

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.10.016

SUV 仪表台热流道多浇口注塑模优化设计

沈忠良¹, 肖国华¹, 杨安²

(1. 浙江工商职业技术学院机电工程学院, 浙江宁波 315012; 2. 杭州职业技术学院友嘉机电学院, 杭州 310018)

摘要: 针对某 SUV 仪表台塑件设计了一种多浇口两板热流道注塑模具。模具中, 应用 6 条热流道和 9 个扇形侧浇口对模腔进行浇注。结构上, 基于制造成本及加工方便性, 做了以下几点结构优化设计: 其一, 成型件采用整体式结构以保证其强度, 同时为冷却水路的开设提供便利; 其二, 简化了非标模架的结构, 取消导柱导向机构, 以插杆式导向机构进行导向, 降低了模架的修配难度; 其三, 动模滑块机构优化为双斜导柱式驱动结构, 采用独立导向条导向; 其四, 定模滑块机构简化为弹滑式滑块机构, 斜顶及直顶机构采用顶杆 + 顶块形式, 以便于简化加工和安装; 其五, 设计了一种头部拼合式顶杆, 能有效避免卡扣脚成型件采用成本较高的电火花加工方式进行加工。采取以上设计优化的措施, 有利于模具整体加工难度和成本的降低。

关键词: 热流道; 模具设计; 结构优化; 注塑; 脱模

中图分类号: TQ320.662 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)10-0086-07

Optimal Design of Hot Runner Injection Mould with Multi-gate for SUV Instrument Panel

Shen Zhongliang¹, Xiao Guohua¹, Yang An²

(1. School of Mechatronic Engineering, Zhejiang Business Technology Institute, Ningbo 315012, China;

2. Fair Friend Institute of Electromech., Hangzhou Vocational and Technical College, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A two-plate hot runner injection mould with multi-gate was designed for the plastic parts of a SUV instrument panel. In the mould, 6 hot runner and 12 fan-shaped side-gates were used to gate the mold cavity. In the mould structure, based on the manufacturing cost and the convenience of machining, the following structural optimization designs were made. Firstly, the integral structure was adopted for the molding part to ensure its strength and the convenience of setting the cooling water circuit. Secondly, the structure of the non-standard mould base was simplified, the guide pillar guiding mechanism was canceled, and the inserting rod type guiding mechanism was used for guiding, so as to reduce the repair difficulty of the mould base. Thirdly, the slide mechanism in moving mould was optimized to adopt the driving structure of double angle pins and guide with independent guide strips. Fourthly, the slide mechanism in fixed mould was simplified to the spring slide mechanism, the form of ejector pin + ejector block was adopted in the angled and direct ejection mechanism, so as to simplify the machining and installation. Fifthly, a ejector pin with head split type was designed, which could effectively avoid the use of electrical discharge machining with high cost for the processing of snap-fit foot forming parts. The adoption of above design optimization measures is conducive to the reduction of the overall processing difficulty and cost of the mould.

Keywords: hot runner; mould design; structure optimization; injection molding; demoulding

汽车仪表台是汽车内饰件中的一个大型塑件, 其注塑模具的设计和制造也非常特殊, 与一般中小型内饰件相比, 仪表台塑件的模具设计与制造有以

下几方面问题需要特别注意: ①仪表台为大型塑件, 其主要成型件——型腔和型芯以整体式设计为主, 以保证成型件的强度, 防止使用过程中成型件的变

基金项目: 浙江省教育厅 2019 年度高校国内访问学者访问工程师人才项目 (ZGS2019KY0014), 浙江省公益技术研究计划 / 工业项目 (LGG20E050001), 浙江省高等教育十三五第一批教学改革研究项目 (jg20180627)

通信作者: 肖国华, 硕士, 工程师 / 讲师, 主要研究方向为模具设计与制造 E-mail: 383420168@qq.com

收稿日期: 2020-07-31

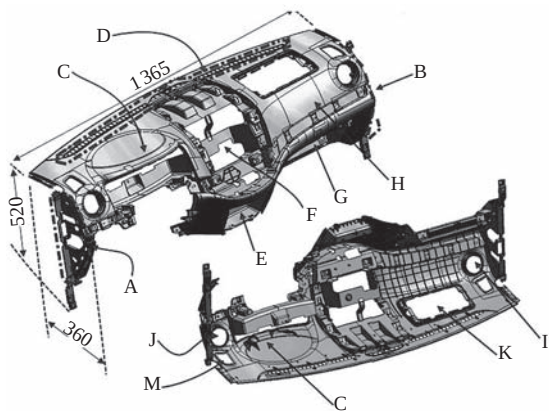
引用格式: 沈忠良, 肖国华, 杨安. SUV 仪表台热流道多浇口注塑模优化设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(10): 86-92.

