

双面太阳能电池垂直安装发电性能的测试

中国科学院研究生院 王 宁

中国科学院广州能源研究所 吴昌宏 舒 杰

摘 要 双面太阳能电池是一种非常规太阳能电池。本文通过建立光伏组件-控制器-蓄电池-负载试验系统,对日立公司双面受光单晶硅太阳能电池组件分别在东西和南北朝向情况下垂直地面安装时的功率输出特性进行了测试和分析。根据应用测试结果,总结了双面受光太阳能电池的应用优缺点和可能的应用方式。

关键词 双面太阳能电池 垂直安装 朝向 发电性能测试

Applications and characteristic tests of vertically installed bifacial PV module

By Wang Ning, Wu Changhong and Shu Jie

Abstract Applications and electricity generation performance tests of vertically installed monocrystal bifacial PV module from HITACHI is carried out with a PV-Controller-Battery-Load system. Hourly power generation properties are recorded and analyzed at various azimuths. According to the test results, the relative merits in practical applications and possible utilizations are summarized.

Key words Bifacial PV module Vertically installed Azimuth Electricity generation performance test

0 引言

双面太阳能电池由两面受光电池片、带状电线、正反两面钢化玻璃以及 EVA 材料封装而成。双面太阳能电池最初被设计应用在航天领域中,用以吸收朝向太阳一面的太阳辐射以及背向太阳一面的由地球反射的辐射能量。随着科学技术的不断发展,制作双面太阳能电池工艺不断进步,现在已经发展到民用阶段。双面太阳能电池凭借着独特的制备工艺以及双面受光可以获得更多电能的特点,获得了广泛关注。

双面受光太阳能电池组件双面都可以接受辐射,所以可以垂直于地面安装,为太阳能电池的广泛应用提供了新的方式。双面电池组件与高速公路隔音屏障的结合^[1],以及双面电池与建筑的集成在国外已经有了较大规模的应用。

相对于传统单面受光组件,垂直地面安装的双面组件具有装置简单、安装成本低的特点,能够节省安装空间,而且组件表面不易积尘、不积雨雪。由于双面电池的垂直安装更利于太阳能电池表面气体流动,有利于降低太阳能电池温度。但同时因为垂直安装时电池接受的直射辐射大大减少,在相同辐照条件下,每面的输出功率都比朝南最佳倾角安装的单面太阳能电池

低;为了提高双面电池的使用效率,通常采用低倍聚焦系统或者通过在双面电池背后一定距离增加反光装置来改善双面电池的实际输出功率^[2,3]。

目前,世界上生产双面太阳能电池的企业主要是日本日立(HITACHI)公司,日立公司免费提供了两块双面太阳能电池组件给广州能源所,我们通过建立光伏组件-控制器-蓄电池-负载实验系统对其进行了测试和分析。

1 实验装置

双面太阳能电池用 P 型硅为衬底,通过硼扩散制成 n⁺pp⁺型电池,双面均能够产生电能,且均有 SiO₂ 减反射薄膜,起到减反射和钝化硅表面悬挂键的作用^[1](图 1)。由于阳光照射到双面电池背面时产生的载流子相对于电池正面接受光照产生的载流子需要跨过更长的距离才能到达 p-n 结,在这个过程中这部分载流子有更大的几率被复合,

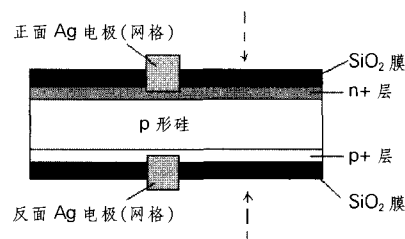


图 1 双面太阳能电池结构示意图

所以双面太阳能电池背面的转化效率要比正面低^[4]。

实验采用一块由日本日立 (HITACHI) 公司提供的双面受光组件建立实验系统, 该电池组件采用双面玻璃封装, 其主要电气参数如下: 正面开路电压 20.878V, 短路电流 4.901A, 最大功率 71.831W, 光电转化效率为 13.44%; 组件背面开路电压 20.722V, 短路电流 4.127A, 最大功率 61.981W, 光电转化效率为 11.59%。

将该双面受光组件垂直安装在新能源大楼天窗, 安装情况如图 2 所示。实验系统采用最大功率跟踪, 产生的电能经过控制器为一组 12V、100Ah 未充满的蓄电池充电, 并为一个 11W 的节能灯提供电力。此负载全天 24h 工作, 每天消耗电能 264Wh。对上述实验装置进行测试, 每 5min 进行一次数据采集, 分别记录水平面太阳辐射强度, 蓄电池充电电压和充电电流。

