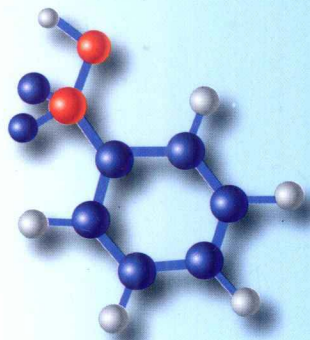




21世纪全国高等院校材料类 **创新型** 应用人才培养规划教材



MATERIALS

# 模具CAD实用教程

主 编 许树勤

M  
aterials



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

# 模具 CAD 实用教程

主 编 许树勤

参 编 温莉敏



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书以 SolidWorks 系统为三维 CAD 软件, 在基础部分通过零件造型, 介绍 SolidWorks 的操作界面、菜单和建模结构。本书涵盖冲模 CAD、锻模 CAD 和注塑模 CAD 三大部分, 每部分都包括相应的模具设计的预备知识, 特别注意利用 SolidWorks 系统的自身功能实现工艺设计和模具设计。

本书的特点是以案例驱动教学, 由浅入深, 难点分散, 易于接受。本书适合作为材料类和机械类本科生模具设计 CAD 课程的教材, 也可供相关专业选修课使用, 同时还可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

模具 CAD 实用教程/许树勤主编. —北京: 北京大学出版社, 2011.4

(21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-18657-2

I. ①模… II. ①许… III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks 2010—高等学校—教材 IV. ①TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 043035 号

书 名: 模具 CAD 实用教程

著作责任者: 许树勤 主编

策划编辑: 童君鑫

责任编辑: 周 瑞

标准书号: ISBN 978-7-301-18657-2/TG·0018

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 300 千字

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

---

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

## 编审指导与建设委员会

### 成员名单（按拼音排序）

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 白培康（中北大学）    | 陈华辉（中国矿业大学）    |
| 崔占全（燕山大学）    | 杜彦良（石家庄铁道大学）   |
| 杜振民（北京科技大学）  | 耿桂宏（北方民族大学）    |
| 关绍康（郑州大学）    | 胡志强（大连工业大学）    |
| 李楠（武汉科技大学）   | 梁金生（河北工业大学）    |
| 林志东（武汉工程大学）  | 刘爱民（大连理工大学）    |
| 刘开平（长安大学）    | 芦笙（江苏科技大学）     |
| 裴坚（北京大学）     | 时海芳（辽宁工程技术大学）  |
| 孙凤莲（哈尔滨理工大学） | 孙玉福（郑州大学）      |
| 万发荣（北京科技大学）  | 王春青（哈尔滨工业大学）   |
| 王峰（北京化工大学）   | 王金淑（北京工业大学）    |
| 王昆林（清华大学）    | 卫英慧（太原理工大学）    |
| 伍玉娇（贵州大学）    | 夏华（重庆理工大学）     |
| 徐鸿（华北电力大学）   | 余心宏（西北工业大学）    |
| 张朝晖（北京理工大学）  | 张海涛（安徽工程大学）    |
| 张敏刚（太原科技大学）  | 张锐（郑州航空工业管理学院） |
| 张晓燕（贵州大学）    | 赵惠忠（武汉科技大学）    |
| 赵莉萍（内蒙古科技大学） | 赵玉涛（江苏大学）      |

# 前 言

计算机辅助设计(CAD)技术自诞生以来,不断取得突破性进展,在汽车、船舶、电子、航空航天、纺织、建筑等行业发挥着重要的作用,被视为 20 世纪最杰出的工程成就之一。

对生产批量很大的产品,采用模具进行加工,可以提高产品尺寸的一致性和生产率,节约原材料,从而达到又好、又快、又省的目标。然而模具设计的绘图工作量很大,传统的二维模具设计不能给出组成模具零件的全部信息,在制造过程中往往需要设计者和制造者反复沟通,致使复杂模具设计和制造的周期长于预期。

CAD 技术的出现,特别是商业化三维计算机绘图软件的出现,令模具设计者欣喜若狂。在模具设计中使用三维 CAD 软件已经成为业界学生和工程技术人员的一项基本要求。

恩格斯曾经说过:“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”为了满足众多学生学习“模具设计”相关课程的需要,也为了满足模具设计部门工程技术人员的需求,图书市场上出现了很多与商业化三维 CAD 系统相匹配的专著与教材。这些专著和教材对模具 CAD 的教学起到了很好的指导作用,对模具 CAD 的应用与普及起到了很大的推动作用。然而在这些教材中,利用 CAD 系统进行工艺计算的内容比较缺乏,也鲜于见到三维 CAD 在锻模设计中的应用。

