

◆海洋科学◆

台风期间盐沼消波效应的观测研究——以珠江口芒洲湿地为例^{*}孙璐^{1,2**}, 黄盛¹, 赵军鹏³, 何薇¹, 周水华³, 邓伟¹, 陈新平⁴

(1. 国家海洋局南海环境监测中心, 广东广州 510300; 2. 海南南沙珊瑚礁生态系统国家野外科学观测研究站, 广东广州 510300; 3. 国家海洋局南海预报中心, 广东广州 510300; 4. 自然资源部海洋减灾中心, 北京 100194)

摘要:滨海盐沼可以减少风暴潮和台风浪的冲击, 从而增强海岸抵御台风等自然灾害的能力, 减少经济损失, 在保护海岸和防灾减灾等方面起到重要作用。本研究利用2020年6月台风“鹦鹉”活动期间珠江口芒洲湿地的现场实测波浪数据来分析其消浪功能, 以定量研究盐沼植被的消波效应。结果表明, 台风“鹦鹉”期间, 芒洲湿地测得风暴潮最大增水达0.43 m, 漫滩时间大于6 h; 实测波浪通过宽度100 m和230 m盐沼植被带的波高衰减率分别为90.5%和97.2%, 植被减灾能力为优; 根据波高衰减率经验公式的估算结果, 波浪经过植被宽度100 m和200 m的波高衰减率分别为94.0%和97.0%, 与实测结果基本一致。由于台风“鹦鹉”影响时间短、强度弱, 现场测得水位均在1 m以下, 而盐沼植被的平均株高约为2 m, 植被冠顶未被淹没, 因此可将植被看作透空式堤防, 其茎叶的摩擦阻尼作用导致波能衰减; 并且现场测得有效波高均在0.10 m以下, 同时也未发生植被大量倒伏甚至茎秆断裂的情形, 因此盐沼植被充分发挥了消波作用。综上, 虽然芒洲盐沼面积仅为3.39 km², 但是其消波效果仍然非常显著。

关键词: 芒洲湿地; 台风“鹦鹉”; 盐沼; 消浪; 减灾

中图分类号: P71 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2024)01-0079-08

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20240417.008

盐沼通常是指生长在海岸带潮滩湿地或河口地区受周期性潮水或咸淡水淹没的植被^[1], 其分布方式为典型的带状分布^[2]。我国的盐沼不仅类型众多, 并且广泛分布于我国沿岸, 北起辽东半岛南至海南岛均

有分布, 是我国滨海湿地的重要组成部分^[3]。近年来, 气候变化、海平面上升和人类活动使得盐沼生态系统面临着退化甚至消亡的威胁^[4,5]。盐沼有着较高的初级生产力和丰富的生物多样性, 具有储碳、净

收稿日期: 2022-07-21

修回日期: 2022-08-28

* 热带海洋环境国家重点实验室(中国科学院南海海洋研究所)开放课题(LTO2214), 中国海洋发展基金会项目(CODF-002-ZX-2021), 广东省重点领域研发计划项目(2020B1111020005), 广东省平台基地及科技基础条件建设项目(2021B1212050025)和南海局科技发展基金项目(230101)资助。

【第一作者简介】

孙璐(1983—), 女, 高级工程师, 主要从事南海上层动力学研究, E-mail: chonger1983@sina.com。

【**通信作者】

【引用本文】

孙璐, 黄盛, 赵军鹏, 等. 台风期间盐沼消波效应的观测研究——以珠江口芒洲湿地为例[J]. 广西科学, 2024, 31(1): 79-86.

SUN L, HUANG S, ZHAO J P, et al. Observational Study on Wave Attenuation Effect of Salt Marsh during Typhoon—a Case Study of Mangzhou Wetland in Zhujiang River Estuary [J]. Guangxi Sciences, 2024, 31(1): 79-86.

化海水、减缓和适应气候变化等功效,为海岸带提供着极为重要的生态服务^[6]。此外,盐沼植物茎叶的摩擦阻尼作用能导致波能衰减,使盐沼对沿岸水动力冲击具有一定的抵抗力,因此小范围湿地也具有非常明显的消波效应^[7]。特别是在台风期间,盐沼可以大大减少风暴潮和台风浪的冲击,起到防护海岸、减轻灾害的作用^[8]。经估算,盐沼防御台风所带来的经济价值可达500万美元/km²^[9]。

