基于 DSP 运动控制器的实时多任务开放式数控系统

沈阳工业大学 （辽宁 110023） 唐宗军 陆 涛 陆 辉

开放式数控系统具有可扩展性、可移植性、可互换性的特点，现已成为 CNC 系统的发展趋势。具有改进哈佛结构（havard structure）的 DSP 使 CNC 系统的软硬件资源得以最大限度的利用。与冯·诺依曼结构相比，哈佛结构的程序和数据具有独立的存储空间，改进的结构使数据总线和程序总线之间有局部的交叉连接，这使程序的提取、数据读写和 DMA 存取可以并行地进行。

1. 系统的软、硬件组成

（1）硬件 交流伺服系统是一个典型的速度闭环系统，伺服驱动器从主控制系统接受电压变化范围为 $-U_i \sim U_i$ 的速度指令信号。电压从 $-U_i$ 变化到 U_i 的过程中，伺服电动机可实现从反转最高速度变化到零，然后再变化到正转最高速度。带位置环的全数字式交流伺服系统，不仅可以进行位置的闭环控制，还使得交流伺服电动机可以像步进电动机一样易于控制，上位控制器可以是 CNC、PLC 或者直接是 Computer 等。交流伺服系统的位置环、速度环和电流环都集成在伺服驱动器内部。伺服电动机都带有高精度的光电编码器，给伺服驱动器提供高精度的速度和位置反馈信号。在本系统中的信浓伺服驱动器就可以直接返回编码器信号，同时接受 10V 的直流电压。因此，此类伺服系统很易于应用于 PC 机构成的系统中。

本系统组成如图 1 所示。

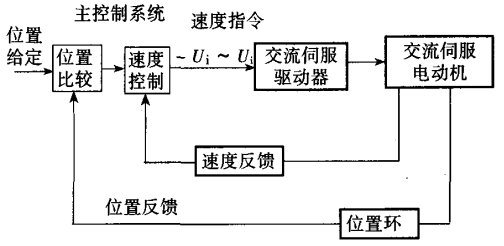


图 1

MCT8000F4 型 DSP 多轴运动控制器通过 PC 机 ISA 总线直接与 PC 机相连接，组成主控制系统。控制器核心芯片为 TI 公司的 TMS320C31。

（2）软件 为了使该系统软件易于维护，具有可重构性、可扩展性，在软件设计中采用模块化设计方法。按 CNC 系统的实时多任务设计系统软件模块。可包括以下几个方面：①加工控制，如点动、自动、选择、模拟、辅助加工等。②加工轨迹跟踪，在界面上将刀具的加工轨迹按实际加工情况显示出来。③加工信息的动态显示，如加工坐标、数控程序段等。④用户动作的监控。⑤信号的监测，对下位机传来的信号进行判定，并给系统相应的指示。⑥写数据，将上位机的命令与数据传递给下位机，以指挥机床运动。

2. 系统的软、硬件实现

（1）硬件 图 2 所示为用 MCT8000F4 控制器控制交流伺服系统。

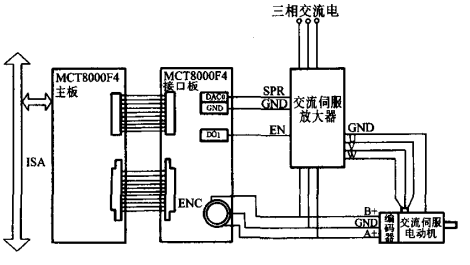


图 2

其中，MCT8000F4 I/O 接口板上的硬件端口定义为表 1。

MCT8000F4 控制板和 MCT8000F4 - IO 接口板向伺服放大器输出控制信号。编码器检测电动机的实际位置并通过 ENC 反馈给 MCT8000F4 。MCT8000F4 将位置指令与编码器反馈的实际位置信号比较，产生的偏差信号通过 DAC 输出端子 DAC0.1.2 输入伺服放大器，从而形成半闭环位置控制系统；通过 DAC 端子的电压值可调节电动机的转速。数字输出信号 DO0.1.2 用于控制伺服放大器。

表 1

端 口	用 途
DO1.2.3	伺服（*XYZ* 轴）电动机使能信号、高电平有效
DAC0.1.2	伺服（*XYZ* 轴）电动机控制信号通道
ENC0.1.2	伺服（*XYZ* 轴）电动机反馈信号通道

