

薄壁深腔侧抽芯盆形塑件热流道 注塑模具设计

张雪粉, 赵做义, 黄永福

(沈阳理工大学机械工程学院, 辽宁 沈阳 110159)

摘要: 基于薄壁深腔零件注塑特点, 采用高压快速成型的热流道浇注系统。注塑高压对模板的冲击力大, 模板容易变形, 因此在底板和动模板之间安装支撑柱, 提高模具刚度。针对排气难题, 提出分级排气系统, 在传统排气槽基础上增加可换式排气柱, 防止填充不满, 烧焦等现象。凸模凹模接触面为斜面, 为了防止注射冲击力使模板受力不平衡, 在动定模板之间设置平衡块支撑和边锁结构, 提高模板的定位精度。利用注塑机推杆直接推出和复位推板, 减小模具厚度, 降低生产成本。根据动定模和滑块结构, 分域布置控温冷却网络, 在浇口位置、定模、动模、型芯和滑块上分别设置了冷却水道, 采用直通+隔水板冷却形式, 冷却充分, 缩短成型周期, 得到较好的表面质量。实践证明, 该设计具有一定现实意义。

关键词: 薄壁深腔塑件; 盆形塑件; 热流道; 注塑模具

中图分类号: TQ320.52

文献标志码: A

文章编号: 1005-3360(2026)02-0175-04

DOI: 10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2026.02.031

Design of Hot Runner Injection Mold for Thin-walled Deep-cavity Side Pull Core Bowl-shaped Plastic Part

ZHANG Xuefen, ZHAO Zuoyi, HUANG Yongfu

(College of Mechanical Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110159, China)

Abstract: Based on the injection-molding characteristics of thin-walled deep-cavity parts, a hot runner gating system for high-pressure and high-speed filling was adopted. The high injection pressure exerts a strong impact force on the cavity plates, which are prone to deflection. Therefore, support pillars were installed between the bottom plate and the moving-mold plate to increase mold rigidity. To solve the difficult venting problem, a stepped venting system is proposed. Replaceable venting inserts are added to conventional vent slots to prevent short shots and burn marks. Because the core-cavity contact surfaces are inclined, balance-block supports and parting-line locks are placed between the moving and fixed plates to counteract the unbalanced forces caused by injection pressure and to improve plate-positioning accuracy. The mold uses the machine ejector rods to act directly on the stripper plate for ejection and return, reducing mold thickness and production cost. According to the structures of the moving mold, fixed mold and slides, a zoned temperature-control cooling network was laid out. Cooling channels were placed at the gate, in the fixed half, moving half, cores and slides, using a combination of straight-through and baffle cooling to achieve full cooling, shorten cycle time and obtain good surface quality. Production practice shows that the design is practical and valuable.

Keywords: Thin-walled deep-cavity plastic part; Bowl-shaped plastic part; Hot runner; Injection mold

薄壁塑件通常指壁厚在 1.2~2.0 mm 范围内的塑料制品。在注塑成型过程中, 此类塑件面临以下技术挑战: (1)

由于壁厚较薄且型腔较深, 熔融塑料在型腔内的固化速度显著加快; (2) 采用冷流道系统时, 塑料熔体的流动阻力增

收稿日期 Submitted date 2025-03-21; 修回日期 Revised date 2025-04-20; 录用日期 Accepted date 2025-05-28

基金项目: 辽宁省属本科高校基本科研业务费专项资金资助(LJ232410144074)

联系人, zh2115@163.com

引用本文: 张雪粉, 赵做义, 黄永福. 薄壁深腔侧抽芯盆形塑件热流道注塑模具设计[J]. 塑料科技, 2026, 54(2): 175-178.

Citation: ZHANG X F, ZHAO Z Y, HUANG Y F. Design of hot runner injection mold for thin-walled deep-cavity side pull core bowl-shaped plastic part[J]. Plastics Science and Technology, 2026, 54(2): 175-178.

