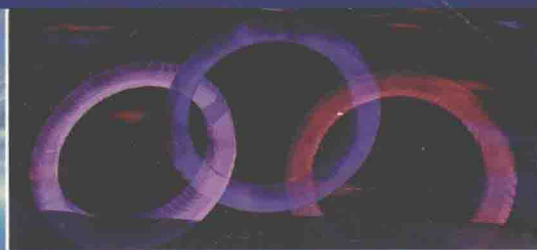


高职高专规划教材

模具制造工艺



MU JU ZHI ZAO GONG YI

● 袁小江 主编 ●



高职高专规划教材

模具制造工艺

主 编 袁小江

副主编 舒 冰

参 编 单 云 王晓红 殷戍麟 蔡 昀

主 审 吉卫喜



机械工业出版社

本书全面、系统地阐述了模具制造工艺的基本原理、特点和典型模具零件的制造工艺。主要内容包括模具制造工艺基础、模具零件普通机械加工、模具零件特种加工、模具零件数控加工、模具装配工艺与调试等。本书在保证各种加工工艺方法的完整性和系统性的同时,突出体现了模具零件工艺过程卡的应用和编制,以实用性和针对性为原则,注重知识与能力和技能之间的关系。每个项目都以具体的工作任务为载体,将知识贯穿于项目的实施过程中,同时增加了拓展项目,扩大了知识的应用面,具有较强的实用性。

本书为高等职业技术教育模具设计与制造专业教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺/袁小江主编. —北京:机械工业出版社, 2011
高职高专规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 34007 - 2

I. ①模… II. ①袁… III. ①模具 - 制造 - 生产工艺 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 059149 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:于奇慧 责任编辑:于奇慧 版式设计:霍永明
责任校对:陈延翔 封面设计:陈 沛 责任印制:杨 曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 15.5 印张 · 381 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 34007 - 2
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 封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

前 言

目前,模具的制造装备水平发展迅速,模具制造工艺也发生了较大的变革,新技术、新装备的应用日趋广泛。为了更好地满足高等职业教育教学改革与发展的需要,克服原有教材内容和形式比较陈旧、实用性不强等特点,笔者借鉴了国内外职业教育研究的成果,整理、总结了教学资料,创新了教学方法、手段和培养模式,编写了本书。本书讲义经过了多轮的实际使用和验证。

模具制造工艺的知识是从事模具设计与制造工作的技术人员必备的知识,为适应高等职业教育人才的培养,本书在保证科学性、理论性和系统性的同时,重点突出了实用性、针对性和综合性,侧重于基础理论的应用和实践动手能力、实际应用能力的培养,通过企业真实项目的一体化教学实验,培养学生的学习兴趣,再将兴趣提升为技能。

本书共分5个项目。第一个项目主要介绍模具制造工艺的基础知识,包括模具的精度要求和成形件的加工表面质量、模具加工工艺过程概述、工序尺寸与加工余量的确定、设备及工艺装备的选择;第二至第四个项目分别介绍了模具零件普通机械加工、模具零件特种加工、模具零件数控加工等内容,以企业真实、典型的模具零件为载体,由简单到复杂,由浅入深地讲解了现代模具制造的主要工艺过程;第五个项目主要讲解模具装配工艺及调试,以企业生产使用的模具图样等资料为教学资源,讲解了典型冲裁模具、多工位级进模具、注射模具的装配工艺过程,并介绍了冲压模具、注射模具两大模具的试模与调试过程等。

本书项目一、项目二中的任务二、项目三中的任务二、项目四、项目五中的任务一由无锡科技职业学院袁小江编写;项目二中的任务一由无锡技师学院殷戌麟编写;项目三中的任务一由无锡职业技术学院单云编写;项目三中的任务三由无锡商业职业技术学院王晓红编写;项目三中的任务四由无锡技师学院蔡昀编写;项目五中的任务二由无锡科技职业学院舒冰编写。本书由袁小江担任主编并统稿。本书由江南大学吉卫喜教授主审。

本书在编写过程中得到了无锡模具工业协会潘尧枰秘书长,无锡商业职业技术学院李正峰教授,以及马旭峰、吴辉、沈荣椿等企业专家的指点和支持,同时也得到了无锡科技职业学院各级领导的关怀和支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 1

