



浅水风浪要素推算公式比较

陈琦¹, 潘金霞²

(1. 宁波港建设开发有限公司, 浙江 宁波 315040; 2. 宁波中交水运设计研究有限公司, 浙江 宁波 315040)

摘要: 对于缺乏长期波浪观测资料的新建港址, 利用风况观测资料推算风成浪, 是确定设计波浪的简便方法。选取宁波-舟山海域两处工程实例, 分别运用国内主要浅水风浪推算公式——规范法与莆田法, 对海湾水域与岛屿环抱水域两种典型海域进行不同重现期设计浅水风浪要素的推算。通过对风区长度、风区平均水深以及设计风速等主要变量的工况组合, 归纳两种方法的计算结果差异性与适用性, 结论可供工程设计参考。

关键词: 浅水波; 风浪要素; 有效波波高; 有效波周期

中图分类号: U 652.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)05-0014-08

Calculation formulas comparison of wind wave factors of shallow water

CHEN Qi¹, PAN Jin-xia²

(1. Ningbo Port Construction and Development Co., Ltd., Ningbo 315040, China;

2. Ningbo Water Transport Design and Research Co., Ltd., China Communications Construction Co., Ltd., Ningbo 315040, China)

Abstract: It is a convenient method to estimate design wave parameters utilizing the wind observation for wind wave factors in case there is no observed hydrologic data on the engineering site. Through two typical project cases in Ningbo-Zhoushan sea area, this paper calculates the wind wave factors by two principal means, i. e. national code method and Putian empirical method, and evaluates and compares the suitability and effectiveness of two formulas through combining three primary parameters into conditions (including fetch length, average depth and design wind speed), which can be used for reference in the engineering design.

Keywords: shallow water wave; wind wave factor; significant wave height; significant wave period

对于沿海地区部分新建港址, 由于缺乏长期波浪观测资料, 无法通过分析波列组成样本、利用概率分析方法计算分布规律及重现期设计波要素。因此, 利用当地气象站的风况观测资料或天气图, 依据风要素与波要素的关系计算波浪, 是工程人员确定设计波浪的简便方法。

目前, 风浪成长计算公式较多, 国内最为常用的方法有《海港水文规范》^[1]规定的风浪计算公式(简称“规范法”)、《堤防工程设计规范》^[2]与《浙江省海塘工程技术规定》^[3]采用的浅水水域波浪计算公式(简称“莆田法”)、部分工程单位参考使用的美国《海岸防护手册》^[4]浅水波公式(即

“SMB法”)。对于风浪计算方面的研究, 现多集中于利用天气图及风况资料, 基于上述公式对特定海域(如渤海湾^[5]、莱州湾^[6]、杭州湾^[7]及长江口^[8]等)的风浪要素进行推算, 通过与实测值或数值模拟结果比较^[9], 分析该地区计算公式的适用性。部分研究从公式入手, 通过修正规范计算图表^[10]以优化推算结果。

本文以宁波-舟山海域两处工程选址点为例, 分别运用规范法与莆田法推求不同重现期设计浅水风浪要素, 并通过风区长度、风区平均水深以及设计风速等主要变量的排列组合, 归纳两种方法的计算结果差异性与适用性, 供工程设计参考。

收稿日期: 2014-08-12

作者简介: 陈琦(1987—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事港口工程设计。

1 浅水风浪要素计算方法

1.1 规范法

中国海洋大学通过将能量法与波谱法结合, 对海面上出现的不规则波动, 利用海浪要素的概率密度函数, 建立平均能量平衡微分方程, 并与海浪谱结合, 提出风浪预报方法。该法通过长期的实践检验, 成为《海港水文规范》推荐使用的方法: 若工程水域平均深度为 d , 所处海域风速为 U , 在浅水条件 ($d/U^2 \leq 0.2$) 下, “规范法”浅水风浪计算公式为^[1]:

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 5.5 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35} \tanh \left[30 \times \left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.8} / \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35} \right] \quad (1)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 0.55 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.233} \tanh^{2/3} \left[30 \times \left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.8} / \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.35} \right] \quad (2)$$

式中: $H_{1/3}$ 和 T_s 分别表示有效波波高 (m) 与有效波周期 (s); U 表示海面上 10 m 高度处的平均风速 (m/s); F 为风区长度 (m); g 为重力加速度 (m/s^2); d 为水域深度 (m)。

