

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.05.025

2013 年我国工程塑料加工技术进展

吕召胜,赵志鸿,谈桂春,栾维涛

(《工程塑料应用》杂志社,济南 250031)

摘要:根据2013年国内公开发表有关工程塑料加工技术的文献,从成型加工工艺与技术、设备、模具设计及二次加工等方面综述了我国工程塑料加工技术的进展。

关键词:工程塑料;加工技术;注塑;挤出;设备;模具;模拟

中图分类号: TQ322

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2014)05-0109-010

Advance in Processing Technology of Engineering Plastics of China in 2013

Lyu Zhaosheng, Zhao Zhihong, Tan Guichun, Luan Weitao

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

Abstract : On the basis of domestic literatures in China in 2013, the advance in processing technology of engineering plastics in the respects of processing technology, processing equipment, mould design and finishing is summarized.

Keywords : engineering plastic ; processing technology ; injection, extrusion ; machinery ; mould ; simulation

2013年我国在工程塑料成型加工工艺与技术研究、成型加工设备及模具设计、二次加工等方面得到进一步发展。其中,基于CAE等的模拟技术更加成熟,而在新工艺理论、新设备研究等方面的研究也获得了较大的发展。笔者现根据2013年国内主要期刊发表的有关工程塑料加工技术的文献加以汇总,以飨读者。

1 成型加工工艺及技术研究

1.1 塑料材料加工技术研究

超临界CO₂辅助加工PP/滑石粉复合材料 华南理工大学等^[1]在共混挤出聚丙烯(PP)/滑石粉复合材料过程中,通入CO₂以辅助加工并由此保护滑石粉的微观片状结构。结果表明,CO₂通气量越大、加工温度越高,加工过程中滑石粉的微观片状结构被破坏程度越小;螺杆转速越高,滑石粉的微观片状结构被破坏程度越大。

加料方式对HCB填充PP的影响 金发科技股份有限公司^[2]采用双螺杆挤出机制备空心陶瓷微珠(HCB)填充PP复合材料,研究对比了主喂料和侧喂料两种加料方式对复合材料性能的影响。结果表明,侧喂料比主喂料更能使HCB保持其完整性;与采用主喂料方式制备的复合材料相比,采用侧喂料方式制备的复合材料的拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量较高,尤其是白度较高,其L值达80以上。

加工技术对PP中VOC含量的影响 中国石油化工股份有限公司北京化工研究院^[3]研究了双螺杆挤出机中自然脱挥、真空脱挥、螺杆转速等对PP粉料中挥发性有机物(VOC)含量的影响。结果表明,自然脱挥和真空脱挥均可

降低PP粉料中总挥发性有机物(TVOC)的含量,但后者效果明显优于前者;控制双螺杆挤出机的螺杆转速为500 r/min,PP中TVOC含量最低。

注塑工艺对LGFPP力学性能的影响 常州大学等^[4]研究了注塑工艺对长玻璃纤维(GF)增强PP(LGFPP)力学性能的影响。结果表明,随着螺杆转速的增加,LGFPP中长GF残余长度值下降,最终稳定在1.49 mm;当螺杆转速为60 r/min时,拉伸强度达到105 MPa,冲击强度和弯曲强度分别为28 kJ/m²和180 MPa。

振动挤出对聚烯烃流变行为的影响 中煤科工集团重庆研究院等^[5]利用自行研制的振动挤出装置研究了振动挤出对聚烯烃流变行为的影响。振动场能使高密度聚乙烯(PE-HD)和PP熔体的表观黏度降低;振动场和熔体表观黏度的关系受振动频率、口模温度、螺杆转速的影响。

三螺杆挤出PET 华南理工大学等^[6]针对三螺杆排气挤出机设计了3种不同的螺杆组合,在不同的螺杆转速和喂料速度下加工聚对苯二甲酸乙二酯(PET),发现对于特定的材料和工艺,存在1个最佳工作点,在稳定的工作条件下,可实现PET的无需预干燥加工,且保持了其较好的力学性能。

PET熔融挤出后的特性黏数变化 大连理工大学^[7]分别使用单螺杆挤出机、双螺杆挤出机、反应型挤出机挤出PET,研究其在不同挤出温度、不同螺杆转速下熔融挤出后PET的特性黏数变化情况。结果表明,PET最适合使用单螺

联系人:吕召胜

收稿日期:2014-04-15

杆挤出机,在较低挤出温度、较高螺杆转速、物料经过烘干的情况下可对其进行熔融挤出加工。

螺杆混合能力对 PA6/ 锆铁氧体磁体材料性能的影响 青岛科技大学等^[8]使用双螺杆挤出机将聚酰胺(PA)6和各向异性锆铁氧体熔融混合并造粒,发现提高螺杆的混合能力有利于磁粉粒子的分散从而降低 PA6 熔体黏度并改善材料力学性能和磁性能。但螺杆混合能力提高会对磁粉的结构造成影响并明显提高混合时的能量消耗。

螺杆转速对 PA6/LiCl 复合材料性能的影响 贵州大学等^[9]研究了挤出机螺杆转速对 PA6/氯化锂(LiCl)复合材料结晶和力学性能的影响。随着螺杆转速的提高,LiCl 和 PA6 络合反应程度增大,PA6/LiCl 复合材料的结晶不完善程度增加,结晶度减小;当螺杆转速为 240 r/min 时,复合材料的拉伸强度和弯曲强度均达到最大值,分别为 51.72 和 133.9 MPa;当螺杆转速为 220 r/min 时,复合材料的缺口冲击强度达到最大值,为 7.9 kJ/m²。

圆锥式强剪切分散混炼器对 EP/ 硅藻土体系性能的影响 四川大学^[10]为了改善填充和共混体系的混炼和分散效果,采用自行研制的多级圆锥式强剪切分散混炼器对环氧树脂(EP)/硅藻土体系进行混合试验。相比于机械混合,在混炼器作用下,体系的拉伸和冲击强度都有明显的提高。

螺杆类型对 GF 增强液晶聚合物二次料的影响 华南理工大学^[11]研究了挤出过程中螺杆类型的变化对 GF 增强液晶聚合物二次料(RLCP-6130)流变、力学、热学性能的影响。结果表明,采用长径比为 30:1、直径为 30 mm 的单螺杆挤出,RLCP-6130 的流变和热性能下降幅度最低,GF 平均长度和材料力学性能下降幅度分别低于 8.4% 和 7.6%。

固态挤出自增强木塑复合材料 北京化工大学^[12]采用稳定、连续的固态挤出装置制备了高度取向的自增强木塑复合材料。随着挤出比的增大,复合材料的弯曲弹性模量从 2400 MPa 提高到 5800 MPa,拉伸强度从 20.7 MPa 提高到 81.6 MPa。

