

中国科学院海洋研究所编辑

海洋科学集刊

STUDIA MARINA SINICA

The Institute of Oceanology, Academia Sinica

黄海、东海调查研究报告专辑之三

34

科学出版社

1993年10月

《海洋科学集刊》编辑委员会

主 编 秦蕴珊

副主编 李光友 董金海

编 委 (按姓氏笔划为序)

马秉琨 方国洪 王 荣 刘发义
刘瑞玉 李 延 杨纪明 吴超元
邹景忠 林光恒 罗秉征 赵一阳
赵松龄 相建海 费修绶 顾宏堪
管秉贤

海洋科学集刊

第 34 集

中国科学院海洋研究所编辑

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1993 年 12 月第一次印刷 印张: 14 1/4 插页: 6

印数: 1—680

字数: 335 000

ISBN 7-03-003822-3/P·713

定价: 28.00 元

海洋科学集刊 第 34 集

(1993 年 10 月)

目 录

海洋工程中极值水位估计的一种条件分布联合概率方法·····	方国洪等 (1)
埕岛油田及附近地区的水位·····	丁文兰等 (31)
黄河三角洲海域浅水波高和周期的分析·····	范顺庭、王以谋 (43)
苏北浅滩外侧浅水锋的观测与分析·····	赵保仁等 (51)
晚更新世以来黄河、长江入海泥沙对南黄海沉积作用的影响·····	李 凡等 (61)
辽东湾表层沉积物天然湿容重和含水量的分布及其与粒度的关系·····	徐善民等 (73)
南黄海中部 H-106 柱状沉积物中自生黄铁矿的研究·····	李安春等 (79)
北部湾 x_1 钻孔岩芯沉积物的 X 射线衍射分析研究·····	段伟民等 (87)
黄河口演变对河口水化学环境的影响·····	沈志良、乐肯堂 (93)
东海沉降悬浮物质的特征研究·····	詹滨秋等 (107)
台湾海峡上升流区底栖生物数量动态的初步研究·····	崔玉珩等 (115)
中国近海主要鱼类种群变动与生活史型的演变·····	罗秉征等 (123)
渤海多毛类的组成和分布·····	孙道元 (139)
渤海鱼类区系分析·····	田明诚等 (157)
敏捷海葵属一新种·····	裴祖南 (169)
中国近海牡蛎超科的新记录·····	徐凤山、黄修明 (175)
西沙群岛的泡沫放射虫·····	谭智源 (181)

STUDIA MARINA SINICA, No. 34

(Oct., 1993)

CONTENTS

A Method for Estimating Extreme Sea Levels Based on Tide-Surge Joint Probability in Ocean Engineering	Fang Guohong <i>et al.</i> (30)
Sea Levels in Chengdao Offshore Oil Field and Adjacent Area	Ding Wenlan <i>et al.</i> (41)
Analysis of Huanghe River Delta Shallow Water Wave Height and Period	Fan Shunting and Wang Yimou (50)
Observations and Analyses of the Shallow Water Front in the outside of the Subei Shoal	Zhao Baoren <i>et al.</i> (60)
Influence of the Huanghe and Changjiang Rivers Sediment Loads on South Yellow Sea Sedimentation since Late Pleistocene.....	Li Fan <i>et al.</i> (72)
Distribution of Natural Bulk Density and Water Content of Surface Sediments in Liaodong Bay and the Relation with Grain Size	Xu Shanmin <i>et al.</i> (78)
Study on the Authigenic Pyrite in the Core H-106 from the Central South Yellow Sea	Li Anchun <i>et al.</i> (86)
Study on the Beibu Gulf Core-x ₁ Sediment Samples by X-ray Diffraction	Duan Weimin <i>et al.</i> (92)
Effects of the Yellow River Estuary Location Changes on Its Hydrochemical Environment	Shen Zhiliang and Le Kentang (105)
Study on the Characteristics of the Sinking Matter in the East China Sea	Zhan Binqiu <i>et al.</i> (114)
Preliminary Study on Benthos Quantity Dynamics in the Upwelling Area in Taiwan Strait	Cui Yuheng <i>et al.</i> (122)
Population Dynamics and Life History Patterns for Main Marine Fishes in the Coastal Waters of China	Luo Bingzheng <i>et al.</i> (137)
Species Composition and Distributions of Biomass and Density of the Polychaeta in the Bohai Sea	Sun Daoyuan (156)
Analysis of the Fish Fauna of the Bohai Sea.....	Tian Mingcheng <i>et al.</i> (167)
A New Species of the Genus <i>Actinothoe</i> (Sagartiidae: Actinaria)	Pei Zunan (172)
New Records of Ostreicea from the China Seas	Xu Fengshan and Huang Xiuming (179)
The Spumellarian Radiolaria of the Xisha Islands	Tan Zhiyuan (222)

海洋工程中极值水位估计的一种条件 分布联合概率方法*

方 国 洪

(中国科学院海洋研究所)

王 骥 贾绍德 焦宗凤 叶 安 乐

(国家海洋局海洋科技情报研究所) (青 岛 海 洋 大 学)

一、前 言

在海洋工程建设(如港口建设、沿岸工程和海上平台建筑等)中,必须对正常条件(即作业条件)和极端条件(即恶劣环境条件)下的海洋环境参数作出估计。对于海洋水位而言,如《港口工程规范》(以下简称《规范》)中的设计水位和乘潮水位等即属于前者,校核水位即属于后者。正常条件下的水位参数比较容易确定,因为这种条件下的观测数据比较容易获得,有比较丰富的已知资料。极值水位是指若干年内才有可能出现的高水位或低水位,例如在《规范》中要求50年一遇的水位作为校核水位。所以如依靠直接观测,必须具备至少几十年的观测资料,这一要求只有在有长期验潮站的港口才能达到。如资料系列不够长,则必须采用一定的方法对它们的数值作出估计。

