

中国东部近海沿岸平均海面变化的分析*

于克俊

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提 要

本文利用渤海、黄海、东海中国沿岸22个验潮站的月平均水位资料,着重分析了周期在两个月以上的振动和月平均海平面的变化。分析结果表明:(1)18.61年周期的潮汐振动的振幅在2.5cm左右,位相比较一致(约 120° 左右);(2)月平均海面的季节变化明显,年变幅度北部大,南部小。最高值和最低值北部出现在夏季和冬季,南部出现在秋季和春季;(3)月平均海面以年周期振动为主,其次是半年周期。北部5年周期和南部4个月周期的振动也比较明显;(4)由于静压效应,使北部海平均年变幅度增加13—20cm,而在台湾海峡西岸反而减小11cm;(5)El Nino现象使平均海面出现程度不等的下降趋势。

自上个世纪末以来,国外学者对世界大洋和海区的月平均海面变化做了许多工作^[5,7,8],国内也有研究^[3,4],结果表明平均海面变化除了受天文因素影响外,尚有水文气象因子的影响。在潮汐预报中,潮汐余差的能量主要集中在频段0—0.5周/日上,即存在着影响潮汐预报精度是周期为两天以上的振动^[1]。

另外,在El Nino时期,赤道东太平洋海面温度发生大尺度异常增暖现象,使太平洋的海温场东部增暖与西部冷却相对应^[9],东部气压不断下降,西部气压逐渐上升^[2],从而在El Nino时期太平洋西部月平均海面相对地降低。Gary Meyers^[6]曾分析了Truk岛(9°N , 151°E)附近的水位变化,结果是月平均海面在El Nino年出现极端低值面,振动周期由半年变成一年。

本文利用频谱分析了长周期振动及月平均海面的季节变化,着重讨论了气压和El Nino现象对月平均海面的影响。本文对资料的处理是取各站的多年平均海面为该站的零点,按此零点计算各月水位的偏差,位于该零点之上为正值,其下为负值。

一、年平均海面的年际变化

图1为年平均海面的年际变化曲线,虽然年平均海面的变化颇不规则,但是对于多数站,总的变化趋势却有相似之处。例如,同期资料的曲线缓慢上升或下降,仅仅在塘沽、吴淞等站上升(下降)的幅度大些。又可以看出,从1960年开始下降的平均情况来看,

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1132号。

本文承方国洪同志指导,于彦玲同志提供气象资料,杜润山同志绘图,特此致谢。

收稿日期:1983年11月8日。

年平均海面低于多年平均海面。1972 年后的趋势又转为上升, 高于多年平均海面。然而 1953, 1954, 1964, 1975 年均有明显峰值, 这可能与这几年内陆地年降雨量较大有关。

平均海面的年际变化除了气象因素外, 另外一个很重要的因素是长周期引潮力的影

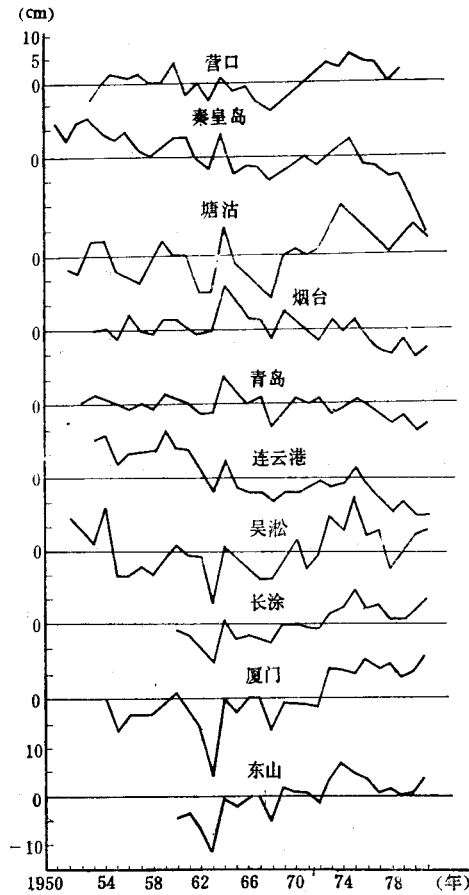


图 1 年平均海面年际变化

响。为此我们分析了与白道升交点变化周期数相同的谱分量, 即 18.61 年周期的振动, 结果如表 1 所示。可以看出, 在我国东部近海, 18.61 年振动的振幅大约为 2.5 cm (表 1 中 1.7—3.1 cm 占 85%), 迟角大约在 120° 左右 (91° — 151° 占 77%)。

二、月平均海面的季节变化

1. 频谱分析

为了分析月平均海面的变化, 首先对月平均水位序列 $\{\zeta_l\}, l = 1, 2, \dots, n$ 进行频谱分析, 了解各频率上的振动情况。现令周期函数的频谱公式如下:

$$\begin{cases} H_k = (a_k^2 + b_k^2)^{1/2} \\ \varphi_k = \arctg(b_k/a_k) \end{cases} \quad (1)$$