国外学者很早就开始对盐沼植被的消波效应进行研究,Knutson等^[10]的观测研究表明,波浪进入互花米草(*Spartina alterniflora*)盐沼20–30 cm距离后波高降低71%,波能损失92%–100%;Möller等^[11–13]的观测和模拟结果均显示,单位距离上波高在盐沼的衰减是光滩的4.4倍,波能衰减是光滩的3.1倍;Wamsley等^[14]观测到风暴潮经过盐沼时风暴增水显著减少,降低幅度为1.7–25.0 cm/km。近年来,国内学者也对盐沼植被的消波效应展开研究,傅宗甫^[15]利用水槽模拟试验得到了互花米草高度与消波率的经验公式;任璘婧等^[16]基于遥感定量分析了崇明东滩盐沼促淤消浪功能;范吉庆等^[17]在台风期间观测到盐沼植被促淤消波过程。

在全球变暖和海平面上升的背景下,灾害性海浪和风暴潮等海洋自然灾害越发频繁且破坏力也显著增强。我国是世界上海洋灾害严重的国家之一^[18],随着沿岸海洋自然灾害的加剧,海岸植被的防灾减灾功能开始受到重视,但由于适用于盐沼区域的波浪观测仪器选择有限且观测难度较大,因此长期缺少盐沼区域的波浪观测数据。目前国内对盐沼消波过程的量化研究仍然较少,尤其是台风等极端天气下消波效应的报道更是鲜有,盐沼消波功能尚未被充分理解和认识。本研究利用2020年台风“鹦鹉”期间广东省珠海市横琴新区芒洲湿地盐沼的实测数据,定量研究台风期间的盐沼消波过程,并探讨影响盐沼消波效果的因素。本研究结果进一步证明盐沼具有较高的减灾价值,为构建和评价海岸带生态防护体系提供理论依据,为增强沿海地区防御自然灾害能力提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 台风概况

2020年第2号台风“鹦鹉”(热带风暴级)是当年首个登陆我国的台风,其于2020年6月12日21:00在菲律宾洋面形成,形成时为热带低压,后发展为热

带风暴,并正式被命名为“鹦鹉”。根据6月13日发布的预警报,“鹦鹉”以15–20 km/h的速度向西北偏北方向移动,预测13–14日华南沿岸将有1次风暴潮过程。由于正值天文小潮期,风暴增水幅度不大,磨刀门沿海预测将出现50–90 cm风暴增水和2.5–3.5 m大浪(图1),珠江口海域风暴增水30–60 cm,浪高1 m左右(图2)。6月14日,“鹦鹉”减弱为热带低压,于8:50前后在广东省阳江市海陵岛沿海登陆,登陆时中心附近最大风力9级(23 m/s),中心最低气压为990 hPa。台风“鹦鹉”从6月12日正式编号,到6月14日登陆、减弱、消散,仅持续3 d左右,整个生命史较短,其强度最强为热带风暴级别,整体强度相对偏弱。台风路径资料来源于中央气象台台风网,风暴潮预报数据来源于国家海洋局南海预报

