

涠洲岛海域风候和波候特征分析

黄子眉, 张春华, 申友利, 姜绍材

(国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 广西 北海 536000)

摘 要: 根据涠洲海洋监测站多年风和波浪实时观测资料, 分析得出: 涠洲岛海域累年强风向为 N 和 NNE, 其平均风速分别为 5.9 m/s 和 5.3 m/s; 常风向为 NNE 和 ENE, 其频率分别为 18.2% 和 12.4%; 夏季(6—8月)月平均风速最大, 春季(3—5月)月平均风速最小。涠洲岛海域累年强浪向为 SSW, 其波高($H_{1/10}$)平均值为 0.8 m; 常浪向为 NNE、SSW、NE 和 ENE, 其频率分别为 16.5%、16.2%、14.4% 和 10.5%; 夏季(6—8月)波高($H_{1/10}$)月平均值最大, 其余季节月平均值稍小于夏季。采用 Pearson-III 型分布曲线对 4 个方向角风速的年最大值和波高($H_{1/10}$)的年最大值进行重现期计算。结果表明: 涠洲岛海域 ENE 向风速多年一遇值最大; 涠洲岛海域 SSW 向波高($H_{1/10}$)多年一遇值最大。

关键词: 涠洲岛; 风速年极值; 波高年极值; 重现期

中图分类号: P731.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2021)02-0062-07

1 引言

广西北海市涠洲岛是中国著名的旅游岛。随着北部湾经济区的开发和发展, 涠洲岛周边海岸工程建设越来越多, 海岸工程结构物的建设必须考虑防御风和波浪的能力, 因此涠洲岛海域风候和波候的特征研究具有十分重要的意义。我国科学工作者在风速和波高极值计算方面有过许多的研究。郑崇伟等^[1-2]利用 WW3(WAVEWATCH-III)模式和实测波高数据, 对中国海进行了概率数值预报以及大浪频率和长期变化趋势分析。丰鉴章^[3]利用中国沿海 14 个台站的年极值资料, 对年极值波高的分布特点及其频率曲线开展选配研究, 得出选配两个对数正太曲线推算重现期波高和周期是一种新的途径。按照规定^[4], 对于年极值波高及其对应周期的理论频率曲线, 一般采用 Pearson-III 型曲线。曹兵等^[5]在设计波高分布函数比较分析中, 认为 Pearson-III 型曲线与波高和周期的经验频率点一般都拟合良好。邓兆青等^[6]利用 Gumbel 极值推算方法和 Pearson-III 型方法计算出了渤海湾 4 个点的多年一

遇有效波高。董胜等^[7]将涠洲岛海洋站 1961—1989 年极值波高与风速的长期观测资料作为统计样本, 基于二维 Pearson-III 型联合分布, 估计了年极值有效波高与风速的联合出现概率。夏华永等^[8]在分析广西沿海多年一遇波高时, 针对涠洲岛海洋站 3 个常浪向的极值分布情况进行了初步研究。本文将根据涠洲海洋监测站 1973—2018 年风和波浪实时观测资料, 先分析风和波浪的分布特征, 再分别选出具有代表性的 4 个方向角的风速的年最大值和十分之一波高($H_{1/10}$)的年最大值, 并采用 Pearson-III 型曲线进行风速和波高的重现期计算, 为涠洲岛海域海洋工程设计提供相关理论依据。

2 数据与方法

涠洲海洋监测站波浪观测手段不统一, 1973—2002 年是自动观测, 2003—2018 年是人工观测。为了风和波浪资料年限的统一, 本文对风和波浪的分布特征研究采用的资料年限为 1973—1995 年, 对风和波浪的年极值计算采用的资料年限为 1973—

