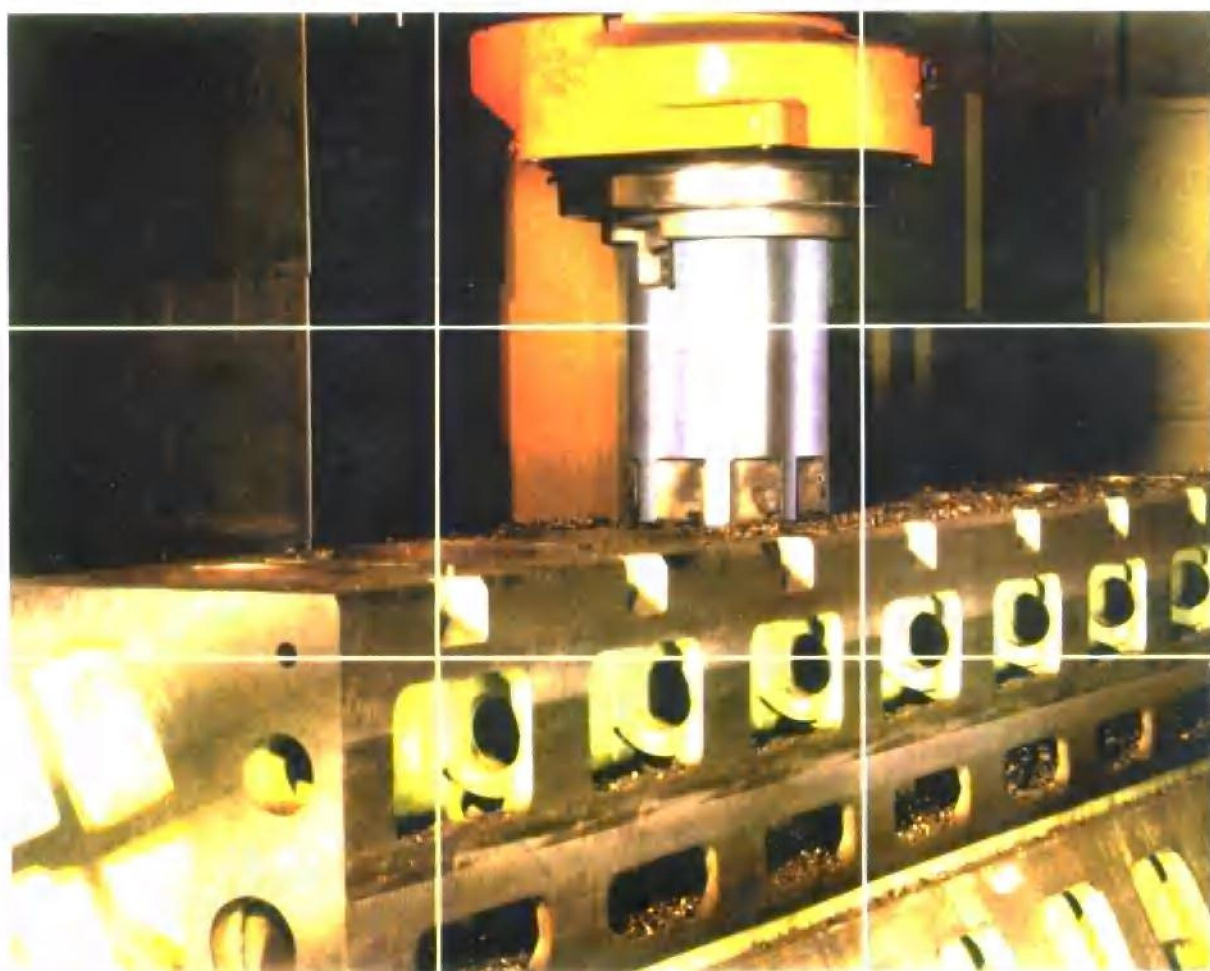


高等学校教材

机械制造工程学

庞怀玉 主编



机械工业出版社

高等学校教材

机械制造工程学

主 编 庞怀玉
副主编 杨铁男 高国生 贾育秦
参 编 张怀朴 郑惠萍



机械工业出版社

内 容 简 介

本书包括金属切削原理、金属切削机床、机械制造工艺及夹具设计原理方面的基本知识和基本理论。全书共分十二章，第一章、第二章是金属切削加工基本概念、金属切削原理及应用，第三至第六章是车床、磨床、齿轮加工机床和其他机床，第七章是机械加工工艺规程的制订，第八章是机床夹具设计原理，第九至第十一章是典型零件加工、机械加工质量和装配工艺，第十二章是机械制造系统新发展。全书内容精炼，重点突出，深入浅出，便于教学。

本书可供高等学校机械设计及制造、模具设计及制造、机械电子工程和机械工程及自动化专业作为前期的专业课教材；也可作为工业管理工程和工业工程专业的技术基础课教材；并可供从事机械制造工程的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工程学/庞怀玉主编. —北京: 机械工业出版社, 1998. 5

高等学校教材

ISBN 7-111-06075-X

I. 机… II. 庞… III. 金属加工-高等学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01344 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 盛君豪 刘文伯 版式设计: 冉晓华 责任校对: 孙志筠

封面设计: 方 芬 责任印制: 王国光

三河市宏达印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1998 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ · 21.25 印张 · 524 千字

0 001—5000 册

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

《机械制造工程学》是机类专业（如机械设计及制造、模具设计及制造或机械工程及自动化）和机电结合专业（如机械电子工程）的专业课教材。也可作为管理类专业（如工业管理工程、工业工程）的技术基础课教材。本书是参照目前专业教学基本要求和专业培养目标，结合社会主义市场经济对高等工科院校人才专业知识的要求，在总结近几年的教学实践基础上编写而成的。

在企业的生产第一线，从事机电产品设计、工艺、计划、质量、销售、服务、维修等技术和管理工作的人员，强调要有宽的知识面和跨学科综合解决工程问题的能力。为拓宽机类、机电结合类和管理类人才的知识面，提高本科生面向社会生产实践的适应性，需将原专业的课程内容和教材内容进行有机的重新组合与改造，编写出适合各类有关专业改革需要的通用教材。目前各类专业知识在横向互相渗透，不同程度的开设数控技术、微电子技术和计算机技术等课程，同时也开设《机械制造工程学》这门课程。由于学时的限制，不可能将《机械制造工程学》课程所包括的金属切削原理、金属切削机床、机械制造工艺和机床夹具设计原理四门课程分别开出，且因目前这些课程教材的内容偏多偏深，尚无合适的教材。多数院校在教学中都借用机制专业的上述四本教材，这样给教师和学生都带来了极大的不便。

