

基于无人机正射航飞技术的大比例尺地形图更新应用浅析

——以醴陵市地形图更新为例

喻赛男, 黄敬龙

湖南省第一测绘院, 湖南 长沙

收稿日期: 2023年6月27日; 录用日期: 2023年9月21日; 发布日期: 2023年9月28日

摘要

随着全国实景三维建设脚步的不断加快, 实景三维基础地理实体数据的生产迫在眉睫, 城镇开发边界内的大比例尺地形图数据作为实体数据重要的转换源之一, 如何对其进行快速更新就显得尤为重要。本文以数字醴陵地理信息基础工程建设生产为例, 介绍了利用苏州真鉴信息科技有限公司研发的Pips测图云软件, 探讨利用无人机单镜头正射航飞技术进行空三加密过程中遇到的问题及解决办法, 并将其应用于大比例尺地形图数据更新时的精度分析。

关键词

正射航飞, 空三加密, 大比例尺, 地形图更新

Application Analysis of Large Scale Topographic Map Updating Based on UAV Positive Launch Navigation Technology

—Taking the Topographic Map Update of Liling City as an Example

Sainan Yu, Jinglong Huang

The First Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha Hunan

Received: Jun. 27th, 2023; accepted: Sep. 21st, 2023; published: Sep. 28th, 2023

Abstract

With the acceleration of the pace of national 3D construction, the production of 3D basic geographic physical data is imminent. As one of the important conversion sources of physical data, how to update the large scale topographic map data within the urban development boundary is particularly important. Taking the construction and production of digital Liling geographic information infrastructure project as an example, this paper introduced the Pips mapping cloud software developed by Suzhou Zhenjian Information Technology, and discussed the problems and solutions encountered in the process of using UAV single-lens direct flight technology for air and air classification, and applies it to the accuracy analysis of large scale topographic map data updating.

Keywords

Positive Flight, Aerial Triangulation, Large Scale, Revision of Topographic Map

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

相较于利用 RTK 纯靠外业打点编绘成图的传统测量方式,市面上现有的立采软件无法在内业阶段完成大部分屋檐改正的工作,且其成图精度难以保证;而当前三维裸眼采集模式前期建模时间长,在植被覆盖区域的地形要素难以精确表达[1]。

Pips 测图云软件则规避了上述问题。在外业航摄时采用单镜头、高重叠度正射航飞方式,航线外扩较少,航飞效率高;像控点布设距离与倾斜建模相比,间距较远,可减少像控工作量;外业航飞时获取像片数量比倾斜摄影数量呈 N 倍减少,且内业只需空三加密,无需建模,节约了时间与硬件成本;通过高重叠度影像,在立体采集时,可由内业直接进行室内屋檐改正,减少外业调绘工作量,达到大范围快速更新大比例尺地形图的目的。

2. Pips 空三云软件加密方案

2.1. 测区概况

醴陵市地处湖南省东部,位于东经 113°10'~113°45',北纬 27°22'~27°58',地貌以山地,丘陵和岗地为 主。项目区位于醴陵市中心城区及周边,面积约为 42 平方公里。任务分布见略图 1。

2.2. 产品精度与要求

2.2.1. 像片控制点精度指标

本项目像片控制点全部施测为平高点。像控测量采用基于 HNCORS 系统的网络 RTK 测量模式,无法使用 HNCORS 系统的区域使用 GPS 静态测量方法。高程采用湖南省似大地水准面精化模型获取。像片控制点平面位置中误差不应超过表 1 中的规定,高程中误差,不得大于测图基本等高距的 1/10。

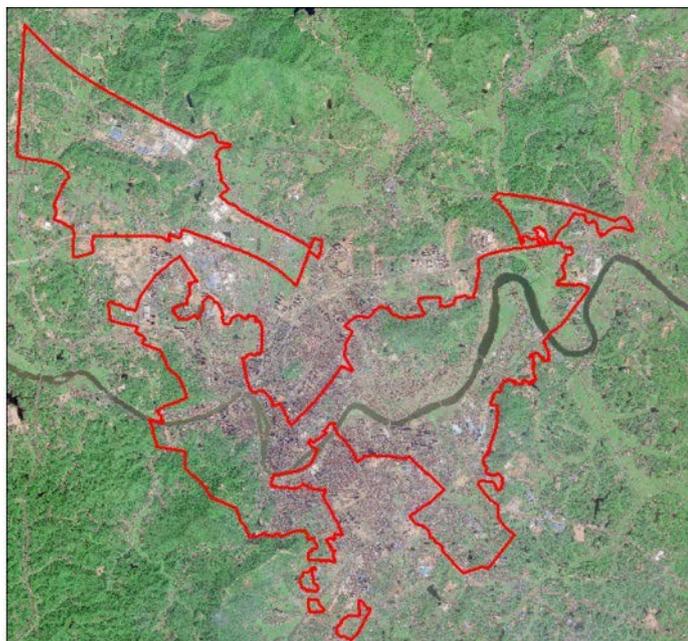


Figure 1. Outline of 1:500 topographic map updating range of Liling City
图 1. 醴陵市 1:500 地形图更新范围略图

