

# 机械加工基础

编者 唐梓荣 陆翠英 张常有

北京航空航天大学出版社

# 机械加工基础

编者 唐梓荣 陆翠英 张常有

北京航空航天大学出版社

## 内 容 提 要

本教材是根据航空高等学校第三教材委员会《机械加工基础教学大纲》编写的。

全书内容包括金属切削原理、金属切削机床传动的基本知识、CA6140普通车床、数控机床、各种切削加工方法、磨削加工及光整加工、特种加工、机械加工工艺过程的基本知识及其制定等十五章。本书全部采用新国标，内容较全面，本书系统地叙述和分析了有关机械加工的基本知识和问题，并具有一定的深度，同时也涉及新工艺发展，各章均有复习思考题。

本书为高校机械制造、管理及有关各专业教材，也可供职工大学、业余大学选用。

## 机 械 加 工 基 础

JIXIE JIAGONG JICHU

编 者 唐梓荣 陆翠英 张常有

责任编辑 肖之中

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

建华印刷厂排版 觅子店印刷厂印装

787×1092 1/16 印张：15.75 字数：403 千字

1991年7月第一版 1991年7月第一次印刷 印数：7000册

ISBN 7-81012-228-2/TH·011 定价：4.15元

## 前 言

在机械制造等行业中,金属切削加工方法迄今仍然占有极其重要的地位。因此,有关金属切削加工原理、刀具、机床设备和工艺过程设计等一直还是许多专家不断探索和致力研究的重要课题。

在机械制造类专业的传统教学计划中,为有关金属切削加工的教学内容分别设立了金属工艺学、切削原理和刀具、金属切削机床、机械制造工艺学等多门课程。随着科学技术的迅猛发展,知识更新的周期愈来愈短,要求在高等学校中更加注意加强基础知识和能力的培养,要求拓宽专业面的意见,日益得到各方面的重视。为此提出了两方面的问题:机械制造类专业要求压缩原来的专业课程的比重,而非机械制造类专业则又要求学生获得有关金属切削加工方面的知识。机械加工基础这门课程就是在这样的背景下产生的。必须指出,这门课程的设置并不意味着机械制造类专业原有专业课程的削弱,相反,它将促使切削机床、切削刀具、切削原理和制造工艺学等各门课程在更高的起点上,为学生提供更加广泛更加灵活的选课机会,进行更加深入的钻研。

本教材是为制造工程系的机械加工基础课程而编写的,内容包括金属切削原理、金属切削机床、各种切削加工方法和机械加工工艺过程等四个方面。一般可在四年制学制的二下或三上进行教学。金工实习、机械制图、材料及热处理和公差技术测量等是本课程必要的前修课或平行学习的课程。授课时间为40~50学时。

本教材由张常有编写第一、二、三、七、八、十、十二章,陆翠英编写第四、五、六、九、十一、十三章,唐梓荣编写第十四、十五章和附录二。参加编写工作的还有李镛、刘强、孙刚。陆翠英统编全稿。

本教材由北京理工大学周吉人同志审稿,北航制造工程系的许多同志参加了本课程大纲的制订和讨论,提出了许多宝贵的意见。这里表示诚挚的感谢。

教材中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望使用本教材的老师和广大读者批评指正。

编 者

1991年

# 目 录

## 第一章 切削运动和刀具结构要素

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| .....                 | ( 1 ) |
| §1-1 切削运动和切削用量·····   | ( 1 ) |
| 一、切削运动·····           | ( 1 ) |
| 二、切削用量·····           | ( 1 ) |
| §1-2 刀具切削部分的基本定义····· | ( 2 ) |
| 一、刀具切削部分的结构要素·····    | ( 2 ) |
| 二、确定刀具切削角度的参考平面·····  | ( 3 ) |
| 三、刀具的标注角度参考系·····     | ( 3 ) |
| 四、刀具的工作角度·····        | ( 6 ) |
| §1-3 切削层参数·····       | ( 7 ) |
| 一、切削厚度·····           | ( 7 ) |
| 二、切削宽度·····           | ( 7 ) |
| 三、切削面积·····           | ( 7 ) |
| 复习思考题·····            | ( 8 ) |

## 第二章 金属切削过程中的基本物理现象

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| .....                   | ( 9 )  |
| §2-1 切削过程中的金属变形·····    | ( 9 )  |
| 一、切屑的形成及变形区的划分·····     | ( 9 )  |
| 二、切屑的种类与度量切屑变形的方 法····· | ( 10 ) |
| 三、前刀面上的摩擦·····          | ( 12 ) |
| 四、积屑瘤·····              | ( 13 ) |
| 五、切屑变形的变化规律·····        | ( 14 ) |
| §2-2 切削力·····           | ( 16 ) |
| 一、切削合力与分力·····          | ( 16 ) |
| 二、切削功率·····             | ( 17 ) |
| 三、影响切削力的主要因素·····       | ( 17 ) |

|        |        |
|--------|--------|
| 素····· | ( 17 ) |
|--------|--------|

## 四、切削力的测量和经验公式的建立

|                        |        |
|------------------------|--------|
| §2-3 切削热和切削温度·····     | ( 24 ) |
| 一、切削热的产生与传出·····       | ( 24 ) |
| 二、切削温度的分布·····         | ( 24 ) |
| 三、影响切削温度的主要因素·····     | ( 25 ) |
| 四、切削温度的测量及经验公式·····    | ( 28 ) |
| §2-4 刀具磨损和刀具耐用度·····   | ( 29 ) |
| 一、刀具磨损的形式·····         | ( 29 ) |
| 二、刀具磨损的原因·····         | ( 29 ) |
| 三、刀具的磨钝标准·····         | ( 31 ) |
| 四、刀具耐用度及其与切削用量的关系····· | ( 32 ) |
| 复习思考题·····             | ( 33 ) |

