

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.12.017

汽车仪表板骨架注塑模具设计

王明伟¹, 张晗¹, 庄齐¹, 林雨¹, 于峻伟¹, 叶星辉²

(1. 大连工业大学机械工程与自动化学院, 辽宁大连 116034; 2. 浙江凯华模具有限公司, 浙江台州 318020)

摘要: 根据汽车仪表板骨架的结构特点和成型材料, 设计了一副一模一腔的大型阀式热流道注塑模具。通过 Moldex 3D 软件对模具的浇注系统(13 点阀式热流道+U 型冷流道+直浇口/搭接浇口)的合理性进行验证, 并对其成型缺陷进行预测。根据模拟结果中的包封现象对塑件的十字筋位置增加排气镶块并对模具分型面增加排气槽, 进一步加强模具的排气效果。针对塑件的侧孔特征, 设计了“液压侧抽芯+大弹块侧抽芯”相结合的方式对其进行抽芯; 对于 A 面上的十字筋和 BOSS 柱结构, 因其高度不同, 故分别采用不同角度和行程的弹块侧抽芯机构; 为防止开模时各弹块卡住, 拉伤塑件, 均设计有机械拉钩装置, 为其提供初始动力。顶出机构由“司筒+顶针+直顶”组成, 冷却系统由“直流式+隔板式”的水路组成。经过实际试模验证, 模具各结构均符合设计要求, 整体运行平稳, 塑件装配精度符合装配需求, 可大批量生产。

关键词: 注塑模具设计; 汽车仪表板骨架; 阀式热流道; 模流分析; 侧抽芯机构

中图分类号: TQ320.66+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)12-0129-07

Injection mould design of automobile instrument panel frame

WANG Mingwei¹, ZHANG Han¹, ZHUANG Qi¹, LIN Yu¹, YU Junwei¹, YE Xinghui²

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China;

2. Zhejiang Kaihua Mould Co., Ltd., Taizhou 318020, China)

Abstract : Based on the structural characteristics and moulding materials of the automotive instrument panel frame, a large valve hot runner injection mould with one mould cavity was designed. The rationality of the moulding system (13-point valve hot runner, U-shaped cold runner, straight gate/lap gate) was verified using Moldex 3D software, and moulding defects were predicted. Based on the encapsulation phenomenon observed in the simulation results, venting inserts were added to the cross ribs of the moulded part, and venting grooves were added to the mould parting line to further enhance the mould's venting performance. For the side hole features of the plastic part, a combination of hydraulic side core pulling with large spring block side core pulling was designed for core pulling. For the cross ribs and boss columns on the A-side, due to their different heights, spring block side core pulling mechanisms with different angles and strokes were adopted respectively. To prevent the spring blocks from getting stuck and damaging the plastic part during mould opening, mechanical pull hooks were designed to provide initial force. The ejection mechanism consists of a bushing, ejector pin, direct ejector, while the cooling system comprises a direct flow, partition plate water circuit. Following actual mould testing, all mould structures meet design requirements, operate smoothly overall, and achieve plastic part assembly accuracy consistent with assembly needs, enabling mass production.

Keywords : injection mould design ; automotive instrument panel frame ; valve hot runner ; mold flow analysis ; side core pull mechanism

汽车仪表板骨架是汽车仪表板总成中的关键结构, 能够为多功能显示系统、空调系统和出风口等提供基础支撑和定位, 所以结构复杂、整体尺寸和高低落差较大, 且具有较多的侧孔、BOSS 柱和十

字筋等脱模难点。汽车仪表板骨架在注塑时, 塑料熔体流动距离较长, 熔体充填和模腔排气较为困难^[1], 易发生短射和困气现象。笔者针对汽车仪表板骨架的结构特点设计了一副“一模一腔”的大型

通信作者: 王明伟, 博士, 教授, 主要从事材料成型加工、智能制造等研究

收稿日期: 2025-10-15

引用格式: 王明伟, 张晗, 庄齐, 等. 汽车仪表板骨架注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2025, 53(12): 129-135.

WANG Mingwei, ZHANG Han, ZHUANG Qi, et al. Injection mould design of automobile instrument panel frame[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(12): 129-135.