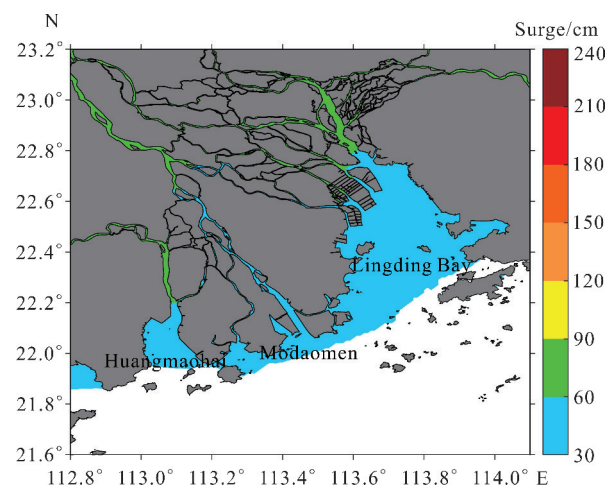


图1 2020年6月13日2:00磨刀门海域风暴潮预报结果

Fig. 1 Sea storm surge forecast results on 2:00 June 13th, 2020

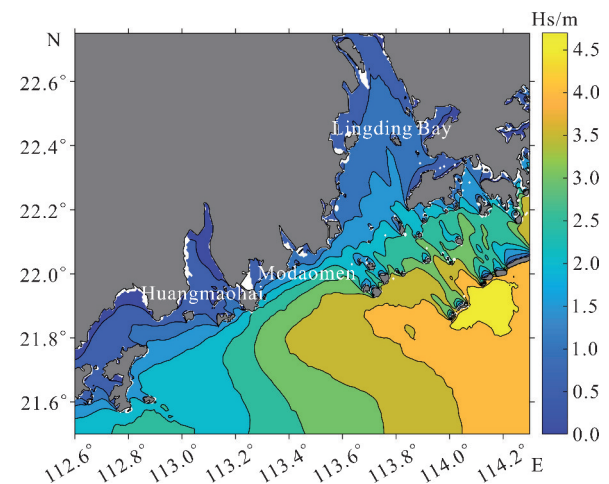


图2 2020年6月14日8:00珠江口海域有效波高预报结果

Fig. 2 Significant wave height forecast results on 8:00 June 14th, 2020

中心。

1.2 观测断面与测量仪器

研究区域为广东省珠海市横琴新区芒洲湿地,位于珠江口磨刀门水道与马骝洲水道交汇处,距口门13 km,内部潮沟发育完全,属于典型的河口湿地。磨刀门宽约2.5 km,河道水深以2—7 m为主,中间5 m以上深槽宽度不足河宽的1/4。根据国家海洋局南海环境监测中心现场调查结果,芒洲湿地的盐沼面积为3.39 km²。

现场观测采取断面观测方式,断面走向与波浪来波方向平行。现场观测到的浪向基本是从外海沿岸的方向涌入口门内。断面设置3个测点,分别在植被边缘A(向海一侧)、植被中区B和植被后缘C布放了3台测波仪1#、2#和3#,布放位置见表1,其中测站B和测站C分别距离测站A 100 m和230 m。

测量仪器为加拿大RBR公司的TGR-2050自计式潮位仪/水位计,采样频率4 Hz,测量精度0.05%,

表1 观测断面的位置

Table 1 Location of observing stations

观测站 Observing station	位置 Position	经度 Longitude	纬度 Latitude	与观测站A的距离/m Distance from observing station A/m
A	Leading edge of plants	113.435 856°E	22.161 717°N	0
B	Central region of plants	113.435 417°E	22.162 615°N	100
C	Trailing edge of plants	113.434 942°E	22.163 582°N	230

1.3 消浪功能计算方法

按照《海岸带生态减灾修复技术导则 第3部分:盐沼》(T/CAOE 21.3—2020)^[19]和《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则 第4部分:盐沼》(T/CAOE 20.4—2020)^[20],滨海湿地植被对波浪的消减能力用波高衰减率(R_{wl})表征, R_{wl} 的计算公式为

$$R_{wl} = \frac{H_0 - H_L}{H_0}, \quad (1)$$

其中, H_0 为植被区沿海一侧边缘处(前测点)的有效波高, H_L 为穿过宽度为 L (m)的植被区后(后侧点)的有效波高。

估算波高衰减率的经验公式为

$$R_{wl} = \frac{\alpha L}{1 + \alpha L}, \quad (2)$$

其中, α 为波高衰减率系数,其值可依据线性波理论计算:

$$\alpha = \frac{4}{9\pi} C_D D N H_0 k \times$$

分辨率0.001%。设置数据采样间隔为1 s,压力探头距地面0.1 m,仪器输出为水位数据,波浪参数通过仪器自带的后处理软件计算得到。仪器在6月14日5:00(台风“鹦鹉”登陆前3 h)布放,在6月15日12:00(台风“鹦鹉”过境24 h后)回收,观测时段包含整个风暴潮的影响过程,观测期间仪器工作状态良好。

同步测量断面高程使用的仪器为中海达海星达测地型GNSS接收机iRTK5(广州中海达卫星导航技术股份有限公司),该仪器测量的水平精度为10 mm+1 ppm,垂直精度为10 mm+1 ppm。采用现场调查的方式,基于广东省连续运行参考站系统(Guangdong Continuous Operational Reference System, GDCORS)开展高精度的实时动态测量模式(Real Time Kinematic, RTK)测量,采用CGCS2000坐标和1985国家高程基准。

$$\frac{\sinh^3(kh_v) + 3\sinh(kh_v)}{[\sinh(2kh) + 2kh]\sinh(kh)}, \quad (3)$$

其中, C_D 为植物拖曳力系数; D 为单位垂直高度的植物面积; N 为单位面积植株数量; k 为植物区前端波数; h 为植被区水位; h_v 为水面以下的植物高度。

2 结果与分析

2.1 潮位变化

对于现场测得的水位值数据,首先对其进行质量控制和潮波分离,剔除异常值,进行高程订正,从而得到台风“鹦鹉”期间潮位随时间变化的曲线(图3)。由于测站位于磨刀门水道内,此处河道水位较浅,潮波由外海传播到口门时已显著减小,因此3个测站的潮位均在1 m以下。尽管如此,测站仍能观测到显著的风暴增水以及风暴潮漫滩的过程,漫滩时间大于6 h,3个测站潮位观测结果变化规律基本一致。现场没有观测到漫堤现象,但受风暴潮影响,垃圾等漂浮物被搬运至漫滩区域边缘形成痕迹线,风暴潮过后

