



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

光伏电站能量流检测技术规范

Technical specification for Energy Flow Detection of PV power stations

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目录

目 次	II
前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测试装置	3
4.1 测试装置组成	3
4.2 气象数据采集装置	3
4.3 室外参数测试装置	3
4.4 室内参数测试装置	3
5 测试程序	4
5.1 性能评估周期	4
5.2 抽样原则	4
5.3 气象数据测试	4
5.4 组串能效比测试	4
5.5 汇流箱能效比测试	5
5.6 光伏方阵能效比测试	6
5.7 光伏单元能效比测试	6
5.8 光伏电站能效比测试	6
5.9 光伏电站标准能效比测试	6
5.10 逆变器电能质量测试	7
5.11 方阵电缆能量损耗测试	7
5.12 逆变器能量损耗测试	7
5.13 交流能量损耗测试	8
6 光伏电站能量流测试评估	8
7 光伏电站能量流测试评估报告	8
附录 A	10

前 言

本文件按照 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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本文件起草单位：中电华创电力技术研究有限公司、国科中检（苏州）新能源技术有限公司、保定中科新能源系统质量检测有限公司、挪亚检测技术有限公司、贵州电网有限责任公司电力科学研究院、中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华东电力试验研究院、中国科学院电工研究所。

本文件主要起草人：杨建卫、刘凯、李海芹、郭红波、张英、张鸿飞、姚柳、苏欣、冯甜、佟林、王尊、穆啸天、郭海涛、刘畅、杨磊、张建成、曹蓓、戴中华、王琨玥

本文件为首次发布。

光伏电站能量流检测技术规范

1 范围

本文件规定了并网光伏电站能量流测试系统的相关技术要求、测试方法、测试设备以及性能评估指标等。

本文件适用于集中型并网光伏电站，分布式并网光伏电站、户用并网光伏电站等可参考使用。

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。

- GB/T 18210-2000 晶体硅光伏(PV)方阵 I-V 特性的现场测量
- GB/T 19964-2012 光伏电站接入电力系统技术规定
- GB/T 20513-2006 光伏系统性能监测 测量、数据交换和分析导则
- GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定
- GB/T 6495.3 -1996 地面用光伏器件的测量原理及标准光谱辐照度数据
- GB/T 6495.4-1996 晶体硅光伏器件的 I-V 实测特性的温度和辐照度修正方法
- GB/T 6495.10-2012 光伏器件第 10 部分 线性特性测量方法
- IEC 61724-1-2016 : Photovoltaic system performance- Part 1: Monitoring.

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

性能评估周期 Performance assessment duration

是指性能评估的测试时间间隔，评估周期用 τ 表示。

。

3.2

光伏方阵额定功率 PV array rated power

光伏方阵额定功率是组成方阵的所有组件在标准测试条件下的标称功率之和，用 P_0 表示，单位：kWp。

3.3

光伏电站发电量 Net energy to utility grid

评估周期内光伏电站并网计量点的发电量，用 EPV 表示，单位：kW·h。

3.4

峰值日照时数 Solar peak hours

光伏方阵单位面积辐照量 H_t 除以标准测试条件辐照度 G_{stc} ($1000\text{W}/\text{m}^2$)，用 Y_r 表示，单位：h，是标准辐照度条件下的日照小时数。

3.5

光伏电站理论发电量 Theoretical energy of PV plant

光伏电站总额定功率与评估周期内峰值日照时数的乘积，用 $E_{idealPV}$ 表示，单位： $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

3.6

等效利用小时数 Equivalent utilization hours

发电量除以对应光伏方阵额定功率，用 Y_f 表示，单位是 h，是评估周期内基于光伏额定功率的发电小时数。

3.7

光伏单元理论发电量 Theoretical energy of PV unit

光伏单元的额定功率与评估周期内峰值日照时数的乘积，用 E_{ideal} 表示，单位 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

