

新世纪高职高专教改项目成果教材

金属切削加工方法与设备

主 编 王茂元
副主编 金 捷



高
HIGHER

出版社

内容提要

本书是新世纪高职高专教改项目成果系列教材之一,是 21 世纪教材。全书根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,在吸收近年来高职高专教育教学改革经验的基础上,将传统教材《金属切削原理与刀具》、《金属切削机床》以及《机械制造工艺学》中的部分相关内容有机地结合在一起,编成一本综合化教材。全书共七章,包括金属切削及设备的基本知识、车削加工、铣削加工、钻削与镗削加工、磨削加工、齿轮加工、刨削与拉削加工等内容。本书简化了复杂的公式推导,淡化了理论的阐述,重点突出,实用性强,符合机械制造类及其相关专业高职高专培养目标的要求和高职高专教育的特点,具有鲜明的职业技术教育特色。书中每章后有习题与思考题。

本书既可作为高等职业技术教育机械制造类及其相关专业的教材,也可供有关工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工方法与设备/王茂元主编. —北京:高等教育出版社,2003.7
(高等职业教育系列教材)
ISBN 7-04-012035-6

I. 金… II. 王… III. ① 金属切削—工艺—高等学校:技术学校—教材 ② 金属切削—机床—高等学校:技术学校—教材 IV. TG5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 047659 号

责任编辑 王瑞丽 封面设计 吴 昊 责任印制 蔡敏燕

书 名 金属切削加工方法与设备
主 编 王茂元

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		021-56964871
邮政编码	100011	免费咨询	800-810-0598
总 机	010-82028899	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	021-56965341		http://www.hep.com.cn
			http://www.hepsh.com

排 版 南京理工排版校对公司
印 刷 常熟市华通印刷有限公司

开 本	787×1092 1/16	版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 张	12.25	印 次	2003 年 7 月第 1 次
字 数	294 000	定 价	17.00 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《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》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以巩固并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一些较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2003 年 5 月

前 言

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,在吸收近年来高职高专教育教学改革经验的基础上,将传统教材《金属切削原理与刀具》、《金属切削机床》以及《机械制造工艺学》中的部分相关内容有机地结合在一起编成的一本综合化教材。

本教材在内容的取舍和深度的把握上,尽量避免理论过深、专业性太强以及与实际应用关系不大的内容,重点突出,实用性强,符合机械类相关专业高职高专培养目标的要求和高职高专教育的特点,具有鲜明的职业技术教育特色。在编写过程中,注重了基本理论和知识在实际生产中的应用及解决问题能力的培养。全书采用最新国家标准。

本教材适用于高等职业技术教育机械类有关专业使用,也可供相应专业的工程技术人员参考。

本教材由包头职业技术学院王茂元主编、鄂州职业大学金捷为副主编。参加编写的有包头职业技术学院王茂元、王靖东、赵建平、王峰、刘劲威和鄂州职业大学的金捷、胡海平。全书由包头职业技术学院王世昆主审。

本教材在编写过程中参考了兄弟院校老师编写的有关教材及其他资料,也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,书中难免有欠妥之处,敬请各兄弟院校师生和广大读者批评与指正。

编 者

2003 年 5 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)82028899 转 6897 (010)82086060

传 真：(010)82086060

E - mail : dd@hep. com. cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打读者服务部电话：(010)64054588

目 录

绪论	1
第一章 金属切削及设备的基本知识	2
第一节 金属切削的基本知识	2
第二节 刀具材料	11
第三节 金属切削过程	16
第四节 提高切削效益的途径	24
第五节 金属切削机床的基本知识	38
习题与思考题	50
第二章 车削加工	51
第一节 车削概述	51
第二节 车床	53
第三节 车刀	79
第四节 车削加工方法	88
习题与思考题	94
第三章 铣削加工	96
第一节 铣削概述	96
第二节 铣床	99
第三节 铣刀	105
第四节 铣削加工方法	110
习题与思考题	115
第四章 钻削与镗削	116
第一节 钻削加工	116
第二节 镗削加工	125
习题与思考题	133
第五章 磨削加工	135
第一节 磨削概述	135
第二节 磨床	136
第三节 砂轮	141
第四节 磨削方法	145

习题与思考题.....	150
第六章 齿轮加工	151
第一节 齿轮加工概述.....	151
第二节 滚齿加工.....	153
第三节 插齿加工.....	163
第四节 齿形的精加工.....	168
习题与思考题.....	172
第七章 刨削与拉削加工	173
第一节 刨削加工.....	173
第二节 拉削加工.....	179
习题与思考题.....	184
参考文献	185

