



2017—2020年江苏中部潮滩地貌的季节和年际演化

樊一阳, 彭 云, 王韞玮, 于 谦

Seasonal and interannual evolution of geomorphology in middle Jiangsu tidal flat from 2017 to 2020

FAN Yiyang, PENG Yun, WANG Yunwei, and YU Qian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16562/j.cnki.0256-1492.2023052101>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

菲律宾海中部海域声速剖面结构及季节性变化

Structures and seasonal variation of sound velocity profiles in the central Philippine Sea

海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(1): 147-157

江苏中部海岸晚第四纪沉积物的粒度与磁化率特征及其古环境意义

Characteristics of grain size and magnetic susceptibility of the Late Quaternary sediments from core 07SR01 in the middle Jiangsu coast and their paleoenvironmental significances

海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 210-220

1955年以来辽东湾重金属沉积通量变化及其与人类活动的关系

Change in heavy metal depositional fluxes in the tidal flat of Liaodong Bay since 1955 and its relation to human activities

海洋地质与第四纪地质. 2018, 38(4): 32-43

闽北附近海域悬浮体输运及通量的季节变化

Seasonal variations of suspended sediments in transport and flux in the coastal area of the northern Fujian Province

海洋地质与第四纪地质. 2018, 38(5): 30-40

1981—2010年东海及毗邻的西北太平洋表层盐度的气候态分布特征

The climatological distribution of surface salinity in the East China Sea and adjacent northwest Pacific Ocean during 1981—2010

海洋地质与第四纪地质. 2019, 39(2): 44-60

山东开元洞滴水微量元素季节变化特征及影响因素

Seasonal variations in trace elements and influencing factors in drip water from Kaiyuan Cave, Shandong Province

海洋地质与第四纪地质. 2019, 39(1): 154-162



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

樊一阳, 彭云, 王韞玮, 等. 2017—2020年江苏中部潮滩地貌的季节和年际演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2023, 43(6): 34-44.

FAN Yiyang, PENG Yun, WANG Yunwei, et al. Seasonal and interannual evolution of geomorphology in middle Jiangsu tidal flat from 2017 to 2020[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2023, 43(6): 34-44.

2017—2020年江苏中部潮滩地貌的季节和年际演化

樊一阳¹, 彭云¹, 王韞玮², 于谦¹

1. 南京大学地理与海洋科学学院, 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京 210023

2. 南京师范大学海洋科学与工程学院, 南京 210023

摘要: 为了研究江苏中部潮滩地貌的季节性演化规律, 分别在江苏沿岸大丰港南侧、大丰港北侧, 以及射阳河口北侧选取了三条跨岸剖面。在2017年11月—2018年11月进行了多次地貌和表层沉积物的重复观测和采样分析, 并对2017—2020年间3条剖面的年际变化进行了观测。结果显示, 2017年11月—2018年11月, 大丰港南侧潮滩在春秋两季较为稳定, 冬夏两季侵蚀较为明显, 全年表现较为稳定; 大丰港北侧潮滩全年基本处于明显侵蚀状态; 射阳河口附近潮滩全年出现轻微侵蚀, 但整体较为稳定。在年际尺度下, 2017—2018年, 大丰港附近潮滩均出现整体侵蚀的现象, 射阳河口潮滩则出现潮间带上部淤积、下部侵蚀的现象; 2018—2019年, 江苏中部潮滩潮间带高程均出现不同程度的上涨; 2019—2020年, 江苏中部潮滩均出现潮间带上部稳定或轻微侵蚀、下部明显侵蚀现象。对潮滩演化状态研究显示, 江苏中部潮滩的季节性变化受多种因素影响, 冬季波浪增强与夏季风暴频率增加均会导致江苏中部潮滩在当季出现侵蚀现象, 沉积物供给减少会导致潮滩季节性冲淤趋势整体向侵蚀状态偏移; 江苏潮滩北部的侵蚀/淤积区域分界点可能已经从射阳河口向南转移至大丰港南部区域; 年际尺度下, 江苏中部潮滩表现出较为一致的变化规律。

关键词: 泥质潮滩; 地貌变化; 季节性变化; 年际变化; 冲淤分界点; 江苏海岸

中图分类号: P737.1

文献标识码: A

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2023052101

Seasonal and interannual evolution of geomorphology in middle Jiangsu tidal flat from 2017 to 2020

FAN Yiyang¹, PENG Yun¹, WANG Yunwei², YU Qian¹

1. Key Laboratory of Coast and Island Development of the Ministry of Education, School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China

2. School of Marine Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

Abstract: To investigate the seasonal evolution patterns of geomorphology in the middle Jiangsu tidal flat, three cross-shore profiles along the Jiangsu coast were selected: one on the south side of Dafeng Harbor, one on the north side of Dafeng Harbor, and another on the north side of the Sheyang River estuary. A series of repeated observations in geomorphology and surface sediments were conducted from November 2017 to November 2018, and the interannual variations of the three profiles were monitored from 2017 to 2020. Results reveal that the tidal flat on the south side of Dafeng Harbor exhibited relative stability in spring and autumn, but experienced more noticeable erosion in winter and summer, being overall stable throughout the year. In contrast, the tidal flat on the north side of Dafeng Harbor experienced evident erosion throughout the entire year, while the tidal flat near the Sheyang River estuary showed slight erosion year-round but remained relatively stable overall. From 2017 to 2020, the erosion and deposition changes in the three profiles exhibited a consistent trend. From 2017 to 2018, all tidal flats near Dafeng Harbor experienced overall erosion, while the tidal flat near the Sheyang River estuary showed siltation in the upper part of the intertidal zone and erosion in the lower part. In the following period from 2018 to 2019, varying degrees of siltation were observed in the middle Jiangsu tidal flat. From 2019 to 2020, all the tidal flats in the middle Jiangsu coast showed stabilization or slight erosion in the upper part of the intertidal zone and obvious erosion in the lower part of the intertidal zone. The analysis of the tidal flat evolution state reveals several key points. (1) The seasonal changes in the middle Jiangsu coast's tidal flats are influenced by multiple factors. Winter wave intensification and increased storm frequency in summer contribute to seasonal erosion, while reduced sediment supply leads to an overall erosion trend. (2) The division point

资助项目: 国家自然科学基金面上项目“牡蛎礁多尺度沉积动力过程与地貌演化”(42076172); 江苏省自然资源发展专项资金(海洋科技创新)项目“黄海湿地生态岸线调查与保护关键技术研究”(JSZRHYKJ202115)

作者简介: 樊一阳(1996—), 男, 硕士研究生, 海洋沉积动力学专业, E-mail: yiyangfan0510@gmail.com

通讯作者: 于谦(1982—), 男, 副教授, 主要从事海洋沉积动力学研究, E-mail: qianyu.nju@gmail.com

收稿日期: 2023-05-21; **改回日期:** 2023-09-01. 周立君编辑

between erosion and deposition in the northern part of the Jiangsu tidal flat appears to have shifted southward from the Sheyang River estuary to the southern part of Dafeng Harbor. (3) The middle Jiangsu tidal flats exhibit a relatively consistent variation pattern on interannual scale.

