

# 大鹏湾近岸海域波浪观测特征分析

庄晓珊<sup>1</sup>, 胡俊洋<sup>1</sup>, 张一聪<sup>1</sup>, 邢闯<sup>2</sup>

(1.深圳市海洋发展研究促进中心, 广东 深圳 518067; 2.国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

**摘要:**利用大鹏湾海域 2014—2020 年的实时海浪观测资料, 对观测海域的海浪基本要素及其与热带气旋活动的关系进行统计分析。结果显示, 观测海域浪高常年在 1.0 m 以下, 出现频率达 95.94%, 各观测站的海浪特征具有明显差异, 大梅沙站对东北季风响应明显, 1.0 m 以上波高主要出现在秋、冬季, 下沙站对西南季风响应明显, 1.0 m 以上波高只出现在夏、秋季, 大鹏湾湾口站常年受西南季风和东北季风的影响, 1.0 m 以上波高主要出现在夏、秋、冬季。大梅沙、下沙和大鹏湾湾口站常浪向分别为 SE、S 和 SSE 向, 强浪向分别为 SE、S/SW 和 SSE 向, 一般由热带气旋引起。1713 号“天鸽”台风期间, 观测海域波高和风速之间关系的分析结果表明, 风速和波高随台风靠近而逐渐增大, 两者呈明显的正相关, 波高达到峰值时间略滞后于风速峰值, 有效波周期在台风期间也出现显著增大的过程。

**关键词:** 大鹏湾; 波浪特征; 波高; 波周期; 波向

中图分类号: X16; X834

文献标识码: A

文章编号: 1007-6336(2023)03-0378-09

## Characteristics of ocean waves in coastal area of Dapeng Bay based on observations

ZHUANG Xiao-shan<sup>1</sup>, HU Jun-yang<sup>1</sup>, ZHANG Yi-cong<sup>1</sup>, XING Chuang<sup>2</sup>

(1.Shenzhen marine monitoring forecasting center, Shenzhen 518067, China; 2.National Marine Environmental Forecasting Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Based on the real-time wave measurement results of Dapeng Bay from 2014 to 2020, this paper presents a statistical analysis of the basic feature of waves in the observed sea area and their relationship with tropical cyclone activity. The results show that the significant wave height (SWH) under 1.0 m covers 95.94% of the observational period, and the wave characteristics of each station have obvious differences. The SWH above 1.0 m at Dameisha station mainly occurs in the boreal Autumn and Winter, which is dominated by the northeast monsoon. The SWH above 1.0 m at Xiasha station mainly occurs in boreal Summer and Autumn, which is modified by the southwest monsoon. While the SWH above 1.0 m at Wankou station mainly occurs in boreal summer, autumn, and winter, which is responded to the southwest and northeast monsoon synchronously. Due to the effect of tropical cyclones, the normal wave directions of each station are SE, S, and SSE respectively, while the the direction of intensified wave are SE, S/SW, and SSE separately. The analysis of the relationship between SWH and wind speed at the buoy positions during No.1713 Typhoon “Hato” suggests that the wind speed and SWH increase gradually with the approach of the typhoon. The peak of SWH slightly lags to the peak of wind speed, as well as the significant wave period prominently increased during the typhoon.

**Key words:** Dapeng Bay; wave characteristics; wave height; wave period; wave direction

收稿日期: 2022-07-11, 修订日期: 2022-12-21

作者简介: 庄晓珊(1987—), 女, 广东汕尾人, 工程师, 主要从事海洋环境监测预报工作, E-mail: 791173682@qq.com

通讯作者: 邢闯(1982—), 男, 工程师, 主要从事海洋预报工作, E-mail: 49968720@qq.com

大鹏湾位于深圳东部,目前处于人口快速增长及经济迅速发展的阶段,沿岸建有国际港口盐田港、LNG 能源产业基地、航道、大小梅沙海滨浴场与水上体育活动中心,人工作业繁忙。因此,分析大鹏湾海域的波浪特征,对社会服务、经济发展和精准的海洋预报及灾害预警均具有非常重要的意义<sup>[1-2]</sup>。

近年来,已有学者对南海和深圳附近海域的波浪做了一些研究<sup>[3-10]</sup>。王静等<sup>[11]</sup>用经验正交分解方法分析南海海浪的时空特征,结果表明,南海海浪存在年际变化特征,且与局地风场有着密切的关系。随着数值模式的兴起,不少学者也利用数值模式和经验模型等方法对深圳海域的波浪特征进行分析研究<sup>[12-16]</sup>。王欣睿等<sup>[13]</sup>将珠江口海域划分为4个区域,选用5种风浪经验预报模式,对该海域全年风浪进行后报、检验和订正,总结出适合不同区域的风浪预报方法。姜茜等<sup>[14]</sup>耦合了ECOM 模型、SWAN 模式和TPX06.2 模式建立了深圳-香港水域的天文潮-风暴潮-台风浪耦合模型,分析了台风期间不同浪潮的影响程度。方莹<sup>[15]</sup>采用非线性自回归神经网络与带外部输入的自回归神经网络,基于波浪浮标3个月的实时观测数据,建立了大鹏湾浮标站波浪预报模型。

目前对大鹏湾海域的海浪研究以预报模型后报模拟为主,尽管有多个海浪观测站点,但是系统性统计资料却很少。本文利用大鹏湾近岸海域三个波浪浮标站自建站以来的波浪定点观测资料,研究讨论了观测海域的波浪要素基本特征,揭示其波浪常年变化的基本规律,选取“天鸽”台风过程,分析大鹏湾近岸海域大浪过程与热带气旋活动的关系,可以为海岸环境研究、海洋工程建设、海上作业和大鹏湾海洋预报精准化工作提供一定的参考<sup>[17]</sup>。

