

倾斜摄影测量在山洪灾害调查中的应用

王东甫^{1,2}, 刘正坤¹

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663; 2. 武汉大学 测绘学院, 武汉 430072)

摘要: 通过倾斜摄影测量手段, 提高山洪灾害调查的效率, 丰富调查成果。采用自主研发设计的组合倾斜摄影相机采集调查区域影像, 运用专业软件对倾斜摄影数据实施空中三角测量及全自动数据生产, 生成真三维模型、真正射影像、数字高程模型等成果, 辅助进行山洪灾害调查, 有效地提高了调查效率, 丰富了调查成果。在应用中通过实地检测, 验证了成果精度, 符合山洪灾害调查要求。

关键词: 山洪灾害调查; 倾斜摄影测量; 真三维模型; 图形处理单元

中图分类号: TP208

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0154-04

Application of Oblique Photogrammetry in Mountain Torrent Disaster

WANG Dongfu^{1,2}, LIU Zhengkun¹

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China;

2. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The purpose of this paper is to increase the efficiency of Mountain Torrent Disaster, and to enrich the investigation results by oblique photogrammetry. The combined tilted-cameras which was developed independently was used in this investigation to obtain images. Then, aerotriangulation and data were made by professional software automatically. Real 3-D mode, true orthophoto and digital elevation model were generated in the meanwhile. The results shown that the efficiency of Mountain Torrent Disaster is increased and the investigation results are enriched. Thus, the application of oblique photogrammetry in Mountain Torrent Disaster is reliable and effective.

Key words: mountain torrent disaster; oblique photogrammetry; real 3-D mode; graphics processing unit

山洪灾害调查是防灾、减灾、救灾的重要手段之一。山洪灾害调查的目的是为了全面、准确地排查我国山洪灾害的区域分布, 摸清防治区域内人口的分布状况, 掌握山洪灾害防治区域内的地形地貌、社会经济、山洪灾害历史、水文气象、涉水构筑物、山洪沟的基本情况和当前我国山洪灾害防治状况等基础信息, 为山洪灾害分析评价和防治提供基础数据^[1]。

传统的调查主要依靠人力实地测量、采集数据。效率低且采集数据难以覆盖整个调查区域。随着科学技术的发展, 无人机低空航测技术在山洪灾

害调查中的应用价值逐渐被挖掘, 尤其是近来新兴的倾斜摄影测量技术, 以其独有的特点在山洪灾害调查中体现了价值。利用该技术可以快速获取关注区域的基础地理信息数据, 辅助获取居民区、企事业单位的基本情况和位置分布、核查流域出口节点位置、土地利用和土壤植被、调查需要防洪治理的山洪沟基本情况、测量重要城(集)镇、沿河村落的河道的断面; 辅助调查重点防治区内受威胁的住房位置、高程和数量等信息, 获取重要地形区域 1: 2 000 比例尺影像地形图, 测量宅基高程等数据。

1 倾斜摄影测量

1.1 技术介绍

在摄影测量中, 根据相机倾斜角的大小可以将摄影分成三类: 垂直摄影——倾斜角小于 5 度, 低

倾斜角摄影——倾斜角在 5 度到 30 度之间, 高倾斜角摄影——倾斜角大于 30 度^[2]。倾斜摄影测量是近些年国际测绘领域开始发展的一项高新技术, 它颠覆了传统摄影测量仅通过垂直角度拍摄影像的方式, 通过搭载在同一飞行平台上的多台传感器, 同时从多个(垂直、倾斜)不同的角度获取数据, 给用户呈现符合人眼视觉的真实感官世界。

1.2 关键问题

倾斜影像的处理流程主要可以分为 4 个步骤^[3]: 空三处理、多视匹配、点云构网, 以及多视纹理映射。而倾斜影像的处理中至少有三个关键问题需要解决:

1) 几何问题: 几何问题是如何获得每张倾斜影像摄影时刻的姿态和位置的问题, 解决这个问题要通过准确匹配倾斜影像同名点和多相机联合平差来实现。有别于传统航测, 倾斜影像的匹配需充分考虑影像间的几何变形和遮挡关系^[4]。多相机联合平差可通过无约束定向、附加约束的定向和直接定向方式实现, 鉴于并非所有的倾斜摄影测量相机都能满足同步曝光的要求, 目前联合平差多采用无约束定向方式。

