

气液增压式浮动松拉刀机构设计研究

敏嘉制造技术有限公司 (广东 广州 511453) 谢政平

广东工业大学 (广州 510006) 郑秀宏 李锻能

随着制造加工技术的迅速发展,我国数控装备技术的发展也越来越快,特别在关键技术部件方面越来越受到业界的重视。加工中心为了实现高精度、高效率的生产加工,更换刀具过程以及更换完成以后要求装置的夹持力均匀可靠、动作敏捷以及回转平稳性好,技术人员为此研制了各种主轴自动松拉刀机构。因此数控机床动力主轴中的松拉刀机构是数控机床实现自动换刀的技术关键。

一、松拉刀机构的基本情况

松拉刀机构是数控机床自动装夹刀具的必备关键功能部件,按松刀动力源可分为液压、气动松拉刀机构两种。其中的液压松拉刀机构一般用于配备有液压站的机床上,而气动松拉刀机构采用压缩空气为动力源,简单经济,市场认可度较高,故在没有配备液压站的机床上应用广泛。目前市场上的气动松拉刀机构一般有以下两种类型:

(1) 气动松拉刀机构 机构采用多层气缸驱动,但因气缸体积大、出力小、重量重、成本高,现在基本已被市场淘汰。

(2) 气液增压式松拉刀机构 采用气液增压缸驱动,机构较为简单、成本低,是目前市场上广泛采用的一种松拉刀机构。

在普通的数控机床动力主轴中频繁的换刀、松刀,很可能使得主轴的轴承受到来自轴向冲击力作用,对主轴轴承的精度产生重要影响,进而影响主轴的寿命。如图1所示是一台较为简单的动力主轴,可以看到气液缸6通过第一螺杆4连接在铣头体9上,气液缸在正常工况下,通过活塞杆5向前运动推动第二螺杆7,由第二螺杆7下压碟簧3,碟簧3

通过垫2与主轴8接触,推动主轴向左运动,直至到达松刀位,完成松刀。主轴8拉刀时,气液缸6恢复至初始状态,碟簧3不再受活塞杆5的压力进行复位带动第二螺杆7右移,直至到达紧刀位,完成刀具拉紧。

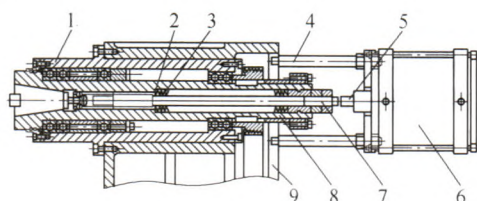


图1 普通松夹刀机构结构示意图

1. 主轴轴承 2. 垫 3. 碟簧 4. 第一螺杆 5. 活塞杆
6. 气液缸 7. 第二螺杆 8. 主轴 9. 铣头体

可见,在松刀过程中,碟簧3受压后通过垫2在主轴8的轴向上给主轴施加压力,打刀力通过碟簧3、主轴8、主轴轴承1、主轴轴承1的外圈与外部零件,最终使力传递给铣头体9,形成一个以主轴8、主轴轴承1和铣头体9之间的冲击力,并且使得最终的受力由主轴轴承1承担。这时,主轴8前端在轴向方向将产生一个反映主轴轴承1所受轴向力大小的跳动量。由于数控机床加工过程中必然要频繁换刀,打刀力产生的跳动量将严重影响主轴轴承1的精度和寿命。

二、新型浮动松拉刀机构

为克服现有技术中存在的不足,我们开发了一种新型的主轴气液增压式浮动松拉刀机构。该松拉刀机构结构巧妙合理,能够较大程度地避免主轴松刀时的打刀力对主轴以及主轴轴承的损害,使得主轴轴承的精度和寿命得以延长。

