

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2026.05.017

# 模板驱动自动脱螺纹的集液器注塑模具设计

谢晓能, 陈晓勇, 金文兵

(杭州科技职业技术学院智能制造学院, 杭州 311402)

**摘要:** 针对集液器塑件含有大螺距梯形双线内螺纹的结构特点,设计了一种采用模板驱动自动脱螺纹的集液器热流道注塑模具。为提升内螺纹抽芯时塑件的防转能力,在塑件周向增设48个圆弧形直纹结构和4条截面为梯形的加强筋。内螺纹抽芯机构利用开模力驱动齿轮轴移动,带动圆螺母旋转并传递至齿轮,从而实现内螺纹型芯与定模型芯镶件的旋转脱出。在内螺纹型芯端部增设精定位零件与弹性压紧组件,并设置排气装置,以保证内螺纹型芯、定模型芯镶件与塑件表面的紧密贴合,有效提升塑件成型质量与内螺纹抽芯可靠性。基于医疗级透明聚碳酸酯的成型性能及医疗器械配件对高表面质量的要求,采用带有潜伏式浇口的“两点八腔”(两个热喷嘴八个型腔)热流道结合冷流道的浇注系统,并运用Moldflow 2026软件验证了其可行性,确保了产品成型质量并缩短开发周期。同时,设置四组定距分型机构,在内螺纹型芯抽芯前逐步分离动模部分、部分定模结构及热流道系统零部件,保障内螺纹型芯与定模型芯镶件的平稳高效脱出。生产实践表明,该模具结构紧凑、动作可靠,产品质量稳定。

**关键词:** 模板驱动; 自动脱螺纹; 热流道; 注塑模; 模具设计

**中图分类号:** TQ320.5+2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1001-3539(2026)05-0145-08

## Design of injection mould for liquid collector with mould plate-driven automatic thread unscrewing

XIE Xiaoneng, CHEN Xiaoyong, JIN Wenbing

(College of Intelligent Manufacturing, Hangzhou Polytechnic, Hangzhou 311402, China)

**Abstract:** Considering the structural characteristics of the liquid collector plastic part containing trapezoidal double-start internal thread with large-pitch, an injection mould with hot-runner for the liquid collector was designed, featuring a mould plate-driven automatic thread unscrewing mechanism. To enhance the anti-rotation capability of the plastic part during internal thread core pulling, 48 arc-shaped straight knurl structures and four reinforcing ribs with trapezoidal cross-sections were added along the circumference of the part. The internal thread core-pulling mechanism utilizes the mould opening force to drive the movement of a gear shaft, which in turn rotates a round nut and transmits the rotation to the gear, thereby achieving the unscrewing of the internal thread core and the fixed mould core insert. Precision positioning components and elastic pressing components, along with a venting device, were added at the end of the internal thread core to ensure close contact between the internal thread core, the fixed mould core insert, and the surface of the plastic part, effectively improving the molding quality of the part and the reliability of internal thread unscrewing. Based on the molding properties of medical-grade transparent polycarbonate and the high surface quality requirements for medical device accessories, a gating system combining a hot runner with a cold runner was adopted, featuring two-hot nozzle and eight-cavity and being equipped with submarine gate, and its feasibility was verified using Moldflow 2026 software to ensure the molding quality of product and shorten the development cycle. Additionally, four sets of distance-limited parting mechanisms were installed to gradually separate the moving mould part, part of the fixed mould structure, and the hot-runner system components before the core pulling of the internal thread core, ensuring smooth and efficient unscrewing of the internal thread core and fixed mould core insert. Production practice shows that the mould has a compact structure, reliable action, and stable product quality.

**Keywords:** mould plate-driven ; automatic thread unscrewing ; hot runner ; injection mould ; mould design

**基金项目:** 杭州科技职业技术学院横向科研项目(2025330101007583)

**通信作者:** 谢晓能, 副教授, 研究方向为CAE仿真分析

**收稿日期:** 2026-04-08

**引用格式:** 谢晓能, 陈晓勇, 金文兵. 模板驱动自动脱螺纹的集液器注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2026, 54(5): 145-152.

XIE Xiaoneng, CHEN Xiaoyong, JIN Wenbing. Design of injection mould for liquid collector with mould plate-driven automatic thread unscrewing[J]. Engineering Plastics Application, 2026, 54(5): 145-152.

