

塑料模具设计与制造

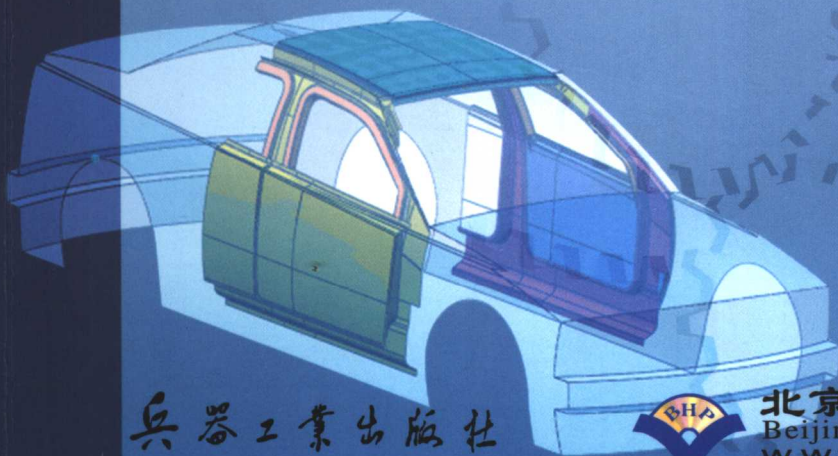
完全自学手册

Pro/ENGINEER+UG+EMX

肖爱民 沈春根 等编著



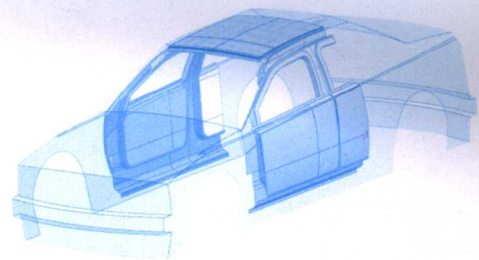
实例源文件以及视频教学



兵器工业出版社



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn



塑料模具设计与制造

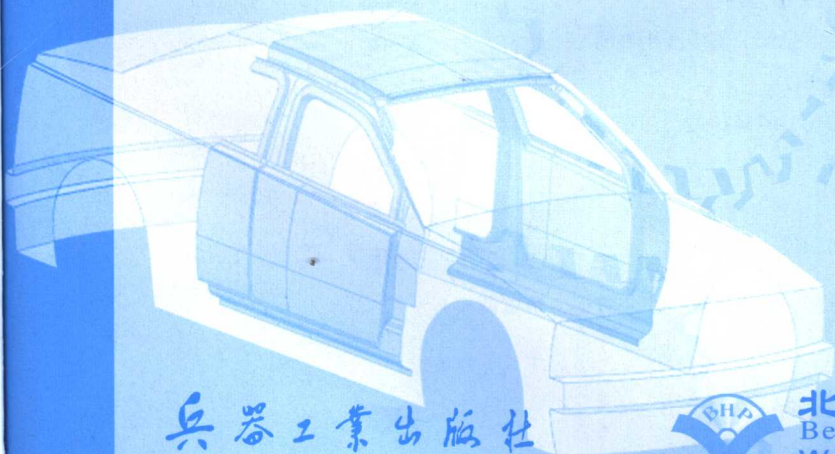
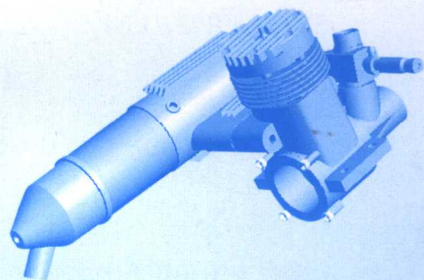
完全自学手册

Pro/ENGINEER+UG+EMX

肖爱民 沈春根 等编著



实例源文件以及视频教学



兵器工业出版社



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

在现代化工业生产中,大量的工业产品需要使用模具加工,模具工业已成为工业发展的基础。许多产品的开发和生产在很大程度上都依赖于模具,特别是汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。

本书围绕模具设计和制造两大主题,系统详细地阐述了注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、模具数控加工和电火花加工等内容。同时本书也详细地讲述了利用 Pro/ENGINEER 和 UG 设计模具以及加工模具的方法。利用模具基体专家 (EMX) 设计模架,可以显著地缩短模具设计周期,本书对这部分内容着重进行了讲解。

本书可以作为大专院校模具专业使用教材,也可以作为从事模具设计、制造的科技人员的自学用书和培训教材。

本书配套光盘所包括的内容为部分实例文件以及部分实例的 AVI 视频文件。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具设计与制造完全自学手册 / 肖爱民, 沈春根等编著. —北京: 兵器工业出版社; 北京希望电子出版社, 2006.10

ISBN 7-80172-713-4

I. 塑... II. ①肖...②沈... III. ①塑料模具—设计—自学参考资料②塑料模具—制模工艺—自学参考资料
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 077774 号

出版发行: 兵器工业出版社 北京希望电子出版社

邮编社址: 100089 北京市海淀区车道沟 10 号

100085 北京市海淀区上地信息产业基地 3 街 9 号
金隅嘉华大厦 C 座 611

电 话: (010) 82702660 (发行) (010) 62541992 (门市)

经 销: 各地新华书店 软件连锁店

印 刷: 北京双青印刷厂

版 次: 2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

封面设计: 刘孝琼

责任编辑: 郭春临 宋丽华 韩宜波

责任校对: 张月岭

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 33

印 数: 1-5000

字 数: 769 千字

定 价: 56.00 元 (配 1 张光盘)

