

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.06.025

2014 年我国工程塑料应用进展

王喜梅, 赵志鸿, 栾维涛, 杨超

(《工程塑料应用》杂志社, 济南 250031)

摘要: 根据 2014 年国内公开发表的文献, 综述了我国工程塑料及改性塑料在机车车辆、电子电器、建材、机械设备、薄膜、医疗用品、环保及抗菌材料及其它领域的应用情况及研究进展, 并介绍了以上领域内塑料新产品的开发、性能评价和使用效果。指出 2014 年我国工程塑料新产品的开发应用重点是机车车辆、电子电器、建材等领域。环保抗菌制品开发愈来愈多, 可降解塑料的开发和废旧塑料的再利用已成为趋势。工程塑料制品在力学性能提高的基础上, 其阻燃、电磁屏蔽、吸波、热防护等方面的功能性开发也日益显著。

关键词: 工程塑料; 改性塑料; 应用; 进展

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)06-0108-09

Advance in the Engineering Plastics Application of China in 2014

Wang Ximei, Zhao Zhihong, Luan Weitao, Yang Chao

(The Magazine House of EPA, Jinan 250031, China)

Abstract : According to the public articles at home in 2014, the application of engineering plastics and modified plastics in the fields of vehicles, electrics and electronics, building materials, mechanical equipment, films, medical supplies, environmental protection and antibacterial materials, etc. and the research advance were presented. The development, performance evaluation and use effect of new products of plastics in the above mentioned fields were also summarized. It was pointed out that the key research and application fields in 2014 were vehicles, electrics and electronics, building materials, etc. The development of environmental protection and antibacterial products is more and more, and the development of degradable plastics and reuse of waste plastics have become the trend. On the basis of improving the mechanical properties, flame retardant, electromagnetic shielding, wave absorbing, thermal protection and other aspects of functional development of engineering plastics products are also increasingly significant.

Keywords : engineering plastics ; modified plastics ; application ; advance

从国内公开发表的文献看, 工程塑料制品新产品不断出现, 应用领域越来越广, 塑料制品已经深入到生活的各个方面。从总体情况看, 2014 年工程塑料制品的开发重点在机车车辆、电子电器、建材、机械设备产品上, 薄膜、医疗制品也有所开发, 环保抗菌制品开发愈来愈多, 可降解塑料的开发和废旧塑料的再利用已成为趋势。工程塑料制品在力学性能提高的基础上, 其阻燃、电磁屏蔽、吸波、热防护等方面的功能性开发也日益显著。笔者按开发领域综述 2014 年国内科研人员在工程塑料应用方面从事的研究和取得的成果。

1 机车车辆

汽车保险杠 广州市聚赛龙工程塑料有限公司^[1]研究了三元嵌段共聚物改性汽车保险杠用聚丙烯 (PP) 复合材料。在复合材料中添加 30%~50% 的三元嵌段共聚物, 复合材料的力学性能和尺寸稳定性可满足汽车保险杠的使用要求, 而密度则比普通保险杠材料降低 10%, 从而制得一种低密度汽车保险杠用 PP 复合材料, 实现了汽车轻量化。

汽车门板 天津工业大学纺织学院^[2]以竹纤维、PP 纤维为原料, 采用热压成型工艺制作 PP/竹纤维复合材料, 研究制作结构和碱处理对 PP/竹纤维复合材料吸湿性能的影响。多层结构改善了 PP/竹纤维界面粘合性能, 延缓了水分子通过界面向复合材料内部扩散, 降低了 PP 复合材料的吸湿性能。结构优化和碱处理均改善了 PP/竹纤维界面性能, 降低了其吸湿性能。该 PP/竹纤维复合材料可用作轿车门内板、座椅背板以及卡/客车门板, 并满足汽车在户外使用环境下的要求。

汽车内饰件 上海金发科技发展有限公司^[3]研究了两种马来酸酐接枝聚丙烯接枝物 (PP-g-MAH) 在不同含量时对 PP/滑石粉复合材料的力学性能、雾化性能和线性膨胀系数的影响。接枝物的加入能提高 PP 复合材料的拉伸性能、冲击性能和弯曲性能。PP 复合材料的线性膨胀系数随接枝

联系人: 王喜梅

收稿日期: 2015-05-08

物含量的增加先减小后增加。加入1份接枝物1或2份接枝物2时,PP复合材料的力学性能、线性膨胀系数等综合性能最优,可满足汽车内饰件尺寸稳定性的要求。

汽车内饰件 中国石化扬子石油化工有限公司塑料厂^[4]在200 kt/a气相法PP装置上采用氢调法成功开发了汽车内饰件专用高流动性抗冲击共聚PP(YPJ-630H),考察了YPJ-630H的各项性能,并与用降解法生产的YPJ-630及进口同类PP的性能进行了对比。YPJ-630H各项性能均达到设计指标要求,与YPJ-630和进口同类PP相比,YPJ-630H的冲击强度提高了5%~10%,相对分子质量分布更宽,加工性能更优,具有很强的应用潜力。

汽车方向盘 奇瑞汽车股份有限公司^[5]使用丙烯酸酯类和硅油类耐刮擦剂对高光聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)进行共混改性,制备高光耐刮擦PC/ABS合金。丙烯酸酯类耐刮擦剂可明显提高高光PC/ABS合金的耐刮擦性能,同时会降低其光泽度和韧性。综合考虑耐刮擦性能、光泽度和韧性,丙烯酸类耐刮擦剂的质量分数为10%时最佳。使用这种高光耐刮擦PC/ABS合金,可替代通用PC/ABS合金喷涂钢琴漆的方案,用于方向盘等汽车零部件的生产。

车用一般零部件 纳米矿物材料及应用教育部工程研究中心^[6]为促进钾长石的尾矿石英粉的综合利用,分别用0.5%,1.0%,1.5%的硬脂酸对石英粉进行改性,并将改性后的粉体按10%,20%,25%,30%的添加量填充到PP复合材料中。改性后粉体表面被有机化,接触角可达124°;硬脂酸改性可促进石英粉体在PP复合材料中分散,改善界面结合,增强PP复合材料的硬度和冲击强度。1%硬脂酸团聚现象少,改性效果最好。含尾矿石英粉质量分数为30%的PP复合材料可应用于车用一般零部件。

汽车制动材料 福州大学材料科学与工程学院^[7]采用竹纤维为增强相制备新型无石棉树脂基复合摩擦材料。在树脂基摩擦材料中加入适量竹纤维能改善材料摩擦磨损性能,并具有一定的减震降噪的效果,但在超过其热解温度时会造成竹纤维的碳化、挥发,对基体增强失效;竹纤维质量含量为13%时,试样能获得较稳定的摩擦系数及较低的磨损率,该材料可用作环保高性能汽车制动材料。

