

精密卧式加工中心设计研究(二)

——回转工作台部分

撰文 / 沈阳机床股份有限公司 李云革

本文以 HMC63e 型卧式加工中心机床牙盘分度回转台的设计计算作为例子, 介绍牙盘分度回转台的计算设计过程。详细讲解了牙盘式分度回转台的工作原理、具体结构以及理论计算过程。通过机床样机测试, 证实工作台结构设计合理、设计计算过程正确。

一、引言

卧式加工中心一次装卡可以完成多个面的加工且排屑方便, 适合长时间无人操作, 市场需求量一直很大。现在各种行业尤其是汽车行业的高速发展, 国内外的中小型卧式加工中心正逐渐向高速、精密、复合和智能化发展, 对高精度转台的要求也越来越高。

本文以 HM63e 型卧式加工中心牙盘分度转台为例, 阐述转台设计要点, 理论计算及一些实际经验。

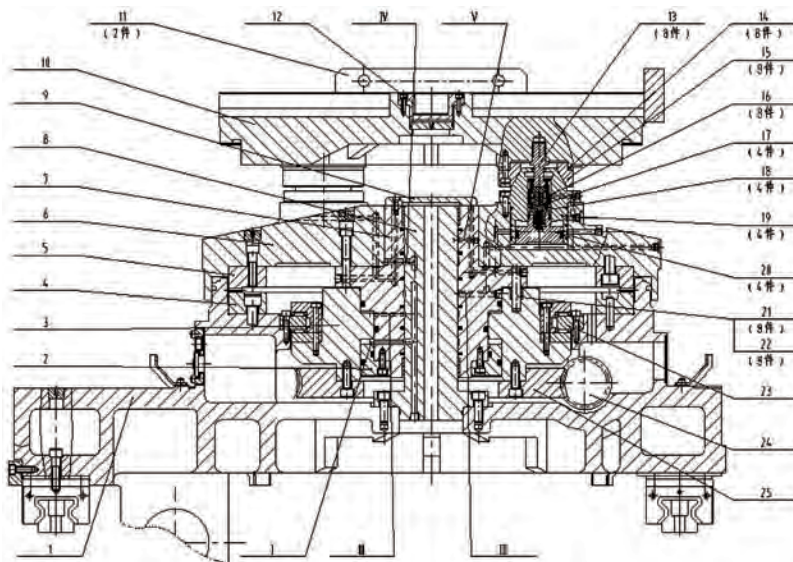
二、原理结构设计

该机床采用 $630 \times 630\text{mm}$ 双交换工作台, 广泛适用于箱体类零件、壳体零件等中大型零件的加工, 零件经过一次装夹可自动完成四个面的铣、钻、镗、铰、攻丝、两维和三维曲面等多工序加工, 且排屑方便比较适合长时间无人操作, 适应多品种大批量生产。应用于航空航天、汽车机车、仪器仪表、轻工轻纺、电子电器和通用机械等行业。

牙盘回转工作台依靠牙盘定位, 定位精度高。牙盘回转工作台快速回转速度为 11.1rpm 。其回转采用双导程蜗杆, 可以保证传动时无间隙。其牙盘工作台参数: 工作台为 $630 \times 630\text{mm}$; 载重为 1200Kg ; 工作台分度为 1° ; 工作台 T 形槽尺寸为 18×7 ; 无触点开关情况下, 回转台上升、下落各一个 (共 2 个) 转台回零点一个; 工作台松开、夹紧各一个 (共 2 个); 系统工作压力为 3.5MPa 或 5MPa ; 定位精度为 $8''$; 重复定位精度: $5''$ 。转台具体结构如图 1 所示。转台的下牙盘 4 固定在滑座 1 上, 上牙盘 5 固定在回转座 6 上。转台共有 3 种工作状态。

(1) 图示位置为工作台夹紧状态, 这时 I 油口开始给油, 活塞 7 位于下面位置, 活塞 7 经过回转座 6 让上面的牙盘 5 与下面的牙盘 4 紧紧啮合在一起, 由此来夹紧回转座 6, 这时工作台 10 是通过拉杆 13 与卡爪 16 拉紧, 实现与回转座 6 的定位与夹紧, 在这个时刻, 工作台 10、回转座 6 与滑座 1 夹紧成为一个整体, 适合切削加工。

