

光伏组件功率测试准确性及光伏电站发电量影响因素探析

Analysis on the Accuracy of Photovoltaic Module Power Test and the Influence Factors of Photovoltaic Power Station Power Generation

王瑜 张果

Yu Wang Guo Zhang

青海黄河上游水电开发有限责任公司光伏产业技术分公司 中国·青海 西宁 810007

Qinghai Yellow River Upstream Hydropower Development Co., Ltd. Photovoltaic Industry Technology Branch,
Xining, Qinghai, 810007, China

摘要: 光伏组件功率测试是实验室重要的一项测试项目,其测试的准确性至关重要。影响组件功率测试准确性的影响因素比较多,论文主要探析影响光伏组件功率测试准确性的影响因素,重点阐述光源模拟器、环境温湿度、组件清洁度、人员操作、组件几何尺寸对组件功率测试的影响,并提出提高组件功率测试准确性的措施。同时对光伏电站发电量的影响因素进行介绍,对业内提高光伏电站发电量的提升提供参考意义。

Abstract: Photovoltaic module power test is an important test project in the laboratory, and the accuracy of its test is very important. There are many influencing factors affecting the accuracy of module power test, this paper mainly analyzes the influencing factors affecting the accuracy of photovoltaic module power test, focuses on the impact of light source simulator, ambient temperature and humidity, module cleanliness, personnel operation and module geometry on module power test, and puts forward measures to improve the accuracy of module power test. At the same time, the factors affecting the power generation of photovoltaic power stations are introduced, which provides reference significance for the improvement of the photovoltaic power station power generation in the industry.

关键词: 功率; 准确性; 因素; 措施

Keywords: power; accuracy; factor; measure

DOI: 10.12346/peti.v3i4.6427

1 引言

光伏市场上,组件的买卖主要是按照标准测试条件下的标称功率作为依据来进行的。对于标准功率完全相同的情况下,不同技术光伏组件甚至同一技术不同厂家制造的光伏组件在相同的使用环境及系统配置下,其年发电能力也往往会有很大不同。这是因为在实际户外环境中,光照强度、光谱质量、环境温度、入射角度等条件与标准测试条件有很大的不同,各种组件对这些使用条件反应各不相同,这就造成了组件发电性能的差异。事实上,越来越多的争论表明采用

单一标准测试条件(空气质量 AM1.5、辐照强度 1 kW/m^2 、电池温度 25°C)下测得的功率作为发电能力评价指标是不充分的,还要考虑影响光伏组件发电性能的各种主要因素。

随着光伏组件装机规模的日益增长,光伏组件的电性能一直作为其主要属性,一直被当做评价和交易的基础。无论是组件生产商或者光伏投资者都对组件的电性能关注较大,希望获得一个准确的电性能数据^[1]。因此,如何提高光伏组件功率测试的准确性对实验室测试来说是一个值得关注的问题,对于实验室室内测试来说,影响其准确性的因素可能

【作者简介】王瑜(1986-),女,中国陕西西安人,本科,研发师,从事光伏发电领域研发、检测研究。

有：光源模拟器、环境温湿度、组件清洁度、人员操作以及组件几何尺寸等，对于运行的光伏电站来说，影响其发电量的因素可能有：辐照度、组件衰减、灰尘等，论文从以下几方面进行分析：

2 光源模拟器对组件功率的影响

光伏组件的功率测试一般是在标准测试条件下（AM1.5 光谱、 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 、 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ）进行测试的，光源对组件功率测试的影响主要是受光源辐照度分布及电池组件的光谱响应的影响。

光源辐照度分布一般是光源照射到组件表面所产生的电流能量与波长的关系曲线图，该曲线与电池自身的工艺材料特性密切相关，不同材料的光伏组件所产生的电流能量不同，不同的光谱辐照度分布的光源会对具有固定光谱响应的组件产生不同的电性能测试数据，而对于相同的光伏辐照度分布的光源对于不同材料工艺的组件也会产生不同的电性能测试数据。因此，在模拟户外光伏组件功率测试时，通常是在标准测试条件下，选取在固定的光源辐照度分布下，标准组件和被测组件应是同一类型的材质才可以，但是组件功率测试仪自带的标准电池片与标准组件及被测组件类型不一致，或者模拟器的光谱与户外实际太阳光光谱存在一定的偏差，也会给组件功率测试的准确性带来一定的影响。

光源的不均匀性是同一块光伏组件不同部位接收到的光源辐照度强度大小不同，导致光伏组件内部产生的光生伏特电流大小不同，辐照度高的地方产生的电流大，辐照度小的地方产生的电流小^[2]，在电性能测试过程中，会出现 IV 测试曲线失真，出现台阶或者填充因子降低的现象，最终导致测试的结果与真实值偏差过大，功率测试结果的准确性大大降低。