其中

表 1 长周期分潮的调和常数

| 站名 | 资料总 年数 | A_0 (cm) | 18.61 年 | | S_a | | | S_{sa} | | | 4 个月 | | | 3 个月 | | |
|-------|-----------|---------------|---------|-----|-------|-----|----------|----------|-----|----------|------|-----|----------|------|-----|----------|
| | | | H | g | H | g | σ | H | g | σ | H | g | σ | H | g | σ |
| | | | 营 口 | 27 | 187.2 | 3.1 | 147 | 27.7 | 122 | 4.5 | 2.3 | 282 | 3.9 | 1.0 | 140 | 3.3 |
| 秦 皇 岛 | 32 | 89.7 | 3.1 | 71 | 29.0 | 121 | 4.7 | 2.1 | 330 | 3.3 | 0.4 | 27 | 3.3 | 0.3 | 185 | 2.8 |
| 塘 沽 | 31 | 157.8 | 2.3 | 136 | 29.6 | 120 | 4.9 | 3.5 | 325 | 4.2 | 1.2 | 335 | 4.3 | 0.7 | 208 | 3.9 |
| 大 连 | 24 | 214.7 | 1.7 | 128 | 26.8 | 127 | 6.1 | 2.0 | 305 | 4.3 | 0.8 | 72 | 3.5 | 0.8 | 199 | 3.1 |
| 烟 台 | 29 | 215.2 | 2.0 | 334 | 22.6 | 132 | 3.1 | 1.9 | 307 | 2.7 | 0.5 | 88 | 2.7 | 0.3 | 119 | 2.2 |
| 乳 山 口 | 19 | 237.3 | | | 23.2 | 130 | 2.8 | 2.5 | 315 | 2.6 | 0.5 | 72 | 2.7 | 0.5 | 115 | 2.0 |
| 青 岛 | 25 | 242.6 | 0.7 | 218 | 22.2 | 134 | 3.2 | 2.4 | 331 | 3.1 | 0.3 | 285 | 2.9 | 0.5 | 222 | 2.5 |
| 连 云 港 | 29 | 292.4 | 2.3 | 118 | 21.7 | 136 | 3.9 | 3.0 | 329 | 3.1 | 0.3 | 219 | 3.0 | 0.2 | 246 | 2.9 |
| 吴 淞 | 31 | 206.2 | 2.1 | 97 | 26.6 | 139 | 5.4 | 4.4 | 17 | 4.1 | 1.9 | 235 | 3.5 | 0.3 | 258 | 3.3 |
| 高 桥 | 19 | 203.3 | | | 25.5 | 140 | 4.7 | 3.8 | 19 | 4.0 | 2.0 | 219 | 3.5 | 0.3 | 118 | 2.9 |
| 金 山 咀 | 14 | 190.3 | | | 19.5 | 147 | 4.0 | 3.9 | 10 | 3.5 | 2.3 | 224 | 3.0 | 0.1 | 60 | 2.0 |
| 长 涂 | 22 | 253.2 | 2.5 | 119 | 16.7 | 161 | 3.9 | 3.1 | 40 | 3.3 | 2.6 | 218 | 2.7 | 0.8 | 334 | 2.5 |
| 坎 门 | 22 | 387.6 | 2.3 | 130 | 12.8 | 181 | 3.8 | 4.5 | 50 | 3.9 | 3.2 | 211 | 3.2 | 0.9 | 322 | 2.7 |
| 厦 门 | 28 | 352.1 | 2.4 | 151 | 13.5 | 219 | 4.5 | 5.0 | 54 | 3.8 | 3.3 | 235 | 3.1 | 0.3 | 266 | 3.3 |
| 东 山 | 22 | 535.6 | 2.7 | 93 | 14.2 | 226 | 3.9 | 5.3 | 53 | 4.2 | 3.3 | 232 | 3.0 | 0.4 | 278 | 3.4 |

