

机械制造基础 (下册)

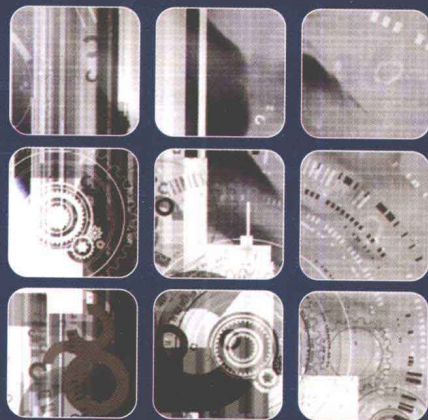
——机械加工工艺基础 (第2版)

JIXIE ZHIZAO JICHU

主 编 侯书林 朱 海



MECHANICAL



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材

机械制造基础(下册)
——机械加工工艺基础
(第 2 版)

主 编 侯书林 朱 海
副主编 张 炜 高改梨
张建国 于文强



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,由富有多年教学经验的教學一线骨干教师编写的,是《机械制造基础》的下册。本书主要内容共8章:金属切削的基础知识、金属切削机床的基本知识、常用的加工方法综述、精密加工和特种加工简介、典型表面加工分析、先进制造技术、工艺过程的基本知识及零件结构的机械加工工艺性,每章后附有习题。

本书十分注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术问题能力的培养,以及学生工程素质与创新思维能力的提高。为此,在内容上既体现现代制造技术、材料科学和现代信息技术的密切交叉与融合,又体现工程材料和制造技术的历史传承与发展趋势。

本书可作为高等工科院校、高等农林院校等机械类、近机类各专业的教材和参考书,也可作为高职类工科院校及机械制造工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础.下册,机械加工工艺基础/侯书林,朱海主编.—2版.—北京:北京大学出版社,2011.3
(21世纪全国高等院校机械设计制造及其自动化专业系列规划教材)

ISBN 978-7-301-18638-1

I. ①机… II. ①侯…②朱… III. ①机械制造—高等学校—教材②机械加工—工艺—高等学校—教材 IV. ①TH②TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 036946 号

书 名:机械制造基础(下册)——机械加工工艺基础(第2版)

著作责任者:侯书林 朱海 主编

责任编辑:郭穗娟

标准书号:ISBN 978-7-301-18638-1/TH·0234

出版者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址:<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱:pup_6@163.com

印刷者:河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787mm×1092mm 16开本 16.5印张 384千字

2006年8月第1版 2011年3月第2版第1次印刷

定 价:32.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

第2版前言

由北京大学出版社组织编写的《机械制造基础》(分上、下册)第1版于2006年8月出版,由于其编写优秀和出版质量好、内容涵盖面宽、适用专业面广的特色,使用效果很好,深受同行老师的首肯和学生们的厚爱,已印刷3次。这期间,本书获2008年度中国林业教育系统优秀教材建设一等奖、北京大学出版社优秀教材建设奖和中国农业大学教学成果二等奖。

在第2版编写过程中也收到了多位同行老师对于优秀教材建设的建议和一些建设性的意见,编者结合学科建设的发展和新技术新工艺发展的需要,在第1版教材的基础上,对内容重新组织,主要体现了如下特点。

(1) 本次修订,以原教材稿为基础进行修改、完善和提高,并新编写了部分内容。

(2) 进一步提高编写质量,专业术语和插图进一步规范、完善,采用最新的国家标准,采用最新编排格式。

(3) 针对本书插图多的特点,第2版改变传统使用二维图与示意图的单调表达方式,更多地采用三维图与彩图表达,增强可读性、易读性。

(4) 考虑到适应面的扩大,增加应用数量,本书在内容的选择上比较宽泛,使其尽可能满足不同学校层次、学科及学时教学内容的需要。

本书内容如下。

第1章 金属切削的基础知识

第2章 金属切削机床的基本知识

第3章 常用的加工方法综述

第4章 精密加工和特种加工简介

第5章 典型表面加工分析

第6章 先进制造技术

第7章 工艺过程的基本知识

第8章 零件结构的机械加工工艺性

《机械制造基础》分为上、下两册:上册副标题为《工程材料及热加工工艺基础》,介绍了机械工程材料和零件毛坯的成形方法;下册副标题为《机械加工工艺基础》,介绍了机械加工工艺基础。下册的编写人员为中国农业大学侯书林、高改梨、孔建铭,甘肃农业大学张炜,山东理工大学于文强,晋中学院张建国、高英杰,解放军军械工程学院许宝才,聊城大学郭宏亮,浙江农林大学徐云杰,浙江杭州电子科技大学刘婷婷。本书由侯书林、朱海负责组织编写并任主编,张炜、高改梨、张建国、于文强任副主编。

在本书的编写过程中,吸收了许多教师对编写工作的宝贵意见,也得到了北京大学出版社的大力支持,在此表示由衷的谢意。同时也参考了许多文献,在此对有关出版社和作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

