

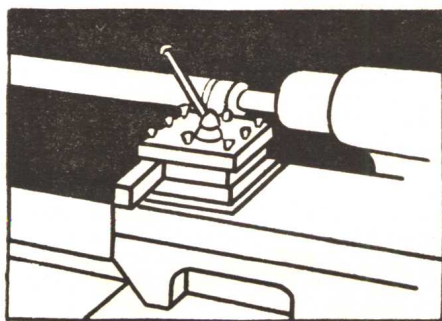
75.19019
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

快速强力挑蜗杆

孙茂松 薄化川 编著

车工



机械工业出版社

内容提要 在车工工作中，挑蜗杆是一道劳动强度大、生产效率低的工序，加工精度和表面光洁度也不易保证。因此，怎样提高挑蜗杆的生产效率，就成为车工致力研究的问题之一。

本书除了介绍常用的蜗杆类型及其正确的加工方法外，重点介绍全国劳动模范孙茂松同志创造的先进蜗杆车刀及一整套操作的经验，并分析了切削图形及切削用量的选择方案，以及简便的快速分头方法，最后还列举了加工实例。

本书可供三级以上车工阅读。

快速强力挑蜗杆

孙茂松 薄化川 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $1\frac{5}{8}$ · 字数 38 千字

1980年11月北京第一版·1980年11月北京第一次印刷

印数 00,001—11,000 · 定价 0.16 元

*

统一书号：15033·4988

目 次

一 什么叫快速强力挑蜗杆.....	1
二 蜗杆的基本类型.....	3
1 阿基米德蜗杆 (3)—— 2 法向直线蜗杆 (4)—— 3 渐开线蜗杆 (4)	
—— 4 蜗杆尺寸的计算 (6)	
三 刀具的特点.....	8
1 刀杆 (8)—— 2 刀头 (13)	
四 切削图形.....	19
1 典型的切削图形 (20)—— 2 切削图形的分析 (21)	
五 切削用量.....	25
六 操作要点.....	29
1 粗加工操作要点 (28)—— 2 半精加工和精加工操作要点 (35)	
七 多头蜗杆的快速分头法.....	38
1 快速分头原理 (38)—— 2 快速分头法计算公式 (41)—— 3 C620-1	
车床分头数据 (42)	
八 冷却润滑液.....	45
九 加工实例.....	46
1 加工 m6 四头蜗杆 (45)—— 2 加工大模数带孔蜗杆 (49)—— 3 加工	
m10 三头大蜗杆 (50)	

一 什么叫快速强力挑蜗杆

蜗杆是各种机器中传递运动和动力的常用零件，比较容易磨损，所以不论是机械加工车间还是机械修理车间，都经常遇到蜗杆加工的问题。

蜗杆的加工方法很多，如车削、铣削、磨削、旋风铣削、冷滚压等，但在小批、单件生产一般精度的蜗杆时，简单有效的方法是在车床上车削蜗杆，俗称“挑蜗杆”。在车工工作中，挑蜗杆是劳动强度大、生产效率低的工序，加工精度和表面光洁度也不容易保证。因此，怎样提高挑蜗杆的生产效率，就成为刀具革新能手们致力研究的问题之一。

快速强力挑蜗杆的加工效率远远高于一般的挑蜗杆方法，加工一根模数5的单头蜗杆（材料为45号钢），包括粗挑、半精挑和精挑在内，只用十一分钟，最快可达8分钟以内。加工模数6的单头蜗杆也只用十三分钟左右，精度可达7~8级、光洁度可达 $\nabla 6$ 以上，完全符合一般的生产要求。

快速强力挑蜗杆方法的出现，再次说明了刀具革新大有可为，发挥现有设备潜力大有可为。

快速强力挑蜗杆是多方面改进的综合结果，包括：合理的刀具几何参数和结构，合理的切削图形和切削用量，高效冷却润滑液，以及操作方法的改进。其中关键是刀具和操作，但也必须有其他几方面的配合，否则也难达到预期的效果。例如，粗挑蜗杆时切下的切屑很粗大，效率是高了，但切屑温度也很高。为了保证刀具具有较高的耐用度，除了改进刀具的几何参数和结构外，还

