

胶州湾浅水风浪计算方法

刘学先 胡泽建

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

摘 要

本文根据胶州湾内实测风浪和团岛气象站风的资料,运用浅水模式方程 $\frac{gH}{u^2} = f_2(\frac{gd}{u^2}) \tanh$

$\frac{f_1(\frac{gF}{u^2})}{f_2(\frac{gd}{u^2})}$ 与 $\frac{gT}{u} = A(\frac{gH}{u^2})^B$,建立了适合胶州湾的浅水风浪预报方法。

前 言

目前国内外海浪理论和计算方法很多,其中对小风区(如海湾、湖泊、水库等)风浪预报方法也提出了不少经验公式,它们所依据的资料都具有地区特点,且观测技术和方法不统一,因此这些经验公式都有其局限性。至今尚没有一种适合胶州湾的风浪预报方法。随着青岛市对外开放的发展、黄岛前湾深水港区及黄岛经济开发区的兴建、轮渡工程的通航及未来薛家岛旅游区的开辟等,湾内诸多工程的开展,急需解决适合本湾的波浪预报方法。

一、风浪的形成及其条件

风浪的成因是非常复杂的,主要取决于风速大小、风区长度和风作用的持续时间,在浅水区水深影响也很显著。此外重力、海底及海岸地形、大气稳定度、海流和地质条件等都有一定的影响。

为了计算方便,仅就其中起主要作用的诸要素建立风浪关系式。风是波浪能量的来源,是关键性要素;风区在胶州湾内仅有20km左右,是风浪成长的重要条件;水深在本湾内对风浪成长尺度有重要作用,因此该项影响必须考虑;由于风区小,风的作用持续时间很短就使海浪成长达到稳定,因此对于胶州湾这样的小风区,风时可以不考虑。针对以上胶州湾风浪的生成特点,我们采用了适合深、浅水的海浪经验模式。

本文于1989年5月18日收到,修改稿于1989年12月13日收到。

二、风浪资料的选取与处理

(一) 风浪资料

采用团岛、黄岛Ⅱ号和显浪岸用光学测波仪和网格观测的波浪资料,以及岸用声学测波仪和美国产949跟踪测波浮标的波浪资料。

波型选用 F 和 F/U ,波高一般 $\geq 0.5\text{m}$ 。

(二) 风速和风向

采用团岛气象站对应波浪观测时间的资料。该站在胶州湾内有较好的代表性。

(三) 风区长度

从海图上量取各测站所需方位当时实际水域长度作为风区长度。

(四) 水 深

将海图上各风区每500m取为一步长间隔读取水深值,求其均值,再加上当时的潮位,即为实际平均水深。

表 1 选取资料范围表

风 区 长 度	5500~22800m	波 高	$H_{1/10} = 0.3 \sim 1.7\text{m}$
平 均 水 深	3.3~19.8m	周 期	$\bar{T} = 2.1 \sim 7.4\text{s}$
风 速	5~28m/s		

三、风浪计算模式及其系数的确定

根据前面风浪形成条件的分析,胶州湾风与浪的关系既要考虑水深影响也要考虑风区影响,因此采用如下无因次风浪计算模式,即无因次波高、周期以无因次风区、水深的函数表示:

$$\frac{gH}{u^2} = f_2\left(\frac{gd}{u^2}\right) \text{th} \frac{f_1\left(\frac{gF}{u^2}\right)}{f_2\left(\frac{gd}{u^2}\right)} \quad (1)$$

$$\frac{gT}{u} = A\left(\frac{gH}{u^2}\right)^B \quad (2)$$

自1980年胶州湾内建立波浪站以来所搜集的所有资料中,经过严格筛选共有426组。根据风浪形成的条件,将资料中风速较小而水深较大 $\left(\frac{gd}{u^2} \geq 0.9\right)$ 的资料作为一组处理。这些数据平均趋向仅反映波要素与风区的关系,其波高模式方程为:

$$\frac{gH}{u^2} = f_1\left(\frac{gF}{u^2}\right) = K_1\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{K_2} \quad (3)$$

