

机械工人活叶学习材料 310

刘忠信 編 著

怎样在插床上插 正齿輪和螺旋齿輪



机械工业出版社

机械工人活叶学习材料 310

刘忠信 編 著

怎样在插床上插 正齿輪和螺旋齿輪



机 械 工 业 出 版 社

插床是一种常用的机床。在中小型机器厂里，我們都能看到它。它可以插削工件内外面的各种形状的溝槽。如果添上一套換輪裝置，还可以插削正齒輪和螺旋齒輪。这样，不但扩大了插床的使用範圍，同时在缺乏齒輪加工机床的工厂，切削齒形問題也就解决了。这本小册子是專門介紹怎样在插床上插削正齒輪和螺旋齒輪的方法。

一 輾成法插齒的基本原理

目前齒輪制造几乎都用輾成切削法，用这种方法切削出来的齒形正确，同一模数的刀具形狀不受齒数多少的限制，生产效率高，刀具容易制造和修磨。因此，在沒有介紹插齒方法以前，先来談一談輾成法的基本原理。为了說明輾成法原理起見，我們假定用一个由塑料做成的輪坯1（圖1），使它在金屬齒條2上作滚动运动，也就是沿着箭头A的方向迴轉，同时沿箭头B前进。这样滾完一周后，在輪坯边缘上就輾压出和齒条齒形不相同的漸开綫輪齒形狀。

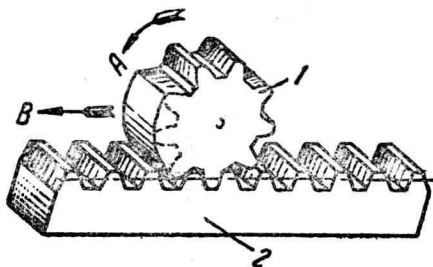


圖1 輾成切齒法的原理。

如果用要切齿的輪坯来代替塑料，把齿条改成刀具，使刀具产生往复切削和进給运动，同时使輪坯繞着軸綫依照箭头A方向按比例迴轉（圖2），这样就会切制出需要的齿形和齿数。这种切

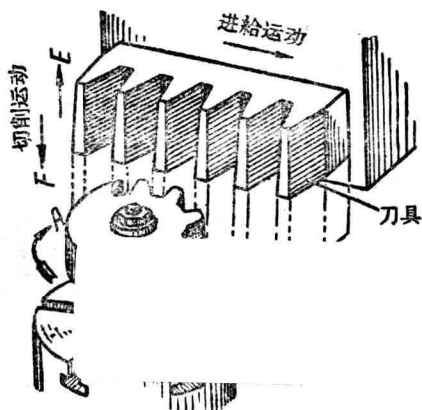


圖2 用軋成法插削齿輪的原理。

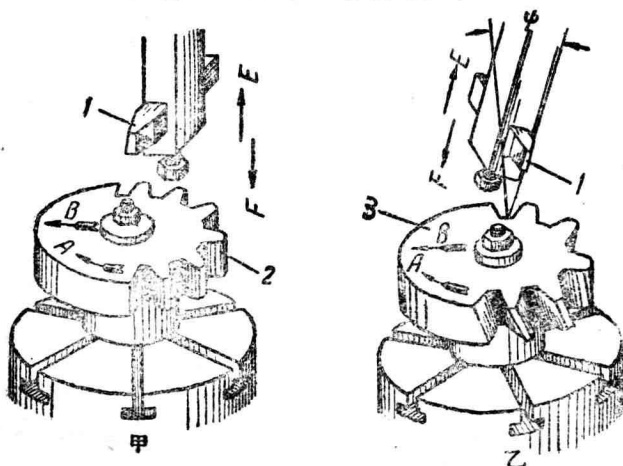


圖3 用單齿插刀插削正齿輪和螺旋齿輪的情况：
1—刀具；2—正齿輪坯；3—螺旋齿輪坯。

齒方法叫做輾成切齒法。在插削齒形的时候，还可以用單齒插刀，效果和多齒刀一樣，修磨也很方便。圖3甲、乙分別表示用單齒插刀插削正齒輪和螺旋齒輪的情形。切削的时候，首先安裝和調節好輪坯，然後調節進刀量，吃刀深度等。插削螺旋齒輪的时候，還要把插頭扳過一個角度 ψ 。然後開動機床，刀具就能插出齒槽來。插出一個齒槽後，刀具要停留在輪坯上（或者退出齒槽），沿着輪坯圓周順次等分一齒，再輾切第二個齒槽。然後依次地把所有的齒槽插出。

