倾斜摄影测量三维模型精度分析

杨国辉

河北省地矿局国土资源勘查中心

DOI:10.32629/gmsm.v2i6.414

[摘要] 无人机倾斜摄影测量技术是当前测绘领域一项新兴热门的技术,文章以飞图横空6型无人机搭载的五镜头相机进行倾斜摄影测量为例,介绍建立高精度、高分辨率实景三维模型的技术原理和生产流程。通过对三维模型精度分析评估,为以后开展高效率、高精度大比例尺数字地形图、矿山治理、不动产测量等项目提供参考。

[关键词] 无人机; 倾斜摄影; 实景三维建模; 精度分析

引言

传统的航空摄影测量技术经过多年的不断发展,至今已经非常成熟,在1:10000、1:5000基础测绘及大比例尺地形图测绘中发挥着重要作用。进入21世纪国际地理信息领域逐步发展了无人机倾斜摄影的理论与技术方法。利用倾斜摄影技术,可以从影像中提取地物空间位置、建筑结构、色彩与纹理等,然后按照统一的坐标系迅速建立测区实景三维数据模型,倾斜摄影利用多传感器,从多角度观测同一地物,地物纹理丰富效果真实,是未来三维地形建模的主流方向。

1 基本原理

1.1 无人机倾斜摄影基本原理

无人机航测系统是一种以无人机为飞行平台,以各类传感器为主要载荷,能够获取遥感影像信息的无人航测数据获取系统。在小区域获取高分辨率影像具有显著优势。倾斜摄影平台的发展使三维建模技术得以进步。摄影测量数据处理利用摄影测量技术生成精准的三维点云数据为三维建模奠定基础。

1.2 实景三维建模技术路线

倾斜影像数据丰富,基本涵盖了顶面和侧面纹理。搭载了在低空飞行平台、保证了高分辨率和较大的视场角和较高的像片重叠度。利用倾斜摄影测量其关键在于正射影像、倾斜影像如何联合平差及空中三角测量自动生成三维模型和纹理映射,为后续数据处理及三维建模奠定基础。倾斜摄影测量处理及三维建模技术路线如图:

图1 三维建模技术路线

1.3 技术特点

利用倾斜摄影测量技术进行实景三维建模具有以下特点:

1.3.1 反应地物周边真实情况。真实性是本方法的最大特点之一,实景三维模型能上用户从多个角度观察地物,可以逼真地反映地物地貌,弥补正射影像的不足。

1.3.2 倾斜影像可实现单张影像量测。生成实景三维模型可直接进行包括点坐标、高程距离面积角度坡度等的量测扩展了倾斜影响的行业应用。

1.3.3 矿山采掘面纹理可采集。针对矿山治理对三维应用的需求,航空摄影方式可以大规模采集数据,从倾斜影像智能提取及纹理映射能够大大

提高三维建模效率,降低成本。

1.3.4 数据量小,适于网络发布。应用倾斜摄影技术生成的实景三维模型可快速进行网络发布,包括PC端和收集移动端,实现了共享应用。

1.3.5 联合空中三角测量,自动生成三维模型。利用倾斜摄影测量实景三维建模技术可将正射影像倾斜影像相结合进行平差计算,自动化构建三维模型和纹理映射,最终生成逼真的三维场景。

2 基于倾斜摄影测量的三维模型生产

2.1 测区概况

本次测区位于井陘县上安镇,经度114° 11' 6" ~114° 13' 16" ; 纬度38° 4' 23" ~38° 5' 25" 。地势自北高南低,测区南部有G307国道东西穿过。有少量厂房建筑道路,植被主要以低矮稀疏灌木为主。测区面积约4km²,适宜无人机摄影测量。

图2 航摄区域示意图

2.2 倾斜影像获取

2.2.1 飞行平台。倾斜影像是利用具有固定角度的倾斜相机拍摄获取的。本例采用广州飞图信息科技有限公司生产的新一代混合固定翼垂直起降飞图横空6型无人机平台进行航摄测量,该机型对场地要求低,抗风力强(12m/s),机体防尘防水达到IP66级,续航时间长(固定翼: 150min),最大升限可达4000m。支持全自动垂直起降功能,具有扩展差分GPS实时解算,融合IMU、GNSS组合导航,配备后差分解算软件实现高精度POS数据同步拍照功能。