超声塑化生热及其参数对温度特性的影响 中南大学^[13]通过仿真计算、实验验证的方法,研究了超声工具头端面和外圆柱面振动对聚合物的熔融塑化效果和不同超声波参数对聚合物的熔融塑化的影响。结果表明,熔池从工具头端面中心部位开始形成,并向轴向和径向扩展;工具头轴向振动的塑化作用为聚合物熔融塑化的主要能量来源,其效果远远大于径向振动的塑化作用;超声波振幅对聚合物的塑化效率比超声波频率影响更大。

1.2 塑料制品成型工艺研究

微发泡 PC/ABS 制品的注射成型工艺研究 福州大学^[14]研究了注塑工艺参数对微发泡聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-

丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)制品微孔形态的影响。结果表明,影响微孔直径大小的参数依次为注气时间、注塑压力、熔体温度、模具温度、预塑量、射出速度。最后通过最佳工艺组合预测微孔直径最优值,并通过试验验证,最终改善了微孔形态,提高了微孔发泡的质量。

微注塑工艺对 PP 制品形态结构的影响 郑州大学^[15]基于一组薄壁微制品的微注塑实验,研究熔体温度和注射速度对厚度为 1.0 mm 和 500 μm 微制品形态结构的影响。结果表明,这两种微制品都呈现出一种相似的皮芯结构,但不同于传统注塑制品 4 层或 5 层结构,微制品只有冷冻层、剪切层和芯层 3 层结构。

采用紫外光刻电铸技术的微型腔注射成型 西南科技大学等^[16]针对复杂微型腔制作的难点,基于紫外光刻电铸(UV-LIGA)技术和掩膜腐蚀的方法加工了细胞皿微型腔。以 PP 进行单因素充模流动工艺试验,通过极差分析,研究了注射工艺参数对微制品成型质量的影响规律。试验表明基于 UV-LIGA 技术和掩膜腐蚀的方法制作复杂结构微型腔对于微注射成型是可行的。

成型温度对聚合物微型机械模内组装成型流固耦合变形的影响 南昌大学^[17]基于聚合物模内组装成型的微型机械制造精度和组装配合精度主要受控于二次成型熔体充填流动与一次成型固体微型零件之间的流固耦合作用,通过有限元数值模拟,系统研究了二次成型熔体注射温度对流固耦合变形的影响,发现提高二次成型熔体的注射温度可减小流固耦合变形,但二次成型熔体的注射温度过大,又会导致一次成型固体微型轴表面融化,影响装配界面的成型质量。

结晶型聚合物注射成型数值模型优化 成都工业学院^[18]以 PP 为研究对象,分析了结晶型聚合物注射成型过程中晶态结构对成型工艺的影响,提出了结晶项和黏度变化因子的计算模型,优化了聚合物宏观本构方程。通过实例的模拟分析和对比,证明所提出的基于结晶微结构特征的优化模型是行之有效的。该模型为注射成型的准确模拟和制品性能预测提供了依据。

基于长薄壁件的反翘曲变形研究 湖南机电职业技术学院^[19]以空调中的导风板为案例,采用 CAE 模拟对比了在最优成型工艺条件下采用反翘曲变形前后导风板的翘曲结果,并通过实际生产对该方法进行了验证。结果表明,采用反翘曲变形方法后,导风板的实际翘曲量最大差值由原来的 4.8 mm 降为 1.1 mm,满足导风板翘曲量最大差值必须小于 2 mm 的要求。

顺序注射成型在消除空调导风板熔接痕中的应用 重庆大学等^[20]为了消除空调导风板的熔接痕,以某空调导风板为研究对象,采用顺序注射成型方法浇注,通过在原有热

流道上安装可以由阀门装置软件独立控制的液压回路,实现多浇口顺序控制。经过方案优化,确定了3浇口的开启顺序和顺序开启时间,消除了空调导风板表面的熔接痕并改善了其表面的分子取向,提高了塑件的整体质量。

基于顺序阀的塑料制件注塑工艺的多目标优化设计 台州职业技术学院等^[21]以某汽车仪表盘为例,设计了仪表盘的热流道顺序阀浇注系统和冷却系统。在不同顺序阀的开启时间和工艺参数条件下,对影响仪表盘注射成型质量的熔接痕和翘曲值标进行模拟优化,并运用综合平衡法,综合评判最终获取最佳阀开启时间和组合工艺参数。试模结果表明,制件表面无明显熔接线且翘曲值符合装配要求。

变厚度透镜注射压缩成型的三维数值模拟 北京化工大学^[22]基于有限元法、Arbitrary Lagrangian-Eulerian有限元网格变形法理论及White-Metzner粘弹性本构方程,采用Moldex软件进行了变厚度光学透镜成型的三维仿真分析。模拟表明,压缩阶段的挤压流存在显著三维流动特征,较常规注射,注射压缩能有效地降低注射压力、剪切率与流动残余应力及因此造成的翘曲和光程差。

应用模内局部加热改善注塑件的熔接痕 广东工业大学^[23]针对聚合物/Al粉注塑件在注塑时熔接痕和流痕的形成特点,提出了采用型腔局部加热技术改善注塑件熔接痕的新型工艺方法。结果表明,采用局部加热技术能有效改善或减少熔接痕,随着加热温度的升高,注塑件的表面光泽度明显提高,熔接痕也得到了一定的改善。

PP及PP/GF试样的动态注射成型研究 华南理工大学等^[24]通过动态注射成型来研究振动参数对成型PP试样和PP/GF试样熔接痕拉伸强度及结构形态的影响。结果表明,对PP试样,熔接痕拉伸强度对振动频率的响应有一个最优值;对PP/GF试样,其在较低频率和较大振幅下,能够得到更强的熔接痕拉伸强度。

低温环境下注塑件工艺质量变化的研究及对策 珠海格力电器股份有限公司等^[25]针对注塑行业普遍存在的同一模具、同一注塑机、相同工艺参数,分别在常温 and 低温条件下生产的注塑件质量差异问题,通过实验进行了分析和对比。相对于常温,在低温环境下生产的注塑件普遍存在尺寸缩短、冲击强度下降、表面静电吸附及翘曲增大等常见现象,给出了预防控制措施和解决办法,为保证注塑件在不同季节的生产质量一致性提供了参考。

注塑PP蓄电池槽两端收缩变形缺陷与对策研究 重庆川仪工程塑料有限公司等^[26]针对注塑PP蓄电池槽脱模后两端存在严重收缩变形的情况,提出了改善蓄电池槽两端收缩变形的对策,即延伸蓄电池槽两端筋的宽度或在其两端侧面上增加网络筋格。经过以上2种结构改进的蓄电池槽

在存放3个月后其两端基本没有发生收缩变形的情况,从而较好地解决了蓄电池槽两端收缩变形的问题,满足了蓄电池装配气密性的要求。

熔体注射温度对聚合物水辅共注成型过程的影响 南昌大学^[27]研究了芯层熔体注射温度对水辅共注成型水与芯层熔体的穿透过程的影响规律。结果表明,芯层熔体和水的穿透深度均随着芯层熔体注射温度增加而增大,且芯层熔体和水的穿透深度与芯层熔体注射温度显线性递增关系,提高芯层熔体注射温度有利于细长塑料制品的水辅共注成型。

