

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.12.014

## 气缸感应开关壳体注塑模具设计

黄继战<sup>1,2,3</sup>, 陈炜<sup>2</sup>, 范玉<sup>1,3</sup>

(1. 江苏建筑职业技术学院智能制造学院, 江苏徐州 221116; 2. 江苏大学机械工程学院, 江苏镇江 212013;

3. 徐州市模具新技术工程研究中心, 江苏徐州 221116)

**摘要:** 在分析感应开关壳体工艺性能的基础上,设计了一套一模四腔的两板式抽芯模具。详细介绍了模具结构设计,包括分型面与型腔布局、浇注系统、成型零件、冷却、抽芯与顶出的设计,绘制了模具整体结构图,阐述了模具工作过程。该模具采用了一模四腔布局,成型零件采用了整体式结构,并对定模镶件进行了局部镶拼,便于加工和维修;浇注系统采用了单一侧浇口进料,实现了单向填充,减少了塑件变形;冷却系统采用了阶梯式循环冷却方式;于塑件宽度方向上创新设计一套特殊的侧抽芯机构,可同时完成 4 个塑件的抽芯功能,解决了抽芯机构在模具内部而导致的设计难题。实践证明,该模具结构合理,抽芯机构运行可靠,批量生产的塑件质量良好,对同类塑件的模具设计具有借鉴意义。

**关键词:** 感应开关壳体; 注塑模具; 侧抽芯机构; 成型零件; 浇注系统

**中图分类号:** TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)12-0079-07

### Design of Injection Mould for Cylinder Induction Switch Shell

Huang Jizhan<sup>1,2,3</sup>, Chen Wei<sup>2</sup>, Fan Yu<sup>1,3</sup>

(1. School of Intelligent Manufacturing, Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221116, China; 2. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 3. Engineering Research Center of Xuzhou Mould New Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract :** On the basis of analyzing the technological performance of cylinder induction switch shell, a two plate core pulling mould with one mould and four cavities is designed. The design of mould structure is introduced, including the parting surface, the layout of cavity, gating system, molding parts, cooling, core pulling and ejection. The assembly drawing of the mould is drawn and the working process of the mould is described. The layout of one mould and four cavities is adopted, the integral part is adopted for the molding parts, and the parts of the fixed parts are partially inserted for easy processing and maintenance. The single side gate is used in the gating system, which realizes one-way filling and reduces the deformation of plastic parts. Stepped circulating cooling mode is adopted in the cooling system. A special side core-pulling mechanism is designed in the direction of the width of the plastic parts, which can accomplish the core-pulling function of four plastic parts at the same time, and solve the design problems caused by the core-pulling mechanism inside the mould. Practice proves that the mould structure is reasonable, the core-pulling mechanism runs reliably, and the quality of plastic parts produced in batches is good, which can be used for reference in the mould design of similar plastic parts.

**Keywords :** induction switch shell ; injection mould ; side core-pulling mechanism ; molding parts ; gating system

电子感应开关安装于气缸体上的小十字凹槽内,其内部安装有电子元器件实现感应功能,用来控制气缸的工作行程。电子感应开关壳体属于很小的壳体类产品,其形状为较规则的细长型壳体,它的外部凸

台与气缸槽相配合,因此不允许塑件存在成型缺陷和变形。另外,塑件具有倒扣特征,需要设计抽芯机构,并且部分抽芯机构位于模具内部,是模具设计的重点和难点。此类壳体模具结构较为复杂,其设计独具

**基金项目:** 江苏省高等职业院校专业带头人高端研修项目(2019GRGDYX061),江苏省第五期“333 高层次人才培养工程”项目(苏人才办[2018]26 号),江苏建筑职业技术学院科研项目(JYA318-06),江苏省住建厅科技项目(2018ZD242)

**通讯作者:** 黄继战,副教授,硕士,主要从事模具设计与制造、机械制造与自动化专业教科研工作 E-mail: huangjizh@163.com

**收稿日期:** 2019-09-11

**引用格式:** 黄继战,陈炜,范玉. 气缸感应开关壳体注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2019,47(12): 79-85.

Huang Jizhan, Chen Wei, Fan Yu. Design of injection mould for cylinder induction switch shell[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(12): 79-85.

