

# 基于 PLC 的交流伺服运动控制装置设计研究

张静雅<sup>1</sup>, 罗昱文<sup>2</sup>, 符茂胜<sup>1</sup>

(1. 皖西学院电子与信息工程学院, 安徽 六安 237000; 2. 重庆文理学院电子电气工程学院, 重庆 402160)

**摘要:**传统的运动控制兼容性差且存在诸多缺陷,为了提高运动控制的容错性,设计了基于 PLC 的交流伺服运动控制装置。该装置包括控制系统总体设计、软件程序设计、硬件的选择、系统的调试等,其中机械部分主要是 X-Y 工作平台的结构设计。研究发现,X-Y 工作台的控制系统结构简单,投资少;用户通过操作此仿真系统进行模拟加工实验,再配合联机加工,其实际操作技能和数控编程技术将得到全面提高。

**关键词:**交流伺服;运动控制;PLC 系统;检测元件

**中图分类号:** TM383.4; TP273

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-755X(2019)02-0021-04

## Design and Research of PLC AC Servo Motion Control Device

ZHANG Jing-ya<sup>1</sup>, LUO Yu-wen<sup>2</sup>, FU Mao-sheng<sup>1</sup>

(1. West Anhui University, Lu'an 237000, China;

2. Chongqing University of Arts and Science, Chongqing 402160, China)

**Abstract:** Traditional motion control system is poorly compatible and has many drawbacks. In order to improve the fault-tolerance of the traditional motion control system, an ac servo motion control system based on PLC is designed. This device includes the overall design of control system, the design of software program, the selection of hardware, the debugging of the system, etc. The mechanical part is mainly the structure design of X-Y working platform. The study found that X-Y workbench control system structure is simple and only requires small amount of investment. Users can conduct simulation machining experiments by operating this simulation system, and then cooperate with online machining. As a result, their practical operation skills and numerical control programming technology will be comprehensively improved.

**Key words:** ac servo; motion control; PLC system; detection element

通用运动控制技术集成化程度高,应用范围十分广泛,不仅包括对于多轴速度的控制,还会在位置控制领域辅以研究并投入应用。通用运动控制器对于工艺技术的要求很高,但同时也简化了其他行业的生产工艺,将繁杂的机械结构推向简单明了的方向发展。伺服机械传动装置是其中的一项关键环节,目前在控制系统中应用广泛,可传递转矩和转速并使伺服电动机和负载之间的转矩与转速得以匹配。

李喜林等提出针对电动舵机设计的以 PLC 为基础的交流伺服系统实验,构建传感器模型,进一步为交流伺服系统的设计打下基础<sup>[1]</sup>。乔磊等提出基于 PCI 系统基础的控制系统集成化实验,对比步进电机实验方案,进一步优化了交流伺服电机控制系统的设计思路<sup>[2]</sup>。刘振宇进行了基于交流变频器的伺服控

**收稿日期:** 2019-03-27

**基金项目:** 安徽省教育厅重大科研项目(KJ2015ZD4);国家级创新训练项目(20151037601);皖西学院校级项目(WXZR201732)

**作者简介:** 张静雅(1991—),女,安徽六安人,助教,硕士,主要从事光通信与光电检测的研究。

制系统的设计,截取交流电压波段,可以将液压驱动系统控制在一个平稳状态<sup>[3]</sup>。本文介绍一款基于 PLC 的交流伺服运动控制装置,用户通过操作此仿真系统进行模拟加工实验,再配合联机加工,其实际操作技能和数控编程技术将得到全面提高。

## 1 交流伺服运动控制装置

### 1.1 控制系统的选择

交流伺服控制系统为半闭环装置,通过接收控制系统指令控制整个系统工作。电机直接连接至滚珠丝杠副中,以脉冲形式反馈偏差,并控制整个系统运动。具体组成及操控方式如图 1 所示。

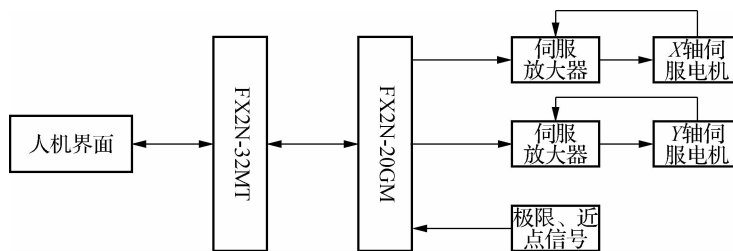


图 1 控制系统总框

### 1.2 工作台载荷设计

已知数控机床的预期工作时间  $L_h = 15\ 000\ \text{h}$ ,滚珠丝杠的当量载荷  $F_m = F_{a\max} = 345\ \text{N}$ ,查表得载荷系数  $f_w = 1.3$ ;初步选择滚珠丝杠的精度等级为 3 级,取精度系数  $f_a = 1$ ;查表得可靠性系数  $f_c = 1$ 。已知本机床横向进给系统的定位精度为  $40\ \mu\text{m}$ ,重复定位精度为  $16\ \mu\text{m}$ ,则最大轴向变形  $\sigma_{\max}$  具体计算如下:

$$\sigma_{\max 1} = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \times 16 = 5.33 \sim 8\ \mu\text{m}$$

$$\sigma_{\max 2} = \left( \frac{1}{5} \sim \frac{1}{4} \right) \times 40 = 8 \sim 10\ \mu\text{m}$$