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

在现代化工业生产中，大量的工业产品需要使用模具加工，模具工业已成为工业发展的基础。许多产品的开发和生产在很大程度上都依赖于模具，特别是汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。随着社会经济的蓬勃发展，我国已经成为第三大模具生产国，且模具工业在国民经济发展过程中已经发挥越来越重要的作用。但国内模具发展相对比较滞后，许多精密模具仍然要依赖进口。

全书包括塑料成型模具、塑料成型工艺、Pro/ENGINEER 模具设计、模具基体专家系统 (EMX)、模具数控加工和模具电火花加工等内容，主要介绍塑料成型的理论基础、成型工艺、模具设计原理和模具加工等知识。

本书编写时力求理论联系实际，深入浅出，既讲述模具设计的基础知识，也理论联系实际讲述了模具 CAD/CAM 方面的知识，使读者能学有所用，提高模具设计水平。

本书配套光盘包含书中的部分实例文件，以及部分实例的 AVI 视频文件。如果读者对其中的插图数据不是很清楚，可以直接在 Pro/ENGINEER 或 UG 中打开相应的文件来获得相关信息。

本书前 12 章由肖爱民编写，内容涉及模具设计原理，Pro/ENGINEER 模具设计、模具基体专家 (EMX)，第 13 和 14 章由沈春根编写，其中戴峰泽参与编写了第 4 章的部分内容，并为本书提供了实例。本书的编者均是江苏大学机械工程学院从事教学的教师，肖爱民现在机电系从事教学研究工作，沈春根现在工程培训中心从事机械制造培训教学，戴峰泽在机制系从事教学研究工作。本书还得到了同学陈臣、同事潘海彬、杨德勇、工业设计系董佳丽老师等人的帮助，在此向他们表示感谢。

同时感谢女友李心形的支持和关怀，她不辞辛劳地校对书稿，提供修改意见，并为实例录制了视频文件。

书中难免有不当和错误之处，敬请读者批评指正，编者的电子邮件地址为 Homoxiao@yahoo.com。

编 者

目 录

第1章 绪论.....	1	3.2.1 压缩成型原理及其应用范围.....	53
1.1 塑料制件生产.....	1	3.2.2 压缩成型的工艺参数.....	55
1.2 塑料成型模具.....	2	3.3 压注成型.....	57
1.3 塑料成型技术的发展趋势.....	3	3.3.1 压注成型原理及其特点.....	57
1.4 模具加工技术的新动向.....	4	3.3.2 压注成型的主要工艺参数.....	58
第2章 塑料成型基础知识.....	8	3.4 挤出成型.....	59
2.1 塑料概述.....	8	3.4.1 挤出成型原理及其特点.....	59
2.1.1 塑料的组成.....	8	3.4.2 挤出成型工艺过程.....	60
2.1.2 塑料的分类.....	10	3.4.3 挤出成型工艺参数.....	62
2.2 塑料成型过程中的物理和化学行为.....	11	3.5 其他塑料成型工艺.....	63
2.2.1 聚合物熔体的弹性类型.....	15	3.5.1 吹塑成型.....	63
2.2.2 聚合物液体流动过程中的弹性行为.....	16	3.5.2 中空塑件吹塑成型.....	63
2.3 聚合物在成型过程中的流动状态.....	17	第4章 塑料制件设计.....	66
2.3.1 在圆形导管内的流动.....	17	4.1 塑料制件的尺寸和精度.....	66
2.3.2 在狭缝型导管内的流动.....	19	4.2 塑料制件的结构设计.....	68
2.4 聚合物在成型过程中得物理和化学变化.....	20	4.2.1 脱模斜度.....	68
2.4.1 聚合物的结晶.....	20	4.2.2 形状.....	69
2.4.2 聚合物的取向.....	23	4.2.3 加强肋.....	70
2.4.3 聚合物的降解.....	25	4.2.4 支承面.....	70
2.4.4 聚合物的交联.....	26	4.2.5 圆角.....	71
2.5 塑料成型工艺性能.....	27	4.2.6 孔的设计.....	71
2.5.1 热固性塑料的工艺性能.....	27	4.2.7 螺纹设计.....	73
2.5.2 热塑性塑料的工艺性能.....	29	4.2.8 嵌件设计.....	74
2.6 常用塑料.....	32	4.3 Pro/ENGINEER 塑件设计.....	77
2.6.1 热塑性塑料.....	32	4.3.1 基本造型操作.....	77
2.6.2 热固性塑料.....	39	4.3.2 基本曲面的建立.....	101
第3章 塑料成型工艺.....	42	4.3.3 曲面修改与编辑.....	130
3.1 注射成型.....	42	4.4 自由曲面.....	154
3.1.1 注射成型原理及工艺过程.....	43	4.4.1 自由曲面造型的用户界面.....	154
3.1.2 注射成型工艺过程.....	43	4.4.2 自由曲线的建立.....	155
3.1.3 注射成型工艺的参数.....	46	4.4.3 自由曲线的编辑.....	158
3.1.4 热固性塑料注射成型.....	49	4.4.4 曲面的建立.....	164
3.1.5 精密注射成型.....	51	4.4.5 曲面的连接.....	166
3.2 压缩成型.....	53	4.5 Pro/ENGINEER 塑件建模实例.....	168
		4.5.1 拉伸实例1.....	168
		4.5.2 拉伸实例2.....	174