要选择合适的切削速度，并使用高效冷却润滑液等等。

图1所示为快速强力挑蜗杆车刀。

刀头材料一般可用普通白钢刀（W18Cr4V）。加工淬硬蜗杆或难加工材料的蜗杆时，应使用硬质合金或高硬度高速钢，以提

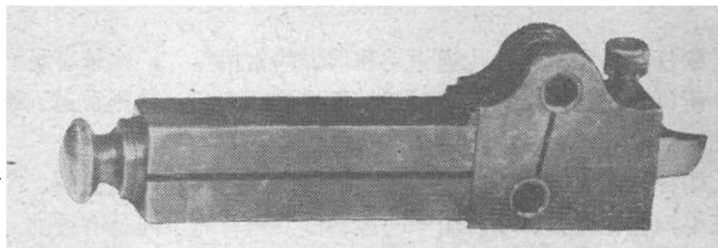


图1 快速强力挑蜗杆车刀

高刀具耐用度。适于作蜗杆车刀的硬质合金，以YG10H、F631（601厂产品）和新-1（上海硬质合金厂产品）最好，也可以用YG6X和YG8。高硬度高速钢有501（W6Mo5Cr4V2A1）、5F6（W10Mo4Cr4V3A1）、B201（W6Mo5Cr4V5SiNbA1）和Co5Si（W12Mo3Cr4V3Co5Si）。其中B201磨削困难，Co5Si价格较贵。

为什么不叫高速挑蜗杆，而叫“快速强力挑蜗杆”呢？这是因为挑蜗杆时切削速度并不高，不属于高速切削。但是，切削面积较大，属于强力切削，且综合了各方面的改进以后，作到了充分发挥机床的能力，切削效率很高，加工一件蜗杆的时间既短又快，所以叫快速强力挑蜗杆。

二 蜗杆的基本类型

有人认为，快速强力挑蜗杆的效率虽高，却不能保证齿形精度。理由是：车削时刀头转了角度，两侧刀刃不在中心高上。这

种提法并不确切。因为：

第一、蜗杆有不同的类型，并不是所有的蜗杆都要求刀刃必须在车床中心高的平面内，有的蜗杆甚至要求刀头必须转一定角度才能保证齿形精度。

第二、即使是要求刀刃在车床中心高的平面中，快速强力挑蜗杆只在粗车时把刀头按蜗杆螺旋升角转了角度，精车时刀头不旋转，所以完全可以保证齿形精度。

为了说明蜗杆的加工精度问题，有必要简单介绍一下蜗杆的基本类型。

在普通精度的圆柱蜗杆蜗轮传动中，根据使用要求和加工条件可以选用三种不同的蜗杆类型，它们的齿形互相略有差别。只要保证蜗轮和蜗杆的齿形为相同的类型，就能正确啮合（参数也要相同）^①。三种蜗杆的特点和加工方法如下：

1 阿基米德蜗杆 它的特点是在轴向剖面中的齿形呈直线，齿形角一般为 20° 。在同螺旋方向垂直的法向剖面中的齿形是曲线，在与轴线垂直的端剖面中的齿形是阿基米德螺旋线（等进螺旋线），在其他任何剖面中的齿形都不是直线。

要得到正确的阿基米德蜗杆，方法很简单：把车刀刀刃磨成齿形角为 20° 的直线刃，并使它保持在车床中心高的水平面内进行切削（图 2）。

由于蜗杆螺旋升角 (λ_f) 的影响，车刀切削时的实际前角 $\gamma_{\text{实}}$ 和实际后角 $\alpha_{\text{实}}$ 将不同于车刀的刃磨角度 (γ 和 α)。对于右旋蜗杆（正扣蜗杆），左侧刃切削时的实际后角 $\alpha_{\text{左实}}$ 将小于刃磨后角 $\alpha_{\text{左}}$ ，切削时的实际前角 $\gamma_{\text{左实}}$ 将大于刃磨前角 $\gamma_{\text{左}}$ 。右侧刃则相反，切削

^① 还有一种圆弧齿形的圆柱蜗杆，目前尚未普遍应用。对需要磨齿和剃齿的精密蜗轮蜗杆，因工艺上的原因，多采用“曲纹面蜗杆”，即砂轮打成直线齿形，用来磨蜗杆和剃齿刀，磨削时砂轮和齿面干涉，自然成形为较复杂的曲线齿形。

