

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.09.002

PE-HD/改性剑麻纤维复合材料的制备及性能^{*}

朱艳,王忠,贾仕奎,陈立贵,付蕾

(陕西理工大学材料科学与工程学院,陕西汉中 723000)

摘要:以高密度聚乙烯(PE-HD)为基体材料,剑麻纤维(SF)为增强填充材料,利用不同的偶联剂(硅烷偶联剂,钛酸酯偶联剂)改性SF,用熔融共混法制备一系列PE-HD/SF复合材料。采用扫描电子显微镜、广角X射线衍射仪、差示扫描量热仪、维卡软化仪及万能试验机测试了复合材料的微观形貌、结晶性能、热及力学性能。结果表明,偶联剂改性的SF与PE-HD有着较好的界面结合,SF的添加使得PE-HD的结晶度下降,热变形温度提高;与未改性的SF相比,当硅烷偶联剂改性SF添加量为10%时,PE-HD基复合材料的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度明显提高。

关键词:高密度聚乙烯;剑麻纤维;偶联剂;热性能;力学性能

中图分类号: TQ325 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)09-0007-06

Preparation and Properties of PE-HD/Modified Sisal Fiber Composites

Zhu Yan, Wang Zhong, Jia Shikui, Chen Ligui, Fu Lei

(School of Materials Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

Abstract : With high density polyethylene (PE-HD) as matrix material, sisal fiber (SF) and modified SF treated with coupling agents (silane coupling agent and titanate coupling agent) as the reinforced filler material, a series of PE-HD / SF composites were prepared by melt blending. Scanning electron microscope, wide angle X-ray diffraction, differential scanning calorimetry, Vicat softener and universal testing machine were used to test microstructure, thermal properties and mechanical properties of the composites. The results show that the interface bonding between modified SF and PE-HD become good, the crystallinity and heat distortion temperature of PE-HD matrix decrease with the introduction of modified SF. Compared to untreated SF, when SF content is 10%, tensile strength, flexural strength and impact strength of the PE-HD-based composite improve clearly.

Keywords : high density polyethylene ; sisal fiber ; coupling agent ; thermal properties ; mechanical properties

全世界均致力于环境保护和绿色可持续资源开发的氛围中,绿色生物可降解材料的开发与利用一直是国内外的研究热点^[1-4]。来源于天然植物纤维材料或者由植物资源制备的可降解材料已成为21世纪最有发展前景的材料之一^[5-8]。剑麻纤维(SF)不仅具有绿色环保、分布广泛、成本低、密度小、无毒无害、高强度、高模量、耐海水腐蚀及易于表面改性的优点,因此占据了重要的地位^[1,9-10]。

高密度聚乙烯(PE-HD)是一种结晶度高、非极性的热塑性树脂。它具有较好的耐热性和耐寒性,好的化学稳定性,较高的刚性和韧性以及较好的介电性能、耐环境应力开裂性能^[11-13]。其主要用于挤出包装薄膜、绳索、编织网、渔网、水管,注塑日用品以及挤出吹塑容器、中空制品、瓶子和包装袋内膜。PE-HD存在着力学性能较差,透气差和应力作用下易热变形等问题^[13]。

目前,已有大量的研究报道,SF可用于制备增

强树脂基复合材料,特别是与带有极性基团的树脂复合后,除了具有较高的拉伸和弯曲性能外,还具有很高的冲击强度和高的耐热性^[8,11]。然而,SF具有大量的极性基团,与非极性的PE-HD相容性较差,同时较强的纤维分子内氢键作用使得其在与聚合物基体共混过程中产生团聚而造成分散性不佳,这是制约制备综合性能优良的PE-HD/SF复合材料的瓶颈性难题。

因此,笔者从SF的表面改性出发,利用硅烷偶联剂或钛酸酯偶联剂分别对SF进行表面处理,再利用双螺杆挤出机对SF与PE-HD进行熔融混合制备一系列PE-HD/SF复合材料;再对其进行微观形态、热和力学性能表征,研究不同表面处理的

