

# 数控转台支撑轴承的演变

吴培坚 宋文同

(烟台环球机床附件集团, 山东 烟台 264002)

Evolvement of supporting bearing for CNC rotary table

WU Peijian, SONG Wentong

(Yantai Universal Machine Tool Accessory Group Co., Ltd., Yantai 264002, CHN)

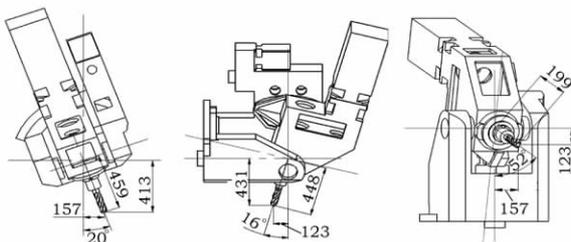
进入 21 世纪以来,尤其是随着国家“高档数控机床与基础制造装备”专项的启动,极大地推动了机械装备工业的发展,“高速、精密、复合、智能化”的机床发展进程得到了进一步加速。作为数控机床的功能附件的数控转台,同样受到了重视,高速直驱数控转台、高精数控转台、大型重载数控转台、浸油式数控转台等几种数控转台直接列入了国家重大专项的开发计划之内。

数控转台作为数控机床的重要附件,更确切地说是四轴以上数控机床的关键功能部件之一,可以直接作为机床的工作台使用,也可以安装在机床工作台上作为机床的第四轴使用,安装在工作台上的两轴转台甚至可以使普通三轴加工中心提升为可实现空间任意形状加工的五面体加工中心。

不论作为数控机床附件,还是作为机床工作台的数控转台,也不论适用在普通加工中心上,还是作为构

在模型中测得  $l_0 + l_1 = 475 \text{ mm}$ ,图 11 分别为摆角在 YOZ、XOZ、XOY 平面内的投影。

置所需切削力矩的大小,也可得到在摆动范围内摆角切削力矩的最大值。在已知摆角加速度  $a$ ,摆角驱动质量  $m$ ,摆角回转过程中所受摩擦力矩  $M_R$  的条件下,通过公式(12)可以计算摆角驱动力矩  $M$ 。



(a) YOZ平面内 (b) XOZ平面内 (c) XOY平面内

图 11 摆角铣头在 YOZ、XOZ、XOY 平面内的投影

由图 11 计算得

$$T_A = F_y \times 431 + F_z \times 157$$

$$T_B = F_x \times 459 + F_y \times \sin 20^\circ \times 123 + F_z \times \cos 20^\circ \times 123 \\ = F_x \times 459 + F_y \times 42 + F_z \times 116$$

将  $\varphi = 20^\circ$ ,  $\theta = 15^\circ$  代入理论公式(6)、(7),计算得:

$$T_A = (F_y \sin \varphi + F_z \cos \varphi) (l_0 + l_1) \cos \theta \\ = F_y \times 431 + F_z \times 157$$

$$T_B = \{F_x \cos \theta - (-F_y \sin \varphi + F_z \cos \varphi) \sin \theta\} (l_0 + l_1) \\ = F_x \times 459 + F_y \times 42 + F_z \times 116$$

由以上验证可以看出,推导出的理论公式(6)、(7)正确。

(2) 在切削材料不同,摆动角度不同的情况下,利用推导的理论公式可以计算出摆角铣头摆动至某一位

## 5 结语

摆角驱动力矩是摆角铣头重要的技术参数,在一定程度上决定了摆角驱动结构的形式和驱动电动机的选型。因此,本文研究得出的理论公式对摆角铣头的结构设计具有重要的指导意义。

### 参 考 文 献

- [1] 陈小明. 航空大型数控机床的设计特点[J]. 航空制造技术, 2006(6): 51-53.
- [2] 林胜. 5轴数控机床发展与应用[J]. 航空精密制造技术, 2005(8): 1-4.
- [3] 李树侠, 朴松花. 钛合金材料的机械加工工艺综述[J]. 飞航导弹, 2007(7): 57-60.
- [4] 魏翠燕. 钛合金结构件铣削加工质量控制[J]. 航空制造工程, 1994(8): 15-17.
- [5] 孙树栋. 工业机器人技术基础[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006.

