

模 具 学

● 主 编 孙晓林 范 宁

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

模具学

主 编 孙晓林 范 宁

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了模具基础知识、端盖冲压工艺与冲压模设计、壳体塑料成型工艺与模具设计、模具零件加工与装配训练,结合近年来模具技术的发展,积极吸纳新技术,力求知识新而实用。本书注重理论知识的应用性、专业技术的针对性及实用性,体现了先进性。另外,本书最大特点是通过大量的生产实例来培养学生综合分析和解决问题的能力,强调了专业知识的综合应用性。

本书是高等院校模具专业教学用书,也可供机械类其他专业选用,还可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模具学/孙晓林,范宁主编. —北京:北京理工大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-5682-3621-8

I. ①模… II. ①孙… ②范… III. ①模具-设计 IV. ①TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第018238号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京泽宇印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/21

字 数/493千字

版 次/2017年1月第1版 2017年1月第1次印刷

定 价/59.00元

责任编辑/封雪

文案编辑/封雪

责任校对/孟祥敬

责任印制/马振武

前言

Qianyan

本教材根据从事模具设计与制造的工程技术应用型人才的实际要求编写而成。

本教材力求体现“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格。以学生就业所需的专业知识和技能作为着眼点，在适度的基础知识与理论体系覆盖下，培养学生分析与解决实际问题的能力。

全书共分为四个模块。内容包括模块一 模具基础知识认知、模块二 端盖冲压工艺与冲压设计、模块三 壳体塑料成型工艺与模具设计、模块四 模具零件加工与装配训练。全书将工艺、设计、制造融为一体，内容力求理论联系实际，反映国内外先进水平，旨在培养学生综合分析和解决问题的能力，强调了专业知识的综合应用性。采用实例教学法，选编了各种实际应用中的例子，用较大篇幅介绍典型模具的设计示例，在每个示例里都安排了工艺分析、主要设计方法和步骤、模具结构分析和主要零部件设计等，从而体现出实用性、灵活性、快捷性、适应性等特点。

本教材注重理论知识的应用性、专业技术的针对性和实用性。又因为模具技术是一门综合性很强的学科，发展迅速，所以本书力求知识新而实用，结合近年来模具技术的发展，积极吸纳新技术，体现先进性，因此，在模块三中介绍了气辅注射成型工艺与模具设计和热流道模具的设计。

为了方便学生学习，使其在学习中抓住重点并提高思考问题的能力，在每个项目结束后均有“学习小结”，在每个模块结束后均有“思考与练习”，便于学生巩固所学知识。

本教材由孙晓林和范宁主编。在编写过程中，参阅了多种同类教材、著作和杂志，在此特向广大著者致谢。

由于编者水平有限，书中错误缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2015年08月

模块一 模具基础知识认知	1
项目一 模具的定义、分类及特点认知	1
任务一 模具的定义	1
任务二 模具的分类	2
任务三 模具的特点及应用	3
项目二 模具发展	4
任务一 模具在现代制造业中的地位	4
任务二 模具工业的发展现状	4
任务三 模具工业的发展趋势	5
项目三 模具标准、材料热处理及其选用	6
任务一 模具标准化及标准件	6
任务二 常用模具材料、热处理及其选用	9
模块二 端盖冲压工艺与冲压模设计	12
项目一 冲压及冲压工艺基础知识	13
任务一 冲压概念	13
任务二 冲压工艺的特点	14
任务三 冲压工艺的类型	14
任务四 冲压常用材料	16
任务五 常用冲压设备及选用	17
任务六 冲压模具设计步骤	24
项目二 端盖冲压工艺与冲模结构设计	27
任务一 冲裁工艺与冲裁模设计	27
任务二 拉深工艺与拉深模设计	68
项目三 其他冲压工艺及模具知识拓展训练	101
任务一 弯曲	101
任务二 挤压	109
任务三 翻边	110
任务四 胀形	112
任务五 缩口	114

