



中国质量认证中心认证技术规范

CQC3309—2014

光伏组件转换效率测试和评定方法

Testing and Rating Method for the Conversion Efficiency
of Photovoltaic (PV) Modules

2014-02-21 发布

2014-02-21 实施

中国质量认证中心 发布

目次

目次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用标准.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 组件总面积.....	1
3.2 组件有效面积.....	1
3.3 组件转换效率.....	2
3.4 组件实际转换效率.....	2
3.5 标准测试条件.....	2
3.6 组件的电池额定工作温度.....	2
3.7 低辐照度条件.....	2
3.8 高温条件.....	2
3.9 低温条件.....	2
4 测试要求.....	2
4.1 评定要求.....	2
4.2 抽样要求.....	3
4.3 测试设备要求.....	3
5 测试和计算方法.....	4
5.1 预处理.....	4
5.2 组件功率测试.....	4
5.3 组件面积测定.....	6
5.4 组件转换效率计算.....	6

前 言

本技术规范根据国际标准 IEC 61853:2011 和江苏省地方标准 DB32/T 1831-2011《地面用光伏组件光电转换效率检测方法》，结合光伏组件产品测试能力的现状进行了编制，旨在规范光伏组件转换效率的测试与评定方法。

本技术规范由中国质量认证中心（CQC）提出并归口。

起草单位：中国质量认证中心、国家太阳能光伏产品质量监督检验中心、中国电子科技集团公司第四十一研究所、中广核太阳能开发有限公司、中国三峡新能源公司、晶科能源控股有限公司、上海晶澳太阳能科技有限公司、常州天合光能有限公司、英利绿色能源控股有限公司。

主要起草人：邢合萍、张雪、王美娟、朱炬、王宁、曹晓宁、张道权、刘姿、陈康平、柳国伟、麻超。



光伏组件转换效率测试与评定方法

1 范围

本技术规范规定了地面用光伏组件在不同测试条件（不同辐照度和不同温度）下转换效率的测试要求和测试方法。本技术规范适用于地面用光伏组件（包括晶硅类组件、薄膜类组件等）转换效率的测试与评定。

注：本技术规范适用于单面发电光伏组件。

2 规范性引用标准

下列文件中的条款通过在本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范；然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T 2297-1989 太阳光伏能源系统术语

DB32/T 1831-2011 地面用光伏组件光电转换效率检测方法

IEC 60410 计数检查抽样方案和程序

IEC 60904-1:2006 光伏器件 第1部分：光伏电流-电压特性的测量

IEC 60904-2:2007 光伏器件 第2部分：标准太阳器件的要求

IEC 60904-3:2008 光伏器件 第3部分：地面用光伏器件的测量原理及标准光谱辐照度数据

IEC 60904-5:2011 光伏器件 第5部分：用开路电压法测定光伏器件的等效电池温度

IEC 60904-7:2008 光伏器件 第7部分：光伏器件测量过程中引起的光谱失配误差的计算

IEC 60904-9:2007 光伏器件 第9部分：太阳模拟器性能要求

IEC 60904-10:2009 光伏器件 第10部分：线性测量的方法

IEC 60891:2009 光伏器件—测定I-V特性的温度和辐照度校正方法

IEC 61215:2005 地面用晶体硅光伏组件—设计鉴定和定型

IEC 61646:2008 地面用薄膜光伏组件—设计鉴定和定型

IEC 61853-1:2011 光伏组件性能测试和能效评定 第1部分：辐照度和温度性能测试及功率评定

3 术语和定义

3.1 组件总面积 total module area

光伏组件全部光照面面积（包括边缘、框架和任何凸出物）。

注：组件总面积用于计算组件转换效率。

3.2 组件有效面积 active module area

组件有效面积等于组件中全部单体太阳能电池几何面积的总和（含栅线面积）。

注：组件有效面积用于计算组件实际转换效率。

3.3 组件转换效率 module conversion efficiency

受光照光伏组件的最大功率与入射到该组件总面积上的辐照功率的百分比。

3.4 组件实际转换效率 practical module conversion efficiency

受光照光伏组件的最大功率与入射到该组件有效面积上的辐照功率的百分比。

3.5 标准测试条件 STC (standard test condition)

