doi:10.3969/j.issn.1003–2029.2020.05.002

面向海岸线修测的无人机照片视频获取及管理研究

孙玉超[1]，曾纪胜[1]，田　松[1]，刘显傅[1]，黄财京[2]，邵先成[2]
（1. 国家海洋局南海规划与环境研究院，广东 广州 510300；2. 国家海洋局南海信息中心，广东 广州 510300）

摘　要：海岸线修测工作中，现场获取的无人机照片和视频是海岸线类型研判和内业处理的重要依据，也是海岸线修测工作的重要数据成果。本文以广东省海岸线修测工作为例，介绍了海岸线修测外业工作中无人机照片和视频的获取及预处理方法，并采用 ArcGIS 二次开发方式，构建了一套面向海岸线修测的无人机照片视频管理系统。该系统实现了无人机照片视频文件的批量自动入库、无人机照片位置和视频轨迹的自动提取、无人机单张正射照片的快速地理定位和无人机照片视频的快速查询浏览。最后，基于无人机照片视频位置与修测海岸线的空间关系，自动挂接每个岸段对应的无人机照片和视频，并批量导出满足要求的照片视频成果。

关键词：海岸线修测；无人机；照片位置；视频轨迹；地理定位
中图分类号：P715.6　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1003-2029（2020）05-0013-06

海岸线是多年大潮平均高潮位时海陆分界痕迹线。海岸线作为陆域和海域的分界线，具有重要的资源和生态价值[1]。2005 年，原国家海洋局开展“我国近海海洋综合调查与评价专项”（简称“908”专项），同时于 2007—2008 年开展了海岸线修测任务[2-3]。根据《我国近海海洋综合调查与评价专项海岸线修测技术规程（试行本）》要求，海岸线修测要准确地测量海岸线的位置并统计海岸线的长度，明确陆域和海域的管理界线，为政府部门的各项管理活动提供法律界定的管理基准线[4-5]。修测的海岸线为海洋功能区划、海洋生态红线以及海岸线调查与统计等领域相关文件的制定提供了重要的数据基础[1]。

受自然因素和人为因素的双重影响，海岸线处于动态变化之中[6]。目前，2008 年修测的海岸线已不能真实反映海岸线实际状况，在管理中存在的很多实际困难亟需通过新一轮海岸线修测加以解决。为全面查清 2008 年以来海岸线主要变化，准确掌握海岸线的位置、长度、类型及开发利用现状等基本情况，2019 年 7 月，自然资源部办公厅印发了《关于开展全国海岸线修测工作的通知》，组织开展全国大陆和有居民海岛海岸线修测工作，并颁布了《全国海岸线修测技术规程》。本文以 2019 年广东省海岸线修测工作为例，介绍无人机照片视频获取方法以及无人机照片视频管理系统的设计及实现。

1　海岸线修测照片视频获取要求

根据《全国海岸线修测技术规程》要求，此次海岸线修测工作需充分利用现代先进成熟的航空摄影测量、高分辨率卫星遥感和连续运行卫星定位参考站（Continuously Operating Reference

收稿日期：2020-05-12
基金项目：广东省促进经济高质量发展专项资金海洋经济发展项目（GDME-2018E006，GDOE[2019]A44 号）；
广东省自然资源厅项目（粤自然资合 [2019] 第 149 号，粤自然资合 [2020]010 号）
作者简介：孙玉超（1987-），男，硕士，高级工程师，研究方向为摄影测量与遥感、GIS 开发及海洋测绘。
E-mail：503598481@qq.com

Stations, CORS）等地理空间信息技术，大幅提高海岸线修测精度，对可到达的岸段，需全部通过现场勘查和实地调访，并对每段海岸线进行照片拍摄、视频资料采集，作为反映调查岸段现状和判定岸线类型的证明资料，同时要求照片要附带经纬度、拍摄时间和方位角信息；视频应反映海岸线全貌，时长不小于 15 s；在重要拐点、分界点等特征点处可以采用 360° 全景拍摄。

根据上述要求，广东省在开展海岸线修测现场测量时，除了采用手机或手持摄像机进行海岸线测量点现场照片和视频获取外，还充分利用无人机对全省可飞行岸段进行了多类型的照片和视频采集，并对获取的无人机照片视频进行分析和入库管理，作为海岸线类型研判和内业处理的依据，同时也是重要的海岸线修测成果。

