



课程认识

0.1 模具制造技术的发展

1. 模具在现代工业生产中的地位

在现代工业生产中,模具是重要的工艺装备之一,它在铸造、锻造、冲压、塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金、陶瓷制品等的生产行业中得到了广泛应用。产品采用模具制造,可以提高生产效率、保证零件质量、节约材料、降低生产成本,从而取得很高的经济效益。因此,模具成形方法在现代工业(如机械、电子、轻工、交通和国防工业)的主要部门中得到了极其广泛的应用。

2. 我国模具制造技术的现状和发展趋势

利用模具生产零件的方法已成为工业上进行成批或大批生产的主要技术手段,它对于保证制品质量,缩短试制周期,进而争先占领市场,以及产品更新换代和新产品开发都具有决定性意义。德国把模具称为“金属加工中的帝王”,把模具工业视为“关键工业”;美国把模具称为“美国工业的基石”,把模具工业视为“不可估量其力量的工业”;日本把模具说成是“促进社会富裕繁荣的动力”,把模具工业视为“整个工业发展的秘密”。我国将模具工业视为整个制造业的“加速器”。

从另一方面来看,机床、刀具工业素有“工业之母”之称,在各个工业发达国家中都占有非常重要的地位。由于模具工业的重要性,模具成形工艺在各个工业部门得到了广泛的应用,使得模具行业的产值已经大大超过机床、刀具工业的产值。这一情况充分说明了在国民经济蓬勃发展的过程中,在各个工业发达国家对世界市场进行激烈争夺的过程中,越来越多的国家采用模具来进行生产,模具工业明显地成为技术、经济和国力发展的关键。

因此,要使国民经济各个部门获得高速发展,尽快缩短和发达国家之间的差距,加速实现社会主义现代化步伐,唯一的出路就是必须尽快将模具工业搞上去,使模具生产形成一个独立的工业部门,从而充分发挥模具工业在国民经济中的关键作用。近年来,我国的模具制

造技术也有较大发展,从过去只能制造简单模具,发展到今天可以利用现代制造技术生产一些大型、精密、复杂、长寿命的模具。为了尽快发展我国的模具工业,国家已采取了许多具体措施,如给专业模具厂投资以供其进行技术改造,将模具列为国家规划重点科研攻关项目,派有关工程技术人员出国学习考察,引进国外先进模具制造技术,制定有关的模具标准等。通过这一系列措施的实施,使得我国模具工业有了很大发展,并在某些技术方面有所突破。

在科学技术的发展过程中,各学科之间总是相互促进、相互依赖的,模具制造技术的发展也离不开相关技术的发展,主要表现在以下几个方面。

1) 制造设备水平的提高促进模具制造技术发展

随着先进、精密和高自动化程度的模具加工设备的应用,如数控仿形铣床、数控加工中心、精密坐标磨床、连续轨迹数控坐标磨床、高精度低损耗数控电火花成形加工机床、慢走丝精密电火花线切割机床、精密电解加工机床、三坐标测量仪、挤压研磨机、激光快速成形设备等模具加工和检测设备的应用,拓展了可进行机械加工模具的范围,提高了加工精度,降低了制件的表面粗糙度值,大大提高了加工效率,推进了模具设计制造一体化的发展。

2) 新材料的应用促进模具制造技术发展

模具材料是影响模具寿命、质量、生产效率和生产成本的重要因素。只有高质量的、品种齐全的模具材料,模具的质量才有可能真正提高。目前,我国模具的平均使用寿命仅为国外模具平均使用寿命的 $1/5 \sim 1/3$,在造成这一差距的因素中,模具材料和热处理方面的影响占 60% 以上。经过多年努力,我国已经研究开发了几千种模具新钢种和硬质合金材料,实践证明,这些材料具有良好的使用效果。目前,有关部门正在继续开发生产塑料模具钢、压铸模具钢、高强韧、高耐磨优质模具钢等。在实际生产中,为促进模具制造技术的提高,模具设计者和制造者应大力推广应用新型模具材料,以提高我国模具平均使用寿命。