本书共分 5 章。第 1 章绪论,主要介绍模具和 CAD 的基础知识,帮助读者明确学习对象,提高学习兴趣,激发学习热情。第 2 章 SolidWorks、Pro/E 基础应用,以三通、支承座、卡板、连杆、换挡叉、杯子等零件为实例进行三维实体造型,引导读者掌握分析零件结构的方法,熟悉 SolidWorks、Pro/E 的操作界面、菜单和建模结构。第 3 章冲模 CAD,介绍冲模设计的预备知识,以卡板为典型冲裁件,利用 SolidWorks 对其进行冲模工艺设计,对冲模零件逐个进行三维实体造型,自下而上地设计了该模具。第 4 章锻模 CAD,在介绍锻模设计预备知识后,以换挡叉为典型模锻件,利用 SolidWorks 获取锻模设计的参数,进行锻模制坯模膛的设计,用 SolidWorks 进行锻模的结构设计与三维实体造型,完成模具分割与承击面校核。第 5 章注塑模 CAD,在介绍注塑模的预备知识和设计流程的基础之上,以杯子为典型注塑件,用自上而下的方法完成双分型面、有斜导柱抽芯结构的注塑模具设计,进行注塑模的三维实体造型。

本书的特点是案例驱动教学,由浅入深,难点分散,易于接受。本书适合作为材料类和机械类本科学生模具设计 CAD 课程的教材,也可供相关专业选修课使用,同时还可供有关工程技术人员参考。

本书第 1、第 3~5 章由北京工业大学耿丹学院许树勤教授编写,第 2 章由淮南联合大学温莉敏编写。在本书的编写过程中,刘应忠、黄能会、吴洪亮、王永强、易文平、文强、闫晓冲等做了大量的工作,在此表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中不妥之处,敬请广大读者指正。

编 者  
2011 年 2 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	2.5.2 支承座 SolidWorks 建模	31
1.1 “模”字溯源 .....	2	2.5.3 支承座 Pro/E 建模	32
1.2 模具的定义 .....	2	2.6 卡板 .....	33
1.3 模具的分类 .....	3	2.6.1 卡板结构分析 .....	34
1.4 人与模具 .....	4	2.6.2 卡板 SolidWorks 建模	34
1.5 模具的生产 .....	5	2.6.3 卡板 Pro/E 建模	34
1.6 模具与模具专业 .....	7	2.7 连杆热锻件 .....	36
1.7 模具设计软件 .....	7	2.7.1 连杆热锻件结构分析	38
1.8 商业 CAD 系统简介 .....	8	2.7.2 连杆 SolidWorks 建模	38
1.9 选择 CAD 软件时应考虑 的问题 .....	10	2.7.3 连杆 Pro/E 建模	45
小结 .....	11	2.8 换挡叉 .....	54
思考题与作业 .....	12	2.8.1 换挡叉零件结构分析	54
<b>第 2 章 SolidWorks、Pro/E 基础应用</b> ..	13	2.8.2 换挡叉零件建模步骤	55
2.1 SolidWorks、Pro/E 软件简介 .....	14	2.9 杯子 .....	56
2.1.1 SolidWorks、Pro/E 软件 特点 .....	14	2.9.1 数据文件准备 .....	57
2.1.2 SolidWorks 输入/输出文件 格式 .....	15	2.9.2 数据文件传输 .....	57
2.2 SolidWorks、Pro/E 的工作窗口	17	2.9.3 杯子 SolidWorks 建模	58
2.3 SolidWorks、Pro/E 的建模结构	18	2.9.4 杯子 Pro/E 建模	60
2.3.1 新建零件图 .....	18	2.10 模块系列零件设计 .....	62
2.3.2 给零件图命名 .....	19	2.10.1 模块 SolidWorks 建模	62
2.3.3 绘图基准面 .....	20	2.10.2 模块 Pro/E 建模	65
2.3.4 草图 .....	23	2.10.3 SolidWorks 命名草图、特征 及尺寸 .....	68
2.3.5 特征 .....	23	2.10.4 SolidWorks 系列零件 设计表 .....	69
2.4 三通实体造型 .....	23	2.10.5 Pro/E 族表设计	71
2.4.1 三通结构分析 .....	23	小结 .....	73
2.4.2 三通 SolidWorks 建模	24	思考题与作业 .....	73
2.4.3 三通 Pro/E 建模	26	<b>第 3 章 冲模 CAD</b> .....	74
2.5 支承座 .....	30	3.1 概述 .....	75
2.5.1 支承座结构分析 .....	30	3.2 冲模的分类 .....	77
		3.2.1 根据工艺性质分类	77
		3.2.2 根据工序组合程度分类	78



