

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2010.03.024

## 基于 CAN 总线的多电机协调运动控制系统研究

刘涛, 王宗义, 孔庆磊, 武光田

(哈尔滨工程大学自动化学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

**摘要:** 多电机协调运动控制系统在工业领域中的应用越来越广泛, 深入研究多电机的协调运动控制, 提高其同步精度具有重要的意义。提出基于 CAN 总线的多电机运动控制系统结构, 设计基于 SJA1000 的具有 CAN 总线通信功能的硬件模块和软件模块。实际运行结果表明该运动控制系统的各项技术参数均满足工艺要求。

**关键词:** 多电机协调运动; CAN 总线; SJA1000

**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881(2010)3-075-3

### Research on Multimotor Motion Control System Based on CAN Bus

LU Tao, WANG Zongyi, KONG Qinglei, WU Guangtian

(College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin Heilongjiang 150001, China)

**Abstract:** Multimotor motion control system is used more and more widely in industrial area. It's important to improving synchronized accuracy of multimotor motion control system. The structure of multimotor motion control system was proposed based on CAN bus. The hardware module and software module with the function of CAN bus communication were designed based on SJA1000. Practical results show the technical parameters of this control system meet technology requirements.

**Keywords:** Multimotor motion control system; CAN bus; SJA1000

运动控制在工业生产中的作用举足轻重, 多电机协调运动控制是运动控制的一个重要分支。进入 21 世纪以来, 多电机协调运动控制在工业领域中的应用越来越广泛, 控制精度与工艺要求也越来越高。诸如印刷设备、造纸设备、垂直升船机、印染设备和轧钢等有着多个分散工作机构的大型设备, 只有保证多个电机之间按某种比例关系同步协调运转, 才能确保生产的正常运行; 系统同步性能的好坏, 直接影响到产品的品质和性能。因此, 深入研究多电机的协调运动控制, 提高其同步精度具有重要的意义。

长期以来多电机传动协调控制一直采用集散控制, 集散控制系统 (DCS) 是一种专用的封闭的系统, 有着自身难以克服的缺点。CAN 总线是现场总线的一种, 是支持分布式实时控制系统的串行通信局域网, 具有高性能、高可靠性、实时性等优点。基于现场总线的分布式控制系统 (FCS) 适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化的发展方向, 是一种开放性好、低成本、高可靠性控制系统。继 DCS 后的 FCS 运用于多电机传动协调控制得到了越来越多的关注。

### 1 系统总体设计

#### 1.1 传统的多电机协调控制 DCS 系统

多电机协调控制系统中, 第一台电机为主令电机, 决定了系统的协调转速, 其他电机称为从动电

机, 从动电机的转速向主令电机看齐。

传统的多电机协调控制系统是典型的 DCS 系统, 协调控制较简单, 控制系统要解决的问题是根据生产工艺的要求决定多电机的协调转速, 构成独立的转速定值闭环控制系统。各电机的转速大小、负荷相互独立, 各个闭环回路中控制器的控制规律和控制参数也按常规双闭环调速系统设计考虑。

#### 1.2 基于 CAN 总线的多电机协调运动控制系统

现场总线打破了传统控制系统一对一的结构形式, 采用智能现场设备, 把原先 DCS 系统中处于控制室的控制模块、各输入输出模块置于现场设备中, 加上现场设备具有通信能力, 现场的测量变送仪表可以与阀门等执行机构直接传送信号, 因而控制系统功能的实现能够不依赖控制室的计算机或控制仪表, 直接在现场完成, 实现分散控制。

CAN 协议分为不同层次: 目标层、传输层、物理层。目标层和物理层完成 ISO/OSI 模块定义的数据链路层功能。它可以非常有效地构成分布式实时过程监测和控制系统, 并且具有非常高的可靠性。CAN 总线规范了任意两个节点之间的兼容性, 包括电气特性及数据解释协议, 保证设计的透明性及执行的灵活性。

基于 CAN 总线的多电机协调运动控制系统采用分布式控制结构, 整个控制系统分上位机和下位机两

收稿日期: 2009-01-19

作者简介: 刘涛 (1979—), 男, 讲师, 主要从事工业机器人控制方面的研究。E-mail: hrbeu411jys@163.com。

大部分，下位机的每个控制模块都有 CAN 通讯功能。在底层控制各个电机的运动控制模块和完成远控盒按键识别的控制模块组成下位机部分，每个电机运动控制模块控制一个电机的运动，相互之间通过 CAN 总线协议传递协调信息，来达到协调运动的目的。上位机的硬件主要包括两个部分，工业级 PC104 和 CAN 卡。PC 机选用盛博科技的 PC104 计算机，CAN 卡选用周立功公司的 PC104CAN2I。控制系统总体设计图如图 1 所示。