## 第三章 切削条件的合理选择和已加工表面质量

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 加工表面质量·····                  | ( 34 ) |
| §3-1 工件材料的切削加工性·····         | ( 34 ) |
| 一、切削加工性的概念·····              | ( 34 ) |
| 二、衡量切削加工性的指标·····            | ( 34 ) |
| 三、工件材料的力学、物理性能对切削加工性的影响····· | ( 35 ) |
| 四、改善工件材料切削加工性的途径·····        | ( 36 ) |
| §3-2 刀具材料的选择·····            | ( 36 ) |
| 一、刀具材料的性能·····               | ( 36 ) |
| 二、常用的刀具材料及其选                 |        |

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 用.....                | ( 36 )        |
| 三、其它刀具材料.....         | ( 40 )        |
| §3-3 刀具几何参数的合理选       |               |
| 择.....                | ( 41 )        |
| 一、前角和前刀面形状的选          |               |
| 择.....                | ( 41 )        |
| 二、后角的选择.....          | ( 43 )        |
| 三、主、副偏角的选择.....       | ( 43 )        |
| 四、刃倾角的选择.....         | ( 43 )        |
| §3-4 切削液的合理选择.....    | ( 44 )        |
| 一、切削液的作用.....         | ( 44 )        |
| 二、切削液的种类和选            |               |
| 用.....                | ( 45 )        |
| §3-5 切削用量的合理选         |               |
| 择.....                | ( 45 )        |
| 一、粗加工切削用量的选           |               |
| 择.....                | ( 46 )        |
| 二、精加工切削用量的选           |               |
| 择.....                | ( 48 )        |
| §3-6 已加工表面质量.....     | ( 49 )        |
| 一、已加工表面的金属变           |               |
| 形.....                | ( 49 )        |
| 二、已加工表面粗糙度.....       | ( 49 )        |
| 三、加工硬化.....           | ( 51 )        |
| 四、残余应力.....           | ( 51 )        |
| 五、提高表面质量的措            |               |
| 施.....                | ( 52 )        |
| 复习思考题.....            | ( 52 )        |
| <b>第四章 金属切削机床传动的基</b> |               |
| <b>    本知识.....</b>   | <b>( 53 )</b> |
| §4-1 金属切削机床的分类与       |               |
| 型号的编制方法.....          | ( 53 )        |
| 一、机床的分类.....          | ( 53 )        |
| 二、机床型号的编制方            |               |
| 法.....                | ( 54 )        |
| §4-2 机床的运动.....       | ( 57 )        |
| 一、表面的成形运动.....        | ( 57 )        |
| 二、辅助运动.....           | ( 58 )        |
| §4-3 基本的传动方法.....     | ( 58 )        |

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| 一、常用的传动元件.....              | ( 58 )        |
| 二、机床的传动形式.....              | ( 60 )        |
| 三、传动链及其传动比.....             | ( 62 )        |
| 四、各种传动件的符号.....             | ( 62 )        |
| §4-4 离合器.....               | ( 66 )        |
| 一、啮合式离合器.....               | ( 66 )        |
| 二、摩擦式离合器.....               | ( 67 )        |
| 三、超越离合器.....                | ( 69 )        |
| §4-5 分级变速机构和换向机             |               |
| 构.....                      | ( 70 )        |
| 一、分级变速机构.....               | ( 70 )        |
| 二、换向机构.....                 | ( 72 )        |
| §4-6 分级变速传动系统及其             |               |
| 转速图.....                    | ( 72 )        |
| 复习思考题.....                  | ( 74 )        |
| <b>第五章 CA6140普通车床 .....</b> | <b>( 76 )</b> |
| §5-1 概述.....                | ( 76 )        |
| 一、机床的用途.....                | ( 76 )        |
| 二、机床的运动.....                | ( 77 )        |
| 三、主要部件及其功用.....             | ( 77 )        |
| 四、机床的主要技术性能.....            | ( 77 )        |
| §5-2 机床的传动系统.....           | ( 78 )        |
| 一、主运动传动系统.....              | ( 78 )        |
| 二、进给运动传动系统.....             | ( 81 )        |
| §5-3 主传动系统的主要结              |               |
| 构.....                      | ( 89 )        |
| 一、皮带轮卸荷装置.....              | ( 89 )        |
| 二、双向多片摩擦离合器、                |               |
| 制动器及其操纵机                    |               |
| 构.....                      | ( 90 )        |
| 三、主轴部件.....                 | ( 92 )        |
| 四、变速操纵机构.....               | ( 93 )        |
| 复习思考题.....                  | ( 95 )        |
| <b>第六章 数字程序控制机床简解</b>       |               |
| .....                       | ( 96 )        |
| §6-1 概述.....                | ( 96 )        |
| 一、数控机床的工作原                  |               |
| 理.....                      | ( 96 )        |

