

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.003

汽车内饰用 PP/黄麻纤维复合材料力学性能^{*}

焦学健¹, 李丽君¹, 董抒华², 魏春城²

(1. 山东理工大学交通与车辆工程学院, 山东淄博 255049; 2. 山东理工大学材料科学与工程学院, 山东淄博 255049)

摘要: 采用转矩流变仪混合造粒, 通过注射成型方法制备了聚丙烯 (PP)/黄麻纤维复合材料, 研究了对纤维表面进行处理的 NaOH 浓度、纤维含量和相容剂的含量对 PP/黄麻纤维复合材料力学性能的影响, 采用扫描电镜对纤维表面及复合材料的断面形貌进行分析。结果表明: 黄麻纤维经过碱处理后 PP/黄麻纤维复合材料的力学性能优于纤维未处理的复合材料的力学性能, 随着 NaOH 浓度的提高, PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和冲击强度增加, 在 NaOH 浓度为 16% 时, 其拉伸强度和冲击强度最佳; 其弯曲强度随着 NaOH 浓度的提高先增加而后下降, 在 8% 浓度时, 弯曲强度最大。随着纤维含量的提高, PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度先增加后下降, 在纤维含量达到 20% 时, PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度达到最大。随着纤维含量的提高, PP/黄麻纤维复合材料的冲击强度降低。相容剂的加入使得 PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度明显增加。

关键词: 黄麻纤维; 聚丙烯; 复合材料; 力学性能; 汽车内饰

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)07-0013-04

Mechanical Properties of Jute Fiber Reinforced PP Composites Used by Automobile Interior

Jiao Xuejian¹, Li Lijun¹, Dong Shuhua², Wei Chunheng²

(1. School of Transportation and Vehicle Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: The jute fiber and polypropylene (PP) were mixed to granulation by the torque rheometer. Then the jute fiber reinforced PP composites were prepared by injection molding. The effect of the NaOH concentration used as fiber surface treatment, fiber content and compatilizer content on the mechanical properties of the PP/jute fiber composites was investigated. The jute fiber surface and fracture morphology was analyzed. The results show that the mechanical properties of the jute fiber of alkali treatment are superior to the untreated jute fiber. The tensile strength and impact strength of PP/jute fiber increase with the increase of the NaOH concentration, which is the best when NaOH concentration is 16%. The bending strength increases firstly and then decreases with the increase of the NaOH concentration, which is the maximum when the NaOH concentration is 8%. The tensile strength and bending strength of PP/jute fiber increase firstly and then decrease with the increase of fiber content, which is the best when fiber content reaches 20%. The impact strength decreases with the increase of fiber content. The tensile strength and bending strength of PP/jute fiber increase obviously by adding the compatilizer.

Keywords: jute fiber; polypropylene; composite; mechanical property; automotive interior

近年来, 剑麻纤维、洋麻纤维、亚麻纤维、椰壳纤维和黄麻纤维等天然纤维复合材料由于其具有绿色可持续、成本低和可回收等优点而在汽车车门、座椅靠背、汽车顶棚、仪表盘、内饰件等方面备受关注, 天然纤维复合材料成为汽车新材料研发的热点, 在汽车轻量化领域迎来发展契机^[1-4]。其中, 黄麻纤维除了具有绿色、可降解、再生快、来源广泛等诸多优点外, 纤维的力学性能也较优良, 因而黄麻纤维聚丙烯 (PP) 复合材料在汽车应用领域尤其汽车内饰件方面得到了关注。周勇等^[5]研究了非织造黄麻纤维复合材料的制备技术及吸声性能, 结果表明该复

合材料具有较好的吸声降噪性能, 适于做汽车内饰件。程遥辉等^[6]采用模压成型工艺制备了汽车内饰用酚醛树脂/黄麻纤维复合材料并研究了其拉伸性能。张安定等^[7]研究了黄麻纤维的长度与含量对纤维增强 PP 复合材料力学性能的影响, 但并未讨论黄麻纤维的表面处理重要因素的影响。黄麻与树脂基体间的相容性较差, 界面之间较弱的粘接强