^{*} 陕西省自然科学基金研究计划项目(2017 JQ5071)

联系人:贾仕奎,博士,主要研究方向为聚合物基复合材料先进制备、微观结构及性能

收稿日期:2017-07-02

SF 对复合材料热和力学性能的影响规律,为制备高耐热变形和较好力学性能的 PE-HD 基复合材料提供实验基础。

1 实验部分

1.1 原材料

SF: 短切长度 1 mm,长径比约为 3,广西剑麻集团有限公司;

PE-HD: DMDN-8008,熔体流动速率为 8.2 g / 10 min (190℃),新疆独山子石化分公司;

硅烷偶联剂: KH550,密度 0.946 g/cm³,分析纯,东莞市鼎海塑胶化工有限公司;

钛酸酯偶联剂: TC114,密度 1.095 g/cm³,分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

无水乙醇: 分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

丙酮: 分析纯,东莞市泰昌石化有限公司;

冰醋酸: 分析纯,天津市滨海科迪化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器和设备

同向双螺杆挤出机: SHJ-20B 型,长径比 40,南京海思挤出设备有限公司;

立式注塑机: KA108 型,苏州铭飞机械有限公司;

高速混合机: SHR 型,江苏张家港市亿达塑料机械厂;

电子天平: JA2603B 型,上海精科天美科学仪器有限公司;

热恒温鼓风干燥箱: DHG-925A 型,上海一恒科技有限公司;

扫描电子显微镜 (SEM): JSM-6390LV 型,日本电子株式会社;

广角 X-射线衍射仪 (WAXD): DX-2500 型,丹东方圆仪器有限公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: Q100 型,梅特勒-托利多仪器 (上海) 有限公司;

维卡软化仪: XRW-300B 型,承德市万吉仪器仪表有限公司;

万能试验机: LDS-20KN 型,长春市智能设备有限公司;

悬臂梁冲击试验机: JJ-22 型,长春市智能试验机研究所。

1.3 SF 的表面处理

(1) 硅烷偶联剂处理: 称量 100 g 充分干燥的

SF,将 2 mL 硅烷偶联剂放入烧杯中,滴入 0.1 mL 的丙酮,再用量筒量取 500 mL 无水乙醇,倒入烧杯中均匀搅拌,将 SF 倒入配好的溶液中,之后将其放入超声波中振荡处理 30 min,取出后水浴加热 3 h 并不断搅拌,最后放入 80℃烘箱中干燥,得到硅烷偶联剂改性剑麻 (Si-SF)。

(2) 钛酸丁酯处理: 称量 100 g 充分干燥的 SF,将 2 mL 钛酸酯偶联剂滴入烧杯,滴入 0.1 mL 的丙酮,并加入少量的冰醋酸,调节 pH 在 4.6 左右,之后加入 30 mL 无水乙醇均匀搅拌,将配好的溶液均匀喷洒在干燥好的 SF 中并在高混机中充分混合,最后放入 80℃烘箱中干燥,得到钛酸酯偶联剂改性剑麻 (Ti-SF)。

1.4 样品的制备

将 SF 和 PE-HD 放在 80℃干燥箱中干燥 4 h,按表 1 配方进行配料。利用双螺杆挤出机进行一系列 PE-HD/SF 复合材料的制备,螺杆各段温度依次为 140,145,150,160℃,转速为 30 r/min。最终得到 PE-HD/SF 粒料。将干燥好的粒料通过立式注塑机进行样条制备,注塑螺杆各段温度分别为 155,160,165℃。

表 1 PE-HD/SF 复合材料的配方

样品编号	PE-HD	SF	Si-SF	Ti-SF
A	100			
B	90	10		
C	90		10	
D	90			10
E	80	20		
F	80		20	
G	80			20

