



湖南工程學院

毕 业 论 文

题 目： 德国奔驰特汽车铝轮
毂模具及数控加工工艺设计

系 部： 机械工程学院

专 业： 机械设计制造及其自动化

班 级： 学号： _

学生姓名： _____

指导老师姓名： _____

完成日期： _____

湖南工程學院

毕业设计（论文）任务书



题目：德国奔驰特汽车铝轮毂模具及数控加工工艺设计

姓名李斌彬 学院机械工程 专业机械设计制造及其自动化 班级0804 学号05

指导老师关耀奇 职称副教授 教研室主任

一、基本任务及要求：

1. 德国奔驰轿车铝轮毂零件的 3D 设计；
2. 德国奔驰轿车铝轮毂零件铸造模具的 3D 设计；
3. 德国奔驰轿车铝轮毂铸造模具顶模零件加工的工艺分析及工艺规程的编制；
4. 德国奔驰轿车铝轮毂零件铸造模具顶模的在 XK714 机床（FANUC 0i 系统）上加工的 NC 代码数控铣削加工的 NC 编程及刀路仿真；
5. 撰写文献综述（3000 字、参考文献 15 篇以上）、开题报告；
6. 撰写设计说明书一份（字数 15000 字以上）；
7. 毕业调研及撰写毕业调研报告。

二、进度安排及完成时间：

1. 查阅资料、撰写文献综述、撰写开题报告（2.5 周）；
2. 毕业调研及撰写毕业调研报告（1.5 周）；
3. 毕业设计（9 周），其中：总体方案（1 周），德国奔驰轿车铝轮毂零件的三维造型（1 周），德国奔驰轿车铝轮毂零件铸造模具的 3D 设计（2.5 周），工程图设计（3 周），底模零件的工艺设计、加工编程（1.5 周）；
4. 撰写毕业设计说明书并将初稿交导师评阅（1.5 周）；
5. 指导老师评阅、学生修改及打印说明书（0.5 周）；
6. 评阅老师评阅设计说明书、学生准备答辩（0.5 周）；
7. 毕业答辩（0.5 周）。

诚 信 声 明

本人声明：

1、本人所呈交的毕业设计（论文）是在老师指导下进行的研究工作及取得的研究成果；

2、据查证，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，毕业设计（论文）中不包含其他人已经公开发表过的研究成果，也不包含为获得其他教育机构的学位而使用过的材料；

3、我承诺，本人提交的毕业设计（论文）中的所有内容均真实、可信。

作者签名：

日期： 年 月 日

目 录

第 1 章 绪论.....	15
1.1 引言	15
1.2 铝合金轮毂的优点	15
1.3 铝合金轮毂的发展状况	错误! 未定义书签。8
1.3.1 国外铝合金汽车轮毂发展状况.....	错误! 未定义书签。8
1.3.2 国内铝合金汽车轮毂发展状况.....	17
1.4 铝合金轮毂的模具设计	17
1.5 铝合金轮毂顶模的数控加工工艺分析	18
1.6 本文研究的主要内容	18
第 2 章 铝轮毂的 3D 设计.....	19
2.1 引言.....	19
2.2 轮毂方案的确定.....	20
2.3 铝轮毂的设计	20
2.3.1 铝轮毂的设计原则.....	20
2.3.2 铝轮毂的设计原则.....	20
2.3.3 铝轮毂的设计.....	21
第 3 章：铝轮毂压铸模具的 3D 设计	23
3.1 引言.....	23
3.2 铝轮毂的压铸模具设计.....	23
3.2.1 铝轮毂挤压模具设计前的相关知识.....	23
3.2.2 铝轮毂的压铸模具的相关参数确定	25
3.2.3 铝轮毂的压铸模具设计步骤.....	27
第 4 章 铝轮毂顶模加工工艺和数控编程	34
4.1 引言.....	34
4.2 铝轮毂顶模加工工艺分析.....	34
4.3 铝轮毂顶模的毛坯、余量分析	35
4.3.1 毛坯的种类	35
4.3.2 加工余量	36

4.4 铝轮底模数控加工程序的编制	37
4.4.1 坐标系的建立	37
4.4.2 刀具起刀点的设置	38
4.4.3 夹具的选择	38
4.4.4 刀具选择	38
4.4.5 基准的选着	40
4.4.6 切削用量及切削液的选择	41
4.5 铝轮毂顶模加工工艺流程的编制	43
4.6 铝轮毂顶模数控加工	45
4.6.1 Pro/E NC 简介	45
4.7 铝轮毂顶模数控铣削加工及刀路仿真	47
4.7.1 铝轮毂顶模数控铣削加工步骤	48
4.7.2 部分 G 代码摘录	54
结 论	55
参考文献	56
致 谢	57

德国奔驰汽车铝轮毂模具及数控加工工艺设计

摘要：铝合金轮毂是当今汽车行业使用最广的一种，当今世界发达国家在汽车铝合金轮毂的开发设计过程中普遍采用了CAE技术，CAE技术的推广进一步推动与轮毂相适应的模具制造业的发展。本论文是借助奔驰汽车铝轮毂模具，采用pro/E软件，最终实现预期的目的。

本文主要利用pro/E强大三维造型功能中的零件模块实体特性和制造模块曲面特性，查阅模具设计手册，选择模架，确定模架的结构尺寸，完成模具的总体设计。同时充分利用计算机绘图软件对零件进行设计，阐述了汽车轮毂实体模型及模具的设计并实现零件的三维装配和模具设计，最后进行数控加工仿真和后置处理。通过本次奔驰汽车铝轮毂的结构设计、模具设计及模拟仿真，和传统的设计方法所需要的时间相比，采用计算机虚拟辅助模具设计可大大缩短开发周期和生成成本。

关键字： 奔驰汽车；铝轮毂；模具设计，数控加工工艺。

German Mercedes-Benz automotive aluminum wheels mold and CNC machining process design

Abstract: Aluminum alloy wheel hub of automobile industry is the most widely used one, today's developed countries of the world in aluminium alloy wheel hub of vehicle development and design process of common used CAE technology, the CAE technology to further promote and the hub is adapted to the development of manufacturing molds. This paper is the use of Benz Auto A1 wheel hub mold, using pro/E software, and eventually realize the intended purpose.

In this paper, the use of pro/E powerful modeling function of part module entity properties and manufacturing module curved surface characteristics, refer to the Handbook of die design, selection of die mold structure, determine the size, complete mold design. At the same time, make full use of the computer drawing software for parts design, elaborated car hub entity model and mold design and Realization of 3D assembly parts and die design, the NC machining simulation and post processing. The Benz automobile aluminum wheel hub structure design, mold design and simulation, and the traditional design method the time required by the virtual computer aided compared, die design can be either shorten the development cycle and cost of production.

Keywords: Mercedes-Benz cars; aluminum wheels; mold design, CNC machining process.

