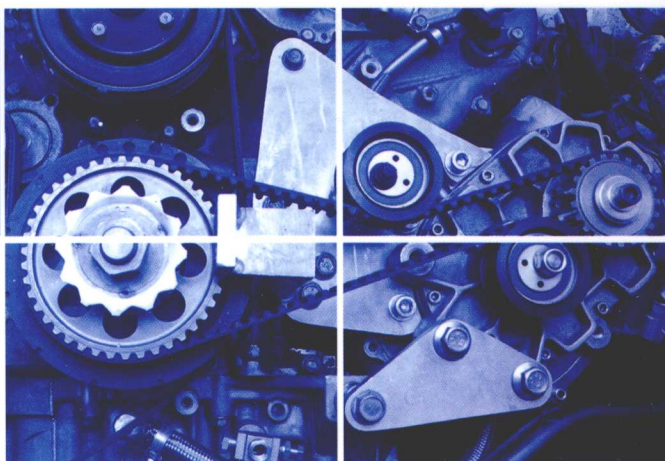


普通高等教育“十二五”规划教材



# 机械制造 技术基础

Fundamentals of mechanical  
manufacturing technology

于英华 主编

013037882

TH16-43  
180

普通高等教育“十二五”规划教材

# 机械制造技术基础

Fundamentals of mechanical manufacturing technology

主 编 于英华  
参 编 蒲志新 冷岳峰 魏永乐  
滑有录 张兴元  
主 审 赵树国



机械工业出版社



北航

C1645746

TH16-43

180

10037829

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书共分九章,内容主要包括机械制造概论、金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床(概论)、机床夹具设计、机械加工质量、机械加工工艺规程设计、机械装配工艺。

为顺应应用创新型人才培养的需求,本书体现了课程教学与实践教学环节的交融性,在必做实验的章节后增加了实验的相应内容,并在最后一章介绍机械制造技术基础课程设计的目的、要求、步骤、方法和实例。同时,本书配有多媒体课件,建立了网络教学平台。另外,为适应双语教学的发展需要,本书对章节标题、关键专业术语及各章小结增加了英文翻译。

本书可作为高校机械工程及自动化专业主干技术基础课教材,也可供其他有关学校或专业的教师和学生及从事相关专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/于英华主编. —北京:机械工业出版社,2013.5

普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-111-41593-0

I. ①机… II. ①于… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 033783 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:刘小慧 责任编辑:刘小慧 安桂芳 冯 铤

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京汇林印务有限公司印刷

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.75 印张 · 440 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-41593-0

定价:33.00 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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前 言

机械制造技术基础是机械工程类专业的主干技术基础课。通过本课程的学习,能使学生掌握机械制造技术的基本知识和基本理论,主要包括机械制造概论、金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床、机床夹具设计原理、机械加工质量、机械加工工艺规程设计等方面的内容;通过本课程的学习,能为后续专业课的学习、毕业设计以及毕业后从事机械设计与制造打下基础。

机械制造技术基础是一门综合知识性和实践性很强的课程,为顺应应用创新型人才培养方案的需求,本内容体现了课程教学与实践教学的交融性,在必做实验的章节后增加实验的名称、目的、方法和步骤等内容,并在本书最后一章介绍机械制造技术基础课程设计的目的、要求、步骤、方法和实例。这样既便于教师将课堂教学内容与实验、课程设计等实践教学环节适当联系起来,促进理论知识与实际应用的融合,又可为学生做实验、课程设计奠定一定的基础,使学生学以致用,并从一定程度上解决了学生课程设计资料不足的问题。

为适应双语教学的发展需要,本书对章节标题、关键专业术语及各章小结增加了英文翻译。

由于本课程涵盖的内容多,需要掌握的知识点多,特别是其中涉及了大量的复杂原理结构图及实例结构图,因此特制作了与本书相配套的多媒体课件,并建立了网络教学平台,前者支持教师提升教学质量,后者在互联网上实现学生与教师的互动,并通过向网络教学平台上传机械制造现场生产录像、图片和开放性实验的相应资料等,加强学生对理论知识的掌握和实践动手能力的培养。同时每章后都附有小结和适量的复习思考题,供学生课后复习使用。

