

EVA 太阳能电池封装胶膜粘接性能的研究

陈亦峰¹, 鲁 听¹, 陈红央²

(1. 宁波华丰包装有限公司, 宁波 315480; 2. 浙江大学, 杭州 310027)

摘要: 粘接强度是影响 EVA 太阳能电池封装胶膜使用性能的一个重要因素, 通过添加偶联剂和增粘树脂可明显提高其粘接性能。研究探索了硅烷偶联剂类型和增粘树脂种类、含量对老化前后粘接性能的影响。实验结果表明, 硅烷偶联剂 KH550 和 KH570 复配, 然后加入 0.2% (质量分数) 的增粘树脂改性松香, 可以得到初粘力在 85 N/cm 的封装胶膜, 并且具有良好的湿热稳定性。

关键词: EVA 太阳能电池封装胶膜; 粘接强度; 偶联剂; 增粘树脂

中图分类号: TB484.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0047-03

Adhesion Strength of EVA Encapsulation Films

CHEN Yi-feng¹, LU Ting¹, CHEN Hong-yang²

(1. Ningbo Huafeng Package Co., Ltd., Ningbo 315480, China; 2. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The adhesion strength of EVA encapsulation films to glass substrates is an important factor influencing the performance, reliability and durability of photovoltaic modules. Coupling agent and tackifying resins were applied to improve the adhesion strength. The effect of the type of silane coupling agents, the content and type of tackifying resins on the peeling strength between EVA and glass substrates were discussed. The experimental results showed that the initial adhesion strength of EVA encapsulation film reached 85N/cm when the mixtures of KH570, KH550 silane coupling agents and 0.2% modified rosin resin was added.

Key words: EVA encapsulant; adhesion strength; coupling agent; tackifying resin

EVA 是乙烯与醋酸乙烯酯的无规共聚物, 分子链中第二单体乙酸乙烯酯(VA)的引入使其性能与均聚聚乙烯明显不同。受 VA 的影响, EVA 的结晶性降低, 极性、透明性和柔韧性提高, 另外 EVA 加热熔融时具有良好的浸润性, 冷却固化时绕曲性、抗应力开裂性和粘接性能较好, 这些特征使其成为一种非常理想的封装材料^[1], 尤其是在夹层玻璃和太阳能电池封装方面应用广泛。例如, 在太阳能光伏行业中, EVA 膜国内市场占有率达到 80% 以上^[7]。

粘接强度是影响封装后的太阳能电池组件性能稳定性和耐候性的一个关键因素^[2-3], 特别是防止水、空气对多晶硅以及金属线路的腐蚀, 以保证组件在 20 ~ 30 年的寿命期限内都能够正常工作。EVA 是聚合物中的弱极性材料, 同时玻璃是无机材料, 表面比较光滑, 两者的粘接强度和粘接持久性都不高。目

前的 EVA 太阳能电池封装胶膜普遍使用硅烷偶联剂 KH570 (对应 Dow Corning 的牌号 Z-6030) 提高 EVA 太阳能电池封装胶膜与玻璃之间的粘接强度, 但是效果仍然不够理想。特别是初始粘接强度比较低, 还不能完全满足太阳能电池封装的要求。笔者研究了硅烷偶联剂种类, 增粘树脂以及 2 种或 2 种以上材料复配, 对 EVA/玻璃基板粘接强度的影响。

1 实验

1.1 材料与设备

EVA, 乙酸乙烯酯的质量分数为 33%, Dupont 150; 甲苯, 分析纯, 上海国药股份有限公司; 交联剂过氧化碳叔丁基异丙酯(TBEC), 交联助剂三烯丙基三聚氰酸酯(TAIC), 南京友好助剂化工有限公司; 抗

收稿日期: 2013-01-08

基金项目: 宁波市重大专项项目

作者简介: 陈亦峰(1962-), 男, 浙江人, 宁波市华丰包装有限公司总经理, 主要从事包装材料研究、工艺配方优化及生产管理等。

氧剂(1010),南京盛瑞化工有限公司;光稳定剂 770,烟台市裕盛化工有限公司;硅烷偶联剂(KH550, KH570),杭州杰西卡化工有限公司;硅烷偶联剂(Z-6032,Z-6020),Dow coring;增粘剂:改性松香(自制), LTH 树脂(德固赛),氢化石油树脂 P-125(埃克森美孚);玻璃:普通平板玻璃,厚度 3.2 mm。

