

南京理工大学泰州科技学院

毕业设计说明书(论文)

作 者: 张黎明 学 号: 1901210151

学院(系): 智能制造学院

专 业: 机械工程

题 目: 含有复杂破孔注射模模具设计

指导者: 张跃 讲师

评阅者: 蒋勇 实验师

2023 年 06 月

毕业设计说明书（论文）中文摘要

随着我国经济的快速发展，各行各业也随着这样的势头取得了不错的成绩，模具行业就是其中的一个受益者，缩短交货期快速响应市场需求已经成为注射模具企业参与市场竞争的第一要素^[1]。注射模具设计在国内外有着不可动摇的地位。此次研究的课题任务是，分析塑料制件的几何特征，运用 Creo6.0 对塑件进行自动化浇口创建以找出合理的浇口位置，之后进行创建分型面、创建工作件以及分模一系列操作建立出凸凹模，并且建立出浇注系统以便进行模流分析。最后调用 EMX 模架，完成一模四腔模具的三维模型。

关键词 注射模具 浇口创建 模流分析 EMX 插件

本科毕业设计说明书（论文）

毕业设计说明书（论文）外文摘要

Title The Design of The Injection Mould With Complex
Broken Holes

Abstract

The rapid development of science and technology makes the product change like a tide, shorten the delivery time to quickly respond to market demand has become the first element of injection mold enterprises to participate in the market competition. Injection mold design has an unshakable position at home and abroad. The task of this study is to analyze the geometric characteristics of the plastic part, create an automated gate using Creo6.0 to find a reasonable gate location, then create a parting surface, create the workpiece and divide the mold to create a convex and concave mold, and create a pouring system for mold flow analysis. Finally, the 3D model of a four-cavity mold is completed by calling the EMX mold frame.

Keywords Injection mold Gate creation Mold flow analysis EMX plug-in

本科毕业设计说明书（论文）

诚信保证书

本人保证：所提交的毕业设计(论文)是我在导师指导下独立进行设计所取得的成果，尽我所知，除文中已经注明引用的内容和致谢部分外，本毕业设计(论文)成果不包含任何他人享有著作权的内容。尽管导师指导多名同学，因每人一个设计题目，相互间虽有切磋、交流，但不存在抄袭、剽窃。如有不实，愿承担一切后果。

作者签名：_____

日 期：____年 ____月____日

本科毕业设计说明书（论文）

目 录

1 绪论.....	1
1.1 国内塑料模具业的展望.....	1
1.2 塑料的注射形式.....	1
1.3 注射模设计发展优势.....	2
1.4 注射模设计步骤.....	2
1.5 本设计的难点.....	3
2 塑件成型工艺的分析.....	4
2.1 塑件分析.....	4
2.2 塑件结构分析.....	4
2.3 塑料的性能分析.....	4
2.4 ABS 塑料的注射过程.....	5
2.5 ABS 的注射工艺参数.....	10
3 注射模具的详细设计.....	12
3.1 注射机的选取.....	12
3.2 型腔总体布置.....	14
3.3 分型面设计.....	15
3.4 浇注系统的设计.....	16
3.5 成型零部件的结构设计.....	19
3.6 温度调节系统的设计.....	22
4 结构和成型零部件设计.....	23
4.1 注射模具结构的选择.....	23
4.2 脱模系统的设计.....	23
5 模架装配图及其工作原理.....	32
5.1 模具的工作原理.....	32
5.2 模具装配图.....	34
总 结.....	37
致 谢.....	38
参 考 文 献.....	39

1 绪论

随着科技水平和消费理念的不断提升,使市场对现代注塑产品的要求越来越高,产品的设计结构也变得更加多样、复杂及人性化。借着工业的飞速发展,塑料成形的地位也不断地提高。人们对其外形、结构、性质和舒适度等要求也随之提升,而现阶段塑料模具占据了模具市场的 30%。塑料模具设计水平决定了塑料产品的质量和性能,需要不断规范塑料模具的设计标准,提升设计水平,要主动培养设计者对先进技术的掌控能力及及时更新设计理念,了解各项要素对塑料模具的影响,不断提高塑料模具设计与生产的精确度和大众性。

1.1 国内塑料模具业的展望

模具制造水平不仅是衡量一个国家制造水平高低的重要指标,而且在很大程度上决定着该国产品的质量、效益和新产品开发能力^[2]。模具工业与现代制造业、工业互联网协同发展在制造现代模具时,减少了钳工修配形式。应用智能技术,使得部件加工产品具有较高精度,且提高了效率。中国是制造大国,对于模具的需求量也逐渐增多。要使模具行业生产出高质量产品,就要积极研究我国模具工业现状,明确我国模具工业的发展变化情况,充分认识到我国模具工业与发达国家模具工业的差距^[3]。模具的发展还需努力。目前国内模具总产值来到了世界第三,但还是被美国和日本踩在脚下。全球产业结构发生深刻的变化,一些模具制造逐渐向发展中国家转移,中国正成为世界模具大国。模具工业发展中,要适应时代环境,积极应用各种新技术,模内发泡技术、3D 打印技术等。

1.2 塑料的注射形式

塑料作为 20 世纪的一种新兴材料大型注塑、精密注塑和薄壁注塑是当前存在的三种主要的注塑形式,由于其注塑工艺的不同,对模具的要求也不同:

(1) 大型注塑模具。与普通注射成型相比,大型注射成型^[4]的制品具有体积大、质量大等特点。主要表现在型腔的刚度强度、模腔的组合性、模具的排气性以及脱模的可靠性。

(2) 精密注射模具。影响模具精度的因素有模具的温度控制、模具材料的选用等,主要表现在模具型腔的精确性、模具型腔的精确性、制品的脱模性。

(3) 薄壁注塑模具。注塑过程中,因为薄壁注塑更容易产生翘曲变形、裂纹等问题,

所以，薄壁注塑对模具的设计具有更高的要求。具体表现在模具的刚度强度耐磨性、模具的冷却要均匀、确保浇注系统的平衡、模具的排气性能、顶出系统的平衡性。

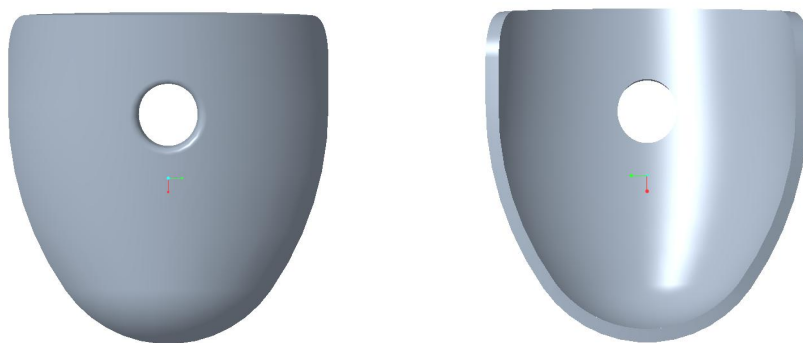
1.3 注射模设计发展优势

注射模是用注射成型工艺生产塑料制品的金属模型工具，也是赋予塑料制品完整结构和精确尺寸的工具。当代塑料成型加工技术的发展趋势是：(1) 模具设计越来越来大型化；(2) 模具制造的精度越来越高，效率及产品的使用性能更好，降低后续成本；(3) 气辅模具及适应高压注射成刑发展；(4) 热流道模具在塑料模具中的比重逐渐提高；(5) 加快以塑代钢、以塑代木的进程，塑料模具在市场的占比将不断增大^[6]；(6) CAE 技术优化模具设计：通过 CAE 技术，可以对模具进行优化设计，以减少注塑过程中的热应力和变形。这有助于和佶生模具的提供。

1.4 注射模设计步骤

本课题主要是对注射模进行仿真加工主要步骤如下所示。

(1) 绘制零件的结构图。根据零件所给的尺寸和要求利用软件绘制出的零件图，如图 1.1 所示。



(a) 正面造型

(b) 反面造型

图 1.1 零件图

- (2) 确定型腔数目。根据模具大小，生产需求，成本方面，采用一模四腔。
- (3) 确定分型面。根据零件的结构特点采用复制延伸方法来创建分型面。
- (4) 确定浇注系统。由于采用一模四腔式结构需要设计分流道来保证塑件的质量，采用侧浇口。
- (5) 推出方式。采用推杆推出。
- (6) 选择冷却、加热方式及加冷却水道的形状、位置。确定成型零件的结构形式。

（7）计算成型零件的工作尺寸。

（8）利用 Creo 软件对型芯、导柱、导套等零部件进行开模模拟。

（9）根据国标绘制出模具的结构草图，模具的装配图以及模具的零件图。

（10）编写说明书。设计说明书包括编写设计任务书、注射成形工艺、模具与注射机有关参数校核、型腔数目计算的依据、浇注系统、冷却系统的设计及开模力与脱模力的计算、推杆数目与直径的计算等。

1.5 本设计的难点

（1）根据零件尺寸绘制结构图时，由于零件根据多个曲面组成，创建分型面时要注意。避免产生开模出现错误。

（2）选择注塑机时，由于塑件较高，在考虑额定注射量、锁模力、模架厚度的同时还得考虑开模行程是否满足设计要求。

（3）选择分型面选择时，由于零件存在很多的不规则曲面，除了要根据分型面选择原则外还得考虑到开模是否方便。

2 塑件成型工艺的分析

2.1 塑件分析

下图是模具的零件图如图 2.1 所示。

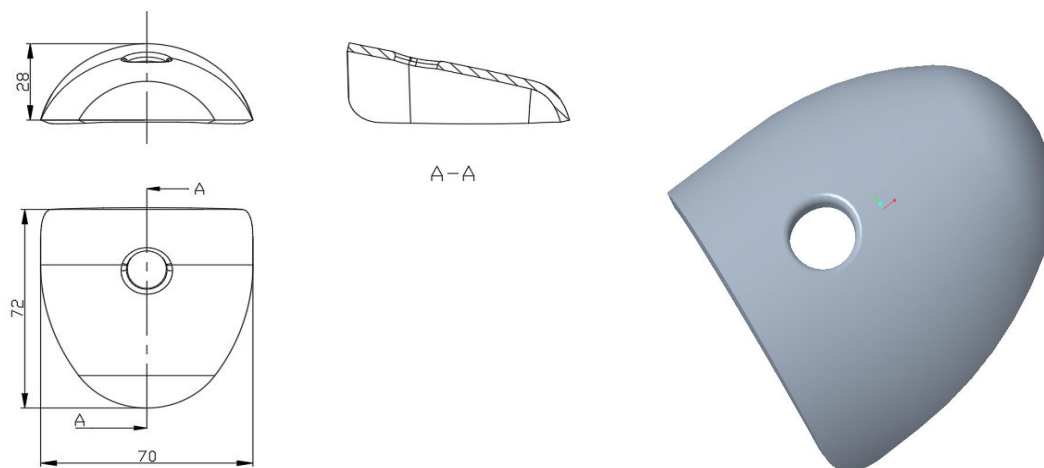


图 2.1 零件图

2.2 塑件结构分析

该零件形状有些复杂，带有复杂破孔，在设计时应注意以下几点：

- (1) 由于是型腔结构所以在设计时应该注意分型面的创建以及模架的组装。
- (2) 由于零件比较复杂，为了满足精度要求设计时零件的厚度要均匀。

2.3 塑料的性能分析

该零件是鼠标的上盖，由于经常用手触摸，必须耐酸，化学稳定性要好，抗拉强度、硬度、耐磨性要优异，具备这些条件的塑料首选 ABS 塑料^[6]。

ABS 的性能特点如下所示。

- (1) 耐磨性好：ABS 材料耐磨性好，不易磨损，并且表面不容易刮花。
- (2) 耐冲击性好：ABS 材料具有良好的抗冲击性能，特别适合制造高强度、低重量的零部件。
- (3) 机械性能优异：ABS 材料机械性能优异，强度高、刚性好、耐疲劳性好，可以用于制造大型工业零部件。
- (4) 耐化学性能好：ABS 材料具有良好的耐化学性能，能够耐受广泛的化学物质和溶剂的侵蚀。
- (5) 润滑性好：ABS 材料具有良好的润滑性能，不需要额外润滑，能够减小零部件的

