

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2026.09.018

时序复合抽芯的汽车油箱盖注塑模设计

王静¹, 刘雪敏²

(1. 浙江机电职业技术大学智能制造学院, 杭州 310053; 2. 浙江长征职业技术学院人文与管理学院, 杭州 310023)

摘要: 针对汽车油箱盖塑件结构复杂、内侧倒扣特征多达11处且存在深腔半封闭盒状难脱模结构的特点,设计了一套基于液压驱动内抽滑块的单腔热流道精密注塑模具。塑件最大外形尺寸280 mm×122 mm×86 mm,平均壁厚2.5 mm,材料为PC/ABS合金。浇注系统采用针阀式热射嘴转冷流道配合扇形侧浇口,有效降低熔体剪切速率,保证充填平稳及外观面无熔接痕等缺陷。冷却系统采用直通式管道与隔片式水井复合布局,在深腔区域通过隔片强制改变水流向形成紊流,强化局部散热,模温均匀性显著提升。针对塑件内部尺寸75.2 mm×52.6 mm、深度89.1 mm的封闭盒状大型倒扣特征,设计了由液压油缸驱动内抽滑块与斜顶组成的时序复合抽芯机构,通过精确规划动作时序,实现油缸先行驱动滑块完成大行程直线抽芯、斜顶随后侧向顶出的顺序控制,有效避免了机构运动干涉。试模与生产验证表明:模具结构紧凑、动作可靠,塑件关键尺寸公差稳定控制在±0.05 mm以内,平面度误差小于0.1 mm,外观面无缩痕、飞边等缺陷,首批试模合格率达98%以上。该模具设计方案可为同类含深腔复杂倒扣特征的壳体类塑件成型提供参考。

关键词: 汽车油箱盖;时序复合抽芯;针阀式热流道;隔片水井冷却;注塑模具

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2026)09-0165-08

Design of an injection moulding die for automotive fuel tank cover with sequential composite core-pulling

WANG Jing¹, LIU Xuemin²

(1. College of Intelligent Manufacturing, Zhejiang Polytechnic University of Mechanical and Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China;

2. School of Humanities and Management, Zhejiang Changzheng Vocational & Technical College, Hangzhou 310023, China)

Abstract: A single-cavity hot runner precision injection mould with hydraulically driven internal sliding blocks was designed to address the complex structure of the fuel tank cover plastic part, with as many as 11 inward-sloping features on the inner side and a deep cavity semi-enclosed box-like structure that is difficult to demold, etc. The plastic part has a maximum outer dimension of 280 mm×122 mm×86 mm, an average wall thickness of 2.5 mm, and is made of PC/ABS alloy. The gating system employs a needle valve hot runner transitioning to a cold runner combined with a fan-shaped side gate, effectively reducing melt shear rate and ensuring smooth filling with no weld lines or other defects on the surface. The cooling system features a composite layout of straight-through pipes and plate-type water wells, with forced flow direction alteration via plates in the deep cavity region to create turbulence, enhancing localized heat dissipation and significantly improving mould temperature uniformity. For the large enclosed box-like undercut feature with internal dimensions of 75.2 mm×52.6 mm×89.1 mm, a sequential composite core-pulling mechanism composed of hydraulically driven internal sliding blocks and ejector plates was designed. By precisely planning the motion sequence, the system achieves sequential control where the cylinder first drives the sliding block to complete large-stroke linear core pulling, followed by the ejector plates performing lateral ejection, effectively avoiding mechanical interference. Trial moulding and production verification demonstrate that the mould structure is compact and reliable, with key dimensional tolerances of the plastic part consistently controlled within ±0.05 mm, surface flatness error less than 0.1 mm, and no shrinkage marks or flash defects on the exterior. The first batch of trial moulds achieved a pass rate of over 98%. This mould design solution provides a reference for form-

基金项目: 浙江机电职业技术大学2022年度校级科教融合重大研发孵化项目(A-0271-22-103),浙江省高校实验室工作研究项目(YB202661)

通信作者: 王静,博士研究生,主要研究方向为模具CAD、智能化设计及数字化设计

收稿日期: 2026-06-22

引用格式: 王静,刘雪敏.时序复合抽芯的汽车油箱盖注塑模设计[J].工程塑料应用,2026,54(9):165-172.

WANG Jing, LIU Xuemin. Design of an injection moulding die for automotive fuel tank cover with sequential composite core-pulling[J]. Engineering Plastics Application, 2026, 54(9): 165-172.

ing similar shell-type plastic parts with deep cavity and complex undercut features.

