

机械设计服务  
(有图纸 CAD 和 WORD 论文)

QQ 1003471643

或 QQ 2419131780

注：样稿，论文不完整，勿抄袭

---

# 毕业设计（论文）

数控铣床回转工作台设计

订做机械设计  
(有图纸 CAD 和 WORD 论文)  
QQ 1003471643  
或 QQ 2419131780

## 摘 要

数控回转工作台是各类数控铣床和加工中心的理想配套附件。以水平方式安装于主机工作台上,工作时,利用主机的控制系统或专门配套的控制系统,完成与主机相协调的各种加工的分度回转运动。它是一种可以实现圆周进给和分度运动的工作台,它常被使用于各类数控铣床和加工中心上,可提高加工效率,完成更多的工艺,它主要由原动力、齿轮传动、蜗杆传动、工作台等部分组成,并可进行间隙消除和蜗轮加紧,是一种很实用的加工工具。本课题主要介绍了它的原理和机械结构的设计,并对以上部分运用AUTOCAD做图,最后是对数控回转工作台提出的一点建议。

**关键词：**数控回转工作台, 齿轮传动, 蜗杆传动, 间隙消除, 蜗轮加紧

## Abstract

NC rotary table are all types of CNC milling machine and machining center ideal accessories. To the level of the work installed in the host table, working hours, using the host control system or specialized control systems supporting complete coordination with the host of a variety of processing the sub-degree rotary movement. Can be achieved is a kind of feed and sub-circular movement of the table degrees, it is often used in various types of CNC milling machine and machining center can improve processing efficiency, more technology, it is mainly by the driving force, gear transmission, worm drive, workstations and other components, and for worm elimination and to step up gap, is a very useful tool for processing. Introduced the subject of the main principles of its structure and mechanical design, the use of AUTOCAD and some do more than plan, and finally CNC rotary table is that the recommendations put forward.

**Keywords:** CNC rotary table, worm drive, gear, gap elimination, worm intensify

---

# 目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
绪 论.....	1
第一章:数控回转工作台的原理与应用.....	2
1.1 数控回转工作台 .....	2
1.2 设计准则.....	3
1.3 主要技术参数 .....	3
第二章:数控回转工作台的结构设计.....	4
2.1 传动方案的确定 .....	4
2.2 齿轮传动的设计 .....	5
2.3 电液脉冲马达的选择及运动参数的计算 .....	7
2.4 蜗轮及蜗杆的选用与校核.....	8
2.5 蜗杆与蜗轮的主要参数与几何尺寸 .....	9
2.6 轴的校核与计算 .....	10
2.7 弯矩组合图.....	11
2.8 根据最大危险截面处的扭矩确定最小轴径 .....	11
2.9 齿轮上键的选取与校核 .....	12
2.10 轴承的选用.....	12
第三章:数控技术发展趋势.....	14
3.1 性能发展方向 .....	14
3.2 功能发展方向 .....	14

3.3 体系结构的发展 .....	15
3.4 智能化新一代 PCNC 数控系统 .....	16
第四章：结束语.....	17
致谢.....	18
参考文献.....	19

## 绪 论

毕业设计主要是培养学生综合应用所学专业的基础理论、基本技能和专业知识的能力，培养学生建立正确的设计思想，掌握工程设计的一般程序、规范和方法。而高职类学生更应侧重于从生产的第一线获得生产实际知识和技能，获得工程技术经用性岗位的基本训练，通过毕业设计，可树立正确的生产观点、经济观点和全局观点，实现由学生向工程技术人员的过渡。使学生进一步巩固和加深对所学的知识，使之系统化、综合化。培养学生独立工作、独立思考和综合运用所学知识的技能，提高解决本专业范围内的一般工程技术问题的能力，从而扩大、深化所学的专业知识和技能。

培养学生设计计算、工程绘图、实验研究、数据处理、查阅文献、外文资料的阅读与翻译、计算机应用、文字表达等基本工作实践能力，使学生初步掌握科学研究的基本方法和思路。

使学生学会初步掌握解决工程技术问题的正确指导思想、方法手段，树立做事严谨、严肃认真、一丝不苟、实事求是、刻苦钻研、勇于探索、具有创新意识和团结协作的工作作风。

本次毕业设计主要是解决数控回转工作台的工作原理和机械机构的设计与计算部分，设计思路是先原理后结构，先整体后局部。

目前数控回转工作台已广泛应用于数控机床和加工中心上，它的总的发展趋势是：

1. 在规格上将向两头延伸，即开发小型和大型转台；
2. 在性能上将研制以钢为材料的蜗轮，大幅度提高工作台转速和转台的承载能力；
3. 在形式上继续研制两轴联动和多轴并联回转的数控转台。

数控转台的市场分析：随着我国制造业的发展，加工中心将会越来越多地被要求配备第四轴或第五轴，以扩大加工范围。估计近几年要求配备数控转台的加工中心将会达到每年 600 台左右。

