

五”重点规划
练 系 列

JIXIE ZHIZAO GONGYI JICHU

机械制造工艺基础

主 编◆任正义

副主编◆韩永杰 佟永祥 杨立平 黄雪梅

主 审◆赵立红



HEUP 哈尔滨工程大学出版社



高等学校“十三五”重点规划
工 程 训 练 系 列

JIXIE ZHIZAO GONGYI JICHU

机械制造工艺基础

主 编◆任正义

副主编◆韩永杰 佟永祥 杨立平 黄雪梅

主 审◆赵立红



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是根据国家教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会,工程材料及机械制造课程教学指导组(金工课指组)最新颁布的课程基本要求编写的,结合当前慕课建设和发展的实际,对内容进行了精减,以基础为主,同时加强了对机械类专业工程认证中相关毕业要求的支撑内容。全书以工艺系统中的机床、刀具、夹具、工件为对象,以优质、高效、低耗为工艺目标,以机械加工工艺过程设计为主线,通过大量实例分析,并结合图形和表格等形式,详述了机械制造工艺的基础内容。

本书的主要内容有:切削加工基础知识、常用机床及加工方法综述、常见表面加工方案选择、零件的结构工艺性、机械加工工艺过程,以及常见零件机械加工工艺实例分析。每章后附有思考题及习题。

本书是高等工科院校机械制造工艺基础(冷加工)教材,也可作为高职、电大、函授教科书,还可作为机械类专业师生、工程技术人员和技术工人的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础/任正义主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2018.2

ISBN 978-7-5661-1800-4

I. ①材… II. ①任… III. ①机械制造工艺 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 004083 号

选题策划 张 玲

责任编辑 马佳佳

封面设计 博鑫设计

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

发行电话 0451-82519328

传 真 0451-82519699

经 销 新华书店

印 刷 哈尔滨市石桥印刷有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16

印 张 10.5

字 数 275 千字

版 次 2018 年 2 月第 1 版

印 次 2018 年 2 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

哈尔滨工程大学工程训练中心自 2003 年 5 月成立以来,以“工程”“实践”和“创新”为主题,以培养学生的“知识”“素质”和“能力”为主线,在人才培养方面形成了独具特色的工程实践教育理念和工程实践教学模式。2006 年 12 月,哈尔滨工程大学工程训练中心被评为国家级实验教学示范中心;2007 年 10 月,哈尔滨工程大学工程训练中心“工程训练课程”被评为国家级精品课程;2008 年 10 月,哈尔滨工程大学工程训练中心“工程实践创新教学团队”被评为国家级教学团队;2009 年 6 月,哈尔滨工程大学工程训练中心“机械制造基础课程”被评为省级精品课程。

本书在国家机械基础课程教学指导分委员会教学大纲的指导下,汲取了国内外众多优秀学者的智慧,凝聚了全体编写教师的学识和丰富的工程经验,突出了鲜明的工程特色,丰富了新材料、新技术和新工艺的内容,适用于机械制造基础课程。

本书结合当前慕课建设和发展的实际,对内容进行了精减,以基础为主,同时加强了对机械类专业工程认证中相关毕业要求的支撑内容。全书以工艺系统中的机床、刀具、夹具、工件为对象,以优质、高效、低耗为工艺目标,以机械加工工艺过程设计为主线,通过大量实例分析,并结合图形和表格等形式,详述了机械制造工艺的基础内容。

全书共分六章,第 1 章为切削加工基础知识、第 2 章为常用机床及加工方法综述、第 3 章为常见表面加工方案选择、第 4 章为零件的结构工艺性、第 5 章为机械加工工艺过程、第 6 章为常见零件机械加工工艺实例分析。每章后附有思考题和习题。

本书由哈尔滨工程大学工程训练中心任正义教授主编和统稿,赵立红主审。参加本书编写工作的有哈尔滨工程大学韩永杰(第 2 章)、佟永祥(第 5、6 章)、杨立平(第 3、4 章)、黄雪梅(第 1 章)。

在此对书中引用和参考的文献资料的作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有不妥之外,恳请广大读者批评指正。

编 者
2018 年 1 月

目 录

第1章 切削加工基础知识	1
1.1 切削加工概述	1
1.2 刀具及刀具切削过程	9
1.3 磨具及磨削过程	21
1.4 机械加工质量	28
1.5 机床夹具及工件的装夹	34
思考题及习题	46
第2章 常用机床及加工方法综述	48
2.1 金属切削机床	48
2.2 普通切削加工方法	55
2.3 精整和光整加工方法	71
2.4 数控加工方法	75
2.5 特种加工方法	82
思考题及习题	92
第3章 常见表面加工方案选择	94
3.1 零件表面的加工阶段	94
3.2 常见表面加工方案	95
3.3 表面加工方案选择依据	105
思考题及习题	112
第4章 零件的结构工艺性	113
4.1 零件结构工艺性概念	113
4.2 零件结构的切削加工工艺性	113
4.3 零部件结构的装配工艺性	123
思考题及习题	126
第5章 机械加工工艺过程	128
5.1 机械加工工艺过程的基本知识	128
5.2 机械加工工艺规程	132

