

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) ×××-××××

家用电器用锂离子电池测试环境
试验舱校准规范

Calibration Specification for Environmental Test Chambers for
Testing Lithium-ion Batteries of Household Appliances
(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

家用电器用锂离子电池测试环境 试验舱校准规范

Calibration Specification for Environmental Test
Chambers for Testing Lithium-ion Batteries of
Household Appliances

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

参加起草单位：中国家用电器研究院

本规范由主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

吴嘉宝（中国家用电器研究院）

李 伟（中国家用电器研究院）

曹瑞林（中国家用电器研究院）

参加起草人：

李 强（中国家用电器研究院）

赵 哲（中国家用电器研究院）

张 健（中国家用电器研究院）

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.....	3
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.....	11
9 复校时间间隔.....	12
附录 A 校准结果不确定度评定示例 (参考件)	13
附录 B 校准原始记录格式 (参考件)	18
附录 C 校准证书内页格式 (参考件)	21

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。

家用电器用锂离子电池测试环境试验舱校准规范

1 范围

本规范适用于家用电器用锂离子电池测试环境试验舱的校准，具有相同测试原理的其他试验装置也可参考使用。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1101 环境试验设备温度、湿度校准规范

JJF 2119 低气压试验箱校准规范

JJF（轻工）183 家用电器直流电参数测量系统校准规范

GB 8897.4 原电池 第4部分：锂电池的安全要求

GB/T 10590 高低温/低气压试验箱技术条件

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

GB/T 10590 界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

锂离子电池测试环境试验舱（以下简称“试验舱”）可实现多种环境要素耦合，对电池进行单一或耦合测试的试验舱。试验舱具备模拟自然环境中温度、气压环境条件，以及模拟高空、机械损伤、电滥用、热滥用等一些特殊情况，提供多种外部条件叠加的测试环境。试验舱主要包括试验舱体、腔体、压力控制系统、温度控制系统、电参数控制系统、辅助测试系统以及数据采集分析处理系统等。试验舱广泛应用于家用电器用锂离子电池等领域。试验舱示意图如图1所示。

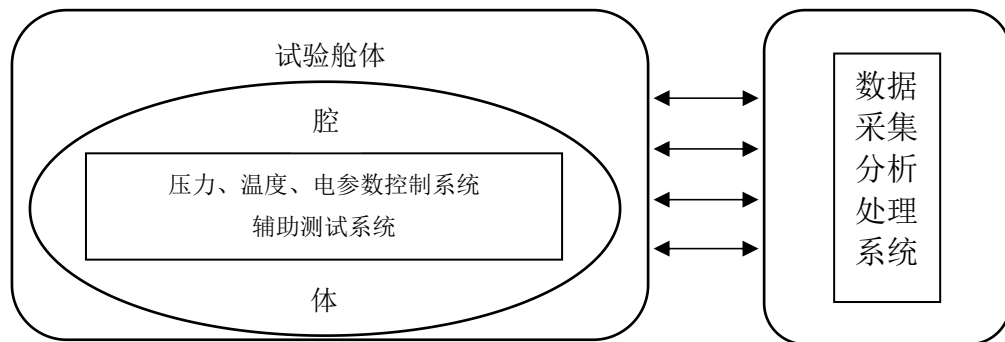


图1 试验舱示意图

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	技术要求
气压示值误差	MPE: $\pm 0.5\text{kPa}$
温度偏差	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
温度均匀度	$\leq 2.0^{\circ}\text{C}$
温度波动度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
温度变化速率	$(0.2\sim 5)^{\circ}\text{C}/\text{min}$
直流电压	MPE: $\pm 0.5\%$
直流电流	MPE: $\pm 0.5\%$
直流功率	MPE: $\pm 0.5\%$
试验时间	MPE: $\pm 0.1\%$
注：1、对技术要求另有要求的试验舱，按有关技术文件规定的要求进行校准。 2、以上指标要求仅供参考，不用于合格性判定。	

