



中华人民共和国工业和信息化部
机械计量技术规范

JJFZ（机械）XXXX-XXXX

锂电池保护板测试仪校准规范

Calibration Specification of Lithium Battery Protective Circuit Module

（报批稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

锂电池保护板测试仪校准规范
Calibration Specification of Lithium
Battery Protective Circuit Module

JJFZ (机械) XXXX-XXXX

归 口 单 位：中国机械工业联合会

主要起草单位：威凯检测技术有限公司

参加起草单位：云南电力技术有限责任公司

本规范委托全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

罗燕红（威凯检测技术有限公司）

汤子健（威凯检测技术有限公司）

朱镇文（威凯检测技术有限公司）

陈泽超（威凯检测技术有限公司）

参加起草人：

段吉春（云南电力技术有限责任公司）

李红仙（云南电力技术有限责任公司）

彭健彬（威凯检测技术有限公司）

马辉燎（威凯检测技术有限公司）

目 录

引 言.....	I
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	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 校准项目与校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	4
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	7
9 复校时间间隔.....	8
附录 A 锂电池保护板测试仪测量结果不确定度评定.....	9
附录 B 校准记录格式.....	15
附录 C 校准证书内页参考格式.....	16

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编写的基础性规范。

本规范为首次发布。

锂电池保护板测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于（0~5）V 过压充电保护电压、欠压放电保护电压和（0~100）A 过流充电保护电流、过流放电保护电流的锂电池保护板测试仪的校准。对超出上述量程范围，但工作原理、设备结构与本规范适用一致或类似的锂电池保护板测试仪，可参照本规范开展校准。

2 引用文件

JJF 1638—2017 《多功能标准源校准规范》

JJG 1205—2025 《直流电阻测试仪检定规程》

GB 31241—2022 《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范》

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

3.1 锂电池保护板 lithium battery protective circuit module

由控制集成电路、开关器件、采样电阻、滤波电容及辅助元器件构成，具备过充、过放、过流、短路等保护功能，用于保障锂电池安全运行的专用线路板。

3.2 锂电池保护板测试仪 lithium battery protective circuit module tester

用于对锂电池保护板的功能和性能进行测试的设备。

3.3 过压充电保护电压 over voltage for charge protection

制造商规定的高电压充电时的保护电路动作电压。[GB 31241—2022 术语和定义 3.12]

3.4 欠压放电保护电压 low voltage for discharge protection

制造商规定的低电压放电时的保护电路动作电压。[GB 31241—2022 术语和定义 3.15]

3.5 过流充电保护电流 over current for charge protection

制造商规定的大电流充电时的保护电路动作电流。[GB 31241—2022 术语和定义 3.18]

3.6 过流放电保护电流 over current for discharge protection

制造商规定的大电流放电时的保护电路动作电流。[GB 31241—2022 术语和定义 3.21]

3.7 静态电流 quiescent current

锂电池保护板在额定电压条件下，无充放电工作状态下，自身维持监测与待机功能所消耗的电流值。

4 概述

锂电池保护板是锂电池包的核心安全防护部件，其核心功能为过压充电保护与欠压放电保护，以此保障锂电池在安全电压区间内稳定运行。当锂电池电压上升至预设过充保护阈值时，锂电池保护板会自动切断充电回路；当电压下降至预设欠压放电保护阈值时，锂电池保护板会切断放电回路，从根本上规避因过压充电、欠压放电引发的电池鼓胀、热失控等安全风险。锂电池保护板测试仪是针对锂电池保护板性能检测的专用设备，可精准完成过压充电、欠压放电保护、静态电流、内阻等核心参数的测试，保障其防护功能的有效性与稳定性，广泛适用于锂电池生产、质检等环节。

锂电池保护板测试仪由信号发生模块、测量模块、控制模块及显示模块四大核心单元构成。其工作原理为：信号发生模块模拟锂电池实际充、放电工况，向被测保护板输入精准的电压、电流模拟信号，测量模块实时采集保护板的输出响应及状态变化数据，控制模块对采集到的信号进行运算、分析与处理，最终由显示模块直观输出保护板的各项性能参数，以此实现对锂电池保护板性能的全面、精准检测。

