

## 摘 要

塑料制品具有原料来源丰富,价格低廉,性能优良等特点。它在电脑、手机、汽车、电机、电器、仪器仪表、家电和通讯产品制造中具有不可替代的作用,应用极其广泛。注射成形是成形热塑件的主要方法,因此应用范围很广。

本次的毕业设计是蛋糕切刀的注塑模的设计。蛋糕切刀具有重量轻、易清洁、耐腐蚀老化、强度高、有一定韧性,制作方便、价格低廉、美观等特点。

依据产品的数量和塑料的工艺性能确定塑件采用注射成形法生产。该产品设计为大批量生产,故设计的模具要有较高的注塑效率,浇注系统要能够自动脱模,此外为保证塑件表面质量采用侧浇口,因此选用单分型面注射模,侧浇口自动脱模结构。模具的型腔采用一模两腔平衡布置,浇注系统采用侧浇口成形,推出形式为四推杆推出机构完成塑件的推出。由于塑件的工艺性能要求注塑模中有冷却系统,因此在模具设计中也进行了设计。本次的设计中不仅参考了大量纸质文献,而且在互联网上查阅资料,设计过程比较完整。EMX 可以使设计师直接调用公司的模架,节省模具设计开发周期,节约成本,减少工作量。故本次设计基于 EMX 插件完成,即顺应了时代发展的要求,又大大减少了设计时间。

**关键词:** 单分型面注射模具 蛋糕切刀 EMX

## ABSTRACT

Plastic products with rich sources of raw materials, low prices, excellent performance and so on. It is in the computer, mobile phone, automobile, electrical, electrical, instrumentation, home appliances and communications products manufacturing has an irreplaceable role, the application is extremely extensive. Injection molding is the main method of forming thermoplastic parts, so the application range is very wide.

According to the number of products and the performance of plastic to determine the use of plastic injection molding method. The product is designed for mass production, so the design of the mold to have a higher injection efficiency, gating system to be able to automatically stripping, in addition to ensure that the plastic surface quality side gate, so use single-point injection mold, side Gate automatic stripping structure. The cavity of the mold is arranged in a mold and two chambers, and the pouring system adopts the side gate forming, and the form of the four push rods is introduced to complete the introduction of plastic parts. As the plastic parts of the process performance requirements of the injection mold has a cooling system, so the mold design is also designed. This design not only refers to a large number of paper documents, but also access to information on the Internet, the design process is relatively complete.

EMX can make the designer directly call the company's mold, saving mold design and development cycle, cost savings, reduce the workload. So this design is based on EMX plug-in completed, that is, conform to the requirements of the development of the times, but also greatly reduces the design time.

**Key words:** Single part injection mold Cake cutter EMX

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 塑料模的功能 .....	1
1.2 塑料模的发展状况 .....	1
1.3 本设计的意义和目的 .....	2
<b>第二章 塑件成型工艺性分析</b> .....	4
2.1 塑件及材料的分析 .....	4
2.2 拟定模具的结构形式 .....	6
2.3 浇注系统的设计 .....	9
2.4 章节小结.....	13
<b>第三章 成型零件的结构设计及计算</b> .....	14
3.1 成型零件的结构设计 .....	14
3.2 成型零件钢材的选用 .....	14
3.3 成型零件工作尺寸的计算 .....	16
3.4 模架的确定 .....	17
3.5 排气槽的设计 .....	18
3.6 脱模推出机构的设计 .....	19
3.7 导向与定位结构的设计 .....	19
3.8 章节小结 .....	19
<b>第四章 整体设计</b> .....	21
4.1 模具总装图 .....	21
4.2 模具的工作原理 .....	22
4.3 模具的安装试模 .....	22
<b>设计小结</b> .....	24
<b>谢辞</b> .....	25
<b>参考文献</b> .....	26

# 第一章 绪论

## 1.1 塑料模具的功能及模具业的地位

塑料模具是实现塑料成型生产的专用生产工具和主要工艺设备。利用塑料模具可以成型各种形状和尺寸的塑料制件，如日常生活中常见的塑料茶具、塑料餐具及家用电器中的各种塑料外壳。

模具是制造业的一种基本工艺装备，它的作用是控制和限制材料（固态或液态）的流动，使之形成所需要的形体。用模具制造零件以其效率高，产品质量好，材料消耗低，生产成本低而广泛应用于制造业中<sup>[1]</sup>。

模具是一种重要的国工工艺装备，是国民经济各工业部门发展的重要基础之一。模具是压力加工或其它成形加工工艺中，使材料变形制成产品的一种重要工艺装备，应用广泛。它在锻造、塑料加工、压铸等行业中起着重要作用。模锻件、冲压件、挤压和拉拔件等，都是使金属材料在模具中发生塑性变形而获得的；压铸零件、粉末冶金零件也在模具中充填加工成形的；而塑料、陶瓷、玻璃制品等非金属材料的成形加工也多是依靠模具。少无切削加工是机械制造业发展的一个方向，而模具是利用压力加工实现无切削工艺的关键。模具成形有优质、高产、低消耗和低成本等特点，因此得到了广泛应用。据初步统计：依靠模具加工的产品和零件，电行业占 80%，机电行业占 70% 以上。轻工、军工、冶金及建材等行业大部分产品和生产都离不开模具<sup>[2]</sup>。

## 1.2 我国塑料模的发展及现状

近年来我国的模具技术有了很大的发展，在大型模具方面，已能生产大屏彩电注塑模具、大容量洗衣机全套塑料模具以及汽车保险杠和整体仪表板等塑料模具。机密塑料模具方面，已能生产照相机塑料件模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具。

在成型工艺方面，多材质塑料成形模、高效多色注塑模、镶件互换结构和抽芯脱模机构的创新业取得了较大进展。气体辅助注射成形技术的使用更趋成熟。热流道模具开始推广，有些单位还采用具有世界先进水平的高难度针阀式热流道模具。

近年来，随着塑料工业突飞猛进地向前发展，模具设计和制造工业也发生了根本的变化。高效率、自动化、大型、超小型、高精度、高

寿命的模具在整个模具产量中所占的比例越来越大。据统计,汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表、自行车、电冰箱、电风扇等,分别有60%、85%和92%以上的零件用模具进行成型加工。模具生产的费用将占产品成本的10%-30%且逐步提高。因此日本称模具是进入“富裕社会的原动力” 德国称为“金属加工中的帝王”工业发达国家的模具工业已成为独立的行业,把模具技术水平作为国家机械制造工艺水平的重要标志之一。而国内塑料塑件在人们的日常生活中及现代工业生产领域中占有很重要的地位。采用模具成型的工艺代替传统的切削加工工艺,可以提高生产效率,保证零件质量,节约材料,降低生产成本,从而取得很高的生产效率。因此,在机电、仪表、化工、汽车和航天航空等领域,塑料已成为金属的良好代用材料并得到了广泛的应用,出现了金属材料塑料化的趋势。作为最有效的塑料成型方法之一的注射成型技术具有可以一次成型各种结构复杂和尺寸精密的塑件。成型周期短、生产率高、大批生产时成本低廉、易于实现自动化或自动化生产等优点,因此,世界塑料成型模具产量中约半数以上是注射模具<sup>[2]</sup>。

