背板与玻璃的导热差异对组件发电量的影响分析

江苏辉伦太阳能科技有限公司 ■ 姜卫 * 王丽芹 王致远 魏明霞

摘　要： 以背板的散热性能为切入点，通过背板的散热性能测试和组件户外温度追踪，进行背板散热的性能研究。研究结果表明，单玻光伏组件与双玻光伏组件户外监测时，两者温度差异较小，温度造成的发电量增益小于 0.5%。

关键词： 光伏；背板；双玻；散热；温度损失

0 引言

在市场需求和国家政策的驱动下，光伏行业不断开发新的技术和研究新的工艺，以便在保证产品品质不降低的情况下，追求更低的度电成本(LCOE)。一般来说，降低光伏组件本身的运行损耗也是降低度电成本的重要手段之一。光伏组件在运行过程中，因产品特性，其自身会持续发热，在温度升高的同时，组件对外输出的功率也在不断降低，因此，如何快速地对外散热是一个重要的研究课题。

目前，部分厂商考虑采用双玻光伏组件来替代单玻光伏组件，主要是考虑到玻璃散热快这一因素；也有部分材料厂商考虑优化背板的工艺或材料结构，使背板的散热可以大幅提升。

本文针对背板和玻璃的散热性能的差异进行测试分析，从参数的测量到实际应用的表征来研究散热背板开发的潜力。

1 材料导热性能

材料的导热能力一般使用导热系数进行表征，通过导热系数测量仪器来进行测量得到。

1.1 导热系数

导热系数又称热导率，是指单位时间内单位温度变化产生的垂直于均质材料表面方向的单位厚度单位面积上通过的恒定热流，单位是 W/(m•K)(K 可用℃代替)。

导热系数与测量的条件紧密相关，如温度、压力、材料组分系数、材料的方向性和定向性。

1.2 导热系数测试

本文采用的实验方法参考 ASTM-D5470，该导热系数测试标准是热导性电绝缘材料的热传输特性的实验方法，采用稳态热流法。

测试原理：稳态热流法是基于一种被一块厚度均匀的试样隔离的 2 个平行等温面板之间理想化的稳态热传导测试方法。在试样的两接触界面间施加不同温度，使得试样上下两面形成温度梯度，促使热流量全部垂直穿过试样测试表面而没有侧面的热扩散。热阻是热量在热流路径上传递时遇到的阻力，反映介质或介质间传热能力的大小。图 1 为样品测试原理图。

对样品施加一定的热流量、压力，测试样品的厚度和在热板 / 冷板间的温度差，样品的导热

收稿日期：2017-11-28

通信作者：姜卫 (1982—)，男，本科，主要从事光伏组件的测试及研究。jiangw@sumec.com.cn

2018.09印刷.indd 49 2018-9-22 10:07:23

系数 λ 可由式 (1) 求得：

$$\lambda=\frac{Q_h+Q_c}{2}\cdot\frac{L}{\Delta T} \quad (1)$$

式中，Q_h 为上面热传感器的热流输出，W/m^2；Q_c 为下面热传感器的热流输出，W/m^2；L 为样品的厚度，m；ΔT 为样品上下表面的温差，K。

样品的上端为上部测量块、仪器加热极，样品的下端为下部测量块、仪器冷却极。实验时，仪器加热极的温度控制在 80 ℃，冷却极为正常室温，使得样品上下两面形成温度梯度，促使热流量全部垂直穿过样品测试表面而没有侧面的热扩散；通过施加 0.6 MPa 的压力，测量上下部 4 个温度测量点 T_1、T_2、T_3、T_4 的温度梯度，再根据不同厚度结合测量的热阻关系，参考式 (1) 计算得到导热系数 λ。



图 1 测试原理图

2 背板散热途径

传统光伏背板由聚氯乙烯等材料组成，主要起到绝缘、保护等作用，便于降低运输、安装及长期户外工作等各种条件对光伏组件的影响。但是，传统光伏背板在光线的反射、利用及热量的传导等方面不具备优势。光伏组件在天气炎热、受光发电时会产生较高热量，若热量不能及时散出去，将对光伏组件的寿命和发电效率产生较大影响。

3 材料导热系数的测试

鉴于背板为不同材料的复合，因此，收集市面上不同类型的背板进行测试，以追求测试面覆盖的最大化。表 1 为参与测试的各样品类型。

表 1 样品清单表

结构	样品编号
TPT 结构	1#
KPK 结构	2#
TPE 结构	3#
KPE 结构	4#
KPF 结构	5#、6#、7#
PET 结构	8#

考虑电池片背面散热的实际状况为背板和 EVA 的组合，实际测试时，测试的样品为背板、背板 & EVA、玻璃 & EVA，并针对测试结果进行分析。参考 GB/T 10295-2008[1] 测试表 1 中的样品，各样品的实际测试数据如表 2 所示。