收稿日期: 2020-05-20; 修回日期: 2020-10-09。

基金项目: 国家海洋局南海分局海洋科学技术局长基金资助项目(1737)。

作者简介: 黄子眉(1981-), 女, 副高, 硕士, 主要从事海洋预报工作。E-mail: 674161278@qq.com

2018年。

本文主要研究方法是统计方法和 Pearson-Ⅲ 型分布曲线绘制方法。Pearson-Ⅲ 型分布曲线绘制方法为^[9]:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n} \quad (1)$$

$$c_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_i}{\bar{h}} - 1 \right)^2} \quad (2)$$

$$h_p = k_p \bar{h} \quad (3)$$

式中: \bar{h} 为年平均最大风速或波高; c_v 为变差系数; h_p 为不同重现期设计风速或设计波高。

3 涠洲岛海域风的分布特征

本文根据 1973—1995 年涠洲海洋监测站逐日每小时风速风向观测资料统计分析得出: 涠洲岛地处季风气候区^[10], 强风向为 N 和 NNE, 其平均风速分别为 5.9 m/s 和 5.3 m/s; 常风向为 NNE 和 ENE, 其频率分别为 18.2% 和 12.4%; 常年最少风向为 NW, 其频率为 1.1%; 其余各风向累年出现频率分布在 1.5%~10.9% 之间(见表 1 和图 1)。

根据累年各月出现最多风向和次多风向进行统计, 结果如表 2 所示和图 2 所示。涠洲岛海域风向和风速随季节变化明显, 1—4 月盛行风向为 NNE, 5 月盛行风向为 SSE, 6—8 月盛行风向为

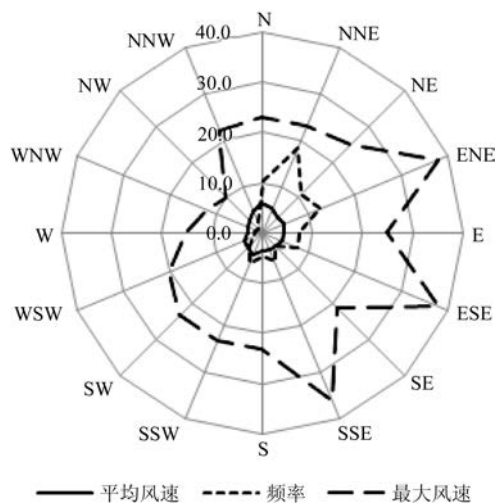


图 1 涠洲岛海域累年风玫瑰图

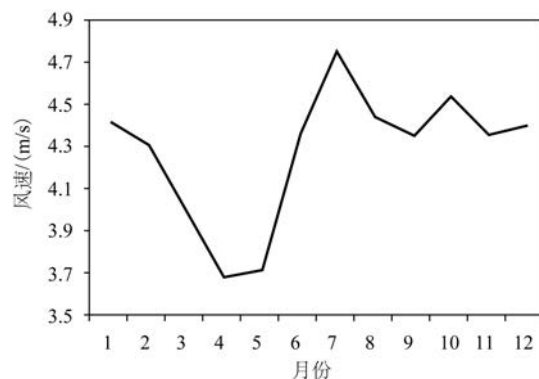


图 2 涠洲岛海域月平均风速变化图

表 1 涠洲岛海域风要素累年统计(1973—1995 年)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
平均风速/(m/s)	5.9	5.3	4.2	4.6	4.2	4.3	3.7	3.7	3.6	4.6	4.2	3.8	3.0	3.1	3.3	4.4
频率/%	10.5	18.2	10.9	12.4	7.4	7.5	3.6	6.1	4.7	6.5	3.8	2.0	1.5	1.5	1.1	2.3
最大风速/(m/s)	23.0	23.0	25.0	38.0	25.0	38.0	21.0	36.0	23.0	23.0	23.0	20.0	15.0	12.0	10.0	22.0

表 2 涠洲岛海域风要素逐月统计(1973—1995 年)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累年
月平均风速/(m/s)	4.4	4.3	4.0	3.7	3.7	4.3	4.8	4.4	4.4	4.5	4.4	4.4	4.3
月最大风速/(m/s)	18	17	20	16	16	23	30	38	38	24	17	18	38
月最大风速的风向	NNE	NNE	WSW	NNE	N	NNE	ENE	ESE	ENE	SSE	NNE	N	ESE
月出现最多风向	NNE	NNE	NNE	NNE	SSE	SSW	SSW	SSW	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
最多风向频率/%	30.8	29.9	25.7	15.6	13.7	21.1	25.3	15.1	13.9	25.5	30.5	27.1	30.8
月出现次多风向	N	N	NE	NE	ESE	S	SW	SW	ENE	ENE	NE	ENE	N
次多风向频率/%	19.4	15.9	17.0	14.5	10.4	12.2	13.2	10.4	13.7	16.5	18.4	18.4	19.4