气辅共挤成型中气垫层的建立及稳定性分析 上饶师范学院等^[28]采用自行研制的气辅共挤成型实验系统和矩形截面气辅双层共挤口模,研究了气辅共挤过程中气体压力、气体温度及气阀的开启顺序对气垫层稳定性的影响。结果表明,要形成稳定气垫层,气体压力和温度应尽量与聚合物熔体接近,气体和熔体的压力差不应超过0.1 MPa,温度差不应超过10℃,先开启气阀时,要严格控制气体压力。

旋转挤出PE管的工艺研究 高分子材料工程国家重点实验室等^[29]采用自行研制的聚合物管旋转挤出装置,研究了旋转挤出过程中旋转/牵引速度比对PE管结构和性能的影响。当旋转/牵引速度比为0.6时,旋转挤出PE管的环向拉伸强度从常规挤出管的19.4 MPa提高到33.5 MPa,提高了72.7%。

微孔塑料连续挤出成型快速降压口模的数值模拟 南昌大学^[30]利用Polyflow有限元软件对聚苯乙烯/CO₂均相体系在连续挤出成型圆形快速降压口模中的流动进行数值模拟。结果表明,当入口角为0°时,与其它各入口角相比,其熔体压力降速率最大,气泡成核时间最早;降低口模温度,压力降速率明显提高,从而有利于微孔塑料的气泡成核。

牵引拉伸对微挤出成型影响分析 中南大学^[31]研究了聚合物挤出过程拉伸作用对口模出口处流体体系的形态、流变性能的影响。结果表明,随着牵引速度的增大,入口压力降低;牵引速度对口模内速度场及挤出胀大影响较小,而对制品在挤出过程中截面尺寸的变化有明显影响。

大规格斜拉索PE-HD防护套挤出成型的研究 中州大学^[32]针对400丝以上大规格斜拉索PE-HD防护套存在着易开裂及外观质量差等质量缺陷问题,在挤出成型防护套的过程中,通过合理设计口模结构尺寸以增加模具压力、合理调控机头温度、调整好口模中内外模的间隙等方法,使PE-HD均匀地包覆在裸索上,并紧密地粘附成一体,形成的防护套厚度均匀、无银纹且其与裸索之间没有间隙。

吹塑工艺对双峰PE-HD薄膜落镖冲击性能的影响 中国石化上海石油化工股份有限公司^[33]采用相对分子质量分布曲线呈双峰的薄膜专用PE-HD MH602进行吹塑

薄膜,发现最佳工艺条件为:熔体温度 220℃,吹胀比 4:1,环境温度 20~25℃;采用进口催化剂生产的 MH602 吹塑薄膜时,冷却线高度最佳为 1800 mm;采用国产催化剂生产的 MH602 吹塑薄膜时,冷却线高度最佳为 1200 mm。

型坯温度对 PE-HD 油桶成型的影响 北京理工大学^[34] 用 POLYFLOW 数值模拟了 PE-HD 油桶的非等温吹胀过程。结果表明,温度的最小值出现在油桶的拐角处,而温度的最大值出现在桶口处;随着初始型坯温度的升高,吹塑制品熔接痕处的厚度增加,吹塑制品与模具接触时间增大。

滚塑工艺成型周期的数值研究 北京工商大学^[35] 为球形中空塑料制品的滚塑工艺建立了一种新的传热理论模型,并采用 Fluent 软件对模具的导热、塑料层的导热和熔融、结晶相变以及内部空气的自然对流换热耦合求解。数值计算所得的模具外壁面温度和内部空气温度都与实验结果吻合较好,从而证明了理论模型的有效性。

PA12 肺动脉支架球囊导管成型温度优化 大连大学等^[36] 通过分析肺动脉支架球囊导管成型过程中温度变化对其成型后近端性能的影响,来确定最适宜的成型温度。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。

GF 增强 PP 管材缠绕成型温度工艺参数研究 华东理工大学^[37] 采用正交试验,研究了 GF 增强 PP 复合管材缠绕成型过程中几个主要加工温度参数对其性能的影响。结果表明,热风枪温度对复合管材的层间剪切强度影响较大,而芯模温度对环向拉伸强度影响较大。在预热通道温度 200℃、热风枪温度 260℃、芯模温度 140℃的最优工艺条件下,管材的层间剪切强度达到 43.69 MPa,环向拉伸强度达到了 589 MPa。

2 设备及其改进

差速双螺杆挤出机二维端面流场及混合模拟 北京化工大学等^[38] 介绍了差速双螺杆挤出机的特点,应用 Polyflow 软件对差速双螺杆挤出机端面进行了二维流场及混合模拟。模拟结果显示,差速双螺杆的切面混合效果好于同速双螺杆,且随差速比增大而略有改善;而差速比 4:1 的剪切速率和拉伸速率大于 5:1 的。由此可见,设计挤出机时要综合考虑混合和塑化两方面效果选择差速比。

防火铝塑复合板芯层挤出成型设备研究 甘肃省聚合物配混成套技术及装备工程技术研究中心^[39] 结合防火铝塑复合板芯层挤出工艺的技术难点,对其设备的关键部分进行了介绍。将该设备用于高填充(氢氧化铝填充比为 70%)聚乙烯防火铝塑板芯层板材的挤出成型。结果表明,该套设备

的能耗及原料成本较低,具有良好的推广前景。

一种新型嵌入式行星螺杆挤出机的研究 广东轻工职业技术学院等^[40] 提出了一种新型嵌入式行星螺杆挤出机结构,引入了周期性扰动及排气功能,研制成功 1.5 代实验样机。通过试验证实了行星螺杆的周期性扰动可以导致混沌混合的发生,有利于螺杆压力的建立、能有效提高物料分散混合效果和提高制品质量。

往复式单螺杆销钉挤出机设计 北京化工大学^[41] 对比了几种不同的往复式单螺杆销钉挤出机传动系统的传动机理,并在此基础上设计其对应的混合元件。采用摇摆箱传动系统时,流场内的剪切应力、温升和压力差较低,而轮系传动系统可实现单次旋转多次往复驱动模式,并且机械结构更具可靠性。

可提高挤出压力的齿轮系 常州大学^[42] 针对挤出机常规齿轮泵因存在径向力问题而使挤出压力的提高受到限制的现状,借鉴谐波齿轮传动原理,提出了一种新型齿轮泵,从结构、原理上实现了径向力的平衡,有利于增加齿轮泵的挤出压力,具有增压、稳压、挤出量稳定均匀的良好特性,并可挤出双倍的物料量,为提升齿轮泵的性能与竞争力开创了新途径。

