

# 立体成像数据采集和记录

黄廉卿 白雨虹

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 论述了用于空间机载立体成像技术的高分辨率双路 CCD 图像的采集、记录的基本原理、方法及其主要特点。研制成功了用于机载或星载的图象采集卡和记录系统, 并进行了室内立体成象试验, 获得了满意的三维立体图像。

**关键词:** 立体成像技术, 图像处理, 数据采集, 磁带机

## 1 引言

近年来, 我国遥感技术得到了飞速发展。其中, 机载(或星载)空间立体成像技术, 作为一种新型的获取地物目标的遥感器, 获得突破性进展。立体图像是由空间体视效应实现的, 在飞机或星体上, 按前视、后视的方式, 安装有 2 个高分辨率线阵 CCD 扫描摄像机, 利用空间载体在预定的轨道上的运动, 自动实现在航向方向扫描, 实现对地物目标的扫描成像, 在一定的时间间隔内, 前视、后视摄像机可获得同一目标在不同视角下的信息, 经过采集、记录、处理、立体成图运算等, 来获得地面目标的立体图, 真实地反映出地物的本来面貌。

空间立体成像信息量大, 分辨率高、图像逼真易识别, 因而在军事侦察、测绘、地球资源考察以及在自然灾害的监测中都得到了广泛的应用, 备受人们的青睐。

科学院将该项技术, 作为院重大项目列入了八五重点科技攻关内容之一。

根据攻关任务和总体组的要求, 我们研制了一套“机载立体成像双路数据采集记录系统”。该系统是在飞机平台上安装有两台前、后视线阵 CCD 摄像机, 其对地面扫描成像夹角为  $45^\circ$ , 在飞机匀速飞行中, 线阵 CCD 摄像机所获取的地物图像数据, 经高速数据采集系统进行数据采集, 在采集的同时, 又将图像数据快速地记录到小型 EXB-8505 磁带上, 从而得到飞机在飞行中所记录的地面物体的全部数据, 供立体成像处理用。

## 2 系统组成及主要技术指标

### 1. 系统组成框图

整个机载立体成像系统, 由光学系统、线阵 CCD 摄像机及其控制器、计算机系统、图像数据采集卡、16 MB 的扩展内存、EXB-8505 磁带机、SCSI 卡、显示器等几大部分组成。

其组成框图如图 1 所示:

## 2. 主要技术指标

### (A) 线阵 CCD 摄像机

分辨率: 线阵 2048 像元;

光谱范围: 300 nm ~ 1000 nm;

灵敏度:  $0.45 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ ;

行同步: (曝光时间) 8 ms ~ 16 ms (可选)。

### (B) 采集速率:

① 当行同步为 8 ms 时, 每秒可采集 125 行, 每行对应地面 1.3 m (注: 设飞机 600 km/h, 则  $600000 \div 3600 = 166.7 \text{ m/s}$ , 所以  $166.7 \div 125 = 1.3 \text{ m/行}$ );

② 当行同步为 16 ms 时; 每秒可采集 62.5 行, 则每行对应地面为 2.7 m

(C) 可边采集边显示  $1027 \times 768$  大小的图像, 也可记录之后连续显示所记录的图像。

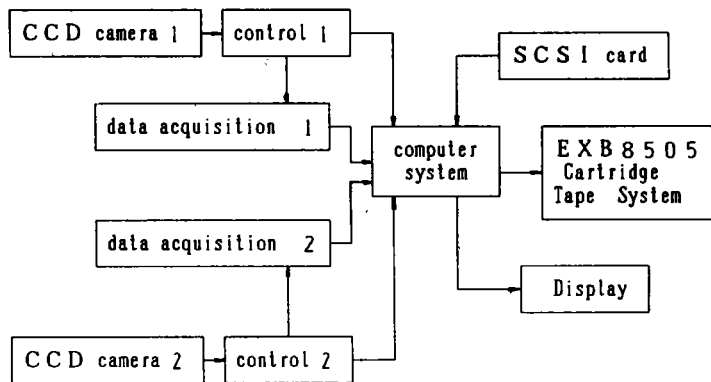


图 1 机载立体成像电子学系统框图

Fig. 1 Electric system of stereo-imaging for surveying of earth terrain from space

## 3 工作原理

为了实现二路 CCD 摄像机所获取的地面目标图像数据, 并可进行图像采集、存贮、记录、显示, 我们采用了“同步扫描、同步采集、交替存贮、交替记录、分别显示”的方案。

