

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.10.026

空气透平试验台位移机构控制系统

陈波¹, 唐迎佳², 刘华建¹

(1. 中国兵器工业第五八研究所 数控部, 四川 绵阳 621000;
2. 中国兵器工业第五八研究所 信息中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 通过对透平试验研究平台设备测量探头的位移机构进行分析, 建立四坐标位移机构控制数学模型, 并根据透平试验台的控制位移机构运动和定位要求, 进行控制结、运动分析和位置闭环控制的研究, 实现了实验台的各轴高精度定位。结果表明, 该方法定位精度高、可靠性强, 能确保安全、准确地完成整个实验, 并已成功应用于空气透平试验台位移机构控制系统中。

关键词: 位移机构; 四坐标; 定位

中图分类号: TH122; TP273 **文献标识码:** B

Displacement Mechanism Control System of Air Turbine Test Platform

Chen Bo¹, Tang Yingjia², Liu Huajian¹

(Dept. of CNC, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;
2. Information Center, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Through analyzing measuring probe's displacement mechanism of turbine technology platform, establish 4_coordinates control math model of displacement mechanism, and also according to the displacement mechanism movement and positioning requirements of turbine technology platform to research the control knot, analyzing movement and the control of position closed loop, it has already realized positioning with precision. The result indicates that using this method to position has high precision and reliability, it can insure the whole experiment to accomplish safely and correctly, and also it has applied in displacement mechanism control system of air turbine test platform successfully.

Keywords: displacement mechanism; 4_Axis; positioning

0 引言

空气透平试验台位移机构控制系统是根据某集团透平核心技术试验研究平台测量探头的移动要求而研制的一款专用数控系统。空气透平试验台要求测量探头可在透平机转子的轴向和径向进行精确定位, 并能绕转子旋转和绕测针杆自转, 将五孔探针测得的汽缸气流压力、叶片各个位置在汽缸内所受压力等信息传递给上位机, 以便实验者分析叶片密度是否均匀。故根据五孔探针的几何模型并结合机床的实际坐标结构, 采用运动分析的方法确定机床坐标运动及各坐标之间的运动关系。

1 系统机械结构

根据空气透平试验台的实验要求, 位移机构主要是控制测量探头(五孔探针)的运动和定位, 主要包括径向运动机构(Z轴)、测针旋转机构(C轴)、轴向运动机构(Y轴)、周向运动机构(X轴)。其中, Y、Z两个轴为直线轴, C、X两个轴为旋转轴。

Z轴用于安装测针旋转机构的旋向滑座, 控制五孔探针沿径向方面的直线运动。

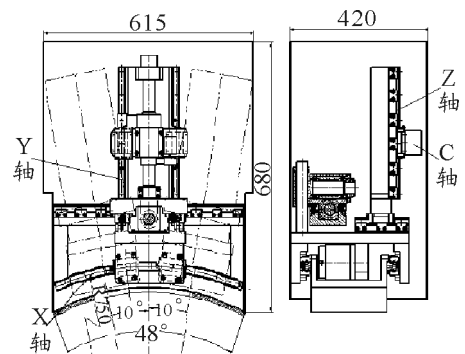


图1 透平机位移控制机构

如图1, 为防止在关机后, 径向运动机构在重力作用下自动下滑, 在丝杠末端装有一个单向超越离合器; C轴是旋转工作台, 在运动过程中控制五孔探针沿其自身轴线的旋转运动轨迹, 在0~360°范围内旋转, 与控制系统形成全闭环的控制方式, 实现很高的定位精度和重复定位精度; Y轴用于安装径向运动机构的径向安装板, 原理和结构与径向运动机构相同; X轴周向运动采用开环控制的方式。

收稿日期: 2010-05-21; 修回日期: 2010-07-15

基金项目: 东汽位移机构(200837)

