

王彦希,屈建军,沈城,等.雷州半岛灯楼角砂质海岸的侵蚀及防治[J].中国沙漠,2025,45(1):10-19.

雷州半岛灯楼角砂质海岸的侵蚀及防治

王彦希¹, 屈建军^{1,2}, 沈城³, 钟帅⁴, 李君⁵

(1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广东 广州 511458; 3. 广东湛江红树林国家级自然保护区管理局, 广东 湛江 524100; 4. 海南师范大学 地理与环境科学学院, 海南 海口 571158; 5. 苏州中科天启遥感科技有限公司, 江苏 苏州 215010)

摘要: 珊瑚礁海岸是中国常见海岸类型,近年来海岸侵蚀导致珊瑚礁生长环境遭到严重破坏。灯楼角海岸的侵蚀日益严重,大量搬运自海岸的沙泥质片状堆积在岛礁床面,影响珊瑚礁的栖息和生长环境。运用遥感影像数据,结合 ArcGIS 分析方法,对 2010—2020 年灯楼角海岸线的侵蚀程度进行解译和评估,对侵蚀原因进行简要分析,提出了相应的防护措施。结果表明:(1)灯楼角海岸线侵蚀面积呈现增长趋势且在 2019—2020 年达到最大,其中断面 II 侵蚀面积 10 年来一直处于较大值;在 2015—2017 年断面 II 侵蚀后退距离最为严重,10 年间灯楼角海岸线侵蚀明显且速度加快。(2)砂质海岸是海岸侵蚀的物质基础,气候因素与海平面上升为根本因素,珊瑚礁死亡、风暴天气与人类活动加剧了海岸侵蚀速率。对此提出相应的防护措施,同时也为砂质珊瑚礁海岸侵蚀防治提供参考。

关键词: 砂质海岸线; 珊瑚礁; 遥感解译; 侵蚀变化; 防浪固沙障

文章编号: 1000-694X(2025)01-010-10

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2024.00076

中图分类号: S157.2

文献标志码: A

0 引言

海岸为紧邻海洋边缘的陆地,是海洋与陆地相互接触和作用的过渡区域^[1],海岸带环境的演化直接影响人类的生存环境及生态的可持续性^[2]。主要由砂和砾石组成的岸线叫作砂质岸线,砂质岸线的砂砾更容易被海浪冲蚀,造成海岸侵蚀。热带海洋中浅水造礁石珊瑚虫体和其他附礁生物的遗骸经过胶结作用形成珊瑚礁^[3],珊瑚岛礁对海岸的生态稳定有益,是中国重要的海上国土资源^[4]。相邻海岸和珊瑚礁相互依存,共同组成珊瑚礁海岸。一方面,珊瑚礁能够有效消耗波浪冲击海岸的能量,从而降低海岸侵蚀的程度;另一方面,海岸侵蚀造成泥沙堆积在岛礁床面,使珊瑚栖息孔被堵塞,甚至活埋珊瑚^[5],珊瑚礁死亡也加速了海岸的侵蚀。近年来,全球气候变化和海岸带人类开发活动导致珊瑚礁海岸遭受严重侵蚀^[6],海岸侵蚀不仅对周围建筑物安全造成威胁,对珊瑚的生长环境也造成了巨大的危害,造成的海洋污染、生活环

境质量退化等问题导致珊瑚群落的衰退,进而加速了海岸侵蚀和岛礁的萎缩^[7]。20 世纪 50 年代以来,中国约 80% 的珊瑚礁受到破坏^[8],西沙和南沙群岛的珊瑚覆盖率下降了 40%^[9],珊瑚礁退化现象愈发严重。

20 世纪 70 年代以来,美国、澳大利亚等发达国家开始对海岸侵蚀展开研究。Ruz 等^[10]对 Wissant Bay 海岸进行长达一年的监测,重点对风沙运输测量及地形调查进行监测,发现每年该海岸大约有 23% 的时间处在侵蚀状态,且与季风将泥沙搬运堆积有关;Thomalla 等^[11]对英国 Sea Palling 区域岸线侵蚀沉积的模式进行研究,并利用 GIS 分析防波堤对海岸侵蚀的影响;Banna 等^[12]通过分析 1986—2001 年的 TM 和 ETM 真彩色 Landsat 影像,确定了北西奈海岸海岸线 15 年间的变化,测定了这一区域岸线侵蚀速率和沉积物特征。中国对于砂质海岸侵蚀的问题研究较晚,大都处于定性描述阶段^[5],提出针对海岸侵蚀的防护体系包括构建海堤、离岸堤^[13]、生物护滩措施^[14]等。王艳红等^[15]利用卫星遥

收稿日期:2024-04-17; 改回日期:2024-06-04

资助项目:南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0601)

作者简介:王彦希(2001—),女,山西太原人,硕士研究生,主要从事海岸侵蚀方面的研究。E-mail: 1365753536@qq.com

通信作者:屈建军(E-mail: qujianj@lzb.ac.cn)

感影像资料、固定断面测量资料分析了三亚湾东段的侵蚀特征和成因,并据此设计海滩养护方案,减少泥沙流失量。李团结等^[16]通过不同年份的遥感影像对雷州半岛侵蚀程度进行分析,发现2010年共有10段岸段发生海岸侵蚀,侵蚀岸段总长度为281 km,占据整个雷州半岛岸线的21.95%,侵蚀率达到43.35%。陈柳云等^[17]基于海洋生态系统的海洋管理,总结了徐闻珊瑚礁面临的问题、原因及珊瑚礁保护的改进措施。近些年还有较多研究针对海岸侵蚀的原因、评价、监测、水动力分析等。灯楼角海岸为典型的珊瑚礁砂质海岸,对研究砂质海岸的防护有很大意义。近海中的珊瑚礁对海岸的侵蚀具有明显保护作用,珊瑚礁的退化加速了海岸的

