

《积分球法测量悬浮液固相光催化制氢反应》

(征求意见稿)

国家标准编制说明

标准起草组

二〇一八年八月三日

1. 工作简况

1.1 编写目的及任务来源

目前光催化反应在能源和环境领域中被广泛研究和应用。在能源领域的研究方向，光催化制氢是构建“太阳能-氢能”系统的重要途径之一，该技术可在温和条件下制备氢气、过程完全可再生、具有较高经济前景等诸多优点。但是目前国内外针对该类反应的测试手段仍相对缺乏，有关认知不统一，存在歧义，需要规范。因此构建本应用性标准，促进其立项和制定是十分必要的，对光催化制氢技术的应用研究及产业化推广有重要意义。该标准的立项、制订及实施，将有利于相关技术、装置、系统的规范化，有利于其应用研究，具有较高的社会经济价值。

悬浮式液固光催化反应是当前太阳能制氢体系研究的重点，采用积分球方法实现光辐射与反应情况同步测试，实现对反应的全面分析。目前该技术已成熟，可用于光催化反应的细致分析，相较于目前的常用测试手段，分析结果更加标准可靠。西安交通大学的相关技术处于国际领先水平，可引领相关技术及行业的发展。其次，目前相关技术进行了众多研讨和评估，而该标准也已形成草案，在本单位内部组织进行了多次讨论，并在氢能标委会特别是陈霖新教授指导下进行了两度大的调整和修改，也初步咨询了一些单位的相关意见。此外，本标准草案中技术测试、实施方法等操作性强，适于相关研究单位及企业应用，也有望推广于其他光催化反应研究领域。

为规范积分球法测试悬浮式液固光催化制氢反应的术语定义、测量基本要求、数据和计算方法，提供光催化制氢反应的判别依据，对反应量子效率及其光谱吸收特性进行准确测量，有必要制订标准《积分球法测量悬浮液固相光催化制氢反应》。

本标准制订项目由国家标准化管理委员会下达，项目编号为 20170464-T-469。

根据全国氢能标准化技术委员会下达的任务，本标准由西安交通大学牵头，其他多家单位共同承担本标准的制定任务。

1.2 简要工作过程

2017 年 10 月，根据全国氢能标准化技术委员会下达的任务，在充分分析研究相关国际标准、国家标准、国内外资料的基础上，结合我国太阳能光催化制氢领域多年的实践，形成了本标准初稿。

2017 年 12 月，本标准获国家标准化管理委员会批复立项，属于首次编写的推荐性国家标准。

2017 年 12 月，形成了本标准讨论稿。

2018 年 1 月，全国氢能标准化技术委员会在北京组织召开了本标准的启动会。重点研究了本标准的适用范围、编排结构和总体内容，并修改完善了本标准讨论稿。

2018 年 5 月，全国氢能标准化技术委员会在成都组织召开了本标准起草组的第一次工作会。会议听取了本标准的编制工作进展情况，并对讨论稿进行了逐条研究讨论，形成了相应的修改意见。

2018 年 8 月，全国氢能标准化技术委员会在西安组织召开了本标准起草组的第二次工作会，对本标准讨论稿进行了仔细修改和完善，最终形成了本标准的征求意见稿。

2. 国家标准编制依据与原则、主要内容说明及预期经济效果

2.1 国家标准编制依据与原则

光催化制氢是实现太阳能-氢能转化的有效途径之一，是新能源领域研究的一个重要方向，因此对其进行系统标准化判别，以区别于自降解产氢效应、机械催化效应及热催化效应等是十分有必要的。目前，光催化制氢反应主要采用“入射光”的概念，即入射至反应器光窗外表面的光功率，实际光催化剂、反应介质、反应器对入射光的吸收特性并不清楚，用以测量光催化反应及光催化剂的性能仍有所欠缺，因此有必要将相应的技术标准化，需要制定《积分球法测量悬浮式液固光催化制氢反应及其光谱吸收特性》的标准以解决上述问题，同时也有利于光催化产氢的研究进一步开展及推广应用。

本标准的编写目的是提出悬浮式液固光催化制氢反应及其光谱吸收特性测量方法，规范积分球方法测量过程中的概念、术语，及测试方法和计算方法，同时提供给有关人员方法参考，便于深入研究及制氢方法的实用化推广。

标准规定了悬浮式液固光催化制氢反应及其光谱吸收特性的测量方法，特别是积分球方式应遵守的基本方法。

标准以光催化分解水产氢的基础理论——半导体光生载荷与水溶液发生氧化还原反应为依据；以现阶段实际测试方法——辐射计测量光辐照度、反应系统及气相色谱测量光催化反应为基础；针对光催化分解水产氢系统的能量转化效率、量子产率，特别提出了表观能量转化效率、表观量子产率，达到了适用目的，使实际应用与科学研究兼顾。

