

天津市地方计量技术规范

JJF(津)XX-2024

太阳能电池特性测试仪校准规范

Calibration Specification for Solar cell characteristic tester

(报批稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

太阳能电池特性测试仪校准规范

Calibration Specification for
Solar cell characteristic tester

JJF(津) XX-2024

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

刘 宇 (天津市计量监督检测科学研究院)

翟家强 (天津市计量监督检测科学研究院)

冯 宇 (天津市计量监督检测科学研究院)

参加起草人：

柳云秀 (天津市计量监督检测科学研究院)

周 超 (天津市计量监督检测科学研究院)

楚 铭 (天津市计量监督检测科学研究院)

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 短路电流(Isc) Short-Circuit Current	(1)
3.2 开路电压(Voc) Open-Circuit Voltage	(1)
3.3 数据采集系统 Data Acquisition System	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 短路电流	(2)
5.2 开路电压	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 校准项目	(2)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果的表达	(4)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 太阳电池 I-V 测试仪校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 校准证书内页格式	(8)
附录 C 测量不确定度评定示例	(10)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》进行编制。

本规范为首次制定。

太阳能电池特性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于太阳模拟器所用的太阳能电池特性测试仪（包括单体太阳能电池、太阳能电池组件）的校准。

本规范不适用于便携式太阳能电池特性测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1615—2017 太阳模拟器校准规范

SJ/T 11061-1996 太阳能电池电性能测试设备检验方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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 短路电流（ I_{sc} ） Short-Circuit Current

在一定的温度和辐照度条件下，光伏器件在端电压为零（短路）时的输出电流。

3.2 开路电压（ V_{oc} ） Open-Circuit Voltage

在一定的温度和辐照度条件下，光伏器件在空载（开路）时的输出电压。

3.3 数据采集系统 Data Acquisition System

具有电压电流测量功能，可在不影响原有测量电路中电信号传播的前提下接入太阳能电池特性测试仪的测量电路。

4 概述

太阳能电池特性测试仪主要用于测量太阳能电池的电学输出特性，通过模拟负载电路在短路状态与开路状态之间的变化，测量太阳能电池在不同负载条件下输出电压电流特性，并根据所测数据进行数据分析及曲线拟合，得出被校准太阳能电池的电压电流特性曲线以及开路电压（ V_{oc} ）、短路电流（ I_{sc} ）等参数。模拟负载电路需具备 SJ/T 11061-1996《太阳能电池电性能测试设备检验方法》中所规定的电子负载的功能。

太阳能电池特性测试仪部分测量结果经过数学拟合处理，存在拟合误差，与选用的拟

合算法相关，而开路电压（ V_{oc} ）与短路电流（ I_{sc} ）为实测数据得出，因此本规范针对太阳能电池特性测试仪原理，选择对其电压电流测量功能进行校准，比对其开路电压与短路电流测量结果。校准方法采用比对方法，通过数据采集系统与被测太阳能电池特性测试仪同步测量太阳能电池的输出电压电流，比对测量结果。太阳能电池的输出信号分成两路，一路接入被测太阳能电池特性测试仪，另一路接入数据采集系统，数据采集系统通过虚拟仪器实现对输入电压电流信号的测量，并通过编程模拟太阳能电池特性测试仪测量结果的处理与分析，得出相应的开路电压（ V_{oc} ）与短路电流（ I_{sc} ）。

5 计量特性

5.1 短路电流

测量范围：10 μ A~30A；

最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

5.2 开路电压

测量范围：20mV~100V；

最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

注：具体计量特性可参照被校测量仪的技术要求。以上技术指标不作合格性判别。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（25 \pm 2） $^{\circ}$ C。

6.1.2 相对湿度： $\leq 75\%$ 。

6.1.3 周围无影响校准工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 数据采集系统

6.2.1.1 直流电流：10 μ A~30A；最大允许误差： $\leq \pm 0.05\%$ 。

6.2.1.2 直流电压：20mV~1000V；最大允许误差： $\leq \pm 0.05\%$ 。

6.2.1.3 采样速率：不低于1Ms/s。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

太阳能电池特性测试仪校准项目见表 1。

表 1 太阳能电池特性测试仪校准项目

序号	项目名称	计量特性的条款	校准方法的条款
1	短路电流	5.1	7.2.3
2	开路电压	5.2	7.2.3

7.2 校准方法

7.2.1 通电检查

启动被校准太阳能电池特性测试仪，并严格按使用说明书进行预热。将被校准太阳能电池特性测试仪与相应太阳能电池连接，调整被校准太阳能电池特性测试仪参数，使其处于正常工作状态，并进行一次电压电流曲线测量，以便确认被校准太阳能电池特性测试仪工作正常。

