

便携式螺旋轨迹制孔单元控制系统开发

Development of Portable Orbital Drilling Unit Control System

中航工业北京航空制造工程研究所 刘建东 张云志 张为民

[摘要] 根据便携式轨迹制孔单元的结构特点和工艺需求,研制了一套基于嵌入式系统的轨迹制孔控制系统,阐述了嵌入式系统的硬件系统搭建及软件的设计方法,同时介绍了嵌入式系统在便携式轨迹制孔控制系统中的应用,通过系统控制测试和制孔试验,验证了嵌入式系统在便携式轨迹制孔单元中应用的有效性。

关键词: 轨迹制孔 嵌入式系统 控制系统

[ABSTRACT] According to the structural characteristics and process requirements of the portable orbital drilling unit in this paper, a control system for the portable orbital drilling equipment based on embedded system is developed. The hardware system construction and the software design method of embedded system are introduced. Furthermore, the application of the embedded system in the portable orbital drilling control system is presented. Based on the results from the system control and drilling experiments, it is validated that the embedded system is effective when it is applied in the portable orbital drilling unit.

Keywords: Orbital drilling Embedded system Control system

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.23/24.94

便携式螺旋制孔单元是为解决制孔效率、劳动强度大和质量不稳定等特点而研制的一种结构紧凑、制孔质量高、效率高、轻量化的自动制孔单元^[1]。本文根据便携式螺旋轨迹制孔单元的运动机理和控制要求及轻便设计的原则,介绍一种以 STM32 微控制器为核心的嵌入式控制主板及以 FPGA 为控制核心的伺服驱动系统,为了保证系统实时性的要求采用了 uCOS-II 实时操作系统。其中,控制主板主要实现多轴运动控制、制孔参数设置和存储、总线接口通信等功能。采用 STM32F103VET 单片机微控制器为核心,扩展 RS485 总线接口、液晶显示输出接口,数据存储接口、按键操作接口等功能。伺服驱动系统采用 FPGA 为控制核心,把电机控制的电流环、速度环、位置环的控制集成到一个芯片上来完成同时提供寄存器和通信接口供用户使用,构成一个独立的片上系统,完成对电机的力矩控制、速度控制和位置控制。

1 控制系统结构

电气控制系统设计分为 3 个部分:主控制板卡、轴伺服驱动控制和 I/O 控制。主控制板卡接收输入操作指令后,将操作指令转换为轴运动控制指令,通过 RS485 总线发送给伺服驱动器,控制轴进行速度或位置运动。主控制板卡同时接收伺服驱动器反馈的运动信息,进行运动协调。外部的急停和限位开关接入驱动器,进行安全保护控制。电气控制系统构成如图 1 所示。

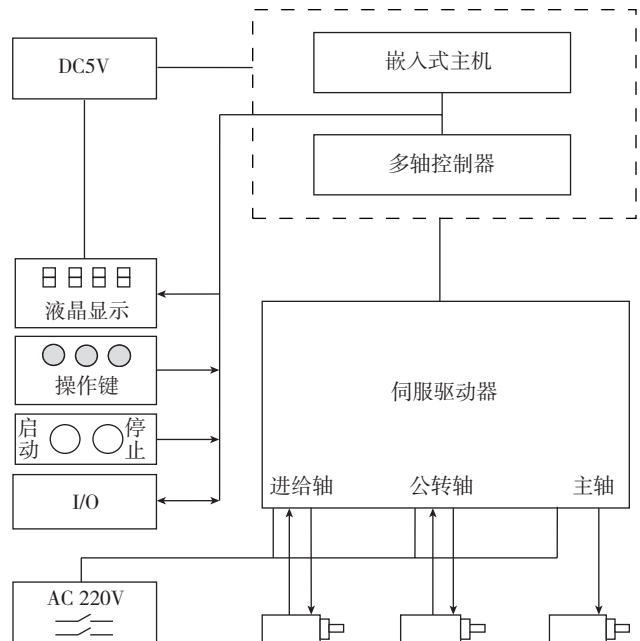


图1 电气控制系统结构

Fig.1 Control system structure

2 实时操作系统的移植

为了提高系统的可靠性、实时性和研发效率,控制系统采用了 uCOS-II 嵌入式实时操作系统。作为一个源代码公开的实时嵌入式操作系统, uCOS-II 最多支持 63 个任务,采用内核占先方式,并支持信号量、邮箱、消息队列等多种进程间通信机制^[2]。便携式螺旋轨迹制孔单元控制系统把 uCOS-II 移植到基于 ARM 的 STM32F103VET 单片机微控制器上。STM32F103VET 为增强型、32 位基于 ARM 核心的带闪存和丰富 IO 接口的微控制器。具有较高的主频,满足轴运动指令发送

