

中华人民共和国工业和信息化部
轻工计量技术规范

JJF(轻工) ×××-××××

安全性能综合测试仪校准规范

Calibration Specification for Safety Performance

Comprehensive Testers

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

安全性能综合测试仪校准规范

Calibration Specification for Safety Performance

Comprehensive Testers

JJF(轻工) ×××-××××

归口单位：中国轻工业联合会

主要起草单位：中国家用电器研究院

青岛海尔空调电子有限公司

青岛仪迪电子有限公司

参加起草单位：青岛艾测智能仪器有限公司

青岛联测检测技术服务有限公司

中家院（北京）检测认证有限公司

安徽中家智锐科技有限公司

本规范由主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

曹瑞林（中国家用电器研究院）

王 涛（青岛海尔空调电子有限公司）

陈伟春（青岛仪迪电子有限公司）

参加起草人：

王 震（青岛艾测智能仪器有限公司）

张建华（青岛联测检测技术服务有限公司）

徐 新[中家院（北京）检测认证有限公司]

宋迎俊（安徽中家智锐科技有限公司）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
4 概述	1
5 计量特性	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 标准器及其他设备	2
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	4
8 校准结果表达	10
9 复校时间间隔	11
附录 A 测量结果不确定度评定示例 (参考件)	12
附录 B 校准原始记录格式 (参考件)	19
附录 C 校准证书内页格式 (参考件)	23

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2018《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范的附录 A “校准结果不确定度评定示例（参考件）”、附录 B “校准原始记录格式（参考件）”、附录 C “校准证书内页格式（参考件）”均为资料性附录。

本规范为首次发布。

安全性能综合测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于安全性能综合测试仪的校准，具有相同测试原理的其他测试仪也可参考使用。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 795 耐电压测试仪

JJG 843 泄漏电流测试仪

JJG 984 接地导通电阻测试仪

JJG 1005 电子式绝缘电阻表

JJF 1491 数字式交流电参数测量仪校准规范

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

JJG 795、JJG 843、JJG 984、JJG 1005、JJF 1491 界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

安全性能综合测试仪（以下简称“安检仪”）是集电气强度、接地电阻、绝缘电阻、泄漏电流、低压启动、电参数等多项测试功能于一体的综合测量仪器，其具有高可靠、高速度、智能化等特点，适用于快节奏、混合产线，满足自动化、信息化、MES管理的电器产品产线使用，广泛应用于家用电器、灯具、医疗设备、音视频设备、信息和通信设备、充电桩、实验设备等电器产品的安全性能和功率测试。

5 计量特性

校准项目的技术要求见表 1。

表 1 校准项目的技术要求

校准项目		测量范围	最大允许误差
耐电压测试	直流电压	0.1 kV~10 kV	$\pm 2\% \sim \pm 5\%$
	交流电压	0.1 kV~10 kV	$\pm 2\% \sim \pm 5\%$
	击穿电流	0.05 mA~200 mA	$\pm 2\% \sim \pm 10\%$
	试验时间	0.1 s~999.9 s	$\pm 5\%$
接地导通电阻	接地电阻	10 m Ω ~600 m Ω	$\pm 2\% \sim \pm 10\%$
	试验电流	1 A~30 A	$\pm 5\%$
绝缘电阻	绝缘电阻	0.1 M Ω ~100 G Ω	$\pm 1\% \sim \pm 20\%$
	试验电压	0.1 kV~5 kV	$\pm 10\%$
泄漏电流	泄漏电流	0.05 mA~100 mA	$\pm 1\% \sim \pm 10\%$
	试验电压	50 V~300 V	$\pm 5\%$
低压启动	试验电压	50 V~300 V	$\pm 5\%$
电参数	试验电压	50 V~300 V	$\pm 5\%$
	试验电流	0.1 A~40 A	$\pm 5\%$
	试验功率	50 W~8000 W	$\pm 5\%$
注：以上技术要求不用于合格性判别，仅供参考。			

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：(15~25)℃，湿度： $\leq 75\%RH$ 。

