

文章编号:1007-2780(2010)01-0149-04

音圈电机稳速系统及图形化调试界面设计

杨守旺^{1,2},葛文奇^{1*},徐正平^{1,2},孙海钢³

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;
3. 中国石油集团 长城钻探工程有限公司 录井公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘 要: 传统像面扫描系统通常由旋转电机驱动,转动变平动,存在中间传动环节,引入摩擦、间隙、机械形变等问题,破坏系统高速运行时的稳定性。文章设计了由音圈电机驱动的像面扫描系统,具有无滞后、高响应、高加速度、高速度、控制方便等优点,实现了高精度往复运动,获得了高质量图像。在调试像面扫描控制器参数的过程中,开发了基于 Labview 和 GEL 语言的图形化调试界面,缩短了开发周期,可以推广到其他电机控制调试系统中。

关 键 词: Labview; GEL; 音圈电机; 像面扫描; 控制; 高频扫描

中图分类号: TP212.9 **文献标识码:** A

Design of Graphic Debug Interface and Speed Control Based on VCM

YANG Shou-wang^{1,2}, GE Wen-qi^{1*}, XU Zheng-ping^{1,2}, SUN Hai-gang³

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
3. Mudlogging company of CNPC Great Wall Drilling company, Panjin 124010)

Abstract: The traditional image scanning system is usually driven by a rotary motor, which transforms rotary motion into translational motion. There is transmission links, as a result, friction, clearance, mechanical deformation were introduced, the stability of the system during high-speed was undermined. In order to achieve high-precision reciprocating movement and obtain high-quality images, the image scanning system which was driven by the voice coil motor was designed, with the advantage of no lag, high response, high acceleration, high speed, easy to control, etc. During debugging the parameters of scanning controller, the graphical debugging interface based on Labview and GEL language was developed, shorten the development cycle, which can also be extended to other motor control debugging system.

Key words: Labview; GEL; VCM; image scanning; control; high-frequency scanning

1 引 言

像面扫描控制系统是相机的重要分系统之一,主要完成像面扫描工作,像面扫描速度精度越

高,CCD 曝光越均匀,图像质量越高^[1],这对相机控制系统的定位精度和运动精度提出了更高的要求。传统像面扫描系统通常由旋转电机驱动,转动变平动,存在中间传动环节,引入摩擦、间隙、机

收稿日期:2009-10-23; 修订日期:2009-11-09

基金项目:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所创新工程资助项目(No. ZJ99130B);中国科学院知识创新工程领域前沿项目资助(No. O70Y32R070)

作者简介:杨守旺(1982—),男,山东泰安人,博士研究生,研究方向为光电位移转换技术。

* 通讯联系人, E-mail: xq2118@163. com

械形变等问题^[2],破坏系统高速运行时的稳定性。由音圈电机驱动的像面扫描系统,具有高响应、高加速度、高精度、控制方便、体积小等优点,可以获得高质量的图像。

调试像面扫描控制器参数的目标是得到最优参数,使系统达到稳态跟踪精确、动态响应快速和鲁棒性好的状态。在调试过程中需要专门的分析工具,目前常采用示波器等传统的测量仪器,存在测量精度低、计算速度慢、不能分析测量数据、不能提供直观显示界面等缺点。本文利用虚拟仪器概念和 CCS 提供的 GEL 语言^[3],开发了基于 Labview 的测量和参数优化平台,能够集参数设定、曲线绘制、数据分析、数据保存、数据读取与显示等功能于一体。大幅缩短了开发周期,降低了开发难度。

2 像面扫描控制系统结构

图 1 为像面扫描控制平台基本结构,主要由 DSP、电机控制驱动、音圈电机、光栅尺和线阵 CCD 等部分组成,其功能是通过光栅尺测量出线阵 CCD 的位置,并将位置值反馈给 DSP,DSP 进行微分得到速度反馈信号,然后按照像面扫描指令要求,控制音圈电机带动 4 个线阵 CCD 进行高精度往复运动,完成像面扫描的闭环控制。