为此, 必须研制出上述方案所需的时统控制电路, 各程序控制软件等硬软件系统。

**同步扫描:** 可使 CCD1 摄像机和 CCD2 摄像机同时进行地面物体的摄取, 可同时获取地面物体在同一时刻的图像数据, 以便满足立体成像的要求。

**同步采集:** 可将 CCD1、CCD2 同时来的图像数据在时统控制下, 同时进入各自的数据采集卡, 进行数据采集、缓存、处理、达到获取数据的目的。

**交替存贮:** CCD1、CCD2 的图像数据经数据采集后, 暂时存放到各自的采集卡上的存贮器内, 存满后, 在时统统一控制下, 以并行方式(八位), 交替地进入主机内存, 并进入主机的扩展内存, 分别存满 CCD1、CCD2 各一幅图像数据:  $2 \times (2048 \times 2048) = 8 \text{ MB}$ , (现有 16 MB 扩展内存, 其中图像数据占有 8 MB, 剩余 8 MB, 被计算机及有关程序所占用)。

**交替记录:** 在中断程序和时统控制下, 将扩展内存里存贮的 CCD1、CCD2 的图像数据交替地记录在 EXB-8505 磁带上。这样接连不断地记录下去就可获取飞机所飞行的所有图像。

**分别显示:** 在程序控制下, 既可边采集边显示 CCD1、CCD2 所获取的图像, 也可在记录完成后, 显示磁带上记录的所有图像, 以便检查成像质量和观察记录的内容。

现就该系统中两大主要部分: “图像数据采集卡”及记录系统“EXB-8505 磁带机”以及有关程序等内容详介如下:

### 1. 图像数据采集系统

机载立体成像系统,由 CCD1、CCD2 二台线阵摄像机组成,因而,数据采集也由二块完全相同的数据采集卡来承担。

该采集卡是用来将线阵 CCD 信号,经高速视频 A/D 变换后的数字信号进行采集,并送入主机内存而设置的接口电路。

根据线阵 CCD 器件的特点,以及双卡同步采集,并行传输,交替写入内存的要求,该采集卡既要满足线阵 CCD 曝光时间、数据率的要求而逐行写入 2048 个数据;又要通过微机系统总线与主机内存对接,满足主机读出数据的需要。为此,我们研制的数据采集卡的特点是:采用了“乒乓”缓冲方法。即这种技术需建立两个存贮缓冲区,每一个存贮缓冲区能容纳  $16 \times 2048 \times 8$  bit 的象素(即 32 kB),而且,要把缓冲区设计成既能与 CCD 输出相连写入 32 kB 数据,又能与 PC 总线对接,使主机能读出 32 kB 数据,因而时序要求非常准确才可。

工作时,第一个存贮缓冲区接收 CCD 来的信号,写入  $16 \times 2048 \times 8$  bit(32 kB)象素数据;而第二个存贮缓冲区由主机来读出其 32 kB 数据到主机内存。当第一个存贮缓冲区写满 32 kB 数据后,交换存贮缓冲区,主机来读第一个存贮缓冲区的 32 kB 数据,而第二个存贮缓冲区进行写入 CCD 的 32 kB 数据,即进行写操作。两个存贮缓冲区的写入与读出是同时进行的,每个存贮缓冲区的数据写入与读出是交替工作的。此种方式,可大大提高图像采集、传输的速度,为大容量、高速图像数据的采集,提供了可靠的手段。满足上述技术要求的图像数据采集卡电路框图如图 2 所示。

