

· 电路与控制 ·

## 激光加工多自由度工作台控制系统

张明勇, 田明, 刘思宇

(长春理工大学光电工程学院, 吉林 长春 130022)

**摘要:** 主要对激光加工多自由度工作台控制系统的硬件和软件进行了设计。系统选用多轴运动控制器(PMAC)作为核心控制器, 实现对激光加工5个运动轴的控制。介绍了双端口RAM实现上位机与PMAC的通讯方法, 这种方法可以大大提高系统的通信速度。设计了可视化人机交互界面, 为用户联系控制系统提供了一个友好的交互窗口。表述了PMAC运动程序及PLC程序的编写过程, 为用户自主进行程序开发提供了指导。这些研究分析对硬件设计和软件开发都具有重要的参考意义。

**关键词:** PMAC卡; 双端口RAM; PLC程序

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-06-0056-04

## Control System of Laser Processed Multiple Degree of Freedom Worktable

ZHANG Ming-yong, TIAN Ming, LIU Si-yu

(School of Photoelectric Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

**Abstract:** The hardware and software of the control system on laser processed multiple degree of freedom worktable are designed. A programmable multi-axis controller (PMAC) is chosen as the key controller to control 5 motion axes during laser processing. The communication method between PC and PMAC through double-port random access memory (RAM) is introduced, which greatly improves the communication speed of the system. A visible man-machine interactive interface is designed to provide a friend interactive window for user communication control system. The writing processes of PMAC motion and PLC programs are described, which provides guidance for users to develop programs autonomously. These research and analysis have important reference value for hardware design and software development.

**Key words:** programmable multi-axis controller (PMAC) card; double-port random access memory (RAM); programmable logic controller (PLC) program

由于激光的高能量、高方向、高单色性造就了激光加工具有传统加工无法比拟的优越性, 应用范围越来越广。随着激光加工市场的发展, 出现了具有不同特点和应用范围的激光加工工作台, 极大地推动了激光加工产业的发展。根据当前激光加工的现有技术, 分析总结前人的成果经验, 结合生产加工的现实需求, 设计了一款五自由度激光加工工作台。控制系统是保证加工质量和精度的核心的部分, 文中主要对控制系统进行研究设计。

### 1 控制系统硬件设计

本工作台采用激光头固定, 工件运动的方式实现激光加工; 由3个直线进给轴 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 轴, 2个旋转轴(绕 $X$ 轴的 $A$ 轴、绕 $Y$ 轴的 $B$ 轴)共5个运动轴组成, 利用5个轴的联动实现空间复杂三维图形的加工<sup>[1-2]</sup>。目前, 基于PC的主从式控制系统技术成熟、应用广泛, 是一种主流的控制系統。因此, 文中采用基于PC+PMAC主从式、开放式的控制系统, 设计

上不仅各功能模块结构清晰、节省成本,而且用户可以根据自身需求进行拓展开发,具有很强的灵活性和通用性,大大减少了控制系统设计的工作量及成本<sup>[3-4]</sup>。激光加工多自由工作台控制系统的硬件设计结构如图1所示。

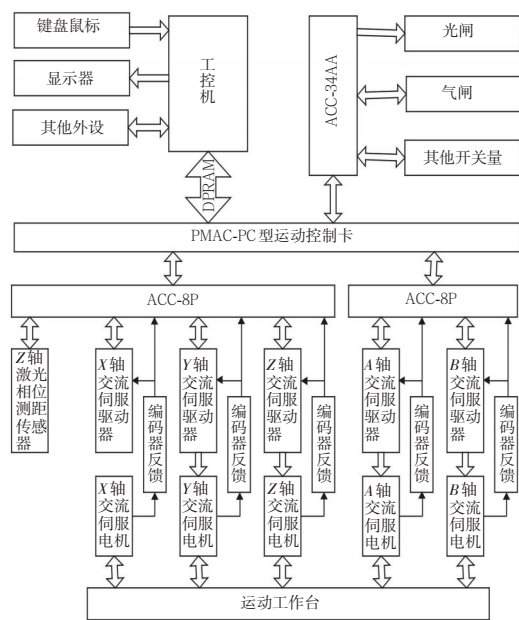


图1 激光加工多自由度工作台控制系统硬件结构图

系统选用的工业控制计算机(IPC)型号为华北工控PRO-8000,其处理器为Intel Atom N2800/D2550,具有很好的稳定性和可靠性。IPC的主要任务是进行系统软件及程序管理,完成一些非实时控制功能。它通过PCI总线和多轴控制器(PMAC)连接,进行数据通信。

选择美国Delta Tau公司的多轴运动控制卡(PMAC)作为系统的核心控制器,选择型号为PMAC-PC,如图2所示。PMAC就是一台小型的运动控制计算机,可同时处理8轴的运动计算<sup>[5]</sup>。将PMAC卡连接IPC作为下位机,这样就相当于双CPU系统,既减轻了上位机的工作负担,也使控制流程更加清晰。

