

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.04.002

高性能抗菌玻纤增强 PP 材料及应用

张丽敏,李方军,李雄武,胡天辉
(株洲时代新材料科技股份有限公司,湖南株洲 421007)

摘要: 利用熔融共混法将复合抗菌剂与玻纤增强聚丙烯 (PP) 共混制得了高性能抗菌增强 PP 材料。研究了复合抗菌剂 VP101KJ 以及挤出工艺对材料的抗菌性能和力学性能的影响。结果表明,复合抗菌剂 VP101KJ 具有较好的抗菌效果,当其用量为 0.4% 时,材料的抗菌率大于 99%。在优选的挤出工艺条件下,增强 PP 材料的抗菌率达到 99.6%,拉伸强度达到 82.9 MPa,弯曲强度达到 96.7 MPa,缺口冲击强度达到 15.3 kJ/m²。该高性能抗菌增强 PP 材料已在日本某汽车品牌空调风扇叶上得到应用。

关键词: 复合抗菌剂; 抗菌聚丙烯; 玻纤增强; 抗菌率

中图分类号: U465.4+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)04-0006-05

Antibacterial Glass Fiber Reinforced Polypropylene Material and Its Application

Zhang Limin, Li Fangjun, Li Xiongwu, Hu Tianhui
(Zhuzhou Times New Material Technology Co. Ltd., Zhuzhou 421007, China)

Abstract : The antibacterial glass fiber reinforced polypropylene (PP) plastics were prepared by blending technique with melting extrusion. The effect of inorganic-organic antibacterial agent on antibacterial property and mechanical property of the glass fiber reinforced PP was investigated. The results show that when the mass ratio of the inorganic-organic antibacterial agent reaches 0.4%, the antibacterial rate of glass fiber reinforced PP plastic reaches more than 99%. Under the optimum extrusion conditions, the antibacterial rate of the reinforced PP material reaches 99.6%, the tensile strength reaches 82.9 MPa, the flexural strength reaches 96.7 MPa, and the notched impact strength reaches 15.3 kJ/m². The antimicrobial glass fiber reinforced PP has been applied to the fan blades of an Japanese automobile brand.

Keywords : inorganic-organic antibacterial agent ; antibacterial polypropylene ; glass fiber reinforcement ; antibacterial rate

高性能和功能化是新材料发展的两大方向,也是当前人们研究的热点。聚丙烯 (PP) 由于具有性能优异、来源广、价格低廉等优点,是人们日常生活中常用的高分子材料。然而普通 PP 制品易沾染细菌,其中致病菌易对使用和接触它们的人类健康构成一定的威胁。研究 PP 基抗菌塑料的制备工艺与结构性能的关系,对于促进抗菌塑料在我国的应用与发展具有重要意义^[1]。

目前国内外使用的抗菌剂,大致可分为无机抗菌剂、有机抗菌剂和天然抗菌剂三大类^[2-3]。天然抗菌剂主要是从动植物中提炼精制而成,例如薄荷、柠檬叶等的提取物,蟹和虾中提炼的壳聚糖等,由于受

到原料和加工条件的制约,目前尚不能实现大规模市场化。有机抗菌剂有季胺盐类、双胍类、有机金属类、吡啶类、咪唑类、噻吩类等,具有杀菌速度快、杀菌效率高、抗菌范围广、价格便宜等优点,但也存在安全性差、易水解、耐热性差、使用寿命较短、易产生细菌的耐药性等缺点。无机系抗菌剂以银系抗菌剂为主,其特点是安全性、耐热性、耐久性较好,是目前纤维、塑料、建材等中使用较多的抗菌剂,但存在抗霉菌性能差、杀菌速度较慢、易变色、价格高昂等缺点^[4]。将无机抗菌剂与有机抗菌剂复合,使之兼具有机抗菌剂和无机抗菌剂的优点,可在很大程度上改进无机载银抗菌剂的变色问题,降低成本,已然成

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFB0301900)

通讯作者: 胡天辉,博士,教授级高级工程师,主要研究方向为高分子材料制备及成型加工 E-mail : hutianhui2002@126.com

收稿日期: 2019-01-11

引用格式: 张丽敏,李方军,李雄武,等. 高性能抗菌玻纤增强 PP 材料及应用 [J]. 工程塑料应用,2019,47(4) : 6-10.

