

基于 UCD/UCX 航摄影像的像控点布设方案研究

邓 芳¹ 张 俊¹ 刘 怡² 李春华¹ 刘国祥²

(1. 成都市勘察测绘研究院 四川 成都 610081; 2. 西南交通大学 土木工程学院, 四川 成都 610031)

On Distribution Scheme of Photo Control Points for UCD/UCX Aerial Imagery

DENG Fang, ZHANG Jun, LIU Yi, LI Chunhua, LIU Guoxiang

摘要:为寻求像片控制点合理的布设方案,采用某地区的 UCD/UCX 航摄影像作为试验数据,通过对区域网按均匀分布原则设置不同的平高控制点数,进行系列的空中三角测量试验研究及精度评定,最后提出几种在保证特定精度情况下,能减少外业工作量、降低生产成本、缩短生产周期的像片控制点布设方案。

关键词:UCD/UCX; 像片控制点; 精度; 空中三角测量

一、引 言

进入 21 世纪以后,我国数字摄影测量以惊人的速度发展,DWP(处理对象为扫描形成的数字化影像)盛行至今已 18 年。2000 年荷兰阿姆斯特丹国际摄影测量与遥感大会上数码航空相机开始出现^[1]。目前国际上数字航摄仪产品主要有以下几种:瑞士徕卡公司的 ADS40,美国 Z/I 公司的 DMC,奥地利的 UCD/UCX,以及我国刘先林院士研制的 SWDC 系列数字航空摄影仪。

大幅面航空数码相机影像较常规相机胶片影像更清晰,且无需扫描可直接获取数字化影像,因此它在摄影测量的生产实践中受到极大的关注^[1]。然而航空数码相机的摄影比例尺小于常规航空相机,使得其影像覆盖范围缩小,像对数(模型)增加,工作量加大。同时,由于航空数码相机的交会角较小,还导致其高程量测精度较低,这些缺点都将限制其广泛应用。但如利用计算机视觉的理念冲破传统摄影测量的束缚,以图幅为单位进行立体测图、DEM 生成、实现模型接边自动化,或按多目视觉理论,利用多重叠影像增大交会角的方式,都可在一定程度上克服这些缺点^[1]。

本文将在以上研究理论的基础上,采用某地区 UCD/UCX 航摄影像作为试验数据,通过对区域网按均匀分布原则设置不同的平高控制点数,进行系列的空中三角测量试验研究及精度评定。最后提

出在保证特定精度情况下,能减少外业工作量、降低生产成本、缩短生产周期的像片控制点布设方案。

二、研究区域

1. 摄影参数及研究区域

数字航空摄影仪为 UCD/UCX,其镜头由 4 台黑白影像的全色波段(Pan)相机、4 台多光谱(MS)相机组成,如图 1 所示。

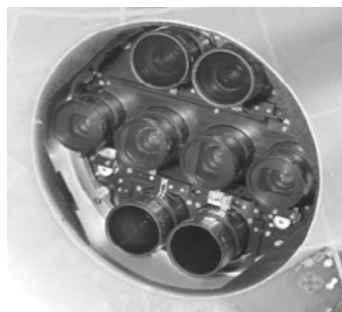


图 1 UCD/UCX 相机镜头示意图

UCD/UCX 数码相机为垂直中心投影,其主要性能参数如表 1 所示。

研究区域航摄资料的其他参数如下:相对航高为 2 200 m,航摄比例尺为 1:21 000,南北方向飞行,地面分辨率优于 0.2 m。像片总数为 102 张,航线数为 6 条,每条航线 17 张影像,即每条航线 16 条基线。影像航向重叠大于 65%~70%,旁向重叠大于 30%。如图 2 所示,其中“+”号表示像主点。

收稿日期: 2010-09-02

作者简介: 邓 芳(1978—),女,湖南怀化人,硕士,工程师,主要从事摄影测量与遥感技术应用以及数据加工等方面的研究。

表1 UCD/UCX 数码相机主要性能参数表

名称	CCD 像素尺寸	黑白影像像素	焦距(全色) /mm	有效像幅	最大地面分辨率/cm
UCD	9 u	7 500 × 11 500	105.2	67.5 mm × 103.5 mm	3.6
UCX	7.2 u	9 420 × 14 430	100.5	67.8 mm × 103.9 mm	2.2

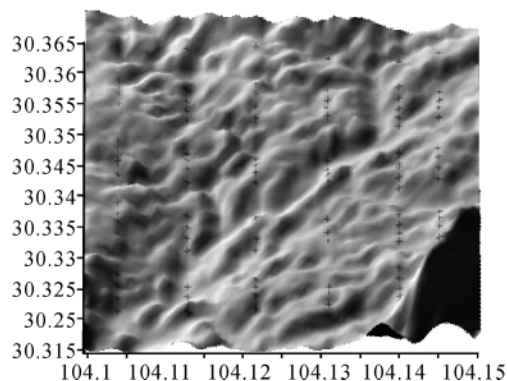


图2 研究区域 DEM 与像主点坐标的叠加图/(°)