第 1 章 绪论

1.1 引言

在汽车工业发达的国家,铝轮毂的应用有很长的历史,制造技术早已成熟。我国从20世纪90年代初期引进该项技术,已有五家较大规模的汽车铝轮毂厂,以外资、合资为主,除供应国内市场,部分产品返销国外。对比钢轮毂,铝轮毂努力在行走系统采用轻质金属材料(铝、镁)和有机材料(聚合材料),就成为减轻空车质量的有效措施^[1]。有资料表明,轮毂质量的减轻对于燃油经济性的提高效果要比减轻汽车其它部件的质量要大的多,而且试验表明,汽车轮毂(轮辆、轮辐部分)在满足其使用性能要求的基础上存在着减轻质量的潜力^[2]。铝合金轮毂降低了非载荷重量而提高了抓地性,表现出更为精确的转向动作和入弯性能;减小了车轮等旋转部分的热惯性,散热性好,改善了加速性和制动性;因为吸收冲击性能量,抗震性高于钢轮;硬度高减小了过弯时轮胎/轮毂的倾斜度,增加了刚性。此外还具有同心度高、径向端向跳动低、车子乘驶平稳、受力合理、耐腐蚀、造型美观、装配方便和制造周期短等优点。轻了30%—40%,可节约油耗5%,汽车的振动程度可减轻12%,加速时间可缩短7%,明显提高了整车性能。在摩托车、汽车行业铝合金轮毂得到了广泛的应用,其装车比例逐年上升,尤其是在轿车行业,整体式铝合金轮毂几乎一统天下^[3]。

1.2 铝合金轮毂的优点

从单纯的生产成本比较,目前仍是钢制轮毂最便宜,但从轻量化和现代轿车产品的整体结构发展来考虑,铝合金轮毂的应用是必然趋势,这是由于它的诸多优点决定的。

- 1、散热快:轿车在高速行驶时,轮胎与地面摩擦会产生较高的温度,制动盘和制动片摩擦也会产生较高的温度,在这样的高温作用下,轮胎和制动片均会老化和加速磨损,制动效率下降,轮胎气压升高,爆胎和刹车失灵的事故就有可能发生。摄氏20度时,铝热容量大,导热能力是钢的5倍,在当今车速不断提高的情况下,意义非常重大。
- 2、重量轻:铝材密度比钢材小,铝合金轮毂比同尺寸的钢轮毂轻,平均每只铝合金轮毂比钢质轮毂要轻2公斤左右,由于轮毂重量轻,转动惯量小,汽车的加速性能得到提高,刹车性能同样得到提高,提升车子加速能力之余更可降低油耗。一

辆轿车以 5 只车轮(包括一只后备车轮)计算可减轻重量 10 公斤^[7]。根据日本实验,汽车重量每减轻 1 公斤,一年可节省 12 公升汽油,在同等耗油量下,可多跑 600~800 米。引擎产生动能,传动到轮胎时需克服的负荷是力矩,力矩=重量×距离的平方,所以重量只差 2 公斤,但力矩差却相当大。

- 3、强度大:强度大与重量轻是联系在一起的,确切地说,应该是比强度大。即同样重量,铝合金轮毂要坚固耐用得多;同样强度,铝合金轮毂要轻得多。铝合金轮毂耐冲击力、抗张力及热力等各项强度较钢毂有过之而无不及,铝合金轮毂的高硬度明显地减小了转弯时轮毂的变形^[10]。这对于安装了高性能轮胎的车子尤为重要。因此,其在国防工业、航空工业扮演了极其重要的角色。
- 4、舒适性好:铝合金车毂是精密的铸造件,精加工表面达 80~90%,失圆度和不平衡度很小,特别是铝合金的弹性模数较小,抗振性好,能减少行驶中的车身振动。铝合金轮毂具有吸收振动和反弹力量的金属特性^[11]。
- 5、造型美,易加工:铝的工艺性(包括延展性、切削性能等)较好,便于轧、压、铸、锻加工,容易获得理想的几何形状,可以制造出结构复杂的轮毂,便于成形、易于装潢,配合机械加工、表面涂敷及表面处理(氧化、喷丸、热处理等),使它既提高了耐蚀性,又表现了造型美。由于铝的熔点低,易于再加工,使材料的再生利用率提高:再由于铝容易切削加工,可以保证铝制轮毂几何尺寸精度高,不圆度、摆差小,动平衡好,从而可提高整车的平顺性和舒适性。采用适当的工艺制造铝轮毂,强度可满足整车要求^[12]。
- 6、效益好:由于铝的价格比钢的高,铝轮毂制造工艺也比钢轮毂的复杂,所以铝轮毂初始成本较高。然而,铝的含里在地壳金属元素中列第一,并且提炼技术的进步可促使价格下降,而且采用铝合金轮毂使汽车的自重显著下降,其带来的经济效益是显而易见的.因此,采用铝合金轮毂是合算的。今天,铝轮毂已成为汽车生产厂的原装件或选装件,在美国以铝制轮毂作为原装件出厂的车辆约占总数的 4~5%。我国铝合金轮毂工业起步较晚,但发展速度是很快的^[13]。自 1989 年我国首家汽车铝合金轮毂厂—秦皇岛市戴卡铝轮毂有限公司投产以来,到 1990 年,先后建立的汽车和摩托车铝轮毂生产线已超过 21 条,这些铝合金轮毂厂大多是中外合资的,产品大多外销^[14]。
- 7、安全性好:对于高速行驶的汽车来说,因轮胎着地摩擦、制动等发生的高温爆胎、制动效能降低等现象不足为奇。而铝合金的热传导系数是钢、铁等的三倍,加上铝合金车轮因其布局的特征,极易将轮胎、车底盘所发生的热量排散在空气中^[15]。即使在远程高速行驶或下坡路持续刹车的环境下,亦能使汽车联结恰当

的温度。不单能使轮胎及刹车的鼓不易因经常高温而老化，更能降低爆胎率。

1.3.2 国内铝合金汽车轮毂发展状况

国内于 20 世纪 80 年代中期开始涉足研制、生产和推广使用铝合金汽车轮毂,90 年代进入发展期。1988 年戴卡轮毂制造有限公司建厂,1990 年广东南海中南铝合金轮毂厂投产,1991 年昆山六丰机械工业有限公司建厂,以后又陆续建成了不少铝合金汽车轮毂制造厂。目前,国内有铝合金汽车轮毂制造厂 40 余家,主要分布在江苏、浙江、广东、福建、山东、河南、河北、吉林等地,年产能超过 2500 万件。表 1 列出了国内铝合金汽车轮毂部分生产厂及产能^[20]。2002 年至今,由于中国汽车制造业的快速发展,跨国公司纷纷在中国投资设厂,或加入中国的铝合金汽车轮毂的采购,中国铝合金汽车轮毂产业出现了强劲的增长势头。据统计,2003 年中国生产铝合金汽车轮毂 2300 万只,出口 1200 万只 2004 年生产铝合金汽车轮毂 2500 万只,出口 1400 万只。国内制造铝合金汽车轮毂主要采用成本较低的低压铸造工艺,约占全部产量的 80%;其次采用最简单的重力铸造工艺,占全部产量不足 20%;已有少数厂家采用挤压铸造工艺,在质量品质上取得了良好的效果。在铝轮毂表面的加工方面,一般采用数控机床、高精度自动化柔性加工系统;在表面涂装方面,采用自动化涂装工艺、喷粉涂装工艺渐有替代喷漆之势少数企业还采用先进的真空电镀涂装工艺。