3.8

组串能效比 PR of module string

组串能效比是指组串的光伏等效利用小时数 ($Y_{f,M}$) 与峰值日照时数 (Y_r) 的比值，用 PR_M 表示，单位用百分比表示。

组串能效比也指在评估周期内组串实际发电量与组串理论发电量的比值，其中组串理论发电量是指该组串的额定功率与评估周期内峰值日照时数的乘积。

3.9

光伏方阵能效比 PR of PV array

光伏方阵能效比也称光伏方阵发电效率，用 PR_{array} 表示，是光伏方阵的光伏等效利用小时数 ($Y_{f,array}$) 与峰值日照时数 (Y_r) 的比值，用百分比表示。

光伏方阵能效比也是指在评估周期内该光伏方阵实际发电量与该光伏方阵理论发电量的比值。

3.10

光伏单元能效比 PR of PV power unit

光伏单元能效比也称为光伏单元发电效率，用 PR_U 表示，是光伏单元光伏等效利用小时数 ($Y_{f,unit}$) 与峰值日照时数 (Y_r) 的比值，单位用百分比表示，是评估光伏单元质量的综合性指标。

光伏单元的能效比也是指在评估周期内测试单元实际发电量与测试单元理论发电量的比值。

3.11

方阵线缆能量损耗 Loss energy of array cable

集中式或集散式逆变器电站单元的方阵线缆能量损耗是指单元汇流箱输出端到直流柜或逆变器输入端电缆的能量损耗，用 η_{dc} 表示；组串逆变器式电站单元的方阵线缆能量损耗是指逆变器输出到交流汇流箱或升压变输入端的能量损耗，用 η_{wire} 表示，单位用百分比表示。

3.12

逆变器能量损耗 Loss energy of inverter

指在评估周期内测试单元逆变器的损耗电量与测试单元理论发电量的比值，用 η_{inv} 表示，单位用百分比表示。

4 测试装置**4.1 测试装置组成**

4.1.1 测试装置，宜便于设备拆卸安装、安全运输、移动测试；测试装置应包括气象数据采集装置、室外参数测试装置、室内功率测试装置。

4.2 气象数据采集装置

4.2.1 气象数据采集装置应具备移动可调、便携安装特点，由太阳辐照度、环境温度、风速/风向 3 部分测量及采集单元组成，采样周期 $\leq 5s$ 。

4.2.2 太阳辐照度采集，测量不确定度： $\pm 3\%$ 。

4.2.3 环境温度测量最大不确定度： $\pm 1.0^\circ C$ ，测量重复性： $\pm 0.5^\circ C$ ，分辨率 $\leq 0.1^\circ C$ 。当风速 $\leq 5 m/s$ 时，测量准确度应优于 $0.5 m/s$ ，当风速高于 $5 m/s$ 时，测量准确度应优于其读数的 10% ；测量准确度： $\pm 5^\circ$ 。

4.3 室外参数测试装置

4.3.1 室外参数测试装置应包括可移动式直流监测模块、交流监测模块、温度测量模块。

4.3.2 直流监测模块应具有多路电流通道同时采集功能，满足同时独立测量每串直流电流要求；直流电压测量应具备多路电压采集功能，满足测试多路 MPPT 跟踪直流电压要求。组串电流采集量程： $0\sim 20A$ ，汇流输出电流采集量程： $0\sim 200A$ ，直流电压采集量程： $0\sim 1500V$ ；测量不确定度要求应满足 IEC 61724-1 2016 第 7.5 章节中 A 类要求：直流电压 $\pm 1.0\%$ ，直流电流 $\pm 1.0\%$ ，直流功率 $\pm 2.0\%$ 。

直流监测模块	采集量程	测量不确定度
直流组串电流传感器	$0\sim 20A$	$\pm 1.0\%$
直流汇流箱电流传感器	$0\sim 200A$	$\pm 1.0\%$
直流电压传感器	$0\sim 1500V$	$\pm 1.0\%$

4.3.3 交流监测模块交流电流采集量程： $0\sim \geq 50A$ ，交流电压通道量程： $0\sim 1000V$ ；测量不确定度要求应满足 IEC 61724-1 2016 第 7.5 章节中 A 类要求：交流电压 $\pm 0.5\%$ ，交流电流 $\pm 0.5\%$ ，交流功率 $\pm 1.0\%$ 。

交流监测模块	采集量程	测量不确定度
交流电流传感器	$0\sim \geq 50A$	$\pm 0.5\%$
交流电压传感器	$0\sim 1000V$	$\pm 0.5\%$