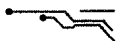
编者
2011年1月

目 录

第 1 章 金属切削的基础知识1	第 2 章 金属切削机床的基本知识70
1.1 切削运动与切削要素2	2.1 机床的分类和结构71
1.1.1 零件表面的形成及 切削运动2	2.1.1 机床的分类71
1.1.2 切削用量3	2.1.2 机床的结构72
1.1.3 切削层的几何参数3	2.2 机床的传动75
1.2 刀具材料及刀具角度4	2.2.1 机床的常用机械传动.....75
1.2.1 刀具材料5	2.2.2 CA6140 型普通车床的 传动系统分析79
1.2.2 刀具角度7	2.2.3 液压传动82
1.2.3 刀具结构11	2.3 自动机床和数控机床简介.....83
1.3 金属切削过程13	2.3.1 自动和半自动机床.....83
1.3.1 切屑的形成及其类型13	2.3.2 数控机床84
1.3.2 积屑瘤15	2.3.3 数控机床的分类86
1.3.3 切削力和切削功率16	2.3.4 数控机床的特点及应用.....88
1.3.4 切削热和切削温度17	2.4 加工中心88
1.3.5 刀具磨损和刀具耐用度18	小结89
1.4 切削加工技术经济20	习题90
1.4.1 切削加工的主要技术 经济指标20	第 3 章 常用的加工方法综述91
1.4.2 切削用量的合理选择24	3.1 车削的工艺特点及其应用.....92
1.4.3 切削液的选用25	3.1.1 车削的工艺特点92
1.4.4 材料的切削加工性26	3.1.2 车削的应用92
1.5 机械零件的极限与配合28	3.2 钻削、镗削的工艺特点及其应用.....94
1.5.1 基本概念28	3.2.1 钻孔94
1.5.2 标准公差系列和基本 偏差系列33	3.2.2 扩孔和铰孔96
1.5.3 国家标准规定的 公差带与配合43	3.2.3 镗孔98
1.5.4 形状公差与位置公差48	3.3 刨削、拉削的工艺特点及其应用.....101
1.5.5 形位公差与尺寸公差的关系...57	3.3.1 刨削的工艺特点101
1.5.6 表面粗糙度60	3.3.2 刨削的应用101
小结66	3.3.3 拉削102
习题66	3.4 铣削的工艺特点及其应用.....104
	3.4.1 铣削的工艺特点104
	3.4.2 铣削方式105



3.4.3 铣削的应用	107	5.5 螺纹表面的加工	153
3.5 磨削的工艺特点及其应用	108	5.5.1 螺纹表面的技术要求	153
3.5.1 砂轮的特征要素	108	5.5.2 螺纹表面的加工方法	154
3.5.2 磨削过程	112	5.6 齿轮表面的加工	155
3.5.3 磨削的工艺特点	113	5.6.1 齿轮表面的技术要求	155
3.5.4 磨削的应用及发展	115	5.6.2 齿轮表面的加工方法	155
小结	120	小结	158
习题	121	习题	159
第4章 精密加工和特种加工简介	122	第6章 先进制造技术	160
4.1 精密和光整加工	123	6.1 高速加工技术	161
4.1.1 研磨	123	6.1.1 高速加工及其特点	161
4.1.2 珩磨	125	6.1.2 高速加工机床	162
4.1.3 超级光磨	126	6.1.3 高速加工工具系统	164
4.1.4 抛光	127	6.2 快速原型制造技术	166
4.1.5 超精密加工概述	128	6.2.1 快速原型制造技术的 原理及特点	166
4.2 特种加工	130	6.2.2 两种常用的 RPM 工艺	168
4.2.1 电火花加工	131	6.3 先进制造模式	170
4.2.2 电解加工	133	6.3.1 并行工程	170
4.2.3 超声波加工	134	6.3.2 敏捷制造	171
4.2.4 高能束加工	136	6.3.3 精益生产	172
小结	142	6.3.4 虚拟制造	173
习题	142	6.3.5 网络化制造	174
第5章 典型表面加工分析	143	6.3.6 智能制造	175
5.1 外圆表面的加工	144	小结	178
5.1.1 外圆表面的技术要求	144	习题	178
5.1.2 外圆表面的加工方案	145	第7章 工艺过程的基本知识	179
5.2 内圆表面的加工	146	7.1 基本概念	180
5.2.1 内圆表面的技术要求	146	7.1.1 生产过程与工艺过程	180
5.2.2 内圆表面的加工方案	147	7.1.2 生产类型	181
5.3 平面的加工	148	7.2 零件的安装与夹具	183
5.3.1 平面的技术要求	148	7.2.1 零件的安装	183
5.3.2 平面的加工方案	148	7.2.2 机床夹具简介	184
5.4 成形表面的加工	149	7.2.3 零件定位原理	186
5.4.1 车削圆锥面	149	7.2.4 常用定位元件	188
5.4.2 铰削圆锥孔	151	7.2.5 夹紧装置的组成和要求	193
5.4.3 磨削圆锥面	151	7.2.6 夹紧力的确定	194
5.4.4 加工特形面	152	7.2.7 常用基本夹紧机构	198





