

# 秦皇岛海洋站海浪特征分析

傅圆圆, 杨超, 姚远, 张浩男, 赵倩倩

(国家海洋局秦皇岛海洋环境监测中心站, 河北 秦皇岛 066002)

**摘要:** 本文基于秦皇岛海洋站 2015 年 3 月至 2020 年 11 月海浪观测数据, 对春、夏、秋季的海浪特征进行分析。结果表明, 不同月份和年份海浪的波型大致相同, 仅有两种波型, 以风浪 (F) 为主, 出现的比例为 90% 以上; 混合浪-涌浪为主 (U/F) 出现次数较少。海况为 1~6 级, 以 2、3 级为主, 4 级为辅, 1 级次之, 5、6 级偶有发生。出现 6 级海况的月份分别为 7 月、8 月; 春季 (3—5 月) 以 3 级海况为主, 秋季 (9—11 月) 以 2~3 级海况为主, 呈明显的季节性。秦皇岛海洋站出现 6 级海况的年份为 2017 年、2018 年, 这两年出现 6 级海况是受温带气旋的影响。波高和周期没有明显的相关关系, 秦皇岛沿岸大浪过程主要受冷空气、温带气旋、冷空气和温带气旋结合的影响, 其中 10 月、11 月波高增加主要与冷空气有关。

**关键词:** 秦皇岛海洋站; 海浪; 波型; 海况; 波高; 冷空气

中图分类号: P731.22; X143

文献标识码: A

文章编号: 1007-6336(2022)06-0842-05

## Analysis of sea wave characteristics at Qinhuangdao station

FU Yuan-yuan, YANG Chao, YAO Yuan, ZHANG Hao-nan, ZHAO Qian-qian  
(Qinhuangdao Marine Environmental Monitoring Central Station of SOA, Qinhuangdao 066002, China)

**Abstract:** Based on the sea wave observation data of Qinhuangdao Ocean Station from March 2015 to November 2020, this paper analyzes the wave characteristics of Qinhuangdao in spring, summer and autumn. The results show that the wave type of waves in different months and years are roughly the same. There are only two types of waves, mainly wind waves (F), with a probability of more than 90%, and mixed waves-surges (U/F) appearing less frequently. The sea situation is between level 1~6, with level 2 and 3 as the main, level 4 as a supplement, level 1 second, and level 5 and 6 occasionally occur. The months when Grade 6 sea situation appear are July and August. In spring (March to May), the sea situation is mainly grade 3, and in autumn (September to November), the sea situation is mainly grade 2 to 3, showing obvious seasonality. The years when Grade 6 sea situation appeared were 2017 and 2018. The appearance of Grade 6 sea situation in these two years was affected by extratropical cyclones. There is no obvious correlation between wave height and period. The process of rough sea along the Qinhuangdao coast is mainly affected by cold air, extratropical cyclone, and the combination of cold air and extratropical cyclone. The increase of wave height in October and November is mainly related to cold air.

**Key words:** Qinhuangdao ocean station; sea wave; wave type; sea situation; wave height; cold air

波动是海水重要的运动形式之一, 从海面到海洋内部均有波动<sup>[1]</sup>。海洋中的波动有很多类

别, 其中海浪是一种复杂的三维随机运动, 是非常重要的波动之一<sup>[2-3]</sup>。台风风力较强、波及范

收稿日期: 2022-04-25, 修订日期: 2022-06-22

基金项目: 海洋公益性行业科研专项 (201305003)

作者简介: 傅圆圆 (1990—), 女, 山东潍坊人, 研究生, 助理工程师, 主要从事海洋预报, E-mail: 1286178073@qq.com

通讯作者: 杨超 (1988—), 女, 河北秦皇岛人, 本科, 助理工程师, 主要从事海洋观测, E-mail: 894835124@qq.com

围大,可以形成较大的台风型海浪,造成渤海重大或特大海洋灾害事件的发生<sup>[4]</sup>。台风引起的海浪灾害对我国黄海、渤海沿岸的影响巨大,台风“利奇马”导致的沿岸海浪以风浪为主;台风“梅花”移动方向的左侧主要表现为涌浪特征<sup>[5]</sup>;秦皇岛出现灾害性海浪的次数较少,最多的一年出现1~2次,大多数年份没有出现<sup>[6]</sup>。近几年,我国海浪灾害造成的经济损失有上升趋势<sup>[7]</sup>。海浪灾害是各种海洋灾害中导致人员死亡或失踪的最主要致灾因素<sup>[8]</sup>。