预计未来 5 年，虽然某些行业由于产能过剩、受到宏观调控的影响而继续保持着较低的行业景气度外，部分装备制造业将有望保持较高的增长率，特别是那些国家产业政策鼓励振兴和发展的装备子行业。作为装备制造业的母机，普通加工机床将获得年均 15% - 20% 左右的稳定增长。

## 第一章：数控回转工作台的原理与应用

数控机床的圆周进给由回转工作台完成，称为数控机床的第四轴：回转工作台可以与 X、Y、Z 三个坐标轴联动，从而加工出各种球、圆弧曲线等。回转工作台可以实现精确的分度分度，扩大了数控机床加工范围。

### 1.1 数控回转工作台

数控回转工作台主要用于数控镗床和铣床，其外形和通用工作台几乎一样，但它的驱动是伺服系统的驱动方式。它可以与其他伺服进给轴联动。

图 8-24 为自动换刀数控镗床的回转工作台。它的进给、分度转位和定位锁紧都是由给定的指令进行控制的。

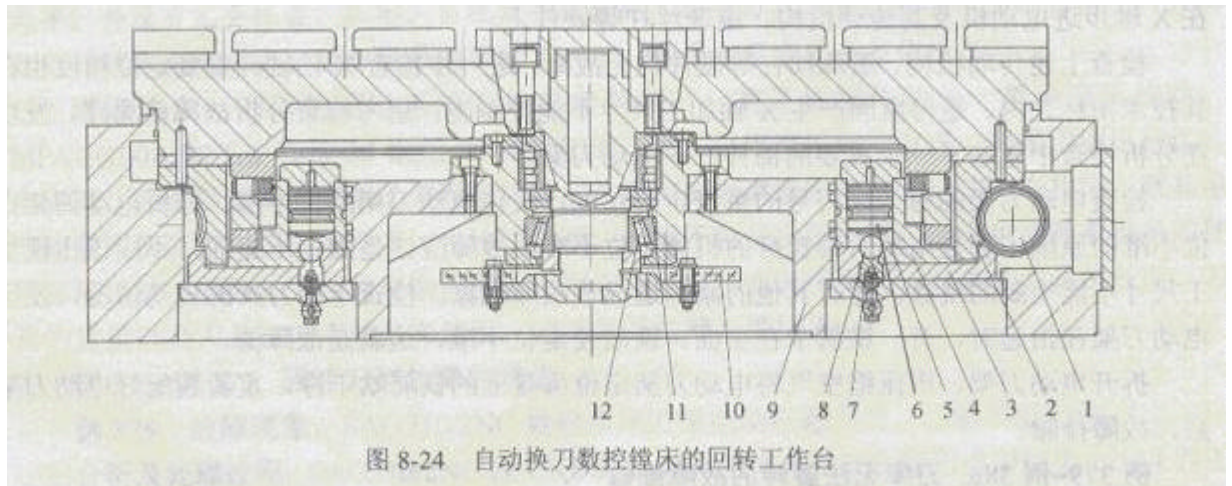


图 8-24 自动换刀数控镗床的回转工作台

- 1—蜗杆 2—蜗轮 3、4—夹紧瓦 5—小液压缸 6—活塞 7—弹簧  
8—钢球 9—支座 10—光栅 11、12—轴承

为了消除蜗杆副的传动间隙，采用了双螺距渐厚蜗杆，通过移动蜗杆的轴向位置来调整间隙。这种蜗杆的左右两侧面具有不同的螺距，因此蜗杆齿厚从头到尾逐渐增厚。但由于同一侧的螺距是相同的，所以仍然可以保持正常的啮合。

当工作台静止时，必须处于锁紧状态。为此，在蜗轮底部的辐射方向装有 8 对夹紧瓦 4 和 3，并在底座 9 上均布同样数量的小液压缸 5。当小液压缸的上腔接通压力油时，活塞 6 便压向钢球 8，撑开夹紧瓦，并夹紧蜗轮 2。在工作台需要回转时，先使小液压缸的上腔接通回油路，在弹簧 7 的作用下，钢球 8 抬起，夹紧瓦将蜗轮松开。

回转工作台的导轨面由大型滚动轴承支承，并由圆锥滚柱轴承 12 及双列向心圆柱滚子轴承 11 保持准确的回转中心。数控回转工作台的定位精度主要取决于蜗杆副的传动精度，因而必须采用高精度蜗杆副。在半闭环控制系统中，可以在实际测量工作台静态定位误差之后，确定需要补

偿角度的位置和补偿的值，记忆在补偿回路中，由数控装置进行误差补偿。在全闭环控制系统中，由高精度的圆光栅 10 发出工作台精确到位信号，反馈给数控装置进行控制。

回转工作台设有零点，当它作回零运动时，先用挡铁压下限位开关，使工作台降速，然后由圆光栅或编码器发出零位信号，使工作台准确地停在零位。数控回转工作台可以作任意角度的回转和分度，也可以作连续回转进给运动。

## 1.2 设计准则

我们的设计过程中，本着以下几条设计准则

- 1) 创造性的利用所需要的物理性能
- 2) 分析原理和性能
- 3) 判别功能载荷及其意义
- 4) 预测意外载荷
- 5) 创造有利的载荷条件
- 6) 提高合理的应力分布和刚度
- 7) 重量要适宜
- 8) 应用基本公式求相称尺寸和最佳尺寸
- 9) 根据性能组合选择材料
- 10) 零件与整体零件之间精度的进行选择
- 11) 功能设计应适应制造工艺和降低成本的要求