6.1.2 供电电源：(220 \pm 22) V，(50 \pm 0.5) Hz。

6.1.3 当校准用设备对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

6.2 标准器及其他设备

校准所用标准器及其它设备见表 2。

表 2 校准用标准器及其它设备

设备名称	测量范围	最大允许误差
耐电压测试仪校准装置	直流电压：0.1 kV～10 kV	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
	交流电压：0.1 kV～10 kV	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
	电流：0.05 mA～200 mA	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
	电压持续时间：0.1 s～999.9 s	$\pm 1\%$
数字多用表	直流电压：0.1 V～1000 V	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
	交流电压：0.1 V～1000 V	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
	电流：0.05 mA～200 mA	$\pm 0.3\% \sim \pm 2\%$
高压负载电阻	10 k Ω ～10 M Ω	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
接地导通电阻测试仪校准装置	电流：1 A～30 A 电阻：10 m Ω ～600 m Ω	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
绝缘电阻测试仪校准装置	电压：0.1 kV～5kV 电阻：0.1M Ω ～100G Ω	$\pm 0.5\% \sim \pm 5\%$
可调稳压电源	电压：50V～300V	$\pm 0.5\% \sim \pm 2\%$
功率标准表	电压：50V～300V	$\pm 0.5\%$
	电流：0.01A～40A	$\pm 0.5\%$
	功率：50W～8000W	$\pm 0.5\%$
注：除上表规定的标准器外，也可使用其他符合要求的计量器具作为标准器。		

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

安检仪校准项目见表 3。

表 3 校准项目表

序 号	校准项目		校准方法条款
1	耐电压测试	直流电压	7.2.2
		交流电压	7.2.2
		击穿电流	7.2.3
		试验时间	7.2.4
2	接地导通电阻	接地电阻	7.2.5

		试验电流	7.2.6
3	绝缘电阻	绝缘电阻	7.2.7
		试验电压	7.2.8
4	泄漏电流	泄漏电流	7.2.9
		试验电压	7.2.10
5	低压启动	试验电压	7.2.11
6	电参数	试验电压	7.2.12
		试验电流	7.2.12
		试验功率	7.2.12

7.2 校准方法

7.2.1 外观及功能检查

安检仪应有保证正确使用的必要标志，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，应有预置功能、切断功能和报警功能，能够正常工作。

7.2.2 耐电压输出电压校准

应根据被测安检仪耐电压范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 1 将被测安检仪耐压输出端与耐电压测试仪校准装置的电压测量端直接相连。

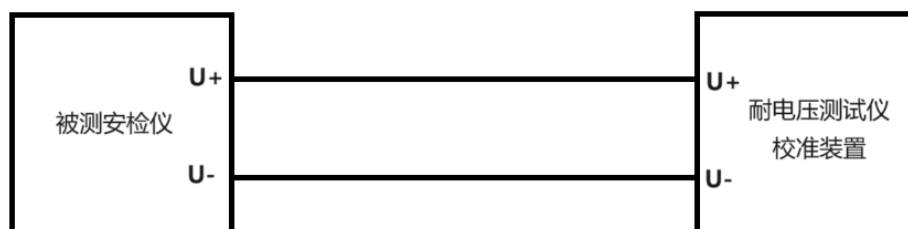


图 1 耐电压输出电压校准示意图

7.2.2.1 将被测安检仪设置为交流耐压输出，校准装置设置为交流电压测量。调节被测安检仪输出电压至校准点 U_x ，同时读取校准装置电压测量值 U_n ，耐电压输出电压示值误差按公式（1）计算：

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (1)$$

式中：

ΔU —— 耐压输出电压示值误差，kV；

U_x —— 被测安检仪输出电压示值，kV；

U_n —— 校准装置电压测量值，kV。

7.2.2.2 将被测安检仪设置为直流耐压输出，校准装置设置为直流电压测量，重复上述步骤，对直流模式下耐电压输出电压进行校准，按公式（1）计算示值误差。

7.2.3 耐电压击穿报警电流校准

应根据被测安检仪击穿报警电流范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 2 将被测安检仪耐压输出端经高压负载电阻与耐电压测试仪校准装置的电流测量端连接形成闭合回路。调节高压负载电阻阻值，使得回路电流达到设定击穿报警电流限值时，被测安检仪的输出电压不大于高压负载电阻的额定电压，且不小于 500V。

