

电池内阻测试仪校准装置校准规范

验证报告

《电池内阻测试仪校准装置校准规范》编写组

2025 年 8 月

一、 验证实验目的

通过验证试验系统性测试与分析，确认校准规范合理性：验证电池内阻测试仪校准装置规范征求意见稿中设定的校准项目、技术要求及校准方法是否符合电池内阻测试仪校准装置的实际应用需求，是否与现有行业现行标准保持一致性，确保规范具备科学依据与实操价值。

验证校准方法符合性：通过对校准装置核心性能指标的测试，确认装置在规定条件下能否满足技术说明书及规范要求，保障其在校准工作中的精准性与可靠性。

保障校准结果一致性：通过多设备、多次重复测试，验证采用规范方法进行校准时，结果是否具备稳定重复性与设备间通用性，避免因方法差异或设备个体问题导致的校准偏差，为行业内电池内阻测试仪校准装置校准提供统一技术基准。

二、 校准项目和校准方法选择的依据

电池内阻测试仪校准装置主要用于校准电池内阻测试仪的电阻和电压。电池内阻测试仪是一种专门用于测量电池内部电阻（简称“内阻”）的电子检测设备，其核心用途是通过精准检测内阻这一关键参数，评估电池的健康状态、性能优劣及潜在故障风险，广泛应用于电池生产、维护、回收等场景。

1、 校准项目的选择

校准项目的确定以“覆盖核心性能、贴合实际需求、符合行业标准”为原则。电池内阻测试仪校准装置的核心功能是用于校准电池内阻测试仪，因此校准项目优先选择与测量准确性直接相关的指标，包括交流电阻、直流电阻和直流电压。同时参照 IEC 61960《电池内阻测试仪校准规范》及 JJF1620-2017《电池内阻测试仪校准规范》中校准项目，确保校准项目与国家和行业标准保持同步，避免项目遗漏或冗余。同时调研电池生产企业、检测机构的日常校准场景发现，交流电阻、直流电阻和直流电压为电池内阻测试仪校准装置的主要技术指标要求。因此针对性解决实际问题，本规范确定校准项目为交流电阻、直流电阻和直流电压。

2、 校准方法的确认

2.1 交流电阻校准

采用多规范协同参照的方式，具体包括：优先参照 JJF 1636-2017《交流电阻箱校准规范》，执行该规范第 7.2.3 条明确的“直接测量法”与“同标称值替代法”；同时补充参照 JJF 1723-2018《交直流模拟电阻器校准规范》，融合该规范第 6.2.3.2 条中的“标准源表法”，形成多方法互补的校准体系，提升交流电阻校准结果的可靠性。

2.2 直流电阻校准

整合国内规范与国际标准的双重要求，基础参照 JJG 982-2022《直流电阻箱》，落实该规范第 7.3.5 条规定的“直接测量法”、“同标称值替代法”；补充参照 JJF 1723-2018《交直流模拟电阻器校准规范》第 6.2.3.2 条的“标准源表法”；同时引入国际标准 IEC 61960，执行其第 7.7.3.1 条的“间接测量法”，通过多标准、多方法的结合，全面保障直流电阻校准的精准性与合规性。

2.3 直流电压校准

严格参照 JJF 1638-2017《多功能标准源校准规范》，具体执行该规范第 6.4.1 条中规定的“标准表法”作为核心校准方法，确保直流电压校准过程的规范性与准确性。

以上方法不仅具有行业通用性，广泛应用于国内计量检测机构，具备成熟的操作流程与数据处理方法，操作人员易掌握，且结果易被行业认可；同时实操可行性强，方法所需设备（高精度标准电阻、环境控制设备）易于获取，无需特殊定制仪器；单组校准试验可在 30 分钟内完成，适合批量校准场景，符合企业“高效、低成本”的实操需求。

三、 验证实验设计

本验证试验按校准规范中规定的校准项目和校准方法，在不同条件下对不同型号的电池内阻测试仪校准装置进行校准，验证该校准规范的正确性和可行性。

1、项目技术要求和校准方法

本规范中确定校准项目如下表所示。

表 1 校准项目

序号	校准项目	校准方法	技术要求	校准点
1	交流电阻	规范 7.2.1	测量范围：1 mΩ~10 kΩ， 频率 1 kHz。 最大允许误差：± (0.05%~3%)。	1mΩ、6 Ω、6.25 Ω、1 kΩ
2	直流电阻	规范 7.2.2	测量范围：1 mΩ~10 kΩ。 最大允许误差：± (0.05%~3%)。	1mΩ、1 Ω、1 kΩ
3	直流电压	规范 7.2.3	测量范围：± (0.1~ 1000) V。 最大允许误差：± (0.003%~3%)。	8V