特征,具有典型性,因此研究感应开关细长壳体的模具设计可为同类塑件模具设计提供借鉴。

## 1 塑件工艺分析

某气缸用电子感应开关外壳结构如图1所示,批量生产,原料为聚碳酸酯(PC)/聚对苯二甲酸丁二酯(PBT),它是一种PC和聚酯的改性合金工程塑料,不仅保持了结晶材料PBT的耐化学性及易于成型等特点,又兼备了非结晶材料PC的高韧性和尺寸稳定性<sup>[1]</sup>。PC/PBT合金具有较高的耐热温度和冲击强度,主要用于电子电器和仪器仪表领域<sup>[2]</sup>,因此可以满足该塑件抗冲击和稳定性要求。

塑件外形尺寸为30 mm×6 mm×5 mm,壁厚基本均匀,平均壁厚0.7 mm,局部最大壁厚为2.33 mm(位于图1圆圈内),塑件很小,体积为0.45 cm<sup>3</sup>。塑件呈细长形壳体结构,要求无毛边,无疤痕、翘曲变形等成型缺陷,内表面质量无特殊要求,尺寸精度取为MT3。本设计选择塑件p处平面为分型面,该塑件a、b处有倒扣特征,阻碍开模运动,须设计抽芯机构,为模具设计的重点和难点。图1中c、d处为破孔,分型时需要修补;塑件p处平面上外侧面脱模斜度为+2°,以下外侧面脱模斜度为-1°,以便于脱模。

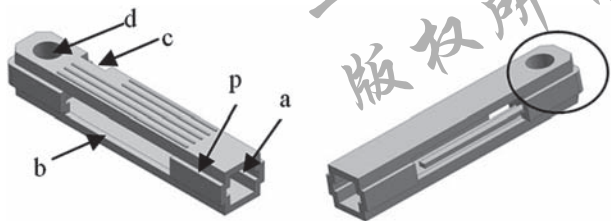


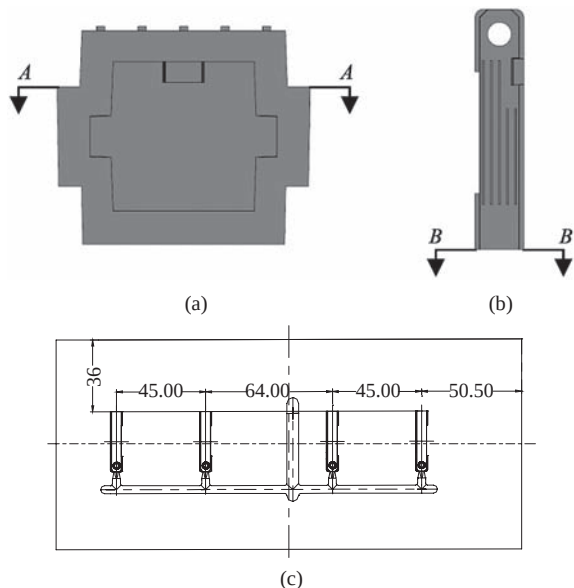
图1 感应开关壳体

## 2 模具结构设计

### 2.1 分型面与型腔布局

在塑件模具的设计过程中,分型面的设计最重要,分型面的位置对模具的开模、结构及制造影响很大<sup>[3]</sup>。根据模具分型面的选择原则,考虑塑件的装配要求和成型后易于取出塑件,本设计分型面的位置选择有以下两种方案,如图2所示的A-A和B-B。为清楚表达塑件分型面的位置,图2a为塑件三维模型沿其长度方向从开口端投向末端平面上的二维投影图。

方案一塑件为横向放置,分型面选择在塑件的最大截面处,开模后塑件留于动模一侧,有图1中a、b两处侧向抽芯机构设置于动模,可采用侧浇口,模具为两板模,结构较为简单。方案二塑件为竖向放置,分型面也选择在塑件最大截面处,有图1中b、c,



a—方案一; b—方案二; c—型腔布局

图2 分型面方案设计与型腔布局

d三处抽芯机构,与方案一相比增加一处抽芯机构,宜采用点浇口,模具为三板模,结构较为复杂。因此,为了简化其结构,分型面选择在A-A处,分型面形状为平面。

考虑到塑件很小(30 mm×6 mm×5 mm)和中等批量生产的情况,确定采用一模四腔的注塑模具成型。在进行型腔结构设计之前,需要首先确定塑件的布局。考虑型腔布局原则及布局相应的模具结构,确定型腔布局如图2c所示。