注： A_0 ——多年平均海面； H, σ 单位是 cm； g 单位是度。

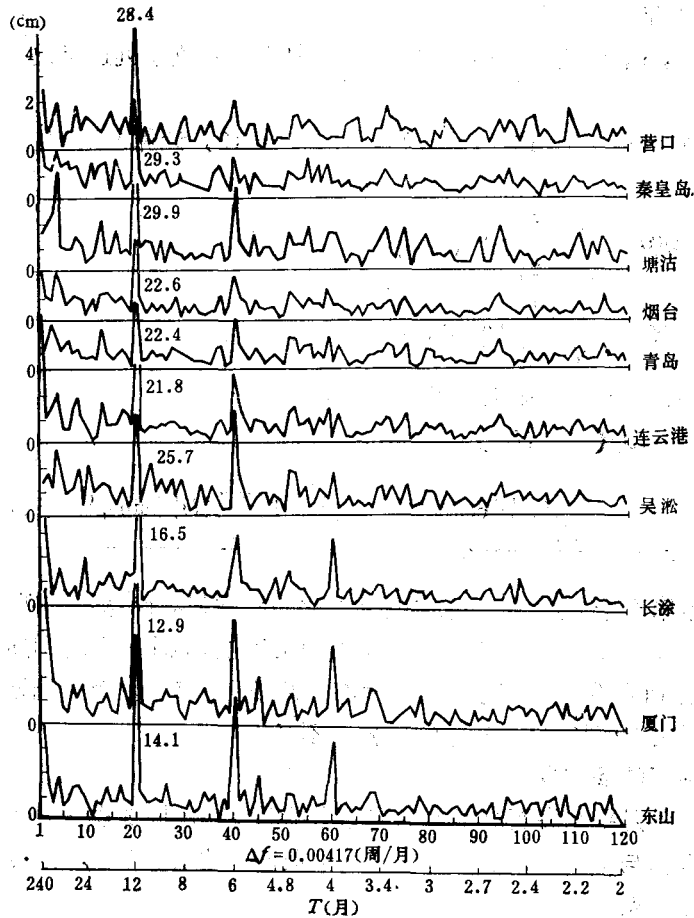


图 2 月平均海面振幅谱

$$\begin{cases} a_k = \frac{2}{n \varepsilon_k} \sum_{l=1}^n \zeta_l \cos(2\pi k l / n) \\ b_k = \frac{2}{n} \sum_{l=1}^n \zeta_l \sin(2\pi k l / n) \end{cases} \quad k = 0, 1, \dots, n/2 \quad (2)$$

这里

$$\varepsilon_k = \begin{cases} 2 & k = 0, n/2 \\ 1 & k \neq 0, n/2 \end{cases}$$

H_k, φ_k 分别表示第 k 个点的振幅和位相(频率单位为周/月)。

为了便于比较和分析,吴淞及以北的站采用 1953—1972 年的资料,以南的站用 1960—1979 年的 20 年月平均水位资料。根据公式 (1), (2) 计算了各站月平均海面的振幅和位相谱,振幅谱如图 2 所示。从图中可以看出月平均海面的主要振动是年周期。从谱峰来看,年周期在各站均占绝对优势,其次的振动是半年周期。后者强弱变化因站的位置而异,总的趋势是由北向南加强(塘沽、吴淞除外)。周期为 4 个月的振动,在吴淞以北的站几乎不明显,而以南的振幅在量级上与半年周期的振动差不多。吴淞及以北的站 5 年周期的振动也比较显著,尤其塘沽和吴淞更为突出。此外在最低频处,谱值有明显上升趋势,这是 18.61 年周期振动的反映。

为了研究 S_a, S_{sa} 分潮的各年变化情况,对月平均水位序列逐年进行调和,然后进行向量平均。

设 N 为观测年数,在公式 (1), (2) 中取 $n = 12$, 计算 N 组 H, φ 值,按下式向量平均。

$$\begin{aligned} H_x^{(k)} &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N H_j^{(k)} \cos \varphi_j^{(k)} \\ H_y^{(k)} &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N H_j^{(k)} \sin \varphi_j^{(k)} \\ H_k &= (H_x^{(k)^2} + H_y^{(k)^2})^{1/2} \\ \varphi_k &= \arctg(H_y^{(k)} / H_x^{(k)}) \\ \sigma_k &= \left[\frac{\sum_{j=1}^N (H_j^{(k)} \cos \varphi_j^{(k)} - H_x^{(k)})^2 + \sum_{j=1}^N (H_j^{(k)} \sin \varphi_j^{(k)} - H_y^{(k)})^2}{N-1} \right]^{1/2} \end{aligned}$$

其中上标 k 表示第 k 个分量; σ 表示振幅年变化的标准差。计算结果列在表 1 (其中 φ 已化为分潮的迟角)。由表中亦可看出, S_a 的振幅由北向南减小,而 S_{sa} 则逐渐增大。从 S_a 与 S_{sa} 分潮振幅的比值来看,北部都大于 7,南部的站却小于 5。4 个月周期分潮的振幅在北部小于 1 cm,而在南部其大小与 S_{sa} 的振幅差不多。

2. 月平均海面的季节变化

首先计算出各月平均海面 N 年平均均值 $\bar{\zeta}_i$ 及标准差 σ_i , 图 3 垂线表示 $\bar{\zeta}_i \pm \sigma_i$ 。为了比较 S_a, S_{sa} 的预报值与实测值拟合情况,将其预报值用曲线示于图 3。其中 σ 为实测值与预报值之差的标准差。

