

70-75

利用正态分布计算年最大波高

侯瑞科

(大连中心海洋站)

p731.22

提 要

本文提出用正态分布计算年最大波高,这种方法与当前使用的计算方法主要不同是,它具有较完善的子样检验方法,并且在一定的概率下计算出年最大波高。

一、引 言

在海洋工程设计中,对有严重破坏性的自然灾害要进行充分的估计。例如,在海上修建码头、栈桥和防波堤时,为了防止海浪冲坏码头、栈桥和防波堤这类事故的发生,设计时,要按照工程设计要求确定若干年一遇的最大波高。例如,50年一遇或100年一遇,甚至更长时间一遇的最大波高,也就是一定概率下的年最大波高。

若把每年最大波高视作随机变量 ξ ,则能把 ξ 的分布函数

$$F(x) = P(\xi < x) \quad (1)$$

找出来,就可以求出年最大波高不超过 x 的概率,也可以求出 N 年一遇的年最大波高

$$P(\xi \geq x) = 1 - F(x) = \frac{1}{N+1} \quad (2)$$

其中 $F(x)$ 表示年最大波高分布函数。

二、年最大波高的分布

海洋上的年最大波高,主要是由台风、气旋和冷空气引起,例如,黄海海域几乎每年都受到台风影响,根据海洋局出版的潮汐观测资料查出,大连老虎滩海区最大波高极值是8m,发生在1974年8月30日08时,由7416号台风引起的。台风引起的最大波高可以看作是由许多随机因子的影响所致,因此,可以用正态分布拟合海上年最大波高。

为了确定年最大波高总体 ξ 的分布函数 $F(x)$,这里引入渐近分布的估计理论,若年最大波高总体 ξ 的分布函数 $F(x)$ 满足^[1]

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{d}{dx} \left(\frac{1 - F(x)}{F(x)} \right) = 0$$

本文于1990年4月收到修改稿。

则 ξ^* 以 $A(x)$ 类型分布为渐近分布:

$$F_*(x) = A\left(\frac{x-b_*}{a_*}\right) = \exp\left[-e^{-\frac{x-b_*}{a_*}}\right] \quad (3)$$

因而求 ξ^* 的渐近分布问题便归结为由 ξ^* 的观察值来估计它的渐近分布中的参数 a_* 和 b_* 的问题。为了估计 a_* 和 b_* , 由(3)式得:

$$y = -\ln(-\ln F_*(x)) = \frac{x-b_*}{a_*} \quad (4)$$

若 $x_1 < x_2 < \dots < x_m$ 是经过变序按大小排列的 ξ^* 的 m 个观察值, 我们希望找到(4)式中 $x = x_i$ 时 y 的相应值 y_i , 有了 $\{(x_i, y_i)\}$ 便可通过最小二乘法来估计 a_* 和 b_* 了。因为 x_i 的取值是

随机的, 因而我们来计算 $M(F_*(x_i))$, $M(F_*(x_i)) = \frac{i}{m+1}$, 所以 $F_*(x_i)$ 为 $\frac{i}{m+1}$

的无偏估计, 即 $F_*(x_i)$ 以 $\frac{i}{m+1}$ 为中心而摆动, 因而我们用 $y_i = -\ln\left[-\ln\left(\frac{i}{m+1}\right)\right]$

和 x_i 对应起来, 由 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)$ 用最小二乘法, 即由

$$Q = \sum_{i=1}^m (x_i - a_* y_i - b_*)^2 = \min$$

求得 a_* 和 b_* 的估计为:

$$\begin{cases} \hat{a}_* = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2} \\ \hat{b}_* = \bar{x} - \hat{a}_* \bar{y} \end{cases} \quad (5)$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i$, $\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i$.

