



谢建三 刘华明 编著

金属切削加工 知识及应用



科学普及出版社

内 容 提 要

本书系统地、深入浅出地介绍了金属切削的基本原理、基础知识以及在实际中的应用,并选列了一些常用资料与表格,便于读者查找。书中还有不少计算例题,既加深了理论认识,又启发了解决实际问题的思路,因此,实用性强。

本书语言通俗易懂,分析清晰简明,很适合从事金属切削加工的工人阅读,也适合从事这项工作的初级技术人员和大、中专学生参考。本书更是一本领初学者进入金属切削加工领域的入门书。

金属切削加工知识及应用

谢建三 刘华明 编著

责任编辑:王云梅

高宝成

胡 萍

封面设计:王序德

技术设计:孙 俐

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京京辉印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/32 印张:10.75 字数:246千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数:1—4200册 定价:6.80元

ISBN 7-111-01580-7/TG·24

前 言

本书主要读者对象是从事金属切削加工的工人。他们有多年的实践经验，渴望用理论来充实自己。为满足这部分读者的要求，我们编写了这本书。此书也适合从事金属切削加工的初级技术人员和大、中专学生阅读与参考，并可作为职业学校的教材。对于想进入金属切削加工领域的读者来说，本书更是一本合适的入门书。

本书系统地、深入浅出地介绍了金属切削的基本原理及基础知识。同时还介绍了这些原理在实际中的应用，突出其实用性，以便于读者将理论与实践经验结合起来。书中也列入了一些常用的资料与表格，如关于刀具材料的牌号及适用范围，选用切削液的参考表，切削用量常用表等，以使读者查找方便。书中还安排了一些计算例题，通过计算，读者对切削加工理论会有更深的认识，也可获得实用技术。为满足初学者的需要，在写作方法上，尽量从日常生活事例入手，举出日常接触的事物作为比喻，使读者能较轻松地进入这个门槛；同时在有些章节也适当提醒学习时应注意之处，以期对这部分读者，有所帮助。

在改革开放的形势下，我国与国际间的交流日益广泛，为适应新的情况，在金属切削加工专业的标准等方面有了许多更新，本书除采用了现行新的标准外，还尽可能反映我国现有最新成就与水平。

金属切削理论内容丰富，而本书篇幅又有限，因此有的

内容未能包括进去。但如果读者学习后能激发理论与实践结合的兴趣，或在工作中对开展技术革新有所启发，或在书中找到实用技术，或将本书作为桥梁进而深入阅读有关教材或专著，我们都将感到欣慰。

全书共分16章，其中第2、第7和第11章由刘华明编写；其余的13章，均由谢建三编写。

书中引用了一些专家、学者的有关资料、图表、著作或大、中专教材，谨向他们致意并感谢。同时向直接、间接为科学普及，为本书编辑、出版辛勤劳动和提供帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

我们虽有写好本书的愿望，也做了一些努力，但由于水平有限、经验不够，时间仓促，一定会有不少缺点与错误，谨请读者提出批评指正。

编 者

1989年4月

目 录

前 言

第一章 一般名称及术语	1
一、切削运动与切削用量	2
二、刀具的几何参数	6
三、刀具的工作角度	13
四、切削层的宽度、厚度与面积	19
第二章 刀具材料	21
一、碳素工具钢与合金工具钢	24
二、高速钢	24
三、硬质合金	31
四、涂层刀具材料	40
五、其他刀具材料	42
第三章 切屑形成与切削过程的基本规律	46
一、切屑的形成	47
二、切屑变形的基本规律及其应用	55
第四章 切削力与切削功率	61
一、切削力的分解	62
二、切削力的变化规律	63
三、切削力的计算	68
四、切削功率	84
第五章 切削热与切削温度	86
一、切削热的产生与传出	87
二、切削过程中刀具、工件和切屑的温度分布	89
三、切削温度的变化规律	90
四、切削热的不利影响及其利用	93
五、切削温度的测定及切屑颜色	95