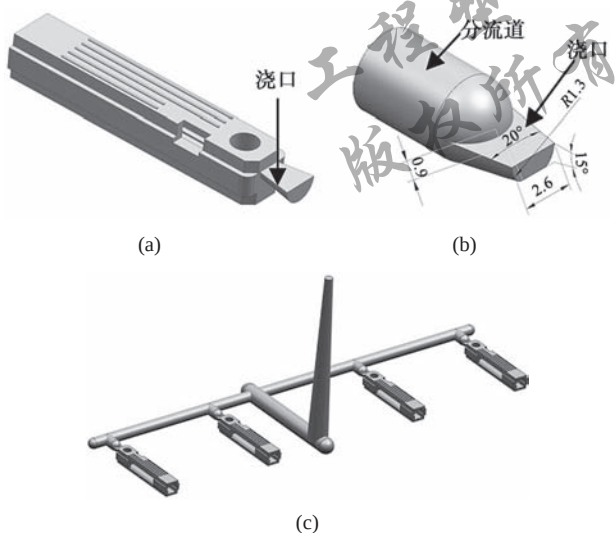
### 2.2 模具浇注系统

浇注系统设计是否合理,将直接影响模具能否注塑出合格的塑料制品<sup>[4]</sup>。浇口位置对熔体在模腔内的流动性有着重要影响,适当的浇口位置可使填充饱满、压力充足、保压性能好、潜在缺陷少<sup>[5]</sup>。由于塑件很小,故选择单一浇口,浇口位置设置于图3a所示的位置,其主要原因有三:一是浇口设置在分型面上,便于清除及加工;二是浇口设置在塑件截面较厚区域,利于熔体流动和补缩,避免形成气泡和收缩凹陷等缺陷;三是单一浇口的塑料熔体的流动是单向的,由于塑件长而狭窄,采用这种类型的浇口可保持熔体分子的单向性,降低塑件的变形量,能更好地保证塑件的装配要求,缺点是充填需要较高的压力。浇口的形状和尺寸直接影响熔体的流动状态、充模情况和塑件质量。为了减少流动阻力,本设计采用了侧浇口的衍化形式,设计的浇口形状与尺寸如图3b所示,浇口的尺寸不能太大也不能太小:太大则熔体经过浇口时,不会产生升温效应,亦很难

起到防倒流的作用;太小则流动阻力大,往往产生蛇纹、填充不足和气纹等缺陷。

分流道设计时要求熔体热量和压力损失小,流道废料少,各型腔能均衡进料,故分流道的布局和型腔布局应同时加以考虑。基于模具一模四腔一字型布局,分流道需采取非平衡式布置,如图 2c 所示。分流道设置在分型面上,其截断面选取为比表面积最小的圆形,好处是这种分流道热量散失小、阻力小,压力降亦小;一、二级分流道截面直径分别设计为 6 mm 和 4 mm,其末端均设置冷料穴存储冷料,以保证塑件质量。

主流道位于模具中心线上,其端面与喷嘴接触处设计成半球形凹坑,两者应紧密配合,避免高温高压熔体溢出,凹坑球半径为 16 mm。为了便于浇注系统凝料的取出,主流道设计成圆锥形,锥角取  $2^\circ$ ,小端直径取 3.5 mm,表面粗糙度值  $R_a$  为  $0.8 \mu\text{m}$ ,主流道末端设置带有拉料杆的冷料穴。基于上述,所设计完善的侧浇口浇注系统如图 3c 所示。为将模腔中的气体有序且顺利地排出,排气利用分型面和顶杆进行排气,间隙小于 0.02 mm。



a—浇口位置; b—浇口形状与尺寸; c—浇注系统

图 3 浇注系统

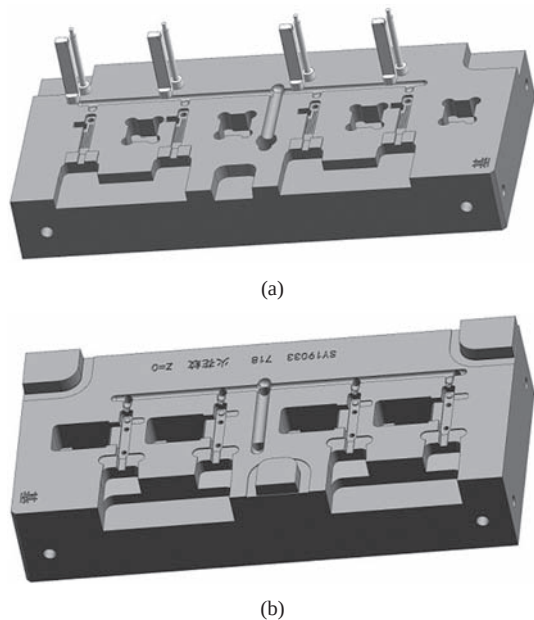
### 2.3 模具成型零件

直接与塑料接触构成塑件形状的零件称为成型零件,主要由凹模和凸模组成。由于模具运行时凹、凸模零件直接与高温、高压的熔体接触,并且脱模时反复与塑件摩擦,所以要求凹、凸模零件应具有足够的强度、刚度、硬度、耐磨性以及较低的表面粗糙度值。结合上述要求和塑件生产批量,成型零件选材为 718 模具钢。

