www.sciengine.com/CSD
ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

文献 CSTR：
32001.14.11-6035.csd.2025.0118.zh
文献 DOI：
10.11922/11-6035.csd.2025.0118.zh
数据 DOI：
10.12262/lsdc.18044.2471

文献分类：测绘科学技术

收稿日期：2025-06-14
录用日期：2026-01-29
发表日期：2026-03-12

广西山口红树林保护区无人机影像与人工修复典型要素监测数据集（2023–2024 年）

漆首令[1,2]，韦杰[3]，赖泳锟[3]，凌进新[1,2*]，田琛琛[4,5]

1. 广西壮族自治区二七二地质队，南宁　530031
2. 广西有色勘察设计研究院有限公司，南宁　530031
3. 广西山口红树林生态国家级自然保护区管理中心，广西北海　536000
4. 中国科学院地球环境研究所，黄土科学全国重点实验室，西安　710061
5. 中国科学院地球环境研究所，黄土科学数据中心，西安　710061

摘要： 红树林是具有重要生态与经济服务价值的海岸带湿地生态系统，其精准监测对生态修复与保护至关重要。为支撑广西山口红树林国家级自然保护区的保护与人工修复工作，本研究采用无人机低空摄影测量方法，搭载可见光相机，在具备良好的天气条件且潮汐变化的理论最低潮面时段，获取 0.1 米的数字正射影像。结合人工目视解译，获取红树林、浒苔、人工养殖区、互花米草等典型生态要素的空间分布数据。数据生产过程中通过严格的影像配准、解译一致性检查和质量评估，确保了数据的精度与可靠性。本数据集涵盖 2023 年 11 月、2024 年 2 月、5 月和 11 月四个时相的无人机航摄影像及解译结果，可全面反映保护区内典型要素的时空动态变化，为北海滨海湿地生态保护和修复成效评估提供科学支撑，并为长期跟踪红树林恢复和区域生态管理提供重要数据基础。同时，建立详细的红树林生长恢复档案，对保护区的长期保护与科学管理意义深远。

关键词： 变化监测；无人机；浒苔灾害；互花米草；红树林；养殖区；正射影像

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	广西山口红树林保护区无人机影像与人工修复典型要素监测数据集（2023–2024 年）
数据通信作者	凌进新（118040596@qq.com）
数据作者	漆首令，韦杰，赖泳锟，凌进新，田琛琛
数据时间范围	2023–2024年
地理区域	英罗港片区地理范围为 21°28′20.65″–21°35′51.87″N，109°44′26.92″–109°47′02.59″E；丹兜海片区范围地理坐标为 21°31′40.44″–21°36′59.08″N，109°37′22.10″–109°42′11.97″E。
空间分辨率	0.1 m
数据量	123 GB
数据格式	*.shp, *.tif
数据服务系统网址	https://doi.org/10.12262/lsdc.18044.2471 https://www.scidb.cn/doi/10.12262/lsdc.18044.2471

* 论文通信作者
凌进新：118040596@qq.com

基金项目	广西山口红树林生态国家级自然保护区2022年北海滨海湿地生态保护和修复项目（DX-CH-2023-X004）
数据库（集）组成	本数据集共有9个数据文件夹，其中，6个文件夹存储的DOM数据均为tif格式，分别是：202311丹兜海DOM，202311英罗港DOM，202402北海红树林浒苔监测DOM，202405北海红树林浒苔监测DOM，202411丹兜海DOM，202411英罗港DOM，数据量为123 GB。3个文件夹存储的矢量数据均为shp格式，分别是：北海红树林变化监测范围区域分布，广西山口国家级红树林生态自然保护区勘界边界及功能区，蚝排蚝桩，数据量为508 KB。

引　言

沿海滩涂是典型的海陆过渡地带，生态功能独特，但同时面临入侵物种扩张、富营养化灾害和人类活动干扰等多重压力[1-2]。红树林作为其中的关键生态系统，是自然分布于热带及亚热带海岸潮间带的湿地木本植物群落[3]，不仅具备碳汇和净化等重要功能，也是生物多样性维持的重要屏障。

近年来，我国在红树林保护与修复方面持续加大投入[4]。在生态监测领域，广泛使用的 Sentinel、Landsat 影像数据，具有长时序优势[5]，但对典型要素的高时空精度监测能力仍存在明显短板，尤其是区域尺度上涵盖互花米草入侵、浒苔暴发以及人工养殖设施分布的系统数据集尚属匮乏。现有相关研究多依赖卫星遥感或地面调查技术手段，然而卫星影像受云雨天气、潮汐条件等环境因素干扰，且空间分辨率往往难以满足精细化监测需求；地面调查则存在成本高、覆盖范围有限等现实局限[6-8]。以黄河三角洲典型盐沼植被时空分布数据集（1999–2020）为例，该数据集虽覆盖互花米草、芦苇等典型盐沼植被类型，且具备长时间序列优势，但其 10 m、30 m 的空间分辨率对浒苔暴发、养殖设施等微尺度地物要素的刻画不足[9]；其他多源遥感监测多聚焦于红树林与单一入侵物种，缺乏多要素并行的系统标注；同时，浒苔或人工养殖区的公开数据多为零散且缺失时序连续性。尽管近年来已有部分基于无人机遥感技术的探索实践，例如江苏沿海的互花米草分布提取、黄海绿潮灾害监测等[10-17]，但相关研究数据大多集中于局部区域或单一监测要素，在空间覆盖广度与时间序列完整性方面仍存在明显不足，难以满足滨海湿地修复评估与综合管理的实际需求。

