

論文選編

內部資料・注意保存

2

江西省機械工程學會
江西省機械科學研究所 編印

一九六五・二

前 言

我会的学术活动近几年来有較大的发展，全省机械工程科学技术人員，在党的“百花齐放、百家爭鳴”方針指导下，編写了不少学术論文。为使这些論文更广泛地用于生产，更好的为社会主义服务，促进科学技术发展，提高科学技术水平，我們特編印“論文选編”作为內部学术資料交流。

“論文选編”主要选載江西省机械工程学会在学术活动中提出和討論的具有一定水平，及实用价值的論文，按专业分輯不定期編印。

为办好“論文选編”，使其具有一定水平，請各专业委员会（学組）在学术活动中注意推选、审核上述稿件，并望会员及广大的机械工作者踊跃选写論文，我們共同編好它。

“論文选編”中的論文，在学术观点或研究方法上如认为有不妥之处，本着“百花齐放、百家爭鳴”的精神，欢迎批評指正。

編 者

1965年2月

目 录

1. 工件在三爪卡盘中的定心精度·····	江西工学院机械系	王秉剑 (1)
2. 滾絲技术·····	南昌柴油机厂	周鑫森 (14)
3. 試論工艺工作中坐标尺寸的公差換算。·····	江东机床厂	俞汉和 (30)
4. 金属切削刀具材料及其结构的发展趋势·····		李新煌 (48)
5. 采用压力卸荷方法消除型架装配机的工作台爬行现象·····		梁敏超 (60)
6. 无刃鉋刀·····	南昌柴油机厂	张錦福 (68)
7. 油泵工作的自动程序控制·····	江西工学院机械系	王敬亭 (74)
8. 冷挤压的試探·····	江西拖拉机制造厂	王燕謀 (81)
9. 标准齿輪的制造·····	江西拖拉机制造厂	許 英 (89)
10. 2105柴油机曲軸連杆軸頸的光精加工·····	南昌柴油机厂	张錦福 (101)
11. 改善园板牙校切螺紋光洁度的实验报告·····		謝洪鈞 (106)
12. 珩磨齿輪工艺試驗总结·····	江东机床厂	孙繼元 (111)
13. 鋼基磷化鈦·····		匡映东 (122)
14. 齿条式齿輪綜合检查仪与誤差分解式标准齿条的研究 与設計·····	南昌拖拉机配件厂	姚鵬九 (132)

工件在三爪卡盘中的定心精度

王 秉 釗

一、引 言

在机械制造中,車床是用得最广泛的一种设备;在車床上进行机械加工时,卡盘又是用得最广泛的一种夹具。卡盘的种类很多,普通常用的,有三爪卡盘和四爪卡盘等。其中四爪卡盘很难完成自动定心的任务,因为园是由三点决定的,四爪卡盘的四个卡爪和工件的接触点所决定的,一般不是一个园而是四个园。因此,只有当卡盘的工作精度非常高,和工件基准表面非常园时,四个卡爪才能和工件基准表面完全接触,夹紧力才能均匀分布在四个卡爪上,否则必然会产生很大的定心误差。所以在一般情况下,我們不得不放棄四爪卡盘,而采用三爪卡盘作为自动定心的装置。

現在我們开始对三爪卡盘自动定心精度的有关問題,作以下探討:

二、工件在三爪卡盘中定心误差的来源

三爪卡盘能自动定心,但误差(偏心)很大,常达0.1—0.2毫米。其误差的来源,主要是卡盘的制造误差和磨损,此外卡盘在車床主轴上的安装误差也会使工件轴线与主轴轴线不重合,而引起定心误差。

卡盘的制造误差是由于其主要元件(例如蜗线平盘和卡爪等)的制造不准确和装配不准确所引起的。由于卡盘制造误差的存在,使卡盘在工作时三个卡爪相对于其基准孔轴线发生偏移。因此它们与工件的接触点所决定的园,其轴线与基准孔轴线不同心,也就是与主轴轴线不同心(假定基准孔与主轴的导向部分配合无间隙,则两者轴线重合为一)。产生了这种不同心,就是产生了定心无差。

設 Δ_1 , Δ_2 及 Δ_3 为制造误差所引起的卡爪, 1、2及3相对于基准孔轴线的偏移量, $\Delta_{制}$ 为此种偏移量所引起的定心误差,則:

$$\vec{\Delta_{制}} = \vec{\Delta_1} + \vec{\Delta_2} + \vec{\Delta_3} \dots\dots\dots (1)$$

即卡盘制造误差所引起的定心误差,等于卡爪偏移量的向量和(如图1所示)。

取基准孔轴线。为座标原点,并假定偏移量 Δ_1 , Δ_2 及 Δ_3 离开座标原点方向为正,反之为负,則当卡盘在任意位置时(卡爪1中心线与X轴的夹角为任意角 θ , 见图2)其定心误差 $\Delta_{制}$ 在水平方向(X轴方向与垂直方向(Y轴方向)的摄影,分别为:

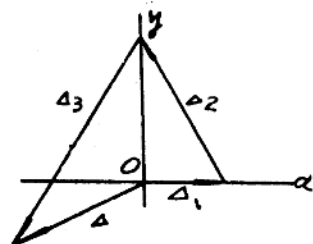


图 1

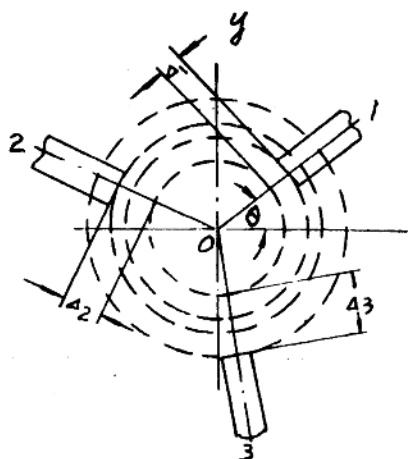


图 2

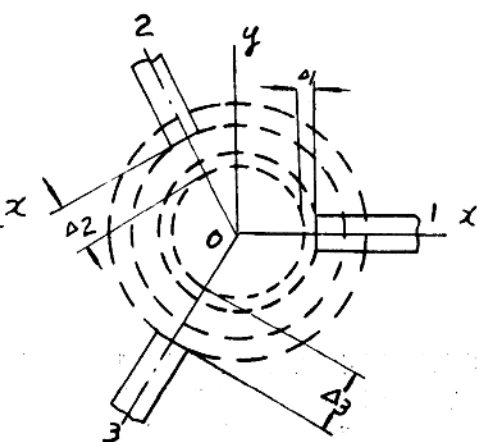


图 3

$$\Delta_x = \Delta_1 \cos \theta + \Delta_2 \cos \left(\theta + \frac{2\pi}{3} \right) + \Delta_3 \cos \left(\theta + \frac{4\pi}{3} \right) \dots (2)$$

$$\Delta_y = \Delta_1 \sin \theta + \Delta_2 \sin \left(\theta + \frac{2\pi}{3} \right) + \Delta_3 \sin \left(\theta + \frac{4\pi}{3} \right) \dots (3)$$