7.2.2 开路电压、短路电流校准

7.2.2.1 在被校准太阳能电池特性测试仪电压测量端、电流测量端连接被测太阳能电池，然后将数据采集系统串入太阳能电池特性测试仪的测量电路，如图1所示。数据采集系统及组成应符合JJF 1615-2017《太阳模拟器校准规范》图2的要求。

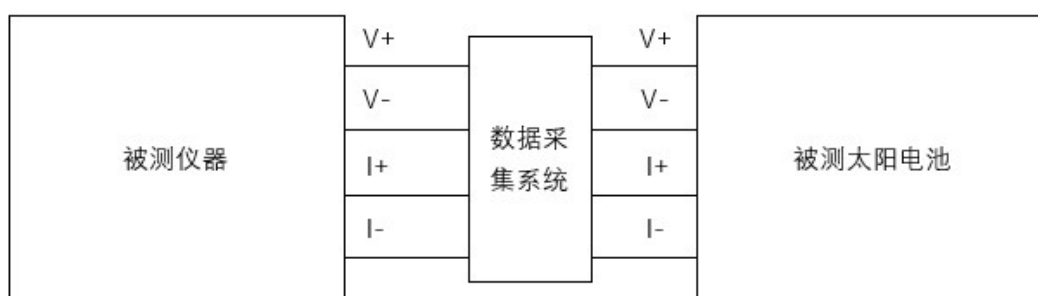


图 1 太阳能电池特性测试仪校准连接框图

7.2.2.2 打开数据采集系统测量软件，设置采样速率（至少应为被校准太阳能电池特性测试仪测样速率的两倍）。

7.2.2.3 启动被校准太阳电池特性测试仪，对太阳电池组件进行电压电流特性曲线测试，同时启动数据采集系统，对太阳电池组件的输出进行测量，比较数据采集系统与太阳电池特性测试仪的测量结果。

7.2.2.4 重复上述过程5次，取5次结果的平均值作为最终开路电压、短路电流校准结果，并根据式(1)给出修正系数。

$$K = \frac{\alpha}{\beta} \quad (1)$$

式中：

K——为开路电压或短路电流的修正系数；

α ——为开路电压或短路电流的标准仪器5次测量结果平均值，V或A；

β ——为开路电压或短路电流的被测仪器5次测量结果平均值，V或A。

8 校准结果的表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识，每页及总页数的标识；
- e) 客户的地址和名称；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 校准的日期，若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) 若与校准结果的有效性应用相关时，应对被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) 本次校准所有测量标准的溯源性及有效性的说明；
- 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) 对校准规范的偏离说明；

- n) 校准证书签发人的签名或等效标识;
- 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。

8.2 校准原始记录格式见附录 A, 校准证书内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。使用单位也可根据实际使用情况, 自主决定复校时间间隔。

附录 A

太阳能电池特性测试仪校准原始记录参考格式

仪器/样品信息						
委托（报检）单位名称：						
委托（报检）单位地址：						
仪器/样品名称：				型号规格：		
制造厂/商：				测量范围：		
准确度等级：				出厂编号：		
其它说明： <input type="checkbox"/> 送样 <input type="checkbox"/> 现场 <input type="checkbox"/> 抽样 <input type="checkbox"/> 其它						
测量信息						
序号	标准器名称	型号规格	编号	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期至
标准器及配套设备使用前状态是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明：						
标准器及配套设备使用后状态是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明：						
校准依据：						
测量地点：				测量日期：		
环境温度： °C				环境湿度： %RH		
结论：						
测量结果扩展不确定度：						
测量人员：				核验人员：		

记录编号

证书编号

1. 外观检查:
2. 通电检查:
3. 开路电压、短路电流校准:

短路 电 流 I_{sc}	测量次数	标准仪器测量值	被测仪器示值	修正系数
	1			—
	2			—
	3			—
	4			—
	5			—
	平均值			
开 路 电 压 V_{oc}	测量次数	标准仪器测量值	被测仪器示值	修正系数
	1			—
	2			—
	3			—
	4			—
	5			—
	平均值			

附录 B

校准证书内页格式

B.1 校准证书内页（第 2 页）格式

证书编号：XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明			
校准所依据的技术文件（代号、名称）：			
校准所使用的主要计量器具：			
名 称	型号/规格	不确定度/准确度等级	证书编号
校准地点及其环境条件：			
地点：			
温度：	相对湿度：	其他：	