绪 论

机械制造工业是国民经济最重要的组成部分之一。它不仅能直接提供人民生活所需的消费品,而且为各生产部门提供技术装备,因此,是国民经济的重要基础和支柱产业,其发展规模和水平对国民经济的发展有很大的制约和直接的影响,是一个国家经济实力和科学技术发展水平的重要标志,因而世界各国均把发展机械制造工业作为振兴和发展国民经济的战略重点之一。而机械制造工业的发展和进步,又在很大程度上取决于金属切削加工及设备的技术水平和发展。在科学技术高度发展的今天,现代工业对金属切削加工技术及设备提出了越来越高的要求,推动金属切削加工技术及设备不断发展,而且科学技术的发展,也为金属切削加工技术及设备的发展提供了机遇和条件。特别是计算机技术的发展,使得常规金属切削加工技术及设备与精密检测技术、数控技术、传感技术等有机结合,给机械制造领域带来许多新技术、新概念,使产品质量和生产效率大大提高。而金属切削加工技术及设备的发展又为其他高新技术的发展打下了坚实的基础、提供了可靠的保证,两者互相促进,共同提高,为社会和经济的快速发展做出了极大的贡献。

解放前,我国的机械工业十分落后,解放后经过 50 多年的建设,尤其是改革开放 20 多年来,我国的机械工业得到了很大的发展,但与国外先进水平相比,差距依然很大。因此,大力发展金属切削加工技术及设备,赶超世界先进水平,是我们义不容辞的责任。学习好“金属切削加工方法与设备”这门课程是我们目前首要的任务。

本课程是高职高专机械类有关专业的一门主干课程。它是通过对传统专业课程“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”以及“机械制造工艺学”中的部分相关内容进行有机综合,所形成的一门以培养金属切削加工技术及设备应用能力为主的综合专业课程。

过去独立设置上述几门课程时,由于各门课程自成体系,各门课程的相关知识难于融会贯通、综合应用,且占用了大量学时,不利于金属切削加工技术及设备应用能力的培养。显然,这不符合高职高专的教学特点和培养目标。

新形成的“金属切削加工方法与设备”这门综合课程,主要介绍金属切削基本知识、常用机床及其附件和刀具的基本结构、用途与应用方法、常用切削加工方法等内容。通过本课程的学习,可以使具备合理应用机床及其附件和刀具进行切削加工的基本知识和能力。本课程主要介绍常规金属切削加工技术及设备,这不仅是目前和今后相当长的一段时期内,生产实践中必须要用到的,而且也是现代制造技术的重要基础。

本课程具有实践性强、综合性强的特点。学习时要重视实践性教学环节,如各种实习和实验,要注意理论与实践相结合。这不仅有助于理解和掌握知识,更重要的是有利于培养综合运用所学的知识,解决生产实际问题的能力。机械制造中的生产实际问题往往会因生产的产品不同,批量不同,具体生产条件不同而千差万别。因此,学习时要特别注意灵活地运用所学的知识,根据具体情况来处理问题。切记不要死记硬背、生搬硬套。

第一章 金属切削及设备的基本知识

本章主要介绍金属切削及设备的基础知识,内容包括基本定义、刀具材料、切削变形、刀具磨损及刀具耐用度、工件材料切削加工性、切削液、切削用量的选择、刀具合理几何参数的选择及机床的分类与型号编制等。学习完本章后,应重点掌握刀具几何角度的标注,积屑瘤的成因、作用及其控制措施,能够根据生产条件和具体工艺要求,合理选择刀具切削部分的材料、刀具几何参数、切削用量及切削液。

第一节 金属切削的基本知识

一、切削运动

在机床上为了切除工件上多余的金属,以获得形状精度、尺寸精度、位置精度和表面质量都符合要求的工件,刀具与工件之间必须作相对运动——切削运动。根据切削运动在切削加工过程中所起作用的不同,可将切削运动分为主运动和进给运动,如图 1-1 所示。