2.2.2 倾斜相机。使用的航摄仪为Riy-S3,该航摄仪由5台2400万像素单镜头相机组成(6000*4000),物理像元尺寸3.9um,倾斜相机与下视夹角为45°,焦距28mm/40mm。配备Skyscanner数据处理软件。本次航摄依据1:500地形图成图规范和三维建模对数据的要求,原始像片空间分辨率为0.05m。无人机航高420m,东西向共飞行15条航线,为保证矿山纹理信息采集精度,采区航向重叠度为80%,旁向重叠度为75%。测区航摄示意图如图3:

图3 航摄示意图

2.2.3 倾斜摄影空三处理。将五视角倾斜影像导入空三解算软件中，并参照引入的航片POS数据。确定单张像片在空间的粗略位置及相关像片的相对位置关系，建立影像外方位元素与IMU、GPS为参量的解算模型。处理流程如图4：

图4 无人机空三解算流程

本次采用逐级匹配策略自动进行像点连接，并进行无约束平差解算。其平面精度为0.03m，高程误差为0.06m。

2.3 实景建模

图5 倾斜三维纹理影像

2.3.1 密集匹配点云数据。在经典滤波的基础上，将图像分割算法和高程排序的不规则三角网加密方法结合起来进行匹配点云数据的划分。加载密集匹配点云数据后，对点云数据进行粗差剔除，并网格化生成深度影像，再通过图像阈值分割算法将点云数据粗分成地面点和非地面点，最后对粗分后的地面点进行基于高程排序的不规则三角网加密。

2.3.2 纹理影像。无人机倾斜摄影下视影像主要构建实景三维顶部纹理；其他四方向视角影像各成45°，主要获取实景三维模型的侧面纹理。航摄完成后需对摄影数据进行分析整理，主要的成果包括正射影像和倾斜三维纹理影像。如图5所示：

2.3.3 POS系统。该无人机航测平台集成POS系统，基于GPS和IMU可实现直接测定五视角的单张像片的外方位元素。

2.3.4 地面控制。测区周边均分布有连续运行基准站CORS作为倾斜摄

影的地面站点，以GPS精密单点定位结合IMU和GPS数据联合解算的平面位置偏差 $\leq 0.05\text{m}$ ，高程偏差 $\leq 0.08\text{m}$ 。以CORS为基准，进行倾斜摄影像控测量及核验，其平面精度 $\leq 0.05\text{m}$ ，高程精度 $\leq 0.06\text{m}$ 。

3 实景三维模型精度评估

实景三维模型的可用性和高效性取决于三维模型成果的精度、空间逻辑拓扑的正确性，很大程度上依赖于飞行平台的稳定和精确性能。飞图横空6型倾斜影像测量具备多视角、实时定距离POS参数曝光。并具备机载GPS数据、基站原始差分数据、航摄仪POS数据进行统一后差分高精度解算。支持自定义GoogleMap导入与多地图航线规划。具有重叠率预知功能可直观检查相邻航片覆盖情况有效避免航线漏片。配备的Mirage3D后期三维处理软件可深度学习自适应尺度变化大和重叠关系复杂的像片，传统匹配方法无法解决立体匹配中的遮挡、几何变形、断裂、IMU数据等瓶颈问题。

3.1 航摄影像精度影响因素

3.1.1 影响地面解析精细程度。立体量测交会角对测图精度的影响分析摄影测量测图精度除了受到像点量测精度影响外，量测交会角的大小是一个重要因素，也是航空数码相机的重要参数。当已知量测误差为1/3个像素大小时，只要地面分辨率确定了，平面精度就已经确定。除了量测精度外，基高比是影响高程精度的重要因素，地面分辨率GSD不仅影响平面精度，对高程精度同样产生影响。

3.1.2 坐标精度。传统的垂直摄影情形，高程方向的标准差通常为水平方向的2~3倍；平高精度约为2~3个像素，随着倾斜角的增加，水平精度和高程精度均有提高。当倾斜角为45°时，高程精度与水平精度达到一致。

