



中等职业教育特色精品课程规划教材  
中等职业教育课程改革项目研究成果

# 机械加工技术

jixie jiagong jishu

■主编 唐世林 柯吉友



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 提 要

本书全面系统地介绍了机械制造技术的相关知识。主要包括金属切削基础知识、材料成型方法、金属切削方法与装备, 机械加工工艺规程的制定、机械加工精度、表面加工质量和先进制造工艺的技术发展趋势等几部分。

版权专用 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工技术/唐世林, 柯吉友主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2810 - 7

I. 机… II. ①唐…②柯… III. 机械加工 - 专业学校 - 教材 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 152809 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.75

字 数 / 301 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 21.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

## 出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目标为指导思想。主要从以下三个角度切入:

### 1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

### 2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

### 3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

#### 1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

## 2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

## 3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

## 4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳动和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

## 前言



随着社会的进步和科学技术的快速发展,社会大生产对人才的要求发生了较大的变化,培养应用型专业人才已成为中职教育重要而紧迫的任务。本书是根据教育部制定的机械加工技术教学基本要求,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育教材。

本书以能力为本位,以培养学生的创新精神和实践能力为核心,坚持以人为本,始终贯彻“实际、实用、实效”的原则,从培养高素质操作者和中初级专业技术人才出发,以工艺为主线,依据机电类专业的培养目标,将机械制造的主干课程进行了有机的综合,打破了传统的学科性的课程体系,并且每章配有综合训练和小结,使学生每学完一章,都能对所学知识进行总结和运用,对分析问题和解决问题能力进行综合训练,从而突出了综合能力的培养,以适应社会新形势对技能型应用性专业人才的需要。本书具有以下特点:

(1) 综合性 对机械加工知识和能力培养的课程进行了有机的综合化处理,体现了多方位知识的相互交叉和融合,突出综合职业能力的培养。

(2) 实用性 本书以机电类专业面向的岗位和岗位群职业能力的要求为依据,确定课程的结构和内容,所涵盖的知识具有现实的应用性。

(3) 先进性 更多地吸收了当前的新知识、新技术、新工艺的内容,有效地拓展了学生的知识空间。

(4) 创造性 每章后面设有综合训练开拓学生思路,从而培养学生的实践能力和创新精神。

(5) 广泛性 本书涵盖了机械加工所涉及的全部内容,具有实用性和实效性,因此,适用于机械加工领域的各种人员参考。

(6) 实践性 本书编入了例题和较大量的习题,并且许多实例和习题来自生产实践,以使学生巩固所学的知识和增加实践性知识。

本书介绍了机械加工和金属切削的基本知识和基本理论,重点介绍了机床

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 机械加工的概念.....        | 1  |
| 第一节 机械加工的基本概念.....      | 1  |
| 第二节 工件定位基准的种类.....      | 4  |
| 第三节 机械加工的劳动生产率.....     | 5  |
| 第二章 金属切削的基本知识.....      | 8  |
| 第一节 切削运动和切削要素.....      | 8  |
| 第二节 切削力、切削热及切削液 .....   | 12 |
| 第三章 机 床 .....           | 16 |
| 第一节 机 床 概 述 .....       | 16 |
| 第二节 车 床 .....           | 20 |
| 第三节 铣 床 .....           | 39 |
| 第四节 钻、镗 床 .....         | 46 |
| 第五节 磨 床 .....           | 50 |
| 第六节 直线运动机床 .....        | 53 |
| 第四章 刀 具 .....           | 57 |
| 第一节 金属切削刀具 .....        | 57 |
| 第二节 刀具寿命及其影响因素 .....    | 72 |
| 第三节 刀具的刃磨 .....         | 75 |
| 第四节 车刀角度的检查及刀具的安装 ..... | 78 |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第五章 机床夹具</b>        | 83  |
| 第一节 机床夹具概述             | 83  |
| 第二节 工件的定位及夹紧           | 85  |
| <b>第六章 机械加工精度</b>      | 95  |
| 第一节 影响加工精度的因素          | 95  |
| 第二节 工艺系统的受力变形和热变形      | 98  |
| 第三节 经济精度和经济表面粗糙度       | 102 |
| <b>第七章 机械加工工艺规程的制定</b> | 110 |
| 第一节 工艺规程概述             | 110 |
| 第二节 机械加工工艺规程编制前的相关准备工作 | 114 |
| 第三节 定位基准的选择            | 117 |
| 第四节 机械加工工艺路线的拟定        | 119 |
| 第五节 加工余量的确定            | 122 |
| 第六节 工艺尺寸链              | 124 |
| 第七节 机床、工艺装备的选择及切削量的确定  | 130 |
| <b>第八章 典型零件的加工</b>     | 132 |
| 第一节 套类零件的加工工艺分析        | 132 |
| 第二节 机械加工的基本概念          | 136 |
| 第三节 圆柱齿轮零件的加工工艺分析      | 139 |
| 第四节 箱体零件的加工工艺分析        | 143 |
| <b>第九章 机械装配工艺</b>      | 147 |
| 第一节 装配概述               | 147 |
| 第二节 装配尺寸链和装配方法         | 149 |
| 第三节 装配工艺规程的制定及装配工作方法   | 153 |
| 第四节 典型部件的装配            | 154 |
| <b>第十章 设备维修工艺基础</b>    | 158 |
| 第一节 设备维修概述             | 158 |
| 第二节 设备维修的修理类型及日常检查     | 162 |



|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第十一章 先进加工技术.....  | 165 |
| 第一节 电火花加工.....    | 165 |
| 第二节 电化学加工.....    | 168 |
| 第三节 高能束加工.....    | 169 |
| 第四节 数控加工技术概述..... | 172 |

## 机械加工的概念



### 本章概述

机械是由零件装配而成的，零件可用毛坯或型材经机械加工制成。机械加工是在机床上改变工件尺寸和形状的一种加工。它一般是在常温状态下进行的，故又称为冷加工。相对应的还有热加工，如铸造、锻造和焊接等。本章主要讲述机械加工的一些基本概念和提高机械劳动生产率的一些措施。



### 教学目标

1. 掌握机械加工的基本概念。
2. 了解工件定位基准的种类。
3. 掌握提高机械加工劳动生产率的方法。

\* \* \* \* \*

## 第一节 机械加工的基本概念

### 一、生产过程和工艺过程

#### 1. 生产过程

生产过程包括直接生产过程（使加工对象的尺寸、形状或性能产生变化的过程）和辅助生产过程（不使加工对象产生直接变化的过程）。从原材料到该机械产品出厂的全过程称为生产过程。如毛坯制造、机械加工、热处理和产品的装配等过程属于直接生产过程；原材料的运输存储及设备维修等过程属于辅助生产过程。

#### 2. 工艺过程

工艺过程是指在生产过程中直接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。如毛坯制造、机械加工、热处理、装配等过程。工艺过程是生产过程的主体。机械加工工艺过程是指采用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为合格零件的工艺过程。

## 二、机械加工工艺过程的组成

一个（或一组）工人在一个工作地点（如一台机床或一个钳工台），对一个（或同时对几个）工件连续完成的那部分工艺过程，称为工序。机械加工工艺过程是由一系列的机械加工作序组成。它包括在这个工件上连续进行的，直到转向加工下一个工件为止的全部动作。区分工序的主要依据是：工作地点是否固定和工作是否连续。工序的划分还与生产类型有关，如图 1-1 所示阶梯轴。当采用中批量生产时，其工艺过程如表 1-1；当采用单件小批生产时，其工艺过程如表 1-2。