这样, 我们便根据 ξ^* 的子样, 估计了 ξ^* 的渐近分布中的参数 a_* , b_* , 也就找到了 ξ^* 的渐近分布的估计函数

$$\hat{F}_*(x) = \exp\left[-e^{-\frac{x-\hat{b}_*}{\hat{a}_*}}\right] \quad (6)$$

有了 $\hat{F}_*(x)$, 便可预测今后 N 年最大波高了。通常, 在预测今后 N 年最大波高时, 把过去的年最大波高资料结合考虑, 因而实际上是求预测 $m+N$ 年中可能发生的最大波高, 也就是求

$$\hat{F}_*(x) = \frac{N+m}{N+m+1} \text{ 的解。}$$

三、年最大波高分布函数的检验

在上面通过渐近分布估计理论, 找到了年最大波高总体的渐近分布函数 $\hat{F}_*(x)$, 但这

种分布是否正态分布呢?在数理统计中,我们可以通过年最大波高的子样对总所服从的分布类型进行推断,其方法有图估计法或皮尔逊 χ^2 检验法。图估计法比较直观简便,只要把观测序列一点一点绘在一张正态概率纸上,若点的分布在纸上呈一直线,说明子样来自正态总体,反之则拒绝。

皮尔逊 χ^2 检验方法是将被测数据作为子样,并根据子样的分布特征,检验子样是否来自正态总体,这种方法效率较高,也较常用,具体作法是:

对于分布函数的类型已知,而参数未知的 χ^2 检验法:

1. 假设 $H_0: \xi \sim F(x)$, 已知 $F(x)$ 的类型, 但有 l 个参数 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l$ 。
2. 用最大似然法确定 l 个参数的估计量 $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \dots, \hat{\lambda}_l$ 。
3. 根据样本值的范围,把实轴分成 K 个不相交区间 $S_i = (C_i, C_{i+1})$; $S_i = (C_i, C_{i+1})$, ($i=1, 2, \dots, K$)。使样本在每个子区间 S_i 中出现的个数 $\mu_i \geq 5$, 计算理论频率:

$$\gamma_i = F(C_{i+1}) - F(C_i) = P(C_i \leq \xi < C_{i+1})$$

4. 选取统计量:
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(\mu_i - n\gamma_i)^2}{n\gamma_i} \sim \chi^2(K-l-1)$$
, 式中 n 为样本实验或

观察次数。

5. 给出置信度 α , 确定否定域 $\chi^2 \geq \chi_{\alpha}^2(K-l-1)$ 。
6. 计算统计量 χ^2 , 并作出判断: 当 $\chi^2 \geq \chi_{\alpha}^2(K-l-1)$ 时, 拒绝原假设 H_0 ; 当 $\chi^2 < \chi_{\alpha}^2(K-l-1)$ 时, 接受原假设 H_0 。

通过上述两种检验方法, 可以知道年最大波高总体分布函数 $F(x)$, 并在一定概率下计算年最大波高。

四、实例计算

已知大连老虎滩海洋站1963年~1987年逐年最大波高资料 $\{x_i\}$, 见表1。

表1 老虎滩站1963~1987年年最大波高

时间 t (年)	1963	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
波高 (m)	2.6	3.4	4.0	3.3	4.5	3.2	4.6	3.1	3.2	4.0	4.2	8.0	2.6
时间 t (年)	1976	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
波高 (m)	3.1	4.6	3.8	3.4	2.9	2.1	2.8	2.5	3.0	4.0	2.1	1.9	

计算25年、30年、50年、100年、200年、500年和1000年一遇的最大波高值。

首先验证年最大波高的子样是来自正态总体, 试分别用图估计法或皮尔逊 χ^2 检验法进行检验, 其作法如下:

1. 图估计法: 以大连老虎滩海洋站25年的年最大波高为子样, 作正态分布检验,

(1) 作试验数据的分组累计频率表如表2:

表2 分组累计频率表

组 别	(1.90~2.45)	(2.46~3.00)	(3.01~3.55)	(3.56~4.10)	(4.11~4.65)	(>4.65)
频 数 (次)	3	5	8	4	4	1
累计频数 (次)	3	8	16	20	24	25
累计频率 (%)	12	32	64	80	96	100

(2) 以分组累计频率表中分组的右端点为横坐标, 累计频率为纵坐标, 在正态概率纸上描点, 得到这些点近似地在一条直线上, 所以可认为年最大波高是服从正态分布的。

