

基于多源遥感技术的钦州港至三娘湾海岸带综合调查与动态分析

张生^{1,2} 韦银科¹ 何卫军¹ 罗薇¹

1 广西壮族自治区遥感中心 2 中国地质大学（武汉）

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2028

[摘要] 本研究借助多源遥感技术,对钦州港至三娘湾海岸带开展全面且深入的综合调查与动态分析。通过有机整合光学遥感、雷达遥感等多源数据,精准获取海岸带地物信息,实现对该区域地形地貌、土地利用以及生态环境等多方面的全方位监测,并基于长时间序列数据深入探究其动态变化规律。研究成果为钦州港至三娘湾海岸带的科学规划、资源合理管理以及生态有效保护,提供了强有力的数据支撑与极具价值的决策依据。

[关键词] 多源遥感技术; 钦州港; 三娘湾; 海岸带; 综合调查; 动态分析

中图分类号: P237 文献标识码: A

Comprehensive Investigation and Dynamic Analysis of the Coastline from Qinzhou Port to Sanniang Bay Using Multi-source Remote Sensing Technology

Sheng Zhang^{1,2} Yinke Wei¹ Weijun He¹ Wei Luo¹

1 Guangxi Remote Sensing Center 2 China University of Geosciences (Wuhan)

[Abstract] This research undertakes a thorough and in-depth comprehensive investigation and dynamic analysis of the coastal area stretching from Qinzhou Port to Sanniang Bay by leveraging multi-source remote sensing technology. Through the seamless integration of diverse data sources, including optical remote sensing and radar remote sensing, the ground feature information of the coastal zone is precisely captured. This enables a comprehensive surveillance of various aspects of the region, such as topography, land utilization, and ecological environment. Moreover, by delving into long-time series data, the underlying dynamic change patterns are comprehensively explored. The research findings offer robust data support and invaluable decision-making references for the scientific planning, rational resource management, and effective ecological conservation of the coastline from Qinzhou Port to Sanniang Bay.

[Key words] multi-source remote sensing technology; Qinzhou Port; Sanniang Bay; coastal zone; comprehensive investigation; dynamic analysis

引言

钦州港至三娘湾海岸带地处北部湾经济区的核心位置,其得天独厚的地理位置,孕育了丰富的自然资源与独具特色的生态环境,在区域经济发展与生态保护的格局中占据着举足轻重的地位。随着沿海地区经济的迅猛发展,人类活动对海岸带的影响愈发显著。诸如港口建设不断扩张、围填海工程大规模开展、渔业养殖无序蔓延等活动,致使海岸带生态系统面临一系列严峻挑战,其中包括海岸线的快速变迁、土地利用方式的剧烈改变以及生态环境的逐渐退化等问题。

准确掌握海岸带的现实状况与动态变化态势,对于制定科学合理、切实可行的管理策略而言,具有至关重要的意义。多源遥感技术凭借其能够大面积覆盖、快速获取数据以及周期性重复观测等显著优势,为海岸带综合调查与动态分析提供了行之有效的技术手段。通过融合不同类型的遥感数据,可以获得更为

全面、精准的海岸带信息,有效弥补单一数据源存在的局限性,进而深入透彻地揭示海岸带的变化规律^[1]。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

工作区范围包括广西钦州市钦州港至三娘湾一带海岸及南部浅海,陆域自海岸线向陆侧延伸约10km,南至三娘湾南约87km,总面积约3220km²。该区域涵盖了丰富多样的海岸地貌类型,其中有砂质海岸的细腻沙滩、淤泥质海岸的平缓滩涂以及基岩海岸的坚硬礁石,同时还分布着红树林、海草床等在生态系统中发挥关键作用的重要生态系统。钦州港作为重要的港口物流枢纽,承担着区域经济发展的重要运输任务;三娘湾作为著名的旅游胜地,吸引着大量游客前来观光游览。频繁的人类活动,对海岸带生态环境产生了极为显著的影响。如图2-1