- 一、模具制造技术的发展 1
- 二、模具制造的基本要求与特点 3
- 三、模具的技术经济指标 4
- 四、本课程的性质、任务和要求 5

项目一 模具制造工艺基础 7

理论知识 7

- 一、模具的精度要求和成形件的加工表面
质量 7
- 二、模具加工工艺规程概述 12
- 三、模具制造精度与零件工艺分析 28
- 四、工序尺寸与加工余量的确定 31
- 五、设备及工艺装备的选择 38
- 拓展练习 39

项目二 模具零件普通机械加工 41

任务一 模具导向件零件加工与工艺卡

编制 41

理论知识 42

- 一、车削加工 42
- 二、磨削加工 45
- 三、光整加工 53
- 任务实施 59
- 一、导向件工艺分析 59
- 二、导向件工艺过程卡 59

拓展任务 61

拓展练习 62

任务二 模（座）板零件加工与工艺卡

编制 64

理论知识 65

- 一、铣削加工 65
- 二、刨削加工 68
- 三、钻、扩、铰、镗削加工 70

任务实施 80

- 一、模板零件工艺分析 80
- 二、模板零件工艺过程卡 82

拓展任务 83

拓展练习 84

项目三 模具零件特种加工 86

任务一 转轴型腔滑块零件加工与工艺卡

编制 86

理论知识 86

- 一、电火花成形加工 89
- 二、电火花穿孔加工 110

任务实施 111

- 一、转轴型腔滑块零件工艺分析 111
- 二、转轴型腔滑块零件工艺过程卡 112

拓展任务 113

拓展练习 114

任务二 侧板凸凹模零件加工与工艺卡

编制 116

理论知识 116

- 一、电火花线切割加工 117
- 二、快走丝线切割加工 120
- 三、慢走丝线切割加工 129
- 四、中走丝线切割加工 132

任务实施 134

- 一、侧板凸凹模零件工艺分析 134
- 二、侧板凸凹模零件工艺过程卡 135

拓展任务 135

拓展练习 137

任务三 其他特种加工方法简介 138

- 一、电化学加工 138
- 二、超声波加工 146
- 三、激光加工 150

任务四 快速成形制造 151

- 一、快速成形在模具制造中的应用 152
- 二、快速成形的数据处理 156
- 三、快速成形制造的几种典型工艺 158

项目四 模具零件数控加工 163

理论知识 163

- 一、数控加工基础知识 163
- 二、数控车削加工 174
- 三、数控铣削加工 176

任务实施	178	二、螺母板复合模具装配工艺过程卡	208
一、成形顶块零件工艺分析	178	三、模具调试与试冲	208
二、成形顶块零件工艺过程卡	179	拓展任务	208
拓展任务	180	拓展练习	212
拓展练习	182	任务二 端盖注射模具装配与调试	213
项目五 模具装配工艺与调试	184	理论知识	214
任务一 螺母板复合模具装配与调试	184	一、注射模具的装配	214
理论知识	184	二、注射模具的试模与调试	225
一、模具钳工	184	三、模具的使用、维护与修理	230
二、模具装配概述	187	任务实施	235
三、冲压模具的装配与调试	198	一、端盖注射模具装配工艺分析	235
四、冲压模具的试模与调试	202	二、端盖注射模具装配工艺过程卡	235
五、弯曲模和拉深模的装配	204	拓展任务	236
任务实施	205	拓展练习	238
一、螺母板复合模具装配工艺分析	205	参考文献	241

绪 论

一、模具制造技术的发展

1. 模具在现代工业生产中的地位

模具是制造业的重要基础工艺装备，工业产品大批量生产和新产品开发都离不开模具。用模具生产制件具有的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低耗能、低耗材（四高二低）的特点，使模具行业在制造业中的地位越来越重要。模具品种繁多，大致分为 10 大类，包括冲压、塑料、橡胶、铸造、锻压等，用于制造业中大部分产品的生产，模具的服务范围已涉及国民经济的许多方面。随着产品更新换代越来越快，新产品不断涌现；新技术也日新月异，模具的使用范围已越来越广，对模具的要求也越来越高了。

据国际生产技术协会预测，21 世纪机械制造行业的零件，其粗加工的 85% 和精加工的 60% 将由模具直接成形。在产品生产的各个阶段，无论是大量生产、批量生产，还是产品试制阶段，也都越来越多地依赖于模具。据统计，在 2000 年商品模具已占模具总量的 1/3 左右，在工业发达国家，商品模具已占模具总量的 80% 以上。现代工业产品的发展和生产效益的提高，在很大程度上取决于模具的发展和技术经济水平。目前，模具制造技术已成为衡量一个国家、一个地区、一家企业制造水平的重要标志之一。