1.2 莆田法

该公式是由河海大学等单位通过对福建莆田海堤试验站 1965—1975 年间现场观测资料的整理分析, 提出一个适用于任意均匀水深各种风浪发展状态的平均高、平均周期及最小风时的无量纲经验公式。从工程安全考虑, 波浪要素计算不考虑风时影响, 按定常波计算:

$$\frac{g\bar{H}}{U^2} = 0.13 \tanh \left[0.7 \left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.7} \right] \cdot \tanh \left\{ \frac{0.0018 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.45}}{0.13 \tanh \left[0.7 \left(\frac{gd}{U^2} \right)^{0.7} \right]} \right\} \quad (3)$$

$$\frac{g\bar{T}}{U} = 13.9 \left(\frac{g\bar{H}}{U^2} \right)^{0.5} \quad (4)$$

式中: \bar{H} 和 \bar{T} 分别表示平均波高 (m) 与平均波周期 (s); 其他参数意义同前。

另据《海港水文规范》^[1], $H_{1/3}$ 与 \bar{H} 、 T_s 与 \bar{T} 有如下换算关系:

$$H_{1/3} \approx H_{13\%} = \bar{H} \left[-\frac{4}{\pi} \left(1 + \frac{H^*}{\sqrt{2\pi}} \right) \ln 13\% \right]^{\frac{1-H^*}{2}} \quad (5)$$

$$T_s = 1.15\bar{T} \quad (6)$$

2 宁波-舟山海域实例分析

根据《海港水文规范》^[1], 海港工程所在位置及其附近均无较长期的测波资料时, 不同重现期的设计波浪可按风成浪进行推算; 根据《浙江省海塘工程技术规定》^[3], 当工程地点无长期测波资料时, 对风区水域内有岛屿或陆地阻挡、或水域狭窄不规则、以风浪为主的海湾和河口段, 可进行风浪推算。以下以宁波-舟山海域两处实际工程为例 (均无长期实测波浪资料), 考虑代表该区域特征的海湾湾口与岛屿环抱两种典型海域形态, 分别运用规范法与莆田法推求不同重现期设计浅水风浪要素, 并与相关的数模试验结果进行对比。

2.1 北仑梅山水道北口门处

2.1.1 地理位置及波况分析

某 500 吨级工作船码头拟建于宁波-舟山港梅山港区东北部夹江作业区, 即梅山夹江凤凰山西侧至上梅渡运站岸段, 靠近梅山水道的北口门处 (图 1)。码头顺岸布置, 码头前沿线位于 -8 m (85 国家高程基准面起算, 下同) 等深线处, 轴线走向为 $N73^\circ \sim N253^\circ$ 。

工程区位于穿山半岛的西南侧, 周边散布着舟山岛、朱家尖岛、登步岛、桃花岛、虾峙岛等大小岛屿, 工程区东部海域有较为狭窄的虾峙门和条帚门水道与外海直接相通, 工程区东北侧峙头洋海域的波浪掩护条件较好, 对拟建工程产生主要影响的波浪应以当地风场产生的风浪为主、外海波浪传入产生的影响有限。工程水域西南接象山港、东北接佛渡水道, 水域狭长, 具备一定的风成浪条件。根据拟建工程的位置和朝向, 分析认为: 对拟建码头工程影响较大的波浪主要为 ENE 向风浪 (因拟建工程南侧 450 m 处为在建拦河大堤, 不考虑 SW 向波浪影响)。