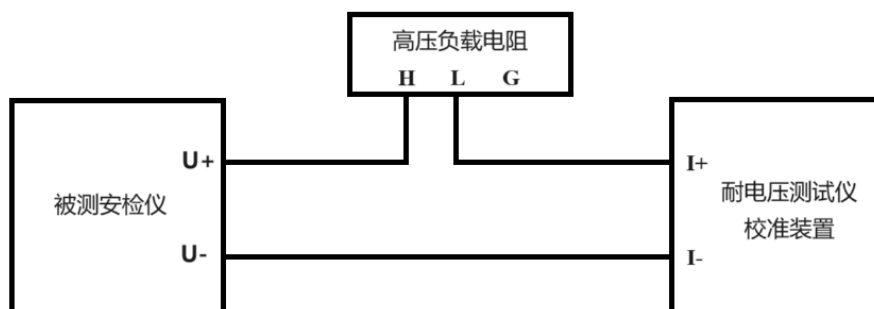


图 2 耐电压击穿报警电流校准示意图

7.2.3.1 将被测安检仪设置为交流输出，校准装置设置为交流电流测量。启动被测安检仪输出，缓慢调节安检仪输出电压，并同时观察校准装置电流读数，当回路电流增大到被测安检仪发出报警并切断输出时，同时读取被测安检仪击穿报警电流示值 I_x 和校准装置电流测量值 I_n ，击穿报警电流示值误差按公式（2）计算：

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (2)$$

式中：

ΔI —— 击穿报警电流示值误差，mA；

I_x —— 被测安检仪击穿报警电流示值，mA；

I_n —— 校准装置电流测量值，mA。

7.2.3.2 将被测安检仪设置为直流输出，校准装置设置为直流电流测量，重复上述步骤，对直流模式下击穿报警电流进行校准，按公式（2）计算示值误差。

7.2.4 耐电压持续时间校准

应根据被测安检仪时间设置范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 3 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 1 将被测安检仪耐压输出端与耐电压测试仪校准装置的电压测量端直接相连。

将被测安检仪设置为定时方式，调节被测安检仪输出电压大于校准装置计时触发电压，设置定时时间为校准点 T_x ，启动被测安检仪电压输出，当安检仪自动切断输出时，由校准装置读取电压持续时间 T_n ，电压持续时间示值误差按公式（3）计算：

$$\Delta T = T_x - T_n \quad (3)$$

式中：

ΔT —— 电压持续时间示值误差, s;

T_x —— 被测安检仪时间设定值, s;

T_n —— 校准装置时间测量值, s。

7.2.5 接地导通电阻校准

应根据被测安检仪接地电阻测量范围合理选择校准点, 校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个, 必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法, 按照图 3 将被测安检仪电流输出端和电压采样端分别与接地导通电阻测试仪校准装置的电流端和电压端相连。

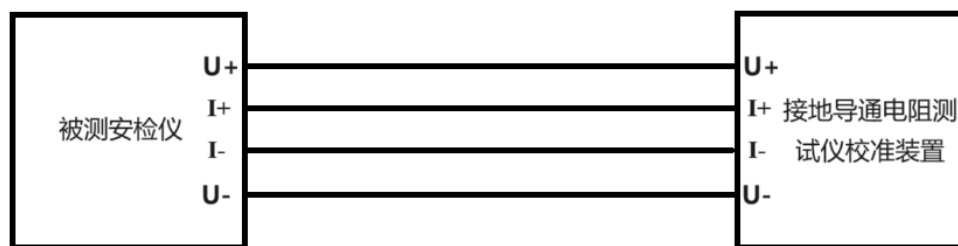


图 3 接地导通电阻校准示意图

调节接地导通电阻测试仪校准装置电阻值至校准点 R_n , 待被测安检仪输出电流稳定后读取其电阻示值 R_x , 接地导通电阻示值误差按公式 (4) 计算:

$$\Delta R = R_x - R_n \quad (4)$$

式中:

ΔR —— 接地导通电阻示值误差, $m\Omega$;

R_x —— 被测安检仪接地导通电阻示值, $m\Omega$;

R_n —— 校准装置电阻标准值, $m\Omega$ 。

7.2.6 接地导通试验电流校准

应根据被测安检仪试验电流范围合理选择校准点, 校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 2 个, 必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法, 按照图 3 将被测安检仪电流输出端和电压采样端分别与接地导通电阻测试仪校准装置的电流端和电压端相连。

设置接地导通电阻测试仪校准装置电阻值 R_n , 使得试验电流校准时, 流过校准装置的电流值不大于其额定电流。调节被测安检仪输出电流至校准点 I_x , 待其读数稳定后读取校准装置电流测量值 I_n , 试验电流示值误差按公式 (5) 计算:

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (5)$$

式中:

ΔI —— 接地导通试验电流示值误差, A;

I_x —— 被测安检仪试验电流示值, A;

I_n —— 校准装置电流测量值, A。

7.2.7 绝缘电阻校准

应根据被测安检仪绝缘电阻测量范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 4 将被测安检仪绝缘电阻测量端和屏蔽端分别与绝缘电阻测试仪校准装置的电阻端和屏蔽端相连。

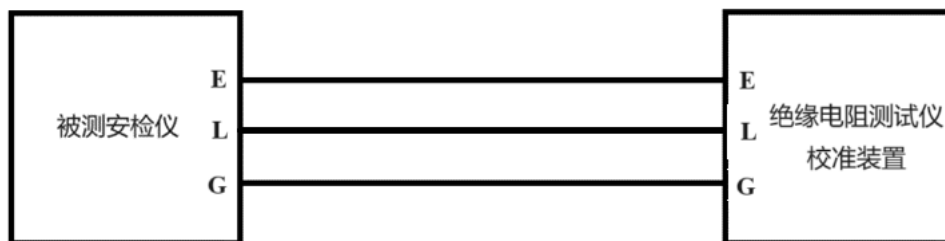


图 4 绝缘电阻校准示意图

调节绝缘电阻测试仪校准装置电阻值至校准点 R_n ，待被测安检仪试验电压稳定后读取其电阻示值 R_x ，绝缘电阻示值误差按公式（6）计算：

$$\Delta R = R_x - R_n \quad (6)$$

式中：

ΔR —— 绝缘电阻示值误差， $M\Omega$ ；

R_x —— 被测安检仪绝缘电阻示值， $M\Omega$ ；

R_n —— 校准装置电阻标准值， $M\Omega$ 。

7.2.8 绝缘试验电压校准

应根据被测安检仪试验电压范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 3 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 5 将被测安检仪绝缘输出端与绝缘电阻测试仪校准装置的电压测量端相连。

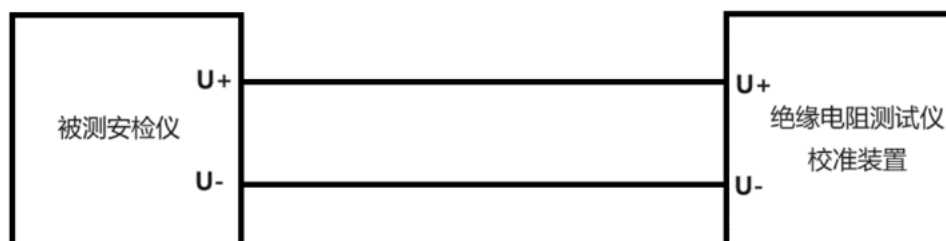


图 5 绝缘试验电压校准示意图

设置校准装置电阻值 R_n ，使得试验电压校准时，校准装置的电压值不大于其额定电压。调节被测安检仪试验电压至校准点 U_x ，待其读数稳定后读取校准装置电压测量值 U_n ，试验电压示值误差按公式（7）计算：

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (7)$$

式中：

ΔU —— 绝缘试验电压示值误差，V；

U_x —— 被测安检仪试验电压示值，V；

U_n —— 校准装置电压测量值，V。

7.2.9 泄漏电流校准

应根据被测安检仪泄漏电流范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 6 将被测安检仪试验电压端与高压负载电阻、数字多用表电流测量端连接形成闭合回路。

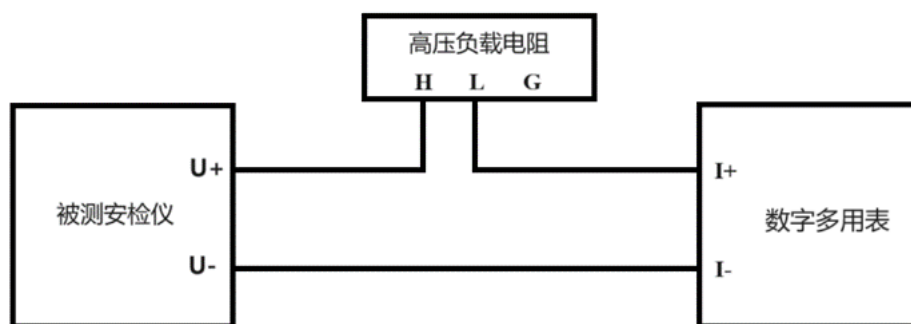


图 6 泄漏电流校准示意图

调节安检仪试验电压输出至工作电压，调节高压负载电阻阻值，使得安检仪泄漏电流至校准点 I_x ，同时读取数字多用表电流测量值 I_n ，泄漏电流示值误差按公式（8）计算：

