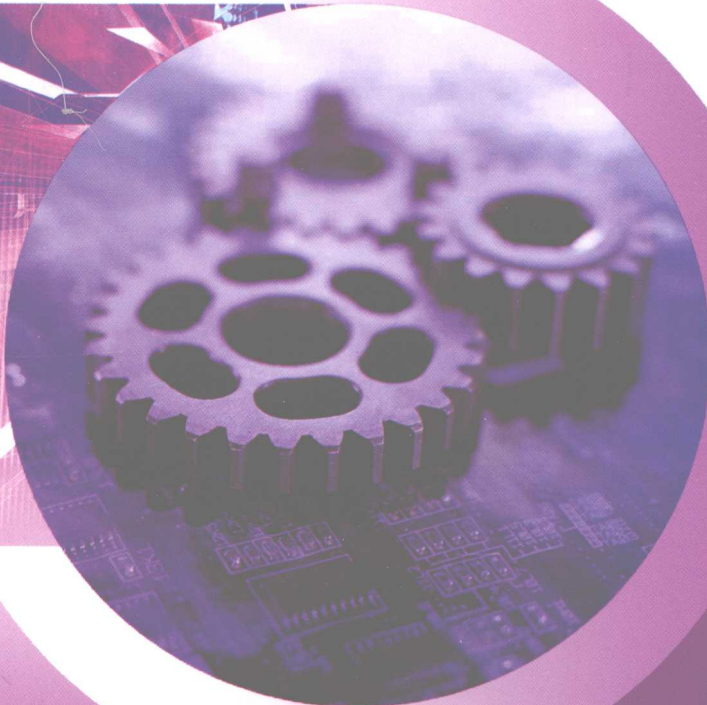




21 世纪中等职业教育系列教材  
中等职业教育系列教材编委会专家审定

# 机械加工技术



主 编 刘桂霞  
副主编 张九霞  
          贾瑞珍  
主 审 范观今



北京邮电大学出版社  
<http://www.buptpress.com>



教育部 2019 年职业教育国家规划教材  
中等职业学校机械类相关专业必修教材

# 机械加工技术



主编 王 强  
副主编 王 强  
主 审 王 强

机械工业出版社

中等职业教育系列教材  
中等职业教育系列教材编委会专家审定

# 机械加工技术

主 编 刘桂霞  
副主编 张九霞 贾瑞珍  
主 审 范观今

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

---

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术/刘桂霞主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006(2009.1重印)

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1320 - 8

I. 机... II. 刘... 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(2006)第082651号

---

书 名 机械加工技术  
主 编 刘桂霞  
责任编辑 周 堃 赵延玲  
出版发行 北京邮电大学出版社  
社 址 北京市海淀区西土城路10号 邮编 100876  
经 销 各地新华书店  
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司  
开 本 787 mm × 960 mm 1/16  
印 张 15  
字 数 306 千字  
版 次 2006年11月第1版 2009年1月第3次印刷  
书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1320 - 8  
定 价 19.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系 电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

**版权所有 侵权必究**

# 出版说明

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。

本教材以能力为本位,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,使学生每学完一章后,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 本教材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 教材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 教材每章后面设有综合训练和小结,这将引起学生学习兴趣,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 本教材涵盖了机械加工专业所涉及的大部分内容,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 and 增加实践性知识。

教材共分八章,介绍机械加工和金属切削的基本知识和基本理论,重点介绍了机床夹具刀具工件所组成的工艺系统、设备的操作、装配与维修及典型零件的

加工方法。

本教材由邢台市工业学校刘桂霞高级讲师任主编,张九霞讲师和贾瑞珍讲师任副主编,范观今高级讲师任主审。参加编写的有赵妹娟(第一、二章)、刘桂霞(第三章)、张九霞(第四、五章)、贾瑞珍(第六、七章)、张彦锋(绪论、第八章)。

全书文字简练、图文并茂、通俗易懂,适合中等职业学校机械加工技术专业、机械制造与控制专业、机电一体化专业、模具设计与制造专业等机械类专业使用,也可供职业培训或相关技术人员参考使用。

本教材在编写过程中,得到了河北机电职业技术学院王增春副教授、韩伟讲师、邢台工程技术学校吴化学技师、邢台技师学院任力宏讲师、邢台小冷辊制造公司张彦明、张运平高工的大力支持和帮助,并提出了很好的意见和建议,在此一并表示谢意。