其中 K_1 和 K_2 为待定常数。

将上述无因次波高与无因次风区的模式方程： $\frac{gH}{u^2} = K_1\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{K_2}$ 简化成直线回归方程：

$$\ln\left(\frac{gH}{u^2}\right) = \ln K_1 + K_2 \ln\left(\frac{gF}{u^2}\right)$$

$$\text{令 } y = \ln\left(\frac{gH}{u^2}\right), x = \ln\left(\frac{gF}{u^2}\right), C = \ln(K_1),$$

$$\text{则 } y = C + K_2 x$$

编制最小二乘法直线回归计算程序；输入已选好的波高、风速和风区数据组，经计算即可确定常数 K_1 和 K_2 。代入方程(3)即得出：

$$\frac{gH_{1.10}}{u^2} = 0.000743\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.608} \quad (4)$$

用同样的方法，也可确定波浪周期方程：

$$\frac{gT}{u} = 0.608\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.238} \quad (5)$$

将水深较小、风速较大 $\left(\frac{gd}{u^2} < 0.9\right)$ 的资料作为另一组处理。对这种情况，主要考

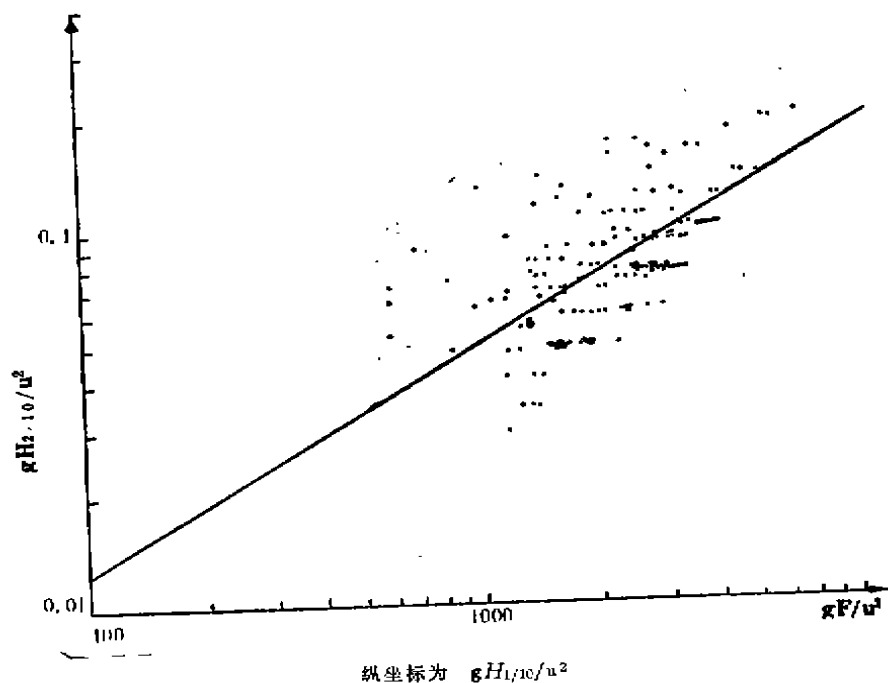


图 1 无因次波高与风区关系曲线

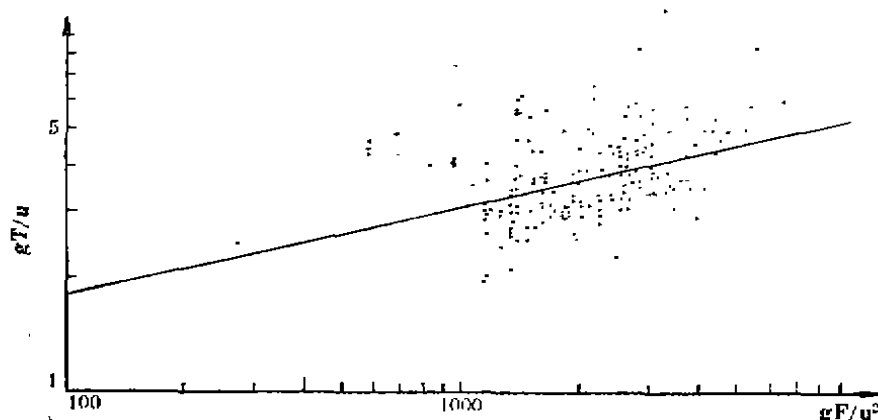


图 2 无因次周期与风区关系曲线

虑风浪与水深的关系, 其模式方程为:

$$\frac{gH}{u^2} = f_2\left(\frac{gd}{u^2}\right) = \alpha \operatorname{th}\left[\beta\left(\frac{gd}{u^2}\right)^\gamma\right] \quad (6)$$

式中 α, β, γ 为待定常数。

对 n 组数据 $H_i, d_i, u_i, i=1\sim n$

$$\text{令 } f(H_i, d_i, u_i) = \frac{gH_i}{u_i^2} - \alpha \operatorname{th}\left[\beta\left(\frac{gd_i}{u_i^2}\right)^\gamma\right], \quad i=1\sim n$$

建立目标函数: $F = \sum f^2(H_i, d_i, u_i), i=1\sim n$

求目标函数 F 的极小值, 即对 n 组数据进行最优非线性最小二乘拟合, 则可确定参数 α, β, γ 。

因为函数性态复杂, 用一般方法收敛性较差, 我们采用改进的单纯形法即可变多面体方法, 结果证明效果很好。