大,填充难度提高,通常采用高压快速充模工艺;(3)高压充模过程会对模具产生较大载荷,易导致定模和动模板发生弹性变形,从而对模具的支撑刚度和导向精度提出更高要求。同时,深腔薄壁零件的模具通常具有较大的总体厚度,合理减小模具厚度可在满足成型要求的前提下降低生产成本^[1-5]。

本研究以壁挂式花盆注塑模具设计为研究对象,重点探讨深腔薄壁类零件的模具设计关键技术,包括浇注系统优化、冷却系统设计、导向机构改进及顶出系统创新等方面。

1 塑件分析

图1为壁挂式花盆的三维模型及尺寸。塑件的外形尺寸138 mm×148 mm×200 mm,盆身壁厚1.8 mm,盆内深腔,两侧开设有沟槽,后侧壁有带有凹槽的两个挂钩,每个挂钩上部有两个 $\Phi 6$ mm的孔,盆内底部有加强筋,底部有排水孔。材料为聚丙烯(PP),PP具有质轻、耐高温、抗冲击性能较好等特点^[6]。塑件属于装饰件,表面不允许有熔接痕、冲击痕、气纹、填充不良等缺陷,尺寸精度参考GB/T 14486—2008中MT5的要求。

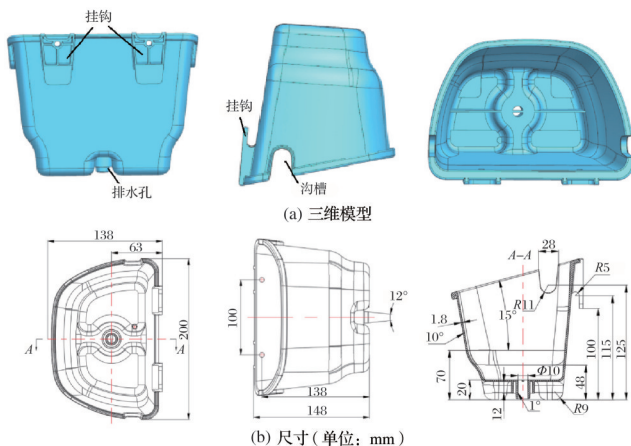


图1 壁挂式花盆的三维模型及尺寸

Fig.1 3D model and dimension of wall-mounted flowerpot

2 模具结构设计

2.1 浇注系统

塑件为薄壁深腔类零件且体积较大,在注塑成型过程中易出现型腔内塑料流动性差的问题,进而影响成型质量。为解决该问题,本研究采用热流道浇注系统。与冷流道相比,热流道系统可有效改善熔体流动性,减少凝料产生,从而提高材料利用率^[7-12]。具体而言,采用单嘴热流道注射方式,其优势在于流道内熔体始终保持熔融状态,流动性显著优于传统冷流道系统。此外,由于塑件具有深腔结构特征,若将浇口设置在平面位置,熔体高速充模时易对型腔平面产生直接冲击,导致冲击纹缺陷的形成。为避免这一缺陷,本研究将热流道浇口设置在靠近侧壁的位置。图2为热流道浇口结构。这种布置方式可通过侧壁分流减小熔体对型腔平面的直接冲击^[13],从而改善熔体流

动状态,降低缺陷产生概率,同时提升成型质量和生产效率。

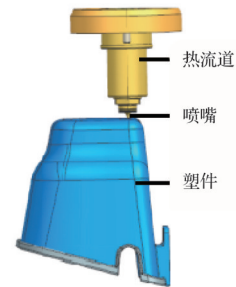


图2 热流道浇口结构

Fig.2 Hot runner gate structure

2.2 成型部件设计

成型零件凹模为整体型零件,塑件上排水孔成型通过组合型芯安装在定模板上。图3为凸模组件。凸模1与凸模2采用分体可以提高定位精度,易于加工并且节省材料,挂钩上的侧凹和小孔成型采用滑块组合结构,小孔型芯通过挡块固定在滑块上。