## 1 材料与方法

大鹏湾为半封闭型海湾,海域面积约 320 km<sup>2</sup>,海底地形在东西向呈平缓的槽型,平均水深为 18 m,水深从湾顶向湾口逐渐变深,湾口宽度约 15 km。大鹏湾南部与南海相连,湾内常年受南海外海涌浪的影响,而南海外海波浪受多种天气

形势(热带气旋、季风等)影响。

本文采用的波浪数据为深圳大鹏湾自内往外布设的大梅沙、下沙、大鹏湾湾口3个波浪浮标站(图1)自建站以来的现场观测资料(表1)。鉴于波浪浮标未装载风速仪,风速、风向数据来自波浪浮标同一位置的环境浮标及浮标附近的气象站观测资料。其中,大梅沙站波浪观测仪器为波浪骑士 MK III,利用重力加速度原理进行波浪测量,测量精度为 0.01 m,采样间隔为 30 min;下沙站是主要的海上运动区,紧邻 LNG 能源产业基地,观测仪器为山仪所压力式波浪仪 SBY1-1,测量精度为 0.1 m,采样间隔为 30 min;大鹏湾湾口站则位于大鹏湾近岸与外海连接处,观测仪器为山仪所压力式波浪仪 SBY1-1,测量精度为 0.1 m,采样间隔为 30 min。环境浮标气象观测仪器为维萨拉 WXT536 超声波气象传感器,采样间隔为 15 min;浮标附近气象站采样间隔为 1 min。



图1 大鹏湾波浪浮标(五角星)和气象站(三角形)位置  
Fig.1 Location of wave buoys(pentagram) and weather stations(triangle)

表1 浮标采样数量及采样时间范围

Tab.1 Buoys sampling periods and number of data points collected from each buoy

波浪站位	观测数量/组	观测时间
大梅沙	63529	2014年4月—2020年12月
下沙	66680	2014年4月—2020年12月
大鹏湾湾口	39717	2017年7月—2020年12月

## 2 结果与讨论

### 2.1 波高和波周期

苏梦等<sup>[18]</sup>研究表明,莱州湾近岸海域海浪周期和波高分布呈明显的季节特征。为了解大

鹏湾近岸海域波浪特征变化,对3个站点波浪观测有效数据进行统计计算,分别从各站点的海浪要素的日变化值、月平均值、极值变化特征和季节分布特征进行分析,其中,大梅沙站最大波高因数据缺失较多,不参与计算。

将观测时间范围内每日同一时次的观测值累加求平均,得到每个时次的平均值,用于日变化分析,每月所有时次观测值累加求平均得到该月平均值,春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12月—次年2月)各季节所有时次观测值累加,求平均得到各季的季平均值,每年观测值累加求平均得到年平均值。3个站点波浪要素统计特征如表2、表3、图2~图4所示。在没有强天气系统控制时,受海陆分布影响,大鹏湾近岸风的日变化主要表现为海陆风效应,夏季最为明显。随海陆昼夜温差的不断变化,白天出现海风(向岸风),通常下午2—3时最强,此时近岸海域浪高一般出现较高值;夜间出现陆风(离岸风),此时近岸海域浪高一般较小。

由图2可以看出,大梅沙和下沙站下午时段有效波高高于其他时段,这与海陆风的变化规律一致,大鹏湾湾口站则不明显。由图3可以看出,三个站位的春季平均有效波高均低于年平均值,下沙和大鹏湾湾口站的夏季平均有效波高均高于年平均值,大梅沙站则与之相反,秋、冬两季无明显特点。大鹏湾湾口站的有效波高月均值、季节平均值和年均值均高于大梅沙站和下沙站。受盛行季风的影响,各站位变化均有一定的规律,但地理位置不同,对不同季风的响应程度不同,变化规律也有所不同。

由表3可知,大梅沙站海域全年大部分时间海况稳定,有效波高较小,年平均值为0.36 m,其中,0.2~0.4 m所占比例最大,0.4~0.6 m次之,频率分别为46.10%和29.86%,最高值为5.0 m,出现在2018年9月。大梅沙站有效波周期为2.26~15.3 s,年平均值为5.82 s。大梅沙站波浪在5—8月对西南季风的增强响应不明显,在10月至次年3月受东北季风的影响较大,有效

