

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.04.003

光伏组件背板用高反射率 PET 薄膜性能

祝炬烨^{1,2}, 周玉波², 裴旺², 王雄伟², 刘海波², 徐瑞玉², 汪绪², 郑小伟², 艾诚², 刘小青¹

(1. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 浙江宁波 315031; 2. 宁波长阳科技股份有限公司, 浙江宁波 315201)

摘要: 通过双向拉伸制孔技术制备高反射率聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 薄膜, 采用高压加速湿热老化 (PCT) 试验评价老化性能, 使用紫外/可见光/近红外分光光度计、扫描电子显微镜 (SEM)、拉力试验机、差示扫描量热仪分别表征了 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的反射率、断面形貌、拉伸强度和断裂伸长率、结晶度。使用击穿电压测试仪测试了 PCT 48 h 前 PET 薄膜的击穿电压 (油)。结果表明, 相比于半透型 PET 薄膜, 由于微米级孔的产生使得高反射率 PET 薄膜的反射率 (420~1200 nm) 从 34.8% 提高到 95.9%, 密度从 1.4 g/cm³ 降到 1.2 g/cm³, 微米级孔的直径为 3~8 μm, 高度为 0.2~0.8 μm, 击穿电压 (油) 从 16.0 kV 提高到 26.0 kV。经过 PCT 48 h 处理后, 高反射率 PET 薄膜的微米级孔结构和反射率没有明显变化, 拉伸强度和断裂伸长率保持率在 50% 以上, 结晶度从 27.8% 提高到 30.5%。

关键词: 光伏; 背板; 聚对苯二甲酸乙二酯薄膜; 高反射率

中图分类号: TQ317.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)04-0014-06

Performance of PET Film with High Reflectivity for Photovoltaic Module Backsheet

Zhu Juyue^{1,2}, Zhou Yubo², Pei Wang², Wang Xiongwei², Liu Haibo², Xu Ruiyu²,
Wang Xu², Zheng Xiaowei², Ai Cheng², Liu Xiaoqing¹

(1. Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering, CAS, Ningbo 315031, China;

2. Ningbo Solartron Technology Co., Ltd., Ningbo 315201, China)

Abstract : Polyethylene terephthalate (PET) film with high reflectivity was prepared by biaxial stretching technology. The aging performance was evaluated by pressure cooker test (PCT). The reflectivity, the cross section morphology, the tensile strength and elongation at break, and the crystallinity of the PET films before and after PCT 48 h were characterized by ultraviolet/visible/near infrared spectrophotometer, scanning electron microscopy (SEM), tensile testing machine, and differential scanning calorimeter. The breakdown voltage of the PET film were tested by breakdown voltage tester. The results show that the reflectivity of the PET film with high reflectivity is greatly improved to 95.9% in range from 420 nm to 1200 nm and the density decreases from 1.4 g/cm³ to 1.2 g/cm³ comparing to the semi-permeable PET film, due to the formation of the pores with the diameter of 3~8 μm and the height of 0.2~0.8 μm. The breakdown voltages (oil) of the semi-permeable PET film and the PET film with high reflectivity are 16.0 kV and 26.0 kV respectively. After PCT 48 h, the pores structure and the reflectivity of the PET film with high reflectivity do not change significantly, meanwhile, the retention rate of the tensile strength and elongation at break of the PET film with high reflectivity remain above 50%, and the crystallinity increases from 27.8% to 30.5%.

Keywords : photovoltaic ; backsheet ; polyethylene terephthalate film ; high reflectivity

背板作为光伏组件的重要组成部分,是光伏组件 25 年设计寿命的关键材料,背板需要满足耐候性及电绝缘性的要求^[1]。随着光伏电池技术的发展,单结单晶硅电池的实验室光电转换效率^[2]慢慢接

近理论极限^[3],通过光伏组件技术的优化来提高组件转换效率及输出功率越来越被人们重视,其中高反射率背板就是其中一重要措施^[4-5]。

图 1 是光伏组件的断面示意图,从上往下分别

通讯作者: 祝炬烨,博士,主要从事特种高分子薄膜的开发与研究 E-mail: zhujuyue13@mails.ucas.ac.cn

收稿日期: 2020-01-19

引用格式: 祝炬烨,周玉波,裴旺,等. 光伏组件背板用高反射率 PET 薄膜性能 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(4): 14-19.