2. 我国模具技术的现状

目前，我国约有模具生产厂家 25000 余家，全年模具产值达 1000 多亿元人民币，进口模具约 20 多亿美元（进口精密模具较多）。近年来，模具行业结构调整步伐加快，主要表现为大型、精密、复杂、长寿命模具和模具标准件发展速度高于行业的总体发展速度；塑料模和压铸模比例增大；面向市场的专业模具厂家的数量增加较快，能力不断提升。随着经济体制改革的不断深入，“三资”及民营企业的发展很快。我国经济的高速发展对模具行业提出了越来越高的要求，也为其发展提供了巨大的动力。近 10 年来，我国模具行业一直以每年 15% 左右的增长速度快速发展。

我国模具行业的发展在地域分布上存在不平衡性，东南沿海地区的发展快于中西部地区，南方的发展快于北方。模具生产最集中的地区在珠江三角洲和长江三角洲地区，其模具产值约占全国产值的 2/3 以上。

近年来，我国模具技术的进步主要表现在以下几个方面：

1) 研究开发了几十种模具新钢种及硬质合金、钢结硬质合金等新材料，并采用了热处理等新工艺。模具新材料的应用，以及热处理技术和表面处理技术的开发和应用，使模具寿命得到延长。

2) 发展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) 一些科研院所和高等院校在模具技术的基础理论、模具设计与结构、模具制造加工技术、模具材料及模具加工设备等方面都取得了可喜的实用性成果；并培养了一批高级模具技术人才，使现代模具制造技术中的高科技含量逐渐增加。

4) 模具标准化工作是模具技术发展的重要标志。到目前为止,已经制定了冲压模、塑料模、压铸模和模具基础技术等 50 多项国家标准,涉及近 300 个标准号,基本满足了国内模具生产技术发展的需要。

产品的商品化程度是以标准化为前提的,随着标准的颁布实施,模具的商品化程度也大大提高,从“八五”期间的 20% 提高到目前的 30% 以上。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,也促进了新材料的应用。

5) 一些先进、精密和高自动化程度的模具加工设备,如数控仿形铣床、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、挤压研磨机等模具加工和检测用的精密高效设备,由过去依靠进口到逐步自行设计制造,使模具加工工艺登上了一个新台阶,同时为先进加工工艺的推广奠定了物质基础。特别是模具成形表面的特种加工工艺的研究和发展,使模具加工的精度和表面粗糙度都有很大的改善。

6) 模具 CAD/CAM 得到较广泛的应用,模具计算机仿真技术也应用于模具设计制造中。各院校、研究机构正在开展模具智能制造、并行工程、虚拟制造、敏捷制造和快速制造等先进制造技术的研究。

7) 我国模具的品种、精度和产业规模有了很大的发展。

3. 存在的问题和主要差距

虽然我国模具总量目前已达到相当规模,模具水平也有很大提高,但设计制造水平总体上落后于德、美、日、法、意等工业发达国家许多。当前存在的问题和差距主要表现在以下几方面:

1) 总量供不应求。国内模具自配率只有 70% 左右。其中低档模具供过于求,中、高档模具自配率只有 50% 左右。

2) 企业的组织结构、产品结构、技术结构和进出口结构均不合理。我国模具生产厂中多数是自产自配的工模具车间(分厂),自产自配比例高达 60% 左右,而国外模具超过 70% 属商品模具。我国的专业模具厂大多是“大而全”、“小而全”的组织形式,而国外大多是“小而专”、“小而精”。国内大型、精密、复杂、长寿命的模具占总量比例不足 30%,而国外则在 50% 以上。2009 年我国进口模具为 19.64 亿美元,出口模具为 18.43 亿美元,逆差约为 1.2 亿美元。其中冲压模具进出口单价之比为 16.8:1,塑料模具为 2.5:1,为世界模具净进口量最大的国家。

3) 模具产品水平大大低于国际水平,生产周期却高于国际水平。产品水平低主要表现在模具的精度、型腔表面粗糙度、寿命及结构等方面。目前,我国进口模具主要以精密模具为主,而出口模具主要以中、低档模具为主。

4) 开发能力较差,经济效益欠佳。我国模具企业技术人员比例低,水平较低,且不重视产品开发,在市场中经常处于被动地位。我国每个模具企业职工平均年创造产值约合 1 万美元,国外模具工业发达国家大多是 15~20 万美元,有的高达 25~30 万美元。与之相对的是我国相当一部分模具企业还沿用过去作坊式管理,真正实现现代化企业管理的企业较少。