考虑到凹模加工容易以及为节省优质钢材,凹模总体上采用整体嵌入式结构,而每个塑件型腔再局部镶拼两个小型芯。由前述分型面选择可知,凸模也用来成型塑件的分型面以下的外形,为了避免接痕和节约优质钢材,凸模亦采用整体嵌入式结构。上述的整体嵌入式凹模、凸模也分别称为定模镶件、动模镶件,两者统称为内模镶件,其尺寸大小由塑件的大小及数量通过合理的布局来决定<sup>[6]</sup>。模具 3D 分模前需要确定内模镶件尺寸,确定内模镶件尺寸的方法有经验法和计算法,实际工作中往往采用经验法,而对于大型模具,为保证安全要求再用计算法校核其强度和刚度。本模具属小型模具,由经验法确定定模镶件尺寸为  $105 \text{ mm} \times 235 \text{ mm} \times 34 \text{ mm}$ ,动模镶件尺寸为  $105 \text{ mm} \times 235 \text{ mm} \times 44 \text{ mm}$ 。

内模镶件尺寸确定之后,即可先采用 UG 软件创建分型面,再用放大 100.6% 的开关壳体对实心模仁进行布尔运算求差,然后以分型面作为分割面对模仁进行分割,最后创建滑块、镶件等结构,最终得到的定模镶件如图 4a 所示,动模镶件如图 4b 所示。为保证模具合模时内模镶件的对合精度,在其 2 个边角及其对边的中间位置设置虎口结构。定模镶件和动模镶件设计为直角,为便于装配和保证装配精度,定模板和动模板开框时在其各边角须设置避空圆柱孔。

由于模具采用了一模四腔的侧浇口进料方式,故模架选择为两板式结构。根据上述内模镶件尺寸,



a—定模镶件; b—动模镶件

图 4 内模镶件

并考虑模具抽芯结构、冷却水道因素,本设计选择标准模架,型号为龙记 CI-2335-A60-B100-C80。

## 2.4 模具抽芯与顶出

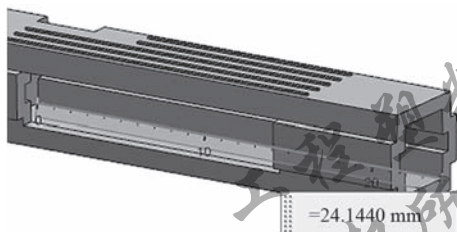
该感应开关壳体在两个侧壁上具有倒扣特征,为使塑件在顶出之前完成侧抽芯,模具上需在长、宽两个方向上设计侧抽芯机构<sup>[6]</sup>。侧抽芯机构是本模具设计的重点和难点。

### (1) 侧抽芯距的确定。

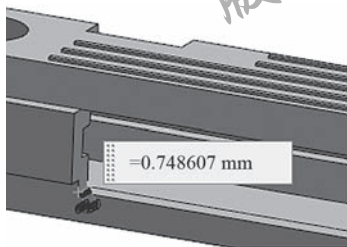
抽芯距(滑块行程)是侧抽芯机构设计的重要参数之一,一般规定:

$$S=T+l \quad (1)$$

式(1)中  $S$  为抽芯距,  $T$  为产品侧孔深度,  $l$  (2~5 mm) 为安全距离<sup>[7]</sup>。如图5所示,用UG NX12测量功能可得塑件长度方向倒扣距离为24.14 mm,宽度方向倒扣距离为0.75 mm。由上确定塑件长度方向异形孔的抽芯距为26 mm,宽度方向倒扣的抽芯距为3 mm。



(a)



(b)

a—长度方向; b—宽度方向

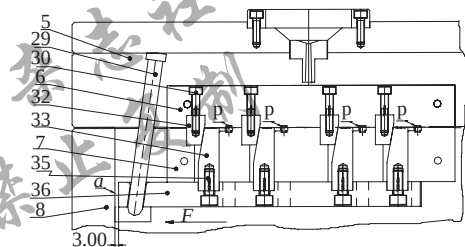
图5 塑件倒扣距离

### (2) 侧抽芯方案的确定。

根据塑件的结构特征、大小和布局,塑件长度方向设置两套相同的抽芯机构,即一套抽芯机构完成2个塑件长度方向的抽芯功能,由前述知抽芯机构滑块设于动模,且抽芯距不大(26 mm)。所以,本设计采用“滑块+斜导柱”外侧动模抽芯机构。

塑件宽度方向由于一模四腔布局致使有3个塑件抽芯机构在模具内部,导致模具结构复杂,成为本模具设计的难点。由于塑件很小且开口较大,若采用斜顶则容易粘模,而且斜顶机构复杂、容易损

