



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等专科学校教育机械工程类专业规划教材

模具制造技术

成虹 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配 电 子 课 件

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国高等专科学校教育机械工程类专业规划教材

模具制造技术

主编 成虹
参编 江秉华 王静
主审 李学锋 彭志平



机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,紧密结合模具制造企业
企业对模具设计与制造专业应用型人才在知识、能力、素质等方面的要求,
吸收高职高专模具设计与制造专业教学改革的成果,结合作者长期从事教
学和生产实践所积累的经验 and 体会精选内容,主要介绍现代模具制造工
艺、模具装配工艺、模具零件的检测技术,以及模具的表面强化技术等。
本书着力做到以培养学生从事实际工作的基本能力、基本技能为目的,
充分反映模具制造的数控化、标准化的发展趋势,编入了一些参考性的
案例。

本书内容丰富、重点突出、应用性强。主要内容包括:模具制造工艺
规程、模具零件的机械加工、模具数控加工、模具零件电火花加工、模具
的研磨与抛光、模具的快速成型及快速制模技术、模具制造中的测量技
术、模具装配工艺、模具的热处理及表面强化技术。

本书可作为高职高专院校、成人高校及本科院校举办的职业技术学院
模具设计与制造专业教材,也可作为高级技师、高级技工职业资格认证培
训教材,还可供从事模具设计与制造的工程技术人员和自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具制造技术/成虹主编. —北京:机械工业出版社,2010.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 全国高等专科教育机械工
类专业规划教材
ISBN 978-7-111-30603-0

I. ①模… II. ①成… III. ①模具—制造—高等学校:技术学校—教
材 IV. ①TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第085619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:汪光灿 责任编辑:郑丹 王德艳

版式设计:霍永明 责任校对:纪敬

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2010年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.25印张·424千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-30603-0

定价:29.00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

封面防伪标均为盗版

读者服务部:(010)68993821

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据教育部《高职高专教育机械类专门人才培养目标及规格》的要求及模具设计与制造专业教学基本要求编写的。本书的教学参考时数为60~70学时。

在编写本书之前，编者特邀请成都飞机工业公司、长虹模塑公司、华丰企业集团模具公司、成都宏明双新精密模具公司、四川宜宾普什模具有限公司、成都尚明工业公司的模具技术专家研讨企业对模具制造技术岗位人员的技能及知识要求，并就模具制造技术课程教学内容进行了研讨。编者在模具制造技术新技术、新工艺应用情况调研的基础上制订了本书的编写大纲。

全书共分9章，分别是模具制造工艺规程、模具零件的机械加工、模具数控加工、模具零件电火花加工、模具的研磨与抛光、模具的快速成型及快速制模技术、模具制造中的测量技术、模具装配工艺、模具的热处理及表面强化技术。

本书在阐述机械加工共性的同时，重点介绍了模具制造技术的特性，一般机械加工方法从简，模具精密异型加工、特种加工等从详，使学生在掌握一般机械加工常规和较成熟的制造方法的基础上，掌握合理设计模具结构及正确选择模具制造工艺的方法。本书以冲压模具和塑料模具的制造技术为研究对象。

本书强调模具制造工艺及模具制造工艺与模具设计、加工设备、加工材料的关系，所用设备只介绍外部特性，不讲结构和原理，突出模具加工的应用性和针对性，以培养学生的工艺分析能力，使学生能通过正确地分析工艺来选择工艺方法，确保加工的质量、效率和成本。同时，从设计、设备、材料和工艺等全方位考虑问题，寻求工艺设计的整体优化。

本书以现代制造技术为主线，兼顾传统制造技术，突出模具的数控加工技术、特种加工技术，适当介绍了模具的快速成型和表面强化技术。

本书注重模具制造的实际应用，以适应培养模具制造生产一线技术应用型人才的需要。书中的例子和方法主要来源于工程实例。

本书由成虹担任主编，并负责统稿。具体编写分工为：成虹编写第1~4章、第8章，江秉华编写第5~7章，王静编写第9章。

成都航空职业技术学院李学锋、成都电子机械高等专科学校彭志平担任本书主审，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请各位读者不吝赐教。

编 者

目 录

前言

第 1 章 模具制造工艺规程	1
1.1 模具制造工艺规程编制的基本概念	1
1.1.1 生产过程与工艺过程	1
1.1.2 模具的机械加工工艺过程	2
1.1.3 生产纲领与生产类型	3
1.1.4 制订工艺规程的原则和步骤	4
1.2 模具零件图的工艺分析	7
1.2.1 零件的结构分析	7
1.2.2 零件的技术要求分析	7
1.3 零件的基准选择和安装	8
1.3.1 基准的概念	8
1.3.2 工件的安装方式	9
1.3.3 定位基准的选择	9
1.4 工艺路线的拟订	10
1.4.1 表面加工方法的选择	11
1.4.2 成形零件加工方法的确定原则	13
1.4.3 加工阶段的划分	13
1.4.4 工序的集中与分散	15
1.4.5 加工顺序及其确定原则	15
1.4.6 确定模具组装件的配加工方案	16
1.4.7 加工余量与工序尺寸的确定	18
1.4.8 机床与工艺装备的选择	21
思考题与习题	21
第 2 章 模具零件的机械加工	23
2.1 模具导向零件的加工	23
2.1.1 模具导向零件的结构及分类	23
2.1.2 导柱的制造	25
2.1.3 导套的加工	27
2.1.4 滑块和导滑槽	30
2.1.5 斜导柱孔的研磨	32
2.1.6 导轨(滑槽)的加工	33
2.2 模板类零件的加工	33
2.2.1 模板类零件的概述	33
2.2.2 对模板类零件的要求	34
2.2.3 模板上一般孔的加工	35
2.2.4 模板上深孔和小孔的加工	36

