

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.05.019

# 基于 Moldflow 与 Workbench 的底座塑件推杆配置 优化及偏心注塑模设计

林权, 陈丽军, 陈莲, 林鑫, 张道平

(武夷学院机电工程学院, 福建武夷山 354300)

**摘要:** 为解决因注塑模推杆设计不合理而导致的注塑件脱模变形严重问题,以底座注塑件为例,通过利用 Moldflow 结合 Workbench 进行成型收缩翘曲分析和脱模分析,获得塑件收缩阻碍脱模的翘曲变形特性,以及脱模阻力引起的塑件应变与变形量分布,为推杆配置优化提供依据,最后在脱模阻力明显区域设置 6 根推杆,并在脱模分析应变较大区域确立了 3 个顶出镶块搭配推杆的方案。基于模流分析和推杆配置结果,采用侧向进料偏心注塑模,其中塑件卡扣由斜顶内抽及斜导柱外抽成型,有效地解决了底座成型可能引起的质量问题。实践证明,应用该方法能使注塑模推出机构设计过程数据化,能在模具制造之前发现和解决问题,从而提高推出设计精度,缩短研发周期,为同类注塑模具设计提供参考。

**关键词:** 底座; Moldflow; Workbench; 注塑模; 推杆; 脱模

**中图分类号:** TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)05-0103-06

## Optimization of Ejector Pin Configuration for Plastic Base based on Moldflow and Workbench and Its Design of Eccentric Injection Mould

Lin Quan, Chen Lijun, Chen Lian, Lin Xin, Zhang Daoping

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Wuyishan 354300, China)

**Abstract :** In order to solve the problem of serious demoulding deformation of injection molded parts due to improper ejector pin design of injection mould, taking a plastic base part as example, molding shrinkage and warpage analysis and demoulding analysis were done through Moldflow combined with Workbench, and the warping deformation characteristics of plastic shrinkage that hindered the demoulding and distribution of the part strain and deformation caused by demoulding resistance were obtained, which provided basis for the optimization of ejector pin configuration. Finally, six ejector pins were set up in the area of significant demoulding resistance and the scheme of three ejection inserts with the ejector pins was established in the area of relatively large strain in the demoulding analysis. Based on the Moldflow analysis and ejector pin configuration, an eccentric injection mould with lateral feeding was adopted for the plastic part, while snap-fit structures of the plastic part were molded by angle ejector for inner pulling and angle pin for outer pulling to effectively solve the quality problems resulted from base molding. It was proved in practice that this method could realize the design process of ejector mechanism of injection mould with data, discover and solve problems before mould manufacturing, and improve design accuracy of ejector mechanism, shorten the research and development cycle, and provide reference for other similar injection mould design.

**Keywords :** base; Moldflow; Workbench; injection mould; ejector pin; demould

作为模具标准件之一的推杆是注塑模的重要配件,推杆设计直接影响着塑件成型质量,不合理的

推出设计会导致塑件脱模变形严重<sup>[1-3]</sup>。近年来随着科技发展,注塑产品趋势走向精致化,稍许误差

**基金项目:** 国家级大学生创新训练项目 (201910397002), 福建省中青年教师教育科研项目 (JAT190775)

**通讯作者:** 林权, 硕士, 副教授, 主要研究方向为模具 CAD/CAE 技术 E-mail: 12959392@qq.com

**收稿日期:** 2020-03-19

**引用格式:** 林权, 陈丽军, 陈莲, 等. 基于 Moldflow 与 Workbench 的底座塑件推杆配置优化及偏心注塑模设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(5): 103-108.

Lin Quan, Chen Lijun, Chen Lian, et al. Optimization of ejector pin configuration for plastic base based on moldflow and workbench and its design of eccentric injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(5): 103-108.