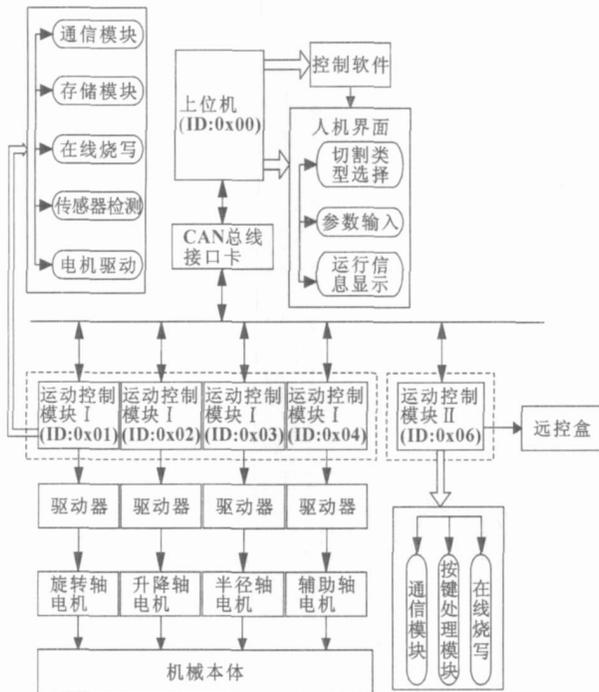


图 1 控制系统总体设计图

为了完成上述设计目标，模块间、模块与上位机之间通讯系统要求接口简单、可靠性高、应用灵活、实时性高、性价比高并且支持多主通讯、远距离通讯等，CAN 总线通讯以其自身的优点被该系统选作通讯系统的实现方式。

2 具有 CAN 通讯功能的电机控制模块的硬件设计  
运动控制模块节点结构框图如图 2 所示。

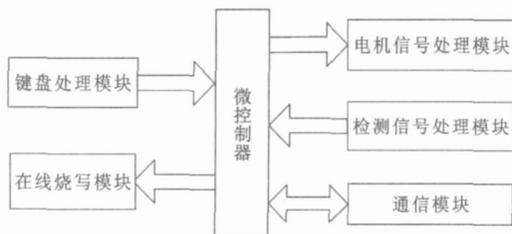


图 2 运动控制模块节点结构框图

运动控制模块各功能块实现的功能如下：

- (1) 微控制器负责整个节点模块的运行管理、数据存储、任务调度、状态反馈、在线烧写等。
- (2) 通信模块负责上下位机信息通信，节点间

命令传送、数据传送等。存储模块负责记录主机下发给各个节点的数据表，并在自动运行时，按照一定格式读出数据表，根据命令进行执行。

(3) 在线烧写模块负责更新单片机程序。

(4) 电机信号处理模块负责对单片机输出的脉冲信号进行处理，经放大、驱动处理，供控制电机使用。

(5) 检测信号处理模块负责检测各轴运动的极限位置，并进行报警，或者检测各轴运动特定位置信息，进行处理。

(6) 按键处理模块负责对远处远控盒的信息进行辨别，并启动响应处理程序。

从成本和难易程度考虑，系统采用 Philips 公司生产的 P89V51RD2FN 作为微控制器。该单片机具有 64K 并行可编程的非易失性 FLASH 程序存储器和 1K 的数据存储器，并可实现对器件串行在系统编程（ISP）和在应用中编程（IAP）。在系统编程（In-System Programming, 简称 ISP）：当 MCU 安装在用户板上时，允许用户下载新的代码；在应用中编程（In-Application Programming, 简称 IAP）：MCU 可以在系统中获取新代码并对自己重新编程。后者允许通过调制解调器连接进行远程编程。芯片内部还有两个定时/计数器，可对其进行编程来实现定时、计数、捕获、方波输出等功能。

CAN 控制器选用 Philips 公司生产的 SJA1000。它是一种能用于一般工业环境的独立 CAN 控制器，经过简单连接就可以完成报文控制、数据滤波等 CAN 总线的物理层和数据链路层的功能。其硬件与软件设计不仅兼容 PCA82C200 的基本 CAN 模式 BasicCAN，还支持增强 CAN 模式 PeiCAN。

CAN 收发器采用周立功公司生产的 CTM1040T CAN 收发模块，它是 CAN 控制器和物理总线之间的接口，提供向总线的差动发送功能和对 CAN 控制器的差动接收功能。

电机驱动芯片采用 82C54 工业级芯片和 SN7407 驱动芯片。通过微控制器对 82C54 编程发出控制电机速度和方向的脉冲信号，并通过 SN7407 将信号放大后提供给电机驱动器。在控制过程中，运动机械本体通过传感器向微控制器反映当前运动状态从而使微控制器对其运动状态做出及时的调整。

3 具有 CAN 通讯功能的电机控制模块的软件设计  
基于 CAN 总线的运动系统的软件设计主要包括上位机与 CAN 的通讯程序和下位机与 CAN 的通讯程序，在这里主要介绍下位机与 CAN 的通讯程序。

