

南海海浪年极值统计分析*

姚国权 丁炳灿 王鉴义 麻志雄

(河港研究所)

摘 要

本文概述了南海风浪的基本情况,并介绍了南海实测最大波高。选取国家海洋局南海六测站 22~29 年的观测资料,统计分析主波向年极值波高及其所对应的波周期。用 Pearson III 型、Gumbel 极值 I 型(包括对数极值 I 型)、对数正态及 Weibull 概率分布,由概率权重矩法(PWM)和寻优适线法(FIT)对分布参数进行估计,从而得出南海六测站不同重现期的设计波要素。本文采用的 3 个参数分布适线的弹性大。用本文提出的最小二乘法与最优化方法相结合的 FIT 法估计参数,比 PWM 法更好,且能给出唯一解。

一、前 言

我国沿海地区经常遭受台风、寒潮的袭击,特别是南海沿岸,台风引起的波浪灾害更为严重。为保护沿海农田及开发利用海涂资源,在海岸工程设计中,需要符合实际的不同重现期的设计波要素。虽然海堤设计手册与《港口工程技术规范》^[1]规定了采用 Pearson III 型(P-III 型)分布推算设计波要素,但经过多年实践表明,P-III 型曲线对某些测站的风浪推算并不完全适合,而目估适线法任意性又太大,往往因人为地照顾曲线上部某几点特大值,而忽视整个曲线的最佳拟合。国家海洋局自 1960 年以来,已整编了 20 多年的海浪观测资料。我国许多单位都利用这些资料,研究过我国沿海地区的风浪。例如:刘德辅^[2]曾提出过复合极值分布推算台风浪的方法;王言英^[3]用 Weibull 分布推算我国海浪;施建刚^[4]认为,Gamma 分布、极值 I 型分布、Weibull 分布及对数正态分布都可能适合我国某些地区风浪长期分布;洪广文^[5]用二元三参数的 Gamma 分布推算长江口风浪。此外,在水文统计方面,近年来又发展了许多新的方法,如宋德敦与丁晶^[6]应用概率权重矩法对 P-III 型分布进行参数的估计,可以避免适线法的随意性;孙济良等^[7]提出四参数指数 I 分布用于洪水频率分析;王守鹤等^[8]还应用对数 P-III 型分布分析洪水。这对风浪频率分析都有一定的参考价值。本文主要根据南海风浪基本情况与南海实测最大波高分布,选取南海六测站 22~29 年定时观测资料,对主波向年极值波高及其对应周期进行频率分析。采用 P-III 型、Gumbel 极值 I 型(包括对数极值 I 型)、对数正态及 Weibull(有界极值分布 III 型)等四种分布,用概率权重矩法(PWM)和寻优适线法(FIT)进行参数估计,然后,用经验频率点与理论曲线相应频率点波高差的绝对值 $|\Delta H|$,取其多个样本的平均值 $\bar{\phi}$ 进行比较,从而确定适

* 本文为水利电力部水利技术开发基金项目——中国沿海典型地区风浪统计分析的第一阶段研究报告。

合这六个测站的最佳线型,并给出不同重现期设计波要素。

二、南海风浪概况

南海位于我国广东、广西、海南及台湾省的南面,纬度低,属季风地带。冬季盛行东北风,夏季盛行西南风。每年9月至次年4、5月,进入南海的寒潮,平均有50次左右,最大风力可达12级以上,寒潮冷空气由北向南,陆风居多,北岸测站风浪不大。偏东的冷空气主力,经东海南下至南海,风向转至东北及东向,清明前后偏东风虽风速不太大,但风区长、涌浪大。夏、秋两季台风活动频繁,1949~1987年共39年间进入南海的台风209次,强热带风暴133次,热带风暴74次。1949~1981年在广东、海南两省登陆的热带风暴及强热带风暴共210次,平均每年为6.4次,占在我国登陆总数的60%左右,最多年达10次,以7~9月最多。台风进入南海的路径,一般由东向西,有的在海南岛至广西登陆,有的在广东登陆,有的绕过台湾省南端转向海南岛方向,还有的在越南登陆。7月前台风多数在珠江口以东登陆,8月后台风多数在珠江口以西登陆。