像面扫描过程如图 2 所示,由正扫和回扫组成一个周期。正扫和回扫均由加速阶段、匀速扫描阶段、减速阶段组成。这里主要有两个指标:扫

描频率和扫描精度。扫描频率主要由加速时间和减速时间决定,要求时间尽可能少;扫描精度指匀速扫描阶段稳速精度高,CCD 曝光均匀。像面扫描控制系统必须具有极高的定位精度^[4]和运动精度才能获得高质量的图像。

3 电机稳速系统及像面扫描控制器设计

3.1 像面扫描控制器硬件设计

像面扫描控制系统的硬件主要包括主控制器、光栅尺接口电路、RS232 接口电路、电机驱动电路,如图 3 所示。

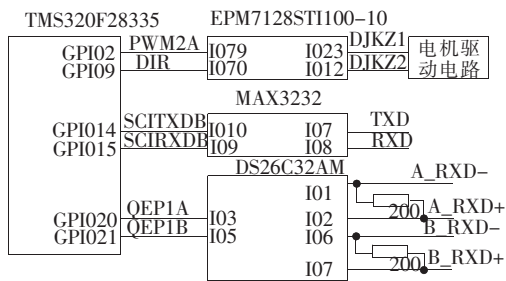


图 3 像面扫描控制器硬件原理图
Fig. 3 Hardware of image scanning system

音圈电机内部带有光栅尺,经 DS26C32AM 差分接收,可以产生 A、B 两路 QEP 脉冲。TMS320F28335 事件管理模块具有正交解码脉冲电路。当该电路被使能后,两路 QEP 脉冲分别作为 QEP1A 和 QEP1B 的输入,使用通用定时器对这两路脉冲进行计数,以获得电机的位置及速度信息。

TMS320F28335 具有两个异步串行接口,外接驱动 MAX3232,形成 RS232 串口,用于与上位机的调试软件连接,完成测试数据的接收和发送。

DSP 输出电机方向和 PWM 信号,经过 CPLD 和电机功率驱动以及隔离模块等,驱动音圈电机。

在扫描控制系统中,控制器是它的核心,采用高性能微处理器能简化系统接口,完善系统功能,实现复杂有效的控制策略并提高可靠性能。本项目采用的处理器 TMS320F28335 芯片是由 TI 公司推出的专门针对电机控制的 32 位浮点数字信号处理器,具有高速的数字运算能力和丰富的输入输出设备及接口电路。以它作为主控制器单元,电路结构简单,只需辅以较少的外围硬件电

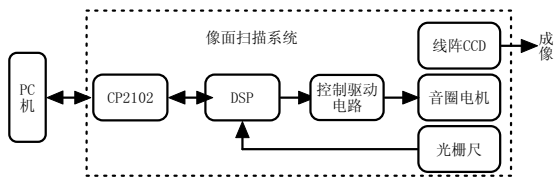


图 1 像面扫描控制平台结构
Fig. 1 Structure of image scanning system

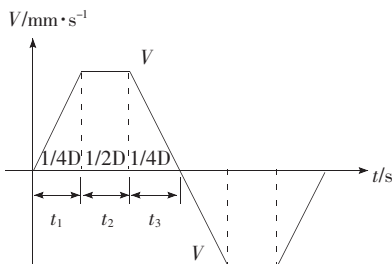


图 2 音圈电机运动过程
Fig. 2 Trapezoidal move of VCM

路,就可以组成控制回路,简化了硬件电路设计,同时也简化可对这些模块支持的应用程序编写,从而大大提高了控制系统的整体可靠性。

3.2 像面扫描控制器软件设计

根据音圈电机的结构特点^[5,6]及其对控制系统的要求,设计了像面扫描控制器^[7,8]。电机工

作在 3 种模式下:速度模式、位置模式和力模式。在加速阶段,电机工作在力模式下,为使像面高频扫描,加速阶段电机以峰值力 FP 启动,加速度达到最大,加速时间最小;在匀速阶段,电机工作在速度模式下,设计速度校正函数采用超前滞后校正^[9];在减速阶段,电机工作在位置模式下。