## 1.3 主要技术参数

- (1) 回转半径：400 mm
- (2) 重复定位精度：0.005 mm
- (3) 电液脉冲马达功率0.75kw
- (4) 电液脉冲马达转速3000 rpm
- (5) 总传动比：72.5
- (6) 最大承载重量100kg



## 第二章：数控回转工作台的结构设计

### 2.1 传动方案的确定

#### 2.1.1 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。

步进电机是机电一体化产品中关键部件之一，通常被用作定位控制和定速控制。步进电机惯量低、定位精度高、无累积误差、控制简单等特点。广泛应用于机电一体化产品中，如：数控机床、包装机械、计算机外围设备、复印机、传真机等。

选择步进电机时，首先要保证步进电机的输出功率大于负载所需的功率。而在选用功率步进电机时，首先要计算机械系统的负载转矩，电机的矩频特性能满足机械负载并有一定的余量保证其运行可靠。在实际工作过程中，各种频率下的负载力矩必须在矩频特性曲线的范围内。一般地说最大静力矩  $M_{jmax}$  大的电机，负载力矩大。

选择步进电机时，应使步距角和机械系统匹配，这样可以得到机床所需的脉冲当量。在机械传动过程中为了使得有更小的脉冲当量，一是可以改变丝杆的导程，二是可以通过步进电机的细分驱动来完成。但细分只能改变其分辨率，不改变其精度。精度是由电机的固有特性所决定。

选择功率步进电机时，应当估算机械负载的负载惯量和机床要求的启动频率，使之与步进电机的惯性频率特性相匹配还有一定的余量，使之最高速连续工作频率能满足机床快速移动的需要

#### 2.1.2. 传动方案传动时应满足的要求

数控回转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，原动机采用电液脉冲马达，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。

合理的传动方案主要满足以下要求：

- (1) 机械的功能要求：应满足工作台的功率、转速和运动形式的要求。
- (2) 工作条件的要求：例如工作环境、场地、工作制度等。
- (3) 工作性能要求：保证工作可靠、传动效率高等。
- (4) 结构工艺性要求；如结构简单、尺寸紧凑、使用维护便利、工艺性和经济合理等。

#### 2.1.3. 传动方案及其分析

数控回转工作台传动方案为：电液脉冲马达——齿轮传动——蜗杆传动——工作

该传动方案分析如下：

齿轮传动承受载能力较高，传递运动准确、平稳，传递功率和圆周速度范围很大，传动效

率高,结构紧凑。

蜗杆传动有以下特点:

1. 传动比大在分度机构中可达 1000 以上。与其他传动形式相比,传动比相同时,机构尺寸小,因而结构紧凑。

2. 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。

3. 可以自锁 当蜗杆的导程角小于齿轮间的当量摩擦角时,若蜗杆为主动件,机构将自锁。这种蜗杆传动常用于起重装置中。

4. 效率低、制造成本较高 蜗杆传动是,齿面上具有较大的滑动速度,摩擦磨损大,故效率约为 0.7-0.8,具有自锁的蜗杆传动效率仅为 0.4 左右。为了提高减摩擦性和耐磨性,蜗轮通常采用价格较贵的有色金属制造。

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。

同时,对于数控回转工作台,结构简单,它有两种型式:开环回转工作台、闭环回转工作台。

两种型式各有特点:

开环回转工作台 开环回转工作台和开环直线进给机构一样,都可以用点液脉冲马达、功率步进电机来驱动。

闭环回转工作台 闭环回转工作台和开环回转工作台大致相同,其区别在于:闭环回转工作台有转动角度的测量元件(圆光栅)。所测量的结果经反馈与指令值进行比较,按闭环原理进行工作,使转台分度定位精度更高。

## 2.2 齿轮传动的设计

由于前述所选电机可知  $T=2.39N.M$  传动比设定为  $i=3$ ,效率  $\eta=0.97$  工作日安排每年 300 工作日计,寿命为 10 年。

### 2.2.1 选择齿轮传动的类型

根据 GB/T10085—1988 的推荐,采用直齿轮传动的形式。

### 2.2.2 选择材料

考虑到齿轮传动效率不大,速度只是中等,故蜗杆用 45 号钢;为达到更高的效率和更好的耐磨性,要求齿轮面,硬度为 45-55HRC。

### 2.2.3 按齿面接触疲劳强度设计

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。

传递转矩  $T_1=9.55 \times 10^6 P_1/N_1 = (9.55 \times 10^6 \times 0.75/3000) = 2.39N.M$

