

数控转台控制系统设计

课 程 名 称:	机电一体化技术
教 师 姓 名:	彭可
研究生姓名:	高星
学 号:	201580180367
专 业 方 向:	机械工程

2017 年 2 月 20 日

1. 数控转台介绍
2. 需求分析
3. 机械部分设计
4. 控制部分设计
5. 小结

数控转台

数控转台主要用于加工中心、数控镗床和铣床，为加工中心和数控铣床提供了回转坐标，通过第四轴、第五轴驱动转台或分度头完成等分、不等分或连续的回转加工，完成复杂曲面加工，使机床原有的加工范围得以扩大。

传统数控转台结构

1. 采用高精度蜗杆蜗轮等传动;
2. 伺服系统的驱动方式;
3. 转台静止时必须处于锁紧状态;
4. 导轨面由大型滚动轴承支承;
5. 回转转台设有零点。

1. 数控转台介绍
2. 需求分析
3. 机械部分设计
4. 控制部分设计
5. 小结

1. 数控转台介绍
2. 需求分析
3. 机械部分设计
4. 控制部分设计
5. 小结

传动方案及其分析

由图1所示，数控转台的传动方案有两种：方案一为一级和二级都是齿轮传动；方案二为一级齿轮传动，二级蜗杆传动。

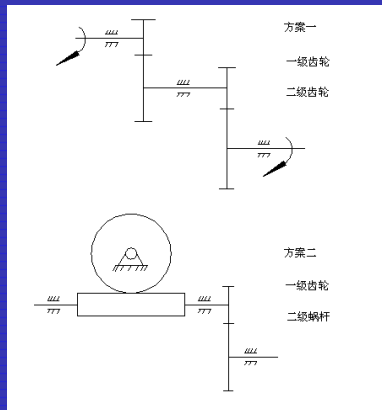


Figure: 方案设计

两种方案对比

方案一的最大缺陷是：

1. 总传动比小；
2. 占用空间大；
3. 只能使转台完成回转功能，无法使转台完成自锁。

而方案二虽然传动效率低，但以上三个功能全部都能完成自锁。所以数控转台传动方案为方案二：步进电机——齿轮传动——蜗杆传动——转台。

按齿面强度设计

$$d_1 t \geq 2.32 \sqrt[3]{\frac{KT_1}{\phi d} \cdot \frac{u \pm 1}{u} \cdot \left(\frac{Z_e}{[\sigma_H]}\right)^2}$$

试选载荷系数 $K_t = 1.3$;

计算小齿轮传递的转矩

$$T_1 = \frac{95.5 \times 10^5 P_1}{n_1} = 1.81 \times 10^4 N \bullet mm$$

查表得齿宽系数 $\phi_d = 1$;

材料的弹性影响系数 $Z_E = 189.9 MPa^{\frac{1}{2}}$

按齿面强度设计

按齿面硬度查的小齿轮的接触疲劳强度极限

$$\sigma_{Hlim1} = 600MPa;$$

大齿轮的接触疲劳强度 $\sigma_{Hlim2} = 550MPa$

计算应力循环次数:

$$N_1 = 30n_1jL_b = 60 \times 1980 \times (2 \times 8 \times 250 \times 8) = 3.8 \times 10^9$$

$$N_2 = \frac{N_1}{3} = 1.27 \times 10^9$$

取接触疲劳寿命系数 $K_{HN1} = 0.90$; $K_{HN2} = 0.95$;

计算接触疲劳许用应力, 取失效概率为 1%, 安全系数 $S=1$

$$[\sigma_H]_1 = \frac{K_{HN1}\sigma_{lim1}}{S} = 0.9 \times 600 = 540MPa$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{K_{HN2}\sigma_{lim2}}{S} = 0.9 \times 550 = 522.5MPa$$

计算

试算小齿轮的分度圆直径 d_{1t} ，代入 $[\sigma_H]$ 中较小的值

$$d_u \geq 65.28mm$$

计算周转速度 v

$$v = \frac{\pi d_{1t} n_1}{60 \times 1000} = 6.76m/s$$

计算齿宽 b

$$b = \phi_d \cdot d_{1t} = 65.28mm$$

计算分度圆直径：

$$d_1 = d_u \sqrt[3]{\frac{K}{K_t}} = 70.8mm$$

计算模数 m

$$m = \frac{d_1}{z_1} = 3.22$$

几何尺寸计算

计算分度圆直径

$$d_1 = Z_1 \cdot m = 72\text{mm}$$

$$d_2 = Z_2 \cdot m = 72\text{mm}$$

中心距

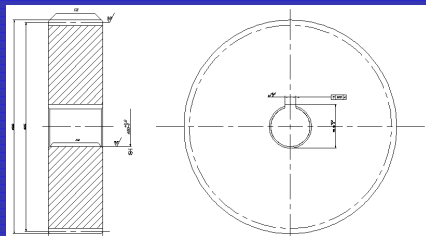
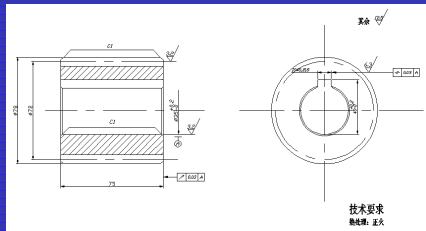
$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = 144$$

