

# 机械 制造 工程 原理

主 编 程 序 吴 国 梁

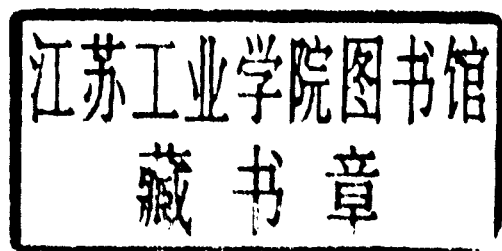


16  
5

东 南 大 学 出 版 社

# 机械制造工程原理

主 编 程 序 吴国梁  
参 编 汤文成 张启军  
主 审 孙庆鸿



东南大学出版社

## 内 容 提 要

本书根据高等学校教学改革的需要,并结合教学工作的实践经验编写而成。全书分九章,主要内容包括:绪论、金属切削加工、机械加工原理、机械加工设备、机械加工工艺装备、机械装配工艺、机械加工中的质量、生产率与经济性分析、机械加工车间布局和机械制造的新发展。

本书内容精炼、深入浅出、综合性强、联系实际。可作为高等工科院校机械类的机械设计制造及其自动化专业、材料成型及控制工程专业,仪器仪表类、能源动力类等专业的教材,并可作为成人教育学院、职工大学等有关专业的教学用书,亦可供有关工程技术人员阅读参考。

**责任编辑** 汤铭权  
**责任校对** 戴季东  
**责任印制** 陈 跃  
**封面设计** 马晓宁

### 机械制造工程原理 程 序 吴国梁主编

\*

东南大学出版社出版发行  
(南京四牌楼2号 邮编 210096)

东南大学激光照排印刷中心照排·印刷

\*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14 字数 341 千  
1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷  
印数:1—1500 册

ISBN7—81050—416—9/TH·27

定价:18.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

# 前 言

机械工业是国民经济发展的基础和支柱。现代机械制造面临着国内外市场的竞争,因此,更需要提高机械产品质量,增加品种,降低生产成本,从而进一步开拓市场,提高经济效益。

为了适应机械制造工程新的变革,高校对机械系本科毕业生的培养要求也随着进一步深化,对各专业方向的教学计划作了较大的调整。设置了《机械制造工程原理》这门核心课程,其主要内容有:金属切削加工、机械加工原理、机械加工装备、机械装配、加工质量、生产率与经济性等,同时又介绍了现代机械制造的先进理论与技术。集中了以往《金属切削原理》、《机床》和《机械制造工艺学》中的基本内容,将其进行了有机综合,以达到拓宽学生专业知识面,学到机械加工基本理论与技术,了解机械制造发展前景的目的。为深入学习有关的专业方向课程打下良好基础。

本教材是经东南大学教学委员会慎重讨论和评审确定的重点建设教材,是为建校100周年而出版的100本高水平教材之一。

本书由程序教授和吴国梁教授担任主编。第1章、第2章、第6章及第9章前半部分由程序编写;第3章、第5章后半部分及第9章一部分由张启军副教授编写;第4章及第9章后半部分由汤文成教授编写;第5章一部分、第7章、第8章由吴国梁编写。全书由博士生导师孙庆鸿教授审定,在此谨表感谢。

本书的描图工作由马红霞完成。

由于编者水平有限,本书不足与错误之处恳请读者批评指正。

**编 者**

1998年1月

# 1 绪论

机械工业是国民经济的装备产业,机械制造业为国民经济各部门提供质量优良、技术先进、品种齐全的技术装备。它的发展水平直接影响到国家各产品技术水平和经济效益的提高。没有现代化的机械制造就不可能有现代化的工业、农业、国防和科学技术。从世界各国工业化历程看,机械制造业的优先发展是经济腾飞的必要条件。机械制造技术的发展水平通常是一个国家科学技术水平的重要标志之一,它对于信息技术、新材料技术、海洋工程、生物工程、能源工程和空间技术等新学科群及新技术群的发展有着至关重要的促进和制约作用。

机械工业实现振兴的最终目标是成为国民经济的支柱产业。

## 1.1 机械制造业概况

从系统工程观点来认识,机械制造业的生产活动,即机械制造过程是物流、信息流和能量流三者的汇聚和相互作用的过程。

物流又称物质流,是指物料经过制造工艺过程所产生的形状、尺寸和位置的转变。也是以机床设备、工艺装备和机械加工方法等生产制造技术为中心的“硬工艺学”。这一部分为机械制造业工程学所研究的对象。

信息流是以生产信息处理和生产管理技术为主体的“软工艺学”。生产信息处理是指将所要获得的形状、尺寸、性能等信息向被加工物料的传递。在此过程中需对物流和能量流进行有目的有成效的控制,以获得所需的加工零件。促使制造过程能达到大幅度提高加工质量和生产效率的目的。这部分主要为管理和经营工程学所研究的范畴。

能量流是指在制造过程中将能量施加于加工对象并产生相应的变换。如将电能转换成机械能、热能、化学能。

图 1.1 为生产系统的基本组成框图。整个生产系统分成三个阶段。第一阶段为决策和控制阶段。工厂的领导机构按照国内外市场的信息,根据本厂人员的素质和技术水平及物质条件,对生产产品的类型、产量、性能和成本作出决策,并对生产过程进行控制和管理。第二阶段为研究开发阶段。遵照决策指令,进行新产品或改进产品的设计、试验研究及试制,提供所开发的新产品图纸。第三阶段是产品制造阶段。此阶段除了必须与数据库