仍堆积在此。

为进一步定量分析风暴增水特征,以测站 A 为例对其潮位进行调和与分析。结果显示,主要日分潮振幅和主要半日分潮振幅之比 $F = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2} = 1.2$,测点所在海域属于不正规半日潮,半日分潮占主导地位。主要浅水分潮 M_4 的振幅与太阴半日分潮 M_2 振幅的比值为 0.3,说明浅水分潮具有明显的量值,浅水效应对潮汐的作用明显,潮波在传播过程中因浅水效应而变形。

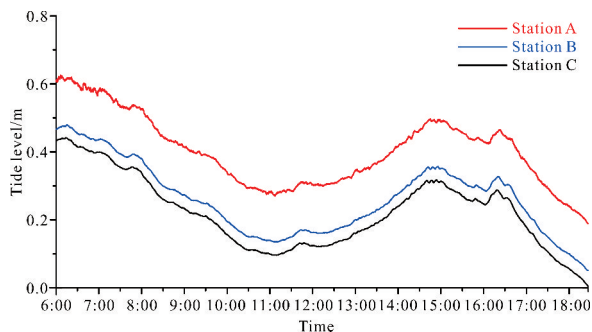


图 3 3个测站潮位时间序列(6月14日6:00—18:00)

Fig. 3 Time series of tide level at 3 stations from 6:00 to 18:00, June 14th

图 4 为测站 A 风暴增水过程曲线,其中蓝色实线为根据调和和分析结果所预报得到的天文潮潮位,红色实线为实测潮位的变化过程。6月14日台风“鹦鹉”影响盐沼所在海域时恰逢小潮期,天文潮潮位较低,根据天文潮潮位预报结果,当日8:00和15:00左右,当地水位将达到天文潮高潮位。仪器于6:00布放,此时天文潮为涨潮时段,受热带气旋风场影响,测站能够观测到显著的风暴增水,最大增水值为 0.43 m;后风暴增水降低,直到8:00已降低至 0.10 m;随后增水一直维持在 0.10 m 左右,持续至 12:00;随后又是天文潮的涨潮期,增水随着潮位升高而开始逐渐增加,直到15:00天文潮高潮位时,形成第二次增水

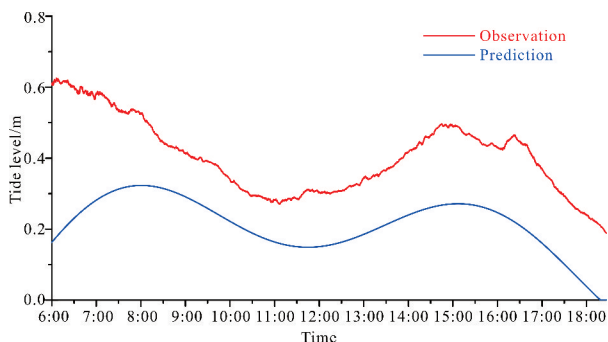


图 4 测站 A 风暴增水过程曲线(6月14日6:00—18:00)

Fig. 4 Time series of sea storm surge at station A from 6:00 to 18:00, June 14th

极大值,极大增水值为 0.25 m,但这次峰值并未引起较高水位。综上,本次风暴增水过程并不完全与天文潮的涨落潮过程一致,这种情况在历史风暴潮过程中也常有出现,一般认为主要是由于潮波的长周期运动引起^[18]。

2.2 波浪变化

经潮波分离后,对分离得到的波浪信号应用能谱分析方法计算得到测量时段的最大波高和有效波高。图 5 和图 6 分别为台风“鹦鹉”期间 3 个测站观测到的最大波高和有效波高变化过程曲线。

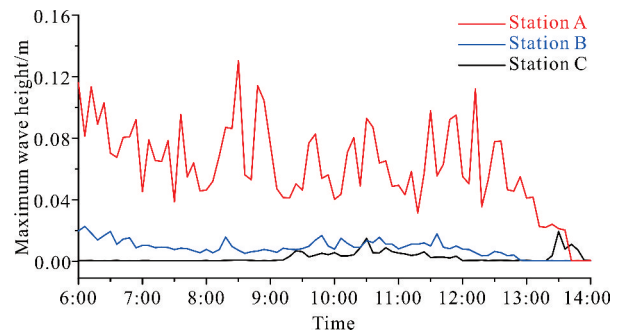


图 5 3个观测站最大波高随时间变化过程(6月14日6:00—14:00)

