

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.03.026

2013 年我国热塑性工程塑料研究进展

代芳,吕召胜,赵志鸿,王金立

(《工程塑料应用》杂志社,济南 250031)

摘要:根据 2013 年国内公开发表的文献,综述了我国热塑性工程塑料的研究进展,着重介绍了丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料、聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、饱和聚酯、聚苯醚等通用热塑性工程塑料及聚苯硫醚、聚醚醚酮、聚醚砜类、氟塑料等特种工程塑料的改性研究进展。

关键词:工程塑料;热塑性塑料;改性;共混物;进展

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)03-0109-09

Advances in Engineering Thermoplastics of China in 2013

Dai Fang, Lyu Zhaosheng, Zhao Zhihong, Wang Jinli

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

Abstract : Advances in engineering thermoplastics of China were summarized in accordance with the literature issued publicly at home in 2013. Researching advances in performance modification of common engineering thermoplastics such as ABS, PA, PC, POM, polyesters, poly(phenylene ether) and so on, as well as special engineering plastics such as PPS, PEK, PES sorts, fluoroplastic and so on were introduced emphatically.

Keywords : engineering plastics ; thermoplastic ; modification ; blend ; advance

2013 年我国在丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)、聚酰胺 (PA)、饱和聚酯等通用热塑性工程塑料合金化改性及其复合材料方面的研究较多,在聚苯硫醚 (PPS)、聚醚醚酮 (PEEK)、氟塑料等特种工程塑料改性和实用化方面的研究也取得了一定进展。笔者按通用和特种工程塑料两大类分别综述了 2013 年我国热塑性工程塑料的研究进展。

1 通用工程塑料

1.1 ABS

高耐热阻燃 ABS 材料 中山大学^[1]以 ABS 为基体,以苯乙烯 (St)-N-苯基马来酰亚胺-马来酸酐 (MAH) 三元共聚物 (AS-MS-NB) 为耐热剂,于 240~270℃制备出不同耐热剂含量的高耐热 ABS 母粒。以此母粒和十溴二苯乙烷 (DBDPE) 阻燃体系共混,于 180~210℃通过双螺杆挤出机制备出高耐热阻燃 ABS。通过这种两步法制备的高耐热阻燃 ABS 材料兼具高耐热和阻燃特性,且耐热剂含量和其制备的阻燃 ABS 材料的耐热性具有正相关性。

新型透明阻燃 ABS 材料 中山大学^[2]采用甲基丙烯酸甲酯 (MMA)-丁二烯-St 接枝共聚物 (MBS) 型增韧剂为基材,加入双酚 A 双(二苯基)磷酸酯 (BDP) 和三(三-溴苯基)氰尿酸酯 (FR-245) 熔融共混制备出溴-磷阻燃剂含量为 80% 的溴-磷阻燃剂母粒。将此母粒和透明 ABS (TTE-10S) 熔融共混制备出新型透明阻燃 ABS 材料。当

BDP:FR-245=2:8(质量比)、母粒质量分数为 25% 时,体系的极限氧指数 (LOI) 达到 30%,阻燃等级达到 UL 94 V-0 级,透明性保持率达到 50%,同时材料具有优异的力学性能和加工性。

无卤阻燃 ABS 复合材料 江苏理工学院^[3]采用酚醛树脂 (PF)、磷酸酯、硼酸锌或聚硅氧烷组成复合阻燃剂,与 ABS 通过熔融挤出混合制备无卤阻燃 ABS 复合材料。PF/磷酸酯复合成炭阻燃体系能有效提高 ABS 的阻燃性能;硼酸锌和聚硅氧烷对 ABS/PF/磷酸酯体系存在阻燃协同效应,提高成炭量;与聚硅氧烷相比,硼酸锌阻燃协同效果较好。

高光耐划伤 ABS 材料 株洲时代新材料科技股份有限公司^[4]通过熔融共混的方法制备了 ABS/聚碳酸酯 (PC)、ABS/聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 和 ABS/St-丙烯腈共聚物 (SAN) 等 3 种合金。其中,ABS/SAN 合金具有最佳的表面光泽度和刚性,同时具有良好的表面耐划伤性和冲击韧性。进一步探讨了光亮润滑剂 (TAF)、乙撑双硬脂酰胺及硅酮粉 3 种润滑剂对 ABS/SAN 合金表面光泽度和硬度的影响,发现添加 TAF 时具有最佳效果。

ABS/PCM-PET 合金 金发科技股份有限公司^[5]采

联系人:代芳

收稿日期:2014-02-10

用共混的方法制备了ABS/回收聚对苯二甲酸乙二酯(PET)(PCM-PET)合金材料。结果表明,用高冲击ABS替代中冲击ABS或加入共聚酯后合金的韧性提高明显;扩链剂可增加材料的强度,使断裂伸长率的增加较明显;将St接枝改性剂(S-g-M)加入ABS/PCM-PET合金中可使其缺口冲击强度从14.8 kJ/m²提升至19.5 kJ/m²。

ABS/PETG 共混物 福建农林大学^[6]通过熔融共混方法制备ABS/聚对苯二甲酸乙二醇酯-1,4-环己烷二甲醇酯(PETG)共混物。结果表明,ABS和PETG属于不相容体系,且当ABS质量分数为50%~60%时,ABS和PETG可形成双连续相结构,流变实验也证实了这个结论。ABS质量分数≤50%的共混物具有较高的储能模量、损耗模量和复合黏度,表明低ABS含量的共混物强度较高,韧性较差。

St-异戊二烯-丁二烯三元集成胶乳增韧ABS 大连理工大学等^[7]采用自由基乳液聚合方法,设计合成了新型三元集成胶乳(SIBL)以替代传统成本较高的聚丁二烯胶乳。将高温乳液法制备的SIBL进行附聚,再经过乳液接枝法制备高胶含量的ABS粉料,最后将ABS粉料与本体SAN掺混、熔融挤出、造粒,制备了低成本新型ABS。结果表明,采用自由基乳液聚合制备三元集成胶乳的方法可行,得到的增韧ABS综合性能优异,悬臂梁缺口冲击强度由139 J/m提高到233 J/m。

橡胶并用合成新型ABS材料 中国石油兰州化工研究中心^[8]采用连续本体聚合法,将聚异戊二烯和嵌段丁苯橡胶并用,合成一种新型ABS材料。同单用聚异戊二烯橡胶的ABS材料相比,两者的并用提高了ABS材料的冲击强度,改善了ABS材料的拉伸、弯曲性能,而且随着并用橡胶含量的增加,材料的力学性能不断提高,但过量的并用橡胶将导致拉伸强度和弯曲强度下降。

