

倾斜摄影在钱塘江流域防洪减灾数字化平台实景建模中的应用

Application of Oblique photography in the real scene modeling of digital platform for flood control and disaster reduction in Qiantang River River Basin

蓝张颖¹ 蓝乐淘²

Zhangying Lan¹ Letao Lan²

1 浙江省钱塘江流域中心 中国·杭州 浙江 310016;

2 中国地质大学(北京) 中国·北京 100091

Qiantang River basin center, Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang, 310016, China;

CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES, Beijing, 100091, China

摘要: 倾斜摄影是测绘领域近年来的一项高新技术,在钱塘江流域防洪减灾数字化平台兰江段三维实景建模应用中,表现出建模速度快、三维影像纹理清晰、可量测等优点,给平台用户带来了全新的体验。

Abstract: tilt photography is a high and new technology in surveying and mapping field in recent years. In the application of 3D real scene modeling in Lanjiang section of Qiantang River Basin flood control and disaster reduction digital platform, it shows the advantages of fast modeling speed, clear three-dimensional image texture, and measurable, which brings new experience to platform users.

关键词: 倾斜摄影; 实景建模; 应用

Key words: tilt photography, real scene modeling application

DOI: 10.36012/etr.v2i9.2680

引言

钱塘江流域防洪减灾数字化平台是面向钱塘江流域,聚焦防范化解洪涝台重大风险,研发水雨情监测、洪潮预报、防汛形势研判、预警发布,抢险支持等功能模块,建成信息动态化、数据集成化、预报精准化、决策科学化和业务协同化于一体的数字化平台。平台以“浙江水利一张图”为基础底图,完善了钱塘江流域河流水系,利用倾斜摄影技术构建了重要河段三维实景模型等,实现了基础地理、水利专题、涉水建筑等多源数据融合和图属一体化管理,建设完善具有水利特色、全流域统一的电子地图,为流域水灾害防御提供统一地图服务、空间拓扑分析等空间地理支撑¹。

1 钱塘江流域及实景建模兰江河段概况

钱塘江发源于安徽省休宁县龙田乡江田村,河源位于北纬 29° 29' 7.6", 东经 118° 12' 9.0", 至上海卢潮港与宁

波镇海外游山连线上注入东海,中弘线末端入海口位于北纬 30° 25' 20.4", 东经 121° 47' 4.5", 河口高程 0m。钱塘江流域总面积 55558km²,流域平均高程 277m,流域长度 419.4km,流域宽度 237.4km,流域平均坡降 0.6%。流域地势西南部高、东北部低,干流总趋势为西南东北向。干流至衢州乌溪江汇合断面以上为上游河段,乌溪江汇合断面以下至新安江汇合断面以上为中游河段,新安江汇合断面以下为下游河段。

实景建模兰江段位于钱塘江中游,属亚热带季风气候区,季风显著,四季分明,气候温和,湿润多雨。倾斜摄影以兰溪市为城市中心,沿兰江上下延伸至金华江、衢江、新安江、富春江,两岸延伸 1000m 范围,总面积约 201km² (见图 1)。测区有山地、平原、城市中心、城市郊区四种类型,南北跨度大,作业环境多样。浙江省 GPS 连续运行跟踪站(ZJCORS)已覆盖测区,可用于像控点测量,精度检测点测量³。

【作者简介】 蓝张颖 (1972~),女,浙江云和人,高级工程师,工程硕士,从事钱塘江流域防洪减灾数字化平台研发研究。

蓝乐淘 (2001~),女,浙江杭州人,本科在读,测绘工程专业研究。



图1 兰江倾斜摄影区域

2 模型精度

测区彩色数码航空摄影,摄影分辨率优于0.04米和0.045

(局部高山林区为安全作业适度放宽)。面积 200 平方公里。

空间精度：实景三维模型数据精度检测时，选取纹理表达完整有明显特征的地物，当平面位置选取明显特征点有困难时（如房角表现不完整），平面精度放宽 0.5 倍，高程精度放宽 1.5 倍。

表 1 模型精度要求

模型参考比	特征点相对于邻近平面控制 点点位中误差 (m)	高程中误差 (m)
例尺		
1: 1000	≤ 0.6	≤ 0.5

纹理精度：实景三维模型数据表达能明确判断各类建筑物和相关附属设施的类别和属性。

3 倾斜摄影技术路线

倾斜摄影是利用无人机搭载摄影传感器,从下视、前视、后视、左视、右视 5 个方向获取高精度的多视影像信息,并通过专业软件生产三维实景模型的高新技术³。其技术路线如图 2 所示。