(2) 当 II 油路开始进油时, 活塞 7 开始上升, 带动回转座 6 和上牙盘 5 一起向上升, 与下牙盘 4 脱离, 这时可以通过蜗杆轴 24 传递动力 (传动如图 2 所示), 与



1、滑座 2、油缸端盖 3、油缸体 4、下齿盘 5、上齿盘 6、回转座 7、活塞 8、分油轴 9、压盖 10、工作台 11、定位板 12、定心套 13、拉杆 14、调整垫 15、锥座 16、卡爪 17、拉爪推杆 18、拉爪芯套 19、缸体 20、活塞 21、销 22、自润滑轴承 23、回转支承轴承 24、蜗杆轴 25、蜗轮

图1 牙盘式回转工作台结构示意图

蜗轮啮合，带动油缸体3转动，油缸体3通过销子21带动回转座6与工作台10一起转动，最终实现回转工作台转动。

(3) 工作台夹紧和松开，当Ⅲ进油时，推动活塞20上升，带动拉爪芯套17和卡爪16向上运动8mm，使得卡爪16松开拉杆13，拉杆13与工作台固定，此时可以进行工作台10的交换。此时Ⅴ口气动管路进行锥定位面中心吹气，以清洁锥面。同时，图2的无触点开关18与图2的撞块16接触，反馈信号并表示，随后工作台升起到位，可以交换。当Ⅳ进油时，推动活塞20下降，带动卡爪16与拉杆13拉紧，从而使工作台夹紧，工作台可以工作，此时，图2的无触点开关19和图2的撞块16接触，反馈信号，表示工作台下降到位。工作台可以工作。

转台分度定位由牙盘实现，优点是定位精度高。工作台回转经过伺服电机传到带轮2，带轮2固定在蜗杆轴8上，蜗杆与蜗轮啮合，蜗轮带动整个工作台及回转座旋转。此种转台的定位方式，对动力传递装置定位的准确性要求不是太高，因此在实际生产中对蜗杆副加工的要求不至于过于苛刻，能够在实际更加容易实现。由于采用双导程蜗杆传动机构，可以消除传动间隙，保证分度精度。

三、校核计算

(1) 上牙盘浮起计算。

工作时，活塞受到的总作用力为

$$F = F_L + F_f + F_B + F_S \pm F_I$$

式中， F_L 为负载阻力； F_f 为液压缸外摩擦力； F_B 为背压阻力； F_S 为密封圈摩擦阻力； F_I 为活塞启动时的惯性力。

工作台10质量 $m_1=188\text{Kg}$ ，回转座6质量 $m_2=150\text{Kg}$ ，浮起时带起其它零件总质量 $m_3=70\text{Kg}$ ，工件最大重量为载重 $m_4=1200\text{Kg}$ ，再加上其它增加的质量 200Kg ，牙盘浮起时，浮起部分的总质量为：

$$\begin{aligned} M &= m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + 200 \\ &= 188 + 150 + 70 + 1200 \\ &= 1808\text{Kg} \end{aligned}$$

$$\text{总重量为: } W = m \times g = 1808 \times 9.8 = 17718\text{N}$$

当由Ⅱ管路进油时，活塞7承受力设为 F ，管路油压： $P=5\text{MPa}$ （液压站最高压力 7MPa ）；活塞7外径 $D_1=210\text{mm}$ ，被轴占据的内径 $D_2=170\text{mm}$ 。

$$\begin{aligned} F &= PA \quad (A \text{ 为有效截面积}) \\ &= \frac{P\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4} \\ &= \frac{5000000 \times \pi \times (0.21^2 - 0.17^2)}{4} \\ &= 59660\text{N} \end{aligned}$$

因为 $F > W$ ，所以活塞面积及油压符合设计要求。为进一步确保升起稳定，在管路上安装一个减压阀，通过改变管路压力大小来调节牙盘升起速度。

(2) 上升下降速度计算。

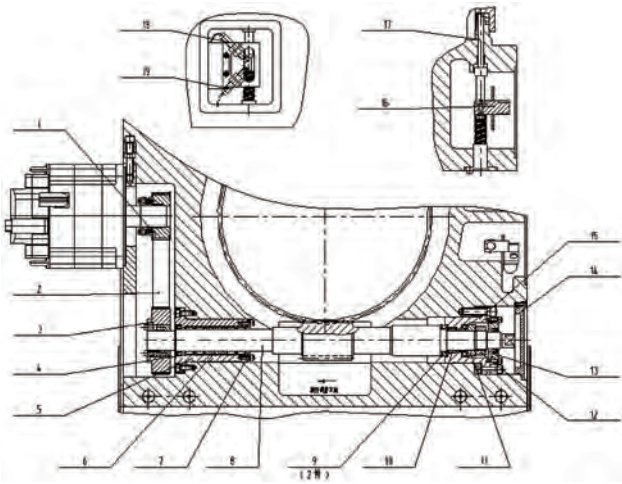


图2 转台动力传动结构示意图

活塞7行程为7mm, 时间 $t=2s$

$$Q = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4} \times \frac{S}{10t}$$

