

高等学校教学用书

金属切削加工

北京航空学院饒子范、陈章燕等編



机械工业出版社

高等学校教学用书

金属切削加工

北京航空学院 饒子范、陈章燕等編



机械工业出版社

1960

出版者的話

本书是以 Оборонгиз·1958 年出版的 В. А. Кривоухов 等著 [Обработка металлов резанием] 一书为基础，根据北京航空学院 [金屬切削加工] 課程教学大綱的要求編写而成的。

本书主要叙述各种刀具的切削理論基础，刀具的功用与結構，通用机床的性能、傳动与构造，并闡述航空工业中专用机床的性能、使用和构造等。本书主要特点：結合航空工业，連系我国生产实际，采用我国自訂标准和反映国内外最新科学技术。

本书可作为航空院校教材和教学参考书，也可供航空工厂工程技术人员自修与参考之用。

NO. 3169

1960年2月第一版 1960年2月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数 374千字 印張 15^{6/16} 0,001—5,200册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第008号 定价(10) 2.0元

編者的話

本書內容包括下列三部分：

一、金屬切削的理論基礎：

1. 切削過程的物理現象；
2. 切削的力和消耗的功；
3. 刀具的磨損和切削速度；
4. 航空材料的加工性等等。

這些內容是以車削為基礎來說明的。

二、金屬切削刀具：這部分內容說明各種刀具的切削基本規律、功用和構造，並介紹技術革新者們所創用的各種高生產率的刀具。

三、金屬切削機床：精練地敘述機床的性能、傳動及構造，對航空工業中的專用機床則作了較詳盡的介紹；最後還敘述了機床的自動化和數字程序控制機床等。

以上三部分內容是以 В. А. Кривоухов, Б. Е. Бруштейн, С. В. Егоров 等著 [Обработка металлов резанием] 一書為基礎來編寫的，編寫過程中力求結合航空工業特點，聯繫我國生產實際，採用我國自訂標準（如材料、柶床、砂輪等的編號和我國自制機床等等），反映國內外最新科學技術資料。

本書由饒子范、陳章燕、孫振均、韋彥成、曾桂生、汪叔淳、陳誠齋、李運濤、吳宗岱、田逢霖等同志集體編寫，插圖由王昭頌、李振英等同志繪制。

由於我們水平有限，書中難免有些不妥之處，希讀者不吝指正。請將意見寄北京航空學院303教研室，不勝感謝。

目 次

編者的話 5

上篇 金屬切削的理論基础

第一章 基本定义和切削运动 11

1 切削过程中的运动 11

2 車刀的构造 11

3 确定車刀角度用的基准平面 12

4 車刀的角度 13

5 車刀角度的功用 14

6 車削加工时的切削要素 19

7 車削时切削层的形状 21

第二章 刀具切削部分的材料 23

1 碳工具鋼 23

2 合金工具鋼 24

3 高速鋼 24

4 硬质合金 25

5 陶瓷及其他刀具材料 27

6 提高刀具切削刃品质的方法 28

第三章 切削过程的物理基础 30

1 金屬切削时的物理現象 30

2 变形的过程 31

3 切屑形成和切屑分类 36

4 切削过程中刀瘤的形成 43

5 切屑层中塑性变形和变形力的估計 45

6 金屬切削中已加工表面的变形和表面层的状态 52

7 切削力和功的方程式 55

8 金屬切削中热的現象 57

9 測定切削时温度的方法 60

10 影响切削温度的因素 61

11 切削过程中冷却润滑液的作用	63
12 金属切削中的振动	65
13 车削时的切削力	67
14 测量切削力用的仪器	70
15 车削时影响切削力的因素	71
16 切削力的计算公式	75
第四章 刀具的磨损和切削速度	77
1 刀具的磨损	77
2 影响切削速度的因素	79
3 确定刀具容许切削速度的公式的一般形式	88
4 规定金属切削机床上切削用量的方法	88
5 航空材料的加工性	89
中篇 金属切削刀具	
第五章 车刀	94
1 车刀的标准结构	94
2 高速切削与强力切削的刀具	97
3 消振器	99
4 成形车刀	99
5 涡轮叶片车刀	107
第六章 刨与插	108
1 刨削的切削用量	108
2 刨削和插削过程中作用的力	109
3 刨刀与插刀	110
第七章 钻孔、扩孔和铰孔	112
1 一般概念	112
2 钻孔	112
3 扩孔与铰孔	126
4 钛合金的钻削及铰削	131
第八章 铣削和铣刀	133
1 概述	133
2 铣刀切削部分的几何要素	134
3 铣削时切削用量各要素	135