为了解决目前教学上的困难，我们从机械制造系统出发，将机械制造工艺系统的切削刀具、切削机床、机床夹具和零件加工等诸因素作为一个整体，分析研究各个环节中的物理本质与规律，并对内容进行了精选和重新组合，编写成本教材。

本教材内容包括：金属切削加工的基本概念，金属切削原理及应用；金属切削机床的用途、工作原理、性能、传动及典型结构；机械制造工艺的基本理论知识，制订工艺规程的原则、步骤和方法，典型零件加工和装配工艺以及机械加工质量分析；机床夹具设计原理；机械制造系统的新发展；附录中摘录了金属切削机床的分类和型号编制，机构运动简图符号以及滚动轴承图示符号，供学习时参考。

本教材各章教学内容重点突出，注意了机械制造工艺系统内在规律的研究，一方面对基础理论内容作了适当的阐述，另一方面充实了生产实践的内容，以加强解决生产实际问题的能力。书中对涉及到的难点做了适当的分析研究，叙述方式由浅入深，通俗易懂。本书内容丰富，适应性强，各专业根据不同行业的需要，可做适当取舍。

本书由庞怀玉编写绪论、第一章、第四章、第六章和附录，张怀朴编写第二章，杨铁男编写第三章和第五章，高国生编写第七章和第九章，郑惠萍编写第八章，贾育秦编写第十章、第十一章和第十二章，庞怀玉任主编。

本书的编写得到了有关院校的大力支持和帮助，谨此，表示衷心的感谢。

本教材是教学改革的一次尝试。由于编者水平所限，书中难免有缺点和错误，恳请教育界同行和读者批评指正。

编者

1997年6月

目 录

前言		
绪论	1	
第一章 金属切削加工基本概念	5	
第一节 切削运动与切削用量	5	
第二节 刀具切削部分基本定义	7	
第三节 切削层参数与切削方式	13	
第四节 刀具材料及合理选择	15	
第二章 金属切削基本原理及应用	23	
第一节 切削变形	23	
第二节 切削力	36	
第三节 切削热与切削温度	47	
第四节 刀具的磨损与破损	53	
第五节 工件材料的切削加工性	62	
第六节 切削液	66	
第七节 刀具几何参数合理选择	71	
第三章 车 床	80	
第一节 概述	80	
第二节 CA6140 型车床的工艺范围和组成部件	80	
第三节 CA6140 型车床的传动系统	82	
第四节 CA6140 型车床的主要结构	92	
第五节 CM1107 型精密单轴纵切自动车床简介	105	
第六节 数控车床和车削中心简介	115	
第四章 磨 床	122	
第一节 磨床的用途、类型和磨削特点	122	
第二节 M1432A 型万能外圆磨床	123	
第三节 其他类型磨床简介	133	
第五章 齿轮加工机床	140	
第一节 概述	140	
第二节 滚齿机的运动分析	140	
第三节 Y3150E 型滚齿机	143	
第四节 其他齿轮加工机床	150	
第六章 其他机床	157	
第一节 钻床	157	
第二节 铣床	159	
第三节 镗床	161	
第四节 直线运动机床	163	
第七章 机械加工工艺流程的制订	166	
第一节 基本概念及术语	166	
第二节 机械加工工艺流程	168	
第三节 工件的安装与获得尺寸的方法	171	
第四节 制订工艺流程要解决的主要问题	172	
第五节 工艺尺寸链	185	
第六节 生产率与技术经济分析	193	
第八章 机床夹具设计原理	199	
第一节 概述	199	
第二节 工件在夹具中的定位	201	
第三节 定位误差分析计算	213	
第四节 工件在夹具中的夹紧	218	
第五节 常见的夹紧机构	220	
第六节 夹具的其他装置	226	
第七节 专用夹具设计方法	233	
第九章 典型零件加工	241	
第一节 轴类零件加工	241	
第二节 箱体类零件加工	253	
第十章 机械加工质量	259	
第一节 机械加工精度	259	
第二节 机械加工的表面质量	280	
第十一章 装配工艺	290	
第一节 装配尺寸链	291	
第二节 保证装配精度的工艺方法	299	
第三节 装配工艺规程的制订	309	
第十二章 机械制造系统新发展	312	
第一节 先进制造技术	312	
第二节 计算机辅助工艺规程设计 CAPP	313	
第三节 快速自动成型技术	314	
第四节 柔性制造系统	316	
第五节 计算机集成制造系统	319	
附录	321	
一 金属切削机床的分类和型号编制	321	
二 机构运动简图符号	329	
三 滚动轴承图示符号	334	
参考文献	335	

绪 论

一、机械制造业在国民经济中的重要作用

在我国的工业、农业、交通运输业等生产部门，在科研和国防等领域，使用着大量机械、仪器和工具。生产这些机械、仪器和工具的工业，称为机械制造业（也称机器制造业）。机械制造业的任务，就是为国民经济各部门、科研和国防等领域提供现代化的技术装备。如果没有现代化机械制造业，我国的国民经济就不可能独立而迅速地发展。

机械制造业是重要的基础工业，是国民经济发展的主要支柱工业和先导部门。根据对各工业国家统计，制造业（包含机械制造）创造其国民经济总收入的30%~40%，没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备，信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术的发展就会受到制约。所以，一个国家机械制造业发展的水平，在很大程度上标志着这个国家工业生产能力和科学技术发展水平。显然，机械制造业在国民经济现代化建设中起着重要的作用。

二、机械制造业发展概况

随着现代科学技术的发展，特别是微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展，机械制造业已发生了并且还在继续发生着极为深刻的变化，使机械制造业焕发出新的活力。以提高机械加工生产效率为例，1960~1975年的15年间，随着数控技术的推广和应用，使非切削时间显著地缩短；其后，1975~1980年的5年间，由于计算机辅助设计和计算机辅助制造（CAD/CAM）为代表的计算机辅助自动化生产系统达到了实用阶段，从而使加工准备时间和非切削时间得以进一步的缩短；80年代以后，要进一步提高生产效率，将主要依靠缩短切削时间，即采用高速切削。在传统的机械制造业中，一个零件的加工周期，用于切削加工的时间仅为5%左右，而且机床本身的利用率也很低。随着数控技术的推广，数控（NC）机床的出现，使机械制造业有了突破性的发展，不仅提高了机械加工的生产率，也保证了产品质量、降低了生产成本。

