

21世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

压铸模 CAD/CAE/CAM



提供电子教案
和演示动画

- 以工程实际需要为原则，深入浅出地论述了压铸模 CAD/CAE/CAM 相关理论。
- 将压铸模设计、制造、分析过程中所涉及的工程软件系统归纳，体系完整。
- 结合科研生产实例，使读者可以“做”中“学”、“学”中“做”。
- 书中所有图例及数据均贯彻最新国家标准，实用性强。



于彦东 李超 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

压铸模 CAD/CAE/CAM

于彦东 李 超 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了压铸模设计基础,围绕着提高模具设计水平和压铸质量这一主题,重点介绍了压铸模 CAD 系统开发和压铸模 CAE 系统及应用。全书共分 7 章,内容包括:绪论、模具 CAD/CAE/CAM 基础、压铸模设计、模具 CAD/CAE/CAM 常用软件、压铸模 CAD 系统开发及其应用、压铸模 CAE 系统及应用和模具 CAM 及应用,并通过实例分析来加深读者对模具 CAD/CAE/CAM 设计方法的认识和熟练掌握程度。

本书可作为材料加工工程、机械工程及模具相关专业本科生和研究生教材,也可作为从事模具 CAD/CAE/CAM 系统开发人员和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

压铸模 CAD/CAE/CAM/于彦东,李超编著. —北京:机械工业出版社,2012.2

21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

ISBN 978-7-111-37192-2

I. ①压… II. ①于…②李… III. ①压铸模—计算机辅助设计—高等学校—教材②压铸模—计算机辅助计算—高等学校—教材 IV. ①TG241-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 011162 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:和庆娣 责任编辑:和庆娣

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

责任印制:李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·449 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37192-2

定价:36.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

现代工业的发展和技术水平的提高,很大程度上取决于模具工业的发展水平。许多新技术和新设备的产生与应用往往源于模具工业。从某种意义上说,模具设计与制造水平代表了一个国家工业生产技术发展的水平。

随着计算机技术的迅速发展,CAD/CAE/CAM 的应用领域不断扩大。在过去的 20 多年中,CAD/CAE/CAM 技术给材料成型、塑性加工和压铸行业带来了许多深刻的变革。计算机的应用也从一开始的完成一些计算和绘图工作以及数控加工模具,发展到后来的辅助设计模具、模拟材料成型过程、塑性成型过程、浇注和凝固过程及 CAD/CAE/CAM 一体化。

为满足生产和科研单位对模具 CAD/CAE/CAM 应用与开发人员的迫切需要,各院校的材料加工工程、机械工程等专业相继开设了模具 CAD/CAE/CAM 课程。为了适应我国模具人才培养的需要,作者编著了本书,理论部分力求基础,以实用为准则,强调理论与实践相结合,注重培养和提高学生的计算机操作能力,使学生具有计算机辅助设计的基本知识,并在一定程度上了解和掌握模具 CAD/CAE/CAM 技术的理论和方法。同时更侧重于实际应用,培养和提高学生的软件使用能力,为后续的课程设计及毕业设计打下坚实基础。培养既熟悉自己的专业领域,又能把计算机技术同本领域专业需要紧密结合起来的复合型人才。

本书简述了国内外模具工业的发展现状,较详细地介绍了模具 CAD/CAE/CAM 基础、压铸模具设计,同时还介绍了模具 CAD/CAE/CAM 的常用软件,如 AutoCAD、SolidWorks、Pro/E、UG、CATIA、ProCAST、MAGMASOFT、CAXA、MasterCAM 和 Cimatron。重点论述了压铸模 CAD 系统开发及应用、压铸模 CAE 系统及应用和模具 CAM 及应用。书中第 5、6 章的内容是作者近十年来在压铸模设计方面的教学、科研及生产实践的经验中获得的研究成果,为了教改的需要,以编著形式体现在本书中。

本书由哈尔滨理工大学于彦东和李超编著,全书共分 7 章,其中第 1 章,第 2 章中的 2.1~2.3 和 2.6 节、第 3~4 章和第 6 章由于彦东编著,第 2 章中的 2.4~2.5 节、第 5 章、第 7 章由李超编著。同时要感谢哈尔滨理工大学的领导和老师给予的大力支持和帮助。

压铸模 CAD/CAE/CAM 技术发展十分迅速,加之国内外可供参考的成熟经验以及作者的水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者和同行提出宝贵意见。