4. 模具制造技术发展趋势

目前,我国经济仍处于高速发展阶段,国际经济全球化发展趋势日趋明显,这为我国模具行业高速发展提供了良好的条件和机遇。一方面,国内模具市场将继续高速发展;另一方

面, 模具制造逐渐向我国转移, 跨国集团到我国进行模具采购的趋向也十分明显。放眼未来, 我国不但会成为模具制造大国, 而且将逐步向模具制造强国的行列迈进。

我国模具行业今后的发展趋势:

- 1) 模具由粗加工向高速加工发展。
- 2) 模具加工向精密、自动化方向发展。例如超精冲压模具制造技术、精密塑料和压铸模具制造技术等。
- 3) 模具 CAD/CAM/CAE 技术将有更快的发展。
- 4) 先进制造技术的应用得以发展。例如热流道技术、气辅技术、虚拟技术、纳米技术、高速扫描技术、逆向工程、并行工程等技术在模具研究、开发、加工过程中的应用。

二、模具制造的基本要求与特点

1. 模具制造的基本要求

在工业产品的生产中, 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保证。制造模具时, 不论采用哪一种方法, 都应满足如下几个基本要求。

(1) 制造精度高 为了生产合格的产品和发挥模具的效能, 所设计、制造的模具必须具有较高的精度。模具的精度主要取决于制品的精度和模具的结构。为了保证制品的精度, 模具工作部分的公差等级通常要比制品的公差等级高 2~4 级; 模具结构对上、下模之间的配合有较高的要求, 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 模具是比较昂贵的工艺装备, 目前模具制造费约占产品成本的 10%~30%, 其使用寿命长短将直接影响产品的成本高低。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上的模具标准化程度、制造技术和生产管理水平的高低。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。必须根据制品要求合理设计和制订其加工工艺, 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, 选择与制品生产批量相适应的模具结构和制造方法, 使模具的制造周期缩短、成本降低。

2. 模具制造的特点

严格来说, 模具的制造也属于机械制造的研究范畴, 但一个机械制造能力较强的企业, 未必能承担模具制造任务, 更难保证制造出高质量的模具。模具制造的难度较大, 与一般机械制造相比, 有许多特殊性。

(1) 模具的制造特点

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要好。一般来说, 模具工作部分的制造误差都应控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 以内, 有的甚至要求在微米级范

围内；模具加工后的表面不仅不允许有任何缺陷，而且工作部分的表面粗糙度 Ra 值都要求小于 $0.8\mu\text{m}$ 。

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，而不是一般机械加工的简单几何体。

3) 材料硬度高。模具实际上相当于一种机械加工工具，其硬度要求较高，一般都是用淬火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，往往十分困难，所以模具加工方法有别于一般机械加工。

4) 单件生产。通常生产某一个制品，一般都只需要一两副模具，所以模具制造一般都是单件生产。每制造一副模具，都必须从设计开始，大约需要一个多月甚至几个月的时间才能完成，设计、制造周期都比较长。

(2) 模具制造的工艺特点

1) 模具加工时尽量采用通用机床、通用刀量具和仪器，尽可能地减少专用工具的数量。

2) 模具设计和制造时，较多地采用“实配法”、“同膛法”等，使得模具零件的互换性降低，这是保证加工精度、减小加工难度的有效措施。今后随着加工技术手段的提高，互换性程度将会提高。

3) 安排制造工序时，工序相对集中，以保证模具的加工质量和效率，简化管理，减少工序周转时间。

三、模具的技术经济指标

对于一个零件的机械加工工艺过程，往往可以拟订出几个不同的方案，这些方案都能满足该零件的技术要求。但是它们的经济性是不同的，因此要进行经济分析比较，选择一个在给定的生产条件下最为经济的方案。对模具进行经济分析的主要指标有：模具的精度和表面质量（前已述及）、模具的生产周期、模具的生产成本和模具的寿命。它们相互制约，又相互依存。在模具生产过程中，应根据设计要求和客观情况，综合考虑各项指标。

1. 模具的生产周期

模具的生产周期是指从接受模具订货任务开始到模具试模鉴定后交付合格模具所用的时间。当前，模具使用单位要求模具的生产周期越来越短，以满足市场竞争的需要。因此，模具生产周期的长短是衡量一个模具企业生产能力和技术水平的重要标志之一，也关系到一个模具企业在激烈的市场竞争中有无立足之地。同时，模具的生产周期也是衡量一个国家模具技术管理水平的标志。