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| 二、数控机床的类型.....                     | ( 99 )  |
| §6-2 数控机床的工艺特点和<br>应用.....         | ( 100 ) |
| §6-3 数控机床的发展概<br>况.....            | ( 101 ) |
| 复习思考题.....                         | ( 102 ) |
| <b>第七章 车削加工</b> .....              | ( 103 ) |
| §7-1 概述.....                       | ( 103 ) |
| 一、车削运动、范围、车刀.....                  | ( 103 ) |
| 二、常用的各类车床.....                     | ( 103 ) |
| §7-2 工件在车床上的安装及<br>其附件.....        | ( 105 ) |
| 一、用三爪卡盘安装工<br>件.....               | ( 105 ) |
| 二、用四爪卡盘安装工<br>件.....               | ( 105 ) |
| 三、用花盘安装工件.....                     | ( 106 ) |
| 四、用顶尖安装工件.....                     | ( 106 ) |
| 五、用心轴装夹工件.....                     | ( 107 ) |
| 六、中心架和跟刀架的使<br>用.....              | ( 108 ) |
| §7-3 车削的基本加工方<br>法.....            | ( 108 ) |
| 一、圆柱面车削.....                       | ( 108 ) |
| 二、圆锥面车削.....                       | ( 109 ) |
| 三、端面、切槽切削.....                     | ( 110 ) |
| 四、成形表面车削.....                      | ( 111 ) |
| 复习思考题.....                         | ( 112 ) |
| <b>第八章 钻、扩、铰、镗及拉削加<br/>工</b> ..... | ( 113 ) |
| §8-1 钻削加工.....                     | ( 113 ) |
| 一、麻花钻的结构特点.....                    | ( 113 ) |
| 二、钻床.....                          | ( 114 ) |
| 三、钻削的加工特点.....                     | ( 115 ) |
| 四、深孔钻削.....                        | ( 116 ) |
| §8-2 扩孔与铰孔加工.....                  | ( 117 ) |
| 一、扩孔加工.....                        | ( 117 ) |
| 二、铰孔加工.....                        | ( 118 ) |
| §8-3 镗孔加工.....                     | ( 119 ) |

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| §8-4 拉削加工.....             | ( 120 ) |
| 一、拉刀与拉床.....               | ( 120 ) |
| 二、拉削加工特点.....              | ( 123 ) |
| 复习思考题.....                 | ( 123 ) |
| <b>第九章 铣、刨加工</b> .....     | ( 124 ) |
| §9-1 铣床.....               | ( 126 ) |
| 一、卧式铣床.....                | ( 126 ) |
| 二、立式铣床.....                | ( 127 ) |
| 三、无升降台立式铣床.....            | ( 128 ) |
| 四、龙门铣床.....                | ( 128 ) |
| §9-2 铣削用量及切削层参<br>数.....   | ( 129 ) |
| 一、铣刀.....                  | ( 129 ) |
| 二、铣削用量.....                | ( 130 ) |
| 三、切削层参数.....               | ( 131 ) |
| §9-3 铣削方式及其选择.....         | ( 132 ) |
| 一、周铣法.....                 | ( 132 ) |
| 二、端铣法.....                 | ( 134 ) |
| 三、周铣法和端铣法的比<br>较.....      | ( 134 ) |
| 四、铣削特点.....                | ( 135 ) |
| §9-4 刨削.....               | ( 135 ) |
| 一、刨床.....                  | ( 135 ) |
| 二、刨削的工艺特点.....             | ( 136 ) |
| 复习思考题.....                 | ( 137 ) |
| <b>第十章 磨削和光整加工</b> .....   | ( 138 ) |
| §10-1 砂轮的特性和砂轮的<br>选择..... | ( 138 ) |
| 一、磨料.....                  | ( 138 ) |
| 二、粒度.....                  | ( 139 ) |
| 三、结合剂.....                 | ( 140 ) |
| 四、砂轮硬度.....                | ( 141 ) |
| 五、砂轮组织.....                | ( 142 ) |
| 六、砂轮形状.....                | ( 142 ) |
| §10-2 磨削过程.....            | ( 143 ) |
| 一、磨削过程及其特点.....            | ( 143 ) |
| 二、单个磨粒的磨削厚度.....           | ( 145 ) |
| §10-3 磨削表面质量.....          | ( 146 ) |
| 一、磨削表面粗糙度.....             | ( 146 ) |

## 二、磨削表面层的机械性

能.....(147)

### §10-4 磨削方法.....(148)

一、外圆磨削.....(148)

二、内圆磨削.....(150)

三、平面磨削.....(151)

四、无心磨削.....(152)

### §10-5 高精度、高效率磨削

方法简介.....(153)

一、高精度、小粗糙度磨

削.....(153)

二、高速磨削.....(153)

三、强力磨削.....(154)

### §10-6 光整加工.....(155)

一、珩磨.....(155)

二、研磨.....(155)

三、超级光磨.....(156)

四、抛光.....(156)

复习思考题.....(157)

## 第十一章 齿轮加工.....(158)

### §11-1 铣齿加工.....(158)

### §11-2 滚齿加工.....(159)

一、滚齿加工原理.....(159)

二、滚齿机.....(162)

### §11-3 插齿加工.....(165)

一、插齿加工原理.....(165)

二、插齿机和插齿运动.....(165)

三、插齿、滚齿特点比较.....(166)

### §11-4 齿轮齿形的精加工.....(166)

一、剃齿.....(166)

二、珩齿.....(167)

三、磨齿.....(168)

四、研齿.....(169)

复习思考题.....(170)

## 第十二章 螺纹加工.....(171)

### §12-1 概述.....(171)

### §12-2 车削螺纹.....(171)

### §12-3 铣削螺纹.....(172)

### §12-4 滚压螺纹.....(173)

一、搓丝板挤压.....(173)

二、滚丝轮滚压.....(174)

### §12-5 磨削螺纹.....(174)

### §12-6 攻丝和套扣.....(175)

一、攻丝.....(175)

二、套扣.....(175)

复习思考题.....(176)

## 第十三章 特种加工.....(177)

### §13-1 电火花加工.....(177)

一、电火花加工的基本原理

及其分类.....(177)

二、电火花加工的特点、应

用、加工质量和生产

率.....(179)

### §13-2 电解加工.....(180)

一、电解加工的基本原

理.....(180)

二、电解加工的特点及应

用.....(181)

三、电解磨削.....(181)

### §13-3 超声波加工.....(182)

一、超声波加工的基本原

理.....(182)

二、超声波加工的特点及应

用.....(183)

### §13-4 激光加工.....(183)

一、激光加工的基本原理.....(183)

二、激光加工的特点及应

用.....(184)

### §13-5 电子束和离子束加

工.....(185)

一、电子束加工原理和特

点.....(185)