单螺杆-熔体泵串联挤出系统挤出流量控制 黄河水利职业技术学院等^[43] 对机筒温度系统进行结构分析和模型辨识,设计 3 输入 3 输出控制器,采取无模型自适应控制方法(MFAC)对温度进行控制;建立挤出机出口压力系统模型,在此基础上建立基于仿人智能控制(HSIC)的 MFAC 串级控制结构模型。通过现场实测及应用,显示基于 MFAC 算法的单螺杆-熔体泵串联挤出系统挤出熔体流量精确、稳定。

锥形单螺杆挤出机建压能力模型分析 北京化工大学^[44] 基于固体塞力平衡分析,建立了螺棱圆柱而螺槽渐浅及双锥螺杆的固体输送段压力、固体推进角和功率模型。定量计算或作图分析结果表明,螺槽渐浅锥形螺杆比槽深不变柱螺杆的建压能力要强;建压能力随着锥角的增大而增强,在不同轴向位置锥角对建压能力的影响不同;锥形螺杆固体塞前进角比普通平直螺杆的大,生产率高,固体输送段比功率也会降低。

螺杆组合对同向双螺杆挤出机能耗影响的研究 天华化工机械及自动化研究设计院有限公司^[45] 利用不同螺杆组合的双螺杆挤出机制备了超细碳酸钙填充聚丙烯试样。结果表明,45°捏合盘厚度为 30 mm 或 45 mm、塑化段捏合盘错列角为 30°或 45°、转子类元件放在塑化混合段之后,均可在保持试样较高拉伸强度的条件下有效地降低挤出机能耗。

全自动注塑机注塑压力在线测量新方法 广东轻工职

业技术学院^[46]针对目前全电动注塑机注塑压力测量方法存在的缺点,在现有的注塑压力荷重元基础上首次提出了一种新的测量方法。该方法利用材料泊松比为定值的原理,在荷重元弹性壳体上沿径向开槽对称地安装两个平面应变传感器,从而实现对注塑压力的测量。该方法与传统方法相比最大的区别是不需在弹性壳体上粘贴应变片。

全电动注塑机中的高精度温度控制要素研究 广东省伊之密精密股份有限公司^[47]从软件和硬件分析影响全电动注塑机温度控制的要素,并且针对具体的加热设备,如操作系统的加热参数优化,热电偶的更换等提出建设性的改善方案,减少料管升温到稳态后的与设定温度的偏差值。结果表明,比例积分微分(PID)参数的自整定能够提高控制的效率,减少超调和稳态时间;通过对注塑机温度的测量,温度的偏差能够达到 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

全电动注塑机机筒温度控制关键技术的研究 华中科技大学^[48]根据全电动注塑机精密注塑工艺对塑料温度控制的高精度要求,通过基于模糊自整定PID与预估控制相结合的方法,针对注塑机机筒本体的结构和热力学特点,设计出温度系统的控制算法,并基于STM32嵌入式芯片完成控制系统硬件和软件设计工作。实验结果显示新的控制方法在所研究的项目中可以将温度控制的精度提高到 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$,表明所提出的方法在温度精度控制上优于现有设备。

叶片塑化输运单元加工聚合物塑化性能研究 五邑大学等^[49]阐述了聚合物叶片注射成型机中叶片塑化输运单元的工作原理并进行三维建模,应用流体动力学软件分析了该单元的塑化机理和拉伸流动特性。结果表明,叶片塑化输运单元可以提高聚合物的塑化与分散混合性能,经过叶片注射成型机加工的制品性能要优于螺杆元件加工的制品。

基于有限元分析和实验的注塑机定模板 北京化工大学等^[50]通过ANSYS有限元分析和模板的应力、应变计算,提出模板分析和优化设计方法,并在机器上实际测量了模板的变形。通过定模板的数值分析和实验测量数据的对比,验证了所提出方法的有效性。此方法可以用于指导模板结构的设计,实现应力分布优化,进而提高注塑机的寿命、节约模板材料。

注塑机肘杆式合模机构的优化分析 北京化工大学^[51]运用机构学方法分别对四点式和五点式斜排肘杆机构进行运动及力学性能分析,建立2种肘杆机构数学模型。结果表明,四点斜排肘杆机构的动模板速度、加速度及机构力放大比均优于五点斜排肘杆机构,为注塑机肘杆机构的设计与选型提供了理论依据。

基于自适应模糊PID的注塑机温度控制及仿真 北京化工大学^[52]为了对注塑机温度精确控制,针对注塑机温度

在传统比例积分微分(PID)控制系统中存在的控制偏差大、调节速度慢等诸多不足的现状,提出将模糊控制器和PID控制器相结合,构造一个自适应模糊PID控制器。与传统PID控制器相比,自适应模糊PID控制器实现了注塑机温度的实时控制,达到了超调量小,升温快速及稳态无误差等要求。

基于关联特性的注塑机合模机构运动特性研究 太原理工大学^[53]通过对合模机构锁模状态的形变分析,基于弹性力学理论,建立了锁模力的数学模型,揭示了合模机构刚度、机构变形和锁模力三者之间的关系,并通过合模机构刚性模型和刚柔耦合模型的仿真对比,得到了动模板的速度和位移曲线,研究了开模瞬间动模板的运动特性及其对成型制品品质的影响。

基于AMESIM的注塑机管道设计的节能研究 西华大学等^[54]利用AMESIM软件对SZ-250A型注塑机合模系统进行了建模,通过对管道长度和直径设置不同参数进行了仿真和分析。通过对大小流量泵输出能耗的计算表明,随着管道长度的增大,注塑机能耗增大;随着管道直径的增大,注塑机能耗减小。

二板式液压注塑机锁模力能参数及增压回路的研究 山东理工大学^[55]介绍了二板式液压注塑机合模机构的基本结构,建立了锁模力能参数数学模型,分析了锁模力的特性,确定了锁模力能参数的取值极限范围。针对合模机构中的锁模液压缸一方面受注塑机整体尺寸限制,另一方面又要提供足够锁模力的特点,给出了高压锁模回路基本油路形式,利于实现注塑机自身轻量化。

注射机屏障型螺杆结构设计 震德塑料机械有限公司等^[56]根据生产实际设计了几款不同结构参数的屏障型螺杆混炼元件,对其混炼性能和塑化能力进行了对比。结果表明:增加螺槽深度有助于提高混炼元件作用下的熔体的混合指数,但会导致熔体压力下降;当屏障间隙约为1 mm时,屏障混炼元件对熔体具有较好的剪切作用和拉伸作用;螺旋角为 60° 时,屏障元件具有良好的拉伸、剪切速率及熔体压力。

基于MATLAB的注塑机合模机构优化设计及系统开发 北京化工大学^[57]根据注塑机五点斜排双曲肘合模机构设计要求,建立合模机构优化数学模型,确定参数化设计流程,基于MATLAB开发注塑机五点斜排双曲肘合模机构优化设计系统。案例分析表明,该系统不仅能完成合模机构系列化设计,而且优化后的合模机构工作性能得到提升,提高了设计人员的工作效率。

