

高职高专机电类工学结合模式教材



刀具切削与选用

主编 李悦凤 副主编 董 彤



清华大学出版社

第1章 绪论



刀工理论与应用

第2章 刀工理论与应用



第3章 刀工理论与应用

高职高专机电类工学结合模式教材

刀具切削与选用

主编 李悦凤 副主编 董 彤

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材基于高等职业教育机械制造类专业的专业课程《金属切削原理与刀具》，编写时紧密对接职业岗位群，以国家职业标准中的职业工种为主线。本书按刀具角度及测量、刀具切削基本规律及应用、车削及车刀选用、铣削及铣刀选用、钻削及孔刀选用、磨削及砂轮选用6个单元设计项目内容，其中的项目任务及载体取自工程实际，力求体现职教特点，满足应用型高技能人才职业技能培养的需要。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

刀具切削与选用/李悦凤主编. —北京：清华大学出版社，2012.12

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-29235-7

I. ①刀… II. ①李… III. ①刀具(金属切削)—高等教育—教材 IV. ①TG7

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第143432号

责任编辑：朱怀永 刘翰鹏

封面设计：刘艳芝

责任校对：袁 芳

责任印制：杨 艳

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载：<http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者：北京国马印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 印 张：15.5

字 数：353千字

版 次：2012年12月第1版

印 次：2012年12月第1次印刷

印 数：1~3000

定 价：32.00元

产品编号：046175-01



众所周知,由于中国潜在的巨大市场和丰富的劳动力资源,世界的制造业正在向中国转移,中国正在成为世界的制造大国。制造业特别是机械制造业是国民经济的支柱产业。目前我国正处于工业化过程的中期阶段,在工业化过程中,制造业始终是推动经济发展的决定性力量。世界经济的发展实践也表明,在此阶段,制造业会推动国民经济进入一个较长的高速增长期。我国“十二五”规划中提出:“发展提升制造业……发展先进装备制造业……促进制造业由大变强。”

当今世界机械制造中零件精度的获得仍以去除材料的方法为主,切削加工仍是机械制造的主要方法。因此,对培养应用型高技能人才的高职教育而言,刀具切削与选用是必备的专业理论。以往的教材要么是学科体系,要么与职业岗位联系不紧密,均有不适应高职高专教学所需之处。

本书作者结合机械制造类人才培养的目标,基于机械制造类职业岗位群,对机械制造类行业、企业进行充分调研,与之密切合作,并结合自身多年探索所积累的高职应用型技能人才培养的教学内容、教学方法及配套教材编写的实践基础编写了本教材。

本书的基本思路是基于机械制造类职业岗位群,参照国家职业标准中的职业工种要求进行编写,以满足机械制造类高技能人才培养对切削加工操作技能所需。

本书由大连职业技术学院李悦凤任主编,董彤任副主编。本书在编写过程中得到了大连职业技术学院张士军教授、大连理工大学吴宏基教授的指导,以及企业工程技术人员提出的宝贵意见,在此一并表示诚挚的谢意。

本书以国家职业标准中的职业工种为主线,理论与实践结合紧密,学以致用,可作为高职高专、成人高校及中专的机制、机电、数控、模具等机械类专业的教学用书,也可供工程技术人员及自学者参考。

由于笔者视野及水平所限,本书难免存在缺陷和错误,敬请读者提出宝贵意见和建议,谢谢! 邮箱:lyf.200808@163.com。

作 者

2012年7月



第 1 单元 刀具角度及测量	1
【单元目标】	1
【单元要点】	1
项目 1.1 刀具设计图绘制	1
【项目目标】	1
【项目任务】	1
【相关知识】	2
1.1.1 刀具切削基本定义	2
1.1.2 刀具的组成	5
1.1.3 刀具参考系	6
1.1.4 刀具角度定义	7
1.1.5 车刀设计图	9
【项目实施】	9
【训练作业】	12
项目 1.2 刀具角度测量及换算	13
【项目目标】	13
【项目任务】	13
【相关知识】	14
1.2.1 正交平面参考系刀具角度测量	14
1.2.2 法平面和假定工作平面参考系刀具 角度换算	15
【项目实施】	17
【训练作业】	19
【实训报告 1】	20
【知识拓展 1——刀具材料】	22
【知识拓展 2——工件材料的切削加工性】	29
第 2 单元 刀具切削基本规律及应用	32
【单元目标】	32
【单元要点】	32