ABS/石墨烯复合体系 北京化工大学^[9]采用流变仪混炼法制备了ABS/石墨烯复合体系,并采用同样方法制备了ABS/可膨胀石墨(EG)复合体系。添加石墨烯后,复合体系的LOI由纯ABS树脂的21%上升到24.8%,且比相同含量的EG提高得更多;石墨烯质量分数为3%时,复合材料的拉伸强度、拉伸弹性模量由纯ABS的37.81和1123 MPa提高到40.84和1368 MPa。

1.2 PA

PA6/PEG嵌段共聚物 天津工业大学^[10]在己内酰胺水解开环聚合时分别采用己二酸(HDA)、癸二酸(DDA)、对苯二甲酸(TPA)和间苯二甲酸(IPA)作为封端剂来合成软段含量为10%的PA6/聚乙二醇(PEG)嵌段共聚物(PEEAs10树脂)。封端剂为TPA时,原料转化率最高,产物相对黏度最高;不同封端型PEEAs10的相容性均较好,均未出现明

显的相分离;IPA型PEEAs10的摩尔质量分布最窄,最均匀。HDA, DDA, TPA和IPA型PEEAs10的结晶度分别为26.52%, 24.82%, 31.87%和29.91%。

PA6T/1010共聚物 郑州大学^[11]以TPA、己二胺和DDA、癸二胺为原料合成了新型半芳香PA6T/1010共聚物。当PA6T质量分数大于40%时,PA6T/1010共聚物的结晶性能明显下降,熔融峰和结晶峰均消失;当PA6T质量分数为40%时,共聚物共熔点降至165℃;PA6T/1010共聚物的热降解过程为一步降解,热降解温度超过400℃。

耐高温PA6T共聚物 中山大学等^[12]采用预聚+固相增黏的方法合成了PA6T的共聚物,确定最佳的预聚条件为:预聚温度240℃、最终预聚物含水量为22.7%,最佳的固相增黏条件为:增黏温度为240℃、氮气流量0.20 mL/min。发现相对于PA66盐,己内酰胺的共聚能更大程度地降低聚合物的熔点和结晶温度。

半芳香共聚PA6T/6 南京工程学院^[13]先利用溶液共聚法将PA6T盐和己内酰胺进行预聚,然后利用固相聚合法合成了系列半芳香共聚PA6T/6。随着PA6T盐/己内酰胺物质的量之比增加,共聚物的熔点呈现先降低后增加的趋势。增加固相反应的温度与时间有利于共聚物特性黏度的增大,优化的工艺条件为190℃下固相反应3 h。

透明PA10I/11 中北大学等^[14]以癸二胺、间苯二甲酸和氨基十一酸为单体、水为溶剂,通过高温熔融缩聚合成了透明间苯二甲酰癸二胺-氨基十一酸共聚PA(PA10I/11)。结果表明,在215~230℃,该熔体为假塑性流体,非牛顿指数小于1,表观黏度随温度的提高剪切速率和剪切应力的增大而降低,随剪切应力的提高,其粘流活化能降低,熔体流变特性受温度的影响较小,易成型加工。

PP-g-(MAH-co-St)增容PA6/PP共混物 河南科技学院^[15]以MAH, St多单体熔融接枝聚丙烯(PP)[PP-g-(MAH-co-St)]为增容剂,制备了PA6/PP/PP-g-(MAH-co-St)共混物。加入一定量的PP-g-(MAH-co-St)能有效改善PA6与PP间的相容性,提高共混物的力学性能。

反应挤出PA6/SEBS原位合金 江苏科技大学^[16]以己内酰胺和MAH接枝氢化St-丁二烯嵌段共聚物(SEBS)(SEBS-g-MAH)为原料,通过反应挤出己内酰胺阴离子开环聚合法制备PA6/SEBS原位合金。结果表明,合金制备过程中原位生成了SEBS-g-PA6增容物;随着SEBS-g-MAH含量的增加,聚合速率延缓,单体含量略有增加;扫描电子显微镜发现SEBS-g-PA6起到了很好的增容作用,断裂伸长率和缺口冲击强度分别是纯PA6的7倍和2.4倍。

PA6/ABS合金 中山赛特工程塑料有限公司^[17]采用ABS-g-MAH, MAH接枝乙烯-辛烯无规共聚物(POE)

(POE-g-MAH)和St-MAH共聚物为增容剂,制得PA6/ABS合金。研究表明,ABS-g-MAH为PA6/ABS合金的最佳增容剂,且质量分数为20%时合金的缺口冲击强度最高;采用ABS-g-MAH和POE-g-MAH复合增容增韧可得到力学性能优越的PA6/ABS合金。

PA6/EPDM-g-MAH/PE-HD三元共混物 四川大学^[18]制备了PA6/MAH接枝三元乙丙橡胶(EPDM)(EPDM-g-MAH)/高密度聚乙烯(PE-HD)三元共混物。与PA6/EPDM-g-MAH二元共混物相比,该三元共混物的力学性能得到较大改善,EPDM-g-MAH质量分数为15%时,其缺口冲击强度达85.83 kJ/m²,是纯PA6的9倍,是同等橡胶含量的PA6/EPDM-g-MAH二元共混物的2倍。

PA66/PPE-g-MAH共混物 长春理工大学等^[19]将MAH接枝聚苯醚(PPE)(PPE-g-MAH)与PA66通过熔融挤出制备了PA66/PPE-g-MAH共混物。发现随PPE-g-MAH含量的增加,共混物的吸水率降低,分散相粒子更加细小、均匀。与质量比70/30的PA66/PPE共混物比,相同质量比的PA66/PPE-g-MAH的拉伸强度和冲击强度分别是其1.3倍和1.2倍。其复合黏度和储能模量均大于PA66/PPE, PPE-g-MAH与PA66具有良好的相容性。

PA6/PBA/PMMA-ITA共混物 贵州大学^[20]采用乳液聚合合法合成聚丙烯酸丁酯(PBA),PMMA/衣康酸(ITA),PBA/P(MMA-ITA)等粒子,并将其与PA6按不同比例共混挤出。PBA/P(MMA-ITA)粒子增韧增强效果比其它粒子好,共混物冲击强度和拉伸强度分别提高214.3%和15.4%。

高分散型三聚氰胺氰尿酸阻燃PA66 四川大学高分子研究所等^[21]采用自行合成的高分散型三聚氰胺氰尿酸(MCA)(FS-MCA)阻燃PA66。当FS-MCA质量分数为10%时,FS-MCA阻燃PA66材料的阻燃等级达到UL 94 V-0级(1.6 mm),且其拉伸强度、断裂伸长率和缺口冲击强度分别达到80.6 MPa,11.4%和7.9 kJ/m²,其阻燃和力学性能均明显优于现有商品化MCA阻燃PA66体系。