在有相当长期观测资料的情况下,常常采用极值分布的方法,即每年取一个最高(或最低)水位,然后拟合某种理论或经验的分布曲线,从而得出不同重现期的极高(或极低)水位。这种方法所得结果比较可靠(但也不是没有问题,详见第五节),但对资料要求高,特别在新建港口或海上工程,常常不能采用。

在有数年观测资料的情况下,可以采用同步差比法(见《规范》)。当拟建港和主港潮汐性质和风暴潮特性相近,特别是两地距离较近时,这种方法常常能给出良好的结果,不失为一种有效的方法,但其应用受到一定的条件限制。

在只有短期资料的情况下,《规范》要求首先计算出设计水位,然后在设计水位上加减一个常数推出校核水位。这个常数是依据附近长期验潮站资料得出的,因而也只有在附近有长期验潮站的条件下使用。

近年来,国外提出了一种“联合概率法”(Pugh and Vassie, 1978, 1980)。这种方法把水位中的潮汐水位(这里指的是可用调和方法预报的潮位,其中也包括周期性的气象潮)和余水位(即实测水位减去预报水位)分开,分别求其分布,然后再用联合概率法回过来求合成水位的分布,从而得出极值水位高度。这种方法的优点是能够充分利用水位观

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第2146号。

收稿日期: 1991年11月25日。

测资料,因而可以在观测时间较短的情况下得出比传统方法更稳定的结果。在 Pugh 和 Vassie 所提出的方法中,潮汐和余水位被看作是互相独立的。这一假定在深水海区较接近实际,但在某些浅海区则与实际有较大出入。例如 Pugh 和 Vassie 发现,对位于泰晤士河的绍森德港,由联合概率法按上述假定得出的百年一遇的高水位比由传统极值分布方法得出的数值大约高 60cm; 而传统方法的结果与 49 年期间观测到的最高水位较接近。Pugh 和 Vassie 在后来的文章中对绍森德港的问题作了专门处理,得出较合理的结果,但基本上是采用经验的方法,在一般实际中使用是困难的。

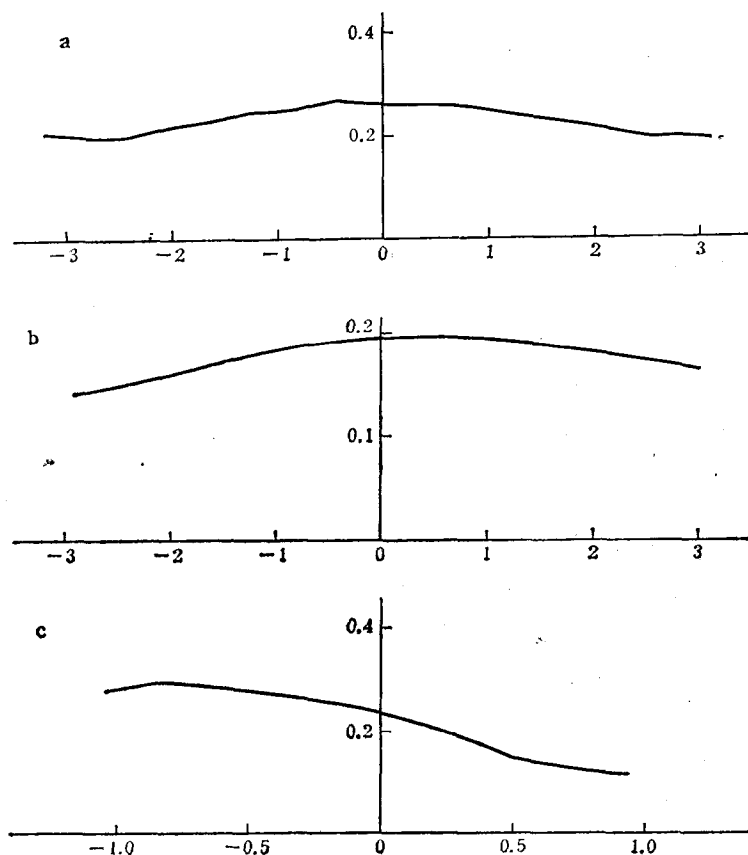


图 1 英国绍森德(a)、我国厦门(b)和秦皇岛(c)的余水位标准差(纵坐标,单位: m)和潮汐水位(横坐标,单位: m)的关系

正如 Pugh 和 Vassie 指出的,潮汐和风暴潮的非线性相互作用是造成绍森德港计算水位偏高的原因。实际分析表明,在潮汐高水位和低水位条件下余水位的标准差明显小于中水位条件下的余水位标准差(图 1a)。类似的现象在我国的厦门亦表现得相当典型(图 1b)。

潮汐和风暴潮的相互作用曾经受到许多海洋工作者的注意。我国具有宽广的大陆架,潮汐和风暴潮都十分显著,它们之间的相互作用也就十分明显。例如,丁文兰和刘风树(1986)对 6208 号台风潮与天文潮相互作用进行数值模拟,发现在渤海考虑风暴潮与天

文潮相互作用后所得增减水与实测余水位基本一致, 而不考虑这种相互作用的单纯风暴潮与实测余水位差别较大。在其他的一些研究中表明, 在相同风场情况下, 不同天文潮高度所对应的风增水不同, 高潮位情况下的风增水小于低潮位下的风增水。这些都说明潮汐水位与余水位不是相互独立的。潮汐和风暴潮的相互作用是引起不同潮汐水位条件下余水位分布差异的一个重要原因, 但是并不是唯一因素。实际上, 虽然风暴潮的发生有其随机性, 但是其统计特征是有一定规律的。例如我国冬季多寒潮, 且风暴频繁, 故余水位标准差在冬季一般比夏季大。这种现象在北方港口特别明显。如果潮汐本身也具有明显季节性变化的话, 则潮汐与余水位就表现出一定的统计上的相关关系。在我国北方潮汐即具有显著年变化, 它主要是由年周期分潮 S_2 引起的。这个分潮使得冬季水位变低, 夏季变高。北方冬天潮汐水位偏低和余水位标准差偏大都是起源于频繁的寒潮。一个因素同时引起两种效应, 这两种效应当然不会是互相独立的。图 1c 是秦皇岛余水位标准差与潮汐水位之间的关系。从图中可以明显看出低潮汐水位对应着大的余水位标准差。