摩擦及磨损。

(6) 加工性好：ABS 材料易于加工，可采用注塑、挤出、压制等成型工艺，可以制造出多种形状和尺寸的零件。

(7) 色彩鲜艳：ABS 材料的色彩鲜艳，可以通过混合色、喷涂等方式实现多种色彩和效果。

2.4 ABS 塑料的注射过程

2.4.1 浇口的作用和要求

浇口是注塑模具中最重要的组成部分之一，它直接影响注塑成型产品的质量和性能。浇口是指熔化的塑料通过注塑模具进入模腔的位置和方式，它的作用是将塑料熔化后的流体引导到模腔中，并控制塑料过度热分解和冷却过程中的物理和化学反应。主要作用如下：

(1) 引导塑料熔体：浇口是将熔体引导到模腔中的通道，它在注塑过程中的作用类似于人体的口腔一样，将口含的食物引导到胃里。

(2) 控制熔体进入：浇口能够控制塑料流动的方向和速度，控制塑料进入模腔的时间和位置。而且它也能控制模腔内气体的流动，以避免产生气泡。这些方面的控制都能影响注塑件的外观和性能。

浇口的设计和选择对于产品质量、生产效率和材料利用率等方面都有很大的影响。所以要求也是相当严格，具体如下：

(1) 浇口的位置应当选择在注塑件的最大厚度处，以使得熔体流入模腔时受到阻力较小，从而能够更好地填充整个模腔，减少熔体的流道和冷却时间。

(2) 浇口通道应尽量短，以减少熔体的流道时间和冷却时间。较短的浇口将减少塑料的流道和最大厚度，从而减少冷却时间并提高成品质量。

(3) 浇口形状应选择圆形或半圆形，以尽可能减少流道初始点的压缩和剪切力。同时，绕过几何形状中的角度将防止流体在过渡时过度热分解。

(4) 适当的浇口尺寸可以提高成品的质量，小而长的浇口适用于小型注塑机或高精度零件，而大而短的浇口适用于大型注塑机和厚壁件的注塑操作。总之，浇口的选取和设计需要根据具体的注塑材料和注塑件形状来确定。为一个优化的浇口设计，可以有效提高注塑件的质量和成品率。

利用 Creo6.0 软件对模具进行模流分析，其分析如图 2.2 所示，并找到最佳浇口位置
如图 2.2 所示蓝色区域即为浇口最佳区域。根据浇口分析情况，选择一模四腔。

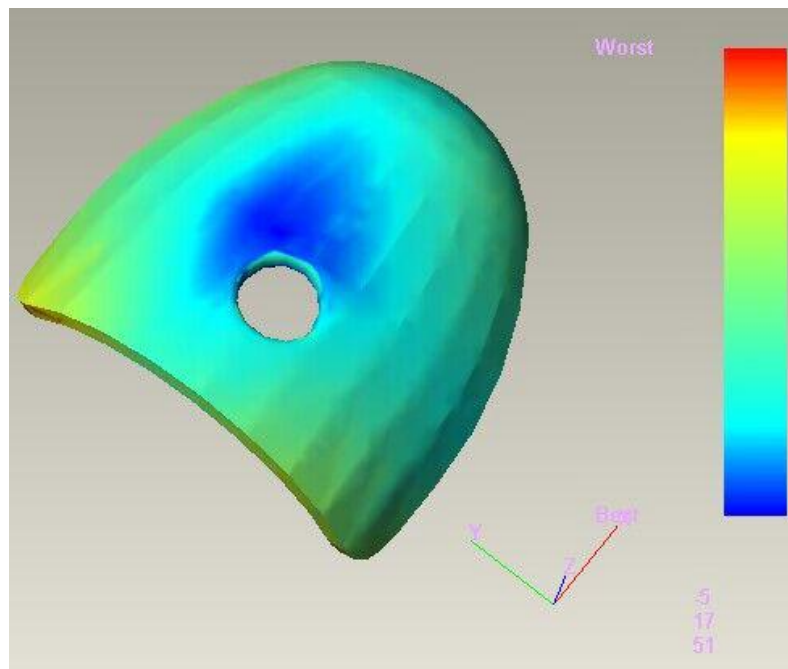


图 2.2 塑件浇口分析图

2.4.2 模流分析

在模流分析是一种用于预测塑料注塑成型过程的计算机仿真技术。它可以模拟塑料在注塑成型过程中的流动、填充、固化和收缩等过程，帮助工程师更好地了解和优化注塑成型过程，以提高产品质量和生产效率。为了能均匀的使塑料充满整个型腔，利用 Creo 软件对塑件进行模流分析^[6]，分析结果如下：

（1）填充的可行性分析结果如图 2.3 所示。

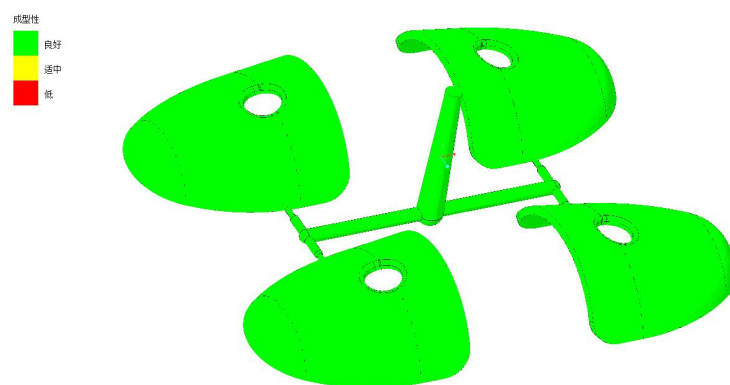


图 2.3 填充可行性

如图所示根据分析结果填充的可行性良好。

（2）溶体前沿时间

在模流分析中，溶体前沿时间是指在凝固过程中，液态金属中的溶质开始固化形成晶体的时间。通过对流场、温度场和组分场的数值模拟，可以预测溶体前沿时间，从而优化凝固工艺，提高铸件质量。溶体前沿时间的预测和控制是模流分析中的重要方向之一。溶体前沿时间分析结果如图 2.4 所示。

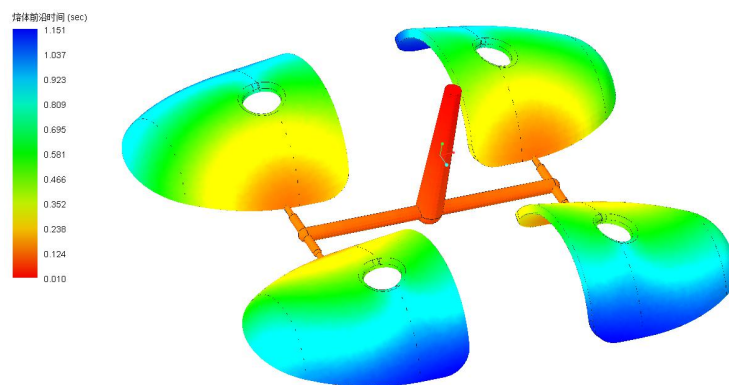


图 2.4 熔体前沿填充时间

（3）注射压力即注射时型腔各个部位所需的压力分析结果如图 2.5 所示。

注射压力是指在注射成型过程中，塑料材料从注射机的注射缸中被推入模具中的压力。注射压力的大小取决于多个因素，包括注射机的压力能力、模具的设计和材料的流动性等。在注射成型过程中，注射压力的控制非常重要，过高或过低的压力都会对产品的质量产生影响。如果注射压力太低，可能会导致产品表面质量不佳或者填充不充分；而过高的注射压力可能会导致产品变形或者损坏模具因此，注射压力需要根据具体的材料、模具和产品要求进行合理的调整和控制。

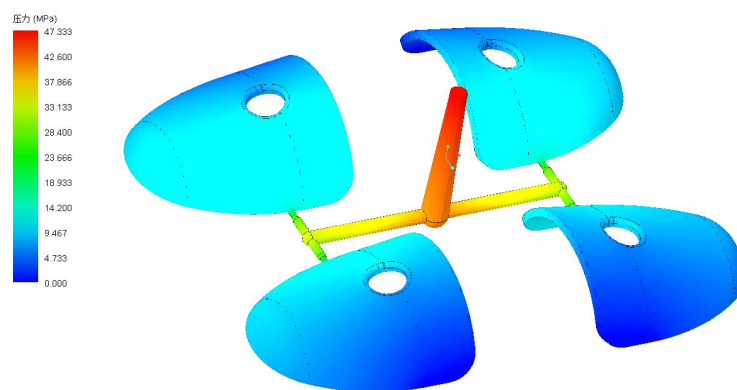


图 2.5 注射压力

由图可得注射压力最大为 47.333Mpa。

（4）体积收缩率所示如图 2.6 所示。

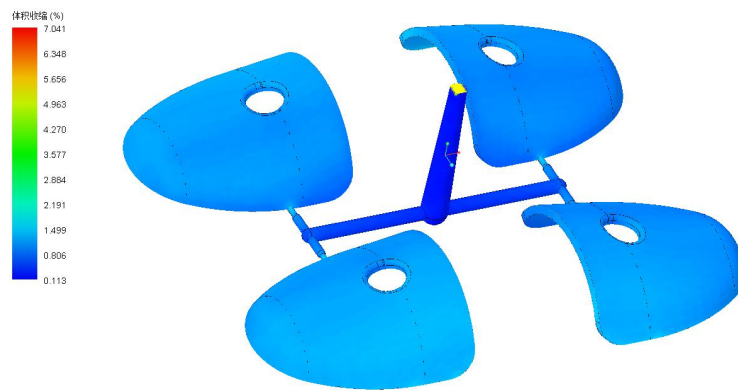


图 2.6 收缩率损失

（5）固化层比例分析结果如图 2.7 所示。

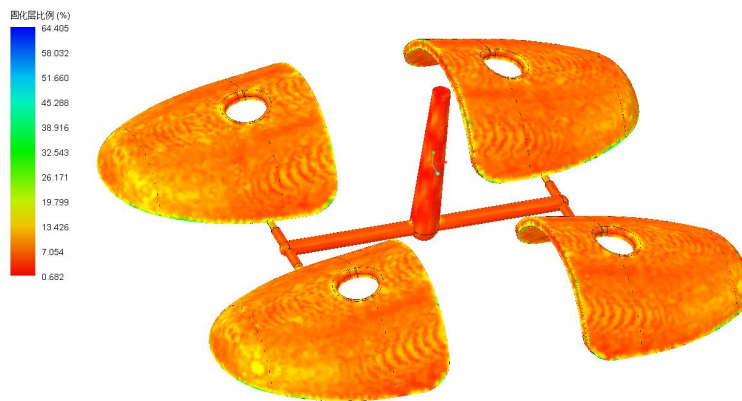


图 2.7 固化层

（6）速度矢量分析结果如图 2.8 所示。

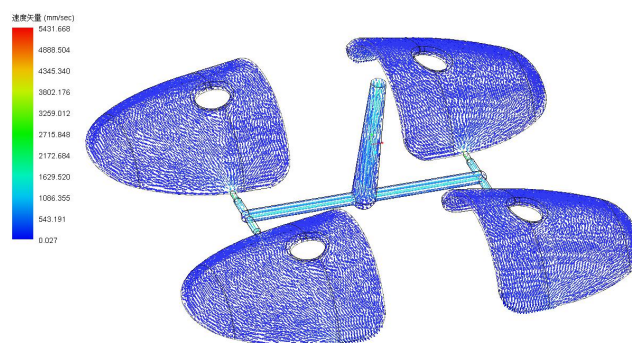


图 2.8 速度矢量

(7) 熔接痕，如图 2.9 所示。

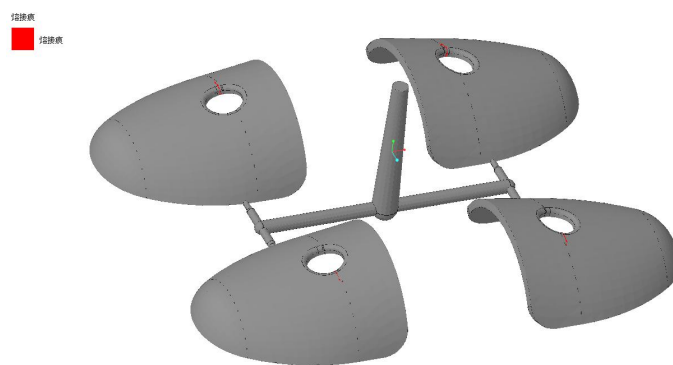


图 2.9 熔接痕

熔接痕是指在塑料注塑成型过程中，由于熔融塑料流动不畅或充填不充分等原因，导致成型件表面出现的不规则线条或痕迹。熔接痕的产生不仅影响产品的外观和质量，而且可能会导致产品的性能和寿命降低。必须减少或者消除这一现象，有如下方法：

