

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.06.024

2013 年我国工程塑料应用进展

王喜梅,赵志鸿,张振,杨超

(《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,综述了我国工程塑料及改性塑料在机车车辆、薄膜、电子电器、建材、机械设备、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 2013 年我国工程塑料新产品的开发应用重点是机车车辆、薄膜、电子电器、建材等领域。

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(2014)06-0107-10

Advance in Engineering Plastics Application of China in 2013

Wang Ximei, Zhao Zhihong, Zhang Zhen, Yang Chao

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

Abstract : According to the public articles at home in 2013, the application of engineering plastics and modified plastics in the fields of vehicles, films, electrics and electronics, building materials, mechanical equipment, 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 the plastics in the above mentioned fields were also summarized. It was pointed out that the key research and application fields in 2013 were vehicles, films, electrics and electronics, building materials, etc. .

Keywords : engineering plastic ; modified plastic ; 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,2013 年工程塑料制品的开发重点在机车车辆、薄膜、电子电器、建材、机械设备产品上,医疗和抗菌制品也有所开发,可降解材料和产品的开发越来越多。笔者按开发领域综述 2013 年国内科研人员在工程塑料应用方面所从事的研究和取得的成果。

1 机车车辆

汽车保险杠 柯宇旋^[1]研究了在聚丙烯(PP)/三元乙丙橡胶(EPDM)体系中加入双二五硫化剂和二乙烯基苯,使其形成动态硫化共混。通过掺入含有柔性高分子链的橡胶并生产部分 β 晶型 PP,提高 PP 体系的冲击强度。再使用经表面活化处理的 BaSO₄ 粒子进行增韧。BaSO₄ 粒子的增韧效果十分显著并且可解决 PP 体系收缩率大和表面漆膜附着性差的缺点。研制出的新型热塑性弹性体性能满足汽车工业对保险杠材料的性能要求。

免火焰喷涂保险杠 罗忠富等^[2]加入不同的自制极性添加剂(富含—O—键的化合物或富含—NH—和—OH 键的反应型高分子化合物),以改善 PP 保险杠材料的表面极性。结果表明,添加 1% 的自制极性添加剂后,改性 PP 与水的表面接触角从 107° 分别降低到 91.8° 和 88.3°,而表面张

力从 0.023 N/m 分别提高到 0.035 N/m 和 0.042 N/m,且其力学性能变化不大。改性 PP 材料在免火焰表面处理喷涂后,呈现出与油漆良好的附着力,通过了各项附着力测试。

汽车内饰件 刘仿军等^[3]以 PP 为基体树脂,乙烯-辛烯共聚物(POE)为抗冲击改性剂,滑石粉为填料,制得汽车内饰用 PP 改性料,研究了 PP 种类及用量、增韧剂用量、滑石粉粒径等对材料性能的影响。优化实验配方制得的 PP 改性料满足汽车内饰件性能的要求。

汽车仪表板 胡丽等^[4]采用悬浮聚合法制备了 N-苯基马来酰亚胺(NPMI)、苯乙烯(St)、丙烯腈(AN)三元共聚物(SMIA)及 NPMI、St 二元共聚物(SMI)。再将 SMI 和 SMIA 分别与丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)熔融共混、挤出、造粒,得到耐热改性 ABS。研究结果表明,该耐热改性 ABS 具有良好的耐热性,拉伸强度得到改善,SMIA 对 ABS 的改性效果优于 SMI。该耐热改性 ABS 材料可用于汽车仪表板等耐热零部件的生产。

汽车用阀盖罩 王婧等^[5]通过长纤维增强热塑性塑料直接在线模压成型工艺,生产碳纤维增强尼龙 6(PA6)材料,其力学性能优于玻璃纤维增强 PA6,并且随着碳纤维含量的

联系人:王喜梅

收稿日期:2013-04-08

增加,材料力学性能提高并可在线回收利用废料,减少能耗及污染。该材料可用于生产汽车用阀盖罩、齿轮式罩盖等尺寸要求较高的零部件。

轮胎骨架材料 李红尽^[6]利用活化处理的纳米有机蒙脱土(OMMT),通过原位插层聚合原理,在聚合管实现连续化稳定制备剥离型PA6/OMMT复合材料;采用熔融纺丝法制得PA6/OMMT复合纤维。研究表明,纳米OMMT在PA6基体中均匀分散,复合材料的断裂强度达102.15 MPa,比纯PA6提高了12%;PA6/纳米OMMT复合纤维性能优异,适合轮胎骨架材料的制备要求。

车用分散复合熔喷吸音材料 丁先锋等^[7]采用分散复合熔喷技术分别制得聚对苯二甲酸乙二酯(PET)/PP分散复合熔喷材料和羽毛/PP分散复合熔喷非织造材料。结果表明,吸收因数随材料厚度的增加而增大,面密度对吸收因数影响较小。熔喷纤维直径在1.7~2.4 μm 内变化时对吸收因数无显著影响。PET/PP分散复合熔喷吸音材料的吸音性能接近3M公司产品的性能,而且其吸音性能优于传统车用废纺毡吸音材料及羽毛/PP分散复合熔喷非织造材料。

汽车缓冲材料 侯雁婷等^[8]以PP分别与低密度聚乙烯(PE-LD)、线型低密度聚乙烯(PE-LLD)、高密度聚乙烯(PE-HD)、热塑性弹性体(TPE))共混,采用超临界二氧化碳作为发泡剂,在同向双螺杆挤出机-熔体泵发泡系统上进行挤出发泡实验。结果表明,PE-HD/PP、TPE/PP共混体系的储能模量和零剪切黏度较大,使用这两种发泡体系可以得到泡孔尺寸小、泡孔均匀性好的发泡制品,且泡孔破裂及合并现象较少,可用作汽车缓冲材料。

车用香味革 王龙等^[9]将玫瑰香型 β -环糊精香精微胶囊应用于聚氯乙烯(PVC)人造革的表面处理层,研究了香味革的留香效果及相关环保性能。结果表明,香味革在100℃下焙烘168 h后,香精总留存率为58.22%;香味革的气味为7级,相比于未加香草的气味(6级)有明显改善;雾化值和总有机物挥发量较未加香草稍有升高,但仍满足汽车内饰PVC人造革的要求。

高速铁路垫片 苑会林等^[10]应用可发泡的特种模具注射成型了热塑性聚酯弹性体(TPEE),探讨了在注射成型中TPEE发泡的结构形态与性能。通过对制品的性能测试,得出TPEE注射成型的最佳配比和工艺条件。所制备的TPEE用于高速铁路垫片,使用效果良好。

2 薄膜

防霉保鲜膜 罗金山等^[11]以油菜为试材,研究对羟基苯甲酸丙酯防霉剂用量对自制PE防霉保鲜膜力学性能、防霉性能及保鲜效果的影响。实验结果表明,添加防霉剂将降低膜的力学性能,其添加量达到2.5%时,膜的断裂伸长

率降低49.86%,防霉效果在其添加量为1.5%时达到QB/T 2591-2003标准的1级水平。防霉保鲜膜能有效保持油菜品质,减缓包装袋内气体含量变化,减少油菜黄化率、失重率、色差、细胞膜透性的变化。

