

模具制造技术培训读本

模具制造基础

杨立平 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书与模具生产实际操作紧密结合,突出模具应用与制造相关的基础知识,着重介绍模具的制造工艺,制造过程中的工装夹具,相应的材料与热处理知识及公差与技术测量基本知识。书中简化难点,突出重点,使之成为学习模具知识的“支撑点”,为读者深入学习模具设计与制造、进一步提高技能奠定坚实的基础。在编写过程中着力追求新工艺、新技术、新产品、新材料及新动态,增强内容的先进性和指导性。

本书可供模具制造领域的工程技术人员和一线工人阅读,也可供职业院校模具专业的学生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具制造基础/杨立平主编. —北京:化学工业出版社,2007.1
(模具制造技术培训读本)

ISBN 978-7-5025-9909-6

I. 模… II. 杨… III. 模具-制造-技术培训-教材 IV. TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 005607 号

责任编辑:张兴辉 刘丽宏

文字编辑:项 激

责任校对:吴 静

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张10½ 字数201千字 2007年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究

前言

进入 21 世纪,科学技术以迅猛的速度向前发展,从而推动了社会的进步和经济的繁荣。根据世界范围的社会科学经济发展趋势预计,在新的世纪,我国将成为全球最大的加工制造工厂或加工制造基地。模具工业是现代加工制造业一个重要的组成部分,对今后国民经济和社会的发展将起到越来越重要的作用。有人说:“模具是一切工业之母,其制造技术是工业生产的核心技术”。国际生产技术协会预测在 21 世纪,机械零部件中 60% 的粗加工,80% 的精加工要由模具来完成。采用模具生产零件具有效率高、质量好、节能降耗、生产成本低等一系列优点。

目前我国出现从事模具技术人员短缺,模具设计与制造技术人才已经成为“紧缺人才”。要解决这一问题,模具技能型人才的培训是关键。《模具制造技术培训读本》(简称《读本》)就是为满足模具领域工程技术人员和一线工人以及部分高职院校模具专业人员培训的需要,邀请具有丰富教学和培训经验的专家编写的。《读本》按照模具行业从业人员的职业特点,本着以综合素质为基础,以能力为本的原则,以企业需求为基本依据,以就业为导向,适应企业技术发展,从生产实践角度精选内容,系统介绍模具设计与制造的相关知识和技能,帮助读者学习掌握模具加工的核心技术,为模具行业培养综合型、复合型人才做贡献。《读本》共 7 册,包括《模具制造基础》、《模具识图与制图》、《塑料成型工艺与注塑模具》、《冲压工艺及模具》、《模具加工与装配》、《塑料模具设计与制造过程仿真》、《冲压模具设计与制造过程仿真》。

本书是《模具制造基础》分册,全书具有如下特点。

1. 与实际操作紧密结合,突出模具应用与制造相关的基础知识,着重介绍模具的制造工艺,制造过程中的工装夹具,相应的材料与热处理知识及公差与技术测量基本知识。
2. 力求反映模具制造领域的新工艺、新技术、新产品、新材料及新动态,努力使其成为一部内容先进、具有很强指导意义的书籍。
3. 简化难点,突出重点,使之成为学习模具知识的“支撑点”,为深入学习模具设计与制造、进一步提高技能奠定坚实的基础。

本书由北京二轻工业学校杨立平主编,陈超、张强、于辉、孟献军、张冬颖参编。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编者

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

目 录

第 1 章 模具制造技术概述	1
1.1 模具的种类与用途	1
1.2 模具的结构与功能	2
1.3 模具生产制造过程的特点与要求	7
第 2 章 模具材料	10
2.1 模具材料的性能要求	10
2.2 常用冷作模具钢的性能与牌号	13
2.3 常用热作模具钢的性能与牌号	16
2.4 塑料模具钢的性能与牌号	18
第 3 章 模具热处理	21
3.1 模具热处理基本常识	21
3.2 冷作模具钢的热处理工艺规范	24
3.3 热作模具钢的热处理工艺规范	31
3.4 塑料模具钢的热处理工艺规范	41
3.5 其它模具材料钢常用的热处理工艺	48
3.6 模具表面处理工艺	51
第 4 章 模具制造工艺	70
4.1 模具制造工艺规程	70
4.2 模具典型零件的加工	100
第 5 章 模具制造加工原理及工装夹具	115
5.1 模具制造加工原理	115
5.2 工装夹具	122
第 6 章 公差与精度测量技术	147
6.1 公差与表面粗糙度知识	147
6.2 测量与工具应用	151
参考文献	164