载荷系数  $K$ : 因载荷平稳,由表 6-6 取  $K=1.2$

齿宽系数  $d$ :由表 6-7 取  $d=1$

许用接触压力  $[H]:[H]=[H_2]=220\text{Mpa}$

传动比  $i:i=3$

将以上参数代入公式

$$D13 = (671/[h])^2(6-21)KT1(i+1)/di$$

$$D1 = 32.88\text{mm}$$

#### 2.2.4 确定齿轮的主要参数与主要尺寸

1) 齿数 取  $Z1=22$  , 则  $Z2=i \times Z1=3 \times 22=66$ , 取  $Z2=66$ 。

2) 模数  $m=d1/Z1=32.88/22=1.49\text{mm}$ , 取标准值  $m=1.5$ 。

3) 中心距 标准中心距  $a=m/2(Z1+Z2)=60.5\text{mm}$

4) 其他主要尺寸

分度圆直径： $d1=mZ1=1.5 \times 22=33\text{mm}$ ,

$$d2=mZ2=1.5 \times 66=99\text{mm}$$

齿顶圆直径： $da1=d1+2m=33+2 \times 1.5=36\text{mm}$ ,

$$da2=d2+2m=99+2 \times 1.5=102\text{mm}$$

齿宽： $b=da1-0.6 \times 33=19.8\text{mm}$ , 取  $b2=20$ 。  $b2=da2-(5-10)=20-30\text{mm}$ , 取  $b1=20\text{mm}$ 。

#### 2.2.5 校核齿根弯曲疲劳强度

$$F=22KT1YFS/bmd1 \quad [F]$$

复合齿形系数  $Ys$ : 由  $x=0$  (标准齿轮) 及  $Z1 Z2$  查图 6-29 得  $YFS1=4.12$ ,  $YFS2=3.96$  则

$$f1=2KT1YFS1/bmd1=2 \times 1.2 \times 2.39 \times 10^3 \times 4.12 / (19.8 \times 1.5 \times 33)=74.6\text{Mpa} < [F1] \quad f2=$$

$$f1YFS2/YFS1=(74.6 \times 3.96 / 4.12)\text{Mpa}=71.70\text{MPa} < [F2]$$

弯曲强度足够。

#### 2.2.6 确定齿轮传动精度

齿轮圆周速度  $v=d1n / (60 \times 1000)=3.14 \times 72.5 \times 970 / (600 \times 1000)=3.68\text{m/s}$

由表 6-4 确定第 公差组为 8 级。第 、 公差组也定为 8 级, 齿厚偏差选 HK

#### 2.2.7 齿轮结构设计

小齿轮  $da1 = 33\text{mm}$  采用实心式齿轮

大齿轮  $da2 = 99\text{mm}$  采用腹板式齿轮

### 2.3 电液脉冲马达的选择及运动参数的计算

许多机械加工需要微量进给。要实现微量进给，步进电机、直流伺服交流伺服电机都可作为驱动元件。对于后两者，必须使用精密的传感器并构成闭环系统，才能实现微量进给。在闭环系统中，广泛采用电液脉冲马达作为执行单元。这是因为电液脉冲马达具有以下优点：

- 直接采用数字量进行控制；
- 转动惯量小，启动、停止方便；
- 成本低；
- 无误差积累；
- 定位准确；
- 低频率特性比较好；
- 调速范围较宽；

采用电液脉冲马达为驱动单元，其机构也比较简单，主要是变速齿轮副、滚珠丝杠副，以克服爬行和间隙等不足。通常步进电机每加一个脉冲转过一个脉冲当量；但由于其脉冲当量一般较大，如 0.01mm，在数控系统中为了保证加工精度，广泛采用电液脉冲马达的细分驱动技术。

#### 1) 电液脉冲马达电机的选择

按照工作要求和条件选 Y 系列一般用途的全封闭自扇冷鼠笼型三相异步电机。

#### 2) 选择电液脉冲马达的额定功率

马达的额定功率应等于或稍大于工作要求的功率。额定功率小于工作要求，则不能保证工作机器正常工作，或使马达长期过载、发热大而过早损坏；额定功率过大，则马达价格高，并且由于效率和功率因素低而造成浪费。

工作所需功率为： $P_w = F_w V_w / 1000$  w KW  $P_w = T n_w / 9950$  w KW

式中  $T=150$ N.M,  $n_w=36$ r/min, 电机工作效率  $\eta=0.97$ ，代入上式得

$$P_w = 150 \times 36 / (9950 \times 0.97) = 0.56 \text{ KW}$$

电机所需的输出功率为： $P_0 = P_w /$

式中： $\eta$  为电机至工作台主动轴之间的总效率。

由表 2.4 查得：齿轮传动的效率为  $\eta=0.97$ ；一对滚动轴承的效率为  $\eta=0.99$ ；蜗杆传动的效率为  $\eta=0.8$ 。因此，

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 = 0.97 \times 0.993 \times 0.8 = 0.75$$

$$P_0 = P_w / \eta = 0.56 / 0.75 = 0.747 \text{ KW}$$

一般电机的额定功率

$$P_m = (1-1.3) P_0 = (1-1.3) 0.747 = 0.747 - 0.97 \text{ KW}$$

则由表 2.1 取电机额定功率为： $P_m = 0.75 \text{ KW}$ 。

确定电机转速

按表 2.5 推荐的各种机构传动范围为，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

$$N= i \times n_w=(45-160) \times 36=1620-5760 \text{ r/min}$$

为降低电机的重量和价格，由表 2.1 中选取常用的同步转速为 3000r/min 的 Y 系列电机，型号为 Y801-2，其满载转速  $n_m=3000\text{r/min}$ ，此外，电机的安装和外形尺寸可查表 2.2

