引文格式：刘江瑜. DMCIII航摄仪采集铁路断面数据优化方案研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(3): 139-141. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623. 2023.03.032

DMCIII航摄仪采集铁路断面数据优化方案研究

刘江瑜[1]
（1. 中铁第四勘察设计院，湖北 武汉 430063）

摘 要：提出了一种基于立体模型的横断面测量方法。在定测阶段，以Leica DMCIII数字航摄仪获取的数码影像为原始资料，通过航测外业控制测量和内业空中三角测量等摄影测量手段建立测区立体模型；再结合外业相关资料，基于立体模型，通过人工立体采集的方式进行线路断面线采集，完成线路断面的制作。将大量的外业工作转由内业完成，可简化定测工作，完善勘测设计一体化。

关键词：DMCIII数字航摄仪；铁路；地面采样距离；空中三角测量；立体模型；横断面
中图分类号：P258　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）03-0139-03

Collection Optimization Scheme of Cross Section Data by DMCIII Aerial Camera

LIU Jiangyu[1]
(1. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430063, China)

Abstract: In this paper, we present a cross section surveying approach based on the stereoscopic model. In the test phase, taking the digital image obtained by Leica DMCIII digital aerial camera as the original data, we used photogrammetric means such as aerial control surveying and aerial triangulation to establish the stereoscopic model. Then, combining with field related data, based on stereoscopic model, we collected the cross section lines by artificial stereoscopic acquisition, and produced the cross sections. Transferring a large number of field works to internal works can simplify the fixed test work and improve the integration of surveying and design.

Key words: DMCIII digital aerial camera, railway, ground sampling distance, aerial triangulation, stereoscopic model, cross section

Leica DMCⅢ数字航摄仪是目前世界上传感器幅面最大的框幅式航摄仪之一，传感器像元大小为3.9 μm，幅面可达26 112×15 000，具有效率高、稳定性强、获取数据类型多样等特点，且可实现各种分辨率影像数据的获取。利用DMCⅢ数字航摄仪获取的影像数据进行各种比例尺地形图的生产，仅发挥出其效能之一。目前，国内铁路定测阶段的横断面测绘主要采用现场人工实测和利用LiDAR激光点云生成两种模式，二者各具优缺点。本文提出的方法是第三种横断面采集方式，即利用立体像对立体采集横断面。该方式虽然几年前就已应用于生产中，但受原始影像资料所限，其所能达到的精度只能用于线路土石方的估算。本文利用DMCⅢ数字航摄仪的优点，再采取一些切实可行的技术措施，使横断面精度满足定测要求，将大量外业工作转由内业完成，对于简化定测工作、完善勘测设计一体化具有重要意义。

1 前期方案总策划

本文从航飞设计、航测外业、航测内业3个方面入手，研究了最适合断面采集的方案。结合线路断面要求，在定测阶段进行地面分辨率优于0.05 m的航空摄影测量。测区像控点拟按区域网方式布设（局部增加高程控制点），通过航测外业控制测量获得测区控制点资料，并结合影像的POS数据进行空中三角测量，建立测区的立体模型；然后在立体模型上按线路中线进行人工立体采集，获得线路断面信息数据；最后通过自主研发的断面数据转换程序生成满足线路横断面需求的断面文件（图1）。

2 航飞设计

2.1 航飞情况

某铁路设计正线156.8 km，比较线28 km。根据测区地形起伏、设备性能、飞机性能、测图比例尺、航带地面覆盖宽度、GSD、航线总里程、空域状况等因素，航飞设计方案包括27条测线和4条检校场航线（图2），航线总里程约为1 150 km。

2.2 航飞参数选择

航空摄影测量的高程精度取决于3个因素：①基

收稿日期：2021-05-21；修回日期：2021-08-23。
作者简介：刘江瑜（1979—），高级工程师，研究方向为摄影测量，E-mail：675937489@qq.com。