图 1 给出的是一些相当典型的例子, 目的是说明在有些港口和海区确实不能采用余水位和潮汐相互独立的假定。但对相当多的港口和海区, 这种假定还是可以接受的。

为了考虑潮汐和余水位的这种相关性, 我们曾将联合概率法予以推广, 提出了条件分布联合概率法(方国洪、王骥, 1987)。这种方法不论潮汐和余水位是否相互独立均可应用, 具有更强的适应性。本文根据该文的基本想法, 选择了我国沿海资料较长, 并具有较好代表性的 10 个长期验潮站共 286 年的潮汐逐时记录, 进行了分析研究, 对该文提出的方法作了修改和补充。

二、条件分布联合概率方法

1. 潮汐和余水位联合概率分布与总水位分布之间的关系

我们按一般习惯把水位分成三部分。首先是平均水位, 它包含长期变化趋势。第二部分为可由潮汐预报得出的高度, 也就是前面所称的潮汐水位, 它主要是由天体引潮力引起, 有时也被简单地叫做天文潮, 但实际上它也包含由气象条件的周期性变化所引起的水位周期性变化部分。第三部分是总的水位扣除前两部分后的余差, 也就是前面所称的余水位。这个余差除了包含由天气过程等所引起的海面高度非周期性变化外, 还包含潮汐和非潮汐因素的耦合效应, 甚至还可能包含在实际预报中未能考虑到的潮汐因素, 如一部分小的浅水分潮等。在联合概率法里要尽可能把余水位中的潮汐部分消除掉, 这部分传统上也称为非潮汐水位。

严格地讲, 在研究多年一遇水位时, 平均水位的长期变化不应当被简单地忽略, 当重现期较长时尤其如此。人们推测, 人类活动的增加加强了温室效应, 因而气温将升高。这又将导致海水温度的升高和极地冰盖的融化, 从而将使海水水位升高。对未来几十年至一百年海水水位升高的速度尚无一致的看法。如果按最严重的估计, 水位升高的数值是不应当忽视的。本文将不涉及这个问题, 仅仅研究相对于平均水位的各种水位高度。在工程设计中, 如果工程结构使用年限长, 则应当考虑平均水位的长期变化。由于气候和海

洋环境的演变,潮汐水位和余水位的统计特征亦会有长期变化,但是人们对它的了解比对未来海平面变化的了解更少。不过似乎可以认为,这种变化的重要性要比海平面变化的重要性来得小而可不必考虑。

对于充分长的一段时间区间内,假定我们无倾向性地在任意一个时刻观测水位高度,则观测到的潮汐水位和余水位均是随机的。于是可以把它们都看成是随机变量,并分别用 X 和 Y 记之,而总的水位(按前面约定,已减去平均水位)用 Z 记之,且有

$$Z = X + Y \quad (2.1)$$

如二元随机变量 (X, Y) 的联合概率密度函数为 $f(x, y)$ 则 Z 的分布函数为

$$\begin{aligned} F(z) &= \iint_{x+y \leq z} f(x, y) dx dy \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{z-x} f(x, y) dy \right] dx \end{aligned} \quad (2.2)$$

在实际估计联合概率密度函数时,一个比较方便的办法是通过条件概率密度函数 $f(y|x)$ 得到。此时

$$f(x, y) = f(y|x)f'(x) \quad (2.3)$$

其中

$$f'(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dy \quad (2.4)$$

为 X 的边际密度函数。在实际工作中 $f'(x)$ 很容易得出,如像 Pugh 和 Vassie(1978)所作的那样,可对 19 年逐时潮高推算值进行统计得出。

如果 X 和 Y 互相独立,则 $f(y|x)$ 与 x 无关,且有

$$f(y|x) = f''(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx \quad (2.5)$$

其中 $f''(y)$ 为 Y 的边际密度函数。在这种情况下,式(2.2)简化为

$$F(z) = \int_{-\infty}^z \left[\int_{-\infty}^{\infty} f''(t-x)f'(x) dx \right] dt \quad (2.6)$$

该式是 Pugh 和 Vassie (1978, 1980) 计算的出发点。如上一节所述,我们将采用更一般的关系式(2.2)。

2. 数值计算方法

在实际工作中,常常不能得出各种分布函数或密度函数的解析形式,因而必须采用离散化了的数值形式表示。即使我们能够用某种解析形式表示这些函数,通常也不能得出式(2.2)中 $F(z)$ 的显式解析式。因而在实际工作中总是需要利用数值的方法。

如所周知,潮汐水位变化有一定的范围,即存在一个最小值 $x_{\min}$ 和最大值 $x_{\max}$, 这些值一般不宜只由观测期间的最高和最低天文潮位确定,而应当至少推算 19 年潮汐值,取其最小值和最大值,或分别略小和略大于这些值。风暴潮大小常常被看作是不受限制的,例如在极值分布中就可以把拟合曲线(或直线)无限制地延长出去。但是实际上风暴潮不可能是无限的。当然,对于风暴潮我们也不应当只把实际观测到的最大增减水取作其变化范围,而应当取得大一些。在本工作中我们取 $\pm 10\text{m}$, 这显然是够大的范围。范围取得太大只会增加一些计算量而不会带来计算误差。我们记风暴潮的取值范围为 $(y_{\min},$