针对上述空缺，本研究基于无人机低空摄影测量方法，构建了覆盖广西山口红树林国家级自然保护区的多时相高精度数据集，该数据集包含红树林、浒苔、人工养殖区和互花米草等人工修复典型要素的空间分布信息，覆盖 2023 年 11 月、2024 年 2 月、5 月及 11 月的四个关键时相，空间分辨率达 0.1 m，通过严格的配准与数据一致性检查开展质量控制，确保数据精度与可靠性。相较于现有依赖卫星遥感或单一要素监测的同类数据，本数据集具有时序完整、要素多样、精度高、质控严格等优势，可为北海滨海湿地生态保护和修复成效评估提供基础支撑，并为红树林长期保护与科学管理奠定数据基底。

1　数据采集和处理方法

1.1　数据区域范围

研究区处于广西山口国家级红树林生态自然保护区内，位于北海市合浦县境内东南部，由英罗港片区和丹兜海片区组成（见图 1），范围涉及广西合浦县的山口、沙田和白沙 3 个镇，地处北纬 21°28′22″–21°37′00″，东经 109°37′00″–109°47′00″之间，东以洗米河与广东省分界，西为丹兜港，南

临大海，是北部湾东侧沙田半岛的沿岸海滩涂。保护区总面积为 8003 公顷，英罗港片区面积为 2868.20 公顷，丹兜海片区面积为 5134.80 公顷。其中，核心区面积为 824.21 公顷，缓冲区面积为 3600.93 公顷，实验区面积为 3577.86 公顷。英罗港片区地理坐标范围为北纬 21°28′20.65″–21°35′51.87″，东经 109°44′26.92″–109°47′02.59″；丹兜海片区地理坐标范围为北纬 21°31′40.44″–21°36′59.08″，东经 109°37′22.10″–109°42′11.97″。它是 1990 年 9 月由国务院批准成立的首批海洋类型国家级自然保护区之一。本数据集人工修复典型要素变化监测区域类型见图 2，呈现了英罗港片区和丹兜海片区新增红树林区域、浒苔清理区域、人工养殖设施变化区域、互花米草清理区域的人工修复典型要素的空间分布格局。

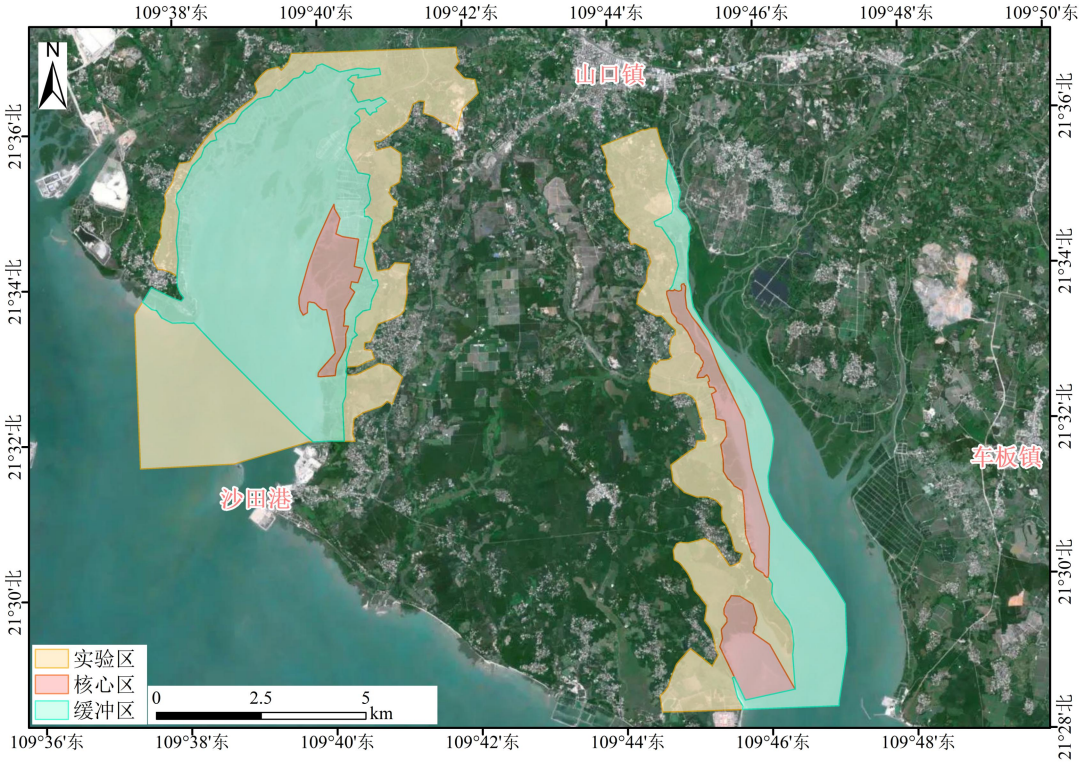


图 1　广西山口国家级红树林生态自然保护区示意图

Figure 1　Schematic diagram of the Guangxi ShanKou National Mangrove Ecological Nature Reserve

1.2　技术路线

本研究针对红树林保护区人工修复要素变化监测数据集的构建需求，采用“无人机数据采集→高精度空间基准构建→修复要素变化监测与量化→数据集整编”的技术流程，具体如下：

1）获取满足高精度空间分析的原始定位与影像数据。依据《低空数字航空摄影测量外业规范》（CH/T3004-2021），采用 GPS-RTK 布设像控点，密度为 5 个/km²；采用大疆系列无人机航摄系统，设定参数为飞行高度 100 m、航向重叠度 60%、旁向重叠度 50%，采集丹兜海/英罗港片区 0.05 m 分辨率 RGB 影像，同步记录 POS 参数数据。

2）高精度地理空间基准数据生产，生成满足监测精度要求的标准化空间数据。采用 ContextCapture Center 进行空三加密，导入像控点坐标与 POS 数据，设置残差阈值；基于空三成果，利用 Pix4D 生成 0.1 m 分辨率符合精度要求的 DOM 并输出数据，格式为 TIFF。