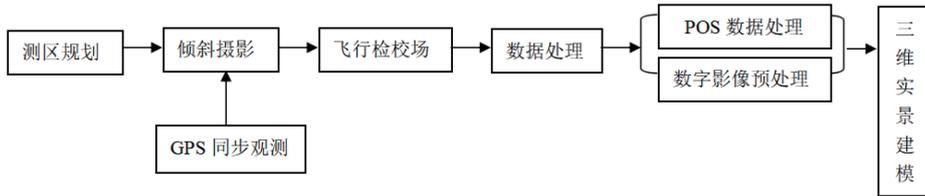


图 2 倾斜摄影实景建模的技术路线

4 倾斜摄影关键技术

4.1 航空摄影

4.1.1 航摄分区

针对测区内复杂多样的作业环境，采取多机型分区作业（见图 3）。平原地区主要为丘陵和农田，利用固定翼飞

行器作业；山地和城市区域开阔场地较少，选择利用多旋翼无人机作业；城市周边且没有高楼的区域，选择利用大疆精灵无人机作业。

4.1.2 航线布设

根据测区特点，采用不同飞行方式。山地和城市采用平行飞行（如图 4），将镜头倾斜 4 次垂直 1 次，分别从垂直、前、后、左、右五个不同的方向获取地表目标影像。平原地区采用井字形飞行（如图 5），镜头固定倾斜一个角度并加大重叠度，首先平行飞行一个来回获取前后两个方向目标影像，再从垂直方向飞行一个来回获取左右两个方向的目标影像；最后再飞一组正射影像，等效实现三维倾斜摄影，完成 5 个不同的方向采集地表目标影像。

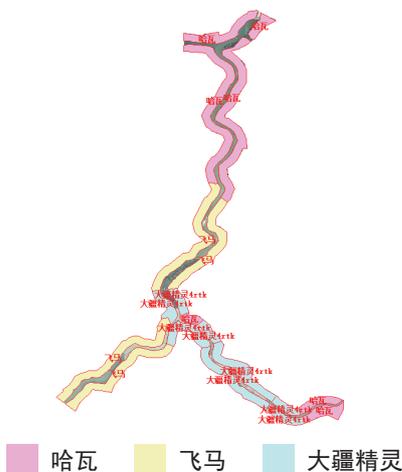


图 3 分区航测示意

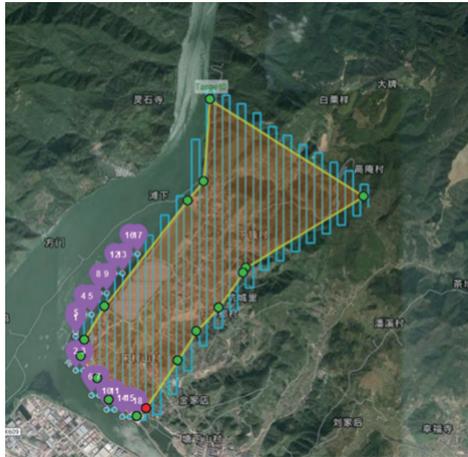


图 4 山地（城市）平行飞行航线布设图

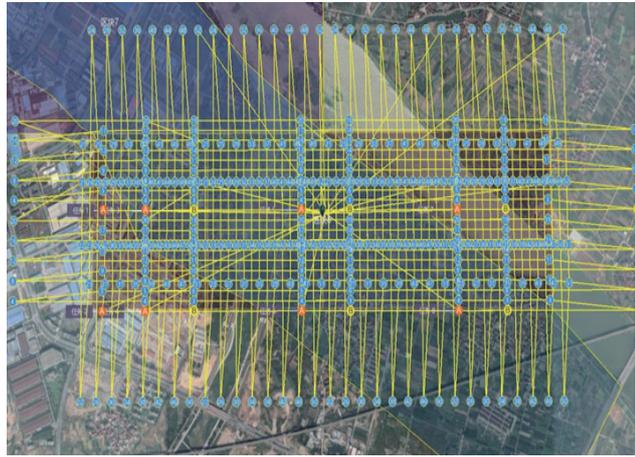


图 5 平原井字形飞行航线布设图

4.1.3 航摄参数

在航摄参数设定时，由于测区范围内有大量高山（150-400 米），无法根据理论高度进行作业，按山区平均高度 250 米计算，实际作业根据山体高度做局部调整，以满足模型精度要求，航摄参数见表 1。

表 1 航摄参数表

测区	飞行器	飞行高度	航向重叠	旁向重叠	地面分辨率 (m)
山区	哈瓦多旋翼无人机	250	80	75	0.45
城区	哈瓦多旋翼无人机	200	80	75	0.4
平原	飞马 D200	231	85	80	0.4
城市周边	大疆精灵 4rtk	101	85	80	0.4

4.1.4 航测数据处理

采用 Inertial Explorer 软件将同步观测的 CORS 基站数据采用差分 GPS 方法对 IMU/GPS 数据进行联合解算。按规范要求平面偏差不大于 0.08m、高程偏差不大于 0.3m、速度偏差不大于 0.4m/s。