近几年来，数控机床以其加工精度高、生产率高、柔性好、适应中小批生产而日益受到重视。由于数控机床是靠数控程序完成加工循环，无须人工操作，调整方便，适应灵活多变的产品，使得中、小批生产自动化成为可能。1989年全世界数控机床（含锻压机床）的年产量超过10万台。数控机床和自动换刀的各种加工中心机床已成为当今机床的发展趋势。世界发达国家著名企业中，数控机床在加工设备中所占比例明显提高。如美国通用电器公司数控机床占70%，从1982年起，日本的机床工业的产值连年独占鳌头，数控机床产量连续多年处于世界的首位。日本数控机床以年均2.88%的增长率增长，到1990年，日本机床产值数控化率超过80%，且主要生产高档数控机床。在机床数控化过程中，机械部件的成本在机床系统中所占的比重不断下降，而电子硬件与软件成本比重不断上升。以美国为例，在70年代机械部分成本占80%，电子硬件成本占20%；到90年代，机械部分成本下降为30%，而电子硬件与软件成本却上升为70%。随着计算机技术的迅速发展，数控技术已由硬件数控进入了软件数控的时代，实现了模块化、通用化和标准化。用户只要根据不同需要，选择不同模块，编

制自己所需程序,就可很方便地达到目的。数控技术使机床结构发生了重大变化。主传动系统采用直流或交流调速电动机,主轴实现无级调速,简化了传动链。采用交流变频技术,调速范围可达 $1:100000$ 以上,主轴转速可达 $75000\text{r}/\text{min}$ 。机床进给系统用直流或交流伺服电动机驱动,由滚珠丝杠螺母副传动实现进给,简化了进给传动机构。为提高效率,快进速度目前最高达 $60\text{m}/\text{min}$,切削进给速度达到 $6\sim 10\text{m}/\text{min}$ 。目前数控机床达到了很高的加工精度,如日本研制的超精数控车床,其分辨率达 $0.01\mu\text{m}$,圆度误差达 $0.03\mu\text{m}$ 。现在加工中心机床工作台定位精度可达 $1.5\mu\text{m}/\text{全行程}$,数控转台控制精度达万分之一度。数控机床的可靠性也在不断提高,数控装置平均无故障工作时间已达 10000h 。

随着加工设备的不断完善,机械加工工艺也在不断地变革,从而导致机械制造精度不断提高。加工第一台蒸汽机所用的汽缸镗床,其加工精度可达 1mm ,而到20世纪初由于发明了能测量 0.001mm 的千分尺和光学比较仪,加工精度便向 μm 级过渡,成为机械加工精度发展的转折点。当时把机械工业中达到 μm 级精度的加工称为精密加工。本世纪50年代末以来,宇航、计算机、激光技术以及自动控制系统等尖端科学技术的发展,就是综合利用先进技术和工艺方法的结果。由于生产集成电路的需要,出现了各种微细加工工艺,即微小尺寸零件的加工技术,它利用了切削的和非切削的加工方法。在最近一二十年的时间里,使机械加工精度提高了 $1\sim 2$ 个数量级,即由50年代末的 μm 级,提高到目前的 10nm 级(1nm 为 10^{-9}m),从而进入了超精密加工时代。现在测量超大规模集成电路所用的电子探针,其测量精度已达 2.5\AA ($1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$)。预计到2000年将实现原子级的加工和测量。故要求发展超精密和超微细的加工方法。

近年来新材料不断出现,材料的品种猛增,其强度、硬度、耐热性等不断提高。新材料的迅猛发展对机械加工提出新的挑战。一方面迫使普通机械加工方法要改变刀具材料、改进所用设备;另一方面对于高强度材料、特硬、特脆、特殊性能材料的加工,要求应用更多的物理、化学、材料科学的现代知识来开发新的制造技术。这是促使很多特种加工方法出现的主要原因。近几十年来发展了一系列特种加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等。这些加工方法,突破了传统的金属切削方法,使机械制造业出现了新的面貌。在一般材料的加工方法中,机械加工仍然占着重要地位。传统的机械加工方法,也随着采用新技术、新工艺、新设备和新的测量技术,其加工精度不断提高。提高机械加工精度的主要措施有:①开发新的机械加工方法,例如目前创造出单刃金刚石刀具精密、超精密车削及铣削新工艺;②新型刀具材料的研制和应用,例如应用涂层硬质合金、聚晶立方氮化硼和人造金刚石材料等;③研究超精密加工机床,例如采用空气轴承,具备低速进给机构和微量进刀机构,具有优越的抗热和抗振特性等。另外,还在加工过程中对加工精度进行的监控技术,例如应用光学计量方式已有可能进入实用阶段。

我国的机械制造业已具有一定的实力。机床工业高速发展,机床产品除满足国内建设需要外,还有部分产品远销国外。我国能生产小型仪表机床、重型机床,各种精密的、高度自动化的、高效率的机床。机床性能逐渐提高,有些机床性能已接近世界先进水平。机床产量不断上升,我国金属切削机床1990年拥有量已超过300万台,加上待安装的已接近500万台,1992年金属切削机床产量22.8万台,拥有量和年产量均在世界前列。我国目前已能生产100多种数控机床,并研制出六轴五联动的数控系统,可应用于更加复杂型面的加工。国产数控机床的分辨率已经提高到 0.001mm 。我国生产的几种数控机床已成功地用于日本富士通公

司的无人工厂。对齿轮加工、导轨加工和箱体加工三大关键工艺,进行工艺攻关,取得了显著成效。例如沈阳第一机床厂使齿轮精度由JB179-83的7-6-6级提高到5-4-4级;济南第一机床厂对齿轮采取磨齿工艺等新技术,使齿轮噪声降至76~80dB;北京第一机床厂采用周边磨削以后,导轨的直线度误差减少到0.005mm:1000mm以内;南京机床厂总结出一套磨削导轨无波纹的工艺方法;箱体加工采用坐标镗床、数控镗铣床或加工中心机床进行加工,宁江机床厂把坐标镗床用在生产第一线,济南第一机床厂箱体加工数控化。成组技术、计算机辅助编制工艺规程和计算机辅助管理等应用方面,也有了成效。例如济南第二机床厂从1982年组建成组加工车间以来,连年超额完成生产任务,生产周期缩短,废品率下降,劳动生产率提高30%,在整个机床行业技术改造方面也取得了明显的成果。