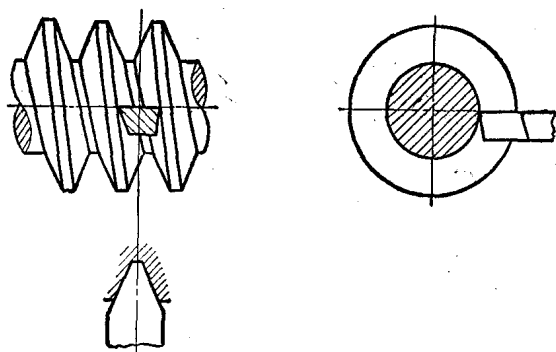


图2 阿基米德蜗杆

时的实际后角 $\alpha_{\text{右夹}}$ 增大，而实际前角 $\gamma_{\text{右夹}}$ 减小，如图3所示。

阿基米德蜗杆是目前在生产中最常见的蜗杆类型。

2 法向直线蜗杆 如果把齿形角为 20° 的直线车刀绕自身轴线转一个螺旋升角，就可以加工出法向直线蜗杆。它的特点是，在螺牙的法向剖面中的齿形为直线。图4所示的蜗杆为螺牙法向直线蜗杆。

这种类型的蜗杆在轴向剖面和其他任何剖面中都不是直线齿形，在端平面中却是延长渐开线，所以也叫做“延长渐开线蜗杆”。如果仍然把直线刀刃保持在车床中心高的水平面中，就加工不出法向直线蜗杆。与法向直线蜗杆啮合的蜗轮，应该用法向直线蜗轮滚刀加工。

多头蜗杆如采用法向直线类型，就比较容易车削。

3 渐开线蜗杆 它同渐开线斜齿轮（螺旋齿轮）一样，在端剖面中具有渐开线齿形，齿面就是渐开螺旋面。所以，渐开线蜗杆实质上是螺旋角很大、齿数（头数）很少的螺旋齿轮。根据渐开螺旋面的形成原理，只有直线形刀刃处在切于基圆柱的平面

中时，才能加工出正确的渐开线蜗杆齿形(图5)。在渐开线螺杆的轴向剖面、法向剖面和其他任何剖面中，其齿形都不是直线。

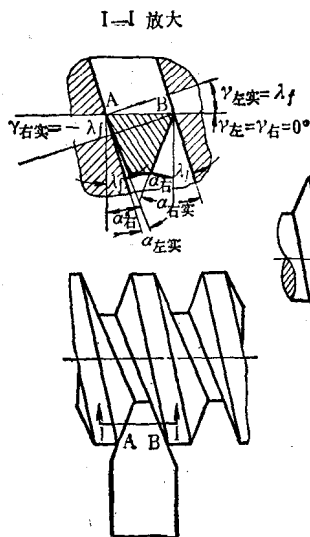


图3 螺旋升角对车刀切削角度的影响

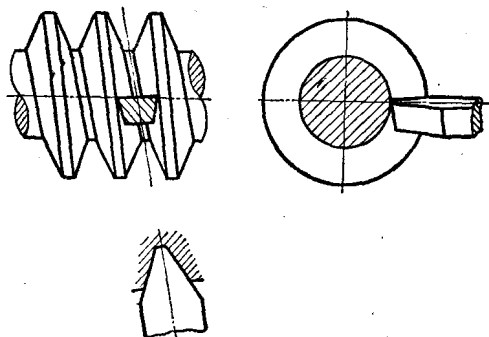


图4 法向直线蜗杆

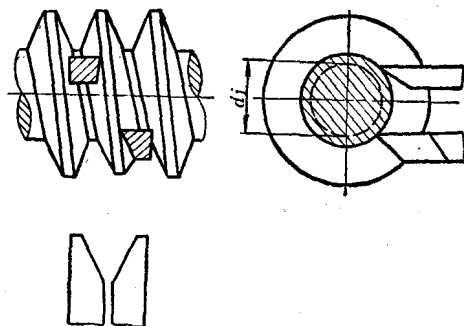


图5 渐开线蜗杆

综上所述,挑蜗杆时刀头转不转角度,刀刃要不要在车床中心高上,要看加工的是什么蜗杆类型,不能一概而论。具体地说,精挑阿基米德蜗杆和渐开线蜗杆时,不允许车刀转角度;阿基米德蜗杆要求刀刃在中心高上,而渐开线蜗杆要求刀刃必须离开中心高一定距离(基圆柱半径);精挑法向直线蜗杆时,刀头必须转角度(螺旋升角);粗挑时由于留有精挑余量,刀头转不转角度一般对加工精度没有什么影响。

