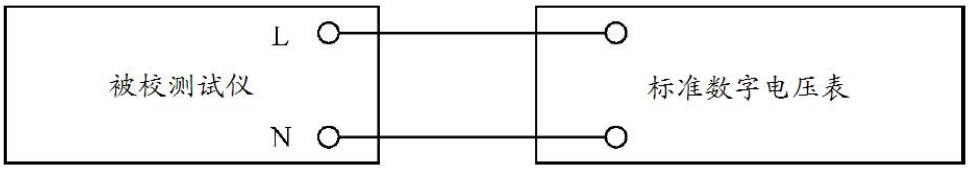


图 8　试验电压（泄漏电流）校准的连接示意图

6.2.11.1 对于具有试验电压显示的被校测试仪，应进行试验电压的校准。采用标准表法，按图 8 所示接线，L 和 N 为被校测试仪的电压输出端。

6.2.11.2 试验电压至少校准两个点，其中包括 1.06 倍额定电压值。

6.2.11.3 调节测试仪的试验电压输出至校准点，利用标准数字电压表读取电压实测值，试验电压示值相对误差按公式（9）计算，将数据记录于附录 A 表 A.13 中。

$$\gamma_v = \frac{U_x - U_0}{U_0} \times 100\% \qquad (9)$$

式中：

γ_v——试验电压示值相对误差，%；

U_x——试验电压显示值，V；

U_0——试验电压实际值，V。

6.2.12 电流（泄漏电流）的校准

6.2.12.1 校准点的选取

对于同时具有直流和交流测试功能的被校测试仪，应分别在直流和交流状态下进行校准。对于交流测试功能，应在 50Hz 频率下进行校准，客户有特殊要求的协商确定测量频率。

对测试仪每一个电流量程都进行校准。选取准确度最高的量程为全校量程，其余量程为非全校量程。设定被校测试仪对应量程的上限值为 I_m，对于全校量程，在 $20\%I_m$ ~ $100\%I_m$ 范围内，均匀选取校准点，且不少于 4 点；对于其他量程，在 $20\%I_m$ ~ $100\%I_m$ 范围内，均匀选取校准点，且不少于 3 点。

对于具有多个测量网络的测试仪，应分别进行校准。

6.2.12.2 标准电流源法

标准电流源法的校准原理线路如图 9 所示

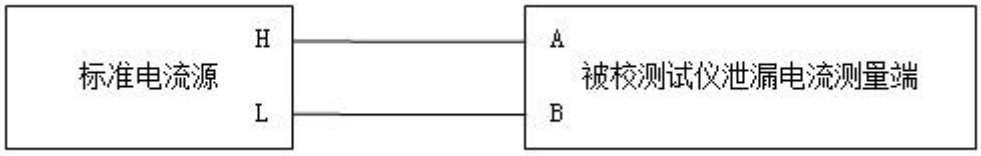


图 9　标准电流源法校准测试仪泄漏电流的连接示意图

根据测试仪的测试功能（直流 或 交流）选择相应的标准电流源，将测试仪的 A、B 测量端连接到标准电流源的输出端。调节标准电流源输出至测试仪的各校准点，记录标准电流源的设定输出值（测量网络的输入电流值）I_{in} 。对于具有直流功能的测试仪，I_{in} 即为泄漏电流标准值 I_o。对于具有交流功能的测试仪，泄漏电流标准值 I_o 按公式（10）计算，泄漏电流示值相对误差按公式（11）计算，将数据记录于附录 A 表 A.14、A.15 中。

$$I_0 = K_I I_{in} \qquad (10)$$

$$\gamma_I = \frac{I_x - I_0}{I_0} \times 100\% \qquad (11)$$

式中：

I_0——泄漏电流标准值，mA；

K_I——泄漏电流与输入电流比值的标称值；

I_{in}——测量网络的输入电流值，mA；

I_x——泄漏电流示值，mA；

γ_I——泄漏电流示值相对误差，%。

不同测量网络的泄漏电流与输入电流比值的标称值 K_I 见表 4。K_I 为对应测量网络的换算系数，仅适用于交流泄漏电流，应确认被校测试仪启用的网络类型与表 4 一致，被校仪器无该网络时不使用本表系数。直流泄漏电流不乘 K_I。