- (a) 提高模具温度；
- (b) 调整注射速度；
- (c) 全面排气；
- (d) 保持模具表面光洁；
- (e) 调整注射压力和补塑压力；
- (f) 气穴。

(8) 包封

包封是指在模具中设置一定的封闭结构，以保护模具内部的零件和机构不受外界的影响。包封的设计需要考虑到模具的使用环境和工作条件，以确保模具的稳定性和寿命。在注塑模具中，包封通常是指设置模具的冷却系统，以保证注塑过程中塑料材料的冷却和固化。冷却系统通常由水管和水口组成，水口可以通过模具表面的孔洞将冷却水引入模具内部，以降低模具温度并加快塑料材料的固化速度。如 2.10 所示。

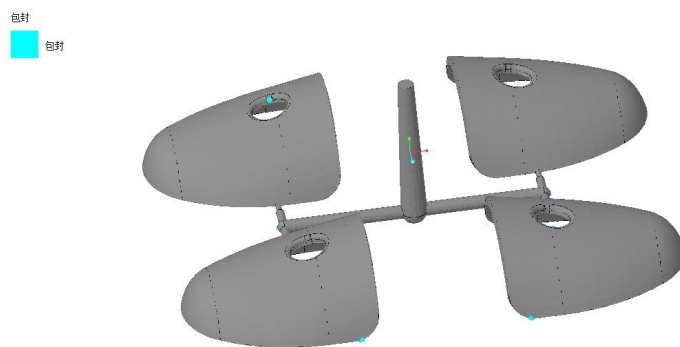


图 2.10 包封

2.4.3 飞边

飞边是指注塑成型中，由于浇口与模腔之间的匹配不良或浇口设计不合理，导致塑料在流动过程中从模腔和浇口之间的缝隙中流出，形成的一种缺陷。飞边通常呈不规则的形状，会影响产品的外观和尺寸精度，同时也会浪费材料和影响生产效率。

飞边的产生原因主要有以下几个方面：

- （1）模具损坏或磨损严重：模具损坏或磨损严重会导致塑料流动不畅或充填不充分，从而产生飞边。
- （2）模具设计不合理：模具的设计应考虑产品的结构和要求，以及熔融塑料的流动性和收缩率等因素，避免产生过多的飞边
- （3）注塑机参数设置不当：注塑机的参数设置应根据产品型号和材料要求进行合理的调整，避免过高或过低的温度、压力和速度等参数导致飞边。
- （4）塑料材料质量不良：塑料材料的质量不良会导致成型过程中的流动性、收缩率和稳定性等方面出现问题，从而产生飞边。

为了避免飞边的产生，需要在模具设计、机器调试、材料选择和操作管理等方面进行合理的优化和控制。同时，在成品质量检验中，也应对飞边进行及时的发现和处理。

2.5 ABS 的注射工艺参数

注射工艺参数如下：

- （1）注射机类型：螺杆式
- （2）螺杆转速：30r/min
- （3）喷嘴形式：直通式
- （4）喷嘴温度：180℃～190℃

（5）料筒温度：

前段 $190^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$

中段 $200^{\circ}\text{C} \sim 210^{\circ}\text{C}$

后段 $210^{\circ}\text{C} \sim 230^{\circ}\text{C}$

（6）模具温度： $50^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$

（7）注射压力： $70\text{Mpa} \sim 120\text{Mpa}$

（8）注射的速度：快速注射

（9）保压压力： $50\text{Mpa} \sim 70\text{Mpa}$

（10）注射时间： $20\text{s} \sim 25\text{s}$

（11）保压时间： $15\text{s} \sim 30\text{s}$

（12）冷却时间： $15\text{s} \sim 30\text{s}$

（13）成型周期： $50\text{s} \sim 85\text{s}$

（14）干燥处理：干燥 1 小时

3 注射模具的详细设计

3.1 注射机的选取

3.1.1 注塑机的选择因素

注塑机是用于塑料注塑成型的机器设备，选择合适的注塑机对于产品质量、生产效率和成本控制等方面都有很大的影响。以下是选择注塑机时需要考虑的主要因素：

（1）产品要求：注塑机的选择应根据产品的尺寸、形状、材料和质量要求等因素进行合理的匹配，以确保产品的成型质量和稳定性。

（2）生产效率：注塑机的选择应考虑生产效率，包括注塑机的射出量、注塑速度、循环时间和生产能力等因素，以确保生产效率的高效和稳定。

（3）能源消耗：注塑机的选择应考虑能源消耗，包括注塑机的能耗、节能措施和环保要求等因素，以确保生产过程的节能和环保。

（4）操作和维护：注塑机的选择应考虑操作和维护的难易程度，包括注塑机的操作界面、维护保养和故障排除等因素，以确保生产过程的安全和稳定。

（5）成本控制：注塑机的选择应考虑成本控制，包括注塑机的价格、运营成本和维修保养成本等因素，以确保生产过程的经济性和竞争力。

3.1.2 注射机的详细计算

（1）确定注射量

注塑机额定注射量 $\geq$ （各腔塑件总质量+浇注系统凝料质量） $\div$ 80%

如公式 3.1 所示。

$$N \times V_s + V_j \leq 80\% V_g \quad (3.1)$$

式中 N ——模具的型腔数目；

V_s ——单个塑件的容积（ cm^3 ）；

V_j ——浇注系统的容积（ cm^3 ）；

V_g ——注塑机额定注射容积（ cm^3 ）。

因为一模四件，所以 N 为 4， V_s 能利用 Creo6.0 软件来测量，结果为 15.4cm^3 ，



图 3.1 体积分析

塑件的材料为 ABS 塑料，其密度为 $1.02\text{ g/cm}^3\sim 1.06\text{ g/cm}^3$ ，取其平均密度 1.04 g/cm^3 收缩率为 $0.4\%\sim 0.7\%$ ，取其收缩率为 0.5% 。

根据公式 3.1 求出 $V_g=1.25\times(15.4\times 4+7.2)=86\text{ (cm}^3\text{)}$

预选注塑机型号为 XS—ZY—125。

（2）最大成型面积 S

S 即为型腔和浇注系统在开合模上的总投影面积，的最大投影面如图 3.2 所示。

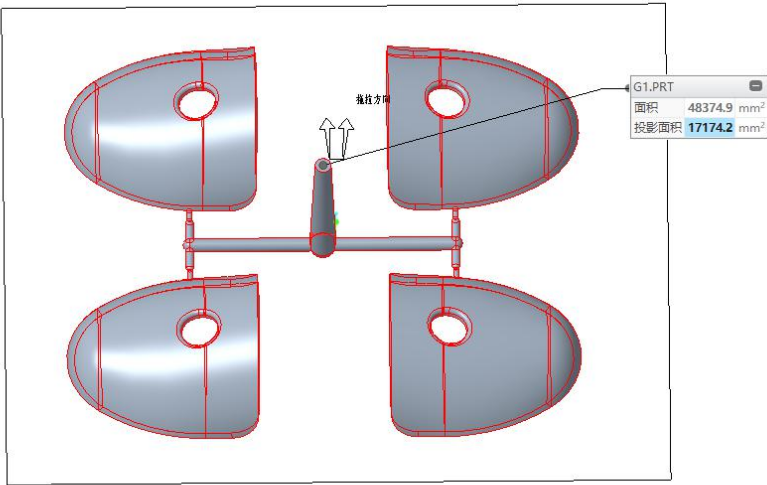


图 3.2 最大投影面

根据图 3.2 得出 $171.742\text{ (cm}^2\text{)}$

（3）锁模力

当塑料熔体以高压注入模腔里时会产生一个将模具撑开的力，此力称为胀型力。注塑

机的锁模系统必须提供足够的“锁模力”使模具不被胀型力撑开^[7]。

型腔力 F 的计算如公式 3.2 所示。

$$F = SP$$

(3.2)

式中 S——塑件和浇注系统在分型面垂直投影面积之和；

P——精密制品为 38.6MPa~61.8MPa 取 P 等于 40MPa。

注塑机的锁模力 $F_{锁}$ 需大于型腔力 F，为了保险起见，型腔力不能大于注塑机锁模力的 80%，即如公式 3.3 所示。

$$F \leq F_{锁} \times 80\%$$

(3.3)

根据公式 3.2, 3.3 求得 $F_{锁} \geq 171.742 \times 1.25 = 214.6775 \times 10^6 (N)$

XS—ZY—125 的合模力为 900KN，故能满足设计要求。

综上所述，查阅相关资料，选择注射机的型号确定为 XS—ZY—125^[8]。XS—ZY—125 的主要技术参数如表 3.1 所示。

表 3.1 XS—ZY—125 型注射机主要技术参数

项目名称	参数数值	项目名称	参数数值
额定注射容量/cm ³	125	模板最大行程/mm	300
螺杆(柱塞)直径/mm	42	模具最大厚度/mm	300
注射压力/MPa	120	模具最小厚度/mm	200
注射行程/mm	115	喷嘴球径	SR12
锁模力/KN	900	最大成型面积/mm	320
动、定模固定板尺寸/mm	260×290	机械外形尺寸/mm×mm	3340×750×1550
×mm		×mm	

3.2 型腔总体布置

3.2.1 型腔数目及排布

根据实际生产需要和设计要求选择使用一模四件，如图 3.3 所示。

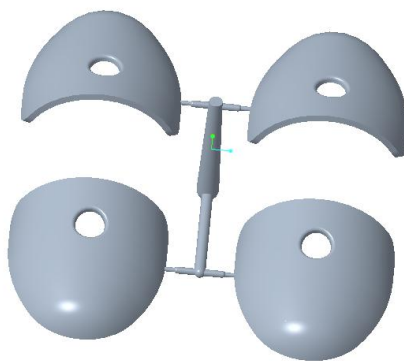


图 3.3 一模四件

由图 3.3 可以看出此零件由许多曲面拼接而成,在选择分型面时不仅需要考虑分型面的选择因素,还得方便模具开模。

3.3 分型面设计

3.3.1 分型面的形式

模具在闭合时动模和定模相配合的接触平面,叫做分型面^[9]。分型面是指模具两部分之间的分界面,用于分离模具成型时的零件。分型面的形式通常根据零件的形状、材料及成型工艺来确定。常见的分型面形式包括以下几种:平面型分型面;曲面型分型面;斜面型分型面;节制型分型面;弯曲线型分型面;复合型分型面;在选择分型面时,需要考虑到成型效率、零件质量、模具成本等因素,综合考虑后选择合适的分型面形式^[10]。

3.3.2 分型面的选择原则

在模具设计中,选择合适的分型面是非常重要的,它会影响到成型效率、零件质量和模具成本等多个方面。为了确保塑件的尺寸精度,型腔排气顺利、无损塑件外观等要求,以下是一些分型面的选择原则:

(1)避免影响零件外观:分型面应尽可能选择在零件的不易被看到的部位,以避免影响零件的外观。

(2)保证成型效率:分型面要尽可能简单,易于加工和组装。如果分型面过于复杂,会增加模具的制造难度和成本,同时也会影响成型的效率。

(3)保证零件质量:分型面应具有良好的分离性能,能够完全分离零件,避免出现毛边、裂纹等缺陷。

(4)考虑材料性质：分型面要根据零件的材料性质来选择。例如，对于比较脆弱的材料，分型面应尽可能避免在材料的薄弱部位。

(5)考虑成型工艺：分型面还要根据成型工艺来选择。例如，对于注塑成型，分型面应尽可能选择在材料流动方向的上方，以避免流道留下痕迹。

除了以上原则外，选择分型面时模腔在分型面上的投影面积需要做到尽量小，以避免接近注塑机的额定最大注射面积，从而产生飞边，尽量减小脱模斜度，便于嵌件安装等。

3.3.3 分型面的确定

分析模具的零件图可知，由许多曲面和复杂破孔组成。根据分型面的设计原则，采用曲面复制延伸的方法，复制参考模型上的内表面及周围的曲面，创建出分型面。分型面如图 3.4 所示。