4.5.3 混合实例	181	8.2.3 二次推出脱模机构	245
4.5.4 自由曲面造型实例	185	8.2.4 浇注系统凝料脱出和 自动脱落机构	247
第5章 塑料注射成型模具	208	第9章 侧向分型与抽芯机构	248
5.1 注射模的基本结构	208	9.1 侧向分型与抽芯机构的分类	248
5.1.1 注射模的基本组成	208	9.2 斜导柱侧向分型与抽芯机构	249
5.1.2 注射模的分类	210	9.2.1 工作原理	249
5.2 注射模与注射机的关系	212	9.2.2 斜导柱侧向分型与抽芯机构 主要参数的确定	250
5.2.1 注射量的校核	212	9.2.3 斜导柱侧向分型与抽芯机构 结构设计要点	253
5.2.2 锁模力的校核	212	9.3 弯销侧向分型与抽芯机构	259
5.2.3 最大注射压力的校核	213	9.4 斜滑块侧向分型与抽芯机构	260
5.2.4 注射机安装模具部分尺寸校核	213	9.4.1 斜滑块侧向分型与抽芯机构的 结构形式	260
5.2.5 开模行程的校核	214	9.4.2 斜滑块侧向分型与抽芯机构 设计要点	261
5.2.6 顶出装置的校核	216	9.5 齿轮齿条侧向分型与抽芯机构	264
第6章 浇注系统设计	217	第10章 注射模温度调节系统	265
6.1 浇注系统的组成及设计要求	217	10.1 温度调节的重要性	265
6.1.1 浇注系统的组成	217	10.1.1 对塑件质量的影响	265
6.1.2 普通流道浇注系统设计	217	10.1.2 对生产率的影响	265
6.2 主流道设计	218	10.2 模具温度调节系统的设计	266
6.3 分流道设计	219	10.2.1 冷却管道的设计原则	266
6.4 冷料穴设计	220	10.2.2 冷却管道传热面积及 管道数目的确定	268
6.5 浇口设计原则	220	10.2.3 常见冷却系统的结构	269
第7章 注塑模成型零部件设计	224	第11章 其他塑料成型模具设计	272
7.1 型腔的总体布置、分型面选择	224	11.1 塑料压缩成型模具	272
7.1.1 分型面的形式	224	11.1.1 压缩模的结构组成	272
7.1.2 分型面选择原则	225	11.1.2 压缩模分类	273
7.2 成型零部件的结构设计	229	11.1.3 压缩模与压力机的关系	277
7.2.1 凹模	229	11.1.4 压缩模成型零部件设计	279
7.2.2 凸模(型芯)	230	11.1.5 压缩模结构零部件设计	288
7.2.3 螺纹型芯与螺纹型环	231	11.2 塑料压注成型模具	294
7.3 排气结构设计	234	11.2.1 概述	294
7.3.1 排气方式	234	11.2.2 压注模结构设计	298
7.3.2 排气槽设计要点	235	11.3 热塑性塑料挤出成型机头	304
7.3.3 引气系统	235	11.3.1 概述	304
第8章 注射模的导向以及脱模机构设计	236	11.3.2 管材挤出成型机头设计	305
8.1 导向机构设计	236		
8.1.1 导柱导向机构	236		
8.1.2 锥面和合模销定位机构	238		
8.2 脱模机构设计	239		
8.2.1 脱模机构的分类及设计原则	239		
8.2.2 一次推出脱模机构	240		

11.3.3 棒材挤出成型机头设计.....	314	13.3.3 数控编程的坐标系.....	415
11.3.4 异型材成型机头设计.....	317	13.4 数控加工模具工艺基础.....	419
11.3.5 其他挤出成型机头设计.....	323	13.4.1 数控加工工艺分析.....	420
11.4 塑料中空吹塑成型与气压成型模具.....	330	13.4.2 数控加工工艺路线规划.....	422
11.4.1 中空吹塑成型模具.....	330	13.4.3 数控加工刀具系统选用.....	425
11.4.2 气压成型模具.....	332	13.4.4 数控加工切削用量选用.....	429
第 12 章 塑料模设计程序及 CAD		13.5 加工中心编程与实例.....	432
在模具设计中的应用.....	335	13.5.1 加工中心结构和特点.....	432
12.1 塑料模设计程序.....	335	13.5.2 加工中心编程基础.....	435
12.1.1 热塑性塑料注射成型模 设计程序.....	335	13.5.3 加工中心手工编程实例.....	445
12.1.2 热固性塑料压缩模设计程序.....	336	13.5.4 基于 UG 自动编程实例.....	449
12.1.3 Pro/ENGINEER 模具设计的 基本流程.....	337	第 14 章 模具电火花成型加工技术.....	466
12.2 Pro/ENGINEER 模具设计应用实例.....	337	14.1 电火花加工概述.....	466
12.3 在 Emx 中使用组件模型进行 模具设计.....	348	14.1.1 电火花加工的特点和工艺.....	466
第 13 章 模具数控加工技术.....	392	14.1.2 电火花加工在模具制造中的 运用及前景.....	470
13.1 模具加工方法概述.....	392	14.1.3 电火花成型加工的原理.....	472
13.1.1 模具加工的分类.....	393	14.1.4 电火花常用术语和符号.....	475
13.1.2 模具加工的过程.....	394	14.2 电火花成型加工机床和加工工艺.....	479
13.1.3 模具数控加工的技术要点.....	394	14.2.1 电火花成型机床的结构和组成.....	480
13.1.4 高速加工在模具制造中的运用.....	395	14.2.2 电火花成型加工机床的 脉冲电源.....	483
13.2 数控机床的基本概述.....	396	14.2.3 电火花成型机床控制系统.....	486
13.2.1 数控机床的特点和运用.....	397	14.2.4 电火花成型机床的其他装置.....	488
13.2.2 数控机床的组成和分类.....	398	14.2.5 电火花加工工艺影响因素.....	492
13.2.3 数控机床的选用原则.....	402	14.3 电火花加工机床操作和加工实例.....	495
13.2.4 数控加工的基本原理.....	404	14.3.1 电火花机床的基本操作.....	496
13.3 数控加工程序编制基础.....	407	14.3.2 电火花加工功能及其编程.....	501
13.3.1 数控加工编程的方法和步骤.....	408	14.3.3 电火花加工规程和加工实例.....	510
13.3.2 数控编程的结构和指令.....	411	附录 塑料及树脂缩写代号 (GB1844—1980) .	517