草莓保鲜膜 罗自生等^[12]研究了普通PE-LD薄膜和纳米二氧化钛改性PE-LD薄膜对4℃下草莓贮藏品质的影响。研究发现,与对照组相比,纳米二氧化钛改性PE-LD薄膜可抑制草莓贮藏过程中腐烂指数和失重率的上升,延缓可滴定酸含量和硬度的下降,减少乙烯释放量,保持果实贮藏后期较高的抗坏血酸和总酚含量以及较高的抗氧化能力。纳米二氧化钛改性PE-LD薄膜作为草莓保鲜包装具有潜在的应用前景。

氟弹性体改性PE-LLD膜 曹建秋^[13]在PE-LLD树脂中添加一定量的氟弹性体加工助剂(PPA)进行造粒、吹膜,考察薄膜的力学性能和光学性能等。结果发现,添加少量PPA后,薄膜的光学性能得到改善,雾度由不添加PPA时的14.0%降低至11.3%,加工能耗也有所降低,但是力学性能受到小幅影响,拉伸强度(纵向/横向)由13.4/11.6 MPa降至12.5/10.7 MPa,能有效消除PE-LLD吹塑膜生产中的凝胶、鲨鱼皮等外观缺陷。

易开口PE膜 PE产生粘连,而不易开口的原因复杂,主要是由于塑料本身的分子结构和静电积累所致。郭锐等^[14]研究不同开口剂对薄膜性能的影响。结果发现,开口剂种类、粒径尺寸对薄膜的光学性能具有较大影响。通过筛选开口剂使采用工业化生产的PE-LLD树脂加工的薄膜具有良好的开口性和光学性能,采用优化开口剂配方生产的PE-LLD树脂制备的薄膜雾度比采用目前DFDA7042制备的薄膜雾度降低35%左右,比进口树脂降低43%左右。

高透明重包装膜专用料 赵东波等^[15]以乙烯为原材料,过氧化物为引发剂,采用Lupotech管式反应器技术,丙醛和丙烯复配物为相对分子质量调节剂,且二者的质量比为1:(10~20)时,生产出高透明PE-LD重包装膜专用料。工业生产表明,产品密度约为0.922 g/cm³,雾度约为13.0%,可满足质量标准要求。

高透明棚膜专用料 杨家靖等^[16]通过研究PE-LLD树脂透明改性技术及机理,调整生产工艺条件,在PE-LLD粉料挤出造粒过程中,添加透明复合助剂,开发生产了高透明棚膜专用料DFDA-9047。专用料的拉伸性能远好于未添加透明复合助剂的粒料。用其吹塑的薄膜透光率、雾度、落镖冲击破损质量均好于用DFDA-7047吹塑的薄膜,其棚膜性能与用国内处于领先地位的同类产品吹塑的棚膜相当。

缓释肥料包膜 卓莉等^[17]以甲醛作交联剂,甘油为增塑剂,羧甲基纤维素、明胶和聚乙烯醇(PVAL)为原料,通过

甲醛交联反应制备了一种新型羧甲基纤维素肥料包膜材料,考察了制备过程中各种因素对膜性能的影响。结果表明,包膜中原料之间有良好的相容性,产生了较强的相互作用,形成了一个较稳定的复合体,膜材料的性能优于纯明胶膜和羧甲基纤维素膜,作为缓释肥料包膜有潜在利用价值。

稀土光转换农用膜 王曼丽等^[18]选择荧光效应强的稀土元素铽,以磺基水杨酸作为第一配体,以PVAL、聚乙二醇2000等为协配体,对乙醇溶液和水溶液两个体系中形成的配合物荧光进行了研究。获得的铽-磺基水杨酸-PVAL配合物的荧光激发波长为342 nm,而荧光发射波长为545 nm,将该配合物以适当比例掺加到农用塑料薄膜中,制备出可以使太阳光的紫外部分转换为作物光合作用需要的绿光的稀土光转换膜。

高透光薄膜 施红伟等^[19]研制了PE-LLD薄膜,探讨了PE-LLD薄膜内部及表面结构与薄膜光学性能之间的关系。结果表明,随着成核剂含量以及分散程度的增加,PE-LLD的结晶速率加快,同时内部球晶尺寸减小,表面粗糙度降低。成核剂在PE-LLD中的分散程度相对更高,这是其成核剂效果较好的原因。随着成核剂含量以及分散程度的增加,PE-LLD薄膜内部晶粒更加细化,表面变得平整,可从内部和表面同时降低薄膜的雾度,改善透光性能。

耐污染超滤膜 尹丽等^[20]以PVAL为基膜材料,聚乙二醇(PEG)为添加剂,通过相转化法制备了纳米PVAL/SiO₂耐污染超滤膜。研究结果表明,经纳米SiO₂改性的PVAL膜的性能有了显著提高,膜的水通量随着PEG分子量和PEG加入量的增大而增大,随着纳米SiO₂加入量的增大而减小。

空气过滤膜 李莘等^[21]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。研究结果显示,熔体静电纺PET超细纤维层可良好贴附于非织造基材表层;随着复合时间的增加,复合过滤材料的过滤性能得到显著提高,复合12 min后对粒径2 μm以上粒子的过滤效率达到90%以上,是优质的空气过滤材料。

袋式除尘器过滤膜 李兵涛等^[22]以非织造技术制成的聚酰亚胺(PI)纤维的三层结构体为过滤材料坯体,经以聚四氟乙烯(PTFE)乳液与环氧酚醛树脂为主的耐高温水解整理液浸轧,再采用低温防泳移预烘和高温交联焙烘等多种技术,使过滤材料纤维表面形成完整包覆、均匀分散着PTFE颗粒的膜结构,可隔绝高温水汽接触纤维,使PI过滤材料具有拒水、拒油及耐高温水解性能。经测试,该过滤材料各项性能均可达到或超过袋式除尘器技术要求中的耐温特性和专项技术所规定的指标。

3 电子电器

家电专用ABS耐候白色母 刘鹏^[23]研究了ABS色母中钛白粉、抗氧剂、光稳定剂、调白颜料对ABS耐候性能的影响。研究结果表明,金红石钛白粉、抗氧剂和光稳定剂能够提高ABS的耐候性能。通过优化配方,研制出一种UV-B紫外灯老化168 h、色差<6.0的家电专用ABS耐候白色母,其中钛白粉、光稳定剂、抗氧剂、调白颜料的质量分数分别为30%,30%,5%,0.01%。

平板电视类电器外壳 黄彩霞等^[24]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/苯乙烯-丙烯腈(SAN)三种合金,并分析了三种合金的光泽度、表面硬度及力学性能。结果发现,ABS/SAN体系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。探讨了光亮润滑剂(TAF)、乙撑双硬脂酰胺(EBS)及硅酮粉三种润滑剂对ABS/SAN合金表面光泽度和硬度影响。结果发现,添加TAF时具有最佳效果。所研制的高光耐划伤ABS材料可用于平板电视类电器外壳的生产。