本书按70左右学时的教学计划编写,在使用时可根据实际教学计划和学时安排酌情增减有关内容。

本书由于英华教授主编,并完成全书的统稿工作。本书第1章和第4章由于英华编写,第2章和第3章由冷岳峰编写,第5章和第8章由魏永乐编写,第6章由滑有录编写,第7章由蒲志新和张兴元编写,第9章由张兴元编写。本书的多媒体课件由冷岳峰和魏永乐制作。全书由沈阳航空航天大学的赵树国教授主审。

本书在编写过程中参考了许多专家和同行的有关文献,在此,谨向他们表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,诚恳希望广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 概 论

Conspectus ..... 1

### 1.1 制造与制造业

Manufacturing and Manufacturing Industry ..... 1

### 1.2 机械制造技术的发展过程

Development of the Mechanical Manufacturing Technology ..... 1

### 1.3 机械制造方法的分类

Classification of Mechanical Manufacturing Methods ..... 2

### 1.4 本课程的内容、特点与学习方法

Contents, Features and Learning Methods of This Course ..... 3

### 本章小结

Summary ..... 4

### 复习思考题

Exercises ..... 4

## 第 2 章 金属切削原理

The Principle in Metal Cutting Process ..... 5

### 2.1 概述

Introduction ..... 5

### 2.2 刀具的几何角度与材料

Geometric Angles and Materials of Tool ..... 8

### 2.3 刀具的几何角度测量实验

Measurement Experiment of Tool Geometric Angles ..... 19

### 2.4 金属切削过程

Metal Cutting Process ..... 21

### 2.5 切削力、切削热和切削温度

Cutting Force, Heat and Temperature ..... 28

### 2.6 刀具磨损和刀具使用寿命

Tool Wear and Tool Life ..... 31

### 2.7 材料的切削加工性

Machinability of Workpiece Materials ..... 35

### 2.8 磨削与砂轮

Grinding and Grinding Wheels ..... 37

本章小结	
Summary .....	43
复习思考题	
Exercises .....	44
<b>第3章 金属切削刀具</b>	
Metal Cutting Cutter .....	45
3.1 概述	
Introduction .....	45
3.2 车刀	
Turning Tool .....	46
3.3 铣削与铣刀	
Milling and Milling Cutter .....	48
3.4 孔加工刀具	
Hole-making Cutter .....	52
3.5 拉刀	
Broach .....	60
3.6 齿轮加工刀具	
Gear Cutting Tools .....	62
本章小结	
Summary .....	64
复习思考题	
Exercises .....	65
<b>第4章 金属切削机床</b>	
Metal-Cutting Machine Tool .....	66
4.1 概述	
Introduction .....	66
4.2 机床的运动分析	
The Motion Analysis of Machine Tools .....	71
4.3 车床	
Lathes .....	76
4.4 齿轮加工机床	
Gear Cutting Machines .....	89
4.5 铣床	
Milling Machine .....	95
4.6 磨床	
Grinding Machine .....	97
4.7 其他机床	
Other Machines .....	101

本章小结	
Summary .....	110
复习思考题	
Exercises .....	110
<b>第5章 机床夹具设计原理</b>	
Design Principle of Jigs and Fixtures .....	112
5.1 概述	
Introduction .....	112
5.2 工件在夹具中的定位	
Location of the Workpiece in Jigs or Fixtures .....	114
5.3 工件的夹紧	
Clamping of the Workpiece .....	127
5.4 机床典型夹具	
Typical Jigs and Fixtures of Machine Tool .....	138
本章小结	
Summary .....	142
复习思考题	
Exercises .....	143
<b>第6章 机械加工质量</b>	
Machining Quality .....	146
6.1 概述	
Introduction .....	146
6.2 影响机械加工精度的因素	
The Factors Influencing Machining Accuracy .....	149
6.3 加工精度的统计分析	
Statistical Analysis for the Machining Accuracy .....	163
6.4 提高加工精度的工艺措施	
The Main Methods of Raising the Machining Precision .....	173
6.5 影响表面质量的因素	
The Factors Influencing on Surface Qualities .....	175
6.6 提高表面质量的途径	
Approaches for Improving Machined Surface Quality .....	180
本章小结	
Summary .....	182
复习思考题	
Exercises .....	183
<b>第7章 机械加工工艺规程设计</b>	
Design of the Machining Process Planning .....	185