Zhang Limin, Li Fangjun, Li Xiongwu, et al. Antibacterial glass fiber reinforced polypropylene material and its application[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(4) : 6-10.

为当前研究的一个热点^[5-6]。

采用新型的基于粉末橡胶纳米化技术的复合抗菌剂与 PP 和玻璃纤维共混,系统研究了其对材料抗菌性能和力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: Z30S, 茂名石油化工有限公司;

增容剂: 自制;

GF: T538H, 泰山玻璃纤维有限公司;

无机抗菌剂: RHA-2, 上海润河纳米材料科技有限公司;

复合抗菌剂: VP101KJ, 中国石油化工股份有限公司北京化工研究院。

1.2 主要设备与仪器

双螺杆挤出机: TSE-40 型, 南京瑞亚机械有限公司;

注塑机: WG-80 型, 无锡格兰塑机制造有限公司;

微机控制电子万能试验机: CM 6104 型, 深圳新三思材料检测有限公司;

摆锤冲击试验机: ZBC-25B 型, 深圳新三思材料检测有限公司;

熔体流动速率 (MFR) 仪: MPXRZ-40A 型, 吉林大学科教仪器厂;

抗菌性能测试仪: 中国科学院理化技术研究所。

1.3 试样制备

先将质量分数为 74% 的 PP 与抗菌剂、5% 的增容剂和 1% 的其它助剂按一定比例混合均匀后通过主喂料下料, 通过侧喂料加入质量分数 20% 的 GF, 在双螺杆挤出机中熔融共混, 经冷却、切粒后制成共混物粒料, 挤出温度为 190~200℃, 螺杆转速为 350 r/min。切粒后的粒料注射成力学性能和抗菌性能测试所需的标准试样, 注塑温度为 200~220℃。

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试, 测试速率 50 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试, 测试速率 2 mm/min;

缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试, 摆锤 5.5 J;

MFR 按照 GB/T 3682-2000 测试, 温度 230℃,

2.16 kg;

按 JC/T 939-2004《建筑用抗菌塑料管抗菌性能》测试抗菌性能, 测试细菌为大肠杆菌, 测试前将试样在 50℃ 水煮 350 h, 进行预处理。

2 结果与讨论

2.1 不同抗菌剂对材料性能的影响

表 1 列出了无机抗菌剂 RHA-2 和复合抗菌剂 VP101KJ 添加量均为 0.4% 时材料的抗菌率、力学性能和材料外观。从表 1 可知, 添加了复合抗菌剂 VP101KJ 的材料, 经 50℃ 水煮 350 h 后测试的抗菌率达到 99.1%, 远高于无机抗菌剂 RHA-2 的抗菌率 56.5%。这是因为, 笔者采用的复合抗菌剂 VP101KJ, 通过超细全硫化粉末橡胶纳米化技术, 将银离子无机抗菌剂和有机抗菌剂实现了高度混合分散, 与普通抗菌剂比较, 在 PP 基体中更易实现分散, 且不易变色, 耐水解^[6]。添加了该抗菌剂的复合材料, 表面可以缓慢释放出银离子或有机杀菌剂, 吸附在细菌表面, 破坏细菌的细胞膜, 并与细菌酶中的一 SH 基进行反应并化合, 使细胞酶失去活性, 从而降低细菌的繁殖能力, 起到抗菌作用。