近几年来,在我国其发展速度之快、需求量之大是前所未有的,但总体上与工业发达的国家相比仍有较大的差距。目前,我国模具工业的当务之急是加快技术进步,调整产品结构,增加高档模具的比重,质中求效益,提高模具的国产化程度,减少对进口模具的依赖。未来国内外塑性模具的制造技术和成型技术有如下发展趋势:1)在模具设计制造中广泛应用CAD/CAE/CAM技术;2)高速铣削加工将得到更广泛地应用;3)在塑料模具中推广应用热流道技术、注射成型和高压注射成型技术;4)提高模具标准化水平和模具标准件的使用率;5)研究和应用模具的高速测量技术与逆向工程;6)虚拟技术将得到发展;7)模具自动加工系统的研制和发展。广泛应用CAD/CAE/CAM技术,逐步走向集成化的方向发展。

### 1.3 本设计的依据和意义

随着现代制造技术的迅速发展、计算机技术的应用,模具已经成为生产领域中的重要工艺装备。特别是在塑料产品的生产过程中,塑料模具的应用及其广泛,在各类模具中的地位也越来越突出,成为各类模具设计、制造与研究中最具有代表意义的模具之一。而注塑模具已经成为制造塑料制品的主要手段之一,且发展成为最有前景的模具之一。注射成型是当今市场上最常用、最具前景的塑料成型方法之

一，因此注塑模具作为塑料模的一种，就具有很大的市场需求量。所以我选蛋糕切刀注塑模具设计作为我毕业设计的课题。

本课题应用性强，涉及的知识面与知识点较多，如注塑成型、模具设计、三维造型、运动仿真以及二维三维软件的应用。

通过本课题的设计，培养和锻炼了我以下基本能力：（1）塑料件制品涉及及成型工艺的选择（2）一般塑料件制品成型模具的设计能力（3）掌握模具设计常用的商业软件（proe5.0）及同实际设计的结合的能力（4）掌握了模具行业中常用辅助软件 EMX 的使用方法（5）使自己在文档组织与检索方面的能力得到提高（6）掌握写论文的一般步骤及格式方法，同时提高自己的学习、思考、解决问题的能力，因为注塑模具对我来说是一个新的领域。

## 第二章 塑件成型工艺性分析

### 2.1 塑件及材料的分析

#### 2.1.1 蛋糕切刀的成型工艺性分析

如图为蛋糕切刀的塑件图，单位 mm

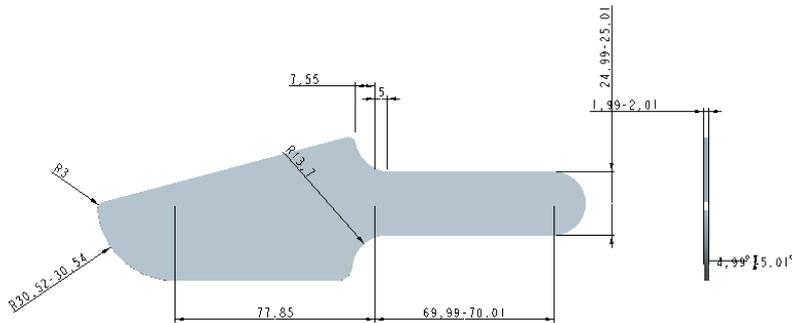


图 2-1 塑件图

(1) 产品名称: 水果刀刀壳

(2) 产品材料: 聚乙烯 (PE)

塑件材料特性: 聚乙烯塑料是塑料工业中产量最大品种。按聚合时采用的压力不同可分高压、中压和低压三种。低压聚乙烯的分子链上支链较少, 相对分子质量、结晶度和密度较高, 所以低压聚乙烯比较硬, 耐磨、耐蚀、耐热及绝缘性较好。高压聚乙烯分子带有许多支链, 因而相对分子质量较低, 且具有较好的有软性、耐冲击性及透明性

(3) 塑件材料成形性能: 聚乙烯成型时, 在流动方向与垂直方向的收缩差异较大。注射方向的收缩大于垂直方向的收缩率, 易产生变形, 聚乙烯收缩率的绝对值较大成型收缩率 也较大, 易产生缩孔, 冷却速度慢, 必须充分冷却, 且冷却速度要均匀; 质软易脱模, 塑件有浅的侧凹时可强行脱模。

(4) 产品数量: 大批量生产

(5) 塑件尺寸: 如图 2-1 所示

(6) 塑件颜色: 土黄、米白、乳白等各种颜色, 可根据需要任意选择

(7) 塑件材料物理性能(查文献[1]可得):

1) 密度:  $0.91\sim 0.96 \frac{g}{cm^3}$

- 2) 收缩率: 1.0% ~ 3.0%
- 3) 热变形温度: 83°C ~ 103°C
- 4) 熔点: 92°C
- 5) 屈服强度: 37MPa
- 6) 抗弯强度: 67MPa
- 7) 弯曲弹性模量: 1.45GPa
- 8) 抗压强度: 56MPa

(8) 塑件质量: 该产品材料为 PE, 由上得知其密度

$$0.91 \sim 0.96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

收缩率为 1.0% ~ 3.0%, 计算出平均密度为  $0.92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , 平均收缩 2.0%。通过 PRO/E 的分析功能, 得到蛋糕切刀的大致质量和质量。

$$\text{体积 } V = 13200 \text{ mm}^3$$

$$\text{质量 } m = \rho V = 12.44 \text{ g}$$

(9) 塑件分析: 塑件外侧表面光滑, 下端外沿不允许有浇口痕迹。塑件厚度为 2mm, 外形尺寸不大, 塑料熔体流程不是太长, 适合于注射成型。参考教材表 2-10 选择该塑件的脱模斜度为 1°。

### 2.1.2 PE 成型工艺参数

查文献[3] 表 3-1 得:

- (1) 预热温度: 80°C ~ 85°C
- (2) 预热时间: 2h
- (3) 温度: 1) 后段: 230°C ~ 250°C
  - 2) 中段: 240°C ~ 260°C
  - 3) 前段: 230°C ~ 240°C
  - 4) 喷嘴温度: 220°C ~ 230°C
  - 5) 模具温度: 80°C ~ 100°C
- (4) 注射压力: 80MPa ~ 120MPa
- (5) 成型时间: 1) 注射时间: 0 ~ 5s
  - 2) 保压时间: 20 ~ 80s
  - 3) 冷却时间: 20 ~ 50s
  - 4) 成型周期: 50 ~ 140s
- (6) 塑化形式: 螺杆式
- (7) 喷嘴形式: 直通式

### 2.1.3 关于 PE 设计时应该考虑的问题

(1) 结晶性料，吸湿性小，可能发生熔体破裂，长期与热金属接触易发生分解。

(2) 成型收缩范围大，收缩率大，易发生缩孔、凹痕、变形、取向性强。

(3) 塑件应壁厚均匀，避免缺口、尖角，以防止应力集中。

(4) 注意控制成型温度，料温低取向性明显，尤其低温高压时更明显，模具温度低于  $50^{\circ}\text{C}$  以下塑件无光泽，易产生熔接痕，流痕； $90^{\circ}\text{C}$  以上时易发生翘曲、变形。

## 2.2 拟定模具的结构形式

### 2.2.1 分型面位置的确定

由于分型面受到塑件在模具中的成型位置、浇注系统设计、塑件结构工艺性及尺寸精度、嵌件的位置、塑件的推出、排气等多种因素的影响，因此在选择分型面时应综合分析比较以选出较为合理的方案。通过对塑件结构形式的分析，分型面应选在有利于开模取出塑件的底平面上，其位置如图 2-2 所示。