Zhu Juyue, Zhou Yubo, Pei Wang, et al. Performance of PET film with high reflectivity for photovoltaic module backsheet[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(4): 14-19.

是玻璃、电池片、乙烯—乙酸乙烯酯塑料 (EVAC)、背板。电池片与电池片之间有空隙,如果背板具有高反射率,就可以将电池片之间的光重新反射回组件,再经过玻璃的反射从而被电池片利用,因此可增加组件的短路电流密度^[6-8]。

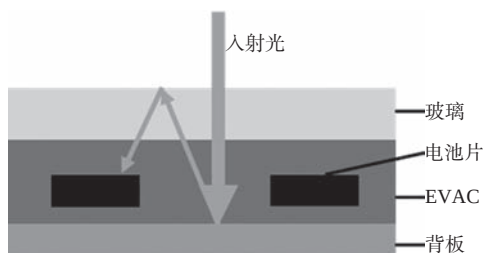


图1 光伏组件断面示意图

背板主要由三层结构组成,最典型的就聚氟乙烯 (PVF)/聚对苯二甲酸乙二酯 (PET)/PVF,背板一般选用半透型的 PET 薄膜作为基膜,半透型 PET 薄膜的反射率小于 50%,跟 PVF 膜贴合后反射率为 80%~85%^[9]。N. Kim 等^[7]对四种白色背板进行了测试分析,发现背板反射率越高,组件的转换效率越高,但经过老化,背板的反射率下降并出现发黄现象。笔者利用聚甲基戊烯与 PET 的不相容性,在 PET 中加入聚甲基戊烯,使 PET 在双向拉伸过程中与聚甲基戊烯分离形成微米级孔,最终得到光伏组件背板用高反射率的 PET 薄膜,在 420~1200 nm 波长范围内平均反射率为 95.9%。然后对 PET 薄膜进行高压加速湿热老化 (PCT) 48 h 并测试,结果显示,老化处理后高反射率 PET 薄膜的反射率并未明显下降,黄色指数 (YI) 变化值 (ΔYI) 为 0.49,拉伸强度和断裂伸长率保持率在 50% 以上。光伏组件背板用高反射率 PET 薄膜的开发,对获得高性能光伏组件具有重要意义^[5]。

1 实验部分

1.1 主要原料

PET 树脂: BG60, 中国石油辽阳石化分公司;

聚甲基戊烯: RT18, 三井化学株式会社;

聚丙烯: B4902, 中国石化燕山石化公司;

钛白粉: R104, 杜邦中国有限公司;

耐水解剂: Hymax1010, 上海朗亿功能材料有限公司。

1.2 主要仪器及设备

双螺杆挤出机: ZSE 135 MT-32L/D 型, Leistritz 公司;

双向拉伸设备: 定制;

场发射扫描电子显微镜: Sirion200 型, FEI 公

司;

紫外/可见/近红外分光光度计: Lambda 950 型, Perkin-Elmer 公司;

色差仪: UltraScan VIS 型, Hunter Lab 公司;

拉力试验机: GBH-1 型, 广州标际包装设备有限公司;

PCT 加速老化试验箱: PCT-35 型, 东莞市泓进检测仪器有限公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: DSC214 型, Netzsch 公司;

击穿电压测试仪: IBV-50 型, 桂林彰信检测设备有限公司;

分析天平: XS205 型, 搭配 AL/AB-N 电子天平密度测定组件, Mettler Toledo 公司。

1.3 样品制备

将 PET 树脂切片投入一台双螺杆挤出机中,料筒温度分 9 段控制,温度控制在 180~280℃,主机转速为 500~800 r/min。将所用原材料按一定配比充分搅拌、混合均匀后投入另一台双螺杆挤出机中,料筒温度分 9 段控制,温度控制在 180~280℃,主机转速为 500~800 r/min,熔融混合后通过分配器,再经衣架式模头混合挤出形成铸片,再经纵向拉伸,温度为 80~85℃,拉伸比为 3;横向拉伸,温度为 125~130℃,拉伸比为 3,最后制备得到样品,样品厚度 250 μm 。