第 1 章

模具制造技术概述

现代生产技术对模具的要求越来越高，模具在国民经济中的地位不可取代。模具在各行各业所占的比重相当大，以零件总数所占的百分比看，机电产品零件占 70%左右；汽车和拖拉机零件约占 65%；运载工具、钟表、家电、各种器皿和装饰则占 95%以上。

1.1

模具的种类与用途

模具的分类方法很多，根据不同的要求和应用特点可有如下分类方法。

(1) 为便于模具的选材，通常情况是按工作条件进行分类。

① 冷作模具：包括冲模、冷镦模、冷挤压模、冷拉模、拉丝模、滚丝模及剪切模等。

② 热作模具：包括锻模、热挤压模、热冲裁模及压铸模等。

③ 成形模具：包括塑料模、橡胶模、陶瓷模、玻璃模及粉末冶金模等。

(2) 按模具结构形式分类：单工序模、复式冲模等。

(3) 按使用对象分类：汽车覆盖件模具、电机模具等。

(4) 按加工材料性质分类：金属制品用模具、非金属制品模具等。

(5) 按工艺性质分类：拉深模、粉末冶金模及锻模等。

模具的分类与用途见表 1-1。

表 1-1 模具的分类与用途

序号	模具类型	模具品种	成形加工性质与用途
1	冲压模具	冲裁模(无、少废料冲裁,整修深孔冲裁精冲模)、弯曲模具、拉深模具,单工序模(冲裁、弯曲、拉深、成形等)、复合冲模,级进冲模,汽车覆盖件冲模,组合冲模,电极硅钢片冲模等	板材冲压成形。用于生活日用品的制造,汽车、飞机、船舶等的生产制造
2	塑料成形模具	压塑模具,挤塑模具,注射模具(立式、卧式、角式注射模具),热固性塑料注射模具,挤出成形模具(管材、薄膜扁平机头等),发泡成形模具,低发泡注射成形用模具,吹塑成形模具等	塑料制品成形加工工艺(热固性和热塑性模塑料)用于生产电冰箱外壳和塑料配件、电灯开关和插头;家庭生活日用品的制造等
3	压铸模	热压室压铸机用压铸模,立式冷压室压铸机用压铸模,卧式冷压室压铸机用压铸模,全立式压铸机用压铸模,有色金属(锌、铝、铜合金)压铸模,黑色金属压铸模	有色金属与黑色金属压力铸造成形工艺
4	锻造成形模具	模锻锤和大型压力机用锻模,螺旋压力机用锻模,平锻机锻模,滚锻模等;各种紧固件冷镦模,挤压模具;拉丝模具;液态锻造用模具等	金属零件成形,采用锻压、挤压等体积成形工艺方法

序号	模具类型	模具品种	成形加工性质与用途
5	铸造用金属模具	各种金属零件铸造时采用的金属模型	金属浇注成形工艺
6	粉末冶金模具	成形模,包括手动和机动模(实体单、双向压制和浮体浮动压模等) 整形模,包括手动和机动模(径向、带外台阶套类和带球面件整形模等;无台阶实体件、轴套通过式、带外台阶与带外球面轴套全整形自动模等)	粉末制品压坯的压制成形工艺。主要用于铜基、铁基粉末制品(机械零件、电器零件、电触头;磁性零件、工具材料制品、易热零件及核燃料材料)
7	玻璃制品用模具	吹-吹法成形瓶罐模具,压-吹法成形瓶罐模具,玻璃器皿用模具等	玻璃制品成形工艺
8	橡胶制品成形模具	橡胶制品的压胶模、挤胶模、注射模,橡胶轮胎模、O形密封圈橡胶模等	橡胶压制成形工艺
9	陶瓷模具	各种陶瓷器皿等制品用的成形金属模具	陶瓷制品成形工艺
10	经济模具(简易模具)	低熔点合金成形模具,薄板冲模,叠层冲模,硅橡胶模,环氧树脂模,陶瓷精铸模,叠层型腔塑料模,快速电铸成形模等	使用于多品种少批量工业产品用模具