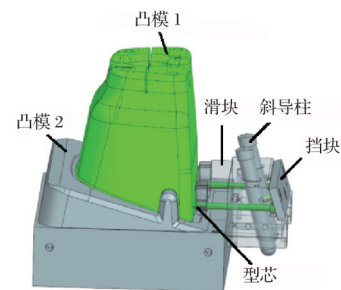


图3 凸模组件

Fig.3 Convex die components

2.3 排气系统

在注塑成型过程中,熔融塑料及型腔内产生的气体需及时排出模腔,以避免困气现象。困气会导致塑件出现局部烧焦、气纹和飞边等缺陷。合理的排气系统设计不仅能有效提高填充效率,还能显著改善塑件成型质量^[14-16]。本模具采用以下排气设计:(1)在动模与定模分型面处设置排气系统,利用0.03 mm的分型面间隙形成排气槽。(2)利用侧向抽芯的型芯间隙作为辅助排气通道。(3)针对塑件挂钩末端的封闭结构(该部位易产生气穴和困气问题),在每个挂钩处单独设置排气杆,进行定向排气。

2.4 导向定位系统

由于塑件尺寸较大,在采用热流道高压快速充模时,模腔内会产生较高的注射压力。这种高压条件可能引发以下问题:凸凹模分型面为斜面结构,高压可能导致模板发生微倾斜;模板倾斜会引起分型面局部贴合不良,进而产生磕碰现象;熔融塑料还可能从分型面溢出,形成飞边缺陷。

针对上述问题,模具采取多级定位和支撑系统设计。导柱和导套配合,布置在模具四角作为一级导向;在动定

模之间四侧对称位置设置淬硬平衡块作为二级导向,在模板四边中部增设边锁结构作为精定位^[17-18]。在底板与动模板之间设置4个 $\Phi 60$ mm的支撑柱作为辅助支撑。图4为排气模具结构。图5为平衡块和边锁设置。

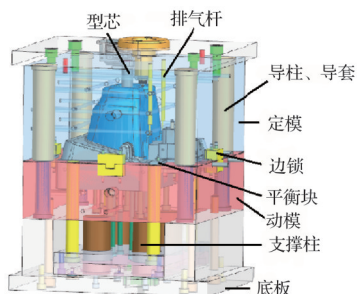


图4 排气模具结构

Fig.4 Exhaust mold structure

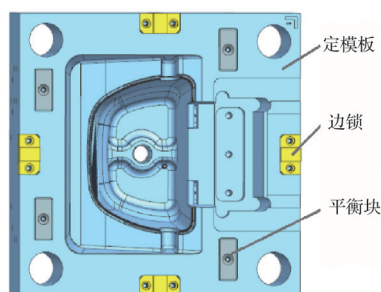


图5 平衡块和边锁设置

Fig.5 Balance block and side lock settings

2.5 冷却系统

冷却水路的布局直接影响产品的外观和尺寸精度。在满足模板结构强度和刚度的前提下,合理增加冷却水路的布置密度可显著缩短注塑成型周期,从而提升生产效率并降低综合生产成本。并联式冷却水路相较于串联式水路系统具有更优的热交换效率和更均匀的冷却效果。

本设计采用两种典型的水路结构形式:直管道循环系统和隔板式冷却系统^[19-23]。基于热力学分析,水路布局遵循“横平竖直”的优化原则。图6为冷却水路系统。

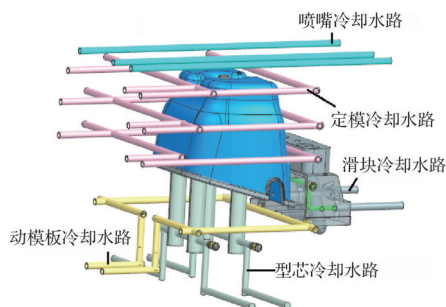


图6 冷却水路系统

Fig.6 Cooling water system

具体设计如下:(1)针对喷嘴区域的高热负荷特性,采用并联水路进行专项冷却。(2)定模板区域配置三进三出的并联水路系统,确保充分冷却。(3)动模板因距离塑件较

远,采用单进单出的简化水路设计。(4)考虑到型芯结构的大尺寸和深度特征,内置两组并联隔水板式冷却回路。(5)滑块部位设置独立冷却回路。

这种分级冷却方案通过差异化设计实现了模具各部位的热平衡控制,既保证了冷却效率,又优化了系统能耗。

2.6 模架、注塑机与顶出系统设计

塑件总高度为148 mm。若将塑件从凸模完全脱出,则需要较大的推出距离,这将导致模具厚度显著增加^[24],进而需要更大吨位的注塑机。基于经济性考量及客户现有设备的实际情况,最终将推出距离设定为塑件高度的50%(即70 mm),通过手动或机械手完成脱模。