项目 2.1 刀具切削基本规律	32
【项目目标】	32
【项目任务】	32
【相关知识】	34
2.1.1 切削变形	34
2.1.2 切削力	41
2.1.3 切削热与切削温度	49
2.1.4 刀具磨损	52
2.1.5 刀具寿命	56
【项目实施】	59
【训练作业】	61
项目 2.2 刀具切削基本规律的应用	63
【项目目标】	63
【项目任务】	63
【相关知识】	64
2.2.1 表面粗糙度控制	64
2.2.2 刀具几何参数的选择	68
2.2.3 切削用量的合理选择	73
【项目实施】	75
【训练作业】	77
【知识拓展——切屑控制】	78
第 3 单元 车削及车刀选用	82
【单元目标】	82
【单元要点】	82
项目 3.1 车刀及车削	82
【项目目标】	82
【项目任务】	82
【相关知识】	83
3.1.1 车刀的类型	83
3.1.2 车削用量和切削层参数	85
3.1.3 硬质合金焊接式车刀	86
3.1.4 机夹式车刀	88
3.1.5 可转位车刀	90
【训练作业】	96
项目 3.2 车刀角度刃磨	97
【项目目标】	97
【项目任务】	97

【相关知识】	98
3.2.1 车刀的刃磨	98
3.2.2 铣刀及其他刀具的刃磨	101
【项目实施】	101
【训练作业】	103
【实训报告 2】	104
【知识拓展——数控刀具及其工具系统】	106
第 4 单元 铣削及铣刀选用	116
【单元目标】	116
【单元要点】	116
项目 4.1 铣刀及铣削	116
【项目目标】	116
【项目任务】	116
【相关知识】	118
4.1.1 铣刀的类型	118
4.1.2 铣削用量与铣削层参数	118
4.1.3 铣刀的几何参数	120
4.1.4 铣削力	123
4.1.5 铣削方式	125
4.1.6 铣刀磨损与铣刀寿命	127
4.1.7 常用铣刀的结构特点和使用	129
【项目实施】	139
【训练作业】	140
项目 4.2 铣刀刃磨	141
【项目目标】	141
【项目任务】	142
【相关知识】	142
4.2.1 铣刀的刃磨	142
4.2.2 铣刀刃磨角度的检测	145
4.2.3 滚刀的刃磨	145
【项目实施】	146
【训练作业】	146
【知识拓展——切齿刀具】	146
第 5 单元 钻削及孔刀选用	154
【单元目标】	154
【单元要点】	154

项目 5.1 孔刀及钻削	154
【项目目标】	154
【项目任务】	154
【相关知识】	156
5.1.1 孔刀类型	156
5.1.2 钻削过程	157
5.1.3 麻花钻的结构	159
5.1.4 麻花钻的几何参数	161
5.1.5 各种麻花钻的结构特点及选用	164
5.1.6 扩孔钻和铰钻	168
5.1.7 镗刀	168
5.1.8 铰刀	172
5.1.9 拉刀	177
5.1.10 复合孔加工刀具	182
【项目实施】	185
【训练作业】	187
项目 5.2 孔刀的刃磨及修磨	188
【项目目标】	188
【项目任务】	188
【相关知识】	189
5.2.1 麻花钻的刃磨	189
5.2.2 麻花钻的修磨	189
5.2.3 铰刀的重磨与研磨	193
5.2.4 拉刀的重磨	195
【项目实施】	196
【训练作业】	196
【知识拓展——螺纹加工】	196
第 6 单元 磨削及砂轮选用	204
【单元目标】	204
【单元要点】	204
项目 6.1 磨具及磨削	204
【项目目标】	204
【项目任务】	204
【相关知识】	206
6.1.1 磨具的种类及用途	206
6.1.2 砂轮	207
6.1.3 磨削运动及磨削用量	213

