

团 体 标 准

T/CPIA 0011.6—2019

户用光伏并网发电系统 第 6 部分：发电性能评估方法

Residential grid-connected photovoltaic (PV) system-

Part 6: Performance evaluation method

2019-2-14 发布

2019-3-15 实施

中国光伏行业协会 发布

前 言

T/CPIA 0011《户用光伏并网发电系统》分为如下部分：

- 第 1 部分：现场勘察与安装场地评估；
- 第 2-1 部分：设计规范 一般要求；
- 第 2-2 部分：设计规范 方阵设计；
- 第 2-3 部分：设计规范 结构设计；
- 第 2-4 部分：设计规范 电气安全设计；
- 第 2-5 部分：设计规范 系统接入设计；
- 第 3 部分：安装与调试规范；
- 第 4 部分：验收规范；
- 第 5 部分：运行和维护规范；
- 第 6 部分：发电性能评估方法。

本部分为 T/CPIA 0011 的第 6 部分。

本部分根据 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：江苏爱康绿色家园科技有限公司、中国建材检验认证集团股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、汉能薄膜发电应用集团有限公司、北京鉴衡认证中心、广州三晶电气股份有限公司。

本部分主要起草人：陈大英、王立闯、王赶强、赵凤阁、唐小洁、陈文华、刘睿、严国庆。

户用光伏并网发电系统 第6部分：发电性能评估方法

1 范围

T/CPIA 0011的本部分规定了户用光伏并网发电系统发电性能评估方法。

本标准适用于以220V/380V电压等级接入用户侧电网或公共电网的户用光伏并网发电系统。220V电压等级单点接入容量不宜超过8kW，380V电压等级单点接入容量不宜超过400kW。

本标准不适用于带储能光伏系统、聚光光伏系统、BIPV光伏系统和双面组件光伏发电系统。

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。

QX/T 89 太阳能资源评估方法

IEC 61724-1: 2017 光伏系统性能 第1部分：监测(Photovoltaic system performance - Part 1: Monitoring)

IEC 61829 光伏方阵 I-V 特性现场测量(Photovoltaic (PV) array —on-site measurement of I-V characteristics)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统性能比 performance ratio

PR

光伏等效利用小时数与峰值日照时数的比值，用百分比表示，是评估光伏电站质量的综合性指标。测试和计算方法见附录 A。

3.2

标准性能比 standard performance ratio

PR_{STC}

将不同气候区的性能比修正到标准结温（25℃），排除了不同气候区温度差异的影响，用于比较不同气候区光伏电站的质量。

3.3

功率比 responsivity

RS

校准到标准条件下（辐照量 $1000W \cdot m^{-2}$ ，电池结温 25℃）的光伏阵列逆变器交流输出功率与光伏直流额定装机功率的比值，用百分比表示，是评估光伏电站发电能力的指标。

3.4

等价发电时 yields

在测量周期 t 内光伏电站实际发电量与对应的光伏直流额定装机功率的比值，单位是 $\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$ （或 $\text{h} \cdot \text{t}^{-1}$ ）。

3.5

算术平均数 average

表示一组数据集中趋势的量数，是指在一组数据中所有数据之和再除以这组数据的个数。

3.6

等价发电时偏差率 yields deviation

单个电站等价发电时与所在区域的样本电站等价发电时算术平均值的偏差比例，以百分数表示。用来评估户用光伏并网电站发电量是否异常。

3.7

单位装机交流输出功率 alternating current (AC) output power per kilowatt

指在某一时刻通过逆变器上传的光伏电站交流输出功率与直流初始额定功率的比值，单位是 $\text{kW} \cdot \text{kW}_p^{-1}$ 。

3.8

交流输出功率偏差率 alternating current (AC) output power deviation

在同一时刻，单个电站单位装机交流输出功率与样本电站单位装机交流输出功率算术平均值的偏差比例，以百分数表示。用来评估户用光伏并网电站发电量是否异常。

4 发电性能评估方法

4.1 概述

对户用光伏并网电站发电性能的评估，第三方等专业测试机构宜采用 4.2 或 4.3 所示方法，电站投资、运维等相关方宜采用 4.4 或 4.5 所示方法。

4.2 系统性能比 (PR) 测量方法

4.2.1 系统性能比测试按照附录 A 进行。

4.2.2 测试应在天气晴朗时进行，测试时间应不少于 3d。

4.2.3 当组件安装倾角和方位角不一致时，应对所有不同安装倾角和方位角的发电单元进行测试。

4.3 功率比测量方法

功率比的测量方法按照附录 B 进行。

4.4 等价发电时偏差率评估方法

4.4.1 宜对比满足数量和质量要求的样本电站的等价发电时来评估户用光伏并网电站发电性能。

4.4.2 区域划分宜参照 QX/T 89 来确认各地光资源分布。统计数据宜以地市级行政区划进行区域划分，有条件的宜细分到县级行政区划。当区域内多年平均辐照资源相差超出 $\pm 10\%$ 时，应重新细分区域。