编著者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 我国模具工业发展概述	1
1.1.1 我国模具工业的发展现状	1
1.1.2 我国模具技术的发展方向	6
1.1.3 我国模具行业发展的制约因素	6
1.2 国外模具工业发展概述	6
1.3 现代模具技术发展趋势	8
思考题	9
第 2 章 模具 CAD/CAE/CAM 基础	10
2.1 模具 CAD/CAE/CAM 概述	10
2.1.1 CAD/CAE/CAM 技术定义	10
2.1.2 模具 CAD/CAE/CAM 发展现状	13
2.1.3 模具 CAD/CAE/CAM 技术的应用效果	16
2.2 模具 CAD/CAE/CAM 系统构成	17
2.2.1 硬件的组成	17
2.2.2 软件的组成	19
2.3 图形处理技术	21
2.3.1 图形变换	21
2.3.2 CAD 系统三维造型技术	29
2.3.3 参数化设计	32
2.4 数据处理技术	35
2.4.1 数表和线图的程序化处理	36
2.4.2 文件管理系统的应用	38
2.4.3 数据库技术及应用	39
2.5 数值模拟理论基础	42
2.5.1 有限元技术	43
2.5.2 有限差分技术	47
2.6 模具 CAD/CAE/CAM 数据交换技术	49
2.6.1 IGES 标准	50
2.6.2 STEP 标准	51
思考题	53
第 3 章 压铸模设计	54
3.1 压铸模设计基础	54
3.1.1 压铸模的设计原则	54

3.1.2	压铸机的选用	55
3.1.3	压铸模的基本结构	60
3.1.4	分型面设计	61
3.1.5	浇注系统和排溢系统设计	64
3.2	压铸模结构设计	75
3.2.1	成型零件设计	76
3.2.2	模架的设计	82
3.2.3	加热和冷却系统设计	92
3.2.4	抽芯机构设计	93
3.2.5	推出机构设计	101
3.3	压铸模的制造	110
3.3.1	压铸模成型零件的加工	110
3.3.2	压铸模制造工艺要点	113
3.3.3	压铸模外形和安装部位的技术要求	114
3.3.4	压铸模总体装配精度的技术要求	114
3.3.5	压铸模材料的选用	117
	思考题	118
第4章	模具 CAD/CAE/CAM 常用软件	120
4.1	CAD 常用软件	120
4.1.1	AutoCAD 软件	120
4.1.2	SolidWorks 软件	133
4.1.3	Pro/E 软件	140
4.1.4	UG 软件	147
4.1.5	CATIA 软件	158
4.2	CAE 常用软件	170
4.2.1	ProCAST 软件	171
4.2.2	MAGMA 软件	180
4.3	CAM 常用软件	190
4.3.1	CAXA 软件	190
4.3.2	MasterCAM 软件	195
4.3.3	Cimatron 软件	202
	思考题	208
第5章	压铸模 CAD 系统开发及其应用	209
5.1	压铸模 CAD 技术概述	209
5.1.1	国外发展概况	209
5.1.2	国内发展概况	210
5.1.3	压铸模 CAD 系统开发的主要工作内容	210
5.2	压铸模 CAD 系统开发环境及相关技术	211
5.2.1	Pro/E 二次开发技术	211

5.2.2	Pro/E 自建模方法	212
5.2.3	压铸模数据库的建立与共享	213
5.3	压铸模 CAD 系统总体设计	215
5.3.1	系统组成及总体结构	215
5.3.2	用户界面设计	216
5.4	压铸模 CAD 系统子模块设计	219
5.4.1	数据输入及压铸机选择模块设计	219
5.4.2	套板模块设计	220
5.4.3	推出机构模块设计	221
5.4.4	浇注系统模块设计	224
5.5	系统应用实例	226
5.5.1	设计任务及铸件压铸工艺性分析	226
5.5.2	设计过程	226
5.5.3	设计结果	232
	思考题	233
第 6 章	压铸模 CAE 系统及应用	234
6.1	压铸模 CAE 技术概述	234
6.1.1	压铸模 CAE 的概念	234
6.1.2	压铸模 CAE 的发展概述	235
6.2	压铸模 CAE 数学模型	236
6.2.1	充型过程流场模拟数学模型	236
6.2.2	凝固过程温度场模拟数学模型	239
6.2.3	压铸过程凝固潜热	240
6.2.4	压铸初始条件和边界条件	241
6.3	缩孔和缩松缺陷的预测	241
6.3.1	缩孔和缩松的形成	242
6.3.2	缩孔和缩松预测判据	242
6.4	压铸过程数值模拟实例	243
6.4.1	压铸模拟分析一般流程	244
6.4.2	充型过程流场模拟	250
6.4.3	凝固过程温度场模拟	252
6.4.4	浇注系统的优化	253
	思考题	255
第 7 章	模具 CAM 及应用	256
7.1	数控加工基本知识	256
7.1.1	数控加工的概念及特点	256
7.1.2	数控机床的组成	257
7.1.3	数控机床的分类	258
7.2	数控加工工艺设计	260