4 蜗杆尺寸的计算 蜗杆主要参数(模数、头数、分圆直径等)是由工作条件决定的,请参阅机械零件设计等有关书籍。下面只介绍阿基米德蜗杆各部分尺寸的计算公式(见表1),以供加工和磨刀时参考。

表1 阿基米德蜗杆各部尺寸计算公式

序号	尺寸及参数	符号	计 算 公 式
1	轴向模数	m	图纸给出
2	齿形角	α_0	图纸给出(一般 $\alpha_0 = 20^\circ$)
3	螺纹头数	z_1	图纸给出(一般 $\alpha_0 = 20^\circ$)
4	分圆直径	d_{f1}	图纸给出(一般 $\alpha_0 = 20^\circ$)
5	中心距	A	图纸给出(一般 $\alpha_0 = 20^\circ$)
6	特性系数	q	$q = \frac{d_{f1}}{m}$
7	轴向齿距	t	$t = \pi m$
8	螺向导程	L	$L = z_1 \pi m$
9	分圆柱螺旋升角	λ_f	$\tan \lambda_f = \frac{m z_1}{d_{f1}} = \frac{z_1}{q}$
10	齿高系数	f_0	$f_0 = 1$
11	径向间隙系数	C'_0	$C'_0 = 0.2$

(续)

序号	尺寸及参数	符号	计 算 公 式
12	齿顶高	h'_1	$h'_1 = f_0 m$
13	齿根高	h''_1	$h''_1 = (f_0 + C'_0) m$
14	齿全高	h_1	$h_1 = (2f_0 + C'_0) m$
15	顶圆柱直径	D_{e1}	$D_{e1} = d_{f1} + 2f_0 m$
16	根圆柱直径	D_{i1}	$D_{i1} = d_{f1} - 2(f_0 + C'_0) m$
17	分圆柱法向齿厚	S_f	$S_f = \frac{\pi m}{2} \cos \lambda_f - \Delta_m S^{[注]}$
18	螺牙齿槽法向槽底宽	W_{in}	$W_{in} = [\pi m - 2(f_0 + C'_0) m \operatorname{tg} \alpha_0] \cos \lambda_f - S_f$ 当 $\lambda_f < 5^\circ$ 时 $\cos \lambda_f \approx 1$ $W_{in} \approx \pi m - S_f - 2(f_0 + C'_0) m \operatorname{tg} \alpha_0$
19	螺牙齿槽轴向槽底宽 (精车刀头刀尖宽)	W_i	$W_i = \frac{W_{in}}{\cos \lambda_f} = \pi m - 2(f_0 + C'_0) m \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{S_f}{\cos \lambda_f}$
20	螺牙齿顶法向厚度	S_{en}	$S_{en} = S_f - 2f_0 m \operatorname{tg} \alpha_0 \cos \lambda_f$
21	螺牙齿顶轴向厚度	S_e	$S_e = \frac{S_{en}}{\cos \lambda_f} = \frac{S_f}{\cos \lambda_f} - 2f_0 m \operatorname{tg} \alpha_0$ 当 $\lambda_f < 5^\circ$ 时, 可取: $S_e = S_f - 2f_0 m \operatorname{tg} \alpha_0$

注: $\Delta_m S$ 为蜗杆螺牙最小减薄量, 在蜗杆法向齿厚中反映, 其数值可由表 2 查得。

表 2 蜗杆螺牙的最小减薄量 $\Delta_m S$ (单位: 微米)

精度等级	结合形式	轴向模数 m (毫米)	中 心 距 (毫米)					
			≤ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 160	> 160 ~ 320	> 320 ~ 630	> 630 ~ 1250
7	D_e	$> 1 \sim 2.5$	115	160	210	300	380	500
		$> 2.5 \sim 6$	120	170	220	300	400	500
		$> 6 \sim 10$	—	180	220	300	400	530
		$> 10 \sim 16$	—	—	250	300	420	530
		$> 16 \sim 30$	—	—	—	340	420	560

(续)

