



重庆工业职业技术学院  
CHONGQING INDUSTRY POLYTECHNIC COLLEGE

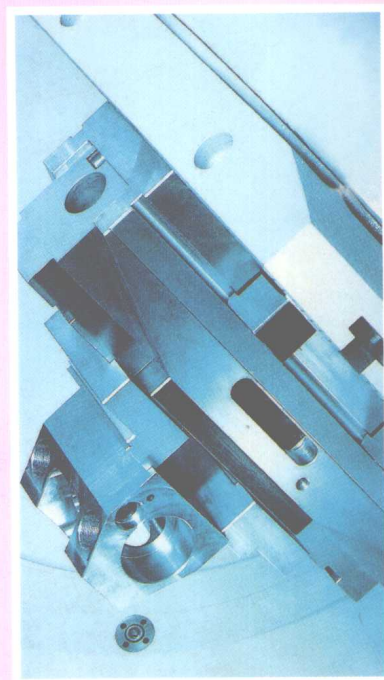
国家示范性高职院校建设项目成果

# 机械加工工艺 工装设计与实践

毛国平 主编



高等教育出版社



**图书在版编目 (CIP) 数据**

机械加工工艺工装设计与实践 / 毛国平主编. — 北京: 高等教育出版社, 2010. 4  
ISBN 978-7-04-029166-7

I. ①机... II. ①毛... III. ①机械加工-机械设  
备-设计-教材 IV. ①TG502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 028800 号

策划编辑 罗德春      责任编辑 杜惠萍      封面设计 于涛      责任绘图 尹莉  
版式设计 王莹      责任校对 姜国萍      责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 18  
字 数 440 000

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 4 月第 1 版  
印 次 2010 年 4 月第 1 次印刷  
定 价 32.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29166-00

## 内 容 提 要

为适应 21 世纪机械制造业的发展对高职应用型技术人才的需求,编者根据多年从事实践和教学工作的经验,并结合国家示范性高职院校建设对人才培养的要求编写了本书。

本书是将传统的“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”等专业课程的内容结合现代先进工艺技术的最新成果,经提炼而成。根据技术型、应用型人才的需要,本书以机械加工工艺作为贯穿全书内容的主线、以工艺设计和夹具设计为核心。本书可作为机械设计与制造、计算机辅助设计与制造、机电一体化等专业的重要专业核心课程教材。

本书共 4 个单元 9 个模块。第 1 单元的内容为基本知识;第 2、3 单元的内容为全书的重点,主要介绍工艺、夹具技术的原理及其应用、数控加工工艺、精密机械加工等专业应用知识,力求使学生更加清楚地了解机械加工工艺的方法和手段,也是学习机械加工工艺工装的目的所在;第 4 单元介绍机械加工工艺技术的最新成果和发展趋势等有关内容。

本书内容新颖,重点突出,理论联系实际,突出工学结合;图文并茂,结构严谨,语言精练。本书既可作为机械设计与制造、计算机辅助设计与制造、模具设计与制造、数控技术、机电一体化技术等专业教科书,又可作为相关工程技术人员的参考书。

# 前 言

机械加工工艺工装设计与实践作为衡量企业生产技术能力和水平的标志,长期以来一直是企业赖以生存的重要内容。

随着科学技术的不断进步和工业生产的迅速发展,工艺工装设计与实践在现代装备、汽车、摩托车、轻工、家电、电气仪表、能源、交通、航空航天、石油等制造行业中的作用尤其显著。许多新技术、新工艺、新设备、新材料不断涌现,促进了工艺工装设计与实践的不断革新和发展。

工艺工装设计与实践是提高产品质量、合理利用有效资源、实现生产组织和管理、完成产品制造的可靠保障,也是企业工程技术人员、高等职业教育中机械类专业学生必须具备的知识和能力。

当今世界人才的竞争愈演愈烈。一方面企业很难找到真正需要的人才,一方面大量的专科生、本科生,甚至研究生又找不到工作。经过几年来对全国几十家机械企业的走访调查,组织行业专家座谈论证,我们了解到机械制造企业对于高素质技能人才的期望是能够掌握计算机软件应用技能,进行产品及工艺工装设计,具有实际动手能力的人才,而不是单纯的打工仔,即能够利用计算机完成从造型设计→工艺工装设计→零件加工→产品装配等工作任务,具有专业知识和技能的人才。

根据机械企业对高素质技能人才岗位工作特点的分析及广泛收集的行业专家意见,结合地方经济发展和示范建设的要求,我们针对机械类专业组织编写了本书。

本书以应用为目的,以必需、够用为度,力求做到少而精、浅而广。本书共4个单元9个模块。第1单元为认知篇,主要介绍机械加工工艺的基本知识和工件定位夹紧的基本知识。第2单元为技能篇,主要介绍常用工艺装备和机械加工工艺及其设计方法。第3单元为能力篇,主要介绍机械加工中的数控技术、精密加工和超精密加工。第4单元为拓展篇,主要介绍成组技术(GT)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)等现代加工工艺技术知识。