1. 工作原理

新型主轴气液增压式浮动松拉刀机构的工作原理如图2、图3所示。

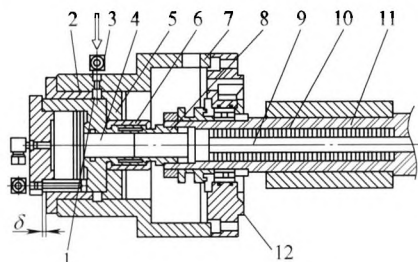


图2 新型松拉刀机构（松开刀具）

1. 空气腔 2. 滑套 3. 液压缸 4. 活塞杆 5. 定心套
6. 卡爪 7. 固定座 8. 反扣环 9. 卡盘顶杆
10. 蝶形弹簧 11. 机床主轴 12. 主轴箱

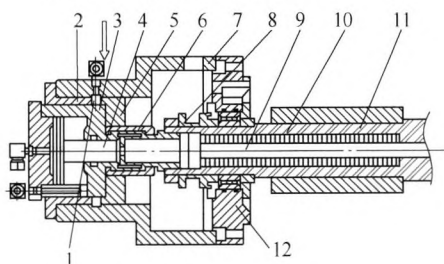


图3 新型松拉刀机构（拉紧刀具）

1. 空气腔 2. 滑套 3. 液压缸 4. 活塞杆 5. 定心套
6. 卡爪 7. 固定座 8. 反扣环 9. 卡盘顶杆
10. 蝶形弹簧 11. 机床主轴 12. 主轴箱

在图2的工作状态下，通过液压缸控制活塞杆4运动，在液压油作用下对卡盘顶杆9施加顶出力，直至抵消蝶形弹簧10的张力，然后打开机床卡盘对刀具的夹紧，卸下刀具。液压力还能够抵消空气弹簧的作用力，使定心套5带动液压缸3和卡爪6一起反向即向后浮动滑移，滑移距离 $\delta = 1.5 \sim 2\text{mm}$ 。由于卡爪6反向浮动滑移，消除了卡爪6与反扣环8之间的间隙，使得卡爪6牢牢的扣住反扣环8，扣紧力与活塞杆4对卡盘顶杆9施加顶出力之间形成内力，并相互抵消，由此避免活塞杆4产生的巨大顶出力直接作用在主轴轴承上。在不考虑摩擦力的情况下，该新型的主轴气液增压式浮动松拉刀机构的松刀力为

$$F_D = pS_A - F_T - F_K \quad (1)$$

式中， F_D 为打刀力（N）； p 为液压缸压强（Pa）； S_A 为活塞面积（ cm^2 ）； F_T 为空气弹簧压力（N）； F_K 为碟簧的弹力（N）。

在图3的工作状态下，活塞8在液压油作用下收

回到液压缸筒内，活塞杆4与卡盘顶杆9脱离接触，同时定心套5在空气弹簧的作用下，带动液压缸3和卡爪6一起向前滑移，碟形弹簧10空套在卡盘顶杆9和机床主轴11内，碟形弹簧10的弹力能够使卡盘顶杆9收回，产生预紧力作用到数控机床卡盘上，拉紧刀具。卡爪6向前滑移后实际上是空套在反扣环8上，此时，主轴11与液压缸脱离，不受外界影响的以正常转速工作。在不考虑摩擦力的情况下，该新型的主轴气液增压式浮动松夹刀机构的拉刀力为

$$F_L = F_K \quad (2)$$

式中， F_L 为拉刀力（N）； F_K 为碟簧的弹力（N）。

2. 拉刀力的测定

（1）拉刀力测定的目的 在工业实际应用中，由于碟形弹簧的实际特性与理论载荷特性的差异、碟形弹簧之间及碟形弹簧与导向件之间摩擦力等因素，常常导致主轴的实际拉刀力与设计理论计算的拉刀力不一致。另外，碟形弹簧的磨损、破损等机械疲劳问题的存在，会使主轴拉刀力下降到一个特定的值。

当实际的拉刀力与理论计算出的拉刀力不一致时，容易引发以下的问题：①主轴磨损增加。②主轴振动不规则性增加，影响工件的表面粗糙度。③微动，影响主轴拉紧力。④产生意外磨损，影响主轴及其零部件的使用寿命。

