



GH

中等专业学校 规划教材
工科电子类

机械加工基础

(第二版)

梁国元 编



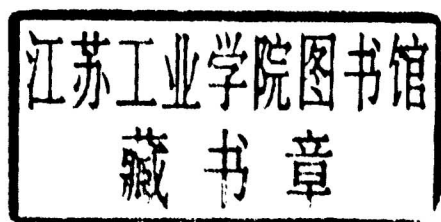
华中理工大学出版社

中等专业学校试用教材

机械加工基础

(第二版)

梁国元 编



华中理工大学出版社

(鄂)新登字第10号

图书在版编目(CIP)数据

机械加工基础/梁国元编, —2版

武汉: 华中理工大学出版社, 1997年1月

ISBN 7-5609-1404-7

I. 机…

II. 梁…

III. 金属加工—基本知识

IV. TG7

机械加工基础

(第二版)

梁国元 编

责任编辑: 刘继宁

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编: 430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社沔阳印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 456 000

1997年1月第2版 1997年1月第5次印刷

印数: 11 001—13 000

ISBN 7-5609-1404-7/TG·43

定价: 15.80元

(本书若有印装质量问题, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是电子工业部组织编写出版的工科电子类机械制造专业试用教材。书中较系统地介绍了金属切削加工工具和机床的基础知识，书后还附上了本课程的设计指导。

本书内容精炼，通俗易懂，适合中等专业学校电子类机械制造专业使用，也可供工模具专业作参考教材。

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等有近400种。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

初 版 前 言

本教材系按电子工业部制定的工科电子类专业教材 1986~1990 年编审出版规划,由中专电子机械类专业教材编审委员会中专机械制造教材编审小组组织征稿、评选、推荐出版的。

本教材由武汉无线电工业学校梁国元担任主编,天津无线电机械学校杨云舫担任主审。

本教材是按 124 学时的教学内容编写的,主要内容包括:金属切削加工概论(切削加工运动分析、切削过程的基本定义和切削要素、金属切削过程的基本规律、金属切削刀具合理几何参数和切削用量的选择、金属切削机床和机床液压传动的基本知识等),金属切削刀具和机床(车、钻、镗、铰、拉、铣、齿轮加工、螺纹加工以及磨削所用的刀具和机床),此外还简要介绍了几种常用的工模具加工机床(工具铣床、仿形刨床、铲齿车床、光学曲线磨床、工具曲线磨床和电火花加工机床等)。为了训练学生的设计能力,还附有本课程的“课程设计指导”,较详细地介绍了成形车刀、铰刀和纵切自动车床凸轮的设计方法和设计举例。为奠定本专业学生学习工艺学课程的必要基础,培养分析和解决问题的能力,本教材力求使学生对金属切削加工过程及其使用的刀具、机床有一个整体的概念,在选材时注意加强基础知识的应用,同时也考虑到扩大知识面,论述时注重理论联系实际,教材内容深入浅出、通俗易懂。

在使用本教材时应集中力量介绍基本知识,注意理论联系实际和加强实践性教学环节。在学习本课程前应组织到工厂参观实习,学习过程中应适当进行现场教学和实验,配合使用挂图、模型、电化教学设备等。建议学习结束后安排课程设计专周或在学习过程中安排大型作业(设计)。

本书得到傅承基等有关老师的支持,他们为本书提出了许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1987 年 12 月

再 版 前 言

本教材是在原电子工业部工科电子类专业教材 1986—1990 年编审规划出版的“机械加工基础”（1989 年版）教材基础上进行修改后再版的，曾获电子工业部 96 年优秀教材二等奖。