图 2-1 工作区位置图

1.2 数据来源

Landsat 系列卫星影像, 例如 Landsat 8 的多光谱波段分辨率可达 30 米, 并且拥有较长的时间序列, 能够获取不同时期海岸带的清晰影像, 便于进行长时间的动态监测。同时选用了 Sentinel-1 雷达卫星数据, 能够有效获取海岸带的地形地貌信息。尤其在监测海岸线变化和海洋动力环境方面, 展现出独特的优势, 能够获取其他数据源难以获取的信息。研究区域的地形图、地质图、土地利用现状图等基础地理数据, 这些数据为遥感影像的解译提供了重要的地理背景信息。同时, 还收集了气象、水文等相关数据, 用于对遥感数据的解译与分析提供全面的辅助支持, 帮助更好地理解海岸带的自然环境特征^[2]。

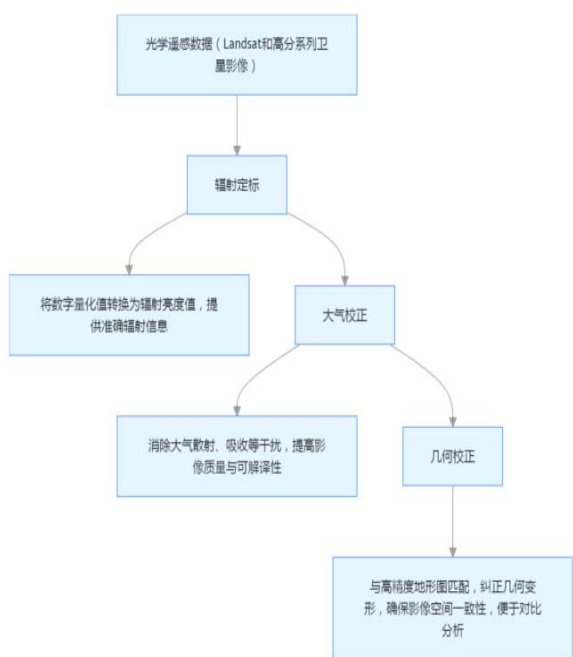
2 多源遥感数据处理与分析方法

2.1 数据预处理

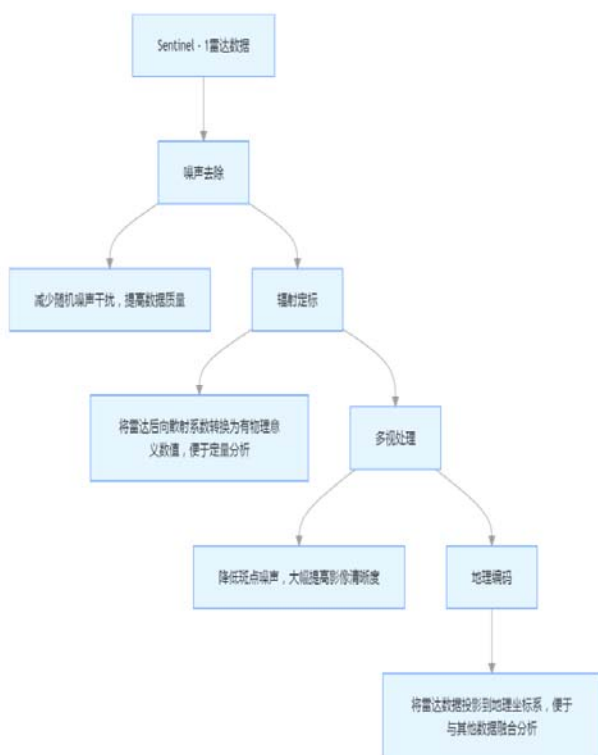
Landsat 和高分系列卫星影像依次进行辐射定标、大气校正

和几何校正等处理。辐射定标是将传感器记录的数字量化值精确转换为具有物理意义的辐射亮度值, 为后续的分析提供准确的辐射信息; 大气校正旨在消除大气对遥感影像的干扰, 如散射、吸收等, 从而显著提高影像的质量和可解译性; 几何校正则是通过与高精度地形图进行严格匹配, 纠正影像在获取过程中产生的几何变形, 确保不同时期影像在空间上的一致性, 便于进行对比分析。如图 3-1