二、离子束加工原理和特

点.....(186)

复习思考题.....(187)

## 第十四章 机械加工工艺过程的基

本知识.....(188)

### §14-1 工艺过程的组成.....(188)

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| 一、生产过程与工艺过程             | ( 188 ) |
| 二、生产类型及其工艺特点            | ( 190 ) |
| §14-2 机械加工精度的概念及其保证方法   | ( 192 ) |
| 一、零件的加工精度               | ( 192 ) |
| 二、规定精度的保证方法             | ( 192 ) |
| §14-3 基准和安装             | ( 193 ) |
| 一、设计基准                  | ( 193 ) |
| 二、工艺基准                  | ( 194 ) |
| 三、工件的定位与夹紧(安装)          | ( 195 ) |
| §14-4 机床夹具的功用和示例        | ( 196 ) |
| §14-5 提高劳动生产率的措施        | ( 198 ) |
| 一、提高劳动生产率的主要途径          | ( 198 ) |
| 二、零件的结构工艺性              | ( 199 ) |
| 三、时间定额(工时定额)            | ( 201 ) |
| 四、提高机械加工劳动生产率的工艺措施      | ( 202 ) |
| 复习思考题                   | ( 203 ) |
| <b>第十五章 机械加工工艺过程的制定</b> | ( 205 ) |
| §15-1 工艺规程的作用及其制定的技术依据  | ( 205 ) |
| 一、工艺规程的作用               | ( 205 ) |
| 二、制定工艺规程的技术依据           | ( 205 ) |
| 三、制定工艺规程的步骤             | ( 206 ) |
| §15-2 零件的工艺分析           | ( 206 ) |
| §15-3 毛坯和加工方法的选择        | ( 208 ) |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 一、毛坯的选择                 | ( 208 )   |
| 二、加工方法的选择               | ( 208 )   |
| §15-4 加工阶段的划分和工序的集中与分散  | ( 211 )   |
| 一、加工阶段的划分               | ( 211 )   |
| 二、工序的集中与分散              | ( 212 )   |
| §15-5 基准选择和尺寸换算         | ( 213 )   |
| 一、基准选择                  | ( 213 )   |
| 二、尺寸换算                  | ( 216 )   |
| §15-6 热处理工序和辅助工序位置的安排   | ( 219 )   |
| 一、热处理工序位置的安排            | ( 219 )   |
| 二、辅助工序位置的安排             | ( 219 )   |
| §15-7 机床工序的设计           | ( 220 )   |
| 一、设备和工艺装备的选择            | ( 220 )   |
| 二、加工余量和工序尺寸的计算          | ( 220 )   |
| §15-8 轴承套工艺过程示例         | ( 223 )   |
| 一、零件的功用与工艺分析            | ( 223 )   |
| 二、毛坯和加工方法的选择            | ( 225 )   |
| 三、加工阶段的划分和加工顺序          | ( 225 )   |
| 四、定位基准的选择               | ( 225 )   |
| 五、轴承座零件的工艺路线示意图         | ( 225 )   |
| 复习思考题                   | ( 228 )   |
| <b>附录一 机床类组型划分</b>      | ( 230 ] ) |
| <b>附录二 叶轮机械加工工艺规程示例</b> | ( 238 )   |

# 第一章 切削运动和刀具结构要素

## § 1-1 切削运动和切削用量

刀具从毛坯上切去多余金属,从而获得在形状上、尺寸精度上和表面质量上都合乎预定要求的加工,称为金属切削加工。在切削加工过程中刀具与工件相互接触且存在着相对运动,这种相对运动的过程称为金属切削过程。在切削过程中将产生各种物理现象(如切削力、切削温度、刀具磨损……)及其变化规律,这些现象及其变化规律正是金属切削加工原理所研究的全部内容。

### 一、切削运动

1. 主运动 切削时直接切除工件上的金属层,使之转变为切屑的运动,称为主运动。通常,主运动的速度最高,消耗的功率最大。主运动可以由工件完成,也可以由刀具完成。车削时工件的旋转运动是主运动(图1-1)。一种切削加工方法其主运动只有一个。

2. 进给运动 不断地将多余金属投入切削,以保证切削连续进行的运动,称为进给运动。进给运动的速度较低,消耗的功率较小。车削时车刀的纵向移动和横向移动都是进给运动(图1-1)。一种切削加工方法其进给运动不限于一个。

在切削过程中,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表面。在工件表面形成的过程中,工件上有三个不断变化着的表面(图1-1)。

(1) 已加工表面 它是切削后在工件上形成的新表面。它随切削运动的进行而逐渐扩大。

(2) 待加工表面 即将被切除的表面它随切削运动的进行而逐渐缩小,直至全部切去。

(3) 加工表面 它是切削刃正在切削着的表面。

### 二、切削用量

切削用量的大小,反映单位时间内的金属切除量,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、进给量和切削深度的总称。它们分别定义如下:

1. 切削速度 切削速度即主运动的速度。车削时其切削速度为

$$v = \frac{\pi d_w n}{1000} \quad \text{m/s} \quad (1-1)$$

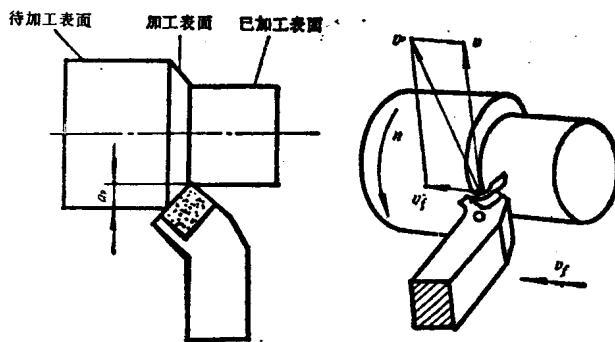


图 1-1 外圆车削运动、加工表面及合成速度

其中:  $\bar{d}_w$ ——工件待加工表面直径 (mm);  $n$ ——工件转速 (r/s)