4 銑削時切削過程的特點	139
5 銑削時的切削力和功率	141
6 銑刀的磨損及銑削用量的決定	143
7 各種銑刀的構造	145
8 先進工作者用的銑刀	151
9 耐熱合金及鈦合金的銑削加工	152
第九章 拉削和拉刀	154
1 圓拉刀	154
2 花鍵拉刀與鍵槽拉刀	160
3 外拉刀	164
4 擠壓拉刀	167
5 拉削時的切削速度	169
6 耐熱合金和鈦合金的拉削	169
第十章 螺紋加工刀具	170
1 概述	170
2 螺紋車刀和梳刀	170
3 螺紋切削頭和旋風切削法	172
4 絲錐與板牙	174
5 螺紋銑刀	177
6 滾壓螺紋	179
7 鈦合金零件螺紋的加工	180
第十一章 齒輪刀具	181
1 盤狀模數銑刀和指狀模數銑刀	182
2 齒輪滾刀	185
3 齒條刀	189
4 插齒刀	191
5 剃齒刀	197
6 傘齒輪刨刀	199
7 花鍵滾刀	200
8 蝸輪滾刀	203
第十二章 金屬的磨削加工	204
1 磨料	204
2 磨具	206

- 3 磨削时的切削过程和磨削的种类 210
- 4 外圆磨削 211
- 5 外圆磨削时的切削力 215
- 6 砂轮的磨损和修整 215
- 7 无心磨削 216
- 8 内圆磨削 218
- 9 平面磨削 219
- 10 高速磨削 220
- 11 磨削用量的确定和耐热合金等的磨削加工 221
- 12 特种磨削加工 222

下篇 金属切削机床

- 第十三章 机床概论 227
 - 1 金属切削机床的分类及编号 227
 - 2 机床的运动及传动系统图 232
 - 3 机床的传动 235
 - 4 主轴转速系列 238
- 第十四章 车床 241
 - 1 车床类机床概述 241
 - 2 C620-1型(苏联1A62型)万能螺絲车床 242
 - 3 车床进行各种工作时的调整 250
 - 4 车床的仿形(靠模)装置 254
 - 5 C620-3型(苏联1K62型)万能螺絲车床 258
 - 6 轉塔车床概述 262
 - 7 C365L型(苏联1K36型)垂直軸式轉塔车床 263
 - 8 C336型(苏联1336M型)水平軸式轉塔车床 268
 - 9 端面车床和立式车床概述 271
 - 10 自动车床和半自动车床概述 273
 - 11 C136K型(苏联1A136型)轉塔式单軸自动车床 273
 - 12 C136K型自动车床的调整計算及凸輪設計原則 282
 - 13 C112型(苏联112型)纵切式单軸自动车床 283
 - 14 C730型(苏联1730型)多刀半自动车床 287
 - 15 C720K型(苏联1722型)半自动液压仿形车床 291
 - 16 苏联MK-54型立式双軸半自动仿形车床 294

第十五章 钻床和镗床	299
1 钻床的功用及分类	299
2 单轴立式钻床概述及 Z 550 型 (苏联 2 A 150 型) 单轴立式钻床	300
3 Z 35 型 (苏联 255 型) 摇臂钻床	303
4 多轴钻床概述	303
5 镗床概述	307
6 T 68 型 (苏联 262 Г 型) 万能卧式镗床	307
7 座标镗床概述及苏联 2450 型座标镗床	313
第十六章 铣床	321
1 铣床类机床的分类	321
2 升降台式铣床概述及 X 62 W 型 (苏联 6 H 82 型) 万能铣床	322
3 分度头	334
4 苏联 6441 A 型电气半自动仿形铣床	339
5 苏联 O Ф - 3 I 型半自动仿形铣床	345
6 龙门铣床概述	354
7 连续作用式铣床概述 (转台式及鼓轮式铣床)	356
8 无升降台式立铣床概述	359
第十七章 刨床和拉床	359
1 龙门刨床概述	360
2 牛头刨床概述	361
3 插床概述	362
4 拉床概述及 L 610 型 (苏联 7510 型) 水平式拉床	363
第十八章 螺纹加工机床	365
1 螺纹加工机床概述	365
2 螺纹铣床概述	366
3 苏联 5964 型螺纹滚压机床	368
4 苏联 5962 型螺旋滚压机床	371
5 苏联 MM 582 型万能螺纹磨床	372
第十九章 齿轮加工机床	376
1 J 54 型 (苏联 514 型) 插齿机	376
2 苏联 5 B 32 型滚齿机	384
3 圆柱齿轮的高生产率加工方法	391