第六章 刀具磨损和刀具耐用度	96
一、刀具磨损的形态与原因	97
二、刀具磨损过程与磨钝标准	102
三、刀具耐用度与刀具寿命	108
四、切削各因素对刀具耐用度的影响	109
第七章 切削液及其合理选择	115
一、切削液的种类和添加剂	116
二、切削液的选用	120
三、切削液的加注方法	124
第八章 工件材料的切削加工性	126
一、加工性的衡量标准	128
二、加工性分级	129
三、影响切削加工性的因素	136
四、改善工件材料切削加工性的途径	139
五、一些特殊材料切削加工性的特点	144
第九章 加工表面质量	156
一、切削加工表面质量	158
二、表面粗糙度	160
三、减少表面粗糙度的措施	164
四、加工硬化及其减小措施	178
五、残留应力及其减小措施	180
第十章 刀具几何参数的合理选择	182
一、刀具几何参数的基本内容	183
二、选择刀具几何参数的一般考虑	185
三、前角的选择	187
四、后角的选择	189
五、主、副偏角及过渡刃的选择	190
六、刃倾角的作用与选择	192
七、斜刃切削	193

八、刀具几何参数选择综合分析	195
第十一章 切削用量的制定	197
一、切削深度的选择	198
二、进给量的选择	199
三、切削速度的确定	204
四、机床功率校验	210
五、制定切削用量举例	211
第十二章 车削与车刀	211
一、车刀的类型	218
二、车刀选用的基本原则	220
三、焊接车刀的裂纹	220
四、车刀举例与分析	221
五、可转位车刀	224
六、屑形与处理	228
第十三章 钻削与麻花钻	235
一、麻花钻的组成	236
二、标准麻花钻的主要切削角度	238
三、钻削力的特点	245
四、麻花钻几何参数的改进与群钻	246
第十四章 铣削加工	256
一、铣削特点	257
二、铣刀的种类及其几何角度	258
三、铣削要素	264
四、铣削力与功率	269
五、铣削方式及其选用	273
六、高生产率先进铣刀	277
第十五章 磨削	281
一、砂轮的特性及其选择	282
二、磨削过程的特性、磨削运动及磨削力	290

三、磨削热及表面烧伤	298
四、磨削表面粗糙度	302
五、高速磨削与强力磨削	304
第十六章 刀具的刃磨与刀具角度的测量	308
一、高速钢刀具的刃磨	309
二、硬质合金刀具的刃磨	315
三、刀具的研磨	319
四、间断磨削与电解磨削	321
五、刀具角度的测量	325
主要参考书目	331

第一章 一般名称及术语

现在你开始跨进了学习金属切削加工的门槛，或许你对它比较陌生，首先向你介绍一些名称、术语及基本定义是很必要的。或许你与金属切削加工朝夕相处，非常熟悉，但各地、各师傅的叫法可能不一致，意思也许有很大差别，有时还可能造成误解；何况各国标准也不相同，这样就妨碍了相互之间的交流。正因为这些基本名称、术语及基本定义的重要性，国际标准化组织为此制定了标准，作为切削加工的共同语言，我们来学习它，就很有必要、也很有益处。

金属切削加工是指在机床上，用金属切削刀具切除金属工件上多余的部分，使被加工的工件在形状、尺寸精度及表面质量等方面都符合一定的技术要求。在这一过程中，刀具和机床是切削加工的主要工具和设备。合理地设计、制造和使用刀具以及不断改进刀具性能，对于保证产品质量、提高生产率、降低成本和改善劳动条件都具有十分重要的意义。

这一章介绍金属切削的一般名称及术语。为便于国际交流，国际标准化组织将有关名称及术语进行了定义。我国参照该标准，拟定了有关基本术语、定义及符号。因此，金属切削的一般名称及术语是研究切削加工问题的基础，我们要首先了解它。

一、切削运动与切削用量

在切削加工中，要从工件上切去一层金属，刀具与工件之间必然有相对的运动。这种运动包括切削运动和辅助运动。切削运动在数量方面是用切削用量来表示的，它表征切削速度的快慢、进给的大小、吃刀的深浅。

1. 切削运动和辅助运动

在金属切削机床上，用刀具切削工件，必须使刀具相对于工件按一定规律作相对运动。这种相对运动，可以是直线运动或旋转运动，也可以是这两种运动的组合。实现直线运动和旋转运动，在技术上最简单、最经济，因而应用较多。