便可导致产品优良率下降,虽然目前国内外注塑模具 CAD/CAE 技术已普遍得到应用,但是在推杆优化配置的研究应用上较少<sup>[4-6]</sup>。笔者以底座注塑件为例,通过利用 Moldflow 模流分析结合 Workbench 结构分析,获取底座塑件成型收缩翘曲和脱模阻力分布特性,以成型材料力学性能为参考依据,获得推杆数量及位置配置方案,从而降低模具研发成本,提高模具脱模设计精度及效率,并基于模流分析和推杆配置优化结果,采用侧向进料偏心注塑模结构设计方式,简化了模具结构,有效地解决了底座塑件成型可能引起的质量问题,为同类注塑模具设计提供参考。

### 1 塑件结构及工艺性分析

图1为底座塑件图,塑件总体尺寸为234 mm×197 mm×66 mm,塑件左侧有一个内凹椭圆形深腔接收桶,右侧有一个类方形大孔,接收桶宽边一侧设置有一个护板,其尺寸为225 mm×42 mm,护板与塑件中轴线夹角为8°。塑件壁厚不均,1.0~2.5 mm不等,内部分布有纵横交错的加强筋,加强筋壁厚为1.0 mm,方形大孔周围设置有螺丝柱位,用于螺钉连接底座与箱体,塑件轮廓边缘处均布有“H型”和“I型”连接卡扣,卡扣壁厚为1.5 mm,底座塑件其余部位壁厚为2.5 mm,倒圆角半径为3.5 mm。

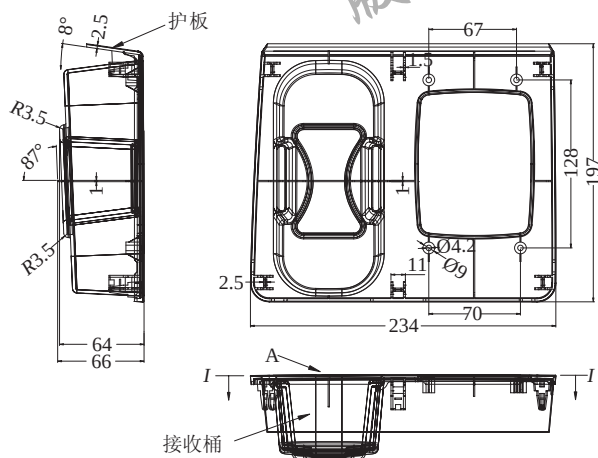


图1 底座塑件二维图

由图1可以看出,塑件的特征形状比较复杂,且有一定的成型难度,适宜采用一模一腔布局。由于塑件顶面需要涂覆处理,如图1中A面所示,该表面不允许有气孔、熔接痕、翘曲、顶出疤痕等缺陷,故选取图1中I-I为分型面,确定成型材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) (648,注塑级,美国英力士公司),其拉伸强度高,且具有高光、抗撞、加工性

优良等特性,常用于电子电器、工业部件、汽车零件外壳等领域<sup>[7]</sup>。

### 2 模流分析

#### 2.1 创建模流分析系统

首先应用 Creo4.0 创建底座三维模型,再利用 CAD Doctor 对模型进行错误诊断修复和简化,然后导入 Moldflow 模流分析软件中。通过对底座进行最佳浇口位置分析,获知底座四周流动阻力较大,在边缘“H型”连接卡扣处达到最大值,底座中心处流动阻力最小适宜设置浇口,但为了避免在塑件顶面留下浇口痕迹,在方形大孔靠中心一侧设计标准侧浇口。浇注系统主要尺寸设计如下:锥形主流道长90.5 mm,始端直径取3.0 mm,末端直径取7.0 mm;分流道长15.0 mm,直径取6.0 mm,矩形侧浇口尺寸为4.0 mm×3.0 mm×2.5 mm。根据底座塑件结构特征,采用沿着收缩方向布局冷却系统,在充填体积较大区域冷却水管之间的距离相对较近,而在方形大孔周围冷却水管设计距离较大,冷却水管直径取8.0 mm。图2为完成的模流分析系统。依据以往生产经验设置成型参数如下:熔体温度235℃,充填过程由注射时间控制,注射时间2 s,保压方式为恒压保压,保压压力取注塑压力的80%,注射+保压+冷却时间为30 s,冷却液温度20℃,开模时间5 s,其余工艺条件采用默认值。