## 2.4 蜗轮及蜗杆的选用与校核

由于前述所选电机可知  $T=6.93\text{N.M}$  传动比设定为  $i=27.5$ ，效率  $\eta=0.8$  工作日安排每年 300 工作日计，寿命为 10 年。

### 2.4.1 选择蜗杆传动类型

根据 GB/T10085—1988 的推荐，采用渐开线蜗杆。

### 2.4.2 选择材料

考虑到蜗杆传动效率不大，速度只是中等，故蜗杆用 45 号钢；为达到更高的效率和更好的耐磨性，要求蜗杆螺旋齿面淬火，硬度为 45-55HRC。蜗轮用铸锡磷青铜 Zcusi10p1，金属铸造。为了节约贵重的有色金属，仅齿圈用青铜制造，而轮芯用灰铸铁 HT100 制造。

### 2.4.3 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：

$$a \geq \sqrt[3]{kT_2 \left( \frac{Z_E Z_r}{[d_H]} \right)^2} \quad (3-2)$$

(1) 确定作用在蜗轮上的转矩  $T_2$

按  $Z_1=2$ ，估取效率  $\eta=0.8$ ，则

$$T_2=T^* \cdot i=153.4\text{N.M} \quad (3-3)$$

(2) 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  $K_\alpha=1$ ；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

$$K=K_A \cdot K_\alpha \cdot K_V=1 \cdot 1.15 \cdot 1.1=1.265 \quad 1.27 \quad (3-4)$$

(3) 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。

(4) 确定接触系数  $Z$

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  $Z = 3.12$ 。

(5) 确定许用应力 $[ \sigma_H ]$

根据蜗轮材料为铸锡磷青铜  $z\text{cusn}10\text{p}1$ ，金属模铸造，蜗杆螺旋齿面硬度  $> 45\text{HRC}$ ，从而可查得蜗轮的基本许用应力 $[ \sigma_H ]' = 268\text{MPa}$ 。

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

$$[ \sigma_H ] = K_{HN} [ \sigma_H ]' = 0.92 \times 268 = 246.56 \approx 247\text{MPa} \quad (3-5)$$

(6) 计算中心距

$$a \geq \sqrt[3]{1.27 \times 3538.2 \times \left(\frac{160 \times 2.7}{247}\right)^2} = 24\text{mm} \quad (3-6)$$

取中心距  $a=50\text{mm}$ ， $m=1.25\text{mm}$ ，蜗杆分度圆直径  $d_1=22.4\text{mm}$ ，这时 $\phi=0.448$ ，从而可查得接触系数 $=2.72$ ，因为  $< Z$ ，因此以上计算结果可用。

## 2.5 蜗杆与蜗轮的主要参数与几何尺寸

### 2.5.1 蜗杆

直径系数  $q=17.92$ ；分度圆直径  $d_1=22.4\text{mm}$ ，蜗杆头数  $Z_1=1$ ；分度圆导程角  $\phi = 3^\circ 11' 38''$

蜗杆轴向齿距： $P_A=3.94\text{mm}$ ；(3-7)

蜗杆齿顶圆直径： $d_{a1} = d_1 + 2h_a^* m = 32.2\text{mm}$  (3-8)

蜗杆轴向齿厚： $S_a = 1/2 p m = 1.97\text{mm}$  (3-10)

### 2.5.2 蜗轮

蜗轮齿数： $Z_2 = 62$ ，变位系数  $\phi = 0$

验算传动比： $i = Z_2 / Z_1 = 62 / 1 = 62$  (3-11)

这是传动比误差为： $(60 - 62) / 60 = 2 / 60 = 0.033 = 3.3\%$  (3-12)

蜗轮分度圆直径： $d_2 = m Z_2 = 1.25 \times 62 = 77.5\text{mm}$  (3-13)

蜗轮喉圆直径： $d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} = 93.5$  (3-14)

蜗轮喉母圆直径  $r_{g2} = a - 1/2 d_{a2} = 50 - 1/2 \times 93.5 = 3.25$  (3-17)

### 2.5.3 校核齿根弯曲疲劳强度

$$\sigma_F = \frac{1.53kT_2}{d_1 d_2 m} Y_{Fa2} Y_b \leq [\sigma_F] \quad (3-18)$$

当量齿数

$$Z_{V2} = \frac{Z_2}{\cos^3 \alpha} = 62 / \cos^3 3.18^\circ = 62 \quad (3-19)$$