1.2 模具的结构与功能

模具种类很多,其用途也各不相同,但就结构而言通常由相同的几部分组成,按照国家标准和相关术语,下面对结构和功能进行分析。

(1) 模具的基本结构 常用的模具主要是冷冲模和塑料模,冷冲模主要由支承

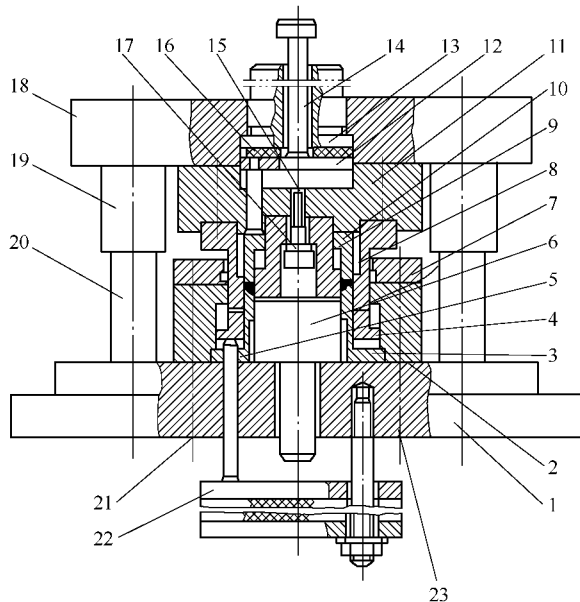


图 1-1 冷冲模

- 1—下模座; 2—凹模; 3, 8, 9—凸模; 4, 6, 10—顶件块; 5—托杆; 7—卸料板; 11—固定板;
12—推板; 13—模柄; 14—拉杆; 15—内六角螺钉; 16, 17—垫圈; 18—上模座;
19—导套; 20—导柱; 21, 23—圆柱销; 22—弹顶器

The technical drawing consists of three views of a mechanical part:

- Front View (Top Left):** Shows a rectangular plate with a central slot and four mounting holes. Dimensions include a total width of 94 mm and a central slot width of 60 mm.
- Top View (Bottom Left):** Shows the plate from above, highlighting the central slot and mounting holes. Dimensions include a total width of 94 mm and a central slot width of 60 mm.
- Side View (Right):** Shows the profile of the plate, indicating a thickness of 83 mm and various dimensions for the central slot and mounting holes. Key dimensions include a total height of 113 mm, a central slot depth of 108 mm, and a mounting hole diameter of 3 mm.

1—嵌件螺栓; 2—矩形推杆; 3—模脚; 4—限位螺钉; 5—导柱; 6—支承板; 7—销套; 8,10—导套;
9,12,15—型芯; 11,16—镶块; 13—浇口套; 14—定模座板; 17—定模; 18—卸料板; 19—拉杆;
20,21—顶杆; 22—复位杆; 23—顶杆固定板; 24—顶板

此外,塑料模的模架在国外均以标准化。它是设计和制造注射模的基础部件,基本型模架中的 A₁ 型模架(大型模架 A 型),适用于立式与卧式注射机上; A₂ 型模架(大型模架 B 型),适用于立式与卧式注射机上,用于直浇道,采用斜导柱侧面抽芯、单型腔成形,其分型面可在合模上,也可设置斜滑块垂直分型,脱模式机构的注射模; A₃、A₄ 型模架(大型模架派生型 P₁、P₂ 型),模架中 A₃ 型的定模采用两块模板,动模采用一块模板,它们之间设置一块推件板,

连接推出机构，用于推出塑件；A₄ 型模架的定模和动模均采用两块模板，在定、动模板之间，也设置一块推件板以推出塑件。两种模架均适用于立式与卧式注射机上，主要用于薄壁壳体形塑件，且要求脱模力大及塑件表面不允许留有顶出痕迹的塑件注射成形的模具。