表2 波浪参数统计

Tab.2 Statistics of wave parameters

时间	统计值	最大波高/m			有效波高/m			有效波周期/s		
		下沙	大鹏湾湾口	大梅沙	下沙	大鹏湾湾口	大梅沙	下沙	大鹏湾湾口	
1月	范围	0.1~0.6	0.4~2.2	0.1~1.24	0.1~0.4	0.3~1.6	2.60~10.80	3.0~10.1	3.4~8.9	
	平均值	0.28	1.07	0.44	0.2	0.76	6.16	6.01	6.22	
	标准差	0.07	0.26	0.15	0.05	0.18	1.18	0.95	0.87	
2月	范围	0.1~0.6	0.3~1.8	0.1~0.9	0.1~0.4	0.2~1.3	2.40~11.70	3.1~10.2	3.2~8.8	
	平均值	0.26	0.86	0.38	0.18	0.61	5.89	5.83	5.73	
	标准差	0.07	0.23	0.13	0.05	0.16	1.15	0.87	0.8	
3月	范围	0.1~0.6	0.3~2.3	0.1~0.9	0.1~0.4	0.2~1.3	2.70~12.70	2.7~10.1	2.70~9.67	
	平均值	0.26	0.78	0.37	0.18	0.56	6.31	5.37	5.46	
	标准差	0.08	0.29	0.14	0.06	0.2	1.30	0.84	1.08	
4月	范围	0~1	0.2~1.7	0.1~1.03	0~0.7	0.2~1.1	2.60~12.20	2.6~9.6	2.70~9.80	
	平均值	0.27	0.7	0.33	0.19	0.49	5.88	4.82	5.19	
	标准差	0.11	0.25	0.14	0.08	0.18	1.60	1.03	1.0	
5月	范围	0.1~1.5	0.1~1.9	0.09~1.25	0.1~1.1	0.1~1.4	2.26~11.30	2.4~8.7	2.4~9.1	
	平均值	0.36	0.72	0.33	0.25	0.51	4.41	4.75	4.81	
	标准差	0.14	0.3	0.16	0.1	0.21	1.22	0.93	0.96	
6月	范围	0.1~2.4	0.2~2.3	0.1~2.47	0.1~1.8	0.2~1.6	2.26~12.00	2.4~9.7	2.8~8.8	
	平均值	0.55	0.99	0.29	0.38	0.69	4.24	5.34	5.3	
	标准差	0.24	0.32	0.14	0.17	0.22	1.06	1.28	1.15	
7月	范围	0.1~3.2	0.3~4.9	0.1~1.6	0.1~2.4	0.2~2.7	2.37~15.00	2.4~11.9	3.1~9.8	
	平均值	0.6	1.16	0.32	0.42	0.81	4.56	5.93	6.03	
	标准差	0.29	0.53	0.16	0.21	0.36	1.31	1.38	1.09	

续表

时间	统计值	最大波高/m			有效波高/m			有效波周期/s	
		下沙	大鹏湾湾口	大梅沙	下沙	大鹏湾湾口	大梅沙	下沙	大鹏湾湾口
8月	范围	0.1~3.4	0.3~7.5	0.09~3.48	0.1~2.9	0.2~5.7	2.50~14.00	2.3~12.5	3.2~11.6
	平均值	0.58	1.23	0.29	0.4	0.85	5.98	6.32	6.41
	标准差	0.31	0.71	0.17	0.22	0.51	1.93	1.39	1.23
9月	范围	0.1~3.7	0.2~11.6	0.09~5	0.1~2.8	0.18~7.5	2.50~15.30	2.4~14.3	2.34~16.02
	平均值	0.4	0.92	0.32	0.29	0.61	5.80	5.83	6.41
	标准差	0.3	0.5	0.24	0.22	0.55	2.06	1.71	2.15
10月	范围	0.1~2.3	0.1~4.3	0.09~2.1	0.1~1.7	0.1~3.2	2.50~14.10	2.4~13.2	2.05~17.09
	平均值	0.31	0.89	0.4	0.22	0.62	6.50	5.76	6.39
	标准差	0.16	0.38	0.21	0.11	0.26	1.93	1.45	1.62
11月	范围	0.1~1.2	0.3~4.1	0.1~1.7	0.1~0.6	0.2~2.3	3.00~12.50	2.7~11.2	2.64~12.01
	平均值	0.29	1.07	0.44	0.21	0.74	6.67	5.9	6.96
	标准差	0.08	0.33	0.14	0.06	0.22	1.39	1.13	1.41
12月	范围	0.1~0.6	0.2~2.5	0.1~1.2	0.1~0.4	0.1~1.5	2.70~12.70	1.95~10.90	3.32~12.31
	平均值	0.28	1.06	0.46	0.2	0.73	7.45	6.34	7.09
	标准差	0.08	0.3	0.14	0.05	0.2	1.34	1.14	1.29
年平均	范围	0.1~3.7	0.1~11.6	0.09~5	0.1~2.9	0.1~7.5	2.26~15.30	1.95~14.3	2.05~17.09
	平均值	0.37	0.95	0.36	0.26	0.67	5.82	5.68	6.00
	标准差	0.16	0.37	0.16	0.12	0.27	0.96	1.18	1.22

表 3 有效波高分布频率

Tab.3 The distribution frequency of significant wave height

站点	<0.2 m	0.2~0.4 m	0.4~0.6 m	0.6~0.8 m	0.8~1.0 m	>1.0 m
大梅沙/(%)	12.65	46.10	29.86	8.60	1.89	0.90
下沙/(%)	17.35	65.20	11.86	3.81	1.04	0.74
大鹏湾湾口/(%)	0.46	13.67	29.82	30.73	14.79	10.53

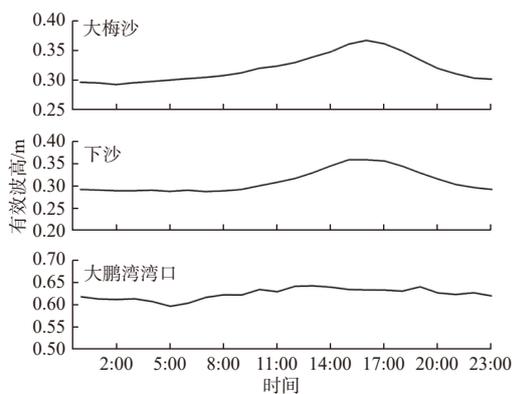


图 2 有效波高日变化

Fig. 2 Daily variations of significant wave height

波高显著大于其他月份,秋、冬季有效波高均值常年高于年平均值,春、夏季有效波高较小,主要集中于 0.2~0.6 m,秋、冬季 0.8 m 以上的波高频率增多,1.0 m 以上的波高频率秋季高于冬季,推

