

专用轴承保持架数控分度工作台设计

纪德良 李晓琛

河南中原黄金冶炼厂有限责任公司, 河南 三门峡 472000

[摘要] 本论文对专用轴承保持架数控分度工作台, 进行了研究、讨论和设计。依据分度工作台的工作原理, 齿轮传动、电机驱动、结合数控、涡轮蜗杆传动等相关知识, 设计出一种运用于加工中心的轴承保持架数控分度工作台。为了提高工作台的分度精度, 为了保证工作台的精度和承载能力, 采用了涡轮蜗杆传动方式; 且可以自身旋转一定角度来加工斜孔, 以满足更多的加工需求。通过丝杠来调整工作台与主轴之间的位置, 通过涡轮蜗杆的传动调整旋转角度和分度, 通过此设计可缩短轴承保持架的制造周期, 提高产品质量和精度。

[关键词] 分度工作台; 数控; 涡轮蜗杆; 丝杠

DOI: 10.33142/ec.v5i3.5512

中图分类号: TG537

文献标识码: A

Design of CNC Indexing Table for Special Bearing Cage

Ji Deliang, Li Xiaochen

He'nan Zhongyuan Gold Smelter Co., Ltd., Sanmenxia, He'nan 472000, China

Abstract: This paper studies, discusses and designs the NC indexing table of special bearing cage. According to the working principle of indexing table, gear drive, motor drive, combined with NC, worm drive and other related knowledge, a NC indexing table for bearing cage used in machining center is designed. In order to improve the indexing accuracy of the worktable and ensure the accuracy and bearing capacity of the worktable, the worm gear transmission mode is adopted; It can rotate itself at a certain angle to process inclined holes to meet more processing needs. The position between the worktable and the main shaft is adjusted by the lead screw, and the rotation angle and indexing are adjusted by the transmission of the worm and worm. Through this design, the manufacturing cycle of the bearing cage can be shortened and the product quality and accuracy can be improved.

Keywords: indexing table; numerical control; worm and worm; screw

1 主要研究内容

1.1 专用轴承保持架数控分度工作台的研究

数控机床包括床身、立柱、工作台、进给机构等部件。专用轴承保持架数控分度工作台, 作为数控机床的重要组成部分, 是保证加工件精度的重要支撑。但现实中还存在着不少问题, 如投入资金不足等, 就是制约我国配件水平未能快速进步的重要一点原因。

1.2 课题研究内容

目前, 轴承保持架数控分度工作台, 普遍运用于数控钻床和加工业上。在轴承保持架生产和制造中, 轴承保持架专用分度工作台等分度装置的应用也十分广泛。本毕业设计是研究和解决, 轴承保持架数控专用分度工作台的工作原理, 以及机械结构的设计及计算部分。

本论文研究以 ZK9363 数控轴承保持架(龙门动梁式)钻床为例, 其工作原理为: 在床身上固定床鞍滑板, 滑板在床鞍之上沿燕尾导轨横向滑动, 通过摇动手柄, 利用丝杠螺母副传动可调整滑板在床鞍上的位置。滑板上固定着回转工作台, 松开回转盘锁紧螺母后, 可使回转工作台在半周内调整至任一位置进行固定, 调整时有微调机构。这样可以在工作台上钻削斜孔。回转工作台为一伺服电机

驱动、液压刹紧的精确分度立式工作台。回转工作台上安装有液压油缸, 可利用液压夹紧工件。

2 轴承保持架专用分度工作台总体方案设计

针对制造和加工件类型的不同, 轴承保持架数控分度工作台设计也不尽相同, 因此关键核心就是要确定工作台的各项指标和参数。在加工或制造中心, 根据确定的加工件尺寸进行选择工作台尺寸。

2.1 机床整体分布图

机床主要由一床身、二回转工作台、三镗削动力头、四防护、五进给装置、六液压站、七床鞍滑板、八排屑机、九冷却箱、十电气箱等组成。

图1 机床整体分布图

2.2 轴承保持架数控分度工作台的主要技术参数

根据老师提供的已有资料, 工作台的相关参数如下:

表 1 数控分度工作台相关参数

工作台型号	工作台面直径	工作台最大移动距离	工作台最高转速	最小分度为	分度定位精度	重复精度	最大允许载荷量为	转台刹紧压力	工作台底座旋转
TK13400EL	400mm	300 mm	10r/min	0.001°	20 "	6 "	250kg	油压 1.5MPa	100°