^{*} 国家自然科学基金项目 (51173100, 51505261), 山东省自然科学基金项目 (ZR2014 JL032, ZR2015AM013)

联系人: 焦学健, 副教授, 主要研究方向为汽车设计与制造

收稿日期: 2017-05-03

度较低,这限制了黄麻纤维复合材料进一步应用,因此,很多学者研究了黄麻纤维的不同表面处理方法,以改善纤维与树脂界面间的粘结强度,从而提高复合材料力学性能^[8-10]。研发天然纤维增强复合材料在汽车材料方面的应用,对促进汽车工业的发展具有积极意义。

笔者主要采用黄麻纤维作为增强体,汽车塑料件专用料常用基料—抗冲共聚 PP 为基体,系统研究了纤维表面碱处理浓度、纤维含量和相容剂对 PP / 黄麻纤维复合材料力学性能的影响,为 PP / 黄麻纤维复合材料在汽车内饰件方面的应用提供了依据和参考。

1 实验方法

1.1 主要原材料

黄麻纤维:孟加拉 C,青岛金岭沃国际贸易有限公司;

抗冲共聚 PP:中国石化齐鲁股份有限公司;

马来酸酐接枝 PP:东莞市众全新材料科技有限公司;

氢氧化钠:齐鲁石化公司研究院试剂厂。

1.2 主要设备及仪器

转矩流变仪:RM-200A 型,哈尔滨哈普电气技术有限责任公司;

注塑机:SZ-45 / 400DC 型,宁波市金星塑料机械责任有限公司;

电子万能试验机:WDW1020 型,中国科学院长春新科公司;

摆锤冲击测试仪:XJJ-5 型,承德试验机有限责任公司;

扫描电子显微镜(SEM):Sirion200 型,荷兰 FEI 公司。

1.3 试样制备

将黄麻纤维置入一定浓度 NaOH 溶液中,浸泡 10 h 后,将其捞出,反复用蒸馏水清洗,恒温 80℃ 烘干,粉碎至 2~5 mm 后备用。将黄麻纤维、PP 和相容剂按一定比例加入转矩流变仪中密炼制得 PP / 黄麻纤维复合材料,一区、二区、三区的设定温度均为 195℃,转速 45 r/min。将制备好的复合材料造粒通过注塑机注射成型制得拉伸标准试样,再用万能制样机制备弯曲、冲击所用标准试样。

1.4 性能测试

拉伸强度按 GB / T1040-1992,采用电子万能试验机进行测试;

弯曲强度按 GB / T9341-2008,采用电子万能试验机进行测试;

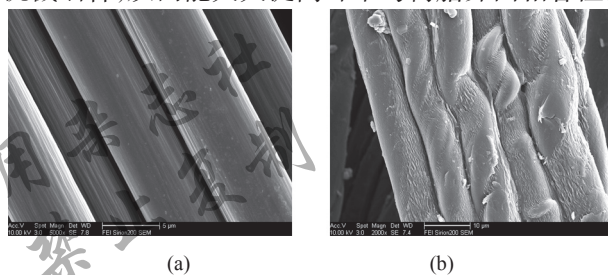
冲击强度按 GB / T1843-2008,采用摆锤冲击测试仪测试;

SEM 测试:采用 SEM 进行观察试样的表面形貌。

2 结果与讨论

2.1 碱处理对黄麻纤维表面形貌的影响

图 1 是未经碱处理和经过碱处理的黄麻纤维 SEM 图像。从图 1 中可看出,未经碱处理的纤维平直,表面较光滑,而经过碱处理后的黄麻纤维呈螺旋状弯曲,柔韧性增加,部分纤维裸露多褶皱,表面有明显沟槽并且粗糙度大大提高,这说明黄麻纤维表面胶质部分已被去除,能够与树脂基体进行更好的机械啮合,从而能大大提高纤维与树脂界面相容性。



a—未经碱处理; b—碱溶液处理

图 1 未经碱处理和经过碱处理的黄麻纤维 SEM 图

2.2 NaOH 浓度对 PP / 黄麻纤维材料力学性能影响

分别以不同的 NaOH 浓度处理黄麻纤维 10 h, 纤维含量为 10%, 所制备的 PP / 黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度如图 2 所示, 其冲击强度如图 3 所示。