6.1.4 磨削加工规律	215
6.1.5 磨削表面质量	218
6.1.6 磨削与磨具技术的发展	221
【项目实施】.....	224
【训练作业】.....	225
项目 6.2 砂轮的合理使用	226
【项目目标】.....	226
【项目任务】.....	226
【相关知识】.....	227
6.2.1 砂轮的安裝	227
6.2.2 砂轮的平衡	228
6.2.3 砂轮的修整	229
【项目实施】.....	231
【训练作业】.....	232
【知识拓展——砂轮机安全操作规程】.....	233
参考文献.....	236

刀具角度及测量

【单元目标】

本单元以车刀为载体,训练学生正确绘制刀具设计图、正确测量刀具几何角度,培养学生绘制及测量刀具几何角度的能力,为理解并掌握刀具的正确使用与选择奠定基础。

【单元要点】

切削运动及切削方式;车刀的组成;刀具参考系的种类及其组成;刀具角度的定义;刀具角度的图示方法及步骤;刀具量角仪的工作原理;刀具角度的测量方法及步骤。

项目 1.1 刀具设计图绘制

【项目目标】

本项目以车刀为载体,展示刀具切削部分的基本定义及有关名词术语、刀具几何形状、刀具几何角度的图示方法,并训练学生正确进行刀具设计图的绘制。

【项目任务】

运用刀具相关知识,完成如图 1-1 所示的车刀设计图的绘制。

任务 1 绘制图 1-1(a)所示的 90° 外圆车刀

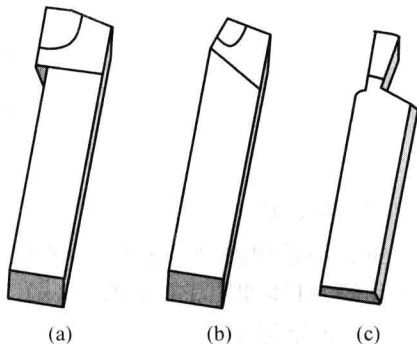


图 1-1 90° 、 75° 外圆车刀和切断刀

设计图。

任务 2 绘制图 1-1(b)所示的 75° 外圆车刀设计图。

任务 3 绘制图 1-1(c)所示的切断刀设计图。

【相关知识】

1.1.1 刀具切削基本定义

刀具是机械制造中用于切削加工的工具。绝大多数的刀具是机用的,极少量是手用的。由于机械制造中使用的刀具基本上都用于切削金属材料,所以“刀具”一词一般就理解为金属切削刀具,而切削木材用的刀具则称为木工刀具。

金属切削刀具的种类很多,有的结构还很复杂,但它们切削部分的几何形状和参数却非常相似,都近似地以外圆车刀切削部分为基本形态。例如,各种复杂刀具或多齿刀具,拿出其中一个刀齿,其几何形状都相当于一把车刀的刀头。因此,讨论和研究刀具时,都以普通外圆车刀为基础。

1. 切削运动

切削运动指切削加工时,为切除工件上的多余材料,刀具和工件的运动。按工件与刀具的相对运动所起的不同作用,切削运动可分为主运动和进给运动。图 1-2 表示了切削运动、切削层及形成的表面。