从图 3 可以看出,中国东部近海月平均海面最高值和最低值出现的月份由北向南推

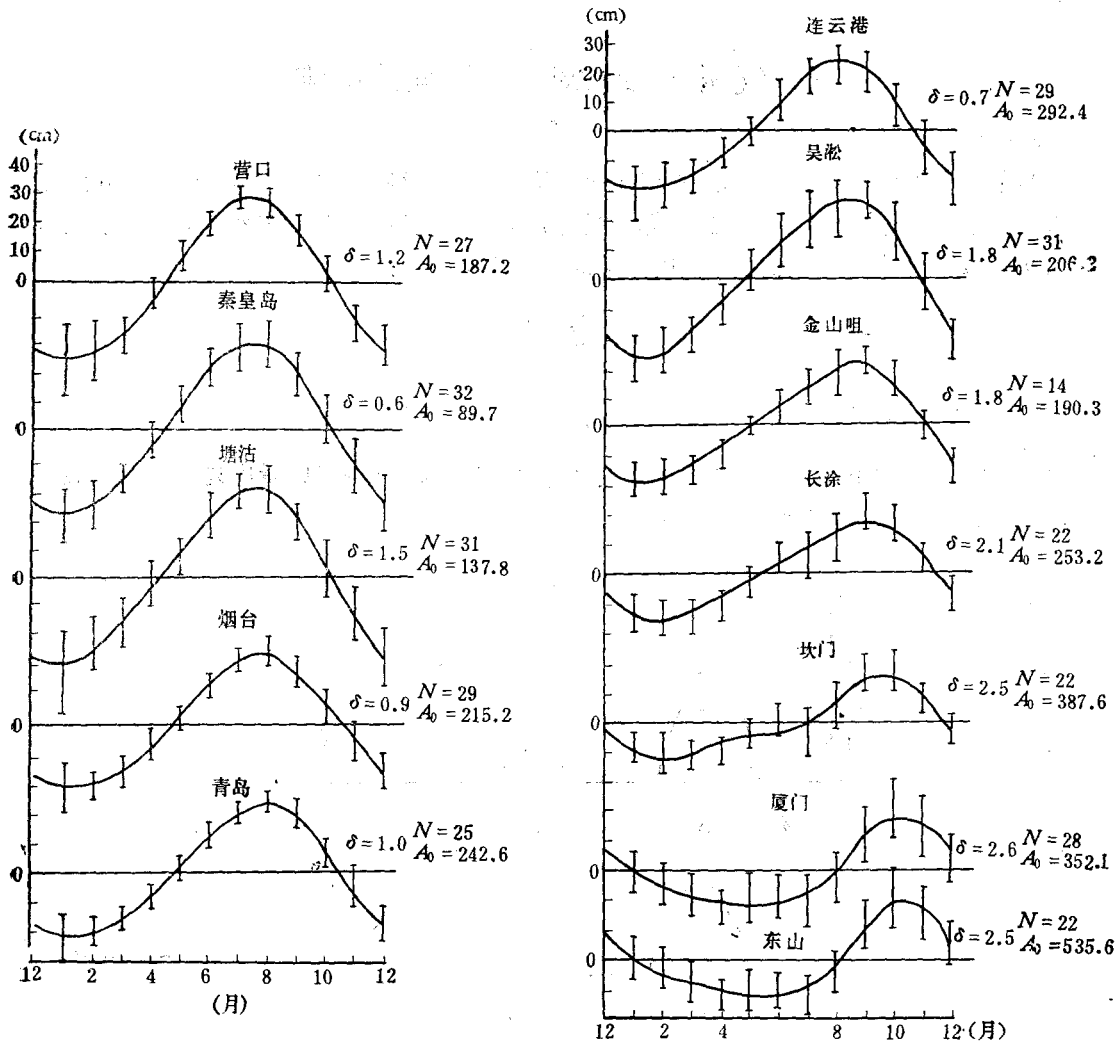


图3 曲线为 S_a 和 $\bar{S}_{a,n}$ 之和的预报值

垂线—— $\bar{\xi}_i \pm \sigma$; 曲线—— $S_a + S_{a,n}$ 预报值 A_0 ——N 年平均海面

迟。以长江口为界,以北(包括吴淞)最高值出现在夏季(7,8月),其值高于多年平均海面23—31cm。最低值出现在冬季(12,1月),其值低于多年平均海面21—32cm。长江口以南最高值出现在秋季(9,10月),其值高于多年平均海面18—23cm。最低值出现在春季(3,4月),其值低于多年平均海面11—18cm。月平均海面年变幅度北部大,南部小。例如,渤海为46—63cm,黄海至长江口为43—45cm,长江口以南为29—40cm。从各月的年际变化的标准差来看,北部春、夏季小(3—8cm),秋、冬季大(6—14cm)。南部夏、秋季大(5—10cm),春、冬季小(4—8cm)。前者大的原因之一是受冬季寒潮影响,后者可能受台风影响。从图3的曲线来看,由 S_a 和 $S_{a,n}$ 分潮预报的月平均海面与实测值相吻合,预报标准差是北小(0.6—1.5cm)、南大(1.8—2.6cm),后者大的原因之一是忽略了4个月周期的分潮。

从以上分析可以看出,中国东部近海月平均海面的季节变化非常显著,下面对其原因

进行分析。

三、气压和海水密度对海面的影响

1. 气压效应

为了便于比较,根据相邻站随季节变化相似的条件,我们将23个验潮站合并成6组进行研究。用加权开方平均的方法,计算各组的月平均水位值,即假定某组有 m 个站,由各站的 n_i 年资料求得月平均海面 x_i ,则这组的月平均海面为:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m n_i^{1/2} x_i}{\sum_{i=1}^m n_i^{1/2}}$$