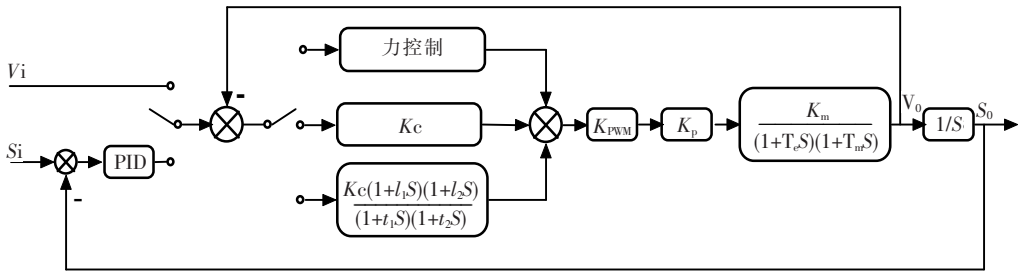


图 4 双模式系统动态结构图

Fig. 4 Block diagram of dynamic structure of the dual-control model

4 图形化调试界面设计

4.1 CCS 开发环境配置

通用扩展语言(GEL)是一种解释语言,类似于 C 语言。GEL 函数可以用来配置 CCS 开发环境,也可以用来初始化目标 CPU。CCS 提供了丰富内嵌 GEL 函数,可以减少 DSP 开发难度。在调试程序的过程中,经常需要修改程序中的某个变量的值,以便观察在不同情况下程序的运行结果。可以在源程序中修改变量的值,然后在编译连接运行,观察结果,但是这种方法不能验证算法的实时性;而使用 GEL 滑动条与 GEL 对话框来修改程序变量,则可以在不中断执行程序的情况下进行调试,更具优越性。

本工程中速度校正函数采用一阶滞后校正,共有 3 个校正参数。下面以 SuduT1 为例进行说明。首先建立源文件,GEL 代码如下:

```
menuitem "GEL MyDebug"
dialog Set_SuduT1(SuduT1Param "Load")
//采用对话框来改变变量 SuduT1
{
    SuduT1=SuduT1Param * 0.0001;
}

slider Vary _ SuduT1 (100, 10000, 1, 1,
SuduT1Param)
//采用滑动条来改变变量 SuduT1
{
```

```
SuduT1=SuduT1Param * 0.0001;
}
```

对话框组件由关键字 dialog 产生,该组件捕获由关键字 load 所指定的参数,在 GEL 文件中,将参数值 SuduT1Param 分配给了在 DSP 程序中定义的 32 位浮点变量 SuduT1。

滑动条组件由关键字 slider 产生,slider 的参数表需要 4 个参数,从左到右分别是:滑动条最小值、滑动条最大值、上滑动步进参数和下滑动步进参数,同样将滑动条修改的参数值 SuduT1Param 分配给了在 DSP 程序中定义的 32 位浮点变量 SuduT1。

一阶滞后校正的另外两个参数 SuduKc 与 SuduTao1 以同样的方法产生,程序输入完毕后将文件保存在工程目录下,命名为“MyDebug.gel”。在工程中装载该 GEL 文件,在主菜单“GEL”下出现 Set_SuduT1 等 6 个命令如图所示,经过调试确定一阶滞后校正参数为 SuduKc=50、