定心误差的绝对值可按式求得:

$$\Delta_{\text{制}} = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \dots (4)$$

定心误差的方向, 即其与 X 轴的夹角, 可按式求得:

$$t_g \alpha = \frac{\Delta_y}{\Delta_x} \dots (5)$$

为简便起见, 取 X 轴与卡爪 1 中心线重合 (即 $\theta = 0$, 见图 3) 则得:

$$\Delta_x = \frac{1}{2} (2\Delta_1 - \Delta_2 - \Delta_3) \dots (6)$$

$$\Delta_y = \frac{\sqrt{3}}{2} (\Delta_2 - \Delta_3) \dots (7)$$

$$\Delta_{\text{制}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 - \Delta_1\Delta_2 - \Delta_1\Delta_3 - \Delta_2\Delta_3} \dots (8)$$

$$t_g \alpha = \frac{\sqrt{3}(\Delta_2 - \Delta_3)}{2\Delta_1 - \Delta_2 - \Delta_3} \dots (9)$$

例如 $\Delta_1 = 0.1$ 毫米, $\Delta_2 = 0.2$ 毫米, $\Delta_3 = 0.3$ 毫米时, 则得:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{制}} &= \sqrt{0.1^2 + 0.2^2 + 0.3^2 - 0.1 \times 0.2 - 0.1 \times 0.3 - 0.2 \times 0.3} \\ &= \sqrt{0.03} \\ &= 0.174 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

$$t_g \alpha = \frac{\sqrt{3}(0.2 - 0.3)}{2 \times 0.1 - 0.2 - 0.3} = \frac{1.74 \times 0.1}{0.3} = 0.58$$

$\therefore \alpha = 210^\circ$ (见图 1)

卡盘在使用过程中, 由于其工作表面 (螺紋和卡爪的工作表面) 的逐渐磨损, 使它原来

的制造误差进一步扩大。在使用过程中,如果磨损均匀,这种现象当然不会发生;但如果磨损不均匀,那么,这种附加误差就会出现。实际上,磨损不可能均匀。因此,这种磨损误差总是存在的;而且它的数值是随着使用时间的增长而加大的。但是,在一定的時間范围内,譬如說,在加工一批零件的时间范围内,磨损误差所达到的最大值(或允许的最大值)是一个定值。假设由磨损所造成的三个卡爪相对于基准孔轴线的最大偏移量已经测得,则由磨损所造成的定心误差值 $\Delta_{\text{磨}}$ 及其与 X 轴的夹角 α ,可按(8)及(9)式求之。

卡盘在主轴上的安装误差,将使卡盘基准孔与车床主轴不同心,这是由于卡盘的定心基准孔与主轴的圆柱导向部分的配合间隙所引起的。假如其它因素(例如安装时的变形等)不考虑,则由于安装误差所造成的偏心,可用下式求得:

$$\Delta_{\text{安}} = \frac{\delta}{2} \dots \dots \dots (10)$$

式中, $\Delta_{\text{安}}$ ——由安装所引起的定心误差值;

δ ——卡盘基准孔与主轴圆柱导向部分配合间隙的最大值。

例如,卡盘基准孔与主轴圆柱导向部分的公称尺寸为 $\phi 80$ 毫米,它们的配合为滑动配合(c),在这种情况下,最大间隙为 0.05 毫米,由此而产生的定心误差为

$$\Delta_{\text{安}} = \frac{0.05}{2} = 0.025 \text{ 毫米}$$

工件外圆基准制造不准确,即工件形状不圆,或带有椭圆度,也会引起定心误差。

设以工件轴心 O 为座标极,以水平线 OP 为极轴,则工件截面椭圆可用下式表示:

$$a^2 p^2 \sin^2 \theta + b^2 p^2 \cos^2 \theta = a^2 b^2$$

$$\text{或} \quad p^2 (a^2 \sin^2 \theta$$

$$+ b^2 \cos^2 \theta) = a^2 b^2 \dots \dots \dots (11)$$

式中, a ——椭圆的长半轴(与极轴重合);

b ——椭圆的短半轴;

p ——极向径;

θ ——极角。

当卡盘在任意位置时,即卡爪 1 中心线与极轴 OP (或长半轴 a)的夹角为 θ 时(见图 4),如卡爪宽度的影响忽略不计,则在卡爪 1 处的工件半径将为:

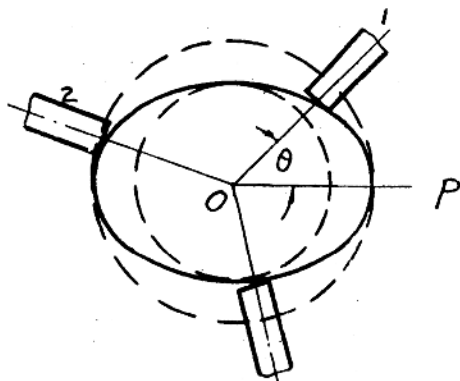


图 4

$$p_1 = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta}} \dots \dots \dots (12)$$

同理,在卡爪 2 及 3 处的工件半径将分别为:

$$p_2 = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{a^2 \sin^2 (\theta + \frac{2\pi}{3}) + b^2 \cos^2 (\theta + \frac{2\pi}{3})}} \dots \dots \dots (13)$$

$$p_3 = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{a^2 \sin^2 (\theta + \frac{4\pi}{3}) + b^2 \cos^2 (\theta + \frac{4\pi}{3})}} \dots \dots \dots (14)$$