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，湿度： $\leq 75\%\text{RH}$ 。

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

6.1.3 环境大气压力： $(80\sim 106)\text{kPa}$ 。

6.1.4 无阳光直接照射或其他冷、热源直接辐射。

6.1.5 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

校准所用测量标准及其它设备见表2。

表 2 校准用测量标准及其它设备

序号	设备名称	技术要求
1	压力测量标准	测量范围：(0~120) kPa 绝压 分辨力：不低于 0.01kPa 最大允许误差不超过试验舱气压示值误差允许值的 1/3
2	温度测量标准	测量范围：(-80~200) °C 分辨力：不低于 0.01°C 最大允许误差：±(0.15°C+0.002× t)
3	电子秒表	最大允许误差：≤1h：±0.10s
4	直流功率标准源 或直流功率标准表	电压、电流和功率覆盖被校电参数测量范围 最大允许误差：±0.1%
注：1.除上表规定的测量标准外，也可使用其他符合要求的计量器具作为测量标准。 2.温度测量标准的最大允许误差为传感器和采集设备的整体性能要求。 3.压力测量标准、温度测量标准测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校参量实际校准范围为准。 4. t 为温度的绝对值，单位为°C。		

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

试验舱校准项目见表 3。

表 3 校准项目表

序 号	校准项目	校准方法条款
1	气压示值误差	7.2.2
2	温度偏差	7.2.3
3	温度均匀度	7.2.3
4	温度波动度	7.2.3
5	温度变化速率	7.2.4
6	直流电压	7.2.5
7	直流电流	7.2.6
8	直流功率	7.2.7
9	试验时间	7.2.8

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

试验舱的外形结构应完好，部件牢固；显示装置显示数据准确清晰，单位符号符合相关标准，控制装置按键灵活可靠功能正常，无影响计量性能的缺陷。

试验舱密封应良好，在试验舱密闭的条件下，工作空间内气压应能抽到最低的压力校准点。

7.2.2 气压示值误差校准

在试验舱气压可调范围内，一般根据客户需求选取具有代表性的气压校准点 11.6kPa 等，也可根据客户需求选取其他校准点。

将压力标准器与试验舱工作空间连通，尽可能靠近工作空间，如果标准器使用内置式传感器，可以将传感器放置到试验舱腔体中心位置。

将试验舱气压值设定到选取的校准点上，使试验舱内气压降至设定点，待稳定 15min 后，每隔 2min 记录一次压力标准器的气压值和试验舱的显示值，共记录 10 次。气压校准一般在常温下进行，如果客户需要在不同温度下试验，应在记录和证书中注明。

试验舱气压示值误差按照公式 (1) 计算：

$$\Delta p_i = p_{id} - p_{is} \quad (1)$$

式中：

Δp_i ——各次测量气压示值误差，kPa；

p_{id} ——各次测量中压力测量标准实测气压值，kPa；

p_{is} ——各次测量中试验舱显示值，kPa。

7.2.3 温度偏差、均匀度、波动度校准

7.2.3.1 温度校准点的选择

在试验舱温度可调范围内，校准点一般根据用户需要选择常用的温度点进行，例如 -40℃、55℃、75℃等，或选择设备使用范围的下限、上限和中间点。

7.2.3.2 温度测量点位置和数量

试验舱温度测试点位置和数量可按照以下要求布置，也可根据用户实际工作需求进行布置。

温度传感器布点时将试验舱的工作空间分为上、中、下（或前、中、后）三层，将一定数量的温度传感器布放在其中规定的位置上，传感器应避免冷热源直接辐射；温度测量点用英文字母 O、A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、N、U 表示。

测试点 E、O、U 为各层的几何中心，O 为试验舱工作空间的几何中心点（以下简称中心点），其他测试点的位置与试验舱内壁（如遇到风道时，则与出风口或进风口）的距离为工作空间各自边长（圆形试验舱为工作空间直径）的 1/10，但最大距离不能大