和运动协调的速度要求。按照 uCOS-II 的结构特点及与微控制器硬件的关系,内核的移植要点是通过调用内核的 API 函数来实现任务的调度和切换、存储管理和任务进程的通信。uCOS-II 的大部分代码用 C 语言编写,同时还存在了一些与处理器相关的汇编语言代码,以便实现对处理器寄存器的访问和堆栈的操作。uCOS-II 操作系统的移植在本机中主要是 OS-CPU.A,OS-CPU-A.A,OS-CUP-C.C 等 3 个程序的编写^[3]。uCOS-II 硬件体系结构如图 2 所示。

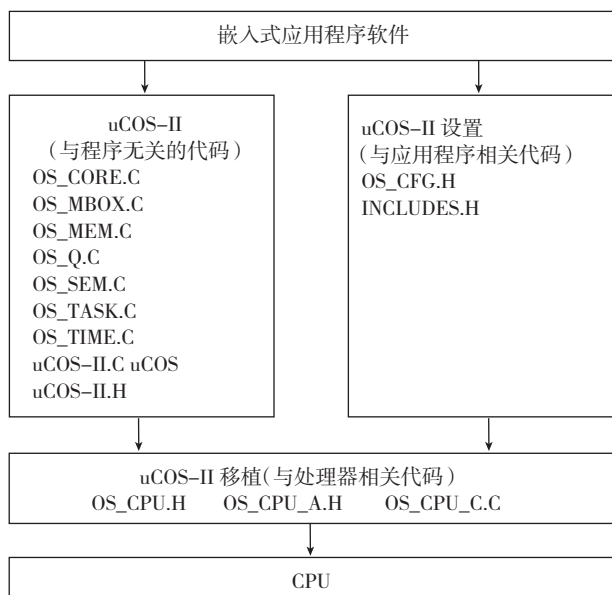


图2 操作系统移植结构图

Fig.2 Graft structure diagram of operating system

3 软件结构

便携式螺旋轨迹制孔单元的控制软件包括下位机实时控制软件 and 上位机软件两部分。下位机软件由 C 程序编写,包括系统初始化模块、参数设置模块、编码器读写模块、液晶显示模块、回零控制模块、数据更新模块等。由于采用了 uCOS-II 实时操作系统,下位机的各个任务模块按照任务优先级进行分配,保证了伺服更新和其它控制模块的任务的合理分配,提高了系统的运行速度和稳定性。上位机主要完成系统的数据显示、JOG 控制、参数设置等功能。主要完成制孔数据和参数的设置、数据和参数的下载。上位机和下位机的通讯采用 RS485 总线方式进行。RS485 是一种应用于工业控制器上的标准通信协议,由于其功能比较完善而且协议开放,被广泛应用于工业现场。便携式螺旋轨迹制孔单元控制软件结构如图 3 所示。