2. 像控点信息

采用网络 RTK 测量模式进行像片控制点采集, 并利用该地区 $1' \times 1'$ 格网似大地水准面模型进行高程转换, 平面和高程精度均优于 ± 5 cm, 像片控制点共 101 个。坐标系统为地方独立平面坐标系和 1985 国家高程基准。由于该研究区域属于平坦区域, 像控点的选择仅根据均匀分布的原则, 未过多考虑地形因素。

三、试验验证

1. 试验方案

本次试验根据光束法区域网整体平差原理, 分别利用摄影测量工作站 JX-4 和 Virtuo Zo 进行整个试验区域的空三加密计算。

为了更清晰地说明像控点布设方案, 首先将航摄区域 6 条航带的 6×17 个像主点坐标按规则排列 (如图 3 所示), 图中 横坐标值整数 x 表示第 x 航带, 纵坐标值整数 y 表示相应航带的第 y 张航摄影像的

像主点坐标, 相邻像主点之间的连线为航摄基线。

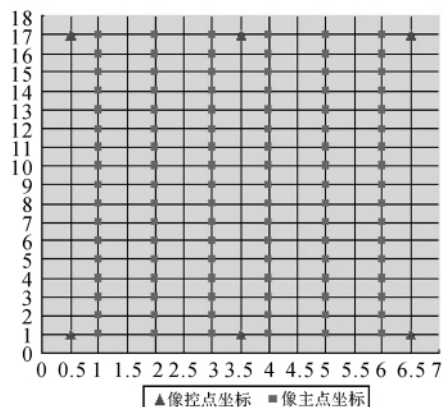


图3 像控点布设方案示意图

以六点法为例, 详细说明第一种像控点布设方案。六点法的 6 个像控点位置大致分别位于 $(0.5, 1)$ 、 $(0.5, 17)$ 、 $(3.5, 1)$ 、 $(3.5, 17)$ 、 $(6.5, 1)$ 、 $(6.5, 17)$ 处。对此处的 6 个位置可进行如下描述: 基线间隔数为 16, 航带间隔数为 3。因此, 对像控点布设的 9 种方案 (如图 4 所示) 可进行如下描述: ① 六点法, 基线间隔数为 16, 航带间隔数为 3; ② 八点法, 基线间隔数为 16, 航带间隔数为 2; ③ 九点法, 基线间隔数为 8, 航带间隔数为 3; ④ 十二点法, 基线间隔数为 8, 航带间隔数为 2; ⑤ 十五点法, 基线间隔数为 4, 航带间隔数为 3; ⑥ 二十点法, 基线间隔数为 4, 航带间隔数为 2; ⑦ 二十七点法, 基线间隔数为 2, 航带间隔数为 3; ⑧ 三十六点法, 基线间隔数为 2, 航带间隔数为 2; ⑨ 六十三点法, 基线间隔数为 2, 航带间隔数为 1。

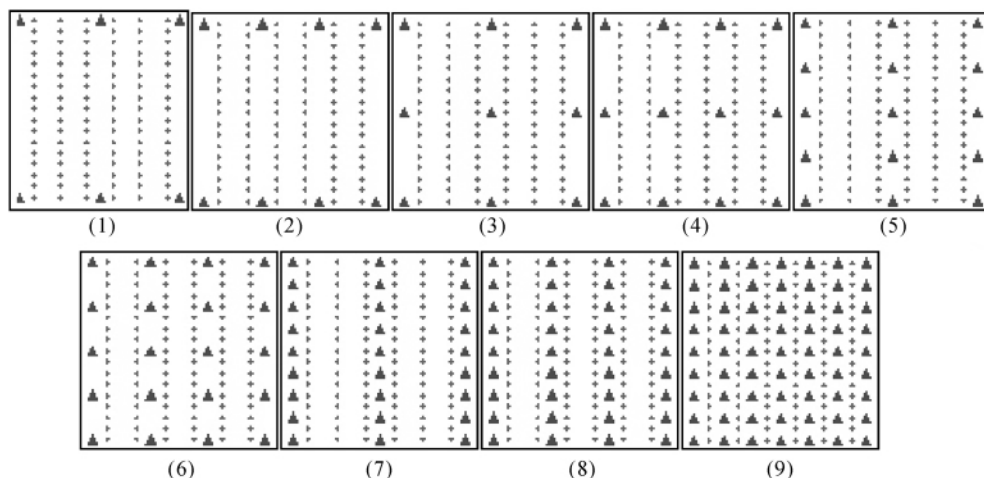


图4 像控点布设的 9 种方案

2. 方案对比

利用摄影测量工作站 JX-4 和 Virtuo Zo 分别对整个试验区域进行空三加密计算之后,再按照式(1)计算平面及高程中误差。9 种方案的空三加密统计结果如表 2 所示。