由于刀刃上各点相对于工件的旋转半径不同, 因而刀刃上各点的切削速度也不同, 在计算时, 应以最大的切削速度为准。

2. 进给量 当主运动旋转一周时, 刀具(或工件)沿进给方向上的位移量。车削时, 工件旋转一周, 刀具沿进给方向上的位移量。显然, 进给量的大小反映着进给速度的大小, 其关系为

$$v_f = f \cdot n \quad \text{mm/s} \quad (1-2)$$

对于多刃刀具其进给量常用每齿进给量来表示。即刀具每转一齿, 刀具或工件沿进给方向上的位移量。即:

$$a_f = \frac{f}{z} \quad (1-3)$$

式中:  $z$ ——刀具齿数

其进给速度为:

$$v_f = a_f \cdot z \cdot n \quad (1-2)'$$

3. 切削深度 工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离。车削时(图1-1)

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad \text{mm}$$

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)

4. 合成切削速度 在主运动与进给运动同时进行的情况下, 刀刃上任一点真实的切削速度是它们的合成速度, 如图1-1, 其大小为

$$\vec{v}_s = \vec{v} + \vec{v}_f \quad (1-4)$$

## § 1-2 刀具切削部分的基本定义

金属切削刀具的种类很多, 各种刀具的结构大不相同。不论刀具结构如何复杂, 但它们切削部分的几何形状都大致相同, 都是以普通外圆车刀的切削部分的几何形状为基本形态。因此, 在确定刀具切削部分基本定义时, 是以普通外圆车刀为基础。

### 一、刀具切削部分的结构要素

刀具切削部分的结构要素定义如下(图1-2):

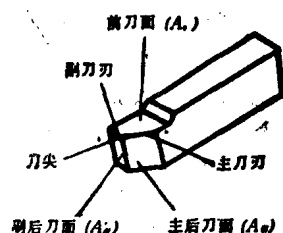


图 1-2 刀具切削部分的结构要素

前刀面 ( $A_f$ ) —— 切削时直接作用于被切金属层且切屑沿其排出的刀面。

主后刀面 ( $A_m$ ) —— 同工件上的加工表面相互作用和相对着的刀面。

副后刀面 ( $A'_m$ ) —— 同工件上的已加工表面相互作用和相对着的刀面。

主切削刃——前刀面与主后刀面的交线。它承担着主要的切削工作。

副切削刃——前刀面与副后刀面的交线。它配合主切削刃完成切削工作。

刀尖——主切削刃与副切削刃的交点。为了增加刀尖强度，往往将它磨成圆弧形（或一段直线），介于主、副切削刃之间，这段刀刃我们称为过渡刃。

## 二、确定刀具切削角度的参考平面

刀具要从工件上切下金属，就必须使它具有有一定的切削角度，正是由于这些角度才决定了刀具切削部分各表面的空间位置。为了确定刀具的切削角度，首先定义两个参考平面。

1. 切削平面 $P_s$ 。通过刀刃上某一选定点，切于工件加工表面的平面。也可以认为是该点合成速度与切削刃的切线组成的平面（图1-3）。

2. 基面 $P_r$ 。通过刀刃上某一选定点，垂直于该点合成速度的平面（图1-3）。

显然，刀刃上任一点的基面与切削平面是相互垂直的。

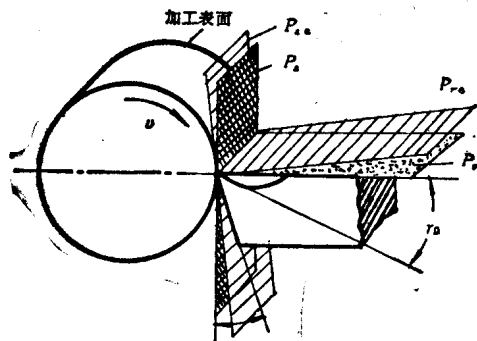


图 1-3 横车时的基面和切削平面

## 三、刀具的标注角度参考系

刀具的标注角度是制造和刃磨刀具时所需要的，并在刀具设计图上予以标注的角度。为了便于制造和刃磨刀具，使刀具参考平面与刀具检验、刃磨基准一致，从而规定以下两个条件。

(1) 假定运动条件 各类刀具的标注角度暂不考虑进给运动的大小。即 $v_f = 0$ 。

(2) 假定安装条件 规定刀具安装基准面垂直于切削平面或平行于基面；且刀杆轴线同进给方向垂直或平行。对车刀来讲，刀尖位于工件的中心高度上，且刀杆轴线垂直于进给方向。

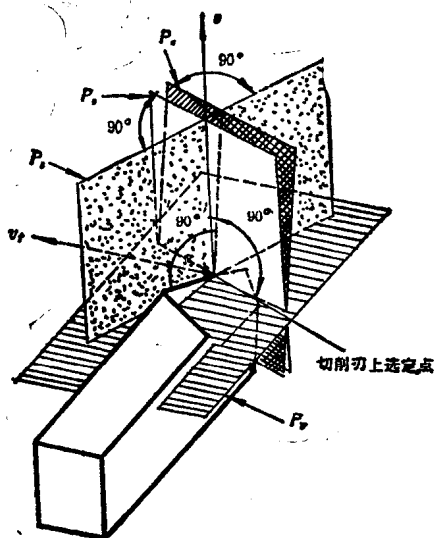


图 1-4 主、法剖面参考系

当有了以上两个假定条件后，刀具的参考平面为：切削平面 $P_s$ ，基面 $P_r$ ，如图1-3。

仅有以上两个参考平面还不能确切地定义刀具角度，还得给出第三个平面，以构成刀具角度参考系。由于第三个参考平面的方位不同，从而就构成了不同的刀具标注角度参考系。

1. 主剖面参考系 主剖面参考系由基面 $P_r$ 、切削平面 $P_s$ 、主剖面 $P_p$ 所组成。所谓主剖面，它是通过刀刃任一选定点，垂直于主刀刃在基面投影的平面。显然，主剖面 $P_p$ 与基面 $P_r$ 、切削平面 $P_s$ 垂直。主剖面参考系是一个空间直角坐标系（图1-4）。