2. 用 ξ 表示年最大波高, 试用皮尔逊 χ^2 检验 ξ 服从正态分布, 其中 $\alpha=0.05$, 其检验方法是:

假设 $H_0: \xi \sim N(\mu, \delta^2)$, 这里 μ, δ^2 是未知参数, 由 μ, δ^2 的最大似然估计为:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} x_i = 3.5, \quad \hat{\delta}^2 = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} (x_i - \bar{x})^2 = 1.11$$

在实轴上取4个实数 $t_1, t_2, \dots, t_4$ 为: 2.51, 3.08, 3.65, 4.22, 将实轴分成5个左开右闭区间, 用唱票的办法求得数据落入各区间的频数 μ_i , 计算出 γ_i 及中间结果 $n\gamma_i, (\mu_i - n\gamma_i)^2, \frac{(\mu_i - n\gamma_i)^2}{n\gamma_i}$, 填在如表3:

表3 皮尔迪 χ^2 检验有关数据

($\hat{\mu}=3.5, \hat{\delta}=1.05, n=25$)

界 限	(-∞~2.51)	(2.52~3.08)	(3.09~3.65)	(3.66~4.22)	(>4.22)
μ_i	4	5	7	5	4
γ_i	0.1736	0.171	0.2111	0.1992	0.2451
$n\gamma_i$	4.340	4.275	5.2775	4.980	6.1275
$(\mu_i - n\gamma_i)^2$	0.1156	0.5256	2.9870	0.0004	4.5263
$\frac{(\mu_i - n\gamma_i)^2}{n\gamma_i}$	0.0266	0.1229	0.5622	0.0001	0.7387

表中 μ_i 表示每个小区间中出现的年最大波高值的个数, γ_i 表示理论频率, $\gamma_i = F(C_{i+1}) - F(C_i) = P(C_i < \xi \leq C_{i+1})$, n 表示样本实验次数。

由上表计算出统计量 χ^2 为:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(\mu_i - n\gamma_i)^2}{n\gamma_i} = 1.45$$

在给定信度 $\alpha=0.05$ 下, 查 χ^2 分布表得 $\chi_{0.05}^2(5-2-1) = 5.991$, 因为

$x^2 = 1.45 < x_{0.05}^2(5-2-1) = 5.991$, 所以接受 H_0 , 可以认为大连老虎滩海区年最大波高是服从正态分布的, 其分布函数的类型为:

$$F(x) = \exp[-\exp(-y)] = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-b}{a}\right)\right] \quad (7)$$

其中:

$$y = \frac{x-b}{a} \quad (8)$$

为了估计参数 a 和 b , 由 ξ_n^* 的观察值 x_i 找出对应的 y_i 值, 将 (7) 式改为:

$$y_i = -\ln\left[-\ln F(x_i)\right] = \frac{x_i - b}{a},$$

其中

$$F(x_i) = \frac{n-i+1}{n+1},$$

将 x_i 与 y_i 的对应关系列表, 见表4:

表4 x_i 与 y_i 对应关系表

i	x_i	$F(x_i) = \frac{n-i+1}{n+1}$	y_i	i	x_i	$F(x_i) = \frac{n-i+1}{n+1}$	y_i	i	x_i	$F(x_i) = \frac{n-i+1}{n+1}$	y_i
1	8.0	0.96	3.22	10	3.4	0.62	0.71	19	2.8	0.27	-0.27
2	4.6	0.92	2.53	11	3.4	0.58	0.60	20	2.6	0.23	-0.39
3	4.6	0.88	2.12	12	3.3	0.54	0.48	21	2.6	0.19	-0.50
4	4.6	0.85	1.77	13	3.2	0.50	0.37	22	2.6	0.15	-0.63
5	4.2	0.81	1.56	14	3.2	0.46	0.26	23	2.1	0.12	-0.77
6	4.0	0.77	1.35	15	3.1	0.42	0.15	24	2.1	0.08	-0.94
7	4.0	0.73	1.17	16	3.1	0.38	0.04	25	1.9	0.04	-1.18
8	4.0	0.69	0.99	17	3.0	0.35	-0.06				
9	3.8	0.65	0.87	18	2.9	0.31	-0.17				