7.3 机械加工工艺规程的拟定	200	7.6.1 装配工艺的制定	224
7.3.1 零件的工艺分析	201	7.6.2 保证装配精度的方法	227
7.3.2 毛坯的选择及其尺寸和 形状的确定	201	7.7 CAD/CAM 技术	229
7.3.3 定位基准的选择	202	7.7.1 成组技术	229
7.3.4 定位误差分析	204	7.7.2 CAPP	234
7.3.5 工艺路线的拟定	204	7.7.3 CAD/CAM 集成技术	237
7.3.6 工艺尺寸链的计算	209	小结	239
7.3.7 工艺文件的编制	211	习题	240
7.4 典型零件的工艺过程	215	第 8 章 零件结构的机械加工工艺性	242
7.4.1 轴类零件	215	8.1 切削加工对零件结构的要求	243
7.4.2 套类零件	217	8.2 机械零件结构加工工艺性的 实例分析	243
7.4.3 箱体类零件	220	小结	253
7.5 机械加工精度与表面质量	223	习题	253
7.5.1 机械加工精度	223	参考文献	256
7.5.2 机械加工表面质量	224		
7.6 装配工艺	224		

第 1 章

金属切削的基础知识



教学提示

金属切削加工是用切削工具(包括刀具、磨具和磨料)从毛坯上去除多余的金属,以获得具有所需的几何参数(尺寸、形状和位置)和表面粗糙度的零件的加工方法。切削加工能获得较高的精度和表面质量,对被加工材料、零件几何形状及生产批量具有广泛的适应性。机器上的零件除极少数采用精密铸造和精密锻造等无切屑加工的方法获得以外,绝大多数零件都是靠切削加工来获得的。因此如何进行切削加工,对于保证零件质量、提高劳动生产率和降低成本,有着重要的意义。



教学要求

金属切削加工虽然有多种不同的形式,但是,它们有很多方面都有着共同的现象和规律,如切削时的运动、切削工具以及切削过程的物理实质等。本章就是让学生了解金属切削加工过程中的物理、力学现象,以便在实际工作中正确地选择切削参数、刀具材料及刀具角度,对具体情况进行具体分析,合理地、灵活地应用这些知识来解决问题。



1.1 切削运动与切削要素

1.1.1 零件表面的形成及切削运动

虽然机器零件的形状千差万别,但分析起来都是由下列几种简单的表面组成的,即外圆面、内圆面(孔)、平面和成形面。因此,只要能对这几种表面进行加工,就基本上能完成所有机器零件表面的加工。

外圆面和内圆面(孔)是以某一直线为母线、以圆为轨迹作旋转运动所形成的表面。

平面是以一直线为母线、以另一直线为轨迹作平移运动所形成的表面。

成形面是以曲线为母线,以圆、直线或曲线为轨迹,作旋转或平移运动时所形成的表面。

零件的不同表面,分别由相应的加工方法来获得,而这些加工方法是通过零件与不同的切削刀具之间的相对运动来进行的。这些刀具与零件之间的相对运动称为切削运动。以车床加工外圆柱面为例来研究切削的基本运动,如图 1.1 所示。切削运动可分为主运动和进给运动两种类型。

1. 主运动

使零件与刀具之间产生相对运动以进行切削的最基本运动称为主运动。主运动的速度最高,所消耗的功率最大。在切削运动中,主运动只有一个。它可由零件完成,也可以由刀具完成;可以是旋转运动,也可以是直线运动。图 1.1 中由车床主轴带动零件作的是回转运动。

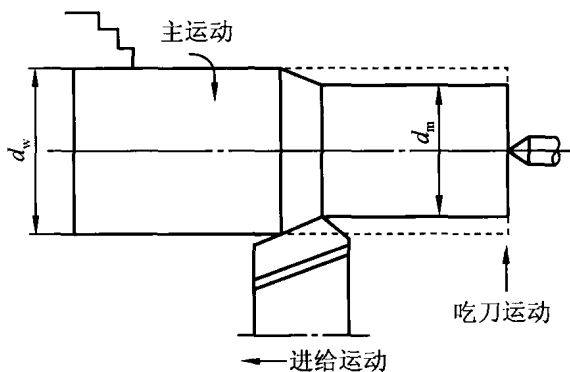


图 1.1 切削运动

2. 进给运动

不断地把被切削层投入切削,以逐渐切削出整个零件表面的运动,称为进给运动。图 1.1 中刀具相对于零件轴线的平行直线运动就是一种进给运动。进给运动一般速度较低,消耗的功率较少,可由一个或多个运动组成。它可以是连续的,也可以是间断的。



