

文章编号:1007-2780(2010)05-0728-05

空间相机多功能调焦偏流控制系统

于 涛,曹小涛

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033,E-mail:yutao.com@tom.com)

摘 要: 为了在地面配合检测空间相机最佳焦面位置,协助分析偏流角实时调整对相机图像质量的影响,配合调焦偏流机构的老练实验,提出了一种多功能调焦偏流控制及其液晶显示系统。介绍了系统的构成及工作原理,对系统进行了设计和实验验证。实验结果表明,所设计的系统完全满足空间相机地面检测过程中对调焦偏流的控制要求:可以控制调焦电机以频率 33 Hz 或 1 kHz 运行,调焦机构可调整范围为 $-2\sim 2$ mm,闭环控制误差不大于 $1.2\ \mu\text{m}$;可以控制偏流电机以频率 33 Hz 或 666 Hz 运行,偏流机构可调整范围为 $-3^\circ\sim 3^\circ$,闭环控制误差不大于 0.012° 。电机运行方向、频率、目标位置可设置,可在液晶屏上显示出系统的状态和参数。

关 键 词: 调焦;偏流;空间相机;液晶显示
中图分类号: V445.8 **文献标识码:** A

Multi-Function Focus-Drift Control System of Space Camera

YU Tao,CAO Xiao-tao

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130033, China,E-mail:yutao.com@tom.com)

Abstract: In order to find the best focal plane position of space camera, to help to analyze the effect on camera image quality on drift angle real-time adjusting, to assist the sophisticated experiment of focus and drift machine, a multi-function focus-drift control and liquid crystal display system was proposed. First, the system requirements were analyzed; and then the system composition and work principle were introduced; finally, design of system and experimental verifying were carried out. The results show that the system can control the focus motor with frequency 33 Hz or 1 kHz, focus machine's adjustable range is $-2\sim 2$ mm, closed-loop control error is less than $1.2\ \mu\text{m}$, which can control the drift motor with frequency 33 Hz or 666 Hz; drift machine's adjustable range is $-3^\circ\sim 3^\circ$,closed-loop control error is not more than 0.012° ,which can set motor direction, frequency, target location and liquid crystal display system status and parameters. It can fully satisfy the test requirements on focus and drift control for space camera on the ground.

Key words: focus; drift; space camera; liquid crystal display

1 引 言

空间相机在设计、装配、检测以及整机联试过

程中,需要经过很多实验,其中有些实验需要地面设备对调焦和偏流进行控制。比如:热真空实验需要控制调焦,测试各个温度条件下最佳焦面位

置,分析温度和焦面关系,便于相机在轨工作期间根据温度调整焦面,使相机处于最佳成像状态。相机摄像时对偏流角实时调整实验需要控制偏流,协助分析图像的质量,推导实时偏流调整的控制策略,使相机在工作过程中能够对偏流角进行实时修正。调焦和偏流机构的老练实验需要控制调焦和偏流,测试调焦和偏流机构长时间连续运行的可靠性是否满足要求^[1-3]。

上述这些实验都需要地面设备对调焦和偏流进行控制,由于实验目的不同,控制方式也不同。目前地面设备大多采用电机驱动器加信号发生器对调焦和偏流电机进行驱动,实现对调焦和偏流机构的控制。这种设备只能设置电机频率和方向,由于控制方式和功能单一,上述实验较难操作,甚至无法实现。所以,急需一种多功能调焦偏流控制系统,能够针对不同的测试目的来选择功能和设置测试条件,方便显示调焦偏流的控制参数和状态,便于携带,方便操作。

为解决以上问题,本文提出了一种多功能调焦偏流控制及其液晶显示系统,对系统进行了设计和实验验证。实验结果表明,所设计的系统能够满足空间相机地面检测过程中对调焦偏流的控制要求。

2 系统需求分析

由于各个实验对调焦和偏流控制的方式不同,所以下面针对各种控制方式进行需求分析。

2.1 热光学实验需求分析

热光学实验需要开环和闭环两种方式控制调焦。开环控制时,以频率 1 kHz 控制调焦电机运行;闭环控制时,以频率 33 Hz 控制调焦电机运行,控制误差要求不大于 1.2 μm。开环和闭环控制时,50 ms 周期采集调焦机构位置;由 16 位光电轴角编码器作为调焦机构的测角器,确定调焦机构位置,采用 RS422 通讯协议;调焦机构可控制范围为 $[-2\text{ mm}, 2\text{ mm}]$ ^[4-6]。

2.2 实时调偏流实验需求分析

该实验需要开环和闭环两种方式控制偏流。开环控制时,以 666 Hz 频率控制偏流电机运行;闭环控制时,以 33 Hz 频率控制偏流电机运行,控制误差要求不大于 0.012°。开环和闭环控制时,以 50 ms 周期采集偏流机构位置,由 16 位光电轴角编码器作为偏流机构的测角器,确定偏流机构