用表4, 可以利用最小二乘法原理找 x_i 与 y_i 的线性关系确定参数 a 和 b 为:

$$\begin{cases} a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2} = 1.01843 \\ b = \bar{x} - a \bar{y} = 2.94023 \end{cases}$$

因此, 由 (8) 式得到计算 N 年一遇的最大波高公式为:

$$x = 2.94023 + 1.01843y \quad (9)$$

由 $F(x) = \frac{N+m}{N+m+1}$ 查表^[2], 求出对应的 y 值, 将 y 值代入 (9) 式中, 即可以求出今后若干年中可能出现的最大波高。

现在利用公式(9)计算大连老虎滩海区今后若干年中可能出现的最大波高值如表5:

表5 最大波高可能再现年

t 年	25	30	50	100	200	500	1000
$X_{max}(m)$	5.2	7.0	7.3	7.9	8.5	9.3	10.0

五、小 结

目前,关于年最大波高的统计方法有多种,各种方法计算的结果都不一样,因此很难比较各种方法的好坏。例如,用龚贝尔(GUMBEL)极值分布方法计算年最大波高值,其计算方法虽然简便,但计算出的结果比较粗造。因为它没有较完善的子样检验方法,而只要当样本 n 很大时,就可以作正态分布计算。如果从计算方法的合理性来看,正态分布有以下特点:

只要对变量作变换,就可用熟知的正态分布性质加以讨论,并给计算过程带来方便。

用统计方法计算年最大波高,存在随机误差,因此,必须在给定的概率下来计算最大波高。这对海洋工程设计部门是有参考价值的。

参 考 文 献

- 〔1〕 上海复旦大学数学系,概率论与数理统计,上海科学技术出版社,第二版,1978年3月。
- 〔2〕 自学函授概率论与数理统计,北京工业学院出版社,1986年12月。

76-78

真风的计算器算法

肖琢静

(国家海洋预报台)

U675.51

浩瀚的大海，气象万千。无数航行的船只，要时刻掌握风云的变幻，以保证航行的安全。

空气在流动，船舶在前进，实际的风——“真风”和因航行造成的风——“航行风”叠加在一起，使船上的测风仪只能测二者的“合成风”。要想知道当时的真风风向、风速，还要进行一番计算。

在船上，一般使用“真风计算盘”求得真风。其方法是将合成风和航行风的风向、风速分别点在计算盘对应的点上，然后旋转计算盘上的动盘，使两点连线和计算盘底盘的纵线平行，读出真风风向，数出真风风速。这种方法既麻烦又不很精确，尤其是当合成风速超过计算盘上的标尺时，还要将两者的风速均缩小一倍到两倍方能计算，容易出现错误。

为了用简便的方法求出真风，笔者根据矢量代数的原理，介绍一种用计算器求真风的方法。

在介绍之前，先对真风的计算原理说明如下：

首先对平面直角坐标进行转换。因为风向和航向都是以正北为 0° ，顺转一周增加到 360° ；而三角函数是以 x 的正方向为 0° ，逆转一周增加到 360° 。两者度数的 0° 起点和增加方向均不一致。为此，将三角函数的纵坐标轴取为 x 轴，横坐标取为 y 轴，角度的值也顺时针增加，与风向和船向的方位统一起来（图1）。

图1中，如果设 $\vec{OA}$ 为合成风，其大小为 a ，方位为 α ；矢量 $\vec{OB}$ 为航行风，其大小为 b ，方位为 β （实际上 b 为航速， β 为航向）。根据矢量差原理，真风 $\vec{OC} = \vec{BA} = \vec{OA} - \vec{OB}$ 。图中箭头所指方向均为风的来向。

