

文章编号:1007-2780(2014)04-0637-07

广角极光成像仪图像采集与快显多功能监测系统

王 雪,宋克非*

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033)

摘要:为了对卫星载荷广角极光成像仪下传的大量遥感数据进行采集并实时解析成像,设计实现了广角极光成像仪图像采集与快显多功能监测系统。根据系统工程需求分析,利用数据采集卡接收来自 RS-422 接口的遥感数据,在 VC++ 平台上开发上位机软件,应用多线程与定时器联合编程实现并行的数据采集、数据解析、图像处理及快速显示,并实现了光子计数率显示、像素点亮度值显示、图像亮度值调节、生成原始数据曲线、图像回放、图像局部放大等多种功能。通过系统与广角极光成像仪的联合测试,实验结果表明:该系统能够正确接收遥感数据,准确解析辅助参数及多模式下的图像数据并快速显示成像,多种功能执行正确且运行稳定。系统能实时、准确地反映仪器状态及性能,是广角极光成像仪研发各阶段不可或缺的一部分。

关 键 词:广角极光成像仪;VC++;图像快显;多功能

中图分类号:TN919.5 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142904.0637

Image acquisition and fast display versatile detection system for wide angle aurora imager

WANG Xue, SONG Ke-fei*

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China*)

Abstract: In order to collect the mass data loaded from wide angle aurora imager and analyze remote data to display images in real time, the image acquisition and fast display versatile detection system for wide angle aurora imager are designed and implemented. According to system requirements, by utilizing data grabbing card to receive remote data from RS-422 interface, the software which is developed on computer with VC++ uses joint programming of multithread and timer to achieve data acquisition, data analysis and image fast display at the same time, as well as other functions, such as photon count rate display, brightness value display, brightness value adjustment, original data curves generation, image replay and image partial amplification. Through joint test of the system and wide angle aurora imager, the results indicate that this system could receive remote data correctly, analyze parameters exactly and multi-mode image data and quickly display images, all functions could execute correctly and run stably. The system could reflect instrument status correctly in real time, which is the integral part of each phase in development of wide angle aurora imager.

Key words: wide angle aurora imager; VC++; image fast display; versatile

收稿日期:2014-03-21;修订日期:2014-04-11.

基金项目:国家自然科学基金(No. 61275152)

* 通信联系人, E-mail: songkefei@sina.com

1 引言

空间探测为国防侦查、资源勘测、气象预报等各个领域提供科学依据,已成为国家建设中必不可少的一部分^[1]。广角极光成像仪作为 FY-3(04)卫星主要载荷之一对极光 FUV 辐射中的 N2 分子辐射的 LBH 带(140~180 nm)进行成像观测,获得极光椭圆区域的光强分布。广角极光成像仪采用 2 个相同的光学系统拼接构成 130°×10°的瞬时视场,由扫描机构对 10°视场方向进行沿轨扫描,最终实现在 2 min 曝光时间内对 130°×130°的极区范围成像。电子学单元对读数进行畸变校正和位移校正,将每一个扫描位置的图像处理后叠加到 RAM 中的虚拟像元中,完成一次扫描后即得到一幅完整的极光图像。

广角极光成像仪工作获取的极光图像数据、成像仪及卫星的工作状态信息等被封装成遥感数据包下传至地面,为获取遥感数据进行数据解析并形成极光图像,研制一款设备以实现实时安全地将这些下传遥感数据采集、存储、解析并快速显示成像对于成像仪的研制过程具有重要意义。

目前,对于不同的空间探测仪器,由于系统工程需求不同,下传遥感数据的接口、数据传输速率、解析协议等各异,因此相应的检测设备的设计也就各不相同^[2-4]。大体上,常用的图像采集并显示的处理方法是将图像采集卡输出的数据保存在计算机硬盘,再利用软件读取数据进行图像显示和处理,这种方法没有实现数据采集的同时进行图像实时显示和处理^[5]。因此,为实现实时的图像显示,针对广角极光成像仪单机特性,集成多种功能实现,设计并实现了广角极光成像仪图像采集与快显多功能监测系统(以下简称广角快显系统),系统用数据采集卡接收来自 RS-422 接口的遥感数据,上位机软件利用采集卡配套程序库进行数据采集,同时进行数据解析及图像实时显示^[6],并且提供了用户友好的多种功能实现。通过试验,验证了该系统功能全面、性能稳定、实时性强,满足设备调试与测试需求。