汽车空调过滤器 天津工业大学纺织学院^[8]以竹原纤维和PP纤维为原料,采用针刺、热轧工艺制作PP/竹原纤维过滤材料。研究了面密度、竹原纤维质量分数及结构对过滤材料性能的影响。结果表明,当面密度为180 g/m²、竹原纤维质量分数为60%时,过滤效率为62.8998%,透气率为1848.8 L/m²·S。多层结构一定程度上改善了过滤材料的过滤性能,其中2层结构透气率提高了4.9%,3层结构过滤

效率提高了10.2%。该过滤材料可用在汽车空调过滤器中。

汽车防撞护栏材料 四川遂宁市职业技术学院^[9]通过正交试验设计以及注射成型工艺制备了钛酸钾晶须、纳米CaCO₃、丁腈橡胶改性ABS复合材料,同时利用缺口冲击强度与弯曲弹性模量为核心标准,经正交试验结果的极差以及方差最终得到了最佳方案,并以其为基点开发了防撞护栏材料。ABS复合材料的缺口冲击强度、弯曲弹性模量、弯曲强度等数据均超过纯ABS,并超过了防撞护栏材料性能指标。

2 电子电器

矿用电器外壳 中煤科工集团重庆研究院有限公司^[10]以PP为基体材料,加入无卤膨胀型阻燃剂、抗静电剂制备了矿用电器外壳材料。阻燃剂SR的加入能提高PP的阻燃性能,当阻燃剂质量分数达到20%时,材料阻燃性达到FV-0级。抗静电剂129及抗静电剂163的加入能提高PP的抗静电性能。当两者复配使用且质量比为2:1时,材料表面电阻率降低至 $1.5 \times 10^8 \Omega$;加入SR的PP阻燃体系在热水浸泡后阻燃性能依然保持FV-0级。

空调器室外机壳体 江苏春兰机械制造有限公司^[11]研制了一种空调器室外机塑料壳体,该塑料壳体由聚酯瓶破碎料经改性造粒后注塑成型或者由聚酯瓶破碎料经改性后挤出成型板材,再将板材热压成型制作而成。该空调器室外机塑料壳体耐老化、免油漆、耐雨水冲刷、耐腐蚀、绝缘性能好、加工工艺简单、生产制作成本低廉,综合性能优于金属材料的空调器室外机壳体。

洗衣机部件 中国石化上海石油化工股份有限公司^[12]采用PP基料,加入高活性的有机抗菌剂,通过与载有银、锌等离子体的载体表面基团的交联及载体本身的表面作用,将抗菌剂以纳米级均匀分散而制得复合抗菌型PP。该抗菌PP专用树脂抗菌性能高效、广谱、持久且安全。对PP专用树脂及其制品的物理力学性能有所改善,消除了抗菌产品的变色问题。复合抗菌PP专用料有优秀的使用安全性,其浸提液的毒性和刺激性数据都远好于日用品安全卫生标准数据,可广泛适用于洗衣机等家用电器部件的生产。

电力系统部件 中国兵器工业集团第五三研究所余姚分所^[13]以炭黑(CB)及碳纤维(CF)为复合导电填料,配合磷系阻燃剂,以玻璃纤维(GF)为增强剂,制备了高强度阻燃导电尼龙66(PA66)材料。当导电填料中CB与CF质量比为2/8、导电填料质量分数为10%、红磷母粒质量分数为12%、GF质量分数为40%时,采用相对黏度为2.37 Pa·s的PA66所制备的高强度阻燃导电PA66材料的阻燃等级达到UL 94 V-0级,表面电阻率为 $7.6 \times 10^2 \Omega$,弯曲强度、拉伸强度和缺口冲击强度分别为298,210 MPa和20 kJ/m²,完全满足客户要求,已成功应用于某电力系统部件。

智能电表外壳 惠州市昌亿科技股份有限公司^[14]用PC、ABS、耐寒增韧剂、阻燃剂经双螺杆挤出机熔融共混制备了智能电表外壳用PC/ABS合金。自主设计的“核-壳”结构的增韧剂可大幅提高PC/ABS合金的耐超低温性能,环保型的氮磷阻燃剂对耐寒PC/ABS阻燃效果较好,并优化出了最佳的智能电表外壳用PC/ABS合金的性能和组成。

自然交联电缆料 河南机电高等专科学校^[15]通过研究硅烷-聚乙烯(PE)基料、引发剂、抗预交联剂、抗氧剂、催化剂对电缆绝缘材料性能的影响,确定了硅烷自然交联电缆绝缘料的最佳配方。按最佳配方制得的自然交联PE电缆绝缘料挤出后在自然环境条件下放置72 h即可完成交联,料料表面光滑,与国外同类绝缘料的性能相当,可替代国外同类产品。自然交联方法是一种用于交联PE电缆制造过程中的新型加工方法,可应用于10 kV及以下各种电缆的制造。

汽车用电缆料 青岛科技大学化工学院^[16]以汽车用电缆料为试验目标,研究了增塑剂、引发剂、助交联剂、热塑性聚氨酯(PUR-T)的用量对聚氯乙烯(PVC)/PUR-T体系硬度、力学性能、热延伸率的影响,并考察了其耐磨性能和耐老化性能。得出了PVC/PUR-T交联电缆料的优化配方,采用该配方能生产出合格的汽车用电缆料。

矿用阻燃电缆料 中原工学院^[17]通过研究线型低密度聚乙烯(PE-LD)/(乙烯-乙酸乙烯酯塑料)EVA基料、阻燃剂、偶联剂、抗氧剂、相溶剂等对矿用无卤阻燃电缆绝缘材料性能的影响,确定了该种材料最佳配方。对该配方材料的综合性能进行了测试并与国外同类产品性能进行对比。结果表明,该矿用无卤阻燃聚烯烃电缆绝缘材料性能符合国标要求,可替代国外同类产品。

矿用阻燃电缆料 江苏亨通电力电缆有限公司^[18]以氯化聚乙烯(CPE)为骨架材料,研究了矿用电缆护套配方,对硫化、补强填充、阻燃、老化和稳定体系进行选择,重点对阻燃和抗撕性能进行讨论,确定了该护套料的优化配方。该高强度高阻燃矿用电缆CPE护套材料阻燃性好、性能优良,成型电缆外观光滑致密、成品率高。

电缆支架 上海新高铁投资管理有限公司^[19]采用纳米酚醛(PF)复合材料取代传统的金属材料,制备电缆支架的底座和托臂,研制了一种新型地铁隧道用可调式电缆支架。该新型电缆支架具有良好的耐火阻燃性能,在280℃温度下保温0.5 h后弯曲强度保持率 $\geq 90\%$ 。在3倍于实际使用载荷的受力情况下的最大变形只有4.5 mm,安全系数介于3.4~15,能完全满足设计和使用要求。

