

基于 DSP 运动控制器的拆垛、码垛 SCARA 机器人研制

杨灏泉^{1,2}, 李涛¹, 张勇¹, 蔡磊¹

(1. 昆明船舶设备集团 设计研究院, 云南 昆明 650051; 2. 哈尔滨工业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 针对物流自动化行业中对箱包高速拆垛、码垛的需求, 研制了一种通用的拆垛、码垛机器人。所研制的机器人采用水平关节的机械结构形式, 以基于 PC 的开放式 DSP 多轴运动控制器作为控制系统的核心。使用面向对象的开发模式, 自主开发了机器人控制软件。实际使用结果表明, 所研制的机器人已能满足物流自动化系统中拆码垛的需求。

关键词: 运动控制器; SCARA 机器人; 拆垛; 码垛; 物流自动化

中图分类号: TP212.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2004)06 - 0054 - 05

Developing of SCARA Robot for Palletizing Based on DSP Motion Controller

YANG Hao-quan^{1,2}, LI Tao¹, ZHANG Yong¹, CAI Lei¹

(1. Academe of Kunming Shipment Equipment Limited Corporation, Kunming 650051, China;
2. School of Mechatronic Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In accordance with the requirement of robot palletizer in logistics automation technology, a universal robot palletizer is developed. Mechanical structure of the robot adopts horizontal joints, and opening DSP multi-axis motion controller based PC is looked as kernel of control system. Object oriented developing mode being used, controlling software of the robot is developed. The applications prove that the robots can meet the demands of palletizing in logistics automation.

Key words: motion control; SCARA robot; palletizing; logistics automation

0 引言

拆垛、码垛机器人实质上是一种通用的工业搬运机器人, 是物流自动化系统中必不可少的单机设备。随着国内经济的快速发展, 物流自动化技术在国内方兴未艾, 拆垛、码垛机器人在烟草、家电、食品、汽车等行业的物流工程中具有较大的应用潜力, 因此开发高性能、低成本、具有自主知识产权的拆垛、码垛机器人将有广阔的市场前景。依据这种市场特点, 我单位自主开发了拆垛、码垛搬运机器人, 该机器人为水平多关节四自由度 SCARS 机器人, 以交流伺服作为驱动方式, 在控制系统的设计上, 采用目前最为先进的分布式并行处理结构, 而以开放式的 DSP 多轴运动控制卡作为核心。控制软件的开发平台采用 Windows 2000, 以面向对象的 VC++ 作为上位系统开发工具, 而下位 DSP 控制程序用标准 C 语言编写。从而在硬件和软件上保证了所研制的机器人具有较高的开放性和先进性。

1 机器人机械结构

机器人的机械结构主要由四个部分组成, 即升降机构及其驱动装置、大臂及其驱动装置、小臂及其驱动装置、机器人手爪及其驱动装置, 其具体结构如图 1 所示。机器人水平方向的运动由大小臂运动组合而

收稿日期: 2004 - 04 - 16. 基金项目: 云南省科技厅省院省校合作项目(项目编号: 2003ZABLA00A027).

第一作者简介: 杨灏泉(1974~), 男, 博士, 主要研究方向: 机器人技术、飞行模拟器运动系统、流体传动控制。

E-mail: yhqhx@126.com.

成,分别由大小臂伺服电机控制,实现 X - Y 平面的插补定位,升降机构和大小臂连成一体,由伺服电机同步带牵引作上下运动,实现 Z 方向的定位,而手爪的转动角度由手爪驱动电机控制,此外在手爪机构上有气动吸盘等组成抓箱卡具.由此构成了水平多关节的四自由度 SCARA 搬运机器人.

与直角坐标、垂直多关节等其余结构的机器人相比,其特点是在垂直方向上的刚度很高,在水平面内动作灵活,且与目前最为流行的垂直多关节机器人相比,其运动学、动力学算法较为简单,因此控制算法和机器人结构设计可以得到较大简化.但缺点也比较明显,主要表现在当机器人水平工作空间较大时,系统的负载特性较差,难以实现大负载高速运动.

