

242664

基本館藏

輪切式拉刀

(設計和計算)

Л. К. 馬古利斯著



机械工业出版社

輪 切 式 拉 刀

(設 計 和 計 算)

Д. К. 馬古利斯著

范國寶譯



机械工业出版社

1959

出版者的話

本書研究了苏联乞良賓斯克拖拉机工厂金屬切削實驗室所創造的輪切式圓孔拉刀和花鍵拉刀的設計、計算和制造等問題。介紹了圓孔拉刀和花鍵拉刀的切削過程，列出了拉刀的計算方法和实例，以及設計时所必需的資料。根据对机器制造业中所广泛采用的普通拉刀和进步式拉刀所进行的批判性的分析，闡明了輪切式拉刀的优点。

本書可供从事拉刀設計和制造工作的工程技术人员应用，也可作为高等学校机器制造专业的学生参考。

苏联 Д. К. Маргулис 著 'Протяжки переменного резания'
(Машгиз 1956 年 第一版)

*

**

*

NO. 2876

1959 年 4 月 第一版 1959 年 4 月 第一版 第一次印刷

787×1092 1/25 字数 169 千字 印張 10³/25 0,001—5,100 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 新华書店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第 008 号

定价(11) 1.65 元

目 录

前言	3
第一章 拉刀和拉削过程概論	9
1. 基本概念和代号	9
2. 圓孔拉刀拉削时切屑的形成过程	18
3. 容屑槽合理的形状	22
4. 齿升逐齿布設的拉刀的結構特征	26
5. 进步式拉刀	37
6. 輪切式拉刀	44
第二章 輪切式拉刀的制造工艺特征	61
1. 拉刀刀齿后面的研磨	61
2. 圓孔拉刀刀齿月牙槽的加工	64
3. 花鍵拉刀月牙槽的加工	69
4. 倒角齿的磨制	69
5. 拉刀容屑槽和前面的加工	78
6. 前角的檢驗	75
第三章 拉削时的表面光潔度	77
第四章 切削力及和它有关的拉刀的計算	82
1. 拉削时所产生的切削力	82
2. 最大允許拉削力 $P_{\text{最大}}$	86
第五章 輪切式圓孔拉刀的計算方法	87
1. 概述	87
2. 輪切式圓孔拉刀的計算方法	89
3. 圓孔拉刀的簡明計算程序(單方案)	104
4. 圓孔拉刀的詳細計算程序	108
第六章 輪切式花鍵拉刀的計算方法和程序	111
1. 花鍵拉刀各部分的补充代号	111
2. 輪切式花鍵拉刀的計算方法	112
3. 复合花鍵拉刀的計算程序	124
附录 1 輪切式拉刀計算实例	135
1. 圓孔拉刀的簡明計算	135

2. 圓孔拉刀的詳細計算	140
3. 复合花鍵拉刀的計算	146
4. 漸伸綫花鍵拉刀的計算	163
附录 2	181
表 1 拉刀材料的選擇	181
表 2, 3, 4, 5, 6, 7. 前刀柄的型式和尺寸	182
表 8 各种不同的拉刀材料所允許的拉应力	190
表 9 根据拉削長度决定的同时工作的齿数和齿距	191
表 10 拉刀的齿槽形状	192
表 11, 12 根据每齿走刀量 s_z 和容屑槽深度制定的 容屑条件所允許的最大拉削長度	194
表 13 根据被加工零件和拉刀材料制定的 $s_{z\text{推}}$ 推荐值	200
表 14 拉刀的前角	200
表 15 根据拉刀直徑和前角制定的砂輪直徑	201
表 16 拉刀的后角	205
表 17 圓孔拉刀和花鍵拉刀在 $\gamma = 15^\circ$ 、磨損值 0.06~0.2 公厘 和用硫化油冷却的条件下, 拉削 45 号鋼时的 P'_z 值	205
表 18, 拉削时切削力的修正系数, 考虑到冷却、后面磨損值、 前角、拉刀型式和被拉材料的影响在內	206
表 19 根据粗拉齿每齿走刀量制定的过渡齿每齿走刀量、直徑 加工余量和过渡齿組数	207
表 20 根据被拉孔光潔度和精度等級制定的精拉齿走刀量、加 工余量和精拉齿数	208
表 21 根据粗拉齿齿距制定的精拉齿和修光齿齿距	208
表 22 修光齿数	208
表 23 根据拉刀直徑和齿組齿数制定的月牙槽数及其寬度	209
表 24 根据拉刀直徑和月牙槽寬度制定的最大月牙槽半徑 R_H 和 砂輪半徑 R_s	210
表 25 关于拉床使用能力的某些資料	211
表 26 根据花鍵数制定的倒角工艺角度	212
表 27 根据工件花鍵槽寬度 B_H 制定的花鍵拉刀切槽齿倒角尺寸	212
表 28 拉刀导錐長度	212
表 29 拉刀后导部分尺寸	213
表 30 成組拉刀中第二把花鍵拉刀的前导部分	214