精度等级	结合形式	轴向模数 m (毫米)	中 心 距 (毫米)					
			≤ 40	> 40 ~ 80	> 80 ~ 160	> 160 ~ 320	> 320 ~ 630	> 630 ~ 1250
7	D_e	$> 1 \sim 2.5$	170	260	360	500	630	900
		$> 2.5 \sim 6$	180	280	360	500	670	900
		$> 6 \sim 10$	—	280	380	500	670	900
		$> 10 \sim 16$	—	—	400	500	670	900
		$> 16 \sim 30$	—	—	—	530	710	950
8	D_e	$> 1 \sim 2.5$	140	200	260	340	420	560
		$> 2.5 \sim 6$	150	210	260	340	420	600
		$> 6 \sim 10$	—	220	280	360	450	600
		$> 10 \sim 16$	—	—	320	380	450	600
		$> 16 \sim 30$	—	—	—	420	500	630
	D_e	$> 1 \sim 2.5$	200	300	400	530	710	950
		$> 2.5 \sim 6$	210	320	420	530	710	950
		$> 6 \sim 10$	—	340	420	530	710	1000
		$> 10 \sim 16$	—	—	420	560	750	1000
		$> 16 \sim 30$	—	—	—	600	750	1000

三 刀具的特点

快速强力挑蜗杆车刀的结构如图 6 所示, 它分为刀杆和刀头两部分。

1 刀杆 刀杆部分主要由弹簧刀杆和弹性方套组成。在弹簧刀杆的开口中装有上下两个弹簧圈, 形成“双弹簧圈”结构。刀体可在弹性方套中旋转, 以获得需要的螺旋升角。刀杆后部的螺帽用来紧固刀杆。刀杆部分的主要零件如图 7~10 所示。

弹簧刀杆和弹性方套都用 45 号钢制造, 热处理硬度为 HRC

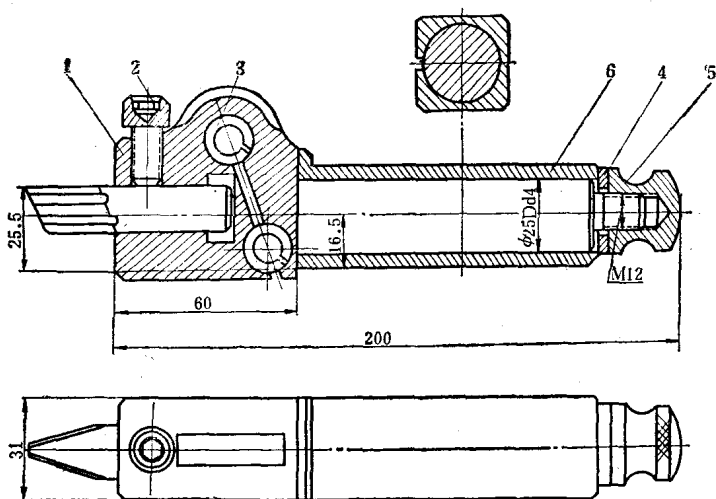


图6 快速强力挑蜗杆车刀

1—刀杆 2—内六角螺钉 3—弹簧圈 4—垫圈 5—螺帽 6—弹性方套

38~42。为了避免刀杆的开口在热处理后变形闭合，热处理时要在装弹簧圈的下面孔中塞入圆柱销。

弹簧圈采用 50CrV 弹簧钢制造，热处理硬度为 HRC38~45，硬度不要过高，以免弹簧圈在工作时碎裂。

弹簧刀杆的作用主要是消除振动。切削时的振动，一般是因径向力的周期变化而引起的。弹簧刀杆刚度低，当切削力增大时，刀具向下向后退让，使切削力减小；当切削力减少时，刀具在弹性的作用下又向上向前逼近，使切削力不太减小，这样就能消耗振动能量，使切削力的变化减弱而消振。此外，弹簧刀杆受力后的向后让刀，还可避免刀具啃刀，这一点同刨刀做成弯头的道理相同（图 11）。弹簧刀杆消除振动的另一个原因是它的刚度低，自振频率低于切削振动频率。

