

孟加拉湾海平面异常的年际变化 及其对 ENSO 的响应*

吕学珠 刘玉光 李轶斐 马文韬

(中国海洋大学物理海洋实验室 青岛 266100)

提要 利用卫星高度计数据分析了 1993 年 1 月至 2009 年 12 月孟加拉湾海平面变化特征。分析表明, 孟加拉湾海平面的平均上升速率为 1.9 mm/a。孟加拉湾 SLA(海平面异常)明显地受 ENSO(厄尔尼诺与南方涛动)循环的调制, 前者对东太平洋海表面温度异常 Nino3 指数呈现显著的反位相相关。厄尔尼诺事件发生时(如 1997 年), 孟加拉湾平均 SLA 呈现负值; 拉尼娜事件发生时(如 1998 年), 孟加拉湾平均 SLA 呈现正值。ENSO 循环通过孟加拉湾海域风场异常和赤道处的西风异常来影响孟加拉湾 SLA。厄尔尼诺事件发生前, 首先在西太/东印度洋出现赤道西风异常, 之后孟加拉湾上空出现反气旋式风场异常, 通过 Ekman 抽吸使得海湾四周的海平面异常下降, 海湾中心的海平面异常上升; 拉尼娜事件发生时则正好相反。比容海平面异常对孟加拉湾平均海平面异常的年际变化也有贡献。经小波相干分析发现, 在 3.5—5.0 年周期的范围, 孟加拉湾的比容海平面异常和 Nino3 指数存在位相相反的相干; 由于孟加拉湾是西太-东印度洋暖池的一部分, 当厄尔尼诺事件发生时, 暖池温度下降, 孟加拉湾海水温度也下降, 故热胀冷缩引起比容海平面降低。

关键词 海平面异常, 比容海平面异常, ENSO, EOF, 奇异值分解, 小波相干

中图分类号 P731

孟加拉湾是北印度洋的边缘海, 也是东印/西太暖池海域的一个组成部分, 而西太-印度洋暖池海域的海气相互作用是影响我国气候, 造成干旱、洪涝等气候异常的主要因素之一。因此, 对孟加拉湾海域动力要素变化的研究具有重要意义。

Han 等(2002)采用一个非线性 4 层半的约化重力模型研究包括风应力、热通量、降水、蒸发及河水径流等外源作用下, 孟加拉湾海面高度的年际变化特征及机制, 认为孟加拉湾海平面异常的上述变化主要受风场的影响, 主要系赤道风场的变化所致, 而浮力通量的影响很小, 河水径流量年际变化的影响甚至可以忽略。赤道风场只是影响海面高度的一个因素, Qiu 等(2007)利用卫星高度计观测数据分析了孟加拉湾的海平面异常与 ENSO 的关系, 认为 ENSO 循环对孟加拉湾的影响还有另外一个途径, 即通过局地风

场作用于孟加拉湾海平面。

全球海平面变化包含了很多过程, Vivier 等(2005)将它们总体分为两类: 一类是与陆地冰融化以及陆地贮水量变化相关的流体质量变化引起的海平面变化, 另一类是质量恒定的情况下海水温盐结构的改变引起的体积变化引起的海平面变化。造成海平面年际变化的因素中, 比容海平面的变化是一个主要原因。

孟加拉湾作为东印/西太的暖池海域的一部分, 是研究 ENSO 调制印度洋的一个重点区域。海平面异常是海洋-大气相互作用中一个重要的物理变量, 研究孟加拉湾海平面异常对 ENSO 的响应, 对认识 ENSO 如何影响印度洋具有重要的意义。为分析孟加拉湾海平面异常对 ENSO 的响应机制, 本文对孟加拉湾海平面异常的年际变化主模态是否为 ENSO 模态进行了分析, 并重点分析了赤道东印度洋及孟加拉