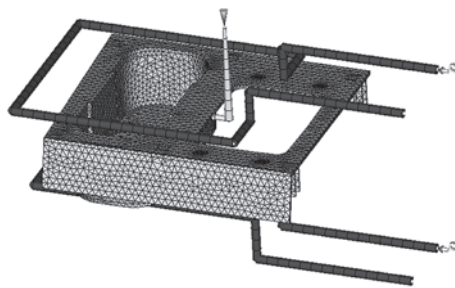


图2 模流分析系统

#### 2.2 模流翘曲结果分析

模流翘曲变形分析结果如图3、图4、图5所示,坐标系位于图示左下角,其中(-Z)方向为推杆顶出脱模方向,阻碍(-Z)方向脱模的收缩变形量则视为包紧力。图3为底座X方向放大10倍后的翘曲变形量分布云图。图3显示A处特征收缩变形量约为-1.3 mm, B处特征收缩变形量约为1.0 mm,参照坐标系可获知朝向(+X)方向的变形会对动模型芯产生包紧力,然而A处特征朝向(-X)主要针对型腔,所以推杆位置设计时,需特别注意B处,其余地方的收缩变形对于包紧力几乎无影响。

变形,所有因素:X方向  
比例因子=10.00

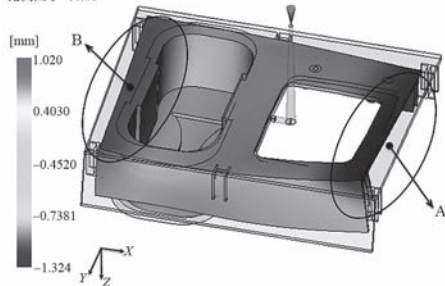


图3 底座X方向翘曲变形分布(放大10倍)

变形,所有因素:Y方向  
比例因子=10.00

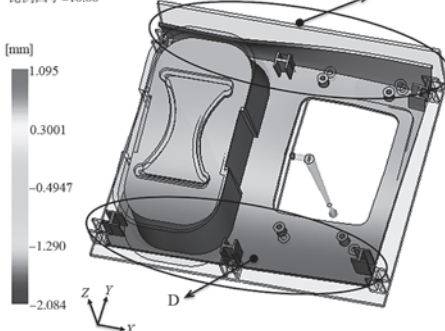


图4 底座Y方向翘曲变形分布(放大10倍)

变形,所有因素:Z方向  
比例因子=10.00

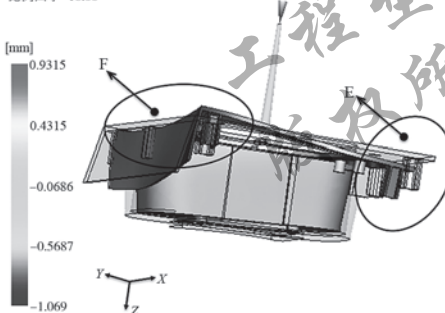


图5 底座Z方向翘曲变形分布(放大10倍)

图4为底座Y方向放大10倍后的翘曲变形量分布云图。图4显示C处底座护板收缩变形量约为-2.0 mm,参照坐标系是朝向(-Y)方向变形,对动模型芯产生包紧力,另外护板左侧变形量明显大于右侧,所以左侧抱紧力也大于右侧。D处特征收缩变形量约为1.0 mm,参照坐标系是朝向(+Y)方向变形,依然对动模型芯产生包紧力,相对而言D处产生的包紧力比较均衡,设计推杆位置时,C处与D处都适宜设计推杆。