(1) 切削运动

切削运动又称主运动，它是把切屑从工件上切下来所必需的运动，它在切削过程的所有运动中，速度最高、消耗功率最大，而且只有一个。以车削为例，车削时的切削运动是工件的旋转运动。如图 1-1 所示。

(2) 进给运动

进给运动又称辅助运动，它是指被切削的金属层继续不断投入切削的运动。进给运动可以是一个、两个或多个。车外圆时，刀具沿工件轴向的直线运动即为进给运动。

2. 工件上的加工表面

以外圆车削为例。工件作旋转运动，刀具作进给运动，工件在被切削的过程中，其表面上形成了三个面，如图 1-1 所示，这三个面是：

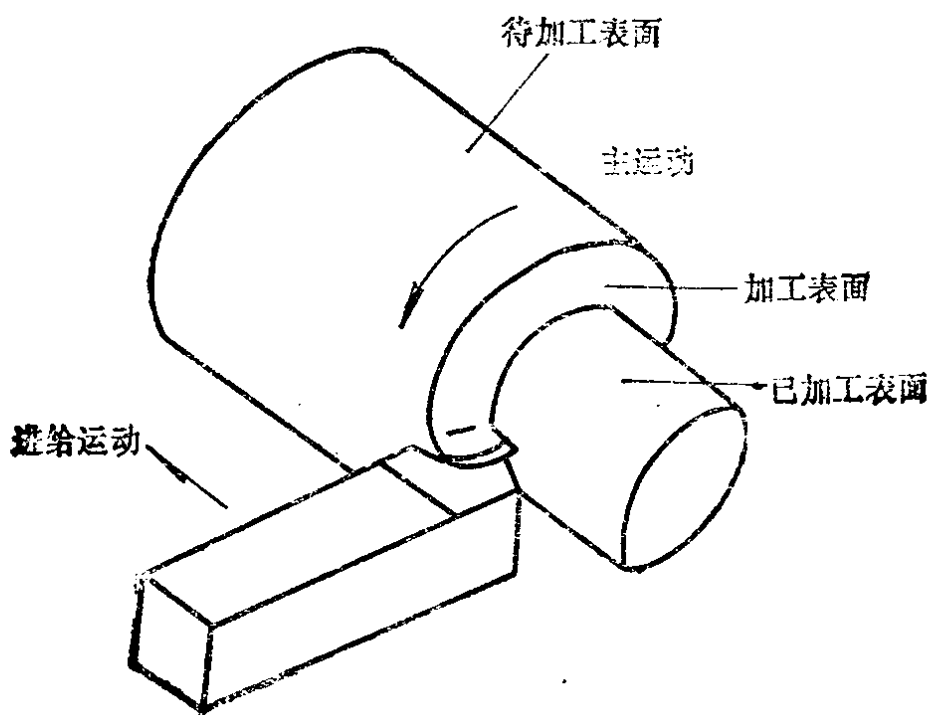


图 1-1 车削运动和加工表面

已加工表面 已切去多余金属而形成的新表面。

加工表面 刀具的切削刃正在切削的表面。

待加工表面 工件上未经加工的表面。

3. 切削用量三要素

从工件上切下金属时，必须有切削运动和进给运动。除此，刀尖还要深入到工件里面，才能切去金属层。由于这三者是切削加工时必不可少的因素，因此，通常将切削速度 v 、进给量 f 和切削深度 a_p 称为切削用量三要素。

(1) 切削速度

主运动的线速度称为切削速度。当主运动为旋转运动时，切削速度 v 可用下式计算：

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

式中 D 是工件或刀具的旋转直径，单位为 mm。 n 是工件每分钟转数。

磨削时因砂轮转速较高，切削速度用“（米/秒）”表示。

(2) 进给量 f

工件（或刀具）每转一圈，刀具（或工件）沿进给方向移动的距离。对于车削、镗削、钻削而言，进给量 f 的大小，可用“毫米/转”（mm/r）来表示；对多刃刀具，常用到每齿进给量 a_f （单位为毫米/齿（mm/z））及每分钟进给量 v_f （单位为毫米/分（mm/min））。

