

圆锥刀柄改进为两面定位刀柄的途径和比较

尚亚国际贸易公司 (上海 200051) 章宗城

在数控机床上进行切削加工时, 刀具装在刀柄的前端, 刀柄的后端, 常用的普通7:24圆锥刀柄(这种锥度我国JT、国际ISO、德国DIN、日本BT标准等均采用之)插在主轴中心的圆锥孔里。圆锥柄与圆锥孔的定位简捷方便, 对中性好, 故得到广泛应用。长锥孔的定位限制了被定位件的五个自由度, 仅剩下一个回转自由度。沿主轴中心的轴向自由度理论上也被限制了, 但由于锥面精度控制、变形、摩擦等因素影响, 轴向定位精度不够高。这在一定程度上也影响了径向定位精度。故先进国家和一些大刀柄公司开发了轴向也能稳定定位的定位装夹方法。也就是圆锥面(部分或是圆柱面)和端面同时定位(称两面定位)的方法。圆锥面和端面同时定位时, 此时轴向自由度应由端面来限制。但圆锥面也要限制轴向自由度, 这样会造成位置不确定的过定位问题, 此问题应通过提高相互位置精度、锥面的退让和变形来协调解决。现两面定位系统已有瑞典SANDVIK公司的VORILOCK系统、美国KENNA MATAL公司的KM系统、德国KOMET公司的ABS系统及瑞士SWISS BORE公司的圆柱楔销系统等, 由于各公司开发的系统都有专利保护, 通用性及推广使用受限。但德国MAPAL公司和GURUNG公司联合开发的HSK系统已被确定为德国DIN标准, 现已广泛地被各国采用。HSK系统为中空锥柄膨胀收缩型夹紧系统, 以锥柄的微变形达到轴向移动在端面同时定位, 它具有1:10小锥度, 可适用于10 000r/min以上的高速旋转, 轴向重复定位精度高达 $1\mu\text{m}$, 但结构较复杂, 价格较贵。另一方面, 国内外有四家公司在标准的7:24刀柄的基础上, 对刀柄加以改进, 同时让它实现长圆锥定

位和轴向端平面定位。三家公司改进的方向和途径不同。现分述以比较。

1. BIG-PLUS两面定位主轴系统

提高锥角精度、形状精度和直径精度, 精确控制变形量, 使锥孔锥柄密切结合定位的同时, 通过锥柄强制拉入, 柄与孔的极微小变形, 使刀柄移动, 其法兰端面接触靠紧主轴孔端面, 在轴向的位置靠此两端面接触而定位。这是日本大昭和精机公司开发的, 他们称之为BIG-PLUS两面定位主轴系统。利用了主轴的弹性变形以及完全严格的定位管理, 实现了两面定位功能。BIG-PLUS刀柄也可以用于原有的BT规格的机床主轴, 不过此时并没有两面定位功能, 如果要发挥两面定位功能, 需要同时使用BIG-PLUS主轴和BIG-PLUS刀柄。他们同时指出, 如果使用BIG-PLUS以外的刀柄, 可能会对主轴造成伤害。因此如果机床公司在制造机床时, 预先应按BIG-PLUS精度要求制造主轴, 成为BIG-PLUS主轴, 就可直接安装BIG-PLUS刀柄, 实现两面定位。实体的刀柄刚性很大, 很难变形, 机床主轴是关键零件, 决定刀具或工件的位置, 不应有较大的变形。为在一个很小的弹性变形下, 正好端面和锥面同时贴紧, 实现两面定位, 故二者的精度要求很高, 也就是锥孔和锥柄已完全接触时, 主轴端面和刀柄的法兰端面尚未接触, 但距离应很小, 约 $0.01\sim 0.012\text{mm}$, 因为是实体刀柄, 允许的变形量和刀柄拉动距离很小。经拉钉强迫拉动刀柄才使两端面接触, 实现两面定位。图1中, BIG-PLUS主轴和BIG-PLUS刀柄即是此情况。而BIG-PLUS刀柄插入一般BT主轴孔, 锥体互相靠紧后, 两端面间距离约达 1.5mm , 拉力难以弥合它们间的这段距离,

也就是不能实现两面定位的。顺便说一下，若是两个普通7:24刀柄和主轴锥孔接触时，两端面间距离大致为2~3mm。在本文介绍的三种方法中这个初装距离是最小的。现在采用BIG-PLUS系统的机床公司有日本国内50家，其他国家19家。有了许多家机床公司的支持，促进了这项技术的推广。为了区分普通刀柄和BIG-PLUS刀柄，在牌号标记上应注明；如普通BT50标准的应标明为BBT50。BT标准是日本标准。符合德国DIN-69871A标准的，大昭和公司也生产称DV50（即SK50）应标明为BDV50。