根据  $\alpha = 0$ ,  $Z_{V2} = 62$ , 可查得齿形系数  $Y_{Fa2} = 2.31$ , 螺旋角系数

$$Y_\beta = 1 - \beta / 140^\circ = 0.9773; \quad (3-20)$$

许用弯曲应力  $[\sigma_F] = [\sigma_H]'$   $K_{FN}$

$$[\sigma_F] = 56 \times 0.72 = 40.32 \text{MPa} \quad (3-21)$$

$$[\sigma_H]' = \frac{1.53 \times 1.27 \times 17040}{45 \times 155 \times 2.5}$$

$$2.31 \times 0.9773 = 4.29 \text{MPa} \quad (3-22)$$

所以弯曲强度是满足要求的。

## 2.6 轴的校核与计算

### 2.6.1 画出受力简图

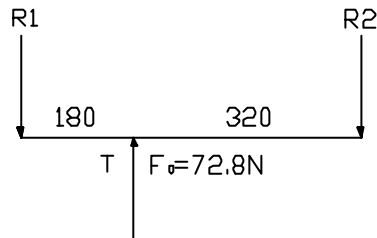


图 3-1 受力简图

计算出： $R_1 = 46.6\text{N}$        $R_2 = 26.2\text{N}$

### 2.6.2 画出扭矩图

$$T = i \cdot T_{\text{电机}} \\ = 0.36 \times 60 \times 0.98$$

$$=21.2 \text{ N.M} \quad (3-33)$$

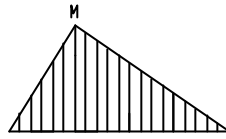


图3-2扭矩图

### 2.6.3 弯矩图

$$\begin{aligned} M &= 72.8 \times 180 \times 10^{-3} \\ &= 13.1 \text{ N.} \end{aligned} \quad (3-34)$$

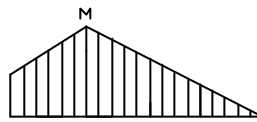


图3-3弯矩图

### 2.7 弯矩组合图

由此可知轴的最大危险截面所在。

组合弯矩

$$M' = \sqrt{M^2 + (aT)^2} \quad (3-35)$$

### 2.8 根据最大危险截面处的扭矩确定最小轴径

$$d_{ca} = \frac{\sqrt{M^2 + (aT)^2}}{W} \leq [d_{-1}] \quad (3-36)$$

扭转切应力为脉动循环变应力，取  $\beta = 0.6$

抗弯截面系数  $W = 0.1d^3$

根据各个零件在轴上的定位和装拆方案确定轴的形状及小



## 2.9 齿轮上键的选取与校核

### (1) 取键连接的类型好尺寸

因其轴上键的作用是传递扭矩,应用平键连接就可以了。在此用平键。由资料可查出键的截面尺寸为:宽度  $b=5\text{mm}$ ,高度  $h=5\text{mm}$ ,由联轴器的宽度并参考键的长度系列,从而取键长  $L=10\text{mm}$ 。

### (2) 键连接的强度

键、轴和联轴器的材料都是钢,因而可查得许用挤压力  $[\sigma_p]=50\sim 60\text{MPa}$ ,取其平均值  $[\sigma_p]=135\text{MPa}$ 。

键的工作长度  $l=L-b=10-5=5\text{mm}$ ,键与联轴器的键槽的接触高度  $k=0.5h=2.5\text{mm}$ ,从而可得:  
$$p=2000T/(kld)=127 [\sigma_p]$$

可见满足要求。

此键的标记为:键 B5 × 10 GB/T 1096—1979。

## 2.10 轴承的选用

滚动轴承是现代机器中广泛应用的部件之一。它是依靠主要元件的滚动接触来支撑转动零件的。与滑动轴承相比,滚动轴承摩擦力小,功率消耗少,启动容易等优点。并且常用的滚动轴承绝大多数已经标准化,因此使用滚动轴承时,只要根据具体工作条件正确选择轴承的类型和尺寸。验算轴承的承载能力。以及与轴承的安装、调整、润滑、密封等有关的“轴承装置设计”问题。

### 2.10.1 轴承的类型

考虑到轴各个方面的误差会直接传递给加工工件时的加工误差,因此选用调心性能比较好的圆锥滚子轴承。此类轴承可以同时承受径向载荷及轴向载荷,外圈可分离,安装时可调整轴承的游隙。其机构代码为 3000,然后根据安装尺寸和使用寿命选出轴承的型号为:30208。

### 2.10.2 轴承的游隙及轴上零件的调配

轴承的游隙和欲紧时靠端盖下的垫片来调整的,这样比较方便。

### 2.10.3 滚动轴承的配合

滚动轴承是标准件,为使轴承便于互换和大量生产,轴承内孔于轴的配合采用基孔制,即以轴承内孔的尺寸为基准;轴承外径与外壳的配合采用基轴制,即以轴承的外径尺寸为基准。

### 2.10.4 滚动轴承的润滑

考虑到电动刀架工作时转速很高,并且是不间断工作,温度也很高。故采用油润滑,转速越高,应采用粘度越低的润滑油;载荷越大,应选用粘度越高的。

### 2. 10. 5 滚动轴承的密封装置

轴承的密封装置是为了阻止灰尘，水，酸气和其他杂物进入轴承，并阻止润滑剂流失而设置的。密封装置可分为接触式及非接触式两大类。此处，采用接触式密封，唇形密封圈。

唇形密封圈靠弯折了的橡胶的弹性力和附加的环行螺旋弹簧的紧扣作用而套紧在轴上，以便起密封作用。唇形密封圈封唇的方向要紧密封的部位。即如果是为了油封，密封唇应朝内；如果主要是为了防止外物浸入，密封唇应朝外。