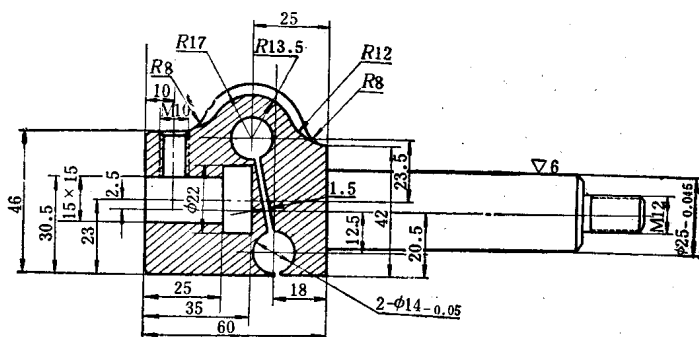


图 7 弹簧刀杆

材料: 45 热处理: HRC38~42发兰

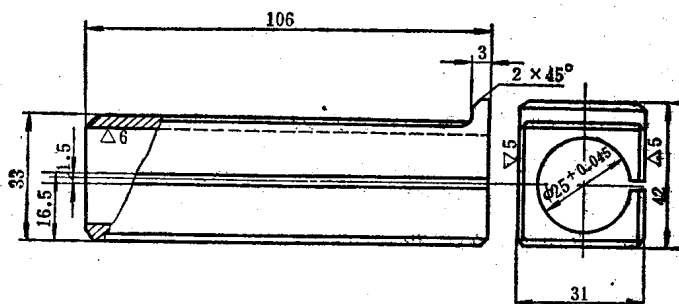
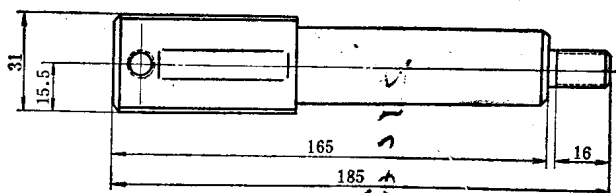


图 8 弹性方套

材料: 45 热处理: HRC38~42发兰

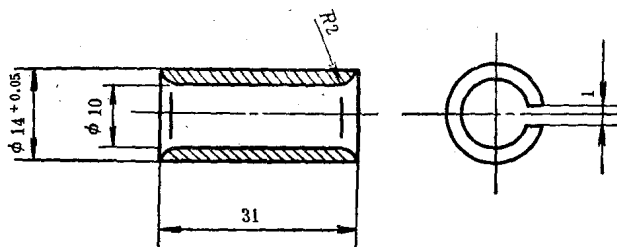


图9 弹簧圈

材料: 50CrV 热处理: HRC38

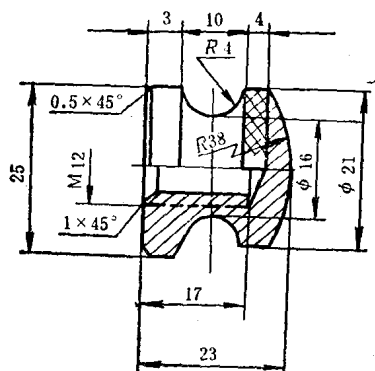
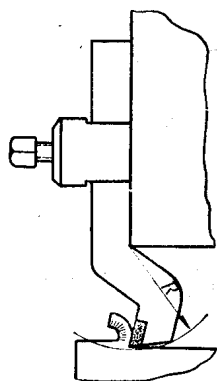
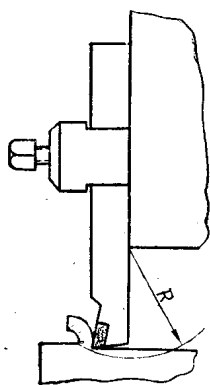


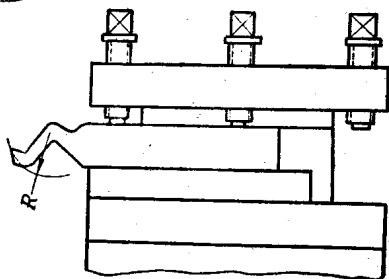
图10 螺帽

弹簧刀杆开口上部的凸头是它主要的弹性部位(图6)。断面铣成凹槽形,以减轻重量。在断面面积相同的情况下,凹槽形断面具有较大的抵抗变形的能力。

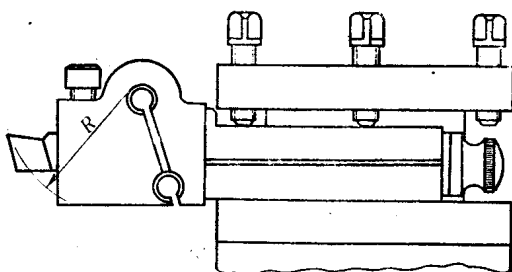
上下两个弹簧圈是刀杆的辅助弹性件。它们是弹性支承,可以增大刀杆的弹性。因为刀杆弹性部位的体积较大,材料的热处理淬透性差,不容易保证弹性。如加厚其尺寸,会使刀杆刚度过大,切削时退让得不够,起不到消振作用;如尺寸过薄,又容易产生塑性变形,切削力过大时会使开口闭合而失去弹性。弹簧圈



a)



b)



c)