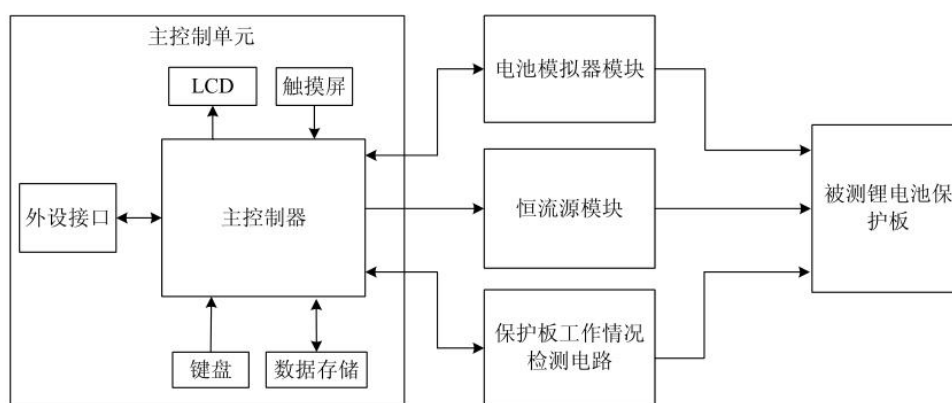


图1 锂电池保护板测试仪的结构框图

5 计量特性

5.1 过压充电、欠压放电保护电压示值误差

直流电压：(0.1~5)V；

MPE：小于等于 $\pm 0.1\%$ 。

5.2 静态电流示值误差

直流电流：0.01 μ A $\sim$ 10mA；

MPE：小于等于 $\pm 0.1\%$ 。

5.3 过流充电/放电保护电流示值误差

直流电流：(0.1 $\sim$ 100)A；

MPE：小于等于 $\pm 0.1\%$ 。

5.4 内阻示值误差

测量范围：(5 $\sim$ 400)m Ω ；

MPE：小于等于 $\pm 0.5\%$ 。

以上指标不适用于合格判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：20 $^{\circ}$ C $\sim$ 30 $^{\circ}$ C；

6.1.2 相对湿度：20% $\sim$ 85%；

6.1.3 供电电源

电压：AC(220 $\pm 10\%$)V；

频率：(50 ± 5) Hz。

6.1.4 周围无影响正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

测量用标准设备应经计量检定或校准，并在有效期内。标准设备的测量范围应覆盖被校锂电池保护板测试仪的测量范围，由标准器、环境条件、辅助设备及其他影响因素引入的扩展测量不确定度（ $k=2$ ）应不大于被校锂电池保护板测试仪各参数最大允许误差绝对值的1/3。

6.2.1 测量标准

——数字电压表；

——数字电流表；

——电流测量比较仪；

——微安电流表；

——标准电阻器。

6.2.2 其他设备

- 负载（与线路额定参数相匹配的用电功率）；
- 专用测试夹具、测试线（与被校测试仪适配，接触电阻 $\leq 1\text{m}\Omega$ ）。

7 校准项目与校准方法

7.1 校准项目

锂电池保护板测试仪校准项目见表 1。

表1 锂电池保护板测试仪校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	外观检查及功能性检查	/	7.2.2
2	过压充电、欠压放电保护电压示值误差	5.1	7.2.3
3	静态电流示值误差	5.2	7.2.4
4	过流充电/放电保护电流示值误差	5.3	7.2.5
5	内阻示值误差	5.4	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 校准点选择见表 2。

表2 校准点选取一览表

序号	校准项目	校准点选取
1	过压充电保护电压示值误差	3.65V、4.25V 或 4.30V
2	欠压放电保护电压示值误差	2.0V 或 2.5V、2.8V 或 3.0V
3	静态电流示值误差	10 μA 、50 μA
4	过流充电/放电保护电流示值误差	10A、50A
5	内阻示值误差	50m Ω 、200m Ω 、400m Ω
注：也可按客户要求增加校准点		