2.2.5 模板孔系的坐标镗削加工	37
2.2.6 模板类零件的坐标磨削	40
2.3 凸模与凹模拼块型面的成形磨削加工	44
2.3.1 成形磨削原理与应用	44
2.3.2 成形磨削修整成形砂轮的夹具	45
2.3.3 成形磨削常用的夹具	50
2.3.4 成形磨削时测量调整工具	54
2.3.5 成形磨削实例	55
2.3.6 光学曲线磨削	57
2.3.7 高硬材料精密零件的成形磨削	60
思考题与习题	62
第 3 章 模具数控加工	64
3.1 模具数控加工的基础知识	64
3.1.1 数控加工的基本概念	64
3.1.2 数控机床的工作原理与分类	65
3.1.3 数控加工的特点与应用	66
3.2 数控机床加工的编程基础	67
3.2.1 程序编制的基本方法	67
3.2.2 数控程序的指令和代码	70
3.2.3 数控加工程序的结构与格式	73
3.2.4 数控加工部分基本指令的应用	75
3.3 数控铣床编程要点及示例	83
3.3.1 切削条件选择	83
3.3.2 工艺分析与刀具切削路径	84
3.3.3 编程要点	84
3.3.4 编程示例	84
3.4 加工中心编程要点及示例	85
3.4.1 编程要点	85
3.4.2 编程示例	86
3.5 模具数控加工及数控工艺设计	88
3.5.1 适合数控加工的模具零件结构	88
3.5.2 编程原点及定位基准的选择	89
3.5.3 刀具的选择及走刀	89
3.6 模具的高速数控切削技术	92
3.6.1 高速切削的原理	92
3.6.2 高速切削的关键技术	94

3.6.3 高速切削刀具	96	第5章 模具的研磨与抛光	157
3.6.4 高速切削工艺	96	5.1 模具的研磨	157
3.7 高速铣削的工艺特点及在模具制造 中的应用	97	5.1.1 研磨的基本原理与分类	157
3.7.1 模具的高速铣削加工与传统 铣削加工的比较	97	5.1.2 研磨工艺	159
3.7.2 模具的高速铣削加工与电火花 加工的比较	98	5.2 模具的抛光	162
3.7.3 高速铣削对切削刀具的要求	99	5.2.1 抛光工具	162
3.7.4 合理确定高速铣削数控加工 工艺和加工工艺参数	99	5.2.2 抛光工艺	163
3.7.5 高速铣削对工作人员的要求	101	5.2.3 其他研磨抛光方法	164
思考题与习题	101	思考题与习题	165
第4章 模具零件电火花加工	103	第6章 模具的快速成型及快速制模 技术	166
4.1 电火花加工的基础知识	103	6.1 快速成型制造技术的基本原理与 特点	166
4.1.1 电火花加工的基本原理及必要 条件	103	6.1.1 快速成型制造技术的基本原理	166
4.1.2 电火花加工的特点	104	6.1.2 快速成型加工的特点	168
4.1.3 电火花加工的微观过程	105	6.1.3 快速成型常用软件介绍	169
4.1.4 电火花加工常用术语和符号	106	6.2 快速成型加工的方法	170
4.2 电火花成形加工	109	6.2.1 光固化立体成型 (SLA— Stereo Lithography Apparatus)	170
4.2.1 电火花成形加工机床	109	6.2.2 叠层实体制造 (LOM—Laminated Object Manufacturing)	170
4.2.2 电火花成形加工的控制参数和 主要影响因素	111	6.2.3 选择性激光烧结 (SLS— Selected Laser Sintering)	171
4.2.3 电火花成形加工工具电极的 设计与制造	114	6.2.4 熔融沉积成型 (FDM— Fused Deposition Modeling)	172
4.2.4 电火花成形时电极与工件的 装夹与定位	121	6.3 快速成型技术在模具制造中的应用	172
4.2.5 电火花成形加工的工艺过程 及实例	126	6.3.1 快速制模技术的概念	172
4.3 数控电火花线切割加工	135	6.3.2 快速制模技术的分类及应用	172
4.3.1 电火花线切割加工原理、特点 及应用范围	135	6.4 电铸模具	175
4.3.2 电火花线切割加工机床	136	6.4.1 电铸工艺的原理	175
4.3.3 数控电火花线切割控制系统及 编程方法	139	6.4.2 电铸成型的工艺特点	175
4.3.4 数控电火花线切割加工工艺、 常用夹具及工件的正确装夹 方法	148	6.4.3 电铸成型的工艺流程	175
4.3.5 其他工艺参数对数控电火花线 切割加工工艺的影响	152	思考题与习题	176
思考题与习题	155	第7章 模具制造中的测量技术	177
		7.1 模具零件加工的技术要求和测量 技术	177
		7.1.1 模具检验常用的样板	177
		7.1.2 模具检验常用的三维样型	178
		7.2 模具零件检验用的常规量具	179
		7.2.1 尺寸精度的常规测量工具	179
		7.2.2 形位误差的测量工具	181

