

教育部高职高专规划教材

技能型 **紧缺** 人才培养培训系列教材

机械制造技术基础

▶ 覃岭 冯建雨 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

技能型紧缺人才培养培训系列教材

机械制造技术基础

覃 岭 冯建雨 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术基础/覃岭, 冯建雨主编. — 北京: 化学工业出版社, 2005. 11

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-7972-9

I. 机… II. ①覃…②冯… III. 机械制造工艺-高等学校: 技术学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 145967 号

教育部高职高专规划教材
技能型紧缺人才培养培训系列教材

机械制造技术基础

覃 岭 冯建雨 主编

责任编辑: 高 钰 韩庆利

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

http: / www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 415 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7972-9

定 价: 25.50 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

机械制造技术基础是机械类专业的主要技术基础课之一，长期以来，我国专科层次机械类专业开设的制造类课程包括《金属工艺学》、《互换性与技术测量》、《金属切削原理及刀具》、《金属切削机床概论》、《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》等课程，每门课程都是单独讲授，不仅课程教学内容重复，总学时偏多，而且每门课程知识自成体系，知识点分散，学生学习完这些课程后不能综合运用所学知识，很难达到对学生综合素质和综合职业能力培养的要求。近几年来，虽然对这些课程精简了部分内容，缩减了学时，仍不能适应当前高等职业教育改革与发展的需要。为了达到避免重复、综合运用、衔接配套、压缩学时、高效优化的改革目标，本教材提出了新的改革方案，将以上课程优化有机整合成一门课程，课程注重基本理论知识在实际生产中的应用和运用基本理论知识解决生产实际中问题的能力的培养。

本书的教学内容围绕学生必须掌握的零件（或产品）制造的各个环节所需要的知识、技能为主线，将金属切削原理、材料和热处理方法的选择、金属切削刀具的选择和应用、零件加工工艺方法的选择和工艺方案制订、切削用量的选择、零件加工过程的装夹对刀和加工操作、零件的检验以及加工质量分析等知识和技能进行有机融合，让学生真正掌握零件（或产品）制造的各个环节所需要的知识和技能，实现理论和实践的真正有机结合，力求突出实用性和综合性，具有鲜明的职业教育特色，本书同时为后续相关专业课程和专业技能的学习打下坚实的基础。由于车床和铣床应用十分普遍，所以车削工艺和铣削工艺作重点讲解，其他加工工艺方法（如磨削等）作一般介绍。

本书由覃岭主编。参加编写的有覃岭（第二章、第三章、第八章）；冯建雨（第一章、第七章）；欧敏（第四章）；尹玉珍（第五章）；秦荣健（第六章）。全书由江潮高级工程师主审。

教材编写过程中得到了有关院校领导和同行的大力支持，在此表示衷心感谢！

由于我们水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请兄弟院校的专家和同行批评指正。

编 者
2005年10月

目 录

第一章 金属切削的基本理论	1
第一节 切削运动与切削要素	1
第二节 金属切削刀具	3
第三节 金属切削过程的基本规律	12
第四节 切削参数与切削液的选择	18
第五节 常用工程材料	23
思考题与习题	32
第二章 机床夹具基础知识	33
第一节 夹具的功用分类和组成	33
第二节 工件的定位	34
第三节 工件定位方法和定位元件	38
第四节 定位误差的分析计算	47
第五节 工件的夹紧	52
思考题与习题	64
第三章 机械加工工艺规程设计	66
第一节 机械加工工艺流程概述	66
第二节 机械加工工艺流程的制订	70
第三节 制订机械加工工艺流程的准备	73
第四节 机械加工工艺路线的拟订	77
第五节 机械加工工序的设计	84
第六节 机械加工工艺流程技术经济分析	94
思考题与习题	99
第四章 车削加工工艺基础	101
第一节 车床概述	101
第二节 车削加工基础知识	110
第三节 轴类零件的加工工艺	119
第四节 盘套类零件车削加工工艺	144
思考题与习题	147
第五章 铣削加工工艺基础	150
第一节 铣床概述	150
第二节 铣刀	168
第三节 平面、斜面、台阶面的铣削加工	175
第四节 槽的铣削加工	193
第五节 综合应用	203
思考题与习题	205
第六章 其他加工工艺基础	206

第一节 磨削加工工艺基础·····	206
第二节 孔的加工方法·····	218
第三节 攻螺纹与套螺纹·····	223
第四节 成形面加工·····	227
思考题与习题·····	229
第七章 机械加工质量 ·····	231
第一节 机械加工精度·····	231
第二节 机械加工表面质量·····	235
思考题与习题·····	237
第八章 机械装配工艺基础 ·····	239
第一节 概述·····	239
第二节 保证产品装配精度的方法·····	241
第三节 装配工艺规程的制订·····	249
思考题与习题·····	252
参考文献 ·····	253