电子元器件 山东非金属材料研究所^[20]以PA66为基体,添加Al粉、MgO和Al₂O₃3种导热填料以及短切玻璃纤

维(GF),用共混挤出法制备导热尼龙PA66复合材料。在选用的3种导热填料中以Al粉填充PA66的效果最好;随着导热填料含量的增加,复合材料的导热性能上升,当Al粉含量为45%时,复合材料的导热系数为0.778 W/(m·K);GF与导热填料的共同作用使体系导热系数有一定提高。该导热复合材料可用于制备电子元器件。

锂电池隔膜 中国石化扬子石油化工有限公司南京研究院^[21]通过在PP中加入具有成核作用的 β 晶型改性剂,利用PP不同相态间密度的差异,在拉伸过程中发生晶型转变形成微孔,从而形成隔膜。 β 成核剂CHJ1的加入提高了PP的冲击性能和热变形温度,其简支梁冲击强度可提高2.5倍,热变形温度最高可达109℃,添加质量分数为0.1% CHJ1的PP可应用于锂电池隔膜的成型。

LED封装用材料 伊犁师范学院化学与生物科学学院^[22]以有机硅环四硅氧烷单体和封端剂为原料,通过开环聚合的方法合成了含乙烯基和含氢的硅油。改变原料的投料比,可得到具有不同分子结构的硅油。以正硅酸乙酯和乙烯基封端剂为原料,改变原料的物质的量比,得到具有不同分子量的MQ硅树脂。将不同组分的硅油和硅树脂混合,通过硅氢加成反应而固化,得到的硅树脂在400 nm以上具有较好的透光率($>90\%$),可用于大功率LED的封装。

二极管封装用材料 广西科技大学生物与化学工程学院^[23]以含氟单体改性的端乙烯基聚硅氧烷为基础聚合物,通过添加有机硅交联剂、铂金水催化剂及甲基乙烯基硅氧烷(MVQ)树脂,制备了可用于功率型半导体发光二极管封装的透明有机硅封装材料。当硅氢键与乙烯基的物质的量比为1.25、MVQ树脂的质量分数为15%时,所制备含氟有机硅封装材料的力学性能较好,透光率在可见光波长700 nm处达85%以上,接触角为94°(含氟单体质量分数为3%),且具有较好的耐紫外辐射和耐热性能。

3 建材

PVC型材 湖南师范大学化学化工学院^[24]利用不同添加剂,将两种白泥与CPE湿法混炼,通过双螺杆挤出机制备了两种CPE(A, B)/白泥母料;将CPE/白泥母料与PVC及其它助剂共挤制备了PVC型材。两种方法制备的PVC型材弯曲弹性模量、维卡软化温度均高于GB/T 8814-2004《门、窗用未增塑聚氯乙烯(PVC-U)型材》要求。白泥粒子与PVC基体界面结合良好,分散均匀,颗粒粒径约为0.5~1.0 μm 。实验结果表明,利用两种母料制备的PVC型材在性能上无显著差异,均可达到均匀分散白泥粒子的目的。

无铅PVC型材 安徽公元科技发展有限公司^[25]采用复合钙锌热稳定剂替代复合铅盐热稳定剂开发了无铅PVC型材配方。对混料工艺、挤出工艺、模具、配方等进行细微的

调整,生产出了性能合格的PVC型材,解决了采用铅盐稳定剂导致的分散性差、毒性大、难以制得透明制品,也难以得到色彩鲜艳的制品和缺乏润滑性等问题。

PVC异型材 大连实德科技发展有限公司科技中心^[26]将某进口金红石型钛白粉A和3种国产金红石型钛白粉(B、C、D)用于硬质PVC异型材的生产,进行对比试验分析。结果表明,3种国产金红石型钛白粉的性能差异较大:制品B在加工工艺性能、白度、光泽、材料性能以及紫外线老化性能等均与样品A最接近,可以替代进口钛白粉;而采用钛白粉C、D生产的异型材耐老化性试验后变色严重。

ABS管材 中国石油天然气股份有限公司兰州石化分公司^[27]以台湾奇美的ABS(PA709P)的物理力学性能为目标,在现有的ABS产品基础上调整了ABS粉料和苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN)珠料的配比。按ABS粉料(RB+RF)34份、SAN珠料30份、SAN粒料(HH-C200)6份、SAN粒料(HH-C300)30份的配比制得的ABS管材专用料物理力学性能与PA709P相当。ABS管材料在加工 $\varnothing 40$ mm以内的管材时温度范围设定在148~176℃,易于控制,加工性能稳定。

PVC建筑模板 贵州中建科技建材有限公司^[28]以PVC为主要材料,发泡剂、碳酸钙、加工助剂等为辅助材料,经过挤出工艺制成一种用于混凝土结构工程的模板。其弯曲强度为25.2 MPa,弯曲弹性模量为1537 MPa,满足JG/T 418—2013《塑料模板》的技术要求。

PVC建筑薄膜 浙江理工大学材料与纺织学院^[29]在经低温等离子体改性的PVC薄膜表面涂覆SiO₂作为隔离层,然后采用旋涂法将TiO₂涂覆于薄膜表面,制备得到PVC/SiO₂/TiO₂复合膜。该膜为具有亲水和防污自清洁性能的PVC建筑薄膜。经紫外光照后,复合膜的接触角由42.2°降为10.9°,TiO₂层的涂覆大大地提高了PVC薄膜的亲水性能。

环保建筑板材 陕西理工学院材料科学与工程学院^[30]以甲基丙烯酸甲酯(MMA)、废有机玻璃、过氧化苯甲酰(BPO)、粉煤灰、木屑、Mg(OH)₂和EVAC树脂为原料,通过溶解、共混、聚合三步开发一种回收利用率高、回收过程节能环保、成本低廉和附加值高的废有机玻璃回收再利用方法。Mg(OH)₂的加入量为30%、EVAC的加入量为4.5%,有机玻璃板材的阻燃级别为HB级,硬度为91HD,冲击强度为4.75 kJ/m²,弯曲强度为47 MPa。该有机玻璃板材具有木材和塑料的双重加工特性,其物理力学性能优良、表面光滑,可应用在建筑、家装等行业。

铝塑复合板 南京林业大学理学院^[31]以PE、PP、铝板制备了3种不同配方的铝塑复合板芯材,并进行了比较。铝塑复合板芯材随着PE用量的增加,冲击强度增加,而拉伸

强度降低。随着PP含量的增加,复合材料的剥离强度降低。在实际使用中,可调节配方获得满意的铝塑复合板。

墙体保温材料 固废资源化利用与节能建材国家重点实验室^[32]研制了建筑外墙用聚氨酯(PUR)泡沫板材。在生产链板温度65℃、链板线速度3.75 m/min条件下,生产的板材性能均符合相关国家标准要求,极限氧指数为33%,燃烧等级达GB 8624—2012分级中的B1级。