可用两种方法计算出真风 $\vec{OC}$ 的大小和方向。

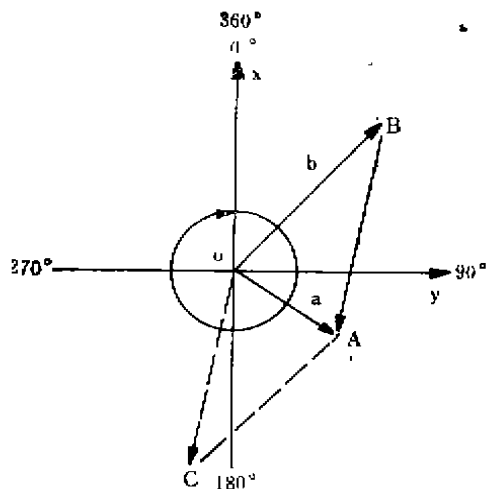


图1 转换后的直角坐标系

1. 利用余弦定理计算。

$$\text{真风风速 } OC = AB = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(\alpha - \beta)}$$

$$\text{真风和合成风的方位差 } \angle AOC = \angle OAB = \arccos \frac{a^2 + AB^2 - b^2}{2a \times AB}$$

$$\text{真风风向 } \theta = \alpha + (\text{或} -) \angle AOC。$$

2. 用矢量的坐标表达式计算。

图1中的矢量 $\vec{OA}$ 和 $\vec{OB}$ 可以写成下列坐标表达式:

$$\vec{OA} = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j}, \quad \vec{OB} = x_2 \vec{i} + y_2 \vec{j}。$$

式中 x_1 、 y_1 和 x_2 、 y_2 分别为矢量 $\vec{OA}$ 和 $\vec{OB}$ 在 x 轴和 y 轴上的投影, 即:

$$x_1 = a \cos \alpha, \quad x_2 = b \cos \beta,$$

$$y_1 = a \sin \alpha, \quad y_2 = b \sin \beta。$$

$\vec{i}$ 和 $\vec{j}$ 分别为 x 轴和 y 轴上的单位矢量。

$$\text{真风 } \vec{OC} = \vec{OA} - \vec{OB} = (x_1 - x_2) \vec{i} + (y_1 - y_2) \vec{j}。$$

上式中 $x_1 - x_2$ 和 $y_1 - y_2$ 分别为 C 点的 x 坐标和 y 坐标。

然后将 C 点转换到如图1以 O 为极点, 以 Ox 为极轴, 辐角顺时针方向增加的极坐标系中。

极径 $r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ 即为真风风速:

$$\text{辐角 } \theta = \arcsin \frac{y_1 - y_2}{r} = \arccos \frac{x_1 - x_2}{r} \text{ 即为真风风向。}$$

在上述两种计算中, 第二种方法是很容易在计算器上实现的。因为一般的计算器具有直角坐标转换成极坐标的功能, 只要把 $X = x_1 - x_2 = a \cos \alpha - b \cos \beta$ 和 $Y = y_1 - y_2 = a \sin \alpha - b \sin \beta$ 两个值按先后顺序输入计算器中, 按动坐标转换键, 就能显示出 r 和 θ 值。

现在我们设合成风的风向为 A (以度为单位), 风速为 B (以 m/s 为单位), 航向为 C (以度为单位), 航速为 D (将节换算成 m/s 为单位)。以三种计算器为例, 说明求取真风的操作方法。

1. SHARP EL-5812 计算器

这种计算器不能存储公式, 只能逐步进行计算。其键序如下:

$$\begin{array}{l} A \quad \boxed{\sin} \quad \boxed{\times} \quad B \quad \boxed{-} \quad C \quad \boxed{\sin} \quad \boxed{\times} \quad D \quad \boxed{=} \quad \boxed{X \rightarrow M} \quad A \quad \boxed{\cos} \\ \boxed{\times} \quad B \quad \boxed{-} \quad C \quad \boxed{\cos} \quad \boxed{\times} \quad D \quad \boxed{=} \quad \boxed{\uparrow} \quad \boxed{RM} \quad \boxed{2ndF} \\ \boxed{\rightarrow r\theta} \quad \boxed{\rightarrow r} \quad \boxed{\uparrow} \quad \boxed{\rightarrow \theta}。 \end{array}$$