2. 模具的生产成本

模具的生产成本是指企业为生产和销售模具所支付费用的总和。模具的生产成本包括：材料费、外购件费、制造费、技术开发费（又称设计费）、管理费、其他费用等。从性质上可分为生产成本、非生产成本和生产外成本。这里讲的模具生产成本是指与模具生产过程有直接关系的生产成本。

3. 模具寿命

模具寿命是指在保证产品零件质量的前提下，模具所能加工的制件的总数量，包括工作面的多次修磨和易损件更换后的寿命。即

$$\text{模具寿命} = \text{工作面的一次寿命} \times \text{修磨次数} \times \text{易损件的更换次数}$$

一般在模具设计阶段就应明确该模具所适用的生产批量类型，或者模具生产制件的总数

量,即模具的设计寿命。不同类型的模具正常损坏的形式也不一样,但总的来说,工作表面损坏的形式有摩擦损坏、塑性变形、开裂、疲劳损坏、啃伤等。

影响模具寿命的主要因素有以下几个方面:

(1) 模具的结构 合理的模具结构有助于提高模具的承载能力,减轻模具承受的热-机械负荷水平。例如,模具中可靠的导向机构,对于避免凸模和凹模间的互相啃伤是至关重要的。又如,承受高强度负荷的冷镦和冷挤压模具,对应力集中十分敏感,当承力件截面尺寸变化较大时,最容易由于应力集中而开裂。因此,对截面尺寸变化处理是否合理,对模具寿命的影响较大。

(2) 模具材料 应根据产品零件生产批量的大小,选择合适的模具材料。生产批量越大,对模具的寿命要求也越高,此时应选择承载能力强、抗疲劳破坏能力好的高性能模具材料。另外,应注意模具材料的冶金质量可能造成的工艺缺陷及其对工作时的承载能力的影响,采取必要的措施来弥补冶金质量的不足,以提高模具寿命。

(3) 模具的加工质量 模具零件在机械加工、电火花加工,以及锻造、预处理、淬火、表面处理过程中的缺陷都会对模具的耐磨性、抗咬合能力、抗断裂能力产生显著的影响。例如,模具表面残存的刀痕、电火花加工的显微裂纹、热处理时的表层增碳和脱碳等缺陷都会对模具的承载能力和寿命产生影响。

(4) 模具的工作状态 模具工作时,使用设备的精度与刚度、润滑条件、被加工材料的预处理状态、模具的预热和冷却条件等都会对模具的寿命产生影响。例如,薄料的精密冲裁对压力机的精度、刚度尤为敏感,必须选择高精度、高刚度的压力机,才能获得良好的效果。

(5) 产品零件状况 被加工零件材料的表面质量状态、材料硬度、伸长率等力学性能,被加工零件的尺寸精度等都与模具的寿命有直接的关系。如镍的质量分数为80%的特殊合金成形时,极易和模具工作表面发生强烈的咬合现象,使工作表面咬合拉毛,直接影响模具的正常工作。

模具的技术经济指标间是互相影响和互相制约的,而且影响因素也是多方面的。在实际生产过程中,要根据产品零件和客观需要综合平衡,抓住主要矛盾,求得最佳的经济效益,满足生产的需要。

四、本课程的性质、任务和要求

“模具制造工艺”是模具设计与制造专业的核心专业课程之一。在学习本课程之前,学生已修完了工程制图、机械制造基础、模具材料及热处理、冲压工艺及模具设计、塑料成形工艺及模具设计等有关课程,对模具设计已有了初步的了解。由于模具设计与制造工艺之间有着密切的关系,作为一个模具设计人员,如果不熟悉模具制造工艺知识,不管其设计的模具功能多全,精度定得多高,我们仍然不能说这是一副好的模具,因为所设计的模具未必是合理的,有可能工艺性和经济性很差,甚至无法加工。作为模具设计人员,在掌握设计知识后还必须熟悉模具制造方面的工艺知识,以模具制造工艺的实际操作性反作用于模具设计,从而优化模具的结构设计,只有这样才能避免理论脱离实际,也只有这样,才能成为一名优秀的设计师。本课程的任务是使学生掌握模具制造工艺的基本专业知识和常用的工艺方法,编制典型模具零件的加工工艺卡;掌握基础模具的装配工艺,编制模具装配工艺卡;了解和掌握先进模具制造技术;具有分析模具零件与结构工艺性的能力,提高模具设计的综合水

平；具有较强的从事模具制造工艺操作、模具钳工装配和模具结构设计的能力。

现代工业生产的发展和材料成形新技术的应用，对模具制造工艺的要求越来越高。模具制造已不只是传统的一般机械加工，而是在其基础上广泛采用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零件与结构工艺性的能力。