注射成型带内螺纹的塑件时,常采用强制脱模与旋转脱模两种方式。前者易导致产品变形,仅适用于特定场合;后者可实现内螺纹型芯的自动脱出,质量稳定可靠,因而应用广泛。文献梳理表明,围绕旋转脱模已形成丰富的研究成果。王静等<sup>[1]</sup>、荣星等<sup>[2]</sup>、陈亚洲等<sup>[3]</sup>、张云等<sup>[4]</sup>以液压马达为动力源,分别采用齿轮传动、丝杆螺母传动、链轮传动等方式驱动内螺纹型芯旋转脱模;陈剑玲<sup>[5]</sup>、李波等<sup>[6]</sup>采用电机驱动,通过链轮或齿轮机构实现内螺纹自旋脱模;彭石燕<sup>[7]</sup>、汪建武等<sup>[8]</sup>利用液压缸驱动齿条,带动内螺纹型芯自动脱出;王根华等<sup>[9]</sup>、余伟等<sup>[10]</sup>、岳强<sup>[11]</sup>则借助模具开模力,通过蜗杆转动或齿条移动驱动齿轮旋转,完成脱模。可见,旋转脱模常用动力源为液压马达、电机、液压缸和开模力四种,传动机构可选用齿轮齿条、蜗杆蜗轮、链条链轮、同步带、螺母丝杠等一种或多种组合。动力源选取与传动机构设计是该领域的两大研究热点。前三种动力源属外部动力,具有驱动力大、脱模效果好但模具结构复杂的特点,适用于对脱模力要求高、动作复杂的大型或精密塑件;开模力则来自注塑机自身,属于内部动力,其脱模力较小,但对应模具结构紧凑、生产成本低,适用于结构简单、脱模力要求不大的中小型螺纹塑件。然而,目前对内螺纹型芯的结构形式、固定方式及运动类型等方面的研究关注不足,相关探讨较少。事实上,内螺纹型芯的具体结构、定位与安装方式、转动与移动的实现形式,是决定脱模质量的关键因素,对其进行深入研究将有效提升内螺纹抽芯机构的设计水平。为此,本文以集液器产品为例,探讨其内螺纹型芯的结构与脱模方式,并设计整副注塑模具,以期生产实践提供参考。

## 1 塑件结构优化

图1a为客户提供的集液器产品初始三维模型。该塑件为某医疗器械的配套产品,材料为医疗级透明聚碳酸酯(PC)。工作时,塑件小端的梯形双线内螺纹与医疗器械传动机构连接,通过离心力分离血液中的杂质,实现手术过程中的血液分离、储存与回收。因此,梯形双线内螺纹既是塑件的重要结构特征,也是其成型质量的关键指标。塑件外形呈盆形,具有天然的旋转中心,在旋转脱出内螺纹型芯时极易发生转动,从而影响成型质量,故必须设置防转结构。生产实践中最有效的方法是在塑件内

外表面增设防转结构,并充分利用塑件自身的结构特点。为此,经与客户沟通,决定在塑件大端外圈均布48个圆弧形直纹结构(半径3 mm,深0.2 mm),并在内壁均匀设置4条截面为梯形的加强筋(宽0.36 mm,高0.5 mm)。内外表面协同作用,可显著提升塑件的止转能力。优化后的产品三维模型如图1b所示。

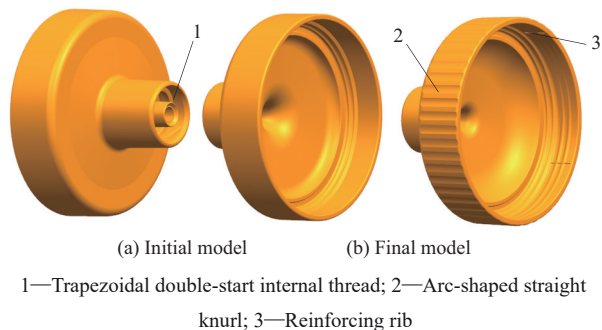


图1 集液器产品3D图

Fig. 1 3D drawing of liquid collector product

图2为结构优化后的塑件2D图。塑件总体外形尺寸为 $\varnothing 50.1 \text{ mm} \times 29.98 \text{ mm}$ 。小端外表面内侧设有Tr13梯形双线内螺纹,螺距4 mm,螺纹长度13.71 mm,小径 $\varnothing 11 \text{ mm}$ 。塑件壁厚差异较大:小端中心为空心锥形结构,壁厚仅0.94 mm;而外围圆角部位最厚处达4.1 mm。作为透明医疗器械配件,使用安全至关重要,塑件外表面需平整光滑,无尖利凸起,亦无凹痕、飞边等成型缺陷。

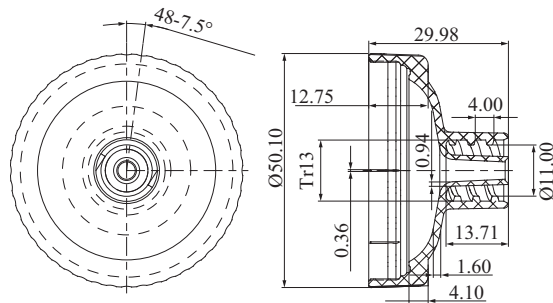


图2 结构优化后的集液器产品2D图

Fig. 2 2D drawing of liquid collector product after structural optimization

## 2 模具结构设计

### 2.1 模具设计要点分析

(1)总体布局。应客户要求,模具采用一模八腔布局。为便于内螺纹型芯顺利脱出,开模方向选取塑件轴线的垂直方向,即以大端平面(盆口向下)为主分型面。相应地,内螺纹抽芯机构须设置在定模部分。

(2)浇注系统设计。PC 熔融温度高、黏度大、流动性差,注塑时需较高温度与压力,宜优先采用热流道系统<sup>[12]</sup>。同时,作为透明医疗器械配件,塑件表面质量要求极高,不得留有浇口痕迹,以防使用时刺伤皮肤,因此只能采用点浇口或潜伏式浇口,且浇注系统凝料应易于切除。由于小端位置需设置内螺纹抽芯机构,无法布置点浇口,故浇注系统只能设在动模部分。综合考虑,决定采用热流道转冷流道的方式将熔体引入型腔<sup>[13]</sup>。鉴于塑件壁厚差异大且小端螺纹处结构复杂,易出现充填不足,需借助 Moldflow 软件分析确定浇口位置及浇注系统结构,并验证其合理性。