本文分析了秦皇岛海洋站附近海域海浪的基本特征,初步掌握了秦皇岛近岸海域海浪的变化规律,可以为海洋防灾减灾和滨海旅游提供科学依据。

## 1 材料与方法

秦皇岛海洋站于1959年12月建立,位于河北省秦皇岛市海港区。本文利用秦皇岛海洋站2015—2020年的3—11月的海浪实测资料对海浪特征进行分析。因波浪浮标故障,2020年数据资料为4—11月,海浪实测资料为逐时T031报文数据,其中波型和海况为人工观测,每日8时、11时、14时和17时观测。测点位置为39°54.7'N,119°37.3'E,观测场地开阔度为120°,测量仪器为SBF3-2型波浪浮标。风速数据采用秦皇岛海洋站实测整点风速T051报文数据。对海浪和风数据资料进行质量控制,观测标准和精度均符合要求。

## 2 结果与结论

### 2.1 波型统计

波型表示海浪的生成原因和传播类型,观测时着重根据海浪的外形进行判定,波型分为风浪、涌浪两种。风浪是风力直接作用于海面产生的水面波动,波峰较尖、波峰线较短,背风面比向风面陡,波峰上常有浪花和飞沫。涌浪是惯性作用传播,外形圆滑,波峰线较长,波向明显、波陡较小。混合浪是风浪和涌浪同时存在<sup>[9]</sup>。

波型指海浪的外貌特征,一般分为5种:风浪(F)、涌浪(U)、混合浪-FU、混合浪-风浪为主(F/U)、混合浪-涌浪为主(U/F)<sup>[7]</sup>。目前,秦皇岛

海洋站的波型均由人工定点观测(每天8时、11时、14时、17时)。受水深、地形、气候的影响,秦皇岛海洋站观测到的波型仅有两种:风浪(F)、混合浪-涌浪为主(U/F)。除个别月份(2015年、2018年、2019年的11月和2016年5月、2018年3月)外,一般以风浪F为主,占比90%以上。2015—2020年海浪波型统计见表1、表2。

表1 风浪(F)统计表  
Tab.1 Statistics of wind wave

月份	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
3月	93%	95%	94%	86%	98%	—
4月	98%	93%	95%	90%	97%	98%
5月	98%	86%	97%	96%	98%	97%
6月	93%	94%	90%	96%	98%	97%
7月	96%	94%	94%	95%	98%	97%
8月	97%	86%	89%	94%	95%	95%
9月	93%	93%	93%	88%	99%	98%
10月	93%	93%	90%	93%	97%	90%
11月	72.5%	95%	95%	82%	88%	98%

表2 混合浪-涌浪为主(U/F)统计表  
Tab.2 Statistics of mixed wave

月份	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
3月	7%	5%	6%	14%	2%	—
4月	2%	8%	5%	10%	3%	3%
5月	2%	14%	3%	4%	2%	3%
6月	7%	6%	10%	4%	3%	3%
7月	4%	6%	6%	5%	2%	3%
8月	3%	14%	11%	6%	5%	5%
9月	7%	8%	8%	12%	1%	2%
10月	7%	7%	10%	7%	3%	10%
11月	27.5%	5%	5%	18%	12%	2%

### 2.2 海况变化

海况是风力作用下的海面特征<sup>[7]</sup>,同时也代表海浪浪高的大小。浪高通常用波级表示,波级是海面因风力强弱引起的波动程度大小,浪越高则级别越大。对秦皇岛海洋站海况进行统计分析,如图1、图2所示。由图1、图2可以看出,秦皇岛海洋站的海况为1~6级,以2、3级为主,4级为辅,1级次之,5、6级偶有发生。