墙体保温材料 郑州大学化工与能源学院^[33]以改性木质素、多聚甲醛、苯酚为原料合成可发性木质素PF树脂,通过发泡制备木质素PF泡沫。木质素部分取代苯酚,且取代量为30%时,较佳的酚化条件:酚化时间40 min,温度110℃,催化剂量3%。用酚化木质素制备的木质素PF泡沫性能较好,其压缩强度为0.22 MPa,弯曲强度为0.17 MPa,氧指数为38.6%,导热系数为0.029 W/(m·K)。该PF泡沫属于难燃型高效保温材料,可用于建筑外墙的保温。

墙体保温材料 北京建筑材料科学研究总院^[34]采用层间聚合工艺,通过添加纳米蒙脱土和聚乙二醇(PEG)对PF树脂改性,制备了建筑外墙保温用PF泡沫材料。研究了PF对比对泡沫材料微观结构的影响。PEG与PF间发生强相互作用形成了复合物,使改性后的PF泡沫材料韧性提高;纳米蒙脱土增加了PF的层间距,提高了耐热性能,使热分解温度达到361℃;PF配比越大,树脂酸固化反应活性越低,形成的泡沫孔径越小。改性后的PF泡沫材料极限氧指数增大至38%~42%,具有很低的烟密度等级,完全符合燃烧等级B1级标准。

木塑复合材料 南京林业大学材料科学与工程学院^[35]用低分子量PF树脂胶对意杨木旋切单板进行浸渍处理,采用单因素试验法,探讨了热压压力对产品性能的影响。在热压单位压力3.5 MPa、热压温度150℃、热压时间5 min/mm条件下,板材的力学性能和尺寸稳定性能最佳。该板材具有很高的力学强度和电绝缘性能,在大气相对湿度变化条件下,尺寸稳定性好,且具有耐腐蚀性,可用作建材。

木塑复合材料 西南林业大学材料工程学院^[36]为优化回收PE/橡胶木粉复合材料生产工艺配方,以马来酸酐接枝聚丙烯(PP-g-MAH)和铝酸酯作为偶联剂,调节配方组成制备了3组木塑复合材料试件,对试件进行性能测试。结果表明,以PP-g-MAH作为偶联剂的试样性能优于使用铝酸酯的试样,同时无机填料添加剂量的适当下调也有利于材料性能的提升。以PP-g-MAH作为偶联剂的复合材料,其木粉与PE界面相容性优于使用铝酸酯偶联剂,所得木塑复合材料吸水尺寸变化度低,防水性能更优异。

木塑复合材料 大连工业大学纺织与材料工程学院^[37]以PP/线型低密度聚乙烯(PE-LLD)制备了PP/PE-LLD/

芦苇木塑复合材料。当 PP/PE-LLD 质量比为 60/40, 加入 30 份硅烷偶联剂 A-151 改性芦苇时, 木塑复合材料的综合性能最佳。与加入未改性芦苇的复合材料相比, 拉伸强度、弯曲强度、冲击强度, 分别提高了 33.93%, 23.59%, 42.58%; 熔体流动速率提高了 18.69%, 且改性芦苇与 PP, PE-LLD 的相容性较好。

木塑复合材料 福建师范大学材料科学与工程学院^[38] 用熔融接枝法制备 MAH 和苯乙烯 (St) 接枝 PP[PP-g-(MAH/St)] 和 PP-g-MAH, 将其作为 PP/木粉复合材料的增塑剂。PP-g-(MAH/St) 改性木粉比 PP-g-MAH 改性木粉在 PP 基体中分散性更佳, 木粉与 PP 的界面更加模糊, 相容性进一步改善。PP-g-(MAH/St) 改性体系可增强木粉对 PP 的异相成核作用, 提高结晶温度和结晶度。复合材料的加工和力学性能测试结果表明, PP-g-(MAH/St) 改性效果明显优于 PP-g-MAH。

排水管 西南大学材料与能源学部^[39] 用金属蒸汽真空弧源 (MEVVA) 分别对 ABS 进行银离子注入与银铜离子双注入, 加速电压均为 30 kV, 注入剂量均为 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 。通过抗菌实验表明, 银离子注入样品与银铜离子双注入样品均表现出优良的抗菌性能, 但银铜离子双注入样品的抗菌性能更加优异, 灭菌率达到 87.9%。离子注入后 ABS 材料表面变粗糙, 出现无序碳层并伴有富氧, 银与铜以离子形式存在。该 ABS 材料可用作排水管、水龙头等建材的制造。

环保砂浆 山东大学土建与水利学院^[40] 采用废旧粘土砖、再生聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 颗粒以及热电厂的湿排灰, 生产了 PET/砖粉砂浆。通过实验确定合理的砖粉级配、PET/砖粉砂浆配比以及养护温度。生产的 PET/砖粉砂浆具有密度小、强度增长迅速的特性。PET/砖粉砂浆的最初养护温度应为 180℃。在室温条件下, 养护 6 h 即可达到 28 天强度的 94%。该材料是一种绿色环保建材。

4 机械设 备

换热和冷却设备部件 广西大学化学化工学院^[41] 以自制的搅拌球磨机作为机械活化固相反应器, PVC 作为基料, 石墨为导热添加剂, 采用粉末共混法制备 PVC/石墨导热复合板材。当球磨转速为 150 r/min、机械活化时间为 60 min、石墨质量分数为 35% 时, 在 165℃ 及 5 MPa 下热压 15 min, 复合板材热导率为 $0.8394 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 是纯 PVC 树脂的近 6 倍, 是未经活化单纯混合复合板材热导率的 2.6 倍。改性后的板材具有较高的软化温度和热分解温度, 可用于机械设备中换热和冷却设备的制造。

机械设备运转零部件 哈尔滨理工大学材料科学与工程学院^[42] 制备了高强度 PF 层压布板, 讨论了桐油改性 PF 和针状硅灰石粉对 PF 层压布板力学性能的影响。将甲阶

PF 和桐油改性 PF 共混, 随着共混树脂中桐油改性 PF 比例的增加, PF 层压布板的冲击强度在横、纵两个方向上均有大幅度提高。与未添加针状硅灰石粉相比, 添加针状硅灰石粉 PF 层压布板的冲击和弯曲强度均有提高。350℃ 之前, 桐油改性 PF 能保持比较好的热稳定性; 在大于 350℃ 的高温区, 桐油改性 PF 较甲阶 PF 的热稳定性下降明显。两种改性高强度 PF 层压布板均可用于制备机械设备中作运转、抗震的零部件。

机械滑动部件 东北石油大学化学化工学院^[43] 采用模压-滤取和高温真空熔渍工艺制备了自身发汗式润滑耐磨多孔聚四氟乙烯 (PTFE)/聚醚醚酮 (PEEK)/CF 复合材料, 用于机械滑动部件的制造。当 PTFE 质量分数为 20%、NaCl 为 30%、CF 层间间距为 0.4 mm 时, 所得多孔 PTFE/PEEK/CF 复合材料摩擦系数和磨损率最低, 200 N 下摩擦系数、磨损率分别为 $0.0192, 3.47 \times 10^{-16} \text{ m}^3/\text{N} \cdot \text{m}$, 较经典 PEEK/CF 复合材料摩擦系数降低了 9 倍, 耐磨性提高了 25 倍。CF 布起到支撑骨架作用, 并协同 PTFE, NaCl 提高多孔 PEEK 复合材料摩擦磨损性能。