二 分齒和滾動換輪裝置

在插床上用輾成法切齒，需要添上分齒和滾動換輪兩個裝置。現在分別說明如下：

1 分齒裝置 用來等分輪坯圓周的。一般多裝在工作台的蝸杆軸11上，它由分度盤7（如圖4所示）、套筒6、定位條10、手臂8和插銷9所組成。分齒的时候，先把手臂8、插銷9調節到分度盤7上的需要孔數里，再把定位條10對齊在分一個齒要跨過幾個孔的位置上，然後把插銷9自分度盤的孔中拔出，就可以搖動插銷柄等分輪坯的圓周。

2 滾動換輪裝置 它是使工作台產生迴轉和橫向移動兩個運動的，它的結構請看圖4。圖4中的a、b、c、d是四個滾動換輪，f、e是兩個齒數相等的齒輪。主動輪a是掛在橫向送進絲杠2上，齒輪b和c套在介軸3上，介軸3用螺絲固緊在可調節的托架4上，齒輪d和f一同松套在軸5上，跟齒輪f嚙合的齒輪e和套筒6體的，松套在蝸杆軸11上。要使軸11跟套筒一起迴轉，必須把手臂8上的彈簧插銷9插入分度盤孔中。因此在切齒的时候，只要轉動搖手柄1，就可以把運動由橫向送給絲

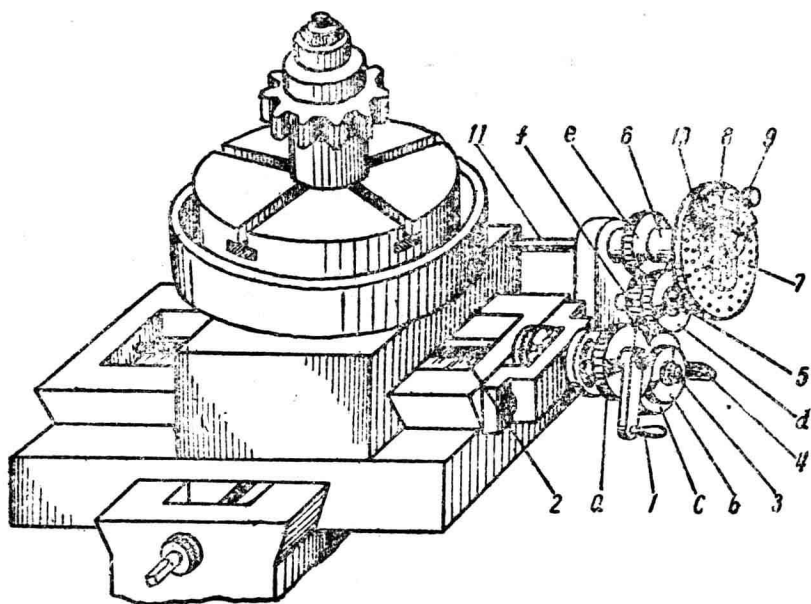


圖4 分齒和滾動換輪裝置。

杠2經過滾動換輪傳給蝸杆軸11。这样就形成了輾成切削。

三 分齒計算方法

用單齒插刀插削輪坯，每當插完一個齒槽，就要作一次分齒。我們從圖5中可以看出分齒的傳動情形。把手臂8上的插銷9從分度盤7的孔中拔出而搖轉時，蝸杆w就帶動固定在蝸輪g上的工作台迴轉了。