Keywords: fuel tank cover; sequential compound core extraction; pin-type hot runner; shutter water well cooling; injection mould

汽车零部件作为整车感官质量与人机交互的核心载体,其造型设计正加速向复杂曲面、深腔及集成化方向发展^[1],为适应功能需求,其内部结构往往存在各种不同形状的倒扣特征,这对注塑模具的侧抽芯机构提出了极高的设计要求。传统的斜导柱或弯销机构受限于摩擦磨损与力学性能,已经难以满足大型内饰件长行程、大角度的抽芯需求,采用可控性强、布局灵活的液压驱动与多级复合抽芯技术逐渐成为解决复杂内饰件成型瓶颈的关键技术路径^[2]。

面对汽车零部件日益复杂的倒扣结构,当前的研究主要形成了机械驱动与液压驱动两大技术路线。在机械驱动方面,研究者们致力于通过巧妙的结构设计实现复杂的抽芯动作。例如,利用拉钩、氮气弹簧、T形块等元件组合成多级或联动抽芯机构,有效解决了塑件外侧倒扣多、抽芯面积大的难题^[3-4]。而在对控制精度和抽芯力要求更高的场合,液压驱动则展现出显著优势。大量研究表明采用液压缸直接或间接驱动滑块、斜顶等执行元件,已成为解决大型、深腔及内部不规则倒扣脱模问题的主流方案^[5-8]。为进一步提升模具的紧凑性和可靠性,部分研究还提出了复合驱动的思路,如通过换向驱动等方式精确控制不同抽芯机构的动作时序,从而在有限空间内实现更复杂的脱模功能^[9]。

已有研究在解决塑件复杂倒扣抽芯问题中提出了众多切实可行的模具方案,但是鲜见针对时序分步模具抽芯的研究,本文结合某款汽车油箱盖塑件的成型需要,重点解决该塑件内部半封闭盒的脱模问题,在创新设计一种“油缸驱动内抽滑块+斜顶”的时序抽芯机构基础上,设计了一副热流道转冷流道的单腔两板式注塑模具,并用于塑件的批量自动化注塑生产,该模具可实现塑件98%一次试模合格率,大幅降低修模与返工成本,具备规模化量产经济效益。

1 塑件结构分析

图1为某款汽车储油箱盖塑件的三维结构图,塑件的最大外形尺寸约为280 mm×122 mm×86 mm,平均壁厚2.5 mm,最大壁厚3 mm。塑件材料采用聚碳酸酯(PC)及丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚

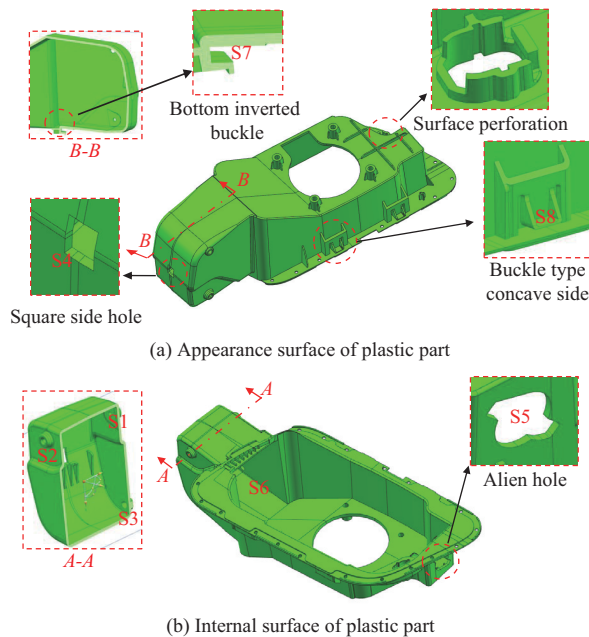


图1 汽车储油箱盖塑件三维结构图

Fig. 1 Three dimensional structural diagram of plastic parts for automobile oil storage tank cover

物(ABS)的混合物,混合材料的注塑缩水率取0.6%,PC与ABS质量比为7:3,PC/ABS合金兼具ABS良好的成型性与PC高冲击强度、耐高温和耐紫外线照射等优势。塑件整体结构具有典型的机壳类特征,如图1所示,壳体具有较大的中空结构,顶端具有一较大圆孔,直径65.2 mm,扁平外沿上共有18个内径3.5的通孔,大圆孔四周的外观面布置有4个螺丝柱位,内径为4.8 mm。塑件圆弧拐角部位沿着脱模方向有一不规则破孔,其敞口尺寸约为14.8 mm×12.3 mm。壳体表面四周有8处加强筋结构,顶面平台另有4条加强筋交错。塑件结构较为复杂,有多达11处的倒扣特征存在。其中,有4个卡扣结构的倒扣特征(S8)分布于塑件结构两侧,扣位深度约为10.4 mm。塑件长端的一侧具有一个不规则侧孔形成了倒扣(S5),扣位深度2.5 mm。塑件一端有一个半封闭盒结构,它是整个塑件结构中扣位特征最复杂的部位,在这个半封闭盒上面具有6处倒扣特征(S1、S2、S3、S4、S6、S7),其中S4为一方孔(尺寸约为10.3 mm×7.4 mm)倒扣,而S1、S2、S3为3个圆孔(孔径约4.5 mm)倒扣。S6是整个塑件中比较突出的一个倒扣特征,其呈现出方形盲孔结构,尺寸约为

75.2 mm×52.6 mm,倒扣深度约89.1 mm。在塑件大头底部存在一个比较隐蔽的倒扣特征S7,扣位长度约为27.8 mm,扣位深度为3.9 mm。客户要求成型后的塑件外观面不允许有飞边、收缩凹痕、熔接痕、黑斑等缺陷,也不允许出现点浇口痕迹。