于 500 mm，最小距离不能小于 50mm。如果试验舱带有样品架或样品车时，下层测量点可布放在底层样品架或样品车上方 10mm 处。

试验舱的工作空间容积小于或等于 2m^3 时，温度测试点为 9 个，布放位置如图 2、图 3 所示。

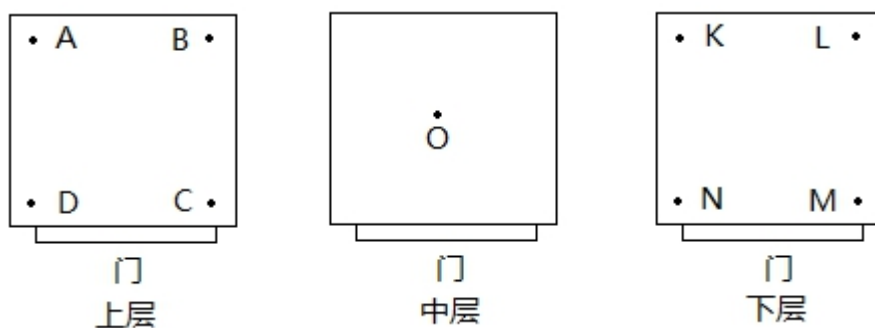


图 2 方形试验舱

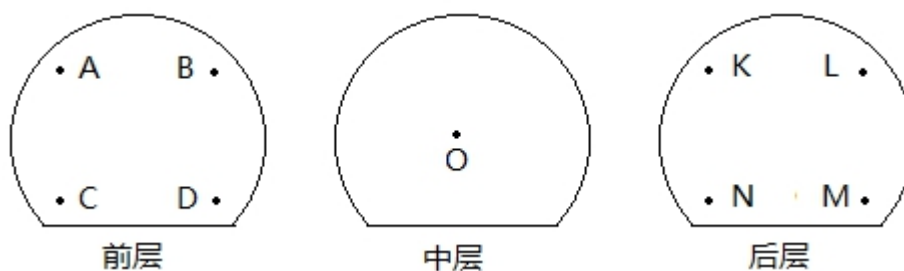


图 3 圆形试验舱（筒形卧式试验舱）

试验舱工作空间容积大于 2m^3 时，温度测试点为 15 个，布放位置如图 4、图 5 所示。

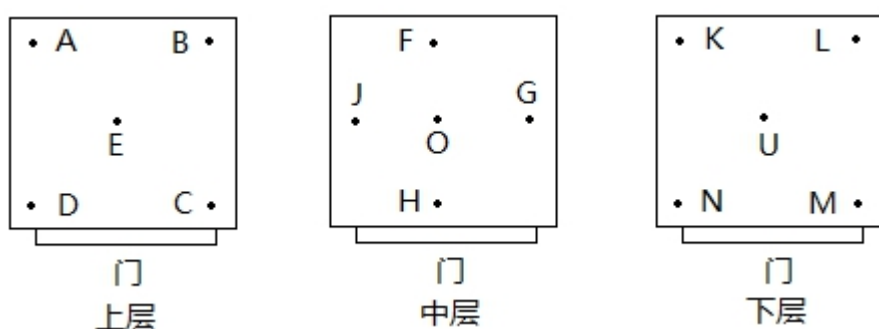


图 4 方形试验舱

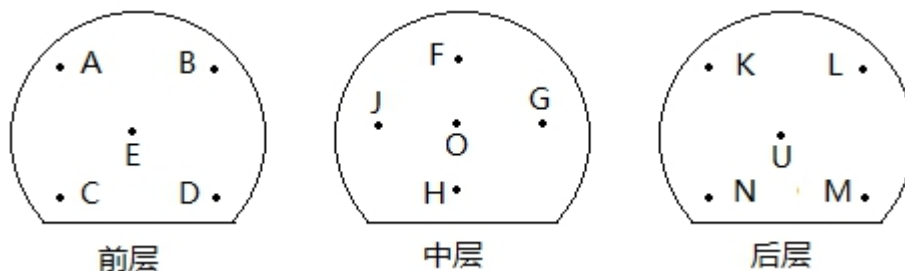


图 5 圆形试验舱（筒形卧式试验舱）

对于试验舱工作空间容积小于 0.1m^3 的，测试点可以减少至 5 点（去掉 9 点布点位置中的 B、D、K、M），也可根据客户需要增加对可疑点进行校准。

对于其他形状的试验舱，测试点数量和位置可参照上述规定执行。

7.2.3.3 校准步骤

常压下温度的校准。首先保证工作空间内气压与大气相通，在试验舱可调范围内，将温度设定到选定的校准点，温度达到设定值 60min 后，可以开始记录数据，如箱内温度仍未稳定，可按实际情况延长至 120min。记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 15 组数据，或根据试验舱运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录和校准证书中进行说明。

温度低气压综合校准。在常压下，先将试验舱设定到校准温度点，温度达到设定值 120min 后，开启降压设备，降至试验气压，待气压和温度再次达到稳定状态后，可以开始记录数据。记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 15 组数据，或根据试验舱运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录和校准证书中进行说明。（低温低气压试验时，试验气压一般不低于 4kPa，高温低气压试验时，试验气压一般不低于 10kPa）。