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (8)$$

式中：

ΔI —— 泄漏电流示值误差，mA；

I_x —— 被测安检仪泄漏电流示值，mA；

I_n —— 数字多用表电流测量值，mA。

7.2.10 泄漏试验电压校准

应根据被测安检仪泄漏试验电压范围合理选择校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 2 个，必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法，按照图 7 将被测安检仪试验电压输出端与数字多用表电压测量端直接连接。

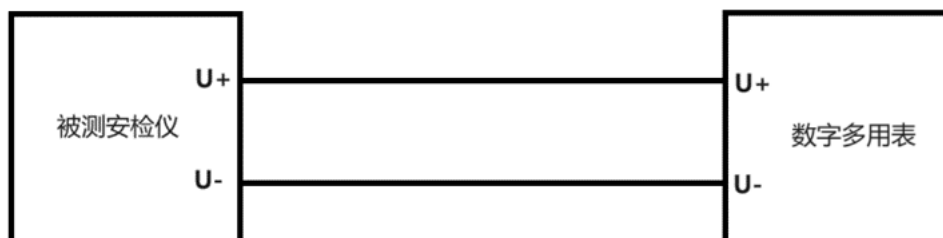


图 7 泄漏试验电压校准示意图

调节被测安检仪泄漏试验电压至校准点 U_x , 待其读数稳定后读取数字多用表电压测量值 U_n , 泄漏试验电压示值误差按公式 (9) 计算:

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (9)$$

式中:

ΔU —— 泄漏试验电压示值误差, V;

U_x —— 被测安检仪泄漏试验电压示值, V;

U_n —— 数字多用表电压测量值, V。

7.2.11 低压启动试验电压校准

应根据被测安检仪低压启动试验电压范围合理选择校准点, 校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 2 个, 必要时可根据客户需求调整或增加校准点。采用直接测量法, 按照图 7 将被测安检仪试验电压输出端与数字多用表电压测量端直接连接。

调节被测安检仪低压启动试验电压至校准点 U_x , 待其读数稳定后读取数字多用表电压测量值 U_n , 低压启动试验电压示值误差按公式 (10) 计算:

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (10)$$

式中:

ΔU —— 低压启动试验电压示值误差, V;

U_x —— 被测安检仪低压启动试验电压示值, V;

U_n —— 数字多用表电压测量值, V。

7.2.12 电参数校准

应根据被测安检仪电参数范围合理选择校准点, 校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 2 个, 必要时可根据客户需求调整或增加校准点。对于三相电参数可参照单相电参数校准要求逐相进行。

校准方法参照 JJF 1491—2014, 采用标准表法对电参数进行校准。按照图 8 将功率标准表、负载连接至被测电参数测量系统的实际负载接线端, 并确保各部件外壳与地电位连接。

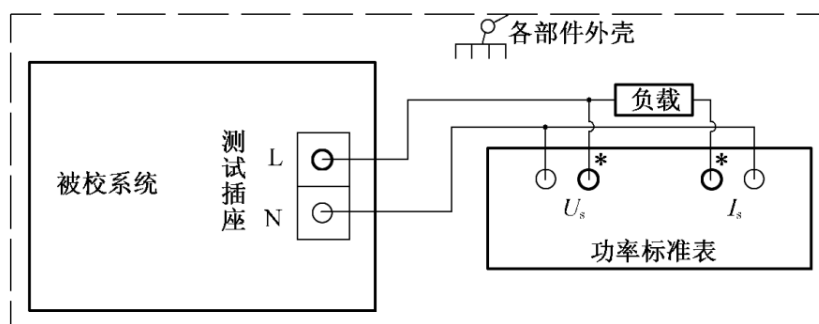


图 8 电参数校准示意图

注：图中*为同名端。

按照功率渐升顺序，依次平稳地将负载调整至校准点，同时读取功率标准表和被测安检仪的电压、电流和功率示值。

被测安检仪的电参数示值误差按公式（11）计算：

$$\Delta W = W_x - W_n \quad (11)$$

式中：

ΔW —— 被测安检仪电参数示值误差，V/A/W；

W_x —— 被测安检仪电参数示值，V/A/W；

W_n —— 功率标准表电参数测量值，V/A/W。

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) 安检仪名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与安检仪的地址不同）；
- 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和应用有关时，应对被校准样品的抽样程序进行说明；
- i) 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安检仪的使用情况、使用者、安检仪本身质量等诸多因素所决定的，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