其中,制备半透型 PET 薄膜时,所用原材料为 PET 树脂切片、聚丙烯、耐水解剂,配比为 94%,5%,1%;制备高反射型 PET 薄膜时,所用原材料为 PET 树脂切片、聚丙烯、聚甲基戊烯、钛白粉、耐水解剂,配比为 85%,5%,4%,5%,1%。

1.4 性能测试

(1) 老化性能试验。

将样品放入 PCT 加速老化试验箱中 PCT 48 h,条件:2 个大气压,温度 121℃,相对湿度 100%。

(2) 力学性能测试。

按照 GB/T 1040-2006 测试 PCT 48 h 前后样品的拉伸强度和断裂伸长率,拉伸速度 100 mm/min。

(3) 反射率测试。

按照 GB/T 3979-2008 测试 PCT 48 h 前后样品的反射率,波长范围为 380~1200 nm。

(4) YI 测试。

按照 GB/T 2409-1980 测试 PCT 48 h 前后样品的 YI 。

(5) 形貌观察。

使用场发射扫描电子显微镜观察 PCT 48 h 前后样品的断面形貌。

(6) 密度测试。

使用分析天平测试 PCT 48 h 前后样品的密度。

(7) 熔融及结晶行为测试。

称取 PCT 48 h 前后的样品 5 mg 左右,从室温以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 5 min,再从 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 降温到室温。

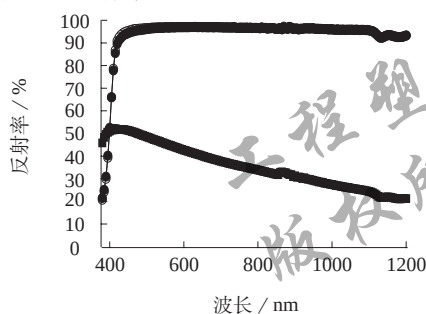
(8) 击穿电压(油)测试。

按照 GB/T 507-2002 测试样品 PCT 48 h 前后的击穿电压(油)。

2 结果与讨论

2.1 PET 薄膜的光学性能

半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的反射率如图 2 所示。



□—半透型PET薄膜PCT 48 h前;■—半透型PET薄膜PCT 48 h后
○—高反射型PET薄膜PCT 48 h前;●—高反射型PET薄膜PCT 48 h后

图2 半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前后的反射率

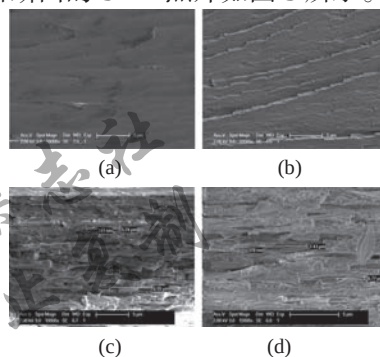
由图 2 可以看出,在波长 $420\sim 1200\text{ nm}$ 范围内,高反射型 PET 薄膜的反射率均大于 90%,平均反射率为 95.9%,550 nm 左右达到最大值,反射率为 97%。当波长小于 420 nm 时,高反射型 PET 薄膜的反射率急剧下降。高反射率主要是由于薄膜中间大量微米级孔的引入,微米级孔里是空气,当光线进入薄膜,遇到微米级孔时会发生反射或折射,部分会发生全反射现象,大量的微米级孔能使光线发生多次反射,从而使得薄膜在 $420\sim 1200\text{ nm}$ 波长范围内的反射率大于 90%。经过 PCT 48 h 老化处理,高反射型 PET 薄膜的反射率并未明显下降,说明老化并未破坏 PET 薄膜的微米级孔结构。在 $420\sim 1200\text{ nm}$ 波长范围内,随着波长的增加,半透型 PET 薄膜的反射率从 53% 降低到 20%,平均反射率

为 34.8%。半透型 PET 薄膜经过 PCT 48 h 老化处理,反射率没有明显变化。

一般来说, ΔYI 越大,说明材料耐环境老化性能越差,材料会出现变黄现象^[10]。半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 前的 YI 是 2.74, PCT 48 h 后的 YI 变为 3.32, $\Delta YI=0.58$ 。高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前的 YI 是 0.53, PCT 48 h 后的 YI 变为 1.02, $\Delta YI=0.49$ 。由此可见,高反射型 PET 薄膜和半透型 PET 薄膜的 ΔYI 都比较小, PCT 48 h 后不会变黄。