4 苏联526型直齿锥齿轮刨齿机	393
5 齿轮磨床的工作原理及苏联5832型齿轮磨床	403
6 J 4223型 (苏联571型) 剃齿机	408
第二十章 磨床	412
1 磨床的功用及分类	412
2 外圆磨床概述	412
3 M 115型 (苏联3151型) 外圆磨床	414
4 无心磨床概述	419
5 平面磨床概述	422
6 苏联383型立式镗磨机床	425
7 苏联XIII-116型半自动仿形磨床	428
第二十一章 组合机床	435
1 组合机床概述	435
2 组合机床的标准部件	436
3 组合机床的应用	439
4 积木式机床	440
第二十二章 金属切削机床的自动化	443
1 苏联A291-306型自动线	443
2 苏联生产汽车活塞的自动化工厂	446
3 数字程序控制机床	452
附录 金属切削机床类列组划分表	458

上篇 金屬切削的理論基础

第一章 基本定义和切削运动

1 切削过程中的运动

切削时，将切屑切下来所需要的基本运动，称为主运动（图1-1中的 v ）。使新的金屬层不断投入切削，以便切出整个工件表面的运动，称为送进运动（图1-1中的 S ）。主运动的速率恒大于送进运动，因此切削时大部分动力都消耗在主运动上。

从图1-1中的車削加工时的运动来看，可以看出：切削运动中的运动形式是由旋轉运动和直綫运动所組成。其他各种切削加工方式（钻孔、拉孔、銑平面、插槽和刨平面等）也都是由它們的不同运动形式組合而成。

从切削的基本运动中，可以研究出切削运动的軌迹方程式，因而可以推算出已加工表面的理論形状及其誤差；可以确定出切削厚度和刀具工作时的角度变化。此外，研究切削运动还可以創造新的加工方法。所以，切削时的运动关系是金屬切削加工的基本問題之一。

