

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.06.005

复合阻燃型 PE-HD/竹粉木塑复合建筑模板料制备

王焱¹, 唐杰¹, 王东炜², 丁舒媚¹

(1. 河南工业职业技术学院城市建设学院, 河南南阳 473000; 2. 郑州大学土木工程学院, 郑州 450001)

摘要:以高密度聚乙烯(PE-HD)和竹粉为原料,以马来酸酐接枝聚乙烯(PE-g-MAH)为共混增容剂,以膨胀石墨和三聚氰胺为阻燃剂,利用熔融共混法制备了一种阻燃型 PE-HD/竹粉木塑复合材料。当体系中 PE-g-MAH 的质量分数为 3% 时,随着竹粉用量增加,复合材料的拉伸强度和冲击强度得到明显改善。与单一组分的阻燃剂相比,膨胀石墨/三聚氰胺复合型阻燃剂的阻燃效果更好,而且阻燃剂的添加并未对复合材料的力学性能产生不良影响,还在一定程度上降低了复合材料的吸水率。当 PE-HD/竹粉/PE-g-MAH/膨胀石墨/三聚氰胺的质量比为 60/27/3/5/5 时,相应的木塑复合材料的拉伸强度为 31 MPa,断裂伸长率为 340%,缺口冲击强度为 53.0 kJ/m²,吸水率为 5.03%,极限氧指数为 30.2%。

关键词:木塑复合材料;高密度聚乙烯;竹粉;复合型阻燃剂

中图分类号:TQ31 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2018)06-0020-05

Preparation of Flame Retardant PE-HD/Bamboo Powder Composite for Building Formwork

Wang Yan¹, Tang Jie¹, Wang Dongwei², Ding Shumei¹

(1. School of Urban Construction, Henan Polytechnic Institute, Nanyang 473000, China;

2. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: When high density polyethylene (PE-HD) and bamboo powder were used as raw materials, maleic anhydride grafted polyethylene (PE-g-MAH) was employed as blending solubilizer, expanded graphite and melamine were used as flame retardants, a type of flame retardant PE-HD/bamboo powder wood-plastic composite material was prepared by melt blending method. When the content of PE-g-MAH is higher than 3 wt%, the tensile strength and impact strength of the material are obviously improved with the increase of the amount of bamboo powder. Compared with the single component flame retardant, the expanded graphite/melamine compound flame retardant showed better flame retardancy. The mechanical properties of the material of the obtained polyethylene/bamboo powder wood-plastic composite materials are not affected by the addition of flame retardant, while the water absorption decreased. When the mass ratio of polyethylene/bamboo powder/PE-g-MAH/expanded graphite/melamine is 60/27/3/5/5, the tensile strength of the corresponding wood-plastic composite is 31 MPa, the elongation at break is 340%, the notch impact strength is 53.0 kJ/m², the water absorption is 5.03%, the limiting oxygen index is 30.2%.

Keywords: wood plastic composite; high density polyethylene; bamboo powder; compound flame retardant

木塑复合材料在建筑工程领域中应用广泛,常用作建筑模板材料。用于制备木塑复合材料的聚合物种类众多,常见的包括聚乙烯(PE)^[1-4]、聚丙烯^[5-7]、聚氯乙烯^[8-9]、聚乳酸等^[10-11]。其中 PE 是一种生产成本低,且防水性能、耐腐蚀性和力学性能优异的高分子材料,相应的木塑复合材料的性能也较为

优异,应用较为广泛。

然而,木粉、木纤维等木质材料和 PE 均属于易燃材料,防火等级较低,因此相应的木塑复合材料阻燃性能较差,若应用到建筑工程中,无法满足建材的安全性标准。因此需要对木塑复合材料的阻燃性能进行改性,制备出阻燃型的木塑复合材料^[12-14]。通

基金项目:国家自然科学基金项目(51278468)

通讯作者:王焱,硕士,讲师,主要研究建筑结构可靠性与维修加固等 E-mail: mamatao1982@163.com

收稿日期:2018-03-28

引用格式:王焱,唐杰,王东炜,等. 复合阻燃型 PE-HD/竹粉木塑复合建筑模板料制备[J]. 工程塑料应用,2018,46(6):20-24.