因此，为了确保主轴部件的高品质和高可靠性，在确保主轴零部件加工质量的基础上，还需要进一步准确测出实际拉刀力的大小，进而最大程度地提升主轴部件的质量和性能。

（2）拉刀力的测定原理 将检测装置插入主轴特制孔内，通过拉刀机构将其拉紧。此时拉刀力 F 就通过拉钉3作用在活塞2上。压力油腔4的油液在外力 F 的挤压作用下产生压强 P ，并通过连接在活塞上的压力表1将此压强值显示出来，进而可计算出所要测的拉刀力 F 的大小（见图4）。

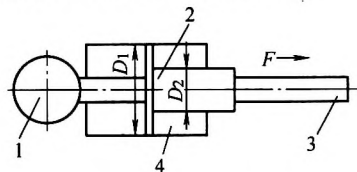


图4 拉刀力测定原理示意图

1. 压力表 2. 活塞 3. 拉钉 4. 压力油腔

SM—BR 系列动力伺服刀架的调试及应用

沈阳机床股份有限公司 (辽宁 110142) 张秀印 关百军

HTC 系列车铣中心是我事业部自行开发设计的具有国际先进水平的产品,刀架的转位换刀和动力头的旋转是靠一个伺服电动机驱动的,刀架的转位换刀工作方式与动力头的旋转工作方式是通过液压控制来实现的。为了能合理的调试出刀架动作并正确应用,对刀架的控制原理及动作时序进行了深入研究,并编制出了 PLC 控制程序与用户循环。

在动力伺服刀架调试应用过程中,我们遇到了困难。由于刀架的转位换刀和动力头的旋转是靠一个伺服电动机驱动的,没有刀架编码器,但刀架既要实现自动换刀,又要实现手动换刀,如何记忆刀位是解决问题的关键。刀架说明书中要求伺服电动机为增量编码器,每次送电都要返回参考点,参考

点作为第一号刀位。由于实际使用的编码器为绝对编码器,为了发挥绝对编码器的性能并提高机床利用效率,经过不懈调试,我们编制出了一套易于理解的 PLC 程序与用户循环,可实现刀架的自动、手动换刀,记忆刀位并显示正确刀号,且每次机床断电后上电刀架不必重新返回参考点即可正常工作。

下面结合西门子 840D 系统为例详细说明调试应用过程及问题的解决方法。

1. 动力伺服刀架说明

刀架的转位换刀和动力头的旋转是靠一个伺服电动机驱动的,刀架的转位换刀工作方式与动力头的旋转工作方式是通过液压控制来实现的。

特点:①工作状态下不产生附加力。②主轴轴承、主轴能保持回转精度。③结构简单紧凑,成本低廉,安全可靠。④可控性好,操作方便,很容易实现自动化。

本装置能很好的满足工艺实施要求,同时使得主轴轴承的精度和寿命得以大大延长,保证了加工精度,减少了维修的成本,进而提高生产效益。

本装置在工作的过程中,对主轴没有任何冲击,在主轴旋转的过程中,与主轴脱离,能很好保证主轴轴承的精度,特别是在精密主轴上的应用,更是显示其优势。

每一个配动力卡盘的机床都要配动力装置,因此本装置具有很大的市场前景,现已广泛应用于敏嘉公司的机床产品中,装机台数达数百台,为公司创造了上千万的产值,使得机床的附加值大幅提升,经济效益明显。MW (收稿日期:20130902)

检测拉刀力的大小理论推导如下:在拉刀力作用下,压力油产生的压强可由压力表读出,那么

$$F = PS \quad (3)$$

$$S = \pi (D_1 - D_2) / 4 \quad (4)$$

式中, F 为拉刀力 (N); P 为液压油腔产生的压强 (MPa); S 为活塞有效作用面积 (cm^2); D_1 、 D_2 为压力油腔活塞的大、小直径 (mm)。

其中,活塞的有效作用面积 S 为一个常数,将此常数设为系数 k ,则式 (3) 可转化为

$$F = kP \quad (5)$$

式中,常数 k 为该检测装置的刚度系数。式 (5) 即为主轴拉刀力与压力表压强测试值间的线性方程,根据此式便可计算得出所要测的拉刀力 F 的大小。

三、结语

本新型主轴气液增压式浮动打刀装置具有如下