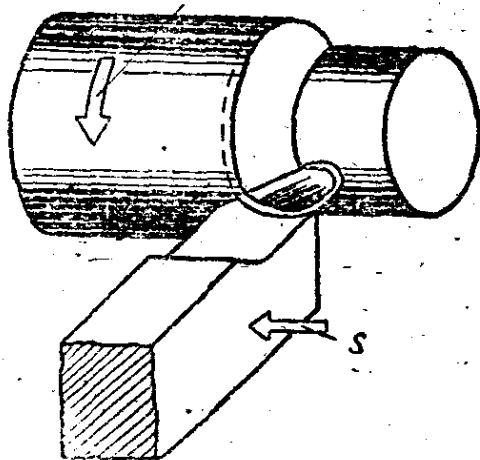


图1-1 車削时的运动。

2 車刀的构造

車刀是由两部分組成(图1-2): 刀头(切削部分)和刀体。刀体

是用来把車刀固定在机床的刀架上。刀头是由下列各部分组成：

前面——在切削过程中，切屑流出时与刀头接触的那个表面。

后面——是对着被加工工件的那个表面，后面又分为主后面和副后面。

切削刃——由前面和后面的交线所形成。切削刃又分为主切削刃（担任主要的切削工作）和副切削刃（也担任切削工作，只是参加工作的刃长短些，它可能有两个，例如切槽車刀）。

刀尖——是主切削刃和副切削刃的相交处。有的刀具在主切削刃和副切削刃之间有一个过渡切削刃，它可以是圆弧形或直线的刀刃，用以增强刀尖。

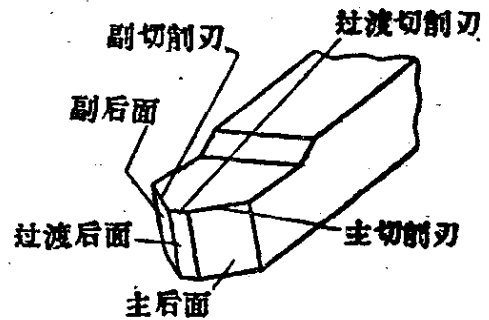
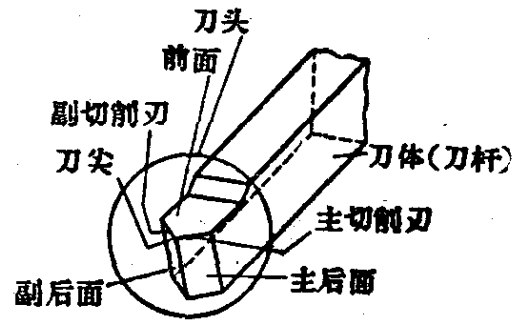
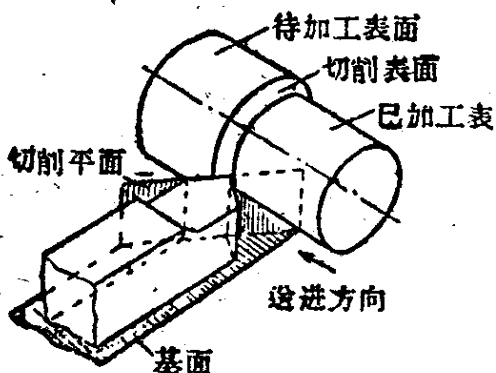


图1-2 車刀的构造。

3 确定車刀角度用的基准平面

当車刀从工件上取下切屑时，在工件上有下列各表面（图1-3）：

待加工表面——将被切削的工件表面。



已加工表面——取下切屑后所得到的表面。

切削表面——由切削刃在工件上直接形成的表面。

为了确定車刀的角度，采用下列平面作为基准的平面：

切削平面——同切削表面相

切，并通过主切削刃的平面（图

图1-3 車刀工作时的表面和平面。

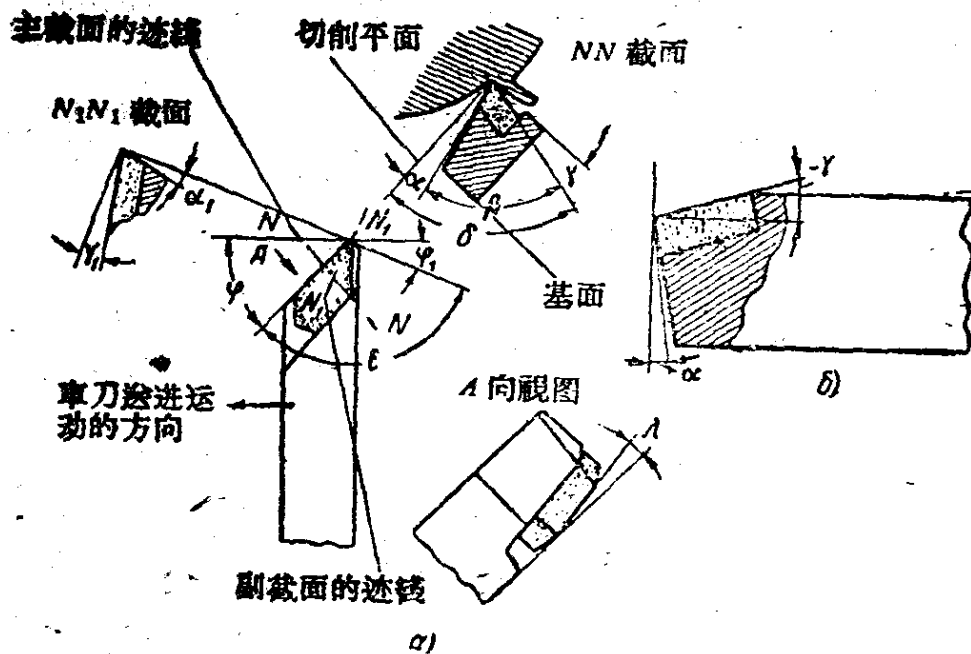


图1-4. 车刀的角度:

α — α —后角; β —楔角; γ —前角; δ —切削角; φ —主偏角;
 φ_1 —副偏角; ϵ —刀尖角; λ —主切削刃斜角; δ —前角车刀。

1-3)。

基面——平行于纵、横送进的平面，也就是垂直于切削速度的平面，因为基面恒垂直于切削平面。

主截面——垂直于主切削刃在基面上的投影线的平面（图1-4中的 NN 面），主截面也恒垂直于基面或切削平面。

副截面——垂直于副切削刃在基面上的投影线的平面（图1-4中的 N_1N_1 面）。

4 车刀的角度

我们先研究车刀在静止状态时的角度，然后再研究车刀在切削过程中的角度。

在任一把车刀上都分有：主要角度和辅助角度。主要角度是在主截面 NN （图1-4）内测量的。车刀的主要角度包括有：

主后角 α ——车刀的主后面与切削平面间的夹角。

楔角 β ——车刀的前面与主后面间的夹角。

前角 γ —— 車刀的前面与基面間的夹角。

切削角 δ —— 車刀的前面与切削平面間的夹角。

从图 1-4 中可以看出, 当 γ 为正值时, 这些角度間存在着下列关系:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \quad \delta + \gamma = 90^\circ,$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma, \quad \alpha + \beta = \delta.$$

除了在主截面內量出的角度外, 也可以在副截面內 (图 1-4) 量出相应的前角与后角。車刀还具有下列角度:

主偏角 φ —— 主切削刃在基面上的投影与送进方向的夹角。

副偏角 φ_1 —— 副切削刃在基面上的投影与送进方向的夹角。

刀尖角 ε —— 两切削刃在基面上投影的夹角。

很明显, 这三个角度有下列关系:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ.$$

主切削刃斜角 λ —— 主切削刃与基面的夹角, 这个角是在切削平面內测量的 (图 1-5)。

当車刀的刀尖是切削刃的最低一点时, 斜角 λ 为正数 (图 1-5 a); 当車刀的刀尖是切削刃的最高一点时, 其斜角

λ 为負数 (图 1-5 b);

当主切削刃平行于基面时, 斜角 λ 便等于零 (图 1-5 c)。

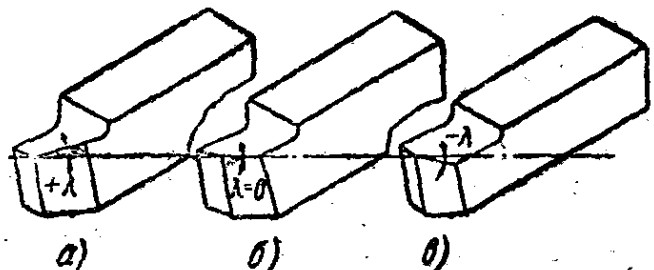


图 1-5 主切削刃斜角:

a—正斜角; b—零斜角; c—負斜角。

5 車刀角度的功用

古諺說: [工欲善其事, 必先利其器]。这就說明了工具選擇得适宜与否, 将直接影响工作效果。切削加工中刀具角度選擇的好坏, 会直接影响刀具的耐用度、生产率、工件质量和加工成本等。因此, 如何正确地選擇刀具角度 (合理数值) 是一件非常重要的工作。首先, 必須对刀具角度的功用有正确的了解, 才能进一步

去選擇它。

后角 α 是用来减少車刀的后面与切削表面間的摩擦，使刀具在切削过程中不受阻碍。后角愈大，摩擦愈小。如果后角太大，楔角 β 就会很小，使切削刃的强度降低，容易崩刀。当加工韌性較大的材料时，后角通常选得大些；加工硬的和脆性的材料时，后角应选得小些。实践指出：决定后角大小的主要因素是切削层厚度，厚度愈薄后角应愈大。实际常用的后角在 $6^\circ \sim 12^\circ$ 範圍內（見表1-1）。

表 1-1 硬质合金車刀的前角和后角的推荐数值

被加工材料	后角 α°		前角 γ°	
	$s < 0.3$	$s > 0.3$	前面的形式	
	(毫米/轉)	(毫米/轉)	有棱边的前面 或曲前面	平前面
碳鋼和合金鋼:				
$\sigma_b \leq 110$ (公斤/毫米 ²)	12	8	15	- 5
$\sigma_b > 110$ (公斤/毫米 ²)	12	—	—	-10
灰鑄鐵:				
$H_B \leq 220$	10	6	12	—
$H_B > 220$	10	6	8	—
可鍛鑄鐵 $H_B = 140 \sim 150$	12	8	15	—