其中的 A 、 B 、 C 、 D 是要输入的具体值。 r 和 θ 分别为真风的风速和风向。

2. SHARP EL-507 计算器。

该计算器能够存储公式，但容量较小，只能存38步。它的公式存储方法是作一次实际计算就能将公式的运算步骤记录下来，以后作同样的计算时，只要按动 **COMP** 键输入对应的变量值即可。上面我们输入求取真风的公式：

设合成风风向 $A=x_1=x_5=30^\circ$,

风速 $B=x_2=x_6=12m/s$,

航向 $C=x_3=x_7=90^\circ$,

航速 $D=x_4=x_8=14kn=7.2m/s$ 。

输入公式的键序如下：

ON/OFF **2nd F** **LRN** x_1 30 **sin** **×** x_2 12
 $-$ x_3 90 **sin** **×** x_4 7.2 **=** **x→M** x_5 30 **cos**
 $\times$ x_6 12 $-$ x_7 90 **cos** $\times$ x_8 7.2 **=**
2nd F $\updownarrow$ **RM** **2nd F** $\rightarrow r\theta$ **2nd F** **LOOK**
2nd F $\updownarrow$ **2nd F** **LRN** .

由上面可知，每个变量重复使用了两次。之所以如此，是因为存储公式的容量小造成的，相对而言，这种存储方法运算起来比较方便。

下面我们对 $A=x_1=x_5=150^\circ$, $B=x_2=x_6=16m/s$, $C=x_3=x_7=120^\circ$, $D=x_4=x_8=15kn=7.7m/s$ 进行计算。

COMP [1] 150 **COMP** [2] 16 **COMP** [3] 120
COMP [4] 7.7 **COMP** [5] 150 **COMP** [6] 16
COMP [7] 120 **COMP** [8] 7.7 **COMP** $\rightarrow 10.1$
COMP $\rightarrow 172.4$ 。

计算出真风风速为 $10.1m/s$ ，风向为 172.4° 。

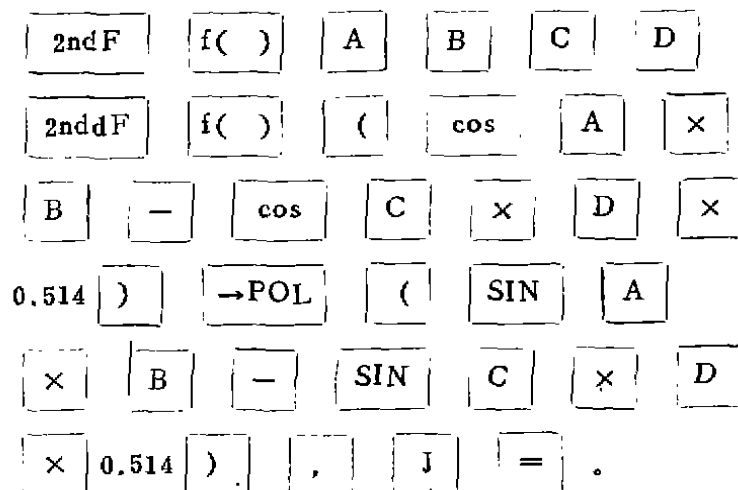
3. SHARP EL-5100 计算器。

这种计算器存储公式的容量较大，可达80步。因此，船的航速(变量D)由kn (nmile/h)

变成m/s的换算可作为公式中的一步, 在给变量赋值时, 以kn为单位就可以了。

输入公式的键序如下:

将功能类别钮放在“AER”档。



公式存储结束后, 将功能类别钮再放回“COMP”档。只要不冲掉存储的公式, 任何时候都可以作真风计算。

例如: 合成风风向 $A=30^\circ$, 风速 $B=10\text{m/s}$, 航向 $C=170^\circ$, 航速 $D=14\text{kn}$ 。