2.2 PET 薄膜的断面形貌

半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后断面的 SEM 照片如图 3 所示。



a—半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 前; b—半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 后;
c—高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前; d—高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 后

图3 半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前后断面的 SEM 照片

由图 3a、图 3b 可以看出, PCT 48 h 前,半透型 PET 薄膜的断面呈密实状态,经过 PCT 48 h 后,样品并没有出现分层、断裂等现象。由图 3c 可以看出, PCT 48 h 前,高反射型 PET 薄膜的断面中间呈多孔形貌,主要是由于中间层聚甲基戊烯的添加造成的,由于聚甲基戊烯与 PET 不相容,使 PET 与聚甲基戊烯分离产生微小泡孔,微小泡孔经过双向拉伸形成微米级孔,微米级孔的直径大约 $3\sim 8\text{ }\mu\text{m}$,高度大约 $0.2\sim 0.8\text{ }\mu\text{m}$ 。由于微米级孔中是空气,其折射率与 PET 的折射率不同,光线在微米级孔界面处会发生部分全反射现象,大量微米级孔的存在,使得反射率增强,从而达到高反射率的目的。由图 3d 可以看出,微米级孔结构经过 PCT 48 h 后并未收缩或坍塌, PET 薄膜也没有出现分层、断层等现象。微米级孔的直径大约 $3\sim 8\text{ }\mu\text{m}$,高度大约 $0.2\sim 0.8\text{ }\mu\text{m}$,与未经过 PCT 48 h 的微米级孔大小基本一致。由此可见, PET 薄膜中微米级孔的引入提高了反射率,但并未降低 PET 薄膜的老化性能。

同时测得半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的密

度均为 1.4 g/cm^3 ,而高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的密度均为 1.2 g/cm^3 。由此可见,高反射型 PET 薄膜不仅提高了反射率,而且降低了密度,使得背板单位面积的质量降低,从而降低了组件的安装运输成本。

2.3 PET 薄膜的力学性能

半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的拉伸性能列于表 1。

表 1 半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前后的拉伸性能

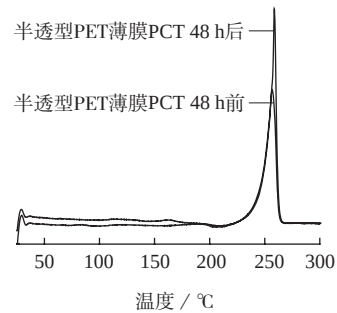
		半透型 PET 薄膜	高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前	拉伸强度 / 纵向 MPa	200	142
	/ 横向 MPa	186	133
	断裂伸长率 / 纵向 %	160	121
	/ 横向 %	153	117
PCT 48 h 后	拉伸强度 / 纵向 MPa	125	118
	/ 横向 MPa	118	101
	断裂伸长率 / 纵向 %	103	84
	/ 横向 %	74	63

由表 1 可以看出,半透型 PET 薄膜的拉伸性能均优于高反射型 PET 薄膜,主要是由于高反射型 PET 薄膜中产生的多孔结构造成拉伸性能的略微下降。半透型 PET 薄膜经过 PCT 48 h 后,纵向断裂伸长率从 160% 降到 103%,横向断裂伸长率从 153% 降到 74%,断裂伸长率保持率分别为 64% 和 48%。高反射型 PET 薄膜经过 PCT 48 h 后,纵向断裂伸长率从 121% 降到 84% 横向断裂伸长率从 117% 降到 63%,断裂伸长率保持率分别为 69% 和 54%。这主要是由于在水气作用下, PET 主链中的酯基发生水解作用,使得 PET 长链断裂成多段短链,分子量下降,导致力学性能下降^[11-15]。高反射型 PET 薄膜经过 PCT 48 h 后,依旧保持一定的力学强度,保证了光伏组件 20 年的使用寿命。