Fig. 5 Time series of maximum wave height at 3 observing stations from 6:00 to 14:00 June 14th

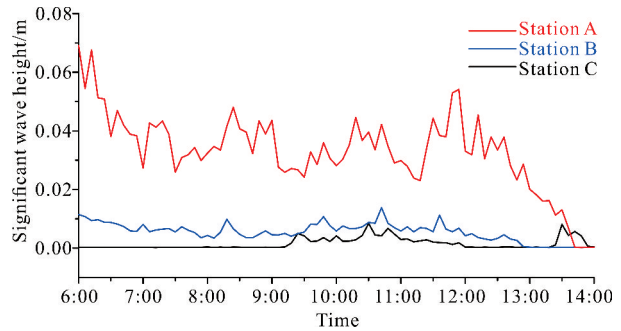


图 6 3个观测站有效波高随时间变化过程(6月14日6:00—14:00)

Fig. 6 Time series of significant wave height at 3 observing stations from 6:00 to 14:00, June 14th

6月14日6:00台风“鹦鹉”靠近时,植被边缘向海一侧测站 A 仪器观测到的波浪的最大波高和有效波高分别为 0.12 和 0.07 m;100 m 的盐沼植被后测站 B 观测到的最大波高和有效波高分别衰减为 0.03 和 0.01 m;230 m 的盐沼植被后测站 C 观测到的最大波高和有效波高均已接近 0.00 m,波浪基本衰减殆尽。后继续受到台风“鹦鹉”影响,测站 A 观测到的最大波高为 0.04—0.13 m,有效波高维持在 0.05 m 左右,而测站 B 同步测得的最大波高和有效波高均在 0.20 和 0.01 m 以下,测站 C 同步测得的最大

波高和有效波高均接近 0.00 m;14:00 左右,随着台风“鹦鹉”风场移出,风浪减弱,3 个观测点测得的波浪均接近 0.00 m,波高基本恢复到受台风“鹦鹉”影响前的情形。综上,盐沼植被具有显著的消波效应。

2.3 消波率

选取风暴潮影响最大时段(波浪最大值)前后 30 min 的有效波高,将观测断面前、中、后测点的有效波高 H_0 (0.074 m) 和 H_L (0.007 和 0.002 m) 代入式

表 2 波高衰减率计算结果

Table 2 Calculation result of wave attenuating efficiency of wave height

观测站 Observing station	水位/m Water level/m	有效波高/m Significant wave height/m	与测站 A 的距离/m Distance from station A/m	波高衰减率/% Wave height attenuation/%
A	0.632 9	0.074	0	
B	0.507 5	0.007	100	90.5
C	0.466 8	0.002	230	97.2

3 讨论

根据以往的研究结果,植被的消浪作用与植物形状、茎密度、高度、刚度和空间覆盖等生态参数密切相关,不同种类植物的消浪效果差异较大,植被的高度、密度和宽度与其消浪能力一般呈正相关^[21-25]。茎干具有相对高刚度的植物倾向于在整个波周期中振荡摇摆,而茎干柔韧的植物倾向于在水流主方向上弯曲,形成覆盖于海床上的植被层,从而基本丧失了对水流的阻尼作用^[26],植被消浪能力强弱顺序为互花米草 > 芦苇 (*Phragmites australis*) > 海三棱藨草 (*Bolboschoenoplectus mariqueter*)^[27]。植物的消浪能力与被淹没时的相对水深有关。在植物冠顶被淹没之前,植丛类似于透空式堤防,波浪进入盐沼植物间隙后,茎叶的摩阻以及波流在茎叶间隙中紊动能明显地衰减波浪;当植物冠顶被淹没之后,植丛类似潜堤,对波浪的消减作用有限,植被消浪能力也大为减弱^[21,22]。波浪衰减率还与入射波的波高有关。随着波能的增加,特别是台风期间强烈的波浪作用会使植被茎秆往一个方向倾斜移动,从而降低植被对波浪的阻尼作用,甚至当水动力载荷过高时,植物茎秆发生断裂而完全丧失消波能力^[28]。

本章节分别从植被类型、水深和波高的角度讨论台风“鹦鹉”期间盐沼消波过程中影响盐沼消波能力的因素,并进一步研究盐沼消波效应的定量指标及其与影响因子的相关性。

(1)中,分别得到波浪在通过植被宽度为 100 和 230 m 的盐沼植被的波高衰减率为 90.5% 和 97.2% (表 2)。

采用《海岸带生态减灾修复技术导则 第 3 部分:盐沼》(T/CAOE 21.3-2020)^[19]中的评价标准,本次现场观测到波浪的浪级为轻浪,波高衰减率在 80% 以上,芒洲湿地的盐沼植被减灾能力为优。