## 第三章:数控技术发展趋势

### 3.1 性能发展方向

(1)高速高精高效化 速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。由于采用了高速 CPU 芯片、RISC 芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统,同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施,机床的高速高精高效化已大大提高。

(2)柔性化 包含两方面:数控系统本身的柔性,数控系统采用模块化设计,功能覆盖面大,可裁剪性强,便于满足不同用户的需求;群控系统的柔性,同一群控系统能依据不同生产流程的要求,使物料流和信息流自动进行动态调整,从而最大限度地发挥群控系统的效能。

(3)工艺复合性和多轴化 以减少工序、辅助时间为主要目的的复合加工,正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。数控机床的工艺复合化是指工件在一台机床上一次装夹后,通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施,完成多工序、多表面的复合加工。数控技术轴,西门子 880 系统控制轴数可达 24 轴。

(4)实时智能化 早期的实时系统通常针对相对简单的理想环境,其作用是如何调度任务,以确保任务在规定期限内完成。而人工智能则试图用计算模型实现人类的各种智能行为。科学技术发展到今天,实时系统和人工智能相结合,人工智能正向着具有实时响应的、更现实的领域发展,而实时系统也朝着具有智能行为的、更加复杂的应用发展,由此产生了实时智能控制这一新的领域。在数控技术领域,实时智能控制的研究和应用正沿着几个主要分支发展:自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。例如在数控系统中配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统,在高速加工时的综合运动控制中引入提前预测和预算功能、动态前馈功能,在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统的控制性能大大提高,从而达到最佳控制的目的。

### 3.2 功能发展方向

(1)用户界面图形化 用户界面是数控系统与使用者之间的对话接口。由于不同用户对界面的要求不同,因而开发用户界面的工作量极大,用户界面成为计算机软件研制中最困难的部分之一。当前 INTERNET、虚拟现实、科学计算可视化及多媒体等技术也对用户界面提出了更高要求。图形用户界面极大地方便了非专业用户的使用,人们可以通过窗口和菜单进行操作,便于蓝图编程和快速编程、三维彩色立体动态图形显示、图形模拟、图形动态跟踪和仿真、不同方向的视图和局部显示比例缩放功能的实现。

(2)科学计算可视化 科学计算可视化可用于高效处理数据和解释数据,使信息交流不再局限于用文字和语言表达,而可以直接使用图形、图像、动画等可视信息。可视化技术与虚拟环境技术相结合,进一步拓宽了应用领域,如无图纸设计、虚拟样机技术等,这对缩短产品设计周期、提高产品质量、降低产品成本具有重要意义。在数控技术领域,可视化技术可用于 CAD/CAM,如

自动编程设计、参数自动设定、刀具补偿和刀具管理数据的动态处理和显示以及加工过程的可视化仿真演示等。

(3)插补和补偿方式多样化 多种插补方式如直线插补、圆弧插补、圆柱插补、空间椭圆曲面插补、螺纹插补、极坐标插补、2D+2 螺旋插补、NANO 插补、NURBS 插补(非均匀有理 B 样条插补)、样条插补(A、B、C 样条)、多项式插补等。多种补偿功能如间隙补偿、垂直度补偿、象限误差补偿、螺距和测量系统误差补偿、与速度相关的前馈补偿、温度补偿、带平滑接近和退出以及相反点计算的刀具半径补偿等。

(4)内装高性能 PLC 数控系统内装高性能 PLC 控制模块,可直接用梯形图或高级语言编程,具有直观的在线调试和在线帮助功能。编程工具中包含用于车床铣床的标准 PLC 用户程序实例,用户可在标准 PLC 用户程序基础上进行编辑修改,从而方便地建立自己的应用程序。

(5)多媒体技术应用 多媒体技术集计算机、声像和通信技术于一体,使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力。在数控技术领域,应用多媒体技术可以做到信息处理综合化、智能化,在实时监控系统和生产现场设备的故障诊断、生产过程参数监测等方面有着重大的应用价值。

### 3.3 体系结构的发展

(1)集成化 采用高度集成化 CPU、RISC 芯片和大规模可编程集成电路 FPGA、EPLD、CPLD 以及专用集成电路 ASIC 芯片,可提高数控系统的集成度和软硬件运行速度。应用 FPD 平板显示技术,可提高显示器性能。平板显示器具有科技含量高、重量轻、体积小、功耗低、便于携带等优点,可实现超大尺寸显示,成为和 CRT 抗衡的新兴显示技术,是 21 世纪显示技术的主流。应用先进封装和互连技术,将半导体和表面安装技术融为一体。通过提高集成电路密度、减少互连长度和数量来降低产品价格,改进性能,减小组件尺寸,提高系统的可靠性。