在此情况下, 相当于卡爪 1, 2 及 3 相对于工件轴心各产生一偏移量 Δ_1 , Δ_2 及 Δ_3 。其值可用下式表示之:

$$\Delta_1 = \rho_1 - b$$

$$\Delta_2 = \rho_2 - b$$

$$\Delta_3 = \rho_3 - b$$

假定卡盘没有误差, 即三个卡爪相对于基准孔轴心没有偏移, 或者说, 三个卡爪与工件的接触点所决定的圆和基准孔同心。那么, 上述偏移量虽然是工件轴心相对于三个卡爪 (或基准孔) 的偏移量。此项偏移量是由于工件的椭圆度所引起的。

由于工件的椭圆度所引起的定心误差值 Δ_I 可用 (8) 式求之, 即:

$$\begin{aligned} \Delta_I &= \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 - \Delta_1\Delta_2 - \Delta_1\Delta_3 - \Delta_2\Delta_3} \\ &= \sqrt{(\rho_1 - b)^2 + (\rho_2 - b)^2 + (\rho_3 - b)^2 - (\rho_1 - b)(\rho_2 - b) - (\rho_1 - b)(\rho_3 - b) - (\rho_2 - b)(\rho_3 - b)} \\ &= \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_3^2 - \rho_1\rho_2 - \rho_1\rho_3 - \rho_2\rho_3} \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

此定心误差与卡爪 1 中心线的夹角, 可用 (9) 式求之, 即:

$$\begin{aligned} \text{即 } t_o\alpha &= \frac{\sqrt{3}[(\rho_2 - \alpha) - (\rho_3 - \alpha)]}{2(\rho_1 - \alpha) - (\rho_2 - \alpha) - (\rho_3 - \alpha)} \\ &= \frac{\sqrt{3}(\rho_2 - \rho_3)}{2\rho_1 - \rho_2 - \rho_3} \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

例如工件直径为 $100^{+0.3}_{-0}$ 毫米, 椭圆度允许在公差范围内变化, 即 $a = 50$ 毫米, $b = 49.9$ 毫米, 则当卡爪 1 中心线与椭圆的短半轴 b

重合时, (即 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, 见图 5), 可得

$$\rho_1 = b = 49.9$$

$$\begin{aligned} \rho_2 = \rho_3 &= \frac{2ab}{\sqrt{a^2 + 3b^2}} \\ &= \frac{2 \times 50 \times 49.9}{\sqrt{50^2 + 3 \times 49.9^2}} \\ &= 49.975 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_I &= \sqrt{49.9^2 + 49.975^2 + 49.975^2 - 49.9 \times 49.975 - 49.9 \times 49.975 - 49.975 \times 49.975} \\ &= 0.075 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

$$t_o\alpha = \frac{\sqrt{3}(49.975 - 49.975)}{2 \times 49.9 - 49.975 - 49.975} = 0$$

$$\therefore \alpha = 0^\circ$$

由 (12), (13), (14) 及 (15) 式得知, ρ_1 , ρ_2 及 ρ_3 是 θ 的函数, 而 Δ_I 又是 ρ_1 , ρ_2 及 ρ_3 的函数, 即

$$\rho_1 = f(\theta)$$

$$\rho_2 = f(\theta)$$

$$\rho_3 = f(\theta)$$

$$\Delta_I = f(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$$

因此, Δ_I 的值不是定值, 而是随着 θ 改变的。欲求 Δ_I 的最大值和最小值, 可以求 Δ_I 的

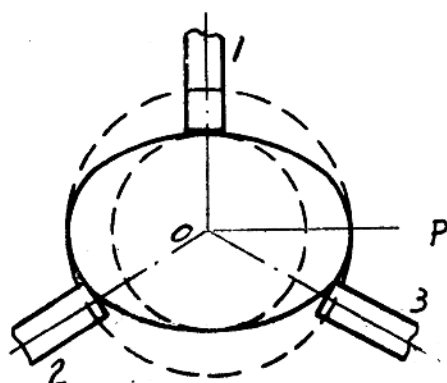


图 5

一阶导函数，并使其等于零，即

$$\frac{\alpha \Delta \Gamma}{\alpha \theta} = \frac{\alpha \Delta \Gamma}{\alpha \rho_1} \cdot \frac{\alpha \rho_1}{\alpha \theta} + \frac{\alpha \Delta \Gamma}{\alpha \rho_2} \cdot \frac{\alpha \rho_2}{\alpha \theta} + \frac{\alpha \Delta \Gamma}{\alpha \rho_3} \cdot \frac{\alpha \rho_3}{\alpha \theta} = 0 \quad \dots\dots\dots (17)$$

解此方程式，求出 θ 值。以此 θ 值代入(12)，(13)及(14)式，求出 ρ_1 ， ρ_2 及 ρ_3 值。再以此 ρ_1 ， ρ_2 及 ρ_3 值代入(15)式，即得 $\Delta \Gamma$ 的最大值或最小值。要判断是最大值还是最小值，必须再求 $\Delta \Gamma$ 的二阶导函数。如果二阶导函数 $\frac{\alpha^2 \Delta \Gamma}{\alpha \theta^2} < 0$ ，则 $\Delta \Gamma$ 为最大值。如果 $\frac{\alpha^2 \Delta \Gamma}{\alpha \theta^2} > 0$ ，则 $\Delta \Gamma$ 为最小值。

以上运算非常繁杂，改用以下方法，比较简便。即假定已知 α 和 b （例如 $\alpha=11$ 毫米， $b=10$ 毫米）给出一系列的 θ 值（例如 $\theta=0^\circ$ ， 15° ， 30° ……等等），按照(12)，(13)及(14)式算出和每一 θ 值相对应的 ρ_1 ， ρ_2 及 ρ_3 值。然后再按(15)式算出和每一 ρ_1 ， ρ_2 及 ρ_3 值相对应的 $\Delta \Gamma$ 值，（如表1所列）。最后根据 θ 和 $\Delta \Gamma$ 的值，绘出它们的关系曲线，如图6所示。（图中