7.2.1 数控加工工艺特点 260

7.2.2 数控加工工艺过程 261

7.2.3 数控加工时的坐标系 261

7.2.4 工艺方案设计中需要注意的几个问题 263

7.3 数控加工程序编制 264

7.3.1 数控编程的基本概念 264

7.3.2 数控编程的方法 264

7.3.3 数控程序的结构和格式 265

7.4 MasterCAM 编程实例 266

7.4.1 MasterCAM 数控加工的一般流程 266

7.4.2 数控加工具体过程 266

思考题 282

参考文献 283

第1章 绪 论

模具计算机辅助设计，简称模具 CAD（Computer Aided Design）；模具计算机辅助工程，简称模具 CAE（Computer Aided Engineering）；模具计算机辅助制造，简称模具 CAM（Computer Aided Manufacturing）。纵观国内外模具工业的发展现状，模具 CAD/CAE/CAM 技术是现代模具技术最重要的组成部分，同时也是改造传统模具技术的关键。模具 CAD/CAE/CAM 的一体化及软件的宜人化、集成化、智能化、网络化是现代模具技术发展的必然趋势。本章重点介绍现代模具技术和 CAD/CAE/CAM 系统集成的相关知识。

在现代机械制造业中，模具行业为许多行业起着强有力的支撑作用。随着 DMC 2010（第十三届中国国际模具技术和设备展览会）的召开，许多现代模具的新产品和新技术得以宣传并得到广泛的应用。在汽车、家电行业、航天航空领域，甚至是在 IT、医疗器械、轨道交通等电子专用装备及新兴产业配套领域，现代模具技术都起着举足轻重的作用。

1.1 我国模具工业发展概述

在我国，人们已经越来越认识到模具制造能力和技术水平是衡量一个国家机械制造水平的重要标志，并在很大程度上决定着产品质量、效益和新产品的开发能力。许多模具企业十分重视模具技术的发展，在很大程度上加大了技术研发力度，并将技术进步视为企业发展的重要动力。

1.1.1 我国模具工业的发展现状

20 世纪 80 年代以来，我国模具工业迅速发展，国家也投入数千万元的研发经费，形成近百项技术成果。目前，我国国内共有模具生产企业（厂、点）3 万多个，从业人员近 100 万人，全国模具产值达 1000 亿元人民币。我国模具工业在 GDP 的比重也呈逐年增加的趋势。我国模具工业进出口情况见表 1-1。

表 1-1 我国模具工业进出口情况

年 份	生 产 厂 家	产值/亿元	进口模具/亿美元	出口模具/亿美元
2000	17000	280	9.77	1.74
2001	17000	310	11.12	1.88
2002	17000	360	12.72	2.52
2003	20000	450	13.69	3.37
2004	20000	530	18.13	4.91
2005	30000	610	20.68	7.38

(续)

年 份	生 产 厂 家	产值/亿元	进口模具/亿美元	出口模具/亿美元
2006	30000	710	20.47	10.41
2007	30000	720	20.53	14.13
2008	30000	950	20.4	19.22
2009	30000	980	19.6	18.43
2010 (4 月底)	30000	1000	20	19

在现代模具工业总产值中，冲模约占 37%，塑料模约占 43%，铸造模（包含压铸模）约占 10%，锻模、轮胎模、玻璃模等其他类模具约占 10%，与工业发达国家的模具类别比例基本一致，如图 1-1 所示。