(3)脱模系统设计。该塑件需同时设置内螺纹自动抽芯机构与塑件脱出机构。塑件的双线梯形内螺纹为大螺距螺纹(长 13.71 mm、导程 8 mm),仅需旋转 1.71 圈即可脱出,所需脱模力较小,适用于模板驱动方案。此外,塑件外形尺寸为  $\varnothing 50.1 \text{ mm} \times 29.98 \text{ mm}$ ,属小型塑件,同样符合模板驱动的应用场合。因此,选用模具开模力为驱动内螺纹型芯旋转脱模的动力源,以简化模具结构、降低生产成本。因塑件底部为环形且壁厚较小,无法设置推杆或顶管,故采用推板推出。

(4)冷却系统设计。采用热流道系统需严格控制模具温度,应结合成型零件的具体结构,综合设置直通式、环形式、隔板式等多种冷却装置。

(5)注塑机选择。PC 塑料密度为  $1.2 \text{ g/cm}^3$ ,单个塑件体积为  $8.589 \text{ cm}^3$ ,八个塑件总质量  $82.45 \text{ g}$ 。考虑浇注系统所需熔体量,决定选用客户现有的海天 MA1200 III 型注塑机<sup>[14]</sup>。该机理论注塑质量  $230 \text{ g}$ ,注塑压力  $202 \text{ MPa}$ ,锁模力  $1\,600 \text{ kN}$ ,最大模厚  $500 \text{ mm}$ ,移模行程  $400 \text{ mm}$ 。

## 2.2 浇注系统的设计

### 2.2.1 浇口位置的选择

首先,在 NX 12.0 中完成塑件三维建模,导出 STL 格式并导入 Moldflow 2026。采用双层面网格进行划分与修补<sup>[15]</sup>,选取盛禧奥(Trinseo)公司的 PC 材料并完成相应设置后,执行“浇口位置”分析。结果如图 3 所示,最佳浇口位置位于塑件表面靠近圆柱体的环形区域,该区域适宜布置点浇口。然而,由于塑件上端(定模部分)需设置内螺纹抽芯机构,无法在此推荐区域布置点浇口。

综合考虑分析结果与实际生产需求,决定采用

Gating suitability=1.000 0

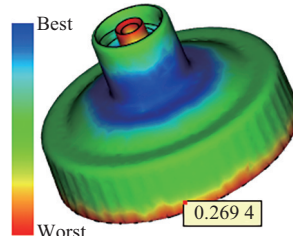


图3 浇口匹配性分析

Fig. 3 Gate matching analysis

潜伏式浇口,并将其设置于大端表面附近。该方案既便于上部内螺纹抽芯机构的布置,也利于采用模板整体推出塑件,从而有效提升成型质量。需要指出的是,该潜伏式浇口的匹配性指数仅为 0.269 4 (参见图 3),数值较低,其可行性仍需通过后续模流分析进一步验证,以确保塑件的最终成型质量。

### 2.2.2 浇注系统的验证分析

为验证所设计潜伏式浇口的可行性,提升模具设计质量并减少试模与修模工作量,需利用 Moldflow 2026 软件对浇注系统进行模拟分析,并将结果与 PC 的推荐注塑工艺参数进行对比。查阅相关资料可知,PC 的主要注塑工艺参数如下:模具温度  $80 \sim 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,注塑压力  $80 \sim 180 \text{ MPa}$ ,保压压力为注塑压力的  $40\% \sim 80\%$ ,注塑周期  $40 \sim 120 \text{ s}$ ,料筒温度  $230 \sim 320 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,喷嘴温度  $280 \sim 320 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。以上参数将作为塑件注射成型分析的重要评价依据。

首先,在 NX 12.0 中构建浇注系统冷流道的三维模型。主要结构参数为:主流道长  $33 \text{ mm}$ ,小端直径  $3 \text{ mm}$ ,大端直径  $5 \text{ mm}$ ;分流道为 U 形截面,宽  $5.2 \text{ mm}$ ,高  $4 \text{ mm}$ ;两塑件间分流道长  $194 \text{ mm}$ ;潜伏式浇口直径  $0.6 \text{ mm}$ ,浇口中心线与塑件轴线夹角为  $35^{\circ}$ 。对模型进行简化后导入 Moldflow 2026,采用双层面网格划分并修补,得到满足分析要求的网格数据(节点数 90 928,平均纵横比 2.02,匹配百分比  $85.7\%$ )<sup>[16]</sup>。随后,选择“充填分析”序列,在工艺设置中设定模具表面温度  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、熔体温度  $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、注塑压力  $120 \text{ MPa}$ ,其余参数保持默认值,执行模拟分析。

为综合评估时间、温度、压力三大成型指标,从分析结果中选取以下六个关键指标评判浇注系统的可行性:充填时间、达到顶出温度的时间、流动前沿温度、填充末端总体温度、速度/压力切换时的压力、填充末端的压力。具体分析结果如图 4 所示。