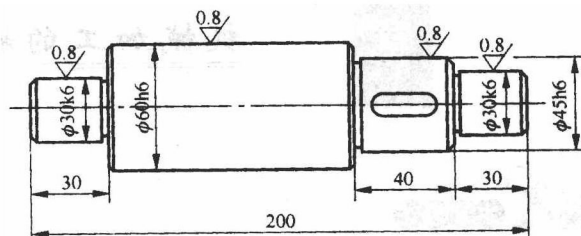


图 1-1 阶梯轴

表 1-1 中批量生产阶梯轴的工艺过程

| 工序号 | 工序名称      | 设备        |
|-----|-----------|-----------|
| 1   | 铣端面、钻中心孔  | 铣床、钻床（车床） |
| 2   | 车外圆、车槽与倒角 | 车床        |
| 3   | 铣键槽       | 铣床        |
| 4   | 去毛刺       | 钳工台       |
| 5   | 磨外圆       | 磨床        |

表 1-2 单件小批生产阶梯轴的工艺过程

| 工序号 | 工序名称                 | 设备 |
|-----|----------------------|----|
| 1   | 车端面、钻中心孔、车全部外圆、车槽与倒角 | 车床 |
| 2   | 铣键槽、去毛刺              | 铣床 |
| 3   | 磨外圆                  | 磨床 |

工序是组成工艺过程的基本单元，也是制定生产计划，进行经济核算的基本单元。工序可细分为安装、工位、工步、走刀等。

### 1. 安装

工件加工前，使其在机床或夹具中相对刀具占据正确位置并给予固定的过程，称为装夹（装夹包括定位和夹紧两过程）。安装是指工件通过一次装夹后所完成的那一部分工序。如表 1-1 中的工序 1，对工件的两端连续进行铣端面、钻中心孔，就需要两次安装（分别进行加工）。为减少安装误差，提高生产率，零件在加工中应尽量减少安装次数。

### 2. 工位

工位是指在一次装夹中，相对于机床或刀具每占据一个加工位置所完成的那部分工艺过程。

图 1-2 为在三轴钻床上利用回转工作台，按四个工位连续完成每个工件的装卸、钻孔、扩孔和铰孔。采用多工位加工，可提高生产率和保证被加工表面的相互位置精度。

### 3. 工步

当加工表面、切削刀具、切削速度和进给量都不变的情况下所完成的那部分工序，称为工步。工步是构成工序的基本单元。一道工序可以包括一个或几个工步。

为了提高生产率，常常用几把刀具同时加工几个表面，这样的工步称为复合工步，如图 1-3 所示。

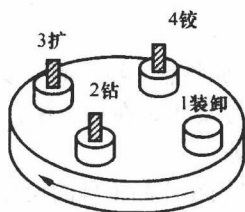


图 1-2 多工位连续加工

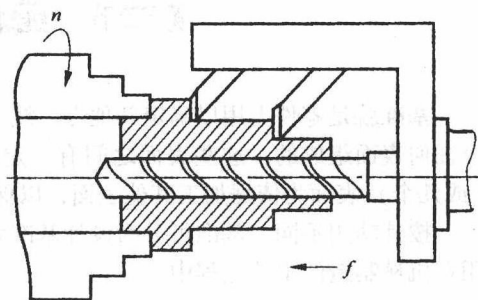


图 1-3 复合工步

### 4. 走刀

走刀（又称工作行程）是指刀具相对工件加工表面进行一次切削所完成的那部分工作。每个工步可包括一次走刀或几次走刀。

## 三、生产类型和生产纲领

### 1. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批量生产和单件生产三种类型。表 1-3 列出了生产纲领和生产类型的关系。

表 1-3 生产纲领和生产类型的关系

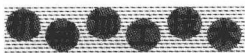
| 生产类型 |      | 零件的年生产纲领（件/年） |               |                  |
|------|------|---------------|---------------|------------------|
|      |      | 重型机械          | 中型机械          | 小型机械             |
| 单件生产 |      | <5 件          | <20 件         | <100 件           |
| 成批生产 | 小批生产 | 5 ~ 100 件     | 20 ~ 200 件    | 100 ~ 200 件      |
|      | 中批生产 | 100 ~ 300 件   | 200 ~ 500 件   | 500 ~ 5 000 件    |
|      | 大批生产 | 300 ~ 1 000 件 | 500 ~ 5 000 件 | 5 000 ~ 50 000 件 |
| 大量生产 |      | >1 000 件      | >5 000 件      | >50 000 件        |