Key words: mud flat; morphodynamics; seasonal change; interannual change; erosion/ deposition dividing point; Jiangsu coast

潮滩通常被定义为周期性被海水覆盖、以潮汐为主要作用力、沉积物组分主要为细颗粒物质的沿海地貌类型^[1]。在潮滩区域,潮差的大小往往大于有效波高,滩面坡度较低且沉积物量较为丰富^[2-3]。潮滩在全球气候变化和碳循环中扮演着重要的角色,同时在生态资源保护、土地规划以及抵御海洋灾害如极端事件等方面具有着重要的作用,具有较高的研究价值^[4-8]。因此,开展潮滩相关的研究,尤其是对潮滩地貌动力过程的研究是相当必要的^[9]。

潮滩地貌的演化过程在不同时间尺度下表现出不同的规律和特征,其主要原因是作用于潮滩的影响因素存在不同时间尺度下的变化规律。季节尺度下,影响潮滩的主要因素包括波浪^[10]、潮差^[11]、植被^[12-13]、极端事件频率^[14]以及河口径流量变化导致的沉积物供给变化^[15]等。对于世界上不同地区的潮滩,其出现季节性变化的主要因素也各不相同。在较长时间尺度下,影响潮滩地貌的外动力还包括海平面上升^[3]、植被覆盖^[16]以及人类活动例如围垦等^[17]。

江苏潮滩季节性变化的影响因素主要为风浪、极端事件频率和季节性的沉积物供给丰度变化^[18-19]。在冬季和春季,江苏沿岸风浪较大,河流进入枯水期结合港口关闸保水使得沉积物供给减少;在夏季,江苏沿岸的风浪强度减小,但极端事件的频率有所上升。这些因素使得江苏潮滩的季节变化机制具有一定的复杂性。

年际尺度下,江苏潮滩的演化过程受到海洋环流、沉积物供给、人类活动以及植被覆盖等因素的影响。黄河北归与长江口南迁导致江苏潮滩已无巨量沉积物来源^[20],沉积物供应丰度的变化会导致江苏潮滩的冲淤状态由原先的不断淤积向均衡态乃至侵蚀状态演变。围垦行为^[7]与潮间带上部互花米草生长状况^[16]同样会对潮滩地貌形态与冲淤变化产生影响。此外,以往的观点认为,江苏海岸北部的冲淤分界点位于射阳河口^[21],江苏中部潮滩全年大部分时间处于淤积或稳定状态^[11]。但随着沉积物供给的逐年减少,这些观点目前是否适用同样尚未清楚。

因此,对江苏潮滩的季节与年际变化规律和机制进行研究十分必要。为了明确江苏中部潮滩目前的冲淤现状,本研究在该区域选取了 3 条不同的

跨岸剖面,于 2017—2020 年进行了多次野外观测,以探究江苏中部潮滩的季节性演化规律和年际冲淤演化趋势,并尝试给出初步原因。

1 研究区域

江苏海岸长约 954 km,北起绣针河口,南至长江口北支,其中泥质潮滩约占 92%^[22]。江苏海岸的泥质潮滩发育较为宽广,宽度 1~10 km;潮滩坡度较为平缓,约 1‰;潮滩沉积物主要成分为黏土、粉砂、极细砂等细颗粒沉积物。江苏泥质潮滩属于中-大潮差的开敞或半开敞型潮滩,潮汐类型主要为半日潮^[9,23]。江苏潮滩的潮汐作用主要由东海前进潮波和黄海旋转潮波控制,平均潮差为 2~4 m。在江苏沿岸,弶港地区的潮差最大,可达 5 m 以上,同时潮差以弶港为中心,分别向南北方向逐渐减小。根据潮间带的侵蚀/淤积动态,可以将江苏海岸分为淤长型岸段(射阳河口至东灶港)和侵蚀型岸段(大板跳至射阳河口与东灶港至启东嘴)^[21]。

本研究在江苏中部海岸选取了 3 条潮滩的潮间带剖面作为研究区域,由南到北分别命名为 L2 剖面、L3 剖面和 L5 剖面(图 1)。L2 剖面位于竹港附近,大丰港南部约 8 km 处,观测区域为海堤至低潮水边线之间,长度约 1.5~2 km;L3 剖面位于新洋港与斗龙港之间,大丰港以北约 20 km 处,观测区域为盐沼前缘至低潮水边线之间,长度约 1.2~1.8 km;L5 剖面位于射阳河口以北约 10 km 处,观测区域为海堤至低潮水边线之间,长度约 1.3~1.5 km。

研究区域的潮汐类型为正规半日潮,自南向北 3 处剖面的平均潮差大致为 2.7、2.2 和 1.7 m^[23]。在辐射沙脊掩蔽作用的影响下,该区域波浪规模总体较小,但具有较为明显的季节性变化特征。黄海南部的风浪波高在冬季约为 1.9 m,夏季约为 1.0 m^[19];根据大丰港海洋观测站(33°26.7'N、120°47.6'E)的观测资料,秋冬季节(9 月—次年 2 月)近岸波浪的有效波高为 0.55 m,春夏季节(3—8 月)近岸有效波高为 0.42 m。可以看到,该研究区域的波浪规模存在冬季较大、夏季较小的特点。潮间带上部多为盐沼区域,多生长互花米草,沉积物以粉砂为主,并含有部分黏土;潮间带中下部为光滩区域,沉积物组成以粉砂和极细砂为主。