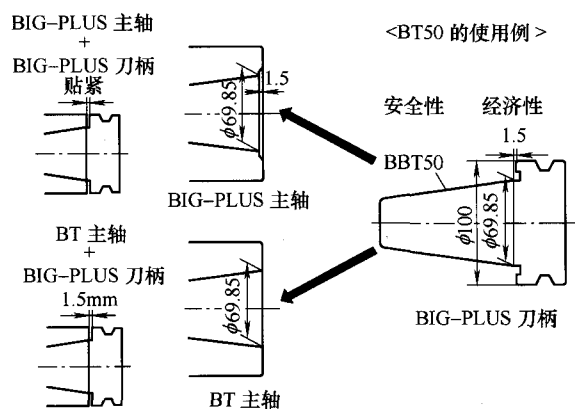


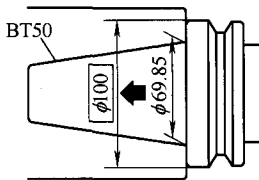
图1 普通刀柄和BIG-PLUS刀柄安装情况

BIG-PLUS刀柄也包括其他两面定位的刀柄，一般有以下优点：

(1) 刚性大为增加了，按材料力学原理，悬伸梁（刀具和刀柄）支承处承受最大的弯矩，该处的直径越大，截面积越大，抗弯刚性也越大。两面定位的一般圆锥刀柄如附表所示，实现了两面定位后，则使支承处的截面直径由锥体大径增至刀柄的法兰外径，各种规格的增大值见附表。

各种规格增大值表 (单位: mm)

规格	增大值
BT30	$\phi 31.75 \rightarrow \phi 46$
BT40	$\phi 44.45 \rightarrow \phi 63$
BT50	$\phi 69.85 \rightarrow \phi 100$



我国的JT刀柄标准同DIN69871和ISO7388/1-A，即同SK。它们的圆锥大径尺寸和附表所示是一致的。即JT30、JT40、JT50分别为31.75mm、44.45mm、69.85mm。但法兰的外径则略有不同。分别为50mm、63.55mm、97.5mm。定位安装的抗

弯刚性的增大，使加工精度得以提高，加工表面粗糙度值减小。

(2) 由于轴向被定位，且被拉钉拉紧。故可抑止高速转动时轴向尺寸的变动、重切削时的振动、圆锥面的微动磨损和其他损伤。

(3) 自动换刀时，两面定位比单纯锥面定位重复定位精度高。

(4) 高速回转时，温度上升，主轴锥孔向外膨胀，非两面定位的刀柄会因此松动。而两面定位系统会因锥形刀柄的弹性恢复，使二者继续贴紧保持定位作用，保持良好的刚性和加工状态。

由于以上原因，两面定位的刀柄和所安装刀具的加工效率以及使用寿命均得以大幅提高。

2. BTF碟簧锥套两面定位

日研(NIKEN)、圣和(SHOWA)等所开发的在主轴圆锥孔和圆锥柄之间加入一组弹性零件——碟簧，使拉钉强迫刀柄与法兰向后轴向移动靠紧机床主轴端面，碟簧变形，反抗变形的弹力上下压紧锥孔和锥柄，使端面 and 锥面同时紧密接触，实现两面定位。两家公司的结构不尽相同。日研称3LOCK SYSTEM，我国的北一圣和公司结合国内情况改进了原圣和的结构，开发了新的两面定位（锁紧）刀柄系统，代号为BTF（见图2）。

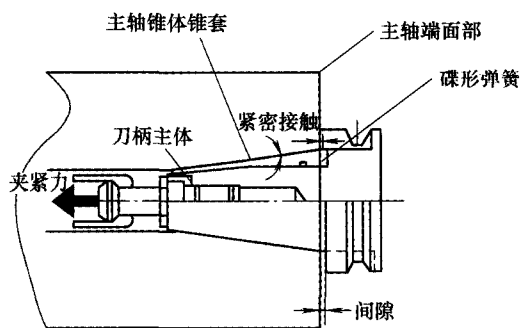


图2 BTF碟簧锥套两面定位

加入弹性零件后，锥孔和锥柄及端面比较容易同时定位贴紧，它们之间初装间隙最大可达0.4mm（刀柄主体最大移动量）。锥孔和锥柄的制造精度不必要求如BIG-PLUS刀柄那样高。