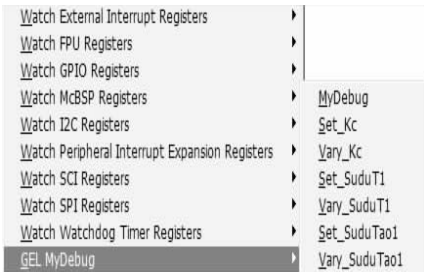


图 5 CCS 开发环境配置

Fig. 5 Configure of CCS development environment

SuduT1=0.1001、SuduTao1=0.04，CCS 开发环境配置如图 5，实时调试界面如图 6 所示。

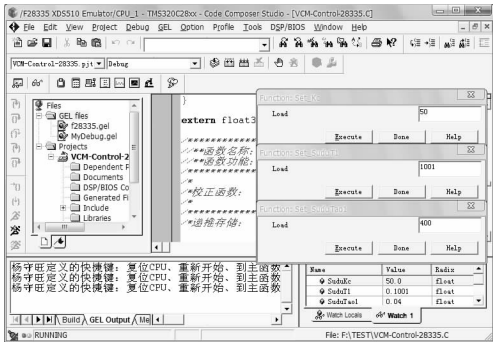


图 6 CCS 调试界面
Fig.6 Debug interface of CCS

4.2 DSP 控制实现

采用 TMS320F28335 作为系统的控制核心，使用了 USB 转串口芯片 CP2102 与上位机通信，

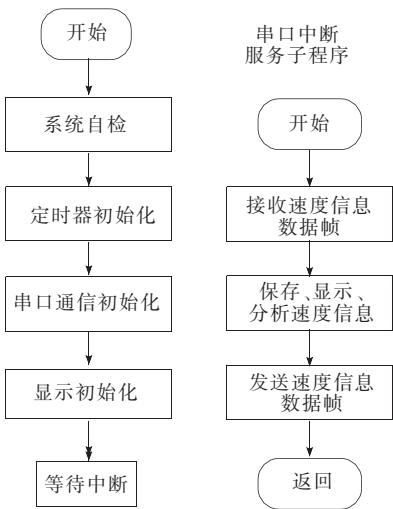


图 7 DSP 串口程序控制模块流程图
Fig.7 Flow chart of DSP serial control

下位机程序在 CCS 环境下用 C++ 语言编程，模块化设计，各模块主要采用中断方式调用。电机控制采用串口通信控制，串口配置为 8 位，无奇偶校验。连续发送 5 个控制字节，第 1 个字节为同步码 55H；第 2 个字节中高字节表示电机的正反转，低字节表示电机调节方式；第 4 个字节为速度信息；第 5 个字节为位置信息。DSP 串口程序控制模块流程图如图 7 所示。

4.3 LabVIEW 设计与实验结果

上位机软件设计以虚拟仪器(LabVIEW 8.2)为开发环境，基于 Windows 操作系统的动态链接库技术进行程序的编制。上位机系统软件采用模块化设计，主要完成系统硬件 CP2102 的驱动、串口初始化和控制、数据采集、数据处理、数据显示等功能。LabVIEW 设计主要包括 3 个模块：串口初始化模块、数据接收与发送模块和数据处理与显示模块。

串口初始化模块使用 VISA Configure Serial Port 模块将 VISA 资源名称指定的串口 1 初始化；波特率设置为 115 200 bit/s；8 位数据位；1 位停止位；无奇偶校验位；无流控制；不启用终止符。

使用 VISA 写入模块来发送控制命令和使用 VISA 读取模块来接收数据。

LabVIEW 最吸引人的特点之一就是对数据的图形化显示提供了丰富的支持，使用 Graph 子模块上的波形 Graph 控件可以将数据在坐标系中实时、逐点显示出来，可以反映被测物理量的变化趋势，与传统的模拟示波器和波形记录仪器显示方式相仿。波形 Graph 控件上一些元素尤其是游标(Cursor)可以用来读取波形 Graph 上某一点的确切坐标值。此外还可以使用一些控件如 Transition Measurements 控件实现上升时间、超