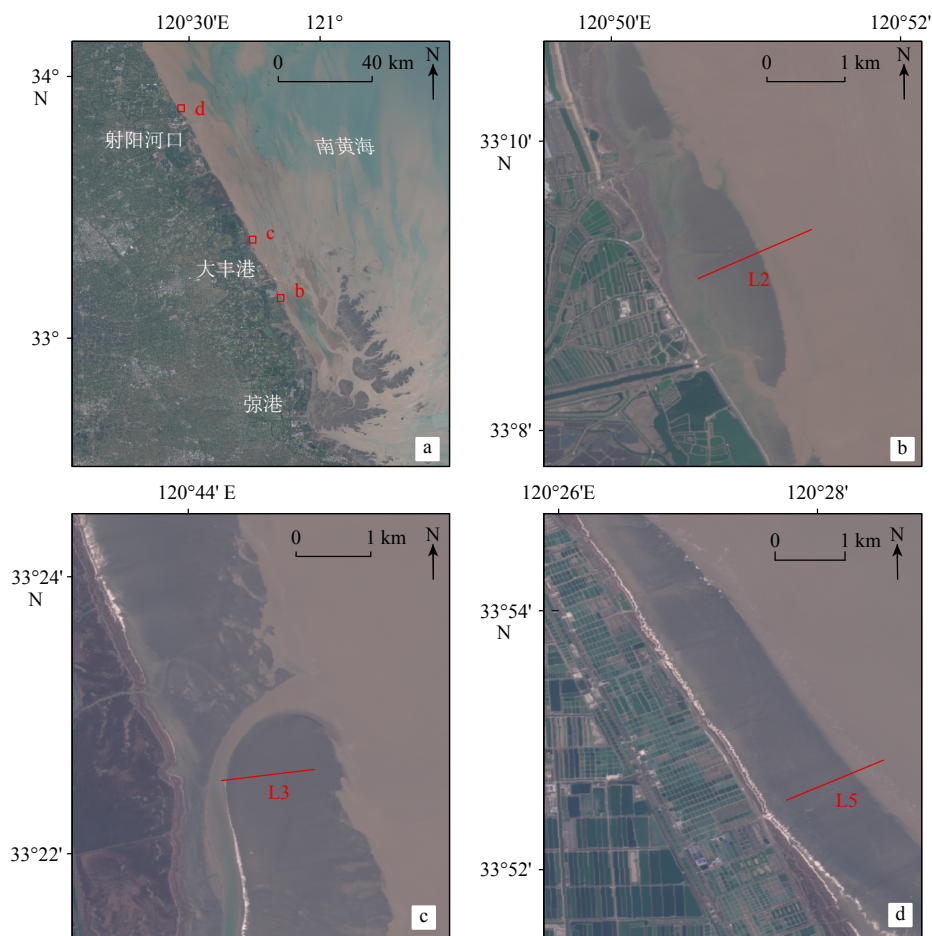


图1 江苏中部潮滩研究区域 (a) 及 L2 剖面 (b)、L3 剖面 (c)、L5 剖面 (d)

Fig.1 Study area in the middle Jiangsu coast (a), L2 profile (b), L3 profile (c), and L5 profile (d)

2 研究方法

为了研究江苏中部潮滩地貌和沉积物组分的季节性变化特征,分别在2017年11月,2018年1月、3月、5月、7月、9月和11月对江苏中部潮滩的3条剖面(L2、L3和L5剖面)进行了为期一年、间隔为两个月的实地地貌观测。利用中海达V60 GNSS RTK(水平测量精度为1 cm,垂直测量精度为2 cm,坐标系设置为CGCS2000,高程为CGCS2000大地高程)对潮间带进行了位置和高程的高精度测量,每两个测量点的间距约为10 m。

观测时间选择在当天的低潮平潮期,L2和L5剖面的观测区域为海堤至水边线,L3剖面由于潮间带宽度较大,且潮间带上部盐沼区域植被生长较为茂盛,互花米草的高度约1.5 m,测量难度较高,故L3剖面观测区域改为盐沼前缘至水边线。

此外,为了研究江苏中部潮滩地貌的年际变化,分别在2019年12月和2020年10月对3条剖面(L2、L3和L5剖面)的坐标和高程进行了重复测

量,测量方法与先前的实地观测保持一致。

L2、L3和L5剖面的滩面高程测量过程中,同时自高程测量起点开始每间隔100 m对潮间带表层沉积物采样,在粒度分析前,首先进行沉积物样品的预处理,称取适量样品加入0.05 mol/L六偏磷酸钠溶液浸泡样品24 h,将样品初步分散。然后采用英国Malvern公司生产的Mastersizer 2000型激光粒度仪进行测试,Mastersizer 2000型激光粒度仪测量范围为0.02~2000 μm ,误差小于1%。得到测量结果后利用矩法计算样品的粒径参数^[24],包括平均粒径(ϕ),以及黏土(粒径<2 μm)、粉砂(粒径2~62.5 μm)和砂(粒径>62.5 μm)含量。

3 结果

3.1 季节变化

L2剖面位于大丰港南侧8 km处,剖面形态呈上凸型,潮间带上部、中部和下部坡度分别约为0.4‰、0.8‰和3.5‰,潮间带宽度1.5~2 km,其

2017—2018年的潮间带高程变化结果如图2所示。2017年11月—次年1月,滩面高程总体略有增长,淤积量<10 cm。1—3月,潮间带上部略有淤积,下部出现侵蚀,高程变化量15~20 cm。3—5月,潮间带高程整体较为稳定,变化幅度小于5 cm。5—9月,潮间带出现明显侵蚀,两次测量间侵蚀量最大可达25 cm。而在9—11月,滩面高程变化较小,淤积或侵蚀量均小于3 cm。

图3所示为L2剖面7次测量的潮滩表层沉积物的粒度参数分布情况。L2剖面表层沉积物粒径由陆向海呈现明显递增趋势,黏土与粉砂含量由陆向海逐渐减少,而砂含量逐渐增加。采样结果显示,2017年11月—2018年1月,平均粒径整体减小, ϕ 值增大约0.4;砂含量整体减小约10%。2018年1—3月,潮间带上部平均粒径减小, ϕ 值增大约0.2,砂含量基本稳定;潮间带下部平均粒径增大, ϕ 值减小约0.3,砂含量增大约15%。3—5月,除潮间带上部略有波动外,表层沉积物粒径参数较为稳定。5—7月,平均粒径在潮间带上部增大, ϕ 值减小约0.3,在潮间带下部变化较小;砂含量整体增大约10%。7—9月,平均粒径整体增大, ϕ 值整体减小约0.2,砂含量整体变化较小。9—11月,平均粒径整体减小, ϕ 值整体增大约0.4,砂含量整体减小约10%。

L3剖面位于大丰港北侧20 km处,观测区域剖

面形态呈上凸型,潮间带中部和下部坡度分别约为0.5‰和1.9‰,潮间带光滩区域宽度1.2~1.8 km,其一年内的滩面高程变化结果如图4所示。2017年11月—次年1月,滩面高度整体有明显下降,降幅达到20 cm。1—3月,潮间带高程较为稳定。3—9月,滩面高程基本处于明显侵蚀状态,相邻两次测量期间侵蚀量为15 cm至50 cm不等。9—11月,潮间带不同位置出现不同的冲淤现象,在光滩的上半部分出现明显侵蚀,侵蚀量可达14 cm,光滩下半部分则有明显淤积,滩面高程最大增幅约为23 cm。

图5所示为L3剖面7次测量时潮滩表层沉积物的粒度参数分布情况。L3剖面表层沉积物粒径由陆向海呈现明显递增趋势,黏土与粉砂含量由陆向海逐渐减少,而砂含量逐渐增加。采样分析结果显示,2017年11月—次年1月,平均粒径整体减小, ϕ 值整体增大约0.3,砂含量整体减小约10%。1—3月,平均粒径整体增大, ϕ 值整体减小约0.4,砂含量整体增大约8%。3—5月,平均粒径在光滩上部减小, ϕ 值增大约1.0,在光滩下部变化较小;砂含量整体减小约7%。5—7月,光滩上部平均粒径增大, ϕ 值减小约1.3,光滩下部平均粒径变化较小;砂含量整体增大约6%。7—9月,光滩上部平均粒径减小, ϕ 值增大0.6,砂含量减小约7%;光滩下部平均粒径变化较小,砂含量增大约5%。9—11月,平

