

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.01.011

# 汽车注塑件典型缺陷分析及其解决措施

欧相麟,王大中,宁凯军

(金发科技股份有限公司产品研发中心,塑料改性与加工国家工程实验室,广州 510520)

**摘要:** 汽车注塑件的缺陷影响产品的外观质量和使用性能。介绍了汽车注塑件的典型缺陷,如虎皮纹、表面复制不良、缩痕、熔接线和翘曲变形等,描述了注塑缺陷的特征,阐述注塑缺陷的产生机理,并结合实例,从产品结构、模具设计、注塑工艺和材料等方面提出改善措施。

**关键词:** 汽车; 注塑缺陷; 产品结构; 模具设计; 注塑工艺; 材料

**中图分类号:** TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)01-0051-05

## Analysis of Typical Defects in Automobile Injection Parts and Solving Measures

Ou Xianglin, Wang Dazhong, Ning Kaijun

(Research and Development Center, National Engineering Laboratory for Plastic Modification and Processing,  
Kingfa Science and Technology Co. Ltd., Guangzhou 510520, China)

**Abstract :** The defects of automobile injection parts affect the appearance quality and the operation performance. The typical defects of automobile injection parts were introduced, such as tiger mark, poor surface replication, sink mark, weld line and deflection. The feature of these defects was described. The causes of these defects in the injection parts were analyzed. Solutions were proposed to eliminate these injection defects from four aspects of product structure, mold design, injection molding process and material, and some examples were also shown.

**Keywords :** automobile ; injection defect ; product structure ; mold design ; injection molding process ; material

随着汽车工业的迅猛发展,塑料零件在汽车上的应用越来越广泛。从保险杠、裙边和挡泥板等外饰件,到仪表板、门板和立柱等内饰件,再到前端框架、罩盖和进气歧管等发动机周边零件,随处可见塑料的存在。据相关数据统计,在德国、美国和日本等工业发达国家,平均每辆汽车的塑料用量已达到汽车自身质量的 10%~15%。汽车塑料件的应用对于降低汽车质量、节约燃油、促进环保以及可回收利用等都有显著优势。汽车塑料件大多数采用注塑成型,成型周期短,生产效率高,制造成本低。但注塑成型可能会产生较多的缺陷,虎皮纹、表面复制不良、缩痕、熔接线和翘曲变形等是汽车注塑件常见的缺陷,这些缺陷不仅与材料有关,还与结构设计、模具设计和成型工艺有很大关系。

### 1 虎皮纹

虎皮纹经常出现在保险杠、仪表板、门板和立柱等面积较大的汽车注塑件上,是一种波浪形条纹的表面缺陷,条纹大约垂直于熔体流动方向,在注塑件表面上形成光泽不同的刻印,看起来就像老虎皮上的花纹一样,俗称虎皮纹,如图 1 所示。

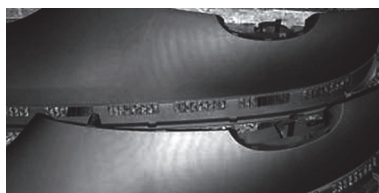


图 1 汽车仪表板上的虎皮纹现象

虎皮纹容易产生在壁厚较薄、流程较大的注塑件上,它具有以下特征:(1) 注塑件表面出现呈周期性变化的明暗交替的条纹;(2) 条纹大致垂直于熔体的流动方向;(3) 条纹分为亮区和暗区,亮区的光泽度高,暗区的光泽度差;(4) 如果注塑件的外观面是亮区,则背面是暗区,两者交替出现,如图 2 所示。

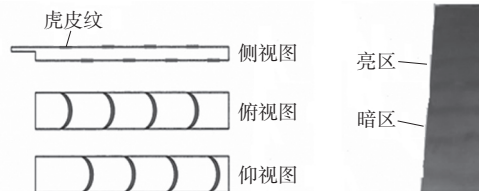


图 2 虎皮纹的特征

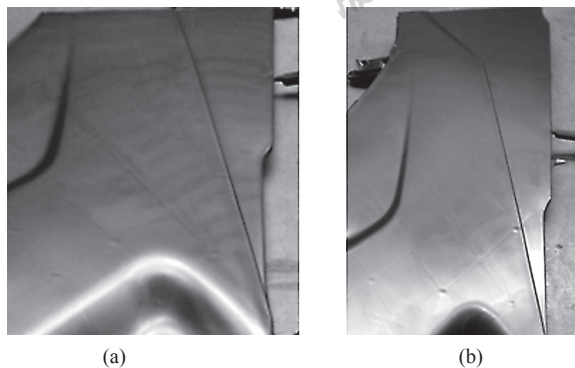
联系人: 欧相麟, 硕士, 注塑成型应用资深工程师, 从事注塑成型模具及成型应用工作