### 2. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品数量和进度计划。零件的年生产纲领由下式计算：

$$N = Qn (1 + a) (1 + b)$$

式中  $N$ ——零件的生产纲领（件/年）；



- $Q$ ——产品的年产量（台/年）；  
 $n$ ——单台产品该零件的数量（件/台）；  
 $a$ ——备品的百分率（%）；  
 $b$ ——废品的百分率（%）。

## 第 二 节 工 件 定 位 基 准 的 种 类

基准就是零件上用以确定其他点、线、面位置所依据的那些点、线、面。零件是由若干个几何表面组成的，这些表面之间有一定的相互位置和尺寸要求，在加工中，必须以某个（或几个）表面为依据加工其他表面，以保证图样规定的要求。

按其功用不同，基准可分为设计基准和工艺基准。前者用在产品零件的设计图上，后者用在机械制造的工艺过程中。

### 一、设计基准

设计图样上使用的基准称为设计基准。图 1-4 (a) 中  $B$  面为  $C$ 、 $D$  面的设计基准； $\phi 60$  的轴线是  $\phi 40h6$  外圆表面径向跳动的设计基准。

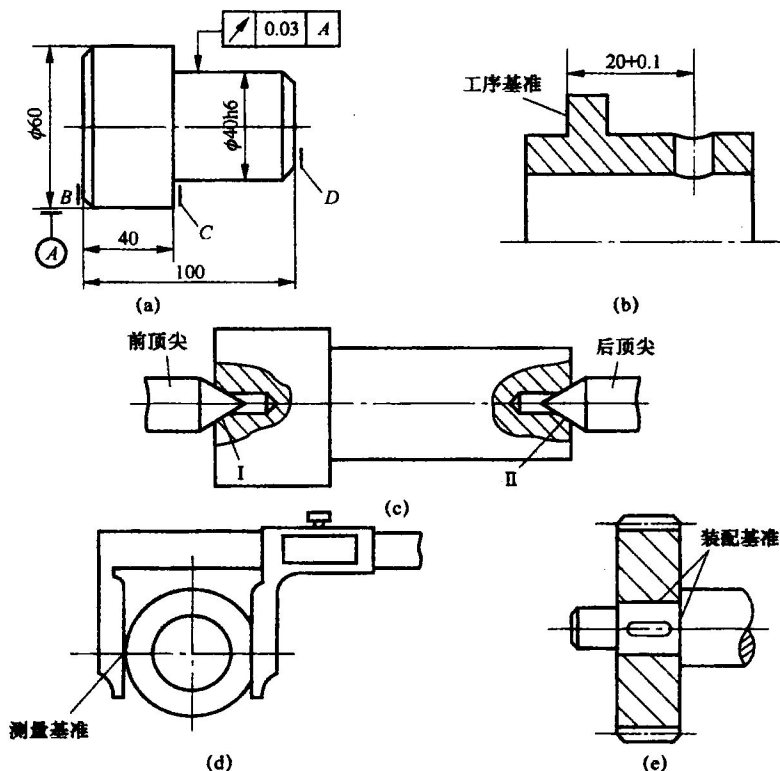


图 1-4 各种测量基准示例

(a) 设计基准；(b) 工序基准；(c) 定位基准；(d) 测量基准；(e) 装配基准

## 二、工艺基准

零件在工艺过程中采用的基准称为工艺基准。按其用途可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

(1) 工序基准 在工序图中用以确定本工序被加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准，它是工序所要达到加工尺寸的起点。图 1-4 (b) 为钻孔工序图的工序基准示例。