Wang Yan, Tang Jie, Wang Dongwei, et al. Preparation of flame retardant PE-HD/bamboo powder composite for building formwork[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):20-24.

常,在木塑复合材料中添加阻燃剂可以显著提高其极限氧指数 (LOI)。例如,周林^[15]利用自制的改性聚磷酸铵作为阻燃剂,将其添加到了聚丙烯/杨木木粉复合材料基体中,所得木塑复合材料的 LOI 可由原来的 23.6% 提高至 30.7%,阻燃性有所提高,是一种性能优异的难燃建筑模板材料。

以竹粉和高密度聚乙烯 (PE-HD) 为原料,在其中添加了非卤系的复合型阻燃剂,通过共混挤出制备了一种木塑复合材料,并对其力学性能、吸水性能、阻燃性能等进行了详细的研究。

1 实验部分

1.1 主要原材料

竹粉: 含水率为 6%, 灰分 2%, 粒径为 75~830 μm , 河北省灵寿县腾岩矿产品加工厂;

PE-HD: 牌号 5000 s, 中国石油化工集团扬子石油化工有限公司;

马来酸酐接枝聚乙烯 (PE-g-MAH): 牌号 A-C573P, 美国霍尼韦尔国际公司;

膨胀石墨: 粒径 180 μm , 青岛东凯石墨有限公司;

三聚氰胺: 5~10 μm , 上海易汇生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

电子万能试验机; WDW-50 型, 上海松顿仪器制造有限公司;

摆锤冲击试验机: HIT-2494 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

LOI 仪: PX-01-005 型, 苏州市菲尼克斯质检仪器有限公司;

转矩流变仪: VT6 Plus 型, 德国 HAAKE 公司。

1.3 PE-HD/竹粉末塑复合材料的制备

将竹粉置于 100 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中干燥 10 h 以上, 将其含水率干燥至 3% 以下; 先后利用 1.180 mm 和 380 μm 的筛子进行筛分, 去除粒径较大和粒径较小的杂质。准确称取不同质量分数的 PE-HD, PE-g-MAH, 膨胀石墨, 三聚氰胺和预处理后的竹粉, 加入转矩流变仪中, 于 160 $^{\circ}\text{C}$ 下均匀混合 5 min 后, 在 50 r/min 转速下挤出成型得到复合材料板材。各原料用量配比以质量分数计, 如表 1 所示。

1.4 测试与表征

拉伸性能按照 GB/T 1040-2006 测试, 拉伸速率 10 mm/s;

表 1 木塑复合材料中各原料配比

原料	用量	%
PE-HD	50 ~ 80	
竹粉	17 ~ 47	
PE-g-MAH	0 ~ 5	
膨胀石墨	0 ~ 10	
三聚氰胺	0 ~ 10	

冲击性能按照 GB/T 1843-2008 测试;

吸水性能测试: 利用差重法进行测试。准确称取 5.0 g PE-HD/竹粉末塑复合材料样条, 将其置于 2 L 水中浸泡 24 h, 然后用吸水纸吸干表面水分, 称重记为 m , 吸水率 $= (m-5)/m \times 100\%$;

LOI 按照 GB/T 2406-1993 测试。

2 结果与讨论

2.1 竹纤维含量对 PE-HD/竹粉末塑复合材料性能的影响

在 PE-HD 基体中添加竹粉可有效改善其力学性能, 但是竹粉过高, 其在 PE-HD 基体中的分散情况与 PE-HD 的相容性均会变差, 因此首先研究了当共混增容剂 PE-g-MAH 质量分数为 3% 时, 不添加阻燃剂的条件下, 改变 PE-HD 与竹粉质量比对木塑复合材料力学性能的影响。具体实验结果如表 2 所示。

表 2 不同竹粉含量对 PE-HD/竹粉末塑复合材料力学性能的影响

PE-HD/竹粉 质量比	拉伸强度/ MPa	断裂伸长 率/%	缺口冲击强度/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)
80 / 17	27	470	42.0
70 / 27	30	410	47.1
60 / 37	32	340	52.7
50 / 47	35	220	54.3
100 / 0	24	510	38.0