收稿日期: 2013-10-15

材料中的增韧材料越多,虎皮纹现象越容易出现<sup>[1]</sup>。增韧材料在注塑过程中受到拉伸和剪切作用,产生微量形变,使熔体产生不稳定流动,从而导致虎皮纹产生。韧性差的材料就很少出现虎皮纹现象,如增强材料、非增韧尼龙、聚对苯二甲酸丁二酯等材料,在成型过程中很少有虎皮纹产生。应用于汽车注塑件的聚丙烯(PP),由于要求有较高的抗冲击性能,添加了弹性体等增韧成分,非常容易出现虎皮纹缺陷。

注塑件的壁厚越薄,或充填流动距离越远,流长比越大,熔体在充模过程中越容易产生不稳定流动,越容易产生虎皮纹。适当增加注塑件的壁厚,或缩短单一浇口的充填距离,可降低熔体的充模阻力,保证熔体流动的稳定性,有利于消除虎皮纹。但在汽车轻量化要求越来越高的今天,薄壁化是汽车注塑件的发展趋势,因此通过增加壁厚消除虎皮纹不太现实。

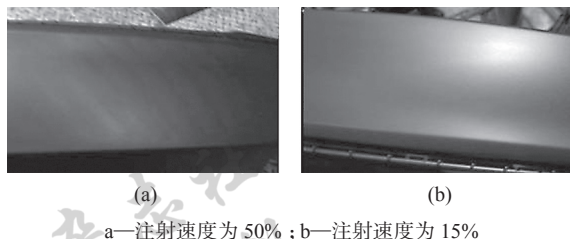
在模具设计方面,增加流道直径,扩大浇口的厚度和宽度是消除虎皮纹的有效措施<sup>[2]</sup>。浇口厚度最好达到壁厚的0.7~0.8倍。此举的目的是降低熔体在流道和浇口中的压力损失,减小进入型腔时的出模膨胀效应。某车型的副仪表板护板出现了严重的虎皮纹现象,经分析是浇口的尺寸过小,加大浇口厚度和宽度后,成功地消除虎皮纹,如图3所示。



a—改善前;b—改善后;c—浇口设计  
图3 浇口尺寸对虎皮纹的影响

此外,在模具设计上,应尽量采用渐变过渡的直浇口、侧浇口和扇形浇口,避免使用截面积逐渐缩小的潜伏浇口和点浇口。实践证明,潜伏浇口、点浇口或很小的侧浇口都很容易产生虎皮纹。

在注塑工艺方面,熔体温度、模具温度和注射速度是影响虎皮纹的几个重要参数。一般来说,提高熔体温度和模具温度,调整注射速度,有利于消除虎皮纹。采用较低的注射速度有利于消除虎皮纹,因为低速下熔体流动更加稳定。图4是某汽车零件在不同射速下的注塑件外观,当注射速度为50%时虎皮纹严重,降低注射速度至15%,虎皮纹消失。

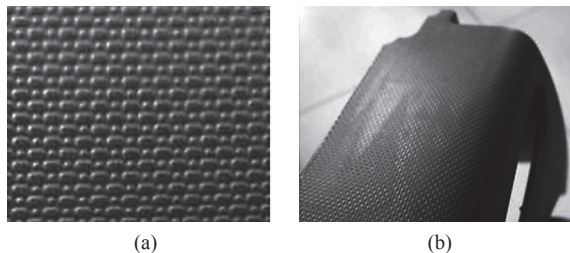


a—注射速度为50%;b—注射速度为15%  
图4 注射速度对虎皮纹的影响

## 2 表面复制不良

表面复制不良是指注塑件在成型过程中不能精确复制模具型腔表面,表现为注塑件表面光泽不均。

很多汽车注塑件表面设计有皮纹,皮纹效果越细腻,注塑成型时就越难复制。此外,皮纹形状很规则,相互之间不连通时,很容易因皮纹困气而导致表面复制不良。图5是某车型前门上型板的皮纹,皮纹很规则且型腔不连通,在成型过程中表面容易出现花斑缺陷,实则是因困气导致的表面复制不良。在产品设计时应慎重采用这种类型的皮纹。



