

基于 PMAC 的复合材料检测设备数控系统开发^{*}

Development of Composites Scanning

Equipment Numerical Control System Based on PMAC

中航工业北京航空制造工程研究所 李维涛 刘松平 孙 严 关大力

[摘要] 基于 PMAC 可编程多轴控制器的开放性特点,设计了一种基于可编程多轴控制器的开放式数控系统,实现了对检测设备的多轴运动控制。阐述了在 Windows XP 下利用 VC++ 开发数控系统应用程序的流程和方法。实践证明,整个控制系统能完成运动的控制及数据显示,可以满足复合材料检测对数控系统的要求。

关键词: PMAC 开放式数控系统 Visual C++

[ABSTRACT] An open NC system based on the open PMAC is designed. It can control the equipment to achieve multi-axis motion. The development flow and method of NC application software with VC++ under Windows XP is introduced. It is proved that the control system can control motion of axis and display the data, and meet composites demands that is made on NC system.

Keywords: PMAC Open numerical control system Visual C++

随着我国新型飞机项目的立项启动,复合材料用量及大型整体构件数量和尺寸不断增加,国内复合材料自动铺带技术得到了迅速发展。自动铺带技术的成功应用,体现了复合材料成型自动化相对于传统成型方法的优势。同时,复合材料构件的成型过程极其复杂,影响性能的因素甚多,许多工艺参数的微小差异会导致其产生诸多缺陷,这些缺陷严重影响构件的机械性能和完整性。为了确保产品质量满足设计和使用要求,必须通过检测设备来鉴别产品的内部质量状况。所以,针对铺带机复材产品尺寸大的特点,开发大型多轴联动的复材数控检测设备用于铺带机复合材料产品的检测是非常重要的。

目前,针对大型复合材料结构件检测设备的控制系统普遍采用 CNC 数控系统,但是传统的 CNC 系统专用性强,主要用于车床、铣床、车/铣或者铣/车复合加工中心等数控设备,功能扩展困难、软件移植性差较差。

针对复合材料检测设备要求功能扩展灵活、便于操作的特点采用配置灵活、功能扩展简单、基于统一规范和便于实现统一的管理的开放式控制系统。开放式控制系统构成形式有多种,目前普遍采用的是 PC+ 运动控制器型。运动控制器通常选用高速 DSP 作为 CPU,具有很强的运动处理能力和 PLC 处理能力^[1]。

1 系统硬件构成

1.1 PMAC 简介

PMAC (Programmable Multi-Axis Controller) 即可编程的多轴控制器。PMAC 是一种非常灵活的控制卡,它可与各种类型的主机、放大器、电机和传感器一起完成各种类型的功能。PMAC 可以服务于各个行业,从精密到微米级的设备到上千马力的重型设备。Motorola 的 DSP56001/56002 数字信号处理器是它的 CPU,通过灵活的高级语言可最多控制八轴同时运动。它集运动控制和 PLC 控制于一体,具有优秀的插补计算、伺服和 I/O 接口等实时控制能力。其硬件结构如图 1 所示。

控制系统主要是以美国 Delta Tau 公司生产的运动控制卡为核心设计开发的。可编程多轴控制器是开放式数控系统,功能强、速度快、精度高、开发周期短、编程和操作简单。发达国家广泛运用于机器人、数控机床等多轴控制的高精度伺服装置上^[2]。PMAC 卡通过工控机上的 PCI 总线与工控机相连,构成了高性能的双 CPU 数控系统。同时采用高性能的伺服电机、伺服驱动器、光栅尺等硬件设备最终构成一个完整的开放式数控系统。其硬件系统结构如图 2 所示。

其中,PMAC2-Lite 控制 X1、X2、Y 轴伺服电机。Mini-PMAC 控制 Z 轴伺服电机。PMAC 控制卡通过 ACC-8S 附加接口卡和伺服驱动器相连接,它提供了脉冲+方向的输出、编码器反馈输入等接口端子,通过 ACC-8S 附加接口卡连接各轴的正负限位信号 +LIM、-LIM 和零位信号 LIM0、伺服驱动器使能信号 AENA、编码器(或光栅尺)脉冲输入 A、A/B、B、B/C、C/C。ACC-8S 附加接口卡通过 JMACH1 总线接口与 PMAC 控制卡相连,如图 3 所示。