在主剖面内定义的角度有（图1-5a）

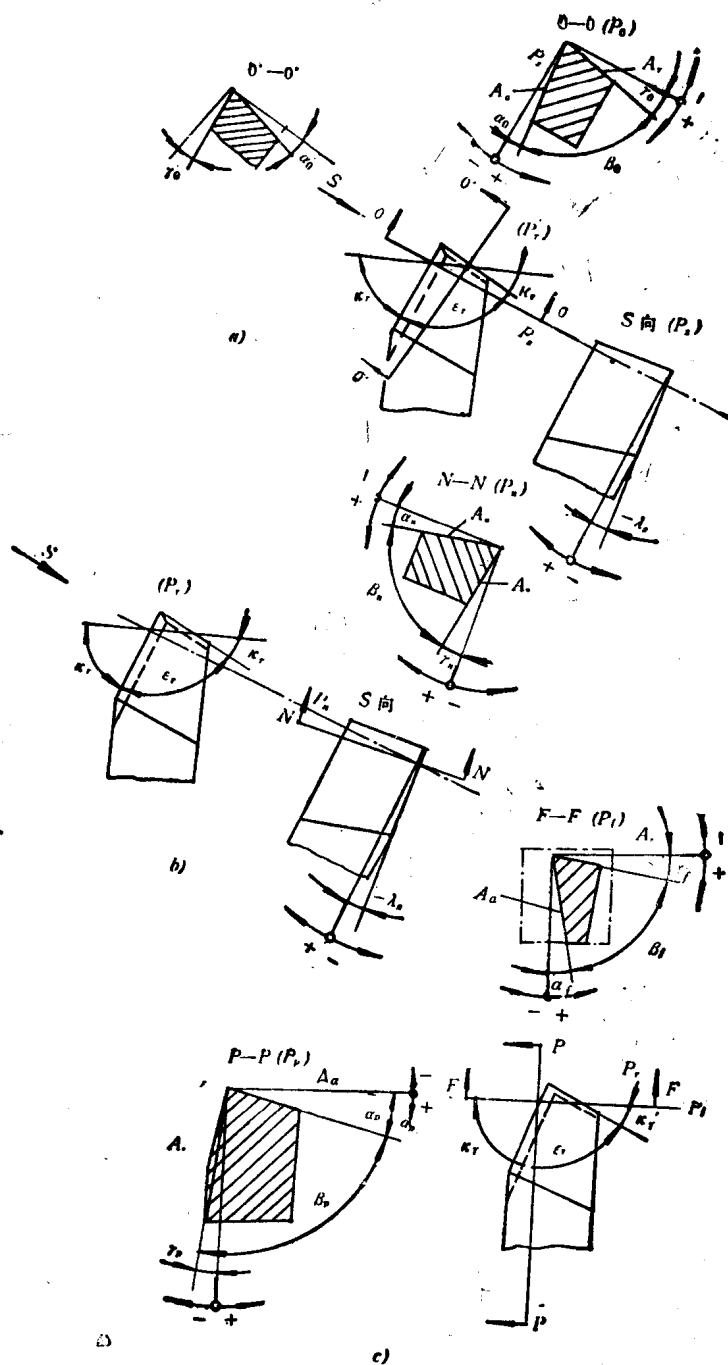


图 1-5 车刀的标注角度

- (1) 前角 $\gamma$ 。前刀面与基面之间的夹角。
- (2) 后角 $\alpha$ 。主后刀面与切削平面之间的夹角。
- (3) 楔角 $\beta$ 。前刀面与后刀面之间的夹角。

由上述定义可知：

$$\beta_0 = 90^\circ - \gamma_0 - \alpha_0$$

在基面内定义的角度有(图1-5a)

(4) 主偏角 $\kappa_r$  主切削刃在基面投影与进给方向的夹角。

(5) 副偏角 $\kappa'_r$  副切削刃在基面投影与进给方向的夹角。

(6) 刀尖角 $\varepsilon_r$  主、副切削刃在基面投影所夹的角度。由上述定义可知:

$$\varepsilon_r = 180^\circ - \kappa_r - \kappa'_r \quad (1-6)$$

在切削平面内定义的角度有(图1-5a)

(7) 刃倾角 $\lambda$ 。主切削刃与基面之间的夹角。当刀尖位于刀刃的最低点时,  $\lambda$  为负值; 反之,  $\lambda$  为正值。(图1-6)。



图 1-6 刃倾角

分析副切削刃上的刀具角度与分析主切削刃上的刀具角度的方法相同。在副切削刃上的某一点作副剖面 $P'_f$ (图1-5a中的 $0'-0'$ 剖面)。在副剖面 $P'_f$ 内可以表示出副后角 $\alpha'_f$ 和副前角 $\gamma'_f$ 。如果刀具的主、副切削刃在一个平面型的前刀面上, 则当主切削刃的前角 $\gamma_o$ 、后角 $\alpha_o$ 、主偏角 $\kappa_r$ 、刃倾角 $\lambda$ 确定之后, 副前角 $\gamma'_f$ 、副刃倾角 $\lambda'_f$ 也随之确定。这样一把外圆车刀的标注角度有六个, 即主切削刃上的 $\gamma_o$ 、 $\alpha_o$ 、 $\kappa_r$ 、 $\lambda$ 和副切削刃上的 $\kappa'_r$ 、 $\alpha'_f$ 。