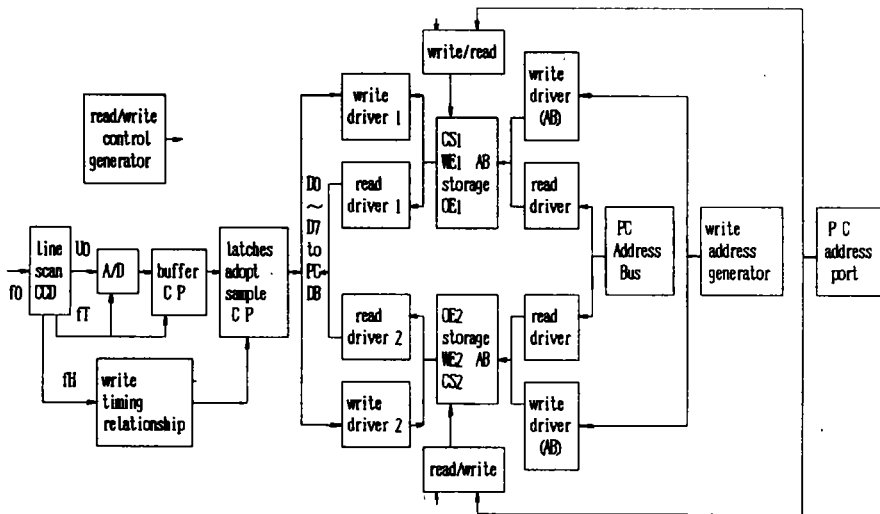


图 2 CCD 图像数据采集卡电路

Fig.2 CCD Imaging data acquisition card circuit

### 2. 图像数据记录系统

为了满足立体摄像机成像数据记录过程中速度快、数据最大、通道多的要求,在设计中,我们采用了先进的 SCSI 小型计算机系统接口及高速大容量数据记录系统 EXB-8505 微型磁带机。

(1)80 年代初出现 SCSI 产品后,它一鸣惊人,迅速发展成为一种高性能的普遍采用的接

口技术,在国外,采用 SCSI 已成为先进系统的标志之一,由于多方面的原因,国内到近三四年才开始逐步认识和应用 SCSI 技术。

我们这套立体摄像机成像数据记录系统充分发挥了 SCSI 多方面的优越性。一是传输速度快,现在采用高速宽带方式,SCSI 接口的最高传输速率可以达到 40 M 字节/秒以上,二是 SCSI 作为一种智能化的系统级接口,具有独立于物理设备具体特性的最高级命令结构,允许多个 I/O 任务并行操作,具备独立的 I/O 处理能力。SCSI 的应用,极大地提高了计算机系统的效率。

(2)1993 年,美国推出了一种称为“powertape”的 8 mm 微型数字磁带机 EXB-8505。该磁带机与计算机连接,满足了很多部门所急需解决的大量图象、数据的存贮问题,因而它一问世立即受到了人们的青睐。

对于我们的工作而言,该磁带机具有很快的速度 1 MB/s,一盘磁带可存贮 5~10 GB 的容量,磁带寿命长达 30 年,体积小只有  $7.6 \times 22.86 \times 27.94$  cm,重量轻 2.6 kg,美中不足的是该磁带机主要用途是数据文件的“备份”,即将存贮在计算机硬盘里的原始数据文件,图象资料快速地用备份的方法存贮到磁带机里,而不能直接与外部设备接口。为此,我们开发了 EXB-8505 的新功能,达到既可以用于文件的备份和管理,又可以实时地进行数据的交换和获取、图象和图形的存贮和管理。目前,已完成与外设双路 CCD 摄像机的连接,达到快速、准确的采集、记录大容量双路 CCD 图象数据。

### 3. 程序简介

立体摄像机 CCD 图象采集、记录系统中,我们采用了硬-软件相结合的方法,使之既满足了快速的要求,又满足了灵活、简便的目的。应用软件是用 Microsoft C7.0 编制的,由于程序采用模块化设计,在软件设计时充分考虑了系统的可扩充及可移植性,所以程序便于修改和功能扩展,查错,调试方便。程序整体层次清晰,结构一目了然,程序块