取上述计算结果的较小值,即  $\sigma_{\max} = 5.33\ \mu\text{m}$ 。

### 1.3 控制系统组成结构仿真

数控系统硬件是由输入/输出装置、计算机数字控制装置(CNC 装置)、伺服系统(驱动控制装置)和机床电气控制装置四部分组成,机床本体则为被控对象。该系统组成框如图 2 所示。

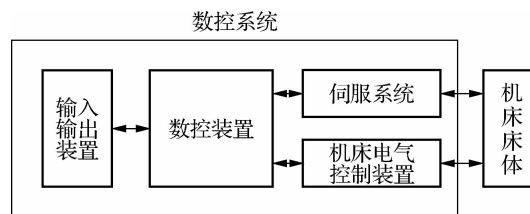


图 2 控制系统的组成框

数控系统按照外部输入的数控加工程序对工件进行自动加工。数控加工程序记载着数控加工所需的各种信息,主要包括零件加工的轨迹信息(如几何形状与尺寸)、工艺信息(如进给速度和主轴转速)和开关命令(如换刀和切削液开关等)。

1)输入装置将数控加工程序及其它信息输入给数控装置,输出装置则负责将输出的内容和机床的工作状态显示出来。2)数控装置是数控系统的核心。其主要功能是解释数控加工程序并对揭示的结果进行各种数字计算和逻辑判断处理,最终将数控加工程序按两类控制信息输出:一类是高速轨迹信息(连续控制量),送给伺服驱动装置;另一类为送给可编程控制器的离散量。3)伺服系统包括进给轴伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。前者主要对各进给轴的位置进行控制,后者主要对主轴的进给速度进行控制。4)机床电气控制装置也位于数控装置和机床本体之间,由可编程控制器和继电器、接触器组成,它接受数控装置发出的开关命令,主要完成主轴的起停和方向控制、工件的夹紧和放松、切削液的开关等辅助工作。

## 2 系统仿真分析

### 2.1 可编程控制器(PLC)

为了保证所需的输入输出 I/O 点数足够,并预留一定数目的备用 I/O 点数,本系统选择 FX2N-32MT 作为基本控制单元,该型号的 PLC 有输入继电器 16 点、输出继电器 16 点。PLC 中 I/O 端口的分配如表 1、表 2 所示,辅助继电器的分配情况如表 3 所示,寄存器的分配情况如表 4 所示。

表 1 控制 X 轴的 PLC 的 I/O 端口与对应的信号名称

PLC 的输入端口	输入端口的信号名称	PLC 的输出端口	输出端口的信号名称
X000	ABS 发送数据 bit0	Y000	伺服开启 SON
X001	ABS 发送数据 bit1	Y001	ABS 传送模式
X002	ABS 发送数据准备完毕	Y002	ABS 请求
X003	伺服报警(ALM)	Y003	伺服报警复位(RES)
X004	人机界面上的报警复位开关	Y004	人机界面上的伺服报警指示灯
X005	人机界面上的伺服开启开关	Y005	X 轴电机继电器

表 2 控制 Y 轴的 PLC 的 I/O 端口与对应的信号名称

PLC 的输入端口	输入端口的信号名称	PLC 的输出端口	输出端口的信号名称
X010	ABS 发送数据 bit0	Y010	伺服开启 SON
X011	ABS 发送数据 bit1	Y011	ABS 传送模式
X012	ABS 发送数据准备完毕	Y012	ABS 请求
X013	伺服报警(ALM)	Y013	伺服报警复位(RES)
X014	人机界面上的报警复位开关	Y014	人机界面上的伺服报警指示灯
X015	人机界面上的伺服开启开关	Y015	Y 轴电机继电器

表 3 PLC 中辅助继电器分配情况

X 轴辅助继电器	Y 轴辅助继电器	X 轴/Y 轴指令动作
M0	M10	ABS 传送开始
M1	M11	ABS 数据读出
M2	M12	伺服开启
M3	M13	ABS 数据准备完毕
M4、M5、M6、M7	M14、M15、M16、M17	2 位 ABS 接受缓冲器
M8	M18	伺服报警复位
M9	M19	伺服报警复位
M100	M200	Step run(单步运行)
M101	M201	Start(启动)
M102	M202	Stop(停止)
M103	M203	M 代码关
M104	M204	原点回归
M105	M205	正转点动
M106	M206	反转点动
M107	M207	故障复位
M108	M208	回零轴控制

表 4 PLC 中寄存器的分配情况

X 轴	Y 轴	X 轴/Y 轴指令动作
D10. b0	D20. b0	Ready/Busy(就绪/占用)
D10. b1	D20. b1	Completed(完成)
D10. b2	D20. b2	Error detection(故障检测)
D10. b3	D20. b3	M code on(M 代码开)
D10. b4	D20. b4	M code waiting(M 代码等待)
D10. b5	D20. b5	M00 waiting(M00 等待)
D10. b6	D20. b6	Stop waiting(停止等待)
D10. b7	D20. b7	Auto running(自动运行)
D10. b8	D20. b8	Zero completed(回零完成)

