

应用软 PLC 开发数控机床的功能控制

陈兴武¹, 蒋新华^{1,2}, 徐均攀²

(1. 中南大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 福建工程学院电子信息与电气工程系, 福建 福州 350014)

摘要: 数控机床复杂的功能控制软件一般采用专业的编程语言设计, 难被普通的用户所掌握. 为了简化设计和改进性能, 采用软 PLC 取代继电器和开关控制电路, 并通过 PLC 编程, 实现了除轨迹插补控制之外的基本数控功能控制, 包括: 数控机床控制轴数的灵活配置、运动轴的使能控制、机床操作面板的信号控制、辅助信号的程序控制、开关量的增减和急停控制等. 通过参数定义和功能模块化结构设计, 基于 S7-200 PLC 软件, 编制出一套控制程序, 在配置西门子 802D 机床数控系统上进行了调试. 证明: 该设计可使数控机床的功能控制更加可靠, 具有灵活和简便等特点, 能满足数字化、模块化和开放式功能控制的需要.

关键词: 数控机床; 功能控制; PLC 设计; 数字化控制

中图分类号: TH 164

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2005)05-0654-04

数控机床采用数控系统结合继电器、接触器等硬件电路实现功能控制, 存在固有缺陷, 如: 继电器依靠触点动作会产生火花和抖动, 影响系统稳定性和可靠性、使用寿命较短、响应速度较慢、功能灵活性较差、系统硬件规模较大等. 数控的功能控制程序, 一般采用汇编语言、高级语言、专业编程系统或面向对象等的编程技术编制, 要么程序结构差, 功能不易扩展; 要么专业技术要求高, 难被一般的用户掌握.

PLC 采用微电子技术, 开关动作由无触点的半导体电路完成, 可取代继电器控制电路^[1], 适合于执行逻辑运算和顺序控制等操作, 控制各类机械或生产过程. 目前 PLC 编程技术已被普通用户所掌握, 但是, 在数控机床复杂的功能控制中, 国产 PLC 的应用还只停留在辅助功能 M、刀具功能 T、主轴功能 S 和开关量的控制及一些单一化功能的应用上^[2,3], 对于数控前、后台控制的其他功能还没有完全开发出来, 这也阻碍国产数控系统向全数字化控制^[4]、功能模块化和开放式结构方向^[5]的进展. 国外数控厂商, 如西门子公司推出的 802D、840D 等的数控系统中, 采用嵌入式 PLC, 大大提高系统的集成度, 整个数控系统除一个微机平台外, 剩下的只有驱动功率接口和反馈接口, 实现了全数字化控制, 既有效提高系统可靠性, 又消除信息传递瓶颈, 提高了系统性能.

本文采用 PLC 实现数控机床中除高速的插补运动轨迹控制由数控核心程序完成之外的全面功能控制, 显著表现在其功能控制具有高度的灵活性: 在许可范围内数控轴的配置, 控制信号的变动, 进给轴的使能控制, 机床操作面板信号的控制, 辅助信号的控制, 以及 I/O 接口的开关量控制, 等等, 只要通过更改 PLC 编程, 就可以使相应的配置立即生效, 这也使得相同的数控系统可以灵活地应用到不同配置的数控机床上, 并使得掌握普通 PLC 编程知识的机床用户也可以进行功能维护、设计和开发工作.

1 数控机床 PLC 系统结构

PLC 可以独立地通过 I/O 接口与数控系统连结, 也可以通过总线与数控 CPU 连结成嵌入式 PLC^[6], 或与数控系统共用 CPU 形成 Soft-PLC^[7], 共用相同的 I/O 接口与内存^[8], 对数控机床的功能进行控制.

图 1 表示本文所采用的软 PLC 结构框图, PLC 与 CNC 共用 CPU, 之间的信号传送在 CNC 装置内部实现, 而 PLC 与机床电气控制信号的传送则通过 CNC 的 I/O 接口实现^[9,10]. 因此, 该 PLC 部分被作为 CNC 的基本功能而统一设计和制造, 结构十分紧凑; PLC 控制程序一经编制, 传送到 CNC 装置中, 即可用于数控系统对机床功能信号的控制.

2 功能控制的 PLC 设计

2.1 设计方案

本文基于 S7-200 PLC, 采用 STEP7-Micro/ WIN

收稿日期: 2004-11-29

基金项目: 福建省教育厅自然科学基金(JA04257)资助

作者简介: 陈兴武(1963-), 男, 高级工程师. 现在福建工程学院任教.

