



21 世纪高职高专规划教材 (模具类)

模具制造工艺学



苏 君 主编



配电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书全面、系统地阐述了编制模具机械加工工艺规程的原则和方法,模具制造工艺的基本原理、特点和加工工艺,模具零部件的组装、总装的装配顺序、装配方法、要领以及模具的加工装配方法;国内外先进模具的制造方法和模具生产管理和维护的相关知识。在保证各种加工方法的完整性和系统性的同时,突出工艺方法的适用性和适度性;通过典型模具零件的工艺分析,突出模具制造工艺的综合性。

本书取材于生产和教学实践,内容由浅入深,通俗易懂,是高等职业技术学院模具设计与制造专业教材,也可供模具设计、制造的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺学/苏君主编. —北京:机械工业出版社,
2010.3

21 世纪高职高专规划教材(模具类)
ISBN 978-7-111-29759-8

I. ①模… II. ①苏… III. ①模具-制造-工艺-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG760.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第025301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:余茂祚 责任编辑:余茂祚 版式设计:霍永明
封面设计:赵颖喆 责任校对:程俊巧 责任印制:杨曦
北京京丰印刷厂印刷
2010年5月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·16印张·393千字
0 001—4 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-29759-8
定价:26.00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
读者服务部:(010)68993821 封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材

编 委 会 名 单

编委会主任 王文斌

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

王建明	王明耀	王胜利	王寅仓	王锡铭
刘 义	刘晶磷	刘锡奇	杜建根	李向东
李兴旺	李居参	李麟书	杨国祥	余党军
张建华	茆有柏	秦建华	唐汝元	谈向群
符宁平	蒋国良	薛世山	储克森	

编委会委员 (按姓氏笔画为序, 黑体字为常务编委)

王若明	田建敏	成运花	曲昭仲	朱 强
刘 莹	刘学应	许 展	严安云	李连邨
李学锋	李选芒	李超群	杨 颀	杨群祥
杨翠明	吴 锐	何志祥	何宝文	余元冠
沈国良	张 波	张 锋	张福臣	陈月波
陈向平	陈江伟	武友德	林 钢	周国良
宗序炎	赵建武	恽达明	俞庆生	晏初宏
倪依纯	徐炳亭	徐铮颖	韩学军	崔 平
崔景茂	焦 斌			

总 策 划 余茂祚

前 言

本书以对高职高专人才培养的要求为指导思想,根据模具技术发展对工程技术应用型人才的实际要求,并总结了近几年模具设计与制造专业教学改革的基础上编写的。

本书在分析讲解模具制造和装配的方法、要点方面,始终围绕生产实际,针对生产常见的实际问题和具有代表性的要点、难点进行分析,力图使学习者在学习后能应用于生产实际,解决生产中的类似实际问题,以突出其实用性。

本书取材于生产和教学实践,内容由浅入深,通俗易懂,模具加工、装配和调试内容具体且有可操作性,突出其先进性和典型性。

本书由河南工业职业技术学院苏君主编;由四川职业技术学院祝林、河南工业职业技术学院王蕾担任副主编。全书编写分工如下:第1章由四川职业技术学院杨小明编写;第8章由河南工业职业技术学院苏君编写;第2章由长春职业技术学院王敬艳编写;第3、7章由河南工业职业技术学院王蕾编写;第4章由河南工业职业技术学院熊毅编写;第5章由四川职业技术学院祝林编写;第6章由河南工业职业技术学院黄建娜编写;第9章由徐州工程学院郭华锋编写;第10章由贵州大学张大斌编写。全书由苏君通稿。本书在编审过程中得到许多单位和个人的大力支持,谨此致谢!

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 模具制造技术的现状与发展	1
1.2 模具制造的工艺任务	3
复习思考题	14

第2章 模具机械加工工艺流程的编制	15
2.1 概述	15
2.2 零件的工艺分析	16
2.3 毛坯的选择	17
2.4 定位基准的选择	18
2.5 工艺路线的拟订	21
2.6 加工余量的确定	27
2.7 工序尺寸及其公差确定	30
2.8 机床与工艺装备的选择	33
2.9 切削用量与时间定额的确定	33
复习思考题	34

第3章 模具零件的机械加工	36
3.1 模具零件的类型	36
3.2 模架的加工	36
3.3 模具工作零件的加工	46
3.4 型腔表面的硬化处理	60
3.5 模具工作零件的工艺路线	61
复习思考题	65