緒 言

在机器制造业中，特別在汽車和拖拉机工厂的大量生产中，已广泛地采用拉削来加工零件。拉削既可以用来对各种零件的内表面，也可以对其外表面，进行預先、中間或最后的加工。由于这种方法可以保证获得高度的生产效率和必需的精度，因此在加工孔时，亦获得特別广泛的推行。在很多情况下，例如，在加工花鍵孔时，拉削是唯一的加工方法。

苏联机床制造业供应拉力从10到40吨的拉床給机器制造厂，其中很多按自动和半自动循环工作，并配备了送进零件用的專用装料机构。

近代的机器都在沉重的条件下即在高速、高压和高温的条件下工作，所以很多零件要用合金鋼制造；往往零件热处理到非常高的硬度。正是这类零件常常以后須用拉刀加工。

很多鋼制零件在不同的热处理方法下，也就是在不同的显微組織和硬度下拉削。例如，用20XH3A号鋼[●]制造的齒輪在金屬硬度等于其供应时所具有的硬度，即 $H_B < 255$ 时进行拉削，也在热处理后硬度 $H_B = 302 \sim 382$ 时进行拉削。大多数齒輪以及花鍵孔套筒在渗碳、淬火后进行拉削。虽然需用拉刀加工的花鍵槽表面鍍了保护性銅層，但是其个别部分还具有非常高的硬度（达到 $H_B = 400$ 或更大）。

同时，还有很多用低碳鋼、像20号和35号鋼等所制的零件非常軟而韌。在这种情况下当需要保证良好的表面質量时，它們的物理机械性能，主要是显微組織，却造成了很大的困难。用各种鑄鉄、有色金屬和合金以及用非金屬材料所制的零件也需要

● 按原文直譯为「用牌号为20XH3A的鋼」。——譯者

拉削。

用拉削加工的金屬的物理機械性能極不相同。無論根據拉削力，或根據表面光潔度，它們的可加工性亦不相同。這對刀具設計師、機械加工工藝師和生產人員都造成了極大的困難。這些困難是由于对被拉零件的幾何形狀、尺寸和表面質量的要求而產生的。對零件的內表面——圓孔和花鍵孔的要求一般都特別高，其中很多在拉削後應當獲得相當於2級和3級的精度以及7~8級的光潔度。在很多情況下，加工孔的尺寸和表面質量所產生的困難，不但與零件材料的機械性能以及可加工性有關，而且還和這些零件的重量、外觀尺寸、薄壁程度、壁厚差、外形的複雜性等有關。另外，這些因素，例如孔的長度及其直徑，對於表面質量也有很大的影響。隨着被拉表面總的面積的增加，個別缺陷數通常急遽上升，它們既具有偶然性的，也具有系統性的特征。

除了許多因素影響被拉表面的質量外，拉刀的結構特征，特別是，斷屑方法[●]，刀齒的幾何形狀和精拉齒所切下的切屑厚度，也起很大的作用。當然，上述特征並不只和被拉表面的光潔度有關。除了光潔度以外，像兩次重磨之間的耐用度和總使用期限、拉削工序的勞動生產率以及這種加工過程的經濟性一類的指標，也決定於拉刀的結構。

必須指出：拉削這個近代金屬切削加工方法中生產效率最高的方法的優點遠未充分發揮。直到現在為止，所使用的某些拉刀並不能經常保證零件獲得必需的表面光潔度。此外，它們至今還是一種非常昂貴的刀具，其中包括齒升逐齒布設的拉刀，這種拉刀製造比較困難，並且由於長度很大而尺寸耐用度小，需要消耗大量的工具鋼。