试验舱温度偏差按照公式（2）、（3）计算：

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s \quad (2)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_s \quad (3)$$

式中：

$\Delta T_{\max}$ —— 温度上偏差，℃；

$\Delta T_{\min}$ —— 温度下偏差，℃；

$T_{\max}$ —— 各测量点在 30min 内实测的最高温度，℃；

$T_{\min}$ —— 各测量点在 30min 内实测的最低温度，℃；

T_s —— 试验舱设定温度，℃。

试验舱在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值为试验舱的温度均匀度，按照公式（4）计算：

$$\Delta T_u = \sum_{i=1}^n (T_{i\max} - T_{i\min}) / n \quad (4)$$

式中：

ΔT_u —— 温度均匀度，℃；

$T_{i\max}$ —— 各测量点在第 i 次测得的最高温度，℃；

T_{imin} —— 各测量点在第 i 次测得的最低温度, $^{\circ}\text{C}$;

n —— 测量次数。

试验舱在稳定状态下, 工作空间各测量点 30min 内 (每 2min 测试一次) 实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以 “ $\pm$ ” 号, 取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度, 按照公式 (5) 计算:

$$\Delta T_f = \pm \max[(T_{\text{jmax}} - T_{\text{jmin}})/2] \quad (5)$$

式中:

ΔT_f —— 温度波动度, $^{\circ}\text{C}$;

T_{jmax} —— 测量点 j 在 30min 内实测的最高温度, $^{\circ}\text{C}$;

T_{jmin} —— 测量点 j 在 30min 内实测的最低温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.4 温度变化速率校准

将试验舱的温度设定在 T_1 初始温度, 待试验舱温度测试点 O 达到设定温度后稳定至少 10min 或按照使用说明书要求的稳定时间, 用电子秒表记录温度从 T_1 初始温度降 (升) 至 T_2 最终温度的时间, 温度变化速率按公式 (6) 计算:

$$v_{\text{it}} = \frac{|T_1 - T_2|}{\Delta t} \quad (6)$$

式中:

v_{it} —— 温度变化速率, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$;

T_1 —— 温度设置初始温度, $^{\circ}\text{C}$;

T_2 —— 温度降 (升) 至最终温度, $^{\circ}\text{C}$;

Δt —— 实测温度从 T_1 降 (升) 至 T_2 所经历的时间, min。

7.2.5 直流电压校准

直流电压校准点需要在被校仪表的基本量程中选取不少于 3 个校准点, 非基本量程中选取不少于 2 个校准点, 作为正极性校准点, 选点应包括基本量程的 10% 点和 100% 点, 且均匀分布。此外还需要在基本量程中选取不少于 1 个点作为负极性校准点进行校准, 必要时, 可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.5.1 标准源法

a) 校准线路接线如图 6 所示;

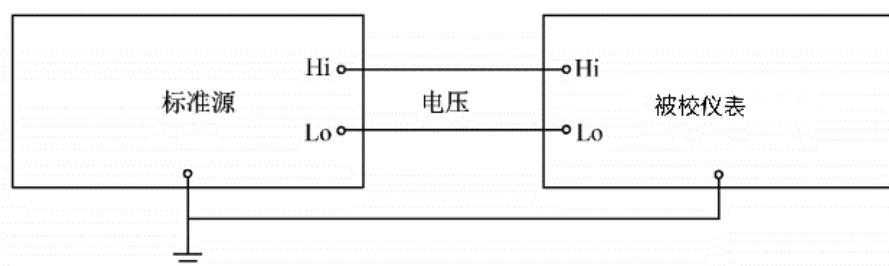


图 6 标准源法直流电压校准接线图

注：图中 Hi、Lo 为同名端。

b) 根据选择的校准点调节标准源的输出值，从低到高逐一调节到选定校准点，读取并记录被校仪表的示值。设标准源输出直流电压值为标准器的示值 U_S ，被校仪表示值为 U_X ，则被校仪表直流电压示值误差按式 (7) 计算：

$$\Delta U = U_X - U_S \quad (7)$$

被校仪表直流电压相对示值误差按式 (8) 计算：

$$\gamma_U = \frac{\Delta U}{U_S} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