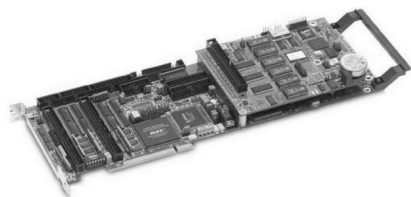


图2 PMAC-PC图

DPRAM即为双端口RAM,它是用来实现工控机和PMAC数据通信的一种方式,因为它可以大大提高数据传输的速率。DPRAM是一个独立的芯片,一端插在IPC的总线插槽里,另一端通过电缆线连接到PMAC卡,实现IPC和PMAC卡的高速通信。

伺服系统是激光加工工作台的最终执行机构。本系统选用5台日本松下公司全数字型MINAS-DB型电机和MBDDT2210型驱动放大器,其采用的编码器为17位,能够满足激光加工的精度要求。两片ACC-8P为PMAC与电机、驱动器及编码器之间的接线端子板,分别接到PMAC卡的J8和J7口。PMAC卡的J5口为通用I/O接口,用一片ACC-34AA连接到该接口拓展成64位的I/O接线板,作为光闸、气闸等其他外设的接线口<sup>[6]</sup>。Z轴激光相位测距传感器是垂直安装在Z轴,用来测量激光焦点位置随加工工件起伏的变化距离,进而将焦点位置信息反馈给PMAC卡,从而实现激光焦点位置的PID控制,以确保加工激光束的焦点始终保持在加工工件表面。

## 2 控制系统软件设计

为了实现操作系统和PMAC良好的通信,文中采用美国Delta Tau公司的PComm32动态函数链接库作为控制软件开发工具。在WINDOWS系统下,PComm32基本支持所有与PMAC的通信方式,支持C、C++、VB等程序开发高级语言。软件采用Microsoft VC++编译器来进行程序编辑和调试,它能提供良好的的人机交互接口。

激光加工多自由度工作台控制系统软件主要包括以下三个部分:(1)上位机软件部分。包括人机操作界面、程序管理等非实时控制软件;(2)上位、下位机通信部分;(3)实时控制程序部分。主要是PMAC运动程序和PLC程序。

### 2.1 上下位机通信软件的实现

PComm32动态链接库是Delta Tau公司专门为PMAC用户提供的通信驱动程序库,通过对该函数库的调用能够实现PMAC与IPC的快速通信。PComm32的结构如图3所示。

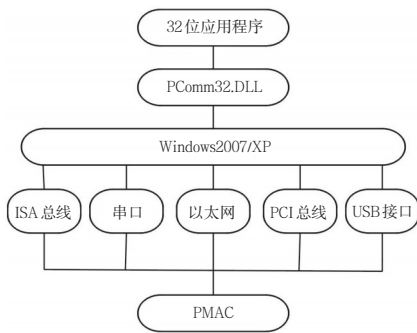


图3 PComm32结构图

用户在函数调用时,必须要提前把PComm32.DLL中的动态链接库函数加载到应用程序之中。由于用户要调用的PComm32动态链接库函数总共有400多个,调用非常麻烦,Delta Tau公司把PComm32动态链接库函数所有的头文件及相应的源代码都写入myRuntime.h和myRuntime.cpp两个文件中,这样用户在需要调用函数时,只要把这两个文件加入到对应程序中,就能够对库中任意所需要函数进行调用。为了能够使应用软件能够识别这些动态链接库函数,在加载这些动态链接库函数时,需要在初始化程序OnInitDialog()中加入以下代码:

```

if(OpenRuntimeLink() != NULL)
CloseRuntimeLink();

```

同时需要在所调用的函数的源文件中添加#include "myRuntime.h",就可以实现对PComm32动态链接库函数调用,进而实现软件和PMAC之间的数据通信。

常用的几个函数为<sup>[7]</sup>如下

- (1) BOOL OpenPmacDevice();与卡建立连接。
- (2) BOOL ClosePmacDevice();关闭与卡的连接。
- (3) long PmacSendLineA();往卡上发送字符串、程序等。
- (4) long PmacGetResponseA();与卡进行数据、控制指令交换。
- (5) void PmacDownloadFile();往卡上下载程序文件。

## 2.2 人机交互界面的设计

人机交互界面是操作人员与控制系统交互的窗口。一方面,操作人员需要把各类控制指令、参数通过人机交互界面向控制系统输入或者修改;另一方面,控制系统需要把系统运行的状态、错误信

息及需要操作的提示信息通过人机交互界面反馈给操作人员<sup>[8]</sup>。人机界面的设计应遵循操作简单、使用方便、布局合理的原则。软件采用的是Visual C++6.0中基类为CDialog类的对话框应用程序,将其主界面按照功能模块的不同划分为多个功能模块窗口<sup>[9]</sup>。在主界面上的功能模块主要有工作台控制、工作台状态监测、轴状态监测、程序操作模块。此外参数设置、手动控制、代码编译、程序查看、数据传输、图形显示、辅助功能模块以二级对话框的形式作为弹出模块,其操作按钮位于菜单栏的位置。图4为控制系统软件的人机交互界面。