中等职业教育教学改革任重道远,需要做大量的工作,由于编者水平有限,本书难免有不妥之处,恳请读者提出宝贵意见,以便今后修改。

编者

# 目 录

绪 论 .....	1
第 1 章 机械加工的概念 .....	3
1.1 基本概念 .....	3
1.2 工件定位基准 .....	6
1.3 机械加工的劳动生产率 .....	8
1.4 综合训练 .....	10
思考与练习题 .....	12
第 2 章 金属切削的基础知识 .....	13
2.1 切削运动和切削要素 .....	13
2.2 切削的基本变形及影响因素 .....	15
2.3 切削力 .....	17
2.4 切削热 .....	19
2.5 切削液 .....	21
2.6 综合训练 .....	22
思考与练习题 .....	23
第 3 章 机械加工工艺系统 .....	25
3.1 机床 .....	25
3.2 刀具 .....	69
3.3 机床夹具 .....	96
3.4 机械加工精度 .....	108
3.5 综合训练 .....	123
思考与练习题 .....	126
第 4 章 机械加工工艺规程的制订 .....	128
4.1 机械加工工艺规程 .....	128
4.2 零件的工艺分析 .....	131
4.3 毛坯的选择 .....	133
4.4 定位基准的选择 .....	136
4.5 拟订工艺路线 .....	138
4.6 加工余量的确定 .....	142
4.7 工艺尺寸链 .....	144

4.8	机床与工艺装备的选择 .....	149
4.9	切削用量的确定 .....	150
4.10	综合训练 .....	151
	思考与练习题 .....	153
<b>第5章</b>	<b>典型零件加工</b> .....	156
5.1	轴类零件加工 .....	156
5.2	套筒类零件加工 .....	165
5.3	箱体类零件加工 .....	171
5.4	圆柱齿轮加工 .....	181
5.5	综合训练 .....	192
	思考与练习题 .....	193
<b>第6章</b>	<b>装配工艺基础</b> .....	195
6.1	装配工作的基本内容 .....	195
6.2	装配的组织形式 .....	196
6.3	装配精度 .....	197
6.4	装配尺寸链 .....	198
6.5	装配方法及其选择 .....	200
6.6	典型部件装配 .....	203
6.7	综合训练 .....	208
	思考与练习 .....	215
<b>第7章</b>	<b>设备维修工艺基础</b> .....	216
7.1	设备使用与维修的任务及工作内容 .....	216
7.2	设备使用与维护的要求、规程及管理制度 .....	216
7.3	设备维修的修理类型 .....	220
7.4	设备的日常检查和状态监测 .....	221
7.5	综合训练 .....	223
	思考与练习题 .....	224
<b>第8章</b>	<b>先进加工方法简介</b> .....	225
8.1	特种加工 .....	225
8.2	柔性加工技术 .....	228
8.3	成组技术 .....	229
	思考与练习题 .....	231



## 绪 论

机械制造业是国民经济各部门的装备部,在国民经济建设中占有重要的地位,是国民经济的基础工业,机械加工工艺又是机械制造工业的基础工作。机械制造业的主要任务是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务等,其中包括对半成品零件的加工技术、加工工艺的制定及工艺装备的设计制造。目前,我国已经形成了产品门类基本齐全,布局比较合理的机械制造业体系,不仅为国家经济建设提供了必要的机械设备,而且生产出了一批批具有世界先进水平的机械产品。

随着科学技术的进步,信息的交叉传递和迅速积累,企业之间的相互竞争,各种新材料、新工艺和新技术的不断涌现,机械制造业正向着高质量、高效率 and 低成本的方向发展。各种少切屑、无切屑加工等新工艺的出现,已使越来越多的零件改变了传统的制造工艺,大量节省了金属材料,大幅度地提高了生产效率。

为了实现机械制造业的迅猛发展,必须对技术工人进行全方位的技术培训,使他们不但掌握本工种一定的理论知识和操作技能,而且还要熟悉其他工种的相关知识和操作技能,以适应实际工作的需要。

“机械加工技术”是中等职业学校机械加工技术专业的一门主干课程。本课程的主要任务是:使学生具备机械加工高素质操作者所必须的机械加工技术的基本知识和基本技能,通过学习,能初步、完整地理解不同生产类型零件机械加工的主要加工方法、工艺过程、工艺特点、主要设备及产品装配等基本知识,明确其他知识与本专业知识的相互作用,为培养学生解决机械加工方面实际问题的能力和创新意识奠定必要的基础。

学习本课程的教学目标包括知识目标和能力目标。

知识目标:

- (1) 了解机械加工及装配的工艺知识;
- (2) 理解金属切削加工的基本原理及一般机械加工方法;
- (3) 理解机械加工主要设备的结构特点,了解不同设备的基本运动和加工范围;
- (4) 了解零件加工工艺路线制订的知识;

(5) 了解与本课程相关的技术政策和标准,了解机械加工新技术的发展趋势。

能力目标:

- (1) 初步具备常见零件加工工艺的实施能力;
- (2) 初步具备根据加工对象合理选择普通机床和工艺装备的能力;
- (3) 初步具备一般加工设备的维护及常见机械故障的判断和排除能力。

本课程是一门与生产实践密切相关的课程,是对学生进行生产实训的基础知识和理论指导。学习本课程应坚持理论联系实际,注重实践教学,不断培养和提高学生分析和解决生产实际问题的能力。

# 第1章 机械加工的概念

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。

机械加工的方法可分为有切屑加工(或切屑加工)和无切屑加工。切屑加工是指将铸造、锻造和焊接等热加工方法制造的毛坯或型材,切去一部分金属,以达到尺寸、形状和表面质量要求的一种机械加工手段;无切屑加工是指在工件表面施加压力来改变工件尺寸和形状的一种机械加工手段。目前,切屑加工在生产中所占的比例较大,它是机械加工中的一种主要方法。

## 1.1 基本概念

### 1.1.1 生产过程和工艺过程

#### 1. 生产过程

从原材料到该机械产品出厂的全过程称为生产过程。它包括直接生产过程(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)。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

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称为工艺过程。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。

### 1.1.2 生产纲领和生产类型

#### 1. 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(%).

## 2. 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 1-1 列出了生产纲领和生产类型的关系。

表 1-1 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	500~5000 件
	大批生产	300~1000 件	500~5000 件	5000~50000 件
大量生产		>1000 件	>5000 件	>50000 件

### 1.1.3 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的机械加工工序组成。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。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 1-2 所示;当采用单件小批生产时,其工艺过程如表 1-3 所示。

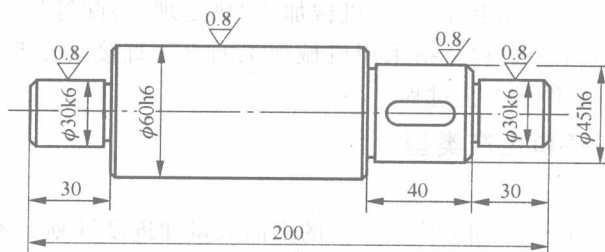


图 1-1 阶梯轴

表 1-2 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 1-3 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 1-2 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。

如图 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夹、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

