



全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
模具设计与制造专业

模具制造工艺

全国机械职业教育模具类专业教学指导委员会 组编
杨金凤 黄亮 主编

MUJU ZHIZAO GONGYI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书内容包括课程认识及模具零件机械加工工艺过程的编制、模具加工精度、冲模的机械加工、冲模的电火花加工、型腔模的机械加工、模具制造的其他方法、模具装配工艺 7 个教学单元。

每个单元内容均按照“模具企业模具零件加工的岗位能力要求”，分析本单元承担的任务，选择合适的载体，并基于零件加工的工作流程，将实际生产案例有机地融入到书中，做到课堂教学与生产实际的有机结合。

本书可以作为高等职业院校模具设计与制造专业学生用书，也可作为企业技术人员的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

模具制造工艺/杨金凤，黄亮主编. —北京：机械工业出版社，2012. 2
全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材·模具设计与制造专业
ISBN 978 - 7 - 111 - 37033 - 8

I. ①模… II. ①杨…②黄… 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（2012）第 001528 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：郑 丹 于奇慧 责任编辑：郑 丹 于奇慧 周璐婷
版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧
封面设计：鞠 杨 责任印制：杨 曦
保定市中国画美凯印刷有限公司印刷
2012 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm × 260mm · 16.5 印张 · 407 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 37033 - 8
定价：32.00 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

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

“模具制造工艺”是模具设计与制造专业的一门主干课程。为建设好该课程，利用“示范建设”这个有利时机，在全国机械工业联合会的指导下，由全国机械职业教育模具设计与制造专业教学指导委员会牵头，联合企业，组建了课程开发团队。本书的编写实行双主编与双主审制，由四川工程职业技术学院杨金凤副教授和中国第二重型机械集团公司高级工程师黄亮联合担任主编，由四川工程职业技术学院武友德教授和中国第二重型机械集团公司高级工程师廖信玉联合担任主审。

为了使“模具制造工艺”课程符合高素质的技术应用型高技能人才的培养目标和专业相关技术领域职业岗位的任职要求，课程开发团队按照“行业引领、企业主导、学校参与”的思路，经过认真分析模具企业中模具设计、模具制造和调试等岗位的职业能力要求，制订了相应岗位的职业能力标准，依据标准明确课程内容，并按照企业相应岗位的工作流程对课程内容进行了组织。

本书的编写始终以“模具制造岗位职业能力要求”所确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托，以基于工厂“典型模具零件”的真实加工过程为导向，结合企业实际零件制造的工作流程，分析完成每个流程所必需的知识和能力结构，归纳了“模具制造工艺”课程的主要工作任务，选择合适的载体，并以典型模具零件加工工艺过程为主线，构建主体学习单元；按照任务驱动、项目导向，以职业能力培养为重点，将真实生产过程融入教学全过程。

本书由学校与行业、企业合作编写，在本书讲义的基础上，经过专业教学指导委员会的多次论证，通过三年左右的不断完善和修改，最终编写而成。本书内容包括课程认识及模具零件机械加工工艺过程的编制、模具加工精度、冲模的机械加工、冲模的电火花加工、型腔模的机械加工、模具制造的其他方法、模具装配工艺7个教学单元。课程认识及教学单元3、教学单元5由杨金凤、黄亮共同编写；教学单元1由刘权萍、何丁勇共同编写；教学单元2由曹素兵、欧晓宏共同编写；教学单元4由夏宝林、曾太成共同编写；教学单元6由韩雄伟、李香林共同编写；教学单元7由胡兆国、罗大兵共同编写。

在本书编写过程中，四川机械工业数控技术应用与培训中心和四川工程职业技术学院技术中心的老师和技术人员提供了大量的资料和许多宝贵的经验，在此表示衷心的感谢！

因本书涉及内容广泛，编者水平有限，难免出现错误和处理不妥之处，敬请读者批评指正。

本书配有电子教案，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询信箱：cmpgaozhi@sina.com。咨询电话：010-88379375。