南海水域辽阔,水深、浪大,岸线曲折,岛屿星罗棋布。图1为根据船报资料与海洋观测站资料统计的南海实测最大波高分布^[9,10]。由此可见,南海风浪之大,足以形成对沿海农田、水利、交通运输设施等产生巨大威胁。合理地确定设计波要素,对工程安全与经济的关系极大。

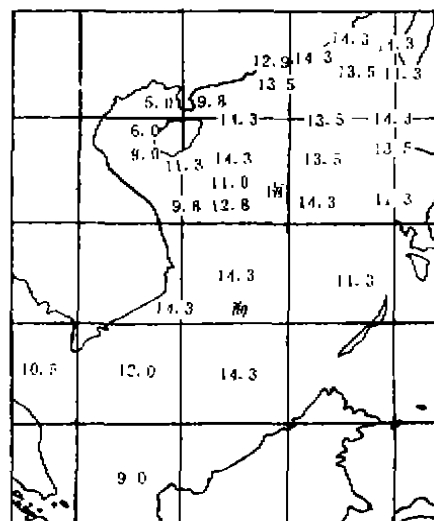


图1 南海实测最大波高分布(位单:m)
Fig.1 Distribution of observed maximum wave heights in Chinese South Sea

三、风浪的概率分布

风浪特征值长期概率分布常用以下四种形式^[11,12,13]。

(一) P-Ⅲ型分布

概率密度函数

$$f(x) = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} (x-b)^{a-1} \exp[-\beta(x-b)] \quad (1)$$

式中 $b \leq x < \infty$, $a, \beta > 0$ 。

超值累积概率

$$P = \frac{\beta^a}{\Gamma(a)} \int_x^{\infty} (x-b)^{a-1} \exp[-\beta(x-b)] dx \quad (2)$$

上两式中的 a 为形状参数; β 为比例参数; b 为位置参数。

(二) Gumbel 极值 I 型分布

$$f(x) = a \exp\{-a(x-x_0) - \exp[-a(x-x_0)]\} \quad (3)$$

$$P = 1 - \exp\{-\exp[-a(x-x_0)]\} \quad (4)$$

式中 $-\infty < x < \infty$; $-\infty < x_0 < \infty$; $a > 0$ 。

(三) 对数正态分布

$$f(x) = \frac{1}{(x-b)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp[-(y-a_y)^2/2\sigma_y^2] \quad (5)$$

$$P = \int_b^x \frac{1}{(x-b)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp[-(y-a_y)^2/2\sigma_y^2] dx \quad (6)$$

式中 $b \leq x < \infty$; $-\infty < a_y < \infty$; $\sigma_y > 0$; $y = \ln(x-b)$ 。

(四) Weibull 分布

$$P = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right)^\alpha\right] \quad (7)$$

式中 $x \geq \gamma$; $\beta > \gamma$; $\alpha > 0$, $\gamma \geq 0$ 。

综上所述,除 $P-I$ 型分布属纯经验性分布外,其它三种分布都有一定的理论根据:除 Gumbel 极值 I 型分布为两参数分布外,其它三种分布都属三参数分布。若将极值 I 型分布随机变量 x 改为 $\ln(x'-c)$ 后,也可化为三参数分布。显然,三参数的分布形式弹性大,对经验频率点适应性强,故为本文优先选用。

四、分布参数的估计

总体分布线型选定后,要求给出总体中某一频率的设计波要素的估计值,必须对该分布的参数作出估计。过去常用的参数估计方法有矩法、极大似然法及适线法。近年来国内外学者提出了用概率权重矩(PWM)^[14]及寻优适线法(FIT)。本文用寻优适线法估计分布参数,即用最小二乘法来拟合曲线,并用最优化法^[15]对参数寻优,这样可以较好地估计分布参数,确定统计特征值,且有唯一解。