7.2.2 校准前准备

a) 外观检查

被校锂电池保护板测试仪（以下简称测试仪）的仪器名称、型号、制造厂名或商标、出厂编号、端钮标志等信息应齐全；端钮、开关、按键和调节旋转应无松动、损伤、脱落；各种功能标志应齐全正确，仪器供电正常，无异常声响或异味；被校测试仪配备的专用测试线、使用说明书等附件应齐全。

b) 工作正常性检查

通电后，各开关、按键、显示屏、测量仪表和各种状态指示灯(标志)应工作正常，带通讯功能的测试仪的测试系统软件各项测控功能应正常工作。

c) 预热

在规定的条件下，测量标准和被校测试仪按各自的说明书和实际工作预热至稳定工作状态；无要求时，开机预热时间不少于 30min。

7.2.3 过压充电、欠压放电保护电压示值误差

- 按图 2 接线，将数字电压表与被校测试仪电压端子对应连接；
- 按表 2 选择校准点，或在量程 10%~90%均匀选取；
- 设置被校测试仪为恒压输出模式，按校准点设置电压值，并输出；
- 启动被校测试仪，待读数稳定后，记录被校测试仪过充/过放保护电压的示值 U_{cp}/U_{dp} 和数字电压表实测值 U_0 ，每个校准点重复测量 3 次并取平均值。
- 按公式 (1) 和 (2) 计算过压充电、欠压放电保护电压示值误差 ΔU_{cp} 和 ΔU_{dp} ；

$$\Delta U_{cp} = U_{cp} - U_0 \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$\Delta U_{dp} = U_{dp} - U_0 \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中： U_{cp}/U_{dp} —被校测试仪的电压示值，V；

U_0 —数字多用表的实测值，V；

$\Delta U_{cp}/\Delta U_{dp}$ —被校测试仪电压示值误差，V。

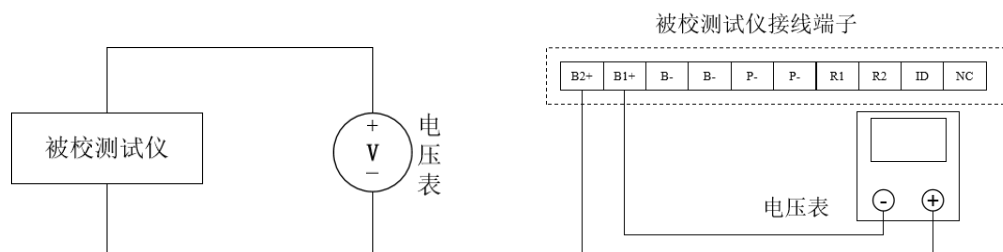


图2 过充/过放保护电压示值误差接线图

7.2.4 静态电流示值误差

- 按图 3 接线，将微安电流表与被校测试仪电流端子对应连接；
- 按表 2 选择校准点，或在量程 10%~90%均匀选取；
- 被校测试仪应为静态电流模式；
- 启动被校测试仪，待读数稳定后，记录被校测试仪静态电流示值 I_s 和微安电流测试仪电流实测值 I_0 ，每个校准点重复测量 3 次并取平均值。
- 按公式 (3) 计算静态电流示值误差 ΔI ；

$$\Delta I = I_s - I_0 \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中： ΔI —被校测试仪静态电流示值误差， μA ；

I_s —被校测试仪电流示值, μA ;

I_0 —微安电流表电流实测值, μA 。

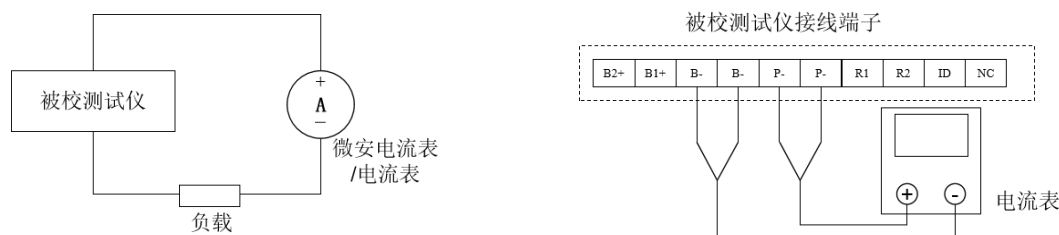


图3 电流校准示值误差接线图

7.2.5 过流充电/放电保护电流示值误差

- 按图 3 接线, 根据被校测试仪的量程范围与准确度要求选择数字电流表;
- 按表 2 选择校准点, 或在量程 10%~90%均匀选取;
- 设置被校测试仪在电流模式下, 按选取的校准点输出 (设置) 电流值;
- 启动被校测试仪, 待读数稳定后, 记录被校测试仪过流充电/放电保护电流的示值 I_{cp}/I_{dp} 和数字电流表实测值 I_0 , 每个校准点重复测量 3 次并取平均值。
- 按公式 (4) (5) 计算过流充电/放电保护电流示值误差 $\Delta I_{cp}/\Delta I_{dp}$;