图5为底座Z方向放大10倍后的翘曲变形量分布云图。图5显示E处特征收缩变形量约为0.9 mm,参照坐标系是朝向(+Z)方向变形阻碍脱模,对动模型芯产生包紧力。F处特征收缩变形量约为1.0 mm,参照坐标系是朝向(-Z)方向变形,同

脱模顶出方向,收缩变形对动模型芯包紧力无影响,所以应注意在E处设计推杆位置。

### 3 脱模分析

#### 3.1 脱模条件设定

将Creo创建的底座三维模型进行适当简化,忽略一些不影响分析结果的细节,再导入ANSYS-Workbench静态结构分析模块中,应用Static-Structural进行脱模分析。底座产品脱模阻力主要来自包紧力、摩擦力以及底部无孔塑件的大气压力<sup>[8]</sup>,底座塑件材料为ABS,成型零件模具钢材料为P20,塑件与成型件之间接触设定为两接触面可滑动、可分开,两者静摩擦系数为 $\mu=0.35$ 。设定边界条件与负载,模拟将底座产品整体同时进行脱模动作,将型芯底部视为固定端,设定其位移X、Y、Z方向均为0 mm,塑件顶出行程为3 s位移30 mm,设定其脱模方向(-Z)为30 mm,X与Y方向均为0 mm。底座产品与型腔接触面上加载由于塑料收缩抱紧型腔所产生的作用力: $F=AP$ ,其中F为抱紧力(单位N),A为塑料抱紧型腔面积(单位 $\text{cm}^2$ ),P为单位面积抱紧力(单位MPa),在此取 $P=10\text{ MPa}$ ,同时在平行于开模方向产品表面上加载摩擦力 $f=\mu F$ 。

#### 3.2 脱模分析结果

图6和图7分别为底座产品脱模分析的最大主应变和变形量分布。从图6可以发现应变主要集中在 $S_1$ 、 $S_2$ 两处,代表这两处在脱模的过程中,所受脱模阻力较大,主要是由于这些部位的结构形状因素导致,它们的共同特征是都位于塑件结构的拐角处。 $S_1$ 位于图1中护板与顶面A面的折弯处, $S_2$ 位于图1底座零件接收桶侧面上下端折弯处,这两处与动模型芯沿着脱模方向的模面接触较多,因此脱模时所受阻力也较大。图1中护板虽然与动模型芯的接触面积也比较大,但此面拔模斜度为 $8^\circ$ ,拔模斜度越大则摩擦阻力越小,所以护板面所受摩擦阻力较 $S_1$ 、 $S_2$ 两处的小。从图7脱模分析变形量分布可以获知脱模变形较大的区域仍为 $S_1$ 、 $S_2$ 区域,只是作用点发生改变,由底座零件护板与顶面A面的折弯处移动到护板上,由底座零件接收桶侧面下端折弯处移动到接收桶侧面。通过多年生产实践经验,可知桶类塑件最大变形区一般发生在桶身侧壁上,该模拟结果与生产实际表现一致性高。为了便于与其它配件安装定位配合,设置位于底座塑件边缘的“H型”或“I型”卡扣,而其根部也存在较大的应变,尤其是中间两个“H型”卡扣,从脱模分析结果的变形