本书编写体现了以下几个特点:

1. 鲜明的综合性。本书摒弃以往把几门课程的内容浓缩后作为独立的课程体系简单整合,确定以机械加工工艺作为贯穿全书内容的主线、以工艺设计和夹具设计为核心。本书自始至终以职业能力培养为目标,加强理论与实践内容的紧密结合,逐步深入地进行分析和说明。
2. 应用性。本书删去烦琐的理论推导,避免原各门课程中内容的重复,增加实用的图例、图表的应用,使内容更趋于简洁、实用。
3. 先进性。本书增加了新工艺、新技术的应用及现代制造工艺技术等机械制造业中前沿学科的内容,使学生除能掌握传统的机械加工工艺知识外,还能把握现代制造工艺技术的发展方向。

本书是机械类、机电类专业及近机类专业的一门综合性课程的专业教材。

本书的模块1、3、7、8、9及全书的实践任务由毛国平编写,模块2由曾珠编写,模块4由吴键

编写,模块5由李亚利编写,模块6由付荣松编写。本书由重庆工业职业技术学院毛国平担任主编,由曾珠、李亚利担任副主编。本书由四川省机械设计院王承陵担任主审。参加审稿的还有重庆工业职业技术学院周玉容、钟富平等。

本书在编写过程中得到了各级领导和兄弟院校的帮助和支持,谨表衷心感谢。由于时间紧迫,水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者不吝赐教。

编 者

2009年12月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010) 58581118

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第1单元 工艺工装基本知识</b> .....      | 1   |
| 模块1 机械加工工艺基本知识 .....            | 1   |
| 1.1.1 机械制造业的地位和作用 .....         | 1   |
| 1.1.2 生产系统和机械制造系统 .....         | 2   |
| 1.1.3 机械加工单元的组成 .....           | 8   |
| 1.1.4 加工精度的保证与工艺系统几何性质的关系 ..... | 16  |
| 1.1.5 实践任务 .....                | 17  |
| 模块2 工件定位夹紧基本知识 .....            | 18  |
| 1.2.1 基准的概念及其工件的装夹 .....        | 18  |
| 1.2.2 夹具及其组成 .....              | 23  |
| 1.2.3 工件定位的基本原理 .....           | 24  |
| 1.2.4 工件以平面定位时的定位元件 .....       | 28  |
| 1.2.5 工件以圆孔定位 .....             | 32  |
| 1.2.6 工件以外圆柱面定位 .....           | 36  |
| 1.2.7 定位误差及其产生原因 .....          | 38  |
| 1.2.8 定位误差分析计算 .....            | 40  |
| 1.2.9 工件以一面双孔定位时定位误差的分析 .....   | 46  |
| 1.2.10 工件夹紧的目的和要求 .....         | 51  |
| 1.2.11 夹紧力的确定 .....             | 52  |
| 1.2.12 常用夹紧机构的设计 .....          | 55  |
| 1.2.13 实践任务 .....               | 63  |
| <b>第2单元 工艺工装设计及其应用</b> .....    | 65  |
| 模块3 常用工艺装备 .....                | 65  |
| 2.3.1 车削用刀具 .....               | 65  |
| 2.3.2 车削用夹具 .....               | 74  |
| 2.3.3 铣削用刀具 .....               | 77  |
| 2.3.4 铣削用夹具 .....               | 82  |
| 2.3.5 钻削用刀具 .....               | 86  |
| 2.3.6 钻削用夹具 .....               | 96  |
| 2.3.7 镗削用刀具 .....               | 103 |
| 2.3.8 镗削用夹具 .....               | 109 |
| 2.3.9 实践任务 .....                | 112 |
| 模块4 机械加工工艺及其设计方法 .....          | 117 |
| 2.4.1 机械加工工艺规程 .....            | 117 |
| 2.4.2 工艺规程的作用与编制原则 .....        | 119 |
| 2.4.3 选择确定毛坯,选择工件定位基准 .....     | 120 |
| 2.4.4 拟订加工工艺路线 .....            | 124 |
| 2.4.5 确定各工序所采用的设备 .....         | 128 |
| 2.4.6 确定工艺装备及各类设计任务书 .....      | 129 |
| 2.4.7 确定各主要工序的技术要求及其检验方法 .....  | 129 |
| 2.4.8 确定加工余量,计算工序尺寸和公差 .....    | 129 |
| 2.4.9 工艺尺寸链的分析和运用 .....         | 133 |
| 2.4.10 切削用量的选取和技术经济分析 .....     | 139 |
| 2.4.11 机械加工精度分析 .....           | 140 |
| 2.4.12 机械零件表面加工质量 .....         | 145 |
| 2.4.13 实践任务 .....               | 148 |
| <b>第3单元 先进加工技术</b> .....        | 159 |
| 模块5 机械加工中的数控技术 .....            | 159 |
| 3.5.1 数控加工的过程与要求 .....          | 159 |
| 3.5.2 数控加工工艺及其设计方法 .....        | 161 |
| 3.5.3 典型零件的数控车削加工工艺 .....       | 185 |
| 3.5.4 典型零件数控铣削工艺 .....          | 188 |
| 3.5.5 典型零件加工中心加工工艺 .....        | 191 |
| 3.5.6 实践任务 .....                | 196 |
| 模块6 精密加工和超精密加工 .....            | 213 |
| 3.6.1 精密、超精密加工的概念 .....         | 214 |
| 3.6.2 精密加工、超精密加工和微细加工 .....     | 220 |
| 3.6.3 精密磨削和超精密磨削 .....          | 225 |
| 3.6.4 实践任务 .....                | 231 |