3.3	冲模的组成	78	3.10.8	旋转零部件	100
3.4	冲模设计的主要内容	79	3.10.9	重新添加配合关系	101
3.4.1	冲压工艺设计	79	3.10.10	完成装配体	102
3.4.2	模具设计	81	3.10.11	添加装配体特征	102
3.5	冲裁模压力中心的计算	81	3.10.12	派生零部件	104
3.5.1	压力中心的定义	81	小结		105
3.5.2	压力中心计算的力学原理	82	思考题与作业		105
3.5.3	压力中心的求解方法	82	<b>第4章 锻模 CAD</b>		<b>106</b>
3.5.4	压力中心的求解举例	85	4.1	概述	107
3.6	毛坯排样	87	4.1.1	锻模的分类与结构特点	107
3.6.1	冲裁件面积	87	4.1.2	锻模的设计流程	109
3.6.2	排样方案确定	88	4.2	锻件的设计	110
3.7	冲裁力的计算	89	4.2.1	确定分模面	110
3.7.1	冲裁力的计算公式	89	4.2.2	余块	111
3.7.2	冲裁线的长度	90	4.2.3	机加工余量和模锻斜度	111
3.7.3	冲裁力	90	4.2.4	圆角	117
3.8	凸凹模刃口尺寸的计算	90	4.3	锻模设计的基本参数	118
3.8.1	凸、凹模尺寸特点	90	4.3.1	锻件长度 $L_{\text{件}}$	118
3.8.2	尺寸计算原则	91	4.3.2	锻件质量 $m_{\text{件}}$ 和锻件体积 $V_{\text{件}}$	119
3.8.3	尺寸计算方法	91	4.3.3	锻件周边长度 $L_{\text{周长}}$	119
3.9	卡板落料冲孔复合模的三维建模	92	4.3.4	锻件最大投影面积 $A_{\text{件}}$	119
3.9.1	卡板复合模的组成	92	4.4	飞边槽设计	120
3.9.2	凹模	93	4.4.1	初选模锻设备	121
3.9.3	顶件器	94	4.4.2	带飞边槽的锻件	121
3.9.4	凸模	94	4.4.3	模锻设备吨位的校核	122
3.9.5	上模固定板	95	4.4.4	钳口	124
3.9.6	上模座	95	4.5	轴类锻件制坯模膛设计	126
3.9.7	凸凹模	96	4.5.1	截面图	126
3.9.8	卸料板	96	4.5.2	直径图	128
3.9.9	下模固定板	96	4.5.3	模锻工艺方案	129
3.9.10	下模座	96	4.5.4	滚挤模膛	130
3.10	模具装配	97	4.5.5	预锻件	134
3.10.1	新建装配体	97	4.5.6	切断模膛设计	135
3.10.2	插入第一个零件	97	4.6	模膛结构设计	137
3.10.3	添加零件	98	4.6.1	锻模中心	137
3.10.4	配合前的准备	98	4.6.2	模膛中心	137
3.10.5	添加配合	99	4.7	锻模的三维造型	138
3.10.6	删除配合	100	4.7.1	模块	139
3.10.7	移动零部件	100			



4.7.2 模具过渡装配体 .....	139	5.3.6 面缝合 .....	167
4.7.3 生成型腔 .....	141	5.4 创建过渡装配体 .....	167
4.8 切割模具 .....	142	5.4.1 一模两件的型腔 .....	168
4.8.1 建立曲面分模面 .....	142	5.4.2 型芯 .....	169
4.8.2 生成上下模 .....	144	5.4.3 前模镶件(浇口套) .....	170
4.8.3 飞边槽的切除 .....	146	5.4.4 滑块 .....	172
4.9 承击面校核 .....	150	5.4.5 斜导柱 .....	178
小结 .....	151	5.4.6 导轨 .....	182
思考题与作业 .....	151	5.4.7 模架 .....	183
<b>第5章 注塑模 CAD</b> .....	<b>152</b>	5.4.8 定模座板 .....	184
5.1 概述 .....	153	5.4.9 水口板 .....	187
5.1.1 注塑成型原理 .....	153	5.4.10 前模板 .....	188
5.1.2 注塑机 .....	154	5.4.11 推件板 .....	189
5.1.3 注塑模具的典型结构 .....	156	5.4.12 动模板 .....	189
5.1.4 注塑模具的设计流程 .....	160	5.4.13 模脚 .....	192
5.2 注塑模工艺 CAD 流程 .....	161	5.4.14 面砧板 .....	193
5.2.1 杯子的质量和体积 .....	161	5.4.15 底砧板 .....	194
5.2.2 拔模分析 .....	162	5.4.16 底板 .....	195
5.2.3 确定分型面 .....	162	5.4.17 顶件杆 .....	195
5.2.4 型腔布局 .....	162	5.4.18 导柱 .....	195
5.2.5 进浇点 .....	163	5.4.19 导套 .....	196
5.2.6 模具结构形式 .....	163	5.4.20 顶出导柱 .....	196
5.2.7 选注塑机 .....	163	5.4.21 推杆 .....	196
5.3 杯子注塑模成型型腔的准备 .....	164	5.4.22 主流道衬套 .....	197
5.3.1 放置缩放率 .....	164	5.4.23 定位圈 .....	198
5.3.2 减浇点 .....	164	5.5 总装配体 .....	200
5.3.3 分型辅助面 .....	165	5.6 锁模力的校核 .....	201
5.3.4 生成分割线 .....	166	小结 .....	202
5.3.5 分割线延展 .....	166	思考题与作业 .....	202
		<b>参考文献</b> .....	<b>203</b>



