油缸驱动齿条脱螺纹的注塑模具设计

侯贤州,冯 婧,赵利平*,秦瑞亮

(广东科技学院机电工程学院,广东 东莞 523079)

摘 要:针对带侧边凸台、通孔及内螺纹的阶梯圆环形管件注塑成型问题,文章系统开展模具结构设计与制造工艺研究。结合塑件结构特点与工艺要求,设计三板模及细水口转侧边底部搭接的进胶系统。为满足塑件两侧对称凸台螺丝柱的装配要求及内螺纹的精度与初始位置控制,提出多机构协同的复合模具方案。侧边凸台采用斜导柱驱动的双滑块抽芯机构实现脱模。内螺纹经油缸驱动齿条-齿轮组旋转退出,脱模后由机械手直接取件,无须顶出系统参与,实现全自动化生产。采用注塑机开合模信号控制油缸动作,保证各机构协调运行。试模结果表明,塑件成型精度高,结构稳定,机构运行平稳。结合经优化的冷却系统,生产效率符合预期,满足批量生产要求。

关键词:油缸;齿条;内螺纹;复合模具;双滑块抽芯机构;冷却系统

中图分类号:TQ320.66 **文献标志码**:A **文章编号**:1005-3360(2026)08-0173-05

DOI:10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2026.08.030

Design of Injection Mold for Screw-off of Oil Cylinder Driven Rack

HOU Xianzhou, FENG Jing, ZHAO Liping*, QIN Ruiliang

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Guangdong University of Science and Technology, Dongguan 523079, China)

Abstract: Addressing the injection molding challenges of a stepped annular tube fitting featuring side bosses, through-holes, and internal threads, the paper systematically conducted research on mold structure design and manufacturing processes. Based on the structural characteristics and process requirements of the part, a three-plate mold was designed with a glue feeding system transitioning from a pinpoint gate to a side-edge bottom lap gate. To satisfy the assembly requirements of the symmetrically arranged boss screw posts on both sides, as well as the precision and initial position control of the internal threads, a composite mold scheme incorporating multiple coordinated mechanisms was proposed. The side bosses were demolded using a double-slider core-pulling mechanism driven by inclined guide pillar. The internal threads were unscrewed by an oil-cylinder-driven rack-and-pinion gear set. After demolding, the parts were directly picked up by a robotic manipulator without the involvement of an ejector system, thereby achieving fully automated production. The oil cylinder actions were controlled by the mold opening and closing signals from the injection molding machine to ensure the coordinated operation of all mechanisms. Trial molding results indicated that the part achieved high molding precision, stable structural integrity, and smooth mechanism operation. Combined with the optimized cooling system, the production efficiency met expectations and satisfied the requirements for mass production.

Keywords: Oil cylinder; Rack; Internal thread; Composite die; Double slider core pulling mechanism; Cooling system

在智能化与轻量化制造的双重驱动下,汽车、家电及医美等领域对多功能集成塑料零件的需求日益增长。激烈的市场竞争对零件的功能集成度提出了更高要求。因此,这类零件往往需要设置侧向定位结构(如侧边凸台、通孔)与内部连接结构(如内螺纹),以兼顾装配可靠性、功能集约化及拆装便利性。然而,侧边凸台、通孔与内螺纹的协同集成给注塑模具的脱模设计带来巨大的挑战。如何实现多特征结构的高效、无损伤脱模,已成为制约复

收稿日期Submitted date 2026-01-29;修回日期Revised date 2026-02-20;录用日期Accepted date 2026-03-25

基金项目:广东科技学院实验教学示范中心(GKZLGC2024350)

*联系人,273725342@qq.com

引用本文:侯贤州,冯婧,赵利平,等.油缸驱动齿条脱螺纹的注塑模具设计[J].塑料科技,2026,54(8):173-177.

Citation: HOU X Z, FENG J, ZHAO L P, et al. Design of injection mold for screw-off of oil cylinder driven rack[J]. Plastics Science and Technology, 2026, 54(8): 173-177.

