



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 % |
| | | P>500 kW | | 98.58 | 99.00 | 98.48 | 98.85 |
| 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，开启紫外光源，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，开启紫外光源，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。

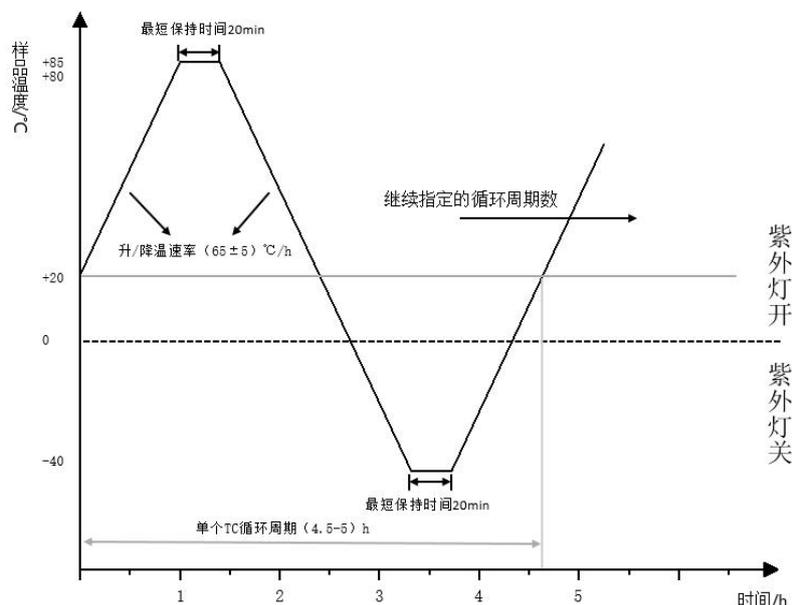


图 A.1 紫外热循环试验温湿度控制曲线

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：

- a) 将样品放入紫外湿冻试验箱内，辐照面为样品正面；
- b) 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，
- 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.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%；
- e) 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；
- f) 循环周期为 10 次，单个循环周期为 $(23\sim 24) \text{ h}$ ；
- g) 记录试样表面实际所受的累计辐照量。

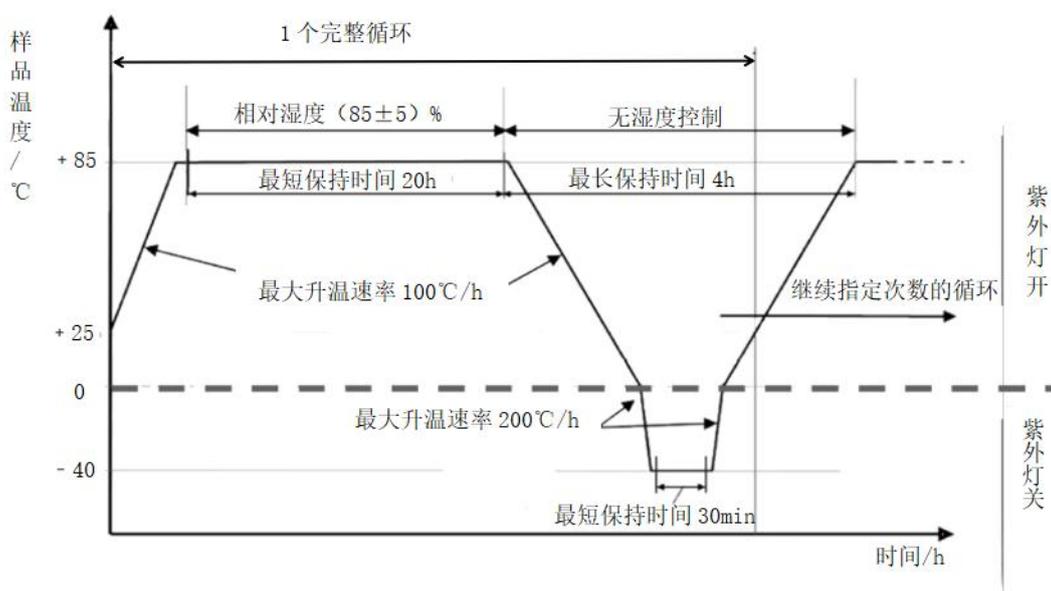


图 A.2 紫外湿冻试验温湿度控制曲线

A.2 序列测试

测试件和控制件应按图A.3进行序列测试。

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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。

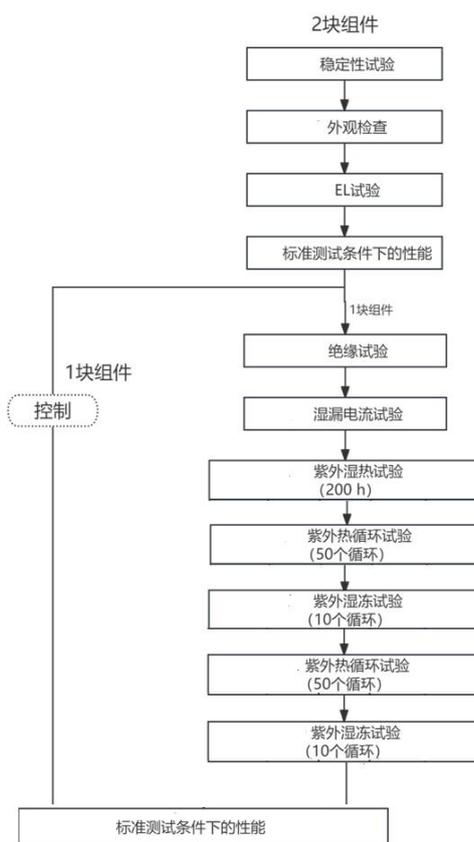


图 A.3 序列测试图

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：

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

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。

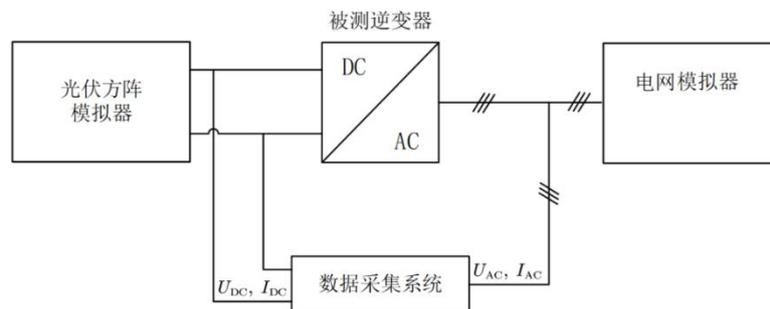
B.1.3 测试仪器

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 | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.7\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.5\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.3\Delta U$ | | | | | | | | |
| U_{MPPmin} | | | | | | | | |
| $U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$ | 薄膜曲线 | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.7\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.5\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.3\Delta U$ | | | | | | | | |
| U_{MPPmin} | | | | | | | | |

注1：在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；
 注2： $\Delta U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$ ；
 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：

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

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 | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.7\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.5\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.3\Delta U$ | | | | | | | | |
| U_{MPPmin} | | | | | | | | |
| $U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^a$ | 薄膜曲线 | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.7\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.5\Delta U$ | | | | | | | | |
| $U_{MPPmin}+0.3\Delta U$ | | | | | | | | |
| U_{MPPmin} | | | | | | | | |

注1：在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；
 注2： $\Delta U=U_{MPPmax}-U_{MPPmin}$ ；
 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 |