表 4 测量网络的泄漏电流与输入电流比值的标称值

测量网络	电灼伤测量网络	感知/反应电流测量网络	摆脱电流测量网络	潮湿接触电流测量网络	直流与低频测量网络
K_I	1	0.9974	0.9979	1	1

6.2.12.3 标准数字表法

标准数字表法的校准原理线路如图 10、图 11 所示

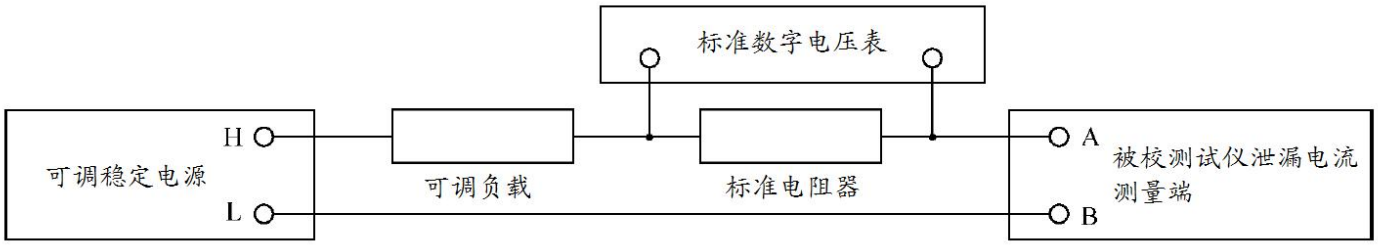


图 10 标准数字电压表法校准测试仪泄漏电流的连接示意图

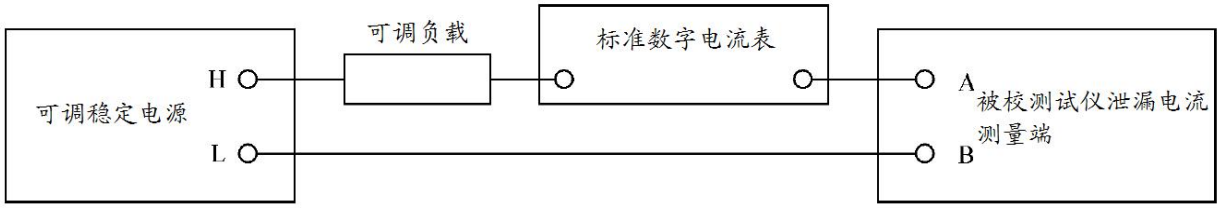


图 11　标准数字电流表法校准测试仪泄漏电流的连接示意图

当电流源输出电流准确度不能满足标准电流源法的校准要求时，可采用图 10、图 11 的校准方法。图 10 中用标准电压表测量已知电阻上的压降，测量网络的输入电流值 I_{in} 按公式（12）计算。图 11 中测量网络的输入电流值 I_{in} 为标准电流表的读数值。对于具有直流功能的测试仪，I_{in} 即为泄漏电流标准值 I_o；对于具有交流功能的测试仪，泄漏电流标准值 I_o 按公式（10）计算，将数据记录于附录 A 表 A.14、A.15 中。

$$I_{in} = \frac{U_V}{R_V} \qquad (12)$$

式中：

U_V——标准数字电压表示值，V；

R_V——无感标准电阻或交流标准电阻箱实际值，取值范围为 10Ω ~ 100Ω；

I_{in}——测量网络的输入电流值，mA。

7 校准结果的表达

经校准的出具校准证书，校准证书至少应包含以下足够的信息：

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（如果不在实验室内校准）；

d）证书的唯一性标识（如证书编号），每页及总页数的标识；

e）客户的名称及地址；

f）被校对象的描述和明确标识；

g）进行校准的日期；

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）校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；

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，不得部分复制证书的声明。

校准原始记录格式见附录 A，校准证书内页格式见附录 B，校准结果的测量不确定度评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

电气安全综合测试仪的复校时间间隔可根据具体使用情况确定，一般不超过 1 年。

附录 A

校准原始记录格式

校准记录格式（参考）

记录编号：_____ 证书编号：_____

委托单位名称：_____

委托单位地址：_____

计量器具名称：_____

型号/规格：_____编 号：_____

制 造 厂：_____校准地点：_____

技术依据：_____校准日期：_____

环境温度：_____℃ 相对湿度：_____%

校准员： _____ 核验员： _____

校准所使用的主要计量标准器具：

名称及编号	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	检定/校准单位 及证书号	有效期至

校准项目：

A.1 外观及功能检查：

A.2 绝缘电阻试验：

A.3 交流输出电压（耐电压）的校准

量程	示值(kV)	实际值(kV)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.4 直流输出电压（耐电压）的校准

量程	示值(kV)	实际值(kV)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.5 交流电流（耐电压）的校准

