

南京理工大学泰州科技学院

毕业设计说明书(论文)

作 者: 戴子璇 学 号: 1901210160

学院(系): 智能制造学院

专 业: 机械工程

题 目: 带镶块注塑模模具设计

指导者: 张跃 副教授

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

随着塑料制品在工业、农业和日常生活等各个领域的应用越来越广泛。对于塑料制品的生产质量要求越来越高,因此先进的模具制造设备,高技术的模具计,精湛的加工工艺,性能优良的模具材料和高效的现代化成形设备是模具生产跟上时代步伐的必要条件。本次设计的任务是对塑料制件的几何特征进行分析,运用Creo6.0的mold analysis 板块自动生成浇口并确定合理的浇口位置。接下来,根据塑件的结构,进行分型面的创建以及工件的建立,开模生成型腔和型芯。因为本次设计的塑件有尺寸较小的凸台,所以需要在凸台的位置添加镶块,以更好的成形塑件。本设计中针对塑件得出了两种浇口方案,因此会建立两种完整的浇注系统以进行模流分析对比并确定浇口类型。为了继续完成设计,还使用了EMX插件对模架以及定位圈、主流道衬套等标准零部件进行调用。最后,完成一模四腔模具的三维模型,并绘制出模具工程图。

关键词 Creo6.0 自动化浇口创建 模流分析 EMX 插件

毕业设计说明书（论文）外文摘要

Title Design of Inject Mold with Insert blocks

Abstract

In order to meet the needs of the market, plastic products are more and more widely used in various fields such as industry, agriculture and daily life. The production quality requirements for plastic products are getting higher and higher, so advanced mold manufacturing equipment, high-tech mold design, exquisite processing technology, excellent performance mold materials and efficient modern forming equipment are the necessary conditions for mold production to keep up with the pace of the times. The task of this research project is to analyze the geometric characteristics of plastic parts, use the mold analysis plate of Creo6.0 to automate gate creation of plastic parts to find a reasonable gate position, and then create parting surfaces, create workpieces and part molds to establish mold kernels, and establish a gating system for mold flow analysis. The EMX plug-in is used to invoke the mold base and finally complete the three-dimensional model of a four-cavity mold.

Keywords Creo6.0 Automated gate creation mold analysis EMX plugin

目 录

1 绪论	1
1.1 模具工业的发展	1
1.2 现代注射模模具的设计和制造	1
1.3 Creo 在模具制造行业的应用	2
1.4 模具设计基本步骤	2
1.5 本设计的目的	3
2 塑件工艺分析	4
2.1 塑件结构分析	4
2.2 塑料性能分析	4
2.3 塑件浇口分析	5
2.4 模流分析对比	9
3 模具结构设计	14
3.1 成形零部件设计	14
3.2 注射机的选择和校核	19
3.3 浇注系统的设计	22
3.4 推出机构设计	26
4 模架以及各零部件的选择	29
4.1 模架的选用	29
4.2 模架各零部件的具体尺寸	29
4.3 模具的总装图	34
4.4 模具开模过程	36
4.5 模具爆炸图	37
结束语	38
致 谢	39
参 考 文 献	40

1 绪论

塑料是一种高分子化合物，其化学性能稳定，使用寿命长，具有较好的耐磨性和透明性。塑料是 20 世纪发展起来的新材料，由于其性能优良、种类繁多、适应性好、加工方便，如今成为生产生活中不可或缺的材料。塑料的主要加工方式是注射成型，是将各种形状的塑料原料（颗粒状、粉末状等）经过加热加压熔化后，通过注射机注射到具有特定形状的型腔中，进而得到需要的产品。注射成型工艺具有生产效率高、设计成本低、并且已经有一套固定的模式，其应用越来越广，目前注射成型制品产量已经接近塑料制品产量的 1/3，用于生产的注射机占塑料成型设备总数的 1/4。

1.1 模具工业的发展

在现代化工业生产日益精进的 21 世纪，如今的模具行业早已成为工业发展的基础。大批量的生产都离不开模具加工，因此模具生产有加工效率高、材料易于获得且可循环利用、可生产复杂零件等优点。近到身边的家用电器，甚至其他行业所需的零件，这些 70% 以上都需要模具加工^[1]。模具自 20 世纪 80 年代发展以来有了令人瞩目的进步，行业模式已经相当成熟，被广泛应用于航天、航空、机械、电子、电器、轻工业等行业。然而对比国外发达国家的模具制造水平仍然具有一定的差距，首先是精密、复杂模具的使用寿命不长，CAD/CAM/CAE 技术在模具设计制造的运用不够^[2]，然而这些问题正伴随着国内模具行业与世界各国模具技术的密切交流与合作，正在一步步缩小差距。

1.2 现代注射模模具的设计和制造

模具制造在工业生产中有着举足轻重的作用，在社会的各个领域中都有着众目共睹的关联性。随着计算机软件的建模功能日益完善，塑料成型工艺逐步精湛，模具生产质量也越来越高，这将会直接影响行业的经济效益，在这样的形式下模具行业逐渐形成了健全的生产发展体系、流程和生产标准^[3]。计算机辅助设计是模具制造行业中重要的一环，其效用对于复杂的塑料制件和大型覆盖件的形状和结构的体现对比传统的图纸，在工业经济迅速发展的当下，更能使模具制造业适应如今的发展形式。相对应的，模具制设计人员的能力要求也随之升高，不仅要能掌握产品的基本结构、材料以及模具的分析设计，更重要的是对于成型工艺的优化和创新，这对于模具制造的质量有着直接的促进作用^[4]。

1.3 Creo 在模具制造行业的应用

CAD/CAM 技术的应用范围非常广泛，CAD 技术可以用于制作产品三维模型、方案设计、可视化呈现、工程图绘制等，在设计产品的同时进行仿真分析。CAM 就是计算机辅助制造，是利用计算机控制加工设备的数据，实现产品从设计到制造的无缝连接，还能检测

产品的质量。软件是整个 CAD/CAM 系统中最核心的部分，软件的能力决定了性能^[5]。Creo 是一个集成多个应用程序的软件包，包含 pro-E 的参数化设计，它可以很方便的完成三维图形的创建和修改工作，此外还可以用于机械加工编程，有限元分析等。而它对于模具设计制造行业的优越性主要体现在以下几个方面：

（1）提高了模具质量，设计时的精确度保证了制造的尺寸精度和表面粗糙度。

（2）缩短了设计周期，Creo 包含模具标准件库，可以随时调用模架和零件。

（3）降低了设计成本，仿真技术可以进行模拟模具开合模等，并且只需要少部分懂得使用软件的人员就可以进行设计。

1.4 模具设计基本步骤

（1）对塑件进行大致分析

首先检验塑件制品的零件图，结合图纸上的基本信息包括塑件的外形、尺寸、精度、表面粗糙度，甚至要基于塑件的用途来考虑用于成型材料等各方面的细节。有时候在设计过程中遇到有修改或者优化的地方，还需要与图纸设计者进行探讨修改和优化的可行性。

（2）了解产品的生产批量

对不同批量的生产要求，选择合理的设计方案。比如，在设计小批量生产的塑件时，为了降低生产成本，模具的结构设计应该尽量简单；需要大批量生产时，就需要采用一模多腔甚至自动化水平更高的机械手进行自动取件，从而提高生产效率，缩短生产周期。但是大批量的生产对于模具的推出机构、流道以及零件的使用寿命有更加严格的要求。

（3）模具结构的设计

先对型腔的数量和布局进行确定，然后摆放好塑件。分型面的选择决定了塑件的质量，因此需要对塑件的结构和分型面选择的基本原则有明确的认知。选择并创建好分型面后，手动开模。之后就是模具浇注系统的设计，需要确定浇口类型和浇口位置、大小等。通过结合型腔的尺寸计算出所需的标准模架，之后设计推出机构、冷却系统等。

（4）模具工程图的绘制

工程图的绘制是模具设计中很重要的一步，绘制标准与机械图相似，区别并不大然而必须符合国家机械制图的标准。常见的做法是先用 Creo 做三维设计再用其工程图模块初步生成二维图然后转为 dwg 或 dxf 格式输出在 AutoCAD^[6]。图纸的作用是更加清楚的表达模具的基本结构以及模具中塑件的形状、浇口的结构和位置。在模具工程图的俯视图中需要将定模座板和 A 板隐藏，在正视图中则要通过剖切来展示结构。模具工程图中的尺寸包

括闭合时模具尺寸、外形尺寸、装配尺寸、特征尺寸等，还有技术条件以及零件明细表。

1.5 本设计的目的

模具毕业设计是对于我们学生的专业知识素养和结合实践能力的检验，是学生三年以来所学基础课、专业课知识以及注射模模具的设计能力和解决实际问题的能力的体现。并且对于 CAD 软件，如 Creo 的建模能力、Autocad 软件画图能力等都需要熟练掌握，学生通过专业知识与软件操作在老师的指导下一步一步完成注射模模具设计，在这个过程中，我们不仅可以巩固所学的模具专业知识，在实际的模具结构设计、塑料工艺分析、以及各种标准件的选用，甚至是资料检索等方面的能力都获得了提升，为将来工作的适应打下基础。

本设计主要涉及的是模具中很常见的配件，叫作镶块。是在遇到一些结构复杂且有较深的筋位或异性的塑件时的一种结构^[7]，其作用不仅仅是与模具成型部件配合以得到完整的产品，还便于模具的加工、模具的排气、以及后续的替换以延长模具使用寿命。

2 塑件工艺分析

2.1 塑件结构分析

塑件的基本结构和特征如图 2.1 所示：

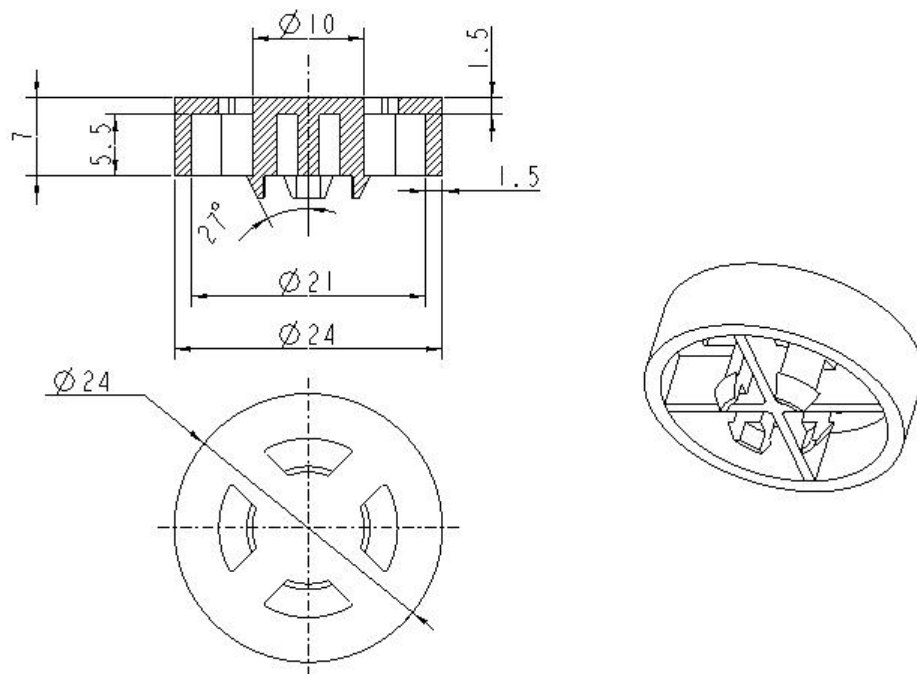


图 2.1 零件结构图

（1）外形尺寸：如图 2.1 所示该塑件为圆柱形，高度为 7mm，直径为 24mm，塑件尺寸不大，适合注射成型。

（2）材料分析：本零件是用于垫高家具的塑料制品，要求具有抗冲击、强度高、具有一定的韧性，选择 ABS 材料。

（3）镶块结构：在此产品中需要在型腔做镶件，由于高度较低只有 7mm，不利于型腔加工，因此需要镶块来配合型腔共同成型。

（4）生产批量：由于零件尺寸较小，且需要大批量生产，故采用一模四腔的设计提高生产效率。

2.2 塑料的性能分析

本设计选择的原料为 ABS，是一种用途广泛的塑料，其优越的性能和简单的工艺制作流程使其如今的产能快速发展，成为了第五大通用塑料品种^[8]，ABS 塑料是丙烯腈（A）、丁二烯（B）、苯乙烯（S）三种单体的三元聚合物，因此 ABS 塑料兼具三种化学物质的所有性能，丙烯腈使其具有耐腐蚀、耐热，并具有抗拉伸强度，丁二烯使其具有韧性和低温抗冲击性，而苯乙烯使得 ABS 塑料具有光泽、刚度。

（5）基本性能

ABS 表面具有较为明亮的光泽，整体呈现白色。与其它聚合物相容性更好，能被染料染成其他颜色，甚至可以与金属通过电镀形成镀层，所以它更适合作为合金等高性能工程塑料的原料^[9]。

（6）力学性能

ABS 塑料的抗冲击能力较强，即使在低温环境下也可以承受较大的冲击。性能稳定，并且具有耐磨、耐油等，可用于中等载荷和转速的轴承。ABS 的弯曲强度和压缩强度不高，ABS 的力学性能受温度影响较大。

（7）电学性能

绝缘性能较好，并且几乎不受温度、湿度的影响。在大多数环境下都可以维持本身的性能。

（8）成型性能

流动性中等，温度越高注射时的流动速率越快，但不能超过 270℃，如果继续盲目升温，必将导致热降解反而使熔融粘度增大^[10]。冷却速度快，浇口设计应尽量大，模温对塑件质量影响较大，模温越高的话，冷却速度变慢，并且脱模时塑料变得粘连，不易脱模。

2.3 塑件浇口分析

2.3.1 浇口的分类

（1）直浇口

又叫中心浇口或者直接浇口，一般在塑件中心位置建立，与喷嘴直接接通，因此熔融的塑料直接进入型腔中，进料速度快，成型快，并且压力损失小，在模具制造成本方面也比较低，模具结构简单。然而缺点也很明显，因为浇口与塑件的接触面积大，所以难以去除干净而影响产品的外观质量，并且在浇口部位极易形成缩孔。直浇口一般用于大型塑件的单型腔模具。

（2）侧浇口

侧浇口是注塑成型中应用最多的浇口之一，位于分型面处，从塑件的侧面的表面进浇。侧浇口的浇口位置的选择相对更多，可以根据塑件的形状和特点灵活改变进浇位置，从而改进模具的工艺性。浇口截面小，因此易去除残余的凝料，产品外质量好。侧浇口一般用于一模多腔，生产效率高。侧浇口的缺点一般是压力损失较大，在注射壳体类塑件时，会形成熔接痕。

（3）扇形浇口

这种浇口呈扇形，由侧浇口演变而来。其特点是逐渐变宽，但是厚度逐渐变薄。在注塑时，熔料在通过浇口时，就会横向逐渐蔓延，从而浇注更加均匀，内应力降低，塑件变形量减少，缺点同样是难以处理浇口残余凝料，扇形浇口多用于像盖板、托盘、标尺这样的长条状或扁平状制品。