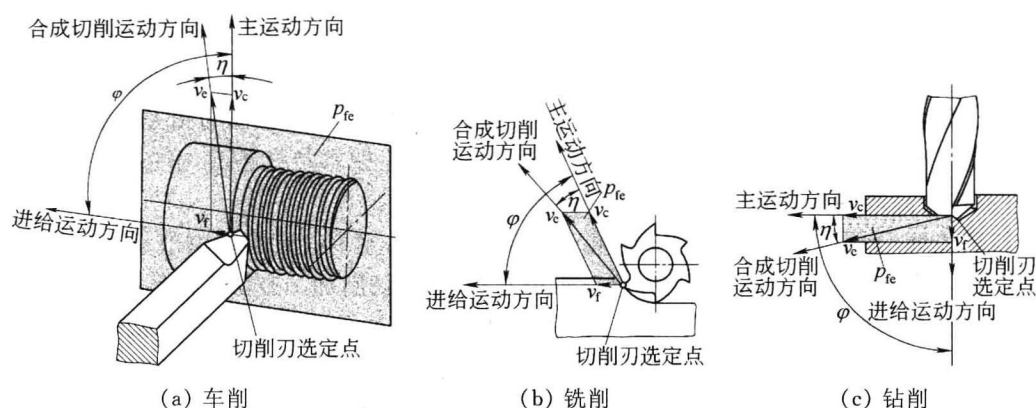


图 1-1 切削运动

1. 主运动

主运动是切除工件上多余金属层,形成工件新表面所必需的运动。它是由机床提供的主要运动。主运动的特点是速度最高,消耗功率最多。切削加工中只有一个主运动,可由工件完成,也可由刀具完成。如车削时工件的旋转运动、铣削和钻削时铣刀和钻头的旋转运动等都是主运动。

2. 进给运动

进给运动是把被切削金属层间断或连续投入切削的一种运动,与主运动相配合即可不断地切除金属层,获得所需的表面。进给运动的特点是速度小,消耗功率少。切削加工中进给运动可以是一个、两个或多个。它可以是连续的运动,如车削外圆时,车刀平行于工件轴线的纵向运动;也可以是间断的运动,如刨削时工件或刀具的横向运动。

3. 合成切削运动

如图 1-1 所示,合成切削运动是主运动和进给运动的合成。刀具切削刃上选定点相对于工件的瞬时合成运动方向,称为合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度。

二、工件的表面

在切削过程中,工件上的金属层不断地被刀具切除而变为切屑,同时在工件上形成新的表面。在新表面的形成过程中,工件上有三个不断变化着的表面,如图 1-2 所示。

(1) 待加工表面 工件上有待切除的表面称为待加工表面。

(2) 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的新表面称为已加工表面。

(3) 过渡表面(加工表面) 切削刃正在切削的表面称为过渡表面,也称为加工表面。它是待加工表面与已加工表面的连接表面。

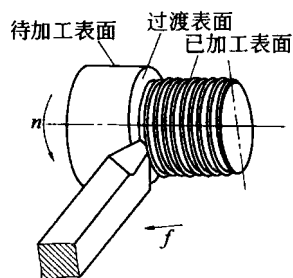


图 1-2 工件的表面

三、刀具切削部分的几何角度

金属切削刀具种类繁多、形状各异,但刀具切削部分的组成却有共同点。车刀的切削部分可看作是各种刀具切削部分最基本的形态。描述车刀切削部分的一般术语,也可用于其他金属切削刀具。

(一) 车刀的组成

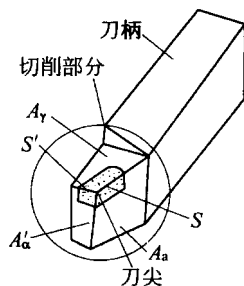


图 1-3 车刀切削部分的构成

车刀由刀柄和刀头组成,刀柄是刀具的夹持部分,刀头则是刀具的切削部分。如图 1-3 所示,刀头由以下几部分构成。

(1) 前刀面 A_r 切屑流出时经过的刀面称为前刀面。

(2) 后刀面 A_a 与过渡表面相对的刀面称为后刀面(也称主后刀面)。

(3) 副后刀面 A'_a 与已加工表面相对的刀面称为副后刀面。

(4) 主切削刃 S 前刀面与主后刀面的交线称为主切削

刃。在切削加工过程中,它承担主要的切削任务。

(5) 副切削刃 S' 前刀面与副后刀面的交线称为副切削刃。它配合主切削刃完成切削工作并最终形成工件上的已加工表面。

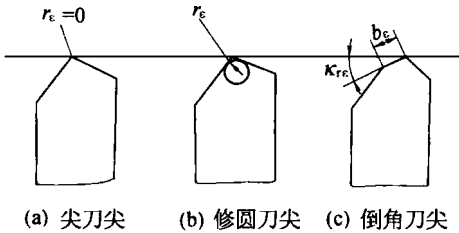


图 1-4 刀尖的结构

(6) 刀尖 刀尖是主、副切削刃的连接部位,或者是主、副切削刃的交点。大多数刀具在刀尖处磨成一小段直线刃或圆弧刃,也有一些刀具主、副切削刃直接相交,形成尖刀尖,如图 1-4 所示。

