

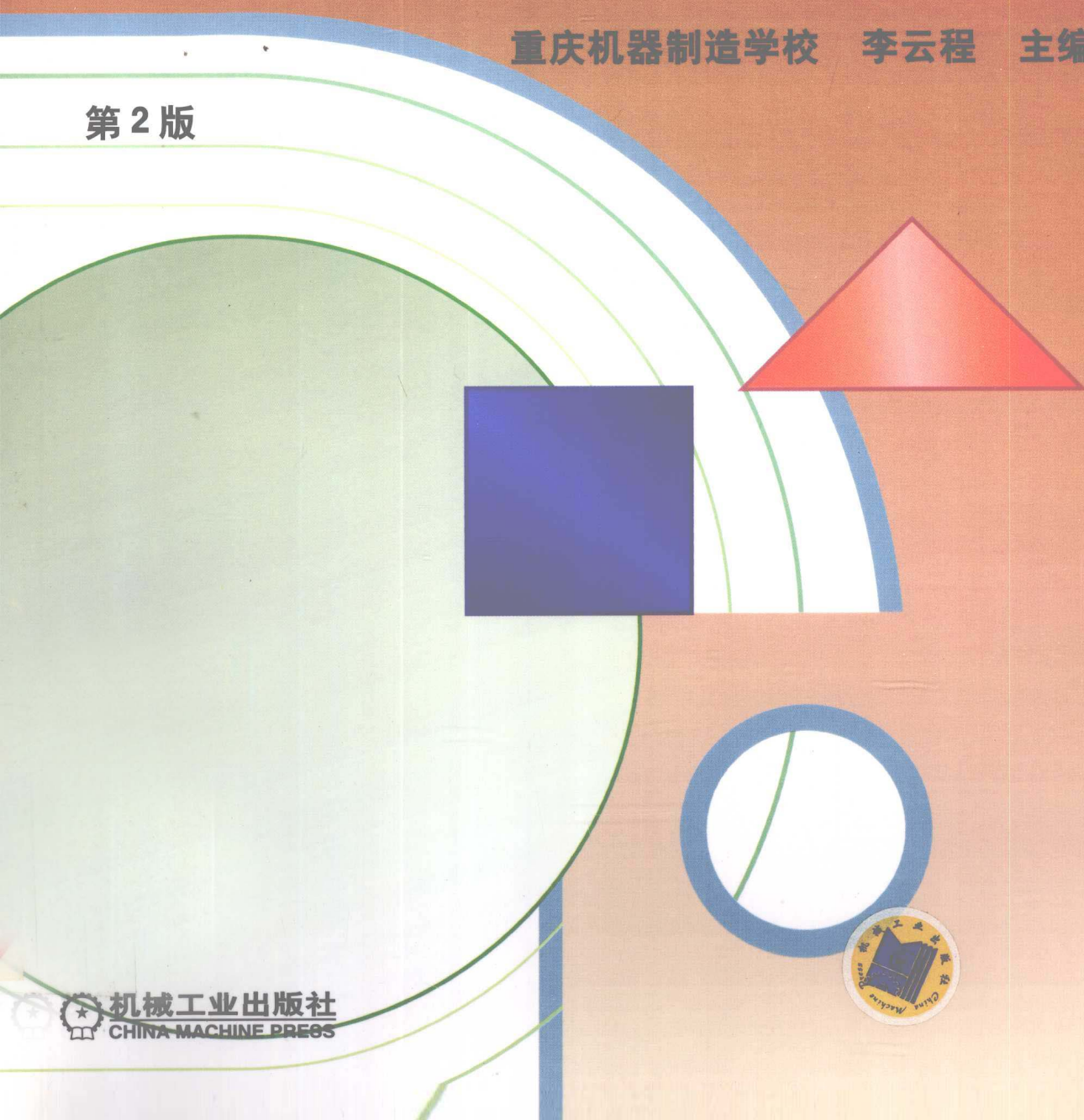


普通中等专业教育机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

模具制造工艺学

重庆机器制造学校 李云程 主编

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通中等专业教育机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

模具制造工艺学

第 2 版

主编 李云程
参编 窦君英 胡占军
主审 王化培



机械工业出版社

本书较系统地讲述了编制机械加工工艺规程的原则和方法；机械加工质量分析；模具零件的机械加工、特种加工；铸造法制模；型腔的挤压成形工艺；模具的装配工艺；模具加工技术的发展等。

本书是中等专业学校模具设计与制造专业的教学用书，亦可供自学者及有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具制造工艺学/李云程主编. -2版. -北京:机械工业出版社, 2000.10

普通中等专业教育机电类规划教材

ISBN 7-111-06244-2

I. 模… II. 李… III. 模具-制造工艺-专业学校-教材 IV. TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第66328号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:汪光灿 高文龙 倪少秋 版式设计:霍永明

责任校对:林去菲

责任印制:石冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2006年1月第2版第20次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·15.75印张·382千字

118201—126200册

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据原国家机械工业委员会中等专业学校“模具设计及制造专业”教学计划和“模具制造工艺学”课程教学大纲编写，是中等专业学校模具设计及制造专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