位置,采用 RS422 通讯协议,偏流机构可控制范围为 $[-3^\circ, 3^\circ]$ ^[7-8]。

2.3 调焦和偏流机构老练实验需求分析

该实验以开环方式控制调焦和偏流,以频率 1 kHz 控制调焦电机运行,控制调焦镜从-2 mm 位置到 2 mm 位置再到-2 mm 位置循环运行;以 666 Hz 频率控制偏流电机运行,控制偏流机构从-3°位置到 3°位置再到-3°位置循环运行,50 ms 周期采集偏流机构位置。

3 系统构成和原理

调焦偏流控制及其液晶显示系统主要由调焦偏流微处理器、调焦偏流电机控制、系统状态和参数液晶显示、调焦偏流编码器通讯、调焦偏流命令和控制参数液晶显示、调焦偏流命令和控制参数处理等单元组成,结构关系如图 1 所示。

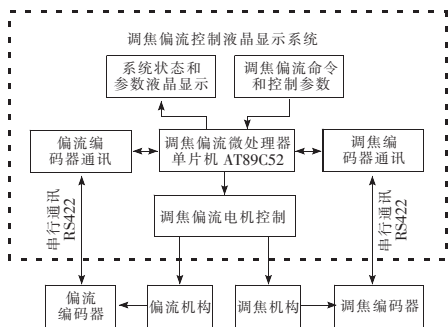


图 1 调焦偏流控制系统框图

Fig. 1 Block diagram of focus and drift control system

调焦偏流控制及其液晶显示系统的工作原理如下:系统工作过程中,根据调焦偏流命令决定调焦和偏流的控制方式和功能;通过 RS422 串行线路与调焦和偏流机构的测角器(16 位光电轴角编码器)进行通讯,计算调焦和偏流机构当前位置;根据控制参数和调焦偏流编码器值计算调焦偏流电机运行步数、方向、频率,并控制调焦和偏流电机的运行或停止,实现一次调焦偏流控制;系统可根据命令的不同,选择调焦和偏流的开环或闭环控制,并可各项控制功能。

4 系统设计

以自动控制理论和计算机智能控制技术为基础对系统进行设计,采用单片机 AT89C52 作为调焦和偏流控制处理器,实现调焦偏流命令和控

制参数的采集和处理,调焦偏流电机的控制,与调焦偏流编码器的串行通讯,液晶显示系统状态和参数,以及调焦偏流的开环和闭环控制,满足需求中的误差要求。

4.1 调焦偏流命令和控制参数的采集和处理

通过双向和拨码开关分别控制调焦偏流电机运行、停止、频率和功能选择,设置调焦和偏流的控制目标和编码器零点位置,原理框图见图 2。系统以 50 ms 周期采集开关状态,如果开关状态有变化,那么控制调焦和偏流电机停止运行,根据当前开关状态分析系统命令和控制参数对调焦和偏流进行控制。

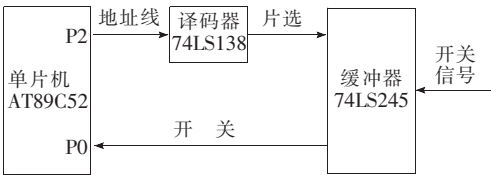


图 2 命令和控制参数采集和处理原理框图
Fig. 2 Block diagram of command and control data acquisition and processing

4.2 调焦偏流电机的控制

采用步进电机作为调焦和偏流控制的驱动元件,控制方式为四相八拍,步距间隔时间分别通过单片机内部定时器 0 和 3 控制,单片机 P1.0~P1.7 分别作为调焦和偏流电机 4 项控制信号输出,通过电机驱动电路控制电机运行,电机一项驱动电路见图 3,电机运行步数见公式(1),调焦机构移动距离与调焦编码器变化关系见公式(2),偏流机构转动角度与偏流编码器变化关系见公式(3),调焦编码器与调焦机构位置对应关系见公式(4),偏流编码器与偏流机构位置对应关系见公式(5)。