注：

1. 未经实验室书面批准，不得部分复制本证书；
2. 本证书的校准结果仅对所校准的样品有效；
3. 本证书封面未加盖校准专用章无效。

B.2 校准证书校准结果页格式

证书编号: XXXXXX-XXXX

校准结果

短路 电流 I_{sc}	测量次数	标准仪器测量值	被测仪器示值	修正系数
	1			—
	2			—
	3			—
	4			—
	5			—
	平均值			
开路 电压 V_{oc}	测量次数	标准仪器测量值	被测仪器示值	修正系数
	1			—
	2			—
	3			—
	4			—
	5			—
	平均值			

附录 C

测量不确定度评定示例

太阳能电池特性测试仪短路电流测量不确定度评定

C.1 测量方法

使用数据采集系统和被校准太阳能电池特性测试仪在同等测试条件下测量同一太阳能电池的电流电压特性曲线，分别记录数据采集系统和被校准太阳能电池特性测试仪的短路电流值，短路电流的修正系数按公式 (C.1) 计算。

C.2 测量模型

$$\gamma_I = \frac{I_0}{I_x} \quad (\text{C.1})$$

式中：

γ_I —— 短路电流的修正系数；

I_0 —— 数据采集系统测得的短路电流实际值，A；

I_x —— 被校准太阳能电池特性测试仪短路电流的显示值，A。

C.3 不确定度来源

C.3.1 被校准太阳能电池特性测试仪短路电流示值引入的不确定度分量 $u(I_x)$ 。

C.3.2 数据采集系统最大允许误差引入的不确定度分量 $u(I_0)$ 。

C.4 标准不确定度的评定

C.4.1 被校准太阳能电池特性测试仪短路电流示值引入的不确定度分量 $u(I_x)$

被测太阳能电池特性测试仪与数据采集系统在同一次测试过程中，由太阳模拟器照射被测太阳能电池得到开路电压和短路电流。因此，光源辐射强度的不稳定性，可同时体现在被测太阳能电池特性测试仪中，因此在单次测量中可不考虑光源辐射强度的不稳定性引入的不确定度。因此只考虑被测太阳能电池电流电压特性测试仪分辨力引入的不确定度。由估计为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则短路电流分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(I_x) = \frac{a}{k} = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} A \approx 2.9 \times 10^{-4} A$$

C.4.2 数据采集系统最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(I_0)$

按 B 类方法进行评定。以 11.342A 电流值为例，数据采集系统包括数据采集器和电流传感器组成。因此 $u(I_0)$ 主要由数据采集器和电流传感器技术指标引入。

(1) 数据采集器最大允许误差

由于数据采集器采集的为太阳电池组件通过电流传感器后的电流，因此量程为 20mA，查数据采集器在高速模式下 20mA 量程的最大允许误差为 $\pm(265\text{ppm 读数}+75\text{ppm 量程})$ 。

$$u_1(I_0) = \frac{18.90\text{mA} \times 2.65 \times 10^{-4} + 20\text{mA} \times 0.75 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 5.9 \times 10^{-3} \text{mA}$$

(2) 电流传感器不确定度引入的标准不确定度分量 $u_2(I_0)$

电流传感器在 20mA 时测量不确定度为 $U_{\text{rel}}=0.09\%(k=2)$ ，因此：

$$u_2(I_0) = \frac{18.90\text{mA} \times 9 \times 10^{-4}}{2} = 8.5 \times 10^{-3} \text{mA}$$

所以，数据采集系统引入的标准不确定度分量 $u'(I_0)$ 为：

$$u'(I_0) = \sqrt{u_1^2(I_0) + u_2^2(I_0)} = 1.03 \times 10^{-2} \text{mA}$$

由于在显示时，应将电流传感器的电流比进行乘法计算：

$$u(I_0) = u'(I_0) \times 600 = 0.618 \times 10^{-2} A$$

C.5 合成标准不确定度

太阳电池特性测试仪短路电流测量不确定度来源及数值汇总于表 C.1 中。

表 C.1 不确定度分量一览表

不确定度来源	评定方法	分布	k 值	标准不确定度	灵敏系数
被测太阳电池特性测试仪 短路电流	A 类	均匀	$\sqrt{3}$	$2.9 \times 10^{-4} A$	$-\frac{I_0}{I_x^2}$
数据采集系统	B 类	正态	2	$0.618 \times 10^{-2} A$	$\frac{1}{I_x}$

合成标准不确定度：

$$u_c(\gamma_I) = \sqrt{c_1^2 u^2(I_x) + c_2^2 u^2(I_0)} \approx 5.4 \times 10^{-4}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\gamma_I) = 2 \times 5.4 \times 10^{-4} = 1.1 \times 10^{-3}$$