坏。若采用4套抽芯机构,则由于其在模具内部,致使模具结构极其复杂,难于加工制造,同时增加模具尺寸。因此,最终创新设计了图6所示的一套斜导柱滑块抽芯方案,即一套抽芯机构同时完成4个塑件宽度方向的抽芯功能,其工作原理为:开模时,由于斜导柱Ⅱ 29驱动力的作用,滑块Ⅱ 36在动模板8长形槽导向的作用下按  $F$  向运动,垂直固定于滑块Ⅱ 上的4个侧型芯 33 随滑块Ⅱ 同步运动,当滑块Ⅱ 碰到  $a$  面时,滑块Ⅱ 运动行程为抽芯距 3 mm,此刻斜导柱脱离滑块Ⅱ,侧型芯也完全脱离塑件,抽芯结束。合模时,由于斜导柱Ⅱ 29驱动力的作用,滑块Ⅱ 36在动模板8槽导向的作用下按  $F$  反向运动,当动模镶件7与定模镶件6分型面接触而合模结束时,滑块Ⅱ 运动行程也为抽芯距 3 mm,同时楔紧块 32 将侧型芯压紧,此刻滑块复位结束。



$a$ —滑块Ⅱ定位面;  $p$ —塑件;

5—定模板; 6—定模镶件; 7—动模镶件; 8—动模板; 29—斜导柱Ⅱ;

30—内六角螺钉Ⅸ; 32—楔紧块Ⅱ; 33—侧型芯Ⅱ;

35—内六角螺钉Ⅹ; 36—滑块Ⅱ

图6 宽度方向抽芯机构工作原理

### (3) 侧抽芯力的计算。

塑料熔体在模腔内冷却收缩时逐渐包紧侧型芯,产生包紧力。因此,抽芯力须克服包紧力和因包紧力而产生的摩擦力。侧抽芯力的计算公式为<sup>[8]</sup>:

$$F=AP(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (2)$$

式中:  $F$ ——侧抽芯力, N;

$A$ ——侧型芯被包紧表面积,  $\text{mm}^2$ ;

$P$ ——单位面积的包紧力,常取  $8 \sim 12 \text{ N/mm}^2$ ;

$\alpha$ ——侧型芯的脱模斜度,  $^\circ$ ;

$\mu$ ——摩擦系数,一般取  $0.15 \sim 0.2$ 。

将相关参数代入式(2)计算可得:长度方向异形孔一组抽芯机构侧抽芯力为1236 N,宽度方向侧抽芯力为232 N,所需抽芯力较小。

### (4) 侧抽芯的结构。

斜导柱倾角与抽芯力和抽芯距有关。角度  $\alpha$  愈大则斜导柱所受弯曲压力愈大,所需开模力也增大,且角度太大则滑块滑动时摩擦力增大,易卡死,

致使无法抽芯,故希望角度 $\alpha$ 小一些为好。但当抽芯距一定时,角度 $\alpha$ 小则使斜导柱加长,而且角度太小时斜导柱易磨损,甚至烧坏。当抽芯距较大时,可以增大斜导柱的长度和角度 $\alpha$ 值以满足抽芯距的要求,此时斜导柱的直径和固定部分长度需要相应增加,以承受较大的扭矩。在确定斜导柱的倾角时,还要考虑滑块的高度,使得斜导柱开始拨动滑块时接触滑块的长度大于滑块斜孔长度的 $3/4$ ,让滑块受力的中心尽量靠近导滑部分,使滑块平稳可靠。所以,一般情况下,斜导柱倾角的取值范围在 $15^\circ \sim 25^\circ$ 。基于上述,依据所确定的抽芯距和抽芯力,确定塑件长度方向斜导柱角度为 $20^\circ$ 、直径为 $12\text{ mm}$ 、长度为 $140\text{ mm}$ ,宽度方向斜导柱角度为 $10^\circ$ 、直径为 $12\text{ mm}$ 、长度为 $132\text{ mm}$ ,材料为T10A 淬火,淬火硬度 $50 \sim 60\text{HRC}$ 。

滑块结构有整体式和组合式之分,该塑件长度方向考虑到侧型芯较长( $32\text{ mm}$ ),为节省优质钢材,降低加工难度,确定采用压板固定的组合式滑块,一个压板固定两个塑件的侧型芯,滑块设计成T型结构,与T型导滑槽动配合,实现定位与导向。考虑到滑块较小和行程较长( $26\text{ mm}$ ),为节约空间,确定滑块定位采用弹簧钢球,到位后钢球落入滑块凹槽内。滑块锁紧采用嵌入式连接的楔紧块,将楔紧块嵌入定模板的长槽中并用螺钉固定,锁紧角 $\beta$ 取 $22^\circ$ 。基于上述,设计的长度方向抽芯结构如图7所示。

