

南沙海区风浪分析与计算

丁千龙

(海军南海舰队气象台, 湛江 524001)

收稿日期 1990年10月24日

关键词 波高, 波周期, 风时, 风区

提要 根据南沙海区风浪实测资料, 阐述了南沙海区波高的分布规律。应用相关分析法, 通过多元回归计算, 得出波要素与风速、风时之间的关系。对波高、波周期的相互关系作了统计分析并利用永署礁海洋观测站1990年1~7月的实测资料对计算结果作了验证。结果表明, 南沙海区波高、波周期的计算值与实测值基本吻合。

本文利用南沙海区海洋站1988~1990年的观测资料和船舶资料, 结合地面天气图, 对位于7~12°N, 110~116°E范围内的风浪进行了分析计算。

1 浪向分布

对南沙海区的实测资料进行统计分析, 结果表明, 南沙海区波浪主要受季风影响。每年5~9月主要受西南季风影响, 海区盛行SW向浪; 11月至翌年3月受东北季风影响, 浪向主要呈NE向(表1)。

2 波高分布

许多学者对海浪的波高分布进行了研究, 认为瑞利分布^[1]所得结果和深水海浪的观测值吻合较好, 特别对于风浪的符合程度是令人满意的。

当波高分布服从瑞利分布时, 其各种特征波高间具有如下关系:

$$\frac{H_F}{H} = \left(\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{F}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{H_{1/3}}{H} = 1.598 \quad (2)$$

$$\frac{H_{1/10}}{H} = 2.032 \quad (3)$$

取 $F=1\%$,

得:

$$H_{1\%} = 1.19H_{1/10} \quad (4)$$

根据《海洋调查规范》的规定, 海洋站观测的波高值为1/10大波波高, 观测的最大波高为累积率1%的波高。利用南沙海区永署礁观测站1988~1990年的实测资料统计得出:

$$H_{1\%} = 1.22H_{1/10} \quad (5)$$

式(5)与(3)吻合程度较好, 且南沙海区平均水深超过1000m, 属深水区, 因此, 可以认为南沙海区内的风浪浪高的分布较好地服从瑞利分布。其分布函数为:

表 1 南沙海区浪向分布

Tab. 1 Monthly distribution of wave direction of Nansha Sea

浪向	月份/频率(%)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N~ENE	96	91	77	44	7	1	4	0	18	33	81	97
E~SSE	3	9	15	36	27	5	6	0	15	17	18	3
S~WSW	1	0	3	14	52	89	86	97	65	33	0	0
W~NNW	0	0	5	6	14	5	4	3	2	16	1	0
最多浪向及频率	NE	ENE	NE	N	WSW	SSW	SW	SW	SW	W	NE	NNE
(%)	43	45	34	18	12	38	38	66	33	25	35	46

$$F\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) = \exp\left[-\frac{\pi}{4}\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)^2\right] \quad (6)$$

概率密度函数为:

$$f\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) = \frac{\pi}{2} \frac{H}{\bar{H}^2} \exp\left[-\frac{\pi}{4}\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)^2\right] \quad (7)$$

由概率密度函数可求得,最可能出现的波高为平均波高值的 0.8 倍。即:

$$\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)_{max} = 0.8 \quad (8)$$

3 波高与周期的相关关系

许多学者曾对波高、波周期的相关性进行过理论研究和实测资料分析,结果表明,平均波高与平均周期的平方有着良好的关系^[2]。即:

$$\bar{H} = K \bar{T}^2 \quad (9)$$

对于南沙海区,经计算得出:

$$\bar{H} = 0.043 \bar{T}^2 \quad (10)$$

4 波高、波周期的计算

4.1 计算模式的确定

根据 SMB 波浪预报方法及 Wilson 计算公式:

$$\frac{gH}{U^2} = f_1\left(\frac{gX}{U^2}\right)$$

$$\frac{gT}{U} = f_2\left(\frac{gx}{U^2}\right) \quad (11)$$

式中, H 为波高; T 为周期; x 为风区长度; t 为风时; U 为 10m 高度附近的风速。

得出南沙海区风浪计算模式:

$$\frac{gH}{U^2} = f_3\left(\frac{gt}{U}\right)$$

$$\frac{gT}{U} = f_4\left(\frac{gt}{U}\right) \quad (12)$$

H 为 1/10 大波平均波高(m); U 为风速(m/s); t 为风时(h); T 为周期(s); g 为重力加速度。

4.2 风时的确定

主要利用地面天气图及海区内实测风速及波高资料。设相邻两张天气图的前后时间间隔为 Δt , 南沙海区在第一张天气图时刻之前风速

接近于零,而于第一张天气图时刻起开始有风吹括(风速大于 5m/s),风速在 Δt 时间内变化不超过 4m/s 时, Δt 就作为计算第二张天气图时刻的风浪要素所需要的风时。如果南沙海区在第一张天气图时刻前已有风吹括,并有浪高 H 出现,则先利用 SMB 方法计算出在第一张天气图时刻后的风速作用啊下,使波浪成长至 H 所需要的等效风时 $t(H)$,将 Δt 和 $t(H)$ 相加作为计算第二张天气图时刻风浪要素的实际风时。即:

$$t = \Delta t + t(H)$$

4.3 最小风时的确定

用 SMB 方法的图表,求出同一 β 值所对应的 gx/U^2 及 gt/U ,计算出 t_{\min} 。

$$\frac{t_{\min}U}{x} = \left(\frac{gt}{U}\right) \cdot \beta$$

式中, β 为无因次波令,与波速 C 及风速 U 的关系:

$$\beta = \frac{C}{U}$$

当 $t \geq t_{\min}$ 时,风浪处于充分成长状态或定常状态,利用最小风时计算波要素。当 $t \leq t_{\min}$ 时,波浪处于过渡状态,利用实际风时计算波要素。

4.4 波高、波周期的计算公式

利用风速、风时因子和式(12),建立回归方程,进行回归分析。

西南季风期:

$$\frac{gH}{U^2} = 0.028 \times \left(\frac{gt}{U}\right)^{0.575} \quad (13)$$

$$\frac{gt}{U} = 2.792 \times \left(\frac{gH}{U^2}\right)^{0.279} \quad (14)$$

东北风期:

$$\frac{gH}{U^2} = 0.015 \times \left(\frac{gt}{U}\right)^{0.795} \quad (15)$$

$\alpha=0.05$ 时的 F 检验结果及相关系数 R 见表 2。

表 2 回归方程信度($\alpha=0.05$)的 F 检验

Tab. 2 Examine of the $F(\alpha=0.05)$ of the regression equation

公式	式(13)	式(14)	(15)
F 计算	52	91	106
F 查表	2.7	3.9	3.9
R	0.78	0.64	0.85

从表 2 可知,上述波高、波周期的公式回归效果显著,相关关系良好。

表 3 波高绝对误差分布

Tab. 3 The distribution of absolute error value of wave height

公式	频率(%)			
	$\Delta H=0$	$0 < \Delta H \leq 0.5$	$0.5 \leq \Delta H \leq 1.0$	$\Delta H > 1.0$
公式(13)	15	88	15	4
式(15)	12	63	19	6

表 4 波高、周期平均误差

Tab. 4 The mean error value of wave height and wave period

公式	平均绝对误差		平均相对误差	
	$\Delta \bar{H}(m)$	$\Delta \bar{T}(s)$	$DH(\%)$	$DT(\%)$
式(13)	0.3	—	13	—
式(14)	—	0.6	—	9
式(15)	0.4	—	15	—

5 验证及结论

本文所用验证资料为南沙永暑礁海洋观测站 1990 年 1~4 月的风浪及风速资料(未参加回归分析,浪高范围为 0.5~6.7m,周期范围 2

~14 s。对本文计算公式的精度验证结果见表3,4。

$$\Delta H = |H_{\text{实测}} - H_{\text{计算}}|$$

$$\Delta T = |T_{\text{实测}} - T_{\text{计算}}|$$

$$\overline{\Delta H} = \frac{\sum \Delta H}{N}, DH = \frac{\sum \left| \frac{\Delta H}{H_{\text{实测}}} \right|}{N}$$

从表3,4知,本文公式具有较高的精度,波高绝对误差小于0.5m的占80%左右,相对误差为13~15%,周期的相对误差为9%左右。所以上述公式能够比较准确地计算出南沙海区的

风浪浪高和周期,结合式(1),(2),(3)能够给出适合不同要求的波高特征值。对了解南沙海区风浪状况具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 文圣常、余宙文,1984。海浪理论与计算原理。科学出版社,169~173。
- [2] 葛明达,1984。连云港波高、波周期统计分布。海洋工程 1:17~19。
- [3] 华东水利学院,1981。水文学的概率统计基础。水利出版社,260~282。

THE ANALYSIS AND CALCULATION OF WAVES IN NANSHA SEA

Ding Qianlong

(Meteorological Observatory of the South China Sea Fleet, Zhanjiang, 524001)

Received: Oct. 24, 1990

Key Words: Wave height, Wave period, Duration of wind, Fetch length, Wind speed

Abstract

The distribution regulation of wave heights of the Nansha Sea was summarized in this paper. Speed and duration of wind wave height and wave period were correlatively analysed by multiregression calculation.

The test result showed that the calculated wave heights were basically consistent with that measured.