

环境条件对单晶组件光致衰减影响研究

肖桃云¹, 沈艳萍¹, 张臻^{1,2}, 吴晋禄²

(1. 光伏科学与技术国家重点实验室, 常州天合光能有限公司 213031;

2. 河海大学机电工程学院, 常州 213022)

1 研究背景与内容

晶体硅光伏组件的输出功率在光照初期发生较大幅度的下降, 随后趋于稳定, 这种现象称为晶体硅组件初始光致衰减, 也称初始光衰。早在40多年前H. Fischer and W. Pschunder 等人就首次观察到P型(掺硼)晶体硅太阳能电池的初始光致衰减现象^[1]。多年来, 国内外光伏行业专家对光致衰减现象进行了广泛而深入的研究, 普遍认为, 环境条件对晶体硅组件光致衰减具有非常重要的影响^[2-5]。业内专家认为, 单晶组件的光致衰减较多晶硅组件规律性要好, 本文将从组件室内外暴晒试验对比和室外不同通风条件等方面研究其对单晶组件光衰程度的影响。

2 研究结果与讨论

2.1 组件输出功率稳定度分析原理

组件输出功率的稳定度一般用 $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}}$ 来标定。在两个连续的光衰周期中, 三次功率测试值分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 。 P_{\max} 、 P_{\min} 分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 的最大、最小值, P_{average} 为 P_1 、 P_2 、 P_3 的平均值。薄膜组件 $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}} < 2\%$ 时, 认为组件光衰趋于稳定^[6]; 在国家标准 GB/T 6495.11-2016^[7]: 《光伏器件第11部分: 晶体硅太阳能电池初始光致衰减测试方法》中, 则将电池单片功率 $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}} < 0.5\%$

时, 认为衰减程度达稳定。综合考虑各因素并从实测数据分析得出, $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}} < 1\%$ 是合适的判定单晶组件光致衰减程度达稳定的代表点。对于连续多次暴晒下的数据, 每 $5\text{kWh}/\text{m}^2$ 取一个点, 分析每个点的 $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}}$, 选取该点及以后点 $(P_{\max}-P_{\min})/P_{\text{average}}$ 均小于 1% 的部分, 认为该部分为功率衰减的稳定区间。

2.2 环境温湿度对光致衰减的影响

为探讨环境温湿度对单晶组件初始光致衰减的影响, 随机选取同一批单晶组件 ($125 \times 125\text{mm}^2$, 72片) 各 3PCS 分别在室内外进行暴晒试验, 为使组件衰减率具有可比性, 室内外暴晒试验主要采用组件短路状态进行, 每 $5\text{kWh}/\text{m}^2$ 记录一次输出功率, 累计辐照量达 $60\text{kWh}/\text{m}^2$ 结束试验。单晶组件室内初始光衰稳定度分析如图 1、单晶组件室外初始光衰稳定度分析如图 2。