表 1-2 冷冲模零件分类与功能

零件类型	零件名称	功能与用途
支 承 与 固 定零件	带柄圆形上模座	用无导向系统的单工序冲模，以支承和固定凸模等零件
	带柄矩形上模座	
	钢板模座	用于各种冲模的上、下模座，以支承固定凸模、凹模、导向零件的通用模座
	模座	适用铸铁浇注成的通用模座，功能和用途与钢板模座相同
	A 型下模座	适用于中小型冲模，以支承和固定凹模、导向零件等的通用铸铁模座
	B 型下模座	适用于中型冲模，为通用铸钢模座
	C 型下模座	适用于大型冲模，为通用铸钢模座
	弯曲模下模座	适用于小型弯曲模，以支承和固定其凹模及辅助零件
	矩形凹模板	适用于中小型凹模坯料
	矩形模板	适用于中小型冲模及其它类模具通用模板
	矩形垫板	适用于中小型冲模凸模垫板
	圆形模板	适用于中小型冲模的凸模固定板、卸料板、空心垫板、凹模框等的圆形板件
	圆形垫板	适用于中小型冲模凸模圆形垫板
	单凸模固定板、单凸模垫板、A 型偏装单凸模固定板、A 型偏装单凸模垫板、B 型偏装单凸模固定板、B 型偏装单凸模垫板	均为互相配套使用来固定单凸模和单凸模头部垫板。适用于不同结构冲模，为安装凸模用的通用零件
	压入式模柄、旋入式模柄、凸缘模柄、槽形模柄、通用模柄、浮动模柄、推入式活动模柄	均为适用于冲模和机床安装、固定上模座用的通用零件，可根据模具的结构、性能及机床的情况选用
	圆形凹模	制作冲模凹模的零件
工作零件	A 型圆凸模	适用于冲制 $\phi 1.1\sim 30.2\text{mm}$ 的孔和落料
	B 型圆凸模	适用于冲制 $\phi 3.0\sim 30.2\text{mm}$ 的孔和落料
	快换圆凸模	适用于冲制 $\phi 5.0\sim 29.0\text{mm}$ 的孔和落料
	圆凹模	均适用于冲制料厚小于或等于 2.0mm 、 $\phi 1.0\sim 28.0\text{mm}$ 的孔和落料
	带肩圆凹模	

续表

零件类型	零件名称	功能与用途
导向零件	A 型小导柱	适用于小型冲模($\phi 10 \sim 20\text{mm}$)导向,其形式可根据模具结构选用
	B 型小导柱	
	可卸导柱	适用于导柱需拆卸以刃磨凹模的冲模,适用的尺寸范围: $\phi 16 \sim 60\text{mm}$
	压圈固定导柱	适用于大型冲模导向,适用的尺寸范围: $\phi 60 \sim 120\text{mm}$
	压圈固定导套	与压圈固定导柱配套使用
	压圈	与压圈固定导柱和压圈固定导套配套使用
定位零件	A 型导正销	用于保证冲压工步或工序正确位置的精确定位零件,可以和挡料销、导料板等零件配合使用,以保证工件上的孔与外形的相对位置尺寸,消除送料的步距误差(A、B 型用于 $\phi 10 \sim 12\text{mm}$ 以下的孔;C 型用于 $\phi 4 \sim 12\text{mm}$ 的孔;D 型用于 $\phi 10 \sim 12\text{mm}$ 的孔)
	B 型导正销	
	C 型导正销	
	D 型导正销	
	侧刃	用于在冲压过程中限定送料步距的通用功能零件。A、B、C 三种形式,可根据工位和工件精度、模具结构形式等正确选用
	A 型侧刃挡块	
	B 型侧刃挡块	
	C 型侧刃挡块	
	导料板	导料板的长度,应大于凹模长度,即使其伸出凹模以外 10mm 以上,其伸出部分的底部设承料板,对进入模具之前的条料或卷料起支承作用
	承料板	
	始用挡料	用于保证条(卷)料毛坯送进距离的定位零件或装置,可根据模具结构形式、工件尺寸、精度、形状及工艺要求等正确选用
	弹簧芯柱	
	弹簧侧压装置	其中:弹簧侧压装置适用于原料冲压送料($0.3 \sim 1.0\text{mm}$)。功能是将条料压向导料一侧,以消除条料和导料板间的间隙
	侧压簧片	
	弹簧弹顶挡料装置	弹簧弹顶挡料装置、扭簧弹顶挡料装置、橡胶弹顶挡料装置常用在弹压卸料板的复合模或落料模上,在冲压过程中随上模下行,压下挡料销,上模上行时,挡料销弹出
	扭簧弹顶挡料装置	
	橡胶弹顶挡料装置	
	回带式挡料装置	
	钢球弹顶装置	回带式挡料装置适用于冲压料宽 $6 \sim 20\text{mm}$ 、厚度大于 0.8mm 的一般工件冲模;弹簧弹顶装置和固定挡料销一般装在凹模上,适用于带固定卸料板及弹压卸料板的冲模
	弹簧弹顶装置	
	固定挡料销	
	止退键	适用于冲模在冲压过程中,支承凸模、凹模或刃口受到的侧向力的键
	限位柱	在冲压过程中,用于限制冲压行程和深度的通用零件
	支承圈	
	铰链式支承装置	