作者简介: 陈波(1984-), 女, 四川人, 2008年毕业于西安工程大学, 从事数控技术研究。

圆弧导轨的导向使安装在周向运动机构之上的其他机构在与试验平台同心的圆弧上运动，从而使测针指向始终穿过试验平台的中心。在周向安装座上安装有推动推杆的周向滑座，从而提供一个圆弧导轨切线方向的动力；推杆部分使切线方向动力和圆弧导轨的导向同时作用后形成了周向运动。为防止在关机后机构自动下滑，在丝杠末端安装一个电磁离合器进行制动。

2 系统硬件

如图 2，系统的硬件结构框图主要包括人机界面、32 位嵌入式低功耗工业控制计算机（IPC）、轴控模块和 I/O 接口模块 4 个部分。嵌入式 IPC 主要负责人机交互、信息集成与管理、网络控制、模块的动态装载和连接以及模块的释放、加工数据预编译和动态编译、NC 键盘预处理、与轴控模块交换数据和状态读写控制信息等。轴控模块的核心为多轴智能运动控制卡，主要负责基本开关量（零点、限位等）的检测与控制、NC 键盘信息的处理、数据粗插补与精插补、多轴运动控制、速度—位置控制、与嵌入式 IPC 交换数据和状态读写控制信息等。

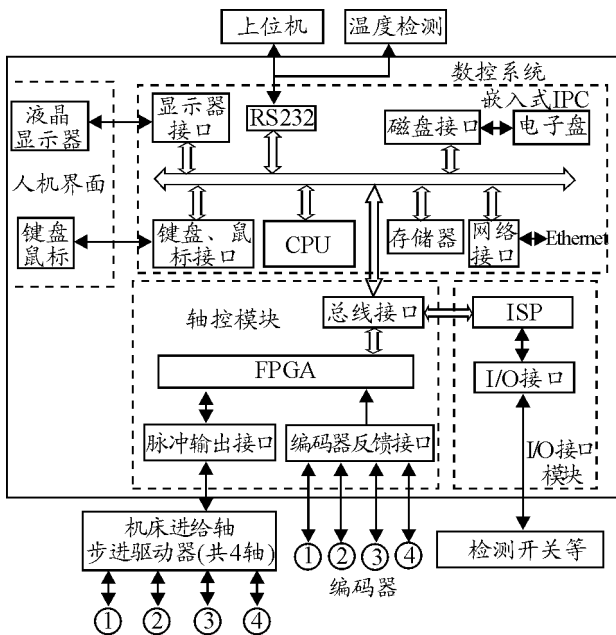


图 2 硬件结构框图

3 系统软件

系统软件运行在研华 PCM-9375 嵌入式工业控制计算机上，采用 Windows XP 操作系统。

建立合理的运动模型是实现五孔探针定位精确的关键。通过分析控制系统的几何模型及机械结构，根据实验要求分析出该位移机构的运动轨迹，再分

解该运动轨迹，上位机通过 RS232 进行通讯，将各轴的运动数据传送给位移机构。最后，控制系统将机床机构的状态（是否准确到位等信息）反馈给上位机。

该控制系统各个轴的增量由实验者根据实验需要自己设定，Y 轴、Z 轴和 C 轴 3 个轴的给定和反馈坐标可直接从轴寄存器中读出，程序如下：

```
AxisYgive=inportu(AxisYBase+AxisGivingValue, 1);
AxisYback=inportu(AxisYBase+AxisFeedBackValue, 1);
AxisZgive=inportu(AxisZBase+AxisGivingValue, 1);
AxisZback=inportu(AxisZBase+AxisFeedBackValue, 1);
AxisCgive=inportu(AxisCBase+AxisGivingValue, 1);
AxisCback=inportu(AxisCBase+AxisFeedBackValue, 1);
//读 Y、Z、C 轴的位置给定值、反馈值寄存器
PosValue.Y=(long)(AxisYgive*1.0/pulseunit.axis2);
PosValue.Z=(long)(AxisZgive*1.0/pulseunit.axis1);
PosValue.C=(long)(AxisCgive*1.0*1000*360/40000);
//计算 Y、Z、C 轴轴的给定坐标值
FeedBackValue.Y=(long)(AxisYback*FeedBackGene);
FeedBackValue.Z=(long)(AxisZback*FeedBackGene);
;
FeedBackValue.C=(long)(AxisCback*1.0*1000/80);
//计算各轴的反馈坐标值
```