（4）点浇口

点浇口是截面面积最小的浇口，在注塑时拥有很大的剪切速率，冷却快、成型快。点浇口都用于三板模中，与两板模不同的是，三板模多了一块剥料板，其作用就是实现自动脱落凝料，并且残留的浇口很小基本不影响产品外观和装配。其缺点是，由于竖直流道很长，注塑压力损失很大，故而所需注射压力大、锁模大。有两个分型面，因此需要开模零件控制两个分型面的开模顺序。相比两板模，模具的成本提高。

2.3.2 浇口的选择

（1）自动化浇口创建

在 Creo 打开 FOOT_PAD.PRT，材料选择奇美 PA-758 的透明 ABS 塑料，是市面上主流的 ABS，多用于制作计算机外设、家用电器、日常用品等。



图 2.2 ABS 塑料的选用类型

此型号的物理特性，熔体流动指数为 $MFI=3g/10min$ ，需要在熔体温度为 $230^{\circ}C \sim 240^{\circ}C$ 之间以及模具温度为 $50^{\circ}C \sim 70^{\circ}C$ 之间的条件下进行注塑，固化温度为 $130^{\circ}C$ ，顶出温度为 $110^{\circ}C$ 。

在 Mold Analysis 菜单中选择浇口，然后选择自动化浇口创建

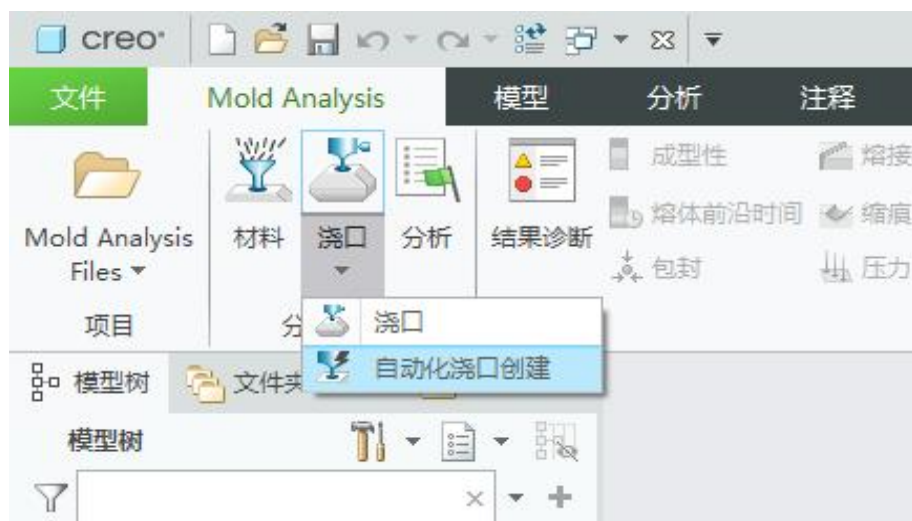


图 2.3 自动化浇口创建

选择好参考坐标系，拖拉方向为下，浇口直径选择 3mm

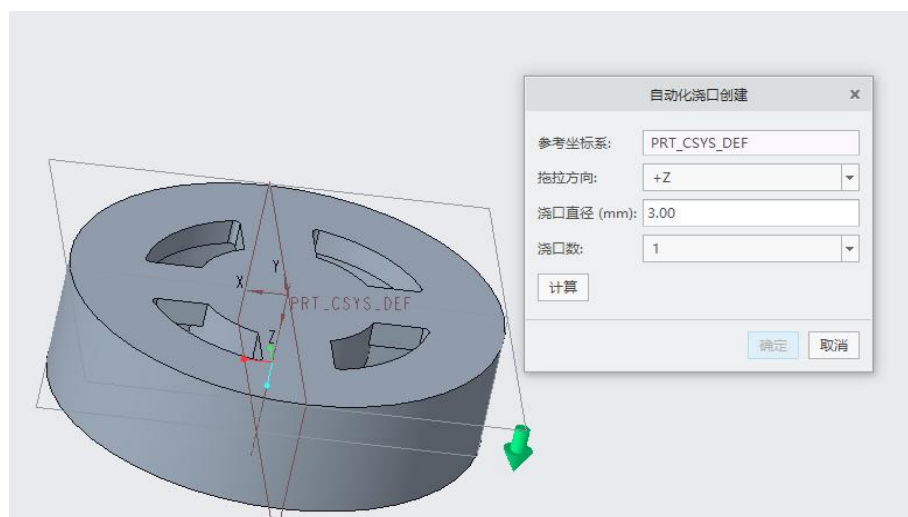


图 2.4 拖拉方向和浇口直径

从红色至蓝色浇口的选择优先度逐渐降低，据图可以判断最佳浇口位置位于塑件中心

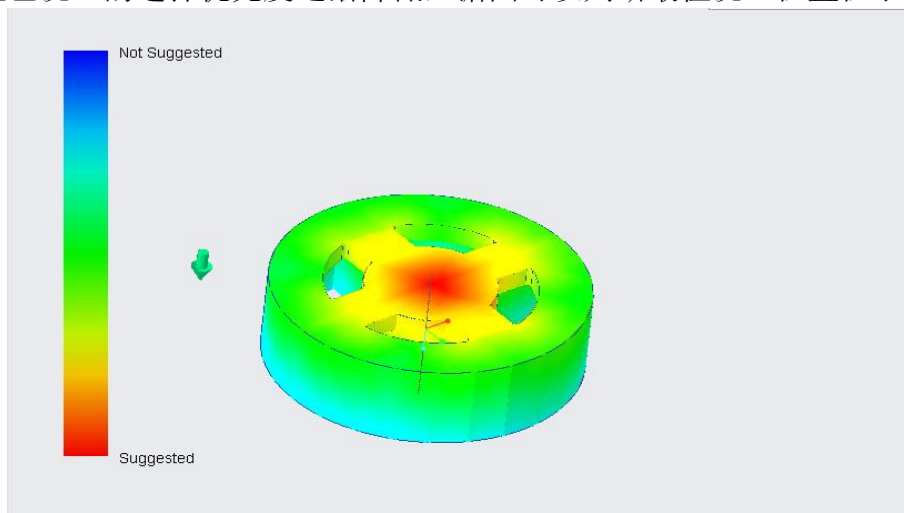


图 2.5 浇口推荐位置

2.3.3 浇口方案的选择

（1）方案 1

在软件推荐的进浇口点创建浇口，位于塑件中心位置，采用点浇口，一模四穴，采用梯形流道，在做好分模后创建的制模，如下图所示。

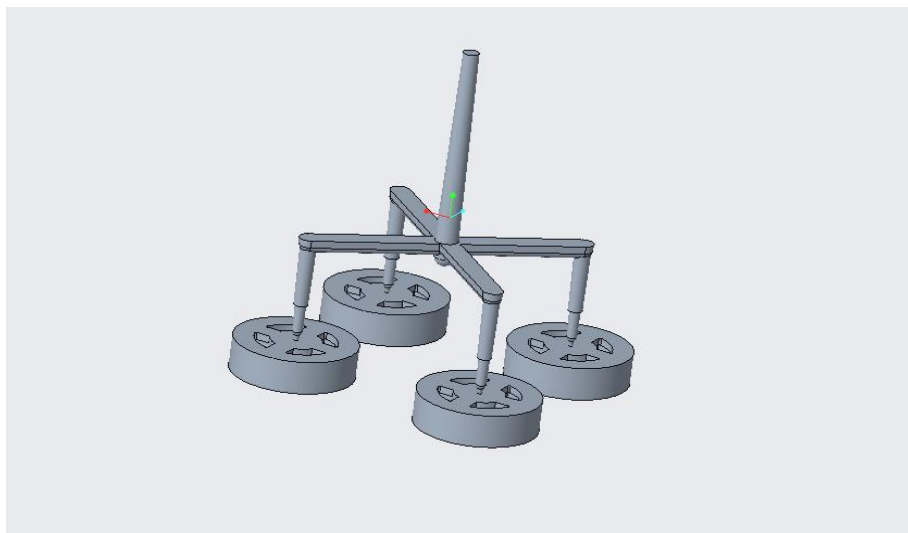


图 2.6 点浇口

（2）方案 2

根据日常经验和模具成本综合考虑，这种圆柱形塑件亦可以使用侧进浇的方式，即侧浇口，同样一模四穴，在做好分模后创建的制模，如下图所示。

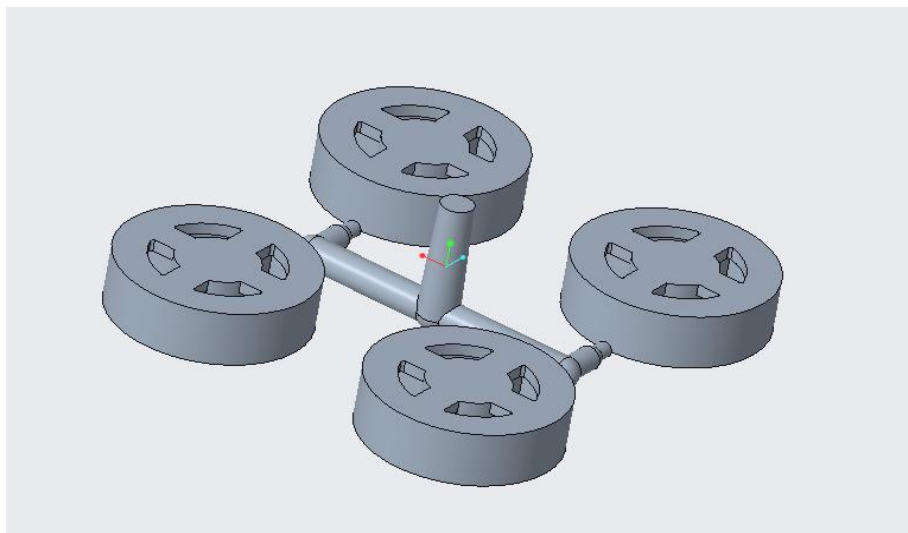


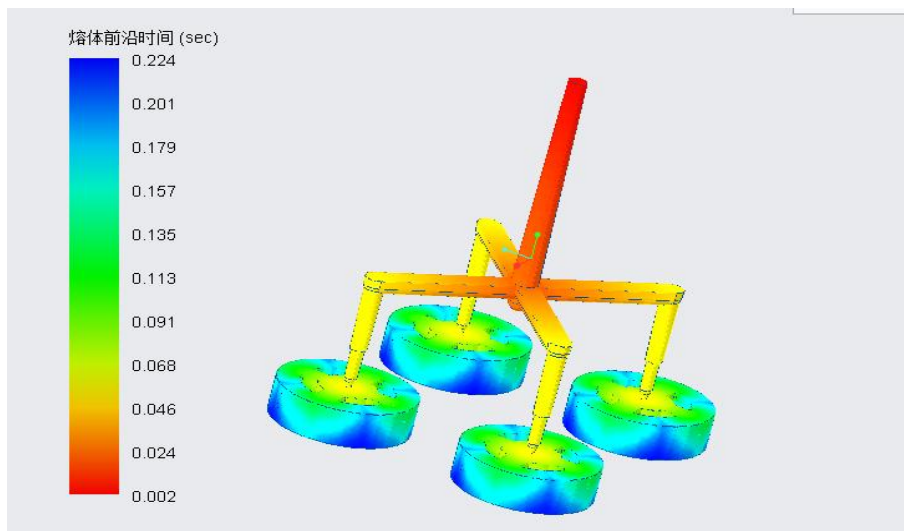
图 2.7 侧浇口

可以看到点胶口的截面面积非常小，可以实现自动脱落，但是点浇口的流道比侧浇口长，并且主体呈竖直状，流速大，摩擦力也会大，侧浇口流道相对短，对于注射压力的要求会更低。

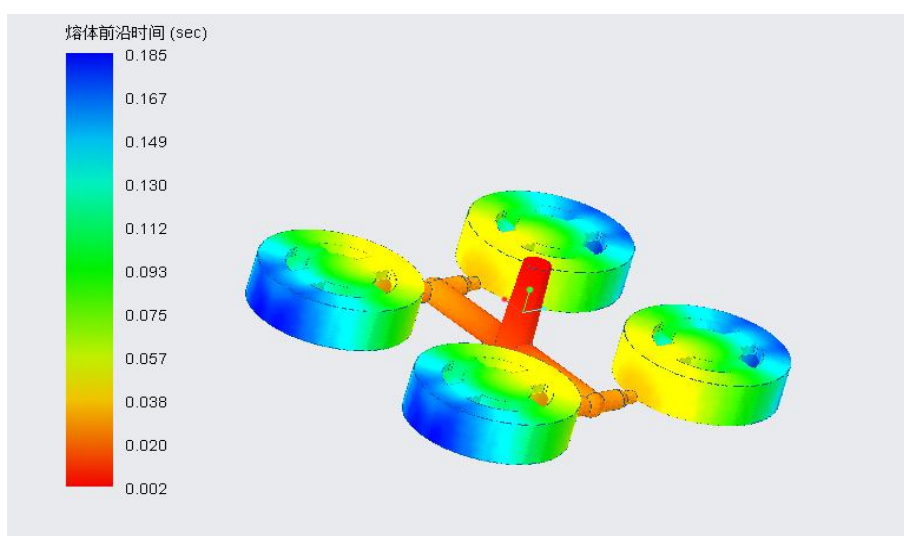
2.4 模流分析对比

2.4.1 填充时间分析

下面是两种浇口设计方案的熔体前沿时间分析图：



(a) 方案 1



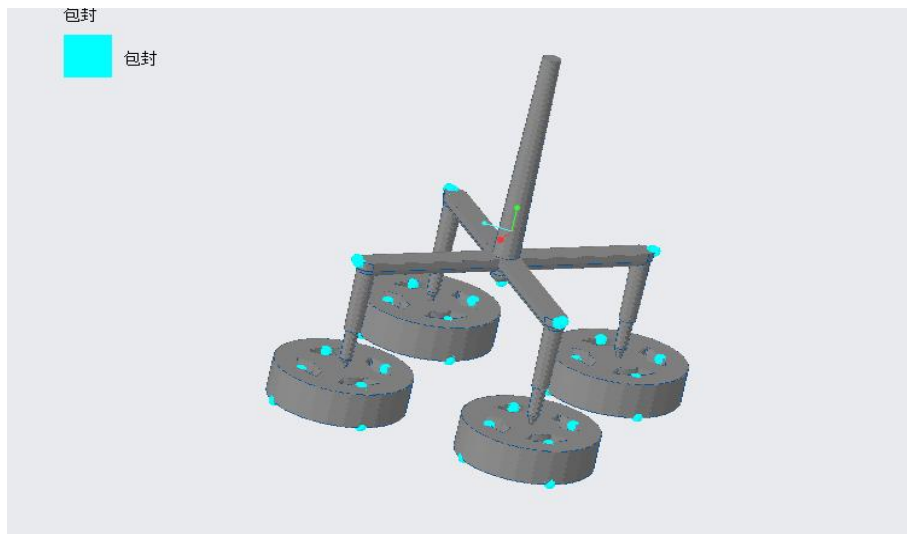
(b) 方案 2

图 2.8 熔体前沿时间对比

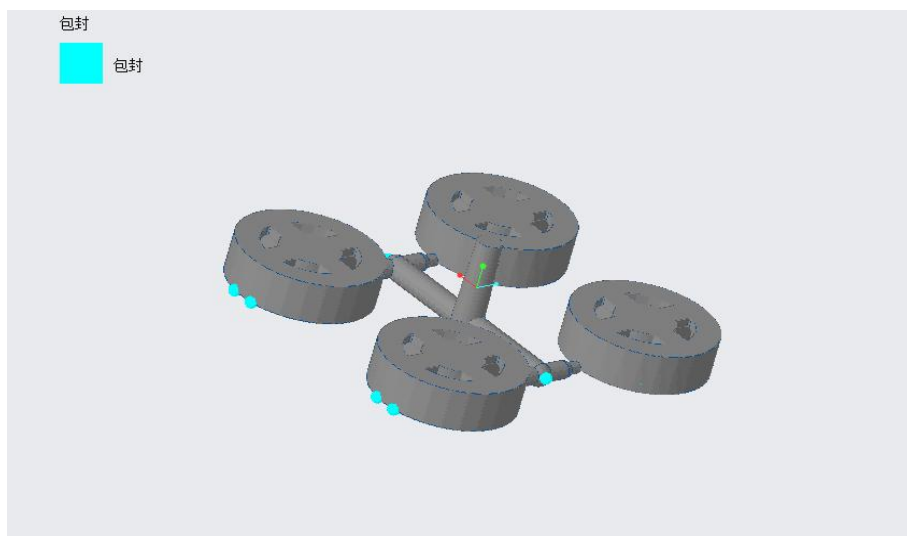
熔体前沿时间指的是注塑过程中，不同时间段熔体前沿运动的位置，方案 1 中的塑件熔料填充，从开始注塑至熔料到达型腔最里面所需时间为 0.224s，方案 2 的侧浇口为 0.185s，方案 2 稍快于方案 1。根据两张分析图，可以发现左边的颜色分布随时间变化分布都很均匀，可以说明两种方案都满足熔体填充的要求，填充模式都很平衡。