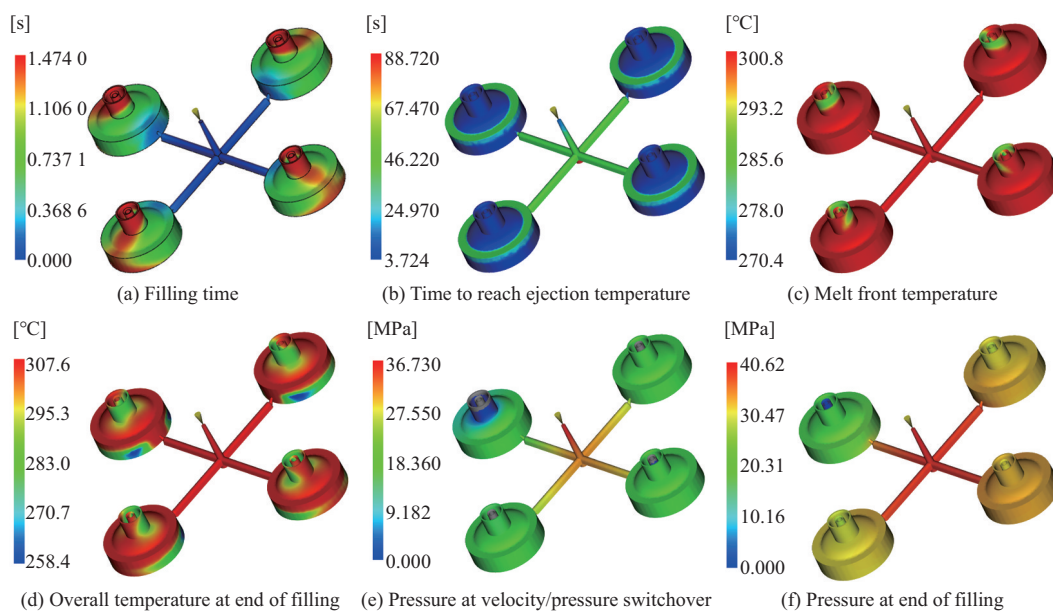


图4 充填分析

Fig. 4 Filling analysis

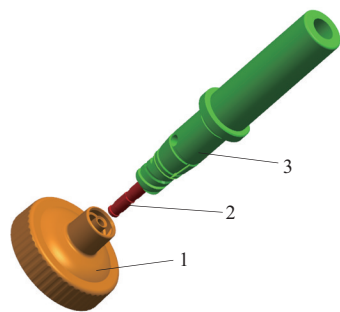
从图4可以看出:塑件充填时间为1.474 s,充填平衡,无短射、迟滞及过保压现象。达到顶出温度的时间为88.72 s,满足推荐注塑周期( $\leq 120$  s)的要求。流动前沿温度最大值为300.8℃,填充末端总体温度最大值为307.6℃,各塑件温度变化小,表明填充过程中温度分布均匀,无过热现象。速度/压力切换时的压力为36.73 MPa,填充末端压力为40.62 MPa,型腔压力平衡,未出现实际注塑压力可能过高的区域<sup>[7]</sup>。综上所述,所设计的浇注系统结构合理可行,最终决定采用“两点八腔”热流道结合冷流道的混合浇注方案:从注塑机进入模具的熔融塑料,经热流道板加热后,由两个针阀式热喷嘴流出,再经流道镶件、冷流道及潜伏式浇口分别进入八个型腔。

### 2.3 内螺纹抽芯机构的设计

模板驱动旋转脱模的本质,是将模板的直线移动转换为螺纹型芯的旋转与轴向移动,其关键在于塑件保持不动,内螺纹型芯边旋转边退出。因此,设计内螺纹抽芯机构的核心是确定内螺纹型芯的结构形式与运动方式。

#### 2.3.1 内螺纹型芯组件的设计

塑件小端包含Tr13梯形双线内螺纹及相邻的空心锥形结构,需由内螺纹型芯与定模型芯镶件共同成型。成型及脱模过程中,两者须同步动作,否则将影响端部成型质量。图5为两者与产品模型组合后的内螺纹成型零件组件。

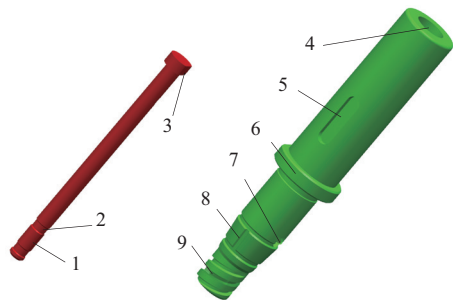


1—Product; 2—Fixed mould core insert; 3—Internal thread core

图5 内螺纹成型零件组件

Fig. 5 Assembly for internal thread forming part

图6为定模型芯镶件与内螺纹型芯零件的三维模型。为消除负压对塑件端部成型过程的影响,提升塑件端部质量与脱模效果,在两个零件表面均设置排气装置,包括排气槽2和8、对称排气平台1、透