$y_{\max}$)。在数值计算中需将取值范围划分为若干个区间, 设潮汐分为 J 个等宽区间, 区间的宽度为 $\Delta x = (x_{\max} - x_{\min})/J$, 各个区间的中心位置为 $x_1, x_2, \dots, x_J$, 它们分别代表了区间 $(x_1 - \Delta x/2, x_1 + \Delta x/2), (x_2 - \Delta x/2, x_2 + \Delta x/2), \dots, (x_J - \Delta x/2, x_J + \Delta x/2)$ 。同样, 如余水位取值范围分为 K 个区间, 则区间宽度 $\Delta y = (y_{\max} - y_{\min})/K$, 各区间的中心位置为 $y_1, y_2, \dots, y_K$, 它们分别代表了区间 $(y_1 - \Delta y/2, y_1 + \Delta y/2), (y_2 - \Delta y/2, y_2 + \Delta y/2), \dots, (y_K - \Delta y/2, y_K + \Delta y/2)$ 。于是, 在 (x, y) 平面上, 由 $x = x_{\min}, x = x_{\max}, y = y_{\min}$ 和 $y = y_{\max}$ 四条直线所围的区域便被划分为 $J \times K$ 个方块。

如联合概率密度函数为 $f(x, y)$, 则出现在第 (j, k) 个方块的概率为

$$p_{j,k} = \int_{x_j - \Delta x/2}^{x_j + \Delta x/2} \int_{y_k - \Delta y/2}^{y_k + \Delta y/2} f(x, y) dy dx \quad (2.7)$$

在 $x = x_j$ (代表 x 落在区间 $x_j \pm \Delta x/2$ 内) 条件下, y 值出现在区间 $y_k \pm \Delta y/2$ 内的概率 $p_{k|j}$ 由下式确定:

$$p_{k|j} = \int_{y_k - \Delta y/2}^{y_k + \Delta y/2} f(y | x_j) dy \quad (2.8)$$

与前面边际分布相对应, 有

$$p'_j = \sum_{k=1}^K p_{j,k} \text{ 和 } p''_k = \sum_{j=1}^J p_{j,k} \quad (2.9)$$

前者表示 x 出现在区间 $x_j \pm \Delta x/2$ 内的频率(不管 y 为何值); 后者类似。与式(2.3)对应的离散化关系式为

$$p_{i,k} = p_{k|i} p'_i \quad (2.10)$$

在应用式(2.2)时, 最好取 $\Delta x = \Delta y$ 。此时总水位 Z 的取值范围分为 I 个区间, $I = J + K - 1$, 区间宽度 $\Delta z = \Delta x = \Delta y$ 。第 1 个区间中心点的数值为 $z_1 = x_1 + y_1$, 总水位出现在 $z_1 \pm \Delta z/2$ 范围内的概率近似为 $p_{1,10}$ 。第 i 个区间中心点的数值为 $z_i = x_1 + y_1 + (i-1)\Delta z$, 总水位出现在 $z_i \pm \Delta z/2$ 范围内的概率为

$$q_i = \sum_{j+k=i+1} p_{j,k} = \sum_{j=1}^i p_{j,i-j+1} \quad (2.11)$$

而 Z 取值大于 $z_L + \Delta z/2$ 的概率 F_L 为

$$F_L = P(Z > z_L + \Delta z/2) = \sum_{i=L+1}^I q_i \quad (2.12)$$

如果这个值很小, 则总水位 $z_L + \Delta z/2$ 所对应的重现期为

$$T_L = 1/F_L \quad (2.13)$$

为了说明以上各量的意义, 我们给出一个例子。设现有 200 个水位观测值, 它们减去预报潮汐水位后可得 200 个余水位值, 每个余水位都对应着一个潮汐水位。如果取潮汐和余水位的间隔都是 0.1m, 则可得出现在各个方块内的观测个数如表 1(a) 所示, 表中数字除以总记录个数即得出现于各方块内的频率, 即前面的 $p_{i,k}$, 如表 1(b) 所示。

如果想求出总水位 $Z = X + Y$ 出现频率的分布, 则应沿着从左下角到右上角的斜线将 $p_{i,k}$ 相加。例如欲知总水位等于 -0.1 的出现频率, 则因为当 $x = 0.1, y = -0.2$ 或

表 1 潮汐和余水位联合分布例子

(a) 出现次数							
k y_k	1 -0.2	2 -0.1	3 0.0	4 0.1	5 0.2	合计	
j x_j							
1 -0.2	0	5	8	3	0	16	
2 -0.1	0	2	10	15	4	31	
3 0.0	2	20	30	10	3	65	
4 0.1	3	8	20	11	4	46	
5 0.2	3	2	12	6	2	25	
6 0.3	2	5	3	7	0	17	

(b) 出现频率 $p_{i,k}$							
1 -0.2	0.000	0.025	0.040	0.015	0.000	0.080	
2 -0.1	0.000	0.010	0.050	0.075	0.020	0.155	
3 0.0	0.010	0.100	0.150	0.050	0.015	0.325	
4 0.1	0.015	0.040	0.100	0.055	0.020	0.230	
5 0.2	0.015	0.010	0.060	0.030	0.010	0.125	
6 0.3	0.010	0.025	0.015	0.035	0.000	0.085	

(c) 总水位的出现频率 q_i										
i z_i	1 -0.4	2 -0.3	3 -0.2	4 -0.1	5 0.0	6 0.1	7 0.2	8 0.3	9 0.4	10 0.5
q_i	0.000	0.025	0.060	0.180	0.280	0.190	0.155	0.065	0.045	0.000

(d) 总水位的超值分布 F_i										
i $z_i + \Delta z/2$	1 -0.35	2 -0.25	3 -0.15	4 -0.05	5 0.05	6 0.15	7 0.25	8 0.35	9 0.45	10 0.55
F_i	1.000	0.975	0.915	0.735	0.455	0.265	0.110	0.045	0.000	0.000

$x = 0.0, y = -0.1$ 或 $x = -0.1, y = 0.0$ 或 $x = -0.2, y = 0.1$ 都能得出 $z = -0.1$, 故出现频率应当是 $0.015 + 0.100 + 0.050 + 0.015 = 0.180$ 。超值分布 F_i 很容易由各间隔的出现频率得出, 它们的结果见表 1(c) 和 (d)。