(一) 概率权重矩

概率权重矩定义为

$$\begin{aligned} M_{i,j,k} &= E\{x^i [F(x)]^j [1-F(x)]^k\} \\ &= \int_0^1 [x(F)]^i F^j (1-F)^k dF \end{aligned} \quad (8)$$

式中 $F = F(x) = P(x \leq x)$ 为随机变量 x 的分布函数; $x \equiv x(F) = P^{-1}(F)$ 为 F 的反函数; i, j 及 k 为实数。当 $j=k=0$ 及 i 为正整数时, $M_{i,0,0}$ 为矩法的 i 阶原点矩。为取得较好的统计特征,避免观测值的高次方造成的较大的抽样误差,一般取 $i=1$ 。为便于计算,令 $j=0$ 或 $k=0$, 则

$$M_{1,0,k} = \int_0^1 x(F)(1-F)^k dF \quad (9)$$

$$M_{1,j,0} = \int_0^1 x(F)F^j dF \quad (10)$$

(9) 式为 k 阶超过概率权重矩, (10) 式为 j 阶不及概率权重矩。样本概率权重矩可写为

$$M_{1,0,k}^s = \sum_{i=1}^n x_i (1-P_i)^k \Delta P_i \quad (11)$$

$$M_{1,i,0}^s = \sum_{i=1}^n x_i P_i^j \Delta P_i \quad (12)$$

式中 $P_i = P(x \leq x_i)$ 为 x_i 的累积频率, $\Delta P_i = P(x = x_i)$ 为相应于 x_i 的频率。由样本观测值计算样本概率权重矩, 由分布参数与概率权重矩的理论关系式, 求出分布参数, 从而确定统计特征值。(11) 及 (12) 式中 ΔP_i 与 P_i^j 的估计值, 可写为

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_i &= 1/n \\ \hat{P}_i^j &= \frac{(i-1)(i-2)\cdots(i-j)}{(n-1)(n-2)\cdots(n-j)} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

式中 $i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots$ 。

各种分布概率权重矩及其参数的关系式可参见文献[6]。

(二) 寻优适线法

作为拟合曲线与经验点据间离差的量度, 有多种不同的指标, 本文采用 $\varphi = \sum |\Delta x_m|$, 即经验频率点与分布曲线纵坐标离差的绝对值之总和达到最小, 作为最佳拟合的准则。此外, 我们对所选用的四种分布函数, 经过适当变换, 进行线性化处理, 找出待估参数与 P 或 x_p 之间线性关系式, 便于用最小二乘法求相关系数。再用最优化方法^[15]通过计算机自动寻找最优参数, 即首先寻找满足 φ 值的极小区间, 然后用 0.618 分段搜索法找出 φ 极小值的最优参数。这样, 将最小二乘法与最优化相结合, 使三维寻优降为一维寻优, 既减少了计算工作量, 又能确定唯一的最优解。而线性相关系数及置信水平, 可供适线优劣作参考。求出的纵坐标波高离差绝对值的平均值 $\bar{\varphi}$ 及均方差 σ_x , 可供适线性优劣作比较。下面就所选四种分布曲线的线性化处理作简要说明:

1. $P-I$ 型分布

令 $y = \beta(x-b)$, 对 (2) 式进行代换, 即

$$P = \frac{1}{r(\alpha)} \int_{y_p}^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (14)$$