量程	示值(mA)	实际值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.6 直流电流（耐电压）的校准

量程	示值(mA)	实际值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.7 输出电压持续时间（耐电压）的校准

量程	设定值(s)	实际值(s)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$
> 20s				
量程	设定值(s)	实际值(s)	绝对误差（s）	扩展不确定度 $U(k=2)$
≤20s				

A.8 试验电流（接地导通）的校准

量程	显示值(A)	实际值(A)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.9 接地电阻（接地导通）的校准

量程	标准值(mΩ)	显示值(mΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.10 报警预置电阻（接地导通）的校准

报警值(mΩ)	实际值(mΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.11 试验端子开路电压（绝缘电阻）的校准

设定值(V)	实际值(V)	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.12 绝缘电阻（绝缘电阻）的校准

电压（V）	标准值(MΩ)	显示值(MΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.13 试验电压（泄漏电流）的校准

设定值(V)	实际值(V)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.14 直流泄漏电流（泄漏电流）的校准

量程	标准值(mA)	显示值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

A.15 交流（50Hz）泄漏电流（泄漏电流）的校准

量程	标准值(mA)	显示值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及功能检查：

B.2 绝缘电阻试验：

B.3 交流输出电压（耐电压）的校准

量程	示值(kV)	实际值(kV)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.4 直流输出电压（耐电压）的校准

量程	示值(kV)	实际值(kV)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.5 交流电流（耐电压）的校准

量程	示值(mA)	实际值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.6 直流电流（耐电压）的校准

量程	示值(mA)	实际值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.7 输出电压持续时间（耐电压）的校准

量程	设定值(s)	实际值(s)	相对误差（%）	相对扩展不确定度$U_{rel}(k=2)$
> 20s				
量程	设定值(s)	实际值(s)	绝对误差（s）	扩展不确定度$U(k=2)$
≤20s				

B.8 试验电流（接地导通）的校准

量程	显示值(A)	实际值(A)	相对误差（%）	相对扩展不确定度$U_{rel}(k=2)$

B.9 接地电阻（接地导通）的校准

量程	标准值(mΩ)	显示值(mΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度$U_{rel}(k=2)$

B.10 报警预置电阻（接地导通）的校准

报警值(mΩ)	实际值(mΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度$U_{rel}(k=2)$

B.11 试验端子开路电压（绝缘电阻）的校准

设定值(V)	实际值(V)	相对扩展不确定度$U_{rel}(k=2)$

B.12 绝缘电阻（绝缘电阻）的校准

电压（V）	标准值(MΩ)	显示值(MΩ)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.13 试验电压（泄漏电流）的校准

设定值(V)	实际值(V)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.14 直流泄漏电流（泄漏电流）的校准

量程	标准值(mA)	显示值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

B.15 交流（50Hz）泄漏电流（泄漏电流）的校准

量程	标准值(mA)	显示值(mA)	相对误差（%）	相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$

附录 C

测量不确定度的评定

C.1 概述

C.1.1 测量依据:《校准规范送审稿》

C.1.2 环境条件：环境温度:（20±5）℃；相对湿度：20% ~ 75%

C.1.3 测量标准：

名称	型号	测量范围	最大允差
耐电压测试仪综合校准仪	SB9040	交、直流电压：(0 ~ 15)kV 交、直流电流：(0 ~ 120)mA 时间：(0.1 ~ 999.9)s	交、直流电压：MPE:±0.3% 交、直流电流：MPE:±0.3% 时间：MPE:±1%
泄漏电流测试仪检定装置	TD1210	交直流电压源：(0.5 ~ 25）V 交直流电流源：2μA ~ 21mA 交流电压表：(30 ~ 600)V 电阻：300Ω ~ 3kΩ	交直流电压源：MPE:±0.02% 交直流电流源：MPE:±0.06% 交流电压表：MPE:±0.3% 电阻：MPE:±0.1%
模拟交直流标准电阻器	MJZ-25	交、直流电阻：(0～11.11)Ω 交、直流电流：(0～30)A	交流电流：MPE:±0.1% 直流电流：MPE:±0.05% 交流电阻：MPE:±(0.1% ~ 10.0%) 直流电阻：MPE:±(0.05%～5.0%)
绝缘电阻表检定装置	LGZ92F 型	电阻：100Ω ~ 1TΩ 电压：(0 ~ 5500)V	电阻: MPE:±(0.1% ~ 50%) 电压:MPE:±1%