阀式热流道注塑模具。通过Moldex 3D软件对其注塑过程进行模拟,验证其浇注系统设计的合理性以及预测其成型缺陷。采用“液压侧抽芯+大弹块侧抽芯”相结合的抽芯方式解决塑件两侧的孔结构因抽芯空间小导致的难脱模问题,采用弹块侧抽芯机构解决塑件A面上的十字筋和BOSS柱结构因抽芯空间小、结构特征不同、脱模角度不同导致的脱模难题。经过实际试模验证,模具运行平稳,塑件符合装配需求,可为其他大型注塑模具设计提供参考。

1 汽车仪表板骨架结构分析和排位设计

汽车仪表板骨架如图1a所示,塑件外形尺寸为1 752 mm×625 mm×521 mm,主体壁厚为2.5~3 mm,BOSS柱和十字筋壁厚为1~1.5 mm,质量约为4.5 kg,属于典型的大型塑件。S1, S2, T1, T2位置的侧孔和A面上S3, S4位置的BOSS柱和十字筋特征无法正常脱模,需设计侧抽芯机构;B面上C1和C2位置的BOSS柱需要设计司筒机构;为与热浇口贴合,故在A面上预留浇口平台。为增强塑件的整体强度和拉伸性能,故材料选择聚丙烯(PP)+20%长玻璃纤维(LGF),质量分数20%的LGF可显著提升PP的拉伸强度,使其可为其他零件提供更可靠的支撑,材料的制造商为Kingfa,材料型号为GFPP-L20。

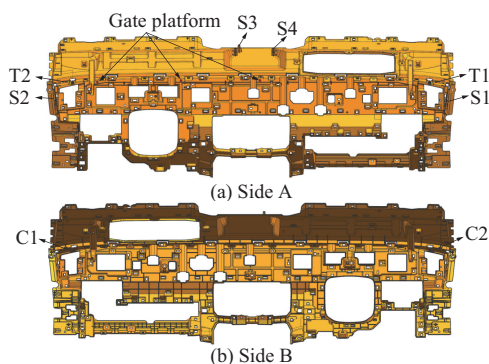


图1 汽车仪表板骨架

Fig. 1 Automotive instrument panel frame

根据塑件的筋位和孔位等结构确定其开模方向,使其尽可能减少侧抽芯机构和消除分型线对外观的影响,开模方向如图2所示,Z轴为开模方向。

2 浇注系统设计和模流分析

2.1 浇注系统设计

汽车仪表板骨架属于功能件,对外观没有严格要求,可以允许熔接线、浇口痕迹和缩印的存在。汽车仪表板整体尺寸较大并具有较多的孔和横梁结构,且成型材料为PP+20%LGF材料,故需要通过多点进胶缩短熔体流长,从而保证其充填平衡和后

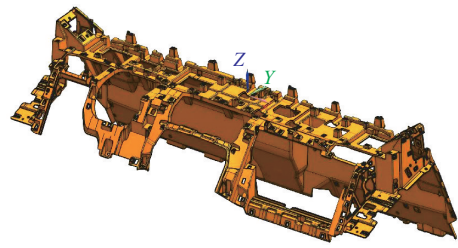


图2 模具开模方向

Fig. 2 Mould opening direction

续保压效果,经综合考虑,汽车仪表板的浇注系统采用“13点阀式热流道+U型冷流道+直浇口/搭接浇口”的浇注方式^[2-4],即从塑件中间位置开始进胶,熔体向两侧流动,将流长控制在约360 mm,因塑件结构和节约模具成本,G4和G12阀浇口处均采用两点进胶。为防止因浇口直径过小导致浇口处过早固化和短射等成型缺陷,参考同类型塑件的成功经验以及节约成本,选择热流道直径为22 mm、阀式浇口直径为6 mm的标准热流道系统,U型冷流道为12 mm×8 mm,搭接浇口为15 mm×1.5 mm,浇注系统如图3a所示;阀式热流道的开启顺序为G1~G3/G4~G7/G8~G13^[5-6],G4和G12阀浇口如图3b所示。

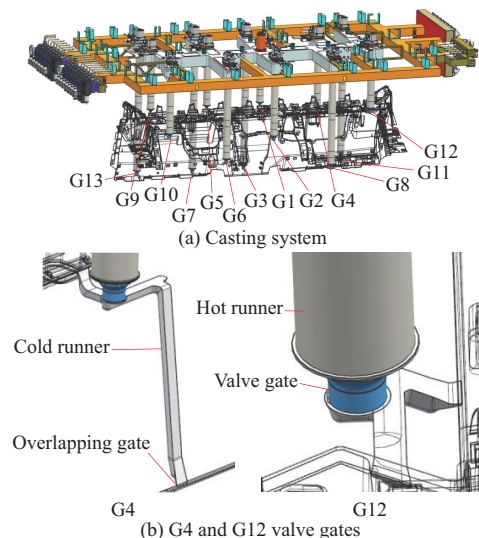


图3 汽车仪表板骨架浇注系统设计

Fig. 3 Design of automotive dashboard skeleton casting system

2.2 模流分析

为保证浇注系统的合理性,需通过Moldex 3D软件对汽车仪表板骨架浇注系统进行模流分析验证^[7-9]。将塑件和浇注系统导入到Moldex 3D软件中,并对其进行修复、简化和网格划分,网格采用3D实体网格,塑件实体网格数量为1 856 773,表面网格数量为839 690,网格无缺陷符合软件分析要