基于LabVIEW的中空成型机电液控制系统设计 浙江师范大学等^[58]为了保证中空制品壁厚均匀、节省材料,设计了基于LabVIEW计算机程序和以高性能电液比例阀为核

心的壁厚控制系统。试验证明,该型坯壁厚电液控制系统作为大型中空成型机型坯壁厚控制的核心,具有系统精度高、抗干扰能力强等优点,有利于整机的周期性控制,保证运动平稳性要求,达到较高的位置控制精度。

滚塑成型无线测温装备的研究与应用 北京化工大学^[59]针对滚塑成型中烘箱内温度很高,无法利用现有的温度测量装备对其实施在线测量的现状,设计了一种可以在高温复杂环境下正常工作的无线测温装备。该装备可以实现滚塑成型工艺过程中对烘箱内部的温度、模具内外壁的温度和物料的温度变化进行实时监测和无线输送,为控制和调节滚塑成型工艺提供依据。

锥形复合材料电线杆缠绕机控制系统设计 哈尔滨理工大学^[60]基于嵌入式 Trio 运动控制器设计了一种锥形复合材料电线杆缠绕控制系统。采用电子凸轮的位置跟踪模式实现小车电机、伸臂电机、丝嘴电机跟踪主轴的同步运动,实现整体线型的精确平滑缠绕。实践应用表明,该缠绕机控制系统结构简单、稳定性好,能够实现锥形体线型的精确缠绕。

3 模具研究、设计及加工

聚合物异型材挤出模的逆向数值设计和流动分析 上饶师范学院等^[61]采用 Polyflow 软件对 T 型异型材挤出模进行逆向数值设计,获得其挤出模构型和尺寸,计算出聚合物熔体在口模内速度分布和挤出胀大。结果表明,逆向数值设计是挤出模设计的有效手段,可以大大减少试模和修模的次数,从而提高生产效率,节约生产成本。

基于知识的直通式管材挤出模头智能化设计 华南理工大学等^[62]以塑料管材挤出模头为研究对象,分析了直通式管材挤出模头的基本结构,并结合计算机辅助设计,采用 KBE 技术,研究了基于知识的直通式管材模头智能化设计的关键技术,实现了直通式管材挤出模头的知识表示和参数化设计。

旋转成型模具测温装置的设计 重庆理工大学^[63]设计了一种球形碳刷结构的测温装置,巧妙地解决了在旋转成型工艺中导线随模具空间旋转而产生的缠绕问题,同时详细介绍了该装置的结构特征,并提出了在旋转模具中合理安装测温装置的方案。结果表明,该装置具有安装简易、拆换方便、成本低廉等优点。

汽车水箱左右盖复杂抽芯注塑模设计 广东科技学院^[64]设计了某名牌汽车水箱左右盖塑料件的注塑模。注射模采用了热流道浇注系统,针阀式热射嘴,针阀由液压驱动。模具侧向抽芯机构非常复杂,分别采用了常规侧向抽芯、复合抽芯、延时抽芯和强制抽芯的抽芯结构。模具滑块数量多,抽芯方向多,抽芯动作复杂,是一副侧向抽芯机构注塑模具的经典实例。

注塑模具模内自动剪浇口技术 永高股份有限公司^[65]以滑块抽芯、推板顶出两类注塑模为例,通过改变侧浇口位置,实现在模具正常动作过程中塑料件与浇口的相对运动剪切浇口,完成了塑料件侧浇口的模内自动分离。

变厚度变截面塑料模浇口位置优化 上海市计量测试技术研究院^[66]基于遗传算法和数值模拟技术,通过对导致制品品质和影响产品材料性能的主要因素进行定量分析,构造了变厚度、变截面塑料模浇口位置优化模型。算例表明,优化后的入口压力、温度差、最大剪切应力分别降低了 25%、31%、8% 以上,该优化模型适用可行。

多次使用针头盖产品模具设计 北京电子科技职业学院等^[67]根据针头盖制件的技术要求和结构,结合模具设计、制造的最新技术,研制出一模八腔、可连续完全自动化生产的多次使用的针头盖产品模具。用该模具生产的产品水密试验合格率达 99.8% 以上。

螺纹旋转脱模内螺纹塑件注塑模设计 苏州经贸职业技术学院^[68]以 ABS 塑料瓶盖为例,设计了螺纹旋转脱模内螺纹塑件注塑模。该模具无需外接脱螺纹动力装置,利用注塑机的开模力实现塑件自动旋转脱模顶出,保证了内螺纹塑件的质量,解决了现有技术中螺纹脱模耗时、易拉伤塑件螺纹的问题。

鼠标面盖双色注塑模具设计 广东科技学院^[69]根据鼠标面盖塑件的结构特点,对该制品的双色注塑模具进行了详细的结构设计。通过对浇注系统、侧向抽芯机构、冷却系统和脱模系统的分析研究,确定了合理的双色注塑模具结构。通过采用双模架、双浇注系统、双脱模系统和辅助型芯等复杂模具结构,达到了双色注射成型的特殊要求。

逆向工程技术在塑料模具设计中的应用 陕西科技大学^[70]介绍了一种基于反求工程技术的注塑模具快速设计方法,此方法能够实现注塑模的快速设计,缩短产品的开发周期,尤其对曲面形状复杂、缺失原始几何数据等产品的设计与制造极具潜力。

注塑模中使用计数器实现可转动螺纹型芯的角度定位 顺德职业技术学院^[71]针对注塑模中需要对可自动脱螺纹的螺纹型芯起始角度作出规定的情况,采用计数器作为主要的机电部件,光电传感器和光电反射板作为辅助部件,通过计数器的计数电路接入注塑机的液压马达控制电路,以有外形角度对应特征的瓶和瓶盖注塑零件为例,在注塑模上使用计数器完成了可转动螺纹型芯的角度定位。

基于 ANSYS 对 HRHCM 随形绝热结构热响应分析 广东工业大学^[72]采用 ANSYS 软件模拟分析模芯水热性快速热循环热响应过程,提出了一种带有随形绝热层和随形换热通道的组合式模芯换热结构。结果表明,使用该结构,

加热和冷却阶段所用时间分别缩短 125.0% 和 136.8%; 加热速率和冷却速率分别提高 124.2% 和 135.8%; 加热和冷却阶段最大温差分别降低 9.0% 和 24.2%。

凸轮轴组合件注塑模具设计 重庆川仪工程塑料有限公司^[73]为解决两个交角的凸轮和一个螺旋斜齿轮脱模的问题,通过对凸轮轴组合件注塑成型分析,提出了动模上采用液压驱动滑块对一个凸轮进行抽芯,另一个凸轮利用分型面脱模的方案。采用螺旋顶杆顶出塑料齿轮,通过螺旋顶杆沿着螺旋槽轨迹的转动,使塑料齿轮沿着该轨迹同步转动和前进,齿轮顺利从模具内脱模。经过生产实践,模具结构设计合理,使用可靠,满足批量生产要求。