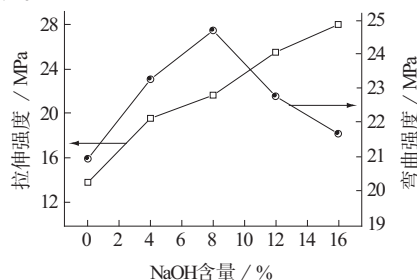


图 2 不同 NaOH 浓度处理 PP / 黄麻纤维材料的拉伸强度和弯曲强度

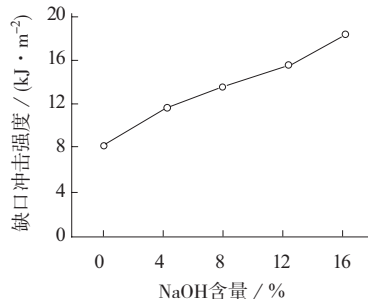
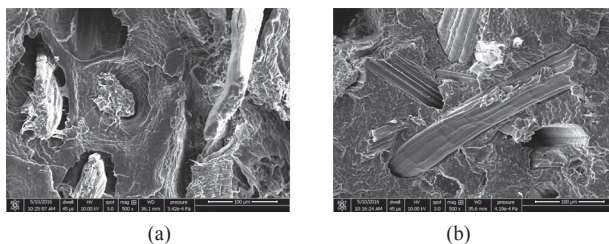


图 3 不同 NaOH 浓度处理 PP / 黄麻纤维材料的冲击强度

从图 2 和图 3 可看出,经过碱液处理的纤维复合材料力学性能优于未经处理的纤维复合材料力学性能;随着 NaOH 的浓度的提高,复合材料的拉伸强度不断提高,纤维在 16%NaOH 溶液处理时复合材料的拉伸强度达到最大;而复合材料弯曲强度随 NaOH 浓度先提高后下降,在浓度为 8% 下弯曲强度达到最佳;在 16% 浓度处理纤维时,复合材料的冲击强度达到最高。黄麻纤维经过碱溶液处理后,一方面纤维与树脂基体能够进行更好的机械啮合,另一方面半纤维素和果胶等杂质被去除,纤维素表面的一些羟基与碱溶液发生反应,使得黄麻纤维表面的羟基数目减少,黄麻纤维的表面极性降低,纤维与基体的有效接触面积增大,浸润性增强,因此树脂与纤维间的界面黏接强度随 NaOH 质量分数增加而提高,从而使其力学性能提高,但随着 NaOH 质量分数的提高,纤维束发生降解,强度损失,纤维与树脂基体界面强度反而降低,因而使其复合材料的力学性能降低。

图 4 是 PP/黄麻纤维复合材料断口的 SEM 图像。从图 4a 中可看出,未经碱液处理的 PP/黄麻纤维复合材料断口脆性断裂,纤维拔出较长,拔出后孔洞表面光滑,纤维与树脂间隙较大,纤维断裂面平整,说明未经处理的黄麻纤维与树脂之间的黏结力较低,相容性较差,界面黏接强度较低。而从图 4b 中可看出经碱液处理的 PP/黄麻纤维复合材料纤维与树脂之间缝隙很小,纤维与树脂结合紧密,纤维拔出后孔洞表面有较深的条纹状沟槽,这说明纤维与基体之间的机械啮合力和黏接强度较大,从而使得纤维与树脂之间的相容性较好、强度较高。



a—未经碱处理;b—碱溶液处理

图 4 PP/黄麻纤维材料断口 SEM 图

2.3 纤维含量对 PP/黄麻纤维材料力学性能影响

图 5 是经 4% NaOH 处理 10 h 后的黄麻纤维含量对复合材料拉伸强度和弯曲强度的影响,从图 5 中可看出,随着纤维含量的增加,复合材料拉伸强度和弯曲强度增加,在纤维含量为 20% 时拉伸强度和弯曲强度达到最大,分别为 28.08 MPa 和