2. 法剖面参考系 法剖面参考系由基面 $P_r$ 、切削平面 $P_s$ 、法剖面 $P_n$ 三个参考平面组成。所谓法剖面它是通过刀刃上某一选定点, 垂直于主切削刃的平面。在法剖面内定义的角度有法向前角 $\gamma_n$ 、法向后角 $\alpha_n$ 、法向楔角 $\beta_n$ , 如图1-5b。主法剖面参考系与主剖面参考系的区别仅仅在于主、法剖面的位置不同(图1-4)。主、法剖面内的角度可按下列公式换算:

$$\text{tg} \gamma_n = \text{tg} \gamma_o \cdot \cos \lambda, \quad (1-7)$$

$$\text{ctg} \alpha_n = \text{ctg} \alpha_o \cdot \cos \lambda, \quad (1-8)$$

3. 纵、横剖面参考系 在制造刀具和刃磨刀具时, 常常需要知道刀具的纵向、横剖面内的角度, 因而要建立纵、横剖面参考系。

纵、横剖面参考系是由基面 $P_r$ 、切削平面 $P_s$ 、纵剖面 $P_p$ 、横剖面 $P_t$ 组成(图1-5c)。所谓纵剖面, 它是过切削刃某一选定点与基面垂直且与刀杆轴线平行的平面。在纵剖面内定义的角度有纵向前角 $\gamma_p$ 、纵向后角 $\alpha_p$ 、纵向楔角 $\beta_p$ 。所谓横剖面, 它是过切削刃某一选定点与基面和刀杆轴线同时垂直的平面(图1-7)。在横剖面内定义的角度有横向前角 $\gamma_t$ 、横向后角 $\alpha_t$ 、横向楔角 $\beta_t$ 。纵、横剖面相互垂直且都与基面垂直, 它与主剖面参考系中刀具角度的关系为:

$$\text{tg} \gamma_p = \text{tg} \gamma_o \cdot \cos \kappa_r + \text{tg} \lambda_o \cdot \sin \kappa_r, \quad (1-9)$$

$$\text{tg} \gamma_t = \text{tg} \gamma_o \cdot \sin \kappa_r - \text{tg} \lambda_o \cdot \cos \kappa_r, \quad (1-10)$$

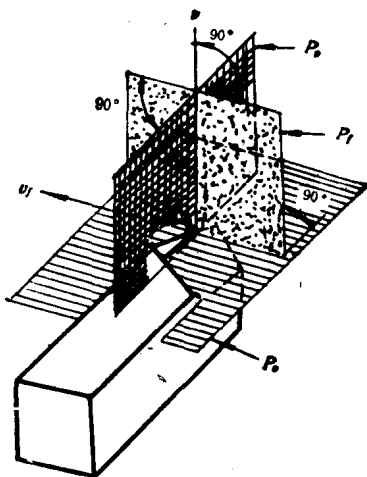


图 1-7 纵、横剖面

$$\operatorname{ctg} \alpha_p = \operatorname{ctg} \alpha_s \cdot \cos \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \sin \kappa_r, \quad (1-11)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_r = \operatorname{ctg} \alpha_s \cdot \sin \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r, \quad (1-12)$$

#### 四、刀具的工作角度

以上讲的是刀具标准角度，是在假定运动条件和假定安装条件下的刀具角度。如果考虑合成运动和实际安装情况，则刀具的参考平面将发生变化，刀具角度也发生了变化。按照刀具工作中的参考系确定的刀具角度，称为刀具的工作角度。

1. 进给运动对工作角度的影响 以切断工件为例，如图1-8。图中 $P_s$ 、 $P_r$ 为标准角度的参考平面， $\gamma_s$ 、 $\alpha_s$ 为标准角度。当考虑进给运动后，参考平面变为 $P_{s'}$ 、 $P_{r'}$ ，刀具角度也随之变化，其分别称为工作后角 $\alpha_{s'}$ 和工作前角 $\gamma_{s'}$ ，其大小为：

$$\alpha_{s'} = \alpha_s - \mu \quad (1-13)$$

$$\gamma_{s'} = \gamma_s + \mu \quad (1-14)$$

由图1-8可知

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{v_f}{v} = \frac{f \cdot n}{\pi d_w n} = \frac{f}{\pi d_w}$$

式中  $d_w$ ——为工件直径。

$n$ ——为工件转速。

由上式可以看出，工件直径减小或进给量增大都将使 $\mu$ 值增大，工作后角减小。在一般情况下，进给速度远远小于主运动速度， $\mu$ 值很小，故可略去不计。但当进给量很大时， $\mu$ 值较大，这时必须考虑，此时要增大标注后角，以便使工作后角不致过小。

同理，车外圆时刀具角度也有类似的变化。

2. 刀尖安装高低对工作角度的影响 当刀尖安装高于工件中心时，切削平面变为 $P_{s'}$ ，基面变为 $P_{r'}$ ，如图1-9a所示。其纵剖面内的工作角度为