1—Symmetric venting platform; 2, 8—Venting groove; 3—Anti-rotation structure; 4—Thread hole; 5—Keyway; 6—Shaft shoulder; 7—Vent hole; 9—Thread

图6 定模型芯镶件和内螺纹型芯

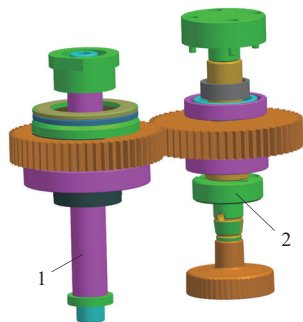
Fig. 6 Fixed mould core insert and internal thread core

气孔7等。为保证两零件同步动作,在其表面分别设计了止转结构3和轴肩6。此外,内螺纹型芯上还设有螺纹孔4与键槽5,用于连接轴向精定位零件、弹性压紧组件和齿轮。

### 2.3.2 内螺纹型芯抽芯机构的设计

为同步脱出八个塑件,整副模具设置八组内螺纹型芯组件和四组驱动齿轮组件,每组驱动齿轮组件带动两组内螺纹型芯组件。开模时,模板移动带动驱动齿轮组件中的齿轮轴移动,迫使螺母旋转,通过齿轮传动将运动传递给内螺纹型芯组件,实现定模型芯镶件与内螺纹型芯的旋转脱出。

图7为单组内螺纹型芯抽芯机构,由一个驱动齿轮组件和两组内螺纹型芯组件构成(图中仅展示一组内螺纹型芯组件)。两个齿轮均为直齿圆柱齿轮,模数1.5 mm,齿数56,中心距84 mm。



1—Drive gear assembly; 2—Internal thread core assembly

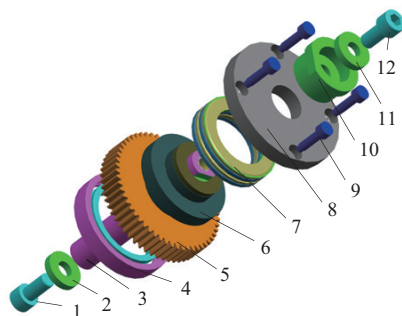
图7 单组内螺纹型芯抽芯机构

Fig. 7 Single internal thread core pulling mechanism

图8为驱动齿轮组件。图8a为组件结构图,由螺钉1、9和12、垫圈2和11、齿轮轴3、轴承4和7、齿轮5、圆螺母6、齿轮轴固定板8、齿轮轴端盖10等组成。圆螺母6旋套在齿轮轴3上,并通过轴承支承于模板中。圆螺母6与齿轮轴3构成螺母丝杆副,通过平键固定在圆螺母6上的齿轮5随之一起旋转。

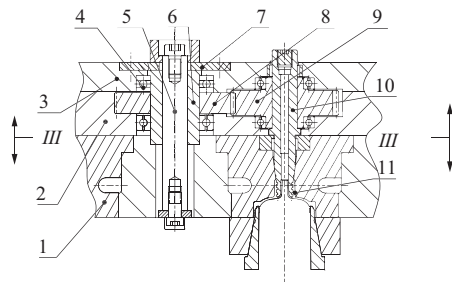
图8b为自动脱螺纹原理图。齿轮轴5被齿轮轴固定板7固定在第一定模支承板3上,只能移动,不能转动。当模具沿分型面III打开时,齿轮轴5随第二定模板2和第一定模支承板3一同移动。此时,塑件11固定在型腔中无法移动,模板开模的移动动力迫使塑件内螺纹处沿螺旋方向产生旋转趋势。于是,圆螺母6在轴承的支承下发生转动,带动固定于其上的齿轮8旋转,进而将运动传递给齿轮9,驱动内螺纹型芯10旋转,实现内螺纹型芯的自动脱模。

图9为内螺纹型芯组件,由定模型芯镶件11、内



1, 9, 12—Screw; 2, 11—Washer; 3—Gear shaft; 4, 7—Bearing; 5—Gear; 6—Round nut; 8—Gear shaft clamping plate; 10—Gear shaft end cover

(a) Assembly structure drawing

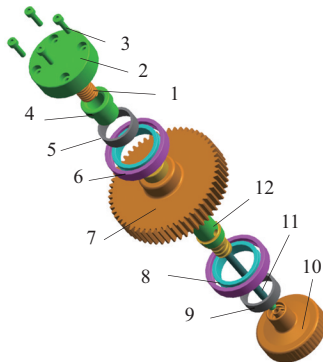


1—First fixed mould plate; 2—Second fixed mould plate; 3—First fixed mould support plate; 4—Bearing; 5—Gear shaft; 6—Round nut; 7—Gear shaft clamping plate; 8, 9—Gear; 10—Internal thread core; 11—Plastic part

(b) Drawing of automatic thread unscrewing

图8 驱动齿轮组件

Fig. 8 Drive gear assembly



1—Spring; 2—Internal thread core end cover; 3—Screw; 4—Set screw; 5, 9—Sliding bearing; 6, 8—Rolling bearing; 7—Gear; 10—Plastic part; 11—Fixed mould core insert; 12—Internal thread core