不同类型的刀具,其刀面、切削刃的数量可能不同,但组成刀具切削部分最基本的单元是两个刀面(A_r 、 A_s)和一条切削刃。任何一把多刃复杂刀具都可以将其分为一个个基本单元进行分析。

(二) 刀具的静止角度参考系

为了确定刀具切削部分各刀面和刀刃在空间的位置,以便于设计、制造、刃磨和测量刀具,必须建立一个空间坐标平面参考系,也称为刀具静止角度参考系。由于刀具的几何角度是在切削过程中起作用的,因此,刀具静止角度参考系中坐标平面的建立应以切削运动为依据。首先给出假定工作条件,假定工作条件包含假定安装条件和假定运动条件,然后建立参考系。在该参考系中确定的刀具几何角度,称为刀具的静止角度,又称标注角度。

(1) 假定安装条件 假定车刀安装绝对正确,即安装车刀时应使刀尖与工件中心等高,车刀刀杆对称面垂直于工件轴线。

(2) 假定运动条件 以切削刃选定点位于工件中心高时的主运动方向作为假定主运动方向;以切削刃选定点的进给运动方向,作为假定进给运动方向,一般不考虑进给运动大小的影响,即假设进给量 $f = 0$ 。

这样便可用平行或垂直于假定主运动方向的平面构成坐标平面,即参考系。由此可见,静止参考系是在设立标准刀具位置和简化了切削运动条件下建立的参考系。现将刀具静止参考系的坐标平面定义如下:

① 基面 p_r 通过切削刃选定点垂直于假定主运动方向的平面称为基面。对于车刀,基面平行于车刀刀杆底面。

② 切削平面 p_s 通过切削刃选定点,与主切削刃相切并垂直于基面的平面称为切削平面。

下面介绍几种常用的静止参考系。

1. 正交平面静止参考系

(1) 参考系的建立 正交平面参考系由上述基面、切削平面和正交平面三个相互垂直的坐标平面组成,如图 1-5 所示,其中正交平面 p 是通过切削刃选定点,同时垂直于基面与切削平面的平面。

(2) 角度的标注 在该参考系中可标注以下几个角度,如图 1-6 所示。

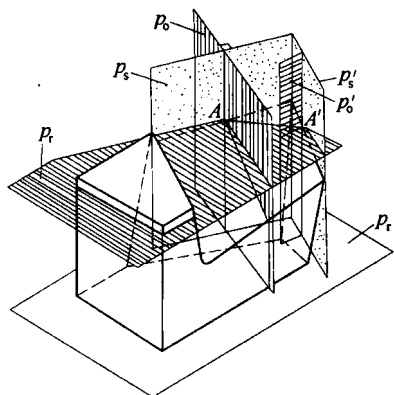


图 1-5 正交平面静止参考系坐标平面

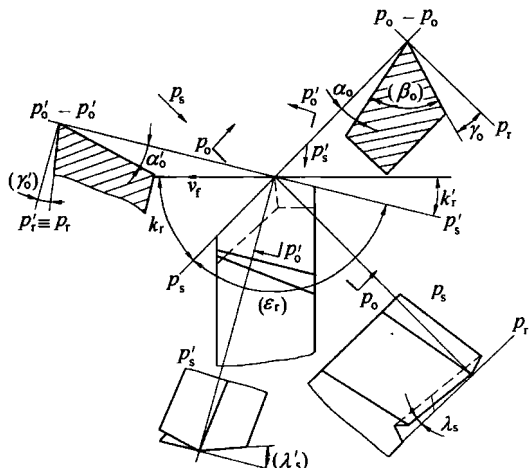


图 1-6 正交平面静止参考系标注的角度

① 主偏角 κ_r 基面中测量的主切削刃与假定进给运动方向之间的夹角称为主偏角。

② 刃倾角 λ_s 切削平面中测量的主切削刃与过刀尖所作基面之间的夹角称为刃倾角。

③ 前角 γ_o 正交平面中测量的前刀面与基面之间的夹角称为前角。

④ 后角 α_o 正交平面中测量的后刀面与切削平面之间的夹角称为后角。

用上述四个角度就可以确定车刀前、后刀面及主切削刃的方位。其中 γ_o 与 λ_s 确定了前刀面的方位, κ_r 与 α_o 确定了后刀面的方位, κ_r 与 λ_s 确定了主切削刃的方位。

