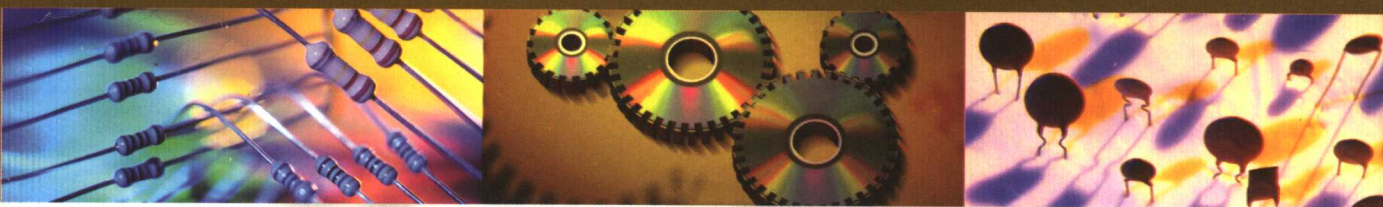




新世纪高等职业教育机电类课程教材

金属切削加工方法与设备

(第二版)



主 编 王靖东

主 审 王茂元



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

新世纪高等职业教育机电类课程教材

金属切削加工方法与设备

(第二版)

主 编 王靖东

主 审 王茂元

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工方法与设备/王靖东主编. —2 版.

—北京:高等教育出版社,2006.7

ISBN 7-04-019604-2

I. 金... II. 王... III. 金属切削—高等学校:技术学校—教材 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 076920 号

策划编辑 孙鸣雷 责任编辑 李瑞芳 封面设计 吴 昊 责任印制 蔡敏燕

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
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	010-58581000	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	021-56965341		http://www.hep.com.cn
			http://www.hepsh.com
		网上订购	http://www.landracom.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landracom.com.cn
排 版	南京理工出版信息技术有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
印 刷	江苏如皋市印刷有限公司		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 张	11.25		2006 年 7 月第 2 版
字 数	265 000	印 次	2006 年 7 月第 1 次
		定 价	15.80 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

物料号 19604-00

出版说明

高等教育出版社组织编写的“新世纪高职高专教改项目成果教材”自出版以来,以其适应高等职业教育人才培养模式的基本特征,以应用为主旨、以就业为导向的教学内容体系等特点,受到了广大高等职业院校师生的一致好评。

为了进一步贯彻落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,2005年10月28日,国务院发布了《国务院关于大力发展职业教育的决定》(以下简称《决定》),明确了今后一个时期职业教育改革与发展的指导思想、目标任务和政策措施。11月7日至8日,国务院召开了全国职业教育工作会议,深入学习贯彻党的十六届五中全会精神,全面落实科学发展观,动员和部署实施《决定》。会议强调,要把发展职业教育作为经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点;以服务社会主义现代化建设为宗旨,培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才;坚持以就业为导向,深化职业教育教学改革;依靠行业企业发展职业教育,推动职业院校与企业的密切结合;严格实行就业准入制度,完善职业资格证书制度。

为了贯彻落实《决定》和全国职业教育工作会议精神,也为了适应我国近几年高等职业教育快速发展的需要,促进教学内容、教学体系的更新,我社在2005年底启动了对“新世纪高职高专教改项目成果教材”的修订再版工作。新版系列教材坚持以“就业”为导向的原则,选取实际工作中存在的设备工具、操作方式,讲解在实际岗位工作时实际需要的知识和能力,适应高等职业教育培养学生的“就业能力”的需要;与国家技能鉴定等就业准入制度结合,注重从实际工作场合选取有代表性的实例,突出学生实际操作能力的培养。

新版系列教材出版后,我们还将不定期地举行相关课程的研讨与培训活动,并邀请一些相关行业的优秀企业共同探讨人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革,为各院校提供一个加强校企合作、交流的互动平台。

“新世纪高等职业教育机电类课程教材”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机电类专业使用。

高等教育出版社

2006年6月

前 言

本教材是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神,在吸收了近年来高职高专教育教学改革经验的基础上,将传统的金属切削原理与刀具、金属切削机床以及机械制造工艺学等课程的相关内容有机地结合在一起编写而成的一本综合性教材。

