

高职高专“十一五”规划教材

机械制造技术基础

JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

—— • 主编 © 杜兰萍 • ——



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍了金属切削理论,金属切削机床、机床夹具等基础知识,车削、铣削、钻削、镗削、磨削等各种加工方法及装备,机械加工和装配工艺规程,机械加工精度与表面质量,先进加工技术等。

本书为高职高专院校的机械类或机电类专业基础课教材,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/杜兰萍主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.9

ISBN 978-7-5650-0585-5

I. ①机… II. ①杜… III. ①机械制造工艺 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 181512 号

机 械 制 造 技 术 基 础

主 编 杜兰萍

责任编辑 汤礼广 马成勋

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2011 年 9 月第 1 版
印 次 2011 年 9 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 21
字 数 500 千字
印 刷 合肥学苑印务有限公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0585-5

定价: 40.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换



前 言

机械制造技术基础是机械类专业的一门重要的技术基础课。随着高职高专教育的发展和教学改革的深入,编写符合当前高职高专教学要求的适用教材,是促进高职高专教学改革、培养高等技术应用性人才的重要工作。我们根据企业生产第一线对高等技术应用性人才在机械制造技术方面的能力要求,在汲取近年高职高专教学中的成功经验和多年的教学实践及已毕业学生反馈意见的基础上,编写了本书。本书对该课程的体系和结构进行了一定的改革,系统地讲述了机械加工技术的基础知识,既努力避免教学过程中教材内容重复的现象,又考虑了知识结构体系,把金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计、机械制造工艺学等课程的内容有机地结合起来。另外,编者在编写时还力求简化理论,以讲清概念、培养技术应用能力为宗旨,紧密联系生产实际,注重应用能力培养。

全书除绪论外,共有13章。主要内容有:金属切削理论,金属切削机床、机床夹具等基础知识,车削、铣削、钻削、镗削、磨削等各种加工方法及装备,机械加工和装配工艺规程,机械加工精度与表面质量,先进加工技术等。每章后面还附有思考题与练习题。

全书教学时数约需120学时。不同学校、不同专业使用本书时,可按具体教学需要进行调整和取舍。本书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校机械类或机电类专业使用,也可供有关工程技术人员参考。

本书由杜兰萍任主编并统稿。编写工作具体分工如下:绪论及第十章由杜兰萍编写,第一章、第二章、第三章由高颂文编写,第四章、第六章、第



七章由李祯编写，第五章、第十一章、第十二章由徐亮编写，第八章、第九章、第十三章由屈光编写。

本书原为安徽省高等学校“十一五”省级规划教材（见安徽省教秘高[2007] 9号文件），现由参与原书编写的全体人员对原书进行了重新编写。

教材的编写是个不断探索和完善的过程，加上由于编者的水平和经验有限；因此，书中难免存在缺点和不妥之处，敬请广大师生和读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论.....	1	第二节 车刀	95
第一章 金属切削理论基础.....	4	第三节 车床夹具	99
第一节 切削运动和切削用量.....	4	第四节 车削加工.....	103
第二节 金属切削刀具.....	6	思考与练习.....	109
第三节 金属切削过程的基本规律 ...	19	第五章 铣削.....	110
第四节 切削过程基本规律的应用 ...	30	第一节 铣床.....	110
思考与练习	37	第二节 铣刀.....	120
第二章 金属切削机床基础	38	第三节 铣床夹具.....	125
第一节 机床的分类和型号编制	38	第四节 铣削加工.....	128
第二节 机床的传动	43	思考与练习.....	133
第三节 机床主要部件	51	第六章 钻削、镗削.....	135
第四节 机床的精度、安装、验收及维护	66	第一节 钻床和镗床.....	135
思考与练习	70	第二节 孔加工刀具.....	139
第三章 机床夹具基础	72	第三节 钻床夹具和镗床夹具.....	142
第一节 机床夹具概述	72	第四节 钻削加工.....	145
第二节 工件的定位原理	75	第五节 镗削加工.....	148
第三节 定位方式及其所用定位元件	78	思考与练习.....	151
第四节 夹紧机构简介	83	第七章 磨削.....	152
思考与练习	87	第一节 砂轮.....	152
第四章 车削	89	第二节 外圆表面的磨削.....	156
第一节 车床	89	第三节 内圆表面的磨削.....	162
		第四节 圆锥面的磨削.....	166
		第五节 平面的磨削.....	167