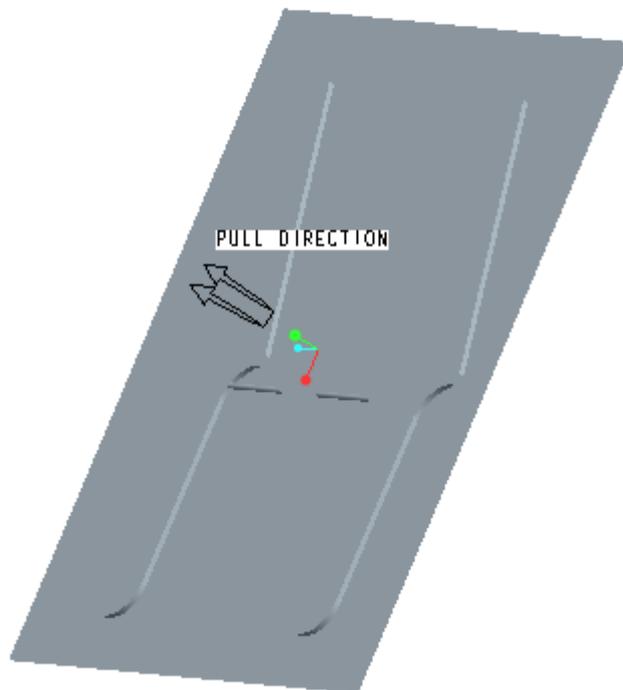


图 2-2 分型面

### 2.2.2 型腔数量和排列方式的确定

由于塑件形状比较简单，质量较小，且需求大批量生产，考虑到塑件的长宽比，所以模具选用一模两腔平衡布置，采用单分型面注塑模。浇口形式采用侧浇口进料，这样模具尺寸较小，制造方便，利于充满型腔，塑件质量高，生产效率高，成本低，型腔排列如图 2-3 所示：

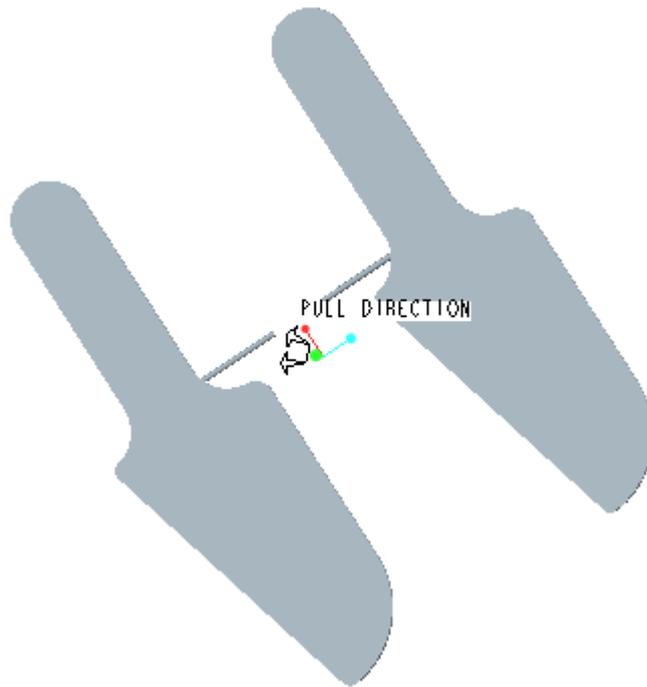


图 2-3 型腔数量的排列布置

从上面的分析可知，本模具设计为一模两腔，非完全对称直线排布，根据塑件结构形状，推出机构拟采用脱模板推出的形式。浇注系统设计时，流道采用对称平衡式，浇口采用侧浇口，且开设在分型面上。因此，定模部分不需要单独开设分型面取出凝料，动模部分需要添加型芯固定板、支撑板和脱模板。由上分析可选用带脱模板的单分型面注射模。

### 2.2.3 注射机型号的确

#### (1) 注射机的选择

浇注系统的凝料在设计之前是不能确定准确的数值，但是可以根据经验按照塑件体积的 0.2~1 倍来估算。由于本次采用的流道简单并且较短，因此浇注系统的凝料按照体积的 0.2 倍来计算，故一次注入模具型腔的塑料熔体的总体积(即浇注系统的凝料和 2 个塑件体积之和)为

$$V_{\text{总}}=V_{\text{塑}}(1+0.2)\times 2=13200\times(1+0.2)=31700\text{mm}^3=31.7\text{cm}^3$$

结合文献[3]中式(4-18)则有： $V_{总}/0.8=31.7/0.8=39.625cm^3$ 。  
 根据以上对凝料体积的初步计算，初步选定公称注射量为  $163cm^3$ ，  
 型号为 HV-150 的注射机，其主要参数见下表

表 2-1 注射机主要技术参数

理论注射容量/ $cm^3$	2163	顶出行程/mm	120
螺杆柱塞直径/mm	35	注射方式	螺杆式
注射压力/MPa	183	开模行程/mm	430
注射速率/ $g \cdot s^{-1}$	130	回缩力/kN	35
锁模结构	曲肘	模板最大厚度/mm	20
射出重量/g	89	顶出力/kN	40
锁模力/kN	1500	顶出行程/mm	120
拉杆内间距/mm	460×460	模板最小厚度/mm	160

## (2) 注射机相关参数的校核

1) 注射压力校核。查文献[3]式 4-1 可知，PE 成型时所需注射压力为  $70 \sim 100MPa$ ，这里取  $p_0 = 90MPa$ ，注射机注射压力为  $p_{公} = 183MPa$ ，注射机安全系数  $k_1 = 1.25 \sim 1.4$ ，这里取  $k_1 = 1.3$ ，则：

$$k_1 p_0 = 1.3 \times 90 = 117 < p_{公}，\text{所以注射机注射压力合格。}$$

## 2) 锁模力校核

① 塑件在分型面上的投影面积  $A_{塑}$ ，则

由 PROE 分析得出  $A_{塑} = 6548.91mm^2$ ，取整为  $6549mm^2$

② 浇注系统在分型面上的投影面积  $A_{浇}$ ，即流道凝料（包括浇口）在分型面上的投影面积  $A_{浇}$  数值，可以按照多型腔模的统计分析来确定。 $A_{浇}$  是每个塑件在分型面上的投影面积  $A_{塑}$  的  $0.2 \sim 0.5$  倍。由于本次设计的流道简单，分流道相对较短，因此流道凝料投影面积可以适当取小一些。这里取  $A_{浇} = 0.2A_{塑}$ 。

③ 塑件和浇注系统在分型面上总的投影面积  $A_{总}$ ，则

$$A_{总} = n(A_{塑} + A_{浇}) = 2 \times 1.2A_{塑} = 2 \times 1.2 \times 6549 = 15717.6mm^2$$

④ 模具型腔内的胀型力  $F_{胀}$ ，则

$$F_{胀} = A_{总} p_{模} = 15717.6 \times 35N = 550116N = 550.116KN$$

式中， $p_{模}$  是型腔的平均计算压力值。 $p_{模}$  是模具型腔内的压力，通常取注射压力的  $20\% \sim 40\%$ ，大致范围为  $20 \sim 40MPa$ 。由于本设计对塑件精度要求不高，可取  $p_{模} = 35MPa$ 。

由文献[3]表 2-1 知该注射机的公称锁模力为  $1500kN$ ，锁模力安全系数为  $k_2 = 1.1 \sim 1.2$ ，这里取  $k_2 = 1.2$ ，则

$k_2 F_{\text{胀}} = 1.2 F_{\text{胀}} = 1.2 \times 550.116 = 660.192 < F_{\text{胀}}$ ，所以，注射机锁模力合格。