7.1 概述	185
Introduction .....	185
7.2 零件结构工艺性与毛坯的选择	192
Machinability of Parts and the Selection of Blank .....	192
7.3 机械加工工艺流程	196
Design of the Machining Process Planning .....	196
7.4 工序内容的确定	206
Determination of Process Content .....	206
7.5 工序尺寸的计算	211
Calculation of Process Dimension .....	211
7.6 工艺方案的技术经济分析	216
Technical and Economic Analysis of Process Scheme .....	216
7.7 典型零件加工工艺	221
Process Planning of Typical Parts .....	221
本章小结	
Summary .....	228
复习思考题	
Exercises .....	229
<b>第8章 机械装配工艺</b>	
Machinery Assembly Process .....	232
8.1 概述	232
Introduction .....	232
8.2 装配精度与保证装配精度的方法	236
Assembly Accuracy and Methods of Ensuring Assembly Accuracy .....	236
8.3 装配尺寸链	238
Assembly Dimension Chain .....	238
8.4 装配工艺规程设计	248
Design of Assembly Process Planning .....	248
本章小结	
Summary .....	251
复习思考题	
Exercises .....	251
<b>第9章 课程设计指导</b>	
Guide of Curriculum Design .....	254
9.1 概述	254
Introduction .....	254
9.2 机械加工工艺流程的编制	256
Design of the Machining Process Planning .....	256



9.3 夹具设计	
Design of Jigs and Fixtures .....	259
9.4 课程设计实例	
An Example of Curriculum Design .....	261
本章小结	
Summary .....	274
复习思考题	
Exercises .....	275
参考文献	
References .....	276

# 第 1 章 概 论

## Conspectus

### 1.1 制造与制造业

#### Manufacturing and Manufacturing Industry

制造是人类最主要的生产活动之一。按照目前的定义,制造有两种形式,即小制造与大制造。所谓的小制造,即从狭义上对制造的定义,是指生产车间与物流有关的加工和装配过程;而所谓的大制造,即从广义上对制造的定义,是指将社会资源(物料、能源、设备、信息和人力等)转化为产品的全过程,是一个综合的系统。按照这样的理解,制造应包括市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、生产过程管理、销售运输、售后服务,直至产品报废处理等整个产品生命周期内一系列相互联系的生产活动。

制造业是国民经济的基础。所有与制造有关的行业总称为制造业,它是国民经济的支柱,覆盖了除采掘业、建筑业等以外的整个第二产业。制造业是社会财富的主要来源,制造业创造了当前工业发达国家 1/4 ~ 1/3 的国民收入。制造技术的水平高低已成为一个国家经济发展的主要标志。

机械制造业是制造业中最主要组成部分。它是为用户创造和提供机械产品的行业,包括了机械产品的开发设计、制造生产、流通和售后服务全过程。它肩负着双重任务:一是直接为最终用户提供消费品,二是为国民经济各行业提供生产技术装备。因此,机械制造业是国家工业体系的重要基础,是国民经济的重要组成部分,社会发展与制造技术密切相关。制造技术是科学技术物化的基础。机械制造业是国民经济的支柱产业,是国力和国防的后盾。

### 1.2 机械制造技术的发展过程

#### Development of the Mechanical Manufacturing Technology

综观历史,科学技术的每次重大进展都推动了制造技术的发展,人类的需求不断增长和变化,也促进了制造技术的不断进步。

(1) 制造技术萌芽时期 人类最早的制造活动可追溯到新石器时代,当时人们开始利用天然石料制作工具,制造处于一种萌芽状态。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿、冶炼、铸锻工具,并开始制作纺织机械、水力机械和运输车辆等,以满足以农业为主的自然经济需要。当时制造业主要采用手工业作坊式的生产方式,生产动力主要是人力,局部利用水力和风力。

(2) 工业革命时期 18 世纪 70 年代,瓦特改进蒸汽机,标志着第一次工业革命兴起,制造技术获得了飞速的发展,产生了近代工业化的生产方式,手工劳动逐渐被机器生产所代替,制造业从手工业作坊生产转变为以机械加工和分工原则为基础的工厂。

(3) 电气化时期 19 世纪中叶,麦克斯韦建立了电磁场理论,电气化时代开始。以电力

作为动力源,使机器的结构和性能发生了重大的变化。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生。所有这些使制造业发生了重大变革,并进入了一个快速发展时期。这个阶段制造业发展的一个标志就是使用机械加工机床。