$$\Delta I_{cp} = I_{cp} - I_0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta I_{dp} = I_{dp} - I_0 \dots\dots\dots (5)$$

式中: $\Delta I_{cp}/\Delta I_{dp}$ —被校测试仪过流保护电流示值误差, A;

I_{cp}/I_{dp} —被校测试仪电流示值, A;

I_0 —数字电流表电流实测值, A。

7.2.6 内阻示值误差

- 按图 4 接线, 选择四线制接线法连接校测试仪与标准电阻器;
- 按表 2 选择校准点, 或在量程范围内均匀选取;
- 启动被校测试仪, 进入内阻测量模式, 设置与校准点对应的测量量程 (若测试仪为自动量程, 无需手动设置)。调节标准电阻器的电阻值, 使其输出对应的电阻值, 待读数稳定后, 记录被校测试仪显示屏上的电阻测量值。每个校准点重复测量 3 次, 每次测量间隔不少于 10s, 取平均电阻值 R_s , 同时记录标准电阻器的实际电阻值 R_0 。校准过程中, 若测试仪出现数据跳动、显示异常等情况, 应立即停止校准, 检查连接及仪器状态, 排除故障后重新进行校准。

d) 按公式 (5) 和 (6) 计算内阻示值误差 Δ_R 和 δ_R 。

$$\Delta_R = R_s - R_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$\delta_R = \frac{R_s - R_0}{R_0} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中： R_s —被校测试仪电阻实测值， $m\Omega$ ；

R_0 —标准电阻器的实际值， $m\Omega$ ；

Δ_R —被校测试仪电阻示值误差， $m\Omega$ ；

δ_R —被校测试仪电阻相对误差，%。

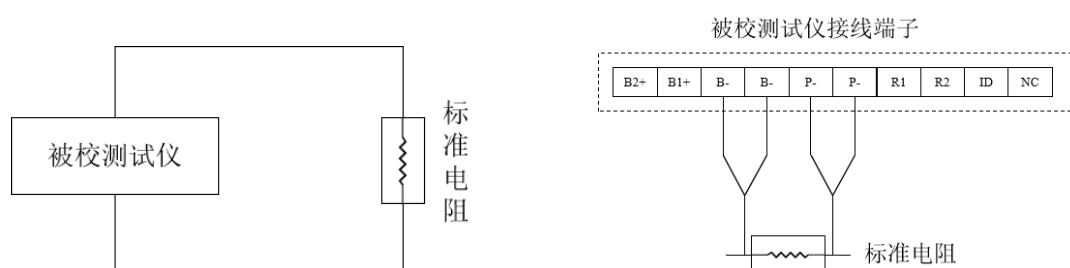


图4 内阻示值误差接线图

8 校准结果表达

校准证书至少应包含以下信息：

- 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和应用有关时，应对被校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。

测量不确定度的评定方法见附录 A, 原始记录格式见附录 B, 校准证书结果页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 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、仪器本身质量等诸多因素决定的, 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

锂电池保护板测试仪测量结果不确定度评定

A.1 过压充电保护电压示值误差测量不确定度评定测量方法

A.1.1 测量方法：用数字电压表作为标准器，直接进行测量。

A.1.2 测量模型

$$\Delta U_{cp} = U_{cp} - U_0 \cdots \cdots (A.1)$$

式中：\$U_{cp}\$—被校测试仪的电压示值，V；

\$U_0\$—数字多用表的实测值，V；

\$\Delta U_{cp}\$—被校测试仪电压示值误差，V。

A.1.3 标准不确定度的评定

A.1.3.1 被校测试仪引入的标准不确定度

A.1.3.1.1 被校测试仪过充电电压测量重复性引入的标准不确定度\$u_1\$

测量结果的重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果如表 A.1.1 所示。

表 A. 1. 1 被校测试仪过充电电压 4. 2V 点重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 (V)	4.198	4.201	4.198	4.198	4.199	4.199	4.200	4.201	4.201	4.198