修改时，除对原教材的错漏进行了订正外，主要在下述三个方面作了补充修改：

1. 因国标更改而作的修改；
2. 考虑到实际应用需要而增加了少量内容；
3. 为便于自学，对一些难于理解的内容，在论述上作了补充修改。

武汉无线电工业学校胡延祺同志、武汉船舶工业学校陈岐周同志参加了第二版的审阅工作。

由于编者水平有限，书中的缺点和错误难以避免，殷切希望广大读者特别是使用本教材的教师与编者联系，进行批评指正。

编 者

1996 年 5 月

目 录

第一篇 金属切削加工概论

第一章 切削加工运动分析	(1)
第一节 切削所需要的运动	(1)
第二节 机床传动原理	(3)
第二章 切削过程的基本定义和切削要素	(4)
第一节 基本定义	(4)
第二节 刀具角度的换算	(7)
第三节 切削层要素	(8)
第四节 刀具的工作角度	(9)
第三章 金属切削过程的基本规律	(12)
第一节 切削变形	(12)
第二节 切屑与前刀面的摩擦	(14)
第三节 积屑瘤及其影响	(16)
第四节 残余应力及加工硬化	(17)
第五节 切削力	(19)
第六节 切削热和切削温度	(24)
第七节 刀具磨损和耐用度	(26)
第八节 断屑	(30)
第九节 切削液	(32)
第四章 刀具材料	(34)
第一节 对刀具材料的要求	(34)
第二节 高速钢	(34)
第三节 硬质合金	(35)
第四节 其它刀具材料	(38)
第五章 刀具合理几何参数和切削用量的选择	(40)
第一节 刀具合理几何参数的选择	(40)
第二节 切削用量的选择	(46)
第六章 金属切削加工机床的基本知识	(52)
第一节 通用机床型号的编制方法	(52)
第二节 机床的传动系统	(55)

第三节 挂轮（配换齿轮）的确定	(59)
第七章 机床液压传动的基本知识	(64)
第一节 液压传动原理及液压系统的组成	(64)
第二节 液压传动的几个基本概念	(65)
第三节 油泵、油马达和油缸	(71)
第四节 阀类元件及其应用	(77)

第二篇 金属切削加工刀具和机床

第一章 车削	(90)
第一节 车刀	(90)
第二节 CA6140 型普通车床	(99)
第三节 CG1107 型精密单轴纵切自动车床	(119)
第二章 钻、镗、铰、拉削	(124)
第一节 钻削与钻头	(124)
第二节 铰刀与镗刀	(134)
第三节 拉削与拉刀	(137)
第四节 钻床与镗床	(139)
第三章 铣削	(150)
第一节 铣削原理	(151)
第二节 铣刀	(158)
第三节 铣床	(162)
第四节 分度头	(167)
第四章 圆柱齿轮加工	(171)
第一节 圆柱齿轮加工方法及齿轮刀具	(171)
第二节 滚齿机	(181)
第三节 其它齿轮加工机床简介	(186)
第五章 螺纹加工	(191)
第一节 螺纹加工刀具	(191)
第二节 螺纹磨床	(196)
第六章 磨削	(201)
第一节 磨削过程	(201)
第二节 砂轮	(206)
第三节 M1432A 型万能外圆磨床	(210)
第四节 砂带磨削	(217)

第三篇 几种工模具加工机床简介

第一章 万能工具铣床	(219)
第二章 仿形刨床	(222)
第三章 铲齿车床	(224)
第四章 光学曲线磨床	(228)
第五章 工具曲线磨床	(230)
第六章 电火花加工机床	(234)
第一节 电火花加工基本原理及特点	(234)
第二节 电火花加工机床 (D6140A)	(236)
第七章 数控线切割机床	(242)

附录 课程设计指导

第一章 成形车刀设计	(248)
第一节 成形车刀的类型及特点	(248)
第二节 成形车刀的前角和后角	(248)
第三节 径向成形车刀的设计	(250)
第四节 成形车刀的样板	(257)
第五节 成形车刀技术要求	(257)
第六节 成形车刀设计举例	(259)
第二章 CG1107 单轴纵切自动车床凸轮设计	(263)
第三章 铰刀设计	(275)
第一节 铰刀的类型和用途	(275)
第二节 铰刀的结构和参数	(276)
第三节 高速钢机用铰刀的技术条件	(283)
第四节 高速钢机用铰刀设计举例	(283)

第一篇 金属切削加工概论

利用金属切削工具从工件上切除多余的材料,以获得符合预定要求的工件的过程,称为切削加工。切削时刀具的切削刃和前刀面挤压金属层,使其变成切屑,与工件分离,从而得到所需要的加工表面,这个过程称为切削过程。切削过程是由切削刀具(或砂轮)与工件毛坯进行相对运动来完成的。而切削过程所需要的这种运动和动力,通常是由机床来提供的。

本篇主要介绍金属切削过程中最基本的概念和基础理论,讲述金属切削刀具和机床的基本知识,包括切削加工运动分析、切削过程的基本定义、切削过程的基本规律、切削用量和刀具合理几何参数的选择以及切削加工机床和机床液压传动的基本知识。