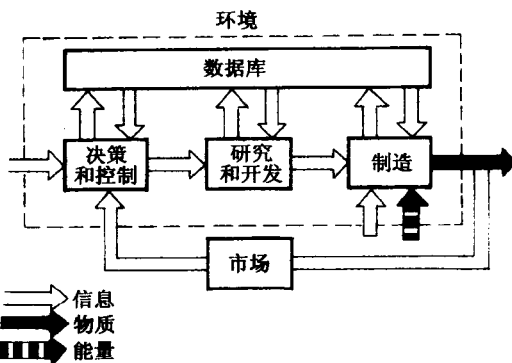


图 1.1 生产系统的基本框图

交换信息以外,还需输入能源和材料,制造系统最后输出为产品。然而,应及时把产品在市场上的竞争能力、销售情况、用户评价、改进要求等信息反馈给领导机构。

机械制造过程是生产系统中的一个重要组成部分,它是直接将输入的原材料或毛坯通过各种加工、检测、装配、调试、油漆、包装等工作,最后经成品验收合格后输出产品的过程。又可以分为:毛坯制造、零件加工和产品装配三个部分,如图 1.2 所示。

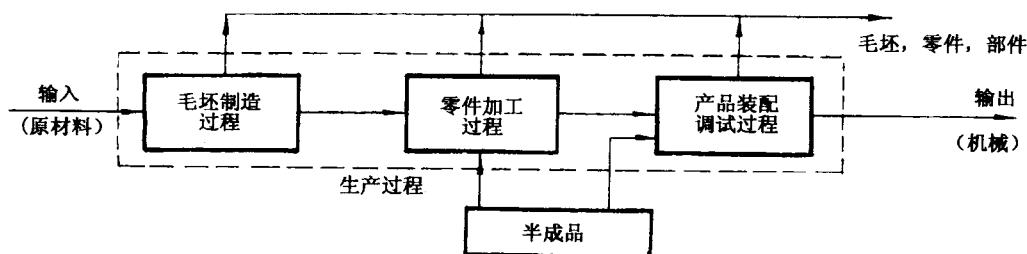


图 1.2 机械产品的制造过程

机械制造系统若按照其拥有机床的数量可分成单级和多级制造系统。前者是指加工零件时仅用一台机床,完成一个工序;后者是指采用多台机床,完成零件的加工过程。另外,如果根据机床的技术水平类型还可以分为传统的机械制造系统和先进的自动化机械制造系统。由传统常规的系统发展到新型的自动化系统,大致经历了下述过程:

- 1) 1770 年工业革命初期用简易的机器实现了简单的机械化劳动和工作。
- 2) 20 世纪初出现了刚性的自动化机构和生产自动线。其工序内容较为简单且固定不可变,仅可用于生产某种固定的产品。适宜于大批大量的生产规模。
- 3) 不久又出现了用一个触头沿着主控靠模运动,并同时指令信号输送给伺服驱动装置的仿型机床;还有能完成各种加工顺序的插销板式程序控制机床。
- 4) 1960 年以来,由于计算机技术的发展及数控机床的推广应用,使机械制造有了突破性进展。在发展计算机数控机床(CNC)的同时又开发了工业机器人。70 年代后,机器人在制造系统中担任了重要的工作。
- 5) 80 年代,计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAD/CAM)为中心的新型的自动化制造系统中,往往包含有若干台 CNC 机床、自动的物料输送系统、工业机器人以及将它们连接起来进行控制的计算机。组成了柔性制造系统(FMS)、柔性制造单元(FMC),至今发展成为计算机集成制造系统(CIMS)。它们完全改变了传统的生产方式,成为能够用于多品种和小批量生产的新型自动化制造系统。

## 1.2 机械制造技术的进展

机械制造工艺技术水平的进展主要标志:不断提高加工质量和生产效率两方面。

### 1.2.1 加工质量

保证和提高加工质量是机械制造工艺的首要问题。加工质量的指标有若干方面,而最

重要的是加工精度。控制加工过程中的误差是保证加工精度的根本措施。

1776年发明及制造蒸汽机,在镗缸机上将 $\varnothing 650\text{ mm}$ 直径的灰铸铁汽缸孔加工至 $1\text{ mm}$ 的精度,花了27个半工作日。

19世纪中期,各种金属切削机床有:六角车床、螺纹车床及铣床。形成了公差制度,提出了精度理论。机器零件的尺寸精度已达到 $0.01\text{ mm}$ 。

20世纪初,发明了能测量 $0.001\text{ mm}$ 的千分表和光学比较仪等。加工精度就逐步向微米级靠近,成为机械制造加工精度发展进程中的转折点。当时,将达到微米级精度的加工称为精密加工。

1960年后,由于宇航、计算机、激光以及自动控制技术的迅速发展,促进了新的制造加工技术,如为了制作集成电路器件,发展了各种微细加工技术。利用了切削或非切削的加工工艺使微小尺寸零件的加工精度达到了亚微米级,尤其在最近十几年内提高到目前的纳米级,即 $1\text{ nm} = 10^{-3}\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ mm} = 10^{-9}\text{ m}$ ,从而进入了超精密加工的时代。现在,用电子探针测量超大规模集成电路时,测量精度已达 $0.25\text{ nm}$ 。历来各年代所能达到的加