测量结果不确定度评定示例 (参考件)

A.1 耐电压输出电压测量结果不确定度评定

A.1.1 测量模型

耐电压输出电压示值误差测量模型见公式 (A.1):

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (\text{A.1})$$

式中:

ΔU —— 耐压输出电压示值误差, kV;

U_x —— 被测安检仪输出电压示值, kV;

U_n —— 校准装置电压测量值, kV。

灵敏度系数:

$$c_{U_x} = \frac{\partial \Delta U}{\partial U_x} = 1; \quad c_{U_n} = \frac{\partial \Delta U}{\partial U_n} = -1$$

A.1.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源, 见表 A.1。

表 A.1 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	-1
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

A.1.3 输出电压测量重复性引入的标准不确定度 u_1

将被测安检仪设置为交流电压输出, 设定值为 2.00 kV, 由耐电压测试仪校准装置在相同条件下重复测量 10 次, 测量结果见表 A.2。

表 A.2 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (kV)	2.012	2.014	2.016	2.015	2.013	2.014	2.017	2.015	2.015	2.017

则单次测量的标准偏差为:

$$u_1 = s = 0.0016 \text{ kV}$$

A.1.4 被测设备分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测设备电压测量分辨力为 0.01 kV，则由被测设备分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ kV}$$

A. 1.5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据标准器技术指标：MPE= \pm （0.5%读数 + 0.03%量程），按均匀分布，则标准器准确度引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.013}{\sqrt{3}} = 0.0076 \text{ kV}$$

A. 1.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 A. 3。

表 A. 3 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ kV	灵敏系数	输出不确定度分量/ kV
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.0016	-1	0.0016
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.0029	1	0.0029
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.0076	-1	0.0076

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^3 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.0083 \text{ kV}$$

A. 1.7 扩展不确定度

耐电压输出电压为 2 kV 时，其测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = \frac{k \cdot u_c}{U_n} = 0.83\% \quad (k=2)$$

A. 2 接地导通电阻测量结果不确定度评定

A. 2.1 测量模型

接地导通电阻示值误差测量模型见公式 (A.2)：

$$\Delta R = R_x - R_n \quad (\text{A.2})$$

式中：

ΔR —— 接地导通电阻示值误差，m Ω ；

R_x —— 被测安检仪接地导通电阻示值，m Ω ；

R_n —— 校准装置电阻标准值，m Ω 。

灵敏度系数:

$$c_{R_x} = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_x} = 1 ; c_{R_n} = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_n} = -1$$

A. 2. 2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源, 见表 A.4。

表 A. 4 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

A. 2. 3 接地导通电阻测量重复性引入的标准不确定度 u_1

设置接地导通电阻测试仪校准装置电阻值为 100 mΩ, 由被测安检仪在相同条件下重复测量 10 次, 测量结果见表 A. 5。

表 A. 5 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (mΩ)	100.1	100.0	100.2	100.1	100.1	100.0	100.2	100.0	99.9	100.1

则单次测量的标准偏差为:

$$u_1 = s = 0.095 \text{ m}\Omega$$

A. 2. 4 被测设备分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测设备接地导通电阻测量分辨力为 0.1 mΩ, 则由被测设备分辨力引入的标准不确定度为::

$$u_2 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ m}\Omega$$

A. 2. 5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据标准器技术指标: MPE= ±0.5%读数, 按均匀分布, 则标准器准确度引入的标准不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.5\% \times 100}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ m}\Omega$$

A. 2. 6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 A. 6。

表 A.6 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ mΩ	灵敏系数	输出不确定度分量/ mΩ
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.095	1	0.095
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.029	1	0.029
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.289	-1	0.289