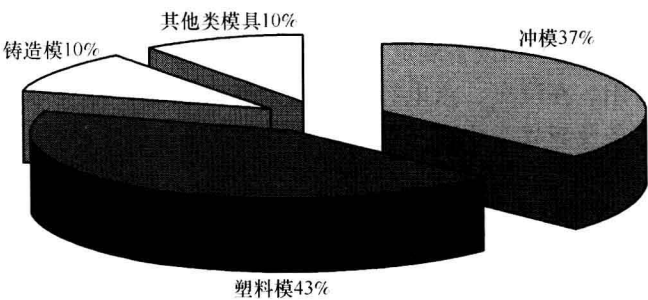


图 1-1 我国模具分配比例

模具具体生产状况如下：

1. 冲模（Stamping Die）

冲模是指通过加压将金属或非金属材料分离、成形或接合而得到制件的工艺装备。冲压是在室温下，利用安装在压力机上的模具对材料施加压力，使其产生分离或塑性变形，从而获得所需零件的一种压力加工方法。冲模根据工艺性质分为冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模；根据工序组合程度分单工序模、复合模、级进模（也称连续模）。

在整个机电产品制造中，冲压工艺应用非常广泛，而冲模是实现冲压工艺最主要的工艺装备。因此，冲模在机械制造业中占有重要的地位。近年来多工位级进模和多功能模具发展十分迅速，特别是精冲技术及精冲模具 CAD 系统的研究成为冲压技术一个新的发展领域。

冲模的生产过程包括原材料通过铸造、锻造、切削加工和特种加工等加工成设计图样所要求的冲模零件，再按设计、工艺规程的技术要求，将冲模零件装配成模具的过程。其中，精冲具有优质、高效、低消耗的特点，在钟表、仪器仪表、精密机械、摩托车和汽车等现代工业中得到了广泛的应用。图 1-2 所示为通过冲模得到的典型的冲压产品实体零件。

提高冲模技术水平可从两个方面入手：一方面是提高所体现的冲压工艺水平，开发冲压新工艺；另一方面是通过采用计算机技术（冲模 CAD、CAE、CAM 技术）和先进制造技术（数控多轴联动加工中心、CNC 高精度电火花和线切割加工、CNC 点位坐标磨、坐标磨和连续轨迹坐标磨等）提高冲模设计和制造的水平。

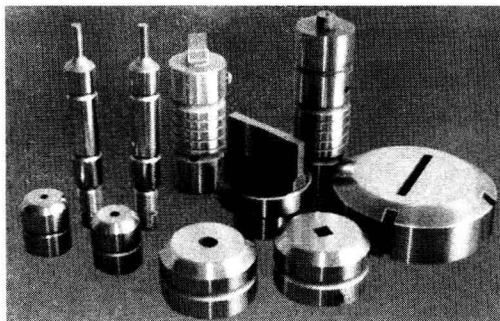


图 1-2 典型的冲压产品实体零件

目前, 基于变异模板的三维冷冲模 CAD 系统已研制成功, 它在全面系统地总结汽车配件冷冲模设计中各个组成部分的设计特征与变化特点的基础上, 以参数化、变量化的零部件设计为先导, 以模板的可变异组装逻辑为手段, 解决冷冲模中落料、冲孔、弯曲、拉深、切断、压形、翻边、压印 8 种工艺和落料冲孔、落料拉深、冲孔拉深 3 种复合模的计算机辅助设计, 包括输入制件处理、模具零件三维造型、平面图输出、模板修改、模板复合 5 个模块。软件独创了一套具有丰富语法结构的 TDL 模板设计语言, 将模板技术灵活地运用于模具 CAD 系统中, 通过统一性的模板修改丰富了模板变异的内涵, 使系统具有良好的可扩展性。在处理三维制件时, 从逻辑块分离出物理块, 进而得到制件信息的分离算法。

冷冲模 CAD 专家系统采用专家系统技术、CAD 技术、面向对象技术、图形识别技术、数据库技术、优化方法等, 在 Windows 98/NT 平台上以 AutoCAD R14.0 为支撑软件, 以 C++ ObjectARX、AutoLISP、VFP 为开发工具, 实现了冲裁模、拉深模、挤压模工艺设计和模具结构设计, 可明显降低生产成本, 提高生产效率, 延长模具寿命。

2. 汽车大型覆盖件模具 (Automotive Large Cover Die)