温度测量模块应至少具有 4 路通道同时采集组件温度功能，来确定平均温度，温度传感器测量最大不确定度 $\pm 1^\circ C$ ，测量重复性： $\pm 0.5^\circ C$ ，分辨率 $\leq 0.1^\circ C$ 。

4.4 室内参数测试装置

4.4.1 测量集中式和集散式逆变器直流输入、交流输出的电流、电压、功率电气参数。直流监测模块直流电流量程： $0\sim 1000A$ ，直流电压量程： $0\sim 1500V$ ；测量不确定度要求应满足：直流电压 $\pm 1.0\%$ ，直流电流 $\pm 1.0\%$ ，直流功率 $\pm 2.0\%$ 。交流监测模块交流电流量程： $0\sim 1000A$ ，交流电压量程： $0\sim 1000V$ ；测量不确定度要求应满足：交流电压 $\pm 0.5\%$ ，交流电流 $\pm 0.5\%$ ，交流功率 $\pm 1.0\%$ 。

室内测试装置	采集量程	测量不确定度
直流电流传感器	$0\sim 1000A$	$\pm 1.0\%$
直流电压传感器	$0\sim 1500V$	$\pm 1.0\%$
直流电流传感器	$0\sim 1000A$	$\pm 0.5\%$

直流电压传感器	0~1000V	±0.5%
---------	---------	-------

5 测试程序

5.1 性能评估周期

光伏电站的性能评估周期一般不少于7天，至少有3天峰值日照时数 $\geq 3\text{h}$ 。

5.2 抽样原则

并网光伏电站现场能效测试和评估的测试对象是以逆变器单机（集中式或集散式光伏电站）或交流汇流箱（组串式光伏电站）对应光伏阵列作为一个单元，抽样测试单元无明显故障，正常运行。以下为规定的测试单元抽样原则。

根据电站容量确定测试单元抽取数量（不同安装类型分别抽取）：

5.2.1容量为50MW以下光伏电站至少抽取2个测试单元，如果集中式光伏电站逆变器数量 ≤ 2 台，可以全部覆盖测试。

5.2.2容量为50MW以上的光伏电站建议抽取4个测试单元。

注：无交流汇流箱组串式电站以箱变低压侧1路总空开作为一个单元。

5.3 气象数据测试

气象数据测试程序如下：

5.3.1总辐照表安装位置：辐照表与被测单元组件安装倾角一致，并且注意测试期间辐照表无遮挡。

5.3.2在空旷和能代表阵列环境的位置安装风速/风向装置。

5.3.3环境温度测量装置应避免阳光直射，且保持空气流通。

5.3.4测试评估周期内注意保持总辐照表玻璃罩表面清洁。

5.3.5记录辐照度、温度、风速风向。计算方阵平面总辐照量 H_i ，用于辐照度处理数据时间选择应根据IEC 61724-1 2016第8.1章节中规定每日的日间时间（日出到日落，辐照度 $\geq 20 \text{ W/m}^2$ ），以避免在分析中引入误差外部的夜间数据值，除非此误差被证明是可以忽略不计的。

5.4 组串能效比测试

5.4.1 集中式或集散式电站测试步骤

- 逆变器停机运行后，断开其交直流空开、对应每个支路汇流箱空开及汇流输入每个组串空开。
- 集中式或集散式光伏电站以逆变器单机覆盖光伏阵列为一个测试单元。如图1所示，在汇流箱输入端将室外参数测试装置中组串电流监测模块接入每个组串，确认连接可靠性。
- 集中式电站汇流箱输入电压侧接入室外参数测试装置中组串电压监测模块中1路采集通道，并对采集软件或硬件做相对应测量模式设置；集散式电站中需将组串对应的MPPT通道电压分别接入对应的电压测试模块中多路采集通道，并对采集软件或硬件进行测量模式设置。
- 将温度传感器粘贴在组件背面，位置选择按照GB/T 18210-2000第5章节中的要求进行。
- 完成室外参数测试箱完全接入后，检查线路连接，确认无误后方可闭合空开；对测试组串电流电压进行全天连续采集，剔除日总辐照量 $\leq 0.5 \text{ kWh/m}^2$ 天气日，避免极端天气对数据结果的影响。
- 用公式（1）计算组串能效比：

$$PR_M = \sum_{i=1}^n E_{i, M} / \left(Y_r \times \sum_{i=1}^n P_{i, OM} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_{i, M}$ ：组串在记录时间段内实测发电量，单位：kW·h；