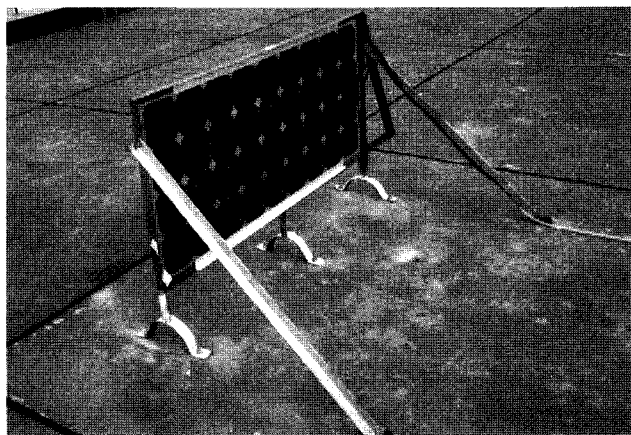


图 2 双面太阳能电池组件垂直安装的照片

测试时间为 2006 年 6 月份, 分别对组件东西朝向和南北朝向进行现场数据采集, 以下提供了几天不同朝向、不同太阳辐照条件的典型测试数据。

2 结果与分析

2.1 垂直地面东西朝向放置的测试结果

图 3、图 4 给出了垂直安装的双面受光组件在朝向为东西朝向时在一天之内输出功率的变化情况。从图 3 中可以看出, 组件输出功率从早上 9 点到中午 12:30 逐渐减小; 13:10 又开始上升, 14:10 达到最大, 之后输出功率呈减小趋势; 9:10 和 14:10 出现两个峰值功率, 分别为 44.114W 和 36.140W; 13:10 为中午功率最低时刻, 为 19.019W。当天晴间多云, 太阳辐照在水平面上的最大值为 969W/m²。图 4 中, 早上 10:55 组

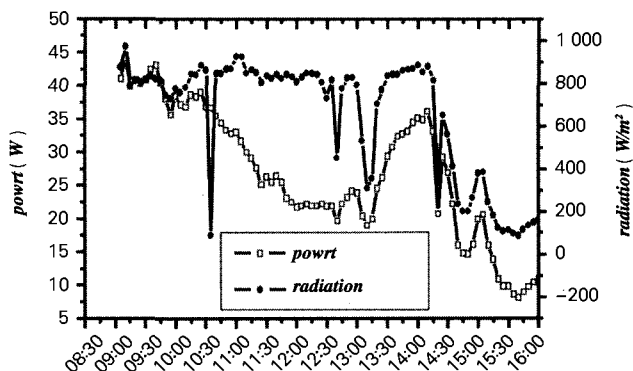


图 3 东西朝向安装在晴天的发电情况

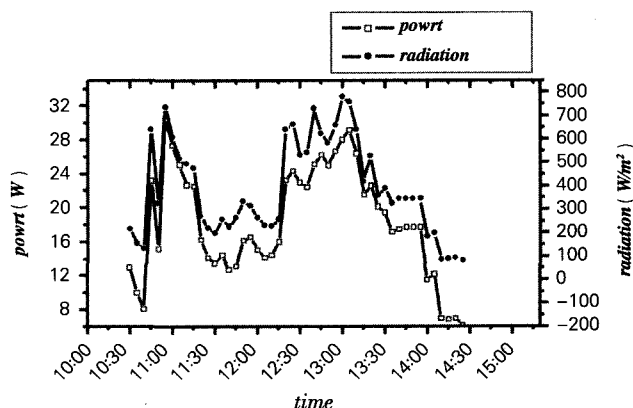


图 4 东西朝向安装在阴天的发电情况

件输出功率出现一个峰值, 为 30.375W; 之后功率递减到中午 11:40, 为 12.672W; 在下午 13:05 出现第二个峰值功率, 为 29.181W, 之后递减。当天为阴天, 太阳辐照在水平面上的最大值为 737W/m²。双面电池组件安装正面朝东, 背面朝西。早上阳光直射到正面, 背面吸收漫反射的光, 某时刻输出功率达到最大; 中午时, 两面都是吸收漫反射的光, 出现了一个波谷; 下午太阳直射到背面, 正面吸收漫反射光, 某时刻出现峰值功率。全天出现两个峰值功率, 一个波谷功率。早上峰值功率比下午的大, 是电池正面效率较高的缘故。另外天气情况对峰值功率以及峰值时刻影响比较大。

2.2 垂直地面南北朝向放置的测试结果

图 5 是垂直安装的双面受光组件在东西朝向时在一个晴转多云的日子里输出功率的变化情况。由于南北朝向的组件两面都不能接收到太阳辐射中直射部分的能量, 吸收的是经过天空散射的光以及地面和周围环境反射的能量。从图 5 可以看到, 输出功率从早上开始平缓上升, 到 14:15 时刻达到当