(3) 切削深度 a_p

切削深度是指已加工表面和待加工表面间的垂直距离（图1-2）。单位为毫米。

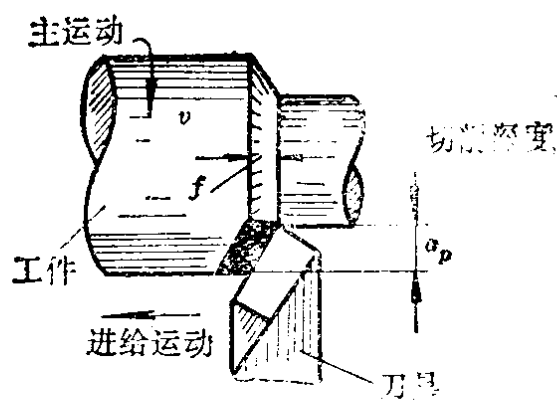


图 1-2 进给量 f 与切削深度 a_p

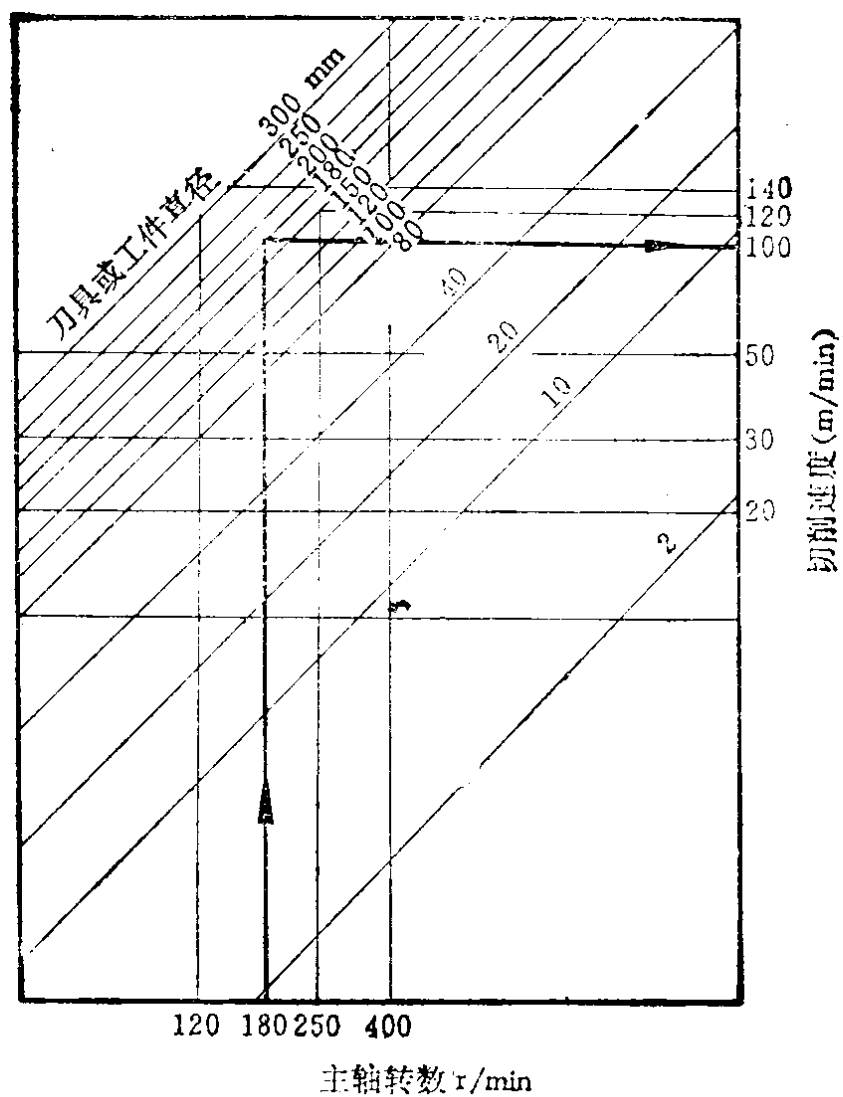


图 1-3 切削速度及主轴转数关系简化图

$$a_p = (D - d) / 2 \text{ (mm)} \quad (1-2)$$

式中： a_p ——切削深度 (mm)；

D ——工件待加工表面的直径 (mm)；

d ——工件已加工表面的直径 (mm)。

求切削速度可以用式 1-1 计算，也可以利用图表查出。有的机床主轴箱上就附有“转数-切削速度”铭牌。利用它很快就能查出切削速度。图 1-3 为切削速度及主轴转数关系的简化图，只列出了我们举例需要的部分。这样既能说明问题，也比较清晰。