目录

Contents

项目四 典型冷冲模实例	115
模块三 壳体塑料成型工艺与模具设计	124
项目一 塑料基础知识	125
任务一 塑料的组成	125
任务二 塑料的分类	129
任务三 塑料的性能	130
任务四 常用塑料	132
任务五 塑料的选用	134
项目二 塑料制品造型设计	135
任务一 塑件的尺寸和公差	135
任务二 塑件的表面质量	137
任务三 塑件的几何形状设计	138
项目三 壳体塑料成型工艺的选择	156
任务一 注射成型技术	156
任务二 压缩成型技术	159
任务三 压注成型技术	160
项目四 壳体注射成型模具设计	161
任务一 注射模设计步骤	161
任务二 注射成型工艺性分析	166
任务三 注射模的基本构造和特点	172
任务四 注射模的分类	174
任务五 注射模与注射机的关系	183
任务六 注射模结构设计	195
项目五 典型注射模实例	298
项目六 其他塑料成型工艺知识拓展	299
任务一 挤出成型工艺	299
任务二 真空吹塑成型工艺	300
任务三 泡沫塑料成型工艺	300
任务四 气辅成型工艺	300
任务五 热流道成型工艺	301

模块四 模具零件加工与装配训练	309
项目一 模具零件加工方法	310
任务一 模具加工基础知识	310
任务二 模具零件加工方法	312
任务三 特殊加工	314
任务四 模具的镜面加工	316
任务五 手工作业	316
项目二 模具装配	318
任务一 模具装配过程及特点	318
任务二 模具装配方法	319
任务三 模具零件的连接方法	320
任务四 模具的检测内容、标准及工具	323
参考文献	327



模块一 模具基础知识认知

● 知识目标

1. 理解模具的定义、分类、特点及应用
2. 了解模具在现代制造业中的地位、模具工业的发展现状及模具工业的发展趋势
3. 理解模具标准化意义
4. 掌握常用模具材料、热处理及其选用

● 技能目标

1. 初步了解模具结构、模具工作过程、不同模具产品的特点
2. 了解模具在现代制造业中的地位、发展现状及发展趋势
3. 掌握模具标准件的选用
4. 掌握模具材料的选用原则
5. 能够根据不同模具零件性能要求选择热处理方法

模具制造业作为现代制造业的基础和重要组成部分，现已成为国家经济建设中的朝阳产业和重要的支柱产业，在国民经济发展中发挥着越来越重要的作用。模具生产技术水平甚至成为衡量一个国家机械制造技术水平的重要标志之一。

● 知识准备

项目一 模具的定义、分类及特点认知

任务一 模具的定义

模具是工业产品生产用的工艺装备，主要应用于制造业和加工业。它是和冲压、锻造、铸造成型机械，同时和塑料、橡胶、陶瓷等非金属材料制品成型加工用的成型机械相配套，作为成形工具来使用的。



一、模具的定义

模具是制造一定数量产品的专用模型、工具。其定义见表 1-1。

表 1-1 模具定义

模型、工具	模具既是制作零件（或坯件）用的模型，又是其工具，它是一种工艺装置，工艺装置也是产品或商品
专用	模具有汽车模具、电视机壳模具、洗衣机内筒模具、垫圈冲模、曲轴锻模等，实际上是一副模具一种用途，不同于车床、活动扳手那样可以通用
一定数量	用模具生产的产品数量，有试制、小批量、中批量、大批量之分，还有多品种、小批量的概念
制造	确切地说，模具是通过对原材料的成型加工来制造产品零件的，属于制造业范畴；模具本身要制造出来，为此，先要进行（包括产品、工艺与模具结构）设计，然后制造出来，再用模具成型出所需的产品

二、模具学的含义

模具学是研究模具功能、结构及特点、设计理论与方法、加工制造及使用与保养的一门系统科学。它隶属于应用技术科学，是一门系统科学，是反映模具技术的本质和规律的知识体系。

三、模具技术主要内容

模具技术是一门系统工程技术，模具工程技术可分解出以下三个方面的技术内容。

- （1）模具设计技术——包括产品设计、成型工艺设计、模具结构设计以及计算机辅助工艺设计（CAPP）和模具 CAD/CAE 技术；
- （2）模具制造技术——包括模具零件的加工方法、精度和强度保证、成本核算以及利用计算机软件的测量、数控与加工中心的切削加工等模具 CAM 技术；
- （3）模具使用与保养技术——包括模具操作、拆装、保养、组织管理等以及这方面的计算机辅助技术。