ΔU ——直流电压示值误差，V；

γ_U ——直流电压相对示值误差，%；

U_X ——被校仪表直流电压示值，V；

U_S ——标准器直流电压示值，V。

7.2.5.2 标准表法

a) 校准线路接线如图 7 所示：

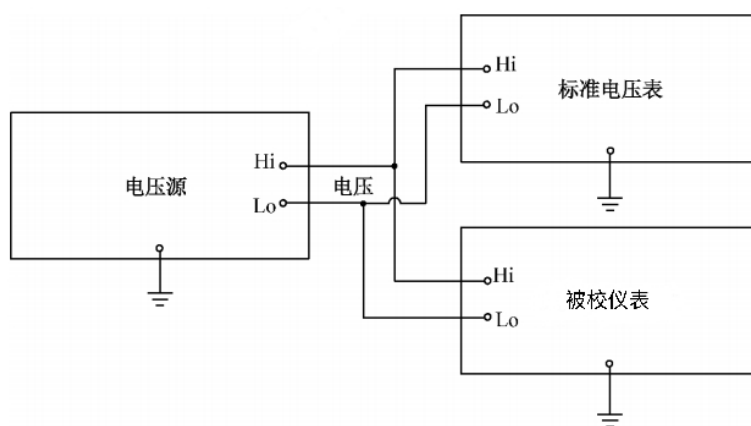


图 7 标准表法直流电压校准接线图

b) 根据选择的校准点调节电压源输出值，从低到高逐一调节输出直流电压值，使标准电压表的显示值为选定校准点，读取并记录标准表与被校仪表的示值。设标准表显示直流电压值为标准器的示值 U_S ，被校仪表示值为 U_X ，则被校仪表直流电压示值误差按式 (7) 计算，被校仪表直流电压相对示值误差按式 (8) 计算。

7.2.6 直流电流校准

直流电流示值误差校准点需要在被校仪表的基本量程中选取不少于 3 个校准点，非基本量程中选取不少于 2 个校准点，作为正极性校准点，选点应包括基本量程的 10% 点和 100% 点，且均匀分布。此外还需要在基本量程中选取不少于 1 个点作为负极性校准点进行校准，必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.6.1 标准源法

a) 校准线路接线如图 8 所示；

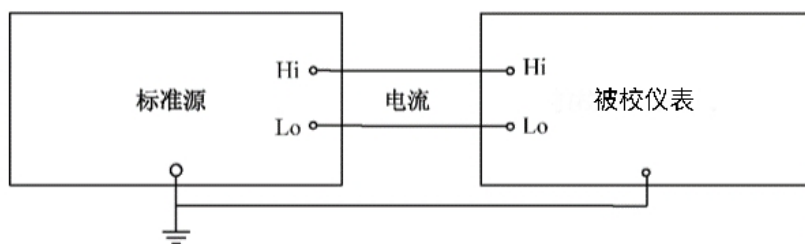


图8 标准源法直流电流校准接线图

b) 根据选择的校准点调节标准源的输出值，从低到高逐一调节到选定校准点，读取并记录被校仪表的示值。设标准源输出直流电流值为标准器的示值 I_S ，被校仪表示值为 I_X ，则被校仪表直流电流示值误差按式（9）计算。

$$\Delta I = I_X - I_S \quad (9)$$

被校仪表直流电流相对示值误差按式（10）计算。

$$\gamma_I = \frac{\Delta I}{I_S} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