铅酸蓄电池外壳专用料 汪炉林等^[25]采用三(三溴苯基)氰尿酸酯和溴化环氧树脂(EP)作复合阻燃剂、对苯二酚-双(磷酸二苯酯)缩聚物为阻燃协效剂,与抗氧剂、光稳定剂、分散剂、ABS树脂及加工助剂共混制备出铅酸蓄电池专用环保耐候溴系阻燃ABS材料。实验结果表明,该阻燃ABS材料韧性高、流动性好,耐热,耐候,耐应力,热封性能佳,适合制造铅酸蓄电池外壳。

PVC电缆绝缘料 田维生^[26]研究了PVC电缆料的特点,探讨了环保、耐温70℃绝缘料的树脂与配合剂选择,确定了优化配方,制备了PVC电缆绝缘料,并检测了料性能。结果表明,采用高电性能及高刚果红型钙锌复合稳定剂能提高PVC电缆料的体积电阻率和热稳定时间,环保符合RoHS标准,物理性能符合J-70型的指标要求。

EPDM电缆料 厉春阳等^[27]采用EPDM与乙烯-丁烯弹性体,以过氧化二异丙苯(DCP)为硫化剂,三聚异氰酸三烯酯(TAIC)为共硫化剂,研制出具有良好介电绝缘性能、物理力学性能及加工工艺性能的胶料。生产的成品电缆性能完全能满足GB/T 5013-2008及JB/T 8735-2011标准要求。

阻燃电缆护套料 蒋智杰等^[28]研究了三氧化二锑(Sb₂O₃)、硼酸锌(ZB)、氢氧化镁(MTH)三种常用阻燃剂在橡胶型氯化聚乙烯(PE-C)电缆护套中的应用。实验结果表明,当阻燃剂单用时,阻燃效率为Sb₂O₃>ZB>MTH,且Sb₂O₃,ZB的添加不会降低护套的物理力学性能,采用Sb₂O₃与ZB配合使用,当Sb₂O₃:ZB=9:6时,PE-C护套胶料极

限氧指数 (LOI) 可达到 34.5%,且物理力学性能、电性能完全满足橡胶电缆护套标准。

耐扭耐寒电缆护套料 田维生^[29]研究了满足耐扭耐寒使用要求的电缆护套料,探讨了基体材料体系、配合剂体系的选择,确定了护套料的优化配方,检测了性能。结果表明,PE-C/EPDM/丁腈橡胶 (NBR) 共用护套料耐扭耐寒性能优良,满足风力发电软电缆用护套橡皮要求,工艺性能满足生产要求。

电雷管绝缘塑料头 李树彬等^[30]研究了废导爆管经粉碎、蒸煮、漂洗、烘干生产电雷管绝缘塑料头的方法。采用在废高压 PE 中加入液体添加剂 X、更换注塑机狭小的下料管、在注塑机上安装微型搅拌机等方法,使废塑料的熔体流动速率达到 1.85 g/(10 min),拉伸强度为 12 MPa,熔化温度为 110℃,注塑温度为 188℃,使用废塑料可以安全、可靠地生产电雷管绝缘塑料头。

LED 封装用材料 曾庆鹏等^[31]采用不同相对分子质量的含端羟基超支化聚酯以及端羧基改性超支化聚酯增韧邻甲酚醛 EP,考察了其含量对 EP 透光性、耐热性等的影响。结果表明,超支化聚酯的加入均能提高 EP 的冲击强度和弯曲强度,并且基本不降低材料的弯曲弹性模量;此外,超支化聚酯的加入均可以保持材料的玻璃化转变温度,并可提高材料的初始分解温度。该材料可用于 LED 等电子器件封装。王茜等^[32]研究了自制的 3 种含丙烯酸酯基团的光固化苯基有机硅预聚物的光固化特性、光学性能和热稳定性能。结果表明,有机硅预聚物的折光指数随苯环含量的增加而增高,苯环含量从 22.3% 增加到 37.7%,折光指数相应从 1.496 增加到 1.542;3 种预聚物与多种丙烯酸酯相容性好。高折射率有机硅预聚物 KDS-10 光固化后的薄膜具有优异的光学性能,在 550 nm 处的透过率为 92.54%;起始分解温度为 385℃,可用于 LED 等电子器件封装。

电子器件封装材料 刘长岭等^[33]将不同粒径和形状的 Al₂O₃ 混合颗粒填充到液态 EP 中。研究表明,单一片状及直径为 48 μm 的粒状 Al₂O₃ 填充的 EP 复合材料具有较好的综合性能;对二元混合粒径填料,小粒子用量占填料总体积的 20%~40% 时,获得的复合材料的热导率、介电常数和热膨胀系数均能达到最佳值;混合粒子中粒径分布的分数维 D 值在某一适宜区间时,不同粒径的粒子之间可形成空隙率相对最小的紧密堆积,从而可获得热导率相对较高的复合材料,可用作电子器件的封装材料。

LED 灯具外壳 赵望冲等^[34]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,加入有机硅类光扩散剂对 PC 基光扩散材料的拉伸强度基本无影响,对缺口冲击强度有一定影响。光扩散剂的

粒径在一定范围内对 PC 基光扩散材料的雾度有影响,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时,PC 基光扩散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,可用作 LED 灯具外壳。

LED 灯支架 王义亮等^[35]通过挤出共混工艺制备了添加不同抗氧剂和钛白粉的聚邻苯二甲酰胺 (PPA) 高温尼龙。研究表明,添加抗氧剂、钛白粉能很好地提高 PPA 产品的蓝光白度,其中抗氧剂 H3373 在与钛白粉配合使用时有很好的协同作用;添加微量群青能够降低 PPA 的黄色指数;PPA 在加工温度范围内会发生轻微的热老化分解,抗氧剂的抗氧化效果为 H10 > KBG779 > H3373。研制的聚邻苯二甲酰胺高温尼龙可用于 LED 灯支架、耐热电器外壳等。

电子元件用托盘 许永昌等^[36]采用永久抗静电剂、增容剂及其它助剂改性 PP,熔融共混挤出造粒制备电子包装用永久抗静电 PP 片材。结果表明,永久抗静电剂用量对复合材料的性能影响最为显著,当永久抗静电剂用量从 10 份增加到 25 份时,材料的冲击强度增大,最高达 18.13 kJ/m²,拉伸强度减小,表面电阻率减小。该材料可制备电子车间生产电子元件时所用托盘,达到长久抗静电效果。

锂电池隔膜母料 温敏等^[37]以过氧化叔丁醇 (TBHP) 为交联剂,在挤出过程中引入该过氧化物,在成型后实现对 PE 的交联,从而提高材料的力学性能。此外,在体系中引入无机填料氧化铝来进一步提高材料的性能。研究表明,TBHP 含量控制在 0.1%~0.3%,交联时间控制在 24 h 以内,氧化铝含量为 10%~15% 时,所制得的锂电池隔膜母料具有较好的综合性能。

燃料电池质子膜 程海龙等^[38]通过溶液共混法制备了不同磺化聚乙烯醇 (SPVAL) 含量的侧链型磺化聚芳醚酮 (S-SPAEEK)/SPVAL 复合膜。通过对复合膜的性能测试发现,该系列复合膜具有良好的热性能、较高的吸水率和保水能力。SPVAL 中的羟基能有效地阻碍甲醇的透过,增加了复合膜的吸水 and 保水能力,柔软的 SPVAL 链段与 S-SPAEEK 侧链聚集成亲水相区,形成连续的质子传输通道,提高了复合膜的质子传导率,该复合膜可用于直接甲醇燃料电池中。