第一章 切削加工运动分析

第一节 切削所需要的运动

机械零件都是由若干个表面所组成的,这些表面大多采用那些可以在机床上加工的,既经济又能获得所需精度的表面。为进行切削加工,必须保证刀具与工件之间有足够的相对运动。这些运动按其功用可分为成形运动和辅助运动。

一、成形运动

用来形成被加工工件表面的运动称为成形运动。成形运动是机床上最基本的运动,对被加工表面的精度和粗糙度有直接影响。各种机床所必须的成形运动的形式和数目,取决于被加工表面的形状以及所采用的加工方法和刀具结构。图 1.1.1 列举了常见的几种工件表面的加工方法及加工时的成形运动。从图中可以看到,成形运动的基本运动形式是旋转运动和直线运动。即使刀具或工件的运动轨迹比较复杂,成形运动也仍然是由这两种运动合成的。例如车削成形面时(图 1.1.1(j)),车刀沿曲线的运动是由相互垂直的两个直线运动 f_1 和 f_2 组合而成的。

用同一种加工方法和刀具结构加工某种表面,由于具体加工条件不同,成形运动在刀具和工件间可以有不同的分配情况。以车削外圆柱为例,其表面成形运动可以是工件旋转和刀具直线运动(图 1.1.1(a)),也可以是工件旋转并直线运动(图 1.1.1(b)),或者刀具旋转而工件直线移动,或者刀具旋转并直线移动(图 1.1.2(c))。运动分配情况不同,机床结构也将不一样。

