

题目：数控旋转工作台设计

学院：机械与汽车工程学院

班级：机制111（专升本）

日期：2012.12.14

姓名	学号	在项目中主要承担内容和工作比例
邵擎	3110112015	机械总设计，液压设计，PLC设计
胡梦	3110112004	机械设计（齿轮计算）
朱亚运	3110112016	机械设计（蜗轮蜗杆计算）

编号	名称	件数	备注
1	机械CAD图纸	3	
2	电气原理图	3	
3	液压图	1	
4			
5			
6			
7			

[目录](#)

[第1章 概述](#)

[第2章 机械系统方案](#)

[第3章 三工位工作台机械设计](#)

[第4章 PLC控制系统方案](#)

[第5章 PLC控制系统设计](#)

[设计心得](#)

[参考文献](#)

第1章 概述

数控旋转台（三工位工作台）是由输送、钻孔、卸载三部分组成。工作台每旋转 120° 完成一个工位，循环运行。来实现工件的快速输送、钻孔、卸载的流水作业系统。

设计要求包括：三工位工作台是由输送、钻孔、卸载三部分组成。工作台每旋转 120° 完成一个工位，循环运行。工作台直径 1000mm ，最大轴向载荷 $T_{\text{max}}=1000\text{N}$ (工件的夹紧、推进都是由液压系统构成)

传动部分，三工位工作台一般由原动机、传动装置和工作台组成，传动装置在原动机和工作台之间传递运动和动力，并可实现分度运动。在本课题中，原动机采用步进电机，工作台为T形槽工作台，传动装置由齿轮传动和蜗杆传动组成。

在本设计中，工件的夹紧，推进都是由液压系统构成。液压系统是以流体为介质，来实现能量的转换，传递及控制。它由若干基本回路组成传递系统，来进行工件的推进，推出及夹紧。以液体为介质的液压系统具有无级调速和传动平稳的优点，通过与PLC的连接，能顺利完成本设计的各项指定动作。

在控制电路的选择上，选择三菱PLC，随着科学技术的不断更新，继电器控制已逐渐背PLC控制代替。它不仅能减低能耗，节约能源，而且大大的提高了工作效率。本次课程设计使用了FX2N系列机型，来完成工作台的流程控制。

最后期望效果，既达到120°的旋转后，三工位同时运动，完成后再次旋转120°，循环往复，直到按下停止按钮后结束。

第2章 机械系统方案

2.1 传动方案要求

三工位工作台一般由原动机、传动装置和工作台组成，传动装置在原动机和工作台之间传递运动和动力，并可实现分度运动。在本课题中，原动机采用步进电机，工作台为T形槽工作台，传动装置由齿轮传动和蜗杆传动组成。

2.2 传动方案及其分析

三工位工作台传动方案为：步进电机、齿轮传动、蜗杆传动。

该传动方案分析如下：

齿轮传动特点：

齿轮传动平稳，传动比精确，工作可靠、效率高、寿命长，使用的功率、速度和尺寸范围大。例如传递功率可以从很小至几十万千瓦；速度最高可达300m/s；齿轮直径可以从几毫米至二十多米。

蜗杆传动特点：

传动比大，结构紧凑。在动力传动中，一般取传动比 $i=10-80$ 。

可以实现自锁。和螺纹副相同，当蜗杆螺旋升角小于其齿面间的当量摩擦角时，反行程自锁。这种蜗杆传动常用于起重装置中。

传动平稳 蜗杆齿是连续的螺旋齿，与蜗轮的啮合是连续的，因此，传动平稳，噪声低。

蜗杆传动缺点：由于齿面间存在较大的相对滑动，传动中摩擦大，发热大，效率低（通常为0.7-0.8），自锁时啮合效率低于0.5，因而需要良好的润滑和散热条件，不适合于大功率传动（一般不超过50KW）；为了减少齿面磨损和防止胶合，便于跑和，涡轮齿圈常需用比较贵重的有色金属（如青铜）制造。

由以上分析可得：将齿轮传动放在传动系统的高速级，蜗杆传动放在传动系统的低速级，传动方案较合理。

第3章 三工位工作台机械设计

3.1 步进电机的选择及运动参数的计算

步进电动机是一种将电脉冲信号转换成相应角位移或直线位移的机电执行元件。每当输入一个电脉冲时，转子就转动一个固定的角度。脉冲一个接一个地输入，转子就一步一步地转动。

步进电机的角位移量与输入电脉冲的个数成正比，旋转速度与输入电脉冲的频率成正比，即控制输入电脉冲的个数，频率和定子绕组的通电方式，就可以控制步进电动机转子的角位移量，旋转速度和旋转方向。

步进电机步距角定为 1.8°

步进电机选用：

滑动导轨摩擦系数为 $f=0.005$

导轨半径 500mm

工作台承受最大转矩 $T_{\max}=1000 \times 0.005 \times 500 \times 10^{-3}=2.5\text{N}\cdot\text{M}$