2 无人机照片视频获取及预处理

根据海岸线修测照片视频获取要求，广东省采用大疆系列无人机进行海岸线现场照片和视频获取，获取的照片和视频数据包括无人机倾斜照片、正射照片、全景照片和无人机视频。

2.1 无人机倾斜照片获取及预处理

无人机倾斜照片是指无人机相机在空中以一定倾斜角度对着地面拍照获取的照片。无人机倾斜照片获取时，将无人机飞行至海岸线上空靠海一侧，沿着海岸线方向飞行，并将相机倾斜角度设置成 45° 左右，朝向海岸线靠陆一侧进行拍摄，拍摄的照片中陆域部分约占 2/3，海域部分约占 1/3，无人机倾斜照片获取时需确保一定的航向重叠。获取的无人机倾斜照片可以从不同角度反映海岸线及周边地物现状，可作为海岸线类型研判的重要参考资料。

无人机倾斜照片获取后，照片拍摄位置、拍照时间、拍摄角度和相机型号等信息写入到了照片的属性中（表 1），通过读取并分析照片的属性信息，可提取无人机倾斜照片的位置和拍摄角度等属性。

表 1 大疆无人机照片部分属性编码说明

序号	属性编码	属性名称	说明
1	0x0110	Model	相机型号
2	0x0002	GPSLatitude	拍照中心点纬度
3	0x0004	GPSLongitude	拍照中心点经度
4	0x0006	GPSAltitude	拍照高度
5	0x9003	CreateDate	拍照时间
6	0xbc80	ImageWidth	照片宽度
7	0xbc81	ImageHeight	照片高度
8	无	GimbalYawDegree	拍摄角度（航向角）
9	无	GimbalPitchDegree	相机倾斜角度
10	无	RelativeAltitude	飞行相对高度

2.2 无人机正射照片获取及预处理

无人机正射照片是指无人机相机在空中垂直向下对着地面拍照获取的照片。无人机正射照片获取时，将无人机飞行至海岸线正上空，沿着海岸线方向飞行，并将相机拍摄角度设置成垂直向下进行拍摄，拍摄时需确保一定的航向重叠。获取的无人机正射照片可以从垂直视角查看海岸线及周边地物，经过快速地理定位的无人机正射照片可以作为海岸线位置及走向的重要参考数据。

无人机正射照片获取后，从照片属性信息（表 1）中读取拍照中心点的纬度（B_0，换算成投影坐标后为 X_0）、经度（L_0，换算成投影坐标后为 Y_0）、相对高度（A）、航向角（k）、照片宽度（W_0）和照片高度（H_0），结合拍照相机焦距（f），可以计算正射照片四个角点投影到地面的平面坐标，计算示意图见图 1。

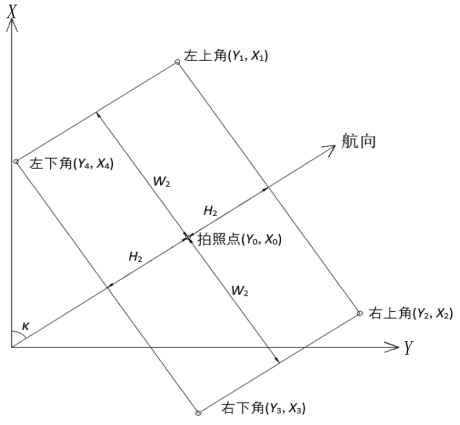

图 1 正射照片四个角点投影坐标计算示意图

照片四个角点投影坐标计算公式如下：

$$W_2=A*W/(2*f) \quad (1)$$

$$H_2=A*H/(2*f) \quad (2)$$

$$X_1=X_0+H_2*\cos\kappa+W_2*\sin\kappa \quad (3)$$

$$Y_1=Y_0+H_2*\sin\kappa+W_2*\cos\kappa \quad (4)$$

$$X_2=X_0+H_2*\cos\kappa-W_2*\sin\kappa \quad (5)$$

$$Y_2=Y_0+H_2*\sin\kappa+W_2*\cos\kappa \quad (6)$$

$$X_3=X_0-H_2*\cos\kappa-W_2*\sin\kappa \quad (7)$$

$$Y_3=Y_0-H_2*\sin\kappa+W_2*\cos\kappa \quad (8)$$

$$X_4=X_0-H_2*\cos\kappa+W_2*\sin\kappa \quad (9)$$

$$Y_4=Y_0-H_2*\sin\kappa-W_2*\cos\kappa \quad (10)$$

说明：大疆无人机自带云台，俯仰角和翻滚角当作 0° 处理。

根据照片四个角点平面坐标以及照片宽度和高度，可以计算生成照片对应的地理校正文件（*.jgw 格式），地理校正文件用于记录照片的旋转、平移和缩放等参数，可以将无人机正射照片校正到对应的投影坐标系。地理校正文件参数计算公式如下：