其中 $n^{1/2}$ 为最接近的整数。计算值列于表2和绘于图4。从图可以看出夏季海面北高南低,冬季为南高北低的趋势。

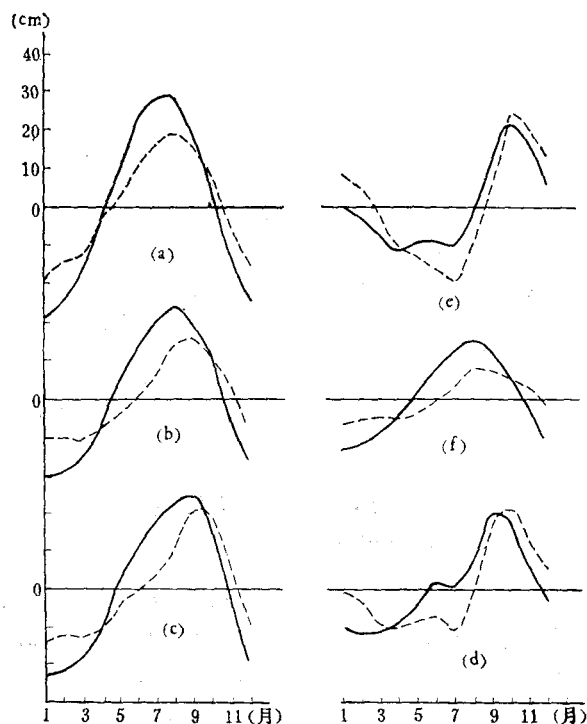


图4 各组月平均海面变化

——月平均值 - - - - 消去气压影响

由于大气静压效应,一般气压变化1 mb,海面反向变化1 cm。现在令 P_g 表示该组邻域内的多年月平均气压; P_0 表示整个海洋上的月平均气压^[8], $C_1 = P_g - P_0$ 表示本组月平均气压相对于整个海洋上月平均气压的偏差,取 $C = C_1 - \bar{C}_1$ (\bar{C}_1 为 C_1 全年平均值),这时 C 就是本组大气静压效应所引起的海面变化。用 C 来订正月平均海面,即可消

表 2 验潮站的合并

| a. 渤海沿岸 | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 站名 | 年数 | 月 | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 营 口 | 27 | -26 | -22 | -18 | -4 | 9 | 20 | 29 | 27 | 19 | 3 | -14 | -21 |
| 秦 皇 岛 | 32 | -30 | -25 | -16 | -3 | 9 | 21 | 28 | 29 | 19 | 4 | -12 | -25 |
| 塘 沽 | 31 | -32 | -23 | -15 | -2 | 7 | 22 | 29 | 31 | 19 | 4 | -13 | -27 |
| 大 连 | 24 | -26 | -24 | -18 | -5 | 6 | 18 | 26 | 30 | 19 | 5 | -9 | -21 |
| | Z | -29 | -24 | -17 | -3 | 8 | 21 | 29 | 29 | 19 | 4 | -12 | -24 |
| | C | 10 | 10 | 4 | -1 | -7 | -11 | -14 | -10 | -3 | 5 | 8 | 9 |
| | Z' | -19 | -14 | -13 | -4 | 1 | 10 | 15 | 19 | 16 | 9 | -4 | -15 |
| b. 渤海海峡和黄海沿岸 | | | | | | | | | | | | | |
| 龙 口 | 5 | -22 | -24 | -16 | -6 | 5 | 13 | 23 | 28 | 20 | 7 | -6 | -19 |
| 烟 台 | 29 | -21 | -21 | -16 | -6 | 2 | 13 | 22 | 25 | 18 | 6 | -6 | -16 |
| 乳山口 | 19 | -21 | -21 | -15 | -6 | 3 | 13 | 23 | 25 | 19 | 6 | -7 | -18 |
| 青 岛 | 25 | -22 | -19 | -16 | -7 | 2 | 13 | 20 | 24 | 20 | 7 | -4 | -17 |
| 石臼所 | 2 | -19 | -22 | -14 | -5 | 8 | 9 | 19 | 20 | 21 | 9 | -8 | -16 |
| 连云港 | 29 | -21 | -18 | -15 | -7 | 0 | 11 | 19 | 24 | 21 | 9 | -5 | -16 |
| | Z | -20 | -19 | -15 | -6 | 2 | 12 | 20 | 24 | 19 | 7 | -5 | -16 |
| | C | 10 | 9 | 4 | 0 | -6 | -11 | -14 | -10 | -3 | 4 | 8 | 9 |
| | Z' | -10 | -10 | -11 | -6 | -4 | 1 | 6 | 14 | 16 | 11 | 3 | -7 |
| c. 长江口沿岸 | | | | | | | | | | | | | |
| 环 港 | 3 | -21 | -22 | -15 | -8 | 1 | 9 | 18 | 24 | 22 | 12 | -3 | -17 |
| 吴 淞 | 31 | -27 | -24 | -19 | -10 | 3 | 13 | 20 | 24 | 28 | 16 | -1 | -21 |
| 高 桥 | 19 | -25 | -24 | -19 | -10 | 4 | 11 | 20 | 23 | 26 | 16 | -2 | -20 |
| 金山咀 | 14 | -18 | -17 | -14 | -10 | 0 | 6 | 13 | 18 | 22 | 16 | -1 | -14 |
| | Z | -23 | -22 | -17 | -10 | 2 | 10 | 18 | 22 | 25 | 16 | -2 | -19 |
| | C | 9 | 10 | 4 | 0 | -6 | -10 | -13 | -10 | -4 | 3 | 7 | 10 |
| | Z' | -14 | -12 | -13 | -10 | -4 | 0 | 5 | 12 | 21 | 19 | 5 | -9 |
| d. 浙江福建沿岸 | | | | | | | | | | | | | |
| 长 涂 | 22 | -13 | -15 | -15 | -11 | -3 | 5 | 6 | 12 | 21 | 17 | 5 | -7 |
| 沈家门 | 9 | -13 | -17 | -14 | -9 | -2 | 3 | 1 | 11 | 21 | 17 | 6 | -5 |
| 坎 门 | 22 | -8 | -10 | -11 | -10 | -4 | 1 | -3 | 6 | 17 | 18 | 8 | -2 |
| 三 沙 | 5 | -7 | -7 | -11 | -7 | -5 | 0 | -7 | -3 | 18 | 14 | 8 | 3 |
| 平 潭 | 4 | -6 | -5 | -13 | -9 | -6 | -4 | -7 | 4 | 19 | 20 | 10 | 3 |
| | Z | -10 | -12 | -13 | -10 | -4 | 2 | -1 | 7 | 19 | 18 | 7 | -3 |
| | C | 9 | 9 | 3 | 0 | -5 | -9 | -11 | -10 | -5 | 3 | 6 | 9 |
| | Z' | -1 | -3 | -10 | -10 | -9 | -7 | -12 | -3 | 14 | 21 | 13 | 6 |