热处理是提高模具钢的强韧性和表面性能,发挥模具钢潜力的有效措施。为了提高模具基体的强度、刚度和韧性,应进一步完善和推广使用组织预处理、高淬低回、低淬低回、低温快速退火等热处理工艺;为使模具表面强化,即提高模具表面的强度、润滑性、耐蚀性,应推广化学热处理(氮化、硫化)、渗金属、化学沉积、电镀、涂层及电火花强化等技术。

3) 标准化程度的提高促进模具制造技术发展

模具的标准化是模具工业与模具技术发展的重要标志。到目前为止,我国已经制定了冲压模、塑料模、压铸模和模具基础技术等方面的 50 多项国家标准,基本满足国内模具生产发展的需要。产品的商品化程度也大大提高。商品化推动了专业化生产,降低了制造成本,缩短了制造周期,提高了标准件的内外质量,也促进了新型材料的应用。随着我国加入世界贸易组织(WTO),模具标准化程度的提高有着更加深远的意义。

4) 计算机辅助模具设计和制造(CAD/CAM)

模具 CAD/CAM 技术的发展极大地促进了模具制造技术的发展。我国的模具设计与制造正朝着数字化方向发展,国内外一些通用或专用软件已经得到了比较普遍的应用,特别是模具成形零件方面的软件,这种技术采用计算机辅助设计,进而将数据交换到加工制造设备上,实现计算机辅助制造,或将设计与制造连成一体实现所谓的设计制造一体化。计算机辅助设计制造不仅提高了设计速度,还可以实现模具工作状况的模拟;不仅可以依据设计模型进行自动加工程序的编制,还可以实现加工结束后的自动检测。实践证明,采用计算机

辅助设计与制造技术大大缩短了模具的制造周期,提高了模具成形零件的设计制造质量。

尽管我国的模具工业发展较快,模具制造的水平也在逐步提高,但与工业发达国家相比仍存在较大差距,主要表现在模具品种少、精度差、寿命短、生产周期长、经济效益差、力量分散、管理水平低等方面。由于模具制造技术的相对落后,造成了模具供不应求的状况,远不能适应国民经济发展的需要,严重影响工业产品品种的发展和质量的提高。许多模具(尤其是精密、复杂、大型模具)由于国内制造水平的限制,不得不依赖进口。

应该看到,我国模具工业要想在短时间内赶上世界工业发达国家的水平,还要付出许多艰苦的努力。根据我国模具技术的发展现状及存在的问题,模具制造技术今后应朝着以下几个方面发展:

- (1) 模具制造技术向生产精密、高效、长寿命模具方向发展,以满足模具市场的需要。
- (2) 加速模具标准化和商品化进程,以提高模具质量、缩短模具制造周期。
- (3) 大力开发和推广模具 CAD/CAM 技术,以提高模具制造过程的自动化程度。
- (4) 积极开发模具制造的新工艺、新技术,以满足用户对模具的不同需求。
- (5) 发展模具专业化生产,以提高模具制造的反应灵活性并提高质量和效率。

0.2 模具制造的特点及基本要求

1. 模具制造的特点

模具生产具有一般机械产品生产的共性,同时又具有其特殊性。与一般机械制造相比,通常模具制造难度较大。作为一种专用工艺装备,模具生产和工艺主要有以下几个方面的特点。

(1) 制造质量要求高。模具制造不仅要求加工精度高,而且还要求加工表面质量好。一般来说,模具工作部分的制造公差都应该控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 以内,有的甚至要求在微米级范围内;模具加工后的表面缺陷要求非常严格,而且工作部分的表面粗糙度要求 $Ra \leq 0.8\mu\text{m}$ 。

(2) 形状复杂。模具的工作部分一般都是二维或三维的复杂曲面(尤其型腔模具),而不是一般机械加工的简单几何形面。

(3) 模具生产为单件、多品种生产。每副模具只能生产某一特定形状、尺寸和精度的制件。在制造工艺上尽量采用通用机床、通用刀量具和仪器,尽可能地减少专用工具的数量。在制造工序安排上要求工序相对集中,以保证模具加工的质量和进度,简化管理和减少工序周转时间。