一般而言，人们所说的模具技术，是指模具设计技术。

任务二 模具的分类

总体上说模具可分为三大类：金属板材成型模具，如冲模等；金属体积成型模具，如锻（镦、挤压）模、压铸模等；非金属材料制品用成型模具，如塑料注射模和压缩模，橡胶制品、玻璃制品、陶瓷制品用成型模具等。

模具的具体分类方法很多，常用的有：

- （1）按模具结构形式可分为冲模中的单工序模、复合模、级进模等；塑料成型模具中



的压缩模、注射模、挤出模等。

(2) 按模具使用对象可分为电工模具、汽车模具、电视机模具等。

(3) 按模具材料可分为硬质合金模具和钢模等。

(4) 按工艺性质可分为冲孔模, 落料模, 拉深模, 弯曲模, 塑料成型模具中的吸塑模、吹塑模等。

按照中国模具工业协会的划分, 我国模具基本分为十大类, 其中, 冲压模和塑料成型模两大类占主要部分。本书将以冲模和注射模为重点介绍与模具有关的基本概念、基本理论与基本知识, 以点带面, 适当扩展以反映本领域的最新成果与发展趋势。

任务三 模具的特点及应用

每一类、每一种模具都有其特定的用途和使用方法及与其相配套的成型加工机床和设备。模具的功能和应用与模具类别、品种有着密切的关系。模具和产品零件的形状、尺寸大小、精度、材料、材料形式、表面状态、质量和生产批量等, 都需吻合, 要满足零件要求的技术条件, 即每一个产品零件相对应的生产用模具, 只能是一副或一套特定的模具。为适应模具不同的功能和用途, 需进行创造性设计, 因此模具结构形式多变, 模具类别和品种繁多, 并具有单件生产的特征。

一、模具的适应性强

针对产品零件的生产规模和生产形式, 可采用不同结构和档次的模具与之相适应。

二、制件的互换性好

在模具一定使用寿命范围内, 合格制件(冲件、塑件、锻件等)的相似性好, 可完全互换。

三、生产效率高、低耗

采用模具成形加工, 产品零件的生产效率高、消耗低。

四、社会效益高

模具是现代工业生产中广泛应用的优质、高效、低耗、适应性很强的生产技术装置, 或称成型工具、成型工装产品。模具是技术含量高、附加值高、使用广泛的新技术产品, 是价值很高的社会财富。

【学习小结】

(1) 模具具有高效、节材、成本低、保证质量等优点, 是工业生产的重要手段和工艺发展方向。

(2) 科学地对模具进行分类, 对有计划地发展模具工业、系统地研究和开发模具生产技术和制定模具技术标准、实现专业化生产, 都具有重要意义。



项目二 模具发展

任务一 模具在现代制造业中的地位

一、模具和模具工业的评价

模具生产技术水平,已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志,因为模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。

在 20 世纪中期甚至更早,国外就已经出现很多对模具及模具工业的高度评价与精辟的比喻,例如:“模具是美国工业的基石”(美国),“模具是促进社会繁荣富强的原动力”(日本),“模具工业是金属加工的帝王”(德国),“模具是黄金”(东欧),等等。在 20 世纪末,中国开始认识到模具的重要性,做出了科学的评价:“模具工业是现代工业之母。”

二、模具在现代制造业中的地位

在电子、汽车、电机、电器、仪器、仪表、家电和通信等产品中,60%~80%的零部件都要依靠模具成形。用模具生产制件所具备的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗,是其他加工制造方法所不能比拟的。模具又是“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具自身价值的几十倍,甚至上百倍。

三、模具在国民经济中的地位

国民经济的很多行业需要用模具进行生产制造,模具在制造业中起着极为重要的作用。

在工业化国家中,从 20 世纪 70 年代起,模具工业总产值就开始超过了机床工业总产值,并开始从机床工业或机械工业中分离出来;20 世纪 80 年代末,模具工业已经摆脱了从属地位而发展成为独立的国民经济基础产业。

任务二 模具工业的发展现状

一、模具行业

在世界上大多数国家和地区,模具及模具工业早已成为一个行业,有专门的行业组织机构指导和推动模具工业的发展。比如日本有“绿色成型技术交流协会”,中国台湾地区有“台湾模具工业同业公会”,中国大陆有“中国模具工业协会”,各省市均有其分会。模具行业已成为一个大行业,仅我国的模具企业已达数万个。