求^[10-11],有限元模型如图4所示。

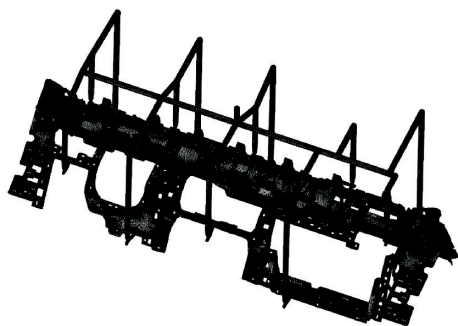


图4 汽车仪表板骨架有限元模型

Fig. 4 Finite element model of automotive dashboard skeleton

根据工作经验和材料的推荐参数,成型工艺参数设置为:熔体温度 241 °C、模具温度 41 °C、保压时间 16 s、保压压力 41 MPa,并按照阀式热流道的开启顺序对其进行注塑过程模拟,模拟结果如图5所示。由图5a可知,塑件充填均匀且充填过程较为平衡,没有出现短射和流动迟滞现象,因此证明浇注系统的设计较为合理;如图5b纤维配向所示,整体纤维配向集中在 0.727,部分位置因结构问题在 0.465;如图5c包封所示,包封主要分布在充填末端以及筋位,需要加强分型面和十字筋处的排气;如

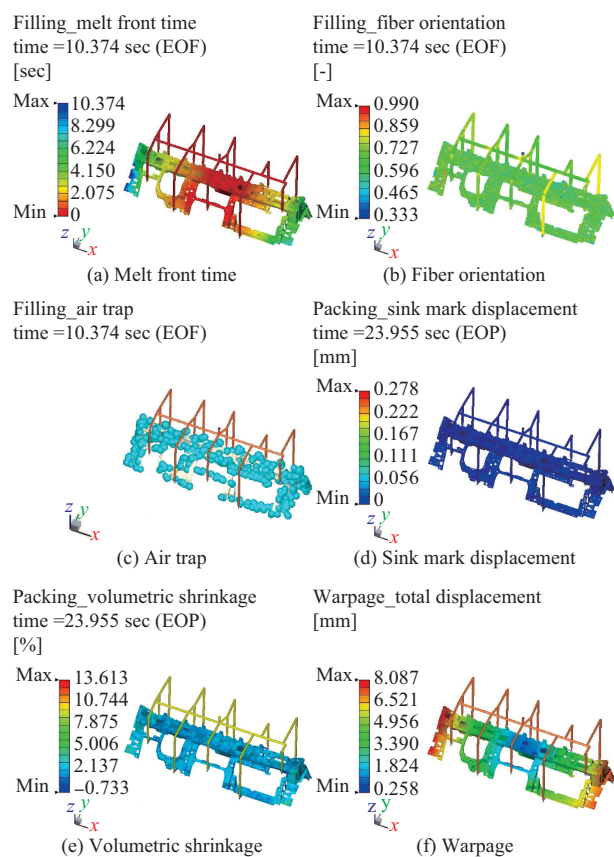


图5 汽车仪表板骨架模流分析结果

Fig. 5 Flow analysis results for automotive dashboard frame mould

图5d凹痕位移所示,塑件整体凹痕位移较小,且最大值为 0.278 mm,符合设计要求(<0.3 mm);如图5e体积收缩率所示,塑件的体积收缩率集中在 2.137%,部分位置和充填末端体积收缩率为 5.006%,最大体积收缩率为 13.613%,体积收缩率较为均匀;翘曲总位移是 x, y, z 三个方向叠加的结果, x 和 y 方向是塑件材料自然内缩方向, z 方向是开模方向,塑件需在多个方向进行装配,故选择翘曲总位移进行分析,翘曲总位移如图5f所示,最大位移集中在充填末端,最大值为 8.087 mm,由于汽车仪表板骨架为大型塑件且材料为 PP+20%LGF 的复合材料,其翘曲结果可接受。

3 汽车仪表板骨架模具结构设计

3.1 成型零部件设计

汽车仪表板骨架A面和B面均有壁厚为 1~1.5 mm 的十字筋结构,由模流分析结果可知,其在注射成型时有包封现象,且随着工作次数增加,模具十字筋位置易发生损坏,故型腔和型芯均采用镶块式结构。此方式既方便后期维修,又可保证塑件的成型质量^[12]。型腔如图6a所示,其整体尺寸为 2 340 mm×1 080 mm×686 mm,采用 SW718H 模具钢,硬度为 33~36 HRC;型芯如图6b所示,其整体尺寸为 2 340 mm×1 080 mm×709 mm,采用 P20 模具钢,硬度为 32~35 HRC;镶块如图6c所示,采用国产 718H 模具