Shen Zhongliang, Xiao Guohua, Yang An. Optimal design of hot runner injection mould with multi-gate for SUV instrument panel[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10): 86-92.

形,型腔和型芯最好直接从模板上加工获得^[1-3];②浇注系统宜采用多点热流道嘴^[4-6],末端冷流道尽可能短,以保证料流在复杂模腔内能够充分流动;③脱模机构中,尽可能采用导柱驱动型滑块机构,以免滑块机构使用一定寿命后,因磨损而导致失衡卡死,斜顶机构尽可能使用圆柱形斜顶杆+斜顶头结构形式,以减少斜顶的磨损,降低加工难度,便于斜顶修配和安装,针对脱模中出现的卡滞问题,应进行专门的机构改进和结构优化设计^[7-9];④顶出机构中,顶针型号、数量较多,且高度不一,对顶出板要进行准确的复位控制^[10-12];⑤机构零件及模架尽可能地进行简化设计,以降低模具的制造成本,从而缩短制造工期^[13-15]。笔者以某 SUV 仪表台为例,结合上述几个方面进行了相应的注塑模具设计,以供设计人员借鉴参考。

1 仪表台塑件结构分析

某 SUV 仪表台塑件的形状如图 1 所示,塑件的外围尺寸为 1365 mm×520 mm×360 mm,塑件壁厚分布不均,最厚 2.8 mm,最薄 1.2 mm。塑件材质为聚碳酸酯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料合金材料。塑件两侧的 A 区、B 区安装在车架侧边上,C 区为仪表罩盖,D 区为玻璃吹风口区,E 区为收纳盒安装区,F 区为中控电脑安装区,G 区为储物箱安装区,H 区为内饰皮纹区,I 区、J 区为左右两侧门窗玻璃吹风口区,K 区为安全气囊安装区,M 区为小音箱安装区。



A~K—特征分区编号

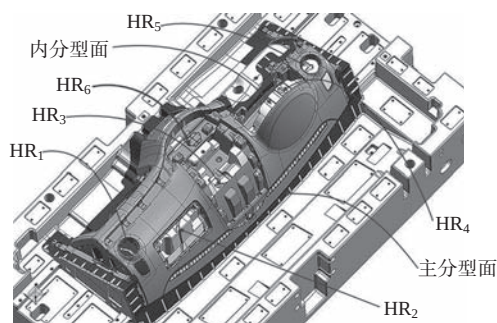
图 1 塑件结构

塑件结构复杂,模具设计也有较大的难度,主要为以下几点:①特征多,脱模设置工作量大;②分型复杂,分型设置时,需要设置较多的辅助脱模机构;③各特征区质量分布不均,且壁厚也有较大差别,流动路径复杂,浇注较为困难;④脱模困难的部

位多,特别是 A 区、B 区及 D 区;⑤内壁上有较多且较深的卡扣脚、薄壁深筋及倒扣等。

2 分型及浇注系统设计

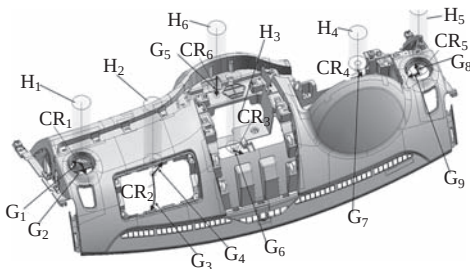
塑件采用卧式单腔布局,塑件的主分型面及内分型面设置如图 2 所示。



HR₁~HR₆—热流道编号

图 2 分型及热流道设置

在此分型设置下,模具单次开模即可实现塑件的成型和自动脱模。采用分区浇注方式进行浇注,将模腔划分为 6 个分区后,应用图 2 中所示的 6 条热流道 HR₁~HR₆ 进行浇注,6 条热流道的料流注入到热流道嘴所在的内分型面上后,再通过短冷流道及侧浇口注入模腔中,浇口设置 9 个,浇口形式均为扇形侧浇口,进浇厚度 1 mm,以便于后续的浇口剪除加工。浇注系统设置如图 3 所示。图 3 中,冷流道 CR₁ 由热流道嘴 H₁ 供料,由 G₁, G₂ 浇口对塑件进行浇注;冷流道 CR₂ 由热流道嘴 H₂ 供料,由 G₃, G₄ 浇口对塑件进行浇注;冷流道 CR₃ 由热流道嘴 H₃ 供料,由 G₆ 浇口对塑件进行浇注;冷流道 CR₄ 由热流道嘴 H₄ 供料,由 G₇ 浇口对塑件进行浇注;冷流道 CR₅ 由热流道嘴 H₅ 供料,由 G₈, G₉ 浇口对塑件进行浇注;冷流道 CR₆ 由热流道嘴 H₆ 供料,由 G₅ 浇口对塑件进行浇注。