图11 刀杆变形造成让刀

a) 刨刀 b) 鸭嘴光刀 c) 弹簧刀杆

厚度小，材料淬透性好，有较好的弹性，可有效地克服刀杆本身刚度同弹性的矛盾。尤其是采用“双弹簧圈”结构，刀杆抵抗弯曲变形的能力比单弹簧圈结构提高 31.6%[⊖]。

实测和理论计算结果都表明：当切削力为 600 公斤时（切削 45 号钢时，切深 3 毫米，进刀 1 毫米，则切削力约为 600 公斤），刀尖下沉量为 1 毫米，后退（让刀）量约 0.26 毫米，可有效地消除振动和啃刀。

为了保持刀具的切削角度，粗车刀刀尖安装高度应高于车床中心 0.5 毫米。

弹簧圈开口宽度为 1 毫米，刀杆开口宽度为 1.5 毫米，使刀杆开口宽度大于弹簧圈开口宽度。这是因为：（1）刀杆开口宽些易于制造；（2）当切削力过大时，只能把弹簧圈开口闭合，而不会造成刀杆变形过大以致塑性变形；（3）即使热处理时刀杆变形，也可保持一定的开口宽度。

双弹簧圈不但能提高刀杆的抗弯刚度（抵抗弯曲变形的能力），还能提高刀杆的抗扭刚度（抵抗扭转变形的能力）。实测结果表明：在走刀力 p_x 的作用下，双弹簧圈刀杆的扭转变形减少 14.5%；而在切削扭矩（由于切削力不通过刀杆纵向轴线而产生扭矩）的作用下，双弹簧圈刀杆变形减少 41.4%。由于挑蜗杆时刀杆既受走刀力 p_x 作用，又受扭矩作用，所以其抗扭刚度得到提高，这对保证蜗杆的尺寸精度和齿形精度都是有利的。

2 刀头 刀头分为粗车刀头和精车刀头，一般是用普通高速钢 W18Cr4V 白钢刀磨成的。

一、粗车刀头 粗车刀头如图 12 所示，其尺寸确定方法如下（图 13）：

⊖ 这是在静态负荷下测量刀杆变形量的结果。

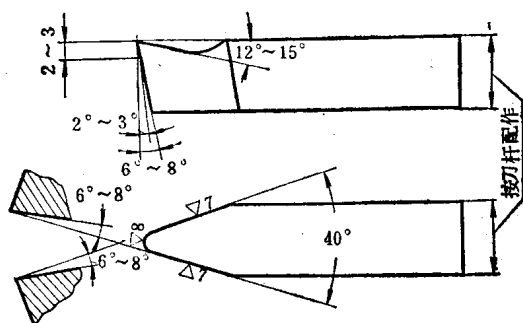


图12 粗车刀头

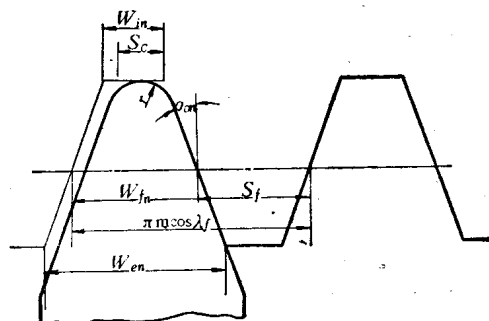


图13 粗车刀头尺寸计算

刀尖宽度 S_c : $S_c = W_{in} - 1$ (毫米) (1)

式中 W_{in} 为蜗杆齿槽槽底宽度, 按表 1 第 18 项公式计算, 对于标准蜗杆 (当 $\lambda_0 < 5^\circ$ 时):

$$W_{in} \approx \pi m - S_f - 2.4 m \tan \lambda_0 \quad (2)$$

式中 S_f 为蜗杆分圆柱法向齿厚, 由蜗杆图纸给出, 也可按表 1 第 17 项公式计算。

对于齿形角 $\alpha_0 \approx 20^\circ$ 的蜗杆 (当 $\lambda_f < 5^\circ$ 时):

$$W_{in} = \pi m - S_f - 0.874 m \text{ (毫米)} \quad (3)$$