ΔI ——直流电流示值误差，mA 或 A；

γ_I ——直流电流相对示值误差，%；

I_X ——被校仪表直流电流示值，mA 或 A；

I_S ——标准器直流电流示值，mA 或 A。

7.2.6.2 标准表法

a) 校准线路接线如图9所示：

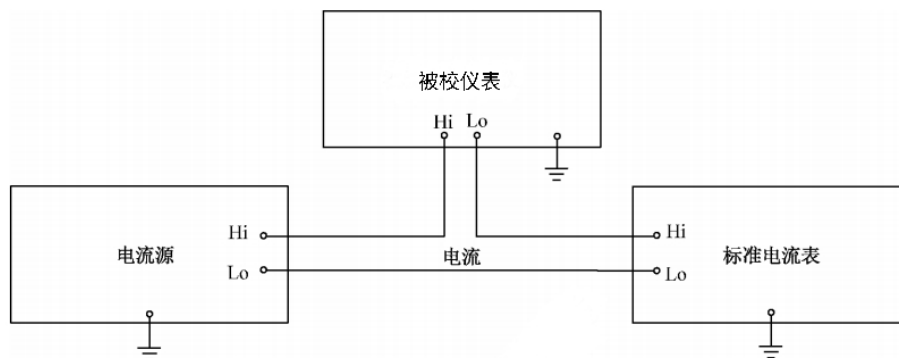


图9 标准表法直流电流校准接线图

b) 根据选择的校准点调节电流源输出值，从低到高逐一调节输出直流电流值，使标准电流表的显示值为选定校准点，读取并记录标准表与被校仪表的示值。设标准表显示直流电流值为标准器的示值 I_S ，被校仪表示值为 I_X ，则被校仪表直流电流示值误差按式（9）计算，被校仪表直流电压相对示值误差按式（10）计算。

7.2.7 直流功率校准

直流功率示值误差校准点需要在被校仪表的基本量程中选取不少于3个校准点，非基本量程中选取不少于2个校准点作为正极性校准点，选点应包括基本量程的10%点和100%点，且均匀分布。此外还需要在基本量程中选取不少于1个点作为负极性校准点进行校准。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.7.1 标准源法

a) 校准线路接线如图 10 所示:

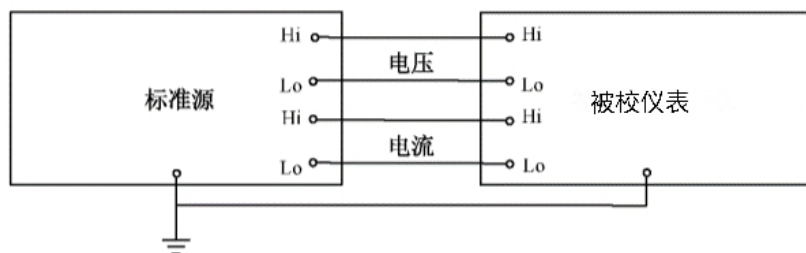


图 10 标准源法直流功率校准接线图

b) 根据选择的校准点调节标准源的输出值，从低到高逐一调节到选定校准点，读取并记录被校仪表的示值。设标准源输出直流功率值为标准器的示值 P_S ，被校仪表示值为 P_X ，则被校仪表直流功率示值误差按式 (11) 计算。

$$\Delta P = P_X - P_S \quad (11)$$

被校仪表直流功率相对示值误差按式 (12) 计算。

$$\gamma_P = \frac{\Delta P}{P_S} \times 100\% \quad (12)$$

式中:

ΔP ——直流功率示值误差, W;

γ_P ——直流功率相对示值误差, %;

P_X ——被校仪表直流功率示值, W;

P_S ——标准器直流功率示值, W。

7.2.7.2 标准表法

a) 校准线路接线如图 11 所示:

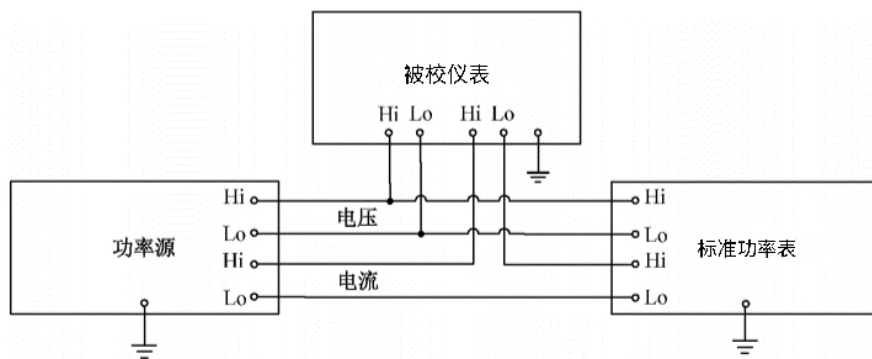


图 11 标准表法直流功率校准接线图

b) 根据选择的校准点调节功率源输出值，从低到高逐一调节输出直流功率值，使标准功率表的显示值为选定校准点，读取并记录标准表与被校仪表的示值。设标准表显示直流功率值为标准器的示值 P_S ，被校仪表示值为 P_X ，则被校仪表直流功率示值误差按式 (11) 计算，被校仪表直流功率相对示值误差按式 (12) 计算。