对于其他安装尺寸的校核要等到模架选定，结构尺寸确定后方可进行。

## 2.3 浇注系统的设计

### 2.3.1 主流道的设计

主流道通常位于模具中心塑料熔体的入口处，它将注射机喷嘴注射出的熔体导入分流道或型腔中。主流道的形状为圆锥形，以便熔体的流动和开模时主流道凝料的顺利拔出。主流道的尺寸直接影响到熔体的流动速度和充模时间。另外，由于其与高温塑料熔体及注射机喷嘴反复接触，因此设计中常设计成可拆卸更换的浇口套。

#### (1) 主流道尺寸

1) 主流道的长度：本设计中初取  $L=50\text{mm}$  进行设计。

2) 主流道小端直径： $d=\text{喷嘴尺寸} + (0.5 \sim 1) \text{mm} = (4+0.5) \text{mm} = 4.5\text{mm}$ 。

3) 主流道大端直径： $d' = d + 2 L \tan(\vartheta/2) \approx 8\text{mm}$ ，式中  $\vartheta = 4^\circ$ 。

4) 主流道球面体积： $S R_0 = \text{注射机喷嘴球头半径} + (1 \sim 2) \text{mm} = (12+2) = 14\text{mm}$ 。

5) 球面的配合高度： $h=3\text{mm}$ 。

#### (2) 主流道的凝料体积

$$V_{\text{主}} = \frac{\pi}{3} L_{\text{主}} (R_{\text{主}}^2 + r_{\text{主}}^2 + R_{\text{主}} r_{\text{主}}) = \frac{3.14}{3} \times 50 \times (4.5^2 + 2.25^2 + 4 \times 2.25) \\ \approx 1150\text{mm}^3 = 11.5\text{cm}^3$$

(3) 主流道当量半径  $R_n = \frac{2.25+4}{2} = 3.125\text{mm}$

(4) 主流道浇口套的形式 主流道衬套为标准件可选购。主流道小端入口处与注射机喷嘴反复接触，易磨损。对材料的要求较严格，因而尽管小型注射模可以将主流道浇口套与定位圈设计成一个整体，但考虑上述因素通常仍然将其分开来设计，以便于拆卸更换。同时也便于选用优质钢材进行单独加工和热处理。设计中常采用碳素钢 (T8A 或 T10A)，热处理淬火表面硬度为  $50 \sim 55\text{HRC}$ ，如图 2-4 所示。

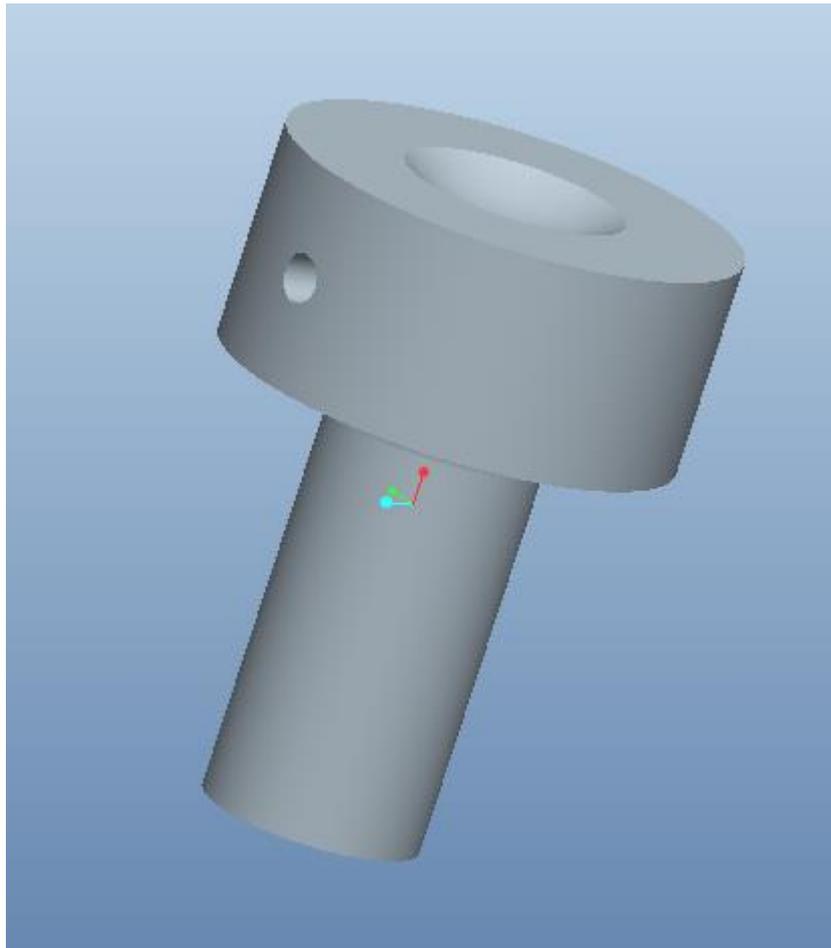


图 2-4 主流道浇口套结构形式

### 2.3.2 分流道的设计

(1) 分流道的布置形式 在设计时应考虑尽量减少在流道内的压力损失和尽可能避免熔体温度降低，同时还要考虑减小分流道的容积和压力平衡，把塑料熔体均衡地分配到各个型腔，因此采用非平衡式分流道。

(2) 分流道长度 由于流道设计简单，根据两个型腔的结构设计，分流道较短，故设计时可适当选小一些。单边分流道长度  $L$  取 28mm，如图 2-2 所示。

(3) 分流道的当量直径 因为该塑件的质量  $m = 12.44\text{g} < 200\text{g}$ ，根据文献[3]式 (4-16)，分流道的当量直径为

$$D_{\text{分}} = 0.2654 \sqrt{m_{\text{塑}}} \sqrt[4]{L_{\text{分}}} = 0.2654 \times \sqrt{12.144} \times \sqrt[4]{35} = 2.2496\text{mm}$$

实际设计参照表 4-7 时取整为 5mm。

(4) 分流道截面形状 常用的分流道截面形状有圆形、梯形、U形、六角形等，为了便于加工和凝料的脱模，分流道大多设计在分型

面上。本设计采用圆形截面，其效率最高，即具有最小的压力降和热损失。

$$(5) \text{ 分流道截面尺寸 } A_{\text{分}} = \frac{\pi D_{\text{分}}^2}{4} = \frac{\pi \times 5^2}{4} = 19.625 \text{ mm}^2$$

(6) 凝料体积

$$1) \text{ 分流道长度 } L_{\text{分}} = 28 \times 2 = 56 \text{ mm}$$

$$2) \text{ 凝料体积 } V_{\text{分}} = L_{\text{分}} A_{\text{分}} = 56 \times 19.625 = 1099 \text{ mm}^3 \approx 1.1 \text{ cm}^3$$

(7) 校核剪切速率

1) 确定注射时间：查文献[3]表 4-8，可取  $t = 1.6 \text{ s}$ 。

$$2) \text{ 计算分流道体积流量： } q_{\text{分}} = \frac{v_{\text{分}} + v_{\text{分}}}{t} = \frac{1.1 + 13.2}{1.8} \\ = 7.9 \text{ cm}^3$$

3) 由文献[3]式 4-20 可得剪切速率

$$\dot{\gamma}_{\text{分}} = \frac{3.3 q_{\text{分}}}{\pi R_{\text{分}}^3} = \frac{3.3 \times 7.9}{3.14 \times 2.5^3} = 5.31 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

该分流道的剪切速率处于浇口主流道与分流道的最佳剪切速率  $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$  之间，所以，分流道内熔体的剪切速率合格。