本书内容主要包括：编制机械加工工艺规程的原则和方法；机械加工质量分析；模座、导柱、导套、凸模、凹模等模具典型零件的加工工艺和加工方法；模具装配的基本知识和工艺。书中在叙述模具零件的各种加工方法(机械加工、特种加工及其它加工)时，是以成形磨削、电火花加工和电火花线切割加工等为重点，并介绍了模具加工技术的发展。内容力求适应中等专业学校的教学需要，从生产实际出发，简明、通俗。

本书由重庆机器制造学校李云程主编，上海电机制造专科学校裘维涵主审。全书共七章，其中绪论及第二、四、五、六章由李云程编写，第一、三、七章由福建机电学校张文田编写。

在审稿过程中，重庆机器制造学校俞伟民、成都无线机械学校姚开彬、杭州机械工业学校虞传宝、无锡无线电工业学校钟礼贤、陕西第一工业学校赵国明等同志对本书提出了许多宝贵意见。重庆机器制造学校杨玉萍同志为本书绘制了许多插图，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点、错误，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

再 版 前 言

本书是在 1992 年出版的中等专业学校试用教材《模具制造工艺学》基础上, 根据 1996 年原机械工业部中等专业学校模具专业教学指导委员会新制订的《模具制造工艺学》课程教学大纲修订。

修订本对机械加工的基础理论部分力求与中等教育的知识、能力要求相适应。模具制造仍以模具的各种加工工艺为系统叙述了模具零件的各种加工方法。切削加工部分在原书的基础上增加了塑料注射模架和塑料注射模具有关结构零件的加工; 简要介绍了用数控铣床和加工中心加工模具零件; 增加了模具型腔的抛光和研磨。模具的特种加工, 删除了解磨削; 增加了 ISO 代码数控程序编制。进一步充实、强化了塑料注射模具的装配工艺; 删除了装配尺寸链中有关大批大量生产的内容。在修订本中采用了新的模具标准及术语。本书内容从生产实际出发, 简明、通俗。除用作中等专业学校模具设计及制造专业的教学用书外, 也可供有关工程技术人员参考。

本书由重庆机器制造学校李云程任主编, 并负责修订绪论及一、二、三章。包头机械工业学校窦君英负责修订四、五章。河北机电学校胡占军负责修订六、七章。由重庆工业管理学院王化培主审。

参加本书修订审稿会的有常州机械工业学校段来根; 杭州机械工业学校罗晓晔; 沈阳市机电工业学校刘福库; 西安仪表工业学校刘航; 无锡机械制造学校戴勇; 深圳市工业学校张磊明; 北京仪器仪表工业学校郎贤农, 谨此致谢。

限于编者水平, 书中难免有疏漏、错误之处, 恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1998 年 3 月

目 录

前言	
再版前言	
绪论	1
第一章 机械加工工艺规程的编制	3
第一节 概述	3
第二节 零件的工艺分析	8
第三节 毛坯的选择	11
第四节 定位基准的选择	12
第五节 工艺路线的拟定	22
第六节 加工余量的确定	30
第七节 工序尺寸及其公差的确	32
第八节 机床与工艺装备的选择	43
第九节 切削用量与时间定额的确定	44
第十节 工艺文件	45
第二章 模具零件的机械加工	48
第一节 冲模模架的加工	48
第二节 注射模架的加工	59
第三节 冲裁凸模和凹模的加工	64
第四节 型腔加工	85
第五节 模具工作零件的工艺路线	100
第三章 机械加工质量分析	107
第一节 工艺系统的几何误差及对加工精度的影响	108
第二节 工艺系统的力效应	114
第三节 工艺系统受热变形对加工精度的影响	121
第四节 其它误差对加工精度的影响	125
第五节 加工误差的统计分析	126
第六节 机械加工的	136
第四章 特种加工工艺	142
第一节 电火花加工	142
第二节 电火花线切割加工	158
第三节 超声加工	184
第四节 化学及电化学加工	187
第五章 模具制造的其它方法	197
第一节 型腔的冷挤压加工	197
第二节 超塑成形工艺	200
第三节 铸造制模技术	203
第四节 合成树脂模具的制造	210
第六章 模具装配工艺	212
第一节 装配尺寸链	212
第二节 装配方法及其应用范围	213
第三节 冲裁模的装配	217
第四节 弯曲模和拉深模装配的特点	228
第五节 塑料模的装配	230
第七章 模具加工技术的发展	240
参考文献	245

绪 论

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。由于采用模具进行生产能提高生产效率、节约原材料、降低成本,并保证一定的加工质量要求,所以,汽车、飞机、拖拉机、电器、仪表、玩具和日常用品等产品的零部件很多都采用模具进行加工。据国际技术协会预测,到2000年产品零件粗加工的75%,精加工的50%将由模具加工完成。

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。据有关资料介绍,某些国家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。模具工业在这些国家已摆脱了从属地位而发展成为独立的行业,是国民经济的基础工业之一。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。预计工业发达国家的模具工业还将有新的发展。