系统采用信浓的 DOS016b—CB752F 交流伺服驱动器。伺服电动机为信浓 8CB75—2SE6F。

内置功能：七段 LED 显示报警和信号，内置再生电路，电源延迟开启（大约 1s），保护功能（过流、过载、过热、机超速和电源控制出错等）。

（2）软件 典型的编程结构应包括：①需要导入的函数库。②函数原型清单区域，全局变量声明区域。③中断服务例程又称前台编程。④初始化。⑤无限循环又称后台编程。⑥用户自定义函数体。

前台编程、初始化及后台编程程序略去。

pos _ s 和 pos _ e 可设置电动机初始点和终点位置绝对坐标，通过改变其值可实现电动机的位置控制；control 可设置电压数值，通过改变其值可实现电动机的速度控制；line _ move _ 1 _ PTP 为直线运动轨迹插补函数，可设置最大允许速度（360）、最大允许加速度（3600）、采样周期等。

3. 人机交互界面

本系统的人机交互界面采用 Borland 公司的 C + + Builder5.0 进行编写。C + + Builder 是基于 C 语言的快速开发工具，它同时具有 C + + 语言的灵活和可视化编程的便利，功能强大、界面友好、使用方便，并且提供了丰富的 VCL 组件库，避免了在界面开发上浪费精力。

本次设计的人机交互界面主要包括以下两个组成部分。

（1）主操作界面 主操作界面中包括代码编译部分、状态显示部分以及主要功能按钮。其主窗口如图 3 所示。主状态信息框中主要显示出三个数控轴的当前位置，并用指示灯表示各轴的运行状态；副状态显示组框中显示各种加工过程的情况，包括当前使用的刀具和夹具编号、当前刀具补偿、切削液状态、主轴转速、进给速度及各伺服轴的目标位置等信息。编译结束之后，将生成的数据结构传送到下位机 DSP 内存中以进行加工工作。主窗体上方的下拉菜单和右侧的按钮可以用于打开其他界面和完成系统功能，工具条中的图表按钮包括编辑用的功能以及基本的数控系统操作按钮，以方便使用。

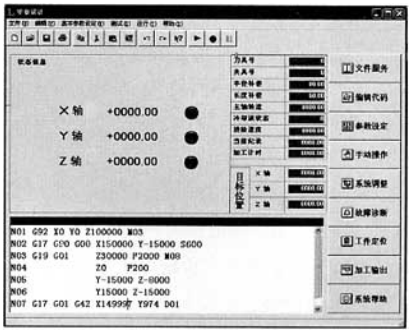


图 3

（2）参数设定界面 图 4 所示的是系统的参数设定界面。一些比较重要的系统参数都在这个界面中设定。用户可以根据自己的具体情况对其中部分参数进行修改，同时，当外界的硬件环境改变时，只需要改变参数就可以完成系统的重新构建，体现了开放性的宗旨。

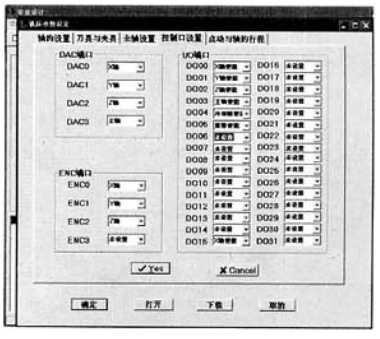


图 4

伺服轴的设置：这一页中包括对每个伺服轴的 PID 参数，DAC 输出口的偏差，编码器的线数与倍频，每轴的最大允许速度、加速度，以及系统插补运算所需要的采样周期。刀具与夹具：对系统所使用的各刀具和夹具进行编号，并对刀具的长度补偿和半径补偿进行设定。主轴设置：对于铣床系统的主轴进行设置，包括主轴的转速范围，最大允许加速度，主轴原点位置和主轴的 PID 参数及 DAC 的电压偏差。控制口设置：对 MCT8000 I/O 板上的各输出端口进行了设置，主要包括各轴的使能控制端口、各轴的 DAC 和编码器的端口以及系统冷却液、润滑液等辅助功能使能端口的设定；点