续表

零件类型	零 件 名 称	功能与用途
卸 料 和 压 料 零件	带肩推杆	适用于装在推出或顶出装在上模或下模上的凹模中的工件废料的通用卸料零件。顶板还具有在冲压过程中,以反作用力压料和保护凸模的功能
	带螺纹推杆	
	顶杆	
	顶板	
	圆柱头卸料螺钉	这些是组成卸料板的主要零件,起卸料作用;弹性卸料板兼有压料和卸料的功能,用于冲制 0.8mm 以下的薄料和要求冲制工件平整的冲模。可根据卸料结构、尺寸和工艺要求正确选用
	圆柱头内角卸料螺钉	
	卸料螺钉加长套	
	调节垫圈	
	聚氨酯弹性体	主要用于料厚、用卸料板卸废料困难时或冲制大型和筒形工件切边,可将废料用切刀分割几块而卸出模外
	圆废料切刀	
	方废料切刀	

表 1-3 塑料模零件分类与功能

零件类型	零 件 名 称	功能与用途
推出零件	推杆	直杆式推杆,可制成拉杆或直接用作回程杆,也可作为推管的芯杆使用
	推板	用于支承推出复位(杆)零件,传递机床推出力。也可用作推杆固定板和热固性塑料压胶模、挤胶模和金属压铸模中的推板
	垫块	用途取决于推(顶)件的距离,主要用于调节模具的高度
支 承 与 固 定 零件	模板	主要用于塑料注射模具中的各种板类零件(不包括推板和垫块),可根据不同模具的结构选用
	支承柱	在支承板较薄的情况下,可增强支承板的功能。在支承板与动模固定板之间或注射的动模板之间,合理布置支承柱,以分担注射时支承板所承受的压力,改善其受力情况,增强模具刚性。也可减小支承板的厚度以减小其质量
导向零件	带头导柱	与导套配合使用,使模具在开模和闭模时有正确的走向。使定模和动模处于相对的正确位置,同时承受由于在塑料注射时,注射机运动误差所引起的侧压力,以保证塑件的精度
	有肩导柱	
	直导套	主要用于厚模板中,可缩短模板的镗孔深度,在浮动模板中使用较多
	带头导套	其作用与有肩导柱相同,定位肩可对安装在导套后面的模板进行定位

零件类型	零件名称	功能与用途
定位与限位零件	定位钉	用于支承推出机构,并用于调节推出距离
	圆锥定位件	用于动模与定模之间需要精确定位的场合。对同轴度要求高的塑件且型腔分别设在动模和定模上时,也需要其进行精密定位,同时具有增强模具刚度的效果

派生型模架中 $P_1 \sim P_4$ 型 (大型模架 P_3 、 P_4) 是由基本型 $A_1 \sim A_4$ 型对应派生而出的, 结构形式上的不同在于去掉了原来定模板上的固定螺钉, 使定模部分增加了一个分型面。多用于点进料形式的注射模, 其功能和用途与 $A_1 \sim A_4$ 型相同; P_5 型模架由两块模板组合而成, 适用于直接浇口简单、具有整体型腔结构的注射模; $P_6 \sim P_9$ 型模架中, P_6 与 P_7 、 P_8 与 P_9 是相互对应的结构, P_7 和 P_9 相对于 P_6 、 P_8 只去掉了定模座板上的固定螺钉。它们均适用于复杂结构的注射模。

1.3

模具生产制造过程的特点与要求

目前模具生产的特点是, 努力研究新模具制造的工艺和新模具的开发, 冷冲压模具出现了除一般成形方法以外的冷、热及温挤压成形, 液压成形, 强力旋压成形, 超塑性成形, 爆炸成形及精密冲裁和高速冲压等加工技术。

模具生产体现出多品种, 小批量; 生产周期短, 任务急; 涉及领域广, 尺寸差异大等特征。

型腔模采用自动开合模和自动顶出机构, 实现全自动生产的同时, 还可以保证制品能自动从模具上脱落。另外, 对一些特殊制品也开发出各种特殊结构的模具, 如: 注射模采用热流道结构, 气体辅助注射模中空吹塑模成形技术采用多层共挤挤出机头。

在材料上越来越多地使用专用材料, 使模具的寿命、质量及生产率大大提高, 成本明显降低。在普通冲压设备上, 一般每分钟可冲压几十个冲件, 如果在高速冲压设备上并配合先进的模具则可达到几百甚至上千个制件。