侵蚀。对灯楼角砂质岸线的防护,不仅在于减缓海岸侵蚀,而且保护珊瑚礁生态环境,维护海洋生态系统的可持续发展。对此,经过2020—2023年对灯楼角海岸先后3次实地考察,发现受海岸侵蚀影响,低潮时,灯楼角区域岛礁床面存留大量的沙泥质片状堆积(图1),直接影响珊瑚的健康生长,岸线上也发现大量珊瑚礁白化后的碎片。对灯楼角海岸的治理问题迫在眉睫。关于海岸的防护体系建立已有较多方法,但对珊瑚礁砂质岸线的治理还较少。对此,本文对灯楼角海岸近10年的侵蚀状况进行比较分析并提出防治建议,以期缓解灯楼角砂质海岸的侵蚀,为珊瑚礁生长创造更加有利的条件。



图1 珊瑚礁床面沙泥质片状堆积

Fig.1 Coral reef bed sand and mud sheet accumulation

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

灯楼角位于广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区,处于徐闻县西岸雷州半岛西南端(20°08′—20°21′N、109°50′—110°06′E),是中国大陆的最南端,面积约为300 km²^[18],也是中国大陆唯一大面积珊瑚岸礁的生长地^[19](图2)。灯楼角岬角三面环海,地势自北向东、南、西方向倾斜,大部分为海拔较低的沿海平原,地质条件大多为沙壤和沙质土,易在波浪的作用下发生侵蚀。灯楼角海岸与潮间带地质为沙滩和岸礁,分布有珊瑚礁,但由于人为长期破坏,如利用珊瑚礁建造房屋,毁掉大量在2 m水深内还在生长的珊瑚礁以养殖珍珠^[20],导致珊瑚礁不断退化。王丽荣等^[21]对灯楼角西岸放坡的珊瑚礁进行实地考察,发现2000—2004年珊瑚礁覆盖率达

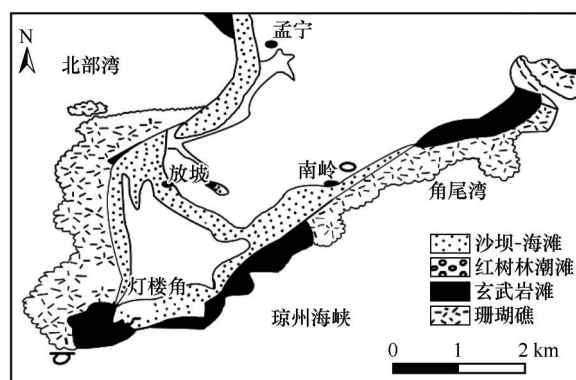


图2 灯楼角区位示意图

Fig.2 Dengloujiao location map

30%~40%逐年下降到10%。

1.2 数据来源及处理

遥感具有时间序列长、可重复观测的优点。高分辨率遥感影像更具有较高分辨率及定位精度,对

不同时相的遥感影像叠加分析能够有效地研究动态变化。选取符合需要的卫星影像数据共6期(2010—2020年),来自遥感卫星 QuickBird、Pleiades 及高分二号卫星(表1)。影像间隔时间取决于影像获取的时间频率,而3种卫星影像虽然具有不同的空间分辨率,但地物实际距离面积相同,横向可比性较好。为了准确对比10年来灯楼角地区海岸线动态变化过程,首先对影像进行初步处理,对不同时期影像进行校正,进行4波段遥感影像融合,提高识别能力。

表1 灯楼角高分辨率遥感卫星影像
Table 1 High resolution remote sensing satellite image of Denglougiao

年份	遥感卫星	空间分辨率/m	成像日期	云量/%
2010	QuickBird	0.5	2010-05-05	1
2013	Pleiades	0.5	2013-04-13	1
2015	GF-2	0.8	2015-02-27	0
2017	GF-2	0.8	2017-03-12	9
2019	GF-2	0.8	2019-04-25	0
2020	GF-2	0.8	2020-12-31	9

1.3 研究方法

研究领域内依据海岸线系统内沉积物的亏损状况或海岸线变化界定侵蚀与淤积^[22]。海岸侵蚀表现为海岸线的后退、低滩下蚀、沉积物粗化^[23]的情况,反之则为海岸淤积,海岸侵蚀淤积都会对人类及自然环境造成灾害。

对海岸的侵蚀变化分析需要对海岸线精确提取,因此本研究通过目视解译的方法对海岸线信息进行提取分析,将最高潮位线以上作为岸线的起算面,将影像上沙滩色调变亮处作为岸线的解译标志,提取灯楼角6个时期的岸线信息。

对相邻两期遥感影像的海岸线信息进行对比,并结合实地调查数据,观察海岸的变化类型是侵蚀或淤积。侵蚀范围的测量利用 ArcGIS 分析工具将相邻时段遥感影像的两条海岸线相交形成变化范围,建立与海岸线大致垂直的间隔10 m渔网后整体进行分析测量,但由于灯楼角区域海岸线蜿蜒曲折,渔网未能对每段海岸线精准垂直,具有一定的偏差。对每个时段灯楼角海岸所有后退的范围进行编辑提取,并利用 ArcGIS 工具进行几何计算和地理处理。最大侵蚀面积表现为每个时期在海岸线

后退的各区域中侵蚀面积最大的范围;最大侵蚀距离表现为在每个时期海岸线后退的距离中最大的变化距离。最后将侵蚀变化范围除以该时间跨度得到年均变化率,反映在该时期内岸滩平均每年变化的程度。