以选定波高、风速、水深数据组, 进行电算确定系数 α, β, γ , 代入方程(6)得出:

$$\frac{gH_{1/10}}{u^2} = 0.1514 \operatorname{th}\left[0.6514\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{1.4514}\right] \quad (7)$$

以模式方程(1)的形式把方程(4)和方程(7)联系起来, 得到关系式:

$$\frac{gH_{1/10}}{u^2} = 0.1514 \operatorname{th}\left[0.6514\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{1.4514}\right] \operatorname{th}\frac{0.000743\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.608}}{0.1514 \operatorname{th}\left[0.6514\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{1.4514}\right]} \quad (8)$$

式(8)经实测资料进行拟合订正后, 即得计算浅水波高的关系式:

$$\frac{gH_{1/10}}{u^2} = 0.2176 \operatorname{th}\left[0.6514\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{1.4514}\right] \operatorname{th}\frac{0.000743\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.608}}{0.1514 \operatorname{th}\left[0.6514\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{1.4514}\right]} \quad (9)$$

用确定式(3)中系数的方法, 同样可以求得式(2)中的系数 A 和 B , 代入式(2)得:

$$\frac{g\bar{T}}{u} = 39.13 \left(\frac{gH_{1/10}}{u^2} \right)^{0.8368} \quad (10)$$

以上式中 $H_{1/10}$ 为十分之一大波平均波高(m); $\bar{T}$ 为平均周期(s); F 为风区长度(m); u 为离海面 10m 高处风速(m/s); d 为风区内实际平均水深(m); g 为重力加速度, 取为 9.8 m/s^2 。

应用该计算方法时, 可将式(9)和(10)以每间隔 5m 深度作一张预报图, 作若干图以便预报海浪查用, 或者将该式(9)和(10)编制成预报程序。根据已预报的风速及风向所对应的当时风区和风区内平均水深, 经计算即可预报出所需波高和周期。