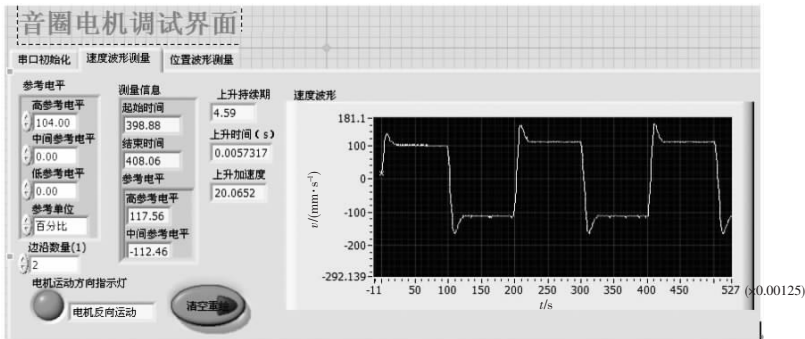


图 8 LabVIEW 显示界面
Fig.8 Display interface of LabVIEW and experiment result

调量、稳定时间、加速度等性能指标的测量。

LabVIEW 显示界面及试验扫描结果如图 8 所示。

从测量结果可以看出上升时间为 0.005 731 7 s, 调节时间为 0.025 s, 加速阶段加速度为 20.065 2 m/s², 稳速精度为 1%, 扫描频率最大可达到 15 Hz。

4 结 论

采用音圈电机驱动像面扫描系统,具有响应快、加速度大、控制方便和体积小等优点,可以获得高质量的图像。所设计的图形化调试界面实现简单、软件人机界面友好、操作方便、信息量大,自动化程度高,大大缩短了开发周期,降低了开发难度。

参 考 文 献:

[1] Peng Fangzheng, Chen Lihua, Zhang Fan. Simple topologies of PWM AC/AC converter [J]. *IEEE Power Electronics*, 2003, 1(1):10-13.

[2] 刘强,张从鹏. 直线电机驱动的 H 型气浮导轨运动平台 [J]. *光学 精密工程*, 2007, 15(10):1540-1546.

[3] 彭启宗,管庆. DSP 集成开发环境 [M]. 北京:电子工业出版社, 2004.

[4] 孙丽娜,宋悦明,戴明. 采用复合控制提高机载光电平台的数引跟踪精度 [J]. *光学 精密工程*, 2008, 16(2):265-268.

[5] 郑伟,赵淳生. 高温环境下超声电机的机械性能测试 [J]. *光学精密工程*, 2008, 16(12):2313-2319.

[6] 时运来,金家楣,赵淳生. 单相激励旋转步进超声电机原理 [J]. *光学 精密工程*, 2009, 17(2):375-379.

[7] 武俊峰,安静,徐春剑. 姿控飞轮控制系统设计及转速过零分析 [J]. *光学 精密工程*, 2009, 17(4):801-806.

[8] 殷云华,郑宾. 一种基于 Matlab 的无刷直流电机控制系统建模仿真方法 [J]. *系统仿真学报*, 2008, 20(2):293-298.

[9] Xu Zhengping, Zhai Linpei. CCD geometric superresolution method based on subpixel [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2008, 16(12):2448-2453.



《液晶与显示》投稿指南

《液晶与显示》投稿方式为网上投稿。网上投稿便于您随时查询稿件的处理情况,方法为:登录本刊网站 <http://www.yjyxs.com>, 进入“作者投稿”栏目,在线注册投稿。注册时“用户名”和“口令”由您设定,登录后按“提示”进行操作即可。稿件请用 Word 完成,采用通栏排版,以便专家网上审理。

《液晶与显示》稿件发表的正常周期为 3~6 个月,缩短论文发表周期是学术论文的社会效益尽早实现的重要条件,而满足《液晶与显示》征稿简则,特别是第 3 项中(1)~(7)的要求,是稿件可以尽早编辑加工的必要条件。因此,您若希望论文能够早日发表,请您务必按“简则”写稿。

若您的稿件附有同行专家评语及单位推荐信,则您的稿件将优先发表,也欢迎您推荐 2~3 名审稿专家;同时,本刊更欢迎国家各重大科技攻关项目和基金课题产出的自主创新性文章。

《液晶与显示》稿件发表含印刷版、电子版和网络版,对版权有特殊要求者,请事先声明。