

# 卧式加工中心工作台的定位与夹紧功能分析

魏岳 蒋运国

(中国通用技术集团大连机床有限责任公司 大连 116022)

**摘要:** 具有工作台交换功能的精密卧式加工中心中,工作台的定位及变形对加工精度产生很重要的影响,本文主要针对具有交换功能的工作台进行分析,介绍工作台在交换过程中其内部的受力情况,并通过有限元分析对比工作台在两点定位两点拉紧、三点定位三点拉紧和四点定位四点拉紧情况下的变形情况。

**关键词:** 加工中心; 工作台; 定位与夹紧

## 0 引言

随着对工件的加工精度与加工效率的要求越来越高, FMS 柔性制造作为一种现代化工业生产模式, 大规模出现在各个生产工厂中。当加工中心批量生产加工时, 工件装夹与拆卸的时间占整个工序时间的比例较大。为减少加工环节的辅助时间, 为卧式加工中心设计了可自动交换的转台与工作台结构。工件在工作区域进行加工时, 工作人员可在另一端进行工件的拆卸与装夹, 很大程度的提高了加工效率。此结构得到越来越多的应用。具有交换功能的同时需要工作台在转台上的精准定位, 而仅靠转台的驱动装置很难实现工作台在轴向的旋转偏移。工作台在被夹紧过程中势必会发生变形, 在一定程度上影响工件在工作台上的装夹状态。转台与工作台的稳定性与可靠性直接影响着转台整体的定位精度, 工作台在转台上的定位与夹紧直接关系到工件的加工精度。

卧式加工中心工作台的交换定位机构的常见形式有以下几种: 第一种是双工位工作台平行交换形式, 主要用在尺寸为 1000mm×1000mm 以上的工作台, 这种类型的工作台定位一般采用“一面二销”定位方式, 这种方式适用于大规格、大承载的工件; 第二种是交换又把工作台抬起后旋转 180°, 完成工作台的交换, 4 个定位锥销装置与 4 个夹紧机构实现工作台定位与夹紧。

本文的研究对象是卧式加工中心尺寸为 630×630mm 的工作台, 采用四点定位四点拉紧的结构, 广泛应用于箱体类、壳体等中大型工件的加工, 工件经过一次装夹可自动完成四个面的镗、铣、钻、铰、攻丝等多工序加工, 适合无人操作的大批量生产。多应用于轻工轻纺、汽车机车、航空航天、仪器仪表和通用机械等行业。工作台的定位与拉紧点的分布对于工作台的变形有非常重要的影响, 以下对四点定位四点夹紧装置的转台结构进行分析。

## 1 转台定位与夹紧装置结构分析

在此工作台的定位结构与夹紧结构中, 定位销、定位套组成定位部分; 液压系统、拉紧套、锁紧套等组成夹紧部分。该结构依靠 4 处锥销及销套的曲面定位, 利用锁紧套以及活塞的运动, 在液压的作用下进行工作台的夹紧,