1.2 测试与表征

粘接性能:封装胶膜与玻璃剥离强度根据 GB/T 2790—1995“胶粘剂 180°剥离强度试验方法”进行,用万能电子拉力试验机(深圳瑞格尔仪器有限公司)测试,计算式如下:

$$\sigma_{180^{\circ}} = F/B$$

式中: $\sigma_{180^{\circ}}$ 为 180°粘接强度(N/cm); F 为平均粘接力(N); B 为试样宽度(cm)。

老化试验:在相对湿度 85%,85℃条件下保持 200 h,得到 EVA 太阳能电池封装胶膜样品,测试方法同上。

1.3 EVA 太阳能电池封装胶膜的制备

EVA 封装胶膜的制备过程见图 1。首先按照表 1

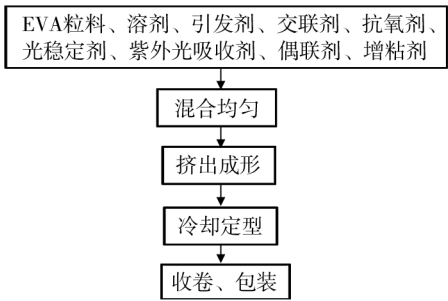


图 1 EVA 太阳能电池封装胶膜制备过程

Fig. 1 The preparing process of EVA photovoltaic module encapsulation film

表 1 EVA 太阳能电池封装胶膜的硅烷偶联剂用量

Tab. 1 Content of silane coupling agents in the EVA photovoltaic module encapsulation film

配方	偶联剂			
	KH550	KH792	Z-6032	KH570
EVA-1	0.8	—	—	—
EVA-2	—	0.8	—	—
EVA-3	—	—	0.8	—
EVA-4	—	—	—	0.8
EVA-5	0.3	—	—	0.5
EVA-6	—	0.3	—	0.5
EVA-7	—	—	0.3	0.5

的配方将固体原料先溶解、分散在乙醇中,然后和液体原料、EVA 粒料搅拌混合均匀,然后用单螺杆挤出

机挤出成形,得到厚度为 1 mm 的 EVA 膜。将得到的薄膜裁成合适的尺寸,在玻璃基材上,145℃条件下,抽真空固化 15 min。

2 实验结果与讨论

2.1 偶联剂种类对粘接性能的影响

江海亮等人^[4]研究发现,加入适量的偶联剂可以极大提高 EVA 太阳能电池封装胶膜对玻璃的粘接强度,有时是不加偶联剂的 2.5 倍。原因可能是偶联剂参与交联反应,使 EVA 热熔胶的线形结构转变为三维网络结构^[5]。实验中采用不同的偶联剂种类以及 2 种偶联剂复配改性 EVA,考察其粘接强度,结果见图 2。

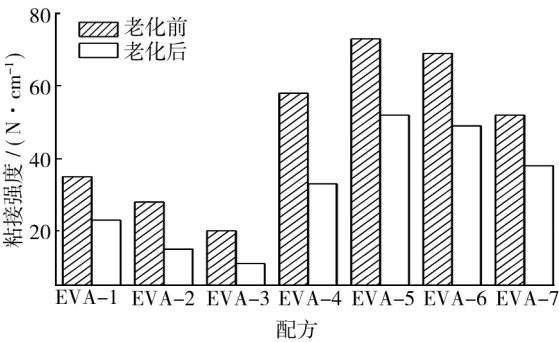


图 2 不同配方 EVA 太阳能电池封装胶膜的粘接强度(老化前后)

Fig. 2 The bonding strength of EVA photovoltaic module encapsulation film with different formula

从图 2 中可见,偶联剂种类的不同对 EVA 太阳能电池封装胶膜的粘接强度有很大的影响。老化实验前,单独的偶联剂体系添加 KH570 的粘接强度最高,达到 58 N/cm;而单独添加 KH550,KH792,Z-6032 的封装胶膜(样品 EVA-1,EVA-2,EVA-3)粘接强度都在 35 N/cm 以下,经老化处理后粘接强度下降到 25 N/cm 以下,不能满足封装胶膜的基本要求。同时,这 3 种偶联剂中都带有氨基基团,在湿热老化实验中有明显的发黄现象。KH570 体系初始粘接力好于只使用带氨基的硅烷偶联剂的体系,但是老化处理后,粘接强度下降较明显。因此采用 KH570 同其他带氨基的硅烷偶联剂复配(样品 EVA-4 至 EVA-7)。带氨基的硅烷偶联剂具有自催化效应,能够促进硅烷偶联剂与玻璃之间的化学反应,因此将 KH570 同其他带氨基的硅烷偶联剂复配,一方面能提高封装胶膜的初始

粘接强度,另一方面可以减少带氨基偶联剂的用量,以降低老化黄变情况。图 2 也显示出复配偶联剂的效果明显好于单独的偶联剂体系,尤其是 KH570 同 KH550 的效果最好,粘接强度达到 73 N/cm 以上,老化后依然有 52 N/cm 的强度。