编 者

目 录

前言

课程认识 1

0.1 模具技术的发展 1

0.2 模具制造生产过程和特点 2

0.3 本课程的性质和任务 4

教学单元1 模具零件机械加工工艺

过程的编制 5

1.1 任务引入 5

1.2 相关知识 6

1.2.1 基本概念 6

1.2.2 零件的工艺分析 12

1.2.3 毛坯的选择 14

1.2.4 定位基准的选择 16

1.2.5 工艺路线的拟定 21

1.2.6 加工余量 28

1.2.7 工序尺寸及其公差确定 30

1.2.8 机床与工艺装备的选择 39

1.2.9 切削用量和时间定额的确定 39

1.3 任务实施 40

习题与思考题 43

教学单元2 模具加工精度 46

2.1 任务引入 46

2.2 相关知识 46

2.2.1 概述 46

2.2.2 工艺系统几何误差及其对加工精度的影响 47

2.2.3 工艺系统的力效应对加工精度的影响 54

2.2.4 工艺系统受热变形对加工精度的影响 58

2.2.5 其他误差对加工精度的影响 62

2.2.6 机械加工的表面质量 63

2.3 任务实施 67

习题与思考题 68

教学单元3 冲模的机械加工 69

3.1 任务引入 69

3.2 相关知识 69

3.2.1 模架的加工 70

3.2.2 凸、凹模的机械加工 79

3.3 任务实施 105

习题与思考题 108

教学单元4 冲模的电火花加工 110

4.1 任务引入 110

4.2 相关知识 110

4.2.1 凸、凹模的电火花成形加工 110

4.2.2 凸、凹模的数控电火花线切割加工 129

4.3 任务实施 144

习题与思考题 148

教学单元5 型腔模的机械加工 150

5.1 任务引入 150

5.2 相关知识 151

5.2.1 注射模结构零件的加工 152

5.2.2 型腔零件的机械加工 158

5.2.3 型腔的电火花加工 162

5.2.4 型腔的数控加工 166

5.2.5 型腔的研磨和抛光 181

5.3 任务实施 188

习题与思考题 190

教学单元6 模具制造的其他方法 193

6.1 任务引入 193

6.2 相关知识 193

6.2.1 电化学加工及化学加工 193

6.2.2 超声波加工 201

6.2.3 型腔的冷挤压加工 205

6.2.4 铸造制模技术 209

6.2.5 高速加工 214

6.2.6 快速模具制造技术 217

习题与思考题 220

教学单元7 模具装配工艺 221

7.1 任务引入 221

7.2 相关知识 222

7.2.1 概述 222

7.2.2 装配方法及其应用范围 223

7.2.3 装配工艺规程的制订	226	7.3.2 塑料模的装配	242
7.3 项目实施	232	习题与思考题	257
7.3.1 冲压模具的装配	232	参考文献	258

课程认识

0.1 模具技术的发展

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，能提高生产效率，节约原材料，降低成本，并保证加工质量要求。

在世界上一些工业发达国家里，模具工业的发展是很迅速的。模具总产值已超过了机床工业的总产值，其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。模具技术，特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术，已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。随着生产和科学技术的迅速发展，产品更新、改型加快，模具的更新将越来越快。为了适应工业生产对模具的需求，在模具生产中采用了许多新工艺和先进的加工设备，不仅改善了模具的加工质量，也提高了模具制造的机械化、自动化程度。电子计算机的应用给模具设计和制造开辟了新的前景。

2. 我国模具制造技术的现状和发展趋势

近年来，我国的模具工业也有了较大发展，模具制造工艺和生产装备智能化程度越来越高，极大地提高了模具制造精度、质量和生产效率。数控铣床、数控坐标磨床、数控电火花加工机床、加工中心、光学曲线磨床等加工设备已在模具生产中广泛采用。模具的计算机辅助设计和制造（CAD/CAM）也已在很多企业进行开发和应用。

虽然我国的模具生产已经取得了令人瞩目的成就，但许多方面与工业发达国家相比仍有较大的差距。不论从设计、制造方面，还是从生产能力方面，还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。例如，精密加工设备的比例比较低；CAD/CAM/CAE 技术普及率不高；许多先进的模具技术应用不够广泛。大部分大型、精密、复杂和长寿命模具仍依赖进口。今后，我国模具技术将在以下几个方面得到快速发展。

1) 推广应用 CAE 技术。由于现代产品更新换代快，精度要求高，形状也越来越复杂，这对模具设计与制造提出了更高要求。实践证明，模具 CAE 技术是模具设计与制造的发展方向。

2) 提高模具标准化程度。为了缩短模具制造周期，降低制造成本，模具标准化工作十分重要。目前，我国模具标准件使用覆盖率已达到约 30%，但发达国家一般能够达到 80%。为了促进模具工业的发展，必须加强模具标准化工作，走专业化协作生产的道路。

