

《光伏用反射标准板校准规范》（征求意见稿）

编制说明

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局下达的《2021 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划》，由山东省计量科学研究院、中国计量科学研究院和福建省计量科学研究院作为起草单位负责制定国家计量技术规范——《光伏用反射标准板校准规范》，参加起草单位为常州合创检测技术有限公司，编制时间从 2021 年 1 月至 2022 年 10 月。

二、编制的目的和意义

光伏用反射标准板一般由高纯度硫酸钡（ BaSO_4 ）、氧化镁（ MgO ）或聚四氟乙烯等粉体材料压制而成，也可用经过研磨的乳白玻璃或陶瓷材料，根据其反射参数值的不同可分为标准白板、标准灰板和标准黑板。反射标准板用于校准光伏用光谱反射测量仪器，并可标定其配套的反射工作板，实现量值溯源。光伏用光谱反射测量仪器主要是对光伏行业领域中太阳能电池片在制绒、扩散、钝化及表面镀膜等工艺阶段的光谱反射参数进行测量，是保障太阳能电池片在各阶段加工质量的重要仪器。光伏用反射标准板不仅用来校准光谱反射测量仪器的准确性，而且可对其配套工作板的反射参数进行量值标定。因此，光伏用反射标准板的校准方法及结果对光谱反射测量仪器的测量准确性来说十分关键。目前，光伏行业内各生产、使用及检测等单位大多配备有光伏用反射标准板，用以校准和标定光谱反射测量仪器，保障太阳能电池片在各加工阶段反射参数的测量准确性。

然而，目前国内外并没有针对光伏用反射标准板的检定规程或是校准规范。在光伏行业领域内，太阳能电池片等光伏材料由于其特有的光谱响应及吸收特性，对反射参数测量的光谱范围有着较高的要求，一般要包含 300nm~1100nm 波长范围，涵盖了紫外、可见和近红外的波段。光伏用反射标准板的光谱反射参数及太阳光谱积分反射参数值的校准测量方法也要根据光伏行业领域内的实际应用需求进行专门制定。国内与反射标准板相关的《JJG453-2002 标准色板检定规程》中，仅对 380nm~780nm 波长范围可见光波段的颜色参数做了要求，而且该规程中标准色板的使用范围、应用目的及检定方法等内容均不能满足光伏用反射标准

板量值传递的实际使用需求。

因此，制定光伏用反射标准板校准规范具有重要的意义，该规范将统一光伏用反射标准板的校准方法和校准设备，保障太阳能电池片等光伏材料光谱反射参数测量的准确性，对国内光伏产业的发展将起到良好的推动作用。

三、国内外现状和需求

近年来，随着光伏产业的蓬勃发展，光伏用反射标准板的市场也逐渐变大，国内的生产厂家随之逐渐增多，其中较大的生产厂家有致东光电科技（上海）有限公司、广州景颐光电科技有限公司、广州常晖电子科技有限公司、上海闻奕光电科技有限公司、江苏韵翔光电技术有限公司、先锋科技（香港）股份有限公司等。光伏用反射标准板包含标准白板、标准灰板和标准黑板，不仅用来校准光谱反射测量仪器的准确性，而且可对其配套工作板的反射参数进行量值标定。因此，光伏用反射标准板在国内光伏行业领域内有着非常广泛的应用，各光伏生产厂家、太阳能电池片加工使用单位、光伏质量检测实验室、检测校准实验室等单位均配备有光伏用反射标准板，用来校准和标定光谱反射测量仪器及其工作板，以保障太阳能电池片等光伏材料在各加工阶段光谱反射参数的测量准确性。

目前，中国计量科学研究院、各省计量院及一些地市计量所均具有依据 JJG453-2002《标准色板检定规程》和 JJF 1232-2009《反射率测定仪校准规范》等相关规程规范的资质和能力，其仪器设备、技术力量和人员水平均可满足光伏用反射标准板校准规范的要求。光伏用反射标准板校准使用的主标准器为满足标准板光谱范围和几何条件的光谱光度计，比如双光束紫外可见近红外分光光度计，它可溯源至上级的波长标准器和反射标准板。因此，光伏用反射标准板校准规范完成后，在全国范围内的应用具有较高的可实施性。规范的完成将实现对光伏用反射标准板的光谱反射参数、太阳光谱积分反射参数及年变化量的校准，有效保障太阳能电池片等光伏材料光谱反射参数测量的准确性，具有良好的社会效益。同时，规范的完成也会给国内各计量检测单位提供对光伏用反射标准板进行校准的依据，完成配套能力建设后也会带来较大的经济效益。