2 系统组成及工作原理

广角快显系统由 RS-422 同步数据采集卡和

上位机软件组成,通过数据采集卡建立广角极光成像仪和 PC 间的同步 RS-422 串口通讯,计算机系统上的上位机软件提供用户友好的工作界面,负责遥感数据的解析及图像显示,并提供多种功能实现为成像仪的测试及下传数据分析提供便利。

系统工作流程如下:上位机软件进行数据采集控制,由采集卡实现同步 RS-422 串口数据的接收,获取的遥感数据经 PCI 总线传送至计算机内存,上位机软件负责将内存数据顺序存储至计算机硬盘实现数据记录,同时实时的将计算机内存中数据按数传协议进行数据解析处理,完成多模式下的图像解析,以及图像和辅助信息的快速显示。在后期生成原始数据曲线及回放图像文件时,上位机软件将硬盘中数据顺序读取到计算机内存中进行解析并显示给显存。系统结构如图 1 所示。

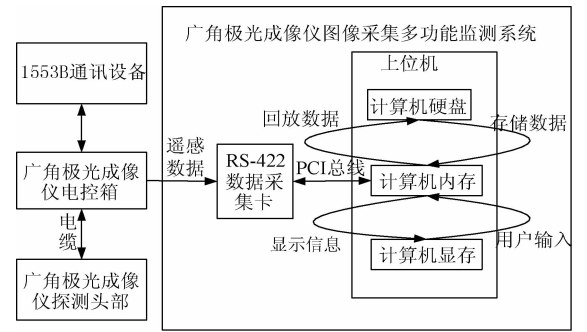


图 1 广角快显系统结构图

Fig. 1 Diagram of the system architecture

3 系统设计与实现

广角快显系统在硬件方面利用 RS-422 同步串口通讯卡完成从数传单元接收数据至计算机内存;软件在 VC++ 平台上进行开发,应用多线程与定时器联合编程实现并行的数据采集控制、数据存储、图像处理及快速显示,并实现了光子计数率显示、图像各坐标点亮度值显示、图像亮度值调节、生成原始数据曲线、图像回放、图像局部放大等多种功能。将系统按功能划分为 4 个模块:数据采集与存储、数据解析、图像信息实时显示、数据回放。

3.1 数据采集与存储

广角快显系统选用神舟飞航公司型号为

AEC422-PCI-2S/S1 的同步串口通讯卡作为本系统的数据采集卡,该型号通讯卡集成了 FPGA、高速缓存等部件,完成串并转换后将数据经由 PCI 总线传送至计算机。该数据采集卡具有良好的兼容性,性能稳定,满足广角快显系统需求,为系统的实现提供了坚实的基础。

安装数据采集卡及设备驱动程序后,即可进行应用程序的开发。首先加载数据采集卡配套库文件 AEC422X5.dll 和 AEC422X5.lib,引用函数库头文件 AEC422X5_lib.h,在应用程序中调用接口函数进行板卡操作即可实现数据的采集。

为保证不间断的实时接收下传的数据并同时存储在 PC 硬盘,软件采用多线程方式实现读写操作的同步进行。读线程与写线程分别调用板卡接口函数,以 FIFO 方式访问数据。读线程循环访问采集卡数据缓冲区,接收下传数据至 CRecvFifo 的实例中;同时,写线程不断获取 CRecvFifo 实例中的数据量,若大于 0 则将数据写入计算机硬盘,存储路径接受用户设置。调用 Windows 系统提供的 CreateFile() 等文件操作来进行数据的硬盘存储,存储格式为 .raw。数据采集与存储的同时进行数据解析,以保证解析和成

像的实时性。数据采集与存储模块程序流程图如图 2 所示。

3.2 数据解析

由于广角极光成像仪采用 2 个光学系统拼接,因此获得的完整极光图像相应由来自左右 2 个光学系统探测器的 2 幅极光图像拼接而成。数据包解析按包格式中的包头、包长度、分组标志来进行数据解包,严格遵循数传协议将数据进行按位解析。