3) 应用优质材料及先进的表面处理技术。应用优质材料及先进的表面处理技术有利于提高模具产品的质量和模具使用寿命。国内外模具材料研究者对模具的工作条件、失效形式及使用寿命等方面进行了大量研究，开发出许多使用性能优良、加工性好、热处理变形小的模具材料，如预硬钢、耐腐蚀钢等。

模具热处理和表面处理是充分发挥模具钢材料性能的关键环节。模具热处理的发展方向是真空热处理技术。模具表面处理除常用处理方法（渗碳、渗氮、渗硼、渗铬、渗钒）外，还将发展工艺更先进的气相沉积、等离子喷涂等技术。

4) 加强模具制造技术的高效、快速、精密化。随着模具制造技术的发展，许多新的加工技术、加工设备不断出现，模具制造手段越来越丰富，越来越先进。

快速原型制造（RPM）技术是数控（NC）技术之后的一种全新制造技术。利用 RPM 技术，可以根据零件的 CAD 模型，快速自动完成复杂的三维实体（模型）制造，使模具从概念设计到制造完成的周期与成本大大降低，仅为传统加工方法的 $1/3 \sim 1/4$ 。

先进的高速铣削加工，主轴转速高达 $40000 \sim 100000 \text{ r/min}$ ，快速进给速度达到 $30 \sim 40 \text{ m/min}$ ，加速度达到 1 g ，换刀时间缩短到 $1 \sim 2 \text{ s}$ ，可加工的材料硬度达到 60HRC，表面粗糙度 R_a 值小于 $1 \mu\text{m}$ 。高速切削技术与传统切削加工相比，具有加工效率高、温升低（工件温度只升高 3°C ）、热变形小等优点。高速铣削技术的敏捷化、智能化、集成化发展促进了模具加工技术的进步，特别适合于汽车、家电等行业大型型腔模具的制造。

电火花加工技术是用高速旋转的管状电极作二维或三维轮廓加工（像数控铣一样），无需制造复杂的成形电极。因此，电火花等特种加工技术在模具制造中也得到广泛应用。

5) 实现模具研磨抛光的自动化、智能化。模具加工中未能很好解决的难题之一是模具成形件工作表面的精饰加工。模具成形件的工作表面质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响。目前，我国仍以手工研磨抛光为主，效率低，劳动强度大，质量不稳定，制约了我国模具加工向更高层次的发展。因此，研磨抛光的自动化、智能化是未来的发展趋势。日本已研制了数控研磨机，可实现三维曲面模具的自动化研磨抛光。

6) 逆向工程技术。在逆向工程中，经常采用三坐标测量仪、坐标扫描仪、激光扫描仪或 3D 数字仪等测取模具实物表面的形状、尺寸数据，将实体的物理模型转化为数字数据。将这些数据交由数字处理系统，利用计算机辅助技术，通过对数据的编辑、处理、修补，就能方便地在计算机中建立模具三维实体的 CAD 几何模型。借助 CAD/CAE/CAM 系统生成的产品 CAD 几何模型，通过对数据进行刀具轨迹编辑，自动生成 NC 轨迹，交由 NC 机床进行数控机械加工。若生成的是 STL 文件，则可将信号输入快速自动成形机，进行模具原型制造。由于在逆向工程技术中应用了计算机辅助技术，大大减少了人工劳动，有效缩短了设计、制造周期。尤其是将自动测量、重构 CAD 模型、自动成形、数控加工结合起来，用于模具实体造型的设计与制造，更能够体现现代设计、加工技术的优越性。

0.2 模具制造生产过程和特点

1. 模具制造生产过程

模具制造生产过程包括五个阶段：生产技术准备，材料准备，模具零件、组件的加工，装配调试和试模鉴定。它们的关系和内容如图 0-1 所示。

1) 生产技术准备。生产技术准备是整个生产的基础，对于模具制造的质量、成本、进度和管理都有重大的影响。生产技术准备阶段工作包括模具图样的设计、工艺技术文件的编制、材料定额和加工工时定额的制订、模具成本的估价等。