2.4.2 包封对比分析

下面是两种浇口设计方案的包封分布图：



(a) 方案 1



(b) 方案 2

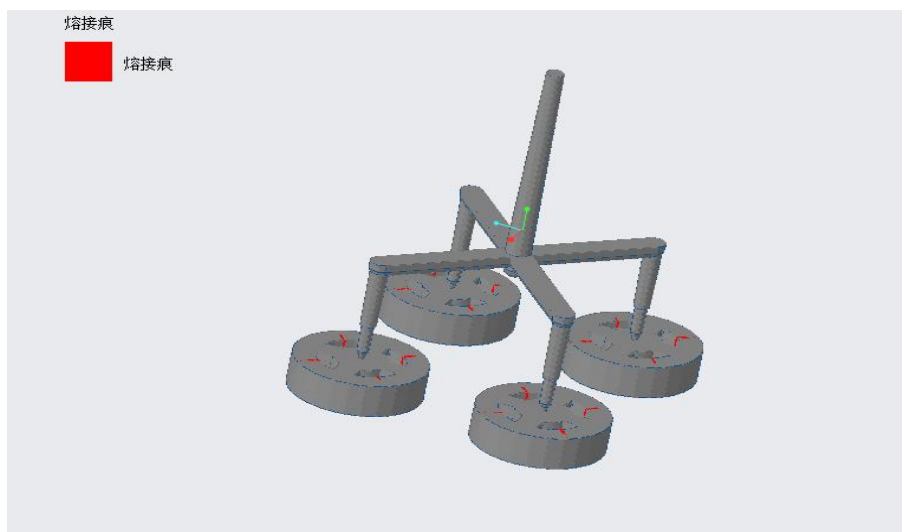
图 2.9 包封情况对比

包封其实就是气孔，是因为 ABS 原料中含有水分或者易挥发物质，另一个因素可能是温度过高导致塑料分解而产生气体。

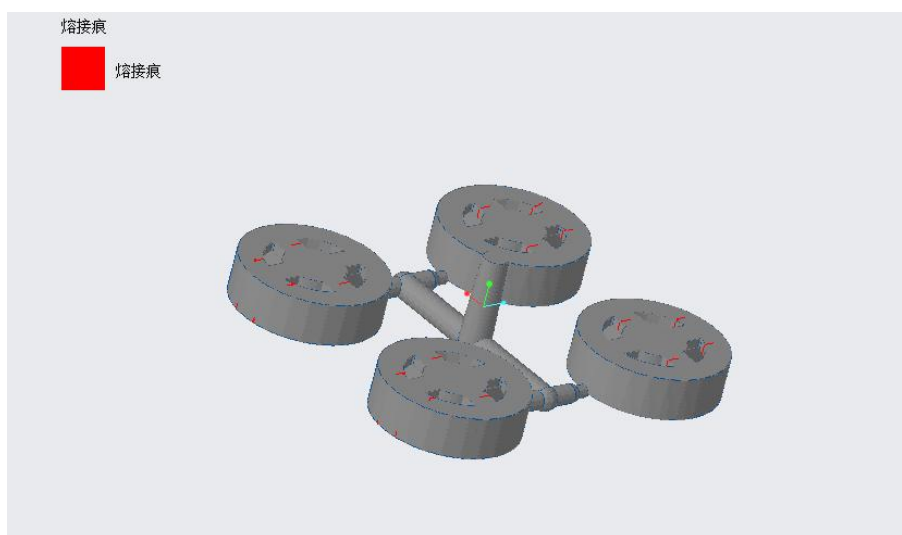
如图 2.9 所示，图片反映了气体产生的位置和数量，很明显方案 1 中的气孔数量明显多于方案 2，这可能会导致型腔内部形成高压，导致影响模具正常的充模，并且会对塑件造成空腔、组织疏、银纹等质量缺陷。所以从包封情况对比来看，方案 2 优于方案 1。

2.4.3 熔接痕对比

下面是两种浇口设计方案的溶解痕分布图：



(a) 方案 1



(b) 方案 2

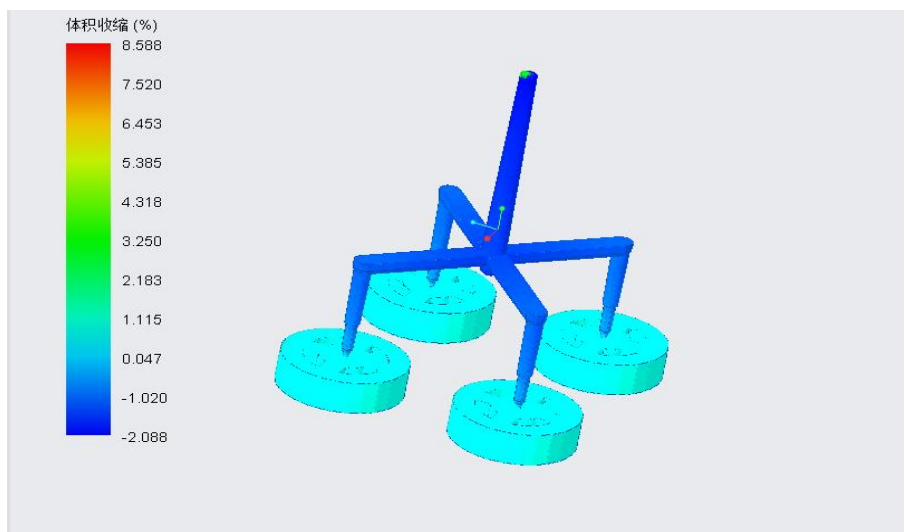
图 2.10 熔接痕分析

熔接痕是注塑过程中最常见的缺陷之一，其形成的主要原因是熔融的塑料在型腔中遇到台阶、孔洞从而导致流速不连贯，或者当采用多浇口进浇时，两股熔料交接，因为两股熔料的温度不同导致不能完全融合。熔接痕会导致塑件的力学性能受到影响，如冲击强度、抗拉强度等。一般的改善方式有，改变浇口位置避免产生多股熔流、提高模温使其更好融合、减少浇口等方式。

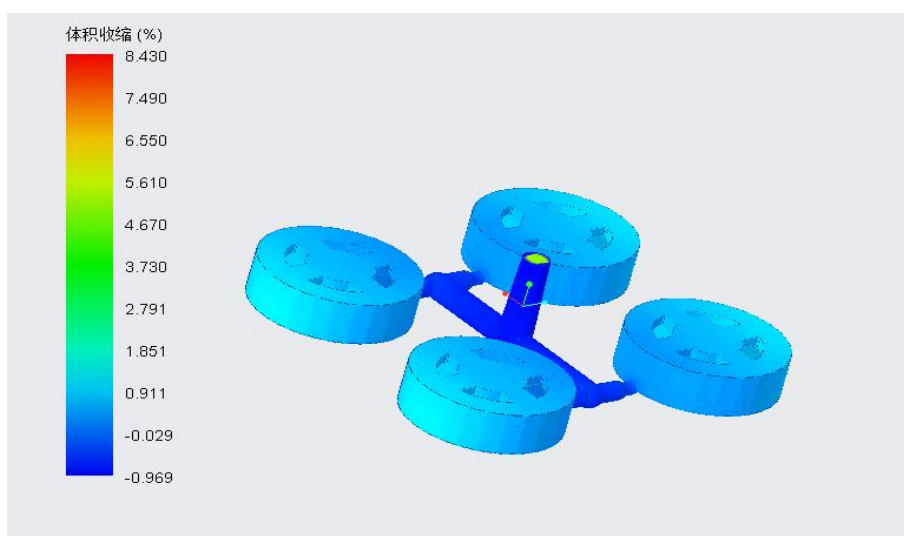
通过上面的对比图，可以看到两种方案都存在一定数量的熔接痕，两种方案的分布大致一样，都位于壁厚较厚的位置，对塑件质量的影响不会太大。

2.4.4 体积收缩率对比

下面是两种浇口设计方案的体积收缩率对比图



(a) 方案 1



(b) 方案 2

图 2.11 收缩率分析

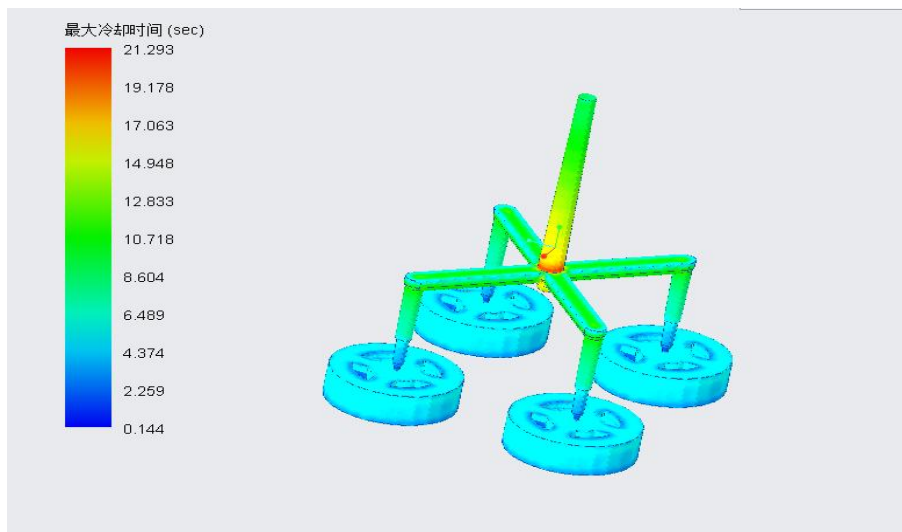
收缩率是指在塑胶完全充满型腔后，熔料冷却固化后模具顶出塑件时出现的体积和尺寸变化，也叫成形收缩。影响收缩率的因素主要有原料的性质，结晶塑料的模具收缩率比非结晶塑料更大；填充时如果添加无机填充材料会减少收缩；塑件的形状是影响收缩率的主要原因之一，在壁厚越厚的位置，由于冷却时间长，收缩也较大。塑件顶出时塑件顶出时体积收缩率最高最低体积收缩率差异越大，塑件越易产生缩孔，塑件强度越低，质量越差，翘曲变形越大，越易产生断裂^[11]。

如图 2.11 所示，可以分别看到两种方案的最大和最小收缩，在方案 1 中最高为收缩率为 8.558%，范围为 0.047%~8.558%，相差 8.511%。在方案 2 中，最高收缩率为 8.430%，

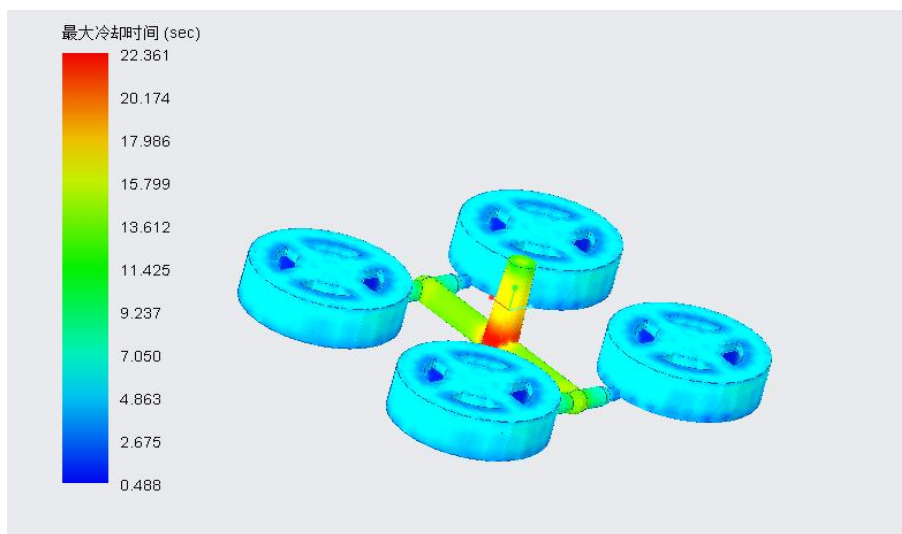
范围为 0.911%~8.430%，相差 7.519%，所以通过以上数据得知，方案 2 在顶出时收缩率差距比方案 1 小，因此方案 2 的产品质量比方案 1 的好。

2.4.5 最大冷却时间对比

下面是两种浇口设计方案的最大冷却时间对比图



(a) 方案 1



(b) 方案 2

图 2.12 最大冷却时间分析

最大冷却时间可以最直接的放映从充填满型腔后，塑件的冷却时间，在其它条件相同的情况下，对两个方案的最大冷却时间，方案 1 为 21.293s, 方案 2 为 22.361s，差距为 1.068s，差距相差不大。

综合前面对两种方案的熔体前沿时间、包封、熔接痕、体积收缩和最大冷却时间这 5 个方面的数据对比，综合考虑选择方案 2，即侧浇口，两板模。

3 模具结构设计

3.1 成形零部件设计

3.1.1 分型面选择

（1）分型面选择原则主要有四点，分型面应该选择在塑件最大轮廓处，必须保证塑件能够顺利脱模；分型面选择还要考虑后续的开模，塑件是否能留在动模，以方便正常的推出脱模；分型面是否合理，在于是否对成型后的塑件造成缺陷^[12]；分型面尽量设计得容易制造，以及模具寿命尽量长。