3. AHO两面定位机制

日本NT公司的中空AHO (Accurate Hollow) 刀柄（见图3），外形和一般7:24锥度的圆锥刀柄

完全一样。但由于是中空的，降低了自身的刚性。拉钉强迫将锥柄拉进，使刀柄法兰端面靠紧机床主轴端面时，中空的锥柄向里收缩变形，其弹性恢复力量使其紧紧靠向主轴中孔锥面。刀柄法兰距主轴端面的初装距离，即刀柄被拉进后锥柄，锥孔已完全贴合，法兰端面和主轴端面间的距离。此距离可较大，约介于上二者间，据不同尺寸规格而异。在高速回转时，由于离心力主轴中孔会扩大，刀柄锥面的弹性恢复力可使两锥面始终保持贴紧定位。因变形量较大，恢复力也大。故可在更高的速度条件下，两锥面始终保持紧密定位，从而能维持正常切削加工。

中空是否会影响刀柄的强度和刚性呢，NT公司做了试验，因为锥面外径没有改变，可承受的最大弯矩、最大转矩变化不大，安全系数足够大。且整个刀柄的重量下降，主轴轴承负荷减轻，ATM（自动换刀机构）负荷减轻，换刀速度加快，刀柄的安装使用也方便了。

NT公司将两面定位的AHO的BT刀柄和一般BT刀柄在重复轴向安装精度和径向安装精度上进行了比较：轴向精度波动范围比，二者分别为1.5：6，径向精度波动范围比，二者分别为0.5：2.5。

由于安装刚性的提高，AHO刀柄有可能以更大的切削用量、更高的加工效率进行加工。NT公司做了安装面铣刀进行平面加工的比较试验。AHO的BT40和一般BT40刀柄都装上直径为100mm的面铣刀，指定了转数和进给速度（ $n=480\text{ r/min}$ ， $v_f=480\text{ mm/min}$ ），试验时，不断地增大切深，直到发生振颤。一般的刀柄切深增大2mm时发生了振颤，而AHO刀柄增大3.5mm时才发生。这说明

AHO刀柄的切削能力比一般的高38%。同样的试验方法比较AHO的BT50刀柄和一般BT50刀柄，它们安装 $\phi 125\text{ mm}$ 面铣刀，切削用量为 $n=250\text{ r/min}$ ， $v_f=300\text{ mm/min}$ 固定不变。同样不断地增大切深，结果AHO的切深比一般的要高53%，才发生振颤。同样的试验方法测定安装立铣刀加工零件侧面，AHO的和一般的两种BT40刀柄的前端，采用不同夹紧原理的夹头，如用热胀冷缩式和强力锁紧式夹头夹持立铣刀，转数和进给速度也不变，逐次改变侧面的切深。结果AHO刀柄的切削能力分别比一般刀柄分别高50%和33%。

那么如何使用AHO刀柄呢？由于它是中空零件，变形量可较大，不必如BIG-PLUS刀柄系统那样，精度做得特别高。实际使用时，有两种方法。

一是如BIG-PLUS刀柄系统一样，专做出BIG-PLUS主轴，不同的规格分别配上即可。如BT标准BIG-PLUS系统的主轴、刀柄分别冠以BBT主轴、BBT刀柄一样，NT公司的AHO系统的主轴和刀柄代号冠以NBT。按NT公司要求的尺寸精度制作的NBT主轴，安装AHO刀柄即可直接实现两面定位，但制造精度可比BBT的低很多。

二是在普通BT标准主轴的情况下，应用一专门的带测量附件的标准圆锥心棒量仪插入机床主轴圆锥孔，测出其法兰距主轴端面的距离，这个距离实际反映了该主轴圆锥孔实际的锥角、锥形、大径等综合误差影响端面间初装距离的情况。据此配制AHO刀柄法兰面厚度，使其达到初装时应有的间隙数值。再经拉钉的牵拉使锥面合理恰当地变形，同时端面靠紧实现两面定位。BT30、BT40、BT50主轴锥孔大径处距主轴端面规定应有的距离和公差有所不同，AHO刀柄法兰端面距机床主轴端面规定的初装距离和公差，此三规格亦有所不同。分别按NT公司规定的尺寸公差配制，即可顺利实现两面定位安装。AHO中空的结构还可方便地安装冷却油管，将冷却润滑液送到切削区域，而改善了加工条件。