3.2.1 辅助参数解析

事先将数据域信息及数据格式存储在配置文件中,启动辅助参数解析定时器,数据采集线程将辅助数据存储在相应的数组中,数据解析函数通过读取配置文件将辅助数据数组中元素按参数类型和参数长度等进行信息分类和数据重组,再分别调用温度解析,数值解析等子函数来实现辅助信息的分类解析。

3.2.2 多模式图像数据解析

广角极光成像仪通过 6 种工作模式来采集图像数据:自检坐标模式、自检原始模式、凝视坐标模式、暗计数、坐标扫描模式、原始扫描模式,相应形成的图像大小规格分别为:500×500、500×500、150×500、500×500、1 000×500、1 000×500。图像数据解析函数将图像数据按拍摄模式进行分类解析,图像模式可以分为 2 类:坐标模式、原始模式。3 种坐标模式只区别于图像大小,3 种原始模式除了图像大小不同,原始扫描模式由于卫星与地球的相对运动产生像移,因此在解析时进行像移补偿运算。

坐标模式图像数据为按序获得的相应坐标点的灰度值。将灰度值提取存储到图像亮度值数组相应坐标点位置,右侧探测器图像上移 500 个像素点后再进行图像亮度值数组的赋值,左右探测器图像经拼接合成整幅图即完成坐标模式图像解析。

原始模式图像数据是由楔条形阳极收集电子区的电子云经过放大、整形、AD 转换等一系列信号处理后转换形成的数字信号^[7-8]。对 W, S, Z 三电极模拟信号进行量化形成数字信号 Q'_w, Q'_s, Q'_z ,根据文献中三电极楔条形阳极的位置解码优化算法,可获得电子云的质心位置的坐标如式(1)所示^[9]。

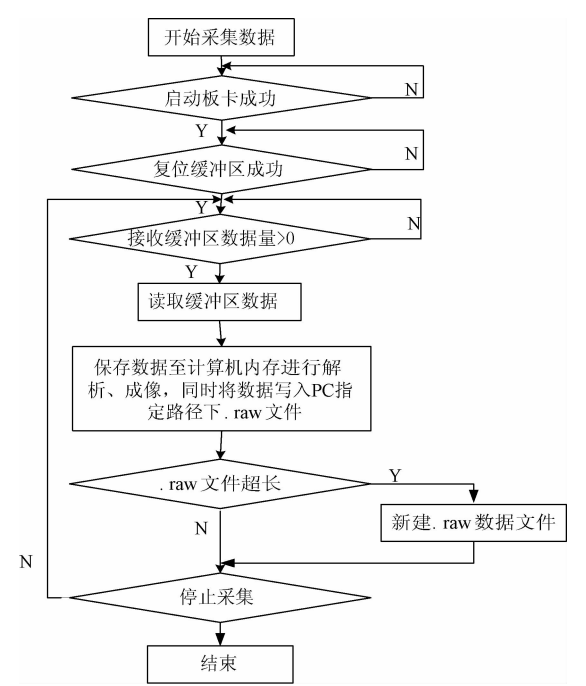


图 2 数据采集与存储模块程序流程图
Fig. 2 Flow diagram of data acquisition and storage module

$$\begin{cases} X = 500 \cdot K \cdot \left(a_1 \frac{Q'_s}{Q'_w + Q'_s + Q'_z} + b_1 \frac{Q'_w}{Q'_w + Q'_s + Q'_z} + c_1 \right) - x_0 \\ Y = 500 \cdot K \cdot \left(a_2 \frac{Q'_w}{Q'_w + Q'_s + Q'_z} + b_2 \frac{Q'_s}{Q'_w + Q'_s + Q'_z} + c_2 \right) - y_0 \end{cases}, \quad (1)$$

式中： a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 c_1 、 c_2 为校正系数， K 为放大系数， x_0 、 y_0 为中心化坐标，以上参数均可根据定标结果在系统中重新进行参数修订。表 1 为各参数的取值范围。连续对采集到的每一个光子的三路阳极信号 Q'_w 、 Q'_s 、 Q'_z 按式(1)进行质心坐标计算， X 对应像移方向， Y 对应叠加后图像的像元方向，使相应坐标位置亮度值累加即形成图像，从而完成原始模式图像解析。

