



中华人民共和国国家标准

GB XXXXX-XXXX

晶硅光伏组件和逆变器能效限定值及能效等级

Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for
crystalline silicon photovoltaic modules and inverters

征求意见稿

2025-9-11

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家标准化管理委员会提出并归口。

本标准为首次发布。

晶硅光伏组件和逆变器能效限定值及能效等级

1 范围

本文件规定了晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器的能效等级、能效限定值及测试方法。

本文件适用于晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器，其中光伏并网逆变器包括集中式光伏并网逆变器、组串式光伏并网逆变器以及预装式光伏逆变一体机的光伏并网逆变器部分。

本文件不适用于：

- 建筑一体化（BIPV）光伏组件；
- 消费型光伏组件；
- 钙钛矿/晶体硅叠层光伏组件；
- 20 kW以下的光伏并网逆变器；

注1：BIPV的定义见IEC 63092-1:2020。

注2：消费型光伏组件的定义见IEC TS 63163:2021。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2297 太阳光伏能源系统术语

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 9535.2 地面用光伏组件 设计鉴定和定型 第2部分：试验程序

GB/T XXXXX 光伏组件耦合环境应力试验方法及性能要求

GB/T 34160 地面用光伏组件光电转换效率检测方法

IEC TS 60904-1-2 光伏器件第1-2 部分：双面光伏（PV）器件电流-电压特性的测量（Photovoltaic devices – Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic(PV) devices）

3 符号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

TOPCon 隧穿氧化层钝化接触技术（Tunnel Oxide Passivated Contact）

HJT 异质结技术（Heterojunction）

BC 背接触技术（Back Contact）

MPPT 最大功率点跟踪（Maximum Power Point Tracking）

4 术语和定义

GB/T 2297界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

4.1

TOPCon光伏组件 photovoltaic modules with tunnel oxide passivated contact photovoltaic cells

使用TOPCon光伏电池制备的光伏组件。

4.2

HJT光伏组件 photovoltaic modules with heterojunction photovoltaic cells

使用HJT光伏电池制备的光伏组件。

4.3

BC光伏组件 photovoltaic modules with back contact photovoltaic cells

使用BC光伏电池制备的光伏组件。

4.4

光伏并网逆变器 photovoltaic grid-connected inverter

将光伏方阵输出的直流电变换成交流电后馈入电网的设备。

[来源：NB/T 32004-2018，3.1]

4.5

静态MPPT效率 static maximum power point tracking efficiency

在辐照强度恒定工况下，在一定的测量周期内被测光伏并网逆变器直流侧输入的电能与光伏方阵模拟器理论上在最大功率点提供直流电能的比值。

[来源：NB/T 32032-2016，3.7，有修改]

4.6

逆变器转换效率 conversion efficiency of photovoltaic inverters

在辐照强度恒定工况下，在一定的测量周期内被测光伏并网逆变器交流侧输出的电能与直流侧输入的电能的比值。

[来源：NB/T 32032-2016，3.9，有修改]

4.7

平均加权总效率 average weighed overall efficiency

在不同直流输入电压下，光伏并网逆变器在规定的不同负载点下的加权效率总和的平均值，即平均加权总效率，其权重系数根据中国日照资源特点确定。

4.8

晶体硅光伏组件能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for crystalline silicon photovoltaic modules

在规定测试条件下，晶体硅光伏组件光电转换效率最低允许值和环境应力衰减率的最高允许值。

4.9

光伏并网逆变器能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for photovoltaic grid-connected inverters

在规定测试条件下，光伏并网逆变器平均加权总效率和最大转换效率的最低允许值。

5 技术要求

5.1 能效等级

5.1.1 晶体硅光伏组件

晶体硅光伏组件能效等级分为3级，其中1级能效等级最高。各能效等级的光电转换效率不应低于表1的规定，环境应力衰减率不应高于表1的规定。光电转换效率和环境应力衰减率按GB/T 8170的规定进行修约，均保留1位小数。

表1 晶体硅光伏组件能效等级

产品类型	1级		2级		3级	
	光电转换效率 %	环境应力衰减率 %	光电转换效率 %	环境应力衰减率 %	光电转换效率 %	环境应力衰减率 %
TOPCon光伏组件	≥23.6%	≤3.5	≥23.2%	≤5.0	≥22.4	≤9.0
HJT光伏组件	≥23.9%	≤4.5	≥23.3%	≤6.0	≥22.5	≤9.5
BC光伏组件	≥24.8%	≤2.5	24.3%	≤3.5	≥23.3	≤6.5
注：光伏组件的光电转换效率及环境应力衰减率以正面数值计算。						

5.1.2 光伏并网逆变器

光伏并网逆变器能效等级分为3级，其中1级能效等级最高。各能效等级光伏并网逆变器的平均加权总效率和最大转换效率不应低于表2的规定。平均加权总效率与最大转换效率按GB/T 8170的规定进行修约，均保留2位小数。

表2 光伏并网逆变器能效等级

产品类型		能效等级					
		1级		2级		3级	
	功率	平均加权总效率 %	最大转换效率 %	平均加权总效率 %	最大转换效率 %	平均加权总效率 %	最大转换效率 %
光伏并网逆变器	P>500 kW	98.58	99.00	98.48	98.85	98.38	98.70
	200 kW<P≤500 kW	98.55	99.00	98.45	98.85	98.35	98.65
	150 kW<P≤200 kW	98.35	98.80	98.25	98.70	98.15	98.60
	100 kW<P≤150 kW	98.25	98.70	98.15	98.60	98.05	98.50
	50 kW<P≤100 kW	98.20	98.60	98.10	98.55	98.00	98.50
	20 kW≤P≤50 kW	98.15	98.55	98.05	98.50	97.95	98.50

5.2 能效限定值

5.2.1 晶体硅光伏组件能效限定值为表1中能效等级的3级。

5.2.2 光伏并网逆变器能效限定值为表2中能效等级的3级。

5.3 双面率

对于双面晶体硅光伏组件，TOPCon光伏组件双面率应不低于75%，HJT光伏组件双面率应不低于85%，BC光伏组件双面率应不低于70%。

6 计算与测试方法

6.1 晶体硅光伏组件光电转换效率测试方法

晶体硅光伏组件的光电转换效率按GB/T 34160-2017进行测试。

6.2 晶体硅光伏组件环境应力衰减率测试方法

晶体硅光伏组件环境应力衰减率按附录A进行测试。

6.3 晶体硅光伏组件双面率测试和计算方法

晶体硅光伏组件双面率按IEC TS 60904-1-2进行测试。

双面率按公式（1）进行计算：

$$\varphi = \frac{I_{sc_{\text{背面}}}}{I_{sc_{\text{正面}}}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

φ ——双面率

$I_{sc_{\text{背面}}}$ ——标准测试条件下（辐照度1000 W/m²，电池温度25 °C，满足IEC 60904-3的标准太阳光谱辐照分布）光伏组件背面短路电流，单位为安培（A）；

$I_{sc_{\text{正面}}}$ ——标准测试条件下光伏组件正面短路电流，单位为安培（A）。

6.4 光伏并网逆变器效率测试方法

光伏并网逆变器效率按附录B进行测试。

附录 A

(规范性)

光伏组件环境应力衰减率测试方法

A.1 试验方法

A.1.1 稳定性试验

按照GB/T 9535.2中4.19规定的方法进行。

A.1.2 外观检查

按照GB/T 9535.2中4.1规定的方法进行。

A.1.3 EL试验

按照 IEC TS 60904-13 中规定的方法进行。

A.1.4 标准测试条件下的性能

按照GB/T 9535.2中4.6规定的方法进行。

A.1.5 绝缘试验

按照GB/T 9535.2中4.3规定的方法进行。

A.1.6 湿漏电流试验

按照GB/T 9535.2中4.15规定的方法进行。

A.1.7 紫外湿热试验

A.1.7.1 设备

紫外湿热试验设备应满足下列要求：

a) 环境箱：

——环境箱内温度和湿度可控制，温度范围在 25 °C~100 °C之间，温度波动 $\leq \pm 1$ °C，温度偏差 $\leq \pm 2$ °C；温度均匀性 $\leq \pm 2$ °C；湿度范围在 30%~85%之间，湿度波动 $\leq \pm 3$ %RH，湿度偏差 $\leq \pm 3$ %RH，湿度均匀性 $\leq \pm 5$ %RH；