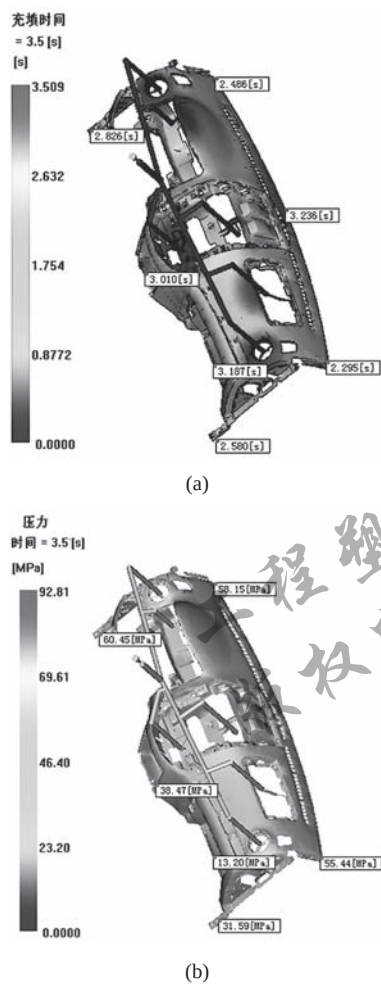
CR₁~CR₆—短冷流道编号; G₁~G₉—冷浇口编号;

H₁~H₆—热流道嘴编号

图 3 浇注系统设置

对设置的浇注系统进行了 CAE 分析,结果如图 4 所示。由图 4a 可以看出,模腔的总充填时间为 3.5 s,充填所需时间不长,浇注系统的充填效果

良好。从充填末端的均衡性看,充填末端时间范围为2.4~3.3 s,差别不大。结合图4b来看,所需充填压力不大,最大为92.81 MPa,实际模腔所需压力为60 MPa左右。各末端的充填压差较大,特别是充填压力为13.2 MPa的位置,需要改善流动通道,以降低所需压力,另外一个增强充填末端的排气,以免引起注塑飞边。



a—充填时间; b—充填压力

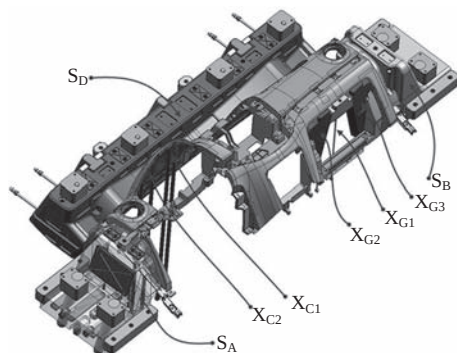
图4 浇注系统 CAE 分析结果

3 脱模机构布置

8个脱模机构的布置如图5所示。主分型面打开时,A区、B区、D区应用滑块机构 S_A 、 S_B 、 S_D 三个机构同步实施侧抽芯脱模。模具打开后,塑件从型芯上顶出实施完全脱模时,C区内壁的两个倒扣需要使用 X_{C1} 、 X_{C2} 两个顶出机构脱模,G区内壁的两个倒扣使用 X_{G1} 顶出机构脱模,G两个侧边孔需要使用 X_{G2} 、 X_{G3} 两个顶出机构脱模。

