

高职高专机电类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN JIDIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



机械制造技术

■ 夏碧波 崔梁萍 主 编 丁 岩 郭红梅 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专机电类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN JIDIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



机械制造技术

主 编 夏碧波 崔梁萍
副主编 丁 岩 郭红梅
编 写 庾 涛 罗 蓉 李汉平 何 适
主 审 王魁鸿

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高职高专机电类专业规划教材。

本书主要内容包括金属切削基本原理、金属切削机床、机床夹具、机械加工及装配工艺。在编写过程中引入了大量的生产实例，将核心教学内容有机融合，更好的适应了职业教育的要求。

本书可作为高职高专机电类专业的教材，也可供其他专业师生和机械制造业工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术/夏碧波主编. —北京: 中国电力出版社, 2008

高职高专机电类专业规划教材

ISBN 978-7-5083-6839-9

I. 机… II. 夏… III. 机械制造工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 035077 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //jc. cepp. com. cn](http://jc.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 5 月第一版 2008 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 344 千字

定价 23.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

机械制造的主要任务是为国民经济各个部门的发展提供所需的各类先进、高效、节能的新型机电装备，并努力提高质量，保证交货期，积极降低成本，将我国机械制造技术提高到新的水平。机械制造技术的发展水平是衡量一个国家的经济实力和科学技术水平的重要标志之一；机械制造业是国民经济的基础和支柱；机械制造业的发展影响人类文明的发展。

为了适应高职高专教育培养应用性技术人才的教学要求，作者在认真总结近年来教学改革经验的基础上，根据生产一线应用性技术人才对机械制造技术方面的能力要求，将“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床概论”、“机床夹具设计”、“机械制造工艺学”等几门机械制造专业课程中的核心教学内容有机地结合起来，引入生产实例、理论联系实际、删繁就简，形成本教材的知识要点。

“机械制造技术”是机电类专业的一门重要专业基础课，课程设置的目的是为学生在制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。本书包括金属切削基本原理、金属切削机床、机床夹具、机械加工及装配工艺四部分内容。

本书的前言、绪论与第二章由武汉电力职业技术学院夏碧波编写；第一章由浙江水利水电专科学校崔梁萍编写；第三章由福建水利电力职业技术学院郭红梅编写；第四章的第一至七节由三峡电力职业学院丁岩编写；第四章第八节由丁岩、庾涛、罗蓉编写。本书由夏碧波、崔梁萍任主编，丁岩、郭红梅任副主编。

全书由湖北三峡职业技术学院王魁鸿副教授主审，并提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请各位读者批评指正。

编者

2008年2月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 金属切削基本原理	6
第一节 金属切削及刀具的基本概念	6
第二节 金属切削过程	17
第三节 常用金属切削刀具	31
习题与思考题	47
第二章 金属切削机床	49
第一节 机床概述	49
第二节 车床	57
第三节 铣床	72
第四节 磨床	83
第五节 其他各类机床	90
习题与思考题	106
第三章 机床夹具	108
第一节 机床夹具的作用、分类及组成	108
第二节 工件在夹具中的定位	110
第三节 工件在夹具中的夹紧	128
第四节 夹具的其他装置	135
第五节 夹具应用举例	138
习题与思考题	148
第四章 机械加工及装配工艺	150
第一节 基本概念	150
第二节 零件的加工精度及加工表面质量	155
第三节 零件结构工艺性及毛坯选择	158
第四节 定位基准的选择	163
第五节 工艺路线的拟订	168
第六节 加工余量及尺寸链	180
第七节 工艺规程设计举例	189
第八节 机器装配工艺基础	201
习题与思考题	218
参考文献	220

绪 论

一、机械制造及其在国民经济中的任务与地位

制造是用人工使原材料成为可供使用的产品。机械制造是各种机床、工具、仪器、仪表等机械产品制造过程的总称。机械制造技术是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程、方法以及相应设备的一门工程技术。

机械制造的主要任务是为国民经济各个部门的发展提供所需的各类先进、高效、节能的新型机电装备,并努力提高质量,保证交货期,积极降低成本,将我国机械制造技术提高到新的水平。

机械制造技术的发展水平是衡量一个国家的经济实力和科学技术水平的重要标志之一。机械制造业是国民经济的基础和支柱,它的发展直接反映人类文明的发展水平。

二、机械制造企业的组成

机械制造企业主要由机械加工工艺系统、机械制造系统和生产系统组成。

1. 机械加工工艺系统

机械加工工艺系统是制造企业中处于最底层的加工单元,由机床、刀具、夹具和工件四个要素组成。

机械加工工艺系统是各个生产车间生产过程中的一个主要组成部分,其整体目标是要求在不同的生产条件下,通过自身的定位装夹机构、运动机构、控制装置、能量供给机构等,按不同的工艺要求直接将毛坯或原材料加工成形,保证质量、产量,低成本地完成机械加工任务。

现代机械加工工艺系统一般是由计算机控制的先进自动化加工系统,计算机已成为现代机械加工工艺系统中不可缺少的组成部分。

2. 机械制造系统

机械制造系统是一个围绕“将制造资源转变为机械产品”这个核心,由制造所涉及硬件、软件、人员组成的具有一定功能的整体。具体来说,机械制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后输出机械加工的成品或半成品的系统。