$i = 1 \dots n$ 表示组串数量；

$P_{i, OM}$ ：组串额定输出功率，即组串中所有组件的标称功率之和，单位：kW；

Y_r ：在记录时间段内的峰值日照时数又可称为标准等价辐照时，单位：h。

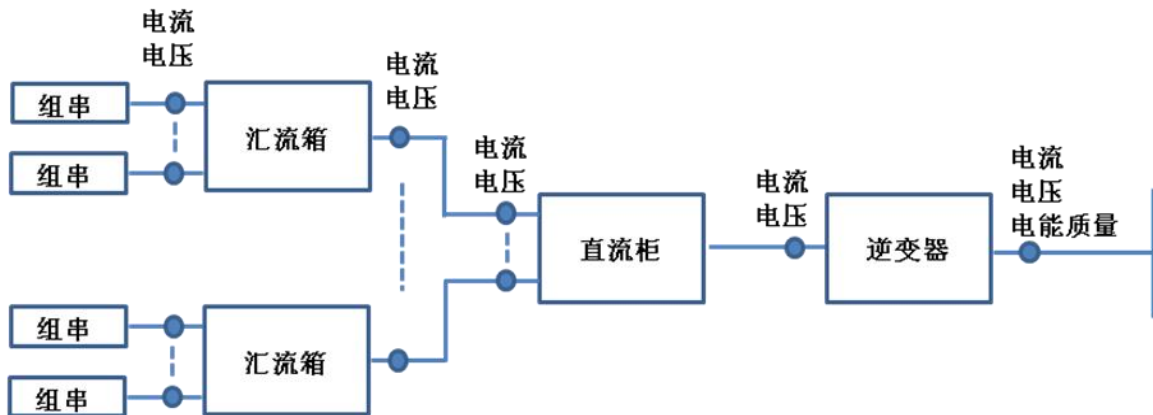


图1 集中式或集散式光伏电站测点布置示意图

5.4.2 组串式电站测试步骤

- a) 断开组串逆变器交直流两侧空开、交流汇流箱空开（无交流汇流箱的断开升压变低压侧空开）。
- b) 组串式光伏电站以交流汇流箱（或者以升压变低压侧1路总空开）覆盖光伏阵列为一个测试单元。如图2所示，在组串逆变器输入端将室外参数测试装置中组串电流监测模块接入，确认连接可靠性。
- c) 组串逆变器输入端将组串对应的MPPT通道电压分别接入对应的电压监测模块中多路采集通道，并对采集软件进行测量模式设置。
- d) 按照5.4.1中d)、e)、f)执行。