本教材突出了综合性和实用性,具有鲜明的职业教育特色;在内容的取舍及深度的把握上淡化了理论,加强了实用性内容,并符合高职高专教育的特点。在编写过程中,注重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和近机类有关专业,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靖东任主编、鄂州职业大学金捷任副主编,参加编写的有包头职业技术学院王靖东(绪论、第一章、第二章),赵建平、张宪元(第四章、第五章、第八章),鄂州职业大学金捷、胡海平(第三章、第六章)。

全书由包头职业技术学院王茂元审阅。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,在此一并表示衷心感谢!

由于水平有限,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

2006 年 3 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)58581897/58581896/58581879

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

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



高教教师俱乐部会员信息表

(请用楷体认真填写)

姓 名		性 别		出生年月		身份证号码	
学 校				学 院			系 (所)
学校地址						邮 编	
职 务				职 称			办公电话
Email				手 机			宅 电
通信地址						邮 编	

- 您所教授的课程及学生层次:
- 您目前使用的教材(书名、作者、出版社):
- 您希望俱乐部提供哪些服务?

* 请附教师证或工作证复印件

复印件粘贴处

高等教育出版社上海分社

联系地址:上海市虹口区宝山路 848 号

电 话:021-65878318

联 系 人:教学服务部

邮编:200081

传真:021-65878318

Email:service@hepsh.com

檢

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	23
第五节 金属切削机床的基本知识	37
习题与思考题	45
第二章 车削加工	47
第一节 车削加工概述	47
第二节 车床	49
第三节 车刀	66
第四节 车削加工方法	72
习题与思考题	79
第三章 铣削加工	80
第一节 铣削加工概述	80
第二节 铣床	83
第三节 铣刀	92
第四节 铣削加工方法	98
习题与思考题	104
第四章 钻削与镗削	105
第一节 钻削加工	105
第二节 镗削加工	114
习题与思考题	123
第五章 磨削加工	124
第一节 磨削加工概述	124
第二节 磨床	126
第三节 砂轮	129
第四节 磨削加工方法	133

目 录

习题与思考题	138
第六章 齿轮加工	139
第一节 齿轮加工概述	139
第二节 滚齿加工	141
第三节 插齿加工	145
第四节 齿轮的精加工	148
习题与思考题	152
第七章 刨削与拉削加工	154
第一节 刨削加工	154
第二节 拉削加工	160
习题与思考题	166
参考文献	167

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着很大的制约和影响,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、传感器技术等有机结合,给机械制造领域带来了许多新技术、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,两者相互促进,共同提高,为社会和经济的快速发展做出了极大贡献。

解放前,我国的机械工业十分落后,解放后经过五十多年的建设,尤其是改革开放二十多年来,我国的机械工业得到了很大的发展,但与国际先进水平相比,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各相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,主要介绍金属切削机床基本知识、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的运用所学知识,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

导 读

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、切削用量的合理选择、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、切削用量及切削液等。

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。

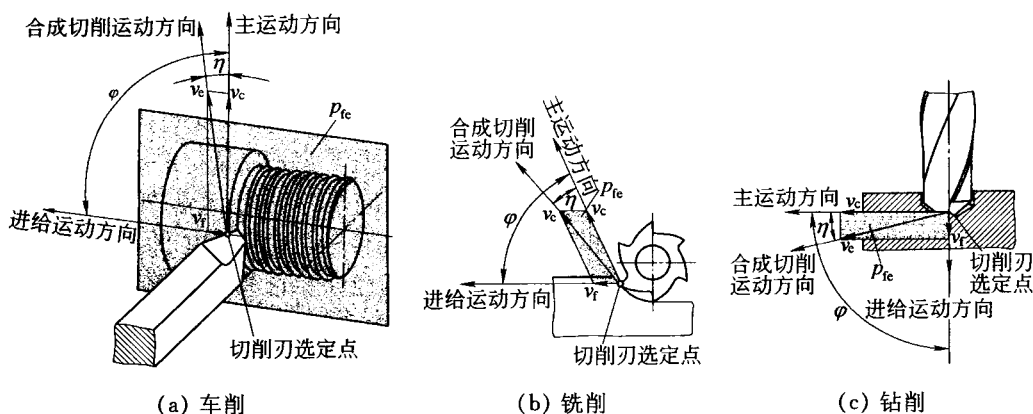


图 1-1 切削运动

(一) 主运动

主运动是切除工件上多余金属层,形成工件新表面的必要运动。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,它可由工