根据切削过程中所起的作用不同,成形运动又可分为主运动和进给运动。

1. 主运动

切除金属所必需的运动称为主运动。在切削过程中,主运动的速度最高,消耗的机床功率最大。如车削、铣削时机床主轴的旋转运动;刨削时牛头刨床滑枕的往复直线运动等。

2. 进给运动

使新的金属层不断投入切削,以便切出整个工件表面的运动称为进给运动。如车外圆时

刀架溜板的纵向移动、车端面时刀架溜板的横向移动。

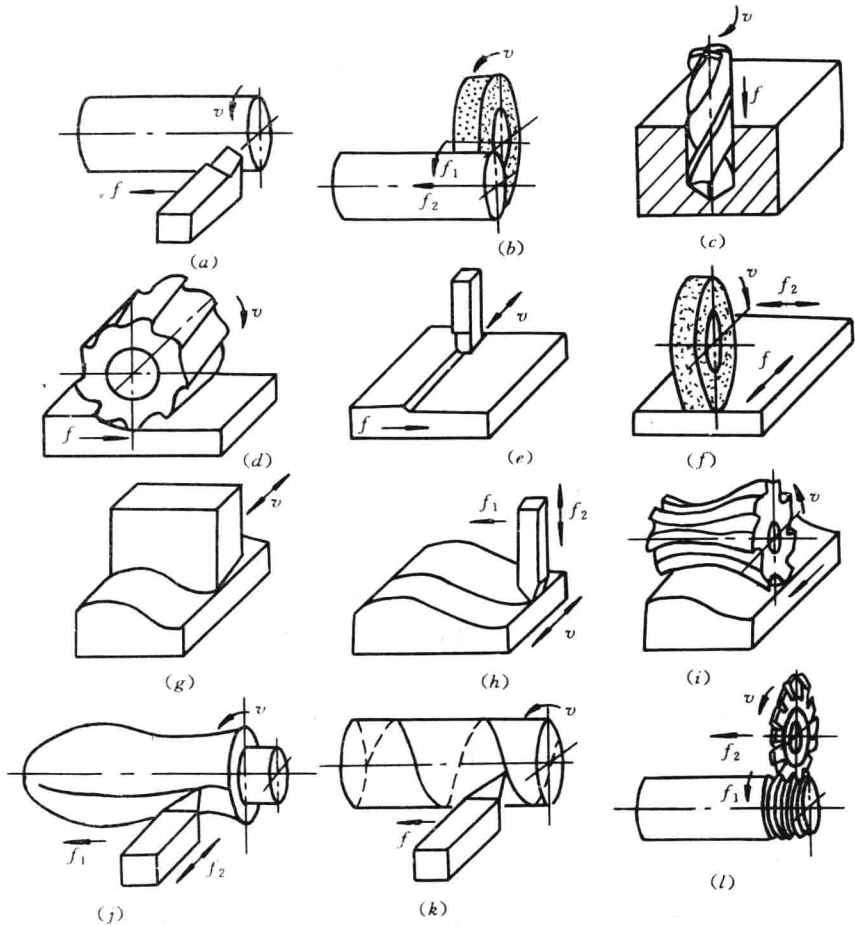


图 1.1.1 常见工件表面的加工方法及其成形运动

(a) 车外圆柱面；(b) 磨外圆柱面；(c) 钻内圆柱面；(d) 铣平面；(e) 刨平面；(f) 磨平面；(g) 用成形刨刀刨成形面；(h) 用尖头刨刀刨成形面；(i) 用成形铣刀铣成形面；(j) 用尖头车刀车回转成形面；(k) 用螺纹车刀车螺纹；(l) 用螺纹铣刀铣螺纹。

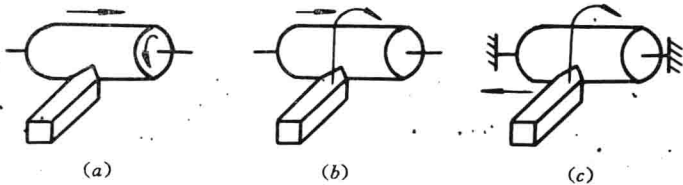


图 1.1.2 外圆柱面的车削加工方式

二、辅助运动

除成形运动外，所有为切削加工创造条件的运动都是辅助运动。如切入运动、各种空程运动、分度运动、送夹料运动、机床控制运动等。

第二节 机床传动原理

一、机床的传动联系

在机床上为了得到需要的运动,需要通过一系列的传动件把执行件(最终完成所需运动的那些机床部件)和动力源或执行件和执行件联接起来.由动力源(或执行件)→传动件→执行件所构成的一个系统称为传动系统或传动链.传动链按性质分为外联传动链和内联传动链.

外联传动链 仅仅是把动力源(或执行件)的动力和运动传到执行件的传动链,称为外联传动链.外联传动链的主要特征是,只传递运动和动力,两个端件间的相对位移量无严格要求.

例如:车床主运动传动链是外联传动链,它的两个端件(电动机和主轴)间的传动环节不一定要有准确传动比.

内联传动链 传动链两个端件的运动同属于一个成形运动.这样的传动链称为内联传动链.内联传动链的主要特征是,两个端件的位移量有严格要求,即两端件的传动环节必须准确到一定精确程度,不能用传动比可能变化(如摩擦轮传动副)或瞬时传动比不稳定(如链轮副)的传动副作内联传动链的传动环节.

例如:普通车床车螺纹的两个端件(主轴和刀架溜板)间必须有严格的位移关系,即主轴一转,刀架必须准确地移动工件螺纹的一个导程.因而车螺纹传动链是内联传动链.

二、传动原理图

在研究表面的成形运动及其传动联系时,为了便于分析问题,常采用传动原理图.传动原理图是用来表示形成某一表面所需要的成形运动及其传动联系的示意图.

传动原理图中常用的一些符号见图 1.1.3.

用螺纹车刀车螺纹的传动原理图见图 1.1.4.图中,电动机至主轴的传动链是外联传动链,其中 1~2、3~4 之间的传动比是固定不变的,叫做定比机构;2~3 之间的传动比是可以改变的,叫换置机构,即通常所说的变速机构,其传动比用 i_v 来表示,调整 i_v 就可使主轴得到不同转速,主轴至刀架溜板的传动链是内联传动链.其中 4~5、6~7 之间是定比机构;5~6 之间是换置机构,其传动比用 i_f 表示.调整 i_f 的传动比值,就可以车削不同螺距的螺纹.

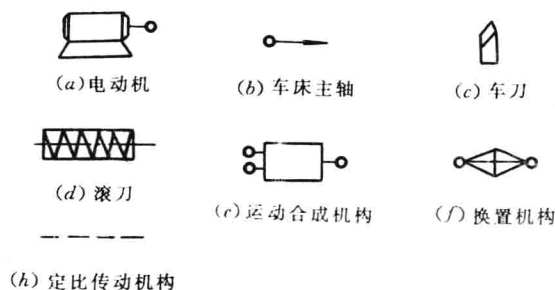


图 1.1.3 传动原理图中常用的一些示意符号

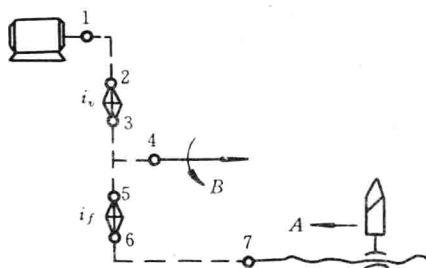


图 1.1.4 用螺纹车刀车螺纹的机床传动原理图

第二章 切削过程的基本定义和切削要素

第一节 基本定义

一、加工表面

切削加工过程中，在切削运动作用下，工件表面的一层金属不断地被刀具切削并转变成切屑，从而加工出所需要的表面。在这一表面的形成过程中，工件上有三个不断变化着的表面，见图 1.2.1。