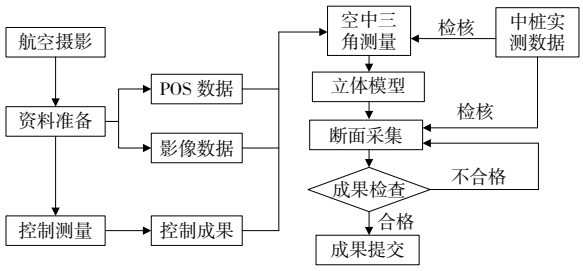


图1 作业流程图

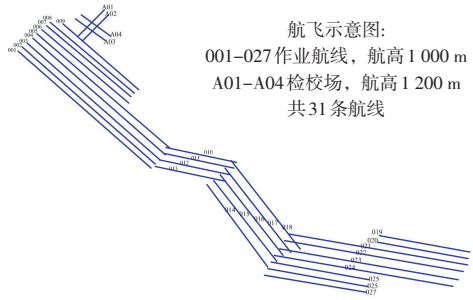


图2 航带设计图

高比，基高比越大，高程精度越高；②像点坐标的量测精度，量测精度越高，高程精度越高；③GSD越小，高程精度越高。本项目DMCⅢ的航飞工作主要是服务于铁路定测的1∶2 000地形图和线路定测的纵横断面生产。依据GB/T 20257.1–2017《国家基本比例尺地图图式第1部分：1∶500 1∶1 000 1∶2 000地形图图式》中1∶500地形图的精度要求，本次航摄共飞行3个架次，完成31条航线、5 700多张影像，GSD优于0.05 m，实际航飞相对航高均低于1 000 m。项目的整体工作量和工作时间如表1所示。

表1 工作量简表

项目类别	工作内容	工作量
DMCIII数码相机航飞	数码影像采集	3 d（3个架次）
内业数据预处理	航迹解算、影像生成、数据质量检查	3个架次

3 外业数据采集与处理

针对采用的DMCⅢ数码影像资料进行外控点区域网布设，区域内航线数不宜超过10条，基线数不宜超过12条，约2 km，并在区域两端和中间布设3~5排高程控制点（图3）；采用省级CORS网进行像控点的CORS–RTK测量。

4 内业数据处理

4.1 收集线路中线的GPS中桩高程数据

收集外业人员已实测获取的线路中线测量的相关数据，包括线路中线中桩坐标和高程信息，用于辅助检核内业空中三角测量以及断面的立体采集。线路中

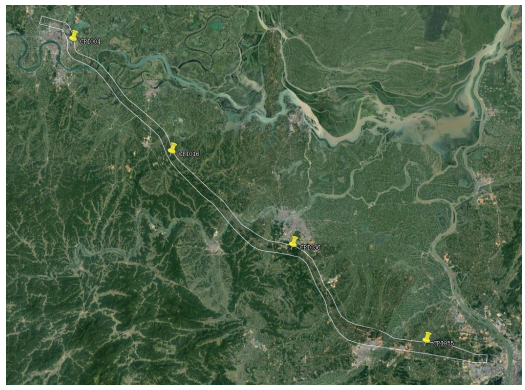


图3 控制网分布图

桩高程数据格式如图4所示。

GPS中桩高程表
CGCS2000椭球 中央子午线111度

北坐标(Y)	东坐标(X)	高程	实测里程	左右偏差	描述	附注
3162330.053	495533.117	39.968	79204.084	-0.01	小路边	
3162328.43	495534.772	39.974	79206.402	0.017	路中	方桩
3162328.428	495534.779	39.98	79206.408	0.013	路中	方桩
3162326.382	495536.911	39.84	79209.363	0.016	房边	
3162309.158	495554.93	40.172	79234.29	-0.013	房边	
3162306.331	495557.857	40.164	79238.359	0.003	围墙边	
3162295.083	495569.607	39.428	79254.625	-0.006	围墙边	

图4 线路GPS中桩高程表示例

4.2 影像预处理

影像质量受天气状况和地物类别影响较大，每张影像曝光时的光照条件和所摄地物都不一样，成像色彩差别较大。为了保证影像色彩的一致性，对所有影像进行匀光处理，处理后影像色彩有了明显改善，影像更清晰、色彩更真实。

4.3 空中三角测量

本项目的空中三角测量主要基于Inpho系统完成。首先整理影像POS数据和生成影像金字塔；再根据POS数据，按航飞方向以区域网的方式建立相应的Inpho空三工程；然后自动匹配区域网模型连接点，建立测区粗略的立体模型；最后检查模型连接点。模型连接完成后导入测区外控点数据，根据外控点的点之记资料进行人工立体量测。导入收集的线路中线测量数据，作为空中三角测量立体模型的检查点，如有必要可将部分中桩坐标和高程数据作为控制点量测到立体模型中，进行区域网平差解算，以提高空三模型的精确度。

空中三角测量完成后对加密成果进行精度检查，主要检查模型连接点较差以及内业加密点点位中误差。用于断面制作的空中三角测量精度可按1∶500地形图生产的空中三角测量精度执行。模型连接点平面连接差≤0.15 m，模型连接点高程连接差≤0.2 m，满足精度要求，输出空中三角测量成果。