小型继电器推动块注塑模具设计 陕西工业职业技术学院等^[74]针对尺寸小、批量大的推动块制品在生产过程中出现其不能自动落下这一问题,从型腔、浇注系统和推出机构设计等方面进行了分析和改进,通过采用潜伏式浇口和增设气动吹出装置,解决了小型制品脱模困难这一问题。

手柄双色注塑模设计 广东科技学院^[75]设计了一种特殊结构的手柄双色注塑模具。该模具具有两个浇注系统:一个成型聚碳酸酯内芯,一个浇注热塑性弹性体包覆层。二次注射时不是将整个动模旋转 180°,而是将动模活动镶件推出后再旋转 180°。动模活动镶件由注塑机推出,再由油缸推动齿条,通过齿轮传动带动动模活动镶件旋转 180°。实践证明,该模具动作稳定可靠,塑料件质量满足设计要求。

基于 Fluent 的卫浴把手高光模具水路设计与分析 厦门理工学院^[76]基于变模温技术原理,提出采用高光注塑技术生产具有高光泽度卫浴把手塑料件。为实现把手的高光效果,确定了高温水加热、低温水冷却的变模温方式,提出了高光水路设计方法,构建了双面变模温的随形水路。采用 Fluent 软件对模型热响应进行模拟分析,验证高光水路结构的合理性。

汽车保险杠注塑模具热流道系统热平衡分析及设计 上海理工大学^[77]运用 Creo 软件设计汽车后保险杠注塑模具,并采用该软件的 simulate 模块对模具的热流道系统进行热分析,研究热流道系统中热嘴功率和加热棒的数量、加热功率、布置方式对热流道系统的温度场的影响。结果表明,加热棒数量为 14 个,每个加热棒功率为 120 W,加热器间距为 80 mm 且均布在流道两侧,热嘴功率为 250 W,可使热流道系统达到稳定热平衡状态。

微注塑模具近红外加热方法及装置研究 天津大学等^[78]开发了高深径比的微注射成型模具的近红外加热装置,利用开发的近红外加热装置进行了模具加热验证实验。结果显示,近红外加热方式能够快速实现模具表面加热,在 25 s 内能够将模具的表面温度从 19.96℃ 升高到 174.14℃,结合

水循环加热,有效地提高了高深径比塑件的充模质量。

双滑块弯销内抽芯机构设计 集美大学^[79]在带有 90°弯管的移位器底座注塑模具设计中,提出一种适用于弯管抽芯的双滑块弯销内抽芯机构。通过从弯管弯曲段主型芯中分割出滑块型芯先进行内抽芯,避免了脱模时带倒扣的弯管与主型芯发生摩擦。通过在滑块型芯的弯销内抽芯机构中引进辅助滑块,替代传统的注塑模具辅助分型面结构,实现了滑块型芯任意角度的内抽芯。

滴液管注塑模具设计 北京电子科技职业学院^[80]以滴液管为研究对象,阐述了滴液管模具设计的构思方法。提出采用将型腔镶件的一部分设置在定模座板内部的方法,以降低模具闭合高度;采用具有头部导向功能、内外冷却的动模型芯,以保证滴液管各部分的同轴度并提高动模型芯的冷却效果;通过模具导向镶件、型腔镶件、动模型芯及推件衬套的等外径设计,将以上零件组装在一起一次性加工好各安装孔,从而达到使用通用设备即可高质量完成全套模具加工任务的目的。

卡扣塑件分析及其创新成型模具设计 武夷学院^[81]运用卡扣装配简化计算和 CAE 数值模拟技术对汽车轮轴盖卡扣的结构进行设计,得到了一种可以量产的卡扣塑件,并根据该塑件的结构特点,设计出一种独特的成型模具结构。该研究模式不但可以验证模具经验理论与计算值的可靠性,还可以预测卡扣的强度和稳定性,从而减少测试成本。

塑料斜齿轮注塑模具脱模机构的优化 常州工学院^[82]提出了塑料斜齿轮成型脱模机构的优化改进方案。重点介绍了推杆、推管和向心推力球轴承相结合使齿形型腔旋转的塑料件推出方式,以有效地减小齿轮型腔在脱模时的“旋转”阻力,提高模具工作零件的减摩耐磨作用;解决了螺旋角及旋向相同但“螺距”不同的双联斜齿轮的成型脱模问题,拓展了双联斜齿轮注塑模具的开发应用。

温控器面板注射模抽芯机构设计 广东工业大学^[83]以温控器面板为例,对其成型工艺进行分析,采用热流道系统,设计出一模一腔模具,并阐述模具的工作过程。针对塑料件在分模过程中的难点,巧妙设计了斜槽侧抽芯机构、隧道式侧抽芯机构及凹槽成型结构,介绍了抽芯机构的设计方法和特点。实践证明,该抽芯机构设计合理、动作可靠,模具能适应批量生产,产品无缺陷,成型周期短。

斜齿双圆柱塑料齿轮的成型工艺分析及注塑模设计 常州工学院等^[84]通过对一种用于减速的斜齿双圆柱塑料齿轮进行结构特点及注塑成型工艺分析,完成了该塑件注塑成型模具的总装结构设计。介绍了推杆、推管和向心推力球轴承相结合使齿形型腔旋转推出塑件的方式,有效解决了两齿轮型腔镶块在转动中的“先、后”差异及“同步”问题。

大型中空吹塑挤出系统设计及其关键技术研究 辽宁工业大学^[85]针对目前大型中空成型机的熔料融合不均匀问题,对机头内部流道进行了结构设计和优化;根据其模头体积大、储料多、短时间需要大流量的工作特点,设计了一种大型储料式中空成型机挤出系统;介绍了模头系统的工作过程,并对模头内流道进行了设计和研究,成功地解决了熔料融合不充分等问题。

高速旋转式吹瓶机开合模凸轮机构的设计应用 华南理工大学^[86]利用机械原理的多连杆机构解析法,对开合模凸轮机构进行了理论研究和应用设计,得到了开合模凸轮机构的笛卡尔坐标参数方程描述;通过 Proe5.0 实现对开合模凸轮机构理想轮廓曲线和三维实体的描绘,使得高速旋转式吹瓶机的开合模凸轮机构设计更加精确、可靠、安全、稳定,为凸轮系统创新设计提供理论基础与设计思路。

4 二次加工

粗化条件对电镀 PC/ABS 合金的影响 上海锦湖日丽塑料有限公司^[87]研究了粗化工艺对 PC/ABS 合金粗化效果和电镀剥离力的影响。当粗化温度为 64℃、粗化时间为 14 min 时,可获得良好的表面粗化效果和高的电镀剥离力,其平均电镀剥离力高达 9 N/cm。