下面考察一下假定余水位与潮汐无关时的计算与结果。此时 Y 取 $-0.2, -0.1, \dots, 0.2$ 的频率被认为与 X 无关, 其值应当分别为 $0.050, 0.210, 0.415, 0.260, 0.0657$ 。同时表 1(b) 应换作表 2(a), 而总水位的出现频率和超值分布则如表 2(b) 和 2(c) 所示。

我们可以看到, 在表 1 中当 X 取两端的值 -0.2 和 0.3 时, 余水位的分布比较集中于中等数值, 因而总水位 Z 出现两端数值的频率亦低 [表 1(c) 中 $z_i = -0.4$ 和 0.5 时 $q_i = 0$]。 X 和 Y 相互独立这一假定的后果是把两端和中等潮汐情况下出现的余水位分布看成一样, 于是总水位 Z 在两端出现的频率增高了 [表 2(b) 中 $z_i = -0.4$ 和 0.5 时 q_i 分别

表 2 在潮汐和余水位假定相互独立时的分布

(a) 出现频率 $p_{i,k}$						
		1	2	3	4	5
		-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2
j	x_j					
1	-0.2	0.004	0.017	0.033	0.021	0.005
2	-0.1	0.008	0.033	0.064	0.040	0.010
3	0.0	0.016	0.068	0.135	0.085	0.021
4	0.1	0.012	0.048	0.096	0.060	0.015
5	0.2	0.006	0.026	0.052	0.032	0.008
6	0.3	0.004	0.018	0.035	0.022	0.006

(b) 总水位的出现频率 q_i										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_i	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
q_i	0.004	0.025	0.082	0.165	0.234	0.221	0.151	0.082	0.030	0.006

(c) 总水位的超值分布 F_i										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$z_i + \Delta z/2$	-0.35	-0.25	-0.15	-0.05	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55
F_i	0.996	0.971	0.889	0.724	0.490	0.269	0.118	0.036	0.006	0.000

为 0.004 和 0.006]。

从上述例子可以看到,如果认为潮汐和余水位相互独立,则各个余水位值对总水位的分布均产生影响,特别大的增减水,不论它们出现在潮汐高水位或低水位,均对总水位的极值分布产生影响,而年极值统计中只利用了少数资料,这表明,联合概率法能够比极值法更充分地利用水位观测资料。如果潮汐和余水位确实是相互独立的话,联合概率法的结果应具更好的代表性。但是如果余水位的分布与潮汐水位有关,则表 2 这个计算过程不会取得良好效果。

表 1 计算过程能够考虑到不同潮汐水位条件下余水位的不同分布,这是其优点。但是应当注意到,在这个计算过程中,中、低潮汐水位情况下出现的大增水对总水位的高水位极值分布不起作用;而中、高潮汐水位情况下出现的大减水对总水位的低水位极值分布也不起作用。也就是说,在极值分布计算中大部分大的增减水信息并未利用起来,这是这种计算过程的缺点。为了克服这个缺点,本文并不完全采用这种方法,列出表 1 计算过程只是为了说明基本原理。在介绍实际计算过程之前,我们先研究一下我国沿海水位分布的特点,特别是在不同潮汐水位情况下余水位分布的异同。

三、中国沿海余水位的统计分布特征

由于余水位的资料数量很大,这里选择了资料序列较长,具有代表性的 10 个长期验潮站。各站的站名、位置及观测资料年限见图 2。这 10 个站资料总长度为 286 年。葫芦岛和秦皇岛代表渤海情况,秦皇岛具有混合全日潮性质;青岛代表黄海;吴淞代表东海河口站;绿华山代表东海;厦门代表台湾海峡;汕头代表南海受陆架影响较大的沿岸站;黄埔代表南海河口站;榆林代表南海面对开阔海域的沿岸站;涠洲代表北部湾,这里全日潮占主要地位。

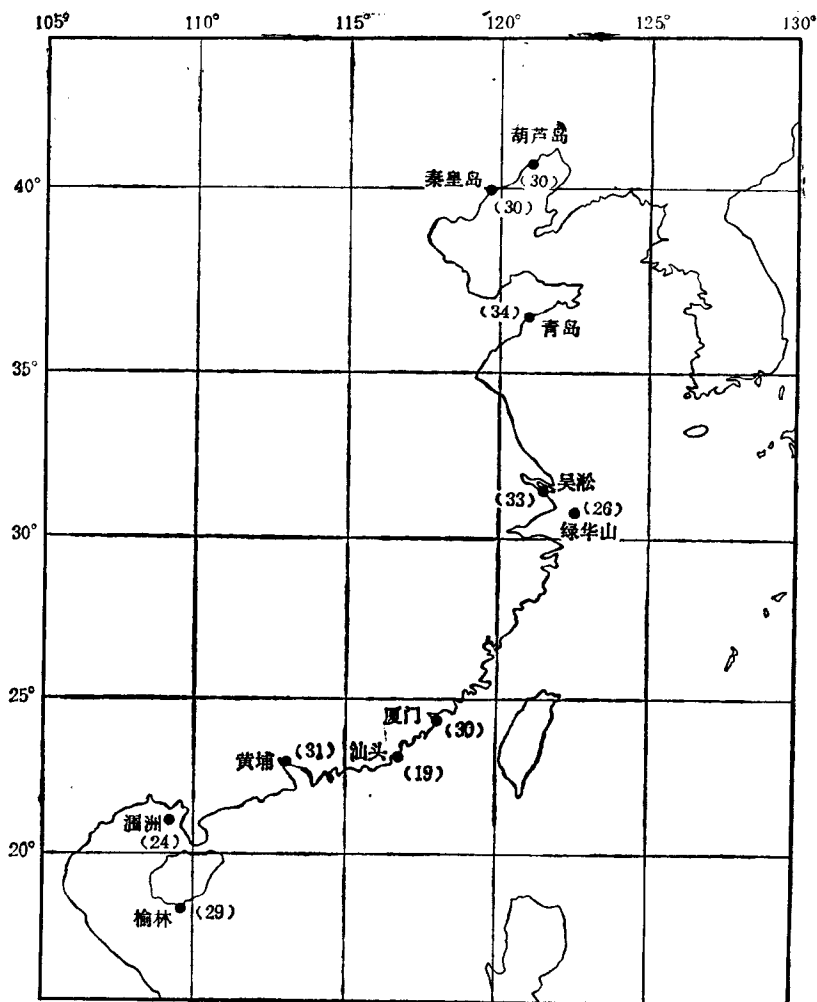


图 2 本文重点研究的验潮站站位

图中数字为资料长度(年)