---

|                            |     |                           |     |
|----------------------------|-----|---------------------------|-----|
| <b>第 4 单元 先进工艺技术</b> ..... | 236 | 4.8.4 计算机辅助工艺过程设计 .....   | 254 |
| 模块 7 成组技术 .....            | 236 | 4.8.5 CAPP 系统的输入与输出 ..... | 258 |
| 4.7.1 成组技术的基本原理 .....      | 236 | 4.8.6 实践任务 .....          | 259 |
| 4.7.2 成组生产的组织形式 .....      | 237 | 模块 9 柔性制造系统和计算机集成制造       |     |
| 4.7.3 成组工艺过程的制订 .....      | 238 | 系统 .....                  | 263 |
| 4.7.4 实践任务 .....           | 240 | 4.9.1 柔性制造系统 .....        | 263 |
| 模块 8 计算机辅助工艺规程设计 .....     | 248 | 4.9.2 计算机集成制造系统 .....     | 270 |
| 4.8.1 CAPP 的经济效益 .....     | 248 | 4.9.3 实践任务 .....          | 274 |
| 4.8.2 CAPP 的基本原理 .....     | 252 | <b>参考文献</b> .....         | 279 |
| 4.8.3 典型的 CAPP 系统 .....    | 253 |                           |     |



# 第1单元 工艺工装基本知识

## 模块1 机械加工工艺基本知识

### 学习任务

1. 理论知识:生产过程,制造过程,工艺过程,机械加工工艺系统,机械加工单元。
2. 实践任务:深入企业,确定典型加工零件,分析工艺过程的组成。

### 学习目标

1. 围绕机械加工产品制造过程建立机械加工工艺系统的知识。
2. 围绕机械加工企业生产模式和组织方式建立生产系统的知识。
3. 围绕机械加工单元建立工艺工装的知识。
4. 围绕工艺系统几何性质的关系建立保证加工精度的知识。

### 1.1.1 机械制造业的地位和作用

自工业革命以来,制造业一直在发展。尤其当今,制造业发展迅速。

人类的制造技术可以“降伏”坚硬的钢铁,让它们按照人类的旨意精确成形;可以“点石成金”,将一文不值的沙砾制成复杂的计算机芯片;可以远征太空,将探测器送达火星、木星、土星、天王星、海王星乃至冥王星;可以探微发隐,深入原子、分子的世界去进行原子组装和分子测量;可以飞快地制造复杂的产品,每隔几秒钟世界上就出产一辆汽车;也可以造出一大批机器人,并役使它们为人类“赴汤蹈火”,“火中取栗”,从事各种艰苦、危险的工作。

与漫长的农业经济时代相比较,历时仅两百余年的工业经济发挥了巨大的开发与利用自然资源的能力,创造了惊人的社会财富和现代物质文明。工业经济的支柱是自然资源,包括土地、矿藏和劳动力。工业经济的发展依赖于对自然资源的占有和分配。近两百年来,因掠夺和瓜分自然资源而引发过无数次的争端乃至战争。工业经济对自然资源进行穷尽式的消耗,对于生态环境造成了严重的破坏。物极必反,当工业经济面临严重困难、举步维艰的时候,一种新的经济形态,即所谓知识经济,已经在孕育之中,而催产知识经济的第三次经济革命,即信息革命的雷声已经响彻云霄。

现代制造技术是在传统制造技术的基础上,将计算机、电子、信息、自动化、管理等科学技术综合运用于制造全过程所形成的一个技术体系。从20世纪90年代初,人们已开始将制造技术本身的发展与新材料、信息技术和现代管理技术相结合,逐步形成了先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)的概念。用高技术(例如信息技术)改造传统产业的时候,对制造业企业而言,实际就是对先进制造技术的采用。

在知识经济的今天,信息技术的水平对于制造企业的组织结构和运行模式有着决定性的影响。制造企业经历了早期的手工业模式,发展到泰勒模式,直到现代模式,而制约与促进这一发展的基本因素是信息技术的水平。今天,适应于知识经济条件下的信息技术水平的制造企业的组织结构和运行模式正在探索与形成之中。