PA66的扩链改性 广州合成材料研究院有限公司^[22]采用含双环氧基团的扩链剂,用熔融反应挤出的方法对PA66进行扩链改性,扩链改性后PA66的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度均比纯PA66有明显的提高;随着扩链剂用量的增加,平衡扭矩和消耗能量逐渐增大,表明扩链剂对PA66有明显的扩链效果。

核-壳结构硅橡胶增韧增强无卤阻燃PA66/GF复合材料 上海交通大学^[23]以PA66为基体树脂,核-壳结构硅橡胶为增韧剂,圆形玻璃纤维(GF)和扁平GF为增强材料,无卤阻燃剂为阻燃材料,制备了无卤阻燃PA66/GF复合材料。随着硅橡胶含量的增加,复合材料的缺口冲击强度增

加;在相同硅橡胶含量下,含扁平GF的复合材料的韧性比含圆形GF的好;当硅的质量分数为6%时,复合材料的综合性能最好,与未增韧的复合材料相比,缺口冲击强度提高了10%左右,力学性能保持在85%以上,同时阻燃等级可保持在UL 94 V-0级。

高光滑高含量GF增强PA66 中煤科工集团重庆研究院^[24]在双螺杆挤出机中,采用熔融法制备了高含量GF增强PA66复合材料。当PA66,GF,滑石粉及其它助剂质量分数分别为37%,50%,10%和3%时,复合材料的拉伸强度为175 MPa,悬臂梁冲击强度为41 kJ/m²,弯曲弹性模量为11.2 GPa;生产加工顺利,且表面光滑无“浮纤”。

PA6/阻燃型LGF复合材料 贵州大学^[25]利用溴化环氧树脂(EP)(BER)协同三氧化二锑(Sb₂O₃)制备新型卤素阻燃长GF增强PA6复合材料。当BER与Sb₂O₃的协效阻燃体系质量分数为12%时,可使复合材料的阻燃等级达到FV-0级,LOI为23.9%,且力学性能表现为最佳。BER协同Sb₂O₃能提高PA6/FR/LGF复合材料的热稳定性,缓解PA6分解速率,从而起到良好的阻燃作用,成功地解决了GF增强复合材料燃烧时的“烛芯效应”问题。

GF增强PA46基复合材料 惠州市华聚塑化科技有限公司^[26]采用熔融共混方法,制备了低吸湿、湿态下高耐无铅锡焊性能的PA46基复合材料,研究了PPE,GF,SEBS-g-MAH的用量对复合材料性能的影响。结果表明,当SEBS-g-MAH的质量分数为2%,PPE质量分数为10%,GF质量分数为30%时,复合材料的吸水率为1.79%,湿态耐无铅锡焊性能达到290℃,10 s,同时具有良好的力学性能。

连续长铝纤维增强高温PA复合材料 上海日之升新技术发展有限公司^[27]采用自行设计的连续纤维/热塑性树脂浸润模具,用熔融浸渍法制备了连续长铝纤维增强高温PA复合材料。当铝纤维质量分数为30%、增容剂质量分数为12%、浸渍模具温度为320℃、牵引速率为2.5 m/min时,制备的连续长铝纤维增强高温PA复合材料的力学性能较好,可满足客户的使用要求,复合材料的产量为500 kg/h。

PA6/CaCl₂/POE-g-MAH复合材料 贵州大学^[28]采用一步熔融挤出工艺制备PA6/CaCl₂/POE-g-MAH复合材料。当POE-g-MAH的质量分数为25%时,PA6/CaCl₂/POE-g-MAH复合材料的冲击强度达到75.2 kJ/m²,比PA6/CaCl₂(7.4 kJ/m²)提高了10.2倍。

PA6/EP/CaCl₂复合材料 贵州大学^[29]采用熔融挤出的方法,制备PA6/EP/CaCl₂复合材料。随着EP含量的增加,PA6/EP/CaCl₂复合材料熔融温度及结晶度逐渐降低。适量的EP对PA6起到很好的扩链作用,使得复合材料的多项性能均大幅度提高。复合材料的透光率随EP的增加

略有降低,EP含量为9份时透光率仍能达到60.6%,透明性良好。

液体润滑剂改性 MCPA6 复合材料 中南大学^[30]研究了液体石蜡和H201甲基硅油两种液体润滑剂对浇铸PA6(MCPA6)的力学性能及摩擦磨损性能的影响。结果表明,液体石蜡和H201甲基硅油均能明显改善MCPA6复合材料的摩擦磨损性能,且液体石蜡改善效果更佳。当液体石蜡质量分数为9%时,MCPA6复合材料摩擦系数低达0.037,磨损率低达 $0.193 \times 10^{-5} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$,分别比纯MCPA6降低了84%和96%;复合材料的断裂伸长率和冲击强度均得到提高。

1.3 PC

新型增韧剂增韧PC 辽宁大学等^[31]采用不同种类增韧剂对PC进行增韧研究。随新型双官能化增韧剂KT-30用量的增加,PC的冲击强度显著提高,熔体流动性和弯曲性能下降较少,而且耐应力开裂性提高;KT-30在PC中有很好的分散性,可直接注塑加工;当KT-30质量分数为5%时,增韧PC的冲击强度约为纯PC的5倍,达到 40.8 kJ/m^2 。

硫酸钙晶须改性PC/ABS合金材料 西南科技大学^[32]以硫酸钙晶须(CSW)、硅烷偶联剂为改性剂,通过熔融挤出法制备了PC/ABS/CSW合金材料。改性后的CSW在PC/ABS基体中分散均匀,PC/ABS基体的拉伸强度提高了17.3%,冲击强度提高了10.3%,同时,其耐应力开裂性能也有很大提高。

星形PS改性PC 常州大学^[33]为改善PC的加工性能,以原子转移自由基聚合(ATRP)合成的四臂星形支化聚苯乙烯(PS)(SBPS)为改性剂,制备了PC/SBPS共混物,并与PC/线型PS(LPS)共混物进行了对比。结果表明,在PC中加入质量分数为0.1%和0.4%的SBPS后,可使PC的熔体黏度最多降低40.1%和54.9%,显著改善了PC的加工流动性,而PC/LPS共混物的熔体黏度最多只降低了13.2%。