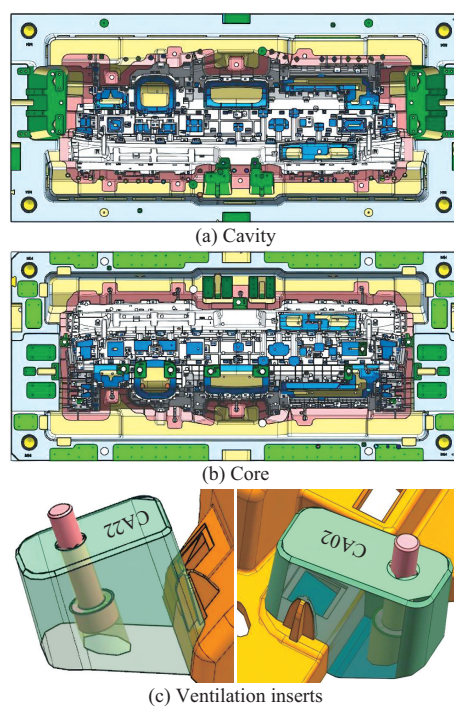


图6 汽车仪表板骨架成型零部件设计

Fig. 6 Automotive dashboard skeleton moulding parts design

钢,硬度为35~36 HRC,通过螺栓与型腔和型芯固定,使用高硬度材料可保证其抗磨损和抗断裂能力。为保证模腔内的气体能够及时排出,故在型腔和型腔分型面均设有0.02 mm×6 mm的一级排气槽和0.5 mm×6 mm的二级排气槽。

3.2 侧抽芯机构设计

由图1汽车仪表板骨架三维模型可知,塑件有六处脱模难点,需要设计侧抽芯机构帮助塑件顺利脱模。侧抽芯机构分为液压侧抽芯、气动侧抽芯和机械侧抽芯(斜导柱、滑块和弹块等)3种不同动力的抽芯方式,综合考虑塑件的结构和侧抽芯方式,采用液压侧抽芯和机械侧抽芯相结合的抽芯方式对其进行抽芯,汽车仪表板骨架侧抽芯机构设计如图7所示。由于T1和T2处塑件结构和位置相同(均有三个侧孔在塑件的顶端),且滑块侧抽芯机构和弹块侧抽芯机构均无法达到较优的脱模效果,故均采用液压侧抽芯机构,其导向块为20°,行程限制为17 mm,如图7a所示;SJ01和SJ02处塑件结构和位置相同,具有较多的侧孔,由于均处于塑件的两侧,以

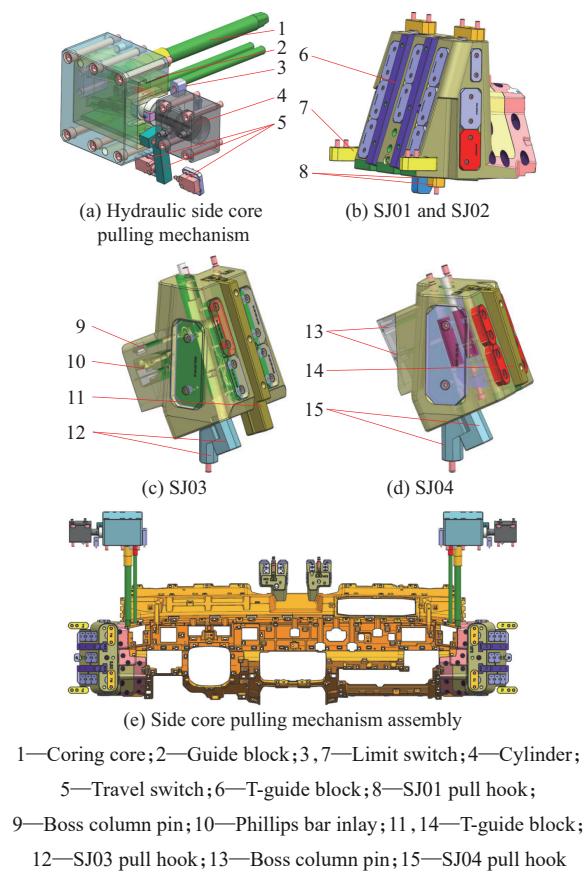


Fig. 7 Design of automotive dashboard skeleton side core extraction mechanism

及该区域空间较小,无法采用滑块、液压以及斜顶侧抽芯机构,故均采用大弹块侧抽芯机构,T型导向块16°,限位块限制行程144 mm,如图7b所示;SJ03处由BOSS柱和十字筋两种不同的结构组成,而SJ04处由两个BOSS柱组成,由于均处于塑件的边缘,且在A面,因其脱模空间不足无法采用滑块侧抽芯机构,故分别采用不同行程和不同角度的弹块侧抽芯机构,故分别采用不同行程和不同角度的弹块侧抽芯机构,如图7c和图7d所示,为防止开模时弹块卡住拉伤塑件,弹块均设计有机械拉钩,为其提供初始动力,弹簧采用氮气弹簧,侧抽芯机构总装如图7e所示。

