

多基线数字近景摄影测量系统的应用分析

张胜利 殷海霞 刘强

(陕西省水利电力勘测设计研究院测绘分院 陕西 西安 710002)

摘要: 简要介绍了多基线数字近景摄影测量系统的原理、特点、作业流程,通过野外工程实践对大比例尺测图的作业方法及步骤进行了详细介绍,并对相应软件系统的测图精度进行分析和评价,说明 Lensphoto 软件具有高精度、高自动化、高效率等特点,可以大大减少外业工作,降低了劳动强度,提高生产效率,测图精度完全满足规范要求。

关键词: 多基线 近景摄影测量 Lensphoto 空三匹配

1 引言

近景摄影测量是摄影测量的一个分支,它是在地面通过对被测物体进行近距离摄影和控制测量,再用摄影测量的理论和方法对所获取的像片等资料进行处理,从而获取被测物体的形状、大小、状态和空间几何位置等信息的一种测量方法,是一种瞬间获取被测物体的物理信息和几何信息的测量手段。近景摄影测量是一种非接触测量,可提供高精度的测量数据。对于大面积的地形测量,近景摄影测量外业工作量大,再加上前景遮蔽后景,且常受到地形条件的限制,随着航空摄影测量的迅速发展,近景摄影测量作为一种辅助测量手段,一般用于高山峡谷、悬崖峭壁地区的补测中。传统的近景摄影测量由于需要昂贵的硬件设备投入和高素质的技术人员,需通过人眼双目视觉获得立体,完全人工操作,自动化程度低,且工作量和劳动强度大等缺点。多基线数字近景摄影测量技术改变了传统的近景摄影手工测量方式,使近景摄影测量技术发生了质的飞跃,是一项应用前景广阔的测量新技术。本文以多基线数字近景摄影测量技术在地形测量中的应用为例探讨了该技术及其精度。

2 多基线数字近景摄影测量的原理

多基线数字近景摄影测量是基于摄影测量专家张祖勋院士最新提出的以计算机视觉原理(多基线)代替人眼双目视觉(单基线)传统摄影测量原理,从空间一个点由两条光线交会的摄影测量基本法则变化为空间一个点由多条光线交会而成的全新概念。它采用普通定焦单反数码相机对测量对象拍摄几组相片,将少量全站仪测量的高精度点位坐标与摄影测量丰富的影像信息相结合建立空间关系,通过多光线前方交会及区域网平差,自动生成被测对象的精确 DEM 和基于影像的密集三维坐标点点云 DSM,从而建立高精度的数字地面模型。

“短基线、多影像摄影测量”的主要特点是:首先按要求拍摄大量具有较短基线和不同交会角的

序列影像,通过少量物方控制点的空间坐标及其对应的像点坐标建立空间关系,解算出相机参数和影像外方位元素,计算出由先进匹配算法获取的大量同名点的空间坐标。多基线数字近景摄影测量系统首次将多基线摄影测量新的机制、旋转多基线摄影测量新的数据获取方式、适应于被摄物体的空间分布不连续、断裂、遮挡的新的影像匹配算法、自动空中三角测量和区域网平差引入近景摄影测量,实现了从传统依靠人眼视觉到真正依靠计算机视觉完成摄影测量的跨越。

3 多基线数字近景摄影测量的作业流程

多基线数字近景摄影测量作业分外业数据采集和内业数据处理。外业数据采集是获得高质量的测量成果的关键,其目的是获取被测物体的影像信息和控制点信息,首先进行测区踏勘,根据测区及周围地形条件制定拍摄计划、选设控制点等准备工作,之后可以进行像片拍摄和控制点测量。外业拍摄完了后要对所拍照片进行检查,保证影像分辨清晰且有 60% 的重叠。外业结束后即转入内业数据处理,主要流程包括:建立工程文件、导入像片数据、空三匹配、控制点量测、区域网平差、立体编辑、DEM 编辑,最后进行立体测图,作业流程见图 1。

4 工程实践

2008 年 9 月我们应用多基线数字近景摄影测量系统软件 Lensphoto 进行了 1:500 大比例尺地形图测绘的工程实践。测绘区域选在陕西省淳化县闫家沟水库坝址下游右岸,测区宽 440m,高 100m 左右。被摄区域为荒坡,植被较少,测区中间为陡崖,无法攀登。摄站距被摄区域近距约 180m,远距约 300m,远近景之差约 120m。测区全貌见图 2。

4.1 外业数据采集

作业前对测区进行详细考察,根据测区及周围的地形情况,制定拍摄计划:选择摄站和拍摄距离,选择合适的相机镜头,确定每个摄站上要拍摄的像片数等,根据相机视场角和被摄物体成像的范围布