# 第 1 章

## 绪 论



### 本章教学目标

本章介绍模具的定义、模具的分类、模具与人们生活的关系、模具的生产、与模具专业相关的学科，帮助读者认识模具与模具专业，明确学习的对象，提高学习的兴趣，激发学习的热情。对模具设计 CAD、商业 CAD 系统的简介，则是为了开拓读者的思路，以便选择适用的软件系统进行模具设计。



### 本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
模具的定义与分类	了解模具的定义、模具的作用，熟悉模具的分类	与模具相关的生产
模具与生活、模具与生产、模具与艺术	了解模具与人们的关系	产品生产成本构成，模具成本构成
模具的生产	初步了解模具的历史	模具与制造技术水平相匹配
模具 CAD	了解模具 CAD 的内涵	模具设计流程
商业 CAD 系统简介	了解不同商业 CAD 系统的特点、适用性以及输入、输出文件格式	计算机软件与硬件、计算机图形技术



## 导入案例

模具是常用的生产装备，请看图 1.1 给出的 3 张模具图片。可能很多人会问：“这是模具吗？”回答这个问题之前，首先从“模”字溯源，看模具究竟是什么。

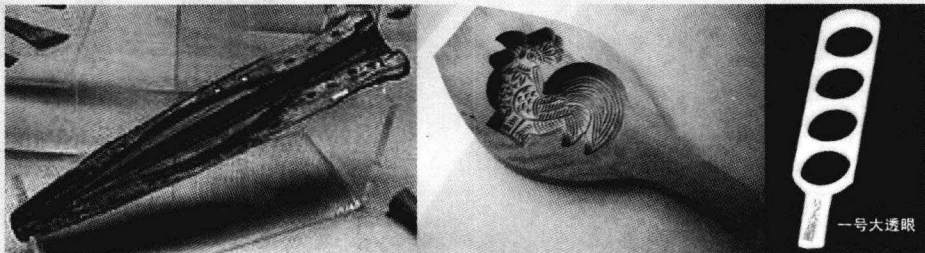


图 1.1 模具图片

## 1.1 “模”字溯源

与“模”意思相近的字有很多，如模、范、型、形、样等。

模(mó)：制造器物的模型。左思《魏都赋》：“授全模以梓匠”。

模(mó)型：即铸造用的模具。根据实物、设计图或者设想，按比例、形态或者其他特征制成的同实物相似的物体，供展览、观赏、绘画、摄影或观测等用；按照用途不同，模型常用石材、石膏、混凝土、塑料、金属等材料制成。

范：模(mú)子，也指用模子浇注。《论衡·物势》：“今夫(现在那些)陶冶者，初埏(shān)埴(zhí)(和泥作陶器)作器，必模范为形，故作之也。”

型：铸造金属器物的模子。《淮南子·修务训》：“夫纯钩，鱼肠之始下型，击则不能断，刺则不能入；及加之砥砺，磨其锋锷，则水断龙舟，陆断犀甲。”

形：形状、样子。通“型”。《左传·昭公十二年》：“形民之力”。杜预注：“言国之用民，当随其力任，如金冶之器，随器而制形。”

模(mú)样：(模型)用以在砂型中造成与铸件外形相当的空腔。其外形与所制物件基本相同。

样：形状、模样。张祜(hù)《送走马使》诗：“新样花纹配蜀罗”。

在《说文解字注》中，“型”古字义为铸器之法；以竹为之曰范，以木为之为模，以土为之则为型。据此，“型”实为规范、框约之意。

## 1.2 模具的定义

模具(Mold, Matrix, Pattern, Die)是什么？用以制造一定数量产品的专用模型、模板和工具都属于模具。这种工具由各种零件构成，每种类型的模具由结构类似的零件构

成。一般需要安装在特定的设备上来实现对物品的加工。型腔类模具是一个样件的负面影像(类似于照片的负片)。使用模具可以重复生产与原始样件形状、尺寸相同的零件,就像冲洗相片一样。由此看来,图 1.1 中的 3 张图片都是模具。

模具与制造中的铸造技术的渊源最长。不过在铸造中,模具更多地被称之为“范”或“型”。传统的铸造是泥范或石范铸造,砂型铸造是液态金属在模具内的冷凝成型,铸件的形状与模具的形状是吻合的。在传统的铸造工艺中,模型在铸件凝固后就溃散了,因此铸件可以有很复杂的外形与空腔。

模具的形式多种多样,制造模具的材料也是各不相同的。图 1.1 左边的图片是公元前 1400—公元前 1000 年用青铜材料制成的剑头铸造模具的一半。图 1.1 中间的图片是木制的食品模,该模具不是封闭的,成形时限制底面和周边。图 1.1 右边的图片是塑料制的食品模,其作用是进行曲边剪切,生成圆饼。