SSW, 9—12月盛行风向为NNE; 夏季(6—8月)月平均风速最大, 春季(3—5月)月平均风速最小, 累年月平均风速在3.7~4.8 m/s之间, 这与涠洲岛地理位置有关。

4 涠洲岛海域风速年极值计算

为了进一步研究涠洲岛海域风向风速的季节

变化规律, 本文统计了1973—2018年涠洲海洋监测站共46 a 16个方位角的年极值风速资料, 并根据强风向、常风向和月出现最多风向选出4个风向角(N、NNE、ENE和SSW)的年最大风速进行重现期计算。根据Pearson-III型分布曲线绘制方法, 当 $n=46$ 时, 算出 \bar{x} 和 c_v , 假设 $c_s = 2c_v$, 再算出 k_p 和 x_p , 最后根据 p 、 x_p 值绘制出Pearson-III型分布曲线(见图3)。根据不同重现期计算方法^[11], 算出多年一遇的计算

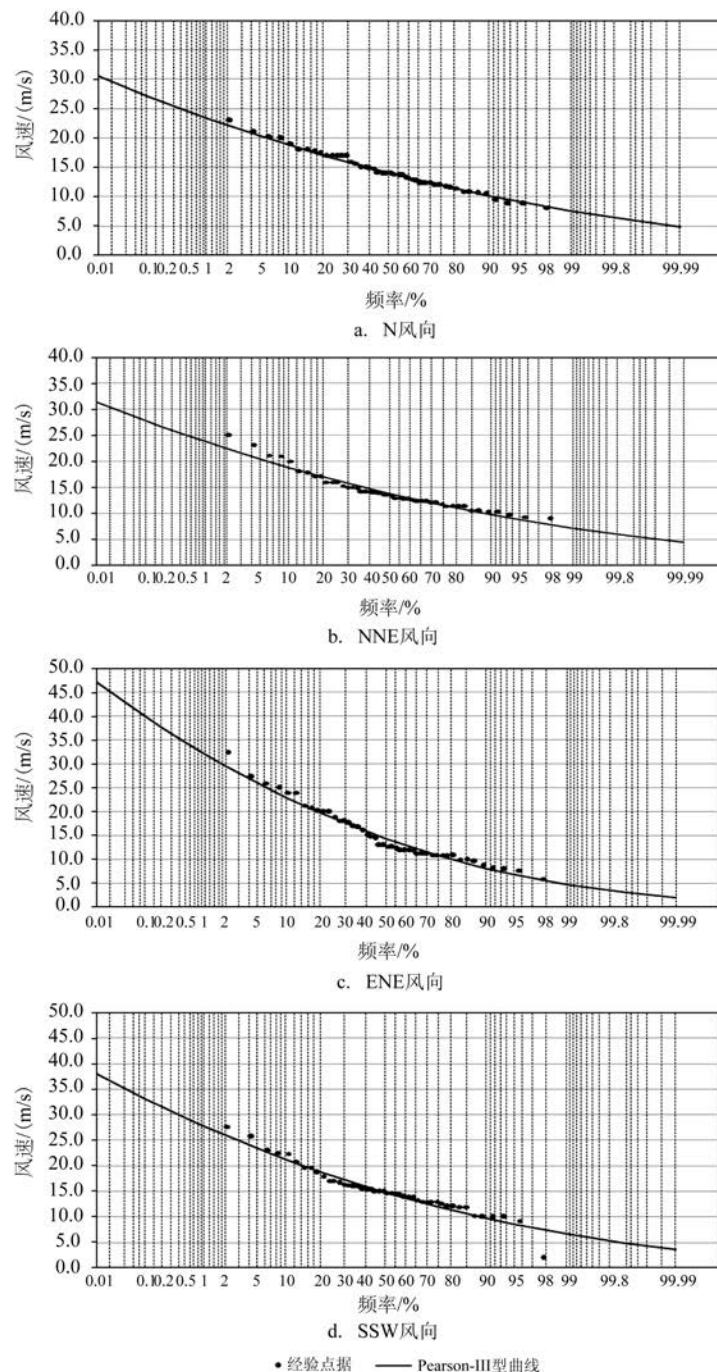


图3 不同风向的风速Pearson-III型分布曲线图

表3 涠洲岛海域各向风速重现期计算结果(单位:m/s)

风向	重现期/a							
	2	5	10	25	50	100	300	1 000
N	14.1	17.1	18.9	20.8	22.2	23.4	25.3	26.1
NNE	13.8	17.0	18.9	21.0	22.4	23.7	25.7	26.6
ENE	14.4	19.8	23.0	26.9	29.5	32.1	35.9	37.7
