

空三加密在数字摄影测量中的精度分析

高文革,范永杰,宋倩,袁泉

(山东省地质测绘院,山东 济南 250000)

摘要:该文结合章丘市1:2000地形图绘制项目的具体实践,认为航空摄影测量产品误差来源主要为空三加密这一重要工序,影响空三加密精度的因素主要为:影像质量(分辨率、清晰度、重叠度)、像控点选取及精度、加密点的选取及加密解算方法、加密人员的经验等。找出影响空三加密精度的主要因素及解决办法,结合生产实践解决了1:2000地形图绘制空三加密精度问题。

关键词:地形图;空三加密;加密点;像控点;区域网法

中图分类号:P208

文献标识码:B

“章丘市1:2000地形图绘制项目”是采用空三加密成果进行统计和分析的,认为航空摄影测量产品误差来源主要为空三加密这一重要工序。按区域网法影响空三加密精度的因素主要为:影像质量(分辨率、清晰度、重叠度)、像控点选取及精度、加密点的选取及加密解算方法、加密人员的经验等,找出影响空三加密精度的主要因素及解决办法。该文结合生产实践解决了1:2000地形图绘制空三加密精度问题,较好地完成地形图绘制工作。

1 航空摄影测量各项要求

1.1 航测成图精度要求

像控点的精度要求与图根控制点的精度要求相同,1:2000比例尺航测成图中,加密点与地物点的精度要求:城市建筑区,等高距为0.5m平坦地区高程注记点的高程误差不大于0.15mm。此外,城市建筑区,等高距为0.5m平坦地区高程和等高线宜由外业测绘。其余地区的高程和等高线均可采用平高区域网加密,在数字摄影工作站上测绘。

1.2 航摄质量要求

在用卫片进行摄影测量时,一方面有RPC参数的引入;另一方面卫片像对面积覆盖较大,因而外业控制点的布设数量可大大的减少。如该试验区大小的区域,最极端的情况,如果卫片的质量较好,即无

云层覆盖的时候,大多在测区中间测量设1个控制点(区域纵横向不超过100km),但测量中往往含测量误差,1个控制点不便发现粗差。一般建议在测区四角和中央布设控制点共5个,既可满足有多余观测,便于发现粗差,又可满足测制1:2000地形图的需要。

航空摄影时,航向重叠宜为60%~65%,最小不应小于53%;旁向重叠宜为30%,最小不应小于15%。采用一张像片覆盖一幅图时,航向重叠宜为85%;航线偏离图幅中心线不应大于像片上3cm(23像幅×23像幅)或2cm(18像幅×18像幅)。航线间不得有相对漏洞和绝对漏洞。

像偏角不宜大于2°,个别最大不宜大于4°;在同一航线上达到或接近最大旋转角的像片不得连续超过3片;航线弯曲度不应大于3%。一条航线最大和最小航高之差不得超过30m,分区实际航高与预定航高之差不应大于航高的5%。

1.3 像控点的布设

像控点布设采用区域网法布设,航向间隔4条基线。该项目像控点采用GPS-RTK施测,布设像控点均按平高点要求布设。布设在航向重叠3片的范围内,在区域网布点时保证5~6片重叠;像控点距像片边缘不少于1.5cm。

* 收稿日期:2010-04-06;修订日期:2010-10-22;编辑:陶卫卫

作者简介:高文革(1966—),女,山东济南人,工程师,主要从事地理信息工作;E-mail:sdgis@126.com。

1.4 像控点的选刺

像控点选在影像清晰的明显地物点、接近正交的线状地物交点、地物拐角点或固定的点状地物上,高程点选在局部高程变化小且点位周围相对平坦的地区,高平控制点则要求选在同时满足平面和高程点,像控点在相邻像片上均清晰可见,并选择最清晰的一张作主刺片。像控点选刺在夹角良好的线状地物交点上,点位高程变化不大,且相邻像片上影像清晰,便于联测。实地判刺精度均在像片上 0.1 mm 以内,像片点位刺孔明显。点位略图及点位说明齐全、详细。像控点以航线号加自然数顺序编排,点号前冠以英文字母 P,测区内不重号;该测区单号片为刺点片。当点位刺在高出或低于地面的目标时,均量注地面比高,注至 0.1 m。