液晶显示器用光扩散膜 冯欣然等^[39]通过共混法在 PET 中添加光扩散剂制备 PET 光扩散膜。研究表明,光扩散剂颗粒的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。制备的光扩散膜的透光率为 85.3%、雾度为 90.86% 的 PET,该光扩散膜可用于制备液晶显示器背光源模组重要组成部分的光扩散膜。

太阳能电池膜组用基膜 李建学等^[40]采用对苯二甲酸、间苯二甲酸和多元醇先进行酯化反应,再加入顺 9,12-

十八碳二烯醇进行共缩聚的直接酯化新工艺,合成了PET共聚酯树脂。通过PET共聚酯树脂与聚酯母料(含有 TiO_2 , SiO_2)共混、熔融、拉伸,制得了高阻隔水蒸气PET共聚酯薄膜。结果表明,制得的PET共聚酯薄膜的水蒸气透过率为 $1.0 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,明显低于纯PET薄膜,可在湿热环境下使用,用作太阳能电池膜组用基膜材料。

光透电极材料 曲江英等^[41]以聚氨酯(PUR)泡沫为模板,利用酚醛树脂制备过程中的碱催化剂对模板进行原位开孔,经酚醛树脂浸渍—固化—炭化过程制备了网状泡沫炭。所得泡沫炭展现了典型的三维立体网状大孔结构,孔径范围约为 $400 \sim 600 \mu\text{m}$,具有较高的抗氧化温度和较低的石墨化程度。结果表明,泡沫炭在 510 nm 波长处的吸光度随着工作电位的提高而降低,且电极具有一定的透光性,所得泡沫炭可作为良好的光透电极材料。

4 建材

未增塑聚氯乙烯(PVC-U)管材 李慧娇等^[42]在PVC-U管材的生产过程中,在不改变原配方及工艺参数的条件下,将一定量的新型功能填料密度降低剂添加到原材料中,PVC-U管材的密度下降 $2.5\% \sim 3.5\%$,相同质量的原材料生产出的管材长度可提高 $2.9\% \sim 3.6\%$,而PVC-U管材的物理力学性能不受影响,可提高经济效益 $300 \sim 360 \text{ 元}/\text{t}$ 。

PE-C改性氯化聚氯乙烯(PVC-C)管材 王健等^[43]研制了PE-C改性PVC-C管材。研究结果表明,PE-C与PVC-C的相容性较好,可有效提高PVC-C体系的韧性,但同时会降低其刚性和耐热性能;PE-C可降低PVC-C体系的熔体黏度,延迟塑化,改善其加工性能;采用PE-C作为冲击改性剂,可生产出符合国家标准PVC-C管材,从而降低其配方成本。

双壁波纹管 张欣涛等^[44]采用全进口高性能PP原料,制备了不同米重的新型DN200 PP双壁波纹管,研究了其米重、环刚度、冲击等性能。结果表明,所制备的PP双壁波纹管环柔性均达到标准要求,环刚度随管材米重的增加而增大,在米重为 2.25 kg 时环刚度可以达到 $8.6 \text{ kN}/\text{m}^2$,满足SN8级的要求,高于PE双壁波纹管。

增韧PP管材专用料 李向涛等^[45]研制了茂金属聚乙烯(mPE)/PE-LD交联物增韧PP管材专用料,解决了以往增韧母料价格偏高、加工困难的问题。研究发现,mPE/PE-LD交联物具有多分散性的蜂窝状网络结构,并呈现类弹性体特征。在嵌段共聚PP的增容下可以显著提高均聚PP的冲击韧性,且其耐高温蠕变性能也优于几种典型的PP管材专用料。

不含铅PVC-U型材 施殉若等^[46]比较了铅盐复合稳定剂、有机锡稳定剂T137和有机复合稳定剂TF-790KX对

PVC-U型材的静态和动态热稳定性、流变性能以及型材的物理力学性能的影响。结果表明,有机复合稳定剂TF790KX是一种可应用于生产PVC-U型材加工的性能理想的无铅产品。

隔热铝型材用弹性体 刘艳斌等^[47]研究了扩链剂以及聚醚改性硅油对浇注式铝合金隔热型材专用PUR弹性体性能的影响。结果表明,根据注胶隔热铝型材对PUR弹性体的性能要求,选用1,4-丁二醇作为扩链剂较好,其用量以 5.5% 为宜,聚醚改性硅油的用量为 10% 时,能够有效提高PUR弹性体的冲击强度。

木塑结皮发泡建筑模板 张友新^[48]以偶联剂活化共混粉煤灰/碳酸钙两种填料生产PVC木塑结皮发泡建筑模板,探讨了共混活化料对PVC木塑结皮发泡复合材料的改性机理,研究了其不同用量的活化料配方对木塑复合材料加工应用及对产品力学性能的影响。结果表明,两种活化料填充生产的PVC木塑结皮发泡板材较一种活化料改性效果显著,在物料的塑化性能、相容性、加工稳定性和产品的综合力学性能都得到了改善和提高。

木塑复合发泡板 高冬等^[49]研究了木粉粒径和用量以及抗冲改性剂、发泡剂、润滑剂、发泡调节剂、增强剂用量对PVC木塑复合发泡板性能的影响。结果表明,当PVC中添加粒径为 $150 \mu\text{m}$ 的木粉、PE-C、AC发泡剂、L503润滑剂、发泡调节剂、增强剂的质量分数分别为 15.0% 、 4.0% 、 0.4% 、 1.6% 、 6.0% 、 8.0% 时,得到的PVC木塑复合发泡板的综合性能最佳。

木塑挂墙板 吴俊杰等^[50]以木粉和废PE-HD为主要原料,用挤出成型方法制备木塑挂墙板,研究了木粉含量对木塑挂墙板性能的影响。研究结果表明,随着木粉含量的增加,弯曲弹性模量逐渐增大,弯曲强度和落锤冲击高度先增大后减小,当木粉含量为 54% 时达到最大值;增加木粉含量,吸水率明显增加,但木粉的分散性和耐磨性变差。

废旧塑料木塑复合地板 黄东辉^[51]以废旧塑料、木粉及抗氧化剂等助剂为原材料,共挤出成型带有表层和芯层的木塑复合地板。研究结果表明,双层共挤制备的木塑复合地板弯曲强度和弯曲弹性模量分别为 38.53 MPa 和 3200 MPa ,弯曲破坏载荷为 4300 N ,高于单层挤出的木塑复合地板(3300 N),且其经循环冻融实验后的保持率为 98.7% ,低温落锤冲击下无破裂,吸水率为 0.17% ,具有较好的综合性能。该木塑复合地板同时达到了日本木塑地板性能测试标准的要求,有效解决了因回收废旧塑料批次不稳定而产生颜色、耐候性、尺寸变化率、弯曲性能波动或不佳等问题,具有较高的性价比。