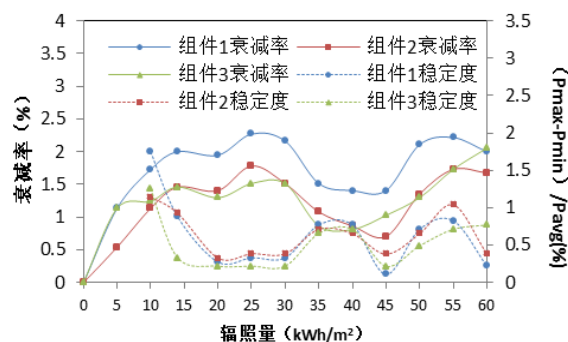


图1 单晶组件室内光衰稳定度分析

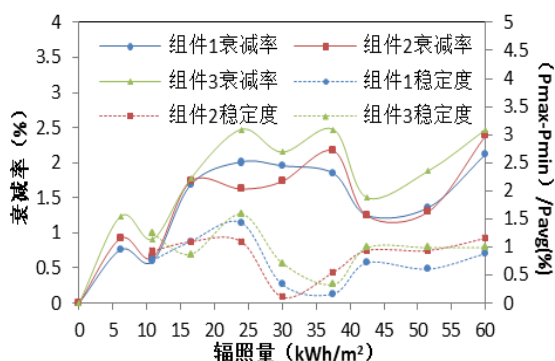


图2 单晶组件室外光衰稳定度分析

由图1和图2可以看出,室内稳态模拟光源测试的组件光致衰减程度要小于室外自然光源暴晒测试,这主要是由于较真实的自然光暴晒环境而言,室内稳态模拟测试中,组件温度维持在 (50 ± 5) ℃范围内,环境温度变化幅度小,且没有湿度的变化,对组件封装材料的影响较小,组件功率衰减主要来自于B-O复合的影响。而室外自然环境中,温湿度持续变化,甚至可能经历湿冻循环,会影响电池片的电学特性,焊带串阻增大,并造成EVA等封装材料性能下降,透过率降低,这些均会导致组件输出功率的衰减。室内稳态模拟器测试可以避免天气因素带来的不利影响而加快测试进程,是一种有利的测试手段。但是我们在制定组件光致衰减评判依据时必须考虑到室内外测试带来的误差,在评判标准方面予以区别。

2.3 通风条件对单晶组件光衰的影响

不同的通风条件下,组件封装材料老化程度可能不同,也可能影响组件光致衰减程度。基于上述环境因素影响的研究,通过室外实验,将同批次同类型、同处于短路情况的单晶组件置于不同暴晒角度

下,使之处于不同的通风条件中(如图1),研究通风条件对组件光致衰减大小的影响。表3中每个数据为3PCS组件的平均值。

通过对 0° 、 30° 、 75° 组件的光衰情况对比(表3),不难发现,三种角度组件的通风情况为 $0^\circ < 30^\circ < 75^\circ$,相应的光致衰减程度为 $0^\circ > 30^\circ > 75^\circ$ 。即通风条件越好,组件的光致衰减程度越小。在实际操作中,我们很难对室外测试的风速进行控制,为了使衰减数据更具有参照价值,在室外暴晒试验前应预设组件的安装角度。



a.00 倾角



b.300 倾角



c.组件 750

图1 组件不同倾角室外暴晒图

表 3 0°、30°、75°组件光致衰减程度对比

室外实验	角度与负载	组件通风条件	20kWh/m ² 时衰减	30kWh/m ² 时衰减	60kWh/m ² 时衰减
单晶实验组件	0°短路	最差 (贴于地面)	2.50%	2.55%	2.59%
	30°短路	通风一般	2.35%	1.60%	2.47%
	75°短路	通风最佳	1.70%	1.20%	1.35%

3 结论

本文通过单晶组件室内外暴晒对比试验、不同安装角度的室外暴晒对比试验分析,可以看出单晶硅组件的初始光致衰减程度规律性良好,从数据分析可知: 1) 单晶组件在室内稳态模拟器暴晒 14kWh/m²或室外自然光暴晒30kWh/m²后,组件功率基本稳定; 2) 室内由于环境温湿度可控、变化小,组件初始光衰程度明显优于室外温湿度不可控的自然环境; 室内暴晒组件功率易达成稳定; 3) 室外暴晒试验时,通风条件也是必须考虑的重要因素之一,通风条件良好,组件光衰程度小,恶劣的通风条件将显著增加组件的初始光致衰减率。

参考文献

- [1] H. Fischer and W. Pschunder, Proc. 10th IEEE PVSC, 1973: 404.
 [2] Schmidt J, and Hezel R. 12th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cell Materials

and Processes, Breckenridge, Colorado, August 2002.

- [3] Kang M H, Hong J, Ebong A, Rounsaville, Upadhyaya V, Rohatgi A. Reduction of light induced degradation (LID) in B-doped Cz-Si solar cells by SiH₄-free Si₃N₄ film. Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2010, 35th IEEE: 3196-3199.

- [4] 吴翠姑,于波,韩帅,何永红.多晶硅光伏组件功率衰减的原因分析及优化措施[J].电气工程, 2008, 08 (31): 1673-3800.

- [5] 黄盛娟,唐荣,唐立军.光伏组件功率衰减分析研究[J].太阳能, 2015,06 (06): 1003-0417.

- [6] IEC 61646:2008 Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval.

- [7] GB/T 6495.11-2016:, 光伏器件第11部分: 晶体硅太阳能电池初始光致衰减测试方法.

邮 箱: taoyun.xiao@trinasolar.com