SSW	14.8	18.9	21.3	24.1	26.0	27.8	30.5	31.7

结果(见表3)。

根据计算结果得出:涠洲岛海域4个风向角风速的Pearson-Ⅲ型分布与极值风速样本的实测分布均拟合得很好。其中ENE向风速多年一遇值最大,10年一遇值为19.8 m/s,25年一遇值为26.9 m/s,50年一遇值为29.5 m/s,100年一遇值为32.1 m/s。反之,N向风速多年一遇值最小,10年一遇值为18.9 m/s,25年一遇值为20.8 m/s,50年一遇值为22.2 m/s,100年一遇值为23.4 m/s。

5 涠洲岛海域波高分布特征

本文根据1973—1995年涠洲海洋监测站波浪观测资料统计分析得出:涠洲岛海域波高($H_{1/10}$)的年平均值为0.6 m;强浪向为SSW,其波高($H_{1/10}$)的平均值为0.8 m,频率为16.2%;常浪向为NNE、SSW、NE和ENE,其频率分别为16.5%、16.2%、14.4%和10.5%;波高($H_{1/10}$)的平均值 ≤ 0.4 m的波浪频率为11.2%,波高($H_{1/10}$)的平均值 ≥ 0.7 m的波浪频率为9.2%,如表4和图4所示。

根据累年各月出现最多波向和次多波向进行统计,结果见表5和图5。涠洲岛海域波向和波速随季节变化明显:1—4月盛行浪向为NNE,5—9月盛行浪向为SSW,10—12月盛行浪向为NE~NNE;夏季(6—8月)波高($H_{1/10}$)的月平均值最大,其余季节月平均值稍小于夏季,累年月平均值在0.5~0.8 m/s之间。