汽车大型覆盖件是指汽车车身或驾驶室覆盖发动机和底盘的薄金属板料制成的异形体零件。

随着汽车行业的发展壮大, 汽车大型覆盖件模具也越来越受到人们的关注。近年来, 无论是新建的企业还是经过技术改造的老企业, 在汽车大型覆盖件的生产上, 都大量采用了先进的数控技术和设备, 包括三轴至五轴的高速加工机床、大型龙门式加工中心和数控铣床、大型的测量和调试设备及多轴数控激光切割机等。生产汽车覆盖件模具的水平和能力已经大大提高。使用三维 CAD 的企业已越来越多, 有的企业已经达到百分之百的应用。与此同时, CAE 技术也得到广泛应用。数字化制造、逆向工程、并行工程、灵敏制造、精益生产等先进技术也已经在汽车覆盖件模具生产中得到了应用, 并产生了良好效果。在模具厂普遍采用 CAPP 虽然有很大难度, 但也不乏成功的例子, 如图 1-3 所示为汽车覆盖件的模型图。

一批留学美国和加拿大并在美国汽车模具行业从业多年的技术人员在重庆组建了 DSI 数码模系统 (重庆) 有限公司, 创建和应用了数码模技术。依靠先进的数码模具开发、数码模具制造、数码模具冲压等数码模专家系统技术, 将推进国内传统的制模方式向以计算机技术为支撑的模具工程方向转变的进程, 对缩短模具生产周期、减少模具开发费用、提高冲压件质量、提高板材的利用率及降低成本等方面, 将起到很好的作用。一些企业已实现了

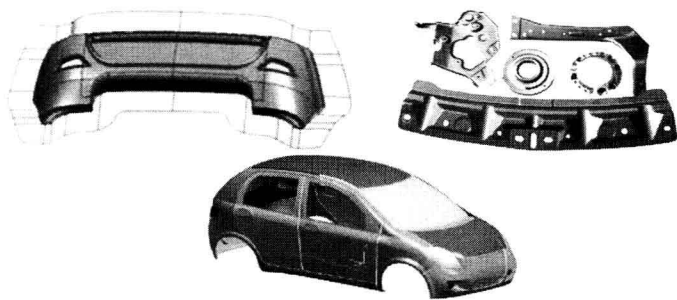


图 1-3 汽车覆盖件模型图

CAD/CAE/CAPP/CAM 一体化，提升了企业的综合水平。覆盖件模具生产流程如图 1-4 所示。其他如测量技术、表面涂镀技术、综合检具工装、标准化应用及快速成型技术与快速经济模具成功结合，取得了不小的进步。2010 年汽车覆盖件模具行业的增速达到 20%，汽车覆盖件模具的市场容量达 95 ~ 105 亿元人民币。

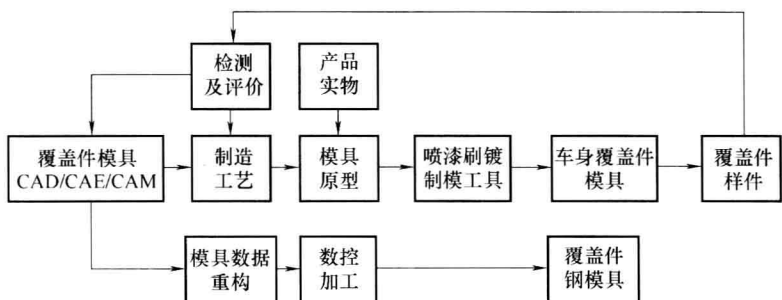


图 1-4 覆盖件模具生产流程

3. 塑料模 (Plastic Mould)

塑料模是一种生产塑料制品的工具。注塑时模具装夹在注塑机上，熔融塑料被注入成型模腔内，并在腔内冷却定型，然后上、下模分开，经由顶出系统将制品从模腔顶出离开模具，最后模具再闭合进行下一次注塑，整个注塑过程是循环进行的。按照成型方法的不同，可以划分出对应不同工艺要求的塑料加工模具类型，主要有注射成型模具、挤出成型模具、吸塑成型模具和高发泡聚苯乙烯成型模具等。

我国塑料模具发展迅速，目前塑料模具在整个模具行业中所占比重约为 30%，在模具进出口中的比重高达 50% ~ 70%。随着我国机械、汽车、家电、电子信息和建筑建材等国民经济支柱产业的快速发展，这一比例还将持续提高。制造一款普通轿车约需 200 多副内饰件模具，制造保险杠、仪表盘、油箱、转向盘等所需的大中型塑料模具仅约 50% 能够满足国内需求。塑料建材大量替代传统材料也成为趋势，预计 2012 年全国塑料门窗和塑管普及率将达到 40% ~ 50%，塑料排水管市场占有率超过 50%，这些都会大大增加对模具的需求。生活中典型的塑料模具制品如图 1-5 所示。