3）人工修复典型要素监测，提取人工修复要素的空间变化信息。以 DOM 基准数据集为底图，

采用人工判读方法识别“红树林种植、浒苔清理、人工养殖设施变化、互花米草清理”4 类要素的变化区域，记录其空间范围、面积、类型属性；使用 ArcGIS 10.7 软件对变化区域进行矢量化并消除拓扑错误。最后，统计分析各类型空间分布和面积变化。

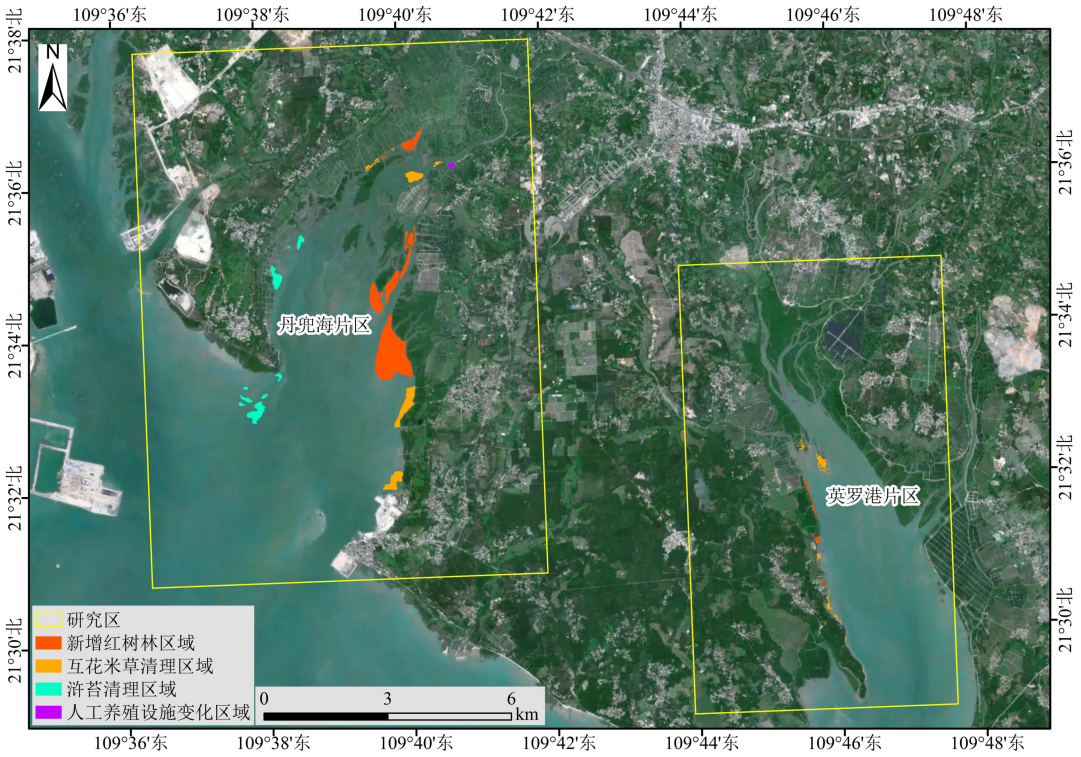


图 2　变化监测区域类型示意图

Figure 2　Schematic diagram of change monitoring areas by type

4）数据集整编。整编丹兜海片区和英罗港片区超高分辨率 DOM 影像数据集，红树林保护区人工修复要素变化矢量数据集。

1.3　数据采集方法

利用无人机低空摄影测量方法，2023 年 11 月完成 7903 公顷英罗港及丹兜海片区正射影像采集与处理，2024 年 2 月、5 月完成 255.9 公顷沙尾片浒苔、马扒栏和荣片浒苔灾害监测正射影像采集处理，2024 年 11 月完成 5623 公顷英罗港及丹兜海片区正射影像采集处理。采用的数学基础为 2000 国家大地坐标系、1985 国家高程基准，航向重叠度为 60%，旁向重叠度为 50%，飞行高度为 100 m。无人机航拍技术要求参考《低空数字航空摄影测量外业规范》（CH/T3004-2021）执行，为确保项目高效顺利实施，投入大量软硬件设备，配置方案见表 1。

像控点测设结合测区地形、航线设计，在英罗港、丹兜海片区周围沿岸陆地均匀布设像控点 272 个。点位均选在影像清晰、易于辨识、地面平坦稳固的特征点。使用高精度 GNSS RTK 设备连接广西 CORS 网络，采用延长观测时间并独立测量三次取平均值的方法采集数据。最后通过测量重复点及已知点进行内部符合精度检核，所有像控点的测量成果均满足平面中误差≤±3 cm，高程中误差≤±5 cm 的设计要求。

表 1　软硬件设备配置方案

Table 1　Hardware and software configuration

序号	设备名称	数量	型号	现行状态	备注
1	无人机	3	DJIPhantom4 PRO、DJI Mavic 3E、DJI M300 RTK	已检/良好	影像采集、视频拍摄、定位
2	RTK	3	南方测绘-银河 6	已检/良好	
3	图形工作站	1	DELL	已检/良好	图形处理
4	集群服务器	1	DELL	已检/良好	数据处理
5	摄影测量处理软件	3	ContextCapture Center、Pix 4D 等	使用良好	影像处理
6	其他软件	4	ArcGIS10.7、清华山维 EPS、南方 CASS10.2、Adobe photoshop、Autodesk CAD	使用良好	绘图、照片处理
7	计算机	18	其他	已检/良好	计算、绘图
8	越野车	4	其他	使用良好	后勤服务
9	测量设备附件	/	其他	使用良好	测绘专用

无人机起飞前做好航前检查（确保电池符合飞行要求，检查无人机的完整性等），航摄选择最有利的气象条件，作业前预报海洋潮汐高度，在最低潮位附近时段开展目标区域的像控点布设，按照规划的最优航线及设定的相机各项参数开展无人机影像采集，每架次数据采集完成后，浏览和检查影像质量和拍摄状况，保证数据完整可用，飞行数据当天下载并备份后进行影像预处理。