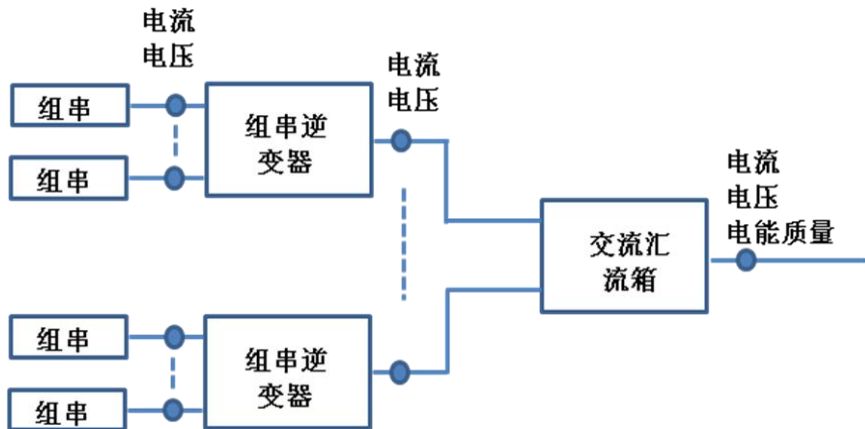


图2 组串式电站测点布置示意图

5.5 汇流箱能效比测试

汇流箱能效比测试步骤如下：

- a) 按照5.4.1中a)执行。
- b) 以逆变器单机覆盖光伏阵列为一个测试单元。如图1所示，将室外参数测试装置中汇流箱电流监测模块接入汇流箱输出端，确认连接可靠性。
- c) 汇流箱输出电压侧接入室外参数测试装置中汇流箱电压监测模块采集通道。
- d) 按照6.4.1中e)执行。
- e) 用公式（2）计算汇流箱能效比：

$$PR_C = \sum_{i=1}^n E_{i, c} / (Y_r \times \sum_{i=1}^n P_{i, 0C}) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{i, c}$ ：汇流箱在记录时间段内的实测发电量，单位：kW·h；

$i = 1 \dots n$ 表示汇流箱数量；

$P_{i, 0c}$: 汇流箱对应的所有组件的标称功率之和, 单位: kW。

5.6 光伏方阵能效比测试

光伏方阵能效比测试步骤如下:

- a) 按照5.4.1中a)方法执行。
- b) 集中式或集散式电站, 将室内功率测试装置中直流电流监测模块接入逆变器直流输入端。
- c) 将逆变器直流输入对应的MPPT通道电压分别接入对应的电压监测模块中多路采集通道, 并对采集软件进行测量模式设置。
- d) 室内功率测试装置完全接入后, 检查线路连接, 确认无误后方可闭合空开; 对测试组串电流电压进行全天连续采集, 剔除日总辐照量 ≤ 0.5 kWh/m²天气日, 避免极端天气对数据结果的影响。
- e) 用公式(3)计算光伏方阵能效比:

$$PR_{array} = \sum_{i=1}^n E_{i, A} / (Y_r \times \sum_{i=1}^n P_{i, 0}) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$E_{i, A}$: 光伏方阵在记录时间段内的实测发电量, 单位: kW·h;

$i = 1 \dots n$ 表示光伏方阵数量;

$P_{i, 0}$: 测试单元实际装机容量, 即该测试单元所有组件的标称功率之和, 单位: kW。

5.7 光伏单元能效比测试

光伏单元能效比测试步骤如下:

- a) 按照5.4.1中a)方法执行。
- b) 集中式或集散式电站, 选择交流接线方式, 按照相应的接线方式在逆变器直流输出端接入室内功率测试装置中交流电流、电压监测模块, 并对采集软件做好对应设置。组串式电站, 将室内功率测试装置交流电流、电压监测模块接入交流汇流箱输出端。
- c) 按照6.6中d)方法执行。
- d) 用公式(4)计算光伏单元能效比:

$$PR_U = \sum_{i=1}^n E_{i, 1} / \sum_{i=1}^n E_{i, ideal} = \sum_{i=1}^n E_{i, 1} / (Y_r \times \sum_{i=1}^n P_{i, 0}) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$E_{i, 1}$: 测试单元在记录时间段内的实测发电量, 单位: kW·h;

$i = 1 \dots n$ 表示光伏单元数量;

$E_{i, ideal}$: 测试单元的理论发电量, 单位: kW·h。

5.8 光伏电站能效比测试

光伏电站能效比测试步骤如下:

- a) 记录测试期间每日电站上网电量。
- b) 根据公式(5)计算光伏电站能效比:

$$PR = Y_f / Y_r \times 100\% = (E_{pv} / P_{Opv}) / (H_i / G_{1,ref}) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P_{Opv} : 所测试电站总装机容量, 即该电站所有组件的标称功率之和, 单位: kW;

H_i : 测试期间的总辐照量, 单位: kWh/m²。

5.9 光伏电站标准能效比测试

标准能效比是将温度条件修正到标准测试条件(STC)的能效比。通过调整每个记录间隔的额定功率以补偿实际光伏组件温度与25℃的STC参考温度之间的差来计算STC能效比 PR_{STC} 。

依据IEC 61724-2016第10.3.2章节, 通过将额定功率温度调节因子 C_k 引入方程(5)计算 PR_{STC} 如下:

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/158014014123006133>