前角 γ 在切屑形成过程中起着很大的作用。增大前角可使車刀容易切入材料，减小切屑层的变形，使切屑容易排除，减少切削力与功率的消耗。但是，增大前角会使 β 角减小，使刀具强度降低，散热情况变坏。当加工硬的和脆性的金屬材料时，为了提高刀具强度和耐用度起見，应采用較小的前角。

当用硬质合金刀具加工淬硬鋼时，以及在有冲击載荷（断續切削）的切削情况下，为了提高切削刃的强度应采用較小的前角，有时还需要采用負前面（图1-46）。

实际上，前角的大小要看被加工材料的机械性质、刀具材料和前面的形式而定。对于硬质合金車刀的前角可参考表 1 中所列的数值。

主偏角 φ 对刀具耐用度和加工表面光滑度有很大的影响。当 φ 角减小时切削刃的工作长度就要加长，因而减小了切削刃单位长度上的载荷，并改善了散热情况，从而减小了刀具的磨损。反之， φ 角太小时，刀具和工件相抵压的力太大，容易引起振动，使光滑度降低和刀具磨损加快。

一般 φ 角在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 范围内选取。通常以 45° 用得最多，切削细长工件时 φ 角取 $60^\circ, 75^\circ$ 甚至 90° ，以避免振动。

副偏角 φ_1 是用来减小副后面和已加工表面间的摩擦。为了提高刀具耐用度和改善加工表面光滑度， φ_1 角应尽量选取得小些，同时要考虑到机床——夹具——工件——刀具系统刚性的条件。一般 φ_1 角用 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。当用B. A. 科列索夫强力(大送进)车刀工作时， $\varphi_1 = 0^\circ$ 。

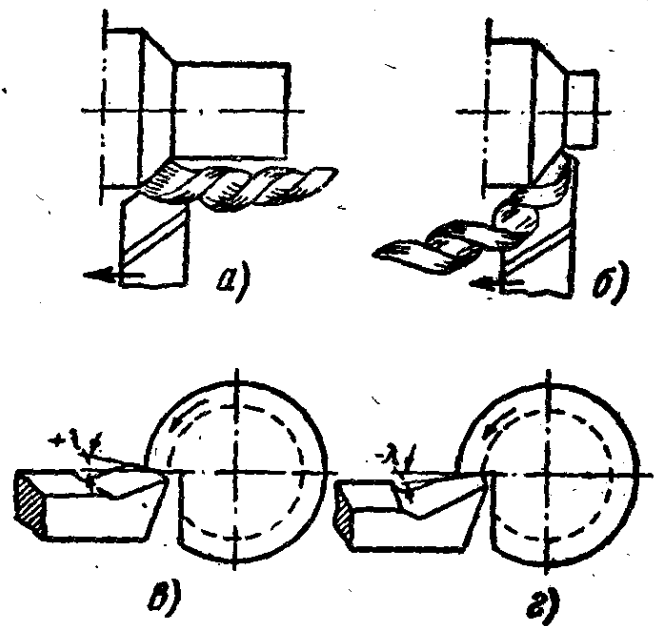


图1-6 λ 角对切屑排除方向和车刀与工件接触的影响。

主切削刃斜角 λ 是用来改变切屑排除的方向(当 $+\lambda$ 时切屑向已加工表面排除，当 $-\lambda$ 时切屑向待加工表面排除，如图1-6 a、b所示)。

正的 λ 角可增强切削刃。因此，当用硬质合金车刀进行有冲击(断续切削)的工作以及加工淬硬材料时， λ 角应做成正值(在 $+5^\circ \sim +20^\circ$ 的范围内)。由图1-6 c和d中可以看出：当 λ 角为正值时冲击不是作用在刀尖上，而是在切削刃上远离刀尖的地方，这地方的强度比刀尖的好。所以，当具有 $+\lambda$ 角及负前面时，冲击负荷对刀具的破坏作用将显得更小。但 λ 角为负值时；冲击