表 1 不同抗菌剂对材料性能的影响

项 目	抗菌剂		
	无	RHA-2	VP101KJ
抗菌率 / %	0	56.5	99.1
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	10.3	11.1	10.2
拉伸强度 / MPa	76.5	75.1	77.4
弯曲强度 / MPa	88.6	87.2	90.6
弯曲弹性模量 / MPa	3302.3	3411.2	3210.8
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	12.8	11.6	13.5
颜色	正常	略黄	正常

通常, 无机粒子的加入会影响高分子材料的物理、力学性能^[7]。由表 1 看到, 无论是添加无机抗菌剂 RHA-2 还是复合抗菌剂 VP101KJ 后, 材料的力学性能变化都不大。这可能是由于两种抗菌剂均为纳米级微粒, 纳米粒子由于比表面积大、表面层原子数量多, 可以充分地与聚合物吸附、键合, 从而减少对力学性能的影响; 另外, 较小的添加量也是抗菌粒子对材料力学性能影响不大的原因之一^[8-11]。

2.2 抗菌剂含量对材料性能的影响

表 2 是复合抗菌剂 VP101KJ 含量对材料抗菌性能、力学性能和颜色的影响。由表 2 可以看到, 随着复合抗菌剂含量的增加, 材料的抗菌性能越来越强, 当 VP101KJ 添加量为 0.2% 时, 材料的抗菌率迅速提高到 88.7%, 当添加量达到 0.4% 以上时, 材料

的抗菌率已达到 99% 以上。显然,抗菌粒子含量越高,材料单位面积上分布的抗菌粒子也越多,因此其析出的抗菌离子数量也越多,对菌类的杀灭作用也越强,抗菌性能越好。由表 2 还看到,复合抗菌剂 VP101KJ 的含量对材料的颜色基本没有影响,而材料的力学性能略有变化。随着 VP101KJ 含量的增加,材料的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度均呈现先增加后降低的趋势。这可能是因为纳米级的抗

表 2 复合抗菌剂含量对材料性能的影响

项目	复合抗菌剂含量 / %				
	0	0.2	0.4	0.6	0.8
抗菌率 / %	0	88.7	99.1	99.3	99.6
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	10.3	11.5	10.2	9.8	11.6
拉伸强度 / MPa	76.5	76.8	77.4	76.8	75.6
弯曲强度 / MPa	88.6	89.2	90.6	88.2	87.1
弯曲弹性模量 / MPa	3 302.3	3 376.2	3 210.8	3 298.7	3 103.5
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	12.8	13.2	13.5	12.3	11.7
颜色	正常	正常	正常	正常	正常

菌粒子在 PP 基体中起异相成核的作用,使材料的结晶度有所提高、结晶细化,提高了材料的力学性能。但当含量增加到一定程度时,纳米粒子开始团聚而产生脆点,从而造成材料的力学性能下降^[12-15]。

2.3 挤出工艺对材料性能的影响

固定复合抗菌剂 VP101KJ 用量为 0.4%,进行了挤出工艺的研究。表 3 列出了 4 种螺杆组合形式,表 4 列出了相应的材料性能以及挤出状态。由表 4 可看出,除 3[#] 螺杆组合得到的材料性能略高外,1[#], 2[#], 4[#] 螺杆组合得到的材料性能差异不大。在挤出过程中,1[#]~3[#] 螺杆组合生产顺利,4[#] 口模经常出现长 GF 断条的情况,另外 1[#] 螺杆组合的材料颜色也明显偏黄。从抗菌性能看,使用 3[#] 螺杆组合得到的材料的抗菌性能最好,抗菌效率达到 99.4%。因此,从综合性能来看,使用 3[#] 螺杆组合最佳。