使用模具的痕迹遍布人们日常生活的每一个角落。只要是大量、反复生产相同产品时就需要使用模具。产品的材料种类非常之多,模具并不限于成形零件,也包括成形材料。模具成形实质上是利用材料的塑性进行的一种少切削、无切削的生产方法。采用模具成形工艺代替切削加工工艺,可以提高生产效率,保证零件质量,减少材料消耗,降低生产成本,因而广泛应用于家用电器、汽车、建筑、机械、电子、五金、农业、航空航天、玩具、日用品、食品等领域的批量性零件的生产中。

### 1.3 模具的分类

模具各式各样,品种繁多。为了便于学习和管理,需要对模具进行分类。模具常用的分类方法有以下两种。

#### 1. 按照应用范围及习惯分类

按照模具在国民经济中的应用范围及管理习惯,中国模具工业协会提出了划分模具类别的方法,即所谓“十大类”的分法,分别为冲压模、塑料模、压铸模、锻造模、粉末冶金模、橡胶模、拉丝模、无机非金属材料成形模、模具标准件和其他模具(用于食品、皮革等的成形)。

#### 2. 按照成形用材料分类

依据自然科学中基于工程材料进行分类研究的观点,按模具所成形出产品的材料并结合工程实际,可将模具分为“三大类十二小类”,具体如下所述。

(1) 金属材料成形用模具。冲压模(板料、管材)、锻造模(体积成形)、铸造模(液态金属)、粉末冶金模(金属粉末)、拉丝模(线材)。

(2) 有机高分子材料成形用模具。塑料模、橡胶模、食品模、皮革模。

(3) 无机非金属材料成形用模具。陶瓷模、玻璃模、水泥与混凝土模。

我国模具工业总产值(1984 年始有统计)一直是逐年递增的。从 1997 年起,其年产值已开始超过机床工业总产值。20 世纪末以来,我国模具工业总产值稳居亚洲第二,但进口模具仍为亚洲乃至世界第一。迄今为止,我国模具自主独立技术及模具工业总体技术水平仍与世界上发达国家有较大差距。



目前我国模具技术含量低，高精度、高自动化的高档模具比重很小，而中低档模具比重很大，近年来，在培养高级模具技术人员的同时，正在大力培养模具技工、技师。我国模具行业经济活动中还有以下几个特点：①总产值中 2/3 为自用，1/3 为商品销售；②制造模具的比重为冲压模占 50%，塑料模占 33%，压铸模占 6%，其他占 11%；③进口模具的比例塑料模大于冲压模；④模具进口来源依次为日本—中国台湾地区—韩国—中国香港地区—欧美各国；⑤模具进出口份额大的省市有广东、江苏、浙江、上海、天津、北京、福建、吉林、辽宁、山东、安徽等。

## 1.4 人与模具

模具与人们如影相随，只不过人们对周围的一切已经习以为常，而忽略了它们与模具之间的联系。

### 1. 模具与生活

社会上日用消费品的数量与人口总数成正比，尽管消费品种类繁多、规格不一，但每款消费品的生产批量仍然非常巨大，因此与人们的衣食住行密切相关的许多物品都是借助

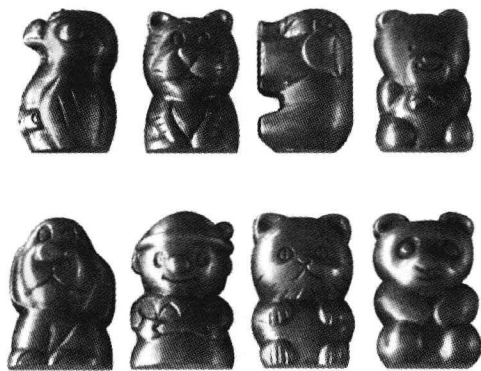


图 1.2 精美的巧克力造型——出自模具

于模具生产出来的。如塑料牙刷柄、塑料香皂盒、塑料拖鞋来自塑料模具，陶瓷盥洗盆、陶瓷漱口杯出自陶瓷模具；厨房中的不锈钢锅是经过冲裁模下料、拉深模拉深、修边模修边等多套模具才生产出来的；吃的饼干或者巧克力（图 1.2），是出自食品模；脚上穿的皮鞋是经过皮革模压制定型的；骑的自行车，轮胎是橡胶模具的产品，车瓦来自落料模和成型模，螺钉、螺母来自冷镦模，辐条经过拉丝模……只要留心，就会发现模具与人们生活有着千丝万缕的联系。

### 2. 模具与生产

使用模具可以重复生产与原始样件形状、尺寸相同的零件，采用模具生产可以显著提高生产效率。而且随着生产产品批量的增加，单件产品分摊的模具费用就降低，因此模具首先与大批量生产密切相关。

对小批量生产以及新产品的试制，为了成形有时也必须使用模具，这时降低模具成本就成为首要问题。尽量简化模具结构、适当加大产品的加工余量等是常用的降低模具成本的有效办法。