第1章 绪 论

塑料工业是一个新兴的工业领域，又是一个发展迅速的领域。塑料已经进入一切工业部门以及人们的日常生活中，塑料因其材料本身易得、性能优越、加工方便，而广泛应用于包装、日用消费品、农业、交通运输、电子、电讯、机械化工、建筑材料等各个领域，并显示出巨大的优越性和发展潜力。当今世界把一个国家的塑料消耗量和塑料工业水平，作为衡量一个国家工业发展水平的重要标致之一。

随着机械、电子、家电、日用五金等工业产品塑料化趋势的不断增强以及塑料制件（塑件）的广泛应用与不断发展、更新换代迅速，对塑料成型技术的发展与塑料模具在数量、质量、精度和复杂程度等方面都提出了更高的要求，这就要求从事塑料成型和模具设计的人员更多地掌握塑料成型工艺以及塑料模具设计方面的知识。

1.1 塑料制件生产

塑料工业含塑料生产和塑料制件生产两大部分。塑料生产是指树脂或塑料制件原材料的生产，通常由树脂厂和化工厂来完成。塑料制件生产（即塑料成型加工）是根据塑料性能，利用各种成型加工手段，使其成为具有一定形状和使用价值的物件。

塑料制件生产主要包括成型、机械加工、修饰和装配等四个生产过程。成型是将各种形态的塑料，加工成所需的形状的制件和坯料的过程。它是塑料制件生产过程最重要且必不可少的过程，其他三个过程根据需要进行。

塑料制件生产过程与成型方法如图 1-1 所示。

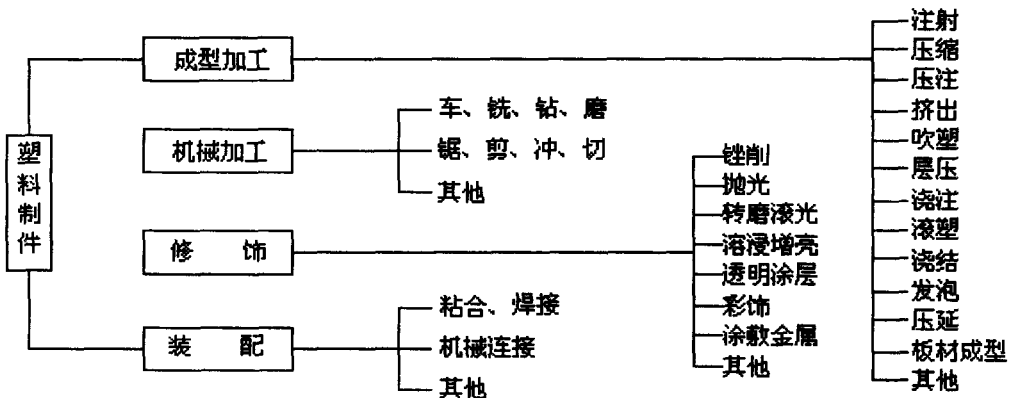


图 1-1 塑件生产过程与成型方法

由此可见，塑料成型的方法种类繁多，其中主要有注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型、中空吹塑等。

1.2 塑料成型模具

塑料成型模具是成型塑料制件的主要工业准备之一。它使塑料获得一定的形状和所需性能，对达到塑料加工工艺要求、塑料制件使用要求和造型设计要求起着重要的作用。在塑料加工行业中约有 95% 的产品靠模具生产。产品的更新都是以工艺的改进和模具的更新为前提。塑料模具可以分为以下几类：

1. 注射模

注射模也成为注塑模。注射成型是根据金属压注成型原理发展起来的。由注射机的螺杆或柱塞，使料桶内的熔融的塑料，经喷嘴和模具的浇注系统注入型腔，塑料在型腔内保压冷却固化成型，接着打开模具，从模具内脱出成型的塑件。注射模主要用于热塑性塑料制件的成型，近年来也越来越多地用于热固性塑料制件的成型。此外，反应注射成型、双色注射成型等特种注射成型工艺也在不断开发与应用。

注射成型能成型形状复杂地制件以及生产率高等特点，使其在塑料制件生产中占有很大的比重，据统计，注射制件约占所有塑料制件总产量的 30%，注射模具产量约占世界塑料成型模具产量的 50% 之多。

2. 压缩模

压缩模也成为压塑模。压缩成型是塑料制件成型方法中较早采用的一种。首先将预热过的塑料原料直接加入敞开的，经加热的模具型腔内，然后合模，塑料在加热和压力的作用下呈熔融流动状态充满型腔，然后由于化学反应或物理变化，使塑料逐渐硬化定型。压缩模多用于成型热固性塑料制件，也有用于成型热塑性塑料制件。另外，还有不加热的冷压缩模，它主要用于成型聚四氟乙烯坯件。