*国家海洋局海洋公益性行业科研专项, 201005027-4。吕学珠, E-mail: yugliu@ouc.edu.cn

收稿日期: 2011-03-31, 收修改稿日期: 2012-05-30

湾当地风场和比容海平面异常在孟加拉湾海平面异常年际变化中的作用进行了研究, 以确定 ENSO 循环是通过何种途径影响孟加拉湾的海平面异常。

1 数据来源与数据处理

本文采用的海平面异常(SLA)数据是法国国家空间研究中心(CNES)提供的 TP/Jason-1 和 ERS/ENVISAT 网格化融合数据 MSLA/AVISO (Maps of Sea Level Anomaly/ Archiving, Validation, and Interpretation of Satellites Oceanographic Data)周平均数据。数据长度为 1993 年 1 月到 2009 年 12 月共 17 年, 分辨率为 $1/4^{\circ} \times 1/4^{\circ}$, 该资料已经过各种标准的校正处理。因为融合了多个高度计的观测结果, 所以可以分辨 150—200 km 尺度的海平面变化, 在全球的大部分区域的单点精度可达几厘米 Somayajulu 等(2003)。

风场数据是美国宇航局喷气推进实验室(JPL)物理海洋学数据现有档案分发中心提供的 CCMP(Cross-Calibrated, Multi-Platform)月平均经向风速与纬向风速数据。数据融合了 SSM/I、TMI 和 AMSR-E 微波辐射计数据, 及 NSCAT、QuikSCAT/ADEOS-II 搭载的 SeaWinds 微波散射计数据, 并已经过质量控制。数据长度为 1993 年 1 月到 2009 年 12 月共 17 年, $1/4^{\circ} \times 1/4^{\circ}$ 分辨率。Nino3(SST)指数由美国海洋大气总署(NOAA)气候预测中心(CPC)提供。

温盐数据来自美国马里兰大学简单数据同化集 SODA(Simple Ocean Data Assimilation)。数据长度为 1958 年 1 月到 2007 年 12 月共 50 年, $1/2^{\circ} \times 1/2^{\circ}$ 分辨率。

将 SLA 周平均数据进行月平均, 把这些月平均资料减去各月气候平均值后得到月距平值, 然后剔除趋势项和季节变化以突出年际信号。风场数据、从温盐数据计算的比容海平面异常和 Nino 指数也经过

了相同的处理。

2 区域平均海平面异常与 ENSO 的关系

图 1 显示了 1993 年 1 月至 2009 年 12 月孟加拉湾区域的平均 SLA。图中实线代表孟加拉湾平均 SLA 时间序列, 点线代表线性趋势项, 虚线代表剔除了季节变化(即年周期和半年周期的波动)的时间序列。图 1 表明, 孟加拉湾平均 SLA 具有明显的上升趋势, 上升速率为 1.9mm/yr。可以看出, 孟加拉湾海平面异常有显著的年际变化。例如, 1994、1997 和 2006 年 El Niño 事件发生时, 孟加拉湾平均 SLA 显著下降。

图 2 显示了孟加拉湾平均海平面异常(SLA)的功率谱, 图中虚线代表 95% 的 x^2 检验。孟加拉湾平均 SLA 有明显的半年周期、年周期和季风影响的准两年周期变化。另外, 图 2 还显示了 42—64 个月的年际变化分量。高立宝等(2009)利用观测资料和理论模型, 研究了孟加拉湾海表面高度的季节变化, 认为局地风应力旋度驱动的斜压 Rossby 波是孟加拉湾海表面高度季节变化的主要控制因子, 而孟加拉湾海底地形也影响了海表面高度的季节变化。图 2 中显示的年际变化分量是本文关注的重点。

图 3 显示了孟加拉湾区域平均海平面异常 SLA 和 Nino3 指数年际分量随时间的变化。Nino3 指数代表热带东太平洋 Nino3 区域的海表面温度异常指数, 为方便比较这里将 Nino3 指数乘以 2。计算表明, 两者同期相关系数 $r(\tau = 0) = -0.58$, 达到 95% 的置信水平(下文中如不加说明, 均指相关系数已通过置信水平 95% 的显著性检验)。这意味着孟加拉湾平均 SLA 明显地受 ENSO 循环的调制, ENSO 循环的年际周期振荡可造成孟加拉湾平均 SLA 的同期反位相应。