测是热带气旋引起,这与傅圆圆等<sup>[19]</sup>的结论一致。

下沙站海域海况稳定,有效波高较小,年平均值为 0.26 m,主要分布在 0.2~0.4 m,频率为 65.20%,最高值达 2.9 m,出现在 2017 年“天鸽”台风期间,最大波高的变化幅度为 0.1~3.7 m,年平均值为 0.37 m。下沙站有效波周期为 1.95~14.3 s,年平均值为 5.68 s。下沙站有效波高在 6 月至 9 月有较明显增强,其他月份变化较小;夏季有效波高均值常年高于年平均值,春、冬季有效波高均值比较低,基本在 0.4 m 以下,1 m 以上只出现在夏、秋季。

大鹏湾湾口站海域位置相对开阔,常年受外海波浪、季风以及台风影响,有效波高年平均值为 0.67 m,在 0.6~0.8 m 范围出现频率最高,占比 30.73%,最高值为 7.5 m,出现在 2018 年 9 月。最大波高变化幅度为 0.1~11.6 m,年平均值为

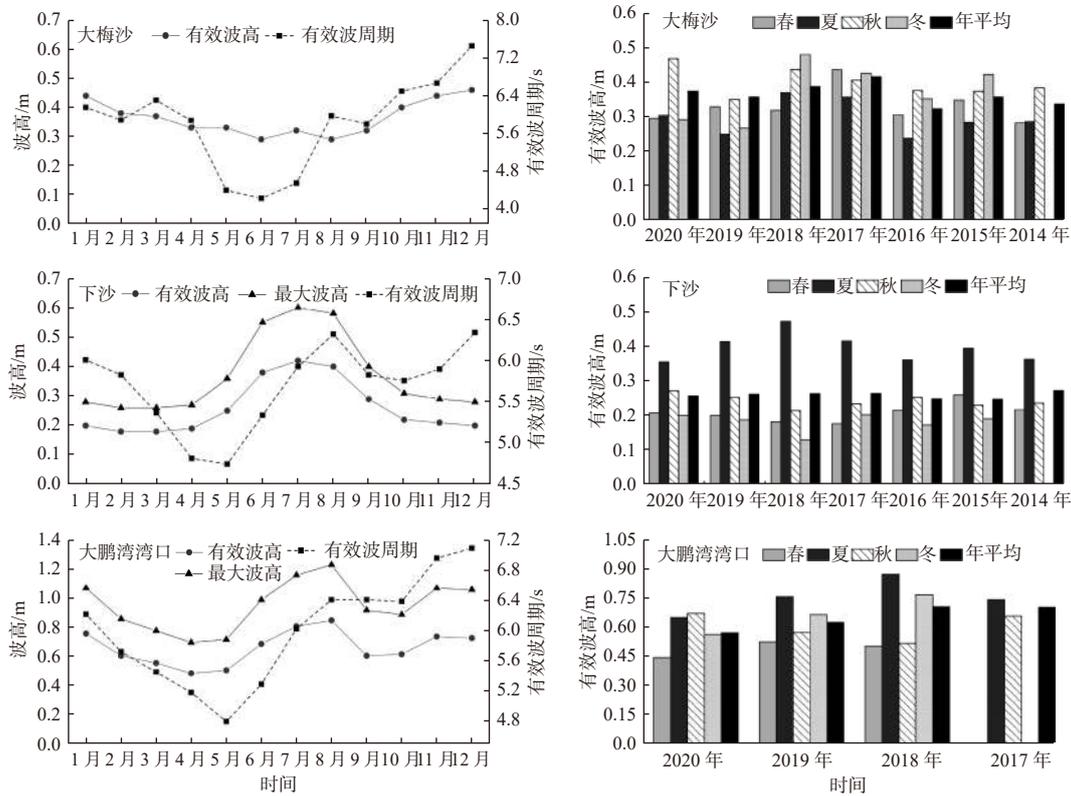


图 3 波浪参数月际和季节变化

Fig. 3 Monthly and seasonal variations of wave parameters

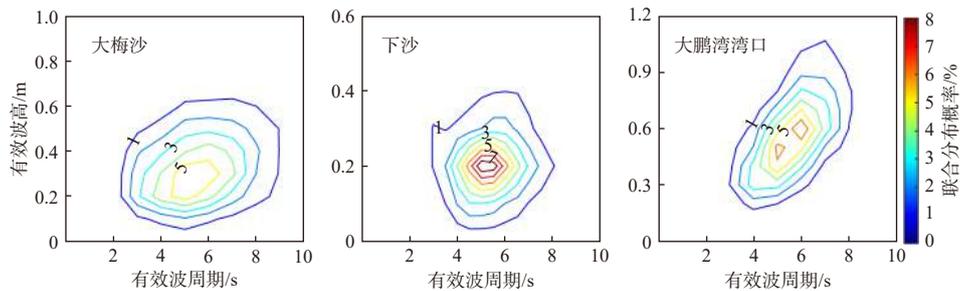


图 4 有效波高与有效波周期联合分布

Fig. 4 Joint distribution of significant wave height and period

0.95 m。大鹏湾湾口有效波周期为 2.05 ~ 17.09 s, 年平均值为 6.0 s。受西南季风和东北季风影响, 在 6—9 月, 12 月至次年 2 月大鹏湾湾口的有效波高显著大于其他月份; 夏、秋季有效波高均值常年高于年平均值, 1.2 m 以上波高夏季占比最多, 其次是秋季, 春、冬季基本低于 1.0 m。

将有效波高与有效波周期进行联合分布统计, 如图 4 所示, 有效波高和有效波周期分别按 0.1 m 和 1 s 间隔划分处理。结果显示, 大鹏湾的波高和周期主要分布在 0.1 ~ 0.9 m 和 4 ~ 7 s, 湾

