

汽车车门内饰板注塑模浇注系统优化

赵龙志 赵明娟 张 坚 曾福军

张尚兵

(华东交通大学载运工具与装备省部共建教育部重点实验室,南昌 330013) (辽阳金兴汽车内饰集团公司,辽阳 111000)

摘要 利用 Pro/E 软件建立了汽车车门内饰板实体模型,并采用 Moldflow 软件对该塑料件成型过程进行模拟分析。综合分析各种因素对注射成型的影响,确定了最佳浇口位置,获取了各种浇口设计方案下的填充结果、熔体填充过程中 V/P 转换点压力分布、熔接痕和气穴分布情况,优化了浇口设计方案,确定了浇注系统,创新了模具设计方式,提高了设计效率。

关键词 车门内饰板 模拟 最佳浇注点 浇注系统优化

随着汽车行业的迅速发展,人们对汽车内饰塑料件的要求越来越高。传统的注塑模具设计主要依靠设计人员的直觉和经验,模具设计加工完成后需要反复地调试,发现问题后还需要重新设置工艺参数,甚至需要修改塑料件和模具结构,有些精密模具由于无法修复而报废。这种模具生产方式降低了新产品的开发效率^[1-3]。

随着计算机技术和 CAE 技术的迅猛发展,特别是 Moldflow 软件的推出和应用,对注射成型过程进行模拟分析,预测在设计过程中存在的缺陷并进行修改,从而使模具在设计阶段就能得到完善,提高一次试模成功率,缩短了开发周期和降低了生产成本^[4-8],因此研究 Moldflow 在模具设计中的应用具有重要意义。笔者采用 Moldflow 对汽车车门内饰板注射成型过程进行模拟,确定最佳浇口位置,对不同浇口设置进行分析,为整个模具设计提供依据。

1 注塑过程模流分析理论基础

注射成型 CAE 是依据连续介质力学、传热学基本理论和塑料加工流变学,建立熔融塑料在模具型腔中流动、传热的数学模型。熔融塑料充模过程被认为是粘性非等温不可压缩流动与传热过程,可采用粘性不可压缩流动的基本方程来描述。对于厚度方向尺寸远小于其它方向尺寸的薄壁塑料件,可以使用基于非稳态、非等温条件下的 Hele - Shaw 流动模型,建立描述该过程的连续性方程、动量守恒方程和能量方程^[7-8]。

(1) 连续性方程:

$$\frac{\partial(\bar{b}\bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{b}\bar{v})}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

(2) 动量守恒方程:

$$\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial u}{\partial z} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$

(3) 能量方程:

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \eta r^2 \quad (4)$$

式中: b ——型腔半厚;

u —— x 方向上的平均速度;

v —— y 方向上的平均速度;

p ——熔体压力;

ρ ——密度;

C_p ——比热容;

T ——熔体温度;

K ——热传导系数;

η ——剪切黏度;

r ——剪切速率。

2 Moldflow 模流分析在注塑模浇口设计中的应用

2.1 模流分析前处理

利用 Pro/E 软件建立汽车车门内饰板的三维实体模型,见图 1。车门内饰板由曲面构成,最大长度为 800 mm,最大宽度为 600 mm,最大高度为 18 mm,体积为 103.74 cm³,属于面积较大的板状件。为了增加其强度,装配面上布有加强筋,同时为了便于安装,内饰板装配面上设有 5 个倒扣结构,这增加了产品结构的复杂性,阻碍了塑料的流动性(图 1b)。为了增加注塑时塑料的流动性,塑料件转弯角都设置了一定的倒角。塑料件的外表面要求较高,不能留有任何顶出痕迹和变形倾向。将塑料件实体模型转化为 STL 文件格式,导入 Moldflow 中。由于塑料件平均厚度较小,因而笔者采用双面网格模型,见图 2a。随着塑料件形状复杂程度的不同,由系统自动生成的网格通常都会存在缺陷。网格的

