引文格式：杜冲. 基于SWDC-Max6的城市大比例尺地形图更新应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(5): 96-98. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.05.023

基于SWDC-Max6的城市大比例尺地形图更新应用

杜　冲[1]
（1. 山东省国土测绘院，山东 济南 250102）

摘　要：高分辨率影像数据在基础地理信息更新、地理国情普查以及城市规划与管理等领域具有广泛应用。SWDC-Max6大型航摄仪具有焦距长、拍摄面幅大等优势，可获取城市主城区0.05 m高分辨率影像数据。通过数据预处理、空三加密、三维建模、变化分析和内业采集，完成了1∶500地形图要素的更新。经检测，成果质量满足精度要求，为获取较大范围高分辨率影像数据进行城市大比例尺基础地理信息数据生产和快速更新提供了参考。

关键词：SWDC-Max6；高分辨率；大比例尺；地形图更新
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）05-0096-03

Application of Urban Large-scale Topographic Map Update Based on SWDC-Max6

DU Chong[1]
(1. Shandong Provincial Institute of Land Surveying and Mapping, Jinan 250102, China)

Abstract: High-resolution image data can be widely used in the fields of basic geographical information update, geographical conditions census, urban planning and management. SWDC-Max6 has the technical advantages of long focal length and large shooting area, and can obtain 0.05 m high-resolution image data of urban area. Through data preprocessing, aerial triangulation, 3D modeling, change analysis and indoor collection, we completed 1∶500 topographic map elements update in this paper. After testing, the quality of results can meet the accuracy requirements, which provides reference for obtaining large range high-resolution image data to produce and update urban large-scale basic geographical information data rapidly.

Key words: SWDC-Max6, high-resolution, large-scale, topographic map update

高分辨率遥感影像是智慧城市建设的重要影像源，可用于城市大比例尺地形图更新等，在城市管理、城乡建设和规划以及国土资源管理等方面具有重要作用[1-2]。与传统大比例尺地形图全野外更新相比，基于航测遥感获取高分辨率影像数据的地形图更新方式应用越来越广泛，一些学者对地形图更新方式进行了系统研究，如倪峰[3]等总结了摄影测量大比例尺地形图测绘的数学精度；周日圣[4]探讨了城市大比例尺地形图的修测更新方法；吕悦[5]等研究了大比例尺地形图的动态更新与检查；张苗亚[6]等分析了多技术融合的城市基本比例尺地形图更新；曾艳[7]等介绍了倾斜测量技术在丘陵地区大比例尺测图中的应用情况。

目前利用高分辨率倾斜影像进行大比例尺地形图更新时，基础数据通常采用无人机搭载小型倾斜相机在低空低速状态下获取[8-11]，虽然具有机动灵活、操作方便、成本较低等优势，但也存在作业面积小、续航时间短、飞行姿态不稳等不足[9,12]。本文在大型城市主城区较大范围内，利用国产大型倾斜航摄仪SWDC-Max6获取多视角高分辨率影像数据，依此构建高精度实景三维模型，并采集更新大比例尺地形图要素信息。通过实例检验分析，成果质量满足1∶500地形图更新精度要求。

1　SWDC-Max6性能优势

SWDC-Max6是北京四维远见信息技术有限公司研发的一款新型倾斜航空摄影仪，具有长焦距和下视幅面大的技术特点。它创造性地采用6镜头设计，包括前后左右4个40°倾斜方向镜头和两个下视方向镜头，单镜头像素约为1.5亿，下视双镜头经过虚拟中心投影拼接后，幅面可达2.6亿像素；镜头像元为3.76 μm，下视焦距为90 mm；获取高分辨率影像时，航高要求可满足飞行平台安全飞行高度设计；快门速度可达1/2 500 s，曝光间隔快至0.9 s，能集成多种POS和座驾，可搭载于直升机或固定翼飞机等平台在

收稿日期：2022-03-28；修回日期：2022-04-28。
项目来源：山东省重大科技创新工程资助项目（2019JZZY020103）。
作者简介：杜冲（1983—），硕士研究生，工程师，注册测绘师，主要从事摄影测量及数据处理工作，E-mail：279466821@qq.com。