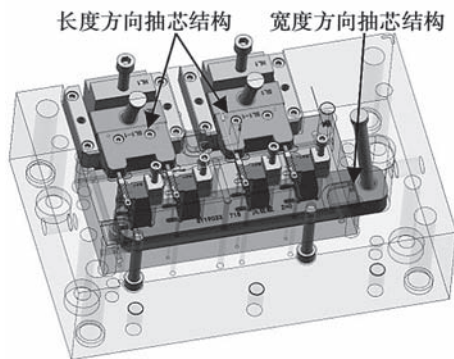


图7 侧抽芯结构

针对该塑件宽度方向的抽芯,创新设计了一套特殊的斜导柱联动抽芯机构。为便于加工,滑块采用了组合式结构,即将4个塑件的侧型芯用螺钉分别固定于同一滑块中。滑块设计为长方体并安装于动模板长形槽内来导滑,滑块的定位采用动模板长形槽短边侧面(有斜导柱的一侧)来实现,另值得注意的是动模镶件在滑块运动方向须为侧型芯设置避空位,滑块为顶杆设置避空位。滑块的锁紧设计

为将4个楔紧块分别嵌入定模镶件并用螺钉紧固,楔紧块斜面与侧型芯上的斜面相接触,锁紧角 $\beta$ 取为 $12^\circ$ 。基于上述,创新设计的宽度方向抽芯结构如图7所示。

#### (5) 顶出机构设计。

顶出机构的作用是在模具开模后平稳可靠地将塑件和浇注系统废料推离模具。考虑到塑件和浇注系统废料的体积较小,所需脱模力不大,故本设计采用推杆顶出,即每个塑件采用两根直径为 $2.5\text{ mm}$ 的推杆,浇注系统一级分流道设置两根直径为 $5.5\text{ mm}$ 的推杆,二级分流道设置4根直径为 $2.5\text{ mm}$ 的推杆。此外,在顶板四个边角上分别设置复位杆+弹簧的复位机构和导柱导向机构,所设计的顶出机构如图8所示。

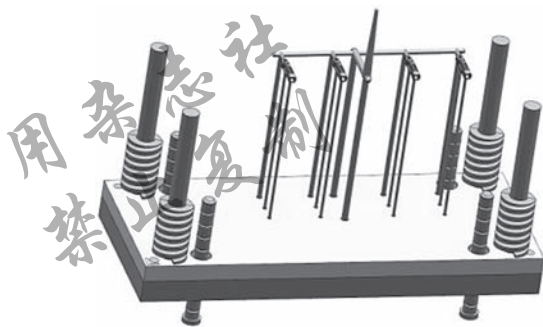


图8 顶出机构

#### 2.5 模具冷却

模腔壁的温度高低及其均匀性对注塑效率和塑件的质量影响很大,一般注入模腔熔体的温度为 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ 或更高,而塑件冷却固化后从模具中取出的温度常为 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 。因此,需要在模具内开设冷却通道以调节模腔的温度,从而缩短成型周期。冷却水道布置应使塑件的冷却速度均匀一致,以免产生内应力。本设计冷却水道直径为 $6\text{ mm}$ ,采用阶梯循环式结构,动、定模冷却水道的布置如图9所示。

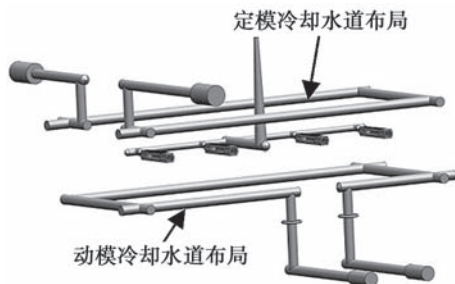


图9 冷却水道

#### 2.6 模具整体结构

通过上述的分析与设计,基于UG设计的模具

3D 整体结构如图 10 所示,绘制的模具总装配图如图 11 所示。

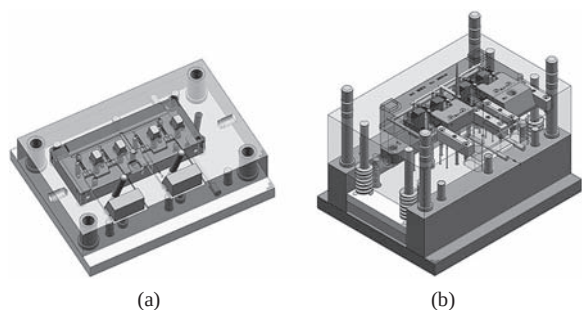


图 10 模具整体结构三维图

### 3 模具工作过程

结合图 11 模具整体结构,模具工作过程如下:

(1) 模具闭合。模具开始运行时,合模系统带动模具动模部分朝着定模方向移动,并在分型面处与定模部分闭合,其对合精度由导柱 4 和导套 3 来保证,与此同时滑块 I 24 和滑块 II 36 在合模力的作用下复位。

(2) 模具注射成型。模具闭合后锁紧,注射机从喷嘴中射出的熔融塑料依次经过主流道、一级分流道、二级分流道和浇口进入密封的模腔,该模腔由定模镶件 6、动模镶件 7、滑块 I 24 成型部分(侧型芯