根据弧度转换成角度后可以得到 X 轴（如图 3）给定坐标，X 轴角度坐标计算公式为：

$$\begin{aligned} a &= \arctan(a/h) \\ \beta &= b * \pi / 180 + a \\ b &= h * (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} a) \end{aligned}$$

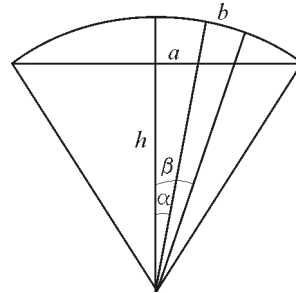


图 3 X 轴分解图

其中， α 为系统沿 X 轴方向的第一次增量（°）； β 为系统沿 X 轴方向的第一次与第二次增量之和（°）； a 为系统沿 X 轴方向的第一次直线增量（mm）； b 为系统沿 X 轴方向的第二次增量（rad）； h 为汽缸半径（mm）； π 为圆周率。

通过以上分析可知，在 X 轴摆好角度的情况下，只需要 Y 轴、Z 轴和 C 轴联动便可实现五孔探针的精确定位。X 轴的坐标计算程序如下：

(上接第 90 页)

```
AxisXgive=inportu(AxisXBase+AxisGivingValue, 1);
AxisXback=inportu(AxisXBase+AxisFeedBackValue,
1);
//读 X 轴的位置给定值、反馈值寄存器
PosValue.X=(long)(AxisXgive*1.0/pulseunit.axis3);
//计算 X 轴的给定坐标值
FeedBackValue.X=(long)(AxisXback*FeedBackGene
);
//计算 X 轴的反馈坐标值
```

其中, PosValue,FeedBackValue—位置, 反馈坐标; AxisCBase,AxisZBase,AxisYBase,AxisXBase—轴寄存器基址; AxisGivingValue,AxisFeedBackValue—轴寄存器偏移地址; inportu—读 32 位 I/O 端口函数; pulseunit—脉冲当量; FeedBackGene—反馈因子, 常数 (1.25)。

由于用于实验测试的五孔探针价格比较昂贵, 需要各个轴的定位精度高、可靠性强, 其中 Z 轴要求最高, 因此在 Z 轴上安装有传感器, 在系统对刀过程中开启对刀线程, 当传感器接触到叶片根部后该轴停止运动。下面是对刀线程的部分源程序:

```
byToolAdjustStart = 1 ; //置开始对刀标志为 1
ToolArrive(); //判断传感器是否到位
unAXISSTATE wAxis1 ;
while(1)
{
    if(iExit || byRunExit != 0)
    {
        ::SendMessage(pStatusView->m_hWnd,WM_CANCEL,0, 0); //有退出命令时, 发送运动取消消息
        break ;
    }
    ::Sleep(10);
    ioLock.Lock(); //锁 I/O 口
    wInputSignal.dwall=inportw(ioSwitchIn1); //读开关量
    if(!wInputSignal.bitToolAdjust) //对刀输入量为 0
    {
        dMoveIncrement = 1 ; //输入增量 1
        ::SendMessage(pStatusViewHwnd,WM_AXISMOVE,0,0); //发送运动消息
        ToolArrive();
    }
    else
    {
        DisableIP(); //禁止查补函数
        dMoveIncrement = 0.05 ; //输入增量 0.05
        ::SendMessage(pStatusViewHwnd,WM_AXISMOVE,0,0);
        DisableIP();
```

```
        break ;
    }
}
byToolAdjustStart = 0 ; //对刀结束后置开始对刀标志为 0
return 0 ;
```

4 结束语

该方法已成功应用, 实现了各轴的定位, 确保了整个实验安全、准确地完成, 具有精度高、可靠性强的特点。

参考文献:

- [1] 李恩林. 数控系统插补原理通论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [2] 严蔚敏, 吴伟民. 数据结构[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [3] 龚建伟, 熊光明. Visual C++/Turbo C 串口通信编程实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.