1.4 铝合金轮毂的模具设计

铝轮是轿车行驶系的主要部件之一,是汽车与地面之间的传力元件,起着承载、转向、驱动、制动等作用。同时,铝轮是一个承受随机疲劳载荷的旋转薄壳结构,上面开有孔洞,附有加强筋,形状复杂,轿车在行驶中所受到的各种载荷向铝轮的传递也十分复杂。因此,铝轮的几何形状和力学特征的复杂性给研究工作带来很大的困难。铝轮模具设计是保证轿车铝轮质量的关键,由于模具型面复杂,几何构造图素和曲面造型独传统的模具设计及制造方法很难满足要求。而采用 Pro/E 对汽车铝轮模型实体设计以及模具设计将解决这一设计难题,使得设计过程简便、快捷、可靠。铝轮模具设计可分两步^[21]:

(1)设计出符合要求的轿车铝轮三维实体模型;

(2)利用 Pro/E 软件提供的功能,在铝轮实体的基础上进行三维造型,设计出相应的铝轮模具。

1.5 铝合金轮毂顶模的数控加工工艺分析

根据上述设计好的铝合金轮毂模具，采用 Pro / E 提供了 NC 加工模块，设置好 NC 加工所需的各种参数，选择相应的铝轮顶模的加工工艺流程，制定好相应的加工工艺，需要考虑以下几点^[22-24]：

1).毛坯的加工余量是否充分，批量生产时的毛坯余量是否稳定。 数控加工时，工件的加工面均应有较均匀充分的余量；

2).分析毛坯在定位安装方面的适应性；

3).分析毛坯余量的大小及均匀性。

不同类型的零件要选用相应的数控机床加工，以发挥数控机床的特点和效率。 加工顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况，以及定位安装与夹紧的需要来考虑，重点是工件的刚性不被破坏。

1.6 本文研究的主要内容

本课题主要研究铝轮毂的模具设计与加工，具体内容是：广州本田家用轿车铝轮毂零件的 3D 设计；广州本田家用轿车铝轮毂零件铸造模具的 3D 设计；广州本田家用轿车铝轮毂零件铸造模具底模零件加工的工艺分析及工艺规程的编制；广州本田家用轿车铝轮毂零件铸造模具底模的在 MV-610 机床(S 工 NUMER 工 K810D 系统)上数控铣削加工的 NC 编程及刀路仿真。因此，要想顺利完成设计必须首先复习以前所学与设计有关的专业知识，并学以致用，并学习与模具设计有关的知识。另外，还要学习一些设计中所用到的其它方面的知识，如 Pro / E 和 SINUMERIK81 OD 系统的熟练运用，利用 Pro / E 强大三维造型功能中制造模块曲面特性来实现汽车轮毂模具的生成。通过 Pro/E 生成二维图形，经过处理后形成二维工程图，并在 MV-610 机床(SINUMERIK810D 系统)上数控铣削加工的 NC 编程及刀路仿真广州本田家用轿车铝轮毂零件铸造模具底模。

第 2 章 铝轮毂的 3D 设计

2.1 引言

随着科学技术的发展，计算机辅助设计技术正朝着高度集成化发展，出现了计算机辅助 CAD/CAM 系统、CAD/CAE/CAM 系统等，其中三维实体模型是重要的基础，三维实体模型不仅以其直观明了的特点充分体现设计意图，而且在三维实体模型基础上可以进行装配、干涉检查、有限元分析、运动分析，对所设计的产品进行铸模设计，模拟加工、模拟装配等计算机辅助设计工作，Pro/Engineer 的参数化设计在设计上给设计者提供了前所未有的简易和灵活。

Pro/Engineer 操作软件是美国参数技术公司 (PTC) 旗下的 CAD/CAM/CAE 一体化的三维软件。Pro/Engineer 软件以参数化著称，是参数化技术的最早应用者，在目前的三维造型软件领域中占有着重要地位，Pro/Engineer 作为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准而得到业界的认可和推广。是现今主流的 CAD/CAM/CAE 软件之一，特别是在国内产品设计领域占据重要位置。

Pro/E 采用了模块方式，可以分别进行草图绘制、零件制作、装配设计、钣金设计、加工处理等，保证用户可以按照自己的需要进行选择使用。

1、参数化设计

相对于产品而言，我们可以把它看成几何模型，而无论多么复杂的几何模型，都可以分解成有限数量的构成特征，而每一种构成特征，都可以用有限的参数完全约束，这就是参数化的基本概念。

2、基于特征建模

Pro/E 是基于特征的实体模型化系统，工程设计人员采用具有智能特性的基于特征的功能去生成模型，如腔、壳、倒角及圆角，您可以随意勾画草图，轻易改变模型。这一功能特性给工程设计者提供了在设计上从未有过的简易和灵活。

3、单一数据库（全相关）

Pro/Engineer 是建立在统一基层上的数据库上，不像一些传统的 CAD/CAM 系统建立在多个数据库上。所谓单一数据库，就是工程中的资料全部来自一个库，使得每一个独立用户在为一件产品造型而工作，不管他是哪一个部门的。换言之，

在整个设计过程的任何一处发生改动,亦可以前后反应在整个设计过程的相关环节上。例如,一旦工程详图有改变,NC(数控)工具路径也会自动更新;组装工程图如有任何变动,也完全同样反应在整个三维模型上。这种独特的数据结构与工程设计的完整的结合,使得一件产品的设计结合起来。这一优点,使得设计更优化,成品质量更高,产品能更好地推向市场,价格也更便宜。所以本文中采用 Pro/Engineer 软件进行轮毂的三维设计。

2.2 轮毂方案的确定

Pro/ENGINEER 提供的设计理念将设计、制造、装配以及生产管理融为一体,赋予“设计”完整的概念。它提供的强大功能尤其是曲面造型和模具设计功能为工程技术人员和生产管理人员在短期内完成高质量的产品开发提供了强有力的工具。本论文以 Pro/ENGINEER 为开发平台,以并行工程为思想,最终完成对挤压铸造模具智能设计系统的开发,实现模具设计的自动化,智能化,大大缩短了设计、数控编程的时间,从大大缩短了模具设计周期。另外,Pro/ENGINEER 软件具有的单一数据库、参数化实体特征造型技术为实现并行工程提供了可靠的技术保证。轮毂模具设计可分为两步:

- ①设计出符合要求的轮毂三维实体模型。
- ②根据轮毂的三维模型设计出轮毂模具。

其中,轮毂实体设计是关键,直接涉及到模具的结构及尺寸精度。然后利用 Pro/E 软件提供的功能,在实体的基础上进行二维造型,并设计出相应的轮毂模具。汽车轮毂由钢圈,轮辐,风孔等组成。

2.3 铝轮毂的设计

2.3.1 铝轮毂的设计原则

起模方便,在起模方向上留有结构斜度。铸件的壁厚尽可能均匀,减少和消除应力防止缩孔和裂纹缺陷的产生。零件的转角处要留有铸造圆角,以防止裂纹,缩孔。要有合理的铸件壁厚,其最薄的部分应保证液体金属充满。