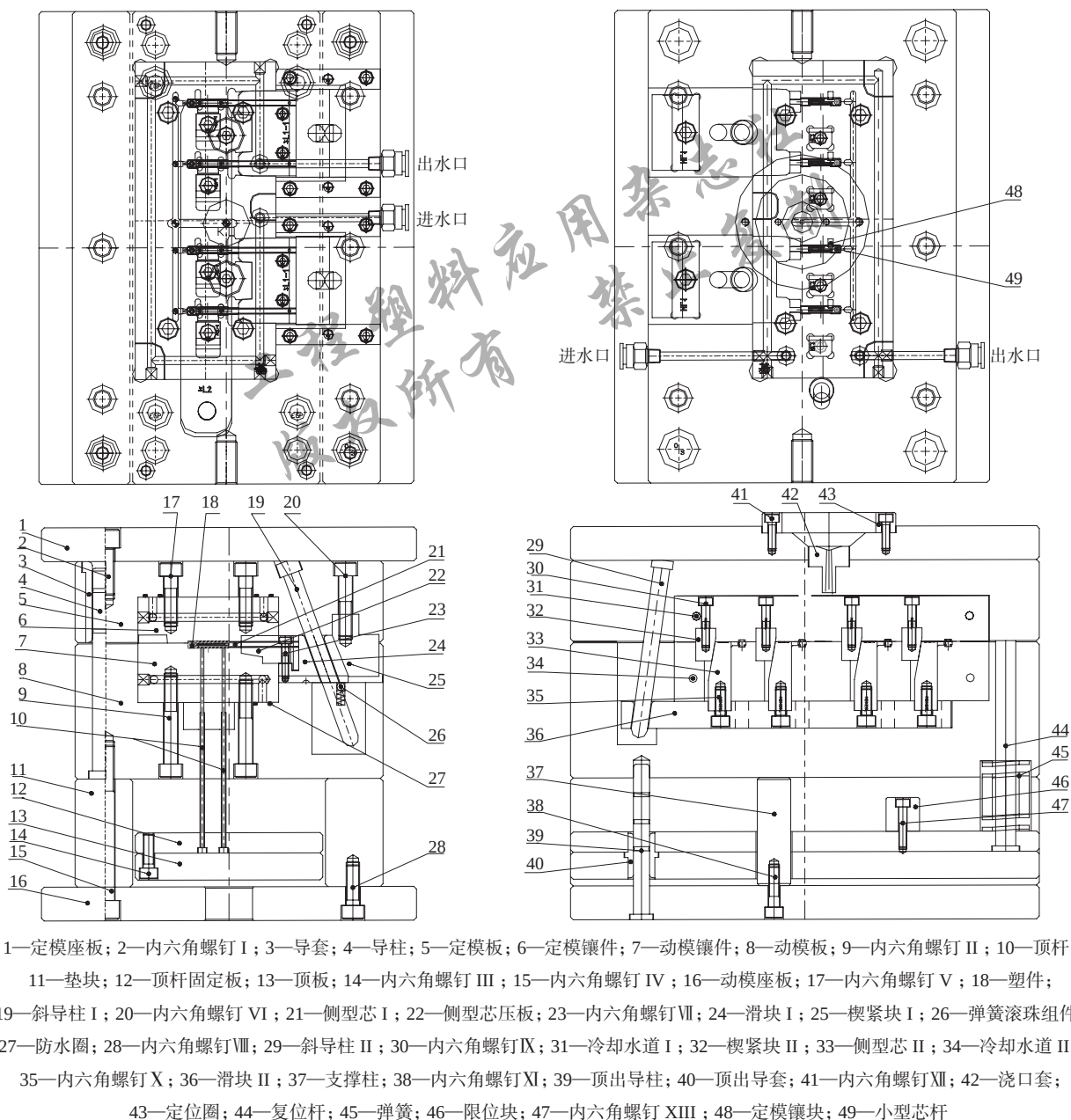


图 11 模具装配图

I 21)、滑块 II 36 成型部分 (侧型芯 II 33)、定模镶块 48 及小型芯杆 49 等组合而成。模具经过充填、保压、补缩和冷却定型后准备好开模。

(3) 模具开模。合模系统带动动模和定模从分型面处开始分开,当动模后撤到一定位置时完成开模;与此同时在开模力的作用下斜导柱 I 19 和斜导柱 II 29 分别驱动滑块 I 24 和滑块 II 36 抽出侧型芯。

(4) 模具脱模。模具顶出机构在注射机顶棒的推顶作用下与动模其它部分产生相对运动,于是塑件和浇注系统凝料被从动模中顶出脱落,就此完成一次模具工作过程<sup>[9-11]</sup>。