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。

(二) 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。

(三) 合成切削运动

如图 1-1 所示,合成切削运动是主运动与进给运动的合成。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。

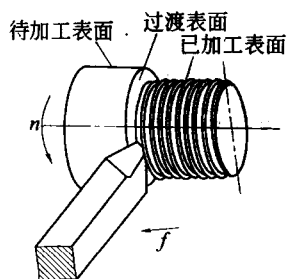


图 1-2 工件的表面

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做是其他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,亦可用于其他金属切削刀具。

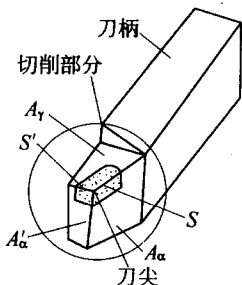


图 1-3 车刀切削部分的组成

(一) 车刀的组成

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_f 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 前刀面与后刀面汇交的边缘称为(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' 前刀面与副后刀面汇交的边缘称为副切削刃。它承担少量的切削工作,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。

(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。

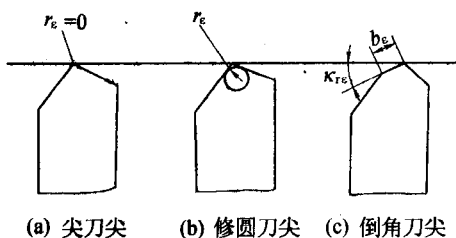


图 1-4 刀尖的结构

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(S)。任何一把多刃复杂刀具都可以将其分解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运动条件和假定安装条件,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,即标注角度。

(1) 假定运动条件 以切削刃选定点位于工件中心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 $f = 0$ 。

(2) 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。

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,静止参考系是在简化了切削运动和设立标准刀具位置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:

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。

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 3 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_o 是通过切削刃选定点,同时垂直于基面与切削平面的平面。

(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;前刀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。后刀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刀倾角为正,刀尖处于切削刃最低点时刀倾角为负,切削刃与基面相重合时刀倾角为零。主偏角与负偏角的大小介于 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

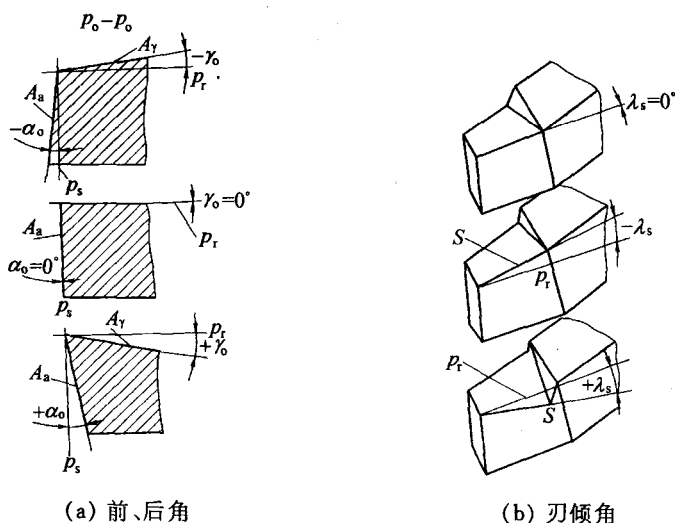


图 1-7 车刀角度正负的规定方法

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,见表 1-1。

表 1-1 其他静止参考系

参考系	参考平面	符号	定 义	标 注 角 度
法剖面静止参考系	基 面	p_r	同正交平面静止参考系	法前角 γ_n : 法剖面中测量的基面与前刀面之间的夹角; 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
	切削平面	p_s	同正交平面静止参考系	
	法剖面	p_n	通过切削刃选定点与切削刃相垂直的平面	
假定工作平面、背平面静止参考系	基 面	p_r	同正交平面静止参考系	侧前角 γ_l (背角 γ_p): 假定工作平面(背平面)中测量的基面与前刀面之间的夹角; 侧后角 α_l (背角 α_p): 假定工作平面中(背平面)测量的切削平面与后刀面之间的夹角
	切削平面	p_s	同正交平面静止参考系	
	假定工作平面	p_l	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	通过切削刃选定点,垂直于假定工作平面和基面的平面	