令 $x_p = (y_p/\beta) + x_0$, 则

$$y_p = \beta x_p - \beta x_0 \quad (15)$$

2. Gumbel 分布

由 (4) 式改写为

$$1-P = \exp\{-\exp[-a(x-x_0)]\}$$

$$\text{则} \quad \ln[-\ln(1-P)] = ax_0 - ax \quad (16)$$

如令 $\ln(x_p - c)$ 代替 (16) 式中的 x , 则为对数极值 I 型分布

$$\ln[-\ln(1-P)] = ax_0 - a \ln(x_p - c) \quad (17)$$

3. 为对数正态分布

令 $t_p = (y_p - a_v)/\sigma_v$, 对 (6) 式进行代换, 即

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_p}^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (18)$$

$$\ln(x_p - b) = \sigma_p t_p + a_p \quad (19)$$

4. Weibull 分布

由(6)式改写为

$$1 - P = \exp\left[-\left(\frac{x - \gamma}{\beta - \gamma}\right)^a\right]$$

$$\ln[-\ln(1 - P)] = a \ln(x - \gamma) - a \ln(\beta - \gamma) \quad (20)$$

以上各式中的 x_0, b, c, γ 均为可调的第三个参数, 显然三参数分布比二参数分布增加了分布曲线拟合的弹性, 而且用优化法确定这些参数比试算法有所改进。

五、南海六测站设计波高

南海六测站的实测年数均在 20 年以上, 接近台风长期波动的大周期, 六测站波高观测资料见表 1。

表 1 南海六测站波高观测资料

测 站	所在省(区)	观测年限	观测年数	波高年极值 (m)	主波向
S ₁	广西	1960~1988	28	5~1.2	SE
S ₂	海南	1961~1988	27	11.0~2.4	SSW
S ₃	海南	1960~1988	29	6~1.5	NNW
S ₄	海南	1967~1988	22	9~1.4	ESE
S ₅	广东	1961~1988	28	9.5~1.9	SE
S ₆	广东	1960~1988	28	9.8~1.8	N

Tab.1 Wave height data of 6 observation stations of Chinese South Sea

首先确定六测站在观测年限中出现最大波高的方向(即主波向), 然后选取每年主波向及其左右一个方位范围内出现的年最大波高, 及其所对应的波周期, 再接常规流计方法计算经验频率

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (m=1 \sim n) \quad (21)$$

式中 n 为样本总数; m 为样本大小排列次序。我们选用三参数的 P -Ⅲ型、对数极值 I 型、对数正态及 Weibull 分布, 对以上六测站主波向的年极值波高, 按(21)式计算经验频率, 采用概率权重矩法与寻优适线法进行分布参数的估计。计算机在确定最优分布参数以后, 同时可计算出波高经验频率点与理论频率点离差的平均绝对值 $\bar{\phi}$ 及均方差 σ_{ϕ} 。对于 P -Ⅲ型分布, 还计算出 C_v 、 C_s 及 $\bar{x}$, 对于寻优适线法, 还计算出相关系数及置信水平。全部计算在 IBM 微机上完成, 用 FORTRAN 77 语言编成通用程序。表 2 为用各种计算方法求得南海六测站设计波高的精度比较, 并给出最优分布线型及最优参数估计方法。

表 2 南海六测站设计波高精度比较

测站	参数	P—Ⅲ型分布		对数极值 Ⅰ型分布		对数正态分布		Weibull分布		最 优 法
		PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	
S ₁	φ	0.13	0.12	0.20	0.18	0.12	0.12	0.12	0.12	Weibull分布 FIT法
	σ_x	0.17	0.17	0.25	0.26	0.16	0.16	0.16	0.15	
S ₂	φ	0.40	0.39	0.44	0.42	0.42	0.39	0.37	0.35	Weibull分布 FIT法
	σ_x	0.49	0.48	0.53	0.51	0.50	0.48	0.46	0.45	
S ₃	φ	0.18	0.18	0.20	0.13	0.17	0.14	0.18	0.17	对数极值Ⅰ型分布 FIT法
	σ_x	0.26	0.21	0.34	0.17	0.26	0.18	0.27	0.26	
S ₄	φ	0.20	0.18	0.41	0.12	0.24	0.12	0.21	0.19	对数极值Ⅰ型分布 FIT法
	σ_x	0.45	0.27	0.70	0.16	0.51	0.19	0.46	0.36	
S ₅	φ	0.18	0.16	0.25	0.16	0.19	0.16	0.18	0.18	P—Ⅲ型分布 FIT法
	σ_x	0.28	0.22	0.35	0.26	0.31	0.24	0.27	0.23	
S ₆	φ	0.27	0.28	0.61	0.25	0.27	0.21	0.25	0.23	对数正态分布 FIT法
	σ_x	0.55	0.43	0.89	0.53	0.66	0.51	0.57	0.46	