分齒一般多用單式分度法，必要的时候，也可以用複式分度法，實際上複式分度法是指單式分度法連續運用兩次來說的，這里不作介紹。現在把單式分度法說明如下。

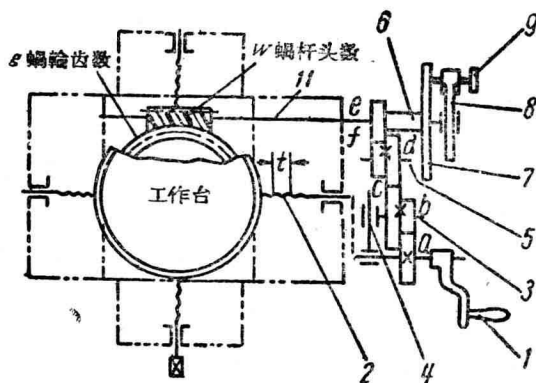


圖5 分齒和滾動裝置的傳動情形。

單式分度法的運算方法，是按照複式輪系傳動道理來計算的，即被動輪和主動輪轉數的比，等於所有主動輪齒數和被動輪齒數相乘積的比。假定被插齒輪坯的齒數為 z ，當一個齒槽插完後，輪坯應迴轉 $1/z$ 轉。要使得輪坯轉過一個齒，手臂要搖 N 轉，那麼我們就可以得到下面的關係式：

$$\frac{1/z}{N} = \frac{w}{g} \text{ 或 } N = \frac{g}{z \times w},$$

式中的 g/w 為常數，用 K 代替，就可以改寫成

$$N = \frac{K}{z} \circ \quad (1)$$

分度盤上分度孔一般是兩面都有的，下面是一塊常用分度盤兩面分度孔的數目：

第一面孔數 24、25、28、30、34、37、38、39、41、42、43；

第二面孔數 46、47、49、51、53、54、57、58、59、62、66。

例1 在工作台的常數 $K=90$ 的插床上，插削一個 30 齒的齒輪，問每分一個齒的時候，插銷柄要搖幾轉？

〔解〕 從題中知道常數 $K=90$ ，被插輪坯的齒數 $z=30$ ，把

它代入公式 (1) 內，使得

$$N = \frac{K}{z} = \frac{90}{30} = 3。$$

从而知道每分一齿，插销柄应该绕分度盘转 3 周。

例 2 今插削一个 50 齿的齿轮， $K=60$ ，问每分一齿时，插销柄要摇几转？

[解] 由題中知道 $K=60$ ， $z=50$ ，代入公式 (1) 使得

$$N = \frac{K}{z} = \frac{60}{50} = 1 \frac{1}{5}。$$

如果选用分度盘上 30 个孔数 (或 25 个孔)，那么 $N = 1 \frac{6}{30}$ (或 $1 \frac{5}{25}$)。在分齿的时候，如果插销柄对正在 30 个孔的圆周上，就要摇 1 周又 6 个孔；对正在 25 个孔上，要摇 1 周又 5 个孔。

四 滚动运动的计算方法

插齿的时候，轮坯除一面要绕本身轴线迴转外，还沿着横方向前进。从圖 5 中知道，摇转手柄 1、丝杠 2 就带动工作台作横向移动，同时另一运动经滚动换轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$ ，传到蜗杆、蜗轮，使工作台产生迴转运动。

辗切模数正齿轮的时候，当轮坯沿横向移过一个齿距，轮坯本身应恰好转过 $1/z$ 转。根据圖 5 的传动情形，可得出下面的式子：

$$\frac{\pi \times M}{t} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{f}{e} \times \frac{w}{g} = \frac{1}{z}，$$

假定 f/e 的齿数比是 1， w/g 的常数用 K 来表示，经整理后，得

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{K \times t}{z \times M \times \pi}。 \quad (2)$$

式中 K ——工作台的分齿常数；

z ——輪坯的齒數；

t ——橫進給絲杠導程（公厘）；

M ——輪坯模數（公厘）。

輾切模數的螺旋齒輪，除了齒距計算不同外，其他和插削正齒輪的完全一樣。下面是插削螺旋齒輪的運動關係式：

$$\frac{M_n \times \pi \times \cos \psi}{t} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{f}{e} \times \frac{w}{g} = \frac{1}{z},$$

經整理後，可寫成下面的算式：

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{K \times t}{z \times M_n \times \pi \times \cos \psi} \quad (3)$$