#### 4 结语

设计了一套细长感应开关壳体的一模四腔的两板式抽芯模具。针对塑件宽度方向抽芯机构在模具内部而导致的设计难题,创新设计一套特殊的侧抽芯机构来同时完成 4 个塑件的抽芯功能。该设计简化了模具结构,缩小了模具体积。生产实践证明,该模具设计合理,运行平稳,批量生产的塑件变形小,质量良好,达到了预期效果,对同类产品的模具开发具有较好的参考价值。

#### 参考文献

- [1] 何伟壮. 有机硅阻燃 PBT 及其合金的制备与性能研究 [D]. 杭州: 杭州师范大学, 2017.  
He Weizhuang. Preparation and properties of organosilicon flame retardant PBT and alloy [D]. Hangzhou: Hangzhou Normal University, 2017.
- [2] 徐佩弦. 塑料注射成型与模具设计指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.  
Xu Peixuan. Guidelines for plastic injection molding and mold design [M]. Beijing: China Machine Press, 2013.
- [3] 沈言锦. 饮水机接线端外壳注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2016, 44(9): 79-82.  
Shen Yanjin. Mold design of drinking machine terminal shell [J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(9): 79-82.
- [4] 宾哲桂, 黄镇谨. 基于 CAD/CAE 的平板电脑后壳倒灌注塑模具设计 [J]. 塑料工业, 2019, 47(3): 55-61.  
Bin Zhegui, Huang Zhenjin. Design of inverted filling mold for back shell of tablet computer based on CAD/CAE [J]. China Plastics Industry, 2019, 47(3): 55-61.
- [5] 冯文健, 黄镇谨, 王华金. 数据线插头盖二次顶出斜顶脱模机构及注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(7): 93-99.  
Feng Wenjian, Huang Zhenjin, Wang Huajin. Design of injection mould and inclined top ejecting mechanism with secondary ejection of data line plug cover [J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(7): 93-99.
- [6] 黄继战, 范玉, 仇文宁, 等. 基于 UG NX 的汽车音响面板注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2017, 45(9): 80-83.  
Huang Jizhan, Fan Yu, Qiu Wenning, et al. Design of injection mould for car audio panel based on UG NX [J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(9): 80-83.
- [7] 张维合. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.  
Zhang Weihe. Plastic forming technology and die design [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.
- [8] 王晖, 刘军辉. 注射模设计方法及实例解析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.  
Wang Hui, Liu Junhui. Design method and example analysis of injection mold [M]. Beijing: China Machine Press, 2013.
- [9] 黄继战, 范玉, 仇文宁, 等. 汽车音响塑料面板热流道模具设计 [J]. 塑料科技, 2017, 45(10): 96-101.  
Huang Jizhan, Fan Yu, Qiu Wenning, et al. Design of hot runner mold for car Audio plastic panel [J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(10): 96-101.
- [10] 陈剑玲. 茶杯杯螺旋底盖侧抽芯热流道注塑模设计 [J]. 中国塑料, 2015, 29(9): 89-92.  
Chen Jianling. Design of injection molds with core-pulling mechanism and hot runner systems for screwed-bowl-covers [J]. China Plastics, 2015, 29(9): 89-92.
- [11] 黄继战, 范玉. 汽车侧后视镜壳体注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(5): 110-114.  
Huang Jizhan, Fan Yu. Design of injection mold for automobile side rear view mirror shell [J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(5): 110-114.

#### (上接第 78 页)

- [16] 郭大闯, 朱向哲, 滕健, 等. 平行三螺杆挤出机聚合物混沌混合的拉格朗日拟序结构分析 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(3): 65-71.  
Guo Dachuang, Zhu Xiangzhe, Teng Jian, et al. Lagrangian coherent structures analysis of chaotic mixing in parallel arranged tri-screw extruder [J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(3): 65-71.
- [17] 何昱煜, 程军, 刘益剑, 等. 高温 FDM 喷头的有限元建模及温度场仿真 [J]. 塑料, 2019, 48(2): 79-81.  
He Yuyu, Cheng Jun, Liu Yijian, et al. Finite element modeling and temperature field simulation of high temperature FDM sprinkler [J]. Plastics, 2019, 48(2): 79-81.
- [18] 李娇. 聚乙烯用阻燃剂研究进展 [J]. 工程塑料应用, 2016, 44(2): 145-148.  
Li Jiao. Research progress on flame retardant for polyethylene [J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(2): 145-148.
- [19] 杨磊, 马睿, 黄部东, 等. FDM 3D 打印挤出螺杆设计及应用研究 [J]. 铸造设备与工艺, 2017(3): 8-10, 15.  
Yang Lei, Ma Rui, Huang Budong, et al. Study on application and design of extrusion screw for FDM 3D printing [J]. Foundry Equipment & Technology, 2017(3): 8-10, 15.