第一章 金属切削的基本理论

第一节 切削运动与切削要素

金属切削加工就是用具有一定几何形状的刀具把工件毛坯上的一部分金属材料（统称余量）切除，获得图样所要求的零件。在切削过程中，刀具和工件之间必须有相对的切削运动，因此，掌握切削运动、刀具几何角度、切削用量和切削层参数等的基本定义，是学习本课程的基础。本章主要以外圆车削为例来讨论这些问题，但其定义也适于其他切削加工方法。

一、切削运动

金属切削加工时，刀具与工件之间的相对运动，称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。下面以图 1-1 所示车削外圆为例来研究切削运动。

1. 主运动

主运动是切削时的主要运动。主运动可以由刀具完成，也可以由工件完成，其运动形式通常为旋转运动或直线运动，如车削时工件的旋转运动，铣削时铣刀的旋转运动，钻削时钻头的旋转运动。一般地讲，主运动的速度最高，消耗的功率也最大，主运动只有一个。

2. 进给运动

进给运动是将切削金属层不断地投入切削，以切除工件表面上全部余量的运动。进给运动可以有一个或几个。进给运动由刀具或工件完成，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动。

其运动形式一般有直线、旋转或两者的合成运动，它可以是连续的或断续的，消耗的功率也比主运动要小得多。

3. 工件表面

切削加工过程中，工件上有三个不断变化着的表面，如图 1-1 所示。

- (1) 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的表面。
- (2) 待加工表面 工件上有待切除切削层的表面。
- (3) 过渡表面 主切削刃正在加工的表面，它是待加工表面与已加工表面的连接表面。

二、切削要素

1. 切削用量

它包括切削速度、进给量和切削深度三个要素。

- (1) 切削速度 v 切削速度是刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的速度。当主运

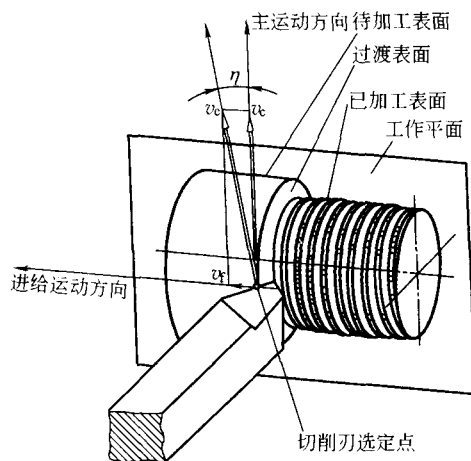


图 1-1 切削运动和工件表面

动为旋转运动时，刀具或工件最大直径处的切削速度 v ，由下式确定，即

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

式中 v ——切削速度，m/min 或 m/s；
 d ——完成主运动的刀具或工件的最大直径，mm；
 n ——主运动的转速，r/min 或 r/s。

当主运动为往复直线运动（如刨削），则

$$v = \frac{2L n_r}{1000}$$

式中 L ——往复直线运动的行程速度，mm；
 n_r ——主运动每秒或每分钟的往复次数，st/min 或 st/s。

(2) 进给量 f 进给量是工件或刀具的主运动每转或每一行程时，刀具切削刃相对工件在进给运动方向上的移动量。车削时的进给量 f 是工件每转一转，切削刃沿进给方向的移动量，单位为 mm/r，其进给速度 v_f 为

$$v_f = n f$$

式中 v_f ——进给速度，mm/min 或 mm/s。

对于铣刀、铰刀等多齿刀具，还规定每齿进给量 f_z ，即多齿刀具每转或每行程中每齿相对于工件在进给运动方向上的相对位移，单位为 mm/z。

(3) 切削深度 a_p 切削深度是指待加工表面与已加工表面之间的垂直距离。车削时

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

式中 a_p ——切削深度，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. 切削层参数

切削时，沿进给运动方向移动一个进给量所切除的金属层称为金属切削层。通过切削刃基点（通常指主切削刃工作长度的中点）并垂直于该点主运动方向的平面，称为切削层尺寸平面。在切削层尺寸平面内测定的切削层尺寸几何参数则称为切削层尺寸平面要素。现将各切削层参数的定义说明如下。

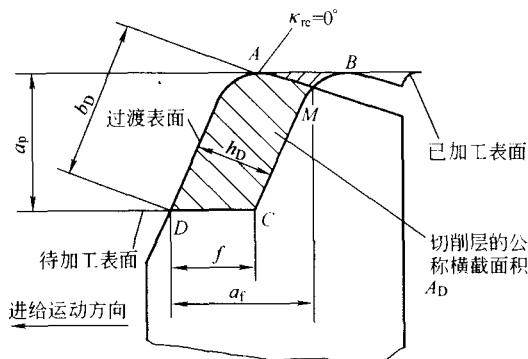


图 1-2 车削时的切削层尺寸

(1) 切削层公称横截面积 A_D 它是指在给定瞬间，切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积，用 A_D 表示，即图 1-2 中 $AMCD$ 所包围的面积。