$$A=(Y_2-Y_1)/W_0 \quad (11)$$

$$D=(X_2-X_1)/W_0 \quad (12)$$

$$B=(Y_4-X_1)/H_0 \quad (13)$$

$$E=-(X_1-X_4)/H_0 \quad (14)$$

$$C=Y_1 \quad (15)$$

$$F=X_1 \quad (16)$$

上述方法可以对无人机正射照片进行快速地理定位，将照片“投影”到地面后，可以作为海岸线位置走向的参考数据。经实地验证，在沿海地形平坦的区域，采用带实时动态差分系统（Real-time Kinematic，RTK）的无人机获取的正射照片，地理定位后的照片中地物可以达到米级甚至亚米级的位置精度。由于该地理定位方法未做真正意义上的正射校正，无法消除地形影响，对于地形起伏较大的区域，照片上地物位置精度并不可靠，建议仅在平坦区域使用该定位方法。

2.3　无人机全景照片获取及预处理

无人机全景照片是指无人机相机在不同飞行高度并朝不同角度拍照后，拼接成的包含 360° 完整场景范围的照片。无人机全景照片获取时，将无人机飞行至海岸线正上空，采用全景图像自动拍摄模式进行全景照片采集，不支持全景图像自动拍摄的无人机需要按照一定规则进行手动全景照片采集。根据实际工作需要，无人机全景照片可以每隔一段间距，或者在海岸线重要拐点、分界点等特征点处进行采集。无人机全景照片可以反映海岸线特征点上 360° 场景范围的现状，能够更加直观地展示海岸线类型及开发利用现状等信息。无人机全景照片获取后，可以参考倾斜照片进行拍照位置等信息的提取。

2.4　无人机视频获取及预处理

无人机视频是指在无人机飞行过程中对着地面录制的视频。无人机视频获取时，将无人机飞行至海岸线上空靠海一侧，并将相机倾斜角度设置成 45° 左右，沿着海岸线方向飞行并录制视频，视频录制时需开启字幕，以便后续根据字幕信息提取飞行轨迹。无人机视频可以连续记录海岸线所在区域的开发利用现状、海岸线类型、周边地物及其动态特征，是反映海岸线现状的重要数据资料。

无人机视频获取后，每帧视频录制时的位置和姿态信息、飞行速度等属性均写入到了视频字幕中（图 2），并存储在视频文件中，通过读取并分析视频字幕信息，可提取每帧视频录制时的位置，从而获取完整的飞行轨迹。

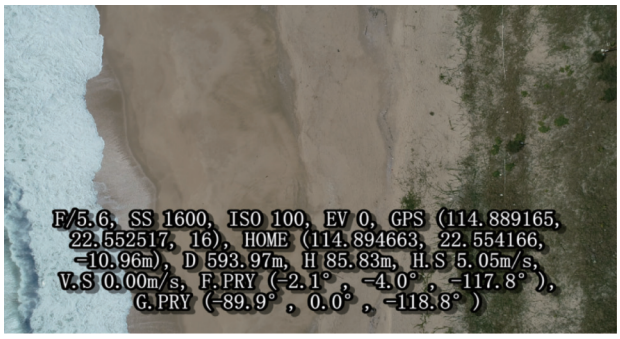

图 2 大疆无人机视频字幕信息

广东省海岸线修测工作中共获取了无人机视频 6 000 多个，各类型无人机照片 60 多万张。根据《全国海岸线修测技术规程》要求，获取的照片和视频需要根据岸段和测量点进行分类整理。面向如此大数据量的照片视频整理工作，研发一套无人机照片视频综合管理系统，并提供照片视频自动整理和批量导出等功能，显得十分必要。

3 无人机照片视频管理系统设计

3.1 系统总体设计

结合上述研究并参考海岸线修测相关数据管理研究的经验[7-9]，本系统总体设计如图 3 所示。

图 3 系统总体设计图

3.2 系统数据库设计

本系统数据分为矢量数据和文件数据两部分。矢量数据为无人机照片和视频位置、轨迹及地面覆盖范围提取后生成的矢量图层，矢量数据存储在 ArcGIS 个人地理数据库（Personal Geodatabase，PGDB） 中，PGDB 数据库是 Microsoft Office Access 数据库格式，可以同时存储矢量图层和属性数据，系统矢量图层设计见表 2；文件数据包括无人机照片和视频等文件，该部分数据按照统一规则进行命名后存储在指定的文件夹位置。矢量数据与文件数据通过文件存储路径进行关联。