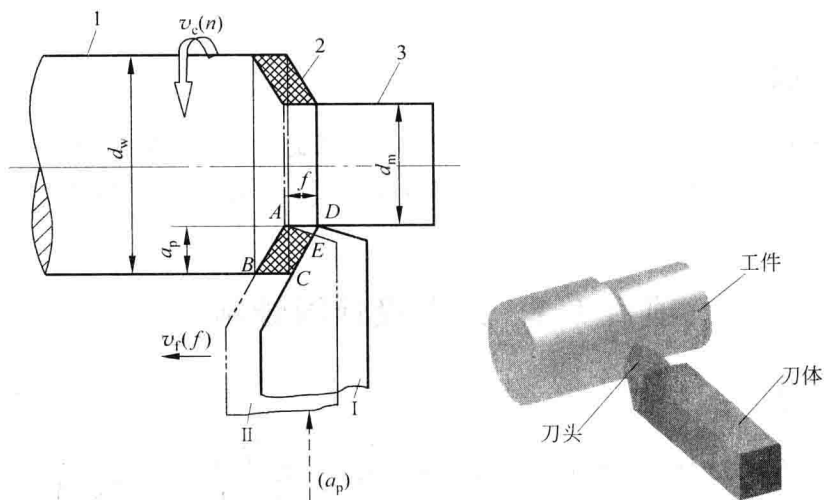


图 1-2 切削运动、切削层及形成的表面

1—待加工表面；2—过渡表面；3—已加工表面

(1) 主运动

主运动是切削时最主要的、消耗动力最多的运动,如车床主轴的旋转运动、铣刀的旋转运动等,具体如图 1-2 中的 $v_c(n)$ 。

(2) 进给运动

进给运动是保持切削工作连续进行的运动,如车外圆时的车刀纵向进给运动、刨刀往

复运动,具体如图 1-2 中的 $v_t(f)$ 。

切削加工中形成 3 个表面,如图 1-2 所示,其中,1 为待加工表面,2 为过渡表面,3 为已加工表面。待加工表面是指工件上即将被切除的表面;过渡表面指工件上由切削刃正在形成的表面;已加工表面指工件上切削后形成的表面。

2. 切削用量

切削用量是切削过程中切削速度、进给量、背吃刀量的总称。

(1) 切削速度 v_c

切削速度是指切削刃选定点相对工件主运动的瞬时速度,单位为 m/s 或 m/min。其计算公式为

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-1)$$

式中: n ——工件或刀具的转速, r/min;

d ——工件或刀具选定点最大直径, mm。

(2) 进给量 f

进给量是刀具在进给运动方向相对工件的位移量,可用工件每转刀具的位移量来度量,单位为 mm/r。进给量也可以用进给速度 v_f 来表示。进给速度是指切削刃选定点相对工件进给运动的瞬时速度,单位为 mm/s 或 mm/min。

车削时的进给速度 v_f 计算公式为

$$v_f = nf \quad (1-2)$$

(3) 背吃刀量 a_p

背吃刀量为垂直于进给速度方向测量的切削层最大尺寸,即切削深度,单位为 mm。

车外圆时背吃刀量的计算公式为

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

式中: d_w ——待加工表面直径, mm;