式中 M_n ——輪坯的垂直模數； ψ ——輪坯的螺旋角。

如果所輾切的齒輪是用徑節（DP）表示的，那麼可用 $\frac{25.4}{DP}$ 來代替上面兩式的模數 M 。如插削用徑節表示的正齒輪，可用

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{K \times t \times DP}{z \times \pi \times 25.4} \quad (4)$$

插削用徑節表示的螺旋齒輪，可用

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{K \times t \times DP_n}{z \times \pi \times 25.4 \times \cos \psi} \quad (5)$$

式中 DP_n ——輪坯的垂直徑節。

例1 欲在插床上插削一個模數為5，42齒的正齒輪，已知插床橫進給絲杠導程為6公厘， $K=60$ ，試求各只滾動換輪的齒數。

〔解〕把題中的已知數值代入公式（2）得

$$\begin{aligned} \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} &= \frac{K \times t}{z \times M \times \pi} = \frac{60 \times 6 \times 7}{42 \times 5 \times 22} = \frac{60}{110} \\ &= \frac{40}{55} \times \frac{30}{40} \quad \left(\text{其中 } \pi = \frac{22}{7} \right) \end{aligned}$$

從而知道滾動換輪的齒數為： $a=40$ 、 $b=55$ 、 $c=30$ 、 $d=40$ 。我們可在下面的變換齒輪齒數內選擇四只：

20、23、24、25、30、34、40、41、43、45、47、50、53、

55、58、59、60、61、62、65、67、70、71、73、74、79、80、83、85、89、90、92、95、97、98、100。

例 2 在插床上插削一个螺旋齒輪，已知垂直模数为 4、螺旋角为 30° 、齿数为 35、插床横进給絲杠导程 $t=5$ 公厘，分齿常数 $K=60$ 。求各只滚动換輪的齿数。

〔解〕 把題中的已知数值代入公式 (3) 得

$$\begin{aligned}\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} &= \frac{K \times t}{z \times M_n \times \pi \times \cos \psi} = \frac{60 \times 5 \times 7}{35 \times 4 \times 22 \times 0.866} \\ &= \frac{24}{50} \times \frac{41}{25}.\end{aligned}$$

从而知道滚动換輪的齿数各为： $a=24$ 、 $b=50$ 、 $c=41$ 、 $d=25$ 。

例 3 在插床上插削徑节 4，80 齿的正齒輪，絲杠导程为 $1/4$ 吋，分齿常数 $K=40$ ，求各只滚动換輪的齿数。

〔解〕 先把英制尺寸的絲杠导程化成公制，即 $1/4'' \times 25.4 = 6.35$ 公厘，然后代入公式 (4) 內，得

$$\begin{aligned}\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} &= \frac{40 \times 4 \times 6.35}{80 \times \frac{22}{7} \times 25.4} = \frac{40 \times 4 \times 7 \times 6.35}{80 \times 22 \times 25.4} \\ &= \frac{7112}{44704} = 0.1591;\end{aligned}$$

取 0.1591 的近似值 0.159，写成分数 $\frac{1590}{10000}$ ，把分子分母分解因数得

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{1590}{10000} = \frac{2 \times 3 \times 5 \times 53}{4 \times 25 \times 4 \times 25} = \frac{39}{100} \times \frac{53}{100}.$$

从而知道各只滚动換輪的齿数为： $a=39$ 、 $b=100$ 、 $c=53$ 、 $d=100$ 。

例 4 要在一横进給絲杠导程为 12 公厘，分齿常数 K 为 90 的插床上，插削一个垂直徑节为 5，螺旋角 15 度，50 齿的螺旋齒輪，試求各只滚动換輪的齿数。

〔解〕 把題中的已知数值代入公式 (5) 得

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{90 \times 5 \times 12}{50 \times \frac{22}{7} \times 25.4 \times 0.9659} = \frac{37800}{26987} = 1.4007;$$

取 1.4007 之近似值 1.4, 并写成分数 $\frac{1400}{1000}$, 再把分子分母分解因数得:

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{1400}{1000} = \frac{8 \times 5 \times 5 \times 7}{5 \times 8 \times 5 \times 5} = \frac{35}{40} \times \frac{40}{25}。$$