量分布也可以获知该卡扣脱模时变形量也比较大,因此对于卡扣的成型适宜采用组合成型方式,开模后先部分分型,减少卡扣粘模现象,然后塑件再由推出机构整体推出脱模。

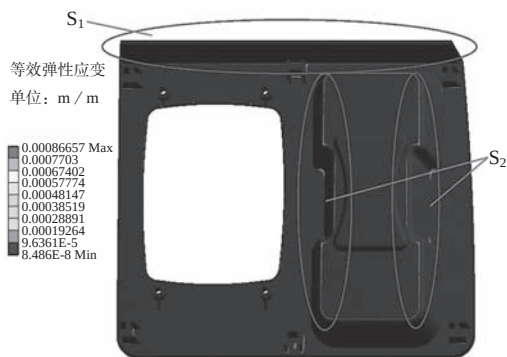


图6 底座脱模最大应变分布

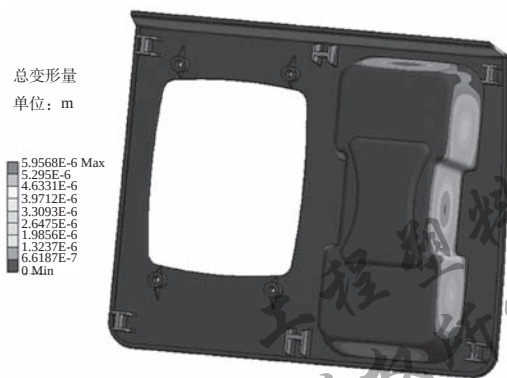


图7 底座脱模变形量分布

#### 4 推杆配置设计

推出机构设计直接影响塑件的变形,如果推出机构位置不平衡,将造成推出力量的不平衡而使塑件变形,因此在设计推出机构时应与脱模阻力相平衡,故推杆的位置应尽量靠近脱模阻力大的部位<sup>[9-10]</sup>;另外推杆的截面积不能太小,以防塑件单位面积受力过大,使塑件产生变形(尤其在脱模温度较高时)。在不影响塑件外观的前提下,应在所有变形较大部位尽可能设置推杆以减少塑件的总体变形。基于模流分析结果,获知底座塑件成型收缩引起的翘曲变形较大区域为图3、图4、图5的B、C、D、E处,基于脱模分析结果,获知底座塑件在成型脱模过程中包紧力与摩擦力较大的部分为 $S_1$ 、 $S_2$ 区域及部分卡扣位置,再结合塑件结构和工艺性,最后在底座零件6个卡扣位置分别设置推杆,如图8所示。在此为了防止产品单位面积顶出力太大,以及简化模具结构的需要,在脱模分析应变较大的区域采用斜顶镶块加推杆顶出塑件的方式,如图8中推杆2、

推杆4、推杆5,其余采用侧滑块分型与成型杆兼推杆直接顶出方式。推杆配置的规则是在脱模阻力大的部分优先配置、尽量上下左右对称、由外而内缓慢增加,推出机构复位采用弹簧加复位杆的组合方式。

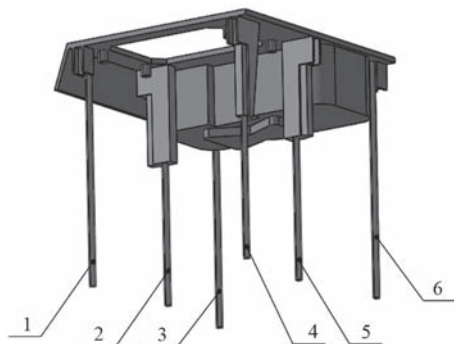


图8 推杆数量与位置设计

#### 5 偏心注塑模结构设计及工作原理

##### 5.1 结构设计

由图1可知底座塑件顶面表面质量要求高,不宜设置浇口,为了避免使用倒装模,结合模流分析采用一模一腔侧边进料的两板式模具结构,动定模采用整体镶入式。但由于底座产品结构不对称,注射量左右两侧差别甚大,如果采用常规模具设计方式,主流道位于模具中心位置,只能将主流道设计成斜注射式结构<sup>[11-12]</sup>,但是该结构不利于主流道凝料去除,而且模具装配困难,成型稳定性差;或者采用单点偏心热流道结构<sup>[13-14]</sup>,将主流道设计在模具的中心位置,通过热流道分流板使热喷嘴偏置于模具某一侧方式进料,但是该模式不仅增加了模具制造成本,而且还需要对分流道板进行热传递分析,计算热膨胀引起的喷嘴位移,以保证分流道与浇口中心的定位精度。为了既能够保证塑件成型质量,又能降低模具制造难度,采用偏心注塑模结构,将主流道进行水平偏置,但主流道偏置距离与分流道设计密切相关。依据实际经验分流道长度最小一般不小于8 mm,但也不能过长,另外,分流道拐弯的部位应尽可能少,进入浇口应圆弧过渡,以便减少压力损失和热量损失,故实际应用中需根据成型塑料模具制品的质量和结构来布置<sup>[14]</sup>。考虑到分流道长度直接影响主流道偏置距离,为了减小注塑压力对模具型腔受力不均匀性的影响,分流道取值15 mm,最后塑件成型模具中心与注塑机喷嘴中心偏置30 mm。