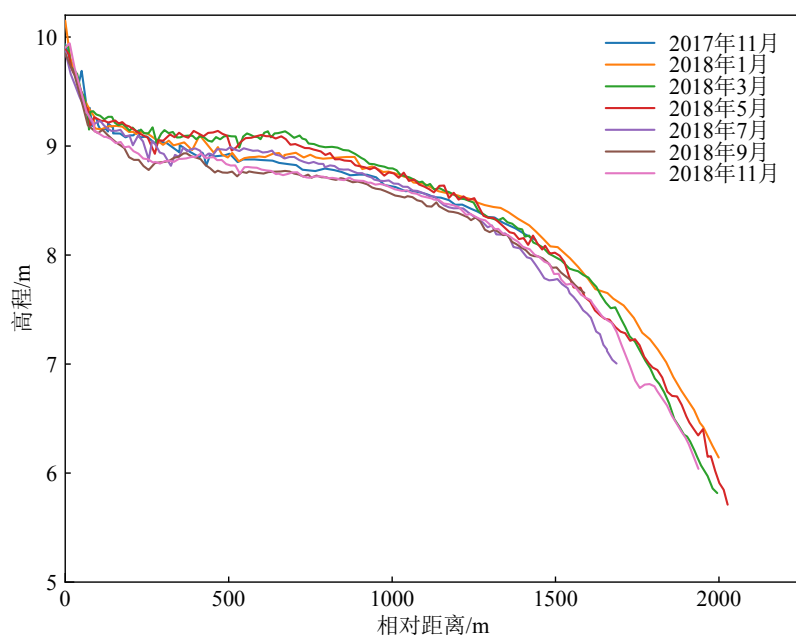


图2 L2剖面2017年11月—2018年11月高程变化结果

横坐标0点为海堤处。

Fig.2 Elevation changes of L2 profile from November 2017 to November 2018

The 0 point at x-coordinate is the position of seawall.

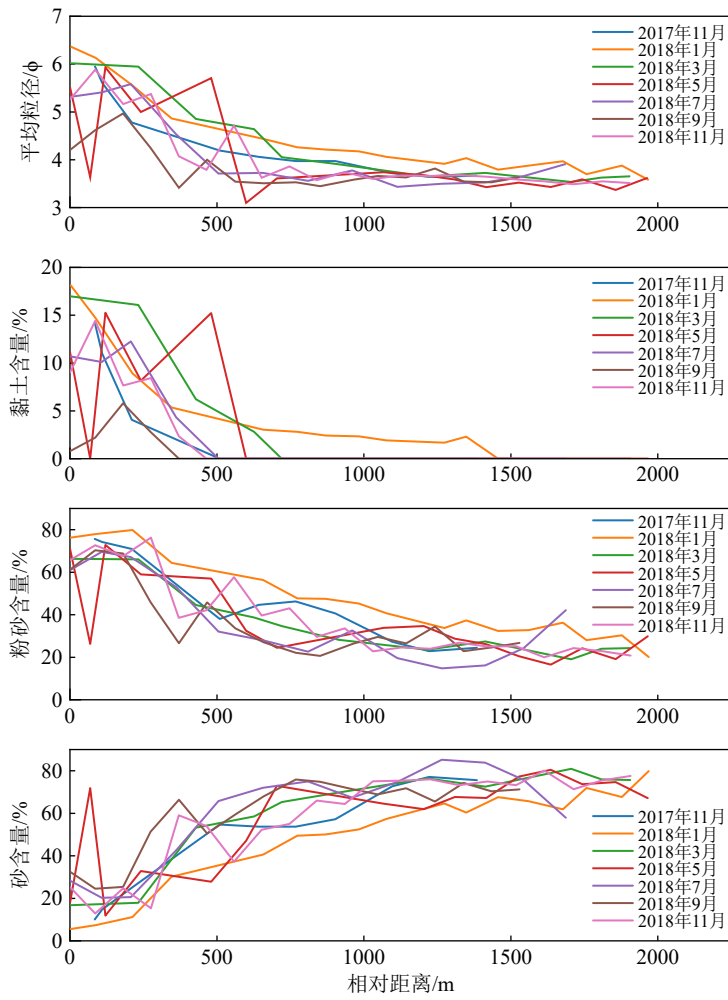


图 3 L2 剖面 2017 年 11 月—2018 年 11 月粒度参数变化结果

Fig.3 Changes in grain size of L2 Profile from November 2017 to November 2018

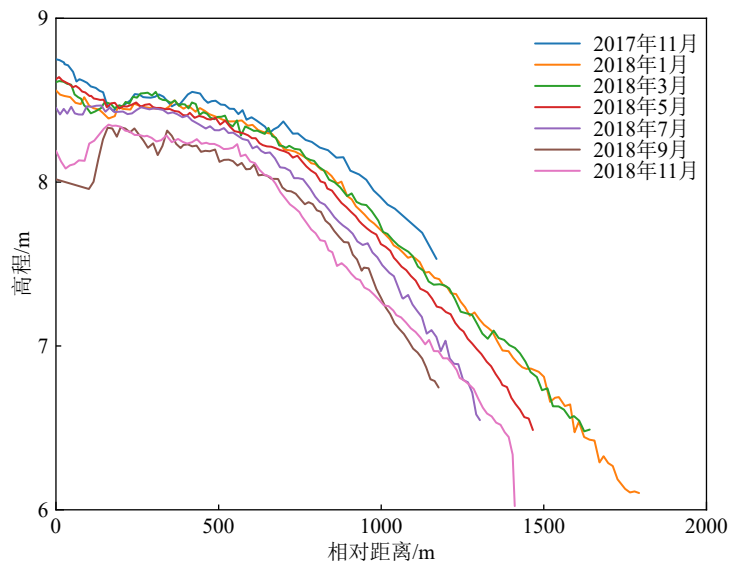


图 4 L3 剖面 2017 年 11 月—2018 年 11 月高程变化结果

横坐标 0 点为盐沼前缘。

Fig.4 Elevation changes of L3 Profile from November 2017 to November 2018

The 0 point at x-coordinates is the junction of salt marsh margin.