1.5 性能测试

SEM 观察: 选取不同配方下的 PE-HD/SF 复合材料的被测样条,快速放置液氮中冷却,进行低温淬断,利用 SEM 进行形貌观察。

WAXD 观察: 对不同配比 PE-HD/SF 复合材料的拉伸试样进行结晶形态测试,测试条件: 试样尺寸 15 mm×15 mm×4 mm,铜靶,λ=0.154 nm,40 kV,40 mA,扫描角度为 3°~80°。

DSC 测试: 针对不同配比的 PE-HD/SF 挤出粒料在 DSC 上进行熔融和结晶性能测试,以 20℃/min 从室温升温到 180℃去除热历史,并保温 3 min,再以 10℃/min 速率降温到 10℃并保温 3 min,再以 10℃/min 速率升温到 180℃;试样质量 8~10 mg。

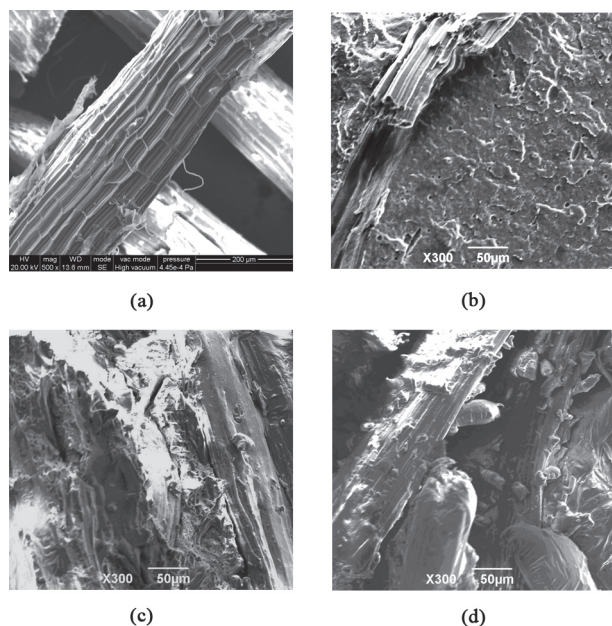
利用维卡软化仪进行不同配方下 PE-HD/SF 复合材料注塑样条的热变形温度 (HDT) 测试,测试标准 GB/T 1634.1-2004,样条尺寸 $80\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,压力 $(50 \pm 1)\text{ N}$,变形挠度 1 mm ,升温速率 $50^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

拉伸性能利用万能实验机按 GB/T 1447-2005 测试,试样尺寸为 $130\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,拉伸速率 $50\text{ mm}/\text{min}$ 。弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,试样尺寸为 $80\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,速率为 $2.0\text{ mm}/\text{min}$,跨距为 64 mm ,挠度为 6 mm ;缺口冲击性能利用悬臂梁冲击试验机按 GB/T 1843-2008 测试,试样尺寸为 $64\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 4\text{ mm}$,V 型缺口深度 2 mm 。上述力学性能试样为每组 5 个。

2 结果与讨论

2.1 断面形貌分析

图 1 清晰地展示了未改性 SF 及不同表面改性后的 PE-HD/SF 复合材料的 SEM 照片。可以看出,未改性 SF 表面存在大量的微孔;当 PE-HD 基体中添加 10% 的未改性 SF 后,其断面上的 SF 表面仍比较光滑,与基体树脂未产生较好的界面结合;当添加 10% 的硅烷偶联剂 (Si-SF) 或钛酸酯偶联剂 (Ti-SF) 改性的 SF 后,其断面上的 SF 表面粗糙,这可能是由于 SF 与 PE-HD 基体结合较好,淬断过程中使一部分 PE-HD 基体粘附在 SF 上。这说明通过偶联剂改性后的 SF 可以与 PE-HD 形成良好的界面