4.4.3 样本电站数量宜不少于 50 户。

4.4.4 应对区域内样本电站进行初步分析，评估该区域样本电站中造成发电性能不一致的影响因素及其影响程度，数据处理前宜从样本电站中剔除因设计和安装条件导致发电量被严重影响的电站。

4.4.5 选择合适的统计周期（日、周、月、季度或年等），采集对应周期内符合要求的各个样本电站等价发电时 $Y_{a,i}$ ，采用算术平均数方法计算出平均等价发电时 Y_{avg} ，见公式（1），并计算单个电站等价发电时偏差率，见公式（2）。

$$Y_{avg} = \sum_{i=1}^n Y_{a,i} / n \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y\% = (Y_{a,i} / Y_{avg} - 1) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Y_{a,i}$ —— 选定周期内第 i 个电站的等价发电时；

Y_{avg} —— 选定周期内样本电站的平均等价发电时。

4.4.6 样本电站等价发电时数据应随运行时间增长和样本电站数量增加而不断得到累积，宜对所选区域样本电站平均等价发电时及等效发电时偏差率的判定标准不断验证，并持续迭代更新。

4.5 交流输出功率偏差率评估方法

4.5.1 本方法适用于实时监控并评估电站发电性能，样本电站及数据采集宜以县级行政区划来划分区域。

4.5.2 样本电站应通过有效通讯方式在同一时刻上传逆变器实时交流发电数据。

4.5.3 对同一时刻采集到的样本电站单位装机交流输出功率 $P_{a,i}$ 用算术平均值方法计算其平均交流输出功率 P_{avg} ，见公式（3），计算各个电站单位装机交流输出功率 $P_{a,i}$ 与样本电站平均值 P_{avg} 的偏差率，见公式（4）。宜绘制或由软件系统显示不同采样时间电站单位装机交流输出功率与平均值的波动趋势图，参见图 1。

$$P_{avg} = \sum_{i=1}^n P_{a,i} / n \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$P\% = (P_{a,i} / P_{avg} - 1) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$P_{a,i}$ —— 第 i 个电站的单位装机交流输出功率；

P_{avg} —— 同一时刻样本电站的平均单位装机交流输出功率。

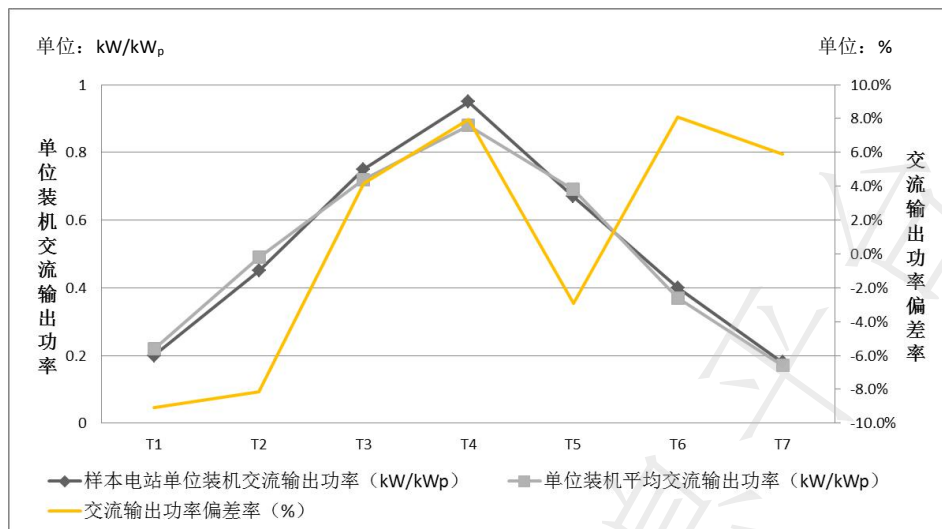


图 1 单位装机交流输出功率波动趋势图

5 发电性能评估数据采集要求

对 4.4 和 4.5 两种发电性能评估方法，数据的采集应满足如下要求：

- 应建立完善的户用电站监控平台，建成电站应纳入监控平台并正常上传发电数据，数据应可通过互联网实时访问；
- 户用光伏电站逆变器宜采用 GPRS 通讯方式将直流输入和交流输出数据上传网络云端，在安装地点具备条件时，可采用 3G、4G、有线或无线等通讯方式；
- 数据采集时间间隔不大于 10min；
- 数据采集应至少包括日发电量、交流输出功率、直流输入功率、直流输入组串电压和电流，交流输出电压和电流、故障报警信息等；
- 通过互联网查询的逆变器发电量数据，与符合精度要求的计量电表间误差应不超过±1%；
- 当偏差率超过设定的标准时，监控平台宜推送报警信息。