Tab.2 Accuracy comparison of designing wave heights of 6 observation stations of Chinese South Sea

表 3 南海六测站设计波高相对精度(%)比较

测站	参数	P—Ⅲ型分布		对数极值 Ⅰ型分布		对数正态分布		Weibull分布		最 优 法
		PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	PWM法	FIT法	
S ₁	φ'	4.35	4.01	6.69	6.02	4.01	4.01	4.01	4.01	Weibull分布 FIT法
	σ_x'	5.69	5.69	8.36	8.70	5.35	5.35	5.35	5.02	
S ₂	φ'	6.77	6.60	7.45	7.11	7.11	6.60	6.26	5.92	Weibull分布 FIT法
	σ_x'	8.29	8.12	8.97	8.63	8.46	8.12	7.78	7.61	
S ₃	φ'	6.87	6.87	7.63	4.96	6.49	5.34	6.87	6.49	对数极值Ⅰ型分布 FIT法
	σ_x'	9.92	8.02	12.98	6.49	9.92	6.87	10.31	9.92	
S ₄	φ'	6.76	6.08	13.85	4.05	8.11	4.05	7.09	6.42	对数极值Ⅰ型分布 FIT法
	σ_x'	15.20	9.12	23.65	5.41	17.23	6.42	15.54	12.16	
S ₅	φ'	3.90	3.47	5.42	3.47	4.12	3.47	3.90	3.90	P—Ⅲ型分布 FIT法
	σ_x'	6.07	4.77	7.59	5.64	6.72	5.21	5.86	4.99	
S ₆	φ'	7.76	8.05	17.53	7.18	7.76	6.03	7.18	6.61	对数正态分布 FIT法
	σ_x'	15.80	12.36	25.57	15.23	18.97	14.66	16.38	13.22	

Tab.3 Relative accuracy comparison of designing wave heights of 6 observation stations of Chinese South Sea

由表2可知,两种参数 (φ, σ_x) 的大小顺序估计, S_1 与 S_2 站以Weibull分布较好, S_3 与 S_4 站以对数极值分布较好, S_5 站以P-Ⅲ型分布较好, S_6 站以对数正态分布较好。一般来说, FIT法优于PWM法。表2所述的最优法得到, $\varphi' \leq 0.35 m$, $\sigma_x \leq 0.51 m$ 。

考虑到各站观测精度与波高大小有关, 如采用上述 φ, σ_x 值除以各站多年平均的年极值波高 H , 可得到各站设计波高的相对精度(见表3), 表3中 $\varphi' = (\varphi/H) \times 100\%$, $\sigma'_x = (\sigma_x/H) \times 100\%$ 。

由表3可知, 据最优法得到 $\varphi' \leq 6.03\%$, $\sigma'_x \leq 14.66\%$, 以 S_5 站相对精度最高, S_6 站则最差。

根据上述最优分布线型, 用FIT求得南海六测站不同重现期(年)的设计波高(见表4)。

表4 南海六测站不同重现期(年)的设计波高

测站	主波向	不同重现期(年)的设计波高 $H_{10/c}(m)$						备 注
		100年	50年	25年	10年	5年	2年	
S_1	SE	5.88	5.54	5.17	4.57	4.02	2.96	Weibull 分布
S_2	SSW	13.55	12.49	11.35	9.65	8.15	5.66	Weibull 分布
S_3	NNW	9.06	7.14	5.64	4.14	3.27	2.33	对数极值 I 型分布
S_4	ESE	20.40	13.83	9.42	5.72	3.93	2.36	对数极值 I 型分布
S_5	SE	12.78	11.30	9.81	7.80	6.25	4.09	P-Ⅲ 型分布
S_6	N	15.64	12.12	9.23	6.23	4.49	2.76	对数正态分布