C.1.4 被测对象:电气安全综合测试仪(示例型号 AN9652H,仅用于本次不确定度评定示范)。

C.1.5 测量方法：采用直接测量法，按照《校准规范送审稿》的要求，将被校测试仪与相应的校准装置正确接线，调节测试仪的显示值，读取标准器实际值，按规范要求读取测量结果。

C.2 交流输出电压（耐电压）校准结果的不确定度评定

C.2.1 建立数学模型：

数学模型： $\Delta V = V_x - V_n$

式中：ΔV —电压示值误差；

V_x —被校测试仪电压的示值；

V_n —标准装置电压示值。

方差和灵敏度系数：

依：
$$u_c^2(y)=\sum\left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$$

得：
$$u_c^2(\Delta V)=c_1^2u^2(V_x)+c_2^2u^2(V_n)$$

灵敏度系数：$C_1=\frac{\partial \Delta V}{\partial V_x}=1$　　$C_2=\frac{\partial \Delta V}{\partial V_n}=-1$

C.2.2 输出电压（耐电压）标准不确定度的来源及评定：

C.2.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于被校测试仪的测量重复性，按 A 类评定。用校准装置对被校测试仪输出电压 5kV 点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：kV）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数(kV)	5.191	5.221	5.215	5.179	5.194	5.211	5.220	5.192	5.224	5.187
平均值（kV）	5.203									

按贝塞尔公式求得单次测量 U_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(U_{xi}-\overline{U_x})^2}{10-1}}=0.016\text{kV}$$

即　　$u_1(U)=0.016\text{kV}$

C.2.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准器交流电压挡的最大允许误差为 MPE:±0.3%，属于均匀分布,取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则

$$u_2(U)=\frac{0.3\%\times 5\text{kV}}{\sqrt{3}}=0.009\text{kV}$$

C.2.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

标准装置 5kV 点的分辨力为 0.001kV，则区间半宽度 $\alpha=0.0005\,\text{kV}$，属于均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 u_3（U_n）：

$$u_3(U)=\frac{0.0005\text{kV}}{\sqrt{3}}=0.00029\text{kV}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入

的不确定度分量可以忽略。

C.2.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i \rvert u(x_i)$	概率分布
u_1（U）	测量重复性	1	0.016kV	正态
u_2（U）	标准装置引入的不确定度	-1	0.009kV	均匀

C.2.2.5 合成标准不确定度：

输出电压为 5kV 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(U)+u_2^2(U)}=\sqrt{0.016^2+0.009^2}=0.018\text{kV}$$

C.2.2.6 输出交流电压的扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 0.018\text{kV}=0.036\text{kV}\qquad k=2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\dfrac{U}{5.203}\times 100\%=0.7\%\qquad k=2$

C.3 交流电流（耐电压）校准结果的不确定度评定

C.3.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta I=I_x-I_n$

式中：ΔI —电流示值误差；

I_x —被校测试仪电流的示值；

I_n —标准装置电流示值。

方差和灵敏度系数：

依：$$u_c^2(y)=\sum\left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$$

得：$$u_c^2(\Delta I)=c_1^2u^2(I_x)+c_2^2u^2(I_n)$$

灵敏度系数：$C_1 = \frac{\partial \Delta I}{\partial I_x} = 1 \qquad C_2 = \frac{\partial \Delta I}{\partial I_n} = -1$

C.3.2 交流电流（耐电压）标准不确定度的来源及评定：

C.3.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量

该不确定度分量来源于被校测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用校验仪对被校测试仪击穿电流 5mA 点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：mA）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（mA）	5.107	5.104	5.105	5.107	5.107	5.106	5.105	5.109	5.105	5.108
平均值（mA）	5.1063									

按贝塞尔公式求得单次测量 I_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(I_{xi}-\overline{I_x})^2}{10-1}}=0.0016\text{mA}$$

即 $u_1(I)=0.0016\text{mA}$

C.3.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置在交流电流挡的最大允许误差为 MPE:±0.3% ,属于均匀分布,取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则：

$$u_2(I)=\frac{0.3\%\times 5\text{mA}}{\sqrt{3}}=0.009\text{mA}$$

C.3.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 5mA 的分辨力为 0.001mA，则区间半宽度 $\alpha = 0.0005\,\text{mA}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(I)$：

$$u_3(I)=\frac{0.0005\text{mA}}{\sqrt{3}}=0.00029\text{mA}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.3.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i \rvert u(x_i)$	概率分布
u_1（I）	测量重复性	1	0.0016mA	正态
u_2（I）	标准装置引入的不确定度	-1	0.009mA	均匀