我国机械制造业已经取得了巨大的成就,但是与世界先进水平相比,还有很大差距。大部分高精度机床的性能不能满足要求,精度保持性差,特别是数控机床的产量、技术水平和质量保证等方面都明显落后。我国数控机床产量不足全部机床产量的1.5%。1990年国产机床产值数控化率仅为8.7%,而日本为80%,德国为54.2%。我国生产的数控机床,规格不全、品种少。在技术方面,国外已做到15~19轴联动,分辨率达0.1~0.01 μm ,而我国只能做到5~6轴联动,分辨率为1 μm ,质量和可靠性也不稳定。我国机械工业劳动生产率只有美、日、德国的1/25~1/15,这主要是管理落后,专业化生产水平低,工艺落后也是主要因素。根据100个工厂产品调研的结果表明,因为工艺因素造成的质量问题占60%以上。由于工艺水平落后,使产品研制出来后,不能迅速转变成商品;或从国外引进机电产品技术,也不能形成批量生产。为此,机械工业部提出了“以加强工艺管理、严格工艺纪律为突破口,提高工艺水平,推行全面质量管理,打一场提高产品质量的硬仗”作为工艺工作的指导方针。这是振兴我国机械工业的重大战略措施之一。

发展机械制造业,必须提高工艺技术水平、装备水平、检测水平、操作水平和工艺管理水平。而提高工艺水平的核心是装备(包括检测装备)水平的提高,工艺技术最终体现在装备上;操作水平也随着装备水平的高低而变化,装备水平愈高对工人操作水平依赖程度就愈低。工业发达国家积极采用数控机床,以解决熟练工人的缺乏;先进的技术装备可以促进管理水平的提高。我国目前对数控机床的要求日益增加,我们要尽快开发自己的数控机床产品,增加数控机床的产量,提高技术性能,满足国内市场需要,从而较快地缩短我国与先进国家的差距。我国机械制造业面临着光荣而艰巨的任务,我们必须奋发图强,努力工作,不断增强技术力量,提高人员素质,学习和引进国外先进科学技术,争取早日赶上世界先进水平。

三、本课程的性质和要求

机械制造工程学就是为了揭示机械制造过程的物理本质与规律。概括地讲,机械制造工程学是研究如何科学地最优地生产各种技术装备(机械装备)的一门技术科学,是研究在机械制造中优质、高产、低消耗地生产机械装备的原理和方法的学科。所谓优质、高产、低消耗,就是从制造质量、生产率、经济性三个方面来综合地评价生产,用机械制造工程学的科学理论去指导机械制造的生产实践,以解决生产实践所提出的问题。

通过本课程的学习,应达到如下要求:

(1) 了解金属切削过程的一般现象和基本规律,并能按具体加工条件选择合理的刀具材料和刀具切削部分几何参数。

(2) 了解金属切削机床的工作原理、性能、传动及结构，并初步掌握认识机床和分析机床的方法，以及根据工艺要求选择机床的能力。

(3) 掌握机械制造工艺的基本理论知识，能对具体的工艺问题进行分析，并能提出改进产品质量、提高生产效率、降低成本的工艺途径。

(4) 通过生产实习、课程设计、实验等实践性教学环节的配合，熟悉制订工艺规程的原则、步骤和方法，并具备制订机械加工工艺规程的能力。

(5) 具备设计机床夹具的能力。

(6) 对于计算机辅助制造等新技术也有一定的了解。

第一章 金属切削加工基本概念

第一节 切削运动与切削用量

金属切削刀具从工件毛坯上切除多余金属,从而获得在形状上、尺寸精度上和表面质量上都符合预定要求的加工,称为金属切削加工。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,这种运动可以通过人手或金属切削机床来实现。在切削加工过程中将产生各种物理现象,研究这些现象及其变化规律正是金属切削加工原理所研究的基本内容。因为车削加工在切削加工中最有代表性,而车刀在刀具中也最富有典型性,其他刀具可以看成是车刀的演变和派生形式。因此,切削加工基本概念将以车削为例进行分析研究。

一、切削运动

(一) 主运动

在切削加工时,直接切除工件上多余金属层,使之转变为切屑,以形成工件新表面的运动,称为主运动。通常主运动的速度较高,消耗的切削功率也较大。主运动可以由工件完成,也可以由刀具完成;可以是旋转运动,也可以是直线运动。例如,车削时工件的旋转运动是主运动(图 1-1a);牛头刨床刨削时,刀具的直线运动是主运动。一种切削加工方法只有一个主运动。

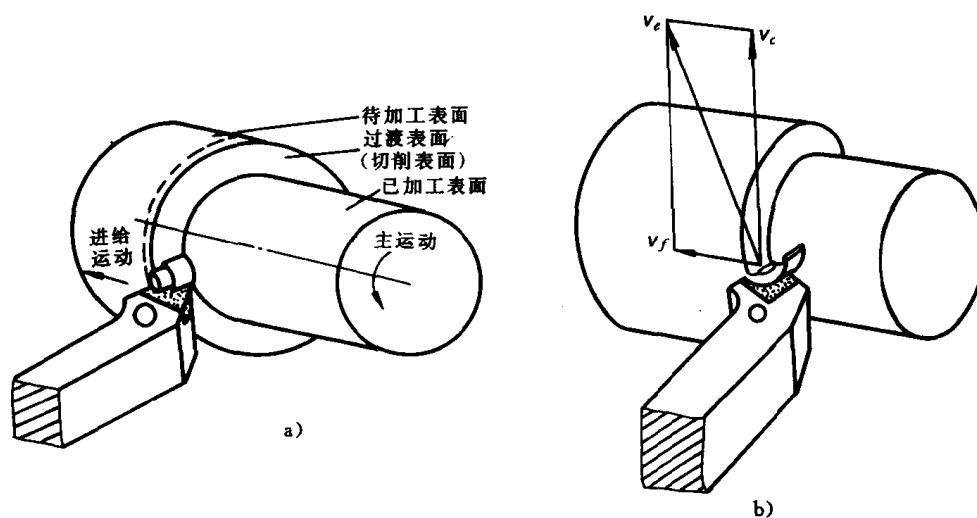


图 1-1 外圆车削运动、加工表面及合成速度

(二) 进给运动

不断地将多余金属层投入切削,以保证切削连续进行的运动,称为进给运动。这种运动的速度较低,消耗的功率也很小。进给运动可以由工件完成,也可以由刀具完成。例如,车削时车刀的纵向移动和横向移动都是进给运动(图 1-1a);而铣削时工件的移动则是进给运动。一种切削加工方法进给运动不限于一个,有的一个(如车削),有的两个或两个以上。还有的切削加工

只有主运动而没有进给运动(如拉削)。

在切削过程中,工件表面的被切金属层不断地被切削而转变为切屑,从而加工出所需要的工件新表面。在新表面形成的过程中,工件上有三个不断变化着的表面(图 1-1a):

- (1) 待加工表面 加工时即将被切除金属层的表面。
- (2) 过渡表面(或称切削表面) 加工时由切削刃在工件上正在形成的那个表面。
- (3) 已加工表面 已被切除多余金属而形成符合要求的工件新表面。

(三) 合成切削运动

由同时进行的主运动和进给运动合成的运动,称为合成切削运动。切削刃上任一点相对工件的合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度,用 v_c 表示(图 1-1b)。 v_c 为同一选定点的主运动速度 v_c 与进给运动速度 v_f 的矢量和,

即

$$v_c = v_c + v_f$$

在一些间歇进给的机床(如刨床)上,主运动就是合成切削运动。但在大多数情况下,由于 v_f 与 v_c 相比是很小的,可略去不计,则认为

$$v_c = v_c$$

二、切削用量

在切削加工时,根据不同的工件材料、刀具材料和其他技术经济要求来选择适宜的切削用量。切削用量的大小,反映了单位时间内金属切除量的多少,它是衡量生产率的重要参数之一。所谓切削用量是指切削速度 v_c 、进给量 f 或进给速度 v_f 值和切削深度 a_p 值。 v_c 、 f 、 a_p 称为切削用量三要素。

(一) 切削速度 v_c

切削速度即主运动的速度。大多数主运动采用回转运动。回转体(刀具或工件)上外圆或内孔某一点的切削速度为:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v_c —— 某一点的切削速度(m/s 或 m/min);
 d —— 工件或刀具上某一点的回转直径(mm);
 n —— 工件或刀具的转速(r/s 或 r/min)。

在生产中,磨削速度用 m/s,其他加工的切削速度习惯用 m/min。

在切削刃上各点由于相对工件的旋转半径不同,因而刀刃上各点的切削速度也就不同。考虑到切削速度对刀具磨损和加工质量的影响,在计算时,应取最大的切削速度。如车削外圆时用待加工表面的直径 d_w 代替 d ,加工内孔时用已加工表面直径 d_m 代替 d 。

(二) 进给量 f 、进给速度 v_f 和每齿进给量 f_z

(1) 进给量 f 当主运动回转一周时,刀具

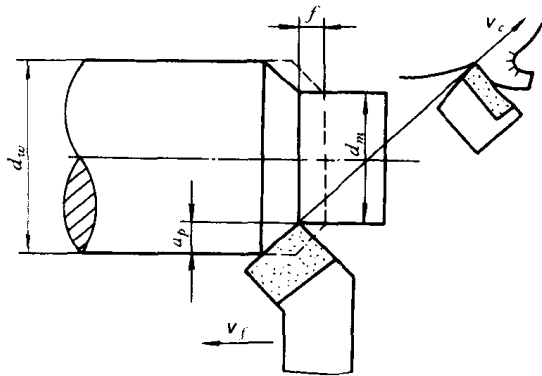


图 1-2 切削用量三要素

(或工件)沿进给方向上的位移量,称为进给量 f (见图1-2)。单位是 mm/r 。

(2)进给速度 v_f 是指单位时间的进给量,单位是 mm/s (或 mm/min)。它与进给量 f 之间的关系为:

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

(3)每齿进给量 f_z 。对于铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多齿刀具,还要规定出每个刀具的进给量 f_z ,它是后一个刀具相对于前一个刀具的进给量,单位是 mm/Z 。它与 f 之间的关系为:

$$f_z = \frac{f}{Z} \quad (1-3)$$

式中 Z ——刀齿数。

进给速度为:

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot Z \cdot n$$

(三)切削深度 a_p

对于图1-2所示的车削加工,切削深度 a_p 为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位为 mm 。

车削外圆柱表面时的切削深度计算公式为:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-4)$$

式中 d_w ——工件待加工表面直径(mm);

d_m ——工件已加工表面直径(mm)。

对于钻削

$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (1-5)$$

对于镗孔

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

第二节 刀具切削部分基本定义

一、刀具切削部分结构要素

任何刀具都由切削部分和夹持部分组成,刀具种类虽然很多,但它们切削部分的几何形状与参数都有着共性,切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基本形态。因此,可以车刀切削部分为基础,来确定刀具切削部分几何形状的一般术语。这些术语也适用于其它金属切削刀具。刀具切削部分的结构要素如图1-3所示,其定义和说明如下:

(一)切削部分的刀面

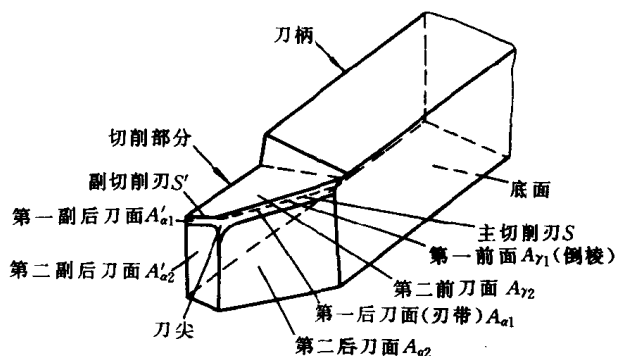


图1-3 车刀切削部分结构要素

1. 前刀面 A_1 刀具上切屑流过的表面。如果前刀面是由几个相互倾斜的表面组成的, 则可从切削刃开始, 依次把它们称为第一前刀面 A_{11} 、第二前刀面 A_{12} 等。

2. 后刀面 A_2 与工件上新形成的过渡表面相对的刀具表面。也可以分为第一后刀面 A_{21} 、第二后刀面 A_{22} 等。

3. 副后刀面 A'_1 与副切削刃毗邻、与工件上已加工表面相对的刀面, 称为副后刀面。同样, 也可以分为第一副后刀面 A'_{11} 、第二副后刀面 A'_{12} 等。

(二) 切削刃

前刀面上直接进行切削的边锋, 称为切削刃。切削刃有主切削刃 S 和副切削刃 S' 之分, 如图 1-4 所示。

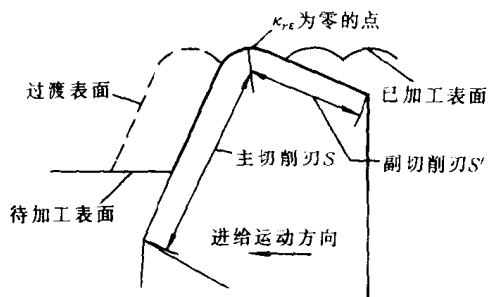


图 1-4 有关术语说明

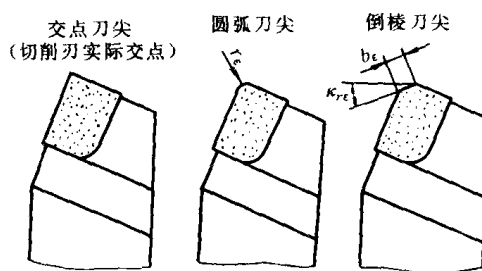


图 1-5 刀尖形状

1. 主切削刃 S 它是前刀面与后刀面的交线。在切削过程中, 承担主要的切削任务, 切去大量的金属材料并形成工件上的过渡表面。

2. 副切削刃 S' 它是前刀面与副后刀面的交线。它参与部分的切削任务, 并影响已加工表面粗糙度的大小。

连接主、副两条切削刃之间的一小段切削刃, 称为过渡刃。它可以是直线也可以是圆弧(图 1-5)。

(三) 刀尖

刀尖是指主切削刃和副切削刃的连接处很短的一部分切削刃。刀尖分为交点刀尖、圆弧刀尖和倒棱刀尖三种形状(图 1-5)。

二、刀具角度的参考系

刀具切削部分必须具有合理的几何形状, 才能保证切削加工的顺利进行。刀具切削部分的几何形状主要由一些刀面和刀刃组成。为了确定刀具表面在空间的相对位置, 可以用一定的几何角度表示。用来确定刀具几何角度的参考系有两类: 一类称为刀具标注角度参考系, 在刀具设计图上所标注的角度, 就是以它为基准的, 所以, 刀具在制造、测量和刃磨时, 均以它为基准。另一类称为刀具工作角度参考系, 它是确定刀具在切削运动中有效工作角度的基准。它们的区别在于: 前者由主运动方向确定, 而后者则由合成切削运动方向确定。由于通常情况下进给速度远小于主运动速度, 所以, 刀具工作角度近似地等于刀具标注角度。本书重点讲述刀具标注角度参考系。

构成刀具标注角度参考系的参考平面有: 基平面、切削平面、主剖面、切削刃法剖面、进给剖面 and 切深剖面。

1. 基平面(简称基面) P 通过切削刃选定点, 垂直于主运动方向的平面。通常, 它平行或

垂直于刀具在制造、测量、刃磨时适合于安装或定位的一个平面或轴线(图 1-6)。例如,普通车刀的基面 P_r ,它平行于刀具底面(假设切削刃选定点与工件旋转轴线同高;刀杆中心线垂直于进给方向)。

2. 切削平面 P_s 通过切削刃选定点、与切削刃 S 相切、并垂直于基面 P_r 的平面(图 1-6)。也就是切削刃与切削速度方向构成的平面。

基面和切削平面是刀具标注角度参考系中两个基本的参考平面,由这两个平面作基准,再加上以下所述的任一剖面,便构成各种不同的刀具标注角度参考系。

3. 主剖面 P_o 和主剖面参考系 主剖面 P_o 是通过切削刃选定点,同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_s 的平面。它必然垂直于切削刃在基面上的投影。图 1-6 中 $P_r-P_s-P_o$ 组成一个正交的主剖面参考系。这是目前生产中最常用的刀具标注角度参考系。

4. 切削刃法剖面 P_n 和法剖面参考系 法剖面 P_n 是通过切削刃选定点,并垂直于切削刃的平面。在图 1-6 中,由 $P_r-P_s-P_n$ 组成一个法剖面参考系。该图将两个参考系画在一起,而实际使用时,是分别使用某一个参考系。由图可知,这两个参考系的基面和切削平面相同。

5. 进给剖面 P_f 和切深剖面 P_p 及其组成的进给、切深剖面参考系 进给剖面 P_f 是通过切削刃选定点、平行于进给运动方向、并垂直于基面 P_r 的平面。它平行或垂直于刀具在制造、测量、刃磨时适合于安装或定位的一个平面或轴线(图 1-7)。例如,普通车刀的 P_f 面垂直于刀柄底面(见图 1-7);钻头、切断刀等的 P_f 面平行于刀具轴线。切深剖面 P_p 是通过切削刃选定点,同时垂直于 P_r 和 P_f 的平面。在图 1-7 中,由 $P_r-P_f-P_p$ 组成一个进给、切深剖面参考系。

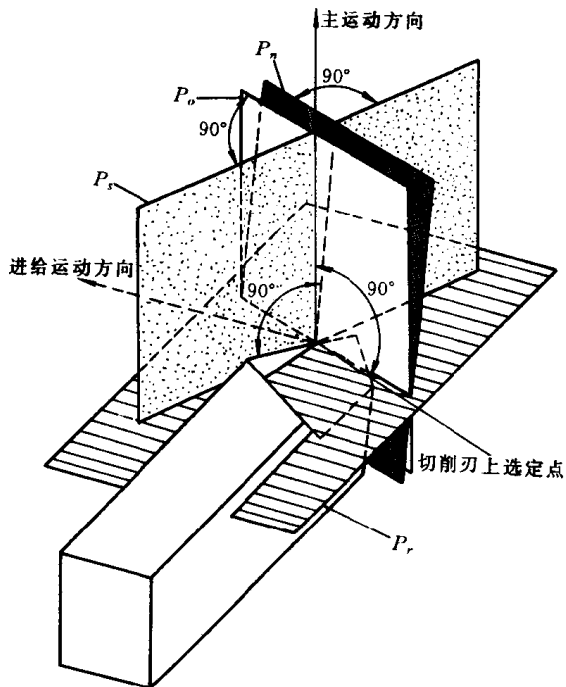


图 1-6 主剖面与法剖面参考系

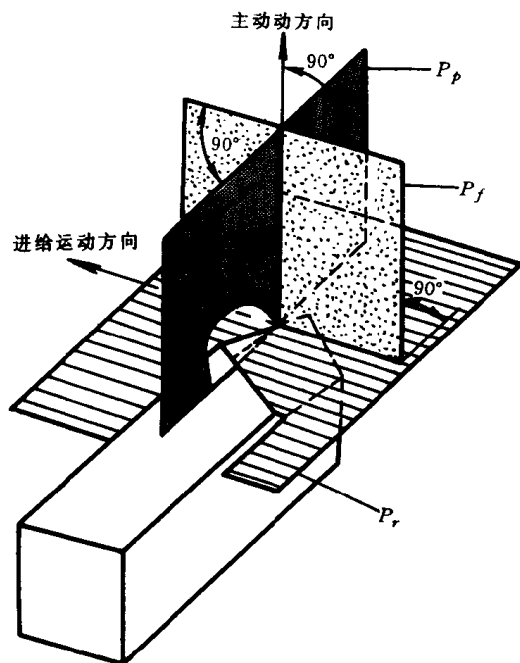


图 1-7 进给、切深剖面参考系

近年来,我国主要采用主剖面参考系,兼用法剖面参考系。这两种参考系内所标注的角度能更好地反映切削过程的物理意义。但在有些刀具(如成形车刀、插齿刀等)的设计中,需要在切深剖面或进给剖面中表明前、后面位置的角度,此时,就要使用进给、切深剖面参考系。

三、刀具的标注角度

刀具在设计、制造、刃磨和测量时,用刀具标注角度参考系中的角度来标明切削刃和刀面在空间的位置,故这些角度称为刀具标注角度。

由于刀具角度的参考系沿切削刃上各点可能是变化的,因此,所定义的角度均应指明切削刃选定点处的角度;凡未指明者,则一般是指切削刃上与刀尖毗邻的那一点的角度。

下面通过普通车刀给诸标注角度下定义,并加以说明。这些定义具有普遍性,也可以用于其他类型的刀具。图 1-8 所示为车刀的标注角度。其主要视图是车刀在基面上的投影图 R 向(P_r);车刀在切削平面上的投影图 S 向(P_s)。主剖面的剖视图 $O-O$ 剖视图(P_o);法剖面的剖视图 $N-N$ 剖视图(P_n)。应该首先搞清这两个视图和两个剖视图,把基本角度弄明白,而后再去研究纵、横剖面内的剖视图。

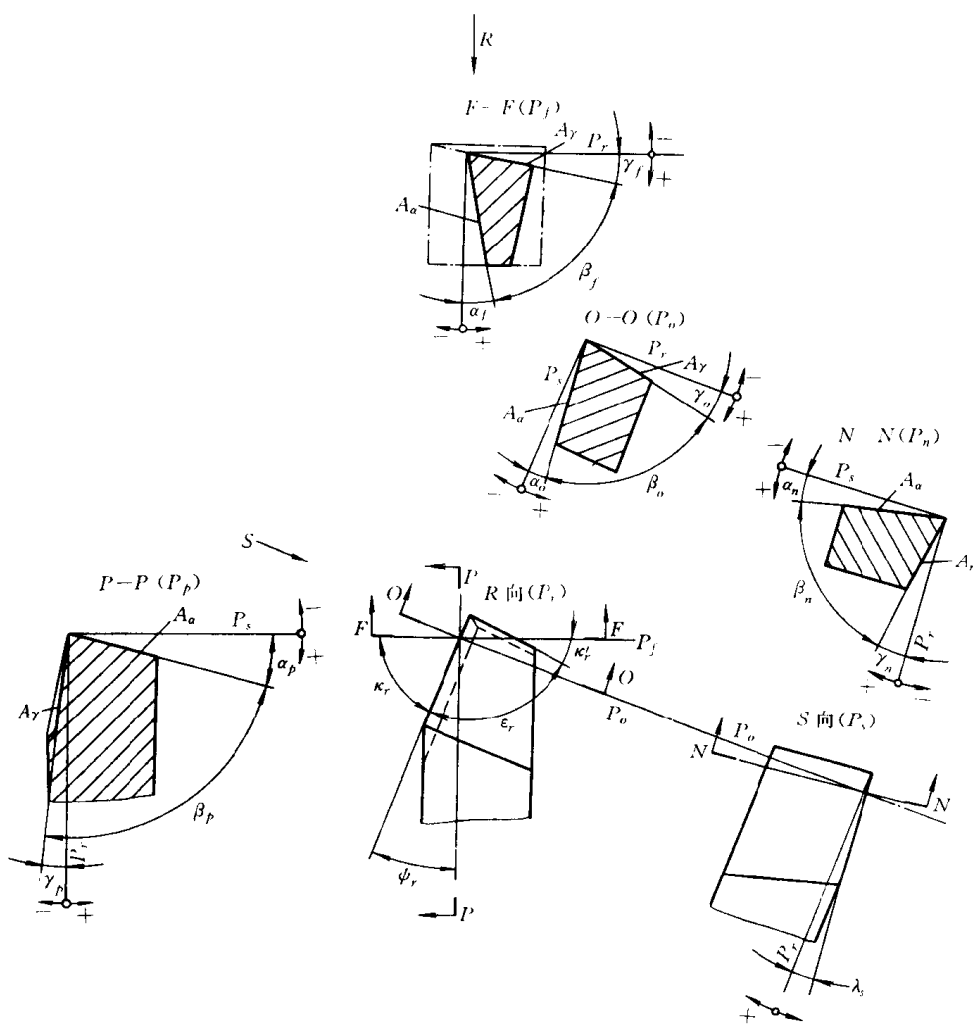


图 1-8 车刀的标注角度

(一) 主剖面参考系内的标注角度

1. 在主剖面 P_o 内的标注角度

(1) 前角 γ_o 在主剖面内度量的基面与前刀面间的夹角。它有正、负之分,当前刀面与切削平面间的夹角小于 90° 时,取正号;大于 90° 时,则取负号。

(2) 后角 α_o 在主剖面内度量的后刀面与切削平面间的夹角。它也有正、负之分, 当后刀面与基面夹角小于 90° 时, 取正号; 大于 90° 时取负号。

(3) 楔角 β_o 在主剖面内度量的后刀面与前刀面间的夹角。

由以上定义可知

$$\begin{aligned}\gamma_o + \alpha_o + \beta_o &= 90^\circ \\ \beta_o &= 90^\circ - (\alpha_o + \gamma_o)\end{aligned}\quad (1-7)$$

2. 在基面 P_r 内的标注角度

(1) 主偏角 κ_r 在基面内度量的切削平面与进给平面间的夹角。它也是主切削刃在基面上投影与进给运动方向的夹角。

(2) 副偏角 κ'_r 在基面内度量的副切削刃与进给运动方向在基面上投影间的夹角。

(3) 刀尖角 ϵ_r 在基面内度量的切削平面和副切削平面间的夹角。它也是主切削刃和副切削刃在基面上投影间的夹角。由图 1-8 可知

$$\begin{aligned}\kappa_r + \epsilon_r + \kappa'_r &= 180^\circ \\ \epsilon_r &= 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)\end{aligned}\quad (1-8)$$

(4) 余偏角 ψ_r 在基面内度量的切削平面与切深剖面间的夹角。也是主偏角的余角, 所以

$$\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$$

3. 在切削平面 P_s 内的标注角度

(1) 刃倾角 λ 在切削平面内度量的主切削刃与基面间的夹角。刃倾角有正、负之分, 如图 1-9 所示, 当刀尖处在切削刃最高位置时, 取正号; 若刀尖处于切削刃最低位置时, 取负号[⊖]; 当主切削刃与基面平行时, 刃倾角为零。

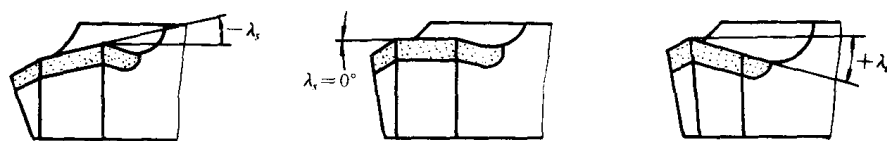


图 1-9 车刀的刃倾角

以上所述八个角度中, β_o 、 ψ_r 和 ϵ_r 是派生角度, 基本角度只有五个, 即 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 κ'_r 和 λ 。这些基本角度的名称、符号和定义必须牢记。

(二) 法剖面参考系内的标注角度

法剖面参考系和主剖面参考系的区别仅在于以法剖面代替主剖面作为测量前角、后角和楔角的平面。因此, 只有法剖面的标注角度和主剖面的标注角度不相同, 而其余角度完全相同。在法剖面 P_n 内的标注角度:

(1) 法前角 γ_n 在法剖面内度量的前刀面与基面间的夹角。

(2) 法后角 α_n 在法剖面内度量的切削平面与后刀面间的夹角。

(3) 法楔角 β_n 在法剖面内度量的前刀面与后刀面间的夹角。

由图 1-8 可知

$$\gamma_n + \alpha_n + \beta_n = 90^\circ \quad (1-9)$$

⊖ 这里 λ 的正负号是根据 ISO 标准规定的, 同过去习惯的正负号恰好相反。

(三) 进给、切深剖面参考系内的标注角度

由图 1-8 所示,在进给、切深剖面参考系中,由于主切削刃某一选定点上有 P_f 和 P_p 两个剖面。故在进给剖面 P_f 内的标注角度有:进给前角 γ_f 、进给后角 α_f 和进给楔角 β_f ;在切深剖面 P_p 内的标注角度有:切深前角 γ_p 、切深后角 α_p 和切深楔角 β_p 。这些角度可参照给主剖面参考系标注角度定义方法加以定义。基面 P_s 内的标注角度与主剖面参考系基面内的标注角度相同。

四、刀具工作角度

以上所讲的刀具标注角度,是在假定运动条件和假定安装条件下的标注角度。如果考虑合成运动和实际安装情况,则刀具的参考系将发生变化,刀具角度也发生了变化。按照刀具工作中的实际情况,在刀具工作角度参考系中确定的角度,称为刀具工作角度。

由于通常进给运动在合成切削运动中所起的作用很小,所以在一般安装条件下,可用标注角度代替工作角度。这样,在大多数场合下,不必进行工作角度的计算。只有在进给运动和刀具安装对工作角度产生较大影响时,才需计算工作角度。

(一) 进给运动对工作角度的影响

以切断工件为例,如图 1-10 所示。图中 P_s 、 P_r 为标注角度的参考平面, γ_o 、 α_o 为标注前角和后角。当考虑进给运动后,参考平面变为 $P_{s'}$ 、 $P_{r'}$, 刀具角度也随着变化,分别称为工作后角 α_w 和工作前角 γ_w 。其大小为:

$$\alpha_w = \alpha_o - \eta; \quad \gamma_w = \gamma_o + \eta$$

η 角称为合成切削速度角。它是主运动方向与合成切削运动方向的夹角。

由 η 角定义可知

$$\tan \eta = \frac{v_f}{v_c} = \frac{f}{\pi d} \tag{1-10}$$

式中 d ——随着车刀进给而不断变化着的切削刃选定点处工件的旋转直径。

由上式可以看出,工件直径减小或进给量增大都将使 η 值增大,工作后角减小。在一般情况下(如普通车削、镗削、端铣), η 值很小,故可略去不计。但在车螺纹或丝杠、铲背时, η 值很大,它是不可忽略的。

同理,车外圆时,刀具角度也有类似的变化。

(二) 刀具安装情况对工作角度的影响

1. 刀具安装高低对工作角度的影响

图 1-11 所示为车刀车外圆,当刀尖安装得高于工件中心线时,则切削平面变为 $P_{s'}$,基面变为 $P_{r'}$,

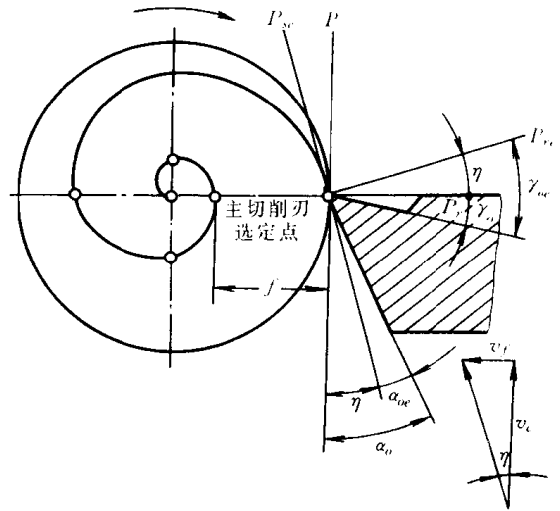


图 1-10 进给运动对工作角度的影响

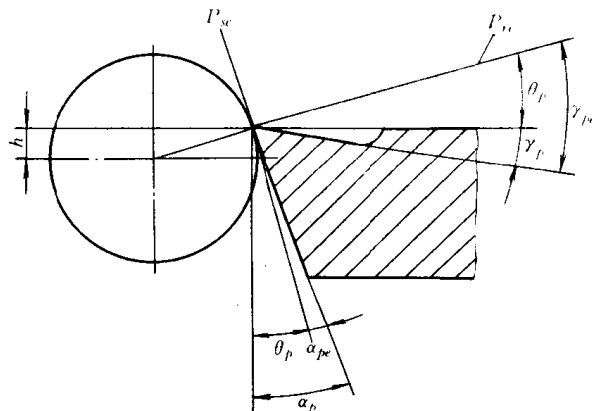


图 1-11 刀具安装高低对工作角度的影响