2) 3D 点云生成和表达问题: 通过倾斜影像的密集匹配得到表达地表的密集 3D 点云是倾斜影像处理的关键步骤。用倾斜影像进行密集匹配生成稠密点云需要解决巨大的影像间的透视差异、倾斜影像内部的地面采样元不一致、高度的冗余性造成大量噪声等问题^[5]。目前可通过采用多视密集匹配或用多层次的双向密集匹配解决该问题。

3) 数据量问题: 倾斜相机获得的数据量远大于传统的摄影测量, 原因主要有: (1) 相机的数量增大; (2) 航飞设计重叠率变大。传统的单 CPU 处理模式无法满足需求。随着硬件技术的发展, 利用图形处理单位(GPU)集群处理技术可以大幅度降低海量数据的处理时间。

1.3 技术优势

倾斜摄影测量的技术优势表现在: (1) 能够获得具有高纹理信息的高分辨率影像, 用户可以从多个角度感知信息, 模型数据能够更加真实地反映区域的实际情况, 相对于传统正射影像具有很大提升; (2) 在三维数据应用平台中, 能够基于真三维模型进行包括长度、高度、角度、面积、坡度等的量测, 根据需求还可以进行拓扑分析、虚拟挖掘、

模型置换等操作, 深化了倾斜摄影测量技术在行业中的应用; (3) 相对于常规三维 GIS 模型庞大的数据量, 基于倾斜摄影测量技术生成的真三维模型的数据量要小得多, 并且其模型的数据格式可通过成熟的技术快速进行网络发布, 达到应用共享的效果。

2 项目实施

2.1 项目概况

此次山洪灾害调查项目以广东省茂名市某镇为实验区, 镇区面积约 3 km²。项目于 2015 年 4 月采用自主设计的组合五相机(1 个垂直相机、4 个倾斜相机)获取了包括 8 条航线, 300 个曝光点共计 1 500 张真彩色影像, 影像旁向、航向重叠度均优于 75%。获取影像地面分辨率为 7 cm, 实地测量像控点 6 个。测量数据采用 Acute3D 公司开发的 Smart3Dcapture 软件中进行空三解算、三维模型生产、正摄影像和数字表面模型生成。在此产品的基础上进行断面量测、居民区分布统计、重要地物三维坐标采集等工作。

2.2 方案技术特色

在本项目利用倾斜摄影测量技术进行山洪灾害调查的技术方案中, 其技术特色是: (1) 采用自主研发设计的组合倾斜摄影相机; (2) 运用 Acute3D 公司的 Smart3Dcapture 软件对影像数据进行空中三角测量及全自动真三维场景模型生产。

本项目采用的相机为索尼 ILCE-5100 微单相机, APS 画幅(23.5 mm × 15.6 mm)具有 2 430 万有效像素, 该相机感光能力强, 适宜在南方阴雨天气获取数据。组合相机由 5 个相机组成, 一个相机位于中心垂直摄影, 四个相机位于四角, 倾斜角度为 45°。在摄影焦距相同的情况下, 倾斜相机拍摄影像的地面分辨率要小于垂直相机, 影像分辨率不一致会影响影像的拼接精度及数据处理精度和效果。为解决此问题, 本项目设计分辨率以中心相机为准, 中心相机采用 20 mm 定焦镜头, 倾斜相机采用 28 mm 定焦镜头, 以此尽量保证影像分辨率保持一致。

Smart3Dcapture 是一款全自动化程度高、支持高分辨率数据的三维重构软件。该软件基于图形运算单元 GPU(Graphic Processing Unit)技术实现快速三维场景运算。运算时不依赖于 POS 数据, 仅仅依

靠简单连续的影像, 无需人工干预即可生成真三维模型。不同于传统技术仅利用数字高程模型生成缺乏侧面纹理的 2.5 维模型, Smart3Dcapture 可以利用运算生成的超高密度点云建立高分辨率真三维模型, 对真实场景在原始影像分辨率下的全要素级别的还原达到无限接近原始获取数据的水平^[6]。