d_m ——已加工表面直径, mm。

3. 切削时间 t_m

切削时直接改变工件尺寸、形状等工艺过程所需的时间称为切削时间,它是反映切削效率高低的一个指标,单位为 min。由图 1-3 可知, t_m 的计算公式为

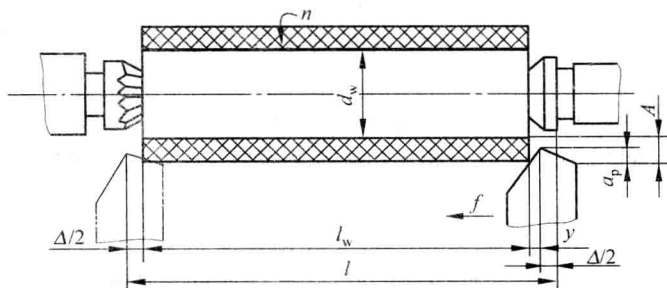


图 1-3 车外圆时切削时间计算图

$$t_m = \frac{\pi d l A}{1000 a_p f v_c} \quad (1-4)$$

结论：提高切削用量中的任一要素均可降低切削时间，提高生产率。

4. 材料去除率 Q

单位时间内去除材料的体积，是衡量切削效率高低的另一个指标，单位为 mm^3/min 。

$$Q = 1000 a_p f v_c \quad (1-5)$$

5. 切削层

切削层为切削时刀具切过工件的一个单程所切除的工件材料层，如图 1-2 和图 1-4 中划网状线的部分。

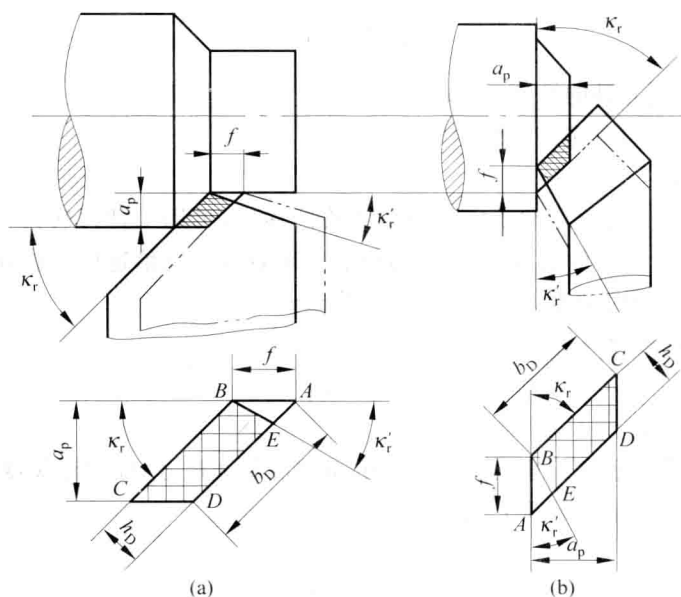


图 1-4 切削层参数

(a) 车外圆；(b) 车端面

切削层形状、尺寸直接影响着切削过程的变形、刀具承受的负荷及刀具的磨损。为简化计算，规定切削层形状、尺寸均在刀具基面中度量。

切削层形状为四边形。切削层尺寸指在刀具基面中度量的切削层长度与宽度，它与背吃刀量 a_p 、进给量 f 大小有关，但直接影响切削过程的是切削层横截面积及厚度、宽度尺寸。

切削层横截面积及厚度、宽度的定义与规定符号如下。

(1) 切削层公称横截面积 A_D ：简称切削层横截面积，是在切削层尺寸平面里度量的横截面积。

$$A_D = h_D \times b_D = a_p f \quad (1-6)$$

(2) 切削层公称厚度 h_D ：简称切削层厚度，是在垂直于过渡表面度量的切削层尺寸。

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-7)$$

(3) 切削层公称宽度 b_D ：简称切削宽度，是在平行于过渡表面度量的切削层尺寸。

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-8)$$

分析以上三式可知,切削层宽度 b_D 和厚度 h_D 随主偏角 κ_r 大小的变化而变化。当 $\kappa_r = 90^\circ$ 时, $h_D = f$, $b_D = a_p$, 即切削层横截面积 A_D 只与切削用量 f 、 a_p 的大小有关,不受主偏角影响。但切削层横截面积形状与主偏角 κ_r 、刀尖圆弧半径 r_ϵ 的大小有关。随着主偏角的减小,切削层厚度将减小,而切削宽度将增大。图 1-4 中, A_D 是计算得到的公称横截面积,即四边形 $ABCD$,而实际切削横截面积为四边形 $EBCD$,三角形 ABE 为残留面积,它直接影响已加工表面粗糙度。

6. 切削方式

(1) 自由切削与非自由切削

只有一个主切削刃参加的切削称为自由切削;主、副刃同时参加的切削称为非自由切削。自由切削时切削变形过程比较简单,它是进行切削试验研究常用的方法,而实际切削都是非自由切削。

(2) 正交切削(直角切削)与非正交切削(斜角切削)