1.2 PMAC 之间的通信

^{*} 高档数控机床与基础制造装备科技重大专项(2009ZX04004-101)资助。

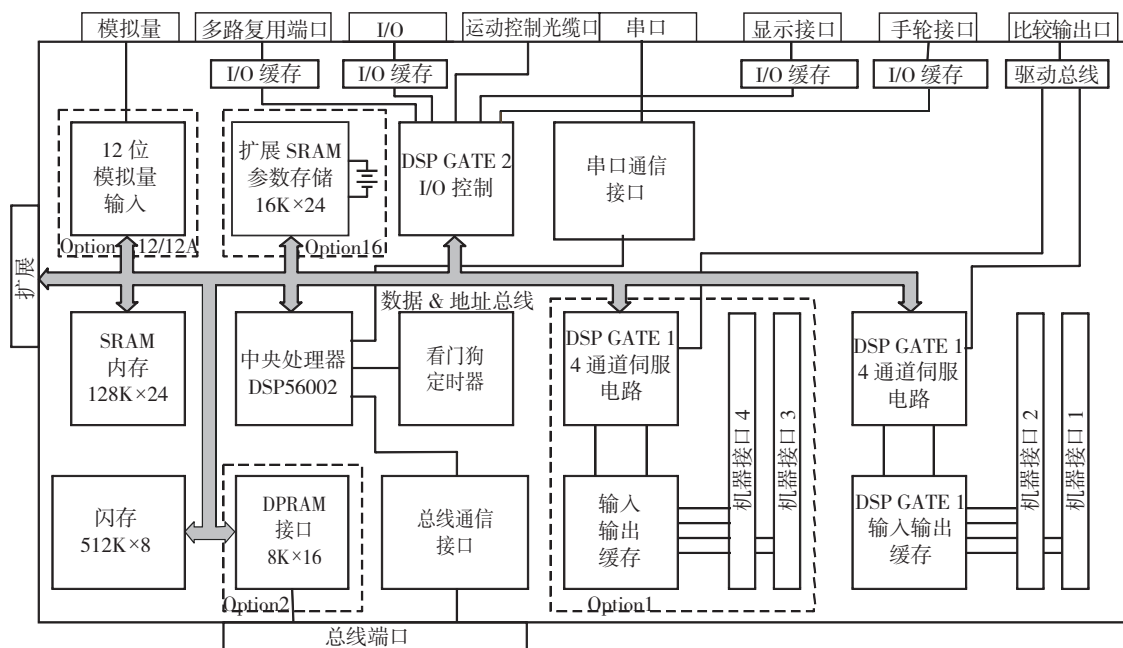


图1 PMAC硬件框图

Fig.1 Structure of PMAC hardware system

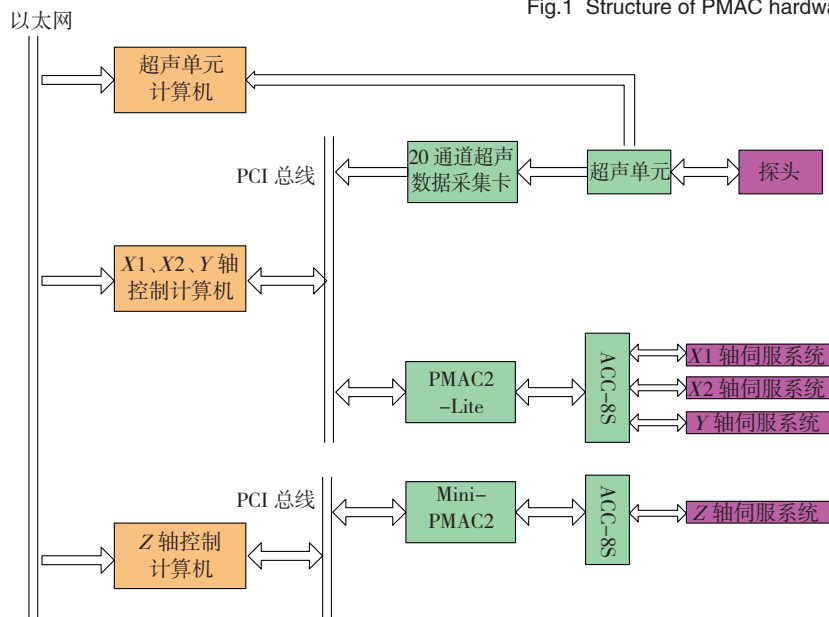


图2 硬件系统结构总图

Fig.2 Structure of hardware system

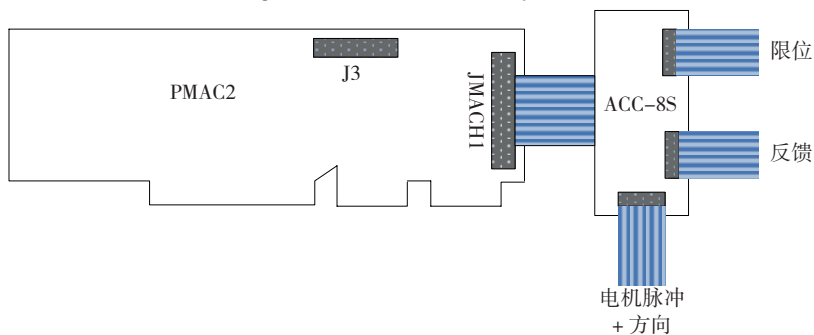


图3 PMAC控制系统接口

Fig.3 Interface of PMAC control system

XY轴、Z轴控制软件之间的同步运行是建立在PMAC卡的通信基础上。为了实现PMAC之间的通信,需要进行基本的通信参数设置。PMAC将运行过程中各个电机、编码器的各种数据自动存放在相应的I/O及运动寄存器中,因此用户只需要读取各个I/O及运动寄存器中的值就能得到需要的数据。利用PMAC卡上的J3口完成硬件上的连接,再根据提供的M变量进行基本通信设置。其中,M0~M31指向的地址用于基本I/O操作。M32和M34分别为I/O00~I/O07和I/O08~I/O15通道的I/O方向控制。当M32,M34=0时,M0~M7,M8~M15用于输入操作;当M32,M34=255时,M0~M7,M8~M15用于输出操作。M33和M35分别为I/O00~I/O07和I/O08~I/O15通道的寄存器方向控制。

系统中将XY轴PMAC卡的M0~M7设置为输入口,M8~M15设置为输出;Z轴PMAC卡的M0~M7设置为输出, M8~M15设置为输入。XY轴端控制软件在扫描开始后设置M9=1,当Z端系统接收到M9=1时即开始控制Z轴实现实时跟踪运动。

2 系统软件设计

控制软件主要是基于VC++设计开发的。为了便于PMAC与上层应用程序之间进行通信,Delta Tau公司提供PComm32通信驱

动程序作为上层应用程序与 PMAC 之间通信的桥梁。PComm32 是一个非常有效的开发工具,几乎囊括了所有与 PMAC 的通信方法,并且与 VC++ 开发软件有很好的兼容性。它由 PMAC.DLL、PMAC.SYS 和 PMAC.VXD 3 个文件组成,共包含了 250 多个函数。通过 PComm32 开发 Win32 应用程序主要是通过以下几个函数进行的:

(1) BOOL OpenPmacDevice(DWORD dwDevice), 这个函数为应用程序使用 PMAC 打开了一个通道。应用的前提是已经安装调试好动态链接库,并且 PMAC 已经在这个操作环境下注册完毕,能够有效的寻址。其参数 dwDevice 为希望打开的设备号,一般为 0。返回值为 TRUE 则表示连接成功。

(2) BOOL ClosePmacDevice(DWORD dwDevice), 当程序运行完毕,必须关闭所打开的通道,此函数就是实现了这个功能。参数及返回值意义与打开通道函数 OpenPmacDevice() 相同,且必须与 OpenPmacDevice() 配对使用。

(3) PmacGetResponseA(DWORD dwDevice, PCHAR response, UINT maxchar, PCHAR command), 此函数向 PMAC 发送命令字符串,并将响应信息存储到指定缓存。参数 response 是指向字符串缓冲区指针; maxchar 是传送的命令字符串的最大字符数; command 是指向命令字符串的指针。

如语句 PmacGetResponseA(0,response,255, "#1J/#2J/#3J") 是将 X (X1、X2)、Y 轴电机闭环。

(4) Void PmacDownloadFile(DWORD dwDevice, char *fname), 此函数将运动控制程序下载到 PMAC 内存。其中, dwDevice 参数为设备号,与函数 BOOL OpenPmacDevice(DWORD dwDevice)、BOOL ClosePmacDevice(DWORD dwDevice) 参数相同, fname 为指向存储运动控制程序目录的字符指针。

如语句 PmacDownloadFile(0,"E:\PMAC 运动程序\ygostart.pmc") 执行的是将 Y 轴回起点的运动程序下载到 PMAC 内存。

2.1 软件的模块化设计

本设备控制软件分 X (X1、X2) Y 轴和 Z 轴控制应用软件,分别运行在相应的 IPC (Industrial PC)。XY 轴软件负责扫描过程中 X、Y 轴运动及步进。Z 轴软件控制 Z 轴的实时运动。其中 XY 轴、Z 轴控制软件主要结构模块如图 4、图 5 所示。

2.2 PMAC 运动程序设计

PMAC 能够支持多达 256 个运动程序,这样分成程序块的目的是便于管理和调用,任意坐标系在任何时候都可以执行程序中的任意一个^[3]。运动程序编写中,首先,定义坐标系及轴。PMAC 中的坐标系指的是一个或