缺陷会对计算结果的可信度产生直接影响。因此, 在分析之前需要对网格进行修正, 对网格交叉、纵横比以及零面积单元等方面存在的问题, 利用网格工具通过合并、移动、插入节点等方式, 进行逐一修改、解决。在对模型进行网格划分时应保证各单元的匹配率大于 85%, 自由边和非交叠边个数为 0, 未定向单元个数为 0, 交叉单元个数为 0, 单元纵横比最大值控制在 6 以内^[5]。经过数值求解, 模型的网格统计信息如图 2b 所示, 所有信息都满足要求。

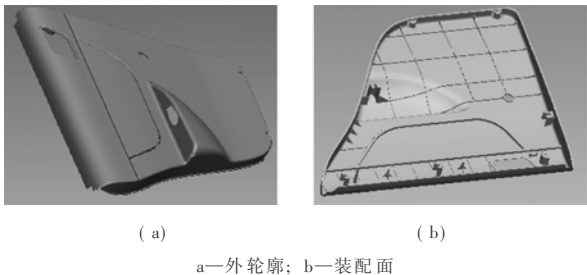


图 1 汽车车门内饰板的三维实体模型

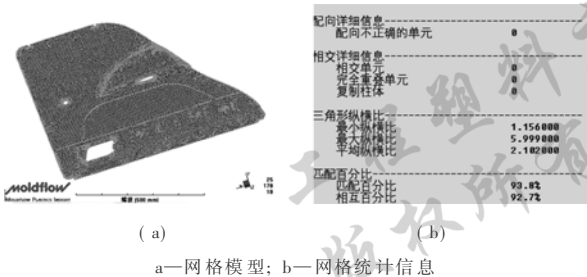


图 2 网格划分模型及网格信息

2.2 最佳浇注点分析

浇口位置的设置在模具设计中起着重要的作用, 它直接影响塑料熔体在模具型腔内的流动行为, 成为塑料件成型后是否会产生翘曲变形、熔接痕等缺陷的决定因素。Moldflow 可以根据塑料件的形状、材料参数以及工艺参数快速准确地分析出最佳的浇口位置, 为设计人员提供参考, 从而提高了模具设计效率和塑料件质量, 大大降低了模具成本。

塑料件材料选用具有良好综合性能的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS), 它具有较好的加工和成型性能、低蠕变性能和优异的尺寸稳定性, 还有高冲击强度和良好的外观特性, 适当提高模温可降低塑料件的粗糙度。材料密度为 1.02 ~ 1.05 g/cm³ (注射时密度取 1.05 g/cm³), 理论计算收缩率为 0.16%, 溢料值为 0.04 mm^[1-3]。分析时工艺参数设置为: 模温 80℃, 料温 260℃, 填充控制、注塑压力及速度/压力控制转换均为默认设置。分析结果在模型中以不同的颜色深浅显示最佳浇口的位置, 如

图 3 所示, 中间的深色区域为最佳浇口区域。

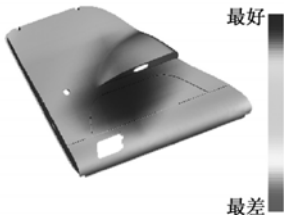
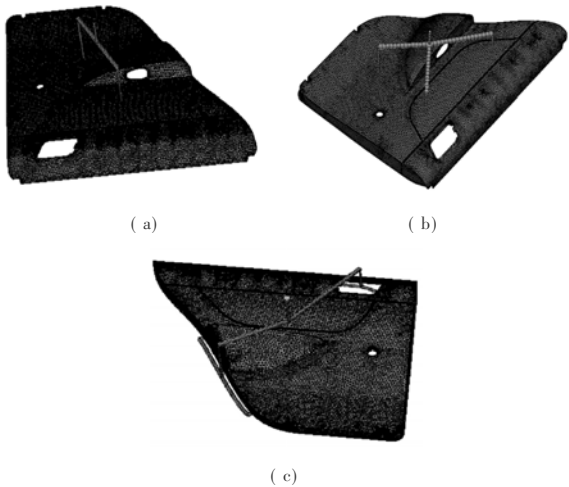