(2) 定位基准 加工中用来定位的基准。如图 1-4 (c) 中顶尖孔 I、II 的锥面为加工零件外圆表面的定位基准。

(3) 测量基准 零件测量时所用的基准。如图 1-4 (d) 所示。

(4) 装配基准 装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准。如图 1-4 (e) 所示。

## 第二节

## 机械加工的劳动生产率

### 一、时间定额的组成

时间定额是在一定的条件下，生产单件产品或完成一道工序所消耗的时间。它是安排生产计划、计算产品成本和核算企业经济的主要依据。

在机械加工中，完成一个工件的一道工序所需要的时间，称为单件时间定额  $T_p$ ，它由下述几部分组成：

#### 1. 基本时间 $T_b$

指直接改变对象的尺寸、形状、位置、状态和性质所消耗的时间。对切削加工来说，是指直接切除余量所消耗的时间（含刀具的切入、切出时间）。

#### 2. 辅助时间 $T_a$

指实现基本工艺过程所进行的各种辅助动作所消耗的时间。如装卸、开停机、进退刀、改变切削用量、试切和测量等。

基本时间和辅助时间的总和称为作业时间。它是直接用于制造产品或零部件所消耗的时间。

#### 3. 工作地点服务时间 $T_s$

指工人在工作时为照顾工作地点及保持正常的工作状态所消耗的时间，如调整更换刀具、修整砂轮、润滑擦拭机床、清理切屑等所消耗的时间。这段时间一般按作业时间的 2% ~ 7% 来计算。

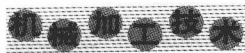
#### 4. 休息与生理需要时间 $T_r$

指工人在工作班内满足生理需要所消耗的时间。这段时间一般按作业时间的 2% ~ 4% 来计算。

以上四部分时间的总和称为单件时间  $T_p$ ，即  $T_p = T_b + T_a + T_s + T_r$ 。

#### 5. 准备与终结时间 $T_c$

指工人为了生产一批产品或零部件，进行准备和结束工作所消耗的时间。如一批零件开



始加工时,要熟悉工艺文件,领取毛坯和刀具,安装刀具、夹具,调整机床和工艺装备;加工结束后,又要拆卸和归还工艺设备,发送成品等。准备与结束时间对一批工件来说只消耗一次。若工件的批量为  $n$ ,则分摊到每个零件上的准备和终结时间为  $T_e/n$ 。零件的批量越大,则  $T_e/n$  越小。对于大量生产,该值可忽略不计。所以,成批量生产的单件时间为

$$T_p = T_b + T_a + T_s + T_r + T_e/n$$

大量生产的单件时间为

$$T_p = T_b + T_a + T_s + T_r$$

## 二、提高劳动生产率工艺的几项措施

提高劳动生产率,必须广泛开展技术革新和技术改造,积极引进新技术、新设备、新工艺和新材料,以达到单件产品所消耗的人力、物力和财力最少,经济效益最高。

提高生产效率应缩短单件时间,即缩短各组成部分的时间,尤其应缩短其中占比较大的一部分时间。

### 1. 高效及自动化加工

在大量生产中,可采用专用的组合机床和自动线,以提高生产劳动效率;在中小批量生产中,可采用各种数控机床或柔性加工系统,同样也可提高生产劳动效率。

### 2. 缩减基本时间 $T_b$

●增大切削用量 增大切削速度、进给量和背吃刀量,都可缩短基本时间,但切削用量的提高受到刀具耐用度、机床功率和工艺系统刚度等方面的制约。随着新型刀具材料的出现,切削速度得到了迅速的提高。