表 1

表 1

θ	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$\Delta \Gamma$	θ	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$\Delta \Gamma$		
0	0°	11.000	10.094	10.094	0.288	$1\frac{\pi}{12}$	195°	10.924	10.465	10.059	0.235
$\frac{\pi}{12}$	15°	10.924	10.465	10.059	0.235	$1\frac{\pi}{6}$	210°	10.722	10.722	10.000	0.228
$\frac{\pi}{6}$	30°	10.722	10.722	10.000	0.228	$1\frac{\pi}{4}$	225°	10.465	10.924	10.059	0.235
$\frac{\pi}{4}$	45°	10.465	10.924	10.059	0.235	$1\frac{\pi}{3}$	240°	10.094	11.000	10.094	0.288
$\frac{\pi}{3}$	60°	10.094	11.000	10.094	0.288	$1\frac{5\pi}{12}$	255°	10.059	10.924	10.465	0.235
$\frac{5\pi}{12}$	75°	10.059	10.924	10.465	0.235	$1\frac{\pi}{2}$	270°	10.000	10.722	10.722	0.228
$\frac{\pi}{2}$	90°	10.000	10.722	10.722	0.288	$1\frac{7\pi}{12}$	285°	10.059	10.465	10.924	0.235
$\frac{7\pi}{12}$	105°	10.059	10.465	10.924	0.235	$1\frac{2\pi}{3}$	300°	10.094	10.094	11.000	0.288
$\frac{2\pi}{3}$	120°	10.094	10.094	11.000	0.288	$1\frac{4\pi}{3}$	315°	10.465	10.059	10.924	0.235
$\frac{3\pi}{4}$	135°	10.465	10.059	10.924	0.235	$1\frac{5\pi}{6}$	330°	10.722	10.000	10.722	0.228
$\frac{5\pi}{6}$	150°	10.722	10.000	10.722	0.228	$1\frac{11\pi}{12}$	345°	10.924	10.059	10.465	0.235
$\frac{11\pi}{12}$	165°	10.924	10.059	10.465	0.235	2π	360°	11.000	10.094	10.094	0.288
π	180°	11.000	10.094	10.094	0.288						

为一折线，因为所绘出的 θ 值不够多）。

从表 1 和图 6 都可看出，当 $\theta=0, \frac{\pi}{3}, \frac{2}{3}\pi, \pi, 1\frac{1}{3}\pi, 1\frac{2}{3}\pi$ 或 2π 时， $\Delta_I = f(0), \Delta_I = f(\frac{\pi}{3}), \Delta_I = f(\frac{2}{3}\pi) \dots$ 均为最大值。当 $\theta = \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{2}, \frac{5}{6}\pi, 1\frac{1}{6}\pi, 1\frac{1}{2}\pi$ 或 $1\frac{5}{6}\pi$ 时， $\Delta_I = f(\frac{\pi}{6}), \Delta_I = f(\frac{\pi}{2}), \Delta_I = f(\frac{5}{6}\pi) \dots$ 均为最小值。

除上述卡盘误差与工件误差外，卡盘卡爪工作表面和工件基准表面的接触刚度也会引起定心误差。三个卡爪和工件接触处的表层变形各不相同，就会引起工件的偏移。接触处的变形愈小，愈均匀，则此项偏移量就愈小，也就是说，定心误差就愈小。实验证明：卡爪和工件的材料，以及它们的表面质量（表面粗糙度和表面层冷作硬化的深度和程度）甚至表面的加工方法，都影响接触刚度，从而也都影响定心精度。例如铸铁表面比钢制表面的接触刚度小，所以定心误差大。粗糙表面比光洁表面的接触刚度小，所以定心误差也大。

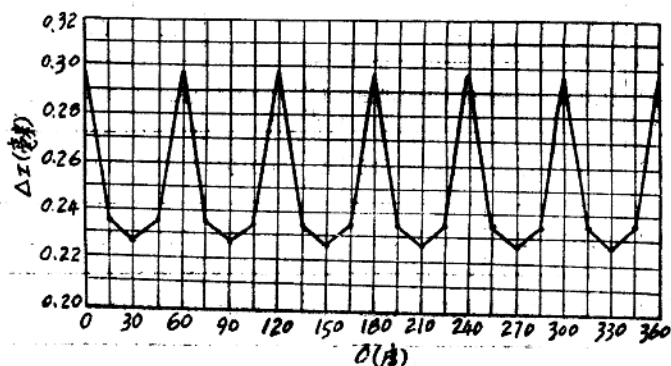


图 6

夹紧力的大小和分布情况，对定心误差也有影响。根据实验，夹紧力过大或过小都会引起定心误差。这是因为过大时会引起卡盘与工件接触处的表层变形，以及卡盘元件的变形，过小时会使接触不良（不够紧密），或甚至还有间隙，结果，工件就会离开其正确位置而发生偏移。如果夹紧力分布不均匀，则工件偏移就更严重。

应当说明，车床主轴的径向振摆，也很显著地使工件轴线相对于车床旋转中心发生振摆。主轴的振摆是由于主轴制造不准确（例如其截面不圆或具有椭圆度等几何形状的误差），主轴与主轴承的间隙，以及传动系统的误差所引起的。此种振摆，实质上是机床的工作误差，而不是工件在三爪卡盘中的定心误差。

三、定心误差的确定方法

定心误差的大小和方向，可以用计算分析法或实验统计法来确定。由于引起各种定心误差的因素不同，故各种定心误差的性质和确定方法也不同。

1) 卡盘制造不准确所引起的定心误差 $\Delta_{制}$ ，是一种常值系统误差。可以用计算法按公式（8）和（9）来确定它的大小（绝对值）和方向。

2) 卡盘磨损所引起的定心误差 $\Delta_{磨}$ ，是一种变值系统误差。它的大小和方向是随着使

用時間有規律地變化的。可以用實驗法來確定它。假如能找出它的變化規律，也就是它和引起它的因素磨損之間的數學關係，那就可以用計算法來確定它在任意時間（即順次加工的任意另件）的值，和在加工一批另件時間範圍內的最大值。（此最大值也可以用公式（8）及（9）來確定它，如前所述）。

3) 卡盤安裝不準確所引起的定心誤差 $\Delta_{安}$ ，是一種常值系統誤差。也可以用計算法按公式（10）來確定它的絕對值，（它的方向要用實驗法來確定）。