C.3.2.5 合成标准不确定度：

输出电流为 5mA 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(I)+u_2^2(I)}=\sqrt{0.0016^2+0.009^2}=0.009\text{mA}$$

C.3.2.6 交流电流（耐电压）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 0.009\text{mA}=0.018\text{mA}\qquad k=2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\dfrac{U}{5.170}\times 100\%=0.4\%\qquad k=2$

C.4 **输出电压持续时间（耐电压）校准结果的不确定度评定**

C.4.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta T=T_x-T_n$

式中：ΔT —电压持续时间示值误差；

T_x —被校仪器持续时间的示值；

T_n —标准装置持续时间示值。

方差和灵敏度系数：

依：$u_c^2(y)=\sum\left[\dfrac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$

得：$u_c^2(\Delta T)=c_1^2u^2(T_x)+c_2^2u^2(T_n)$

灵敏度系数：$C_1=\dfrac{\partial \Delta T}{\partial T_x}=1\qquad C_2=\dfrac{\partial \Delta T}{\partial T_n}=-1$

C.4.2 电压持续时间（耐电压）标准不确定度的来源及评定：

C.4.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于安规测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用校验仪对安规测试仪持续时间 30s 在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：s）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（s）	29.98	29.98	29.99	29.98	29.98	29.99	29.99	29.99	29.97	29.98
平均值（s）	29.983									

按贝塞尔公式求得单次测量 T_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(T_{xi}-\overline{T_x})^2}{10-1}}=0.007\text{s}$$

即 $u_1(T)=0.007\text{s}$

C.4.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置计时挡最大允许误差为：MPE:±1%， 在 30s 时，按均匀分布计算，属于均匀分布,取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则：

$$u_2(T)=\frac{1\%\times 30\text{s}}{\sqrt{3}}=0.17\text{s}$$

C.4.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 30s 的分辨力为 0.01s，则区间半宽度 $\alpha=0.005\text{s}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(T)$：

$$u_3(T)=\frac{0.005\text{s}}{\sqrt{3}}=0.0029\text{s}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量，所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.4.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(T)$	测量重复性	1	0.007s	正态
$u_2(T)$	标准装置引入的不确定度	-1	0.17s	均匀

C.4.2.5 合成标准不确定度：

输出时间为 30s 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(T)+u_2^2(T)}=\sqrt{0.007^2+0.17^2}=0.17\text{s}$$

C.4.2.6 电压持续时间（耐电压）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.17\text{s} = 0.34\text{s} \qquad k = 2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}} = \dfrac{U}{29.98} \times 100\% = 1.2\% \qquad k = 2$

C.5 试验电流（接地导通）校准结果的不确定度评定

C.5.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta I = I_x - I_n$

式中：ΔI —接地导通试验电流示值误差；

I_x —被检仪器试验电流的示值；

I_n —标准装置电流示值。

方差和灵敏度系数：

依：$u_c^2(y) = \sum \left[\dfrac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2 x_i$

得：$u_c^2(\Delta I) = c_1^2 u^2(I_x) + c_2^2 u^2(I_n)$

灵敏度系数：$C_1 = \dfrac{\partial \Delta I}{\partial I_x} = 1 \qquad C_2 = \dfrac{\partial \Delta I}{\partial I_n} = -1$

C.5.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：：

C.5.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用交直流模拟电阻器装置对测试仪接地导通试验电流 10A 点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：A）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（A）	10.124	10.123	10.122	10.124	10.125	10.128	10.124	10.124	10.127	10.123
平均值（A）	10.1244									

按贝塞尔公式求得单次测量 I_x 的实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (I_{xi} - \overline{I_x})^2}{10 - 1}} = 0.00184\text{A}$$

即 $u_1(I) = 0.00184\text{A}$

C.5.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置交流电流挡的最大允许误差为：在 10A 时，MPE:±0.1%，属于均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则：

$$u_2(I)=\frac{0.1\%\times 10\text{A}}{\sqrt{3}}=5.78\times10^{-3}\text{A}$$

C.5.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 10A 的分辨力为 0.001A，则区间半宽度$\alpha=0.0005\text{A}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量$u_3(I)$：

$$u_3(I)=\frac{0.0005\text{A}}{\sqrt{3}}=0.00029\text{A}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量，所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.5.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(I)$	测量重复性	1	0.00184A	正态
$u_2(I)$	标准装置引入的不确定度	-1	0.00578A	均匀

C.5.2.5 合成标准不确定度：

电流为 10A 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(I)+u_2^2(I)}=\sqrt{0.00184^2+0.00578^2}=0.00606\text{A}$$