(4) 材料硬度高。模具实际上是一种机械加工工具,其硬度要求较高,一般都是用淬火合金工具钢或硬质合金等材料制成,若用传统的机械加工方法制造,往往比较困难,所以模具加工方法有别于一般机械加工。

(5) 生产周期短。由于新产品更新换代的加快和市场竞争的日趋激烈,要求模具生产周期越来越短。模具的生产管理、设计和工艺工作都应该适应这一要求。提高模具的现代设计、制造和标准化水平,以缩短制造周期。

(6) 成套化生产。当某个制件需要多副模具加工时,前一模具所制造的产品是后一模

具的毛坯,模具之间相互牵连制约,只有最终制件合格,这一系列模具才算合格。因此,在模具的生产和计划安排上必须充分考虑这一特点。

2. 模具制造的基本要求

研究模具制造的过程,就是研究探讨模具制造的可能性和如何制造的问题,进而研究怎样以较低的成本、较短的周期制造高质量模具的问题。成本、周期和质量是模具制造的主要技术经济指标。严格地讲,寻求这三个指标的最佳值,单从模具制造的角度考虑是不够的,应综合考虑设计、制造和使用这三个环节,三者要协调。“设计”除考虑满足使用功能外,还要充分考虑制造的可行性;“制造”要满足设计要求,同时也制约设计,并指导用户使用。设计与制造也要了解“使用”,使得设计在满足使用功能等前提下便于制造,为达到较好的技术经济指标奠定基础。

应用模具的目的在于保证产品质量、提高生产率和降低成本等。为此,除了正确进行模具设计,采用合理的模具结构之外,还必须以先进的模具制造技术作为保证。模具制造应满足以下基本要求。

(1) 制造精度高。模具精度主要是由其制品精度和模具结构的要求来决定的。为了保证制品精度,模具的工作部分精度通常要比制品精度高 2~4 级;模具结构对上下模之间配合有较高的要求,为此,组成模具的零部件都必须有足够高的制造精度,否则将不可能生产出合格的制品,甚至会使模具损坏。

(2) 使用寿命长。模具是相对比较昂贵的工艺装备,其使用寿命长短将直接影响产品的成本。因此,除了小批生产和新产品试制等特殊情况下,一般都要求模具有较长的使用寿命,在大批量生产的情况下,模具的使用寿命更加重要。

(3) 制造周期短。模具制造周期的长短主要取决于设计的模具标准化程度、制造技术和生产管理水平的的高低。为了满足产品市场的需要,提高产品的竞争能力,必须在保证质量的前提下尽量缩短模具制造周期。

(4) 模具成本低。模具成本与模具结构的复杂程度、模具材料、制造精度等要求及加工方法有关。模具技术人员必须根据制品要求合理设计和制定其加工工艺,降低成本。

需要指出的是,上述四项指标是相互关联、相互影响的。片面追求模具精度和使用寿命必然会导致制造成本的增加。当然,只顾降低成本和缩短制造周期而忽视模具精度和使用寿命的做法也是不可取的。在设计与制造模具时,应根据实际情况作出全面考虑,即应在保证制品质量的前提下,选择与制品生产量相适应的模具结构和制造方法,使模具制造周期短、成本低。

0.3 本课程的性质、任务和学习方法

本课程为机械制造工艺技术专业的主要专业课之一。通过本课程的学习,使学生掌握模具制造的基本专业知识和常用工艺方法,了解和掌握先进模具制造技术,具有分析模具结构工艺性的能力,提高模具设计的综合水平;使学生具有较强的从事模具制造工艺技术工作和组织模具生产管理的能力。

由于现代工业生产的发展和材料成形技术的应用,对模具制造技术的要求越来越高。

模具的制造方法已不再是过去意义上的传统的一般机械加工,而是广泛采用了现代加工技术和现代管理模式。通过本课程的学习,要求学生掌握各种现代模具加工方法的基本原理、特点及加工工艺,掌握各种制造方法对模具结构的要求,以提高学生分析模具结构工艺性的能力。

由于模具制造工艺发展迅速,同时本课程的实践性很强、涉及的知识面较广,因此学生在学习本课程时,除了重视其中必要的工艺原理与特点等理论学习外,还应密切关注模具制造的新发展,特别注意实践环节,尽可能参观有关展览及模具制造和使用工厂,认真参加现场教学和实验,以增加感性认识,提高动手能力。