高压清洗机高压管护套 台州市天源塑业有限公司^[44] 考察了 PVC 的聚合度、耐磨剂对高压管 PVC 护套耐磨性的影响, 得出了优化配方。PVC 材料的耐磨性随 PVC 的聚合度、回弹性和磨耗中的自润滑性的提高而提高, 其中自润滑性的提高对耐磨性的提高效果最明显。解决了高压清洗机上使用的 PVC 高压管护套因在使用中经常拖动而导致的易被磨破的问题。

输油输气防腐管道 中国兵器工业集团第五三研究所^[45] 以再生 PE 为主要原材料制备了输油输气管道防腐 PE 专用料。通过优化基体树脂及其配比, 添加少量乙烯-辛烯共聚物后, 制备出力学性能合乎要求的管道防腐 PE 专用料。通过力学性能测试发现, PE 专用料的拉伸断裂均发生在应力-应变上升阶段, 添加少量乙烯-辛烯共聚物可大幅度提高其拉伸强度及断裂伸长率。

5 薄膜

改性流延聚丙烯 (CPP) 包装膜 福州佳通第一塑料有限公司^[46] 选用具有代表性的聚烯烃弹性体牌号, 研究不同牌号聚烯烃弹性体对 CPP 薄膜透明度、韧性及热封性能的影响。结果表明, 不管是何种聚烯烃弹性体都可以降低 CPP 薄膜的雾度, 乙烯基弹性体 DF740 及丙烯基弹性体 868 适合于 CPP 薄膜增韧改性。而丙烯基弹性体 3980FL 则适合热封改性, 满足封口平整度越来越高和包装速度越来越快的要求。

完全生物降解 CPP 薄膜 广东威孚包装材料有限公司^[47] 采用完全生物降解材料改性 CPP 薄膜。分析对比了添加不

同比例完全生物降解材料的 CPP 薄膜降解效果。添加完全生物降解材料的 CPP 薄膜在一年保质期内保持了良好的物理力学性能,且其在自然环境下降解效果优于未降解改性的 CPP 包装薄膜;通过添加适当比例的完全生物降解材料,可实现降解的可控性。

活性包装膜 湖南工业大学包装与材料工程学院^[48]以丁香精油/ β -CD 包合物为活性成分,以聚乙烯醇(PVAL)为成膜基材,采用流延法制成活性包装膜。 β -CD 包合物的添加可赋予 PVAL 膜抗菌性能,在 PVAL 中添加 10% 的包合物可制备抗菌性能和力学性能均较佳的活性包装膜。

可食性包装膜 黑龙江八一农垦大学食品学院^[49]以羧甲基马铃薯渣为基料,辅以增塑增强等改良助剂,研制一种新型羧甲基马铃薯渣基可食性包装膜。所制备的可食性包装膜膜厚为 $(90 \pm 3) \mu\text{m}$,拉伸强度为 $(7.88 \pm 0.03) \text{MPa}$,速溶时间为 $(25 \pm 1) \text{s}$,水蒸气透过系数仅为 $(0.218 \pm 0.006) \text{g} \cdot \text{mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{kPa})$,氧气透过系数仅 $(2.011 \pm 0.007) \text{cm}^3 \cdot \text{cm}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$,封合强度高达 $(7.47 \pm 0.01) \text{N}/(15 \text{mm})$ 。可食性包装膜质地光洁均一、细腻耐折,可用于食品调味料及粉剂等可食性绿色包装。

可光降解复合地膜 兰州理工大学^[50]通过添加痕量氧化石墨(GO)和石墨烯(GS)作为光催化剂,分别制备出可有效光降解的 PVC 复合地膜,并检测其光降解活性。随着光照时间的增加, PVC/GO 复合膜的光降解速率和纯 PVC 膜基本相当,但是 PVC/GS 复合膜的光降解速率至少比另外两种提高了一倍。PVC/GS 复合地膜可有效减少“白色污染”。

高透明薄膜 中北大学理学院化学系^[51]将表面功能化的多壁碳纳米管(g-MWCNT)添加到质量分数 8% PC 的三氯甲烷溶液中,经室温浇铸挥发成膜后,得到光学透明性良好的复合薄膜。当 g-MWCNT 的添加量为 0.05% 时,透光率 $\geq 85\%$,弹性模量比纯 PC 薄膜提高 13%,极限拉伸强度与纯 PC 相当。该高性能透明薄膜可用在军事及电子领域。

水蒸气捕集膜 华北电力大学国家火力发电工程技术研究中心^[52]针对火电厂耗水量大等问题,提出了采用中空纤维复合膜法捕集锅炉烟气中的水蒸气并进行回收利用的方法。选择磺化聚醚醚酮(SPEEK)涂覆于聚醚砜(PESU)表面,制备了 SPEEK/PESU 复合膜。该复合膜具有良好的耐热性,并且随着 SPEEK 磺化度的提高,复合膜对水的吸附性能逐渐增强,表明该复合膜可适用于火电厂烟气中水蒸气的捕集。

6 医疗用品

人体盆底修复补片 东华大学纤维改性国家重点实验室^[53]为提高人体盆底修复补片用 PP 单丝的生物相容性,制

备了 PP/珍珠粉共混单丝。PP/珍珠粉共混单丝可纺性良好,珍珠粉的加入没有影响单丝的力学性能;珍珠粉在单丝表面大量分布;与不含珍珠粉 PP 单丝相比较,珍珠粉改性的 PP 单丝有更好的细胞增殖性能,说明珍珠粉填充的 PP 单丝作为补片原料植入人体时有更好的生物相容性。

人体疝气补片 东华大学材料科学与工程学院^[54]利用等离子体改性对普通 PP 织物进行表面处理,然后在织物表面涂覆氟橡胶粘合剂,并将其与聚偏氟乙烯(PVDF)静电纺纤维薄膜毡复合,制备了 PVDF/PP 复合型疝气补片。PP 织物与 PVDF 纤维薄膜毡复合后,断裂强度增大,但断裂伸长率和厚度基本保持不变;复合补片的水通量为 $11.73 \text{ mL}/\text{min}$,能满足体液的正常传输;复合补片在温度为 50°C 以下无明显收缩,从尺寸稳定性角度来说用于人体是安全的。

义齿基托 河北科技大学^[55]选择聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为义齿基托用基体,高强高模 PE 为增强材料,纬平针为基础组织,设计开发复合增强型义齿基托材料。对比测试了基托试样以及未添加织物试样的弯曲强度和弯曲弹性模量。加入针织物的复合义齿基托的弯曲强度明显高于普通基托树脂;复合基托韧性好,使用中不易断裂,可提高使用寿命;复合材料基托受力后更不易变形。