由表 2 可见, 随着木塑复合材料中竹粉质量分数的增加, PE-HD 的拉伸强度逐渐升高, 断裂伸长率有所降低。这是由于竹粉在聚乙烯基体中充当增强材料, 其较高的强度有利于提高复合材料的强度。另外, PE-HD/竹粉末塑复合材料的冲击强度随竹粉含量增加而升高, 这是由于当材料受到外力冲击时, 分散在 PE-HD 基体中的微小竹粉颗粒可以抑制复合材料中微裂纹的延展, 从而防止材料受到冲击而发生破坏。当 PE-HD、竹粉和 PE-g-MAH 的质量比为 60 / 37 / 3 时, 相应的木塑复合材料的综合力学性能较好, 拉伸强度为 32 MPa, 断裂伸长率为 340%, 缺口冲击强度为 52.7 kJ/m^2 。

另外, PE-HD/竹粉末塑复合材料建筑模板在应用过程中, 其吸湿率也是较关键的一个性能指标。由于竹粉表面含有大量的羟基, 其吸水性能较好, 因

此添加到 PE-HD 基体则可能会造成 PE-HD/竹粉木塑复合材料的吸水率升高。因此,研究了竹粉用量对木塑复合材料吸湿性能的影响,其结果如图 1 所示。

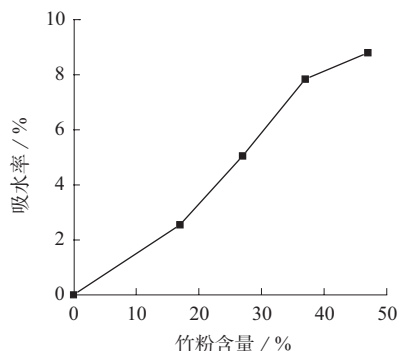


图1 竹粉含量对 PE-HD/竹粉木塑复合材料吸水率的影响

纯 PE-HD 的吸水率较低,通常小于 0.01%,但随着木粉含量的增加 PE-HD/木塑复合材料的吸水率出现了明显的升高。当竹粉质量分数为 17% 时,相应木塑复合材料的吸水率达到 2.55%;随着竹粉含量进一步提高至 37%,木塑复合材料的吸水率达到 7.84%;而竹粉质量分数为 47% 时,相应的 PE-HD/竹粉木塑复合材料的吸水率达到 8.80%。

2.2 PE-g-MAH 含量对 PE-HD/竹粉木塑复合材料性能的影响

竹粉与 PE-HD 的相容性在很大程度上决定了相应木塑复合材料的力学性能和应用前景,因此需要在复合材料中加入一定比例的增容剂来改善复合材料的界面性质。选用较为常见的 PE-g-MAH 作为增容剂,并研究了 PE-g-MAH 用量对复合材料力学性能的影响,其结果如表 3 所示。

表3 PE-g-MAH 用量对 PE-HD/竹粉木塑复合材料性能的影响

PE-HD / %	竹粉 / %	PE-g-MAH / %	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)
60	40	0	11	90	18.0
60	39	1	22	210	27.1
60	37	3	32	340	52.7
60	35	5	32	360	51.9

当在复合材料中未添加 PE-g-MAH 时,PE-HD 与竹粉之间的相容性较差,相应的木塑复合材料的力学性能也较差,拉伸强度仅为 11 MPa,断裂伸长率为 90%,木塑复合材料几乎呈脆性断裂;缺口冲击强度也仅为 18.0 kJ/m²。随着共混体系中 PE-g-MAH 含量的提高,木塑复合材料的拉伸强度、断裂伸长率和缺口冲击强度均明显提升,当 PE-g-MAH 的质量分数为 3% 时,拉伸强度为 32 MPa,断裂伸长率为 340%,缺口冲击强度为 52.7 kJ/m²。当进

一步提高 PE-g-MAH 的质量分数至 5% 时,相应木塑复合材料的力学性能不再出现明显变化,拉伸强度为 32 MPa,断裂伸长率为 360%,缺口冲击强度为 51.9 kJ/m²。因此,PE-g-MAH 质量分数为 3% 足以改善 PE-HD 与竹粉之间的共混相容性。