Sentinel-1 雷达数据, 进行噪声去除、辐射定标、多视处理和地理编码等一系列操作。噪声去除能够有效减少数据中的随机噪声干扰, 提高数据的质量; 辐射定标将雷达后向散射系数转换为具有物理意义的数值, 便于后续的定量分析; 多视处理通过降低数据的斑点噪声, 大幅提高影像的清晰度; 地理编码则是将雷达数据投影到地理坐标系中, 使其与其他数据在统一的地理框架下, 便于进行融合分析。



如图3-1 Landsat和高分系列卫星影像处理流程图



如图3-2 Sentinel-1处理流程图

2.2信息提取方法

利用精心选取的训练样本对光学遥感影像进行监督分类, 将海岸带地物细致分为建设用地、耕地、林地、水体、湿地、裸

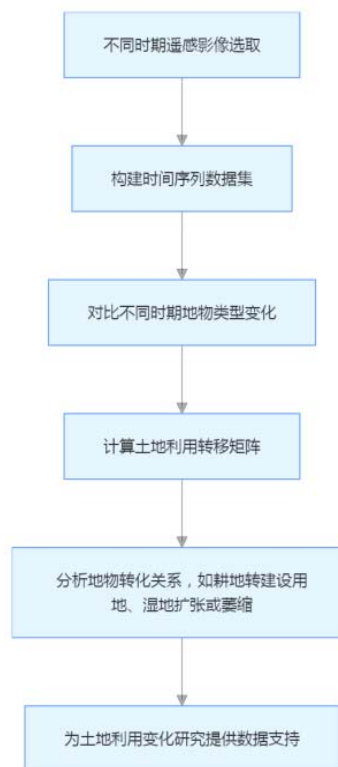
地等不同类型。通过选取具有广泛代表性的训练样本, 运用成熟的 最大似然分类等算法, 实现对影像中各类地物的自动、准确识别与分类, 提高分类的效率和准确性。

针对高分影像的高分辨率特点, 采用面向对象的分类方法。该方法首先将影像分割成不同的对象, 然后综合考虑对象的光谱、纹理、形状等多方面特征进行分类, 能够有效克服传统分类方法在处理高分影像时的局限性, 显著提高地物分类的精度, 尤其适用于对复杂地物的识别, 如准确区分不同类型的植被和建筑物等。

根据雷达影像的后向散射特性, 并紧密结合实地调查数据, 对海岸线、海流、海浪等海洋动力要素进行专业解译。例如, 利用雷达影像上不同地物的后向散射差异, 能够准确提取海岸线位置; 通过深入分析雷达影像的纹理特征, 可有效识别海流和海浪的分布情况, 为海洋动力环境研究提供重要依据^[3]。

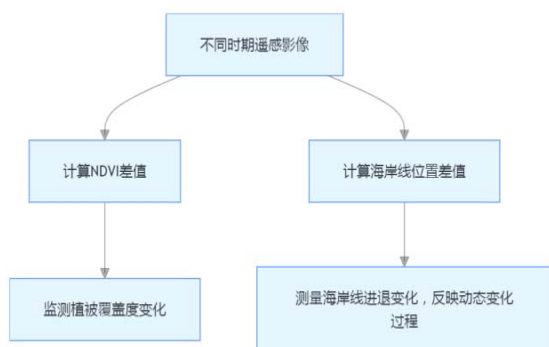
2.3动态变化分析方法

选取不同时期的遥感影像, 构建系统的时间序列数据集。通过深入对比分析不同时期地物类型的变化情况, 精确计算土地利用转移矩阵, 从定量的角度深入分析各类地物之间的转化关系, 如清晰呈现耕地向建设用地的转化过程、湿地的扩张或萎缩趋势等, 为土地利用变化研究提供详实的数据支持。如图3-3



如图3-3不同数据分析方法

对不同时期的遥感影像进行差值运算,如计算归一化植被指数 (NDVI) 的差值,以此精准监测植被覆盖度的变化情况;通过计算海岸线位置的差值,能够精确测量海岸线的进退变化,直观反映海岸线的动态变化过程。如图3-4



如图3-4影像数据分析方法

运用线性回归等科学方法,对时间序列数据进行趋势分析,预测海岸带地物变化的趋势,如准确预测未来几年海岸线的变化方向和速度、土地利用类型的演变趋势等,为海岸带的科学规划和管理提供前瞻性的参考依据。

