山东省地方计量技术规范

JJF（鲁）153—2022

光伏用光谱反射比测定仪校准规范

Calibration Specification for Reflectance Spectrophotometers for Photovoltaic

2022—11—09 发布　　2022—12—01 实施

山东省市场监督管理局　发布

光伏用光谱反射比测定仪校准规范

Calibration Specification for

Reflectance Spectrophotometers for Photovoltaic

JJF（鲁）153-2022

归 口 单 位： 山东省市场监督管理局

主要起草单位：山东省计量科学研究院

参加起草单位：山东省计量检测中心

烟台市标准计量检验检测中心

本规范委托山东省化学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郭　波（山东省计量科学研究院）

程　康（山东省计量科学研究院）

参加起草人：

隋　峰（山东省计量科学研究院）

高　捷（山东省计量检测中心）

邱黛君（山东省计量检测中心）

仵　欣（山东省计量检测中心）

郝维涛（烟台市标准计量检验检测中心）

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　光谱反射比 ..... （1）
3.2　AM1.5G 条件 ..... （1）
3.3　AM1.5G 光谱总反射比 ..... （1）
4 概述 ..... （1）
5 计量特性 ..... （2）
5.1　光谱反射比示值误差 ..... （2）
5.2　AM1.5G 光谱总反射比示值误差 ..... （2）
5.3　光谱反射比重复性 ..... （2）
6 校准条件 ..... （2）
6.1　环境条件 ..... （2）
6.2　校准用设备 ..... （2）
7 校准项目和校准方法 ..... （2）
7.1　光谱反射比示值误差 ..... （2）
7.2　AM1.5G 光谱总反射比示值误差 ..... （3）
7.3　光谱反射比重复性 ..... （3）
8 校准结果表达 ..... （4）
9 复校时间间隔 ..... （4）
附录 A 光伏用光谱反射比测定仪校准记录格式 ..... （5）
附录 B 光伏用光谱反射比测定仪校准证书内页格式 ..... （7）
附录 C 光伏用光谱反射比测定仪校准结果不确定度评定示例 ..... （8）

引　言

JJF 1032-2005《光学辐射计量名词术语及定义》、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》共同构成支持本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

光伏用光谱反射比测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于光伏行业领域内所使用光谱反射比测定仪（下文简称为反射比测定仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1601-2016 漫反射测量光谱仪校准规范

GB/T 3948 标准照明体和几何条件

GB/T 17683.1 太阳能 在地面不同接收条件下的太阳光谱辐照度标准 第 1 部分：大气质量 1.5 的法向直接日射辐照度和半球向日射辐照度

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

以下术语和定义适用于本规范。

3.1 光谱反射比 spectral reflectance

光谱反射比是指在入射辐射的光谱组成、偏振状态和几何分布指定条件下，反射的光谱通量与入射光谱通量之比。它的符号为 $\rho(\lambda)$，单位为 1。

3.2 AM1.5G 条件 AM1.5G condition

标定和测试地面用（AM=1.5，即太阳光通过大气的实际距离为大气垂直厚度的 1.5 倍，对应的天顶角约为 48°）太阳电池所规定的太阳辐照度和光谱辐照度分布。在通常情况下，太阳辐射标准光谱分布是指在 AM1.5G 条件下的光谱分布。

3.3 AM1.5G 光谱总反射比 AM1.5G spectral total reflectance

AM1.5G 光谱总反射比是指光谱反射比在太阳光辐射 AM1.5G 标准光谱分布条件下的加权计算结果。它的符号为 ρ_t，单位为 1。

4 概述

光伏用光谱反射比测定仪主要由光源、探测器、反射附件、单色仪和信号处理系统等

组成，通常采用相对测量的方式，即在相同测量条件下，测得样品的光谱信号与已知光谱反射比的光谱信号比较，从而获得样品的光谱反射比。

光伏用光谱反射比测定仪主要用于对太阳能电池片等光伏材料在制绒、扩散、钝化及镀膜等工艺阶段光谱反射比的测定，并对光伏用工作白板和灰板的反射比进行定值。由于光伏材料特有的光谱响应及吸收特性，对反射比测定仪的光谱测量范围有较高的要求，一般要包含 300nm~1100nm。

5 计量特性

5.1 光谱反射比示值误差

示值误差不大于 0.03。

5.2 AM1.5G 光谱总反射比示值误差

示值误差不大于 0.05。

5.3 光谱反射比重复性

重复性不大于 0.01。

注：以上所有指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度应为（23±5）℃，相对湿度应小于 85%。