由图1可以看出,出现6级海况的月份为7月、8月;3—11月,2、3级海况占比之和均在70%以上,浪高范围为0.1~1.25 m。其中,8月

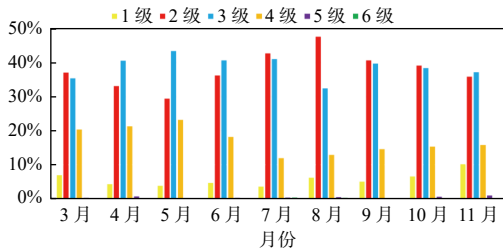


图1 海况的累月变化

Fig. 1 Monthly changes in sea conditions

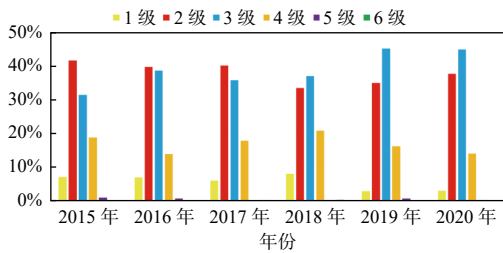


图2 海况的累年变化

Fig. 2 Yearly changes in sea conditions

2级海况占比最高,春季(3—5月)以3级海况为主、秋季(9—11月)以2~3级海况为主,有明显的季节性特征。

由图2可以看出,秦皇岛海洋站海况在2015—2017年2级海况出现的比例高于3级海况,而2018—2020年3级海况出现的比例高于2级海况。出现6级海况的年份分别为2017年、2018年,这两年出现6级海况是受温带气旋的影响,其中2017年8月3日,秦皇岛近岸受江淮气旋的影响出现6级海况,对应的最大波高为3.0 m,有效波高为2.1 m;2018年7月24日,受10号热带风暴“安比”的影响,对应的最大波高为4.1 m,有效波高为2.6 m。

### 2.3 波高和周期变化

台站观测中波高分为最大波高(海浪连续记录中波高的最大值)、十分之一大波波高(海浪连续记录中逐个波高,从大到小排列,其波高总个数的前十分之一大波波高的平均值)、有效波波高(海浪连续记录中逐个波高,从大到小排列,其波高总个数的前三分之一大波波高的平均值)、平均波高(海浪连续记录中所有波高的平均值),它们所对应的周期即为最大波周期、十分之一大波周期、有效波周期和平均周期<sup>[9]</sup>。对4种波高和周期之间的相关性进行检验,均为正

相关,波高和周期的关系如公式(1)~公式(5)。平均波波高和平均周期存在相关性,相关系数为0.38,其他三种波与周期之间的相关性均为0.42~0.43,相关系数过了显著性检验95%,波高和周期之间存在一定的相关性,而从图3至图6可以看出,波高和周期之间不存在明显的比例关系,这与苏梦<sup>[10]</sup>的结论一致。

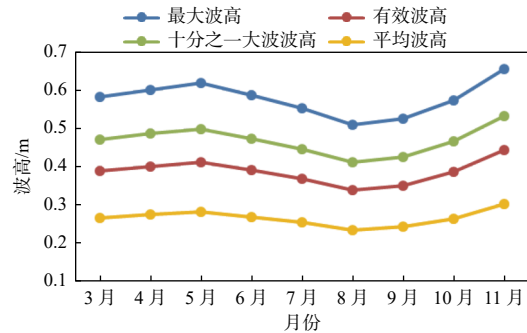


图3 4种波高的月变化趋势

Fig. 3 Monthly trends of four wave heights

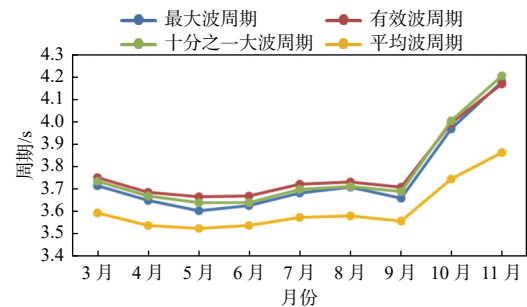


图4 4种波周期的月变化趋势

Fig. 4 Monthly trends of the four wave cycles

$$H_{1/10} = 1.76H_{\text{mean}} \quad (1)$$

$$H_{1/3} = 1.45H_{\text{mean}} \quad (2)$$

$$H_{\text{max}} = 2.17H_{\text{mean}} \quad (3)$$

$$T_{\text{max}} = T_{1/10} = 1.04T_{\text{mean}} \quad (4)$$

$$T_{1/3} = 1.05T_{\text{mean}} \quad (5)$$

图3、图4是不同月份波高和周期的变化,结果显示,最大波高>十分之一大波波高>有效波波高>平均波高,最大波周期≈十分之一大波周期≈有效波周期>平均周期,3—9月周期变化不明显,9—11月存在明显的增加趋势,波高在10—11月也有增高趋势。图5、图6是不同年份波高和周期的分布情况,各个年份的波高相差不大,波高在2015—2018年变化不大,而在2019年和2020年存在下降趋势,波高和周期的