a—SF; b—样品 B; c—样品 C; d—样品 D

图 1 未改性 SF 及不同 PE-HD/SF 复合材料的 SEM 照片

结合,这为获得较好的耐热性和力学性能的 PE-HD 基复合材料提供基础。

2.2 结晶形态分析

图 2 展示了 SF、纯 PE-HD 及不同配比下的 PE-HD/SF 复合材料的 WAXD 图谱。从图中可以发现,未改性 SF 在 22.5° 附近有明显的衍射峰,纯 PE-HD 分别在 22° 和 24.6° 附近有显著的衍射峰;当 10% 的未改性 SF 引入到 PE-HD 后,其对应的 PE-HD 衍射峰有一定程度的减弱,但衍射峰的位置没有发生改变,这说明 SF 的引入破坏了 PE-HD 的结晶强度,使其晶体的完善度有所下降,同时未改变 PE-HD 的结晶形态。当 10% 的硅烷偶联剂或钛酸酯偶联剂改性的 SF 添加后,与 SF 未改性时相比,其对应的衍射峰有轻微的减弱,这应该归功于偶联剂使 SF 与部分 PE-HD 基体产生了较好的界面结合,阻碍了 PE-HD 的分子链运动,最终导致 PE-HD 的结晶度和晶体的完善度出现轻微下降。

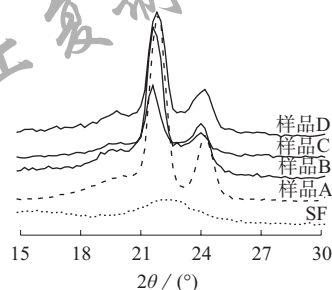
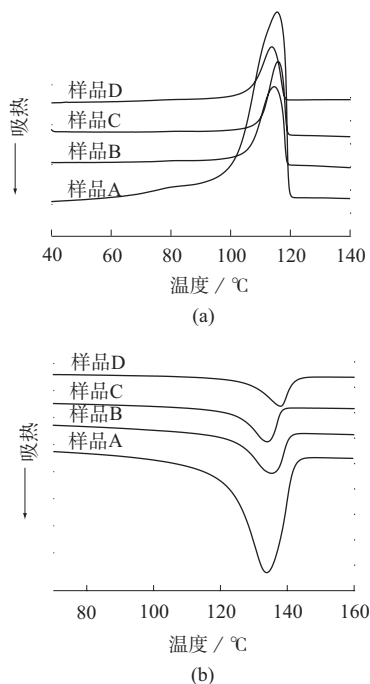


图 2 SF、纯 PE-HD 及不同 PE-HD/SF 复合材料的 WAXD 图谱

2.3 结晶性能分析

图 3 为纯 PE-HD 及不同 PE-HD/SF 复合材料的结晶和熔融曲线。表 2 为相应的熔融温度 (T_m)、结晶温度 (T_c)、熔融焓 (ΔH_m)、结晶焓 (ΔH_m) 和结晶度 (H_c)。

从图 3a 和表 2 可以看出,纯 PE-HD 的 T_c 在 110°C 左右,无论是未改性或改性 SF 的添加都未明显影响 PE-HD 的 T_c 。与纯 PE-HD 的 T_c 相比,PE-HD/SF、PE-HD/Si-SF 和 PE-HD/Ti-SF 复合材料的结晶焓值分别降低了 22.3 、 49.0 、 45.2 J/g ,同时,与未改性 SF 相比,添加 10% 改性 SF 后复合材料的结晶峰面积进一步下降,这些结果与 WAXD 一致,说明 SF 的引入导致 PE-HD 在结晶过程中的规整度下降,而改善 SF 与 PE-HD 基体间的结合力后,会使得 PE-HD 结晶度进一步下降。从图 3b 和表 2 可以看出,纯 PE-HD 的 T_m 在 133°C 左右,与纯 PE-HD 相比,PE-HD/SF、PE-HD/Si-SF



a—结晶曲线; b—熔融曲线

图3 纯PE-HD及不同PE-HD/SF复合材料的结晶与熔融曲线

表2 纯PE-HD及不同PE-HD/SF复合材料的热性能参数

样品编号	$T_m / ^\circ\text{C}$	$T_c / ^\circ\text{C}$	$\Delta H_m / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$	$\Delta H_c / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$	$X_c / \%$
A	133.4	115.2	244.1	238.6	84.3
B	135.6	113.1	224.1	216.3	77.3
C	133.9	114.7	196.4	189.6	67.7
D	137.7	112.6	201.6	193.4	69.5