自测题

项目1

项目目标

- (1) 掌握模具机械加工工艺规程中的基本概念;
- (2) 掌握制定模具机械加工工艺规程的步骤;
- (3) 熟悉模具零件机械加工工艺路线的制定;
- (4) 理解如何确定工序内容;
- (5) 掌握加工余量及工序尺寸的确定。

主要知识点

- (1) 生产过程、工艺过程、机械加工工艺过程及其组成;
- (2) 模具零件的工艺分析;
- (3) 毛坯的种类;
- (4) 基准的概念及其选择;
- (5) 表面加工方法的选择、加工顺序的确定、加工余量、工序尺寸。

1.1 项目导入

图 1-1 为冲模的模柄(材料为 Q235),在本项目教学中将以图 1-1 为例讲解如何正确分析零件图,选择毛坯,拟订工艺路线,填写工艺文件。

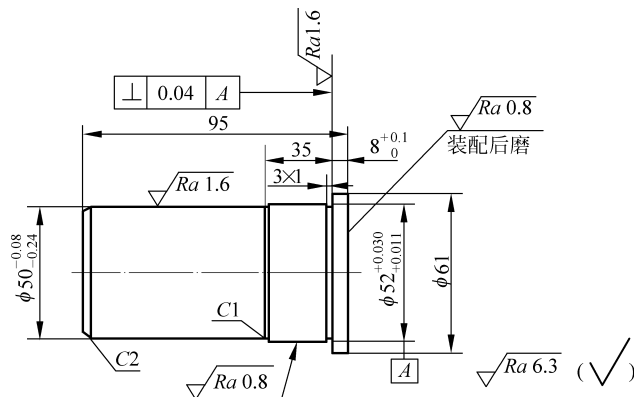


图 1-1 模柄零件图

1.2 相关知识

1.2.1 概述

1. 基本概念

1) 生产过程

制造模具时,将原材料或半成品转变成为成品的各有关劳动过程的总和称为生产过程。具体地讲,模具制造是在一定的工艺条件下,改变模具材料的形状、尺寸和性质,使之成为符合设计要求的模具零件,再经装配、试模和修整而得到整副模具产品的过程。广义的模具生产制造过程还应包括生产技术准备、模具零件加工和模具装配等阶段。

(1) 生产技术准备过程,这个过程主要是完成模具产品投入生产前的各项生产和技术准备工作,如模具产品的试验研究和设计,工艺设计和专用工艺装备的设计与制造;各种生产资料的准备以及生产组织等方面的准备工作。

(2) 毛坯的制造过程,如铸造、锻造和冲压等。

(3) 模具零件的各种加工过程,如模具的机械加工、焊接、热处理和其他表面处理等。

(4) 产品的装配过程,包括部装、总装、检验试模和油封等。

(5) 各种生产服务活动,如生产中原材料、半成品、标准件、外购件和工具的准备、供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

由上述过程可以看出,模具产品的生产过程是相当复杂的,为了便于组织生产和提高劳动生产率,现代模具工业的发展趋势是自动化、专业化生产。这样各工厂的生产过程就变得比较简单,有利于保证质量、提高效率和降低成本。如模具零件毛坯的生产,由专业化的毛坯生产工厂来承担;模具上的导柱、导套、顶杆等零件,由专业化的标准件厂来完成。这既有利于模具上各种零件质量的保证,也利于降低成本。

2) 工艺过程

在模具制造过程中,对于那些使原材料成为成品的直接有关的过程称为工艺过程,如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等。

3) 机械加工工艺过程

以机械加工方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使其成为合格模具零件的过程,称为模具机械加工工艺过程。

4) 机械加工工艺规程

在确定合理的机械加工工艺过程后,以文字和图表形式作为加工的技术文件,即为模具机械加工工艺规程。

2. 模具的机械加工工艺过程

模具的机械加工工艺过程是比较复杂的。在这个过程中,根据被加工零件的结构特点和技术要求,常需要采用各种不同的加工方法和设备,并通过一系列加工步骤,才能将毛坯变成所需的零件。机械加工工艺过程由一个或若干个按顺序排列的工序组成,毛坯依次经