为缩短模具生产周期, 模具生产已经减少了钳工等的手工操作, 特别是复杂曲面型腔的手工加工, 采用了数控镗床、数控仿形铣床、精密磨床、加工中心及数控电火花和电火花线切割机床等来加工。对于多品种小批量生产使用的模具, 也广泛采用快速制模技术。

在生产管理上进行专门化和标准化生产，包括模板、导柱等通用零件的标准化、商品化。

模具的设计与管理采用 CAD/CAE/CAM 系统技术。采用 CAD 技术，模具设计可集中于方案构思和结构优化创造性工作；CAE 技术可以分析预测模具结构设计中相关参数的正确性；CAM 技术则使各种数控机床成为模具加工的主要设备，模具型腔的几何数据，可以直接转换为数控机床刀具的运动轨迹，形成 NC 代码，使型腔和型芯的加工精度和效率大大提高。

模具生产技术主要有以下三方面的要求。

其一，扩大标准化程度，组织批量生产，以改善单件生产状态。组成模具的零部件大部分属于一般性机械，可通用。成形工作零件，如凸、凹模及相配套的成形零件都已标准化，可组织专业化生产。

其二，各类零件有各自的精度要求，由于工作部分零件是根据产品零件的形状、尺寸精度等技术要求设计的，因此，其工作部分的零件精度必须高于制件1~2个以上精度等级，并且达到产品零件的形状和力学、物理性能及使用性能等技术要求。模具中的其它零部件也必须相应地提高设计和制造的技术要求。

其三，应采用高性能模具材料，为提高模具性能充分发挥高效率生产的特点。其工作部分零件须采用高性能合金钢制造，并相应地采用良好的强韧化及表面强化热处理工艺，以保证和充分发挥材料潜力，提高其使用寿命和性能。模具中的其它零部件，特别是在工作过程中有相对运动而产生摩擦的零件（导柱、导套、滑块及卸料板），均需提高制造与使用性能，可采用优质合金钢。

模具在生产过程中，装配是重要环节之一。装配质量直接影响制件的质量，装配必须按照基本程序进行。

模具装配的组织形式取决于生产批量，通常分为固定式和移动式两种形式。

固定式装配是指在固定的工作地点将零件装配成部件或模具，固定式装配又分为集中装配和分散装配两种形式。

移动式装配是指每一装配工序都按一定时间完成，装配后的部件或模具经传送工具输送到下一个工序。根据传送工具的运动情况，移动式装配又分为断续移动式 and 连续移动式两种形式。

目前常采用的装配方法有以下几种。

① 互换装配法：通过控制零件加工制造误差来保证装配精度。它可分为完全互换装配法和部分互换装配法。

② 修配装配法：装配时修去指定零件的预留修配量，使之达到装配精度的

要求。此方法广泛适用于单件小批量生产的模具装配，常用的修配方法有指定零件修配法和合并加工修配法。

③ 调整装配法：用改变模具中可调整零件相对位置或变化一组固定尺寸零件（垫片或垫圈），来达到装配精度要求。该种方法的实质与修配装配相同，常用的调整装配有可动调整法和固定调整法。

第 2 章 模具材料

2.1 模具材料的性能要求

模具材料品种很多，通常按模具钢种类进行分类，其中模具钢分为冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢、玻璃模具钢和压铸模具钢。其它模具材料包括：铸铁、有色金属及合金、硬质合金、钢结硬质合金及非金属材料。模具材料性能指标直接影响模具产品的质量、成本、使用寿命等，因此对模具材料的性能有较高的要求。

2.1.1 模具材料的主要性能指标

模具性能指标主要包括以下几项。

(1) 硬度和热硬性 对于任何材料都有一定的硬度，它是衡量材料软硬程度的性能指标。成形用模具材料应具有足够的硬度，以确保使用性能和使用寿命。通常情况下，冷作模具的硬度在 52~60HRC 范围内，热作模具的硬度一般在 40~52HRC 范围内。

硬度反映的是一种综合的力学性能，其值可以间接地反映零部件的强度、塑性、韧性、抗疲劳强度及耐磨性等力学性能指标。所以，图样标注的硬度就反映了模具材料的各种性能要求。