从而知道各只滚动换轮的齿数为: $a=35$ 、 $b=40$ 、 $c=40$ 、 $d=25$ 。

五 刀具和切削用量的选择

适当地选择刀具几何形状和切削用量, 对于提高插齿质量和生产率有很大关系。下面就来谈谈怎样正确地选用刀具和切削用量。

1 选择刀具 插正齿轮和螺旋齿轮的时候, 一般多用圖 6 所示的单齿插刀。单齿插刀还分为粗插刀和精插刀两种。粗插刀是荒插齿槽用的, 精插刀是最后修整齿形用。这两种刀子不同的地方, 是粗插刀的刀齿磨得比精插刀的狭一些。

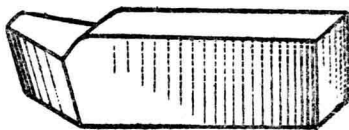


圖 6 單齒插刀。

为了簡便起见, 把前角 $\gamma = 5^\circ$ 和后角 $\alpha = 7^\circ$ 的模数、徑节单齿插刀各部分尺寸列在表 1、2 中。在选择的时候, 可参照圖 7 内的代表符号。

2 切削用量 切削用量包括切削速度、吃刀深度、进給量三个因素。切削用量选择得适当, 对保証插齿质量, 提高生产效率和延長刀具寿命等有着很大的意义, 下面分別加以說明。

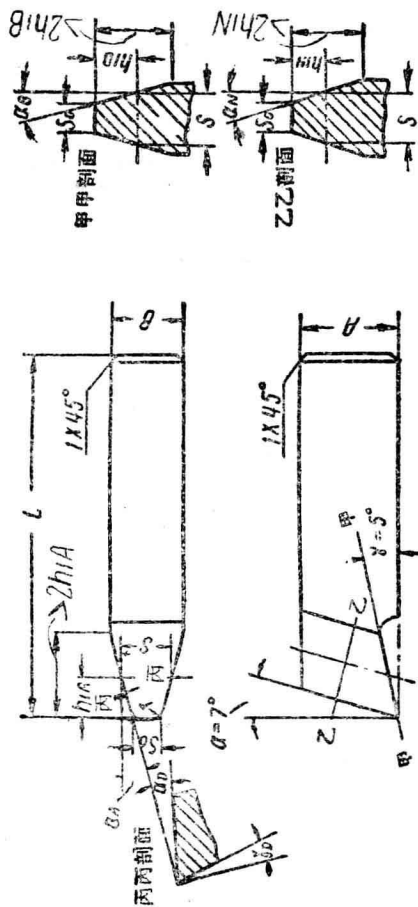


圖 7 單齒插刀各部分的代表符号。

表1 模数單齒插刀各部尺寸(公厘)

模数 M	L	A	B	γ	$S_{齿}$	$S_{齿}$	h_{1A}	h_{1B}	h_{1N}	啮合角 $\Phi=20^\circ$					啮合角 $\Phi=15^\circ$				
										γ_D	$S_{齿}$	$S_{齿}$	$S_{齿}$	$S_{齿}$	γ_D	$S_{齿}$	$S_{齿}$	$S_{齿}$	$S_{齿}$
3					4.713	4.02	3.6	3.614	3.535		2.092	1.40				2.784	2.09		
3.25					5.105	4.39	3.9	3.915	3.830		2.266	1.55				3.015	2.30		
3.50			10		5.498	4.75	4.2	4.216	4.124		2.440	1.69				3.247	2.50		
3.75				0.5	5.891	5.12	4.5	4.517	4.415		2.615	1.84				3.480	2.71		
4	80				6.283	5.48	4.8	4.818	4.713		2.789	1.99				3.711	2.91		
4.25			12		6.676	5.85	5.1	5.111	4.999		2.963	2.14				3.943	3.12		
4.50		20			7.069	6.22	5.4	5.421	5.303		3.138	2.29				4.175	3.33		
4.75					7.461	6.58	5.7	5.722	5.597		3.312	2.43				4.406	3.53		
5			14		7.854	6.96	6.0	6.023	5.891		3.486	2.59				4.639	3.75		
5.50					8.640	7.70	6.6	6.625	6.481		3.835	2.90				5.103	4.17		
6			16		9.425	8.45	7.2	7.228	7.070		4.184	3.20				5.557	4.58		
6.50				1.0	10.210	9.19	7.8	7.830	7.658		4.532	3.51				6.030	5.01		
7	90		18		10.996	9.94	8.4	8.432	8.247		4.881	3.82				6.494	5.44		
8			21		12.566	11.44	9.6	9.637	9.326		5.578	4.45				7.421	6.29		
9			24		14.137	12.94	10.8	10.841	10.604		6.275	5.08				8.349	7.15		
10			26		15.708	14.45	12.0	12.046	11.783		6.973	5.71				9.277	8.01		
11	100	25	28	1.5	17.27	15.95	13.2	13.250	12.961		7.671	6.35				10.205	8.88		
12			30		18.850	17.46	14.4	14.455	14.139		8.367	6.98				11.133	9.75		