Table 1. Error index of plane position of image control point
表 1. 像控点平面位置中误差指标

成图比例尺	平面位置中误差(米)	
	平地、丘陵地	山地、高山地
1:500	0.06	0.08

2.2.2. 地形图精度指标

为满足不动产变更调查需要, 本次地形图平面精度指标参照地籍测绘相关要求执行。由于未进行权籍调查, 无法准确界定界址点位置, 对地形图点位进行以下分类并确定精度指标: 一类点指明显房角点和院落外围围墙(栏栅)明显转折点, 二类点指可用于权属界线划定的一般房角点、围墙(栏栅)转折点, 三类点指一、二类点以外的其他地物点[2]。新测区域及修补测变化区域地形图平面精度指标按表 2 执行, 修补测范围内未变化的地物点精度指标沿用原图精度。

Table 2. Topographic map plane accuracy index
表 2. 地形图平面精度指标

类别	相对于邻近控制点的点位误差(cm)	同类点建距误差(cm)
一类	±5.0	±5.0
二类	±7.5	±7.5
三类	±25.0	±20.0

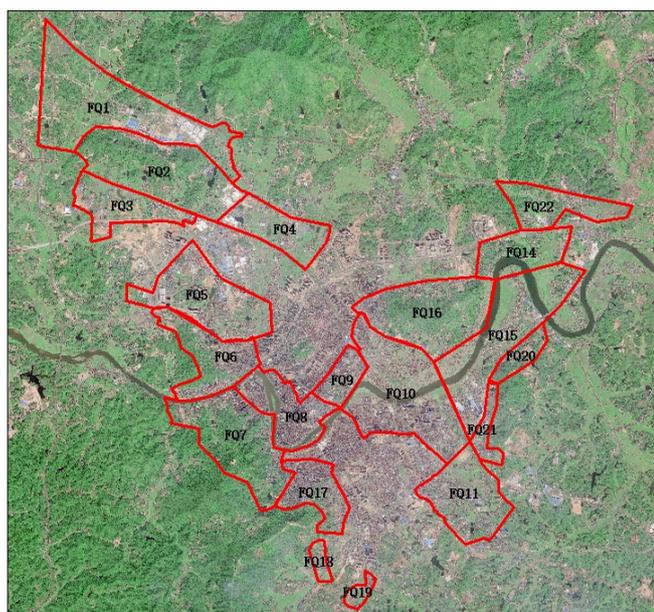
城市建筑区和平坦地区高程注记点相对于邻近图根点的高程中误差为 0.15 m, 其它地区以插求点的高程中误差来衡量, 高程精度按表 3 执行, 林木隐蔽等困难地区, 可放宽 50%。

Table 3. Midheight error of contour interpolation point**表 3.** 地等高线插求点的高程中误差

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差(等高距)	$\leq 1/3$	$\leq 1/2$	$\leq 2/3$	≤ 1

2.3. 航摄分区划分与航摄情况

依据项目更新范围, 结合实地情况, 为满足不同地形、地物成图精度, 在航摄时保证地面分辨率(GSD 设计为 0.02 米)达到最优设计, 将测区划分为 20 个航摄分区, 航摄时按照航向重叠度不小于 80%, 旁向重叠度不小于 70%, 测区范围线外扩 60 米进行航摄, 整个测区共获取航摄像片 46,773 张, 各航摄分区划分见图 2:

**Figure 2.** 1:500 topographic map updated aerial photo zoning map of Liling City**图 2.** 醴陵市 1:500 地形图更新航摄分区划分图

2.4. 像控点布设、测量情况

为满足 1:500 地形图更新项目设计要求, 本次像控点布设以 200 米*200 米方格网为单元, 在每一个方格中布设一个像控点, 点位间距尽量均匀分布[3]。像控点一般布设在地面有明显标志处, 无标志区域采用铺设“L”形靶标, 像控点测设时采用简易三脚架整平, 利用 HNCORS 系统测定其坐标, 通过在线转换获取高程值, 所有像控点均按平高点测设。本测区更新面积 40 平方公里, 共测设了 1100 根像控点, 像控布点见图 3。

2.5. Pips 空三云软件加密生产流程

- 1) 在 Pips 空三云软件中按航摄分区导入影像数据, 软件自动剔除无效区域影像, 根据 pos 数据自动划分航带。
- 2) 全自动匹配加密点和自由网平差。
- 3) 导入外业像控点, 软件自动预测位置, 然后在立体中进行精确刺点。