由于底座塑件属于中小型注射件,采用多用连杆合模装置,该机构能对合模系统形成预应力,并对

模具进行夹紧,同时偏置设计模板支撑立柱,解决可能因模具受力不均造成产品壁厚差异的问题,也避免了采用倾斜主流道造成定模板尺寸加大而引起的浇注系统零配件加工情况复杂化。

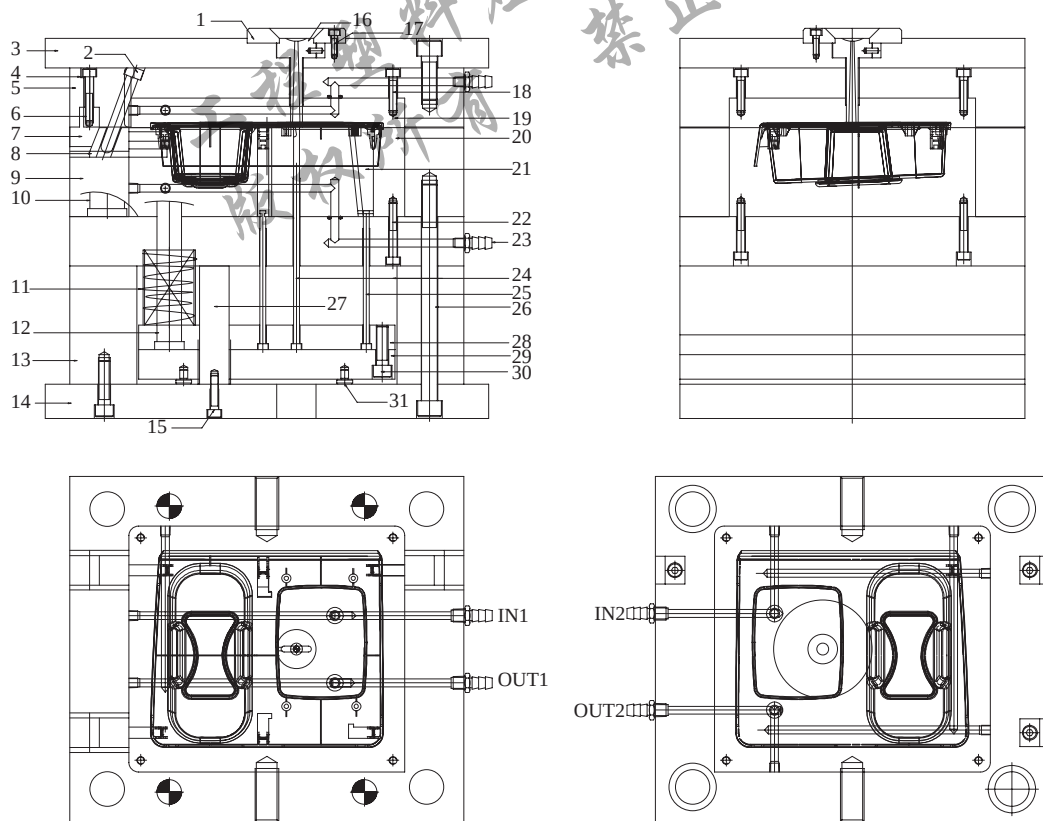
图 9 为底座注塑模结构装配简图。为了保证产品成型质量,节约模具制造成本,模具采用定模型芯 19、动模型芯 20 整体镶入定模板 5、动模板 9 的方式;对于脱模应力较大的 3 个塑件卡扣由 3 个斜顶镶块 21、动模型芯 20 成型,其余 3 个采用侧滑块 8、动模型芯 20 及推杆成型。塑件推出机构如图 8 所示,通过弹簧 11、复位杆 12 进行先复位,依据塑件收缩方向,在支承板 23、动模板 9、动模型芯 20 和定模型芯 19、定模板 5 设计直流循环式动定模冷却水路。