注: 表中符号的右下角——用L字标注的是插刀尺寸; 用B字标注的是插刀尺寸; 没有标注的是粗, 精插刀都适用的尺寸。

表2 徑节單齿插刀各部尺寸(公厘)

徑节	L	A	B	γ	$S_{\text{精}}$	$S_{\text{粗}}$	h_{1A}	h_{1B}	h_{1N}	γ_D	α_D	啮合角 $\Phi=14^{\circ}30'$				
DP												$S_{0\text{精}}$	$S_{0\text{粗}}$	α_A	α_B	α_N
2			30		19.95	18.54	14.69	14.75	14.429			12.35	10.94			
2.25	100		27	1.5	17.74	16.41	13.06	13.11	12.824			10.98	9.65			
2.50		25	24		15.96	14.70	11.76	11.80	11.542			9.88	8.62			
2.75			22		14.51	13.30	10.69	10.72	10.493			8.98	7.77			
3			20	1.0	13.30	12.11	9.80	9.83	9.618			8.23	7.08			
3.50	90		18		11.40	10.33	8.40	8.428	8.244			7.06	5.99			
4			15		9.98	8.98	7.35	7.375	7.214	$1^{\circ}15'$	$1^{\circ}45'$	6.18	5.18	$14^{\circ}30'$	$14^{\circ}27'$	$14^{\circ}45'$
5					7.98	7.09	5.88	5.900	5.771			4.94	4.05			
6				0.5	6.65	5.83	4.90	4.917	4.810			4.12	3.30			
7					5.70	4.94	4.20	4.214	4.122			3.75	2.99			
8	80	20	12		4.99	4.28	3.67	3.687	3.606			3.09	2.38			
9					4.44	3.77	3.27	3.278	3.206			2.75	2.08			
10				0.3	3.99	3.36	2.94	2.950	2.886			2.47	1.84			
11					3.63	3.03	2.67	2.682	2.623			2.25	1.65			
12					3.33	2.75	2.45	2.457	2.403			2.06	1.48			

注: 表中符号的右下角的标记, 与表1的相同。

一、切削速度 是插刀每分鐘来回行程的公尺数。切削速度的大小是根据刀具、輪坯的材料和粗插削或精插削的不同情形而定。使用 PΦ1 或 ЭИ-262 鋼做的插刀，切削速度可在表 3 內選擇。

表3 切削速度(公尺/分)

輪坯材料	鋼 $\sigma_b=40\sim60$ (公斤/公厘 ²)	鋼 $\sigma_b=60\sim80$ (公斤/公厘 ²)	鋼 $\sigma_b=80\sim100$ (公斤/公厘 ²)	鑄鐵 $H_B=$ 180~210	
粗插切削速度	40	36	32	35	
精插切削速度	48	43	38	42	
插削螺旋齒輪的時候，把上面的切削速度乘上螺旋角修正系数					
輪坯螺旋角	10°	20°	30°	45°	60°
修正系数	0.98	0.94	0.86	0.70	0.50

二、吃刀深度 是指插刀向輪坯作徑向的吃刀深度。也是根据輪坯材料、加工精度、模数大小等来确定。插削模数小于 2 公厘的齒輪，可以分为一次粗插和一次精插来完成。加工精度、硬度較高的輪坯，模数在 2 公厘以上的，要粗插 2~5 次，最后再經過一次精插。