（2）根据塑件结构，选择图 3.1 的分型面。

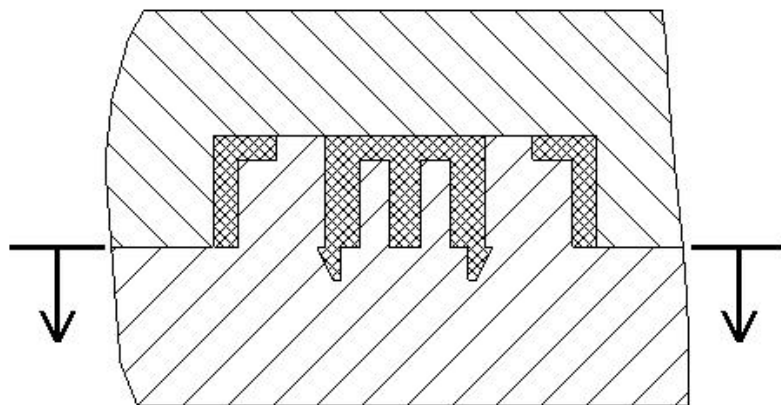


图 3.1 分型面

3.1.2 成形零部件工作尺寸计算

成形零部件的工作尺寸的确定就是计算型腔和型芯的径向尺寸、高度和深度、以及孔的中心距、凸台至平面的距离尺寸等。因为这些尺寸是直接用来构成塑件的面，也就是直接影响塑件的尺寸精度。

（1）模具成形零件最基本公式为 3-1：

$$L_m = L_s(1 + S) \quad (3-1)$$

式中 L_m ——模具成形零件在常温下的实际尺寸，mm；

L_s ——塑件在常温下的实际尺寸，mm；

S ——塑件的计算收缩率。

（2）由于本次设计的材料为 ABS，收缩率通过书中查找得知为 0.004~0.008。收缩率的平均值的计算公式为 3-2：

$$\bar{S} = \left(\frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \right) \times 100\% \quad (3-2)$$

式中 $S_{\max}$ ——塑件最大收缩率；

$S_{\min}$ ——塑件最小收缩率；

带入数值可以计算得： $\bar{S} = \left(\frac{0.004 + 0.008}{2} \right) \times 100\% = 0.6\%$

（3）塑件的尺寸精度

塑件尺寸精度是指所获得的塑件尺寸与产品图中尺寸的符合程度^[13]。在生产过程中，模具的尺寸精度、塑料的收缩率都会影响成品的尺寸，因此需要通过公式计算出模具的尺寸公差，从而保证塑件的尺寸精度。

塑件的基本尺寸如下图：

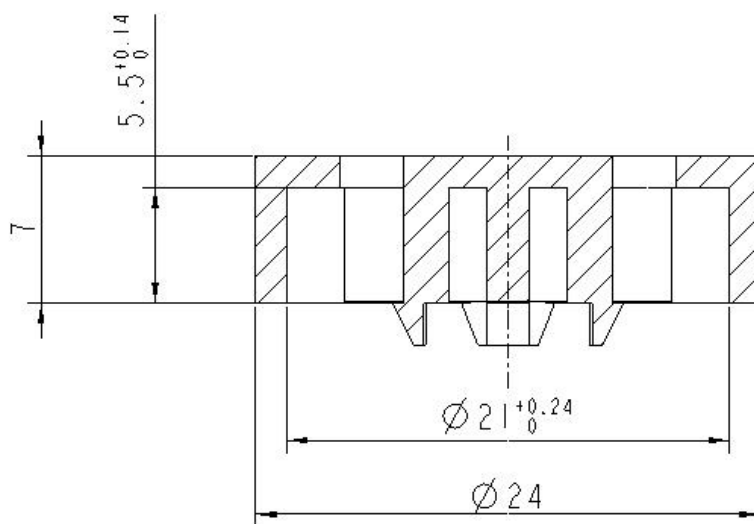


图 3.2 塑件尺寸公差

通过查询模塑件尺寸公差表（GB/T 14486），标注公差的尺寸公差的公差等级取 MT3，即 $5.5^{+0.14}_0$ 、 $21^{+0.24}_0$ 未标注公差的尺寸偏差取 MT5。

因此塑件的尺寸公差为：塑件的外径 $\text{Ø}24 \pm 0.25 \rightarrow \text{Ø}24.25^{+0.25}_{-0.25}$

塑件的高度 $7 \pm 0.14 \rightarrow 7.14^{+0.14}_{-0.14}$

（4）计算型芯和型腔的尺寸公差

取模具制造公差 $\delta_z = \frac{\Delta}{4}$

型腔径向尺寸值可以通过公式 3-3 计算得到：

$$L_M = [(1 + \bar{S}) \times L_s - x\Delta]^{+\delta_z}_0 \quad (3-3)$$

式中 $\bar{S}$ ——塑料的平均收缩率

L_s ——塑料的最大外形尺寸

x ——系数，尺寸大精度低， $x=0.5$ ；尺寸小精度高， $x=0.75$

Δ ——塑料尺寸公差

带入数值可以计算得： $L_M = [(1 + \bar{S}) \times L_s - x\Delta]_0^{+\delta_z} = [(1 + 0.006) \times 24.25 - 0.75 \times 0.5]_0^{+\delta_z} = 24^{+0.13}$

型腔的径向尺寸的校核可以通过公式 3-4 计算得到：

$$(S_{\max} - S_{\min})L_s + \delta_z + \delta_c < \Delta \quad (3-4)$$

式中 δ_z ——模具成形零件制造公差

δ_c ——模具成形零件最大磨损量，一般取 $\delta_c = \frac{1}{6} \Delta$

带入数值可以计算得： $(0.008 - 0.004) \times 24.25 + 0.13 + 0.008 < 0.5$ 得到 $0.235 < 0.5$

型芯径向尺寸值可以通过公式 3-5 计算得到：

$$l_M = [(1 + \bar{S}) \times l_s + x\Delta]_{-\delta_z}^0 \quad (3-5)$$

式中 l_M ——塑件的内形最小尺寸

其余各个符号的意义与 3-3 式一样。

带入数值可以计算得： $l_M = [(1 + \bar{S}) \times l_s + x\Delta]_{-\delta_z}^0 = [(1 + 0.006) \times 21 + 0.75 \times 0.24]_{-\delta_z}^0 = 21.3_{-0.06}^0$

型腔的径向尺寸的校核可以通过公式 3-6 计算得到：

$$(S_{\max} - S_{\min})l_s + \delta_z + \delta_c < \Delta \quad (3-6)$$

带入数值可以计算得： $(0.008 - 0.004) \times 21 + 0.06 + 0.04 < 0.24$ 得到 $0.184 < 0.24$

型腔的深度尺寸可以通过公式 3-7 计算得到：

$$H_M = [(1 + \bar{S}) \times H_s - x\Delta]_0^{+\delta_z} \quad (3-7)$$

式中 H_s ——塑料的高度最大尺寸

x —— x 的取值范围在 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 之间，当尺寸大精度低时取小值，反之，取大值。

带入数值可以计算得： $H_M = [(1 + \bar{S}) \times H_s - x\Delta]_0^{+\delta_z} = [(1 + 0.006) \times 7.14 - \frac{1}{2} \times 0.28]_0^{+\delta_z} = 7_0^{+0.07}$

型腔的深度尺寸的校核可以通过公式 3-8 计算得到：

$$(S_{\max} - S_{\min})H_s + \delta_z + \delta_c < \Delta \quad (3-8)$$

带入数值可以计算得： $(0.008 - 0.004) \times 7.14 + 0.07 + 0.047 < 0.28$ 得到 $0.146 < 0.28$

型芯的高度尺寸可以通过公式 3-9 计算得到：

$$h_M = [(1 + \bar{S}) \times h_s - x\Delta]_0^{+\delta_z} \quad (3-9)$$

式中 h_s ——塑料的内形深度的最小尺寸

其余各个符号的意义与 3-7 式一样。

带入数值可以计算得： $h_M = [(1 + \bar{S}) \times h_s + x\Delta]_{-\delta_z}^0 = [(1 + 0.006) \times 5.5 + \frac{1}{2} \times 0.14]_{-\delta_z}^0 = 5.6_{-0.04}^0$