蜗轮所承受转矩 $T_4=2.5\text{N}\cdot\text{M}$

蜗杆 $T_3=T_4/30=0.083\text{N}\cdot\text{M}$

大齿轮 $T_2=T_3=0.083\text{N}\cdot\text{M}$

小齿轮 $T_1=T_2/5=0.0167\text{N}\cdot\text{M}$

步进电机静转不能低于小齿轮上的转矩，由以上得，步进电机如下所示：

规格型号	相数	步距角 ($^\circ$)	相电流 (A)	保持转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	转动惯量 ($\text{g}\cdot\text{cm}^2$)	重量 (Kg)	外形尺寸 (mm)
------	----	---------------------	------------	-------------------------------------	--	------------	--------------

56BYG250E-0601	2	0.9/1.8	6	2.5	750	1.5	56×56×111
----------------	---	---------	---	-----	-----	-----	-----------

步进电机转速计算公式 $n=\alpha \times f \times 60/360$

α 为步距角/ $^\circ$ f 为通电频率(步/S)，工作台工作时带负载，电机运动频率应低于空载启动频率，故运行时频率取1000(步/S)

带入得 $n=300\text{r}/\text{min}$

3.2 齿轮传动的设计

由于前述所选电机可知 $T=2.5\text{N}\cdot\text{M}$

传动比设定为*i*=5选择齿轮传动的类型:根据GB/T10085—1988,采用直齿轮传动的形式。

选择材料:传动无特殊要求,便于制造,采用软齿面齿轮

小齿轮选用40MnB钢调制,241~286HBS

大齿轮选用45钢正火,169~217HBS

按齿面接触强度设计

一对钢制外啮合齿轮设计公式:

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{671}{[\sigma_H]}\right) \frac{(u \pm 1) K T_1}{u \Psi_d}}$$

小齿轮转矩*T*₁=2.5N.M

选择小齿轮齿数*Z*₁=25 大齿轮齿数*Z*₂=125

转速不高,功率不大,选择齿轮精度8级

载荷平稳,对称布置,轴的刚度较大,取载荷综合系数*K*=1.2

齿款系数取*ψ_d*=0.9

确定许用接触应力

查得 $\sigma_{H\lim 1}=720\text{MPa}$, $\sigma_{H\lim 2}=460\text{MPa}$, 由表得 $S_{H\min}=1$

得 $[\sigma_{H1}]=720\text{MPa}$ $[\sigma_{H2}]=460\text{MPa}$, 所以 $[\sigma_{H1}]=[\sigma_{H2}]=460\text{MPa}$

计算小齿轮分度圆直径

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{671}{460}\right) \frac{(4.5 \pm 1) 1.2 * 2500}{4.5 * 0.9}}$$

=20.5mm

计算模数 $m = d_1 / z_1 = 0.82$

取 $m=1$

计算齿轮主要尺寸及圆周速度

$$d_1 = m * z_1 = 1 * 25 = 25\text{mm}$$

$$d_2 = m * z_2 = 1 * 125 = 125\text{mm}$$

$$a = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) = 75\text{mm}$$

齿轮齿宽 $b = 0.9 * 25 = 22.5\text{mm}$

取 $b_1 = 22.5\text{mm}$, $b_2 = 20\text{mm}$

圆周速度 $v = \pi * d_1 * n_1 / (60 * 1000) = 0.4\text{m/s}$ 可以选用8级精度

小齿轮 $d_{a1} = 27\text{mm}$ 采用实心式齿轮

大齿轮 $d_{a2} = 127\text{mm}$ 采用腹板式齿轮

3.3蜗轮蜗杆传动设计

由于前述所选电机可知 $T=12.5\text{N.M}$ 传动比设定为 $i=30$

选择蜗杆传动类型：根据GB/T10085—1988的推荐，采用渐开线蜗杆。选择材料：蜗轮基本都用复合金属就是芯是铸铁或者铸钢外面啮合的部分用青铜，蜗杆基本都用45#刚调质加工后，淬火的也有用40Cr。由于蜗杆的传动效率较小，速度中等，因此蜗杆采用45号钢；为了提高效率并且具有较好的耐磨性，采用蜗杆螺旋齿面淬火法，硬度为45-55HRC。蜗轮采用铸锡磷青铜Zcusi10p1与金属铸造。由于有色金属成本较高，齿圈用青铜制造，而轮芯用灰铸铁HT100制造。

按齿面接触疲劳强度设计

根据闭式蜗杆传动的设计准则，先按齿面接触疲劳强度进行设计，在校核齿根弯曲疲劳强度。传动中心距：

$$a \geq \sqrt[3]{kT_2 \left(\frac{Z_E Z_\rho}{[\delta_H]} \right)^2}$$

确定作用在蜗轮上的转矩 T_2

按 $Z_1=1$ ，估取效率 $\eta=0.8$ ，则

$$T_2 = T \times \eta \times i = 252 \text{ N.M}$$

确定载荷系数 K

因工作载荷较稳定，故取载荷分布不均系数 $K_\beta=1$ ；由使用系数 K_A 表从而选取 $K_A=1.15$ ；由于转速不高，冲击不大，可取动载系数 $K_V=1.1$ ；则

$$K = K_A \times K_\beta \times K_V = 1 \times 1.15 \times 1.1 = 1.265 \approx 1.27$$