第4章 特种加工	66
4.1 电火花加工	66
4.2 电火花线切割加工	81
4.3 电化学及化学加工	93
复习思考题	97

第5章 模具工作零件的其他成形方法	98
5.1 挤压成形	98
5.2 铸造成形	105
5.3 爆炸成形	111
5.4 电液成形	112
5.5 电磁成形	114
5.6 液压成形(等压成形)	116
5.7 合成树脂模具的制造	119
复习思考题	120

第6章 模具的研抛	121
6.1 研磨与抛光	121
6.2 电解修磨抛光	129
6.3 超精研抛	132
6.4 超声波抛光	136
6.5 挤压珩磨	141
复习思考题	145

第7章 模具工艺规程设计	146
7.1 基本概念	146
7.2 模具的加工质量与经济性	148
7.3 审查图样、选择毛坯	151
7.4 工件的装夹	152
7.5 典型模具零件的加工工艺分析	159
复习思考题	166

第8章 模具装配	168
8.1 概述	168
8.2 装配尺寸链和装配工艺方法	169
8.3 模具零件的固定方法	173
8.4 间隙(壁厚)的控制	

方法	179	第 10 章 模具制造的管理	225
8.5 冲压模装配	182	10.1 模具标准化	225
8.6 塑料模的装配	191	10.2 模具使用与维护	226
复习思考题	202	10.3 模具维修	229
第 9 章 模具先进制造技术	203	10.4 模具生产技术管理	238
9.1 模具高速切削技术	203	10.5 现代模具制造生产管理	240
9.2 模具快速成形技术	206	复习思考题	245
复习思考题	224	参考文献	246

第1章 绪 论

1.1 模具制造技术的现状与发展

1. 模具工业在国民经济中的地位 在现代生产中，模具是大批量生产各种产品和日常生活品的重要工艺装备，它以其特定的形状通过一定的方式使原料成形。例如，冲压件是通过冲压方式使金属材料在模具内成形而获得的。利用模具成形零件的方法，是一种少切削、无切削、多工序重合的生产方法。采用模具成形的工艺代替传统的切削加工工艺，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的主要部门，如机械、电子、轻工、交通和国防工业中得到了极其广泛的应用。例如，70%以上的汽车、拖拉机、电机、电器、仪表零件；80%以上的塑料制品；70%以上的日用五金及耐用消费品零件，都采用模具成形的方法来生产。

由此可见，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。

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。

2. 我国模具技术的现状及发展趋势 我国对模具工业的发展也十分重视。可以说，在模具设计和制造方面已具有一支较强的队伍。近年来，我国模具技术的发展进步主要表现在：

1) 研究开发了模具新钢种及硬质合金、钢结硬质合金等新材料，并采用了一些新的热处理工艺，延长了模具的使用寿命。

2) 开发了一些多工位级进模和硬质合金模等新产品，并根据国内生产需要研制了一批精密塑料注射模。

3) 研究开发了一些模具加工新技术和新工艺，如三维曲面数控、仿形加工；模具表面抛光、表面皮纹加工及皮纹辊制造技术；模具钢的超塑性成形技术和各种快速制模技术等。

4) 模具加工设备已得到较大发展，国内已能批量生产精密坐标磨床、计算机数字控制（CNC）铣床、CNC电火花线切割机床和高精度电火花成形机床等。

5) 模具计算机辅助设计和制造（模具CAD/CAM/CAE）已在国内开发和应用。

我国的模具技术虽然得到了较大的发展，但仍然不能满足国民经济高速发展的需要，还需花费大量资金向国外进口模具，其原因是：

1) 专业化生产和标准化程度低。

2) 模具品种少，生产效率低、经济效益较差。

- 3) 模具生产制造周期长、精度不高, 制造技术落后。
- 4) 模具使用寿命短, 新材料使用量少。
- 5) 模具生产力量分散、管理落后。

根据我国模具技术发展的现状及存在问题, 今后的发展方向是:

- 1) 研究和发展精密、复杂、大型、长使用寿命的模具, 以满足国内、外市场的需要。
- 2) 加速模具的标准化和商品化, 以提高模具质量, 缩短模具生产周期。
- 3) 大力开发和推广应用模具 CAD/CAM 技术, 提高模具制造过程的自动化程度。
- 4) 积极开发模具新品种、新工艺、新技术和新材料。
- 5) 发展模具加工成套设备, 以满足高速发展模具工业的需要。