——箱内有安装或支撑组件的装置，并保证周围的空气能自由循环，能容纳一个或多个组件进行加速老化试验；样品架材料应耐腐蚀老化，不产生影响样品测试的锈蚀。

b) 紫外光源：符合 GB/T 9535.2 中 4.10 规定的要求，波长范围 280 nm~400 nm，包括 280 nm~320 nm 的 UVB，320 nm~400 nm 和 UVA，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %。有效辐照面的紫外辐照度的均匀性 $\leq \pm 15$ %，紫外辐照度示值误差不超过 ± 12 %；波长范围 < 280 nm 的 UVC 占 UV(A+B+C)能量不超过 0.5 %；c) 辐照度计：用于监控辐照度的设备，安装在与组件同一平面，记录辐照度和总辐照量，相对示值误差不超过 ± 5 %；辐照度计监控 UV 波长范围应至少包含 280 nm~400 nm；d) 温度传感器：准确度 $\leq \pm 2$ °C，有 1 个或以上的样品温度传感器。多个温度传感器应在试验箱内平均分布；e) 湿度传感器：传感器测量精度 $\leq \pm 2$ %RH；

f) 测试负载：使组件在其最大功率点附近工作的电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)。

A.1.7.2 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 将样品放入紫外湿热试验箱内，辐照面为样品正面；
- b) 将样品温度传感器接到样品非辐照面中心位置附近。如果多块样品同时进行试验，监控其中有代表性的一块样品；
- c) 将样品短路连接，或者连接一个电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)，并在检测报告中说明；
- d) 将试验箱环境设置为 85 °C，85 %RH。当样品温度达到(85±2) °C，相对湿度(85±5) %后，开启紫外灯源，样品平面辐照强度为(150±10) W/m²，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %；
- e) 试验过程中样品应保持在温度为(85±2) °C，相对湿度为(85±5) %，辐照强度为(150±10) W/m²，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %；辐照度计采集辐照强度数据频次不低于 10 分钟/次；
- f) 紫外湿热试验时间为 200 h；
- g) 记录试样表面实际所受的累计辐照量。

A. 1. 8 紫外热循环试验

A. 1. 8. 1 设备

紫外热循环试验设备应满足下列要求：

- a) 环境箱：
 - 环境箱内温度和湿度可控制，温度范围在-40 °C~100 °C 之间，温度波动:≤±1 °C；温度偏差 ≤±2 °C；温度均匀性 ≤±2 °C；
 - 箱内有安装或支撑组件的装置，并保证周围的空气能自由循环，能容纳一个或多个组件进行加速老化试验；样品架材料应耐腐蚀老化，不产生影响样品测试的锈蚀。
- b) 紫外光源：符合 GB/T 9535.2 中 4.10 规定的要求，波长范围 280 nm~400 nm（包括 280 nm~320 nm 的 UVB，320 nm~400 nm 的 UVA），其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %。有效辐照面的紫外辐照度的均匀性≤±15 %；紫外辐照度示值误差不超过±12 %；波长范围<280 nm 的 UVC 占 UV(A+B+C)能量不超过 0.5 %；
- c) 辐照度计：用于监控辐照度的设备，安装在与组件同一平面，记录辐照度和总辐照量，相对示值误差不超过±5 %；辐照度计监控 UV 波长范围应至少包含 280 nm~400 nm；
- d) 温度传感器：准确度≤±2 °C，有 1 个或以上的样品温度传感器。多个温度传感器应在试验箱内平均分布；
- e) 测试负载：使组件在其最大功率点附近工作的电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)。

A. 1. 8. 2 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 将样品放入紫外热循环试验箱内，辐照面为样品正面；
- b) 将固定到样品非辐照面中心位置附近，紧贴样品表面，用于监控样品实验温度。如果多块样品同时进行试验，监控其中有代表性的一块样品；
- c) 将样品短路连接，或者连接一个电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)，并在检测报告中说明；
- d) 按照图 A.1 设置试验箱温度条件，开启紫外灯源，样品平面辐照强度为(150±10) W/m²，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %；
- e) 试验过程中，样品温度控制范围为-40 °C~85 °C，升降温速率满足图 1 的规定。当循环试验温度升温至 0 °C 以上，光源处于开启状态，辐照强度为(150±10) W/m²，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %。辐照度计采集辐照强度数据频次不低于 10 分钟/次。当循环试验温度运行降温至 0 °C 及以下时光源处于关闭状态；
- f) 试验条件：UVA 波长：320 nm~400 nm，UVB 波长：280 nm~320 nm，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %，辐照强度：(150±10) W/m²；样品温度控制范围：-40 °C~85 °C，升降温速率满足图 1 的规定。试验开始时立即开启紫外灯光源，辐照强度为(150±10) W/m²，其中 UVB 占

UV(A+B)能量的 3 %~7 %。当样品温度降温至 0 °C 及以下, 光源处于关闭状态。当循环试验温度升温至 0 °C 以上, 光源处于开启状态;

- g) 循环周期为 50 次, 单个循环周期为(4.5~5) h;
- h) 记录试样表面实际所受的累计辐照量。

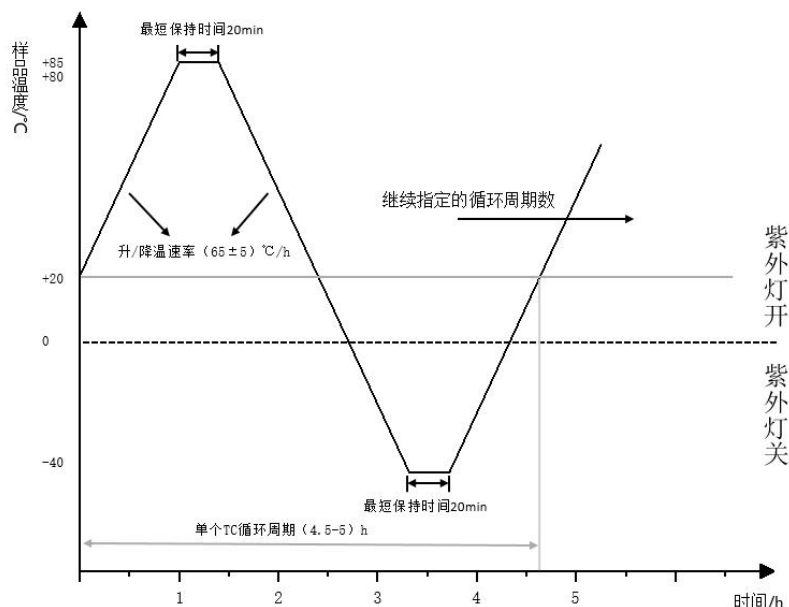


图 A.1 紫外热循环试验温湿度控制曲线

A.1.9 紫外湿冻试验

A.1.9.1 设备

紫外湿冻试验设备应满足下列要求:

- a) 环境箱:
 - 环境箱内温度和湿度可控, 温度范围在 -40 °C~100 °C 之间, 温度波动 $\leq \pm 1$ °C; 温度偏差 $\leq \pm 2$ °C; 温度均匀性 $\leq \pm 2$ °C, 湿度范围在 30 %~85 %之间, 湿度波动 $\leq \pm 3$ %RH; 湿度偏差 $\leq \pm 3$ %RH; 湿度均匀性 $\leq \pm 5$ %RH;
 - 箱内有安装或支撑组件的装置, 并保证周围的空气能自由循环, 能容纳一个或多个组件进行加速老化试验; 样品架材料应耐腐蚀老化, 不产生锈蚀影响样品测试。
- b) 紫外光源: 符合 GB/T 9535.2 中 4.10 规定的要求, 波长范围 280 nm~400 nm, 包括 UVB 280 nm~320 nm 的 UVB 和 320 nm~400 nm 的 UVA, 其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3 %~7 %, 有效辐照面的紫外辐照度的均匀性 $\leq \pm 15$ %, 紫外辐照度示值误差不超过 ± 12 %; 波长范围 < 280 nm 的 UVC 占 UV(A+B+C)能量不超过 0.5 %;
- c) 辐照度计: 用于监控辐照度的设备, 安装在与组件同一平面, 记录辐照度和总辐照量, 相对示值误差不超过 ± 5 %; 辐照度计监控 UV 波长范围应至少包含 280 nm~400 nm;
- d) 温度传感器: 准确度 $\leq \pm 2$ °C, 有 1 个或以上的样品温度传感器。多个温度传感器应在试验箱内平均分布;
- e) 湿度传感器: 传感器测量精度 $\leq \pm 2$ %RH;
- f) 测试负载: 使组件在其最大功率点附近工作的电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)。