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.31 \text{ m}\Omega$$

A.2.7 扩展不确定度

接地导通电阻为 100 mΩ 时，其测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = \frac{k \cdot u_c}{R_n} = 0.62\% \quad (k=2)$$

A.3 绝缘电阻测量结果不确定度评定

A.3.1 测量模型

绝缘电阻示值误差测量模型见公式（A.3）：

$$\Delta R = R_x - R_n \quad (\text{A.3})$$

式中：

ΔR —— 绝缘电阻示值误差，MΩ；

R_x —— 被测安检仪绝缘电阻示值，MΩ；

R_n —— 校准装置电阻标准值，MΩ。

灵敏度系数：

$$c_{R_x} = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_x} = 1 ; c_{R_n} = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_n} = -1$$

A.3.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源，见表 A.7。

表 A.7 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

A.3.3 绝缘电阻测量重复性引入的标准不确定度 u_1

设置绝缘电阻测试仪校准装置电阻值为 100 MΩ，由被测安检仪在相同条件下重复测量 10 次，测量结果见表 A.8。

表 A.8 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (MΩ)	100.2	100.1	100.1	100.2	100.2	100.0	99.9	99.8	99.9	99.8

则单次测量的标准偏差为：

$$u_1 = s = 0.162 \text{ M}\Omega$$

A.3.4 被测设备分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测设备绝缘电阻测量分辨力为 0.1 MΩ，则由被测设备分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ M}\Omega$$

A.3.5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据标准器技术指标：MPE= ±0.5%读数，按均匀分布，则标准器准确度引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.5\% \times 100}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ M}\Omega$$

A.3.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 A.9。

表 A.9 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ MΩ	灵敏系数	输出不确定度分量/ MΩ
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.162	1	0.162
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.029	1	0.029
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.289	-1	0.289

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.34 \text{ M}\Omega$$

A.3.7 扩展不确定度

绝缘电阻为 100 MΩ 时，其测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = \frac{k \cdot u_c}{R_n} = 0.68\% \quad (k=2)$$

A.4 泄漏电流测量结果不确定度评定

A.4.1 测量模型

泄漏电流示值误差测量模型见公式 (A.4):

$$\Delta I = I_x - I_n \quad (\text{A.4})$$

式中:

ΔI —— 泄漏电流示值误差, mA;

I_x —— 被测安检仪泄漏电流示值, mA;

I_n —— 数字多用表电流测量值, mA。

灵敏度系数:

$$c_{R_x} = \frac{\partial \Delta I}{\partial R_x} = 1; \quad c_{R_n} = \frac{\partial \Delta I}{\partial R_n} = -1$$

A.4.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源, 见表 A.10。

表 A.10 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

A.4.3 泄漏电流测量重复性引入的标准不确定度 u_1

调节安检仪试验电压输出至工作电压, 调节高压负载电阻阻值, 使得安检仪泄漏电流至值为 1.000 mA, 由被测安检仪在相同条件下重复测量 10 次, 测量结果见表 A.11。

表 A.11 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (mA)	0.994	0.992	0.996	0.995	0.997	0.996	0.995	0.996	0.998	0.999

则单次测量的标准偏差为:

$$u_1 = s = 0.162 \text{ mA}$$

A.4.4 被测设备分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测设备泄漏电流测量分辨力为 0.001 mA, 则由被测设备分辨力引入的标准不确定度为::

$$u_2 = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ mA}$$

A. 4. 5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据数字多用表技术指标：MPE= $\pm 0.05\%$ 读数，按均匀分布，则标准器准确度引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.05\% \times 1}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ mA}$$

A. 4. 6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 A. 12。

表 A. 12 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ mA	灵敏系数	输出不确定度分量/ mA
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.00199	1	0.00199
被测设备分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.00029	1	0.00029
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.00029	-1	0.00029

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.0021 \text{ mA}$$

A. 4. 7 扩展不确定度

泄漏电流为 1 mA 时，其测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = \frac{k \cdot u_c}{R_n} = 0.42\% \quad (k=2)$$

附录 B

校准原始记录格式 (参考件)

委托单位名称			
委托单位地址			
设备名称			
制造单位			
规格型号		仪器编号	

校准用主要计量标准器具

标准器名称	规格型号	设备编号	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期

校准依据: _____

环境条件 温度: _____相对湿度: _____

校准地点: _____

备注: _____

校准日期: _____

校准人员: _____核验人员: _____

B.1 耐电压输出电压校准：

直流电压			
示值（kV）	实测值（kV）	示值误差（kV）	$U_{rel} (k=2)$
交流电压			
示值（kV）	实测值（kV）	示值误差（kV）	$U_{rel} (k=2)$