表 2 样品导热系数测量值

类型	裸样导热系数 / W•(m•K)$^{-1}$	组合 EVA 导热系数 / W•(m•K)$^{-1}$
1# 背板	0.226	0.206
2# 背板	0.219	0.219
3# 背板	0.230	0.214
4# 背板	0.320	0.199
5# 背板	0.283	0.200
6# 背板	0.236	0.212
7# 背板	0.222	0.186
8# 背板	0.238	0.201
玻璃	1.040	0.679

根据表 2 的数据，可对玻璃散热性优于背板、含有 E 层的背板较不含 E 层的背板散热性差、背板搭配 EVA 有助于散热等业内说法进行分析。

1) 玻璃的导热系数为 1.04，背板的导热系数平均为 0.20，玻璃的导热系数为背板的 5 倍，玻璃的散热性能明显优于背板。

2) 对含 E 层和不含 E 层的背板导热系数进行单因子方差分析，图 2 为其差异分析结果。设定置信度为 0.95，当 $P<0.5$ 时，认为两者的导热系数存在差异。而 $P=0.994>0.5$，因此判定含 E 层和不含 E 层的背板导热系数不存在明显差异。

2018.09印刷.indd 50 2018-9-22 10:07:23

3) 对裸背板和背板搭配 EVA 的导热系数进行对比分析。图 3 为两类样品的导热系数分布，可以明显看出，导热值有明显下降的趋势。因此，背板搭配 EVA 对组件散热无益，并且这个规律在玻璃和玻璃搭配的封装材料的参数变化中也得到了验证。

来源自由度		SS	MS	F	P
结构	1	0.000000	0.000000	0.00	0.994
误差	6	0.000764	0.000127		
合计	7	0.000764			

S = 0.01128　*R-Sq* = 0.00%　*R-Sq*(调整) = 0.00%

平均值 (基于合并标准差) 的单组 95% 置信区间

水平	*N*	平均值	标准差	----+---------+---------+---------+-----
1	5	0.20460	0.01256	(--------------*-------------)
2	3	0.20467	0.00814	(-----------------*-----------------)

----+---------+---------+---------+-----

0.1920　0.2000　0.2080　0.2160

合并标准差 = 0.0112

图 2 导热系数与背板结构的单因子方差分析

通过以上数据分析可以得出以下结论：

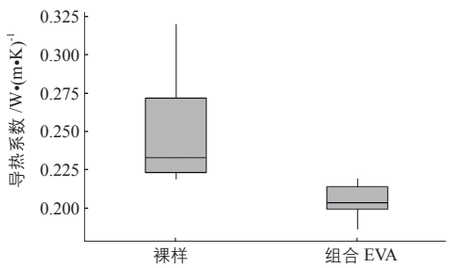


图 3 背板不同状态导热系数分布

1) 背板与玻璃之间的导热系数存在 5 倍之差，其散热性能明显低于玻璃；2) 背板的结构与其散热性能无明显关联；3) 搭配封装材料后，背板的散热性能下降。

4 不同导热系数的材料户外实证

为了更好地测试出背面材料对于组件温度的影响，根据背板导热性能的参数值，选择导热系数最大的背板和玻璃进行户外实证测试，通过采集温度、发电量等参数，分析确认两者在组件应用方面对组件的温度和发电量增益的贡献。

户外实证测试系统的搭建需考虑以下因素：1) 背面材料：根据导热系数测试的结果，选择与封装材料组合后导热系数最大的2#背板和玻璃。2) 电池材料：考虑到不同电池对于光的利用率不同，本测试选择了常规多晶硅太阳电池 (以下简称“常规电池”) 和黑硅多晶硅太阳电池 (以下简称“黑硅电池”)。3) 环境影响：不同气候环境下，组件的散热性也存在差异，本测试选择了位于热带的海南和位于温带的南京这两种典型气候地区。表 3 为户外实证系统的搭配表，每种搭配选择 2 件样品。

表 3 户外实证系统材料表

气候类型	电池类型	背面材料	数量
热带	黑硅电池	2# 背板	2 件
		玻璃	2 件
	常规电池	2# 背板	2 件
		玻璃	2 件
温带	黑硅电池	2# 背板	2 件
		玻璃	2 件
	常规电池	2# 背板	2 件
		玻璃	2 件