设控制点，这一系列准备工作做好后即可进行像片拍摄和控制点测量。

(1) 像片拍摄。使用尼康 D300 单反数码相机：1310 万像素、像幅 23.6×15.8mm(4288×2848 像素、像素大小 5.5 μm)和焦距为 50mm 定焦镜头进行拍摄，根据测区地形情况摄站选在对面的一半山坡上，摄距为 180m 左右，四个摄站手持旋转拍摄，摄站间距 20m 左右，每个摄站拍摄 8 张影像，影像间重叠度 60% 以上，共拍摄 32 张像片。

(2) 控制点测量。控制点尽可能布设在被摄测区的周围且分布均匀，根据这一原则整个测区均匀布设 12 个控制点，每个控制点设立标志牌，标志牌尺寸为 50cm x 50cm，控制点分布图见图 2。控制点测量采用 GPT-3002N 全站仪，采用免棱镜采集标志牌中心位置坐标。整个外业工作用了半天时间全部结束。

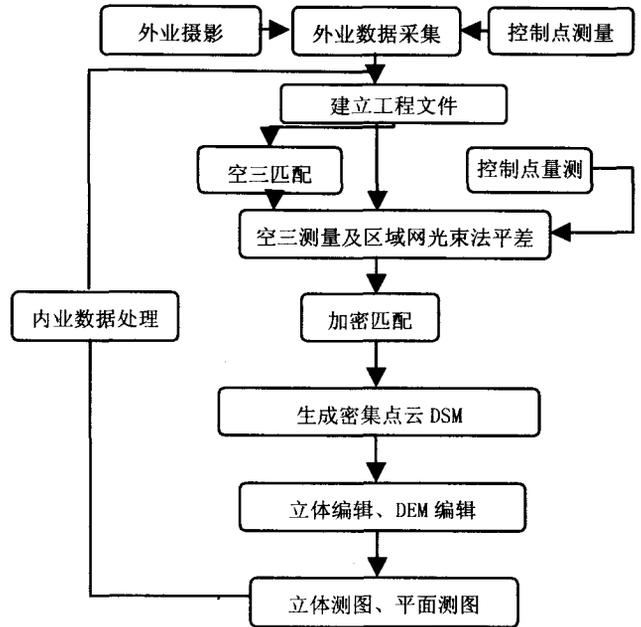


图 1 多基线数字近景摄影测量作业流程图

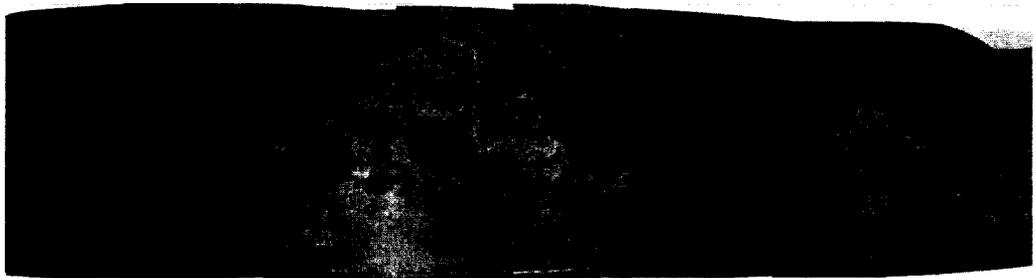


图 2 测区全貌及控制点分布情况

4.2 内业数据处理

首先将外业采集的影像数据和控制点坐标数据导入计算机，利用 Lensphoto 软件建立工程，对像片进行管理分类和航带划分，然后进入空三匹配模块添加种子点，自动进行序列影像内部同名点和航带之间连接点的匹配和传递，同时进行控制点量测，这两项工作完了之后，利用平差模块进行整体平差，之后进行空三加密，生成密集点云，经过上述几个

步骤后就已经获得了描述地面模型的离散点集。然后对影像进行畸变差纠正以消除影像畸变差，进入立体编辑对点云数据进行必要的编辑，之后生成三角网、建立三维模型、自动生成 DEM，自动生成等高线及三维景观图，最后使用 Mapmatrix-Featureone (特征线采集系统) 进行立体测图，最终生产出需要的比例尺的线划图。