四、编制过程

1. 编制原则

本规范编制原则如下：

通用性：标准内容应便于实施、适用性强；

完整性：校准规范中的项目和方法应力求完整、全面和实用，涵盖各类反射标准板反射参数校准的技术特性；

正确性：校准规范内容应科学准确，文字描述精炼。

2. 各阶段的主要工作

编制小组在 2021 年初收到任务通知后制定了规范起草计划，拟定了编写提纲，查阅了国内外相关标准、规范和文章。在编写过程中，利用大量实验验证了校准方法的可行性，并与多家反射标准板生产厂商和用户进行了技术交流。编制小组于 2022 年 5 月完成了规范初稿的编写，随后对规范校准方法进行了实验验证，形成了实验报告，并对实验中的校准结果进行了不确定度分析。

五、主要内容和说明

本校准规范主要由引言、范围、引用文件、术语和定义、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法及附录等主要部分组成。具体内容和说明如下：

1. 引言

本校准规范编制的基础性说明，其中引用了 JJF 1032-2005 《光学辐射计量名词术语及定义》。

2. 范围

规定了本规范的适用范围。由于光伏用反射标准板的特殊性，故特别指出适用范围为光伏行业领域。

3. 引用文件

说明了本规范编制所引用的文件。包括了 JJF1601-2016 《漫反射测量光谱仪校准规范》、JJG 453-2002 《标准色板检定规程》、GB/T 3948-2008 《标准照明体和几何条件》和 ISO 9845-1: 2022 《太阳能 地面不同接收条件下的太阳光谱辐照度 第 1 部分：大气质量 1.5 的法向直接辐照度和半球向太阳辐照度》。本规范引用了 GB/T 3948-2008 中关于反射测量几何条件的分类和规定，引用了最新发布的 ISO 9845-1: 2022 标准中的太阳光谱辐照度分布数据。

4. 术语和定义

除去引用文件中所包含的通用性术语和定义，对本规范特有的相关术语和定义作了说明，共有 5 条，分别为光谱反射比、光谱反射因数、太阳光谱辐照度、太阳光谱积分反射比和太阳光谱积分反射因数，均为本规范中常用的术语和定义。

5. 计量特性

说明了标准板需要校准的项目和要求，包括外观、光谱反射比/反射因数、太阳光谱积分反射比/反射因数和年变化量。

虽然为校准规范，但考虑到标准板表面的平整和清洁程度对其量值的影响较大，因此将外观列为了校准项目之一，并要求其表面平整、清洁、颜色均匀，无擦痕、裂纹、霉斑、条纹和斑点等缺陷。

光谱反射比/反射因数和太阳光谱积分反射比/反射因数是标准板的主要校准项目，之所以将反射比和反射因数同时列出并以斜线加以区分，是因为二者的测量方法相同，但根据 JJF 1032-2005 中对二者的定义，不同的反射测量几何条件对应不同的反射测量结果----反射因数或反射比，它们具有不同的代表符号。本规范将反射比和反射因数同时列出并以斜线加以区分，并在附录 D 中详细说明了反射测量几何条件的分类及其对应的反射测量结果。

ISO 9845-1: 2022 标准给出的太阳光谱辐射包含了 280nm~4000nm，但考虑到大部分太阳能电池的光谱响应因素以及本规范的适用性，本规范将基本的波长范围定为不小于 300nm~1100nm，以满足绝大部分反射标准板使用者的需求。太阳能电池片多以硅作为材料，硅光伏材料的光谱响应曲线如下图所示。