3. 模具制造的特点及基本要求

(1) 模具制造基本要求: 在模具生产中, 除了正确进行模具设计, 采用合理的模具结构外, 还必须以先进的模具制造技术作为保证。制造模具时, 应满足以下几个基本要求:

1) 制造精度高。为了生产合格的产品和发挥模具的效能, 设计、制造的模具必须具有较高的精度。模具的精度主要是由模具零件精度和模具结构的要求来决定的。为了保证制品精度, 模具工作部分的精度通常要比制品精度高 2~4 级; 模具结构对上、下模之间的配合有较高要求, 因此组成模具的零件都必须有足够的制造精度。

2) 使用寿命长。模具是比较昂贵的工艺装备, 其使用寿命长短直接影响产品成本的高低, 因此, 除了小批量生产和新产品试制等特殊情况外, 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制模技术和生产管理水平的高低。为了满足生产需要, 提高产品竞争能力, 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、制造精度要求及加工方法等有关, 必须根据制品要求合理设计模具和制订其加工工艺。

上述四项基本要求是相互关联、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, 应根据实际情况作全面考虑, 即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, 使模具成本降低到最低限度。

(2) 模具制造的特点

1) 单件生产。用模具成形制品时, 每种模具一般只生产 1~2 副, 所以模具制造属于单件生产。每制造一副模具, 都必须从设计开始, 制造周期比较长。

2) 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, 模具工作部分制造公差应控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 左右; 工作部分的表面粗糙度 Ra 要求小于 $0.8\mu\text{m}$ 。

3) 形状复杂。模具的工作部分一般都是二维或三维复杂曲面, 而不是一般机械的简单几何体。

4) 材料硬度高。模具实际上相当于一种机械加工工具, 硬度要求高, 一般用淬火工具钢或硬质合金等材料, 采用传统的机械加工方法制造有时十分困难。

1.2 模具制造的工艺任务

模具的生产过程即是从接受客户产品图，或样品和相关的技术资料、技术要求并与客户签订模具制造合同起，至试模合格交付商品模具和进行售后服务的全过程的总称。

1.2.1 模具的工艺过程

模具制造的工艺过程是模具生产过程的重要组成部分，即是将模具设计图转变为具有一定使用功能和实用价值即能连续生产出合格制品的商品模具的全过程。模具制造的工艺过程如图 1-1 所示。首先根据制品零件图或实物进行工艺分析，然后进行模具设计、零件加工、装配调整、试模，直到生产出符合要求的制品。

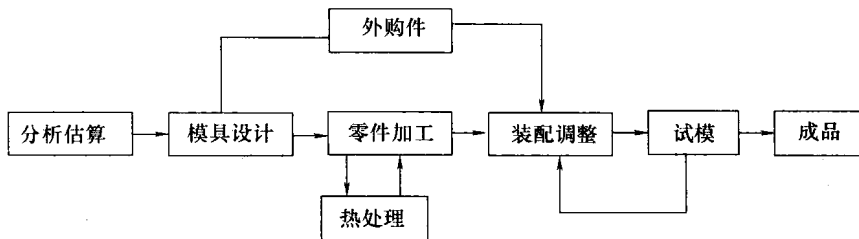


图 1-1 模具制造的工艺过程

1. 分析估算 在接受模具制造的委托时，首先根据制品零件图或实物分析研究采用什么样的成形方案、确定模具套数、模具结构及主要加工方法，然后估算模具费用及交货期等。

2. 模具设计 经过认真的工艺分析，然后进行模具设计。

1) 装配图设计。模具设计方案及结构确定后，就可绘制装配图。

2) 零件图设计。根据装配图拆绘零件图，使其满足装配关系和工作要求，并注明尺寸、公差、表面粗糙度等技术要求。

3. 零件加工 每个需要加工的零件都必须按照图样制订其加工工艺，然后分别进行毛坯准备、粗加工、半精加工、热处理及精加工或修研抛光。

4. 装配调整 装配就是将加工好的零件组合在一起构成一副完整的模具。除紧固定位的螺钉和销钉外，一般零件在装配调整过程中仍需一定的人工修整或机械加工。

5. 试模 装配调整好的模具，需要安装到机器设备上试模。检查模具在运行过程中是否正常，所得到的制品是否符合要求。如有不符合要求的则必须拆下模具加以修正，然后再次试模，直到能够完全正常运行并能加工出合格的制品。