3 数控分度工作台部件设计

3.1 工作台的设计

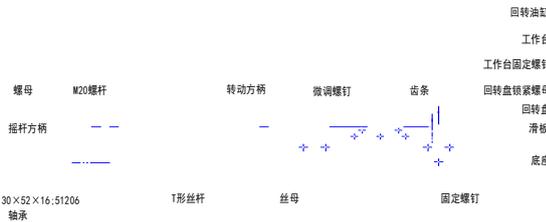


图 2 工作台部分

需要转动时，松开四个回转盘锁紧螺母，转动齿轮带动工作台下面的回转盘传动来粗调角度，拧动微调螺钉通过齿轮齿条传动来微调角度，然后固定回转盘锁紧螺母。通过拉杆将油缸的推拉力传递给工件，从而实现工件的松开和压紧动作。

3.1.1 工作台整体尺寸设计

轴承保持架数控分度工作台，在生产、运行过程中，需要回转加工工件，因此需添加专业的夹具装置，已保证其正常工作。同时，为了满足其分度功能，工作台应制成圆形件；工作台表面需有 T 型槽，用于工作台上的夹具的定位夹紧。为了使工作台耐用，在工作台的中心处设计了一个中心孔，用于衬套的安装。

3.1.2 工作台 T 型槽设计

T 型槽的布置需要根据工作台的尺寸确定，根据设计时的方案，在台面上分布四条 T 型槽。

工作台的结构要求和 T 型槽及螺栓头部尺寸：

表 2 工作台的结构要求和 T 型槽及螺栓头部尺寸

工作台结构要求	T 型槽及螺栓头部尺寸 (mm)
T 型槽 A	10
T 型槽 B	16
T 型槽 C	7
T 型槽 H	17
螺栓	M8

3.1.3 转台的锁紧定位设计

转台要求能在水平方向能 90 度分度回转，这需要轴和蜗轮具有精确的相对位置，本设计中采用 T 型槽和螺栓对工作台及其部件进行定位夹紧。

工作台的结构要求和 T 型槽及螺栓头部尺寸：

- T 型槽 |A| 基本尺寸/mm: 22
- T 型槽 |B| 尺寸/mm: 37
- T 型槽 |C| 尺寸/mm: 16
- T 型槽 |H| 尺寸/mm: 38

螺栓选择公称尺寸/mm: M20

表 2 工作台的结构要求和 T 型槽及螺栓头部尺寸

工作台结构要求	T 型槽及螺栓头部尺寸 (mm)
T 型槽 A	22
T 型槽 B	37
T 型槽 C	16
T 型槽 H	38
螺栓尺寸	M20

3.1.4 工作台中心孔设计

中心孔上附加衬套保护，当衬套磨损、损坏时，可直接进行更换，而且衬套还能起到一定的导向的作用。衬套与工作台中心孔装配采用小过盈配合。

3.1.5 工作台螺孔分布设计

在现场安装、操作过程中，各加工的零部件需要定位，此时采取螺栓夹紧和定位销的定位相结合的办法，采用 3 个螺栓与 2 个定位销对工作台及其部件进行定位夹紧。

3.1.6 中心轴设计

数控分度工作台的中心转轴及其结构尺寸，是按照工作台的尺寸进行的。为了保证强度，中心轴采用实心轴，由轴的扭转强度条件：

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} \approx \frac{9550000 \frac{P}{n}}{0.2d^3} \leq [\tau_T] \quad (1)$$

其中： τ_T —扭转切应力

T—轴所受到的扭矩

W_T —轴的抗扭截面系数

n—轴的转速

P—轴传递的功率

d—计算截面处轴的直径

$[\tau_T]$ —许用扭转切应力

中心轴材料为 45 钢，轴的直径 $d=140\text{mm}$ 。经校核，设计满足要求。

3.2 工作台底座设计

3.2.1 材料选择

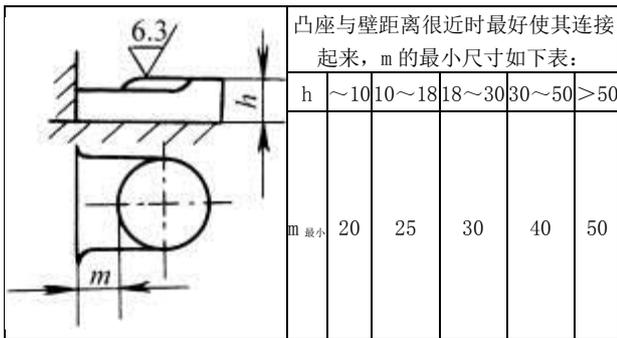
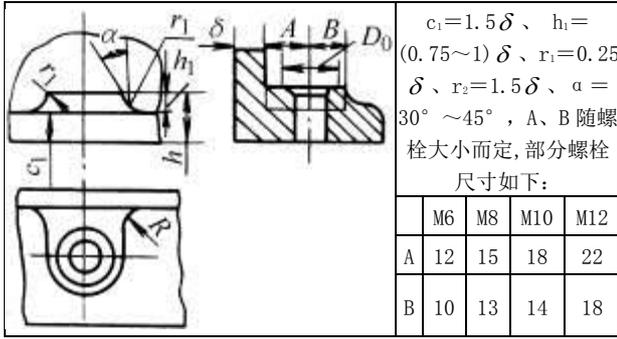
工作台的底座是铸件经过加工后的一个零部件，工作台底座的壁厚与选择的材料有关，选择锰钢作为工作台底座的材料。