PC/ABS合金 清华大学^[34]制备了不同含胶量和AN含量的掺混型ABS,并将其与PC进行熔融共混得到PC/ABS(70/30)合金。当AN含量固定时,含胶量为6.3%的PC/ABS合金表现出最好的拉伸性能。而AN含量的增加,使得PC/ABS合金的拉伸强度有所提高,含胶量对合金结构与性能的影响更为显著,且基本规律不因AN含量的变化而发生根本性改变;PC/ABS合金拉伸性能对合金中的PC分子量依赖性显著,分子量从 1.5×10^4 增加为 2.5×10^4 时,其拉伸强度和断裂伸长率分别提高35%和98%。

PC基光扩散材料 北方材料科学与工程研究院余姚所^[35]以PC为基材,丙烯酸类和有机硅类树脂作光扩散剂,制备了PC基光扩散材料。结果表明,光扩散剂的粒径在一定

范围内对材料的雾度有影响,粒径大的其雾度稍高。添加质量分数为0.3%的有机硅类光扩散剂C时,材料的有效光扩散系数达到76.7%,透光率为80.8%,雾度为94.9%,具有很好的实际应用价值。

PC/ABS/聚环氧化物 北京化工大学^[36]以双酚A型EP和己二酸合成了聚环氧化物,将其作为相容剂加入PC/ABS合金中。聚环氧化物与PC具有良好的相容性,而由于PS-g-MAH与ABS的相容性也较好,因而两者复合使用可显著改善合金的相容性。聚环氧化物明显提高PC/ABS合金的拉伸强度和缺口冲击强度,但过量加入会降低合金的冲击强度。

1.4 POM

POM/可反应性纳米SiO₂复合材料 河南大学等^[37-38]采用熔融共混法制备了聚甲醛(POM)/可反应性纳米SiO₂(RNS)复合材料,发现RNS在POM结晶过程中起到了异相成核作用,结晶速率常数K增大,半结晶时间 $t_{1/2}$ 降低,表面自由能下降,Avrami指数n有所降低,说明RNS改变了POM的结晶和生长过程。添加5%RNS的POM复合材料起始分解温度提高了32℃,用FOW法和Friedman法计算其分解过程的表现活化能均高于POM,这说明RNS与POM之间存在着较强的相互作用,RNS既是POM的成核剂又是热稳定剂。

耐磨消音POM复合材料 北京旭阳化工技术研究院有限公司^[39]在POM中添加由主润滑剂、助润滑剂、消音剂、减磨剂及相关助剂组成的复合润滑体系,采用共混改性方法制备了耐磨消音POM复合材料。结果表明,耐磨消音POM复合材料耐磨性好,摩擦系数只有纯POM的1/3,比磨损率只有纯POM的48%,极限PV值比纯POM提高了40%;耐磨消音POM复合材料在摩擦试验中全程无噪音产生,摩擦性能在半年测试时间内很稳定;耐磨消音POM复合材料还具有良好的外观及力学性能,成型加工性能优良。

煤基共聚POM增韧改性 神华宁夏煤业集团^[40]研究了不同增韧剂对煤基共聚POM的增韧效果。结果表明,随着热塑性聚氨酯(PUR-T)含量的增加,共聚POM的韧性明显提高;增容剂A的加入能提高改性共聚POM的韧性并保持其强度。

POM/PUR-T共混合金 天津科技大学^[41]采用熔融共混法制备了POM/PUR-T共混合金。该共混合金呈两相形态,POM与PUR-T相之间具有部分相容性,PUR-T没有改变共混合金中POM的晶型结构及结晶度,但降低了POM晶体的完善性。

1.5 饱和聚酯

PET/POE共混物 长春工业大学等^[42]采用三羟甲基

丙烷三丙烯酸酯(TMPTA)作为强化交联剂,加入PET/POE体系中进行共混辐照并观察共混物性能上的变化。结果表明,当TMPTA质量分数为1%时,共混物的冲击性能达到了纯PET的3倍;当TMPTA质量分数为3%时,其冲击强度能达到纯PET的2.5倍。

PBT/EPDM-g-MAH/纳米CaCO₃复合材料 南通职业大学^[43]采用螺杆剪切力引发官能化方法和引发剂与高剪切力共同作用的复合引发方法制备了EPDM-g-MAH,然后采用两步法制备了聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)/EPDM-g-MAH/纳米CaCO₃复合材料,发现复合引发法制备的接枝物对复合材料具有较强的增韧作用,可使PBT/EPDM-g-MAH/纳米CaCO₃复合材料的缺口冲击强度提高明显。

高强耐磨PBT/PET合金 株洲时代新材料科技股份有限公司^[44]通过加入增容剂甲基丙烯酸环氧丙酯(GMA)接枝POE(POE-g-GMA)及钛酸钾偶联剂活化处理的钛酸钾晶须(PTW),制得了一种高强耐磨PBT/PET合金。当PBT/PET/POE-g-GMA/PTW/其它加工助剂质量比为41/41/6/10/2时,可制得综合性能优良的高强耐磨合金材料,其冲击强度8.4 kJ/m²,拉伸强度61.2 MPa,弯曲强度81.5 MPa,摩擦系数0.13。

PBT/ABS反应增容体系 福建师范大学^[45]以MMA-甲基丙烯酸缩水甘油酯-丙烯酸乙酯三元共聚物(MGE)为增容剂对PBT/ABS共混体系增容。随着MGE用量的增加,共混体系中分散相的粒径逐渐减小,且分散更均匀;同时,随着MGE用量的增加,体系黏度不断增加,低频模量随频率的变化趋势逐渐减小,并出现了“第二平台”。这说明了体系中两相的界面处生成了对体系具有明显增容作用的第三相(PBT-g-MGE共聚物)。

PBS/POSS纳米复合材料 大连理工大学^[46]通过溶液复合制备聚丁二酸丁二酯(PBS)/氨基笼型低聚倍半硅氧烷(POSS)纳米复合材料。POSS提高了PBS的拉伸弹性模量和储能模量,增强效果不显著,降低了PBS的断裂伸长率,提高了PBS的T_g,POSS分解温度低于PBS,但不影响PBS的热稳定性。

PPC/EVOH/粘土复合材料 深圳市通产丽星股份有限公司^[47]采用熔融共混法制备了聚甲基乙撑碳酸酯(PPC)/粘土和PPC/乙烯-乙醇共聚物(EVOH)/粘土纳米复合材料。当PPC相对分子质量较高时,PPC/粘土纳米复合材料的复数黏度、储能模量和损耗模量也较高;随着粘土和PP-g-MAH的添加,PPC/EVOH/粘土复合材料的复数黏度和损耗模量明显增加,PP-g-MAH的加入使PPC, EVOH和粘土之间的界面作用力增强,改善了PPC与EVOH的相容性,提高了PPC/EVOH/粘土复合材料的阻氧性能。