3. 压注模

压注模的加料室与型腔由浇注系统相连接。通过柱塞使在加料腔内受热融化的热固性塑料，经浇注系统压入被加热的闭合型腔并固化成型。塑料在型腔内发生化学交联反应，并固化定型。压注模主要用于热固性塑料制件的成型。

4. 挤出模

挤出模也成为挤出机头。挤出成型是利用挤出机筒内的螺杆旋转加压的方式，使处于粘流状态的塑料在高温高压下通过具有特定端面形状的机头口模，然后借助于牵引装置将挤出后的塑料制件均匀地拉出，并同时冷却定型。这类模具能连续不断地生产断面形状相同的热塑性塑料制件，例如塑料管材、板材、片材以及异型材等。

5. 中空吹塑成型模具

将挤出或注射出来的熔融状态的管状坯料置于模具型腔内，借助压缩空气使管坯膨胀紧贴于模具型腔壁上，冷硬后获得中空塑件，这种成型方法成为中空吹塑成型，其所使用的模具称为中空吹塑模。

6. 气动成型模

此类模具具有单独的阴模或阳模。借助真空泵或压缩空气，使固定在模具上并被热

软化的塑料板材、片材紧贴在模具型腔，冷却定型即得塑件。这种成型方法称为气压成型。其所使用的模具称为气压成型模具。

除了上述几类模具外，尚有泡沫塑料成型模具、玻璃纤维增强成型模具等多种类型。读者可以参考其他的资料。

1.3 塑料成型技术的发展趋势

随着工业产品塑料化趋势的不断增强，塑料制件的应用范围不断扩大，对塑料制件的数量、质量、精度等方面均提出了越来越高的要求，并促使塑料成型技术不断向前发展。目前塑料成型技术正朝着精密化、微型化、超大型化和自动化成型方向发展。

一副好的塑料注射模具可成型上百万次，一副优良的压缩模可以成型 25 万次以上，这与模具的设计、模具材料以及模具的制造技术有很大的关系。从塑料模的设计、制造以及模具材料等方面，塑料成型技术的发展趋势可以简单的归纳为以下几个方面：

1. 成型理论研究

随着塑料制件的大型化和复杂化，模具的设计制造已经不能凭借经验来进行设计，所有设计模具已逐渐向理论设计方面发展。这些理论设计包括模具刚度、强度的计算和塑料制件的有限元分析。

2. 改革创新成型工艺

为适应新型塑料制件的成型要求以及提高塑件质量和生产率需要，新的塑料成型工艺不断涌现，如多种塑料共注射成型、多工艺复合模塑成型、无流道以及热流道注射成型、低发泡注射成型、反应注射成型和液态注射成型等。

3. 发展模具新材料、新结构和新工艺

重点开发精密、复杂、大型、微型、高效、长寿命模具，以满足塑料制件精密化、微型化和大型化的要求；发展多腔、多层、多工位模具，发展多功能模具、组合模具。

模具材料的选用是模具设计和制造中的一个较重要的问题，直接影响模具加工成本、使用寿命以及塑料制件成型质量等。国内外模具材料工作者已经开发出了大量的模具材料，这些材料具有良好的使用性能、良好的加工性能以及好的热处理性能。模具设计人员在设计过程中可以根据经验和已有的数据进行模具材料的选择。

为了提高模具制造精度、缩短制造周期，在模具型腔加工中广泛应用高精度、高效率、自动化机床，如仿形、数控、电加工机床和三坐标测量仪等精密加工测量设备。此外，采用精密铸造、冷挤压、超塑性成型、电铸等工艺，使型腔加工工艺获得重大进展。

4. CAD/CAM/CAE 技术的应用

塑料流变学、零件几何造型技术、数控加工技术以及计算机技术的迅猛发展，为塑料模具 CAD/CAM/CAE 创造了有利的条件。目前市场已经有很多成熟的 CAD/CAM/CAE 软件可供选择，例如 PTC 公司的 Pro/ENGINEER。国内一些高校和研究所也对模具 CAD/CAM/CAE 技术进行了研究和实践，但由于我国研究机构普遍存在重应用、轻研究和不重视基础研究的思想，使得我国在该技术的应用和推广方面与国外存在很大的差距，并

且差距越来越大。

CAD/CAM/CAE 软件一般涵盖注塑产品造型、模具设计、绘图到数控加工数据的生成,并预测成型工艺及模具结构等参数的正确性。例如:使用 Pro/ENGINEER 可以进行塑件的产品造型、模具成型零件的设计、数控指令的生成、开模分析等。如果结合 MoldFlow 软件,还可以进行塑料在模具中的流动分析。

5. 加速模具零部件标准化和专业化

实践证明,标准化和专业化是缩短模具设计制造周期,降低模具成本行之有效的途径。同时也可以为计算机辅助设计和制造创造有利的条件。各工业化国家对模具标准化和专业化生产均十分的重视。美国和日本模具标准化程度已达 70~90%,而我国仅有 20%;模具专业化生产程度美国和日本分别达 90%和 70%,而我国仅为 10%。因此必须加快进行这方面的工作。

注射模方面关于模具零部件、模具技术条件和标准模架等有如表 1-1 所示的 14 个国家标准。

表 1-1 国家标准

型号	模架	型号	模型
GB4169.1—84	推杆	GB4169.2—84	直导套
GB4169.3—84	带头导套	GB4169.4—84	带头导柱
GB4169.5—84	有肩导柱	GB4169.6—84	垫板
GB4169.7—84	推板	GB4169.8—84	模板
GB4169.9—84	限位钉	GB4169.10—84	支承板
GB4169.11—84	圆锥定位件	GB4169.12—84	技术条件
GB/T12555—90	大型注射模架标准	GB/T12556—90	中小型注射模架标准