带有 CAN 接口的下位机作为 CAN 总线运动控制系统的从节点，主要完成两项任务：一是当上位机请求数据时，将从节点采集的数据和状态等信息传送给

上位机；二是执行监测反馈信号输入与控制电机的任务。主程序的软件流程如图 3 所示。

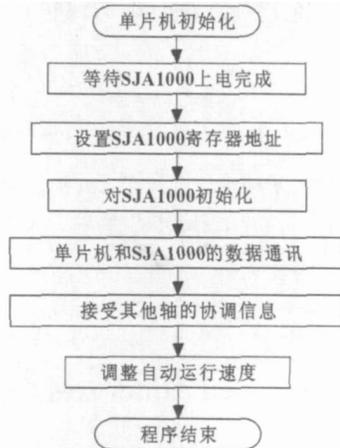


图 3 主程序软件流程

主程序调用各子程序分别执行初始化模拟量输入、数字量输入、数据处理、控制、模拟量输出、数字量输出操作通信软件分为部分初始化、数据发送数据接收，初始化主要是设置的通信参数，几需要初始化的控制寄存器有模式寄存器、时分寄存器、接收代码寄存器、屏蔽寄存器、总线定时寄存器、输出控制寄存器等。

根据下位机软件实现的功能，下位机软件功能结构分为 7 个模块，如图 4 所示，具体介绍如下：

(1) 硬件测试。通过下发一条命令、回传一条命令证实通讯系统硬件和通讯子程序正常；通过向指定位置存取一个固定数，然后从指定地址读取这个数，并加 1 上传到人机界面，看结果是否正确来证实模块数据存储硬件和存储子程序是否正确；通过下发命令，命令指定轴旋转多少度或者运动多少直线距离，然后量测机械实际运动量，检验机械单轴运动精度。

(2) 参数修改。包括通讯波特率、模块 D 指定、脉冲当量、信息存储位置、脉冲运转份数、焊接变轨宽度、焊接变轨长度、起始速度、减速距离等参数的设置和修改。

(3) 精度调整。按照脉冲当量，计算出运动指定距离的脉冲数，并发出这些脉冲，实际测量机械臂的运动距离，来验证参数设置情况。

(4) 自由调整。通过远控盒发正转、反转、停止命令来驱动机械臂运动到指定位置。

(5) 示教。通过调整机械臂到指定位置，对系统所计算的理论轨迹进行修正，实现系统按照实际轨迹运行。

(6) 数据传输。上位机按照一定的存储格式把上位机所计算的数据下发到下位机，下位机按照指定位置进行存储，并在适当时候，进行数据传输的正确

性验证，如果不正确，告诉上位机重新发送，直至完成数据发送任务。

(7) 自动运行。远控盒命令系统自动运行，系统按照事先下发的数据表下发脉冲，驱动机械运动到指定位置，进而走出指定运动轨迹。如果需要，可以命令系统加速、减速，各轴增加、减小运动量。

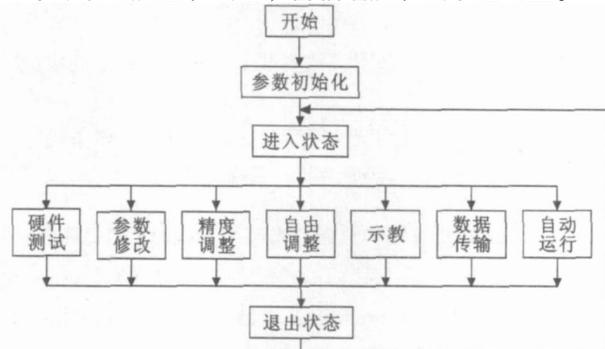


图 4 软件功能结构图

#### 4 结束语

该运动控制系统模块从 2005 年 10 月开始研究，2006 年 10 月首次在三轴焊接机上进行试用，工人操作熟练程度和工艺要求都达到预期效果；并快速为其他厂家生产同类设备，达到了产品快速组装的设计要求。经过修改以后的运动控制系统模块第二版成功应用于六轴管子相贯线切割机上，各项技术参数满足工艺要求，提高了海洋平台的建造速度和切割质量。

#### 参考文献：

- [1] 饶运涛, 邹继军, 郑勇芸. 现场总线 CAN 原理与应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [2] 王慧峰, 何衍庆. 现场总线控制系统原理及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [3] 舒志兵, 袁佑新, 周伟, 等. 现场总线运动控制系统 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 姜竹胜, 王启瑞, 等. 独立 CAN 控制器 SJA1000 控制研究 [J]. 汽车科技, 2006, 5: 44 - 47.
- [5] 刘亚东, 李从心, 王小新. 步进电机速度的精确控制 [J]. 上海交通大学学报, 2001, 35 (10): 1517 - 1520.
- [6] Philips semiconductor. SJA1000 stand-alone CAN controller DATASHEET, 2000.

(上接第 59 页)

- [8] Paolo Mattavelli, Luca Tubiana, Mauro Zigliotto. Torque-Ripple Reduction in PM Synchronous Motor Drives Using Repetitive Current Control [J]. IEEE Trans on Power Electronics, 2005, 20 (6): 1423 - 1431.
- [9] Ying Yan, Jianguo Zhu, Youguang Guo, et al Modeling and Simulation of Direct Torque Controlled FMSM Drive System Incorporating Structural and Saturation Saliencies [C]. IEEE Industry Applications Conference, 2006. 41st IAS Annual Meeting, 2006. 1: 76 - 83.