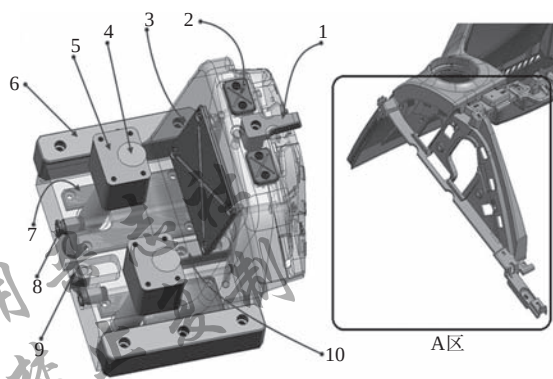
3.1 S_A 滑块机构

S_A 滑块机构结构如图6所示。 S_A 滑块机构针



S_A 、 S_B 、 S_D —滑块机构编号; X_{C1} 、 X_{C2} 、 X_{G1} 、 X_{G2} 、 X_{G3} —顶出机构编号

图5 脱模机构布置



1—成型镶件; 2—上耐磨压板; 3— S_A 滑块; 4—斜导柱;
5—斜导柱压板; 6—压条; 7—底耐磨板; 8—接头;
9—限位柱; 10—中间导向条

图6 S_A 滑块机构

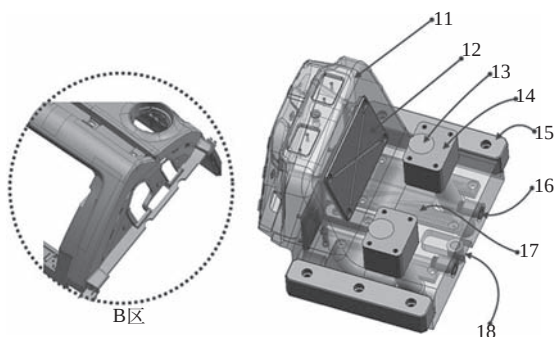
对A区整个侧面的脱模而设置, S_A 滑块3以整体式滑块机构为基础,结合成型件的加工难度而适当设置成型镶件1,这样有利于增强整个A区侧面滑块的强度。

S_A 滑块3通过对称布置的两个斜导柱4进行驱动,以保证 S_A 滑块3的驱动平衡性,避免因不平衡滑动而过早损伤,使用寿命缩短; S_A 滑块底部设置了中间导向条10进行导向,且中间导向条10的耐磨性比 S_A 滑块3差,这样便于易损零件的更换,避免 S_A 滑块3依靠压条6所在的两个模板侧面来导向,进而避免对模板的磨损,能有效降低模具的维修成本。限位柱9采用包胶式柱头,能有效避免 S_A 滑块3滑出时的撞击噪声,降低车间噪声污染。应用中间导向条10导向后,两个压条6的导向功能取消,无须再设置定位销,只需设置6个螺丝固定即可,能有效降低滑块所在模板的加工量及加工难度。 S_A 滑块3采用整体式结构也有利于冷却水路的开设。上耐磨压板2, S_A 滑块3滑块背部耐磨板,底耐磨板7都采用带油槽的标准件,有利于生产效率

的提高,且便于安装。斜导柱 4 采用斜导柱压板 5 进行压紧安装,方便安装和调校,且能有效减少斜导柱安装孔的机加工量。

3.2 S_B 滑块机构

S_B 滑块机构结构如图 7 所示。 S_B 滑块机构针对 B 区整个侧面的脱模而设置, S_B 滑块 11 同样也为整体式滑块机构,其机构零件及结构同 S_A 滑块机构相同。



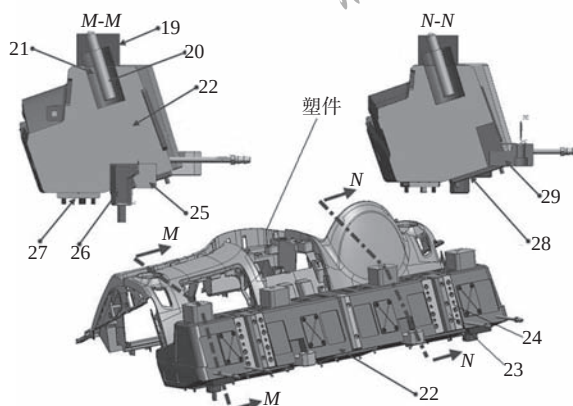
11— S_B 滑块; 12—背耐磨板; 13—斜导柱; 14—斜导柱压板;
15—压条; 16—接头; 17—底耐磨板; 18—限位柱

图 7 S_B 滑块机构

S_A 滑块机构、 S_B 滑块机构都为安装于动模的滑块机构。

3.3 S_D 滑块机构

S_D 滑块机构用于 D 区的侧抽芯脱模,机构安装于模具定模型腔板内,为定模抽芯机构,如图 8 所示。



19—弹簧柱压紧块; 20—弹簧柱; 21—弹簧; 22— S_D 滑块;
23—T 型导轨; 24—导轨压条; 25—拉钩块; 26—拉钩;
27—底耐磨平衡块; 28—斜面耐磨锁紧板; 29—压紧块