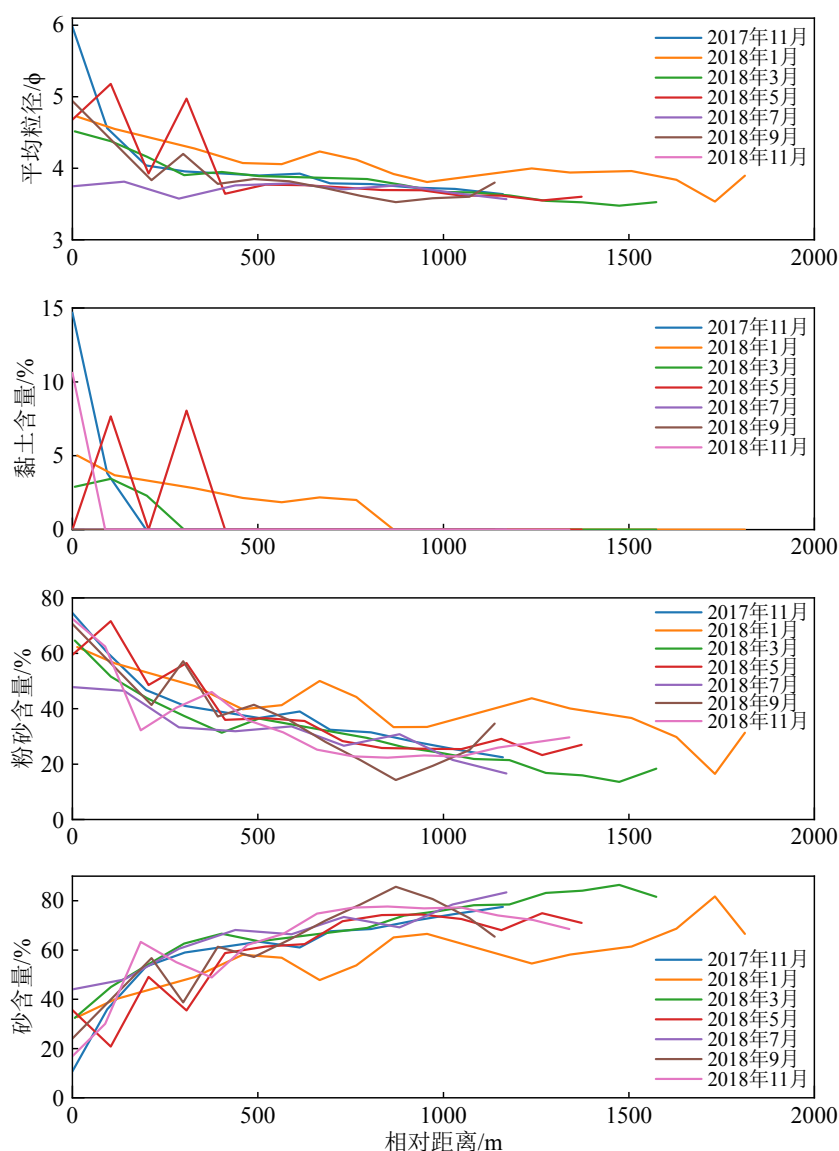


图 5 L3 剖面 2017 年 11 月—2018 年 11 月粒度参数变化结果

Fig.5 Changes in grain size of L3 Profile from November 2017 to November 2018

均粒径整体略微增大, ϕ 值减小 0.1; 砂含量整体变化较小。

L5 剖面位于射阳河口以北 10 km 处, 剖面形态呈上凸型, 潮间带上部、中部和下部坡度分别约为 0.6‰、0.8‰ 和 2.4‰, 潮间带宽度 1.3~1.5 km, 其一年内的滩面高程变化结果如图 6 所示。可以看到, 2017 年 11 月—次年 5 月潮间带整体较为稳定, 滩面高程变化量不超过 7 cm。5—9 月, 潮间带上部未出现明显高程变化, 潮间带下部出现了轻微侵蚀, 但每两次测量间高程降幅均不超过 10 cm。9—11 月, 潮间带上部轻微淤积, 下部轻微侵蚀, 淤积量不超过 8 cm, 侵蚀量不超过 4 cm。

图 7 所示为 L5 剖面 7 次测量时潮滩表层沉积物的粒度参数分布情况。L5 剖面表层沉积物粒径

由陆向海呈现明显递增趋势, 黏土与粉砂含量由陆向海逐渐减少, 而砂含量逐渐增加。采样分析结果显示, 2017 年 11 月—次年 1 月, 平均粒径变化较小, 砂含量在潮间带上部增大 8%, 在潮间带下部减小约 10%。1—3 月, 平均粒径整体变化较小; 砂含量整体增大 5%。3—5 月, 平均粒径整体增大, ϕ 值整体减小约 0.4; 砂含量整体增大 10%。5—7 月, 潮间带上部平均粒径整体减小, ϕ 值增大 0.2, 潮间带下部平均粒径变化较小; 砂含量整体增大 2%。7—9 月, 平均粒径整体增大, ϕ 值减小约 0.4; 砂含量整体增大 15%。9—11 月, 平均粒径在潮间带上部变化较小, 在潮间带下部减小, ϕ 值增大 0.3; 砂含量整体减小 12%。

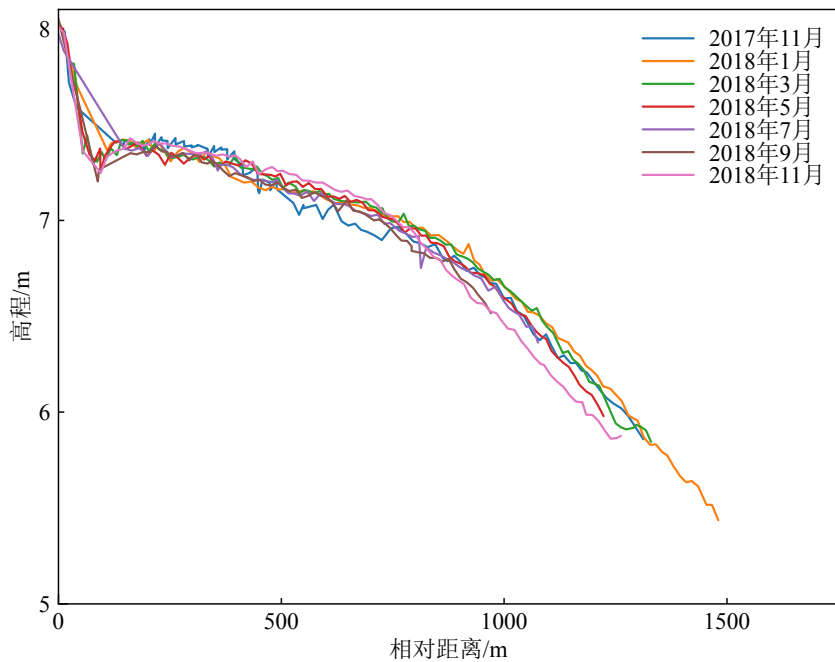


图6 L5剖面2017年11月—2018年11月高程变化结果
横坐标0点为海堤处。

Fig.6 Elevation changes of L5 Profile from November 2017 to November 2018

The 0 point at x-coordinate is the position of seawall.

3.2 年际变化

在2017—2020年,对L2、L3和L5剖面进行了时间间隔为1年、共计4次的重复野外观测。测量时间分别为2017年11月、2018年11月、2019年12月和2020年10月,均在秋季,以消除季节性变化影响。4年的滩面高程测量结果见图8。

L2剖面的滩面高程变化结果如图8a所示。2017—2018年,滩面高程整体出现下降,降幅在5 cm至20 cm不等。2018—2019年,潮间带整体出现明显淤涨,涨幅最大达22 cm。2019—2020年,潮间带上部滩面高程较为稳定;潮间带中部出现侵蚀,滩面高程最大下降10 cm;潮间带下部出现淤涨,涨幅约为10 cm。

L3剖面的滩面高程变化结果如图8b所示。2017—2018年,滩面高程整体出现明显的下降,降幅最大达到50 cm以上。2018—2019年,滩面高程整体增加,盐沼前缘和水边线位置增幅最为明显,可达25 cm以上。2019—2020年,滩面高程整体出现明显下降,降幅最大达到92 cm。

L5剖面的滩面高程变化结果如图8c所示。分别对4次测量结果进行比较,2017—2018年,潮间带整体呈现上部淤积、下部侵蚀的现象,淤积和侵蚀量均在15 cm以内。2018—2019年,潮间带整体