1.2.2 模具制造工艺规程

1. 工艺规程的性质和作用 模具零件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，完整有序地编制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即是用以组织、指导、管理和控制模具制造的各个工序。模具制造工艺规程一经编制者、审核和批准者确认无误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 制订工艺规程的目的就是为了能有效地指导并控制各工序的加工质量，使之能有序地按要求实施，最终能以先进而又可靠的技术和最低的生产成本、最短的时间制造出质量符合用户要求的模具。制订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，又要适应环保的绿色要求，为工人创造一个安全、良好的工作环境。

3. 工艺规程的内容和常用格式

(1) 工艺规程的内容要求

1) 工艺规程应具有模具或零件的名称、图号、材料、加工数量和技术要求等标题栏；有编制、审核、批准者的签字栏和签字日期。

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（应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、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：工艺规程包括加工工艺规程、装配工艺规程和检验规程三部分，但通常以加工工艺规程为主而将装配和检验规程的主要内容加入其中。而生产中常以工艺过程卡和工序卡来指导、规范生产。工艺过程卡的格式见表 1-1。

表 1-1 工艺过程卡

编制		签字	日 期	模具名称				代用材料	
				模具编号					
校审				加工件名称				毛坯尺寸/(长/mm)×(宽/mm) ×(高/mm)	
				加工件图号					
批准				材料名称				件数/个	
				材料牌号					
工序	工种	机床型号	加工说明和技术要求	工时 定额	实际 工时	制造者	工序检 验员	检具	质量
1									
2									
3									
4									
现场工艺 执行			签字	日期		质量情况		等级	

1.2.3 模具制造工艺路线的确定

模具零件加工工艺路线的确定：①确定各加工面的加工方法。②进行加工阶段的划分。③确定各加工工序用集中加工还是分散加工。④进行加工工序的安排、加工设备的调配以及相应工装的准备。

1. 模具零件结构的工艺性分析 对零件结构的工艺性有以下要求：

- 1) 有足够的刚度以保证装夹定位和加工中不变形。
- 2) 有合理的退刀槽、过渡圆角等，以便于加工。
- 3) 各部分结构便于装夹、定位、加工和检验。
- 4) 加工面和加工面积相对较少，以节省工时。

2. 模具零件技术要求分析 模具零件的技术要求包括：

- 1) 零件各加工面的尺寸精度要求。
- 2) 零件各加工面的形状精度要求。
- 3) 零件各加工面之间的位置精度要求。
- 4) 零件各加工面的表面粗糙度要求。
- 5) 零件的热处理要求。
- 6) 零件表面质量的其他要求。

3. 成形件加工方法的确定原则 所确定的加工方法应以最短的时间、最低的成本加工出尺寸和形位精度以及表面质量均符合要求的成形件。为达此目的，必须对成形件的结构特点、加工工艺、材质等进行深入透彻的分析，才能根据各成形件的具体情况，恰当地确定其加工方法。比如粗加工，多采用高速、大切削量加工，以节约工时，加快进度；圆形件多选用高速车削；矩形件多采用高速铣削加工；小孔的粗加工多采用钻或配钻，精加工则用铰或配铰；大孔多采用铣镗或配镗。而热处理后的精加工多采用磨削加工，如平面精密磨，内圆、外圆磨、工具磨以及成形磨等加工方法。不规则的异型形面也可以采用电化学，超声波等特种加工。形状较简单而且不很深的多型腔加工可考虑用冷挤压成形或压印修磨加工；深腔、不规则的异型不通孔可采用电火花加工；有镜面要求的可选用混粉电火花加工技术成形；不规则的异型镶拼组合型腔，采用线切割加工与磨削加工组合的方法，也可用慢走丝加工技术成形；用数控铣床或加工中心成形后，再用特种加工方法抛光也可加快速度，保证质量。而0.3mm以下的深腔微型孔加工，可采用激光加工完成。

提高加工速度，保证加工质量，不仅要选择恰当的加工方法，还应选择恰当的材料。比如有镜面要求的成形件，可选用10Ni3MnCuAl（PMS）时效硬化钢，在预硬化后进行时效硬化（精加工前），硬度可达40~45HRC，易于加工，精车、铣都不成问题。还有一种马氏体时效钢06Ni6CrMoVTiAl也易于加工。精加工后在480~520℃温度进行时效处理，硬度可达50~57HRC，适于制造高精度中、小型成形件，可作镜面抛光。