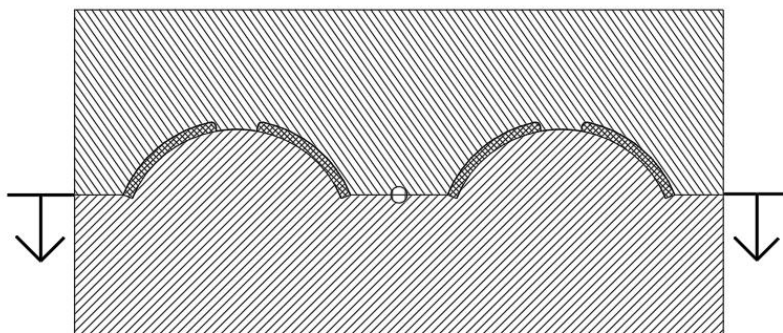


图 3.4 分型面

3.4 浇注系统的设计

浇注系统是塑料熔融物从注射机喷嘴流入模具型腔的通道，浇注系统一般包括浇道、流道和浇口，浇道是熔融物从注塑机进入模具的入口，浇口是熔融物进入模具型腔的入口，流道则是浇道和浇口之间的通道。

3.4.1 浇注系统的设计原则

- (1) 保持热流平衡。
- (2) 确保材料能够充分填充整个型腔。
- (3) 防止型心和嵌件移位和变形。
- (4) 浇注系统的材料要选择与熔融材料相容的材料。
- (5) 浇注点的位置要选择在零件的不易被看到的部位，以避免影响零件的外观。

- （6）冷却要保证充分，以避免材料过热或者过冷，从而影响成型效果和零件质量。
- （7）考虑材料的流动性和填充性。

3.4.2 主流道的设计

（1）主流道

 主流道是浇注系统中与浇注点相连的主要流道，其设计直接影响到成型效率、零件质量和模具成本等多个方面。以下是一些主流道设计的原则：（1）直径和长度的选择：主流道的直径和长度要根据材料的流动性和填充性来选择。一般来说，直径越大，能够承受的流量就越大，但也会增加材料的流动阻力；（2）长度越短，流动阻力就越小，但也会导致材料填充不充分。因此，需要在直径和长度之间进行权衡（3）流道的数量：主流道的数量要根据型腔的形状和尺寸来选择。一般来说，型腔越大，需要的流道数量就越多，以保证材料能够充分填充整个型腔。（4）流道的形状和角度：流道的形状和角度要尽可能平滑，避免产生流道留痕和气泡等缺陷。同时，还要考虑材料的流动性和填充性，以确保材料能够充分填充整个型腔。（5）热流平衡：主流道要与各个分支流道保持热流平衡，以避免出现冷料、热料等不均匀的现象。这需要在设计时考虑各个部分的尺寸、材料、流动速度等因素。（6）流道的冷却：主流道中的冷却要保证充分，以避免材料过热或者过冷，从而影响成型效果和零件质量。这需要在设计时考虑冷却水路、冷却水量等因素。

（2）浇口套

 浇口套是一种用于铸造工艺的零部件，主要作用是控制熔融金属流动的方向和速度，以便在铸造时获得高质量的铸件。浇口套通常是由陶瓷、铸铁、钢等材料制成，并且具有适当的形状和大小，以便在铸造过程中适当地引导熔融金属，浇口套零件图如图 3.5 所示。

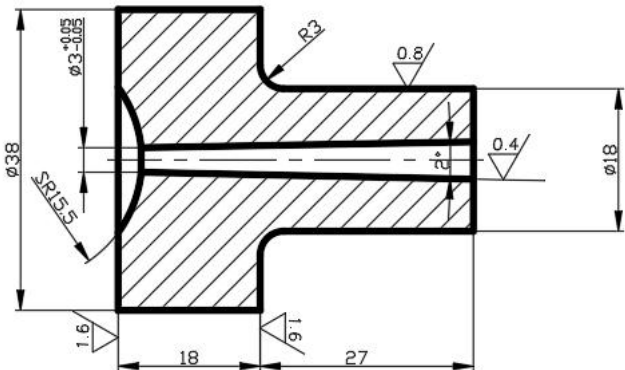


图 3.5 浇口套

（3）定位圈

定位圈的主要作用是在铸造过程中确保铸件和模具之间的正确位置和间距。小型模具定位圈配合长度可取 8mm~10mm, 大型模具可取 10mm~15mm。根据浇口套的尺寸要求和国标规定确定定位圈的零件图。

3.4.3 分流道的设计

（1）分流道的设计要求：

分流道的形状和尺寸应根据制品的体积、壁厚、形状复杂程度、模腔数量以及所用塑料的性能等来确定^[11]。在设计时应注意以下几点：

- （a）熔体通过时温度下降和压力损失都尽可能的小；
- （b）能平稳均匀的将熔体分配到各个模腔；
- （c）不过分使塑料的消耗量增加；
- （d）在分流道整体设计时，应提前考虑冷料穴的布置，若分流道实际设计时，长度较长，需在其末端设置冷料系统。

（2）设定分流道的形状和位置，如图 3.6 所示。

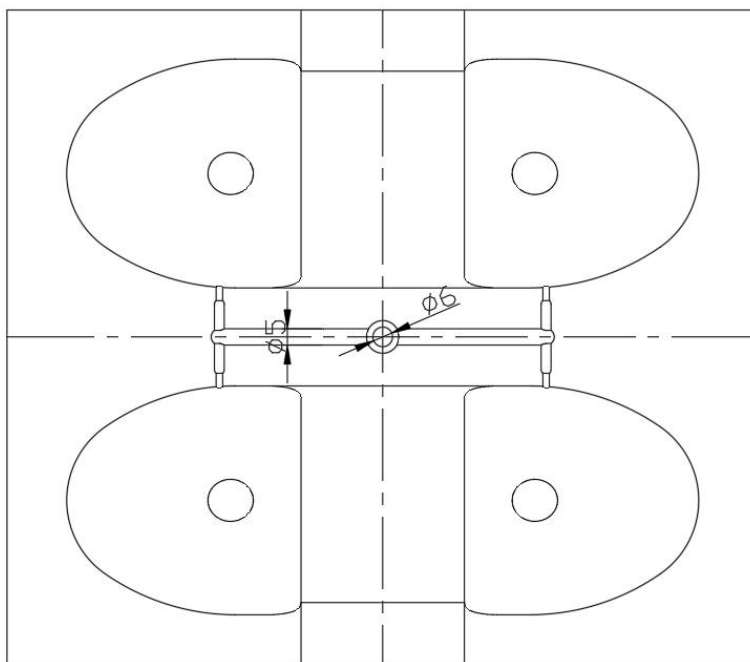


图 3.6 分流道

3.4.4 浇口的设计

浇口是熔融塑料在分流道和塑件接触的那一部分。

- （1）使分流道出来的熔融状态下的塑料以最快的速度进入并充满型腔；

（2）在充满型腔后，浇口迅速冷却封闭，防止熔融塑料回流^[12]。

为使模具型腔能够被均匀的填充，设置分流道及浇口时需两边对称。这里选用轮辐式浇口。浇口和分流道的形式设计如下图 3.7 所示。

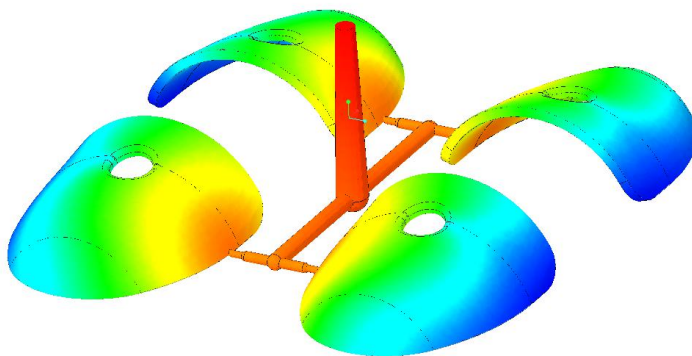


图 3.7 浇口和分流道的设计

3.4.5 冷料穴设计

冷料穴位于主流道出口一端，在主分型面的动模一侧，冷料穴的存在可防止冷却的熔料被带入型腔。

3.5 成型零部件的结构设计

成型零部件的结构设计是制造业中的重要环节，其质量、工艺、效益等因素都与结构设计密切相关。因此，为了生产出具有较高质量、高性能和高效益的成型零部件，必须在结构设计阶段进行周密而完整的设计。注射模闭合时，成型零件便是成型塑料制品的模腔。成型零部件主要包括凹模、凸模、镶拼件、各种成型杆与成型环等。因为成型零部件受高温高压的作用。所以在设计时强度和刚度都必须在达到容许值^[13]。成型零件的结构设计是以成型符合质量要求的塑料制品为前提的，所以在设计时应注意其材料和精度要求。

3.5.1 凹模的结构设计

型腔结构如图 3.8 所示。

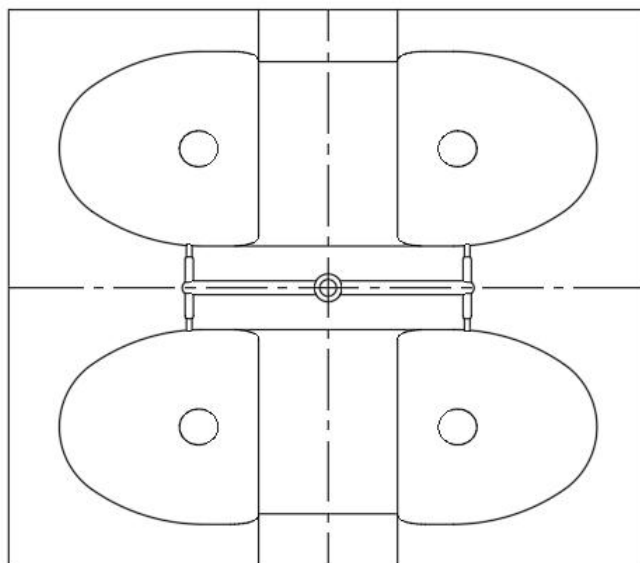
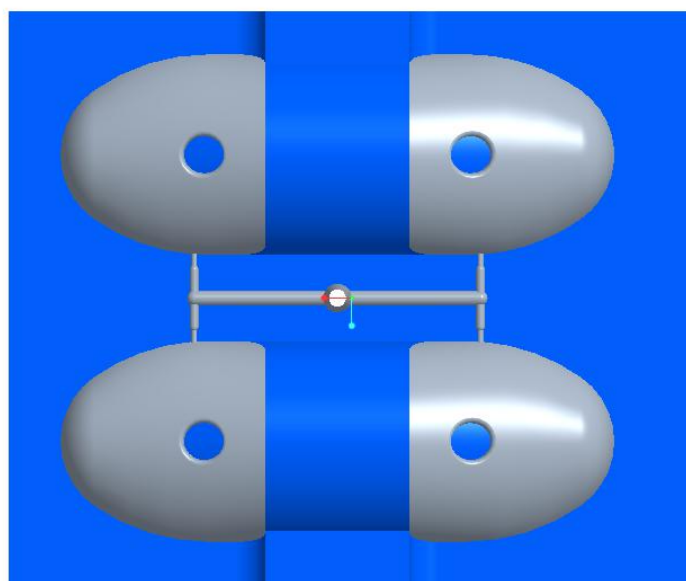


图 3.8 型腔布局图

凹模是成型塑件外表面的成型零件。整体式、嵌入式和组合式是凹模的基本结构此次设计采用整体嵌入式结构，因为这种结构运用范围广而且方便拆卸更换。型腔结构视图如下图所示 3.9 所示。