B.2 耐电压击穿报警电流校准：

直流电流			
示值（mA）	实测值（mA）	示值误差（mA）	$U_{rel} (k=2)$
交流电流			
示值（mA）	实测值（mA）	示值误差（mA）	$U_{rel} (k=2)$

B.3 耐电压持续时间校准：

直流电流			
示值（s）	实测值（s）	示值误差（s）	$U (k=2)$

B.4 接地导通电阻校准：

JJF（轻工）×××—××××

标准值 (mΩ)	示值 (mΩ)	示值误差 (mΩ)	$U_{rel} (k=2)$

B.5 接地导通试验电流校准:

示值 (A)	实测值 (A)	示值误差 (A)	$U_{rel} (k=2)$

B.6 绝缘电阻校准:

标准值 (MΩ)	示值 (MΩ)	示值误差 (MΩ)	$U_{rel} (k=2)$

B.7 绝缘电阻试验电压校准:

示值 (kV)	实测值 (kV)	示值误差 (kV)	$U_{rel} (k=2)$

B.8 泄漏电流校准:

示值 (mA)	实测值 (mA)	示值误差 (mA)	$U_{rel} (k=2)$

B.9 泄漏试验电压校准:

示值 (V)	实测值 (V)	示值误差 (V)	$U_{rel} (k=2)$

示值 (V)	实测值 (V)	示值误差 (V)	$U_{\text{rel}} (k=2)$

试验电压			
示值 (V)	实测值 (V)	示值误差 (V)	$U_{rel} (k=2)$
试验电流			
示值 (A)	实测值 (A)	示值误差 (A)	$U_{rel} (k=2)$
试验功率			
示值 (W)	实测值 (W)	示值误差 (W)	$U_{rel} (k=2)$

附录 C

校准证书内页格式 (参考件)

证书编号: XXXX—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 他		
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	检定/校准 证书标号	证书有效期至

注:

1. XXXX XXXX 仅对加盖“XXXXXXXX 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 页, 共 页

校 准 结 果

C.1 耐电压输出电压校准：

直流电压			
示值（kV）	实测值（kV）	示值误差（kV）	$U_{rel} (k=2)$
交流电压			
示值（kV）	实测值（kV）	示值误差（kV）	$U_{rel} (k=2)$

C.2 耐电压击穿报警电流校准：

直流电流			
示值（mA）	实测值（mA）	示值误差（mA）	$U_{rel} (k=2)$
交流电流			
示值（mA）	实测值（mA）	示值误差（mA）	$U_{rel} (k=2)$

C.3 耐电压持续时间校准：

直流电流			
示值（s）	实测值（s）	示值误差（s）	$U (k=2)$

--	--	--	--

C.4 接地导通电阻校准：

标准值（mΩ）	示值（mΩ）	示值误差（mΩ）	$U_{rel}（k=2）$

C.5 接地导通试验电流校准：

示值（A）	实测值（A）	示值误差（A）	$U_{rel}（k=2）$

C.6 绝缘电阻校准：

标准值（MΩ）	示值（MΩ）	示值误差（MΩ）	$U_{rel}（k=2）$

C.7 绝缘电阻试验电压校准：

示值（kV）	实测值（kV）	示值误差（kV）	$U_{rel}（k=2）$

C.8 泄漏电流校准：

示值（mA）	实测值（mA）	示值误差（mA）	$U_{rel}（k=2）$

C.9 泄漏试验电压校准：

示值（V）	实测值（V）	示值误差（V）	$U_{rel}（k=2）$

C. 10 低压启动试验电压校准:

示值 (V)	实测值 (V)	示值误差 (V)	$U_{rel} (k=2)$

C. 11 电参数校准:

试验电压			
示值 (V)	实测值 (V)	示值误差 (V)	$U_{rel} (k=2)$
试验电流			
示值 (A)	实测值 (A)	示值误差 (A)	$U_{rel} (k=2)$
试验功率			
示值 (W)	实测值 (W)	示值误差 (W)	$U_{rel} (k=2)$

校准员:

核验员:

