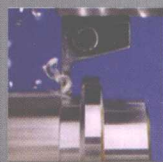


高 级 技 工 学 校 教 材

金属切削 原理与刀具

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心 组织编写
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会



中央广播电视大学出版社

高级技工学校教材

金属切削原理与刀具

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

组织编写

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心,全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织编写. -北京:中央广播电视大学出版社,2004.11

高级技工学校教材

ISBN 7-304-02673-1

I. 金… II. ①劳…②全… III. ①金属切削-高等学校;技工学校-教材②刀具(金属切削)-高等学校;技工学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 056026 号

版权所有,翻印必究。

金属切削原理与刀具

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组织编写

出版·发行:中央广播电视大学出版社

电话:发行部:010-68519502 62529338 总编室:010-68182524

网址:<http://www.crtvup.com.cn>

地址:北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编:100039

经销:新华书店北京发行所

策划编辑:苏 醒

责任编辑:刘 仙

责任印制:赵联生

封面设计:王 容

版式设计:张 彦

责任校对:冯 欢

印刷:北京宏伟双华印刷有限公司

印数:0001-3000 册

版本:2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:14.25

字数:330 千字

书号:ISBN 7-304-02673-1/TG·11

定价:26.00 元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

《高级技工学校教材》

机电类专业编审工作委员会

主任：陈宇 郝广发

副主任：孙长庆 张永麟 杨黎明

委员：(按姓氏笔画排序)

于平 王军 王兆山 王洪琳 王晓君

付志达 付元胜 冯振君 刘大力 刘亚琴

许炳鑫 孙国庆 李涛 李长江 李木杰

李鸿仁 李超群 杨耀双 杨君伟 杨柳青

何阳春 张斌 张仲民 张跃英 陈蕾

林青 林爱平 周学奎 单渭水 郝晶卉

赵杰士 贾恒旦 董桂桥 甄国令

《金属切削原理与刀具》编写人员

主 编：沈志雄

主 审：王洪琳

编 者：沈志雄 周百华 陈天水 陈 明

即 纂 译 稿 本 稿 主 审 主 编

(执 行 编 审 员) 委 员

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳 王 洪 琳

序

为实施人才强国战略,加快高技能人才培养,劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培养工程。为配合这项工程实施,我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会,组织专家编写了高级技工学校机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修5个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的5个专业的配套教材,是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》,瞄准经济发展对技能人才的要求,以职业技能为核心,注重教学内容的科学性、先进性和规范性,突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中,特别注意了中、高级技能人才培养的衔接,教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业(工种)高级工、技师等企业职工培训教材,也可作为相关专业高职院校的课程教材,并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持,30多所高级技工学校和企业的专家参加了教材的编审工作,付出了辛勤的劳动,在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

2004年10月

前言

本书是根据 2002 年 11 月召开的高级技工学校教材编写大纲审定会审定的编写大纲编写的。

本书的主要内容有：金属切削加工的基本概念、刀具材料、金属切削加工的理论基础、金属切削加工质量及切削用量的选择、磨削及特种加工、车刀与成形车刀、孔加工刀具、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮加工刀具及自动化生产用刀具等。

本书在编写时注重理论联系实际，在内容编排上注意到与中级工培训的衔接。为便于学生自学，力求做到重点突出、深入浅出，通俗易懂。

本书可作为高级技工学校机械加工、机械设备维修及模具制造与维修等专业的教材。本书也适用于职工大学、业余大学。中等专业学校也可选用为教材，并可供有关工厂技术人员参考。

本书绪论、第三、六、八、九、十三、十四章由上海市高级技工学校沈志雄编写；第一、二章由上海市高级技工学校周百华编写；第四、十一、十二章由西安电力机械制造公司技工学校陈天水编写；第五、七、十章由上海市高级技工学校陈明编写。沈志雄主编。山东省高级技工学校王洪琳主审。

由于编者水平所限和编写时间较仓促，书中错误和不妥之处在所难免，为了共同提高今后教材质量，敬请广大读者批评指正，以便在再版时加以改进，不胜感激之至。

编者

2004 年 10 月

目 录

第一章 金属切削加工的基本概念	1
第一节 切削时的运动与形成的表面	1
第二节 刀具切削部分的组成及刀具的几何角度	3
第三节 刀具工作参考系与工作角度	7
第四节 金属切削层	11
第二章 刀具材料	14
第一节 刀具材料应具备的性能及种类	14
第二节 高速钢	15
第三节 硬质合金	18
第四节 其他刀具材料	22
第三章 金属切削过程中的主要现象及规律	25
第一节 金属切削过程	25
第二节 切削力与切削功率	31
第三节 切削热和切削温度	38
第四节 刀具磨损与刀具耐用度	42
第四章 金属切削加工质量及切削用量的选择	49
第一节 工件材料的切削加工性能	49
第二节 已加工表面质量	52
第三节 切削液	54
第四节 刀具几何参数及切削用量的选择	57

第五章 磨 削	64
第一节 磨削加工原理及工艺特点.....	64
第二节 砂 轮.....	65
第三节 磨削过程.....	69
第四节 磨削加工的表面质量.....	73
第五节 先进的磨削方法.....	76
第六章 特种加工	78
第一节 特种加工概述.....	78
第二节 电火花加工.....	79
第三节 电火花线切割加工.....	84
第四节 电解加工.....	88
第五节 超声波加工.....	89
第七章 车 刀	93
第一节 车刀的种类和用途.....	93
第二节 焊接车刀.....	94
第三节 车刀在使用中存在的问题与改进.....	98
第四节 可转位车刀.....	102
第八章 成形车刀	110
第一节 成形车刀概述.....	110
第二节 成形车刀的几何角度.....	111
第三节 成形车刀截形设计与误差分析.....	115
第四节 成形车刀的使用.....	120
第九章 孔加工刀具	124
第一节 钻削加工与钻头.....	124

第二节 铰刀及镗刀	132
第三节 深孔加工	139
第四节 孔加工复合刀具简介	144
第十章 铣 刀	148
第一节 铣刀的种类及用途	149
第二节 铣刀的几何参数及铣削要素	150
第三节 铣削方式	154
第四节 铣刀的结构	156
第五节 铣刀的改进	164
第六节 铣刀的重磨	167
第十一章 拉 刀	169
第一节 拉削概述	169
第二节 拉刀的组成及几何参数	172
第三节 拉削方式	174
第四节 拉削表面缺陷及其解决办法	175
第五节 拉刀的使用与刃磨	177
第十二章 螺纹刀具	181
第一节 螺纹刀具的种类及用途	181
第二节 螺纹车刀	182
第三节 丝锥与圆板牙	184
第四节 其他螺纹刀具	187
第五节 螺纹滚压工具	190
第十三章 齿轮加工刀具	192
第一节 齿轮刀具种类	192

132	第二节 齿轮滚刀.....	194
133	第三节 插齿刀.....	198
144	第四节 蜗轮滚刀.....	203
148	第五节 其他齿轮刀具.....	205
150	第十四章 自动化生产用刀具	208
150	第一节 自动化生产用刀具的特点和选用原则.....	208
154	第二节 刀具的快换、机外预调和在线检测.....	209
156	第三节 数控机床工具系统.....	214
164	.....	
167	.....	
169	.....	
169	.....	
171	.....	
174	.....	
176	.....	
177	.....	
181	.....	
181	.....	
183	.....	
184	.....	
187	.....	
190	.....	
193	.....	
193	.....	

第一章 金属切削加工的基本概念

金属切削加工是利用切削工具从被加工的工件上切除多余的材料，使其在尺寸精度、形状和位置精度及表面粗糙度方面均达到设计要求的一种加工方法。

虽然金属切削加工的方法有很多，例如车削、铣削、钻削、拉削、齿形加工等，但通过分析，我们发现就其形成工件表面的本质来说，有着许多相同的规律和特征。因此，我们把研究切削过程中的基本规律，掌握各种切削过程中的共同特点，作为本课程研究的基本内容之一。

第一节 切削时的运动与形成的表面

一、零件表面形成的几种运动

在切削加工形成零件表面的过程中，按刀具与工件之间的相对运动所起的作用来分，切削运动可以分为主运动和进给运动两大类。

1. 主运动

主运动是使刀具与工件之间产生相对运动，以形成工件新的表面的运动。它是切削加工中最基本的运动，它所消耗的功率最多。如车削时工件的旋转运动（图 1-1a）；刨削时刨刀的直线往复运动（图 1-1b）；铣削时铣刀的旋转运动（图 1-1c）；钻削时钻头的旋转运动（图 1-1d）和磨削时砂轮的旋转运动（图 1-1e）等。对任何加工方法而言，主运动只有一个。

2. 进给运动

进给运动是使工件上待切除的金属层不断投入切削，以保持切削连续性的运动。如车削外圆时，刀具沿工件纵向的运动（图 1-1a）；刨削平面时，工件横向间歇移动（图 1-1b）；铣削时工件的移动（图 1-1c）；钻削时，钻头沿轴向的运动（图 1-1d）等。对一种加工方法而言，进给运动可以是一个，也可以是多个。如磨削外圆时，就有工件的圆周进给运动、纵向进给运动及径向进给运动等（图 1-1e）。

以上两类运动都直接参与了加工余量的切除，因此统称为切削运动。

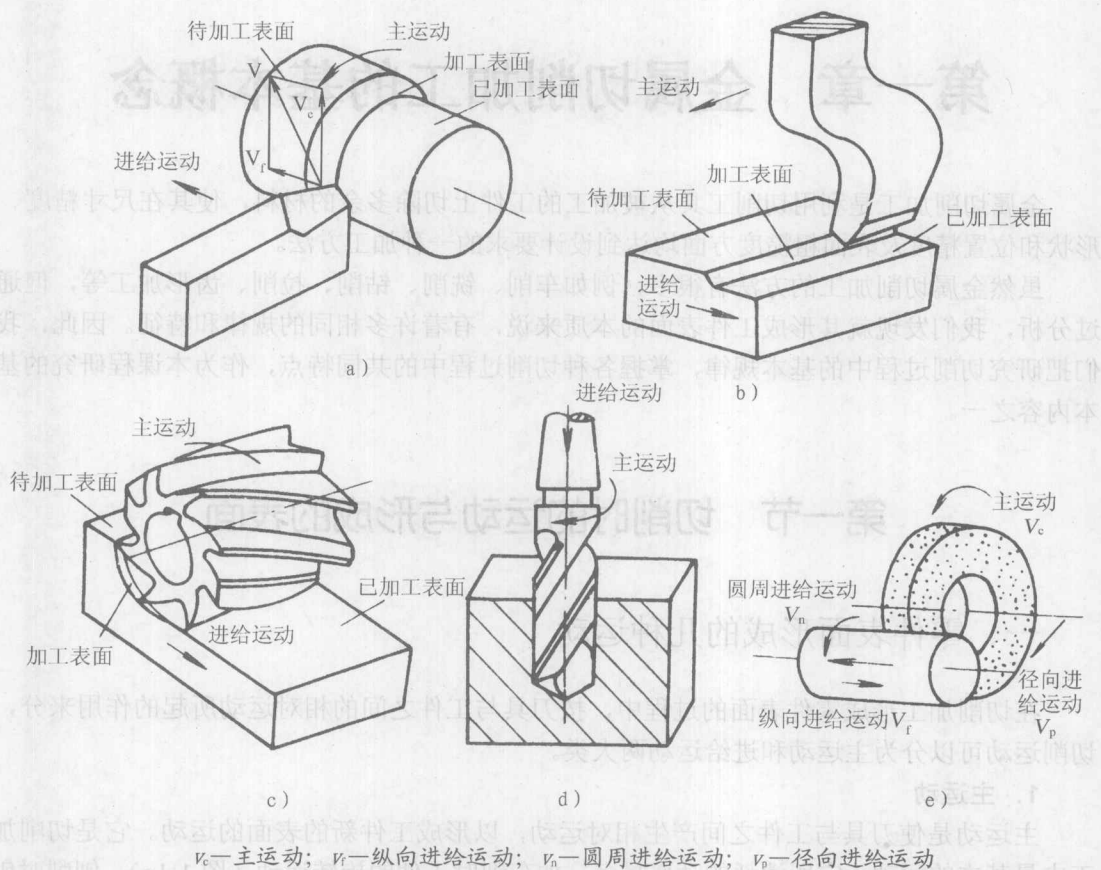


图 1-1 切削时的运动与形成的表面

二、切削过程中形成的 3 个表面

切削加工过程，是加工余量不断被刀具切除变为切屑的过程。在主运动和进给运动的作用下，工件表面的一层层金属不断被切除，新的表面不断地形成，因此在被加工的工件上有 3 个不断变化着的表面，它们是待加工表面、加工表面和已加工表面，见图 1-1a 和图 1-1b。

1. 待加工表面

待加工表面是指加工时工件上有待切除的表面。

2. 加工表面

加工表面是指加工时切削刃正在切削的表面。该表面始终在待加工表面与已加工表面之间不断地变化。

3. 已加工表面

已加工表面是指工件上已被切去多余金属层所形成的新表面。

第二节 刀具切削部分的组成及刀具的几何角度

刀具的切削部分是指刀具上直接参加切削工作的部分。尽管切削加工用的刀具种类繁多、形状各异,但分析其组成要素的构造和作用都有许多共同之处,尤其车刀的组成要素在刀具中具有普遍的代表性。本节以外圆车刀为例,介绍刀具的几何参数。

一、刀具切削部分的组成

刀具切削部分由前面、后面、切削刃及刀尖等组成,如图 1-2 所示。

- (1) 前面 A_f 。前面是指刀具上切屑流过的表面。
- (2) 后面 A_a 。刀具上与工件的加工表面相对的表面。
- (3) 副后面 A'_a 。刀具上与工件的已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃 S 。刀具上前面 A_f 与后面 A_a 的交线。担任主要的切削工作。
- (5) 副切削刃 S' 。刀具上前面 A_f 与副后面 A'_a 的交线。担任次要的切削工作。
- (6) 刀尖。刀具上主切削刃 S 与副切削刃 S' 的汇交点(图 1-3a)。在实际应用中,为了改善刀具的切削性能,通常将刀具的刀尖修磨成圆弧过渡刃(图 1-3b)或直线过渡刃(图 1-3c)。

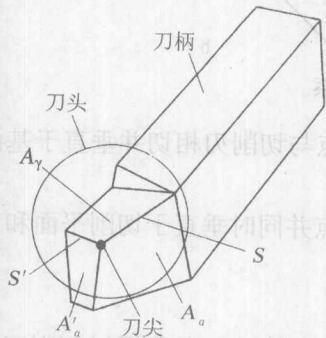


图 1-2 车刀切削部分的组成

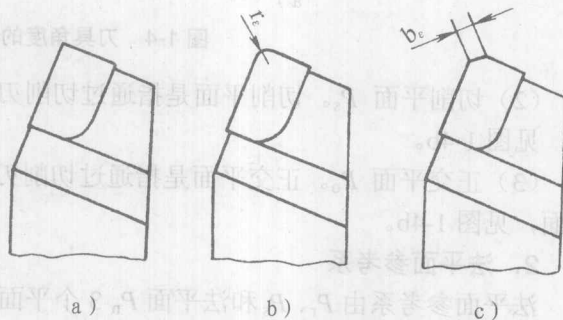


图 1-3 刀尖的形式

二、测量标注刀具角度的坐标参考系

坐标参考系有静止参考系和工作参考系两类。静止参考系是刀具设计时标注、刃磨和测量刀具角度的基准,用此定义的刀具角度称为刀具标注角度。它不受刀具工作条件变化的影响,只考虑主运动和进给运动的方向,而不考虑进给运动大小的影响,也不考虑刀具的安装定位基准与主运动方向的关系。工作参考系是确定刀具切削工作时角度的基准,用此定义的刀具角度称为刀具工作角度。

刀具设计时标注刃磨和测量的角度最常用的是正交平面参考系;在标注可转位刀具或大刃倾角刀具时,常用法平面参考系;在刀具制造过程中,如铣削刀槽、刃磨刀面时,常

需用假定工作平面和背平面参考系中的角度。

1. 正交平面参考系

正交平面参考系由基面 P_r 、切削平面 P_s 和正交平面 P_o 3 个平面组成。

(1) 基面 P_r 。基面是指通过切削刃上选定点并垂直于该点切削运动方向的平面，见图 1-4a、1-4b。

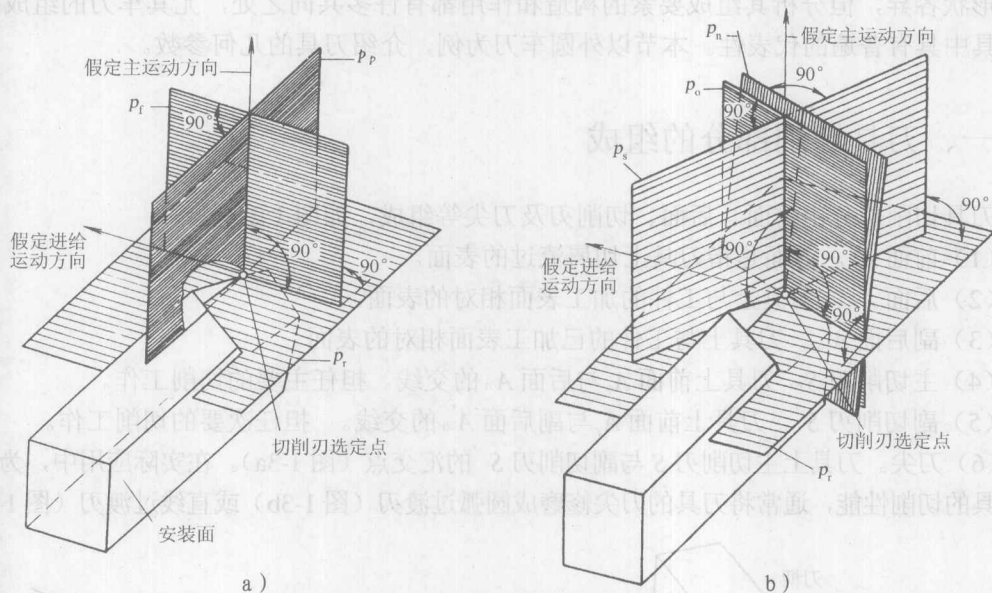


图 1-4 刀具角度的坐标参考系

(2) 切削平面 P_s 。切削平面是指通过切削刃上选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面，见图 1-4b。

(3) 正交平面 P_o 。正交平面是指通过切削刃上选定点并同时垂直于切削平面和基面的平面，见图 1-4b。

2. 法平面参考系

法平面参考系由 P_r 、 P_s 和法平面 P_n 3 个平面所组成。法平面 P_n 是指通过切削刃上选定点并垂直于该切削刃的平面，见图 1-4b。

3. 假定工作平面参考系

假定工作平面参考系由 P_r 、假定工作平面 P_f 和背平面 P_p 3 个平面所组成。假定工作平面 P_f 是指通过切削刃上选定点其方位要平行于假定的进给运动方向，并垂直于该点基面的平面（图 1-4a）；背平面 P_p 是指通过切削刃上选定点并垂直假定工作平面且垂直于该点基面的平面，见图 1-4a。

三、车刀的几何角度

1. 正交平面参考系内测量的刀具角度

正交平面参考系内测量的刀具角度如图 1-5 所示。

(1) 前角 γ_o 。前面与基面之间的夹角, 过切削刃上选定点, 在正交平面 (P_o) 中测量。
 (2) 后角 α_o 。后面与切削平面之间的夹角, 过切削刃上选定点, 在正交平面 (P_o) 中测量。

(3) 楔角 β_o 。前面与后面之间的夹角。在正交平面 (P_o) 中测量, 它与前角 γ_o 、后角 α_o 有如下的关系:

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

(4) 主偏角 κ_r 。主切削平面与假定工作平面间的夹角, 过切削刃上选定点, 在基面 (P_r) 内测量。

(5) 副偏角 κ'_r 。副切削平面与假定工作平面间的夹角, 在基面 (P_r) 内测量。

(6) 刀尖角 ε_r 。主切削平面与副切削平面之间的夹角。

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$$

(7) 刃倾角 λ_s 。主切削刃与基面间的夹角, 在切削平面 (P_s) 内测量, 当刀尖位于主切削刃上最高点时 λ_s 为正, 当刀尖位于主切削刃上最低点时 λ_s 为负。

(8) 副后角 α'_o 。副后面与副切削平面间的夹角, 在副切削刃正交平面内测量。

2. 在法平面 P_n 参考系内测量的刀具角度

法平面参考系标注角度与正交平面参考系标注角度的区别在于:

(1) 将测量平面从正交平面 P_o 改为法平面 P_n 就将得出法前角 γ_n 、法后角 α_n 和法楔角 β_n 。

(2) 在基面与切削平面中, 测量的主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 及刃倾角 λ_s 与正交平面参考系中的定义相同。

3. 在假定工作平面参考系中标注的角度

在假定工作平面参考系中标注的角度与正交平面参考系标注角度之间的主要区别在于:

(1) 将测量平面正交平面 P_o 改为假定工作平面 P_f 就将得出侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、侧楔角 β_f 。

(2) 在基面和切削平面中测量的角度与在正交平面参考系中的相同。

4. 在背平面参考系中标注的角度

在背平面参考系中标注的角度与正交平面参考系标注角度之间的主要区别在于:

(1) 将测量平面正交平面 P_o 改为背平面 P_p 就将得出背前角 γ_p 、背后角 α_p 、背楔角 β_p 。

(2) 在基面和切削平面中测量的角度与在正交平面参考系中的相同。

四、刀具工作图的画法

为了确定刀具切削部分的几何构造, 一般刀具工作图上需标注前角 γ_o 、后角 α_o 、刃倾角 λ_s 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 、副后角 α'_o 。这 6 个基本角度。对于车刀、刨刀、锪刀等以前面 A_γ 、后面 A_α 及副后面 $A'_{\alpha'}$ 为平面的刀具, 它们的基本角度确定后, 刀具切削部分的空间便是唯一的。