图 3 最佳浇口位置

2.3 浇注系统优化

正确设置浇注系统是决定产品质量的最重要因素之一。浇注系统的确定需考虑产品设计、使用、美观、模具构建等因素。在设置浇注系统时, 最佳浇口位置附近区域均可作为浇口位置的参考区。浇口位置决定了填充时间、填充压力、熔接痕、气穴等, 一般来讲, 在注塑机允许的范围内, 应尽量选用单浇口。从理论上讲, 单浇口可以使熔接痕等缺陷减少, 但本塑料件属于形状复杂的板状结构, 单浇口会提高注塑压力, 从而使塑料件内残余应力增加, 而采用多浇口可降低注塑压力, 但熔接痕也增多, 因此浇口一般选择在装配面上, 保证了塑料件表面质量。考虑到塑料件的复杂性, 预先分别设置了双点浇口、三点浇口和四点浇口 3 种方案, 见图 4。方案一为浇口位置设在塑料件表面, 采用点浇口, 设置了两个竖直的针点状进浇口; 方案二为浇口位置设在塑料件表面, 采用三点进浇点浇口; 方案三为四个进浇点, 浇口设在车门的边缘, 进浇点形状为矩形, 虽然不是最佳进浇点上, 但是这样进浇可以保证产品表面质量较好。分别对各方案采用默认的注射设置, 进行数值模拟分析。



a—方案一; b—方案二; c—方案三

图 4 不同浇注系统设置示意图

(1) 填充分析

填充分析是指从开始注射到塑料熔体充满整个型腔过程中的流动前沿位置分析。该分析用来预测塑料件的填充行为是否合理、填充是否平衡、能否完全充满整个制件等。较为均衡的填充过程主要体现在熔体基本同一时刻到达型腔各端部,利用此结果可以发现注塑过程中的欠注问题,欠注部分以灰色显示。从图中区域颜色的变化可以看出填充时的流动平衡。图5示出各方案的填充时间。从图5可以看出,各方案都能填满型腔,没有欠注短射现象。方案一两个边角是最后填充区域,各区域填充时间差别较大,不利于产品的成型,导致的冷却翘曲变形很大。方案二填充比较均匀,几乎同一时间到达四周边缘,填充比较理想。方案三两个角落是最后填充的区域,其中直角最后填充区域较大,容易使塑料件变形。因此,从填充结果可以看出,各方案都能满足在同一时间充满型腔的要求,确保了产品密度的均匀分布,其中方案二效果最好。

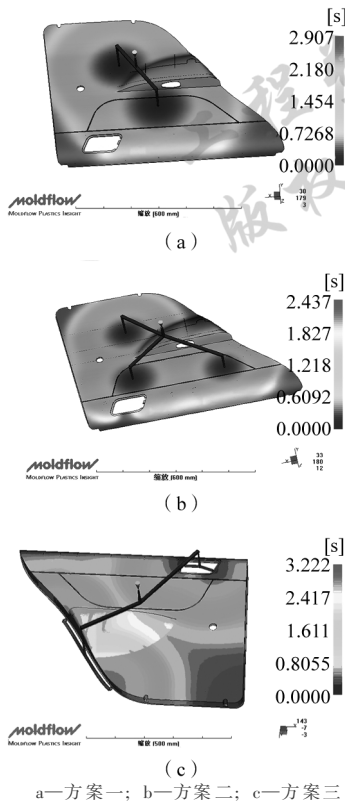


图5 填充时间

(2) V/P 转换点压力

V/P 转换点压力是指注塑过程由速度控制转换时模具型腔内熔体的压力。V/P 转换点压力对注塑过程有很大影响,转换过早会造成螺杆不到位产生

欠注现象,螺杆速度减慢造成注塑周期拖长。转换过晚会造成过高的注塑压力导致飞边,熔体过度挤压造成产品表面烧痕,压力过大造成注塑设备的损坏。V/P 转换点压力分布显示了填充结束后型腔及流道内的压力分布情况,压力会直接影响到产品的体积收缩,因此要求压力分布要尽可能均匀,模拟结果见图6。从图6可以看出,方案一颜色反差较大,压力分布均匀性差;方案二压力分布均匀,有利于得到优质的塑料件;而方案三局部压力过小,出现欠注短射现象导致塑料件不完整,因而方案二较好。