3.3 顶出机构设计

在经过充填、保压和冷却后,由于塑料的体积收缩,会对型芯产生包紧力^[13],且汽车仪表板骨架B面上具有较多的加强筋和两处BOSS柱和十字筋,为顺利脱模且避免出现顶白、顶鼓包现象^[14],结合塑件的结构和外形尺寸,选择“顶针+司筒+直顶”相结合的顶出机构。模具共设计24处10 mm、74处12 mm和63处16 mm的顶针,2处内径4 mm,外径8 mm的司筒,10处直顶。由于模具尺寸较大且顶针和顶杆较多,故采用4个顶出油缸为模具提供足够的顶出动力^[15],顶针面板配有限位块,顶出行程限制为100 mm,顶出机构如图8所示。

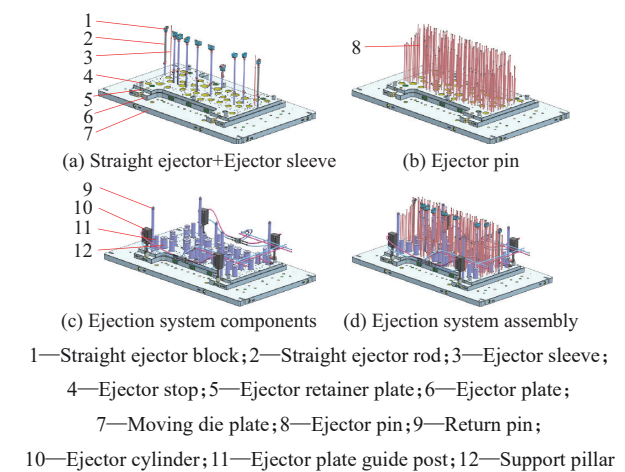


图8 汽车仪表板骨架顶出机构设计

Fig. 8 Design of automotive dashboard frame ejector mechanism

3.4 冷却系统设计

完善的冷却系统可使模具型腔与型芯两侧的温度均匀分布,减少前后模的温差和由冷却不均导致的产品变形,从而缩短注射成型周期、提高生产效率并降低生产成本^[16-17]。由于汽车仪表板骨架

尺寸较大且具有较大的高低落差,直通式水路对模具的部分位置无法起到良好的冷却效果^[18],所以型腔和型芯采用“直通式+隔片式”相结合的循环水路。如图9a和图9b所示,型腔水路16组,型芯水路14组,直通式水路直径为16 mm,隔片式水路直径为24 mm。S1和S2处的弹块内表面与高温熔体接触较多,为防止长时间工作导致其热膨胀变形,故设计2组直径为16 mm的直通式水路,从而保证模具精度和塑件质量,弹块水路如图9c所示,水路总装如图9d所示。

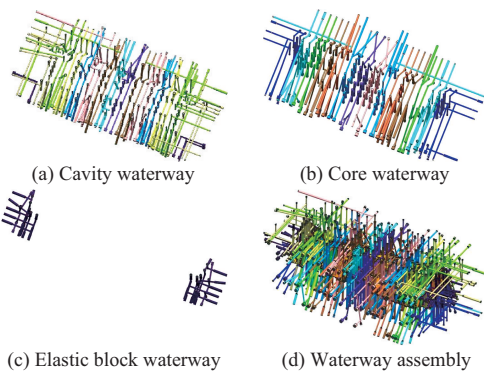
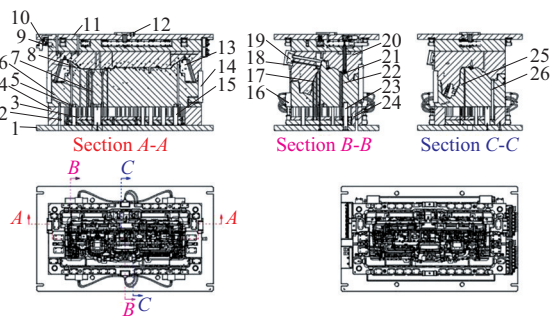