热硬性是指模具在受热或高温条件下，能够保持高硬度的能力。大多数热作模具和一些冷作模具应具有一定的热硬性，否则无法满足模具的工作要求。

模具用钢的化学成分、热处理工艺或表面热处理工艺，决定了其硬度和热硬性指标，因此，采用各种处理工艺可以改善材料本身的性能要求。

(2) 耐磨性 由于模具特有的工作性质，要求工作表面要有足够的耐磨性，从而避免模具工作面磨损。对于模具来讲，其耐磨性是衡量模具使用寿命的重要指标。

模具的磨损多种多样，形式复杂。常见的有磨粒磨损、黏着磨损、氧化磨损及疲劳磨损等。磨损形式与材料本身有关，如冷作模具材料的主要磨损形式是磨粒磨损和黏着磨损；热作模具的磨损形式主要是氧化磨损。

影响磨损性能的因素各不相同，一般情况下，其影响因素主要是硬度和内部

组织。冲击载荷较小时，耐磨性与硬度成正比关系；当冲击载荷较大时，在临界点以下，表面硬度越高耐磨性越好，当超过临界点时，则硬度越高耐磨性反而降低。

从钢内部组织本身分析，铁素体的耐磨性最差，马氏体的耐磨性较好，下贝氏体的耐磨性最好。另外，对耐磨性有明显影响因素的还有碳化物的性质、数量和分布状态等。

(3) 强度 材料的强度是指抗变形、抗断裂、抗疲劳的能力。

抗疲劳能力是指在承受交变载荷状态下，材料的抵抗疲劳破坏的能力。根据不同的应用场合，又分为疲劳强度和小能量多冲抗力。对于热作模具多数是在急冷急热条件下工作，必然发生不同程度的冷热疲劳。因此，还应把抗冷热疲劳强度作为热作模具的一项重要指标。

抗变形能力是评价冷作模具材料和热作模具材料的，评价冷作模具材料抗变形能力的条件是在常温下测试它的屈服点 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ ；评价热作模具材料抗变形能力的指标是，高温屈服点。当模具的工作应力超过模具材料的相应屈服点时，模具就会产生过量塑性变形而失效。

反映冷作模具材料的抗断裂性能的指标是室温下的抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 和抗弯强度 σ_{bb} 等。反映热作模具材料的抗疲劳性能的指标除了抗拉强度等外，还包括断裂韧度（即反映裂纹扩展的抗力指标），因为大多数热作模具的断裂属于表面热疲劳裂纹扩展所造成的断裂。

影响强度的主要因素有：材料的化学成分、冶金质量、晶粒大小、组织类型，碳化物的形状、数量、大小及分布。

(4) 韧性 韧性是材料在冲击载荷作用下抵抗产生裂纹的一种特性，反映了模具的抗脆断能力。该指标一般用冲击韧度 α_K 进行评价。冷作模具材料因多在高硬度状态下使用，在此状态下 α_K 值很小，很难相互比较，因而常根据静弯曲挠度的大小来比较其韧性的高低。工作时承受巨大冲击载荷的模具，须把冲击韧度作为一项重要的性能指标。影响韧性的因素同强度的影响因素一样。

2.1.2 模具材料的要求

模具使用寿命和材料的性能有关，模具失效（模具工作部分发生严重磨损或损坏而不能用一般修复方法使其重新工作的现象）形式主要有：断裂、过量变形、表面损伤和冷热疲劳。冷热疲劳主要出现于热作模具，其它三种失效形式在冷、热作模具上均可能出现。

根据模具材料性能指标和失效形式，工程上对模具用材有如下的基本要求。

(1) 具有足够的强度和耐磨性 模具在工作过程中，始终承受着制件与模具内表面的摩擦。为提高使用寿命，用于制作模具的材料必须具有极强的耐磨性；

不论是塑料模还是冷冲模，工作过程中都受到冲击，特别是冷冲模，因此用于制造模具的材料应具有很高的强度。

(2) 具有良好的加工工艺性 制造模具所选材料，应能适应各种加工工艺性能的要求。

① 锻造工艺的影响。锻造在很大程度上影响模具的质量和使用寿命，通过合理的锻造工艺，在得到所需形状的模具毛坯的同时，还可以改善材料组织与性能，如可焊合气孔、疏松、微裂等，提高了材料的致密度；改变原材料中的流线方向，使模具中的流线分布合理；消除碳化物的偏析，使大块碳化物破碎并均匀分布。

但如果锻造工艺不合理或操作不当，不但不会有上述效果，还会出现锻造裂纹、过热和过烧缺陷，使锻件成为废品。过热的锻件需经正火或退火处理，但如果退火不充分，仍保留粗大晶粒，模具在使用过程中易出现早期断裂。另外，如果模具中流线分布不合理也会降低抗断裂能力。