附录 A
(规范性附录)
光伏系统性能比 (PR) 测试方法

A.1 目的

光伏系统性能比测试 (PR性能测试) 用于证明光伏系统的整体转换效率能够满足系统设计转换效率的要求。

A.2 测试条件

测试从测试周期第一天的0:00点开始, 到测试周期最后一天的24:00点结束, 以便被测设备在早晨自动开始运行, 输出功率, 然后在傍晚自动进入待机状态。

光伏系统无限电或断电情况。

光伏系统正常运行所需的所有设备均应当按照正常的自动模式或手动模式运行。

在完成功能测试和正常调试程序后, 应马上进行测试, 以便所有关键系统均能够正常运行。

A.3 特殊情况

A.3.1 冰雪

当冰雪覆盖了光伏阵列的任何一部分时, 此段时间不应计入性能测试周期。此时, 性能测试周期应延长或者推迟, 直至整个光伏阵列没有被冰雪覆盖及其它障碍物遮挡。

A.3.2 断电、限电

测试期间有断电或限电情况发生时, 该期间的测试数据不参与计算, 但是需要在测试报告中注明。

A.3.3 不可抗力

如果在测试周期内发生合同方无法控制的不可抗力所导致的发电量下降不应计入性能测试的计算结果。此时, 性能测试周期应延长或者推迟, 直至系统恢复正常运行, 应在测试记录中记录不可抗力导致发电量下降的情况。不可抗力包括 (但不限于) 业主要求的临时停电、电网临时停电和电网异常导致的预期发电量下降。

A.4 测试仪器

用于测量光伏阵列表面辐照度的仪器应全部安装到位并且工作状态良好。

辐照、温度等测量仪器及设备应经过校准, 且满足IEC 61724-1: 2017中等级B的要求, 电能计量表宜采用符合当地电网公司要求的电表。

根据IEC 61829标准中所规定的位置进行温度测量, 并且应均匀布置于整个场地。将传感器粘附在组件背面。

A.5 测试程序

测试程序如下:

- a) 准确统计光伏电站的组件标称功率之和, 记做 P_0 (kW);
- b) 将辐照度测试设备安装于光伏阵列倾斜面 (如果是跟踪支架系统, 应安装在跟踪支架上, 不要安装在光伏组件上), 测试光伏方阵倾斜面的辐照度;

- c) 将温度传感器粘贴在组件背面中心位置电池中心，确保和背板中间无空隙，测试组件背板的温度 T_m ($^{\circ}\text{C}$)；
- d) 设置设备的采样间隔，应不大于1min，记录方阵面的实时辐照、背板温度以及累计辐照，累计辐照 H ($\text{Wh} \cdot \text{m}^{-2}$)。

同时记录测试期间的电站上网电量 E_{out} (kWh)。

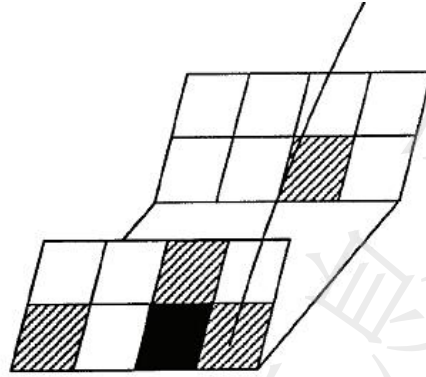


图 A1 温度传感器布置的位置

A.6 系统性能比PR计算

系统性能比计算公式见A.1:

$$PR = E_{out} / (P_0 \times G_{meas} / G_{STC}) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- E_{out} ——光伏系统并网点处净发电量；
- P_0 ——在标准测试条件（STC）下光伏系统全部光伏组件额定容量；
- G_{meas} ——光伏组件倾斜面在测试期间接收的单位面积累积辐射量；
- G_{STC} ——标准测试条件下辐照度。