5.3 机械加工工艺规程的制定	133
思考题及习题.....	141
第6章 常见零件机械加工工艺实例分析.....	142
6.1 轴类零件	142
6.2 盘套类零件	148
6.3 支架类零件	156
思考题及习题.....	159
参考文献.....	161

第1章 切削加工基础知识

1.1 切削加工概述

金属切削加工是机械制造业中最基本的加工方法之一。随着科学技术的发展,一些先进的加工技术相继产生,如精密铸造、冷轧技术、电火花加工和电解加工技术等,这些加工技术可以部分取代切削加工。但由于金属切削加工技术具有加工精度高、生产效率高、加工成本低等优点,因此大部分零件仍须通过切削加工来实现,尤其是高精度金属零件的加工。所以目前金属切削加工仍然是机械加工的主要方法,在机械制造业中占有十分重要的地位,在一般生产中占总工作量的40%~60%,与国家整个工业的发展紧密相连,起着举足轻重的作用。

1.1.1 切削加工的分类和特点

1. 切削加工的分类

切削加工是利用切削工具(包括刀具、磨具和磨料)从工件毛坯上切除多余的部分,使获得的零件具有符合图样要求的尺寸精度、形状精度、位置精度及表面质量的加工方法。任何切削加工都必须具备三个基本条件:切削工具、工件和切削运动。

切削加工有许多分类方法,通常按工艺特征分为机械加工(简称机工)和钳工加工(简称钳工)两大类。此外也可按材料切除率、加工精度、表面形成方法来区分。

机械加工是利用机械力对各种工件进行加工的方法。它一般是通过工人操纵机床设备来进行切削加工的。其方法有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、拉削、磨削、珩磨、超精加工和抛光等。所用的机床有车床、钻床、镗床、铣床、刨床、拉床、磨床、珩磨机、抛光机及齿轮加工机床等。

钳工加工一般是通过工人手持工具来进行切削加工的。钳工常用的加工方法有划线、錾切、锯削、锉削、刮削、研磨、钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和设备修理等。为了减轻劳动强度和提高生产效率,钳工中的某些工作可由机械加工替代,如锯削、钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、研磨等。机械装配也在一定范围内不同程度地实现了机械化和自动化,如汽车装配生产线,而且这种替代现象将会越来越多。

钳工加工是切削加工中不可缺少的重要组成部分,在自动化机器的智能还未超越人类智能时,就永远不会被机械加工完全代替。因为在有些情况下,钳工加工是非常经济和方便的,如在机器装配或修理中,对有些配件的锉修、对机器导轨面进行选择性的刮削、在笨重机件上加工小型螺孔的攻丝等。因此,钳工加工不仅比机械加工灵活、经济、方便,而且更容易保证产品的质量。

2. 切削加工的特点

(1) 切削加工的加工精度和表面粗糙度的范围广泛

目前切削加工的尺寸公差等级为 IT12 ~ IT3, 甚至更高; 表面粗糙度 Ra 值为 25 ~ 0.008 μm , 甚至更低, 是目前其他加工方法难以达到的。

(2) 切削加工零件的材料、形状、尺寸和质量的范围较大

切削加工多用于金属材料的加工, 如各种碳钢、合金钢、铸铁、有色金属及其合金等, 也可用于某些非金属材料的加工, 如石材、木材、塑料和橡胶等。被加工零件的形状和尺寸一般不受限制, 只要能够实现切削加工, 即可获得常见的各种表面, 如外圆、内孔、锥面、平面、螺纹、齿形及空间曲面等。被加工零件的质量范围很大, 重的可达数百吨, 如葛洲坝一号船闸的闸门, 高 30 余米, 重 600 t; 轻的只有几克, 如微型仪表零件。

(3) 切削加工的生产率较高

在常规条件下, 切削加工的生产率一般高于其他加工方法。只是在少数特殊场合, 其生产率低于精密铸造、精密锻造、粉末冶金和工程塑料压制成形等方法。

(4) 刀具材料的硬度必须大于工件材料的硬度

由于切削过程中存在切削力, 刀具和工件均须具有一定的强度和刚度, 只有刀具材料的硬度高于工件材料的硬度, 才能实现刀具对工件的切削。

3. 切削加工的发展方向

随着科学技术和现代工业日新月异的飞速发展, 切削加工正朝着高精度、高效率、自动化、柔性化和智能化方向发展, 主要体现在以下几方面。

(1) 高精度

加工设备朝着数控技术、精密和超精密、高速和超高速方向发展。进入 21 世纪, 数控技术、精密和超精密加工技术将进一步普及和应用。普通加工、精密加工和超精密加工的精度可分别达到 1 μm , 0.01 μm 和 0.001 μm (即纳米级), 并向原子级加工逼近。