●减少工作行程 在切削加工过程中可以采用多刀切削、多件加工、工步合并等措施来减少工作行程。如图 1-5 所示。

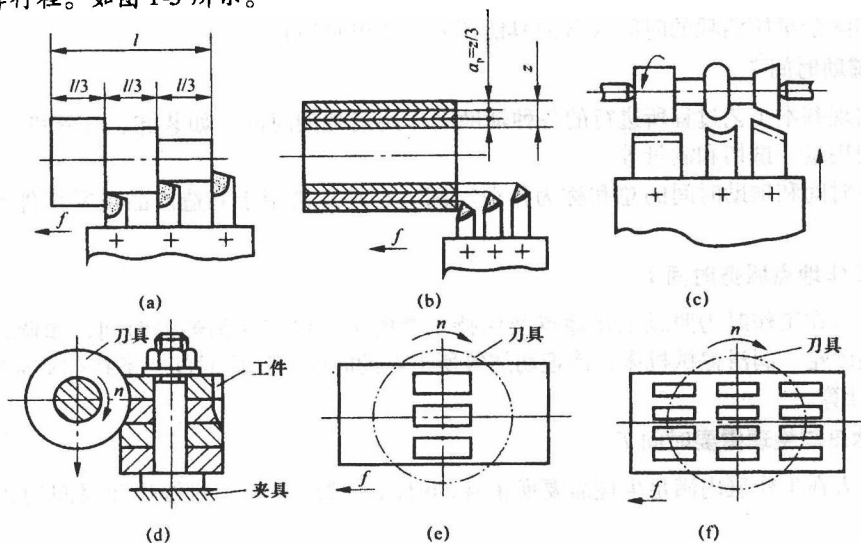


图 1-5 减少工作行程的方法

- (a) 合并工步; (b) 多刀车削; (c) 横向切入法车削;  
(d) 顺序多件加工; (e) 平行多件加工; (f) 平行顺序多件加工

### 3. 缩短辅助时间

缩短辅助时间的方法有：使辅助动作实现机械化和自动化，以使辅助时间和基本时间重合。

● 直接缩减辅助时间 采用先进高效夹具。在大批量生产时，采用高效的气动、液动夹具来缩短装卸工件的时间。在单件小批量生产中采用成组夹具或通用夹具。

● 间接缩减辅助时间 采用回转工作台或多轴加工，可在加工时间内装卸工件，如图 1-6 所示。此外，可采用主动测量或数字显示装置，使测量时间与基本时间重合。

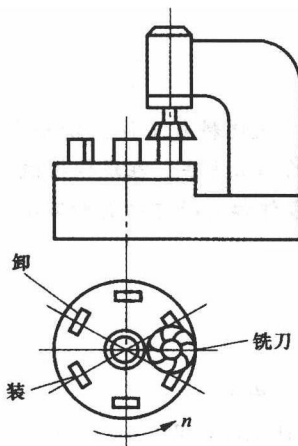


图 1-6 回转工作台加工

### 4. 缩短工作地点服务时间

减少调刀对刀时间。采用各种快换刀夹、刀具微调机构、专用对刀样板、对刀块及自动换刀装置等是减少换刀时间的措施。如在车床和铣床上采用可转位硬质合金刀片刀具，可减少刀具装卸、对刀和磨刀的时间。

### 5. 缩短准备和终结时间

扩大零件批量和减少调整机床、工装的时间。在成批生产中，缩短安装刀具、调整机床的时间，扩大零件批量；在中小批生产中，采用零件通用化和标准化，或采用成组技术。

## 本章小结

1. 什么是生产过程？它包括哪些内容？
2. 何谓生产纲领和生产类型？生产类型分为哪几类？
3. 简述基准的含义，并说明可分为哪几类？
4. 提高劳动生产率的工艺措施有哪些？

## 金属切削的基本知识



### 本章概述

金属切削加工是指用切削刀具从坯料或工件上切除多余材料,以获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的零件的加工方法。在现代机械制造中,除少量零件采用精密铸造等方法直接获得零件外,大部分零件都要经过切削加工才能获得所需要的加工精度和表面粗糙度。