2 模具结构设计

2.1 浇注与排气系统设计

在汽车塑件模具设计中,浇注系统设计需遵循流变学原理,确保熔体在流动过程中的剪切速率与温度分布处于理想区间。为提升成型效率与产品质量,设计时应尽可能采用流动平衡,即通过计算主流道至各浇口的距离,使熔体同时且等压地充满各模具型腔,从而避免因填充不均导致的缩痕、熔接痕等缺陷^[10-12]。浇口位置与形式的选择需综合考虑塑件的结构特征与外观要求,进胶位置应尽量选择塑件结构上的隐蔽位置,以减少后续修整工序并保证外观完整性。冷料井的设计则旨在搜集塑胶熔体前锋冷料,防止低温熔体进入型腔影响制品表面光泽与力学性能。

图2为模具浇注系统设计。本模具中的汽车油

箱塑件尺寸较大,为保证产品成型质量及尺寸精度要求,经与客户沟通后,模具型腔布局采用了单腔模结构,如图2a所示。

本模具采用针阀式热喷嘴转冷流道形式,针对油箱盖类薄壁件易产生喷射纹及翘曲变形的特性,浇口选用扇形侧浇口。其设计逻辑在于利用扇形浇口宽度大、厚度渐变的特点,有效降低熔体进入型腔时的剪切速率,使料流平稳扩展,从而保证充填的整体平衡性与完整性。考虑到模具中心有凸台插穿结构,难以开设流道,故最终浇口套中心位置稍稍偏置模具中心,而浇口位置选取于塑件顶部中心孔侧边,呈对称分布,旨在缩短主流道至型腔各部位的流动路径差异,以确保充填均匀。熔体依次经过热喷嘴(图2c)和冷流道(图2d),最终通过两个侧浇口注入模腔。塑件形状较大,且有深腔结构,模腔内空气容易聚集,影响塑件成型质量。为解决这个问题,沿着模具的分型面设计有环形排气槽,如图2b所示,深度为0.02 mm,在环形排气槽上面设计有多条分支,一半直接与模腔接通,另一半则通向模外,此种设计保证了顺利排气。

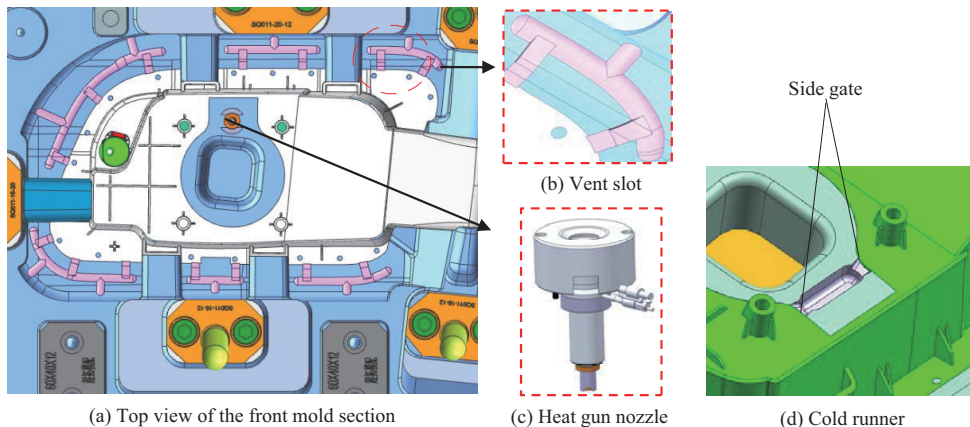


图2 浇注系统设计

Fig. 2 Gating system design

2.2 成型零件设计

2.2.1 前模结构设计

汽车模具常采用单腔模结构,主要因为汽车零件尺寸相对较大,在相对狭窄的模具空间内很难再布置多腔结构,另外,单腔模结构相对牢靠,能更好地保证复杂零件的成型精度与质量,且便于试制与后期修模,降低开发风险。图3为前模结构设计,如图3所示,本套模具采用了单腔模结构,在模板上直接加工出成型面,不再单独制造模仁,这样不仅使得模具强度得到保证,而且便于加工,节省模具整体加

工成本。由于模具的模板通常很大且昂贵,如果模板直接受压,时间久了会导致模板磨损或塌陷,一旦模板损坏,修复非常困难。因此在模具前后模避空面上四周共设计有5块60 mm×40 mm×12 mm的耐磨块,材质为40Cr,当磨损严重时,只需更换耐磨块即可,为方便装配,耐磨块四面避空0.2 mm。在前模型腔内部中央设计有凸台结构(33.5 mm×29.4 mm×51.2 mm),此种结构有利于配模,侧面设计有斜度3°,与后模形成插穿接触,顶部棱边做倒角处理,以避免与后模装配时发生干涉。在成型面四周,为便于