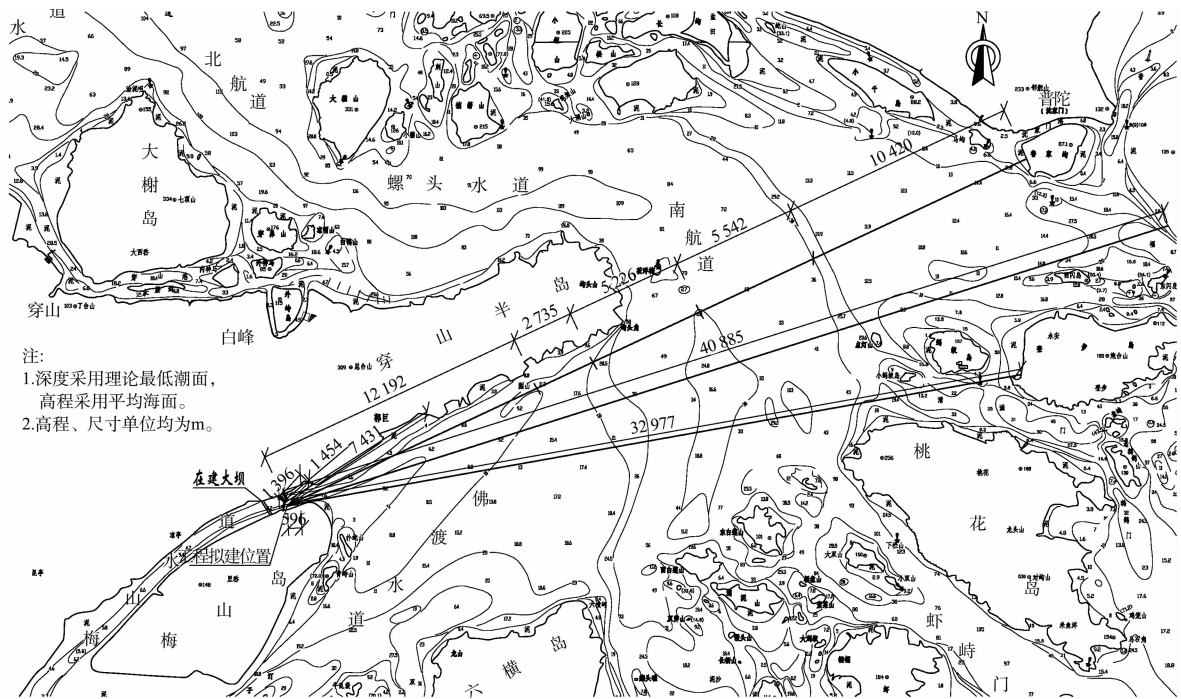


图1 北仑梅山水道北口门地理位置及风区距离

2.1.2 计算条件

1) 设计水位。

根据相邻工程设计资料，梅山港区设计高、低水位分别为 2.21、-1.75 m。

2) 设计风要素。

工程码头位于舟山南部海域，选取长期气象观测站普陀站近 25 a (1980—2004 年) 各向连续 10 min 平均风速年极值资料作为推算设计风速样本，得到各重现期对应的主要风向设计风速 $U^{[2]}$ ，见表 1。风区以 $N65^\circ$ (NE ~ ENE) 为主风向，选取左、右各 22.5° 方向作为设计风区范围，计算等效风区长度 F 见表 2。风区平均水深 d 按主风向上水体的平均深度确定 (表 3)。

表1 基于实测资料分析的梅山水道北口门处风浪推算设计风速 U m/s

重现期/a	风向				
	N	NNE	NE	ENE	E
50	36.7	35.6	31.6	30.8	30.4
25	32.0	30.5	28.0	27.5	27.0
10	25.4	23.8	22.9	21.8	22.9
5	20.6	18.9	19.1	18.0	19.5
2	14.6	12.9	13.8	13.1	14.4

表2 梅山水道北口门处风浪推算设计风区长度 F

角度 $\alpha_i / (^\circ)$	$\cos\alpha_i$	风区长度 F_i / m
-22.5	0.924	1 396
-15.0	0.966	1 454
-7.5	0.991	7 431
0.0	1.000	36 115
7.5	0.991	40 885
15.0	0.966	32 977
22.5	0.924	596

注:等效风区长度 $F_e = \sum F_i \cos^2 \alpha_i / \sum \cos \alpha_i = 17 365 m$ 。

表3 梅山水道北口门处风浪推算设计风区平均水深 d

分段长度 $\Delta X_i / m$	12 192	2 735	5 226	5 524	10 420
分段平均水深 d_i / m	-8	-20	-28	-40	-15

注:风区平均水深 $d = \sum d_i \Delta X_i / \sum \Delta X_i = 19 m$ 。

2.1.3 规范法计算结果

以表 1 ~ 3 为输入值，采用规范法计算设计高水位下不同重现期对应的风浪要素；并在此基础上，考虑浅水校正与底摩擦损失，计算码头前沿 (近岸) 设计波要素，结果见表 4。

表 4 梅山水道北口门处近岸浅水 (-8 m) 风浪推算结果 (规范法)

波向	设计高水位/m	水深/m	重现期/a	波高/m					\bar{T}/s	L/m
				$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{5\%}$	$H_{13\%}$	\bar{H}		
NE ~ ENE	2.21	8 + 2.21	50	3.75	3.23	3.14	2.68	1.75	4.65	32.53
			25	3.40	2.92	2.84	2.41	1.57	4.47	30.28
			10	2.73	2.34	2.26	1.91	1.23	4.06	25.41
			5	2.23	1.90	1.84	1.55	0.99	3.72	21.44
			2	1.54	1.30	1.26	1.05	0.66	3.17	15.64