40.26 MPa,比纯 PP 分别提高 73% 和 79%;随着纤维含量进一步增加,拉伸强度和弯曲强度降低。

对于 PP/黄麻纤维复合材料在加载过程中,应力通过界面层由基体传递到增强体,随着纤维含量的增加,纤维承担载荷能力加强,所以拉伸强度和弯曲强度提高;随着纤维含量的进一步增加,纤维分子内易生成氢键,纤维易团聚,使得纤维承担应力不均匀而易产生应力集中,纤维与基体的黏接力下降,因此复合材料的拉伸和弯曲强度降低。

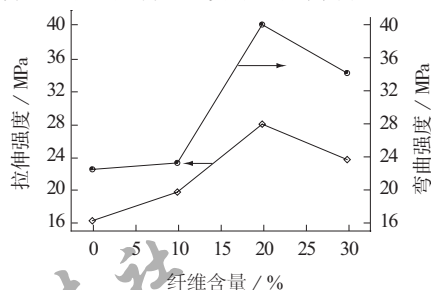


图 5 不同纤维含量时 PP/黄麻纤维材料的拉伸强度和弯曲强度

图 6 是不同纤维含量时 PP/黄麻纤维复合材料的缺口冲击强度。从图 6 可看出,随着纤维含量的增加,PP/黄麻纤维复合材料的缺口冲击强度降低,在纤维含量为 30% 时复合材料缺口冲击强度比纯 PP 降低了 67%,这是由于黄麻纤维加入到 PP 树脂中后,复合材料中的植物纤维成为 PP 中分子链运动的障碍,破坏了 PP 树脂分布的连续性,当受到外部冲击时,PP/黄麻纤维复合材料吸收冲击能量降低;随着纤维含量的增加,纤维易团聚,而且纤维末端处应力集中区增加,从而使得 PP/黄麻纤维缺口冲击强度大幅度降低^[11]。

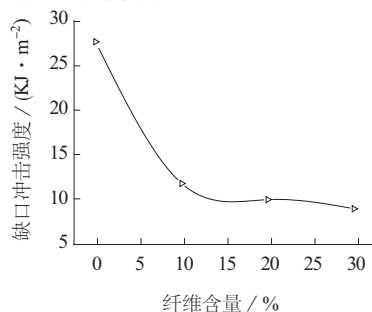


图 6 不同纤维含量时 PP/黄麻纤维材料的缺口冲击强度

2.4 相容剂对 PP/黄麻纤维材料力学性能影响

马来酸酐接枝 PP 相容剂的加入对 PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度会产生影响,将相容剂添加量分别为 0%,6% 的试样分别编号为 1[#],2[#],结果如图 7 所示,其中,黄麻纤维含量为 10%,经 4% NaOH 处理 10 h。从图 7 可看出,加入

相容剂后, PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度得到了提高,分别比未加相容剂的 PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度提高了 22% 和 24%。马来酸酐接枝 PP 相容剂是增进极性材料与非极性材料粘接性和相容性的桥梁,相容剂的加入提高了 PP 的极性和反应性,增加了其与纤维增强体的界面黏接强度,从而大大提高了 PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度和弯曲强度。

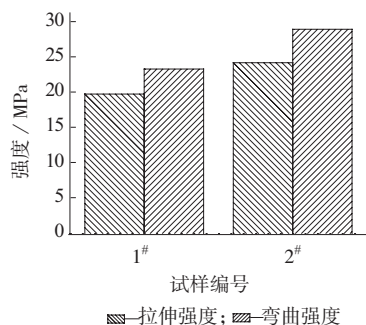


图7 不同相容剂含量时 PP/黄麻纤维材料的拉伸强度和弯曲强度

图8示出马来酸酐接枝 PP 相容剂的加入对 PP/黄麻纤维复合材料缺口冲击强度的影响,由图8可看出相容剂的引入提高了 PP/黄麻纤维复合材料的缺口冲击强度。相容剂本身是一种柔性的 PP 塑料,在界面强度适中的条件下,黄麻纤维增强马来酸酐接枝 PP 复合材料吸收的冲击能量增加,因此缺口冲击强度相应提高。