电池温度：25℃

辐照度：1000 W·m⁻²

3.6 组件的电池额定工作温度 NOCT (nominal operation cell condition)

电池温度：与IEC 61215或IEC 61646中的10.5规定一致。

辐照度：800 W·m⁻²

3.7 低辐照度条件 LIC (low irradiance condition)

电池温度：25℃

辐照度：200 W·m⁻²

3.8 高温条件 HTC (high temperature condition)

电池温度：75℃

辐照度：1000 W·m⁻²

3.9 低温条件 LTC (low temperature condition)

电池温度：15℃

辐照度：500 W·m⁻²

4 试验要求

4.1 评定要求

通过测试地面用光伏组件在不同测试条件下的最大功率，旨在对光伏组件在不同区域和不同气象条件下的转换效率进行总体评价。通过本技术规范中5.2、5.3和5.4测试得到同一型号三块组件分别在STC、NOCT、LIC、HTC和LTC条件下的最大功率和实际转换效率。该型号组件在任一测试条件下的功率值为三块组件测试结果的平均值，根据功率及组件有效面积的平均值计算得到相应测试条件下的实际转换效率。

表1 测试条件（AM1.5）的最大功率 P_{\max} 和实际转换效率 η_a

条件	辐照度 (W·m ⁻²)	温度 (°C)	P_{\max} (W)	η_a (%)
----	--------------------------	---------	----------------	--------------

标准测试条件 (STC)	1 000	25 (电池)		
电池额定工作温度 (NOCT) (依据 IEC 61215 或 IEC 61646 中的 10.5)	800	20 (环境)		
低辐照度条件 (LIC)	200	25 (电池)		
高温度条件 (HTC)	1000	75 (电池)		
低温度条件 (LTC)	500	15 (电池)		

4.2 抽样要求

对于同一规格型号组件，从同一批或几批产品中，按 IEC 60410 规定的方法随机地抽取三个组件用于测试。所抽取组件的标识至少涵盖以下信息：

- 制造厂的名称、标志或符号；
- 产品型号；
- 产品序列号；
- 引出端或引线的极性（可用颜色代码标识）；
- 标准测试条件（STC）下额定功率值。

制造日期和地点应在组件上注明，或可由产品序列号查到。

这些组件应由符合相应图纸和工艺要求规定的材料和元器件所制造，并经过制造商常规检测、质量控制与产品验收程序。组件应该是完整的，附带制造商的操作和装配说明，以及任何二极管、边框、支架等的推荐安装说明。

如果用于测试的组件是一种新设计的样品而不是来自于生产线上，应在测试报告中加以说明。

4.3 测试设备要求

本技术规范测试设备要求如下：

- a) 太阳模拟器应符合 IEC 60904-9:2007 中 AAA 级的要求。
- b) 标准光伏器件符合 IEC 60904-2:2007 的要求；按 IEC 60904-10:2009 的规定，在 100W m^{-2} 至 1100W m^{-2} 辐照度范围内，参考器件短路电流与辐照度成线性关系。
- c) 支架应使测试样品与参考器件处在与入射光线垂直的同一平面上；
- d) 用于测试 I-V 曲线的设备符合 IEC 60904-1:2006 的规定；
- e) 常规量具的精度优于 0.5mm ，影像测量仪的面积测试精度优于 0.01cm^2 ；
- f) 温度监测装置的测试准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，重复性为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

注1：封装系统会影响光伏器件的光学性能和光谱响应，因此必须保证测量过程中的参考器件和被测组件光谱匹配。

注2：当发散光源如氙灯用于测试直接带隙和多结器件时要注意。由于能带间隙会随温度改变，它可以通过灯光谱范围的各种发射线，从而导致性能方面出现大的偏移。对于多结器件，这些能带间隙的偏移会改变子电池的电流平衡，引起性能上额外的偏移。

注3: 对于一个多结器件, I_{sc} 和FF都是模拟器光谱辐照度的非线性函数。因为子电池之间电流不平衡, 用光谱不可调的太阳能模拟器会产生较大的误差。用AAA级太阳能模拟器测量商业多结组件时, 观察到电流和功率的误差会超过15%。