制造业是科技水平的集中体现。近10多年来,高技术的迅猛发展和高技术产业的兴起,是世界经济发展的重要特征。高技术和高附加价值的产品和服务都依赖于健康的、具有活力的制造业。产业结构的升级过程就是当时高技术影响的结果,高技术形成了新的产业或者改造了传统产业,推动了产业结构的升级。

制造过程中所需的各种知识或信息无不来源于人,受过良好教育、具有专门知识和高超技能的工作人员是制造产业在今后市场竞争中取胜的决定性因素。在知识经济条件下,企业或国家之间的竞争,说到底人才的竞争。

随着科学技术的飞速发展、经济全球化进程的加快及学科交叉的趋势更加明显,制造业对人才的需求也相应发生了重大变化。具体体现在:①大量先进设备,如数控机床、机器人、自动化生产线的应用,使人的工作性质从体力劳动为主向知识、信息处理即以脑力劳动为主转变;②工作范围拓宽,专业间业务交叉,对掌握多方面知识与技能的复合型人才的需求骤增;③传统制造业的以个人分工、独立和串行操作为主的生产方式逐渐向团队工作和并行生产方式为主转化,工作人员需要了解生产的全过程,要用全局的观点去理解和完成工作;④制造业的服务特征愈趋明显,每个员工和部门都要按照市场变化和用户需求而工作;⑤现代制造强调在劳动中促进人类个性化的发展,强调以人为本,通过外在和内在的因素来激发工作人员的劳动效率。

鉴于人力资源需求的上述重大变化,要求我国的教育观念和教育体系随之作相应调整。本书作为机械类专业的专业核心课程教材,力求在理论与实践上有所突破。建议采用工学结合模式,一边学习一边实践。在“设计”上,注重培养学生的专业综合能力;在“实践”上,注重培养学生的职业技能。

### 1.1.2 生产系统和机械制造系统

#### 一、机械制造系统的基本概念

为有效完成机械产品、零件的制造任务,机械制造企业必须将人力、设备等组合成一个系统,而这个系统受到制造材料流(物料流)和信息流的约束,因此制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后输出机械制造成品或半成品的系统,系统的运作又离不开能源、制造理论、工艺技术及制造信息的利用。即制造系统是一个通过物料、设备、工装、能源等制造硬件与制造理论、工艺、信息等制造软件的集成将制造资源转化为产品的系统。

从结构上看,机械制造系统是一个制造硬件、软件及制造人员所组成的具有一定功能的统一整体;从功能上看,机械制造系统是一个输入各种制造资源、输出市场所需产品的输入输出系统;从运作过程看,制造系统可看成是产品的生命周期全过程,包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造装配、检验、产品销售及售后服务等各环节的制造全过程。制造系统通过整体的计划、协调使系统各环节有序运作,以获得最佳的生产效果。

## 二、机械制造过程的基本概念

机械产品的制造是一个包含产品开发、设计、生产、检验、经营和售后服务等多个环节和过程的系统工程。其中的核心是产品的生产制造,它是将产品设计的信息转化为产品的关键,直接影响产品质量,并关系到企业市场定位的实现。

### 1. 生产过程

根据产品设计信息将原材料或半成品制成成品的全过程为生产过程。一个产品的生产过程常常有生产准备工作(如原材料采购、工装、工具的准备、专用装备的准备等),毛坯制造(如铸造、锻造等),零件加工(如车、铣、磨、钻等),零件热处理,产品装配、调试、检验,产品包装、发运等工作。为便于组织管理生产和有利于保证质量、提高生产率、降低成本,一个产品往往会由几个企业或生产部门联合生产完成,因此一个企业(或部门)的成品可以是另一企业(或部门)的原材料或半成品,一个企业(或部门)的生产过程可能只是一个产品生产的部分,企业的生产过程又分成各部门(车间)的生产过程。

### 2. 工艺过程及其组成

在生产过程中,能直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性能的部分称为工艺过程,如毛坯制造、零件加工、热处理、表面处理、零部件的装配等。显然,工艺过程是生产过程的主要组成部分。

采用机械加工方法并将它们合理有序地组织在一起去逐步改变毛坯形状、尺寸及表面质量,使其成为合格零件的过程称机械加工工艺过程;将组成产品的零件按设计要求正确接合成合格产品的过程称装配工艺过程。按照工作内容的不同,另外还有毛坯制造工艺过程,热处理、表面处理工艺过程等。

每个零件的机械加工工艺过程都是由若干基本单元组成,该组成单元称为工序。每一工序又分若干步骤,即工步、安装、工位和走刀。

工序指一个或一组工人,在同一工作地对一个或同时对几个相同工件所连续完成的那部分工艺过程。它强调三点:工作地不变动,加工对象唯一,工作连续完成。同一零件的加工可以有不同的机加工工艺过程,例如图1-1所示的圆盘零件,当加工数量小时,工序划分如表1-1所示;当加工数量较大时,工序划分如表1-2所示。