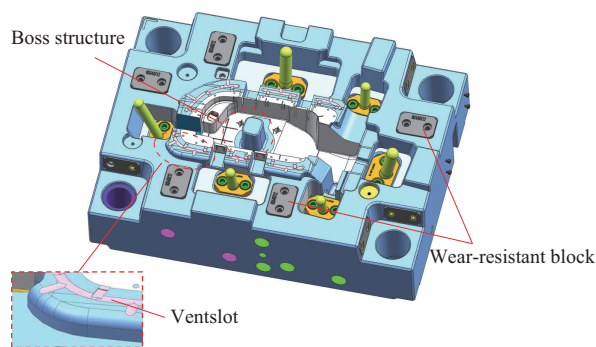


图3 前模结构设计

Fig. 3 Front mould structure design

型腔气体的排出,在料流的末端设计有多条排气槽,气槽宽度4.9 mm,深度为0.02 mm。

2.2.2 后模结构设计

由于该产品结构上有多达11处的扣位特征存在,导致模具的后模基本上是由各种滑块与斜顶构成。图4为后模结构设计,如图4所示,后模也是采用整体式结构,即直接在后模板上加工出成型面,成型面的中心设计有凹槽结构,以与前模的凸台相配,凹槽内部侧面设计有3°的斜度,圆角为4 mm。后模设计有7个滑块及1个斜顶,其中滑块1与滑块5用于解决塑件两侧的4处卡扣特征侧向抽芯(如图1中S8),滑块2与滑块4用于解决塑件封闭盒侧的3处侧孔扣位抽芯(如图1中S1、S2、S3),滑块3解决塑件封闭盒端的方形侧孔扣位(如图1中S4)及封闭盒底部的扣位(如图1中S7)抽芯,滑块7解决塑件大端一侧的异形侧孔扣位抽芯(如图1中S5),滑块6处于后模板内部,它将协助斜顶完成塑件封闭盒端内部大孔(如图1中S6)的抽芯动作。图4中,在滑块7旁边,经分模设计之后,将有一具有多处窄槽和筋位特征的凸台结构,它紧靠后模主型面,采用

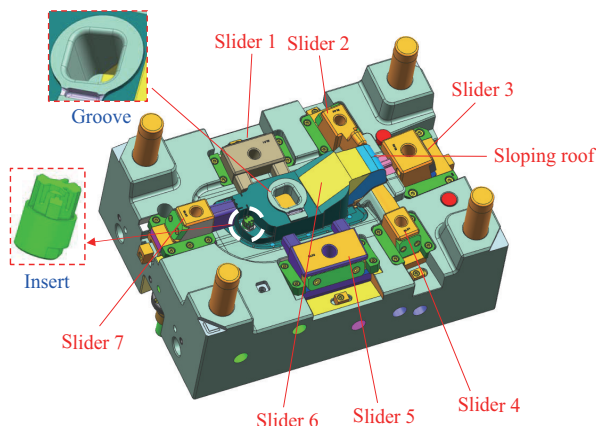


图4 后模结构设计

Fig. 4 Rear mould structure design

CNC或电火花加工,均不方便,故将其拆成镶件结构,单独加工,然后用螺钉固定在后模板上。

2.3 侧抽芯机构设计

如前所述,该产品上存在多达11处的扣位特征,且复杂程度不一,如图4所示,本套模具将采用7个滑块抽芯及1个斜顶抽芯来解决这些扣位特征的抽芯问题。

2.3.1 卡扣特征侧抽芯结构设计

塑件有4个卡扣结构的倒扣特征(图1 S8)分布于塑件结构两侧,每侧有两个。图5为卡扣特征尺寸图,如图5所示,每一个倒扣的深度约7.6 mm,宽度约13.9 mm。由于该卡扣特征处于塑件外沿面上侧,且单侧两个卡扣的间距约为87.2 mm,为节省成本,且考虑到模具空间狭窄,故采用1个滑块一并解决这两处卡扣的侧抽芯问题。图6为卡扣滑块设计,如图6b所示,滑块结构为整体式,其成型头部结构如图6a所示,侧面设计有1°的斜度,上顶面设计有15.5°的斜度,以形成与模板的插穿结构,避免长期抽芯动作所引起的金属磨损。滑块的斜靠面设计有耐磨块,尺寸为30 mm×100 mm×12 mm,单侧留有7.5 mm的避空余量,以防止装配时与前模板干涉。抽芯时,滑块在斜导柱驱动下,沿着压板构成的滑槽移动,直至碰到限位块,从而完成抽芯动作。