2) 材料准备。确定模具零件毛坯的种类、形式、大小及有关技术要求。

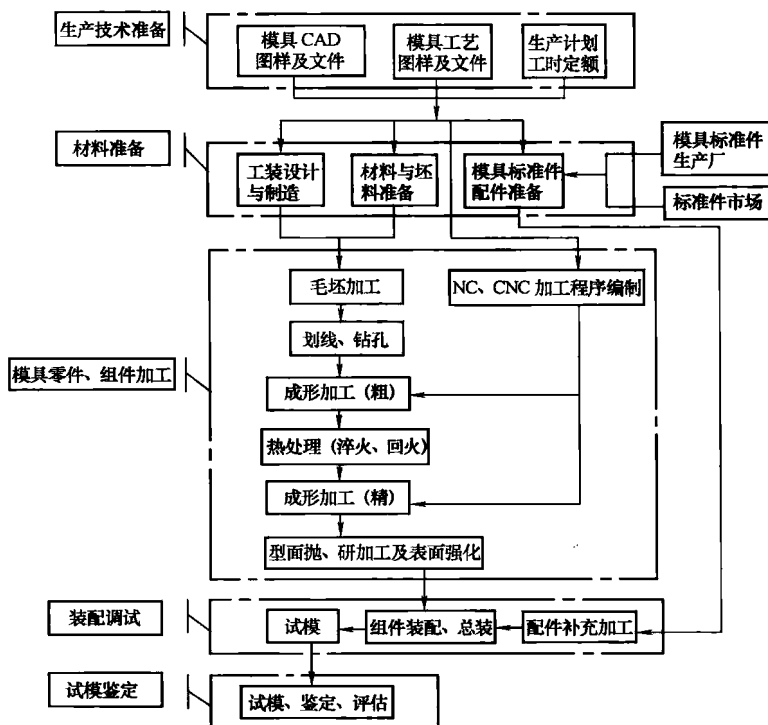


图 0-1 模具制造生产过程的关系和内容

3) 模具零件、组件加工。利用各种加工设备及加工手段，完成模具零件及组件的加工。

4) 装配调试。完成模具的组装、总装及试模与调整。

5) 试模鉴定。对模具设计及制造质量作合理性与正确性的评估，判断模具是否能达到预期的功能要求。

2. 模具制造特点

与其他产品相比，模具生产具有如下特点。

1) 模具零件形状复杂，加工要求高。除采用一般的机械加工方法外，模具加工更多采用特种加工（如线切割、电火花、电铸等）和数控加工、快速成形等现代加工方法。随着模具技术的不断发展，会有更多的新工艺应用到模具制造中。

2) 模具零件加工过程复杂，加工周期长。模具零件加工包括毛坯的下料、锻造、粗加工、半精加工、精加工等工序，其间还需热处理、表面处理、检验等工序配合。零件加工短则一二周，长则一二个月，甚至更长。同时，零件加工可能需要多台机床、多个工人、多个车间甚至多个工厂共同协作完成。

3) 模具零件加工属于单件或小批生产。模具零件加工工艺过程应注意如下几点：

①尽量使用通用工、夹具，不用或少用专用工具。

②尽量采用通用刀具，避免使用非标准刀具。但根据模具的特点有时也需设计使用专用刀具，如加长的立铣刀、加长的钻头或一些特殊的成形刀具。

③尽量使用通用的量具。但根据模具的特点，在模具制造中也常使用一些诸如样板之类

的专用量具。

④尽量使用通用机床设备，减少使用专用机床，并注意遵循工序集中原则，尽可能在较少的机床上通过增加附件的方法来组织生产。

4) 模具加工精度高。模具的加工精度要求高主要体现在两方面：一是模具零件本身的加工精度要求高，二是相互关联的零件间的配合精度要求高。模具加工时，可以通过配合加工的方法，降低模具的加工难度，即加工时，允许某些零件的公称尺寸稍大或者稍小些，但与其相配的零件也必须相应放大或缩小，这样既能保证模具的配合质量，又可避免不必要的零件报废。

5) 一副模具可能需要反复修配、调整。模具在装配试模后，根据试模情况，需重新调整某些零件的形状及尺寸，如弯曲模按回弹量修整间隙，塑料模浇注系统的调整等。为方便模具零件的修配、调整，在加工过程中，有时需将热处理、表面处理等工序安排在零件加工的最后，即试模后进行。

0.3 本课程的性质和任务

1. 本课程的性质

“模具制造工艺”是模具设计与制造专业的主要专业课之一。通过本课程教学，并配合其他教学环节，学生可初步掌握工艺规程的制订方法，具有一定的分析、解决模具工艺问题的能力，为进一步学习与从事模具专业的生产活动打下基础。