a—皮纹;b—表面复制后的皮纹效果

图5 规则且不连通的皮纹表面复制效果

产生表面复制不良的原因之一是型腔压力不足。此种情况下,设置的注塑工艺应能保证熔体在型腔中有足够的压力复制模具表面。一般来说,高温、高速和高压(简称三高工艺)有利于减小熔体压力损失,使注塑件表面更好地复制模具表面。图6是某汽车的组合仪表罩,出现表面光泽不均,如

图 6a 所示;调整注塑工艺,将料温从 210℃ 提高至 240℃,并提高注塑压力和速度,最终消除注塑件的外观缺陷,如图 6b 所示。

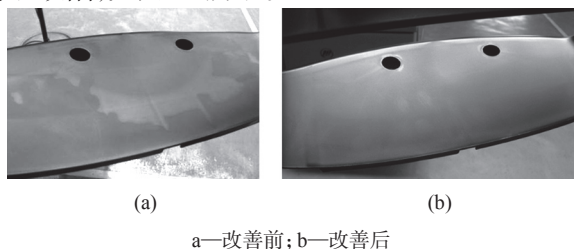


图 6 注塑工艺对表面复制效果的影响

产生表面复制不良的另外一个原因是困气。当模具的排气效果不好,或皮纹深度较大时,或注射速度过快使得型腔内的气体来不及排出时,就会产生困气,导致表面复制不良。图 7 是注射速度对汽车除霜格栅表面复制效果的影响,在两侧出现类似花斑的光泽不均现象,注塑件的皮纹深度较大,通过降低注射速度,成功消除注塑件表面缺陷。

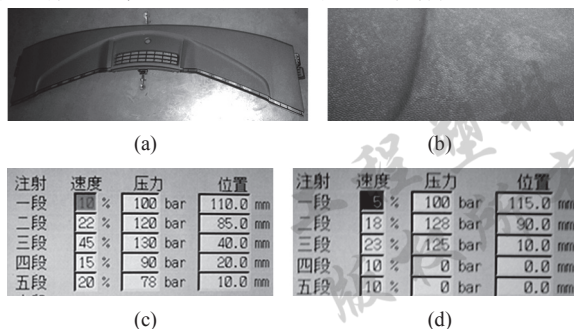


图 7 注射速度对汽车除霜格栅表面复制效果的影响

### 3 缩痕

缩痕产生在注塑件的表面,是指在注塑件表面形成的局部凹陷。缩痕是注塑件局部位置在冷却过程中得不到有效的保压补缩造成的<sup>[3]</sup>。缩痕通常产生在注塑件局部厚壁的位置,或产生在加强筋、螺丝柱等突起物的背面。在汽车注塑件上,螺丝柱、加强筋或卡扣等结构的背面容易出现缩痕。

对于螺丝柱背面产生的缩痕,常用的改善措施是在螺丝柱根部添加火山口结构,如图 8 所示。火山口的添加使得螺丝柱根部的等效壁厚(即内切圆直径  $2R$ )变小,如图 9 所示,因此能有效改善缩痕。一般来说,等效壁厚越小,注塑件表面就越不容易产生缩痕,当螺丝柱根部的等效壁厚接近注塑件壁厚  $T$  时,注塑件基本没有产生缩痕的风险。