牙齿根管充填材料 四川大学分析测试中心^[56]通过在具有良好可控性自固化 PUR 中添加无机抗菌剂磷酸银,经先制备预聚体,再进一步聚合的方法制备新型载磷酸银 PUR 基根管充填材料(PUR/ Ag_3PO_4)。根管充填材料的理化性能符合 ISO 标准的要求;抑菌环、抗细菌粘附和抑菌率实验结果表明, PUR/ Ag_3PO_4 能有效抑制细菌粘附和增殖,与细菌接触培养 7 h 后抑菌率 $> 90\%$,是一种有应用潜力的新型抗菌根管充填材料。

医护人员的工作服 华南理工大学材料科学与工程学院^[57]以 PET 无纺布为基材,探索了利用溶胶-凝胶法在预处理后的 PET 织物表面构筑具有微纳结构的超疏水涂层的方法。利用改进的溶胶-凝胶过程能够在经碱减量法预处理的 PET 表面原位形成 SiO_2 纳米粒子;再用含疏水性长链的十二烷基硅烷对这一表面进行改性,并经过表面热处理,就能够成功地在 PET 织物表面构筑多层次的微/纳结构,从而制得表面具有超疏水特性的 PET 织物,其接触角可达到 163° 。这一超疏水 PET 织物能够抑制细菌在其表面的生长繁殖,表现出了明显的抗菌特性,可作为新型的功能性医用防护面料,用于医护人员的工作服、口罩、手术包等。

7 环保及抗菌材料

水面溢油清洁材料 天津工业大学先进纺织复合材料教育部重点实验室^[58]为了提高 PP 无纺布的吸油性能,通过在异丙醇/水混合酸性溶液中紫外辐照诱导的方法,成功

将丙烯酸(AA)、MMA单体接枝到PP基体上,制备了一种吸附速率快、吸油倍率高、重复使用性能好的新型吸油材料PP-g-(AA+MMA)。该吸油材料保留了PP和丙烯酸酯树脂两者的优势,进而克服了其单独使用的缺点。改性处理后的PP无纺布基体的弹性势能也得到了显著提高,此方法制备简单、成本低廉,可用于水面浮油的回收处理。

水面溢油清洁材料 南京工业大学生物与制药工程学院^[59]以甘油或水引发合成新型疏水性聚四氢呋喃三醇(PTHF-T)或聚四氢呋喃二醇(PTHF-G/PTMG),并和聚氧化丙烯三醇(PPO-T)与甲苯二异氰酸酯(TDI)反应,合成一种疏水性高吸油软质PUR泡沫。该材料可快速吸油,3 min内即可达到平衡,其对油品的吸油率分别为:四氯化碳 691 g/g、二甲苯 511 g/g、甲苯 505 g/g、乙醇 410 g/g、柴油 298 g/g;在震荡混合的甲苯/水体系中对甲苯的吸油率与在纯甲苯体系的相当,为 510 g/g 左右,且重复使用 8 次后,材料吸油率仍未改变。因此该材料可有效、快速地用于水面溢油的回收和溢油事故处理。

含汞废水处理材料 长安大学环境科学与工程学院^[60]制备了双硫脲接枝PUR泡塑吸附材料,并研究了从含汞废水中除汞的最佳条件。结果表明,该吸附材料对 Hg^{2+} 具有良好的螯合吸附作用,且除汞效果明显,对 8 mg/L 含 Hg^{2+} 废水,在 pH 值为 6、固液比为 1:100、温度 15℃ 条件下螯合反应 4 h,汞去除率可高达 99.99% 以上,一次处理后溶液中 Hg^{2+} 含量低于 0.0008 mg/L,达到了国家饮水标准,并可对水中痕量 Hg^{2+} 进行深度吸附处理。由此获得了一种新型、合成工艺简单、成本低廉的含汞废水处理材料。

空气过滤材料 江南大学生态纺织教育部重点实验室^[61]采用热压技术将熔体静电纺纤维与传统非织造织物在线复合,制备熔体静电纺热压复合空气过滤材料。熔体静电纺纤维经热压后可良好地贴附在非织造基材表层;随着热压压力的增加,复合过滤材料的过滤性能得到一定提高,剥离强度随之增大,断裂强度先增大后急剧减小;复合过滤材料的剥离强度和断裂强度随着热压温度的增加而增大;随着收集速度的减小,复合过滤材料的过滤效率、剥离强度和断裂强度均有所提高。

废水处理薄膜 武汉工程大学材料科学与工程学院^[62]为了得到亲水性和抗污染性能好的PP微孔膜,以戊二醛为交联剂,采用表面涂覆法将PVAL固定在PP膜的表面。最佳反应条件为 50℃ 下反应 2 h, PVAL 质量分数为 1%, 戊二醛质量分数为 2%, 得到的改性膜的水接触角从 110° 下降至 62°, 两个月内水通量的变化不明显,膜的亲水性和抗污染性较好。PVAL 交联反应发生在 PP 微孔膜的表层,对膜的本体性能不产生影响,同时达到了微孔膜表面亲水性和抗污染

性改性的目的,可用于水处理。

废水处理薄膜 广州大学土木工程学院^[63]采用逐层自组装机,利用三乙烯四胺盐对纳米 TiO_2 的吸附作用,把直径约 20 nm 的 TiO_2 颗粒逐层组装到PVDF膜表面,制备了纳米 TiO_2 组装PVDF改性膜。当组装层数为 5 时 PVDF 改性膜的初始接触角从 101.2° 显著减小到 72.1°, 并在 1 min 内被水滴完全浸润。研究结果可用于开发分散均匀的高亲水性 PVDF 膜,提高 PVDF 膜的抗污染性能并延长其循环使用寿命。

废水处理薄膜 东华大学环境科学与工程学院^[64]为提高 PVC 膜的亲水性及其耐污染性,将 PESU 磺化得到磺化聚醚砜(SPESU),然后利用溶液共混的方法将 PVC 与 SPESU 共混,通过溶剂-非溶剂扩散诱导相分离的方法制备了 PVC/SPESU 共混膜。PVC/SPESU 共混膜水通量、力学强度和亲水性较 PVC 膜有显著提高,截留率略有下降;PVC/SPESU 共混膜比 PVC 膜具有更优良的耐污染性能,PVC/SPESU 质量比为 8/2 时综合性能最佳。

8 其它

电磁屏蔽材料 华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心^[65]将剑麻纤维与炭黑一起蒸汽爆破,之后再与 PP 基体复合能够提高复合材料屏蔽效能。研究表明,蒸汽爆破技术能有效地解决碳系粒子团聚的难题,改善碳系粒子在树脂基体中的分散效果,大大提高了复合材料的屏蔽效能。根据剑麻/石墨经过一次爆破、两次爆破和剑麻单独爆破后再与石墨共混 3 种加工方法制得复合材料并分别测试其屏蔽效能,得出剑麻/石墨经一次蒸汽爆破制得的 PP 复合材料的屏蔽效能最好。