② 机械加工的影响。在切削加工过程中，一定要保证模具工作表面粗糙度值的要求，模具工作表面留有加工刀具的痕迹，就可能形成疲劳裂纹源。

模具在淬火、回火后一般都要进行磨削加工，该工序属于精加工，其目的是获得较低的粗糙度值。

③ 电加工的影响。模具制造常用的电加工方法是电火花线切割、电火花成形加工等，主要用于孔和型腔等的加工。加工时火花放电处的瞬时高温可达10000℃以上，高温使金属快速熔化，同时又快速凝固使表面形成高硬度的白亮层，即电烧层。熔化层的厚度应控制在10μm以下，以减少不利影响，高硬层还可提高表面的耐磨性。

(3) 合理选择模具材料 选择模具用材料应综合考虑，不能一味追求某一项指标，不仅要考虑制件的性质、尺寸和精度要求，模具类别、结构和型腔的复杂程度，还要考虑模具的生产批量，质量、寿命要求和被选用材料的性能特点，表2-1是依据批量选材的实例。从表中可看出，同是冲裁软钢薄板，但由于生产批量不同，冲裁模的选材有很大差异，体现出了合理选材的要求。

表 2-1 薄钢板冲裁模具材料选用要求

制件材料	生产批量/件						
	<100	<1000	<1000	<10 万	<50 万	<100 万	>100 万
软态低碳钢板 (厚度<1mm)	—	冲头:50 钢 凹模:锌合金	T10A	T10A 9Mn2V	MnCrWV	Cr12MoV	硬质合金 YG15、YG20、GT35
普通级低碳钢板 (厚度<1mm)	锌合金	普通铸铁	普通铸铁	合金铸铁	—	Cr12MoV Cr6WV	—

(4) 合理确定模具工作硬度 模具的工作硬度是模具制造中技术要求最重要

的指标，其原因是硬度与材料的其它力学性能指标密切相关。通常情况下，模具的早期失效大多数是由于硬度过高而断裂，少数是由于硬度过低而变形或磨损。因此，在一定条件下存在着模具工作硬度的最佳值。

(5) 模具材料的冶金质量要求 模具钢的冶金质量对模具的失效形式和使用寿命有很大影响。其内部非金属夹杂物自身的强度和塑性很低，极易形成裂纹源，从而引起模具早期断裂。若钢中碳化物数量过多，且形状、尺寸及分布不理想，则严重降低钢的韧性和抗断裂能力，致使模具产生崩块、折断、劈裂等。中心疏松与白点，会降低钢材抗压强度，易发生模具工作面凹陷和淬火开裂。

根据上述分析可知，在选择材料时要严格按照材料的技术条件和标准进行，以减少钢中的夹杂物。

(6) 热处理要求 在模具结构、材料和使用条件不变的情况下，保证热处理的质量，采用最佳的热处理工艺和表面强化处理技术是充分发挥模具材料潜力、提高模具使用寿命的关键。如果热处理工艺不合理或操作不当而引起热处理缺陷，则会严重损害模具的使用性能，并导致模具的早期失效。因此，模具材料的热处理必须规范，应严格按照工艺要求执行操作。

2.2 常用冷作模具钢的性能与牌号

在模具制造中，目前应用最多的冷作模具材料是冷作模具钢和硬质合金。制造模具的材料特性、热处理方法或工艺等是模具制造的重要环节。根据制造和使用要求合理地选择冷作模具材料则更重要。

2.2.1 冷作模具钢的性能要求

冷作模具主要包括：冲裁模、冷镦模、冷挤压模、拉拔模及成形模。各种模具的性能要求有所不同。

(1) 冲裁模具钢性能的要求 冲裁模是用于各种板料的冲切成形，其功能可分为落料模、冲孔模和切边模等。冲裁模的工作部位是刃口，工作时刃口部位受到弯曲和剪切力的作用，同时也承受着冲击力的作用。由于上述原因，致使板料与刃口部位产生强烈的摩擦。

冲裁模的正常失效形式主要是磨损，经过一段时间的使用，刃口会逐渐变得圆钝。当磨损到一定程度，冲裁件则产生毛刺而影响制件质量。为保证产品质量，生产中常用磨削的方法恢复刃口的锋利度。经过数次磨削，模具凸模变短，凹模变薄最终而无法使用。

基于上述分析，冲裁模具用钢的主要性能要求应满足高硬度和高耐磨性；应具有足够的抗压和抗弯强度，同时应具有适当的韧性。由于被冲板料的厚度不