内周期变化不大, 波高在湾口处呈现较大值。大梅沙站的波高和周期主要分布在 0.1 ~ 0.5 m 和 4 ~ 7 s。下沙站的波高和周期分布范围都较小, 主要在 0.1 ~ 0.3 m 和 4 ~ 6 s。大鹏湾湾口站则主要分布在 0.3 ~ 0.9 m 和 4 ~ 7 s, 且波高较大时, 对应的周期也往往越大。结合各站点的波高与周期分布可推出, 大鹏湾近岸海域海浪为混合浪(涌浪为主)出现的频率最高。

### 2.2 波 向

大鹏湾海浪主要受风区和地形影响: 大鹏湾

海域季风特性明显, 湾内冬季多为 NNW 向风, 夏季多为 ESE-SW 向风, 11 月到次年 2 月易受冷空气影响, 在冬、夏季转换期, 风向不稳定; 大鹏湾地形主要特征是海岸线蜿蜒曲折, 湾内有湾, 西部岛屿众多, 东部岸线比较平缓, 大梅沙、下沙波浪浮标主要布设在大鹏半岛南侧海域, 多分布有拦湾沙坝, 大鹏湾湾口站点水域相对开阔。由表 4 和图 5 可知, 各站点在浪向上也呈现不同的季节特征和地形特征。

表 4 常浪向、强浪向统计

Tab.4 Statistics of the dominant wave direction and the strong wave direction

波浪要素	大梅沙	下沙	大鹏湾湾口
常浪向	SE	S	SSE
常浪向对应频率/(%)	77.17	48.01	44.11
次常浪向	SSE	SSW	S
次常浪向对应频率/(%)	11.62	42.07	37.07
强浪向	SE	S/SW	SSE

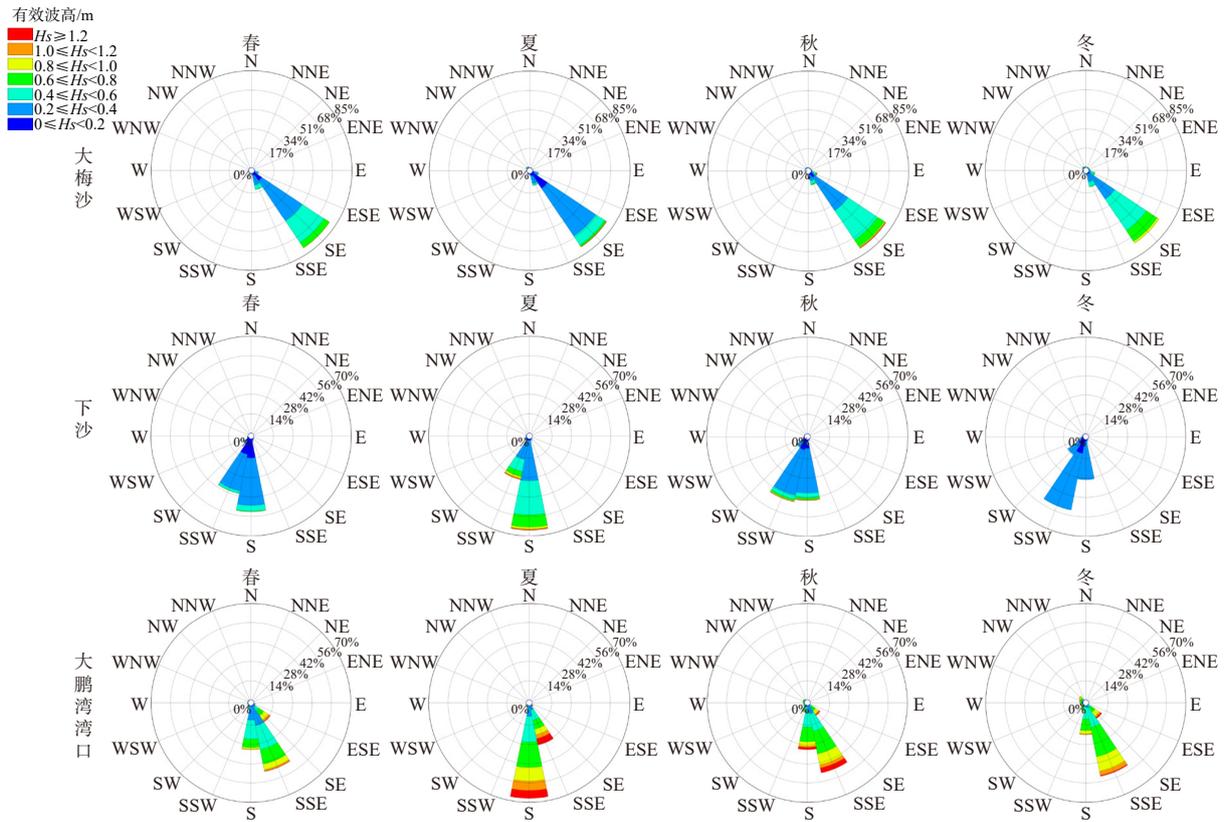


图 5 波浪频率季节分布

Fig. 5 Seasonal distribution of wave frequency

大鹏湾各站累年浪向分布均比较集中, 以 S、SE、SSE 和 SSW 向为主; N 向波浪在不同程度上受地形阻挡, 全年 N、NNE、NE、ENE、E、NNW 向最少, 频率不超过 1%, 3 个站点浪向频率分布的形状在各季节也基本一致。