4. 加工阶段的划分

（1）粗加工阶段：以高速大切削量切去成形件毛坯的大部分切削余量，使尺寸接近于成品，只留较少的余量作为半精加工或精加工的加工量。粗车的加工余量为1.6~2mm。

（2）半精加工：消除粗加工留下的余量，达到接近于精加工要求的精度，仅留少许加工余量作为精加工，以进一步提高加工精度。半精加工的加工余量是0.8~1.6mm。

（3）精加工：经过精加工，将半精加工留下的少许加工余量进行加工，以完全达到成

形件尺寸精度，位置精度和表面粗糙度的要求。精车的加工余量为 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ 。

(4) 对于表面粗糙度 $Ra \leq 0.4\mu\text{m}$ 的成形件，应进行光整加工即镜面抛光。

5. 工序的集中与分散 工序集中即每一工序中能加工尽可能多的加工面，以减少总的加工工序，减少重复装夹所需的工、夹具和重复装夹、定位、多次装夹定位造成的定位积累误差，降低定位精度和加工精度。工序集中利于选用高效的设备如高速车床、铣床等，还可以节约装夹、校正定位的时间和工序间传送的时间，利于提高生产率。加工中心即是进行工序集中、高效自动化生产的典型实例。

工序分散即是零件的各加工部位分别由多个工序来完成，使各工序的加工面单一而相对简单、易于加工，因而对工人的技术水平要求相对较低。自动生产线和传统的流水生产线、装配线是工序分散的典型实例。

6. 确定工序内容与加工顺序的原则 加工顺序合理确定，对保证加工件质量，提高工效，降低制造成本具有至关重要的作用。加工工序的确定应遵循下述原则：

(1) 工序内容力求集中：即经一次安装能加工多个被加工面，或进行多个工步的加工，使工序内容增多，以提高工艺集成度。

(2) 确定加工顺序的原则：见表 1-2。

表 1-2 确定加工顺序的原则

工 序 类 别	确定加工顺序的原则	作 用
机械加工	先粗后精的加工	粗加工切除大部分余量，以逐步减少余量以进行半精加工和精加工，以保证加工精度和表面质量
	先加工基准面后加工其余面	可作为次要面的便于其后的被加工面的加工，用加工好的基准面定位
	先加工主要(的加工)面后加工次要面	主要面可作为次要面的基准面、定位面
	先加工划线表面(平面)，后加工孔	加工好的平面，可作为稳定、可靠的加工孔的精基准面
热处理	退火、回火、调质与时效处理应在粗加工后进行	消除粗加工产生的内应力
	淬火或渗碳淬火应在半精加工后进行	提高耐磨性和机械强度的淬火和渗碳淬火中所引起的变形可在精加工中去除
	渗氮或碳氮共渗等工序也应在半精加工后进行	提高零件硬度和耐磨性的渗氮或碳氮共渗处理温度低、变形小，精加工时，可将变形去除；另外渗氮或共渗的深度浅，只能进行精加工
检验	在粗加工和半精加工以后，须进行检查测量	保证半精加工精加工余量，保证工序尺寸和公差
	重要工序加工前、后和零件热处理前的测量	保证半精加工精加工余量，保证工序尺寸和公差
	完成零件所有加工后的检查与测量	保证加工后尺寸与尺寸精度、形状位置精度，以及表面质量和技术要求，完全符合零件图的要求

1.2.4 模具零件的加工余量

1. 影响工序加工余量的因素 影响工序加工余量的因素，主要有以下几点：

1) 加工余量的大小与上一相邻工序的公差大小成正比，即上一工序公差越大，则次一工序的加工余量就大，反之则小。

2) 与上一工序的表面粗糙度 R_z （表面轮廓的最大高度）以及表面最大缺陷层的深度成正比，即 R_z 值越大，表面缺陷的深度越深，欲去除之，则加工余量就大，反之则小。