7.2.3 角度和锥度的测量用具	182	8.3.3 塑料成型模具典型结构的装配 ...	230
7.2.4 表面粗糙度测量工具	183	思考题与习题	234
7.3 工具显微镜	186	第9章 模具的热处理及表面	
7.3.1 万能工具显微镜的组成及原理 ...	186	强化技术	235
7.3.2 万能工具显微镜的基本测量		9.1 模具的热处理	235
方法	188	9.1.1 模具钢的热处理	235
7.3.3 万能工具显微镜在模具零件		9.1.2 常用冷作模具钢热处理	239
检验中的应用	188	9.1.3 热作模具钢热处理	241
7.4 三坐标测量机	190	9.1.4 塑料模具钢热处理	243
7.4.1 三坐标测量机的分类及构成	190	9.2 模具的表面化学热处理	246
7.4.2 三坐标测量机的测量应用	194	9.2.1 渗碳	246
思考题与习题	197	9.2.2 渗氮	248
第8章 模具装配工艺	198	9.2.3 渗硼	251
8.1 概述	198	9.2.4 多元共渗	252
8.1.1 模具装配的内容和特点	198	9.3 模具的其他表面处理技术	253
8.1.2 模具装配精度的要求	199	9.3.1 激光表面处理技术	253
8.1.3 模具装配的工艺方法及工艺		9.3.2 电火花表面强化	255
过程	199	9.3.3 气相沉积技术	256
8.2 冲压模具的装配	202	9.3.4 TD处理技术	261
8.2.1 冲压模具的装配工艺过程	202	思考题与习题	263
8.2.2 冲压模具零件的组件装配	204	附录	264
8.2.3 冲压模具装配案例	209	附录A 国内外主要模具用材料对照表	264
8.3 塑料成型模具的装配	220	附录B 模具制造技术课程教学指南	265
8.3.1 塑料成型模具的装配工艺过程 ...	220	参考文献	268
8.3.2 塑料成型模具零、部件的组装 ...	221		

1.1 模具制造工艺规程编制的基本概念

1.1.1 生产过程与工艺过程

1. 生产过程

制造模具时，将原材料或半成品转变成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 生产技术准备阶段的主要任务包括分析模具图样，制订工艺规程；编制数控加工程序；设计和制造工装夹具；制订生产计划；制定并实施工具、材料、标准件等外购及零件外协加工计划；各种生产服务活动中的原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

(2) 模具零件加工 模具零件加工的工艺方法非常多，基本可以概括为：

- 1) 传统的切削加工，如车、钳、刨、铣、磨等。
- 2) 非切削加工，如电火花加工、冷挤压、铸造等。
- 3) 数控加工，如数控铣削、加工中心加工等。
- 4) 焊接、热处理和其他表面处理等。

根据模具零件的分类加工对象可以分为两种：

1) 非成形零件加工。这些零件大多是模具的结构零件，且具有国家或行业标准，部分实现了标准化批量生产。在模具工艺规划中，可根据设计要求和企业的生产情况选择外购或由本企业加工。

2) 成形零件加工。成形零件一般结构比较复杂，精度要求也高，有些模具型腔表面要求有纹饰图案。其加工过程主要由成形零件的机械加工、热处理和表面处理加工等环节构成。特种加工、数控加工在模具成形零件加工中应用得非常普遍。

(3) 模具装配 模具装配是根据模具装配图样要求的质量和精度，将加工好的零件组合在一起构成一副完整模具的过程。装配阶段的任务还包括清洗、修配模具零件、试模及修整等。

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、专业化，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。这既有利于保证模具上各种零件的质量，也有利于降低成本。

2. 工艺过程

在模具制造过程中，直接改变工件形状、尺寸、物理性质和相对位置的过程称为工艺过程。按照零件制造过程中采用的工艺方法不同，工艺过程可以分为铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、机械加工、表面处理和装配等。以机械加工方法（主要是切削加工方法）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。合理的机械加工工艺过程确定后，以文字形式记录为加工的技术文件，称为模具机械加工工艺规程。

1.1.2 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，根据零件的结构特点和技术要求不同，常需采用各种不同的加工方法和设备，并通过一系列加工步骤，才能将毛坯转变成所需的零件。为了客观地反映和分析这一过程，并对这一过程作比较准确的描述，需要研究这一过程的组成，并对其组成单元做出科学的定义。机械加工工艺过程是由一个或若干个工序组成的，每个工序又可分为安装、工位、工步和走刀。

1. 工序

一个或一组工人在同一个工作地点，对一个或同一批工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。

工序不仅是组成工艺过程的基本单元，也是组织生产、核算成本和进行检验的基本单元。工序划分的基本依据是加工对象或加工地点是否变更，加工内容是否连续。工序的划分与生产批量、加工条件和零件结构特点有关。例如，图 1.1 所示的有肩导柱（表 1.1 所示为该导柱的尺寸及制造精度要求），当生产数量很少或单