切削层公称横截面积 A_D 可按式计算，即

$$A_D = a_p f - A_{ABM} \approx a_p f = b_D h_D$$

其中， A_{ABM} 称为残留面积，它构成了已加工表面理论表面粗糙度的几何基形。

(2) 切削层公称宽度 b_D 它是指在给定

瞬间，在切削层尺寸平面内，主切削刃截面上两个极限点间的距离。它大致反映了主切削刃参加切削工作的长度，对于直线主切削刃有以下近似关系，即

$$b_D \approx \frac{a_p}{\sin \kappa_{re}}$$

(3) 切削层公称厚度 h_D 它是指在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比，即

$$h_D = \frac{A_D}{b_D}$$

第二节 金属切削刀具

一、刀具的种类

生产中所使用的刀具种类很多，按加工方式和具体用途分为车刀、孔加工刀具、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮刀具、自动线及数控机床刀具和磨具等几大类型；按所用材料分为高速钢刀具、硬质合金刀具、陶瓷刀具、立方氮化硼（CBN）刀具和金刚石刀具等；按结构分为整体刀具、镶片刀具、机夹刀具和复合刀具等；按是否标准化分为标准刀具和非标准刀具等。

二、刀具的几何参数

各种刀具的切削部分在切削中所起的作用都是相同的，因此在结构上它们有着许多共同的特征。其中外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具，其他各种刀具都可看成是车刀的演变和组合，如图 1-3 所示。这里以普通外圆车刀为例说明刀具切削部分的组成，并给出切削部分几何角度的一般性定义。

1. 刀具切削部分的组成

车刀由切削部分和刀柄组成。其中起切削作用的部分称为切削部分，夹持部分称为刀柄。图 1-4 所示为普通外圆车刀的组成情况。

切削部分由不同刀面和切削刃构成。现分述如下。

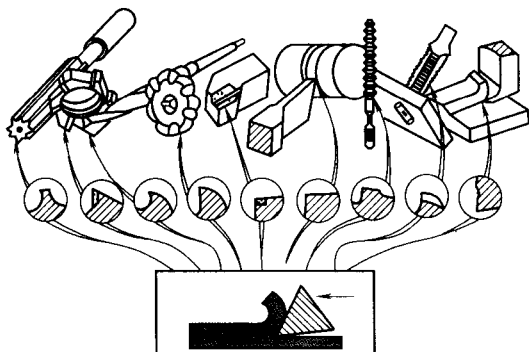


图 1-3 刀具的切削部分

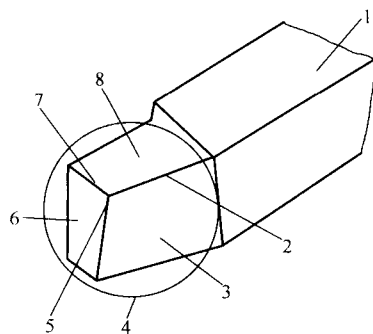


图 1-4 车刀的组成部分及各部分名称
1—刀柄；2—主切削刃 S ；3—主后刀面 A_0 ；
4—切削部分；5—刀尖；6—副后刀面 A'_0 ；
7—副切削刃 S' ；8—前刀面 A_1

(1) 刀具表面

① 前刀面 A_r 刀具上切屑沿其流出的表面。

② 主后刀面 A_a 刀具上同前刀面相交形成主切削刃的表面，也是切削过程中与过渡表面相对的刀具表面。

③ 副后刀面 A'_a 刀具上同前刀面相交形成副切削刃的表面，也是切削过程中与已加工表面相对的刀具表面。

(2) 切削刃及刀尖

① 主切削刃 S 刀具前刀面与主后刀面的交线。它承担着主要的切削工作。

② 副切削刃 S' 刀具前刀面与副后刀面的交线。它的一小部分也参与切削，主要起修光作用。

③ 刀尖 是主切削刃与副切削刃的交点。实际上刀尖是一段圆弧过渡刃。

2. 刀具切削部分的几何参数

(1) 测量刀具角度的参考系 用于确定刀具几何角度的参考系主要有两大类：一类是用于定义刀具在设计、制造、刃磨和测量时几何角度的参考系，称为刀具静止参考系，在刀具静止参考系中定义的刀具角度称为刀具的标注角度；另一类是规定刀具在进行切削加工时几何参数的参考系，称为刀具工作参考系，该参考系考虑了切削运动和实际安装情况对刀具几何角度的影响，在该参考系中定义和测量的刀具角度称为刀具的工作角度。