FRP/PUR 保温复合管的连接设计研究 河南理工大学^[88]结合玻璃钢(FRP)/聚氨酯(PUR)保温复合管的结构形式和使用条件,设计了快速接头连接方式,分析了 FRP/PUR 保温复合管快速接头的受力情况并确定了主要参数。设计的快速接头产品可以批量生产,造价成本低。

PE 燃气阀门焊接工艺参数研究 深圳大学^[89]针对聚乙烯(PE)燃气阀门的焊接质量问题,研制了 PE 燃气阀门自动热熔焊接设备。当翻边压力为 0.17 MPa、翻边时间为 61 s、吸热时间为 110 s、保压时间为 20 min 时,利用自制热熔焊接设备焊接的 PE 燃气阀门的焊接质量最高,经 80℃、4.0 MPa 静液压试验检测,其耐压时间为 1 074 h,符合 GB 15558.3-2008 要求。

芳纶纤维复合材料切削加工缺陷研究 北京工商大学等^[90]对芳纶纤维复合材料切削加工时各种加工缺陷进行了深入分析和研究,进行了一系列钻铣试验。试验表明,采用人字形螺旋刃进行铣削,对工件进行预夹紧和工艺涂覆进行铣削和钻削,可以有效避免分层、翻边、抽丝、拉毛等工艺缺陷;使用高强高韧和耐磨性好的刀具材料,控制切削工艺参数,可有效避免烧焦现象的产生。

参考文献

[1] 曹贤武,等.塑料,2013(2):27-30.

Cao Xianwu, et al. Plastics, 2013(2):27-30.

[2] 杜赏,等.工程塑料应用,2013,41(9):51-54.

Du Shang, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(9):51-54.

[3] 李峰,等.合成树脂及塑料,2013(3):55-57,65.

Li Feng, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013(3):55-57, 65.

[4] 邹国享,等.现代塑料加工应用,2013(2):8-10.

Zou Guoxiang, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2013(2):8-10.

[5] 付莉红,等.塑料科技,2013,41(2):41-43.

Fu Lihong, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(2):41-43.

[6] 何和智,等.塑料,2013(2):50-53.

He Hezhi, et al. Plastics, 2013(2):50-53.

[7] 张林,等.合成树脂及塑料,2013(3):58-60,70.

Zhang Lin, et al. China Synthetic Resin and Plastics, 2013(3):58-60, 70.

[8] 李培军,等.塑料工业,2013,41(5):59-63.

Li Peijun, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(4):59-63.

[9] 张敏,等.塑料科技,2013,41(11):34-38.

Zhang Min, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(11):34-38.

[10] 孟得惠子,等.塑料工业,2013,41(5):64-67.

Meng Dehuizi, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(5):64-67.

[11] 张水洞,等.高分子材料科学与工程,2013,29(8):126-130.

Zhang Shuidong, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(8):126-130.

[12] 蔡建臣,等.工程塑料应用,2013,41(5):38-41.

Cai Jianchen, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):38-41.

[13] 刘小超,等.塑料工业,2013,41(4):52-56.

Liu Xiaochao, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(4):52-56.

[14] 罗特,等.工程塑料应用,2013,41(12):58-61.

Luo Te, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):58-61.

[15] 郑谏齐,等.高分子材料科学与工程,2013,29(5):133-136.

Zheng Jianqi, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(5):133-136.

[16] 徐斌,等.高分子材料科学与工程,2013,29(6):169-172.

Xu Bin, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(6):169-172.

[17] 周国发,等.工程塑料应用,2013,41(2):43-47.

Zhou Guofa, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):43-47.

[18] 黄晓燕.工程塑料应用,2013,41(7):45-47.

Huang Xiaoyan, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):45-47.

- [19] 黄立东,等. 工程塑料应用,2013,41(9):55-58.
Huang Lidong, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(9):55-58.
- [20] 夏玉峰,等. 工程塑料应用,2013,41(2):48-51.
Xia Yufeng, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(2):48-51.
- [21] 朱成兵,等. 现代塑料加工应用,2013(4):40-43.
Zhu Chengbing, et al. Modern Plastics Processing and Applications,2013(4):40-43.
- [22] 谢春稳,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(9):169-174.
Xie Chunwen, et al. Polymer Materials Science & Engineering,2013,29(9):169-174.
- [23] 陈真,等. 塑料工业,2013,41(2):65-69.
Chen Zhen, et al. China Plastics Industry,2013,41(2):65-69.
- [24] 刘斌,等. 塑料,2013(2):40-45.
Liu Bin, et al. Plastics,2013(2):40-45.
- [25] 钟明生,等. 工程塑料应用,2013,41(2):39-42.
Zhong Mingsheng, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(2):39-42.
- [26] 陶永亮,等. 工程塑料应用,2013,41(3):51-55.
Tao Yongliang, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(3):51-55.
- [27] 周国发,等. 工程塑料应用,2013,41(1):47-50.
Zhou Guofa, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(1):47-50.
- [28] 黄益宾,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(4):113-116.
Huang Yibin, et al. Polymer Materials Science & Engineering,2013,29(4):113-116.
- [29] 胡晓阳,等. 高分子材料科学与工程,2013,29(6):50-53.
Hu Xiaoyang, et al. Polymer Materials Science & Engineering,2013,29(6):50-53.
- [30] 陈昕,等. 工程塑料应用,2013,41(3):42-46.
Chen Xin, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(3):42-46.
- [31] 傅志红,等. 中国塑料,2013,27(1):87-91.
Fu Zhihong, et al. China Plastics,2013,27(1):87-91.
- [32] 王韶华,等. 工程塑料应用,2013,41(9):59-63.
Wang Shaohua, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(9):59-63.
- [33] 孙风琴. 合成树脂及塑料,2013(3):52-54.
Sun Fengqin. China Synthetic Resin and Plastics,2013(3):52-54.
- [34] 李静,等. 塑料工业,2013,41(3):72-75.
Li Jing, et al. China Plastics Industry,2013,41(3):72-75.
- [35] 刘学军. 中国塑料,2013,27(10):58-64.
Liu Xuejun. China Plastics,2013,27(10):58-64.
- [36] 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.
- [37] 郭兵兵,等. 工程塑料应用,2013,41(10):56-59.
Guo Bingbing, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(10):56-59.
- [38] 王克俭,等. 塑料,2013(2):107-110.
Wang Kejian, et al. Plastics,2013(2):107-110.
- [39] 何振鹏,等. 工程塑料应用,2013,41(4):43-46.
He Zhenpeng, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(4):43-46.
- [40] 何亮,等. 工程塑料应用,2013,41(7):61-65.
He Liang, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(7):61-65.
- [41] 刘倩楠,等. 工程塑料应用,2013,41(8):66-71.
Liu Qiannan, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(8):66-71.
- [42] 祝海林,等. 工程塑料应用,2013,41(12):66-69.
Zhu Hailin, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(12):66-69.
- [43] 沈艳河,等. 中国塑料,2013,27(7):77-80.
Shen Yanhe, et al. China Plastics,2013,27(7):77-80.
- [44] 郭冰,等. 中国塑料,2013,27(9):85-88.
Guo Bing, et al. China Plastics,2013,27(9):85-88.
- [45] 崔雯,等. 工程塑料应用,2013,41(3):65-69.
Cui Wen, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(3):65-69.
- [46] 陈金伟,等. 工程塑料应用,2013,41(9):73-77.
Chen Jinwei, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(9):73-77.
- [47] 陈立尧,等. 中国塑料,2013,27(10):93-97.
Chen Liyao, et al. China Plastics,2013,27(10):93-97.
- [48] 王平江,等. 中国塑料,2013,27(1):98-104.
Wang Pingjiang, et al. China Plastics,2013,27(1):98-104.
- [49] 杜遥雪,等. 工程塑料应用,2013,41(10):64-66.
Du Yaohue, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(10):64-66.
- [50] 李晓卫,等. 塑料,2013(1):78-80.
Li Xiaowei, et al. Plastics,2013(1):78-80.
- [51] 王诗强,等. 现代塑料加工应用,2013(2):55-58.
Wang Shiqiang, et al. Modern Plastics Processing and Applications,2013(2):55-58.
- [52] 张鹏飞,等. 中国塑料,2013,27(4):85-89.
Zhang Pengfei, et al. China Plastics,2013,27(4):85-89.
- [53] 申军伟,等. 中国塑料,2013,27(4):90-94.
Shen Junwei, et al. China Plastics,2013,27(4):90-94.
- [54] 杨超,等. 塑料工业,2013,41(6):51-53.