MAH和FA改性PBS 陕西科技大学^[48]在聚丁二酸丁二酯(PBS)分子主链中添加带有不饱和键的MAH和FA单体,得到了含有不饱和键的,具有顺、反结构的PBS基共聚物。随着MAH和FA含量的增加,两种改性后的PBS基共聚物的晶粒尺寸减小;T_g都有所降低;共聚物的热稳定性略有降低,但高于300℃,仍具有良好的热稳定性;共聚物的断裂伸长率明显提高。

PET与PLA的相互部分取代 上海工程技术大学^[49]采用熔融共混方法制备了不同组成的PET与聚乳酸(PLA)的共混物,研究了PET和PLA相互部分取代的可行性。当PLA质量分数为20%时,共混物的拉伸强度、断裂伸长率和冲击强度比纯PET分别提高26.1%,41.7%和111.7%;PET质量分数为20%时,共混物的拉伸强度和冲击强度比纯PLA分别提高152.6%和36.6%。PET和PLA在一定程度上能相互改善对方的力学性能,可相互部分取代。

不同反应基团接枝POE增韧PET 长春工业大学^[50]采用熔融接枝法在POE上分别接枝3种不同的反应性单体MAH,丙烯酸(AA),GMA,制备了POE-g-GMA, POE-g-MAH, POE-g-AA,考察了这3种不同反应基团接枝的POE对PET的增韧效果。结果表明, PET/POE-g-GMA共混物的冲击强度、相容性明显高于PET/POE-g-AA与PET/POE-g-MAH共混物,熔体流动速率明显降低。POE-g-AA与POE-g-MAH不能有效增韧PET,而POE-g-GMA是PET的有效增韧剂。

PET/大分子环氧扩链剂共混物 长春工业大学^[51]采用连续自由基聚合法合成的大分子环氧扩链剂PMMA-co-GMA作为PET的改性剂,考察了大分子环氧扩链剂的用量及聚合度对PET流变性能和结晶性能的影响。结果表明,随着扩链剂用量及聚合度的增加,PET共混物的扭矩和温度都明显提高,到达最大扭矩及温度的时间均提前;大分子环氧扩链剂的引入使PET共混物的结晶温度降低,结晶峰峰值降低,峰面积减小,结晶度降低。

不同扩链剂改性PBS 陕西科技大学^[52]通过熔融溶液相结合的方法合成PBS预聚物。用异佛尔酮二异氰酸酯(IPDI)、六亚甲基-1,6-二异氰酸酯(HDI)和丁二酰氯(SUC)对PBS预聚体进行扩链改性。结果表明, PBS扩链后摩尔质量均有显著提高,摩尔质量分布均小于扩链前,且断裂伸长率等力学性能和热分解温度等热性能也都有明显改善。但用不同扩链剂扩链后, PBS降解性能有较大区别。

r-PET/OBC/OBC-g-(GMA-co-St)共混材料 福建师范大学^[53]以自制的GMA/St熔融接枝乙烯-辛烯嵌段共聚物(OBC),得到增容剂OBC-g-(GMA-co-St),以回收PET(r-PET)为基体材料,OBC为增韧材料,通过双螺杆挤出、

注塑等工艺制备了 r-PET/OBC/OBC-g-(GMA-co-St) 共混材料。在 OBC-g-(GMA-co-St) 用量为 1.5% 的共混材料中, OBC 球状粒子嵌入了 r-PET 基体中, 两者界面粘结力增强。与纯 r-PET 相比, 该共混材料的断裂伸长率和缺口冲击强度分别提高了 260.97% 和 119.64%。

共混型 PET 光扩散膜 西南科技大学^[54] 通过共混法在 PET 中添加光扩散剂制备 PET 光扩散膜, 发现光扩散剂颗粒折射率对光扩散效果的影响较小, 而颗粒粒径的影响较大, 与理论计算结果相吻合。制备的 PET 光扩散膜透光率为 85.3%、雾度为 90.86%。

熔体静电纺 PET 复合过滤材料 江南大学^[55] 采用熔体静电纺技术, 在传统 PET 非织造基材表面构建超细纤维膜, 制备熔体静电纺 PET 复合过滤材料。熔体静电纺 PET 超细纤维层良好贴附于非织造基材表层, 其具有一定的结晶度, 结晶能力和晶体的完整性均高于 PET 母料; 随着复合时间的增加, 复合过滤材料的过滤性能显著提高, 复合 12 min 后对粒径 2 μm 以上粒子的过滤效率达到 90% 以上。

PEF 的合成 中国科学院长春应用化学研究所^[56] 以 2, 5- 呋喃二甲酸和乙二醇为原料, 草酸亚锡为催化剂, 通过直接酯化法合成了线性高分子量聚 2, 5- 呋喃二甲酸乙二醇酯 (PEF)。该聚酯的 T_g 为 84℃, 熔点为 211℃, 起始热分解温度高于 370℃, 具有良好的热稳定性。

1.6 PPE

CF 增强 PPE/PA6 共混物 盐城工学院等^[57] 通过熔融挤出制备 PPE-g-MAH 作为 PPE/PA6 共混物的相容剂, 再与 SEBS、碳纤维 (CF) 共混制备 PPE/PA6/PPE-g-MAH/SEBS/CF 复合材料。PPE-g-MAH 能起到较好的增容效果, 提高 PPE 与 PA6 的界面相容性, 限制聚合物分子链运动, 使其黏度变大; CF 的加入, 在一定程度上提高了 PA6 的 T_g , PPE/PA6 共混物的力学性能提高; 与 GF 相比较, CF 能够更好地被基体树脂包覆, 制得的共混物性能更优。

PPE/PA6 合金 贵阳职业技术学院^[58] 采用共混改性方法制备综合性能优异的 PPE/PA6 合金, 发现 SEBS 不仅可提高 PPE/PA6 合金体系的相容性, 且能起到增韧作用。

2 特种工程塑料

2.1 PPS

BF 增强 PPS 复合材料 西京学院^[59] 使用玄武岩纤维 (BF) 作为增强体制备了 BF 增强 PPS 复合材料。引入 BF 能有效地提高了 PPS/BF 复合材料的摩擦磨损性能, 复合材料的摩擦系数随 BF 体积分数的增加逐渐提高, 随载荷的增加逐渐降低, 但磨损率增大。