汽车注塑件一般选用改性 PP 材料。与工程塑料相比,改性 PP 的弹性模量较低,因此抵抗变形的

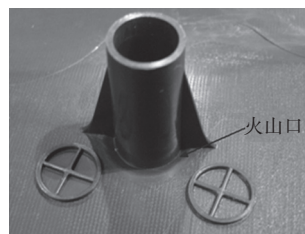


图 8 典型的火山口设计

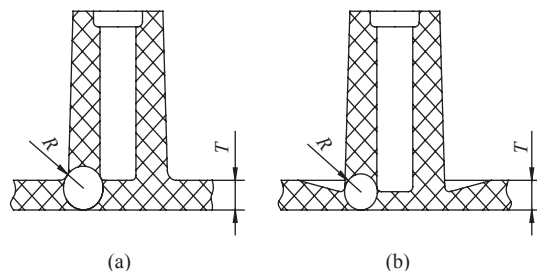


图 9 火山口防止缩痕的原理

能力也低,这更需要从结构设计上保证注塑件的强度。常用的办法是在产品设计中添加加强筋。加强筋的厚度选择关系到注塑件表面是否产生缩痕。对于结晶聚合物,由于结晶会产生后收缩,加强筋根部的厚度要适当薄些,建议不超过壁厚的  $1/3$ ,否则容易在背面形成缩痕;而对于非晶聚合物,由于后收缩较小,加强筋根部的厚度可适当厚些,但建议不超过壁厚的  $1/2$ 。加强筋尺寸设计不合理时,容易在背面形成缩痕,如图 10a 所示。在允许的情况下,将加强筋设计在两个平面交接的过渡曲面背后,即使有轻微缩痕,由于护面的掩饰作用,也可以巧妙地将缩痕隐藏,如图 10b 所示。

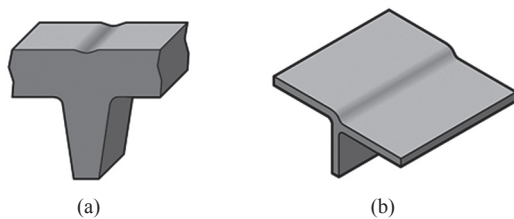
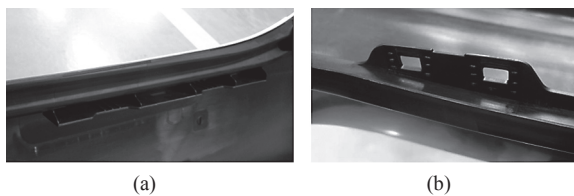


图 10 改善前后的加强筋设计

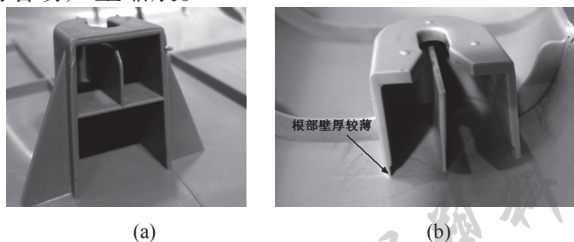
汽车保险杠对外观有严格的要求,即使注塑件上有轻微的缩痕,在喷漆后也会非常明显地显现,这就对结构的设计提出了更高的要求。图 11a 是某汽车保险杠定位卡扣的设计,卡扣上的筋背面缩痕明显,无论如何调整材料和注塑工艺,都无法彻底解决缩痕问题;而图 11b 则巧妙地将定位卡扣设计在两个面交接的位置,将缩痕隐藏起来,留给材料和注塑工艺很宽的设计窗口。



(a) (b)  
a—不合理的设计;b—合理的设计

图 11 保险杠定位卡扣设计

汽车注塑件由于装配的需要,常在外观面的背后设计较多的卡扣。卡扣的尺寸设计很重要,壁厚较薄则卡扣的强度不足,且在注塑时容易产生缺胶;壁厚较厚则会产生缩痕。最佳的解决措施是将卡扣根部壁厚减薄,如图 12b 所示,既解决了卡扣的强度问题,又避免了缩痕,同时还保证顺利注塑成型。而图 12a 中的卡扣根部没有进行减薄处理,注塑成型时容易产生缩痕。



(a) (b)  
a—不合理的设计;b—合理的设计

图 12 卡扣设计

如果注塑件在注塑成型后要求喷漆,则对缩痕的要求更严格,即使有轻微的缩痕,喷漆后也会很明显地显现。图 13 是某车型的裙边卡扣设计,虽然采用了卡扣根部减薄的设计,但是在垂直于流动方向的边背面还是产生缩痕,喷漆后较明显,客户不能接受。而图 14 另一款车型的裙边卡扣则采用了较巧妙的设计,在垂直流动方向的边根部采用间断式的点接触,由于接触面积不大,注塑件的正面很难看到有缩痕;为了保证卡扣的强度,又将该边的接触部分设计成平行流动方向的较短的加强筋。这样的卡扣设计,既解决了缩痕问题,又保证了强度。