表 2 系统矢量图层设计

图层名称	图层类型	功能说明
无人机倾斜照片	点图层	存储倾斜照片拍照点位置
无人机全景照片	点图层	存储全景照片拍照点位置
无人机视频	线图层	存储视频录制时飞行轨迹
无人机正射照片	面图层	存储正射照片地面覆盖范围

3.3 系统功能模块设计

本系统主要包括三大功能模块（图 4），分别是无人机数据入库模块、无人机数据查询模块和海岸线照片视频导出模块。无人机数据入库模块主要包括无人机照片入库和无人机视频入库等功能；无人机数据查询模块主要包括无人机照片查询和无人机视频查询等功能；海岸线照片视频导出模块主要包括海岸线照片视频挂接和海岸线照片视频导出等功能。

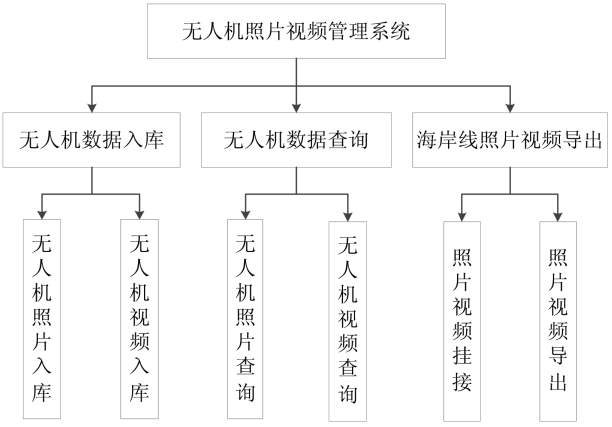

图 4 系统功能模块设计图

3.4 系统软硬件环境介绍

本系统拟采用 Visual Studio C# 2010 对 ArcGIS 10.2 进行二次开发。系统开发所需软硬件环境见表 3。

表 3 系统开发软硬件环境

环境要求	软 / 硬件名称	说明
软件环境要求	Windows 7/10	操作系统
	Visual Studio C# 2010	集成开发环境
	ArcGIS 10.2	GIS 软件平台
	PTGUI 10.0	全景照片查看
	暴风影音 5	视频及字幕播放
	Microsoft Office 2010	数据库及表格操作
硬件环境要求	Intel i7 处理器	4 核及以上
	内存	16 G 及以上
	Nvidia 独立显卡	2 G 以上
	8 T 移动硬盘多个	存储照片视频

4 无人机照片视频管理系统实现

4.1 系统主界面

本系统主界面（图 5）包括菜单栏、工具栏、

图层列表、地图窗口、制图窗口和状态栏等信息，系统主要功能模块存放在菜单栏中。地图窗口中主要加载项目无人机照片位置数据、无人机正射照片覆盖范围、无人机视频录制轨迹、海岸线和地理底图等数据。

图 5　广东省海岸线修测照片视频管理系统主界面

4.2　无人机照片视频批量入库

4.2.1　*无人机照片批量入库*　无人机照片包括倾斜照片、正射照片和全景照片。无人机照片入库时，根据无人机相机拍摄倾斜角度自动区分正射照片和其他照片，根据照片尺寸和宽高比例自动区分全景照片和倾斜照片。无人机照片入库时，程序自动解析存储在照片属性中的位置和姿态等信息，并将照片拍摄位置以及正射照片地面覆盖范围存储到对应的矢量图层中；无人机视频文件按照拍摄时间、飞机型号及拍摄角度等信息命名后，存储到指定文件夹下。

4.2.2　*无人机视频批量入库*　无人机视频入库时，程序自动解析存储在视频字幕中的位置和姿态信息，并按照 1 s 间隔提取视频字幕中的位置信息，连接成轨迹后，存储到对应的矢量图层中；视频文件按照获取时间及视频时长等信息命名后，存储在指定的文件夹下。

4.3　*无人机照片视频查询统计*　本系统提供无人机照片视频空间范围查询和属性查询。空间范围查询是指通过在地图上框选待查询的区域，系统将列出框选范围内所有的无人机照片视频记录；属性查询是指通过无人机照片对应的相机类型、照片所在行政区域以及照片拍照高度等属性条件进行记录筛选。查询到的无人机照片或视频可以直接浏览（图 6），也可以根据照片或视频位置在地图上定位；无人机正射照片还可以采用快速地理定位方式“投影”到地图中，与海岸线和底图影像数据对比（图 7）。