大梅沙站常浪向为 SE 向, 出现频率为 77.17%, 其次为 SSE 向, 出现频率为 11.62%, 四季浪向基本一致, 集中在 SE 向。下沙站常浪向为 S 向, 出现频率为 48.01%, 次常浪向为 SSW 向, 出现频率为 42.07%, 春、夏季以 S 向为主, 秋季 SSW 向

增多, 冬季则以 SSW 向为主。大鹏湾湾口站浪向主要是 SSE 和 S 方向, 出现频率分别为 44.11% 和 37.07%, 春、秋、冬季浪向均以 SSE 向为主, 夏季则以 S 向为主, 强浪向是 SSE 向。大鹏湾海浪受外海涌浪的影响较大, 当波浪由外海传播到近岸时, 受水深和地形影响, 波向与岸线逐渐垂直, 表现出向岸浪的特征, 因此波浪浪向比较单一。大梅沙和下沙水深较浅, 浪向表现为与岸线方向垂直, 分别为 SE 向和 S 向, 大鹏湾湾口水深较深, 浪向介于向岸方向和涌浪传播方向之间,

表现为 SSE 和 S 向。

### 2.3 风浪关系

深圳属亚热带季风气候,春季盛行偏东风,夏季盛行偏南风,秋、冬季节盛行东北季风。日常季风情况时,近岸海域浪高一般较小,只有在台风期间以及冷空气过程中才会出现较大值<sup>[20-21]</sup>。本文选取台风季节和冷空气季节(6—12月)盛行风向做风浪相关性分析。结果表明,盛行风向时,3个站位的风浪关系都不强(图6),即使风向在常浪向和强浪向时,因风速和浪高都较小,相关性也比较差,说明该海域波浪场不仅有风浪的作用,同时伴有涌浪的作用。在4个风

向中,大梅沙站和湾口站在东北向和东向上的风浪相关性相对强一些,台风期间风向随台风移动路径变化,考虑到外海涌浪涌入大鹏湾内的方向,风速一般在偏东和偏南向上与浪高相关性较高,且影响深圳海域的台风一般以偏西或偏西北行居多,因此台风影响期间深圳海域风向多为偏东风。冷空气期间,一般在冷高压出海时(东北风转东风)浪高较大,风浪相关性在东北向和东向上相对较高一些,下沙站因位于大鹏湾右侧,且南侧有一岛屿影响涌浪的传播,故受东北风和东风的影响较小,仅在东南方向时相关性较强一些。

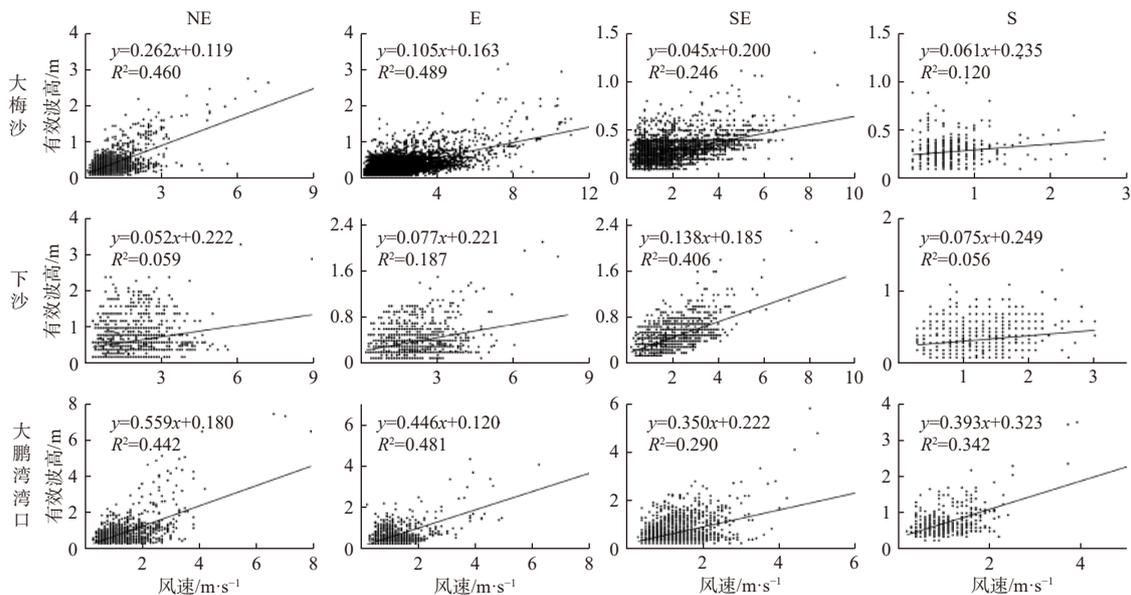


图6 波高与风速的相关性

Fig. 6 The relationship between wave height and wind speed

### 2.4 台风期间风浪过程变化

大鹏湾海域的波浪对经过南海中部和北部的热带气旋均有一定程度的响应,台风期间浪高的大小与台风的强度和移动路径有关。2017年第13号“天鸽”台风期间,大鹏湾湾口站点观测到最大浪高达5.6 m,本文选取该台风期间的风浪过程进行分析,以了解此过程中大鹏湾灾害性海浪的特征和变化规律。

1713号“天鸽”台风于2017年8月20日14时在西北太平洋洋面上生成,中心附近最大风力8级(18 m/s),中心气压1000 hPa,自生成后向西北偏西方向移动,22日15时加强为台风

级,23日10时增强至强台风级,中心附近最大风力15级(48 m/s),并于23日12时50分在广东珠海南部沿海登陆,登陆时中心附近最大风力14级(45 m/s)。