图 1-3 的横坐标为主轴转数，单位为转/分 (r/min)；纵坐标为切削速度，单位为米/分 (m/min)；图中斜线为刀具或工件直径，单位为毫米 (mm)。查的时候，先在横坐标上，找到所需的转数，从这点向上划垂线与代表毛坯直径的斜线相交，再从交点向右划水平线交于纵坐标即得切削速度。本例，主轴转数为 180r/min，工件直径是 180 mm，按图可求出切削速度为 100m/min。

二、刀具的几何参数

刀具由刀头和刀体组成。其中刀头是用来进行切削的，又称为刀具切削部分。刀头所具备的多种表面和刀刃在空间位置的不同，刀具切削性能也有所不同。刀具的种类很多，但就刀具切削部分（刀头）而言，都可以看成是外圆车刀的演变。所以，分析和研究刀具几何角度时通常以外圆车刀刀头为代表。图 1-4 所示为外圆车刀的组成。

1. 刀具切削部分的表面与刀刃

以外圆车刀为例，刀具的切削部分有如下几个面（图1-5）。

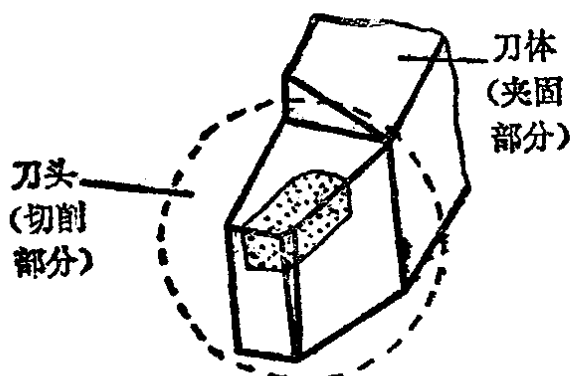


图 1-4 外圆车刀的组成

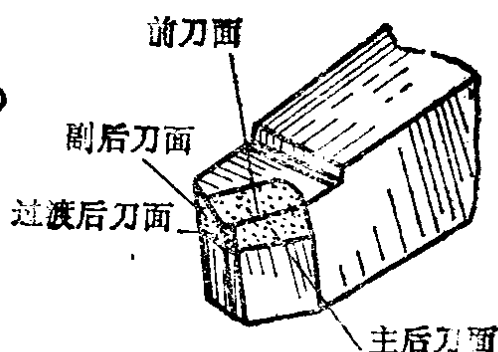


图 1-5 车刀上的几个面

前刀面——切屑流出时，刀具与切屑相接触的面。

主后刀面——切削时，工件加工表面对着刀具的那个面。

副后刀面——切削时，工件已加工表面对着刀具的那个面。

过渡后刀面——主后刀面与副后刀面之间的过渡性刀面。

切削刃是进行切削的刀刃，它既要锋利，又要有一定的牢固性，而且不能有锯齿形或缺口。刀具上主要有以下几个切削刃（图1-6）。

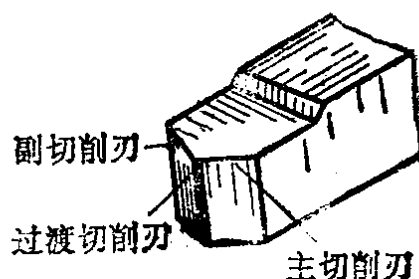


图 1-6 车刀上的切削刃

主切削刃——前刀面和主后刀面的交线为主切削刃。它负担着大部分切除工作。

副切削刃——前刀面与副后刀面的交线为副切削刃。它

完成小部分切削工作。

过渡切削刃——前刀面与过渡后刀面的交线。它是介于主切削刃与副切削刃之间的一段刀刃。它的作用是加强刀尖的强度，改善刀具的散热条件，延缓刀具的磨损，降低工件表面粗糙度。