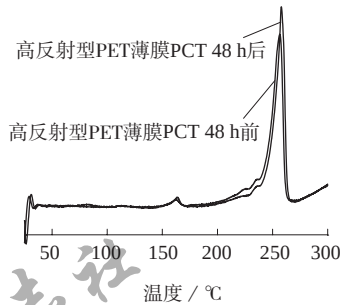
2.4 PET 薄膜的结晶度

为了验证 PET 薄膜经过 PCT 48 h 后结晶度的变化,进行了 DSC 测试,结果如图 4、图 5 所示。

由图 4 可以看出,半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的熔点分别为 256.7°C 和 258.7°C ,高反射型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的熔点分别为 256.5°C 和 257.9°C ,可见 PCT 48 h 后 PET 薄膜的熔点都得到升高并且熔融峰变得更尖锐。由图 5 可以看出, PCT 48 h 后,半透型 PET 薄膜的结晶温度从 189.1°C 提高到 201°C ,高反射型 PET 薄膜的结晶温度从 195.3°C 提高到 203.7°C 。这主要是由于老化导致 PET 主链发生水解反应,主链断裂,小分子链发

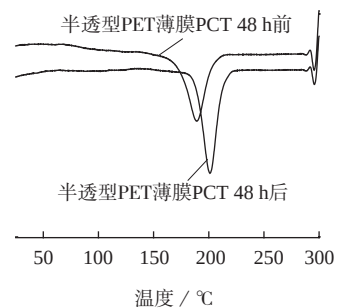


(a)

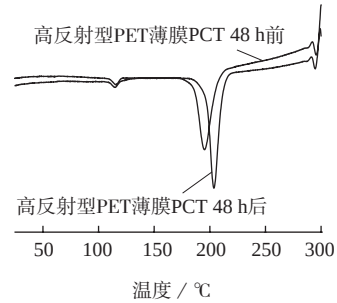


(b)

a—半透型 PET 薄膜; b—高反射型 PET 薄膜
图 4 半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前后的 DSC 熔融曲线



(a)



(b)

a—半透型 PET 薄膜; b—高反射型 PET 薄膜
图 5 半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜
PCT 48 h 前后的 DSC 冷却曲线

生重结晶,从而导致熔点和结晶度略微增加^[16]。结晶度通过式 (1) 计算得到:

$$X_c = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ΔH_f ——熔融焓;

ΔH_f^0 ——100%结晶时的熔融焓, PET 100%结晶的熔融焓为 140 J/g。

根据(1)式计算得到半透型 PET 薄膜 PCT 48 h 前后的结晶度从 34.4% 增加到 37.6%, 高反射型 PET 薄膜经过 PCT 48 h 结晶度从 27.8% 增加到 30.5%。

2.5 PET 薄膜的电学性能

为了减少电站的投资成本, 减少线路损耗, 光伏系统电压逐渐从 1000 V 提高到 1500 V^[3], 这对背板的电绝缘性能提出了更高的要求。使用击穿电压测试仪测试 PCT 48 h 前半透型 PET 薄膜和高反射型 PET 薄膜的电学性能, 结果测得, 半透型 PET 薄膜的击穿电压(油)为 16.0 kV, 高反射型 PET 薄膜的击穿电压(油)为 26.0 kV。这可能是由于大量椭球型微米级孔均匀分布, 改变了电场分布, 提高了耐击穿电压。

3 结论

(1) 通过拉伸制孔使得 PET 薄膜内形成大量微米级孔, 得到高反射型 PET 薄膜, 大量微米级孔可以将光线大部分反射回去, 在 420~1200 nm 波长范围内, 高反射型 PET 薄膜的平均反射率为 95.9%, 550 nm 处达到最大值 97%。PCT 48 h 后, 高反射型 PET 薄膜的反射率没有发生明显变化。PCT 48 h 前后, PET 薄膜的 ΔYI 为 0.49, 表明并未发生黄变现象。

(2) 半透型 PET 薄膜的密度为 1.4 g/cm³, 而高反射型 PET 薄膜的密度为 1.2 g/cm³, 能有效减小组件的质量。PCT 48 h 后, 高反射型 PET 薄膜的结构并未发生明显变化, 未出现分层或分裂现象。PCT 48 h 后, 高反射型 PET 薄膜的拉伸强度和断裂伸长率均有下降, 主要是由于水解作用导致主链断裂, 分子量下降, 但保持率均在 50% 以上。DSC 测试表明, 经过 PCT 48 h, 半透型 PET 薄膜的结晶度从 34.4% 增加到了 37.6%, 高反射型 PET 薄膜的结晶度从 27.8% 增加到了 30.5%, 主要是由于主链断裂的小分子链发生了重结晶。半透型 PET 薄膜的击穿电压(油)为 16.0 kV, 高反射型 PET 薄膜的击穿电压(油)为 26.0 kV。

参考文献

[1] Alaaeddin M H, Sapuan S M, Zuhri M Y M, et al. Photovoltaic applications: Status and manufacturing prospects[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, 102:318-332.