4 下位机程序设计

因为充分考虑了系统实时性的要求,下位机程序把

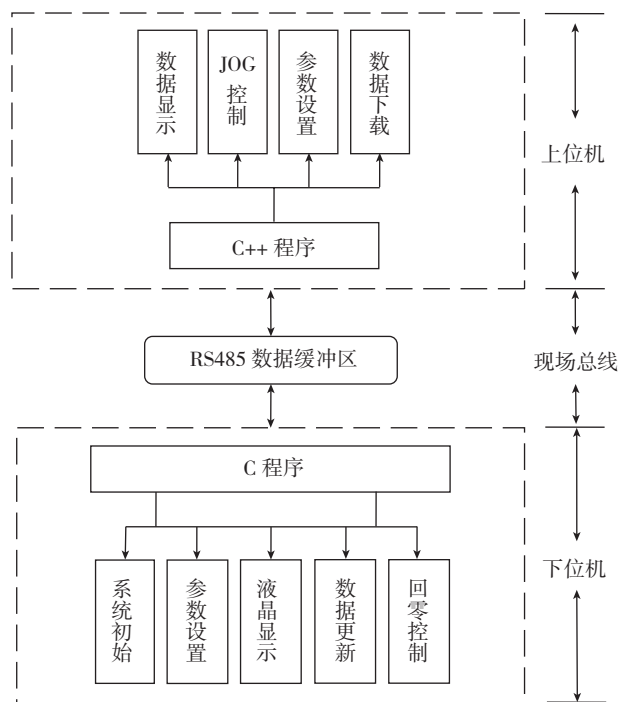


图3 控制软件结构图

Fig.3 Control software structure diagram

各个功能模块在 uCOS-II 实时操作系统中按照各个实时任务来建立,分别建立了系统初始化任务、参数设置任务、液晶显示任务、数据更新任务、回零控制任务等,同时建立信号量和 MailBox 等系统资源用于任务间数据更新和传递。下面程序是把任务初始化和任务建立的程序实例:

```
float spindleSpeed;
(void) p_arg;
// 初始化 ucOSII 时钟节拍
OS_CPU_SysTickInit();
// 使能 ucOS 的统计任务
#if (OS_TASK_STAT_EN > 0)
OSStatInit(); //---- 统计任务初始化函数
#endif
App_TaskCreate();// 建立其他的任务
//read nc data form flash
readDataFromFlash();
while (1)
{
OSTimeDlyHMSM(0, 0, 0, 100);
OS_ENTER_CRITICAL();
// 自动模式进给时
if(bAutoRun==AUTO_FORWARD)
{
if(x_current_position>=nc_safety_distance+nc_workpiece_thickness+nc_overcut_
```

```

distance-0.1)
{
    Cmd_X_Stop();
    Cmd_XA_Move(0,X_MAX_
SPEED,nc_revolution_speed);
    bAutoRun=AUTO_
BACKWARD;
}
} // 自动模式回退时
else if(bAutoRun==AUTO_BACKWARD)
{
    if(x_current_position<=0)
    {
        // 程序停止
        Cmd_XA_Stop();
        Cmd_M_Stop();
        bAutoRun=AUTO_STOP;
    }
}
OS_EXIT_CRITICAL();
}
}

```

5 上位机程序设计

便携式螺旋轨迹制孔单元中上位机以基于 C++ 语言的 QT 开发平台作为开发工具,按照数据显示模块、JOG 控制模块、参数设置模块、数据下载模等的功能进行相应界面的开发。图 4 是自动制孔操作界面。

6 试验验证

应用所研制的便携式螺旋轨迹制孔系统主机在模拟叠层厚度的航空铝合金双层(7050 单层 30mm)板材上,用一把刀具通过偏心设定,实施不同孔径螺旋制孔验证试验。通过试验验证了螺旋轨迹制孔能力,从而确定刀具材料、刀具参数及最优工艺参数,并且通过软件 的设置可以方便调整制孔参数,并能完成对轨迹制孔的完整控制。试验数据和结果见表 1。

7 结论

本文通过对便携式螺旋轨迹制孔单元控制系统的开发与研究,搭建了基于 uCOSII 嵌入式实时系统的多轴控制系统,并开发了配套运动控制程序和操作软件,利用国产刀具在所研制的螺旋轨迹制孔样机上,完成了对铝合金等加工材料的制孔验证,制孔精度、孔内表面粗糙度等均达预期,验证了本控制方法的合理性和有效性,使一种刀具加工多种直径的孔成为现实。

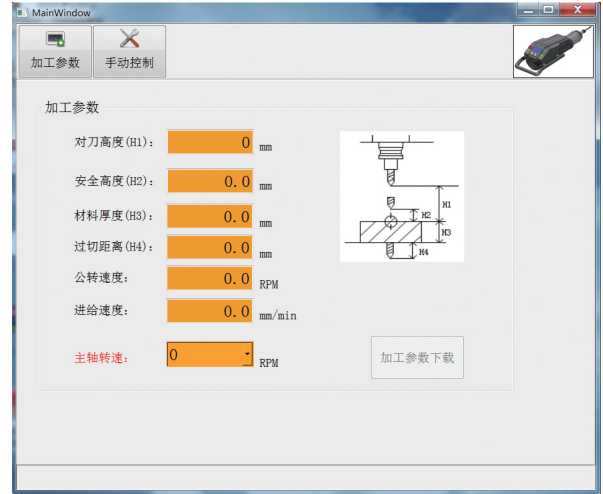


图4 自动制孔操作界面
Fig.4 Operation interface of automatically drilling

表1 制孔试验数据和结果

刀具直径/mm	刀具种类	制孔参数			孔径/mm	粗糙度/μm
		主轴转速 / (r·min ⁻¹)	进给速度 / (mm·min ⁻¹)	公转速度 / (r·min ⁻¹)		
8	4	2600	7	30	10.527	2.87
8	4	2900	7	30	11.079	2.55
10	4	2900	7	30	12.047	2.21
10	4	2900	7	30	13.032	2.97
10	4	2900	7	30	14.039	1.91
10	4	2900	7	30	15.064	1.99
10	4	2900	7	30	16.033	2.80
10	4	2900	7	30	17.049	1.93
10	4	2900	7	30	18.061	1.72
10	4	2900	7	30	19.054	1.94
10	4	2900	7	30	19.096	2.64
10	4	2900	7	30	19.100	2.28
10	4	2900	7	30	19.093	3.18
10	4	2900	7	30	19.097	2.02
10	4	2900	7	30	19.108	3.02
10	4	2900	7	30	19.045	2.6
10	4	2900	7	30	19.064	1.98
10	4	2900	7	30	19.083	1.74
10	4	2900	7	30	19.050	1.23
10	4	2900	7	30	19.026	1.89

参考文献

[1] 秦旭达,陈仕茂.螺旋铣孔技术在航空制造装配业中的发展应用.航空制造技术,2009(6):58-60.
 [2] 邵贝贝,译.嵌入式实时操作系统 UCOS-II.北京:北京航空航天大学出版社,2003.
 [3] 陈是知.uCOS-II 内核分析、移植与驱动程序开发.北京:人民邮电出版社,2007.

(责编 守军)