2 像控点的测量

2.1 像控点测量的方法

该测区像控点在 B、C 级 GPS 控制点下采用 GPS-RTK 的方法施测,共布设了 53 个像控点,像控点离基准站的最长距离为 4.24 km,均不超过 5 km。

GPS-RTK 实时动态测量系统由 3 部分组成:GPS 信号接收部分(即 GPS 传感器及天线)、实时数据传输部分(即数据链,俗称电台)和实时数据处理部分(即 GPS 控制器及其内装的实时数据处理软件)。GPS-RTK 有一个参考站和数个流动站,参考站设在 B、C 级 GPS 控制点上实时接收 GPS 卫星信号并进行载波相位和伪距测量,通过数据链实时将参考站的精确坐标、观测值、卫星运行情况以及参考站的工作状态发送给流动站;流动站在接收 GPS 卫星信号并进行载波相位和伪距测量的同时,实时接收参考站的观测值和其他相关数据,利用 GPS 控制器内置的实时处理软件,实时解算出参考站到流动站间的基线向量和流动站的点位坐标。该测区采用南方 GPS-RTK 双频接收机观测,该仪器动态测量的标称精度,平面为 $5\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} \times D$,高程为 $2\text{ cm} + 1 \times 10^{-6} \times D$ 。作业模式为 1+2 即一台基准站 2 台流动站。

2.2 像控点测量

2.2.1 基准转换参数的解算

该次基准转换参数使用济南市勘察测绘研究院

直接利用 2005 年济南市 C 级 GPS 网成果网进行求解的参数,基准转换参数见表 1。

表 1 1954 年北京坐标系基准转换参数统计

$\Delta X(\text{m})$	$\Delta Y(\text{m})$	$\Delta Z(\text{m})$	$k(10^{-6})$	$\epsilon x(\text{s})$	$\epsilon y(\text{s})$	$\epsilon z(\text{s})$
254.1419	220.3654	225.6603	-13.0733	1.30155"	8.52185"	-5.49682"

2.2.2 观测

观测前将预先求得的 7 参数、已知点坐标和精度要求输入南方仪器手簿内;观测时,流动站卫星接收天线安置在脚架上,以保证其接收信号的稳定性,当控制器上显示的点位中误差符合要求后进行坐标数据的存储,然后迁至下一站;每个像片控制点独立(关机或卫星失锁)观测 2 次,取中数作为该点的最终成果。为确保像控点的精度,在作业的过程中每个基准站尽量联测 B、C 级 GPS 控制点和施测的导线点,以便于检测像控点的点位精度。参考站到流动站的最大距离均不超过 5 km。

2.2.3 数据处理

像控点的观测数据通过南方数据处理软件传输到计算机中,对像控点 2 次独立观测值取中数作为其最终成果。

3 空三加密

3.1 测区航空摄影资料情况

根据实际情况,测区划分为一、二 2 个摄影分区,其主要资料情况见表 2。

3.2 加密方法

空三加密采用区域网法,用 GXP-AAT 自动空中三角测量系统在微机上进行,用光束法和多项式法进行整体平差解算。空三加密的精度高低和速度快慢直接影响整个航测数字化成图的作业进程和精度,检验解算好坏的重要标志是影像像元的均方根,像元的均方根等于或小于 0.5 像元的解算结果才可以接受。

3.3 加密点的选取

加密点在该片和邻片上影像均应清晰明显,易于判读和量测。加密点一般选在像片的标准位置,尽可能选在影像清晰的房角、地角处等明显宜判的位置^[1]。加密点的编号 $\times \times \times B$ 为每片的像主点, $\times \times \times A$ 为每条航线的上排点, $\times \times \times C$ 为每条航线的下排点($\times \times \times$ 为片号的后 3 位数字)。