由于模具制造工艺与技术发展迅速，同时本课程具有很强的实践性和综合性，涉及的知识面较广，因此在学习本课程时，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，尽可能参观相关的展会及模具制造企业。教师则应尽可能采用一体化教学的形式，以真实的模具零件加工、模具装配过程组织教学环节，认真进行现场教学和企业生产实践，以增加感性认识，培养学生的学习兴趣，再将兴趣提升为技能，培养学生的实际应用能力。

项目一 模具制造工艺基础

【任务目标】

- 1. 了解模具制造的特点及要求。
- 2. 理解模具制造工艺的基本规程。
- 3. 能划分简单模具零件的加工工序。
- 4. 能分析简单模具零件的制造工艺及其尺寸链计算。

理论知识

一、模具的精度要求和成形件的加工表面质量

1. 模具的精度要求

(1) 模具成形件的尺寸精度 模具成形件主要指凸模或型芯，凹模或型腔，它们都由二维、三维等型面组成。对于一般精度的模具，其成形件的尺寸公差见表 1-1。

表 1-1 模具成形件的尺寸公差

模具类别	尺寸公差/mm	模具类别	尺寸公差/mm
冲压模	大型 0.010 小型 0.008	注射模	0.020
拉深模	0.010	玻璃模	0.015
精锻模	0.036	粉末冶金模	0.010
压铸模	0.010	陶瓷模	0.050

(2) 冲模的制造精度

1) 冲件的尺寸精度。冲件的尺寸精度是进行模具设计、成形件制造、标准零件和部件采购、模具装配与试模的主要依据，见表 1-2 ~ 表 1-5。

表 1-2 冲件外形与内孔的尺寸公差 (单位：mm)

精度等级	零件尺寸	材料厚度			
		< 1	1 ~ 2	> 2 ~ 4	> 4 ~ 6
经济级	< 10	0.12/0.08	0.18/0.10	0.24/0.12	0.30/0.15
	10 ~ 15	0.16/0.10	0.22/0.12	0.28/0.15	0.35/0.20
	> 50 ~ 150	0.22/0.12	0.30/0.16	0.40/0.20	0.50/0.20
	> 150 ~ 300	0.30	0.50	0.70	1.00
精密级	< 10	0.03/0.025	0.04/0.03	0.06/0.04	0.10/0.06
	10 ~ 15	0.04/0.04	0.06/0.05	0.08/0.06	0.12/0.10
	> 50 ~ 150	0.06/0.05	0.08/0.06	0.10/0.08	0.15/0.12
	> 150 ~ 300	0.10	0.12	0.15	0.20

注：表中第一个数值为外形公差值，第二个为内孔公差值；只有一个数值时，表示两者相同。

表 1-3 孔距公差 (单位: mm)

精度等级	孔距尺寸	材料厚度			
		<1	1~2	>2~4	>4~6
经济级	<50	±0.10	±0.12	±0.16	±0.20
	50~150	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30
	>150~300	±0.20	±0.30	±0.35	±0.40
精密级	<50	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04
	50~150	±0.02	±0.03	±0.04	±0.05
	>150~300	±0.04	±0.05	±0.06	±0.08

表 1-4 冲裁件允许的毛刺高度 (单位: μm)

冲裁件材料厚度 /mm	材料抗拉强度 σ_b /MPa											
	<250			250~400			400~630			>630 和硅钢		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
≤0.35	100	70	50	70	50	40	50	40	30	30	20	20
0.4~0.6	150	110	80	100	70	50	70	50	40	40	30	20
0.65~0.95	230	170	120	170	130	90	100	70	50	50	40	30
1~1.5	340	250	170	240	180	120	150	110	70	80	60	40
1.6~2.4	500	370	250	350	260	180	220	160	110	120	90	60
2.5~3.8	720	540	360	500	370	250	400	300	200	180	130	90
4~6	1200	900	600	730	540	360	450	330	220	260	190	130
6.5~10	1900	1420	950	1000	750	500	650	480	320	350	260	170

注: I、II、III 为冲裁模的精度等级。

表 1-5 弯曲件、拉深件的公差等级

材料厚度 /mm	经济级			精密级		
	A	B	C	A	B	C
≤1	IT13	IT15	IT16	IT11	IT13	IT13
>1~4	IT14	IT16	IT17	IT132	IT13~14	IT13~14