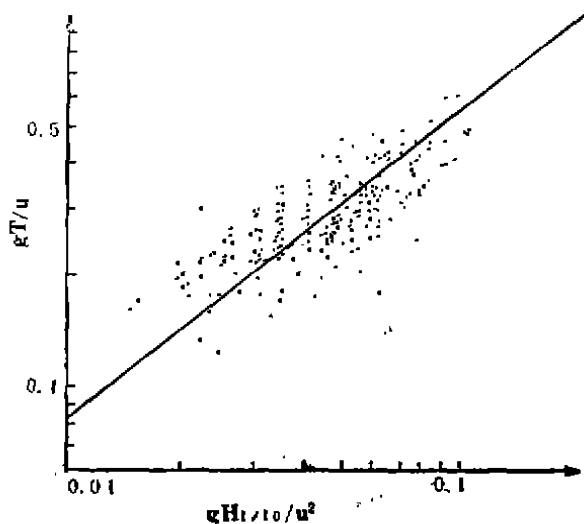


图 3 无因次周期与波高的关系曲线

四、后 报 检 验

用上述同样条件, 摘取黄岛 I 号站实测波高和周期及其对应风区长度、平均水深, 并结合风资料, 采用本法、港口工程技术规范法和美国海滨防护手册法, 后报出波高和周期。计算出偏差:

$$E = \text{预报值} - \text{实测值}$$

相对偏差:

$$R = \frac{\text{预报值} - \text{实测值}}{\text{实测值}} \times 100\%$$

用以上 40 组资料进行后报, 其波高相对偏差的平均值为:

$$\text{本法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} R_i \right) = -5\% \quad (11)$$

$$\text{手册法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} R_i \right) = 8\% \quad (12)$$

$$\text{规范法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} R_i \right) = 91\% \quad (13)$$

周期相对偏差平均值为:

$$\text{本法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} R_i \right) = 10\% \quad (14)$$

$$\text{手册法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^{40} R_i \right) = -15\% \quad (15)$$