图 8 S_D 滑块机构

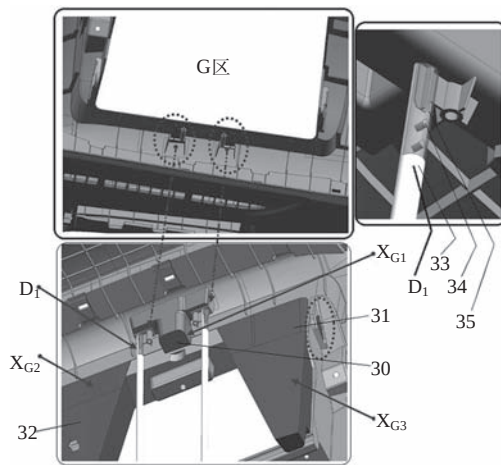
S_D 滑块机构具体的安装情况为: ①先将 2 组 T 型导轨 23 安装于定模型腔板内的侧壁上,与之滑动配合的导轨压条 24 则安装于 S_D 滑块 22 的背面; ②再将 4 根弹簧柱 20 通过对应的弹簧柱压紧块 19 安装于定模型腔槽内,将相应的 4 个弹簧 21 放入

S_D 滑块 22 上的 4 个弹簧孔内; ③将 S_D 滑块 22 沿 T 型导轨 23 装入定模型腔板内,并用 2 组 L 型限位块进行限位,防止其从型腔板内脱落,如图 8 中 N-N 剖视图所示; ④将 2 个拉钩 26 安装于动模型芯板上,与之对应的 2 个拉钩块 25 则分别安装于 S_D 滑块 22 的两侧底端; ⑤ S_D 滑块 22 的背部设置有耐磨锁紧板,且其底部也设置有斜面耐磨锁紧板 28,用于模具闭合时对滑块的锁紧。

S_D 滑块机构设置为定模弹滑式滑块机构的优点是: ①机构得到简化,减少了辅助零件数量,且便于装配; ②避免了采用倒装斜导柱滑块式抽芯机构带来的加工和安装难度,或者油缸式抽芯机构的高制造成本; ③ S_D 滑块 22 为整体式滑块,便于水路开设,增强 D 区的冷却设计。

3.4 斜顶机构

斜顶机构如图 9 所示。图 9 中, X_{G1} , X_{G2} , X_{G3} 机构为斜顶机构,其作用为用于 G 区内壁倒扣的脱模。三者都采用圆柱形斜顶杆 + 顶块的结构形式,这样做的优点是: ①斜顶块便于加工,且其顶出方向的定位便于设置,也便于动模型芯板内斜顶槽的加工; ②顶出所用的斜顶杆形状简单,有利于圆顶杆标准件的使用,对应的动模型芯板内的顶杆孔无须采用线切割加工,能有效节省成本。



X_{G1} , X_{G2} , X_{G3} —斜顶机构编号; D_1 —卡扣脚顶杆; 30—G1 斜顶块;
31—G3 斜顶块; 32—G2 斜顶块; 33—卡扣脚顶杆;
34—无头螺丝; 35—顶杆镶件

图 9 斜顶机构

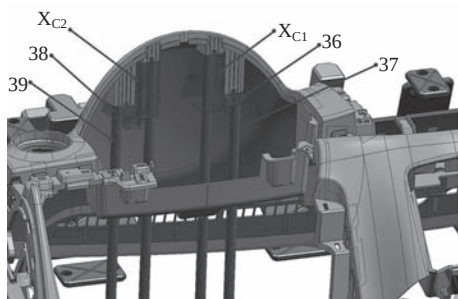
3.5 卡扣脚顶杆

如图 9 所示,塑件上有多处深度较深的卡扣脚,卡扣脚的成型件如直接从型芯上加工,需要采用电火花加工,不但需要加工大量的火花电极,而其点火加工的时间也比较长,因而,采用图 9 中的 D_1 顶杆

来成型, D_1 顶杆的顶端用于卡扣脚成型的头部分割为两半, 顶杆镶件 35 单独加工后通过螺丝紧固安装在 D_1 顶杆头部。这样做的优点是: ①卡扣脚所对应位置的型芯上, 只需钻头加工一个顶杆孔即可, 快速且便捷; ② D_1 顶杆的头部及顶杆镶件 35 能采用数控精雕机进行快速加工, 有利于零件加工的高效进行, 且加工费用相对低廉。

3.6 直顶块机构

直顶块机构如图 10 所示。C 区仪表盘内壁有多处直槽, 设置 X_{C1} , X_{C2} 顶块机构对其进行顶出脱模, 此处这样设计可以避免因顶杆直径小而对塑件造成的顶出破坏。