注: 表中 A、B、C 表示基本尺寸的部位与三种不同类别的公差等级。A 部位尺寸公差与模具尺寸公差有关; B 部位尺寸公差与模具公差、拉深件和弯曲材料的厚度极限偏差有关; C 部位尺寸公差与模具公差、材料的厚度极限偏差及展开尺寸的尺寸误差有关。

2) 冲裁间隙及其均匀性。冲模的凸模与凹模之间的间隙值及其均匀性也是确定模具制造精度等级的重要依据。同时, 冲模导向副中的导套与导柱的配合精度及其对上、下模座板的垂直度, 以及上、下模座板平面之间的平行度及位置精度, 都与凸、凹模之间的间隙值及其均匀性有关, 即冲裁间隙值 Δ 越小, 间隙的均匀性要求越高。这说明, 凸、凹模的定向运动精度与间隙 Δ 及其均匀性有关; 而凸、凹模的定向运动精度, 还与导向副中的导套与导柱之间的滑动配合的极限偏差 δ 有关, 综合以上情况, 其关系式为

$$\delta = K(\Delta \pm \Delta')$$

式中 Δ' ——间隙值允许变动量;

Δ ——单边冲裁间隙值。参见指导性文件 HB/Z 167—1990《板料冲裁间隙》; 常用经

验公式为 $\Delta = (0.6 \sim 1.5)t$ ，其中 t 为板厚；

K ——导柱外径与导柱、导套配合长的比值。

3) 冲模标准零、部件的精度

① 凸、凹模的精度要求。根据 GB/T 14662—2006 《冲模技术条件》，凸模装配的垂直度偏差要在凸、凹模间隙值的允许范围之内。推荐的垂直度公差等级见表 1-6。

表 1-6 凸模垂直度公差等级

间隙值/mm	垂直度公差等级	
	单凸模	多凸模
薄料、无间隙(≤ 0.02)	IT5	IT6
$> 0.02 \sim 0.06$	IT6	IT7
> 0.06	IT7	IT8

② 冲模模架的精度。根据 JB/T 8050—2008 《冲模模架 技术条件》和 JB/T 8071—2008 《冲模模架精度检查》标准规定，滑动导向模架的精度分为 I 级和 II 级，滚动导向模架的精度分为 0 I 和 0 II 级。

对于冲模模架，上、下模座为铸铁材料的称为铸铁模架；其材料为钢时，则称为钢板模架。它们的精度等级划分相同。

对于上、下模座导柱与导套安装孔的轴线对基准面的垂直度，规定 0 I 级和 I 级的模座的公差为 0.005mm/100mm，0 II 级和 II 级的模座的公差为 0.010mm/100mm。

冲模模架的位置精度和导向副的配合精度见表 1-7 ~ 表 1-9。

表 1-7 模架上、下平面的平行度公差 (单位：mm)

基本尺寸	模架精度分级	
	0 I 级、I 级	0 II 级、II 级
$> 40 \sim 63$	0.008	0.012
$> 63 \sim 100$	0.010	0.015
$> 100 \sim 160$	0.012	0.020
$> 160 \sim 250$	0.015	0.025
$> 250 \sim 400$	0.020	0.030
$> 400 \sim 630$	0.025	0.040
$> 630 \sim 1000$	0.030	0.050
$> 1000 \sim 1600$	0.040	0.060

表 1-8 钢板模架上、下模板两基面垂直度公差 (单位：mm)

基本尺寸	垂直度公差
$> 63 \sim 100$	0.030
$> 100 \sim 160$	0.040
$> 160 \sim 250$	0.050
$> 250 \sim 400$	0.060
$> 400 \sim 630$	0.080
$> 630 \sim 1000$	0.100

表 1-9 导柱轴线对下模座下平面的垂直度公差 (单位: mm)

被 测 尺 寸	模架精度分级	
	0 I 级、I 级	0 II 级、II 级
	垂直度公差	
> 40 ~ 63	0. 008	0. 012
> 63 ~ 100	0. 010	0. 015
> 100 ~ 160	0. 012	0. 020
> 160 ~ 250	0. 025	0. 040

4) 冲件批量与模具精度。冲件批量也是确定模具公差等级的重要依据,同时还影响到模具的结构。如为保证模具的寿命和性能与冲件批量生产相适应,从而采用完全互换性的拼块结构的凸、凹模,这些拼合件的公差比一般模具的公差要高一个数量级,见表 1-10。

表 1-10 精密冲模的寿命与精度 (单位: mm)