2.1.4 莆田法计算结果

对于浙江海域, 在缺少长期实测风速资料的情况下, 可参照《浙江省海塘工程技术规定》^[3]所提供的浙江沿海地区不同风向组的定时年最大风速均值 \bar{v}_c (同规范法, 均为海平面以上 10 m 处平均风速)、变差系数 C_v 统计参数等值线图, 基于 P-III 分布曲线 ($C_s = 5C_v$), 计算不同风向组过程设计年频率的风速值 v_{ap} 。具体如下:

$$v_{ap} = 1.45 + 1.17K_p\bar{v}_c \quad (7)$$

式中: v_{ap} 表示不同风向组过程设计年频率的最大风速值 (海平面以上 10 min 平均值); K_p 表示 P-III

分布曲线模比系数; \bar{v}_c 表示不同风向组的定时年最大风速均值 (定时 2 min 平均值), 查图法结果见表 5。推算结果见表 6。

表 5 基于查图法的梅山水道北口门处风浪推算设计风速 v_{ap}

重现期/a	$\bar{v}_c/(m \cdot s^{-1})$	\bar{C}_v	K_p	$v_{ap}/(m \cdot s^{-1})$
50	10.5	0.43	2.268	29.31
25	10.5	0.43	2.000	26.02
10	10.5	0.43	1.544	20.42
5	10.5	0.43	1.246	16.76
2	10.5	0.43	0.862	12.04

注: 风向为 ENE。

表 6 梅山水道北口门处近岸浅水 (-8 m) 风浪推算结果 (莆田法)

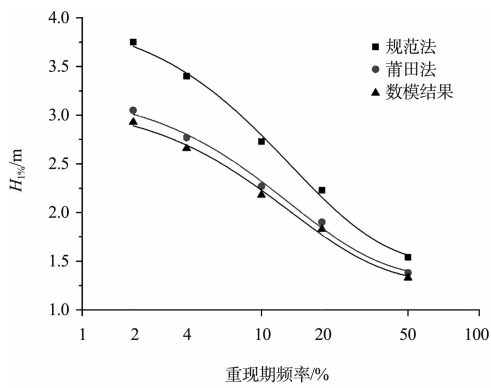
设计高水位/m	推算点水深/m	波向	重现期/a	波高/m					\bar{T}/s	L/m
				$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{5\%}$	$H_{13\%}$	\bar{H}		
2.21	8 + 2.21	NE ~ ENE	50	3.05	2.61	2.53	2.15	1.39	5.49	42.61
			25	2.77	2.37	2.30	1.94	1.25	5.17	38.77
			10	2.27	1.93	1.87	1.57	1.01	4.56	31.38
			5	1.90	1.62	1.56	1.31	0.83	4.11	25.98
			2	1.38	1.17	1.13	0.94	0.59	3.43	18.33

2.1.5 数模试验结果

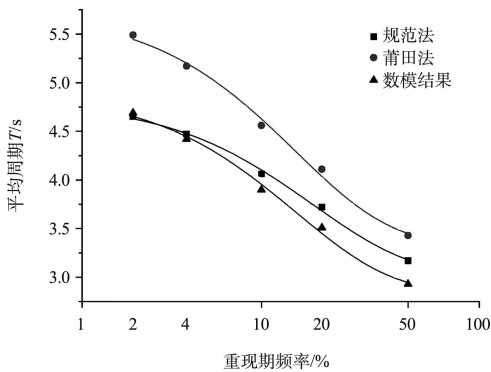
因该海域无长期实测波浪资料, 中交上海航道勘察设计院有限公司进行了数值模型试验^[11]: 采用 MIKE21 中的 SWAN 模型建立数学模型计算范围, 模型地形采用非结构化网格, 并采用嵌套网格技术。考虑波浪的折射、浅水变形、部分绕射、波浪破碎以及波-波非线性相互作用等作用, 对于设计重现期下的波浪与潮位组合情况进行风成浪传播变形计算。南京水利科学研究院对此进行了结果补充验证^[12]。