图9 汽车仪表板骨架冷却系统设计

Fig. 9 Design of automotive instrument panel skeleton cooling system

4 模具工作原理

对模具成型零件、侧向抽芯机构、顶出机构及冷却系统进行装配,得到汽车仪表板骨架模具总装配图和3D模型,如图10和图11所示。模具工作原理如下。



1—Dynamic mould plate; 2—Pusher plate; 3—Ejector pin panel;
4—Pad; 5—Waterline adapter; 6—Dynamic mould; 7—Straight ejector rod; 8—Straight ejector block; 9—Fixed mould; 10—Hot runner fixing plate; 11—Fixed mould plate; 12—Positioning ring; 13—SJ02 bullet block; 14—Square guide pillar; 15—Supporting head; 16—Ejector cylinder; 17—Ejector pin; 18—Specialist cylinder; 19—Hydraulic side extractor; 20—Hot runner; 21—Cold runner; 22—Pulling rod; 23—Push plate guide column; 24—Push plate guide column guide bush;

25—SJ03 bullet block; 26—Reset lever

图10 汽车仪表板骨架2D模具总装图

Fig. 10 Auto dashboard skeleton 2D mould assembly drawing

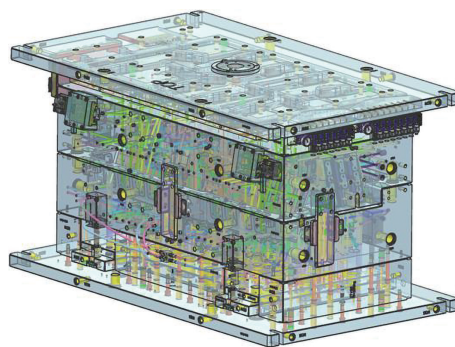


图11 汽车仪表板骨架3D模具总装图

Fig. 11 Auto dashboard skeleton 3D mould assembly drawing

(1)模具通过定位圈与注塑机喷嘴对接,将其定模板和动模板固定在注塑机上后连接水路。塑料颗粒经过加热和注塑机螺杆挤压成熔体后,在较高的螺杆压力下按照阀式热流道的开启顺序进入模具型腔中。经过充填和保压后,熔体充满型腔;然后,冷却系统运作,产品开始冷却固化。

(2)待塑件温度达到其顶出温度后,在注塑机的驱动下,动模板拉动模具动模部分沿着拉杆从分型面开模。首先,液压抽芯机构的抽芯芯子在液压油缸的驱动下,开始沿着导向块运动,限位块到达行程开关处运动停止;然后,随着动模运动,动模上的拉钩拉动SJ01~SJ04弹块上的拉钩,在拉钩和氮气弹簧的驱动下,各弹块按T型块预设方向运动,完成侧孔、十字筋和BOSS柱的抽芯动作,塑件因包紧力留在动模上并随其继续运动。

(3)模具开模完成后,由顶出油缸驱动推板,推板带动各顶针、司筒和直顶沿着推板导柱方向将塑件和冷流道顶出,待机械手取出塑件后,一次生产完成。然后,在复位杆和推板导柱的作用下,顶出油缸带动顶出机构复位;动模做合模运动中, SJ01~SJ04弹块复位,液压抽芯机构复位,模具闭合,开始下一次工作。

5 实际生产验证

将模具零部件按照设计要求进行实际加工和装配,经过合模机检测,模具各部分均可正常运作,模具动模、定模、顶出状态和模具总装实物如图12所示。

按照Moldex 3D软件中的工艺参数和阀式热流道开启顺序进行现场实际试模验证,采用泰瑞(Tedric)注塑机,注塑机型号为D3300,锁模力为33 000 kN,经过充填、保压和冷却后,得到汽车仪表板骨架样品,如图13a所示,样品整体和各筋位均无