同理,通过副切削刃选定点也可建立副基面 p'_r 、副切削平面 p'_s 和副正交平面 p'_o ,用副偏角 κ'_r 、副刃倾角 λ'_s 、副前角 γ'_o 、副后角 α'_o 确定其相应的前刀面、副后刀面的方位。由于副切削刃和主切削刃共同处于同一前刀面中,因此,当 γ_o 与 λ_s 两角确定后,前刀面的方位已经确定, γ'_o 与 λ'_s 两个角度也同时被确定。因此通过副切削刃通常只需确定副偏角 κ'_r 和副后角 α'_o 。

⑤ 副偏角 κ'_r 基面中测量的副切削刃与假定进给运动方向之间的夹角称为副偏角。

⑥ 副后角 α'_o 副正交平面中测量的副后刀面与副切削平面之间的夹角称为副后角。

因此,图 1-6 所示外圆车刀有三个刀面,两条切削刃,所需标注的独立角度只有六个: γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 κ'_r 、 λ_s 、 α'_o ,其中 κ_r 、 κ'_r 在基面中标注, γ_o 、 α_o 在正交平面中标注, λ_s 在切削平面中标注, α'_o 在副正交平面中标注。

分析刀具时常用到以下两个派生角度(图 1-6):

⑦ 楔角 β_o 正交平面中测量的前、后刀面之间的夹角。

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

⑧ 刀尖角 ϵ_r 基面中测量的主、副切削刃之间的夹角。

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

(3) 角度正负的规定 如图 1-7a 所示,前面与基面平行时前角为零;前面与切削平面间夹角小于 90° 时,前角为正;大于 90° 时,前角为负。后面与基面间夹角小于 90° 时,后角为正;大于 90° 时,后角为负。

如图 1-7b 所示,刀尖处于切削刃最高点时刃倾角为正,刀尖处于切削刃最低点时刃倾角为负,切削刃与基面相重合时刃倾角为零。

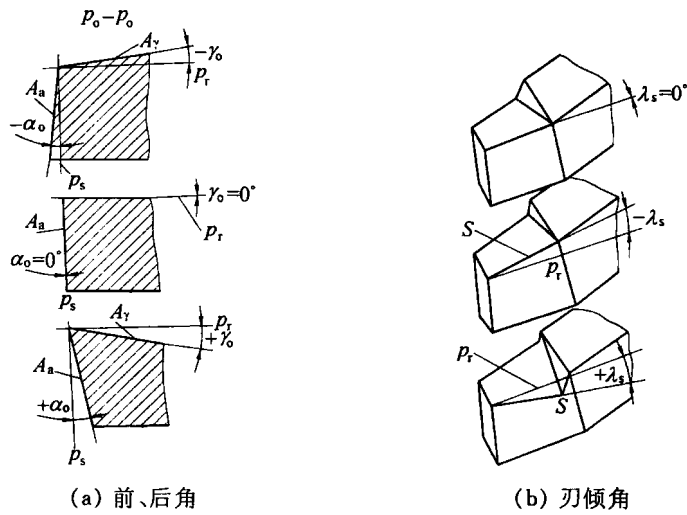


图 1-7 车刀角度正负的规定方法

主偏角与副偏角的大小一般介于 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

2. 其他静止参考系

刀具几何角度除可在正交平面静止参考系中标注以外,根据设计和工艺的需要,还可以选用以下静止参考系来标注。

(1) 法剖面静止参考系(图 1-8) 法剖面静止参考系由基面 p_r 、切削平面 p_s 和法剖面 p_n 三个坐标平面组成,其中法剖面 p_n 是通过切削刃选定点与切削刃相垂直的平面。在法