1.1.2 切削用量

在切削过程中，零件上形成了以下3个表面，如图1.2所示。

已加工表面：零件上切除切屑后留下的表面。

待加工表面：零件上将被切除切削层的表面。

过渡表面：零件上正在切削的表面，即已加工表面和待加工表面之间的表面。

在一般的切削加工中，切削要素(即切削用量)包括切削速度、进给量和背吃刀量3个要素。

1. 切削速度 v_c

在单位时间内，刀具相对于零件沿主运动方向的相对位移，单位为 m/s。当主运动是回转运动时，则其切削速度

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad (1-1)$$

式中： d ——零件待加工表面直径 d_w 或刀具直径 d_o ，单位 mm；

n ——零件或刀具的转速，r/s。

若主运动是往复运动时，则其平均速度

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1000} \quad (1-2)$$

式中： L ——往复运动行程长度，mm；

n_r ——主运动每秒的往复次数，str/s。

2. 进给量 f

在单位时间内，刀具相对于零件沿进给运动方向的相对位移。例如，车削时，零件每转一转，刀具所移动的距离，即为(每转)进给量，单位为 mm/r。又如，在牛头刨床上刨平面时，刀具往复一次，零件移动的距离，单位为 mm/str(即毫米/双行程)。铣削时由于铣刀是多齿刀具，还常用每齿进给量表示，单位为 mm/z(即毫米/齿)。

3. 背吃刀量 a_p

待加工表面与已加工表面间的垂直距离，单位为 mm。对于图1.2外圆车削来说，背吃刀量可表示为

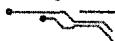
$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-3)$$

式中： d_w ——待加工圆柱面直径；

d_m ——已加工圆柱面直径。

1.1.3 切削层的几何参数

切削层是指切削过程中，由刀具切削部分的一个单一动作所切除的一层金属，即两个相邻加工表面间的那层金属。如车削时工件转一转，主切削刃移动一个进给量 f 所切除的金属层，如图1.2所示。



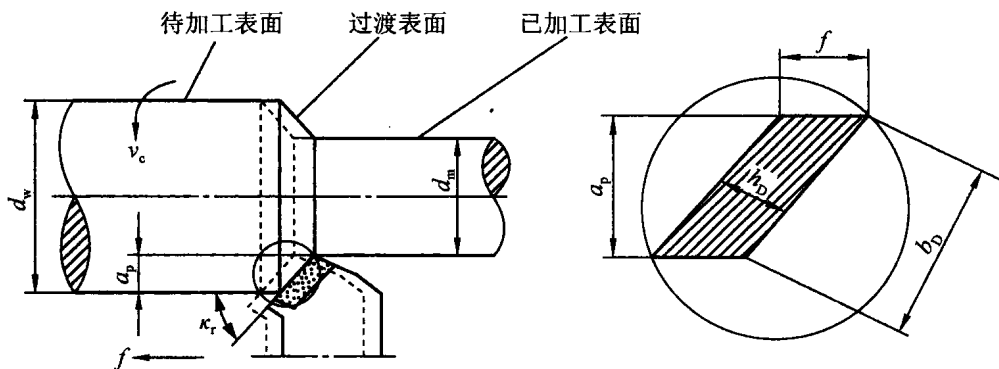


图 1.2 车削要素

切削层参数对切削过程中切削力的大小、刀具的载荷和磨损，零件加工的表面质量和生产率都有决定性的影响。

切削层的几何参数通常在垂直于切削速度的平面内观察和度量，它们包括切削层公称厚度、切削层公称宽度和切削层公称横截面积。

1. 切削层公称厚度 h_D

相邻两加工表面间的垂直距离，如图 1.2 所示。公称厚度的单位为 mm。车外圆时，若车刀主切削刃为直线，则

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-4)$$

从式(1-4)可见，切削层厚度和进给量与刀具和零件间的相对角度有关。

2. 切削层公称宽度 b_D

沿主切削刃度量的切削层尺寸，单位为 mm。车外圆时

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1-5)$$

3. 切削层公称横截面积 A_D

切削层在垂直于切削速度截面内的面积，单位为 mm^2 。

车外圆时
$$A_D = h_D b_D = f a_p \quad (1-6)$$

1.2 刀具材料及刀具角度

无论哪种刀具，一般都由切削部分和夹持部分构成。夹持部分是用来将刀具夹持在机床上的部分，要求它能保证刀具具有正确的工作位置，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与切削工作的部分，刀具的切削性能取决于刀具切削部分的性能和几何形状。



1.2.1 刀具材料

1. 刀具材料应具备的性能

刀具材料是指切削部分的材料。它在高温下工作，并要承受较大的压力、摩擦力、冲击力和振动力等。由于刀具工作环境的特殊性，为保证切削的正常进行，刀具材料必须具备以下基本要求。

(1) 高硬度。刀具的硬度必须高于被切削零件材料的硬度，才能切下金属切屑。常温硬度一般在 60HRC 以上。

(2) 足够的强度和韧度。刀具在切削力作用下工作，应具有足够的抗弯强度。刀具有足够的韧度，才能承受切削时的冲击载荷(如断续切削时产生的冲击)和振动。

(3) 高耐磨性。刀具材料应具有高的抵抗磨损的能力，以保持切削刃的锋利。一般来说，材料的硬度越高，耐磨性越好。

(4) 高的热硬性(红硬性)。由于切削区温度很高，因此刀具材料应具有在高温下仍能保持高硬度的性能，热硬性能承受最高的切削温度来表示。高温时硬度高则热硬性高。热硬性是评价刀具材料切削性能的主要指标之一。