3.2.2 壁厚选择

现场加工件的制作过程中，加工件的壁厚不得低于 60mm。

3.2.3 凸座设计

凸座的尺寸如下所示：



所以这里选用 $h=40\text{mm}$ ， $m_{\min}=40\text{mm}$ 。

3.2.4 加工件的斜度

根据设计要求，斜度 $b:h$ 为 1:5、1:10、1:20，角度 P 分别为 $11^\circ 30'$ 、 $5^\circ 30'$ 、 3° ，应用范围分别为 $h < 25\text{mm}$ 时钢和铁的铸件、 $h=25\sim 500\text{mm}$ 钢和铁的铸件和 $h=25\sim 500\text{mm}$ 钢和铁的铸件。工作台底座的铸造斜度选择第三种，即是铸造斜度为 3° 。

3.3 工件夹紧装置

3.3.1 夹紧机构的作用

机械加工过程中，为了保证加工质量和生产安全，一般在夹具结构中设置夹紧装置。

3.3.2 夹紧装置的基本要求

夹紧固定不能影响到工件的定位，同时也不能产生过大的夹紧使工件变形，且具备足够的夹紧力，防止工件在加工中产生振动，本设计采用液压缸的夹紧工作方式。

3.3.3 液压缸的选择

根据工作条件和所需夹紧力，我们选用内径为 63mm，长度为 105mm 的液压缸。额定工作压力为 150000Pa。

3.3.4 液压缸简单参数的验算

根据所选择的液压缸及额定工作压力，我们得液压缸可以提供的夹紧力为

$$F=PS=150000 \times 3.14 \times 31.5 \times 31.5 \times 10^{-6} = 467.35\text{N} \quad (2)$$

根据已知条件，工作台的最大加工工件直径为 400mm，重量为 250KG。由设计可知夹紧盘的粗糙度为 6.3，查资料知与工件接触的摩擦系数可取 0.1。

最大可以夹紧的工件的重量为： $F_{\max}=467/0.1/10=467\text{KG} > 250\text{KG}$

所以选取的液压缸参数能满足加工要求。

4 数控分度工作台的传动设计

4.1 传动方式设计

使用机械传动方式，为了实现精确分度，本设计采用蜗轮蜗杆传动分度。

4.2 双导程蜗杆蜗轮的参数计算

蜗杆蜗轮基本参数的确定：

采用单头蜗杆，蜗轮齿数：取齿数 $Z_2=100$ ，采用阿基米德蜗杆，单线， $i=100$ 。

4.2.1 公称模数 m 和直径系数 q 的确定

根据蜗杆副所需传递的功率而确定的，和普通蜗杆不同的是双导程圆柱蜗杆传动的公称模数 m 只用于计算公称齿距 p_x 、公称分度圆 d_1 、 d_2 以及传动中心距 a 等。而实际的左齿面齿距 p_{xz} 、右齿面齿距 p_{xy} 及左右齿面节圆 d'_{z1} 、 d'_{y1} 、 d'_{z2} 、 d'_{y2} 等参数是用相应的左齿面模数 m_z 、右齿面模数 m_y 来计算的。

4.2.2 双导程蜗杆传动副的特殊参数

(1) 齿厚增量系数 k_s ，对于 $f'=1$ 的蜗杆， k_s 值取 $=0.040$

(2) 蜗杆左右侧变位移距为

$$pp_x = pp_d = \frac{1}{2}(m_d - m_0)Z_2 = \frac{m_0}{4}Z_2 \cdot \frac{2\Delta m}{m_0} = \frac{m_0}{4}Z_2 k_s = 6 \quad (3)$$