(2) 高效率

刀具材料朝超硬刀具材料方向发展。21 世纪使用的刀具材料更加广泛, 传统的高速钢、硬质合金材料的技术性能不断提高。诸如陶瓷、聚晶金刚石 (PCD) 和聚晶立方氮化硼 (PCBN) 等超硬材料将被普遍应用于切削刀具, 使切削速度可高达每分钟数千米。化学涂层和物理涂层技术的不断发展, 使新型复合涂层材料日新月异。例如氮铝钛类金刚石涂层以及纳米涂层技术的发展等, 为解决高速切削各类高精度、高硬度难加工材料创造了条件。

(3) 自动化和柔性化

生产规模由目前的小批量和单品种大批量向多品种变批量的方向发展。生产方式由目前的手工操作、机械化、单机自动化、刚性流水线自动化向柔性自动化和智能自动化方向发展。

(4) 智能化

工艺基础将改变。在直接生产的环节中, 采用物化知识的职能代替人, 使人从直接参加生产劳动变为主要控制生产。

21 世纪的切削加工技术将面临逐步实现自动化制造, 向着精密化、柔性化和智能化方向发展, 与计算机、自动化、系统论、控制论及人工智能、计算机辅助设计与制造、计算机集

成制造系统等高新技术及理论高度融合,并由此推动其他各新兴学科在切削理论和技术中的应用。

1.1.2 零件的种类和表面构成

1. 零件的种类

组成机械产品的零件,因其功用、形状、尺寸和精度诸因素的不同而千变万化,但按其结构一般可分为六类,即轴类(图1-1)、盘套类(图1-2)、支架箱体类(图1-3)、六面体类(图1-4)、机身机座类(图1-5)和特殊类零件(图1-6)。每一类零件不仅结构相似,而且加工工艺也类似,有利于采用类比的方法正确选择加工工艺方法。