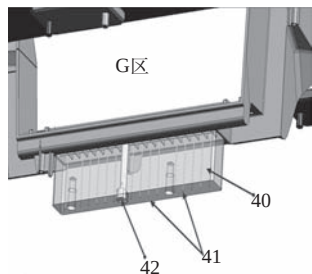


X_{C1} , X_{C2} —顶块机构编号; 36—C1 顶块; 37—C1 顶杆;
38—C2 顶块; 39—C2 顶杆

图 10 直顶块机构

3.7 局部镶件

薄筋镶件机构如图 11 所示。对于 G 区下端的阵列型筋位, 因其筋位多且薄, 需要设置小尺寸顶针进行顶出, 筋位的成型槽若采用电火花加工费时且成本高, 因而在此处单独设计一个薄筋位镶件 40, 以便于对其进行机加工及精雕加工。



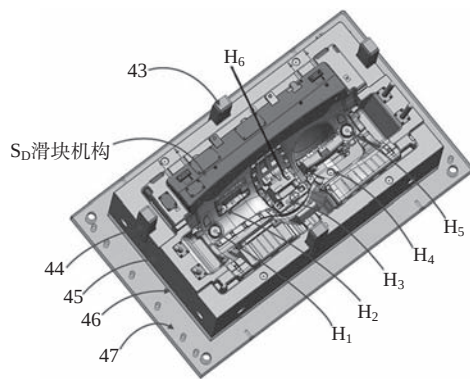
40—薄筋位镶件; 41—细顶针孔; 42—拼合式圆柱镶件

图 11 薄筋镶件机构

4 模具设计

4.1 定模设计

模具为两板式单开型热流道模具, 定模的设计如图 12 所示。鉴于塑件较大的缘故, 无法选用标准模架来进行整体结构设计, 因而只能采用自制非标模架。模架中, 不设置导柱导套机构来进行模板的闭合



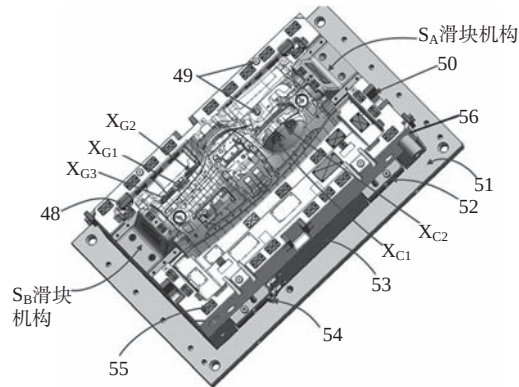
43—第一导向插杆; 44—第二导向插杆; 45—定模型腔板;
46—热流道板; 47—面板; $H_1 \sim H_6$ —热流道嘴编号

图 12 定模设计

导向, 而是设置 4 个导向插杆来进行导向, 并配合以定位锥度块来实现模腔闭合的准确性。这样, 能有效减少模架的加工和修配难度。型腔和型芯直接从模板上铣削加工而成, 以保证模腔的整体强度。 S_D 机构设置在定模一侧, 也有利于降低模具的加工难度。对应于 $HR_1 \sim HR_6$ 流道, 设置了 $H_1 \sim H_6$ 6 个热流道嘴。

4.2 动模设计

动模的设计如图 13 所示。动模设计中, 考虑到模具为大型模具, 模板等零部件尺寸都比较大, 整体的尺寸误差较大, 因而, 为保证定、动模的闭合配合能准确到位, 动模型芯板 56 的四周布置有较多耐磨平衡块 55, 以便于模具的总装装调, 型芯直接从动模型芯板 56 上加工而得。导向槽块 50 用于与定模导向插杆的配合。锥度定位块 48 由两半组成, 一半安装于定模型腔板 45 上, 另一半安装于动模型芯板 56 上。由于塑件的完全顶出共需要设置 89 根顶针, 顶出板 52 极容易因顶针的顶压产生受力不均而变形, 因而, 需要均衡布置较多的复位杆 49 以防止顶



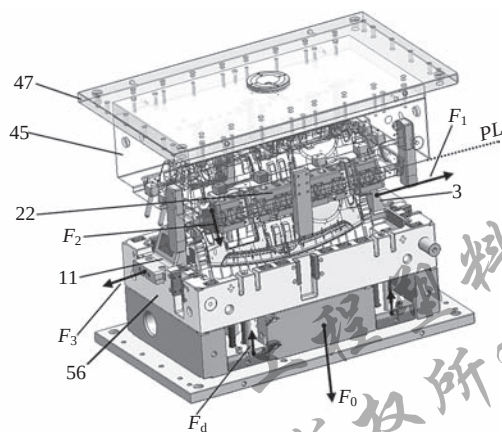
48—锥度定位块; 49—复位杆; 50—导向槽块; 51—动模底板;
52—顶出板; 53—模脚; 54—行程开关; 55—耐磨平衡块;
56—动模型芯板; X_{C1} , X_{C2} , X_{G1} , X_{G2} , X_{G3} —顶出机构编号