模架选用CI型标准模架,其具体尺寸为4035-A200 mm×B120 mm×C120 mm,模具总厚度为500 mm。根据上述参数,选择TYD220WSV型号注塑机以满足生产需求。在推板复位方案的设计中,若采用弹簧复位,推板行程设定为70 mm,预压量为20 mm。考虑到生产量为50万件,选用压缩比为45%的弹簧,计算得出弹簧理论长度为200 mm。安装预压后的弹簧有效长度为180 mm。然而,动模板厚度(120 mm)与推板推出距离(70 mm)之和仅为190 mm,无法满足弹簧的安装长度要求。若通过增加动模板厚度以满足弹簧安装条件,则会导致模具总厚度进一步增加。基于客户设备限制及成本效益分析,最终未采用弹簧复位方案。

图7为推出机构设计。从图7a可以看出,塑件通过均匀分布的7个推杆由连接轴带动推板推出塑件。从图7b可以看出,连接轴由底板沟槽嵌入T型槽,T型槽通过4个螺栓与推板固定板连接,连接轴利用T型槽实现轴向定位。连接轴通过螺纹与注塑机推杆相连,塑件的推出与推板的复位均由注塑机推杆通过连接轴驱动完成。该设计不需要增加模具厚度,即可实现推板的稳定推出与复位,具有结构紧凑、可靠性高的特点。

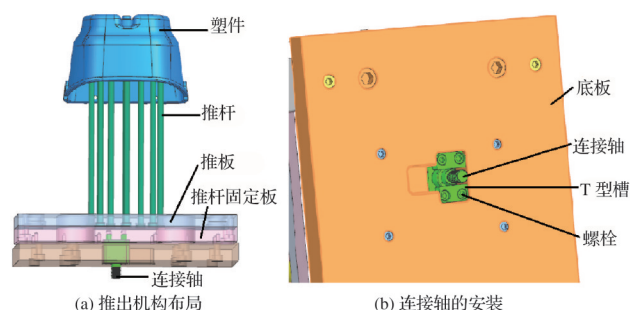


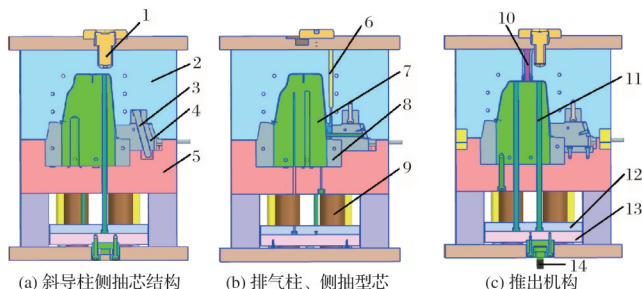
图7 推出机构设计

Fig.7 Pullback mechanism design

3 模具工作过程

图8为模具剖面。从图8可以看出,浇注、冷却、保压后,动模板5与定模板2分开,斜导柱3带动滑块4实现侧抽芯,开模到安全距离后,注塑机推杆通过连接轴14推动推板固定板13带动推杆11推出塑件,推出距离70 mm,手

动或机械手取下塑件,注塑机推杆通过连接轴14带动推杆11复位,合模,准备下一个注塑周期。



注:1—热流道;2—定模板;3—斜导柱;4—滑块;5—动模板;6—排气管;
7—凸模1;8—凸模2;9—支撑柱;10—组合型芯;11—推杆;
12—推板;13—推板固定板;14—连接轴。