机械制造系统既可以是一台单独的加工设备(如各种机床、数控线切割机等)也可以是由多台加工设备、工具和辅助系统(如搬运设备、工业机器人、自动检测机等)组成的工段或制造单元。一个传统的制造系统通常可以概括地分成三个组成部分:机床、工具及制造过程。机械加工工艺系统是机械制造系统的一部分。

机械制造系统的分类方法很多,大致可按以下几种方法分类:

- (1) 按生产批量可分为小批量、中批量、大批量的制造系统;
- (2) 按生产策略可分为按订货设计、制造、装配的制造系统;
- (3) 按生产布局可分为按功能、项目、流水线、成组布局的制造系统;

(4) 按生产计划模式可分为 MRP II 系统、JIT 系统。

3. 生产系统

如果以整个机械制造企业为分析研究对象,要实现企业最有效地生产和经营,不仅要考虑原材料、毛坯制造、机械加工、油漆、装配、包装、运输、保管等,而且还必须考虑技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源的利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题等,这就构成了一个企业的生产系统。所谓生产系统是物质流、能量流和信息流的集合,可分为三个阶段,即决策控制阶段、研究开发阶段和产品制造阶段。

三、机械制造产品的生产过程

机械制造产品的生产过程主要可划分为新产品研究开发、产品制造、产品的销售和服务三个阶段。

1. 新产品研究开发

新产品研究开发主要是在市场导向下,根据技术的发展和企业的资源特征,通过设计、试制、生产准备等活动,推出有市场前景的产品。新产品研究开发保证了企业的发展与未来。

2. 产品制造

产品的制造活动主要是根据市场和定单所决定的批量,把开发的产品制造和装配出来。机械产品的制造活动包括设计、材料选择、计划,零件毛坯的制造、加工、热处理、表面处理、部件与整机的装配等机械制造工艺过程,同时涉及制造过程的规划、调度与控制、质量检验等活动。经过这些活动将原料转变为产品。机械产品制造活动的描述如图 0-1 所示。

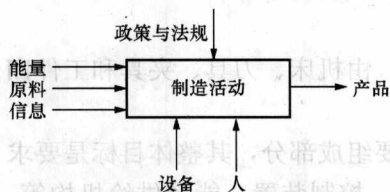


图 0-1 产品制造活动示意图

3. 产品的销售和服务

产品销售与服务,主要指把生产出的产品通过一定的渠道推向市场,把产品变为企业实际的利润。在现代社会,售后服务是一个重要方面。

四、机械制造工艺过程

机械制造工艺过程是改变生产对象的形状、尺寸、相对位置、性质等,使之成为成品或半成品的过程。机械制造工艺过程包括热加工工艺过程和冷加工工艺过程,本课程涉及的机械制造工艺过程属于冷加工范畴。

1. 热加工工艺过程

热加工工艺过程包括铸造、塑性加工、焊接、热处理、表面改性等。

2. 冷加工工艺过程

冷加工工艺过程包括零件的机械加工工艺过程和机械的装配工艺过程。

(1) 零件的机械加工工艺过程是研究如何利用切削的原理使工件成形,使之达到预定的设计要求(尺寸精度、形状、位置精度和表面质量)的工艺过程。

(2) 机械的装配工艺过程是研究如何将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品,并达到要求的装配精度的工艺过程。

五、机械制造技术的新发展——现代制造技术

机械制造业是一个历史悠久的产业,自 18 世纪初工业革命形成以来,经历了一个漫长的发展过程。现代科学技术的进步,特别是微电子技术和计算机技术的发展,使机械制造这

个传统工业焕发了新的活力,增加了新的内涵,使机械制造业无论是在加工自动化方面,还是在生产组织、制造精度、制造工艺方法方面都发生了令人瞩目的变化,形成了不同于传统机械制造技术的现代制造技术。

1. 数控机床技术

在普通数控机床得到日益广泛应用的同时,市场竞争和新产品、新技术、新材料的发展,也推动着新型数控机床的研究与开发,例如,并联桁架式结构数控机床(俗称“六腿”机床)。它突破了传统机床的结构方案,采用6个轴长短的变化来实现刀具相对于工件的加工位置的变化。

2. 超精密加工技术

目前现代制造技术的加工精度达到 $0.025\mu\text{m}$,表面粗糙度达 $0.0045\mu\text{m}$,已进入纳米级加工时代。超精切削厚度由目前的红外波段向可见光波段甚至更短波段靠近;超精加工机床向多功能模块化方向发展;超精加工材料由金属扩大到非金属。同时,精密与超精密加工技术已成为一个国家制造技术水平的重要标志之一。

3. 超高速切削技术

目前,铝合金超高速切削的切削速度已超过 1600m/min ,铸铁为 1500m/min ,超耐热铝合金为 300m/min ,钛合金为 200m/min 。超高速切削的发展已转移到一些难加工材料的切削加工上。

4. 特种加工技术

除了超精密加工技术、超高速切削技术以外,还出现了很多特种加工方法,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、激光加工等。这些特种加工方法,突破了传统的金属切削方法,使机械制造工业出现了新的面貌。

5. 工艺设计与工艺模拟技术

工艺设计由经验判断走向定量分析,加工工艺由技艺发展为工程科学,工艺模拟也发展并应用于金属切削加工过程和产品设计过程。目前最新的进展是,在并行工程环境下开展虚拟成型制造,使得在完成产品的设计的同时,完成成型制造的准备工作(如铸造)。

6. 虚拟现实技术

虚拟现实技术(Virtual Reality Technology)主要包括虚拟制造技术和虚拟企业两部分。虚拟制造技术从根本上改变了设计、试制、修改设计、规模生产的传统制造模式,而是在产品真正制出之前,首先在虚拟制造环境中生成软产品原型(Soft Prototype)来代替传统的硬样品(Hard Prototype)进行试验,对其性能和可制造性进行预测和评价,从而缩短产品的设计与制造周期,降低产品的开发成本,提高系统快速响应市场变化的能力。

7. 信息技术、管理技术与工艺技术紧密结合

制造业在经历了从少品种小批量到少品种大批量再到多品种小批量生产模式的过渡后,从20世纪七八十年代开始采用CIMS柔性生产的模式,并逐步向智能制造技术(Intelligent Manufacturing Technology,简称IMT)和智能制造系统(Intelligent Manufacturing System,简称IMS)的方向发展。随着精益生产(Lean Production,简称LP)、敏捷制造(Agile Manufacturing,简称AM)等先进制造模式的相继出现,以先进制造模式及技术创新为主要手段的制造业必将获得不断地发展。

8. 专业、学科间的界限逐渐淡化、消失

先进制造技术的不断发展,使得冷热加工之间,加工、检测、物流、装配过程之间,设计、材料应用、加工制造之间的界限均逐渐淡化,逐步走向一体化。CAD、CAPP、CAM、CAE 等单元技术的出现,使设计、制造成为一体;精密成型技术的发展,使热加工可能直接提供接近最终形状、尺寸的零件,它与磨削加工相结合,有可能覆盖大部分零件的加工,淡化了冷热加工的界限;快速原型/零件制造(Rapid Prototyping/Parts Manufacturing,简称 RPM)技术的产生,是制造领域的一个重大突破,它可以自动而迅速地将设计思想物化为具有一定结构和功能的原型或直接制造成零件,淡化了设计、制造的界限;机器人加工工作站及 FMS 的出现,使加工过程、检测过程、物流过程融为一体;现代制造系统使得自动化技术与传统工艺密不可分;很多新材料的配制与成型是同时完成的,很难划清材料应用与制造技术的界限。这种趋势表现在生产上是专业车间的概念逐渐淡化,将多种不同专业的技术集成在一台设备、一条生产线、一个工段或车间。

9. 绿色制造技术

日趋严格的环境与资源的约束,使绿色制造业显得越来越重要,它将是现代制造业的重要特征,与此相应,绿色制造技术也将获得快速的发展。绿色制造技术主要体现在以下几个方面。

(1) 绿色产品设计技术。该技术使产品在生命周期内符合保护环境、保障人类健康、能耗低、资源利用率高的要求。

(2) 绿色制造技术。该技术在整个制造过程中对环境的负面影响最小,废弃物和有害物质的排放最小,资源利用效率最高。绿色制造技术主要包括绿色资源、绿色生产过程和绿色产品三方面的内容。

(3) 产品的回收和循环再制造技术。它主要包括生产系统工厂和恢复系统工厂。生产系统工厂致力于产品设计和材料处理、加工及装配等阶段,恢复系统工厂主要对产品(材料使用)生命周期结束时的材料进行循环处理。例如,汽车等产品的拆卸和回收技术,生态工厂的循环式制造技术。

六、本课程的特点、研究的主要内容和学习方法

1. 课程的特点

“机械制造技术”是模具设计与制造专业、机电一体化技术专业的专业基础课程。课程设置的目的是为学生在制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。

该课程是一门实践性很强的课程,须有相应的实践性教学环节与之配合。

2. 本课程的主要内容及学习要求

(1) 金属切削的基本理论。

掌握金属切削的基本理论,具有根据加工条件合理选择刀具种类、刀具材料、刀具几何参数、切削用量及切削液的能力。

(2) 金属切削机床。

熟悉各种机床的用途、工艺范围,具有根据加工对象选择相应加工机床的能力。

(3) 机床夹具。

掌握定位原理、定位误差计算方法,具有根据具体加工对象选择夹具的能力。

(4) 机械加工及装配工艺。

掌握机械制造工艺的基本理论,具备制订机械加工工艺规程和装配工艺规程的能力,学会分析机械加工过程中产生误差的原因,并能针对具体工艺问题提出相应的改善措施。

3. 本课程的学习方法

结合实践性教学环节,按照生产环节的要求理解、学习理论知识。一直以来,“优质、高产、低成本”是指导机械制造技术工作的基本原则。机械制造人员的任务就是要在给定的生产条件下,按照预定的供货日期要求,最经济地制造出满足规定质量要求的机械产品。在本课程的学习过程中要以此为主线联系各章节内容。

本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。

本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。

本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。

(1-1)

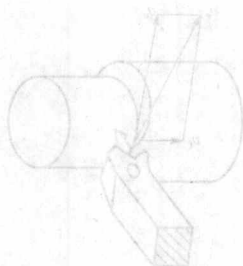


图 1-1 图例

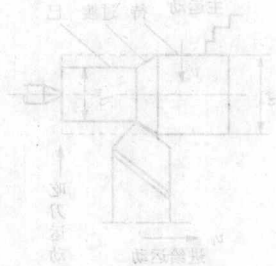


图 1-1 图例

本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。本课程主要讲述机械加工工艺规程的编制方法,包括机械加工工艺规程的编制方法、机械加工工艺规程的编制步骤、机械加工工艺规程的编制要求、机械加工工艺规程的编制实例等。

第一章

金属切削基本原理

第一节 金属切削及刀具的基本概念

一、金属切削的基本概念

金属切削加工是利用刀具从工件毛坯上切除多余的金属,从而使工件达到要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械加工方法。为了实现金属切削加工,必须具备以下三个条件:①工件和刀具之间要有相对运动(即切削运动);②刀具材料必须具有一定的切削性能;③刀具必须具有适当的几何参数(即切削角度)。

1. 切削运动

切削运动是为了形成工件表面所必需的刀具与工件之间的相对运动。以图 1-1 所示外圆车削为例,要切除工件表面的多余金属层,刀具与工件间必须具有相对运动,即工件做旋转运动,刀具做纵向直线运动。依其作用的不同,可把切削运动分为主运动与进给运动。

(1) 主运动。主运动是通过切除多余金属层以形成工件要求的形状、尺寸精度及表面质量所必需的最主要运动。通常它的速度最高,消耗功率最多,这种运动在切削过程中只能有一个。

(2) 进给运动。进给运动是使新的金属层不断投入切削的运动。进给运动可以是连续运动,也可以是间歇运动。

(3) 合成运动。当主运动与进给运动同时进行时,刀具切削刃上一点相对工件的运动称为合成切削运动。其方向与大小用合成速度向量 v_c 表示。如图 1-2 所示,合成速度向量等于主运动速度与进给运动速度的向量和。

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-1)$$

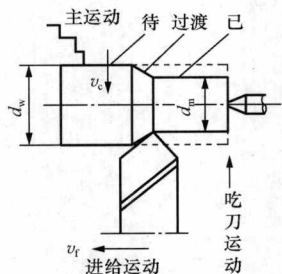


图 1-1 外圆车削的切削运动与工件的表面

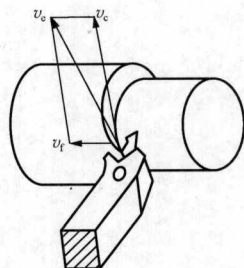


图 1-2 合成运动

2. 工件表面

在工件上形成所要求新表面的过程中,工件上有三个不断变化着的表面,如图 1-1 所示。

待加工表面——工件上有待切削金属层的表面;

已加工表面——工件上经刀具切削后形成的表面；

过渡表面——已加工与待加工表面间的切削刃正在切除的表面。

上述关于切削运动、工件表面的基本定义均适用于其他切削加工，如图 1-3 所示。

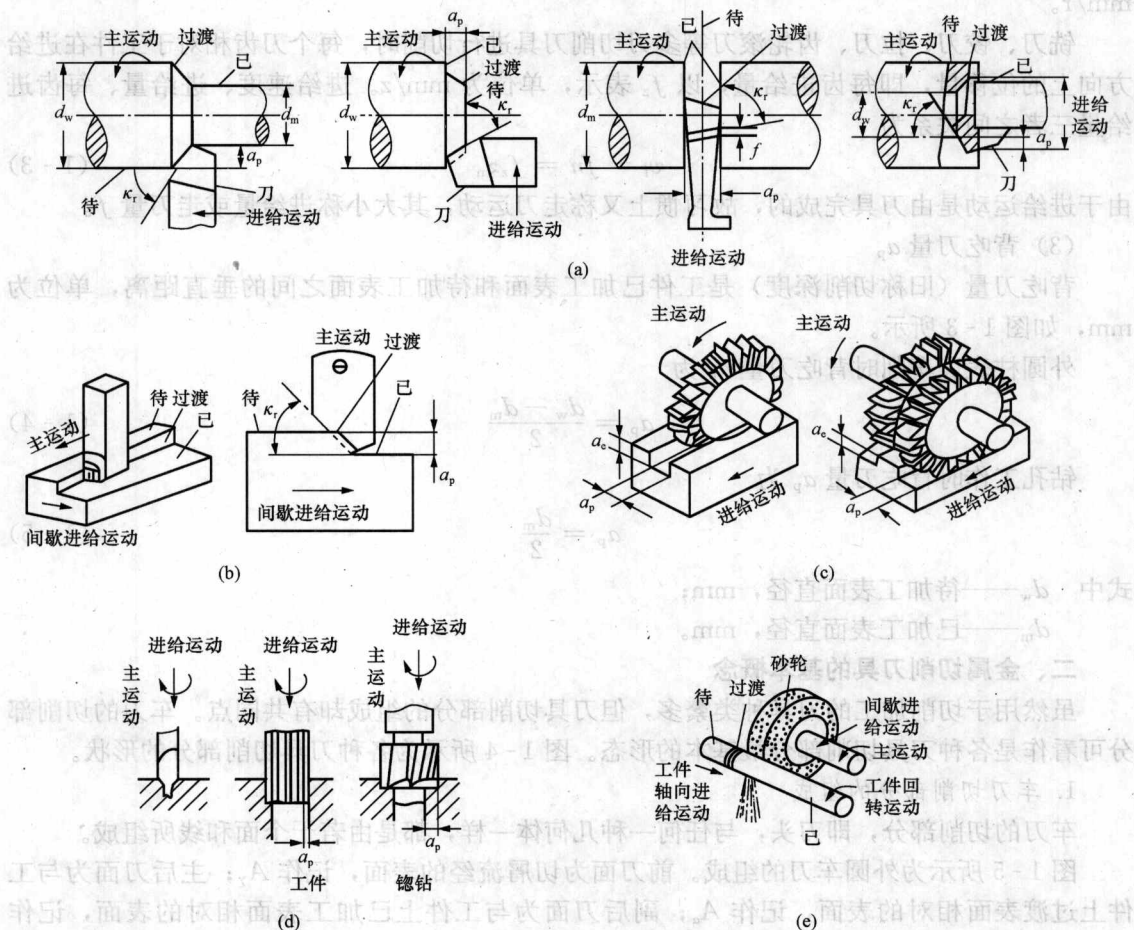


图 1-3 各种切削加工的切削运动和工件表面
(a) 车削；(b) 刨削；(c) 铣削；(d) 钻削；(e) 磨削

3. 切削用量三要素

切削速度 v_c 、进给量 f 及背吃刀量 a_p 称之为切削用量三要素。

(1) 切削速度 v_c

大多数切削加工的主运动采用回转运动。回转体（刀具和工件）上外圆或内孔某一点的切削速度计算公式为

$$v_c = \frac{n\pi d}{1000} \quad (1-2)$$

式中 n ——工件或刀具的转速，r/s 或 r/min；

d ——工件或刀具上某一点的回转直径，若为钻削、铣削，则 d 为刀具最大直径，mm。

(2) 进给速度、进给量和每齿进给量

进给速度（记作 v_f ）即是在单位时间内的进给量，单位为 mm/min。

进给量（记作 f ）即是工件每转一转，刀具相对于工件在进给方向上的位移量，单位为 mm/r。

铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多刃切削刀具进行切削时，每个刀齿相对于工件在进给方向上的位移量，即每齿进给量，以 f_z 表示，单位为 mm/z。进给速度、进给量、每齿进给量三者之间关系为

$$v_f = fn = f_z z_n \quad (1-3)$$

由于进给运动是由刀具完成的，故习惯上又称走刀运动，其大小称进给量或走刀量 f 。

(3) 背吃刀量 a_p

背吃刀量（旧称切削深度）是工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离，单位为 mm，如图 1-3 所示。

外圆柱表面车削时背吃刀量 a_p 为

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

钻孔工作时背吃刀量 a_p 为

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

式中 d_w ——待加工表面直径，mm；

d_m ——已加工表面直径，mm。

二、金属切削刀具的基本概念

虽然用于切削加工的刀具种类繁多，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。图 1-4 所示为各种刀具切削部分的形状。

1. 车刀切削部分的组成

车刀的切削部分，即刀头，与任何一种几何体一样，都是由若干个面和线所组成。

图 1-5 所示为外圆车刀的组成。前刀面为切屑流经的表面，记作 A_f ；主后刀面为与工件上过渡表面相对的表面，记作 A_α ；副后刀面为与工件上已加工表面相对的表面，记作 A'_α ；主切削刃为前刀面与主后刀面的交线，用以完成主要切除工作，记作 S ；副切削刃为前刀面与副后刀面的交线，辅助参与形成已加工表面，记作 S' ；刀尖为主切削刃 S 与副切削刃 S' 之间的过渡切削刃。

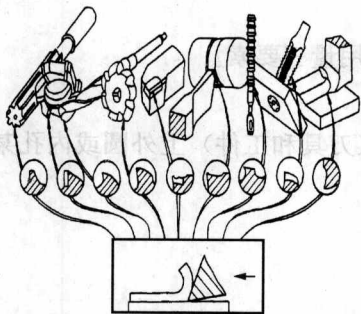


图 1-4 各种刀具切削部分的形状

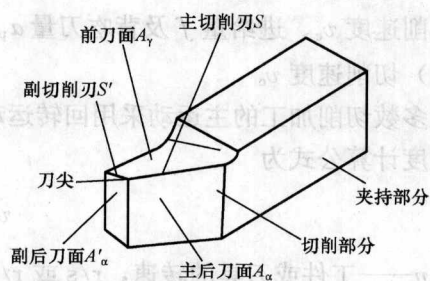


图 1-5 外圆车刀的组成

2. 刀具标注角度的参考平面

刀具切削部分各个面、刃的空间位置,常用这些面、刃相对某些坐标平面的几何角度来表示,这样就必须将刀具置于一空间坐标平面参考系内。该参考系包括参考坐标平面和测量坐标平面。参考坐标平面的确定必须与刀具的安装基准、切削运动联系起来,测量坐标平面的选取必须便于测量与制造。

(1) 基面 P_r 。过刀具切削刃上选定点,且与该点主运动方向垂直的平面称为基面。一般是平行或垂直于制造、刃磨和测量时适于安装或定位的表面或轴线。通常基面平行于刀具的安装面(底面)。

(2) 切削平面 P_s 。过刀具切削刃上选定点,与主切削刃相切并垂直与基面 P_r 的平面称为切削平面,也就是主切削刃与切削速度方向构成的平面。

切削刃上选定点的基面和切削平面合称参考坐标平面,简称参考平面。根据上述定义可知,切削刃上不同点的基面和切削平面不一定相同。

测量平面有正交平面、法平面,假定工作平面及背平面。

(1) 正交平面(主剖面)。切削刃上选定点的正交平面是过该点并同时垂直于基面和切削平面的平面,记为 P_o 。

(2) 法平面(法剖面)。切削刃上选定点的法平面是过该点并与切削刃垂直的平面,记为 P_n 。

(3) 假定工作平面(进给剖面)。切削刃上选定点的假定工作平面是过该点、垂直于基面并与进给方向平行的平面,记为 P_f 。

(4) 背平面(切深剖面)。切削刃上选定点的背平面是过该点且垂直于基面和假定工作平面的平面,记为 P_p 。

3. 刀具标注角度的参考系

上述参考平面(基面和切削平面)与测量平面分别组成了三个坐标平面参考系。

(1) 正交平面参考系。由 P_r 、 P_s 、 P_o 组成(见图 1-6)的平面参考系为正交平面参考系。

(2) 法平面参考系。由 P_r 、 P_s 、 P_n 组成(见图 1-7)的平面参考系为法平面参考系。

(3) 假定工作平面和背平面参考系。由 P_r 、 P_f 、 P_p 组成(见图 1-8)的平面参考系称为假定工作平面和背平面参考系。

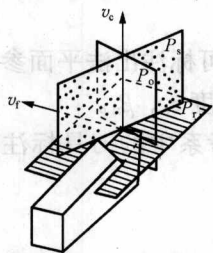


图 1-6 正交平面参考系

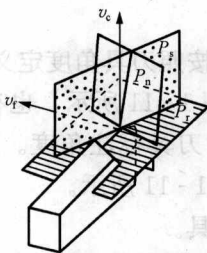


图 1-7 法平面参考系

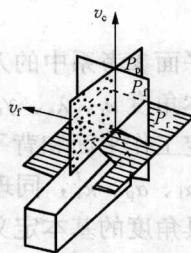


图 1-8 假定工作平面和背平面参考系

4. 刀具的标注角度

刀具的标注角度是指刀具工作图中要标出的角度,即在静止坐标参考系中的几何角度。

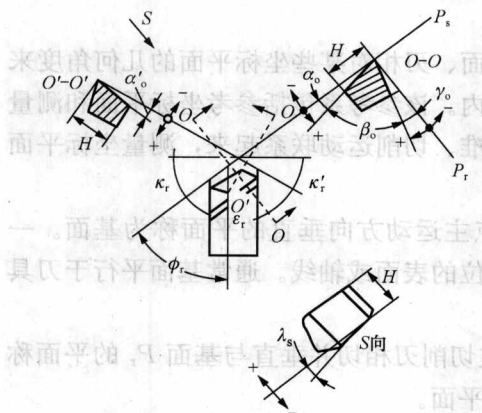


图 1-9 外圆车刀正交平面参考系标注角度

它是刀具设计、制造、刃磨和测量的依据。

(1) 正交平面参考系中的刀具标注角度。

正交平面（也称主剖面）参考系中的刀具标注角度如图 1-9 所示。

1) 正交平面中测量的刀具角度。

前角——前刀面与基面间的夹角，记为 γ_o ，其大小影响刀具的切削性能。前角有正负之分，前刀面 A_f 位于基面 P_r 之前者， $\gamma_o < 0^\circ$ ，反之 $\gamma_o > 0^\circ$ 。

后角——后刀面 A_a 与切削平面 P_s 之间的夹角，记为 α_o ，其作用是减少后刀面与过渡表面之间的摩擦。

楔角——前刀面与后刀面之间的夹角，它是个派生角，记为 β_o 。楔角与前角、后角有如下的关系

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \quad (1-6)$$

2) 基面 P_r 中测量的刀具角度。

主偏角——主切削刃在基面上的投影与进给运动速度 v_f 方向之间的夹角，记为 κ_r 。

副偏角——副切削刃在基面上的投影与进给运动速度 v_f 反方向之间的夹角，记为 κ'_r 。

刀尖角——主切削刃和副切削刃在基面上的投影之间的夹角，记为 ϵ_r ，有

$$\epsilon_r = 180 - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-7)$$

3) 切削平面 P_s 中测量的刀具角度。

刃倾角——主切削刃与基面之间的夹角记为 λ_s 。它在切削平面内标注或测量，即在切削平面上描述刀具刃口的倾斜程度。刃倾角有正负之分，当主切削刃与基面平行时 $\lambda_s = 0$ ，当刀尖位于切削刃的最高点时定为正（“+”），反之为负（“-”），精加工时取 $\lambda_s > 0^\circ$ ，粗加工时 $\lambda_s < 0^\circ$ 。刃倾角影响切屑流向（见图 1-10）和刀尖强度。

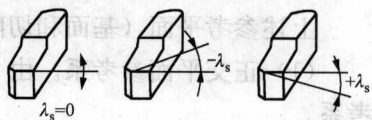


图 1-10 车刀的刃倾角

5 个角度 κ_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 、 κ'_r 为车刀的基本标注角度。在此， κ_r 、 λ_s 确定了主切削刃 S 的空间位置； κ'_r 、 λ'_s 确定了副切削刃 S' 的空间位置； γ_o 、 α_o 则确定了前刀面 A_f 、后刀面 A_a 的空间位置。

(2) 法平面参考系中的刀具标注角度。按照刀具角度定义，同理可标注出法平面参考系中的 5 个基本角度 κ_r 、 λ_s 、 γ_n 、 α_n 、 κ'_r ，如图 1-11 所示，也有派生角度 ϵ_r 、 β_n 。

(3) 假定工作平面和背平面参考系中的刀具标注角度。这个参考系中的刀具标注角度 κ_r 、 γ_p 、 γ_f 、 α_f 、 α_p 、 κ'_r ，同理可标出，如图 1-11 所示。

上述刀具角度的基本定义适用于任何刀具。

(4) 刀具角度的换算。在设计和制造刀具时，需要对不同参考系内的标注角度进行换算，也就是正交平面、法平面、假定工作平面和背平面之间角度进行换算。

1) 正交平面与法平面内的角度换算。在刀具设计、制造、刃磨和检验中，需要知道主切削刃在法平面内的角度。许多角切削刀具，特别是大刃倾角刀具，必须标注法平面角度。

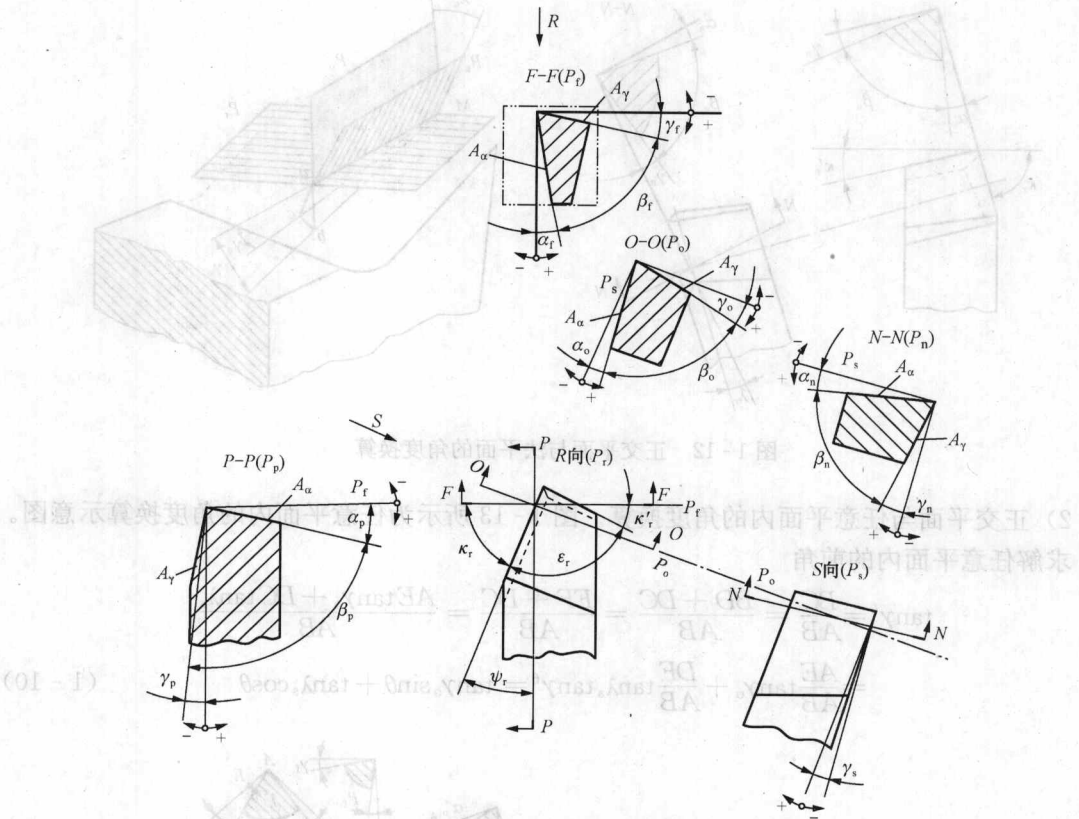


图 1-11 标注角度参考系内的刀具角度标注

如图 1-12 所示, 以前角计算公式为例, 其计算公式为

$$\tan \gamma_n = \frac{ac}{Ma}$$

$$\tan \gamma_o = \frac{ab}{Ma}$$

$$\frac{\tan \gamma_n \frac{ac}{Ma}}{\tan \gamma_o \frac{ab}{Ma}} = \frac{ac}{ab} = \cos \lambda_s$$

$$\tan \gamma_n = \tan \gamma_o \cos \lambda_s \quad (1-8)$$

式 (1-8) 即为法平面前角 γ_n 与正交平面前角 γ_o 的关系式。进行后角计算时, 可设想把前角逐渐加大, 直到前刀面与后刀面重合, 此时前角与后角互为余角, 即

$$\alpha = 90^\circ - \gamma_n, \quad \alpha_o = 90^\circ - \gamma_o$$

$$\cot \alpha_n = \tan \gamma_n, \quad \cot \alpha_o = \tan \gamma_o$$

$$\cot \alpha_n = \cot \alpha_o \cos \lambda_s \quad (1-9)$$

式 (1-9) 即为法平面后角与正交平面后角间的关系式。

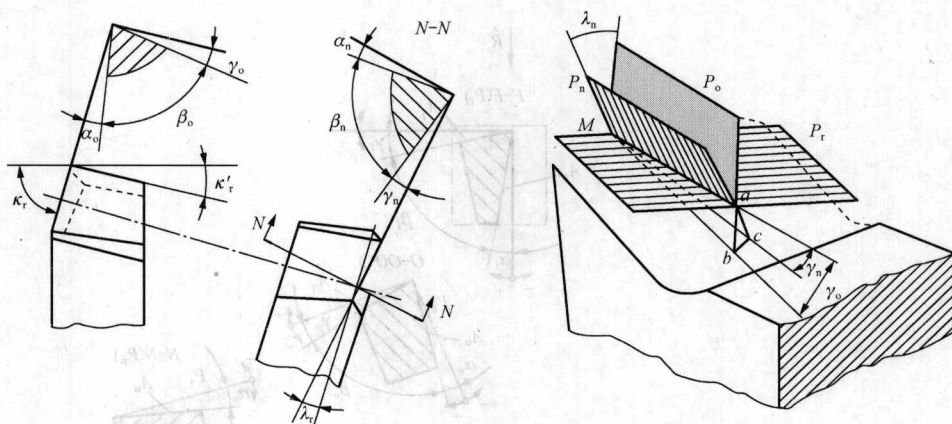


图 1-12 正交平面与法平面的角度换算

2) 正交平面与任意平面内的角度换算。图 1-13 所示为任意平面内的角度换算示意图。求解任意平面内的前角

$$\begin{aligned}\tan\gamma^\theta &= \frac{BC}{AB} = \frac{BD + DC}{AB} = \frac{EF + DC}{AB} = \frac{AE \tan\gamma_o + DC \tan\lambda_s}{AB} \\ &= \frac{AE}{AB} \tan\gamma_o + \frac{DF}{AB} \tan\lambda_s \tan\gamma^\theta = \tan\gamma_o \sin\theta + \tan\lambda_s \cos\theta\end{aligned}\quad (1-10)$$

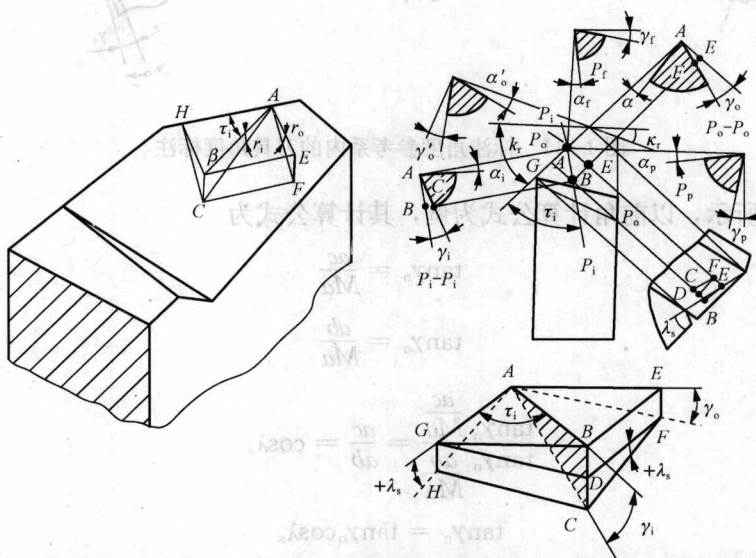


图 1-13 任意平面内的角度换算

(5) 刀具的工作角度。上述刀具角度都是在静止参考系中只考虑了主运动 V 的标注角度，其功用是在设计和制造时确定刀具切削部分的几何形状以及切削刃和刀面相对于刀具安装基准的空间位置。实际上在刀具使用中，应考虑刀具切削刃上选定点的合成运动速度 v_c （同时考虑主运动和进给运动），刀尖安装不一定对准机床中心高度，背平面不一定平行于侧安装面等因素。这时的坐标平面参考系与静止坐标平面参考系不再相同，而称其为工作角度