这些年来我国的模具工业也有较大发展,全国已有模具生产厂数千个,拥有职工数十万人,每年能生产上百万套模具。多工位级进模具和长寿命硬质合金模具的生产及应用也有了进一步扩大。为了使打字机钢字生产自动化,设计并制造了33工位自动级进模,提高工效上百倍。为满足新产品试制和小批量生产的需要,我国模具行业制造了多种结构简单、生产周期短、成本低的简易冲模,如钢皮冲模、聚氨脂橡胶模、低熔点合金模具、锌合金模具、组合冲模、通用可调冲孔模等。数控铣床、数控电火花加工机床、加工中心等加工设备已在模具生产中被采用。电火花和线切割加工已成为冷冲模制造的主要手段。为了对硬质合金模具进行精密成形磨削,研制成功了单层电镀金刚石成形磨轮和电火花成形磨削专用机床,使用效果良好,对型腔的加工正在根据模具的不同类型采用电火花加工、电解加工、电铸加工、陶瓷型精密铸造、冷挤压、超塑成形以及利用照相腐蚀技术加工型腔皮革纹表面等多种工艺。模具的计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)也已进行开发和应用。

尽管我国的模具工业这些年来发展较快,但不论从设计、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。为了尽快改变这种状况,国家已采取许多措施促进模具工业的发展。争取在较短的时间内使模具生产基本适应各行业产品发展的需要;掌握生产精密、复杂、大型、长寿命模具的技术;使模具标准件实现大批量生产。

由于模具是一种生产效率很高的工艺装备,其种类很多(按其用途有冷冲模、塑料模、陶瓷模、压铸模、锻模、粉末冶金模、橡胶模、玻璃模等),组成各种不同用途模具的零件更是多种多样。模具生产多为单件生产。这就给模具生产带来许多困难,为了减少模具设计和制造的工作量,世界上一些工业发达的国家对模具零件的标准化工作非常重视。标准化了的模具零件可以组织批量生产,并向市场提供这些模具的标准零件和组件。制造一种新模具只需制造那

些非标准零件，再将它和标准零件装配起来便成为一套完整的模具，从而使模具的生产周期缩短，制造成本降低。我国已制定了冷冲模、注塑模和压铸模等的国家标准。模架、模板、导柱、导套等模具的标准零件，也开始了小规模的专业化生产。

为了适应我国国民经济发展的需要，发展我国的模具制造业，需要培养大量不同层次的模具制造专业人材。“模具制造工艺学”是为培养模具设计及制造专业人材的专业课程之一。主要讲授以下内容：

- 1) 模具制造工艺的基本知识和基础理论；
- 2) 加工模具零件的各种工艺方法(如切削加工、特种加工、铸造加工、冷挤压加工和超塑成形等)及模具典型零件的加工；
- 3) 模具的装配工艺；
- 4) 模具加工技术的发展概况。

通过本课程教学和配合其它教学环节使学生初步掌握工艺规程的制定；掌握一定的基础理论知识；具有一定的分析、解决工艺技术问题的能力；为进一步学习本专业新工艺新技术打下必要的基础。

“模具制造工艺学”涉及的知识面广，是一门综合性较强的课程。数学、物理、化学、力学、公差技术测量、金属材料及热处理、切削原理和刀具、金属切削机床、机床夹具等课程的有关内容是学习本课程必须具备的基础知识，它们都将在“模具制造工艺学”课程中得到综合应用。制定任何模具零件的工艺路线，都需要具备较广泛的机械加工方面的专业知识和技术基础知识。因此在学习中善于综合应用相关课程的知识，对于学好“模具制造工艺学”是十分重要的。

“模具制造工艺学”是一门实践性较强的课程。任何模具零件的工艺路线和所采用的工艺方法都和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能采用不同的工艺路线和工艺方法达到工件的技术要求。要注意在生产过程中学习、积累模具生产的有关知识和经验，以便能更好地处理生产中的有关技术问题。

模具制造技术和其它科学技术一样，在不断的发展和提高。在制定工艺路线时要充分考虑一些新工艺、新技术应用的可行性，并加以应用，以不断提高模具制造的工艺技术水平。

尽管“模具制造工艺学”所涉及的知识面广，实践性、综合性较强，但它不是简单的知识堆砌。和其它科学技术一样，有它自己的规律和内在联系。加工一个零件所产生的加工误差，直接受加工设备、毛坯情况和其它工艺因素的综合影响，它们之间存在着一定的内在联系。一个零件的工艺路线中，各工序间还存在着互相的联系和影响，所以在学习本课程时要善于进行深入的分析 and 思考，掌握工艺过程的内在联系和规律。并运用这些规律处理工艺技术问题。

第一章 机械加工工艺规程的编制

第一节 概 述

一、生产过程

将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。它主要包括：

- (1) 产品投产前的生产技术准备工作 包括产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计及制造、各种生产资料和生产组织等方面的准备工作。
- (2) 毛坯制造 如毛坯的锻造、铸造和冲压等。
- (3) 零件的加工过程 如机械加工、特种加工、焊接、热处理和表面处理等。
- (4) 产品的装配过程 包括部件装配、总装配、检验和调试等。
- (5) 各种生产服务活动 包括原材料、半成品、工具的供应、运输、保管以及产品的油漆和包装等。

在现代生产中，为了便于组织专业化生产和提高劳动生产率，一种产品的生产往往由许多工厂联合起来共同完成，所以一个工厂的生产过程往往是整个产品生产过程的一部分。一个工厂的生产过程又分散在若干个车间中进行，各车间的生产过程都具有不同的特点，同时又互相联系。某一车间所用的毛坯(半成品)，可能是另一个车间的成品，而它的成品(半成品)又可能是供其它车间进行加工用的生产对象。例如：机械加工车间的毛坯是铸造车间或锻造车间的成品，而机械加工车间的成品又是装配车间进行产品装配的材料。