3.9 型腔结构视图

3.5.2 凸模的结构设计

凸模是用来成型塑料制品的内表面的成型零件，凸模有整体式凸模、圆柱型心结构、镶拼凸模结构^[14]、活动凸模等结构。该型芯如下图 3.10 所示。

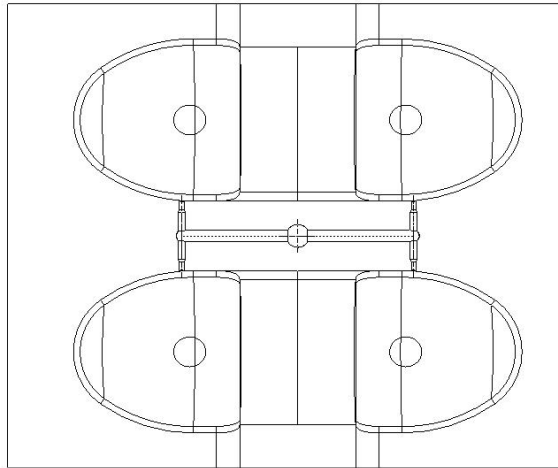


图 3.10 型芯布局图

型芯结构视图如下图 3.11 所示：

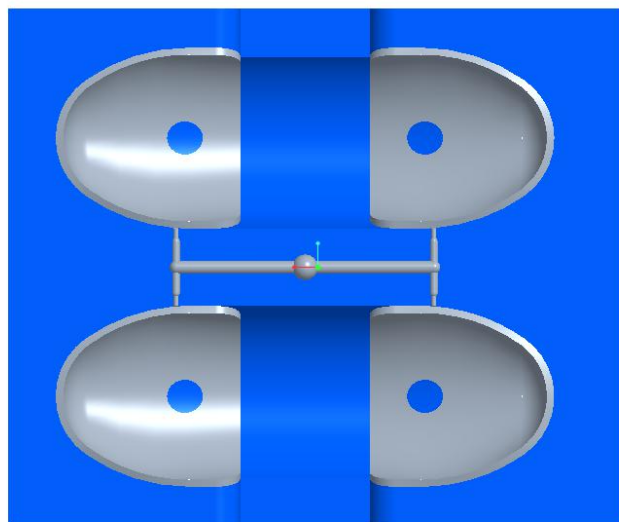


图 3.11 型芯结构视图

3.6 温度调节系统的设计

3.6.1 温度调节的方法

在注射模中，有以下几种温度调节方式

（1）模具加热系统：通过加热系统对模具进行加热，使其达到所需的温度。加热系统可以是电加热、蒸汽加热、热油加热等。

（2）冷却系统：通过冷却系统对模具进行冷却，使其达到所需的温度。冷却系统可以是水冷却、气冷却等。

（3）温度控制系统：通过温度控制系统对模具进行温度控制，使其达到所需的温度。温度控制系统可以是 PID 控制、PLC 控制等。

本设计中采用常温水冷却，冷却水道如图 3.12 虚线所示。

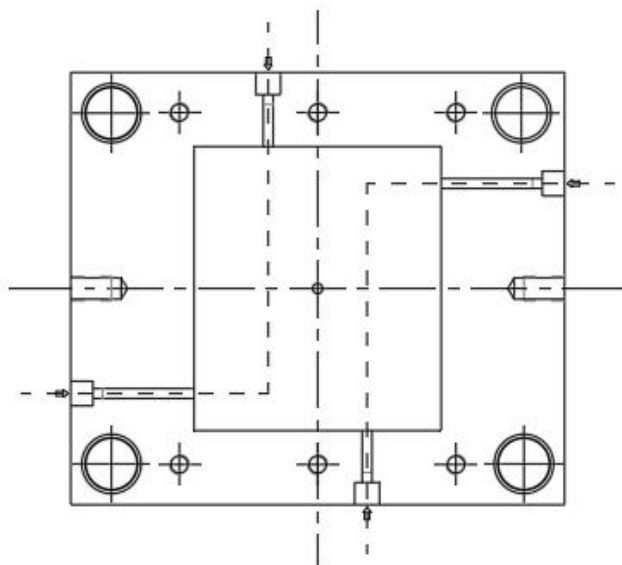


图 3.12 冷却水道

3.6.2 温度调节系统的功能

（1）保证成型效率

模具制造过程中，需要对模具进行加热或冷却，以控制模具的温度，保证模具的质量和生产效率。温度调节系统可以通过控制模具的温度，使模具的温度保持在一个稳定的范围内，从而保证模具的加工精度和生产效率^[15]。

（2）保证成型质量

模在注塑过程中，需要对模具进行加热或冷却，以控制塑料的流动和凝固速度，保证产品的质量。温度调节系统可以通过控制模具的温度，使塑料的流动和凝固速度得到控制，从而保证产品的质量。

4 结构和成型零部件设计

4.1 注塑模具结构选择

注塑模具结构可以分为以下几种：（1）双分型面注塑模具结构；（2）单分型面注塑模具结构；（3）带有活动成型零件的注塑模结构；（4）带有侧向分型与抽芯机构的注塑模结构；（5）自动脱螺纹的注塑模结构；（6）无流道注塑模结构；（7）直角式注塑模结构；（8）脱模机构在定模上的注塑模结构^[16]。

该塑件的结构较为复杂，所以本次我选择了标准注射模，具体结构如图 4.1 所示：

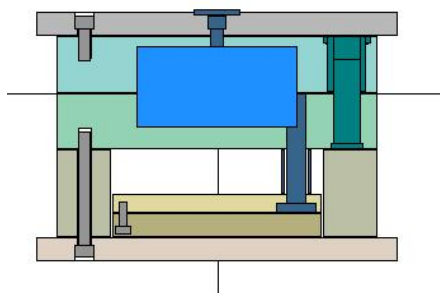


图 4.1 模架结构图

4.2 脱模系统的设计

4.2.1 脱模机构的分类

在注射成型之后，能够帮助塑件从型芯或者是型腔中脱出的机构被称之为脱模机构。按照推出机构的驱动方式，可分为：（1）手动脱模；（2）机动脱模；（3）液压或气动推出。

4.2.2 脱模机构的设计原则

能够保证塑件不会因为开模时顶杆顶出塑件的顶出力过大而发生形变。开模的时候应该尽量的将塑件留在动模上，利于注射机移动时顶杆或液压缸的活塞顶出塑件。

推出机构运动的时候要准确、无干涉、灵活、可靠和卡死现象，并且要保证机构的本身刚度做够^[17]、韧性要好、强度适中和耐磨性良好。

本次设计中采用的是推杆脱模机构，具体的机构如图 4.2 所示：

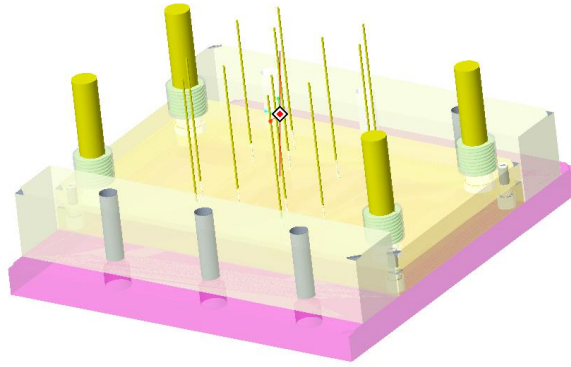


图 4.2 脱模机构

4.2.3 脱模力的校核

脱模力指的是我们在注塑成型过程中，注入型腔内的熔料因为塑化，逐渐收缩包在型芯上，因此为了能够使得塑件自动脱落，在模具开模后的型芯上需要在塑件上施加相应的力。

$$\text{脱模力的计算: } F = fF_{\text{正}} = PA(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (4.1)$$

式中 f —塑件与模具的摩擦系数，一般取 $0.14 \sim 1$ ；

F —正压力（即包紧力）；

P —单位正压力（包紧力），一般 $P \approx 7 \text{ Mpa} \sim 12 \text{ Mpa}$ ，对于薄壁零件取较小值，厚件取大值；

μ —塑件对于使用的模具材料（一般为钢）的摩擦系数，为 $0.1 \sim 0.3$ ；

α —脱模斜度；

A —塑件的侧面积（ mm^2 ）；

A_1 —型芯端面面积（ mm^2 ）。

通过 Creo 中的分析面积功能，测得总的塑件包络面积 $A = 19438.44 \text{ mm}^2$ 。

$$\text{故总的脱模力为: } F_t = 19438.44 \times 0.8 \times 10^7 (0.1 \times \cos 1^\circ - \sin 1^\circ) = 123.41 \text{ KN}$$

预估推杆横截面直径，通过下面这个公式，只考虑推杆的许用应力；

$$A = \frac{F_t}{n\delta} \quad (4.2)$$

式中 A ——推杆推出端横截面面积， 19.625 mm ；

n ——推杆的数量，取 $n = 12$ 。

δ ——推杆的许用强度，一般为 $1.8 \times 10^3 \sim 2.2 \times 10^3$ MPa。

$$D = \sqrt{4A/\pi} \quad (4.3)$$

由式（4.3）和（4.4），整理得到：

$$D = \sqrt{\frac{4F_t}{n\delta\pi}} \quad (4.4)$$

将上面的计算结果代入公式（4.4）得到： $D = \sqrt{\frac{4 \times 33889}{16 \times 1.8 \times 10^3 \times \pi}} = 1.23$ mm，根据以上

的计算，可以打出推杆的直径为 5.229 大于材料的适用直径 1.32，所以杆的直径可以适用，为了圆整数据，取推杆的直径为 $d=5$ mm。

推杆的三维图和零件图如图 4.3 所示。

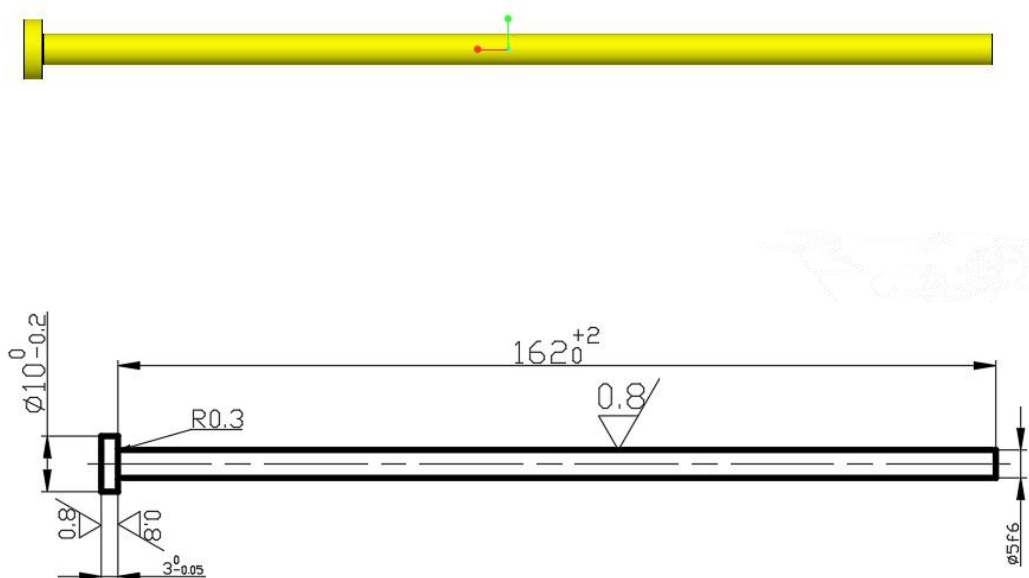


图 4.3 推杆

推杆推出的形式是目前模架设计上最常应用的一种推出形式，它的适用对象也非常广泛，能够适合各种塑料制件的推出。但它也存在一定的缺点，若是在对一些本身面积就比较小的塑件，推杆与塑件成品的接触面积也就小一些，一旦尺寸有了偏差，极易在该成品制件上产生痕迹甚至受损。