1.4 模具加工技术的新动向

模具加工的一般程序如图 1-2 所示。

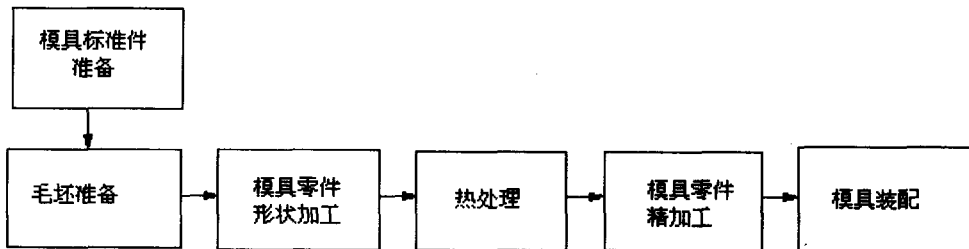


图 1-2 模具加工的一般程序

冲模由凸模、凹模、导向、顶出等部分组成,注塑模及压铸模由型腔部分的定模以及型芯部分的动模,还有导向、顶出、支承等部分组成。一副模具的零件多达 100 以上。其中除了标准件可以外购,直接进行装配外,其他零件都要进行加工。

坯料准备是为各模具零件提供相应的坯料。其加工内容按原材料的类型不同而异。对于锻件或切割钢板要进行六面加工，除去表面黑皮，将外形尺寸加工到要求，磨削两平面及基准面，使坯料平行度和垂直度符合要求。直接应用标准模块，则坯料准备阶段不需要再做任何加工，是缩短制模周期的最有效方法。模具设计人员应尽可能选用标准模块。在不得已的情况下，对标准模块进行部分改制加工。若基准面发生变动，则需重新加工出基准面。

模具零件的形状加工的任务是按要求对坯料进行内外形状的加工。例如，按冲裁凸模所需形状进行外形加工，按冲裁凹模所需形状加工型孔、紧固螺栓及销钉孔。又如按照注塑模型芯的形状进行内、外形状加工，或按型腔的形状进行内形加工。

热处理是使经初步加工的模具零件半成品达到所需的硬度。模具零件的精加工是对较硬的模具零件半成品进一步加工，以满足尺寸精度、形状精度和表面质量的要求。针对精加工阶段材料较硬的特点，大多数采用磨削加工和精密电加工方法。

无论是冲模或注塑模都有预先加工好的标准件供模具设计人员选用。现在，除了螺栓、销钉、导柱、导套等一般标准外，还有常用圆形和异形冲头、导销、推杆等各种标准件。此外还开发了许多标准组合，使模具标准化达到更高的水平。模具制造中的标准化程度越高，则加工周期越短。

模具装配的任务是将已加工好的模具零件及标准件按模具总装配图要求装配成一副完整的模具。在装配过程中，需对某些模具零件进行抛光和修整。试模后还需对某些部位进行调整和修正，使模具生产的制件符合图样要求，而且模具能正常地连续工作，模具加工过程才结束。在整个模具加工过程中还需对每一道加工工序的结果进行检验和确认，才能保证装配好的模具达到设计要求。

模具加工方法主要分为切削加工及非切削加工两大类。这两类中各自所包含的各种加工方法如表 1-2 所示。

通常，按照模具的种类、结构、用途、材质、尺寸、形状、精度及使用寿命等各种因素选用相应的加工方法。

各种加工方法均有可能达到的精度和经济精度。为了降低生产成本，根据模具各部位的不同要求尽可能使用各加工方法的经济精度。

随着工业产品不断向多样化和高性能化发展，产品厂要求模具制造业在短时间内为新产品的开发和投产提供高精度模具。模具制造业为了适应用户的这一要求，充分利用数控加工及模具计算机辅助制造等新技术，从而使模具加工技术进入以数控加工和模具计算机辅助制造为主的新阶段。

模具零件制造属于单件小批量生产方式，型腔、型芯往往比较复杂，难以在短时间内自动完成，制造质量也不易保证。在数控技术出现以前，除了用于大批量生产的专门生产线具有较高的自动程度外，各种零件的制造基本上由手动操作完成。此时零件一般由直线、圆弧等简单的几何元素构成。数控技术的产生和发展，为复杂曲线、曲面模具零件的单件小批量自动加工提供了极为有效的手段。