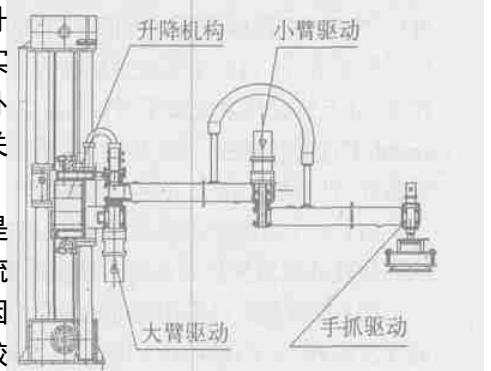


图 1 机器人机械结构简图
Fig.1 Mechanical structure of SCARA robot

2 控制系统的硬件结构

进入 20 世纪 90 年代,以 DSP 为核心的多轴运动控制技术得到了较大的发展,并已成为多轴运动控制的发展趋势^[1].近年来,已大量出现利用 DSP 构建的商品化多轴运动控制器,其实质是利用 DSP 处理器及大规模可编程器件实现多个伺服电机/步进电机的多轴协调控制,具体就是将实现运动控制的底层软件和硬件集成在一起,使其具有伺服/步进电机控制所需的各种控制功能.这些功能能通过计算机方便地调用,从而对以电机驱动的执行机构等设备进行运动控制,以实现预定运动轨迹目标.这种控制器实质上是为多轴电机的实时运动控制提供一个基础平台,是一个通用的伺服/步进电机控制器^[2].

本文所研制的机器人采用了摩信 MCT8000F4 4 轴 DSP 运动控制器,该控制器的 DSP 采用美国 TI 公司的 TMS320C31 40MHz DSP,支持 ISA 标准总线与主控机连接.主控机与 DSP 控制器之间通过双向高速 FIFO 进行通讯,可提供 4 轴的高速、高精度的伺服控制.主控机可选用通用的 PC 系列微机.和传统的运动控制器相比,MCT8000F4 具有开放式结构,高速、高精度,网际在线控制,多轴同步控制等功能特点^[3].除了提供一些常用的编码器、D/A 输出等硬件接口以外,MCT8000F4 还提供一些基础函数库和开发平台,基础函数库有运动控制卡的 BIOS 函数库(用户可直接操作 MCT8000F4 的所有 I/O)、基本运动