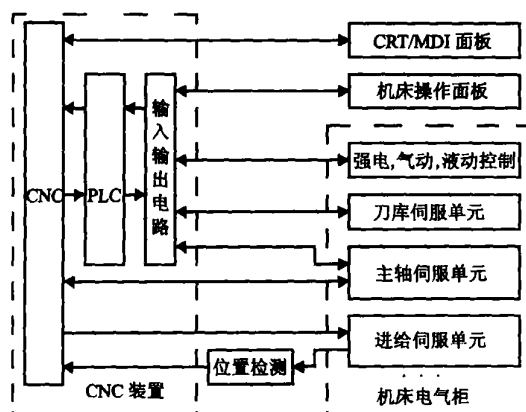


图1 数控机床软 PLC 的系统框图

Fig.1 System block diagram of Soft-PLC for CNC machine

编程软件,对数控机床的功能控制进行设计和编程,最后把整套软件传送到西门子 802D 数控系统中进行调试,实现设计方案。

本套设计包括了如下数控机床的常规功能:

- 1) 数控机床控制轴数的灵活配置功能;
- 2) 遇到紧急情况如:过载、超程、碰撞、掉电等处理急停功能;
- 3) 机床操作面板控制功能;
- 4) 主轴的起动、停止、转向和进给轴的使能控制功能;
- 5) 冷却液的起动、停止控制功能;
- 6) 自动润滑控制功能。

此外,可以根据数控机床的控制要求,增加或裁减相应的功能。采用结构化编程编制各个功能的 PLC 子程序,由 PLC 主程序调用,实现系统的功能扩展。

本套 PLC 系统包含一个主程序,一个初始化程序,和八个功能子程序。在开始程序设计前,给出如下参数定义:

定义机床参数,确定机床的类型、控制轴数、润滑时间间隔以及每次润滑时间等。

对 I/O 信号进行变量定义,列出变量表,供 PLC 程序设计使用。

对传感元件检测的信号,如装在回转轴上的编码器检测信号和坐标轴上的行程硬限位开关信号,进行必要的编码和转换,供 CPU 识别和处理。

以下是 PLC 程序设计思路,详细介绍 PLC 控制程序的设计方法和如何使用各个功能子程序,此外,如果机床配置发生变化,可最快速度地构建相应的控制程序。

2.2 PLC 程序设计

1) 主程序设计

数控机床通电后就开始执行主程序。首先进行系统初始化,接着对各个润滑部位进行首次的中心润滑操作(以后的润滑通过定时进行),然后,系统进入监控状态,处理机床操作面板的控制信号,如有手动操作指令就转入手轮操作程序;如是自动加工指令就转入数控核心 NCK 程序,调用相应的轴使能控制程序,并起动冷却,实现自动加工。加工过程中如出现硬限位保护等紧急情况,就调用急停程序停止系统工作。主程序框图如图 2 所示。

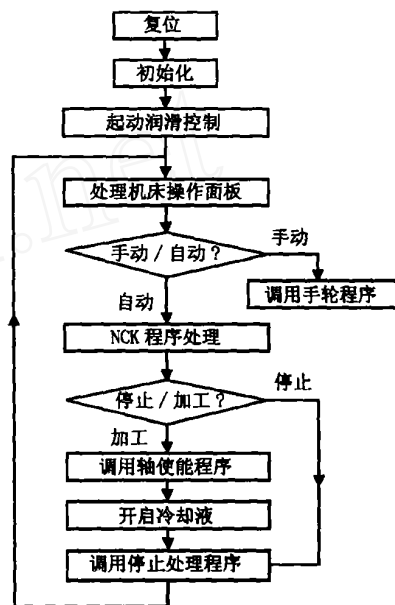


图2 主程序框图

Fig.2 Block diagram of main program

主程序的 PLC 语句表结构如下:

```
LD SM0.1
CALL PLC_INI //调用 PLC 初始化程序
LD SM0.0
CALL LUBRICAT,VW45000048,VW45000050,
V10000004.4,SM0.0,I2.7,I2.6,Q0.5,
V11000004.4 //首次润滑,以后按设定间隔自动
润滑
LD SM0.0
CALL EMG_STOP,20,I0.0,I2.0,I2.1,M251.0,
M251.0,Q0.0,Q0.1,Q0.2
//急停控制,等待机床面板操作信号
LD SM0.0
CALL MCP_PP,IB3,IB4,IB5,IB6,IB7,IB8,
SM0.0,SM0.0,3,QB2
//MCP 信号存接口数据区
LD SM0.0
CALL MCP_NCK //接口信号处理,执行 NCK 信
```

```

号
LD SM0.0
CALL HANDWHL //手轮操作选择
LD SM0.0
CALL AXES_CTL,0,Q0.2,Q0.1,M251.0,I0.1,
    I0.2,I0.7,I0.3,I0.4,I1.0,I0.5,I0.6,I1.1,
    M251.0,M251.0,M255.7,M255.7,Q0.3,M255.7
//轴使能控制程序
LD SM0.0
= L60.0
LD V10000005.6
= L63.7
LD I2.5
= L63.6
LD I2.4
= L63.5
LD L60.0
CALL COOLING,L63.7,L63.6,L63.5,Q0.4,
    V1100005.6 //冷却液控制