2.3.2 铝轮毂的设计原则

铸件的最小壁厚: $b = 5-7\text{mm}$,其平均壁厚为 6mm 。铸造内外圆角: $R=2\text{mm}$ 。
汽车轮毂的受阻收缩率:0.5%-1%;

铸造斜度(拔模斜度): $\alpha = 50^{\circ} 30''$ 。

2.3.3 铝轮毂的设计

Pro / E 三维实体建模是利用其强大的三维造型功能中的零件模块实体特性,遵循由线一面一实体的方式进行的,汽车轮毂的外形三维实体的生成,其关键在于外形尺寸在 Pro/E 中的实现。通过绘制直线,圆弧,自由曲线等基本因素,并做拉伸、旋转、镜像、等距、剪切等操作最终生成所需的曲线外形,建立轮毂三维模型如下图 2.2 所示。



图 2.2 汽车轮毂正面效果图

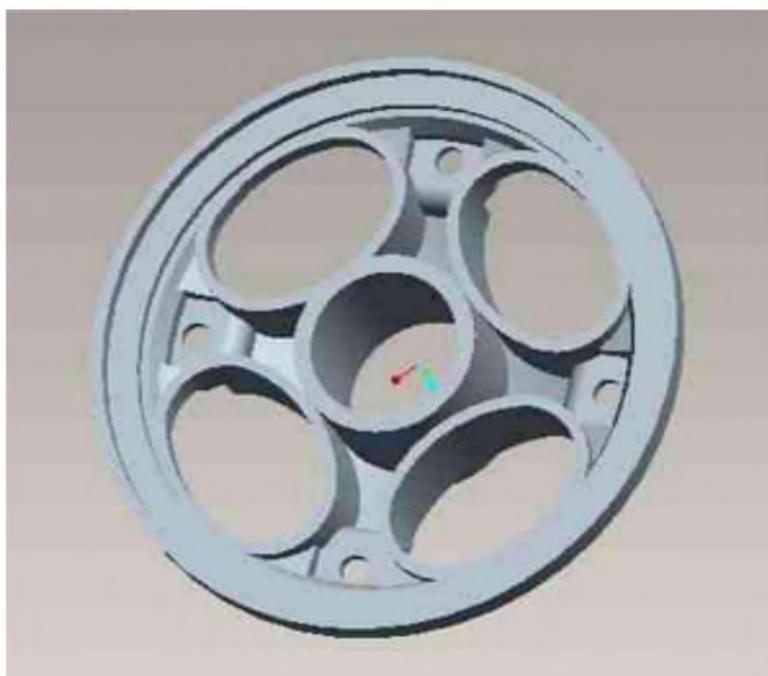
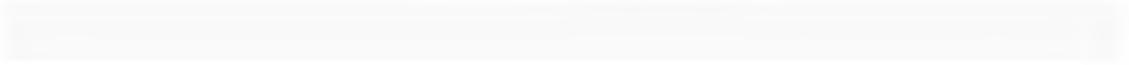


图 2.3 汽车轮毂反面效果图



第3章：铝轮毂压铸模具的3D设计

3.1 引言

压铸是制造业的一种工艺，能够成型复杂的高精度的金属制品，多用于汽车制造，机械制造等。本课题是对铝壳体进行模具设计并分析加工工艺。本模具考虑到年产量、工厂的设备及铸件的精度要求，选择一模一腔结构。以制品的最大端面为分型面，使制品顺利脱模。制品上还有散热片，须进行侧向抽芯。为了使动、定模能够准确地动作，导向定位机构利用导柱与导套的配合。顶出机构是推杆推出的一次脱出机构。考虑到零件的位置关系，冷却水道采用循环式分布，以便冷却均匀、快速。

铝合金重量轻、强度高、成型性好、价格适中、回收率高，具有塑料与镁合金等无法比拟的综合优势。压铸的流动性

流动性是指合金液体充填铸型的能力。流动性的大小决定合金能否铸造复杂的铸件。在铝合金中共晶合金的流动性最好。

影响流动性的因素很多，主要是成分、温度以及合金液体中存在金属氧化物、金属化合物及其他污染物的固相颗粒，但外在的根本因素为浇注温度及浇注压力（俗称浇注压头）的高低。

实际生产中，在合金已确定的情况下，除了强化熔炼工艺（精炼与除渣）外，还必须改善铸型工艺性（砂模透气性、金属型模具排气及温度），并在不影响铸件质量的前提下提高浇注温度，保证合金的流动性

铝制轮毂因具有重量轻、散热性能好、寿命长、安全可靠、生产简单、外型美观、图案丰富多彩、尺寸精确、平稳性好等优点，从而得到越来越广泛的应用，发展潜力很大。

3.2 铝轮毂的压铸模具设计

3.2.1 铝轮毂挤压模具设计前的相关知识

压力铸造是目前成型有色金属铸件的重要成型工艺方法。压铸的工艺特点是铸件的强度和硬度较高，形状较为复杂且铸件壁较薄，而且生产率极高。压铸模具是压力铸造生产的关键，压铸模具的质量决定着压铸件的质量和精度，而模具

设计直接影响着压铸模具的质量和寿命。因此,模具设计是模具技术进步的关键,也是模具发展的重要因素。压铸的主要优点是:

(1)铸件的强度和表面硬度较高。由于压铸模的激冷作用,又在压力下结晶,因此,压铸件表面层晶粒极细,组织致密,所以表面层的硬度和强度都比较高。

压铸件的抗拉强度一般比砂型铸件高 25%~30%,但收缩率较低。

(2)生产率较高。压力铸造的生产周期短,一次操作的循环时间约 5 s~3 min,这种方法适于大批量生产。虽然压铸生产的优势十分突出,但是,它也有一些明显的缺点:(1)压铸件表层常存在气孔。这是由于液态合金的充型速度极快,型腔中的气体很难完全排除,常以气孔形式存留在铸件中。因此,一般压铸件不能进行热处理,也不宜在高温条件下工作。这是由于加热温度高时,气孔内的气体膨胀,导致压铸件表面鼓包,影响质量与外观。同样,也不希望进行机械加工,以免铸件表面显露气孔。(2)压铸的合金类别和牌号有所限制。目前只适用于锌、铝、镁、铜等合金的压铸。而对于钢铁材料,由于其熔点高,压铸模具使用寿命短,故钢铁材料的压铸很难适用于实际生产。至于某一种合金类别,由于压铸时的激冷产生剧烈收缩,因此也仅限于几种牌号的压铸。(3)压铸的生产准备费用较高。由于压铸机成本高,压铸模加工周期长、成本高,因此压铸工艺只适用于大批量生产。