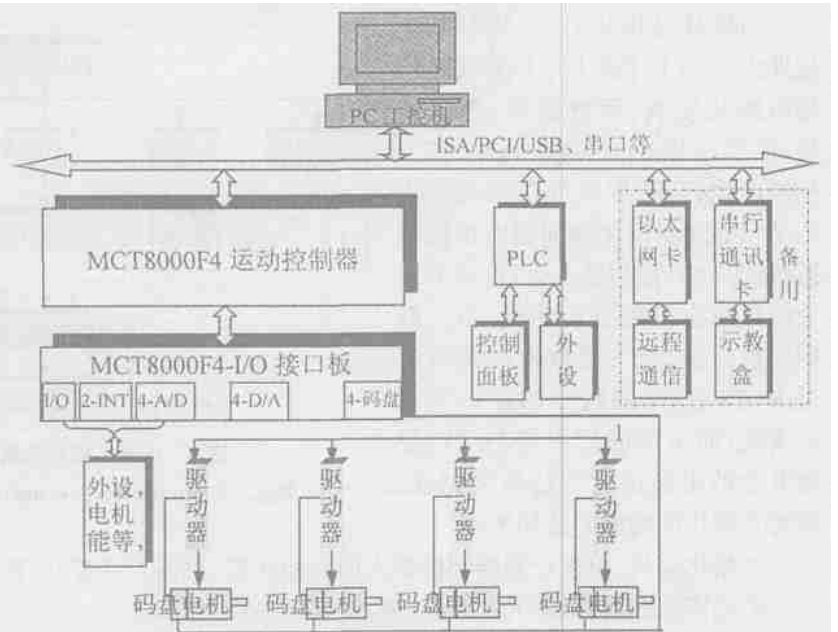


图 2 机器人控制系统硬件结构
Fig.2 Hardware structure of robot control system

函数库(1~3 维的运动插补和运动控制函数)和网际在线控制器(基于 TCP/IP 的点对点安全通讯协议).提供的软件开发平台可以方便 DSP 控制程序编写、编译和下载到 DSP,从而可大大地缩短机器人控制系统的开发周期.

由 MCT8000F4 运动控制卡构成机器人控制器的系统组成如图 2 所示.由该图可看出,系统设计采用了模块化的形式,且总体结构采用了多 CPU 的分布式控制结构,上位 CPU 采用普通工业控制计算机,主要处理机器人控制中的非实时任务,如机器人语言编译,系统监控管理等,下位 CPU 采用 DSP 控制器和

PLC、DSP 控制器即为所采用的 MCT8000 运动控制卡,主要是执行实时运动学计算、轨迹规划、插补计算、伺服控制等。而 PLC 主要处理机器人周边外围设备的控制,如机器人手爪气动吸盘、周边各种输送机的监控等。且上位操作系统采用 Windows 2000,开发工具使用 VC++ 6.0,而下位 DSP 控制器开发语言为 Microsoft C,这使得控制器设计的各个层次对用户开放,用户可以方便的扩展和改进其性能,从而获得整体的开放性。且系统的特点主要表现在以下几个方面:

(1) 上位系统采用标准计算机,而非基于封闭式计算机平台的开发系统,从而可以有效利用标准计算机的软硬件资源为控制器的扩展创造条件。

(2) 控制系统可采用标准的操作系统,如 Windows 98/2000/NT/Linux 等,并采用比较流行的面向对象的开发语言,如 C、C++、VB 等,易于提高软件的开发质量和缩短开发周期。

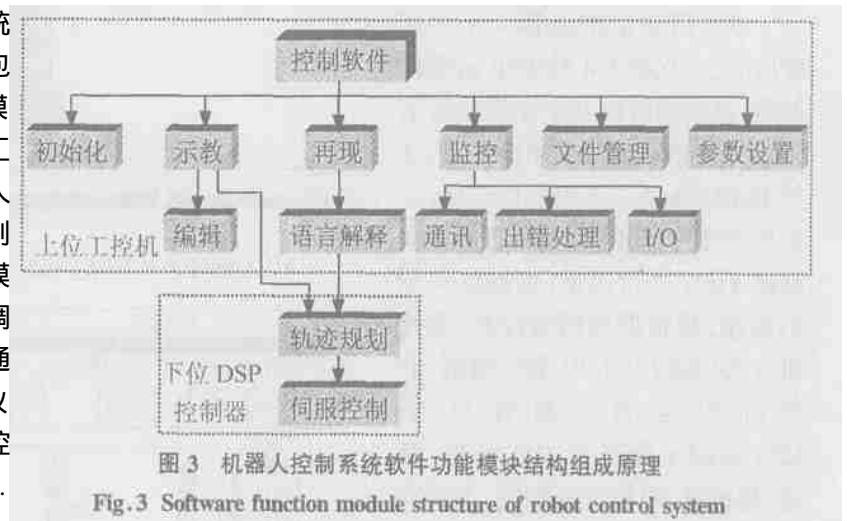
(3) 采用标准总线结构,如 ISA/PCI/USB 等总线,使得为扩展控制器性能而必须的硬件,如外设控制的 PLC、各种外设传感器、I/O 板、运动控制板等可以很容易集成到原系统,使系统具有较好的可扩展性。