注: $X_c = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_m^0} \times 100\%$, ΔH_m^0 为 PE-HD 的 100% 结晶焓,

290 J/g^[14], φ 为 PE-HD 在复合材料中的含量。

和 PE-HD/Ti-SF 复合材料的 T_c 分别降低了 7%, 16.6% 和 14.8%, 这可能是由于在熔融过程中 SF 阻碍了热的传递, 延缓了结晶的熔融行为; 无论是未改性或改性 SF 的添加后 PE-HD 的 T_m 出现轻微的升高, 熔融峰面积明显减小, 同时, 与未改性 SF 相比, 添加 10% 改性 PE-HD/SF 复合材料的结晶峰面积也轻微下降。

2.4 热变形温度分析

图4分别呈现了纯PE-HD及不同表面改性的PE-HD/SF复合材料的HDT。从图中可以发现, 纯PE-HD的HDT为80.8℃, 当添加10%的未改性SF后, PE-HD/SF复合材料的HDT增加了16.5℃, 当添加10%的Si-SF和Ti-SF后, 其相应复合材料的HDT增加了22.8℃和18.5℃; 当添加20%的未改性SF后, PE-HD/SF复合材料的HDT增加了21.7℃, 当添加20%的Si-SF和Ti-SF后, 其

相应复合材料的HDT增加了32.8℃和29.0℃, 这表明SF的引入可有效地提高PE-HD的耐热变形能力, 这是由于SF是一种刚性的有机纤维填料, SF与PE-HD的结合力越好, 其提高耐热变形能力越显著。

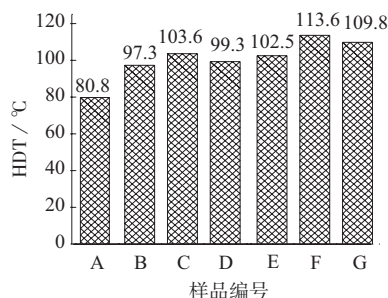


图4 纯PE-HD及不同配比PE-HD/SF复合材料的HDT

2.5 力学性能分析

(1) 拉伸性能。

图5分别呈现了纯PE-HD及不同PE-HD/SF复合材料的拉伸强度。从图中可以发现, 纯PE-HD的拉伸强度为16.5 MPa, 与纯PE-HD相比, 当添加10%的未改性SF后, PE-HD/SF复合材料的拉伸强度降低了2.2 MPa, 而添加10%的Si-SF和Ti-SF后, 其相应的拉伸强度分别提高了8.1 MPa和5.6 MPa; 进一步增加SF的含量, 与纯PE-HD相比, 当添加20%的未改性SF后, PE-HD/SF复合材料的拉伸强度降低了3.7 MPa, 而添加20%的Si-SF和Ti-SF后, 其相应的拉伸强度仅分别提高了5.2 MPa和1.8 MPa, 这说明SF与PE-HD基体的结合力较差, 从而使得PE-HD/SF复合材料的拉伸强度有所下降, 改性后的SF与PE-HD的结合能力增强, 使PE-HD基复合材料的拉伸强度明显提高; 而Si-SF增强效果最为显著, 这可能是由于醇解的硅烷偶联剂一端与SF的表面羟基形成硅氧硅键, 另一端与PE-HD有好的相容性^[15]。