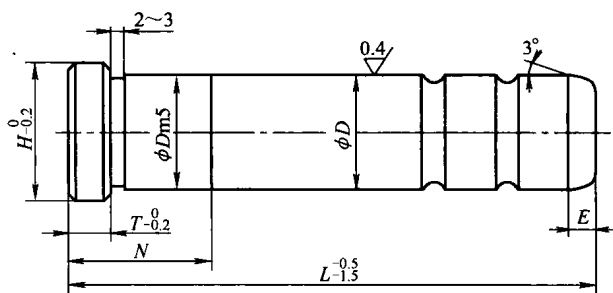


图 1.1 有肩导柱

件生产时，其工序的划分见表 1.2。而当批量生产时，各工序内容可划分得更细，如表 1.2 工序 3 中倒角和切槽都可在专用车床上进行，从而成为独立的工序。

表 1.1 导柱尺寸

(单位：mm)

D		Dm5		T	H	E
8	-0.015	8	+0.012	5	11	3
10	-0.020	10	+0.006		13	4
12	-0.020	12	+0.015		17	5
13		13	+0.007	18		
16	-0.025	16	+0.017	21		
20	-0.025	20		+0.017	25	
25		25		+0.008	30	
30	-0.030	30	+0.020	35		
35	-0.030	35		+0.020	40	
40		-0.040	40	+0.009	45	8
				10		

表 1.2 有肩导柱加工工艺过程

序 号	工 序	工 序 要 求
1	锯	切割 $\phi H \times (L+4\text{mm})$ 棒料 (材料 T10A)
2	车	车端面至长度 $(L+2\text{mm})$, 钻中心孔; 调头车端面, 长度至 L , 钻中心孔
3	车	车外圆 $\phi H \times T$ 至尺寸要求; 粗、精车外圆 $\phi D \times (L-T)$, 留磨量; 倒角、切槽、车 3° 角等
4	热	热处理 55~60HRC
5	研磨	修研中心孔, 调头修研另一中心孔
6	磨	磨 $\phi D (N-T)$, $\phi D (L-N)$ 至各自的尺寸要求

2. 安装

使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, 工件经一次装夹后所完成的那部分工序内容称为一次安装。如表 1.2 工序 2 中, 先装夹工件一端, 车端面至长度 $(L+2\text{mm})$, 钻中心孔, 称为装夹 1; 再掉头装夹工件, 车端面, 长度至 L , 钻中心孔, 称为装夹 2。加工过程中, 应尽量减少安装次数, 以减少安装误差和辅助时间。

3. 工位

为了完成一定的工序内容, 一次装夹工件后, 工件与夹具或设备的可动部分一起相对于刀具和设备的固定部分所占据的每一个位置, 称为工位。利用回转工作台对模板上圆周分布的孔系的加工, 即是多工位加工。

4. 工步

对工序进一步划分即为工步。一道工序 (一次安装或一个工位) 中, 可能只需要一把刀即可加工若干个表面, 也可能虽只加工一个表面, 但却要用若干把不同刀具。在加工表面和加工工具不变的情况下, 连续完成的那一部分工序, 称为一个工步。如上述两项中有一项改变, 就成为另一工步。如表 1.2 工序 3 中, 包括车外圆、倒角、切槽等几个工步。

为了提高加工效率和加工质量, 用几把刀同时加工几个表面的工步称为复合工步, 在工艺文件上可看作一个工步。

5. 走刀 (行程)

有些工步, 由于余量较大或其他原因, 需要用同一刀具, 对同一表面进行多次切削, 则刀具对工件每进行一次切削就是一次走刀 (行程)。走刀是工步的一部分, 一个工步可包括一次或多次走刀。

1.1.3 生产纲领与生产类型

1. 生产纲领

机械产品在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为该产品的生产纲领。机械产品中某零件的生产纲领除了该产品在计划期内的产量以外, 还需包括一定的备品率和平均废品率。零件生产纲领的计算公式为

$$N_0 = Nn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N_0 ——机械零件的生产纲领 (件);

N ——机械产品在计划期内的产量（件）；

n ——每种机械产品中该零件的数量（件）；

α ——该零件的备品率（%）；

β ——该零件的废品率（%）。

2. 生产类型

根据产品的生产纲领，模具零件机械加工的生产类型可分为单件生产和成批生产。

(1) 单件生产 单件生产是指生产的产品品种较多，每种产品的产量很少，同一个工作地点的加工对象经常改变，很少重复生产。一般来讲，模具的生产大多属于单件生产。

(2) 成批生产 产品的品种不是很多，但每一种产品均有一定的数量，同一个工作地点的加工对象周期性地更换，这种生产称为成批生产。如模具的标准模架、导柱导套等属于成批生产。

生产类型不同，则生产组织、生产管理、车间机床布置、毛坯制造方法、机床选用、工具使用、加工或装配方法，以及对工人技术要求等均有所不同。为此，制订模具零件的机械加工工艺和模具的装配工艺时，必须考虑不同生产类型的特点，以取得最大的经济效益。