建筑保温材料 袁晓晓等^[52]采用多聚甲醛、粗酚和

苯酚为原料制备了酚醛泡沫保温材料。经优化的酚醛树脂合成条件:聚合时间为3 h,聚合温度为85℃,醛酚摩尔比为1.60,催化剂用量为0.04 mol,粗酚替代量为总酚质量的30%。酚醛泡沫保温材料的导热系数为0.028 W/(m·K), LOI为36%,压缩强度为0.29 MPa。

墙体保温材料 米岩等^[53]将耐火的无机玻化微珠与阻燃化的PUR进行原位复合,制备具有良好保温效果和阻燃性能的墙体保温材料。研究表明,玻化微珠粒径会明显改变复合材料的泡孔结构,强重比和LOI呈逐渐增加趋势;不同种类聚醚多元醇因为相对分子质量和官能度的差别,对PUR发泡的反应特性、复合材料的成型特性、泡沫结构和性能都会产生影响。

压电型路面材料 吕建福等^[54]以锆钛酸铅(PZT)为压电相,以EP为基体,采用压制成型法制备0-3型PZT/EP压电复合材料。研究表明,PZT的体积分数为75%时压电复合材料的电性能最好。在PZT体积分数为75%及最佳成型和极化条件下,压电复合材料的介电常数及压电应变常数分别为210.53和64 pC/N,可制备适合于路面用的压电复合材料。压电型路面材料可收集路面的机械能量,即把汽车行驶导致的路面变形和振动能转化为电能。

建筑膜材 张克宏等^[55]以聚偏氟乙烯(PVDF)/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。研究表明,亲水改性提升了PVDF/PVC共混膜表面烷基氯硅烷的化学浴沉积效果;化学浴沉积后的PVDF/PVC共混膜接触角可达153°,滚动角小于1°,适用于建筑膜材,具有良好的防污自洁性能。

5 机械设备

煤矿井下用通风叶轮 别明智等^[56]利用碳纤维的导电性、高模量、高强度特点,配合阻燃剂改性PA6树脂,制备PA6/碳纤维复合材料,并将材料应用于煤矿井下用通风叶轮制品,以检验材料的实际使用效果,开拓碳纤维的应用范围。研究表明,当碳纤维质量分数为20%时,配合溴系阻燃剂体系作用,复合材料具有较高的强度、高导电性和阻燃性能,能满足井下聚合物制品安全及使用性能要求。

煤矿密闭墙堵漏风泡沫 白森等^[57]研究了抗静电剂及其协同作用对PUR泡沫抗静电性能的影响。结果表明,以聚醚多元醇10 g为基准时,抗静电剂A和十六烷基三甲基溴化铵同时使用,且其用量分别为0.6 g和0.25 g时,PUR泡沫的表面电阻率从 $7.33 \times 10^{11} \Omega$ 降到 $6.1 \times 10^8 \Omega$,满足抗静电的需要,同时其力学性能也达到行业标准要求,被大量应用于煤矿密闭墙堵漏风。

煤矿用加固材料 杨兴兵^[58]通过改变某单一组分而其它组分不变的实验方法确定了白料各组分的含量,研制出一种符合煤矿使用要求的高发泡性改性PUR类材料,该材料的反应时间为165 s,发泡倍数大于25倍,压缩强度高达521.6 kPa,符合煤矿阻燃、抗静电标准的低黏度煤矿用高倍数高分子固化泡沫材料的要求,可用于煤矿、岩体的加固。

阻燃矿用材料 颜龙等^[59]研究了几种阻燃剂在矿用PE-LD中的阻燃及协效作用,并对酒精喷灯实验结果与其它测试结果之间的相关性进行了分析。结果表明,单种阻燃剂在相同添加量下,五溴甲苯阻燃PE-LD的LOI最高,并能通过酒精喷灯燃烧实验。溴氯和溴磷两种阻燃剂配合使用时,具有明显的协效作用,其中当溴氯和溴磷的质量比分别为1:1和5:2时,协同阻燃效果最好。

PVC阻燃输送带 类彦辉等^[60]合成了一种含有长链烷基的端羟基超支化聚合物,并通过两种方法(外部涂覆法和内部掺加法)将其作为PVC阻燃输送带的抗静电剂,测试了输送带的表面电阻。结果表明,在较低的质量分数下,即可使PVC阻燃输送带的表面电阻降至期望值(10^7 数量级),达到了理想的抗静电要求。含有超支化型抗静电剂的PVC阻燃输送带经过多次水洗和较长的存储时间,依然保持优良的抗静电性能。

球磨机内衬 赵伟等^[61]采用相对分子质量为2000的聚四亚甲基醚二醇(MG)合成预聚体NCO质量分数为4.0%的PUR预聚体,用于增韧改性铸型(MC)尼龙。结果表明,当预聚体的用量为共聚物质量分数的15%时,共聚产品显示出最大的冲击强度,将此改性材料应用于球磨机内衬,显示出比PUR内衬更好的耐温性能。

船用PC共混合金 刘媛等^[62]制备了ABS/PC共混合金。研究表明,当ABS/PC合金的质量比为90/10时,其力学性能达到船用磁罗经罩的标准,并具有良好的挤出性能;但随着PC用量的继续增加,合金的加工性能急剧下降。该共混合金可用于制备船用管路、阀件、仪表壳、电风扇等。

风电叶片低温修补材料 李斌等^[63]针对当前商用光固化EP浇注体及玻璃纤维预浸料的力学性能进行测试,并对其用于风电叶片修补的工艺开展了研究。研究表明,光固化EP的力学性能满足叶片的性能要求,同时由于树脂利用紫外光照射固化,对环境温度没有要求,适于在低温环境下对叶片进行修补,可以解决目前风电行业风场低温修补的难题。

6 医疗用品

肺动脉支架球囊导管 李真等^[64]首先用PA12制成的原料管,通过逐步改变球囊成型的温度,得到不同温度下的

肺动脉支架球囊导管;然后测量其近端直径、双层壁厚、爆破压、顺应性等性能,选择符合性能要求的参数,用以确定其成型温度范围。所制备的球囊导管用于在肺动脉狭窄处精确导入定形支架,增大肺动脉处的血流量,也可以精确地输送药物到病变处。

成骨材料 李启期等^[65]研究聚醚醚酮/纳米氟磷灰石(PEEK/nFA)复合材料的生物相容性及成骨效能。将喷砂处理的PEEK/nFA和PEEK种植体植入Beagle犬双侧胫骨,于植入第8周和第12周末获取骨组织标本并且行大体观察和X线摄片检查。结果表明,PEEK/nFA种植体能与骨形成骨性结合,生物相容性和成骨效能良好,具有潜在临床应用价值。

载药电纺纤维膜 章亚妮等^[66]使用静电纺丝技术制备载不同含量丹参素钠的PVAL/壳聚糖载药电纺纤维膜。研究结果表明,不同含量丹参素钠的PVAL/壳聚糖载药电纺纤维膜纤维直径均在280~390 nm之间,纤维膜的含药量高,并能较好地实现丹参素钠的缓控释放。PVAL/壳聚糖载药电纺纤维膜制备工艺简单,载药均匀,有明显的缓释性,可为皮肤局部给药系统的研究提供新策略。