以下介绍的便是压铸行业中出现的新工艺技术。(1)真空压铸:真空压铸是利用辅助设备将压铸型腔内的空气抽除且形成真空状态,并在真空状态下将金属液压铸成形的方法。其真空度通常在 380~600 毫米汞柱的范围内,可以通过机械泵获得。而对于薄壁与复杂的铸件,真空度应该更高。由于型腔抽气技术的圆满解决,真空压铸在 20 世纪 50 年代曾盛行一时,但后来应用不多。目前,真空压铸只用于生产要求耐压、机械强度高或要求热处理的高质量零件,其今后的发展趋向是解决厚壁铸件和消除热节部位的缩孔,从而更有效地应用于可热处理和可焊接的零件。真空压铸的特点是:显著减少了铸件中的气孔,增大了铸件的致密度,提高了铸件的力学性能,并使其可以进行热处理。消除了气孔造成的表面缺陷,改善了铸件的表面质量。可减小浇注系统和排气系统尺寸。由于现代压铸机可以在几分之一秒内抽成需要的真空度,并且随着铸型中反压力的减小,增大了铸件的结晶速度,缩短了铸件在铸型中的停留时间。因此,采用真空压铸法可提高生产率 10%~20%。采用真空压铸时,镁合金减少了形成裂纹的可能性(裂纹时镁合金压铸时很难克服的缺陷之一,经常发生在型腔通气困难的部位),提

高了它的力学性能，特别是可塑性。(2) 充氧压铸：国外在分析铝合金压铸件的气泡时发现，其中气体体积分数的 90%为氮气，而空气中的氮气体积分数应为 80%，氧气的体积分数为 20%。这说明气泡中部分氧气与铝液发生了氧化反应。因此出现了充氧压铸的新工艺^[9]。充氧压铸是消除铝合金压铸件气孔，提高铸件质量的一个有效途径。所谓充氧压铸是在铝液充填型腔，用氧气充填压室和型腔，以置换其中的空气和其他气体，当铝金属液充填时，一方面通过排气槽排出氧气，另一方面喷散的铝液与没有排除的氧气发生化学反应而产生三氧化二铝质点，分散在压铸件内部，从而消除不加氧时铸件内部形成的气孔。这种三氧化二铝质点颗粒细小，约在 $1\mu\text{m}$ 以下，其重量占铸件总重量的 0.1%~0.2%，不影响力学性能，并可使铸件进行热处理^[10]。(3) 精速密压：铸精速密压铸是一种精确地、快速的和密实的压铸方法，又称套筒双冲头压铸法。国外在 20 世纪 60 年代中期开始在压铸生产中应用这一方法。精密速压铸法在很大程度上消除了气孔和缩松这两种压铸件的基本缺陷，从而提高了压铸件的使用性能，扩大了压铸件的应用范围。(4) 半固态压铸：半固态压铸是当金属液在凝固时，进行强烈的搅拌，并在一定的冷却速率下获得 50%左右甚至更高的固体组分浆料，并将这种浆料进行压铸的方法。半固态压铸的出现，为解决钢铁材料压铸模寿命低的问题提供了一个方法，而且对提高铸件质量、改善压铸机鸭舌系统的工作条件，都有一定的作用，所以是用途的一种新工艺^[11]。

3.2.2 铝轮毂的压铸模具的相关参数确定

合理的模具设计，是取得高效率和高效益最重要的一环。低压模具在设计时，应该考虑模具的梯度、模具的壁厚、冷却系统的分布等因素，还要考虑轮毂的造型特征对铸造性能的影响，经综合分析，合理配置后，才能达到事半功倍的效果。

(1) 模具梯度的确定，梯度是指模具轮辋型腔部分自上而下由薄增厚的趋势，这种趋势符合顺序凝固要求。基本所有低压模具的浇冒口均开在轮毂的中部，由轮辐向四周补缩，由最远端、最薄处向冒口处顺序凝固，越向冒口方向厚度越大，可以保证凝固时有较好的铝液补缩通道。轮辋型腔尺寸由 8.78mm, 9.19mm、9.9mm 到 10.32mm 逐步增大，即符合梯度要求。轮辋型腔的尺寸，在可以稳定成型的基础上，尺寸越小越好，这样可以减少加上量，保留更多结晶组织致密的部分，防止因缩松、缩孔等缺陷而产生的漏气现象，同时增加铝液利用率，减轻毛坯重量。在确定轮辋厚度及梯度时，轮辋宽度是另一个需要考虑的因素，轮辋宽度大，则与冒口距离愈远，可考虑适当增加轮辋壁厚与梯度。

(2) 模具壁厚, 模具型腔由底模、顶模及边模封闭而成, 模具壁厚即指此三部分的厚度。在充型过程的初始阶段, 铸件的散热主要是热传导, 即由模具本身吸收热量, 而吸热量的多少, 取决于模具的质量(在模具温升固定的前提下吸热量与物质质量成正比), 模具升温吸热, 铝液降温散热, 两者达到热平衡时, 以传导散热为主的散热方式基本停止。在这个阶段, 由于热传导散热很快, 而模具与铝液间有较大温差, 铝液在凝固时有激冷效果, 此时在铸件外表层凝固的组织致密, 力学性能好。按此种状况推断, 增大模具壁厚可以获得相对较长时间的激冷效应, 因而获得较大厚度的优质组织层。顶模及边模成型车轮的轮辋, 由于轮辋本身厚度较小, 模具壁厚太厚可能会导致轮辋各处的冷热不均, 产生铸造缺陷。因此顶、边模厚度以保证模具强度为主, 同时兼顾轮辋的成型因素, 目按一般经验, 上模取壁厚 25~30mm 为宜, 边模取 30mm 左右为宜。底模与上模成型轮毂的轮辐部分, 轮辐的强度对车轮来说至关重要, 按照一般经验, 如果加大底模厚度, 应该可以获得较深的激冷层, 从而增强轮辐的力学性能。由此进行了试验验证。选择轮辐较宽、较厚的轮型, 将底模厚度设计为 45mm, 共生产 50 件试件, 铸造过程成型艰难, x 光探伤轮辐与轮辋相接处缩孔较大。在对 50 件进行热处理后, 半成品力学性能米像预期的增大, 与按常规壁厚生产的相似轮型基本持平。切削加上后进行气密性试验时出现大量报废, 共漏气 27 只, 漏气位置分布在轮辋的各部分, 轮辐与轮辋相接处有较大渣孔。经分析, 过大的模具壁厚使筋条整体冷却速度加快(底模吸热量较大), 致使冒口向轮辋的补缩通道过早被阻塞, 由于补缩不足而发生轮辐与轮辋相接处有较大缩孔, 以及产生轮辋缩松缺陷而引发气密性报废严重的现象。在经历完以传导散热为主的散热方式后, 冷却方式转变为对流和辐射。由于底模过厚, 对铝液热量向外散失不利, 底模冷却系统对铝液的冷却影响也相应减弱, 也就是说, 在后来的冷却过程, 外界冷却因素对轮毂内部温度场的影响减弱, 从而对轮毂合理成型的控制相应减弱, 筋条部分在后来的冷却过程中结晶出现粗大和偏析增大的趋势, 反而削弱了筋条的强度。因此, 过大的底模厚度是不可取的, 模具底模壁厚减到 25mm 之内, 上述就问题基本可以解决。在选择底模壁厚时, 以考虑利于外界冷却条件对内部温度场的控制为主, 因此取底模壁厚一般在 20~25mm 为宜。