根据表 A.1.1 中的数据，由贝塞尔公式计算出实验标准差，测量时以三次测量的平均值作为测量结果，被校测试仪过充电电压测量重复性引入的标准不确定度\$u_1\$为

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.77\text{mV}$$

A.1.3.1.2 被校测试仪过充电电压测量值分辨力引入的标准不确定度\$u_2\$

根据说明书可知，被校电测试仪电压测量分辨力为 0.001V，那么其区间半宽度为 \$a=0.0005\text{V}\$，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 \$k=\sqrt{3}\$，则被校测试仪电压测量分辨力引入的标准不确定度\$u_2\$为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.0005 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 0.29\text{mV}$$

A.1.3.1 数字电压表最大允许误差引入的标准不确定度\$u_3\$

根据数字电压表 DCV 10V 技术指标，4.2V 的最大允许误差为 \$\pm 0.00105\text{V}\$，则分散区间的半宽度为 \$a=0.00105\text{V}\$，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 \$k=\sqrt{3}\$，则数字多用

表最大允许误差引入的标准不确定度 $u(V_0)$ 为:

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.00105 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 0.61\text{mV}$$

A.1.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 A.1.2。

表 A.1.2 过放电压测量示值误差标准不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布类型	k	标准不确定度
u_1	被校测试仪过充保护电压测量重复性	A	/	$\sqrt{3}$	0.77mV
u_2	被校测试仪过充保护电压测量值的分辨力	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.29mV
u_3	数字电压表的最大允许误差	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.61mV

A.1.6 合成标准不确定度的计算输入量 V_s 及 V_0 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按下式计算:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 1.1\text{mV}$$

A.1.7 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 2.2\text{mV}$$

A.2. 过流保护电流测量不确定度评定测量方法

A.2.1 测量方法：用数字电流表作为标准，直接进行测量。

A.2.2 测量模型

$$\Delta I = I_S - I_0 \dots \quad (\text{A.2})$$

式中： I_S —被校测试仪的电流实际值，A；

I_0 —数字电流表的读数值，A；

ΔI —被校测试仪过流保护电流示值误差，A。

A.2.3 标准不确定度的评定

A.2.3.1 被校测试仪引入的标准不确定度

A.2.3.1.2 被校测试仪充电保护电流测量重复性引入的标准不确定度 u_1

测量结果的重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果如表 A.2.1 所示。

表 A.2.1 被校测试仪电流 6A 点重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 (A)	6.01	6.01	6.02	6.00	5.99	5.99	6.00	5.98	6.01	6.00

根据表 A.4 中的数据，由贝塞尔公式计算出实验标准差，测量时以三次测量结果的平均值作为测量结果，被校测试仪充电保护电流测量重复性引入的标准不确定度 u_1 为

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0069\text{A}$$

A.2.3.1.1 被校测试仪过流电流测量值分辨力引入的标准不确定度 u_2

根据说明书可知，被校测试仪电流测量分辨力为 0.01A，那么其区间半宽度为 $a=0.005\text{A}$ ，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则被校测试仪电流测量分辨力引入的标准不确定度 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{A}$$

A.2.3.2 数字电流表最大允许误差引入的标准不确定度 u_3

根据数字电流表说明书的技术指标，其电流允许误差为 $\pm 0.008\text{A}$ ，则分散区间的半宽度为 $a=0.008\text{A}$ ，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则数字电流表测量最大允许误差引入的标准不确定度 u_3 为：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.008}{\sqrt{3}} = 0.0046\text{A}$$

A.2.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 A.2.2。

表 A. 2. 2 充电保护电流示值误差标准不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布类型	k	标准不确定度
u_1	被校测试仪充电保护电流测量重复性	A	/	$\sqrt{3}$	0.0069A
u_2	被校测试仪充电保护电流测量值的分辨力	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.0029A
u_3	数字电流表的最大允许误差	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.0046A