药用纳米纤维膜 王斌等^[67]以壳聚糖/聚乙烯吡咯烷酮作为壳层,以四氧化三铁/聚乙烯吡咯烷酮作为芯层,通过同轴静电纺丝技术制备了一种新型的四氧化三铁/壳聚糖/聚乙烯吡咯烷酮复合纳米纤维。研究结果表明,制备的复合纳米纤维膜表面光滑,纤维粗细均匀,直径分布在350~800 nm之间,四氧化三铁以结晶态分布在纤维中,复合纳米纤维膜具有超顺磁性,有望成为生物医药领域中的一种优良复合材料。

医疗器件塑胶配件 阳范文等^[68]系统研究了多功能复合改性剂YY-503对PP/苯乙烯-乙烯-丁烯-苯乙烯嵌段共聚物(SEBS)弹性体性能的影响。随着YY-503用量的增加,材料的拉伸强度、断裂伸长率、熔体流动速率(MFR)和表面光泽度增大,说明YY-503的加入对于改善高填充弹性体的综合性能有利,当YY-503用量为2%时,MFR增加近1倍,表面光泽度提高约40%,可满足医疗器件塑胶配件对高光泽的要求。

7 环保及抗菌材料

可生物降解包装膜 徐冠豪等^[69]以3种不同聚合度的PVAL(0588,1788,2488)为原料,添加相同质量分数的碱木质素,采用流延法制备共混膜。结果表明,当碱木质素质量分数为15%时,可较好地分散于PVAL相中,3种共混膜的力学性能与各自对应的纯PVAL膜相比都有一定的提高,且当聚合度由0588变化到2488时,其拉伸强度从35.16 MPa增加到48.30 MPa。由于PVAL聚合度的增大和碱木质素

的添加,均使得共混膜的耐溶剂性能和热稳定性增加,且添加碱木质素,提高了膜的生物降解性。

PVAL/大豆蛋白可降解薄膜 滑艳稳等^[70]研究了大豆蛋白和PVAL的降解机理,并以失重率为降解性能评价指标,研究了大豆蛋白/PVAL复合薄膜和谷氨酰胺转氨酶改性大豆蛋白/复合薄膜的降解性能。结果表明,谷氨酰胺转氨酶不仅能提高大豆蛋白/PVAL复合薄膜的力学性能,而且没有影响其降解性能。

可降解包装膜 胡安等^[71]制备了硼砂、尿素复合改性PVAL膜。实验表明,在PVAL溶液中加入硼砂、尿素、甘油分别为PVAL质量的1.2%,5%,0.16%,在反应温度为80℃、pH=8的条件下制得糊状材料。再用PTFE模具制成膜,膜经100℃烘干,得到厚度为0.050 mm可降解包装膜。经测定,该膜的拉伸强度为1.2 MPa,断裂伸长率为247.9%。膜累计降解150 d后,降解率达88%。

金针菇包装薄膜 陈晓东等^[72]用聚乳酸(PLA)包装金针菇,置于温度为20℃、相对湿度(RH)为90%的环境贮藏,以PE薄膜包装和无包装室温贮藏为对照组,研究PLA薄膜包装对金针菇保鲜的影响。结果表明,PLA包装的金针菇较PE包装的无明显开伞、菌柄伸长、水渍状斑块及褐变现象,其褐变度为4.71,低于PE包装;可溶性固形物和游离氨基酸保留量均高于PE包装。气体含量测试发现,PLA包装内形成低O₂、高CO₂的环境,能有效抑制金针菇的衰老,从而延长金针菇的贮藏期。

生态苹果套袋 张伟等^[73]采用双螺杆挤出机熔融共混法,加入OMMT和增塑剂对PLA进行有机改性,制备PLA/OMMT纳米级苹果套袋原料,并采用高速挤出机吹塑制膜,研究其制作工艺参数。结果表明,复合材料的拉伸强度和断裂伸长率分别可达到32 MPa和150.8%;制袋参数为热封温度155℃、热封压力500 Pa、热封时间1 s,可生产出绿色环保的苹果套袋,取代PE苹果套袋,实现生态农业生产。

可降解海洋溢油清洁材料 杜峰等^[74]采用一步法制备了添加稻壳的可降解高吸油PUR泡沫。研究结果表明,随着稻壳添加量的增加,PUR泡沫的吸油性能逐渐下降,但是始终保持较高的吸油倍率;PUR泡沫对5种不同油品的吸油能力大小为:四氯化碳>甲苯>柴油>石油醚>原油;PUR泡沫的失重率随着稻壳添加量的增加而逐渐提高,并且在磷酸盐缓冲溶液中的失重率高于土埋法中的失重率,说明稻壳的添加有效地提高了PUR泡沫的降解性。该泡沫材料可有效地用于海洋溢油的清洁处理。

抗菌人工敷料 崔巍巍等^[75]采用静电纺丝方法制备了纳米银(n-Ag)/二甲基砷(MSM)/聚乳酸-乙醇酸(PLGA)

抗菌人工敷料。研究表明,该敷料内部纤维呈交叉的网格状结构,互相连结。当 n-Ag 质量分数达到 1% 以上时,敷料对革兰氏阳性菌金黄色葡萄球菌和革兰氏阴性大肠杆菌具有良好的抗菌活性;当 n-Ag 质量分数在 0.01%~10% 之间时,敷料属无毒性或低毒性;当 n-Ag 质量分数小于 1% 时,有助于细胞的生长和增殖。该敷料具有良好的细胞相容性和抗菌性能。

抗菌木塑复合材料 余旺旺等^[76]以 PE-HD 和木粉为主要原料,采用热压成型方法制备木塑复合材料。研究了复合材料腐蚀前后的质量变化、弯曲强度、色差、表面张力和表面形貌及纳米载银抗菌剂对木塑复合材料抗菌性能的影响。结果表明,纳米载银抗菌剂对木塑复合材料具有一定的抗菌效果,且其用量为 4.5 份时,其抗菌效果最佳。

抗菌薄膜 卢叶等^[77]将载银抗菌剂粉末添加到 PE-LD 树脂中,通过共混、吹塑等工艺,制备出了抗菌薄膜。研究表明,随着载银抗菌剂含量的增加,拉伸强度和断裂伸长率的变化趋势为先增大再减小,透过率逐渐减小,摩擦系数则逐渐增大,透湿系数变化趋势为先减小再增大。抗菌剂在基体树脂中分散均匀。以金黄色葡萄球菌为指标的抗菌性能测试表明,载银抗菌薄膜具有较好的抗菌性。

抗菌 ABS 塑料 赵斯梅^[78]对载银无机抗菌剂进行表面处理,与 ABS 混合得到高浓度的抗菌母粒,然后添加到 ABS 中注塑试样。研究表明,变色抑制剂可有效地防止抗菌 ABS 塑料的变色,提高抗菌性能;经表面处理后的抗菌剂在 ABS 中分布均匀,无团聚现象,与 ABS 基体树脂的相容性好;随着抗菌母粒的增加,抗菌 ABS 塑料的抗菌性能提高,当抗菌母粒的添加量为 4% 时,抗菌 ABS 塑料的性价比最佳。