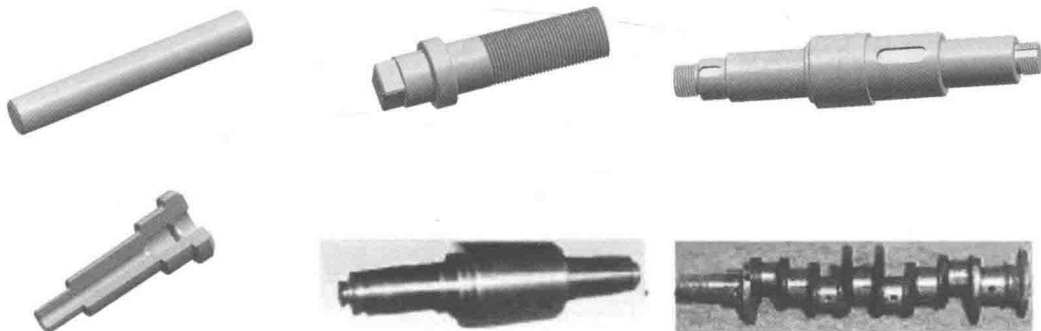


图1-1 轴类零件



图1-2 盘套类零件

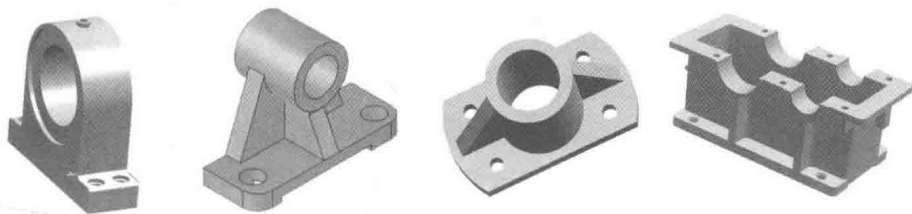


图1-3 支架箱体类零件

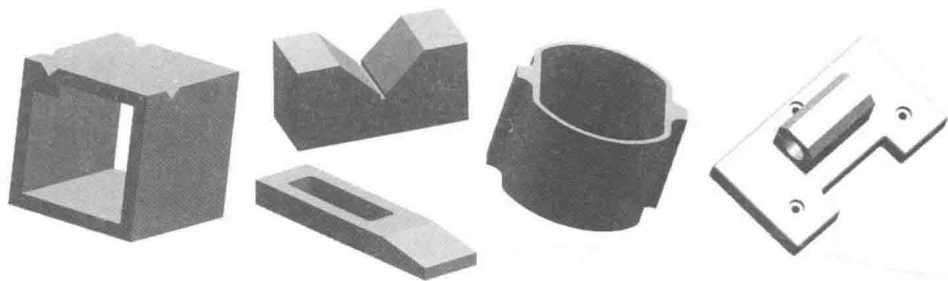


图 1-4 六面体类零件

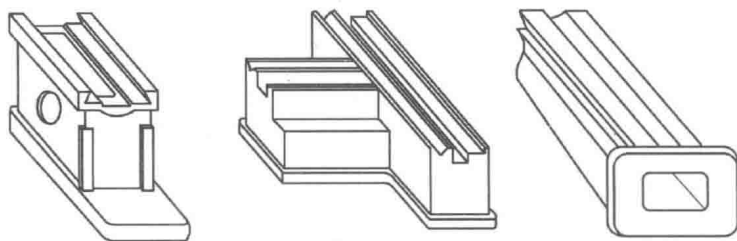


图 1-5 机身机座类零件

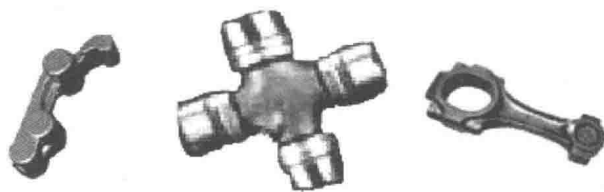


图 1-6 特殊类零件

2. 零件表面的构成

零件的组成表面常见的有外圆、内孔、平面、锥面、螺纹、齿形、成形面以及各种沟槽等,如图 1-7 所示的心轴零件。虽然机械零件的表面形状多种多样,但按形体分析方法归纳起来大致有三种基本表面:回转面(圆柱面、圆锥面、回转成形面等)、平面(大平面、端面、环面等)和成形表面(渐开面、螺旋面等)。

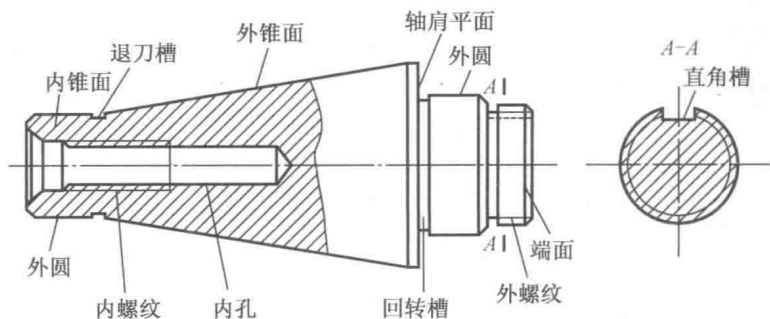


图 1-7 心轴零件

1.1.3 零件表面的成形方法

1. 零件表面的形成原理

从几何学的观点来看,零件上各种表面都可由一条线(称为母线)沿另一条线(称为迹线)运动形成。如图1-8所示,平面由一条直线(母线)沿另一条直线(迹线)做平移运动而成;圆柱面由一条直线(母线)沿一个圆(迹线)运动而成;螺旋面由一条折线(母线)沿一条螺旋线(迹线)运动而成;齿轮表面由渐开线(母线)沿直线(迹线)运动而成。这些形成零件各种表面的母线和迹线统称为发生线。

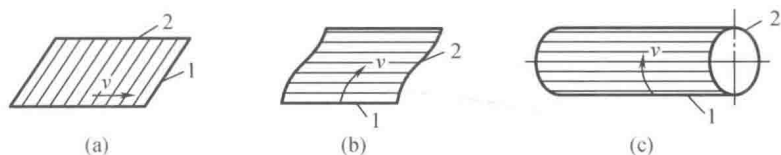


图1-8 零件表面的形成

(a)平面;(b)曲面;(c)圆柱面

1—母线;2—迹线; v —运动方向

母线和迹线的相对位置不同,所形成的表面也不同。在图1-9中,直线(母线)和圆柱线相对位置的变化,就分别形成了圆柱面、圆锥面和回转双曲面。

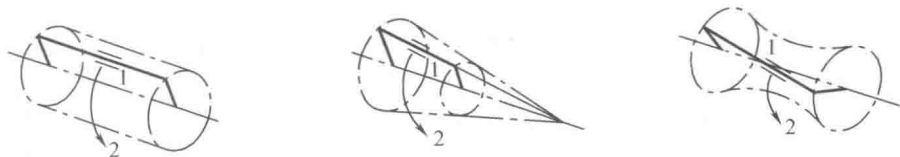


图1-9 母线原始位置变化时形成不同表面

2. 零件表面的成形方法

切削加工中,发生线是由工件和刀具之间的相对运动及刀具切削刃的形状共同实现的。相同的表面,切削刃的形状不同,工件和刀具之间的相对运动也不相同,这是形成各种加工方法的基础。按表面形成过程的特点,切削加工方法主要有以下两类。