图8 模具剖面

Fig.8 Mold section

4 结论

针对薄壁深腔零件注塑时熔融塑料的流动性较差的问题,采用热流道浇注系统,热流道能够提升塑料的填充性能,提高生产效率,从而提升塑件尺寸精度和表面质量。塑件挂钩末端型腔封闭,容易产生困气现象,在挂钩末端加装排气柱,解决排气不畅问题,该设计有效消除熔接线和烧焦等成型缺陷。针对斜面分型面导致的合模力不平衡问题,在分型面模板上加装平衡块和边锁,提高定位精度。为了防止注塑高压对模板的冲击变形,在底板与动模板之间加装4个支撑柱,增加模具的刚度。针对深腔结构导致的模架厚度增加问题,提出液压联动顶出方案,取消弹簧复位机构。采用注塑机推杆通过连接轴直接驱动推板,减小模架厚度,以适配更低吨位的注塑设备。

该结构设计使模具注塑精度得到提升,更具有经济性和工程应用价值,该设计方法可为同类深腔塑件的模具开发提供技术参考。

参考文献

- [1] 何亮,徐百平,陈楚勇.薄壁深腔塑料件注塑模设计[J].工程塑料应用,2010,38(8):74-77.
- [2] 陈娟.带侧抽芯的薄壳深腔无底筒形件注塑模具设计[J].塑料科技,2014,42(10):102-107.
- [3] 赵利平,秦瑞亮,彭新华.薄壁深腔小脱模斜度箱体塑件注塑模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(9):102-107.
- [4] 陈镇森,叶卫文,姜炳春,等.汽车座椅管束塑件注射模设计[J].模具制造,2023,23(5):46-50.
- [5] 刘正平,吴戈,王伟伟,等.深腔物流箱注塑模设计[J].工程塑料应用,2022,50(4):87-91.
- [6] 杨凯程.一种花盆注塑模具的设计[J].装备制造技术,2017(12):118-119.
- [7] 张维合,成永涛.饭煲外壳复杂抽芯热流道薄壁大型注塑模设计[J].现代塑料加工应用,2019,31(5):46-49.
- [8] 赵利平.基于热流道技术的后视镜基座注塑模设计[J].塑料,2018,47(5):96-99.

- [9] 陶岩.热流道塑料模具技术探讨[J].科学技术创新,2019(9):156-157.
- [10] 马骏.L公司C1注塑模具开发风险管理研究[D].长春:吉林大学,2024.
- [11] 王新超.基于3D打印的注塑模具设计与工艺参数优化[D].烟台:烟台大学,2024.
- [12] 王群,叶久新.塑料成型工艺及模具设计第2版[M].北京:机械工业出版社,2019.
- [13] 王培龙,杨海龙.储物盒热流道倒装注射模设计[J].模具工业,2021,47(7):47-51.
- [14] 陈金钱.某活塞发动机进排气系统对总体性能的影响分析与优化设计[D].重庆:重庆交通大学,2025.
- [15] 张睿.基于水封式消声器湿式排气系统流场特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2024.
- [16] 胥永林,冯国树,张维合,等.汽车后视镜支架大型注塑模具设计[J].塑料,2022,51(3):104-107.
- [17] 吴敏.水杯注塑模的结构分析与改进设计[J].岳阳职业技术学院学报,2009,24(5):93-95.
- [18] 吴桂勇.冰箱抽屉注射模设计[J].模具工业,2024,50(8):50-54.
- [19] 姚震,郭国俊,李金国,等.汽车格栅面罩对射式双色叠层注塑模具设计[J].中国塑料,2023,37(7):115-121.
- [20] 王旭东.一种深腔薄壁格栅件注塑成型及制品后处理方法研究[D].大连:大连理工大学,2017.
- [21] 刘锦武,黄可,李兵兵,等.连接器保持架多向抽芯热流道注射模具设计[J].塑料工业,2023,51(10):101-107.
- [22] 于维斌,赖幸娜.塑料弹夹注塑模具的设计[J].机械制造,2021,59(11):65-68.
- [23] 张美丽,辛勇.基于随形冷却技术的医用针筒注塑模具设计[J].塑料工业,2015,43(11):61-64.
- [24] 黄立君,高志刚.电动汽车户外量杯热流道非标注塑模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(12):86-90.