(编辑 周富荣)

(收稿日期: 2010-03-31)

文章编号: 110414

如果您想发表对本文的看法, 请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

成柔性制造单元的一个部分,数控转台直接影响甚至决定了机床的精度和总体性能。

本文主要介绍应用于机床中的数控转台主轴的支撑类型。

## 1 数控转台的类型

数控转台从安装方式的不同分为:立卧两用数控转台和立式/卧式数控转台;从台面形状上来分,可分为矩形转台和圆形转台;还有就是双轴可倾转台、直线坐标转台和交换工作台。如图1~6所示。



图1 立卧两用圆台面数控转台

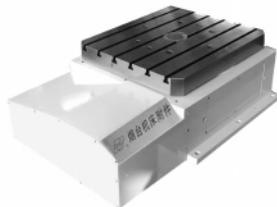


图2 卧式矩形台面数控转台

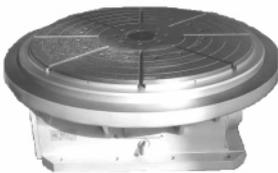


图3 卧式圆台面数控转台

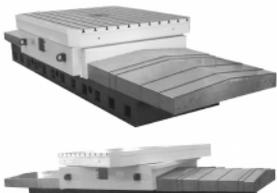


图4 直线坐标转台

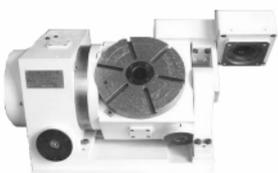


图5 可倾转台



图6 交换工作台

## 2 数控转台支撑的演变

不论何种形式的转台,其回转台面都需要轴向和径向支撑。数控转台回转支撑,最初来源于机械转台

的回转支撑。在数控转台之前,机械回转工作台的支撑基本上是滑动轴承。如图7所示,转台的径向回转支撑B,转台的轴向支撑由A、C组成。

考虑到摩擦、磨损以及精度保持,上世纪80年代初,时为国内机电部直属的烟台机床附件研究所设计开发出了国内首台数控转台。转台的径向滑动轴承支撑改成了滚动轴承支撑,轴向支撑保持原机械转台的铸铁滑动导轨。直到80年代末,聚四氟乙烯板材在机床上应用并得到验证之后,数控转台的轴向支撑才由铸铁滑动导轨改成了贴塑导轨,滑动摩擦系数减小到了原来的1/3,提高了数控转台的有效载荷。结构如图8所示,径向支撑由成对的两个向心推力球轴承(B)预紧后提供,负责转台的径向负载;轴向支撑为贴塑导轨(A)滑动轴承和圆锥滚子轴承(C)组成,负责转台的轴向载荷和倾覆力矩。

到2001年左右,随着新技术和新工艺的不断应用,机床加工能力随之提高,工艺方法也更加完善,大规格端面滚子轴承逐渐应用于数控转台,支撑结构开始向全滚动方式转变。如图9所示,端面滚子轴承A、一对向心推力球轴承B、圆锥滚子轴承C,共同完成了数控转台主轴台面的支撑。

2003年左右,现在用于数控转台的YRT复合轴承,国内烟台环球机床附件集团首先开始应用于数控转台,支撑结构如图10所示。复合轴承的滚动体分为3部分:A部分、B部分、C部分,A、C两部分共同完成转台的轴向支撑,B部分提供转台的径向支撑。