在本项目中, 我们通过五相机组合倾斜摄影测量系统获取多视角、多方位的高分辨率的地物影像数据, 利用 Smart3Dcapture 强大的基于图像密集匹配技术的快速三维场景运算功能, 生成真三维模型、真正射影像、数字表面模型等成果。

2.3 技术工艺流程

山洪灾害调查区域地形复杂, 现场实地调查后确定起降场地, 设计航线, 获取影像后进行畸变纠正, 必要时对影像进行匀光匀色, 像控点测量采用 CORSRTK。数据准备好后在 Smart3Dcapture 中选刺像控点, 每个像控点尽量在五个相机的影像中都要选中点位, 而后进行空三平差, 判断平差精度, 如果精度超限则要判断刺点点位是否准确, 像控点测量是否准确。平差精度满足要求, 则可继续生成三维模型、DOM、DSM 等产品, 最后导入山洪灾害调查平台使用, 技术工艺流程如图 1 所示。

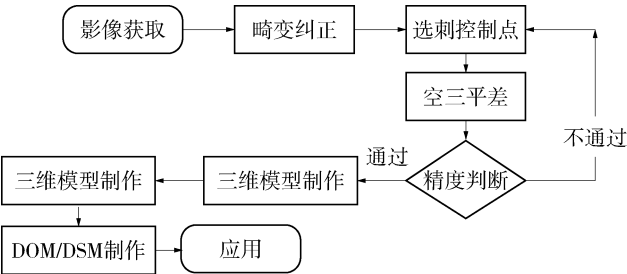


图 1 技术流程

Fig. 1 Technical flow

3 效果评价

3.1 精度评价

利用倾斜摄影测量生成的二三维产品精度高, 可满足山洪灾害调查精度要求。本实验区共采集有效检查点 75 个, 检查点布设较多, 分布均匀, 检查结果能够全面、真实反应数据精度。经统计分析, 平面最大误差 0.51 m, 高程最大误差 0.5 m, 东坐标中误差 0.16 m, 北坐标中误差 0.11 m, 高程中误差 0.16 m。本项目要求高程精度中误差不超过 0.3 m, 平面位置中误差不超过 1.5 m。按照规

范及惯例, 最大允许误差为中误差两倍, 即高程允许最大误差不超过 0.6 m, 平面位置最大允许误差不超过 3 m。所以精度满足项目要求。

3.2 数据应用评价

倾斜摄影测量技术获取了山洪灾害调查区域的全局二三维地理信息数据, 相对于传统的线画图、调查表都是质的提升。通过三维模型数据, 可以准确量算建筑物三维坐标, 辨别楼房层数, 量取房基高程, 提高了山洪灾害调查效率, 解决了楼房间测量 RTK 不收敛等问题。通过支持三维模型的应用平台, 还可以进行淹没分析、山洪预警的延续应用, 深化了山洪灾害调查的作用。

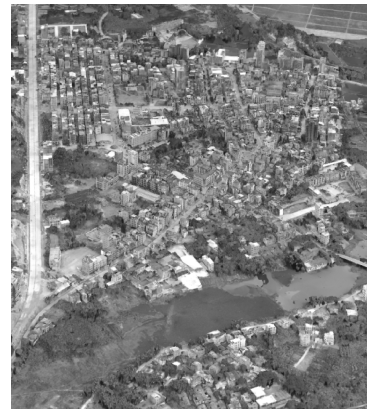


图 2 三维模型全局图

Fig. 2 Global view of 3D-model



图 3 三维模型局部图

Fig. 3 Part view of 3D-model

4 结论

1) 利用倾斜摄影测量手段辅助进行山洪灾害调查, 其成果精度满足项目要求。

2) 利用倾斜摄影测量手段, 可以快速获取关注

区域的基础地理信息数据, 辅助山洪灾害调查获取居民区、企事业单位的基本情况和位置分布, 测量重要城(集)镇、沿河村落的河道的断面。

3) 利用倾斜摄影测量手段, 可以辅助调查重点防治区内受威胁的居民区人口, 住房位置、高程和数量等信息, 获取重要地形区域 1:2 000 比例尺影像地形图, 测量宅基高程等数据。

4) 该技术生成的模型点云密度高, 由此也产生了数据量惊人的三角面, 这对于模型编辑和后续的数据管理及展现都提出了难度不小的要求。

参考文献:

- [1] 全国山洪灾害防治项目. 组山洪灾害调查技术要求[OL]. [2014-08-01]. <http://www.doc88.com/p-9532629910292.html>.
The National Team of Mountain Torrent Disaster Prevention and Control. Technical issues and requirements of mountain torrent disaster survey [OL]. [2014-08-01]. <http://www.doc88.com/p-9532629910292.html>.