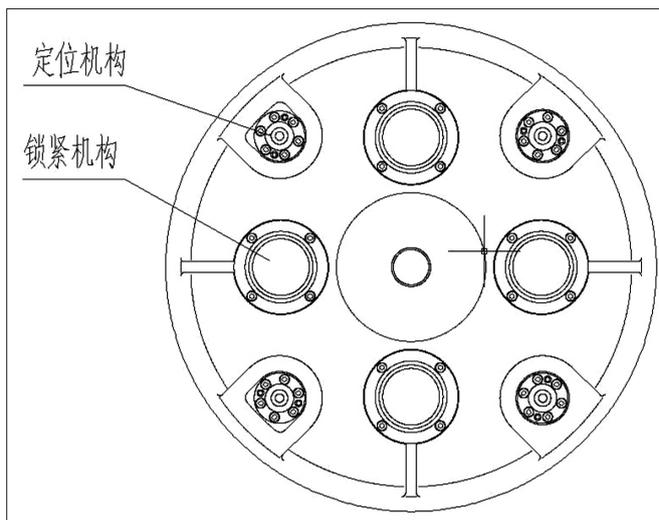


图 1 定位与夹紧结构

弹簧装置实现工作台松开, 如图 1。

### 1.1 定位结构

加工中心转台体与工作台的定位功能结构如图 2 所示, 主要由定位套与定位销构成, 定位套固定连接在工作台上, 定位销固定在回转台上。当装夹好工件的工作台交换到工作区准备夹紧前, 供给高压空气, 对各定位锥面及夹紧面进行清洁, 以免异物侵入。与此同时工作台开始落下(当气压达不到设定值时, 系统具有保护功能, 禁止工作台落下以防止定位锥销装置损坏), 此过程中锥销自导向, 当 4 套定位锥销与定位锥套的锥面紧密结合时, 定位完成(用气路中的气压传感器检测定位完成)。定位销与定位孔的配合影响工作台交换的精度, 为了保证两个交换工作台的定位精度和重复定位精度, 需严格控制定位销与转台体配合孔的公差, 二是需要确保定位套在工作台配合孔的可调整性。定位销与转台体的四个安装孔采用的间隙配合, 定位套与工作台的四个安装孔间采用的间隙配合。为了避免定位销与定位套在紧固时变形量大, 螺钉的拧紧力矩需保持一致。为了保证四点定位系统的高精度定位及使用寿命, 定位套与定位销以及夹紧机构中的活塞与锁紧套都采用高硬度、高耐磨材料。

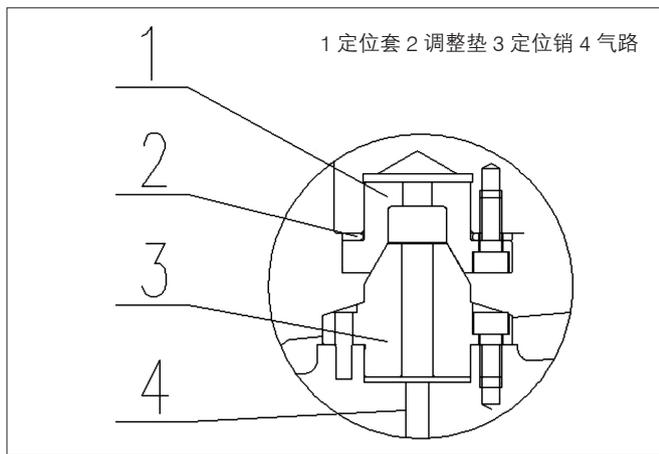


图2 加工中心转台体与工作台的定位功能结构图

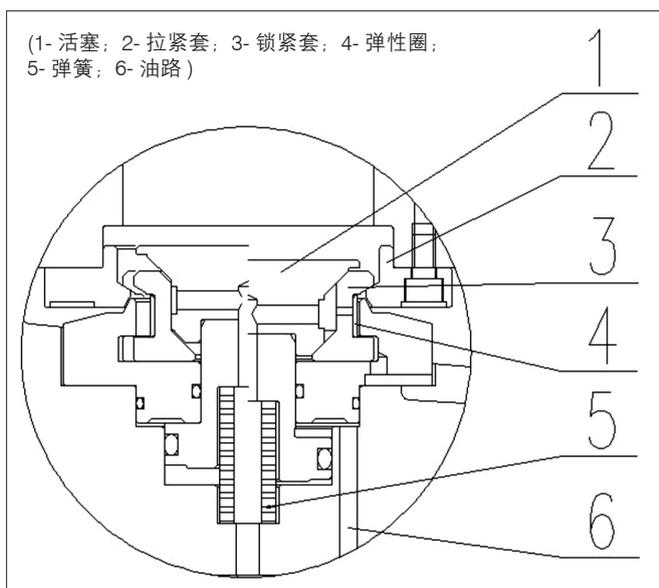


图3 工作台夹紧功能结构图

### 1.2 夹紧结构

工作台夹紧结构如图3所示，此夹紧过程靠液压实现，液压夹紧机构能够在受限的空间内实现极高的夹紧力和夹紧刚度。当控制系统接到定位完成信号后，供给液压油，这时活塞在油压的作用下向下移动，锁紧套因受到锥形活塞向外的推力产生弹性变形而向外扩张，最终下端斜面与拉紧套斜面部分靠紧，完成工作台夹紧。液压油压力失效，活塞在弹簧的作用下向上弹起，锁紧套在弹性圈的作用下向里回收与拉紧套分离，这时工作台解除被拉紧状态，当系统程序发出工作台抬起信号时，可以进行工作台交换。