续表 2

| c. 台湾海峡西岸 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| 站 名 | 年数 | 月 | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 厦 门 | 28 | 0 | -4 | -8 | -12 | -9 | -8 | -10 | -2 | 12 | 21 | 15 | 4 |
| | 22 | 1 | -2 | -7 | -12 | -10 | -10 | -12 | -4 | 12 | 21 | 16 | 6 |
| | Z | 0 | -3 | -7 | -12 | -9 | -9 | -11 | -3 | 12 | 21 | 15 | 5 |
| | C | 8 | 8 | 4 | 1 | -4 | -7 | -9 | -9 | -6 | -2 | 5 | 8 |
| | Z' | 8 | 5 | -3 | -11 | -13 | -16 | -20 | -12 | 6 | 23 | 20 | 13 |

| f. 台湾海峡东岸 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 高 雄 | 年数 | 月 | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 基 隆 | 40 | -13 | -11 | -7 | -4 | 0 | 5 | 10 | 13 | 11 | 7 | 0 | -10 |
| | 21 | -13 | -12 | -10 | -6 | 2 | 9 | 15 | 18 | 14 | 4 | -6 | -14 |
| | Z | -13 | -12 | -8 | -5 | 1 | 7 | 12 | 15 | 12 | 5 | -3 | -11 |
| | C | 8 | 8 | 4 | 1 | -4 | -7 | -9 | -9 | -6 | 2 | 5 | 8 |
| | Z' | -5 | -4 | -4 | -4 | -3 | 0 | 3 | 6 | 6 | 7 | 2 | -3 |

去气压对海面的静压影响(表 2 所示)。从图 4 可以看出,各组月平均海面经过气压订正后与订正前相比较,年变幅度在渤海沿岸减小 20 cm,渤海海峡和黄海沿岸减小 17 cm,长江口沿岸减小 13 cm,浙江、福建沿岸不变,台湾海峡西岸反而增大 11 cm。由此,明显地看出,气压对月平均海面的影响是显著的。冬季气压明显地呈现出北高南低的分布,而月平均海面则相应呈现出北低南高的分布规律。夏季情况则与冬季相反。