1.4　数据处理

基于外业测定的像控点成果，采用自动空三软件 ContextCapture Center 进行区域网整体光束法平差，对英罗港片区和丹兜海片区无人机航拍影像进行特征点匹配、相对定向与绝对定向，结合像控点坐标实现区域网整体平差，获取加密点三维坐标成果。对检校场数据进行相机内参数标定，同步处理 IMU/GNSS 组合数据，通过坐标系统转换与偏心角改正，提高像片外方位元素计算精度。空三加密质量控制先通过检查连接点的重投影误差（通常小于 0.5 像素）和连接点的数量分布，确保区域网模型的内部几何强度；将外业测量的检查点作为独立真值参与平差，用来评定空三加密的整体精度。平差成果报告显示，其检查点的平面中误差和高程中误差都优于后续成图的精度要求。

采用 Pix4D 等专业摄影测量软件，对英罗港片区、丹兜海片区的空三成果进行后续处理，在密集点云生成阶段，算法采用了多视影像密集匹配（SGM 或 PMVS 等）技术，通过设置合理的匹配窗口和点云过滤参数（如噪点移除、孤立点过滤），确保了点云的高密度与高精度。基于密集点云，通过不规则三角网（TIN）内插构建高精度数字高程模型（DEM），并人工辅助编辑剔除水域、建筑物边缘等处因匹配错误产生的地形异常，确保 DEM 真实反映地形起伏。随后，基于 DEM 和空三解算的精确外方位元素，采用数字微分纠正原理，逐像素对原始影像进行正射纠正，消除因地形起伏和相机倾斜引起的投影差，生成初始数字正射影像（DOM）。通过影像自动镶嵌与匀光匀色处理，消除区域内光照差异。为确保镶嵌线最优，采用基于最小化色彩差异的羽化算法，使镶嵌线避开建筑物、道路等明显特征，隐匿于纹理均匀的区域，保证地物的完整性与连续性。

在清华山维 EPS 与 Adobe Photoshop 图像处理软件中开展影像色彩调校、直方图变换操作，并

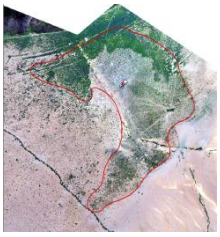
对影像实施锐化、滤波及去噪处理。使用 Adobe Photoshop 中的“匹配颜色”和“曲线/色阶”工具，以色彩均衡的参考影像为基准，对拼接区块进行整体色调统一；采用“高反差保留”叠加于原图层的模式进行智能锐化，增强纹理的同时抑制噪声；应用“表面模糊”或“蒙尘与划痕”滤波器去除椒盐噪声，促使影像成果达到对比度适宜、色调统一、纹理清晰、层次丰富的标准，且无显著失真现象，灰度直方图基本呈现正态分布特征。为避免处理后丢失地理信息，在 Adobe Photoshop 软件处理数字图像时，所有处理均在保留地理信息的 TIFF+TFW 文件基础上进行，处理过程中禁用任何会破坏空间连续性的裁剪或变形操作。处理结果导出前，使用 ArcGIS、Global Mapper 等专业 GIS 软件重新生成并关联 TFW 文件，确保地理坐标信息无损传递。最终导出地面分辨率 0.1 m，比例尺为 1∶2000 的数字正射影像图，为保护区内变化监测提供基础底图，分析监测对象的变化情况。

2 数据样本描述

本研究利用无人机遥感宏观性、快速性和动态性的特点，发挥其在海洋环境、生态监测等诸多方面的宏观把握、客观求真的优势，获取丹兜海片区、英罗港片区海域表面高分辨率遥感影像，实现对互花米草、浒苔、人工养殖区、红树林等典型要素空间分布的精细化监测，从传统的点监测延伸至面域监测。本数据集涵盖 2023–2024 年的无人机航摄影像，所有影像均具备地理定位信息和尺寸参数，采用计算机自动解译和人工解译相结合的技术方法，实现对监测要素时空变化特征的初步定性与定量分析。在自然保护区开展红树林封禁及人工促进修复工作前，以 2023 年 11 月采集的第一期影像数据作为基准底图，提取英罗港片区和丹兜海片区各类监测要素的空间分布信息，构建地物变化分析的基础本地数据。2024 年 2 月在浒苔灾害多发期，采集航摄影像，同步获取浒苔空间分布数据，完善红树林保护区人工修复典型要素时空动态数据库，在自然保护区开展红树林封禁及人工促进修复工作后的 2024 年 5 月和 2024 年 11 月，分两期开展无人机航拍与正射影像制作，生成空间分辨率达 0.1 m 的高精度遥感影像，为监测要素的时空变化分析提供数据支撑，典型的监测要素变化见表 2。

表 2　航拍变化监测

Table 2　Changes in aerial imagery monitoring

监测要素类型	变化监测前	变化监测后
浒苔清理		
人工养殖区域（蚝排）清理		

监测要素类型	变化监测前	变化监测后
互花米草清理		
红树林种植		

注：①所有要素变化后的时间基准均为 2024 年 11 月；②除浒苔清理变化前的时间基准为 2024 年 2 月，其余要素变化前的时间基准均为 2023 年 11 月。

通过对比分析 2023 年 11 月与 2024 年 11 月航拍影像的变化如下：

（1）红树林补种区域共有 35 处，其中丹兜海片区 11 处、英罗港片区 24 处，总面积 137.4989 公顷（2062.4830 亩），见表 3。其中最大区域面积 81.2308 公顷（1218.4619 亩），最小区域面积 0.0091 公顷（0.1372 亩）。