表2 航摄影像资料情况

航摄单位	天津市测绘院	
摄区代号	0613	
摄影时间	2006年11月—2006年12月	
摄影机	型号	DMC(数字摄影相机)
	编号	DMC16 镜头
	编号	16
	焦距	120mm
像幅尺寸	92.160mm × 165.888mm	
航摄比例尺	1:12000	
航高	相对航高	一区和二区均为1440m;分界线为36°40'
	绝对航高	一区:1560m;二区1890m
航线布设方向	一区:南北向;二区:东西向	
航线条数	一区:19条;二区:12条	
像片质量	影像清晰、层次丰富、反差适中、色调均匀,数据现势性较好。航向和旁向重叠度符合要求,个别像片旋转角 > 30°,但无航摄漏洞,不影响数字摄影测量工作站使用	
影像分辨率	12μm/像素	
地面分辨率	0.144m	
像片数量	一区1309片,二区805片	

3.4 空三加密的作业过程

空三加密工作的主要内容:测区信息、相机信

表3 章丘市加密一分区二分区精度统计(m)

项目	平面中误差		高程中误差		平面			高程		
	限差	误差	限差	误差	限差	一般	最大	限差	一般	最大
一分区加密点	0.70	0.011	0.24	0.022						
公共点较差					1.12	0.14	0.20	0.38	0.25	0.335
相对定向残差					0.008	0.004	0.008			
模型连接残差					0.072	0.006	0.056	0.184	0.018	0.178
二分区加密点	0.70	0.012	0.24	0.025						
公共点较差					1.12	0.15	0.21	0.38	0.20	0.34
相对定向残差					0.008	0.004	0.008	—	—	—
模型连接残差					0.072	0.006	0.056	0.184	0.018	0.178

利用多项式和光束法对一区和二区分别整体平差,通过地面定向点精度报告,显示出外业像控点内部符合精度,并对其精度进行统计(表4),其精度完全符合城市测量规范和航空摄影测量规范^[4]。

表4 单模型绝对定向精度统计(m)

项目		一区	二区
		模型残差平均值	平面 0.103 高程 0.110
模型平均中误差	平面	0.112	0.114
	高程	0.112	0.116
模型数		75	75
模型加密总点数		695	621

息、控制点信息数据的准备;制作金字塔影像;量测框标及内定向;选取航线拼接点;选取标准点位点;检查选点遗漏;合并数据;自动匹配航线内加密;人工修测人工点的粗差;多项式整体平差;光束法整体平差;输出最后成果;设定测图定向点;测区与测区之间界边;人工修测地面定向点、检查点和连接点的粗差(图1)^[2]。

3.5 空三加密平差计算

当测区信息、影像格式、加密点的选取和编辑、相对定向、模型连接等工作完成后,方可进行平差计算;否则应对各步进行检查,如果发现像控点成果有问题,应进行外业检查。

3.6 加密成果的精度统计分析

3.6.1 加密成果的精度统计

该测区根据像控点进行加密,经严密平差后,对加密点精度及相关误差进行统计(表2)^[3]。

平差计算后,分别对一区和二区的单模型定向精度统计,统计结果见表3。

3.6.2 加密成果精度分析

通过平差计算,精度统计,认为影响加密成果精度的因素有多种,其中主要因素为影像质量:分辨率、清晰度、摄影比例。飞行质量,像控点测量精度,外业像控的选点、刺点、描述准确情况;内业加密时对像控点点位的判定准确程度;内业加密人员利用框标对像控点的切准情况;内业加密点的选取、在不同像片上的判位;平差方法不同等(表5)^[5]。

(1)影像质量:分辨率、清晰度、摄影比例对加密成果精度影响。摄影比例尺越大、影像分辨率越高、影像清晰度越高,加密成果质量就越高,加密成

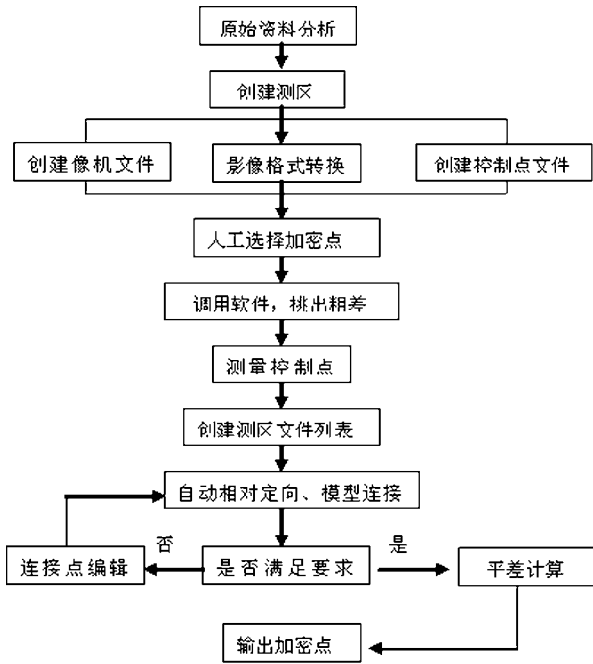


图1 空三加密的作业流程

果的精度越好。

表5 外业像控点精度统计(m)