C.5.2.6 试验电流（接地导通）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times6.06\times10^{-3}\text{A}=0.012\text{A}\qquad k=2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\frac{U}{10.124}\times100\%=0.2\%$　　k=2

C.6 接地电阻（接地导通）校准结果的不确定度评定

C.6.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta R = R_x - R_n$

式中：ΔR—接地导通电阻示值误差；

R_x—被校仪器接地导通电阻的示值；

R_n—标准装置接地导通电阻示值。

方差和灵敏度系数：

依：$u_c^2(y) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$

得：$u_c^2(\Delta R) = c_1^2 u^2(R_x) + c_2^2 u^2(R_n)$

灵敏度系数：$C_1 = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_x} = 1 \qquad C_2 = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_n} = -1$

C.6.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

C.6.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于安规测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用交直流模拟电阻器装置对安规测试仪接地导通电阻 0.1Ω点在重复性条件下连续进行 10 次测量,测量结果如下(单位：Ω)：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（Ω）	0.1033	0.1032	0.1032	0.1032	0.1034	0.1032	0.1033	0.1032	0.1031	0.1033
平均值（Ω）	0.10324									

按贝塞尔公式求得单次测量 R_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(R_{xi}-\overline{R_x})^2}{10-1}}=8\times10^{-5}\Omega$$

即 $u_1(R) = 8\times10^{-5}\Omega$

C.6.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置最大允许误差为：在 0.1Ω时，MPE:±0.1%，按均匀分布计算，则：

$$u_2(R)=\frac{0.1\%\times 0.1\Omega}{\sqrt{3}}=5.8\times10^{-5}\Omega$$

C.6.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 0.1Ω的分辨力为 $10^{-4}\Omega$，则区间半宽度 $\alpha=5\times10^{-5}\Omega$，属于均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(R)$：

$$u_3(R)=\frac{5\times10^{-5}\Omega}{\sqrt{3}}=2.9\times10^{-5}\Omega$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.6.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(R)$	测量重复性	1	$8\times10^{-5}\Omega$	正态
$u_2(R)$	标准装置引入的不确定度	-1	$5.8\times10^{-5}\Omega$	均匀

C.6.2.5 合成标准不确定度：

电阻为 0.1Ω时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(R)+u_2^2(R)}=\sqrt{0.00008^2+0.000058^2}=9.8\times10^{-5}$$

C.6.2.6 接地电阻（接地导通）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times9.8\times10^{-5}.\Omega=1.96\times10^{-4}\Omega \qquad k=2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\frac{U}{0.1033}\times100\%=0.2\%$ $\qquad k=2$

C.7 试验端子开路电压（绝缘电阻）校准结果的不确定度评定

C.7.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta V=V_x-V_n$

式中：ΔV —绝缘试验电压示值误差；

V_x—被校仪器绝缘试验电压的示值；

V_n—标准装置绝缘试验电压示值。

方差和灵敏度系数：

$$u_c^2(y)=\sum\left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2u^2x_i$$

依：

得：$$u_c^2(\Delta V)=c_1^2u^2(V_x)+c_2^2u^2(V_n)$$

灵敏度系数：$C_1=\frac{\partial \Delta V}{\partial V_x}=1$　　$C_2=\frac{\partial \Delta V}{\partial V_n}=-1$

C.7.2 试验端子开路电压（绝缘电阻）标准不确定度的来源及评定：

C.7.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用绝缘电阻表检定装置对测试仪绝缘试验电压 500V 点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：V）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（V）	501.2	501.3	501.4	501.2	501.2	501.2	501.1	501.2	501.3	501.3
平均值（V）	501.24									

按贝塞尔公式求得单次测量 V_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(V_{xi}-\overline{V_x})^2}{10-1}}=0.084\text{V}$$

即　　$u_1(V)=0.084\text{V}$

C.7.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置直流电压挡的最大允许误差，在 500V 时,MPE:±1%，按均匀分布计算，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则：

$$u_2(T)=\frac{1\%\times 500\text{V}}{\sqrt{3}}=2.89\text{V}$$

C.7.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 500V 的分辨力为 0.1V，则区间半宽度 $\alpha=0.05\text{V}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(T)$：

$$u_3(T)=\frac{0.05\text{V}}{\sqrt{3}}=0.029\text{V}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入

的不确定度分量可以忽略。

C.7.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i \rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(V)$	测量重复性	1	0.084V	正态
$u_2(V)$	标准装置引入的不确定度	-1	2.89V	均匀