(8) 分流道的表面粗糙度和脱模斜度 分流道的表面粗糙度要求不是很低，一般取  $Ra 1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$  即可，此处取  $Ra 1.6 \mu\text{m}$ 。

### 2.3.3 浇口的设计

该塑件要求不允许有裂纹和变形缺陷，表面质量要求较高，采用一模八腔注射，为便于充模时的剪切速率和封闭时间，因此采用侧浇口。其截面形状简单，易于加工，便于试模后修正，且开设在分型面上，从型腔的边缘进料。

(1) 侧浇口尺寸的确定

1) 计算侧浇口的深度。根据文献[3]表 4-10，可得侧浇口的深度  $h$  计算公式为  $h = nt = 0.7 \times 2 = 1.4 \text{ mm}$

式中， $t$  是塑件壁厚，这里  $t = 2$ ，对于 PE，其成型系数  $n = 0.7$ 。

在工厂进行设计时，浇口深度常常先取小值，以便在今后试模时发现问题进行修模处理，故此处浇口深度  $h$  取  $2 \text{ mm}$ 。

2) 计算侧浇口的宽度。根据表 4-10，可得侧浇口的宽度  $B$  的计算公式为

$$B = \frac{n\sqrt{A}}{30} = \frac{0.7 \times \sqrt{7423}}{30} = 2.01\text{cm}$$

式中， $n$  是成型系数，对于 PE 其=0.7； $A$  是凹模的内表面积，通过 PROE 建模得到。

3) 计算侧浇口的长度。根据表 4-10，可得侧浇口的长度  $L_{\text{浇}}$  一般选用 0.7~2.5mm，这里取  $L_{\text{浇}} = 0.7\text{mm}$ 。

(2) 侧浇口剪切速率的校核

1) 计算浇口的当量半径。由于面积相等可得，由此矩形浇口的

$$\text{当量半径 } R_{\text{浇}} = \left(\frac{Bh}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} = 0.7156\text{mm}。$$

2) 校核浇口的剪切速率

①确定注射时间：查表 4-8，可取  $t=1.6\text{s}$

②计算浇口的体积流量：

$$q_{\text{浇}} = \frac{V_{\text{塑}}}{t} = \frac{39.625}{1.6} = 8.25\text{cm}^3/\text{s} = 8250\text{mm}^3/\text{s}$$

③计算浇口的剪切速率：由式 (4-20) 可得： $\dot{\gamma}_{\text{浇}} = \frac{3.3qv}{\pi R_n^3}$ ，则

$$\dot{\gamma}_{\text{浇}} = \frac{3.3 \times 8250}{3.14 \times 0.7156^3} = 23660\text{mm}^3$$

该矩形侧浇口的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 5000~50000 $\text{s}^{-1}$  之间，所以，浇口的剪切速率合格。

### 2.3.4 校核主流道的剪切速率

(1) 计算主流道的体积流量

$$q_{\text{主}} = \frac{v_{\text{主}} + v_{\text{分}} + nv_{\text{塑}}}{t} = \frac{1500 + 612.5 + 2 \times 13200}{1.6} = 17820.3\text{mm}^3/\text{s}$$

(2) 计算主流道的剪切速率

$$\dot{\gamma}_{\text{主}} = \frac{3.3q_{\text{主}}}{\pi R_n^3} = \frac{3.3 \times 17820.3}{3.14 \times 3.125^3} = 613.7\text{s}^{-1}$$

主流道内熔体的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 500~5000 $\text{s}^{-1}$  之间，所以，主流道的剪切速率校核合格。

### 2.3.5 冷料穴的设计及计算

冷料穴位于主流道正对面的动模板上，其作用主要是收集熔体前锋的冷料，防止冷料进入模具型腔而影响制品的表面质量。本设计仅有主流道冷料穴。由于该塑件表面要求没有印痕，采用脱模板推出塑件，故采用与球头形拉料杆匹配的冷料穴。开模时，利用凝料对球头的包紧力使凝料从主流道衬套中脱出

## **2.4 章节小结**

本章主要对塑件及其材料进行了简单分析，初步选择注射机型号，并且简单设计了浇注系统的结构形式。

## 第三章 成型零件的结构设计及计算

### 3.1 成型零件的结构设计

#### 3.1.1 凹模的结构设计

凹模是成型制品的外表面的成型零件。按凹模结构的不同可将其分为整体式、整体嵌入式、组合式和镶拼式四种。根据对塑件的结构分析，本设计采用整体嵌入式凹模。如图 3-1 所示。

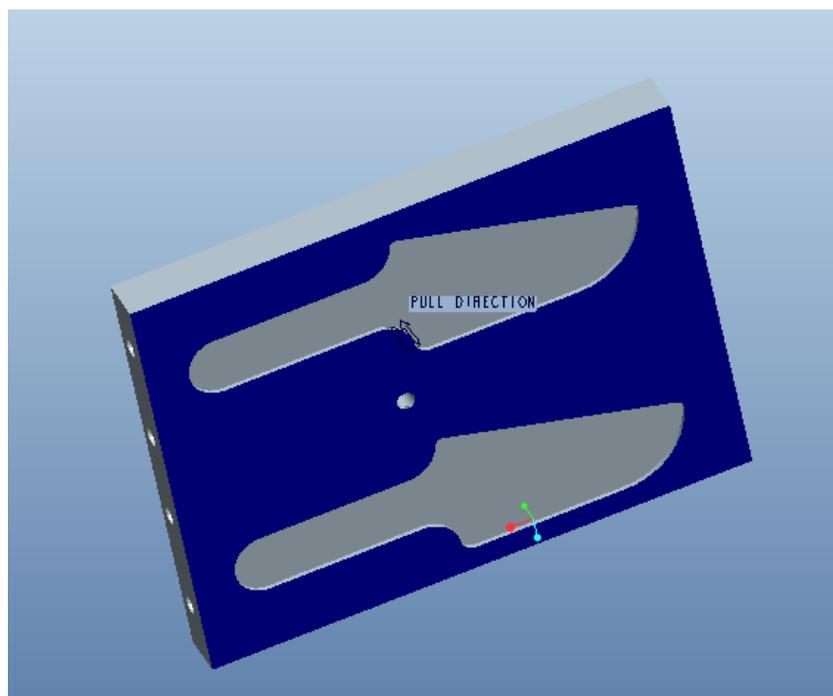


图 3-1 凹模

#### 3.1.2 凸模的结构设计（型芯）

凸模是成型塑件内表面的成型零件，通常可以分为整体式和组合式两种类型。通过对塑件的结构分析，选用整体式凸模，且无需设计型芯块。

### 3.2 成型零件钢材的选用

根据对成型塑件的综合分析，该塑件的成型塑件要有足够的刚度、强度、耐磨性及良好的抗疲劳性能，同时考虑它的机械加工性能和抛光性能。又因为该塑件是大批量生产，所以构成腔的嵌入式凹模钢材选用 T8A。

### 3.3 成型零件工作尺寸的计算

表 3-1 公差数值表[5.9-11]

基本尺寸		公差值														
		IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	到	$\mu\text{m}$							$\text{mm}$							
-	3	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

根据塑件的要求，由以上两表可查得：该塑件可按精度等级为 4 级精度选取。

此产品采用 4 级精度，属于一般精度制品。因此，凸凹模径向尺寸、高度尺寸及深度尺寸的制造与作用修正系数  $x$  取值可在 0.5~0.8 的范围之间，凸凹模各处工作尺寸的制造公差，因一般机械加工的型腔和型芯的制造公差可达到 IT7~IT8 级，综合参考，查文献[3]