二、工艺过程及其组成

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，则被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，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。它是组成工艺过程的基本单元，又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。

如何判断一个工件在一个工作地点的加工过程是否连续呢？现以一批工件上某孔的钻、铰加工为例说明。如果每一个工件在同一台机床上钻孔后就接着铰孔，则该孔的钻、铰加工过程是连续的，应算作一道工序。若在该机床上将这批工件都钻完孔后再逐个铰孔，对一个工件的钻铰加工过程就不连续了，钻、铰加工应该划分成两道工序。

图 1-1 所示的阶梯轴，其机械加工工艺过程划分为五道工序，见表 1-1。

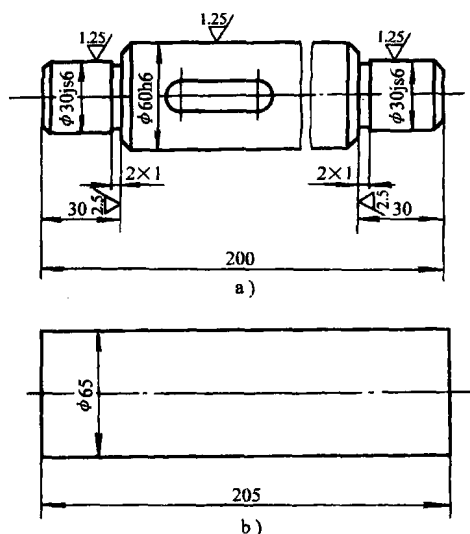


图 1-1 阶梯轴
a) 零件图 b) 毛坯图

表 1-1 阶梯轴的工艺过程

工序编号	工序内容	工作地点
1	车两端面打中心孔	车 床
2	车外圆、切槽并倒角	车 床
3	铣键槽	铣 床
4	去毛刺	钳工台
5	磨外圆	外圆磨床

2. 安装

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，当车削第一个端面、打中心孔时要进行一次装夹，调头车另一端面、打中心孔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。多一次装夹，不单增加了装卸工件的辅助时间，同时还会产生装夹误差。因此，在工序中应尽量减少装夹次数。

3. 工位

为了完成一定的工序部分，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。为了实现工位的转换，在生产中常用一些不需要重新装卸就能改变工件位置的夹具或其它机构来装夹工件。图 1-2 所示是利用回转工作台换位，使一个工件依次处于装卸工件(工位 I)、钻孔(工位 II)、扩孔(工位 III)和铰孔(工位 IV)四个工位的加工实例。

4. 工步

为了便于分析和描述工序内容，有必要把工序划分为工步。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 可划分成四个工步(车端面、打中心孔、车另一端面、打中心孔)。

决定工步的两个因素(加工表面、加工工具)之一发生变化，或者这两个因素虽然没有变化，但加工过程不是连续完成，一般应划分为另一工步。当工件在一次装夹后连续进行若干个相同的工步时，为了简化工序内容的叙述，在工艺文件上常将其填写为一个工步。如图 1-3 所示零件，对四个 $\phi 10\text{mm}$ 的孔连续进行钻削加工，在工序中可以写成一个工步——钻 4- $\phi 10\text{mm}$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具或者用复合刀具，同时

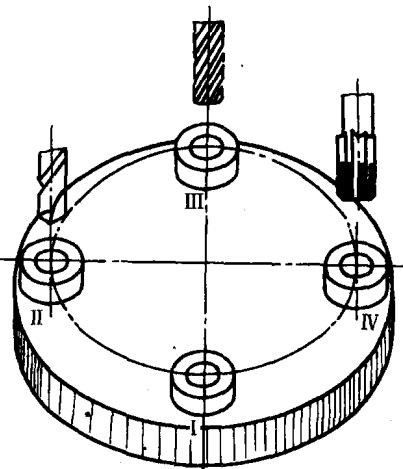


图 1-2 多工位加工

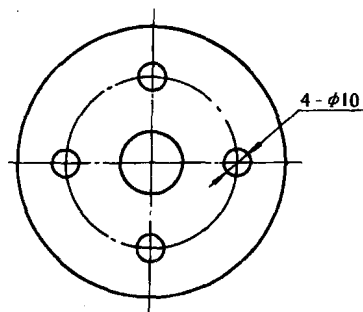


图 1-3 具有四个相同孔的工件

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 1-4 所示是用一把钻头和三把车刀同时加工内孔和外圆的复合工步。图 1-5 所示是用复合刀具钻孔、镗锥面的复合工步。