本课程涉及的知识面较广，是一门综合性、实践性较强的课程。“金属材料及热处理”、“机械制造基础”、“数控技术及设备”等课程的有关内容都将在本课程中得到综合应用。模具零件的工艺路线及所采用的工艺方法都与实际生产条件密切相关，在处理工艺技术问题时一定要理论联系实际。对于同一个加工零件，在不同的生产条件下可以采用不同的工艺路线和工艺方法达到工件的技术要求。学习中应注意在生产过程中积累模具生产的有关知识与经验，以便能更好地处理生产中的有关技术问题。

2. 本课程的任务

模具制造已广泛采用电火花成形、数控线切割、电化学加工、超声波加工、激光加工以及成形磨削、数控仿形等现代加工技术。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。在学习过程中尽可能参观一些模具厂，认真参加现场教学和实验，以增加感性知识。在课程结束之后，应安排一次“模具制造工艺”课的课程设计，最好以同学们自己设计的冲压模具或塑料模具为题目，以巩固和加深已经学过的理论知识，提高综合分析和解决工程实际问题的能力。

教学单元1 模具零件机械加工 工艺过程的编制

1.1 任务引入

图 1-1 所示是两个模具零件，图 1-1a 是冲模的模柄（材料为 Q235），图 1-1b 是塑料模的楔紧块（材料为 45 钢）。在本教学单元里将以图 1-1 为例学习如何正确分析零件图，选择毛坯，拟定工艺路线，确定工序尺寸，选择定位基准和填写工艺文件。

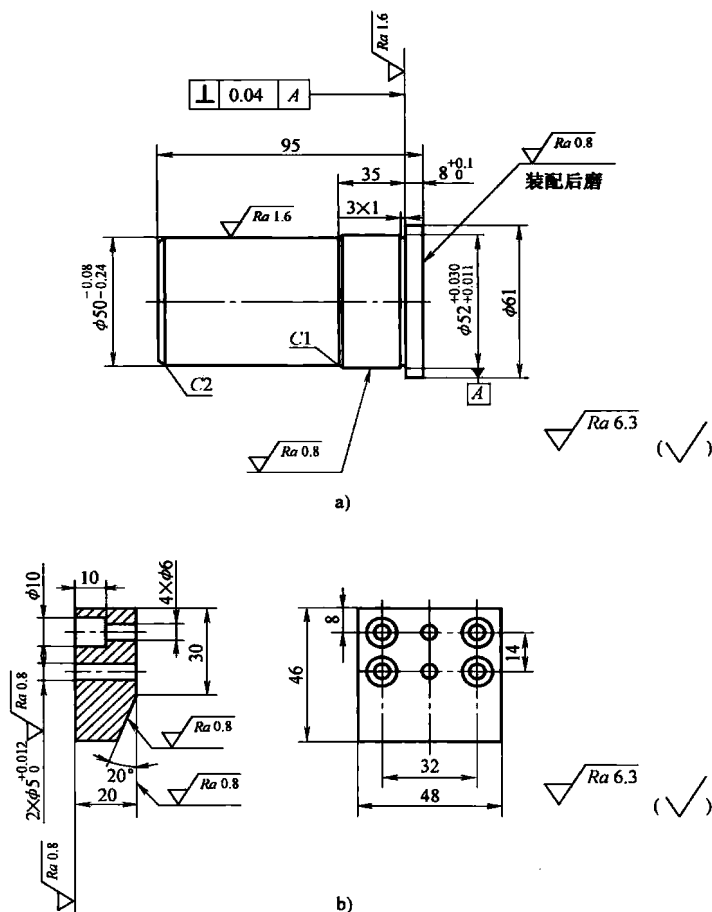


图 1-1 模具零件图
a) 模柄 b) 楔紧块

1.2 相关知识

1.2.1 基本概念

1. 机械加工工艺过程的组成

模具制造的生产过程是指通过一定的加工工艺和工艺管理对模具进行加工、装配的过程。

生产过程中为改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。若采用机械加工方法来完成上述过程，则称为机械加工工艺过程。

机械加工工艺过程是由一个或若干个按顺序排列的工序所组成的，毛坯依次经过这些工序而变为成品。

(1) 工序 工序是一个或一组工人，在一个工作地点对同一个或同时对几个工件进行加工，所连续完成的那一部分工艺过程。工序是组成工艺过程的基本单元，也是生产计划和经济核算的基本单元。划分工序的依据是工作地（设备）、加工对象（工件）是否变动以及加工是否连续完成，如果其中之一有变动或者加工不是连续完成，则应另外划分一道工序。