杂塑料零件模具设计的关键技术问题[1]。

针对塑件复杂倒扣结构及内螺纹的脱模问题，国内外学者对此进行深入探索。王颖等[2]设计潜伏式浇口两板式注塑模具，采用“斜导柱+瓣合滑块+定位弹簧”的复合侧抽芯机构，有效解决外表面凹槽倒扣脱模问题，保证塑件外观完整性。肖国华等[3]提出点浇口六板式模具方案，采用“齿条+中间传动齿轮+内螺纹型芯齿轮”三级传动机构实现内螺纹抽芯，实现了成型精度与螺纹损伤抑制的协同兼顾。

研究以集成侧边凸台、通孔及内螺纹的阶梯圆环形管件为研究对象，聚焦其多特征协同脱模的技术难点，提出一种多机构协同工作的复合注塑模具设计方案。研究采用整合侧抽芯与内螺纹抽芯的协同控制策略，旨在实现复杂结构的高效脱模，为同类集成塑料零件的模具设计提供参考。

1 塑件的结构和工艺性分析

1.1 塑件结构特征分析

图1为塑件结构。从图1可以看出，塑件的外形尺寸为Φ116.0 mm×H51.0 mm。管件结构呈阶梯圆环形，集成侧边凸台、通孔及内螺纹，主体壁厚为2.5 mm，质量约70 g，属于中小型功能性内观注塑件。为保障装配安全性，塑件表面不允许存在浇口痕迹，以防清除不彻底导致装配时伤及操作人员。结构上允许存在滑块夹线，但需要控制在0.05 mm以内；塑件内部设有螺纹牙结构，用于紧固连接；外侧壁对称设置两个凸起的圆形凸台，中间开有通孔，用以固定装配螺丝柱。内螺纹与外侧凸台螺丝柱之间存在严格的相对位置要求，确保在相同扭力作用下两侧螺丝柱同步旋转至相同角度。该相对位置的精准控制是本模具设计中的关键技术难点之一[4]。

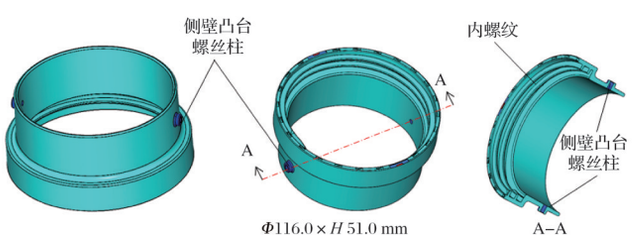


图1 塑件结构

Fig.1 Structure of plastic part

1.2 塑件材料工艺性分析

塑件材料选用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)，该材料作为应用广泛的热塑性工程塑料，在汽车、电子、建材等领域占据重要地位。ABS具有优良的力学性能、加工性能以及稳定的化学与电学性能，综合性能优良，然而其耐热、耐候及阻燃性能较差，制约其在高端领域的应用。采用共混改性或添加功能性助剂可弥补上述缺陷，拓展其适用范围。

1.3 模具设计关键技术难点与解决方案

基于塑件结构特点与工艺要求，模具设计的核心难点在于外侧凸台螺丝柱与内螺牙的脱模方式，必须确保二者之间的相对位置精度。为此，本文提出一种多机构协同的复合模具方案。采用斜导柱驱动双滑块抽芯机构，利用油缸驱动齿条-齿轮组实现内螺牙的旋转脱模。同时，为保障螺牙初始位置，设计止转块与螺牙套调节板，装模时便于定位，结构简单，成本低廉。结合浇注、排气与冷却系统进行系统研究。

2 模具结构设计

2.1 浇注系统设计

浇注系统采用细水口转大水口底部搭接进胶方式。为避免浇口痕迹影响装配接触面，设置两个对称浇口，用以平衡进胶压力，提高填充效率。图2为进胶结构。该结构虽需要增加浇口数量补偿压力损失，但其灵活性高，加工简便，适用于内观结构件。采用该浇注系统成型的塑件尺寸稳定，精度符合设计标准。