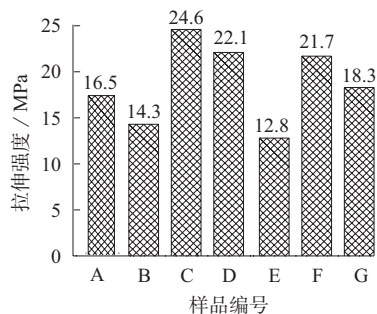


图5 不同配比PE-HD/SF复合材料的拉伸强度

(2) 弯曲性能。

图6分别呈现了纯PE-HD及不同PE-HD/SF复合材料的弯曲强度。从图中可以发现,纯PE-HD的弯曲强度为23.5 MPa,与纯PE-HD相比,当添加10%的SF、Si-SF和Ti-SF后,复合材料的弯曲强度分别提高了26.8%,95.3%和72.3%,进一步增加SF的含量,与纯PE-HD相比,当添加20%的未SF、Si-SF和Ti-SF后,PE-HD/SF复合材料的弯曲强度分别提高了21.7%,71.4%和56.2%,这说明当SF的添加量超过10%后,其在PE-HD中的分散性变差,导致大量的空隙存在,使承载能力下降。

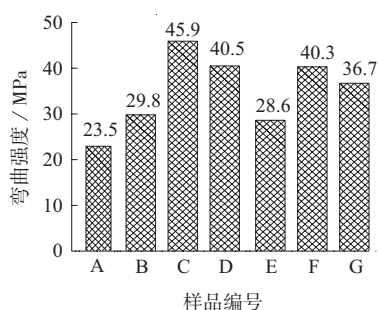


图6 不同PE-HD/SF复合材料的弯曲强度

(3) 冲击性能。

图7分别呈现了纯PE-HD及不同PE-HD/SF复合材料的冲击强度。从图中可以发现,纯PE-HD的冲击强度为9.76 kJ/m²,与纯PE-HD相比,当添加10%未改性SF后,PE-HD/SF复合材料的冲击强度下降了22.9%,而添加Si-SF和Ti-SF后,复合材料的冲击强度分别提高了2.9%和15.1%,进一步增加SF的含量,与纯PE-HD相比,当添加20%的SF和Si-SF后,复合材料的冲击强度分别降低了32.9%和11.4%,而添加Ti-SF后复合材料的冲击强度增加了2.3%。这说明Ti-SF较Si-SF具有更好的增韧效果。

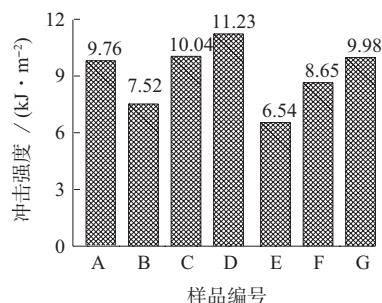


图7 不同配比PE-HD/SF复合材料的冲击强度

3 结论

(1) 与未改性SF相比,通过硅烷偶联剂或钛酸

酯偶联剂改性的SF与PE-HD基体有着较好的界面结合。

(2) 与纯PE-HD相比,添加SF, Si-SF和Ti-SF后复合材料的结晶形态未发生明显改变,而结晶度均有一定程度下降。

(3) 与纯PE-HD相比,添加10%的SF, Si-SF和Ti-SF后复合材料的HDT分别提高了16.5, 22.8, 18.5℃,进一步增加SF含量,复合材料的HDT进一步提高。

(4) 与纯PE-HD相比,添加10%的未改性SF后,PE-HD/SF复合材料的拉伸强度和冲击强度分别下降了13.3%和22.9%,弯曲强度提高了26.8%,而硅烷偶联剂和钛酸酯偶联剂改性SF后PE-HD/SF复合材料的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度均明显提高,其中硅烷偶联剂改性SF复合材料的拉伸强度和弯曲强度增加最为显著。