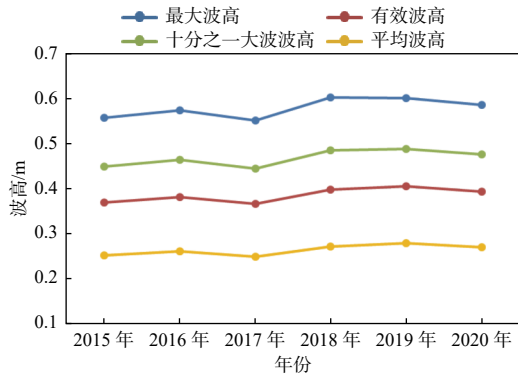


图 5 4 种波波高的年变化趋势

Fig. 5 Yearly trends of four wave heights

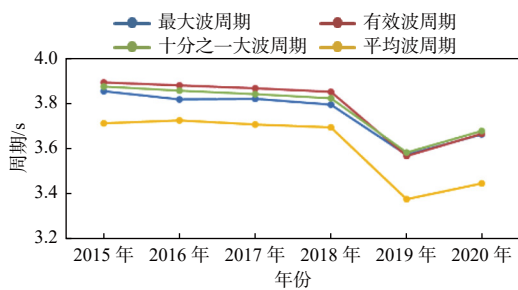


图 6 4 种波周期的年变化趋势

Fig. 6 The annual trend of the four wave cycles

变化趋势并不一致。

### 2.4 波高季节变化机制分析

表 3 统计了 2015—2020 年秦皇岛近岸海域

大浪过程, 出现 2.5 m 以上大浪发生时的天气主要为冷空气、温带气旋、冷空气和温带气旋共同作用以及热带气旋等天气系统, 风向主要为东北风, 其中秋季尤其在 10 月、11 月受冷空气影响导致的大浪次数较多, 春季相比秋季来说, 大浪次数较少。秦皇岛海洋站在 2015—2020 年共出现 3 次最大波高大于 3.0 m 的灾害性海浪, 日期为 2016 年 7 月 20—21 日、2017 年 8 月 3 日、2018 年 7 月 23—24 日, 最大波高分别为 3.5 m、3.0 m、4.1 m, 对应风向为 NE-SE、SE-SW、NE-E-S, 均受温带气旋的影响。

由于秦皇岛的波型主要为风浪, 风浪受风速、风向和风时的影响, 图 7 为 2015—2020 年风速月平均变化的统计, 结果显示, 秦皇岛海洋站的风速在春、秋季较大, 夏、冬季次之, 春季的风速比秋季风速大。当渤海湾海面吹东到东北向的大风时, 产生大浪的情况较多<sup>[6]</sup>。秦皇岛近岸在秋季(9—11 月)冷空气导致持续的东北风或者偏东风, 引起较大的波浪。春季虽然风速较大, 但是春季的主要风速为西南风, 受地形影响, 西南风为离岸风, 不利于秦皇岛沿岸波高的明显增高。台站观测的波高在 10 月、11 月增高, 与 10 月、11 月冷空气较多有关, 其导致秦皇岛沿岸持续的东北风或偏东风。

表 3 2015—2020 年秦皇岛近岸大浪过程统计表

Tab.3 Statistics of large waves near the Qinhuangdao coast during 2015 to 2020

影响日期	天气系统	有效浪高(m)	最大波高(m)	风向
2015年10月18日	冷空气	0.5~1.4	2.3	NE
2015年10月24日	冷空气	0.1~1.5	2.4	E
2015年11月5—6日	冷空气	0.2~1.6	2.7	NE
2015年11月22日	冷空气	0.9~1.2	2.0	NE
2016年6月28日	温带气旋	0.5~1.0	1.6	N-NE
2016年7月20—21日	温带气旋	0.4~2.5	3.5	NE-SE
2016年8月25日	冷空气	0.3~1.1	1.6	N
2016年9月28日	冷空气	0.3~1.1	1.6	NE-NW
2016年10月4日	冷空气和温带气旋	0.6~1.0	1.5	NE
2016年10月20日	冷空气	0.8~1.5	2.1	NE
2016年10月22—23日	冷空气	0.4~1.5	2.1	NE-N-NE
2016年10月26日	冷空气	0.2~1.3	2.1	NE
2016年11月5—6日	冷空气	0.3~1.4	2.1	NE
2016年11月20—21日	冷空气	0.5~1.2	1.8	NE
2017年5月25日	冷空气	0.2~1.2	1.9	NE-S
2017年6月2日	冷空气	0.1~0.8	1.3	NE
2017年7月21日	冷空气	0.2~0.9	1.5	NE
2017年8月3日	温带气旋	0.7~2.1	3.0	SE-SW