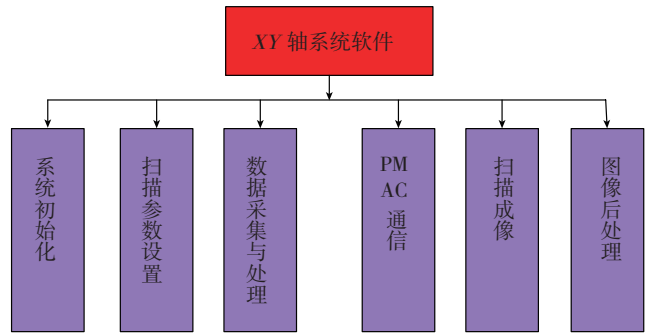


图4 XY轴控制软件结构图
Fig.4 Structure of XY axis control software

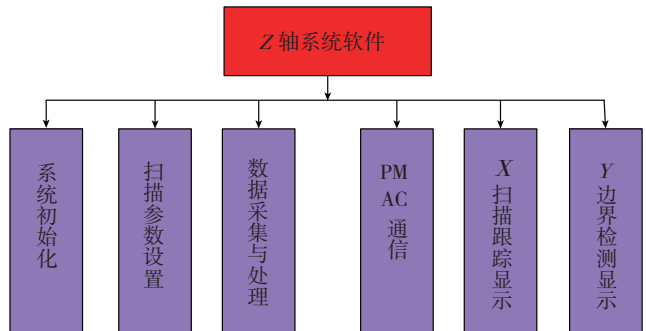


图5 Z轴控制软件结构图
Fig.5 Structure of Z axis control software

者一组为了同步的目的而组织起来的电机,通过轴定义语句为电机分配轴来建立坐标系;其次,根据所需运动来选择适当的运动指令,然后按照 PMAC 语法编写运动程序,下载到 PMAC 内存运行。系统设置 X1、X2、Y 轴分别为 #1、#2、#3。Y 轴回起点的运动程序如下:

```

&1 // 坐标系 1
#3->1795.86453Y; //Y 轴电机 1795.86453cts/mm
OPEN PROG 20 CLEAR // 打开程序寄存器 20
P321=0 //
FRAX(Y) // 指定 Y 轴为反馈轴
F(P1);mm/s // 以(P1)mm/s 速度运动
TA500;in ms // 设置 500ms 加速时间
TS0 // 设置 S 曲线加速时间为 0
LINAR // 线性运动模式
ABS //Y 轴以绝对模式运动
Y(P33) // 移动 Y 轴到 P33 指定的位置
DWELL0 // 停留 0s
P362=M362/(3072*8192);mm
CLOSE // 关闭程序
    
```

2.3 数据采集程序设计

在零件检测过程中,数据的采集是通过数据采集卡进行的。数据采集程序的开发主要是基于采集卡丰富的库函数和动态、静态链接库以及 ActiveDAQ 等驱动文

件,使用户具有良好的 Windows 开发环境。

对数据采集卡编程使用的方式主要有以下 3 种:软件触发方式、中断方式、DMA (Direct Memory Access) 方式。软件触发方式采用系统提供的时钟,通过对寄存器的查询来实现数据采集,其采集速度较慢,多用于低速数据采集场合;

中断传输方式需要编写中断服务程序(ISR),将板卡上的数据传输到预先定义好的内存变量中,每次 A/D 转换结束后,产生一个硬件中断,然后由中断服务程序(ISR)完成数据传输;DMA 数据传输方式,应用比较复杂,但由于不需要 CPU 的参与,DMA 方式特别适合应用于大量数据的高速采集。由于检测设备处理的数据量巨大,故采用 DMA 数据采集方式。

系统首先初始化采集卡并分配系统内存用于数据的传输、存储。开始数据采集后系统不断查询板卡上的 FIFO (先入先出缓存),当 FIFO 数据半满或全满时一次性转移存储全部数据。其传输的流程图如图 6 所示。