4) 工件基準不圓所引起的定位誤差 $\Delta_{工}$ ，對某一個另件來說是常值系統誤差，可以用計算法按公式（15）和（16）來確定它的大小和方向，但對於一批另件來講，它就是分散誤差（偶然誤差）了。此時可以用實驗法來確定它。在一批另件中，它的最大值可以按該批另件中基準誤差最大（橢圓度最大）的另件，用公式（15）和（16）來計算。

5) 接觸剛度不好所引起的定心誤差 $\Delta_{接}$ ，是分散誤差。在一批另件中，它的大小和方向是無規律地變化着的，因此，只能用實驗法來確定它。

6) 夾緊力過大或過小及分布不均勻所引起的定心誤差 $\Delta_{夾}$ ，也是分散誤差。也只能用實驗法來確定它。

以上各種誤差都是向量，它們的向量和就是一批另件的總定心誤差。令 ω 代表總定心誤差，則

$$\vec{\omega} = \vec{\Delta_{制}} + \vec{\Delta_{磨}} + \vec{\Delta_{安}} + \vec{\Delta_{工}} + \vec{\Delta_{接}} + \vec{\Delta_{夾}} \dots\dots\dots (18)$$

上式右端各項誤差的方向，大部分都很難準確地確定。它們的相互位置，或它們之間的夾角（在 $0 \sim 360^\circ$ 範圍內變化），也很難準確地確定。所以，在求這些誤差的合成誤差時，一般都取其平均值，即 90° 。這樣我們就得到計算總定心誤差絕對值的公式如下：

$$\omega = \sqrt{\Delta_{制}^2 + \Delta_{磨}^2 + \Delta_{安}^2 + \Delta_{工}^2 + \Delta_{接}^2 + \Delta_{夾}^2} \dots\dots\dots (19)$$

在一批另件中， $\Delta_{制}$ 和 $\Delta_{安}$ 的值是固定的，而其餘各項誤差的值則是變化的。所以按公式（19）計算一批另件中總定心誤差的最大值時， $\Delta_{磨}$ 、 $\Delta_{工}$ 、 $\Delta_{接}$ 及 $\Delta_{夾}$ 應該取用該批另件中的最大值。

按照上述方法來計算總定心誤差，一般說來是比較繁瑣而費時的。因此在生產上，建議採用實驗（統計）法來測定 ω 的大小。這個方法比較簡便，而且能得到足夠可靠的結果。它所用的工具，只有一根試棒（ $\phi 50 \sim 150$ 毫米）和一個千分表（或百分表）。

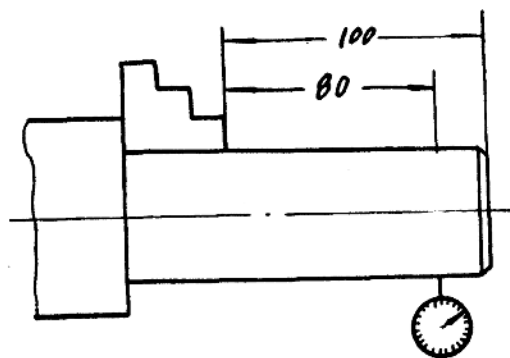


圖 7

测定时，首先把卡爪夹压表面和试棒表面用棉纱擦净，并把试棒安放在三爪卡盘中，伸出100毫米（如图7所示），然后把它夹紧，再把千分表安装在刀架上，使千分表的触头指向试棒，并使量杆压入1.5毫米。纵向移动刀架，使千分表触头位于距卡爪端面80毫米的地方（见图7）。再用棉纱擦净试棒表面，然后用于转动卡盘，（此时主轴变速箱的变速手柄应该放在空挡位置）。从千分表中读出径向跳动量（定心误差），并记录下来。然后放松卡盘，把试棒沿一定方向转一位置，重新夹紧，再测量其跳动量，并记录下来。用以上方法进行测量100次（至少50次），将数据一一记录下来，填入表2中。最后将数据整理计算，把结果填入表3中。根据这些数据作出分布曲线（如图8所示），并按以下公式算出其平均跳动量。

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_1 m_1 + \omega_2 m_2 + \omega_3 m_3 + \dots + \omega_n m_n}{n} \dots\dots\dots (20)$$

式中， ω ——径向跳动量
 m ——跳动量的出现次数
 n ——测量次数

表2

测 量 次 序	1	2	3	4	5	6	7	8		
跳 动 量										

表3

跳 动 量										
出 现 次 数										
频 率										

注：频率为某一跳动量的出现次数与测量次数之比。

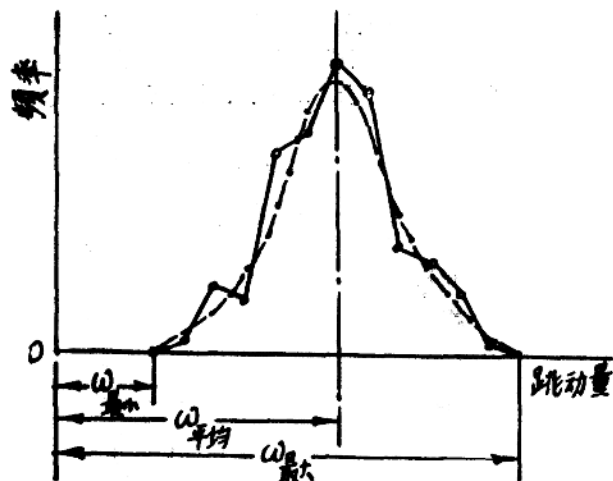


图8

由(20)式得出的平均跳动量,就是一批另件的总定心误差的平均值。但是必须指出,在用实验法测定总定心误差时,所用的是试棒,数目只有一根,而在实际加工中卡盘所夹持的是零件,数目非常多。所以在总定心误差中,工件基准不圆和接触刚度不好以及卡盘磨损所产生的影响,实验时和加工时是不同的。除此以外,在实验所得的结果(总定心误差)中,还才合着主轴径向振摆的影响。