4.1 温度采集测量

参考 IEC 61215eda:2015 的 MQT[2] 的测试方法，对组件的温度采集按照图 4 的位置进行排布，并取其平均值进行分析。



注：图中 5、6、7、8 温度监测点位于组件背板处，分别对应接线盒旁边、背板右上角、背板中心、背板左下角。

图 4 组件温度监控点分布

对热带和温带地区的实证组件进行持续 2 个月的温度监测，图 5 和图 6 分别是热带和温带地区连续 2 天的温度采集曲线。根据热带和温带地区的温度监测，可以得出同一时间段内单玻组件与双玻组件背面温差的最大值、最小值和平均值，具体数据如表 4 所示。

2018.09印刷.indd 51　2018-9-22 10:07:24

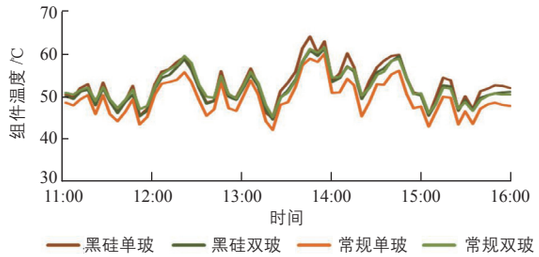


图 5 热带地区组件温度曲线

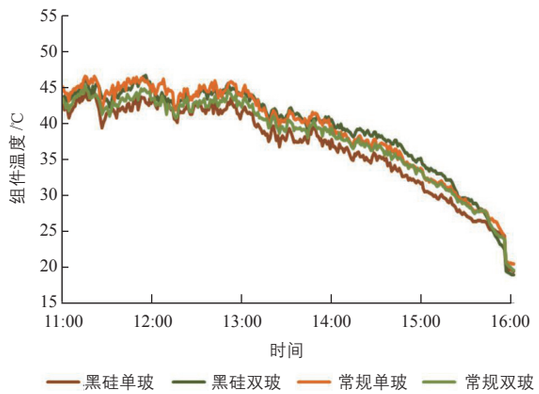


图 6 温带地区组件温度曲线

表 4 户外实证温度差值表

电池类型	温差	热带地区	温带地区
黑硅电池	最大温差 /℃	4.7	4.2
	最小温差 /℃	0	0
	平均温差 /℃	0.2	1.6
常规电池	最大温差 /℃	5.9	4.2
	最小温差 /℃	0	0
	平均温差 /℃	1.6	1.1

由表 4 可以看出，在热带地区，黑硅电池与常规电池的平均温差值为 0.2 ℃和 1.6 ℃；在温带地区，黑硅电池与常规电池的平均温差值为 1.6 ℃和 1.1 ℃。

由此可见，虽然电池类型不同，但单玻与双玻光伏组件间的温度差异较小，最大为 1.6 ℃，最小为 0.2 ℃；常规电池在不同区域的温度差异较小，黑硅电池则相对较大。

4.2 发电量增益分析

温度的差异体现在对发电量的贡献上，对全天的温度差异进行功率加权计算，表 5 为各类样品在该时间段内的比功率发电量增益值。

表 5 户外实证比功率增益

项目 \ 地区	热带	温带
黑硅电池比功率（双玻 / 单玻）/ %	100.08	99.34
常规电池比功率（双玻 / 单玻）/ %	99.42	100.44

根据表 5 可知，以单玻结构组件为基准，在热带地区，黑硅电池双玻结构每瓦发电量的增益为 0.08%，常规电池双玻结构的增益为 -0.58%；在温带地区，黑硅电池双玻结构每瓦发电量的增益为 -0.66%，常规电池双玻结构的增益为 0.44%。组件因结构形式差异造成温度差最终体现为双玻组件较单玻组件的比功率正增益小于 0.5%，因此其影响较小。（注：当增益值为负值时，表示双玻结构的每瓦发电量较单玻结构偏低。）

4.3 小结

综上所述得出以下结论：1) 不同形式的光伏组件，在热带和温带地区的温度差异较小，平均为 0.2～1.6 ℃，造成不同温差水平是因为不同电池对光的利用率不同。2) 在热带和温带地区，组件发电量加权计算后，比功率增益小于 0.5%，影响较小。

5 总结与讨论

本文针对背板和玻璃的散热性能的差异进行了测试分析，并得出以下结论：1) 背板散热性能明显低于玻璃；背板的结构与其散热性能无明显关联；搭配封装材料后，背板的散热性能下降。2) 单玻与双玻形式的光伏组件，在热带和温带地区户外实证时，其温度差异较小；并且温度造成的发电量增益小于 0.5%，影响较小。

参考文献

[1] GB/T 10295-2008，绝热材料稳态热阻及有关特性的测定热流计法 [S].

[2] IEC 61215eda:2015，Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules -Design qualification and type approval[S].

2018.09印刷.indd 52 2018-9-22 10:07:25