表 3　红树林变化情况表

Table 3　Changes in mangroves

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
1	红树林补种	0.4953	7.4293	丹兜海片区
2	红树林补种	4.8651	72.9772	丹兜海片区
3	红树林补种	81.2308	1218.4619	丹兜海片区
4	红树林补种	15.4508	231.7613	丹兜海片区
5	红树林补种	12.0566	180.8486	丹兜海片区
6	红树林补种	1.8030	27.0445	丹兜海片区
7	红树林补种	6.2664	93.9967	丹兜海片区
8	红树林补种	1.1434	17.1504	丹兜海片区
9	红树林补种	3.6932	55.3983	丹兜海片区
10	红树林补种	3.9774	59.6617	丹兜海片区
11	红树林补种	0.1315	1.9732	丹兜海片区
12	红树林补种	0.0178	0.2664	英罗港片区
13	红树林补种	0.0091	0.1372	英罗港片区
14	红树林补种	0.0237	0.3557	英罗港片区
15	红树林补种	0.0409	0.6132	英罗港片区
16	红树林补种	0.1898	2.8475	英罗港片区

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
17	红树林补种	0.0238	0.3572	英罗港片区
18	红树林补种	0.0538	0.8070	英罗港片区
19	红树林补种	0.0808	1.2124	英罗港片区
20	红树林补种	0.0180	0.2706	英罗港片区
21	红树林补种	0.0699	1.0480	英罗港片区
22	红树林补种	0.0373	0.5601	英罗港片区
23	红树林补种	1.1154	16.7308	英罗港片区
24	红树林补种	0.8395	12.5924	英罗港片区
25	红树林补种	0.0681	1.0218	英罗港片区
26	红树林补种	1.2126	18.1885	英罗港片区
27	红树林补种	1.5769	23.6536	英罗港片区
28	红树林补种	0.1286	1.9292	英罗港片区
29	红树林补种	0.2497	3.7449	英罗港片区
30	红树林补种	0.1715	2.5726	英罗港片区
31	红树林补种	0.0216	0.3246	英罗港片区
32	红树林补种	0.0407	0.6098	英罗港片区
33	红树林补种	0.1471	2.2062	英罗港片区
34	红树林补种	0.0380	0.5700	英罗港片区
35	红树林补种	0.2107	3.1602	英罗港片区
合计		137.4989	2062.4830	/

（2）互花米草清理区域共有 40 处，其中丹兜海片区 9 处、英罗港片区 31 处，总面积 51.2556 公顷（768.8341 亩），见表 4。其中最大区域面积 16.9865 公顷（254.7972 亩），最小区域面积 0.00003 公顷（0.0004 亩）。

表 4　互花米草变化情况表

Table 4　Changes in *Spartina alterniflora*

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
1	互花米草清理	11.3545	170.3173	丹兜海片区
2	互花米草清理	16.9865	254.7972	丹兜海片区
3	互花米草清理	7.9332	118.9974	丹兜海片区
4	互花米草清理	1.2368	18.5523	丹兜海片区
5	互花米草清理	0.8279	12.4187	丹兜海片区
6	互花米草清理	0.3639	5.4585	丹兜海片区
7	互花米草清理	1.0327	15.4903	丹兜海片区
8	互花米草清理	0.0987	1.4808	丹兜海片区
9	互花米草清理	0.1901	2.8512	丹兜海片区

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
10	互花米草清理	4.2876	64.3140	英罗港片区
11	互花米草清理	0.4164	6.2460	英罗港片区
12	互花米草清理	0.0744	1.1155	英罗港片区
13	互花米草清理	0.1047	1.5711	英罗港片区
14	互花米草清理	0.2480	3.7194	英罗港片区
15	互花米草清理	0.1361	2.0418	英罗港片区
16	互花米草清理	0.0630	0.9453	英罗港片区
17	互花米草清理	0.0979	1.4682	英罗港片区
18	互花米草清理	0.1109	1.6641	英罗港片区
19	互花米草清理	0.0287	0.4308	英罗港片区
20	互花米草清理	0.0584	0.8766	英罗港片区
21	互花米草清理	0.0806	1.2085	英罗港片区
22	互花米草清理	0.0342	0.5134	英罗港片区
23	互花米草清理	0.1493	2.2393	英罗港片区
24	互花米草清理	0.1170	1.7552	英罗港片区
25	互花米草清理	0.9202	13.8037	英罗港片区
26	互花米草清理	0.1571	2.3565	英罗港片区
27	互花米草清理	0.0769	1.1529	英罗港片区
28	互花米草清理	0.0354	0.5305	英罗港片区
29	互花米草清理	0.9864	14.7964	英罗港片区
30	互花米草清理	0.0483	0.7247	英罗港片区
31	互花米草清理	1.8947	28.4205	英罗港片区
32	互花米草清理	0.00003	0.0004	英罗港片区
33	互花米草清理	0.1407	2.1104	英罗港片区
34	互花米草清理	0.4705	7.0577	英罗港片区
35	互花米草清理	0.2427	3.6403	英罗港片区
36	互花米草清理	0.0205	0.3070	英罗港片区
37	互花米草清理	0.0278	0.4176	英罗港片区
38	互花米草清理	0.0038	0.0570	英罗港片区
39	互花米草清理	0.0053	0.0795	英罗港片区
40	互花米草清理	0.1937	2.9059	英罗港片区
合计		51.2556	768.8341	/

（3）浒苔清理区域共有 10 处，丹其中兜海片区-马扒栏和荣片区 4 处，丹兜海片区-沙尾片区 6 处，总面积 30.6992 公顷（460.4886 亩），见表 5。其中最大区域面积 11.3917 公顷（170.8758 亩），最小区域面积 0.2412 公顷（3.6194 亩）。

表 5　浒苔变化情况表

Table 5　Changes in Enteromorpha

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
1	浒苔清理	7.1329	106.9933	丹兜海片区-马扒栏和荣片区
2	浒苔清理	1.4813	22.2195	丹兜海片区-马扒栏和荣片区
3	浒苔清理	0.2413	3.6194	丹兜海片区-马扒栏和荣片区
4	浒苔清理	3.5094	52.6403	丹兜海片区-马扒栏和荣片区
5	浒苔清理	0.7475	11.2118	丹兜海片区-沙尾片区
6	浒苔清理	0.9549	14.3232	丹兜海片区-沙尾片区
7	浒苔清理	2.4205	36.3079	丹兜海片区-沙尾片区
8	浒苔清理	11.3917	170.8758	丹兜海片区-沙尾片区
9	浒苔清理	1.1554	17.3309	丹兜海片区-沙尾片区
10	浒苔清理	1.6644	24.9665	丹兜海片区-沙尾片区
合计		30.6992	460.4886	/