2. 确定刀具角度的参考平面

为了确定上述表面和刀刃在空间的位置，以及确定刀具的角度，须要人为地建立几个坐标平面（图 1-7 及图 1-8）。

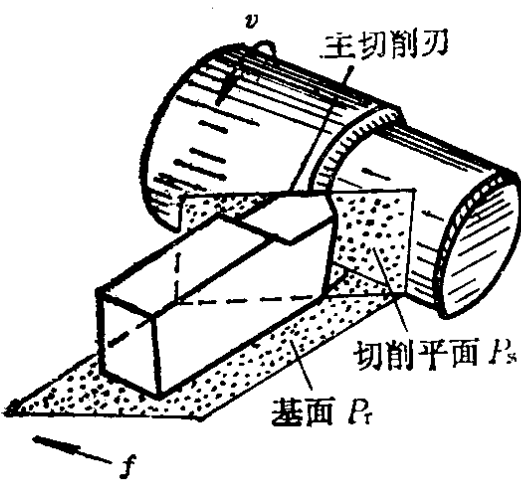


图 1-7 基面与切削平面

切削平面 P_s ——当要测量刀刃上某一点处的后角时，就通过该点作一个垂直于纵横走刀方向并和工件加工表面相切的平面，取名为切削平面，用符号 P_s 表示。将它写成定义的形式，即：通过切削刃某选定点，相切于加工表面的平面称为切削平面。

基面 P_r ——当要测量刀刃上某一点处的前角时，就在这一点上作一个与该点的切削平面相垂直的平面，这个“平面”，就是这一点的基面，用 P_r 表示。写成定义的形式，即：基面为通过切削刃某选定点且垂直于该点的切削速度的平面。

主剖面 P_o ——它是过主刀刃上选定点，垂直于切削刃在基面上的投影的平面，用 P_o 表示。如图 1-8 中的 $O—O$ 剖面。

法剖面 P_n ——它是过主刀刃上选定点并垂直于主刀刃或其切线的平面，如图 1-8 中的 $N—N$ 剖面。法剖面用 P_n 表示。

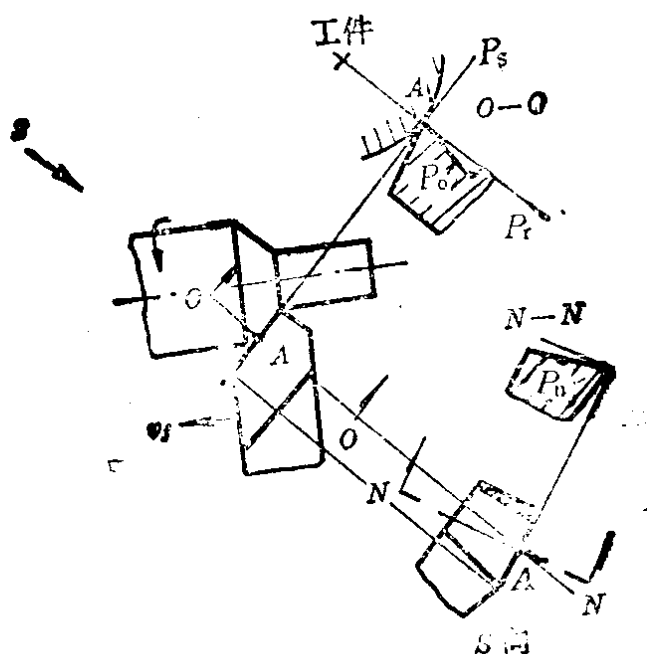


图 1-8 主剖面与法剖面

3. 刀具上的角度与作用

在加工某一种材料时，刀具是否得心应手，是否锋利，是否耐用；加工出来的产品是否符合设计或工艺上的要求，这些在很大程度上取决于刀具几何角度选择得是否合理。

前角 ν_o ——前刀面与基面之间的夹角。如图 1-9 所示，前刀面比基面低时为正前角，这时切削轻快、锋利；前刀面比基面高时为负前角，这时刀具强度比较好；前刀面与基面在同一平面时，前角为 0° 。主剖面前角用 ν_o 表示。前角大小影响切屑变形和排屑的难易程度、切削力的大小、刀头强度。前角越大，排屑越流畅，切削力也越小，但刀头强度越差。

后角 α_o ——后刀面与切削平面之间的夹角。主后角用 α_o 表示。切削时后角可减少工件加工表面与刀具主后面之间的摩擦。后角越大，后刀面与工件摩擦越小，但后角过大时，刀头强度也降低。