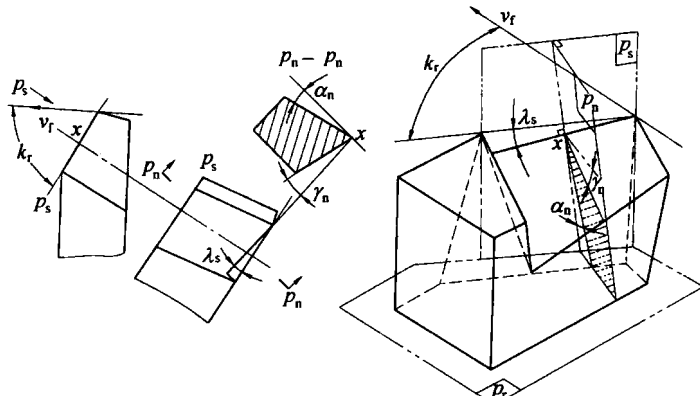


图 1-8 法剖面静止参考系标注的角度

剖面中测量的角度有法前角 γ_n 和法后角 α_n 。

① 法前角 γ_n 法剖面中测量的基面与前刀面之间的夹角。

② 法后角 α_n 法剖面中测量的切削平面与后刀面之间的夹角。

在该参考系中标注的角度有法前角、法后角、主偏角、刃倾角、副偏角、副后角。

(2) 假定工作平面、背平面静止参考系(图 1-9) 假定工作平面、背平面静止参考系由基面 p_r 、假定工作平面 p_t 和背平面 p_p 三个坐标平面组成。其中,假定工作平面 p_t 是通过切削刃选定点,平行于假定进给运动方向并垂直于基面的平面,背平面 p_p 是通过切削刃选定点,垂直于假定工作平面和基面的平面。

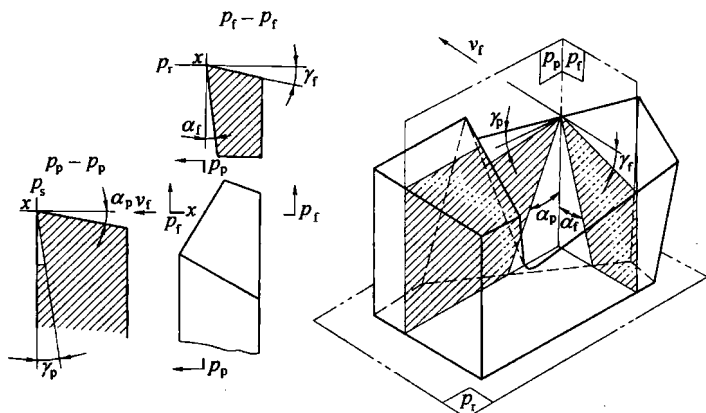


图 1-9 假定工作平面、背平面静止参考系标注的角度

在假定工作平面 p_t 中测量的有侧前角 γ_t 和侧后角 α_t ,在背平面 p_p 中测量的有背前角 γ_p 和背后角 α_p ,其余与正交平面静止参考系相同。

所测角度定义方法与以上各参考系角度定义方法相类似。

在上述三个静止参考系中,区别仅是测量刀具前、后面空间位置的“测量平面”方位不同。我国主要采用正交平面静止参考系,即在图纸上标注 κ_r 、 κ'_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 和 α'_o 六个角度,有时补充 γ_n 、 α_n 等角度。

(三) 刀具的工作角度

如前所述,刀具的静止参考系是在假定工作条件下建立的,而刀具的实际工作条件往往与之不同。显然这将引起刀具参考系的变化,从而导致刀具的实际工作角度不同于刀具的静止角度。但由于通常进给速度远远小于主运动速度,而且实际安装条件大都尽可能与假定安装条件相近,因此,刀具的实际工作角度与刀具的静止角度相差无几(不超过 1%)。这样,在大多数情况下(如普通车削、镗孔、端面铣削等)两者差别可不予考虑。但当切削大螺距丝杠、螺纹、铲背、切断以及钻孔时分析钻心附近的切削条件或刀具安装情况特殊时,需要计算刀具的工作角度,其目的是使刀具的工作角度得到合理值,据此换算出刀具的静止角度,以便于刀具的制造或刃磨。刀具工作角度参考系各坐标平面的定义见表 1-1。

表 1-1 刀具工作角度参考系(通过切削刃选定点)