表 1 各参数的取值范围
Tab. 1 Range of parameters

参数	值域	分辨率
K	1.0~5.0	0.1
a_1	0.001~8.000	0.001
a_2	0.001~8.000	0.001
b_1	-8.000~8.000	0.001
b_2	-8.000~8.000	0.001
c_1	-8.000~8.000	0.001
c_2	-8.000~8.000	0.001
x_0	-1 500~1 500	1
y_0	-1 500~1 500	1

原始扫描模式是一种特殊的原始模式，由于扫描拍摄时成像仪扫描方向与卫星飞行方向一致而产生像移，在图像解析时需进行像移补偿计算，将一次拍摄的多次曝光图像进行叠加来还原实际图像。在忽略卫星偏航情况下，需要综合考虑成像仪扫描速度，卫星飞行速度、曝光时间、像元尺寸，图 3 是成像仪进行前向扫描时图像叠加的示意图。

广角极光成像仪扫描方式为匀速连续扫描，扫描速度 $V_{\text{Scan}} = 1.125^\circ/\text{s}$ ，单次曝光时间为 $dt = 0.5 \text{ s}$ ，总共曝光次数为 $N = 214$ 次。第 i 次曝光结束后对应的时间为 $t = i \times dt$ ，扫描过的角

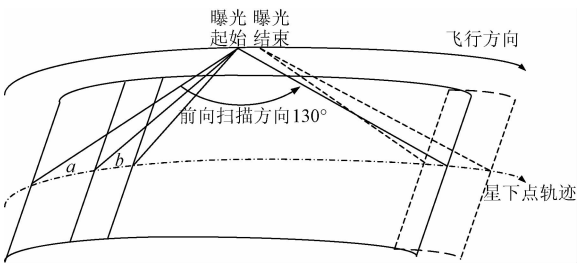


图 3 前向运动扫描示意图
Fig. 3 Diagram of scan forward

度为 $\theta = V_{\text{Scan}} \times t$ ，扫描引起的像移量为 θ/pixel 。卫星轨道角速度为 $\omega = 0.059^\circ/\text{s}$ ，因此卫星运动引起的像移量为 ω_t/pixel 。图中 a 、 b 分别表示相邻时刻 10° 视场对应的星下点范围，可见扫描起始和结束位置对应视场相对中间位置有更大的拉伸。综合考虑后经复杂运算得到总像移量为： Δx_f 。 X_I 、 Y_I 为虚拟图像的坐标， X_{IC} 、 Y_{IC} 为瞬时图像坐标，则图像坐标计算公式为：

$$\begin{cases} X_I = X_{IC} + \Delta x_f \\ Y_I = Y_{IC} \end{cases}. \quad (2)$$

图像解析功能模块的软件程序流程图如图 4 所示。

3.2.3 计算光子计数率

在进行原始模式数据解析的同时进行光子数统计，将每次拍摄的光子数累加和除以曝光时间得到该幅图像的光子计数率。

3.3 图像信息实时显示

图像信息显示同步于数据采集、数据解析，数据开始采集的同时启动辅助参数显示定时器、图像显示定时器、统计数据显示定时器，调用 Windows 操作系统提供的库函数 SetTimer() 实现^[10]，毫秒级定时刷新图像显示信息以保证信息实时性。

3.3.1 辅助参数显示

用户界面采用列表控件及 tab 页形式，便于切换显示 2 个探测器辅助数据信息。系统将参数名称、源码、解析值实时的显示并更新，同时通过各解析值判断仪器状态是否正常，如发现异常则