2. 海水密度效应

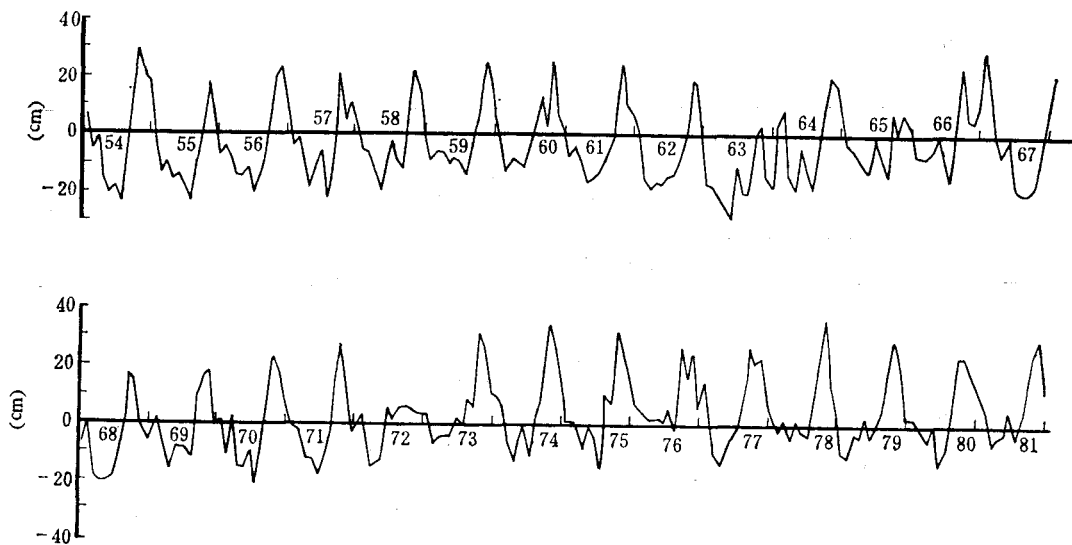


图 5 厦门月平均海面逐年变化曲线

本文所研究的海区位于太平洋西部,其南北跨度较大,东海属于温带海,北黄海与渤海则冬季结冰。海水温度年较差是北大($25^{\circ}-26^{\circ}\text{C}$),南小(22°C)。1—3月份海水温度最低,8月份温度最高,季节变化越往北越明显。再由于大陆流入的河流众多,降水、径流的季节变化也十分明显。由此引起海水温度和盐度的季节变化显著,从而使海水密度或者比容必然对月平均海面影响较大。

Pattulo 等人的文章^[8]指出,按比容计算得到月平均海面偏差值,东海外侧年变幅度为 17 cm,台湾东侧为 10.6 cm,因此,可以看出中国东部近海受海水的密度影响是显著的,而且北部所受影响比南部大。

四、El Nino 时期月平均海面的变化

从中国东部近海各验潮站的逐年月平均水位记录来看,该沿海大部地区,冬春季海面低,夏秋季海面高。从年际变化曲线来看,均发生过几次程度不等的高海面的相对低值期。分别出现在 1957, 1963, 1965, 1969, 1972 年和 1976 年,而这 6 年恰是东赤道太平洋出现了 El Nino 现象,图 5 给出的是厦门站较典型的月平均海面逐年变化曲线。

为了解 El Nino 与月平均海面的关系,我们着重分析了塘沽、青岛、吴淞和厦门各站的平均 El Nino 前一年、当年、下一年及非 El Nino 年的月平均海面的变化情况。对于 El Nino 时期的做法是分别求出 6 个 El Nino 时期前后三年的逐月平均海面的平均值,然后点绘出一条合成的 El Nino 时期前一年、当年及下一年的月平均海面三年连续的逐月变化曲线。对于非 El Nino 的做法是从各站月平均海面的时间序列中,删去 6 个 El Nino 年的 12 个月值的平均值。

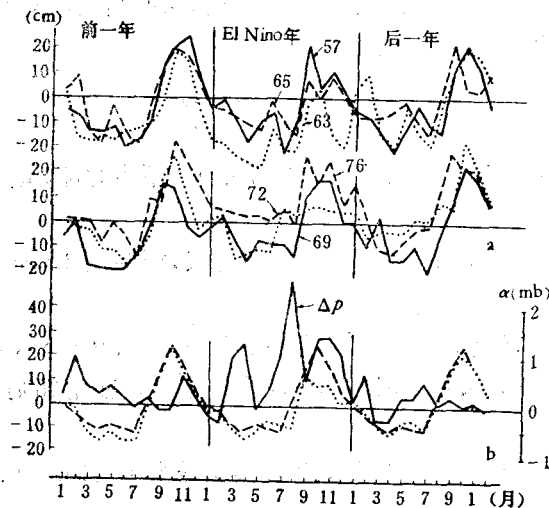


图 6. 厦门各 El Nino 时期月平均海面变化

a. 各 El Nino 前、后三年的月平均海面 b. 平均 El Nino (点划线), 非 El Nino (虚线) 前后三年月平均海面, 气压距平(实线)

从图 6 可以看出,平均后的曲线没有改变其年周期的波动,但是在 El Nino 年,秋季海面最高值较前后两年明显小。为了更清楚地说明问题,这里给出了 El Nino 时期青岛、

吴淞和厦门三个站月平均海面的平均值(图7),以此代表中国东部近海月平均海面在 El Nino 时期的平均变化情况,从图7可以看到,El Nino 发生的当年,海面最高值较前后两年的要低4—5 cm,另外,海面的最低值也略微降低。尤其从图6可以看出厦门站最高值要降低14 cm。由此可以看出,中国东部近海月平均海面所出现的低值期与 El Nino 现象的发生有着密切的关系。