（4）人工养殖设施变化区域共有 8 处，总面积 2.6047 公顷（39.0698 亩），见表 6。其中最大区域为虾塘的挖掘，位于丹兜海片区，面积 1.7714 公顷（26.5711 亩）；英罗港片区有 7 处蚝排蚝桩清理，最小清理面积 0.0701 公顷（1.0518 亩）。

表 6　人工养殖设施变化情况表

Table 6　Changes in artificial aquaculture facilities

序号	要素变化	面积/公顷	面积/亩	所属区域
1	虾塘的挖掘	1.7714	26.5711	丹兜海片区
2	蚝排蚝桩清理	0.0701	1.0518	英罗港片区
3	蚝排蚝桩清理	0.1145	1.7174	英罗港片区
4	蚝排蚝桩清理	0.1025	1.5382	英罗港片区
5	蚝排蚝桩清理	0.1055	1.5830	英罗港片区
6	蚝排蚝桩清理	0.2090	3.1354	英罗港片区
7	蚝排蚝桩清理	0.0879	1.3189	英罗港片区
8	蚝排蚝桩清理	0.1436	2.1540	英罗港片区
合计		2.6047	39.0698	/

3　数据质量控制和评估

本数据集的质量控制贯穿于无人机遥感数据获取、预处理、解译分析全流程，采用标准化的技术操作与多维度验证手段，保障数据集的几何精度、辐射质量与解译准确性。在数据获取与预处理阶段，通过严格的航飞设计（航高、重叠度）和传感器选型，确保原始影像的地面采样距离优于 0.1 米，研究区均匀布设足量地面像控点与独立检查点，其中检查点独立于平差计算，专门用于最终成

果的精度验证。在空三处理过程中，将像控点作为强制约束条件，参与区域网整体平差，优化解算模型，大幅提升影像的绝对定位精度，引入高精度 DEM 开展数字微分纠正，有效消除地形起伏和投影差带来的变形。质量检查结果表明，数字正射影像（DOM）中的线状地物连续完整、无扭曲错位，具备良好的几何保真度。针对影像辐射质量优化，采用专业匀光匀色、多尺度锐化及自适应去噪算法，最终得到色调均匀、反差适中、纹理清晰的正射影像成果。在几何精度验证阶段，依托独立检查点对数字正射影像（DOM）平面精度进行量化检核。经统计，其平面位置中误差为±0.07 米，满足且优于《基础地理信息数字成果 1:500 1:1000 1:2000 数字正射影像图》（CH/T 9008.3-2010）中 1∶2000 比例尺成图的规范要求（实地精度≤1.0 m）。所有检查点误差均控制在 2 倍中误差范围内，无粗差存在；在解译精度验证阶段，通过构建红树林、互花米草、浒苔、人工养殖设施等主要地物类型的标准化影像解译标志库，确保全区域判读标准统一。针对核心变化区域，采用“背对背”独立交叉解译方法，对结果不一致的图斑开展重点讨论与实地复核，有效消除人工判读的主观误差。结合多期影像，开展在同一位置的时序动态对比分析，提高定性准确性。为进一步检验解译精度，开展外业抽样核查，精准定位变化地物的属性与边界，与内业解译结果进行比对，基于混淆矩阵（Confusion Matrix）完成解译结果的定量精度评价。统计结果表明，研究区地类变化图斑的总体解译精度达 90%以上，证实本数据集解译结果与实地情况具有高度一致性。

4 数据价值

使用无人机遥感技术手段开展区域监测，能够快速、系统掌握滨海资源构成、面积分布现状和动态变化状态，依据全国和省级海洋功能区划的各项指标，能够实现对保护区、湿地、海面地物类型的有效检查，为监管部门对违法行为采取及时预警、依法查处并加强管理提供参考信息和深度服务，为有效提升海域综合管控能力提供先进的技术支持。通过航空测绘手段获取 0.1 m 分辨率的 DOM 影像，依据遥感信息的光谱、纹理特征，构建起用于研究遥感信息特征提取、分类及识别算法的“桥梁”，为投身于高分辨率与超高分辨率遥感数据工作的科研工作者提供数据支撑。

5 数据使用方法和建议

本数据集是一套基于 DJIPhantom4 PRO、DJI Mavic 3E、DJI M300 RTK 无人机搭载可见光传感器，针对北海滨海湿地生态保护与修复多要素变化监测采集的高分辨率、高精度的低空无人机遥感影像数据（格式为 TIFF），以及监测变化区域矢量数据（格式为 shp）。可以在 ArcGIS、QGIS 等专业软件中打开、编辑以及后续分析使用。

作者分工职责

漆首令（1978—），男，广西壮族自治区南宁市人，本科，高级工程师，研究方向为摄影测量及无人机测绘应用等。主要承担工作：任务设计、数据处理分析和论文写作。

韦杰（1992—），男，广西壮族自治区北海市人，本科，工程师，研究方向为红树林生态修复。主要承担工作：论文设计与数据分析，无人机影像筛选，精度检查。

赖泳锟（1999—），男，广西壮族自治区北海市人，本科，助理工程师，研究方向为红树林科研监测。主要承担工作：质量控制，协助完成数据采集、数据处理工作。

凌进新（1985—），男，广西壮族自治区南宁市人，本科，高级工程师，研究方向为工程测量及地籍测绘等领域。主要承担工作：数据处理分析与论文撰写指导、论文修改。

田琛琛（1993—），男，甘肃省庆阳市人，本科，工程师，研究方向为遥感与地理信息、摄影测量及无人机测绘应用。主要承担工作：论文修改。

参考文献

[1] 甘露, 周卫, 严学兵, 等.海陆生态枢纽：我国沿海滩涂湿地生态服务与可持续利用[J]. 草地学报, 2025, 33(1):1-9. DOI:10.11733/j.issn.1007-0435.2025.01.001. [GAN L, ZHOU W, YAN X B, et al. Sea-Mainland Ecological Hub: Ecological Services and Sustainable Utilization of China's Coastal Tidal Flat Wetlands [J]. Acta Agrestia Sinica, 2025, 33 (1): 1-9. DOI:10.11733/j.issn.1007-0435.2025.01.001.]