(3) 冷却系统, 冷却系统在模具设计中占有相当重要的位置, 通过附加冷却影响模具的温度场, 是后期控制达到顺序凝固的关键因素。

一般冷却分为风冷、水冷及风水混冷三种方式。而无论哪种冷却方式, 都可

以达到较好的冷却目的。水冷方式冷却速度快，可在一定程度上提高轮毂的力学性能，但需要解决冷却管路由于频繁的热胀冷缩而产生的开裂问题，因此在管路焊接上艺上要求较高；风冷是较为常用的冷却方式。冷却风管分为上模风管、下模风管及边模风管，在个别需要强冷却的部位，可以钻出风管孔，将风管通入到模具里，更为接近型腔，以便有更好的冷却效果；冷却的关键是确定合适的冷却位置、冷却顺序和冷却强度。对冷却风管的布置方位，底模冷却风管的布置原则是：正对筋条，集中冷却轮毂法兰盘及轮辐与轮姻相接处的热节部位；上模风管的布置与底模类似，而边模则一般正对轮辐与轮姻相接处加风管即可。冷却顺序和强度的控制即是对冷却开启先后和单位时间内冷却风管的空气流量的控制，决定着冷却顺序和单位时间内带走热量程度的强弱。这对保证顺序冷却起着至关重要的作用，也是现场上艺调整的最大任务。对于如今较先进的轮毂铸造机械，可以对风冷流量进行精确的自动控制，因而可以保证上艺的稳定性以保证产品品质的稳定性。

(4) 不同正面造型轮毂的模具设计概要，不同的轮毂正面造型，会使轮辐的多少、宽窄、粗细等差别较大，因而整个铸造过程的温度场会有相当大的差异，相应由浇冒口向轮姻及耳部补缩时也会有不同的效果。在进行模具设计时，应具体情况具体分析。从模具结构设计上克服筋条出现铸造缺陷如缩松，缩孔，凝固时间较长，导致结晶粗大，偏析严重，在热处理后力学性能，特别是延伸率较低。解决的方法主要是调整后期的冷却上艺，即通过对筋条的冷却时间和强度进行调整，为适应这种调整，需将底模设计的厚度减小，一般不高于 22mm，以利于外界冷却因素对内部温度场的影响。

3.2.3 铝轮毂的压铸模具设计步骤

步骤 1—创建模具模型

(1) 打开 pro/e 之后，选着【文件】中【新建】命令，在弹出的【新建】对话框里选着【类型】选项组中选着【制造】单选按钮，在【子类型】选项组中选着【铸造型腔】单选按钮，在【名称】文本框中输入模具模型，取消【使用缺省模块】复选框，单击【确认】按钮。

(2) 在【新文件选项】对话框中选着公制模板，单击【确定】，单击【添加参照模型】按钮，选着第二章中建立的轮毂模型，在弹出的【创建参照模型】对话框中单击【确定】按钮。