7.2.8 试验时间校准

试验时间校准点一般选取 30min、60min。必要时，可根据用户需求增加校准点。

设定试验时间，正常启动试验舱计时功能的同时，使用电子秒表进行计时，计时停止时，读取电子秒表的数值和试验时间的显示值。则试验时间示值误差按式（13）计算：

$$\Delta T = T_{Xtime} - T_{Stime} \quad (13)$$

式中：

ΔT ——试验时间示值误差，min 或 h；

T_{Xtime} ——试验时间设定值，min 或 h；

T_{Stime} ——电子秒表实测值，min 或 h。

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) 检测装置名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与试验装置的地址不同）；
- 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试验舱的使用情况、使用者、试验舱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

校准结果不确定度评定示例（参考件）

A.1 气压示值误差测量结果不确定度评定

A.1.1 测量模型

试验舱气压示值误差按照下列公式计算：

$$\Delta p = p_d - p_s \quad (\text{A.1})$$

式中:

Δp ——气压示值误差, kPa;

p_d ——测量中压力测量标准实测气压值, kPa;

p_s ——测量中试验舱显示值, kPa。

A. 1. 2 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 :

对 11.6kPa 校准点按照方法进行 10 次重复测量, 每次测量值为 p_i , 平均值为 $\bar{p}$,

按照下式计算算数平均值 $\bar{p}$ 的实验标准差 $s(\bar{p})$ 为:

$$s(\bar{p}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(p_i - \bar{p})^2}{n(n-1)}} \approx 0.002 \text{ kPa}$$

则由 10 次重复测量引入的不确定分量 $u_1 = s(\bar{p}) = 0.002 \text{ kPa}$

A. 1. 3 压力标准器引入的标准不确定度 u_2 :

压力测量标准是 0.02 级, 测量范围为 (0~160) kPa, 服从均匀分布, 则压力测量标准引入的不确定度分量为:

$$u_2 = \frac{0.02\% \times 160 \text{ kPa}}{\sqrt{3}} \approx 0.018 \text{ kPa}$$

A. 1. 4 合成标准不确定度的计算

A. 1. 4. 1 标准不确定度分量汇总见表 A.1。

表 A. 1 标准不确定度分量汇总

标准 不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u_i 值	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_1	测量重复性引入的标准不确定度	0.002kPa	1	0.002kPa
u_2	压力标准器引入的标准不确定度	0.018kPa	-1	0.018kPa

A. 1. 4. 2 试验舱气压示值误差校准结果合成标准不确定度 u_c 计算

则合成标准不确定度 u_c 按下式计算:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 0.018 \text{ kPa}$$

A. 1. 5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 气压示值误差校准结果的扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 0.036 \text{ kPa}$$

A.2 温度上偏差测量结果不确定度评定

A.2.1 测量模型

温度上偏差按照下列公式计算：

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s \quad (\text{A.2})$$

式中：

$\Delta T_{\max}$ —— 温度上偏差，℃；

$T_{\max}$ —— 各测量点在 30min 内实测的最高温度，℃；

T_s —— 试验舱设定温度，℃。

A.2.2 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1 ：

对被测设备进行 10 次重复测量，计算每次测量的温度上偏差如下：

$\Delta t_{\max}$: 0.26, 0.19, 0.25, 0.28, 0.24, 0.21, 0.18, 0.28, 0.24, 0.20；

用贝塞尔公式计算标准偏差，则由重复测量引入的标准不确定度分别为：

$$u_1(\Delta t_{\max}) = s(\Delta t_{\max}) = 0.036^\circ\text{C}$$

A.2.3 标准器修正值及稳定性引入的不确定度分量 u_2 ：

A.2.3.1 标准器温度修正值引入的标准不确定度分量 u_{21} ：

标准器温度修正值的不确定度 $U = 0.04^\circ\text{C}$ ($k=2$)，则标准器温度修正值引入的标准不确定度分量 u_{21} ：

$$u_{21} = \frac{U}{k} = 0.02^\circ\text{C}$$

A.2.3.2 标准器温度稳定性引入的标准不确定度分量 u_{22} ：

标准器温度稳定性取经验值 0.10°C ，区间半宽为 0.05°C ，均匀分布，由此引入的标准不确定度为：

$$u_{22} = \frac{0.05^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.03^\circ\text{C}$$

A.2.3.3 标准器引入的标准不确定度 u_2 计算

由于 u_{21} 、 u_{22} 互不相关，因此：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = 0.036^\circ\text{C}$$