C.7.2.5 合成标准不确定度：

试验电压为 500V 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(V)+u_2^2(V)}=\sqrt{0.084^2+2.89^2}=2.89\text{V}$$

C.7.2.6 试验端子开路电压（绝缘电阻）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 2.89\text{V}=5.8\text{V}$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\dfrac{U}{501.1}\times 100\%=1.2\%$　　k=2

C.8 绝缘电阻（绝缘电阻）校准结果的不确定度评定

C.8.1 建立数学模型：

数学模型：$\Delta R=R_x-R_n$

式中：ΔR—绝缘电阻示值误差；

R_x—被校仪器绝缘电阻的示值；

R_n—标准装置绝缘电阻示值。

方差和灵敏度系数：

依：$u_c^2(y)=\sum\left[\dfrac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$

得：$u_c^2(\Delta R)=c_1^2u^2(R_x)+c_2^2u^2(R_n)$

灵敏度系数：$C_1=\dfrac{\partial \Delta R}{\partial R_x}=1$　　$C_2=\dfrac{\partial \Delta R}{\partial R_n}=-1$

C.8.2 绝缘电阻（绝缘电阻）标准不确定度的来源及评定：

C.8.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于安规测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用绝缘电阻表检定装置

对安规测试仪绝缘电阻 10MΩ点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：MΩ）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（MΩ）	10.08	10.11	10.10	10.06	10.10	10.07	10.09	10.11	10.10	10.09
平均值（MΩ）	10.091									

按贝塞尔公式求得单次测量 R_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(R_{xi}-\overline{R_x})^2}{10-1}}=0.017\ \mathrm{M\Omega}$$

即 $u_1(R)=0.017\mathrm{M\Omega}$

C.8.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置最大允许误差，在 10MΩ时,MPE:±0.1%，按均匀分布计算，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则：

$$u_2(R)=\frac{0.1\%\times 10\mathrm{M\Omega}}{\sqrt{3}}=0.0058\mathrm{M\Omega}$$

C.8.2.3 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

根据标准装置 10MΩ的分辨力为 0.01MΩ，则区间半宽度 $\alpha=0.005\mathrm{M\Omega}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(R)$：

$$u_3(R)=\frac{0.005\mathrm{M\Omega}}{\sqrt{3}}=0.0029\mathrm{M\Omega}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.8.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(R)$	测量重复性	1	0.017 MΩ	正态
$u_2(R)$	标准装置引入的不确定度	-1	0.058 MΩ	均匀

C.8.2.5 合成标准不确定度：

输出电阻为 10 MΩ时的合成不确定度为：

$$\text{uc}=u_c=\sqrt{u_1^2(R)+u_2^2(R)}=\sqrt{0.017^2+0.058^2}=0.06\text{M}\Omega$$

C.8.2.6 绝缘电阻（绝缘电阻）扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 0.06\text{M}\Omega=0.12\text{M}\Omega$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\dfrac{U}{10.08}\times 100\%=1.2\%$　　k=2

C.9 试验电压（泄漏电流）校准结果的不确定度评定

C.9.1 建立数学模型：

数学模型：　$\Delta V=V_x-V_n$

式中：ΔV —泄漏试验电压示值误差；

V_x—被校仪器验电压电压的示值；

V_n—标准装置电压示值。

方差和灵敏度系数：

依：　　$u_c^2(y)=\sum\left[\dfrac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$

得：　　$u_c^2(\Delta V)=c_1^2u^2(V_x)+c_2^2u^2(V_n)$

灵敏度系数：$C_1=\dfrac{\partial \Delta V}{\partial V_x}=1$　　$C_2=\dfrac{\partial \Delta V}{\partial V_n}=-1$

C.9.2 试验电压（泄漏电流）标准不确定度的来源及评定：

C.9.2.1　由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于被测安规测试仪的测量重复性，按 A 类评定。采用标准表法，用泄漏电流测试仪检定装置对该安规测试仪泄漏试验电压 100V 输出电压档在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位: V）:

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（V）	101.7	101.7	101.5	101.3	101.3	101.7	101.7	101.6	101.7	101.4

平均值（V）	101.6

按贝塞尔公式求得单次测量 V_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(V_{xi}-\overline{V_x})^2}{10-1}}=0.143\ \text{V}$$

即 $u_1(V)=0.143\ \text{V}$

C.9.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准器最大允许误差：MPE: ±（0.06%×读数+0.04%×量程），认为属均匀分布,取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则

$$u_2(V)=\frac{0.06\%\times 101.6\text{V}+0.04\%\times 600\text{V}}{\sqrt{3}}=0.17\text{V}$$