4. 结语

如前所述，这三种方法均实现了两面定位，但它们各自的优缺点也非常突出：

NT公司的AHO中空刀柄精度变形量适中，定位安装可靠，省材料，重量轻，主轴轴承负荷小，

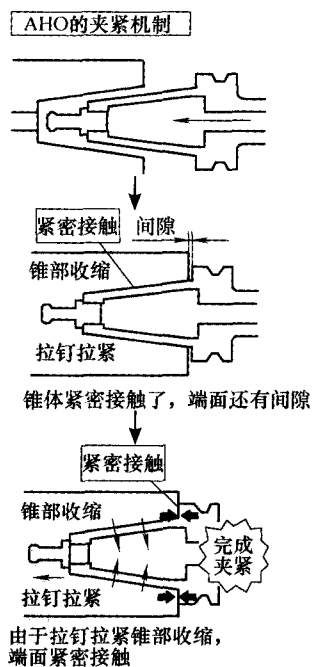


图3 AHO两面定位机制

刨齿机刀轴角计算

青海华鼎齿轮箱有限责任公司 (西宁 810021)

宋永得 马登惠

本公司主要加工各种齿轮,在加工直齿锥齿轮时,刀轴角是一个非常重要的机床调整参数,如果计算精确的话,则接触区在齿长方向的调整就容易,甚至不需要再调整,这样节省了大量的调整时间,提高了加工效率。而现在的参考书籍上的计算公式 $\omega = \frac{57.296}{R} (\frac{s}{2} + h_f \tan \alpha)$ 经我们讨论,觉得有一点欠缺,不够精确,下面我们就从刀轴角的计算原理的理解上,推导出计算公式,请业内人士提出宝贵意见,给予指正。

按刨齿机的工作原理(见附图),刨齿刀顶刃是沿着被加工工件的根锥角进行切削的,因此刨齿机刀轴角的计算公式推导如下

$$\text{图中, } \omega = \frac{(\frac{s}{2} + X)}{R'} \times \frac{180}{\pi} (^{\circ})$$

其中, $X = h_f' \tan \alpha$, $h_f' = R \sin \theta_f$, $R' = R \cos \theta_f$, 代

更适合高速切削,节省动力。自动换刀快,人工操作也省力。根据计算,一台机床使用AHO刀柄,可省电1 152kWh,相当于少排放二氧化碳438kg。但刀柄的制造费稍高些。

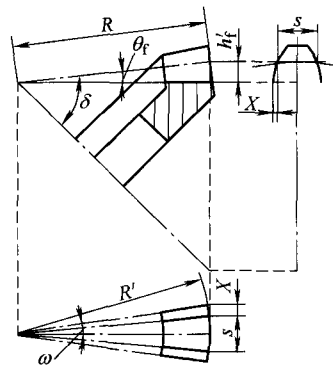
BIG-PLUS刀柄和主轴两者精度要求均高,允许误差约仅为AHO刀柄的1/2和1/3。因为刀柄是实体,重量大刚性大,只许可很小的弹性变形以达到两面定位。在加工中,刀柄刀具承受各方向动态的力量。刀柄在主轴孔中可能产生极微小的相对运动,造成微动磨损。变形量小,刀柄与锥孔互相贴合不够紧,微动磨损较大时,锥面的定位作用就会下降。另外若工作时主轴温度上升较高,旋转速度更高时,主轴因过度和离心力而膨胀,锥面的定位作用也会下降。拉紧力小时,也难以使用。因此应该在推介的条件下使用。

入上式并整理得

$$\omega = \frac{57.296(\frac{s}{2} + R \sin \theta_f \tan \alpha)}{R \cos \theta_f}$$

式中, ω 是刨齿机刀轴角($^{\circ}$); s 是工件分度圆上的弧齿厚(mm); R 是工件的锥距(mm); θ_f 是工件的齿根角($^{\circ}$); α 是工件的压角($^{\circ}$)。

用上式计算出的刀轴角,在我公司实际加工中应用后,在齿长方向的接触区调整比较容易,甚至不需要再调整,就能得到比较理想的接触



刨齿机刀轴角计算原理

区。MW (收稿日期: 20111113)

3LOCK SYSTEM和圣和的两面定位系统都因为加了一组碟簧,实现两面定位时,可产生较大的变形量。因此主轴孔和刀柄的精度要求可稍低,制造方便,但多了一个或多个零件,零件的增加会造成误差的积累。锥部的斜倾结构使碟簧较难均匀压紧,特别在承受弯曲负荷时锥形的碟簧套易动,有可能使整体的刚性和精度下降。长时间使用碟簧的动作和功能会因灰尘、生锈、微动磨损及损伤等而不良失效。其重量比实体圆锥刀柄稍轻,也较重。

另外,正河源公司还在测得初装距离后,加装适当厚度的垫片来实现两面定位,也是较易实现的方法。厚度的尺寸与精度控制很重要。

如前所述,几种方法都能实现两面定位,并由此带来的许多加工中的好处,很值得推广使用。

MW (收稿日期: 20111105)