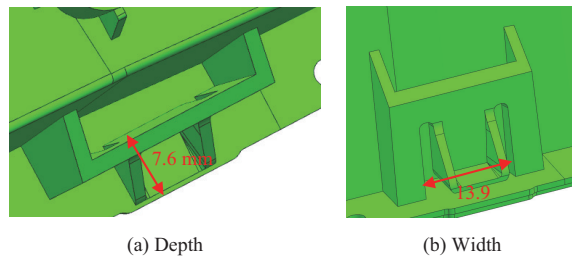


图5 卡扣特征

Fig. 5 Buckle features

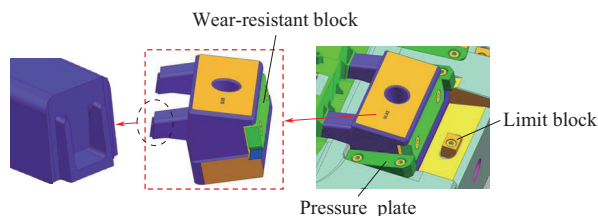


图6 卡扣滑块设计

Fig. 6 Buckle slider design

2.3.2 不规则孔特征侧抽芯结构设计

图7为不规则孔滑块设计,如图7a所示,在塑件长端的一侧有一个不规则孔特征,孔的侧凹深度约2.5 mm,初始设计方案拟采用塑件内表面的斜顶结

构,但因塑件此处的扁平边缘(长度约22.5 mm)将由后模来成型,故最终设计方案改为滑块抽芯。如图7b所示,滑块结构采用整体式,滑块成型头部侧面设计有 1.2° 的斜度,上顶面设计有 4.5° 的斜度,形成了与前模板的插穿结构,避免抽芯动作所引起的前模磨损。滑块的斜靠面设计有耐磨块,尺寸为 $40\text{ mm}\times 35\text{ mm}\times 12\text{ mm}$,避免了滑块本体的磨损。模具开模时,滑块在斜导柱驱动下,沿着压板构成的滑槽移动,直至碰到限位块,从而完成抽芯动作。在此处的设计中,鉴于模架空间位置紧张,故在滑块本体底面开有避空孔,同时一侧压板也开有避空孔,既保证了复位杆的正常动作,又节约了模具成本。

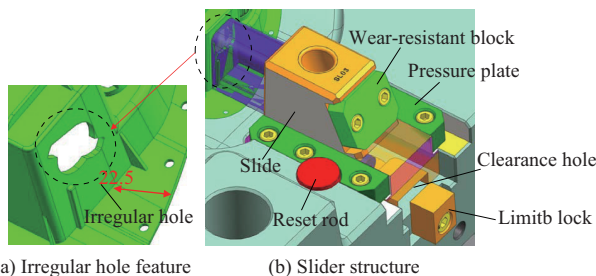


图7 不规则孔滑块设计

Fig. 7 Irregular hole slider design

2.3.3 圆孔特征侧抽芯结构设计

图8为双孔特征滑块设计,如图8所示,在塑件封闭盒端两侧有三个凸起圆孔特征,A处圆孔骑在曲面上,内孔径约4.5 mm,B处圆孔位于底侧平面,内孔径约2.8 mm,两孔间距约64.9 mm。C处圆孔位于对侧平面,内孔径约3.1 mm。A、B两处的扣位特征若采用内斜顶处理,因封闭盒结构的存在,将无法实现扣位的侧向抽出,故只能考虑采用外滑块抽芯结构。鉴于模具空间有限,且两孔间距不算太大,最终决定采用单滑块整体结构来解决这两个孔位的侧抽难题。滑块的成型部分和滑块本体设计为一体结构,成型部位高出滑块本体约25.1 mm,形

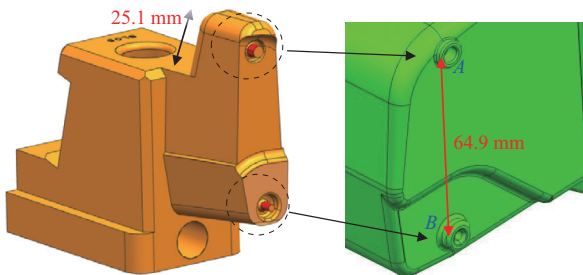


图8 双孔特征滑块设计

Fig. 8 Double hole feature slider design

成冬菇头结构,减小了滑块体积,成型部位四面均做拔模处理,可减少后模磨损,且利于后期的滑块装配。

图9为单孔特征滑块设计,如图9所示,C处扣位的滑块也采用整体式结构,其成型部分低于滑块本体,四面均做拔模,以利于配模。

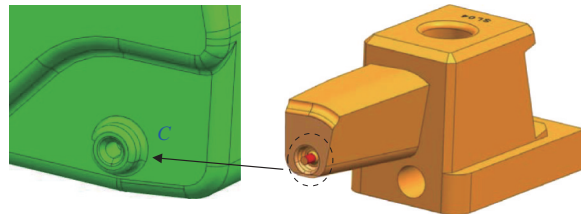


图9 单孔特征滑块设计

Fig. 9 Single hole feature slider design

2.3.4 封闭盒外侧扣位抽芯结构设计

图10为封闭盒外侧扣位特征滑块设计,如图10所示,在塑件封闭盒端外侧有两个扣位特征,一个是位于外侧面的方孔,尺寸约为 $10.3\text{ mm}\times 7.4\text{ mm}$,一个则处于封闭盒底部,扣位长度约为27.8 mm,扣位深度为3.9 mm。若分别采用滑块结构进行设计,不仅会增加模具体积,更会增加模具复杂程度,导致成本上升。考虑到两处特征沿着脱模方向的距离约为36.1 mm,且两处扣位尺寸相对较小,本套模具针对这两处扣位采用整体式滑块结构来完成抽芯。在斜导柱驱动下,滑块将沿着由压板构成的滑槽移动完成抽芯。滑块本体设计有弹簧孔,可安置弹簧,与限位块一起构成限位装置。滑块斜靠面上设计有耐磨块,以防止在工作过程中滑块的过度磨损。