思考与练习	173	加工误差	263
第八章 其他加工方法	174	第四节 工艺系统热变形引起的加工误差	269
第一节 刨削、插削加工	174	第五节 工件残余应力引起的误差	273
第二节 拉削加工	176	第六节 提高和保证加工精度的途径	274
第三节 齿轮加工	179	第七节 机械加工表面质量	276
思考与练习	186	第八节 影响表面粗糙度的因素及控制	279
第九章 特种加工	187	第九节 影响表面层性能的因素及控制	282
第一节 特种加工概述	187	思考与练习	285
第二节 电火花加工	190	第十二章 装配工艺基础	287
第三节 电解加工	197	第一节 概述	287
第四节 超声波加工	198	第二节 装配尺寸链	290
第五节 激光加工	201	第三节 保证装配精度的方法	295
思考与练习	204	第四节 装配工艺规程的制订	304
第十章 机械加工工艺规程	205	第五节 装配工作法与典型部件的装配	310
第一节 概述	205	思考与练习	312
第二节 零件工艺性分析	214	第十三章 先进加工技术	313
第三节 毛坯的确定	217	第一节 数控加工技术	313
第四节 定位基准的选择	220	第二节 精密加工和超精密加工	317
第五节 工艺路线的拟定	223	第三节 快速原型技术	319
第六节 工序内容设计	232	第四节 柔性制造系统	322
第七节 典型零件机械加工工艺	242	思考与练习	326
第八节 成组技术与计算机辅助工艺规程设计	250	参考文献	327
思考与练习	255		
第十一章 机械加工精度与表面质量	257		
第一节 概述	257		
第二节 工艺系统的几何误差	258		
第三节 工艺系统受力变形引起的			

绪论

一、机械制造业在国民经济中的地位和作用

人们在生产和生活中使用着各种各样的机器、仪器和工具。这些机器、仪器和工具大部分是由一定形状和尺寸的零件所组成。生产这些零件并将它们装配成机器、仪器和工具的工业,称为机械制造业。机械制造业是制造业最重要的组成部分。

机械制造业是国民经济的支柱产业,是其他产业发展的基础,它担负着向国民经济各部门提供技术装备的任务。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。机械制造业的发展水平决定着其他产业的发展水平,进而影响一个国家的综合生产实力。机械制造技术是当代科学技术发展最为重要的领域之一,是产品更新、生产发展的重要手段。因此各发达国家都把先进制造技术列为国家的高新关键技术和优先发展项目。

机械制造业的技术水平和规模是衡量一个国家工业化程度和国民经济综合实力的重要标志之一。经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争。21 世纪是综合国力竞争的年代,我国要实现现代化,要全面进入小康社会,就必须大力发展机械制造业及机械制造技术。

二、我国机械制造技术的现状及发展趋势

我国机械制造业经过 50 多年的发展,在规模上已成为制造业大国,制造技术也已进入发展最迅速、实力增强最快的新阶段。目前,我国已能自行设计、制造高质量的数控机床;自行装备可靠性高、精度保持性好的柔性生产线;五轴连动数控技术更加成熟;高速数控机床、高精度精密数控机床已走向实用化;自主开发的基于 PC 的第六代数控系统已逐步成熟,数控机床整机的性能、精度、加工效率有了很大提高;在技术上克服了长期困扰的可靠性问题。但长期以来由于经济体制、产业政策及投入不足等许多因素,我国与工业发达国家相比,还存在明显的差距:机械制造业的制造精度、生产效率、经济效益等还有待提高;数控机床在我国制造领域的普及率不高;国产数控设备的市场占有率还较低。

随着科学技术的发展,人们对机械制造提出了越来越高的要求,在一定程度上促进了机械制造技术的发展,同时又为机械制造技术的发展提供了工具和手段,传统的机械制造技术与计算机技术、数控技术、微电子技术、传感器技术等相互结合,给机械制造领域带来了许多新观念、新技术。当前,机械制造技术的主要发展趋势有以下几个方面。

1. 高柔性化和自动化

所谓“柔性”就是既能快速适应产品更换,又能实现高效自动加工。随着市场竞争加剧,机电产品的更新周期越来越短,多品种的中小批生产已成为今后生产的主要类型。以解决



中小批生产中的高效、自动化为主要目标的柔性制造技术越来越受到重视。计算机数控加工(CNC)、计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)的应用越来越广泛,进而大力发展计算机集成制造系统(CIMS),使整个生产过程在计算机控制下,不仅实现柔性自动化,而且实现智能化、集成化,为提高生产效率、保证产品质量、改善劳动条件,实现快速响应提供了必要的保证。