二、国家重视程度

1. 模具技术的研发

工业化国家及它们的模具企业,非常重视模具技术的研发工作,有各类模具技术研究机构,模具技术的创新工作从未停止,并总是置于生产和经营的首位,促进了模具技术水平的提高。

2. 模具技术人员的培养

工业发达国家很重视对模具技术人员的培养,采取了包括高等院校培养等很多方法和措施。我国的高等院校培养模具技术人员,以前主要是通过设立锻压专业和铸造专业,现今是通过设立材料成形与控制工程等专业进行的。

3. 政策支持

从20世纪后期开始,我国对模具技术和模具工业的发展十分重视,政府陆续推出了很多扶植的政策。

从“九五”开始,国家对80多家国有专业模具厂实行增值税返还70%的政策;“十五”期间,享受此优惠政策的企业已扩大到160家,不仅有国有、集体企业,还有私有和个体企业;“十一五”期间,政府进一步促进模具行业的体制改革,制定相关法规、法则,继续推动模具工业的发展。

三、我国模具工业的发展现状

1. 模具工业协会

1984年成立的中国模具工业协会(各省、市、区及有关行业均有其相应的模具工业协会),是中国机械工业成立最早的行业协会之一,是模具行业的组织领导、协调推动机构。

2. 我国模具工业的发展

我国模具工业总产值一直是逐年递增的。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。

任务三 模具工业的发展趋势

一、模具 CAD/CAE/CAM 正向集成化、三维化、智能化和网络化方向发展

1. 模具软件功能集成化

集成化程度较高的软件包括:Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等。

2. 模具软件应用的网络化趋势

随着模具在企业竞争、合作、生产和管理等方面的全球化、国际化,以及计算机软硬件技术的迅速发展,在模具行业应用虚拟设计、敏捷制造技术变得既有必要,也有可能。



二、模具检测、加工设备向精密、高效和多功能方向发展

(1) 模具检测设备日益精密、高效。

(2) 出现高速铣削机床 (HSM)。

(3) 与模具相关的技术发展迅速。

①快速经济制模技术。缩短产品开发周期是在市场竞争中取胜的有效手段之一。与传统模具业务技术相比,快速经济制模技术具有制模周期短、成本较低的特点,精度和寿命又能满足生产需求,是综合经济效益比较显著的模具制造技术。

②模具毛坯快速制造技术。模具毛坯快速制造技术主要有干砂实型铸造、负压实型铸造、树脂砂实型铸造及失蜡精铸等技术。

③其他方面技术。其他方面技术有冷挤压及超塑成型制模技术,无模多点成型技术,采用氮气弹簧压边、卸料、快速换模技术,冲压单元组合技术,刃口堆焊技术及实型铸造冲模刃口镶块技术等。

三、模具材料及表面处理技术发展迅速

模具工业要提高水平,材料应用是关键。因选材和用材不当,致使模具过早失效,大约占失效模具的45%以上。

四、模具工业新工艺、新理念和新模式逐步得到了认同

在成型工艺方面,主要有冲压模具功能复合化技术、超塑性成型技术、塑性精密成型技术、塑料模气体辅助注射技术及热流道技术、高压注射成型技术等。随着先进制造技术的不断发展和模具行业整体水平的提高,在模具行业出现了一些新的设计、生产、管理理念与模式。

【学习小结】

(1) 模具是工业生产中的基础工艺装备,是一种高附加值的精密型产品,也是高新技术产业的重要领域,其技术水平已经成为衡量一个国家制造业水平的重要标志。

(2) 目前我国的模具工业技术水平参差不齐,总体上与工业发达国家及地区的先进水平相比,还有较大差距。

(3) 模具工业广泛采用现代先进制造技术来促进模具工业的技术进步。

项目三 模具标准、材料热处理及其选用

任务一 模具标准化及标准件

为提高质量、性能、精度和生产效率,缩短制造周期,模具零部件(又称模具组合)多由标准零部件组成。所以,模具应属于标准化程度较高的产品。

一、模具标准化

1. 标准化在模具工业建设中的意义

- (1) 标准化可提高模具使用性能和质量。
- (2) 标准化可大幅度节约工时和原材料, 缩短生产周期。
- (3) 标准化是采用现代化生产技术的基础。
- (4) 标准化可提高企业效益。