1.1.4 制订工艺规程的原则和步骤

1. 工艺规程的性质和作用

模具零件机械加工工艺规程就是以规范的表格形式和必要的图文，将模具制造的工艺过程以及各工序的加工顺序、内容、方法和技术要求，所配置的设备 and 辅助工装，所需加工工时和加工余量等内容，按加工顺序，完整有序地编入所形成的模具制造过程的指导性技术文件。因此，模具制造工艺规程的作用是组织、指导、管理和控制模具制造的各个工序。与模具设计图一样，模具制造工艺规程一经编制、审核和批准并签字之后，即具有企业法规的性质，任何人未经填报“更改通知单”，说明更改原因并证明更改的必要性和正确性，未经审核和批准者确认更改并签字，均不得进行任何改动。

2. 制订工艺规程的要点

制定工艺规程的目的就是为了有效地指导并控制各工序的加工质量，使之能有序地按求实施，最终能以先进而又可靠的技术和最低的生产成本、最短的生产周期制造出质量符合用户要求的模具。因此，制定工艺规程时必须做到：

- 1) 技术上具有先进性，尽可能采用国内外的先进工艺技术和设备，取人之长补己之短。
- 2) 选择成本最低，即能源、物资消耗最低，最易于加工的方案。
- 3) 既要选择机械化、自动化程度高的加工方法以减轻工人的体力劳动，又要适应环保要求，为工人创造一个安全、良好的工作环境。

3. 制订工艺规程的步骤

1) 首先应对模具的设计意图和整体结构、各零部件的相互关系和功能以及配合要求等有详尽透彻的了解，准确分析每个零部件的加工工艺性和装配性，方能制订出切合实际、正确无误、行之有效的工艺规程。

2) 根据每个零件的生产纲领，确定其生产类型。

3) 根据所采用的毛坯类型确定毛坯的下料尺寸。

4) 根据图样的技术要求，选定主要加工面的加工方法和定位基准，并确定该零件的加

工顺序。

- 5) 确定各工序的加工余量，即各工序尺寸公差、表面粗糙度，以及技术要求等。
- 6) 配置相应的机床、刀具、夹具、工具和量具。
- 7) 确定各工序的切削参数和工时定额。
- 8) 完成工艺过程综合卡的制订，经审批后下达实施。

4. 工艺规程的内容和常用格式

(1) 工艺规程的内容要求

1) 工艺规程应包括模具或零件的名称、图号、材料、加工数量和技术要求等，有编制、审核、批准者的签字和签字日期。

2) 工艺规程必须明确毛坯尺寸和供货状态（锻坯、型坯）。

3) 工艺规程必须明确工艺定位基准，该基准力求与设计基准一致。

4) 工艺规程必须确定成形件的加工方法和顺序，确定各工序的加工余量、工序尺寸和公差要求，以及工装、设备的配置。

5) 工艺规程必须确定各工序的工时定额。

6) 工艺规程必须确定装配基准（应力求与设计、工艺基准一致）、装配顺序，以及装配方法和要求。

7) 工艺规程必须确定试模要求和验收标准。

(2) 工艺规程的常用格式 工艺规程包括机械加工工艺规程、装配工艺规程和检验规程三部分，但通常以机械加工工艺规程为主，而将装配工艺规程和检验规程的主要内容加入其中。而生产中常以工艺规程卡和工序卡来指导、规范生产。