2.3 PE-HD/竹粉木塑复合材料阻燃性能

为了提高建筑物的安全系数,木塑复合建筑模板料的阻燃性也是衡量其应用价值的重要指标之一。分别以膨胀石墨和三聚氰胺为阻燃剂,研究了相应 PE-HD/竹粉木塑复合材料的阻燃性能。另外,还将两者以质量比 1:1 复配制备复合型阻燃剂,并研究了复合型阻燃剂对复合材料阻燃性能的改善效果。实验结果如图 2 所示。当未添加阻燃剂时,PE-HD/竹粉粉木塑复合材料的 LOI 为 22.4%。当以膨胀石墨为阻燃剂时,随着膨胀石墨含量的增加,PE-HD/竹粉木塑复合材料的 LOI 逐渐上升,当膨胀石墨质量分数为 2%~6% 时,LOI 上升幅度较大,而膨胀石墨质量分数大于 6% 后,上升趋势略有减缓。当膨胀石墨质量分数为 10% 时,相应 PE-HD/竹粉木塑复合材料的 LOI 为 26.9%。

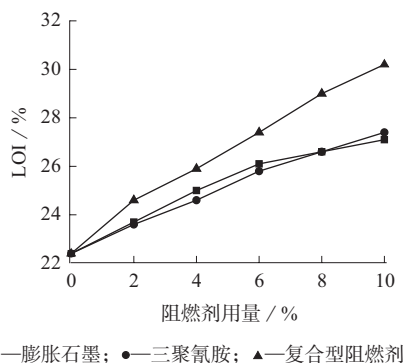


图2 阻燃剂用量对 PE-HD/竹粉木塑复合材料 LOI 的影响

当以三聚氰胺为阻燃剂时,木塑复合材料的 LOI 也随着阻燃剂含量增加而升高。但与膨胀石墨不同的是,当三聚氰胺质量分数大于 4% 后,相应 PE-HD/竹粉木塑复合材料的 LOI 的增加幅度反而增大。当三聚氰胺质量分数为 10% 时,相应 PE-HD/竹粉木塑复合材料的 LOI 为 27.4%,略高于膨胀石墨改性的 PE-HD/竹粉木塑复合材料。

当以质量比为 1:1 的膨胀石墨和三聚氰胺配制成复合型阻燃剂,并用于 PE-HD/竹粉木塑复合材料的改性时,相应木塑复合材料的阻燃性能得到了显著的改善。仅添加质量分数为 6% 的复合型阻燃剂,相应 PE-HD/竹粉木塑复合材料的 LOI 便可提高至 27.4%;而当复合型阻燃剂质量分数为

10%时,相应 PE-HD/竹粉末塑复合材料的 LOI 为 30.2%,明显高于膨胀石墨或三聚氰胺单独作为阻燃剂改性的 PE-HD/竹粉末塑复合材料。这主要是由于膨胀石墨和三聚氰胺之间的协同作用导致的,膨胀石墨受热膨胀在材料内部形成致密的保护层,隔绝空气与木塑复合材料受热所产生的可燃气体;三聚氰胺则受热产生难燃气体,稀释可燃气体浓度,实现材料的阻燃。当两者共同作为阻燃剂时,膨胀石墨形成的致密保护层将三聚氰胺产生的难燃气体封闭在材料内部,一方面隔绝了可燃气体与空气的接触,另一方面又提高材料内部难燃气体的浓度,两者之间的协同作用更为有效地阻止了 PE-HD/竹粉末塑复合材料的延燃现象。因此,复合型阻燃剂的阻燃效果要明显优于这两种阻燃剂单独使用时的效果。GB 8624-2006 中规定用于建筑工程中 LOI 大于 30% 的高分子材料为 B1 级阻燃材料,所制备的 PE-HD/竹粉复合材料模板的 LOI 为 30.2%,是一种符合国家标准要求的、综合性能优异的建筑模板材料。

2.4 阻燃剂用量对木塑复合材料性能的影响

复合型阻燃剂的含量对 PE-HD/竹粉末塑复合材料力学性能和吸湿性能的影响如表 4 所示,其中 PE-HD 质量分数都是 60%, PE-g-MAH 都是 3%。