2.1.6 数据结果对比

图 2 为基于不同方法的梅山水道北口门处近岸浅水 (-8 m) 风浪要素值—— $H_{1\%}$ 与 \bar{T} 对比结果 (ENE 向)。通过与数模结果^[11]对比可知, 在波高 H 推算方面, 莆田法与数模结果较为接近, 前者偏大约 5%; 相比数模结果, 规范法值显著偏大 30%。在波高 \bar{T} 推算方面, 规范法与数模结果较为接近, 前者值平均偏大约 7%; 相比数模结果, 莆田法值显著偏大约 17%。



a) $H_{1\%}/P$



b) $\bar{T}-P$

注：风向为ENE。

图2 梅山水道北口门处近岸浅水(-8 m)风浪推算结果对比

2.2 舟山葛藤水道

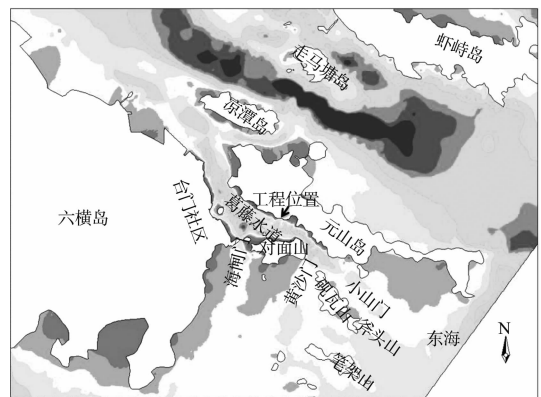
2.2.1 地理位置及波况分析

某500吨级浮码头拟建于舟山市普陀区由六横岛、元山岛以及对面山岛所环抱的水域——葛藤水道(图3a)。外海方面,工程拟建区域四周有上述3岛以及硯瓦山岛等作为天然屏障,波浪掩护条件较好;局部风浪方面,葛藤水道内有小风区波浪对工程区域有一定影响。经分析,工程区波浪主要为外海涌浪(SE~SSE、S~SSW、NW~NNW3个方向)与小风区风浪(W~WSW、S、SE~SSE)。其中SE~SSE方向波浪为绕射波与局部风浪叠加而成。

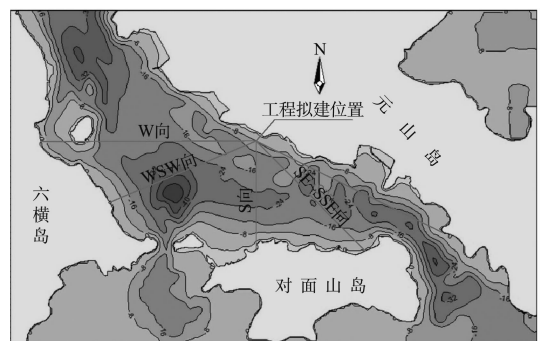
对于外海涌浪,由于港区水域受诸多岛屿掩护,难以进入: NW~NNW向浪难以绕射到工程区附近; S~SSW向波浪只能从海闸门和黄沙门进入,由于两个口门均较窄(宽约100 m),且对面山岛对工程区水域进行掩护,该方向浪无法

影响到工程区;葛藤水道东南段是SE~SSE向浪进入工程区需经过的水域,该段水道水深较深,水道口门外水深较浅,SE~SSE波浪在进入口门之前向口门两侧折射,减小了往里传播的波浪能量;水道外宽里窄,设计高水位时最宽处约600 m宽,最窄处仅约200 m宽,整段水道长度约2.5 km,该段水道大大限制了外海波浪进入到工程区水域。

小风区风浪计算水域地形见图3b),工程区域主要受到W、WSW、S、SE~SSE共4个方向的小风区风浪影响,其中SE~SSE方向小风区风浪计算的风区起始位置为小山门的入口处(考虑到外海涌浪从这里开始衰减幅度较大,风力对该位置到工程区的波浪能量有一定的补充)。以下仅对小风区波浪进行推算(SE~SSE方向仅计算风成浪结果,该方向设计波浪可由港内绕射波高和局部风浪叠加而成,具体公式见《海港水文规范》^[11])。



a) 地理位置



b) 小风区距离(等值线单位: m)

图3 葛藤水道地理位置及小风区距离

2.2.2 计算条件

1) 设计水位。

根据相邻工程设计资料, 葛藤水道设计高、低水位分别为 2.06、-1.67 m。

2) 设计风要素。

以普陀气象站风速资料为设计风速样本, 经高度订正和水陆订正, 换算为葛藤水道区域各重现期对应的主要风向设计风速 $U^{[13]}$ 。表 7 仅列出重现期 50 a 结果。小风区各主要方向风区长度和平均水深见表 8。