城区上空有限空域内进行高效倾斜航空摄影作业。

2　地形图更新方案

首先利用直升机搭载SWDC-Max6获取大型城市城区0.05 m分辨率倾斜影像数据；再采用区域网方案布设像控点，基于山东省北斗卫星导航定位基准站网（SDBDS），采用网络RTK技术进行像控测量；然后基于5视角影像数据，利用专业软件自动化三维建模和制作真正射影像，并根据已有地形图和真正射影像提取地形图变化区域；基于实景三维模型裸眼采集进行地形图要素更新，最后进行外业调绘补测与地形图精度检验，完成地形图更新入库。

3　济南市大比例尺地形图更新实例

实验区域位于山东省济南市主城区，区内建筑较密集，高层建筑较多；南北约长11 km，东西约宽8 km，总面积约为20 km^2。

3.1　倾斜影像数据获取

1）航飞实施。根据国家航空航天遥感影像获取规范要求，航摄分区应尽量划大，并按式（1）进行范围外扩，以保证三维模型完整覆盖摄区。

$$D = H \times \tan\alpha \tag{1}$$

式中，D为外扩距离；H为航高；α为倾斜相机的倾斜角度。

根据像元尺寸和分辨率要求，H=1 197 m、α=40°、D=1 004 m。按航向、旁向重叠度分别为75%和50%设计，并考虑摄区DEM影响，航线敷设超出实验区边界基线数不少于10条，超出边界的航线数不少于3条，共设计航线21条，按12°方向敷设，飞行高度满足大城市航空作业高度安全。航线敷设情况见图1。

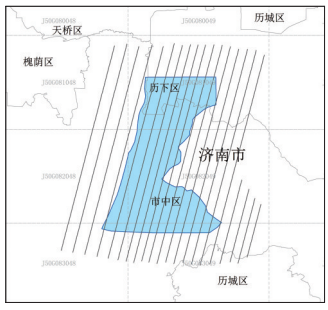


图1　航线敷设示意图

实验区形状狭长且附近民用机场航路繁忙，不利于转弯半径较大的固定翼载人飞机巡航作业，本次任务选用AS350B3直升机（小松鼠直升机）作为搭载平台，在滑橇起落架搭建支架，在机舱一侧安装航摄仪，另一侧添加配重，以保证飞行负载均衡（图2）。



图2　小松鼠直升机与SWDC-Max6安装图

2）数据预处理。本次实验共起落两个架次，期间直升机未停车。航飞后下载数据，通过原始数据格式转换和下视镜头虚拟中心投影拼接，得到5个方向的tiff格式影像；再利用IE软件将SDBDS基站数据与机载POS数据进行差分解算，得到相片外方位元素。POS解算结果显示，摄区范围内位置精度结果小于0.012 m，水平姿态精度结果小于0.064′，方位姿态精度结果小于0.250 v，分别小于设计要求的0.05 m、0.30′和0.48 v，飞行数据具有较高精度，满足后续生产要求。

3.2　像控布设

实验基于SDBDS采用区域网布点方案布设像控点。像控点完全覆盖成图区域，且全部布设平高点。根据设计要求，像控点布设间距约为1 km，航拍区域布设像控点34个，用于空三加密；成图区域均匀散点布设检测点18个，用于检核空三精度。控制点与检测点测量严格按相关规范要求进行，并制作点之记。

3.3　三维建模与正射影像制作

实验利用ContextCapture Center、Mirauge3D等实景三维处理软件的自动化建模技术，基于最新获取的5视角倾斜影像数据，通过数字摄影测量技术完成了倾斜影像的空三加密；再由空中加密建立的影像之间的三角关系构成不规则三角网（TIN）；然后由TIN构成白模，并从影像中计算对应的纹理，自动将纹理映射到对应的白模上；最终形成实景三维模型。主要步骤包括特征点提取、相对定向、添加控制点、绝对定向、模型创建和精度检查等。三维模型成果如图3所示。正射影像按照顶视图方向从实景三维模型成果中提取，设置提取分辨率为0.05 m，选择tif+tfw文件格式输出真正射成果，如图4所示。



图3　实景三维模型成果截图



图4　真正射影像成果截图

3.4 地形图要素更新

1）变化发现和三维测图。在新制作的0.05 m分辨率数字正射影像图上叠加已有1∶500比例尺数字线划图（DLG），通过内业判读的方式发现变化区域。将实景三维模型成果（osgb格式）导入EPS软件中，采用裸眼立体采集的方式对已有数据范围内的变化区域或表达错误要素进行修补测更新，对新增区域进行数据采集，如图5所示。