[2] Green M A, Dunlop E D, Levi D H, et al. Solar cell efficiency tables (version 54)[J]. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2019, 27(7):565-575.

[3] Shockley, W Queisser H J. Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells[J]. Journal of applied physics, 1961, 32(3):510-519.

[4] 杨小进, 罗鑫, 刘东亮. 光伏组件封装用背板概述及发展趋势[J]. 太阳能, 2017(11):25-29.

Yang Xiaojin, Luo Xin, Liu Dongliang. Overview and development trend of backsheets for photovoltaic module packaging[J]. Solar Energy, 2017(11):25-29.

[5] Haedrich I, Eitner U, Wiese M, et al. Unified methodology for determining CTM ratios: Systematic prediction of module power[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2014, 131:14-23.

[6] Köntges M, Schulte-Huxel H, Blankemeyer S, et al. Measuring the light recovery factor of backsheets in photovoltaic modules[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2018, 186:175-183.

[7] Kim N, Lee S, Zhao, X G, et al. Reflection and durability study of different types of backsheets and their impact on c-Si PV module performance[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2016, 146:91-98.

[8] Liu Zhe, Peters M, Shanmugam V, et al. Luminescence imaging analysis of light harvesting from inactive areas in crystalline silicon PV modules[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2016, 144:523-531.

[9] Geretschlager K J, Wallner G M, Fischer J. Structure and basic properties of photovoltaic module backsheet films[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2016, 144:451-456.

[10] 王菊华, 夏治, 徐意, 等. 含氟光伏背板耐候性研究[J]. 化工新型材料, 2017(9):192-195.

Wang Juhua, Xia Ye, Xu Yi, et al. Study on weatherability of fluorinated photovoltaic backsheet[J]. New Chemical Materials, 2017(9):192-195.

[11] Fairbrother A, Phillips N, Gu Xiaohong. Degradation Processes and Mechanisms of Backsheets[M]//In Durability and Reliability of Polymers and Other Materials in Photovoltaic Modules. Amsterdam: Elsevier Inc, 2019:153-174.

[12] 沙锐, 王同心, 姚元毅, 等. 高压加速与恒温恒湿试验对光伏背板性能衰减的关联性探究[J]. 塑料工业, 2017, 45(2):129-132.

Sha Rui, Wang Tongxin, Yao Yuanyi, et al. The relevance study of pressure cooker test and hot-humid aging test on photovoltaic backsheet's performance degradation[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(2):129-132.

[13] 刘晓娇, 姚元毅, 李忠平, 等. 光伏背板不同老化试验方法比较[J]. 合成材料老化与应用, 2017, 46(1):10-13.

Liu Xiaojiao, Yao Yuanyi, Li Zhongping, et al. Study on comparison of different ageing testing methods of backsheets[J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2017, 46(1):10-13.

- [14] 梁宏陆,王莉,杨辉,等.不同湿热老化条件对光伏背板性能的影响[J].信息记录材料,2015,16(6):24-27.
Liang Honglu, Wang Li, Yang Hui, et al. Effect of different hygro-thermal aging conditions on the performance of PV backsheet[J]. Information Recording Materials, 2015, 16(6):p.24-27.
- [15] Kim N, Kang H, Hwang K J, et al. Study on the degradation of different types of backsheets used in PV module under accelerated conditions[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2014, 120:543-548.
- [16] Yuen P Y, Moffitt S L, Novoa F D, et al. Tearing and reliability of photovoltaic module backsheets[J]. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2019, 27(8):693-705.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过 20 个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以 200~300 字为宜,英文摘要可略详。关键词要求 3~8 个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将 *.opg, *.dwg, *.eps 等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少 10 篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过 3 人时可全部著录,超过 3 人时,只著录前 3 位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.com),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过 3 个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。