2 结果与分析

2.1 海岸线变化特征

对灯楼角海岸线进行解译后发现三面临海的岬角南端受到侵蚀危害较大,越往北侵蚀越不明显(图3)。分析遥感影像并结合实地调查,可以看出角尾乡中盐田占地面积较大,植被的覆盖面积较小,沙质土壤多。在海水与岸线中间的深色区域为珊瑚礁栖息地,主要分布在灯楼角西岸,这是由于西岸的海水透明度更好,气候条件更加适宜,珊瑚礁的种类也更加丰富。总体来看,10年间灯楼角区域土地利用方式变化不大,植被无明显增加,但岸线明显变细,岬角处侵蚀严重。

2.2 海岸侵蚀面积变化特征

将灯楼角区域分为4个断面进行研究,断面I位于灯楼角西岸,邻近北部湾,岩滩分布较多,且一直以来生长有大量珊瑚礁^[24],可一定程度减缓海滩侵蚀。断面II位于灯楼角岬角最南端,面向海域,波浪从各个方向涌来对海滩造成冲击,侵蚀危害极大;断面III、IV位于灯楼角东岸,邻近琼州海峡西北部,珊瑚礁覆盖率较低(图4)。

2019—2020年,灯楼角海岸线侵蚀最为严重,总侵蚀面积达到23 391 m²,其次为2015—2017年,侵蚀面积为9 293.82 m²。2015—2019年的年均侵蚀面积300~3 000 m²,但到了2020年,侵蚀面积急剧增加,平均后退速率达到11 695.5 m²。整体趋势显示,2017—2019年海岸侵蚀较小,之后1年中,侵蚀面积迅速扩大,后退速率显著增加(图5)。

在2010—2020年各个监测时段内,每个断面也有不同程度的侵蚀。2010—2019年,断面II显示出比其他断面更为严重的侵蚀情况;而在2019—2020年,断面I的侵蚀最为严重,面积达到了8 251 m²,其余断面的侵蚀面积也都有显著增加。总体来看,断面II和III的侵蚀程度总体上更为严重,尤其表现在断面II,由于地处最南端,面向海域,受到来自各个方向的海浪冲击,导致侵蚀现象更为严重(表2)。



图 3 各时期灯楼角遥感影像及岸线解译

Fig.3 Remote sensing images of Dengloujiao and interpretation of shoreline in different periods

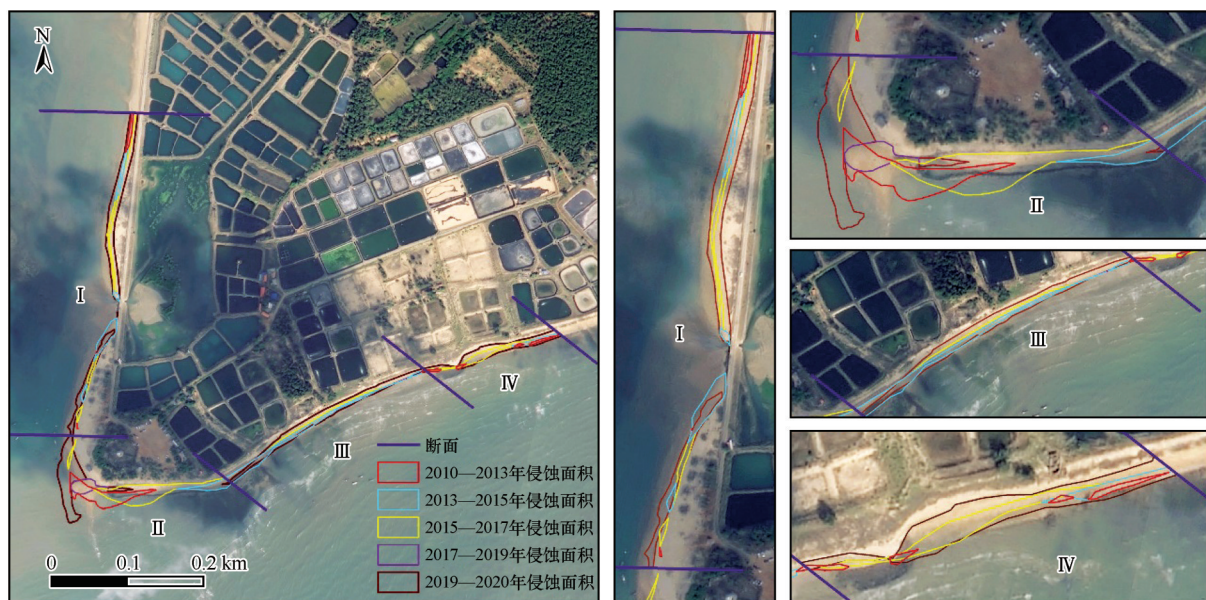


图 4 灯楼角海岸侵蚀面积变化

Fig.4 Erosion area change of Dengloujiao coast

2.3 海岸侵蚀距离变化特征

在 2010—2020 年各个监测时段内,灯楼角海岸

线的最大侵蚀距离在 2013—2015 年明显减小;从均值来看,2010—2015 年后退幅度在 5~15 m,到 2017 年,侵蚀速度加快,均值高达 30 m,到 2020 年速率有