（下转第 52 页）

特点，工件采用一平面加一短圆柱定位方式，采用轴向夹紧，对防止工件夹紧变形最为有利。一平面限制了 X、Y 轴两个旋转自由度，限制了 Z 轴移动自由度。短圆柱限制了 X、Y 轴两个移动自由度，Z 轴旋转自由度没有控制，根据该零件的加工需要，Z 轴旋转自由度对工件定位没有影响，属不完全定位，这在夹具设计中是合理的。结合插床的特点以及工件批量，我设计了专用夹具，将夹具安装在插床的回转圆盘的圆心上，利用圆盘进行分度，即可实现半圆环缝与键槽 90°的位置关系，又可实现键槽间 180°旋转，具体设计如下（胎具见图 2）：

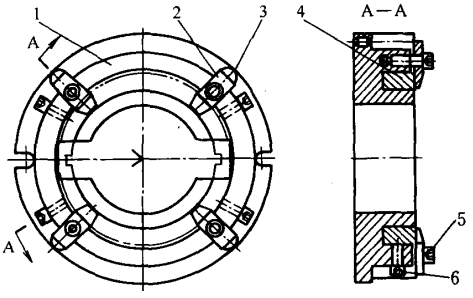


图 2 插对称键槽胎具

1. 胎具本体 2. 压板 3. 垫块 4. 工件 5. 压紧螺钉 6. 顶丝

胎具由四种件构成，胎具本体、螺钉、压板、顶丝。

胎具本体尺寸 ϕ180mm 和半环零件尺寸 ϕ180mm 精密配合，采用 ϕ180H7/g6 间隙配合，螺钉和压板用于轴向压紧半环零件，四个顶丝用于径向顶紧半环零件，起辅助夹紧作用，防止工件在加工中移动和变形。

（1）该胎具方案实现了以精加工后的螺纹半环内孔直径 ϕ180H7 和平面定位，通过压板夹紧和调整顶紧螺钉，可以实现半环零件的准确定位及夹紧。

（2）由于胎具 ϕ180mm 尺寸和两个半环零件内孔 ϕ180mm 尺寸精密配合，配合精度选择较高，保证零件精度的可靠，采用轴向夹紧，有效地防止了工件的装夹变形。四个顶丝的辅助使用，有效地预防了工件在加工过程中开裂和变形，解决了变形影响问题。

（3）零件装夹在胎具上，以两个半环零件的点焊焊缝找正，旋转胎具 90°和 180°用成形插刀插对称键，就可保证产品尺寸精度要求，两个对称键槽的对称度和长度尺寸加工显得很方便。

（4）对称键槽加工后，可以再以直径 ϕ180mmH7 内孔定位，加工外螺纹，然后，拆解点焊，完成加工。

我公司实施以上方案，经过几个月批量生产实践，证明它不仅使用方便，夹紧可靠，生产效率高，而且结构简单，加工容易，造价低廉，完全能够满足螺纹半环零件尺寸精度的加工要求。

将此螺纹半环零件加工工艺方案及胎具设计构思推荐给同行的目的在于，对于遇到类似的半环零件批量加工时，起到借鉴作用。冷

（收稿日期：20041006）

（上接第 19 页）

动与轴的行程：分别对各轴点动时的额定转速，原点位置，最大行程与反向间隙误差进行规定。

对于一个具体的数控系统，系统参数是不应该经常变动的。因此，我们可以把系统参数保存成文件，利用打开按钮直接打开；而一些新开发的数控系统，可以借鉴之前系统的参数设定，更可以从网络上远程下载一些固定的规定结果，减少了重复操作的麻烦。

4. 系统集成

分别完成了上位机部分的程序和下位机 DSP 程序代码后，还需要对各部分软件程序进行整合，组成整个系统的控制部分。

下位机的 DSP 程序是可以在 C 语言的编程环境中完成，但 MCT8000 的下位机处理器只能处理 COFF（公用目标文件格式）格式的目标文件，这样就需要运用 MCT8000 的编译器和程序加载器。MCT8000 自带的编译器 MCTCL31 可以将编制好的 C 语言的源程序文件转换成 COFF 文件格式，这种格式文件一般是以 .out 为后缀结尾的；利用程序加载器 PCI31 将与下位机 DSP 内存进行连接，使上位机程序顺利的加载到 DSP 的对应端口中去。这些内容可以以 MS－DOS 命令形式执行，也可以编辑成 .bat 为后缀的批处理文件，本次设计中采用了后一种方法进行实现。

这样，在 C++Builder 的上位机程序中，调用 mcthost.h 函数库中的 host _ execute _ cmd（const char * command）函数（command 是一个字符串指针，对应所要指定的文件），就可以完成对下位机已经编译好的 .bat 文件的调用。冷

（收稿日期：20040929）