在模具合模结束后，需要用到复位杆，连接到推板和推板固定板，在复位过程中，依靠弹簧的压缩恢复状态，带动两块板向上移动，完成模具的复位工作。

设计中复位杆的具体长度尺寸如图 4.4 和图 4.5 所示：

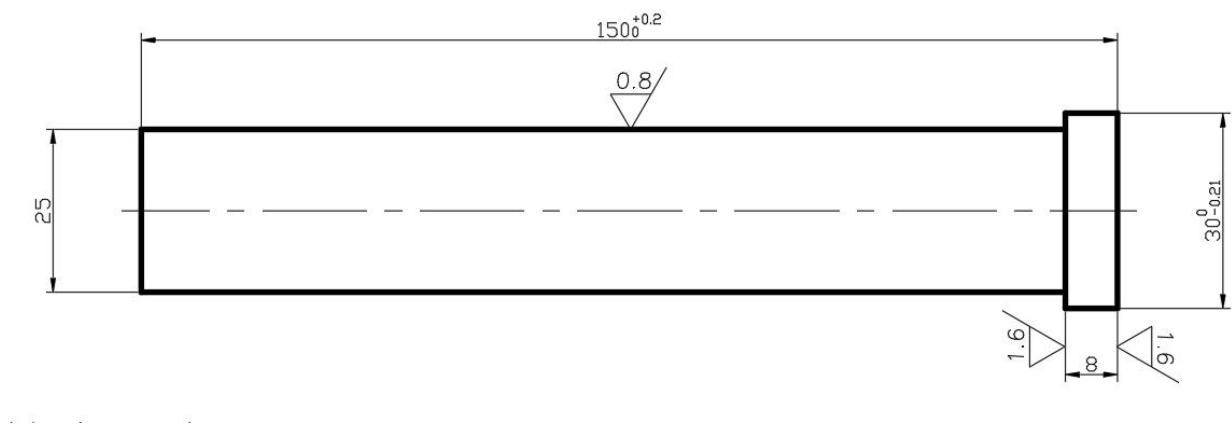


图 4.4 复位杆的二维零件图

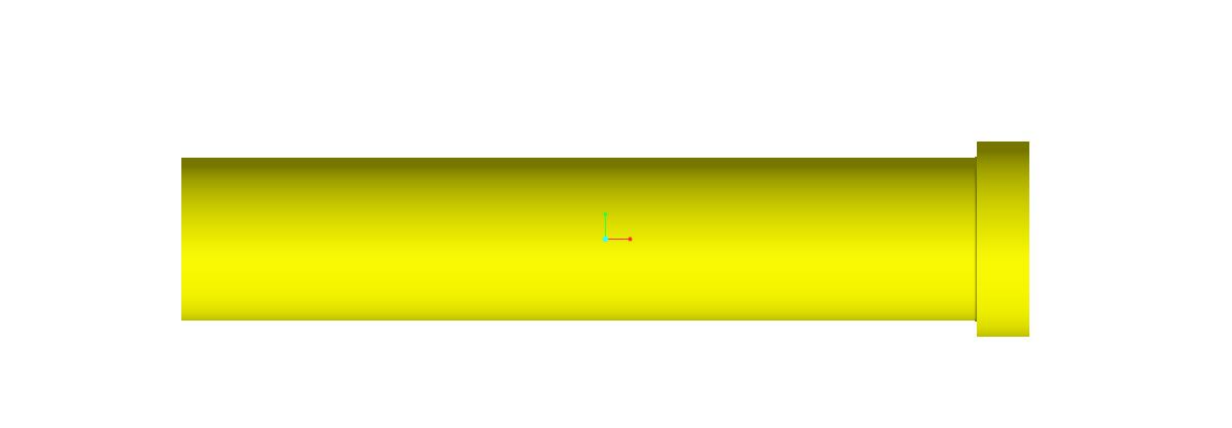


图 4.5 复位杆的三维示意图

$$L_1 = L_{\text{顶杆固板}} + L_{\text{型芯固板}} + L_{\text{型腔固板}} + L_{\text{支撑板}} + 25 = 150 \text{ mm}$$

(4.9)

一般来说复位杆的尺寸取 $d=25\text{mm}$ 。

4.2.4 导柱与导套设计

高度：导柱长度一般比型芯的端面高度高出 6~12cm，这是为了确保在模具合模时型芯和型腔正确的配合。

形状：为了在和模时导柱能顺利地插入到导向导套内，导柱的前端一般会做成锥台形^[18]。

材料：通常采用 20#（表面渗碳淬火处理），硬度 52~55HRC。

导柱的二维及三维结构分别如图 4.6 及图 4.7 所示：

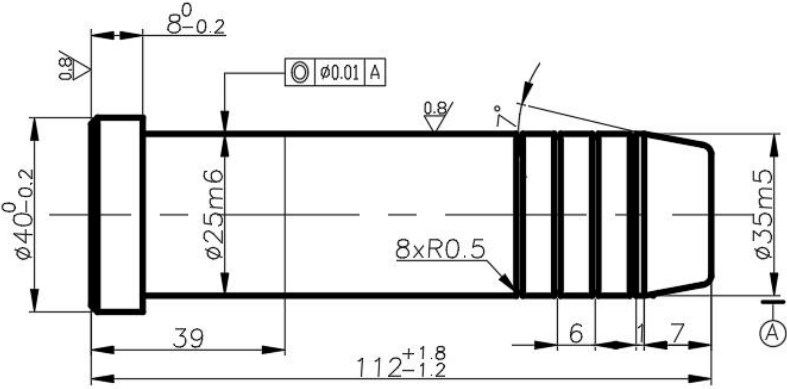


图 4. 6 导柱二维零件图

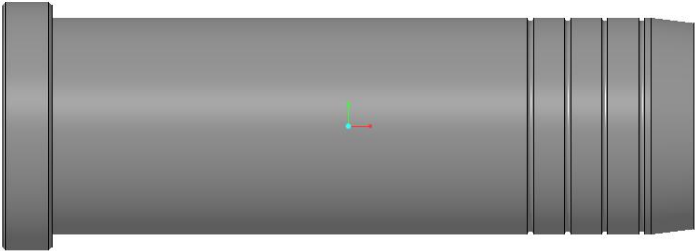


图 4. 7 导柱三维图

导套：依据以上导柱的参数来从标准手册选择常用带头导套如图 4. 8 和图 4. 9 所示：

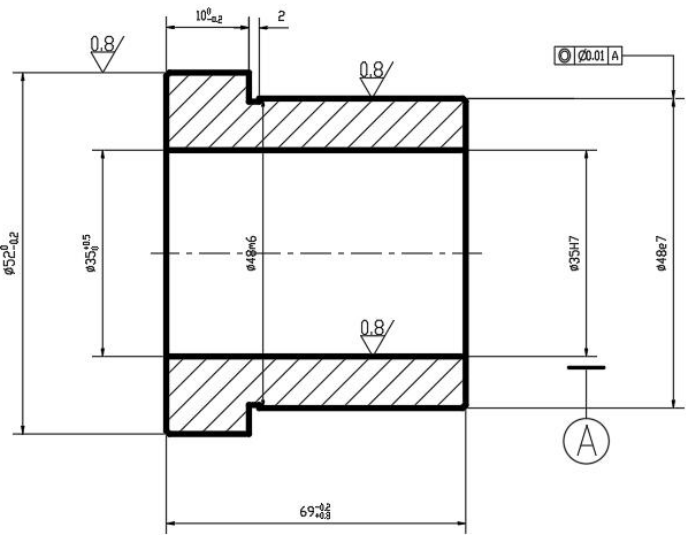


图 4. 8 导套二维图

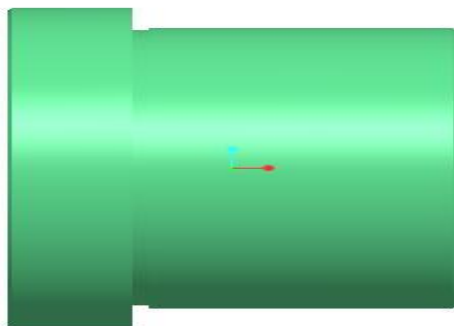


图 4.9 导套三维图

根据型腔一模一件布局，再查找成型零件尺寸再结合标准模架，其余的成型零件的具体尺寸分别如下：

(1) 上模座板：长×宽：400mm×450mm；厚：30mm。通过 6 个带帽内六角带帽螺钉与定模板连接，上模座板上的定模座板与浇口套按照 H7/m6 配合，方便安装匹配。上模座板具体尺寸如图 4.10 和 4.11 所示：