(1) 成形法

整个切削刃相对于工件的运动轨迹面即是直接形成工件的已加工表面,换言之,被加工工件的廓形是刀具的刃形(或者刃形的投影)“复印”出来的。图1-10是用与工件的最终表面轮廓相匹配的成形刀具(图1-10(a)(b)(c)(d)(e))或成形砂轮(图1-10(f))等加工成形面的成形方法。此时机床的部分成形运动被刀刃的几何形状所代替,成形法一般只用于加工短的成形面。用成形法加工,可提高生产率,但刀具的制造和安装误差对被加工表面的形状精度影响较大。

(2) 包络法

切削刃相对工件运动轨迹面的包络面是形成工件的已加工表面,换句话说,被加工工件的廓形是切削刃在切削运动过程中连续位置的包络线。

若刀具与工件之间没有瞬时中心(简称瞬心),这种方法称为无瞬心包络法,或称为包络法。例如,车削、刨削、铣削等,如图1-11(a)(b)(c)所示。若刀具与工件的瞬心彼此做无滑动的滚动时,这种方法称为有瞬心包络法,或称为展成法。例如,滚齿法和插齿法加工齿轮,如图1-11(d)(e)所示。

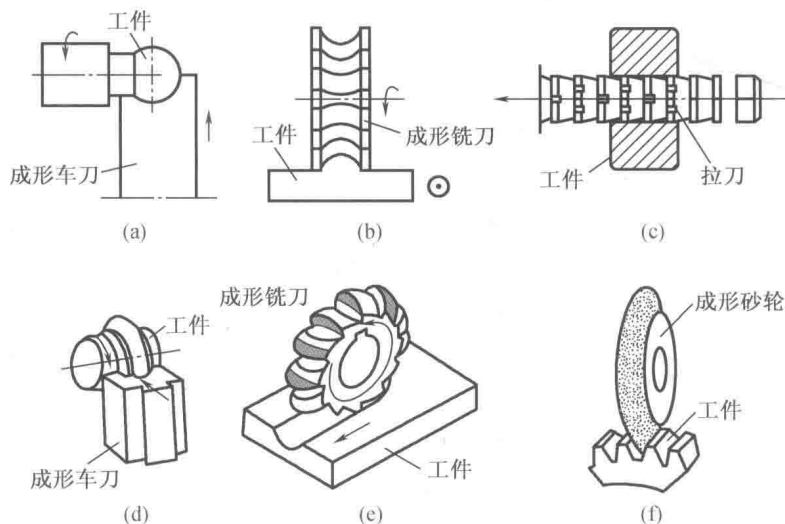


图 1-10 成形法

(a) 车削; (b) 铣削; (c) 拉削; (d) 车削; (e) 铣削; (f) 磨削

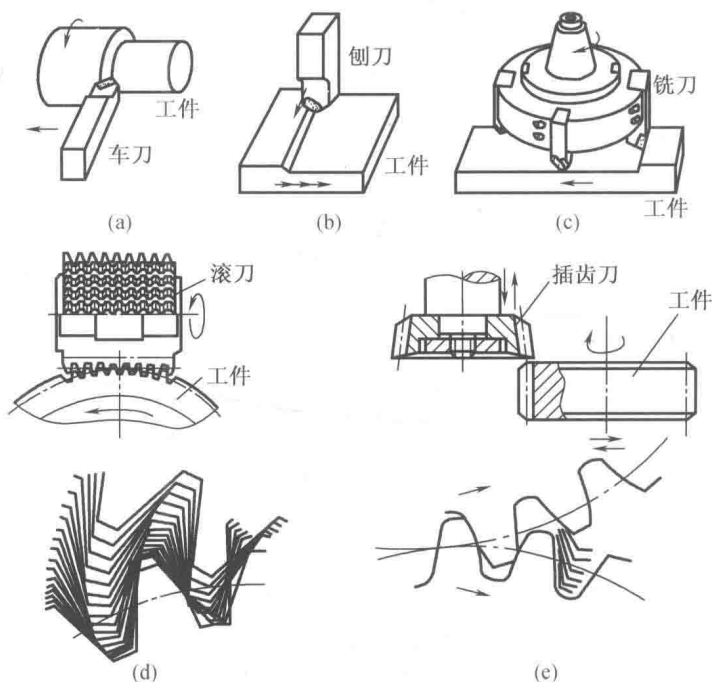


图 1-11 包络法

(a) 车削; (b) 刨削; (c) 铣削; (d) 滚齿; (e) 插齿

1.1.4 切削运动及切削要素

1. 切削运动

要实现切削加工,刀具和工件之间必须具有一定的相对运动,才能获得所需表面形状,这种相对运动称为切削运动。

各种切削运动都是由一些简单的运动单元组合而成的,直线运动和旋转运动是切削加工的两个基本运动单元。不同数目的运动单元,按照不同大小的比值、不同的相对位置和方向进行组合,即构成各种切削加工的运动,如图1-12所示。