续表

影响日期	天气系统	有效浪高(m)	最大波高(m)	风向
2017年9月26—27日	冷空气和温带气旋	0.3~1.2	1.7	NW-S-NE
2017年10月2日	冷空气	0.3~1.0	1.6	NE
2017年10月9—10日	冷空气	0.2~1.3	1.9	NE-N
2017年10月21日	冷空气	0.1~1.0	1.7	NE
2017年11月2日	冷空气和温带气旋	0.1~1.2	1.7	N-NE
2018年3月4—6日	冷空气和温带气旋	0.3~1.5	2.5	NE-E-NE
2018年3月15日	冷空气和温带气旋	0.7~1.1	1.7	NE
2018年4月3日	冷空气和温带气旋	0.4~1.1	1.9	NE
2018年7月23—24日	第10号热带风暴“安比”	0.3~2.6	4.1	NE-E-S
2018年8月14—16日	14号台风“摩羯”变性后的温带气旋和冷空气配合	0.2~1.8	2.9	NE
2018年8月20日	温带气旋	0.5~1.2	1.9	SE
2018年11月4—5日	冷空气	0.3~0.9	1.3	NE-SE
2018年11月15—16日	冷空气	0.3~0.9	1.4	W-E-W
2019年4月24—25日	冷空气	0.2~1.0	1.9	NW-N-NE
2019年8月11—12日	第9号台风“利奇马”	0.3~1.7	2.6	N-NE
2019年10月3—4日	冷空气和温带气旋	0.2~1.4	2.1	NE-N
2019年11月15日	冷空气	0.5~1.2	1.7	NE
2020年4月4—5日	冷空气	0.2~1.4	2.3	NE-E
2020年5月4日	冷空气	0.3~1.1	1.7	E-S
2020年8月13日	温带气旋	0.6~1.7	2.7	SE-SW
2020年10月13—14日	冷空气	0.2~1.3	1.8	W-E-W
2020年11月18日	冷空气和出海气旋	0.4~1.4	2.1	NE-N

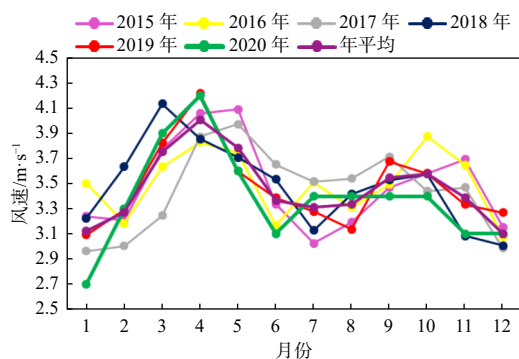


图7 秦皇岛海洋站在2015—2020年风速月平均变化

Fig. 7 The monthly average change of wind speed at Qinhuangdao Station during 2015 to 2020

### 3 结论

(1) 秦皇岛海洋站仅有两种波型: 风浪(F)和混合浪-涌浪为主(U/F), 以风浪F为主, 出现比例为90%以上。

(2) 秦皇岛海洋站海况为1~6级, 以2、3级为主, 4级为辅, 1级次之, 5、6级偶有发生。海况呈明显的季节性。出现6级海况的年份为2017年、2018年, 这两年出现6级海况是受温带气旋的影响。

(3) 波高和周期的变化趋势并不一致。

(4) 导致秦皇岛沿海大浪的天气主要为冷空气、温带气旋、冷空气和温带气旋的共同作用以及热带气旋等天气系统, 风向主要为东北风。秦皇岛近岸灾害性海浪受温带气旋的影响。

### 参考文献:

- [1] 冯士筌, 李凤歧, 李少菁. 海洋科学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [2] 俞聿修, 柳淑学. 海浪的现场观测及其统计特性[J]. 港工技术, 1994(3): 1-11.
- [3] 叶雨颖, 潘伟然, 张国荣, 等. 福建东山湾海浪现场观测的统计特征[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 46(3): 386-389.
- [4] 乔方利. 中国区域海洋学——物理海洋学[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [5] 李朝, 侯一筠, 李水清, 等. 两类典型台风路径影响下的黄、渤海海浪场特征研究[J]. 海洋与湖沼, 2021, 52(1): 51-65.
- [6] 张薇, 高山, 阎忠辉, 等. 渤海灾害性海浪特征分析[J]. 海洋预报, 2012, 29(5): 73-77.
- [7] 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.
- [8] 陶爱峰, 沈至淳, 李硕, 等. 中国灾害性海浪研究进展[J]. 科技导报, 2018, 36(14): 26-34.
- [9] GB/T 14914.2—2019, 海洋观测规范 第2部分: 海滨观测[S].
- [10] 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.