(4)大量生产方式、自动化时期 19世纪末,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命。20世纪初,福特汽车生产线和泰勒科学管理方法,标志着自动化时代(以大批量流水生产线为特征)的到来。大批量流水生产线不仅降低了产品的生产成本,还保证了产品的高质量。

(5)多品种中小批量生产时期 第二次世界大战后,计算机、微电子、信息和自动化技术的迅速发展以及市场竞争的加剧和市场需求多样化的趋势,使中小批量生产自动化成为可能,并产生了综合自动化和新的制造哲理与生产模式,如准时制生产、全面质量管理等。这个阶段的制造装备与制造技术主要有数控机床、计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)。

(6)信息化和全球化时代 自20世纪80年代以来,计算机、信息、电子、材料和网络等技术的迅速发展,促进了制造业中各种单元自动化技术逐渐成熟和完善。产品市场的全球化和用户需求的多样化,使得市场竞争日益激烈。制造技术和装备迎来了新时期,出现了计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机数控(CNC)、高速切削技术、精密与超精密加工技术、快速成形技术、微细加工技术/纳米制造技术、物料需求计划(MRP)、制造资源规划(MRP II)、企业资源规划(ERP)、计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)、精益生产、敏捷制造和分散网络化制造等。能源危机、环境恶化和资源短缺,导致了绿色制造技术的出现和发展。各种先进的技术装备相继出现并有较大发展,如虚拟轴机床、可重构机床、精密焊接技术与装备、微制造技术与设备、快速成形系统、激光加工技术与装备等。制造技术正在向自动化、柔性化、集成化、智能化、精密化和清洁化方向发展。

### 1.3 机械制造方法的分类

#### Classification of Mechanical Manufacturing Methods

从原材料到产品的生产过程,主要包括毛坯制造、零件加工和零部件装配三个主要工艺过程。机械制造工艺主要是指零件的加工工艺,可按多种特征进行分类。如可分为切削(有屑)加工与少无屑加工,一般机械加工与特种加工,常规工艺与先进工艺,冷加工与热加工,尺寸加工与表面加工等。这里仅介绍两种分类方法。

(1)按零件加工时工具与零件之间是否需要机械作用力分类 按零件加工时工具与零件之间是否需要机械作用力,可将机械制造的方法分为一般机械加工和特种加工。

1)一般机械加工(Traditional machining)。一般机械加工是指加工时工具与零件之间需要机械作用力的机械加工。而一般机械加工又可根据加工过程中是否产生切屑和产生切屑的多少分为有屑加工(切削加工)和无屑加工(或净成形或近净成形)。

①切削加工(Cutting machining)。由原材料(毛坯)到零件需经过切削加工(产生切屑废料)得到所需零件的形状、尺寸和精度的一种加工方法,如车削、铣削、钻孔和磨削等加工方法。切削加工因产生切屑,材料利用率较低、零件生产率较低,但其加工精度高,目前仍然是高精度机械零件的主要加工方法。

②净成形(Net forming)。由原材料到零件成形后不再加工(或仅需少量加工)就可用作机械零件的成形技术。采用净成形技术加工方法不同,所获得的机械零件尺寸精度、几何精度和

表面质量也不尽相同。

净成形技术包括精密铸造成形(Cast forming)(失蜡铸造和压铸加工)、精密塑性成形(Plastic forming)(精密模锻、冷挤压成形)以及精密注射成形(Injection forming)等,其特点是加工不产生切屑,因此原材料利用率高,生产率高,常用于机械零件毛坯或形状比较复杂的中小零件加工制造。

2)特种加工(Nontraditional machining)。特种加工是指加工时工具与零件之间不需要机械作用力的机械加工。如电火花成形加工(Electro-discharge machining)、电火花线切割加工(Wire cutting electric discharging machining)、激光加工(Laser-beam machining)、超声波加工(Ultrasonic machining)、离子束加工(Ion beam machining)和光刻化学加工(Lithography electrochemical machining)等。

特种加工因为不是依靠工具与加工对象之间的直接作用产生塑性变形而成形零件,因此对加工对象的材质、硬度没有要求,特别适合高硬度、难加工材料的复杂表面的加工,但加工效率不及机械加工。