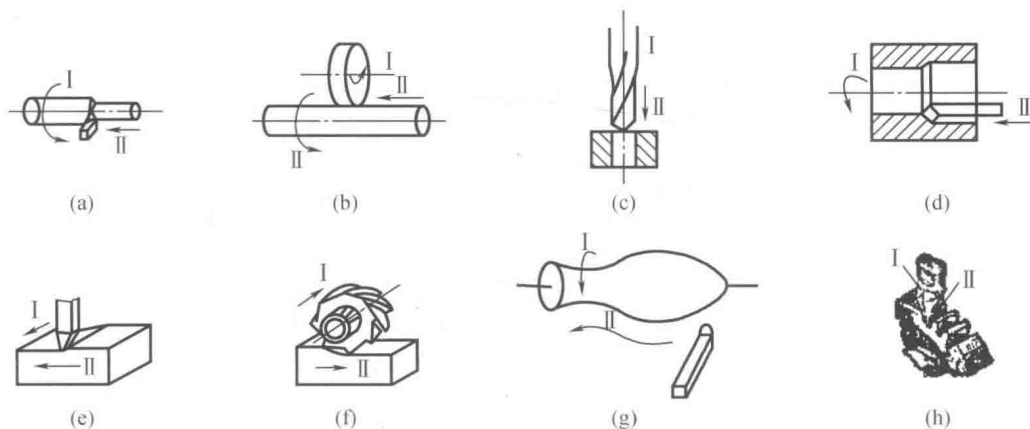


图1-12 零件表面加工时的切削运动

(a) 车外圆;(b) 磨外圆;(c) 钻孔;(d) 车床上镗孔;(e) 刨平面;(f) 铣平面;(g) 车成形面;(h) 铣齿形

I—主运动;II—进给运动

切削运动根据其功用不同可分为主运动和进给运动。切削运动由机床提供,常见机床的切削运动如表1-1所示。

(1) 主运动

主运动是切下切屑所需的最基本的运动(图1-12的I)。在切削运动中,主运动的速度最高,消耗的功率最大,主运动一般只有一个。

(2) 进给运动

进给运动是多余材料不断被投入切削,从而加工出完整表面所需的运动(图1-12的II),进给运动可以有一个或几个。

表1-1 常见机床的切削运动

机床名称	主运动	进给运动
卧式车床	工件旋转运动	车刀纵向、横向、斜向直线运动
钻床	钻头旋转运动	钻头轴向移动
卧铣、立铣	铣刀旋转运动	工件纵向、横向移动(有时也做垂直方向移动)
牛头刨床	刨刀往复运动	工件横向间歇移动或刨刀垂直斜向间歇移动

表 1-1(续)

机床名称	主运动	进给运动
龙门刨床	工件往复移动	刨刀横向、垂直、斜向间歇移动
外圆磨床	砂轮高速旋转	工件转动,同时工件往复移动,砂轮横向移动
内圆磨床	砂轮高速旋转	工件转动,同时工件往复移动,砂轮横向移动
平面磨床	砂轮高速旋转	工件往复移动,砂轮横向、垂直方向移动

2. 切削用量

切削用量是切削过程中的切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)的总称,通常称为切削用量三要素,它们是设计机床运动的依据。

(1) 切削速度 v_c

切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。用 v_c 表示,单位 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

当主运动为旋转运动时,切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1\,000 \times 60} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \tag{1-1}$$

或

$$v_c = \frac{\pi d n}{1\,000} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \tag{1-2}$$

式中 d ——切削刃选定点处工件或刀具的直径,mm;

n ——工件或刀具的转速, $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

当主运动为直线往复移动时(如刨削加工),切削速度的计算公式近似为

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1\,000 \times 60} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \tag{1-3}$$

或

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1\,000} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \tag{1-4}$$

式中 L ——行程长度,mm;

n_r ——冲程次数, $\text{str} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(2) 进给量 f

在主运动每转一转或每一行程时(或单位时间内),刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。用 f 表示,单位是 $\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$ (用于车削、钻削、镗削、铣削等)或 $\text{mm} \cdot \text{str}^{-1}$ (用于刨削、插削等)。进给量还可以用进给速度 v_f (单位是 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)或每齿进给量 f_z (用于铣刀、铰刀等多刃刀具,单位为毫米/齿)表示。一般情况下

$$v_f = n f = n z f_z \tag{1-5}$$

式中 n ——主运动的转速, $\text{r} \cdot \text{s}^{-1}$;