模具市场的总体趋势是平稳向上的，在未来的模具市场中，塑料模具的发展速度将高于其他模具，在模具行业中的比例将逐步提高。目前我国塑料模具在高新技术驱动和支柱产业需求的推动下，已形成了一个巨大的产业链，从上游的原辅材料工业和加工、检测设备到下游

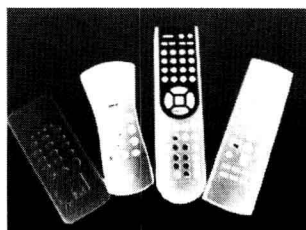
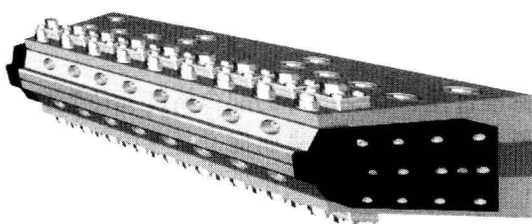


图 1-5 典型的塑料模具制品

的机械、汽车、摩托车、家电、电子通信、建筑建材等几大应用产业，塑料模具发展呈现出勃勃生机。目前塑料制品的应用日渐广泛，为塑料模具提供了一个广阔的市场，同时对模具也提出了更高的要求，大型化、高精度、多功能复合型的模具将受到青睐。据估计，仅汽车、摩托车行业每年就需要 100 多亿元的模具，彩电模具每年也有约 28 亿元的市场。

4. 压铸模 (Die Casting Mould)

压铸模是通过压铸机把熔融的液态金属（铝、镁、锌）压铸到成型模腔的一种工艺装备。压铸是将熔融合金液倒入压室内，在高压、高速条件下填充钢制模具的型腔，并使合金液在高压下凝固而形成铸件的铸造方法。

压铸模比例也呈现逐年增长的趋势，根据我国模具工业协会经营管理委员会编制的《全国模具专业厂基本情况》统计，压铸模约占各类模具总产值的 5%，年增长速度高达 25%。2006 年全国压铸件的总产量就已经突破 100 万 t，年产值达 480 亿元。

现代产品更新换代加速、竞争激烈，压铸模生产发展向着精密、复杂、大型模具方向发展，缩短模具制造周期和提高压铸模质量是一项紧迫的任务，需要以先进的制造技术作为保障。随着对铸件性能要求的不断提高，压铸工艺也向新的方向拓展，主要有以下几种：

- 1) 真空压铸。
- 2) 充氧压铸。
- 3) 定向抽气充氧压铸。
- 4) 气流负压压铸。
- 5) 双压射冲头压铸。
- 6) 黑色金属压铸。
- 7) 半固态金属压铸等。

计算机辅助工程在压铸中的应用成为提高压铸技术水平的重要途径，目前计算机在压铸领域研究的重点是半固态过程、低压铸造过程以及压铸充型过程的数值模拟。

5. 模具标准件 (Mold Standard Parts)

模具标准化程度和应用水平是衡量模具工业水平的重要标志。模具的标准化程度决定着产品的质量、效率和效益。工业较为发达的国家对标准化工作都十分重视，我国也在逐步加强模具的标准化程度。但我国模具的标准化程度和应用水平还比较低，乐观地估计不足 30%，目前我国共颁布了 90 多项标准，其中冲模标准 22 项、塑料模标准 20 余项，与国外工业发达国家的 70% ~ 80% 相比，尚有较大的差距。现在生产销售厂家虽然逐年增加，但大多数规模小、设备陈旧、工艺落后、成本高且效益低。只有普通中小型标准冲模模架和塑

料模模架、导柱、导套、推杆、模具弹簧、气动元件等产品的商品化程度较高，可基本满足国内市场需求，并有部分出口。

据有关资料统计，采用专业化生产的标准件比自制标准件的配合精度和位置精度将至少提高一个数量级，并可保证互换性，提高模具的使用寿命，进而促进行业内部经济体制、经营机制及产业结构和生产治理方面的改革，实现专业化和规模化生产，并带动模具标准件商品市场的形成与发展。广泛应用标准件可缩短设计制造周期 25% ~ 40%；可节约由于使用者自制标准件所造成的社会工时，减少原材料及能源的浪费；可为模具 CAD/CAM 等现代技术的应用奠定基础；可显著提高模具的制造精度和使用性能。