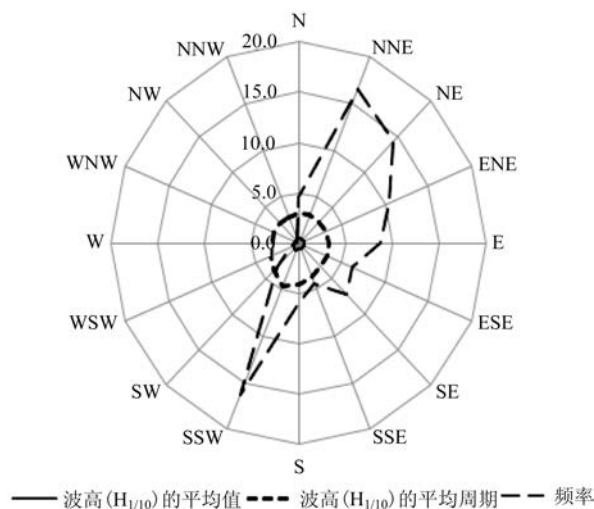


图4 涠洲岛海域累年波浪玫瑰图

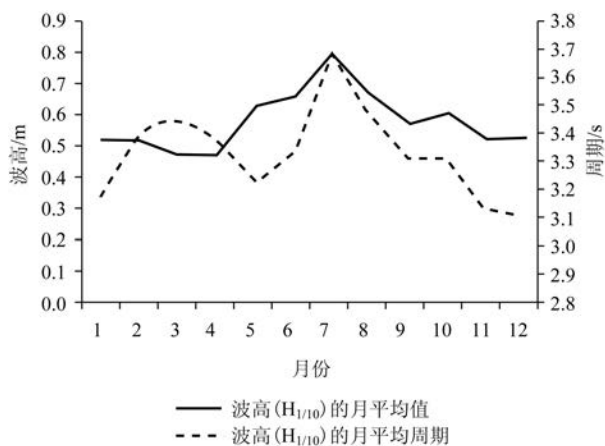
图5 涠洲岛海域波高($H_{1/10}$)的月平均值逐月变化图

表4 涠洲岛海域波浪要素统计(1973—1995年)

要素	浪向															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
波高($H_{1/10}$)平均值/m	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4
波高($H_{1/10}$)平均周期/s	3.0	3.1	3.0	3.2	3.2	3.3	3.3	3.6	4.1	4.5	3.7	3.1	2.7	2.9	2.8	2.8
波高($H_{1/10}$)频率/%	4.6	16.5	14.4	10.5	8.8	6.1	7.2	4.4	6.0	16.2	3.3	0.9	0.4	0.2	0.2	0.4

表5 涠洲岛海域波浪要素逐月统计(1973—1995年)

要素	月份											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
波高($H_{1/10}$)月平均值/m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
波高($H_{1/10}$)月平均周期/s	3.2	3.4	3.5	3.4	3.2	3.4	3.7	3.5	3.3	3.3	3.1	3.1
波高($H_{1/10}$)月最大值/m	1.9	2.0	2.3	1.7	3.0	3.9	4.2	4.6	4.6	4.6	3.7	2.9
波高($H_{1/10}$)最大值浪向	NE	S	ESE	E	SSW	SSE	SE	S	SSE	SSE	S	ESE
月出现最多浪向	NNE	NNE	NNE	NNE	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	NE	NNE	NNE
最多浪向频率	28.4	28.4	27.5	19.6	22.4	35.2	44.3	38.0	23.3	17.2	25.4	25.9
月出现次多浪向	NE	NE	NE	NE	SE	S	S	SW	SW	NNE	NE	NE
次多浪向频率	23.0	17.3	16.5	16.2	12.6	12.2	11.4	10.7	11.6	16.2	24.4	25.2