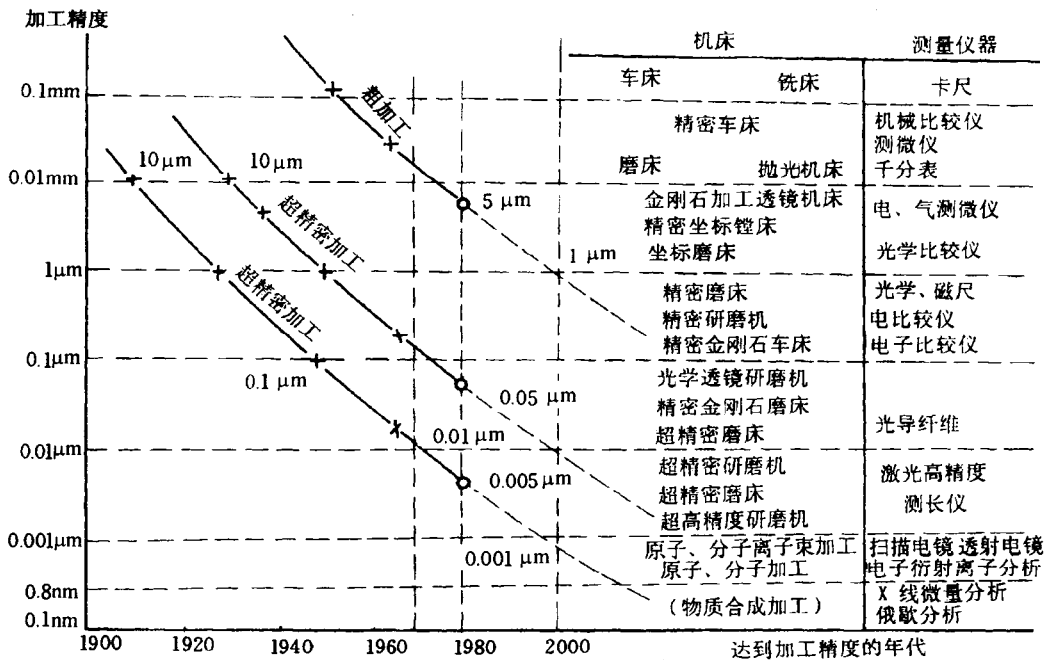


图 1.3 各年代所达到的加工精度

工精度大致情况可用图 1.3 表示。预计到下世纪初将实现原子级尺寸的加工与测量。从图 1.3 中也可看出:传统的机械加工方法,随着新技术、新工艺、新设备以及新的测量技术的发展,也在不断地提高,常规的精密加工也可得到 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 的精度。加工工件时分割材

料的水平具有由宏观进入微观的发展趋势。

另外,世界各国又特别注重于延长机械设备的使用寿命与提高其工作可靠性方面的研究。对零件经机械加工后的表面质量提出了新的要求:表面完整性(Surface Integrity)。它比通常所讲的表面质量又包含了更多的内容,不仅有粗糙度、波纹度以及纹理等表面特征,还包括已加工表面深度约为 0.38 mm 范围内各种物理、机械、冶金等方面的特性,如残余应力、硬化程度、微观组织变化、晶间腐蚀、热损伤区、材质不均等项目。

为了实现以  $0.005\ \mu\text{m}$  的加工精度,向超精密加工方向努力。有关金属切削技术的研究基本上有以下几方面:

1) 切削机理试验和观察微观的手段。如高速摄影、光弹塑性、扫描电镜等。扩展对切削机理的领域由二维切削研究向三维切削机理的研究。

2) 动态切削机理研究。机床设备在切削过程中的颤振会影响切削效果和质量;另一方面利用高频的振动又能对付难切削材料工件的加工。

3) 新型刀具材料的开发。

4) 尽量消除加工误差。研究机械制造系统在加工过程中的随机误差与系统误差。如:机床配置高精度的子系统;使用压电式、电致伸缩及磁致伸缩的驱动装置,作为超精度运动的伺服控制;采用反馈测量调节系统做到机床运动精度的自适应控制。

5) 在自动化生产系统中,切削条件最优化研究。

6) 超精密测量技术研究。工件在加工过程中的在线检测和动态精度的测试与分析。

## 1.2.2 切削加工速度

机械切削加工速度的高低,往往也是衡量工艺技术水平的重要标志之一。

切削加工速度的提高,与切削刀具材料的发展和机床静态、动态性能的改善有直接的关系。本世纪以来,由于刀具材料的更新,切削速度比上世纪约提高了 30 倍。图 1.4 表示了加工同尺寸的钢材零件,各年代所历经的由于刀具材料的进步,使切削速度不断提高和加工时间减少的规律。

采用了高转速的机床,又改进了刀具材料及结构,或者使用新的先进工艺措施等,必须从以上三个方面综合考虑和解决实际工程问题才能实现切削用量的提高,从而提高机械加工的劳动生产率。例如,汽车变速箱中的中等模数齿轮,所用材料为 CrMnTi,一般的高速钢滚刀切削速度为  $20\sim 40\ \text{m/min}$ 。改用含铝超硬高速钢滚刀后切速为

$80\sim 100\ \text{m/min}$ 。若采用了新型硬质合金制成装配式滚刀,在高速滚齿机 YB3120 上加工速度已提高到  $180\sim 250\ \text{m/min}$ 。

各个先进国家对怎样加大切削速度都在作很大努力。高速切削的目标值是随着时代

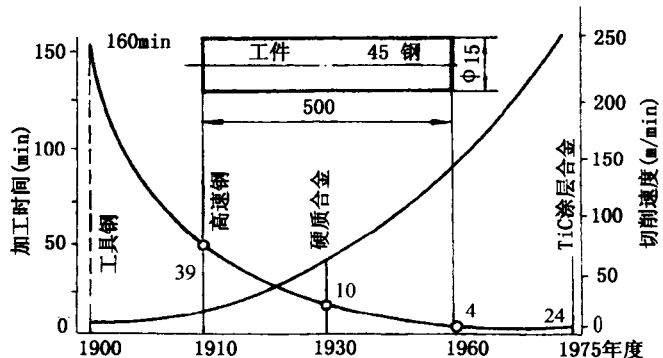


图 1.4 历年的切削速度及加工时间



的前进而不断上升。图 1.5 表示了进入 80 年代后各种切削方法的切削速度和高速切削的目标值。图中可见,按照要求数据均是较高的。目前车、铣削的最高速度为 600~800 m/min,高速化的目标值为 5000~8000 m/min。国外有关学者所制订的高速切削(HSC)目标值,规定了:5000~10000 m/min 为高速切削,大于 10000 m/min 的称为超高速切削(UHSC)。

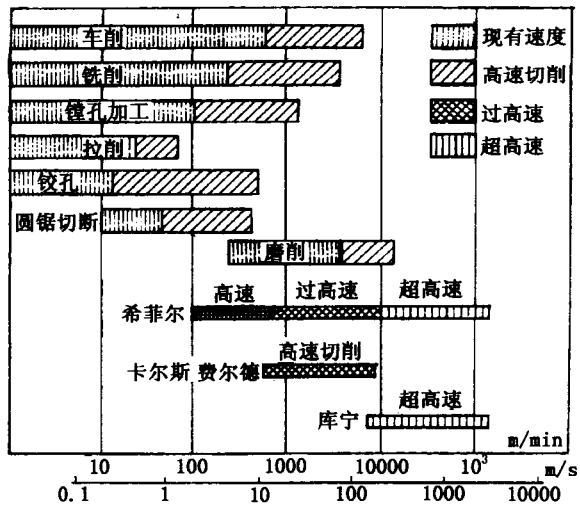


图 1.5 现有加工速度和高速目标值

高速切削与超高速切削不仅能有效地提高生产率,并且能降低切削力,传导给工件、刀具

的热量也大幅度减少;还能加工很薄、不产生裂纹和畸变的工件。由于激励机床振动的频率特别高,远远离开了工艺系统的固有频率范围,因此工作平稳、振动小。

我国现有金属切削机床约 300 多万台,如何通过提高切削效率为国家创造财富蕴藏着极大的潜力。

### 1.2.3 制造过程自动化

随着数控技术、成组技术和计算机技术的发展以及在机械制造中的广泛应用,使传统的生产方式发生了巨大的变化,为制造过程的自动化开创了新途径。

传统的机械制造工艺基本上是在“批量法则”之下组织生产活动的。即生产的组织方式、加工方法、加工设备和工艺装备等,均按产品生产批量的大小规模来决定他们的先进性和高效性。因此,对于生产批量足够大的产品,就组织专门化生产,可用自动化的高效率的加工设备,建立流水生产线及自动生产线。对于小批量、多品种的产品,只能采用常规的加工手段和生产效率低的通用机床进行。长期以来使这些品种多、批量小的生产企业处于低效率、低质量及高成本的落后状态之中。

进入 80 年代以来,世界市场经济的飞速发展,竞争意识的增长,工业产品急需多样化,性能要好、质量要高、功能要全、效率要快,而成本要低。因此,约有 75% 的零件制造批量都将小于 50 件,品种繁多、批量较小的生产企业将占据机械制造业中的大部分。为了解决小批量生产如何进行高效率的自动化的生产方式,与传统的批量法则不同,新概念的制造系统应着重发展柔性制造技术。图 1.6 为传统的批量法则概念之下的机械制造方式,而图 1.7 为新概念之下的机械制造方式,它是建立在成组技术、数控技术和计算机技术综合应用的基础上,在柔性的生产组织之下,除了一般的自动线外,所有方式下的加工设备均能用于多品种小批量的自动化加工。

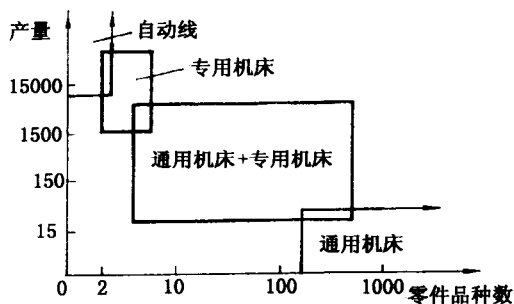


图 1.6 批量法则下的制造方式

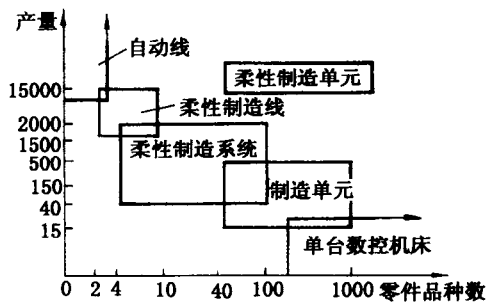


图 1.7 新概念下的制造方式

### 1.3 本课程简介

机械工程所涉及的各种专业知识大致有：《金属切削原理》阐述切削与磨削的基本规律；《金属切削机床与设计》阐述机械设备的原理、结构与设计方法；《夹具设计》和《刀具设计》阐述机械加工的工艺装备；《机械制造工艺学》是以零件加工与产品装配为对象，阐述制造工艺方法和制造过程质量控制分析等规律。国内高等院校对以上各类知识开设了各种相应的专业课程。并结合实践性环节如：生产实习、课程设计、大型综合实验及毕业设计等教学环节，使学生对现有的机械制造技术有较深的认识。同时，还学习一些工业企业管理及生产经济性方面的课程。

应该注意到：现代机械制造新概念的变化。机械制造系统可看作是若干硬件与软件的集合体；机械制造技术是“硬工艺学”和“软工艺学”的有机统一体。因此，高等院校对机械工程有关专业学生的培养内容也应该进一步改革深化。我们首先将通常的机械设计与机械制造方面的基础知识和基本原理综合性地组织成：《机械制造工程原理》课程。因此，本课程是机械设计与机械制造专业的核心主干课程。通过本课程的学习，使学生掌握机械制造中切削、工艺、设备和装备的基本理论知识，并与生产实习相配合，进一步通过有关课程设计，掌握工艺与工装设计的基本技术和能力；初步具备分析处理机械制造工程中基本技术问题的能力。

在学习了本课程的基础上，进一步加强下列一些课程的学习：计算机辅助机械设计与机械制造、精密工艺、数控机床、汽车制造、机械振动与噪声控制、机器诊断与监控等。目的是为了培养出能从事现代机械制造技术的高级工程技术人才。

## 2 金属切削加工

### 2.1 金属切削加工运动

在金属切削机床上,用切削刀具切除工件毛坯上预留的金属层,从而使工件的尺寸精度、形状及表面质量都合乎预定要求,最终达到零件图纸的要求,这样的加工称为金属切削加工。切削加工所得到的工件表面是由刀具的切削刃与工件作相对的切削加工运动而形成。图 2.1 列举了车、钻、刨、铣、磨和拉削的切削运动。按照在切削过程中所起的作用,切削运动可分为主运动和进给运动两类。

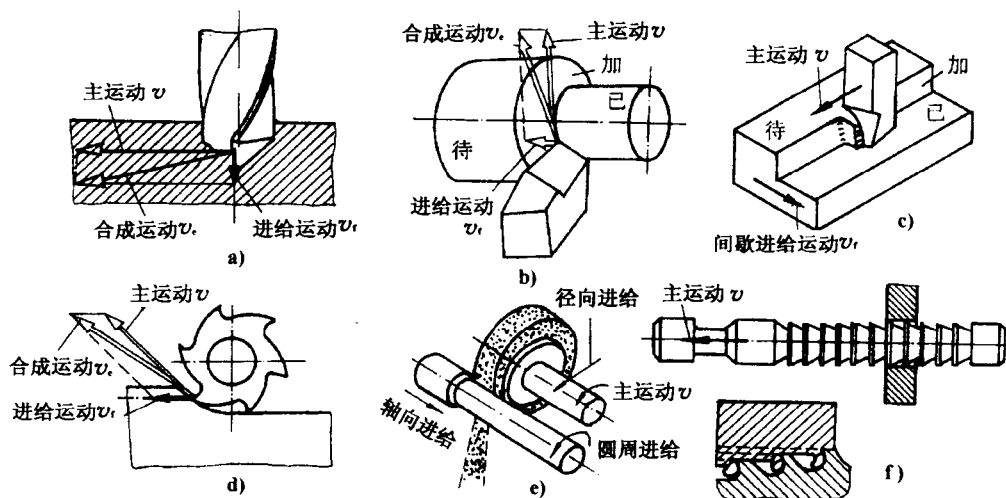


图 2.1 各种加工的切削运动

#### 2.1.1 主运动

直接切除工件上的切削层,以形成工件新表面的基本运动,称为主运动。切削运动中速度最大、消耗功率最多的运动就是主运动,主运动只有一个。如:车削时工件的旋转运动;刨削时刀具(或工作台)的往复直线运动;钻削和铣削时刀具的旋转运动;拉削时拉刀的直线运动等。

主运动的速度以  $v$  表示称作切削速度。若主运动为旋转运动时,主运动方向为圆周上选定点的切线方向,其大小即为该点的圆周线速度。

## 2.1.2 进给运动

是指不断地把切削层投入切削的运动。在切削运动中它的速度较低。进给运动可能是连续性的运动；也可能是间歇性的。它有时仅一个或者有几个。进给运动的速度称为进给速度，以  $v_f$  表示。

许多切削加工的主运动与进给运动是同时进行的，因此刀具切削刃上某一点与工件的相对运动应是上述两运动的合成。其合成速度  $\vec{v}_e = \vec{v} + \vec{v}_f$ 。显然，沿切削刃各点的合成速度向量不会完全相等。

在主运动和进给运动的共同作用下，工件表面上的被切削层不断地被刀具切离下来，并转化为切屑，从而获得所需要的工件新表面。在形成新表面的过程中，工件上存在三个不断变化着的表面：待加工表面——即将被切除切削层的表面；加工表面——切削刃正在切削着的表面；已加工表面——已经切去切屑而形成的新表面。

## 2.2 刀具切削部分的基本定义

切削刀具的种类很多，形状复杂，但它们切削部分的几何形状与参数方面具有共同的特征：切削部分为楔形。车刀是最典型的楔形刀头的代表，其它刀具可以视为由车刀演变或组合而成；多刃刀具的每个刀齿都相当于一把车刀，见图 2.2。国际标准化组织 ISO 在确定金属切削刀具的工作部分的通用术语时，是以车刀切削部分为基础的。

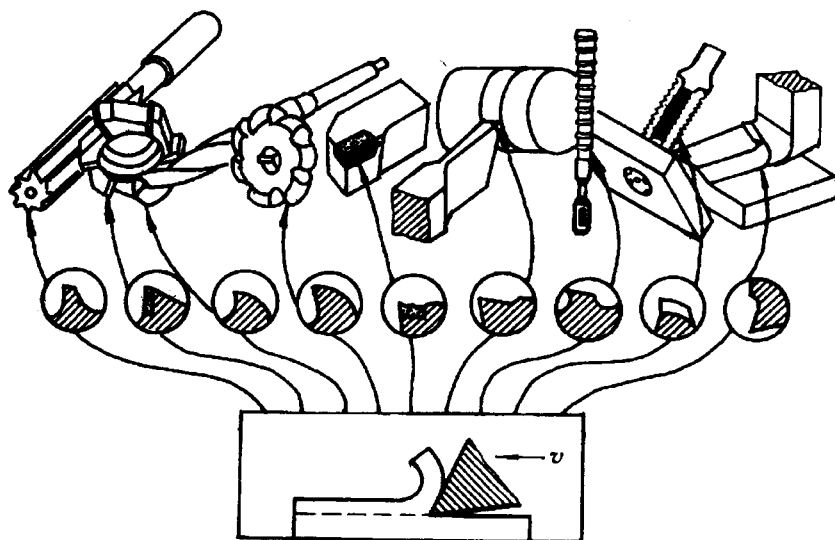


图 2.2 各种刀具切削部分的形状

### 2.2.1 车刀

车刀由刀杆和刀头两部分组成，刀头即为切削部分，具有下列各要素(图 2.3)：

前刀面  $A_r$ ——刚形成的切屑沿其流出的刀面；

主后刀面  $A_s$ ——与工件加工表面相对的刀面；

副后刀面  $A'$ 。——与工件已加工表面相对的刀面；

主切削刃——前刀面与主后刀面的交线，它承担主要的切削工作；

副切削刃——前刀面与副后刀面的交线；

刀尖——主、副切削刃的实际交点，为了强化刀尖，一般都在刀尖处磨成折线或圆弧形过渡刃。

另外，前、后刀面并不一定是一个完整的平面，也可由几个相互倾斜的平面或圆弧槽组成。

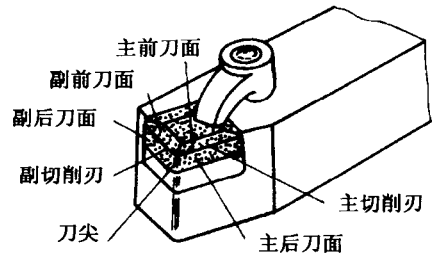


图 2.3 机械夹固车刀的组成

## 2.2.2 刀具切削角度的坐标平面

为了表示刀具切削部分各面间组成的几何角度，需要人为地建立三个坐标平面。由于刀具角度是刀具与工件在切削运动相联系的状态下确定的角度。因此，这些坐标平面应与切削运动的合成速度  $v_c$  相联系。另外，大多数加工表面都不是平面，往往是空间曲面，就不便于直接用来做坐标平面，所以，需通过切削刃上某一选定点，用与工件加工表面相切或相垂直的平面，以构成刀具切削角度的坐标系。坐标平面的定义为：

- 1) 切削平面  $P_c$ 。——通过切削刃某选定点，与工件加工表面相切的平面。
  - 2) 基面  $P_r$ 。——通过切削刃某选定点，垂直于合成切削速度向量  $v_c$  的平面。
- 显然，合成切削速度被包含在切削平面之中；切削平面与基面相互垂直。

图 2.4 所示为横向切入车削时的切削平面和基面。横车的加工表面为阿基米德螺旋面。可见基面并非是一个水平面，而是切削运动轨迹面的法平面；切削平面也不是一个垂直面，而是切削运动轨迹面的切平面。它们与相应的前刀面及后刀面组成了夹角。两个相交平面的夹角在不同的剖面内测量，其数值各不相同，因此还必须规定一个测量平面。

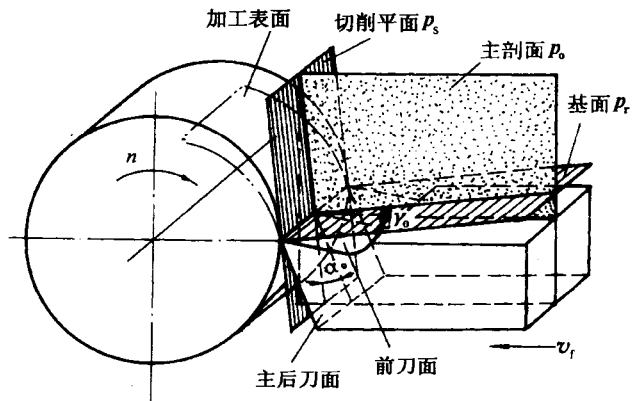


图 2.4 横车的坐标平面

- 3) 主剖面  $P_o$ 。——垂直于切削刃在基面上的投影的平面。

通常情况下，切削刃并不就在基面内。主剖面不应垂直于切削刃，而垂直于切削刃向基面内的投影。图 2.4 是个特例，由于切削刃呈水平，它的投影即为其本身。

同理，有副切削刃的主剖面——垂直于副切削刃在基面上的投影的平面。

这样，基面、切削平面和主剖面就组成了刀具切削角度的坐标系。

### 2.2.3 刀具标注角度的坐标平面

在设计与制造刀具时,需确定刀具角度值的大小,此时还不知道合成切削速度。所以,只能在某些合理的假定条件下建立坐标系,这就是所谓的刀具标注角度坐标系。在此坐标平面中所确定的刀具角度称为刀具标注角度。车削时的假设条件有:

- 1) 主切削刃处在水平线上,刀尖恰在工件中心高度上;
- 2) 刀具的轴线垂直于工件轴线;
- 3) 不考虑进给运动;
- 4) 工件已加工表面的形状近似为圆柱面。

基于上述条件,外圆车刀主切削刃上任一点  $M$  的基面、切削平面和主剖面如图 2.5 所示。其切削平面垂直于刀杆支承面,基面平行于刀杆支承面;主切削刃为水平的直线,它正处于切削平面与基面交线的位置;同时与它在基面上的投影相重合。因此三个坐标平面也互相垂直构成了一个空间直角坐标系,也可称为主剖面坐标系。

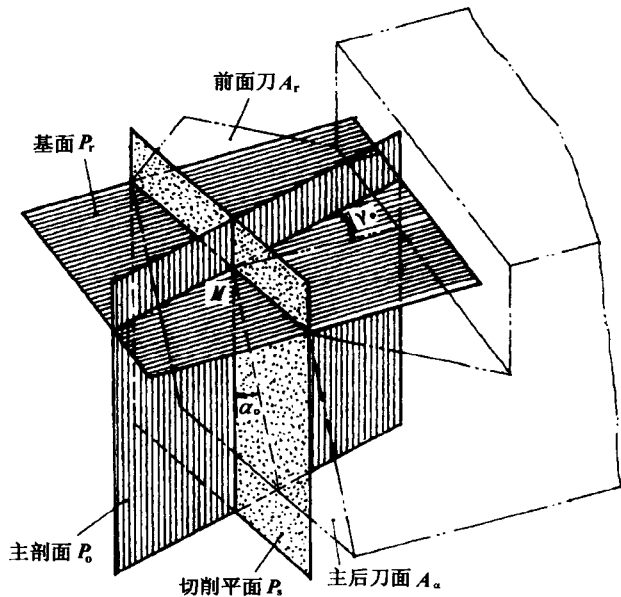


图 2.5 车刀标注角度坐标系

### 2.2.4 刀具标注角度

建立了上述的坐标平面后就可确定刀具的标注角度了。见图 2.6。

在主剖面  $P_0$  中:

- 1) 前角  $\gamma_0$ ——前刀面与基面之间的夹角。通过选定点的基面若位于楔形刀头的实体之外,前角为正值;若基面位于实体之内时,则前角为负值。
- 2) 后角  $\alpha_0$ ——后刀面与切削平面之间的夹角。若通过选定点的切削平面位于楔形刀头的实体之外,后角为正值;反之为负值。

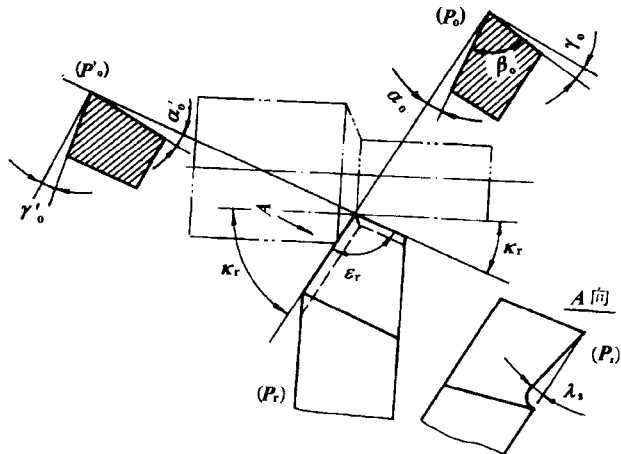


图 2.6 车刀的标注角度

3) 楔角  $\beta_0$ ——前刀面与主后刀面之间的夹角。可知： $\beta_0 + \gamma_0 + \alpha_0 = 90^\circ$ 。

在基面  $P_r$  中：

4) 主偏角  $\kappa_r$ ——主切削刃在基面上的投影与进给方向之间的夹角。

5) 副偏角  $\kappa'_r$ ——副切削刃在基面上的投影与进给相反方向之间的夹角。

6) 刀尖角  $\epsilon_r$ ——主切削刃与副切削刃在基面上投影之间的夹角。

显然， $\kappa_r + \kappa'_r + \epsilon_r = 180^\circ$ 。

在切削平面  $P_s$  中：

7) 刃倾角  $\lambda_s$ ——主切削刃与基面之间的夹角。当刀尖是主切削刃上最低点时，刃倾角定为负值；当刀尖是主切削刃上最高点时，则刃倾角为正值。如图 2.7 所示。

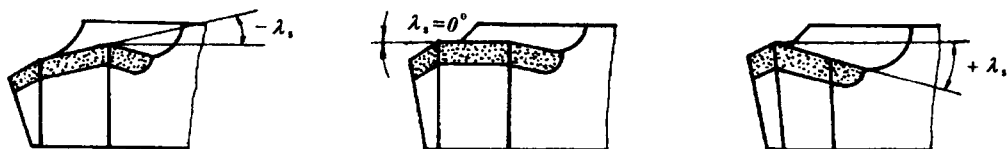


图 2.7 刃倾角的符号

表 2.1 硬质合金车刀前角、后角、主偏角、副偏角及刃倾角

工件材料	粗 车		精 车	
	前角 $\gamma_0$	后角 $\alpha_0$	前角 $\gamma_0$	后角 $\alpha_0$
低碳钢	20° ~ 25°	8° ~ 10°	25° ~ 30°	10° ~ 12°
中碳钢	10° ~ 15°	5° ~ 7°	15° ~ 20°	6° ~ 8°
合金钢	10° ~ 15°	5° ~ 7°	15° ~ 20°	6° ~ 8°
淬火钢	-15° ~ 5°	8° ~ 10°	-15° ~ 5°	8° ~ 10°
不锈钢(奥氏体)	15° ~ 20°	6° ~ 8°	20° ~ 25°	8° ~ 10°
灰铸铁	10° ~ 15°	4° ~ 6°	5° ~ 10°	6° ~ 8°
铜及铜合金(脆)	10° ~ 15°	6° ~ 8°	5° ~ 10°	6° ~ 8°
铝及铝合金	30° ~ 35°	8° ~ 10°	35° ~ 40°	10° ~ 12°
钛合金	5° ~ 10°	10° ~ 15°	5° ~ 10°	10° ~ 15°
工 作 情 况	主偏角 $\kappa_r$		副偏角 $\kappa'_r$	
一般粗车	工艺系统刚度较好		5° ~ 10°	
	工艺系统刚度较差		10° ~ 15°	
车削细长轴、薄壁件及台阶轴	75°, 90°		6° ~ 10°	
车削冷硬铸铁、淬火钢等	10° ~ 30°		4° ~ 10°	
车削外圆、端面及倒角	45°		5° ~ 10°	
从工件中间切入	45° ~ 60°		30° ~ 45°	
切断刀、切槽刀	75° ~ 90°		1° ~ 2°	
工件材料	粗车刃倾角 $\lambda_s$		精车刃倾角 $\lambda_s$	
钢或铸铁	0° ~ -4°		0° ~ +4°	
淬硬钢	-5° ~ -12°			
断续切削	-5° ~ -15°			

另外,当 $\lambda_s = 0^\circ$ 时,主切削刃与切削速度垂直;被称之为直角切削或正切削。而 $\lambda_s \neq 0^\circ$ 的切削称为斜角切削或斜切削。

同样,在副切削刃的主剖面 $P'_0$ 中,也存在:

副后角 $\alpha'_0$ ——副后刀面与切削平面之间的夹角;

副前角 $\gamma'_0$ ——在副切削刃的主剖面中前刀面与基面之间的夹角。

实际上,当 $\gamma_0, \lambda_s, \kappa_r$ 及 $\kappa'_r$ 为已定值,且主、副切削刃处于共同的前刀面时, $\gamma'_0$ 也已被确定了。另外, $\beta_0$ 及 $\epsilon_r$ 是派生角。因此,外圆车刀的标注角度只有六个: $\gamma_0, \alpha_0, \kappa_r, \kappa'_r, \lambda_s$ 与 $\alpha'_0$ 。它们的大小会直接影响切削过程。各角度的推荐值可查有关的金属切削刀具方面的手册。表 2.1 是硬质合金车刀前角、后角、主偏角、副偏角及刃倾角的参考值。

### 2.2.5 刀具角度换算的基本概念

为了实际工作的需要,如刃磨或检验时,往往要知道主切削刃法剖面内的角度,大刃倾角的斜角切削刀具,必须标注出法剖面角度。又如利用三向旋转磨刀夹具来刃磨刀具时,需要知道切深剖面(即纵剖面)和进给剖面(横剖面)中的刀具标注角度。

法剖面、切深剖面、进给剖面与主剖面相当,都是测量剖面,如图 2.8 所示,它们的定义如下:

- 1) 法剖面 $P_n$ ——垂直于主切削刃的剖面;
- 2) 进给剖面 $P_f$ ——通过切削刃某选定点,垂直于基面,同时又平行于进给运动假定方向的平面,也称假定工作平面;
- 3) 切深剖面 $P_p$ ——通过切削刃某选定点,同时垂直于基面和进给剖面的平面,也

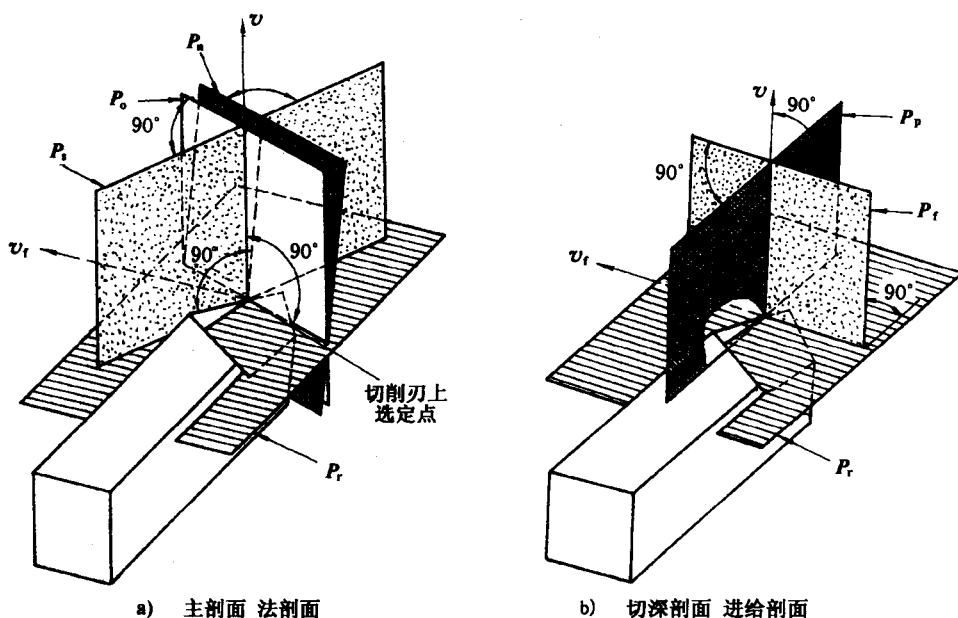


图 2.8 各剖面坐标系



称背平面。

法剖面、进给剖面和切深剖面分别与基面与切削平面组成了新的坐标系：法剖面坐标系、切深(进给)剖面坐标系。

外圆车刀在上述各坐标系中的标注角度如图 2.9 所示。根据需要各坐标系中的刀具角度均可按一定的规律进行相互换算。

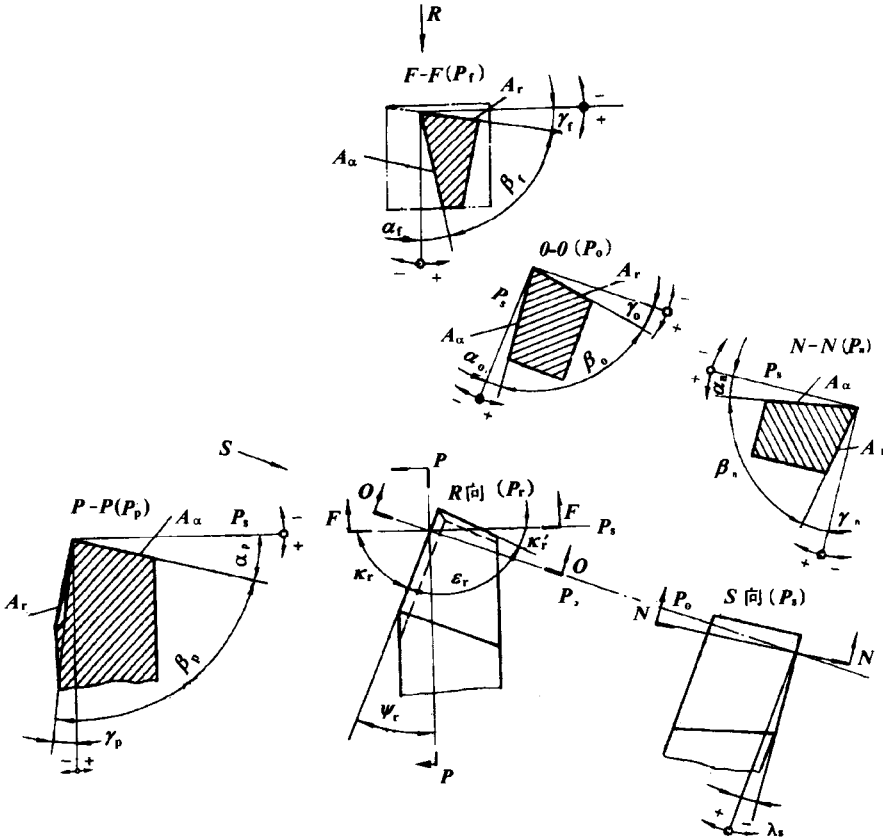


图 2.9 车刀各剖面内的标注角度

### 2.2.6 刀具工作角度

以上所述的都是假定运动条件和安装条件下的标注角度。如果考虑合成切削运动和实际安装情况，则刀具的坐标系将有所变化。按照实际切削工作情况，刀具在工作坐标系中所确定的角度称为刀具的工作角度。

#### 1) 进给运动对工作角度的影响

##### (1) 横车

切断车刀切削为典型的横向车削。假如不考虑横向进给运动时，图 2.10 中的  $\gamma_o$  及  $\alpha_o$  为主剖面内的标注前角和后角。

当考虑横向进给运动后，切削刃选定点相对于工作的运动轨迹为一平面阿基米德螺