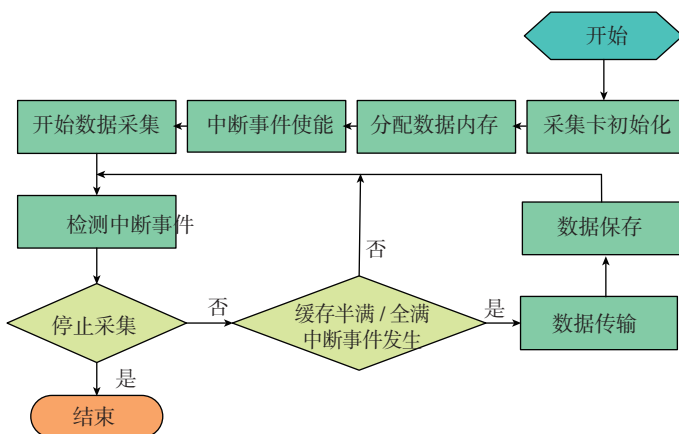


图6 DMA传输流程图
Fig.6 Flow chart of DMA

3 结论

通过 VC++ 开发的基于 PMAC 控制器的多轴联动数控检测系统,系统工作稳定,响应时间短,可移植性强。该程序具有良好的 Windows 应用程序风格,使用方便,操作简单,目前该数控系统已经在复合材料检测上得到了良好的应用。

参考文献

- [1] 孟淑娟,高世一,刘建伟.基于 PMAC 开放式数控系统软件开发.机械设计与制造,2006(11):49-51.
- [2] 苏敏,石世宏,胡进.基于 PMAC 的三维激光加工自动编程系统的研究.激光与红外,2006(6):433-435.
- [3] 田会峰,刘文杰,董里.PMAC 运动控制器在光刻机控制系统中的应用,自动化与仪器,2008(2):55-56,59.

(责编 深蓝)

(上接第 77 页)

(3) 机器人末端执行器调姿不需要设置专门的旋转轴,结构简单,自重轻,可实现机器人的轻量化设计。

参考文献

- [1] 邹方.飞机装配迎来机器人时代.航空制造技术 2009(24):1-4.
- [2] 郭恩明.国外飞机柔性装配技术.航空制造技术,2009(24):1-4.
- [3] Russ D V, Sitton K, Feikert E, et al. ONCE(One Sided Cell End Effector) Robotic Drilling System,2002 01 2626. . St. Louis: Society of Automotive Engineers Inc., 2002.
- [4] Aero Space Robotic End Effectors and Systems[EB/OL] . Carrolltor, US: EOA System Inc. , (2007) [2009-8-20] . http://www.eoa.com.
- [5] 姚艳彬,毕树生,员俊峰.飞机部件机器人自动制孔控制系统设计与分析.中国机械工程,2010,21(17):2021-2024.
- [6] 杜宝瑞,冯子明,姚艳彬,等.用于飞机部件自动制孔的机器人制孔系统.航空制造技术,2010(2):47-50.
- [7] 侯志霞,刘建东,薛贵军,等.柔性导轨自动制孔设备控制技术.航空制造技术,2009(24):58-60.
- [8] 曲巍巍,董辉跃,柯映林.机器人辅助飞机装配制孔中位姿精度补偿技术.航空学报,2011,32(10):1-11.
- [9] 丁希仑,周乐来,周军.机器人的空间位姿误差分析方法.北京航空航天大学学报,2009,35(2):242-245.
- [10] 应高明,王仲奇,康永刚.飞机壁板自动钻铆法向量测量方法研究.机床与液压,2010,12,v38(23):1-4.
- [11] 秦现生,汪文旦,楼阿莉,等.大型壁板数控钻铆的三点快速调平算法.航空学报,2007(11):55-60.
- [12] 张春林,余跃庆.高等机构学,北京:北京理工大学出版社,2006.
- [13] 卢惠民.自主移动机器人全向视觉系统研究[D].北京:国防科学技术大学,2010.
- [14] 李剑.基于激光测量的自由曲面数字制造基础技术研究[D].杭州:浙江大学,2002.
- [15] 施进发,孙建华,宗思生,等.大型曲面形状激光自动测量技术研究.中国机械工程,2001,12(08):868-872.

(责编 小城)

(上接第 81 页)

- [6] 苏多,张建国.数字样机技术在柔性机构可靠性设计分析中的应用.中国机械工程,2006,17:266-269.
- [7] 《飞机设计手册》总编委员会.飞机设计手册(第 14 册).北京:航空工业出版社,2003.
- [8] 朱林,孔凡让,尹成龙,等.基于仿真计算的某型飞机起落架收放机构的仿真研究.中国机械工程,2007,18(1):26-29.
- [9] 《飞机设计手册》总编委员会.飞机设计手册(第 12 册).北京:航空工业出版社,2003.
- [10] Wu Y T, Sitakanta M. Variable screening and ranking using sampling-based sensitivity measures. Reliability Engineering and System Safety, 2006, 91(6):634-647.
- [11] Zhao Y G, Lu Z H. Applicable range of the fourth-moment method for structural reliability. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2007, 6(1):151-158.

(责编 亿霖)