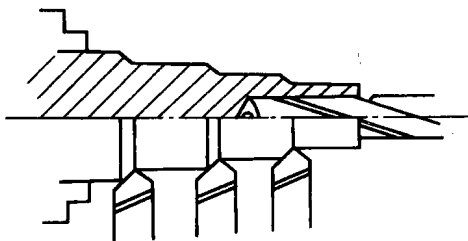


图 1-4 阶梯轴的多刀加工

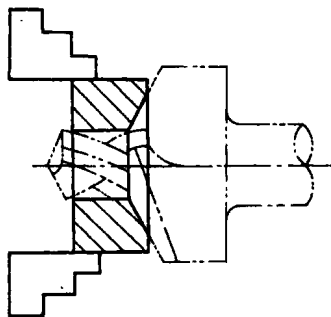


图 1-5 钻孔、镗锥面复合工步

5. 进给

有些工步，由于需要切除的余量较大或其它原因，需要对同一表面进行多次切削，刀具从被加工表面上每切下一层金属层即称为一次进给。如图 1-6 所示为车削两个不同直径的外圆柱面时应划分为两个工步，第一工步车 $\phi 80\text{mm}$ 外圆仅一次进给，第二工步车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆为两次进给。

三、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：

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

式中 N ——零件的年产量，单位为件/年；

Q ——产品的年产量，单位为台/年；

n ——每台产品中该零件的数量，单位为件/台。

$\alpha\%$ ——零件的备品率；

$\beta\%$ ——零件的平均废品率。

年产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。

2. 生产类型的确定

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。按产品的年产量将生产类型划分为以下三种：

（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。例如：重型机械产品的制造、新产品的试制等多属于这种生产类型。一般工厂的工具车间所进行的专用模具、夹具、刀具、量具的生产也多属于单件或小批生产。

（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。例如机床制造、机车制造等多属于

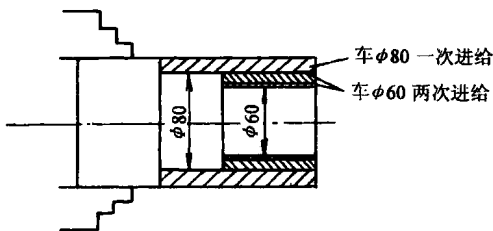


图 1-6 车削不同直径外圆

成批生产。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。小批生产在工艺方面接近单件生产,二者常常相提并论。中批生产的工艺特点介于单件生产和大量生产之间。大批生产在工艺方面接近大量生产。

(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。例如:汽车、自行车、缝纫机、轴承制造等,常常以大量生产的方式进行的。

生产类型不同,产品制造的工艺方法、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 1-2。

表 1-2 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	部分铸件用金属模,部分锻件采用模锻。毛坯精度中等,加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型。锻件广泛采用模锻以及其它高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
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,对重要零件需编制工序卡片	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

表 1-3 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 1-3 年产量与生产类型的关系

生 产 类 型		同类零件的年产量(件)		
		轻型零件 (零件质量<100kg)	中型零件 (零件质量 100~2000kg)	重型零件 (零件质量>2000kg)
单件生产		<100	<10	<5
成批生产	小 批	100~500	10~200	5~100
	中 批	500~5000	200~500	100~300
	大 批	5000~50000	500~5000	300~1000
大量生产		>50000	>5000	>1000

四、工艺规程

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。机械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机床和工艺装备等。编制工艺规程是生产准备工作的重要内容之一。合理的工艺规程对保证产品质量、提高劳动生产率、降低原材料及动力消耗、改善工人的劳动条件等都有十分重要的意义。

在生产过程中工艺规程有如下几方面的作用：

(1) 工艺规程是指导生产的重要技术文件 合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员长期实践经验的基础上，结合工厂具体生产条件，根据工艺理论和必要的工艺试验而制定的。按照它进行生产，可以保证产品质量、较高的生产效率和经济性。经批准生效的工艺规程在生产中应严格执行，否则，往往会使产品质量下降，生产效率降低。但是，工艺规程也不应是固定不变的，工艺人员应注意及时总结广大工人的革新创造经验，及时吸收国内外先进工艺技术，对现行工艺规程不断地予以改进和完善，使其能更好地指导生产。

(2) 工艺规程是生产组织和生产管理工作的基本依据 有了工艺规程，在产品投产之前，就可以根据它进行原材料、毛坯的准备和供应；机床设备的准备和负荷的调整，专用工艺装备的设计和制造；生产作业计划的编排；劳动力的组织以及生产成本的核算等等，使整个生产有计划地进行。

(3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料 在新建或扩建工厂、车间的工作中，根据产品零件的工艺规程及其它资料，可以统计出所建车间应配备机床设备的种类和数量，算出车间所需面积和各类人员数量，确定车间的平面布置和厂房基建的具体要求，从而提出有根据的筹建或扩建计划。

制定工艺规程的基本原则是：保证以最低的生产成本和最高的生产效率，可靠地加工出符合设计图样要求的产品。因此在制定工艺规程时，应从工厂的实际条件出发，充分利用现有设备，尽可能采用国内外的先进技术和经验。

一个产品合理的工艺规程要体现出以下几方面的基本要求：

(1) 产品质量的可靠性 工艺规程要充分考虑和采取一切确保产品质量的必要措施，以期能全面、可靠和稳定地达到设计图样上所要求的精度、表面质量和其它技术要求。

(2) 工艺技术的先进性 工艺规程的先进性指的是在工厂现有条件下，除了采用本厂成熟的工艺方法外，尽可能地吸收适合工厂情况的国内外同行的先进工艺技术和工艺装备，以提高工艺技术水平。

