

# 潮汐预报与服务

叶 琳

(国家海洋局海洋环境预报中心)

## 一、我国的验潮概况

我国的验潮历史可追溯到1900年前后,根据资料记载,最早开始验潮的站有秦皇岛(1907年)、大连(1909年)、塘沽(1895年)、青岛(1898年)、厦门(1907年)、广州(1908年)等,据统计到1949年全国只有14个验潮站,由于管理混乱,其中仅有8个站有部份高潮和低潮资料,其它各站资料均失散。

解放后随着我国国防、航运、水产、海洋开发与海洋工程等事业的不断发展,沿海等地相继建立了许多验潮站,据不完全统计约有200多个,这些站分别隶属于水电部(151个)、海洋局(24个)交通部(17个)等单位。这200多个验潮站中,多数安装了国产自记验潮仪,准确及时地记录了沿海的潮汐变化。

## 二、潮汐分析与预报

在潮汐分析和预报中目前广泛应用的方法是调和法,该法的主要优点是限于预报半日潮港,对混合潮、日潮港亦可进行预报;不仅能预报高低潮值,还可描述潮汐的整个过程。

下面对该法做简单的介绍:

将引潮力作调和展开,展开后的形式为:

$$F = \sum_k C_k \cos(\sigma_k t + v_k) \quad (1)$$

式中 $\sigma_k$ 是分潮的角速度, $C_k$ 是引潮力分潮的相对振幅, $C_k$ 和 $\sigma_k$ 对每一分潮是常数。 $v_k$ 是 $t=0$ 时的分潮天文位相, $\sigma_k$ 是根据与地球、月球及太阳运动有关的6个基本天文元素计算出来的[1]。

实际潮汐的潮高表达式为:

$$\hat{\zeta} = \sum_k H_k \cos(\sigma_k t + v_k - g_k) \quad (2)$$

式中的 $H$ 和 $g$ 为调和常数,它只随地点变化,因此只要求出 $H$ 和 $g$ ,利用(2)式便可预报任意时刻的潮高。

通常我们用一年的逐时潮位做分析,此时上式改为:

$$\hat{\zeta} = \sum_k f_k H_k \cos(\sigma_k t + v_k + u_k - g_k) \quad (3)$$

式中的 $f$ 和 $u$ 主要与月球升交点的黄经有关, 在一年中可视为不变。

(3)式中的 $H$ 和 $g$ 可通过最小二乘法确定, 这一过程称为调和分析。有了 $H$ 和 $g$ , 就可确定任意时刻的潮位。

目前我国及国际上许多国家多采用该法, 基本可满足深水港口的潮汐预报要求, 但对于浅水地区及河口站的潮汐预报来说, 调和方法的效果就显得不够好, 其原因是浅水区域非线性效应显著, 潮波波形常常产生畸变, 因此往往不能很好地描述浅水域的物理现象。

我国由于大陆架浅水域多, 许多重要的港口如塘沽、吴淞、黄浦等均位于江河下游的入海口, 航道浅且长, 一些大吨位的巨轮进出港对潮汐预报的精度要求很高, 因此近年来许多科学工作者加强了浅水预报方法的研究, 并获得可喜的研究成果, 有的业已正式投入预报业务。

近几年来, 各单位为满足事业发展的需要, 对浅水潮汐预报做了大量的研究工作。

上海航道局和交通部船舶研究所为提高潮汐预报精度, 把浅水港潮汐预报由原来的64个分潮增加到128个, 在预报中加入了大量的浅水分潮, 误差比原来降低了10—15%, 在上海港及临近港口预报中取得了良好的预报效果<sup>[2]</sup>。

中国科学院海洋研究所方国洪、于克俊(1981)提出了一种浅水潮汐预报的准调和法, 该法将长周期, 全日周期和半日周期的潮族组合成六个准调和分量, 然后将高频潮族表达为这六个准调和分量的函数。这样就可以用为数不多的项来代替调和法中极其大量的浅水分潮。低频部分仍用调和分潮计算, 但在其中引入了一些由天文潮和气象潮相互作用以及摩擦非线性效应所产生的分潮。该法有效地预报了浅水港的逐时潮位及高低潮<sup>[3]</sup>。

国家海洋局海洋科技情报所王骥(1974)研究并采用了一种新的浅水潮汐预报方法——相关法, 该方法把调和方法和非调和法结合起来, 为解决浅水港的潮汐预报提供了良好的经验, 其基本思路是: 浅水港的潮位部分由周期不低于半日的振动构成, 记为 $\zeta(A, t)$ , 另一部分为高频振动, 记为 $\Delta\zeta(A, t)$ , 浅水港的潮汐是由港外某处 $B$ 传入的, 其潮高为 $\zeta(B, t)$ , 设潮波从 $B$ 传至 $A$ 处所需的时间为 $\tau$ , 显然 $A$ 处的潮位 $\zeta(A, t)$ 和 $\Delta\zeta(A, t)$ , 与 $B$ 处的潮位 $\zeta(B, t-\tau)$ ,  $\frac{\partial\zeta(B, t-\tau)}{\partial t}$ ,  $\frac{\partial^2\zeta(B, t-\tau)}{\partial t^2}$ ……, 有一定的相关, 从而可以作出对逐时潮高的订正, 采用这一方法, 在预报中取得了较好的效果。目前国家海洋局海洋科技情报所在编印部分浅水河口站的预报中均采用“相关法”。