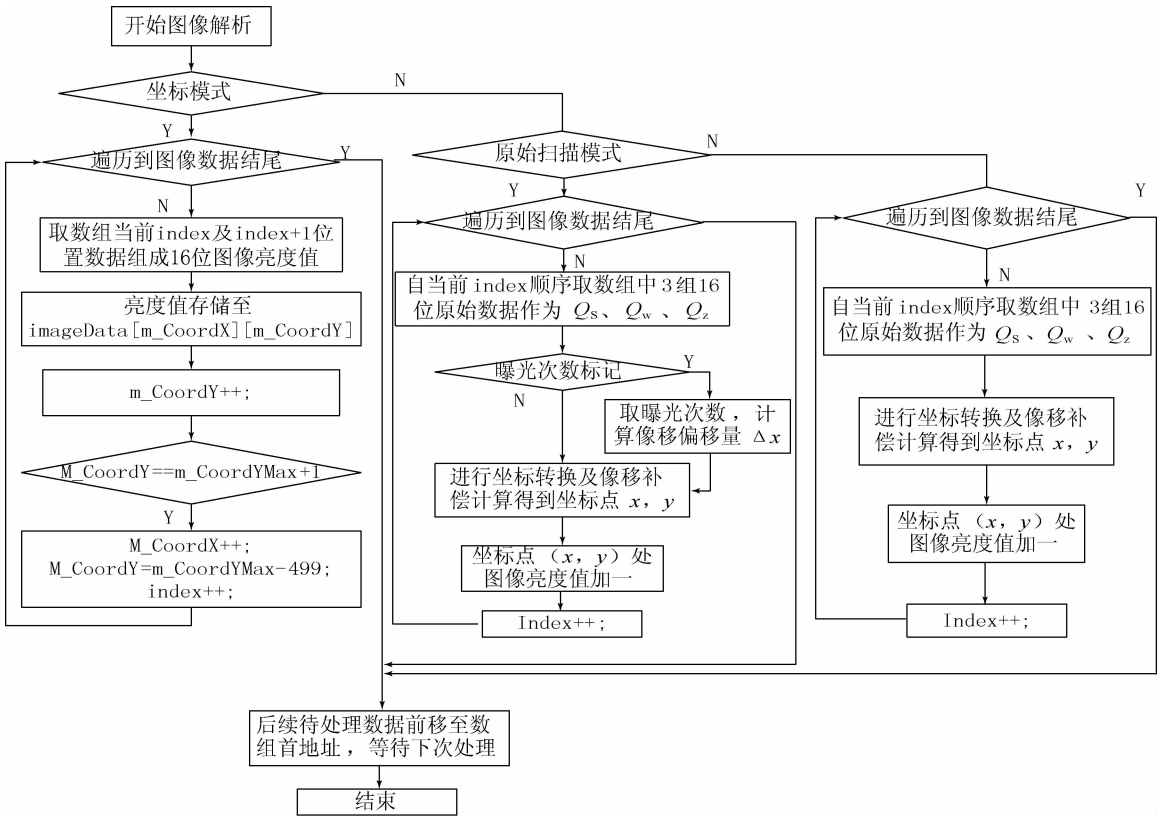


图 4 图像解析功能模块程序流程图

Fig. 4 Program flow diagram of image analysis module

将相应信息位标红处理,提示用户注意监测仪器状态。

3.3.2 图像快显

图像快显通过调用 StretchDIBits 函数实现。系统分配内存给 imageData 数组用于存储图像亮度值,随着接收并解析图像数据,imageData 数组被不断赋值,快显函数毫秒级定时访问 imageData 数组,将获得的最新图像数据显示成像,由此完成了图像的快速更新,即图像快显。

光子计数率的显示随图像快显同步进行。图像亮度值调节接受界面用户输入,从而调节图像显示的明暗程度,将 16 位数据长度的亮度值转换为相应计算机显示的 RGB 值,达到过滤杂光的效果。

在图像显示区域内对 WM_MOUSEMOVE 进行了消息响应处理,获取当前鼠标位置并转换为图像相应坐标点,提取该坐标点亮度值显示。

3.3.3 统计信息显示

统计信息包括接收数据包总数、图像帧计数、

丢失包计数等。统计信息实时刷新表明数据接收状态。统计信息被写进日志文件存储在计算机硬盘。

3.4 数据回放

3.4.1 生成原始数据曲线

原始模式获得的数字信号 Q'_w 、 Q'_s 、 Q'_z 反映广角极光成像仪性能,研究数字信号波形变化对成像仪的调试具有重要意义。

应用程序调用 Seek(),Read() 等文件操作函数从历史文件中读取原始数据,重用解析函数进行数据提取,应用 Tchart 控件生成数据曲线。由于原始数据量巨大,一幅图像最多包含约 836.67 万组数字信号 Q'_w 、 Q'_s 、 Q'_z ,因此数据曲线采用动态刷屏显示,每页显示 1 000 组数字信号,并提供最大值与最小值统计、随鼠标移动取相应点数字量显示、曲线放大缩小、暂停播放、前一页及后一页播放等操作以提高系统实用性。