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 1-1a 所示模柄，生产数量为 100 件，其机械加工工艺过程可划分为三道工序，见表 1-1。

表 1-1 模柄的机械加工工艺过程

工序号	工序名称	工 序 内 容	设备
1	车	车端面，钻中心孔，光外圆；车另一端面，钻中心孔	卧式车床
2	车	车外圆（ $\phi 52^{+0.030}_{+0.011}$ mm 留 0.4mm 磨削余量），车槽并倒角	卧式车床
3	磨	磨 $\phi 52^{+0.030}_{+0.011}$ mm 外圆	外圆磨床

如图 1-1b 所示楔紧块，生产数量为 2 件，其机械加工工艺过程划分为六道工序，见表 1-2。

表 1-2 楔紧块的机械加工工艺过程

工序号	工序名称	工 序 内 容	设备
1	铣	铣六面，尺寸 20mm 留 0.4mm 磨削余量	立铣床
2	磨	磨尺寸 20mm 两面	平面磨床
3	钳工	划 $4 \times \phi 6$ mm 和 20° 斜面线	
4	钻	钻 $4 \times \phi 6$ mm，铰 $\phi 10$ mm 沉孔	钻床
5	铣	铣斜面	立铣床
6	钳工	配修斜面	

(2) 安装 工件在加工之前,应使其在机床上(或夹具中)处于一个正确的位置并将其夹紧。工件具有正确位置及夹紧的过程称为装夹。工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中,有时工件需要进行多次装夹,如表 1-1 中的工序 1,当车削第一端面、钻中心孔、光外圆时要进行一次装夹,调头车另一端面、钻中心孔时又需要重新装夹工件,所以完成该工序,工件要进行两次装夹。所以这个工序有两个安装。多一次装夹,不仅增加了装卸工件的辅助时间,同时还会产生定位误差。因此,在一个工序中应尽量减少装夹次数。

(3) 工步 工步是在加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。一个工序可以包含几个工步,也可能只有一个工步,如表 1-1 中工序 1 可划分成五个工步(车端面,钻中心孔,光外圆,车另一端面,钻中心孔)。

加工表面和加工工具是工步的两个决定因素,两者之间任何一个发生变化,或者虽然两者没有变化,但加工过程不是连续完成的,一般应划分为两个工步。当工件在二次装夹后连续进行若干个相同的工步时,为了简化工序内容,在工艺文件上常将其填写为一个工步。如图 1-2 所示零件,对四个 $\phi 20\text{mm}$ 的孔连续进行钻削加工,在工序中可以写成一个工步:“钻 $4 \times \phi 20\text{mm}$ 孔”。

为了提高生产率,用几把刀具或者用复合刀具,同时加工同一工件上的几个表面,称为复合工步。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。如图 1-3 所示,钻孔、车外圆同时加工,就是一个复合工步。

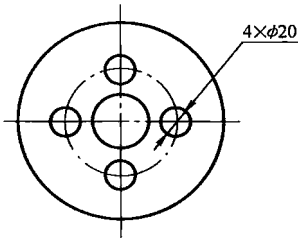


图 1-2 四个相同的工步

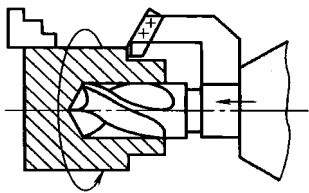


图 1-3 复合工步

(4) 工位 为了完成工序的一定部分,一次装夹工件后,工件与夹具或设备的可动部分一起,相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。

在加工中为了减少工件的装夹次数,应尽量采用不需要重新装卸就能改变工件位置的夹具来实现工件加工位置的改变,以完成对不同部位(或零件)的加工。如图 1-4 所示,用多工位夹具钻、扩、铰圆盘形零件上的孔,该夹具使工件依次处于装卸工件(工位 I)、钻孔(工位 II)、扩孔(工位 III)、铰孔(工位 IV)四个工位上,一个工步完成后,机床夹具回转部分带动工件一起相对于夹具固定部分回转 90° 。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。