2. 模具技术标准

1) 模具技术标准分类

模具技术标准共分 4 类: 模具产品标准 (含标准零部件标准等)、模具工艺质量标准 (含技术条件标准等)、模具基础标准 (含名词术语标准等) 和相关标准。

2) 模具标准体系

模具标准体系由全国模具标准化技术委员会制定, 模具体系表分 4 层。第 1 层: 模具; 第 2 层: 模具类别 (10 大类)、模具名称; 第 3 层: 每类模具须制定的标准类别, 包括基础标准、产品标准、工艺与质量标准、相关标准共 4 类标准的名称; 第 4 层: 在每类模具及其标准类别下, 列出具须制定的模具标准项目系列及其名称。

二、模具标准件

1. 冷冲模具标准件

1) 冷冲模标准件

冷冲模常用的标准件有凹模板、模板、模柄、凹模、挡料销、推杆、导正销等。

2) 冷冲模标准模架

模架由上、下模座和导向零件组成, 是整副模具的骨架, 模具的全部零件都固定在这上面, 并承受冲压过程的全部载荷。模架及其组成零件已经标准化, 并对其规定了一定的技术条件。常用的模架为导柱模架, 其基本形式如图 1-1 所示。

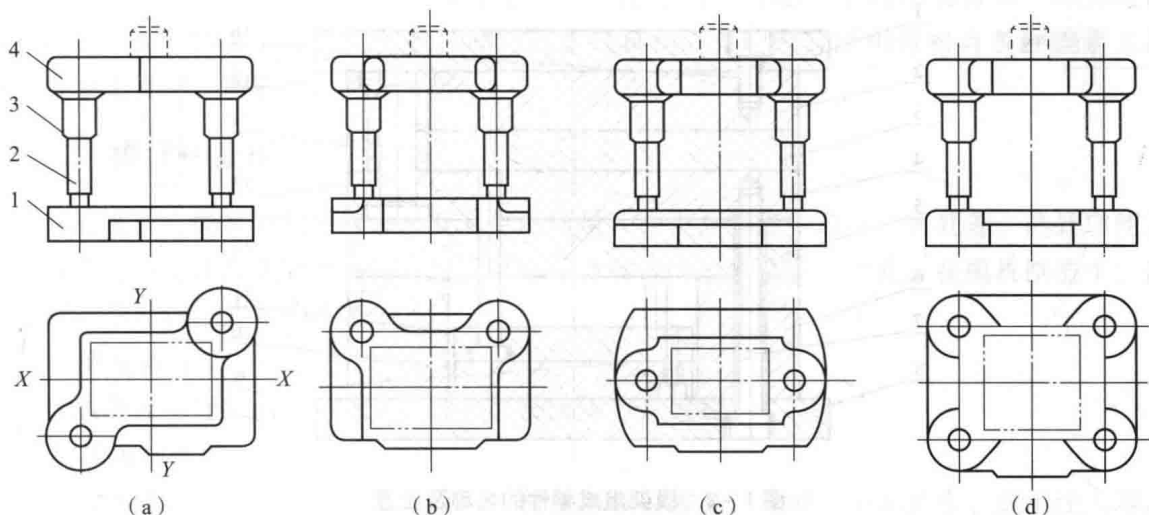


图 1-1 导柱模架的基本形式

1—下模座; 2—导柱; 3—导套; 4—上模座



2. 塑料注射模具标准件

1) 塑料注射模标准件

塑料模的国家标准目前已发布和实施的有 6 种，见表 1-2。

表 1-2 有关塑料模的国家标准

序号	标准名称	标准号
1	塑料注射模具零件	GB/T 4169—1984
2	塑料注射模具零件技术条件	GB/T 4170—1984
3	塑料注射模具术语	GB/T 8846—1988
4	塑料注射模具零件技术条件	GB/T 12554—1990
5	塑料注射模大型模架	GB/T 12555—1990
6	塑料注射模中小型模架及技术条件	GB/T 12556—1990