z ——刀具齿数。

(3) 背吃刀量 a_p

在垂直于进给运动方向上测量的主切削刃切入工件的深度,又称切削深度(简称切

深),用 a_p 表示,单位为 mm。

图 1-13 所示是车外圆、车锥面、刨直槽和钻孔的工艺简图,并标示出了刀具和工件之间的切削运动和切削用量三要素。

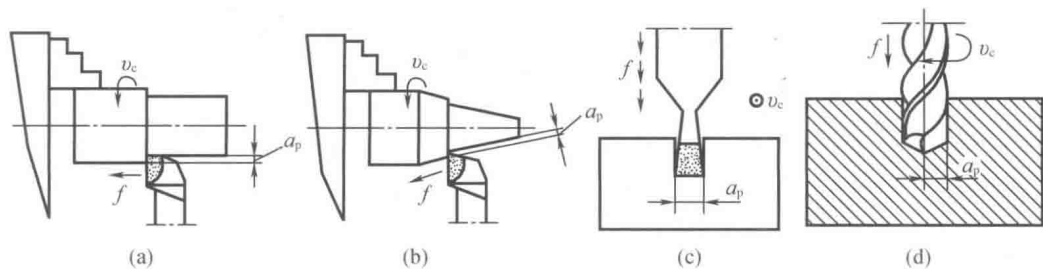


图 1-13 工艺简图

(a) 车外圆; (b) 车锥面; (c) 刨直槽; (d) 钻孔

1.2 刀具及刀具切削过程

1.2.1 刀具角度

切削刀具在金属切削加工过程中具有举足轻重的地位,对机械加工的产品质量、生产率及加工成本都有直接影响。

1. 车刀的组成

切削刀具的种类很多,结构也多种多样。但是,无论哪种刀具,一般都由切削部分(又称刀头)和夹持部分(又称刀柄)组成。夹持部分是用来将刀具夹持在机床上的部分,要求它能保证刀具正确的工作位置,传递所需要的运动和动力,并且夹持可靠,装卸方便。切削部分是刀具上直接参加切削工作的部分,刀具切削性能的优劣,取决于切削部分的材料、角度和结构。

各类切削刀具的切削部分的几何形状与要素,均可视作是车刀的演变,即以普通外圆车刀切削部分几何形态为基本形态,其他刀具都是由基本形态演变或组合而成的,如图 1-14 所示。

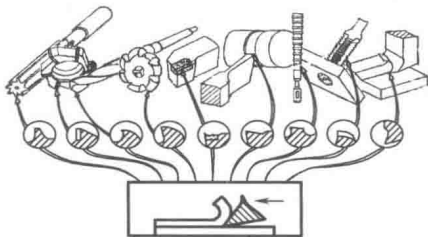


图 1-14 其他刀具都是由基本形态演变或组合而成

车刀由刀柄(夹持部分)和刀头(切削部分)两部分组成,按联结方式有机夹式、焊接式

和整体式,如图 1-15 所示。

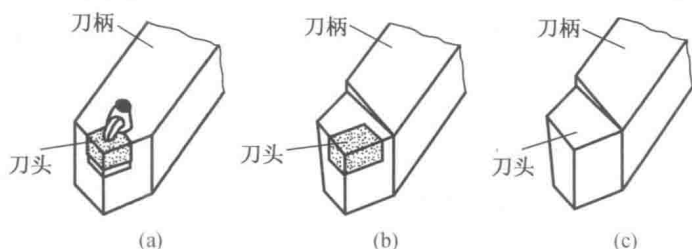


图 1-15 车刀的组成

(a) 机夹式车刀; (b) 焊接式车刀; (c) 整体式车刀

在切削过程中,工件上通常存在着三个不断变化的表面,即已加工表面、加工表面(过渡表面)和待加工表面。已加工表面是工件上已切去切屑的表面;待加工表面是工件上即将被切去切屑的表面;加工表面(过渡表面)是工件上正在被切削的表面。

车刀切削部分(刀头)主要由三面、两刃、一尖组成,即前面(A_γ)、主后面(A_α)、副后面(A_α')、主切削刃(S)、副切削刃(S')和刀尖组成,如图 1-16 所示。其定义分别为:

- (1) 前面 A_γ (前刀面): 刀具上切屑流过的表面。
- (2) 主后面 A_α (主后刀面): 刀具上与工件过渡表面相对的表面。
- (3) 副后面 A_α' (副后刀面): 刀具上与已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃 S : 前面和主后面的交线,它完成主要的切削工作。
- (5) 副切削刃 S' : 前面和副后面的交线,它配合主切削刃完成切削工作,并最终形成已加工表面。
- (6) 刀尖: 连接主切削刃和副切削刃的一段切削刃,它可以是小的直线段或圆弧。