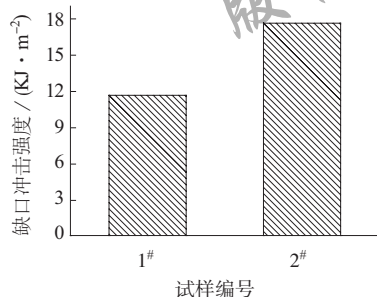


图8 不同相容剂含量时 PP/黄麻纤维材料的冲击强度

3 结论

(1) 黄麻纤维经过 NaOH 溶液处理后柔性增加,表面有明显的沟槽,粗糙度增加,与纤维界面黏接性能优于未处理纤维。在 8% NaOH 溶液处理纤维时 PP/黄麻纤维复合材料弯曲强度达到最大,而纤维在 16% NaOH 溶液处理后 PP/黄麻纤维复合材料拉伸强度和冲击强度达到最大。

(2) 黄麻纤维含量对 PP/黄麻纤维复合材料力学性能有重要影响,在纤维含量为 20% 时, PP/黄麻纤维复合材料拉伸强度和弯曲强度达到最大。随着纤维含量增加, PP/黄麻纤维复合材料冲击强度

降低。

(3) 加入马来酸酐接枝 PP 相容剂后, PP/黄麻纤维复合材料的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度均增加。

参考文献

- [1] Boopalan M, Umapathy M J, Jenyfer P. A comparative study on the mechanical properties of jute and sisal fiber reinforced polymer composites[J]. Silicon, 2012, 4(3):145-149.
- [2] 王定, 王春红, 陈祯, 等. 天然纤维增强聚丙烯基复合材料的制备及静、动态力学性能研究[J]. 塑料工业, 2017, 45(1):108-112.
Wang Ding, Wang Chunhong, Chen Zhen, et al. Preparation and static and dynamic mechanical properties research of natural fiber reinforced polypropylene composites[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(1):108-112.
- [3] 韩海山, 孙占英, 沈春银, 等. 剑麻纤维增强聚丙烯复合材料的制备及性能研究[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(5):21-25.
Han Haishan, Sun Zhanying, Shen Chunyin, et al. Preparation and properties of sisal fiber reinforced pp composite[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(5):21-25.
- [4] 李丽平, 谭洪生, 刘永健, 等. IPC/椰壳纤维与 IPC/碳酸钙复合材料的力学性能研究[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(4):15-18.
Li Liping, Tan Hongsheng, Liu Yongjian, et al. Study on IPC/coir fiber and IPC/CaCO₃ composites[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(4):15-18.
- [5] 周勇, 孙筱辰, 张兴卫, 等. 非织造黄麻纤维复合材料的制备与声学性能研究[J]. 功能材料, 2016, 47(11):11131-11135.
Zhou Yong, Sun Xiaochen, Zhang Xingwei, et al. Study on manufacturing technology and acoustic property of nonwoven jute fibers composites[J]. Journal of Functional Materials, 2016, 47(11):11131-11135.
- [6] 程遥辉, 丁武学, 孙宇. 汽车内饰用酚醛树脂/黄麻纤维复合材料的拉伸性能[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(12):63-67.
Cheng Yaohui, Ding Wuxue, Sun Yu. Tensile properties of phenolic resin/jute fiber composites used in automotive interior[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(12):63-67.
- [7] 张安定, 马胜, 丁辛, 等. 黄麻纤维增强聚丙烯的力学性能[J]. 玻璃钢/复合材料, 2004(2):3-5.
Zhang Anding, Ma Sheng, Ding Xin, et al. Mechanical behaviors of jute fiber reinforced polypropylene composite[J]. Fiber Reinforced Plastics Composites, 2004(2):3-5.
- [8] 汤栋, 赵玉萍, 张娟. 黄麻纤维的表面改性对其复合材料力学性能的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(5):3052-3054.
Tang Dong, Zhao Yuping, Zhang Juan. Surface modification of jute and the mechanical properties of jute/epoxy reinforced composites[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(5):3052-3054.
- [9] Zafar M T, Maiti S N, Ghosh A K. Effect of surface treatment of