四、定心误差对加工精度的影响

由于定心误差的存在,工件在加工时,就相对于主轴轴线产生了偏心。结果,使加工裕量分布不均,因而使切削深度发生了变化。假定毛坯或上道工序的制造误差考虑,则此项偏心的影响,就相当于毛坯或上道工序留下了误差。根据误差复映规律,这一误差会以某种比例反映到工件上去。

设以零件旋转轴心 O 为坐标极,以 OP 为极轴,毛坯轴心 O' 与 O 之间的距离,即为定心误差 ω (其值等于所有影响因素所引起的定心误差的总和)。最大切削深度 t_2 与最小切削深度 t_1 即在 $O'O$ 联接线上,如图9所示。

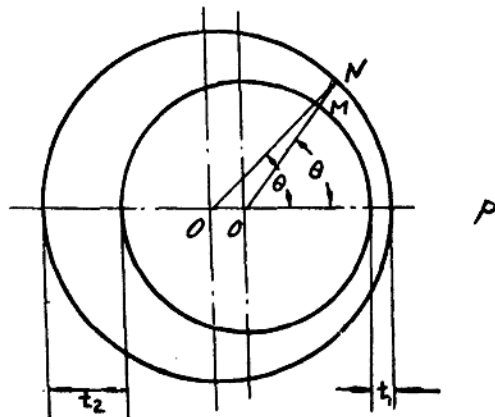


图9

在零件外圆表面上任意取一点 M ,则在該点的切削深度(半径裕量)为:

$$t_\theta = MN = \overline{O'N} - \overline{OM} \\ = \sqrt{O'N^2 + O'O^2 - 2O'N \cdot O'O \cdot \cos\theta'} - OM$$

由图9可知, $\overline{O'N}$ 为毛坯半径 R , $\overline{OM}$ 为零件半径 r , $\overline{O'O}$ 为定心误差 ω ,于是上式可改写如下:

$$t_\theta = \sqrt{R^2 + \omega^2 - 2R\omega\cos\theta'} - r \dots\dots\dots (21)$$

为了使 t_θ 变为 θ 的函数,必须找出 θ' 与 θ 的关系,根据图9,得知

$$\cos\theta' = \frac{\omega + r\cos\theta + t_\theta\cos\theta}{R}$$

以此值代入(21)式,得

$$\begin{aligned}
t_{\theta} &= \sqrt{R^2 + \omega^2 - 2R\omega \cdot \frac{\omega + r \cos \theta + t_{\theta} \cos \theta}{R}} - r \\
t_{\theta} + r &= \sqrt{R^2 - \omega^2 - 2\omega r \cos \theta - 2\omega t_{\theta} \cos \theta} \\
t_{\theta}^2 + 2t_{\theta}r + r^2 &= R^2 - \omega^2 - 2\omega r \cos \theta - 2\omega t_{\theta} \cos \theta \\
t_{\theta}^2 + 2t_{\theta}r + 2\omega t_{\theta} \cos \theta - R^2 + r^2 + \omega^2 + 2\omega r \cos \theta &= 0 \\
t_{\theta}^2 + 2(r + \omega \cos \theta)t_{\theta} - (R^2 - r^2 - \omega^2 - 2\omega r \cos \theta) &= 0 \\
t_{\theta} &= \frac{-2(r + \omega \cos \theta) \pm \sqrt{4(r + \omega \cos \theta)^2 + 4(R^2 - r^2 - \omega^2 - 2\omega r \cos \theta)}}{2} \\
&= -(r + \omega \cos \theta) \pm \sqrt{R^2 - \omega^2 + \omega^2 \sin^2 \theta} \\
&= -(r + \omega \cos \theta) \pm \sqrt{R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta}
\end{aligned}$$

当 $\theta=0$ 时, $t_{\theta}=t_1=R-r-\omega$; 当 $\theta=\pi$ 时, $t_{\theta}=t_2=R-r+\omega$, 可知 $\pm\sqrt{R^2-\omega^2\sin^2\theta}$ 应取正值。因此,

$$t_{\theta} = -r - \omega \cos \theta + \sqrt{R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta} \quad (22)$$

因为在零件外圆各点上的切削深度不同, 所以由切削力所引起的弹性变形也不同。以 y_{θ} 表示在任意点 M 处的弹性变形值, 则

$$y_{\theta} = \frac{P_{y_{\theta}}}{j_0} = \frac{\lambda C_P t_{\theta} S^{0.75}}{j_0} \quad (23)$$

式中 $P_{y_{\theta}}$ ——在任意点 M 处的径向切削分力 (公斤)

j_0 ——工艺系统的刚度 (公斤/毫米)

S ——走刀量 (毫米/每转)

C_P ——系数, 其值随被加工材料的性质, 和加工条件而变。材料为碳素结构钢, 用高速钢车刀车外圆和搪孔时, $C_P=225$

λ ——径向切削分力与垂直切削分力的比值, 等于 $0.3 \sim 0.5$

由于零件外圆各处的弹性变形不相同, 因而由于弹性变形所引起的零件外圆各处的半径增大也不相同。在零件外圆任意点 M 处的实际半径等于规定半径与弹性变形值之和, 即

$$\rho = r + y_{\theta} = r + \frac{\lambda C_P t_{\theta} S^{0.75}}{j_0} \quad (24)$$

以 (22) 式代入 (24) 式, 得

$$\begin{aligned}
\rho &= r + \frac{\lambda C_P (-r - \omega \cos \theta + \sqrt{R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta}) S^{0.75}}{j_0} \\
&= r + \frac{\lambda C_P S^{0.75}}{j_0} (-r - \omega \cos \theta + \sqrt{R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta})
\end{aligned}$$

令 $\varepsilon = \frac{\lambda C_P S^{0.75}}{j_0}$, 得

$$\rho = r - \varepsilon(r + \omega \cos \theta) + \varepsilon \sqrt{R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta}$$

或 $\rho = r - \varepsilon(r + \omega \cos \theta) + \varepsilon(R^2 - \omega^2 \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \quad (25)$

上式即加工后所得零件的实际轮廓曲线方程式。很显然, 零件的截面轮廓并不是正圆形的 (因为 ρ 不等于常数)。

当 $\theta=0$ 时, $\rho_{\text{最小}} = r - \varepsilon(r + \omega) + \varepsilon R$

当 $\theta=\pi$ 时, $\rho_{\text{最大}} = r - \varepsilon(r - \omega) + \varepsilon R$