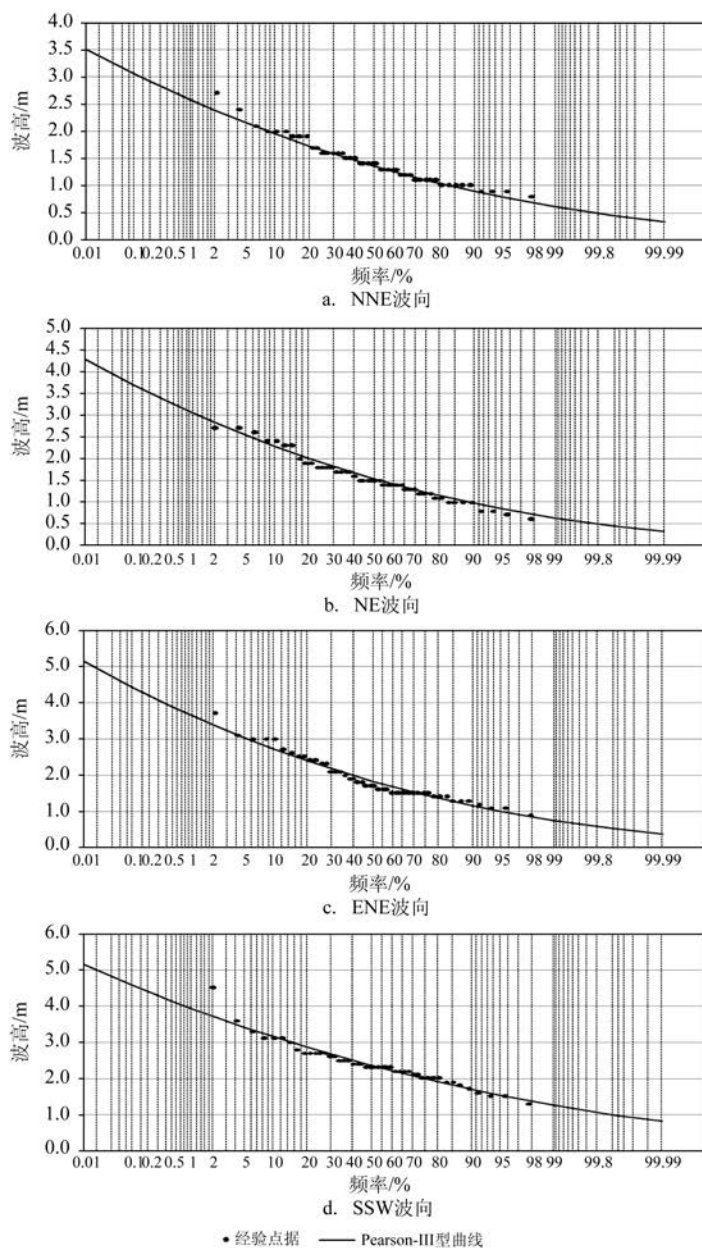
图6 不同波向波高($H_{1/10}$)的Pearson-III型分布曲线图

表6 涠洲岛海域各向波高($H_{1/10}$)的重现期计算结果(单位:m)

浪向	重现期/a							
	2	5	10	25	50	100	300	1 000
NNE	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1
NE	1.5	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7
ENE	1.8	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4
SSW	2.4	2.9	3.2	3.5	3.7	4.0	4.3	4.6

6 涠洲岛海域波高年极值计算

为了进一步掌握涠洲岛海域波高变化规律,本文根据强浪向、常浪向和月出现最多浪向选出4个波向(NNE、NE、ENE和SSW)波高($H_{1/10}$)的年最大值进行重现期计算。根据1973—2018年涠洲海洋监测站波高年极值资料, $n=46$,选取 $c_s = 2c_e$ 的适线,绘制出Pearson-Ⅲ型分布曲线(见图6),然后根据重现期计算方法,得出多年一遇的计算结果(见表6)。

根据计算结果:涠洲岛海域4个波向波高($H_{1/10}$)的Pearson-Ⅲ型分布与极值波高($H_{1/10}$)样本的实测分布均拟合得很好。其中SSW向波高($H_{1/10}$)多年一遇值最大,2年一遇值为2.4 m,25年一遇值最大为3.5 m,50年一遇值为3.7 m,100年一遇值为4.0 m。反之,NNE向波高($H_{1/10}$)多年一遇值最小,2年一遇值为1.4 m,25年一遇值最大为2.2 m,50年一遇值为2.4 m,100年一遇值为2.6 m。

7 结论

本文通过对涠洲海洋监测站多年风和波浪资料的统计分析,得出涠洲岛海域风和波浪的分布特征。根据连续46 a的年极值资料,采用Pearson-Ⅲ型分布曲线分别对风速和波高($H_{1/10}$)的年最大值进行重现期计算,得出年极值分布情况。结论如下:

(1)涠洲岛地处季风气候区,强风向为N和NNE,其平均风速分别为5.9 m/s和5.3 m/s;常风向为NNE和ENE,其频率分别为18.2%和12.4%;其余各风向累年出现频率分布在1.5%~10.9%之间。

(2)涠洲岛海域风向和风速随季节变化明显:1—4月盛行风向为NNE,5月盛行风向为SSE,6—8月盛行风向为SSW,9—12月盛行风向为NNE;夏

季(6—8月)月平均风速最大,春季(3—5月)月平均风速最小,累年月平均风速在3.7~4.8 m/s之间,这与涠洲岛地理位置有关。

(3)涠洲岛海域4个风向角风速的Pearson-Ⅲ型分布与极值风速样本的实测分布均拟合得很好,其中ENE向风速多年一遇值最大,10年一遇值为19.8 m/s,100年一遇值为32.1 m/s。