吸波材料 南昌大学材料科学与工程学院^[66]首先制备出了 Ni 粉体团聚体,着重研究了 Ni 粉体的制备工艺和分散处理工艺。然后,制备了环氧树脂(EP)/Ni 粉体吸波树脂,采用同轴电缆法测定了复合材料的电磁参数。EP/Ni 粉体复合材料在 0.5~12 GHz 频带范围内具有较高的磁损耗,在频率>12 GHz 时,材料表现出较好的介电损耗模式;EP/Ni 粉体复合材料与空气的电磁匹配特性在频率低于 8 GHz 时非常好,且频率越低,复合材料板与空气电磁匹配特性越好。

飞行器热防护材料 中国科学院化学研究所^[67]采用热预聚的方法制备了改性 PF。该树脂经过氩气氛 400℃ 和 700℃ 处理后,可以获得孔径为 30~150 nm 的“珊瑚状”多孔碳结构,其比表面积可达到 460 m²/g,热导率可降低到纯 PF 材料的 45.57%,赋予了材料轻质、隔热的特征,而且保持了较好的力学性能。可用于制造临近空间飞行器的热防护材料。

弹箭耐烧蚀材料 山东非金属材料研究所^[68]以 ZrB_2 为改性剂,聚倍半硅氧烷(POSS)为助剂,采用热压工艺制备了PF/碳布复合材料。无机添加剂在高温氧化气氛下会在复合材料表面形成一层陶瓷膜,对复合材料基体起到了高温热防护和抗氧化保护的作用。 ZrB_2 和POSS配合使用时复合材料的耐烧蚀性能最优,PF/碳布复合材料的质量烧蚀率可达0.025 g/s,二次质量烧蚀率可达0.0089 g/s。

相变储能材料 徐州工业职业技术学院材料工程学院^[69]以PET为骨架材料,聚乙二醇单甲醚(MPEG)为相变材料,在甲苯二异氰酸酯和二月桂酸二丁基锡的作用下制备了一种固/固相变储能材料,并对所制得的相变材料进行了表征。PET/MPEG相变储能材料随着MPEG的含量增加,相变焓增大,相变焓最大为89.23 J/g;PET/MPEG固/固相变储能材料超过MPEG的熔点时也能一直保持稳定的形态,无熔化泄漏。

参考文献

- [1] 侯智谋. 广东化工, 2014, 41(5):61-62.
Hou Zhimou, et al. Guangdong Chemical, 2014, 41(5):61-62.
- [2] 叶张龙, 等. 天津工业大学学报, 2014, 33(4):20-22.
Ye Zhanglong, et al. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2014, 33(4):20-22.
- [3] 赵金月, 等. 广州化学, 2014, 39(2):10-14.
Zhao Jinyue, et al. Guangzhou Chemistry, 2014, 39(2):10-14.
- [4] 翟建宏, 等. 合成树脂及塑料, 2014, 31(5):54-57.
Zhai Jianhong, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2014, 31(5):54-57.
- [5] 贺丽丽, 等. 工程塑料应用, 2014, 42(9):98-101.
He Lili, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(9):98-101.
- [6] 葛英霞, 等. 非金属矿, 2013, 37(5):49-52.
Ge Yingxia, et al. Non-Metallic Mines, 2013, 37(5):49-52.
- [7] 何福善, 等. 摩擦学报, 2014, 34(2):127-132.
He Fushan, et al. Tribology, 2014, 34(2):127-132.
- [8] 叶张龙, 等. 上海纺织科技, 2014, 42(3):59-62.
Ye Zhanglong, et al. Shanghai Textile Science & Technology, 2014, 42(3):59-62.
- [9] 王颀平. 科技风, 2014(17):77.
Wang Xieping. Technology Wind, 2014(17):77.
- [10] 胡志. 工程塑料应用, 2014, 42(8):31-34.
Hu Zhi. Engineering Plastics Application, 2014, 42(8):31-34.
- [11] 王崇高. 广东化工, 2014, 41(5):147-148.
Wang Chonggao. Guangdong Chemical Industry, 2014, 41(5):147-148.
- [12] 沈锋明, 等. 石油化工技术与经济, 2014(1):42-45.
Shen Fengming, et al. Techno-Economics in Petrochemicals, 2014(1):42-45.
- [13] 何杰, 等. 工程塑料应用, 2014, 42(2):34-37.
He Jie, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):34-37.
- [14] 林湖彬, 等. 科技与企业, 2014(8):321-322.
Lin Hubin, et al. Science-Technology Enterprise, 2014(8):321-322.
- [15] 田丰, 等. 绝缘材料, 2014, 47(4):57-61.
Tian Feng, et al. Insulating Materials, 2014, 47(4):57-61.
- [16] 孙春英, 等. 聚氯乙烯, 2014(5):20-23.
Sun Chunying, et al. Polyvinyl Chloride, 2014(5):20-23.
- [17] 李铭, 等. 河南理工大学学报:自然科学版, 2014, 33(5):558-561.
Li Ge, et al. Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science, 2014, 33(5):558-561.
- [18] 张新, 等. 电线电缆, 2014(1):41-43.
Zhang Xin, et al. Wire & Cable, 2014(1):41-43.
- [19] 魏康军, 等. 纤维复合材料, 2014, 31(1):3-7.
Wei Kangjun, et al. Fiber Composites, 2014, 31(1):3-7.
- [20] 张学锋, 等. 工程塑料应用, 2014, 42(5):34-37.
Zhang Xuefeng, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):34-37.
- [21] 邱敦瑞, 等. 现代塑料加工应用, 2014, 26(5):37-40.
Qiu Dunmin, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014, 26(5):37-40.
- [22] 南光明, 等. 化工新型材料, 2014, 42(8):135-137.
Nan Guangming, et al. New Chemical Materials, 2014, 42(8):135-137.
- [23] 郑友明. 合成橡胶工业, 2014, 37(4):275-279.
Zheng Youming. China Synthetic Rubber Industry, 2014, 37(4):275-279.
- [24] 李渊, 等. 精细化工中间体, 2014, 44(1):38-43.
Li Yuan, et al. Fine Chemical Intermediates, 2014, 44(1):38-43.
- [25] 杜正富, 等. 聚氯乙烯, 2014(7):24-26.
Du Zhengfu, et al. Polyvinyl Chloride, 2014(7):24-26.
- [26] 尹作维, 等. 新型建筑材料, 2014(2):16-18.
Yin Zuowei, et al. New Building Materials, 2014(2):16-18.
- [27] 王庆, 等. 塑料工业, 2014, 42(8):135-137.
Wang Qing, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(8):135-137.
- [28] 陈尚伟, 等. 绿色建筑, 2014(5):84-86.
Chen Shangwei, et al. Green Architecture, 2014(5):84-86.
- [29] 郑海明, 等. 浙江理工大学学报, 2014, 31(4):413-416.
Zheng Haiming, et al. Journal of Zhejiang Sci-tech University, 2014, 31(4):413-416.
- [30] 程如亮, 等. 塑料工业, 2014, 42(11):118-121.
Cheng Ruliang, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(11):118-121.
- [31] 薛东, 等. 塑料工业, 2014, 42(2):123-125.
Xue Dong, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(2):123-125.
- [32] 路国忠, 等. 新型建筑材料, 2014(9):75-78.
Lu Guozhong, et al. New Building Materials, 2014(9):75-78.
- [33] 李红标, 等. 塑料工业, 2014, 42(9):122-125.