### 教学目标

1. 掌握切削运动的概念和切削要素。
2. 掌握切削力、切削热、切削液的知识。

\* \* \* \* \*

## 第一节 切削运动和切削要素

### 一、切削运动

在切削过程中,为了切除多余的金属,必须使工件和刀具作相对的工作运动。按其作用,切削运动可分为主运动和进给运动两种。

(1) 主运动 形成机床切削速度或消耗主要动力的工作运动。通常主运动的速度最快,消耗功率最多。例如,车削时工件的旋转运动,钻削时刀具的旋转运动,刨削时刀具的往复直线运动,铣削时刀具的旋转运动,磨削时砂轮的旋转运动等都是主运动。

(2) 进给运动 使工件的多余材料不断地被去除的工作运动,进给运动可以是连续运动,也可以是间歇运动,如车外圆时纵向进给是连续运动,控制切削刃切入深度的横向进给是间歇运动。通常,进给运动的速度较慢,消耗功率较少。例如,车削时刀具的直线运动,钻削时刀具的轴向运动,刨削时工件的间歇直线运动,铣削时工件的直线运动,磨削时工件的旋转运动及其往复直线运动等都是进给运动。

各种切削加工,都具有特定的切削运动(见图2-1)。切削运动的形式有旋转的、直线的、连续的、间歇的等。一般主运动只有一个,进给运动可以有一个或几个。主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成,也可由刀具单独完成。

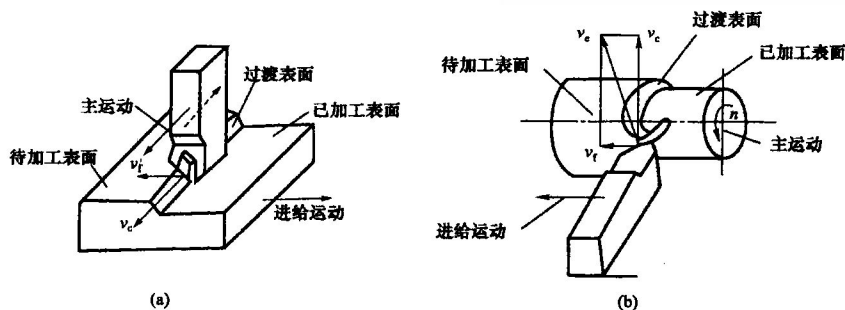


图 2-1 切削运动和加工表面

(a) 刨削；(b) 车削

## 二、切削用量的基本概念

切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数，包括背吃刀量、进给量和切削速度（见图 2-2）。合理选择切削用量与提高生产效率有着密切的关系。

### 1. 背吃刀量 $a_p$

背吃刀量又称为切削深度，是指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离，也就是每次进给时车刀切入工件的深度。车外圆时的切削深度（ $a_p$ ）可按下式计算：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中  $a_p$ ——背吃刀量，mm；

$d_w$ ——工件待加工表面直径，mm；

$d_m$ ——工件已加工表面直径，mm。

### 2. 切削速度 $v$

在进行切削加工时，刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度，也可以理解为车刀在 1min 内车削工件表面的理论展开直线的长度（但必须假定切削没有变形或收缩）。它是衡量主运动大小的参数，切削速度  $v$  的计算公式为

$$v = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中  $v$ ——切削速度，m/min；

$d$ ——工件直径，mm；

$n$ ——工件或刀具的转速，r/min。

### 3. 进给量 $f$

进给量是指刀具或工件在进给运动方向上相对于工件或刀具移动的距离，常用每转或每行程的位移量来表示。

- 车削时，进给量  $f$  为工件每转一周，车刀沿进给方向移动的距离（单位：mm/r）。
- 钻削时，进给量  $f$  为钻头每转一转，钻头沿进给方向（轴向）移动的距离（单位：

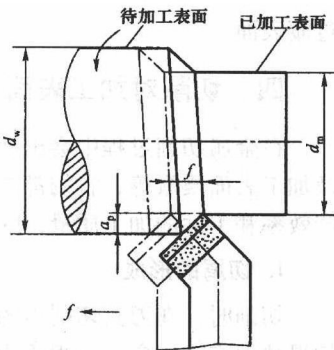


图 2-2 车削外圆时的切削要素