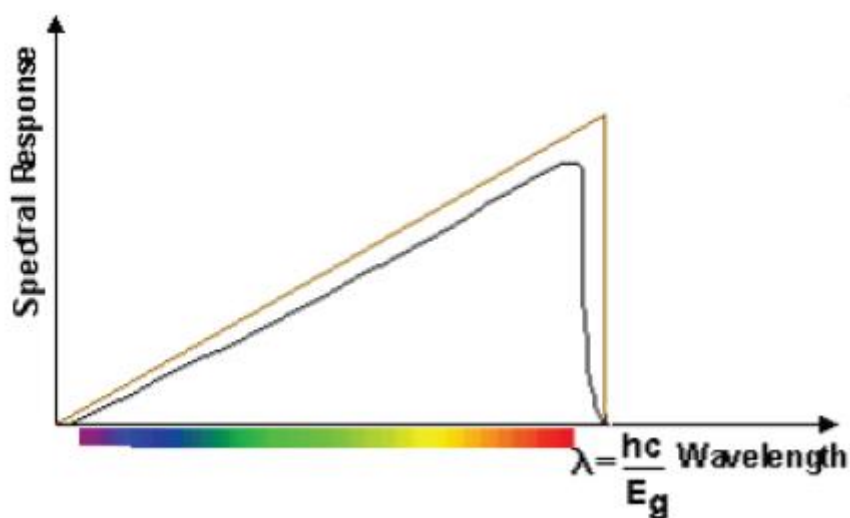


图 1 硅太阳能电池片的光谱响应曲线

图中直线表示的是理想状态下的光谱响应曲线，曲线表示的是实际状态下的

曲线。在长波部分，当波长过长，光子所携带的能量低于禁带宽度的时候，其光子能量也无法吸收激发电子，因此长波长段的光谱响应为零。300K 时硅的禁带宽度为 1.124eV，利用图 1 中公式可算出硅太阳能电池截止波长约在波长 1100nm 左右。

由于反射标准板极易受到外界污染，如果长期使用会造成标准板光谱反射参数的变化，如变化过大将导致其稳定性下降，影响其校准和使用。因此，年变化量也是反射标准板的重要计量特性之一。本规范建议反射标准板的年变化量不大于 0.01，首次送校可不作此项校准。

6. 校准条件

对校准的环境条件、校准仪器提出了要求。为保障反射标准板校准的准确性，在校准环境中要求没有会引起标准板污染或腐蚀的灰尘和气体。

校准用设备包括光谱光度计和参比标准白板，由于光谱光度计需要使用参比标准白板进行 100% 的基线校准，因此要求参比标准白板的光谱反射参数大于 0.9，并标注对应的测量几何条件。

7. 校准项目和校准方法

校准项目为光谱反射比/反射因数、太阳光谱积分反射比/反射因数和年变化量。

光谱反射比/反射因数项目可由光谱光度计的波长—反射比/反射因数的扫描功能进行校准测量。太阳光谱积分反射比/反射因数需根据光谱反射比/反射因数的测量结果，通过太阳光谱辐照度分布数据加权计算得出。ISO 9845-1: 2022 标准给出了最新的 280nm~4000nm 波长范围的标准太阳光谱辐照度分布数据，通常情况下，反射标准板仅需要 300nm~1100nm 之间的太阳光谱辐照度分布，且波长间隔一般为 5nm 或 10nm。客户如有特殊要求，可自行查阅 ISO 9845-1: 2022 中太阳光谱辐照度分布数据。

8. 附录

包括了原始记录、证书格式、校准结果的不确定度评定，以及反射测量的几何条件分类和太阳光谱辐照度分布。

六、实验验证

为了验证本规范中校准项目和方法、技术条件的可行性和正确性，对广州景

颐光电科技有限公司生产的反射标准白板、标准灰板和标准黑板分别进行了实验验证，并对其校准结果进行了不确定度分析。

结果表明：本校准规范所规定的各校准项目合理，校准要求和技术条件合理，校准方法正确可行、可操作性强。

七、总结

《光伏用反射标准板校准规范》在起草前进行了广泛调研，同时进行了大量的实验，对初稿中所提出的校准项目和方法进行了实验验证，根据前期调研和实验结果对初稿进行了修改，形成了征求意见稿。

编制小组

2022年10月