(2)按照零件由原材料或毛坯制造成零件过程中质量 $m$ 的变化分类 从目前的分类方法来看,按照零件由原材料或毛坯制造成零件的过程中质量 $m$ 的变化对零件的制造方法进行分类,能更全面地囊括目前所有的机械制造方法。按照这种分类规则可以将零件的制造分为三大类,即 $\Delta m < 0$ 、 $\Delta m = 0$ 和 $\Delta m > 0$ 。

1) $\Delta m < 0$ ,去除成形(Dislodge forming)。按照一定的方式从毛坯上去除多余材料形成符合技术要求的零件的工艺方法。主要包括切削加工和特种加工。

2) $\Delta m = 0$ ,受迫成形(Forced forming)。在成形前后,材料主要是发生形状变化,而质量基本不变。利用熔融状态下材料的流动或冷态或热态下材料的塑性变形,使原材料形成毛坯或零件的工艺方法。常用成形工艺方法有铸造、锻造、冲压和注射等。

3) $\Delta m > 0$ ,添加成形(Additive forming)或生长成形(Growth forming)。添加成形是将零件以微元叠加的方式逐渐累加成形的工艺方法。包括光固化法(SLA)——液态光敏树脂、叠层制造法(LOM)——涂敷有热敏胶的纤维纸、激光选区烧结法(SLS)——工程塑料粉末、熔积法(FDM)——固体丝状工程塑料和三维打印法等。

生长成形是利用生物材料的活性进行成形的方法。自然界生物个体的发育均属于生长成形,克隆技术是在人为系统中的生长成形方式。随着活性材料、仿生学、生物化学、生命科学的发展,这种成形方式将会得到很大的发展和应用。

## 1.4 本课程的内容、特点与学习方法

### Contents, Features and Learning Methods of This Course

#### 1. 本课程的内容

本课程的主要内容包括金属切削的基本理论;常用刀具的结构;金属切削机床的工作原理和传动,分析机床运动和传动的方法;夹具设计的基本理论和方法;机械加工精度与表面质量的概念及其控制方法;机械加工和装配工艺规程的设计等。

#### 2. 本课程的特点与学习方法

本课程既是一门技术基础课又是一门专业课,因此本课程具有很强的综合性、实践性、灵

活性和发展性。针对这些特点,在学习过程中要注意采取相应的方法。

(1)综合性 机械制造是一门综合性很强的技术,它要用到多种学科的理论和方法。在学习中,要特别注意紧密联系和综合应用以往所学过的知识。

(2)实践性 本课程与生产实践密切相关,因此,一方面必须重视与之相关的实验、实习、课程设计和毕业设计等实践教学环节;另一方面,在学习中,应注意生产实践中丰富的知识和经验,要对其进行不断的总结和提高,使之上升到理论的高度。最后,应注意在生产实践中存在的一些与技术发展不同步、不协调的情况,要善于灵活运用所学的知识,去分析和处理实践中的各种问题。

(3)灵活性 生产活动是极其丰富的,同时又是各异和多变的。生产条件的不同,所采用的生产方法和生产模式可能完全不同。在基本相同的生产条件下,针对不同的市场需求和产品结构以及生产的实际情况,也可以采用不同的工艺方法和工艺路线。在学习中,要特别注意充分理解机械制造技术的基本概念,牢固掌握机械制造技术的基本理论和基本方法,以及这些理论和方法的灵活应用。

(4)发展性 作为一门专业技术基础课,随着科学技术的发展,其内容必须不断地更新、完善和充实。因此在学习中,既要注意对其基本概念和基本理论的牢固掌握,又要及时了解其新发展,以更好地运用机械制造技术的新理论、新方法解决生产中的实际问题。

## 本章小结

### Summary

通过对本章的学习,了解制造与制造业的含义及其在国民经济中的地位,机械制造技术的发展过程,机械制造方法的分类及本课程的内容、特点与学习方法。

By studying this chapter, the following contents should be investigated: the meaning and position in national economy of manufacture and manufacturing industry, the development of the mechanical manufacturing technology, the classification of mechanical manufacturing methods, the contents, features and learning methods of this course.

## 复习思考题

### Exercises

- 1-1 你第一次接触到机械制造活动是什么时候?感受如何?
- 1-2 你认为机械制造对一个国家的重要性表现在哪些方面?
- 1-3 举例说明机械制造的方法主要有哪些?