待加工表面 工件上即将被切去的表面。

加工表面 切削刃正在切削着的表面。

已加工表面 工件上已经切去多余的金属而形成的新表面。

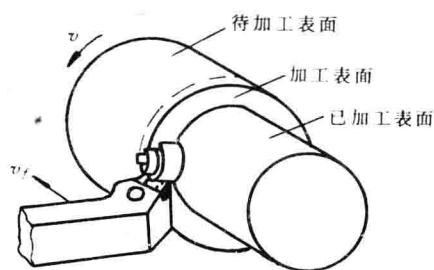


图 1.2.1 车削运动和加工表面

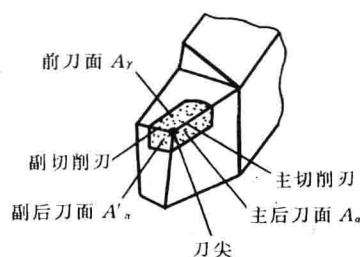


图 1.2.2 车刀切削部分的构造要素

二、刀具切削部分的构造要素

以图 1.2.2 所示的车刀为例，其切削部分由“三面、两刃、一个尖”组成，它们是：

前刀面 A_y 切屑流出所经过的刀面，简称前面。

主后刀面 A_a 对着加工表面的刀面，简称后面。

副后刀面 A'_s 对着已加工表面的刀面，简称副后面。

主切削刃 前刀面与主后刀面的交线，它完成主要的切削任务。

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任务。

刀尖 主、副切削刃的交点或联接部位，它不一定是一个“点”，为了加强刀尖的强度，一般将刀尖磨成圆弧或折线过渡刃。

组成车刀的最小单元是一个前面、一个后面和一个主切削刃。只有一个主切削刃参加切削的情况，称为自由切削。一般常见的主、副切削刃均参加切削的情况叫做非自由切削。

三、切削用量要素

切削用量要素简称切削用量，用来表示切削时各运动参数的数量。切削用量是调整机床和进行切削过程计算的基本量。

1. 切削速度 v

主运动的线速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/s 或 m/min}), \quad (1-2-1)$$

式中, 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).

对于回转体工件或旋转类刀具, 在转速一定时, 由于切削刃上各点的回转半径不同, 切削速度也不同. 在计算时, 应取最大的切削速度. 这是因为从刀具方面考虑, 速度大的地方发热多, 磨损快.

2. 进给速度和进给量

进给速度 v_f 单位时间内刀具与工件沿进给方向的相对位移 (mm/s 或 mm/min).

每转进给量 f (简称进给量) 工件或刀具每转一周, 刀具与工件沿进给方向的相对位移 (mm/r).

每齿进给量 a_f 刀具每转过一齿, 刀具与工件沿进给方向的相对位移 (mm/z).

$$v_f = f n = a_f z n \quad (\text{mm/s 或 mm/min}). \quad (1-2-2)$$

如果主运动为往复直线运动 (刨、插等), 则 f 的单位为 mm/dst (毫米/双行程).

3. 切削深度 a_p

它是工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离.

对于外圆车削:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm}), \quad (1-2-3)$$

对于钻孔:

$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (\text{mm}), \quad (1-2-4)$$

上两式中, d_m ——已加工表面直径 (mm);

d_w ——待加工表面直径 (mm).

四、刀具标注角度的坐标系

在画刀具图或磨刀时, 为了确定刀面与切削刃在空间的位置和测量角度的数值, 需要确定一个坐标系. 为此规定了一些构成坐标系的辅助平面, 如图 1.2.3 所示.

1. 基面 P_r

通过切削刃上某一选定点, 垂直于切削速度的平面.

2. 切削平面 P_s

通过切削刃上某一选定点, 与切削刃相切, 且垂直于基面 P_r 的平面.