注: 未考虑破波极限波高订正。

Tab.4 Designing wave heights for different return periods (years) of 6 observation stations of Chinese South Sea

六、南海六测站设计波周期

设计波高确定以后, 对应的波周期通常有两种计算方法: (1) 将年极值波高与所对应的波周期直接进行相关分析, 得到相关方程与相关系数, 从而求出不同重现期的设计波周期; (2) 采用与波高分布相同的线型, 对波周期样本进行参数估计, 从而求出设计波周期。对于前一种方法, 可假定波周期 T 与波高 H 的相关方程为

$$T = AH^B + C \quad (22)$$

通常令 $C=0$, 用文献[1]中的公式

$$T = 3.58 \sqrt{H_{1/10}} \quad (23)$$

式中的 $H_{1/10}$ 为1/10的大波平均波高。

对于南海六测站年极值波高与其所对应的波周期资料, 用上述两种方法得到的设计波周期见表5。

表 5 南海六测站不同重现期(年)的设计波周期

测站	计算方法	不同重现期(年)的设计波周期(s)						相关系数	备 注
		100年	50年	25年	10年	5年	2年		
S ₁	(1)	7.33	7.14	6.92	6.55	6.19	5.40	0.75	$T = 3.337H^{0.444}$
	(2)	9.69	9.03	8.34	7.36	6.54	5.28	0.99	Weibull分布
S ₂	(1)	11.31	10.84	10.34	9.52	8.74	7.22	0.85	$T = 3.016H^{0.507}$
	(2)	13.56	12.73	11.83	10.48	9.27	7.17	0.96	Weibull分布
S ₃	(1)	8.97	8.11	7.33	6.42	5.81	5.03	0.60	$T = 3.502H^{0.427}$
	(2)	10.94	9.79	8.71	7.37	6.40	5.06	0.99	对数极值 I 型分布
S ₄	(1)	8.51	7.69	6.95	6.10	5.53	4.84	0.59	$T = 3.872H^{0.261}$
	(2)	10.80	9.51	8.34	6.98	6.05	4.84	0.99	对数极值 I 型分布
S ₅	(1)	10.29	9.66	8.98	7.97	7.11	5.71	0.65	$T = 2.757H^{0.517}$
	(2)	11.42	10.66	9.85	8.67	7.65	5.93	0.98	P—Ⅲ 型分布
S ₆	(1)	10.82	9.74	8.69	7.39	6.45	5.21	0.74	$T = 3.457H^{0.415}$
	(2)	11.36	10.37	9.39	8.07	7.03	5.45	0.98	对数正态分布

注: 计算式中的 H 为最大波高; 未考虑破波极限波高订正。

Tab.5 Designing wave periods for different return periods (years) of 6 observation stations of Chinese South Sea

由表 5 可知, 用分布函数寻优适线法推求的设计波周期比用相关分析法推求的设计波周期大, 前者相关系数也大。因此, 从安全与合理的角度考虑, 采用分布函数分析的结果为好。上述波高与波周期分析结果的置信水平都大于 99%。用分布函数分析波周期的精度见表 6。表中 $\varphi' = (\varphi/T) \times 100\%$, $\sigma' = (\sigma_x/T) \times 100\%$ 。

表 6 南海六站设计周期分析精度(%)

测站号 及分布	S ₁ Weibull	S ₂ Weibull	S ₃ 对数极值 I 型	S ₄ 对数极值 I 型	S ₅ P—Ⅲ 型	S ₆ 对数正态
φ	0.09	0.43	0.16	0.14	0.28	0.17
σ_x	0.13	0.54	0.20	0.20	0.33	0.21
φ'	1.63	5.86	3.00	2.75	4.60	2.98
σ'	2.36	7.36	3.76	3.28	5.42	3.68