实验室里根据待测组件 A，选择符合 IEC 60904-2 规定的标准组件 B，在正常检测条件下，按照 IEC 61215-2 MQT 02 的规定，选取符合检测要求的被测组件进行最大功率测试，将组件温度控制在 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 范围内，在此范围内选取多个不同温度点，造成组件温度的不均匀度并进行最大功率测试。借助温控箱，将温控箱温度设定将温度设定在 23°C ，并在 $23^\circ\text{C} \sim 27^\circ\text{C}$ 升温过程中每隔 0.5°C 测试一次。分析不同温度下组件电参数的变化，得出温度均匀性对组件电参数的影响，测试结果如表 1 所示。

从以上结果可见，尽管以上组件几组测试温度都满足标准测试条件，但同一块组件不同电池片的温度均匀性还是会影响到组件电参数测试准确性，不同温度点的电参数存在较大偏差，在测试时应采取更为严格的试验控制手段，增加更为准确的测试结果。

表 1 不同温度均匀性下的组件电参数数据对比

Tcell	Uoc (V)	Isc (A)	FF (%)	Eta (%)	Pmpp (W)	Umpp (V)	Impp (A)
23.0	39.25	9.685	76.75	17.24	291.7	32.08	9.094
23.5	39.25	9.683	76.80	17.26	291.9	31.98	9.128
24.0	39.26	9.680	76.70	17.23	291.5	32.03	9.100
24.5	39.26	9.680	76.64	17.22	291.3	32.08	9.078
25.0	39.27	9.678	76.57	17.20	291.0	31.98	9.099
25.5	39.28	9.671	76.54	17.19	290.8	32.03	9.078
26.0	39.30	9.666	76.47	17.17	290.5	31.94	9.095
26.5	39.29	9.661	76.44	17.15	290.2	31.98	9.074
27.0	39.30	9.657	76.36	17.13	289.8	32.02	9.050

3 环境温湿度对组件功率的影响

环境的温湿度对组件电性能测试的准确性影响也很大，尤其是温度的影响，研究数据表明，在高于一定温度下，组件功率随温度的升高而急速衰减^[3]。光伏组件的功率测试一般是在标准测试条件下（AM1.5 光谱、 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 、 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ）进行测试的，对于组件温度要求比较严格，同一块组件温度的均匀性控制在较小的偏差下，对提高组件的功率准确性影响也较大，同时电池片两边由玻璃和背板包裹而成，不论采用背板接触测温或者红外探头测温均与电池组件的实际温度真值存在一定的偏差，这些都会影响功率测试结果的准确性。基于组件测试标准的要求，组件所提供的额定电气参数必须在 25°C 的条件下测定，测试设备厂家在设计时其精度最高点也必然选择在 25°C 附近，标准组件所提供的电气数据也是由第三方机构在 25°C 下测得，对一般厂家来说，在判断温度影响测量误差时，往往会如果测试环境温度偏离 25°C 太远，组件本身、标准组件和测试设备都会由于温度特性引入测量误差，增加组件测试结果的不确定性。

环境的湿度对组件的影响也存在，当环境湿度增大时，组件表面的水汽浓度增大，不同组件（双玻组件及背板组件）导致焊接层金属氧化物层的老化速度加快程度不一样^[4]，短期内测试影响不大，但长期在湿度较大的环境中测试的话，对组件功率测试的准确性还是会造成一定的影响。

4 组件清洁度对组件功率的影响

组件在户外运行过程中，会受到环境灰尘的影响，灰尘在组件表面沉积会造成组件的透光率下降，影响组件对光源辐照度的接收，近年国内外研究数据也表明，积灰越多，组

件吸收的光源辐照度便会越低，光伏组件的光电转换效率与辐照强度有关，沉积在光伏组件表面的灰尘会导致电池的光电转换效率降低，影响组件的输出特性^[5]。实验室里对光伏组件表面灰尘覆盖程度作为单一变量控制，在相同测试条件下对同一块光伏组件进行不同积灰程度下的电学性能测试，对比分析，得出同一块光伏组件在不同积灰程度下测得的电学性能参数，如表2所示。

以上数据可以看出，随着光伏组件表面清洁程度的降低，组件最大功率明显降低，即清洁后的光伏组件电性能明显高于未经清洁的光伏组件电性能，组件清洁后组件功率有明显的提高，对于大容量光伏电站来说，可以大大提高能源的利用率。经过人工清洁后，光伏组件运行效率有明显的提升。可见，光伏组件在实际并网发电过程中，为了尽可能提高光伏组件的发电效率，对光伏组件进行定期清洁是非常有必要的。

表2 组件清洁前后测试对比

组件表面清洁状况	Voc (V)	Vmp (V)	Isc (A)	Imp (A)	Pmax (W)	FF (%)
表面清洁无积灰覆盖	38.11	31.07	9.205	8.613	267.7	76.29
少量浮灰	38.11	31.17	9.067	8.461	263.7	76.33
较多积灰覆盖	37.95	32.58	8.201	7.209	234.9	75.47

5 人员操作对组件功率的影响

人员操作对组件功率测试结果的准确性也有影响，相同的设备、组件及测试环境对于不同的操作人员来说，设备的校准、参数的调整或者数据处理方面会存在一定的偏差，甚至在操作方法流程相同的情况下不同操作人员之间都会出现测试的偏差，在组件温度均匀性达标的基础上，操作人员的规范性操作对组件电性能测试准确性有着重要影响。因此，会对测试结果产生一定的影响。