(4) 控制器具有网络通讯功能,可以实现资源共享、远程通讯或监控等,提高系统管理监控的柔性化程度。

3 控制系统的软件研究

开放式通用机器人控制系统的软件应在标准的语言环境下进行开发,做到可移植、易修改、重构及扩充,并能提供公开的用户接口和程序接口。该机器人控制系统的软件依据开放式的指导思想,采用面向对象的模块化的工程设计方法。上位工控机采用 Visual C++ 语言编程,易于实现模块化和人机界面人性化。下位机依 MCT8000F4 控制卡的要求,采用 C 语言编程。软件功能模块如图 3 所示。

与硬件结构相对应,控制系统软件也分为上下两层,上层软件包括初始化模块、示教模块、再现模块、监控模块、文件管理模块,在工控机内执行;下层软件包括机器人运动轨迹规划模块和伺服电机控制模块,在 DSP 控制器内运行。各个模块都具有自己独立的功能,相互调用关系简单。上下层软件的接口通过 MCT8000F4 控制卡的通讯协议来实现,而下层的伺服控制通过控制卡上的中断定时计数器来完成。现对各模块的功能简述如下:



初始化模块:检查控制器和机器人的当前状态,机器人寻零,设置控制工作环境;

监控模块:监控机器人的工作,显示机器人的工作状态;

示教模块:完成机器人的位置示教,可以在关节、直角两种坐标系上示教,生成示教指令文件,即源程序,且示教功能和编辑功能融为一体,便于用户操作;

再现模块:完成机器人的运动再现。它调用解释模块形成机器人可以理解的各种指令,根据不同的指令,再调用下层软件驱动机器人完成作业任务;

文件管理模块:管理各种文件,包括文件的调用、改名、删除、复制等功能;

参数设置:进行机器人控制器参数以及机器人结构参数等可调参数的设置,控制系统 I/O 的设置和管理;

轨迹规划模块:完成机器人的运动学正、逆解运算和各种轨迹规划、插补算法;

伺服控制模块:完成各关节电机的数字伺服控制,并采用 PIDF 控制策略。

机器人具体的控制原理框图可如图 4 所示.