Tab.6 Analysis accuracy of designing wave Periods of 6 observation stations of Chinese South Sea

由表 6 可知, S₁ 站拟合最佳, S₂ 站则最差, 其它各站介乎其间。与波高分析精度相比, 除 S₅ 站外, 波周期分析的相对精度要比波高的精度高。

七、结 语

(一)我国南海处于季风、寒潮及台风频繁交替地带,以台风浪引起灾害更为严重。南海实测最大波高表明,近岸波高一般小于深海波高,这主要是由于岸边水深变浅、岛屿阻挡,波浪破碎及底摩擦衰减所致。由此引起风浪变化规律的地区差异,难以用统一的分布线型分析设计波要素。

(二)本文采用三参数分布适线比二参数分布适线弹性大。根据南海六测站的实测波浪年极值资料的分析表明,Weibull分布较适合广西 S_1 站及海南 S_2 站;对数极值I型分布较适合海南 S_3 与 S_4 站, $P-III$ 型分布较适合广东 S_5 对数正态分布较适合广东 S_6 站。

(三)本文采用最小二乘法与优选分布参数相结合的寻优适线法,比最近发展起来的概率权重矩法精度高,同样可以得到唯一解。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国交通部.港口工程技术规范(1987).北京:人民交通出版社,1988
- 2 马逢时,刘德辅.复合极值分布理论及其应用.应用数学学报,1977;2(4)
- 3 王言英.海洋工程中海浪资料的分析及其应用.见:海洋开发工程技术论文集(下),北京:海洋出版社,1987
- 4 施建刚.我国海域海浪要素长期统计分析.天津:天津大学,1987
- 5 洪广文.关于浅水风浪统计性质和统计方法若干问题的探讨.华东水利学院学报,1978;(1,2)
- 6 宋德敦,丁晶.概率权重矩法及其在 $P-III$ 分布中的应用.水利学报,1988;(3)
- 7 孙济良,肖玉泉.指数分布及其对洪水极值分布的适应性研究.水利水电科学研究院科学研究论文集第28集,北京:水利电力出版社,1988
- 8 王守鹤,孙济良,陈庚寅.几种随机概率模型对年洪水时序系列的适应性.水利水电科学研究院科学研究论文集第28集,北京:水利电力出版社,1988
- 9 陈史坚,陈特固等.浩瀚的南海.北京:科学出版社,1985
- 10 陈特固.香港地区的水文概况.南海海洋科技,1982;(4)
- 11 华东水利学院.水文学的概率统计基础.北京:水利电力出版社,1986
- 12 金光炎.水文统计原理与方法.北京:中国工业出版社,1964
- 13 林少官.基础概率与数理统计.北京:人民教育出版社,1964
- 14 Landwehr J M et al, Probability-weighted moments compared with some traditional techniques in estimating Gumbel parameters and quantities, Water Resources Research, 1979, 15(5)
- 15 南京大学数学系.最优化方法.北京:科学出版社,1978

Statistic analysis on the annual extreme wave parameters of Chinese South Sea

Yao Guoquan Ding Bingcan Wang Jianyi Ma Zhixiong
(*Nanjing Hydraulic Research Institute*)

Abstract

The basic conditions about wind waves in Chinese South Sea are briefly summarized and the observed maximum wave heights are introduced in this paper. The observational data during 22-29 years from 6 observation stations of National Ocean Bureau are chosen as representative to analyse the annual extreme wave heights and the wave periods in the main wave direction. Pearson III, Gumbel Extreme Values I (including Logarithmic Extreme Values I), Logarithmic Normal and Weibull Probability Distributions are used to evaluate those distribution parameters by Probability Weighted Moments (PWM) and Curve Fitting Methods (FIT). The designed wave parameters with different return periods are obtained for those 6 stations in Chinese South Sea. Three-parameter distribution method adopted in this paper is more flexible than two-parameter distribution method. The unique accurate solution can be provided by the least square method combined with the optimized FIT method in the paper and the method is better than PWM method.