1. 潮汐和余水位的分离

对于潮汐,我们采用调和分潮表示式:

$$x(t) = \sum f_i H_i \cos(\omega_i t + V_i + u_i - g_i) \quad (3.1)$$

其中 t 为时间; i 代表分潮; H 和 g 为调和常数——振幅和迟角; ω 为分潮角速度; f 为交点因子; V 为分潮初相角; u 为相角的交点订正。

首先对各年资料进行调和分析, 求出潮汐调和常数。采用的方法根据王骥和方国洪

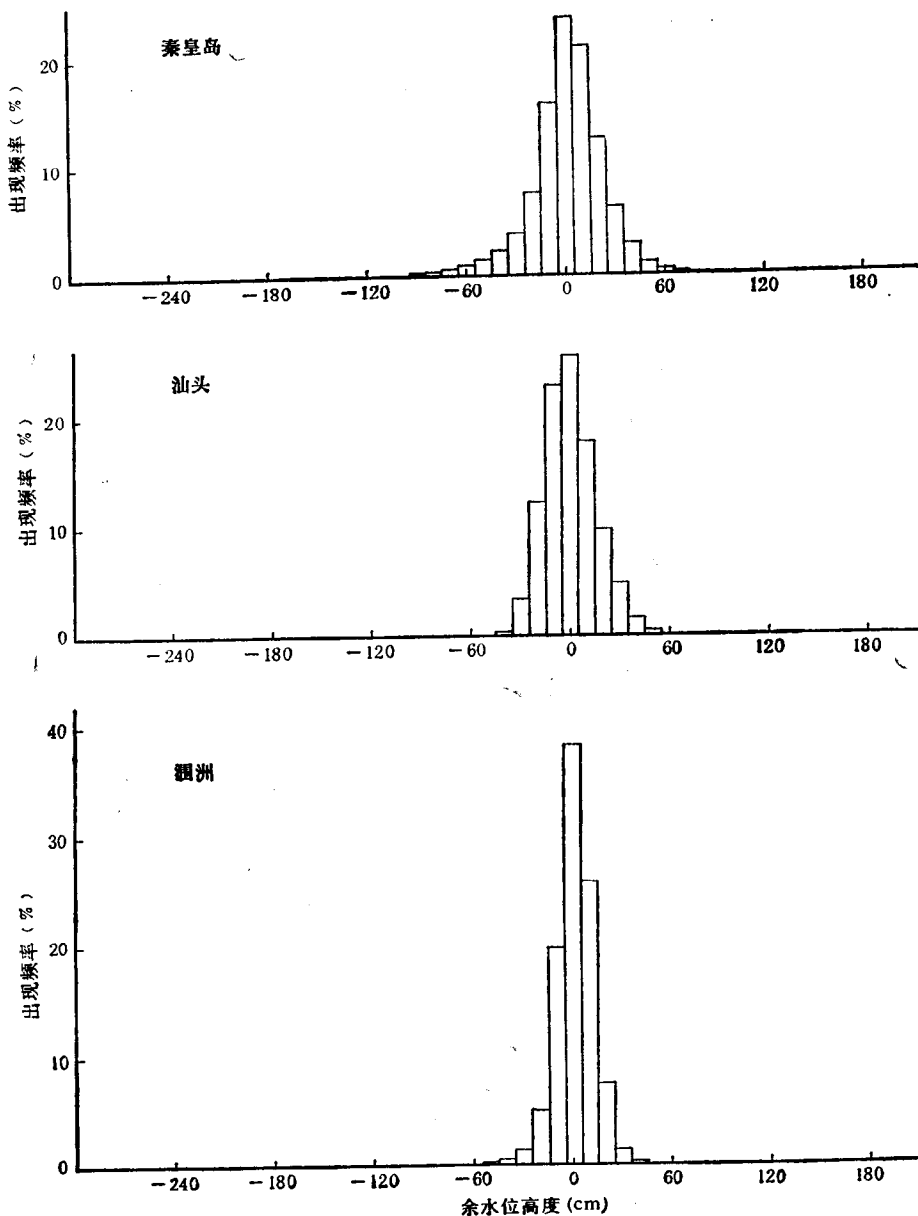


图 3 秦皇岛、汕头和潮洲不同余水位高度的出现频率

(1981)。分潮个数为 111 个。然后用求得的各年潮汐调和常数分别后报当年潮位。将实测水位减去潮汐后报值得出余水位值。这样, 便把实测水位序列分解为一个潮汐序列和一个对应的余水位序列。

我们之所以用每年分析所得潮汐常数后报当年潮汐, 而不用多年平均潮汐常数后报, 是因为实际上各年分析所得潮汐常数有一定变化, 特别是温州的变化较大, 这是由于摩擦非线性产生的, 这里不拟详细讨论。用当年分析结果后报有利于更好消除潮汐部分。

2. 余水位统计分布的一般特征

我们先不分潮汐水位高低, 把各站所有余水位放在一起统计。

将余水位按 0.1m 间隔统计出出现在各间隔内的频率 (即上节中 p'_i), 画出频率分布直方图。作为例子, 图 3 示出秦皇岛、汕头和温州三站。

另外, 我们按下列公式计算了余水位分布的各阶统计数字特征:

平均值

$$m = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_n \quad (3.2)$$

标准差

$$\sigma = \mu_2^{1/2} \quad (3.3)$$

偏度

$$s = \mu_3 / \sigma^3 \quad (3.4)$$

峰度

$$k = \mu_4 / \sigma^4 \quad (3.5)$$

表 3 余水位分布的统计数字特征

站名	σ	s	k
葫芦岛	26.75	-1.00	6.38
秦皇岛	22.94	-1.09	7.24
青 岛	16.65	-0.48	5.83
吴 淞	16.90	0.55	6.16
绿华山	13.26	0.14	4.52
厦 门	18.33	0.54	4.35
汕 头	16.33	0.73	5.83
黄 埔	17.35	0.37	5.82
榆 林	11.42	0.48	5.77
温 州	11.93	-0.58	6.85

其中 μ_r 为第 r 阶中心矩:

$$\mu_r = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y_n - m)^r \quad (3.6)$$

上面 y_n 为第 n 个余水位观测值, N 为观测值个数。

要注意的是, 在通常的数理统计中峰度被取作 $k = \mu_4 / \sigma^4 - 3$ 。这是由于正态分布的 μ_4 / σ^4 等于 3, 被取作标准。我们这里的峰度值没有减去 3。因而在这个定义下, 正态分布的 $k = 3$ 。

葫芦岛等 10 个验潮站余水位的统计数字特征列于表 3。由该表可以看到下列规律：

(1) 总的来看,余水位的标准差在我国沿海有自北向南减小的趋势,而河口站的数值要比处于开阔海域的验潮站大。造成这种特点的原因可能有两点:一是我国南方海区较为接近深海区而北方海区则处于陆架海的内部,同时在同样风力作用下浅海区易于造成较大增减水;二是北方受寒潮影响较大,南方受台风影响较大,前者出现频率远高于后者。

(2) 葫芦岛、秦皇岛和青岛等北方港口偏度为负,南方港口则多为正偏。这主要是由于前者受寒潮影响,常出现大的减水,特别这三个港位于陆地南侧,北风所引起的减水特别显著。南方主要受台风影响,出现大的增水的机会比出现大的减水的机会多。涠洲的情况与葫芦岛等地有点类似,寒潮在这里主要是东北风,台风在到达北部湾之前也在北部湾先引起北风,这都能导致北部湾北部的减水。