切削刃与切削速度方向垂直的切削方式称为直角切削;切削刃不垂直切削速度方向的切削方式称为非直角切削。

1.1.2 刀具的组成

图 1-5 所示的车刀,由刀柄和刀头两部分组成,其中刀头主要用于切削,刀柄用于装夹。刀头分别由刀面、刀刃和刀尖组成。

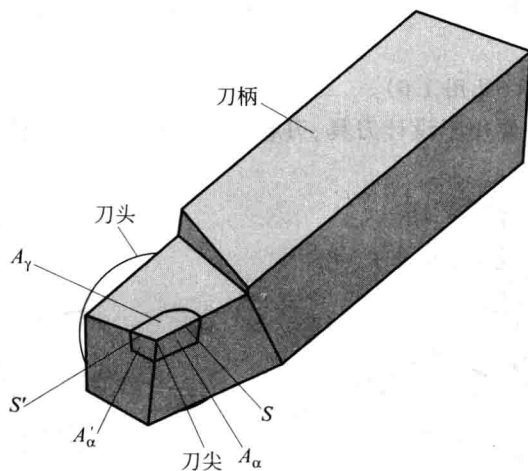


图 1-5 车刀的组成

(1) 刀面。为形成锋利的刀刃及刀尖,刀面一般都带有倾角,可分为前刀面、后刀面、副后刀面。

① 前刀面 A_γ : 切屑流过的表面。

② 后刀面 A_α : 与工件过渡表面相对的表面。

③ 副后刀面 A'_α : 与工件已加工表面相对的表面。

(2) 刀刃。两个刀面形成一条刀刃。

① 主切削刃 S 。前、后刀面汇交的边缘。

② 副切削刃 S' 。切削刃上除主切削刃以外的刀刃。

(3) 刀尖。两条刀刃形成一个刀尖,即主刀刃与副刀刃连接处相当少的部分切削刃。其中, r_c 为刀尖圆弧半径,单位为 mm。

1.1.3 刀具参考系

1. 刀具参考系分类

刀具的切削部分是由前刀面、后刀面、切削刃、刀尖组成的一个空间几何体,为确定刀具切削部分几何要素的空间位置,需要建立相应的参考系,称为刀具参考系。

刀具参考系分为刀具静止参考系和刀具工作参考系两大类。

(1) 刀具静止参考系:在假定运动条件和假定安装条件下建立的参考系,是在简化了切削运动和设定刀具标准位置的情况下建立的。

它是刀具设计、制造、刃磨和测量的基准,以此定义的刀具角度称为刀具标注角度。其包括正交平面参考系、法平面参考系、假定工作平面参考系、背平面参考系 4 种,由 ISO 3002/1—1977 标准推荐。

此 4 种参考系,各有不同的用途。其中,正交平面参考系常用于设计刀具、刃磨和测量刀具角度时的标注;法平面参考系只用于可转位刀具或大刃倾角刀具的标注;假定工作平面、背平面参考系主要用于制造刀具时角度的标注。常用前 3 种。

(2) 刀具工作参考系:确定刀具切削时角度的基准,以此定义的刀具角度称为刀具工作角度。

2. 正交平面参考系(见图 1-6)

正交平面参考系主要用于设计刀具、刃磨和测量时刀具角度的标注。

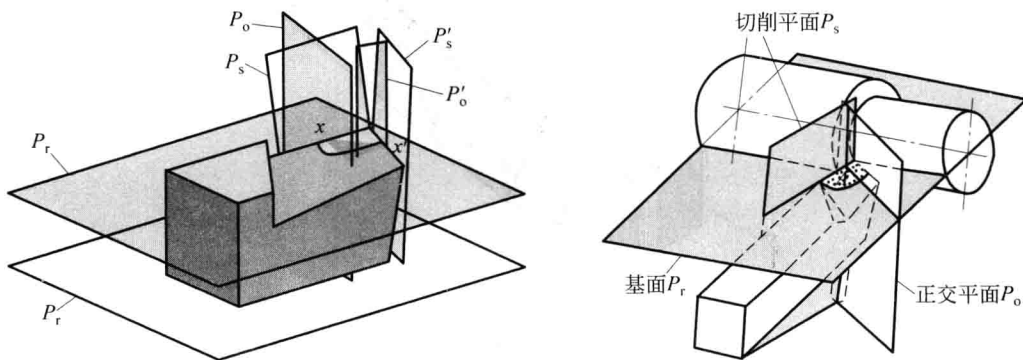


图 1-6 正交平面参考系

正交平面参考系由以下 3 个平面组成。

(1) 基面 P_r :过切削刃上的选定点,平行或垂直于刀具上一个安装面(或轴线)的平面。

(2) 切削平面 P_s :过切削刃上的选定点,与切削刃相切并垂直于基面的平面。