淤积,滩面高程最大增幅约为19 cm。2019—2020年,滩面高程整体出现下降,潮间带上部滩面高程降幅较小,约为4 cm,潮间带中下部滩面高程下降较为明显,最大降幅达到32 cm。

4 讨论

4.1 季节性变化规律

剖面形态上,三条剖面的形态均为上凸型;粒度参数上,表层沉积物黏土含量和粉砂含量均表现出向海方向的递减趋势,而平均粒径和砂含量在向海方向表现出了递增趋势,这说明研究区域符合以潮汐作用为主动力的泥质海滩特征^[3]。

L2剖面测量结果显示,在秋季和冬季初期,滩面高程处在较为稳定的状态。在冬季中后期,滩面上部淤积、下部侵蚀,整体坡度增大;春季初期滩面高程变化幅度较小;而在春季末期和整个夏季,潮间带滩面高程出现了明显的侵蚀或上部淤积、下部侵蚀现象。

可以发现,在秋季和春季,潮间带滩面较为稳定,这说明在这段时间研究区域的水动力条件和沉积物供给等条件的作用趋于平衡,使得潮间带处于近似均衡状态^[3,25]。而冬季出现了较为明显的上部

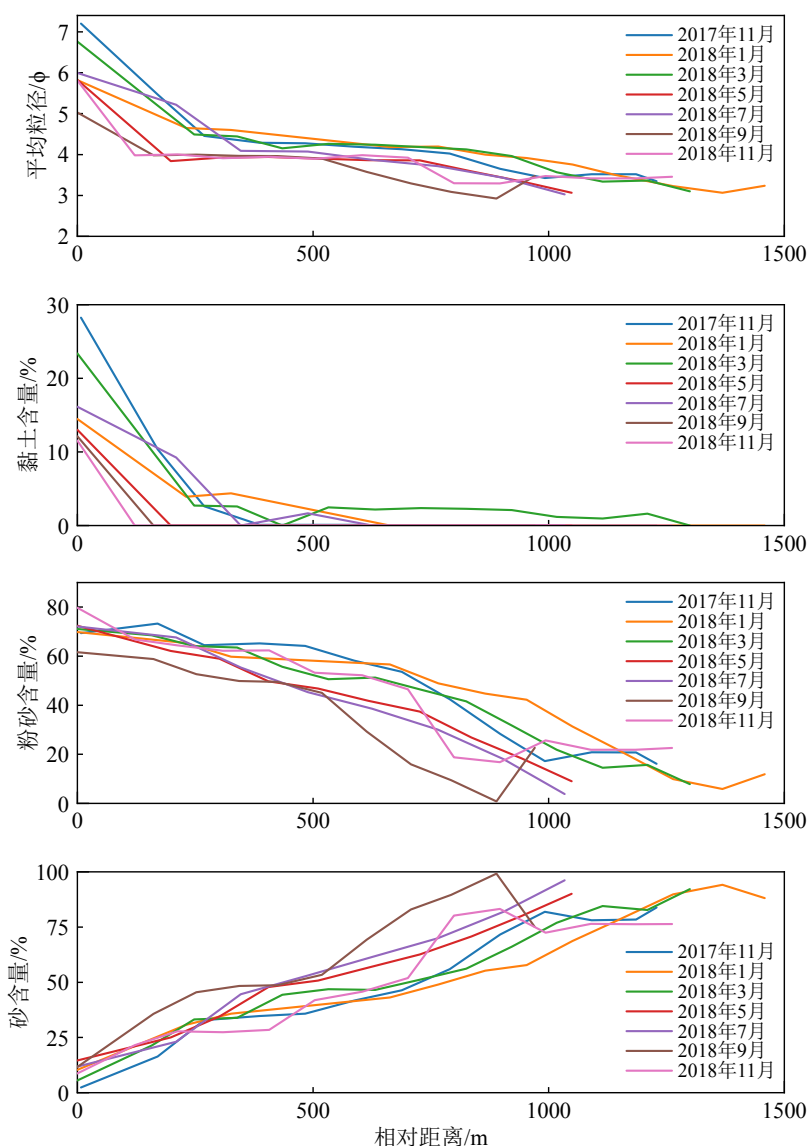


图 7 L5 剖面 2017 年 11 月—2018 年 11 月粒度参数变化结果

Fig.7 Changes of grain size of L5 profile from November 2017 to November 2018

淤积、下部侵蚀的现象,根据前人研究^[3,26],当波浪增大时,潮间带滩面会出现上部淤积、下部侵蚀的现象,结合江苏中部潮滩当地的水文特征,冬季波浪相对夏季更大,因此推测 L2 剖面冬季变化的原因可能为波浪的季节性增大。在夏季,潮间带出现整体侵蚀或上部淤积、下部侵蚀的现象,由于研究区域夏季波浪会明显减小,因此推测形成此现象的原因可能是夏季出现的极端事件如风暴潮等在短时间内增大了该区域的水动力条件,使得潮滩整体底床切应力增大,从而造成了明显的侵蚀作用。

L3 剖面测量结果显示, L3 剖面在全年基本处于侵蚀状态,其中,在夏季的侵蚀量较为明显。这说明该区域的滩面已经由原先的增长状态^[22]越过均衡态,达到了侵蚀状态,其主要原因可能是沉积

物供给的缺失。江苏中部潮滩的沉积物供给的主要来源是废黄河口^[27],废黄河口原先堆积的沉积物被侵蚀,并由沿岸流自北向南输运,在江苏中部潮滩沉降和淤积。但由于 1855 年之后,黄河北归,使得废黄河口泥沙供给来源大幅减少,经过长时间的侵蚀过程之后,由南向北输运的沉积物量逐渐减少。这可能是 L3 剖面全年处于侵蚀的主要原因。另外,在夏季 L3 剖面的侵蚀最为剧烈,其原因可能与 L2 剖面相同,为夏季极端天气作用的结果。

L5 剖面测量结果显示,除 11 月一次年 1 月外, L5 剖面全年基本处于潮间带上部淤积或稳定、下部侵蚀的状态,同时全年各个季节的侵蚀量均较小。L5 剖面位于高抒和朱大奎^[21]指出的江苏海岸冲淤界限以北,2017—2018 年的观测期间仍然处于