(4)涠洲岛海域强浪向为SSW,其波高($H_{1/10}$)的平均值为0.8 m,频率为16.2%;常浪向为NNE、SSW、NE和ENE,其频率分别为16.5%、16.2%、14.4%和10.5%。

(5)涠洲岛海域波向和波速随季节变化明显:1—4月盛行浪向为NNE,5—9月盛行浪向为SSW,10—12月盛行浪向为NE~NNE;夏季(6—8月)波高($H_{1/10}$)的月平均值最大,其余季节月平均值稍小于夏季,累年月平均值在0.5~0.8 m/s之间。

(6)涠洲岛海域4个波向波高($H_{1/10}$)的Pearson-Ⅲ型分布与极值波高($H_{1/10}$)样本的实测分布均拟合得很好,其中SSW向波高($H_{1/10}$)多年一遇值最大,10年一遇值为3.2 m,100年一遇值为4.0 m。

参考文献:

- [1] 郑崇伟,潘静,黄刚. 利用WW3模式实现中国海击水概率数值预报[J]. 北京航空航天大学学报, 2014, 40(3): 314-320.
- [2] 郑崇伟,林刚,邵龙潭. 1988-2010年中国海大浪频率及其长期变化趋势[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2013, 52(3): 395-399.
- [3] 丰鉴章. 年极值波高的分布特点及其频率曲线的选配[J]. 海洋学报, 1993, 15(6): 142-148.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. JTS 145-2015 港口与航道水文规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2016: 21.
- [5] 曹兵,王义刚, You Z J. 设计波高分布函数比较[J]. 海洋湖沼通报, 2007(4): 1-9.
- [6] 邓兆青,周良明,吴伦宇,郭佩芳. 渤海重现期波高的数值计算[J]. 海洋湖沼通报, 2007(S1): 8-14.
- [7] 董胜,丛锦松,余海静. 涠洲岛海域年极值风浪联合设计参数估

- 计[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(3): 489-492, 476.
- [8] 夏华永, 李树华. 广西沿海年极值波高分析[J]. 热带海洋学报, 2001, 20(2): 1-7.
- [9] 黄泽钧. 用Excel进行水文频率计算的方法研究[J]. 科技创业, 2006, 19(9): 194-195.
- [10] 涂方旭, 苏志, 刘任业. 广西气候带的划分[J]. 广西科学, 1997, 4(3): 196-199.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17839-2011 警戒潮位核定规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 13-21.

Analysis of the climatic characteristics of wind and wave in Weizhou Island sea area

HUANG Zi-mei, ZHANG Chun-hua, SHEN You-li, JIANG Shao-cai

(Beihai marine environmental monitoring center station, State Oceanic Administration, Beihai 536000 China)

Abstract: Based on the real-time wind and wave observation data of Weizhou ocean monitoring station, the climatic characteristics of wind and wave in Weizhou Island sea area is analyzed in this paper. The results show that the strong wind direction is north (N) and north-northeast (NNE) with the average wind speed of 5.9 m/s and 5.3 m/s, respectively. The constant wind direction is NNE and east-northeast (ENE) with the frequency of 18.2% and 12.4%, respectively. The monthly average wind speed is the highest in summer (June to August) and the lowest in spring (March to May). The annual strong wave direction in the Weizhou Island sea area is south-southwest (SSW) with an average wave height ($H_{1/10}$) of 0.8 m. The normal wave direction is NNE, SSW, NE and ENE with frequencies of 16.5%, 16.2%, 14.4% and 10.5%, respectively. The monthly average wave height ($H_{1/10}$) in summer is slightly larger than that in the rest of the year. In addition, the return period of annual extreme values of wind speed and wave height ($H_{1/10}$) in four directions are calculated using the Pearson-III distribution curve. It is found that the ENE wind speed and the SSW wave height ($H_{1/10}$) is the largest under a return period with multiple years.

Key words: Weizhou Island; annual extreme wind speed; annual extreme wave height; return period