表 4 复合阻燃剂用量对 PE-HD/竹粉末塑复合材料性能的影响

竹粉/%	膨胀石墨/%	三聚氰胺/%	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	吸水率/%
33	2	2	32	341	52.0	6.61
31	3	3	32	347	53.1	6.17
29	4	4	33	343	52.5	5.59
27	5	5	31	340	53.0	5.03

当竹粉质量分数为 27%~33%,膨胀石墨质量分数为 2%~5%,三聚氰胺质量分数为 2%~5%时,相应的 PE-HD/竹粉末塑复合材料的拉伸强度为 31~33 MPa,断裂伸长率为 340%~347%,缺口冲击强度为 52.0~53.1 kJ/m²,且各个力学指标变化没有特定规律。这说明,当在共混体系中添加复合型阻燃剂对其阻燃性能进行改善时,相应 PE-HD/竹粉末塑复合材料的力学性能并未受到明显影响。随着阻燃剂用量增加,木塑复合材料中竹粉的用量有所减小,但复合材料的力学性能并未出现下降。究其原因,可能是膨胀石墨除了具有阻燃效果外,还对木塑复合材料具有一定增强和增韧的效果。另外,随着复合阻燃剂含量的增加,相应 PE-HD/竹粉末

塑复合材料的吸水率有所下降,这主要是由于竹粉用量降低,体系中总的羟基含量降低,因此吸水率降低。

3 结论

(1) 制备了一种阻燃性的 PE-HD/竹粉末塑复合材料,当 PE-HD/竹粉/PE-g-MAH 的质量比为 60/37/3 时,相应 PE-HD/竹粉末塑复合材料的综合力学性能最优异,拉伸强度为 32 MPa,断裂伸长率为 340%,缺口冲击强度为 52.7 kJ/m²。

(2) PE-HD/竹粉末塑复合材料的吸湿率随竹粉用量的增加而提高,当竹粉质量分数为 37% 时,PE-HD/竹粉末塑复合材料的吸湿率为 7.84%。

(3) 对比膨胀石墨、三聚氰胺以及两者复合的阻燃剂,复合型阻燃剂的阻燃效果最好,当其质量分数为 10% 时,PE-HD/竹粉末塑复合材料的 LOI 达 30.2%。

(4) 复合型阻燃剂的加入在一定程度上改善了 PE-HD/竹粉末塑复合材料的吸湿性能,且并未造成复合材料力学性能的降低,当阻燃性 PE-HD/竹粉末塑复合材料中 PE-HD/竹粉/MAH-g-PE/膨胀石墨/三聚氰胺的质量比为 60/27/3/5/5 时,其拉伸强度为 31 MPa,断裂伸长率为 340%,缺口冲击强度为 53.0 kJ/m²,吸水率为 5.03%,LOI 为 30.2%,是一种综合性能优异的木塑复合材料。

参考文献

- [1] 冯静,施庆珊,陈娟,等. 吸水对 PE-HD/竹粉复合材料防霉性能的影响[J]. 中国塑料,2015,29(4):42-47.
Feng Jing, Shi Qingshan, Chen Juan, et al. Effect of water absorption on mold resistance of PE-HD/bamboo-flour composites[J]. China Plastics, 2015, 29(4):42-47.
- [2] 郎明伟,尤来,赵婷玉,等. 聚乙烯木塑复合材料的异氰酸酯表面处理与胶接[J]. 建筑材料学报,2016,19(1):94-99.
Di Mingwei, You Lai, Zhao Tingyu, et al. Surface coating treatment with isocyanate and bonding for wood/polyethylene composites[J]. Journal of Building Materials, 2016, 19(1):94-99.
- [3] 王阳,路琴,王清清,等. 不同发泡剂对高密度聚乙烯/麦秸秆木塑复合材料性能的影响[J]. 中国塑料,2017,31(7):35-39.
Wang Yang, Lu Qin, Wang Qingqing, et al. Effect of different blowing agents on properties of PE-HD/wheat straw wood-plastic composites[J]. China Plastics, 2017, 31(7):35-39.
- [4] 郭丹,赵星,黄科,等. 电子束辐射对农作物秸秆粉/聚乙烯木塑复合材料结构与性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2016,32(6):63-67.
Guo Dan, Zhao Xing, Huang Ke, et al. Effect of electron beam irradiation on the structure and properties of crop straw flour