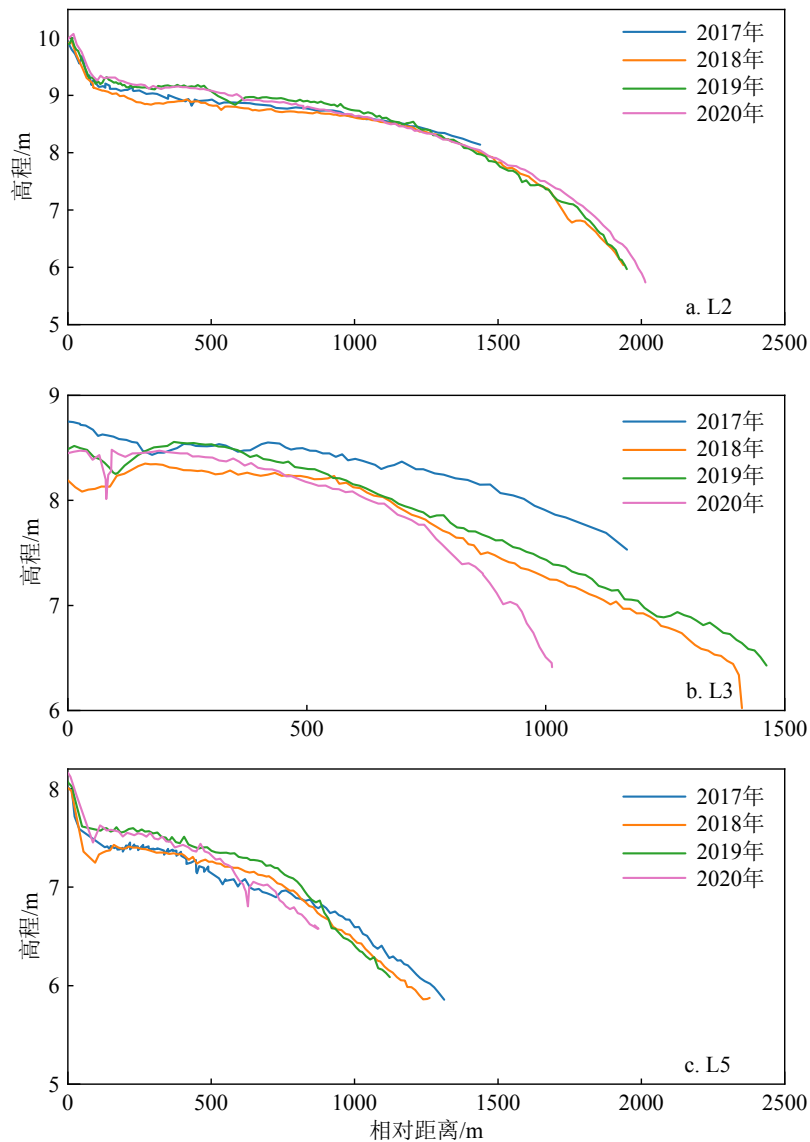


图8 江苏中部潮滩 2017—2020 年高程变化结果

a: L2 剖面高程变化, 横坐标 0 点为海堤处; b: L3 剖面高程变化, 横坐标 0 点为盐沼前缘; c: L5 剖面高程变化, 横坐标 0 点为海堤处。

Fig.8 Elevation changes of the middle Jiangsu coast from 2017 to 2020

a: Elevation changes of L2 Profile. The 0 point at x-coordinate is the position of seawall; b: elevation changes of L3 Profile. The 0 point at x-coordinate marks the salt marsh margin; c: elevation changes of L5 Profile. The 0 point at x-coordinate marks the position of seawall.

侵蚀状态,但是速率已经较低,可能说明 L5 剖面在强烈侵蚀后接近新的均衡态。

龚政等^[11]在 2012—2013 年对江苏王港潮滩进行了地形观测,观测区域位于 L2 剖面沿岸向南约 10 km 处。其结果显示,在全年的春夏秋 3 个季节,潮间带的大部分区域均处于淤积或稳定的状态。该测量结果与本文中相近地区的测量结果差异较大,其原因可能有两方面:① 本研究在夏季潮间带出现侵蚀是由于受到了当年夏季多次台风风暴潮事件的影响,根据国家海洋预报台的风暴潮警报,2018 年 7—10 月,研究区域共经历 5 次增水 30 cm

以上的风暴潮事件,而前人的研究过程中并未发生明显的风暴潮事件;② 龚政等^[11]的野外观测时间为 2012—2013 年,其研究结果符合高抒和朱大奎^[21]对江苏潮滩侵蚀/淤积区域的划分,其研究结果中潮间带区域明显处于淤积状态。在本研究中,除去夏季风暴作用的影响,L2 剖面事实上处于相对稳定的状态。这从另一方面说明了来自废黄河口的沉积物供给在逐年减少,使得江苏中部潮滩由淤积状态向侵蚀状态过渡。

结合上述推测对江苏中部潮滩的季节性变化规律及其机制进行总结:① 大丰港以北的潮滩全年

基本处于侵蚀状态,这可能是沉积物供给减少导致的结果;②大丰港以南的 L2 剖面在春秋两季较为稳定,冬季可能由于波浪的季节性增强导致出现潮间带上部淤积、下部侵蚀的现象;③夏季的极端事件如风暴潮可能会对潮滩造成明显的侵蚀作用;④江苏潮滩北部的侵蚀/淤积区域分界点可能已经从射阳河口向南转移至大丰港南部区域。

4.2 年际变化规律

除了季节性变化外,在 2017—2020 年对 L2、L3 和 L5 剖面进行了每年一次的重复观测,以探究江苏中部潮滩的年际变化趋势。其测量结果显示,3 条剖面在 2017—2020 年的潮间带滩面高程变化规律出现较为明显的一致性:2017—2018 年, L2 和 L3 剖面均出现整体侵蚀的现象, L5 剖面则出现上部淤积、下部侵蚀的现象;2018—2019 年, 3 条剖面潮间带高程均出现不同程度的上涨;2019—2020 年, 3 条剖面均出现潮间带上部稳定或轻微侵蚀、下部明显侵蚀的现象。

总体来看,观测区域中 L2 剖面 and L5 剖面冲淤状态相对稳定, L3 剖面处于强烈侵蚀状态。结合前人的观测数据, L5 剖面以往位于侵蚀/淤积分界点附近,在经历侵蚀之后逐渐接近新均衡态; L3 剖面以往处于淤积状态,随着侵蚀/淤积分界点南移, L3 剖面转变为强烈的侵蚀状态; L2 剖面以往处于淤积状态,目前处于相对均衡的状态,说明侵蚀/淤积分界点可能已经南移至 L2 剖面附近。

当前的观测结果为进一步研究该区域不同时间尺度下的冲淤变化提供了关键数据支撑。由于江苏海岸的海洋环流、波浪条件以及极端事件强度、频率等水动力条件逐年发生变化,江苏中部潮滩冲淤状态的年际变化可能与之存在不同程度的关联。未来将对以上影响因素进行进一步观测,并试图探究这些影响因素对江苏中部潮滩地貌年际变化的作用机制。

5 结论

(1)大丰港以北潮滩在 2017—2018 年基本处于侵蚀状态,这可能是沉积物供给减少导致的结果。

(2)大丰港以南潮滩在 2017—2018 年春秋两季较为稳定,冬季可能由于波浪的季节性增强导致出现潮间带上部淤积、下部侵蚀的现象。

(3)夏季的极端事件如风暴潮可能会对三条剖面均造成明显的侵蚀作用。

(4)江苏潮滩北部的侵蚀/淤积区域分界点可能已经从射阳河口向南转移至大丰港南部区域。

(5)2017—2020 年,江苏中部潮滩表现出较为一致的变化规律:2017—2018 年,大丰港附近潮滩均出现整体侵蚀的现象,射阳河口潮滩则出现潮间带上部淤积、下部侵蚀的现象;2018—2019 年,江苏中部潮滩潮间带高程均出现不同程度的上涨;2019—2020 年,江苏中部潮滩均出现潮间带上部稳定或轻微侵蚀、下部明显侵蚀现象。这可能与沉积物供给的变化以及江苏海岸的海洋环流、波浪条件以及极端事件强度、频率等水动力条件逐年变化有关。