图 13 动模设计

出板 52 的失衡,同时,配合行程开关 54 以监控其复位状态。

5 模具工作原理

模具工作原理如图 14 所示。模具在注塑机动模板的拉动下,按 F_0 向在 PL 面处打开进行开模。开模时, S_D 滑块 22 在动模板上的拉钩作用下,按 F_1 向斜向下滑出,实施侧面抽芯,下滑一定距离后,被定模型腔板 45 上的限位勾块拉住,而停留在定模型腔内;同步地, S_A 滑块 3、 S_B 滑块 11 被各自的斜导柱驱动而分别按 F_1 向、 F_2 向抽芯;抽芯完毕,动模继续下行时,注塑机顶杆将推动顶针板按 F_d 向顶出,从而推动其上的斜顶组件等将塑件从型芯上顶出,实现塑件的完全脱模。



3— S_A 滑块; 11— S_B 滑块; 22— S_D 滑块; 45—定模型腔板; 47—面板;
56—动模型芯板; PL —分型面; F_0 —开模方向;
 F_d —顶出方向; F_1, F_2, F_3 —抽芯方向

图 14 模具工作原理

6 结语

结合某 SUV 仪表台塑件的成型,从简化模具结构、降低模具成本的角度对模具进行了优化设计,包括以下几方面的工作:

(1) 模腔主成型件、侧抽芯成型件均采用整体式结构,以保证模腔的强度。

(2) 模架的导向机构简化为插杆式导向机构,降低了模架的修配难度。

(3) 脱模机构中,动模滑块机构采用双斜导柱式驱动结构及独立导向条,有利于降低滑块的磨损,延长机构的使用寿命;定模滑块机构则为弹滑式滑块机构,便于简化加工和安装;顶出机构中,斜顶及直顶机构采用顶杆+顶块形式,也有利于简化机构的加工和安装;针对卡扣脚的成型与顶出,设置了一种头部拼合式顶杆,能有效避免采用成本高且效率

低的电加工方式进行加工。

(4) 定模、动模的设计中,大量使用标准件来保证模具的工作性能和可靠性,也有利于模具整体加工难度及成本的降低。

参考文献

- [1] 张维合. 汽车副仪表板大型注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 41(5):74-77.
Zhang Weihe. Design of large injection mould for automobile auxiliary console[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41(5):74-77.
- [2] 李云义, 徐诚, 赵利平, 等. 基于热流道技术大型卡车仪表板注塑模设计[J]. 现代塑料加工应用, 2017, 29(4):56-59.
Li Yunyi, Xu Cheng, Zhao Liping, et al. Injection mold design of large truck dashboard based on hot runner technology[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(4):56-59.
- [3] 周玉蓉, 韦光珍. 汽车仪表盘注塑模优化设计[J]. 制造业自动化, 2010(8):232-234.
Zhou Yurong, Wei Guangzhen. Automobile instrument panel optimal design of injection mold[J]. Manufacturing Automation, 2010(8):232-234.
- [4] 周慧兰, 周胜林. 汽车仪表板内饰件热流道注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(10):85-89.
Zhou Huilan, Zhou Shenglin. Hot runner injection mold design for automotive dashboard interior[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(10):85-89.
- [5] 陈剑玲, 李昌雪, Helldin C. 汽车仪表盘盖侧抽热流道注塑模设计[J]. 现代塑料加工应用, 2014, 26(3):49-51.
Chen Jianling, Li Changxue, Helldin C. Design of injection mold with side-slider and hot runner system for car cashboard cover[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2014, 26(3):49-51.
- [6] 冯婧, 张维合, 邓成林. 汽车仪表板储物盒热流道大型注塑模设计[J]. 中国塑料, 2019, 33(10):94-99.
Feng Jing, Zhang Weihe, Deng Chenglin. Design of large injection mold with hot runner for instrument panel storage bin of automobile[J]. China Plastics, 2019, 33(10):94-99.
- [7] 欧阳波仪. 汽车仪表罩倾斜式多种脱模机构及其注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(9):70-75.
Ouyang Boyi. Inclined multiple ejection mechanisms for automobile instrument cover and injection mold design[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(9):70-75.
- [8] 熊毅, 邓晓. 仪表壳注塑模具优化设计[J]. 模具技术, 2015(1):33-36.
Xiong Yi, Deng Xiao. Design optimization of the injection mould for instrument shell[J]. Die and Mould Technology, 2015(1):33-36.