该标准有 11 个通用零件，主要包括注射模中的推出、导向、定位和模块、模板等。这些零件之间具有相互配合关系，其尺寸范围适用于中小型模架的配套组装。设计模具时应按标准选用标准模架和通用零件。

2) 塑料注射模标准模架

模架组成零件的名称及位置如图 1-2 所示。模架以模具所采用的浇注形式、制件脱模方法和定模动模组成为基本型和派生型两类。标准中规定，中小型模架的周界尺寸范围为小于 560 mm×900 mm，并规定其模架结构型式为 4 种型号，即基本型，A1、A2、A3、A4 共 4 个品种；派生型，分为 P1 型到 P9 型 9 种，标准中还规定，以定模、动模座板有肩、无肩划分，又增加 13 个品种，共 26 个模架品种。模架组合标准主要根据浇注形式，分型面数，塑件脱模方式和推板行程，定模和动模组合形式来确定。因此，塑料注射模架具备了模具的主要功能。

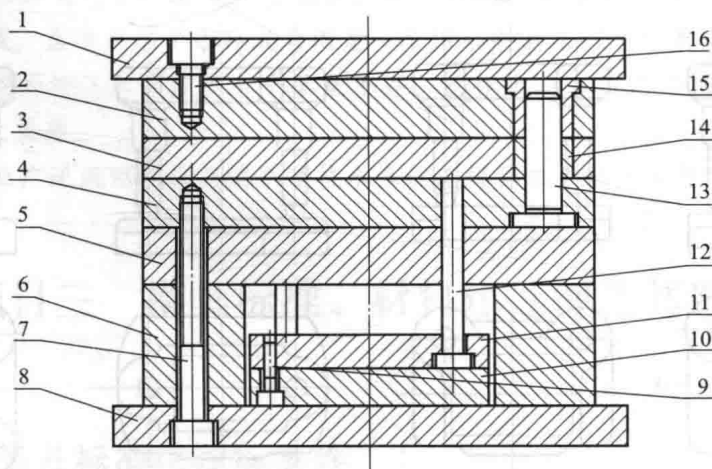


图 1-2 模架组成零件的名称及位置

1—定模座板；2—定模板；3—推件板；4—动模板；5—支承板；6—垫块；7，9，16—内六角螺钉；8—动模座板；

10—推板；11—推杆固定板；12—复位杆；13—带头导柱；14—直导套；15—带头导套

基本型组合以直接浇口（包括潜伏浇口）为主，其代号取A，分A1型、A2型、A3型、A4型4种，如图1-3所示。

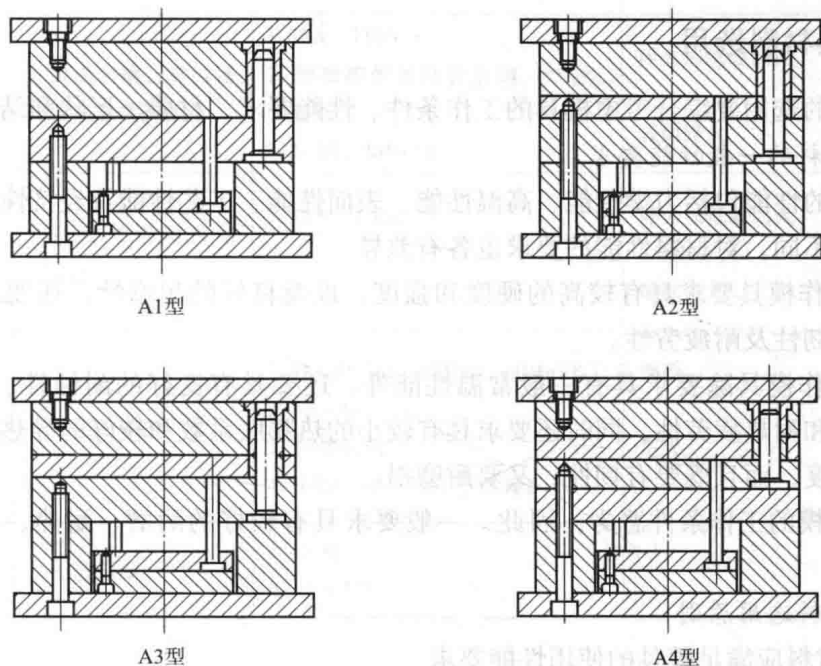


图1-3 基本型组合

模架的派生型组合以点浇口和多分型面为主，其代号取P，分为P1型到P9型9种。

任务二 常用模具材料、热处理及其选用

一、常用模具材料

根据工作条件的不同，模具材料可分为金属在常温（冷态）下成型材料，称为冷作模具钢；在加热状态下成型材料，称为热作模具钢。目前模具所用材料有各种碳素工具钢、合金工具钢、铸铁、硬质合金等。