短射、无飞边、无明显变形等缺陷。对汽车仪表板骨架关键位置进行装配,如图13b和图13c所示,各零件之间装配效果良好,符合客户的装配要求,成功实现一次试模成功。

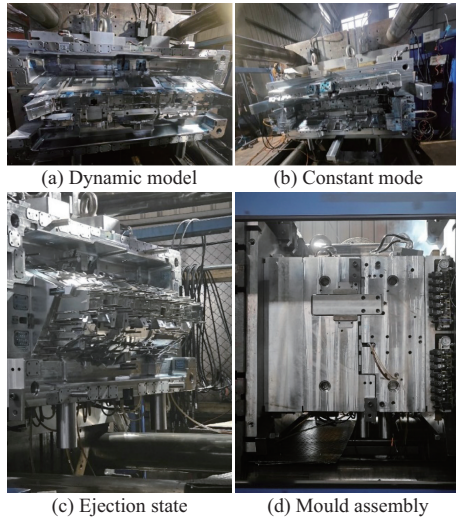


图12 汽车仪表板骨架模具

Fig. 12 Auto instrument panel skeleton mould

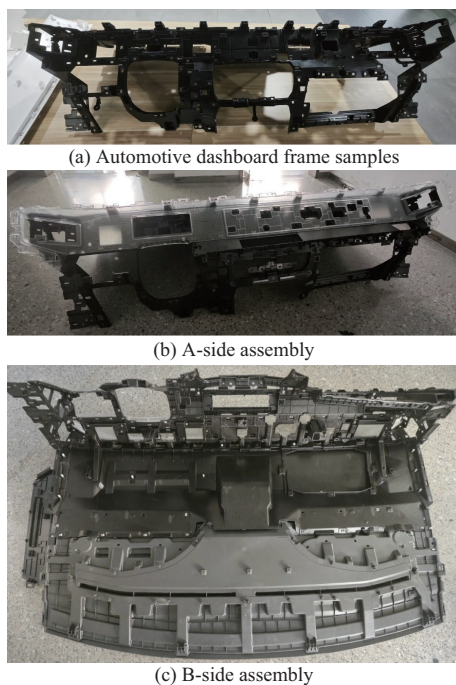


图13 汽车仪表板骨架样品和装配

Fig. 13 Automotive dashboard skeleton samples and assembly

6 结论

(1)通过对汽车仪表板骨架的结构特点进行分析,确定其脱模难点以及开模方向。根据塑件的整体尺寸以及成型材料,设计了“13点阀式热流道+U型冷流道+直浇口+搭接浇口”的浇注方式;通过Moldex 3D软件对其注塑成型过程进行模拟,验证

其浇注系统是否合理,并根据模拟结果对后续模具设计进行针对性处理。

(2)针对汽车仪表板骨架的包封问题,设计了镶块式的型腔和型芯,使其十字筋位置的困气可顺利排出;在型腔和型芯分型面上增加一级和二级排气槽,进一步加强模具的排气效果。针对塑件A面上T1和T2区域的侧孔,设计了液压侧抽芯机构;对于S1和S2区域的分布范围较大且有较多侧孔,设计了大弹块侧抽芯机构;由于S3和S4区域的脱模难点结构特征不同,针对性地设计了不同角度和行程的弹块侧抽芯机构;防止其开模时弹块卡住,拉伤塑件,对所有弹块增加机械拉钩装置,为其提供初始动力,而且采用氮气弹簧提供后续动力,使其顺利完成抽芯工作。

(3)通过实际试模验证,模具各结构均符合设计预期,可稳定运行;塑件无短射、拉伤现象,且装配效果符合客户要求,可进行大批量生产。

参考文献

- [1] 傅莹龙,符立华,叶星辉,等.汽车副仪表骨架大型精密倒装注塑模具设计[J].塑料科技,2023,51(2):79-83.
FU Yinglong, FU Lihua, YE Xinghui, et al. Design of large precision inverted injection mold for automobile auxiliary instrument frame[J]. Plastics Science and Technology, 2023, 51(2):79-83.
- [2] 张维合,冯婧,赵利平,等.汽车左前门板热流道大型薄壁注塑模具设计[J].中国塑料,2024,38(12):143-147.
ZHANG Weihe, FENG Jing, ZHAO Liping, et al. Design of large and thin-walled injection mold with hot runner for left-front door panel of vehicles[J]. China Plastics, 2024, 38(12):143-147.
- [3] 张留伟,符立华,洪维,等.基于Moldflow的汽车前保险杠大型精密注塑模具设计[J].塑料科技,2024,52(11):130-135.
ZHANG Liuwei, FU Lihua, HONG Wei, et al. Design of large precision injection mold for automotive front bumper based on Moldflow[J]. Plastics Science and Technology, 2024, 52(11):130-135.
- [4] 李姝,周纪委,王明伟,等.基于熵权法的汽车左侧前保险杠注塑成型工艺参数优化[J].塑料科技,2023,51(7):80-84.
LI Shu, ZHOU Jiwei, WANG Mingwei. Optimization of injection molding process parameters for left front bumper of automobile based on entropy weight method[J]. Plastics Science and Technology, 2023, 51(7):80-84.
- [5] 朱晓敏,张维合,吴梓纯,等.汽车挡泥板大型薄壁顺序阀热流道注射模设计[J].模具制造,2022,22(10):25-30.
ZHU Xiaomin, ZHANG Weihe, WU Zichun, et al. Design of injection mold with SVG for large and thin-walled of car's fend[J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22(10):25-30.
- [6] 傅莹龙,张留伟,叶星辉,等.基于SVG与CAE技术的汽车副仪