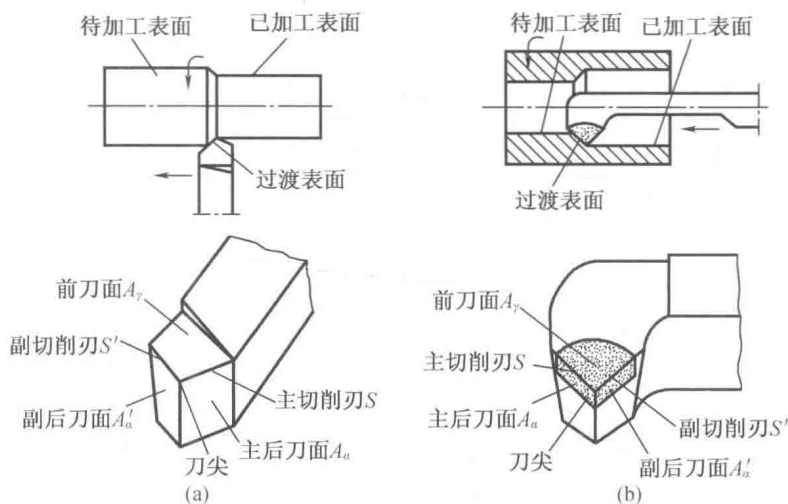


图 1-16 车刀刀头的组成

(a) 外圆车刀; (b) 内孔车刀

2. 刀具静止参考系

刀具要从工件上切下金属,必须具有一定的切削角度,也正是由于切削角度才决定了刀具切

削部分各表面的空间位置。要确定和测量刀具角度,必须建立一定的静止参考系,这个参考系主要由三个互相垂直的基本平面组成,并由此能够生成其他一些所需要的辅助平面。

如图1-17所示,以直头外圆车刀为例,建立静止参考系。这个参考系建立的条件是:只考虑进给运动的方向而不考虑进给量的大小,规定车刀刀尖与工件装夹后的回转轴线等高,刀柄中心线垂直于进给运动方向。在此简化条件下的参考系,可以确立三个基本参考平面:基面 P_r 、切削平面 P_s 、正交平面 P_o ,以及其他辅助平面。

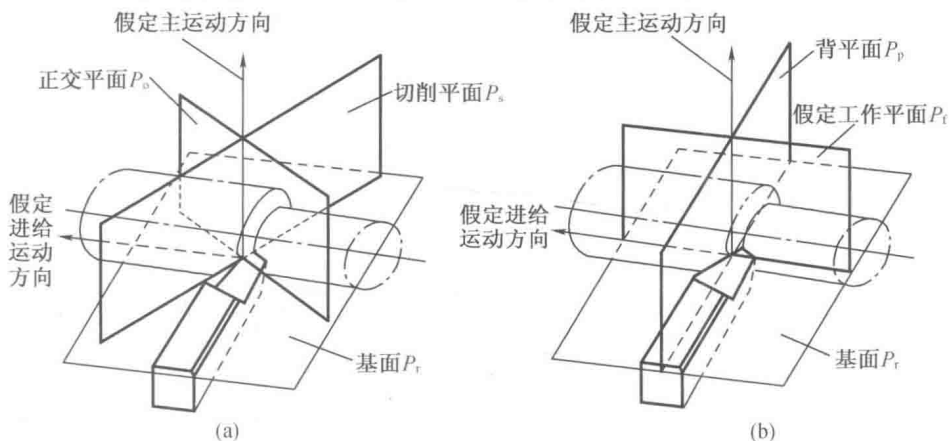


图1-17 刀具静止参考系的坐标平面

(a) 三个基本参考平面;(b) 两个辅助平面

(1) 基面 P_r :通过主切削刃选定点,其方位垂直假定主运动方向的平面。

(2) 切削平面 P_s :通过主切削刃选定点,与切削刃相切并垂直于基面的平面。

(3) 正交平面 P_o :通过主切削刃选定点,并同时垂直于基面和切削平面的平面,也称主剖面。

(4) 假定工作平面 P_t :通过主切削刃选定点,与基面垂直且与假定进给方向平行的平面,也称进给平面。

(5) 背平面 P_p :通过主切削刃选定点,并同时垂直于基面和假定工作平面的平面,也称切深平面。

3. 刀具的标注角度

刀具的标注角度是指刀具在其静止参考系中的一组角度,这些角度是制造和刃磨刀具所必需的,并在刀具设计图上予以标注的角度。以外圆车刀为例,如图1-18所示,表示了七个角度的定义。

(1) 前角 γ_o :在正交平面内测量的前刀面与基面间的夹角。前角表示前刀面的倾斜程度,当通过选定点的基面位于刀头实体之外时, γ_o 定为正值;当通过选定点的基面位于刀头实体之内时,则 γ_o 定为负值,如图1-18所示。

前角 γ_o 对切削难易程度有很大影响:增大前角可使刀具锋利,切削轻快。但前角过大,刀刃和刀尖的强度下降,刀具导热体积减小,影响刀具使用寿命。常取 $\gamma_o = -5^\circ \sim 25^\circ$ 。

(2) 背角 γ_p :在背平面内测量的前刀面与基面间的夹角。螺纹车刀、插齿刀等刀具的前角常用背角表示。其正、负如图1-18所示。