3 钦州港至三娘湾海岸带综合调查结果

3.1 基础地质成果

此次基础地质遥感解译遵循“由已知到未知、从点到面、点面结合”的解译原则,在收集工作区相关区域地质资料的基础上,结合遥感影像特征建立各时代地层解译标志。各段、组地层界线主要以原有1:5万及1:20万地质图的地质界线为主,根据岩石地层标志、构造标志、地貌标志、水系标志,结合1:5万地质图资料,共解译出线性构造24条,实测及推断断裂(层)4条,共解译线性体28条。其中24条线性构造中,NE向12条,NEE向9条,NWW向2条,NW向1条^[4-8]。

3.2 海岸线成果

(1) 海岸线类型。根据遥感卫星影像解译成果调查得出,2017工作区海岸线总长度约为291.49公里。根据成因可分为自然岸线和人工岸线,其中自然岸线根据岸线形态又可细分为基岩岸线、沙质岸线、沙泥质岸线、生物岸线和其它岸线等,具体岸线长度及分布如下表如表4-1。

(2) 海岸线形态。工作区海岸线形态多样,海域开阔处有似港湾状的不规则弧状,海域狭窄处和江河交汇处有呈近似“几”字形,也有两侧由于围填海形成的贪吃蛇状。根据调查统计结果,工作区整个岸线总长度约291.50Km,其中自然岸线共有263处,长度约为109.32Km,占岸线总长度的37.5%。人工岸线共有231处,长度约为182.18Km,占岸线总长度的62.5%。人工岸线的建设对海上交通运输、船舶工业、渔业、围塘养殖业、城镇建筑、防潮抗浪等生产生活活动具有积极的影响。但是对海岸线自然生态环境来说,在一定程度上改变了沿岸海水的动力系统,左右

海水的冲蚀形态,对沿岸的滩涂和自然淤积等生态环境造成影响。经年累月,自然岸线也许会变成人工岸线,人工岸线由于泥沙淤积,生物繁殖等也许会变成自然岸线,这种相互作用、相互影响的关系在某种程度上影响了海洋和陆地的自然生态循环系统^[9]。

3.3 滩涂遥感调查成果

此次遥感调查共解译滩涂有185处,面积约1014.52公顷,主要分布在工作区中部的马口岭一带至大坑、大灶江沙咀头一带、乌雷一带、三娘湾东部至苏屋村一带等。其中,沙泥质滩涂和红树林滩涂面积比较大,分布比较广,范围覆盖整个工作区沿海一带,其次为沙质滩涂、岩滩及丛草滩,分布较分散,呈小片出露。

岩滩主要分布大环南部、三墩、乌雷炮台一带等,分布有8处,共计约12.88公顷,基本以褐红色岩石为主,海水漫过之处几乎附着有贝类等生物,亦可见螃蟹等生物栖息其中,沿岸许多居民整日在岩滩上撬开贝类,拿其中的肉去集市上卖。岩滩附近一般分布沙质滩涂,两者在分布上有一定关系。

沙质滩涂呈狭长状,主要分布在月亮湾、乌雷、三娘湾一带等,面积约28.03公顷,沙质以黄白色为主,沙粒较细,人迹罕至的地方沙质较纯净。但也存在一些生态污染问题,比如由于海水冲刷上来的海洋垃圾或是游客游玩时扔下的垃圾,因此需要增强环保意识。

沙泥质滩涂主要分布于马口岭至大坑、大灶江一带、乌雷炮台、乌雷村等一带,面积约488.37公顷。沙泥质滩涂分布面积较大,向海延伸较远,可利用面积和资源较多,许多当地居民在滩涂上采挖螺、贝类、螃蟹等海产。

红树林滩涂主要分布在鸡笼江一带、望鸭江和金鼓江两侧、鹿耳环江入海两岸、大灶江入海口、苏屋村沿海一带等,面积约461.55公顷,分布范围较广,底下为淤泥、沙泥质滩涂,因红树林覆盖较茂密,底下滩涂较难看到。因红树林根系较发达,可清晰听见由于底下冒出气泡逸出发出的声响^[10]。