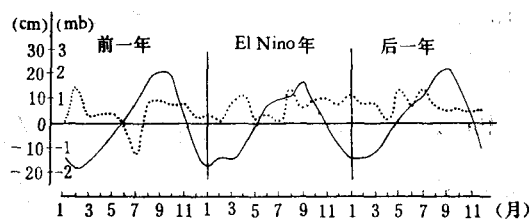


图7 青岛、吴淞和厦门 El Nino 时期月平均海面平均
——海面平均 气压距平

上述关系是由于 El Nino 时期,太平洋东、西部大范围水温和气象因子的变化造成这些地区海面相应的变化。具体地讲,在这个时期,太平洋西部气压上升,海水温度降低,海水密度相应增大,同时,赤道地区的东南信风逐渐转变成西风。因此,使得太平洋西部出现海面降低的动力调整。这里给出厦门站气压距平在 El Nino 时期的变化(图6实线),以及沿岸的平均情况(图7虚线)。图6,7这两条曲线代表了平均 El Nino 前后三年气压的变化,从图6看出,厦门站的气压在 El Nino 年升高非常明显,而月平均海面最高值较前后两年也明显低。图7情况没有这样突出,这说明在本文所研究的海区,月平均海面受 El Nino 现象的影响南强北弱。

五、结 论

中国东部近海的海面变化,可以长江口为分界线(下述北部、南部是以长江口为界),结果如下:

1. 18.61年周期的潮汐振动在本海区有一定意义,振幅在2.5 cm左右,位相比较一致(120°左右)。
2. 月平均海面的季节变化十分明显,年变幅度北部(46—63 cm)大于南部(29—40 cm)。在北部最高面和最低面分别出现在夏季和冬季。在南部则分别出现在秋季和春季。
3. 月平均海面以年周期振动占绝对优势,其次是半年周期。在北部5年周期和南部4个月周期的振动也比较明显。
4. 北部海面由于静压效应使海面年变幅度增加13—20 cm,而在台湾海峡西岸反而减小11 cm。
5. 太平洋东部 El Nino 现象发生期间,月平均海面出现程度不等的下降,其下降程度南大北小,这可能是对气压南方涛动响应的一种动力调整。

参 考 文 献

- [1] 于克俊, 1984. 黄海, 东海潮汐余差谱初步分析. 海洋科学集刊 21: 149—156.
- [2] 史恩久、林学椿、周琴芳, 1983. 厄尔尼诺现象与我国的夏季(6—8月)降水、气温的关系. 气象 4: 6—9.
- [3] 李坤平、周天华、陈宗镛, 1982. 中国近海月平均海面变化及其原因的初步分析. 海洋学报 4(5): 529—536.
- [4] 管秉贤, 1980. 台湾海峡表层月平均流速与西岸月平均水位差的关系. 海洋科学集刊 16: 1—11.
- [5] Crawford, W. R., 1980. Sea Level Changes in British Columbia at Periods of Two Day to a Year. *Pacific Marine Science Report* 8: 9—30.
- [6] Meyers, G., 1982. Interannual variation in sea level near Truk Island—A bimodal seasonal cycle. *J. Phys. Oceanogr.* 12: 1161—1168.
- [7] Nakano, M. and S. Yamada, 1975. On the mean levels at various locations along the coasts of Japan. *J. Ocea. Soc. of Japan* 31: 71—84.
- [8] Pattullo, J., W. Munk, R. Revelle and E. Strong, 1955. The seasonal oscillation in sea level. *J. Mar. Res.* 14(1): 88—155.
- [9] Weare, B. C., 1982. El Nino and tropical Pacific Ocean surface temperatures. *J. phys. Oceanogr.* 12: 17—27.

AN ANALYSIS OF MEAN SEA LEVEL CHANGE ALONG THE EASTERN CHINA COAST*

Yu Kejun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

In this article low-frequency fluctuations and seasonal changes of the mean sea level along the eastern China coast have been analysed, based upon monthly mean sea level observation at 22 tide-gauge stations. The main results are as follows:

1. The amplitudes of 18.61-year periodic tide-fluctuation are about 2.5 cm the phases are about 120°.

2. The seasonal changes of the monthly mean sea level are quite obvious. The annual fluctuation range along the coast north of Changjiang River is larger than that south of it. The highest and lowest of the monthly mean sea level occur in summer and winter respectively in the northern area, while they occur in autumn and spring in the southern area.

3. The seasonal sea level change is of annual period and the second oscillation is of semi-annual period. In addition, the 5-year periodic oscillation in the northern area and the 4-month periodic oscillation in the southern area are also rather significant.

4. The static effect of atmospheric pressure enlarges the annual range of seasonal changes by 13—20 cm in the northern area and reduces the annual range by 11 cm on the west coast of the Taiwan Strait.

5. The mean sea level is lower during El Nino years.

* Contribution No. 1132 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.