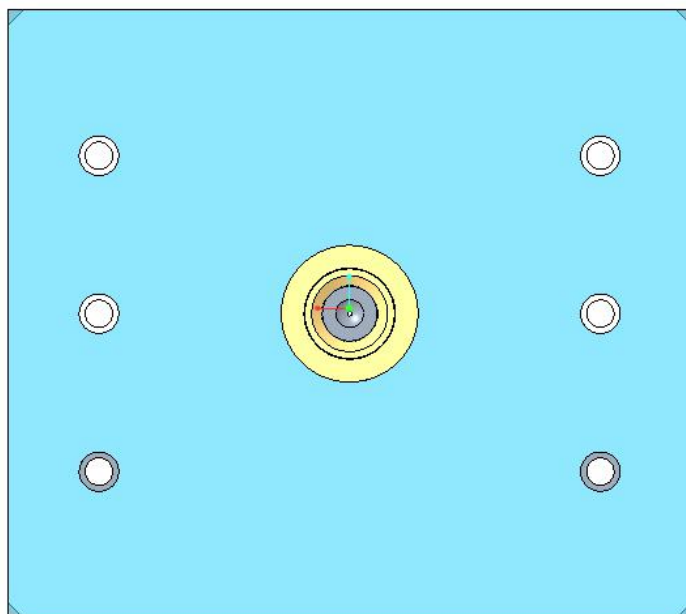


图 4.10 定模座板三维图

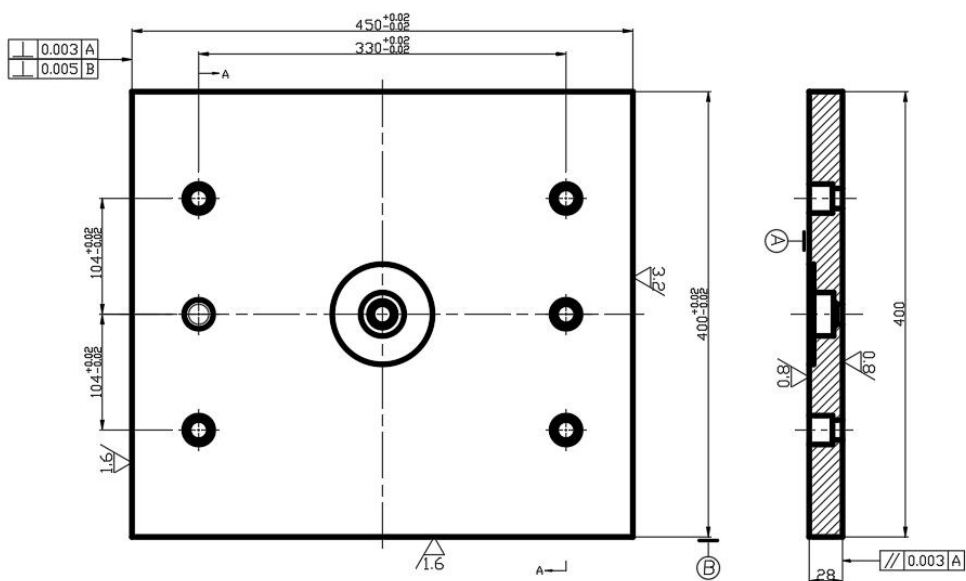


图 4.11 定模座板二维图

(2) 下模座板：长×宽：400mm×450mm；厚：230mm。如图 4.12 和图 4.13 所示：

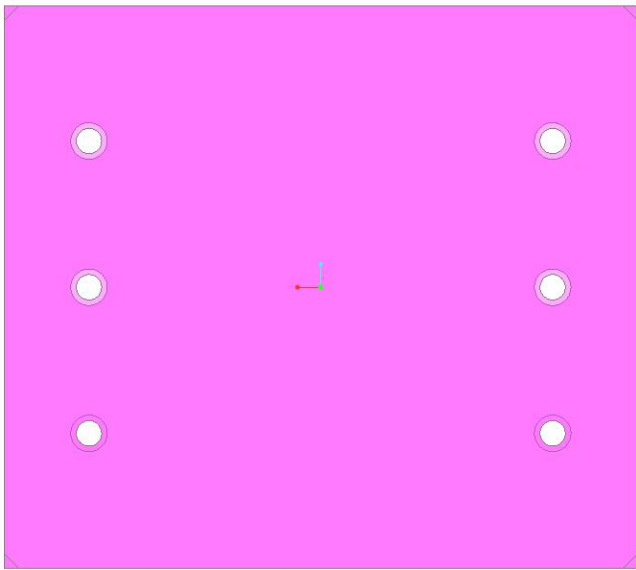


图 4.12 动模座板的三维图

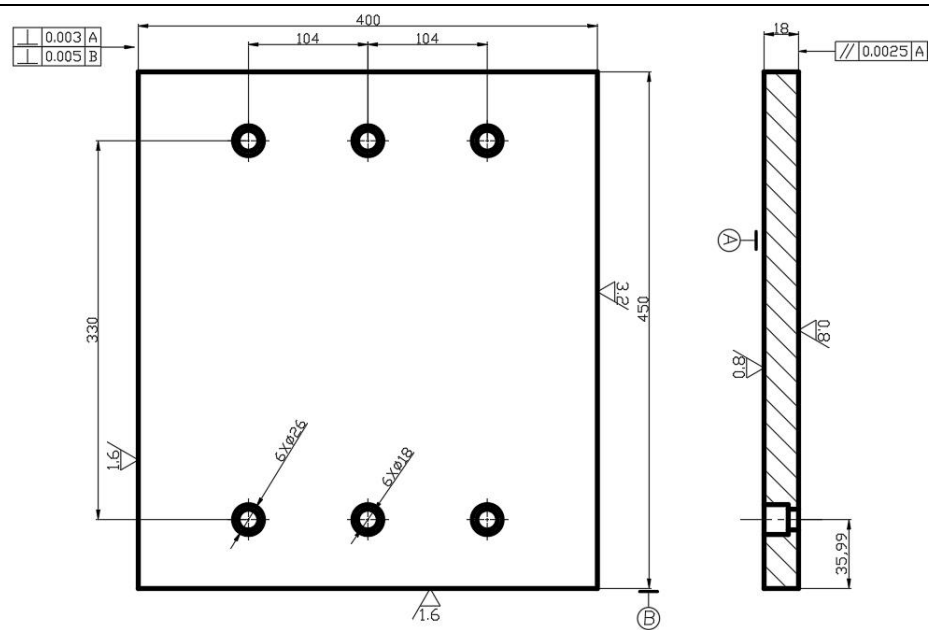


图 4.13 动模座板二维图

（3）垫块：长×宽：400mm×110mm，厚：68mm；本设计采用的是平行垫块。垫块的具体尺寸如图 4.14 和图 4.15 所示：

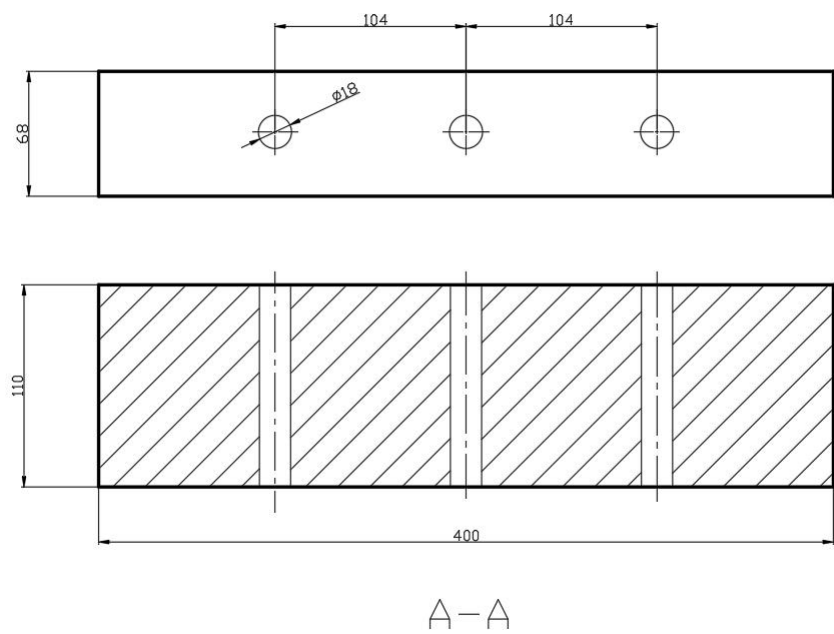


图 4.14 垫块二维图

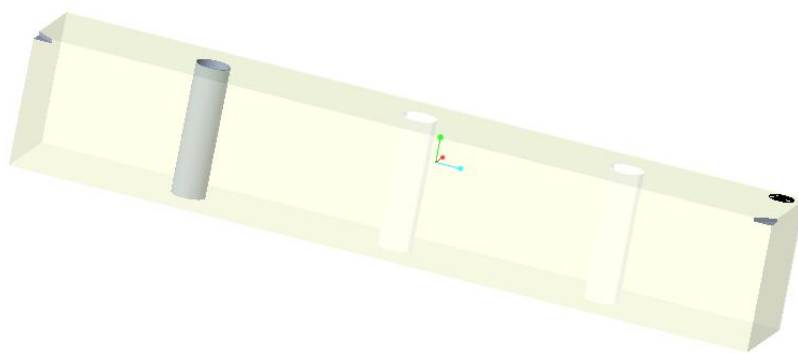


图 4.15 垫块三维图

5 模架装配图及其工作原理

5.1 模具工作原理

注射模具注射模具是一种用于生产塑料制品的工具，其工作原理是将熔化的塑料注入模具中，经过冷却和固化后，形成所需的塑料制品。

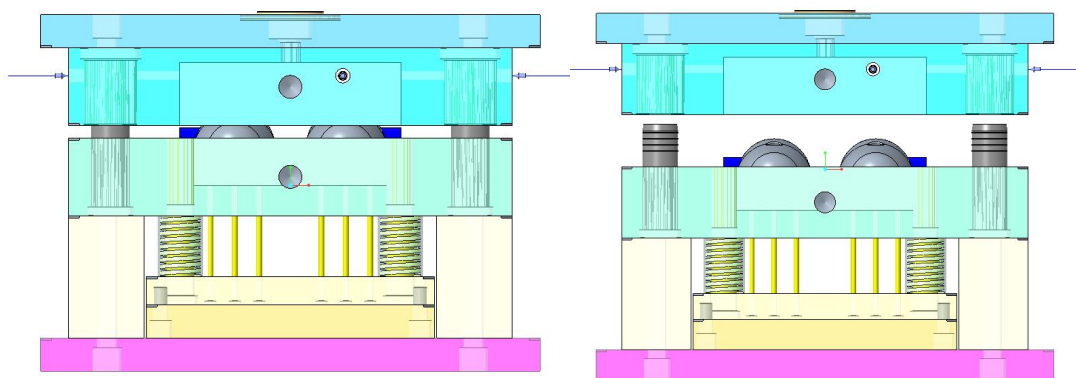
注射模具的工作原理主要依靠注射机和模具两个部分的协同作用。注射机通过加热和压力将塑料熔化并注入模具中，模具则通过其内部的腔体形状和结构，使塑料在其中冷却固化，最终形成所需的塑料制品。

5.1.1 模具注塑过程

注射工作过程为：将颗粒状的塑料从料斗中加入，然后送入注射机内加热、熔融、塑化，使颗粒变成熔体，接着在柱塞推动下^[19]，以非常大的流速通过注射机喷嘴注射进入温度比较低的模具内，通过主流道、分流道和侧浇口注入到型腔内，紧接着设置保温时间和保温压力，进过一段时间冷却定型后，就可以得到相应的塑件形状。

5.1.2 模架开模过程

模架开模是借助模架设备将模具两个部分分开并取出零件的过程。在模架开模之前，需要先准备好模具和生产的原材料，例如，对于金属铸造，需要铸造砂、热力、及铸造模具等；对于塑料注塑，需要塑料原料、加热器、喷嘴等设备。



开模 3s 模架状态

开模 5s 模架状态

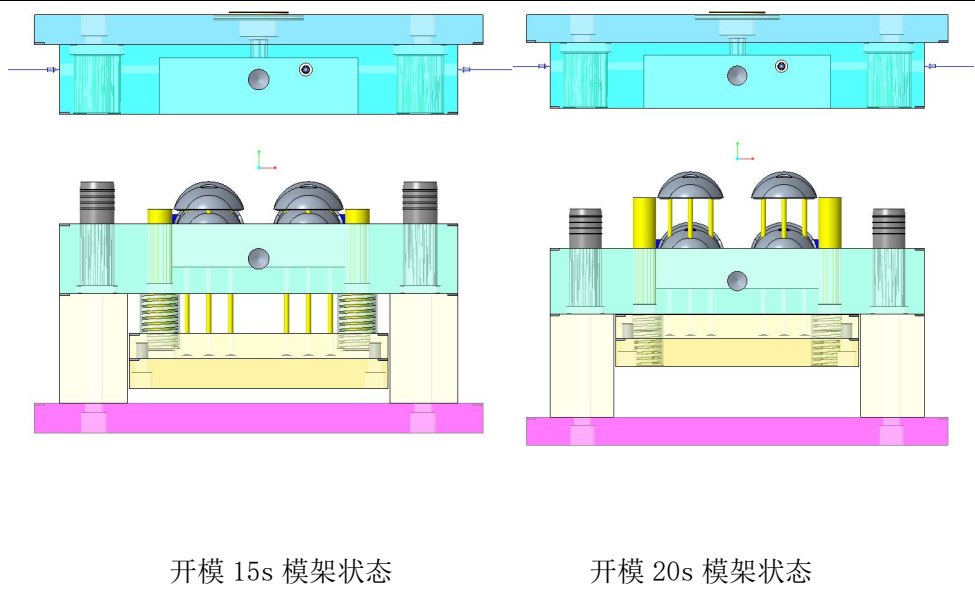
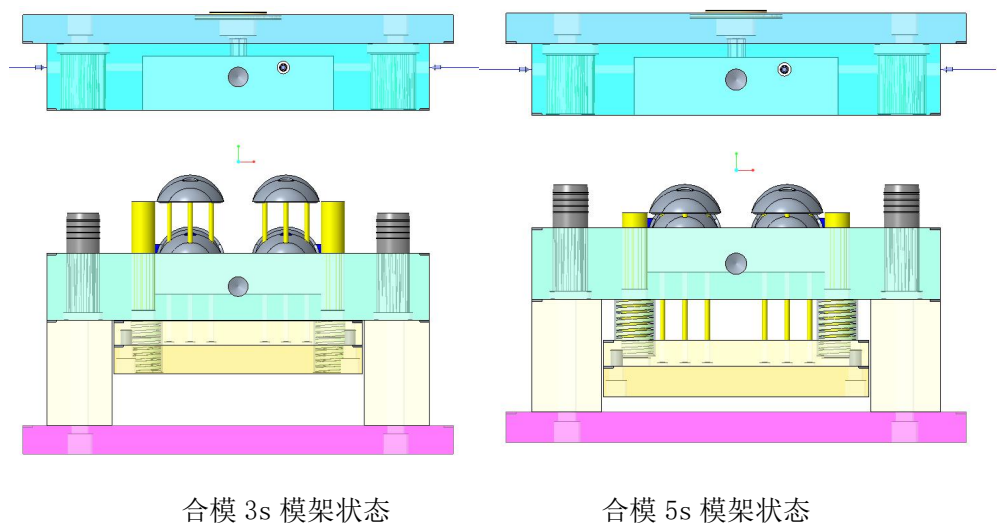


图 5.1 模架开模过程模拟图

开模：将上模和下模完全分离。定模和动模沿着垂直于分型面的方向开模，且沿着导柱方向继续移动，看见限位螺钉和复位弹簧压紧后停止。凸凹模分离，届时顶杆会将塑件定出，就完成了开模。此外，还要清理模具，以确保其表面没有杂物并检查有无模具损坏或其他问题。