表 4-15 相关计算具体如下：

$$L_M = [(1 + S_{CP})l_s - \chi\Delta]^{+\delta_z}$$

$L_M$ ：凹模径向尺寸 (mm)

$l_s$ ：塑件径向基本尺寸

$S_{CP}$ ：塑料的平均收缩率

$\nabla$ ：塑件公差值

$\delta_z$ ：凹模制造公差

(1) 凹模径向尺寸的计算

由文献[3]表 1-3 取 PE 平均收缩率 1.75%，查文献[3]表 4-15 取

$\chi=0.6$ ； $\Delta$ 是塑件上相应尺寸的公差， $\delta_z$ 是塑件上相应尺寸制造公

差，对于中小型塑件取  $\delta_z = \frac{1}{4} \nabla$

$$L_{S=0} = [(1 + 0.0175) \times 190 - 0.6 \times 0.85]_0^{\frac{0.85}{3}} = 191.415_0^{0.28} \text{ mm}$$

$$L = [(1 + 0.175) \times 25 - 0.6 \times 0.44]_0^{0.44} = 25.156_0^{0.15} \text{ mm}$$

(2) 凹模深度尺寸的计算

$$H_M = [(1 + S_{CP})H_s - \chi\Delta]_0^{\delta_z} = [2 \times (1 + 0.0175) - 0.6 \times 0.16]_0^{0.05} = 1.94_0^{0.05}$$

$H_s$  是塑件的高度尺寸， $\chi$  是系数，查表 4-15 可知一般在 0.5~0.7 之间，此处取 0.6。

### 3.4 模架的确定

本次设计采用 EMX 辅助建模，按照 HASCO 标准对模具配件进行设计。HASCO 标准是世界三大模具配件生产标准之一，以其互配性强，设计简洁，容易安装，可换性好，操作可靠，性能稳定，兼容各国家工业标准等优点屹立于世界各模具标准，与美国的 DME 标准、日本的 MISUMI 标准齐名是世界覆盖范围最广的模具配件生产标准。根据型腔的大小和导柱、导套的布置确定模架的基本尺寸为 346×346，模架结构如下图 3-2

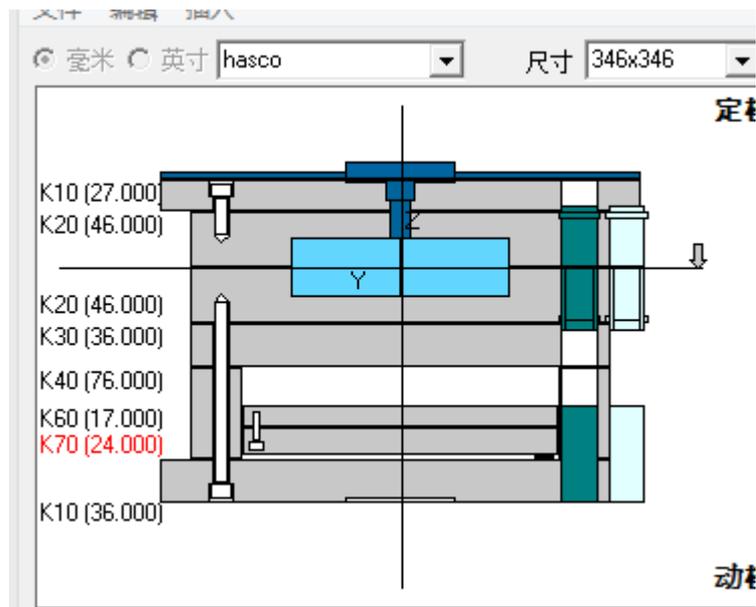


图 3-2

#### 3.4.1 各模板尺寸的确定

1) A 板尺寸。A 板是定模型腔板，凹模嵌板深度为 21mm，考虑到要在模板上开设冷水道，A 板取标准厚度为 46mm。

2) B 板尺寸。B 板是型芯固定板，按照模架标准取 46mm。

3) C 板（垫块）尺寸。垫块=推出行程+推板厚度+推杆固定板厚度+ (5~10) mm=25+17+24+(5~10) mm=71~76mm，按照标准件初步选定 76mm。

#### 3.4.2 模架各尺寸的校核

根据所选注射机来校核模具设计的尺寸。

1) 模具最大平面尺寸  $346\text{mm} \times 396\text{mm} < 460\text{mm} \times 460\text{mm}$  (拉杆间距), 校核合格。

2) 模具高度尺寸  $267\text{mm}, 180\text{mm} < 267\text{mm} < 450\text{mm}$  (模具的最大厚度和最小厚度), 校核合格。

3) 模具的开模行程  $S = H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\text{mm} = 20 + 2 + (5 \sim 10)\text{mm} = 28 \sim 33 < 430\text{mm}$  (注射机开模行程), 校核合格。

### 3.4.3 排气槽的设计

该塑件由于采用侧浇口进料, 熔体经塑件下方的台阶及中间的肋板充满型腔, 其间隙配合可作为气体排出的方式, 不会在顶部产生憋气的现象。同时, 底面的气体会沿着分型面和型芯与脱模板之间的间隙向外排出。

## 3.5 脱模推出机构的设计

### 3.5.1 推出方式的确定

本塑件底面采用推杆推出方式。推杆脱模机构是最简单、最常用的一种形式, 具有制造简单、更换方便、推出效果好等特点。推出机构的复位采用复位杆复位, 为避免长期对定模板的撞击, 复位杆断面低于定模板平面  $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ 。

### 3.5.2 脱模力的计算

开始脱模时所需的脱模力最大, 其后推出的作用仅仅是为了克服推出机构移动的摩擦力, 所以计算摩擦力的时候, 一般只计算刚开始脱模时的初始脱模力。由于脱模力的大小与塑件壁厚、与垂直于脱模方向塑件的投影面积、型芯长度、塑料袋收缩率、涂抹斜度有关, 同时也塑料盒型芯材料之间的摩擦系数有关。另外, 还与型芯数目有关。实际上, 影响脱模力的因素很多, 在计算公式中完全反应, 所以只对脱模力做了大概的分析和计算。其计算式如下:

$$F_t = Ap(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

式中,  $A$ ---塑件包络的面积,  $7423\text{mm}^2$  ;

$p$ ---塑件单位面积上的包紧力。模内冷却的塑件, 一般  $p$  取  $0.8 \times 10^7 \sim 1.2 \times 10^7 \text{pa}$ , 这里取  $1.0 \times 10^7 \text{pa}$

$\alpha$  ---脱模斜度  $1^\circ$

$\mu$  ---塑件对型芯的摩擦系数, 查文献[4] 表 4-24 取 0.23

代入式中计算得出  $F_t = 14472\text{N}$

### 3.5.3 校核推出机构作用在塑件上的单位压应力

(1) 推出面积

A 为塑件的投影面积  $6549\text{mm}^2$

(2) 推出应力

$$\sigma = \frac{1.2F}{A} = \frac{1.2 \times 14472}{6549} = 2.65\text{MPa}$$

### 3.6 冷却系统的设计

冷却系统的计算很麻烦，由于能力有限，在此只进行简单的计算。设计时忽略模具因空气对流、辐射以及与注射机接触所散发的热量，按单位时间内塑料熔体凝固时所放出的热量应等于冷却水所带走的热量。