3.2 精度评估分析

三维模型数据主要检测模型的完整性、模型位置精度相符性、纹理精度、属性精度和空间拓扑分析。本实例采用高精度GPS-RTK接收机动态测量法进行套合比较检测，检查三维模型的平面和地形精度。将图上坐标与外业实地测量的同名检测点数据相比较计算中误差，确定其三维实景地理精度

3.2.1 检查点位偏差分析。在控制网野外像控布设上本实例在航向重叠度80%，旁向重叠度78%，另外附加倾斜影像参与空三解算。采用航向跨度不超过20个基线，旁向跨度5条航线布设一个平高控制点。共转刺平高点15个，空三处理5万余像对。点位中误差为 $\pm 0.08\text{m}$ 。满足1:500航空摄影测量规范要求。见下表1：

表1 三维模型点位精度

特征元素	建筑物角点			平缓地面标志			山坡点		
	x	y	z	x	y	z	X	y	z
检测点数	12	12	12	24	24	24	7	7	7
中误差(m)	0.04	0.06	0.9	0.04	0.05	0.07	0.09	0.08	0.13

实景三维模型点位精度由高到低依次为地面点、建筑物角点、山坡点，这是由于一方面三维模型建立影像外方位元素与IMU、GPS为参量的解算模型。采用逐级匹配策略自动进行像点连接，并进行无约束平差解算得到的点云数据。正射投影点位精度优于斜向侧面点位精度。

3.2.2 面域数据精度分析。本实例以三维模型中选取若干特征面域进行对比检测列表2如下：

表2 特征面域三维模型精度

特征元素	屋顶	平直道路	山坡
数量	5	12	6
总面积(m ²)	372	1070	775
平均误差(m ²)	0.2	0.5	1.3
相对误差(‰)	0.54	0.47	1.68

从表2看出，模型特征面域中屋顶和平路的面域精度要比山坡面域精

探讨 GPS—RTK 在地籍测绘中的研究

樊广斌

河北省地球物理勘察院

DOI:10.32629/gmsm.v2i6.443

[摘要] 随着科学技术水平的提升,GPS—RTK技术日益成熟,并广泛应用于地籍测量工作,有效提升了测量的质量和效率。在实际开展地籍测绘工作时,应用GPS—RTK技术需要严格按照规范的流程进行操作,有效确保测绘的整体水平。文章重点就GPS—RTK在地籍测绘中的应用及质量控制要点进行研究分析,以供参考和借鉴。

[关键词] GPS—RTK; 地籍测绘; 应用; 质量控制

引言

当前信息化时代的到来,使得我国国土资源实现了信息化建设,有效提升了测绘效率,但同时也给地籍测绘质量提出了更高的要求。对于地籍测绘工作而言,其精度的高低与很多因素有关,包括测绘技术、土地确权等,而其中起到关键性影响因素的是测绘技术,所以需要对此给予足够的重视。由于传统的测绘技术存在成本高、效率低的缺陷,所以难以满足当前地籍测绘的需求,而GPS—RTK技术的出现有效克服了传统测绘技术的缺陷和不足,不仅提升了测绘质量和效率,而且大大降低了测绘成本投入。

1 GPS—RTK 技术概述

1.1 系统组成

GPS即全球定位系统,其在测绘领域发挥着巨大的优势。而GPS—RTK技术正是建立在GPS基础之上的一种新型的三维定位测量技术,其系统主要包括以下三部分内容:第一,信号接收系统。对于常规的地籍测绘工作而言,通常需要对基准站和流动站实施同步监测,目的在于提升测绘结果的精准度。相对比其它的接收装置,这种双频率的信号接收装置可以满足测绘的现实需求,在实际当中如果遇到多个用户同时访问的情况,可以利用该装置对其频率和接收器进行同步保障;第二,软件操作系统。在完成信号接收后,需要对信号进行分析和处理,此时需要应用软件操作系统来实现。通过软件操作系统代替传统的人工数据处理,不仅有效提升了信号处理和分析的准确度,而且还有效降低了人工劳动力,工作人员可以根据软件处理的结果直接进行数据的解读和判断。除此之外,软件操作系统还