4.4 横断面立体采集

利用JX4或航天远景工作站恢复立体模型，然后即可进行立体横断面的采集工作。由外业队提供需进

行断面采集的线路原始资料，其中应包括线路曲线表、断链表、各断链的起始里程坐标信息、断面需求表等。将中桩里程坐标文件表导入立体测图模块，将线路曲线表文件导入横断面量测模块生成线路中线，按照断面需求，立体采集断面。所有断面采集完成后，按照相应的格式导出横断面数据，再将数据整理并导入到Excel表格中，提交横断面成果。

5　航测断面生产分析

5.1　航测断面精度统计

DMCⅢ可提供丰富的影像信息，精细反映测区内的地貌变化。本项目用于断面生产的立体模型均加入外业实测中桩数据进行了模型精调。精调后对比分析了1 409个中桩点，其中密林下中桩79个，结果表明裸露区域的高程中误差为0.056 m，立体模型精度满足断面生产要求。断面生产完成后，比对外业实测断面数据与内业断面测量数据发现，裸露区域中误差为0.187 m，稀疏植被覆盖区域中误差为0.29 m，满足航测断面精度要求。将航测立体采集断面高程与外业实测数据进行对比，结果如表2所示，可以看出，在非密林区域，基于DMCⅢ立体采集的断面数据中误差为0.243 m，符合断面精度要求；在密林区域，由于树木遮挡，无法判断真实地表，立体采集断面精度呈现不确定性。

表2　DMCⅢ立体采集断面高程精度统计表/m

中桩属性	最小差值	最大差值	中误差
密林	0.079	2.327	1.207
其他	0.01	0.44	0.243

5.2　航测断面利用率统计

本次定测共接到站场、路基断面任务1 409个，断面线总长306.35 km。通过这些数据，整理得到航测断面数据综合利用率为45.6%，如表3所示。

表3　DMCⅢ立体采集断面利用率统计表

类型	横断面数量/个	断面线总长/km	立体采集有效断面线长度/km	航测数据利用率/%
站场	781	193.76	105.25	54.32
路基	628	112.59	34.47	30.62
合计	1 409	306.35	139.7	45.6

6　结　语

由本项目的生产实践可知，裸露地表或植被较稀疏区域，DMCⅢ断面采集能满足航测断面的要求，且能大大提高断面的采集效率。综上所述，DMCⅢ断面采集的优势可归纳为：①属于传统航测方法，断面生产流程较简单，作业员接受程度高；②受外界环境干扰小，可提高定测断面的采集效率；③在城区、站场等地物复杂区域，地物辨识度高，断面采集准确；④在植被稀疏区域，经验丰富的作业员可根据附近裸露区域高程，得到较准确的地面高程。

参考文献

[1] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1997:124-127

[2] 田社权,唐红军. 数字地面模型软件与横断面绘制[J]. 铁道勘察,2005,31(2):17-19

[3] 刘回光,陶文. JX4航测平断面成图系统设计与实现[J]. 科技资讯,2015,13(36):53-55

[4] 王之卓. 摄影测量原理[M]. 北京:测绘出版社,1979:221-223

[5] 韩凉,罗永新. DMC数字航片在苏州测绘项目中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2006,29(2):90-91

[6] 夏艳军,任蔼,刘善勇. 航测断面在铁路定测中的应用[J]. 铁道勘察,2005,31(6):32-35

[7] 王智. 用航测方法测绘数字化横断面图的研究[J]. 测绘通报,2004(4):24-27

[8] 徕卡测量系统空间信息部. 线阵CCD推扫式数字航空相机特点与优势:以徕卡ADS80摄影测量系统为例[J]. 徕卡测量在中国,2009(5):23-26

(上接第135页)

比、检核，以保证最终成果的可靠性。

参考文献

[1] 高艳芳,戚树军,李晓昌. 将WGS84坐标转为北京54坐标的一种实用方法[J]. 物探化探计算技术,2008,30(6):519-522

[2] 张训虎,刘晋虎,何川,等. 2000国家大地坐标系转换常见问题分析[J]. 测绘通报,2016(9):52-55

[3] 宫晓春,吕志平,王宇谱,等. 几种坐标转换计算方法的比较[J]. 大地测量与地球动力学,2015,35(4):697-701

[4] 鲍艳,王国权,于笑,等. 华北稳定参考框架NChina20的建立及应用[J]. 中国地震,2020,36(4):788-805

[5] 卢石坤. GNSS技术在矿产勘查中的应用及可靠性分析:以广东省粤北矿产勘查区为例[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2017,40(4):381-385

[6] 陆上石油物探测量规范:SY/T 5171-2020[S].

[7] 全球定位系统(GPS)测量规范:GB/T 18314-2009[S].

[8] 顾旦生,张莉. 我国天文大地网与1980年大地坐标系的建立及应用[J]. 测绘工程,1997,6(4):1-10