(3) 齿两侧模数差 Δm 及两侧模数

$$\Delta m = \frac{1}{2} m_0 k_s = 0.12 \quad (4)$$

$$m_d = \left(1 + \frac{k_s}{2}\right) m_0 = 6.12 \quad (5)$$

$$m_x = \left(1 - \frac{k_s}{2}\right) m_0 = 5.88 \quad (6)$$

(4) 齿厚调整量 Δs

推荐 $\Delta s = 0.3\sim 0.6\text{mm}$ ，令调整长度 $L_p = 12$ ，

$$L_p = \frac{\Delta s}{k_s} \text{ 则:}$$

$$\Delta s = L_p \cdot k_s = 12 \times 0.04 = 0.48 \quad (7)$$

(5) 蜗杆的标准齿形角 α_0 和蜗轮分度圆上压力角

对于阿基米德蜗杆，蜗杆两侧面轴向齿形角和蜗轮齿两侧的分度圆压力角都等于 α_0 ，在分度传动中 $\alpha_0 = 15^\circ$ 。

与阿基米德蜗杆相啮合的蜗轮，公称分度圆上两侧压力角为：

$$\alpha_{2d} = \arccos\left(\frac{m_d \cos \alpha_0}{m_0}\right) = 9.855^\circ \quad (8)$$

$$\alpha_{2x} = \arccos\left(\frac{m_x \cos \alpha_0}{m_0}\right) = 18.8^\circ \quad (9)$$

(6) 蜗杆螺旋部分长度 L

L 由啮合长度 L_a 、调整长度 L_p 和工艺长度 L_t 组成则:

$$L = L_a + L_p + L_t \quad (10)$$

啮合长度 $L_a = 134$

调整长度 $L_p = 12$

工艺长度 $L_t = 2\pi m_0 = 37.68$

将 L_t 平分后加于两端, 即两端各增长一个节距, 故蜗杆螺旋部分长度为: $L = L_a + L_p + L_t = 183.68$ 取 $L = 185\text{mm}$ 。

(7) 原始截面 O_1O_2 至蜗杆薄齿端面的距离 L_q

$$L_q = l'_a + \frac{1}{2} L_t = 66.84 \quad (11)$$

(8) 原始截面处蜗杆的法向齿厚

双导程蜗杆的齿厚, 沿其轴向是处处不等的。在螺旋长度的中点截面处取标准值, 即这个截面上的轴向齿厚为:

$$S_{o1} = \frac{1}{2} \pi m_0 \quad (12)$$

因此, 在原始截面 O_1O_2 处公称分度圆上的轴向齿厚为:

$$S'_{o1} = \frac{1}{2} \pi m_0 - \left(\frac{L}{2} - L_q \right) k_s \quad (13)$$

原始截面处公称分度圆上的法向齿厚为:

$$S'_n = \left[\frac{1}{2} \pi m_0 - \left(\frac{L}{2} - L_q \right) k_s \right] \cos \lambda = 8.36 \quad (14)$$

4.2.3 参数验算

为了加工的需要和避免齿形干涉, 应当对蜗杆最小齿槽底宽度 $e_{f\min}$ 和蜗轮齿根干涉进行验算。一般 $e_{f\min}$ 应不小于 2mm , 蜗杆公称分度圆柱上的公称螺旋角:

$$\lambda_0 = \arctan \frac{z_1}{q_0} = 4.76^\circ \quad (15)$$

蜗轮公称分度圆左右齿面导程角

$$\lambda_x = \arctan \frac{Z_1 m_x}{m_0 q} = \arctan \frac{5.88}{72} = 4.67^\circ \quad (16)$$

$$\lambda_d = \arctan \frac{Z_1 m_d}{m_0 q} = \arctan \frac{6.12}{72} = 4.86^\circ \quad (17)$$

蜗杆左右齿面轴向齿形角:

$$\alpha_x = \alpha_d = 15^\circ \quad (18)$$

在轴向截面上:

$$e_{f\min} \approx \frac{1}{2} \pi m_0 (1 + K_s) - \frac{1}{2} K_s L - (h_a^* + c^*) m_0 (\tan \alpha_x + \tan \alpha_d) = 2.24 \quad (19)$$

在法向截面上:

$$e_{f\min n} = e_{f\min} \cos \lambda = 2.23 \quad (20)$$

对于蜗轮的左右齿面来说, 齿根干涉首先发生在大模数齿面, 因此只需验算右齿面。则蜗轮不产生根切的最少齿数 $Z_{2\min}$ 应为:

$$Z_{2\min} \geq \frac{2(h_a^* + c_0^*)}{\sin^2 \alpha_{d1} - 0.5 K_s \cos^2 \alpha_{d1}} = 52.1 \quad (21)$$

通过验算, 所选择的各参数能够满足上述条件。

5 转台的设计

回转工作台安装在转台上, 即可以加工工件上的轴向孔, 也可加工径向孔, 甚至斜向孔。由于转台只是为了调整回转工作台到一定角度, 精度要求不高, 采用手动旋转, 机械传动部分选用蜗轮蜗杆传动。