6.1.2 校准环境中不应有强磁场、电场和振动等因素的干扰。

6.2 校准用设备

系列反射比标准板。系列反射比标准板由至少三块标准板组成，其反射比标准值应分别在（0.05~0.2），（0.3~0.6）和（0.7~1.0）范围内，扩展不确定度不大于 0.02（k=2）。

7 校准项目和校准方法

7.1 光谱反射比示值误差

反射比测定仪按要求预热稳定后，在仪器测量室分别放置不同的标准板，选取不同波长点进行校准测量，其中 300nm~400nm 应选取不少于 2 个波长点、400nm ~800nm 应选取不少于 3 个波长点、800nm~1100nm 选取不少于 2 个波长点，选取的波长点应包含在标准

板的定值波长点之内。

读取标准板对应波长点的光谱反射比值，重复测量 3 次，与相同测量条件下的标准值进行比较，按照公式（1）计算得到对应波长的光谱反射比示值误差。

$$\Delta\rho(\lambda)=\overline{\rho}(\lambda)-\rho_0(\lambda) \quad (1)$$

式中：

$\Delta\rho(\lambda)$——光谱反射比示值误差，单位为 1；

$\overline{\rho}(\lambda)$——系列反射比标准板光谱反射比 3 次测量的平均值，单位为 1；

$\rho_0(\lambda)$——系列反射比标准板光谱反射比的标准值，单位为 1。

7.2 AM1.5G 光谱总反射比示值误差

根据被校反射比测定仪的技术说明或客户要求，设置光谱范围、波长间隔等测量条件，在仪器测量室分别放置不同的标准板，读取标准板的 AM1.5G 光谱总反射比测量值，重复测量 3 次，取其平均值与相同测量条件下的 AM1.5G 光谱总反射比标准值比较，根据公式（2）计算仪器的光谱总反射比示值误差。

$$\Delta\rho_t=\overline{\rho_t}-\rho_{0t} \quad (2)$$

式中：

$\Delta\rho_t$——AM1.5G 光谱总反射比示值误差，单位为 1；

$\overline{\rho_t}$——系列反射比标准板 AM1.5G 光谱总反射比 3 次测量的平均值，单位为 1；；

$\overline{\rho_{AM}}$——系列反射比标准板 AM1.5G 光谱总反射比的标准值，单位为 1。

7.3 光谱反射比重复性

根据 7.2 测量结果，利用极差法，按照公式（3）计算光谱反射比的重复性。

$$\delta=\frac{\rho(\lambda)_{max}-\rho(\lambda)_{m}}{1.69} \quad (3)$$

式中：

δ——光谱反射比重复性，单位为 1；

$\rho(\lambda)_{max}$——各波长点对应的光谱反射比测量最大值，单位为 1；

$\rho(\lambda)_{\min}$——各波长点对应的光谱反射比测量最小值，单位为 1。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反应，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

a) 标题，如“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) 校准证书和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。

校准原始记录格式见附录 A，校准证书（报告）内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 1 年。由于复校时间间隔的长短由反射比测定仪的使用情况、使用者及其本身质量等诸因素决定，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

光伏用光谱反射比测定仪校准记录格式(参考)

校准证书编号:

委托单位：　　地址：

仪器名称			型　号			
制造厂			出厂编号			
校准依据			温度	℃	相对湿度	%RH
校准日期		校准员			核验员	

校准使用的标准器或标准装置

名称	测量范围	扩展不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书号	证书有效期至

1. 光谱反射比示值误差及重复性

标准板编号：								
测量条件：								
波长（nm）	光谱反射比标准值	光谱反射比测量值			光谱反射比平均值	光谱反射比示值误差	不确定度	光谱反射比重复性
		1	2	3				
标准板编号：								

测量条件：								
波长（nm）	光谱反射比标准值	光谱反射比测量值			光谱反射比平均值	光谱反射比示值误差	不确定度	光谱反射比重复性
		1	2	3				
标准板编号：								
测量条件：								
波长（nm）	光谱反射比标准值	光谱反射比测量值			光谱反射比平均值	光谱反射比示值误差	不确定度	光谱反射比重复性
		1	2	3				