A.2.5 合成标准不确定度的计算输入量 I_s 及 I_0 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按下式计算：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 8.8\text{mA}$$

A.2.6 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.018\text{A}$$

A.3. 内阻示值误差测量不确定度评定测量方法

A.3.1 测量方法：用标准电阻器作为标准设备，直接进行测量。

A.3.2 测量模型

$$\Delta_R = R_s - R_0 \dots \quad (\text{A.3})$$

式中： R_s —被校测试仪电阻实测值， $\text{m}\Omega$ ；

R_0 —标准电阻器的实际值， $\text{m}\Omega$ ；

Δ_R —被校测试仪电阻示值误差， $\text{m}\Omega$ 。

A.3.3 标准不确定度的评定

A.3.3.1 被校测试仪引入的标准不确定度 $u(R_s)$ A.3.3.1.1 被校测试仪内阻测量重复性引入的标准不确定度 u_1

测量结果的重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果如表 A.3.1 所示。

表 A.3.1 被校测试仪内阻 200 $\text{m}\Omega$ 点重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 ($\text{m}\Omega$)	200.1	199.8	200.0	199.9	199.9	199.8	200.0	200.1	199.9	200.0

根据表 A.3.1 中的数据，由贝塞尔公式计算出实验标准差，测量时以三次测量结果的平均值作为测量结果，被校测试仪内阻测量重复性引入的标准不确定度 u_1 为

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.062 \text{m}\Omega$$

A.3.3.1.2 被校测试仪内阻测量值分辨力引入的标准不确定度 u_2

根据说明书可知，被校测试仪电阻测量分辨力为 $0.1 \text{m}\Omega$ ，那么其区间半宽度为 $a=0.05 \text{m}\Omega$ ，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则被校测试仪电阻测量分辨力引入的标准不确定度 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{m}\Omega$$

A.3.3.1 标准电阻器最大允许误差引入的标准不确定度 u_3

根据标准电阻器的技术指标，200 $\text{m}\Omega$ 的最大允许误差为 $\pm 0.2 \text{m}\Omega$ ，则分散区间的半宽度为 $a=0.2 \text{m}\Omega$ ，服从均匀分布，按 B 类进行评定，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准电阻器最大允许误差引入的标准不确定度 u_3 为：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12\text{m}\Omega$$

A.3.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 A.6。

表 A. 3. 2 内阻示值误差标准不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布类型	k	标准不确定度
u_1	被校测试仪内阻测量重复性	A	/	$\sqrt{3}$	0.062mΩ
u_2	被校测试仪内阻测量值的分辨力	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.029mΩ
u_3	标准电阻器的最大允许误差	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.12mΩ

A.3.5 合成标准不确定度的计算输入量 R_s 及 R_0 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按下式计算：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.14\text{m}\Omega$$

A.3.6 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.028\text{m}\Omega$$

附录 B 校准记录格式

1 外观和工作正常性检查

序号	项目名称	检查记录
1	外观检查	
2	工作正常性检查	

2. 过压充电、欠压放电保护电压

设定值	测量值 (V)				误差 (V)	扩展不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3	平均值		

3. 静态电流

设定值	测量值 (μA)				示值误差 (μA)	扩展不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3	平均值		

4. 过流充电/放电保护电流

设定值	测量值 (A)				示值误差 (A)	扩展不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3	平均值		

5. 内阻示值

实际值	测量值 (m Ω)				示值误差 (m Ω)	扩展不确定度 $U(k=2)$
	1	2	3	平均值		

附录 C 校准证书内页参考格式

1. 外观检查

2. 工作正常性检查

3. 过压充电、欠压放电保护电压

设定值	测量值 (V)	误差 (V)	扩展不确定度 $U (k=2)$

4. 静态电流

设定值	测量值 (μA)	误差 (μA)	扩展不确定度 $U (k=2)$

5. 过流充电/放电保护电流

设定值	测量值 (A)	误差 (A)	扩展不确定度 $U (k=2)$

6. 内阻示值

实际值	测量值 ($m\Omega$)	误差 ($m\Omega$)	扩展不确定度 $U (k=2)$