1. 标准紧依基础理论和基本测试方法；
2. 标准规定所用概念、方法，明确测试设备及仪器的基本要求，达到科学适用目的；
3. 标准文本符合GB/T 1等对国家标准的要求。
4. 标准提出光催化分解水制氢的能量转化效率及产氢的量子产率测量计算的整体方法。

本标准中参考了部分国家标准，相关标准如下：

GB/T 26915-2011 太阳能光催化分解水制氢体系的能量转化效率与量子产率计算

GB/T 12936-2007 太阳能热利用术语

GB/T 8981 气体中微量氢的测定 气相色谱法

GB/T 17683.1-1999 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 AM1.5 的法向直接日射辐照度和半球向日射辐照度

本标准的制定原则为：①科学先进原则；②可操作性原则；③各方（企业单位、科研院所、高等院校等）参与原则。

2.2 标准主要内容说明

本标准主要包括：

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 符号表

5 测试基本要求

6 测量平台

7 数据及计算

附录 A （资料性附录） 光学积分球基本原理

附录 B （规范性附录） 实际积分球特性分析积分球法光催化制氢反应测量系统

2.2.1 适用范围

本标准规定了积分球法测试悬浮式液固光催化制氢反应的术语定义、测量基本要求、数据和计算方法，提供了光催化制氢反应的判别依据，对反应量子效率及其光谱吸收特性进行测量。

本标准适用于太阳能光催化分解水制氢反应体系产氢量子效率的准确评价。

2.2.2 规范性引用文件

列出了本标准的规范性引用文件。

2.2.3 术语和定义

收录了本标准中涉及的 7 条术语和定义，积分球、自降解产氢效应、机械催化产氢效应、热催化产氢效应、光催化反应光谱吸收特性、光催化制氢反应转换数、光催化反应器光谱辐照度。

2.2.4 符号表

列举了积分球法测试悬浮式液固光催化制氢反应需要测定的参数或计算过程中涉及的主要参数。

2.2.5 测试基本要求

光催化制氢反应过程中可能伴随其他效应的产氢，导致所测得的光催化产氢效率偏离实际值，因此应对光催化反应进行判定。首先分别进行自降解产氢效应、机械催化产氢效应及热催化产氢效应判定。本节内容列出了积分球法光催化制氢反应测量的基本要求以及反应光谱吸收特性测量基本要求。反应产氢特性测量的基本要求按照国家标准 GB/T 26915-2011 进行。

2.2.6 测量平台

本节规定了积分球、光纤光谱仪以及反应器、气液分离器及联用装置三个测量组件的基本特性要求。可实现以下三个测量功能：1）光-氢同步测试：通过积分球、及内置光催化反应装置的耦合，实现光催化反应与光辐射的一同测试；2）光谱吸收特性分析：通过二者耦合实现光催化反应过程中，反应体系、催化剂、反应溶液光谱吸收特性测试，可对相关反应进行深入分析；3）光催化反应量子效率测试：特别是实现了“绝对”光催化反应量子效率的测试。

2.2.7 数据及计算

测量获得入射光功率（ P ）及积分球内表面的辐照度（ I ）后，可由本标准规定的数据及计算方法获得积分球常数。进一步规范了反应容器及反应溶液的光学特性计算、光催化剂颗粒自身光学特性计算、光催化反应吸收的有效光能计算。根据前述数据及计算要求，在测量得到光催化反应器接收的辐照强度及产氢量后，按照标准 GB/T 26915-2011 进行计算，可获得光催化反应量子产率

2.3 预期经济效果

有利于规范光催化制氢反应测试方法的一致性和可对比性；对太阳能光催化制氢技术的研究及其反应测试有积极的指导作用，有较强的科学研究价值；有利于太阳能光催化制氢系统的技术推广，可以整合和引导社会资源，激活科技要素，推动自主创新与开放创新，加速技术积累，有望产生较大的社会经济价值。

3. 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前国际上虽尚无此方面的标准，但是作为测试技术方法标准，同步制定为国际标准仍有

一定难度。不过在国内实施后，作为光催化研究的大国，该标准的实践可使相关技术使用更为广泛，更有代表性和适用性，有望促成其进一步升级为国际标准，具有成为国际标准的潜力。

4. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准协调一致。

5. 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见，无重大分歧。

6. 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议将本标准作为推荐性国家标准。

7. 知识产权状况声明

截止本标准征求意见，本标准未接到任何涉及相关专利或知识产权争议的信息、文件。