3.1 植被类型

根据国家海洋局南海环境监测中心现场调查结果,芒洲湿地盐沼植被长度约为 693 m,植被带宽约为 53 m,覆盖面积约为 3.39 km²;植物类型以短叶茳茳 (*Cyperus malaccensis* subsp. *monophyllus*) 和 芦苇为主,两者比例约为 8:2,植被覆盖度超过 90%;其中调查样方内短叶茳茳和芦苇的盖度分别为 72.8% 和 22.2%,平均密度分别为 217 和 21 株/m²,平均株高分别为 1.70 和 2.57 m。根据《海岸带生态减灾修复技术导则 第 3 部分:盐沼》(T/CAOE 21.3-2020)^[19]里的波高衰减率经验公式,参考芒洲湿地盐沼植被的实际情况和本次台风过程,选取参数为盐沼植物(芦苇)植被高度 2 m,植被基径 2 cm,植株密度 100 株/m²,水位 1 m 和波高 0.5 m,计算得出经过植被宽度 100 和 200 m 的波高衰减率分别为 94.0% 和 97.0%,与实测的 90.5% 和 97.2% 基本一致。

综上,芒洲湿地的植被覆盖度高,植被均是由地上根茎直立粗壮的植物(短叶茳茳和芦苇)组成,具有相当大的茎密度、刚度以及足够的高度(2 m 左右),因而具有很好的防风御浪效果,足以抵抗台风“鹦鹉”的冲击,有效地起到了防护海岸的作用。实测和经验测算得出的消波率都在 90% 以上,说明芒洲湿地的盐沼植被的消浪作用显著。由于芒洲湿地盐沼植物类型相对单一,故本研究无法对不同类型的盐沼植物的消波差异性进行比对分析,未来研究将扩展到其他盐沼植被类型的消波分析,以建立消波效应与植物参

数的定量关系。

3.2 水深

根据国家海洋局南海环境监测中心断面高程调查结果(图7),观测点A、B和C的高程分别为 -0.2694 、 -0.0834 和 0.0016 m,从植被区向海一侧边缘处到植被区向岸一侧边缘处落差仅为 0.3 m,断面坡度缓,滩面平坦,3个测点水深变化不大,故在芒洲湿地不存在随着水深增加,盐沼植被波浪消减效应降低的情形。根据水位的实测结果,整个台风过程中3个测点的水位均在 1 m以下,而盐沼植被的平均株高约为 2 m,说明台风过程中植被未被淹没,能够充分发挥消波作用,波浪衰减明显。

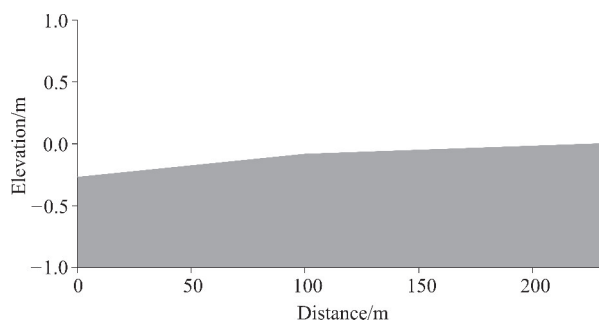


图7 观测断面高程剖面

Fig. 7 Altitude of observing section

3.3 波高

虽然在台风“鸚鵡”的过程中部分植物倒伏,但植被整体状况良好,这说明在台风“鸚鵡”的过程中不仅没有发生强烈的波浪作用使植被茎秆往一个方向倾斜移动造成植被对波浪的阻尼作用降低的情况,而且不存在水动力载荷过高导致植物茎秆断裂而完全丧失消波能力的情形。综上,在台风“鸚鵡”的过程中芒洲湿地的盐沼植被充分发挥了消波作用,有效抵挡了台风的破坏,防护了海岸。

芒洲湿地的盐沼分布在珠江口磨刀门水道内,相对于开阔海岸来说,风浪非常小,只有在台风期才会有较大的波浪,且只有向岸和直接面向盐沼的台风才会在盐沼分布区域形成较大的波浪。本次台风“鸚鵡”影响时间短、强度低,现场测得的风速和波浪均不大,因此给波浪效应的观测造成了一定的难度。因此,本研究中的很大一部分波浪指标数据不明显(波高低于 10 cm),未来将进一步研究消波率与波高之间的定量关系。