图9 内螺纹型芯组件

Fig. 9 Internal thread core assembly

螺纹型芯12、塑件10、滑动轴承5和9、滚动轴承6和8、齿轮7、紧定螺钉4、螺钉3、内螺纹型芯端盖2、弹簧1等组成。内螺纹型芯端盖2通过螺钉3将紧定螺钉4和弹簧1压紧在内螺纹型芯12端部,提高紧定螺钉4与内螺纹型芯12的配合精度,实现轴向精密定位。

开模时,模板移动产生的震动可能影响定模型芯镶件与内螺纹型芯的接触。为此,在内螺纹型芯

端部增设轴向压紧组件,利用弹簧1的弹性保持两者始终与塑件端面接触,防止塑件表面划伤或损坏。合理设定弹簧张紧力,可保证成型与脱模过程的平稳高效。注塑时,注塑机锁紧各模板,定模型芯镶件11与内螺纹型芯12紧密连接,并与塑件及其他成型零件紧密接触,确保成型质量。为确保内螺纹脱模平稳高效,需在脱模前将塑件及内螺纹抽芯机构以外的零部件先行分离,以减小脱模阻力、降低开模力。为此,模具上需增设两个分型面,分别用于脱开动模部分、部分定模结构及热流道部分。

### 3 模具结构及工作过程

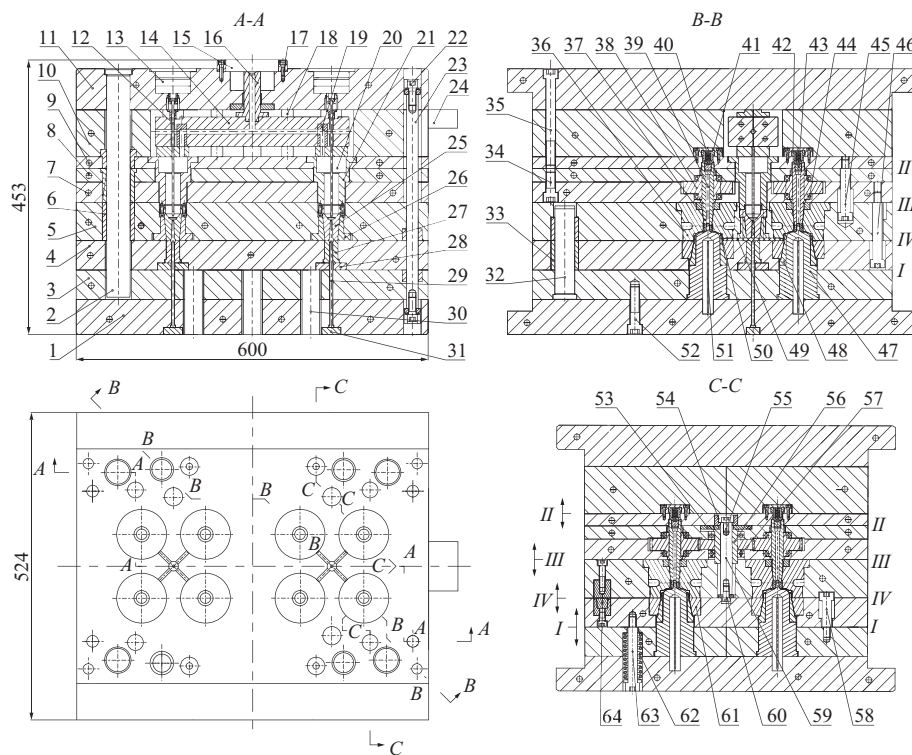
#### 3.1 模具结构

图10为模具装配图,模具总体外形尺寸为600 mm×524 mm×453 mm。该模具为非标准热流道模

具,一模八腔,采用搭配潜伏式浇口的“两点八腔”热流道结合冷流道浇注系统,通过推板推出塑件,无顶针顶出结构<sup>[18]</sup>。模具由九块模板组成,分为定模与动模两大部分,动定模之间为主分型面III。其中,动模部分包含模板1、3和4,其余均为定模部分。内螺纹脱模机构主要集中于第二定模板7及定模支承板8、9上。为实现内螺纹型芯自动脱出与塑件平稳推出,模具中设置了四组定距分型机构,分别控制四个分型面的依次打开。

#### 3.2 模具工作过程

(1)打开分型面I和II,分别脱开动模部分、部分定模结构和热流道部分。注塑完成后,注塑机带动模具动模部分后移。在弹簧40和62的作用下,模具首先在分型面I和II处分开。开模距离分别由定距螺钉58和45控制,为30 mm和40 mm。