(2) 刀具静止参考系及刀具标注角度

① 刀具静止参考系 刀具静止参考系主要由以下基准坐标平面组成，如图 1-5 所示。

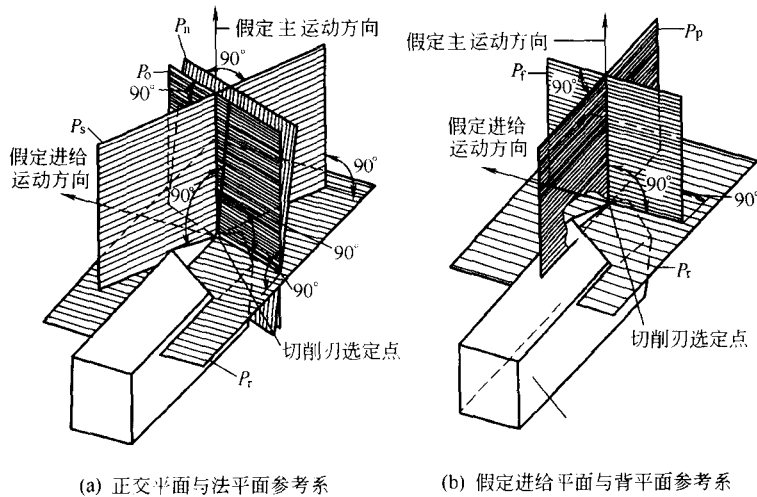


图 1-5 刀具静止参考系的基准平面

(a) 基面 P_r 通过主切削刃选定点并垂直于该点切削速度的平面。

(b) 切削平面 通过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。对应于主切削刃和副切削刃的切削平面分别称为主切削平面 P_s 和副切削平面 P'_s 。

(c) 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。

(d) 法平面 P_n 通过主切削刃选定点并垂直于主切削刃的平面。

(e) 假定工作平面 P_f 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。

(f) 背平面 P_p 通过主切削刃选定点并垂直于基面和假定工作平面的平面。

② 刀具标注角度 车刀的主要角度有前角 γ_o 、后角 α_o 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 和刃倾角 λ_s 等，如图 1-6 所示。

(a) 前角 γ_o 在正交平面中测量的前刀面与基面之间的夹角。当前刀面与切削平面夹角小于 90° 时，前角为正值，大于 90° 时，前角为负值。主要影响主切削刃的锋利程度和刃口强度。

(b) 后角 α_o 在正交平面中测量的主后刀面与切削平面间的夹角。当后刀面与基面间的夹角小于 90° 时，后角为正值，大于 90° 时，后角为负值。主要影响刀具主后刀面与工件表面之间的摩擦，并配合前角改变切削刃的锋利程度与刃口强度。

(c) 主偏角 κ_r 在基面中测量的主切削平面与假定工作平面间的夹角。主要影响切削刃工作长度和背向力的大小。

(d) 副偏角 κ'_r 在基面中测量的副切削平面与假定工作平面间的夹角。主要影响已加工表面的粗糙度。

(e) 刃倾角 λ_s 在切削平面中测量的主切削刃与基面之间的夹角。刃倾角主要影响切屑流向及刀尖强度。当刀尖相对车刀刀柄安装面处于最高点时，刃倾角为正值；刀尖处于最低点时，刃倾角为负值；当切削刃平行于刀柄安装面时，刃倾角为 0° ，此时切削刃在基面内。刃倾角对排屑方向的影响如图 1-7 所示。

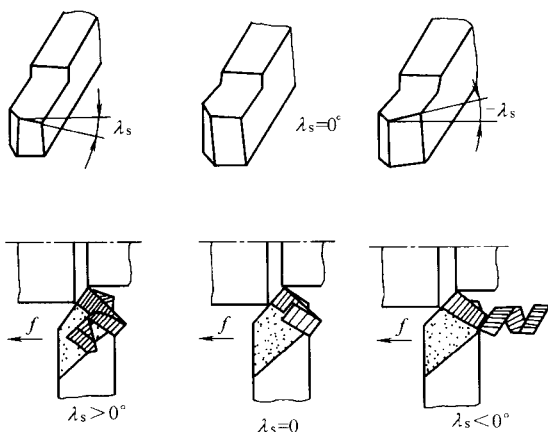


图 1-7 刃倾角及其对排屑方向的影响

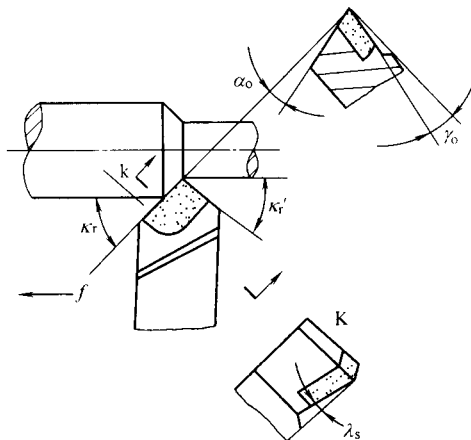


图 1-6 车刀的主要角度

除了以上五个基本角度外，刀具还有楔角、刀尖角两个派生角度。

楔角 (β_o): 前刀面与主后刀面间的夹角， $\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$ 。