丛草滩分布范围较小,在鸡墩头港口一带有分布,面积约23.69公顷,丛草滩植被较低矮,分布较稀疏,长期处于潮湿地带而滋生丛草,而得生长繁衍。

3.4 海岸类型遥感调查成果

(1) 基岩海岸。主要分布于大坑西南、大环南、乌雷东南等,海岸分布成片礁石,长期遭受海水冲刷,形成海蚀平台地貌。部分礁石可看出其产状,如乌雷东南3Km处一礁石滩产状 45° $\angle 44^{\circ}$,薄中层状,礁石中充填有石英细脉,局部可见有火山岩充填,气孔密布,呈不规则块状。

(2) 沙质海岸。主要分布于犀牛脚镇西部、乌雷村西南及三娘湾沿岸等地,由于潮水进退冲刷影响,整个岸线表现的比较规则和平直,整体呈长条状,沙粒细腻。

(3) 沙泥质海岸。主要分布于大榄坪南、马口岭、大坑南部、鹿耳环江东部、大灶江沙咀头北、红路框-苏屋村一带等。海岸面积较宽泛,整体从陆地向海平缓倾斜,质地泥泞含沙。不少沿

表 4-1 工作区海岸线类型分布图

海岸线类型		岸线长度 (km)	占总长度 (%)	岸线分布情况
自然岸线	基岩岸线	3.96	1.36	主要分布于大坑西南角沿岸、大环南部一带、乌雷东南沿岸一带等。
	沙质岸线	8.53	2.93	主要分布于犀牛脚镇西部沿岸、乌雷村西南沿岸、三娘湾沿岸一带等。
	沙泥质岸线	22.64	7.77	主要分布于大榄坪南靠近港口一带、马口岭一带、大坑南部、鹿耳环江东部旧场、大灶江沙咀头北、红路框-苏屋村一带等。
	生物岸线	48.8	16.74	主要分布于鸡笼江两岸、望鸭江两岸、金鼓江西北枝和东北枝两岸、金鼓南部一带、大坑-鹿耳环一带沿岸、水榕冲西南沿岸一带、平山西南沿岸、大环东北沿岸、红路框东沿岸、挖银坑东沿岸、九河西段及中段两侧等。
	其它岸线	25.38	8.71	主要分布于鸡笼江北段和大茅墩一带、望鸭江北段、中段以及和金鼓江交汇处的尖角地带、金鼓江西北枝坪上沿江一带、金鼓江东北枝北段、金鼓江东北和西北枝交汇夹角处、大榄坪沿岸、大坑西部、鹿耳环江两侧沿岸、大三环北、大环北部沿岸、斯罗港一带、三娘湾东、九河两侧沿岸等。
人工岸线		182.18	62.5	主要分布于港口、码头岸线、沿岸围垦养殖及人工堤坝等。
岸线总长		291.5	100	

海居民在沙泥质滩涂上进行渔业养殖活动,部分地方可见有红树林滩涂和丛草滩涂相间分布。

(4)生物海岸。主要分布于沿江两岸、金鼓、大坑-鹿耳环一带、大环东北、红路框东、挖银坑东、九河两侧等,植物类型主要为红树林,由于上部的红树林分布较茂密,底部的泥沙淤泥不易看见,经过其附近可听见有气泡发出嗒嗒嗒的声响,疑似由于红树林根部呼吸产生气泡向上冒出所致,可见红树林等生物岸线的滩涂对海水调节和平衡作用。

(5)其它海岸。主要分布于鸡笼江北、金鼓江沿岸、大榄坪、大坑西、鹿耳环江两侧、大三环北、三娘湾一带、九河两侧沿岸等大部,主要为自然地貌延伸入海部分,内陆一侧主要为丘陵、丘包等植被覆盖茂密的自然地形。

3.5 土地利用现状

基于高精度的遥感影像分类结果,详细且深入地分析了钦州港至三娘湾海岸带的土地利用现状,土地利用遥感解译的类型和条目较多,解译工作区面积约561.34平方千米,共涉及城镇建设用、河流水域及水利设施、交通、滑坡隐患点、林地、草地、坡耕地、旱地、园地、其它土地、水田、湿地等。其中,解译交通为主要交通干线及铁路干线,滑坡隐患点为点图斑如表4-2。具体解译数目及面积如下表所示^[11-13]。