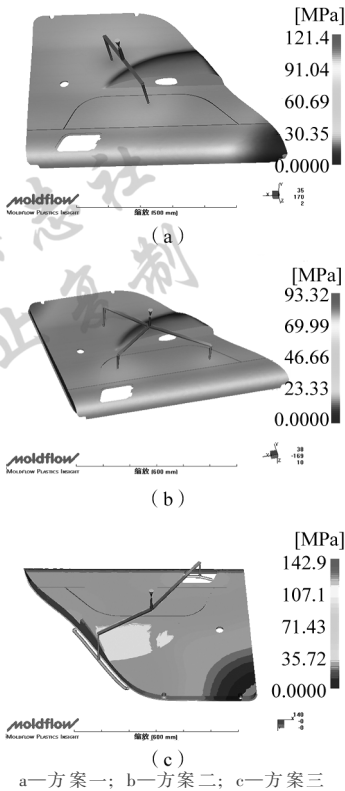


图6 填充结束时的压力分布

(3) 塑料件中的熔接痕

在塑料熔体填充型腔时,如果两股或更多的熔体在相遇时前沿部分已经冷却,使它们不能完全融合,便会在汇合处产生线性凹槽而形成熔接痕。熔接痕不仅影响制品的外观,同时由于微观结构的松散,还易造成应力集中,从而使得该部分的强度降低而导致断裂,因此应尽量控制熔接痕。汽车车门内饰板厚度比较均匀,但是由于该塑料件拥有加强筋、圆孔、凸台等,因此在制件的局部还是存在厚度不均匀的现象,这就决定了不可避免要产生熔接痕。模具浇注系统会对型腔内的温度场产生影响,从而影响熔接痕的分布。图7为各方案的熔接痕分布图,

其中深色部分为熔接痕。由图 7 可知, 各方案的熔接痕较少, 且都分布在靠近分型面处的装配面上, 由于分型面处会在后续加工中进行处理, 因此各方案的熔接痕对塑料件的影响较小。

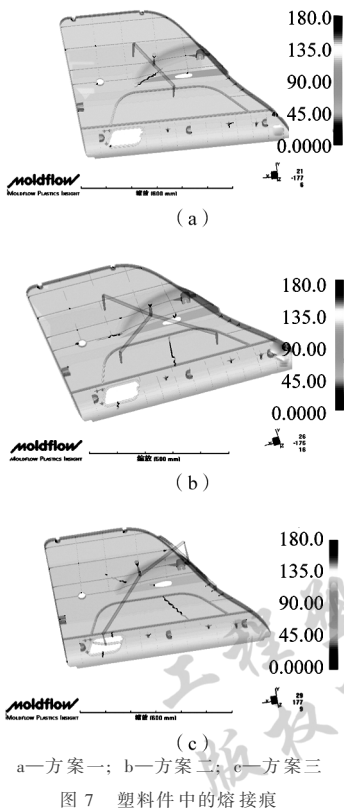


图 7 塑料件中的熔接痕

(4) 塑料件中的气穴

气穴是由于熔体前沿汇聚最终在制品内部或者模腔表层产生气泡。气穴的出现有可能导致短射的发生, 造成充模不完全, 在塑料件表面形成瑕疵, 甚至可能由于气体压缩产生热量, 出现焦痕。图 8 为气穴在塑料件表面的分布。从图 8 可以看出, 各方案的气穴主要分布在塑料件的曲面连接处、加强筋处和分型面上, 且都分布在塑料件的安装表面上。这是因为塑料件的上表面比较光滑, 厚度分布比较均匀, 不易产生气穴。而塑料件下表面有加强筋和凸台等, 厚度变化不均匀, 容易出现气穴。由于下表面的气穴在充模时可以自行散逸, 不会出现排气不畅而产生高温气体, 损伤塑料件表面, 使塑料件表面质量下降。