- [2] SHUFELT J A. Exploiting photogrammetric methods for building extraction in aerial images [J]. International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing, 1996, 31(6): 74-79.
- [3] BIGNONE F. Street factory: Photogrammetric 3D urban models [C]. Map Asia Conference Proceedings. [S. l.]: [s. n.], 2012.
- [4] JACOBSEN K. Geometry of vertical and oblique image combinations [OL]. Hannover, Germany: Leibniz University. [2012-3-10]. http://www.ipi.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikation/KJ_oblique_01.pdf.
- [5] FRITSCH D, KREMER J, GRIMM A. Towards all-in-one photogrammetry [J]. GIM International, 2012, 26(4): 18-23.
- [6] 孙宏伟. 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模 [J]. 现代测绘, 2014, 37(1): 18-21.
- SUN H W. Three dimensions modeling of digital city based on oblique photogrammetry method [J], Modern Surveying and Mapping, 2014, 37(1): 18-21.

(责任编辑 郑文棠)

(上接第 153 页 Continued from Page 153)

为降低工程勘测成本、提高勘测成果的精度及其适用性, 应积极采用新技术、新设备、新方法, 特别是这些技术和方法的集成应用。

参考文献:

- [1] 全球风能理事会. 2015 全球风电发展报告 [OL]. [2016-04-20]. <http://www.gwec.net/>.
- [2] 中国可再生能源学会风能委员会. 2015 年中国风电装机容量统计简报 [OL]. [2016-04-05]. http://www.cnenergy.org/xny_183/fd/2016_04/t20160405_276532.html.
- [3] 广东省电力设计研究院. 海上风力发电场设计规范调研报告 [R]. 广州: 广东省电力设计研究院, 2016.
- [4] 郑磊夫. 海上风电工程生态环境影响及对策 [J]. 上海电力, 2007(2): 136-139.
- [5] 张玮, 王斌, 夏海峰. 近海风电场风机桩群布局对海域水动力条件的影响 [J]. 中国港湾建设, 2007(2): 1-4.
- [6] 方宁. 东海大桥海上风电场对海域沉积物的环境影响 [J]. 青岛理工大学学报, 2015, 36(2): 79-82.
- [7] 王艳, 马海毅. 浅谈岩土勘测技术在海底输电工程中的应用

[C]. 电力土建专业委员会岩土专业学组. 2014 年电力土建专业委员会岩土专业学组会议集. 云南: 电力土建专业委员会岩土专业学组, 2015.

- [8] 王裕霜. 国内外海底电缆输电工程综述 [J]. 南方电网技术, 2012, 6(2): 26-30.
- [9] 王艳. 海缆路由探测中浅地层剖面仪的应用及现状 [J]. 物探装备, 2011, 21(3): 145-149.
- [10] 陈仁兰. 近岸海上钻探施工方法的探讨 [J]. 西部探矿工程, 2008(9): 134-136.
- [11] 陆风慈, 曲延大, 廖明辉. 海上静力触探(CPT)测试技术的发展现状和应用 [J]. 海洋技术, 2004, 23(4): 32-36.
- [12] 陶林, 刘小刚, 张培莘. 水下机器人在渤海海底光缆调查中的应用 [J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(2): 118-120.
- [13] 单宇翥, 陈洋. 水下机器人在三峡水利枢纽导流底孔封堵检修门水下清理工程中的应用 [J]. 大坝与安全, 2005(3): 51-53.
- [14] ANDREW B. ROVs [OL]. [Http://www.imca-int.com/careers](http://www.imca-int.com/careers).

(责任编辑 高春萌)