过这些工序变为成品。

1) 工序

工序是组成工艺过程的基本单元。工序是指一个(或一组)工人在同一个工作地点,对一个(或同时几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程。

根据这一定义,只要工人、工作地点、工作对象(工件)之一发生变化或不是连续完成,则应成为另一个工序。例如,一批工件上某个孔的钻、铰加工,如果每一个工件在同一台机床上钻孔后继续铰孔,那么,该孔的钻、铰加工过程是连续的,视为一道工序。若在同一机床上首先完成此批工件的钻孔,然后再逐个工件铰孔,此时,每个工件的钻、铰加工过程不连续,钻、铰加工应该划分成两道工序。

如图 1-2 所示,阶梯轴零件的加工内容是:加工小端面,对小端面钻中心孔;加工大端面,对大端面钻中心孔;车大端面外圆,对大端倒角;车小端外圆,对小端倒角;铣键槽,去毛刺。这些加工内容可以安排在两个工序中完成(见表 1-1),也可以安排在四个工序中完成(见表 1-2),还可以有其他安排。工序安排和工序数目的确定与零件的技术要求、零件的数量和现有工艺条件等有关。显然,工件在四个工序中完成时,精度和生产率均较高。

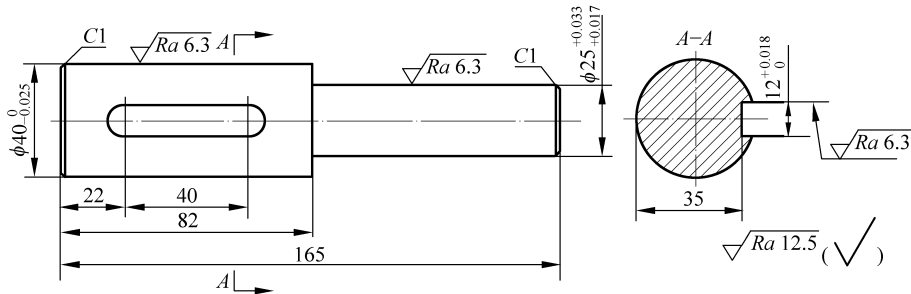


图 1-2 阶梯轴零件

表 1-1 阶梯轴第一种工序安排方案

工序号	工 序 内 容	设备
1	加工小端面,对小端面钻中心孔;粗车小端外圆,对小端倒角;加工大端面,对大端面钻中心孔;粗车大端外圆,对大端倒角;精车外圆	车床
2	铣键槽,手工去毛刺	铣床

表 1-2 阶梯轴第二种工序安排方案

工序号	工 序 内 容	设备
1	加工小端面,对小端面钻中心孔;粗车小端外圆,对小端倒角	车床
2	加工大端面,对大端面钻中心孔;粗车大端外圆,对大端倒角	车床
3	精车外圆	车床
4	铣键槽,手工去毛刺	铣床

2) 安装

确定工件在机床或夹具上占有一个正确位置的过程,称为定位。工件定位后将其固定,使之在加工过程中保持定位位置不变,即夹紧。工件的定位和夹紧过程称为装夹。在某一

工序中,有时需要对工件进行多次装夹加工,工件经一次装夹后所完成的那部分工序称为安装。例如,表 1-1 中的工序 1,需有三次装夹,才能完成全部工序内容,因此该工序共有三个安装;表 1-1 中工序 2 是在一次装夹下完成全部工序内容,故该工序只有一个安装(见表 1-3)。

表 1-3 工序和安装

工序号	安装号	工 序 内 容	设备
1	1	车小端面,钻小端面中心孔;粗车小端外圆,倒角	车床
	2	车大端面,钻大端面中心孔;粗车大端外圆,倒角	
	3	精车外圆	
2	1	铣键槽,手工去毛刺	铣床