3. 主剖面 P_0

通过切削刃上某一选定点, 同时垂直于基面与切削平面的平面.

对切削刃上一点来说, 上述三个辅助平

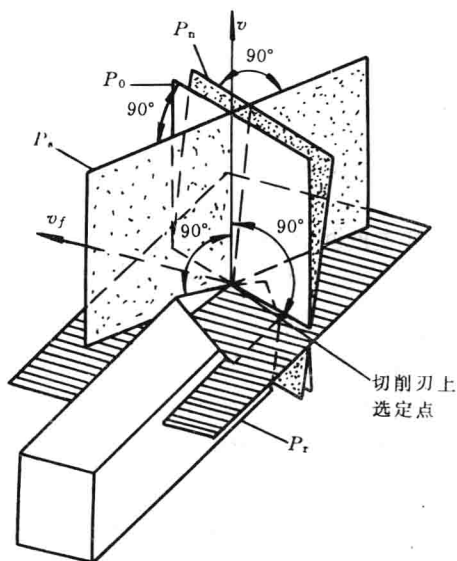


图 1.2.3 刀具标注角度的坐标系

面在空间相互垂直, 构成了一个空间坐标系, 称为主剖面参考系. 另外一种应用越来越多的刀具参考系是法剖面参考系.

4. 法剖面 P_n

通过切削刃上某一选定点, 垂直于切削刃的平面. 法剖面由于垂直于切削刃, 因而不一定与基面垂直.

以上是以主切削刃来定义的. 如果考虑副切削刃的情况, 可根据上述讨论, 定义出副基面 P'_r , 副切削平面 P'_s 和副剖面 P'_0 .

五、刀具的标注角度 (图 1.2.4)

1. 在基面 P_r 内测量的角度

主偏角 κ_r 主切削刃与进给方向在基面上投影间所夹的角度.

副偏角 κ'_r 副切削刃与进给方向在基面上投影间所夹的角度.

刀尖角 ε_r 主切削刃和副切削刃在基面上的投影间所夹的角度.

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r). \quad (1-2-5)$$

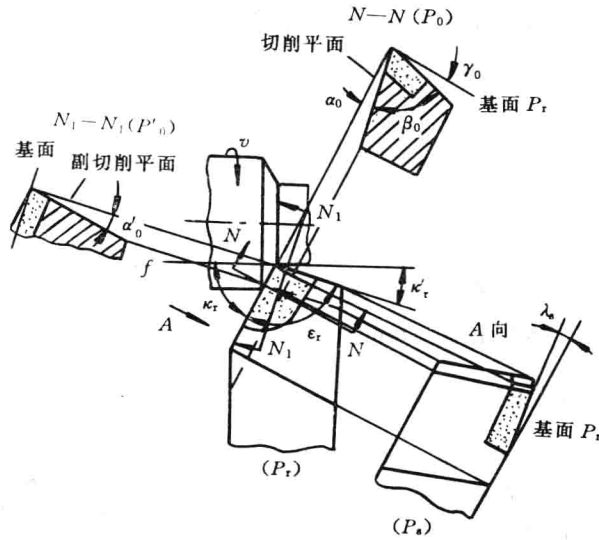


图 1.2.4 车刀几何角度

2. 在主剖面 P_0 内测量的角度

前角 γ_0 前刀面与基面间的夹角.

后角 α_0 后刀面与切削平面间的夹角.

楔角 β_0 前刀面与后刀面间的夹角.

$$\beta_0 = 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0). \quad (1-2-6)$$

3. 在切削平面 P_s 内测量的角度

刃倾角 λ_s 主切削刃与基面的夹角. 当刀尖是切削刃上最高点时, λ_s 为正值; 当刀尖是切削刃上最低点时, λ_s 为负值; 切削刃与基面平行时, $\lambda_s = 0$. (图 1.2.5)

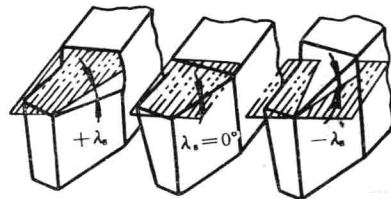


图 1.2.5 刃倾角

同理, 可以从副切削刃出发定义出 γ'_0 、 α'_0 、 β'_0 、 λ'_s 等。

上述角度中, 刀尖角 ε_r 、楔角 β_0 是派生角度, 故基本角度只有六个, 即主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 、前角 γ_0 、后角 α_0 、副后角 α'_0 (在副剖面中测量的后角) 和刃倾角 λ_s 。