A.1.9.2 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- 将样品放入紫外湿冻试验箱内，辐照面为样品正面；
- 将样品温度传感器固定到样品非辐照面中心位置附近，紧贴样品表面，用于监控样品实验温度。如果多块样品同时进行试验，监控其中有代表性的一块样品，
- 将样品短路连接，或者连接一个电阻负载或最大功率跟踪器(MPPT)，并在检测报告中说明；
- 按照图 A.2 设置试验箱温湿度条件，开启紫外灯源，样品平面辐照强度为 $(150\pm 10) \text{ W/m}^2$ ，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3%~7%；
- 样品温度控制范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，升降温速率满足图 2 的规定。在样品温度为 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 阶段控制相对湿度为 $(85\pm 5)\%$ ，其余阶段不控制湿度。当循环试验温度升温至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，光源处于开启状态，辐照强度为 $(150\pm 10) \text{ W/m}^2$ ，其中 UVB 占 UV(A+B)能量的 3%~7%。辐照度计采集辐照强度数据频次不低于 10 分钟/次；当循环试验温度运行降温至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及以下时光源处于关闭状态；
- 循环周期为 10 次，单个循环周期为 $(23\sim 24) \text{ h}$ ；
- 记录试样表面实际所受的累计辐照量。

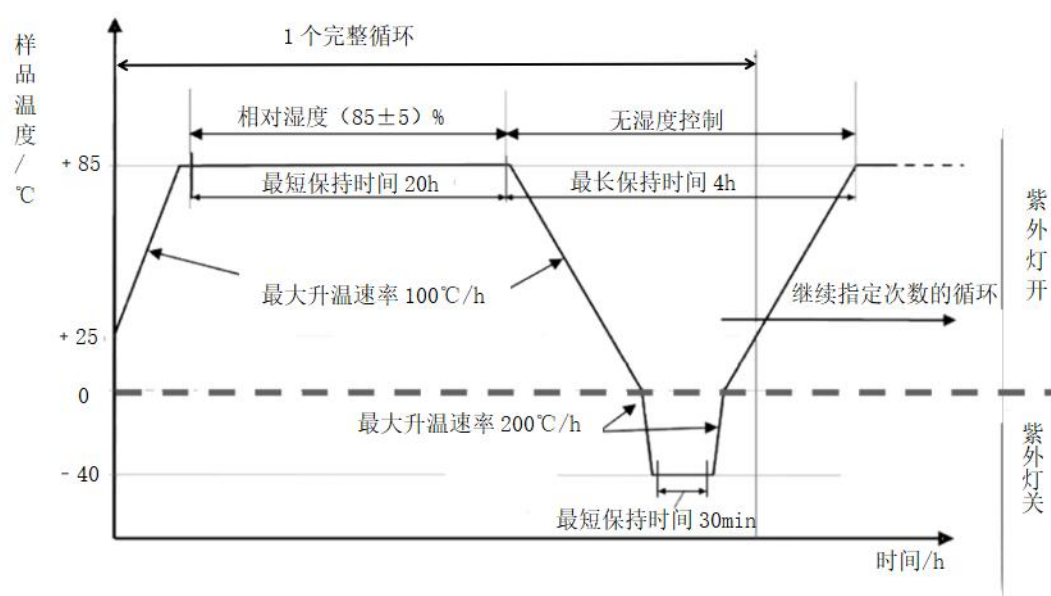


图 A.2 紫外湿冻试验温湿度控制曲线

A.2 序列测试

测试件和控制件应按图A.3进行序列测试。

- 耦合应力试验前，对测试样品及控制件依次进行 A.1.1、A.1.2、A.1.3、A.1.4、A.1.6 测试；
- 按照图 A.3 分别进行紫外湿热、紫外热循环、紫外湿冻等耦合应力试验，每阶段耦合应力试验结束后分别进行 A.1.2、A.1.3、A.1.4、A.1.5、A.1.6 测试。若对应用在特殊场景下的样品进行耦合应力序列测试，应充分考虑典型地区的紫外辐照差异，可根据实际需要调整耦合应力试验条件；
- 在序列结束后，对测试样品依次进行 A.1.1、A.1.2、A.1.3、A.1.4、A.1.6 测试。对控制件进行 A.1.4 测试。

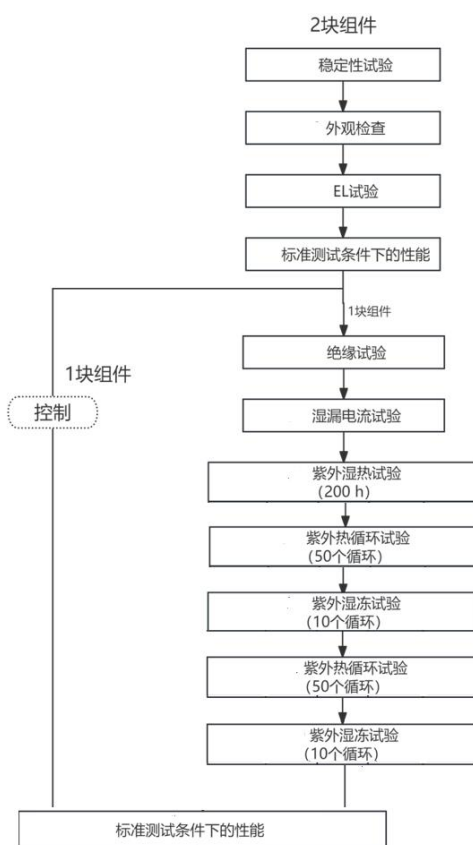


图 A. 3 序列测试图

A. 3 计算方法

经过序列测试后，环境应力衰减率按式(A.1)计算：

$$D = \frac{P_{\max(\text{初始})} - P_{\max(\text{最终})}}{P_{\max(\text{初始})}} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

- D —— 为环境应力衰减率，单位为百分比（%）；
 $P_{\max(\text{初始})}$ —— 为组件经初始稳定性试验后的最大功率，单位为瓦(W)；
 $P_{\max(\text{最终})}$ —— 为组件经序列测试后最大功率，单位为瓦(W)。

附 录 B
(规范性)
光伏并网逆变器效率测试方法

B.1 试验条件

B.1.1 试验环境条件

试验环境应满足如下条件：

- a) 环境温度： $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa；
- d) 海拔： $\leq 2000\text{m}$ 。

B.1.2 电源

采用NB/T 32032-2016中5.1规定的设备。

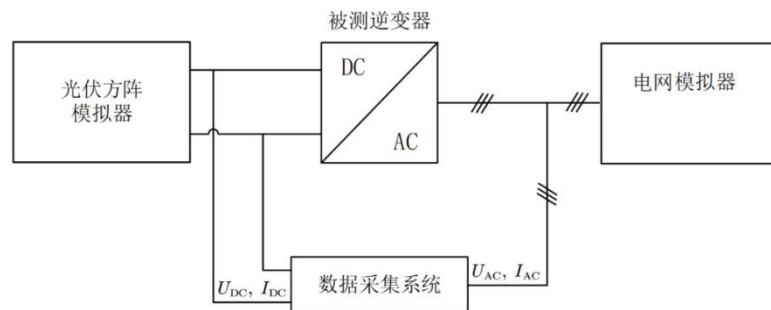
B.1.3 测试仪器

采用NB/T 32032-2016中5.2规定的设备。

B.2 测试框图

按图B.1连接测试系统，应符合如下要求：

- 数据采集系统测量点的位置应尽可能靠近被测样品，其中直流电压测量点为直流接线铜排位置或直流接线端子外部连接导线部分5 cm内的位置。交流电压测量点为交流接线铜排位置或交流接线端子外部连接导线部分5cm内的位置；
- 外部传感器布置位置离被测设备的距离应小于0.3米。