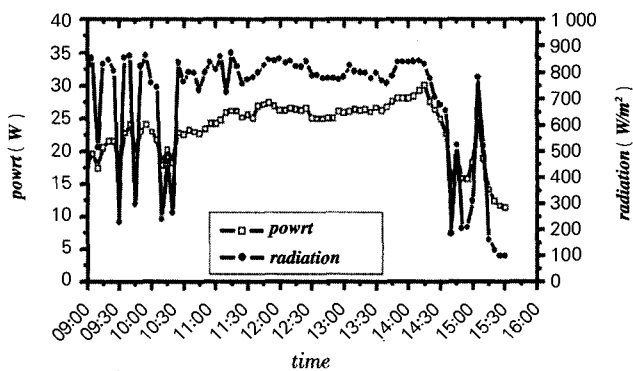


图5 南北朝向安装在晴天的发电情况

天的最大值,为30.024W,之后输出功率呈减小趋势。当天太阳辐照在水平面上的最大值为864W/m²。其功率曲线与向南倾斜安装的面单电池组件曲线类似,都是在太阳辐射最大时刻出现唯一的峰值功率。

日立公司提供的技术参数中,双面受光组件的正光电转化效率为13.44%,峰值功率为71.831W;背面光电转化效率为11.59%,峰值功率为61.981W。但是实际测试中我们得到的最大输出功率仅为44.114W。其原因在于,日立公司所提供的数据是在标准测试条件下得到的数据,实际测试中垂直地面安装的电池表面得到的辐射主要为漫反射,辐射强度远远小于标准测试的辐射强度,因此对双面受光组件来说,在进行系统装机容量设计时要根据安装方式和安装地点周围环境的表面反射率等诸多因素来综合考虑,标准测试条件下的标称输出功率仅供参考之用。

通过计算发现,在6月份相同天气条件下,东西朝向安装的双面电池组件比南北朝向安装的发电量大。有研究表明,双面太阳能电池组件发电量多少和垂直安装朝向以及季节有关。垂直安装的双面受光组件实验表明:在夏季东西朝向安装的发电量相对较大,而在冬季则南北朝向安装的发电量相对较大,但两种朝向系统全年总发电量基本上一致^[4,6]。

3 结论

本文通过对广州夏季天气情况下双面受光组件垂直地面安装的实际输出功率的进行了测试,结果显示:在双面受光组件垂直地面东西朝向放置时,组件输出功率曲线在上午和下午各出现一个波峰,中午由于组件无法接收到直射辐射而使得其输出功率下降,出现波谷;在垂直地面南北朝向放

置时,其功率输出特性曲线与传统单面电池朝南倾斜放置的功率输出特性曲线相似,在中午太阳辐射强度最大时组件输出功率最大。

测试结果显示:垂直放置的双面太阳能电池组件的实际输出功率并不理想。相对于传统单面太阳能电池来说,双面太阳能电池的实际输出功率与标称功率相差较大,建议使用在隔音屏障、玻璃幕墙等对占地面积以及组件透光性有特殊需求的场合。

在应用双面太阳能电池进行系统容量设计时,如果参照双面受光组件垂直于地面东西朝向安装方案配置系统装机容量,会发生在中午太阳辐射强度最大时系统输出功率供应出现瓶颈的现象;如果采用南北朝向安装,则系统功率输出特性曲线与一般单面组件按照最佳倾角安装的功率输出特性曲线相似,即中午功率输出大而早上与下午功率输出小。所以建议在实际工程应用中采取东西朝向和南北朝向相结合的混合安装方式,系统功率输出将会得到很大的改善,从而可以达到相对平滑稳定的功率输出效果。

(责编:吕志新)

参考文献

- 1 Nordmann Thomas, Clavadetscher Luzi. PV on noise barriers [J]. Progress in Photovoltaic: Research and Applications, 2004, 12: 485~495
- 2 Alonso J., Diaz V., Hernandez M. et al. A new static concentrator PV module with bifacial cells for integration of facades. The PV Venetian store [A]. 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference [C]. 2002, 1584~1587
- 3 Hezel Rudolf. Novel Applications of Bifacial Solar Cells [J]. Progress in Photovoltaic: Research and Applications, 2003, 11: 549~556
- 4 沈辉,曾祖勤. 太阳能光伏发电技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- 5 Toshio Joge, et al. Basic Application Technologies of Bifacial Photovoltaic Solar Modules [C]. Electrical Engineering in Japan, 2004, 149(3): 32~42
- 6 Naoya Kasahara, et al. Performance evaluation of Bifacial Photovoltaic Modules for Urban Application [C]. 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 2003, 2455~2458