应该指出, 这些角度都是标注角度, 是假定在只有主运动、车刀刃磨和安装基准面与基面平行、刀杆中心线与进给方向垂直、刀尖安装在工件中心高度上等前提下来讨论的, 可是, 角度的实际值是随工作条件而变化的, 如果要定量地反映切削过程的实际情况, 必须以加工表面 (或合成切削速度) 为参考来建立坐标系。

第二节 刀具角度的换算

在设计和制造刀具时, 需要对各种剖面内的角度进行换算。

一、任意剖面内角度的换算

如图 1.2.6 所示, 可以推证, 在垂直于基面的任意剖面 $P_\theta-P_\theta$ 内的前角 γ_θ 和后角 α_θ :

$$\operatorname{tg} \gamma_\theta = \operatorname{tg} \gamma_0 \sin \theta + \operatorname{tg} \lambda_s \cos \theta; \quad (1-2-7)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_\theta = \operatorname{ctg} \alpha_0 \sin \theta + \operatorname{tg} \lambda_s \cos \theta. \quad (1-2-8)$$

由公式 (1-2-7) 和 (1-2-8) 可以求得在主剖面坐标系中各种剖面的角度。如

当 $\theta=0$ 时

$$\operatorname{tg} \gamma_{\theta 0} = \operatorname{tg} \lambda_s, \quad (1-2-9)$$

即 $\gamma_{\theta 0} = \lambda_s. \quad (1-2-10)$

当 $\theta=90^\circ-\kappa_r$ 时, 可得纵向前角 γ_p 和后角 α_p (在纵剖面内量得):

$$\operatorname{tg} \gamma_p = \operatorname{tg} \gamma_0 \cos \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \sin \kappa_r, \quad (1-2-11)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_p = \operatorname{ctg} \alpha_0 \cos \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \sin \kappa_r. \quad (1-2-12)$$

当 $\theta=180^\circ-\kappa_r$ 时, 可得横向前角 γ_f 和后角 α_f (在横剖面内量得):

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \operatorname{tg} \gamma_0 \sin \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cos \kappa_r, \quad (1-2-13)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_f = \operatorname{ctg} \alpha_0 \sin \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cos \kappa_r. \quad (1-2-14)$$

由式 (1-2-11) 和式 (1-2-13) 得:

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} \gamma_p \cos \kappa_r + \operatorname{tg} \gamma_f \sin \kappa_r, \quad (1-2-15)$$

$$\operatorname{tg} \lambda_s = \operatorname{tg} \gamma_p \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \gamma_f \cos \kappa_r. \quad (1-2-16)$$

当 $\theta=90^\circ-(\kappa_r+\kappa'_r)$ 时, 可得副前角 γ'_0 :

$$\operatorname{tg} \gamma'_0 = \operatorname{tg} \gamma_0 \cos (\kappa_r + \kappa'_r) + \operatorname{tg} \lambda_s \sin (\kappa_r + \kappa'_r), \quad (1-2-17)$$

二、法剖面内的角度计算 (图 1.2.7)

在刀具设计、制造、刃磨和检验中, 常常需要知道主切削刃在法剖面内的角度, 许多斜角刀具, 特别是大刃倾角刀具, 必须标注法剖面角度, 如前角 γ_n 、后角 α_n 等。

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_0 \cos \lambda_s, \quad (1-2-18)$$

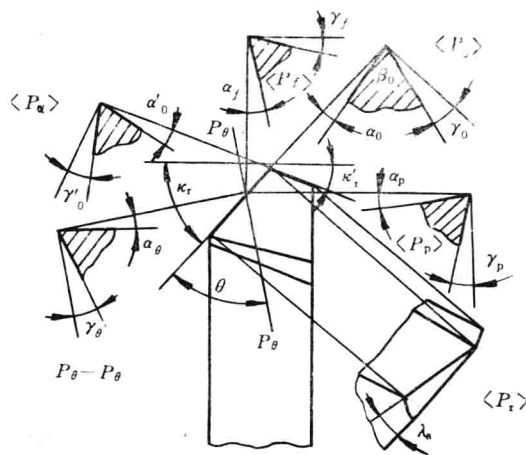


图 1.2.6 各剖面内的角度