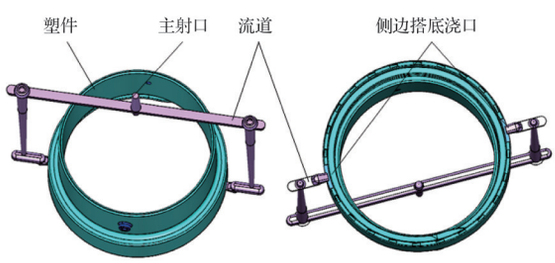


图2 进胶结构

Fig.2 Structure of glue feeding

2.2 模具分型面设计

图3为模具分型面设计。从图3可以看出，内螺纹结构置于动模，采用油缸驱动齿条带动齿轮组旋转退螺纹，以实现塑件松脱。浇口设于动模滑块抽芯的90°方向，双浇口对称布局，保证填充效率及成型精度[5-6]。

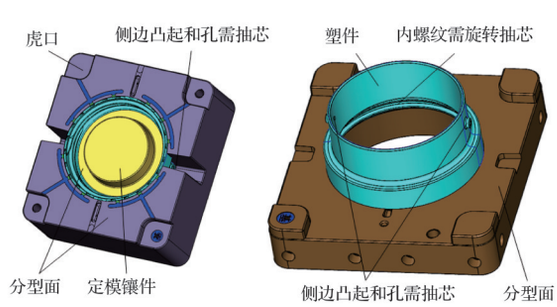


图3 模具分型面设计

Fig.3 Mold parting surface design

2.3 斜导柱双滑块抽芯机构设计

图4为斜导柱抽芯机构。从图4可以看出，侧壁凸台螺丝柱为倒扣结构，为实现顺利出模，设置侧向滑块抽芯机构。两个滑块抽芯机构对称设置，成型特征相同，主要由成型块、镶针、滑块基座、耐磨块和弹簧组成[7-9]。其工作

原理为：斜导柱固定于定模侧，开模时斜导柱驱动滑块抽芯机构向侧向移动，按预设行程使侧边倒扣安全脱出。成型块、镶针与滑块基座采用分体式结构，便于加工、精度控制及维修保养。耐磨块安装于滑块基座的对应安装面，用以提升机构的使用寿命与运动稳定性。弹簧提供辅助抽芯动力，在抽芯完成后保持滑块预设位置，防止合模时斜导柱与定位孔错位导致模具损坏。

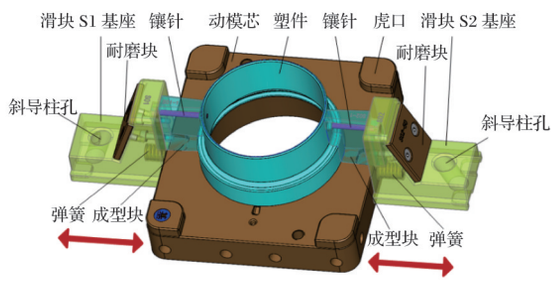
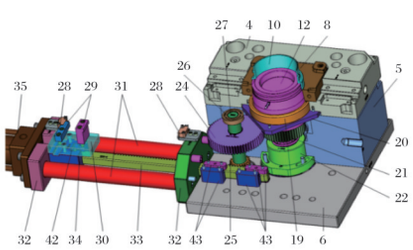


图 4　斜导柱抽芯机构

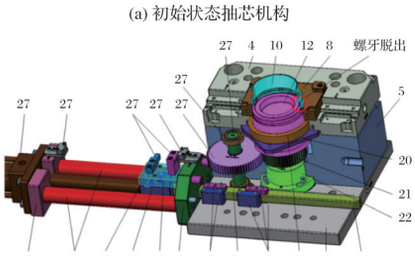
Fig.4 Inclined guide pillar core pulling mechanism