3. AM1.5G 光谱总反射比示值误差

测量条件：							
标准板编号	光谱总反射比标准值	测量值			平均值	光谱总反射比示值误差	不确定度
		1	2	3			

附录 B

光伏用光谱反射比测定仪校准证书内页格式（参考）

证书编号 XXXXXX-XXXX

校 准 结 果

1. 光谱反射比示值误差及重复性

测量条件：				
标准板编号	波长（nm）	光谱反射比示值误差	不确定度	光谱反射比重复性

2. AM1.5G 光谱总反射比示值误差

标准板编号	标准值	示值误差	不确定度

附录 C

光伏用光谱反射比测定仪校准结果不确定度评定示例

本附录分别对反射比测定仪的光谱透射比示值误差和AM1.5G光谱总反射比示值误差的不确定度进行评定。

C.1 光谱透射比示值误差的不确定度评定

C.1.1 测量方法

按照本规范的要求和步骤，用系列标准反射板对被校反射比测定仪的光谱反射比示值误差进行校准，以波长500nm的光谱反射比示值误差为例进行不确定度评定。

C.1.2 数学模型

建立数学模型

$$\Delta\rho(\lambda)=\bar{\rho}(\lambda)-\rho_0(\lambda) \qquad \text{C.1}$$

式中：

$\Delta\rho(\lambda)$——光谱反射比示值误差，单位为 1；

$\bar{\rho}(\lambda)$——系列反射比标准板光谱反射比 3 次测量的平均值，单位为 1；

$\rho_0(\lambda)$——系列反射比标准板光谱反射比的标准值，单位为 1。

C.1.3 输入量的标准不确定度评定

C.1.3.1 系列标准板的标准不确定度

由溯源证书可知标准板的扩展不确定度为0.008 (k=2)，则标准不确定度u_1为：

$$u_1=\frac{0.008}{2}=0.004$$

C.1.3.2 被校反射比测定仪的光谱反射比重复性引入的标准不确定度评定

根据本规范要求，利用标准板对反射比测定仪在波长500nm的光谱反射比进行10次校准测量，数据分别为：0.936，0.937，0.939，0.935，0.937，0.936，0.937，0.935，0.936，0.937，采用A类评定，根据贝塞尔公式计算单次测量标准偏差为：s=0.001，根据本规范规定，仪器测量三次，取测量结果的平均值为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量u_2为：

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0006 \approx 0.001$$

C.1.3.3 标准板光谱反射比均匀性引入的标准不确定度评定

根据标准板的技术说明，标准板光谱反射比均匀性最大变化量为不超过0.1%，可用B类方法评定，按均匀分布计算，则均匀性的标准不确定度分量u_3为：

$$u_3 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} \approx 0.001$$

C.1.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.0043$$

C.1.5 扩展不确定度的评定

取k=2，故光谱反射比示值误差扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.010$$

C.2 AM1.5G光谱总反射比示值误差的不确定度评定

C.2.1 测量方法

按照本规范的要求和步骤，用系列标准反射板对被校反射比测定仪的AM1.5G光谱总反射比示值误差进行校准，并对其进行不确定度评定。

C.2.2 数学模型

建立数学模型

$$\Delta\rho_t = \overline{\rho_t} - \rho_{0t} \qquad \text{C.2}$$

式中：

$\Delta\rho_t$——AM1.5G 光谱总反射比示值误差，单位为 1；

$\overline{\rho_t}$——系列反射比标准板 AM1.5G 光谱总反射比 3 次测量的平均值，单位为 1；；

$\overline{\rho_{AM}}$——系列反射比标准板 AM1.5G 光谱总反射比的标准值，单位为 1。

C.2.3 输入量的标准不确定度评定

C.2.3.1 系列标准板的标准不确定度

由溯源证书可知标准板的AM1.5G光谱总反射比扩展不确定度为0.01 (k=2)，则标准不

确定度u_1为：

$$u_1 = \frac{0.01}{2} = 0.005$$

C.2.3.2 被校反射比测定仪的光谱反射比重复性引入的标准不确定度评定

根据本规范要求，利用标准板对反射比测定仪的AM1.5G光谱总反射比进行10次校准测量，数据分别为：0.933，0.934，0.935，0.931，0.933，0.934，0.931，0.932，0.934，0.931，采用A类评定，根据贝塞尔公式计算单次测量标准偏差为：s=0.0015，根据本规范规定，仪器测量三次，取测量结果的平均值为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量u_2为：

$$u_2 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0009 \approx 0.001$$

C.2.3.3 标准板光谱反射比均匀性引入的标准不确定度评定

根据标准板的技术说明，标准板光谱反射比均匀性最大变化量为不超过0.1%，可用B类方法评定，按均匀分布计算，则均匀性的标准不确定度分量u_3为：

$$u_3 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} \approx 0.001$$

C.2.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.0052 \approx 0.0$$

C.2.5 扩展不确定度的评定

取k=2，故AM1.5G光谱总反射比示值误差的扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.012$$