刀尖角 (ϵ_r): 主切削平面与副切削平面间的夹角。

3. 刀具工作参考系及刀具工作角度

为了较合理地表达在切削过程中起作用的刀具角度，应按合成切削运动方向来定义和确定刀具的参考系及其角度，即刀

具工作参考系和工作角度。

(1) 刀具工作参考系

① 工作基面 P_{re} 指过切削刃上选定点并与合成切削速度 v_e 垂直的平面。

② 工作切削平面 P_{se} 指过切削刃上选定点与切削刃相切、并垂直于工作基面的平面。

③ 工作正交平面 P_{oe} 指过切削刃上选定点并同时与工作基面和工作切削平面相垂直的平面。

④ 工作平面 P_{fe} 指过切削刃上选定点且同时包含主运动速度和进给运动速度方向的平面。它垂直于工作基面。

⑤ 工作法平面 P_{ne} 与法平面 P_n 定义相同。

(2) 刀具工作角度

① 工作前角 γ_{oe} 在工作正交平面 P_{oe} 内测量的工作基面与前刀面间的夹角。

② 工作后角 α_{oe} 在工作正交平面 P_{oe} 内测量的工作切削平面与后刀面间的夹角。

③ 工作侧前角 γ_{fe} 在工作平面 P_{fe} 内测量的工作基面与刀具前刀面间的夹角。

④ 工作侧后角 α_{fe} 在工作平面 P_{fe} 内测量的工作切削平面与刀具后刀面间的夹角。

在一般安装条件下，多数情况（如普通车削、镗孔、端铣等）一般不计算工作角度，也不考虑其影响。只有在一些特殊情况（如车螺纹或丝杠、铲削加工等角度变化值较大时）下，才需要计算工作角度。所以刀具工作参考系和工作角度的其他内容就不详述了，用到时可查阅有关资料。

4. 刀具安装位置对几何角度的影响

为了说明问题方便，以下讨论在过刀尖的背平面 P_p 内进行。

车外圆时，如图 1-8 (a) 所示，当刀尖安装位置高于工件中心时，过刀尖 M 点的工作基面应和 M 点的切削速度方向垂直，而不再平行于刀柄安装平面。过刀尖 M 点的工作切削平面应和 M 点的切削速度方向一致，即和过 M 点的圆周面相切，而不再垂直于刀柄安装平面。它们相对于刀具静止参考系中的基面 P_r 和切削平面 P_s 转过了 θ_p 角，从而使工作背角 γ_{pe} 比背角 γ_p 增大 θ_p 角，工作后角 α_{pe} 比后角 α_p 减小 θ_p 角。当刀尖安装位置低于工件中心时，则情况相反， α_{pe} 增大 θ_p 角， γ_{pe} 减小 θ_p 角，如图 1-8 (b) 所示。

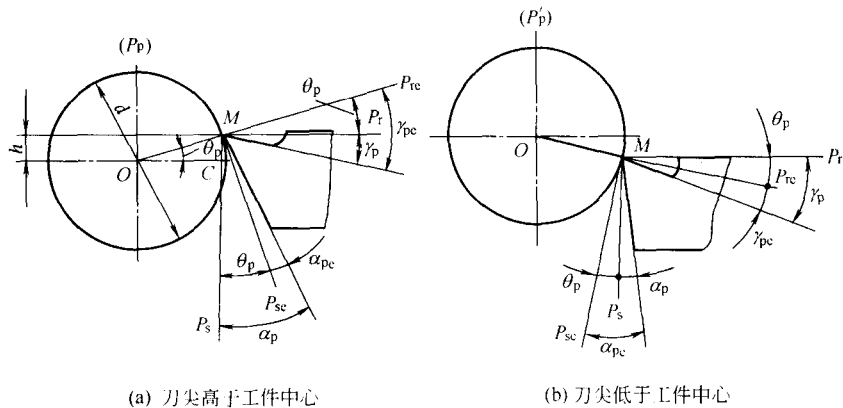


图 1-8 外圆车刀背平面中刀尖位置对工作角度的影响

车内孔时，当车刀刀尖安装高于工件中心时 [见图 1-9 (a)]，工作背角比背角减小 θ_p 角，工作后角比后角增大 θ_p 角。当车刀刀尖安装低于工件中心时 [见图 1-9 (b)]，工件背角和工作后角的变化与上述情况相反。