表 1-2 加工方法

分类	加工方法	机 床	使用工(刀)具	适用范围
切 削 加 工	平面加工	龙门刨床 牛头刨床 龙门铣床	刨 刀 刨 刀 端面铣刀	对模具坯料进 行六面加工
	车削加工	车 床 数控车床 立式车床	车 刀 车 刀 车 刀	各种模具零件 的回转面和平 面
	钻孔加工	钻 床 横臂钻床 铣 床 数控铣床 加工中心 深孔钻	钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀 钻头、铰刀 深孔钻头	加工模具的各种孔 加工注塑模冷却水孔
	镗孔加工	卧式镗床 加工中心 铣 床 坐标镗床	镗 刀 镗 刀 镗 刀 镗 刀	镗削模具中的各种孔 镗削高精度孔
	铣削加工	铣 床 数控铣床 加工中心 仿形铣床 雕刻机	立铣刀、端面铣刀 立铣刀、球头铣刀 立铣刀、球头铣刀 球头铣刀 小直径立铣刀	铣削模具各种平面曲面 进行仿形加工 雕刻图案及字体
	磨削加工	平面磨床 成形磨床 数控磨床 光学曲线磨床 坐标磨床 内、外圆磨床 万能磨床	砂 轮 砂 轮 砂 轮 砂 轮 砂 轮 砂 轮 砂 轮	磨削模板各平面 磨削各种形状的模具 零件表面 磨削精密模具孔
	电加工	型腔电加工 线切割加工 电解加工	电 极 线电极 电 极	电蚀切削难以加工的 部位精密轮廓加工 型腔和平面加工
	抛光加工	手持抛光机 抛光机或手 工抛光	各种砂轮 锉刀、砂纸、 油石抛光剂	去除铣削痕迹 对模具零件进行抛 光
非 切 削 加 工	挤压加工	压力机	挤压凸模	难以切削加工的型腔
	铸造加工	铍铜压力铸造 精密铸造	铸造设备 石膏模型铸 造设备	铸造注塑模型腔
	电铸加工	电铸设备	电铸母型	精密注塑模型腔
	表面装饰 纹加工	蚀刻装置	装饰纹样板	在注塑模型腔表面加工

电子技术的飞速发展，促进了数控技术由硬件数控到计算机数控的发展，而计算机为更有效地使用数控技术也发挥了巨大的作用。随着人们对数控加工的研究日臻完善，各种各样的 CAD / CAM 系统不断涌现。利用计算机，进一步提高数控加工的精度，而且不断拓宽了数控技术的应用领域，从复杂的几何造型系统到计算机辅助工艺规划，数控自动编程等。到今天 CAD / CAM 系统及数控技术在模具加工领域起着不可缺少的重要作用。

模具零件数控加工的一般过程大致如下：首先在计算机上利用曲线、曲面数学模型设计构造出零件的几何形状，生成几何模型。其次根据尺寸精度要求及所选择的刀具要求，计算出刀具加工轨迹。然后根据加工机床数控代码的约定进行后置处理，生成数控程序。最后数控程序以纸带、软盘或 DNC 方式交付机床进行切实加工。

由于采用了数控机床，模具零件的形状加工过程发生了很大的变化。例如模板的加工，过去采用手工划线、钻床钻孔、带锯去矩形孔废料、立铣加工型孔、手工攻螺纹 5 道工序。改用数控机床后，则由数控机床定位钻孔，减少了手工划线工序，而且孔位精度有了提高。如果使用加工中心，则一次装夹可完成所有加工内容。由于减少了装夹和工序转移的等待时间，大幅度缩短了加工周期，同时也减少了多次装夹带来的孔位误差，提高了加工精度。实际上使用加工中心，还可以对坯料进行六面加工。

第2章 塑料成型基础知识

塑料成型是将塑料原材料转变为所需形状和性能的塑件的一门工程技术。为了获得合格的成型塑件，必须对塑料的成型工艺特性及其成型过程中表现的物理化学行为有足够的认识。

2.1 塑料概述

塑料的主要成分是树脂，最早，树脂是指从树木中分泌出的物质，如松香；后来发现从昆虫的分泌物中也可以提炼树脂，如虫胶；有的树脂还可以从石油中得到，如沥青。这些都属于天然树脂，其特点是无明显的熔点，受热后逐渐软化，可溶解于有机溶剂，而不溶于水。塑料可在一定的温度和压力下，可塑制成一定的形状，且在一定条件下保持不变的材料。

2.1.1 塑料的组成

工业上用作成型的塑料有粉状、粒状、溶液和分散体（糊状）等，无论是哪种形态的物料都不单纯是聚合物（树脂），或多或少都有添加剂（或称助剂），加入添加剂的目的是改善成型工艺性能，提高塑件性能和降低成本等。由此可见，塑料一般是由树脂和添加剂组成，合成树脂是其主要成分，因此塑料的基本性能主要取决于树脂的性质，但也不能忽视添加剂的重要影响。塑料按其成分不同可分为简单组分和多组分的塑料。

简单组分的塑料基本上由合成树脂组成，加入少量辅助材料，如着色剂、润滑剂和增塑剂等。这类材料主要有聚乙烯、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等，也有的除树脂外不加任何添加剂，如聚四氟乙烯等。

复杂组分的塑料由多种组分组成，除树脂外，还加入填料、增塑剂、染料，稳定剂、润滑剂等添加剂，因此也称多组分材料。这类材料主要有聚氯乙烯、酚醛塑料等。

一般说来，多组分塑料成分如下：

2.1.1.1 树脂

塑料主要使用人工合成树脂，由树脂特性来决定塑料的类型（热固性或热塑性）和主要性能。塑料中树脂含量约为40~100%。

2.1.1.2 填充剂

填充剂又称填料，它是塑料中的另一重要的但并非必要的成分。在许多情况下，填充剂所起的作用并不比树脂小。因而，正确地选择填充剂可以改善塑料的性能和扩大它的使用范围。

填充剂即有增量作用又有改性效果。塑料中加入填充剂后，不仅能使塑料的成本大大降低，而且还能使塑料的性能得到显著改善，对塑料的推广和应用起了促进作用。例如，酚醛树脂中加入木粉后，既克服了它的脆性，又降低了成本。聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后，便成为十分价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。聚酰胺、聚甲醛等