度略高,其原因应是屋顶角点及道路边界点点位精度高于山顶坡向点位精度,那么以屋顶及道路角点构成的矢量特征线生成三角网准确性要高于坡向点云生成的模型体积精度。

3.3 成果分析

通过以上精度比对检测可知:利用本航飞系统平台及生产流程生产的实景三维模型在平面精度和高程精度方面满足大比例尺矿山地形图成果要求。采用高新倾斜摄影测量设备和精密的区域网平差空三解算技术方法,其形变位移误差都很小。决定实景三维模型精度的因素。

3.3.1 摄影分辨率:分辨率越高越好,但技术和成本限制。

3.3.2 航摄倾角:航摄倾角越大,影像变形越严重。

3.3.3 照片重叠度:航向、旁向均在75%以上最好,防止模型死角。

3.3.4 控制点布设方案对精度影响。

3.3.5 测图成果的高程基准与控制点基准一致:小范围、低精度可以忽略;大范围、高精度、复杂地形可能有问题,取决于高程异常。

3.3.6 摄影天气:应选择阴影较小、亮度佳的漫反射环境,不一定需要晴朗无云的天气。

可以支撑人员进行相关命令的下达,有效提升了现场管理效率;第三,数据传输系统,该系统作为保障数据终端和后台的重要核心部分,在对信号进行接收和处理后,将其以规范形式传输到后台。通常情况下,GPS系统的数据传输部分可以细分为信号接收器和无线信号发射台两部分,这比传统的传输系统更加稳定可靠,实际的传输不需要考虑天气因素的影响。

1.2 特点分析

不同于传统的测绘技术手段,GPS—RTK技术具有以下几点优势和特点:第一,抗干扰性。传统的测绘技术在实际应用当中需要考虑天气等自然因素,对于一些可见度较差的地方,会大幅度降低测绘效率以及结果的准确性。而GPS—RTK技术不受天气和通视条件的影响,其在复杂的气候条件下仍然可以实施高效的测绘作业,有效提升了测绘结果的准确性;第二,测绘精度高。传统的测绘技术不仅在测绘精度方面无法给予有效保障,而且对于一些复杂的特殊地形区域,无法实施有效的测绘作业,导致测绘进度大受影响。而GPS—RTK技术可以实现对一些复杂地形区域的定位测绘,消除干扰物的限制和影响,最终提升测绘精准度;第三,测绘效率高。在实际应用GPS—RTK技术进行地籍测绘时,一次就可以实现4km半径的范围测绘作业,一方面解决了传统测绘中需要控制点数和搬运设备的缺陷,另一方面也大大提升了测绘效率,而且GPS—RTK技术的应用十分简便,信号接收、数据处理都依赖于计算机系统,可以实现自动化处理,所以极大地降低了人工劳动力,从而有效提升了测绘作业质量和效率。

2 GPS—RTK 在地籍测绘中的应用

4 结束语

基于无人机三维倾斜摄影测量的建模方式通过多视角影像同时获取地面特征点及纹理属性信息,完全根据实景信息进行建模,建立的模型场景更贴近实际环境。与传统技术工艺生产出的模型数据相比,新一代飞图横空6型无人机倾斜摄影系统平台生产的成果,整体性更强,精度更高,更加贴近自然真实场景,能增强人的临场感。

[参考文献]

[1]姜丽,张姝娟,王鸿阳,等.倾斜航空摄影数据空中三角测量的精度分析[J].测绘与空间地理信息,2015,38(05):59-60+63.

[2]杨国东,王民水.倾斜摄影测量技术应用及展望[J].测绘与空间地理信息,2016,39(01):13-15+18.

[3]王丙涛,王继.基于倾斜摄影技术的三维建模生产与质量分析[J].城市勘测,2015,(05):80-82+85.

作者简介:

杨国辉(1975—)男,河北省阜平县人,本科,高级工程师,注册测绘师。从事工作:测绘工程;研究方向:航空摄影测量。