4.2 像控测量

4.2.1 像控点布设和刺点

测区控制点采用平均分布，共布设控制点 485 个。航向相邻平面控制点间隔约为 600m，旁向相邻平面控制点间隔为 600m，部分山林丘地受环境影响适当放宽到 800-1000m 左右。像片控制点点位目标影像应清晰，易于判刺和立体量测，房角、地块角等明显地物角点或地物交汇角适宜于作为平高像控点点位，地物交汇角一般在 30 度 ~ 150

度之间；高程控制点选在高程变化不大的地方，以平山头或者线状地物的交点为宜，当目标与其它像片条件发生矛盾时，着重考虑目标判读条件。像控点位要具备适宜的 GPS 的观测环境，避开大功率电磁辐射装备，避开大面积水面。像片控制点刺点时，选择较清晰的控制像片刺点，刺点刺在虚实相交处。每个架次的每个镜头至少刺 3 张照片。刺点像片样式如图 6。



图 6 数字刺点像片样式

4.2.3 像片控制测量

像片控制点全部采用平高点，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。高程采用广州省似大地水准面精化模型获取，平面和高程精度均要求优于 0.1 米。像片控制测量时需要拍摄一张点位摆站照片，原则上要求点位摆站照片要求由南向北拍摄。

4.3 空中三角测量优化

ContextCapture 实景三维软件针对倾斜相机平台专门设计了一套有别于传统框幅式的全新传感器模型,能够更好地模拟优化包括倾斜相机在内的所有影像。对于不同类型的模型参数,根据其特定的物理意义,在进行平差优化时采取不同的计算模式(见表2)。将平差优化后的 POS/IMU 数据,以及相机内方位元素整理成可导入 ContextCapture 软件的 Excel 文档,点击 Check Photo 检查导入影像路径的完整性;使用 Control Point 加载控制点列表,根据点位参考资料信息确定控制点在影像上的具体位置。当空三成果满足项目精度要求时,右键点击 Export 可以导出相关 xml 格式的空三成果及消除原始影像的畸变差,并以 TIFF 格式输出。

表 2 不同类型参数模型优化模式

参数类型	优化模式
A	参与计算的每张影像对应参数各自优化,互不影响
B	属于同一相机拍摄的影像其优化值应该保持一致(相机位置固定)
C	属于同一相机拍摄的影像其优化值应该保持一致(相机镜头不变)
D	属于同一相机拍摄且同一航线的影像其优化值应保持一致

A 类: GPS\IMU 观测误差,优化的是曝光点的 3 个角元素和 3 个线元素;

B 类: 相机镜头与 GPS\IMU 平台的位置偏差,优化的也是 3 个角元素和 3 个线元素;

C 类: 相机相关参数,包含了相机的主距、像主点位置、畸变参数等;

D 类: 切比雪夫多项式参数。

4.4 实景三维建模

利用 ContextCapture 软件进行实景三维建模。通过建立影像金字塔、提取点云、构建不规则三角网、选择三角网对应贴图生产出实景三维,局部模型见图 7。针对流域跨度长水面多、覆盖面积较大且分布不均的情况,采取先水面约束后人工修饰的方案加快建模效率。效果展示见图 8。



图 7 局部模型效果

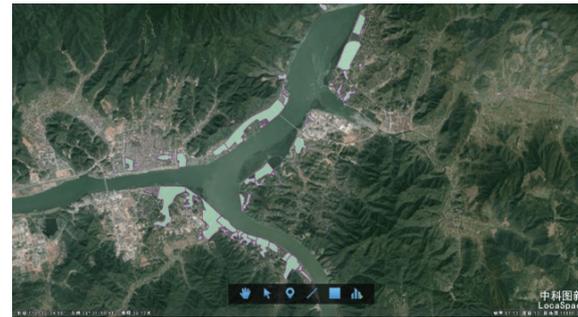


图 8 先水面约束后人工修饰效果展示

5 结束语

倾斜摄影是近年测绘领域发展起来的一项高新技术,它颠覆了以往正射影像只能从垂直角度拍摄的局限,通过搭载多台传感器,同时从一个垂直、四个倾斜等五个不同角度采集影像,显著提高了快速三维建模速度。钱塘江流域兰江段利用倾斜摄影技术仅用 4 个月就完成了三维实景建模,高效实现了流域兰江河段的空间全方位、高精度的可视化表达。

参考文献

- [1] 浙江省发展和改革委员会,浙江省水利厅.钱塘江流域防洪减灾数字化平台可行性研究报告[R].2019.
- [2] 郭晨,陈铁鑫,许焯璋,王大同. ZJCORS 技术在水准高程基准检核中的应用研究.浙江水利科技,2018(9):86-89.
- [3] 王静宇.浅谈无人机倾斜摄影测量技术及其应用[J].工程建设与设计,2017(7):200-201.