参考系	参考平面	符 号	定 义 与 说 明
工作正交平面参考系	工作基面	p_{re}	垂直于合成速度的平面
	工作切削平面	p_{sc}	与切削刃相切并平行于合成切削速度方向的平面
	工作正交平面	p_{oe}	同时垂直于工作基面和工作切削平面的平面
工作法剖面参考系	工作基面	p_{re}	同上,参考系工作基面
	工作切削平面	p_{sc}	同上,参考系工作切削平面
	工作法剖面	p_{ne}	垂直切削刃的平面,且有 $p_{ne} = p_n$
工作平面、工作背平面参考系	工作基面	p_{re}	同上,参考系工作基面
	工作切削平面	p_{sc}	同上,参考系工作切削平面
	工作平面	p_{fe}	由主运动方向和进给运动方向所组成的平面。显然, $p_{fe} \perp p_{re}$
	工作背平面	p_{pe}	同时垂直工作基面和工作平面的平面

刀具工作角度参考系的坐标平面是依据合成切削运动方向来确定的。所谓刀具的工作角度,就是在工作参考系中定义的角度。定义各工作角度时,只需用工作坐标平面代替静止坐标平面即可。例如,刀具工作前角 γ_{oe} 是在工作正交平面内测量的前刀面与工作基面之间的夹角。其余角度的定义类推。

刀具的进给运动及刀具的安装位置对刀具的工作角度有一定的影响。

1. 进给运动对刀具工作角度的影响

(1) 当刀具作纵向进给运动时(图 1-10),由于是以合成运动速度 v_o 为依据建立工作参考系,因此,刀具的工作前角较静止前角增大,刀具的工作后角较静止后角减小。

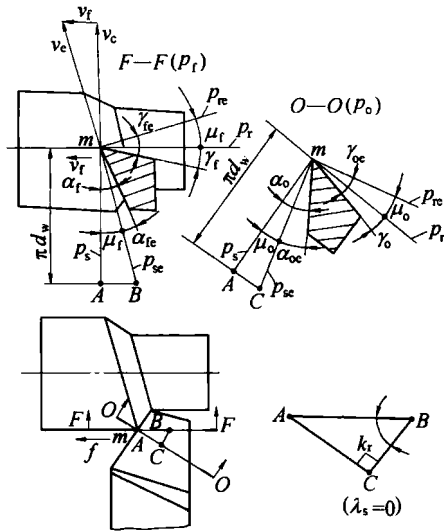


图 1-10 纵向进给时刀具的工作角度

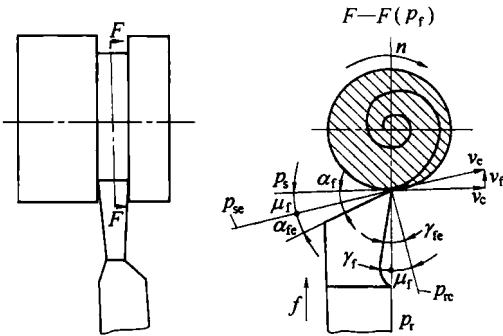


图 1-11 横向进给时刀具的工作角度

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu_o \quad (1-1)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \mu_o \quad (1-2)$$

式中 μ_o ——工作基面 p_{re} 和基面 p_r 在正交平面 p_o 内的夹角。

(2) 当刀具作横向进给运动时(图 1-11), 刀具的工作前角较静止前角增大, 刀具的工作后角较静止后角减小。

$$\gamma_{ie} = \gamma_i + \mu_i \quad (1-3)$$

$$\alpha_{ie} = \alpha_i - \mu_i \quad (1-4)$$

式中 μ_i ——工作基面 p_{re} 与基面 p_r 在假定工作平面 p_i 内的夹角。

2. 刀具安装位置对刀具工作角度的影响

(1) 刀具装高或装低的影响 设刀具的 $\lambda_s = 0$ 。当刀尖位置高于工件中心时, 若不计进给运动的影响, 由于主运动 v_c 方向不是在工件中心线上的主运动方向, 按这种情况所建立的基准坐标平面, 也是工作基面 p_{re} 和工作切削平面 p_{sc} 。这样由图 1-12 可以看出, 刀具的工作前角较静止前角增大, 刀具的工作后角较静止后角减小。

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \theta_o \quad (1-5)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \theta_o \quad (1-6)$$

式中 θ_o ——工作基面 p_{re} 和基面 p_r 在正交平面 p_o 内的夹角。

若刀尖装低, 情况则相反。

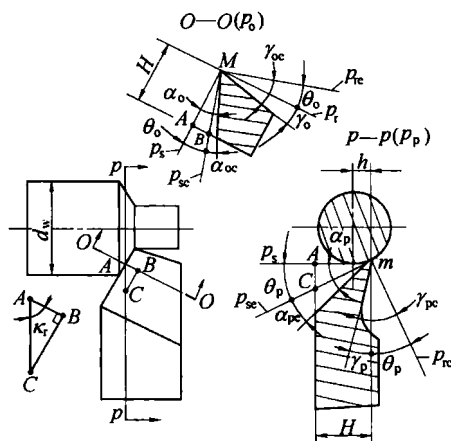


图 1-12 刀具安装高低对刀具工作角度的影响

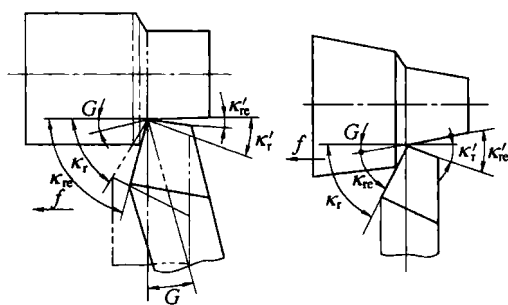


图 1-13 刀杆对称面不垂直于进给运动方向的工作角度

(2) 刀杆对称面不垂直于进给运动方向的影响 在基面内, 若刀杆对称面在安装时不垂直于进给运动方向, 则刀具的工作主偏角和工作副偏角将增大或减小, 如图 1-13 所示。

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm G \quad (1-7)$$

$$\kappa'_{re} = \kappa'_r \mp G \quad (1-8)$$

式中 G ——为刀杆对称面的垂线与进给方向的夹角。

四、切削要素

切削要素分为两大类——切削用量要素和切削层公称横截面要素。在切削过程中, 要

根据不同的工件材料、刀具材料和其他技术经济因素来选择合适的切削速度、进给量和背吃刀量。切削速度、进给量和背吃刀量称为切削用量三要素,也称工艺切削要素,用于正确调整机床,以保证加工质量、较高的生产率和低的加工成本。

1. 切削用量要素

(1) 切削速度 v_c 切削速度是刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度,如图 1-14 所示。车外圆时,计算公式如下:

$$v_c = (\pi d_w n) / 1000 \quad (1-9)$$

式中 v_c ——切削速度, m/min 或 m/s;
 d_w ——工件待加工表面直径, mm;
 n ——工件转速, r/min 或 r/s。

切削刃上各点的切削速度是不同的,在计算时,应以最大的切削速度为准。如车外圆时以待加工表面直径的数值进行计算,因为此处速度最高,刀具磨损最快。

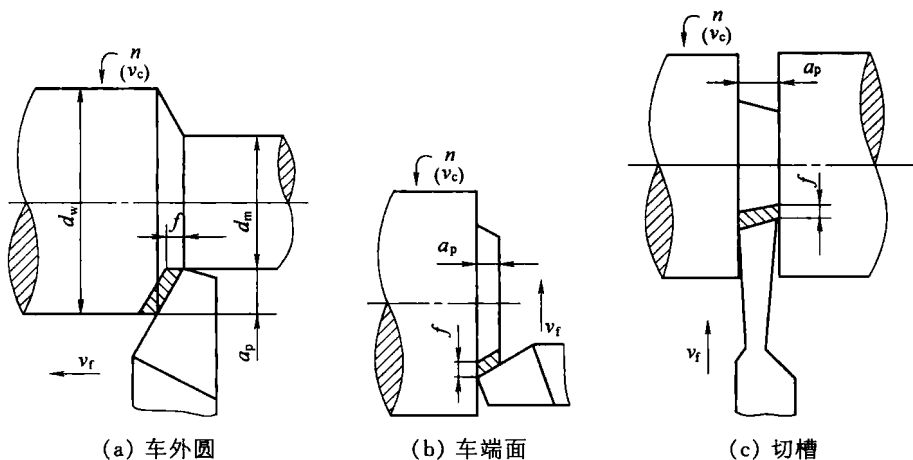


图 1-14 切削用量

(2) 进给量 f 进给量是刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量,如图 1-14 所示。可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表示。当主运动是旋转运动时, f 的单位为 mm/r。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。也常用进给速度 v_f 代替进给量。进给速度是切削刃选定点相对工件进给运动的瞬时速度,单位为 mm/min。

$$v_f = fn \quad (1-10)$$

$$v_f = f_z zn \quad (1-11)$$

式中 z ——多齿刀具的齿数。

(3) 背吃刀量 a_p 背吃刀量一般指通过切削刃基点并垂直于假定工作平面方向上测量的吃刀量,如图 1-14 所示。车外圆时:

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (1-12)$$