5.1 蜗杆的类型及材料选择

蜗杆选择为阿基米德圆柱蜗杆, 是普通圆柱蜗杆传动中较理想的传动。由于蜗杆传动啮合摩擦较大, 且由于蜗轮滚刀的形状尺寸不可能做得和蜗杆绝对相同, 被加工出的蜗轮齿形难以和蜗杆精确共轭, 必须依靠运转跑合才渐趋理想。

5.2 蜗杆蜗轮参数计算

5.2.1 蜗杆传动尺寸

要使安装工件的回转工作台固定在回转基座上, 根据上面的设计,

取蜗杆头数和蜗轮齿数为:

$$z_1 = 1, z_2 = 120 \quad (22)$$

估取蜗杆分度圆直径: $d = 72$

估取模数 m : $m = 4$

蜗杆直径系数 q : $q = \frac{d}{m} = 18$

蜗杆导程角 γ : $\gamma = \arctan \frac{z_1}{q} = 3^\circ 10' 17''$

5.2.2 确定蜗轮蜗杆各参数值

蜗杆尺寸:

(1) 蜗杆轴向齿距: $p = \pi m = 3.14 \times 4 = 12.56$

(2) 螺旋线导程: $p_z = \pi m z_1 = 12.56$

(3) 轴向齿形角: 对于 ZA 蜗杆 $\alpha_a = 20^\circ$

(4) 直径系数: $q = d/m = 18$

(5) 蜗杆分度圆(中圆柱)直径: $d = 72$

(6) 蜗杆分度圆(中圆柱)导程角:

$$\gamma = \arctan \frac{z_1}{q} = 3^\circ 10' 17''$$

(7) 蜗杆齿顶高: $h_{a1} = h_a^* m = 1 \times 4 = 4$

(8) 蜗杆齿根高: $h_{f1} = 1.2 m = 4.8$

(9) 蜗杆全齿高: $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 8.8$

(10) 顶隙: $c = 0.2 m = 0.8$

(11) 蜗杆齿顶圆直径: $d_{a1} = d + 2h_{a1} = 80$

(12) 蜗杆齿根圆直径: $d_{f1} = d - 2h_{f1} = 61$

(13) 蜗杆齿宽: $b_1 \geq (11 + 0.06 z_2) m$ (经过磨削的

蜗杆, 要在所求的 b_1 上再增加 25mm) 即 $b_1 = 128$

蜗轮尺寸:

(1) 蜗轮中圆螺旋角: $\beta = \gamma = 3^\circ 10' 17''$

(2) 蜗轮分度圆(节圆)直径: $d_2 = m z_2 = 480$

- (3) 蜗轮齿顶高: $h_{a2}=1 \times 4=4\text{mm}$
(4) 蜗轮齿根高: $h_{f2}=1.2 \times 4=4.8\text{mm}$
(5) 蜗轮全齿高: $h=8.8\text{mm}$
(6) 蜗轮齿顶圆直径: $d_{a2}=d_2+2h_{a2}=488\text{mm}$

蜗轮齿根圆直径 $d_{f2}=d-2h_{f2}=470\text{mm}$

蜗轮齿宽: $B \leq 0.75d_{a1}$ 取 $B=55\text{mm}$

6 结束语

数控技术及装备,是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和最基本的装备。制造技术和装备就是人类生产活动的最基本的生产资料,而数控技术又是当今先进制造技术和装备最核心的技术。数控机床是装备制造业的工作母机,是实现制造技术和装备现代化的基石。

[参考文献]

- [1] 冯辛安. 机械制造装备设计第1版[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
[2] 吴相宪,王正为,黄玉堂. 实用机械手册[M]. 徐州:中国

矿业大学出版社,1993.

[3] 冯之敬. 机械制造工程原理第1版[M]. 北京:清华大学出版社,1999.

[4] 顾崇銜. 机械制造工艺学第3版[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1999.

[5] 张建民. 机电一体化系统设计第3版[M]. 北京:高等教育出版社,2007.

[6] 文怀兴. 数控铣床设计[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[7] 张鹤鸣,刘耀元. 可编程控制器原理及应用教程[M]. 北京:北京大学出版社,2007.

作者简介:纪德良(1990.5-)男,西南大学,机械设计制造及自动化,河南中原黄金冶炼厂有限责任公司,锅炉专员,冶金助理工程师;李晓琛(1989.8-)男,南京农业大学,机械设计制造及自动化专业,河南中原黄金冶炼厂有限责任公司,设备主管,中级机械工程师。