8 其它

水下声隐身材料 孙卫红等^[79]用浇铸法制备了不同含量 D101 型聚苯乙烯大孔树脂颗粒改性的 PUR/EP 弹性体复合材料声学试样,并研究了该材料的水声吸声性能。研究表明,D101 大孔树脂颗粒能够有效改善弹性体复合材料的水声吸声性能,三层梯度结构的 D101/PUR/EP 复合材料的吸声性能优于同组成的单层复合材料。算例验证表明,D101/PUR/EP 复合材料的水声性能测试结果与仿真结果基本吻合。

X 射线屏蔽制品 杨珺等^[80]通过改变钨(W)的含量,采用熔融共混、注射成型的方法制备了不同密度的 PA12/W 屏蔽复合材料。研究表明,密度为 11 g/cm³ 的复合材料的剪切速率对其熔体黏度的影响最小,因而最适于注射成型;此时复合材料的冲击强度为 24 kJ/m²,CT 值达到 17 500 左右,已接近铅的 CT 值,对 X 射线的衰减率为 97%。

PA12/W 屏蔽复合材料适用于 X 射线屏蔽制品的生产。

防电磁辐射防护服 杨爱景等^[81]利用聚苯硫醚纤维优异的阻燃性能和不锈钢纤维的防电磁辐射、抗静电性能,选用三种不同混纺比的纱线,通过变换不同的组织结构、经纱密度,设计织造出 6 种不同的织物,并对其进行性能测试。结果表明,不锈钢纤维含量对抗静电性能、防电磁波辐射性能的影响存在一个临界值,同时不锈钢纤维含量越高,织物的抗拉断裂性能越差;另外,方平组织的抗静电性能、防电磁波辐射性能和抗拉伸断裂性能最优,适合做防护服。

卫浴产品 方舟等^[82]以均苯四甲酸酐(PMDA)、碳化二亚胺改性二苯基甲烷二异氰酸酯、聚醚多元醇、蓖麻油、端氨基聚醚、小分子二胺等合成了喷涂 PUR-脲-酰亚胺弹性体。经试验得了出产品的最优配方,该产品具有较好的力学性能和施工性能,且 PMDA 含量增加对产品的耐热性有所改善,储能模量、损耗模量也均有提高,但对损耗因子影响不明显。该弹性体应用于卫浴产品获得了良好的效果。

参考文献

- [1] 柯宇旋. 广东化工, 2013, 40(15):44-46.
Ke Yuxuan. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(15):44-46.
- [2] 罗忠富,等. 塑料工业, 2013(3):113-115.
Luo Zhongfu, et al. China Plastics Industry, 2013(3):113-115.
- [3] 刘仿军,等. 塑料科技, 2013, 41(6):49-52.
Liu Fangjun, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(6):49-52.
- [4] 胡丽,等. 工程塑料应用, 2013, 41(12):104-107.
Hu Li, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):104-107.
- [5] 王婧,等. 玻璃钢/复合材料, 2013(2):74-76.
Wang Jing, et al. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2013(2):74-76.
- [6] 李红尽. 合成纤维工业, 2013, 36(2):34-37.
Li Hongjin. China Synthetic Fiber Industry, 2013, 36(2):34-37.
- [7] 丁先锋,等. 纺织学报, 2013, 34(9):27-33.
Ding Xianfeng, et al. Journal of Textile Research, 2013, 34(9):27-33.
- [8] 侯雁婷,等. 北京化工大学学报:自然科学版, 2013, 27(3):50-55.
Hou Yanting, et al. Journal of Beijing University of Chemical Technology: Natural Science, 2013, 27(3):50-55.
- [9] 王龙,等. 中国皮革, 2014(15):32-35.
Wang Long, et al. China Leather, 2014(15):32-35.
- [10] 苑会林,等. 工程塑料应用, 2013, 41(10):17-21.
Yuan Huilin, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(10):17-21.
- [11] 罗金山,等. 食品科技, 2013, 38(12):30-33.
Luo Jinshan, et al. Food Science and Technology, 2013, 38(12):30-33.

- [12] 罗自生,等.现代食品科技,2013,29(10):2340-2344.
Luo Zisheng, et al. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10):2340-2344.
- [13] 曹建秋.合成树脂及塑料,2013,30(2):10-12.
Cai Jianqiu. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(2):10-12.
- [14] 郭锐,等.合成树脂及塑料,2013,30(6):56-58.
Guo Rui, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(6):56-58.
- [15] 赵东波,等.石化技术与应用,2013,31(3):219-221.
Zhao Dongbo, et al. Petrochemical Technology & Application, 2013, 31(3):219-221.
- [16] 杨家靖,等.合成树脂及塑料,2013,30(3):42-44.
Yang Jiajing, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(3):42-44.
- [17] 卓莉,等.四川师范大学学报:自然科学版,2013(3):424-429.
Zhuo Li, et al. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2013(3):424-429.
- [18] 王曼丽,等.光谱学与光谱分析,2013(4):1009-1013.
Wang Manli, et al. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2013(4):1009-1013.
- [19] 施红伟,等.合成树脂及塑料,2013,30(6):51-55.
Shi Hongwei, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(6):51-55.
- [20] 尹丽,等.化工技术与开发,2013(6):8-10.
Yin Li, et al. Technology & Development of Chemical Industry, 2013(6):8-10.
- [21] 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.
- [22] 李兵涛,等.产业用纺织品,2013,31(1):40-43.
Li Bingtao, et al. Technical Textiles, 2013, 31(1):40-43.
- [23] 刘鹏.工程塑料应用,2013,41(7):96-99.
Liu Peng. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):96-99.
- [24] 黄彩霞,等.塑料工业,2013,41(4):26-28.
Huang Caixia, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(4):26-28.
- [25] 汪炉林,等.广州化工,2013,41(5):100-103.
Wang Lulin, et al. Guangzhou Chemical Industry, 2013, 41(5):100-103.
- [26] 田维生.山东化工,2013,42(1):24-25.
Tian Weisheng. Shandong Chemical Industry, 2013, 42(1):24-25.
- [27] 厉春阳,等.电线电缆,2013(1):23-25.
Li Chunyang, et al. Wire and Cable, 2013(1):23-25.
- [28] 蒋智杰,等.广东橡胶,2013(12):2-5.
Jiang Zhijie, et al. Guangdong Rubber, 2013(12):2-5.
- [29] 田维生.安徽化工,2013,39(1):50-52.
Tian Weisheng. Anhui Chemical Industry, 2013, 39(1):50-51.
- [30] 李树彬,等.当代化工,2013,42(4):477-480.
Li Shubin, et al. Contemporary Chemical Industry, 2013, 42(4):477-480.
- [31] 曾庆鹏,等.中国塑料,2013,27(12):17-22.
Zeng Qingpeng, et al. China Plastics, 2013, 27(12):17-22.
- [32] 王茜,等.影像科学与光化学,2013,31(4):268-275.
Wang Qian, et al. Imaging Science and Photochemistry, 2013, 31(4):268-275.
- [33] 刘长岭,等.应用化学,2013,30(12):1417-1422.
Liu Changling, et al. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2013, 30(12):1417-1422.
- [34] 赵黎明,等.工程塑料应用,2013,41(5):29-33.
Zhao Yunchong, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):29-33.
- [35] 王义亮,等.工程塑料应用,2013,41(1):81-85.
Wang Yiliang, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):81-85.
- [36] 许永昌,等.广东化工,2013,40(14):35-36.
Xu Yongchang, et al. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(14):35-36.
- [37] 温敏,等.塑料工业,2013,41(9):118-121.
Wen Min, et al. China Plastic Industry, 2013, 41(9):118-121.
- [38] 程海龙,等.物理化学学报,2013,29(7):1515-1523.
Cheng Hailong, et al. Acta Physico-Chimica Sinica, 2013, 29(7):1515-1523.
- [39] 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.
- [40] 李建学,等.绝缘材料,2013,46(5):17-20.
Li Jianxue, et al. Insulating Materials, 2013, 46(5):17-20.
- [41] 曲江英,等.辽宁师范大学学报:自然科学版,2013,36(2):234-238.
Qu Jiangying, et al. Journal of Liaoning Normal University: Natural Science Edition, 2013, 36(2):234-238.
- [42] 李慧娇,等.轻工科技,2013(5):45-46.
Li Huijiao, et al. Light Industrial Science and Technology, 2013(5):45-46.
- [43] 王健,等.聚氯乙烯,2013,41(8):16-18.
Wang Jian, et al. Polyvinyl Chloride, 2013, 41(8):16-18.
- [44] 张欣涛,等.山东化工,2013,42(11):31-32.
Zhang Xintao, et al. Shandong Chemical Industry, 2013, 42(11):31-32.
- [45] 李向涛,等.新型建筑材料,2013(10):58-61.
Li Xiangtao, et al. New Building Materials, 2013(10):58-61.
- [46] 施珣若,等.塑料助剂,2013(1):31-34.
Shi Xunruo, et al. Plastics Additives, 2013(1):31-34.
- [47] 刘艳斌,等.广东化工,2013,40(14):55,54.