在上述几个静止参考系中,区别仅是测量刀具前、后刀面空间位置的“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 等6个角度,有时应补充 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,从而将最终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,以便于制造或刃磨。刀具的工作参考系各坐标平面的定义见表1-2。

表 1-2 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_{rc}	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_{oc}	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_{rc}	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_{nc}	垂直切削刃的平面,且有 $p_{nc} = p_n$
工作平面、工作背平面参考系	工作基面	p_{rc}	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_{fc}	由主运动方向和进给运动方向所组成的平面。显然, $p_{fc} \perp p_{rc}$
	工作背平面	p_{pc}	同时垂直工作基面和工作平面的平面

刀具工作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_{oc} 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(如图1-8所示) 由于是以合成运动速度 v_c 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。

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

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

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

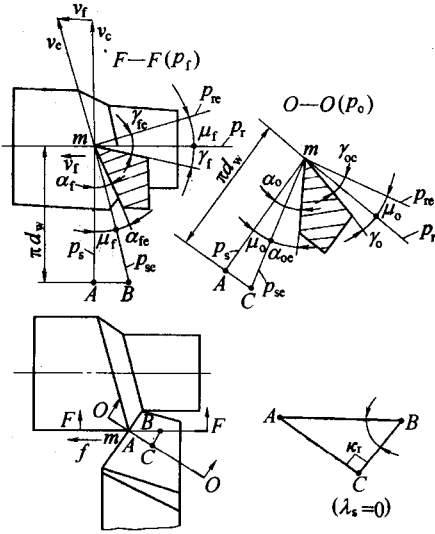


图 1-8 纵向进给时刀具的工作角度

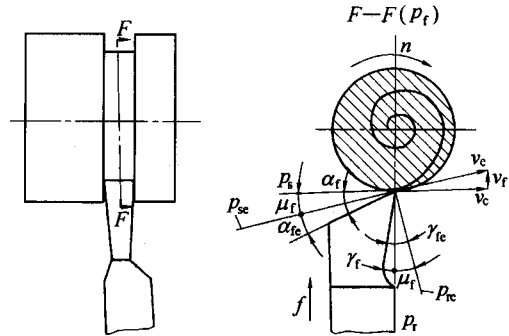


图 1-9 横向进给时刀具的工作角度

(2) 当刀具作横向进给运动时(如图 1-9 所示) 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。

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu_t \quad (1-3)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \mu_t \quad (1-4)$$

式中, μ_t 为工作基面 p_{re} 与基面 p_r 在假定工作平面 p_t 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 $\lambda_s = 0$ 。当刀尖装高于工件中心高时, 若不计进给运动的影响, 由于主运动方向 v_c 不是在工件中心高上的主运动方向, 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} 。这样由如图 1-10 所示可以看出, 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。

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

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

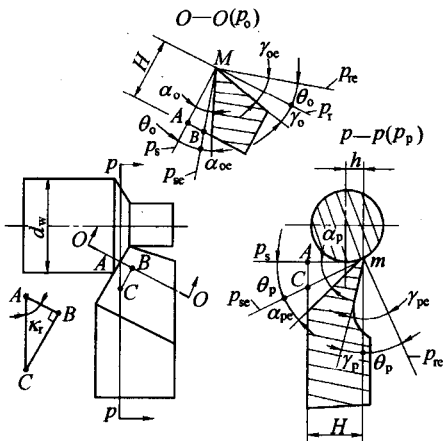


图 1-10 刀具安装高低对刀具工作角度的影响