- 4) 约束网平差, 生成平差报告。
- 5) 根据平差报告, 对控制点残差、检查点残差、连接点误差、公共点较差等进行分析, 核实加密成果是否满足规范要求。

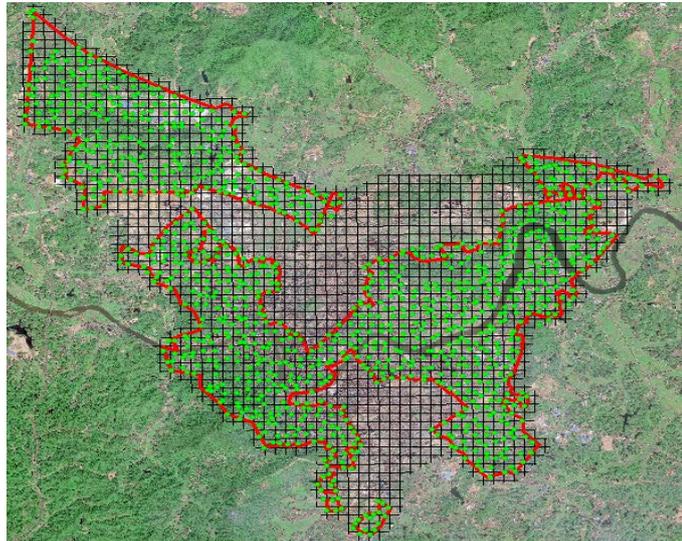


Figure 3. Image control point distribution sketch
图 3. 像控点分布略图

3. 精度分析

3.1. 外业精度检测统计(按高精度统计)

外业检测时使用天宝 GPS 接收机, 通过 HNCORS 系统测设图根点, 再利用全站仪对碎步点进行检測。整个测区共检测各类型点 1765 个, 详细情况见表 4。

Table 4. Summary of field inspection of each aerial photography area
表 4. 各航摄分区外业打点检测情况总表

航摄加密分区	检查点总数量 (含各类精度)	居民地类精度 (中误差 0.05 m)			地物类精度 (中误差 0.25 m)			高程点精度 (中误差 0.15 m)			备注
		粗差个数	粗差率	剔除粗差后中误差	粗差个数	粗差率	剔除粗差后中误差	粗差个数	粗差率	剔除粗差后中误差	
FQ1	130	0	0.00%	0.02	0	0.00%	0.17	0	0.00%	0.11	
FQ2	115	2	2.94%	0.06	0	0.00%	0.17	0	0.00%	0.12	
FQ3	61	3	3.34%	0.04	0	0.00%	0.12	0	0.00%	0.09	
FQ4	92	1	1.56%	0.04				0	0.00%	0.12	
FQ5-1	75	1	2.44%	0.05	0	0.00%	0.10	0	0.00%	0.09	此分区外业分两次打点检查和统计
FQ5-2	70	1	2.56%	0.07	0	0.00%	0.09	0	0.00%	0.15	

Continued

FQ6	62	1	1.92%	0.05				0	0.00%	0.10	
FQ7	102	2	2.67%	0.06	0	0.00%	0.09	0	0.00%	0.11	
FQ8-1	31	1	2.73%	0.06				0	0.00%	0.10	此分区外业分两次打点检查, F8-1立采受行树影响大
FQ8-2	18	0	0.00%	0.03	0	0.00%	0.16	0	0.00%	0.15	
FQ9	40	3	3.09%	0.05				0	0.00%	0.10	
FQ10	169	5	3.13%	0.05	0	0.00%	0.19	0	0.00%	0.12	
FQ11	137	6	4.82%	0.05	0	0.00%	0.18	3	9.00%	0.10	
FQ14	95	0	0.00%	0.05	0	0.00%	0.09	0	0.00%	0.08	
FQ15	125	0	0.00%	0.05	0	0.00%	0.10	3	9.00%	0.14	
FQ16	75	0	0.00%	0.04	0	0.00%	0.13	0	0.00%	0.12	
FQ17	143	11	4.58%	0.05				0	0.00%	0.09	
	145	7	3.71%	0.04	0	0.00%	0.11	0	0.00%	0.11	
FQ18	34	0	0.00%	0.02				0	0.00%	0.08	此三个加密分区由两人同时立采检查统计对比
	40	0	0.00%	0.01	0	0.00%	0.07	0	0.00%	0.07	
FQ19	33	0	0.00%	0.01				0	0.00%	0.07	
	45	1	2.56%	0.03	0	0.00%	0.19	0	0.00%	0.07	
FQ20	33	0	0.00%	0.02	0	0.00%	0.18	0	0.00%	0.08	
FQ21	42	0	0.00%	0.01	0	0.00%	0.10	0	0.00%	0.13	
FQ22	81	0	0.00%	0.05	0	0.00%	0.10	0	0.00%	0.11	