3.6 生态环境状况

海岸带的植被覆盖情况进行了遥感全面监测。结果显示,林地和湿地的植被覆盖度较高,NDVI值大多在0.6以上,表明植被生长状况良好,生态系统较为稳定;而耕地的植被覆盖度则随季节变化明显,在农作物生长旺盛期,NDVI值可达0.5-0.7,在收获期则有所降低,反映了季节性特点。红树林作为海岸带重要的生态植被,其分布范围和生长状况对生态环境具有重要影响。通过高分辨率遥感影像解译,准确获取了红树林的分布边界和面积,发现近年来部分区域的红树林受到人类活动的干扰,出现了面积减少和退化的现象,这对海岸带生态系统的稳定性构成了潜在威胁。海岸带水体的叶绿素a含量、悬浮泥沙浓度等水质参数进行了精确反演。结果表明,钦州港附近海域由于港口运输和工业活动的影响,水体中悬浮泥沙浓度和污染物含量相对较高,水质状况较差,对海洋生物的生存和繁衍产生了不利影响;而三娘湾地区海域水质相对较好,叶绿素a含量和悬浮泥沙浓度较低,适宜海洋生物的生存和繁衍,是海洋生态保护的重点区域^[14-15]。

4 钦州港至三娘湾海岸带动态变化分析

4.1 海岸线变迁

通过对不同时期遥感影像的细致对比分析,精确监测了钦

州港至三娘湾海岸带的海岸线变迁情况。结果显示,在过去10年间,钦州港区域由于大规模的围填海工程,海岸线向海洋方向推进明显,这一变化对港口的发展和海洋生态环境产生了深远影响;而三娘湾地区海岸线相对稳定,但在部分区域由于海浪侵蚀和人类活动的影响,也出现了局部的进退变化。进一步分析发现,海岸线变迁与港口建设、渔业养殖、海岸防护工程等人类活动密切相关,同时也受到海平面上升、海洋动力作用等自然因素的影响,是多种因素共同作用的结果。

4-2 土地利用解译图斑统计表

土地利用图斑类型	解译数目(处)	面积(公顷)	备注
城镇建设用地	1836	7389.03	
河流域及水利设施	313	12391.85	
交通	21		长度362km
地质灾害隐患点	9		
林地	2291	12203.58	
草地	2168	3320.33	
坡耕地	771	201.52	
旱地	752	2331.88	
园地	227	58.45	
其它土地	297处	72.77公顷	
水田	139处	2238.81公顷	
湿地	5处	17.26公顷	

4.2 土地利用变化

基于时间序列的土地利用分类结果,深入分析了钦州港至三娘湾海岸带土地利用的动态变化情况。结果表明,建设用地面积呈持续增长趋势,主要是由于钦州港的不断扩建和工业园区的快速发展,导致大量耕地和湿地被占用,这一变化对区域的生态平衡和农业生产产生了一定的冲击;耕地面积则呈下降趋势,部分耕地被转化为建设用地或用于其他农业产业结构调整,反映了农业发展模式的转变;湿地面积总体上也有所减少,除了被建设用地侵占外,还受到养殖活动和环境污染的影响,湿地生态系统的功能受到了一定程度的削弱。而林地面积在一些区域通过植树造林等生态修复措施有所增加,但在部分沿海地区由于

开发建设仍存在一定程度的减少,林地保护与开发的矛盾依然存在。

4.3 生态环境变化

对比不同时期的NDVI数据,发现钦州港至三娘湾海岸带的植被覆盖度总体上呈下降趋势。其中,红树林和湿地植被的减少较为明显,主要原因是围填海工程破坏了其栖息地,以及环境污染导致植被生长受到抑制,这对海岸带生态系统的生物多样性和生态功能产生了不利影响;而林地植被覆盖度的下降主要集中在沿海开发区域,人类活动的干扰对植被的生长和更新造成了阻碍,影响了森林生态系统的稳定性。