由表1-1可知,该零件的机械加工分车削和钻削两道工序,缘于两者的操作工人、机床及加工的连续性均已发生了变化;而在车削加工工序中,虽然包含多个加工表面和多种加工方法(如车、钻等),但其划分工序的要素未改变,故属同一工序。而表1-2分为四道工序,其中虽然工序1、2同为车削,但由于加工连续性已发生变化,因此应为两道工序;同样,工序4因为使用设备和工作地点均已变化,也应作为另一道工序。

工序不仅是制订工艺过程的基本单元,也是制订生产计划和进行质量检验、生产管理的基本单元。

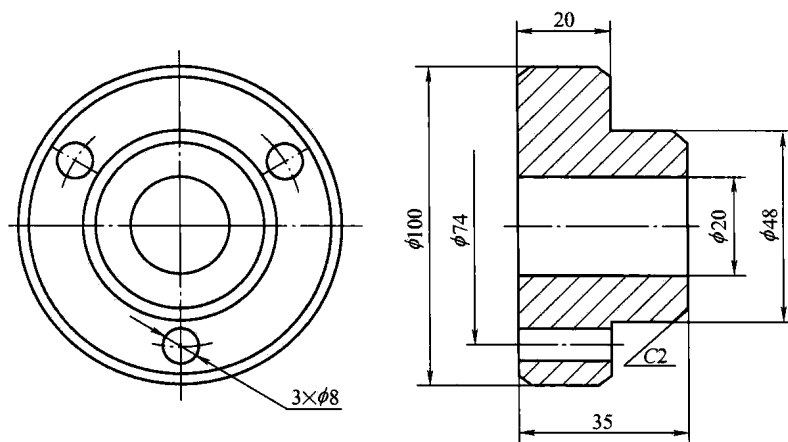


图 1-1 圆盘零件

表 1-1 圆盘零件单件小批机械加工工艺过程

| 工序号 | 工序名称 | 安装 | 工步 | 工序内容                         |
|-----|------|----|----|------------------------------|
| 1   | 车削   | I  | 1  | (用三爪自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)           |
|     |      |    | 2  | 车大端端面                        |
|     |      |    | 3  | 车大端外圆至 $\phi 100$            |
|     |      |    | 4  | 钻 $\phi 20$ 孔                |
|     |      | II | 1  | 倒角                           |
|     |      |    | 2  | (工件调头,用三爪自定心卡盘夹紧大端外圆)        |
|     |      |    | 3  | 车小端端面,保证尺寸 35 mm             |
| 2   | 钻削   | I  | 2  | 车小端外圆至 $\phi 48$ ,保证尺寸 20 mm |
|     |      |    | 3  | 倒角                           |
| 2   | 钻削   | I  | 1  | (用夹具装夹工件)                    |
|     |      |    | 2  | 依次加工三个 $\phi 8$ 孔            |
|     |      |    |    | 在夹具中修去孔口的锐边及毛刺               |

表 1-2 圆盘零件成批机械加工工艺过程

| 工序号 | 工序名称 | 安装 | 工步 | 工序内容                         |
|-----|------|----|----|------------------------------|
| 1   | 车削   | I  | 1  | (用三爪自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)           |
|     |      |    | 2  | 车大端端面                        |
|     |      |    | 3  | 车大端外圆至 $\phi 100$            |
|     |      |    | 4  | 钻 $\phi 20$ 孔                |
|     |      |    |    | 倒角                           |
| 2   | 车削   | I  | 1  | (以大端面及胀胎心轴)                  |
|     |      |    | 2  | 车小端端面,保证尺寸 35 mm             |
|     |      |    | 3  | 车小端外圆至 $\phi 48$ ,保证尺寸 20 mm |
|     |      |    |    | 倒角                           |

续表

| 工序号 | 工序名称 | 安装 | 工步 | 工序内容                          |
|-----|------|----|----|-------------------------------|
| 3   | 钻削   | I  | 1  | (钻床夹具)<br>钻 $3 \times \phi 8$ |
| 4   | 钳    | I  | 1  | 修去孔口的锐边及毛刺                    |

1) 工步 同一工序中,有时需要对不同表面采用不同刀具及用量进行加工,可将工序进一步细分为若干工步。工步指采用同一刀具和不变的机床用量对同一表面所完成的那部分工作。它也强调三点:刀具不变,机床用量不变,加工表面不变。例如车削加工图 1-2 所示的小轴零件时,需完成 9 个工步。一般讲,构成工步的任一要素发生变化,其内容将形成一个新的工步。