(2)模块化 硬件模块化易于实现数控系统的集成化和标准化。根据不同的功能需求,将基本模块,如 CPU、存储器、位置伺服、PLC、输入输出接口、通讯等模块,作成标准的系列化产品,通过积木方式进行功能裁剪和模块数量的增减,构成不同档次的数控系统。

(3)网络化 机床联网可进行远程控制和无人化操作。通过机床联网,可在任何一台机床上对其它机床进行编程、设定、操作、运行,不同机床的画面可同时显示在每一台机床的屏幕上。

(4)通用型开放式闭环控制模式 采用通用计算机组成总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁剪、扩展和升级,可组成不同档次、不同类型、不同集成程度的数控系统。闭环控制模式是针对传统的数控系统仅有的专用型单机封闭式开环控制模式提出的。由于制造过程是一个具有多变量控制和加工工艺综合作用的复杂过程,包含诸如加工尺寸、形状、振动、噪声、温度和热变形等各种变化因素,因此,要实现加工过程的多目标优化,必须采用多变量的闭环控制,在实时加工过程中动态调整加工过程变量。加工过程中采用开放式通用型实时动态全闭环控制模式,易于将计算机实时智能技术、网络技术、多媒体技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体,构成严密的制造过程闭环控制体系,从而实现集成化、智能化、网络化。

### 3.4 智能化新一代 PCNC 数控系统

当前开发研究适应于复杂制造过程的、具有闭环控制体系结构的、智能化新一代 PCNC 数控系统已成为可能。

智能化新一代 PCNC 数控系统将计算机智能技术、网络技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体，形成严密的制造过程闭环控制体系。

## 第四章：结束语

毕业设计是我们在学完三年教学计划所规定的全部课之后，综合运用所学过的全部理论知识与实践相结合的实践性教学环节。它培养我们进行综合分析和提高解决实际问题的能力，从而达到巩固，扩大，深化所学知识的目的，它培养我们调查研究熟悉有关技术政策，运用国家标准，规范，手册，图册等工具书，进行设计计算，数据处理，编写技术文件的独立工作能力。

通过我学到了很多，初步的让我认识到理论和实践相结合的重要。除了巩固了所学的理论知识外，还学到不少的新知识和新方法。例如在 CAD 画图中要标注极限偏差时，要先做好标注样式，在标注时只要选种再右击选出你做好的样式，在公差栏里写入你要的上、下偏差值。这是我以前所不会的。通过本次的设计使我对 AUTCAD 操作更熟练，能够完整的画出简单零件的设计图纸。

刚开始做这个作业的时候，我几乎是无从下手的。让人深感烦躁。幸好在同学的指导和自己不断的错误和摸索下找到了一定的方法。不过在做这个设计的时候还是遇到了很多问题，如在机械设计的时候对蜗轮蜗杆的设计处理不当，使计算结果偏大等等。有计剪力和弯矩时，没有进行校核，又出现错误，这些错误我用了很长的时长的时间才做好，幸好还是完成了这次设计，使自己对数控机床的工作台有了一定的认识，但我对它里面的很多电器控制还是不太清楚。因而，要学好它，必须掌握不少的其他领域学科的知识，因此还要更多的时间和努力。由于本次设计时间短和水平有限，做的不够精细，难免有点错误恳请各位读者批评指正。

同时很多谢老师您对我们的教导！

## 致谢

本次毕业设计之所以能够按时按要求顺利完成，其中有许多老师和同学给予了莫大的支持和鼓励。

首先是李刚老师，是他为我们毕业设计提供里大量的技术帮助，为我们安排设计进程，提供设计资料，并在课余时间为我们分析和讲解设计要点，使我更有信心和动力。

其次要感谢我的同学，他们很热心和无私，他们在我需要帮助之时伸出了援助之手，特别是贾光裕和那广寅两位同学，有了他们的关心和支持，毕业设计虽苦但感觉很快乐。

在论文即将完成之际，我的心情无法平静，从开始进入课题到论文的顺利完成，有多少可敬的师长、同学、朋友给了我无言的帮助，在这里请接受我诚挚的谢意。

总之没有他们，就没这么完整和全面的毕业设计，所以要再次对他们说一次——谢谢你们！

## 参考文献

- 1、隋明阳 《机械设计基础》 机械工业出版社 2005 2
- 2、张桂香 《机电类专业毕业设计指南》 机械工业出版社 2005 11.
- 3、全国数控培训网络天津分中心编 《数控机床》.北京：机械工业出版社,1997
- 4、全国数控培训网络天津分中心编 《数控编程》.北京：机械工业出版社,1997
- 5、戴曙等 《金属切削机床》.北京：机械工业出版社,1995
- 6、方沂 《数控机床编程与操作》，国防工业出版社，1999 年版。
- 7、王爱玲等 《现代数控原理及控制系统》，国防工业出版社，2002 年版。
- 8、白恩远等 《现代数控机床伺服及检测技术》，国防工业出版社，2005 年版。
- 9、任建平等 《现代数控机床故障诊断及维修》，国防工业出版社，2005 年版。
- 10、王爱玲等 《现代数控机床实用操作技术》，国防工业出版社，2005 年版。