确定弹性影响系数 Z_E

选用的铸锡磷青铜蜗轮和蜗杆相配。

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 $d_1/a=0.30$ ，从而可查出 $Z_p=3.12$ 。

确定许用应力 $[\sigma_H]$

根据蜗轮材料为铸锡磷青铜ZCuSn10P1，金属模铸造，蜗杆螺旋齿面硬度 $>45\text{HRC}$ ，但是，当传动为短时工作的，锡青铜的 $[\sigma_H]$ 可提高40%-50%从而可查得蜗轮的基本许用应力 $[\sigma_H]'=280\text{MPa}$ 。

因为电动刀架中蜗轮蜗杆的传动为间隙性的，故初步定位、其寿命系数为 $K_{HN}=0.92$ ，则

$$[\sigma_H] = K_{HN}[\sigma_H]' = 0.92 \times 280 = 257.6 \approx 258 \text{MPa} \quad (3-5)$$

计算中心距

$$a \geq \sqrt[3]{1.27 \times 252000 \times \left(\frac{160 \times 2.7}{258}\right)^2} = 96.4 \quad (3-6)$$

取中心距 $a=97.5\text{mm}$ ， $m=2.5\text{mm}$ ，蜗杆分度圆直径 $d=45\text{mm}$ ，这时 $q=0.462$ ，从而可查得接触系数 $=2.72$ ，因为 $0.3 < Z_p$ ，因此以上计算结果可用。

3.4 蜗杆与蜗轮的主要参数与几何尺寸

蜗杆

直径系数 $q=18$ ； $m=2.5$ 。分度圆直径 $d_1=45\text{mm}$ ， $d_2 = 150$ 。蜗杆头数 $Z=2$ ；分度圆导程角 $\gamma=6.37^\circ$ 蜗杆轴向齿距： $P_A=7.85\text{mm}$ ；

蜗杆齿顶圆直径： $d_{a1} = d_1 + 2m = 50 \text{mm}$ ， $d_{f1} = d_1 - 2.4m = 39\text{mm}$

蜗轮

蜗轮齿数： $Z_2=60$ ，变位系数 $X=0$

$$d_2 = mz_2 = 150, d_{a2} = d_2 + 2m = 155$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.4m = 144, d_{e2} = d_{a2} + m = 157.5$$

$$R_{a2} = 0.5d_{f1} + 0.2m = 20, R_{f2} = 0.5d_{a1} + 0.2m = 25.5$$

第4章 PLC控制系统方案

4.1 控制要求

1.用选择开关来决定控制系统的全自动、半自动运行和手动调整方式。

2.手动调整采用按钮点动的控制方式。包括上料进、退操作、工件夹紧、放松操作，钻头下降、上升操作，卸料进、退操作，工作台旋转操作。

3.系统处于全自动运行方式时，可实现自动往复地循环执行。

4.上料器、夹紧装置、卸料器、钻头上下运动由液压缸驱动。夹紧力由压力继电器检测控制。钻头旋转、工作台旋转由电动机驱动。

4.2 制定控制方案

1.用选择开关来决定控制系统的全自动。

2.系统处于全自动运行方式时，可实现自动往复地循环执行。

3.系统运动不很复杂，采用三台电动机：主动电动机、液压电动机和工作台旋转电动机。除了主轴转动和工作台旋转用电动机拖动外，其他所有所有运动都可以采用液压传动。

4.对于部分与顺序控制和工作循环过程无关的主零部件和控制部件，采用进入PLC的控制方式以达到方便控制。

4.3 控制方式选择

三工位旋转工作台控制系统的设计任务：最主要的就是工作台旋转的PLC梯形图设计，也就是程序设计；其次是液压控制原理图的设计。

三工位旋转工作台控制系统在很大程度上是利用继电器实现的，而最初的PLC就已经有很完善的继电器控制功能了。在这里选用PLC控制较为方便，三菱PLC英文名称：Mitsubish Power Line Communication，是三菱电机生产的主力产品。它采用一类可编程的存储器，用于其内部存储程序，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。三菱PLC常见的有以下型号：FR-FX1N FR-FX1S FR-FX2N FR-FX3U FR-FX2NC FR-A FR-Q)。此PLC软件简单实用。非常适合本次课题的要求

第5章 PLC控制系统设计

5.1 动作特性

三工位旋转工作台控制动作特性如下：

其工作示意如图5-1所示。一个工位将工件送到圆形工作台上，然后送料压缸退回。另一工位将工件夹紧并钻孔，钻完孔后钻头向上返回初始位置，并放开工件。第三个工位自动卸下加工好的工件，然后卸料缸返回。三个工位操作完成后，工作台顺时针旋转120°在，最后返回初始步。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/817045015135006066>