参考文献 (References)

- [1] Flemming B W. Tidal flats[M]//Middleton G V, Church M J, Coniglio M, et al. Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks. Dordrecht: Kluwer, 2003.
- [2] Amos C L. Chapter 10 Siliciclastic tidal flats[J]. Developments in Sedimentology, 1995, 53: 273-306.
- [3] Friedrichs C T. Tidal flat morphodynamics: a synthesis[M]//Wolanski E, McLusky D. Treatise on Estuarine and Coastal Science. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2011.
- [4] Allen J R L, Pye K. Coastal saltmarshes: their nature and importance [M]//Allen J R L, Pye K. Saltmarshes: Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [5] Wang Y P, Zhang R S, Gao S. Velocity variations in salt marsh creeks, Jiangsu, China[J]. Journal of Coastal Research, 1999, 15(2): 471-477.
- [6] Kirby R. Practical implications of tidal flat shape[J]. Continental Shelf Research, 2000, 20(10-11): 1061-1077.
- [7] Wang Y P, Gao S, Jia J J, et al. Sediment transport over an accretional intertidal flat with influences of reclamation, Jiangsu coast, China [J]. Marine Geology, 2012, 291-294: 147-161.
- [8] Temmerman S, Meire P, Bouma T J, et al. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change[J]. Nature, 2013, 504(7478): 79-83.
- [9] Gao S. Geomorphology and sedimentology of tidal flats[M]//Perillo G M E, Wolanski E, Cahoon D R, et al. Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach. New York: Elsevier, 2009: 295-316.
- [10] Boldt K V, Nittrouer C A, Ogston A S. Seasonal transfer and net accumulation of fine sediment on a muddy tidal flat: Willapa Bay, Washington[J]. Continental Shelf Research, 2013, 60: S157-S172.
- [11] 龚政, 靳闯, 张长宽, 等. 江苏淤泥质潮滩剖面演变现场观测 [J]. 水科学进展, 2014, 25(6): 880-887. [GONG Zheng, JIN Chuang, ZHANG Changkuan, et al. Surface elevation variation of the Jiangsu mudflats: Field observation[J]. Advances in Water Science, 2014, 25(6): 880-887.]
- [12] Ganthy F, Sottolichio A, Verney R. Seasonal modification of tidal flat sediment dynamics by seagrass meadows of *Zostera noltii* (Bassin d'Arcachon, France)[J]. Journal of Marine Systems, 2013, 109-110 (Suppl): S233-S240.

- [13] Mohamad Annuar M A. The role of the seagrass *Zostera noltii* on sand transport across an intertidal sand flat in Ryde, Isle of Wight[D]. Doctor Dissertation of University of Southampton, 2021.
- [14] Chang J H, Choi J Y. Seasonal accumulation pattern and preservation potential of tidal-flat sediments: Gomso Bay, West Coast of Korea [J]. *The Sea:Journal of the Korean Society of Oceanography*, 1998, 3(3): 149-157.
- [15] 黄学勇, 高茂生, 侯国华, 等. 黄河三角洲南部宁海—西双河叶瓣潮滩沉积物粒度特征与季节变化分析 [J]. *华东地质*, 2021, 42(2): 229-238. [HUANG Xueyong, GAO Maosheng, HOU Guohua, et al. Grain size characteristics and seasonal variation of the Ninghai-Xishuanghe lobe tidal flat sediments in southern Yellow River Delta[J]. *East China Geology*, 2021, 42(2): 229-238.]
- [16] 龚政, 石磊, 靳闯, 等. 江苏中部潮滩长期演变规律及其受米草生长影响 [J]. *水科学进展*, 2021, 32(4): 618-626. [GONG Zheng, SHI Lei, JIN Chuang, et al. Long term evolution of tidal flat at the center of Jiangsu province and the influence of *Spartina alterniflora* growth[J]. *Advances in Water Science*, 2021, 32(4): 618-626.]
- [17] Zhao S S, Liu Y X, Li M C, et al. Analysis of Jiangsu tidal flats reclamation from 1974 to 2012 using remote sensing[J]. *China Ocean Engineering*, 2015, 29(1): 143-154.
- [18] 陈才俊. 江苏淤长型淤泥质潮滩的剖面发育 [J]. *海洋与湖沼*, 1991, 22(4): 360-368. [CHEN Caijun. Development of depositional tidal flat in Jiangsu province[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1991, 22(4): 360-368.]
- [19] 乔方利. 中国区域海洋学: 物理海洋学 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012. [QIAO Fangli. *Regional Oceanography of China Seas—Physical Oceanography*[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012.]
- [20] 张忍顺, 陆丽云, 王艳红. 江苏海岸侵蚀过程及其趋势 [J]. *地理研究*, 2002, 21(4): 469-478. [ZHANG Renshun, LU Liyun, WANG Yanhong. The mechanism and trend of coastal erosion of Jiangsu Province in China[J]. *Geographical Research*, 2002, 21(4): 469-478.]
- [21] 高抒, 朱大奎. 江苏淤泥质海岸剖面的初步研究 [J]. *南京大学学报: 自然科学*, 1988, 24(1): 75-84. [GAO Shu, ZHU Dakui. The profile of Jiangsu's mud coast[J]. *Journal of Nanjing University:Natural Sciences Edition*, 1988, 24(1): 75-84.]
- [22] 王艳红, 张忍顺, 吴德安, 等. 淤泥质海岸形态的演变及形成机制 [J]. *海洋工程*, 2003, 21(2): 65-70. [WANG Yanhong, ZHANG Renshun, WU Dean, et al. Development and mechanism of transitional coast[J]. *The Ocean Engineering*, 2003, 21(2): 65-70.]
- [23] 任美镠. 江苏省海岸带与海涂资源综合调查报告 [M]. 北京: 海洋出版社, 1986. [REN Mei'e. *The Report of Integrated Survey for Coastal Zone and Tidal Plat in Jiangsu Province*[M]. Beijing: China Ocean Press, 1986.]
- [24] McManus J. Grain size determination and interpretation[M]//Tucker M E. *Techniques in Sedimentology*. Oxford: Blackwell, 1988.
- [25] Hu Z, van der Wal D, Cai H Y, et al. Dynamic equilibrium behaviour observed on two contrasting tidal flats from daily monitoring of bed-level changes[J]. *Geomorphology*, 2018, 311: 114-126.
- [26] Fan D D, Guo Y X, Wang P, et al. Cross-shore variations in morphodynamic processes of an open-coast mudflat in the Changjiang Delta, China: with an emphasis on storm impacts[J]. *Continental Shelf Research*, 2006, 26(4): 517-538.
- [27] 任美镠, 张忍顺, 杨巨海. 江苏王港地区淤泥质潮滩的沉积作用 [J]. *海洋通报*, 1984, 3(1): 40-52. [REN Mei'e, ZHANG Renshun, YANG Juhai. Sedimentation on tidal mud flat in Wanggang area, Jiangsu province, China[J]. *Marine Science Bulletin*, 1984, 3(1): 40-52.]