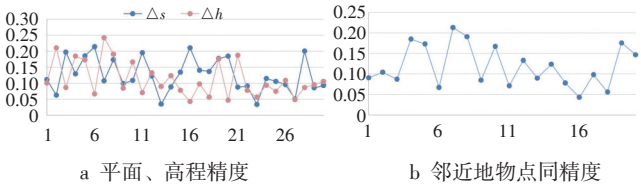
图5 EPS数据采集截图

2）外业调绘补测。将立体采集完成的DLG数据与数字正射影像叠合配准，形成外业电子调绘底图，其配准误差应不大于0.1 mm。在野外对内业成图进行全面实地检查、修测、补测、地理名称调查等工作。

3）建库编辑。外业调绘后，通过图形编辑、属性编辑、拓扑关系构建等步骤制作符合建库要求的DLG数据，并检查更新采集的完整性、数学基础的正确性、数据层属性结构、要素分类、图形更新平面、高程位置精度、要素属性精度、要素图形拓扑关系处理是否正确等内容。

3.5 精度检测分析

为检查基于SWDC-Max6获取影像进行三维测绘的地形图精度，按设计要求进行全野外均匀散点平面、高程高精度检测以及邻近地物点同精度检测。实验区共布设房角、斑马线等特征明显的平面检测点30个，硬化路面等高程检查点30个，布设未变化的房屋、路段等地物间距检测点20对，并进行地物点实测。实测点与地形图地物点比对计算的精度统计如图6所示，本次地形图更新精度的检测误差为：平面中误差±0.136 m，高程中误差±0.124 m；同精度检测的邻近地物点精度为±0.129 m，均满足1∶500地形图更新规范的要求[13]。



a 平面、高程精度　　b 邻近地物点同精度

图6 检测点误差统计图

注：△s为平面检测点误差，△h为高程检测点误差。

4 结 语

本文通过济南市城区地形图更新实验分析了利用SWDC-Max6获取高分辨率影像数据并构建三维模型用于大比例尺地形图要素更新的技术流程。通过数据预处理、空三加密、模型创建、变化分析和内业采集等步骤，完成了城市1∶500地形图要素更新，并对更新成果进行了检验分析。结果表明，该方法在大型城市城区大比例尺地形图更新中具有较好的适用性。相较于小型无人机续航时间短，精度、效率较差且载重和作业面积有限等不足，基于SWDC-Max6获取影像数据生产的地形图更新成果质量满足精度要求，为城市较大范围的大比例尺基础地理信息数据获取和快速更新提供了参考。

参考文献

[1] 李德仁. 高分辨率对地观测技术在智慧城市中的应用[J]. 测绘地理信息,2013,38(6):1-5

[2] 赵小阳,孙颖. 大数据背景下的城市大比例尺地形图更新及应用探讨[J]. 测绘通报,2016(2):116-119

[3] 倪峰,邹秀琼,李传方. 摄影测量大比例尺地形图测绘的数学精度研究[J]. 地理空间信息,2016,14(11):91-94

[4] 周日圣. 城市大比列尺地形图修测更新方法及其应用探讨[J]. 江西测绘,2018(3):41-45

[5] 吕悦,朱云,李培晓. 大比例尺地形图动态更新与检查[J]. 地理空间信息,2019,17(3):120-122

[6] 张苗亚,赵艳福,许建宣. 多技术融合的城市基本比例尺地形图更新及应用研究[J]. 城市勘测,2021(6):17-21

[7] 曾艳,廖孟光,李猛. 倾斜测量技术在丘陵地区大比例尺测图中的应用[J]. 地理信息世界,2021,28(6):5-9

[8] 李志晖. 无人机倾斜摄影在大比例尺测图中的应用[J]. 地理空间信息,2020,18(7):26-29

[9] 泮建伟. 基于无人机倾斜摄影的1∶500地形图要素更新应用研究:以浙江松阳县为例[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(10):211-214

[10] 费亮. 山区复杂地形的无人机大比例尺测图应用[J]. 地理空间信息,2020,18(8):56-59

[11] 黎其添. 基于倾斜摄影测量的大比例尺地形图测绘及精度评定[J]. 测绘通报,2019(增刊1):143-146

[12] 冯茂平,杨正银,张秦罡. 基于小型多镜头航摄仪的无人机倾斜摄影技术在实景三维建模中的应用[J]. 测绘通报,2017(增刊1):5-7

[13] 1∶500 1∶1 000 1∶2 000外业数字测图规程:GB/T 14912-2017[S].