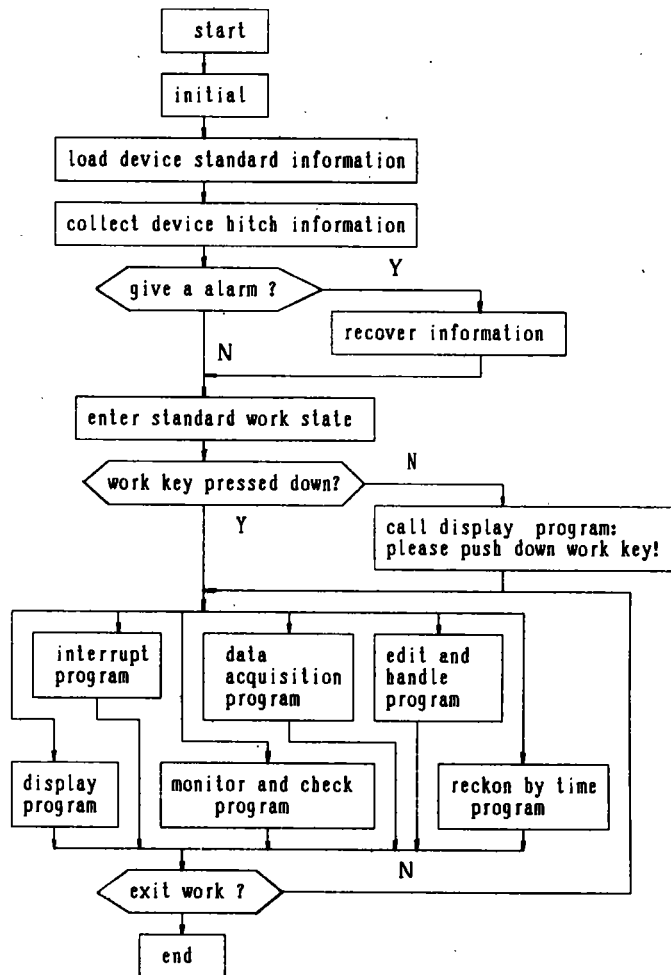


图 3 主程序

Fig. 3 Main program

可单独进行调试,并能为其它程序段重新使用,从而提高了程序的可靠性。软件主要有:中断服务子程序,信号数据采集处理子程序,运算处理子程序,显示子程序,监测子程序,计时子程序和主程序等。

### 3.1 主程序

主程序由初始化程序和 6 个主要子程序组成,系统工作时这些子程序不断地被调用。模块化结构设计,在每个模块之后加以软件陷阱,并且在一些重要跳转指令之前加了软件冗余指令。

### 3.2 主 8259 及从 8259 中断服务程序

系统有主 8259 及从 8259 两个中断及一个 T 中断,由于该系统是立体成像系统,一台微机控制两路摄像机同时分别记入同一台磁带机,在程序设计中,采用主从 8259 中断控制器控制数据流,做到对同一点的不同角度同时采集分别记录,以确保事后图象处理能获得准确的立体成像的数据。T 中断为定时器方式,100 ms 产生一次中断,给计时单元加 1。计时是用于系统运行中累积记录时间。

由数据采集卡向主从 8259 芯片发出中断请求,调中断处理子程序,流程图如下:

### 3.3 图像数据采集处理子程序

该程序通过自己研制的采集卡将多路 CCD 图象数据实时采集记录在磁带上,并对相应数据进行处理。

### 3.4 检查监测子程序

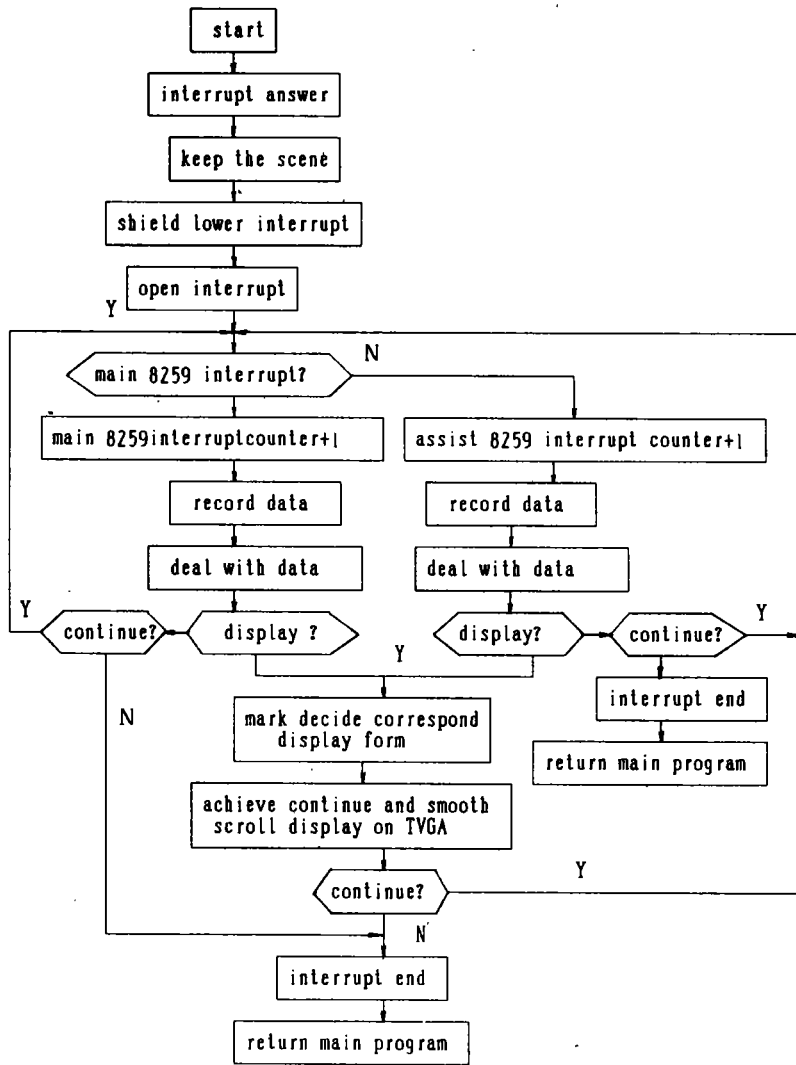


图 4 主 8259 及从 8259 中断服务程序

Fig. 4 Main 8259 and assist 8259 interrupt program

目前该系统是为机载立体成像系统设计的,飞机飞行过程中,工作条件比较苛刻,特别是飞机每一飞行架次,成本较高,如果不能安全可靠的记录全部完整数据,损失很大,而且往往不可弥补。为防止任何环节出现故障,特设计了检查监测子程序,该程序对于飞机飞行过程中振动过大,摄像机故障,磁带机故障,以及各种功能卡故障都能及时监视,一旦发生故障,分别指示报警类型,并发出声响提醒操作人员及时排除故障,迅速恢复正常工作状态。

### 3.5 编辑检索处理子程序

在飞行过程中磁带机记录下的数据往往是海量的,但不一定所有的数据都是有用信息,因此回放磁带机记录的数据并截取有价值部分,对数据进行编辑检索处理是十分必要的。这一子程序的功能经过实验表明,确实极大地方便了使用者,并取得了满意结果。使用这一子程序,可以在屏幕上快速浏览,以最快速度最大限度的获得最有价值的信息,从而通过准确的运算子程序,获得理想的立体图像。

## 4 结 束 语

我们研制的“立体摄像机双路数据采集记录系统”,在实验室进行了模拟机载飞行试验。在装校车间的大厂房的天车上装载前视和后视两台 CCD 线阵摄像机,天车高度约为 8 m。地面装有山脉、河流、公路的沙盘模型,尺寸为  $2 \times 3 \text{ m}^2$ 。它与真实地面目标起伏一样,非常逼真。只是缩小了比例。利用天车的运动实现对地面沙盘模型的扫描。将 CCD 摄像机输出的数据,经采集、记录、相关匹配处理、立体成图运算等,获得了清晰的立体图像,如图 5 所示。图 5(a)为前视摄像机获得的图像,图 5(b)为后视摄像机获得的图像,图 5(c)是由图 5(a)和图 5(b)经过相关匹配处理后得到的立体图像,其结果非常满意。该系统已在任务中得到实际应用。

该系统不仅用于机载立体成像系统中,也可用于星载立体成像系统,为遥感立体成像技术增加了新的技术手段,必将产生很好的社会和经济效益。

参加该项工作的还有胡存举、丛卉同志。



图 5(a) 前视图

Fig. 5(a) Scanning image of front-sight camera



图 5(b) 后视图

Fig. 5(b) Scanning image of back-sight camera



图 5(c) 立体图像

Fig. 5(c) Stereo-image obtained by digital processing

## 参 考 文 献

- [1] F. Ackermann, et al., MOMS-02/Spacelab D2: A high resolution multispectral stereo scanner for the second German Spacelab mission. Proceedings of SPIE, 1991, 1490: 94-101
- [2] (美)W. K. 普拉特, 数字图像处理学(中译本). 科学出版社, 1984
- [3] 张载鸿, 微型机(PC 系列)接口控制教程. 清华大学出版社, 1992

**Stereo-imaging Data Acquisition and Record**

Huang Lianqing Bai Yuhong

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

**Abstract**

The basic principle of data acquisition and record of stereo-imaging for surveying of earth terrain from space is described in this paper. A set of stereo-imaging data acquisition card and record system consisting of two CCD linear array scanning cameras is designed and manufactured. The stereo-imaging experiments in lab. are completed. Expectant 3D images of terrain are obtained in the experiments.

**Key words:** Stereo-imaging technology, Image processing, Data acquisition, Cartridge tape subsystem

**黄廉卿** 男, 1942年11月生, 1966年毕业于天津大学无线电系。副研究员, 机电控制及自动化专业硕士研究生指导教师。从事视频信息处理、计算机图像处理、遥感图像处理等学科的科研工作。参与并主持了靶场光—电经纬仪、“六五”、“七五”、“八五”国家重点科技攻关项目及中科院重大项目多项, 其主持完成的《合成孔径雷达 CCD 图像处理系统》是获中科院科技进步特等奖的《高空机载遥感应用系统》的主要子课题。在国内外刊物上发表学术论文 30 余篇。