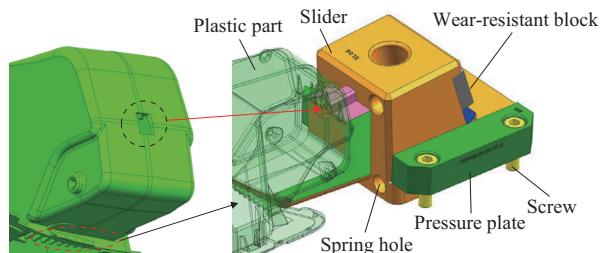


图10 封闭盒外侧扣位特征滑块设计

Fig. 10 Design of sliding block for outer buckle features of closed box

2.3.5 封闭盒内侧扣位抽芯结构设计

图11为封闭盒内侧扣位特征抽芯结构设计,如图11a所示,塑件封闭盒内部存在一个类方形倒扣,方形的截面尺寸约为 $75.2\text{ mm}\times 52.6\text{ mm}$,倒扣深度约89.1 mm。该扣位特征如何抽芯是整套模具设计的难点,直接关系模具设计的成败。本模具采用“滑

块+斜顶”复合抽芯结构顺利解决了这个复杂扣位的抽芯难题。如图11b所示,扣位内部型面由滑块头部和斜顶头部成型,两个零件采用插穿结构配合在一起。拉杆头部挂钩与滑块底部滑槽连接一起,如图11c所示,在顶出板动作之前,首先油缸驱动拉杆,拉杆拉动滑块,保证其先从封闭盒内部抽出,以让出斜顶侧抽空间。然后,顶出板动作,带动固定其上的斜顶座,从而驱动斜顶完成侧抽芯动作。

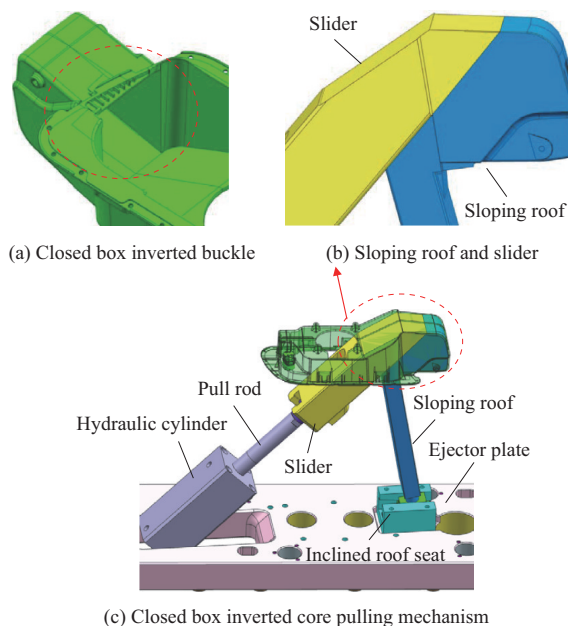


图11 封闭盒内侧扣位特征抽芯结构设计

Fig. 11 Design of core pulling structure for inner buckle features of closed box

2.4 冷却系统设计

汽车注塑模具冷却系统是决定制品质量与生产效率的关键。由于模具在冷却过程中呈现周期性非稳态传热特征,熔体充填瞬间会释放大量热量,需经冷却介质强制对流迅速导出,才可将模温波动控制在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,避免因冷却不均引发翘曲、缩痕及残余应力集中等不良结果^[13-15]。由于汽车模具内部比较复杂,空间狭小,冷却管道往往会与顶出、抽芯等机构存在空间干涉约束,这就要求在具体设计时既要遵循均匀分布,又要灵活处理,避免干涉以满足冷却要求。传统的单一直通管道在深腔底部易因水流速降低而形成层流死区,导致热交换效率低下。在本模具的冷却系统设计中,针对深腔区域散热困难的问题,采用了“直通管道+隔片式水井”的复合冷却方案。通过在深腔镶件内部设置隔片,强制冷却水改变流向并加速流动,确保冷却介质处于高效的紊流状态,从而强化了深腔底部的

对流换热效果。经实际试模验证,该冷却布局有效消除了深腔区域的局部过热现象。与传统单一直管道冷却方案相比,模具热平衡建立时间大幅缩短,塑件无明显的翘曲变形或缩痕。图12为B板水路设计,如图所示,B板直接用来成型塑件,具有众多复杂特征,且开有滑块的安装滑槽,故冷却管道很难围绕产品型面来进行布置,为尽可能达到冷却均匀,采用5组平行式水路。水路沿着B板一侧进入,基本呈平行结构,在中间部分采用“水井+管道”的结构形式,其中水井直径16 mm,水路基本管径取12 mm,5条水路之间的最小间距为23.5 mm。图13为A板水路设计,如图13所示,A板设计了5组水路,这些冷却管道沿着模具型面纵横交错,为加强冷却效果,在每条直管道上设计隔片式冷却水井,来实现高度方向上的冷却,水路的基本尺寸与B板同,在避开顶针孔等模具特征的同时,尽可能做到均匀布置,达到了较好的冷却效果,大大提高了塑件的成型质量和生产效率。