#### 3.6.1 冷却介质

PE 属于中等黏度材料，查表 4-29 知其成型温度及模具温度分别为  $150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$  和  $50^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ 。所以，模具温度初步选定  $60^\circ\text{C}$ ，用常温水对模具进行冷却。

#### 3.6.2 冷却系统的简单计算

(1) 单位时间内注入模具中的塑料熔体总质量

1) 塑料制品的体积

$$V = V_{\text{主}} + V_{\text{分}} + nV_{\text{塑}} = (0.621 + 1.5 + 2 \times 13.2) \text{cm}^3 = 28.52 \text{cm}^3$$

2) 塑料制品的质量

$$m = V\rho = 0.92 \times 28.52 = 26.24\text{g} = 0.0262\text{kg}$$

3) 塑件壁厚为  $2\text{mm}$ ，查表 4-34 得  $t_{\text{冷}} = 12.5\text{s}$ 。参考选用注射机取注射时间  $t_{\text{注}} = 1.8\text{s}$ ；根据塑件的取出难易程度设脱模时间  $t_{\text{脱}} = 8\text{s}$ ，则塑件注射周期  $t = t_{\text{注}} + t_{\text{冷}} + t_{\text{脱}} = (12.5 + 1.8 + 8) \text{s} = 22.3\text{s}$ 。由此得每小时注射次数： $N = (3600/22.3) = 161$  次。

4) 单位时间内注入模具中的塑料熔体的总质量：

$$W = Nm = 161 \times 0.0262\text{kg} / \text{h} = 4.2182\text{kg} / \text{h}。$$

(2) 确定单位质量的塑件在凝固时所放出的热量  $Q_s$ 。查表 4-35 直接可知 PE 的单位热量  $Q_s$  的值的范围在  $(690 \sim 810) \text{KJ/kg}$ ，故可取  $Q_s = 750\text{KJ/kg}$ 。

(3) 计算冷却水的体积流量  $qv$ 。这里假定塑料凝熔体凝固和冷却过程中放出的热量全部被冷却水带走，设冷却水道入口的水温为  $\theta_2 = 22^\circ\text{C}$ ，出水口的水温为  $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$ ，取水的密度  $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ，水的比热容  $c = 4.187\text{kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ 。则根据公式可得：

$$qv = \frac{WQ_s}{60\rho c(\theta_1 - \theta_2)} = \frac{4.2182 \times 750}{60 \times 1000 \times 4.187 \times (25 - 22)} = 0.0042\text{m}^3 / \text{min}$$

(4) 确定冷却水路的直径  $d$ 。当  $qv = 0.0042\text{m}^3/\text{min}$  时，查表 4-30 可知，为了使冷却水处于湍流状态，取模具冷却水孔的直径  $d=0.008\text{m}$ 。

(5) 冷却水在管内的流速

$$v = \frac{4qv}{60 \times \pi d^2} = \frac{4 \times 0.0042}{62 \times 3.14 \times 0.008^2} = 1.3933\text{m/s}$$

(6) 求冷却管壁与水交界面的膜传热系数  $h$ 。因为平均水温为  $23.5^\circ\text{C}$ ，查表 4-31 可得  $f=0.67$  ( $f$  是与冷却介质有关的物理系数)，则有：

$$h = \frac{4.187f(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} = \frac{4.187 \times 0.67 \times (1000 \times 1.393)^{0.8}}{0.008^{0.2}} \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) =$$

$$2.4 \times 10^4 \text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

(7) 计算冷却水通道的导热总面积  $A$

$$A = \frac{WQ_s}{h\Delta\theta} = \frac{4.2182 \times 750}{2.4 \times 10^4 \times \left[60 - \frac{22 + 25}{2}\right]} \text{m}^2 = 0.0036\text{m}^2$$

其中  $\Delta\theta$  是模具平均温度与冷却水平均温度之间的差值

(8) 计算模具所需冷却水管的总长度  $L$

$$L = \frac{A}{\pi d} = \frac{0.0036}{3.14 \times 0.008} = 0.1433\text{m} = 143.3\text{mm}$$

(9) 冷却水路的根数  $\chi$ 。设每条水路的长度为  $l = 300\text{mm}$ ，则冷却水路的根数为

$$\chi = \frac{L}{l} = \frac{143.3}{300} \approx 0.48 \text{ 根}$$

单从计算结果来看，一条冷水道够用。为了提高生产效率，凹模和型芯都应得到充分的冷却，应根据实际情况加以修改。

### 3.7 导向与定位结构的设计

注射模的导向机构用于动、定模之间的开合模导向和脱模机构的运动导向。按作用分为模外定位和模内定位。模外定位是通过定位圈使模具的浇口套能与注射机喷嘴精确定位；而模内定位机构则通过导柱导套进行合模定位。本模具所成型的塑件比较简单，模具定位精度要求不是很高，因此可采用模架本身所带的定位结构。

### 3.8 章节小结

本章主要进行成型零件的结构设计和计算，参照 HASCO 标准初步拟定了模架的结构形式，确定了模架各模板的尺寸，还简单设计了排气系统和冷却系统，拟定了退出机构的形式。