3.4.2 图像回放

每幅图像对应一个图像回放文件,以接收时

间及拍摄模式命名，直接存储数据解析后获得的辅助信息和图像数据在计算机硬盘。用户选择回放文件名后，回放函数读取数据并完成快速显示。

应用程序运用 CrectTracker 类实现橡皮筋选中图像放大区域，调用 StretchDIBits 函数实现了用户所选择特定区域图像的放大，以方便查看图像细节。可连续进行图像放大操作，最大放大倍数为 250。

4 系统测试结果

广角快显系统与广角极光成像仪进行了联合测试，完成多种模式成像。将光源照射带有弧形分布的圆形通孔的背板，光线入射到广角极光成像仪探测器，成像仪与广角快显系统连接，上位机软件调节原始模式参数设置，设定 $K=5.0$ 、 $a_1=1.000$ 、 $b_1=0.000$ 、 $c_1=0.000$ 、 $a_2=1.000$ 、 $b_2=0.000$ 、 $c_2=0.000$ 、 $x_0=340$ 、 $y=380$ ，控制成像仪进行原始扫描模式拍摄，其产生的遥感数据以

200 kbit/s 速率下传，由广角快显系统采集并处理后在上位机上显示成像。

下传原始数据被存储在用户设置的指定 PC 目录下，查原始数据表明数据包完整且包连续，未发现数据丢失的现象。辅助参数的实时解析正确，更新及时。随着采集数据量的增加图像像素点相应逐渐增多，渐渐形成图像，数据采集结束则图像显示完成，证实了图像数据解析成像的实时性。图 5(a) 为对弧形分布的圆形通孔进行原始扫描模式成像的效果图，原始数据经坐标转换及像移计算后成像与实际目标保持一致，证实数据解析正确，原始扫描模式算法正确。

对分辨率板进行暗计数模式拍摄所采集的图像如图 5(b) 所示，经放大后图像如图 5(c) 所示。放大后图像各坐标点灰度值与原图像保持一致，表明坐标及灰度值计算正确，图像局部放大功能执行正确。