- 1—Moving mould clamping plate; 2—Upper guide pillar; 3—Moving mould support plate; 4—Moving mould plate; 5—First fixed mould plate; 6—Upper guide bushing; 7—Second fixed mould plate; 8—First fixed mould support plate; 9—Second fixed mould support plate; 10—Hot runner fixed plate; 11—Fixed mould clamping plate; 12—Valve pin; 13—Cylinder cover; 14—Hot runner plate; 15—Locating ring; 16—Sprue bushing; 17, 22, 34, 35, 52, 55, 60, 63—Screw; 18—Insulation spacer; 19—Hot runner insert; 20—Nozzle; 21—Nozzle sleeve; 23—Limit bolt; 24—Connection box; 25—Inner runner insert; 26—Outer runner insert; 27—Sprue puller insert; 28—Sprue puller insert retaining plate; 29—Sprue puller; 30—Ejector pillar; 31—Sprue puller fixed plate; 32—Lower guide pillar; 33—Lower guide bushing; 36—Fixed mould insert; 37—Internal thread core; 38—Gear; 39—Fixed mould core insert; 40, 62—Spring; 41—Internal thread core end cover; 42—Locking block; 43—Set screw; 44, 57—Bearing; 45, 46, 58—Limit screw; 47—First core insert; 48—Second core insert; 49—Runner cold slug; 50—Plastic part; 51—Water baffle; 53—Gear shaft clamp plate; 54—Gear shaft end cover; 56—Round nut; 59—Gear shaft; 61—Moving mould insert; 64—Precision positioning pin assembly

图10 模具装配图

Fig. 10 Mould assembly drawing

分型面Ⅰ打开时,动模座板1、动模支承板3、模板4及第一型芯镶件47、第二型芯镶件48等一起后移,使动模部分与塑件分离。同时,分型面Ⅱ打开,定模座板11、热流道板14、弹簧40、内螺纹型芯端盖41、喷嘴20、阀针12、气缸盖13等部分定模结构及热流道系统零部件与塑件分离。以上两部分的分离减小了塑件的包紧力和轴向压力,为内螺纹型芯37的自动脱出作准备。

(2)打开分型面Ⅲ,自动旋出内螺纹型芯。当定距螺钉45移至极限位置时,定距拉杆23也到达极限,两组定距拉杆分别拉动模板7和模板5,打开主分型面Ⅲ。此时,模板的直线移动带动齿轮轴59移动,迫使圆螺母56旋转并带动齿轮38旋转,进而驱动内螺纹型芯37和定模型芯镶件39旋转。由于塑件固定不动,内螺纹型芯37和定模型芯镶件39从塑件中旋转脱出。该阶段开模距离由定距螺钉46控制,为35 mm。

(3)打开分型面Ⅳ,切断潜伏式浇口并拉出浇道凝料。当定距螺钉46移动到极限位置时,锥度精定位销组件64打开,分型面Ⅳ开启。在8根拉料杆29的作用下,潜伏式浇口被拉断,浇道凝料49被拉出。至极限位置时注塑机停止,等待顶出。

(4)推出塑件。顶出时,注塑机推杆通过顶柱30推动模板4,带动动模镶件61向上移动,塑件被顶出后自动落下。

(5)合模。注塑机推杆回退,动模部分前进,各模板和相关零部件依次复位,各分型面依次闭合,完成合模过程。

#### 4 试模与生产

基于前文所设计的集液器产品模具三维图和二维装配图,课题组组织人员拆分了装配图、绘制了需要定制加工的非标准零件的图纸,并制定这些零件的加工工艺。随后,订购模架等标准零件并联系相关厂家加工以上非标准零件。加工中,综合采用了普通机加工、数控加工、线切割加工、电火花加工等多种加工手段。最后,装配模具并采用海天MA1200Ⅲ型注塑机进行试模与生产。图11为试模与生产用的注塑机,图12为注塑生产的集液器产品。经检测,塑件产品质量完全满足企业要求。

#### 5 结论

(1)梳理了内螺纹旋转脱模的相关研究成果。比较了旋转脱模常用四种动力源的结构特点和应



图11 海天注塑机

Fig. 11 HAITIAN injection molding machine



图12 集液器注塑产品

Fig. 12 The injection-molded liquid collector product

用场合,为后续设计集液器热流道注塑模具提供理论基础。

(2)设计了模板驱动自动脱螺纹的集液器热流道注塑模具。该模具为一模八腔非标准热流道模具,通过模板驱动内螺纹抽芯机构,采用带有潜伏式浇口的热流道结合冷流道浇注系统,通过推板推出塑件。生产实践表明,该模具结构紧凑、动作可靠,产品质量稳定。

(3)创新设计了内螺纹型芯组件和定模型芯镶件的结构。在两零件表面均设置排气装置,消除了负压对塑件端部成型质量的影响。在内螺纹型芯端部设置轴向精定位与压紧组件,保证成型、分模及内螺纹脱模过程的稳定高效。设置四组定距分型机构,有效控制模具的四次分型顺序。在内螺纹型芯脱模前,逐步分离无关零部件,减少塑件脱模阻力,提升脱模质量。

(4)验证了浇注系统的可行性。设置了“两点八腔”热流道结合冷流道的混合浇注系统,并通过CAE分析验证其可行性。混合浇注系统的使用,既充分保证了透明PC塑料制件的成型质量,又发挥了潜伏式冷浇口易被切断的特点,提高了注塑生产效率。

#### 参考文献

- [1] 王静,刘雪敏,谷海洋.基于自动脱螺纹的揭盖式洗发水瓶盖双色注塑模设计[J].工程塑料应用,2023,51(10):113-117,131.  
WANG Jing, LIU Xuemin, GU Haiyang. Design of dual color injection mould for uncovering shampoo bottle caps based on automatic thread removal[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(10): 113-117, 131.