表 7 基于实测资料分析的葛藤水道 (北侧) 小风区风浪推算设计风速 U m/s

重现期/a	风向			
	W	WSW	S	SE ~ SSE
50	31.3	27.0	28.6	32.7

表 8 葛藤水道 (北侧) 小风区各方向 F 和平均水深 d

方向	风区长度 F/m	平均水深 d/m
W	1 600	25
WSW	1 200	20
S	800	16
SE ~ SSE	1 600	18

2.2.3 规范法计算结果

采用规范法, 计算设计高水位下不同重现期对应的风浪要素; 并在此基础上, 考虑浅水校正与底摩阻损失, 计算码头前沿 (近岸) 设计波要素, 结果见表 9。

2.2.4 莆田法计算结果

设计风速采用查图法, 结果见表 10。推算结果见表 11。

表 9 葛藤水道 (北侧) 近岸浅水 (-8 m) 小风区风浪推算结果

设计高水位/m	推算点水深/m	波向	波高/m					\bar{T}/s	L/m
			$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{5\%}$	$H_{13\%}$	\bar{H}		
2.06	8 + 2.06	W	2.07	1.75	1.70	1.43	0.91	2.91	13.23
		WSW	1.57	1.33	1.28	1.07	0.68	2.52	9.89
		S	1.47	1.24	1.20	1.00	0.63	2.36	8.70
		SE ~ SSE	2.18	1.85	1.79	1.51	0.96	2.97	13.74

注: 规范法, 重现期 50 a。

表 10 基于查图法的葛藤水道 (北侧) 小风区风浪推算设计风速 v_{ap}

风向	W	WSW	S	SE ~ SSE
设计风速 $v_{ap} (m \cdot s^{-1})$	30.15	24.87	27.59	34.05

注: 重现期为 50 a。

2.2.5 数模结果分析

因该海域无长期实测波浪资料, 中国水产科学研究院渔业工程研究所进行了数值模型试验^[11]:

鉴于小风区内水域无岛屿阻碍, 风浪生成和传播中无绕射, 且工程区水域等深线变化不太复杂, 小风区风浪生成和传播中折射不强, 因此采用综合考虑波浪反射、底摩擦、非线性波和风生浪, 部分考虑波浪折射、绕射的基于波作用守恒方程的波浪成长与传播模型推算港域内不同方向的小风区风浪。数模计算中采用三角形网格, 网格边长约为 6 m。

表 11 葛藤水道 (北侧) 近岸浅水 (-8 m) 小风区风浪推算结果

设计高水位/m	推算点水深/m	波向	波高/m					\bar{T}/s	L/m
			$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{5\%}$	$H_{13\%}$	\bar{H}		
2.06	8 + 2.06	W	1.38	1.17	1.13	0.94	0.59	3.42	18.22
		WSW	1.00	0.84	0.81	0.67	0.42	2.89	13.03
		S	0.93	0.78	0.76	0.63	0.40	2.79	12.15
		SE ~ SSE	1.54	1.31	1.26	1.06	0.67	3.65	20.71

注: 莆田法, 重现期 50 a。

2.2.6 数据结果对比

图4为基于不同方法的葛藤水道(北侧)近岸浅水(-8 m)风浪要素值—— $H_{1\%}$ 与 \bar{T} 对比结果(W向)。通过与数模结果^[13]对比可知,在波高 H 推算方面,数模结果介于二者之间,其中规范法显著偏大10%~30%,莆田法略偏小约10%。在波高 \bar{T} 推算方面,规范法与数模结果较为接近,前者值平均偏大约3%;相比数模结果,莆田法值显著偏大约20%。