图B.1 光伏并网逆变器效率测试框图

B.3 转换效率

B.3.1 转换效率测试条件

转换效率测试应满足如下条件：

- a) 具有多路MPPT输入的光伏并网逆变器，在进行转换效率测试时，每一路MPPT输入应配置独立的光伏方阵模拟器，各光伏方阵模拟器的输出功率应平均分配到每个输入端口，每一路MPPT电压偏差应控制在 $\pm 10\text{V}$ 以内；
- b) 转换效率测试应满足表B.1要求；
- c) 转换效率测试宜与静态MPPT效率的测试同时进行；
- d) 避免因电网电压的高低而影响测试结果，所有测试应在逆变器额定电网工作电压下进行。

表B.1 转换效率测试要求

PV模拟器I/V特性曲线的MPPT电压	模拟I/V特性曲线	光伏方阵模拟器MPP功率与被测逆变器额定直流输入功率的比值 $P_{MPP,PVS}/P_{DC,r}$						
		0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
$U_{MPPmax}(0.8U_{DCmax})^a$	晶体硅曲线							
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$								
U_{MPPmin}								
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$	薄膜曲线							
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$								
U_{MPPmin}								
注1：在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；								
注2： $\triangle U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$ ；								
注3：如被测逆变器不适用薄膜组件，这些测量点可不测量。								

B.3.2 转换效率测试步骤

转换效率应按如下步骤进行测试：

a) 根据上述测试条件调节光伏方阵模拟器输出特性，按照图1连接光伏方阵模拟器、被测逆变器以及相关的检测设备；

b) 待被测逆变器输出稳定后，待被测设备输出稳定后，开始测量下列数据，记录时间为3min。

——被测设备的输入电压： U_{DC}

——被测设备的输入电流： I_{DC}

——被测设备的输出电压： U_{AC}

——被测设备的输出电流： I_{AC}

c) 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，被测逆变器在MPPT模式下无法稳定运行，应至少等待5 min再进行测量。

B.3.3 数据计算

转换效率应按公式(B.1)计算：

$$\eta_{conv,i} = \frac{\sum_{k=1}^n U_{AC,k} \cdot I_{AC,k} \cdot \Delta T_k}{\sum_{k=1}^n U_{DC,k} \cdot I_{DC,k} \cdot \Delta T_k} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$\eta_{conv,i}$ ——i电压下的转换效率；

$U_{AC,k}$ ——交流输出电压瞬时采样值；

$I_{AC,k}$ ——交流输出电流瞬时采样值；

$U_{DC,k}$ ——直流输入电压瞬时采样值；

$I_{DC,k}$ ——直流输入电流瞬时采样值；

ΔT_k ——采样间隔，推荐不大于100 ms；

n——采样数据的个数。

注：被测设备设置的修改、测量中的异常现象和测量步骤的更改都应记录在检测报告中。

B.4 静态 MPPT 效率

B.4.1 静态MPPT效率测试条件

静态MPPT效率测试应满足如下条件：

a) 具有多路MPPT输入的光伏并网逆变器，在进行静态MPPT效率测试时，每一路MPPT输入应配置独立的光伏方阵模拟器，各光伏方阵模拟器的输出功率应平均分配到每个输入端口，每一路MPPT电压偏差应控制在 $\pm 10V$ 以内；

b) 静态MPPT效率测试应满足表B.2要求；

c) 静态MPPT效率测试宜与转换效率的测试同时进行；

d) 避免因电网电压的高低而影响测试结果，所有测试应在逆变器额定电网工作电压下进行。

表B.2 静态MPPT效率测试要求

PV模拟器I/V特性曲线的MPPT电压	模拟I/V特性曲线	光伏方阵模拟器MPP功率与被测逆变器额定直流输入功率的比值 $P_{MPP,PVS}/P_{DC,r}$						
		0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
$U_{MPPmax}(0.8U_{DCmax})^a$	晶体硅曲线							
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$								
U_{MPPmin}								
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$	薄膜曲线							
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$								
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$								
U_{MPPmin}								
注1：在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；								
注2： $\triangle U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$ ；								
注3：如被测逆变器不适用薄膜组件，这些测量点可不测量；								
注4：多路MPPT独立输入测试时，表格中记录各路静态MPPT效率计算结果中的最小值。								

B.4.2 静态MPPT效率测试步骤

静态MPPT效率应按如下步骤进行测试：

a) 根据上述测试条件调节光伏方阵模拟器输出特性，按照图1连接光伏方阵模拟器、被测逆变器以及相关的检测设备；

b) 待被测逆变器输出稳定后，待被测设备输出稳定后，开始测量下列数据，记录时间为3min。

——被测设备的输入电压： U_{DC}

——被测设备的输入电流： I_{DC}

c) 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，被测逆变器在MPPT模式下无法稳定运行，应至少等待5 min再进行测量。

B.4.3 数据计算

静态MPPT效率按公式(B.2)计算:

$$\eta_{MPPTstat,i} = \frac{\sum_{k=1}^n U_{DC,k} \cdot I_{DC,k} \cdot \Delta T_k}{\sum_{k=1}^n P_{MPP,PVS,k} \cdot \Delta T_k} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$\eta_{MPPTstat,i}$ ——i 电压下的静态 MPPT 效率;

$U_{DC,k}$ ——直流输入电压瞬时采样值;

$I_{DC,k}$ ——直流输入电流瞬时采样值;

$P_{MPP,PVS,k}$ ——光伏模拟器理论输出的功率值;

ΔT_k ——采样间隔, 推荐不大于100ms;

n——采样数据的个数。

注: $P_{MPP,PVS,k}$ 取输入功率的95%概率大值。

B.5 平均加权总效率

B.5.1 总效率数据计算

光伏并网逆变器的总效率 η_t 按公式 (B.3) 计算:

$$\eta_t = \eta_{conv,i} \cdot \eta_{MPPTstat,i} \dots\dots\dots (B.3)$$

B.5.2 加权总效率数据计算

不同输入电压下的加权总效率 η_k 基于中国典型太阳能资源区的效率权重系数, 按公式 (B.4) 计算:

$$\eta_k = k_1 \cdot \eta_{t,1} + k_2 \cdot \eta_{t,2} + k_3 \cdot \eta_{t,3} + k_4 \cdot \eta_{t,4} + k_5 \cdot \eta_{t,5} + k_6 \cdot \eta_{t,6} + k_7 \cdot \eta_{t,7} \dots\dots\dots (B.4)$$

B.5.3 平均加权总效率数据计算

逆变器平均加权总效率 η 按公式 (B.5) 计算:

$$\eta = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \eta_k \dots\dots\dots (B.5)$$

B.5.4 权重系数

中国太阳能资源区光伏并网逆变器加权效率的权重系数见表B.3。

表B.3 中国太阳能资源区光伏并网逆变器加权效率的权重系数表

权重系数	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7
	0.02	0.03	0.06	0.12	0.25	0.37	0.15
负载点	1	2	3	4	5	6	7
	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	0.75	1

国家标准
《晶硅光伏组件和逆变器能效限定值
及能效等级》

编制说明
(征求意见稿)

《晶硅光伏组件和逆变器能效限定值及能效等级》标准工作组

2025 年 9 月

目 录

一、工作概况.....	3
二、编制原则、主要技术内容及确定论据	7
三、与有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系、配套推荐性标准的制定情况	19
四、与国际、国外有关法规和标准水平的比对分析	20
五、重大分歧意见的处理过程及依据	20
六、标准实施日期的建议及依据，包括实施标准所需要的技术改造、成本投入、老旧产品退出市场时间、实施标准可能造成的社会影响等	20
七、与实施强制性国家标准有关的政策措施，包括实施监督管理部门以及对违反强制性国家标准的行为进行处理的有关法律、行政法规、部门规章依据	20
八、是否需要对外通报的建议及理由	22
九、废止现行有关标准的建议	22
十、涉及专利的有关说明	23
十一、标准所涉及的产品、过程和服务目录	23
十二、公平竞争审查结论	23
十三、其他应当予以说明的事项	23