图4 人机交互界面

## 2.3 实时控制程序

实时运动控制软件主要包括两部分:一是PMAC运动程序,它是轴运动实现的核心程序,PMAC可以支持256个运动程序;二是PLC程序,它是独立运行的,PMAC可以在前台运行1个后台运行32个PLC程序。PLC程序不是直接对系统进行运动控制,它是在后台循环运行,执行一些与运动不同步的操作,协助PMAC实现控制功能,例如读输入信号、光闸、气闸的启停。本系统中的PLC程序不是通常的梯形图程序,它是用PMAC专用编程语言编写出来的,通过DPRAM下载到PMAC中,来执行上位机的分配控制命令及任务,同时将PMAC的一些运行状态参数反馈给上位机。PMAC运动程序也是利用Delta Tau公司提供的专用编程语言和编辑器来编写,通过DPRAM下载到PMAC中<sup>[10]</sup>。运动轨迹是通过一个或者多个电机单独或者同时执行上位机发送来的运动程序,从而实现五轴联动完成复杂空间曲线的加工。PLC程序和PMAC运动程序的编程流程如图5所示。

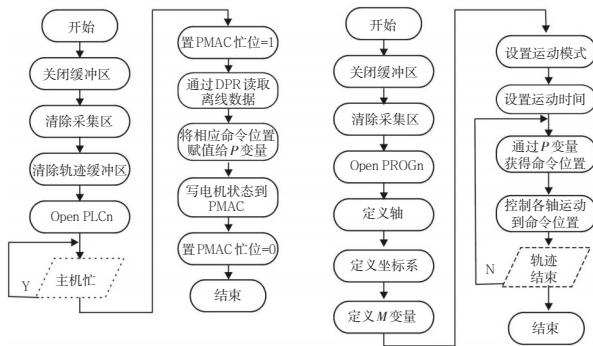


图5 PLC程序和PMAC运动程序流程图

下面是一个 PMAC 的运动程序的例子<sup>[11]</sup>。

```

& 1;          定义 1 号坐标系
CLOSE
#1->X;       将 1 号电机分配给 X 轴
OPEN PROG 1; 设定 1 号程序
CLEAR;       打开一个缓冲区,并清理
LINEAR;     插补模式
INC;        增量模式
TA500;      运行时间曲线设置
TS250
TM2000;     运动参数设置
P1=0;       P 变量设置
WHILE (PI<10)
X 1000;     X 轴运动指令位置
DWELL 500;  停留时间
X -1000
DWELL 500
P1=P1+1
END WHILE;  运动方式,可以加入逻辑和循环 3
CLOSE;      关闭缓冲区,结束程序
    
```

### 3 结 论

本控制系统用 PMAC 卡作为激光加工多自由工作台的核心控制器,和上位机形成典型的开放式、主从式数控系统,不仅减小了硬件设计的难度,而

且利用简洁、灵活的 PMAC 编程语言及强大的函数库减轻了用户软件开发的工作量。通过 DPRAM 实现上、下位机的通信,大大提高了通信速度,确保了控制系统的实时性,提高了控制精度。设计了模块化人机交互界面,各模块程序独立运行,不受其他模块干扰,用户可以根据需要进行修改和扩展。控制系统从硬件到软件设计都充分体现了很好的开放性和灵活性,方便用户进行个性化功能扩展。因此,控制系统的人性化设计为激光加工工作台从实验室走向生产实践奠定了良好的基础。

### 参考文献

- [1] 任向阳. 基于 PMAC 运动控制器的数控系统在三坐标激光加工机床中的应用[J]. 机床与液压, 2002(2): 72-73.
- [2] 孔凡凯, 薛开. 基于 PMAC 的转台运动控制系统开发. 应用科技[J]. 2005, 32(4): 43-44.
- [3] 孙凡茂, 高艺, 丁蕴丰. 激光加工刻录机的光机电系统研究[J]. 长春理工大学学报, 2014, 37(1): 33-36.
- [4] 陈明君, 郭伟星, 李旦. 基于 PMAC 开放式数控系统的研究与应用新进展[J]. 航空精密制造技术, 2005, 41(2): 28-33.
- [5] 贺磊. 五轴联动激光加工机数控系统的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- [6] 张廷海. 基于 PMAC 五轴激光加工系统的研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学机电学院, 2009.
- [7] 刘军, 王侃夫, 吉顺如. 基于开放式控制器 PMAC 的数控系统[J]. 上海电机技术高等专科学校学报, 2012, 6(2): 17-19.
- [8] 李立新. 六轴并联机器人控制软件的设计与实现[J]. 长春理工大学学报, 2004, 27(1): 52-53.
- [9] 朱俊华. 基于 PMAC 的五杆机构控制系统研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2006.
- [10] 刘晋, 任德. 操纵机电一体化系统 PMAC 运动程序及 PLC 程序编写[J]. 制造技术与机床, 2002, 10: 52-54.
- [11] 刘晋, 任德. 操纵机电一体化系统 PMAC 运动程序及 PLC 程序编写[J]. 制造技术与机床, 2002(10): 52-54.