- Li Hongbiao, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(9):122-125.
- [34] 路国忠,等. 合成树脂及塑料, 2014, 31(2):50-53.
Lu Guozhong, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2014, 31(2):50-53.
- [35] 肖飞,等. 湖南林业科技, 2014, 41(4):35-39.
Xiao Fei, et al. Hunan Forestry Science & Technology, 2014, 41(4):35-39.
- [36] 关成,等. 西部林业科学, 2014, 43(5):58-61.
Guan Cheng, et al. Journal of West China Forestry Science, 2014, 43(5):58-61.
- [37] 夏英,等. 现代塑料加工应用, 2014, 26(4):9-12.
Xia Ying, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014, 26(4):9-12.
- [38] 朱德钦,等. 应用化学, 2014, 31(8):885-891.
Zhu Deqin, et al. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2014, 31(8):885-891.
- [39] 李崇,等. 塑料工业, 2014, 42(8):122-126.
Li Chong, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(8):122-126.
- [40] 孟繁博,等. 建材发展导向, 2014(12):40-43.
Meng Fanbo, et al. Development Guide to Building Materials, 2014(12):40-43.
- [41] 沈芳,等. 塑料工业, 2014, 42(4):111-115.
Shen Fang, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(4):111-115.
- [42] 卢爱滨,等. 工程塑料应用, 2014, 42(1):12-17.
Lu Aibin, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(1):12-17.
- [43] 汪怀远,等. 材料工程, 2014(6):45-50.
Wang Huaiyuan, et al. Journal of Materials Engineering, 2014(6):45-50.
- [44] 高云方. 聚氯乙烯, 2014(5):24-25.
Gao Yunfang. Polyvinyl Chloride, 2014(5):24-25.
- [45] 仪海霞,等. 现代塑料加工应用, 2014, 26(4):22-24.
Yi Haixia, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014, 26(4):22-24.
- [46] 石凤烟. 塑料包装, 2014, 24(1):19-21.
Shi Fengyan. Plastics Packaging, 2014, 24(1):19-21.
- [47] 韦丽明,等. 塑料包装, 2014, 24(4):11-16.
Wei Liming, et al. Plastics Packaging, 2014, 24(4):11-16.
- [48] 邓靖,等. 化工新型材料, 2014, 42(9):58-60.
Deng Jing, et al. New Chemical Materials, 2014, 42(9):58-60.
- [49] 周睿,等. 农产品加工: 学刊(下), 2014(9):1-5.
Zhou Rui, et al. Nongchanpin Jiagong Xuekan, 2014(9):1-5.
- [50] 谭琳,等. 安徽农业科学, 2014, 42(27):9 503-9 505.
Tan Lin, et al. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(27):9 503-9 505.
- [51] 乔晋忠,等. 山西化工, 2014, 34(2):1-4.
Qiao Jinzhong, et al. Shanxi Chemical Industry, 2014, 34(2):1-4.
- [52] 杜文韬. 热力发电, 2014(3):83-86.
Du Wentao. Thermal Power Generation, 2014(3):83-86.
- [53] 宋唯立,等. 合成技术及应用, 2014, 29(1):6-9.
Song Weili, et al. Synthetic Technology and Application, 2014, 29(1):6-9.
- [54] 余颖娜,等. 纺织学报, 2014, 35(9):25-30.
Yu Yingna, et al. Journal of Textile Research, 2014, 35(9):25-30.
- [55] 吕悦慈,等. 针织工业, 2014(8):30-32.
Lv Yueci, et al. Knitting Industries, 2014(8):30-32.
- [56] 王尖,等. 功能材料, 2014, 45(14):14 108-14 112.
Wang Jian, et al. Journal of Functional Materials, 2014, 45(14):14 108-14 112.
- [57] 刘云鸿,等. 化工学报, 2014, 65(4):1 517-1 525.
Liu Yunhong, et al. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2014, 65(4):1 517-1 525.
- [58] 李绍宁,等. 功能材料, 2014, 45(18):18 036-18 041.
Li Shaoning, et al. Journal of Functional Materials, 2014, 45(18):18 036-18 041.
- [59] 李彦敏,等. 高校化学工程学报, 2014, 28(4):837-843.
Li Yanmin, et al. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2014, 28(4):837-843.
- [60] 康莹,等. 应用化工, 2014, 43(9):1 562-1 566.
Li Ying, et al. Applied Chemical Industry, 2014, 43(9):1 562-1 566.
- [61] 李莘,等. 工程塑料应用, 2014, 42(10):51-54.
Li Shen, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):51-54.
- [62] 汪艳,等. 武汉工程大学学报, 2014, 36(5):38-41.
Wang Yan, et al. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology, 2014, 36(5):38-41.
- [63] 黄华锑,等. 材料导报: 纳米与新材料专辑, 2014, 28(1):6-9.
Huang Huakun, et al. Materials Review: Nanotechnology and New Materials, 2014, 28(1):6-9.
- [64] 吴俊,等. 水处理技术, 2014, 40(12):29-34.
Wu Jun, et al. Technology of Water Treatment, 2014, 40(12):29-34.
- [65] 何和智,等. 功能材料, 2014, 45(15):15 138-15 142.
He Hezhi, et al. Journal of Functional Materials, 2014, 45(15):15 138-15 142.
- [66] 卢慧芳,等. 功能材料, 2014, 45(10):128-132.
Lu Huifang, et al. Journal of Functional Materials, 2014, 45(10):128-132.
- [67] 王晓鹏,等. 宇航材料工艺, 2014, 44(1):84-88.
Wang Xiaopeng, et al. Aerospace Materials & Technology, 2014, 44(1):84-88.
- [68] 魏化震,等. 材料工程, 2014(11):38-42.
Wei Huazhen, et al. Journal of Materials Engineering, 2014(11):38-42.
- [69] 臧亚南,等. 广东化工, 2014, 41(18):79-80.
Zang Yanan, et al. Guangdong Chemical Industry, 2014, 41(18):79-80.