因此, 加工后零件的误差 (半径的误差) 将为:

$$\Delta_{\text{零件}} = \rho_{\text{最大}} - \rho_{\text{最小}} = 2\varepsilon\omega$$

毛坯的误差 $\Delta_{\text{毛坯}}$ 等于最大切削深度 t_2 与最小切削深度 t_1 之差, 即

$$\Delta_{\text{毛坯}} = t_2 - t_1$$

因为

$$t_1 = R - r - \omega$$

$$t_2 = R - r + \omega$$

所以

$$\Delta_{\text{毛坯}} = t_2 - t_1 = 2\omega$$

由此可见, 由于定心误差所引起的零件误差是符合误差复映规律的。即加工后所得到的零件尺寸误差和几何形状误差与定心误差间有着一个比例关系。其比值即复映系数 ε 。同时由于 $\varepsilon < 1$, 所以定心误差是以一定程度的减小, 反映到零件上去的。

例如: 当 $\omega = 0.2$ 毫米, $j_0 = 2000$ 公斤/毫米, $S = 1$ 毫米/每转, $C_P = 191$, $\lambda = 0.35$ 时, 可得

$$\varepsilon = \frac{0.35 \times 191 \times 1^{0.76}}{2000} = 0.03343$$

$$\Delta_{\text{零件}} = 2 \times 0.03343 \times 0.2 = 0.01337 \text{ 毫米}$$

即 0.2 毫米的定心误差可引起 0.01337 毫米或 13.37 微米 (μ) 的零件 (半径) 误差。

以上所述, 是加工光轴时的情况。在加工阶梯轴时, 定心误差除对阶梯轴各个轴颈的尺寸误差和几何形状误差有着和加工光轴时相同的影响以外, 还要引起各个轴颈间相互位置的误差, 亦即使各个轴颈互不同心。假若在一次安装中加工完各个轴颈, 则此种相互位置的误差可不至发生。但如果在几台机床上分几次安装加工零件, 或在一台机床上掉头加工零件的另一端时, 那就会由于每次安装中定心误差的大小和方向各不相同, 使车出的零件互不同心。如果这道工序的加工裕量很小, 甚至还可能使某一轴颈的一边裕量不够, 因而造成废品。在加工空心轴时, 也有与此类似的情况。

五、提高定心精度的措施

在分析了定心误差对加工精度的影响以后, 我们知道, 为了保证产品质量, 在工艺上必须采取各种措施来提高定心精度。根据工件在三爪卡盘中定心误差发生的原因, 很容易看出, 提高定心精度的主要途径, 可以包括以下几方面:

1) 提高卡盘的制造精度。应当指出, 单单依靠这个方法是不行的。因为即使卡盘的制造精度非常高, 它在使用过程中, 由于磨损的结果, 原来的精度, 也会很快降低的。而且采用这个方法, 将会使卡盘的制造成本提高, 很不经济。

2) 提高卡盘的耐磨性, 避免不均匀的磨损。例如提高卡盘工作表面的表面质量, 采用各种增加耐磨性的热处理, 提高热处的质量。在使用过程中, 还必须定期检查和修理。

3) 提高卡盘在主轴上的安装精度。例如卡盘的基准孔做成锥形, 主轴的导向部分也做成锥形, 使二者配合紧密, 消除间隙。同时在安装时, 要采用正确的安装方法, 避免卡盘变形。

4) 提高毛坯或上道工序的制造精度。对于光轴, 要提高其横截面的几何形状精度。对于阶梯轴, 除满足以上要求外, 还要提高其各个轴颈的同心率。

5) 提高卡盘卡爪和工件的接触刚度。例如提高卡爪工作表面的表面质量, 正确选择其

加工方法。如果零件的加工精度要求很高时，还要注意提高毛坯或上道工序的表面光洁度。

6) 在工作过程中，夹紧工件时，必须注意逐渐夹紧，均匀施力。用力过猛，过大或过小，都不相宜。此外，并经常注意卡盘的清洁，避免切屑和灰尘粘附在卡爪和工件的接触表面上。

7) 按所夹持零件的尺寸来磨削卡爪的夹紧表面（当卡爪是未经淬火的硬爪时）的或，削卡爪的夹紧表面（当卡爪是未经淬火的软爪时）。这是最经济最普遍的方法。此时卡爪的加工，应该在有负荷的情况下进行，即在夹紧一辅助工具（钢环）的情况下进行。

8) 使用附加装置，开口套。这个方法的优点是简便和定心精度高。下面将着重讨论这个方法。

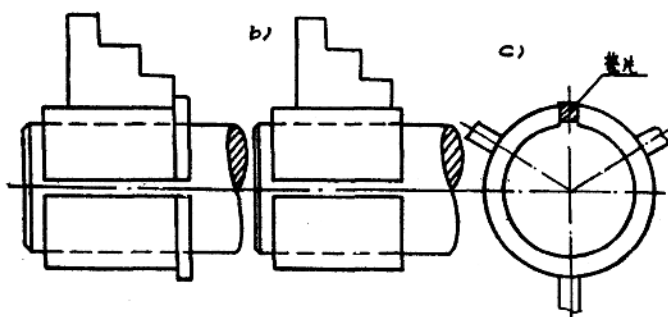


图10

使用开口套的方法，就是将开口套夹在卡盘中，按零件外圆基准面的直径来磨削开口套，（套可以是带肩的，如图10，a，也可以是不带肩的，如图10，b）。磨削时，开口套带着过盈并在开口中放着垫片，（如图10，c，所示）。垫片的厚度较小于开口的宽度。因此，开口套在磨削之前夹紧时便产生了过盈。在磨削时的夹紧，大致能够实现具有象夹紧零件时同样的力。所以卡盘的卡爪在磨削时的位置，将相当于夹紧零件时的位置，也就是工作位置。

开口套在磨好以后，即略松卡盘，使开口套靠了弹性力而支持在卡盘的卡爪内。（卡盘不能松得太多，以免开口套在卡盘中产生相对转动）然后取出垫片，擦净开口套的孔，把工件放入孔内，并把它夹紧。