5.1.3 模架合模过程



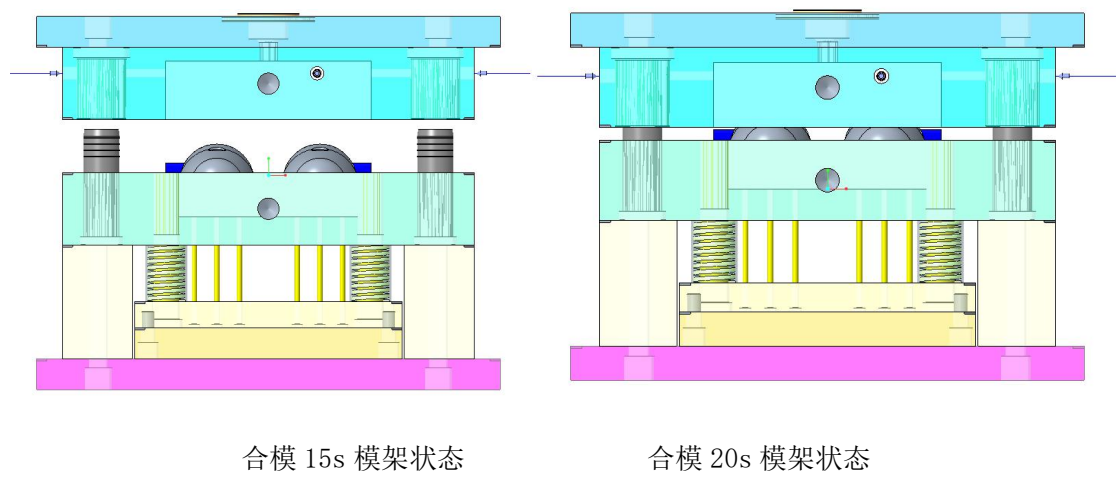


图 5.2 模架合模过程模拟图

合模：在打开模具之后，复位弹簧会让机械零件自动回归到复位位置，复位弹簧顶到推板上，配合着导柱导套，等待型芯型腔完全闭合，完成合模动作，才能开始下一次的注射。

5.2 模架装配图

本次设的为注塑模具，模具的三维结构如图 5.3 所示：

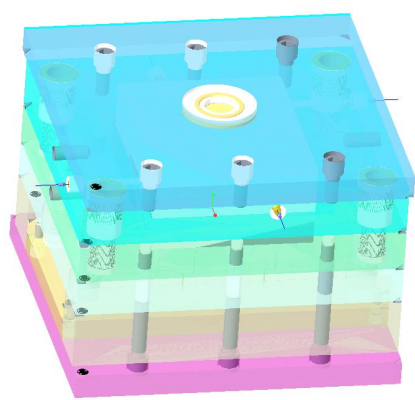
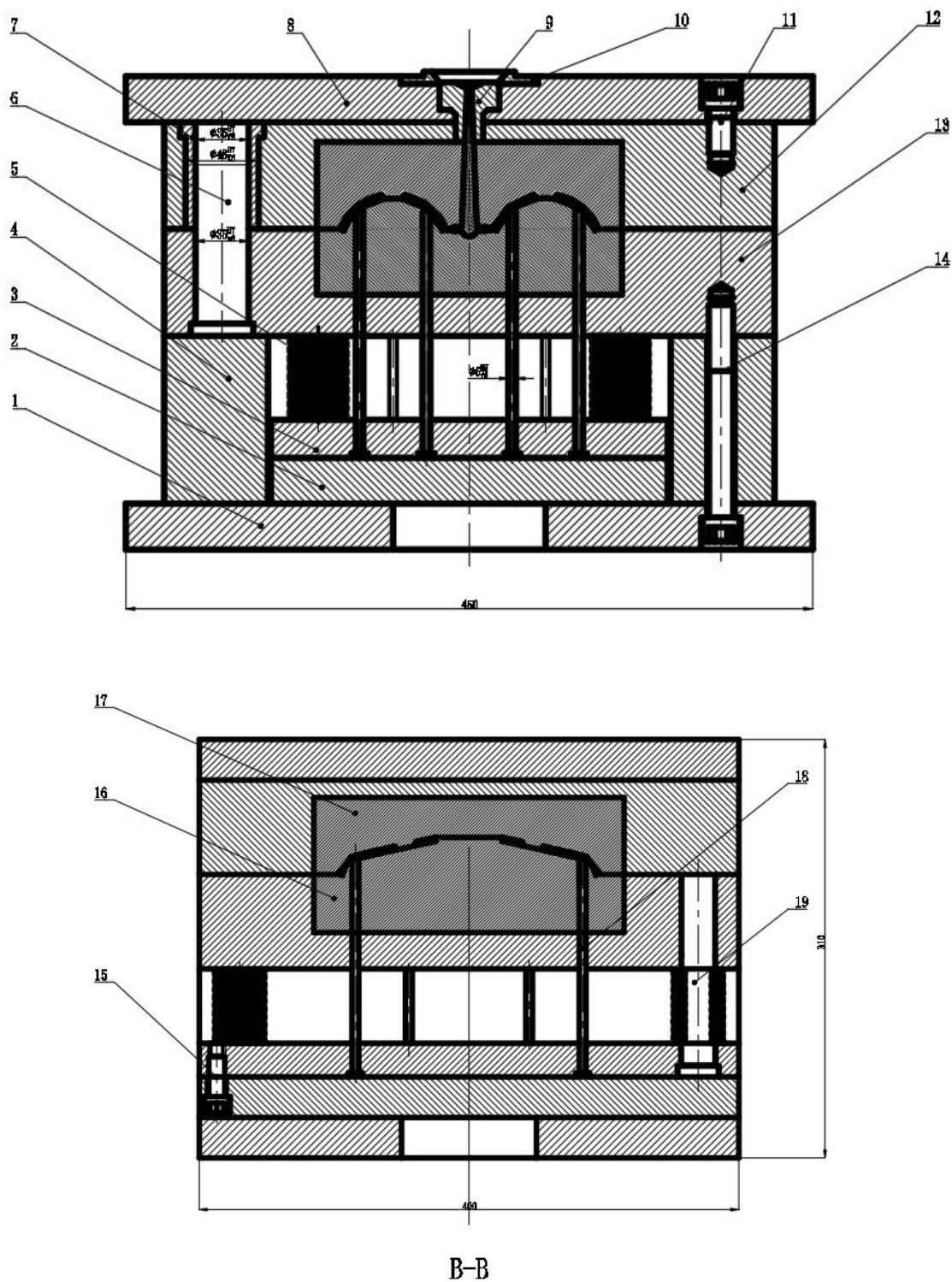


图 5.3 模架装配总装图三维图

5.2.1 模具装配图



1、动模座板 2、推板 3、推板固定板 4、垫块 5、弹簧 6、导柱 7、导套 8、定模座板 9、浇口套 10、定位圈 11、紧固螺钉 12、定模 13、动模 14、螺栓 15、螺钉 16、凸模 17、凹模 18、推杆 19、复位杆

图 5.4 模架装配总装图二维图

5.2.2 模具爆炸图

模具的各个零件在模具中的分布位置如图 5.5 所示：

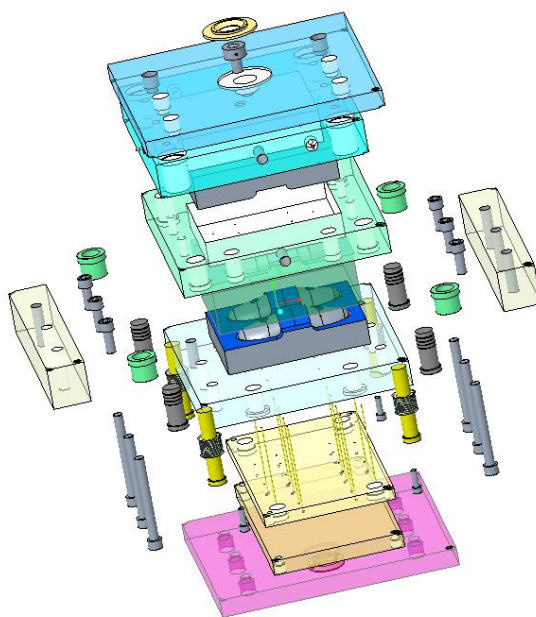


图 5.5 模架装配爆炸图

结束语

此次设计首先阐述了塑料工业在当代制造业的现状。随着经济的发展，塑料工业也在飞速的发展之中，其次介绍了模具设计中注意的原则和细节；然后介绍模具设计的具体内容；确定分型面、型腔数目、浇口尺寸；对注塑件的成型零部件进行选取和相应的校核；从开模、顶出杆顶出、限位螺钉限位、复位杆复位、合模，完成所有工作的同时，此次的设计也到此结束。

经过毕业设计，使得我初步学会了模具设计的步骤和要领，对于各个模具中的结构进行详细的设计，包括型腔的数目的确定、选择分型面、浇注系统的设置、脱模机构设计、注塑模具成型零部件相关尺寸的计算和校核等等。在设计中发现理论与实际是有差距的，经验和公式的校核结果也是有点出入。

本次的毕业设计按照导师的要求，从参考零件的选取，然后使用 Creo 软件完成塑件工件创建；接着借助 Moldflow 软件对塑件制品进行 Analysis 分析，得到塑件注射压力、注射温度等相关参数；同时完成注塑模具的具体设计方案和相关成型零部件的测绘和校核计算；最后完成整体模具的布局设计和 CAD 图。

致 谢

经过几个月的毕业设计忙碌后，终于将模具设计完成。这不是我一个人就能完成的，还要靠很多在我们背后为我们指导的老师及同学。由于他们的帮助，我才能克服所有难关，最终完成模具的设计工作。

本次毕业设计是由张跃老师指导。他在繁忙的工作中抽出时间指导我们的工作。他严谨的治学态度、精益求精的工作作风、诲人不倦的高尚师德、严以律己宽以待人的崇高风范深深影响了我，感动了我。在此，我要表示由衷的感谢。

大学时光匆匆而过，我们留下的东西却很少，不过，大学这几年我过的很充实，不仅有亲爱的同学、学姐，而且有敬爱的老师在工作、学习上帮助我很多。

参 考 文 献

- [1] 侯斌魁. 塑料注射模具自动分型设计关键技术研究[D]. 华中科技大学, 2018.
- [2] 杨浩亮. Cr12MoV 模具钢冲头车削参数优化研究[D]. 浙江工业大学, 2019.
- [3] 庄志雄. 我国模具工业发展中存在的问题及新工艺和新技术[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51 (07) :84-86.
- [4] 冯刚, 张朝阁, 齐继宝等. 三种不同类型注塑模具的特点与发展现状[J]. 工程塑料应用, 2013, 41 (07) :110-114.
- [5] 洪慎章. 塑性成形技术的现状及发展趋势[J]. 模具技术, 2003 (01) :54-56.
- [6] 赵利平. 环状多网格风扇前盖注射模关键技术研究及校核[J]. 模具制造, 2019, 19 (01) :42-46.
- [7] 杨卫民, 高世权. 注塑机使用与维护技术讲座(四)注塑机的选用原则[J]. 橡塑技术与装备, 2014, 40 (10) :55-59.
- [8] 郑世兴. XS—ZY—125A型注射机喷嘴的改进[J]. 纺织器材, 1996 (01) :17.
- [9] 金秋月. 加水盖模具设计过程要点[J]. 石油和化工设备, 2012, 15 (07) :8-11.
- [10] 单学军. 直立式聚丙烯瓶胚注塑工艺参数优化研究[D]. 安徽工程大学, 2016. 、
- [11] 张田荣. 基于产品质量的注塑模浇注系统设计[J]. 机械研究与应用, 2012, 25 (02) :112-114.
- [12] 辛然然. 基于CAE技术的双色显示器前壳注射模具优化设计[D]. 青岛科技大学, 2014.
- [13] 张冲. 双分型面注塑模CAD及动态演示系统的研究[D]. 合肥工业大学, 2002
- [14] 刘鸿飞. 注塑模具设计关键问题[J]. 才智, 2011 (12) :71-73.
- [15] 李雪梅, 王红飞. 智能控制在模具温控成形中的应用[J]. 机械设计与制造, 2007, No. 191 (01) :137-138. .
- [16] 尚欣. 薄壁塑件的注射成型数值模拟及模具优化设计研究[D]. 重庆理工大学, 2011.
- [17] 董征莲. 电声产品夹子盖注塑成型工艺分析与模具设计制造研究[D]. 山东大学, 2013
- [18] 张辉. 饮水机接水盒模具设计数控加工及有限元分析[D]. 内蒙古工业大学, 2010.
- [19] 程伟. 汽车杂物盒非等体积共模注射成型系统优化[D]. 合肥工业大学, 2007.