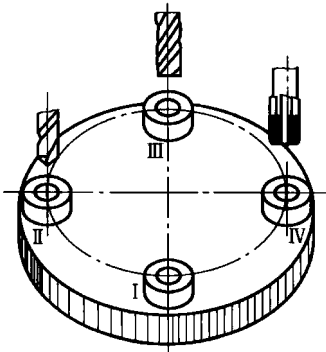


图 1-4 多工位加工

(5) 进给 刀具从被加工表面上每切下一层金属层称为一次进给。有些工步,由于需要切除的余量较大,需要对同

一表面进行多次切削，如车削阶梯凸模两个不同直径的外圆柱面时，可能需要多次进给。

2. 生产纲领和生产类型

(1) 生产纲领 企业在计划期内应生产的产品产量（年产量）和进度计划称为生产纲领。

某种零件的年产量可用以下公式计算，即

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量（件/年）；

Q ——产品的年产量（台/年）；

n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；

α ——零件的备品率（%）；

β ——零件的平均废品率（%）。

(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。根据产品的年产量不同，可将产品生产类型划分为单件生产、成批生产和大量生产三种类型，生产类型和生产纲领的关系见表 1-3。

表 1-3 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 (30kg 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 ~ 50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

对模具生产而言，除标准件或标准模架的专业生产厂家外，多数情况下为单件或小批量生产。

模具的生产类型不同，其制造的工艺方法、所采用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等均不相同。各种生产类型的工艺特征见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

特点 \ 类型	单件生产	成批生产	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

(续)

特点 \ 类型	单件生产	成批生产	大量生产
机床设备及其布置形式	采用通用机床, 机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率的专用机床, 机床设备按加工零件类别分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床, 按流水线形式排列布置
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	采用通用刀具与万能量具	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程度	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, 对重要零件编制工序卡片	有详细编制的工艺文件
零件的互换性	广泛采用钳工修配	零件大部分有互换性, 少数用钳工修配	零件全部有互换性, 某些配合要求很高的零件采用分组互换
生产率	低	中等	高
单件加工成本	高	中等	低

模具生产批量的大小对于工厂的生产过程和生产组织起决定性的作用。不同的生产纲领对于各工作地的专业化程度、所用工艺方法、机床设备和工艺装备也各不相同。例如, 图 1-1a 所示模柄如果只加工一件, 可把工序 1 和工序 2 合并为一个工序在一个车床上完成车削加工; 如果是大量生产, 可用专用机床铣端面、打中心孔, 以提高效率。

3. 工艺规程

(1) 工艺规程的概念和种类 规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。与机械加工工艺规程一样, 模具加工工艺规程一般应规定工序的加工内容、检验方法、切削用量、时间定额, 以及所采用的机床和工艺装备等。机械加工常用的工艺文件主要有以下几种。

1) 机械加工工艺过程卡片 (见表 1-5)。机械加工工艺过程卡片列出了整个零件加工所经过的工艺路线 (包括毛坯、机械加工和热处理等), 它是制订其他工艺文件的基础, 也是准备生产技术、安排计划、组织生产的依据。单件小批生产中, 对于一般简单零件只编制工艺过程卡, 直接用工艺过程卡来安排和指导生产。

表 1-5 机械加工工艺过程卡片

	(厂名)		机械加工工艺过程卡片				产品型号			零(部)件图号			共 页	
							产品名称			零(部)件名称			第 页	
	材料牌号		毛坯种类		毛坯外型尺寸			每毛坯件数		每台件数		每坯质量		
	工序号	工序名称	工序内容	车间	工段	设备	工艺装备	工时						
								准终	单件					
描图														
描校														
底图号														
装订号														
										编制 (日期)	审核 (日期)	会签 (日期)		
	标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期				

2) 机械加工工艺卡片 (见表 1-6)。机械加工工艺卡片是以工序为单位, 详细说明整个工艺过程的工艺文件。其内容包括各道工序的具体内容及加工要求等, 重要工序还有必要的加工简图或加工说明。在成批生产中广泛使用这种卡片, 单件小批生产中的某些重要零件也要制订工艺卡。

3) 机械加工工序卡 (见表 1-7)。机械加工工序卡是用来具体指导工人加工的工艺文件, 卡片上画有工序简图, 并注明该工序的加工表面及应达到的尺寸和公差, 以及工件装夹方式、刀具、夹具、量具、切削用量、时间定额等, 多用于大批量生产和成批生产中的重要零件。