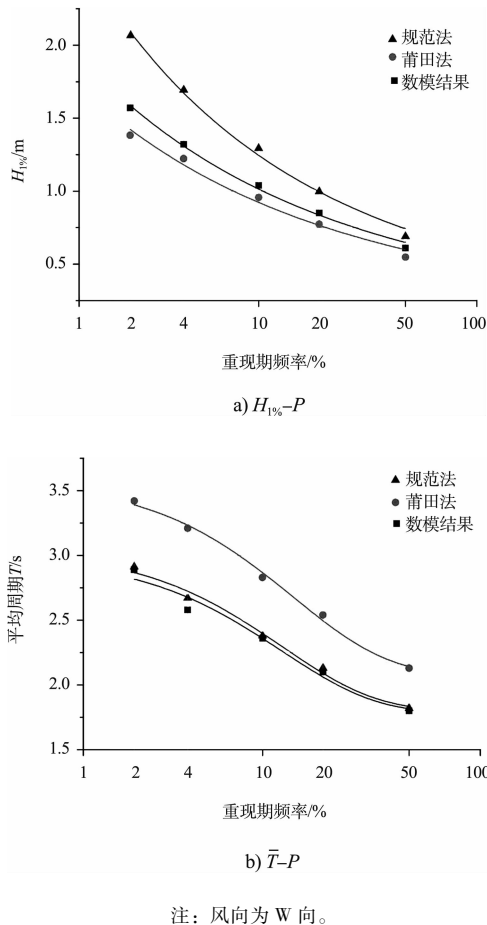


图4 葛藤水道(北侧)近岸浅水(-8 m)小风区风浪推算结果对比

3 公式对比

分析以上两个实例可知,对应于不同的水域环境,规范法与莆田法均采用风区长度 F 、风区平均水深 d 以及设计风速 U 作为主要变量,符合定常风浪的生成理论,且推算值的变化规律基本一致,即在一定范围内,波要素(H 、 T)与 F 、 d 、 U 成正相关性;但因原始试验与观测数据的不同,导致两种计算公式不同,结果存在一定差异。

以下通过对 F (1~40 km)、 d (10~25 m)以及 U (15~40 m/s)等主要变量的排列组合,归纳两种方法的计算结果差异性与适用性:

$$\eta_H = H_{1\%规}/H_{1\%莆} \quad (8)$$

$$\eta_T = T_{1\%规}/T_{1\%莆} \quad (9)$$

式中: $H_{1\%规}$ 和 $T_{1\%规}$ 分别表示由规范法计算得到的有效波波高(m)与有效波周期(s); $H_{1\%莆}$ 和 $T_{1\%莆}$ 分别表示由莆田法计算得到的有效波波高(m)与有效波周期(s)。图5表示当 $d=10$ 、25 m时, $\eta_H(\eta_T)$ 与 F 、 U 的三维关系。

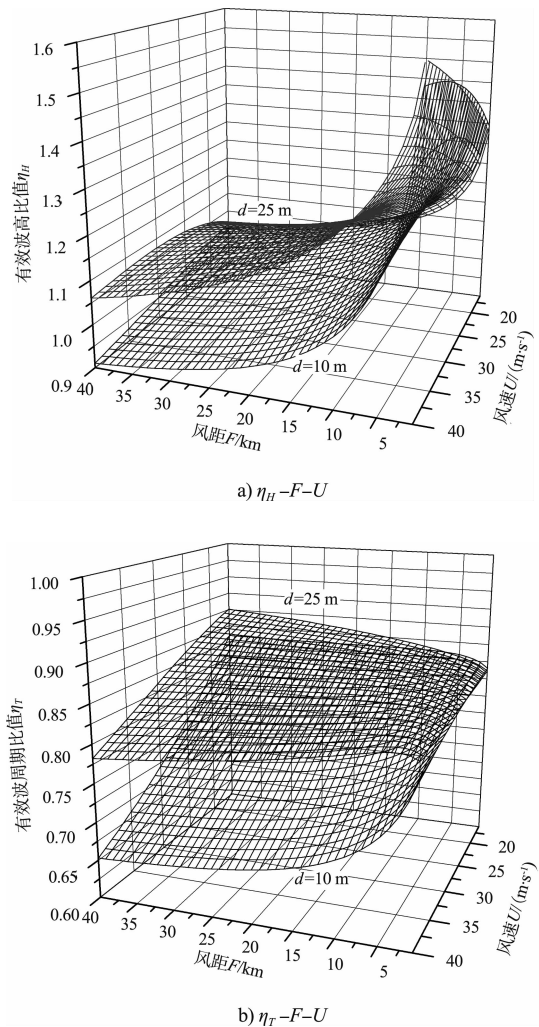


图5 浅水风浪要素推算公式比较结果对比 (规范法与莆田法)

由图5分析可知,对于有效波波高 $H_{1\%}$ 推算,当 d 值相同时,两项公式的计算值比值随着 F 、 U 的组合不同而不同:在 $F \in (0, 5 \text{ km})$ 的情况下,较之 $H_{1\%莆}$, $H_{1\%规}$ 偏大30%~50%,显示两项

公式计算误差较大; 在 $F \in (5 \text{ km}, 10 \text{ km})$ 的情况下, 较之 $H_{1/3\text{莆}}$, $H_{1/3\text{规}}$ 偏大 10% ~ 20%, 计算误差呈递减趋势; 在 $F \in (10 \text{ km}, 40 \text{ km})$ 的情况下, $H_{1/3\text{莆}}$ 与 $H_{1/3\text{规}}$ 基本一致, 二者误差小于 10%。相比 F , η_H 随 U 变化的幅度较小, 基本位于 10% 之内, 显示风区长度 F 是影响两项公式推算 H 的敏感因素。

