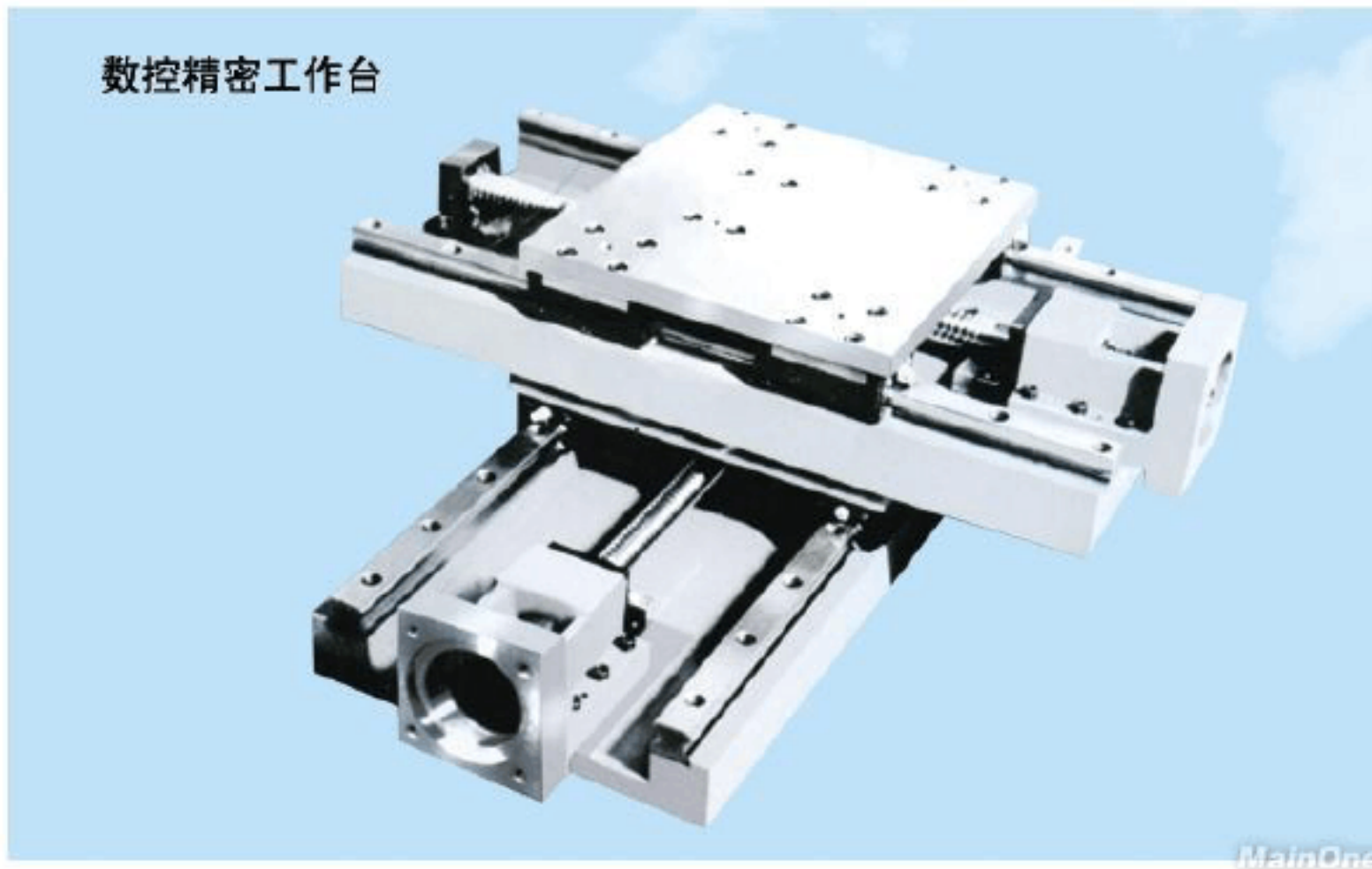


X-Y 数控工作台课程设计

一、总体方案设计

1.1 设计任务

题目：X-Y 数控工作台的机电系统设计

任务：设计一种供立式数控铣床使用的 X-Y 数控工作台，主要参数如下：

（1）工作台面尺寸 C×B×H＝185mm×195mm×27mm；

（2）底座外形尺寸 C1×B1×H1＝385mm×385mm×235mm；

（3）工作台加工范围 X=115mm Y=115mm；

（4） X、Y 方向的脉冲当量均为 0.005mm、脉冲；X、Y 方向的定位精度均为 ±0.01mm；

（5）负载重量 G=235N；