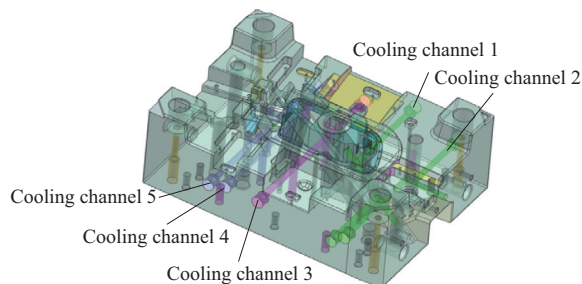


图12 B板水路设计

Fig. 12 B-board cooling channel design

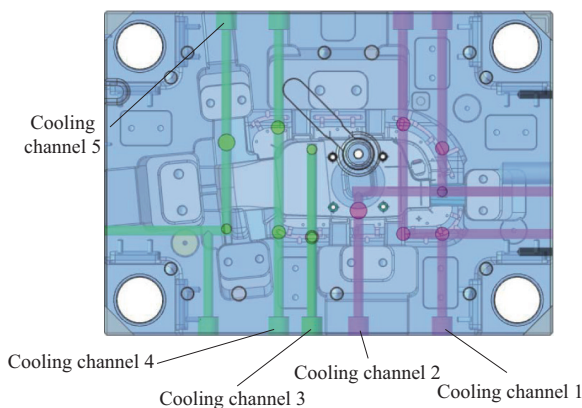


图13 A板水路设计

Fig. 13 A-board cooling channel design

3 模具工作过程

图14为模具装配结构图。模具闭合,注塑机完成射胶后,塑料熔体经由热射嘴、冷流道、浇口而进入模型型腔。整个注塑过程包括熔胶填充、保压、

冷却三个阶段。在模具内部,由冷却管道构成的内部管网对模具进行稳定且持续的冷却,塑料熔体在得到充分的冷却后,逐渐固化,并达到足够的刚度。在注塑机移动模板驱动下,(1)首先模具的A、B板从分型面 I 处打开,与此同时,固定在前模的斜导柱驱动六个滑块完成抽芯动作。(2)然后油缸2动作,将内抽滑块从塑件封闭盒内部先行抽出,完成抽芯动作,以避免与斜顶发生干涉。(3)最后油缸1动作,带动顶板移动,从而使得固定在顶板上的斜顶及顶针一起顶出,完成塑件的脱模。塑件由机械手取出后,注塑机驱动模具闭合,重新开始下一次注射成型。

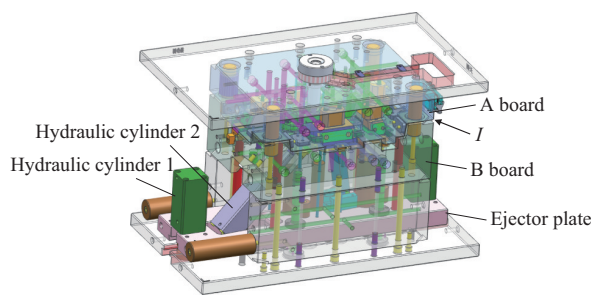


图14 模具装配结构图

Fig. 14 Mould assembly structure diagram

4 总结

(1)创新的复合时序抽芯机构解决了深腔复杂倒扣的脱模难题。针对汽车油箱盖塑件内部尺寸较大($75.2\text{ mm}\times 52.6\text{ mm}$)且深度极深(89.1 mm)的封闭盒倒扣结构,本模具设计了“油缸驱动内抽滑块+斜顶”的复合时序抽芯机构。该方案通过精确控制动作时序,首先由油缸驱动内抽滑块完成大行程的直线抽芯,为后续的斜顶让出侧向运动空间,有效避免了机构间的运动干涉。相较于传统的单一斜顶或滑块结构,该复合方案不仅保证了深腔倒扣的顺利脱模,还显著提升了模具动作的可靠性与稳定性,为同类复杂深腔塑件的模具设计提供了新的技术路径。

(2)均衡的冷却系统与优化的浇注设计保障了产品质量与生产效率。模具采用“热射嘴转冷流道”的浇注系统,配合扇形浇口,确保了大型壳体件填充的平稳与均衡。针对模具结构复杂、镶件与抽芯机构众多的特点,冷却系统采用了“直通式管道+隔片式冷却水井”的组合形式,在有限空间内实现了冷却水路的合理布局,保证了模具型芯、型腔的均衡充分冷却。经生产验证,该设计有效控制了塑