```

从以上的 PLC 语句可以看出,采用 PLC 编程,可使程序设计极大地得到简化.这里采用了模块化程序结构设计,各个功能模块均由主程序调用,功能模块可根据数控机床的需要不断扩展和灵活配置,使得控制功能具有优良的柔性和可靠性.

2) 轴使能控制子程序 AXES_CTL

控制各轴的脉冲使能和控制使能信号,监控各轴参考点开关信号和根据主轴命令(M03 正转、M04 反转和 M19 定向)控制主轴的使能信号,并根据位置调节器生效的状态触发垂直轴电机抱闸,以防因垂直轴的自重而下落.

为了防止进给轴超程和实现准确的零点定位,每个进给轴都配有两个硬限位开关和一个参考点开关,而每个轴都有脉冲使能和控制使能等信号,因此需要使用的开关量信号较多.程序中设计了相应的局部变量,通过设计开关量编码,可简化编程.轴使能控制编程较为复杂,图 3 给出了其编程要义.

3) 初始化子程序 PLC_INIT

初始化程序在机床通电后的第一个 PLC 循环被主程序调用.根据机床配置的参数设定数控核心 NCK 的接口信号,如根据机床参数 MD14510[16]的值确定机床是车床、铣床或通用类机床;根据参数 MD14512[16]和 MD20070[5]确定机床的控制轴数和主轴代号;根据机床参数 MD14512[18]的第 0 位来确定机床是否配置主轴倍率开关;根据 V32000006.7 的置位信号使进给倍率生效;对伺服电机上的光电编码器进行格雷码初始化,以确定机床控制目标的方式选择、轴选择,等等.初始化程序使 PLC 系统进入初始工作状态.

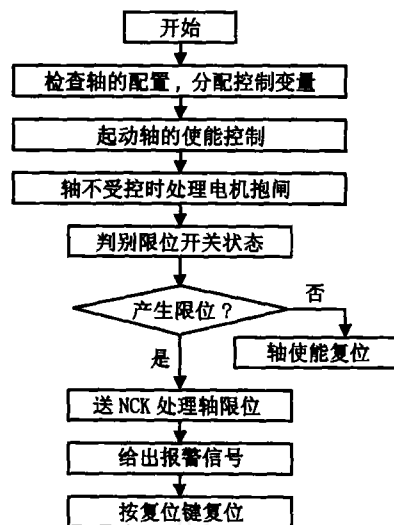


图 3 轴使能控制子程序框图

Fig. 3 Axes enable control subroutine

4) 其他功能子程序的设计

急停处理子程序 EMG_STOP,执行需要紧急停机时的停机操作,并激活用户报警,以判别急停原因.

机床控制面板 MCP 操作子程序 MCP_PP,用于把 MCP 上的 I/O 信号传送到接口数据缓存区,准备接口板与主机之间的信号传送.

MCP 与 NCK 传送程序 MCP_NCK,用于把 MCP 上的控制信号从接口数据区传送到数控核心 NCK 相应的地址中,并激活操作,实现操作功能.

手轮控制子程序 HANDWHL,根据人机接口 HMI 的接口信息在机床坐标系 MCS 或工具坐标系 WCS 下选择手轮操作,实现手动操作.

冷却液起、停子程序 COOLING,可手动起、停冷却;也可由辅助功能指令 M08 起动、M09 停止冷却.

润滑控制子程序 LUBRICAT,可根据设定的时间间隔和持续时间进行自动润滑,还可手动操作润滑.

3 程序调试

把以上编制的全套 PLC 程序通过 RS232 接口传送到西门子 802D 的机床数控系统中,进行调试.

设置机床类型.首先,置机床参数 MD14510[16]为 0,显示屏显示机床为通用机床,可控制五轴驱动;然后,置机床参数 MD14510[16]为 1,显示屏显示机床为车床配置,控制轴为:第一轴为 X 轴,第二轴为 Z 轴,第三轴为主轴,可满足三轴驱动的车床系统的应用;接着,置机床参数 MD14510[16]为 2,显示屏显示机床为铣床配置,控制轴为:第一轴为 X 轴,第二轴为 Y 轴,第三轴为 Z 轴,第四轴为主轴,第五轴为 A 轴,可满足五轴驱动的铣床系统的应用.