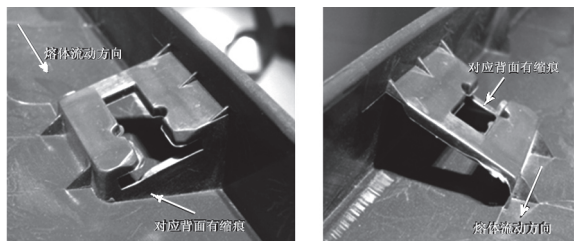


图 13 不合理的卡扣设计

#### 4 熔接线

两股料流相遇时,注塑件上就会形成熔接线。此时,熔体前沿的切线有一个夹角,这就是熔接线的汇

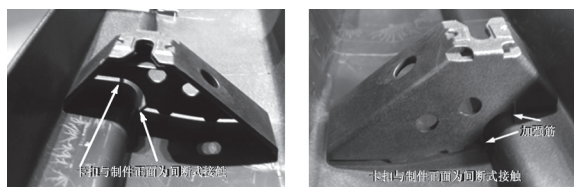


图 14 合理的裙边卡扣设计

合角,如图 15 所示。汇合角的大小对熔接线的强度和清晰度有重要影响<sup>[4]</sup>。根据 Moldflow 的分析准则,当汇合角  $> 135^\circ$  时,熔接线肉眼看不到,而且强度很高;当  $75^\circ < \text{汇合角} < 135^\circ$  时,熔接线比较清晰,但强度仍很高,通过处理,喷漆可以遮盖熔接线;当汇合角  $< 75^\circ$  时,熔接线即使经过处理,喷漆仍无法遮盖,而且强度较差。

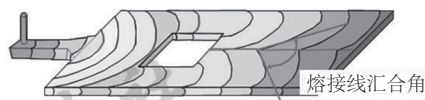


图 15 熔接线的汇合角

对于汽车保险杠、仪表板、门板、裙边等体积较大的注塑件,通常采用含有顺序阀的热流道来消除熔接线,一般是中间的针阀先打开,当熔体前锋流过下一个针阀时,该针阀开启,这样就可以避免填充时在注塑件上形成较多的熔接线。

即使采用针阀式热流道,孔周围的熔接线也难以消除,但在结构设计上也可以弱化。通常在孔的周围增加凹槽等结构,扰乱熔接线的生成,从而起到淡化熔接线的效果。图 16 是某款保险杠的设计,在雾灯处由于孔的存在会产生熔接线,在设计时巧妙地设置了一个凹槽,既可以当作装饰,又可以扰乱熔接线的生成,有效地淡化了熔接线。

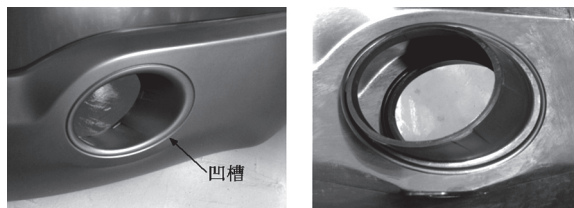


图 16 弱化熔接线的凹槽设计

在模具设计时,应避免浇口面对着孔,否则形成的熔接线难以调整。图 17 是某款车的前保险杠,人字形标识中间有很多碰穿孔,而浇口开设在标识的两侧,熔体流经碰穿孔时,形成了明显的熔接线,熔接线末端容易分叉,严重时熔接线出现褶皱,用砂纸打磨仍可看到痕迹,不良率较高。在注塑工艺上,该段采用较低的注射速度可以弱化熔接线,但加工温度或材料熔体流动速率稍有波动时,注塑工艺就

需要调整,这给生产造成了一定的困难。相比之下,另一款类似车型的前保险杠在该位置的设计就巧妙很多,如图 18 所示,浇口设计在人字形标识的中间,并减少碰穿孔,留给注塑工艺的窗口很宽,不需要采用特定的注射速度配合,熔接线的外观很好。



图 17 熔接线外观较差的浇口设计

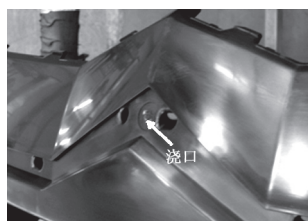
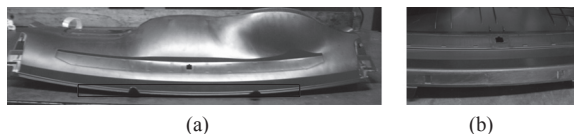