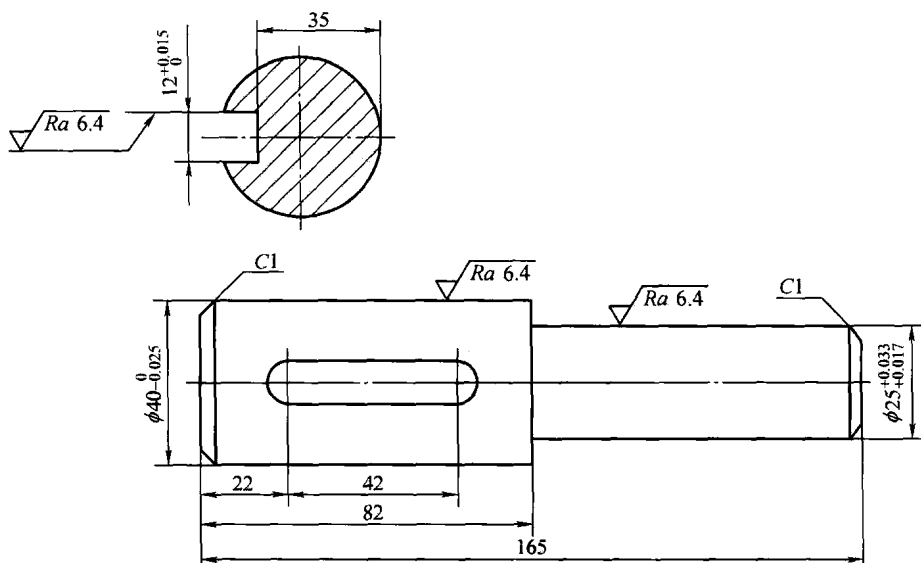


图 1-2 小轴零件

为提高生产率,生产中常会采用数把刀具(或复合刀具)组合同时加工几个表面,这种工步称复合工步。图 1-3 所示为采用组合刀具加工零件时的复合工步。另外,生产中还习惯将相同要素的连续加工看成一个工步,如连续加工图 1-1 所示的零件上 3 个直径为 8 mm 的孔。

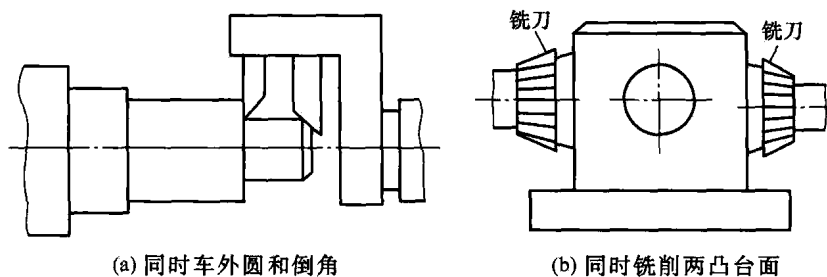


图 1-3 复合工步

2) 走刀 一个工步中,若加工表面余量不能一次去除,则每次刀具去除一层金属所做的工作称一次走刀,每个工步可以一次走刀或多次走刀。

3) 安装 进行每个工序或工步前,工件应有正确的安装,安装包括定位和夹紧。一道工序中,工件可以安装数次(如轴类零件加工中的调头安装)。安装次数多,会增加辅助时间,还会降低加工精度。因此,一道工序中,应尽量减少工件安装次数。

4) 工位 工件一次安装后,工件在机床上所占的每一位置称为工位。为减少工件的安装次数,可采用各种回转工作台、回转夹具,使工件在一次安装中获得多个工位而便于加工。如在铣床上加工六方棒,可采用分度头装夹工件,若用单刀加工需回转五次获得六个工位,若以组合铣刀加工,则只需回转两次获得三个工位即可。

### 3. 工艺规程及其内容

对任何一个零件或产品,在不同的生产条件下,其加工工艺过程可以是多种多样的,且各具特点,但对于确定的生产背景和工艺要求可以有一个较为合理的工艺过程。将合理的工艺过程编写成规范的工艺文件,作为指导企业生产过程的依据,这一工艺文件便是工艺规程。工艺规程是指用文字和图表表达的技术上可行的,符合当时当地条件并且能获得高效率、低成本的零件加工工艺过程。

一般情况下,工艺规程一经确定便不再擅自变动,企业以此组织生产过程,管理企业的各项工作,同时作为财务核算的依据,对企业的多项工作都具有重要的参考价值。当然,工艺规程并非一成不变,随技术进步、生产条件变化或因时间推移等,工艺规程亦会作适当调整或变更。对于任何一个企业来讲,制订合理的工艺规程是一项十分重要的工作。

工艺规程的内容一般包括三项:加工工艺路线单(表明零件加工工序数、加工工序名称及顺序、加工设备)、工序卡(指明加工部位,明确加工要求,给出加工方案)、检验卡(说明检验内容与检测方法)。