模具	级 进 冲 模				精 密 冲 模		
	寿命/万次	材料	拼合件精度	步距精度	寿命/万次	材料	凸、凹模精度
电机定、转子 硅钢片 冲模	10000	硬质合金	0. 0005 ~ 0. 002	0. 002 ~ 0. 005	60 ~ 300	Cr12Mo1V1 (D2)	0. 008 ~ 0. 012
E 形片冲模	20000		0. 005 ~ 0. 010	0. 005			

(3) 塑料注射模的制造精度

1) 塑件精度的影响。塑件的尺寸精度和塑件的材料性能(如塑料收缩率等)是确定塑料注射模型芯和型腔型面尺寸与公差的主要依据。塑料注射模型芯和型腔的尺寸公差一般为塑件尺寸公差的 1/4。

2) 塑料注射模的精度等级。根据标准 GB/T 12556—2006,相关的精度要求如下:

① 组合后的模架在水平自重条件下,定模座板与动模座板的安装平面的平行度应符合 GB/T 1184—1996 中 7 级的规定。

② 组合后的模架在水平自重条件下,其分型面的贴合间隙为:

- a) 模板长 400mm 以下 $\leq 0. 03\text{mm}$;
- b) 模板长 400 ~ 630mm $\leq 0. 04\text{mm}$;
- c) 模板长 630 ~ 1000mm $\leq 0. 06\text{mm}$;
- d) 模板长 1000 ~ 2000mm $\leq 0. 08\text{mm}$ 。

③ 模架中导柱、导套的轴线对模板的垂直度应符合 GB/T 1184—1996 中 5 级的规定。

塑料注射模成形部位的尺寸公差见表 1-11 和表 1-12。

表 1-11 成形部位转接圆弧未注公差尺寸极限偏差 (单位: mm)

基 本 尺 寸		≤ 6	$> 6 \sim 18$	$> 18 \sim 30$	$> 30 \sim 120$	> 120
凸圆弧	极限偏差	0	0	0	0	0
		-0. 15	-0. 20	-0. 30	-0. 45	-0. 60
凹圆弧	极限偏差	+0. 15	+0. 20	+0. 30	+0. 45	+0. 60
		0	0	0	0	0

表 1-12 成形部位未注角度和锥度公差

锥度母线或角度短边长/mm	≤6	>6 ~ 18	>18 ~ 50	>50 ~ 120	>120
极限偏差	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′

2. 模具成形件的加工表面质量

凸、凹模的型面质量将直接影响模具的工作性能、使用寿命和可靠性。型面质量是指加工完成后的型面表面层状态，包括表面粗糙度、表面层金相组织、力学性能和残余应力等，应达到设计要求。

(1) 表面粗糙度 模具零件表面粗糙度等级与模具的类别和零件的使用性能要求有关，如塑料注射模凸、凹模型面的表面粗糙度 Ra 要求为 $0.32 \sim 0.16\mu\text{m}$ ；玻璃模的成形面表面粗糙度 Ra 要求为 $1.6\mu\text{m}$ ，配合面表面粗糙度 Ra 为 $3.2\mu\text{m}$ ，非配合面则表面粗糙度 Ra 为 $6.3\mu\text{m}$ ；橡胶模零件的配合面表面粗糙度 Ra 的最大允许值为 $1.6\mu\text{m}$ ，其上、下表面粗糙度 Ra 为 $3.2\mu\text{m}$ ，非配合面表面粗糙度 Ra 最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$ 。一般，塑料注射模、玻璃模、压铸模和冲模的凸、凹模型面的表面粗糙度要求较高，见表 1-13，表面粗糙度在模具零件加工表面上的使用范围见表 1-14。

表 1-13 模具零件精加工表面粗糙度

模具类别	零件表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
冲裁模	<0.8
拉深模	<0.4
锻模	<0.8 ~ 1.6
压铸模	<0.4
塑料注射模	<0.4
玻璃模	<0.4
橡胶模	<2
粉末冶金模	<0.4
陶瓷模	<3

表 1-14 模具零件加工表面的粗糙度及使用范围

表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	使用范围
0.1	抛光的旋转体表面
0.2	抛光的成形面和平面
0.4	1) 弯曲, 拉深, 成形凸、凹模工作表面 2) 圆柱表面和平面刃口 3) 滑动精确导向件表面
0.8	1) 成形凸、凹模刃口 2) 凸、凹模镶块刃口 3) 静、过渡配合表面——用于热处理零件 4) 支承、定位和紧固表面——用于热处理零件 5) 磨削表面的基准平面 6) 要求准确的工艺基准面