### 1.3 夹紧时的受力分析

在进行切削时，工作台夹紧时的可靠性与稳定性是保证精度的一个重要因素，以下是夹紧状态时夹紧装置的受力分析，如图4。

#### (1) 计算活塞所受液压力

在卧式加工中心的回转工作台部分，回转体上的定位与夹紧装置所产生的夹紧力由液压油提供。已知输入液压

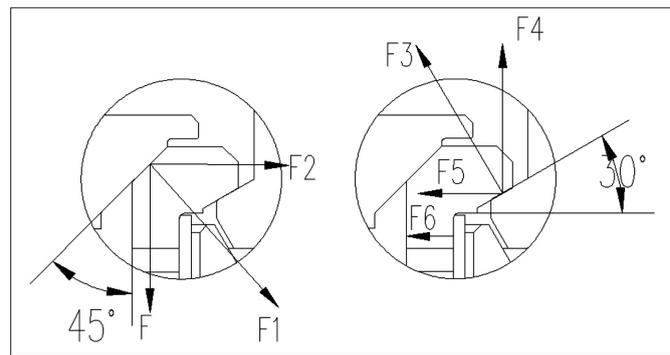


图4 夹紧装置受力分析

油油压7 MPa，而处在夹紧状态时，液压缸活塞面积为：

$$S = \pi(r_1^2 - r_2^2) = 3.14 \times (900 - 289) = 1918.54 \text{ mm}^2$$

活塞所受液压力为：

$$F = P \cdot S = 7 \times 1918.54 = 13429.78 \text{ N}$$

#### (2) 锁紧套的受力

根据空间受力平衡条件得：

$$F_4 = F = F_3 \cos 30^\circ = 13429.78 \text{ N}$$

$$F_5 = F_4 \tan 30^\circ = 7753.69 \text{ N}$$

$$F_2 = F = 13429.78 \text{ N}$$

套型圈收缩施给锁紧套的压力

$$F_6 = F_2 - F_5 = 5676.09 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{F}{\cos 45^\circ} = 18992.58 \text{ N}$$

$$F_3 = \frac{F}{\cos 30^\circ} = 15507.37 \text{ N}$$

拉紧套所受到的拉力为  $4F_3 = 62029.48 \text{ N}$ ，

由计算结果可见，对工作台的拉紧力足够可靠，不会在切削时工作台有倾覆现象。而且锁紧套的花瓣形结构使得锁紧套能够均匀的与工作台上的环形拉紧套紧密接触，受力较均匀。

### 2 不同拉紧结构的有限元分析

大型工作台的定位采用一面两销的形式，而中小型工作台的定位是四点过定位，如果中小型工作台采用两点定位两点拉紧或三点定位三点拉紧的形式会不会实现同样的效果，为验证这三种定位形式对工作台的影响，采用对比的方法，分别对两点定位两点拉紧、三点定位三点拉紧、四点定位四点拉紧三种不同的方式进行有限元的静力学分析来对比这三种结构在工作台拉紧状态时的形变情况。对比方法如下：

液压的压强不变，唯一的变量为定位与拉紧点的数量，三种形式的定位点与拉紧点在圆周均匀分布。首先根据上述受力计算结果以及受力面积得出拉紧面的压强为10MPa，以定位锥面为约束，在拉紧面的方向施加压力10MPa，得出三种模式下工作台的形变情况，如图5、图6、图7。