在较小规格转台中,也有适用如图11所示的双圆锥滚子轴承之支撑的结构,负荷由A、C两个圆锥滚子轴承提供。

近几年,出现了直径5 m以上、承载百吨以上的大规格数控转台的需求,这种场合以上支撑类型已经不适用,合理的支撑结构为静压轴承与精密圆柱滚子轴承的组合。

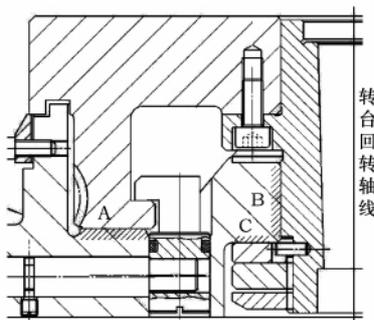


图7 数控转台回转支撑的起源

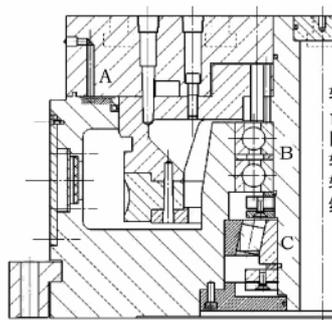


图8 径向滚动轴向贴塑导轨支撑结构

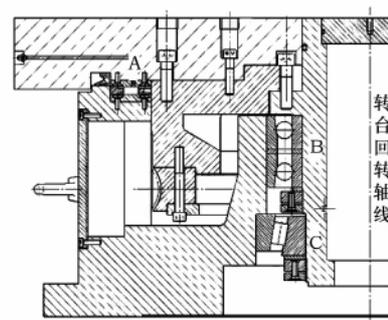


图9 全滚动支撑结构

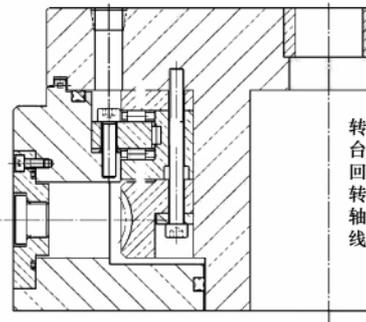


图10 复合轴承支撑结构

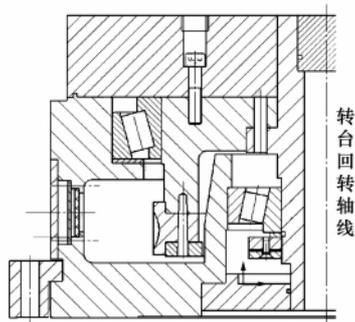


图11 双圆锥滚子轴承支撑结构

### 3 几种支撑组合型式的比较

数控转台广泛地用于各种数控铣床、数控镗床、数控立车、加工中心、数控镗铣床等机床上。除了要求回转工作台能很好地承受工件重量外,还需要保证其在承载下的回转精度。转台轴承,作为转台的核心部件,在转台运行过程中,不仅要具有很高的承载能力,还需具备高回转精度、高抗倾覆能力以及较高的转速能力等。在回转工作台设计中,使用的比较多的轴承类型大致可分为上述几种组合形式。下面就几种组合型式进行比较说明。

#### 3.1 向心推力球轴承 + 圆锥滚子轴承 + 滑动导轨

推力球轴承虽然能承受一定的轴向力,但在这种组合的情况下,向心推力球轴承不受轴向力的作用,仅承受径向力的作用(鉴于安装于此位置的轴承,仅受径向力的作用,在径向载荷较大的场合也有直接用径向滚子轴承的情况,原理相同,不再赘述)。起定位作用。滑动导轨与圆锥滚子轴承的组合用来承受工件的重量和外加轴向载荷;外加倾覆力矩由滑动导轨和圆锥滚子轴承承受。

此类支撑向心推力球轴承需要预紧,圆锥滚子轴承和滑动导轨也需要预加载荷。由于存在滑动摩擦,轴向预加载荷容易产生较大的空转摩擦力矩,造成空

转动力消耗偏大。

#### 3.2 向心推力球轴承 + 圆锥滚子轴承 + 端面滚子轴承

此类组合,从承受载荷来讲,与第一类组合类似,但由于端面滚子轴承的采用,减小了由滑动导轨导致的空转摩擦力矩,降低了空转动力损耗。

#### 3.3 双圆锥滚子

双圆锥滚子类支撑结构,对圆锥滚子轴承的要求较高,并且轴向负载对转动力矩影响较端面滚子轴承类支撑大。

#### 3.4 复合轴承

复合轴承类支撑,不仅包括图10所示的YRT轴承类支撑,还包括交叉滚子轴承(如图12),这两种复合支撑都有结构比较紧凑和负载能力高的特点,是当前数控转台类产品首选的支撑轴承。

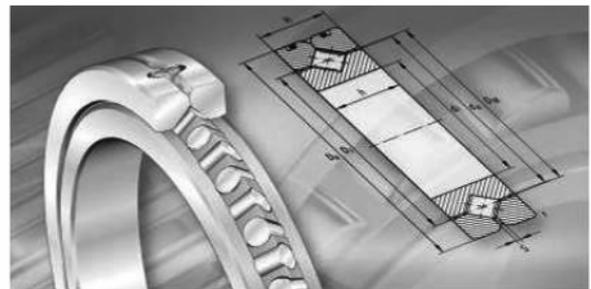


图12 交叉滚子轴承

#### 3.5 静压轴承 + 精密圆柱滚子轴承

静压轴承是一种靠外部供给压力油,在轴承内建立静压承载油膜以实现液体润滑的滑动轴承。液体静压轴承从起动到停止始终在液体润滑下工作,磨损小、寿命长;此外,这种支承还具有回转精度高、承载能力大等优点。精密圆柱滚子轴承具有很好的径向承载力,并且回转精度也能得到很好的保证。

### 4 结语

总之,从数控转台在国内几十年的发展史不难看出,轴承作为数控转台的核心部件,对数控转台的表现起到了举足轻重的作用,目前一些较高精度和较大规格的轴承对进口的依赖程度都还比较大。从提高数控转台的档次上来讲,为选择合适的支撑类型,需要综合考虑各种工况条件,例如运行速度、润滑情况、负载情况、精度等要求,在此基础上选择的支撑类型才能发挥出轴承的最佳性能。

(编辑 孙德茂)

(收稿日期:2010-07-19)

文章编号:110415

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。