### 3. 模具与艺术

说模具与生产密切相关，人们一般容易接受。如果有人说：“模具与艺术也息息相通。”大家同意吗？但是当人们走进雕塑公园时，就会觉得此言不虚。

随着社会的发展，雕塑艺术在不断进步。从最初自然材料的泥塑、木质雕塑、石质雕

塑,到以后的人工材料的青铜雕塑、陶瓷雕塑和其他金属及合金雕塑。其中材料技术的发展,为雕塑艺术的尽情发挥提供了基础。玻璃钢材料问世后,由于其具有成型方便、可设计性强、轻质高强以及造价相对低廉等诸多优点,很快被应用到雕塑艺术中来。应用玻璃钢技术,可以快速、逼真地将泥塑出的作品翻制并长期保存下来。因此,玻璃钢雕塑较多成为广场、商业网点、生活小区及游乐场所的标志物。

玻璃钢塑像的制造工艺是通过制骨架、塑泥像、分模、扣模、卸模、玻璃钢糊制、修整缝合、磨修整形刨光、表面胶衣处理等步骤完成的。以玻璃钢为原料制成的塑像不仅传神逼真,而且具有重量轻、易于搬运、不易损坏,室外存放不易风化等优点,特别适于制造大型的雕塑。图 1.3 是玻璃钢的雕塑作品。



图 1.3 玻璃钢雕塑作品

## 1.5 模具的生产

模具一般是用来进行产品的批量生产的,但是模具本身却具有单件生产和对特定用户的依赖特性,因此其设计和生产有自身的特殊性。

### 1. 历史上的模具生产

最早的模具是用在铸造生产上的。铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺,已有约六千年的历史。中国约在公元前 1700—公元前 1000 年之间已进入青铜铸件的全盛期,工艺上已达到相当高的水平。中国商朝的重 875 公斤的司母戊方鼎、战国时期的曾侯乙尊盘。西汉的透光镜,都是古代铸造的代表产品。



图 1.4 三铢石范

我国的金属铸造生产历史悠久,成就辉煌。古代劳动人民通过世代相传的长期生产实践,创造了具有我国民族特色的传统铸造工艺,其中以泥范、铁范和熔模铸造最为重要,称为古代三大铸造技术,这些都需要相应的模具。

我国在夏代已能用石范铸造青铜器,但石料不易加工,也不耐高温。图 1.4 是西汉三铢石范(1973 年山东莱芜市苗山办事处铜山村西汉冶铜遗址中出土。铢是古代重量单位,二十四铢等于一两。山西绛县、湖南衡阳公行山、河南镇平贾宋镇出土的“三铢”钱,枚重均在



2g 上下)。在制陶术发展的基础上,很快就改用泥范。用泥范铸造器物,是我国古代最主要、应用最普遍的铸造方法。泥范的制作与雕塑的制作工艺相近,其蓝图存于工匠的胸中,其质量在工匠的手中,其继承依赖于师徒传承。

锻造最初是自由锻,即仅用砧子和锤头来进行金属的成形,以后为了提高生产效率和降低材料消耗,开始使用胎模进行锻造。而在专用模锻设备上使用锻模进行模锻则仅有百年左右。

落料最初是用榔头猛击放在带有欲切出外轮廓的铁块(类似凹模)上的条料来进行的,而冲孔则是用榔头猛击冲子在板料上冲出孔。压力机出现以后,才有了真正意义上的冲模。

塑料出现于天然树脂的使用,可以追溯到古代,但现代塑料工业形成于1930年,近40年来获得了飞速的发展。塑料工业的发展推动着各种塑料模具的生产与科研。

## 2. 近代模具生产

20世纪80年代,制造模具的手段主要是依赖普通的机械加工设备,对于形状复杂的模具则是依靠钳工的技能来完成的,优秀的模具钳工在模具企业内起着决定性的作用,竞争的焦点在于谁有能力把模具生产出来。到了20世纪90年代,CAD/CAM技术、数控加工技术及EDM加工技术逐步被广泛应用,制造出复杂的模具型腔已经不是问题,CAD/CAM技术及数控技术的应用决定着企业的模具生产周期和成本,成为衡量模具工业水平的主要指标。

## 3. 现代模具工业

现代化的模具要实现数字化设计、数字化制造、数字化管理、数字化生产流程,没有模具的数字化,就没有现代模具。

通过Internet技术,模具企业可以跟国内外客户建立联系,开拓更广阔的市场;进行企业与国内外客户业务、技术的沟通;建立企业和客户之间的接口。ERP技术帮助企业规范和管理内部业务流程,提升模具企业的管理水平;并且极大地优化和缩短企业内部的流程,提高竞争力;把Internet技术结合起来,还可以实现远程异地办公,提高企业的快速反应能力,更加有效地管理企业。信息化的管理系统将为企业提供共享的、一致的、忠实的进程监控平台。在信息化系统中,通过项目计划与进程控制,可以对模具的整个生命周期(订单确定—交付)进行管理。生产一线管理人员直接在系统中反馈模具实际进度,系统忠实地监控项目进程的每一个任务,当某一控制点出现延期时,系统会自动发出报警邮件给相关人员,以便及早发现、及早解决。对于一些关键任务,还可以让系统提前预警,以使有关人员及早准备和安排。