型芯的高度尺寸的校核可以通过公式 3-10 计算得到：

$$(S_{\max} - S_{\min})h_s + \delta_z + \delta_c < \Delta \quad (3-10)$$

带入数值可以计算得： $(0.008 - 0.004) \times 5.5 + 0.04 + 0.02 < 0.14$ 得到 $0.082 < 0.14$

（5）型腔和型芯的结构尺寸

综合上述计算结果，型腔和型芯的尺寸结构下图所示：

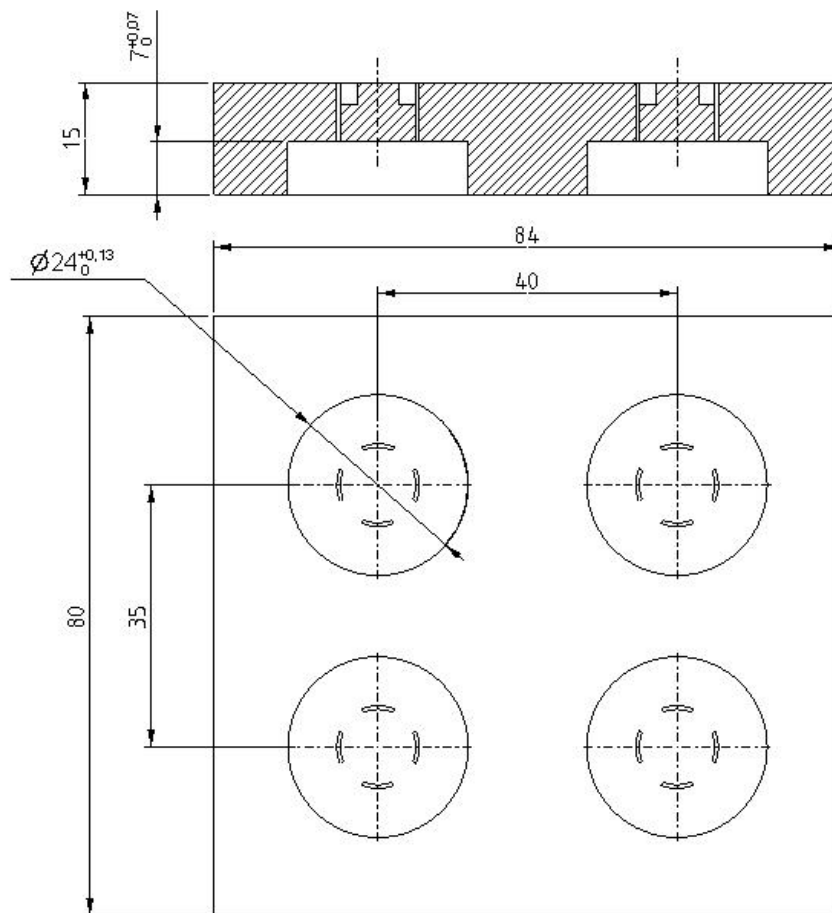


图 3.3 型腔结构图

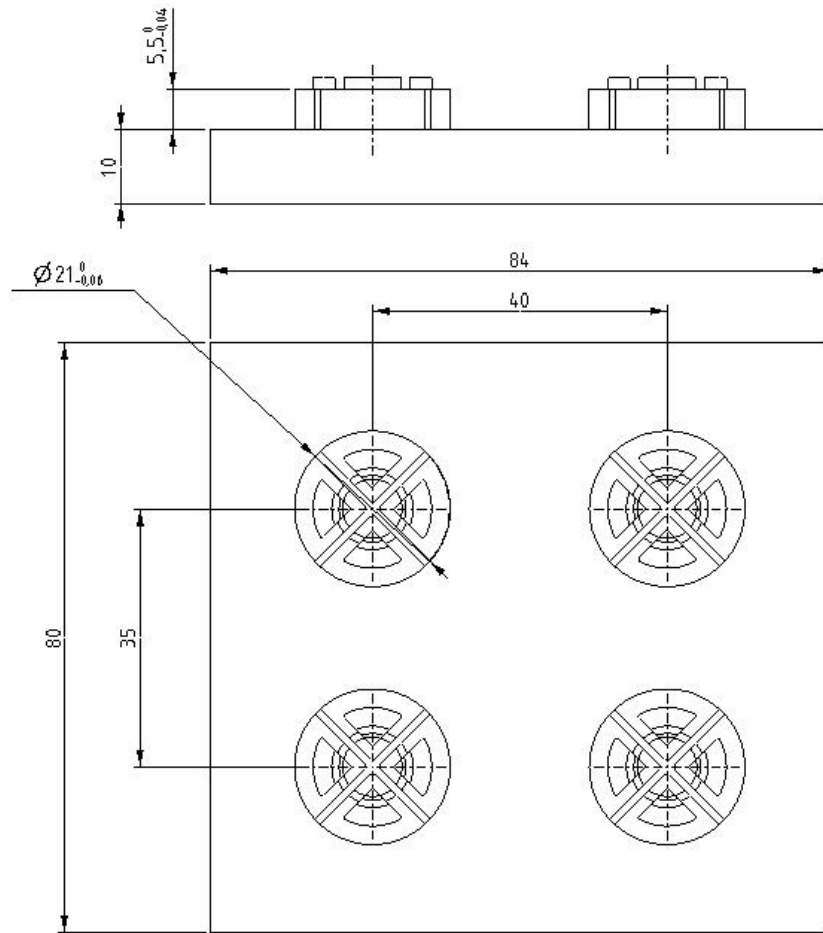


图 3.4 型芯结构图

3.1.3 镶块的设计

镶块的位置设计如图 3.5 所示：

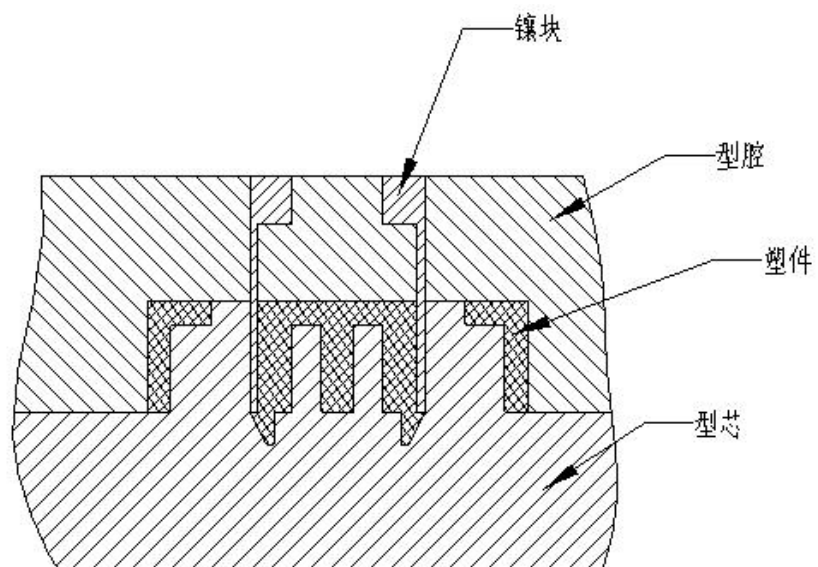


图 3.5 镶块位置

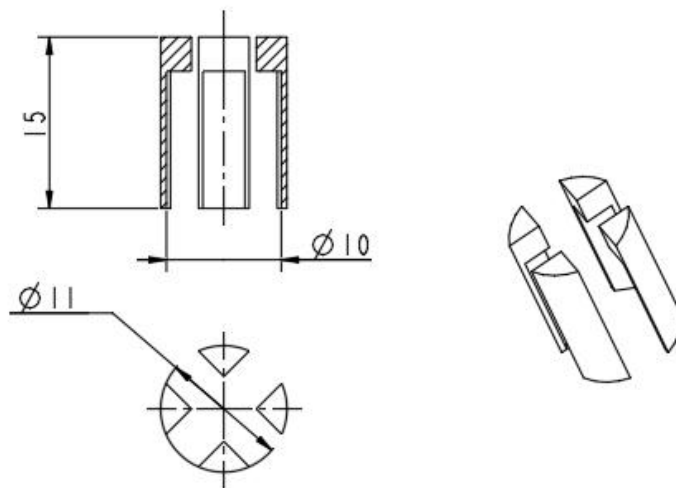


图 3.6 镶块二维图

3.2 注射机选择和校核

3.2.1 注射机

（1）注射机的主要工作原理是将塑料原料加热至熔融状态在到达一定温度后，通过螺杆或柱塞的推力，将熔料注射进模具型腔内，当冷却固化后将塑件推出，然后进入下一个循环。

（2）注射机主要有三种类型：

立式注射机，注射方向垂直于地面，由于具有一定高度，因此加料困难，推出塑件后需要手动取出。

卧式注射机，是一种注射方向与合模方向处于同一平面的注塑机，具有操作简单、维护维修方便等特点。在顶出后，由于重力的作用，注塑件会自动落下，实现自动化。

角式注射机，注射方向与合模方向呈直角，占地面积小，适用于生产表面质量要求较高的塑件，与力式注射机一样不能自动落料。

（3）注射机按塑料融化和注射方式还分为柱塞式注射机和螺杆式注射机。柱塞式注射机，是由后端的柱塞的前进和后退控制进料和注射，在料桶内有分流梭将原料分成薄片使其均匀加热并注射。注射量在 $30\text{cm}^3 \sim 60\text{cm}^3$ 之间不易成形流动差的塑料。螺杆式注射机大多数为卧式注射机，螺杆旋转将塑料逐渐推向喷嘴并积存在一起，然后塑料在压力作用下注入模具中。

（4）注射机主要参数有额定注射量、注射压力、锁模力、开模行程等。注射量是由注射机螺杆的直径和行程决定的，螺杆从后方把塑料料缓慢地推向前方，然后将之压入模具中，并在一定的时间内冷却和定型。而注射压力则是指螺杆推动塑料流动时产生的阻力，注射压力的大小对塑件的质量会直接产生影响。锁模力是对抗注射过程中发生的撑开力。

3.2.2 注射机的选用

(1) 注射量

在 Creo 输入 ABS 的密度为 $1.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，自动计算出单个塑件的体积和质量如下图：

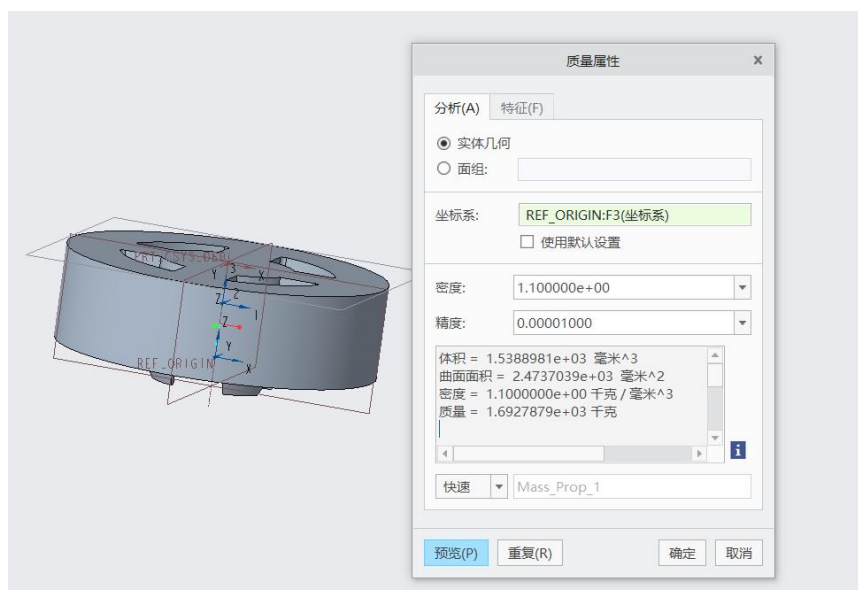


图 3.7 单个塑件的体积和质量

由图可得知：塑件体积为 $V=1.539\text{cm}^3$ ，塑件质量为 $m=1.693\text{g}$

塑件和浇注系统总体积由公式 3-11 大致计算：

$$V_{\text{总}} = (1 + K)nV_{\text{塑}} \quad (3-11)$$

式中 $V_{\text{总}}$ ——塑件包括浇注系统总体积

n ——型腔个数，本设计是一模四腔，取 $n=4$

$V_{\text{塑}}$ ——单个塑件的体积

k ——范围为 $(0.2 \sim 1)$ ，若取 0.2 代表浇注系统体积为塑件体积的 20%

带入数值可以计算得： $V_{\text{总}} = (1 + 0.5) \times 4 \times 1.539 = 9.234\text{cm}^3$

(2) 根据注射量初步选择注射机

塑件和浇注系统总质量不得超过注射机的公称注射量的 80% ，公称注射量就是在注射时的实际注射量，有经验公式 3-12：

$$V_{\text{公}} = \frac{V_{\text{总}}}{0.8} \quad (3-12)$$

式中 $V_{\text{公}}$ ——注射机公称注射量

带入数值可以计算得： $V_{\text{总}} = \frac{9.234}{0.8} = 11.5425\text{cm}^3$

初步选取国产型号为 XS-Z-30 的注射机，注射机的主要参数见表 3-1。

表 3-1 XS-Z-30 注射机主要参数

项目名称	参数数值	项目名称	参数数值
理论注射容量/cm ³	30	喷嘴圆弧直径/mm	12
螺杆直径/mm	28	喷嘴孔直径/mm	2
注射压力/MPa	119	动、定模板尺寸	250×280
注射行程/mm	130	模具最大厚度/mm	180
注射方式	柱塞式	模具最小厚度/mm	60
锁模力/KN	250	最大成型面积/mm	90

3.2.3 注射机参数校核

（1）注射量校核

为保证塑件能够填充完整，因此注射机的最大注射量需要满足实际注射时的注射量，即塑件和浇筑系统体积总和，从而保证成形质量，有经验公式：

$$V_{\max} 80\% \geq V_{\text{公}} \quad (3-13)$$

带入数值可以计算得：30×0.8=24≥11.5425（满足要求）

（2）注射压力校核

注射机公称压力要求大于成形压力，需满足公式 3-14

$$P_{\text{公}} \geq P_{\text{注}} \quad (3-14)$$

式中 $P_{\text{公}}$ ——注射机的额定注射压力

$P_{\text{注}}$ ——注射塑料成形的实际压力

本次设计选用的材料为奇美 PA-758，注塑压力为 50MPa~80MPa，选用 80MPa 进行校核，XS-Z-30 注射机的最大注射压力为 119MPa，故而满足需求。

（3）锁模力校核

在注射时，型腔内的塑料在压力的作用下会产生撑开模具的力，而锁模力就是为了抵消这个力，从而防止塑料溢出保证成形质量。因此有公式：

$$F_{\text{锁}} \geq PA_{\text{分}} \quad (3-15)$$

式中 $F_{\text{锁}}$ ——注射机最大锁模力

p ——塑件注射时的压力，ABS 取值为 30MPa

$A_{\text{分}}$ ——塑件和浇筑系统在分型面上的总投影面积

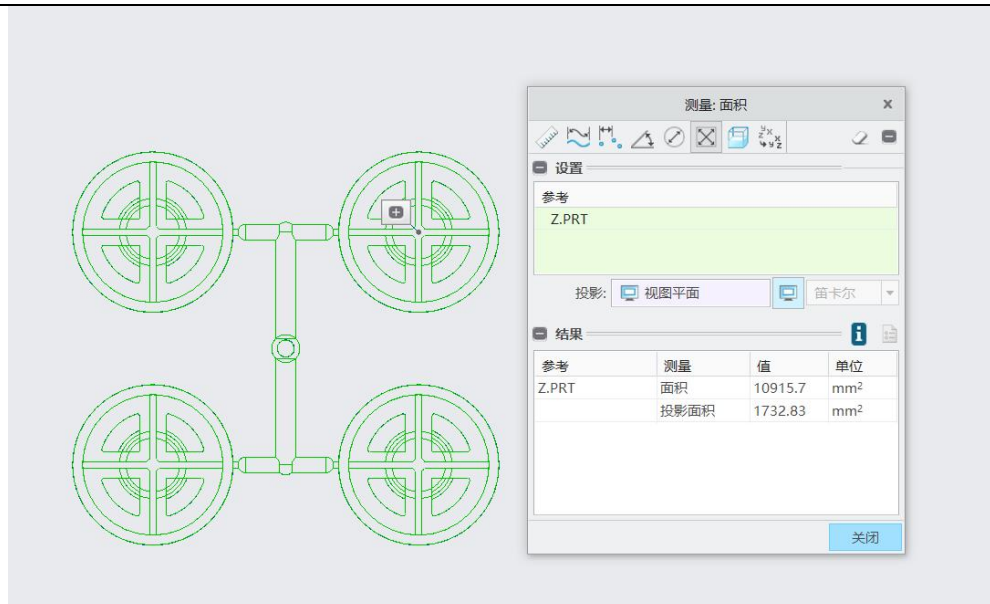


图 3.8 塑件和浇注系统总面积

在创建好制模后，通过图 3.8 得到 $A_{分}$ 的总面积为 1732.89mm^2 ，则有：

$$F_{锁} \geq PA_{分} \quad (3-15)$$

即：

$$250\text{KN} \geq 30\text{MPa} \times 1732.83\text{mm}^2 = 51.985\text{KN}$$

综上所述 XS-Z-30 注射机在最大注射量校核、注射压力校核以及锁模力校核中均满足保证成形质量的需求。

3.3 浇注系统的设计

3.3.1 浇注系统设计原则

(1) 首先是保证塑件能够具有良好的成形，在注射时熔料要流动平稳，了解塑料的物理性质，比如粘度和剪切速率等，以便设计出合理的浇注系统。减少熔接痕的产生，主要方法是尽量少分流，熔接痕主要在熔流交汇出形成。

(2) 从注射机喷嘴出来到进入型腔前，塑料熔体所流经的所有通道，都属于浇注系统^[14]。在保证成形质量的前提下，还应考虑成形周期，在设计工作中还要注意减少浇口的流动距离^[15]，因为浇注系统设计过长、体积过大时，在注射塑料以及冷却固化时所需时间也会增加，浇注体积过大也增加材料的消耗。

(3) 浇注系统应具有良好的排气性，保证塑料能够通过浇注的导向至型腔的各个部位，防止熔流在浇注系统中流动不平稳，从而填充型腔时产生涡流或者紊流，影响塑件的质量。

(4) 在设计浇口时，需要考虑如何减少浇口处的应力集中，特别在浇注平面大而厚度薄的塑件时，就不能采用直浇口成型，在浇口处的残余应力会导致塑件发生形变，并且

浇口的位置选择也会影响塑件质量，有时候需要对塑件进行浇口位置的对比优化。

3.3.2 主流道设计

主流道是连通注射机喷嘴与型腔的通道，也就是主流道衬套和喷嘴接触位置到分流道的部分，主流道的尺寸大小对于模具生产效率有较大影响，主要影响的是充模速度和冷却时间。

（1）主流道尺寸

为了主流道的浇注系统凝料能顺利从主流道衬套中脱模，因此主流道要设计一定的脱模斜度，形状呈圆锥形，一般取 $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ ，脱模斜度越大，越容易脱模，但是需要的冷却时间也随之增加。

（2）主流道衬套尺寸

主流道衬套一般采用碳素工具钢制成，具有高强度、耐磨、自润滑等优点，能够长时间承受高负荷，抵抗反复冲击，自润滑性也能提高工作性能。主流道衬套是模具设计主流道时常用的零件，因为主流道很少在模架中直接加工，考虑到价格便宜以及衬套都是可以更换的，所以在本设计中将根据主流道衬套标准件来设计主流道。

在注射时，喷嘴需要和主流道衬套对接。因此在选用主流道衬套时，需要注意尺寸之间的关系。在注射塑料填满型腔后，喷嘴就会从主流道衬套小端处回退，所以衬套的小端直径 d 应大于注射机喷嘴孔径 $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$ ，主流道与喷嘴要贴合，因此主流道衬套的球面半径大于注射机喷嘴半径 $1\text{mm} \sim 2\text{mm}$ 。主流道衬套的尺寸如图 3.9 所示。

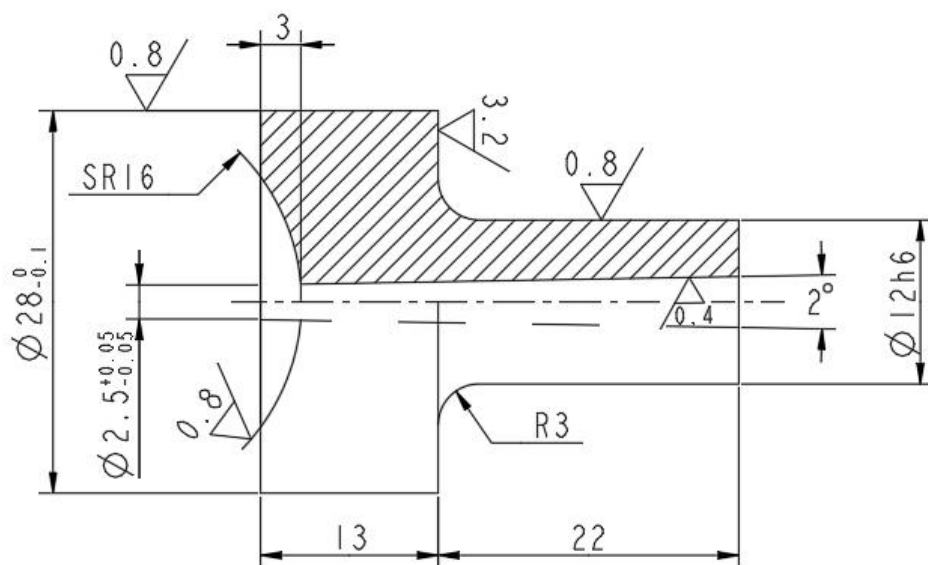


图 3.9 主流道衬套

3.3.3 分流道设计

（1）分流道设计原则

分流道是连接主流道和型腔的进料通道，分流道的设计原则主要包括以下三点：熔体必须同时从浇口进入模腔中，以确保各型腔中的塑料收缩率和冷却速度相同，从而达到高质量的注塑成型；分流道的长度和横截面积也与流体的压力损失相关。如果分流道过长或横截面积过小，可能会导致流体的压力损失大，从而影响塑料的流动；分流道的截面形状也要合理设计，以便有效地加速熔体的流动并减少压力损失。分流道的横截面形状有圆形、梯形、U 形等，然而其中圆形的横截面积最小，相对于其余形状的压力损失和热量损失最小，所以在设计中分流道的横截面应尽量采用圆形，在分型面的两边各呈半圆形。