一、工作概况

1.1 标准背景

“节约资源、保护环境”是我国基本国策。能效标准作为终端用能领域重要的基础性节能管理制度，是世界各国应对能源供应紧张、实现可持续发展的重要手段。能效标准针对用能产品及设备科学划分能效等级，规定最低能效要求，明确能效底线，淘汰落后产品，同时引领节能技术创新，为能效标识、节能产品政府采购、终端产品能效“领跑者”制度、绿色产业指导目录等节能政策及制度实施提供技术依据。

能源是实现碳达峰碳中和工作的主战场，以光伏发电为代表的新能源发展成效显著，发电规模稳居世界第一，电源结构占比稳步提升，成本快速下降。国家能源局发布的 2024 年可再生能源并网运行情况显示，2024 年全国光伏新增装机 2.78 亿千瓦（278 GW），同比增长 28%，其中集中式光伏 1.59 亿千瓦，分布式光伏 1.18 亿千瓦。加快发展壮大光伏产业是我国建设清洁低碳、安全高效能源体系，参与全球能源产业和绿色经济竞争合作的重要方向和长期任务。《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出：到 2025 年，非化石能源消费比重达到 20%左右；到 2030 年，非化石能源消费比重达到 25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上；到 2060 年，非化石能源消费比重达到 80%以上。在光伏产业快速发展进程中，推动光伏产业自身绿色低碳发展，是构建新型电力系统、推进能源低碳转型、实现“双碳”目标的必然要求和应有之义，也是全球能源转型的重要支撑。

光伏产业作为我国全球性战略优势产业，在政策引导和产业技术革新的推动下，产品加快迭代升级，行业应用加快融合创新，产业规

模实现进一步增长。光伏产业已成为我国少有的形成国际竞争优势、实现端到端自主可控、并有望率先成为高质量发展典范的战略性新兴产业，在制造业规模、产业化技术水平、应用市场拓展、产业体系建设等方面均位居全球前列。工信部公布的 2023 年全国光伏制造行业运行情况显示，2023 年全国多晶硅、硅片、电池、组件产量再创新高，行业总产值超过 1.7 万亿元。2024 年，多晶硅、硅片、电池片、组件产量分别达 182 万吨、753 GW、654 GW、588 GW，行业产值保持万亿规模，光伏电池、组件出口量分别增长超过 40%、12%，但主要光伏产品持续“量增价减”态势。2024 年，中国光伏逆变器出货量规模达到约 182 GW，相比 2023 年的 152.6 GW 有显著增长。但与此同时，行业也面临竞争加剧、竞争同质化、产能过剩等问题。光伏组件、逆变器的效率、衰减率等指标是发电能力和发电增益的保证，制定强制性国家能效标准有利于遴选高效优质产品、淘汰低效落后产品，通过标准的倒逼引领有效牵引行业高质量发展。

国家相关政策文件对加快光伏产品能效能耗国家标准研制提出了要求。《以标准提升牵引设备更新和消费品以旧换新行动方案》明确要抓紧制定多晶硅、锂电池正负极材料、光伏拉晶产品等能耗限额标准，出台一批“新三样”中国标准外文版。《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024 年版）》要求填补可再生能源等领域强制性能效标准空白。

综上，双碳战略、能源低碳转型、产业高质量发展等均对光伏产品能效国家标准提出了迫切要求，急需开展系统研究，建立先进标准，支撑产业高质量发展。

光伏组件和光伏逆变器能效限定值及能效等级标准的研制和实施，可带来以下显著经济社会生态效益：

（1）经济效益。2024 年光伏新增装机 278 GW，行业总产值超过 1.7 万亿元，能效标准有望支撑工艺和技术升级，拉动设备更新改造投资。

（2）社会生态效益。一是推动产业链高质量发展。标准引领产品高效设计和节能降碳技术创新，提升产品绿色附加值和竞争力。二是节电。2024 年，全国光伏装机容量 11.096 亿千瓦，新增装机 2.78 亿千瓦，发电量 8341 亿千瓦时，同比增长 44%；全国光伏发电利用率 96.8%。以发电增益 0.5%、标准使用 5 年保守计算，可间接减少 150 多亿千瓦时煤炭电力消费。

1.2 任务来源

为全面落实节约能源资源的基本国策，进一步推动新能源和可再生能源领域节能降碳，2024 年 7 月 25 日，国家标准化管理委员会向全国能源基础与管理标准化技术委员会（SAC/TC 20）下达了编号为 20242200-Q-469 的《晶硅光伏组件和逆变器能效限定值及能效等级》国家标准制定计划，项目周期为 22 个月。

1.3 起草过程

标准起草从 2024 年 9 月开始，具体分为如下阶段：

1. 标准预研

2024 年 9 月-12 月，标准起草组对光伏组件和逆变器市场和技术发展情况、产品性能和测试方法国内外标准情况进行了广泛调研，初步确定了标准修订方向，形成标准草稿。

2. 产品能效基础数据、标准技术内容完善建议等调研分析

通过查阅资料、网站、交流走访等方式，收集国家法律法规和相关政策、深入了解我国光伏行业技术路线演变和产品能效水平提升情

况，收集第三方机构检测数据、国抽数据、企业认证数据、企业网站产品信息等，为标准技术内容完善提供支撑。

3. 召开标准研讨会

2025年5月，中国标准化研究院在无锡组织召开了标准研讨会，到会单位有40多家相关行业企事业单位，涵盖生产企业、检测机构、大宗用户等。与会代表重点针对光伏组件和逆变器能效标准的适用范围、产品分类方式、能效评价指标（涵盖效率、衰减率、待机功耗等）、测试方法等进行了充分讨论。随着n型技术的快速发展和产能扩张，p型组件市场份额急剧下降。根据市场研究机构如InfoLink、TrendForce 集邦咨询等的判断，2025年起p型市占率将仅剩个位数，2026年至2027年将全面被n型取代。部分企业选择对p型PERC电池相关资产进行计提减值，同时将部分内销转出口，也有不少企业进行p型产线技改。此外，随着n型组件的快速发展，其主要技术路线TOPCon、HJT、BC等几乎全部基于单晶硅开发，多晶硅组件的市场份额已降至很低水平。考虑到标准从制定到发布还有1年多的时间，与会单位建议不再区分p型和n型、单晶硅和多晶硅分别制定能效要求。同时，建议标准对双面率提出相关要求。此外，建议对微型光伏并网逆变器等是否在适用范围、逆变器待机功耗测试方法等进行研究。

随后，标准起草组就光伏组件能效评价指标如光电转换效率、衰减率、双面率等、逆变器能效评价指标如平均加权效率、最大转换效率、待机损耗等指标的重要性的应用方式进行了相关方沟通调研，考虑到标准的可操作性，研究提出光伏组件采用光电转换效率和环境应力衰减率作为分级指标、双面率作为准入指标，光伏并网逆变器采用

平均加权效率和最大转换效率作为分级指标，不将待机损耗作为主要评价指标。在此基础上，进一步完善标准技术内容。

2025 年 9 月，中国标准化研究院在北京组织召开了标准研讨会，到会单位有 20 多家行业企事业单位。与会代表重点对光伏组件和逆变器能效标准的目标产品、不适用产品、产品分类方式、能效评价参数和能效等级指标、测试方法等进行了充分讨论。

4. 修改完善标准草稿，形成征求意见稿

在与《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024 年版）》《光伏制造行业规范条件（2024 年本）》、《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准等指标要求进行衔接的基础上，基于标准研讨情况和数据统计分析结果，对标准草稿进行进一步修改完善，形成标准征求意见稿。

二、编制原则、主要技术内容及确定论据

2.1 编制原则

1. 对适用范围、术语和定义、能效等级、能效限定值、计算和测试方法等内容做出明确规定。

2. 按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求和规定编写标准内容。

3. 标准应与已颁布实施的相关产品、测试方法等标准进行很好的衔接。如在测试方法上，与 GB/T 34160 地面用光伏组件光电转换效率检测方法、光伏组件耦合环境应力试验方法及性能要求、NB/T 32032 光伏电站逆变器效率检测技术要求等标准进行衔接协调。在评价指标上，尽可能与《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平

和准入水平（2024年版）》《光伏制造行业规范条件（2024年本）》、《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准要求进行衔接。