（6）工作台空载最快移动速度为 3m/min；

工作台进给最快移动速度为 1m/min。

（7）立铣刀的最大直径 d=20mm；

（8）立铣刀齿数 Z=3；

（9）最大铣削宽度 a_e 20mm ；

（10） 最大被吃刀量 a_p 10mm 。

1.2 总体方案的确定

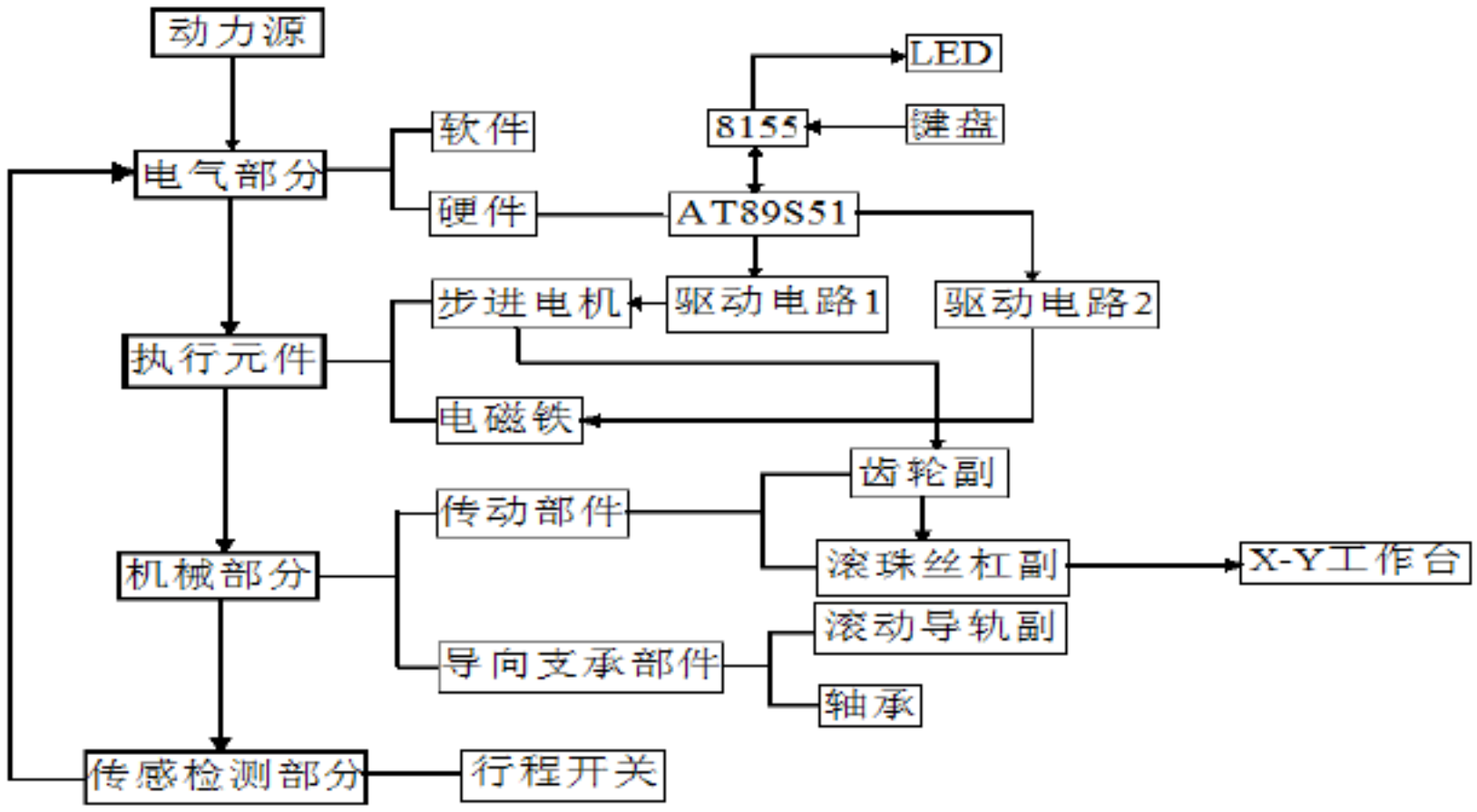


图 1-1 系统总体框图

（1） 机械传动部件的选择

① 导轨副的选择

要设计的 X-Y 工作台是用来配套轻型的立式数控铣床，需要承载的载荷不大，但脉冲当量小，定位精度高，因此，决定选用直线滚动导轨副，它具有摩擦系数小、不易爬行、传动效率高、结构紧凑、安装预紧方便等优点。