## 2.2 X-Y 轴伺服电机的选型模拟

工作台在 X 方向的行程为 200 mm, Y 轴行程为 230 mm, 丝杠的总长  $L_1 = 3\ 000$  mm, 快进速度  $V_{\max} = 1\ 000$  mm  $\cdot$  min $^{-1}$ , 丝杠的导程  $P_{\text{丝}} = 5$  mm, 丝杠的直径  $D_1 = 10$  mm, 工作台的重量  $W = 110$  kg, 电机通过联轴器直连丝杠, 其传动比  $n = 1$ , 驱动系统效率  $\eta = 0.8$ , 系统摩擦系数  $\mu = 0.2$ , 定位时间  $t_0 = 1.2$  s, 调整

时间  $t_s = 0.15$  s, 加速时间  $t_{psa}$  与减速时间  $t_{psd}$  相等为  $0.05$  s<sup>[4]</sup>。

1) 电机的最高转速  $N_{\max}$  如式(1)所示:

$$N_{\max} = \frac{V_{\max}}{P_{.sh}} \cdot n = 200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1} \quad (1)$$

2) 负载转矩  $T_{XL}$  如式(2)所示:

$$T_{XL} = \frac{\mu \cdot W \cdot g \cdot P_{.sh}}{2 \times 10^3 \cdot \pi \cdot \eta} = 0.21 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (2)$$

3) 负载惯量  $J_{XL}$  (转换为伺服电机轴上的等效值)。负载惯量是由工作台的惯量  $J_{XL1}$  和丝杠的惯量  $J_{XL2}$  两部分组成的, 如式(3)、(4)所示:

$$J_{XL1} = W \cdot \left( \frac{P_{.sh}}{20\pi} \right)^2 = 0.70 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 \quad (3)$$

$$J_{XL2} = \frac{\pi \rho L_1}{32} D_1^4 = 0.23 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 \quad (4)$$

式中,  $\rho$  为钢的密度, 一般取  $7.8 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

故 X 轴上总的负载惯量:

$$J_{XL} = J_{XL1} + J_{XL2} = 0.93 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 \quad (5)$$

4) 伺服电机的选择。伺服电机的选择必须符合以下两个条件: ①最大转速 < 伺服电机额定转速; ②满负载惯量 < ( $2.5 \times$  伺服电机惯量)<sup>[5]</sup>。根据三菱电机选型手册, 选择 HF-KP13 型的伺服电机。

### 2.3 PLC 与定位模块的通信分析

PLC 主要通过指定程序号并将数据读入系统后发成操作指令的方式来控制不同单元之间的通信<sup>[6]</sup>。利用 TO 指令将调用程序发送至位控单元的 #0 缓冲存储器(0 # BFM)中的 D9000。若想要完成对程序 1 的调用, 具体程序如图 3 所示。这些功能都是由 PLC 通过 FROM/TO 指令, 对特殊辅助继电器和特殊数据寄存器进行读写来实现的。

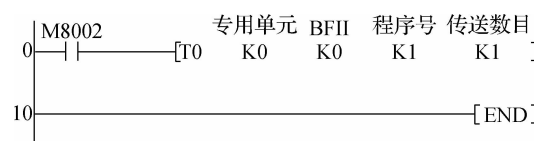


图 3 调用定位模块序号的程序

## 3 结 语

PLC 交流伺服运动控制实验装置的控制系統是基于已经应用于实际生产中的三坐标数控铣床系统的基础上, 实现对主流数控机床的控制面板、操作及编程的真实模拟。以 PC 机作为硬件平台, 结合 PLC 良好的控制性能, 配以 HF-KP13 型伺服电机和驱动器, 实现了教学用的数控系统。在原有数控系统的基础上再增加数控加工模拟功能, 用户通过操作此仿真系统进行模拟加工实验, 再配合联机加工, 其实际操作技能和数控编程技术将得到全面提高。

### 参考文献:

- [1] 李喜林, 李冬梅. 舵机电伺服加载控制系统的设计与研究[J]. 机床与液压, 2018(4): 13 - 15
- [2] 乔磊, 杨召彬, 王政皓, 等. 基于 PCI-1750 数据采集卡的伺服电机控制系统设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(2): 45 - 48
- [3] 刘振宇. 井下液压伺服驱动控制系统研究[J]. 煤矿机械, 2018(3): 40 - 45
- [4] 吴伟龙, 滕飞. 交流伺服控制系统在自动化生产线输送单元中的应用[J]. 产业与科技论坛, 2017, 16(18): 72 - 73
- [5] 吴洪兵. 6 关节搬运机器人运动控制系统研究[J]. 金陵科技学院学报, 2017(3): 1 - 5
- [6] 张新华, 黄建, 张兆凯, 等. 基于 DSP 和 FPGA 的高功率密度交流伺服驱动控制系统设计[J]. 微电机, 2017, 50(2): 45 - 49

(责任编辑: 湛 江)