图5为两点定位两点拉紧的受力情况，锥销所在的部位变形量小，最大变形量发生在拉紧装置的两边缘部分，

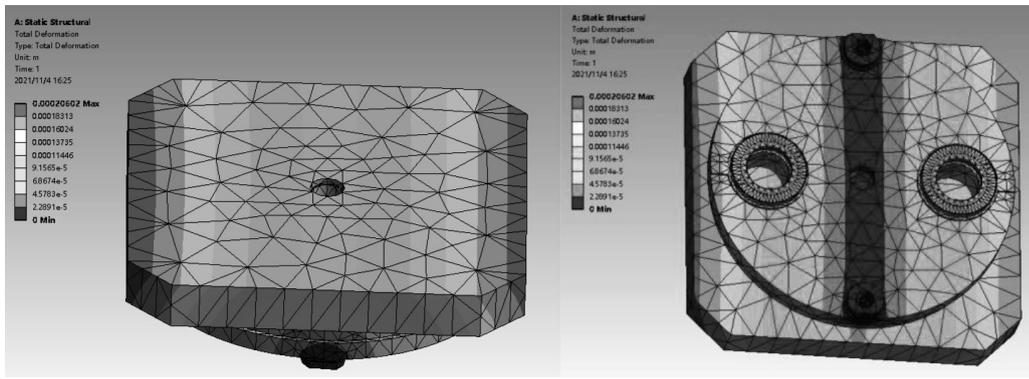


图5 两点定位两点拉紧

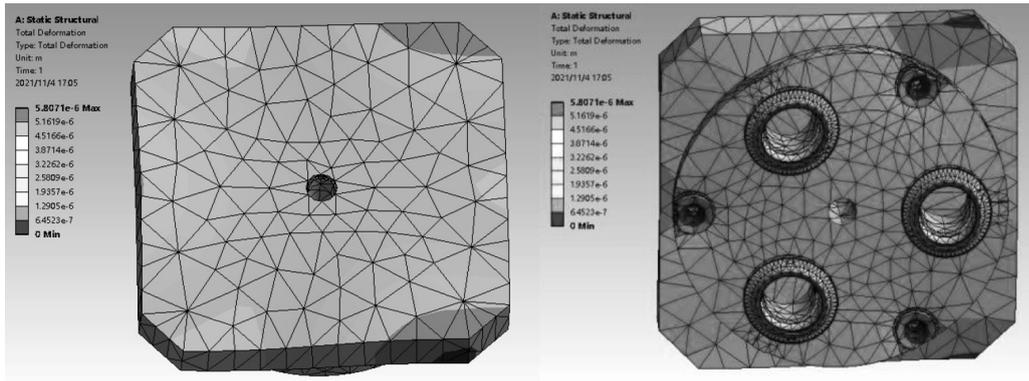


图6 三点定位三点拉紧

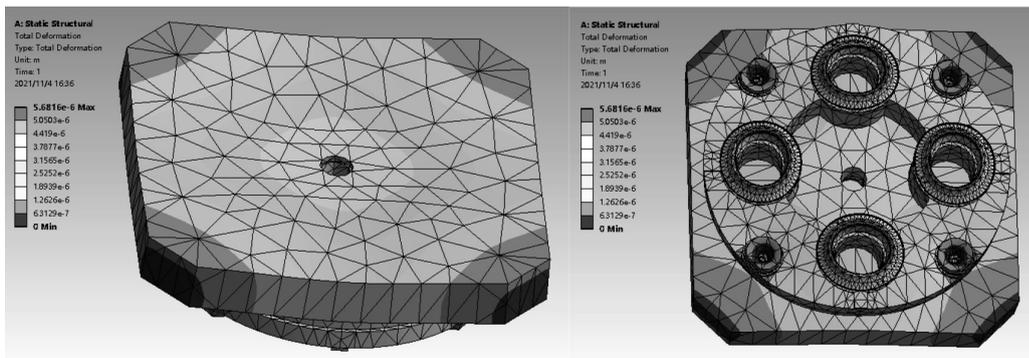


图7 四点定位四点拉紧

变形方向为竖直向下,使工作台呈现拱形形状,变形量为0.206mm。

图6为三点定位三点拉紧的受力情况,工作台的中心部位向下凹陷,最大变形量发生在拉紧面的部分,变形量为0.00580mm。

图7为四点定位四点拉紧的受力情况,工作台中心部

位发生向下的凹陷,最大变形量发生在拉紧面的部分,变形量为0.00568mm。

经过三组分析的数据对比,两点定位两点夹紧结构变形较大,呈现拱形结构;三点定位三点夹紧机构较前者较小,但工作台表面的变形不够均匀;四点定位四点拉紧的结构工作台台的变形量是最小的,且工作台上表面的变形比较对称,最大程度地保证了工作台在拉紧状态时的定位精度。

### 3 结语

四点定位及四点拉紧装置实现工作台有效且可靠的定位和拉紧,定位装置实现工作台交换后的位置准确性,夹紧装置实现夹紧力分布均匀,使整体转台结构稳定性与可靠性得到了保证。四点定位四点拉紧结构在工作台被拉紧时变形较小且变形较对称,使工件的定位精度能够得到最大程度的保证。

### 参考文献:

[1] 刘文亮, 湛永祥, 李双跃, 等. THS6350 式加工中心转台与托板定位与夹紧分析研究[J]. 机床与液压, 2011, 39(14): 5-7. DOI:10.3969/j.issn.1001-3881.2011.14.002.

[2] 何新林, 赵阳, 何宝庆. 基于注胶工艺的数控转台四点定位系统设计[J]. 制造技术与机床, 2020(10): 64-67. DOI:10.19287/j.cnki.1005-2402.2020.10.013.