对于有效波周期 $T_{1/3}$ 推算, 当 $d > 15 \text{ m}$ 时, η_T 随 F 、 U 的组合不同而基本保持不变, 平均值为 0.83, 即在风区长度较大的开敞式海域, $T_{1/3\text{莆}}$ 与 $T_{1/3\text{规}}$ 基本一致; 当 $d < 15 \text{ m}$ 时, η_T 随 F 、 U 的组合不同而出现一定幅度的变化, 变化范围为 (0.65, 0.85)。因此, 可以得出: 在同样的 F 、 d 、 U 组合下, $T_{1/3\text{规}}$ 平均小于 $T_{1/3\text{莆}}$ 约 25%, 且风区平均水深 d 是影响两项公式推算 T 的敏感因素。

4 结论

1) 两种方法均以风区长度 F 、风区平均水深 d 以及设计风速 U 作为主要变量, 符合定常风浪的生成理论, 且推算值的变化规律基本一致: 即在一定范围内, 波要素 (H 、 T) 与 F 、 d 、 U 成正相关性。

2) 风区长度 F 与风区平均水深 d 分别是影响两项公式推算 H 与 T 的敏感因素。

3) 由于规范法与莆田法分别基于理论推导与有限风区的实测资料分析而得, 两种方法计算结果存在一定差异: 波高 H 推算方面, 当 $F < 5 \text{ km}$, 规范法较之莆田法偏大约 20% 以上; 周期 T 推算方面, 当 $d < 15 \text{ m}$, 规范法较之莆田法普遍偏小约 25%。

4) 对于风区长度较大的开敞式海湾水域, 两项公式计算值基本相同; 对于岛屿环抱水域, 风区长度较小, 两项公式存在一定误差。根据本文实例计算结果, 偏于工程设计保守, 推荐设计波高 H 取 $H_{\text{规}}$ 与 $H_{\text{莆}}$ 的平均值, 周期 T 取 $T_{\text{规}}$ 。

需要说明的是, 浅水风浪要素推算公式应用简便、适用范围较广, 但公式参数构成偏于简单,

仅以 F 、 d 、 U 这 3 大要素作为主要变量, 缺乏对具体地形和具体边界条件的考虑。另外针对风区范围内水深变化幅度较大的情况, 也存在较大计算误差。因此, 建议对于地形符合风成浪推算条件的新建港址项目, 在无其他波况资料支持的前提下, 可在项目前期阶段采用理论公式进行设计波浪推算。而在有条件的情况下, 建议结合短期实测波浪数据以及波浪数模试验结果分析确定最终设计波浪。

参考文献:

- [1] JTS 145-2—2013 海港水文规范[S].
- [2] SL 435—2008 海堤工程设计规范[S].
- [3] 浙江省水利厅, 浙江省海塘工程技术规定[S].
- [4] 美国海岸工程研究中心. 海滨防护手册[M]. 梁其苟, 方钜, 译. 北京: 海洋出版社, 1988.
- [5] 麦苗, 苗士勇, 侯志强. 黄骅港采用天气图及风况资料进行波浪推算的比较[J]. 水道港口, 2003(4): 200-203.
- [6] 滕学春, 吴秀杰. 莱州湾口设计波要素估算方法的研究[J]. 海洋通报, 1992(2): 58-63.
- [7] 夏期颐, 洪广文. 长江口、杭州湾地区波要素推算及验证[J]. 河海大学学报, 1994(2): 30-38.
- [8] 付桂, 杨春平. 海岸工程设计波要素推算方法探讨——以如东人工岛设计波要素推算为例[J]. 水运工程, 2010(3): 42-46.
- [9] 李孟国, 肖辉. 外海深水波要素确定方法比较[J]. 水运工程, 2010(7): 1-5.
- [10] 冯春明, 董胜. 规范法深水风浪要素计算图的修正[J]. 港工技术, 2005(6): 1-2.
- [11] 马兴华, 江炳茂, 周玲玲, 等. 梅山水道抗超强台风渔业避风锚地工程初步设计报告(水利专项)[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2012.
- [12] 朱立俊, 孙林云. 梅山水道抗超强台风渔业避风锚地工程波浪数学模型及断面物理模型试验报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2011.
- [13] 张建侨, 陈自荣, 孙一艳, 等. 浙江省舟山市普陀区台门一级渔港波浪数学模型计算[R]. 北京: 中国水产科学研究院渔业工程研究所, 2013.

(本文编辑 武亚庆)