- Liu Yanbing, et al. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(14):55, 54.
- [48] 张友新. 橡塑技术与装备, 2013(5):19-22.
Zhang Youxin. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2013(5):19-22.
- [49] 高冬, 等. 现代塑料加工应用, 2013, 25(5):27-30.
Gao Gong, et al. Modern Plastics Processing and Application, 2013, 25(5):27-30.
- [50] 吴俊杰, 等. 广东化工, 2013, 40(14):43-44.
Wu Junjie, et al. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(14):43-44.
- [51] 黄东辉, 等. 工程塑料应用, 2013, 41(3):86-89.
Huang Donghui, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(3):86-89.
- [52] 袁晓晓, 等. 合成树脂及塑料, 2013, 30(3):33-38.
Yuan Xiaoxiao, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(3):33-38.
- [53] 米岩, 等. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(11):140-145.
Mi Yan, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(11):140-145.
- [54] 吕建福, 等. 低温建筑技术, 2013(8):11-30.
Lv Jianfu, et al. Low Temperature Architecture Technology, 2013(8):11-30.
- [55] 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.
- [56] 别明智, 等. 塑料工业, 2013, 41(12):66-68.
Bie Mingzhi, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(12):66-68.
- [57] 白森, 等. 广州化工, 2013, 41(1):48-50.
Bai Miao, et al. Guangzhou Chemical Industry, 2013, 41(1):48-50.
- [58] 杨兴兵. 塑料工业, 2013, 41(10):110-113.
Yang Xingbing. China Plastics Industry, 2013, 41(10):110-113.
- [59] 颜龙, 等. 工程塑料应用, 2013, 41(11):78-83.
Yan Long, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):78-83.
- [60] 类彦辉, 等. 山东化工, 2013, 42(11):26-30.
Lei Yanhui, et al. Shandong Chemical Industry, 2013, 42(11):26-30.
- [61] 赵伟, 等. 河南科学, 2013, 31(8):1 164-1 166.
Zhao Wei, et al. Henan Science, 2013, 31(8):1 164-1 166.
- [62] 刘媛, 等. 塑料科技, 2013, 41(1):65-68.
Liu Yuan, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(1):65-68.
- [63] 李斌, 等. 天津科技, 2013(6):80-81.
Li Bin, et al. Tianjin Science & Technology, 2013(6):80-81.
- [64] 李真, 等. 工程塑料应用, 2013, 41(12):62-65.
Li Zhen, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):62-65.
- [65] 李启期, 等. 同济大学学报: 医学版, 2013(1):40-44.
Li Qiqi, et al. Journal of Tongji University: Medical Science, 2013(1):40-44.
- [66] 章亚妮, 等. 浙江大学学报: 医学版, 2013(6):644-648.
Zhang Yani, et al. Zhejiang University: Medical Sciences, 2013(6):644-648.
- [67] 王斌, 等. 纺织学报, 2013(4):17-21.
Wang bin, et al. Journal of Textile Research, 2013(4):17-21.
- [68] 阳范文, 等. 功能材料, 2013, 44(3):326-328.
Yang Fanwen, et al. Journal of Functional Materials, 2013, 44(3):326-328.
- [69] 徐冠豪, 等. 生物质化学工程, 2013, 47(5):1-6.
Xu Guan hao, et al. Biomass Chemical Engineering, 2013, 47(5):1-6.
- [70] 滑艳稳, 等. 湖南工业大学学报, 2013, 27(6):1-4.
Hua Yanwen, et al. Journal of Hunan University of Technology, 2013, 27(6):1-4.
- [71] 胡安, 等. 塑料, 2013, 42(3):103-105.
Hu An, et al. Plastics, 2013, 42(3):103-105.
- [72] 陈晓东, 等. 食品工业科技, 2013, 34(22):306-309.
Chen Xiaodong, et al. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(22):306-309.
- [73] 张伟, 等. 化工新型材料, 2013, 41(9):71-72.
Zhang Wei, et al. New Chemical Materials, 2013, 41(9):71-72.
- [74] 杜峰, 等. 现代化工, 2013(11):78-81.
Du Feng, et al. Modern Chemical Industry, 2013(11):78-81.
- [75] 崔巍巍, 等. 高等学校化学学报, 2013, 34(3):679-685.
Cui Weiwei, et al. Chemical Journal of Chinese Universities, 2013, 34(3):679-685.
- [76] 余旺旺, 等. 塑料科技, 2013, 41(2):92-95.
Yu Wangwang, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(2):92-95.
- [77] 卢叶, 等. 包装工程, 2013, 34(11):27-30.
Lu Ye, et al. Packaging Engineering, 2013, 34(11):27-30.
- [78] 赵斯梅. 辽宁丝绸, 2013(3):30-31.
Zhao Simei. Liaoning Tussah Silk, 2013(3):30-31.
- [79] 孙卫红, 等. 复合材料学报, 2013(3):45-50.
Sun Weihong, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 2013(3):45-50.
- [80] 杨珺, 等. 工程塑料应用, 2013, 41(3):82-85.
Yang Jun, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(3):82-85.
- [81] 杨爱景, 等. 中国纤检, 2013(21):83-85.
Yang Aijing, et al. China Fiber Inspection, 2013(21):83-85.
- [82] 方舟, 等. 聚氨酯工业, 2013, 28(4):11-15.
Fang Zhou, et al. Polyurethane Industry, 2013, 28(4):11-15.