类别	平面		高程	
	中误差	最大误差	中误差	最大误差
光束法平差				
1	0.144	0.036	0.006	0.014
2	0.152	0.410	0.009	0.025
多项式法平差				
1	0.248	0.450	0.133	0.354
2	0.233	0.374	0.111	0.374

(2)飞行质量对加密成果的影响。航向重叠度、旁向重叠度、航高的稳定性、像片的倾角、旋偏角对加密成果有较大影响,其中航高相对稳定情况、像片倾角对高程影响较大。

(3)像控点测量精度对加密成果的影响。像控点是加密测量的基础和定向的依据,高精度的像控点能有效控制加密点的误差传递和积累。因此,像控点测量精度直接影响加密成果的精度,像控点测量精度越高加密成果精度越高。

(4)外业像控的选点、刺点、描述准确情况对加密成果的影响。像控点选在影像清晰,地物明显、宜判且宜于准确定位的地方。刺点、点位描述要准确,易判、易懂,否则,会给加密成果带来较大误差^[6]。

(5)内业加密时,加密人员对像控点点位的判定准确程度和利用框标对像控点的切准程度对加密

成果的影响。加密人员对像控点的点位判断误差和框标的切准误差给加密成果带来一定误差。不过,本相误差难以避免,但可以降低。该项误差大小和加密人员的经验、影像的判读能力、立体感有关;如果加密人员对影像的判读能力强,立体感好,经验丰富,带给加密成果的误差就小些,否则,带给加密成果的误差就大。

(6)内业加密点的选取,在不同像片上的判位误差对加密成果的影响。加密点的选取和其在不同片上的点位判断,其误差直接影响着加密成果的精度。该项误差主要与加密人员的经验和立体感有关。

通过试验和以上的分析,使用采用GPS-RTK施测进行空三加密进而测图,由平差结果中可以看出,成图精度可满足于1:2000地形图的精度要求。

4 结语

实践证明,用RTK对像控点进行2次独立观测的方法,所观测的成果精度对加密成果的影响不会太大;加密成果误差的来源主要是:影像的分辨率,影像的清晰程度,影响加密人员对点位的判断。其次,人差对加密成果的影响,如:立体感、框标对点位切准程度。再次,加密软件的选取和平差方法的选择也会对加密成果精度造成影响。

随着计算机技术和因特网的应用与普及,解析空中三角测量已经发展到GPS辅助空中三角测量,测量速度和精度得到大大的提高,这必将促进测绘由数字化向信息化的转变,并将为国民经济建设发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] CJJ8-99. 城市测量规范[S].
- [2] 张祖勋. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1997.
- [3] GB 7930-87. 航空摄影测量内业规范[S].
- [4] 张永生,范永弘,戴晨光. 集成化数字摄影测量工作站软件、硬件及其应用[M]. 北京:星球地图出版社,1998.
- [5] 朱肇光,孙护,崔炳光. 摄影测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,1994.
- [6] 全数字摄影测量系统 JX-4 C 使用手册[S]. 北京四维远见信息技术有限公司,2002.

Accuracy Analysis on Encryption in Digital Photogrammetry

GAO Wenge, FAN Yongjie, SONG Qian, YUAN Quan

(Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250000, China)

Abstract: Accompanying with the development of electronic technologies, traditional method can not meet the demand for making maps. Remote sensing adjustment of images technology based on high resolution satellite remote sensing phantom and the controlling points has already obtained the preliminary application and the development. But the precision of products still limited the development and application of airphoto surveying technology, while image controlling precision in the field and spatial three encryption precision indoor are the main factors affected the precision of products.

Key words: Topographic maps; three - dimensional triangulation; photogrammetric points; photo control points; regional network