[2] 何书金, 王仰麟, 罗明, 等. 中国典型地区沿海滩涂资源开发[M]. 北京: 科学出版社, 2005. [HE S J, WANG Y L, LUO M, et al. Development of coastal tidal flat resources in typical areas of China [M]. Beijing: Science Press, 2005.]

[3] 张涛, 何芸, 尤淑撑, 等. 卫星遥感监测服务中国红树林生态系统保护与修复[J]. 卫星应用, 2023(11): 14 – 19. [ZHANG T, HE Y, YOU S C, et al. Satellite remote sensing monitoring for the protection and restoration of China's mangrove ecosystems [J]. Satellite Application, 2023 (11): 14–19.]

[4] 自然资源部, 国家林业和草原局关于印发《红树林保护修复专项行动计划（2020-2025 年）》的通知[EB/OL].[2025-04-02]. https://gi.mnr.gov.cn/202008/t20200828_2544810.html. [Ministry of Natural Resources, National Forestry and Grassland Administration. Notice on Issuing the "Special Action Plan for Mangrove Protection and Restoration (2020-2025)" [EB/OL]. (2020-08-28)[2025-04-02]. https://gi.mnr.gov.cn/202008/t20200828_2544810.html.]

[5] 邱思静, 胡涛, 胡熠娜, 等. 从光谱指数到融合数据集的全球植被遥感数据产品[J]. 地理学报, 2022, 77(5): 1102 – 1119. DOI: 10.11821/dlxb202205005. [QIU S J, HU T, HU Y N, et al. Remote sensing based global vegetation products: from vegetation spectral index to fusion datasets[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(5): 1102–1119. DOI: 10.11821/dlxb202205005.]. Google Scholar

[6] 周在明, 杨燕明, 陈本清. 基于无人机影像的滩涂入侵种互花米草植被信息提取与覆盖度研究[J]. 遥感技术与应用, 2017, 32(4): 714 – 720. DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2017.4.0714. [ZHOU Z M, YANG Y M, CHEN B Q. Research on vegetation extraction and fractional vegetation cover of *Spartina alterniflora* using UAV images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2017, 32(4): 714 – 720. DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2017.4.0714.]

[7] HOU X Y, WU T, YU L J, et al. Characteristics of multi-temporal scale variation of vegetation coverage in the Circum Bohai Bay Region, 1999 – 2009[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 297 – 304. DOI: 10.1016/j.chnaes.2012.08.001.

[8] GU Z J, JU W M, LI L, et al. Using vegetation indices and texture measures to estimate vegetation fractional coverage (VFC) of planted and natural forests in Nanjing city, China[J]. Advances in Space Research, 2013, 51(7): 1186 – 1194. DOI: 10.1016/j.asr.2012.11.015.

[9] 胡鉴芳,宫兆宁,张成,等.黄河三角洲典型盐沼植被时空分布数据集（1999-2020）研发[J]. 全球变化数据学报(中英文), 2022, 6(02):217-224+389-396. [HU J F, GONG Z N, ZHANG C, et al.

Development of a Dataset of the Spatiotemporal Distribution of Typical Salt Marsh Vegetation in the Yellow River Delta (1999-2020) [J]. Journal of Global Change Data & Discovery, 2022, 6 (02): 217-224+389-396.]

[10] ANDERSON D M,HOAGLAND P,KAORU Y,et al.Estimated annual economic impacts from harmful algal blooms (HABs) in the United States[J]. Woods Hole Oceanographic Institution, 2000, 25(4): 819–837.

[11] YE N H, ZHANG X W, MAO Y Z, et al. ‘Green tides’ are overwhelming the coastline of our blue planet: taking the world ’ s largest example[J]. Ecological Research, 2011, 26(3): 477 - 485. DOI: 10.1007/s11284-011-0821-8.

[12] 刘锦超, 刘建强, 丁静, 等. HY-1C 卫星 CZI 载荷的黄海绿潮提取研究[J]. 海洋学报, 2022, 44(5): 1 - 11. [LIU J C, LIU J Q, DING J, et al. A refined imagery algorithm to extract green tide in the Yellow Sea from HY-1C satellite CZI measurements[J]. Haiyang Xuebao, 2022, 44(5): 1 - 11.]

[13] 胡义强, 杨骥, 荆文龙, 等. 基于无人机遥感的海岸带生态环境监测研究综述[J]. 测绘通报, 2022(6): 18 - 24. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0165. [HU Y Q, YANG J, JING W L, et al. Review of coastal ecological environment monitoring based on unmanned aerial vehicle remote sensing[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2022(6): 18 - 24. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0165.]

[14] 李冬雪, 高志强, 尚伟涛, 等. 基于无人机多光谱影像的海滨景区浒苔信息提取研究[J]. 海洋环境科学, 2020, 39(3): 438 - 446. DOI: 10.13634/j.cnki.mes.2020.03.018. [LI D X, GAO Z Q, SHANG W T, et al. Information extraction of *Ulva Prolifera from* coastal landscape using UAV m ultispectral remote sensing images[J]. Marine Environmental Science, 2020, 39(3): 438 - 446. DOI: 10.13634/j.cnki.mes.2020.03.018.]