6 组件几何尺寸对组件功率的影响

组件测试时，先要用标准组件进行标定，如果被测组件几何尺寸和标准组件的几何尺寸存在差异或者被测组件机械尺寸及位置不稳定（组件受光面长和宽、组件玻璃面与测试仪玻璃面的距离），会造成标准组件和被测组件测试时所接受的光通量存在差异，从而导致测量误差；由于组件功率测试仪的光源是点光源，不是无限均匀光源，测量面只要与

点光源间有较小的距离变化，该测量面上的光强、光谱特性就会有一定变化，从而引入测量的不确定性。对某些功率测试仪来说，测量面与光源方向变化1cm，230W组件功率测量结果0.5~0.8W偏差^[6]。

7 提高测试结果准确性的措施

光源、环境温湿度、组件本身的清洁度、人员操作、组件几何尺寸等因素是造成组件功率测试准确性影响的主要原因，因此在实际测试过程中，如何采取具体的措施来降低测试的偏差便显得尤其重要。

首先，光源要定期进行光源的计量和校准，使其光源匹配度、均匀度及稳定度满足测试标准要求，标准组件要定期经过权威的第三方检测机构进行标定，并用标准组件定时对功率测试仪进行校准；其次，测试过程中要特别关注组件温湿度的条件，标准组件和被测组件都要在规定的温湿度环境下达到恒温要求；再者，测试组件功率前，要对组件表面进行清洁，保证组件表面没有灰尘，提高组件的透光率，减少测试偏差；最后，要定期对设备进行人员间比对，同时经常性地对检测人员进行设备培训，减少因人员操作类引起的测试结果偏差，提高组件功率测试的准确性。

8 光伏电站发电量的影响因素

根据光伏发电的特点与构成影响光伏电站发电量的主要因素辐照强度、光伏组件衰减、灰尘等。

8.1 太阳辐射强度对光伏电站发电量的影响

光伏电站的发电原理是将照射在光伏组件上的太阳能转化为电能，其输出电能的大小跟照射到组件表面的太阳辐射强度成正比。太阳辐射强度大，光伏组件的输出功率就大，反之则光伏组件输出功率就小。太阳辐射强度随一天不同时间段会发生很大变化同样光伏电站的输出功率也会发生很大变化，光伏电站在运行后，光伏组件会发生功率衰减。由于不同季节日照时间不同光伏电站在不同月份发电量也有较大差异。在晴天，光伏电站的输出功率高，多云或阴天，光伏电站的输出功率就低。

8.2 光伏组件衰减对光伏电站发电量的影响

其产生原因主要包括初始光致衰减和组件老化衰减。初始光致衰减主要是由于p型硅片中硼掺杂剂与氧形成复合中心降低少子寿命。硅片中含硼和氧越多，光伏组件功率衰减越大。该类衰减一般发生在光伏电站运行初期，后期对电站功率衰减影响较小。组件老化衰减主要是由于组件长期暴露在高温强光照射氧水等复杂环境下工作导致光伏组件背板和封装EVA胶膜老化，从而出现变色起皱脱层等失效现

象。一般光伏组件运行时间越久，组件出现老化衰减程度越大，直接使光伏电站整体的发电量受损失的程度也越大。

8.3 灰尘对光伏电站发电量的影响

由于城镇化和工业化加快，雾霾天气频发、空气中颗粒不仅影响人体健康，而且对光伏电站输出功率的影响也比较大，特别是西部和华北地区。空气中的浮尘沉积在组件玻璃板表面。遮挡照射在光伏组件上的光线，降低太阳辐射量，从而减小光伏电站的输出功率。同时，灰尘覆盖在光伏组件表面组件的散热受到很大影响，提高组件的工作温度，影响光伏电站的工作效率。

9 结语

影响光伏组件功率的因素很多，光源模拟器、温湿度、人员操作、组件清洁等等因素对组件功率测试的准确性都会造成影响，需要通过提高相应的措施减少测试的误差，

提高测试的准确性。同时又从辐照度、组件衰减、灰尘等因素对光伏电站发电量的影响进行了介绍，对业内提高光伏电站发电量的提升提供参考意义。

参考文献

- [1] 佚名.浅析光伏组件电性能测试的影响因素[J].电力设备, 2019,11(1):43-50.
- [2] 刘莺,朱冰洁.温、湿度环境因素对光伏组件功率衰减的影响研究[J].理化检验(物理分册),2018,54(11):815-818.
- [3] 佚名.光伏组件表面积灰对发电性能的影响[J].华东电力,2013, 3(11):1597-1602.
- [4] 张福家,王翼伦,汤晖.侧打光组件电性能测试准确性提升[J].质量与标准化,2014(1):46-49.
- [5] 杨纯涛,姜倩.太阳电池失配对光伏组件的影响分析[J].太阳能,2019(6):4.
- [6] 陈小砖,李硕,任晓利,等.中国核能利用现状及未来展望[J].能源与节能,2018(8):4.