1713号“天鸽”台风影响初期,3个站点对应海域的环境浮标测得实时10 min平均风速为6 m/s左右,3个站点的有效波高均在0.5 m以下。随着台风靠近深圳,深圳以偏东风为主,3个站点平均风速不断攀升,波高也随之增大。23日10时,台风距离大鹏湾海域最近,大鹏湾湾口站、下沙站和大梅沙站浮标同时出现了风速峰值,分别为14.12 m/s、13.8 m/s和13.5 m/s;

大鹏湾湾口站和大梅沙站于 10 时 30 分出现有效波高峰值, 分别为 5.7 m 和 3.48 m, 其中, 大鹏湾湾口站在 10 时就已出现 5.6 m 的波高, 下沙站于 11 时 30 分出现有效波高峰值 2.9 m。

台风“天鸽”影响期间(大梅沙站波周期数据不完整, 未进行分析), 波周期随风速增大, 如图 7 所示。其中大鹏湾湾口站波周期最初为

4.5 s 左右, 台风期间最大值可达 11.6 s, 变化幅度近 7.1 s; 下沙站波周期最初为 4.8 s 左右, 台风期间最大值可达 12.4 s, 变化幅度近 7.6 s。这是因为在台风直接影响到大鹏湾海域之前, 大鹏湾海域的波浪以涌浪为主, 随着台风的靠近, 风浪成分逐渐增多, 风浪的波周期会随着波高的增大而增加。

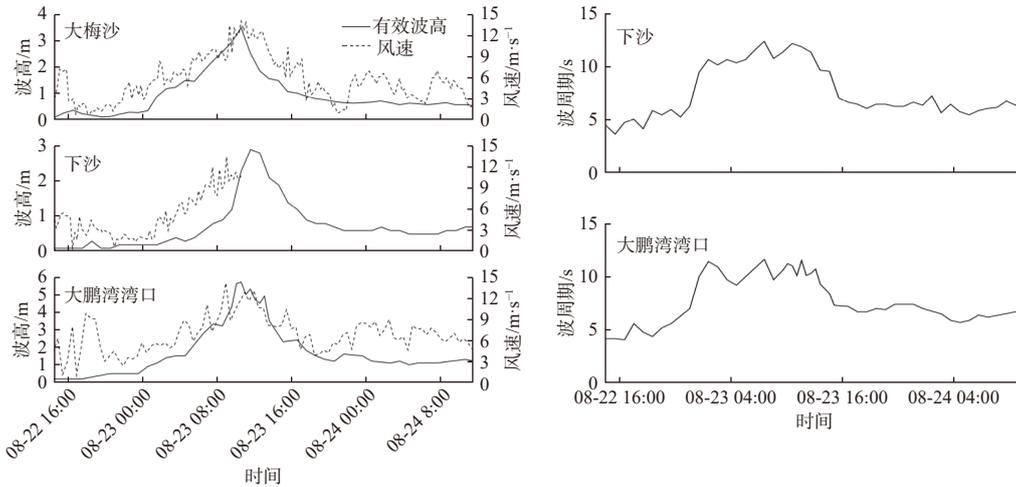


图 7 “天鸽”台风期间观测站位风速、浪高和波周期的变化过程

Fig. 7 Time series of wind speed, wave height and period in the observation site during Typhoon “Hato”

由台风期间波高和风速随时间的变化可知, 台风中心到深圳的距离缩短, 风场相应扩展, 对深圳影响就越大, 风速和波高都逐渐升高。但是波高最大值出现时间要稍微滞后于风速最大值, 这可能是因为台风靠近时, 风速能在瞬时达到最大, 而台风风应力作用于海洋表面, 风的动能一

部分转化为海洋的势能, 浪高随之增大<sup>[22-23]</sup>。对“天鸽”台风期间的风速与有效波高进行相关性分析(图 8, 下沙站位风速数据不完整, 未进行分析), 结果表明, 大梅沙站和大鹏湾湾口站风速与有效波高呈现正相关, 其相关系数分别为 0.758 和 0.721。

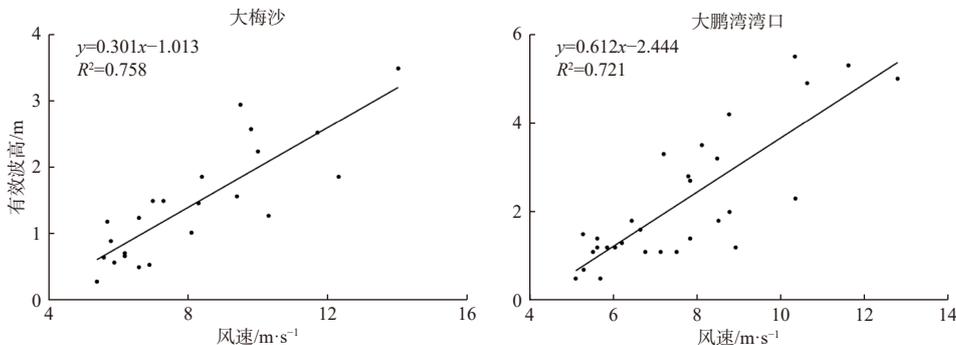


图 8 “天鸽”台风期间观测站位波高与风速的关系

Fig. 8 The relationship between wave height and wind speed in the observation site during Typhoon “Hato”

### 3 结论

(1) 大鹏湾海域三个站点有效波高常年在

1.0 m 以下, 出现频率达 95.94%; 1.0 m 以上主要出现在台风和冷空气影响期间, 大鹏湾湾口站观测到最高值为 7.5 m, 出现在 2018 年 9 月。大鹏