表 1.3 是某工厂使用的工艺规程卡实例，加工的零件如图 1.2 所示。

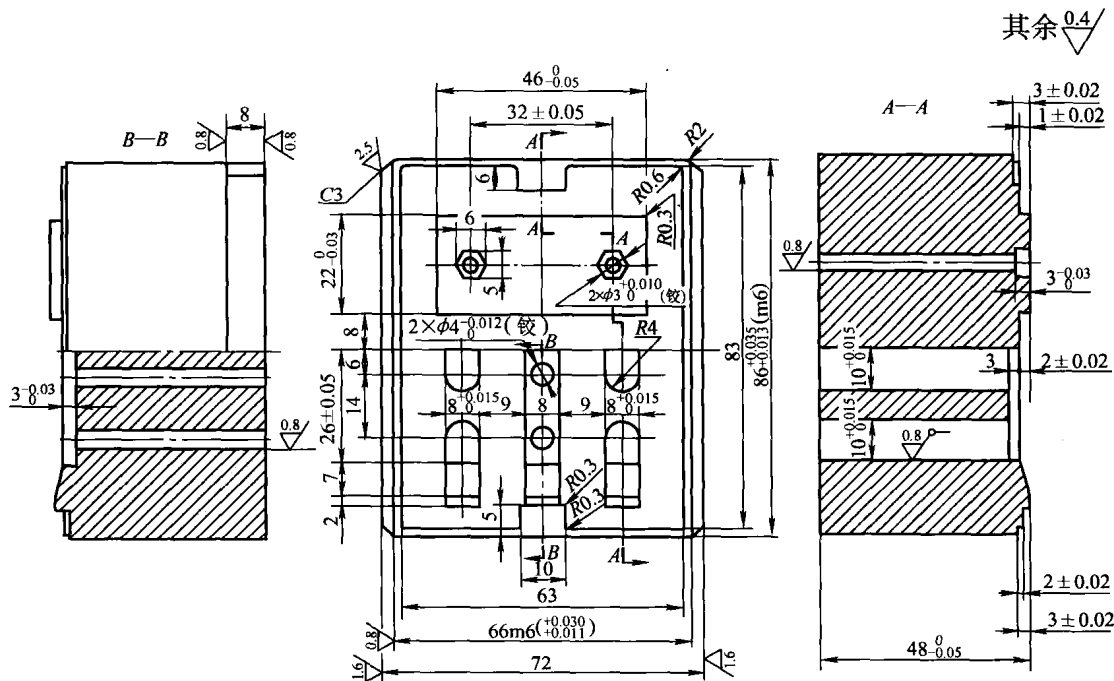


图 1.2 动模型腔镶件

表 1.3 工艺规程卡实例

编制		签字	日期	模具名称	外壳注射模			代用材料		
校审				模具编号				毛坯尺寸		
				加工件名称						
批准				加工件图号				90×76×52		
				材料名称						
				材料牌号	PMS					
工序	工种	机床	加工说明和技术要求	工时定额/h	实际定额/h	制造者	工序检验员	检具	质量	
1	铣	工具铣床	铣六面（留磨量）	3.3				卡尺（只检尺寸）		
2	平磨	平面磨床	磨平六面（留磨量）	1.3				90°量规（检90°及尺寸）		
3	划线	（钳）	① 划 10mm×8mm 型孔和 R4mm 的圆心	0.3						
			② 划 2×φ4mm 孔和 2×φ3mm 孔的圆心	0.3						
4	钻铰	立铣床	① 用精钻钻削（10×8）4 个 φ8mm 通孔	2				塞规（φ8mm）、（φ4mm）和（φ3mm）		
			② 用 φ8mm 铰刀铰	2						
			③ 用精钻钻削 2×φ4mm 和 2×φ3mm 孔钻后铰							
5	线切割	切割机	切 10mm×8mm 型孔的余料	4				样板		
6	平磨	平面磨床	以 2×φ4mm 和 2×φ3mm 为基准定位，磨四周到尺寸要求	2				千分表		
7	划线		补划型面加工线	1						
8	铣	万能工具铣床	铣各型面，留修磨量	6						
9	电加工	火花机	① 两个内六角孔 ② 中间 26mm×8mm×3mm 凹槽（B—B）	2.6						
10	钳工	（修配）	修配，抛光纸抛光至镜面	16					R _a 为 0.1μm	
11	平磨	平面磨床（钳修）	压入后 A 面与分型面找平、定位 B 面与模板一同磨平							
现场工艺执行			签字	日期	质量情况			等级		

1.2 模具零件图的工艺分析

模具零件图是制订工艺规程最主要的原始资料,在制订工艺时必须认真分析。为了正确理解零件的结构特征和主要技术要求,通常还需要研究模具的总装图、部件装配图及验收标准,从而明确该零件在模具中的位置、功用,了解其与相关零件间的配合,找出其主要技术要求制订的依据,以便正确制订工艺规程。

1.2.1 零件的结构分析

模具零件的结构由于使用要求不同而具有各种形状和尺寸。但是,如果从形状上加以分析,各种零件都是由一些基本表面和特形表面组成的。基本表面有内、外圆柱表面、圆锥表面和平面等,特形表面主要有螺旋面、渐开线齿形表面及其他一些成形表面等。

在研究具体零件的结构特点时,首先要分析该零件是由哪些表面组成的,因为表面形状是选择加工方法的基本因素。例如,外圆表面一般由车削和磨削加工出来,内孔则多通过钻、扩、铰、镗和磨削等加工方法获得。除表面形状外,表面尺寸对工艺也有重要的影响。以内孔为例,大孔与小孔、深孔与浅孔在工艺上均有不同的特点。

在分析零件的结构时,不仅要注意零件的各个构成表面本身的特征,还要注意这些表面的不同组合。正是这些不同的组合才形成零件结构上的特点。例如,以内、外圆为主的表面,既可组成盘、环类零件,也可构成套筒类零件。对于套筒类零件,既可以是一般的轴套,也可以是形状复杂的薄壁套筒。而不同结构的零件在工艺上往往有着较大的差异。在模具制造中,通常按照零件结构和加工工艺过程的相似性,将各种零件大致分为轴类零件、套类零件、板类零件和型腔类零件等。

1.2.2 零件的技术要求分析

模具零件的技术要求包括下列几个方面:

- 1) 加工表面的尺寸精度。
- 2) 主要加工表面的形状精度。
- 3) 主要加工表面之间的相互位置精度。
- 4) 各加工表面的粗糙度,以及表面质量方面的其他要求。
- 5) 热处理和表面处理要求。

根据零件结构特点,在认真分析了零件主要表面的技术要求之后,即可初步确定零件加工工艺的方案。首先,根据零件主要表面的精度和表面质量的要求,可初步确定最终的加工方法以及相应的中间工序、粗加工工序的加工方法。例如,对于孔径不大的IT7精度的内孔,最终加工方法取精铰时,在精铰孔之前,通常要经过钻孔、扩孔和粗铰孔等工序。

加工表面之间的相对位置要求,包括表面之间的距离尺寸联系和相对位置精度。认真分析零件图上尺寸的标注及主要表面的位置精度,即可初步确定各加工表面的加工顺序。

零件的热处理会影响加工工艺方法和加工余量的选择,并且对零件加工工艺路线的安排也有一定的影响。例如,要求渗碳淬火的零件,热处理后一般变形较大。这时,对于零件上精度要求较高的表面,工艺上要安排精加工工序(多为磨削加工),而且要适当加大精加工