表 3 螺杆组合形式

组合编号	加料段	熔融段	混炼段
1 [#]	28 / 56A, 2-56 / 56, 2-40 / 40, 3-28 / 28	45° / 5 / 40, 60° / 4 / 28, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)	45° / 5 / 28, 90° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 40, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 28, 40, 90° / 5 / 28, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 90° / 5 / 28, 40 / 40, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)
2 [#]	28 / 56A, 2-56 / 56, 2-40 / 40, 3-28 / 28	45° / 5 / 40, 60° / 4 / 28, 45° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)	45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 40, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 28, 40 / 40, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)
3 [#]	28 / 56A, 2-56 / 56, 2-40 / 40, 3-28 / 28	45° / 5 / 40, 90° / 4 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 45° / 5 / 40, 40 / 20(L)	45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 28, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)
4 [#]	28 / 56A, 2-56 / 56, 2-40 / 40, 3-28 / 28	45° / 5 / 40, 90° / 4 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 90° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 40, 45° / 5 / 40, 40 / 20(L)	45° / 5 / 28, 45° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 40, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 28, 28 / 28, 45° / 5 / 28, 90° / 5 / 40, 40 / 20(L)

注: 2-56 / 56 表示输送螺纹元件数量 2 个,输送螺纹元件长度均为 56 mm; 45° / 5 / 40 表示捏合盘呈 45° 错列角排列,捏合盘 5 片,长度 40 mm; 28 / 56A, A 代表起始旋螺纹元件,该螺纹元件的长度为 56 mm 输送螺纹元件的一半; 40 / 20 (L),该螺纹元件的长度为 40 mm 输送螺纹元件的一半即 20 mm,左旋螺纹元件。

表 4 螺杆组合方式对材料性能的影响

项目	组合编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
抗菌率 / %	89.2	99.1	99.4	89.8
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	11.8	10.2	9.8	10.9
拉伸强度 / MPa	75.3	77.4	79.6	76.2
弯曲强度 / MPa	88.8	90.6	93.1	90.3
弯曲弹性模量 / MPa	3 110.2	3 210.8	3 410.1	3 289.5
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	12.9	13.5	14.2	13.1
颜色	颜色略黄,挤出顺利	颜色正常,挤出顺利	颜色正常,挤出顺利	颜色正常,断条出长纤

1[#] 螺杆组合过于追求材料的剪切分散,在混炼段使用了多个三组合 45° / 90° / 90° 强捏合块,剪切强度过高导致了基体树脂和抗菌剂部分降解,颜

色变黄; 4[#] 螺杆组合在熔融段和混炼段剪切都有所降低,特别是混炼段,将原有三个三组合的 45° / 90° / 90° 啮合块变成四个二组合的 45° / 45° 啮合块,虽然材料的分布混合效果较好,但由于 PP 熔体黏度太低,太弱的啮合剪切反而导致 GF 难以剪断,口模出长纤而断条严重。2[#] 螺杆组合在 1[#] 螺杆组合的基础上,将原有三个三组合的 45° / 90° / 90° 啮合块,变成三个三组合的 45° / 45° / 90° 啮合块,剪切强度变弱,分散效果加强,因此材料的抗菌性能较好。3[#] 螺杆组合在 2[#] 螺杆组合的基础上,将混炼段的两个三组合的 45° / 45° / 90° 啮合块变成三个两组合的 45° / 90° 啮合块,适当降低了混炼段的剪切

强度,同时减少了熔融段的啮合块的数量,以此保证 PP 处于半熔融状态,增加混炼段的剪切。因此,3[#]螺杆组合兼顾分散混合及分布混合,综合性能较好。

2.4 共混工艺对材料性能的影响

笔者采用两种共混工艺制备试样,常规共混工艺 A:将除 GF 外的其它物料预混后,通过主喂料螺杆一次性加入,具体见 1.3 中制备方法。另一种共混工艺 B:先将复合抗菌剂与其它助剂以及 10% 的 PP 预混,然后通过 GF 加料口上游处的失重计量秤加入,其它主料从主喂料口加入。固定复合抗菌剂 VP101KJ 用量为 0.4% 和优选的挤出螺杆组合方式,两种共混工艺得到的材料性能对比见表 5。