这里要說明的是：粗插是插出齒槽的全深，而精插只是把粗插表面修光罷了。

三、进給量 是指沿圓周的进給量。等于刀具完成一个行程后，輪坯轉过的弧長。进給量的大小，对齿形質量有很大的影响，特别是精插。因此，适当地選擇粗插，精插时的进給量是非常必要的。表 4 是粗插的时候用的进給量数据。

插削徑节齒輪的時候，用 $M = \frac{25.4}{DP}$ 式子，把徑节換算成模数，再在表 4 中选取适当的进給量。

輪坯模數	輪 坯 材 料				
	鋼			鑄鐵 $H_B=180\sim 210$	
	$\sigma_b=40\sim 60$ (公斤/公厘 ²)	$\sigma_b=60\sim 80$ (公斤/公厘 ²)	$\sigma_b>80$ (公斤/公厘 ²)		
2	0.37	0.31	0.27	0.42	
3	0.30	0.26	0.22	0.38	
4	0.26	0.22	0.19	0.31	
5	0.23	0.19	0.17	0.28	
6	0.20	0.17	0.15	0.26	
插削螺旋齒輪的時候，把上面數值乘上螺旋角修正系數					
輪坯螺旋角	10°	20°	30°	45°	60°
修正系數	1.0	0.99	0.98	0.96	0.93

精插是最后一步驟，決定齒形的精確度和光潔度。如果插刀在單位時間內的行程次數不變，若減小輪坯的圓周進給量，就可以提高齒形的準確性。因此，在精插的時候，要按照具體的情況來選擇進給量。對精確度和光潔度較高的齒形，選用小的進給量；精度要求較低的齒形，進給量可選用大一些。表 5 是精插齒形所用的進給量。

表5 精插時的進給量

插刀一次行程後的進給量(公厘)	0.10~0.15	0.20~0.30	0.40~0.60
適用範圍	用于插削精度和光潔度較高的齒輪	用于一般精度和光潔度的齒輪上	插削低精度的齒輪

六 輪坯和刀具的安裝

插齒的時候，正確地安裝輪坯和調整刀具是非常重要的。下

面分別加以說明。

1 輪坯的安裝 輪坯安裝的要求是：用正確的裝卡方法，把輪坯準確地卡牢，免得在工作的時候發生震抖、偏歪和變形等現象。

圖 8 表示安裝輪坯的幾種方法。圖中甲是安裝直徑不超過 150 公厘的小型輪坯；圖中乙是安裝直徑 300 公厘左右的中型輪坯；圖中丙是大型輪坯的安裝方法。

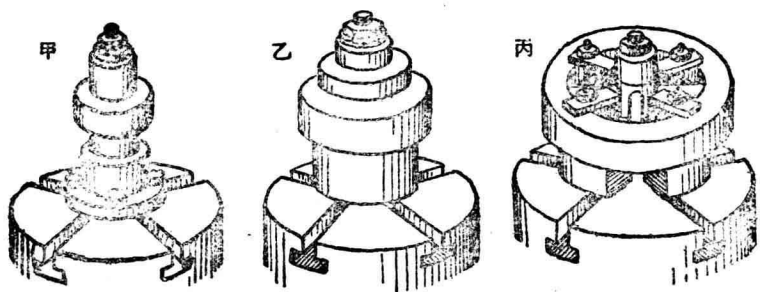


圖 8 安裝輪坯的方法。

安裝輪坯的時候，要注意下面幾點：

- 一、工作臺和墊鉄等要揩干淨。
- 二、襯套和墊鉄的高低、大小要適當。
- 三、輪坯盡量裝卡得低一些。
- 四、用千分表檢查輪坯是否安裝得正確。

2 裝刀 圖 9 是插刀的安裝方法。1 是插刀，裝軋在一個特制的刀杆 2 內，用螺絲 3 固定，刀杆 2 由刀夾 4 夾緊在插頭 5 內。

裝刀的時候要注意下列幾點：

- 一、插刀必須牢固地夾緊在刀杆上，伸出刀杆外的尺寸 B 盡量要短些。