2.4　内螺纹油缸驱动齿轮齿条旋转抽芯机构设计

采用在动模侧油缸驱动齿条带动齿轮组旋转后退的方式脱出内螺纹，解决塑件上内螺纹结构的出模问题。图 5 为油缸驱动齿条脱螺纹结构。从图 5 可以看出，在模具的 B 板 4 下面增设一块功能板 5，主要用于安装齿轮组、油缸 35、螺纹套 22 等[10-14]。



(a) 初始状态抽芯机构



(b) 螺牙抽芯完成状态

注：4–B 板；5–功能板；6–底板；8–动模芯；10–塑件；12–螺纹镶件；19–石墨铜套；20–压板；21–齿轮 C；22–螺纹套；23–螺纹套调节板；24–齿轮 B；25–齿轮 A；26–轴承；27–传动轴；28–行程开关；29–行程开关顶块；30–行程开关固定板；31–连杆；32–油缸固定板；33–齿条；34–齿条与油缸连接块；35–油缸；42–T 型槽；43–石墨铜耐磨块。

图 5　油缸驱动齿条脱螺纹结构

Fig.5 Screw off structure of oil cylinder driven rack

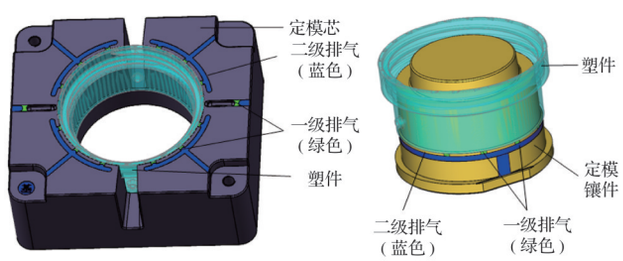
开模阶段：从图 5b 可以看出，开模后斜导柱抽芯机构先行完成倒扣出模，随后油缸 35 介入，由齿条 33 与齿轮组配合将直线运动转化为旋转运动，使螺纹镶件 12 向底板 6 方向后退，脱出内螺纹。同时，行程开关 28 控制油缸的运动行程。

合模阶段：从图 5a 可以看出，合模时油缸 35 先反向动作（与开模阶段运动方向相反），驱动螺纹镶件 12 完成复位，其运动行程由行程开关 28 控制。随后，注塑机执行合模动作，模具锁紧，侧边双滑块抽芯机构同步完成复位。

在齿条 33 运动过程中，与其接触的非齿面均设有石墨铜耐磨块 43，螺纹镶件 12 上同样配有石墨铜套 19，防止出现相对移动或转动时发生烧结或卡滞现象。石墨铜材兼具自润滑、耐高温及耐疲劳特性，常用于精密模具的运动配合结构中，可在 300 ℃高温下长期稳定工作。

2.5　排气系统设计

排气系统能够明显改善填充效率、困气烧焦和结合线等问题，排气系统的设计对塑件成型质量至关重要。图 6 为排气系统。从图 6 可以看出，本模具采用两点进胶方式，该浇口布局更易产生结合线。为避免结合线问题，提高填充效率，在定模侧主分型面及镶件上均设置二级排气结构。其中，一级排气槽宽 4.00 mm，深 0.03 mm；二级排气槽宽 6.00 mm，深 0.30 mm，确保成型过程中熔体前沿气体能够顺畅、及时地排出，从而获得良好的外观品质。



(a) 定模芯排气　(b) 定模镶件排气

图 6　排气系统

Fig.6 Exhaust system

2.6　冷却系统设计

在注塑模具热管理中，冷却水路布局影响模温均匀性及塑件成型质量。图 7 为冷却系统。从图 7 可以看出，唧咀区域采用 U 形半闭合回路紧邻熔体浇口的布置，可加速浇口前沿物料固化，缩短凝固周期，有效避免脱模拉丝缺陷。定模侧分为 3 组独立水路，模芯两组采用“型腔轮廓跟随”设计，中间镶件用环形冷却水井强化散热均匀性，同步提升成型效率与变形控制。动模侧则采用回形环路独立冷却模芯[15-17]。该设计采用功能分区逻辑构建“流道-型腔-型芯”全方位散热体系。