设置机床轴数. 对于上述的铣床配置, 可知为四个进给轴和一个主轴, 用于四坐标数控铣床的控制; 今把机床参数 MD20070[5] 设为 0, 就去除了 A 轴, 显示屏显示机床配置为 X、Y、Z 轴和一个主轴, 通过这样的设置后, 该系统就可以用于实际配置为三个直线进给轴和一个主轴的三坐标铣床的功能控制了.

各进给轴的使能控制. 可执行各进给轴的运动控制、方向判断; 监控参考点开关信号, 无论运动轴以多大的速度回参考点, 在参考点附近均能变为给定的回零速度准确定位; 测试各个轴的极限开关控制, 当执行限位时, 硬件逻辑能自动关闭电源馈入模块的控制使能, 处理急停并显示相应的报警信息.

检测位置调节器的工作状态及安装在垂直轴上的优化开关, 可进行电机抱闸的动作控制.

主轴控制调试. 通过控制主轴的使能信号, 可手动和自动控制主轴运行, 实现正转、反转和定位.

辅助功能调试. 能手动和程序自动调用并控制冷却和润滑系统的使能信号, 实现起动和停止操作.

4 结 论

应用软 PLC 的数控系统结构, 根据数控机床的常规配置, 设计出功能控制的 PLC 控制方案. 基于 S7-200 PLC 编制出全套的 PLC 控制软件, 并在西门子 802D 数控系统中进行了全面调试, 证明设计完全实现了数控机床的功能控制, 且该设计方法具有通用性, 对于配置为其它品牌的 PLC 系统来说, 采用类似的设计思路, 针对相应的机床配置, 同样可以设计出适用的功能控制程序.

实践证明, 采用软 PLC 设计数控机床的功能控制

是合理且切实可行的, 具有可靠性高、功能完善、灵活通用和操作简便等特点, 具有良好的实用价值.

参考文献:

- [1] 侯美华. 可编程控制器在工业控制中的应用[J]. 电气开关, 2000, (6): 33 - 35.
- [2] 许振伟, 骆再飞, 蒋静坪. PLC 在数控铣床电气控制中的应用[J]. 机床与液压, 2002, (6): 185 - 186.
- [3] 刘瑞已. 可编程控制器 (PLC) 在数控机床 (CNC) 中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002, (12): 61 - 62.
- [4] 《制造技术与机床》编辑部. 大力推动制造业信息化, 提升企业核心竞争力[J]. 制造技术与机床, 2003, (1): 19 - 21.
- [5] 康存锋, 杨建武, 费仁元, 等. 开放式 PC 型运动控制器的研究[J]. 中国机械工程, 2004, (9): 800 - 802.
- [6] Schoop R, Neubert R, Suessmann B. Flexible manufacturing control with PLC, CNC and software agents[A]. Proceedings 5th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems[C]. Dallas, TX, USA: IEEE Comput Soc, 2001. 365 - 371.
- [7] Kosmol J, Mrzyglod M, Reiner J, et al. Machine control systems- PLC and CNC controllers[A]. Automatic Production. Wroclaw [C]. Poland: Wydawnictwo Politech, 2000. 299 - 328.
- [8] 张汉兵, 叶伯生, 杨道善. 数控系统中内嵌式 PLC 梯形图编程的软件实现[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001, (12): 26 - 28.
- [9] 王广炎, 赵建东, 王小椿. 机床数控系统中嵌入式可编程控制器的设计[J]. 机械科学与技术, 2001, (1): 84 - 85.
- [10] 罗华丽, 李斌, 汤志斌. 开放式数控系统中的软件 PLC 技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003, (2): 38 - 40.

Soft-PLC Development for Function Control of CNC Machine

CHEN Xing-wu¹, JIANG Xin-hua^{1,2}, XU Jun-pan²

(1. School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Dept. of Electronic Information and Electrical Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350014, China)

Abstract : The complicated function control software for CNC machine is normally designed by specialized programming language, less known by ordinary machine operator. To simplify the design and improve function, the Soft-PLC was adopted to replace the relays and switching circuits in CNC machine, and the fundamental CNC function controls realized, including flexible configuring control axes, axis enable control, MCP signal process, auxiliary signal control, emergency stop, and switching signal's flexible control, only except the trace interpolation. Through parameters definition and function modularization design, one set of control software was programmed based on S7-200 PLC, which was tested in CNC machine constructing with Siemens 802D. It is proven that the Soft-PLC design makes the CNC machine's function control more reliable, with characteristics of flexibility and easy for operation, and can meet the needs of digital control, function modularization, and open structure.

Key words : CNC machine; function control; PLC design; digital control