工艺规程的制订往往需要有零件、产品图样,产品生产类型,企业生产条件,相关手册,技术标准等原始资料作为依据,充分考虑技术性、经济性、先进性、高效低耗及良好的劳动条件等原则,进行多方比较协调。

### 4. 机械制造生产形式

产品、零件的制造过程是否能满足优质、高效、低耗的要求,不仅取决于对产品、零件的技术要求以及企业生产条件等因素有很好的把握,还取决于该产品产量的大小及产品制造的生产组织类型。生产类型不同,则生产过程不同,生产的综合效果亦不同。

#### (1) 生产纲领

生产、纲领指企业在计划期内应当生产的产品数量和进度计划。计划期常为一年,故又称年产量。零件的生产纲领应将备品及废品计入在内。

#### (2) 生产类型

不同的生产纲领对设备的专业化、自动化程度,所采用的加工方法,制造装备条件的要求均不相同,因此生产纲领的大小对零件制造过程及制造时的生产组织有着重要的影响,决定着零件制造的生产类型。

根据生产专业化程度的不同,生产类型可分为单件生产、成批生产(分为小批生产、中批生产、大批生产)、大量生产三种。表1-3为不同零件生产纲领与生产类型的关系。

表 1-3 不同零件生产纲领与生产类型的关系

| 生产类型 |      | 重型零件                | 中型零件                | 轻型零件                    |
|------|------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| 单件生产 |      | $\leq 5$            | $\leq 20$           | $\leq 100$              |
| 成批生产 | 小批生产 | $> 5 \sim 100$      | $> 20 \sim 200$     | $> 100 \sim 500$        |
|      | 中批生产 | $> 100 \sim 300$    | $> 200 \sim 500$    | $> 500 \sim 5\,000$     |
|      | 大批生产 | $> 300 \sim 1\,000$ | $> 500 \sim 5\,000$ | $> 5\,000 \sim 50\,000$ |
| 大量生产 |      | $> 1\,000$          | $> 5\,000$          | $> 50\,000$             |

1) 单件生产 产品年产量较小,但产品品种多。生产中,试制及工装的制造便属于该类型。单件生产中,一般较多采用普通设备及标准附件,极少采用专用工装,常靠试切、划线等方法保证加工精度。因此,单件加工质量不稳,主要取决于操作者技术水平的高低,生产率不高。

2) 成批生产 产品有一定数量,分批投入制造,生产呈周期性重复。生产中,机床设备的生产便属此类型。成批生产中,选用设备时通用、专用设备相结合,工装应用上通用与专用兼顾,工艺方法应用较灵活。

3) 大量生产 产品产量很大,品种单一而固定,大多工作地长期重复同一工作内容。如轴承等标准件的生产属此类型。大量生产时,广泛采用专用机床、自动机床、自动生产线及专用工装,加工过程自动化程度高、效率高、质量稳定。

成批生产一般又可分为小批、中批、大批三种,在工艺上小批接近于单件生产,大批接近于大量生产,故生产中又常按单件小批、中批及大批大量生产来划分生产类型。

### (3) 各生产类型的工艺特点

生产类型不同,产品从制造方法选择,设备、工装采用生产组织形式等均不相同,也形成了不同的工艺特征。表 1-4 为各种生产类型的工艺特征。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

| 工 艺 特 征      | 生 产 类 型                 |                                              |                                   |
|--------------|-------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|
|              | 单件小批生产                  | 中 批 生 产                                      | 大批大量生产                            |
| 加工对象         | 经常变换                    | 周期性变换                                        | 固定不变                              |
| 零件的互换性       | 用修配法,钳工修配,缺乏互换性         | 大部分具有互换性,装配精度要求高时,灵活应用分组装配法和调整法,同时还有某些需采用修配法 | 具有广泛的互换性,少数装配精度较高处,采用分组装配法和调整法    |
| 毛坯的制造方法与加工余量 | 木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低,加工余量大 | 部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量中等                     | 广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高,加工余量小 |
| 机床设备及其布置形式   | 通用机床。按机床类型采用机群式布置       | 部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备                     | 广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备      |

续表

| 工艺特征    | 生产类型                                  |                                   |                                        |
|---------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
|         | 单件小批生产                                | 中批生产                              | 大批大量生产                                 |
| 工艺装备    | 大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求 | 广泛采用夹具,部分靠找正装夹,达到精度要求,较多采用专用刀具和量具 | 广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求 |
| 对工人技术要求 | 需技术水平较高的工人                            | 需一定技术水平的工人                        | 对调整工人的技术水平要求高,对操作工人的技术水平要求较低           |
| 工艺文件    | 有工艺过程卡,关键工序要有工序卡                      | 有工艺过程卡,关键零件要有工序卡                  | 有工艺过程卡和工序卡,关键工序要有调整卡和检验卡               |
| 成本      | 较高                                    | 中等                                | 较低                                     |