(3) 经济性 在一定的生产条件下，要采用劳动量、物资和能源消耗最少的工艺方案，从而使生产成本最低，使企业获得良好的经济效益。

(4) 有良好的劳动条件 制定的工艺规程必须保证工人具有良好而安全的劳动条件。尽可能采用机械化或自动化的措施，以减轻某些笨重的体力劳动。

制定工艺规程时应具有相关的原始资料。主要有：产品的零件图和装配图；产品的生产纲领；有关手册、图册、标准、类似产品的工艺资料和生产经验；工厂的生产条件（机床设备、工艺设备、工人技术水平等）以及国内外有关工艺技术的发展情况等。这些原始资料是编制工艺规程的出发点和依据。

编制工艺规程的大致步骤如下：

1) 研究产品的装配图和零件图进行工艺分析 分析产品零件图和装配图，熟悉产品用

途、性能和工作条件。了解零件的装配关系及其作用,分析制定各项技术要求的依据,判断其要求是否合理。零件结构工艺性是否良好。通过分析找出主要的技术要求和关键技术问题,以便在加工中采取相应的技术措施。如有问题,应与有关设计人员共同研究,按规定的手续对图样进行修改和补充。

2) 确定毛坯 在确定毛坯时,要熟悉本厂毛坯车间(或专业毛坯厂)的技术水平和生产能力,各种钢材、型材的品种规格。应根据产品零件图和加工时的工艺要求(如定位、夹紧、加工余量和结构工艺性),确定毛坯的种类、技术要求及制造方法。在必要时,应和毛坯车间技术人员一起共同确定毛坯图。

3) 拟定工艺路线 工艺路线是指产品或零部件在生产过程中,由毛坯准备到成品包装入库,经过企业各有关部门或工序的先后顺序。拟定工艺路线是制定工艺规程十分关键的一步,需要提出几个不同的方案进行分析对比,寻求一个最佳的工艺路线。

4) 确定各工序的加工余量,计算工序尺寸及其公差。

5) 选择各工序使用的机床设备及刀具、夹具、量具和辅助工具。

6) 确定切削用量及时间定额。

7) 填写工艺文件 生产中常见的工艺文件的格式有:机械加工工艺过程卡片、机械加工工艺卡片、机械加工工序卡片,它们分别适合于在不同生产情况下采用。

下面分别对上述主要问题进行讨论。

第二节 零件的工艺分析

制定零件的机械加工工艺规程,首先要对零件进行工艺分析,以便从加工制造的角度出发分析零件图样是否完整正确;技术要求是否恰当;零件结构的工艺性是否良好。必要时可以对产品图样提出修改意见。

一、零件的技术要求分析

通过分析产品零件图及装配图,了解零件,在产品结构中的功用和装配关系。从加工的角度出发对零件的技术要求进行审查。

零件的技术要求,包括被加工表面的尺寸精度、几何形状精度、各表面之间的相互位置精度、表面质量、零件材料、热处理及其它要求,这些要求对制定工艺方案往往有重要影响。例如对尺寸相同的两外圆柱面 $\phi 32h10$ 及 $\phi 32h7$ 的加工,前者经车削加工即可达到精度要求,后者尚需在车削后再进行外圆磨削加工则较为合理。

通过分析,应明确有关技术要求的作用,判断其制定是否恰当,在工艺上能否实现(可行性),并从中找出主要的技术要求和关键技术问题,以便采取适当措施,为合理制定工艺规程作好必要的准备。

二、零件结构的工艺分析

任何零件从形体上分析都是由一些基本表面和特殊表面组成的。基本表面有内、外圆柱表面、圆锥表面和平面等,特殊表面主要有螺旋面、渐开线齿形表面及其它一些成形表面。研究零件结构,首先要分析该零件是由哪些表面所组成,因为表面形状是选择加工方法的基本因素之一。例如,对外圆柱面一般采用车削和外圆磨削进行加工;而内圆柱面(孔)则多通过钻、扩、铰、镗、内圆磨削和拉削等方法获得。除了表面形状外,表面尺寸大小对工艺也有

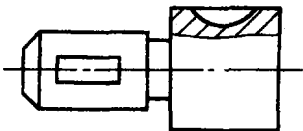
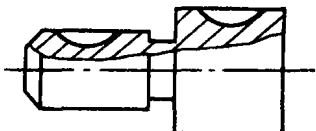
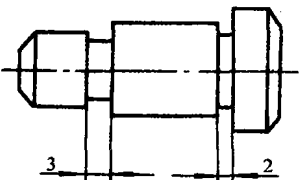
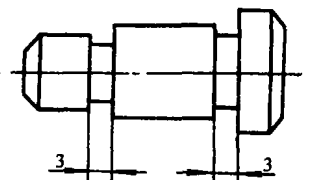
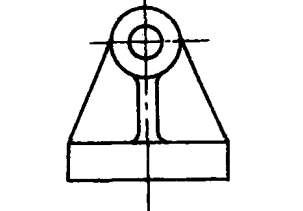
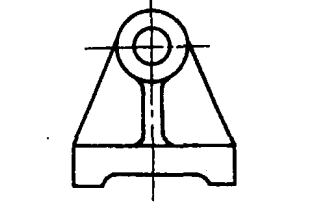
重要影响。例如对直径很小的孔宜采用铰削加工，不宜采用磨削加工；深孔应采用深孔钻进行加工。它们在工艺上都有各自的特点。