此外，当刀柄中心线与进给方向不垂直时，工作主、副偏角也将发生变化，如图 1-10 所示。

三、刀具材料

刀具材料的切削性能直接影响着生产效率、工件的加工精度、已加工表面质量和加工成

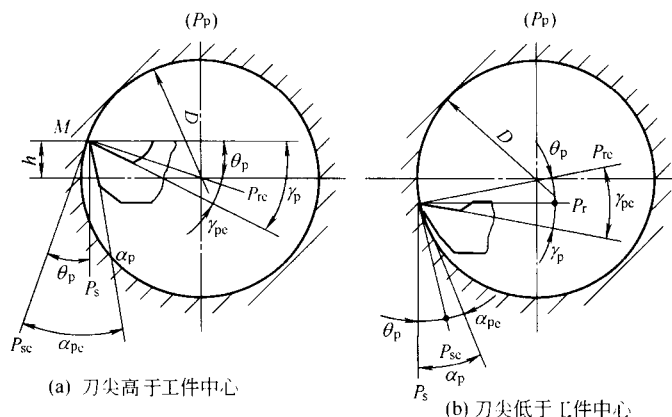


图 1-9 车孔刀背平面中刀尖安装高低对工作角度的影响

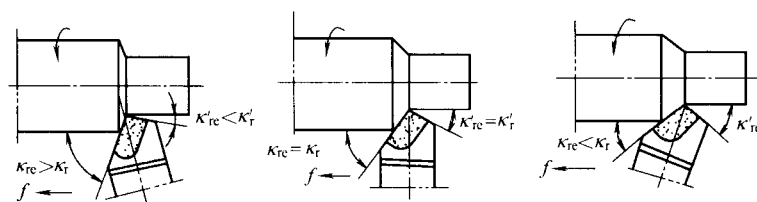


图 1-10 车刀安装偏斜对主偏角和副偏角的影响

本等，所以正确选择刀具材料是设计和选用刀具的重要内容之一。

1. 刀具材料应具备的性能

金属切削时，刀具切削部分直接和工件及切屑相接触，承受着很大的切削压力和冲击，并受到工件及切屑的剧烈摩擦，产生很高的切削温度。即刀具切削部分是在高温、高压及剧烈摩擦的恶劣条件下工作的。因此，刀具切削部分材料应具备以下基本性能。

(1) 硬度高 刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度。一般要求刀具材料的常温硬度必须在 62HRC 以上。

(2) 足够的强度和韧性 刀具切削部分的材料在切削时承受着很大的切削力和冲击力，因此刀具材料必须要有足够的强度和韧性。

(3) 耐磨性和耐热性好 刀具在切削时承受着剧烈的摩擦，因此刀具材料应具有较强的耐磨性。刀具材料的耐磨性和耐热性有着密切的关系，其耐热性通常用它在高温下保持较高硬度的能力来衡量（热硬性）。耐热性越好，允许的切削速度越高。

(4) 导热性好 刀具材料的导热性用热导率 [单位为 $W/(m \cdot K)$] 表示。热导率大，表示导热性好，切削时产生的热量就容易分散出去，从而降低切削部分的温度，减轻刀具磨损。

(5) 具有良好的工艺性和经济性 要求刀具材料本身的可切削性能、耐磨性能、热处理性能、焊接性能等要好，又要资源丰富，价格低廉。

2. 常用刀具材料

刀具材料可分为工具钢、高速钢、硬质合金、陶瓷和超硬材料五大类。常用刀具材料的主要性能及用途见表 1-1。

表 1-1 常用刀具材料的主要性能及用途

种类	常用牌号	硬度/HRC (HRA)	抗弯强度 σ_w /GPa	热硬性/ $^{\circ}\text{C}$	工艺性能	用途
碳素工具钢	T8A、T10A、 T12A	60~64 (81~83)	2.45~2.75	200~250	可冷热加工成形,刃磨性能好	用于手动工具,如锉刀、锯条、镊子等
合金工具钢	9SiCr、 CrWMn	60~65 (81~84)	2.45~2.75	250~300	可冷热加工成形,刃磨性能好,热处理变形小	用于低速成形刀具,如丝锥、板牙、铰刀等
高速钢	W9Mo3Cr4V、 W6Mo5CrV2	63~69 (82~87)	3.43~4.41	550~600	可冷热加工成形,刃磨性能好,热处理变形小	用于机动复杂的中速刀具,如钻头、铣刀、齿轮刀具等
硬质合金	(YG类)K类 (YT类)P类 (YW类)M类	69~81 (89~93)	1.08~2.16	800~1100	粉末冶金成形,只能磨削加工不能热处理,多镶片使用,较脆	用于机动简单的高速切削刀具,如车刀、刨刀、铣刀刀片
陶瓷	SG4、AT6	(93~94) 1500~ 2100HV	0.4~1.115	1200	压制烧结成形,只能磨削加工,不需热处理,脆性略大于硬质合金	多用于车刀,适宜精加工连续切削
立方碳化硼 (CBN)	FD、LBN-Y	7300~ 7400HV	0.57~0.81	1200~1500	高温高压烧结成形,硬度高于陶瓷,极脆,可用金刚石砂轮磨削,不需热处理	用于加工高硬度、高强度材料(特别是铁族材料)
人造金刚石		10000HV	0.42~1.0	700~800	硬度高于CBN,极脆	用于有色金属的高精度、低粗糙度切削,也用于非金属精密加工,不切削铁族金属