2.2 增粘树脂种类对粘接性能影响

为了进一步提高 EVA 太阳能电池封装胶膜的粘接强度,研究了加入增粘树脂对于粘接强度的影响。一般认为增粘树脂是与聚合物有良好的相容性的小分子物质,加入后可提高胶料的流动性,改进润湿性,从而显著提高粘接强度。常用的增粘树脂有松香、改性松香树脂、萜烯树脂、萜烯-酚醛树脂、改性石油树脂等。

不同的增粘树脂的耐热性以及 EVA 的相容性差别很大,为了得到综合性能较好的封装胶膜,选用了几种不同增粘树脂,包括改性松香、LTH 树脂(德固赛)以及氢化石油树脂 P-90 和 P-125(埃克森美孚)作为增粘剂,考察了不同种类的增粘树脂与粘接强度的关系,结果见表 2(样品中增粘树脂的质量分数为 0.3%)。其中的硅烷偶联剂全部都是按 0.3% 的 KH-550 和 0.5% 的 KH570 添加。

表 2 不同增粘树脂对粘接性能的影响

Tab.2 The influence of different tackifying resins on bonding strength

增粘树脂 类型	老化前粘接强度/ $(\text{N} \cdot \text{cm}^{-1})$	老化后粘接强度/ $(\text{N} \cdot \text{cm}^{-1})$	样品外观
改性松香	82	61	基本无色、透明性好
P-90 树脂	87	54	基本无色、透明性略差
P-125 树脂	85	66	基本无色、透明性略差
LTH 树脂	73	56	基本无色、透明性差

实验结果显示,上述增粘剂都能够有效地提高 EVA 太阳能电池封装胶膜的粘接性能。其中,改性松香效果最好,粘接性能和透明性能能够达到 EVA 太阳能电池封装胶膜的使用要求。P-90, P-125 和 LTH 增粘树脂与 EVA 的相容性不太理想,虽然能够有效地提高粘接强度,但是样品的透明度略有下降,特别是 LTH 树脂使样品产生发雾现象,因此不能满足 EVA 太阳能电池封装胶膜的使用要求。

2.3 改性松香用量对粘接性能的影响

首先研究了不同含量改性松香对 EVA 胶膜粘接强度的影响,结果见图 3。可以看出,加入改性松香增粘剂比未加增粘剂的粘接强度明显增加,而且

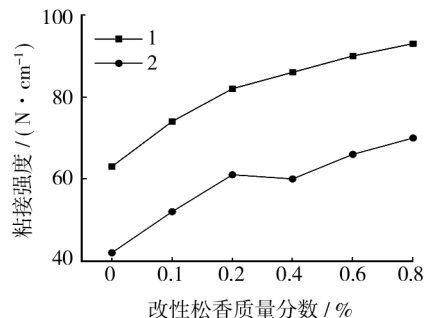


图 3 改性松香含量对粘接性能的影响

Tab.3 The influence of modified rosin content on bonding strength

0.1%, 0.2% 时增加的比较快, 0.4% 以上增加缓慢。老化实验处理后发现类似的规律, 这个体系得到的样品从肉眼观察都有发黄的现象, 0.4% 之后的样品黄变很严重, 而且老化实验后发现粘接强度下降的很快, 稳定性比较差。李连春等人^[6]认为体系中加入的增粘树脂的量比较少, 粘接强度提高的一个原因可能是增粘树脂中含有不饱和化学键, 加入 EVA 后, 树脂上的一部分基团和玻璃表面的化学基团起反应, 形成连接紧密的化学键, 与此同时不饱和键在有机过自由基的作用下打开, 和 EVA 分子链发生接枝反应, 将自身带有的另一部分极性基团赋予 EVA 分子, 成为 EVA 的极性支链, 增加了粘接性。同时由于不饱和键的存在, 当松香的含量太高时, 双键不能完全反应而残留在封装胶膜中, 使湿热老化实验中容易降解导致发黄, 粘接性下降。

3 总结

考察了偶联剂和增粘树脂的种类和含量对 EVA 太阳能电池封装胶膜粘接性能的影响, 发现 KH570 同 KH550 2 种偶联剂复配, 可明显提高 EVA 的粘接强度, 老化前可达 73 N/cm; 加入 0.2% 的增粘树脂改性松香, 既能提高老化前后的粘接强度, 还能保持良好的透明性和耐老化性能。

参考文献:

- [1] 龚云表, 石安富. 高分子密封材料[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983: 4-5.