4. 本标准在编写过程中结合我国国情，充分考虑行业现状及技术发展趋势，所包含的内容体现公平性、严谨性、通用性、先进性，可操作性强，并具有普遍的指导意义。

5. 本标准用于促进光伏组件和逆变器的能效提升工作，标准的编制本着节约能源、绿色转型、经济合理的基本思路，与国家宏观节能政策相协调。

2.2 主要研制内容

1. 标准适用范围

本文件规定了晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器的能效等级、能效限定值及测试方法。

本文件适用于晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器，其中光伏并网逆变器包括集中式光伏并网逆变器、组串式光伏并网逆变器、以及预装式光伏逆变一体机的光伏并网逆变器部分。

本文件不适用于：

- 建筑一体化（BIPV）光伏组件；
- 消费型光伏组件；
- 钙钛矿/晶体硅叠层光伏组件；
- 20 kW以下的光伏并网逆变器；

注1：BIPV的定义见IEC 63092-1:2020。

注2：消费型光伏组件的定义见IEC TS 63163:2021。

2. 术语和定义

在GB/T 2297基础上，标准给出了TOPCon光伏组件、HJT光伏组件、BC光伏组件、光伏并网逆变器、静态MPPT效率、逆变器转换效率、平均加权总效率、晶体硅光伏组件能效限定值、光伏并网逆变器能效限定值等的术语和定义。

3. 能效等级

标准分别规定了晶体硅光伏组件与光伏并网逆变器的能效等级。其中晶体硅光伏组件采用光电转换效率和环境应力衰减率进行能效分级。光伏并网逆变器采用平均加权总效率和最大转换效率进行能效分级。

表 1 晶体硅光伏组件能效等级

产品类型	1级		2级		3级	
	光电转换效率%	环境应力衰减率%	光电转换效率%	环境应力衰减率%	光电转换效率%	环境应力衰减率%
TOPCon光伏组件	≥23.6%	≤3.5	≥23.2%	≤5.0	≥22.4	≤9.0
HJT光伏组件	≥23.9%	≤4.5	≥23.3%	≤6.0	≥22.5	≤9.5
BC光伏组件	≥24.8%	≤2.5	24.3%	≤3.5	≥23.3	≤6.5
注：光伏组件的光电转换效率及环境应力衰减率以正面数值计算。						

表 2 光伏并网逆变器能效等级

产品类型		能效等级					
		1级		2级		3级	
光伏并网逆变器	功率	平均加权总效率%	最大转换效率%	平均加权总效率%	最大转换效率%	平均加权总效率%	最大转换效率%
	P>500 kW	98.58	99.00	98.48	98.85	98.38	98.70
	200 kW<P≤500 kW	98.55	99.00	98.45	98.85	98.35	98.65
	150 kW<P≤200 kW	98.35	98.80	98.25	98.70	98.15	98.60
	100 kW<P≤150 kW	98.25	98.70	98.15	98.60	98.05	98.50

	50 kW<P≤100 kW	98.20	98.60	98.10	98.55	98.00	98.50
	20 kW≤P≤50 kW	98.15	98.55	98.05	98.50	97.95	98.50

4. 能效限定值

(1) 晶体硅光伏组件能效限定值

晶体硅光伏组件的能效限定值为表1中能效等级的3级。光电转换效率和环境应力衰减率按GB/T 8170的规定进行修约，保留小数点后一位。

(2) 光伏并网逆变器能效限定值

光伏并网逆变器的能效限定值为表2中能效等级的3级。平均加权总效率与最大转换效率按GB/T 8170的规定进行修约，保留小数点后二位。

5. 双面率

对于双面晶体硅光伏组件，TOPCon光伏组件双面率应不低于75%，HJT光伏组件双面率应不低于85%，BC光伏组件双面率应不低于70%。

6. 测试和计算方法

6.1 晶体硅光伏组件光电转换效率测试方法

晶体硅光伏组件的光电转换效率按 GB/T 34160-2017 进行测试。

6.2 晶体硅光伏组件环境应力功率衰减率测试和计算方法

(1) 测试方法

晶体硅光伏组件环境应力衰减率试验方法包括稳定性试验、外观检查、EL试验、标准测试条件下的性能、绝缘试验、湿漏电试验、紫外湿热试验、紫外循环试验、紫外湿冻试验。测试件和控制件应按图1进行序列测试。

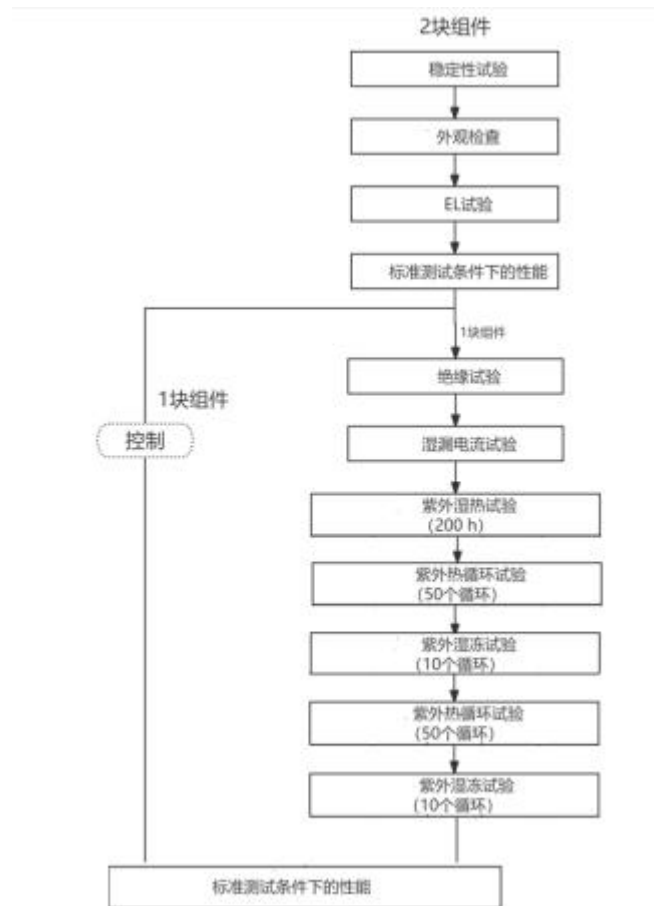


图 1 序列测试图

a) 耦合应力试验前，对测试样品及控制件依次进行稳定性试验、外观检查、EL试验、标准测试条件下的性能、湿漏电试验测试；

b) 按照图1分别进行紫外湿热、紫外热循环、紫外湿冻等耦合应力试验，每阶段耦合应力试验结束后分别进行外观检查、EL试验、标准测试条件下的性能、绝缘试验、湿漏电试验。若对应用在特殊场景下的样品进行耦合应力序列测试，应充分考虑典型地区的紫外辐照差异，可根据实际需要调整耦合应力试验条件；

c) 序列结束后，对测试样品依次进行稳定性试验、外观检查、EL试验、标准测试条件下的性能、湿漏电试验测试。对控制件进行标准测试条件下的性能测试。

(2) 计算方法

环境应力衰减率按式(1)计算:

$$D = \frac{P_{\max(\text{初始})} - P_{\max(\text{最终})}}{P_{\max(\text{初始})}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

D ——为环境应力衰减率, 单位为百分比(%) ;

$P_{\max(\text{初始})}$ ——为组件经初始稳定性试验后的最大功率, 单位为瓦(W);

$P_{\max(\text{最终})}$ ——为组件经序列测试后最大功率, 单位为瓦(W)。

6.3 晶体硅光伏组件双面率测试和计算方法

晶体硅光伏组件双面率按IEC TS 60904-1-2进行测试。

双面率按公式(2)进行计算:

$$\varphi = \frac{I_{sc\text{背面}}}{I_{sc\text{正面}}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

φ ——双面率

$I_{sc\text{背面}}$ ——标准测试条件下(辐照度1000 W/m², 电池温度25°C, 满足IEC 60904-3的标准太阳光谱辐照分布)光伏组件背面短路电流, 单位为安培(A) ;

$I_{sc\text{正面}}$ ——标准测试条件下光伏组件正面短路电流, 单位为安培(A) 。

6.4 光伏并网逆变器效率测试方法

(1) 测试方法

按图2连接测试系统, 应符合如下要求:

——数据采集系统测量点的位置应尽可能靠近被测样品，其中直流电压测量点为直流接线铜排位置或直流接线端子外部连接导线部分5 cm内的位置。交流电压测量点为交流接线铜排位置或交流接线端子外部连接导线部分5cm内的位置；

——外部传感器布置位置离被测设备的距离应小于0.3米。

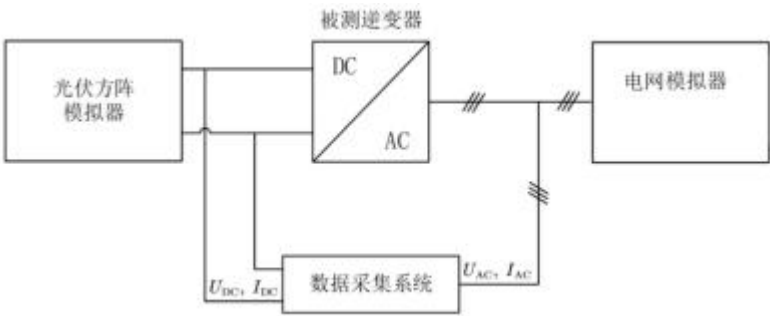


图 2 光伏并网逆变器效率测试框图

(2) 转换效率

- 转换效率测试应满足如下条件：
- a) 具有多路MPPT输入的光伏并网逆变器，在进行转换效率测试时，每一路MPPT输入应配置独立的光伏方阵模拟器，各光伏方阵模拟器的输出功率应平均分配到每个输入端口，每一路MPPT电压偏差应控制在±10V以内；
 - b) 转换效率测试应满足表3要求；
 - c) 转换效率测试宜与静态MPPT效率的测试同时进行；
 - d) 避免因电网电压的高低而影响测试结果，所有测试应在逆变器额定电网工作电压下进行。

表 3 转换效率测试要求

PV 模拟器 I/V 特性曲线的 MPPT 电压	模拟 I/V 特性曲线	光伏方阵模拟器 MPP 功率与被测逆变器额定直流输入功率的比值 $P_{MPP,PVS}/P_{DC,r}$						
		0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00

$U_{MPPmax}(0.8U_{DCmax})^a$	晶 体 硅 曲 线						
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$							
U_{MPPmin}							
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$	薄 膜 曲 线						
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$							
U_{MPPmin}							
注 1: 在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值;							
注 2: $\triangle U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$;							
注 3: 如被测逆变器不适用薄膜组件, 这些测量点可不测量。							

转换效率应按如下步骤进行测试:

a) 根据上述测试条件调节光伏方阵模拟器输出特性, 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、被测逆变器以及相关的检测设备;

b) 待被测逆变器输出稳定后, 待被测设备输出稳定后, 开始测量下列数据, 记录时间为 3min。

——被测设备的输入电压: U_{DC}

——被测设备的输入电流: I_{DC}

——被测设备的输出电压: U_{AC}

——被测设备的输出电流: I_{AC}

c) 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间, 被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行, 应至少等待 5min 再进行测量。转换效率应按公式(3)计算:

$$\eta_{conv,i} = \frac{\sum_{k=1}^n U_{AC,k} \cdot I_{AC,k} \cdot \Delta T_k}{\sum_{k=1}^n U_{DC,k} \cdot I_{DC,k} \cdot \Delta T_k} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\eta_{\text{conv},i}$ ——i电压下的转换效率；

$U_{\text{AC},k}$ ——交流输出电压瞬时采样值；

$I_{\text{AC},k}$ ——交流输出电流瞬时采样值；

$U_{\text{DC},k}$ ——直流输入电压瞬时采样值；

$I_{\text{DC},k}$ ——直流输入电流瞬时采样值；

ΔT_k ——采样间隔，推荐不大于100ms；

n——采样数据的个数。

注：被测设备设置的修改、测量中的异常现象和测量步骤的更改都应记录在检测报告中。

(3) 静态 MPPT 效率

静态 MPPT 效率测试应满足如下条件：

- a) 具有多路 MPPT 输入的光伏并网逆变器，在进行静态 MPPT 效率测试时，每一路 MPPT 输入应配置独立的光伏方阵模拟器，各光伏方阵模拟器的输出功率应平均分配到每个输入端口，每一路 MPPT 电压偏差应控制在 $\pm 10\text{V}$ 以内；
- b) 静态 MPPT 效率测试应满足表 4 要求；
- c) 静态 MPPT 效率测试宜与转换效率的测试同时进行；
- d) 避免因电网电压的高低而影响测试结果，所有测试应在逆变器额定电网工作电压下进行。

表 4 静态 MPPT 效率测试要求

PV 模拟器 I/V 特性曲线的 MPPT 电压	模拟 I/V 特性曲线	光伏方阵模拟器 MPP 功率与被测逆变器额定直流输入功率的比值 $P_{\text{MPP,PVS}}/P_{\text{DC,r}}$						
		0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
$U_{\text{MPPmax}}(0.8U_{\text{DCmax}})^a$	晶体硅曲线							
$U_{\text{MPPmin}}+0.7\Delta U$								
$U_{\text{MPPmin}}+0.5\Delta U$								

$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$							
U_{MPPmin}							
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$	薄膜曲线						
$U_{MPPmin}+0.7\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.5\triangle U$							
$U_{MPPmin}+0.3\triangle U$							
U_{MPPmin}							
注 1: 在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值;							
注 2: $\triangle U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$;							
注 3: 如被测逆变器不适用薄膜组件, 这些测量点可不测量;							
注 4: 多路 MPPT 独立输入测试时, 表格中记录各路静态 MPPT 效率计算结果中的最小值。							

静态 MPPT 效率应按如下步骤进行测试:

a) 根据上述测试条件调节光伏方阵模拟器输出特性, 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、被测逆变器以及相关的检测设备;

b) 待被测逆变器输出稳定后, 待被测设备输出稳定后, 开始测量下列数据, 记录时间为 3min。

——被测设备的输入电压: U_{DC}

——被测设备的输入电流: I_{DC}

c) 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间, 被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行, 应至少等待 5min 再进行测量。

$$\eta_{MPPTstat,i} = \frac{\sum_{k=1}^n U_{DC,k} \cdot I_{DC,k} \cdot \Delta T_k}{\sum_{k=1}^n P_{MPP,PVS,k} \cdot \Delta T_k} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\eta_{MPPTstat,i}$ ——i 电压下的静态 MPPT 效率;

$U_{DC,k}$ ——直流输入电压瞬时采样值;

$I_{DC,k}$ ——直流输入电流瞬时采样值;

$P_{MPP,PVS,k}$ ——光伏模拟器理论输出的功率值;

ΔT_k ——采样间隔, 推荐不大于 100ms;

n——采样数据的个数。

注：PMPP,PVS,k 取输入功率的 95%概率大值。

(4) 平均加权总效率

光伏并网逆变器的总效率 η_t 按公式（5）计算：

$$\eta_t = \eta_{conv,i} \cdot \eta_{MPPTstat,i} \dots\dots\dots(5)$$

不同输入电压下的加权总效率 η_k 基于中国典型太阳能资源区的效率权重系数，按公式（6）计算：

$$\eta_k = k1 \cdot \eta_{t,1} + k2 \cdot \eta_{t,2} + k3 \cdot \eta_{t,3} + k4 \cdot \eta_{t,4} + k5 \cdot \eta_{t,5} + k6 \cdot \eta_{t,6} + k7 \cdot \eta_{t,7} \dots(6)$$

逆变器平均加权总效率 η 按公式（7）计算：

$$\eta = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \eta_k \dots\dots\dots(7)$$

中国太阳能资源区光伏并网逆变器加权效率的权重系数见表 5。

表 5 中国太阳能资源区光伏并网逆变器加权效率的权重系数表

权重系数	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
	0.02	0.03	0.06	0.12	0.25	0.37	0.15
负载点	1	2	3	4	5	6	7
	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	0.75	1