(5) 良好的工艺性。为了便于刀具的制造，刀具材料应具有良好的工艺性。工艺性包括锻、轧、焊、切削加工、磨削加工和热处理性能等。

目前已开发使用的刀具材料，各有其特性，但都不能完全满足上述要求。在生产中常根据被加工对象的材料性能及加工要求，选用相应的刀具材料。

2. 常用的刀具材料

(1) 碳素工具钢。是含碳量在 0.7%~1.3%的优质碳钢，淬火后硬度为 61~65HRC。其热硬性差，在 200~500℃时即失去原有硬度，且淬火后易变形和开裂，不宜做复杂刀具。常用作低速、简单的手工工具，如锉刀、锯条等。常用牌号为 T10A 和 T12A。

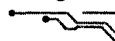
(2) 合金工具钢。在碳素工具钢中加入少量的铬、钨、锰、硅等合金元素，以提高其热硬性和耐磨性，并能减少热处理变形，耐热温度为 300~400℃，用以制造形状复杂、要求淬火变形小的刀具，如绞刀、丝锥、板牙等。常用牌号为 9SiCr 和 CrWMn。

(3) 高速钢。它是含 W、Cr、V 等合金元素较多的合金工具钢。它的热硬性(500~600℃)和耐磨性虽低于硬质合金，但强度和韧度高于硬质合金，工艺性较硬质合金好，且价格也比硬质合金低。由于高速钢工艺性能较好，所以高速钢除以条状刀坯直接刃磨切削刀具外，还广泛地用于制造形状较为复杂的刀具，如麻花钻、铣刀、拉刀、齿轮刀具和其他成形刀具等。

常用高速钢有普通型高速钢、高性能高速钢和粉末冶金高速钢。

普通型高速钢有钨钢类和钨钼钢类。钨钢类的典型牌号为 W18Cr4V。钨钼钢类如 W6Mo5Cr4V2，其热塑性比钨钢类好，可通过热轧工艺制作刀具，韧度也较钨钢为高。

高性能高速钢是在普通高速钢的基础上增加一些 C 和 V 的含量，并加入 Co、Al 等合金元素，提高其热稳定性和耐热性，所以也叫高热稳定性高速钢。在 630~650℃时也能保持 60HRC 的硬度。典型牌号如高碳高速钢 9W18Cr4V、高钒高速钢 W6Mo5Cr4V3、钴高速钢 W6Mo5Cr4V2Co8、超硬高速钢 W2Mo9Cr4VCo8 等。





粉末冶金高速钢由超细的高速钢粉末,通过粉末冶金的方式制作的刀具材料。其强度、韧度和耐磨性都有较大程度的提高,但价格也较高。

(4) 硬质合金。是以 WC、TiC 等高熔点的金属碳化物粉末为基体,用 Co 或 Ni、Mo 等作粘接剂,用粉末冶金的方法烧结而成。其硬度高达 87~92HRC(相当于 70~75HRC),热硬性很高,在 850~1000℃ 高温时,尚能保持良好的切削性能。

硬质合金刀具的切削效率是高速钢刀具的 5~10 倍,广泛使用硬质合金刀具是提高切削加工经济性的最有效的途径之一。硬质合金刀具能切削一般钢刀具无法切削的材料,如淬火钢之类的材料。硬质合金刀具的缺点是性脆、抗弯强度和冲击韧度均比高速钢刀具低,刃口不锋利,工艺性较差,难加工成形,不易做成形状较复杂的整体刀具,因此目前还不能完全代替高速钢刀具。

硬质合金是重要的刀具材料。车刀和端铣刀大多使用硬质合金制作。钻头、深孔钻、绞刀、齿轮滚刀等刀具中,使用硬质合金的也日益增多。

① 国产的硬质合金一般分为 3 大类。

钨钴硬质合金。代号为 YG,由 WC 和 Co 组成。这类合金的韧度较好,抗弯强度较高,热硬性稍差,适应于加工铸铁、有色金属及合金等脆性材料。常用的牌号有 YG3、YG6、YG8、YG3X、YG6X 等。牌号中的数字代表含钴量的百分数,X 表示细晶粒合金。含钴越多,韧度与强度越高,而硬度和耐磨性较低。故 YG8 用作粗加工,YG3 用作精加工,YG6 用作半精加工。细晶粒合金耐磨性稍高且切削刃可磨得较尖锐,用于脆性材料的精加工,如用 YG6X 做成的车刀,加工零件的表面粗糙度 R_a 值为 0.1~0.2 μm ,耐用度比高速钢高 7~8 倍。

钨钛钴硬质合金。代号为 YT,由 WC、TiC 和 Co 组成。由于 TiC 的熔点和硬度都比 WC 高,故这类合金的热硬性比钨钴硬质合金高,耐磨性也较好,适于加工碳钢等塑性材料。常用的牌号有 YT5、YT14、YT15、YT30。牌号中的 T 表示 TiC,数字表示碳化钛含量的百分数。含 TiC 量越多,热硬性越高,相应地含钴量减少,韧度较差。故 YT30 常用于精加工,YT5 用于粗加工。