件的成型周期,减少了因冷却不均导致的翘曲变形等缺陷,塑件尺寸精度与外观质量均达到客户要求。

(3)研究局限性与未来展望。尽管本模具设计方案在实际生产中取得了良好效果,但仍存在一定的局限性。首先,油缸驱动机构的引入增加了模具的制造成本和对注塑机液压接口的依赖;其次,复杂的内部抽芯与顶出机构对模具的装配精度和日常维护保养提出了更高要求。未来的优化方向可着眼于:一是探索采用伺服电机驱动替代液压驱动,以实现更精确的运动控制和节能效果;二是进一步研究抽芯机构关键零部件的耐磨材料与表面处理工艺,以延长模具在高频次生产下的使用寿命。

参考文献

- [1] 焦亚男,程志伟,王欣涛.汽车内饰件可靠性优化策略探究[J].汽车测试报告,2026(6):82-84.
JIAO Yanan, CHENG Zhiwei, WANG Xintao. Research on reliability optimization strategy of automobile interior parts[J]. Car Test Report, 2026(6): 82-84.
- [2] 贾秋霜,刘晓燕,张信群,等.冷藏车抽屉扣手圆弧复合抽芯脱模机构热流道的模具设计[J].塑料,2026,55(1):192-196,203.
JIA Qiushuang, LIU Xiaoyan, ZHANG Xinqun, et al. Design of hot runner mould with circular arc composite core pulling demoulding mechanism for refrigerated truck drawer with circular deduct[J]. Plastics, 2026, 55(1): 192-196, 203.
- [3] 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.
- [4] 张留伟,顾赛君,袁博,等.汽车尾翼本体顺序阀热流道大型注塑模具设计[J].塑料科技,2022,50(11):115-119.
ZHANG Liuwei, GU Saijun, YUAN Bo, et al. Design of large injection mold with hot runner of sequence valve for automobile tail body[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(11): 115-119.
- [5] 陈兵.汽车仪表盘内饰功能支架件的热流道模具设计[J].金属加工(冷加工),2020(3):57-61.
CHEN Bing. Design of hot runner die for the functional bracket of automobile instrument panel[J]. Metal Working (Metal Cutting), 2020(3): 57-61.
- [6] 张跃飞,刘敬祺,胡光良,等.汽车空调控制面板双色倒装热流道注射模设计[J].工程塑料应用,2024,52(7):116-123.
ZHANG Yuefei, LIU Jingqi, HU Guangliang, et al. Design of dual-color inverted hot runner injection mould for automobile air conditioning control panel[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(7): 116-123.

- [7] 洪维,傅莹龙.汽车仪表板下本体大型注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(5):107-112.
HONG Wei, FU Yinglong. Design of large injection mould for automobile instrument panel lower body[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(5): 107-112.
- [8] 温煌英.汽车尾箱盖护板热流道精密注塑模设计[J].现代塑料加工应用,2020,32(6):40-43.
WEN Huangying. Design of injection mold for hot runner of automobile tail box cover[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2020, 32(6): 40-43.
- [9] 樊薇,王春艳.发动机进气盖热流道注塑模设计[J].工程塑料应用,2022,50(9):92-96.
FAN Wei, WANG Chunyan. Design of hot runner injection mold for engine intake cover[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(9): 92-96.
- [10] 王得胜,王秉昱,苏瞧忠.汽车手套箱内斗注塑模的设计[J].塑料,2025,54(5):78-85.
WANG Desheng, WANG Bingyu, SU Qiaozhong. Design of injection mold for bucket inside car glove box[J]. Plastics, 2025, 54(5): 78-85.
- [11] 张海峰,崔丹丹.汽车前门手扣盒注塑模改进型滑块机构设计[J].塑料,2021,50(6):104-108.
ZHANG Haifeng, CUI Dandan. Design of improved slider mechanism of injection mold for front door buckle box[J]. Plastics, 2021, 50(6): 104-108.
- [12] 何晖.滚焊机润滑油箱盖热流道注塑模设计[J].工程塑料应用,2022,50(9):87-91,114.
HE Hui. Design of hot runner injection mold for lubrication oil tank cover of seam welding machine[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(9): 87-91, 114.
- [13] 宋世林,张星婷,凌家豪,等.深腔网孔结构垃圾桶注塑模具设计与成型过程数值模拟[J].机械管理开发,2026,41(5):72-75.
SONG Shilin, ZHANG Xingting, LING Jiahao, et al. Design and numerical simulation of the injection molding process for a deep-cavity mesh-structured trash Bin[J]. Mechanical Management and Development, 2026, 41(5): 72-75.
- [14] 邵俊,马少龙,徐家亮,等.汽车发动机气门室盖的复杂注塑模具设计[J].塑料科技,2026,54(4):186-190.
SHAO Jun, MA Shaolong, XU Jialiang, et al. Design of complex injection mold for valve cover of automotive engine[J]. Plastics Science and Technology, 2026, 54(4): 186-190.
- [15] 谭赞武,聂艳平,贺柳操,等.汽车进气歧管热流道注塑模设计[J].塑料,2026,55(2):91-96.
TAN Zanwu, NIE Yanping, HE Liucuo, et al. Design of injection mold for hot runner of automobile intake manifold[J]. Plastics, 2026, 55(2): 91-96.