C.9.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

根据标准装置 100V 的分辨力为 0.1V，则区间半宽度 $\alpha=0.05\,\text{V}$，服从均匀分布，取包含因子 k=$\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 u_{x3}：

$$u_3(V)=\frac{0.05\text{V}}{\sqrt{3}}=0.029\text{V}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于被分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.9.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	ci	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
$u_1(V)$	测量重复性	1	0.143V	正态
$u_2(V)$	标准装置引入的不确定度	-1	0.17V	均匀

C.9.2.5 合成标准不确定度：

输出电压为 100V 合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(V)+u_2^2(V)}=\sqrt{0.143^2+0.17^2}=0.22\text{V}$$

C.9.2.6 试验电压扩展不确定度：

取包含因子 k=2,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 0.22\text{V}=0.5\text{V}$$

相对扩展不确定度：$U_{\mathrm{rel}}=\frac{U}{101.3}\times 100\%=0.5\%$　　k=2

C.10 泄漏电流（泄漏电流）校准结果的不确定度评定

C.10.1 数学模型

建立数学模型：

数学模型：$\Delta I=I_x-I_n$

式中：ΔI —泄漏电流示值误差；

I_x —被校仪器泄漏电流的示值；

I_n —标准装置泄漏电流示值。

方差和灵敏度系数：

依：$u_c^2(y)=\sum\left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2 x_i$

得：$u_c^2(\Delta I)=c_1^2u^2(I_x)+c_2^2u^2(I_n)$

灵敏度系数：$C_1=\frac{\partial \Delta I}{\partial I_x}=1$　　$C_2=\frac{\partial \Delta I}{\partial I_n}=-1$

C.10.2 泄漏电流（泄漏电流）标准不确定度的来源及评定：

C.10.2.1 由测量重复性引入的 A 类标准不确度分量：

该不确定度分量来源于被校测试仪的测量重复性，按 A 类评定，用校验仪对被校测试仪泄漏电流 10mA 点在重复性条件下连续进行 10 次测量，测量结果如下（单位：mA）：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数（mA）	9.969	9.989	9.958	9.988	9.969	9.978	9.978	9.979	9.958	9.978
平均值（mA）	9.974									

按贝塞尔公式求得单次测量 I_x 的实验标准差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(I_{xi}-\overline{I_x})^2}{10-1}}=0.011\mathrm{mA}$$

即　　$u_1(I)=0.011\mathrm{mA}$

C.10.2.2 由标准装置的最大允许误差引入的 B 类不确定度分量：

标准装置最大允许误差为：MPE: ±（0.06%×读数+8μA），50 Hz，在 5mA 档时，按均匀分布计算，取包含因子 $k=\sqrt{3}$，则：

$$u_2(I)=\frac{0.06\%\times 9.978\text{mA}+0.008\text{mA}}{\sqrt{3}}=0.0081\text{mA}$$

C.10.2.3 由标准装置分辨力引入的不确定度 B 类分量

被校测试仪 10mA 点的分辨力为 0.001mA，则区间半宽度 $\alpha=0.0005\,\text{mA}$，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$，则由分辨力引起的标准不确定度分量 $u_3(I)$：

$$u_3(I)=\frac{0.0005\text{mA}}{\sqrt{3}}=0.00029\text{mA}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量,所以由分辨力引入的不确定度分量可以忽略。

C.10.2.4 输入量的标准不确定度汇总表：

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$	概率分布
u_1（I）	测量重复性	1	0.011mA	正态
u_2（I）	标准装置引入的不确定度	-1	0.0081mA	均匀

C.10.2.5 合成标准不确定度：

泄漏电流为 10mA 时的合成不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2(I)+u_2^2(I)}=\sqrt{0.011^2+0.0081^2}=0.014\text{mA}$$

C.10.2.6 泄漏电流（泄漏电流）扩展不确定度：

取包含因子 $k=2$,则扩展不确定度:

$$U=k\times u_c=2\times 0.014\text{mA}=0.028\text{mA}\qquad k=2$$

相对扩展不确定度：$U_{\text{rel}}=\frac{U}{9.978}\times 100\%=0.3\%\qquad k=2$

JJF（吉）XXXX-2026

吉林省地方计量技术规范

电气安全综合测试仪校准规范

JJF(吉) XX—2026

吉林省市场监督管理厅发布

*

版权所有　不得翻印

297 mm×210 mm A4 纸

202X 年 X 月第 X 版　　202 X 年 X 月第 X 次印刷