（2）分流道的长度和直径

分流道还可以分为一次分流道、二次分流道甚至三次分流道，分流道长度一般在 8mm~30mm 之间，并且尽量减少弯折。分流道的截面圆直径范围在 3mm~10mm。

圆形截面分流道的直径可以根据经验公式 3-16 计算得出：

$$D=0.2654\sqrt[m]{m^4L} \quad (3-16)$$

式中 D ——分流道直径，mm；

m ——塑件的质量，g；

L ——流道的长度，mm；

本设计采用一模四腔，并且是平衡式排布，注射时塑料是同时到达各个型腔的，分流道的长度如图 3.10 所示：

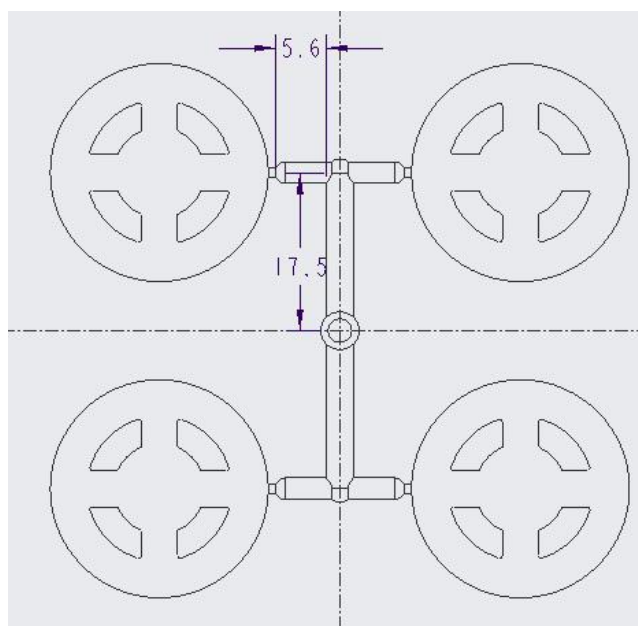


图 3.10 分流道

从前面得知塑件的质量 $m=1.693\text{g}$ ，代入数据得：

$$D = 0.2654 \times \sqrt{1.693} \times \sqrt[4]{17.5} = 0.71 \text{ mm}$$

分流道计算结果为直径 $D = 0.71 \text{ mm}$ ，小于范围最小值，取最小值 3 mm 为一级分流道直径。二级分流道根据经验取上级流道直径的 80% ，为 2.4 mm 。

3.3.4 浇口设计

浇口是分流道和型腔之间的熔体通道，浇口的位置选择是否合理决定了熔体流动性、流动速率以及塑件的最终质量。

浇口的作用有三点：

（1）控制注射时熔料通过型腔的状态，浇口的尺寸比分流道小，在流体通过浇口时横截面减小，使得熔体的流动速率、注射压力都获得提高，在设计多型腔时，浇口的位置还能保证同时进料。

（2）当完全充满型腔后，塑料处于冷却固化阶段，此时由于浇口内塑料的体积较小，因此通常优先冷却，进而可以阻止型腔内的塑料回流至分流道。

（3）塑料完全冷却后，需要将浇注系统与塑件分离，由于在设计时浇口尺寸最小，更容易与塑件分离。

浇口的尺寸设计：

本设计采用的是侧浇口的进胶方式，设计于分型面上，并且浇口截面为圆形，圆形截面的半径可根据经验公式：

$$d = (0.6 \sim 0.9)\delta \quad (3-17)$$

式中 d ——浇口直径， mm ；

δ ——浇口处塑件的壁厚， mm ；

得知浇口处壁厚 $\delta = 1.5 \text{ mm}$ ，代入数据得： $d = (0.6 \sim 0.9) \times 1.5 = (0.9 \sim 1.35) \text{ mm}$ ，取 $d = 1 \text{ mm}$ 。浇口长度 $l = 0.7 \text{ mm} \sim 2.0 \text{ mm}$ ，如图 3.11 所示：

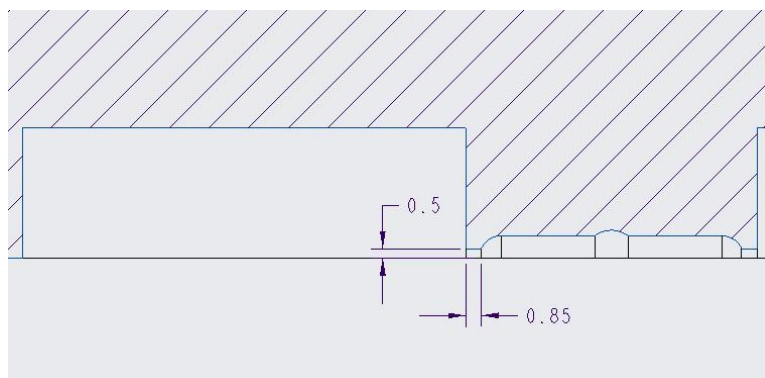


图 3.11 型腔部分浇口

3.4 推出机构设计

3.4.1 推出机构的组成

在每个生产周期，模具都会经历一次开模顶出和复位，在这个流程中起作用的作用叫作推出机构，或者脱模机构。推出机构一般由推出、复位以及导向等三大模具元件共同组成。

推出塑件的动作由注射机的顶杆作用于推板上完成，每次推出都要保证塑件精准的从型芯上脱模，因此需要导向机构引导，使得运动平稳从而防止零件弯曲。在合模推出机构复位时，由于推杆的直径都很小，导致自身的强度不高，如果没有复位机构，很可能导致细小的推杆先和前模接触碰撞，导致零件的损坏甚至影响模具的精确度。

3.4.1 推出机构设计原则

(1) 尽量保证塑件在开模时留在动模部分，因为推出机构都是由注塑机顶杆提供动能，而注塑机顶杆都位于动模方向，一般在设计分型面时就要考虑这个问题，只要型芯与塑件接触面积越多，就能保证塑件留在动模。

(2) 推杆的位置尽量不要选择塑件的薄壁位置以及塑件的外表面，并且尽可能在型芯内部设计推杆，同时使推杆的作用点在塑件的壁厚较大或者筋部、凸台等位置，从而保证在顶出时不会破坏塑件表面。

(3) 要保证塑件在推出时不会变形，在设计推出机构时，要几结合塑件的形状以及对型芯包紧力的分布情况，尽量使推出更加平衡。

3.4.1 推出力计算

塑件经过冷却固化后，由于它们的大小会随着冷却而产生收缩，这会产生对模芯的包紧力。此时需要推出力以克服这种包紧力，以顺利地将塑件从模具中取出。通常情况下，较大的塑件需要更大的推出力来顺利地取出，而小型塑件只需要较小的推出力。

因为刚开始推出时受到的阻力最大，所以一般计算刚开始所需的推出力，通过公式 3-18 计算推出力：

$$F_t = F_b(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = Ap(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (3-18)$$

式中 A ——塑件包络型芯的面积， m^2 ；

p ——塑件对型芯单位面积上的包紧力。一般情况下，模外冷却的塑件， p 取 $2.4 \times 10^7 pa \sim 3.9 \times 10^7 pa$ ；模内冷却的塑件， p 取 $0.8 \times 10^7 pa \sim 1.2 \times 10^7 pa$ 。

μ ——塑件对钢的摩擦系数，一般为 $0.1 \sim 0.3$ 。

α ——脱模斜度。

通过 Creo 中的分析面积功能，测得总的塑件包络面积 $A=5132.76mm^2$ 。

故总的脱模力为： $F_t = 5132.76 \times 0.8 \times 10^7 (0.1 \times \cos 1^\circ - \sin 1^\circ) = 33.889 \text{ KN}$

估测推杆横截面直径，这里只考虑推杆的许用应力, 通过下面两个公式：

$$A = \frac{F_t}{n\delta} \quad (3-19)$$

式中 A ——推杆推出端横截面面积， mm^2 ；

n ——推杆的数量，取 $n=16$ 。

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

$$D = \sqrt{4A/\pi} \quad (3-20)$$

由式（3-19）和（3-20），整理得到：

$$D = \sqrt{\frac{4F_t}{n\delta\pi}} \quad (3-21)$$

将上面的计算结果代入公式（3-21）得到： $D = \sqrt{\frac{4 \times 33889}{16 \times 1.8 \times 10^3 \times \pi}} = 1.23 \text{ mm}$ ，然而为了保

证推杆有足够的强度，尽量避免推杆直径低于 2mm ，所以取 $D=2\text{mm}$ 。

推杆的具体设计如图 3.12 和图 3.13 所示：

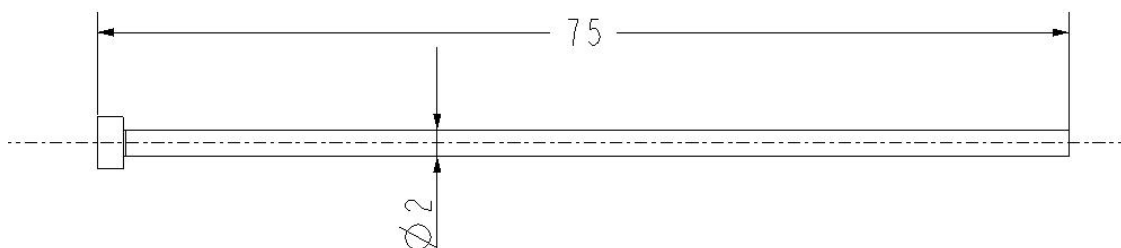


图 3.12 推杆二维零件图

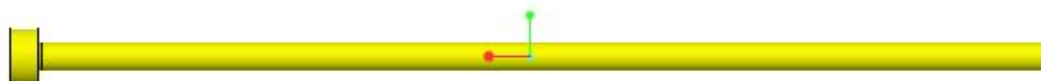


图 3.13 推杆三维零件图

3.4.1 复位机构设计

（1）复位杆

通常情况下，模具会在推板上安装复位杆。复位杆的端面位于动模和定模的分型面处。

随着合模动作的继续进行，复位杆最终会连同推出机构一起复位。复位杆的二维尺寸如图 3.14 所示。

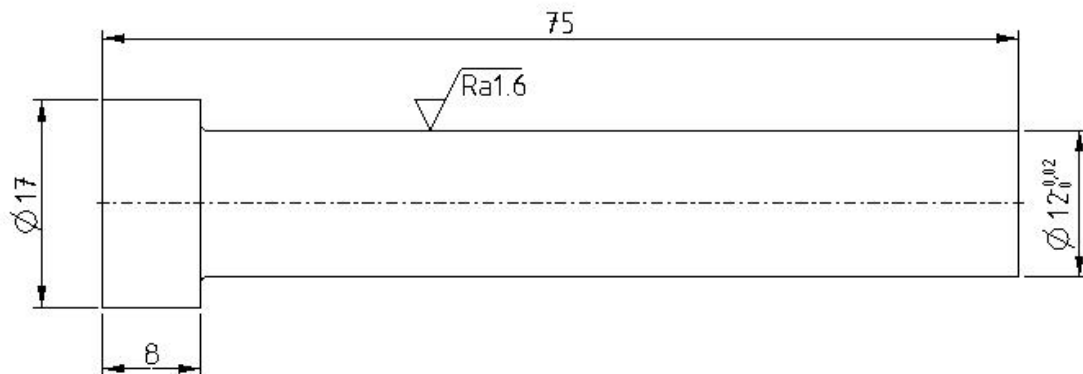


图 3.14 复位杆二维图

在设计复位机构时，通常采用弹簧迫使推出机构回到原位^[16]。弹簧设计成对称结构避免受力不均，通常在推板四周。

（2）复位弹簧设计原则

推出处于初始位置时，弹簧以要保留一部分对推板的弹力作用，因此在安装弹簧时需要进行一定的压缩，也就是预压量。预压量一般取 10mm~15mm。弹簧有多种类型，一般轻载荷选用蓝色或黄色弹簧，重载荷选用红色或者咖啡色。弹簧的形状有矩形以及圆形，在模具中常用矩形弹簧，因为弹性系数更大，刚性更强。

（3）弹簧长度计算

复位弹簧的长度与预压量、顶出行程以及压缩比有关：

$$S = \left(\frac{L}{E + P} \right) \times 100\% \quad (3-22)$$

式中 L ——弹簧的自由长度，mm；

E ——顶出行程，mm；

P ——弹簧的预压量，mm；

S ——弹簧压缩比

整理一下公式得到公式 3-23：

$$L = S \times (E + P) \quad (3-23)$$

通常压缩比取 30%~40%，预压量取 10~15 mm，顶出行程为塑件高度加 5~10 mm。将数据代入数据得到： $L = 35\% \times (15 + 5) = 57.14 \text{ mm}$ ，为更好的选用标准件取 60mm。

4 模架以及各零部件的选择

4.1 模架的选用

4.1.1 模架选用方法

如今的模具设计已经非常成熟和标准化,模具设计常用的方法是充分利用标准模架零件^[17],从而达到降低开发成本、缩短设计周期、提高生产效率的目的。本设计选用模架以及零部件的方法同样是如此,即完全采用标准规格的结构形式,在组成零件规定的尺寸范围内予以选用^[18]。

4.1.2 标准模架的具体规格

在 EMX 插件中选择 futaba_s 的两板模,如下图所示:

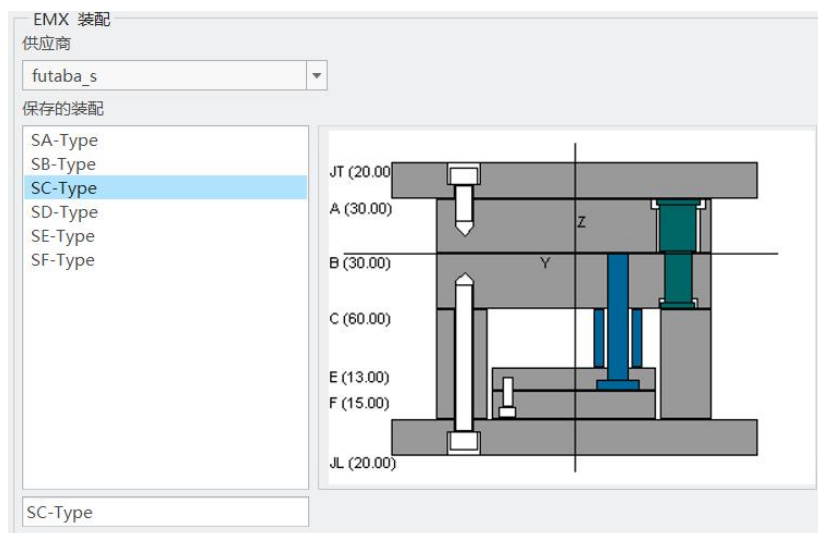


图 4.1 模架选择

模架尺寸根据经验选择模具型腔长宽各加 100mm,本设计的模具型腔的尺寸是 80mm × 84mm, 所以模架尺寸选择 200mm × 200mm。

4.2 模架各零部件的具体尺寸

4.2.1 定模板的尺寸

定模板也称之为 A 板,即用来固定型腔的板。除了固定成形零件,一些标准零件也需要安装在定模板上,有主流道衬套、导向零件、以及冷却水道。

定模板的尺寸如图 4.2 所示:

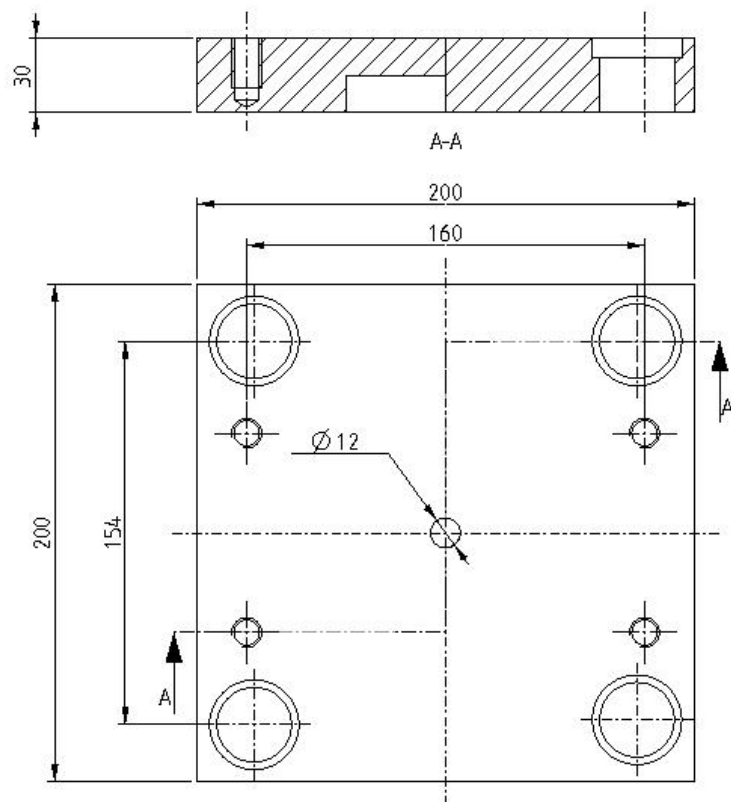


图 4.2 定模板

4.2.2 动模板的尺寸

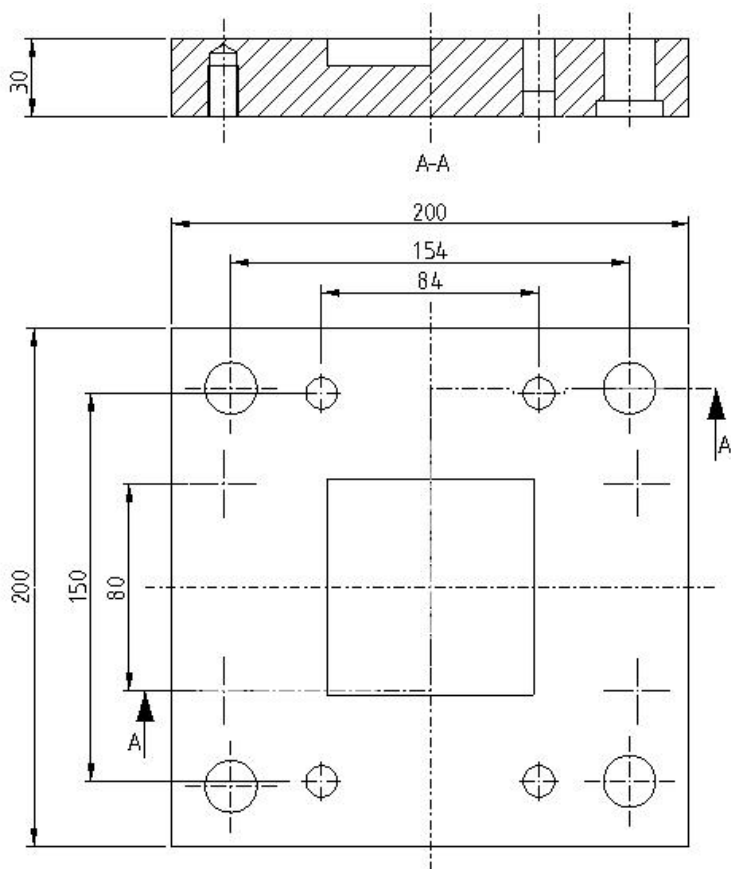


图 4.3 动模板

4.2.3 垫块的高度

垫块的高度需要根据开模推出行程、推板厚度、推板固定板厚度来进行确定，根据经验：

$$h_{\text{垫块}} = h_{\text{塑件高度}} + h_{\text{推板}} + h_{\text{推板固定板}} + (5 \sim 10)mm \quad (4-1)$$

代入数据得： $h_{\text{垫块}} = 7 + 13 + 15 + 10 = 45mm$ ，为确保推出时推板不会撞到动模板，并且考虑到标准件，因此直接选择 $h_{\text{垫块}} = 60mm$ 。