- [2] 荣星,陈尧,蔡部林,等.滑块与自动脱螺纹同步运动机构及模具设计[J].中国塑料,2023,37(6):117-122.  
RONG Xing, CHEN Yao, CAI Bulin, et al. Design of synchronous motion mechanism and mold for slide block and automatic thread demolding[J]. China Plastics, 2023, 37(6):117-122.
- [3] 陈亚洲,荣星,蔡部林.镶套多向顺序抽芯及自动脱螺纹注塑模具设计[J].工程塑料应用,2026,54(2):138-146.  
CHEN Yazhou, RONG Xing, CAI Bulin. Design of injection mould with nested multi-directional sequential core pulling and automatic thread-unscrewing[J]. Engineering Plastics Application, 2026, 54(2):138-146.
- [4] 张云,熊建武,夏凯,等.汽车通风管接头注塑模具设计[J].塑料,2023,52(5):74-78.  
ZHANG Yun, XIONG Jianwu, XIA Kai, et al. Design of injection mold for automobile vent pipe joint[J]. Plastics, 2023, 52(5):74-78.
- [5] 陈剑玲.内螺纹瓶盖自旋脱模的热流道倒装注塑模设计[J].工程塑料应用,2022,50(3):106-112.  
CHEN Jianling. Design of flip structure injection mould with hot runner system and thread automatically demoulding mechanism for inner-thread bottle-cap[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(3):106-112.
- [6] 李波,罗善明,李毅,等.内牙水管接头的注塑模具设计及CAE仿真[J].工程塑料应用,2024,52(1):95-101.  
LI Bo, LUO Shanming, LI Yi, et al. Injection mold design of inner tooth water pipe joint and CAE simulation[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(1):95-101.
- [7] 彭石燕.移动智能终端稳定支架注射模设计[J].模具工业,2023,49(2):44-47.  
PENG Shiyan. Design of injection mould for stable support in mobile intelligent terminal[J]. Die & Mould Industry, 2023, 49(2):44-47.
- [8] 汪建武,肖国华,张丽静,等.内螺纹盖高产长寿改进型非标三板模设计[J].工程塑料应用,2021,49(3):85-90.  
WANG Jianwu, XIAO Guohua, ZHANG Lijing, et al. Design of improved non-standard three-plate mould with high-yield and long-life for internal thread cover[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(3):85-90.
- [9] 王根华,肖国华,杨少增.碗形盖带内螺纹孔塑件多材共用型热流道模设计[J].工程塑料应用,2023,51(3):94-100.  
WANG Genhua, XIAO Guohua, YANG Shaozeng. Design of universal hot runner mold for bowl cap with internal thread hole based on multiple plastics materials[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(3):94-100.
- [10] 余伟,陆婷姬.无人机龙骨塑件防损内螺纹抽芯机构及注射模设计[J].塑料,2025,54(4):145-150,181.  
YU Wei, LU Tingji. Design of loss prevention internal thread core pulling mechanism and injection mould for UAV keel plastic parts[J]. Plastics, 2025, 54(4):145-150, 181.
- [11] 岳强.单齿条驱动双孔内螺纹型芯脱模机构注塑模具设计[J].工程塑料应用,2020,48(5):98-102.  
YUE Qiang. Injection mould design with double hole internal thread core demoulding mechanism driven by single rack[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(5):98-102.
- [12] 李海林,张呈杰.基于CAE技术的塑料支架注射模具设计[J].塑料科技,2025,53(10):167-172.  
LI Hailin, ZHANG Chengjie. Injection mold design of plastic brackets based on CAE technology[J]. Plastics Science and Technology, 2025, 53(10):167-172.
- [13] 费强,张维合.新能源汽车储物箱盖板大型薄壁注塑模设计[J].中国塑料,2026,40(2):114-118.  
FEI Qiang, ZHANG Weihe. Design of large, thin-walled injection molds for glove compartment cover of new energy vehicles[J]. China Plastics, 2026, 40(2):114-118.
- [14] 周典航.基于CAE技术的医用芯片手柄注塑成型关键技术研究[D].合肥:安徽建筑大学,2023:38.  
ZHOU Dianhang. Research on key technology of injection molding of medical chip handle based on CAE technology[D]. Hefei: Anhui Jianzhu University, 2023:38.
- [15] CHEN H M, MIAO C W, LIN G Y, et al. Design and optimization of the injection mold for rubber stators in oil production single-screw pumps[J]. Polymers, 2025, 17(4). DOI: 10.3390/polym17040503.
- [16] 李丽华,王进,管殿柱. Moldflow 模流分析基础教程[M].北京:电子工业出版社,2023.  
LI Lihua, WANG Jin, GUAN Dianzhu. Fundamental course of Moldflow analysis[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2023.
- [17] 励伟定,肖国华,徐生.救护车改型滤清盒盖注射模优化设计[J].模具工业,2025,51(12):33-40.  
LI Weiding, XIAO Guohua, XU Sheng. Optimization design of injection mould for modified filter box cover of ambulance[J]. Die & Mould Industry, 2025, 51(12):33-40.
- [18] 刘慧君.物流分拣仪外壳自动化生产控制注塑模具的设计[J].塑料,2026,55(1):172-178.  
LIU Huijun. Design of injection mould for automation production control of logistics sorter shell[J]. Plastics, 2026, 55(1):172-178.