乞良賓斯克拖拉機工廠（УТЗ）金屬切削實驗室所設計的拉刀，所謂輪切式拉刀，可以顯著地改善零件的質量，急遽地提高

● 按原文直譯為「切屑的斷斷方法」。——譯者

劳动生产率，并且大大地降低高速钢和合金工具钢的消耗。这种拉刀在工厂●内已获得广泛的应用，代替了各种现有结构的拉刀。近年来，它们也开始在苏联别的工厂（哈耳科夫拖拉机工厂、科罗门机车制造厂、哈耳科夫运输机器制造厂及其他工厂等）内应用。

輪切式拉刀的优点如下：

1. 由于切削部分长度的减小（它比别的拉刀短很多），使每把拉刀上，平均节约高速钢和合金钢40~60%。它的应用能使工厂每年约降低高速钢的消耗量30吨。

2. 輪切式花键拉刀在绝大多数情况下可以用一次行程进行拉削。用輪切式拉刀代替分2~3次行程进行拉削的普通结构的拉刀可以获得下列效果：

a) 在花键孔拉削工序上节约高速钢 $1/2 \sim 2/3$ 。

6) 由于用1次拉削代替2~3次拉削，劳动生产率提高1~2倍。

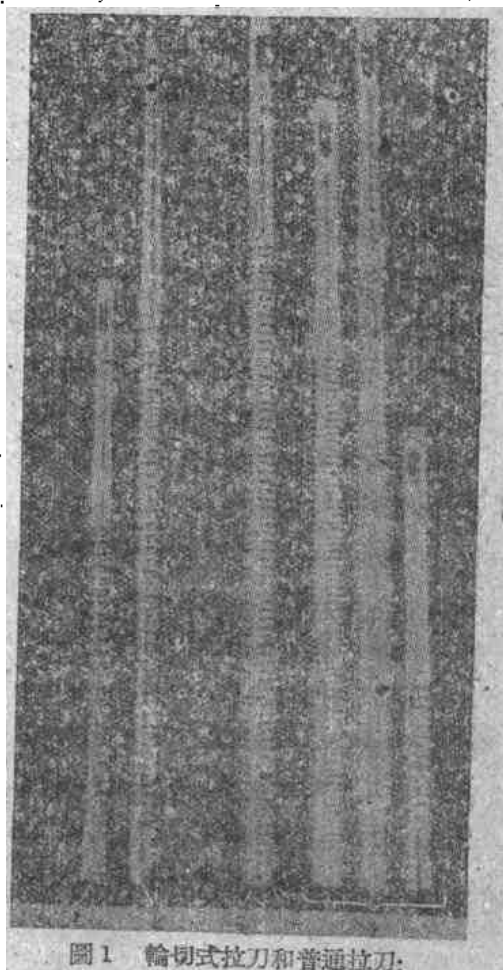


圖1 輪切式拉刀和普通拉刀。

1—輪切式拉刀；2—加工拖拉机柴油发动机联轴器用的普通圆孔拉刀；3—代替了成组普通拉刀的輪切式花键拉刀；4—由三把普通结构的拉刀组成的花键拉刀。

● 指乌克兰斯克拉拖拉机工厂；本书以后所指的[工厂]多指该厂。——译者

在拉削工序上，工厂劳动生产率平均提高60%以上。为了比较起见，现将轮切式圆孔拉刀和花键拉刀与齿升逐齿布设的普通拉刀同示于图1。

3. 轮切式拉刀可以保证花键孔获得高精度和表面光洁度。

4. 轮切式拉刀的耐用度约比普通拉刀和进步式拉刀高一倍，有时更多。例如C-80拖拉机履带板套筒的拉削数量到拉刀完全磨损为止，用普通拉刀为12,000个，而用轮切式拉刀则为32,000个。轮切式拉刀的刀齿结构保证了它们的高强度，这可以使这种刀具获得最充分的利用，甚至当刀齿几乎将磨到齿背时，刀齿也不会破裂。图2列出了用来加工上述履带板套筒的轮切式圆孔拉刀。



图2 加工履带板套筒用的轮切式拉刀：

上圖一新拉刀；下圖一磨損了的拉刀。

5. 轮切式拉刀的断屑方法和刀齿的几何形状保证刀齿的耐磨性高，这就可以在制造大部分拉刀时改用XBF-号钢来代替高速钢。

6. 轮切式拉刀在使用时不需要清除切屑。容屑槽的形状可以使切屑自由脱落，因而减轻和节省了工人的劳动，使工人不必像在使用其他结构的拉刀时那样，不断地清除拉刀上的切屑。