- 2010, 195(13):4418-4422.
- [23] Wang Kai, Zhao Pu, Zhou Xiaomo, et al. Flexible supercapacitors based on cloth-supported electrodes of conducting polymer nanowire array / SWCNT composites[J]. Journal of Materials Chemistry, 2011, 21(41):16373-16378.
- [24] Sivakkumar S R, Wan J K, Choi J A, et al. Electrochemical performance of polyaniline nanofibres and polyaniline / multi-walled carbon nanotube composite as an electrode material for aqueous redox supercapacitors[J]. Journal of Power Sources, 2007, 171(2):1062-1068.
- [25] Xu Jingjing, Wang Kai, Zu Shengzhen, et al. Hierarchical nanocomposites of polyaniline nanowire arrays on graphene oxide sheets with synergistic effect for energy storage[J]. ACS Nano, 2010, 4(9):5019.
- [26] Frackowiak E, Khomenko V, Jurewicz K, et al. Supercapacitors based on conducting polymers / nanotubes composites[J]. Journal of Power Sources, 2006, 153(2):413-418.
- [27] Zhou Yingke, He Benlin, Zhou Wenjia, et al. Electrochemical capacitance of well-coated single-walled carbon nanotube with polyaniline composites[J]. Electrochimica Acta, 2004, 49(2):257-262.
- [28] Zhou Yi, Qin Zongyi, Li Li, et al. Polyaniline / multi-walled carbon nanotube composites with core-shell structures as supercapacitor electrode materials[J]. Electrochimica Acta, 2010, 55(12):3904-3908.
- [29] 申振, 戴亚堂, 张欢, 等. 微孔炭 / 聚苯胺纳米线复合材料的制备及其电化学电容性能[J]. 精细化工, 2012, 29(12):1181-1185.
- [30] Zhou Yingke, He Benlin, Zhou Wenjia, et al. Electrochemical capacitance of well-coated single-walled carbon nanotube with polyaniline composites[J]. Electrochimica Acta, 2004, 49(2):257-262.
- [31] 韩严和, 全燮, 薛大明, 等. 活性炭改性研究进展[J]. 环境工程学报, 2003, 4(1):33-37.
- [32] 翁诗甫, 徐怡庄. 傅里叶变换红外光谱分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [33] Li Xingwei, Wang Gengchao, Li Xiaoxuan, et al. Surface properties of polyaniline / nano-TiO₂ composites[J]. Applied Surface Science, 2004, 229(1):395-401.
- [34] 贾建国, 李闯, 朱春来, 等. 活性炭的硝酸表面改性及其吸附性能[J]. 炭素技术, 2009, 28(6):11-15.
- [11] 蔡红珍, 柏雪源, 高巧春, 等. 稻壳及硅烷添加量对木塑复合材料力学性能的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11):176-179.
- [10] Jabbar A, Militký J, Wiener J, et al. Nanocellulose coated woven jute / green epoxy composites: Characterization of mechanical and dynamic mechanical behavior[J]. Composite Structures, 2017, 161:340-349.
- [12] 蔡红珍, 柏雪源, 高巧春, 等. 稻壳及硅烷添加量对木塑复合材料力学性能的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11):176-179.
- [13] Cai Hongzhen, Bai Xueyuan, Gao Qiaochun, et al. Influences of rice hull and silane contents on the mechanical properties of wood plastic composites[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11):176-179.

(上接第16页)

jute fibers on the interfacial adhesion in poly(lactic acid) / jute fiber biocomposites[J]. Fibers and Polymers, 2016, 17(2):266-274.

优惠销售中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合 2000~2016 年先后召开的中国工程塑料复合材料技术研讨会, 共编辑、出版了 17 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术, 以及文献综述、评论等, 突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》, 以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘, 现以优惠价格(含邮费)销售, 欢迎订阅。

1. 2004~2016 年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》, 优惠价 400 元/套。

2. 2000~2016 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集光盘, 优惠价 300 元/盘。本光盘除收录 2000~2016 年 17 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 3300 人次的会议代表通讯录。

邮局汇款

收款地址: 山东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

帐号: 1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>