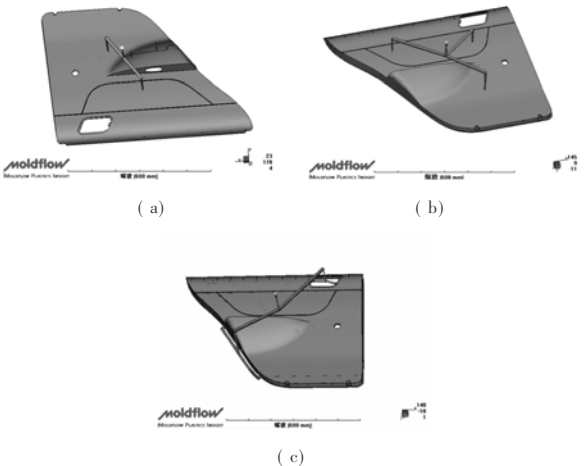


图 8 塑料件中的气穴

对填充时间、填充后的压力分布、熔接痕和气穴的模拟分析表明, 方案二更为合理, 故本塑料件应采用三浇口注射成型。

3 结语

利用 Moldflow 软件对汽车车门内饰板注塑过程进行了填充、流动等模拟分析, 确定了塑料件的最佳浇注点, 优化了浇口设置, 保证了模具设计的合理性。CAE 技术的广泛应用将会大大缩短新产品的研发周期, 提高注塑模具质量, 为生产企业带来更好的经济效益。

参考文献

[1] 朱光力. 模具设计与制造实训[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 82-87.

[2] 骏毅科技, 关兴举, 杜智敏, 等. Pro/ENGINEER 塑料模具设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 10-16.

[3] 赵明娟, 赵龙志, 张尚兵. 汽车内饰件转向护板注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2009, 23(4): 99-103.

[4] 赵龙志, 陈炳辉, 杨敏, 等. Moldflow 在注射成型翘曲优化中的应用[J]. 中国塑料, 2010, 24(5): 78-80.

[5] 许勤周, 郭志忠. CAE 技术在数码相机注塑模设计中的应用[J]. 塑料, 2005, 34(4): 68-71.

[6] 詹春毅, 岑运福. 塑料注射成型充模阶段中熔体流动的研究[J]. 轻工机械, 2006, 24(2): 26-29.

[7] 刘琼. 塑料注塑 Moldflow 实用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 33-46.

[8] 王刚, 单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 8-12.

OPTIMUM OF GATING SYSTEM FOR INJECTION MOLD FOR INTERIOR DECORATION INSIDE AUTOMOBILE DOOR

Zhao Longzhi, Zhao Minguan, Zhang Jian, Zeng Fujun

(Key Laboratory of Conveyance and Equipment, Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Zhang Shangbing

(Liaoyang Jinxing Automobile Inner Decoration Group Co. Ltd., Liaoyang 111000, China)

ABSTRACT By the use of Pro/E software, the solid model of the interior decoration board inside the automobile door was created and the molding behavior of the plastic product was simulated in the virtue of Moldflow. Based on the analysis of the effect of the mould parameter on the molding behavior, the best gate location was achieved. Furthermore, the optimum gating system was obtained based on the fill results, the distribution of pressure at the time of V/P switch and the location of weld line and air traps, which created the design way of the injection mould and promoted the production efficiency.

KEYWORDS automobile door interior decoration board, simulation, best gate location, gating system optimization

二氧化碳制塑料技术前景看好

二氧化碳是石油和天然气等物质燃烧释放出来的一种气体,既是环境温室效应的“元凶”,又是潜在的碳资源。鉴于温室气体排放带来的潜在威胁,全球多数国家已经加入到努力减少温室气体排放(特别是二氧化碳)的行列中。

(1) 美国、日本、德国和中国等国的企业在二氧化碳基聚合物领域进行了大量的研发工作

2010年8月上旬,美国Novomer公司使用二氧化碳和环氧丙烷生产聚丙烯碳酸酯(PPC)树脂。PPC树脂可用于涂料、表面活性剂、软包装和硬包装以及纤维等,并且可实现生物降解。使用二氧化碳生产应用于涂料和胶粘剂的低分子量热固性多元醇可望于2011年实现商业化,高分子量热塑性聚合物可望于2012年实现商品化。

中国企业在二氧化碳制塑料方面已经处于世界领先地位。江苏中科金龙化工股份公司早于2007年就形成了2.2万t/年的二氧化碳树脂生产能力,该项目采用中科院广州化学所技术。中科金龙已经开发了二氧化碳树脂在涂料、保温材料、薄膜等多个领域的应用,并计划在2015年前实现10万t/年的二氧化碳树脂产能。