(3) 在【布局】对话框中选着【坐标系类型】菜单管理器，然后再【动态】命令，

设置好【参照模型方向】对话框，单击【确认】按钮。

(4) 在系统提示组件的绝对精度值时候单击【确定】按钮，然后选着【完成/返回】命令添加参照模型，工作区域内将加载参照模型。如图 3.1 所示

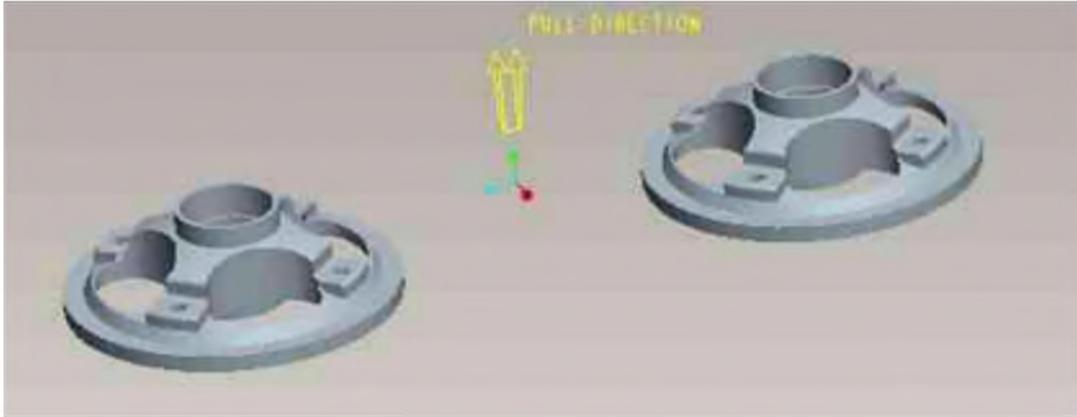


图 3.1 加载的参照模型

(5) 单击【自动工件】按钮，系统将弹出【自动工件】对话框，选着坐标系作为模具原点，从【形状】下拉列表选取工件形状为【标准矩形】，接受默认的工件名称。

(6) 在【偏移】选项组中设置各方向的偏移值，并按输入键确定，单击【确定】按钮完成工件的创建，其图形结果如图 3.2 所示：



图 3.2 创建毛坯工件

(7)在【铸造】菜单中选着【收缩】中的【按尺寸】命令，再选着任一参照模型，则系统弹出【按尺寸收缩】对话框，在对对话框中选着收缩公式为 $1+S$ 。

(8)在【所有尺寸】项后设置各个方向的收缩率值为 0.005。单击【确定】按钮，完成收缩特征的设置。

步骤 2—创建砂芯分型面

(1)单击【分型面】按钮，在【曲线选项】菜单管理器中选着【旋转】中的【完

成】命令。设置草图平面为参照模型的 DTM2 平面，草绘方向参照为 (MAIN_PARTING_PLN)绘制草图，如图 3.3 所示：

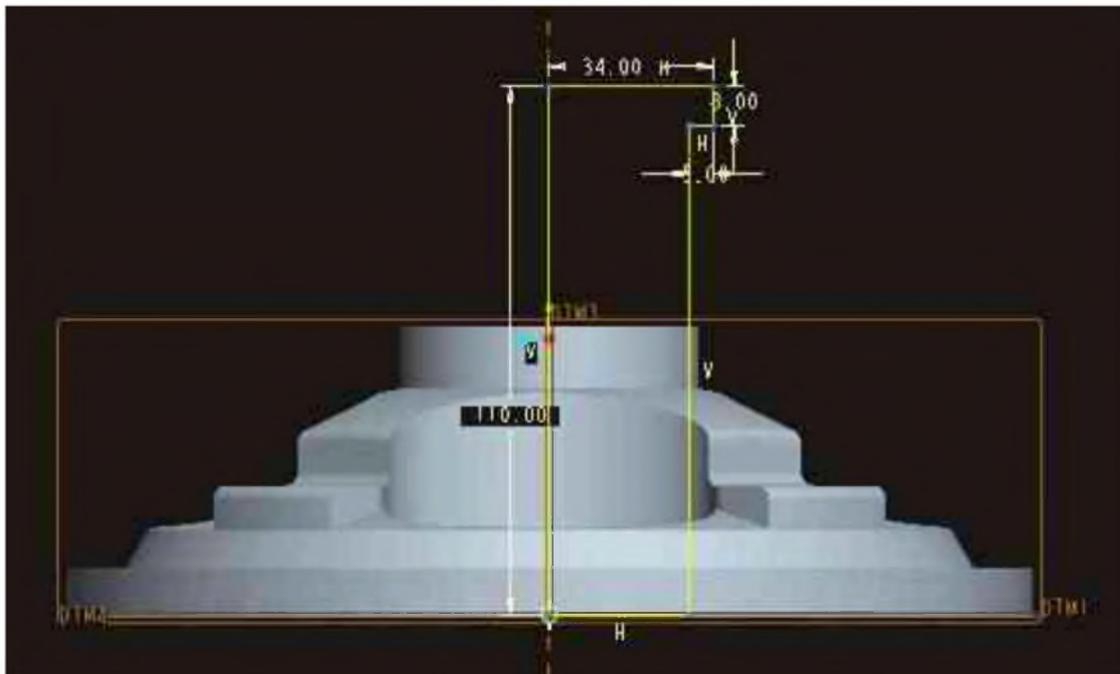


图 3.3 绘制草图

(2)对所建立的模型进行镜像处理，继续对分型面进行镜像操作，然后对单个轮毂进行内部曲面操作，进行复制，黏贴和填充，再选着分型面边连，在选着【编辑】和【延伸】命令，在【延伸】操控板中单击【到平面】选着工件底面为延伸截止面，最后在【曲面选项】菜单管理中选着【拉伸】和【完成】命令，设置盲孔深度为 10.0，单击确定，可以得到拉伸分型面

步骤 3—添加浇注系统

(1) 在【模具】菜单中选择【特征】中的【型腔组件】，然后再选着【实体】中【切减材料】命令，在弹出的菜单中选着【拉伸】中【实体】的【完成命令】，设置草绘参照方向，选着深度方式为【盲孔】10.0，单击【确认】。

(2) 选着刚创建的拉伸特征，选择【编辑】和【镜像】命令，选着镜像平面，单击【确定】按钮，其结果如图 3.4 所示。

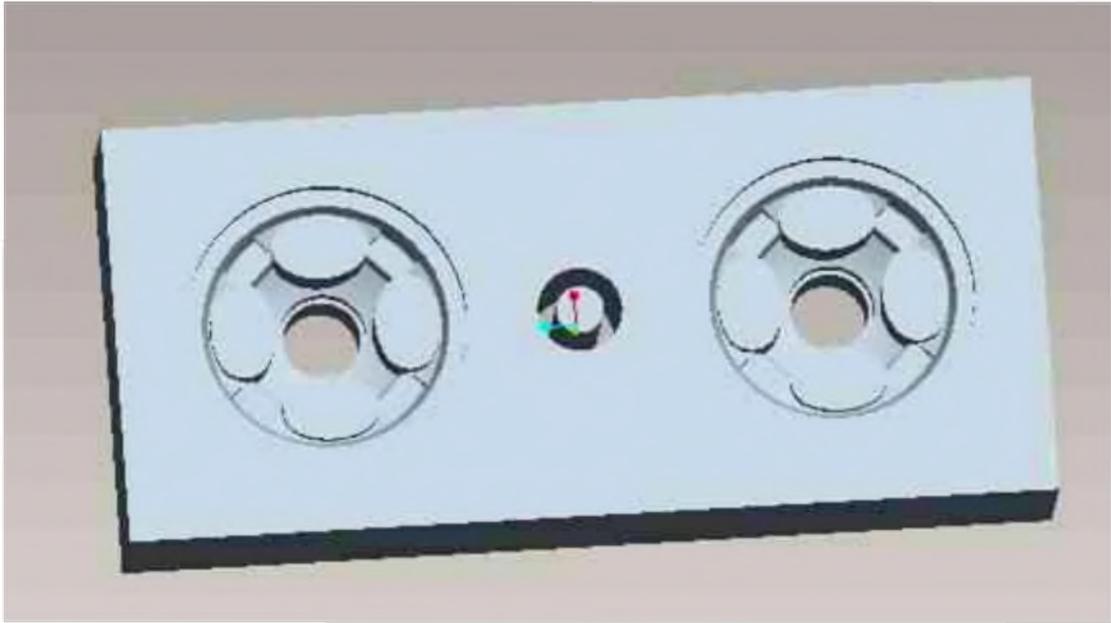


图 3.4 浇注系统

步骤 4—创建模具型腔

(1) 单击【分割工件】按钮，选着【两个体积块】中【所有模块】，单击【完成】命令，单击【分割】对话框，继续对较大的模具体积进行分割，直至分割完成，最后在【模具】菜单中选着【铸造模具】中【高级实用工具】中的【切除】命令，然后选着切除对象，单击【确定】按钮，完成即可得到模具型腔如图 3.5 所示：

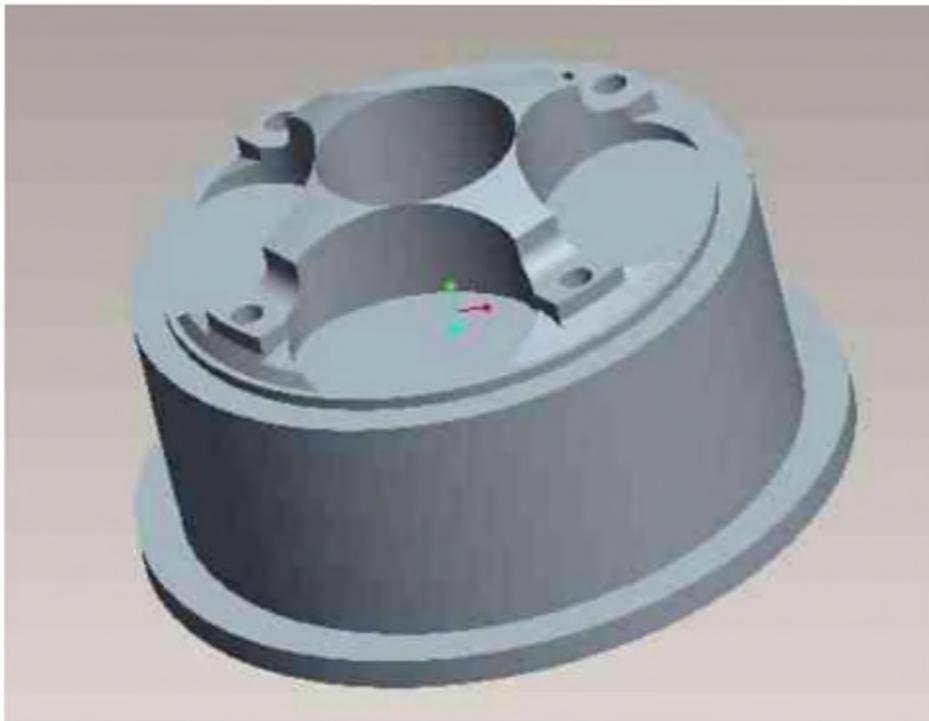


图 3.5 模具型腔图

步骤五—模具单元后处理

由前面的操作完成了模具型腔的创建，得到了模具的凹凸模。接下来将对模具元件进一步处理，在型腔元件上创建溢流槽，创建浇口套、分流锥元件等。其中分流锥有如下作用：

1、以分流锥导入的金属液，能够均匀地流向分型面，气体及金属液前面冷污金属几乎可以同时达到分型面，并排到溢流槽中，确保铸件质量。

2、直浇道内的金属液经分流锥导入型腔，流程最短，易于形成薄壁件铸件，并避免了金属液对型芯的直接冲击。

压铸模的热量分布均匀，有利于铸件的凝固，铸件收缩均匀，不易翘曲和变形。

(1) 在【模具】菜单中选择【模具软件】中的【创建】，弹出【元件创建】，然后在子类型中选着【实体】单选按钮，进行一系列操作，进入模型树中选着【打开】命令，绘制浇口套草图，单击【确定】，并在【圆角工具】工具中得到开口边缘，在【设置】上滑板中设置圆角类型，单击确定按钮。可以得到浇口套如图 3.6 所示：