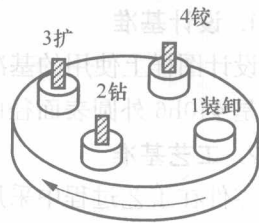


图 1-2 多工位连续加工

样的工步称为复合工步,如图1-3所示。

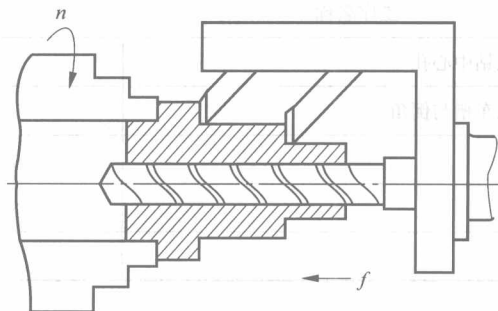


图1-3 复合工步

#### 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。

## 1.2 工件定位基准

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。

### 1.2.1 基准的定义

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。

### 1.2.2 基准的分类

基准按其功用不同,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。

#### 1. 设计基准

设计图样上使用的基准称为设计基准。图1-4a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。

#### 2. 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1-4b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。

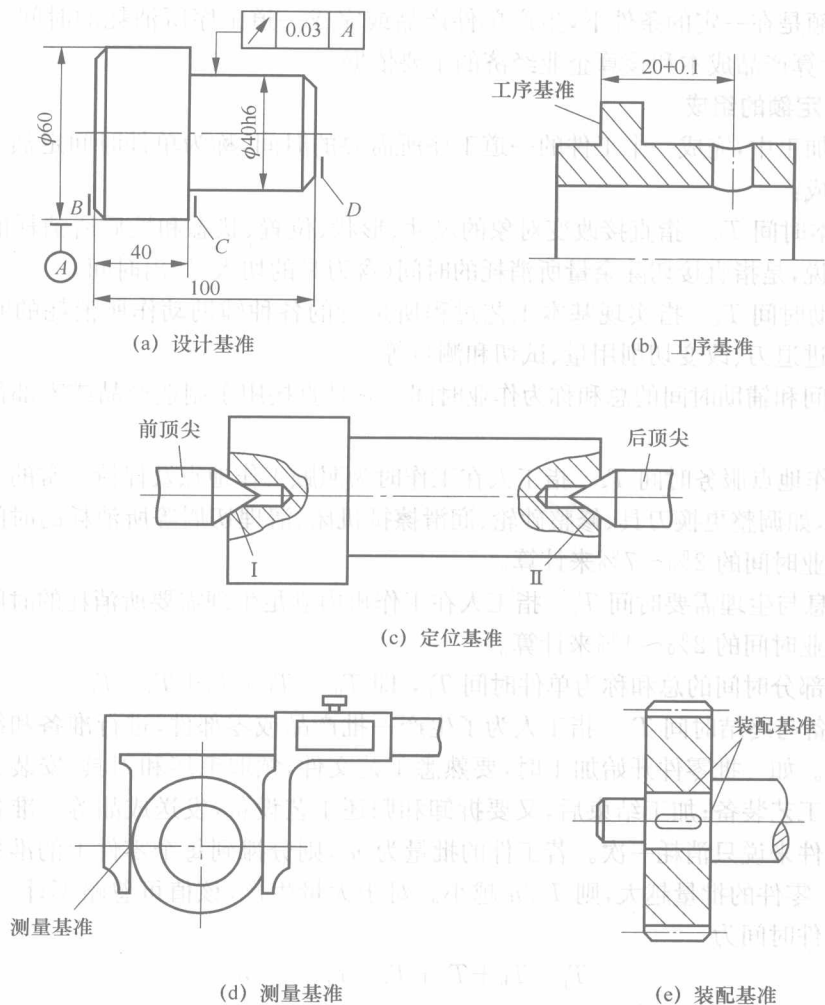


图 1-4 各种测量基准示例

## 1.3 机械加工的劳动生产率

### 1.3.1 时间定额

#### 1. 时间定额的概念

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。

#### 2. 时间定额的组成

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  $T_c/n$ 。零件的批量越大,则  $T_c/n$  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

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

大量生产的单件时间为

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

### 1.3.2 提高劳动生产率工艺措施

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. 缩减基本时间 $T_b$

(1) 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。

(2) 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。

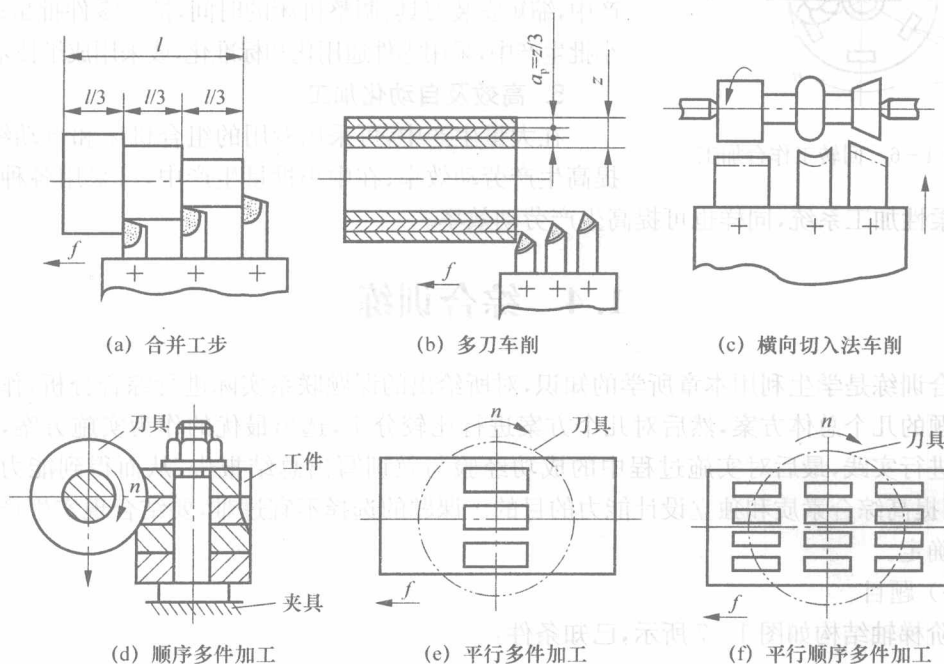


图 1-5 减少工作行程的方法

### 2. 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。

(1) 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。

(2) 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