2、验证所用标准器具

根据规范中开展的校准项目和校准方法，校准功能工作中使用的标准器如表 2 所示。且校准用标准器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仪校准装置的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度和稳定性。校准用标准器、环境条件及其他影响因素引起的扩展不确的扩展不确定度 ($k=2$) 应不大于校准装置各参数最大允许误差绝对值的 1/3。

表 2 标准器基本信息

名 称	型号规格	测量范围	不确定度 或准确度等级 或最大允许误差
多功能标准源	5730A	DCV: ± (10mV~1000V); DCI: ± (20 μA~1.9A); ACV: 10mV~1000V ; ACI: 1mA~2A	DCV: $(1.2\sim10)\times10^{-6}$, $k=2$; DCI: $(8\sim30)\times10^{-6}$, $k=2$; ACV: $(2\sim150)\times10^{-5}$, $k=2$; ACI: $(5\sim10)\times10^{-5}$, $k=2$
交流测量标准	5790B	ACV: 600 μV~1000V 频率: 10Hz~1MHz	直接测量 MPE: $\pm 2.4\times10^{-5}$; 交直流转换 MPE: $\pm 1.8\times10^{-5}$ (1 年期, 23° C±5° C)
数字多用表	8508A	DCV: ± (10mV~1000V); DCI: ± (100 μA~19A); OHM: 1 Ω~10G Ω ; ACV: 10mV~1000V; ACI: 100 μA~19A	DCV: $(1.5\sim10)\times10^{-6}$, $k=2$; DCI: $(5\sim100)\times10^{-6}$, $k=2$; OHM: $18\times10^{-7}\sim6\times10^{-4}$, $k=2$; ACV: $(3\sim200)\times10^{-5}$, $k=2$; ACI: $(2\sim5)\times10^{-4}$, $k=2$
纳伏表	2182A	DCV: 1nV~100V	DCV: $\pm (0.0025\times\text{读数}+0.0002\%$ $\times\text{量程})$, $k=2$;

名 称	型号规格	测量范围	不确定度 或准确度等级 或最大允许误差
数字阻抗电桥	GR1693	电阻: $1\Omega \sim 100k\Omega$	MPE: $\pm 0.02\%$
标准电阻	BZ3 型	$1\Omega \sim 1k\Omega$	一等
标准电感	1mH	6.28318Ω	一等
全自动电阻校准装置	RT9606 型	$(0.00001 \sim 100000)\Omega$	MPE: $\pm 0.0003\%$

3、被校对象

根据电池内阻测试仪校准装置的工作原理和使用率,选取应用最广的电池内阻测试仪校准装置。

表 3 电池内阻测试仪校准装置基本信息

设备基本信息			
设备名称	型号/编号	制造厂商	技术参数
电池内阻测试仪校验装置	DNB-2V/ DNB24037	武汉市龙成测控技术有限公司	电压输出范围及准确度: DC 0~800V, $0.01\% \times \text{读数} + 0.005\% \times \text{满度}$; 电阻输出范围及准确度: $1m\Omega \sim 4.1k\Omega$; $\times 1k\Omega$ 、 100Ω 、 10Ω 、 1Ω 、 $100m\Omega$ 、 $10m\Omega$, 0.05% ; $\times 1m\Omega$ $0.1\% \pm 2u\Omega$
电池内阻测试仪校准装置	BT-1/BT12024 01	武汉启亦电气有限公司	电压输出范围及准确度: DC:0~12V, $0.1\% \times \text{读数} + 2mV$; 电阻输出范围及准确度: $1m\Omega \sim 10k\Omega$; $\times 1k\Omega$: $0.5\% \pm 2\Omega$; $\times 10\Omega$: $0.5\% \pm 2m\Omega$; $\times 1\Omega$: $0.5\% \pm 0.2m\Omega$; $\times 1m\Omega$: $0.5\% \pm 2u\Omega$
电池内阻测试仪校准装置	BT-2/BT22023 12	武汉启亦电气有限公司	电压输出范围及准确度: DC:2~12V, $0.1\% \times \text{读数} + 0.001V$; 电阻输出范围及准确度: $1m\Omega \sim 1\Omega$; $\times 100m\Omega$: $0.1\% \pm 0.1m\Omega$; $\times 10m\Omega$: $0.1\% \pm 10u\Omega$; \times $1m\Omega$: $0.1\% \pm 1u\Omega$
交流电阻箱	ZX123B/17211 07	镇江市计量实验工厂	电阻输出范围及准确度: $5\Omega \sim 10k\Omega$; 0.1 级

4、实验条件

环境温度：20 ℃±5 ℃；
相对湿度：60%±15%；
交流供电电压：220 V±22 V。
电源频率：50 Hz±0.5 Hz

5、实验分组与设计

本次验证工作将根据校准项目从被测对象、校准人员、校准方法三个方面开展，设计以下校准实验：

- 1) 被测对象验证：对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法，对不同被校对象的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、2、3 比对）
- 2) 校准人员验证：对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员进行校准的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、4 对比）
- 3) 校准方法验证：对比相同被校对象、使用不同标准器、不同校准方法，同一校准人员进行校准的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验 1、3、5 对比）