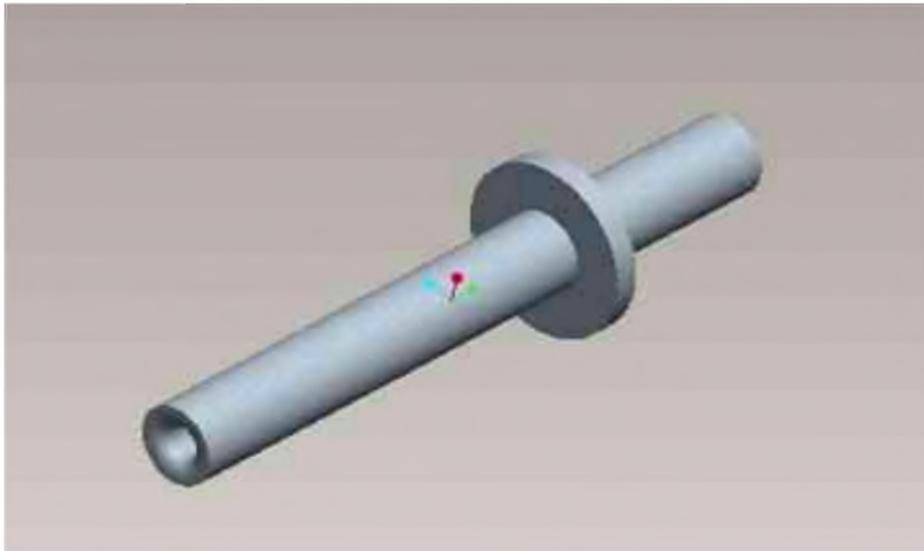


图 3.6 浇口套

(2) 在模型中单击浇口套右键，在弹出快捷菜单中选着【编辑定义】命令，在【元件放置】添加三个约束，单击确定，其装配效果图如图 3.7 所示：

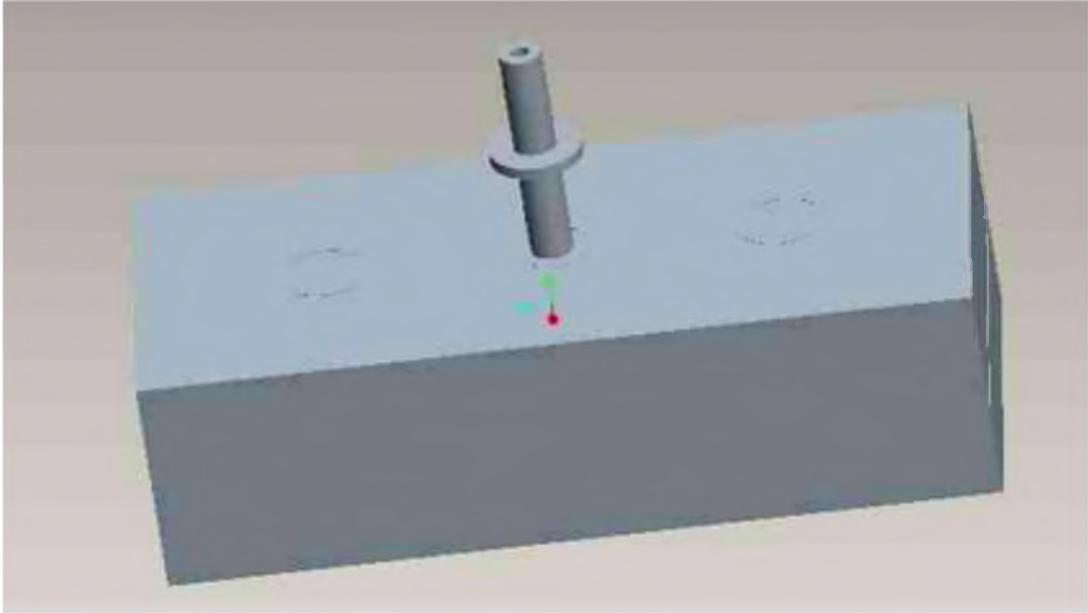


图 3.7 浇口套的装配图

(3) 对分流锥元件进行创建，其过程与浇口套一样如下，在【模具】菜单中选择【模具软件】中的【创建】，弹出【元件创建】，然后在子类型中选中【实体】单选按钮，进行一系列操作，进入模型树中选中【打开】命令，绘制浇口套草图，单击【确定】，并在【圆角工具】工具中得到开口边缘，在【设置】上滑板中设置圆角类型，单击确定按钮。可以得到分流锥如图 3.8 所示：

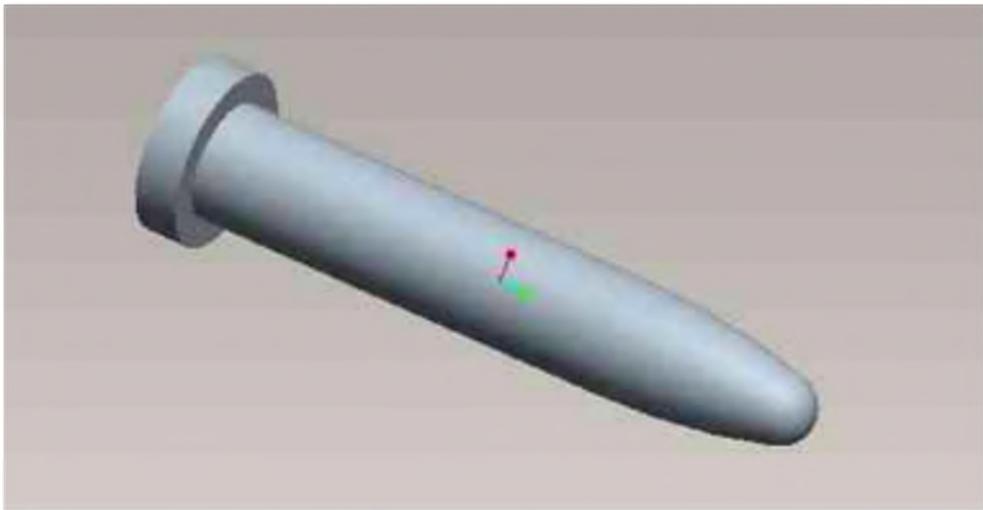


图 3.8 分流锥

(4) 在模型中单击分流锥右键，在弹出快捷菜单中选中【编辑定义】命令，在【元件放置】添加三个约束，单击确定，其装配效果图如图 3.9 所示：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/988047071036006051>