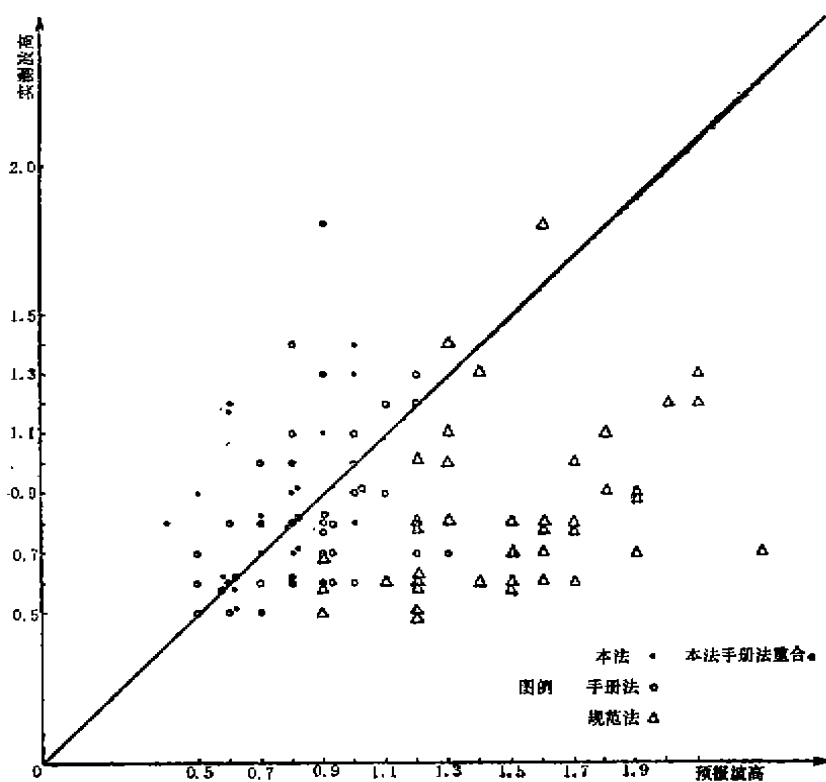


图 4 预报波高检验图

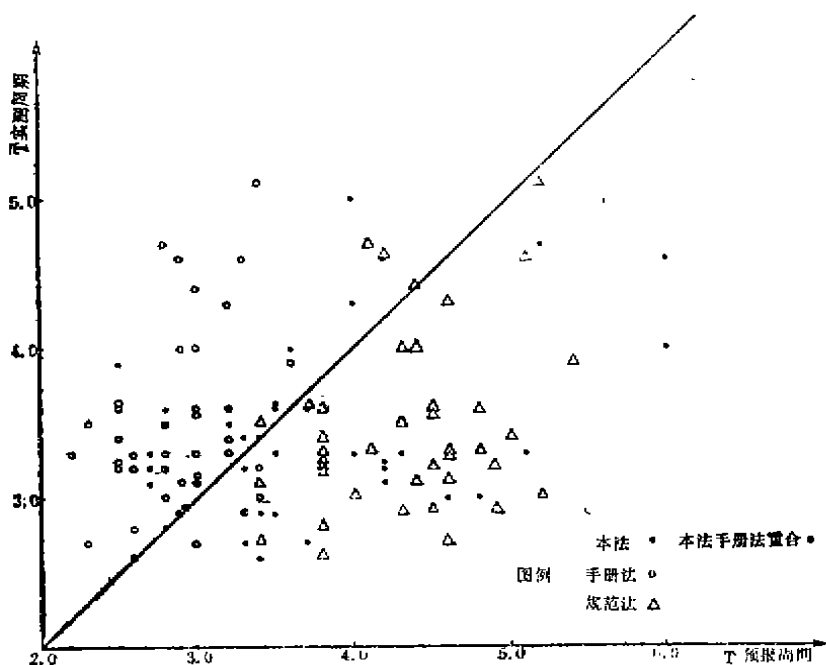


图 5 预报周期检验图

$$\text{规范法} \longrightarrow \left(\frac{1}{40} \sum_{i=1}^n R_i \right) = 27\% \quad (16)$$

由式(11)~(16)及图4和图5可以看出,本法后报波高和周期的偏差都比较小,为-5%和10%,规范法相对偏差都比较大,为91%和27%;手册法在上述两法之间。经后报检验可以看出,本法预报精度优于其它诸法。

小 结

经后报检验表明,本文方法计算的波高和周期的精度均高于其它诸法,更为适用于胶州湾地区,可以满足胶州湾内海洋工程和生产建设的需要。

参 考 文 献

- [1] 港口工程技术规范,人民交通出版社,1978。
- [2] 风浪要素计算方法,海岸工程研究资料,(12)1978。
- [3] 文圣常等:海浪理论与计算原理,科学出版社,1984。
- [4] 刘学先:胶州湾中南部北向风与浪的关系,海岸工程,(2)1985。
- [5] 滕学春等:浅水风浪要素计算方法,黄渤海海洋,3(3)1985。
- [6] 王德人:非线性方程组解法与最优化方法,人民教育出版社,1979。
- [7] Shore Protection Manual, U. S. Army Coastal Engineering Research Center, 1975。
- [8] Wilson, B. J. Hurricane Wave Statistics for the Gulf of Mexico, Proc. 6th conf. on Coastal Engineering 1957。
- [9] Takeshi Iijima and Frederick L. W. Tang: Numerical Calculation of Wind Wave in Shallow Water, Proc. 10th conf. on Coastal Engineering 1966。

A CALCULATION PROCEDURE OF WIND WAVE IN SHOAL WATER ZONE OF JIAO-ZHOU BAY

Liu Xuexian Hu Zejian

(First Institute of Oceanography, SOA)

Abstract

In this paper, a method which is suitable for prediction of wind wave in the shoal water zone in Jiao-Zhou Bay has been established on the basis of wind wave data actually measured in Jiao-Zhou Bay and wind data obtained at Tuan-Dao meteorological station as well as by using the equations of shoaling

$$\text{model: } \frac{gH}{u^2} = f_2\left(\frac{gd}{u^2}\right) \frac{f_1\left(\frac{gF}{u^2}\right)}{f_2\left(\frac{gd}{u^2}\right)} \text{ and } \frac{gT}{n} = A\left(\frac{gH}{u^2}\right)^B.$$