工序的加工余量。

在研究零件图时，如发现图样上的视图、尺寸标注、技术要求有错误或遗漏，或结构工艺性不好时，应提出修改意见。修改时必须征得设计者的同意，并经过一定的批准手续。

1.3 零件的基准选择和安装

模具设计人员为保证模具工作性能，设计零件时都需确定设计基准，工艺人员在编制工艺时应按设计基准选择合理的定位基准、装配基准、测量基准、工序基准，以保证零件加工后达到设计要求。

在制订零件加工工艺规程时，正确地选择基准具有十分重要的意义。定位基准的选择，不仅影响零件加工的位置精度，而且对零件各表面的加工顺序也有很大的影响。

1.3.1 基准的概念

零件是由若干表面组成的，各表面之间有一定的尺寸和相对位置要求。模具零件表面间的相对位置要求包括两方面内容：表面间的距离尺寸精度和相对位置精度（如同轴度、平行度、垂直度等）。研究零件表面间的相对位置关系是离不开基准的，没有基准就无法确定零件表面的位置。一般来讲，基准就是零件上用以确定其他点、线、面位置的那些点、线、面。按其作用不同，基准可分为设计基准和工艺基准两大类。

1. 设计基准

在零件图上用以确定其他点、线、面的基准，称为设计基准。如图 1.3 所示的零件导套，轴心线 $O-O'$ 是各外圆和内孔的设计基准，端面 A 是端面 B 、 C 的设计基准，内孔表面 D 的轴心线是 $\phi 40h6$ 外圆表面径向圆跳动和端面 B 端面圆跳动的的设计基准。

2. 工艺基准

零件在加工和装配过程中所使用的基准，称为工艺基准。工艺基准按用途不同，又分为定位基准、测量基准、工序基准和装配基准。选择工艺基准时应尽量使工艺基准与设计基准一致，但工艺基准需随不同的加工方法而变更。

1) 定位基准是加工零件时确定刀具与与被加工表面相对位置的基准。

2) 工序基准是工序图上用来表示被加工表面位置的基准，即加工尺寸的起点。表示被加工表面位置的尺寸称为工序尺寸。

3) 测量基准是测量零件已加工表面位置及尺寸的基准。

4) 装配基准是装配时用于确定零件在模具中位置的基准，零件的主要设计基准常作为零件的装配基准。

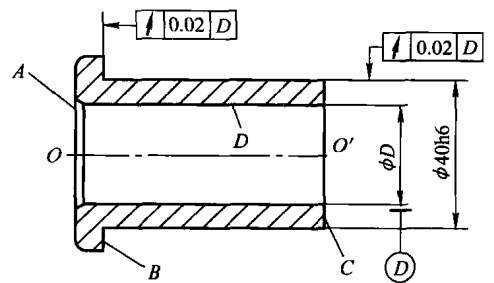


图 1.3 导套

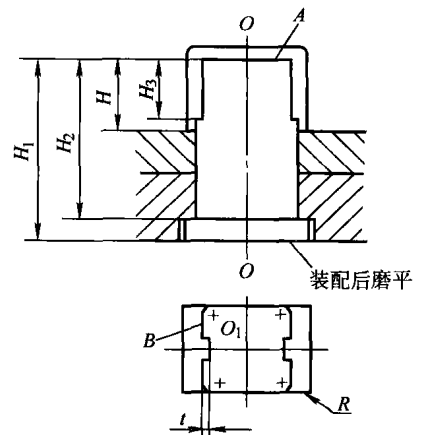


图 1.4 注射模型芯

图 1.4 所示零件是经铣削、磨削加工后的注射模型芯。为了便于型芯加工，型芯与推料板和固定板配合部分采用基轴制配合， H 及 H_3 尺寸均留有组装修配余量。零件的 A 平面为尺寸 H 、 H_3 的设计及工艺基准，中心线 $O-O$ 是零件外形的设计及工艺基准，圆心 O_1 是半径 R 的设计及工艺基准，平面 B 是尺寸 t 的设计及工艺基准。

1.3.2 工件的安装方式

工件的安装是模具加工过程中的一个重要方面，它不仅直接影响工件的加工精度，还因为工件安装的快慢而影响生产率。为了保证加工表面与设计基准间的相对位置精度，工件在加工前应以工艺基准找正、定位并夹紧（总称为装夹）。