EP 反应改性 PPS/PA66 合金 四川大学^[60] 通过反应性挤出成功制备了 PPS/EP 和 PPS/PA66/EP 合金。在

PPS/EP 合金中, EP 的加入会使 PPS 发生扩链反应, 提高了其力学和流变性能, 扩大了其加工和适用范围。在 PPS/PA66/EP 合金中, 低含量 EP 的加入, 会使 PPS 发生扩链反应, 提高了合金的拉伸和冲击性能。

PPS/PAI/CF 复合材料 大连工业大学^[61] 采用模压成型法制备 PPS/聚酰胺酰亚胺 (PAI) 合金及其 CF 改性复合材料。当 PPS/PAI 质量比为 40/60 时, PPS/PAI 合金的力学性能最优; 当 CF 质量分数为 30% 时, PPS/PAI/CF 复合材料的摩擦系数和磨损量较 PPS/PAI 分别下降了 66% 和 90%。

2.2 PEEK

PEEK 抗静电复合材料 大连工业大学^[62] 制备了 PEEK/炭黑 (CB) 及 PEEK/CF 抗静电复合材料。结果表明, 在 PEEK/CB 复合材料中, CB 渗滤区含量为 3%~5%, 较低的 CB 含量确保了复合材料优异的力学性能; 在 PEEK/CF 复合材料中, CF 渗滤区含量为 15%~20%; CB 在 PEEK 基体中达到纳米级分散, 形成空间导电网络结构, 这种结构提高了复合材料的抗静电性能。大连路阳科技开发有限公司^[63] 综合 PEEK/CB 复合材料与 PEEK/CF 复合材料的优点, 制备了表面电阻率均匀、电阻率容易控制、力学性能良好的 PEEK/CB/CF 抗静电复合材料。

可交联超支化 PEEK 吉林化工学院^[64] 通过 DSC 和 TG 研究了所合成的氟封端的超支化 PEEK (HPDEEK-F) 和苯乙炔封端的 PEEK (HPDEEK-PEP) 的热性能。结果表明, HPDEEK-F 中甲基在氧气条件下可以交联, 但交联程度低, HPDEEK-PEP 主要是炔基的交联, 自交联程度高, 甲基交联被包埋, 交联后 T_g 提高了 115℃, 与线型聚合物交联后的 T_g 相比提高得更多。HPDEEK-PEP 经 310℃ 热处理 1 h 后, 5% 和 10% 热失重温度分别由热处理前的 437 和 480℃ 变为 473℃ 和 503℃, 热稳定性增强, 同时交联后耐溶剂性增强。

PEEK/HA 生物复合材料 深圳大学^[65] 在合成 PEEK 的基础上, 采用原位聚合法制备了纳米羟基磷灰石 (HA) 质量分数分别为 10%、20% 和 30% 的 PEEK/HA 复合材料。纳米 HA 在 PEEK/HA 复合材料中可起成核剂作用, 能降低 PEEK 结晶活化能, 在加入质量分数为 20% 的纳米 HA 时, 复合材料的结晶活化能最低, 结晶效果最好。

2.3 聚醚砜类

三苯胺基聚醚砜 中国工程物理研究院等^[66] 以钨催化反应得到的 4,4'-二甲氧基三苯胺为原料, 用 $\text{BBr}_3/\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 脱去甲基, 得到中间产物 4,4'-二羟基三苯胺; 再以吡咯烷酮为溶剂, 在无水碳酸钾的催化下, 通过 4,4'-二羟基三苯胺与双(四氟苯基)砜的亲核反应, 合成三苯胺基聚醚砜 (TPA-PEES) 发光材料。该聚合物具有较高的

T_g ($>200^\circ\text{C}$),良好的热稳定性(热分解温度 $>400^\circ\text{C}$)。另外,所制备的聚合物在二甲基甲酰胺(DMF)中的UV-vis最大吸收波长为305 nm,最大荧光发射波长为426 nm和523 nm。

PASS/PPS合金 四川大学^[67]将聚芳硫醚砜(PASS)和PPS按照不同的比例通过熔融共混制备高性能合金材料。在实验范围内,随着合金中PPS含量的增加,合金的加工流动性得到明显改善,当PPS的质量分数为50%时,PASS/PPS合金的熔融加工温度最低,凝胶点降至 270°C 。

2.4 氟塑料

PTFE/POB共混物 西北工业大学^[68]探讨了聚苯酯(POB)含量对聚四氟乙烯(PTFE)/POB共混物蠕变性能和结晶性能的影响。结果表明,随着POB含量的增加,共混物的耐蠕变性能呈现先增大后减小的趋势;加入POB后,共混物结晶度增大,在POB质量分数为20%时出现峰值,结晶速率随POB含量的增加而增大。

PTFE/PEEK/纳微多级孔ACF复合材料 东北石油大学^[69]采用模压-滤取和高温真空熔渍工艺及纳微多尺度协同设计制备了PTFE/PEEK/自身发汗式多级孔活性CF(ACF)复合材料。当介孔ACF总质量分数为8%、NaCl总质量分数为30%时,所得PTFE/PEEK/多级孔ACF复合材料摩擦系数和磨损率最低,载荷为200 N时,摩擦系数、磨损率分别为 0.0259 、 $5.26 \times 10^{-16} \text{ m}^3/\text{N} \cdot \text{m}$,较经典CF增强PEEK复合材料摩擦系数减少86%,耐磨性提高了16倍。

PVDF/石墨烯/CF导电复合材料 吉林大学^[70]通过共溶剂的方法制备了聚偏氟乙烯(PVDF)/石墨烯/CF导电复合材料。CF的氧化处理更有利于提高复合材料的电导率,提高了近3个量级。CF的氧化处理与石墨烯复合产生了明显的正温度系数效应,消除了负温度系数效应。

熔融模压制备PVDF/石墨烯复合材料 中国科学院宁波材料技术与工程研究所^[71]以PVDF树脂为基体、石墨烯为填料,通过高速混合机混合作用,并经分散剂、润湿剂等组分协同作用,使石墨烯在PVDF中分散均匀,然后经熔融模压成型,制得PVDF/石墨烯复合材料。结果表明,采用的助剂体系和高速混合、熔融模压的制备方法能使石墨烯以微片的形态均匀地分散在PVDF树脂基体中,形成良好的功能网络结构;当石墨烯质量分数达到2.0%左右时,复合材料的介电和导电特性均发生突变,向高介电、高导电材料转变,而当石墨烯质量分数达到5.0%左右时,复合材料开始向高导热材料转变。

PVDF/Surlyn/PMMA共混物 常州大学^[72]采用PMMA和乙烯-甲基丙烯酸共聚盐树脂(Surlyn)与PVDF进行熔融共混,制备了PVDF/Surlyn/PMMA三元共混物。