参考文献

- [1] 姜爱菊. 剑麻纤维增强聚乳酸复合材料的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [2] Jiang Aiju. Research on the performance and preparation of sisal fibers reinforced polylactic acid composites[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [3] Lu X, Zhang M Q, Rong M Z, et al. All plant fiber composites. I: Unidirectional sisal fiber reinforced benzylated wood[J]. Polymer Composites, 2002, 23(4): 624-633.
- [4] 钱伯章, 朱建芳. 生物可降解塑料发展现状与前景[J]. 现代化工, 2008, 28(11): 82-87.
- [5] Qian Bozhang, Zhu Jianfang. Current status and prospect for biodegradable plastics[J]. Modern Chemical Industry, 2008, 28(11): 82-87.
- [6] 杨占元, 殷保璞. 黄麻/热熔纤维针刺非织造材料的自然降解性能研究[J]. 产业用纺织品, 2011(3): 12-16.
- [7] Yang Zhanyuan, Yin Baopu. The research on natural degradation property of jute / hot-melt fiber needle punched nonwovens[J]. Technical Textiles, 2011(3): 12-16.
- [8] 朱碧华, 何春霞, 石峰, 等. 植物壳纤维增强塑料基复合材料研究进展[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(7): 142-146.
- [9] Zhu Bihua, He Chunxia, Shi Feng, et al. Research progress of plant husk fibers reinforced plastic based composites[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(7): 142-146.
- [10] 张括, 计宏伟. PP/甘蔗皮纤维复合材料的拉伸性能[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(2): 103-107.
- [11] Zhang Kuo, Ji Hongwei. Tensile properties of polypropylene / sugarcane bark fiber composite[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(2): 103-107.
- [12] 杨芳, 陈思静, 杨晶, 等. 剑麻纤维素微晶增强聚丙烯复合材料的

- 性能研究[J]. 塑料工业, 2016, 44(2):92-95.
- Yang Fang, Chen Sijing, Yang Jing, et al. The property study of sisal fiber cellulose microcrystalline reinforced polypropylene composites[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(2):92-95.
- [8] Course O. Effect of sisal fiber surface treatment on properties of sisal fiber reinforced polylactide composites[J]. International Journal of Polymer Science, 2011(20):2341-2348.
- [9] 张叶青, 冯彦洪, 瞿金平, 等. 蒸汽爆破预处理 PLA 剑 / 麻复合材料的性能研究[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(4):30-33.
- Zhang Yeqing, Feng Yanhong, Qu Jinping, et al. Research on properties of PLA / steam explosion Pretreatment sisal composites[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(4):30-33.
- [10] 房昆. 剑麻纤维及其复合材料研究进展[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(4):100-103.
- Fang Kun. Advances on research of sisal fiber and its composites[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(4):100-103.
- [11] Khanam P N, Khalil H P S A, Reddy G R, et al. Tensile, flexural and chemical resistance properties of sisal fibre reinforced polymer composites: effect of fibre surface treatment[J]. Journal of Polymers & the Environment, 2011, 19(1):115-119.
- [12] 范氏草. 高填充竹纤维 / PE-HD 复合材料制备及其性能研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
- Fan Shicao. The study on the preparation technology and capability of high filled bamboo fiber-PE-HD Plastic Composites[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2015.
- [13] 龙洪生. 长麻纤维增强 PE-HD 复合材料的制备及性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2015.
- Long Hongsheng. Research on preparation and properties of the long bast fiber reinforced high density polyethylene composite[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2015.
- [14] Colom X, Canavate J, Pages P, et al. Changes in crystallinity of the PE-HD matrix in composites with cellulosic fiber using DSC and FTIR[J]. Journal of Reinforced Plastics & Composites, 2000, 19(10):818-830.
- [15] 杨香莲, 韦春, 吕建, 等. 剑麻纤维处理方法对 SF/PF 共混复合材料动态力学性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(2):95-98.
- Yang Xianglian, Wei Chun, Lyu Jian, et al. Effects of sisal fiber treatment on dynamic mechanical properties of sisal fiber phenol formaldehyde resin hybrid composites[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2010, 26(2):95-98.

欢迎订阅 2018 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊 / 光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国合成树脂供销协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届全国期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2018 年定价 15 元 / 期, 全年 180 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊, 荣获多项省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2018 年定价 15 元 / 期, 全年 90 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号 (1973 年) 至 2016 年底共 44 卷 326 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 同时也将《化学分析计量》自创刊号 (1992 年) 至 2016 年底

共 25 卷 115 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 260 元。

邮局汇款:

收款地址: 济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

银行汇款:

户 名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

账 号: 1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>