- [9] 黎秋萍,赵明娟,李德英,等.汽车副仪表板装饰盖注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2009,37(5):68-70.
- Li Qiuping, Zhao Mingjuan, Li Deying, et al. Design of injection mould for decoration lid of automobile vice-instrument board[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(5):68-70.
- [10] 周健波,胡纪全,汪传生,等.基于 Moldflow 的仪表板安全气囊框注塑模具设计[J]. 模具技术,2017(1):5-7.
- Zhou Jianbo, Hu Jiquan, Wang Chuansheng, et al. Design of injection mould of dashboard airbag box based on Moldflow[J]. Die and Mould Technology, 2017(1):5-7.
- [11] 俞卫东.汽车副仪表板注塑模具设计[J]. 塑料工业,2009,37(10):45-47.
- Yu Weidong. Design of injection mould for console of automobile[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(10):45-47.
- [12] 俞芙芳,刘昌棋.仪表盒面板注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2009,37(1):64-66.
- Yu Fufang, Liu Changqi. Design of injection mold for board of instrument[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(1):64-66.
- [13] 赵战锋.某汽车轮毂罩热流道模流分析与模具设计[J]. 塑料工业,2016,44(9):58-62.
- Zhao Zhanfeng. Hot runner mold flow analysis and injection mould design of automobile hub cap[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(9):58-62.
- [14] 张建卿.汽车送风机前罩壳多行位注塑模具设计[J]. 塑料,2016,45(3):112-116.
- Zhang Jianqing. Design of injection mould with many sliders for automobile front cover of blower fan[J]. Plastics, 2016, 45(3):112-116.
- [15] 范玉,范佳琦,黄继战.汽车CD面板热流道模具设计[J]. 工程塑料应用,2016,44(11):76-79.
- Fan Yu, Fan Jiaqi, Huang Jizhan. Design of car CD panel hot runner mold[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(11):76-79.
- [16] 研究[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2016,33(6):113-116.
- Li Xiaocheng, Ren Dongfeng, Wang Pengcheng. Experimental study on shrinkage of SLS sintered polystyrene powder[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University: Natural Science Edition, 2016, 33(6):113-116.
- [17] 杨来侠,杨繁荣,周文明.聚苯乙烯/玻璃纤维复合粉末 SLS 烧结件收缩率实验研究[J]. 塑料工业,2017,45(12):54-58.
- Yang Laixia, Yang Fanrong, Zhou Wenming. Study on shrinkage rate of polystyrene / glass fiber composite powders formed parts based on selective laser sintering experiment[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(12):54-58.
- [18] Timothy S, Yang Y R, Lee W J, et al. Reusable unit process life cycle inventory for manufacturing: stereolithography[J]. Production Engineering, 2019, 13(6):675-684.
- [19] 孔双祥,胥光申,巨孔亮,等.基于多指标正交试验设计的 SLS 快速成型工艺参数优化[J]. 轻工机械,2017,35(1):30-35.
- Kong Shuangxiang, Xu Guangshen, Ju Kongliang, et al. Optimization of process parameters by multi-index orthogonal experiment in selective laser sintering[J]. Light Industry Machinery, 2017, 35(1):30-35.
- [20] Zhang Xinju, Liu Lei, Li Yanan. Research on a rapid manufacturing technology of plastic parts based on 3D printing[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(1):75-78.
- [21] 宗学文,肖涵,徐文博,等.基于面成型光固化 3D 打印制件的尺寸精度[J]. 工程塑料应用,2018,46(2):41-46.
- Zong Xuewen, Xiao Han, Xu Wenbo, et al. Dimensional accuracy of surface-based photo solidified 3D printing parts[J]. Engineering Plastics Applications, 2018, 46(2):41-46.
- [22] 康鹏.基于光固化成型的微结构增材制造技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2017.
- Kang Peng. Research on fabrication technology of microstructure additive based on UV curing molding[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2017.
- [23] 杨娜娜. SLA 光固化树脂的力学行为研究[J]. 橡塑技术与装备,2017,43(8):52-54.
- Yang Nana. Study on mechanical behavior of SLA light cured resin[J]. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2017, 43(8):52-54.
- [24] 李小城,任东风,王鹏程.聚苯乙烯粉 SLS 烧结件收缩率的实验