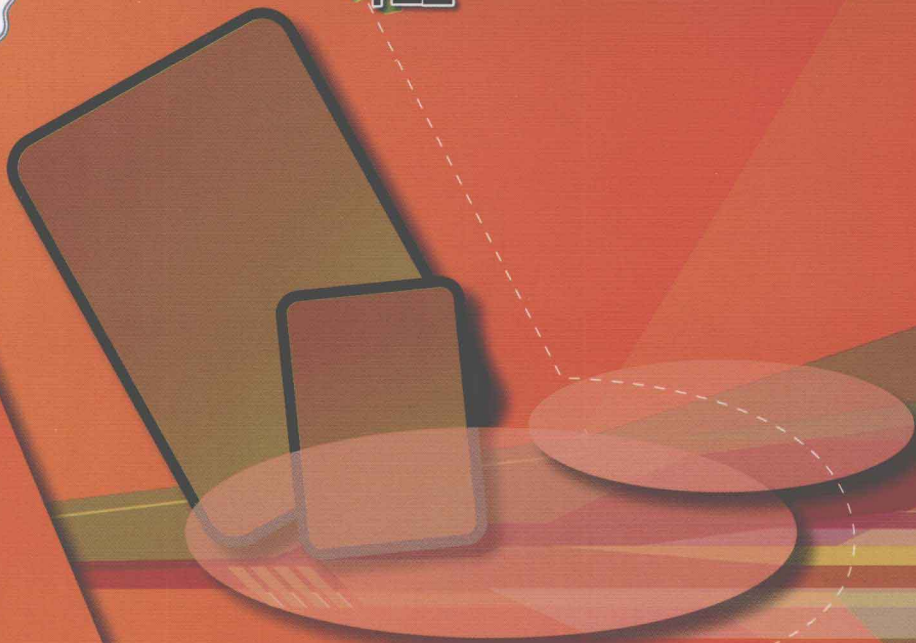




普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材



机械制造技术基础 (下册)

JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

周桂莲 主编

高 进 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

机械制造技术基础(下册)

周桂莲 主编

杨化林 王 冬 崔明铎 副主编

高 进 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是省精品课程配套教材,根据教育部机械基础课程教学指导分委员会有关“工程材料及机械制造基础课程教学改革指南”精神,结合国内外教材的内容和结构特点,以及作者多年来理论和实践教学的经验编写而成。全书共6章,内容包括金属切削理论基础,金属切削加工方法与装备,机械加工工艺规程设计,机床夹具,精密、超精密加工与特种加工,先进制造技术与制造模式等。在内容编排上,对目前仍在广泛应用的常规工艺进行精选和保留,对过时的内容予以淘汰,增加了技术上较为成熟、应用范围较宽或发展前景看好的“三新”(新材料、新技术、新工艺)内容。同时,配有与教材内容一致的电子课件和书中所有插图,以供授课教师参考。

本书可作为普通高等院校不同专业、不同学时的机械类、近机类各专业教材,也可作为高职工科院校及材料科学与工程及机械制造工程专业技术人员的参考书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础.下册/周桂莲主编. —北京:电子工业出版社,2011.11

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-121-14815-6

I. ①机… II. ①周… 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(2011)第209989号

策划编辑:余 义

责任编辑:刘真平

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:326千字

印 次:2011年11月第1次印刷

印 数:3000册 定价:26.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书根据教育部机械基础课程教学指导分委员会有关“工程材料及机械制造基础课程教学改革指南”精神,结合大工程背景下机械制造学科的快速发展趋势与高等教育的改革现状,以国家教育部本科课程改革指南为指导,由青岛科技大学、山东轻工业学院、山东科技大学、山东建筑大学、佳木斯大学、青岛农业大学、潍坊职业学院等高校长期从事基础课程教学和工程训练教学的具有丰富理论及实践教学经验的教师,以科学性、先进性、系统性、实用性为目标编写而成。本书尤其注重对学生解决工程技术问题的实践能力、综合素质及创新能力的培养。

本书建立在原金属工艺学基础上,力图把传统与先进的制造工艺基础联系在一起,内容涉及工程材料、材料成形、机械加工基础知识、金属切削加工方法与设备、典型表面加工方法的分析、机械加工工艺过程的基础知识及先进制造技术,具备了基础性、实践性、趣味性和跨学科的知识结构。同时,在内容编排上,对目前仍在广泛应用的常规工艺进行精选和保留,对过时的内容予以淘汰,并增加了技术上较为成熟、应用范围较广或发展前景看好的“三新”(新材料、新技术、新工艺)内容,既体现了常规制造技术与现代制造技术、材料科学和现代信息技术的密切交叉与融合,也体现了制造技术的历史传承和未来发展趋势,为学生的进一步学习及今后从事机械产品设计和加工制造方面的工作奠定基础。同时,本书还配有电子课件和书中所有插图,可通过yuy@phei.com.cn或华信教育资源网进行申请。

本书既是机类各专业学习现代制造技术的专业基础教材,也是理、工、文、医、经、管、艺术等不同学科快速获取工业知识的特色基础教材。本书可作为高等院校不同专业、不同学时的机械类、近机类等各专业的教科书,也可作为高职工科院校及机械制造工程技术人员参考书。

本书的内容具有一定的灵活性,在保证教学基本要求的前提下,各院校在教学安排时可结合自己学校的情况来决定学时数。

全书分上、下两册,上册由周桂莲教授、高进教授主编,胡心平、宗云任副主编,孙士斌、曹芳、刘宏、孙静、许丹、孙爱芹、田俊峰参编。上册共分4章,主要内容有工程材料、铸造、塑性成形、焊接等。下册由周桂莲教授主编,杨化林、王冬、崔明铎任副主编,杨芳、孙静、庄殿霞、李勇参编。下册共分6章,主要内容有金属切削理论基础,金属切削加工方法与装备,机械加工工艺规程设计,机床夹具,精密、超精密加工与特种加工,先进制造技术与制造模式等。其中,周桂莲编写第2章2.1~2.8节、第5章5.2节;杨化林编写第3章、第6章6.1~6.3节;王冬编写第1章、第2章2.9节;崔明铎编写第4章;杨芳编写第5章5.1节;孙静编写第6章6.4节。多媒体课件上册由胡心平、曹芳、宗云、高进制作;下册由王冬、杨化林、崔明铎、杨芳、庄殿霞、李勇制作。每章后面有习题或综合实训练习,以供学生自学或思考。全书由周桂莲、高进统稿。

由于编者水平所限,书中难免有不当之处,诚请广大读者提出宝贵意见,编者邮箱为kdzgl@126.com或gaoj@sdili.edu.cn。

编 者

目 录

第 1 章 金属切削理论基础	1
1.1 基本定义	1
1.1.1 切削运动与切削用量	1
1.1.2 刀具角度	3
1.1.3 切削层参数与切削方式	8
1.2 刀具材料	10
1.2.1 刀具材料应具备的性能	10
1.2.2 常用刀具材料	10
1.3 金属切削过程中的物理现象	14
1.3.1 金属切削变形过程	14
1.3.2 切削力	16
1.3.3 切削热与切削温度	18
1.3.4 刀具的磨损与耐用度	20
1.4 切削条件的合理选择	23
1.4.1 工件材料的切削加工性	23
1.4.2 刀具几何参数的合理选择	24
1.4.3 切削用量的选择	27
1.4.4 切削液的选择	28
思考与练习题	29
综合实训	30
第 2 章 金属切削加工方法与设备	31
2.1 金属切削机床的基本知识	31
2.1.1 金属切削机床的分类	31
2.1.2 金属切削机床的型号	31
2.2 车削加工	33
2.2.1 车刀	34
2.2.2 车床及其附件	34
2.2.3 车削基本工艺	42
2.2.4 车削的工艺特点	49
2.3 铣削加工	49
2.3.1 铣刀	50
2.3.2 铣床及其附件	51
2.3.3 铣削的基本工艺	54
2.3.4 铣削的工艺特点	56

2.4	钻削、铰削加工	56
2.4.1	钻孔	56
2.4.2	扩孔	58
2.4.3	铰孔	59
2.5	刨削、拉削和镗削加工	59
2.5.1	刨削加工	59
2.5.2	插削加工	62
2.5.3	拉削加工	62
2.5.4	镗削加工	63
2.6	磨削加工	65
2.6.1	磨具	65
2.6.2	磨床	68
2.6.3	磨削的基本工艺	70
2.6.4	磨削的工艺特点	73
2.7	精整和光整加工	74
2.7.1	研磨	74
2.7.2	珩磨	75
2.7.3	超级光磨	76
2.7.4	抛光	77
2.8	齿轮齿形加工	77
2.8.1	铣齿	78
2.8.2	滚齿	78
2.8.3	插齿	79
2.8.4	齿形的精加工	80
2.9	数控机床加工	82
2.9.1	数控机床加工的基本原理	82
2.9.2	数控机床简介	83
	思考与练习题	87
	综合实训	88
	创新案例	88
第3章	机械加工工艺规程设计	89
3.1	机械加工工艺规程的基本概念	89
3.1.1	机械加工工艺过程的概念及组成	89
3.1.2	生产纲领与生产类型	91
3.1.3	机械加工工艺规程	93
3.2	零件工艺性分析与毛坯的选择	97
3.2.1	零件的工艺性分析	97
3.2.2	毛坯的选择	101
3.3	定位基准的选择	101
3.3.1	基准的概念及分类	101

3.3.2	精基准的选择原则	102
3.3.3	粗基准的选择原则	103
3.4	机械加工工艺路线的拟定	104
3.4.1	表面加工方法的选择	104
3.4.2	加工阶段的划分	105
3.4.3	工序的集中与分散	105
3.4.4	工序顺序的安排	106
3.4.5	机床设备及工艺装备的选择	107
	思考与练习题	107
	综合实训	108
第4章	机床夹具	109
4.1	机床夹具概述	109
4.1.1	工件装夹的基本概念	109
4.1.2	机床夹具的分类	109
4.1.3	机床夹具的组成	110
4.1.4	机床夹具在机械加工中的作用	111
4.2	工件定位的基本原理	111
4.2.1	六点定位原理	111
4.2.2	限制工件自由度与加工要求的关系	112
4.3	定位方式与定位元件	114
4.3.1	工件以平面定位	115
4.3.2	工件以圆柱孔定位	117
4.3.3	工件以外圆柱面定位	119
4.3.4	工件以其他表面定位	119
4.3.5	工件以组合表面定位	120
4.4	夹紧装置	120
4.4.1	夹紧装置的组成及基本要求	121
4.4.2	夹紧力的确定	121
4.4.3	常用夹紧机构	122
4.5	典型机床夹具	125
4.5.1	钻床类夹具	125
4.5.2	铣床夹具	127
	思考与练习题	129
	综合实训	131
第5章	精密、超精密加工与特种加工	132
5.1	精密与超精密加工	132
5.1.1	概述	132
5.1.2	精密与超精密切削	136
5.1.3	精密与超精密磨削	138
5.2	特种加工	140

5.2.1 电火花加工	141
5.2.2 电解加工	150
5.2.3 超声波加工	155
5.2.4 高能束加工	158
习题与思考题	162
综合实训	163
第 6 章 先进制造技术与制造模式	164
6.1 概述	164
6.1.1 先进制造技术产生的背景	164
6.1.2 先进制造技术的定义与特点	165
6.1.3 先进制造技术的发展趋势	165
6.2 机械制造自动化技术	167
6.2.1 机械制造自动化的概念	167
6.2.2 计算机集成制造系统	167
6.3 快速成形技术	171
6.3.1 快速成形技术的基本原理	171
6.3.2 快速成形技术的主要工艺方法	174
6.4 先进制造生产模式	176
6.4.1 并行工程 CE	177
6.4.2 敏捷制造	180
6.4.3 精益生产	183
6.4.4 绿色制造	186
6.4.5 智能制造	189
思考与练习题	191
综合实训	192
参考文献	193

第1章

金属切削理论基础

金属切削加工是在金属切削机床上用金属切削刀具从工件表面上去除多余的金属材料，使被加工零件的尺寸、形状精度和表面质量符合预定的技术要求。金属切削理论就是通过对金属切削加工过程的研究，寻求其内在本质与规律，并合理利用这些规律控制切削加工过程，以提高生产率、提高加工质量和降低加工成本。

要实现对金属的切削加工必须具备三个条件：刀具与工件之间要有相对运动；刀具应具有适当的几何参数；刀具材料应具有一定的切削性能。本章主要介绍切削运动、刀具角度、刀具材料和切削过程中的基本规律等知识。

1.1 基本定义

1.1.1 切削运动与切削用量

1. 零件表面的形成

零件表面的形状虽然多种多样，但都是由基本表面和成形面组成的。基本表面包括外圆面、内圆面（孔）、平面，成形面包括螺纹、齿轮的齿形和沟槽等。

外圆面和内圆面是以某一直线为母线，以圆为导线作旋转运动所形成的表面。

平面是以某一直线为母线，以另一直线为导线作平移运动所形成的表面。

成形面是以曲线为母线，以圆或直线为导线作旋转或平移运动所形成的表面。

零件典型表面的加工方法如图 1-1 所示。

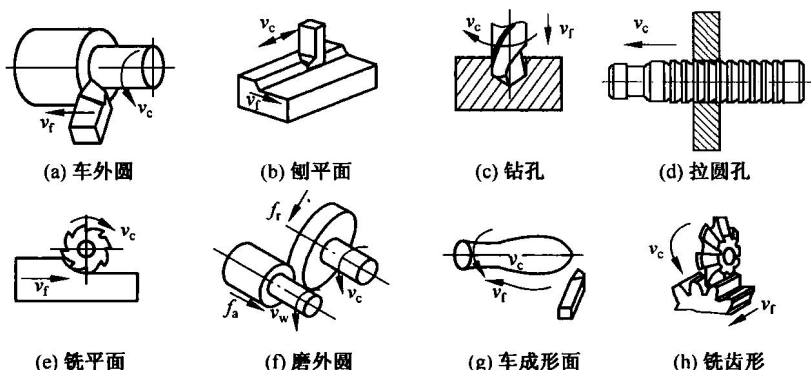


图 1-1 零件典型表面的加工方法

2. 切削运动

切削运动又叫做表面成形运动, 依据其作用不同, 可分为主运动和进给运动, 如图 1-1 所示。

1) 主运动

切下切屑所需的最基本的运动叫主运动。在切削过程中, 主运动的速度最高, 消耗的功率最大, 且主运动只有一个。主运动可以是回转运动, 如车削、钻削、铣削、磨削; 也可以是直线运动, 如拉削、刨削、插削等。

2) 进给运动

使切削能持续进行以形成工件所需表面的运动叫进给运动。一般情况下, 进给运动的速度较低, 消耗的功率小。进给运动的数量可以是一个或几个, 如车削外圆或端面时, 只有一个进给运动; 而外圆磨削时, 有轴向、周向和径向三个进给运动。进给运动可以连续进行, 如车外圆、钻孔和铣平面等; 也可以间歇进行, 如刨平面、插键槽等。

切削运动的大小和方向可以用切削运动的速度矢量来表示。如图 1-2 所示, 在外圆车削时, 主运动的速度矢量为 $\vec{v}_c$, 进给运动的速度矢量为 $\vec{v}_f$, 将主运动与进给运动合成, 得到合成切削运动, 其合成切削速度矢量为 $\vec{v}_c$, 三个运动的速度矢量关系为

$$\vec{v}_c + \vec{v}_f = \vec{v}_c \quad (1-1)$$

$\vec{v}_c$ 与 $\vec{v}_c$ 之间的夹角为 η , 称做合成切削速度角。

$$\tan \eta = \frac{v_f}{v_c} \quad (1-2)$$

对于外圆车削, 由于在数值上 $v_f \ll v_c$, 则可近似认为: $v_c = v_c$ 。

3. 切削加工中的工件表面

在切削过程中, 切削层金属在刀具的作用下转变为切屑, 从而在工件上加工出所需要的新表面。在新表面的形成过程中, 工件上有三个不断变化的表面, 如图 1-2 所示。

(1) 待加工表面。待加工表面是指工件上即将被切除的表面。

(2) 过渡表面(又称加工表面)。加工表面是指刀具切削刃正在切削的工件表面。

(3) 已加工表面。已加工表面是指去除工件上多余的金属材料后, 形成符合要求的工件新表面。

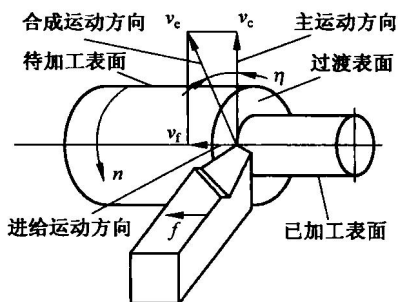


图 1-2 外圆车削时各速度矢量之间的关系

4. 切削用量

切削用量包括切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f 、每齿进给量 f_z) 和背吃刀量 a_p , 这三个量的大小不仅对切削过程有着重要的影响, 而且也是计算生产率, 设计相关工艺装备的依据, 故称为切削用量三要素。

1) 切削速度 v_c

单位时间内, 工件与刀具沿主运动方向的相对位移称为切削速度, 单位为 m/min 或 m/s 。

若主运动为回转运动(如车、铣、内外圆磨削、钻、镗), 其切削速度 v_c 为工件或刀具最大直径处的线速度, 计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1\,000} \quad (1-3)$$

式中 d ——刀具切削刃处的最大直径或工件待加工表面处的直径 (mm);

n ——刀具或工件的转速 (r/min)。

若主运动为往复直线运动 (如刨削、插削), 切削速度 v_c 的平均值为

$$v_c = \frac{2Ln_f}{1\,000} \quad (1-4)$$

式中 L ——往复运动的行程长度 (mm);

n_f ——主运动每分钟的往复次数 (str/min)。

2) 进给量 f

进给量即每转进给量, 指主运动每转一转 (刀具或工件每转一转) 时, 刀具与工件间沿进给运动方向上的相对位移, 单位为 mm/r。

进给量还可以用进给速度 v_f 或每齿进给量 f_z 来表示。

进给速度 v_f 指单位时间内刀具与工件沿进给运动方向上的相对位移, 单位为 mm/min 或 mm/s。

对于多齿刀具而言 (如麻花钻、铰刀、铣刀等), 当刀具转过一个刀齿时, 刀具与工件沿进给运动方向上的相对位移称为每齿进给量 f_z , 单位为 mm/z。

上述三者关系为

$$v_f = n \cdot f = n \cdot f_z \cdot z \quad (1-5)$$

式中 n ——主运动转速 (r/min);

z ——刀具的圆周齿数。

3) 背吃刀量 a_p

背吃刀量是指已加工表面与待加工表面之间的垂直距离 (周铣法除外), 单位为 mm。

对于外圆车削

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-6)$$

式中 d_w ——工件待加工表面处直径 (mm);

d_m ——工件已加工表面处直径 (mm)。

对于钻孔

$$a_p = \frac{d_o}{2} \quad (1-7)$$

式中 d_o ——麻花钻直径 (mm)。

1.1.2 刀具角度

刀具的种类繁多, 尽管它们的外形与结构不同, 但切削部分具有共性。外圆车刀结构简单, 应用广泛, 具有代表性。下面以外圆车刀为例, 说明刀具几何角度的相关定义。

1. 刀具切削部分的结构要素

如图 1-3 所示, 外圆车刀由刀头和刀杆两部分组成。刀杆是刀具的夹持部分, 安装在机床的刀架上, 其下表面为车刀的安装基准面, 水平放置。刀头是刀具的切削部分, 担负切削工作。

刀具切削部分的结构要素如下:

- (1) 前刀面 A_f 。前刀面是切屑流经的刀面。
- (2) 主后刀面 A_{α} 。主后刀面是指与工件的过渡表面相对的刀面, 简称后刀面。
- (3) 副后刀面 A'_{α} 。副后刀面是指与工件的已加工表面相对的刀面。
- (4) 主切削刃 S 。主切削刃是前刀面与主后刀面的交线, 它担负主要的切削工作。
- (5) 副切削刃 S' 。副切削刃是前刀面与副后刀面的交线, 它配合主切削刃工作并最终形成已加工表面。
- (6) 刀尖。主切削刃与副切削刃的交接部分称为刀尖, 可分为尖点刀尖、圆弧刀尖和倒角刀尖, 如图 1-4 所示。

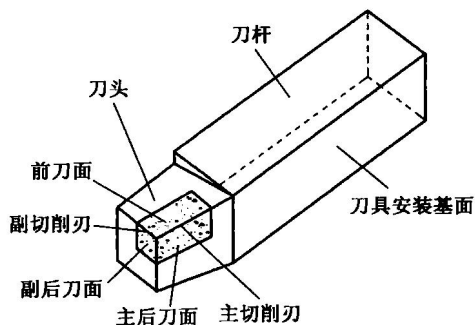


图 1-3 外圆车刀切削部分的结构

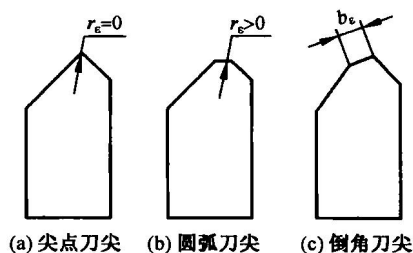


图 1-4 刀尖的形状

2. 刀具角度参考系

为了定义刀具的角度, 引入若干假想的参考平面, 由这些参考平面组成刀具角度参考系。刀具角度参考系可分为标注参考系和工作参考系。

1) 刀具标注参考系

刀具标注参考系又称为刀具静态参考系, 是在两个假定条件下建立的:

- ① 假定运动条件。不考虑进给运动的大小, 即假设进给速度等于零。这样, 可以用主运动的方向近似代替合成切削运动方向。
- ② 假定安装条件。假定切削刃选定点与工件的中心线等高, 并假定刀杆的中心对称线与进给运动方向垂直。

由于刀具切削刃上各点的运动情况可能不同, 因此, 在建立刀具角度参考系时, 以切削刃上的某一指定点作为研究对象, 这一点称为切削刃选定点。

刀具标注参考系由以下几个参考平面组成, 如图 1-5 所示。

(1) 基平面 P_r 。通过主切削刃选定点, 与该点主运动方向垂直的平面, 简称基面。它与车刀的安装基准面平行。

(2) 切削平面 P_s 。通过主切削刃选定点, 与切削刃 S 相切, 并与基平面 P_r 垂直的平面称为切削平面, 即主运动方向与切削刃在选定点处的切线所构成的平面。因此切削平面 P_s 必垂直于基平面 P_r 。

(3) 正交平面 P_o 。通过主切削刃选定点, 同时垂直于基平面 P_r 和切削平面 P_s 的平面称为正交平面。正交平面 P_o 必垂直于主切削刃 S 在基平面 P_r 上的投影。同样, 刀具副切削刃 S' 上正交平面也如此定义, 记为 “ P'_o ”。

由 P_r 、 P_s 及 P_o 组成正交平面参考系, 三者相互垂直, 如图 1-5(a) 所示。

(4) 法平面 P_n 。通过主切削刃选定点, 垂直于主切削刃 S 的平面称为法平面。

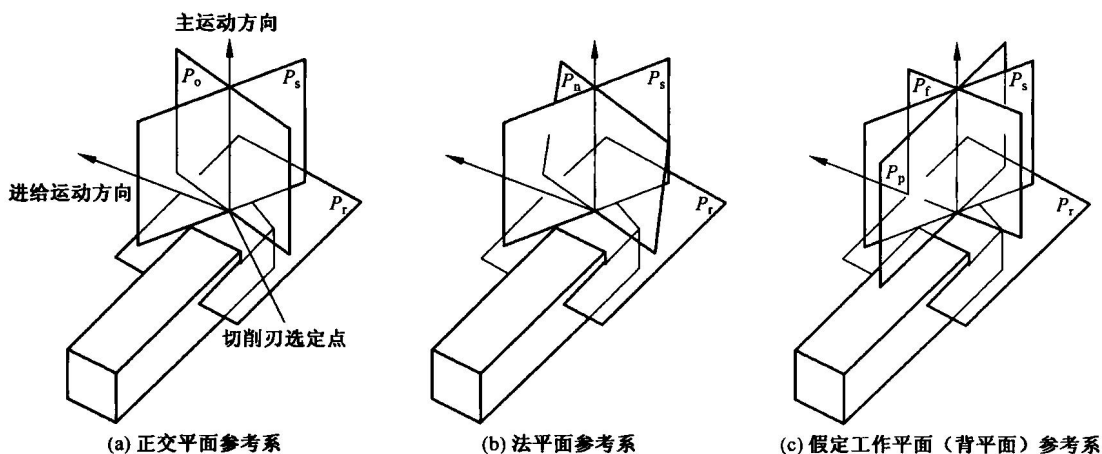


图 1-5 正交平面与法平面参考系

由 P_r 、 P_s 及 P_n 组合法平面参考系，如图 1-5(b)所示。

(5) 假定工作平面 P_f 。通过主切削刃选定点，与基平面 P_r 垂直且与进给运动方向平行的平面称为假定工作平面，也就是主运动方向与进给运动方向所构成的平面。

(6) 背平面 P_p 。通过主切削刃选定点，同时垂直于基平面 P_r 和假定工作平面 P_f 的平面称为背平面。

由 P_r 、 P_s 和 P_f (P_p) 组成假定工作平面（背平面）参考系，如图 1-5(c)所示。

需要说明的是，由于假定了运动和安装条件，在标注角度参考系中确定的刀具角度，往往不能确切地反映切削加工的真实情况。为此，还需建立刀具工作角度参考系。

2) 刀具工作参考系

刀具工作参考系又称刀具动态参考系，是考虑了刀具与工件之间的实际运动情况和实际安装条件下建立的参考系。刀具工作参考系中的参考平面要加“工作”二字，其符号要加注下标“e”，如工作基面用“ P_{re} ”表示，工作切削平面用“ P_{se} ”表示，以区别于刀具标注参考系。

刀具工作参考系的建立方法与刀具标注角度参考系一样，唯一的区别在于前者以合成运动方向为依据，而后者以主运动方向为依据。

(1) 工作基面 P_{re} 。通过切削刃选定点，垂直于合成运动方向的平面称为工作基面。

(2) 工作切削平面 P_{se} 。通过切削刃选定点，与切削刃相切，并垂直于工作基面 P_{re} 的平面称为工作切削平面。该平面包含合成运动方向。

其他参考平面，如 P_{oe} 、 P_{fe} 、 P_{pe} 和 P_{ne} 的定义与刀具标注参考系下的相应参考平面相似。

3. 刀具角度

刀具的切削刃或刀面在空间的方位角度称为刀具角度，可分为标注角度和工作角度。

1) 刀具的标注角度

在刀具标注参考系中确定的刀具角度，称为标注角度，亦称刀具的静态角度。刀具的标注角度是在设计、制造和刃磨刀具时使用的角度。

在正交平面参考系 (P_r — P_s — P_o) 内标注的角度：

(1) 前角 γ_o 。前角是指在正交平面 P_o 中测量的前刀面 A_f 与基面 P_r 之间的夹角。

(2) 后角 α_o 。后角是指在正交平面 P_o 中测量的后刀面 A_a 与切削平面 P_s 之间的夹角。

如图 1-6 所示，刀具的前角和后角是有正负之分的。若基面 P_r 位于刀具实体之外，则前角为

正值;若基面 P_r 位于刀具实体之内,则前角为负值;若基面 P_r 与前刀面 A_f 重合,则前角为零度。后角 α_o 的正负判别方法与前角相同。

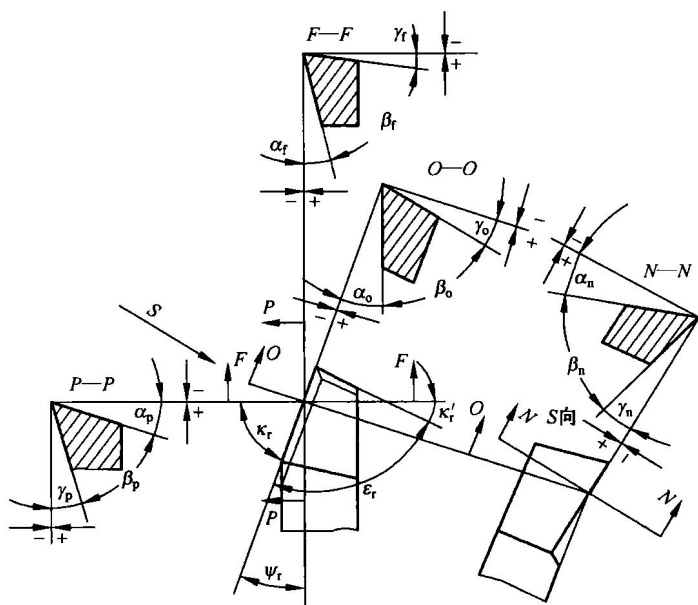


图 1-6 车刀的标注角度

(3) 楔角 β_o 。楔角是指在正交平面 P_o 中测量的前刀面 A_f 与后刀面 A_u 之间的夹角。

由上述定义可知

$$\gamma_o + \alpha_o + \beta_o = 90^\circ \quad (1-8)$$

(4) 主偏角 κ_r 。主偏角是指在基面 P_r 中测量的主切削刃 S 与进给方向之间的夹角。

(5) 副偏角 κ'_r 。副偏角是指在基面 P_r 中测量的副切削刃 S' 与进给方向之间所夹的锐角。

(6) 刀尖角 ϵ_r 。刀尖角是指在基面 P_r 中测量的主切削刃 S 与副切削刃 S' 之间的夹角。

由图 1-6 可以看出,

$$\kappa_r + \kappa'_r + \epsilon_r = 180^\circ \quad (1-9)$$

(7) 余偏角 ψ_r 。余偏角是指在基面 P_r 中测量的主切削刃 S 与背平面 P_p 之间的夹角。

$$\kappa_r + \psi_r = 90^\circ \quad (1-10)$$

(8) 刃倾角 λ_s 。刃倾角是指在切削平面 P_s 中测量的主切削刃 S 与基面 P_r 之间的夹角。

刃倾角也有正负之分,如图 1-7 所示。判断方法是:将刀具水平放置,若刀尖位于切削刃最高点,则刃倾角为正值;若刀尖位于切削刃最低点,则刃倾角为负值。

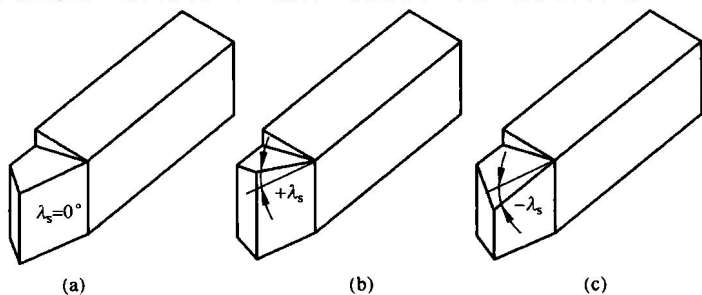


图 1-7 刃倾角的正负

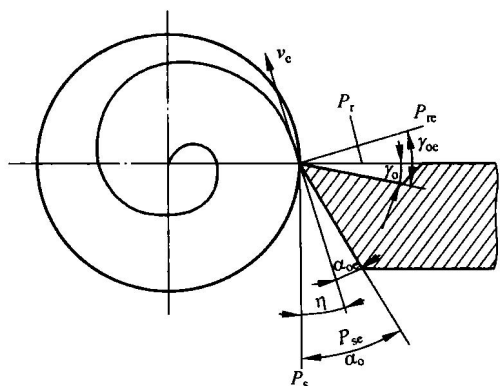


图 1-8 横向进给运动对工作角度的影响

2) 刀具的工作角度

在切削过程中, 由于受合成切削运动和刀具安装的影响, 真正起作用的不是刀具的标注角度, 而是由工作参考系下确定的刀具角度, 这个角度称为刀具的工作角度。

下面针对进给运动和刀具安装情况两方面来叙述对刀具工作角度的影响。

(1) 进给运动的影响。

① 横向进给的影响。横向进给时, 刀具的进给方向与工件的轴线垂直, 以切断刀为例, 如图 1-8 所示。

当不考虑进给运动时, 切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为一圆周, 此时基面 P_t 与刀具的安装基面 (刀杆底平面) 平行, 切削平面 P_s 与刀具的安装基面垂直, 此时的前角 γ_o 和后角 α_o 为刀具的标注角度。当考虑进给运动后, 切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为一螺旋线, 合成切削速度 v_c 方向为切削刃选定点所对应螺旋线处的切线方向, 工作基面 P_{re} 应与该切线方向垂直, 而工作切削平面 P_{se} 与工作基面 P_{re} 垂直。于是, P_{re} 、 P_{se} 均相对于 P_t 、 P_s 逆时针转动了一个 η 角。可见, 刀具的实际工作前角 γ_{oe} 增大, 实际工作后角 α_{oe} 减小。刀具的实际工作前角和后角与标注角度的关系为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad \alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \quad (1-11)$$

$$\tan \eta = v_f / v_c = f / \pi d \quad (1-12)$$

式中 η ——合成切削速度角 ($^\circ$);

d ——切削刃选定点处工件直径 (mm)。

由上式可知, η 随着 d 的减小而增大, 当切断刀切至靠近工件轴线时, 刀具的工作后角 α_{oe} 是较小的负数, 此时, 工件不是被刀具切断, 而是被刀具的后刀面挤断。

② 纵向进给的影响。纵向进给时, 以外圆车削为例, 刀具的进给方向与工件的轴线平行, 如图 1-9 所示。

同上述分析一样, 当不考虑进给运动时, 基面 P_t 与刀杆底平面平行, 切削平面 P_s 与刀杆底平面垂直, 此时侧前角 γ_f 和侧后角 α_f 为刀具的标注角度。当考虑进给运动后, 工作基面 P_{re} 应与合成切削速度 v_c 方向垂直, 而工作切削平面 P_{se} 与工作基面 P_{re} 垂直。在假定工作平面 P_f 中, P_{re} 、 P_{se} 均相对于 P_t 、 P_s 逆时针转动了一个 η_f 角。可以看出, 刀具的实际工作前角 γ_{fe} 增大, 实际工作后角 α_{fe} 减小, 和标注角度的关系为

$$\gamma_{fe} = \gamma_f + \eta_f \quad \alpha_{fe} = \alpha_f - \eta_f \quad (1-13)$$

$$\tan \eta_f = f / \pi d \quad (1-14)$$

式中 η_f ——假定工作平面中测量的合成切削速度角 ($^\circ$);

d ——切削刃选定点处工件直径 (mm)。

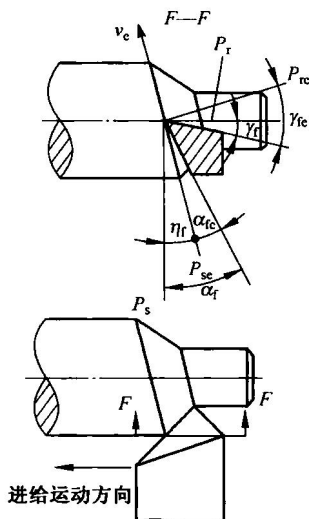


图 1-9 纵向进给运动对工作角度的影响

(2) 刀具安装的影响。

① 切削刃选定点安装高低的影响。以切断刀为例,如图 1-10 所示,若切削刃选定点高于工件中心线,工作基面 P_{re} 应与切削刃选定点处的主运动方向垂直(不考虑进给运动),而工作切削平面 P_{se} 与该点主运动方向平行,工作参考系相对于标注参考系转动了一个 μ 角。可见,刀具的实际工作前角 γ_{oe} 增大,实际工作后角 α_{oe} 减小。刀具的实际工作前角和后角与标注角度的关系为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu \quad \alpha_{oe} = \alpha_o - \mu \quad (1-15)$$

$$\sin \mu = 2h/d \quad (1-16)$$

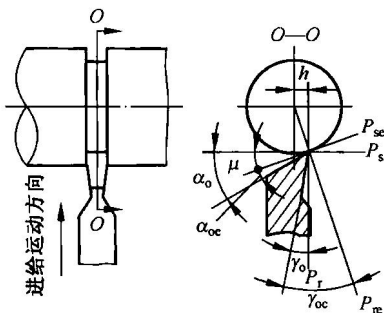


图 1-10 切削刃选定点安装高低对工作角度的影响

式中 h ——切削刃选定点高于工件中心线的距离 (mm);
 d ——切削刃选定点处的工件直径 (mm)。

若切削刃选定点低于工件中心线,则上式中 μ 的符号相反。对于圆孔加工(如镗削),上式中 μ 的符号与外圆车削相反。

② 刀杆中心线与进给方向不垂直的影响。如图 1-11 外圆车削所示,此时,主要影响刀具实际工作主偏角 κ_{re} 和副偏角 κ'_{re} ,与对应标注角度的关系为

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm G \quad \kappa'_{re} = \kappa'_r \mp G \quad (1-17)$$

式中 G ——刀杆中心对称线与进给运动方向垂线间的夹角 ($^\circ$)。

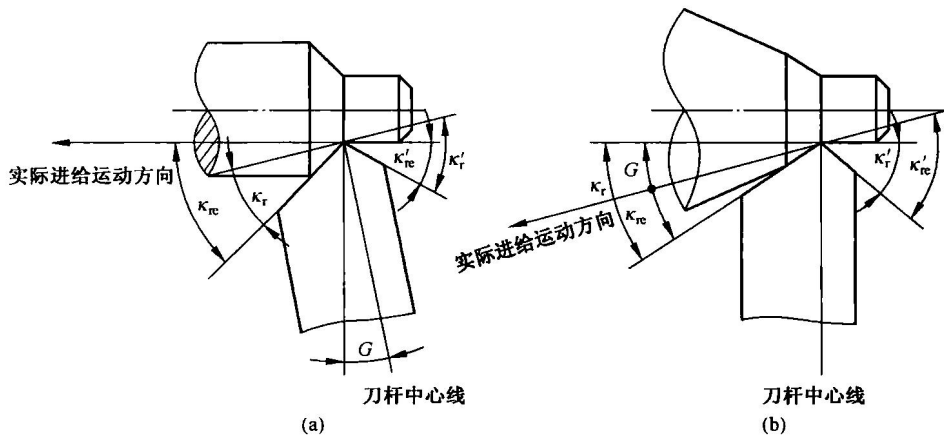


图 1-11 刀杆中心线与进给方向不垂直时对工作角度的影响

1.1.3 切削层参数与切削方式

1. 切削层参数

切削层是指刀具的切削刃在一次走刀的过程中从工件表面上切下的一层金属。切削层的截面尺寸称为切削层参数。切削层参数不仅决定了切屑尺寸的大小,而且对切削过程中产生的切削变形、切削力、切削热和刀具磨损等现象也有一定的影响。

以外圆车削为例,如图 1-12 所示。当工件旋转一转时,刀具沿进给方向向前移动一个进给

量, 即从位置 I 移到位置 II, 此时切下的一层金属为切削层。过切削刃的某一选定点, 在基面内测量切削层的截面尺寸, 即为切削层参数。

1) 切削层公称厚度 h_D

切削层公称厚度是指在基面内垂直于主切削刃方向测量的切削层尺寸, 单位为 mm。

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r \quad (1-18)$$

2) 切削层公称宽度 b_D

切削层公称宽度是指在基面内沿着主切削刃方向测量的切削层尺寸, 单位为 mm。

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-19)$$

3) 切削层公称面积 A_D

切削层公称面积是指在基面内测量的切削层横截面积, 单位为 mm^2 。

由图 1-12 可以看出, 切削层横截面并非平行四边形 $ABCD$, 而是近似平行四边形 $ABED$, 两者相差一个 $\triangle BCE$ 。在切削过程中, 切削刃没有切下 $\triangle BCE$ 区域的金属, 而是残留在工件的已加工表面上, 这一区域面积称为残留面积 ΔA_D 。残留面积的存在使工件已加工表面变得粗糙。因此, 当残留面积 ΔA_D 较小时, 切削层公称面积 A_D 可近似按下式计算:

$$A_D \approx h_D \cdot b_D = f \cdot a_p \quad (1-20)$$

若刀具的切削刃为曲线, 则切削层的截面形状如图 1-13 所示。这时, 切削刃各点所对应的切削厚度互不相等。

2. 切削方式

1) 自由切削与非自由切削

只有一条直线型切削刃参加工作的切削称为自由切削, 而曲线型切削刃或两条及两条以上的直线型切削刃参加工作的切削称为非自由切削。非自由切削时, 切屑流出受到干扰, 切屑产生较为复杂的三维变形。为了分析问题的方便, 本章以自由切削为对象加以研究。

2) 直角切削与斜角切削

切削刃垂直于合成切削运动方向的切削方式称为直角切削, 即 $\lambda_s = 0^\circ$, 如图 1-14(a) 所示。切削刃不垂直于合成切削运动方向的切削方式称为斜角切削, 即 $\lambda_s \neq 0^\circ$, 如图 1-14(b) 所示。

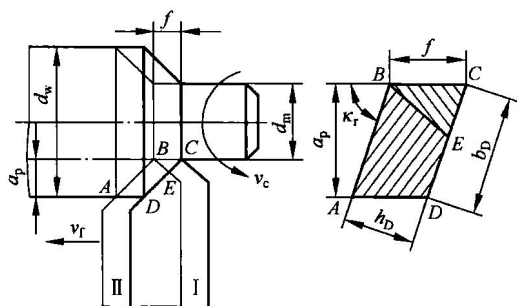


图 1-12 外圆车削时的切削层参数

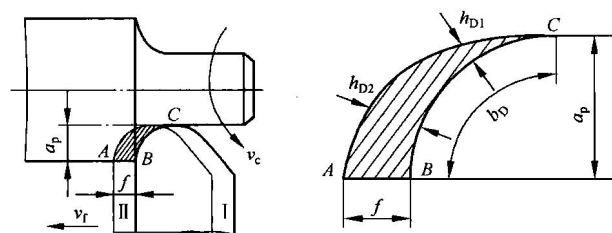


图 1-13 曲线刃切削时的切削厚度和切削宽度

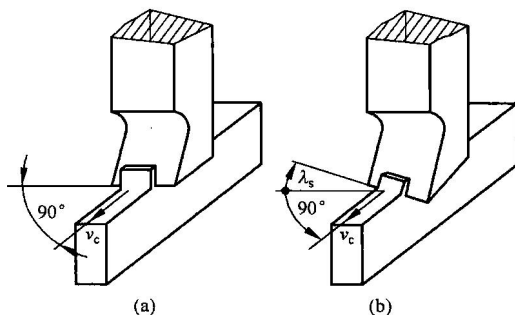


图 1-14 直角切削与斜角切削