### 1.1.3 机械加工单元的组成

机械制造系统由大量的硬件组成。硬件包括从普通的机床到先进的加工中心等制造设备,从简单的锤子到复杂的刀具、夹具等各种制造工艺装备,是构成制造系统的基本要素。生产中亦常将由制造设备、制造工艺装备及加工工件构成的加工环境称为机械制造工艺系统。

机械加工单元就是由一组组机床、刀具、夹具和工件组成的机械制造工艺系统所构成。

#### 一、金属切削机床

金属切削机床是用动力使刀具和工件产生相对运动而在工件上形成预先确定的几何形状的机器,是制造机器零件的主要设备。它所负担的工作量占机器总制造工作量的 40% ~ 60%, 所以又称为“工作母机”或“工具机”,习惯上简称机床。

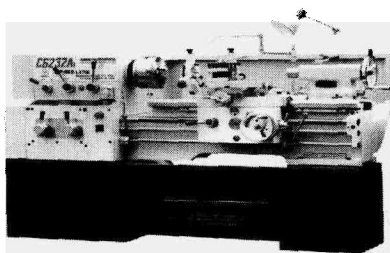
机床是完成制造工艺的主要载体,为成功地将机床集成到制造系统中以完成特定的制造任务,机床应满足一系列的要求。现代制造中,最重要的要求是质量。机床质量一般指机床的制造精度及其在交变力和热负载状态下的几何精度和可靠性。此外,机床在满足性能要求的基础上,其自动化程度、生产率高、使用保养及维修的方便、成本的高低亦很关键,而安全性和环保性也逐步成为人们对机床的要求。

#### 1. 机床分类

由于制造技术的不断发展,金属切削机床的品种也在不断增加,其功用、规格、结构及精度各不相同,为便于机床的区别、使用和管理,必须对机床进行分类。

机床主要按加工性质和所用刀具进行分类,据国家标准 GB/T 15375—2008,机床可有十一大类:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床及其他机床。在每类机床中,又按工艺范围、布局形式和结构等分为若干组,每组又细分为若干系。图 1-4 ~ 图 1-6 为几种典型的机床。





(a) 普通车床



(b) 数控车床

图 1-4 车床

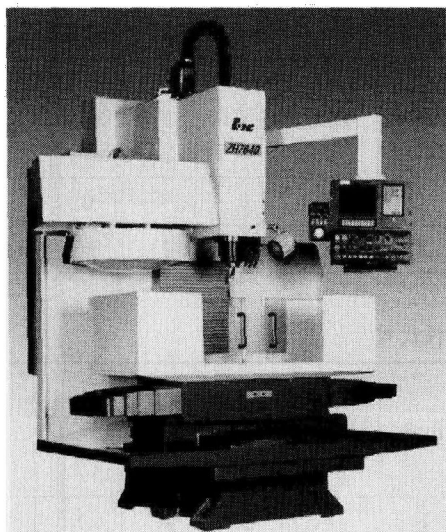


图 1-5 数控铣床

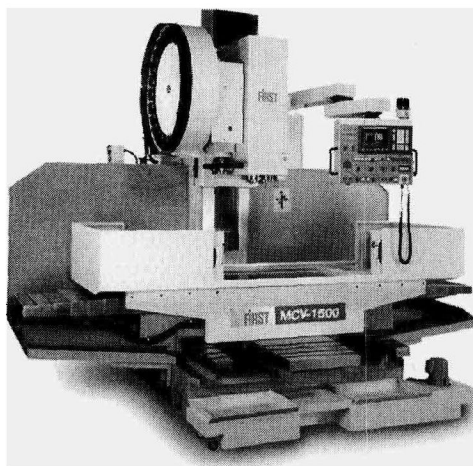


图 1-6 立式加工中心

除按上述方法分类外,还可按其他特征进一步分类。

对同类机床,按通用性程度又可分为以下三类:

1) 通用机床 加工范围广,可用于多种零件的不同工序,如卧式车床、铣床等。这类机床由于通用性强,结构较为复杂,主要使用于单件、小批生产。

2) 专门化机床 加工范围较窄,专门用于某一类或几类零件的某一种或几种工序,如凸轮车床、螺纹磨床等。

3) 专用机床 加工范围最窄,只能用于加工某一种(或几种)零件的某一特定工序,一般根据工艺要求专门设计。如加工机床主轴箱的专用镗床、加工车床导轨的专用磨床等。各种组合机床也属于专用机床。这类机床自动化程度、生产率都较高,主要用于成批、大量生产。

同类机床中,按加工精度又可分为普通精度级、精密级和高精度级;按机床自动化程度的高低,分为手动、机动、半自动和自动机床;还可按机床的尺寸、重量的不同,分为仪表机床、中小型企业机床、大型机床和重型机床、超重型机床;按机床布局,又有卧式、立式、台式、龙门等机床;按机床