从图 3 亦可以看出,秦皇岛的余水位频率分布图显得比较矮宽,而涠洲则较高窄。同时秦皇岛和涠洲大的减水出现频率比大的增水要高,而汕头则相反。

(3) 峰度的数值似乎有在渤海、黄海和南海较高,东海较低的趋势。但是无论在哪个海区,峰度均明显高于正态分布的峰度。

余水位的分布与正态分布有明显差异,这一点应特别引起注意,尤其在研究极值分布时。

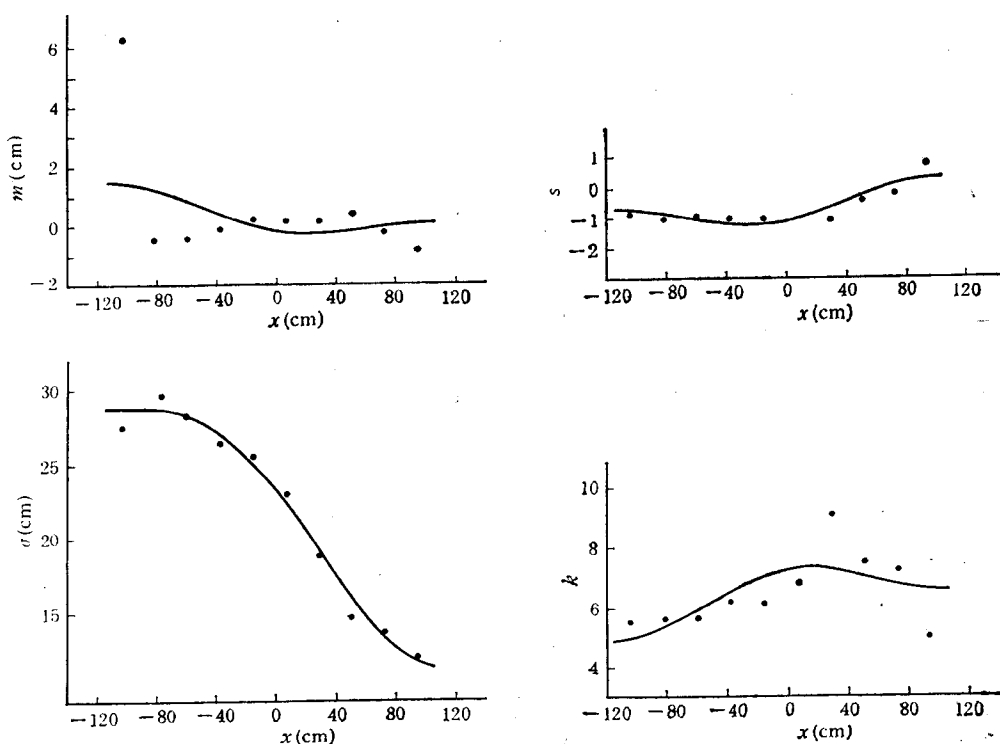


图 4a. 秦皇岛余水位分布数字特征与潮汐的关系

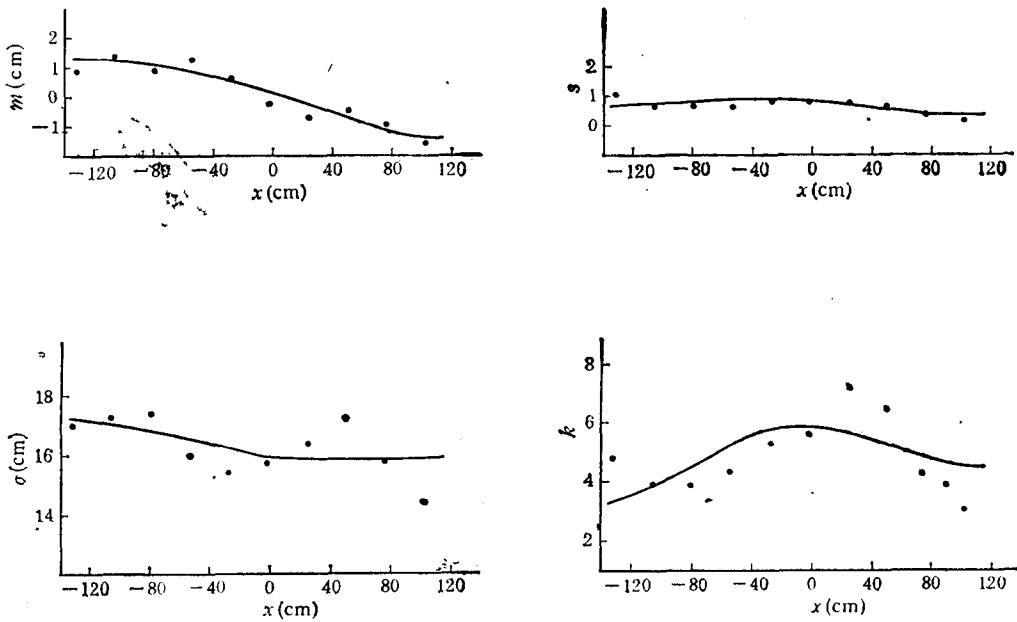


图 4b 汕头余水位分布数字特征与潮汐的关系

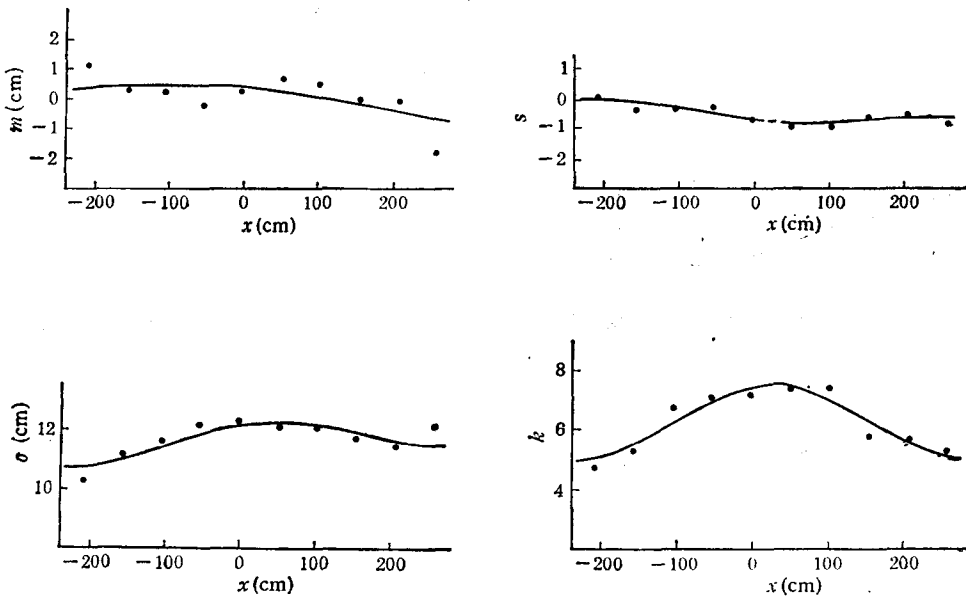


图 4c 涠洲余水位分布数字特征与潮汐的关系

3. 余水位统计分布与潮汐的关系

为了考虑余水位统计分布与潮汐的关系, 我们按各站出现的最低和最高潮汐水位的数值而把潮汐水位分成 10 个区间, 即取 $J = 10$ (J 的定义见上节)。余水位的序列按照每个值所对应的潮汐值也被分成 10 个序列, 对这 10 个序列分别进行统计可得不同潮汐

表 4 不同潮汐条件下余水位分布的数字特征

j	x (cm)	N	m (cm)	σ (cm)	s	k
葫芦岛						
1	-155	4 261	-1.35	29.65	-0.74	14.08
2	-114	29 227	-1.47	29.30	-0.73	7.55
3	-73	49 879	-0.71	25.93	-0.95	6.32
4	-32	41 001	-0.61	26.40	-1.04	6.83
5	10	39 990	-0.31	27.89	-1.05	6.69
6	51	36 744	0.03	26.41	-1.00	6.80
7	92	28 931	0.32	26.88	-1.08	6.55
8	133	19 137	0.95	25.74	-1.14	6.90
9	174	8 191	2.50	20.28	-1.20	9.95
10	215	1 228	3.80	14.36	0.07	3.62
全部		258 589	-0.26	26.75	-1.00	6.38
秦皇岛						
1	-104	386	6.25	27.52	-0.88	5.51
2	-82	5 296	-0.39	29.63	-1.08	5.62
3	-60	16 534	-0.45	28.30	-0.97	5.60
4	-38	34 705	-0.13	26.43	-1.04	6.23
5	-16	55 295	0.20	25.57	-1.08	6.08
6	6	62 097	0.13	22.96	-1.09	6.81
7	28	47 544	0.12	18.89	-1.09	9.03
8	50	25 581	0.37	14.76	-0.42	7.51
9	72	8 858	-0.26	13.56	-0.21	7.25
10	94	1 632	-0.88	11.96	0.78	5.02
全部		257 928	0.07	22.94	-1.09	7.24
青 岛						
1	-240	1 563	3.85	16.96	-0.26	4.43
2	-190	12 286	-0.77	16.69	-0.46	5.28
3	-140	31 913	-0.90	16.20	-0.39	5.43
4	-90	43 774	-0.70	16.26	-0.41	5.74
5	-40	44 099	-0.11	16.66	-0.46	5.82
6	10	42 289	0.58	17.19	-0.48	5.73
7	60	47 782	0.68	17.57	-0.58	5.77
8	110	46 449	0.28	16.70	-0.59	6.08
9	160	24 172	-0.15	15.19	-0.41	6.55
10	210	3 604	0.45	13.41	-0.13	6.68
全部		297 931	0.00	16.65	-0.48	5.83