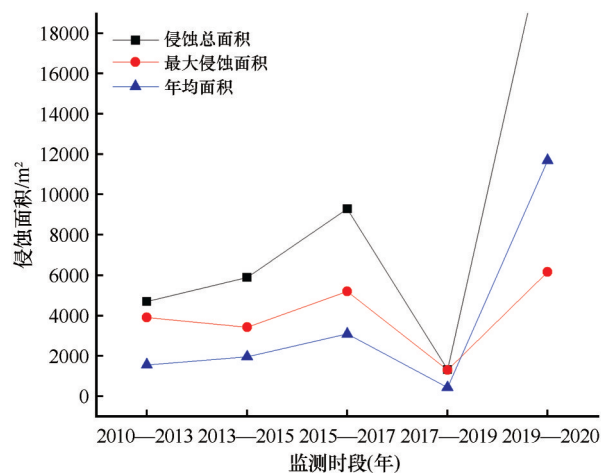


图5 灯楼角各监测时段海岸侵蚀面积变化

Fig.5 The erosion area changes in each monitoring period

表2 灯楼角各分区各监测时段侵蚀面积变化

Table 2 Changes of erosion area in each monitoring period

监测时段	断面	侵蚀(海岸线后退)面积/m ²			
		总侵蚀面积	最小面积	最大面积	年均面积
2010—2013年	I	348.86	0.02	332.93	116.29
	II	3 926.28	0	3 926.28	1 308.76
	III	16.92	0	16.92	5.64
	IV	420.74	45	177.52	140.25
2013—2015年	I	2 022.84	132.15	1 240.52	1 011.42
	II	979.81	0	979.81	489.91
	III	2557.96	105.38	2 452.58	1 278.98
	IV	343.32	0.01	331.47	171.66
2015—2017年	I	1 569.35	142.26	750.12	784.68
	II	5 385.74	181.18	5 204.55	2 692.87
	III	865.56	1	864.56	432.80
	IV	1 473.18	0	1 473.18	736.59
2017—2019年	I	0	0	0	0
	II	1 321.38	0	1 321.38	660.69
	III	9.54	0	9.54	4.77
	IV	1.23	0	1.23	0.62
2019—2020年	I	8 251	2 063	6 152	8 251
	II	5 102	41	4 768	5 102
	III	5 809	0	5 809	5 809
	IV	4 262	38	3 954	4 262

所降低,但侵蚀仍然较为严重(图6~7)。10年间侵蚀距离变化不稳定,与当年气候、恶劣天气等也有

较大关系。

对于不同断面的变化情况,从侵蚀距离最大值来看,除2013—2015年整个岸段的侵蚀距离较小外,其余年份断面II侵蚀距离都显著高于其他断面;根据均值来看,10年间断面II一直保持较大的侵蚀距离,尤其在2015—2017年(表3)。监测期内,断面II的侵蚀后退程度不仅在几个断面中最为严重,且近年来呈现出不断加剧的趋势。

2.4 海岸淤积变化特征

2014年,徐闻珊瑚礁曾遭受两次超强台风袭击,受到强烈侵蚀^[25]。因此,2015—2017年,淤积面积大幅度降低,总侵蚀面积达到9 976.16 m²。2017—2019年,淤积面积大幅度增加,总面积达到23 591.47 m²,而侵蚀面积较小,但断面II遭受侵蚀依然最为严重。2019—2020年,侵蚀最为严重。总体来看,监测期内,每个断面都有3 000~4 000 m²的侵蚀,总淤积面积为31 372.34 m²,总侵蚀面积达到44 666.71 m²,灯楼角海岸线整体处于侵蚀状态(表4、图8)。

3 影响因素及防治建议

3.1 影响因素

海岸侵蚀是海洋塑造过程中的基本环节,影响海岸侵蚀的因素较多,有自然和人为因素,在全球气候变化的影响下,影响因素更为错综复杂。经考察研究,认为灯楼角海岸侵蚀存在下列影响因素。

海岸侵蚀与砂质岸线相关。对灯楼角侵蚀严重的断面II邻近1.05 km的岸线进行分析,2010—2015年,该岸段为全砂质岸线,2017—2020年,由人工岸线与砂质岸线共同组成,人工岸线的占比在多数年份中维持在7%左右,其余都为砂质岸线。砂质海岸结构疏松,极易在外动力条件下迁移、搬运和沉积,为海岸侵蚀提供了物质基础^[16]。

海岸侵蚀与当地充足的沙源、季节性的干旱气候有关。据考察,海滩周围多见一些固定、半固定的风成沙丘,甚至还有少量的活动沙丘,且由于开采盐田,附近居民也在大量开采海沙,导致沙砾松散易被移动。徐闻县属北热带季风湿润气候区,阳光充足,热量丰富,多年平均气温23.6℃,年降水量