通用硬质合金。代号为 YW。在 YT 类合金中,加入 TaC 或 NbC 而组成。这类合金的韧度和抗黏附性较高,耐磨性也较好,适应范围广,既能切削铸铁,又能切削钢材,特别适于加工各种难加工的合金钢,如耐热钢、高锰钢、不锈钢等,故称为通用硬质合金。常用牌号有 YW1 和 YW2。

② 按 ISO 标准硬质合金可分为 P、M、K 三大类。

P 类硬质合金(蓝色)。适合加工长切屑的黑色金属,如钢、铸钢等。其代号有 P01、P10、P20、P30、P40、P50 等,数字越大,耐磨性越低而韧度越高。精加工可用 P01,半精加工可用 P10、P20,粗加工可选用 P30。

M 类硬质合金(黄色)。适合加工短切屑的金属材料,如钢、铸钢、不锈钢等难切削材料等。其代号有 M10、M20、M30、M40 等,数字越大,耐磨性越低而韧度越高。精加工可用 M10,半精加工可用 M20,粗加工可选用 M30。

K 类硬质合金(红色)。适合加工短切屑的金属或非金属材料,如淬硬钢、铸铁、铜铝合金、塑料等。其代号有 K01、K10、K20、K30、K40 等,数字越大,耐磨性越低而韧度越高。精加工可用 K01,半精加工可用 K10、K20,粗加工可选用 K30。

(5) 陶瓷材料。陶瓷的主要成分是 Al_2O_3 ,加少量添加剂,经高压压制烧结而成,它的





硬度、耐磨性和热硬性均比硬质合金好,用陶瓷材料制成的刀具,适于加工高硬度的材料。刀具硬度为 93~94HRA,在 1200℃ 的高温下仍能继续切削。陶瓷与金属的亲合力小,用陶瓷刀具切削不易粘刀、不易产生积屑瘤,被切削加工工件表面粗糙度小,加工钢件时的刀具寿命是硬质合金的 10~12 倍。但陶瓷刀片性脆,抗弯强度与冲击韧度低,一般用于钢、铸铁以及高硬度材料(如淬火钢)的半精加工和精加工。

为了提高陶瓷刀片的强度和韧度,可在矿物陶瓷中添加高熔点、高硬度的碳化物(如 TiC)和一些其他金属(如镍、钼)以构成复合陶瓷。如我国陶瓷刀片(牌号 AT6)就是复合陶瓷,其硬度为 93.5~94.5HRA,抗弯强度值大于 900MPa。

我国的陶瓷刀片牌号有 AM、AMF、AT6、SG3、SG4、LT35、LT55 等。

3. 其他新型刀具材料

(1) 涂层刀具。涂层刀具是在韧度较好的硬质合金或高速钢刀具基体上,涂覆一薄层耐磨性高的难熔金属化合物而获得的。

常用的涂层材料有 TiC、TiN、Al₂O₃ 等。TiC 的硬度比 TiN 高,抗磨损性能好,对于会产生剧烈磨损的刀具,TiC 涂层较好。TiN 与金属的亲合力小,湿润性能好,在容易产生黏结的条件下,TiN 涂层较好。在高速切削产生大量热量的场合,以采用 Al₂O₃ 涂层为好,因为 Al₂O₃ 在高温下有良好的热稳定性。

涂层硬质合金刀片的耐用度至少可提高 1~3 倍,涂层高速钢刀具的耐用度则可提高 2~10 倍。加工材料的硬度越高,则涂层刀具的效果越好。

(2) 人造金刚石。人造金刚石是通过金属触媒的作用,在高温高压下由石墨转化而成。人造金刚石具有极高的硬度(显微硬度可达 HV10000)和耐磨性,其摩擦因数小,切削刃可以做得非常锋利。因此,用人造金刚石做刀具可以获得很高的加工表面质量。但人造金刚石的热稳定性差(不得超过 700~800℃),特别是它与铁元素的化学亲和力很强,因此它不宜用来加工钢铁件。人造金刚石主要用于制作磨具和磨料,用作刀具材料时,多用于在高速下精细车削或镗削有色金属及非金属材料。尤其是用它切削加工硬质合金、陶瓷、高硅铝合金及耐磨塑料等高硬度、高耐磨性的材料时,具有很大的优越性。

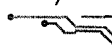
(3) 立方氮化硼。立方氮化硼是由六方氮化硼在高压下加入催化剂转变而成的。它是 20 世纪 70 年代才发展起来的一种新型刀具材料,立方氮化硼的硬度很高(可达到 HV800~HV900),并具有很高的热稳定性(1300~1400℃),它最大的优点是高温(1200~1300℃)时也不易与铁族金属起反应。因此,它能胜任淬火钢、冷硬铸铁的粗车和精车,同时还能高速切削高温合金、热喷涂材料、硬质合金及其他难加工材料。

1.2.2 刀具角度

金属切削刀具的种类很多,其形状、结构各不相同,但是它们的基本功用都是在切削过程中,从零件毛坯上切下多余的金属。因此在结构上基本相同,尤其是它们的切削部分。外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具,故通常以外圆车刀为代表来说明刀具切削部分的组成,并给出切削部分几何参数的一般性定义。其他的多刃刀具和砂轮在第 3 章中介绍。