3) 与本工序的定位误差和夹具误差成正比，即本工序定位和夹紧的误差越大，加工余量就大，反之则小。

4) 与上工序留下的平面度、直线度之类的位置误差的大小成正比。

2. 确定加工余量的方法 确定加工余量的方法有以下三种：

1) 查表法。各加工工序的加工余量分别列于各表之中，一查即知，方便快捷，这是主要方法，被广泛采用。表中数据为广大模具制造工作者多年生产实践经验的总结。

2) 经验法。富有实际经验技术人员凭借自身的经验确定加工余量的常用方法。

3) 计算法。采用较准确的测量方法，经测量得出准确数据并查清各项影响加工余量的因素后进行计算得出的结果。此法较麻烦，搞科研多用此法，而实际生产中用之较少。

3. 毛坯的加工余量

(1) 铸造毛坯及其加工余量：铸造毛坯是用铸铁或铸钢铸造的毛坯，主要用于标准冲模模架的上、下模座。铸件的加工余量见表 1-3。

表 1-3 铸件的加工余量

(单位：mm)

铸件最大尺寸	单面加工余量		铸件最大尺寸	单面加工余量	
	铸铁毛坯	铸钢毛坯		铸铁毛坯	铸钢毛坯
≤ 315	3 ~ 5	5 ~ 7	$> 500 \sim 800$	6 ~ 8	8 ~ 10
$> 315 \sim 500$	4 ~ 6	6 ~ 8	$> 800 \sim 1250$	7 ~ 9	9 ~ 12

(2) 型材毛坯及其加工余量：型材毛坯是由型材坯件制造厂轧制成各种规格、尺寸系列的棒材、板材，供模具厂选购。型材毛坯的尺寸误差由制造厂在材料规格尺寸说明书中标明，供编制工艺规程，确定加工余量时参考使用。

(3) 锻造毛坯及其加工余量：锻造毛坯是中、小型模具成形件毛坯的主要制造方法之一。锻造可改善成形件材料的金相组织结构和综合力学性能。由于在锻造时易产生夹层、裂纹、氧化皮和脱碳层等因素的影响，其加工余量也较大。圆形、矩形锻件的加工余量见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 圆形锻件加工余量

(单位：mm)

锻件直径	直径的加工余量
≤ 50	3 ~ 6
$> 50 \sim 80$	4 ~ 7
$> 80 \sim 125$	5 ~ 9
$> 125 \sim 200$	6 ~ 10

表 1-5 矩形锻件加工余量

(单位：mm)

锻件尺寸	单面加工余量
≤ 100	2 ~ 2.5
$> 100 \sim 250$	3 ~ 5
$> 250 \sim 630$	4 ~ 6

4. 孔的加工余量 孔的加工余量见表 1-6。

表 1-6 孔的加工余量

(单位: mm)

直径 d	钻孔后的余量 a				镗孔或车孔后的余量 a		粗铰后的余量 a (光铰)
	镗孔	车孔	光车	铰孔	铰孔	粗铰	
3 ~ 6	<0.6	—	—	—	0.08	0.10	0.04
					0.15	0.15	0.05
6 ~ 10	<0.07	—	0.5	—	0.10	0.10	0.06
					0.18	0.16	0.10
10 ~ 18	<0.8	0.8	0.8	—	0.10	0.10	0.06
					0.20	0.20	0.10
18 ~ 30	<0.2	1.2	1.0	—	0.15	0.15	0.06
					0.20	0.20	0.10

5. 铣削的加工余量 铣削的加工余量见表 1-7。

表 1-7 铣削的加工余量

(单位: mm)