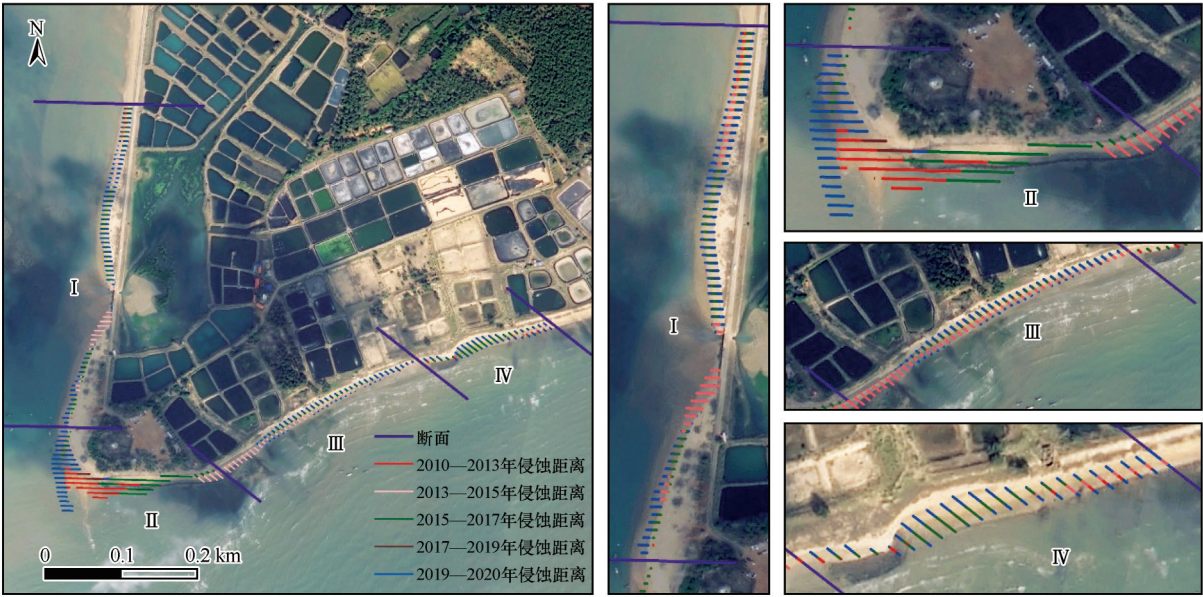


图6 灯楼角海岸侵蚀距离变化

Fig.6 Erosion distance change of Dengloujiao coast

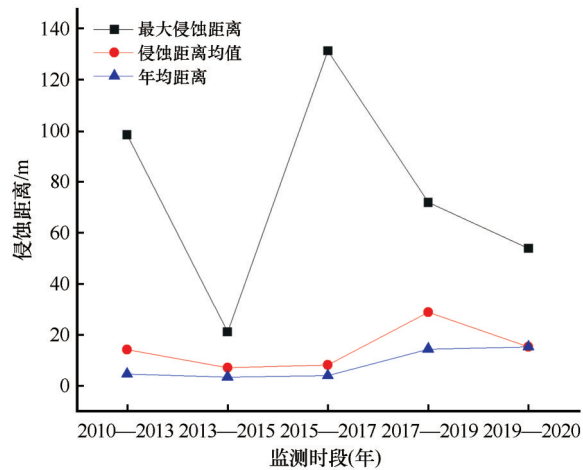


图7 灯楼角各监测时段侵蚀距离变化

Fig.7 Change of erosion distance in each monitoring period

1 400 mm 左右。徐闻县也是雷州半岛干旱最严重的地区^[26],干旱导致海岸带的沙化加剧。

珊瑚礁的死亡也加速了海岸的侵蚀。在灯楼角西南端此前发育有宽阔的礁坪能够抵御风浪冲击,然而随着人类活动加剧,至2010年,珊瑚大面积死亡,礁坪基本消失,浅水区已无珊瑚礁分布,岸边存在大量经风浪作用堆积的珊瑚白化死亡后的碎屑。此后海滩面积减小,岸线后退。2017年,张艳苹等^[27]在徐闻珊瑚礁保护区内海域设10个站点进行监测,发现5个站点的水质受到外来污染,珊瑚出现白化现象。

风暴作用加剧了海岸的破坏。雷州半岛临近琼州海峡,受热带气旋影响易发生台风、风暴潮等

表3 灯楼角各分区各监测时段侵蚀距离变化

Table 3 The erosion distance changes in each monitoring period in each district of Dengloujiao

监测时段	断面	侵蚀(海岸线后退)距离/m		
		最小	最大	均值
2010—2013年	I	1.55	4.94	3.74
	II	0.84	98.52	34.68
	III	0.00	4.69	4.69
	IV	0.92	6.26	3.77
2013—2015年	I	0.68	21.34	7.86
	II	14.61	20.34	17.87
	III	0.15	17.63	6.33
	IV	0.37	7.92	4.55
2015—2017年	I	0.33	6.77	3.38
	II	0.22	131.44	30.58
	III	0.09	4.36	3.23
	IV	0.03	17.48	7.82
2017—2019年	I	0.00	0.00	0.00
	II	30.31	72.01	48.09
	III	0.32	0.66	0.49
	IV	0.00	0.00	0.00
2019—2020年	I	3.00	18.00	12.97
	II	1.00	54.00	24.90
	III	6.00	20.00	13.67
	IV	3.00	28.00	18.91

表4 灯楼角各断面面积变化(单位: m^2)Table 4 The area of each section of Dengloujiao (unit: m^2)

断面	2010年	2013年	2015年	2017年	2019年	2020年
I	16 108	18 277	16 341	15 060	20 722	12 728
II	9 609	7 824	9 669	6 120	9 773	6 225
III	6 578	8 605	6 040	5 179	8 921	3 141
IV	5 212	5 825	5 819	4 281	6 904	2 636