1.1.2 我国模具技术的发展方向

现代模具与传统模具不同，它不仅形状与结构更复杂，而且技术要求更高，是传统的模具制造方法无法实现的，必须借助于先进制造技术才能达到技术要求。根据国家“十二五”发展规划提供的资料，未来十年，我国模具工业和模具技术的主要发展方向有：

- 1) 超大型、超精密、长寿命、高效模具。
- 2) 多种材质、多种颜色、多层多腔、多种成型方法一体化。
- 3) 各种快速经济模具，特别是与快速成型技术相结合的 RP/RT 技术。
- 4) 模具设计、加工及各种管理的数字化、信息化、CAD/CAE/CAM/CAPP 及 PDM/PLM/ERP 等智能化、集成化和网络化。
- 5) 更高性能及满足特殊用途的模具新材料及先进的加工方法。
- 6) 各种模具型腔表面处理技术，如涂覆、修补、研磨和抛光等新工艺。
- 7) 逆向工程、并行工程、复合加工及虚拟技术。
- 8) 热流道技术、气辅和其他注射成型工艺及模具技术。
- 9) 模具标准化。
- 10) “绿色模具”，即模具从结构设计、原材料选用、制造工艺、模具修复和报废，以及在模具的回收利用等方面考虑其节约资源、重复使用、利于环保等可持续发展这一趋势。

1.1.3 我国模具行业发展的制约因素

近年来我国模具行业虽然一直在不断发展壮大，但是在发展中也存在着许多不容忽视的潜在问题。例如国内产品大多只能列入科技含量比较低的中低端产品，而我国现在广泛需要的汽车及零部件生产、航天航空等领域的高端模具则大多需要从美国、德国、日本等国外企业购买。我们的行业发展还需要进一步加强和完善，使国内的企业逐步具有生产高端模具的能力。

我国模具行业的制约因素主要体现在企业结构不合理、缺乏战略联盟和服务平台不完善等。

1.2 国外模具工业发展概述

根据亚洲模具协会联盟的综合统计，国外主要模具生产国包括亚洲地区的日本，欧洲地区的德国、意大利、葡萄牙，美洲地区的美国等。国外的主要模具生产国家和地

区如下：

1. 日本

日本的模具产值曾一度位居世界第一位，约占全球的 40%，但由于近几年亚洲其他国家和地区模具工业大规模发展，成本的增加和技术竞争力的增强，日本模具产业产值逐年减少。但日本模具产业仍然代表了世界级的技术水平，并在高精密加工技术方面下足了功夫，以与一般模具区别，把创造高附加值的加工产品作为日本模具业的努力方向。日本共有模具消费厂约 10000 家，其中 20 人以下的占 91% 以上。日本塑料模具、粉末冶金模具、压铸模增长明显，冲模和锻造模具也有增加趋向。模具的开发主要向高精度、高速率、短周期、复杂、大型、一体化等方面发展。

2. 德国

德国一向以精湛的加工技艺和出产精密机械、工具而著称，其模具业也充分体现了这一特点。德国拥有世界先进的汽车、船舶等制造技术，是世界上重要的制造大国之一。受下游行业需求影响，德国模具在世界上具有较为重要的位置。由于德国将技术含量较高的制造业作为其立国之本，估计未来德国将增强技术含量较高的模具的研究和开发。据德国工、模具行业组织——德国机械制造商联合会工模具协会统计，德国有模具企业约 5000 家。其中会员模具企业有 90 家，这 90 家骨干模具企业的产值就占德国模具产值的 90%。

3. 美国

近年来，受全球经济危机的影响，美国制造业陷入困境，制造业开始向全球转移。但是美国模具制造业在数控机床方面实力比较雄厚，它首先结合汽车、轴承生产需求，充分发展了大批量自动化所需的自动线，而且电子、计算机技术在世界上一一直处于领先地位。美国现有约 7000 家模具企业，90% 以上为少于 50 人的小型企业。由于工业化的高度发展，美国模具业早已成为成熟的高技术产业，处于世界前列。美国模具钢已实现标准化生产供应，模具设计制造普遍应用 CAD/CAE/CAM 技术，加工工艺、检验检测配套了先进设备，大型、复杂、精密、长寿命、高性能模具技术达到领先水平。