2. 精密加工和超精密加工

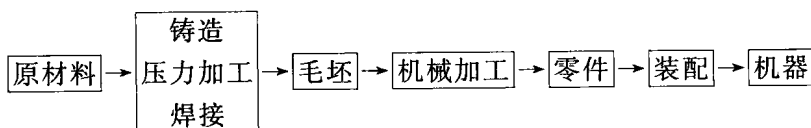
在现代高科技领域中,产品的精度要求越来越高,有的尖端产品其加工精度达到纳米级;有的产品尺寸极小,人们提出了微细加工和超微细加工的要求,促使加工向高精度发展。掌握超精加工技术,在未来的科技竞争中具有重要意义,也是一个国家制造水平的重要标志。要实现精密加工和超精密加工,必须有与之相适应的加工设备、工具、仪器、加工环境及检测技术。

3. 高速切削和强力切削

发展高速切削、强力切削,能提高切削加工效率,也是机械加工技术发展的一个重要趋势。高速切削和强力切削的关键是要具有与之相适应的机床和切削工具。目前有些机床主轴转速已高达每分钟几万转,新型涂层刀具、超硬刀具等高性能刀具不断涌现,且通过改善工艺条件、优化工艺参数等方法,使机械加工逐步实现高效化。

三、本课程的性质和内容

机械制造过程如下所示:



机械制造涵盖的内容很广,本课程主要是研究零件机械加工所涉及的问题。在机械加工中,零件的尺寸、几何形状和表面相对位置的形成,完全取决于工件和刀具在切削运动过程中相互位置关系和相对运动轨迹,而工件安装在夹具上,夹具又安装在机床上,这样就由刀具——工件——夹具——机床构成了一个完整的切削加工系统。零件的加工精度、表面质量等与这一切削系统密切相关。机械制造就是由许多各种各样类似的切削加工系统和装配过程所组成。

机械制造基础是对切削系统进行分析、研究的学科,是一门紧密结合生产实际的专业基础课,其实践性、综合性均较强。它将金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计、机械制造工艺等几门传统的专业课有机地融为一体,形成以机械制造技术应用能力培养为主线的课程体系。

本课程主要讲述机械加工系统、机械加工方法、机械加工过程。它包括金属切削过程及其基本规律,机床、刀具、夹具的基本知识,车削、铣削、钻削、镗削、磨削等各种加工方法及其工艺装备,机械加工和装配工艺规程的设计,机械加工精度及表面质量的基本概念及控制方法,先进加工技术等。

四、学习本课程的目的和要求

通过本课程的学习,要求学生能初步掌握金属切削过程的基本规律和机械加工的基本



知识,了解金属切削机床的工作原理、结构与组成,能合理选择机械加工方法与机床、刀具、夹具及切削参数,初步具备制定工艺规程的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本知识及其控制方法,了解现在先进制造技术的发展概况。

学习本课程应采取理论教学与实践教学相结合,通过实验、参观、实习、课程设计等环节使学生加深对课程内容的理解,牢固掌握机械制造的基础知识和基本技能,培养综合运用知识的能力,并将理论知识转化为技术应用能力,为将来的实际工作打下坚实的基础。

各类学校、不同专业在使用本教材时,可以根据需要进行取舍,有些章节最好和实践环节穿插进行。



第一章 金属切削理论基础

在机床上,用金属切削刀具切除工件上多余的(或预留的)金属,从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量都合乎预定要求,这样的加工称为金属切削加工。由刀具切除的多余金属变为切屑而排离工件。在切削加工过程中,刀具与工件之间必须有相对的切削运动,它由金属切削机床来完成。

机床、夹具、刀具和工件构成金属切削加工的工艺系统。切削过程的各种现象和规律,都要在这个工艺系统的运动状态中去考察研究。

第一节 切削运动和切削用量

一、切削运动

切削运动是指切削过程中刀具相对于工件的运动。各种切削加工中的切削运动按其作用可以分为主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是刀具与工件之间主要的相对运动,它是将切屑切下所必需的基本运动。它的速度最快,消耗功率最大。通常切削加工只有一个主运动。如图 1-1a、b 所示,车外圆时主运动是工件的旋转运动,刨削时主运动是刀具的往复运动。

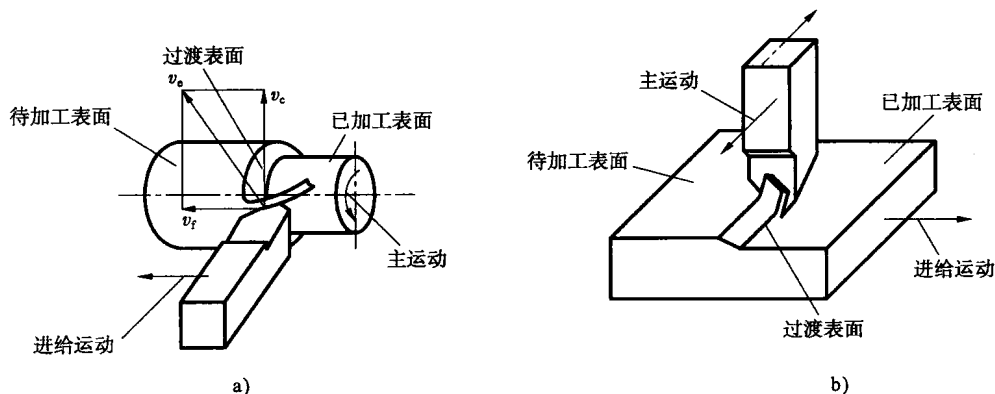


图 1-1 切削运动与工件表面

2. 进给运动

进给运动配合主运动依次地切除切屑,同时形成具有所需几何特性的已加工表面。进



给运动可以是连续的,如图 1-1a 车外圆时刀具的直线运动;也可以是步进的,如图 1-1b 刨削时工件的运动。进给运动可以只有一个(如车削、钻削),也可以有几个(如滚齿),也可能没有(如拉孔)。进给运动的速度很低,消耗的功率也较小。

3. 合成切削运动

合成切削运动是主运动和进给运动合成的运动,其速度和方向用 v_c 表示。如图 1-1a 所示。

4. 辅助运动

除主运动与进给运动以外,为切削加工创造条件的运动称为辅助运动。常见的辅助运动主要有:

- (1) 切入运动 用于实现使工件表面逐步达到所需尺寸的运动。
- (2) 分度运动 多工位工作台、刀架等的周期转位或移位,以实现依次加工工件上的各个表面,或依次使用不同刀具对工件进行顺序加工。
- (3) 空行程运动 刀架、工作台的快速接近与退出等,以减少辅助时间。
- (4) 操纵及控制运动 包括起动、停止、变速、换向以及部件与工件的夹紧松开等。

二、工件上的表面

切削加工过程中,工件上形成了 3 个不断变化着的表面,如图 1-1a、b 所示。

1. 已加工表面

工件上经刀具切削后产生的表面。

2. 待加工表面

工件上有待切除切削层的表面。

3. 过渡表面

切削刃正在切削的表面,它总是处在待加工表面与已加工表面之间。

三、切削用量

切削用量是切削加工过程中切削速度 v_c 、进给量 f 或进给速度 v_f 、背吃刀量 a_p 的总称。 v_c 、 f 、 a_p 又称为切削用量三要素。

1. 切削速度 v_c

切削速度是切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时速度。

当主运动为回转运动时,切削速度是回转体(刀或工件)上选定点的瞬时线速度,单位是 m/min ,其计算公式如下:

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

式中: d ——做主运动的回转体上某一点的回转直径, mm ;

n ——做主运动的回转体的转速, r/min 。

由式(1-1)可知,当转速 n 值一定时,选定点不同,其切削速度也不同。在计算时,一般取最大切削速度。如车外圆时计算待加工表面上的速度,钻削时计算钻头外径处的速度。

当主运动为直线运动时,切削速度是刀具相对于工件的直线运动速度。

2. 进给速度 v_f 、进给量 f 和每齿进给量 f_z

- (1) 进给量 f 是工件或刀具每回转一周(或每往复一次)两者沿进给方向的相对位



移,单位是 mm/r 或 mm/双行程。

(2) 进给速度 v_f 是单位时间的进给量,单位是 mm/s 或 mm/min。

(3) 每齿进给量 f_z 对于铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多刃刀具,在它们进行工作时,还应规定每一个刀齿的进给量 f_z ,即后一个刀齿相对于前一个刀齿的进给量,单位是 mm/Z。

三者之间的关系为:

$$v_f = n f = n f_z Z \quad (1-2)$$

式中: Z ——多刃刀具齿数。

3. 背吃刀量 a_p

如图 1-2 所示,背吃刀量 a_p 为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位是 mm。

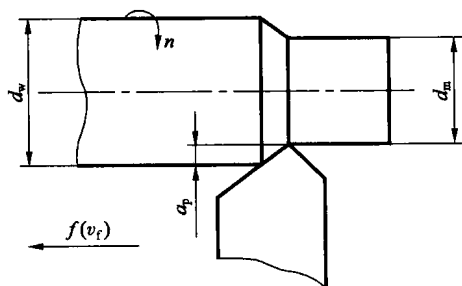


图 1-2 切削用量

外圆柱表面车削的背吃刀量可用下式计算:

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (1-3)$$

以钻孔形式的背吃刀量可用下式计算:

$$a_p = d_m / 2 \quad (1-4)$$

上两式中: d_m ——已加工表面直径, mm;

d_w ——待加工表面直径, mm。

第二节 金属切削刀具

刀具由切削部分和刀柄(刀体)两部分组成。切削部分又俗称刀头,它是刀具中起切削作用的部分;刀柄(刀体)是刀具的夹持部分。

一、刀具切削部分的构造

金属切削刀具的种类虽然很多,但它们的切削部分的几何形状与参数都有着共性,即不论刀具构造多么复杂,它们的切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基本形态。下面以图 1-3 所示的普通外圆车刀为例,说明刀具切削部分的几何形状。

普通外圆车刀的刀头一般由“三面两刃一尖”构成:

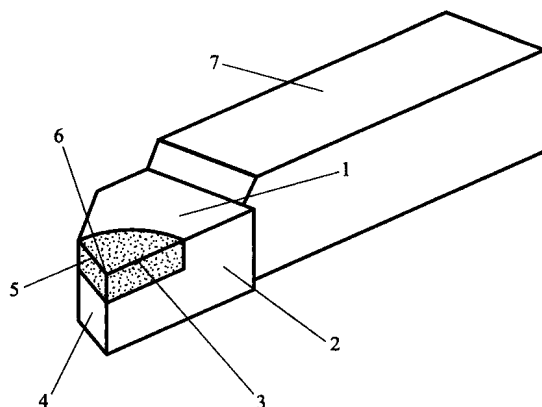


图 1-3 普通外圆车刀切削部分的组成

1—前面 2—主后面 3—主切削刃 4—副后面
5—副切削刃 6—刀尖 7—刀体

- (1) 前面(前刀面) A_f 刀具上切屑流过的表面。
- (2) 后面(后刀面) A_a 切削时与工件上过渡表面相对的刀具表面。
- (3) 副后面(副后刀面) A'_a 切削时与工件已加工表面相对的刀具表面。
- (4) 主切削刃 S 前刀面与后刀面的交线。切削时起主要切削作用。
- (5) 副切削刃 S' 前刀面与副后刀面的交线。切削时起辅助切削作用。
- (6) 刀尖 主切削刃与副切削刃的连接部分。可以是主、副切削刃的交点,也可以是把主、副两条切削刃连接起来的一小段圆弧或直线。

二、刀具切削部分的几何角度

1. 测量刀具角度的参考系

为了确定刀具上刀面及切削刃在空间的位置,首先应建立空间坐标参考系,它是一组用于定义和规定刀具角度的参考平面。用刀具上刀面和切削刃相对各参考平面的夹角来表示它们在空间的位置,这些夹角就是刀具切削部分的几何角度。

用于确定刀具角度的参考系有两大类。一类称刀具静止参考系,是用于定义刀具在设计、制造、刃磨和测量时刀具几何参数的参考系,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。在刀具静止参考系中定义的角度称为刀具角度,又称标注角度或刃磨角度。另一类称刀具工作参考系,即规定刀具进行切削加工时几何参数的参考系,这个参考系中定义和测量的角度称为工作角度。

2. 刀具静止参考系

刀具静止参考系主要由以下参考平面组成,如图 1-4 所示。

(1) 基面 P_r 通过切削刃选定点,垂直于假定的主运动方向的平面。通常,基面应平行或垂直于刀具上便于制造、刃磨及测量的某一个平面或轴线。例如,对车刀、刨刀而言,就是过切削刃选定点并和刀柄安装面平行的平面。对钻头、铣刀等旋转刀具来说,则是过切削刃选定点并通过刀具轴线的平面。

(2) 切削平面 $P_s(P'_s)$ 通过切削刃选定点,与切削刃相切,并垂直于基面的平面。当切削刃为直线刃时,过切削刃选定点的切削平面,即是包含切削刃并垂直于基面的平面。对



应于主切削刃和副切削刃选定点的切削平面分别称为主切削平面 P_s 和副切削平面 P_s' 。

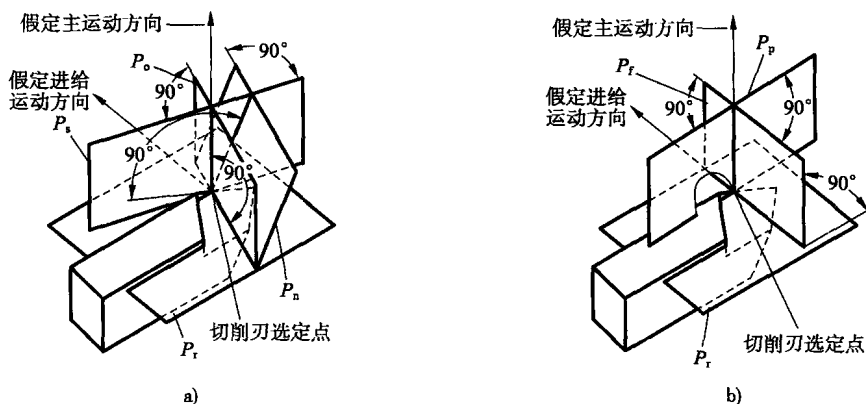


图 1-4 刀具静止参考系的平面

a) 正交平面与法平面参考系 b) 假定进给平面参考系

(3) 正交平面 P_o (P_o') 通过切削刃选定点,同时垂直于基面和切削平面的平面。 P_o 为过主切削刃上选定点的正交平面, P_o' 为过副切削刃上选定点的正交平面。

上述 3 个参考平面互相垂直,由它们组成的刀具标注参考系称为正交平面参考系。

(4) 法平面 P_n 通过切削刃选定点,垂直于主切削刃的平面。

由基面、切削平面、法平面组成法平面参考系。

(5) 假定进给平面 P_f 通过切削刃选定点,平行于假定的进给运动方向,并垂直于基面的平面。

(6) 背平面 P_p 通过切削刃选定点,并垂直于基面和假定进给平面的平面。

由基面、假定进给平面、假定切深平面组成假定工作平面参考系。

如图 1-4 所示的是刀具静止参考系中各基准平面与刀具前面、后面及切削刃相互位置关系的立体图,而在设计刀具和绘制刀具图样时,是采用平面视图表示的。

如图 1-5 所示以车刀为例表示各基准平面及刀具角度的相互位置关系。

3. 刀具角度

在正交平面参考系中的刀具角度有:

(1) 在正交平面 P_o 中测量的角度(如图 1-5 所示的 $O-O$ 剖视图)

① 前角 γ_o : 前面 A_f 与基面 P_r 之间的夹角。

② 后角 α_o : 后面 A_n 与切削平面 P_s 间的夹角。

前角和后角的正负号规定如图 1-5 所示。

③ 楔角 β_o : 前面 A_f 与后面 A_n 间的夹角。它是由前角和后角计算得到的派生角:

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

(2) 在基面 P_r 中测量的角度(如图 1-5 所示的 R 向视图)

① 主偏角 κ_r : 主切削平面 P_s 与假定进给平面 P_f 间的夹角。

② 副偏角 κ_r' : 副切削平面 P_s' 与假定进给平面 P_f 间的夹角。

③ 刀尖角 ϵ_r : 主切削平面 P_s 与副切削平面 P_s' 间的夹角。它是由主偏角和副偏角计算得到的派生角:



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

(3) 在切削平面 P_s 中测量的角度(如图 1-5 所示的 R 向视图)

刃倾角 λ_s : 主切削刃与基面间的夹角。刃倾角总是锐角。刃倾角正负规定如图 1-5 所示的 S 向视图。

同理, 可以给出副前角 γ'_o 、副后角 α'_o 、副刃倾角 λ'_s 的定义。

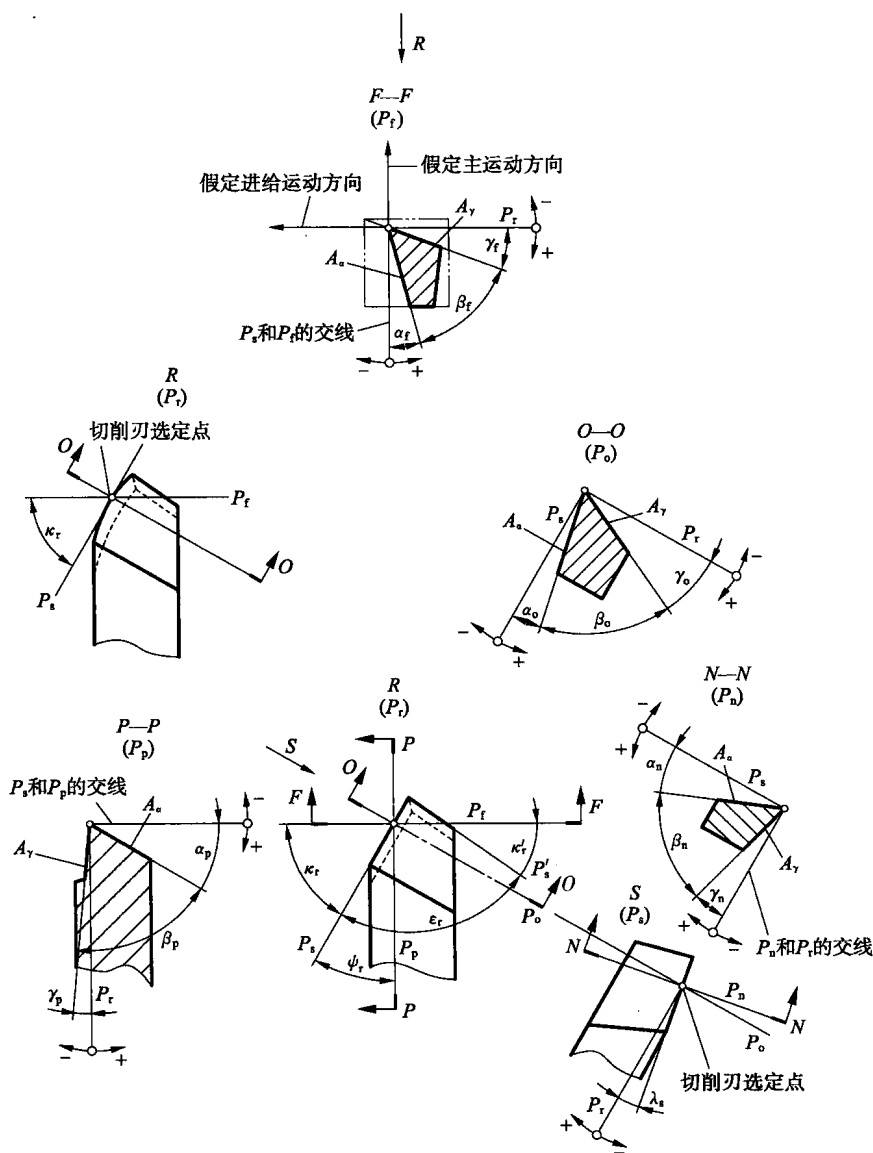


图 1-5 刀具静止参考系及刀具角度

(4) 法平面 P_n 参考系中测量的角度(如图 1-5 所示的 $N-N$ 剖视图)

在法平面中测量的角度有法前角 γ_n 、法后角 α_n 和法楔角 β_n 。当 $\lambda_s = 0^\circ$ 时, 法平面与正交平面重合。当 $\lambda_s \neq 0^\circ$ 时, 法平面与正交平面间的夹角为 λ_s 。

(5) 在假定进给平面 P_f 参考系中测量的角度(如图 1-5 所示的 $F-F$ 剖视图和 $P-P$



剖视图)

在假定进给平面 P_f 中测量的前角和后角分别称侧前角 γ_f 和侧后角 α_f , 在背平面 P_p 中测量的前角和后角分别称为背前角 γ_p 和背后角 α_p 。

刀具的参考系、参考平面和标注角度虽然很多,但有一定的规律性。一个基面、一个切削平面,配上不同的平面就得到不同的参考系;一条主切削刃和前、后两个刀面,完全定位只需 4 个基本角度;不同的参考系内的基本角度值不同,但不外乎是前角、后角、主偏角、刃倾角这 4 种基本角度。

4. 刀具工作角度

在实际切削加工中,由于刀具安装位置和进给运动的影响,上述标注角度会产生一定的变化。只有采用刀具工作角度参考系,才能反映切削加工的实际情况。

(1) 刀具工作角度参考系

建立刀具工作角度参考系时,参考平面的位置应按合成切削运动方向 v_c 来确定,与标注角度参考系的区别是用 v_c 取代 v_c 。其定义见表 1-1。

表 1-1 刀具工作角度的参考系(通过切削刃选定点)

参考系	参考平面	符号	定 义
工作正交平面参考系	工作基面	P_{rc}	与合成速度 v_c 方向垂直的平面
	工作切削平面	P_{sc}	与切削刃相切、并垂直于工作基面 P_{rc} 的平面
	工作正交平面	P_{oc}	同时与工作基面 P_{rc} 和工作切削平面 P_{sc} 相垂直的平面
工作法平面参考系	工作基面	P_{rc}	(同上)
	工作切削平面	P_{sc}	(同上)
	工作法平面	P_{nc}	工作参考系中的法平面 P_{nc} 和静止参考系中的法平面 P_n 的定义是相同的,即 $P_{nc} \equiv P_n$
工作进给平面参考系	工作基面	P_{rc}	(同上)
	工作进给平面	P_{fc}	由主运动速度 v_c 和进给运动速度方向 v_f 所组成的平面
	工作背平面	P_{pc}	同时垂直于工作基面 P_{rc} 和工作进给平面 P_{fc} 的平面

(2) 刀具工作角度

在刀具工作角度参考系中定义的角度称为刀具工作角度。其定义与标注角度类似,只需把标注角度参考系中的参考平面换为工作角度参考系中的参考平面即可。工作角度的符号分别是 γ_{oc} 、 α_{oc} 、 γ_{fc} 、 α_{fc} 、 γ_{pc} 、 α_{pc} 等。

(3) 进给运动对刀具工作角度的影响

通常的进给运动速度远小于主运动速度,因此,在一般的安装条件下,刀具的工作角度近似地等于刀具角度,在大多数场合下(如普通车削、镗孔、端铣、周铣)不必进行工作角度的计算。只有在角度变化较大(如车螺纹或丝杠、铲背时,或刀具安装特殊等)时,才需要计算工作角度。

① 横向车削:以如图 1-6a 所示的切断车刀为例,在不考虑进给运动时,车刀主切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为一圆周,切削平面 P_s 为通过切削刃上该点并切于圆周的



平面,基面 P_r 为平行于刀柄底面同时垂直于切削平面 P_s 的平面, γ_o 、 α_o 为刀具角度。当考虑横向进给运动之后,切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为平面阿基米德螺旋线,切削平面变为通过切削刃切于螺旋面的平面 P_{sc} ,基面 P_r 也相应倾斜为工作基面 P_{re} ,角度变化值为 η_o ,此时工作参考系 $[P_{re}, P_{sc}, P_{oe}]$ 内的工作角度 γ_{oe} 和 α_{oe} 为:

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

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

η 角为合成切削速度角,它是主运动方向与合成切削速度方向之间的夹角。

$$\tan \eta = v_f / v_c = f / \pi d \quad (1-7)$$

式中: f ——刀具的横向进给量, mm/r;

d ——切削刃上选定点处的工件直径, mm。

由式(1-5)、式(1-6)、式(1-7)可以看出,由于 d 的大小随着车刀进给不断变化,所以 η 值也是随着切削刃趋进工件中心而增大的;切削刃距离工件中心越近, η 值越大, α_{oe} 值越小,甚至为负值。

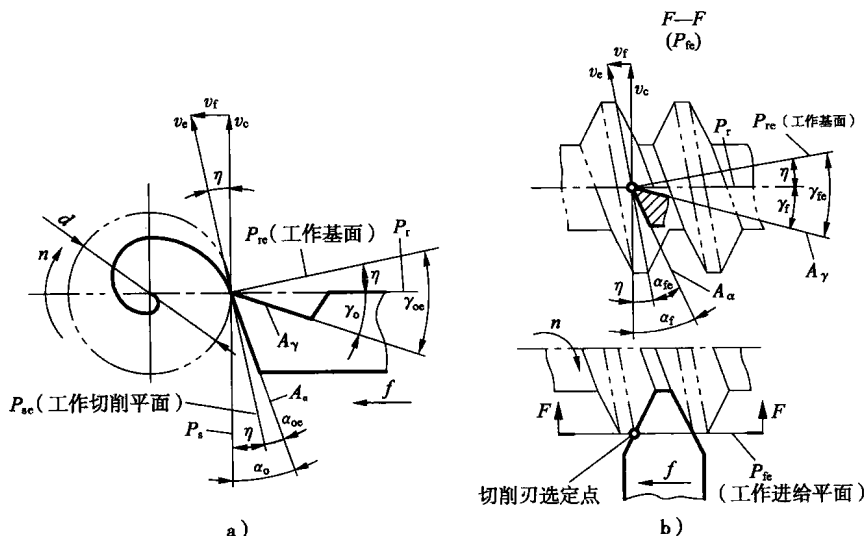


图 1-6 进给运动对刀具角度的影响

a) 横车 b) 纵车

② 纵向车削:车削外圆时,由于进给量不大, η 值很小,工作角度和刀具角度的差别不大。但车螺纹时,特别是车削多线螺纹,其工作角度和刀具角度会有很大差别。

如图 1-6b 所示为纵向车削梯形螺纹时,工作进给平面内的工作角度和刀具静止参考系中的刀具角度之间的关系。图中,合成运动方向 v_{sc} 与主运动方向 v_c 之间的夹角为 η 。螺纹车刀左侧切削刃上选定点在工作进给平面 P_{ie} 内的工作侧前角 γ_{ie} 和工作侧后角 α_{ie} 的变化情况如下:

$$\gamma_{ie} = \gamma_i + \eta \quad (1-8)$$

$$\alpha_{ie} = \alpha_i - \eta \quad (1-9)$$

$$\tan \eta = v_f / v_c = f / \pi d \quad (1-10)$$