7. 轮切式拉刀制造时不比进步式拉刀复杂，而比齿升逐齿布设的普通拉刀简单得多。

第一章 拉刀和拉削过程概論

1 基本概念和代号

为了說明簡便起見，我們首先研究簡單的平面鍵槽拉刀。拉刀的基本概念、代号和術語与金屬切削学中的一般原則相符，并且直接采用了其中的術語。

拉刀的切削部分是刀齿。刀齿彼此間被用来容納切屑而称为容屑槽的齿槽分隔开。每一个刀齿都有前面和后面(或称刀面)●、主切削刀和輔助切削刀。

工件上将切削的表面通常称为待加工表面；切屑切下后所获得的表面通称为已加工表面。假使所研究的是拉削，則在此情况下，待加工表面也将是拉刀全部刀齿从它上面切除金屬層的表面。已加工表面将是由于切屑被整个拉刀，即全部刀齿，切下后所获得的表面。

假使分析拉刀上所取的每一个个别刀齿的工作，即分析車齿拉削过程，則这里对每一个刀齿來說，都具有各自的待加工表面和已加工表面。这样，对中間的一个齿來說(圖3 a)，表面1是待加工表面，而表面5是已加工表面。

刀齿前面2——这是切屑沿它排出的刀面。它是一个平面，或在个别情况下是一个綫性表面，它是容屑槽表面的一部分。刀齿的主后面(表面3)——这是一个面向已加工表面的刀面。

直接位于主后面后的表面4称为齿背。犹如前面，齿背也是容屑槽表面的一部分。容屑槽表面的底部称为槽底。

主切削刀由拉刀刀齿的主后面和前面相交构成。在圖3 b上，

● 也有译为前傾面和后傾面的，以后統一譯为[前面和后面]。——譯者

主切削刃用 ab 表示。

輔助切削刃(在圖 3 上, 用 ac 和 bd 表示)由前面和輔助后面 6 相交構成。

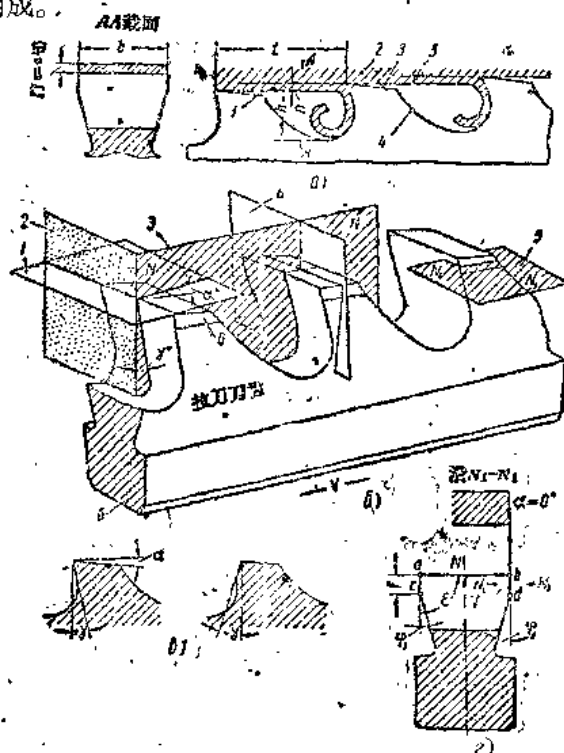


圖 3 花鍵拉刀刀齒的主要部分和座標平面。

从主切削刃到容屑槽槽底的距离 h (圖 3 a) 称为齿高或容屑槽槽深。两相邻刀齿切削刃間的距离称为齿距 t 。齿距在平行于拉刀支承面(底面)的方向中測量。

在普通拉刀上, 金屬層的連續切下是利用每个刀齿的主切削刃都依次比其前一刀齿的主切削刃升高来达到的。这个升高量, 在圖 3 a 中用字母 H 代表的, 称为齿升。齿升量决定切削層的厚度。切削層截面的尺寸示于 AA' 截面(圖 3 a)內。由此可見, 切削厚度 a_w 就等于两相邻刀齿主切削刃間的距离, 即齿升。

切削寬度 b 等于切削深度 t 。从圖可見, 切削寬度等于刀齿

切削刃长度。

拉削时齿升，即拉刀刀齿逐齿逐渐的升高代替了走刀，它在其他切削过程中，即为切下新的金属层刀具所必需进行的辅助运动。这样， $a_{\text{齿}} = \pi = s_{\text{齿}}$ 。在以后的说明中，术语“齿升”通常指拉刀刀齿的尺寸。