图 18 改善熔接线外观的浇口设计

## 5 翘曲变形

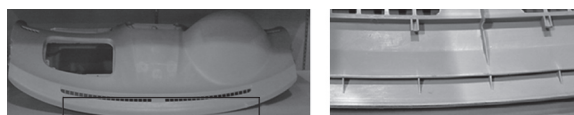
翘曲变形是指注塑件的形状与设计的形状出现比较大的差异,通常为凸出或凹陷。汽车注塑件的设计常采用 PP 材料,与工程塑料相比,其弹性模量相对较低,因而抵抗变形的能力较弱,这就需要从结构设计上保证注塑件的强度。

汽车仪表板前沿是容易变形的部位。图 19 是某款车型上的仪表板,图 19a 中矩形框内是出现变形的部位,其背面没有加强筋或其它加固的结构,而整个仪表板很长,这样的结构很难保证不变形,多次尝试更换材料配方,依旧无法解决变形问题。而图 20 的仪表板前沿设计较为合理,其背面每隔一定距离都设置了加强筋结构进行加固,防止变形。



a—仪表板前沿整体结构;b—变形部位的背面结构

图 19 不合理的仪表板前沿设计



a—仪表板前沿整体结构;b—背面结构

图 20 合理的仪表板前沿设计

在不增加壁厚的情况下,加强筋通常可以增加注塑件的强度,改善注塑件的变形。但是,当加强筋设计不合理时,反而会增加注塑件的变形。图 21 是

某汽车的前立柱上体,注塑件的中部外凸变形,变形部位刚好布置有较多的加强筋。从 Moldflow 的体积温度分析结果来看,筋的壁厚较主体厚度薄,体积温度下降较快,冷却定型后约束侧边向内自由变形,导致注塑件在该部位外凸变形,如图 22 所示。

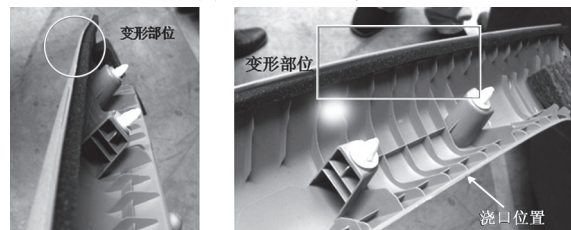


图 21 前立柱上体的变形状态

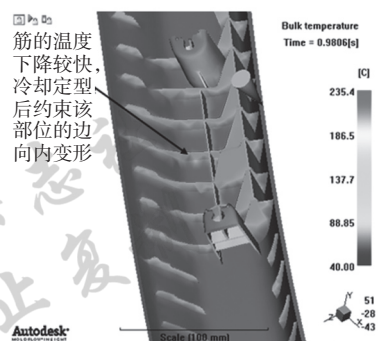


图 22 前立柱上体变形原因分析

## 6 结语

通过以上分析,产品结构、模具设计、注塑工艺和材料都对汽车注塑件缺陷有着重要影响。在遇到问题时,要综合考虑,提出改善措施,但产品结构和模具设计是主要原因,需要重点分析,其次调整注塑工艺和材料,彻底解决问题。

### 参考文献

- [1] Koki K, Yoshiyuki S, Toshitaka K. Morphological analysis of the tiger stripe on injection molding of polypropylene / ethylene-propylene rubber / talc blends dependent on based polypropylene design[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 104(1):192-199.
- [2] Grillet M, Bogaerds B, Peters G, et al. Numerical analysis of flow mark surface defects in injection moulding flow[J]. Journal of Rheology, 2002, 46(3):651-669.
- [3] 欧相麟,王大中,关安南,等. 注塑件缩痕和缩孔的形成机理及其解决措施 [J]. 塑料工业, 2012, 40(7):9-13.  
Ou Xianglin, Wang Dazhong, Guan Annan, et al. Causes of sink mark and void in the injection parts and the solving measures[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(7):9-13.
- [4] 姜勇道,黄明忠. MoldFlow 标准化应用的有效方法 [J]. 模具制造, 2009, 35(6):12-15.  
Jiang Yongdao, Huang Mingzhong. Efficacious method of standardize application for Moldflow software[J]. Die & Mould Manufacture, 2009, 35(6):12-15.