成本控制是模具企业管理上的一个难点,模具企业的成本控制能力越来越突出地体现了企业的核心竞争力。目前,模具行业面临着模具价格越来越低的沉重压力,模具增加几次修改,模具利润就消耗干净,甚至要赔本。

企业如果不能从根本上解决这个问题,将面临被淘汰出局的危险。信息化系统将在公司内部下达订单时,以报价的成本估算为基础,为模具制订计划成本;系统中设置成本预警,对模具生产中的成本要素进行监控,从而有效控制各项费用,确保利润目标的顺利达成。在模具材料下达时,比较设计物料总成本与计划材料成本的差异,决定是否下达。



在采购材料收货时,比较交货价格与计划价格的差异,决定是否收货,从而有效控制采购成本。

系统会记录和统计每一工件在每个加工工序中产生的加工工时,自动比较实际加工费用与计划费用的差异,监控制造费用。当实际费用超过计划费用时,系统会自动报警,通知相关管理人员。信息化的实时车间监控系统可以帮助生产主管监控每台设备的生产情况及模具的加工进程,提高设备的利用率,控制工件的生产进度。通过生产管理系统可以查看各加工设备和工作组的实时生产情况,系统通过不同的颜色标记,清晰反映各设备及加工组正在加工的工件和待加工工件的状态,包括每台机床正在干什么,机床目前的负荷情况,正在加工的工件是否延期,待加工工件是否已移交本工序,上道工序是否延期,物料是否到位等,大大减轻了管理人员的工作强度。当管理人员需要检查某套模具的生产情况时,可以查看以甘特图形式展示出来的模具加工进度,并通过各工序的计划时间和实际的进程的对比,帮助管理人员跟踪模具的生产进度。

目前,国内已能生产重达50吨的大型模具和一模几百腔的模具,今后会发展重达100吨的大型模具和一模上千腔的模具。这一方面向模具加工设备提出了大工作台、大行程、大承重和高稳定性等要求,同时也提出了加工一致性和高精度的需求。

## 1.6 模具与模具专业

直到20世纪80年代以前,在我国大学的专业目录中,一直没有模具设计与制造专业,模具设计的相关课程都放在相应专业的工艺课程中讲授。例如:锻压专业开设冲压工艺与模具设计、锻造工艺与模具设计;铸造专业开设造型工艺与模具设计、压铸工艺与模具设计;高分子专业开设有塑料成型工艺与模具设计、橡胶成型工艺与模具设计;轧钢专业开设轧制工艺与孔型设计;工业设计开设产品造型与模具设计;美术学院艺术专业开设艺术造型与模具设计等等。

1978年改革开放以来,乡镇企业和民营企业异军突起,这些企业对模具的需求非常旺盛,珠江三角洲首先形成了模具生产集散地,中国模具协会也应运而生。中国模具工业协会(CDMA)成立于1984年10月,是模具行业唯一的全国性组织,由模具企业及与模具行业有关的企业、科研单位、大专院校、社会团体按照自愿原则组成,此后各大学纷纷开办模具设计与制造专业,以满足社会对模具人才的需求。

由于传统的模具设计多靠类比和经验,其中很多设计理念没有上升到理论。模具行业设计的产品种类较多,工艺特点又不尽相同,如热锻模、塑料成型模、冷冲模、压铸模,以及其他如粉末冶金模、橡胶、玻璃、陶瓷等模具,所涉及的行业有汽车制造业、电子与通信业、橡胶行业、铸造行业、塑料行业等,因此模具专业的涵盖范围广、教育难度大。

## 1.7 模具设计软件

CAD(Computer Aided Design)是计算机辅助设计相应英文单词的首字母合成的新词,





该技术以计算机、外围设备及其系统软件为基础,包括二维绘图设计、三维几何造型设计等内容。

CAM(Computer Aided Manufacturing)是计算机辅助制造相应英文单词的首字母合成的新词。它是利用 CAD 的信息在数控加工设备上实现制造自动化。CAM 的主要任务是选择加工工具、生成加工路径、消除加工干涉、配置加工驱动、仿真加工过程等,以满足小批量、高精度、短周期和加工一致性要求高的产品制造的需要。计算机辅助制造中最核心的技术是数控技术。

CAD 和 CAM 的关系非常密切。CAD 是 CAM 的基础,CAM 是 CAD 的拓展。模具设计 CAD 就是要利用 CAD 技术实现构成模具的全部零件的设计。模具设计人员必须首先掌握相应模具设计工艺知识和流程,才能够借助于某个 CAD 软件系统实现模具设计。