2.7　模具整体设计

研究采用三板模结构，细水口转大水口底部侧边搭接方式进胶，因螺纹抽芯结构占用的空间较大，故采用一模一腔的布局。图 8 为模具整体结构。模架选用龙记非标模架 FCI3235，取消顶出系统模块，增加功能板。模具最大外形尺寸为 370 mm×350 mm（含油缸后整体尺寸为

370 mm×1 135 mm)。整套模具共设置两个侧边滑块抽芯机构,呈上下对称布置。螺纹抽芯机构由油缸驱动,固定于模具上侧(天侧),为齿条运动预留空间,能够适配较小注塑机台,有利于降低注塑成本[18-21]。

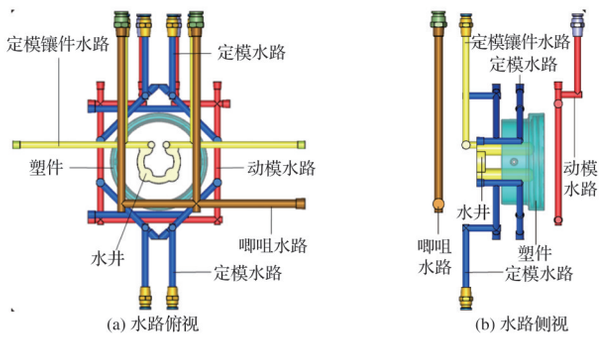
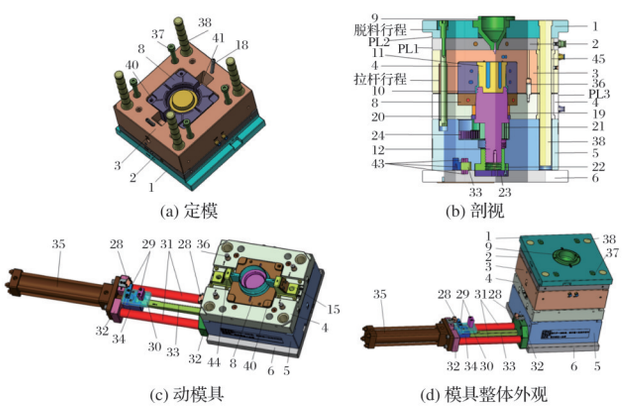


图 7 冷却系统

Fig.7 Cooling system



注:1–面板;2–脱料板;3–A 板;4–B 板;5–功能板;6–底板;7–定模芯;8–动模芯;9–唧咀;10–塑件;11–定模镶件;12–螺纹镶件;15–滑块 S1 基座;19–石墨铜套;20–压板;21–齿轮 C;22–螺纹套;23–螺纹套调节板;24–齿轮 B;28–行程开关;29–行程开关顶块;30–行程开关固定板;31–连杆;32–油缸固定板;33–齿条;34–齿条与油缸连接块;35–油缸;36–树脂开闭器;37–拉杆;38–导柱;40–虎口;41–内置铲机;43–石墨铜耐磨块;44–滑块 S1 基座;45–导套。