计算齿轮宽度

$$b = \phi d d_1 = 72 \text{ mm}$$

取 $B_1 = 75\text{mm}$ 、 $B_2 = 70\text{mm}$

结构设计



按齿面强度进行设计

根据闭式蜗杆传动的设计准则，传动中心距：

$$a \geq \sqrt[3]{KT_2 \left(\frac{Z_E Z_p}{[\sigma_H]} \right)^2}$$

确定作用在蜗杆上的转矩

按 $Z_1 = 2$ ，估取效率 $\eta = 0.75$ ，则

$$T_2 = 9.55 \times 10^6 \frac{P_2}{n_2} = 9.55 \times 10^6 \frac{p\eta}{n_2/i_{12}} = 8247727 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

确定载荷系数

因工作载荷较稳定，故取载荷分布不均匀系数 $K_\beta = 1$ ；选取使用系数 $K_A = 1.15$ ；由于载荷系数不高，冲击不大，可取动载荷系数 $K_v = 1.05$ ；则 $K = K_A K_\beta K_v = 1.21$

按齿面强度进行设计

确定弹性影响系数 Z_E

因选用的是铸锡磷青铜蜗轮和钢蜗杆相配，故

$$Z_E = 160 MP_a^{\frac{1}{2}}。$$

确定接触系数 Z_p 先假设蜗杆分度圆直径 d_1 和传动中心距 a 的比值 $\frac{d_1}{a} = 0.35$ ，得 $Z_p = 2.9$ 。

按齿面强度进行设计

确定许用接触应力 $[\sigma_H]$

根据蜗轮材料为铸锡磷青铜 ZcuSnP1, 金属模铸造, 蜗杆螺旋齿面硬度 $>45\text{HRC}$, 查得蜗轮的基本许用应力

$$[\sigma_H] = 268\text{MPa}。$$

应力循环次数 $N = 60jn_2L_h =$

$$60 \times 1 \times \frac{1980}{60} \times 8 \times 2 \times 250 \times 8 = 6.056 \times 10^7$$

$$\text{寿命系数 } K_{HN} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{6.056 \times 10^7}} = 0.99$$

$$\text{则 } [\sigma_H] = K_{HN} \bullet [\sigma_H]' = 0.99 \times 268 = 266\text{MPa}$$

按齿面强度进行设计

计算中心距

$$a \geq \sqrt[3]{1.21 \times 8247727 \times \left(\frac{160 \times 2.9}{260} \right)^2} = 198mm$$

取中心距 $a = 200mm$, 因 $i = 20$, 取模数 $m = 8$, 蜗杆分度圆直径 $d_1 = 80mm$ 。这时 $\frac{d_1}{a} = \frac{80}{200} = 0.4$, 得接触系数 $Z'_p = 2.74$, 因为 $Z'_p < Z_p$, 因此以上计算结果可用。

蜗杆与蜗轮的主要尺寸与参数

蜗杆

轴向齿距 $P_a = 25.133mm$;

直径系数 $q = 10$;

齿顶圆直径 $d_{a1} = 96mm$;

齿根圆直径 $d_{f1} = 60.8mm$;

分度圆导程角 $\gamma = 11^\circ 18' 36''$;

蜗杆轴向齿厚 $S_a = 12.5664mm$ 。

蜗杆与蜗轮的主要尺寸与参数

蜗轮

蜗轮齿数 $Z_2 = 41$; 变位系数 $x_2 = -0.5$;

验算传动比 $i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{41}{2} = 20.5$, 这时传动比误差为

$\frac{20.5 - 20}{20} = 2.5\%$, 是允许的。

蜗轮分度圆直径 $d_2 = mZ_2 = 8 \times 41 = 328\text{mm}$ 。

蜗轮喉圆直径 $d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} = 344\text{mm}$ 。

蜗轮齿根圆直径 $d_{f2} = d_2 - 2h_{f2} = 308.8\text{mm}$ 。

蜗轮咽喉圆半径 $r_{g2} = a - \frac{1}{2}d_{a2} = 28\text{mm}$ 。

1. 数控转台介绍
2. 需求分析
3. 机械部分设计
4. 控制部分设计
5. 小结

步进电机的原理

步进电机是一种能将数字输入脉冲转换成旋转或直线增量运动的电磁执行元件。每输入一个脉冲，电机转轴步进一个步距角增量。电机总的回转角与输入脉冲数成正比例，相应的转速取决于输入脉冲频率。

电机的选择

按照工作要求和条件选两相混合式步进电机.
功率

工作所需功率为:

$$P_w = F_w V_w / 1000 \eta^w \text{ kW}$$

$$P_w = T_{nw} / 9950 \eta^w \text{ kW}$$

式中 $T = 150 N \times M$, $\eta_w = 36 r/min$ 电机工作效率,
 $\eta_w = 0.97$

$$P_w = 150 \times 36 / (9950 \times 0.97) = 3.9 \text{ kW}$$

电机所需的输出功率为:

$$P_o = P_w / \eta$$

电机的选择

转矩

由齿轮的转矩可得：

$$T = \frac{95.5 \times 10^5 p}{n} = 1.81 \times 10^4 N \cdot mm$$

确定电机转速

取：齿轮传动比：3-5，

蜗杆传动比：15-32，

则总的传动范围为：

$$i = i_1 \times i_2 = 3 \times 15 - 5 \times 32 = 45 - 160$$

电机转速的范围为

$$N = i \times n_m = (45 \sim 160) \times 36 = 1620 \sim 5760 r/min \text{ 为}$$

降低电机的重量和价格，选取常用两相混合式步进电机
11BYG250D-0502。

1. 数控转台介绍
2. 需求分析
3. 机械部分设计
4. 控制部分设计
5. 小结

以上是我对数控转台的设计

谢谢大家