4 结论

本研究利用2020年第2号台风“鸚鵡”期间广东

省珠海市横琴新区芒洲湿地盐沼的实测数据,对比分析并定量研究了台风期间盐沼的消波过程,研究结果表明:(a)台风“鸚鵡”期间恰逢小潮期,天文潮潮位较低,但仍观测到最大 0.43 m的风暴增水,漫滩时间大于 6 h,未发生漫堤。(b)根据台风“鸚鵡”期间波浪实测结果,波浪在通过宽度为 100 和 230 m的芒洲湿地植被带时波高衰减率分别为 90.5% 和 97.2% ,植被减灾能力为优。(c)波浪经过植被宽度 100 和 200 m的波高衰减率的估算结果分别为 94.0% 和 97.0% ,与实测结果基本一致。(d)由于台风“鸚鵡”影响时间短、强度低,现场测得的水位均在 1.0 m以下,而盐沼植被的平均株高为 2.00 m,植被冠顶未被淹没;现场测得的有效波高均在 0.1 m以下,未发生植被大量倒伏甚至茎秆断裂而完全丧失消波能力的情形。综上,虽然芒洲湿地的盐沼面积仅 3.39 km²,但是其盐沼植被的消波效应仍非常显著。

参考文献

- [1] BOOMAN L. Saltmarsh review: an overview of coastal saltmarshes, their dynamic and sensitivity characteristics for conservation and management [R]. Peterborough: JNCC, 2003.
- [2] CASTELLANOS E M, FIGUEROA M E, DAVY A J. Nucleation and facilitation in saltmarsh succession: interactions between *Spartina maritima* and *Arthrocnemum perenne* [J]. Journal of Ecology, 1994, 82(2): 239-248.
- [3] YANG S L, CHEN J Y. Coastal salt marshes and mangrove swamps in China [J]. Journal of Oceanology and Limnology, 1995, 13(4): 318-324.
- [4] GEDAN K B, SILLIMAN B R, BERTNESS M D. Centuries of human-driven change in salt marsh ecosystems [J]. Annual Review of Marine Science, 2009, 1: 117-141.
- [5] MARIOTTI G, FAGHERAZZI S. Critical width of tidal flats triggers marsh collapse in the absence of sea-level rise [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(14): 5353-5356.
- [6] MCLEOD E, CHMURA G L, BOUILLON S, et al. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂ [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2011, 9(10): 552-560.
- [7] KEARNEY M S, STEVENSON J C. Island land loss and marsh vertical accretion rate evidence for historical sea-level changes in Chesapeake Bay [J]. Journal of

- Coastal Research, 1991, 7(2): 403-415.
- [8] TURNER R E, BAUSTIAN J J, SWENSON E M, et al. Wetland sedimentation from hurricanes Katrina and Rita [J]. Science, 2006, 314(5798): 449-452.
- [9] COSTANZA R, PÉREZ-MAQUEO O, MARTINEZ M L, et al. The value of coastal wetlands for hurricane protection [J]. Ambio, 2008, 37(4): 241-248.
- [10] KNUTSON P L, BROCHU R A, SEELIG W N, et al. Wave damping in *Spartina alterniflora* marshes [J]. Wetlands, 1982, 2(1): 87-104.
- [11] MÖLLER I, SPENCER T, FRENCH J R, et al. Wave transformation over salt marshes: a field and numerical modelling study from North Norfolk, England [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1999, 49(3): 411-426.
- [12] MÖLLER I, SPENCER T, FRENCH J R, et al. The sea-defence value of salt marshes: field evidence from north Norfolk [J]. Water and Environment Journal, 2001, 15(2): 109-116.
- [13] MÖLLER I. Quantifying saltmarsh vegetation and its effect on wave height dissipation: results from a UK east coast saltmarsh [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006, 69(3/4): 337-351.
- [14] WAMSLEY T V, CIALONEM M A, SMITH J M, et al. The potential of wetlands in reducing storm surge [J]. Ocean Engineering, 2010, 37(1): 59-68.
- [15] 傅宗甫. 互花米草消浪效果试验研究[J]. 水利水电科技进展, 1997, 17(5): 45-47.
- [16] 任璘婧, 李秀珍, 杨世伦, 等. 崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3350-3358.
- [17] 范吉庆, 杨世伦, 史本伟, 等. 风暴对滨海湿地潮沟水沙输运的影响: 以长江口崇明东滩为例[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(10): 11-22.
- [18] 侯一筠, 尹宝树, 管长龙, 等. 我国海洋动力灾害研究进展与展望[J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(4): 759-767.
- [19] 中国海洋工程咨询协会. 海岸带生态减灾修复技术导则: 第3部分 盐沼: T/CAOE 21.3-2020[S]. 北京: [出版者不详], 2020.
- [20] 中国海洋工程咨询协会. 海岸带生态系统现状调查与评估技术导则: 第4部分 盐沼: T/CAOE 20.4-2020[S]. 北京: [出版者不详], 2020.
- [21] YANG S L. The role of *Scirpus* marsh in attenuation of hydrodynamics and retention of fine sediment in the Yangtze Estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1998, 47(2): 227-233.
- [22] 杨世伦, 时钟, 赵庆英. 长江口潮沼植物对动力沉积过程的影响[J]. 海洋学报, 2001, 23(4): 75-80.
- [23] YANG S L, FRIEDRICH S C T, SHI Z, et al. Morphological response of tidal marshes, flats and channels of the Outer Yangtze River mouth to a major storm [J]. Estuaries and Coasts, 2003, 26(6): 1416-1425.
- [24] YANG S L, LI H, YSEBAERT T, et al. Spatial and temporal variations in sediment grain size in tidal wetlands, Yangtze Delta: on the role of physical and biotic controls [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2008, 77(4): 657-671.
- [25] YANG S L, SHI B W, BOUMA T J, et al. Wave attenuation at a salt marsh margin: a case study of an exposed coast on the Yangtze Estuary [J]. Estuaries and Coasts, 2012, 35(1): 169-182.
- [26] 史本伟, 杨世伦, 罗向欣, 等. 淤泥质光滩-盐沼过渡带波浪衰减的观测研究: 以长江口崇明东滩为例[J]. 海洋学报, 2010, 32(3): 174-178.
- [27] 葛芳, 田波, 周云轩, 等. 海岸带典型盐沼植被消浪功能观测研究[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(8): 1784-1792.
- [28] RIFFE K C, HENDERSON S M, MULLARNEY J C. Wave dissipation by flexible vegetation [J]. Geophysical Research Letters, 2011, 38(18): L18607.