2.3 主要试验（或验证）情况

国家发展改革委、市场监管总局《关于进一步加强节能标准更新升级和应用实施的通知》(发改环资规〔2023〕269号)文件要求，1级水平应对标国内或国际同类用能产品设备能效领先水平，原则上其取值应代表同类用能产品设备前 5%左右的能效水平；2级水平作为节能产品认证依据及新建和改扩建项目设备采购依据，原则上其取值应代表同类用能产品设备前 20%左右的能效水平；3级（或 5级）水平是用能产品设备进入市场的最低能效水平门槛，根据各类用能产品

设备的技术特点及能效现状，原则上应淘汰 20%左右的落后用能产品设备。光伏组件和逆变器能效指标的确定以此为基础，并结合行业实际情况和研讨意见。此外，与《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024 年版）》《光伏制造行业规范条件（2024 年本）》、《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准等指标要求进行衔接协调。

（一）晶体硅光伏组件

光伏组件按照 TOPCon、HJT 和 BC 分类制定能效等级指标要求，将光电转换效率和环境应力衰减率共同作为分级指标。数据调研共涉及 591 个型号 TOPCon 组件、102 个型号 HJT 组件和 80 个型号 BC 组件光电转换效率数据，以及 46 个型号环境应力衰减率数据。具体到光电转换效率，按照能效 1 级、2 级和 3 级指标分别对应前 5%、20%和前 80%的原则，并尽量与《光伏制造行业规范条件（2024 年本）》、《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准进行衔接，将 TOPCon 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 23.6%、23.2%和 22.4%；将 HJT 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 23.9%、23.3%和 22.5%；将 BC 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 24.8%、24.3%和 23.3%。具体到环境应力衰减率，考虑到企业需要时间进行该指标的全面测试摸底，适当放宽分级要求，按照能效 1 级、2 级和 3 级指标分别对应前 30%、50%和前 80%的原则，将 TOPCon 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 3.5%、5.0%和 9.0%；将 HJT 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 4.5%、6.0%和 9.5%；将 BC 组件的 1 级、2 级和 3 级指标分别确定为 2.5%、3.5%和 6.5%。

在此基础上，标准对双面光伏组件的双面率提出基本要求，鼓励在提高光电转换效率、降低衰减率的基础上，提高双面率，在生命周

期内贡献更大发电量。其中，TOPCon 光伏组件双面率应不低于 75%，HJT 光伏组件双面率应不低于 85%，BC 光伏组件双面率应不低于 70%。

（二）光伏并网逆变器

光伏并网逆变器按照功率 $P > 500\text{kW}$ 、 $200\text{kW} < P \leq 500\text{kW}$ 、 $150\text{kW} < P \leq 200\text{kW}$ 、 $100\text{kW} < P \leq 150\text{kW}$ 、 $50\text{kW} < P \leq 100\text{kW}$ 、 $20\text{kW} < P \leq 50\text{kW}$ 进行分段，将平均加权总效率、最大转换效率作为分级指标。本次数据调研工作涉及 258 个型号逆变器的平均加权效率和最大转换效率数据。由于相关数据多来源于第三方机构检测数据、企业样机送检数据、企业网站数据等，数据水平总体偏高，但企业反映市场产品整体水平要较之偏低，且行业正在推进国产替代，将导致效率值进一步下降。本标准在尽量与《光伏制造行业规范条件（2024 年本）》、《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准进行衔接协调，并听取企业建议的基础上，确定能效等级指标。其中，1 级指标按照所收集数据的前 10% 水平制定，并尽量与《绿色产品评价 光伏组件及逆变器》标准绿色标杆产品评价指标持平。3 级指标的平均加权总效率参照绿色产品评价指标，略低于该指标。

三、与有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系、配套推荐性标准的制定情况

本标准是节能标准体系中终端用能产品能效标准的重要组成部分，与现行有关法律、法规和强制性国家标准保持协调一致，无交叉、矛盾和冲突。

本标准主要规定晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器能效限定值及能效等级要求及相应的能效计算与测试方法，可为光伏行业加强能

效管理、实施标识/认证制度，开展招标采购、落后设备淘汰等提供技术依据。本标准与光伏组件和逆变器的产品标准进行了很好的衔接和协调。

四、与国际、国外有关法规和标准水平的比对分析

美国、欧盟等世界主要国家和地区相关标准未对能效等级进行规定，后续将视各国标准出台情况和本标准制定进度，开展比对分析。

五、重大分歧意见的处理过程及依据

本标准无重大分歧意见。

六、标准实施日期的建议及依据，包括实施标准所需要的技术改造、成本投入、老旧产品退出市场时间、实施标准可能造成的社会影响等

本标准自发布日期至实施日期之间的过渡期建议设置为 12 个月。

七、与实施强制性国家标准有关的政策措施，包括实施监督管理部门以及对违反强制性国家标准的行为进行处理的有关法律、行政法规、部门规章依据

本标准建议作为强制性国家标准发布，积极开展标准宣贯，针对生产企业、检测认证机构、大宗用户等相关方组织专题培训，促进标准理解与应用，保障标准实施效果。

按照《中华人民共和国节约能源法》规定，国务院和县级以上地方各级人民政府应当加强对节能工作的领导，部署、协调、监督、检

查、推动节能工作。县级以上人民政府管理节能工作的部门和有关部门应当在各自的职责范围内，加强对节能法律、法规和节能标准执行情况的监督检查，依法查处违法用能行为。

涉及标准实施要求的相关法律法规条款如下：

（1）《中华人民共和国节约能源法》

第十三条 国务院标准化主管部门会同国务院管理节能工作的部门和国务院有关部门制定强制性的用能产品、设备能源效率标准和生产过程中耗能高的产品的单位产品能耗限额标准。

第十五条 国家实行固定资产投资项目节能评估和审查制度。不符合强制性节能标准的项目，依法负责项目审批或者核准的机关不得批准或者核准建设；建设单位不得开工建设；已经建成的，不得投入生产、使用。

第十六条 国家对落后的耗能过高的用能产品、设备和生产工艺实行淘汰制度。

第十七条 禁止生产、进口、销售国家明令淘汰或者不符合强制性能源效率标准的用能产品、设备，禁止使用国家明令淘汰的用能设备、生产工艺。

第七十条 生产、进口、销售不符合强制性能源效率标准的用能产品、设备的，由产品质量监督部门责令停止生产、进口、销售，没收违法生产、进口、销售的用能产品、设备和违法所得，并处违法所得一倍以上五倍以下的罚款；情节严重的，由工商行政管理部门吊销营业执照。

（2）《节能监察办法》（国家发展改革委〔2016〕第33号令）

第六条 节能监察机构应当开展下列工作：

监督检查被监察单位执行节能法律、法规、规章和强制性节能标准的情况，督促被监察单位依法用能、合理用能，依法处理违法违规行为；

第十一条 节能监察机构依照授权或者委托，具体实施节能监察工作。节能监察应当包括下列内容：

（四）执行强制性节能标准的情况；

第十八条 被监察单位有违反节能法律、法规、规章和强制性节能标准行为的，节能监察机构应当下达限期整改通知书。

第二十四条 被监察单位在整改期限届满后，整改未达到要求的，由节能监察机构将相关情况向社会公布，并纳入社会信用体系记录。被监察单位仍有违反节能法律、法规、规章和强制性节能标准的用能行为的，由节能监察机构将有关线索转交有处罚权的机关进行处理。

（3）《重点用能单位节能管理办法》（国家发改委令〔2018〕15号）

第十七条 重点用能单位应当执行单位产品能耗限额强制性国家标准和能源效率强制性国家标准。鼓励重点用能单位制定严于国家标准、行业标准、地方标准的企业节能标准。

八、是否需要对外通报的建议及理由

本标准属于节约能源，保护环境方面的标准，由于涉及国际贸易，建议按照相关规定开展 WTO/TBT 通报。

九、废止现行有关标准的建议

本文件为首次制定，不涉及废止有关标准。

十、涉及专利的有关说明

本标准不涉及有关专利。

十一、标准所涉及的产品、过程和服务目录

本文件适用于晶体硅光伏组件和光伏并网逆变器，其中光伏并网逆变器包括集中式光伏并网逆变器、组串式光伏并网逆变器以及预装式光伏逆变一体机的光伏并网逆变器部分。

十二、公平竞争审查结论

无。

十三、其他应当予以说明的事项

无。

标准起草组

2025 年 9 月