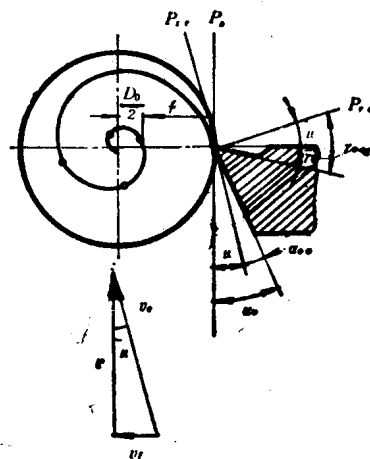


图 1-8 进给运动对工作角度的影响

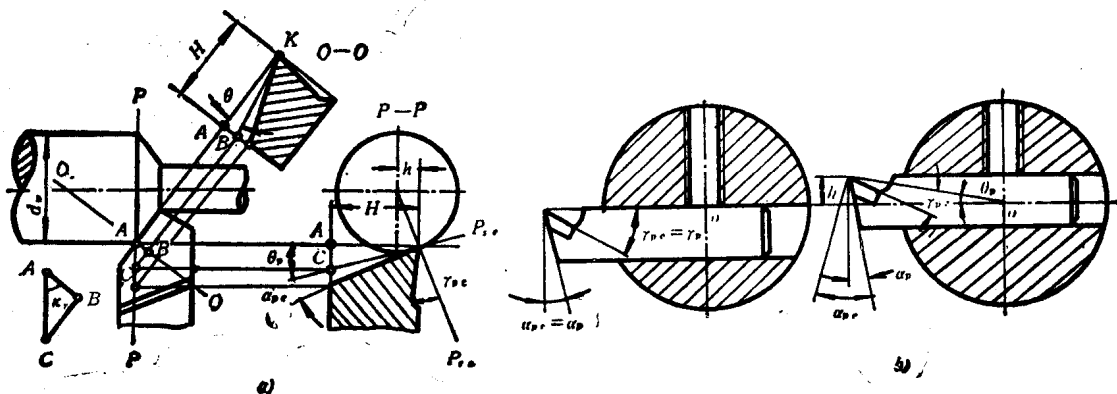


图 1-9 刀尖安装高低对工作角度的影响

$$\gamma_{ps'} = \gamma_p + \theta_p \quad \alpha_{ps'} = \alpha_p - \theta_p$$

在主剖面内角度变化值为 $\theta$ ，则主剖面内工作角度为：

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \theta \quad \alpha_{oe} = \alpha_o - \theta$$

如图1-9所示,  $\theta$ 与 $\theta_p$ 的关系为  $\tan \theta = \tan \theta_p \cdot \cos \kappa_r$ ,

当刀尖低于工件中心时, 上述公式符号相反。图1-9b为镗孔时的工作角度。

3. 刀杆中心线与进给方向不垂直时, 工作角度的变化 如图1-10所示, 当刀杆轴线与进给方向不垂直时, 其主、副偏角将发生变化。

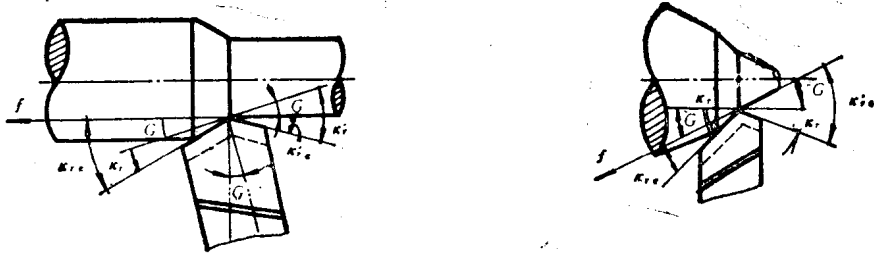


图 1-10 刀杆轴线与进给方向不垂直时, 对工作角度的影响

### § 1-3 切削层参数

车外圆时, 若刀具的 $\lambda_s = 0$ ,  $\kappa'_r \neq 0$ 时, 主切削刃相对于工件的运动轨迹是阿基米德螺旋面, 当工件每转一转时, 车刀沿工件轴线移动一个进给量所切除的金属层, 称为切削层。如图1-11所示, 即刀具从Ⅱ位置移动到Ⅰ位置之间所切除的金属层。切削层横截面尺寸称为切削层参数, 切削层参数规定在基面内测量。切削层参数的大小影响着切削刃上负荷的大小。

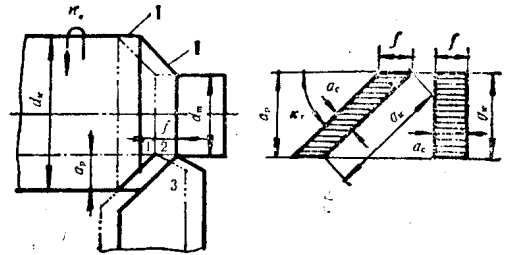


图 1-11 外圆车削的切削层参数

#### 一、切削厚度

垂直于加工表面度量的切削层尺寸, 称为切削厚度。以 $a_e$ 表示, 如图1-11所示。

$$a_e = f \cdot \sin \kappa_r \quad \text{mm} \quad (1-16)$$

#### 二、切削宽度

沿着加工表面度量的切削层尺寸, 称为切削宽度。以 $a_w$ 表示, 如图1-11所示

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad \text{mm} \quad (1-17)$$

可见, 在 $f$ 、 $a_p$ 一定的条件下, 主偏角增大, 则切削厚度也增大, 但切削宽度减小。当 $\kappa_r = 90^\circ$ 时,  $a_e = f$ ,  $a_w = a_p$ 。

#### 三、切削面积

切削层截面面积, 称为切削面积, 以 $A_e$ 表示。外圆车削时:

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

以上计算的为理论切削面积。由于车削时切削刃上任一点相对于工件运动的轨迹为阿基米德螺线，所以工件表面上总存在一小块残余面积 $\Delta A_c$ ，如图1-11中 $\Delta 123$ 的面积。那么实际切削面积为：

$$A_{c0} = A_c - \Delta A_c$$

可见，实际切削面积小于理论切削面积。

## 复 习 参 考 题

1. 何谓切削平面和基面？它们之间的位置关系如何？
2. 按主剖面参考系表示出普通外圆车刀的基本角度并写出其定义。
3. 用图表示出外圆车削时的切削层参数，并写出其定义。
4. 何谓切削用量？何谓进给量？
5. 何谓主剖面，何谓法剖面，它们之间的关系如何？
6. 按主剖面参考系表示出切断刀、镗孔刀的基本角度。