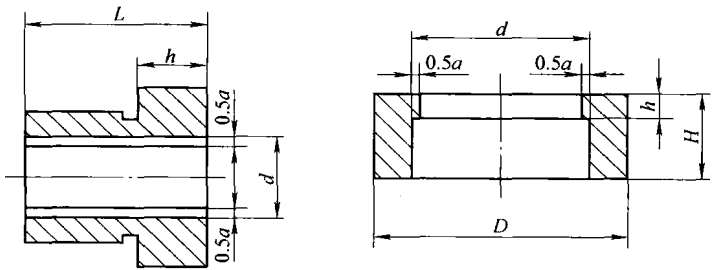
加工性质	被加工工件表面的宽度 B	被加工工件表面的长度 L								底平面的加工余量(单边)
		≤ 100		$> 100 \sim 200$		$> 200 \sim 300$		$> 300 \sim 500$		
		余量 a	公差	余量 a	公差	余量 a	公差	余量 a	公差	
一般型腔钳工加工余量(双面)	≤ 100	0.10	+0.06	0.10	+0.08	0.10	+0.10	0.15	+0.10	+0.04 +0.08
	$> 100 \sim 200$		+0.08			0.12	+0.12		+0.12	
	$> 200 \sim 300$		+0.10			0.12	+0.12		+0.12	
凸模电极成形磨削的加工余量(双面)	$> 5 \sim 20$	0.5 ~ 0.6	0.6 ~ 0.75		—		—		—	
	$> 20 \sim 100$									
	$> 100 \sim 200$	0.6 ~ 0.75	0.6 ~ 0.8							
电火花穿孔余量(双面)	一般情况	去除内形 1.5 ~ 2 余量, 型槽宽度小于 5 时钻冲油密排孔, 孔与孔搭边不大于 2								—
非对称性斜面及半径的加工余量(单面)	斜面角度余量	$\pm 6'$		$\pm 3'$		—		—		+0.04 +0.08
	非对称性斜面及半径加工余量	$\text{凹}_R > 5$ $\text{凸}_R > 3$ 余量为 0.15 ~ 0.25				$\text{凹}_R < 200$ 余量为 0.20 ~ 0.30 凸_R				

注: 1. 以上余量适用于表面粗糙度 $Ra > 3.2 \mu m$ 。2. 工件表面粗糙度 $Ra = 3.2 \sim 1.6 \mu m$ 时, 一般不放余量。

6. 内孔磨削的加工余量 内孔磨削的加工余量见表 1-8。

表 1-8 内孔磨削加工余量

(单位: mm)



孔的直径 d	磨孔的长度在直径上的加工余量 a						磨削前余量公差 为 IT5 级	
	≤ 50		$> 50 \sim 100$		$> 100 \sim 200$			
	淬硬	不淬硬	淬硬	不淬硬	淬硬	不淬硬		
≤ 10	0.2	—	—	—	—	—	+0.1	
$> 10 \sim 18$	0.3	0.2	0.3	0.2	—	—		
$> 18 \sim 30$	0.4	0.3	0.5	0.3	0.55	0.3		
$> 30 \sim 50$	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	+0.1	
$> 50 \sim 80$		0.4	0.6		0.6	0.6	0.5	+0.12
$> 80 \sim 120$			0.6			0.7	0.7	0.6
$> 120 \sim 180$	0.7	0.5	0.8	0.5	0.8	+0.14		
$> 180 \sim 260$	0.8				0.85	+0.18		
$> 260 \sim 360$	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9	0.7	+0.22	
$> 360 \sim 500$							+0.25	

注: 1. 当加工在热处理时极易变形的薄壁轴套及其他零件时, 应将表中的加工余量乘以 1.3。

2. 留磨余量表面粗糙度 Ra 值不低于 $3.2\mu\text{m}$ 。

7. 外圆磨削的加工余量 外圆磨削的加工余量见表 1-9。

表 1-9 外圆磨削的加工余量

(单位: mm)

轴的直径 d	磨孔的长度在直径上的加工余量 a						磨削前余量 公差为 IT5 级
	≤ 100		$> 100 \sim 250$		$> 250 \sim 500$		
	淬硬	不淬硬	淬硬	不淬硬	淬硬	不淬硬	
≤ 10	0.35	0.25	0.35	0.25	—	—	+0.1
$> 10 \sim 18$				0.35			
$> 18 \sim 30$		0.35	0.45		0.55	0.45	
$> 30 \sim 35$	0.45		0.50		0.6	0.55	
$> 50 \sim 80$			0.6	0.45			+0.12
$> 80 \sim 120$	0.6	0.45			0.7	0.5	+0.14
$> 120 \sim 180$		0.5	0.7	0.5	0.8	0.55	+0.16
							+0.18
$> 180 \sim 260$	0.7		0.8	0.6	0.9		
$> 260 \sim 360$	0.8	0.6				0.6	+0.22
$> 360 \sim 500$	0.9	0.7	0.9	0.7		0.7	+0.25

注: 1. 10mm 以下工件的长细比最大不超过 20。

2. 磨削前表面粗糙度 Ra 值不低于 $3.2\mu\text{m}$ 。

8. 内、外圆研磨的加工余量 内外圆研磨的加工余量见表 1-10。

表 1-10 内、外圆磨削的加工余量

(单位: mm)