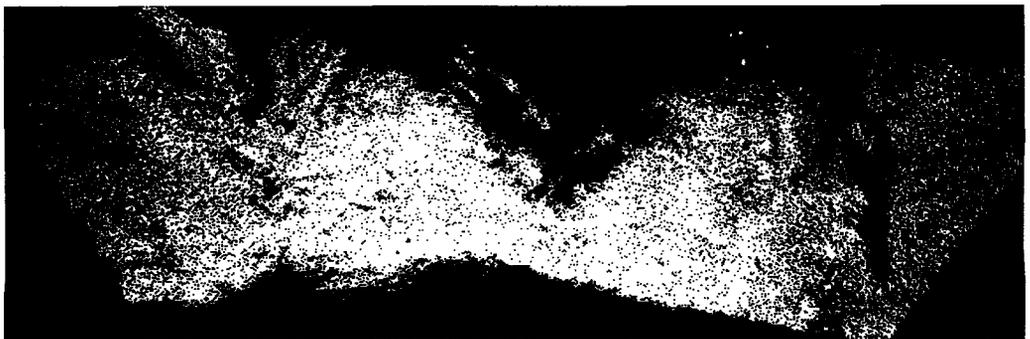


图 3 生成的密集点云

本次试验测区共布设 12 个控制点，平差时采用 M1、M2、M3、M6、M8、M9、M11、M12 作为空三加密

控制点，M4、M5、M7、M10 作为检查点，经过上述步骤数据处理后，生成的点云图如图 3，采用立体测图

测出的 1:500 地形图如图 4, 1:500 地形图等高距 的 1:500 地形图套合比较, 吻合较好。
采用 0.5m。将自动生成的等高线与立体测出

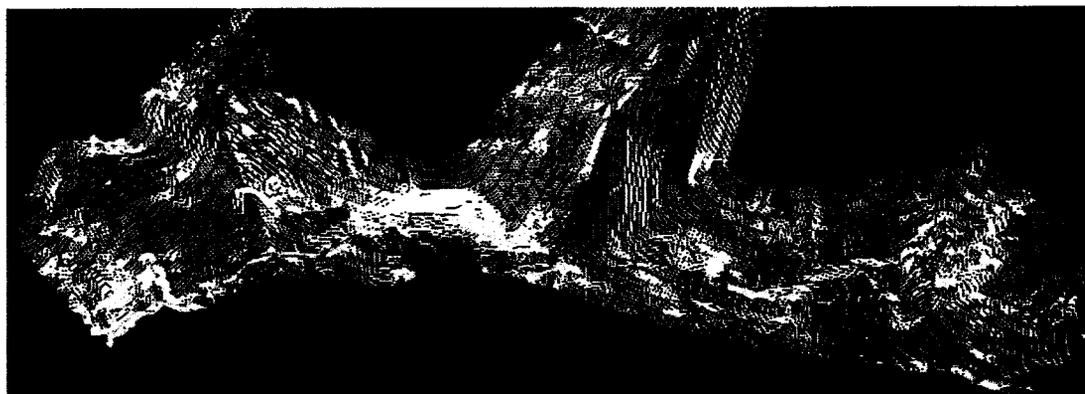


图 4 Lensphoto 软件所绘制的等高线

4.3 精度分析

成果精度采用两种方法评定, 一种是检查控制点的平差后的精度, 一种是检查 Lensphoto 所测 1:500 地形图等高线高程精度。下面分别予以统计分析:

(1)控制点平差精度:外业测量了 12 个控制点, 平差时使用 8 个作为控制点, 4 个作为检查点不参与计算, 用以检查控制点平差精度, 各个控制点平差后精度统计见表 1。

表 1 控制点平差精度

单位: cm

控制点精度						检查点精度					
点名	ΔX	ΔY	ΔZ	点名	ΔX	ΔY	ΔZ	点名	ΔX	ΔY	ΔZ
M1	5.68	2.37	0.72	M8	-3.64	3.15	-1.25	M4	3.25	-7.09	-1.66
M2	10.41	-0.26	-1.05	M9	0.8	-2.1	1.99	M5	4.95	-1.35	-1.75
M3	-6.26	1.24	1.18	M11	5.23	-1.57	0.09	M7	-3.51	2.65	-1.99
M6	-1.01	1.94	0.17	M12	5.23	1.73	0.71	M10	5.42	1.75	0.85

由上表可以看出: 检查点的点位精度均在厘米级, 说明空三加密点结果符合规范的要求, 能满足 1:500 地形图的测图要求。

(2)1:500 地形图等高线高程精度: 为了检查 Lensphoto 软件所测的 1:500 地形图的精度, 在摄影测量外业作业后, 使用全站仪对被测区域的一部分按 1:500 精度要求进行了实测, 用南方 CASS 内业成图, 其他区域用全站仪采集了一些检查点, 共

采集检查点 240 点。将人工实测所成的 1:500 线划图与用 Lensphoto 所测的线划图套合比较, 吻合很好。为了检测其所测地形图等高线精度, 将全站仪采集的检查点展绘在 Lensphoto 系统所测的 1:500 线划图上, 计算出检查点全站仪实测高程 (H_c) 与其在图面上根据等高线内插的对应高程 (H_t) 之间的较差 ΔH 。高程较差 ΔH 分布情况见表 2。