5 测试和计算方法

5.1 预处理

组件在开始测试前, 需要进行稳定处理。

晶硅类组件样品测试前, 应在开路状态下, 由太阳光或模拟阳光完成累计辐照量 $5\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 至 $5.5\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 的照射。薄膜类组件样品测试前, 进行光老炼试验, 光老炼之后样品的标准功率值必须降低至制造商规定的功率范围之内。

5.2 组件功率测试

5.2.1 测试条件设置

- 将测试样品和参考器件安装在模拟器的测试平面上, 该平面与光束中心线垂直, 偏差 $\pm 2^\circ$ 以内。将必要的器件进行连接。
- 如果测试样品和参考器件装备了温度控制装置, 将温度控制在需要的水平。如果没有使用温度控制装置, 测试样品和参考器件温度需稳定在目标温度的 $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内。组件温度的测试方法应符合 IEC 60891-2009 的要求。
- 使用参考器件将测试平面的辐照度设置在所需范围的上限。

5.2.2 同步得到测试样品温度和I-V特性 (至少包括 P_{\max} , V_{oc} , I_{sc} 和 V_{\max}) 的读数, 以及参考器件的温度和短路电流数值。确认在测试期间样品和参考器件的温度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 内保持稳定。在使用参考器件的情况下, 辐照度 G_0 必须从光伏参考器件短路电流 (I_{sc}) 和STC的校正值 (I_{rc}) 计算得到。由于参考器件测试时的温度 T_m 的影响, 利用参考器件指定的相对短路电流的温度系数 α_{rc} 来进行修正:

$$G_0 = \frac{G_{rc} \times I_{sc}}{I_{rc}} \times [1 - \alpha_{rc} (T_m - T_{rc})]$$

G_{rc} 是参考器件校正点的辐照度值, 通常为 1000W m^{-2} , T_{rc} 是参考器件校正点的温度值, 通常为 25°C 。

如果测试样品与参考器件光谱响应不匹配, 使用 IEC 60904-7 中的方程 1 将辐照度 G_0 校正回 AM1.5 光谱。

如果没有使用匹配的参考器件, 利用光谱辐照度计测得光谱辐照度。

5.2.3 如果变化的测试参数是辐照度, 在不改变光谱空间均匀性和光谱能量分布的情况下降低设备的辐照度水平。可以使用下列几种方法:

a) 增加测试平面与光源之间的距离。参考设备与测试样品安装在同一平面，平面内辐照度随着参考器件输出值与校正值的比值的减小而减小。

b) 使用光学透镜。在测试样品和参考器件响应的波长范围内，必须保证透镜不会显著地改变光谱能量分布和测试平面上的光谱空间均匀性。将参考器件和测试样品安装在同一平面，该平面内辐照度随着参考器件输出值与校正值的比值的减小而减小。

c) 控制光线的角度。如果采用这种方法，光源和样品之间的距离要足够的大，以控制斜面上的辐照度改变量不超过 2%。同时，参考器件必须与测试样品有相同的反射属性，将参考器件和测试样品安装在同一平面。在这种情况下，该平面辐照度随着参考器件输出值与校正值的比值的减小而减小。

d) 使用校正过的、密度均匀的滤光网。如果采用这种方法，测试时参考器件必须不被滤光网覆盖，以能够进行辐照度的测量。在这种情况下，平面内辐照度随滤光网校正参数（光透射百分比）的变化而减小。

e) 使用未经校正、密度均匀的滤光网。如果采用这种方法，测试时参考器件必须同样被滤光网所覆盖。在这种情况下，该平面辐照度随着参考器件输出与校正值的比值的减小而减小。

f) 在脉冲太阳能模拟器闪光衰减期间确定不同辐照度下器件的特性。在测试过程中需要一个光谱辐照度计测量模拟器的辐照度，或者确认在所需的辐照度范围、光谱分布和温度范围内，a)中描述的参考器件与测试器件相匹配。