- Yang Chao, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(6):51-53.
- [55] 刘新钊,等. 塑料工业, 2013, 41(7):56-59.
- Liu Xinzhaoh, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(7):56-59.
- [56] 柳天磊,等. 塑料科技, 2013, 41(1):89-92.
- Liu Tianlei, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(1):89-92.
- [57] 王诗强,等. 工程塑料应用, 2013, 41(5):54-57.
- Wang Shiqiang, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):54-57.
- [58] 杜巧连,等. 中国塑料, 2013, 27(5):104-107.
- Du Qiaolian, et al. China Plastics, 2013, 27(5):104-107.
- [59] 张磊,等. 工程塑料应用, 2013, 41(7):70-72.
- Zhang Lei, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):70-72.
- [60] 许家忠,等. 工程塑料应用, 2013, 41(1):39-42.
- Xu Jiazhong, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):39-42.
- [61] 柳和生,等. 塑料, 2013(1):81-85.
- Liu Hesheng, et al. Plastics, 2013(1):81-85.
- [62] 刘斌,等. 塑料, 2013(2):14-18, 106.
- Liu Bin, et al. Plastics, 2013(2):14-18, 106.
- [63] 李永通,等. 中国塑料, 2013, 27(10):98-100.
- Li Yongtong, et al. China Plastics, 2013, 27(10):98-100.
- [64] 张维合. 工程塑料应用, 2013, 41(1):57-61.
- Zhang Weihe. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):57-61.
- [65] 陈爱平. 工程塑料应用, 2013, 41(1):62-64.
- Chen Aiping. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):62-64.
- [66] 彭霏. 中国塑料, 2013, 27(6):87-90.
- Peng Fei. China Plastics, 2013, 27(6):87-90.
- [67] 刘华刚,等. 工程塑料应用, 2013, 41(1):65-67.
- Liu Huagang, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(1):65-67.
- [68] 王成. 工程塑料应用, 2013, 41(2):52-54.
- Wang Cheng. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):52-54.
- [69] 张维合. 中国塑料, 2013, 27(8):95-99.
- Zhang Weihe. China Plastics, 2013, 27(8):95-99.
- [70] 杨飞,等. 塑料工业, 2013, 41(8):63-65.
- Yang Fei, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(8):63-65.
- [71] 畅国伟. 工程塑料应用, 2013, 41(3):70-73.
- Chang Guowei. Engineering Plastics Application, 2013, 41(3):70-73.
- [72] 陈广源,等. 工程塑料应用, 2013, 41(4):32-35.
- Chen Guangyuan, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(4):32-35.
- [73] 陶永亮. 塑料工业, 2013, 41(S1):103-105.
- Tao Yongliang. China Plastics Industry, 2013, 41(S1):103-105.
- [74] 郭新玲,等. 塑料科技, 2013, 41(2):84-87.
- Guo Xinling, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(2):84-87.
- [75] 张维合,等. 工程塑料应用, 2013, 41(5):58-61.
- Zhang Weihe, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):58-61.
- [76] 李辉,等. 工程塑料应用, 2013, 41(7):66-69.
- Li Hui, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):66-69.
- [77] 李仕成,等. 塑料工业, 2013, 41(7):47-50.
- Li Shicheng, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(7):47-50.
- [78] 段强,等. 塑料工业, 2013, 41(12):32-35.
- Duan Qiang, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(12):32-35.
- [79] 陈怀民. 工程塑料应用, 2013, 41(9):83-87.
- Chen Huaimin. Engineering Plastics Application, 2013, 41(9):83-87.
- [80] 秦涵. 工程塑料应用, 2013, 41(9):88-91.
- Qin Han. Engineering Plastics Application, 2013, 41(9):88-91.
- [81] 林权,等. 塑料科技, 2013, 41(7):85-89.
- Lin Quan, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(7):85-89.
- [82] 江昌勇,等. 工程塑料应用, 2013, 41(11):70-73.
- Jiang Changyong, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(11):70-73.
- [83] 黄少初,等. 工程塑料应用, 2013, 41(12):75-78.
- Huang Shaochu, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(12):75-78.
- [84] 江昌勇,等. 塑料科技, 2013, 41(5):95-99.
- Jiang Changyong, et al. Plastics Science and Technology, 2013, 41(5):95-99.
- [85] 李卫民,等. 塑料工业, 2013, 41(2):70-73.
- Li Weimin, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(2):70-73.
- [86] 赵良知,等. 塑料工业, 2013, 41(11):49-51.
- Zhao Liangzhi, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(11):49-51.
- [87] 柏莲桂,等. 工程塑料应用, 2013, 41(6):47-49.
- Bai Liangui, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(6):47-49.
- [88] 李瑞英,等. 工程塑料应用, 2013, 41(7):48-51.
- Li Ruiying, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(7):48-51.
- [89] 贺建平,等. 工程塑料应用, 2013, 41(8):42-46.
- He Jianping, et al. Engineering Plastics Application, 2013, 41(8):42-46.
- [90] 石文天,等. 中国塑料, 2013, 27(4):71-74.
- Shi Wentian, et al. China Plastics, 2013, 27(4):71-74.