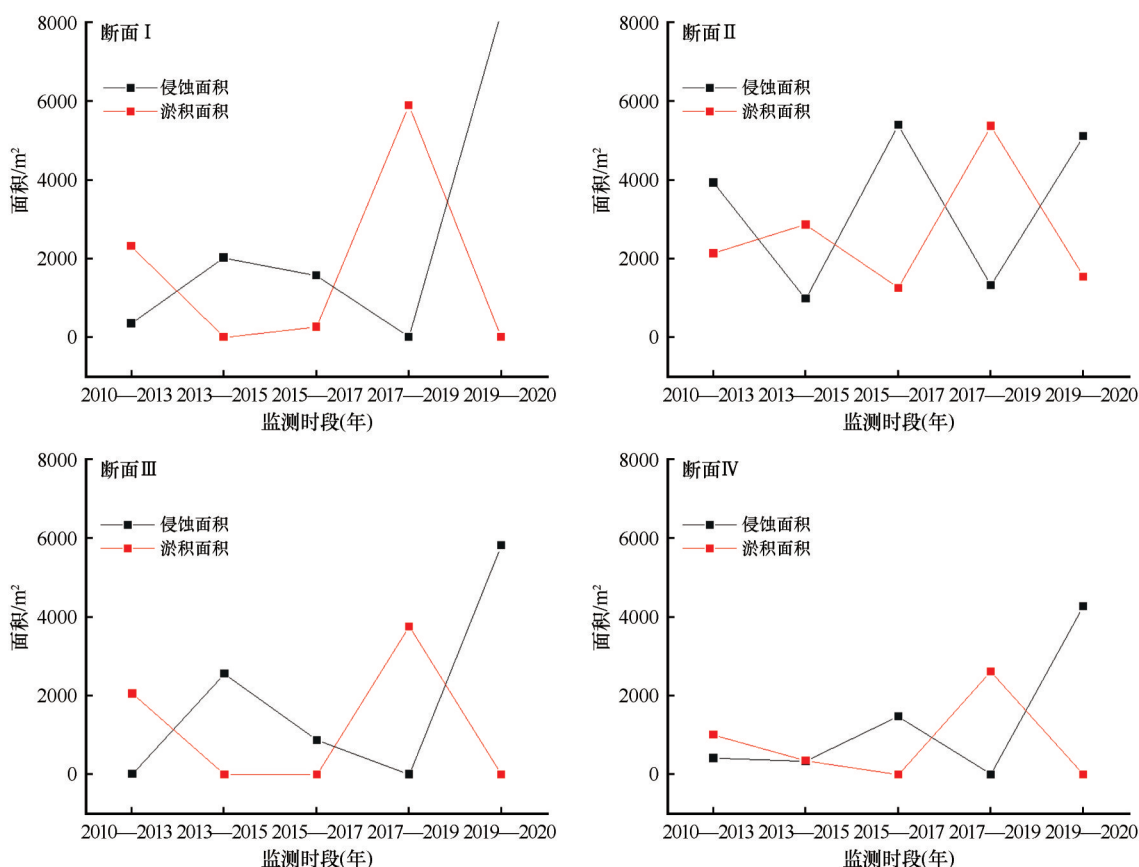


图8 灯楼角10年间海岸线淤积变化

Fig.8 the coastal sedimentation changes at Dengloujiao over the past decade

灾害天气。台风导致堤围溃决、海水养殖受损等海岸带灾害,加剧了海岸侵蚀。2017年强热带风暴级台风“卡努”在徐闻县沿海登陆,导致海水剧增,海面升高,失去珊瑚礁保护的海岸直接遭受风暴袭击被侵蚀。

海岸侵蚀与海平面的上升及人为因素有关。2022年中国海平面公报指出,气候变暖背景下,中国沿海海平面变化总体呈加速上升趋势。1993—2022年,上升平均速率为 $4.0 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$,南海海平面上升速率为 $3.6 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ [28]。海平面上升会使陆地和岸堤相对下沉,且水深增加1倍,波能将增加4倍,波能传播速度增加1.4倍,波浪作用强度增加到5.6

倍[29],水动力作用增强,侵蚀作用增强。所以海平面的上升也加剧了灯楼角侵蚀程度。经实地考察,人为开发海岸带对海岸侵蚀也造成很大影响,海岸上多有盐田生产基地,人工开挖养殖池、采砂等,且一些商业用地侵占红树林滩涂用地,导致裸露的海岸带直接受到冲蚀,造成极大的破坏。

3.2 防治建议

对珊瑚礁砂质岸线的防护管理,需要制定完善的政策体系。重要的是需要加强对海岸侵蚀现象的监测和评估,深入探讨海岸侵蚀的根本原因并采取相应的土地利用管理措施。珊瑚礁海岸最

大的优势在于珊瑚礁具有消浪耗能的作用,在风暴和浪潮等强烈水动力条件下有助于维持海滩平衡,将破坏程度和响应时间降低。所以对于珊瑚礁海岸的防护,不仅是对砂质海岸的保护,也要维护珊瑚礁的生存环境,保护珊瑚礁海洋生态系统,才能更有效地维护海岸线的生态安全和环境可持续发展。

本文从生态方面针对灯楼角海岸的特点和侵蚀程度,提出对砂质岸线的防沙固沙工程建议,防沙固沙不仅能够有效地减缓海岸侵蚀,也保护珊瑚礁的生存环境。对于侵蚀范围和速率较小的区域,可以采取常规必要的措施。如在断面I、III、IV处,可在岸上种植木麻黄等抗风抗盐碱植物进行固沙;保护并扩大在徐闻县内存活的红树林区域;减少岸上半固定沙丘的堆放。人类活动是海岸侵蚀的主要影响因素之一,公众对珊瑚礁海岸的生态价值缺乏了解,通过破坏资源实现短期的经济利益,所以同时也要加强对当地民众的宣传教育培训工作,传播和推广保护珊瑚礁海岸的思想。

对于侵蚀速率快且范围大的区域,如在断面II处,则可以考虑利用海洋工程技术来减轻海岸侵蚀的冲击。本文结合风沙活动规律及潮汐作用特点,提出自砂质海岸至最低潮位线以下四位一体的砂

质海岸线防治体系,利用“防浪固沙障”技术进行防治(图9)。沙障就地取材,以沙治沙,在潮落海浪冲刷下,增加地表摩擦阻力,稳固流沙表面^[30],减轻了由于风向以及涨落潮时沙物质在岸线和潮间带相互推进并堆积的危害,使风速减弱以达到稳沙固沙、保水保土的作用。一在流沙带岸线设置蜂巢式防风固沙网袋式固沙障,固沙障采用PLA(Polylactic acid)聚乳酸生物降解材料,PLA网格沙障耐辐射,耐老化,且防沙效果好^[31]。通过沙障削弱海浪对沙滩的冲击以及减小风速,减少流沙的搬运以固定大面积流沙。二在流沙带边坡设置正方形格状袋状防浪固沙障,大小为 $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$,并在流沙带正方形固沙障中通过植树造林加强对流沙的固定。三在潮间带设置菱形防浪固沙袋,珊瑚网上布设防浪固沙障,大小为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 。菱形布置的沙障整体结构更加稳定,可在波浪力下分为平行方向和垂直方向两个分量,以减少波浪力的冲击,具有连锁作用^[32]。四在低潮位以下设置条带状防浪固沙障,并设置为“Z”字形沙袋沙障。一方面削弱风速,提高地表粗糙度减少流沙移动;另一方面在风力海浪作用下在相邻障埂间可能出现凹曲面,组成规则的波纹状下垫面,使外来沙物质以非堆积的形式被搬运过境,从而达到防沙固沙的效果^[30]。

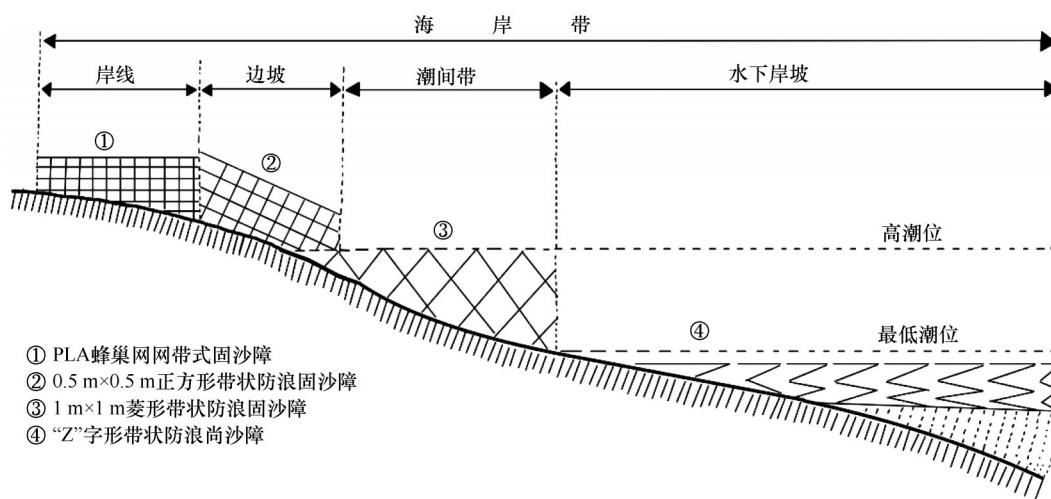


图9 灯楼角防沙体系设计示意图

Fig.9 Dengloujiao sand control system design schematic

最后,在实施这些措施的过程中,需要充分考虑生态环境的保护和可持续发展的原则,确保海岸治理工作的长期效果和社会效益。

海岸线变化愈发迅速,侵蚀问题愈发紧迫,在未来的研究中,还需要更深入地探讨海岸侵蚀的驱

动因素,以更好地改善防治措施。本文所运用的遥感影像是不同时刻获取的,可能受到季节变化的影响,对岸线的动态变化分析存在一定的偏差。同时,受收集高分影像的限制,不能对灯楼角岸线动态变化进行长时间长序列分析,在后续的研究中,

也会加强影像的收集,为解决灯楼角海岸侵蚀问题提供更有效的数据支撑。

4 结论

灯楼角海岸线后退距离最大时段为2015—2017年,达131 m,岸线侵蚀距离逐年增加;海岸线侵蚀范围最大值为2019—2020年的23 391 m²,其中断面II侵蚀情况最为严重。海岸侵蚀与淤积程度相比,两者相互不平衡,灯楼角海岸侵蚀情况更为严重。

灯楼角海岸侵蚀与砂质岸线、充足的沙源、干旱气候、珊瑚礁的死亡、风暴天气、海平面上升及人类活动都有较大关系。砂质岸线的泥沙易被搬运和沉积,是海岸侵蚀的物质基础,干旱气候加剧了沙化;珊瑚礁的白化死亡及台风的破坏加速了海岸侵蚀。在海平面逐年上升及人类无意识的资源破坏下,海岸侵蚀问题将会更加严重。

根据不同的侵蚀程度,可采取不同的方式减缓海岸侵蚀。对砂质岸线的初步防护,可以通过种植抗风抗盐碱植物如木麻黄等来固沙,并保护扩大种植徐闻县内存活的红树林,呼吁民众保护珊瑚礁海岸来减缓侵蚀速率。在侵蚀严重的区域则需要一定的防治措施,可利用防浪固沙障等工程措施,减缓风沙流动,缓解岸滩侵蚀。

参考文献:

- [1] 杨子庚. 海洋地质学[M]. 济南: 山东教育出版社, 2004: 55-63.
- [2] 于德海, 彭建兵, 李滨. 海岸带侵蚀灾害研究进展及思考[J]. 工程地质学报, 2010, 18(6): 867-872.
- [3] 赵焕庭, 王丽荣, 宋朝景. 南海珊瑚礁地貌模型研究[J]. 海洋学报, 2014, 36(9): 112-120.
- [4] 叶海民, 周辉, 钟小帅. 中国南海某珊瑚砂岛动力环境分析[J]. 土工基础, 2013, 27(5): 50-52.
- [5] 王庆, 朱君, 战超. 海岸侵蚀与防护技术研究进展[J]. 海岸工程, 2022, 41(4): 301-312.
- [6] 邵超. 海滩-珊瑚礁海岸侵蚀及适应性管理研究[D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2016.
- [7] 陈吉余. 中国海岸带地貌[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
- [8] Titlyanov E A, Titlyanova T V, Li X, et al. Coral reef marine plants of Hainan Island[J]. New York, USA: Academic Press, 2017: 1-4.
- [9] Burke L M, Selig E, Spalding M D, et al. Reefs at risk in Southeast Asia[J]. World Resources Institute, 2002, 83(12): 2008.
- [10] Ruz M H, Catherine M F. Influence of high water levels on aeolian sand transport: upper beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, northern France[J]. Geomorphology, 2004, 60(1/2): 73-87.
- [11] Thomalla F, Vincent C E. Beach response to shore-parallel breakwaters at Sea Palling, Norfolk, UK[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 56: 203-212.
- [12] Banna M M E, Hereher M E. Detecting temporal shoreline changes and erosion / accretion rates, using remote sensing, and their associated sediment characteristics along the coast of North Sinai, Egypt[J]. Environmental Geology, 2008, 58(7): 1419-1427.
- [13] Komar P D. Beach Process and Sedimentation[M]. New Jersey, USA: Prentice-Hall, 1998.
- [14] Dean R G. Equilibrium beach profiles: characteristics and applications[J]. Journal of Coastal Research, 1991, 7(1): 53-84.
- [15] 王艳红, 曾成杰, 陆培东, 等. 三亚湾东段海岸侵蚀与海滩养护[J]. 自然资源学报, 2022, 37(4): 1049-1060.
- [16] 李团结, 刘春杉, 李涛, 等. 雷州半岛海岸侵蚀及其原因研究[J]. 热带地理, 2011, 31(3): 243-250.
- [17] 陈柳云, 吴苑, 张玉强. MEBM 视角下的广东徐闻珊瑚礁保护研究进展[J]. 生态科学, 2022, 41(4): 231-241.
- [18] 王丽荣, 赵焕庭, 宋朝景, 等. 雷州半岛灯楼角海岸地貌演变[J]. 海洋学报, 2002, 24(6): 135-144.
- [19] 雷隆鸿, 王丽荣, 赵焕庭. 雷州半岛西南部灯楼角热带海岸的景观生态结构研究[J]. 海洋通报, 2006, 25(4): 42-48.
- [20] 赵焕庭, 宋朝景, 王丽荣, 等. 雷州半岛灯楼角珊瑚礁初步观察[J]. 海洋通报, 2001, 20(2): 87-91.
- [21] 王丽荣, 赵焕庭, 宋朝景. 人类活动对徐闻灯楼角珊瑚礁生态系统的影响[J]. 海洋开发与管理, 2006, 23(1): 81-85.
- [22] 符国伟, 宋艳伟, 袁坤, 等. 博鳌珊瑚岛围填导致邻近海岸侵蚀、淤积演变的研究[J]. 海洋环境科学, 2022, 41(2): 174-179.
- [23] Mangor K. Shoreline Management Guidelines[M]. Netherlands: DHI Water and Environment, 2004: 294.
- [24] 赵焕庭, 王丽荣, 宋朝景, 等. 雷州半岛灯楼角珊瑚岸礁的特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(2): 35-40.
- [25] 李锋, 沈城, 张艳苹, 等. 广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区珊瑚种类及覆盖率分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(24): 304-308.
- [26] 张争胜, 孙武, 周永章. 热带滨海干旱地区生态环境脆弱性定量评价: 以雷州半岛为例[J]. 中国沙漠, 2008, 28(1): 125-130.
- [27] 张艳苹, 沈城, 李锋, 等. 广东徐闻珊瑚礁国家级自然保护区海域水质环境状况分析及评价[J]. 热带农业科学, 2019, 39(3): 39-43.
- [28] 国家海洋局. 2022年中国海平面公报[EB/OL]. 2023-04-14. <https://www.nmdis.org.cn/hygb/zghpmgb/2022nzghpmgb/>.
- [29] 季子修. 中国海岸侵蚀特点及侵蚀加剧原因分析[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(2): 65-75.
- [30] 屈建军, 王涛, 肖洪浪, 等. 防浪固沙障: 200420041517.7 [P]. 2005-01-26.

- [31] 屈建军,洪贤良,李芳,等.聚乳酸(PLA)网格沙障耐老化性能及防沙效果[J].中国沙漠,2021,41(2):51-58.
- [32] 屈建军,李绍武,蒋冲,等.珊瑚沙质岸线防浪固沙障水槽模拟试验研究[J].水土保持通报,2023,43(6):18-24.

Erosion and prevention of the sandy coast of Denglouliao, Leizhou Peninsula, China

Wang Yanxi¹, Qu Jianjun^{1,2}, Shen Cheng³, Zhong Shuai⁴, Li Jun⁵

(1.College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2.Guangdong Provincial Laboratory of Southern Marine Science and Engineering, Guangzhou 511458, China; 3.Guangdong Zhanjiang Mangrove National Nature Reserve Administration, Zhanjiang 524100, Guangdong, China; 4.College of Geography and Environmental Science, Hainan Normal University, Haikou 571158, China; 5.Suzhou Zhongke Tianqi Remote Sensing Technology Co., LTD., Suzhou 215010, Jiangsu, China)

Abstract: Coral reef coasts are a common type of coast in our country, but widespread coastal erosion has led to severe damage to the growth environment of coral reefs in recent years. The erosion phenomenon at Denglouliao Coast is also becoming increasingly serious, with large amounts of sandy mud being transported from the coast and accumulating in reef beds, affecting the habitat environment and growth of coral reefs. In this study, we use remote sensing image data and GIS analysis methods to interpret the erosion degree of Denglouliao Coast from 2010 to 2020, and briefly analyze its causes and propose protective measures. The results show that: (1) The erosion area of Denglouliao Coastline showed an increasing trend and reached its maximum in 2019–2020, with section II having a consistently large erosion area over the past decade, and the most severe erosion in section II occurred from 2015 to 2017. The erosion of Denglouliao Coastline has been significant over the past decade, and the rate has accelerated. (2) Based on field investigations, it was found that coastal erosion at Denglouliao is related to many factors. The sandy coastline serves as the material foundation for coastal erosion, while climate factors and rising sea levels are the fundamental causes. Coral reef death, stormy weather, and human activities exacerbate the rate of coastal erosion. Corresponding protective measures are proposed based on the varying degrees of coastal erosion to mitigate erosion hazards and ensure the safety of the Denglouliao coastline, creating a suitable living environment for corals. These measures also serve as a reference for the prevention and control of erosion in sandy coral reef coasts.

Key words: sandy coastline; coral reef; remote sensing interpretation; erosion change; wave-breaking sand stabilizer