A.7 标准性能比 PR_{STC} 计算

不同气候区或不同季节由于环境温度不同而会影响到性能比，为了排除温度的影响，可以用标准性能比 PR_{STC} 对光伏电站进行评估，标准性能比是将温度条件修正到标准测试条件（25 $^{\circ}\text{C}$ ）的性能比。由于修正到25 $^{\circ}\text{C}$ 结温会带来较大的修正误差，也可以修正到接近实测结温的同一参考温度。为了进行温度修正，引入温度修正系数 C ，计算公式见式A.2:

$$C = 1 + \gamma(T_c - T_{c,STC}) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- γ ——光伏组件的最大功率温度系数；
- T_c ——评估周期内组件电池结温和辐照的加权平均温度， T_c 计算公式见式A.3；
- $T_{c,STC}$ ——标准测试条件下电池结温25 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$T_c = \sum_{i=1}^n (G_{meas,i} \times T_{c,i}) / \sum_{i=1}^n G_{meas,i} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- $G_{meas,i}$ ——采集的第 i 个组件表面辐照数据，包含测试期间所有的数据；
- $T_{c,i}$ ——第 i 个组件电池结温数据，包含测试期间所有的数据。 $T_{c,i}$ 计算宜参考公式A.4:

$$T_{c,i} = T_m + (G_i / G_{STC}) \times dT_{cond} \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中:

T_m ——背板温度;

$G_{meas,l}$ ——测试的辐照度.

dT_{cond} 按照表 A. 1 选取:

表 A. 1 dT_{cond} 取值参考表

组件类型	安装方式	$dT_{cond}/^{\circ}\text{C}$
双玻	开放式	3
双玻	紧贴屋顶	1
单玻+电池+背板	开放式	3
单玻+电池+背板	紧贴屋顶	0
聚合物+薄膜+金属	开放式	3
22 倍聚光组件	追踪式	13

标准性能比的计算见公式A. 5:

$$PR_{STC} = (E_{out} / (C \times P_0)) / (G_{meas} / G_{STC}) \dots\dots\dots (A. 5)$$


CPIA

附录 B
(规范性附录)
功率比 (RS) 测试方法

B.1 目的

光伏系统的功率比用于证明光伏系统的整体转换效率能够满足系统设计的要求。

B.2 测试条件

测试条件如下：

- a) 光伏系统没有限功率运行；
- b) 方阵面辐照强度不小于 $700\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，辐照度波动在 $\pm 5\text{W}$ 以内，组件背板温度波动在 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内；
- c) 光伏方阵没有被遮挡，且没有积雪等特殊情况。

B.3 测试仪器

用于测量光伏阵列表面辐照度的仪器应全部安装到位并且工作状态良好。辐照、温度等测量仪器及设备应经过校准，且应满足IEC 61724-1：2017中等级B的要求。

功率分析仪，含电压、电流传感器的整体测量准确度应在 $\pm 3\%$ 以内。

B.4 测试程序

测试程序如下：

- a) 准确统计光伏电站的组件标称功率之和，记做 P_0 (kW)；
- b) 将辐照度测试设备安装于光伏阵列倾斜面（如果是跟踪支架系统，应安装在跟踪支架上，不要安装在光伏组件上），测试光伏方阵倾斜面的辐照度 G_{meas} ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)；
- c) 将温度传感器粘贴在组件背面中心位置电池中心，确保和背板无空隙，测试背板的温度 T_m ($^\circ\text{C}$)；
- d) 将功率分析仪接入交流并网逆变器输出端，采用间隔不大于1s，仪器应设置为自动采集和存储，测试光伏电站的输出功率 P_{meas} (kW)；
- e) 记录同一时刻的光伏电站的输出功率 P_{meas} 、 G_{meas} 、 T_m ，并按公式A4计算对应的电池结温 T_c ；
- f) 将测试的光伏电站交流输出功率 P_{meas} (kW)修正到标准测试条件 (STC, $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 25°C)，得到修正后的输出功率 $P_{\text{corr-STC}}$ ，修正公式见公式B.1：

$$P_{\text{corr-STC}} = P_{\text{meas}} / \left(\left(\frac{G_{\text{meas}}}{G_{\text{STC}}} \right) \times \left[1 + \gamma(T_c - T_{c,\text{STC}}) \right] \right) \quad (\text{B.1})$$

式中：

$P_{\text{corr-STC}}$ ——修正到STC条件的交流输出功率；

P_{meas} ——实测交流输出功率；

- g) 计算光伏电站功率比，见公式B.2：

$$RS = P_{\text{corr-STC}} / P_0 \times 100\% \quad (\text{B.2})$$

- h) 重复测试三次，取三次结果的算术平均值作为最终结果；
- i) 光伏电站功率比不包括温升损失、遮挡损失、弃光损失、电站停机损失等与时间相关的损失。