# 第 2 章 金属切削原理

## The Principle in Metal Cutting Process

### 2.1 概述

#### Introduction

金属切削过程是工件与刀具相互作用的过程。即利用刀具从工件上切除一部分金属,并且保证在提高生产率和降低成本的前提下,使工件得到符合技术要求的尺寸精度、几何精度及表面质量。为实现这一切削过程,必须具备以下三个条件:

- 1) 刀具与工件间必须具有相对运动,即切削运动。
- 2) 刀具必须具备一定的切削性能,即切削力。
- 3) 刀具必须有合理的几何参数,即切削角度。

本节主要阐述与切削运动及刀具角度有关的基本概念和定义。

#### 2.1.1 工件加工表面

##### Workpiece Processing Surfaces

车削外圆柱面和刨削平面是金属切削加工中最基本的切削加工方法。图 2-1 所示为车削外圆柱面时的情况:工件旋转,车刀纵向直线进给,于是形成工件的外圆柱表面。图 2-2 所示为牛头刨床刨削平面的情况:刀具作直线往复运动,工件作间歇的直线进给运动。

在车削外圆柱面和刨削平面的过程中,工件存在三个不断变化的表面,即待加工表面、已加工表面和过渡表面(切削表面)。

(1) 待加工表面(Surface to be cut) 工件上有待切削的表面。

(2) 已加工表面(Machined surface) 工件上经刀具切削后形成的表面。

(3) 过渡表面/切削表面(Cutting surface) 工件上由切削刃正在切削的表面,它是待加工表面和已加工表面之间的过渡部位。

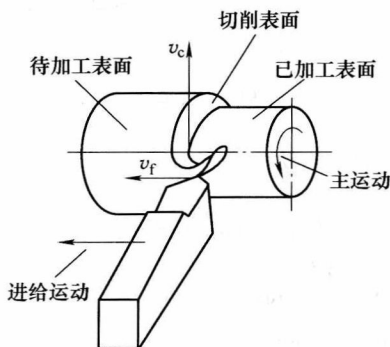


图 2-1 车削外圆柱面的切削运动与加工表面

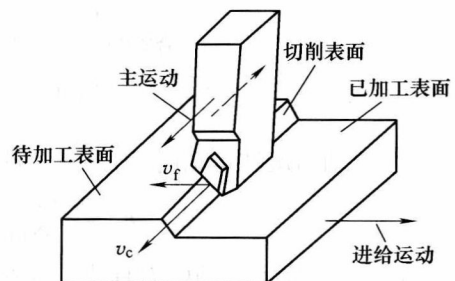


图 2-2 刨削平面的切削运动与加工表面

## 2.1.2 切削运动与切削用量

## Cutting Movement and Cutting Dosages

从车削外圆柱面(图 2-1)和刨削平面(图 2-2)中可以看出,刀具或工件必须完成一定的切削运动。在其他切削加工方法中,刀具或工件同样必须完成一定的切削运动。通常,切削运动按其作用可分为主运动和进给运动,这两个运动的向量和称为合成切削运动。

## 1. 主运动(Main movement)

主运动是由机床运动或手动提供的刀具与工件之间主要的相对运动。主运动使刀具切削刃及其毗邻的刀具表面切入工件材料,使工件被切削部位转变为切屑,从而形成工件的新表面。这个运动的主要特征是速度高、消耗功率大。例如,车削外圆柱面时工件的旋转运动和刨削平面时刀具的直线往复运动(图 2-1、图 2-2)都是主运动。其他切削加工方法中的主运动也同样是由工件或刀具来完成的,其形式可以是旋转运动,也可以是直线运动,但每种切削加工方法的主运动通常只有一个。

主运动方向(Direction of main movement)是指在不考虑进给运动的条件下,切削刃上选定点相对于工件的瞬时运动方向(图 2-3、图 2-4)。

切削速度(Cutting speed)  $v_c$  是指切削刃上选定点相对于工件沿主运动方向的瞬时速度(图 2-3、图 2-4),单位为  $\text{m/s}$  (或  $\text{m/min}$ )。