3.2. 同名点像对差精度统计表(按同精度统计)

根据各航摄分区面积大小情况, 每个加密分区均匀采集了数量不等的同名点组, 每组同名点采集了三个像对, 主要为同一航向采集两个像对, 旁像采集一个像对, 以此来判断像对点点位误差和高程误差。整个测区平面采集了 327 组同名点, 合计 981 个平面点位; 高程采集 418 组同名点, 合计 1254 个高程点, 详细情况见表 5。

Table 5. Precision statistics table of point contrast difference with the same name
表 5. 同名点像对差精度统计表

航摄分区	平面精度				高程精度			
	同名点组数	点位误差最大值(m)	点位误差最小值(m)	中误差(m)	同名点组数	高程误差最大值(m)	高程误差最小值(m)	中误差(m)
FQ1	23	0.08	0.00	0.04	34	0.15	0.00	0.05
FQ2	21	0.10	0.00	0.04	25	0.14	0.00	0.06
FQ3	21	0.10	0.00	0.03	20	0.13	0.00	0.04

Continued

FQ4	14	0.06	0.00	0.03	20	0.13	0.00	0.06
FQ5	21	0.10	0.00	0.03	30	0.11	0.00	0.01
FQ6	20	0.10	0.00	0.03	18	0.10	0.00	0.02
FQ7	22	0.10	0.01	0.03	28	0.14	0.00	0.04
FQ8	12	0.05	0.02	0.02	25	0.15	0.00	0.06
FQ9	11	0.06	0.00	0.03	12	0.11	0.00	0.07
FQ10	20	0.08	0.01	0.03	42	0.13	0.00	0.05
FQ11	21	0.10	0.01	0.05	22	0.12	0.00	0.05
FQ14	15	0.08	0.01	0.03	14	0.13	0.00	0.02
FQ15	32	0.10	0.01	0.03	34	0.14	0.00	0.10
FQ16	24	0.10	0.01	0.03	34	0.15	0.00	0.03
FQ17	17	0.08	0.01	0.03	20	0.09	0.00	0.08
FQ18	7	0.08	0.00	0.03	8	0.11	0.00	0.05
FQ19	4	0.09	0.01	0.04	7	0.15	0.00	0.04
FQ20	4	0.07	0.01	0.04	7	0.18	0.00	0.03
FQ21	4	0.08	0.03	0.05	8	0.13	0.02	0.04
FQ22	14	0.08	0.01	0.04	10	0.16	0.00	0.07

根据内外业精度检测和同名点像对差精度检测结果分析, 若按照地籍测绘相关要求, 居民地类平面位置精度有三个分区超限外, 其余分区精度均满足相关规范要求。

4. 关键技术探讨

4.1. 技术优势

Pips 空三加密软件支持网络集群模式, 全自动任务分配。依据各节点工作状态, 自动调度网络硬件资源, 实现网络全自动化处理; 远程控制网络机器, 指定优先处理任务; 在一个局域网内实现自由分组作业。

Pips 空三加密软件支持 GPS/RTK/PPK 辅助平差技术可大幅有效减少外业控制点数量, 实现大范围稀疏布控方案; 1:500 地形图免像控(局部范围); 提高高程精度。

4.2. 问题及解决办法

问题: 加密过程中存在自由网无法通过, 有几点原因:

- ① 存在错误的连接点。
- ② 存在较多影像没有连接点, 特别是成片的林区或水面。
- ③ 存在反胶或重叠度过大的情况。
- ④ 测区形状怪异。

解决方法:

- ① 删除错误的连接点。
- ② 删除没有 3 度航内连接点的影像, 由于重叠度的原因不能删除超过连续三张影像。

- ③ 旋转影像。
- ④ 将形状不好的测区拆分成不同的加密分区。

5. 总结

测试结果表明, Pips 软件为一种新型的立体测绘软件, 无人机飞行效率高, 航飞影像数据量少、空三加密后即可立体测图, 有效减少项目周期及投入, 产效率较高、精度高。对大范围的大比例尺(1:500)地形图数据进行更新时, 居民地类精度虽无法全部达到地籍图精度要求, 但能满足地形图精度要求。在实际的生产中, 只要充分保证航飞航向和旁向重叠度, 此种更新模式对地形图更新仍具有很大的意义。

参考文献

- [1] 王远扬, 周晓妹. 基于空地一体化移动测量技术的大比例尺地形图更新[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(z1): 218-221.
- [2] 黄婧. 大比例尺地形图更新作业方法探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(4): 2242.
- [3] 曹扬, 张禾, 计春祥, 等. 无人机空三加密像控点的布设分析[J]. 资源信息与工程, 2019, 34(1): 117-118.