## 1.8 商业 CAD 系统简介

CAD/CAM 技术经过几十年的发展,先后走过大型机、小型机、工作站、微机时代,每个时代都有当时流行的 CAD/CAM 软件。现在,工作站和微机平台 CAD/CAM 软件已经占据主导地位,并且出现了一批比较优秀、比较流行的商品化软件。下面将分别介绍国内外一些流行的软件。

### 1. UG

UG 是 Unigraphics Solutions 公司的拳头产品。该公司首次突破传统 CAD/CAM 模式,为用户提供一个全面的产品建模系统。在 UG 中,优越的参数化和变量化技术与传统的实体、线框和表面功能结合在一起。

UG 最早应用于美国麦道飞机公司。它是从二维绘图、数控加工编程、曲面造型等功能发展起来的软件。20 世纪 90 年代初,美国通用汽车公司选中 UG 作为全公司的 CAD/CAE/CAM/CIM 主导系统,这进一步推动了 UG 的发展。1997 年 10 月,Unigraphics Solutions 公司与 Intergraph 公司签约,合并了后者的机械 CAD 产品,将微机版的 Solid Edge 软件统一到 Parasolid 平台上。由此形成了一个从低端到高端,兼有 UNIX 工作站版和 Windows NT 微机版的较完善的企业级 CAD/CAE/CAM/PDM 集成系统。

### 2. Pro/Engineer

Pro/Engineer(简称 Pro/E)系统是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation, PTC)的产品。PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关的概念改变了机械 CAD/CAE/CAM 的传统观念,这种全新的概念已成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。利用该概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品 Pro/E 软件能将设计至生产全过程集成到一起,让所有的用户能够同时进行同一产品的设计制造工作,即实现所谓的并行工程。

Pro/E 系统用户界面简洁,概念清晰,符合工程人员的设计思想与习惯。整个系统建立在统一的数据库上,具有完整且统一的模型。

### 3. CATIA

CATIA 是由法国著名飞机制造公司 Dassault 开发并由 IBM 公司负责销售的 CAD/CAM/CAE/PDM 应用系统。CATIA 起源于航空工业，其最大的标志客户即美国波音。作为世界领先的 CAD/CAM 软件，CATIA 可以帮助用户完成大到飞机小到螺丝刀的设计及制造，它提供了完备的设计能力——从 2D 到 3D 到技术指标化建模，同时，作为一个完全集成化的软件系统，CATIA 将机械设计、工程分析及仿真和加工等功能有机地结合，为用户提供严密的无纸工作环境，从而达到缩短设计生产时间、提高加工质量及降低费用的效果。

### 4. I-DEAS

I-DEAS 是美国 SDRC 公司开发的 CAD/CAM 软件。该公司是国际上著名的机械 CAD/CAE/CAM 公司，SDRC 也是全球最大的专业 CAM 软件生产厂商。在全球范围享有盛誉，国外许多著名公司，如波音、索尼、三星、现代、福特等公司均是 SDRC 公司的大客户和合作伙伴。

该公司的 I-DEAS Master Series5 是高度集成化的 CAD/CAE/CAM 软件系统。它帮助工程师以极高的效率，在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程。I-DEAS 是全世界制造业用户广泛应用的大型 CAD/CAE/CAM 软件。I-DEAS 在 CAD/CAE 一体化技术方面一直雄居世界榜首，软件内含诸如结构分析、热力分析、优化设计、耐久性分析等真正提高产品性能的高级分析功能。I-DEASCAMAND 是 CAM 行业的顶级产品。I-DEASCAMAND 可以方便地仿真刀具及机床的运动，可以从简单的 2 轴、2.5 轴加工到以 7 轴 5 联动方式来加工极为复杂的工件表面，并对数控加工过程进行自动控制和优化。

### 5. Solid Edge

来自 EDS 公司的 Solid Edge 是一个功能强大的三维计算机辅助设计(CAD)软件，它能使机械产品、加工产品、机电产品和其他产品的设计者方便快捷地创建、记录和共享产品知识，这一功能是通过工程管理实现的。Solid Edge 的 Insight (因特开发内幕)的知识共享技术直接嵌入到设计管理模块中，使得它能提供高品质、低成本和较短的交付周期的产品。Solid Edge 以其创新能力和使用的方便性，获得了世界范围内成千上万家公司的提名赞誉。

Solid Edge 目前应用最多的领域是钣金设计，虽然它只是 EDS 公司的中低端产品，但它强大和专业的钣金设计功能却是其他软件很难实现的。

### 6. SolidWorks

SolidWorks 是生信国际有限公司推出的基于 Windows 的机械设计软件。生信公司是一家专业化的信息高速技术服务公司，在信息和技术方面一直保持与国际 CAD/CAE/CAM/PDM 市场同步。该公司提倡的“基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统”是以 Windows 为平台，以 SolidWorks 为核心的各种应用的集成，包括结构分析、运动分析、工程数据管理和数控加工等，为中国企业提供了梦寐以求的解决方案。