水体质量变化:通过对不同时期水质参数反演结果的分析,发现钦州港附近海域水体质量呈恶化趋势,叶绿素a含量和悬浮泥沙浓度逐渐升高,反映出海洋生态环境面临一定压力,需要加强对港口和工业活动的环境监管;三娘湾地区海域水质虽然相对稳定,但也受到周边人类活动的潜在影响,如旅游开发带来的生活污水排放等,需要加强监测和保护,以维护良好的海洋生态环境^[16-18]。

5 结论

本研究运用多源遥感技术,对钦州港至三娘湾海岸带进行了全面、系统的综合调查与动态分析,取得了以下主要研究成果:精准获取了钦州港至三娘湾海岸带的地形地貌、土地利用和生态环境等现状信息,为区域资源管理和生态保护提供了坚实的基础数据,为后续的科学决策提供了有力支撑。清晰揭示了该区域海岸线变迁、土地利用变化和生态环境变化的动态过程,明确了人类活动和自然因素对海岸带变化的影响机制,为深入理解海岸带的演变规律提供了重要依据。通过时间序列分析和趋势预测,对海岸带未来的变化趋势进行了初步预测,为科学规划和决策提供了具有前瞻性的参考依据,有助于制定合理的发展策略。

【项目来源】

广西地质矿产勘查开发局在部门前期预算工作项目中向广西海洋地质调查研究院部署了“北部湾海岸带综合地质调查(钦州港至三娘湾块段)”遥感专题。

【参考文献】

- [1]杨齐青,孙晓明,杜东,等.中国海岸带环境地质编图研究[J].地质调查与研究,2012,35(4):288-292.
- [2]孙晓明,张开军,杨齐青,等.中国海岸带环境地质图简介[J].中国地质调查,2015,2(5):52-55.
- [3]罗银花,金秀英,杨程博.大连市海岸带地质环境问题与保护建议[J].辽宁自然资源,2023(12):51-52.
- [4]邓晓玫,宋书巧.广西海岸带研究现状及展望[J].海洋开发与管理,2011,28(07):32-35.
- [5]陈梦熊.海岸带城市地质环境特征与主要地质环境问题[C]/2004年海岸带地质环境与城市发展研讨会论文集.2004:8-14.
- [6]文冬光,吴登定,张二勇.中国海岸带主要环境地质问题

[C]//2004年海岸带地质环境与城市发展研讨会论文集.2004:29-35.

[7]何起祥,刘守全,周永青,等.中国海岸带的地质特征与综合治理[C]//2004年海岸带地质环境与城市发展研讨会论文集.2004:36-42.

[8]许家康.《广西年鉴》二十年[J].年鉴信息与研究,2005,(3):61-63,3.

[9]王宇扬,计方,鹿绍庆.基于多物理场的海洋智能无人装备探测研究现状[J].水下无人系统学报,2024,32(6):1131-1140.

[10]穆博,郎姝燕,卫然,等.中法海洋卫星微波散射计风场产品精度评价[J].海洋气象学报,2024,44(04):22-29.

[11]穆博,郎姝燕,卫然,等.中法海洋卫星微波散射计真实性检验技术体系构建[J].海洋气象学报,2024,44(04):38-45.

[12]朱华玺,禚锟,周玲玲,等.海洋硅藻的固碳效应及人工增汇前景[J/OL].高校地质学报,1-11[2025-02-19].

[13]刘阳,田浩,李春霖,等.卫星遥感在海洋渔业的应用与展望[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2024,54(10):90-103.

[14]王臣,李晓明,李慧敏,等.哨兵一号全球海量波模式SAR数据的智能应用与科学挑战[J].海洋与湖沼,2025,56(1):25-41.

[15]李连营,任福,杨敏,等.地理信息科学专业学生的海洋素养[J].测绘通报,2024,(07):168-172.

[16]赵佳宝.基于水下滑翔机的海洋三维声速场重构技术研究[D].杭州电子科技大学,2024.

[17]赵菲,马芳,杨宁,等.高通量卫星通信网络海洋环境监测应用研究[J].卫星应用,2023,(12):13-19.

[18]舒旭峰.海洋极端环境重现值的预测研究[D].江苏科技大学,2023.

作者简介:

张生(1988-),男,汉族,甘肃甘谷人,在读研究生,研究方向:资源遥感,环境遥感和旅游地质调查等工作。