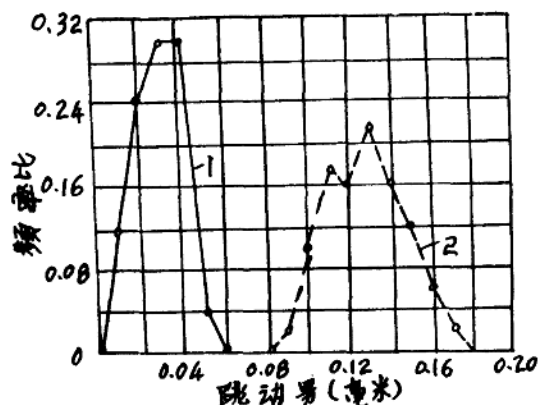
为了比较在卡盘中用开口套和不用开口套的定心精度，我们曾进行了多次试验。试验表明：在卡盘中用开口套来夹紧零件能提高定心精度3~8倍。

在图11上提供了在卡盘中用开口套（曲线1）和不用开口套（曲线2）径向跳动量的分布曲线。（从卡爪端到测量面的距离为20毫米，测量次数为50次，间隔为0.1毫米）。

实验证明，随着开口套与零件支承面间间隙的增大，径向跳动量也增大。在图12上，曲线1（试棒直径为50毫米，测量次数为50次）表明了跳动量与在磨套时所得间隙的关系。从图中可以看到，间隙量在0.1左右时情况最好。根据这一理由，把套的内径公差规定为3级精度（基孔制）。

跳动量与预过盈量是无关的。在图12上，曲线2（试棒直径为150毫米，测量次数为50次，间隔为0.1毫米）说明了平均跳动量与套在磨前夹紧时所产生的预过盈量的关系。由于跳动量与预过盈量无关，故可根据套的材料和直径，把预过盈量规定在很大的范围内。

在跳动量为0.2~0.4毫米的卡盘里，当用了开口套来夹紧零件时，其平均跳动量从0.02



曲綫編號	試棒直徑 (毫米)	夾緊形式	平均跳動量 (毫米)
1	50	用套	0.03
2	50	不用套	0.131

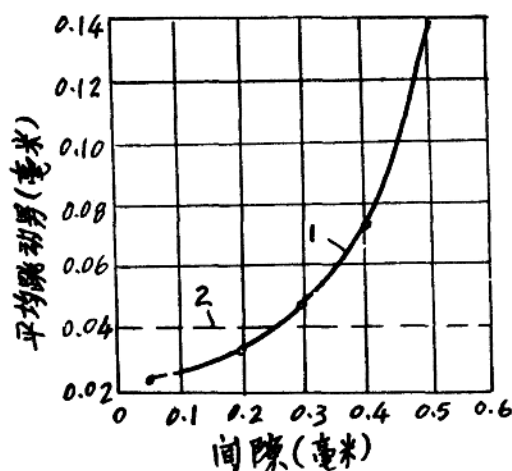


图12
0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0
預过盈 (毫米)

~0.04毫米。当装夹零件50次时，其散布界为 ± 0.02 毫米。此时套在搪削前的夹紧和零件的夹紧，必須通过卡盘的同一个小齿轮来进行。当在同一个套内装夹零件超出80~100件时，定心精度就逐渐降低，因为卡爪和套的接触处形成了使套轉移的凹槽。所以当零件加工批量不超过80~100件时，可以仍旧使用同一个套。

开口套不仅在单件生产时能采用，而且在加工零件批量在80~100件时，也能采用它。同时，假如考虑到套的制造成本不大，及利用套的工序調整准备时间又不多，則可建議較广泛地应用开口套。在很多情况下，开口套能代替專門制造的昂貴的自动定心夹具。

六、結 語

工件在三爪卡盘中定心誤差产生的原因，主要有：（一）卡盘的制造不准确，（二）卡盘的磨損，（三）卡盘的安装不准确，（四）工件基准不圆，（五）接触剛度不好，（六）夹紧力过大，过小和分布均匀。其中，卡盘的制造誤差和磨損所占的比重較大。

定心誤差可以应用計算分析法或实验統計法来确定。因为定心誤差是向量，所以总定心誤差等于各种因素所引起的定心誤差的向量和。求总定心誤差时，用实验（統計）法比計算法簡便。但是它的結果与实际生产中加工一批零件的总定心誤差值有些出入，并且还才有主轴径向振摆的影响。

定心誤差对加工精度的影响很大。对軸类零件橫截面上的几何形状精度（橫截面的正圆度），橫截面上的半径誤差（等于定心誤差与复映系数乘积的二倍），对不在一次安装中加工的阶梯軸的各个軸頸和空心軸的外圓及內圓表面的同心度，都有显著的影响。

提高定心精度，可以通过减少卡盘的制造誤差和磨損，减少卡盘的安装誤差和工件外圓的不圆度，避免卡盘和工件接触处的表层变形，以及避免夹紧力过大，过小和分布不均等方法来达到。也可以通过按所夹持零件的尺寸来搪削或磨削卡爪的夹压表面这一方法来达到。但是最簡便最有效的方法是使用开口套。在三爪卡盘中使用了开口套，定心精度可以提高3~8倍（这与卡盘的状况有关）。

滾 絲 技 術

南昌柴油机厂 周鑫森

一、序 言

螺纹的滾压加工（簡称滾絲）。

在党和毛主席的英明领导下特别是从58年以来在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗光輝照耀下，我国各机械制造厂敢于創造敢于革命均已广泛地采用了滾絲，并創造了国外尚无的支滾式的支承托架及适合小型工厂的迅速推广的車床上滾絲等有效的好方法。各厂均积累了不少經驗和取得了許多成就，（其中包括了滾絲模、滾絲机的設計、制造及滾絲技术等多方面的經驗和成就）。

滾絲的优点很多，其主要优点是：

1. 生产率高。有些国家采用滾压式螺纹切头（簡称滾絲切头）自动滾絲每小时可产一万个螺栓。①即使是人工操作每分鐘也可滾制8—10个螺栓。
2. 精度高。利用滾絲方法較容易达到C、D級精度的螺纹。其齿距誤差，齿形半角誤差，中径值均十分稳定，有利于成批及大量生产，且具有良好的旋合性。对牢配合螺栓的加