- / polyethylene composites[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2016, 32(6):63-67.
- [5] 曹金星, 张玲, 张云灿, 等. 聚丙烯基木塑复合材料增韧改性研究进展[J]. 中国塑料, 2017, 31(2):1-7.
- Cao Jinxing, Zhang Ling, Zhang Yuncan, et al. Progresses in toughening modification of PP-based wood plastic composites[J]. China Plastics, 2017, 31(2):1-7.
- [6] 史振苇, 丁筠, 薛平, 等. PVC 木塑复合材料的耐热增强改性[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(4):44-48.
- Shi Zhenwei, Ding Jun, Xue Ping, et al. Improvement of mechanical and thermal properties on PVC based wood-plastic composites[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(4):44-48.
- [7] 张博, 房铁群, 宋永明, 等. 尼龙及增容剂对聚氯乙烯木塑复合材料性能的影响[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(6):73-78.
- Zhang Bo, Fang Yiqun, Song Yongming, et al. Effect of low melting point nylon and compatibilizer on the properties of PVC plastic composites[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2017, 45(6):73-78.
- [8] 生瑜, 郑守扬, 朱德钦. 阻燃型聚丙烯基木塑复合材料的正交优化[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(4):88-93.
- Sheng Yu, Zheng Shouyang, Zhu Deqin. Orthogonal optimization on flame retardant polypropylene-based wood plastic composite[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2017, 45(4):88-93.
- [9] 焦学健, 李丽君, 董抒华, 等. 聚丙烯/麦秸秆木塑复合材料的力学性能[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(12):25-28.
- Jiao Xuejian, Li Lijun, Dong Shuhua, et al. Mechanical properties of wheat straw reinforced polypropylene wood-plastic composites[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(12):25-28.
- [10] 王艳玲, 戚嵘嵘, 刘林波, 等. 聚乳酸基木塑复合材料的相容性研究[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(1):20-23.
- Wang Yanling, Qi Rongrong, Liu Linbo, et al. Study on compatibility of PLA matrix composite[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(1):20-23.
- [11] 斯泽泽, 曹积微, 盛清泉, 等. 可生物降解木塑复合材料的国内外研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016(2):101-103.
- Si Zeze, Cao Jiwei, Sheng Qingquan, et al. Research progress of biodegradable wood plastic composite at home and abroad[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016(2):101-103.
- [12] 张敬礼, 周文君, 王雪芹, 等. 新型阻燃木塑复合材料的制备及其性能研究[J]. 塑料工业, 2014, 42(1):112-117.
- Zhang Jingli, Zhou Wenjun, Wang Xueqin, et al. Study on preparation and properties of novel flame-retardant wood-plastic composites[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(1):112-117.
- [13] 王林, 付锦锋, 郭少华, 等. 注塑级低烟无卤阻燃木塑复合材料的制备与性能研究[J]. 塑料工业, 2012, 40(9):104-107.
- Wang Lin, Fu Jinfeng, Guo Shaohua, et al. Study on preparation and property of low smoke and halogen-free flame-retardant WPC of injection grade[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(9):104-107.
- [14] 朱德钦, 郑守扬, 生瑜. 协效剂对膨胀阻燃聚丙烯基木塑复合材料的阻燃增效研究[J]. 应用化学, 2017, 34(2):195-203.
- Zhu Deqin, Zheng Shouyang, Sheng Yu. Flame-retardant synergistic effect of synergists on intumescent flame-retardant wood flour-polypropylene composites[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2017, 34(2):195-203.
- [15] 周林. 阻燃木粉/PP 复合材料的制备与性能研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012.
- Zhou Lin. The preparation and investigation of the flame-retarded wood flour-polypropylene composites[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2012.

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 2000~2017 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 18 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. 2004~2017 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. 2000~2017 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 2000~2017 年 18 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 3400 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>