计算: COMP A=? 30 COMP B=? 10 COMP C=? 170

COMP D=? 14 COMP $\rightarrow$ ANS 1=16.2 COMP $\rightarrow$ ANS 2=13.4。

算得真风风速为 16.2m/s , 风向为 13.4° 。

从以上三种不同型号的计算器求取真风的计算可知, 计算器的功能越高, 计算起来就越简单。用SHARP EL-51000计算器求取真风, 只要按动六次 COMP 键, 同时输入合成风的风向、风速, 和航向、航速, 就能立即得到真风的风向、风速。

有一点应当说明, 上述三种方法求出的真风风向如果为负值时, 加上 360° 即为真风风向值。这是因为计算器中极坐标辐角的取值为 $-180^\circ\sim 180^\circ$, $>180^\circ\sim <360^\circ$ 的角用对应的负角来表示。另外, 其它种类和型号的计算器, 其坐标转换标志和存储公式的键序会有不同之处, 应当正确使用。

可以想象, 如果计算器具有能对极向量作加、减法的功能, 那将使真风计算更为简单。或者将这样的计算装置直接安装在船上, 使之与测风仪和卫导连接, 测风指示盘上会直接显示出真风风向、风速。可爱的航海家们, 为了提高工作效率, 不妨向计算器厂家和造船厂家提出这方面的设计要求。

70-82

潮汐分潮的直接推导

P 731.23

W.D.福莱斯特

陆国平译

福莱, W/D
陈密

摘 要

本文认为那种因最初的潮汐分析不包括后来所推导的分潮而进行分析结果订正的传统方法乃是艰难的笔算年代之遗物。因此本文提出一种方法,即在最初的分析中便把推导分潮与标准分潮之间的假定关系结合进去考虑,作为处理最小二乘法所用到的标准方程组建立的条件。文中并对所提出的方法原理及实际效果作了探讨。

一、引 言

本文所述,可由A.S富兰卡(1985)对其完成微机潮汐预报程序设计的经验总结加以部分论证。笔者也购置了一台具有16KB内存的辛克莱ZX81型微计算机,并拟订了自行编制潮汐分析和预报程序的计划。分析程序难度较大,但笔者已设计成功了一种本文正介绍的可以采用任意长度潮位、潮流观测资料(连续或不连续均可)分析出13个分潮的分析程序,并且可以根据需要推导出更多的辅助分潮。ZX81机由于内存太小,速度太慢,不能作为潮汐分析的一种实用工具加以介绍,但它确是一种便于程序改进和检验的有效的辅助设备。

编制程序的实践使我更加确信,许多潮汐程序都仍需要简化某些限制性的计算,以减少手工计算的麻烦,但这仅限于电子计算机的有效功能之内。其中一个特殊的例子就是普遍用于订正或“整理”潮汐分析结果的方法。该方法考虑到了那些在一定的观测资料中无法从邻近分潮中分离出来的分潮贡献。这些分潮便是必须从分析出的分潮进行推导的分潮,其振幅和位相系根据它们之间的相互关系推算。下面讨论该方法在整理和推导方面的不足,并介绍另一种可作替换的方法。

二、整理和推导的传统方法

任何一种潮汐分析方法,从分析出的分潮中推导那些无法分离的分潮都需要十分准确地掌握观测区域的分潮调和常数之间的相互关系(振幅比和位相差)。对于所推导的分潮,传统的方法是在最初的分析中,先将其完全忽略不计,然后按照该地区分潮常数之间的关系,计算并调整推导分潮,推导分潮能引起一定的计算误差。从校正后的基本分潮调和常数推导所要求的分潮调和常数,还需再次用到当地分潮间的相互关系。Foreman(1977)对此方法曾作过确切的阐述。严格地说,这种方法是不精确的,因为它难免应用

了一些数学上的近似值,并且它还不允许除基本分潮外的其它分潮的混合。然而,在观测资料足够长,能分离所有主要分潮频率带并且因此使混合分潮减到最少时,这种方法是精确的。由于这种情况会产生许多近似解,所以很难确切地估计在各种操作条件下所产生误差的大小。