测试结果表明，广角快显系统能保证数据采集完整，数据解析准确，快速成像，各模式图像解析算法正确，多种功能执行正确。

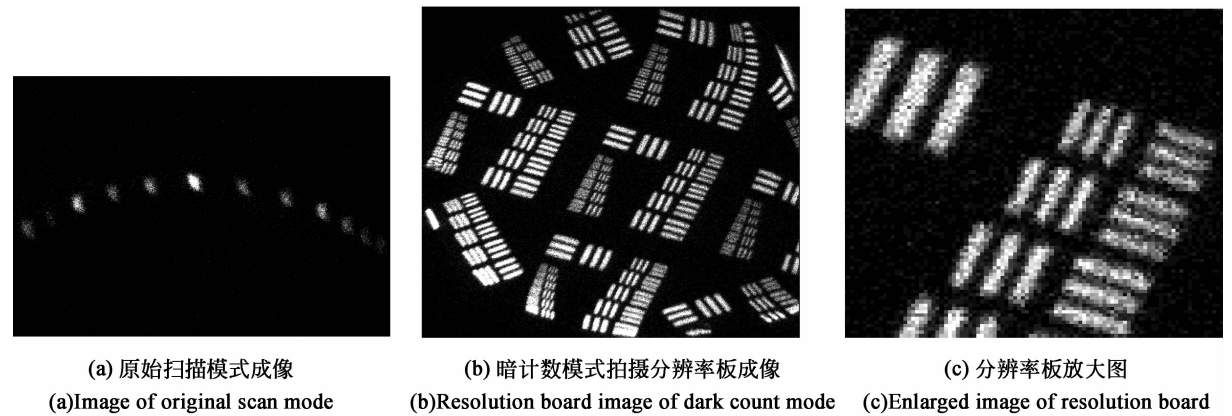


图 5 试验采集的图像
Fig. 5 Image of experiment

5 结 论

根据空间载荷研发工程需求，设计了广角极光成像仪图像采集与快显多功能监测系统。该系统与广角极光成像仪通过 RS-422 接口相连，

实现对遥感数据的采集与解析，图像的快速显示。通过与广角极光成像仪的联合成像试验，证实了本系统的正确性与实时性。目前，系统已应用于广角极光成像仪研制过程中的各项试验及测试，对研制任务的顺利进行起到至关重要的作用。

参 考 文 献:

- [1] 胡君,王栋,孙天宇.现代航天光学成像遥感器的应用与发展[J].中国光学与应用光学,2010,3(6):519-533.
Hu J, Wang D, Sun T Y. The application and development of recent space optical image remote sensors [J]. *Chinese Optics and Applied Optics*, 2010, 3(6): 519-533. (in Chinese)
- [2] 王永成,王金玲,宋克非.月基极紫外相机图像采集与实时显示系统[J].液晶与显示,2013,28(3):435-439.
Wang Y C, Wang J L, Song K F. Image acquisition and display system for lunar-based extreme ultraviolet camera [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(3): 435-439. (in Chinese)
- [3] 王德江,匡海鹏,周刚,等.一种红外探测器的图像采集系统[J].液晶与显示,2009,24(3):429-432.
Wang D J, Kuang H P, Zhou G, *et al.* Image acquisition system for a kind of infrared detector [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(3): 429-432. (in Chinese)
- [4] 薛盼盼,王晓东,曲洪丰.极紫外光子计数成像仪图像快显系统设计与实现[J].激光与红外,2011,12(41):1378-1382.
Xue P P, Wang X D, Qu H F. Design and realization of high-speed image display system for extreme ultraviolet photon count imager [J]. *Laser and Infrared*, 2011, 12(41): 1378-1382. (in Chinese)
- [5] 杨利红,李新城,李国宁,等.基于图像采集卡的图像显示与处理软件开发[J].液晶与显示,2010,25(6):909-913.
Yang L H, Li X E, Li G N, *et al.* Development of image displaying and processing software based on image grabbing card [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(6): 909-913. (in Chinese)
- [6] Beijing Senfotech Corporation, Inc. AEC422-PCI-2S/S1 User Manual[EB/OL]. [2012-11-22]. <http://www.senfotech.com>
- [7] 尼启良,何玲平,刘世界,等.使用感应电荷位敏阳极的极紫外单光子计数成像系统[J].光学精密工程,2010,18(12):2543-2548.
Ni Q L, He L P, Liu S J, *et al.* Extreme ultraviolet single photon-counting imaging system based on induced charge position-sensitive anode [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2010, 18(12): 2543-2548. (in Chinese)
- [8] 何玲平,尼启良,李敏,等.楔条形阳极光子计数探测器成像性能的检测[J].光学精密工程,2009,17(11):2699-2704.
He L P, Ni Q L, Li M, *et al.* Image performance of photon-counting imaging detector with wedge-and-strip anode [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(11): 2699-2704. (in Chinese)
- [9] 何玲平.极紫外光子计数探测器成像特性研究[D].长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2010.
He L P. Research imaging characteristics of EUV photon count detector [D]. Changchun: Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, 2010. (in Chinese)
- [10] 孙鑫,余安萍.VC++深入详解[M].北京:电子工业出版社,2006.
Sun X, Yu A P. *Detailed VC++ in-depth* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2006. (in Chinese)

作者简介:王雪(1985—),女,吉林长春人,硕士,研究实习员,主要从事自动控制、信息处理、空间光学遥感器地面测试技术等方面的研究。E-mail: wangxue_amanda@126.com

宋克非(1967—)女,吉林长春人,硕士,研究员,主要从事紫外遥感仪器的电子学总体设计工作。E-mail: songkefei@sina.com