工件尺寸	轴	孔	平面(每边)	斜面及不对称半径
≤50	+0.015 +0.025	-0.015 -0.025	+0.015 +0.025	不放
>50~80	+0.02 +0.03	-0.02 -0.03	+0.02 +0.03	不放
>80~100	+0.03 +0.04	-0.03 -0.04	+0.03 +0.04	不放

注: 1. 选用以上研磨余量的工件, 被研磨面在研磨前的表面粗糙度 Ra 值为 $0.8\mu\text{m}$ 。

2. 以上数值是在名义尺寸上另外增加的。

1.2.5 各种加工方法的加工精度和表面粗糙度

1. 一般加工方法所能达到的精度等级(公差等级 IT)

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| (1) 铸造毛坯: IT14 ~ IT15 | (13) 金刚石车削: IT5 ~ IT7 |
| (2) 锻造毛坯: IT15 ~ IT16 | (14) 平面磨削: IT5 ~ IT8 |
| (3) 钻削加工: IT11 ~ IT14 | (15) 圆磨: IT5 ~ IT7 |
| (4) 插削加工: IT10 ~ IT12 | (16) 粗磨: IT6 ~ IT8 |
| (5) 粗一车、刨、镗: IT10 ~ IT12 | (17) 细磨: IT4 ~ IT6 |
| (6) 半精一车、刨、镗: IT8 ~ IT10 | (18) 精磨: IT2 ~ IT5 |
| (7) 精一车、刨、镗: IT7 ~ IT9 | (19) 粗珩磨: IT6 ~ IT7 |
| (8) 粗铣: IT9 ~ IT11 | (20) 精珩磨: IT4 ~ IT6 |
| (9) 精铣: IT8 ~ IT10 | (21) 粗研磨: IT3 ~ IT6 |
| (10) 细铰: IT8 ~ IT11 | (22) 细研磨: IT1 ~ IT5 |
| (11) 精铰: IT6 ~ IT8 | (23) 精研磨: IT0 ~ IT1 |
| (12) 金刚石镗孔: IT5 ~ IT7 | |

2. 平面加工方法与加工精度 平面加工方法与平均经济加工精度和平面加工方法及其能达到的相对位置精度见表 1-11。

表 1-11 平面加工方法与平均经济加工精度

(单位: mm)

表面长度	表面宽度											
	用圆柱铣刀粗铣 或用切刀粗刨		用面铣刀或 铣头粗铣		用圆柱铣刀粗铣或 用切刀粗刨		用面铣刀或 铣头精铣		磨削		细磨	
	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300
至 100	0.2	—	0.15	—	0.10	—	0.08	—	0.03	—	0.025	—
100 ~ 300	0.3	0.35	0.20	0.25	0.15	0.18	0.12	0.15	0.05	0.07	0.025	0.035
300 ~ 600	0.4	0.45	0.30	0.35	0.18	0.20	0.15	0.18	0.07	0.08	0.035	0.040

(续)

表面长度	表面宽度											
	用圆柱铣刀粗铣或用切刀粗刨		用面铣刀或铣头粗铣		用圆柱铣刀粗铣或用切刀粗刨		用面铣刀或铣头精铣		磨削		细磨	
	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300	至 100	100 ~ 300
600 ~ 1200	0.5	0.50	0.40	0.45	0.20	0.25	0.18	0.20	0.08	0.10	0.040	0.050

用成形铣刀铣出的表面平均经济加工精度

表面长度	铣刀宽度			
	粗加工		精加工	
	至 120	120 ~ 180	至 120	120 ~ 180
至 100	0.25	—	0.10	—
100 ~ 300	0.35	0.45	0.15	0.20
300 ~ 600	0.15	0.50	0.20	0.25

用圆盘铣刀同时铣削平行平面的平均经济加工精度

键槽宽度	粗切	精切
6 ~ 10	0.10	0.03
10 ~ 18	0.15	0.04
18 ~ 30	0.20	0.05

平面加工方法与平均经济加工精度

机床类型	平行度误差	垂直度误差
铣床	300;0.06(0.04)	300;0.05(0.03)
平面磨床	1000;0.02(0.015)	—
高精度平面磨床	500;0.009(0.005)	100;0.01(0.005)

注：括号内的数字是新机床的精度。

3. 轴与孔的加工方法与加工精度 导柱（轴）的加工方法与平均经济加工精度见表 1-12。

4. 成形件加工方法与加工精度 成形件的加工方法与加工精度见表 1-13。