(1) 高速钢 高速钢是一种含钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钒(V)等合金元素较多的高合金工具钢。由于合金元素与碳原子的结合力很强,使钢在550~600 $^{\circ}\text{C}$ 时仍能保持高硬度,从而使切削速度比碳素工具钢和合金工具钢成倍提高,故得名“高速钢”,又名“风钢”或“锋钢”。

高速钢刀具制造工艺简单,容易磨出锋利的刃口,广泛用于制造切削速度较高、形状复杂的刀具,如钻头、丝锥、成形刀具、拉刀及齿轮刀具等。

高速钢按化学成分可分为钨系、钼系(含Mo 2%以上);按切削性能可分为普通高速钢和高性能高速钢。

① 普通高速钢 普通高速钢指用来加工一般工程材料的高速钢,常用的牌号如下。

(a) W18Cr4V(简称W18) 属钨系高速钢,具有较好的切削性能,是我国最常用的一种高速钢。

(b) W6Mo5Cr4V2(简称M2) 属钼系高速钢,碳化物分布均匀性、韧性和高温塑性均超过W18Cr4V,但其磨削性能较差,我国目前主要用于热轧刀具,如麻花钻等。

(c) W9Mo3Cr4V(简称W9) 是一种含钨量较多,含钼量较少的钨钼系高速钢。其碳化物不均匀性介于W18和M2之间,但抗弯强度和冲击韧性高于M2,具有较好的硬度和韧性,其热塑性也很好,可用于制造各种刀具(如锯条、钻头、拉刀、铣刀、齿轮刀具等)。

② 高性能高速钢 高性能高速钢是在普通高速钢的基础上,用调整其基本化学成分和添加一些其他合金元素(如钒、钴、铅、硅、铌等)的办法,着重提高其耐热性和耐磨性而

衍生出来的。它主要用来加工不锈钢、耐热钢、高温合金和超高强度钢等难加工材料。主要有以下几种。

(a) 钴高速钢 钴高速钢是在高速钢中加入钴，常用牌号是 W2Mo9Cr4Co8（简称 M42），具有良好的综合性能，允许的切削速度较高，有一定的韧性，可磨削性好，可用于切削高温合金、不锈钢等难加工材料。

(b) 铝高速钢 是我国独创的钢种，加入了少量的铝，不但提高了钢的耐热性和耐磨性，而且还能防止含碳量高引起的强度、韧性下降。但由于含钒量较多，其磨削加工性较差，过热敏感性强，氧化脱碳倾向较大，使用时要严格掌握热处理工艺。常用牌号有 W6Mo5Cr4V2Al（简称 501）和 W10Mo4Cr4V3Al（简称 5F6）。

(2) 硬质合金 硬质合金是用高硬度、高熔点的金属碳化物（WC、TiC、NbC、TaC 等）作硬质相，用钴、钼或镍等作黏结相，研制成粉末，按一定比例混合，压制成形，在高温高压下烧结而成。

硬质合金的常温硬度很高（89~93HRA，相当于 78~82HRC）。耐熔性好，热硬性可达 800~1000℃ 以上，允许的切削速度比高速钢提高 4~7 倍，刀具寿命高 5~8 倍；是目前切削加工中用量仅次于高速钢的主要刀具材料。但它的抗弯强度和韧性均较低，性脆，怕冲击和振动，工艺性也不如高速钢。因此，硬质合金常制成各种形状的刀片焊接或夹固在车刀、刨刀、端铣刀等的刀体上使用。

我国目前常用的硬质合金主要有以下三类。

① 钨钴类硬质合金 由 WC 和 Co 组成，代号为 YG。常温硬度为 89~91HRA，耐热性达 800~900℃，适用于加工切屑呈崩碎状的脆性材料。常用牌号有 YG3、YG6 和 YG8 等，其中数字表示含 Co 的百分比，其余为含 WC 的百分比。钴在硬质合金中起黏结作用，含 Co 越多的硬质合金韧性越好，所以 YG8 适于粗加工和断续切削，YG6 适于半精加工，YG3 适于精加工和连续切削。

② 钨钛钴类硬质合金 由 WC、TiC 和 Co 组成，代号为 YT。此类硬质合金的硬度、耐磨性和耐热性（900~1000℃）均比 YG 类合金高，但抗弯强度和冲击韧性降低。主要适于加工切屑呈带状的钢料等韧性材料。常用牌号有 YT30、YT15 和 YT5 等，数字表示含 TiC 的百分比。故 YT30 适于对钢料的精加工和连续切削，YT15 适于半精加工，YT5 适于粗加工和断续切削。