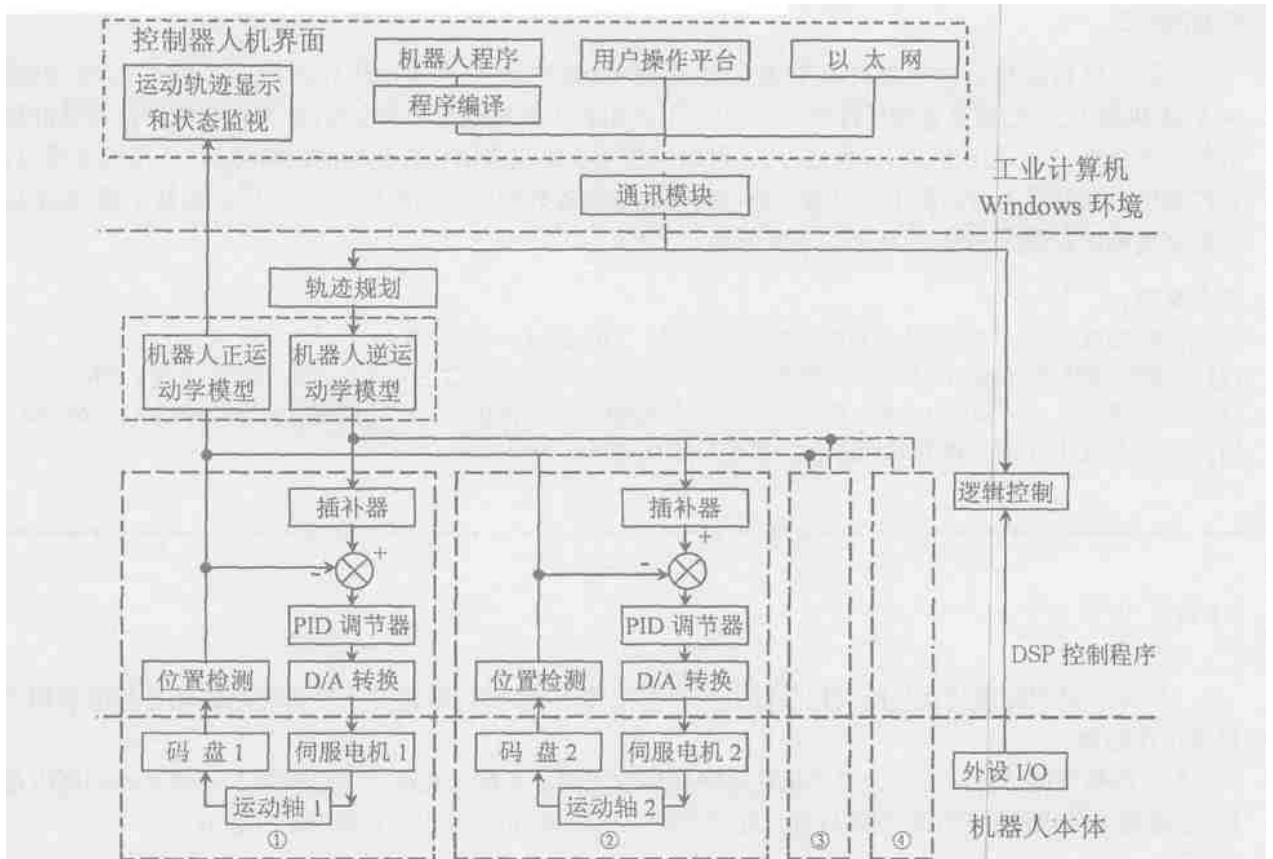


图 4 机器人控制系统方框图

Fig. 4 Block diagram of robot control system

4 机器人语言解释系统

对示教机器人而言,机器人语言源程序的形成过程也可称为示教编程过程,且机器人语言体系的形成通常有两种方法,即解释型程序和编译型程序.由于解释型程序设计简单,通用性强,目前机器人语言程序设计普遍采用解释运行的方式^[4].通过构造一个虚拟计算机,利用虚拟机中的解释器对语言指令作解释译码,形成虚拟机代码序列,该虚拟机系统也通常称为机器人语言解释系统,其输入是机器人语言源程序,输出为上下位通过双端口 RAM 通信的数据格式.其系统结构可如图 5 所示.

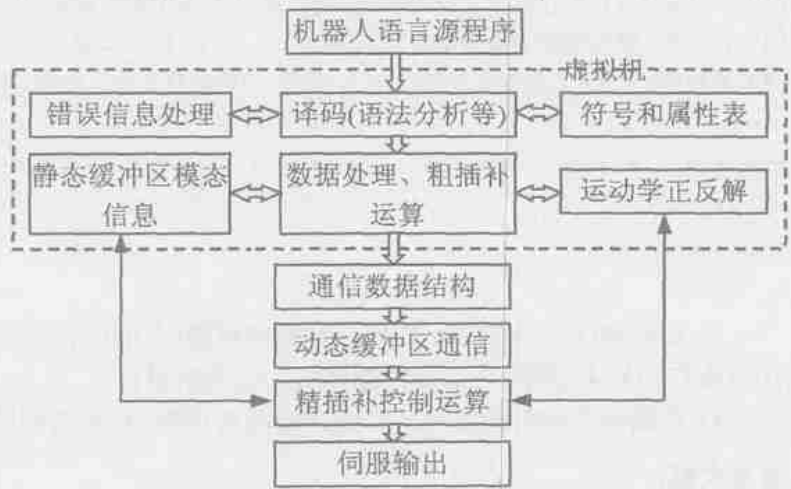


图 5 机器人语言解释系统结构图

Fig. 5 Structural diagram of robot language interpreter system

该语言解释系统是机器人控制软件的一个非常重要的组成部分,依据系统的硬件特点,可以充分利用下位双端口 RAM 的缓存,采用时间重叠流水处理技术,上位的解释任务和下位的插补控制任务并行执行,且解释超前插补控制若干个甚至几十个程序段,并通过通信缓冲区源源不断地给插补控制任务提供数据,下位系统则利用采样定时中断启动控制任务,消耗动态缓冲区内的数据.