表 5 共混工艺对材料性能的影响

项目	共混方式	
	共混工艺 A	共混工艺 B
抗菌率 / %	99.4	99.6
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	9.8	10.1
拉伸强度 / MPa	79.6	82.9
弯曲强度 / MPa	93.1	96.7
弯曲弹性模量 / MPa	3 410.1	3 398.6
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	14.2	15.3

由表 5 可以看到,采用共混工艺 B 得到的材料,无论是抗菌性能还是力学性能,均比采用共混工艺 A 得到的材料要好。采用共混工艺 B 时,材料的抗菌率达到 99.6%,拉伸强度达到 82.9 MPa,弯曲强度达到 96.7 MPa,缺口冲击强度达到 15.3 kJ/m²,综合性能优异。复合抗菌剂对螺杆的剪切应力及剪切速率极为敏感,虽然在螺杆组合上进行了优化,但由于挤出过程中无法保证完全真空状态,物料在螺杆中停留时间过长,经历多次的压缩、回流、拉伸、剪切,可能会造成抗菌剂的氧化变色及降解等,而通过二次加料方式,可以更大程度上减少复合抗菌剂在螺杆中的停留时间,获得性能更优异的抗菌材料。

3 应用情况

抗菌空调与人们的健康息息相关,许多日本空调厂家以此提升空调品质,打造空调新卖点,已率先推出了一系列抗菌系列的空调产品,深受市场青睐。笔者研究的高性能抗菌玻纤增强 PP 材料,已在日本某汽车品牌空调风扇叶上得到应用,其外形如图 1 所示。注塑的空调风扇叶片表面无浮纤和翘曲等不良现象,通过了径向跳动、高速动平衡和高温疲劳等测试,抗菌性能达到日本客户检测要求。

4 结论

(1) 新型基于粉末橡胶纳米化技术的复合抗菌

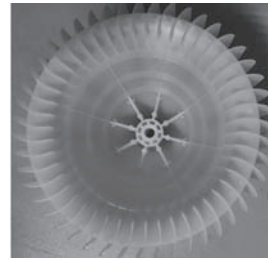


图 1 汽车空调风扇叶

剂比普通无机载银抗菌剂抗菌效果明显。

(2) 新型粉末橡胶复合抗菌剂的含量越高,材料的抗菌效果越好,在添加量为 0.4% 时杀菌率可达到 99% 以上,同时具有较好的力学性能。

(3) 挤出工艺对材料的抗菌性能影响较大,在适当的螺杆组合和喂料工艺时,增强 PP 材料的抗菌率达到 99.6%,拉伸强度达到 82.9 MPa,弯曲强度达到 96.7 MPa,缺口冲击强度达到 15.3 kJ/m²。

(4) 该高性能抗菌玻纤增强聚丙烯材料已在日本某汽车品牌空调风扇叶上得到应用。

参考文献

- [1] 李涛. 国内外抗菌剂的发展及其在 PP 中的应用 [J]. 塑料工业, 2003, 31(10):5-8.
Li Tao. Development of antibacterial agent at home and abroad and its application in PP[J]. China Plastics Industry, 2003, 31(10):5-8.
- [2] 王兆波, 王新. 塑料用抗菌剂的现状与发展 [J]. 现代塑料加工应用, 2004, 16(2):48-51.
Wang Zhaobo, Wang Xin. Current situation and development of antibacterial agent application in plastics[J]. China Application of Modern Plastics Processing, 2004, 16(2):48-51.
- [3] 李梅, 王庆瑞. 抗菌材料的发展及其应用 [J]. 化工新型材料, 2002, 8(5):8-11.
Li Mei, Wang Qingrui. Development and application of antimicrobial plastics[J]. New Chemical Materials, 2002, 8(5):8-11.
- [4] 高敬群. 无机银系列抗菌剂的特征及其应用 [J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2000, 7(3):264-270.
Gao Jingqun. Characteristics and application of inorganic silver-loaded antimicrobial agents[J]. Journal of Liaoning University: Natural Science Edition, 2000, 7(3):264-270.
- [5] 沈锋明, 周琦, 吴建东. 家电用无机-有机复合抗菌聚丙烯专用料的研究 [J]. 石油化工与技术, 2014, 30(1):42-44.
Shen Fengming, Zhou Qi, Wu Jiandong. Study on inorganic-organic compound anti-bacterial PP special resin for use of household electrical appliances[J]. Technology & Economics in Petrochemicals, 2014, 30(1):42-44.
- [6] 李杰. 一种粉末橡胶负载的抗菌剂及其制备方法: CN 103070165B [P]. 2014-08-06.
Li Jie. A powder rubber-loaded antimicrobial agent and its preparation method: CN103070165B [P]. 2014-08-06.