③ 钨钛钽（铌）钴类硬质合金 又称通用合金，由 WC、TiC、TaC（NbC）、TCO 组成，代号为 YW。其抗弯强度、疲劳强度、冲击韧性、耐热性、高温硬度和抗氧化能力都有很大提高。常用牌号有 YW1 和 YW2，这两种硬质合金都具有 YG 类硬质合金的韧性，比 YT 类硬质合金的抗刃口剥落能力强。由于 YW 类硬质合金的综合性能较好，除可加工铸铁、有色金属和钢料外，主要用于加工耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工材料。

(3) 其他刀具材料

① 陶瓷材料 主要成分是硬度和熔点都很高的 Al_2O_3 、 Si_3N_4 等氧化物、氮化物，再加入少量的金属碳化物、氧化物或纯金属等添加剂。也是采用粉末冶金工艺方法经制粉、压制烧结而成。

陶瓷刀具有很高的硬度（91~95HRA）和耐磨性，刀具耐用度高；有很好的高温性能，化学稳定性好，与金属亲和性小，抗黏结和抗扩散能力好；具有较低的摩擦系数，在高速精车和精密铣削时，被加工工件可获得镜面效果。陶瓷刀具的最大缺点是脆性大，抗弯强度和冲击韧性低，承受冲击负荷的能力差。

主要用于对钢料、铸铁、高硬材料（如淬火钢等）连续切削的半精加工或精加工。

② 人造金刚石 是在高温高压和金属催化剂作用的条件下，由石墨转化而成。

金刚石刀具的性能特点是：有极高的硬度和耐磨性，切削刃非常锋利，有很高的导热性。但耐热性较差，且强度很低。

主要用于高速条件下精细车削及镗削有色金属及其合金和非金属材料。但由于金刚石中的碳原子和铁有很强的化学亲和力，故金刚石刀具不适合加工铁族材料。

③ 立方氮化硼（简称 CBN） 是用六方氮化硼（俗称白石墨）为原料，利用超高温高压技术，继人造金刚石之后人工合成的又一种新型无机超硬材料。

其主要性能特点是：硬度高（高达 8000~9000HV），耐磨性好，能在较高切削速度下保持加工精度，热稳定性好，化学稳定性好，且具有较高的热导率和较小的摩擦系数，但其强度和韧性较差。

主要用于对高温合金、淬硬钢、冷硬铸铁等材料进行半精加工和精加工。

四、刀具的磨损与刀具耐用度

1. 刀具的磨损形态

刀具磨损是指刀具摩擦面上的刀具材料逐渐损失的现象。刀具磨损分为正常磨损与非正常磨损两类。正常磨损是在刀具设计与使用合理，制造与刃磨质量符合要求的情况下，刀具在切削过程中逐渐产生的磨损。刀具正常磨损的形态一般有以下三种，如图 1-11 所示。

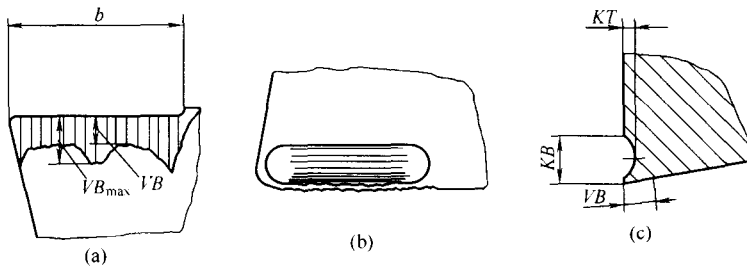


图 1-11 刀具磨损形态

(1) 前刀面磨损 切屑沿前刀面流出时，由于摩擦、高压、高温的作用，使刀具前刀面上靠近主切削刃处磨损出洼凹（称为月牙洼），月牙洼产生的地方是在切削温度最高的地方。磨损量的大小用月牙洼的宽度 KB 和深度 KT 表示，如图 1-11 (b)、(c) 所示，它是在高速、大进给量切削塑性材料时产生的。

(2) 后刀面磨损 由于切削刃的刃口钝圆半径对加工表面的挤压和摩擦，在连接切削刃的后刀面上磨出一后角等于零的小棱面，这就是后刀面磨损，磨损量用 VB 表示，如图 1-11 (a) 所示。它是在切削速度较低、切削厚度较小的情况下，切削脆性材料时产生的。

(3) 前、后刀面同时磨损 在切削过程中，由于振动、冲击、热效应等异常原因，导致刀具突然损坏的现象（如崩刃、碎裂等）称为非正常磨损。

2. 刀具磨损的原因及减轻措施

(1) 磨料磨损 在车削过程中，工件材料中的碳化物、氧化物、氮化物和积屑瘤碎片等硬质点，在刀具表面上划出沟纹造成的刀具磨损。减轻磨损的措施可以采取热处理使工件材料所含硬质点减小、变软，或选用硬度高、晶粒细的刀具材料。

(2) 黏结磨损 刀具表面与切屑、加工表面形成的摩擦副，在切削压力和摩擦力作用下，使接触面间微观不平度的凸出点处发生剧烈塑性变形，温度升高而造成黏结。接触面滑