每齿走刀量是指切削层厚度；如果不计切屑的收缩，它往往称为切屑厚度^①。

切屑分离时拉刀的运动，即主运动，在所有拉削的情况下，不包括迴轉拉削，是直线前进运动。切削速度 v 等于拉床拉杆工作行程时的运动速度，以每分钟公尺数计。

图 3 6 表示各种刀具所常用的座标平面和截割平面，利用它们可以表示刀具切削部分在空间的位置，以及这些刀面对刀具运动方向和零件所成的角度。

平面 1 是切削平面。它通过刀齿主切削刃和切削表面相切。切削表面即主切削刃在切削过程中所直接形成的表面。这个平面和拉刀的运动方向平行（按箭头 v ）。这样，键槽拉刀工作时的切削平面即和切削表面重合。

平面 4 是基面。它和走刀的运动方向平行，后者可以假定和箭头 s 方向一致，而和拉刀的运动方向垂直。

拉刀刀齿的主要角度，也和其他刀具一样，位于主截割平面 3 (NN) 内进行研究。它通过主切削刃，与其在基面上的投影相垂直。在主截割平面内的截面和拉刀纵轴心线重合^②。图 3 6 表示这种截面。

前角 γ ——这个角度是在刀齿前面、或和其相切的平面以及通过主切削刃、垂直于切削平面的平面 2 (图 3 6) 之间。前角的数值从最后这个平面 2 起计算。拉刀既可以制成具有正前角的，

① 见 A. B. Шеголев: Конструирование протяжек, Машигиз, 1952, стр. 41。

② 这个位置只有当拉刀刃口倾斜时才改变，在本书中不予研究。

也可以制成具有負前角的。后者在拉削青銅和硬鑄鐵時應用，并且多半并不沿整個前面，而只在不大的側棱上磨制（見圖 3 e）。

主后角 α ——这个角度在刀齿主后面和切削平面之間。拉刀刀齿輔助后角位于輔助截割平面 N_1N （圖 3 6 平面 5）上，它和輔助切削刃在基面上的投影垂直（圖 3 e）。

从圖 3 e 可見，在輔助切削刃 bd 和 ac 上的輔助后角 α_1 等于零。这构成了非常不利的切削条件，引起过多的摩擦。所以应当尽量使輔助切削刃的宽度 f 不大于几十公絲，然后将它們制成帶角 φ_1 。

假使將拉刀刀齿当作在平面內的車刀（圖 3 e）来看，則点 a 和 b 即为車刀刀尖；主切削刃和輔助切削刃在基面上的投影所构成的刀尖角 ε_1 等于 90° 。

表面 6（圖 3 6）称为支承表面。

現在来研究圓孔拉刀。在圖 4 a 上，系統地表示了圓孔拉刀的刀齿（无断屑槽），并且每一个后面的齿直径比其前面的大。

拉削圓柱形孔时，切削表面 1 也是圓柱形表面。在此情况下，切削平面为綫性表面所代替，它由和拉刀軸心綫平行的一段直綫，沿刀齿刃口运动所构成。这样，这个綫性表面和圓柱形切削表面重合。和它重合的还有已加工表面，它在零件上由拉刀最后一齿切成。

基面——平面 5——和拉刀軸心綫垂直。

主截割平面 NN ——平面 2——通过拉刀軸心綫，和主切削刃在基面上的投影垂直。在此平面內，研究刀齿切削部分的主要角度。在一般情况下，拉刀刀齿前面 3 是錐形表面。刀齿主后面 4——也如此。