5 结束语

在国家计划委员会高科技产业化基金的资助下,自主开发了具有开放式控制系统的拆垛、码垛 SCARA 机器人,且已在某卷烟厂得到了实际应用.该机器人机械结构设计合理,控制系统的硬件和软件具有较高开放性.除了用于拆垛、码垛以外,还可以广泛用于物流自动化行业中的物料搬运、分拣等方面,具有广阔的市场前景.此外,由于该机器人的控制系统具有较好的可扩展性和兼容性,因此极易扩展、移植用于其余类型的机器人、数控机床等自动化设备.

参考文献:

- [1] 孙斌,杨汝清. 开放式机器人控制器综述[J]. 机器人, 2001, 23(4): 374~378.
- [2] 谈世哲,梅志千,杨汝清. 基于 DSP 的工业机器人控制器的设计与实现[J]. 机器人, 2002, 24(2): 134~139.
- [3] 彭韬,周学才. 基于国产 MCT8000 运动控制卡的开放式结构机器人控制系统[J]. 制造业自动化, 2001, 23(2): 65~67.
- [4] 戴齐,姚先启. 机器人程序设计语言[J]. 机器人 1997, 19(5): 390~399.

(上接第 38 页)

(2) 单一的目标来优化轧制规程会对生产产生很多不利因素,因此对于复杂的热连轧过程应采用多目标优化模型;

(3) 模糊学的理论和方法为解决热轧轧制变形规程的多目标优化设计问题提供了一条有效的解决途径,它避免了加权系数法组合的多目标优化问题的人为因素,可以获得令人满意的综合效果.

参考文献:

- [1] 刘战英. 轧制变形规程优化设计[M]. 北京:冶金工业出版社,1996. 198.
- [2] 孙一康. 带钢热连轧数学模型基础[M]. 北京:冶金工业出版社,1979. 107.
- [3] 曹鸿德. 塑性变形力学基础与轧制原理[M]. 北京:机械工业出版社,1981. 230.
- [4] 王彩华,宋连天. 模糊论方法学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998. 121.

(上接第 45 页)

3) 功能梯度材料的铝-钛区以穿晶解理断裂为主,同时由于铝-钛区存在固溶体,使塑性较好的 Ti 分布在边界上,因而在其颗粒边界发生韧性断裂;

4) 功能梯度材料的富钛区完全是穿晶解理断裂,是典型的脆性断裂.

参考文献:

- [1] 陈方明,朱诚意. 功能梯度材料的研究现状及发展[J]. Electroplating & Finishing, 2000, 6:42~48.
- [2] Government Industrial Research Institute Tohoku. Proceedings of Functional Gradient Materials[J]. Japan, Metallurgia, 1998, 57(7):302~304.
- [3] 熊华平,张联盟,李俊国,等. 一次烧结制备 W-Mo-Ti-TiAl 系密度梯度材料[J]. 中国有色金属学报, 2000, 4:491~496.
- [4] 陈世朴,王永端. 金属电子显微分析[M]. 北京:机械工业出版社,1990. 596~598.
- [5] 武汉工业大学等四校合编. 物相分析[M]. 武汉:武汉工业大学出版社,1994. 52~60.
- [6] 冶金工业部钢铁研究院编. 难熔金属断口分析图谱[M]. 北京:科学出版社,1988. 50~53.