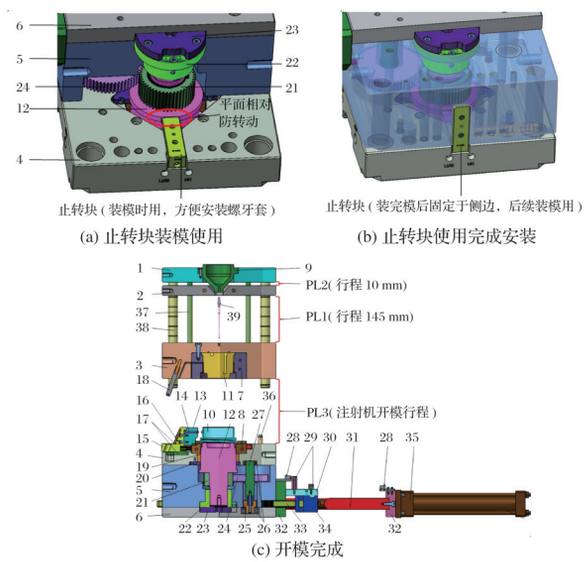
图 8 模具整体结构

Fig.8 Overall structure of mold

2.8 模具组装及成型工作过程

图 9 为装模与开模。在模具组装过程中,首先用止转块对螺纹镶件 12 进行定位,确认螺纹的初始位置,然后安装螺纹套 22,通过螺纹套调节块 23 将螺纹套 22 调整至配模所需位置,配模结束后固定螺纹套 22(如图 9a 所示)。安装完成后取出止转块,安装在模具侧边,方便后续装模使用(如图 9b 所示)。

模具成型工作过程:(1)模具上机。(2)注塑调试开合模与油缸的协调动作。(3)射胶-保压-冷却完成一次成型。(4)开模。在树脂开闭器 36 的作用下,PL1 先打开,将细水口流道 39 拉断;PL2 打开,脱料板 2 将流道 39 剥离脱落;开模继续,树脂开闭器 36 失效,PL3 打开,侧边双滑块机构完成对塑件侧壁上凸台螺丝柱的脱模,油缸 35 开始工作,驱动齿条 33 带动齿轮组和螺纹镶件 12 旋转,螺纹完成脱出(如图 9c 所示)。(5)机械手取件。(6)油缸 35 驱动齿条带动齿轮组和螺纹镶件 12 复位。(7)合模。注塑机发出合模信号,模板闭合,所有滑块抽芯机构全部复位锁紧。至此,一个完整的生产周期完成,循环上述步骤即可连续生产。



注:1–面板;2–脱料板;3–A 板;4–B 板;5–功能板;6–底板;7–定模芯;8–动模芯;9–唧咀;10–塑件;11–定模镶件;12–螺纹镶件;13–成型块;14–镶针;15–滑块 S1 基座;16–弹簧;17–耐磨块;18–斜导柱;19–石墨铜套;20–压板;21–齿轮 C;22–螺纹套;23–螺纹套调节板;24–齿轮 B;25–齿轮 A;26–轴承;27–传动轴;28–行程开关;29–行程开关顶块;30–行程开关固定板;31–连杆;32–油缸固定板;33–齿条;34–齿条与油缸连接块;35–油缸;36–树脂开闭器;37–拉杆;38–导柱;39–流道。

图 9 装模与开模

Fig.9 Mold assembly and mold opening

2.9 试模验证及问题优化

图 10 为产品实物。首次试模结果显示,塑件的尺寸精度与成型效率均满足设计要求。一侧滑块抽芯机构因配模问题,出现分型面夹口偏大。针对该问题进行调整与优化后,第二次试模所得塑件外观及尺寸均符合技术要求,满足批量生产条件,模具顺利完成验收交付。

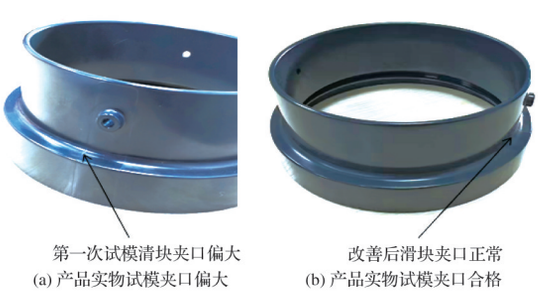


图 10 产品实物

Fig.10 Physical product

3 结论

以集成侧边凸台、通孔及内螺纹的阶梯圆环形管件为对象,设计一套多机构协同工作的复合注塑模具。止转块与螺纹套调节板用于保障内螺纹初始位置,确保拆装模后定位准确。采用双滑块抽芯机构解决侧向倒扣脱模问题,

其分体式设计便于维护，降低维保成本。油缸驱动齿条-齿轮组实现螺纹自动化脱模，不需要顶出系统，配合机械手取件可满足自动化生产需求。同时，排气与冷却系统的协同效应可有效提升塑件成型质量与生产效率。试模验证结果表明，该模具方案具有良好的可行性，塑件尺寸精度与外观质量均符合技术要求，具备批量生产条件。本研究对多功能集成塑料零件的开发具有一定指导意义。