## 第四章 整体设计

### 4.1 模具总装图

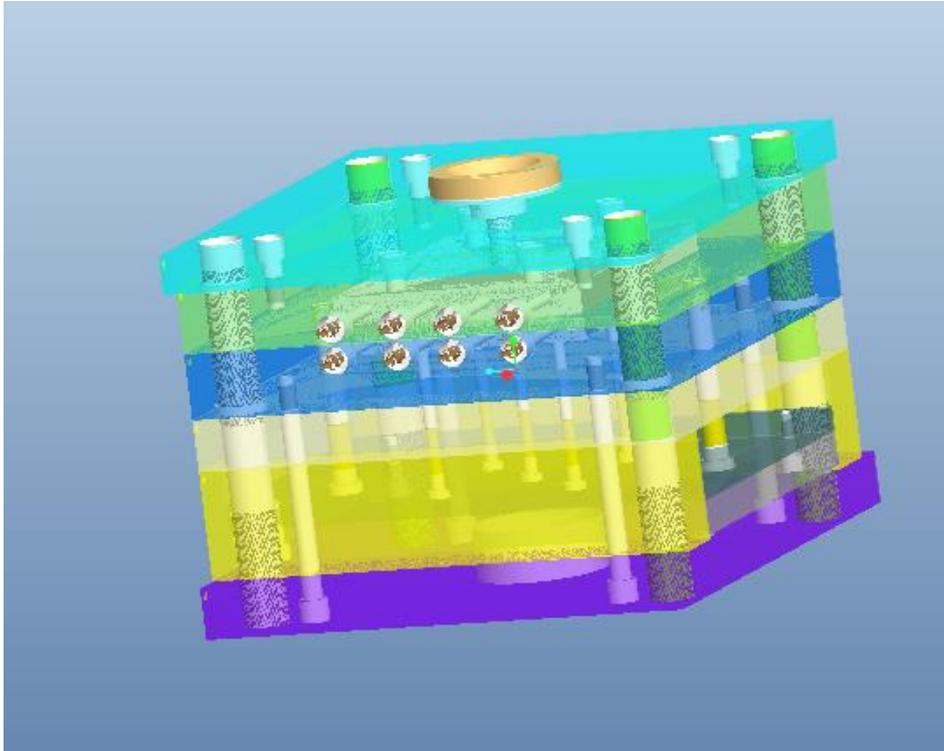


图 4-1 三维装配图

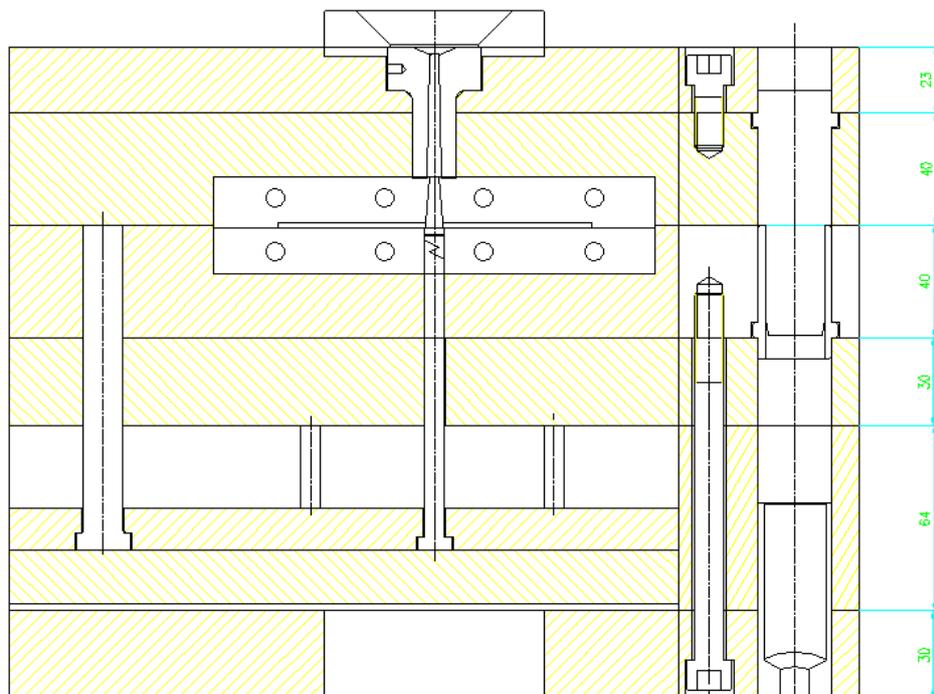


图 4-2 二维装配图

## 4.2 模具的工作原理

合模时，在导柱和导套的导向定位下，动模和定模闭合。型腔是设在定模板上的凹模，并由注射机合模系统提供的锁模力使定模板和动模板锁紧。然后注射机开始注射，塑料熔体经定模上的浇注系统进入型腔，待熔体充满型腔并经过保压、补缩和冷却定模一定时间后开模。开模时，注射机合模系统带动动模板后退，模具从动模和定模分型面分开，塑件留在凹模由于重力作用而掉落，同时拉料杆将浇注系统的主流道凝料从浇口套中拉出。当动模移动一定距离后，注射机的顶杆接触推板，推出机构开始动作，使推杆将落在定模板上的塑件推出，塑件从模具中落下，至此完成一次注射过程。合模时，推出机构靠复位杆复位并准备下一次注射。

## 4.3 模具的安装试模

### 4.3.1 模具的安装

试模前要对模具及试模用的设备进行检验。模具的闭合高度，安装与注射机的各个配合零件配合间隙适当，无卡住现象。活动要灵活、可靠，起止位置的定位要准确。各镶嵌件、紧固件要牢固，无松动现象。各种水管接头、阀门、附件、备件要齐全。对于试模设备也要进行全面检查，即对设备的油路、水路、电路、机械运动部位、各操纵件和显示信号要检查、调整，使之处于正常运转状态。

模具安装时要注意以下几个问题：

- 1) 模具的安装方位要满足设计图样的要求。
- 2) 模具中有侧向滑动机构时，尽量使其运动方向为水平方向。
- 3) 当模具长度与宽度尺寸相差较大时，应尽可能使较长的边与水平方向平行。
- 4) 模具带有液压油路接头、气路接头、热流道元件接线板时，尽可能放置于非操作一侧，以免操作不方便。

### 4.3.2 试模

将模具安装在注射机上，选用合格的原料，根据推荐的工艺参数调整好注射机，采用手动操作。开始注射时，首先采用低压，低温和较长的时间条件下成形。如果型腔未充满，则增加注射时的压力。在提高压力无效的时，可以适当提高温度条件。试模注射出样件。试模过程中，应进行详细记录，将结果填入试模记录卡，并保留试模的样件。

#### 4.3.3 修模

在模具加工完成以后，进行试模实验，看成型的制品质量如何，及时找出造成塑件缺陷的原因并针对不同情况进行合理的修复。

#### 4.3.4 检验

针对试模中出现的各种问题，对模具进行修改、调整、再试模，使模具和生产的塑件达到预期要求。

## 设计小结

注塑模具的设计，使我获益良多，首先，通过查阅注塑模具设计相关资料，基本掌握了模具设计的原理和基本过程，对注塑模具各个组成部分有了一定的感性认识。其次，增强了我独立思考问题、解决问题的能力，因为所有资料都要去自学，从中发现问题，然后再去想办法解决问题。这对即将踏入社会的我有很大的帮助。最后，认真学习了 CAD、PROE5.0 等绘图软件，并有了新的认识和提高。因为不熟练，画装配图和建模时总是出现各种问题，除了寻求指导教师和同学的帮助之外，又去学习了模具设计的两个工具：EMX 和天河云 CAD，使画出的图更标准、美观。通过这次设计，我对注塑模具有了更专业的零件，对模具行业有了更深的认识，知道了目前模具行业中 EMX 工具的重要性，明白了遇到问题自己无法独立解决时，要学会寻求他人的帮助。

## 谢 辞

首先，非常感谢指导教师朱建宁老师的悉心教导。在每个星期的答疑会中，老师除了耐心辅导我设计中遇到的困难，还总能帮我找出设计过程中自己没注意到的问题，使自己避免了在后续设计过程中不会因积累的问题太多而无法按时完成设计任务。

其次，还要感谢我的室友们。在我 PROE 建模或 CAD 画图遇到困难时，总能随叫随到，并解决我遇到的问题。因为总是跟他们一起学习、讨论，无形中让自己学到了加快建模或画图的方法，并及时改正了设计中可能忽视掉的小问题。

最后，感谢同组的同学们。因为大家的设计任务和要求大体相同，所以遇到的问题有很多是相同，通过大家一起讨论，能及时解决出现的问题。

感谢大学四年来教授我的老师们和同学们，让我有了一定的基础才能顺利完成这次设计。

## 参考文献

- [1] 邱建新, 李发根, 李国祿. 模具工业发展趋势综述[J]. 智能制造, 2003(11):3-7.
- [2] 汪克飞, 杜济美. 我国紧固件行业模具生产现状[J]. 模具技术, 1992(5):104-106.
- [3] 叶久新, 王群. 塑料成型工艺及模具设计[M]. 机械工业出版社, 2008.
- [4] 齐卫东. 塑料模具设计与制造[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2007
- [5] 谭雪松, 林晓新, 温丽. 新编塑料模具设计手册[M]. 北京:人民邮电出版社, 2007.
- [6] 贺平. 模具设计及制造[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2004, 17(3): 66~71
- [7] 田宝善, 田雁晨, 刘永. 塑料注射模具设计技巧与实例[M]. 化学工业出版社, 2009.
- [8] 洪慎章. 《实用注塑成型及模具设计》[J]. 模具制造, 2006(7):77-77.
- [9] 周永泰. 我国塑料模具现状与发展趋势[J]. 塑料, 2000, 29(6):23-27.
- [10] 罗河胜. 塑料材料手册[M]. 广东科技出版社, 2010.
- [11] Yang J Q. Development trend and classification of new material for injection mold[J]. Die & Mould Technology, 2007.