注 1：滤光网的网眼最大尺寸必须小于参考器件和测试样品的最小边长的 1%，否则由于位置的不同可能会引入可变的误差。

注 2：在方法 f 中，应当记录太阳模拟器脉冲衰减过程中测试样品和参考器件输出的短路电流，用来确认参考器件和测试样品的光谱匹配。绘制测试样品与参考器件随辐照度变化的短路电流曲线，在指定的辐照度范围内，斜率的偏差不应超过 1%。方法 f 不能应用于多结器件。

5.2.4 如果变化的测试参数是温度，利用合适的方法调节温度（参考 IEC 61215 或者 IEC 61646）。

5.2.5 重复步骤 5.2.2 到 5.2.4 直到完成表 2 矩阵中的测试，得到不同辐照度和温度下组件的 P_{\max} , V_{oc} , I_{sc} 和 V_{\max} 的值。

表 2 不同辐照度和温度下组件的 P_{\max} , V_{oc} , I_{sc} 和 V_{\max}

辐照度 W/m ²	光谱 ——	温度			
		15 °C	25 °C	50 °C	75 °C
1100	AM1.5	NA			
1000	AM1.5				
800	AM1.5				
600	AM1.5				
500	AM1.5				
400	AM1.5				NA
200	AM1.5			NA	NA
100	AM1.5			NA	NA

注 1：在 IEC60904-3 中定义 AM1.5。

5.2.6 每一个测试条件至少测量三次，直至表 2 矩阵中所测数据 P_{\max} , V_{oc} , I_{sc} 和 V_{\max} 的相对标准差在 5% 以

内。采集数据并完成表 2 中定义的不同温度和辐照度条件下 P_{\max} , V_{oc} , I_{sc} 和 V_{\max} 组成的矩阵表。

5.3 组件面积测定

5.3.1 一般要求

取表 2 中某种测试条件下组件多次测量得到的最大功率 P_{\max} 的统计学上的中间值，并测量组件的面积和有效面积，用于计算组件在不同辐照度和温度下的转换效率。对于其他功率条件，可利用 IEC 60891:2009 提供的修正方法，计算得到组件的最大功率及转换效率。

5.3.2 组件面积的测定

5.3.2.1 组件总面积的测定

对于规则组件，测量长和宽，计算得到组件总面积 S_t 。

注：对于不规则组件，使用影像测量仪测定组件总面积。

5.3.2.2 组件有效面积的测定

用影像测量仪测定组件有效面积 S_a 。

注：对于一块组件中采用相同规格电池片，且该组件中的电池片的数量不超过 100 片的，可以随机测试 3 块电池片的面积，计算出平均值后，乘上封装在组件内的电池片数，即为该组件的有效面积。对于一块组件中采用一种以上规格电池片的，各规格电池片总面积相加后即为该组件的有效面积。在计算每种规格的电池片总面积时，如果该规格的电池片的数量大于 100 片，则以总片数乘以 3% 取整作为计算电池片平均面积所应抽取的电池片数量。

5.4 组件转换效率计算

5.4.1 组件转换效率的计算

组件转换效率按式 (1) 计算：

$$\eta_t = \frac{P_{\max}}{G \times S_t} \times 100\% \text{-----} (1)$$

式中： η_t —— 组件转换效率

P_{\max} —— 组件在给定测试条件下的最大功率值，单位 W

S_t —— 组件总面积，单位 m^2

G —— P_{\max} 对应测试条件下的辐照度，单位 $W m^{-2}$

——组件转换效率——组件总面积，单位 m^2 对应测试条件下的辐照度，单位 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 5.4.2 组件实际转换效率的计算

组件实际转换效率按式 (2) 计算：

$$\eta_a = \frac{P_{\max}}{G \times S_a} \times 100\% \quad \text{-----} \quad (2)$$

式中：

η_a ——组件实际转换效率

P_{\max} ——组件在给定测试条件下的最大功率值，单位 W

S_a ——组件有效面积，单位 m^2

G —— P_{\max} 对应测试条件下的辐照度，单位 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

5.4.3 数据处理

计算结果保留三位有效数字。和实际转换效率 η_a (W) (%)