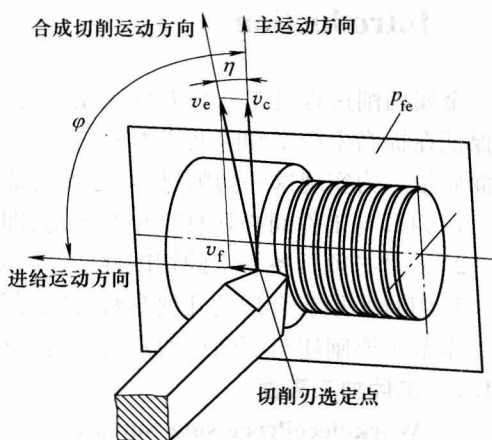


图 2-3 车刀相对于工件的运动

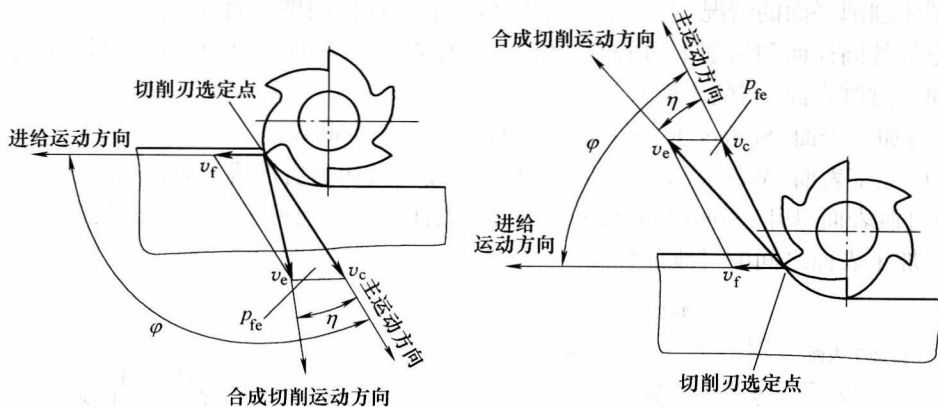


图 2-4 平面铣刀相对于工件的运动

当主运动为旋转运动时,刀具或工件最大直径处的切削速度由下式确定

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad \text{或} \quad v_c = \frac{\pi dn}{1000 \times 60} \quad (2-1)$$

式中  $d$ ——完成主运动的刀具或工件的最大直径,单位为  $\text{mm}$ ;

$n$ ——主运动的转速,单位为  $\text{r/s}$  或  $\text{r/min}$ 。

## 2. 进给运动(Feed movement)

进给运动是由机床运动或手动实现的刀具或工件的运动。进给运动配合主运动依次或连续不断地切除多余金属,同时形成满足一定要求的已加工表面。通常,它的速度与消耗的功率比主运动的小。例如,车削外圆柱面时车刀的纵向连续直线运动(图 2-1)和刨削平面时工件的间歇直线运动(图 2-2)。其他切削加工方法中,也是由工件或刀具来完成进给运动。进给运动可以是间歇的,也可以是连续的,而且进给运动可以有多个。

进给运动方向(Direction of feed movement)是指在不考虑主运动的条件下,切削刃上选定点相对于工件的瞬时运动方向(图 2-3、图 2-4)。

进给速度(Feed speed)  $v_f$  是指切削刃上选定点相对于工件沿进给运动方向的瞬时速度(图 2-3、图 2-4),单位为 mm/s(或 mm/min)。若进给运动为直线运动,则进给速度在切削刃上各点都是相同的。

进给量(Feeding)  $f$  是指工件或刀具每回转一周或往返一个行程时,两者沿进给运动方向的相对位移,单位为 mm/r(或 mm/双行程)。它是衡量进给运动的常用度量单位。

对刨削、插削等主运动为往复直线运动的加工,虽然可以不确定进给速度,却需要确定间歇进给的进给量,其单位为 mm/双行程。

在用多刃切削工具进行切削时,还应确定每齿进给量  $f_z$ 。每齿进给量是后一个刀齿相对前一个刀齿的进给量,单位为 mm/s。

显而易见,进给速度可表示为

$$v_f = fn = f_z zn \quad \text{或} \quad v_f = \frac{fn}{60} = \frac{f_z zn}{60} \quad (2-2)$$

式中  $z$ ——切削工具的刀齿数。

## 3. 合成切削运动(Synthesis cutting movement)

合成切削运动是由同时存在的主运动和进给运动合成的运动。

合成切削运动方向(Direction of synthesis cutting movement)是指切削刃选定点相对于工件瞬时合成切削运动的方向(图 2-3、图 2-4)。

合成运动的速度(Combined movement speed)  $v_c$  是指切削刃选定点相对于工件沿合成切削运动方向的瞬时速度(图 2-3、图 2-4)。