分析零件结构，不仅要注意零件各构成表面的形状尺寸，还要注意这些表面的不同组合，正是这些不同的组合形成了零件结构上的特点。例如：以内、外圆柱面为主，既可以组成盘、环类零件，也可以构成套筒类零件，既可以是一般的轴套，也可以是形状复杂的薄壁套筒。显然上述不同结构特点的零件，在工艺上存在着较大的差异。由于零件的结构直接影响零件的工艺过程，机械制造中通常按照零件结构和工艺过程的相似性，将各种零件大致分为轴类零件、套类零件、盘环类零件、叉架类零件以及箱体等。模具零件中的模柄、导柱等零件和一般机械零件的轴类零件在结构或工艺上有许多相同或相似之处。导套是一个典型的套类零件。整体结构的圆形凹模和一般机械零件的盘类零件相类似，但其上的型孔加工则比一般盘类零件要复杂得多，所以圆盘形凹模又具有不同于一般盘类零件的工艺特点。

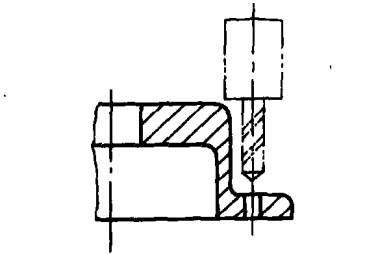
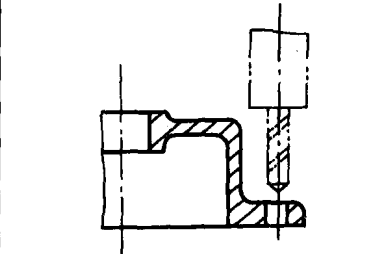
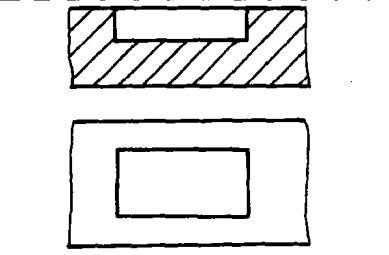
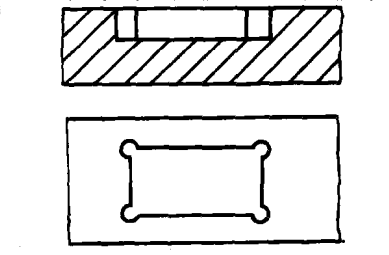
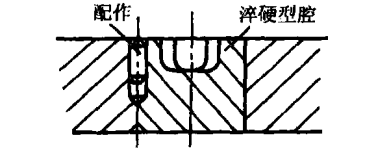
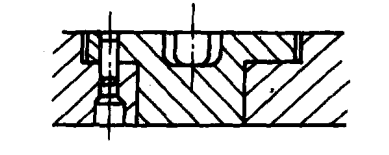
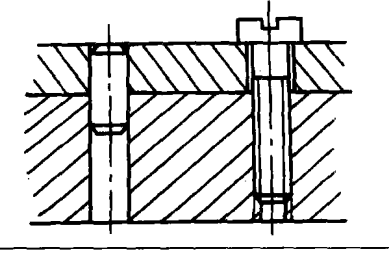
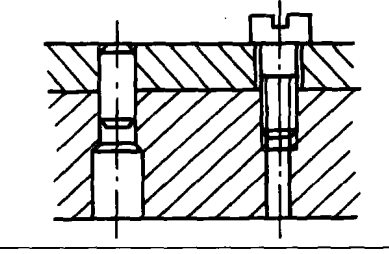
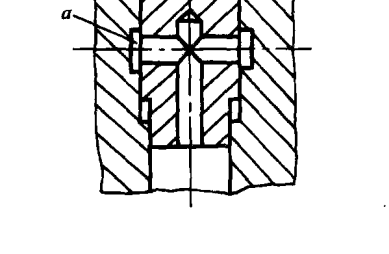
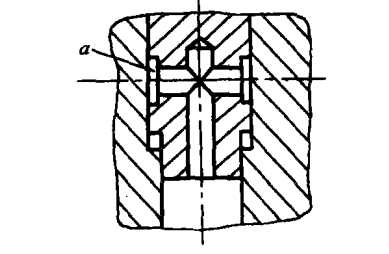
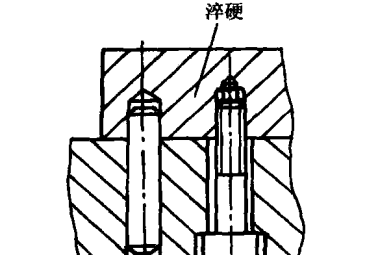
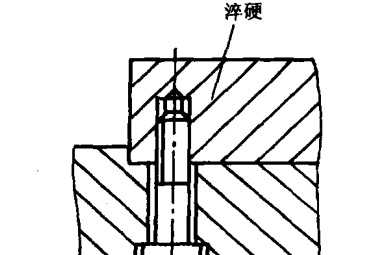
零件结构的工艺性，是指所设计的零件在满足使用要求的前提下制造的可行性和经济性。许多功能、作用完全相同而结构工艺性不同的两个零件，它们的加工方法与制造成本常常有很大的差别。零件结构的工艺性好是指零件的结构形状能在现有的生产条件下用较经济的方法方便地加工出来。在不同的生产条件下对零件结构的工艺性要求也不一样。