表 2 高程较差 ΔH 分布情况表

ΔH 值范围 (m)	≤ 0.25	0.25~0.5	0.5~0.75	0.75~1	1~1.5	≥ 1.5
出现的个数	129	75	15	8	11	2
占检查点的比例%	53.8	31.3	6.3	3.3	4.5	0.8

由上表统计数据可以看出: $\Delta H \leq 0.5m$ 的占检查点总数的 85.1%, $0.5m \leq \Delta H \leq 1.0m$ 的占检查点总数的 9.6%, $\Delta H \geq 1.0m$ 的占检查点总数的 5.3%。由高程较差 ΔH 计算的等高线高程中误差 $m = \pm 0.45m$, 小于规

范规定的一个基本等高距的要求。说明用 Lensphoto 系统所测的 1:500 地形图完全满足现行规范中的精度要求。

5 几点体会

(1) 像片拍摄质量的好坏直接影响后续数据处理能否进行, 旋转拍摄要保证影像间重叠度 60% 以上, 交会角不小于 5 度, 不同摄站针对同区域所拍摄的范围要基本相同。拍摄的方向尽量与目标物垂直, 拍摄方向与目标物夹角越大, 变形越大。

(2) 外业控制点的布设和测量精度对最后成果的精度影响非常大, 这项工作要认真对待。控制点布设要尽可能布在被摄物体的周围, 中间区域可均匀布点。

(3) 本系统自动化程度较高, 数据处理只要简单的人为干预便可自动处理, 只有立体测图对作业人员有较高的要求, 其立体测图经验直接影响测图质

量。

(4) 摄影测量中, 点位绝对精度与摄影距离成反比, 摄影距离越近, 绝对精度越高。故采用本系统作距离较近的地形测量, 绝对精度更高。

6 结束语

多基线数字近景摄影测量技术改变了传统的手工近景摄影测量方法, 实现了近景摄影测量的数字化、自动化, 具有强大的处理近景数据的能力, 具有高精度、高自动化、高效率等特点, 可以大大减少外业工作, 降低了劳动强度, 提高生产效率。工程实践结果表明: 用多基线数字近景摄影测量系统 Lensphoto 所测的大比例尺地形图的精度较高, 完全满足《水利水电工程测量规范》中的精度要求。

参考文献

- [1] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影学 [M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1995.
- [2] 冯文灏. 近景摄影测量 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [3] 张戈. 多基线数字近景摄影测量系统操作指导书 [M]. 武汉: 武汉朗视软件公司, 2007.

(上接第 35 页)

ArcGIS 的 Intersector 工具或者使用 Workstation 中的命令进行。求交计算将分带数据按照行政界线打断, 生成后的求交数据图斑中的属性值产生图斑所在行政区域的行政区划代码或名称值, 可以根据属性值中的行政区划代码对图斑面积进行分类统计。

3.4 水系、交通数据缓冲区设置

行政区内的水系、交通用地为不可利用土地资源, 可利用土地资源计算必须减去这部分用地。根据国家水利、交通等相关部门规定, 水系、交通设施外围一定范围的土地不得进行开发, 这就要求对水系、交通数据设置相应缓冲值用 ArcGIS 的空间分析模块的 Buffer 工具进行缓冲区设置, 缓冲区设置以数据中心线或边线来进行。

3.5 扣减不可利用土地

将与行政界线求交后的适宜高程、坡度矢量数据, 用 ArcGIS 工具箱中空间分析模块中的 erase 工具, 将适宜高程、坡度中的水域、交通用地、居民地、水域、基本农田面积、林草地、沙漠、戈壁、保护区部分扣除掉, 即为可利用土地资源。erase 工具减可以避免重复扣除不在适宜高程、坡度中的地

块。

3.6 面积统计

可利用土地资源统计可以在 Access 中进行, 首先将经过拓扑操作后的矢量数据转化为 ArcGIS 的 Personal Geodatabase 数据格式, 然后用 Access 打开。用设计向导建立面积分来统计查询, 根据数据中的行政区划代码对面积进行分类统计, 分类统计结束后将结果导出为 Excel 格式数据。在 Excel 中打开面积统计数据, 按照行政区划代码相应地填入各县级行政区域的常住人口数量, 编制公式计算出人均可利用土地资源。

4 结论

通过宁夏主体功能区规划划分, 对可利用土地资源的计算的工作, 采用 DEM 数据和 ArcGIS 软件的空间分析技术来进行可利用土地数据计算相比较传统手段计算具有速度快、精度高的特点。另外, 测绘工作者生产的 4D 产品为低成本、快速、准确获取可利用土地资源数据提供了有力保障, GIS 技术和 4D 产品在我国的国民经济建设中愈来愈会发挥重大作用。

参考文献

- [1] 樊红. ArcInfo 应用及开发技术 [M]. 武汉大学出版社, 2002.