表 4 验证实验分组

实验分组	被校对象型号	校准单位	校准人员	校准次数
实验 1	DNB-2V	湖北省计量院	李艳、何媛	2
实验 2	ZX123B	湖北省计量院	严伟、何媛	3
实验 3	BT-1	湖北省计量院	李艳、何媛	2
实验 4	DNB-2V	武汉市龙成测控技术有限公司	荣忠利	2
实验 5	BT-1	湖北省计量院	李艳、杨栋	2

四、 验证数据结果与分析

1、被测对象验证：

对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法，对不同被校对象的校准结果，对其校准结果进行汇总与统计，得到下表。

表 5 不同被校对象数据对比

被检设备型号	被检标称值	实测值
DNB-2V	1m Ω	0.9989m Ω
	6 Ω	5.9991 Ω
	1k Ω	1.0003k Ω
	8V	8.00013V
ZX123B	6.25 Ω	6.2507
	1k Ω	1000.1
BT-1	1m Ω	0.9996m Ω
	1 Ω	1.000272 Ω
	1k Ω	1.000515k Ω
	8V	7.99935V

由试验可得，校准项目设计合理，符合校准设备计量性能需求。

2、校准人员验证：

对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员进行校准的校准结果进行汇总与统计，得到下表：

表 6 不同校准人员数据对比

被检 设备型号	被检 标称值	实测值		测量结果 之差 $ y_1 - y_2 $	测量不确定度 (k=2)
		荣中利	李艳		
DNB-2V	1m Ω	0.9989m Ω	0.9990m Ω	0.0001m Ω	0.0003m Ω
	6 Ω	5.9991 Ω	5.9994 Ω	0.0003 Ω	0.0003 Ω
	1k Ω	1.0003k Ω	1.0002k	0.1 Ω	0.3 Ω
	8V	8.00013V	8.00011V	0.00002V	0.00015V

此次试验，标准器和被校准对象及方法均相同，因此，两次校准的不确定度相同。此项验证需计算 2 次实验中主要参数的校准结果之差满足： $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ 。经验证，2 次实验中校准结果能满足校准规范计量特性要求，说明人员。

3、校准方法验证：

对比相同被校对象、使用相同标准器、不同校准方法，相同校准人员进行校准的校准结果，实验 1、实验 2 的校准原始记录见附录 1、3，对其校准结果进行汇总与统计，得到下表：

表 7 不同校准方法数据对比

被检设备 型号	被检标称值	实测值			
		直接测量法	标准源表法	同标称值 替代法	间接测量法
ZX123B	6.25 Ω	6.2507 Ω	---	6.2503 Ω	----
	测量不确定 度（ <i>k</i> =2）	0.021 Ω	---	0.018 Ω	----
被检设备 型号	被检标称值	实测值			
		直接测量法	标准源表法	同标称值 替代法	间接测量法
DNB-2V	1m Ω	---	0.9989m Ω	---	----
	8V	8.00013V			
	测量不确定 度（ <i>k</i> =2）	0.00015V	0.0003m Ω	---	----
被检设备 型号	被检标称值	实测值			
		直接测量法	标准源表法	同标称值 替代法	间接测量法
BT-1	1 Ω	1.0005 Ω	1.0003 Ω	1.0002	1.0001
	8V	7.99935V	---	---	---
	测量不确定 度（ <i>k</i> =2）	电阻：0.0001 Ω 电压：0.00015V	0.0003 Ω	0.0003 Ω	0.0003 Ω

经多次试验验证，每项校准项目的校准结果均能满足校准规范计量特性要求。

五、 验证报告结论

本次验证实验设计严谨，数据可靠，通过本次验证实验数据结果与分析，校准规范具备科学性与实用性。本次实验通过多组对照、重复测试、异常排查等设计，有效控制环境干扰与偶然误差，所有数据均经法定计量器具溯源，结果真实可追溯，可为规范优化与装置应用提供有力数据支撑。

规范中设定的校准项目全面覆盖装置核心性能，技术要求合理且符合行业实际需求；规范采用的多种校准方法科学可靠，与省外同行采用方法一致，操作流程简便、所需设备易获取，具备强实操性，可作为电池内阻测试仪校准装置的规范性文件。

因此按照规范的方法和条款能开展电池内阻测试仪校准装置的校准工作，能顺利完成相应指标的测量。此次实验表明规范的校准项目及方法合理可行，实用性和可操作性，校准结果均能够较好地反映被检设备的计量性能与状态，保证电池内阻测试仪校准装置的计量性能准确可靠。