日本研究人员日前开发出一种新技术,使二氧化碳能转变为用于合成塑料和药物的碳资源,从而变“害”为宝。东京工业大学教授岩泽伸治等人发现,碳化合物经过处理后可以与二氧化碳结合,形成新的碳物质。

拜耳材料科学公司和两家合作伙伴已获得德国政府的资助,将共同开发基于二氧化碳原料的聚氨酯生产方法。德国联邦教育研究部将在未来三年里为该项目投入450多万欧元,研究目的是采用二氧化碳废气生产产出聚醚多元醇聚碳酸酯(PPP)。

(2) 二氧化碳降解塑料产业化遭遇的三大难题

二氧化碳制塑料对实现碳捕集、封存与利用具有重要意义。业内人士表示,尽管目前我国在二氧化碳制塑料这一领域已经取得突破性进展,但由于种种原因,目前国内二氧化碳降解塑料产业进展迟缓,相关技术的利用,只有中海油等“高端玩家”才“玩得起”。

一、成本压力太大。目前我国开发成功的二氧化碳降解塑料技术主要有4种,在这4种技术中,实现了产业化的有3种。由于这些项目规模小,目前只能小批量生产,产量低、价格贵。此外,项目所需主要原料之一环氧丙烷和环氧氯丙烷

价格也很高,再加上不菲的新产品推广费用,导致二氧化碳降解塑料的最终成本高达18000元/t以上。在石油基塑料价格随石油价格走低的情况下,二氧化碳降解塑料企业的成本压力越来越大。

二、投资风险大。就单位产品投资额而言,二氧化碳降解塑料项目的投资额比煤制油还高,一个1万t/年项目往往需要1.4亿元以上的资金投入,单从经济效益考虑,项目的投资风险是很大的。中海石油化学股份公司和内蒙古蒙古高新集团负责人也坦承,如果不计算节能减排和环保效益,二氧化碳降解塑料项目根本不赚钱甚至会赔钱。

三、需求小、销售难。二氧化碳降解塑料的价格始终高于石油基塑料1.5~2倍。加之其热稳定性、阻隔性、加工性与石油基塑料存在一定差距,限制了其只能在食品包装、医疗卫生等有特殊要求的极少数领域使用,无法在需求巨大的薄膜、农地膜等领域推广应用。即便在有限的食品包装、医疗卫生领域,也面临聚乳酸、聚乙烯醇、聚丁二酸丁二酯等降解塑料的冲击与竞争,使得二氧化碳降解塑料的消费市场十分狭小,产品销售困难。

二氧化碳合成全降解塑料技术是世界关注的重要热点之一。目前市场上的塑料制品大多以石油为原料制成,成本高,且使用后不易降解,污染环境。运用该技术后,可将二氧化碳废气回收代替石油,直接生产全降解塑料制品。该技术一方面可以减少二氧化碳的排放,节约石油资源;另一方面合成的塑料可完全生物降解,能从根本上解决“白色污染”危害,是一种典型的循环经济技术模式。(慧网)

氰特推出 EBECRYL™ 4858

近日,氰特化工发布用于UV/EB(紫外光/电子束)固化膜和塑料基材的EBECRYL™ 4858脂肪族聚氨酯丙烯酸酯。这一新型涂料树脂与其它同类产品的不同之处是它出色的综合力学性能。EBECRYL™ 4858特别适合那些对弹性、柔韧性、耐磨和耐化学药品性同时有较高要求的应用。

EBECRYL™ 4858可用于多种应用,如加热成型和模内装饰,以及它表现在薄膜和涂料柔性板上的优异的户外性能,“紫外光/电子束固化树脂和助剂全球市场经理Gaia Franzolin说。“由于其粘度低,这种脂肪族聚氨酯丙烯酸酯极易与其它树脂一起配方。例如,它可以与柔性树脂结合,改善硬度并降低粘度使最终的配方能同时平衡力学性能和表面性能。”她补充道。(工塑)