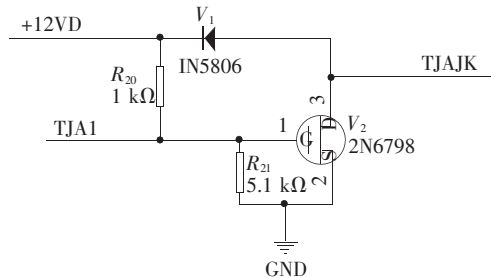


图 3 电机驱动电路框图
Fig. 3 Block diagram of motor drive circuit

$$N = K_1 \times |A_1 - A_2| \div M \tag{1}$$

式中, N 为调焦或偏流电机运行步数; A_1 为调焦或偏流编码器当前值; A_2 为调焦或偏流编码器目标值; M 为调焦或偏流电机与编码器速比; K_1 为转换系数,系统中取 163.84。

$$\Delta A_1 = K_2 \times \Delta S \div \text{tg}\theta_1 \div M \tag{2}$$

式中, ΔA_1 为调焦编码器变化量; θ_1 为调焦机构两个活动部件运行方向夹角,系统中取 6° ; ΔS 为调焦机构移动距离; M 为调焦电机与编码器速比,系统中取 40; K_2 为转换系数,系统中取 32 768。

$$\Delta A_2 = K_3 \times \Delta \theta_2 \tag{3}$$

式中, ΔA_2 为偏流编码器变化量; $\Delta \theta_2$ 为偏流机构角度变化量; K_3 为转换系数,系统中取 182。

$$A_3 = H_1 + K_2 \times S \div \text{tg}\theta_1 \div M \tag{4}$$

式中, A_3 为调焦机构位置对应的编码器值, H_1 为调焦机构零点对应编码器值, S 为调焦机构位置。

$$A_4 = H_2 + K_3 \times \theta_2 \tag{5}$$

式中, A_4 为偏流机构位置对应的编码器值, H_2 为偏流机构零点对应编码器值, θ_2 为偏流机构位置。

4.3 调焦偏流编码器的串行通讯

采用 16 位光电轴角编码器作为调焦和偏流机构的侧角器,系统与编码器之间采用 RS422 串行通讯协议,应用单片机的 RXD(P3.0)和 TXD(P3.1)口分别做为串行通讯输入和输出,应用内部定时 2 控制串行通讯的波特率,应用 DS26C31 和 DS26C31 元件将串行通讯信号进行差分,提高串行通讯的抗干扰能力和可靠性。

4.4 液晶显示系统状态和参数

为了实时显示系统状态,系统以 50 ms 为周期刷新液晶显示数据。所使用的液晶模块为字符点阵型,可显示 2 行各 16 个字符。通过单片机的 P2 口控制液晶模块的寄存器选择、读写和使能,通过单片机的 P₀ 口对液晶屏写数据。液晶屏显示的数据格式见表 1。

4.5 调焦偏流的开环和闭环控制

根据调焦和偏流控制命令和参数,对调焦和偏流进行开环和闭环控制。根据实验需要,系统闭环控制时,调焦控制误差应不大于 $1.2\text{ }\mu\text{m}$,偏流控制误差应不大于 0.012° ,开环和闭环控制流程见图 4。

表 1 液晶显示数据格式
Table 1 LCD data format

	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
第一行	调焦编码器值(16 进制显示)				调焦电机方向 (0 为正向,1 为负向)		调焦电机频率 (0 为 1 kHz,1 为 33 Hz)	
第二行	偏流编码器值(16 进制显示)				偏流电机方向 (0 为正向,1 为负向)		偏流电机频率 (0 为 666 Hz,1 为 33 Hz)	
	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}
第一行	调焦功能(0 为热光学 控制,1 为老练实验)		调焦开环或闭环(0 为开 环,1 为闭环)		调焦电机步数(16 进制显示)			
第二行	偏流功能(0 为实时调 偏流,1 为老练实验)		偏流开环或闭环(0 为开 环,1 为闭环)		偏流电机步数(16 进制显示)			