1. 刀具切削部分的组成

刀具各组成中承担切削工作的部分为刀具的切削部分。图 1.3 所示的外圆车刀切削部分的结构要素及其定义如下。



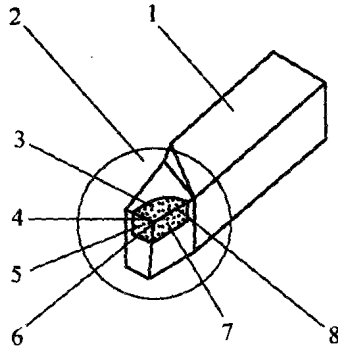
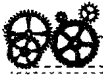


图 1.3 刀具的组成

1—夹持部分 2—切削部分 3—前刀面 4—副切削刃 5—副后刀面
6—刀尖 7—主后刀面 8—主切削刃

- (1) 前刀面。切屑被切下后，从刀具切削部分流出所经过的表面。
- (2) 主后刀面。在切削过程中，刀具上与零件的过渡表面相对的表面。
- (3) 副后刀面。在切削过程中，刀具上与零件的已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃。前刀面与主后刀面的交线，切削时承担主要的切削工作。
- (5) 副切削刃。前刀面与副后刀面的交线，也起一定的切削作用，但不明显。
- (6) 刀尖。主切削刃与副切削刃相交之处，刀尖并非绝对尖锐，而是一段过渡圆弧或直线。

2. 定义刀具角度的参考系

为了表示出刀具几何角度的大小以及刃磨和测量刀具角度的需要，必须表示出上述刀面和切削刃的空间位置。而要确定它们的空间位置，就应该建立假想的参考平面坐标系，如图 1.4 所示。它是在不考虑进给运动的大小，并假定车刀刀尖与主轴轴线等高、刀杆中心线垂直于进给方向的情况下建立的，它由 3 个互相垂直的平面组成。

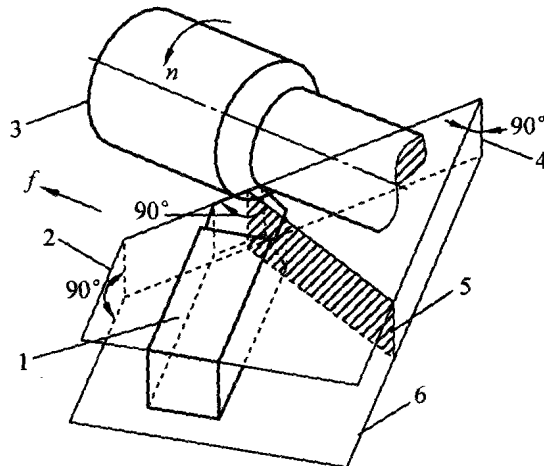
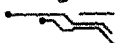


图 1.4 参考系辅助平面

1—车刀 2—基面(P_r) 3—零件 4—切削平面(P_s) 5—主剖面(P_o) 6—底平面





- (1) 基面(P_r)。通过主切削刃上的某一点, 与该点的切削速度方向相垂直的平面。
- (2) 切削平面(P_s)。通过主切削刃上的某一点, 与该点过渡表面相切的平面。该点的切削速度矢量在该平面内。
- (3) 主剖面(P_o)。通过主切削刃上的某一点, 且与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面。

3. 刀具的标注角度

刀具的标注角度是刀具制造和刃磨的依据。车刀的标注角度主要有 5 个, 如图 1.5 所示。

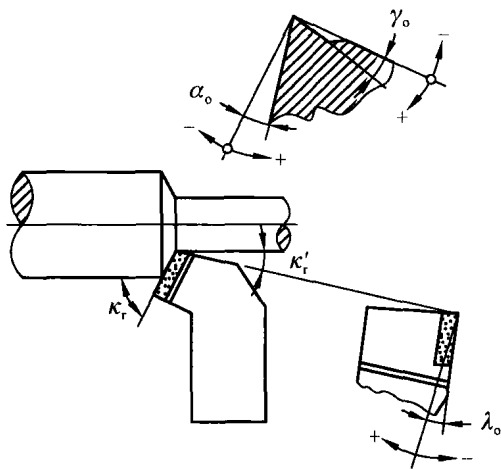
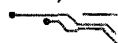


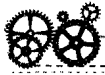
图 1.5 车刀的标注角度

(1) 前角 γ_o 。在主剖面内测量的前刀面与基面之间的夹角。根据前刀面和基面相对位置的不同, 又分别规定为正前角、零前角、负前角(图 1.5)。适当增大前角, 则主切削刃锋利, 切屑变形小, 切削轻快, 减少切削力和切削热。但前角过大, 切削刃变弱, 散热条件和受力状态变差, 将使刀具磨损加快, 耐用度降低, 甚至崩刀或损坏。生产中应根据零件材料、刀具材料和加工要求合理选择前角的数值。加工塑性材料时, 应选较大的前角; 加工脆性材料时, 选较小的前角; 精加工时前角可选大些, 粗加工时前角可选小些。通常硬质合金刀具的前角在 $-5^\circ \sim +25^\circ$ 的范围内选取。