表 1-4 列出了几种零件的结构并对零件结构的工艺性进行对比。

表 1-4 零件结构的工艺性比较

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说 明
1			键槽的尺寸、方位相同，可在一次装夹中加工出全部键槽，提高生产率
2			退刀槽尺寸相同，可减少刀具种类，减少换刀时间
3			三个凸台表面在同一平面上，可在一次进给中加工完成
4			底面带槽，既可以减少加工面积，又能保证良好接触

(续)

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说 明
5			壁厚均匀, 铸造时不容易产生缩孔和应力, 小孔与壁距离适当, 便于引进刀具
6			方形凹坑的四角加工时无法清角, 影响配合
7			型腔淬硬后, 骑缝销孔无法用钻铰方法配作
8			销孔太深, 增加铰孔工作量, 螺钉太长, 没有必要
9			在左图结构中, 槽 a 不便于加工和测量, 宜将凹槽 a 改成右图的形式
10			将淬硬型芯安装在模板上时, 定位销孔无法用钻铰方法配作。改用浅凹台定位使加工容易

第三节 毛坯的选择

毛坯是根据零件(或产品)所要求的形状、工艺尺寸等而制成的供进一步加工用的生产对象。正确选择毛坯有重要的技术经济意义。因为它不仅影响毛坯制造的工艺、设备及费用,而且对零件材料的利用率、机械加工时的工艺方法、劳动量消耗、加工成本等都有重大影响。

一、毛坯的种类和选择

模具零件常用的毛坯主要有锻件、铸件、焊接件、各种型材、棒料、板料及工程塑料等。

选择毛坯要根据下列各影响因素综合考虑:

(1) 零件材料的工艺性及组织和力学性能要求 零件材料的工艺性是指材料的铸造和锻造等性能,所以零件的材料确定后其毛坯已大体确定。例如,当材料具有良好的铸造性时,应采用铸件作毛坯。如模座、大型拉深模零件,其原材料常选用铸铁或铸钢,它们的毛坯制造方法也就相应的被确定了。对尺寸较大的钢制模具,工作零件常要求材料的组织细密、碳化物和流线分布合理,从而达到改善热处理性能和提高使用寿命,则不宜直接采用热轧型材作毛坯,而应该采用锻件。通过锻造改善材料的组织。对尺寸较小的零件,一般可直接采用各种型材和棒料作毛坯。

(2) 零件的结构形状和尺寸 零件的形状尺寸对毛坯选择有重要影响。例如对阶梯轴,如果各台阶直径相差不大,可直接采用棒料作毛坯,使毛坯准备工作简化。当阶梯轴各台阶直径相差较大,宜采用锻件作毛坯,以节省材料和减少机械加工的工作量。对于大型零件,目前大多选择自由锻造和砂型铸造的毛坯,而中小型零件,根据不同生产类型可以选择自由锻、模锻、精锻、砂型铸造、金属型铸造、熔模铸造、压力铸造等方法制造毛坯。

(3) 生产类型 选择毛坯应考虑零件的生产类型。大批、大量生产的宜采用精度高的毛坯,并采用生产率比较高的毛坯制造工艺,如模锻、压铸等。用于毛坯制造的工装费用,可由毛坯材料消耗减少和机械加工费用降低来补偿。单件小批生产,可采用精度低的毛坯,如自由锻造和手工造型铸造的毛坯。

(4) 工厂生产条件 选择毛坯应考虑毛坯制造车间的工艺水平和设备情况,同时应考虑采用先进工艺制造毛坯的可行性和经济性。注意提高毛坯的制造水平。

二、毛坯形状与尺寸的确定

由于毛坯制造技术的限制,零件被加工表面的技术要求还不能从毛坯制造直接得到,所以毛坯上某些表面需要有一定的加工余量,通过机械加工达到零件的质量要求。毛坯尺寸与零件的设计尺寸之差称为毛坯余量或加工总余量,毛坯尺寸的制造公差称为毛坯公差。毛坯余量和公差的大小与毛坯制造方法有关,可根据有关手册或资料确定。

毛坯的形状尺寸不仅和毛坯余量大小有关,在某些情况下还要受工艺需要的影响。在确定毛坯形状时要注意以下问题:

(1) 工艺凸台 为满足工艺需要在工件上增设的凸台称为工艺凸台,如图 1-7 所示,图中 A 为工艺凸台, B 为被加工表面。该工艺凸台可防止在加工 B 面时,由切削力所引起的工

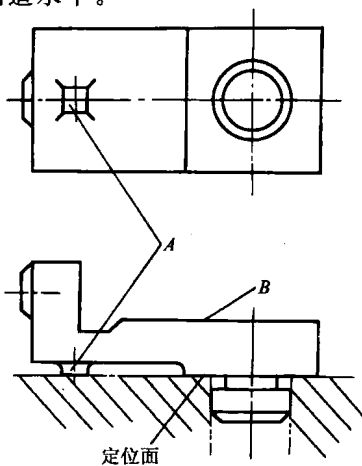


图 1-7 铸有工艺凸台的毛坯