

# JX-4A 数字摄影测量系统\*

刘凤德 郑卫萍 邱 峰 刘先林

(中国测绘科学研究院,北京市北太平路 16号,100039)

**摘 要** 介绍了自行研制的 JX-4A 数字摄影测量系统的结构、工作原理,详细阐述了设计中的主要技术问题和所能达到的技术指标,提出了发展的方向。

**关键词** 数字摄影测量系统;设计;结构;技术指标

**分类号** P231.5; P246.1

## 1 系统构成

在构建系统时,为使设备间的生产率相匹配,每一台像片数字化器和激光绘图仪要配若干台数字摄影测量工作站。由于地图编图工作站的生产率与全数字摄影测量工作站的效率相近,可以 1:1 配置。本系统的主要用途是生产数字正射影像地图,也负责采集向量,为 GIS 提供数据,也可以为地图修测提供服务。

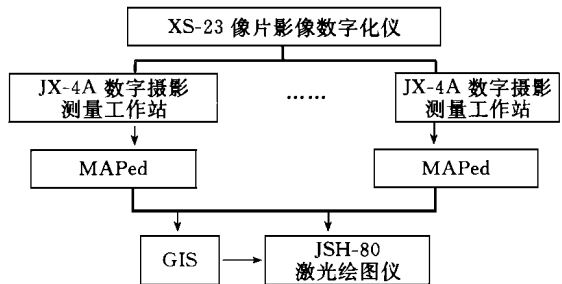


图 1

## 2 XS-23影像数字化仪

XS-23 是一台 23×23 像幅平台式高精度影像数字化仪。为使光照条件不变,以便进行辐射改正,选用光路固定、像片运动的设计,由此带来的机械尺寸的增大是可以容忍的。

传感器选择 CCD 线阵,因为对于面阵,扫描运动方向的那一维 CCD 器件显然是冗余的。在做 7μm 像元数字化时,5 000 像元的 CCD 线阵一次只能覆盖 35mm,对于 230mm 全像幅来说,仍需作换带运动 7 次。为使光路简单、固定,便于进行几何和灰度值的改正,我们用软件来实现数字化像元大小尺寸的改变。这就意味着,任何一次扫描采集都以最高分辨率采样,然后再以软件方法采样获得较大像元数字化的影像文件。

为满足摄影测量对精度的要求,像片车架的拖动采用类似解析测图仪的高精度数字伺服系统,分辨力为 0.5μm~1μm,点位中误差小于 3μm。由于照明方面要求光照均匀、恒定,为此设计了专用的液体管道系统来匀光。光线经过长长的管道,通过液体的漫反射变得十分均匀,再也找不到灯丝的像。

电路方面除了照明电路、伺服驱动电路以外,还有采集电路。采集卡上有 CCD 驱动时钟电路,速率为 1M 的 A/D 转换芯片和能够存储“双杆”CCD 灰度信息的缓冲存储器。为了不丢失灰度值,选用 12bit 的 A/D 转换芯片,经过图像处理软件把 12bit 灰度值压缩成合理的 8bit 灰

收稿日期:1996-05-11。刘凤德,男,33岁,副教授,现从事数字摄影测量研究

\* 国家测绘局“八五”重点科技攻关资助项目,编号 C85-904-11-01-02

度值 线性 CCD在扫描过程中以 I/O串操作,把双“杆”缓存中的一“杆”读入计算机内存,在每一带的终点再把内存中的影像文件存入硬盘,最后装配成完整的文件提供给用户。

由上述工作流程可以看出,XS-23所要求的计算机硬盘应该在 2G以上,内存 64M以上,并且要备有活动硬盘或外置式活动硬盘用于传输数据。可读写光盘虽然容量大,但“写”速度太慢,不适合于本系统。

因为所得到的影像文件是供下一工序使用的,按照惯例,仍需在 XS-23影像数字化仪上装备一些联机图像处理软件用来对影像文件进行一些预处理。为了使所采集的数据的几何、灰度值的精度有保证,需对该仪器的各种系统误差进行改正。在摄影测量仪器中惯用的手法是形成改正文件对仪器的系统误差进行改正。改正文件包括三部分:第一部分是车架非线性、非正交误差的改正。这部分内容与解析测图仪是一样的,也可以事后根据框标的理论值对所采得的影像文件做内定向。由于内定向与车架系统误差改正所设的未知数和未知数的个数都一样,所以这一项改正可以在线,也可以脱机。第二个改正文件是线性 CCD器件本身排列的不均匀性和 CCD安装时与扫描方向不正交的安装误差改正。为了形成第二个改正文件,需要编一个测试软件,负责自动测量 5 000个 CCD中每一个的几何尺寸误差。虽然该程序会运行很长的时间,但一次形成改正文件后可以长期使用,况且该程序在测量每个个别 CCD传感器时是自动进行的。第三个改正文件是由一个专门的检测软件自动生成。该软件负责测量每个 CCD像元的灰度传感曲线。虽然采用了一般的 CCD传感器件,但通过一套复杂的、自动的、执行时间很长的软件获得了较高的精度,达到了专业要求。

XS-23所能达到的技术指标为:

像幅: 24cm $\times$  24cm;传感器: 5 000线线性 CCD;灰阶误差: 1/256~ 1/128;车架定位误差:  $M_x < 3^{\mu}\text{m}$ ,  $M_y < 3^{\mu}\text{m}$ ;像元尺寸: 7 $\mu\text{m}$ ~ 200 $\mu\text{m}$ ;作业时间: 每张像片 < 20min

本扫描仪可以扫描正片、负片、彩色,但不能用于反光扫描。

### 3 JX-4A数字摄影测量工作站

为便于推广,选用价格不高的微机作为主机。但微机毕竟不是工作站,为了解决速度上的问题,尽量把计算性的任务做成批命令夜间执行,白天的时间用来做人机交互。交互工作量集中在立体编辑和向量采集。为了实现在 JX-4A上运行 JX-3的全套解析测图软件,关键技术是要做出一块图像漫游卡来实现无光机的“像盘运动”,也可称为软件解析测图仪。这既继承了传统解析测图仪的全套数字测图软件,照顾了作业员的习惯,又可以引入图像处理软件实现数字解析测图向全数字化数字测图的平稳过渡。市场上的数字摄影测量工作站都没有为摄影测量设计专用的图像卡,现有的卡一般都不具备硬件漫游功能,所以在做漫游时经常会出现“等待”的提示。为了使 JX-4A真的象一台没有光学、机械运动的解析测图仪,这块显示卡应具有如下指标 (512 $\times$  512):

① 在板影像 VRAM (512 $\times$  512 $\times$  8 $\times$  2),具有  $x_L$ ,  $y_L$ ,  $x_R$ ,  $y_R$  四个可编程的显示首地址指针。

② 在板图形 VRAM (512 $\times$  512 $\times$  4 $\times$  2),图形体的显示也受  $x_L$ ,  $y_L$ ,  $x_R$ ,  $y_R$  四个指针控制,以便图形和图像叠加同步漫游。

③ 在板 64 $\times$  64 $\times$  2两个可编程测标 VRAM

④ 具有硬件漫游、硬件放大、硬件测标形状、硬件图形图像叠加的功能。

⑤ 所有的功能、控制寄存器都可通过未被占用的 I/O口地址写入,所有的 VRAM内容通

过 E000 或 D000 的映射写到卡上。

⑥ 具有控制液晶眼镜的能力。

有了上述的摄影测量立体显示卡,摄影测量工作者可以方便地:

① 只对图像体显示指针改写一个地址,同时在图像体内写入一行(或列)“新鲜”的图像,就可以实现一个像元的漫游。这个基本操作保证了实时、快速的  $x^L$   $y^L$   $x^R$   $y^R$  两个大图像(近 100M)的平稳漫游。

② 漫游时无需顾及测标处的影像(均由硬件实现),测标不闪烁,在影像放大时测标也不跟着放大,从而保证了对放大图像的观测,提高了照准精度。

③ 利用图形体做成点状或网状面测标来实现对相关后的 DEM 进行大面积立体比对,并进行有干预的立体编辑。

④ 在调整查找表后可以进行彩色显示,这为立体彩色图像漫游提供了可能。在适当的软件支持下,该卡甚至可作“虚拟现实”的显示卡。

专用图像卡是用来取代解析测图仪与两个车架运动有关的全部机械、电子部件的。除此以外,解析测图仪上的手轮、脚盘、脚踏开关和小杆都被要求安装到 JX-4A 数字摄影测量工作站上去。

在 JX-4A 上作业与在 JX-3 上作业的唯一区别是在 JX-4A 上要戴上一副液晶眼镜,这就实现了从解析方法到全数字方法的平稳过渡。特别是数字摄影测量系统在向量采集功能很差的情况下,这无疑是一个极好的补充。

为了最大限度地借用“图像处理”计算来帮助摄影测量提高精度和作业率,开发了如下软件:

① 框标影像坐标的自动提取和内定向。

② 相对定向点的自动选点,影像坐标的自动提取,相对定向计算。

③ 大地点半自动辨认和大地定向、后方交会、像片方位元素的计算。

④ 自动相关,人机交互,提取 DEM。

⑤ 计算数字正射影像。

⑥ 面向光束法平差的空三观测数据的半自动采集。

在完成这些自动化的图像处理软件时,尽量采用简单实用的方法,以批命令方式,在夜间无人时运行。

JX-4A 数字摄影测量工作站所选用的硬件平台要求是很高的: CPU 150M 以上,硬盘 2G 以上,内存 64M 以上,并备有活动硬盘可以传送数据。

## 4 JSH-80 激光扫描绘图仪

该机采用不调辉的半导体激光器和面向印刷的地图级照排机,所研制的 JSH-80 的技术指标如下:

半导体激光 0.012 5 $\times$  8, 2 000dpi;幅面 820mm $\times$  620mm;边长误差 < 0.1mm;重复精度 < 0.012 5mm;出片速度 20min $\sim$  30min。

在研制该设备时,采用了如下的关键技术:

① 采用多枪半导体激光器,光纤排耦合,一次可以输出 8 个(甚至 16 个)光点,大大提高了出片速度,并降低滚筒速度,从而回避了一些技术难题,实现了所谓“低速滚筒、高速出片”。

② 在滚筒旋转方向同轴配备有近 10 万分划的高精度码盘,实现了  $y$  方向直接计量,保证了  $y$  方向的精度

③ 滚筒旋转一圈,曝光头曝光一圈所需的信息存放在缓冲存储器内。为了在曝光一带数据的同时读入另一带数据,专门制作了一块双体高速输出板。

④ 为了提高稳定性,采用大理石基座,在拖板的轴向拖动采用了步进电机和高精度精密丝杆来实现

⑤ 虽然在滚筒旋转方向有一只近 10 万分划的码盘直接计量,对带动滚筒旋转的电机的稳速要求可以下降,但我们仍然用了一台稳速、调速交流电机来带动滚筒的旋转。

软件方面工作量比较大。传统的照排机都有一台硬件的 RIP 处理机,但随着现代微机的快速发展,许多厂商都用软件来实现栅格化处理。这就要求用 P5-150 以上的机器,甚至双 CPU 奔腾机来实现软件栅格化。本系统的向量文件是由 MAPed 的 PLT 文件输出的。一般 PLT 文件只能供向量绘图仪绘出,但为了得到最高质量的线划图,必须把 PLT 向量文件转换成激光绘图仪所能接受的栅格文件。一幅图的栅格文件大约有 380M,目前计算机内存显然没有这么大。为了解决这一问题,首先要把整幅向量文件切割成 5 个条带状向量文件,然后对 PLT 文件的线划进行加宽,形成 5 个加宽了的向量文件,再进行栅格化操作得到 5 个栅格文件。再把 5 个文件合并成一个栅格文件,就可以拿去晒像了。对数字正射影像的输出采用挂调幅网或挂调频网的方法输出。从效果来看,调频网的效果更好,而且对机器的要求可以放宽。我们所用的半导体激光器虽然是不能调辉的,但光点很小 ( $0.0125\mu\text{m}$ ),这就可以通过不同宽度的光点来表现不同灰度的影像。如果把半导体激光器增加到 16 个甚至 32 个,则可以输出更高的分辨率 ( $4000\text{dpi}$ ) 或者进一步降低滚筒的旋转速度

## 5 应用

JX-4A 数字摄影测量工作站具有如下特点:

① 全套的解析测图仪软件经过撤换车架伺服软件,并以图像漫游卡取代,即可构成本系统。使用这套软件,虽然不全是自动的操作方式,但所有在解析测图仪上运行的软件,均可在 JX-4A 数字摄影测量系统中运行。

② 半自动空中三角测量观测数据的采集

③ 基于相关和立体编辑的 DEM 半自动提取。

④ 像元纠正输出正射影像地图

⑤ 对原始影像文件作核线排列重采样,以获取无上下视差的立体影像对。

从发展眼光看,该系统可以做如下的系统开发:在向量采集方面,目前是全手动方式进行,如同屏幕数字化。这项工作可以在边界提取支持下提高速度。传统的分类算法可以帮助地类的勾绘,在相关计算支援下的等高线描绘可以提高速度。所有这些传统的作业方法在图像处理支持下,都会提高速度。

## 参 考 文 献

1. 王之卓. 摄影测量原理. 北京: 测绘出版社, 1979.

件,也对该网进行了计算。从结果看,平面坐标、大地高及其中误差均完全相同,原来失真的缩放系数(尺度因子)从 164ppm 变成了真实量,而旋转角也有一微小的变化,从而证明了该软件的正确性。

从以上推导过程可以看出,本文提出的 GPS 后处理网平差模型是一个简便实用的模型。它以当地平面坐标和大地高作为平差计算的参数,另外它采用数值微商方法回避了繁琐的空间坐标对高斯坐标偏导的计算。该方法也可在其它复杂的偏导计算中应用。计算实例证明,该模型是正确的。

### 参 考 文 献

- 1 金国雄等. GPS网平差软件包 TGPPS 见: GPS卫星定位的应用与数据处理. 上海: 同济大学出版社, 1994.

## A Simple and Practical GPS Network Adjustment Method

*Wang Jiexian*

(Dept. of Surveying, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai, China, 200092)

**Abstract** The numerical partial derivative is introduced to simplify the GPS network adjustment model. And the plane coordinates and geodetic heights are selected as adjustment parameters to make the GPS post network adjustment model easily changed to plane or height network. Additional observables can also be readily introduced. The solution to networks with big rotation angle is also given. The model is verified with real observation data.

**Key words** GPS; network adjustment; numerical partial derivation; tradition observable; rotation angle

(上接第 272页)

## JX-4A Digital Photogrammetric System

*Liu Fengde Jia Weiping Qiu Feng Liu Xianlin*

(Chinese Academy of Surveying and Mapping, 16 North Taiping Road, Beijing, China, 100039)

**Abstract** This paper introduces the structures and principles of JX-4A digital photogrammetric system, and gives the details of important techniques and technical specifications. It also proposes the development direction of JX-4A.

**Key words** digital photogrammetric system; design; structure; technical specification