(2) 后角 α_o 。在主剖面内测量的主后刀面与切削平面之间的夹角。后角用以减少刀具主后刀面与零件过渡表面间的摩擦和主后刀面的磨损, 配合前角调整切削刃的锋利程度与强度; 直接影响加工表面质量和刀具耐用度。后角大, 摩擦小, 切削刃锋利。但后角过大, 将使切削刃变弱, 散热条件变差, 加速刀具磨损。因此, 后角应在保证加工质量和刀具耐用度的前提下取小值。粗加工和承受冲击载荷的刀具, 为了保证切削刃的强度, 应取较小的后角, 通常为 $4^\circ \sim 7^\circ$ 。精加工为减少后刀面的磨损, 应取较大的后角, 一般为 $8^\circ \sim 12^\circ$ 。

(3) 主偏角 κ_r 。在基面内测量的主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角。主偏角的大小影响切削断面形状和切削分力的大小。在进给量和背吃刀量相同的情况下, 减小主偏角, 将得到薄而宽的切屑。由于主切削刃参加切削长度增加, 增大了散热面积, 使刀具寿命得到提高。但减小主偏角却使吃刀抗力 F_y 增加。当加工刚性差的零件时, 为了避免零件产生变形和振动, 常采用较大的主偏角。车刀常用的主偏角有 45° 、 60° 、 75° 、 90° 几种。





(4) 副偏角 κ'_r 。在基面内测量的副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向的夹角。副偏角的作用是为了减少副切削刃与零件已加工表面之间的摩擦,防止切削时产生振动。减小副偏角,可减小切削残留面积的高度,降低表面粗糙度 R_a 值。一般车刀的 $\kappa'_r=5^\circ \sim 7^\circ$ 。粗加工时 κ'_r 取较大值,精加工时取较小值,必要时可磨出一段 $\kappa'_r=0$ 的修光刃,其长度为进给量的 $1.2 \sim 1.5$ 倍。断续切削时 $\kappa'_r=4^\circ \sim 6^\circ$,以提高刀尖强度。对于切槽刀,为了保证刀头强度和重磨后主切削刃宽度变化小, $\kappa'_r=1^\circ \sim 2^\circ$ 。

(5) 刃倾角 λ_s 。在切削平面内测量的主切削刃与基面之间的夹角。当主切削刃呈水平时, $\lambda_s=0$; 刀尖为主切削刃上最高点时, $\lambda_s>0$; 刀尖为主切削刃上最低点时, $\lambda_s<0$ 。刃倾角主要影响刀头的强度和排屑方向。粗加工和断续切削时,为了增加刀头强度, λ_s 常取负值。精加工时,为了防止切屑划伤已加工表面, λ_s 常取正值或零。

4. 刀具的工作角度

切削加工过程中,由于刀具安装位置的变化和进给运动的影响,使得参考平面坐标系的位置发生变化,从而导致了刀具实际角度与标注角度的不同。刀具在工作过程中的实际切削角度,称为工作角度。

以车削为例,在切削过程中,有如下因素影响实际的工作角度。

(1) 刀尖安装高低对工作角度的影响。车外圆时,车刀的刀尖一般与零件轴线是等高的。若车刀的刃倾角 $\lambda_s=0$,则此时刀具的工作前角和工作后角与其标注前角和标注后角相等。如果刀尖高于或低于零件轴线,则此时的切削速度方向发生变化,引起基面和切削平面的位置变化,从而使车刀的实际切削角度发生变化。图 1.6 所示为刀尖高于零件轴线时,工作切削平面变为 P_{sc} ,工作基面变为 P_{re} ,则工作前角 γ_{oe} 增大,工作后角 α_{oc} 减小;刀尖低于零件轴线时,工作角度的变化则正好相反。

$$\gamma_{oe}=\gamma_o \pm \theta \tag{1-7}$$

$$\alpha_{oc}=\alpha_o \mp \theta \tag{1-8}$$

$$\tan \theta = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{d_w}{2}\right)^2 - h^2}} \cos \kappa_r \tag{1-9}$$

式中: h ——刀尖高于或低于零件轴线的距离, mm。

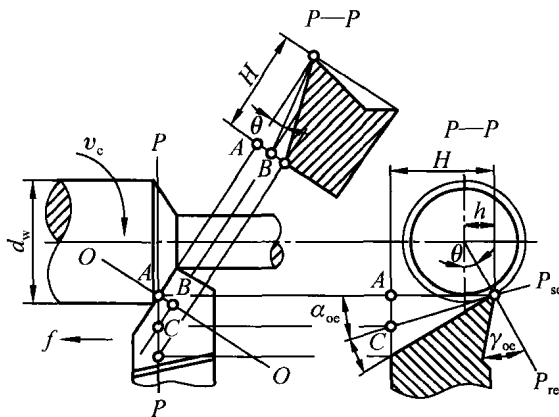


图 1.6 刀尖安装高低对 γ_{oe} 和 α_{oc} 的影响