### 三、国际上潮汐预报研究的动态

国际上对深水港的潮汐预报, 目前主要采用的是调和法, 对浅水潮汐的预报方法也有人做了一定的改进和提高, 具有价值的方法主要有1957年杜德逊(Doodson)的浅水调和校正法<sup>[4]</sup> 该方法实际上是对用调和法预报出的高低潮时和潮高的误差再作调和分析, 然后用分析所得的四组(分别对应高, 低潮时和潮高)常数来推算高, 低潮的校正值。经验证该法效果是较好的, 但缺点是只能用来校正高低潮, 而不适用于逐时的预报。此外国外也有人用增加浅水分潮的方法来提高浅水港的预报精度, 例如: Zetlor(1966年)及 Lennon(1967年)等的“扩充调和法”。

随着数值预报技术的发展, 潮汐预报也开始采用这一先进技术, 早在50年代初德国科学家汉森(Hansen.w)提出了潮汐流体动力学数值方法, 亦称为边值法<sup>[5]</sup>, 该法主要根据潮

波动力学方程, 结合海区的具体形状, 深度分布和已知的潮位资料进行计算得出潮汐的空间分布, 岸边和海区内的潮高均可知。故由此得出地转效应, 海区形状、深度分布等是潮汐传播和变化的重要因子。

60年代中期, 芒克(Munk)和卡特赖特(Cartwright)提出一种潮汐谱分析方法——卷积法或称为“响应法”<sup>[6]</sup>, 该法有较严格的理论依据, 能够在一定程度上把不同原因引起的水位分开。响应法与经典的潮汐调和与分析不一样, 事先没有规定存在何种频率的振动, 允许出现各种本底“噪声”, 能客观地分析出各种可能的振动, 它引用比调和分潮数目还少的一些常数, 就能给出较好的潮汐推算结果。但响应法目前在实际预报业务中尚未见应用, 主要原因是计算量远比调和法大。随着计算机的广泛应用, 估计该法今后会有发展前途的。

#### 四、潮汐预报服务

解放前正规的潮汐预报服务几乎没有, 1948年曾根据日本、英国潮汐表编印过吴淞、崑崙等5个站的高低潮预报。解放后, 在掌握大量资料的基础上, 由中央气象局出版了第一本民用潮汐表。随着用户的需求, 相继又有许多单位进行这项工作。目前国内主要出版潮汐表的有国家海洋局海洋科技情报研究所、上海航道局等。由于在潮汐预报中采用了电子计算机, 不仅减轻了过去手工计算的强度, 同时也大大提高了预报精度。

国家海洋局海洋环境预报中心自1970年开展风暴潮预报业务后, 在国家海洋局海洋科技情报研究所的支持下, 也开展了潮汐预报工作。在潮汐预报的基础上, 我们收集积累了近80个站的潮汐实测报表; 并整理了这些站的历史风暴潮增水。为了便于风暴潮的预报, 将潮汐预报的起算面定为本站多年平均海平面, 并对以上担负沿海风暴潮监测的近80个站每年发布逐时潮汐预报。近年来, 随着沿海港口的兴建, 海上石油的开发, 以及核电站的建立, 需要潮汐预报和风暴潮重现期(其中有50年一遇, 100年一遇及1000年一遇)潮位计算的单位越来越多, 为了满足这些单位的需要, 我们计算了我国沿海部份台站的风暴潮重现期<sup>[7]</sup>, 并开展了潮汐预报、计算风暴潮重现期、最高潮位重现期及工程上的危险水位设计等服务项目, 对于仅有观测资料而无潮汐预报的站, 可代做潮汐调和与分析预报。我们的潮汐预报服务仅侧重于风暴潮的监测、预报和研究, 对需要大量历史预报, 特定点的预报保证可与国家海洋局海洋科技情报研究所联系。

本文承蒙王骥、王喜年、陈祥福同志修改并提供部分资料数据, 特此致谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 王骥, 潮汐预报, 海洋技术年鉴, 1982, 731—732.
- [2] 徐汉兴, 浅水港潮汐预报方法, 全国海岸带和海涂资源综合调查海岸工程学术会议论文集, 1980, 13—21.
- [3] 方国洪、于克俊, 浅水港口潮汐预报的一个方法, 海洋与湖泊, 第12卷, 第5期, 1980, 383—381.
- [4] Amin, M., Some Recent Investigations in to the Harmonic Shallow water Corrections Method of Tidal Predictions, *The International Hydrographic Review*, VOL.54, No.1, 1977, 87—108.
- [5] Hanson, W., Tides, *The Sea*, Interscience, Publishers, 1962, 794—801.
- [6] 陈宗鼎, 近代海洋潮汐学研究的进展, 海洋文选, 第3卷, 第2期, 1980, 1—5.
- [7] 王喜年, 陈祥福, 我国部分测站台风潮重现期的计算, 海洋预报服务, 第1期, 1984, 18—25.