结果表明,PMMA与PVDF有很好的相容性,且在一定程度上降低了共混物的结晶度与熔融温度,有利于PVDF的塑化加工,同时导致PVDF的 β 相的形成。Surlyn的加入使得共混物分解温度比PVDF/PMMA提高,改善了共混物的热稳定性,提高了耐候性,但共混体系的结晶度没有明显的改变。

PVDF/PVC自洁共混膜 安徽农业大学^[73]以PVDF/聚氯乙烯(PVC)共混膜为对象,基于“荷叶效应”原理,用KOH的乙醇溶液对PVDF/PVC共混膜进行亲水改性,然后化学浴沉积烷基氯硅烷,在膜表面构造微纳米结构,制得具有超疏水能力的PVDF/PVC共混膜。亲水改性的最佳工艺条件为:KOH的浓度为5%、反应时间为9 min、反应温度为 45°C ;化学浴沉积后的PVDF/PVC共混膜接触角可达 153° ,滚动角小于 1° ,具有良好的防污自洁性能。

3 其它

TLCP/PF/GO混杂复合材料 桂林理工大学^[74]采用熔融挤出法将热致性液晶聚合物(TLCP)与PF熔融挤出,分别加入改良Hummers法制备的氧化石墨烯(GO)、硅烷偶联剂改性GO(KH550-GO, KH560-GO),制备了TLCP/PF/GO混杂复合材料。硅烷偶联剂处理的GO能一定程度提高复合材料的摩擦磨损性能和力学性能,特别是TLCP/PF/KH560-GO混杂复合材料的摩擦系数稳定,在150和 250°C 下的体积磨损率分别降低了20.6%和23.1%,材料的冲击强度提高了18.6%。

PANI/PVC复合物 安阳工学院^[75]将PVC和苯胺单体置于同一体系中,在乳化剂存在的条件下,分别于不同温度下以过硫酸铵(APS)为氧化剂氧化苯胺聚合,合成了聚苯胺(PANI)/PVC复合物,以产率和电导率为基准,确定了聚合反应的最佳工艺为:PANI/PVC质量比=2/1,反应温度为 28°C ,反应时间22 h。PANI与PVC相容性良好。

参考文献

- [1] 汪炉林,等.工程塑料应用,2013,41(11):25-30.
Wang Luling, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):25-30.
- [2] 汪炉林,等.塑料科技,2013,41(9):37-41.
Wang Luling, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(9):37-41.
- [3] 周健,等.工程塑料应用,2013,41(1):9-12.
Zhou Jian, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):9-12.
- [4] 黄彩霞,等.塑料工业,2013(4):26-28.
Huang Caixia, et al. China Plastics Industry, 2013(4):26-28.
- [5] 郭涛,等.塑料工业,2013,41(2):51-53.
Guo Tao, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(2):51-53.
- [6] 宋剑斌,等.塑料工业,2013(5):101-104.
Song Jianbin, et al. China Plastics Industry, 2013(5):101-104.
- [7] 尹国强,等.中国塑料,2013,27(8):27-31.

- Yin Guoqiang, et al. China Plastics, 2013, 27(8):27-31.
- [8] 李晶,等. 塑料科技, 2013, 41(1):69-72.
Li Jing, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(1):69-72.
- [9] 张丽,等. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(5):63-66.
Zhang Li, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(5):63-66.
- [10] 刘艳丽,等. 塑料工业, 2013, 41(2):20-23.
Liu Yanli, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(2):20-23.
- [11] 张洁,等. 塑料科技, 2013, 41(2):63-66.
Zhang Jie, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(2):63-66.
- [12] 张传辉,等. 工程塑料应用, 2013, 41(5):14-20.
Zhang Chuanhui, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):14-20.
- [13] 张春祥,等. 工程塑料应用, 2013, 41(10):13-16.
Zhan Chunxiang, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(10):13-16.
- [14] 孙并臻,等. 塑料科技, 2013, 41(11):38-41.
Sun Bingzhen, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(11):38-41.
- [15] 张甲敏,等. 工程塑料应用, 2013, 41(12):40-43.
Zhang Jiamin, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):40-43.
- [16] 黄明越,等. 塑料工业, 2013, 41(3):30-34.
Huang Mingyue, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(3):30-34.
- [17] 刘志林,等. 塑料工业, 2013, 41(4):23-25.
Liu Zhilin, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(4):23-25.
- [18] 王伟,等. 合成树脂及塑料, 2013(3):1-4.
Wang Wei, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013(3):1-4.
- [19] 李文斐,等. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(11):132-135.
Li Wenwen, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(11):132-135.
- [20] 梅文杰,等. 现代塑料加工应用, 2013, 25(5):19-22.
Mei Wenjie, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2013, 25(5):19-22.
- [21] 刘鹏举,等. 工程塑料应用, 2013, 41(3):11-15.
Liu Pengju, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(3):11-15.
- [22] 王飞,等. 塑料工业, 2013, 41(8):38-40.
Wang Fei, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(8):38-40.
- [23] 王成,等. 中国塑料, 2013, 27(3):25-30.
Wang Cheng, et al. China Plastics, 2013, 27(3):25-30.
- [24] 梁全才,等. 工程塑料应用, 2013, 41(12):36-39.
Liang Quancai, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):36-39.
- [25] 左晓玲,等. 塑料工业, 2013, 41(6):103-108.
Zuo Xiaoling, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(6):103-108.
- [26] 冉进成,等. 工程塑料应用, 2013, 41(2):16-19.
Ran Jincheng, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):16-19.
- [27] 杨涛,等. 工程塑料应用, 2013, 41(8):39-41.
Yang Tao, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(8):39-41.
- [28] 刘典新,等. 工程塑料应用, 2013, 41(11):31-34.
Liu Dianxin, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):31-34.
- [29] 甘华华,等. 塑料工业, 2013, 41(3):60-63.
Gan Huahua, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(3):60-63.
- [30] 喻敏,等. 工程塑料应用, 2013, 41(10):8-12.
Yu Min, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(10):8-12.
- [31] 赵静,等. 中国塑料, 2013, 27(8):38-41.
Zhao Jing, et al. China Plastics, 2013, 27(8):38-41.
- [32] 谢长琼,等. 塑料科技, 2013, 41(7):57-60.
Xie Changqiong, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(7):57-60.
- [33] 李少杰,等. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(8):84-87.
Li Shaojie, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(8):84-87.
- [34] 张雯,等. 高分子学报, 2013(10):1298-1303.
Zhang Wen, et al. Acta Polymerica Sinica, 2013(10):1298-1303.
- [35] 赵黎冲,等. 工程塑料应用, 2013, 41(5):29-33.
Zhao Yunchong, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):29-32.
- [36] 黄丽,等. 中国塑料, 2013, 27(10):18-22.
Huang Li, et al. China Plastics, 2013, 27(10):18-22.
- [37] 张予东,等. 中国塑料, 2013, 27(2):45-50.
Zhang Yudong, et al. China Plastics, 2013, 27(2):45-50.
- [38] 张予东,等. 中国塑料, 2013, 27(5):49-55.
Zhang Yudong, et al. China Plastics, 2013, 27(5):49-55.
- [39] 冯清正,等. 工程塑料应用, 2013, 41(7):21-25.
Feng Qingzheng, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):21-25.
- [40] 申宏鹏,等. 工程塑料应用, 2013, 41(11):35-38.
Shen Hongpeng, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):35-38.
- [41] 李树材,等. 塑料科技, 2013, 41(12):34-37.
Li Shucui, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(12):34-37.
- [42] 王玉梅,等. 中国塑料, 2013, 27(4):38-41.
Wang Yumei, et al. China Plastics, 2013, 27(4):38-41.
- [43] 夏胜利,等. 塑料科技, 2013, 41(12):52-56.
Xia Shengli, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(12):52-56.
- [44] 张志军,等. 塑料工业, 2013, 41(7):40-43.
Zhang Zhijun, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(7):40-43.