4. 意大利

塑料橡胶加工机械和模具制造行业是意大利机械制造联盟十个专用机械制造行业之一，拥有 500 余项欧洲专利，专业化程度高，技术领先，产品多样。其产值占到机械制造联盟十个行业总产值的 16.5%，国内市场销售额占 20%，出口、进口分别占 13.8%、15%，贸易余额占 13.4%。同时，意大利塑料橡胶加工机械及模具产品的出口目的地仍以欧盟为主，出口金额占总出口份额的 47%。

5. 葡萄牙

葡萄牙模具工业发展始于 1943 年，在注塑模具行业处于领先地位。在 1980 年的时候，葡萄牙的模具产品就已经远销 50 多个国家。目前葡萄牙拥有模具企业 300 家，以中小型企业为主，大部分集中在马里尼亚·格兰特和奥利维拉·德·阿泽麦伊斯两个城市，总从业人口约 7500 人。葡萄牙模具工业整体水平的提高主要依赖于技术发展、合理生产和质量控制计划、不断更新设备和加强专业技术投资等因素。随着技术的日益完善，葡萄牙模具企业专业化程度不断提高，不少企业已经逐步实现向模架、抛光、大型模具和高精度模具等特定专业领域的发展。

6. 新加坡

新加坡是一个只有 300 万人口的小国，在 20 世纪 80 ~ 90 年代，政府重视和支持精密模具的发展，出台了很多政策，使模具工业得到快速增长，促进了新加坡经济的快速发展。

新加坡拥有各种类型模具以及精密加工相关企业超过 1000 多家，模具年产值超过 45 亿元人民币，在亚洲模具业中有着相当重要的影响力和作用。模具企业中上市的有 10 多家。新加坡 65% 以上企业生产的模具都是为电子相关产业配套的，生产的模具不是大型的，但都是高精密、高水平的模具。

新加坡模具企业主要集中在半导体框架、封装模具、五金冲压模具、塑胶模具、硅橡胶模具等领域。

1.3 现代模具技术发展趋势

为了适应信息社会和经济全球化不断发展的进程，模具行业发展趋势主要是模具产品向着更大型、更精密、更复杂及更经济快速方面发展。伴随着产品技术含量的不断提高，模具生产向着信息化、数字化、无图化、精细化、自动化方面发展。模具企业向着技术集成化、设备精良化、产品品牌化、管理信息化、经营国际化方向发展，具体的发展趋势如下：

(1) 模具日趋大型化 一方面由于用模具成型的零件日渐大型化，另一方面由于生产效率要求发展一模多腔。

(2) 模具标准件的应用将日渐广泛 推进模具标准件大批量规模化生产，搞好模具标准件的产需衔接，促进模具标准件使用覆盖率的不断提高和行业的不断发展。扩大模具标准件的品种，提高其精度，提高生产集中度，实现大规模生产。

(3) 推广应用高速、高精加工技术并研制相应设备 高速高精加工包括高速高精切削加工和高速高精电加工及复合加工等。在未来 15 年左右的时间里，我国机床行业应向模具行业逐步提供适合于模具高速高精加工的相应设备，如有可能，建议开发拥有自主知识产权、精度能达到 0.0001mm 的高精度模具制造设备。

(4) 大力发展和推广信息化、数字化技术 例如逆向工程、并行工程、敏捷制造技术的研发及推广应用，包括大型级进模及高精密和高复杂性的高技术含量的先进模具三维设计和制造技术的研发；冲压工艺设计系统、模具型面设计系统、成型分析系统、模具结构设计系统、模具 CAM 系统、冲压专家咨询系统、车身模具数字化设计制造系统的研发；模具的集成、柔性及自动加工技术和网络虚拟技术等。

(5) 模具制造新工艺、新技术 模具制造的节能、节材技术，模具热处理、表面光整加工和表面处理新技术等。

(6) 加强产学研合作，推进模具行业科技攻关工作 建议政府有关部门建立模具发展基金，用以模具行业共性技术的开发、研究和创新项目，并对龙头企业作重点支持。要在国家有关部门大力支持下，加强产学研合作，推进模具行业科技开发和技术攻关工作，组织行业内产学研重点单位，分工合作，联合工作，争取早出成果，多出成果，共同享受成果，并使成果产业化，以迅速提高行业的技术水平。

(7) 建立国际性模具检测中心 随着模具工业的不断发展, 模具质量检测工作已越来越迫切, 但至今我国只有一个国家级检测中心, 建议建立更多国际性的检测中心。

思 考 题

1. 试述我国模具技术的主要发展方向。
2. 试述现代模具技术发展趋势。