- 表板倒装模具设计[J]. 塑料工业, 2023, 51(2):55-61.
- FU Yinglong, ZHANG Liuwei, YE Xinghui, et al. Design of flip mould for automobile auxiliary instrument panel based on SVG and CAE technology[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(2): 55-61.
- [7] 周纪委,王明伟,吴迪,等.汽车尾门左右窗框饰板气辅注塑模具设计[J].中国塑料,2023,37(11):141-148.
- ZHOU Jiwei, WANG Mingwei, WU Di, et al. Design of gas assisted injection mold construction for left and right window frame trim panels of automobile tailgate[J]. China Plastics, 2023, 37(11):141-148.
- [8] 夏雨,高云霄,王声杭,等.基于CAE优化的汽车中屏罩热流道注塑模具设计[J].塑料工业,2025,53(2):63-70,78.
- XIA Yu, GAO Yunxiao, WANG Shenghang, et al. Designs of hot runner injection moulds for car screen covers based on computer aided engineering optimization[J]. China Plastics Industry, 2025, 53(2):63-70,78.
- [9] 张文超,吴迪,张哈,等.汽车前A柱上饰板低压注塑包覆成型工艺分析与模具设计[J].中国塑料,2025,39(4):104-110.
- ZHANG Wenchao, WU Di, ZHANG Han, et al. Processing analysis and mold design of low-pressure injection molding of trim panel on front A-pillar of automobiles[J]. China Plastics, 2025, 39(4): 104-110.
- [10] 方堃,张有忱,徐春栋,等.基于Moldex3D的护目镜注塑成型工艺优化和缺陷改善研究[J].塑料工业,2021,49(7):61-65.
- FANG Kun, ZHANG Youchen, XU Chundong, et al. Research on Moldex3D-based Injection molding process optimization and defect improvement of goggles[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(7):61-65.
- [11] 周纪委,郭昊亮,张文超,等.基于灰色关联理论的副仪表板扶手底座注塑工艺多目标优化[J].工程塑料应用,2022,50(12):61-66.
- ZHOU Jiwei, GUO Haoliang, ZHANG Wenchao, et al. Multi-objective optimization of sub-dashboard armrest base injection molding process based on gray correlation theory[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(12):61-66.
- [12] 张维合,冯国树,朱晓敏,等.汽车右后门板顺序阀热流道大型薄壁注塑模具设计[J].中国塑料,2022,36(1):166-171.
- ZHANG Weihe, FENG Guoshu, ZHU Xiaomin, et al. Design of large and thin-walled injection mold with SVG for car right-tuer hinten[J]. China Plastics, 2022, 36(1):166-171.
- [13] 叶星辉,梁正华,赖尚涛.内置钢管式塑料托盘注塑模具设计及承重仿真分析[J].工程塑料应用,2024,52(3):103-111.
- YE Xinghui, LIANG Zhenghua, LAI Shangtao. Design and load-bearing simulation analysis of injection mould for built-in steel pipe plastic tray[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(3): 103-111.
- [14] 傅莹龙,邵明朝.儿童安全座椅头枕的双滑块二次抽芯注塑模具设计[J].中国塑料,2020,34(7):92-96.
- FU Yinglong, SHAO Mingchao. Injection mold design for child safety seat headrest with double slider secondary core-pulling mechanism[J]. China Plastics, 2020, 34(7):92-96.
- [15] 李清安,张维合.新能源汽车车门内板二次顶出注塑模设计[J].中国塑料,2025,39(6):105-109.
- LI Qingan, ZHANG Weihe. Design of two-step demolding injection mould for door inner panel of new energy vehicles[J]. China Plastics, 2025, 39(6):105-109.
- [16] 韩伟,江丽珍,黄凌森,等.汽车档位杆注塑模具冷却系统设计及优化[J].塑料,2020,49(2):128-131.
- HAN Wei, JIANG Lizhen, HUANG Lingsen, et al. Design and optimization of cooling system for injection mould of automobile gear rod[J]. Plastics, 2020, 49(2):128-131.
- [17] 毛海军,马艺涛,党开放,等.注塑模具温度智能化控制研究进展[J].中国塑料,2024,38(1):100-105.
- MAO Haijun, MA Yitao, DANG Kaifang, et al. Research progress in intelligent control of injection mold temperature[J]. China Plastics, 2024, 38(1):100-105.
- [18] 赵利平,张维合,彭新华.汽车座椅侧护板注塑模具创新设计[J].中国塑料,2023,37(10):139-143.
- ZHAO Liping, ZHANG Weihe, PENG Xinhua. Innovative design of injection mold for car seat side guard plate[J]. China Plastics, 2023, 37(10):139-143.