在手工计算年代,人们在潮汐分析中不断改进方法,摸索技巧,以逐步减轻手工计算量,直至提出了整理和推导的方法。但那时的推导方法还不能将推导条件直接结合到初始分析中去。而今天,则可以在计算机上用最小二乘法迅速而精确地解算 $2N+1$ 阶联立方程组,从潮位观测资料中分析出 Z_0 和 N 个分潮。在程序设计中,完全可以将推导条件直接结合到 $2N+1$ 阶方程组的解算中,而如果缺乏这一步,就等于停留在计算机前的年代里。

三、直接推导方法的提出

关于应用最小二乘法作潮汐调和的原理,在很多著作中均有阐述(如 Forrester 1983)。假定用 N 个分潮便足以表示潮汐,则任意时的潮高 $X(t)$ 可表示为:

$$X(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^N f_i H_i \cos(V_i + u_i + w_i t - g_i) \quad (1)$$

式中, V_i 为分潮在格林威治 $t=0$ 时的位相(平衡潮位相); f_i 与 u_i 为分潮的交点因子,通常取观测资料的中间时刻所对应的值,作为整个观测时期的常量; w_i 为分潮的角速率; H_i 、 g_i 为分潮的振幅和迟角。为省篇幅,引出:

$$E_i(t) = V_i + u_i + w_i t \quad (2)$$

于是,稍经三角函数变换,(1)式便为:

$$X(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^N [f_i H_i \cos g_i \cos E_i(t) + f_i H_i \sin g_i \sin E_i(t)] \quad (3)$$

如果第 K 个分潮是按

$$H_K/H_j = r_{jK} \quad \text{与} \quad g_j - g_K = a_{jK} \quad (4)$$

所表示的关系从第 j 个分潮推导的,则,此两个分潮叠加所表示的潮高 $X(t)$ 便可写为

$$f_j H_j \cos g_j [\cos E_j(t) + (f_K/f_j) r_{jK} \cos(E_K(t) + a_{jK})] \\ + f_j H_j \sin g_j [\sin E_j(t) + (f_K/f_j) r_{jK} \sin(E_K(t) + a_{jK})] \quad (5)$$

从(5)式和(3)式可看出,在用最小二乘法解正规方程组时,将其余各项累加到 $f_j H_j \cos g_j$ 和 $f_j H_j \sin g_j$ 的系数中,便可简单地求得推导分潮的贡献。如果增加的分潮是从第 j 个分潮推导得出,则在第 j 个分潮系数系列中只需包含与增加分潮相对应的系数。在同一分析中,任何数量的分潮都可以作为一个或多个推导分潮的基本分潮,只要将其系数作相应的变更。Foreman(1977)给出了在观测数据间隔相等时求算初始项系数的表达式。由于增加项与初始项形式相同,故它们的系数可用同样方法计算。

这儿并未产生数学上的近似解,而且这种推导条件使最小二乘法的解为整数形式,所以从推导分潮所引起的误差便在其所有其余分潮中得到消除,直至符合该区域内相互关系所

允许的误差范围。在通常的方法中,基本分潮的最终值是由分析时直接获得,推导分潮的值则由基本分潮及区域内的分潮之间相互关系推算得到。

四、讨论及建议 (略)

参 考 文 献 (略)

译自《国际海道测量评论》1986年7月号论 陈 密校

海洋资料浮标网管理规定通过审定

由国家海洋局主持召开的《海洋资料浮标网管理规定》审定会于1991年4月6日在天津市,国家海洋局海洋技术研究所召开。参加审定会的有来自中国科学院青岛海洋研究所、山东省科学院海洋仪器研究所、国家海洋标准计量中心、国家信息中心、国家海洋环境预报中心和从事浮标网管理第一线国家海洋局各分局等单位的24名代表。会议期间,代表们对此规定进行了热烈的讨论,与会专家一致认为,国家海洋局海洋技术研究所编制的《海洋资料浮标网管理规定》明确了由国家海洋局、各分局、基层单位组成的三级海洋资料浮标网管理体系。规定还阐明了各级管理单位的职责。该规定的实施,为加强海洋资料浮标网的管理,强化各个管理单位的职能,进一步发展和完善我国海洋资料浮标网的建设,提高海洋环境监测和预报能力奠定了基础。

许富祥 (国家海洋环境预报中心)