图 6　无人机照片视频查看界面

图 7　无人机正射照片快速地理定位

本系统还提供所有已入库无人机照片和视频数据的汇总统计功能，并可按照照片类型、相机类型和所在行政区域等属性进行分类统计。

4.4　无人机照片视频导出

根据《全国海岸线修测技术规程》要求，外业获取的照片视频需要根据海岸线测量点和岸段进行逐点和逐段整理。利用无人机照片视频的空间位置与海岸线矢量数据进行空间分析，并结合拍照角度等信息将海岸线附近的照片和视频文件挂接到对应的岸段中，最后根据挂接结果以及照片视频成果格式要求，逐测量点或逐岸段进行照片和视频导出。

5　结 论

本文结合广东省海岸线修测实际工作，采用设定的方法进行海岸线无人机照片和视频获取，并通过对 ArcGIS 软件进行二次开发，构建了一套无人机照片视频管理系统，实现了无人机照片视频文件的批量入库和快速浏览、无人机照片位置和视频轨迹的自动提取、无人机单张正射照片的快速地理定位、以及海岸线照片视频自动挂接和

导出等功能，在海岸线修测工作中具有较大的应用价值。本文研究主要成果包括：（1）利用无人机照片中的位置和姿态信息对正射照片进行快速地理定位，将照片“投影”到地面上，定位结果具有较高的位置精度，在特定场景下可以将无人机照片快速应用于空间分析和信息提取；（2）将无人机数据获取及管理与海岸线修测工作结合，探索了无人机照片视频在外业调查取证和资料获取中的系统性应用，为消费级无人机在海洋行业的应用提供了借鉴。

参考文献：

[1] 张震 , 禚鹏基 , 霍素霞 . 基于陆海统筹的海岸线保护与利用管理 [J]. 海洋开发与管理 ,2019, 36(4):3-8.
[2] 李易珊 .4114 公里海岸线的“诞生”[J]. 海洋与渔业 ,2019(5):40-41.
[3] 刘文勇 , 周巨锁 . 基于 GDCORS 的网络 RTK 技术在海岸线修测中的应用 [J]. 测绘通报 ,2010(12): 34-36,68.
[4] 翁宇斌 , 罗美雪 , 任岳森 . 福建省海岛岸线修测及其意义 [J]. 海洋开发与管理 ,2011,28(5): 45-50.
[5] 林桂兰 , 郑勇玲 . 海岸线修测的若干技术问题探讨 [J]. 海洋开发与管理 ,2008,25(7):61-67.
[6] 罗美雪 , 张加晋 , 任岳森 . 大陆海岸线动态更新机制探讨 [J]. 海洋开发与管理 ,2016,33(11): 96-100.
[7] 刘广辉 , 梁雪松 , 李海泉 , 等 . 基于 ArcGIS 平台海岸线修测数据成果整理辅助工具集的设计和实现 [J]. 测绘标准化 ,2017,33(1):34-36.
[8] 金永福 , 郭伟其 , 苏诚 .Google Earth 在海岸线修测调查中的应用研究 [J]. 海洋环境科学 ,2009, 28(5):566-569,593.
[9] 曾纪胜 , 孙玉超 , 王银霞 , 等 .Google Earth 在填海工程动态监测中的应用 [J]. 海洋开发与管理 ,2017,34(2):76-79.

Research on the Acquisition and Management of UAV Photos and Videos for Coastline Survey

SUN Yu-chao[1], ZENG Ji-sheng[1], TIAN Song[1], LIU Xian-fu[1], HUANG Cai-jing[2], SHAO Xian-cheng[2]
1. *South China Sea Institute of Planning and Environmental Research, State Oceevnic Administration, Guangzhou* 510300*, China*;
2. *South China Sea Information Center, State Oceevnic Administration, Guangzhou* 510300*, China*

Abstract: The UAV photos and videos obtained on site are an important basis of coastline type judgment and interior work processing, as well as the important data results in the work of coastline survey. Taking the coastline survey work in Guangdong Province as an example, this paper introduces the acquisition and preprocessing method of UAV photos and videos in the coastline survey, and constructs an UAV photos and videos management system by making use of the development of ArcGIS. The system has realized the automatic storage of UAV photos and video files in batches, the automatic extraction of UAV photo locations and video tracks, the quick geographical location of UAV single orthophoto and the quick query and browsing of UAV photos and videos. Based on the spatial relationship between the location of UAV photos and videos and the coastline, the UAV photos and videos are linked to each coastline section automatically, and can also be exported in batches.
Key words: coastline survey; UAV, photo location; video track; geographical location