湾海域浪高整体为大鹏湾湾口站>大梅沙站>下沙站。大梅沙对东北季风响应明显,10月至次年3月有效波高显著大于其他月份,1.0 m以上波高主要出现在秋、冬季;下沙站对西南季风响应明显,6—9月有效波高高于其他月份,1.0 m以上只出现在夏、秋季;大鹏湾湾口站常年受东北季风和西南季风影响,6月至9月,12月至次年2月的有效波高显著大于其他月份,1.0 m以上波高主要出现在夏、秋、冬季。

(2)波浪成分方面,该海域波浪为混合浪,以涌浪为主的混合浪出现的频率最高。大梅沙、下沙和大鹏湾湾口站常浪向分别为SE、S和SSE向,随季节变化稍有改变,强浪向分别为SE、S/SW和SSE向,一般由热带气旋引起。盛行风向时,三个站位的风浪关系都不强,仅大梅沙站和湾口站在东北向和东向上的风浪相关性相对强一些,说明该海域波浪场不仅有风浪的作用,同时伴有涌浪的作用。

(3)1713号“天鸽”台风风浪过程分析,随着台风中心到深圳距离的缩短,风场相应扩展,对深圳影响就越大,风速和波高都逐渐升高,但波高最大值出现的时间稍滞后于风速最大值。三个观测站达到风速高峰值的时间接近,但波高峰值时间不同,大鹏湾湾口站和大梅沙站先达到峰值,下沙后达到,并且波高峰值出现时间滞后风速峰值1 h左右;对“天鸽”台风期间的风速与有效波高进行相关性分析,大梅沙站和大鹏湾湾口站风速与有效波高呈正相关,其相关系数分别为0.76和0.72,波周期随着波高的增大而增加。

#### 参考文献:

- [1] 施 斌,施腾源,马庆滨. 广东沿海斜坡式防波堤台风破坏特征及其应对措施[J]. *广东水利水电*, 2020 (1): 1-4.
- [2] 陈 胜,刘文胜,傅轩诚,等. 海洋观测数据在海洋预报和海洋防灾减灾中的适用——以温州市和台州市为例[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 36(2): 24-27,32.
- [3] 韩树宗,董杨杨,张水平,等. 南海波浪时空变化特征研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2020 (2): 1-9.
- [4] 解 静,常 江,孙家文,等. 阳江近海海域波浪特征分析[J]. *海洋环境科学*, 2022, 41(2): 167-173.
- [5] 李永青,李 彬,石洪源,等. 南海北部波浪特征分析[J]. *海洋湖沼通报*, 2019 (2): 18-23.
- [6] SU H, WEI C L, JIANG S C, et al. Revisiting the seasonal wave height variability in the South China Sea with merged satellite altimetry observations[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2017, 36(11): 38-50.
- [7] 黄必桂,金嘉萌,胡 琴,等. 基于实测资料的南海海浪波高和周期联合分布研究[J]. *海洋工程装备与技术*, 2017, 4(4): 187-192.
- [8] 方 莹,毛献忠. 深圳大鹏湾波高实时预报[J]. *海洋预报*, 2016, 33(3): 34-40.
- [9] 陈宜展,曹永港,黄艳松,等. 海口湾海域波浪特征分析[J]. *海洋工程*, 2019, 37(2): 96-103.
- [10] 冯兴如,李近元,尹宝树,等. 海南东方近岸海域海浪观测特征研究[J]. *热带海洋学报*, 2018, 37(3): 1-8.
- [11] 王 静,齐义泉,施 平. 南海海面风、浪场的EOF分析[J]. *海洋学报*, 2001, 23(5): 136-140.
- [12] 郑祥靖,李雪丁,徐 啸,等. 台湾海峡海浪数值模拟和特征分析[J]. *海洋预报*, 2021, 38(5): 31-39.
- [13] 王欣睿,娄安刚,孙波涛. 珠江口近海海域海浪预报方法研究[J]. *海洋通报*, 2009, 28(3): 113-116.
- [14] 姜 茜,毛献忠. 深圳香港海域浪潮耦合模型的建立及其应用[J]. *海洋学报*, 2010, 32(6): 56-63.
- [15] 方 莹. 深圳大鹏湾波浪数值预报研究[D]. 北京: 清华大学, 2015.
- [16] TRUNG T N, HOLE L R, DU DUC T, et al. A case study of wave forecast over south china sea using SWAN model and ensemble Kalman filter method[J]. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 2020, 12(4): 555842.
- [17] 殷玉齐,侯一筠,冯兴如,等. 汕尾市引发灾害性海浪的热带气旋特征研究[J]. *海洋与湖沼*, 2021, 52(1): 66-74.
- [18] 苏 梦,潘国涛,陈海涛,等. 龙口海洋站海浪特征的统计分析[J]. *海洋湖沼通报*, 2020, 42(1): 43-49.
- [19] 傅圆圆,杨 超,姚 远,等. 秦皇岛海洋站海浪特征分析[J]. *海洋环境科学*, 2022, 41(6): 842-846.
- [20] 徐 啸,陶爱峰,李雪丁,等. 基于实测数据的台湾海峡中部波浪特征分析[J]. *热带海洋学报*, 2021, 40(1): 12-20.
- [21] 高晨晨,周谷城,王侃睿. 响水近岸海域波浪特性研究[J]. *海洋学报*, 2019, 41(5): 23-34.
- [22] 庄红波,高瑞泉,范文龙. 台风影响下海浪的特征分析[J]. *气象水文海洋仪器*, 2013, 30(2): 30-34,40.
- [23] YUAN Y L, HUANG N E. A reappraisal of ocean wave studies[J]. *Journal of Geophysical Research:Oceans*, 2012, 117(C11): C00J27.