② 丝杠螺母副的选择

伺服电动机的旋转运动需要通过丝杠螺母副转换成直线运动，要满足 0.005mm 的脉冲当量和±0.01mm 的定位精度，滑动丝杠副无能为力，只有选用滚珠丝杠副才能达到。滚珠丝杠副的传动精度高、动态响应快、运转平稳、寿命长、效率高、预紧后可消除反向间隙，而且滚珠丝杠已经系列化，选用非常方便，有利于提高开发效率。

③ 减速装置的选择

选择了步进电动机和滚珠丝杠副以后，为了圆整脉冲当量，放大电动机的输

出转矩，降低运动部件折算到电动机转轴上的转动惯量，可能需要减速装置，且应有消除间隙机构。为此，系统中决定采用无间隙齿轮传动减速箱。

④ 伺服电动机的选择

任务书规定的脉冲当量尚未达到 0.001mm，定位精度也未达到微米级。因此，本设计不必采用高档次的伺服电动机，如交流伺服电动机或直流伺服电动机等，可以选用性能好一些的步进电动机，如混合式步进电动机，以降低成本，提高性价比。

⑤ 检测装置的选择

选用步进电动机作为伺服电动机后，可选开环控制，也可选闭环控制。任务书所给精度对于步进电动机来说还是偏高的，为了确保电动机在运转过程中不受切削负载和电网的影响而失步，决定采用半闭环控制，并在电动机的尾部转轴上安装增量式旋转编码器，用以检测电动机的转角与转速。增量式旋转编码器的分辨率应与步进电动机的步距角相匹配。

考虑到 X、Y 两个方向的加工范围相同，承受的工作载荷相差不大，为了减少设计工作量，X、Y 两个坐标的导轨副、丝杠螺母副、减速装置、伺服电动机，以及检测装置拟采用相同的型号与规格。

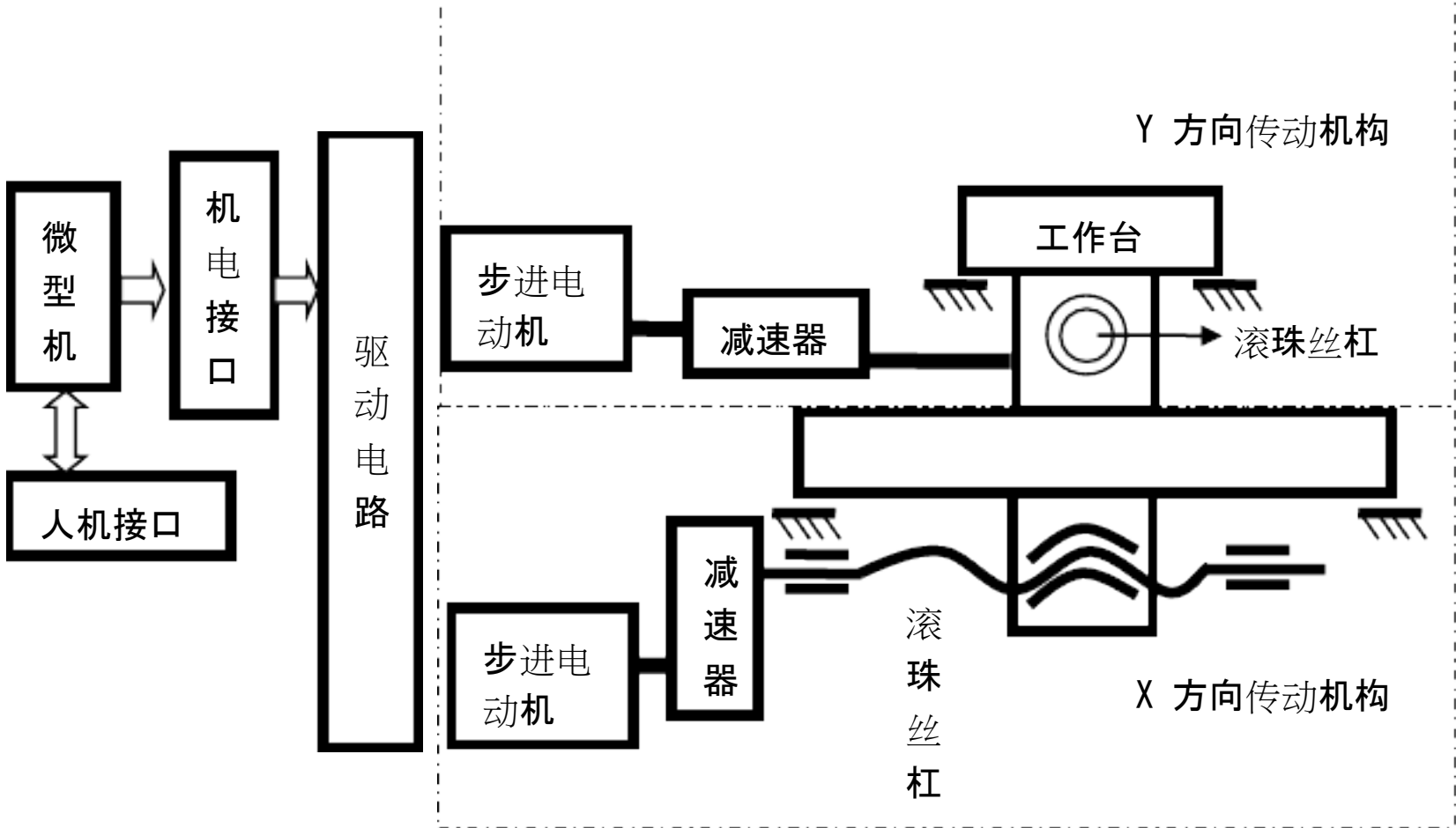
（2） 控制系统的设计

①设计的 X-Y 工作台准备用在数控铣床上，其控制系统应该具有单坐标定位、两坐标直线插补与圆弧插补的基本功能，所以控制系统应该设计成连续控制型。

②对于步进电动机的半闭环控制，选用 MCS-51 系列的 8 位单片机 AT89S51 作为控制系统的 CPU，应该能够满足任务书给定的相关指标。

③要设计一台完整的控制系统，在选择 CPU 之后，还需要扩展程序存贮器、数据存贮器、键盘与显示电路、I/O 接口电路、D/A 转换电路、串行接口电路等。

④选择合适的驱动电源，与步进电动机配套使用，我们将自行设计。



系统总体方案结构框图

二、机械系统设计

2.1、导轨上移动部件的重量估算

重量：按重量=体积×材料比重估算　（45 钢密度 7.85g/立方厘米）

工作台面尺寸：185mm×195mm×27mm

重量：76N。

上导轨座（连电机）重量：600N

夹具及工件重量：235N

X-Y 工作台运动部分的总重量 G：900N

2.2、铣削力的计算

零件的加工方式为立式铣削，采用硬质合金立铣刀，工件的材料为碳钢。查表得立铣刀的铣削力计算公式为：

$$F_e = 118 a_e^{0.85} f_z^{0.75} d^{0.73} a_p^{1.0} n^{0.13} Z$$

其中，每齿进给量 f_z 0.1mm，铣刀转速 n 300r/min，可直接带入计算得 1893N。

采用立铣刀进行圆柱铣削时，各铣削力之间的比值可查表得出，考虑逆铣时的情况，可估算三个方向的铣削力分别为：$F_f = 1.1F_c = 2082.3N$；$F_e = 0.38F_c = 719.34N$；$F_{fn} = 0.25F_c = 473.25N$。

现考虑立铣，则工作台受到垂直方向的铣削力$F_z = F_e$，受到水平方向的铣削力分别为纵向铣削力$F_x = F_f$（丝杠轴线方向），径向铣削力$F_y = F_{fn}$

2.3、直线滚动导轨的参数确定

(1)、滑块承受工作载荷的计算及导轨型号的选取

本设计中的 X-Y 工作台为水平布置，采用双导轨、四滑块的支承形式。考虑最不利的情况，即垂直于台面的工作载荷全部由一个滑块承担，则单滑块所受的最大垂直方向载荷为$F_{max} = \frac{G}{4} + F = 944.3N$。

其中，移动部件重量为 G，外加载荷$F = F_z$

根据计算出的工作载荷，初选符合要求的直线滚动导轨副的型号。

根据任务规定工作台面尺寸，加工范围及工作台整体尺寸的要求，选择导轨的长度为

2.4、滚珠丝杠的设计计算

滚珠丝杠的负荷包括铣削力及运动部件的重量所引起的进给抗力。应按铣削时的情况计算。

(1)、最大工作载荷F_m的计算

在立铣时，工作台受到进给方向的载荷（与丝杠轴线平行）为F_x，受到横向的载荷（与丝杠轴线垂直）为F_y，受到垂直方向的载荷（与工作台面垂直）为F_z。

已知移动部件的总重量 G，按矩形导轨进行计算，查表，取倾覆力矩影响系数 K=1.1，滚动导轨上的摩擦因数　0.005。求得滚珠丝杠副的最大工作载荷为：

$$F_m = KF_x + (F_z + F_y + G) = 1.1 \times 2082.3 \times (719.34+473.3+900) = 2301.0N$$

(2)、最大动载荷F_Q的计算

工作台在承受最大铣削力时的最快进给速度v 1000mm /min，初选丝杠导程 P_h 5mm ，则此时丝杠转速n v/P_h =200r/min

取滚珠丝杠的使用寿命 T=15000h，代入L_0 60nT /10^6，得丝杠寿命系数L_0

查表，取载荷系数 f_W 1.2，滚道硬度为 60HRC 时，取硬度系数 f_H 1.0，

代入式F_Q $\sqrt[3]{}$ f f F ，求得最大动载荷F_Q =15590.3N。

⑵、初选型号

规格型号	公称直径 de	基本导程 PHO	丝杠外径 d	滚珠直径 DW	螺旋升角 B	循环圈数	螺母安装尺寸										额定开荷		接触刚度 (N/um)
							D	D1	D2	B	Md2	d3	H	dm	L	动载 Ca	静载 Cao	
1604-3	16	4	15.3	2.381	4° 33’	3	32	55	42	10	4	10	5.8	6.	M6	37	5744	12174	375
1605-5		5	15.3	3.175	5° 41’	3	32	55	42	11	4	10	5.8	6	M6	42	8640	13960	410
2004-3	20	4	19.5	2.381	3° 39’	3	36	60	48	11	4	10	5.8	6	M6	40	5295	11474	660
2004-4						4	36	60	48	11	4	10	5.8	6	M6	44	6766	15298	865
2505-4		5	19.5	3.175	4° 22’	3	36	60	48	11	4	10	5.8	6	M6	46	9022	18456	720
2005-4						4	36	60	48	11	4	10	5.8	6	M6	51	11082	23340	955
2504-3	25	4	24.5	2.381	2° 55’	3	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	60	6080	16279	780
2504-4						4	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	44	7747	21673	1020
2505-3		5	24.5	3.175	3° 39’	3	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	46	9807	22850	870
2505-4						4	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	51	12553	30499	1145
2506-3		6	24.5	3.175	4° 22’	3	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	52	12945	29028	900
2506-4						4	40	66	53	11	4	10	5.8	6	M6	60	16573	38639	

根据计算出的最大动载荷和初选的丝杠导程，查表，选择亿诚部件有限公司生产的 G 系列 2505-4 型，其额定动载荷为，大于 F_Q ，满足要求。

表 2-1 滚珠丝杠螺母副几何参数

	名 称	符 号	计算公式和结果
	公称直径	d_0	20
	螺距	t	5
	接触角		45°

螺纹滚道	钢球直径	d_q	3.175
	螺纹滚道法面半径	R	R=1.651
	偏心距	e	$e=(R-d_q/2)\sin\beta=0.045$
	螺纹升角		$\gamma=\text{arctg}(t/\pi d_0)=4.34$
螺杆	螺杆外径	d	$d=d_0-(0.2\sim0.25)dq=19.206$
	螺杆内径	d_l	$d_l=d_0+2e-2R=16.788$
	螺杆接触直径	d_z	$d_z=d_0-d_q\cos\beta=17.755$
螺母	螺母螺纹外径	D	$D=d_0-2e+2R=23.212$
	螺母内径（外循环）	D_1	$D_1=d_0+(0.2\sim0.255)d_q=20.810$