孟加拉湾区域平均 SLA 和 Nino3 指数年际分量之间存在最大的同期负相关, 二者之间不存在滞后

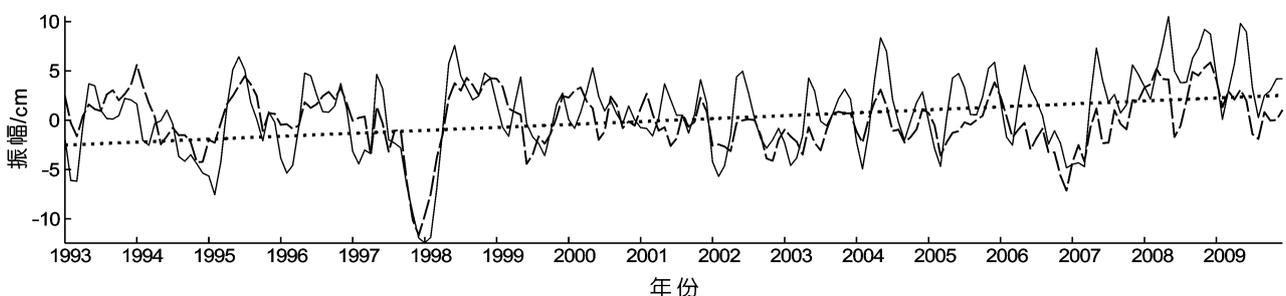


图 1 孟加拉湾平均 SLA 时间序列(实线)、线性趋势项(点线)、剔除了季节信号的时间序列(虚线)
Fig.1 The mean SLA time series over Bay of Bengal (solid line), its linear trend (dotted line) and the mean SLA time series after removing seasonal signals(dash line)

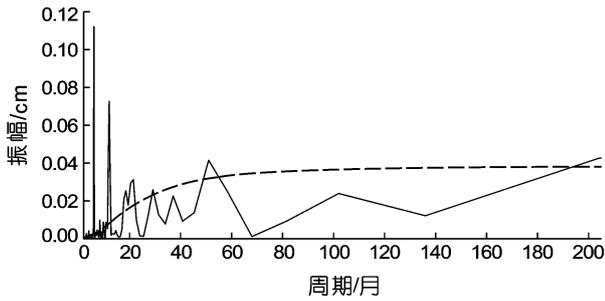


图2 孟加拉湾区域平均 SLA 的功率谱(实线)和置信度 95%的显著性检验(虚线)

Fig.2 The power spectrum of the mean SLA time series over Bay of Bengal (solid line) and the 95% significance level (dash line)

响应。这说明热带东太平洋海面温度异常不是孟加拉湾 SLA 变化的原因。

有文献指出,赤道异常西风对厄尔尼诺的发生有重要贡献, Nino3 指数相对于东印/西太的赤道西风异常存在滞后相关(Rasmusson *et al.*, 1982; 傅云飞等, 1996)。在厄尔尼诺发生前,赤道地区首先发生西风异常,然后, Nino3 指数异常升高,东印/西太暖池 SST 异常降低。孟加拉湾区域平均 SLA 和 Nino3 指数之间的同期反位相关关系意味着:孟加拉湾区域平均 SLA 相对于赤道西风异常也存在滞后相关。

这里, ENSO 循环代表发生在太平洋和印度洋的大气-海洋年际变化的整体过程,包括东热带太平洋的 SST 变化(采用 Nino3 指数描述)、东印/西太暖池海域的 SST 变化、热带印度洋与太平洋海面气压差的变化(采用 SOI 描述)以及东印/西太的赤道西风异常。在 ENSO 循环中,赤道西风异常起到一个扳机的作用。所以,孟加拉湾 SLA 对赤道西风异常存在滞后相关,意味着孟加拉湾 SLA 受到 ENSO 循环的调控。