垫块的尺寸如下图所示：

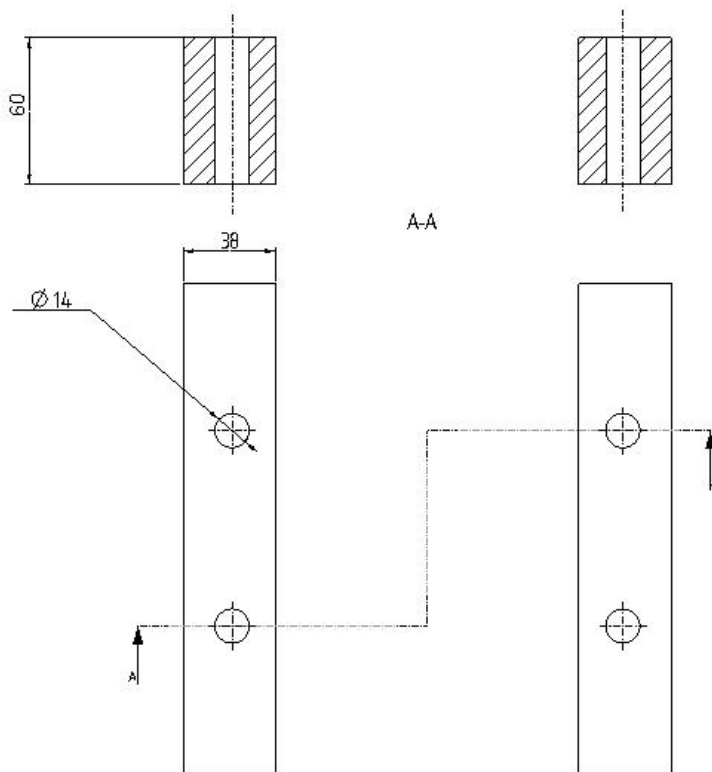


图 4.4 垫块二维图

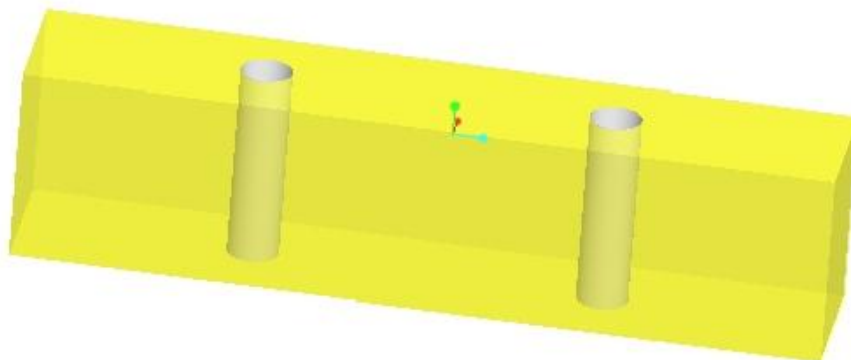


图 4.5 垫块三维图

4.2.4 导向零件

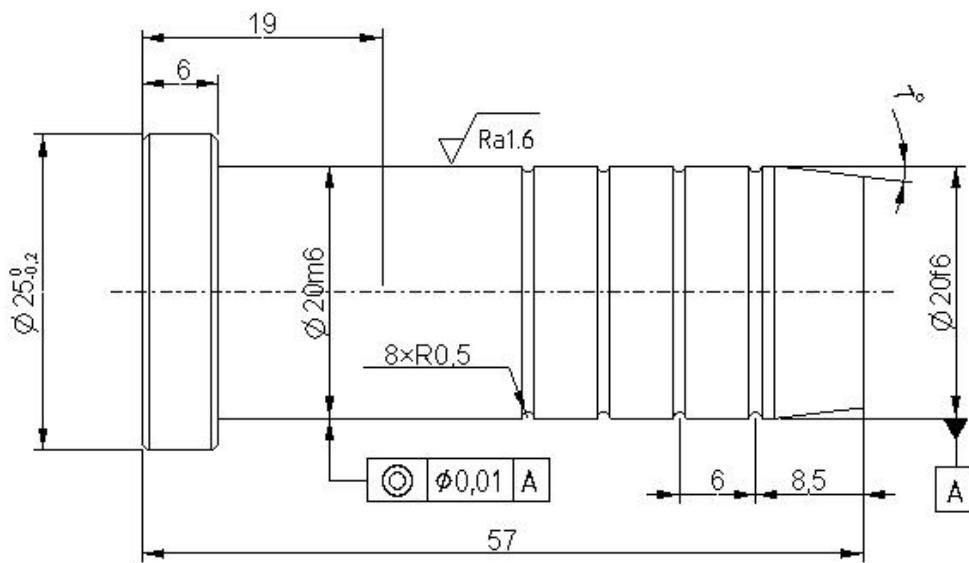


图 4.6 导柱二维图

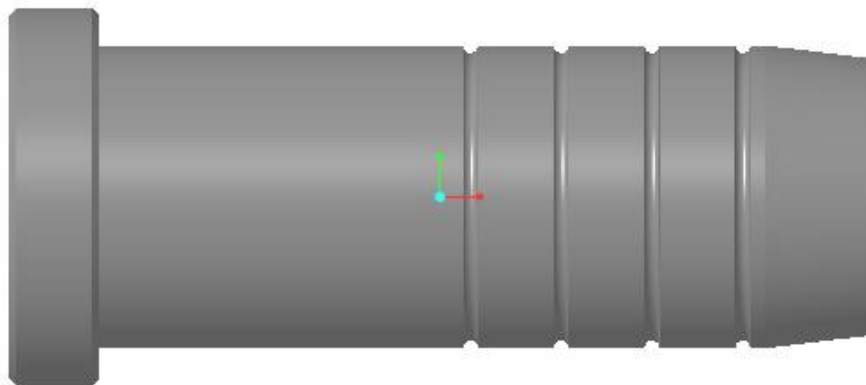


图 4.7 导柱三维图

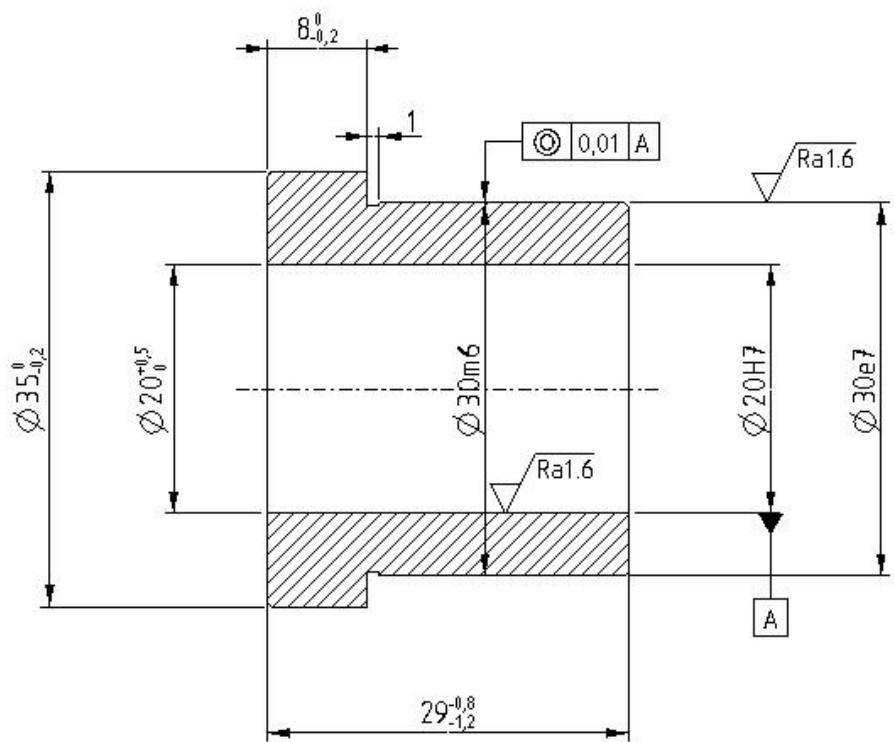


图 4.8 导套二维图

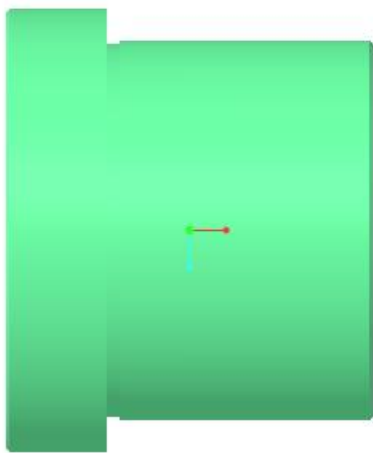
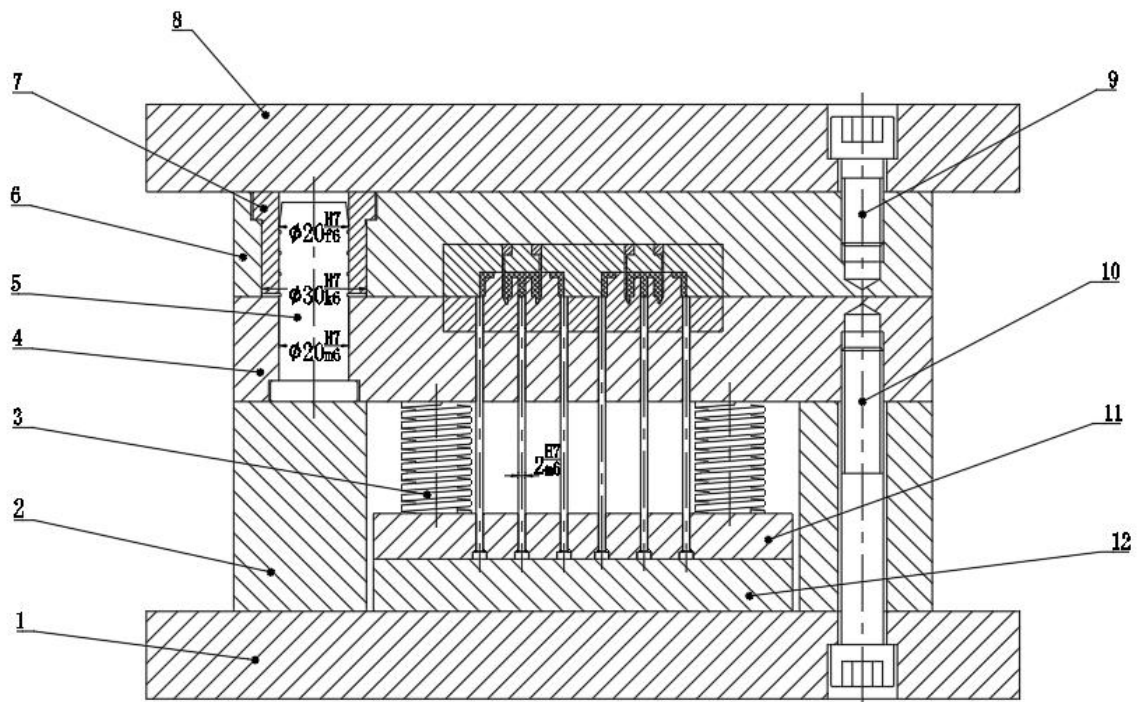
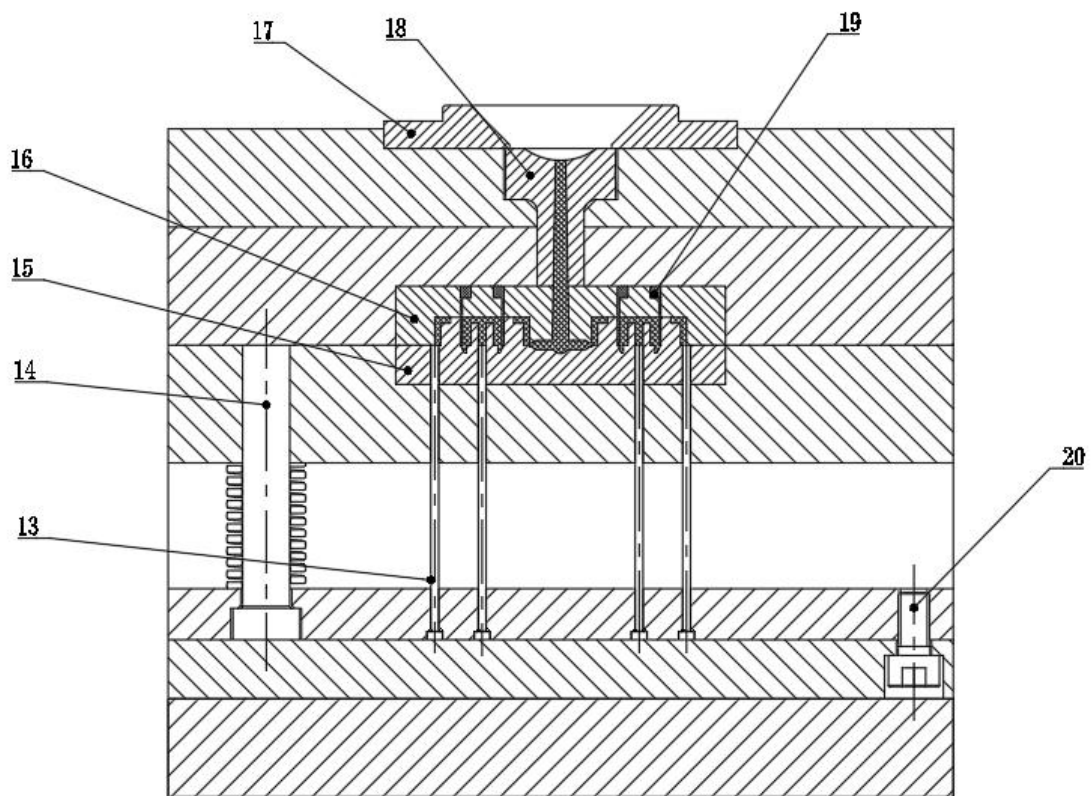


图 4.9 导套三维图

4.3 模具总装图

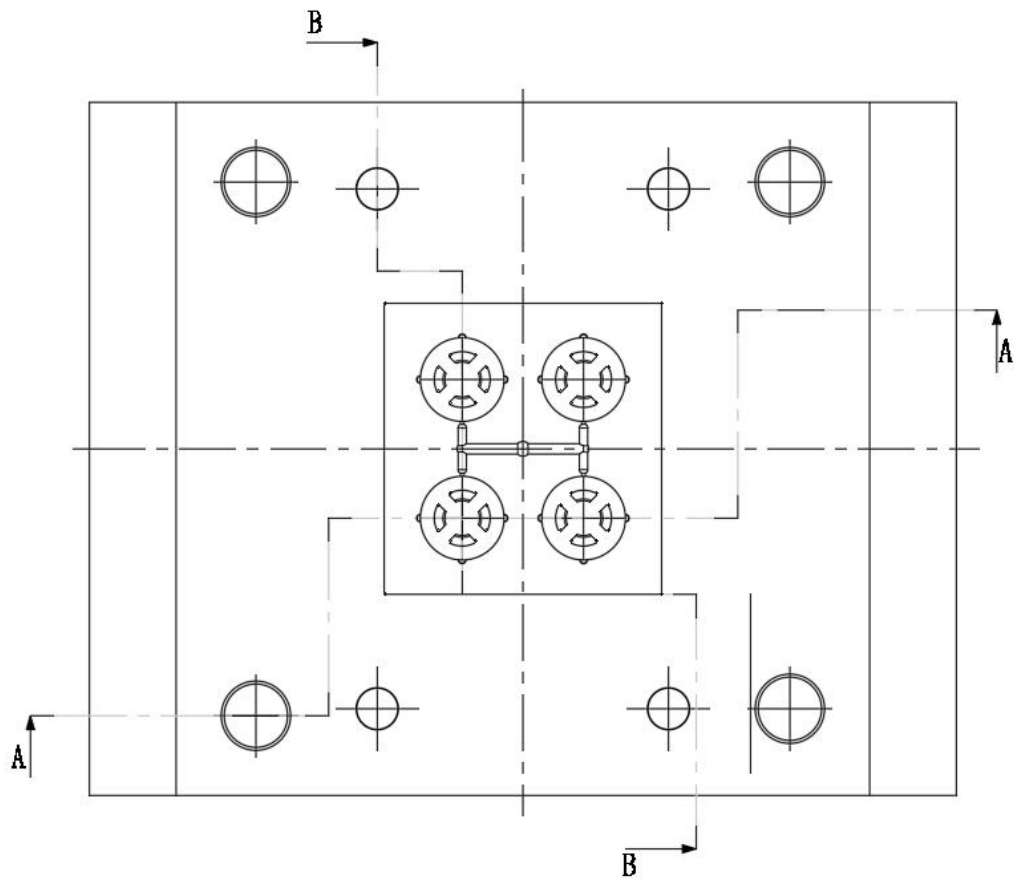


A-A



B-B

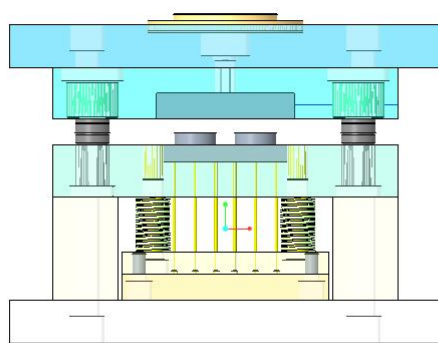
图 4.10 模具工程图



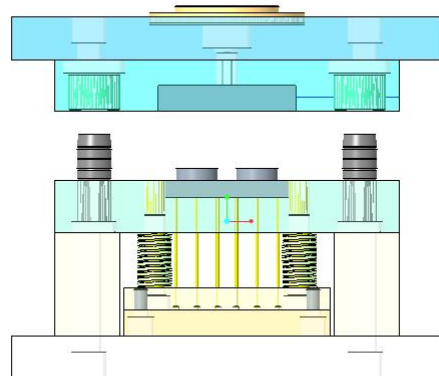
1. 动模座板；2. 垫块；3. 弹簧；4. 动模板；5. 导柱；6. 定模板；7. 导套；8. 定模座板；9. 紧固螺钉
10. M12 内六角螺钉 11. 推板；12. 推板固定板；13. 推杆；14. 复位杆；15. 型芯；16. 型腔；17. 定位圈
18. 主流套衬套；19. 镶块；20. M8 内六角螺钉

图 4.11 去掉定模部分的俯视图

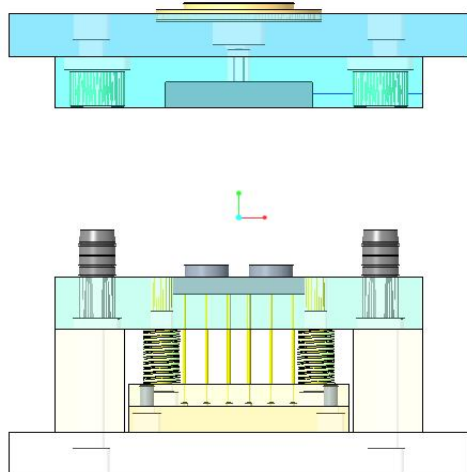
4.4 模具开模过程



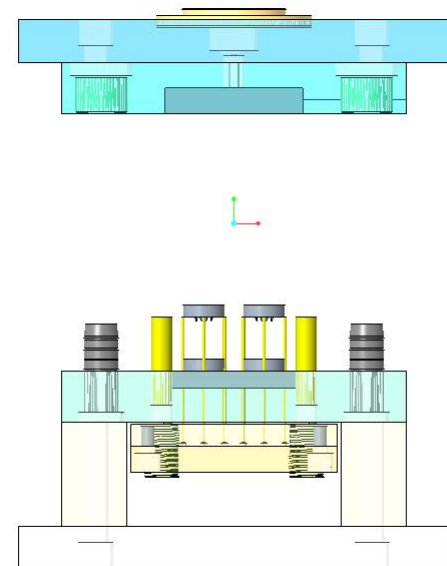
开模 5s



开模 10s



开模 15s



开模 20s

图 4.11 模具开模过程

在 5s 时分型面打开，塑件包络在型芯上随着动模向后移动，退到 15s 时 AB 板之间的距离达到最大，推板和注射机顶杆接触，开始顶出动作。推杆在注射机顶杆的驱使下，将塑件顶出，即可取出塑件。合模时，复位杆在弹簧作用力下会先于 AB 板接触时复位到初始位置，然后动定模在导柱和导套的导向作用下合模。

4.5 模具爆炸图



图 4.12 模具爆炸图

结束语

注塑模模具设计已经完成,在学习过程中,对于模具设计的各方面的细节也更加了解,比如模流分析的各项参数的意义、所有浇口的优缺点、浇注系统的设计等,以及很多计算内容也有更深刻的理解。以下是本次设计的大致流程。

(1) 对塑件进行模流分析。并且分析得出最佳的浇注位置,通过对比点浇口和侧浇口两种方案下的熔体前沿时间、成型性、包封分布情况、熔接痕情况、收缩率共五个方面并且根据模具成本和难易程度综合分析,选择了侧浇口,并完成了分模。

(2) 分模完成后,首先是注射机选择,在经过一系列计算后选择合适的注射机。在计算好模架各零部件的尺寸后,利用 EMX 模块直接调用标准的模架。然后添加定位环、主流道衬套、顶出机构等,最终完成模架的设计。

(3) 最后是出工程图,在制图软件中,对模具各零部件以及模具装配图进行标注和修改,直到达到标准的制图要求。

致 谢

在这次的毕业设计中，我综合了所有所学的专业课知识，并且也在设计过程中不断学习，认真完成每个阶段的任务，这个过程使得我所学到的专业知识得到发挥，同时也让我看到我还有很多需要学习。

在次特别感谢张跃老师的指导和帮助，以及他严格的要求，每一个小阶段他都会抽出时间帮我们检查毕设的情况，并且也会时常叮嘱我们工作的事。

这次的毕业设计不仅仅是对大学四年的考核，也是工作之前对自身的全面的测试，这也为今后得工作奠定了一定得基础。

参 考 文 献

- [1] 付建军. 模具制造工艺[M], 北京: 机械工业出版社, 2004. 8.
- [2] 周宝友. 中国模具制造业现状及发展趋势[J]. 模具制造, 2019, 19(04):1-6.
- [3] 高善旺, 高炜, 杨保健. 中国模具制造业现状及发展趋势[J]. 机电工程技术, 2022, 51(06):6-10.
- [4] 李光耀. 浅谈现代塑料模具的设计与制造[J]. 橡塑技术与装备, 2006(03):24-28.
- [5] 蒋金云. 模具 CAD/CAM 技术的应用现状及发展趋势[J]. 科技资讯, 2006(01):138-139.
- [6] 王谦. 基于Pro/E的注射模装配图的创建[J]. 现代机械, 2008, No. 148(06):67-69.
- [7] 贾乃智. 注射模成型镶件的设计[J]. 模具制造, 2011, 11(10):55-57.
- [8] 张彩凤, 付辉, 李丹苹. 浅谈ABS树脂生产工艺与发展方向[J]. 精细石油化工进展, 2019, 20(05):42-45.
- [9] 刘孟鹏, 吕鹏, 贾延星等. ABS树脂现状与发展趋势[J]. 化工管理, 2021, No. 604(25):71-72.
- [10] 陈昇. ABS塑料注塑工艺分析[J]. 西部探矿工程, 2010, 22(10):174.
- [11] 张建卿. 基于CAE的注射模浇口位置优化[J]. 装备制造, 2014(S1):29-31.
- [12] 陆龙福, 鄢敏. 浅谈塑料模具分型面设计[J]. 机械工程与自动化, 2012, No. 170(01):163-164.
- [13] 齐卫东. 塑料模具设计与制造[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [14] 屈华昌, 张俊. 塑料成型工艺与模具设计 [M]. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2014:2, 125-139.
- [15] 徐石交. 塑料模具浇注系统设计探究[J]. 南方农机, 2019, 50(11):131.
- [16] 刘峥, 陈峥. 浅析注塑模具中复位弹簧的设计.[J]. 价值工程, 2012, 31(34):28-29.
- [17] 潘叶青, 吴崇峰, 高雨苗等. 塑料模具标准模架的数据库管理[J]. 天津轻工业学院学报, 2000(04):63-66.
- [18] 陶筱梅, 朱冠华, 杜小清. 注塑模标准模架的选用方法[J]. 茂名学院学报, 2005(06):28-30.