$$\left. \begin{aligned} m_s &= \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2]}{n}} \\ m_h &= \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - h'_i)^2}{n}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, m_s 为平面中误差; m_h 为高程中误差; (x_i, y_i, h_i) 为第 i 个检测点加密坐标; (x'_i, y'_i, h'_i) 为第 i 个点的实测坐标; 单位为 m。

表 2 显示 JX-4 与 Virtuo Zo 两套软件的平面误差基本一致,中误差约为 ± 0.2 m,即一个像元的精度。其中 JX-4 试验结果为:平面中误差介于 $[0.20 \text{ m}, 0.25 \text{ m}]$ 之间,最大误差介于 $[0.35 \text{ m}, 0.54 \text{ m}]$ 之间;高程中误差介于 $[1.09 \text{ m}, 0.30 \text{ m}]$ 之间,最大误差介于 $[2.01 \text{ m}, 0.62 \text{ m}]$ 之间。Virtuo Zo 试验结果为:平面中误差介于 $[0.16 \text{ m}, 0.21 \text{ m}]$ 之间,最大误差介于 $[0.40 \text{ m}, 0.49 \text{ m}]$ 之间;高程中误差介于 $[2.26 \text{ m}, 0.29 \text{ m}]$ 之间,最大误差介于 $[3.47 \text{ m}, 0.63 \text{ m}]$ 之间。以上平面精度完全达到了《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量内业规范》《GB/T 7930—2008》中 1:1 000 地形图空三加密的精度要求。9 种方案的平面中误差与高程中误差统计图如图 5 所示。

表 2 空三加密结果统计表

方案/软件	定向点数量/个	检查点数量/个	平面中误差/m	平面最大误差/m	高程中误差/m	高程最大误差/m
1 JX-4	6	95	± 0.24	0.53	± 1.09	2.01
Virtuo Zo			± 0.17	0.42	± 2.26	3.47
2 JX-4	8	93	± 0.25	0.54	± 0.77	1.45
Virtuo Zo			± 0.21	0.46	± 2.07	3.35
3 JX-4	9	92	± 0.22	0.45	± 0.37	0.9
Virtuo Zo			± 0.17	0.46	± 0.45	0.9
4 JX-4	12	90	± 0.22	0.44	± 0.35	0.74
Virtuo Zo			± 0.19	0.48	± 0.38	0.87
5 JX-4	15	86	± 0.20	0.37	± 0.34	0.83
Virtuo Zo			± 0.17	0.44	± 0.37	0.81
6 JX-4	20	81	± 0.21	0.41	± 0.36	0.81
Virtuo Zo			± 0.18	0.49	± 0.35	0.77
7 JX-4	27	74	± 0.20	0.35	± 0.33	0.77
Virtuo Zo			± 0.16	0.41	± 0.32	0.71
8 JX-4	36	66	± 0.21	0.40	± 0.30	0.7
Virtuo Zo			± 0.17	0.44	± 0.30	0.76
9 JX-4	63	38	± 0.20	0.36	± 0.31	0.62
Virtuo Zo			± 0.16	0.40	± 0.29	0.63

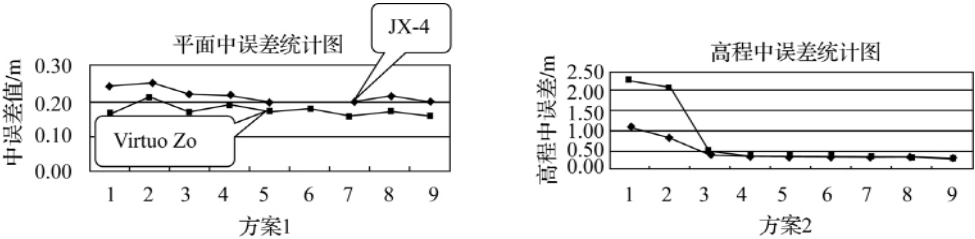


图 5 9 种方案的平面中误差与高程中误差统计图

如图 5 所示,方案 1 和方案 2(基线间隔数为 16)的高程中误差明显比其余 7 种方案所计算的高程中误差大,因此,剔除这两种方案。其余 7 种方案

的高程中误差基本一致,如使用 JX-4 的计算结果介于 $[0.37 \text{ m}, 0.30 \text{ m}]$ 之间,利用 Virtuo Zo 的计算结果介于 $[0.45 \text{ m}, 0.29 \text{ m}]$ 之间,高程中误差分布如