$$= \frac{\pi(21^2 - 17^2)}{4} \times 0.007 / (10 \times 2/60)$$

$$= 2.5$$

由于下降时有工作台加工件的总重量, 所以为了保证其升降稳定性, 在管路上装有节流阀, 调节管路流量, 以便调整工作台整体升降的速度及其稳定性。

四、回转工作台电机的选择计算

回转工作台选用西门子厂家交流伺服电机, 交流伺服电机无电刷和换向器, 工作可靠, 维护和保养要求低, 惯量小, 易于提高系统快速性, 是高动态性能的永磁型电机, 具有性能优良、运行稳定, 适应于高速大扭矩工作状态等特性。

预选西门子伺服电机型号为1FK7101-5AF71 27/15.5Nm (SIEMENS), 具体参数是: 额定转速: $n=3000r/min$, 额定扭矩 $M=15.5Nm$, 功率 $P=4.87KW$, 转动惯量 $J=79.9 \times 10^{-4} Kg \cdot m^2$ 。

(1) 工作台旋转传动比的计算。

$$i = \frac{\text{工作台转数}}{\text{电机转数}} = \frac{Z_1}{Z_3} \times \frac{Z_8}{Z_{24}} = \frac{32}{48} \times \frac{1}{120} = \frac{1}{180}$$

式中, i 为传动比; Z_1 为带轮1齿数; Z_3 为带轮3的齿数; Z_8 为蜗杆轴的头数; Z_{24} 为蜗轮的齿数。

(2) 工作台旋转扭矩的计算。

工作台回转时, 牙盘浮起后, 活塞内油面与回转座的零件接触, 摩擦系数为0.005, 浮起零件总重量

$W=17718N$, 加速时间为2s, 加速度为 $1rad/s^2$ (系统自带) 转动惯量 $J=119kg \cdot m^2$ 。

摩擦力最大为:

$$f=17718 \times 0.005=88.6N$$

$$r = \left(80 + \frac{210-80}{2} \right) \times \frac{1}{2} = 72.5 \text{ mm}$$

摩擦力矩为:

$$M_1 = f \times r = 88.6 \times 72.5 \times 10^{-3} = 6.4Nm$$

加速扭矩为:

$$M_2 = J \times \alpha = 119 \times 1 = 119Nm$$

折算到电机的扭矩:

$$M_3 = (M_1 + M_2) \times i = (6.4 + 119) \times \frac{1}{180} = 0.69 \text{ Nm}$$

预选电机的额定扭矩为15.5Nm, 电机的额定扭矩大于负载的扭矩, 所以, 所选电机满足要求。

(3) 工作台旋转惯量的计算。

工作台工件总质量: $M=1808Kg$

工作台工件总回转惯量:

$$J = M \times \frac{l^2 + l^2}{12} (Kg \cdot m^2)$$

式中, M 为回转座的质量; l 为工作台边长, $l=630mm=0.63m$ 。

$$J = M \times \frac{l^2 + l^2}{12} = 1808 \times \frac{0.63^2 + 0.63^2}{12}$$

$$= 120 (Kg \cdot m^2)$$

折算到电机轴上的转动惯量为:

$$J_{\text{负载}} = J \times i^2 = 120 \times \left(\frac{1}{180} \right)^2 = 37 \times 10^{-4} (Kg \cdot m^2)$$

惯量 $\frac{J_{\text{负载}}}{J_{\text{电机}}} = \frac{37}{79.9} = 0.46 < 3$, 查电机样本得, 该种惯量匹

配能获得高的动态响应, 能够达到转台的性能要求。因此, 所选电机满足设计要求。

五、结语

样机生产装配完成后, 进行了指标测试, 其测试结果转台满载时, 转动和交换都能顺利平稳快速完成, 其转动定位精度达到6", 重复定位精度达到4", 各项指标均能达到设计前预计指标。

(未完待续)