参考文献

[1] 张维合. 注塑模具设计实用教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
[2] 王颖, 陈开源, 陈建平, 等. 带有外凹槽的内螺纹管接头注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(4): 89-93.
[3] 肖国华, 吴冬俊, 刘剑, 等. 内螺纹饮料瓶盖点浇口多板注塑模设计[J]. 塑料工业, 2025, 53(6): 86-92.
[4] 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.
[5] 胡恒瑜, 高瑾, 庞建军. 双层不同类型螺纹盖双内螺纹脱模机构及模具设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(5): 93-97.
[6] 荣星, 黄金生, 黄跃华. 塑料套管复合抽芯模具并行设计应用[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(12): 89-95.
[7] 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.
[8] 荣星, 陈亚洲, 李波, 等. 自动脱螺纹模具理论计算及CAE分析[J]. 塑料工业, 2021, 49(3): 74-78.
[9] 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.
[10] 徐永. 内螺纹前端盖注射模设计[J]. 模具制造, 2024, 24(2): 25-28.
[11] 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.
[12] 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.
[13] 杨远海, 杜晋, 张健长, 等. 新能源汽车转轴拉杆专用内螺纹加工工装夹具设计[J]. 内燃机与配件, 2026, (6):71-73.
[14] 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.
[15] 田玉晶, 董浩, 孙晓宇. 热敏打印机底壳注塑模具设计及工艺优化[J]. 塑料科技, 2025, 53(1):1 52-156.
[16] 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.
[17] 余健, 陈龙, 李兴秀. 工业监控器外罩收缩侧型芯注射模设计[J]. 塑料, 2024, 53(3): 72-78.
[18] 叶卫文, 张小娟, 赵利平, 等. 汽车弯管接头注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2023, 37(8): 107-112.
[19] 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.
[20] 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.
[21] 王君, 司成俊. 基于四面侧向抽芯机构和内侧抽芯机构的对讲机外壳注塑模具设计[J]. 塑料科技, 2024, 52(2): 116-118.

[启事]

《塑料科技》对稿件的要求如下，仅供作者撰稿时参考

(1) 论文要求论点明确、数据可靠，使用的单位符号和物理量应符合国家标准规定。
(2) 来稿除正文之外，还应包括中英文摘要、中英文关键词、中英文作者名称和单位名称、邮政编码及参考文献等。
(3) 参考文献应采用顺序编码制，按照国家标准 GB/T 7714—2015 规定进行著录，格式如下：
· 期刊：[序号] 主要责任者. 文章题名[J]. 刊名，年，卷 (期)：起止页码.
· 专著：[序号] 主要责任者. 专著题名[M]. 出版地：出版者，出版年：起止页码.
· 论文集：[序号] 主要责任者. 论文集题名[C]. 出版地：出版者，出版年：起止页码.
· 学位论文：[序号] 主要责任者. 学位论文题名[D]. 出版地：出版者，出版年：起止页码.
· 报告：[序号] 主要责任者. 报告题名[R]. 出版地：出版者，出版年：起止页码.
· 专利：[序号] 发明人 (申请人). 专利题名：国别，专利号[P]. 公布日期.
· 标准：[序号] 主要责任者. 标准号 标准名称[S]. 出版地：出版者，出版年：起止页码.
(4) 表格应采用三线表；制图时坐标的名称、单位和刻度值要完整，试验点清楚；照片应画面清晰、层次分明。
(5) 来稿中应注明作者详细通讯地址、联系电话和 E–mail 地址。
(6) 稿件请用 word 排版，并上传至我刊网上投稿平台，网址为：https://slkj.publish.founderss.cn

地址：沈阳经济技术开发区 11 号街　　邮编：110142
电话：024–31701057　　E–mail：slkjmedia@qq.com
QQ：2358250268　　网址：https://slkj.publish.founderss.cn

来稿请勿一稿两投，文责自负。如有侵权事宜本刊不承担相关责任。