图 6 所示。

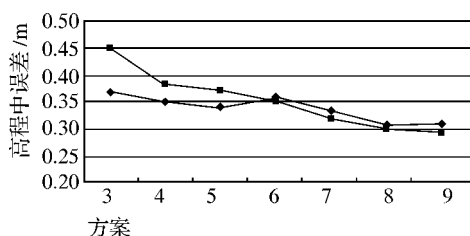


图 6 方案 3—方案 9 高程中误差分布图

如图 7 所显示, 9 种方案所需定向点个数的变化趋势为逐次递增。方案 1 和方案 2 由于所计算的高程中误差较大, 已经被剔除。因此仅考虑其余 7 种方案随着定向点数量的增加高程加密精度的改进情况。观察图 6~图 7, 可发现随着定向点数量的增加, 高程加密精度略有改善, 但 9 个定向点与 63 个定向点的所计算的高程中误差为同一个数量级,

而控制点的数量却增加了 4 倍, 大大增加了外业工作量, 延长了生产周期。

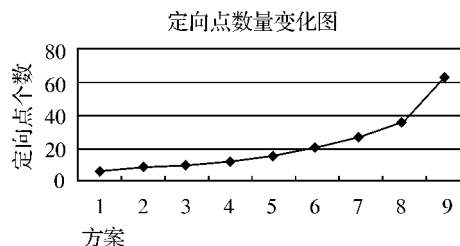


图 7 定向点数量分布图

为了进一步验证以上部分像控点布设方案的优越性, 特选取了研究区域中的 3 个子区域进行全野外像控点布设, 每个模型(一个立体像对) 6 个定向点, 若干检查点, 采用独立模型法区域网空中三角测量的方式解算检查点坐标, 并进行精度统计, 精度统计结果如表 3 所示。

表 3 全野外模型检查点误差统计表

地形类别	模型数 /个	检查点 /个	平面中 误差	平面最大 误差	平面平均 误差	高程中 误差	高程最大 误差	高程平均 误差
平地	4	139	± 0.23	0.63	0.20	± 0.27	0.72	0.22
丘陵	2	50	± 0.28	0.73	0.24	± 0.27	0.98	0.21
丘陵	2	36	± 0.30	0.79	0.24	± 0.37	0.81	0.29

以上数据表明, 在全野外像控点布设方案中采用独立模型法区域网空中三角测量, 与在试验方案中采用光束法区域网空中三角测量所计算出的平面精度(方案 1—方案 9) 保持在同一数量级, 并且大小相近, 高程精度(方案 3—方案 9) 也保持在同一数量级, 大小也相近(高程精度全野外模型略优)。但全野外像控点布设方案的控制点数量却大大增加, 为试验方案 3(9 点法) 的 24 倍(如采用全野外像控点布设方案, 该区域需布设 221 个, 即 17×13 个)。

四、结束语

为了减少外业工作量、降低生产成本、缩短生产周期, 本文采用某地区的 UCD/UCX 航摄影像作为试验数据, 设计了 9 种像片控制点布设方案, 通过光束法区域网空中三角测量的方法计算出每一种方案的平面及高程测量精度, 并与全野外像控点布设方案的结果进行了对比, 得出如下结论: ① 对于该数字航空摄影仪, 就平面精度而言, 其航摄比例尺与成图比例尺可放宽至 20 倍, 即可以用 1:20 000 航摄资料制作 1:1 000 数字线划图; ② 全野外像控

点布设方案与试验方案 1—方案 9 的平面精度完全一致, 约为 1 个像元大小(0.2 m) 的精度, 而高程精度随着控制点数量的成倍增加略有改善, 因此, 建议采用九点法或十二点法布设像片控制点, 既保证了平面精度, 又兼顾了高程精度。如只考虑平面精度, 可采用六点法的布设模式。

参考文献:

- [1] 张祖勋. 航空数码相机及其有关问题[J]. 测绘工程, 2004, 13(4): 1-5.
- [2] 戴腾, 张勇, 杨华先, 等. UCD 数码相机影像在武汉测区的应用[J]. 地理空间信息, 2008, 6(3): 130-132.
- [3] 俞旭升. DMC 航摄影像外业像控布点的实验研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(6): 77-79.
- [4] 孙粉霞, 邹学忠. UCD 航摄影像在大比例尺地形图中的应用[J]. 现代测绘, 2009, 32(4): 47-48.
- [5] 郭冬娥, 张拥军, 刘振军, 等. DMC 数码相机区域网控制点布设方案的精度试验[J]. 山东国土资源, 2007, 23(10): 42-45.
- [6] 国家测绘局标准化研究所. GB/T 7930—2008 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量内业规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.