二、模具热处理

一般来说，模具的使用寿命及其制件的质量，在很大程度上取决于热处理。热处理使其获得较高的硬度和较好的耐磨性，以及其他综合要求的力学性能。因此，在模具制造中，选用合理的热处理工艺尤为重要。

1. 普通热处理

普通热处理包括退火、正火、淬火、回火等工艺过程。

2. 表面热处理

表面热处理主要是化学表面处理法，包括渗碳、渗氮、渗硼、多元共渗、离子注入等。

3. 采用新的热处理

为提高热处理质量，做到硬度合理、均匀、无氧化、无脱碳、消除微裂纹，避免模具的偶



然失效，进一步挖掘材料的潜力，从而延长模具的正常使用寿命，可采用一些新的热处理工艺，如组织预处理、真空热处理、冰冷处理、高温淬火 + 高温回火、低温淬火、表面强化等。

三、模具材料选用

模具材料的选用要综合考虑模具的工作条件、性能要求、材质、形状和结构。

1. 模具材料的一般性能要求

模具材料的性能包括力学性能、高温性能、表面性能、工艺性能及经济性能等。各种模具的工作条件不同，对材料性能的要求也各有差异。

(1) 对冷作模具要求具有较高的硬度和强度，以及良好的耐磨性，还要具有高的抗压强度和良好的韧性及耐疲劳性。

(2) 对热作模具除要求具有一般常温性能外，还要具有良好的耐蚀性、回火稳定性、抗高温氧化性和耐热疲劳性，同时还要求具有较小的热膨胀系数和较好的导热性，模腔表面要有足够的硬度，而且既要有韧性，又要耐磨损。

(3) 压铸模的工作条件恶劣，因此，一般要求具有较好的耐磨、耐热、抗压缩、抗氧化性能等。

2. 模具材料选用原则

1) 模具材料应满足模具的使用性能要求

选用模具材料时，主要从工作条件、模具结构、产品形状和尺寸、生产批量等方面加以综合考虑，确定材料应具有的性能。凡形状复杂、尺寸精度要求高的模具，应选用低变形材料；承受大载荷的模具，应选用高强度材料；承受大冲击载荷的模具，应选用韧性好的材料。

2) 模具材料应具有良好的工艺性能

模具材料一般应具有良好的可锻性、切削加工与热处理等性能。对于尺寸较大、精度较高的重要模具，还要求具有较好的淬透性、较低的过热敏感性以及较小的氧化脱碳和淬火变形倾向。

3) 模具材料要考虑经济性和市场性

在满足前两项要求的情况下，选用材料应尽可能考虑到价格低廉、来源广泛、供应方便等因素。

表 1-3 列出了各种注射模具材料的适用范围和热处理性能。

表 1-3 各种注射模具材料的适用范围及热处理性能

模具零件	主要性能要求	材料	热处理	硬度
导柱、导套	表面耐磨，心部韧	1. 20、20Mn2B 2. T8A、T10A 3. 45 钢	渗碳 表面淬火 调质加表面淬火	HRC≥55 HRC≥55 HRC≥55
型腔、型芯等	强度、表面耐磨、有时需耐腐蚀、淬火变形小	1. 9Mn2V、CrWMn、9CrSi、Cr12 2. 3Cr2W8V 3. T8A、T10A（主要用于小型腔和小型芯） 4. 45 钢、45Mn2、40MnB、40MnVB 5. 球墨铸铁 6. 铸造铝合金 7. 10、15、20 钢，锻造铝合金	淬火加低温回火 淬火加中温回火 淬火加低温回火 调质 正火或退火 采用冷挤压工艺	HRC≥55 HRC≥46 HRC≥55 HB≤240 正火 HB≥240 退火 HB≥160