- [7] 何继辉,谭绍早,马文石,等.聚丙烯/无机抗菌粒子复合材料的性能研究[J].塑料工业,2003,31(11):42-46.
He Jihui, Tan Shaozao, Ma Wenshi, et al. Study on property of PP / inorganic antibacterial particle composite[J]. China Plastics Industry, 2003, 31(11):42-46.
- [8] 黄灵阁,曹宏深,陈金周,等.聚丙烯基抗菌塑料的制备与性能研究[J].化学推进剂与,高分子材料 2008, 6(5):38-40.
Huang Lingge, Cao Hongshen, Chen Jinzhou, et al. Study on synthesis and properties of antibacterial polypropylene plastics[J]. Chemical Propellants & Polymeric Materials, 2008, 6(5):38-40.
- [9] 张丽英,张浩.抗菌聚丙烯的性能及影响因素[J].合成树脂, 2007, 10(5):12-16.
Zhang Liying, Zhang Hao. Study on properties of antibacterial PP and their influential factors[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2007, 10 (5):12-16.
- [10] 李杰,张师军,初立秋.抗菌聚丙烯的制备及性能[J].塑料, 2015, 44(1):43-46.
Li Jie, Zhang Shijun, Chu Liqiu. Synthesis and properties of antibacterial polypropylene plastics[J]. Plastics, 2015, 44(1):43-46.
- [11] 张华集,杜娟,陈晓,等.含改性载银玻璃的抗菌聚丙烯薄膜的研究[J].塑料科技,2010,38(4):69-72.
Zhang Huaji, Du Juan, Chen Xiao, et al. Study on antibacterial PP film containing modified silver-loaded glass[J]. Plastics Science & Technology, 2010, 38(4):69-72.
- [12] 吴建东,沈锋明,吴春辰,等.抗菌聚丙烯专用树脂的开发[J].合成树脂及塑料,2009,26(5):9-12.
Wu Jiandong, Shen Fengming, Wu Chunchen, et al. Development of antibacterial polypropylene speciality resin[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2009, 26(5):9-12.
- [13] 纳宏波,许绿丝.纳米抗菌塑料抗菌性能的测定[J].材料导报, 2008, 22(3):35-37.
Na Hongbo, Xu Lusi. Determination of antibacterial performance of nanomet antibiotic plastic[J]. China Material Report, 2008, 22(3):35-37.
- [14] 李玉芳,王建荣,张悦,等.纳米载银沸石抗菌剂/聚丙烯复合材料研究[J].塑料工业,2012,40(9):71-74.
Li Yufang, Wang Jianrong, Zhang Yue, et al. Study of Ag-carrying nano-zeolite antibacterial agent / PP composite[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(9):71-74.
- [15] 谭绍早.聚丙烯抗菌塑料的制备及性能研究[J].中国塑料, 2005, 19(2):41-44.
Tan Shaozao. Study on synthesis and properties of antibacterial polypropylene plastics[J]. China Plastics, 2005, 19(2):41-44.

欢迎订阅 2019 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、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2019 年定价 20 元/期,全年 240 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。2019 年定价 20 元/期,全年 120 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 2018 年底共 46 卷 350 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 2018 年底

共 27 卷 127 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 250 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.net>