进给运动角(Angle of feed movement)  $\varphi$  是指瞬时主运动方向和进给运动方向之间的夹角(图 2-3、图 2-4)。对于刨削和拉削之类的加工,这个角度不作规定。

合成切削速度角(Angle of synthesis cutting speed)  $\eta$  是指瞬时主运动方向与合成切削运动方向之间的夹角(图 2-3、图 2-4)。 $\varphi$  与  $\eta$  均在工作进给剖面内度量(工作进给剖面的定义见后节)。

显而易见,在车削中(图 2-3),合成运动的速度可表示为

$$v_c = \frac{v_c}{\cos\eta} \quad (2-3)$$

由于通常实际加工中  $\eta$  值很小,所以可近似认为  $v_c = v_c$ 。

## 4. 背吃刀量/切削深度(Cutting depth) $a_p$

对车削外圆柱面(图 2-1)和刨削平面(图 2-2)而言,背吃刀量  $a_p$  (单位为 mm)等于工件已加工表面与待加工表面的垂直距离。其中车削外圆柱面时的背吃刀量为



$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (2-4)$$

式中  $d_w$ ——工件待加工表面直径,单位为 mm;

$d_m$ ——工件已加工表面的直径,单位为 mm。

通常将切削速度  $v_c$ 、进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  三者统称为切削用量三要素。

上述加工表面和切削运动的定义也适用于其他类型的切削加工。

## 2.2 刀具的几何角度与材料

### Geometric Angles and Materials of Tool

#### 2.2.1 刀具几何参数

##### Geometrical Parameters of Tool

金属切削刀具种类繁多,形状各异,但切削部分的几何特征都具有共性。外圆车刀的切削部分可以看作是各类刀具切削部分的基本形态,其他各类刀具,包括复杂刀具,都是在这个基本形态上根据各自的工作要求所演变或组合而来的。因此,以外圆车刀切削部分为基础给出刀具几何参数的有关定义。

##### 1. 刀具切削部分的组成要素

图 2-5 所示为外圆车刀,它由刀杆和刀头(切削部分)组成。刀头直接承担切削工作,其组成要素如下,可简单概括为“三面、两刃、一尖”。

(1) 前面(Face)  $A_f$  直接作用于被切削的金属层,是控制切屑沿其流出的表面。

(2) 主后面(Major flank)  $A_\alpha$  与工件上过过渡表面相互作用和相对的表面。

(3) 副后面(Minor flank)  $A'_\alpha$  与工件上已加工表面相互作用和相对的表面。

(4) 主切削刃(Major cutting edge)  $S$  前面与主后面相交而得到的边锋。主切削刃承担金属切除的主要工作,以形成工件的过渡表面。

(5) 副切削刃(Minor cutting edge)  $S'$  前面与副后面相交而得到的边锋。副切削刃协同主切削刃完成金属的切除工作,以最终形成工件的已加工表面。

(6) 过渡刃/刀尖(Tool nose) 主切削刃和副切削刃连接处的一段切削刃。过渡刃可以是小的直线段或圆弧。通常把主切削刃和副切削刃连接处称为刀尖。

##### 2. 确定刀具切削角度的参考平面

刀具要从工件上切下金属,就必须具备一定的切削角度,这些角度决定了刀具切削部分各表面的空间位置。如图 2-6 所示,图中标出宽刃刨刀的前角  $\gamma_0$  和后角  $\alpha_0$ ,于是就确定了刨刀前面  $A_f$  和后面  $A_\alpha$  的位置。但是刨刀的  $\gamma_0$  与  $\alpha_0$  需要在选定的参考平面作为坐标系的基础上才能表明其大小。图 2-6 中所示的基面  $p_r$  和切削平面  $p_s$  就是选作坐标系的参考平面。

由于大多数加工表面都不是平面,而是空间曲面,不便于直接用来作为参考平面,因此,构造刀具角度坐标系的参考平面定义如下。

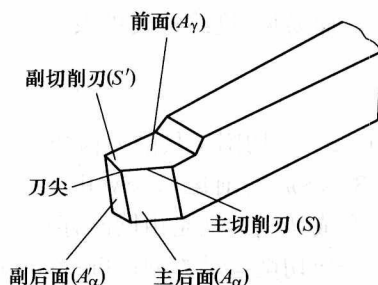


图 2-5 外圆车刀切削部分的组成要素