A. 2. 4 合成标准不确定度的计算

A. 2. 4. 1 标准不确定度分量汇总表 A. 2

表 A. 2 标准不确定度分量汇总

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u_i 值	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_1	温度偏差测量重复性引入的标准不确定度	0.036℃	1	0.036℃
u_2	标准器温度修正值及稳定性引入的标准不确定度	0.036℃	-1	0.036℃

A. 2. 4. 2 温度上偏差校准结果合成标准不确定度 u_c 计算

则合成标准不确定度 u_c 按下式计算：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 0.05^\circ\text{C}$$

A. 2. 5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，温度上偏差校准结果的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 0.10^\circ\text{C}$$

A. 3 直流功率测量结果不确定度评定

A. 3. 1 测量模型

直流功率示值误差按照下列公式计算：

$$\Delta P = P_X - P_B \quad (\text{A.3})$$

式中：

ΔP —— 被校直流功率示值误差，W；

P_X —— 被校直流功率显示值，W；

P_B —— 功率标准值，W。

A. 3. 2 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ：

将功率标准源输出功率设定值为 200W，由被校电参数测量系统在相同条件下重复测量 10 次，每次测量值为 p_i ，平均值为 $\bar{p}$ ，按照下式计算算数平均值 $\bar{p}$ 的实验标准差 $s(\bar{p})$ 为：

$$s(\bar{p}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - \bar{P})^2}{n(n-1)}} \approx 0.01\text{W}$$

A.3.3 标准器准确度引入的标准不确定度 u_2

依据功率标准源技术指标：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：

$$u_2 = \frac{0.05\% \times 200}{\sqrt{3}} = 0.06\text{W}$$

A.3.4 合成标准不确定度

A.3.4.1 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

标准 不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u_i 值	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_1	测量重复性引入的标准不确定度	0.01W	1	0.01W
u_2	标准器准确度引入的标准不确定度	0.06W	-1	0.06W

A.3.4.2 直流功率校准结果合成标准不确定度 u_c 计算

则合成标准不确定度 u_c 按下式计算：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 0.06\text{W}$$

A.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，直流功率为 200 W 时，其校准结果的扩展不确定度：

$$U_{\text{rel}} = \frac{k \cdot u_c}{P_X} = 0.03\% \quad (k=2)$$

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 气压示值误差校准:

设定点: kPa				
次数	标准器 示值/kPa	试验舱 显示值/kPa	示值误差/kPa	$U(k=2)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

B.2 温度偏差、均匀度、波动度校准:

温度调节范围: °C; 校准温度: °C; 工作空间气压: kPa。

时间	次数	温度 /℃									最大值	最小值	均匀度
		A	B	C	D	O	K	L	M	N	$t_{i\max}/^{\circ}\text{C}$	$t_{i\min}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_u/^{\circ}\text{C}$
	1												
	2												
	3												
	⋮												
	14												
	15												
最大值											——	——	
最小值											——	——	——
温度上偏差：℃温度均匀度：℃温度波动度：℃													
温度下偏差：℃													
传感器布点图：													

B.3 温度变化速率校准:

开始时间	初始温度	到达时间	最终温度	经历时间	变化速率	$U(k=2)$

B.4 直流电压、直流电流、直流功率校准:

直流电压 (V)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$
直流电流 (A)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$
直流功率 (W)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$

B.5 试验时间:

设定值	实测值	示值误差	$U(k=2)$

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	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

证书编号: XXXX—XXXX

校 准 结 果

C.1 气压示值误差校准:

次数	校准点/kPa	示值误差/kPa	$U(k=2)$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

C.2 温度偏差、均匀度、波动度校准:

温度校准点	温度参量	校准结果/℃	$U(k=2)$
	温度上偏差		
	温度下偏差		
	温度均匀度		
	温度波动度		
温度校准点	温度参量	校准结果/℃	$U(k=2)$
	温度上偏差		
	温度下偏差		
	温度均匀度		
	温度波动度		

C.3 温度变化速率校准:

初始温度	最终温度	经历时间	变化速率	$U(k=2)$

C.4 直流电压、直流电流、直流功率校准:

直流电压 (V)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$

第 页, 共 页

证书编号: XXXX—XXXX

直流电流 (A)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$
直流功率 (W)			
标准值	被校准示值	示值误差	$U(k=2)$

C.5 试验时间:

设定值	实测值	示值误差	$U(k=2)$

校准员:

核验员:

