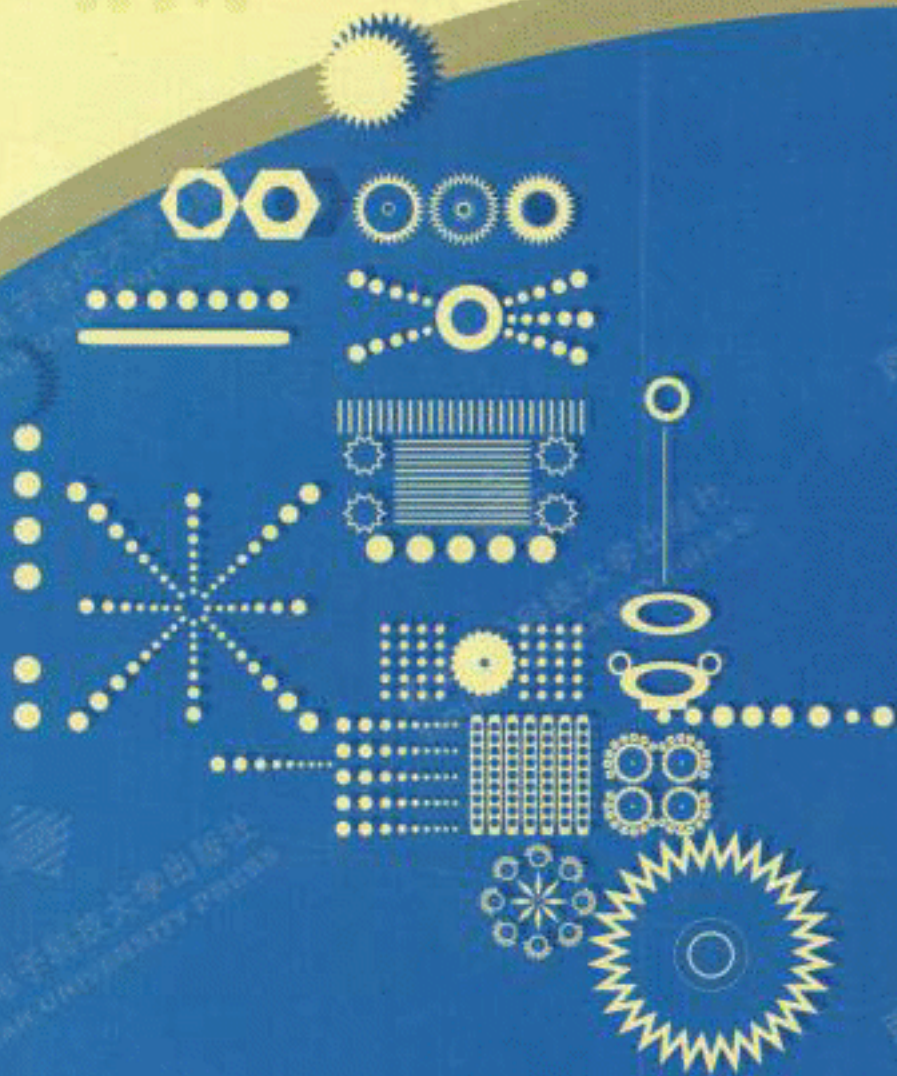


面向  
21  
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐  
机电类专业高职高专规划教材

# 机械制造基础

郑广花 主编  
孙燕华 主审



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书是根据高职高专机械类专业教学改革的需要,在总结作者多年教学经验和重点课程建设经验的基础上编写的一本教材。

本书内容共分四章,包括金属切削加工基础知识、金属切削机床和表面加工方法、机械加工工艺流程及机床夹具。

本书主要特点:对传统知识进行了有机的融合和整理,使教学体系更加完整、精炼,避免教学内容的重复,提高教学效率;适当增加新技术新工艺内容;内容丰富,深度适中,重要知识点和难点内容增加示例分析,章后有复习思考题,便于组织教和学;全书术语、符号等均采用最新标准。

本书可作为高职高专院校机械类和机电类专业教材,也可作为非机类和近机类本科院校教材。使用本书时,可根据学时和具体情况进行取舍。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/郑广花主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2006.8

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1698-4

I. 机… II. 郑… III. 机械制造—高等学校:技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 086788 号

策 划 马武装

责任编辑 陈 婷 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 西安市高陵县印刷厂

版 次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17.125

字 数 401 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 21.00 元

ISBN 7-5606-1698-4/TP·0421

**XDUP 1990001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

本书是根据高职高专机械类非机制专业教学改革的需要,并参照目前专业教学的基本要求和培养目标,在总结并融入作者多年教学经验和重点课程建设经验的基础上编写的一本教材。

本着培养学生能力、提高教学效率的思想,本书对传统的“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”等课程的内容进行了有机的融合和整理,综合为一门课程。本书的内容设置,不但考虑了各专业对机械制造工艺知识需要的“量”和“度”,而且还尽量做到和后续各专业课的衔接,避免了教学内容的重复,更加突出重点,以保证在有限的学时内,能够让学生对机械制造工艺过程有一个全面、系统的认识。书中适当增加了现代新工艺、新技术、新材料的内容,并尽可能地与传统知识融汇结合,拓宽知识面,以跟上现代机械制造发展的步伐。

此外,本书在编写过程中努力做到对各章重要的知识点通过示例给予分析与强调,尽量做到内容丰富,深度适中,教师好用,学生好学。全书的技术术语、名词、符号及计量单位均采用新标准。全书共分四章,各章后均附有复习思考题,使用时可根据需要加以选择。本书的授课学时为70~80学时,各专业在教学中可根据自己的专业特点和学时情况,自行取舍部分内容。

本书可作为高职高专院校机械类和机电类各专业教材,也可作为非机类和近机类本科教材。

本书由北华航天工业学院郑广花主编。具体编写分工如下:第1章、第2章由郑广花编写,第3章由刘京秋编写,第4章由王秋林编写,全书由郑广花负责统稿和校稿。

在编写本书的过程中,北华航天工业学院王怀明教授、刘新宇、张莉英、丁红军以及景晓华老师都给予了大力支持和帮助,并提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

限于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年1月

# 目 录

绪论 .....	1
第 1 章 金属切削加工基础知识 .....	3
1.1 切削加工概述 .....	3
1.1.1 切削加工的基本概念 .....	3
1.1.2 切削运动和切削要素 .....	4
1.1.3 刀具结构和刀具材料 .....	6
1.2 金属切削过程及其物理现象 .....	16
1.2.1 切削变形 .....	16
1.2.2 切削力 .....	22
1.2.3 切削热和切削温度 .....	26
1.2.4 刀具磨损 .....	28
1.3 控制切削过程、保证切削效果的途径 .....	32
1.3.1 合理选择刀具材料和刀具几何参数 .....	33
1.3.2 合理确定切削用量 .....	39
1.3.3 合理使用切削液 .....	44
1.3.4 改善工件材料的切削加工性 .....	46
1.3.5 保证工艺系统的稳定性 .....	47
复习思考题 .....	48
第 2 章 金属切削机床和表面加工方法 .....	50
2.1 金属切削机床的基本的知识 .....	50
2.1.1 金属切削机床的分类 .....	50
2.1.2 金属切削机床的型号 .....	51
2.1.3 金属切削机床的传动 .....	53
2.1.4 机床的技术性能指标 .....	56
2.1.5 机床的发展趋势 .....	57
2.2 车床和车削加工 .....	58
2.2.1 普通车床及工艺范围 .....	58
2.2.2 车刀 .....	60
2.2.3 工件在车床上的安装 .....	63
2.2.4 其他车床简介 .....	66
2.3 钻床和钻削加工 .....	68
2.3.1 钻床及其工艺范围 .....	68
2.3.2 钻削加工 .....	71
2.3.3 扩孔 .....	73
2.3.4 铰孔 .....	74
2.4 镗床和镗削加工 .....	76
2.4.1 镗床及其工艺范围 .....	76

2.4.2	镗刀 .....	80
2.4.3	镗削加工的特点及应用 .....	82
2.5	铣床和铣削加工 .....	82
2.5.1	铣床与铣削运动 .....	82
2.5.2	铣刀 .....	84
2.5.3	铣削加工的特点及应用 .....	87
2.6	磨床及磨削加工 .....	92
2.6.1	磨床及磨削运动 .....	92
2.6.2	砂轮 .....	95
2.6.3	磨削加工方法及应用 .....	99
2.6.4	磨削加工的特点 .....	101
2.6.5	磨削新技术 .....	102
2.7	其他机床及加工方法概述 .....	105
2.7.1	拉床及拉削加工 .....	105
2.7.2	齿轮加工机床及齿轮加工 .....	106
2.7.3	数控机床和加工中心 .....	113
2.7.4	精密与特种加工方法 .....	117
2.8	零件结构的机械加工工艺性 .....	125
2.8.1	零件结构工艺性的概念和设计原则 .....	125
2.8.2	改善零件结构的机械加工工艺性示例 .....	125
	复习思考题 .....	128
<b>第3章</b>	<b>机械加工工艺流程</b> .....	<b>131</b>
3.1	机械加工工艺流程的基本概念 .....	131
3.1.1	生产过程和工艺过程 .....	131
3.1.2	机械加工工艺流程的组成 .....	131
3.1.3	生产纲领、生产类型及工艺特征 .....	134
3.1.4	机械加工工艺流程 .....	135
3.2	工件的安装与定位 .....	140
3.2.1	工件的安装方式 .....	140
3.2.2	基准的概念 .....	141
3.2.3	定位原理 .....	142
3.2.4	限制工件自由度与加工要求的关系 .....	144
3.2.5	定位基准的选择 .....	146
3.3	工艺路线的拟定 .....	151
3.3.1	表面加工方法的选择 .....	151
3.3.2	加工阶段的划分 .....	156
3.3.3	工序的集中与分散 .....	156
3.3.4	加工顺序的安排 .....	157
3.4	工序内容的确定 .....	158
3.4.1	加工余量和工序尺寸的确定 .....	158
3.4.2	机床设备及工艺装备的确定 .....	165
3.4.3	切削液的合理选择 .....	165
3.4.4	切削用量的合理确定 .....	166

3.4.5	时间定额的确定 .....	166
3.5	工艺尺寸链 .....	167
3.5.1	概述 .....	167
3.5.2	尺寸链的计算方法 .....	169
3.5.3	工艺尺寸链的应用 .....	171
3.6	机械加工质量、生产率和经济性 .....	175
3.6.1	机械加工质量 .....	175
3.6.2	机械加工中的生产率 .....	185
3.6.3	工艺过程的技术经济性 .....	187
3.7	典型零件的加工工艺分析 .....	189
3.7.1	轴类零件的加工工艺 .....	189
3.7.2	箱体零件的加工工艺 .....	194
3.7.3	套类零件的加工工艺 .....	200
	复习思考题 .....	202
<b>第4章</b>	<b>机床夹具</b> .....	<b>208</b>
4.1	机床夹具的组成、作用和分类 .....	208
4.1.1	机床夹具的组成 .....	208
4.1.2	机床夹具的作用 .....	209
4.1.3	机床夹具的分类 .....	210
4.2	常见定位方法和定位元件 .....	212
4.2.1	工件定位方案的确定 .....	212
4.2.2	常用定位方法及定位元件 .....	214
4.2.3	定位误差的分析与计算 .....	222
4.3	工件的夹紧 .....	228
4.3.1	对夹紧装置的基本要求及其组成 .....	228
4.3.2	实施夹紧力和布置夹紧点的基本原则 .....	229
4.3.3	基本夹紧机构 .....	232
4.4	夹具的其他装置 .....	240
4.4.1	导向装置 .....	240
4.4.2	对刀装置 .....	245
4.4.3	分度装置 .....	247
4.4.4	夹具体 .....	249
4.4.5	夹具在机床上的安装 .....	250
4.4.6	数控机床夹具 .....	254
4.5	专用夹具的设计方法 .....	256
4.5.1	对机床夹具的基本要求 .....	256
4.5.2	专用夹具的设计步骤 .....	256
4.5.3	专用夹具设计举例 .....	258
	复习思考题 .....	261
	参考文献 .....	264

## 绪 论

制造业是将可用资源、能源与信息通过制造过程转化为可供人们使用的工业品或生活消费品的行业。机械制造业的主要任务就是完成机械产品的决策、设计、制造、装配、销售、售后服务及后续处理等，它为国民经济各行业提供各种生产手段，担负着为经济建设提供生产装备的重任。因此，机械制造产业的技术水平直接决定着国民经济其他产业的竞争力和经济效益。在战时，机械制造业为国防提供所需的武器装备，所以机械制造业也是国防安全的重要基础，世界军事强国无一不是装备制造业强国。历史证明，哪一个国家不重视机械制造工业，就会遭到历史的惩罚。

美国在机械制造技术上长期处于领先地位，而在第二次世界大战后，美国却出现了“制造业是夕阳产业”的观点，忽视了对制造业的投入，新技术研发不力，对机械制造专业人才培养不重视，以致工业生产下滑，出口锐减，工业品进口激增。而日本则大力支持机械制造业的发展，两国的政策形成鲜明对比，后果极为明显，在各方面均有体现：20世纪70年代和80年代两国在汽车和微电子工业的竞争中，日本的汽车、摩托车、电视机、录音录像机、照相机等产品不仅抢占了美国原来占有的国际市场，而且还大量进入美国国内市场，尽管很多技术是美国首创或首先从美国发展起来的，如微电子、家电等。美国在重要而又高速增长的技术市场上失利的一个重要因素是没有将自己的技术应用在制造业上，所以必须重新重视制造技术，而不是将制造列入到从属设计工程或设计风格的位置上。自20世纪80年代以来，由于给予了充分重视，美国的机械制造业在近年有所振兴，汽车、机床、微电子工业又重新获得了较大的发展。可见，机械制造业是国家经济实力和科技水平的综合体现，是国民经济赖以发展的基础，是每个国家任何时候都不能掉以轻心的关键行业。

把机械制造业称为“日不落行业”并无夸大之词，因为它始终不渝地陪伴着人类：从人类始祖开始使用和制造工具，到蒸汽机的制造与广泛应用，直至当今位于科技前沿的热门技术，如计算机、信息、微电子、航空航天、海洋、生物工程、先进武器等，也都是以机械制造业提供的技术和设备为后盾的，日常生活领域如汽车、家用电器等现代社会的消费品也是以机械制造业为支撑的。

经过近两个世纪的发展，人类向机械制造的精度和效率不断提出更高的要求，促进机械制造业（冷加工）正朝着下面三个方向发展：

① 加工技术向高度自动化、信息化、集成化方向发展，柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)以及敏捷制造等先进制造技术都在改造着传统制造业并迅速向前

发展。

② 加工技术向精密和超精密方向发展，以超精密加工和纳米技术为代表。

③ 机械加工工艺方法多元化，除了传统的切削与磨削技术仍不断发展外，还出现了许多种特种加工技术和工艺，使加工领域不断扩展，使过去加工的“不可能”变为“可能”，使原来的加工“困难”变得“容易”。

我国的机械制造业起步较晚，但在解放后的 50 多年间已经取得了巨大进步，在机床的产量、品种、先进性等方面都得到了高速发展，同时与制造设备同步发展的还有刀具制造技术和工艺手段。我国的机械制造业已经达到了一定的规模和水平，拥有了自己独立的汽车工业、造船工业、航空航天工业等技术难度较大的机械制造业。特别是改革开放以来，我国机械制造业充分利用国内外两方面的资金和技术，进行了大规模的技术改造，技术水平、产品质量及经济效益有了更大提高，为推动国民经济发展起到了重要作用。但是，和目前工业发达的国家，如美国、英国、日本等国相比较，我国还有很大差距，尤其是在一些高技术领域，如数控机床的自动化程度、机床的精密程度、功能范围等方面。在刀具方面，超硬刀具应用及材料的研制仍处于初级阶段，新型刀具和精密刀具比例较小；在加工工艺研究和应用（尤其是超精密加工）、自动化管理等方面，我们还处于起始阶段。因此，我国的机械制造业必须加大投入，尽快培养该领域的高水平人才，提高现有人员的素质和水平，励精图治、奋发图强，以振兴和发展中国的机械制造业为己任，使我国的机械制造业尽快赶超世界先进水平。

目前，人们对制造技术的理解有广义和狭义两种。广义的制造技术涉及生产活动的各个方面，包括从产品决策、设计、制造、销售到售后服务及后期处理的全过程；狭义的制造技术则重点指产品制造。本书讨论的主要内容属于狭义制造（也称“小制造”）的范畴，这是由本课程的任务决定的。

本课程的主要内容包括：

(1) 机械制造基础知识，主要介绍金属切削过程中存在的现象和规律，如何通过改变加工变量以达到控制切削过程以及达到加工目的的方法和途径。

(2) 机械加工机床和表面加工方法，主要介绍生产中常用的加工设备及其工艺范围，使读者能根据零件特点、表面形状和技术要求来选择合适的加工设备和加工方法，实现高质量和低成本加工的目的。

(3) 机械加工工艺的制定，主要介绍确定零件加工工艺过程的具体方法和原则，学完本章内容后应初步具备制定中等复杂程度零件加工工艺的能力。

(4) 机床夹具，作为影响零件加工效率和保证质量不可缺少的辅助装备，机床夹具在加工中起着非常重要的作用。本部分主要介绍夹具的工作原理和设计方法，使大家初步掌握常用机床夹具的设计原理和方法，并能做到触类旁通，学会类似工装的设计。

本课程的特点是综合性强，实践性强，工艺灵活性强。所以在学习时一定要理论联系实际，注重实践，从实践中去体会理解，去学习书本上难以学会的东西，并学会发现问题，总结提高，学会灵活运用，用所学知识去指导生产。

为配合本课程的学习，应安排必要的实验和生产实习，这样才能做到真正掌握所学知识。此外，安排恰当的现场课也可起到事半功倍的效果。

# 第 1 章 金属切削加工基础知识

任何机器或装置都是由许多相互关联的零件组成的，机器的质量和成本在很大程度上取决于其组成零件，因此，保证零件的质量是获得高质量机器的基础。

目前，使零件成形的方法主要有下面几种：① 变形加工，目前应用较多的有精密铸造、精密锻造、冷挤压、粉末冶金、快速成型等。② 结合加工，又分附着、注入、连接等几种形式。由于以上两种方法制作的零件其加工精度和表面质量或强度不高，因而其使用范围有限。③ 分离加工，即采用切除材料使零件最终成形的办法，又分内切削和外切削两种方式。其中外切削在机械制造中应用最为广泛，习惯称之为切削加工。切削加工是机械制造的基础，它可以获得各种精度范围的加工表面，各种机械产品中精度较高的零件通常都需要用切削加工的方法来获得。据估计，在 21 世纪，切削加工仍将占机械加工工作量的 90% 以上，它仍是机械制造业的主导加工方法。因此，一个国家的切削加工工艺水平，基本代表了个国家制造业的水平。本书主要针对切削加工工艺方法和规律进行讨论。

本章主要介绍金属切削过程、在这个过程中存在的各种物理现象以及影响这些现象的因素和规律，从而让读者掌握控制金属切削过程的方法，以高质量、高效率、低成本获得所需要的加工表面。

## 1.1 切削加工概述

### 1.1.1 切削加工的基本概念

切削加工就是利用切削刀具从工件上切除多余材料的加工方法。

切削加工一般分为钳工和机械加工（简称机工）。钳工是指以手持工具为主在工作台上对工件进行加工的方法，主要包括划线、錾削、锯、锉、刮、绞孔、攻丝和套扣等。机械维修和装配通常也属于钳工范围。机械加工一般是指在机床上用各种刀具去除工件材料的方法，主要包括车、铣、钻、镗、拉、磨、刨以及精密和特种加工等方法。目前，切削加工正朝着高精度、高效率、自动化、柔性化、绿色无污染等方向发展。

虽然切削加工的方法很多，但却有着共同的现象和规律。研究这些现象和规律，对于合理进行切削加工，保证零件的加工质量，提高效率，降低成本，保护环境都有着重要的意义。

## 1.1.2 切削运动和切削要素

### 1. 切削运动

从几何学来看,零件上的每个表面都是由一条母线沿一条导线运动的轨迹形成的,如图1-1所示。切削加工时,零件的实际表面就是根据这一原理,通过刀具与工件之间的相互作用和相对运动,切除多余的金属形成的,我们通常就把刀具和工件之间的这种运动称为切削运动。切削运动是由金属切削机床实现的。

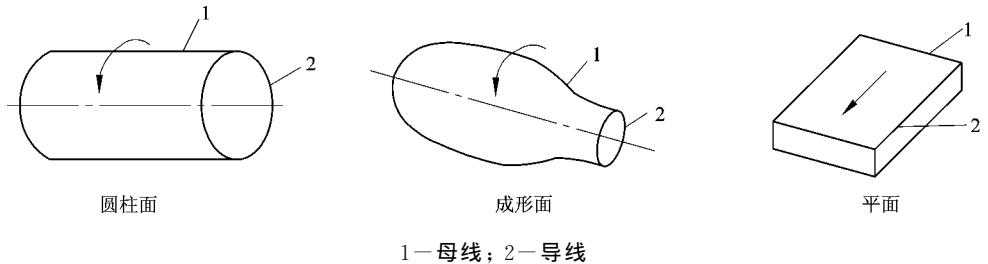


图 1-1 零件表面的形成原理

切削运动一般由主运动和进给运动组成。

#### 1) 主运动

主运动是切下切屑所需的最基本的运动,其特点是速度最高,消耗功率最多。切削加工时主运动只有一个。例如图1-2中所示,车削加工时车床主轴带动工件的旋转运动、钻孔时钻头的旋转运动、铣削加工时铣刀的旋转运动、磨削时砂轮的旋转运动等都是主运动。

#### 2) 进给运动

使金属层不断投入切削,从而加工出完整表面的运动称为进给运动。其特点是速度较低,消耗功率较少。不同的加工方法,需要的进给运动的数量可能不同,因此进给运动可能有一个、两个或多个。例如图1-2所示,车削外圆时刀具的纵向移动、铣削平面时工件的连续直线运动、钻孔时钻头的轴向直线运动、磨削外圆时工件的旋转和砂轮的横向进给以及工件的纵向往复直线运动等都是进给运动。

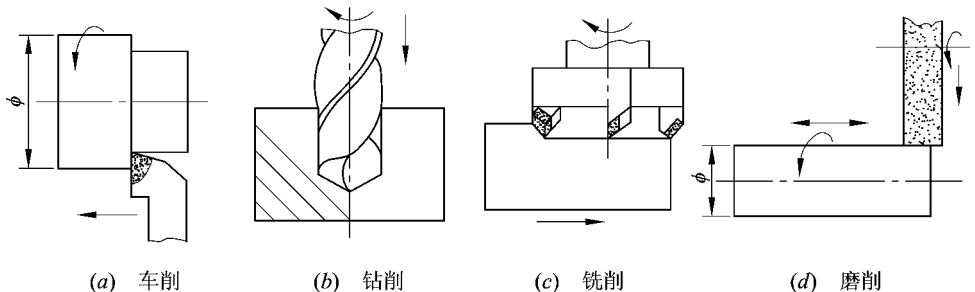


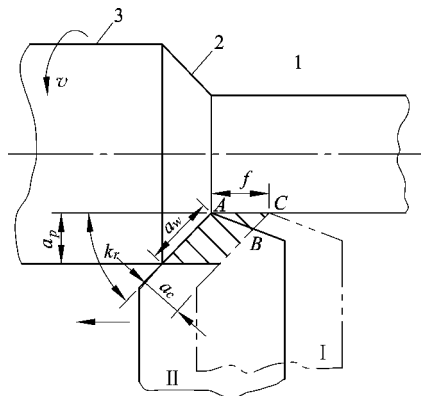
图 1-2 切削运动

各种切削加工机床都是为了加工某种表面而发展起来的,因此都有特定的运动。

切削过程中,工件上会出现三种表面,以车外圆为例(如图1-3所示),它们分别是:

(1) 待加工表面:工件上即将被切去金属层的表面;

- (2) 已加工表面：工件上切去一层金属后所形成的新表面；  
 (3) 加工表面：工件上正在被切削刃切削的表面，即已加工表面和待加工表面之间的过渡表面。



1—已加工表面；2—加工表面；3—待加工表面  
 图 1-3 车削时工件上形成的表面及切削要素

## 2. 切削要素

切削要素是描述切削过程常用的几个参数，它包括切削用量要素和切削层几何参数。

### 1) 切削用量要素

切削用量要素指切削时各运动参数的数值，包括切削速度、进给量和背吃刀量，统称切削用量三要素(如图 1-3 所示)。它们是调整机床运动的依据。

(1) 切削速度  $v$ 。切削速度是单位时间内工件和刀具沿主运动方向的相对位移。如果主运动为旋转运动， $v$  可用下式表示：

$$v = \frac{\pi d n}{1000 \times 60} (\text{m/s})$$

式中： $d$ ——工件待加工表面的直径，或刀具、砂轮的直径(mm)；

$n$ ——工件或刀具的转速(r/min)。

如果主运动为直线运动(如拉、插、刨等)，则切削速度为直线运动的平均速度，可用下式计算：

$$v = \frac{2Ln_r}{1000 \times 60} (\text{m/s})$$

式中： $L$ ——往复直线运动的行程长度(mm)；

$n_r$ ——主运动每分钟往复的次数(次/min)。

(2) 进给量  $f$ 。在主运动的一个运动循环内，刀具与工件沿进给运动方向的相对位移称为进给量。例如，车削时，进给量是指工件转一圈，车刀在进给运动方向移动的距离，单位是 mm/r；铣削时的进给量是指铣刀每转一圈，工件在进给运动方向上移动的距离。

(3) 背吃刀量  $a_p$ 。背吃刀量是指待加工表面和已加工表面之间的垂直距离。车外圆时

$$a_p = \frac{d - d_w}{2}$$

式中： $d$ 、 $d_w$ ——工件待加工表面和已加工表面的直径(mm)。

钻孔时背吃刀量为钻头直径的一半。

## 2) 切削层几何参数

切削层是指工件上正在被切削刃切削的一层金属。例如图 1-3 所示，车外圆时，工件转一圈，车刀移动一个  $f$  距离，主切削刃所切下的金属层即为切削层。切削层参数是在与主运动方向相垂直的平面内度量的切削层截面尺寸，包括切削厚度、切削宽度和切削面积。

(1) 切削厚度  $a_c$ 。切削厚度是指在切削层截面内，垂直于主切削刃方向所测得的切削层尺寸。切削厚度代表了切削刃工作负荷的大小，它的数值可用下式表示：

$$a_c = f \sin k_r (\text{mm})$$

式中： $k_r$ ——车刀的主偏角(主切削刃与进给运动方向的夹角)。

(2) 切削宽度  $a_w$ 。切削宽度是指在切削层截面内，平行于主切削刃方向所测得的切削层尺寸。切削宽度等于切削刃的工作长度，其数值大小可用下式表示：

$$a_w = \frac{a_p}{\sin k_r} (\text{mm})$$

(3) 切削面积  $A_c$ 。忽略残留面积(图 1-3 中三角形  $ABC$  面积，残留在已加工表面上)，切削面积就是切削层截面的面积，其数值大小可用下式表示：

$$A_c = a_c \cdot a_w = f \cdot a_p (\text{mm}^2)$$

在切削速度一定时，切削面积代表了切削加工的生产率。从上式可以看出，在  $f$ 、 $a_p$  一定时，通过调整  $k_r$  大小，可以改变切削层截面的形状，使  $a_c$ 、 $a_w$  发生变化。这样，在保证生产率不变的情况下，可以改善切削刃的负荷，减少残留面积的高度，从而改善切削过程，提高加工质量。

## 1.1.3 刀具结构和刀具材料

金属切削过程中，刀具的种类繁多，形状各异，但它们切削部分的几何形状都是以普通外圆车刀切削部分的几何形状为基本形态的。普通外圆车刀是所有刀具中最简单、最典型、应用最广泛的刀具，其他刀具不论外形多么复杂，都可以看成是由普通外圆车刀演变和组合而成的。因此，研究刀具时，总是以普通外圆车刀为基础。

### 1. 车刀的组成

车刀是由刀头和刀柄两部分组成的，如图 1-4 所示。刀柄用来将车刀装夹在机床刀架上，刀头用来对工件进行切削，所以刀头又称刀具的切削部分。

车刀的切削部分由以下几部分组成：

#### 1) 三个表面

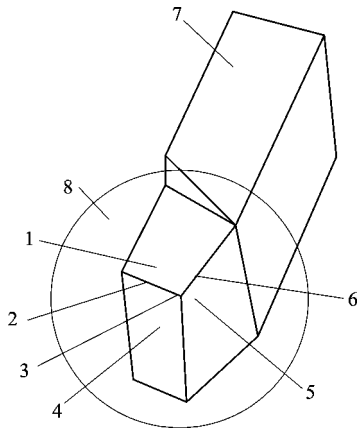
前刀面：刀头上切屑流走所经过的刀面，即与切屑相接触的刀面。

主后刀面：刀头上与加工表面相对的刀面。

副后刀面：刀头上与已加工表面相对的刀面。

#### 2) 两个刀刃

主切削刃：前刀面和主后刀面的交线，通常由它承担主要的切削工作。



1—前刀面；2—副切削刃；3—刀尖；4—副后刀面；5—主后刀面；  
6—主切削刃；7—刀柄；8—刀头

图 1-4 车刀的组成

副切削刃：前刀面与副后刀面的交线，通常靠近刀尖处的副切削刃起微小的切削作用。在大进给量切削时，副切削刃也起较大的切削作用。

实际上，为了保证刃口强度，刀刃并不是理想的几何直线，而是磨出一定刃口圆弧。

### 3) 刀尖

刀尖是主、副切削刃的交点。为了提高刀尖的强度，通常把刀尖磨成很短的直线或圆弧。

## 2. 刀具角度

为了描述和确定上述刀面和刀刃的空间位置，需要引入刀具角度的概念。刀具角度是用来描述刀具切削部分结构形状的几何参数。

### 1) 建立参考坐标系

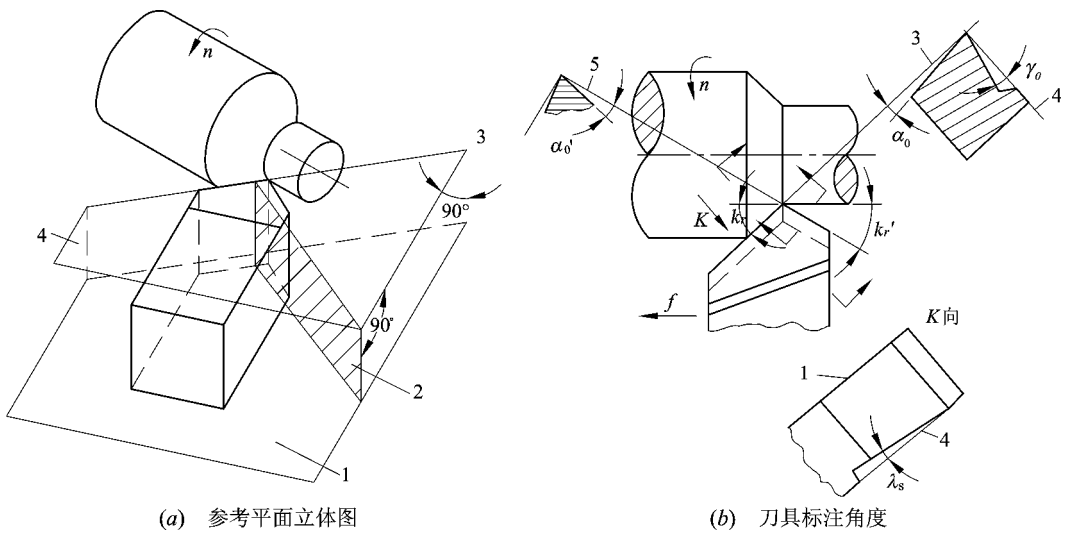
为了正确表示车刀的几何角度，先要引入辅助平面，建立空间坐标系。

为了简化分析，假设车削时只有主运动，刀杆安装成与工件中心线垂直，且刀尖与工件中心线等高的状态，这种假设状态通常被称为“静止状态”。此状态下确定的辅助平面构成的参考坐标系是车刀刃磨、测量和标注角度的基准。最基本的参考坐标系是主剖面参考坐标系，它由基面、切削平面、主剖面组成，如图 1-5(a)所示。

(1) 基面。基面是通过主切削刃上的选定点，并与该点切削速度方向相垂直的平面。如果没有特殊注明，选定点一般是指切削刃上与刀尖毗邻的点。可以看出，基面平行于车刀底面，它是制造、刃磨和测量车刀的基准面。

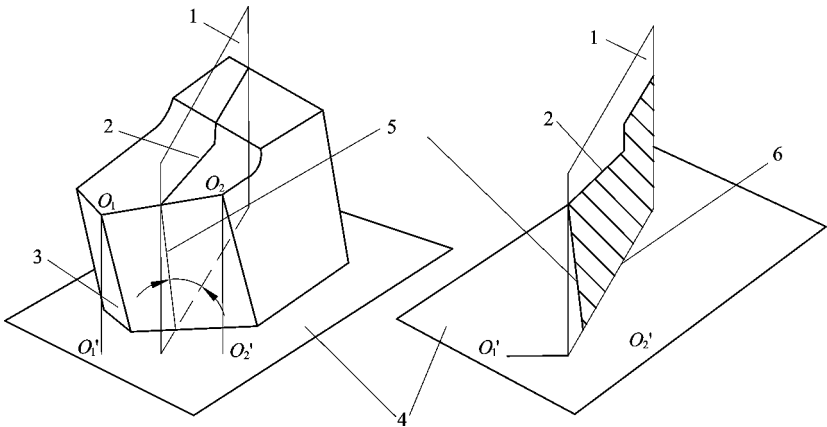
(2) 切削平面。切削平面是通过主切削刃上的选定点并与工件加工表面相切的平面，即与切削刃相切并包含该点切削速度方向的平面。切削平面垂直于基面。

(3) 主剖面。主剖面是通过主切削刃上选定点并与主切削刃在基面的投影相垂直的平面，如图 1-6 所示。



1—刀杆底面；2—主剖面；3—切削平面；4—基面；5—副切削平面

图 1-5 外圆车刀的辅助平面和主要角度



1—主剖面；2—主剖面与前刀面交线；3—切削平面；4—刀杆底面；5—主剖面与后刀面的交线；  
6—主剖面与刀杆底面的交线； $O_1O_2$ —主切削刃； $O_1'O_2'$ —主切削刃在基面上的投影

图 1-6 车刀的主剖面

以上三个辅助平面互相垂直正交，构成了一个空间坐标系，我们称该坐标系为主剖面参考坐标系。

对于副切削刃上的选定也可以用同样的方法建立类似的坐标系。

## 2) 车刀几何角度的定义

车刀的标注角度是在刀具图样上标注的角度，也是制造、刃磨刀具时需要控制的角度。车刀有六个独立的主要角度，分别是前角  $\gamma_0$ 、后角  $\alpha_0$ 、主偏角  $k_r$ 、副偏角  $k_r'$ 、刃倾角  $\lambda_s$ 、副后角  $\alpha_0'$ ，如 1-5(b) 所示。

(1) 前角  $\gamma_0$ 。前角在主剖面内测量，是前刀面与基面之间的夹角。前角表示前刀面相对基面的倾斜程度，它影响主切削刃的锋利程度和刃口的强度等。

(2) 后角  $\alpha_0$ 。后角也在主剖面内测量，是后刀面与切削平面之间的夹角。后角表示后刀面相对于切削平面的倾斜程度，影响着后刀面与加工表面之间的摩擦、刃口的锋利程度和刃口强度等。

(3) 主偏角  $k_r$ 。主偏角在基面内测量，是主切削刃在基面的投影与刀具进给运动方向的夹角。主偏角表示主切削刃对刀具进给方向的倾斜程度。它的大小影响着刀头的强度、单位长度刀刃上的负荷和受力情况等。

(4) 副偏角  $k_r'$ 。副偏角也在基面内测量，是副切削刃与进给运动反方向之间的夹角。副偏角影响着已加工表面粗糙度、刀头的受力情况和刀尖强度等。

(5) 刃倾角  $\lambda_s$ 。它在切削平面内测量，是主切削刃与基面之间的夹角。刃倾角表示主切削刃对基面的倾斜程度。它影响着切屑流向、刀头强度和刀头受力等。

(6) 副后角  $\alpha_0'$ 。它在副剖面内测量(过副切削刃上选定点并垂直于副切削刃在基面上的投影的平面称为副剖面)，是副后刀面与副切削平面之间的夹角。该角表示副后刀面相对于副切削平面的倾斜程度。

在刀具的几个主要角度中，前角  $\gamma_0$ 、刃倾角  $\lambda_s$  均有正、负之分。前角  $\gamma_0$  的正负是相对基面而言的，如图 1-7 所示：在主剖面中，前刀面与基面平行时前角为  $0^\circ$ ；前刀面与切削平面夹角小于  $90^\circ$  时，前角为正；大于  $90^\circ$  时，前角为负。刃倾角  $\lambda_s$  的正负通常由刀尖在主切削刃上的位置确定，如图 1-8 所示：当切削刃与刀杆底面平行时刃倾角为  $0^\circ$ ；刀尖处于切削刃的最高点时，刃倾角为正；刀尖处于最低点时，刃倾角为负。

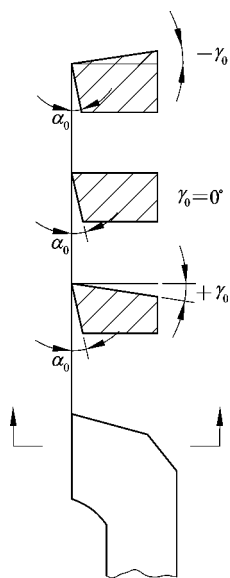
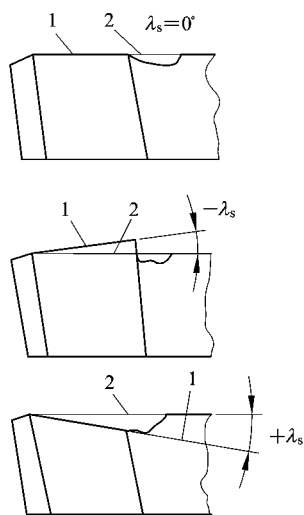


图 1-7 车刀前角的正负



1—主切削刃；2—基面

图 1-8 刃倾角的正负

以上刀具角度决定了刀具切削部分的几何形状，它们对切削过程有很大影响。切削加工时必须合理确定其数值，并标注在刀具工作图上。

### 3) 刀具的工作角度

如上所述,车刀的标注角度是在静止状态下建立的坐标系中确定的几何角度,但在实际切削过程中,刀具的安装位置会和静止状态有所不同,进给运动也是存在的,这样会导致刀具和工件相对运动方向发生变化,从而使实际参考坐标平面的位置随之变化,最终会导致刀具的实际切削角度与标注角度不相同。刀具切削时的实际切削角度称为刀具的工作角度。通常情况下,刀具工作角度与标注角度差别不大,可以忽略这种变化对加工过程造成的影响。但在某些情况下,两者相差较大,其影响不可忽视。设计刀具时,一般先考虑工作角度有一合理数值,然后推算出刀具的标注角度。

刀具的工作角度值受刀具安装位置和进给运动影响。

(1) 刀尖安装位置高低对刀具工作角度的影响。如图 1-9 所示,当车刀刀尖和工件中心线等高时(如图(b)所示),基面与刀杆底面平行,切削平面与刀杆底面垂直。如果刀尖安装的位置高于(如图(a)所示)或低于工件中心线(如图(c)所示),则基面和切削平面发生倾斜,从而引起切削角度发生变化。当刀尖安装位置高于工件中心线时,前角增大,后角减小;当刀尖安装位置低于工件中心线时,则角度的变化相反。

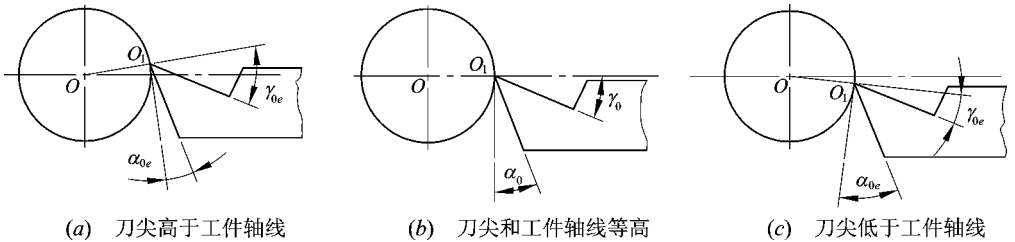


图 1-9 外圆车刀刀头安装位置对前、后角的影响

成形车削或车螺纹、车锥面时,刀尖和工件的中心线一定要精确等高,以保证加工表面的形状。切槽和切断时,刀尖和工件的中心线也必须精确等高,以保证切削加工顺利进行。

(2) 刀杆中心安装位置是否与工件中心线垂直对刀具工作角度的影响。如图 1-10 所示,车刀的主、副偏角是在刀杆垂直于工件中心线方向的情况下测定的(如图(b)所示),如果刀杆安装偏斜(如图(a)、图(c)所示),则实际的主、副偏角的值将同时改变,并且主偏角的增加量(或减少量)等于副偏角的减小量(或增加量)。

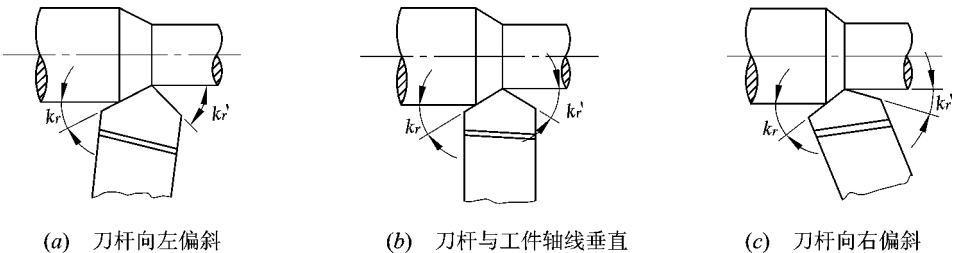


图 1-10 刀杆安装偏斜对主、副偏角的影响

(3) 进给运动对刀具工作角度的影响。在车削过程中,由于进给运动的影响,工件上的加工表面实际上是一个螺旋面,如图 1-11 所示。这样,实际切削平面和基面相对于其静止状态所在的位置偏离了一个螺旋升角  $\phi$ ,从而造成实际工作前角增加了一个  $\phi$  角,而

实际工作后角减小了一个  $\phi$  角。

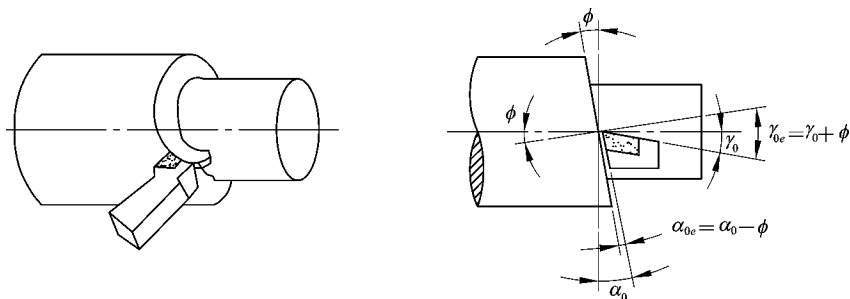


图 1 - 11 进给运动对车刀实际工作前角和后角的影响

一般车削加工时，进给量值比工件直径小得多，所以进给运动所形成的螺旋升角也很小，其对加工过程的影响常常可以忽略。但是在车削多头螺纹或大螺距螺纹时，因进给量值较大，故必须考虑由此引起的角度变化对加工过程的影响。

#### 4) 其他典型车刀的角度

在实际生产中，除普通的外圆车刀外，常用车刀还有端面车刀、切断刀、镗孔车刀等，其主要角度标注如图 1 - 12 所示，供大家学习时参考。

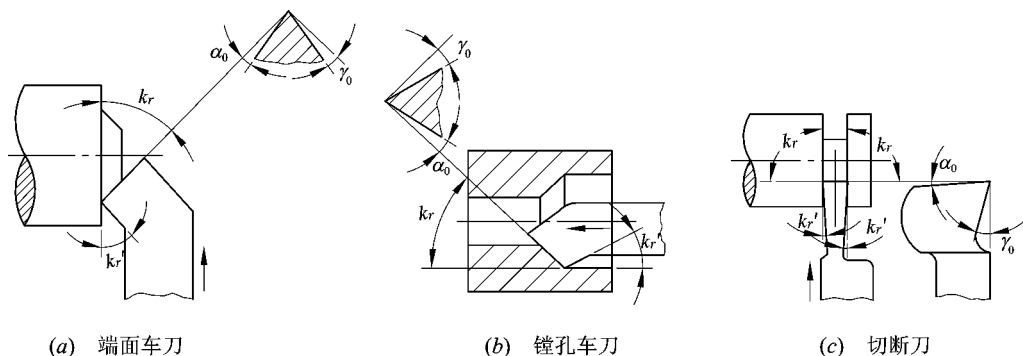


图 1 - 12 几种常见车刀的主要角度

### 3. 刀具材料

在切削过程中，刀具能否胜任切削工作，不仅与刀具切削部分的几何参数有直接的关系，而且还取决于刀具切削部分材料的性能。刀具材料的性能是刀具切削能力的重要基础。实践证明，刀具材料的切削性能直接影响刀具的寿命及加工的生产率和经济性。

#### 1) 刀具材料应具备的性能

切削加工时，刀具和工件直接接触并发生相互作用，刀具要在强力、高温、高压和剧烈摩擦条件下工作，同时还要承受冲击和振动。因此，刀具材料应满足以下基本要求：

(1) 高硬度。刀具材料的硬度应高于工件材料的硬度，一般认为至少应高于工件材料 1.3~1.5 倍，以便切入工件。特别是刀具材料在高温下仍需保持足够的硬度(称为热硬性或耐热性)，以使刀具在切削加工的温度下，仍能保持顺利加工的能力。热硬性是刀具材料能否胜任切削工作的关键性能，也是评定刀具材料性能好坏的最重要的指标。刀具的热硬性通常用耐热温度表示。