3) 工位

在工件的一次装夹中,通过分度(或移位)装置,使工件相对于机床床身变换加工位置,则把每一个加工位置上的安装内容称为工位。图 1-3 所示为通过立轴式回转工作台使工件变换加工位置的例子,即多工位加工。在该例中,共有四个工位,依次为装卸工件(工位 I)、钻孔(工位 II)、扩孔(工位 III)、铰孔(工位 IV),实现了在一次装夹中同时进行钻孔、扩孔和铰孔加工。由于采用了多工位夹具,减少了工件安装次数,缩短了工序时间,提高了生产率。

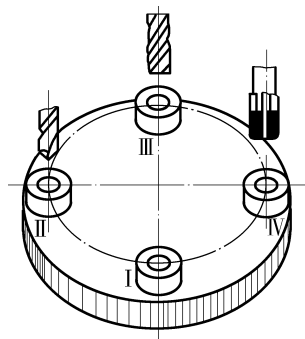


图 1-3 多工位加工

4) 工步

在一个工序内,往往需要采用不同的刀具和切削用量,对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容,还可将工序进一步划分为工步。当加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变时,所完成的那部分工序称为工步。

5) 走刀(行程)

在一个工步内由于被加工表面需切除的金属层较厚,需要分几次切削,则每进行一次切削就是一次走刀。走刀是工步的一部分,一个工步可包括一次或多次走刀。

3. 生产纲领与生产类型

1) 生产纲领

企业在计划期内应生产产品(或零件)的年产量和进度计划称为该产品的生产纲领。

某零件的生产纲领可按下式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha\% + \beta\%) \quad (1-1)$$

式中, N 为零件的生产纲领,件/年; Q 为产品的年产量,台/年; n 为每台产品中该零件的数量,件/台; $\alpha\%$ 为该零件的备品率; $\beta\%$ 为该零件的废品率。

2) 生产类型

企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类称为生产类型。一般按年产量划分为以下三种类型。

(1) 单件生产

单件生产的基本特点是产品品种繁多,每种产品仅生产一件或数件,各个工作地的加工

对象经常改变,而且很少重复生产。

(2) 成批生产

成批生产的基本特点是产品品种多,同一产品有一定的数量,能够成批进行生产,或者在一段时间之后又重复某种产品的生产。一次投入或生产的同一产品(或零件)的数量称为生产批量。按照批量的大小,成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。

(3) 大量生产

大量生产的基本特点是产品品种单一而固定,同一产品产量很大,大多数工作地长期进行一个零件某道工序的加工,生产具有严格的节奏性。

表 1-4 所列是按产品年产量划分的生产类型,供确定生产类型时参考。

表 1-4 生产类型和生产纲领的关系

生产类型		生产纲领/(台/年或件/年)		
		重型零件(30kg 以上)	中型零件(4~30kg)	轻型零件(4kg 以下)
单件生产		≤5	≤10	≤100
成批生产	小批生产	>5~100	>10~150	>100~500
	中批生产	>100~300	>150~500	>500~5000
	大批生产	>300~1000	>500~5000	>5000~50 000
大量生产		>1000	>5000	>50 000

从工艺特点上看小批生产和单件生产的工艺特点相似,大批生产和大量生产的工艺特点相似,因此生产上常按单件小批生产、中批生产和大批大量生产来划分类型,并且按这三种生产类型归纳它们的工艺特点(见表 1-5)。从表 1-5 可以看出,生产类型不同,其工艺特点有很大差异。

表 1-5 各种生产类型的工艺特征

特 点	单件小批生产	中 批 生 产	大批大量生产
加工对象	经常改变	周期性改变	固定不变
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模,手工造型,锻件用自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属型,部分锻件采用模锻,毛坯精度中等,加工余量中等	铸件广泛采用金属型机器造型,锻件广泛采用模锻以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
夹具	多用标准夹具,很少采用专用夹具,靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用专用夹具,部分靠划线进行加工	广泛采用先进高效夹具,靠夹具及调整法达到加工要求
刀具和量具	采用通用刀具和万能刀具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	操作工人需要一定的技术熟练度	对操作工人的技术要求较低,对调整工人的技术水平要求较高
工艺文件	有简单的工艺过程卡片	有较详细的工艺规程,对重要零件编制工艺卡片	有详细编制的工艺文件