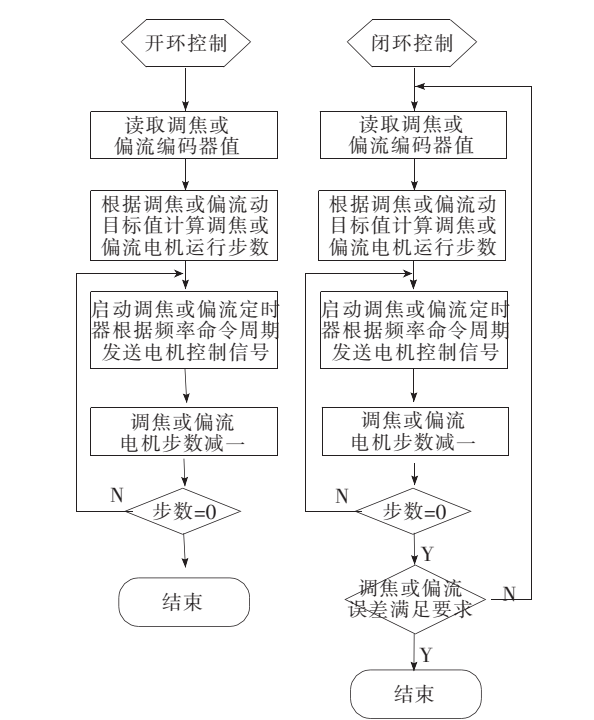


图 4 调焦偏流开环闭环控制流程图

Fig. 4 Program flow chart of focus and drift open & closed-loop control

5 实 验

根据调焦和偏流编码器与机构的装配,调焦和偏流机构的中间位置对应编码器值均为 8000H,以 8000H 作为调焦和偏流的零点控制参数输入系统。

实验 1:分别以频率 1 kHz 和 666 Hz 开环控

制调焦和偏流,调焦机构从 2 mm 运行到 -2 mm,偏流机构转动角度从 3°运行到 -3°,由公式(1)可以计算调焦和偏流电机运行步数分别为 1DBBH 和 C79H,由公式(2)、(3)、(4)、(5)和控制零点可以计算调焦和偏流目标位置对应编码器值分别 BCE4H 和 8222H,控制结束后的液晶显示数据见图 5。

实验 2:以频率 33 Hz 分别闭环控制调焦和偏流,调焦目标位置为 0.5 mm,偏流目标位置为 -0.5°,调焦和偏流的初始位置为实验一的结束位置,由公式(1)可以计算调焦和偏流电机运行步数分别为 1291H 和 521H,由公式(2)、(3)、(4)、(5)和控制零点可以计算调焦和偏流目标位置对应编码器值分别 8F39H 和 7F6FH,调焦和偏流的控制误差分别不大于 1.2 μm 和 0.012°,控制结束后的液晶显示数据见图 5。

实验 3:分别以频率 1 kHz 和 666 Hz 开环控制调焦和偏流,调焦机构在位置 2 mm 与位置 -2 mm



图 5 液晶屏上显示的数据

Fig. 5 Data display on LCD panel

之间循环运行,偏流机构在角度 $3^{\circ}\sim-3^{\circ}$ 之间循环运行。液晶显示数据更新较快,以 50 ms 为周期刷新,这里不附图说明。

由图 5 开环控制结果可知,调焦和偏流编码器值误差分别为 15 和 6,通过公式(2)、(3)可以计算出调焦和偏流的控制误差分别为 $1.92\text{ }\mu\text{m}$ 和 0.033° ,误差主要由机构空回和间隙、编码器测角误差、电机步距误差以及舍入误差产生的。

由图 5 闭环控制结果可知,调焦和偏流编码器误差分别为 4 和 1,通过公式(2)、(3)可以计算出调焦和偏流的控制误差分别为 $0.512\text{ }\mu\text{m}$ 和 0.005° ,误差明显低于开环控制误差,满足系统设计要求。

参 考 文 献:

[1] 胡君,吴伟平. 光学成像遥感器调焦控制电路仿真测试[J]. 光学 精密工程,2007,10(15):1503-1508.

[2] 于涛,徐抒岩,韩诚山,等. 空间相机偏流角的间歇式实时调整[J]. 光学 精密工程,2009,8(17):1908-1914.

[3] 李友一. 空间相机的偏流角控制[J]. 光学精密工程,2002, 10(4): 402-406.

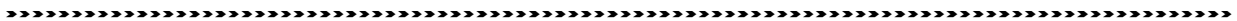
[4] 马岩,胡君. CCD 成像单元仿真系统的实时显示方法研究[J]. 液晶与显示,2008,23(3):334-339.

[5] 杨守旺,龙科慧,周磊,等. 航空相机调焦单元仿真系统的实时显示方法研究[J]. 液晶与显示,2009,10(24): 740-745.

[6] 何红艳,王小勇,曾湧. CBERS-02B 卫星高分辨率相机的在轨调焦方法[J]. 航天返回与遥感,2008,12(29):12-17.

[7] 于平,吴伟平. 空间光学遥感器偏流机构控制单元的闭环实时模拟检测[J]. 光学 精密工程,2009,11(17): 2800-2805.

[8] 樊超,李英才,易红伟. 偏流角对 TDICCD 相机像质的影响分析[J]. 光电工程,2007,9(34):70-74.



《液晶与显示》关于作者署名的通告

针对目前论文署名比较随便,论文作者要求增减合著者或改变排名顺序的情况时有发生,本刊编辑部特提请文章作者注意:论文署名是一件十分严肃的事情。在论文上署名的作者应为参与论文撰写或对论文所涉及的研究工作有贡献的人,所有署名作者均应对文章内容负责。凡合著的文章,投稿前应仔细斟酌,考虑周全,并征得所有合作者的同意,同时应写明联系人。署名及排序在投稿后确实需要改变时,应由联系人向编辑部出示有关合著者同意并签名(盖章)的函件。否则,编辑部有权拒绝其要求。

《液晶与显示》编辑部