[15] 滕惠忠, 辛宪会, 于波, 等. 海岸地形无人机测绘系统选型分析[J]. 海洋测绘, 2014, 34(3): 20 - 24. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3044.2014.03.006. [TENG H Z, XIN X H, YU B, et al. Type-selection analysis of unmaned airborne vehicle system for topographic surveying and charting in coastal zone area[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2014, 34(3): 20 - 24. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3044.2014.03.006.]

[16] 邓才龙, 刘焱雄, 田梓文, 等. 无人机遥感在海岛海岸带监测中的应用研究[J]. 海岸工程, 2014, 33(4): 41 - 48. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3682.2014.04.005. [DENG C L, LIU Y X, TIAN Z W, et al. Application of UAV remote sensing in the monitoring of islands and coastal zones[J]. Coastal Engineering, 2014, 33(4): 41 - 48. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3682.2014.04.005.]

[17] 何冬晓, 张胜伟, 侯健, 等. 基于无人机遥感的海洋养殖区识别研究[J]. 水上安全, 2024(2): 10 - 12. [HE D X, ZHANG S W, HOU J, et al. Research on identification of marine aquaculture areas based on UAV remote sensing [J]. Water Safety, 2024 (2): 10–12.]

论文引用格式

漆首令, 韦杰, 赖泳锟, 等. 广西山口红树林保护区无人机影像与人工修复典型要素监测数据集（2023 - 2024 年）[J/OL]. 中国科学数据, 2026, 11(1). (2026-03-12). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0106.zh.

数据引用格式

漆首令，韦杰，赖泳锟，等. 广西山口红树林保护区无人机影像与人工修复典型要素监测数据集（2023–2024 年）[DS/OL]. 中国科学院地球环境研究所黄土科学数据中心, 2026. (2026-01-29). DOI: 10.12262/lsdc.18044.2471.

A dataset of UAV imagery and monitoring of typical artificial restoration elements in the Guangxi Shankou Mangrove Ecological Nature Reserve (2023–2024)

QI Shouling[1,2], WEI Jie[3], LAI Yongkun[3], LING Jinxin[1,2*], TIAN Chenchen[4,5]

1. Guangxi Zhuang Autonomous Region No. 272 Geological Team, Nanning 530031, P.R. China

2. Guangxi Nonferrous Survey and Design Institute Co., Ltd. , Nanning 530031, P.R. China

3. Management Center of Guangxi Shankou Mangrove Ecological National Nature Reserve, Beihai 536000, P.R. China

4. State Key Laboratory of Loess Science, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, P.R. China

5. Loess Science Data Center, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, P.R. China

*Email: 118040596@qq.com

Abstract: Mangroves are coastal wetland ecosystems with significant ecological and economic values, and their accurate monitoring is crucial for ecological restoration and conservation. To support the protection and artificial restoration of the Guangxi Shankou Mangrove Ecological National Nature Reserve, this study used the low-altitude unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry equipped with a visible-light camera. Under favorable weather conditions and during the theoretical lowest tidal stage, digital orthophoto maps with a spatial resolution of 0.1 meter were obtained. Combined with manual visual interpretation, spatial distribution data of typical ecological elements such as mangroves, Enteromorpha, artificial aquaculture areas, and *Spartina alterniflora* were obtained. During data production, rigorous procedures including image registration, interpretation consistency check, and quality assessment were carried out to ensure the accuracy and reliability of the data. This dataset covers unmanned aerial vehicle (UAV) aerial images and interpretation results from four observation periods— November 2023, February 2024, May 2024, and November 2024—and captures the spatiotemporal dynamics of typical ecological elements within the reserve. It provides scientific support for evaluating the effectiveness of ecological protection and restoration in the Beihai coastal wetlands, and serves as an important data foundation for the long-term tracking of mangrove restoration and regional ecological management. Furthermore, the establishment of detailed records on mangrove growth and restoration processes is of far-reaching significance for the long-term protection and scientific management of the reserve.

Keywords: change monitoring; UAV; Enteromorpha disaster; *Spartina alterniflora*; mangrove; aquaculture area; DOM

Dataset Profile

Title	A dataset of UAV imagery and monitoring of typical artificial restoration elements in the Guangxi Shankou Mangrove Ecological Nature Reserve (2023–2024)
Data corresponding author	LING Jinxin (118040596@qq.com)
Data authors	QI Shouling, WEI Jie, LAI Yongkun, LING Jinxin, TIAN Chenchen
Time range	2023 – 2024
Geographical scope	Yingluo Port area (21°28′20.65″N–21°35′51.87″N, 109°44′26.92″E–109°47′02.59″E) and Dandou Sea area (21°31′40.44″N–21°36′59.08″N, 109°37′22.10″E–109°42′11.97″E)
Spatial resolution	0.1 meter
Data volume	123 GB
Data format	*.shp, *.tif
Data service system	https://doi.org/10.12262/lsdc.18044.2471 https://www.scidb.cn/doi/10.12262/lsdc.18044.2471
Source of funding	Guangxi Shankou Mangrove Ecological National Nature Reserve 2022 Beihai Coastal Wetland Ecological Protection and Restoration Project (DX-CH-2023-X004).
Dataset composition	This dataset comprises 9 data folders. 6 folders contain DOM data in tif format, namely 202311 Dandou Sea DOM, 202311 Yingluo Port DOM, 202402 Beihai Mangrove Enteromorpha Monitoring DOM, 202405 Beihai Mangrove Enteromorpha Monitoring DOM, 202411 Dandou Sea DOM, and 202411 Yingluo Port DOM, with a data volume of 123 GB. The other 3 folders contain vector data in shp format, namely Distribution of Beihai Mangrove Change Monitoring Scope Area, Demarcation Boundaries and Functional Zones of Guangxi Shankou National Mangrove Ecological Nature Reserve, and Oyster Rafts and Stakes, with a data volume of 508 KB.