- [10] 赵江. BOPP 烟膜的检测重点[J]. 中国包装, 2010(10): 43-45.
ZHAO Jiang. The Key Point of Detection on BOPP Tobacco Film[J]. Chinese Packaging, 2010(10): 43-45.
- [11] 张纯旺. 软盒硬包卷烟透明纸包装技术探析[C]//中国烟草学会. 中国烟草学会 2010 年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学报, 2010.
ZHANG Chun-wang. Research on the Soft Hard Package Box of Film Packaging Technology[C]//China Tobacco Society. 2010 Annual Meeting of China Tobacco Society. Beijing: China Tobacco Journal, 2010.
- [12] 董世谦. Focke350 包装机小包透明纸起皱现象的消除[J]. 烟草科技, 2001(2): 22-23.
DONG Shi-qian. The Elimination of Focke350 Packet Film Wrinkling Phenomenon[J]. Tobacco Science and Technology, 2001(2): 22-23.
- [13] 张文, 龚建川, 刘毅. 提高 X2 小包透明纸侧封平整度[C]//中国烟草学会. 中国烟草学会 2009 年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学报, 2009.

(上接第 49 页)

- [2] PERN F J, GLICK S H. Adhesion Strength Study of EVA Encapsulants on Glass Substrates[C]. Presented at the National Center for Photovoltaics and Solar Program Review Meeting. Denver, Colorado. March 24-26, 2003.
- [3] PERN F J, GLICK S H. Photothermal Stability of Encapsulated Si Solar Cells and Encapsulation Materials Upon Accelerated Exposures[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2000, 61: 153-188.
- [4] 江海亮, 应丽艳, 雷大喜, 等. 硅烷偶联剂对化学交联 EVA 及其性能的影响[J]. 塑料工业, 2010, 38(3): 63-

(上接第 59 页)

- [2] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 47-49.
HE Bing. Simulation Study of Packaging Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 47-49.
- [3] 李宏强, 底剑豪. 平面 3R 操作臂动力学分析[J]. 机械, 2011, 38(12): 47-50.
LI Hong-qiang, DI Jian-hao. Dynamics Analysis of 3R Planar Manipulator[J]. Machinery, 2011, 38(12): 47-50.
- [4] 夏铤, 肖传清, 韩江, 等. 基于 Adams 的多连杆机械式压力机动力学分析[J]. 重型机械, 2011(6): 67-70.
XIA Lian, XIAO Chuan-qing, HAN Jiang, et al. Adams-

ZHANG Wen, GONG Jian-chuan, LIU Yi. Improved X2 Packet Film Side Seal Flatness[C]//China Tobacco Society. 2009 Annual Meeting of China Tobacco Society. Beijing: China Tobacco Journal, 2009.

- [14] 王明江. GDX2 翻盖硬盒薄膜收缩装置的设计应用[J]. 烟草科技, 2006(5): 16-17.
WANG Ming-jiang. Design and Application of GDX2 Flip Hard Box Film Contraction Device[J]. Tobacco Science and Technology, 2006(5): 16-17.
- [15] 舒芳誉, 王道宽, 林志平, 等. HXD 气流干燥过程工艺气流传热分析[J]. 烟草科技, 2006(3): 5-8.
SHU Fang-yu, WANG Dao-kuan, LIN Zhi-ping, et al. Analysis of HXD Pneumatic Drying Process Flow Heat Transfer[J]. Tobacco Science and Technology, 2006(3): 5-8.
- [16] 姜怀业. 双通道超高速条烟提升机的设计与应用[J]. 烟草科技, 2012(4): 25-27.
JIANG Huai-ye. Design and Application of Double Channel High Speed Package Lifting Machine[J]. Tobacco Science and Technology, 2012(4): 25-27.

66.

- [5] RADHAKRISHNAN C K, SUJITH A, UNNIKRISHNAN G, et al. Effects of the Blend Ratio and Crosslinking Systems on the Curing Behaviour, Morphology, and Mechanical Properties of Styrene-butadiene Rubber/poly(ethylene-co-vinylacetate) Blends[J]. J Appl Polym Sci, 2004, 94: 827-837.
- [6] 李连春. 太阳能用耐老化 EVA 封装胶膜的制备、结构与性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2005.
- [7] 余鹏, 李伟博, 唐舫成, 汪加胜. 太阳能电池封装材料研究进展[J]. 广州化工, 2011(3): 34-36.

based Analysis of Dynamics for Multi-link Mechanical Press[J]. Heavy Machinery, 2011(6): 67-70.

- [5] 宗晓萍, 李月月. 基于 ADAMS 和 MATLAB 的机械臂控制仿真[J]. 微计算机信息, 2009, 35: 29-30.
ZONG Xiao-ping, LI Yue-yue. The Two Degrees of Freedom Manipulator Control Simulation Based on ADAMS and MATLAB[J]. Microcomputer Information, 2009, 35: 29-30.
- [6] 潘博, 于登云, 孙京. 大型空间机械臂关节动力学建模与分析研究[J]. 宇航学报, 2011, 31(11): 2248-2255.
PAN Bo, YU Deng-yun, SUN Jing. Research on Dynamic Modeling and Analysis of Joint in Large Space Manipulator[J]. Journal of Astronautics, 2011, 31(11): 2248-2255.