前角 γ 是为拉刀刀齿前面和通过切削刃、垂直于拉刀軸心綫的平面之間的角度。

主后角 α ——这个角度由圓柱形切削表面 1 和刀齿后面錐形表面 4 构成。在圓孔拉刀主截割平面內，截面形状和圖 3 a 所示

鍵槽拉刀相同。

在圖4上，走刀的运动方向習慣地用箭头方向 s 表示。在圓孔拉刀上，它可以用刀齿直径的逐渐增大来代替。这种增大，和

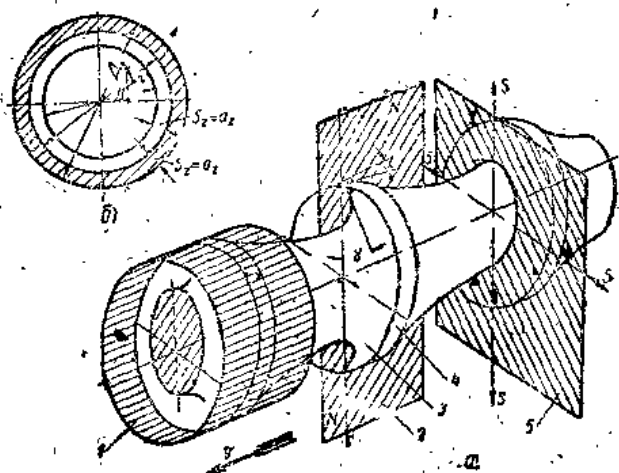


圖4 圓孔拉刀的座标平面和刀齿部分。

鍵槽拉刀上的相同，称为齿升。在圓孔拉刀和花鍵拉刀上，刀齿直径齿升和每边齿升不同。刀齿直径齿升，是两相邻刀齿直径的差数，例如， $D_2 - D_1$ 公厘（圖4 6）；刀齿每边齿升是两相邻刀齿直径差数的一半。由于齿升本身代替了走刀运动，因此它在数值上等于走刀量。通常走刀量按每边計算，用 s_z 表示：

$$s_z = \frac{D_2 - D_1}{2} \text{ 公厘。}$$

术语“齿升”在拉刀上，主要用来决定切屑厚度。如果不計切屑收缩，并且假設切削厚度等于切屑厚度，則它等于刀齿每边走刀量。

在应用进步式和輪切式切削方式的拉刀上，直径相同的刀齿組成一組，称为齿組。在这些拉刀上，就产生了齿組齿升的概念。两相邻齿組刀齿直径的差数称为齿組直径齿升。

在切屑尺寸上，相应存在着齿組走刀量的概念，它也可按直径

計算或按每邊計算。

切削深度——圓孔拉刀刀齒所切下的切屑寬度，等於切削刃長度，即圓周長度 πD ；式中 D ——該齒直徑（公厘）。

最典型的拉削過程特征之一為任何一個刀齒所切下的切屑，從刀齒進入工作時起到退出零件時為止，都留在槽內（圖 5）。所以，齒槽應當具有足夠的尺寸來容納所有的切屑，並且應當有一些空裕的地方。照例可以用所謂切屑容納系數^①來表示拉刀的這個特征。切屑容納系數定為在拉刀縱向截面內容屑槽面積對在同樣截面內所切下的切屑面積之比：

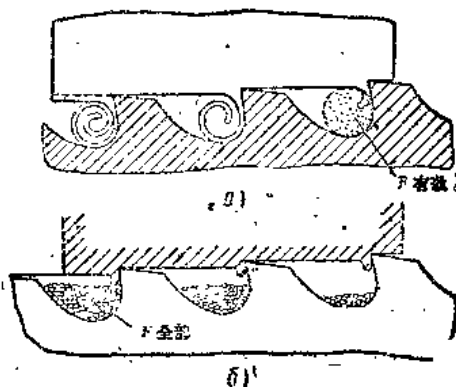


圖 5 在槽內切屑的容納：

a —鋼和其他金屬，切屑成帶狀； b —青銅、鑄鐵和其他金屬，切屑成碎粒狀。

$$k = \frac{F_{\text{槽}}}{F_{\text{屑}}} = \frac{F_{\text{有效}}}{F_{\text{全部}}}$$

式中 k ——切屑容納系數，或簡稱容屑系數；

l ——被拉表面最大長度（公厘）；

s_z ——切屑厚度或拉刀每邊齒升（公厘）；

$F_{\text{有效}}$ ——齒槽有效部分縱向截面面積（公厘²）。由於卷成螺旋形小卷的鋼切屑和某些其他金屬的切屑並不占容屑槽全部面積，而只占其中一部分（圖 5 a ），則計算時只根據這一部分切屑的容納進行。這一部分即所謂容屑槽面積有效部分。