## 5.2 工作原理

模具锁模闭合后,注塑机筒内塑料熔体通过浇口套 16 的主流道进入模腔,经过一段保压冷却,注塑机驱动动模部分向后移动,在定模板 5 和动模板 9 之间打开分型面;开模过程中,主流道脱离浇口套

16,由于动模型芯复杂的成型结构及成型收缩抱紧力,产品留在动模上,同时固定于定模板 5 上的斜导柱 2 驱动动模侧滑块 8 侧向移动,图 8 中由推杆 1、推杆 3、推杆 6 成型顶出的卡扣完成外侧面分型;开模完成后,注射机顶杆推动推板 29 及推杆固定板 28 向前运动,固定在推板上的推杆分别推动斜顶镶块与塑件,如图 8 中与推杆 2、推杆 4、推杆 5 相连接的斜顶镶块 21,完成卡扣内侧分型的同时推出塑件。前者先分型的卡扣由推杆兼成型杆、侧滑块、动模型芯封闭成型,后分型的卡扣由斜顶镶块与动模型芯封闭成型,由于两者为间隙配合,在注塑成型压力作用下有可能产生毛边,但是该毛边并不影响卡扣的使用,而且处于塑件内部不影响美观,但是通过该模式可以减缓卡扣部分粘模,减少脱模阻力,保证了卡扣脱模容易且不变形,避免了斜导柱侧抽机构的多方向使用,简化了模具结构。

塑件与动模型芯分离完成脱模后,在预复位弹簧 11 及复位杆 12 的作用下,推出机构和斜顶机构



1—定位圈; 2—斜导柱; 3—面板; 4—导套; 5—定模板; 6, 15, 17, 18, 22, 26, 30—螺栓; 7—锁紧块; 8—侧滑块; 9—动模板; 10—导柱; 11—弹簧; 12—复位杆; 13—垫块; 14—底板; 16—浇口套; 19—定模型芯; 20—动模型芯; 21—斜顶镶块; 23—支承板; 24—拉料杆; 25—推杆; 27—模撑; 28—推杆固定板; 29—推板; 31—垃圾钉

图 9 模具结构装配简图

复位,继而注塑机带动动模部分合模,斜导柱2带动侧滑块8复位,定模板5与动模板9在导柱10的辅助下精准定位,模具闭合,等待下一个注塑循环。实践证明,设计制造的模具不仅具有实用性强、成本低等优点,而且塑件脱模运动灵活可靠,投入批量生产获得的底座塑件质量达到客户要求。

## 6 结语

以底座注塑件为例,通过利用 Moldflow 进行模流翘曲分析,获得塑件成型收缩引起的翘曲变形影响脱模区域,通过利用 Workbench 进行脱模模拟分析,获得脱模阻力引起的产品应变与变形量分布特性,结合塑件结构工艺性,最终采用顶块与推杆复合推出方式,在脱模阻力明显区域设置6个顶出位置,提高模具脱模设计精度及效率。为了保证塑件成型质量和简化模具结构并降低加工难度,基于模流分析和推杆配置结果,模具采用侧边进料一模一腔的两板式偏心结构,有效地解决了底座塑件成型可能引起的质量问题。通过生产实践证明,应用该方法能使注塑模推出机构设计过程数据化,能在模具制造之前发现问题、解决问题,从而缩短研发周期,为同类注塑模具设计提供参考。