Observational Study on Wave Attenuation Effect of Salt Marsh during Typhoon — a Case Study of Mangzhou Wetland in Zhujiang River Estuary

SUN Lu^{1,2**}, HUANG Sheng¹, ZHAO Junpeng³, HE Wei¹, ZHOU Shuihua³, DENG Wei¹, CHEN Xinping⁴

(1. South China Sea Environmental Monitoring Centre, State Oceanic Administration, Guangzhou, Guangdong, 510300, China; 2. Nansha Islands Coral Reef Ecosystem National Observation and Research Station, Guangzhou, Guangdong, 510300, China; 3. South China Sea Forecasting Centre, State Oceanic Administration, Guangzhou, Guangdong, 510300, China; 4. Marine Disaster Reduction Centre, Ministry of Natural Resources, Beijing, 100194, China)

Abstract: Coastal salt marshes can reduce the impact of storm surges and typhoon waves, thereby enhancing the ability of the coast to resist natural disasters such as typhoons and reducing economic losses. Therefore, they play an important role in protecting the coast and preventing and mitigating disasters. In this study, the wave attenuation function of Mangzhou wetland in Zhujiang River Estuary was analyzed by using the field measured wave data during the typhoon ‘Parrot’ activity in June 2020, so as to quantitatively study the wave attenuation effect of salt marsh vegetation. The results showed that during the period of typhoon ‘Parrot’, the maximum increase of storm surge in Mangzhou wetland was 0.43 m, and the floodplain time was longer than 6 h. The wave height attenuation rates of the measured waves passing through the salt marsh vegetation zones with widths of 100 m and 230 m was 90.5% and 97.2%, respectively, and the vegetation disaster reduction ability is excellent. According to the estimation results of the empirical formula of wave height attenuation rate, the wave height attenuation rates of waves passing through vegetation widths of 100 m and 200 m was 94.0% and 97.0% respectively, which are basically consistent with the measured results. Due to the short influence time and weak intensity of typhoon ‘Parrot’, the water level measured in the field was below 1 m, while the average plant height of salt marsh vegetation was about 2 m, and the crown of vegetation was not submerged. Therefore, the vegetation could be regarded as a permeable embankment, and the friction damping of its stems and leaves led to the attenuation of wave energy. In addition, the effective wave height measured in the field was below 0.10 m, and there was no large amount of vegetation lodging or even stem fracture. Therefore, the salt marsh vegetation had fully played its role in wave attenuation. In summary, although the area of Mangzhou salt marsh is only 3.39 km², its wave attenuation effect is still very significant.

Key words: Mangzhou Wetland; typhoon ‘Parrot’; salt marshes; wave attenuation; disaster reduction

责任编辑: 陆雁, 陈少凡



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>