常用装夹方式有三种，如图 1.5 所示。

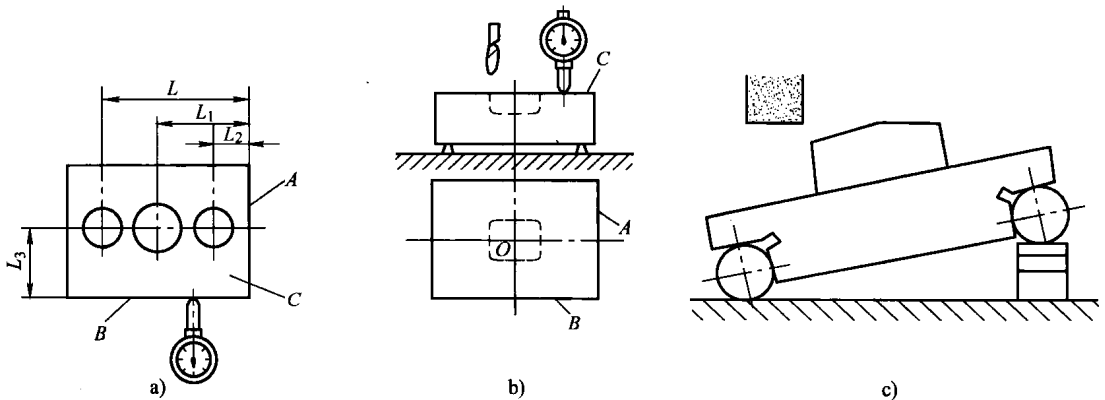


图 1.5 工件装夹方式

(1) 直接找正装夹 如图 1.5a 所示，利用千分表检查工件 A 、 B 、 C 三个基面，靠平后夹紧，并以此为工序基准，移动刀具加工型腔。

(2) 按划线装夹 如图 1.5b 所示，以 A 、 B 两平面为基准找平工件，以平面 C 及划线中心点 O 为定位基准，移动刀具加工型腔。

(3) 夹具装夹 如图 1.5c 所示，工件直接装夹到已调整好角度的正弦夹具上，不必找正即可磨出要求的斜度。

1.3.3 定位基准的选择

设计基准由零件图样给定，而定位基准可以有多种不同的方案。正确选择定位基准是设计工艺过程的一项重要内容。

在最初的工序中只能选择未经加工的毛坯表面（即铸造、锻造或轧制等表面）作为定位基准，这种基准称为粗基准。用已加工的表面作定位基准，称为精基准。另外，有时为了满足工艺需要而在工件上专门设计的定位面，称为辅助基准。

1. 粗基准的选择

粗基准的选择会影响各加工面加工余量的分配以及非加工面与加工面之间的位置精度。而这两方面的要求常常是相互矛盾的，因此在选择粗基准时，必须先明确哪一方面是主要的。

如果必须首先保证工件上加工面与非加工面之间的相对位置要求时，一般应选择非加工面为粗基准。如果在工件上有很多不需加工的表面，则应以其中与加工面位置精度要求较高的表面作为粗基准。

如果必须首先保证工件重要表面的加工余量均匀，则应选择该表面作粗基准。图 1.6 所示为冲压模模座粗基准的选择。此时应以下平面为粗基准，然后以下平面为定位基准，加工上表面与模座其他部位，这样可减少毛坯误差，使上、下平面基本平行，最后再以上平面为精基准加工下表面，这时下平面的加工余量就比较均匀，且较小。

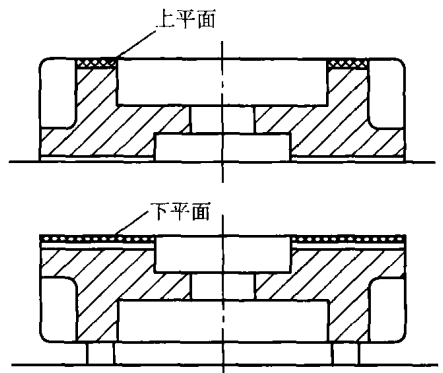


图 1.6 冲压模模座粗基准的选择

作为粗基准的表面应尽量平整，没有浇口、冒口或飞边等表面缺陷，以便使工件定位可靠，夹紧方便。粗基准一般只使用一次，不应重复使用，以免产生较大的位置误差。

2. 精基准的选择

选择精基准应考虑保证加工精度及装夹准确方便，一般应遵循如下原则：

1) 应尽可能选用加工表面的设计基准作为精基准，避免基准不重合造成的定位误差。这一原则就是“基准重合”原则。如图 1.3 所示的导套，当精磨外圆时，按照基准重合原则，应选择内孔表面（设计基准）为定位基准。

2) 当工件以某一组精基准定位，可以比较方便地加工其他各表面时，应尽可能在多数工序中采用同一组精基准定位，这就是“基准统一”原则。例如，导柱、复位杆、拉杆等同类零件的大多数工序都采用顶尖孔为定位基准。

3) 当精加工和光整加工工序要求余量尽量小而均匀时，应选择加工表面本身作为精基准，而该加工表面与其他表面之间的位置精度则要求由先行工序保证，即遵循“自为基准”的原则。

4) 为了获得均匀的加工余量或较高的位置精度，在选择精基准时，可遵循“互为基准”的原则。

5) 精基准的选择应使定位准确，夹紧可靠。为此，作为精基准的表面面积与被加工表面相比，应有较大的长度和宽度，以提高其位置精度。

1.4 工艺路线的拟订

具体工作中，应该在充分调查研究的基础上提出多种工艺方案，并进行分析、比较，正确制订模具加工工艺规程。工艺路线不但影响加工的质量和生产效率，而且影响工人的劳动强度、设备投资、车间面积和生产成本等。

拟订工艺路线就是制订工艺规程的总体布局，其主要任务包括选择各个加工表面的加工方法和加工方案，确定各个表面的加工顺序以及整个工艺过程的工序等。

关于工艺路线的拟订，目前还没有一套通用而完整的方法。但多年来的生产实践，已总结出一些综合性原则。在应用这些原则时，要结合生产实际，分析具体条件，避免生搬硬套。在合理选择定位基准后，拟订工艺路线还要考虑以下几个方面。