$F_{\text{全部}}$ ——容屑槽全部面積（公厘²）。在拉削脆性金屬時，特別當切屑成小碎塊時，可以用它來計算。這種碎切

① 有的技術文獻中稱「切屑容納系數」。——譯者

屑几乎占满全部齿槽面积（圖 5 6）。

容屑系数的数值决定于切屑厚度和一系列其他因素，并且不得少于用实验方法所决定的一定的数值。

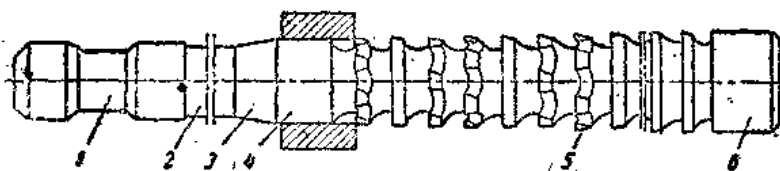


圖 6 圓孔拉刀的結構各部分。

圖 6 簡略地表示了圓孔拉刀的外觀。前刀柄 1 用来和夹头相联；利用它可以联接拉床拉杆和拉刀。前导部分 4 用来将需拉削的零件套在上面，其間隙不大（以避免拉刀偏斜）。为了使零件能够比較容易地进入前导部分，在前导部分前面設有不大的錐体 3，称为导錐。

在前刀柄和导錐之間的一段拉刀刀体称为刀頸 2。它的長度决定于被拉零件和装夹零件所用的夹具的尺寸和外形。拉刀的下列部分——上面設置刀齿的切削或工作部分 5，将孔的最初尺寸和所需要的尺寸之間的全部金屬層切下。切削部分本身由不同类型的刀齿所組成的几个部分构成。这样，它分成：

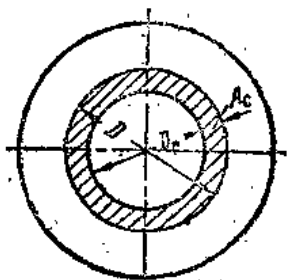
- a) 荒拉或粗拉部分，用来切下主要的金屬層；
- 6) 过渡部分，用来从粗拉齿过渡到精拉齿时，逐漸减少所切下的切屑厚度；
- б) 精拉部分，用来获得所指定的表面光潔度；
- г) 修光部分，用来保持拉刀尺寸，并且在某种程度上，使孔获得最后尺寸。拉刀修光部分和所有前述部分不同，即它的全部刀齿具有相同的直径，因此它們根据重磨程度依次地轉变成最后的一些精拉齿。

修光部分刀齿的另一个特点，是为它們的切削刃是一个整圓。所有其余部分——粗拉、过渡和精拉——的刀齿具有不同的結構用来将切屑整个圓周分成独立的部分。

可能在有些拉刀上沒有这个部分，例如过渡或精拉部分，或甚至两部分——过渡和精拉。

后导部分 6 保証拉刀最后一些刀齿退出零件时的状态稳定。假使不这样，则最后一些刀齿工作时可能往一边切入较大，而这就使孔形歪曲，使它中心线不正。

在很长或很重的拉刀上，在后导部分后面还有后刀柄（在圖 6 上沒有表示出）。后刀柄的用途是：不許拉刀在其本身重量的影响下偏斜。后刀柄支持在活动支架上，它在套筒中有孔，其直径比后刀柄的直径略大。在自动化拉床上，和前刀柄相同，在后刀柄上在快动夹头凸輪处制有凹槽。



拉刀所有刀齿所应当切下的金属层，从经过预先加工的孔的表面算起到最后加工完畢的孔的最大尺寸为止，通常称为拉削加工余量。

圖 7 圓孔和花鍵孔拉削加工余量。

假使拉削前孔徑用 D_0 表示，而拉削后用 D ，則拉削全部加工余量 A 將为两直径之差。同时，拉削每边加工余量用 $A_{\text{边}}$ 加以区别。它等于直径 D 和 D_0 差数的一半（圖 7）。

拉削加工余量根据一般工艺标准制定。此外，加工余量的数值还决定于工艺规程編制的具体特征和被拉零件的外形。全部加工余量分成几个部分，每一部分用一定种类的刀齿切下。这样，分成：

$A_{\text{粗}}$ ——粗拉齿所切下的一部分总加工余量，或像在以后的說明中所称的粗拉齿加工余量；

$A_{\text{过渡}}$ ——过渡齿加工余量；

$A_{\text{精}}$ ——精拉齿加工余量；

$A_{\text{第一组粗}}$ ——第一组粗拉齿加工余量。

同一直径的刀齿所組成的一组齿（用于进步式拉刀）或其中