(2) 工艺规程的作用

1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件。合理的工艺规程是在工艺理论和实践经验相结合的基础上制订的。按工艺规程进行生产, 可保证产品质量, 提高生产效率和降低成本。因此, 一切生产人员必须严格执行工艺规程。

但工艺规程也不是一成不变的, 随着技术的进步和生产的发展, 工艺规程会出现某些不相适应的问题。因此, 工艺人员应注意总结工人的技术创新, 及时吸取国内外的先进工艺技术, 对工艺规程不断地进行改进和完善, 以便更好地指导生产。

表 1-6 机械加工工艺卡片

	(厂名)			机械加工工艺卡片			产品型号			零(部)件图号			共 页		
							产品名称			零(部)件名称			第 页		
	材料牌号			毛坯种类		毛坯外廓尺寸				每坯件数		每台件数		每坯质量	
	工序 安装	工步	工序名称	同时加工件数	背吃刀量/mm	切削用量			设备名称及编号	工艺装备名称编号			技术等级	工时定额/min	
						切削速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	转数/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	进给量/ $\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$		夹具	刀具	量具		单件	准备终结
	描图														
描校															
底图号															
装订号															
												编制 (日期)	审核 (日期)	会签 (日期)	
	标记	处数	更改文件号	签名	日期	标记	处数	更改文件号	签名	日期					

表 1-7 机械加工工序卡片

	(厂名)				机械加工工艺卡片				产品型号		零(部)件图号		共 页										
									产品名称		零(部)件名称		第 页										
									工序号		工序名称												
									车间		工段		材料牌号										
									毛坯种类		毛坯外形尺寸		每坯件数		每台件数								
									设备名称		设备型号		设备编号		同时加工件数								
									夹具编号		夹具名称		切削液										
													工时定额										
													准终		单件								
描图	工步号		工步内容				工艺装备		主轴转速 $r \cdot \min^{-1}$		切削速度 $m \cdot \min^{-1}$		进给量 $mm \cdot r^{-1}$		背吃刀量 mm		进给 次数		工时定额 机动 辅助				
描校																							
底图号																							
装订号																							
												编制(日期)		审核(日期)		会签(日期)							
标记处数更改文件号签字日期																		标记处数更改文件号签字日期					

2) 工艺规程是组织生产和管理的基本依据。在生产前,原材料及毛坯的供应、通用工艺装备的准备、机床负荷的调整、专用工艺装备的设计与制造、生产计划的制订、劳动力的调配以及生产成本的核算等,都是以工艺规程为基本依据的。

3) 工艺规程是新建、扩建工厂(车间)的基本资料。当新建、扩建车间或工厂时,只有根据工艺规程和生产纲领才能正确地确定加工机床和其他设备的种类、规格和数量,车间面积,机床的布置,生产工人的工种、等级和数量,辅助人员及部门的设置等。

(3) 编制模具制造工艺规程的原则、原始资料和步骤

1) 编制工艺规程的原则

①保证产品质量,提高生产效率,降低成本。

②应注意的问题有技术上的先进性,产品质量的可靠性,高的经济性,以及良好的劳动环境。

2) 编制工艺规程的原始资料

①产品的装配图和零件图。

②质量验收标准。

③生产纲领。

④毛坯资料。

⑤本厂的生产技术条件。

⑥有关的各种技术资料。

3) 编制工艺规程的步骤

①模具零件工艺性分析。

②确定生产类型。

③确定毛坯形式。

④拟定工艺路线。

⑤确定各工序内容。

⑥选择设备和工艺装备。

⑦确定切削用量及时间定额。

⑧填写工艺文件。

1.2.2 零件的工艺分析

零件的工艺分析是指对所设计的零件在满足使用要求的前提下进行制造的可行性和经济性分析。它包括零件的铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、切削加工工艺性能分析等。当制订机械加工工艺规程时,主要进行零件切削加工工艺性能分析。

1. 零件的技术要求分析

零件的技术要求分析主要注意以下几个方面:

1) 分析零件图是否完整、正确,零件的视图是否正确、清楚,尺寸、公差、表面粗糙度及有关技术要求是否齐全、明确。

2) 分析零件的技术要求,包括尺寸精度、几何公差、表面粗糙度及热处理是否合理。过高的要求会增加加工难度,提高成本;过低的要求会影响工作性能。

3) 不需要加工的表面,不要设计成加工面;要求不高的表面,不应设计为高精度和表