⑶、传动效率计算

tg /tg(+)=0.956

式中： —摩擦角； —丝杠螺纹升角。

2.5、步进电机的选用

⑴、步进电机的步距角

根据系统脉冲当量 $_p$ 0.005mm /脉冲，滚珠丝杠的导程 P_h 5mm ，初选步进电机步距角 0.75 ×2=1.5°

⑵、步进电机快速空载启动时转轴所承受的负载转矩 T_{eq1} 的计算

T_{eq1} T_{amax} T_f =4.255N

其中 T_{amax} 是快速空载启动时折算到电动机转轴上的最大加速转矩；T_f 是移动部件运动时折算到电动机转轴上的摩擦转矩。

$$T_{amax}=\frac{2\ J_{eq}\ n_m}{60t_a}\ \frac{1}{}=3.875N$$

$$J_{eq} = J_0 + J_1 + \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 J_2 + J_3 + M\left(\frac{p}{180}\right)^2 = 41.3 \times 10^{-3} cm^2$$

式中：J_{eq}—折算到电机轴上的惯性负载（kg.cm²）； J_0—步进电机转轴的转动惯量（kg.cm²）；J_1—齿轮 1 的转动惯量（kg.cm²）；J_2—齿轮 2 的转动惯量（kg.cm²）；J_3—滚珠丝杠的转动惯量（kg.cm²）;M—移动部件质量（kg）。

对材料为钢的圆柱零件转动惯量可按下式估算

$$J = 0.78 \times 10^{-3} D^4$$

式中：D—圆柱零件直径（cm）；L—零件长度（cm）。

所以

J_1 0.78 10^{-3} 1.7⁴ 0.5 3.26 10^{-3} kg•cm²

J_2 0.78 10^{-3} 2.8⁴ 0.5 23. 10^{-3} kg•cm²

J_3 0.78 10^{-3} 1⁴ 5 3.9 10^{-3} kg•cm²

电机轴转动惯量很小，可以忽略。

$$n_m = \frac{v_{max}}{360\ p} = 2500$$

设步进电机由静止到加速至n_m所需时间为t_a 0.4s，传动链总效率为 0.7

$$T_f = \frac{(F_z \quad G)P_h}{2 \quad i} = 0.38N$$

步进电机最大工作负载状态下转轴所承受的负载转矩T_{eq2}的计算

$$T_{eq2} = T_t \quad T_f = 10.24N.M$$

T_t是折算到电动机转轴上的最大工作负载转矩；T_f是移动部件运动时折算到电动机转轴上的摩擦转矩。

$$T_t = \frac{F_f \ P_h}{2 \quad i} = 9.86N.M$$

$$T_f = \frac{(F_z \quad G)P_h}{2 \quad i} = 0.38N.M$$

$T_{eq} \quad \max\{T_{eq1}, T_{eq2}\} = 10.24 N.M$

⑶、步进电机的最高工作频率

$$f_{max} \quad \frac{1000V_{max}}{60\ \ p} \quad \frac{1000\ \ 3}{60\ \ 0.005} HZ = 10000HZ$$

查表选用两个 55BF004-Ⅱ型步进电机。电机的有关参数见下表。

型号	主要技术参数				外形尺寸		
	步 距角	最大静转矩（N.M）	电压（V）	电流（A）	外径	长度	轴颈
55BF004-Ⅱ	1.5°	49	30	0.5	45	58	4

2.5、确定齿轮传动比

因步进电机步距角 0.75 ×2=1.5°，滚珠丝杠的导程 P_h 5mm ，要实现脉冲当量 $_p$ 0.005mm /step，在传动系统中应加一对齿轮降速传动。齿轮传动比

i=Z1/Z2=12/50

选 Z1=12，Z2=50 。

2.6、确定齿轮模数及有关尺寸

因传递的扭距较小，取模数 m 1mm ，齿轮有关尺寸见表

Z	12	50
d mZ mm	12	50
d_a d 2m mm	14	52
d_f d 2 1.25m mm	9.5	49.5
b 3 6 m mm	-3	-3
a $\frac{d_1 \quad d_2}{2}$ mm	31	

三、控制部分设计

3.1 人机界面设计

此人机界面是有上方的显示屏幕以及旁边的指令按键组成，处于黑框部分的就是显示区 域，操作人员可根据屏幕上的提示进行指令操作，另外，进给速度、坐标参数、加工模拟图也会在屏幕上显示，处于下方和右侧的是操作面板。

下图是刚进入数控系统时的界面：



主操作面板上第一排为自动加工、程序编辑、故障诊断、 MDI、坐标相对值、显

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/628117105014006112