树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后，使塑料的耐磨性、抗水性、耐热性、硬度及机械强度等得到全面的改进。用玻璃纤维作为塑料的填充剂，能使塑料的机械强度大幅度地提高。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能，如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂按其化学性能可分为无机填料和有机填料；按其形状可分为粉状的、纤维状的和层状（片状）的。粉状填料有木粉、纸浆、硅藻土、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、高岭土、石墨、金属粉等；纤维状填料有棉花、亚麻、石棉纤维、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、金属须等；层状填料有纸张、棉布、石棉布、玻璃布、木片等。

2.1.1.3 增塑剂

为了使塑料增加柔韧性能，改善流动性，常在聚合物中加入液态或低熔点固态的增塑剂。常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯等。

2.1.1.4 着色剂

为了获得塑件所需的色彩，在塑料组分中加入着色剂。着色剂品种很多，要求着色容易，与塑料中其他组分不起化学作用，成型过程中不因温度、压力变化而分解变色，而且在塑件使用中长期保持稳定。着色剂用量一般为0.01~0.02%。

2.1.1.5 润滑剂

添加润滑剂的目的是改善成型塑料的流动性，并减小和防止塑料熔体对设备和模具的粘附与摩擦。常用的润滑剂有烃类、酯类、金属皂类、脂肪酸类和脂肪酸酰胺类等，一般用量为0.05%~0.15%。

2.1.1.6 稳定剂

为了防止或抑制塑料在成型、储存和使用过程中，因受外界因素（如热、光、氧、射线等）作用所引起的性能变化，即所谓“老化”，需加入稳定剂。稳定剂可分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂等。常用的稳定剂为硬脂酸盐类、铅的化合物、环氧化合物等。稳定剂用量一般大于2%，少数高达5%。

2.1.1.7 硬化剂

又称固化剂、交联剂。在热固性塑料成型时，线型分子结构的合成树脂需转变成体型分子结构（称交联反应或称硬化、固化）。添加硬化剂的目的是促进交联反应。例如在环氧树脂中加入乙二胺、三乙醇胺、咪唑等。

2.1.1.8 发泡剂

制作泡沫塑料制品时，需要预先将发泡剂加入塑料中，以便在成型时放出气体，形成有一定孔形的泡沫塑料制品。常用的发泡剂有氯二乙丁腈、石油醚、碳酸胺等。

此外，还有阻燃剂、防静电剂、防霉剂等。

另外，塑料可以制成“合金”，即把不同种性能的塑料溶合起来，或者将不同单体通过化学共聚或接枝等方法结合起来，组成改性品种。例如，ABS塑料就是由苯乙烯、丁二烯、丙烯腈组成，经共聚和混合而制成的三元“合金”或复合物；苯乙烯—氯化聚乙烯—丙烯腈（ACS）、丁腈—酚醛和苯撑氧—苯乙烯等三元或二元复合物都属于这类塑料。

2.1.2 塑料的分类

塑料的品种很多，可以从不同角度对塑料进行分类。

2.1.2.1 根据塑料中树脂的分子结构及热性能不同分类

1. 热塑性塑料

这种塑料中树脂的分子是线型或支链型结构。它在加热时软化并熔融，成为可流动的粘稠液体（即聚合物熔体），可成型为一定形状，冷却后保持已成型的形状。如果再次加热，又可以软化并熔融，可再次成型为一定形状的塑件，如此可反复多次。在上述过程中，一般只有物理变化而无化学变化。

由于热塑性塑料具有上述特性，因此，在塑料成型加工过程中产生的边角料及废品可以回收掺入原料中使用。

属于热塑性塑料的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、有机玻璃、尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚、聚四氟乙烯、聚三氟乙烯、聚全氟乙烯、氯化聚酯等

2. 热固性塑料

这类塑料中树脂的分子最终呈体型结构。它在受热之初，因分子呈线型结构，故具有可塑性和可溶性，可成型为一定形状。当继续加热时，线型高聚物分子主链间形成化学键结合（即交联），分子呈网型结构，当温度达到一定值后，交联反应进一步发展，分子变为体型结构，树脂变得既不熔融，也不溶解，形状固定下来不再变化，称为固化。如果再加热，不再软化，不再具有可塑性。在上述成型过程中，既有物理变化又有化学变化。

由于热固性塑料具有上述特性，因此塑件一旦损坏便不能回收再用。

属于热固性塑料的有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、聚邻苯二甲酸二烯丙酯、有机硅塑料、硅酮塑料等。

2.1.2.2 按塑料性能及用途分类

1. 通用塑料

指产量大、用途广、价格低的塑料。酚醛塑料、氨基塑料、PVC、PS、PE、PP 等 6 大品种在目前塑料总产量中占大部分，属通用塑料。

2. 工程塑料

指在工程技术中作为结构材料的塑料。其力学性能、耐磨性、耐腐蚀性、尺寸稳定性均较高。由于它既具有一定的金属特性又具有塑料的优良性能，所以在机器制造、轻工、电子、日用、导弹、原子能等部门得到广泛应用。

目前，在工程上使用较多的塑料有 PA、PC、POM、ABS、PSF、PPO、氯化聚酯等。

3. 增强塑料

在塑料中加入玻璃纤维等填料作为增强材料，以进一步改善塑料的力学性能和电性能，这种新型的复合材料通常称为增强塑料。增强塑料具有优良的力学性能，比强度和比刚度高。增强塑料分为热塑性增强塑料和热固性增强塑料。热固性增强塑料又称为玻璃钢。

4. 特殊用途的塑料

特殊塑料指具有某些特殊性能的塑料。这类塑料有高的耐热性或高的电绝缘性及耐腐蚀性等。如氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂等，还包括为某些专门用途而