## 参考文献

- [1] 邹丽梅,林权.基于斐波那契法的注射保压优化及脱模设计[J].工程塑料应用,2016,44(10):57-61.  
Zou Limei, Lin Quan. Optimization of injection holding process and demoulding design based on fibonacci method[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(10):57-61.
- [2] 蔡厚道,王训杰,黄雪梅.基于 Moldflow 的车载导航面板注塑模具设计[J].塑料工业,2020,48(1):60-64.  
Cai Houdao, Wang Xunjie, Huang Xuemei. Design of injection mold for automobile navigation panel based on moldflow[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1):60-64.
- [3] 冯刚,张朝阁,江平.我国注塑模具关键技术的研究与应用进展[J].塑料工业,2014,42(4):16-19.  
Feng Gang, Zhang Chaoge, Jiang Ping. Progress in research and application of key technology of injection mold in china[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(4):16-19.
- [4] 林建兵.基于 moldflow 汽车注塑件成型技术的应用研究[D].成都:西南交通大学,2017.  
Lin Jianbing. Evaluation and optimization of injection molding scheme for transparent window of automobile instrument panel[D]. Chengdu:Southwest Jiaotong University, 2017.
- [5] 林权,刘瑞来.汽车饰盖 CAE 分析及成型工艺优化[J].工程设计学报,2017,24(6):661-667.  
Lin Quan, Liu Ruilai. Structural optimization and key structural design of automobile decorative cover rib plate[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2017, 24(6):661-667.
- [6] 杨大伟,温彤,吴诗仁,等.注塑件脱模后翘曲变形数值分析[J].塑料工业,2012,40(9):64-66.  
Yang Dawei, Wen Tong, Wu Shiren, et al. Numerical analysis of warpage of plastic parts taking out from the mold[J]. China Plastics Industry, 2012, 40(9):64-66.
- [7] 樊新民,车剑飞.工程塑料及其应用[M].2版.北京:机械工业出版社,2016.  
Fan Xinmin, Che Jianfei. Engineering plastics and its application[M]. 2nd ed. Beijing:China Machine Press, 2016.
- [8] 屈华昌,吴梦陵.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:高等教育出版社,2018.  
Qu Huachang, Wu Mengling. Plastic molding process and mold design[M]. Beijing:Higher Education Press, 2018.
- [9] 王春艳.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:机械工业出版社,2018.  
Wang Chunyan. Plastic molding process and mold design[M]. Beijing:China Machine Press, 2018.
- [10] 尚欣.薄壁塑件的注射成型数值模拟及模具优化设计研究[D].重庆:重庆理工大学,2011.  
Shang Xin. Research on the numerical simulation and optimal design of die for the injection moulding of the plastics with thin-wall[D]. Chongqing:Chongqing University of Technology, 2011.
- [11] 马一青.PVC-U 管件注塑模具斜主流道及冷料井的设计[J].工程塑料应用,2002,30(6):40-41.  
Ma Yiqing. Design of oblique main runner and quench well of injection mould for PVC-U tubes[J]. Engineering Plastics Application, 2002, 30(6):40-41.
- [12] 胡海明.塑料模具斜主流道的设计[J].塑料工业,1999,27(6):20-21.  
Hu Haiming. Design of sloping runner of plastics mould[J]. China Plastics Industry, 1999, 27(6):20-21.
- [13] 任长春,窦宝林,秦勇.浇口偏置笔记本电脑外壳注塑模设计[J].工程塑料应用,2012,40(8):64-67.  
Ren Changchun, Dou Baolin, Qin Yong. Design of injection mold with offset gate for notebook computer cover[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(8):64-67.
- [14] 洪慎章.实用注塑成型及模具设计[M].2版.北京:机械工业出版社,2014.  
Hong Shenzhang. Practical injection molding and mold design[M]. 2nd ed. Beijing:China Machine Press, 2014.

欢迎投稿、欢迎订阅、欢迎刊登广告