- [45] 刘晶晶,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(2):111-115.
Liu Jingjing, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013,29(2):111-115.
- [46] 魏志勇,等. 高分子学报,2013(10):1 253-1 259.
Wei Zhiyong, et al. Acta Polymerica Sinica,2013(10):1 253-1 259.
- [47] 陈寿,等. 中国塑料,2013,27(9):76-80.
Chen Shou, et al. China Plastics,2013,27(9):76-80.
- [48] 张敏,等. 工程塑料应用,2013,41(1):13-17.
Zhang Min, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(1):13-17.
- [49] 杨秋杰,等. 工程塑料应用,2013,41(9):19-23.
Yang Qiujie, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(9):19-23.
- [50] 刘世纯,等. 工程塑料应用,2013,41(10):34-37.
Liu Shichun, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(10):34-37.
- [51] 刘世纯,等. 工程塑料应用,2013,41(11):9-13.
Liu Shichun, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(11):9-13.
- [52] 张昌辉,等. 塑料工业,2013,41(2):97-99.
Zhang Changhui, et al. China Plastics Industry,2013,41(2):97-99.
- [53] 张华集,等. 塑料科技,2013,41(7):70-74.
Zhang Huaji, et al. Plastics Science and Technology,2013, 41(7):70-74.
- [54] 冯欣然,等. 工程塑料应用,2013,41(12):4-7.
Feng Xinran, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(12):4-7.
- [55] 李莘,等. 工程塑料应用,2013,41(12):8-11.
Li Shen, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(12):8-11.
- [56] 姜敏,等. 高分子学报,2013,56(1):24-29.
Jiang Min, et al. Acta Polymerica Sinica,2013,56(1):24-29.
- [57] 郑雪琴,等. 中国塑料,2013,27(7):43-47.
Zheng Xueqin, et al. China Plastics,2013,27(7):43-47.
- [58] 刘裕红,等. 现代塑料加工应用,2013,25(3):25-27.
Liu Yuhong, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2013,25(3):25-27.
- [59] 王宏亮. 中国塑料,2013,27(8):42-44.
Wang Hongliang. China Plastics,2013,27(8):42-44.
- [60] 桂浩,等. 塑料工业,2013,41(1):45-48.
Gui Hao, et al. China Plastics Industry,2013(1):45-48.
- [61] 岳守兆,等. 塑料科技,2013,41(4):79-83.
Yue Shouzhao, et al. Plastics Science and Technology,2013, 41(4):79-83.
- [62] 万长宇,等. 塑料科技,2013,41(3):54-57.
Wan Changyu, et al. Plastics Science and Technology,2013, 41(3):54-57.
- [63] 吴立豪,等. 塑料科技,2013,41(6):40-43.
Wu Lihao, et al. Plastics Science and Technology,2013,41(6):40-43.
- [64] 陈杰,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(6):56-61.
Chen Jie, et al. Polymer Materials Science & Engineering,2013, 29(6):56-61.
- [65] 倪卓,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(2):70-73.
Ni Zhuo, et al. Polymer Materials Science & Engineering,2013, 29(2):70-73.
- [66] 孙海燕,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(8):9-12.
Sun Haiyan, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013,29(8):9-12.
- [67] 王孝军,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(2):87-89.
Wang Xiaojun, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013,29(2):87-89.
- [68] 郑振超,等. 中国塑料,2013,27(7):52-56.
Zheng Zhenchao, et al. China Plastics,2013,27(7):52-56.
- [69] 汪怀远,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(10):128-132.
Wang Huaiyuan, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013,29(10):128-132.
- [70] 胡洪亮,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(11):58-61.
Hu Hongliang, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013,29(11):58-61.
- [71] 林海波,等. 工程塑料应用,2013,41(9):4-9.
Lin Haibo, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(9):4-9.
- [72] 陶国良,等. 塑料工业,2013,41(3):101-103.
Tao Guoliang, et al. China Plastics Industry,2013,41(3):101-103.
- [73] 张克宏,等. 工程塑料应用,2013,41(12):12-17.
Zhang Kehong, et al. Engineering Plastics Application,2013, 41(12):12-17.
- [74] 徐伟华,等. 中国塑料,2013,27(5):56-59.
Xu Weihua, et al. China Plastics,2013,27(5):56-59.
- [75] 赵亮,等. 化工新型材料,2013,41(7):36-38.
Zhao Liang, et al. New Chemical Materials,2013,41(7):36-38.

印度将发行面值 10 卢比塑料钞票

据报道,印度将于 2014 年下半年开始发行面值 10 卢比的塑料钞票。印度财政国务部长纳摩·纳拉·米那在议会表示,印度政府决定在高知、迈索尔、斋浦尔、布巴内什瓦尔和西姆拉 5 个城市试点发行总值 10 亿卢比的 10 卢比面额塑料钞票。塑料钞票具有不吸潮、耐高温等优点,试点城市的

选择主要考虑当地地理和气候的多样性。(工程塑料网)

英力特化工自主开发 SG-8 树脂

近期,宁夏英力特化工自主开发的 108 m³釜型卫生级 SG-8 树脂生产工艺通过专家认定。专家认为,英力特化工运用先进技术改造传统工艺,SG-8 树脂填补了宁夏地区的空白。目前该公司已形成了 1 万 t 的月生产能力。(慧聪网)