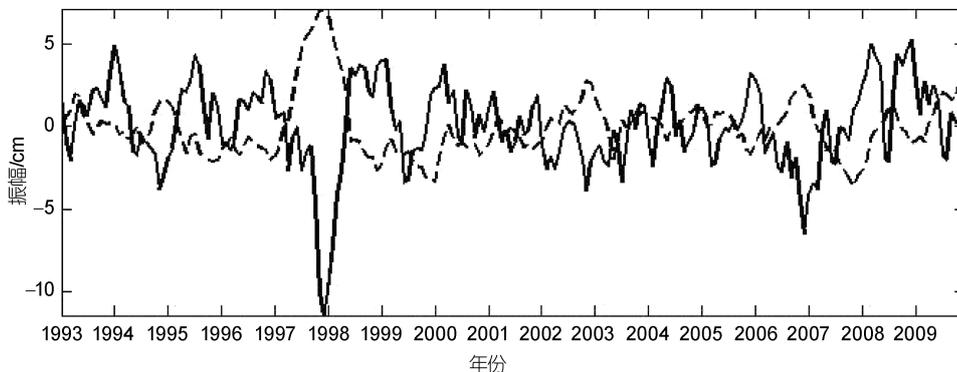


图3 孟加拉湾平均海面异常 SLA 的年际分量(实线)和 Nino3 指数的年际分量(虚线)
Fig.3 Comparison of the interannual signals of the mean SLA time series over Bay of Bengal (solid line) and Nino3 Index (dash line)

3 海平面异常场的 EOF 分解

经验正交函数(简称为 EOF)是一种被广泛应用于大气海洋诊断分析中的重要方法。它通过前几个模态,表征一个变量因受不同物理过程影响的变化分量在时间和空间的分布。作者对 1993 年 1 月—2008 年 12 月孟加拉湾 SLA 做 EOF 分析,研究其年际变化的主模态。

图 4、图 5 分别显示了孟加拉湾 SLA 的 EOF 分解第一模态的空间分布、对应的时间系数(实线)以及 Nino3(SST)(虚线)。这里, EOF 分解第一模态的方差贡献为 33.0%。第一模态对应的时间系数与 Nino3 指数指数之间的相关系数为 -0.64 , 呈较强的负相关。第一模态对应的时间系数相对于 Nino3(SST)指数同步反相,这表明,孟加拉湾 SLA 的年际变化主要受 ENSO 影响。在 El Niño 年(如 1997 年),孟加拉湾 SLA 的 EOF 分解第一模态时间系数下降,代表该区域平均的海平面下降; La Niña 年则正好相反。

图 6 给出了孟加拉湾各空间网格点的 SLA 与 Nino3 指数的同期相关分布。由图 6 可见,孟加拉湾沿岸的 SLA 与 Nino3 的负相关最强,达到 -0.6 以上;在海湾中心及斯里兰卡附近的正相关较弱,相关系数在 0.3 左右。这说明 ENSO 对孟加拉湾沿岸海平面影响较大,特别是对海湾东部和北部影响最大;孟加拉湾中心的海平面对 ENSO 的响应较弱,对 ENSO 为正位相相关。ENSO 主要影响孟加拉湾沿岸/四周海域的 SLA;而孟加拉湾四周的 SLA 变化对整个海湾 SLA 的贡献最大,即孟加拉湾四周 SLA 变化决定了整个海湾 SLA 的变化趋势。

4 海平面异常与风场的 CSVD 分解

由图 6 可以看出,孟加拉湾沿岸的 SLA 与 Nino3 指数的负相关最强。这意味着孟加拉湾的 SLA 对 ENSO 的响应时间非常迅速,在当月就达到了相关最大值。通过孟加拉湾局地风场驱动孟加拉湾 SLA 的变化,可能是 ENSO 影响孟加拉湾 SLA 变化的一个重要途径

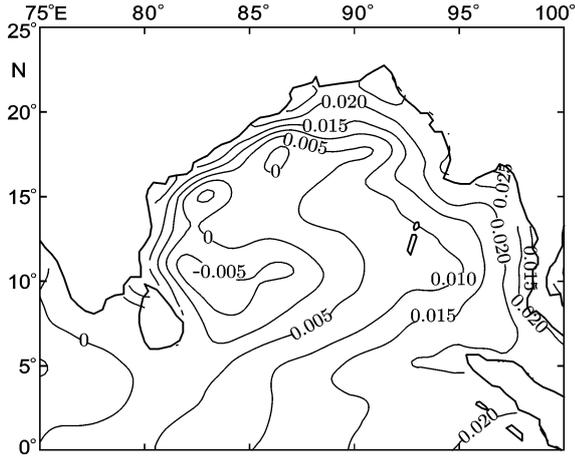


图4 孟加拉湾 SLA 的 EOF 分解第一模态空间分布
Fig.4 First EOF mode of the SLA in the Bay of Bengal, Spatial pattern

(Qiu et al, 2007)。

奇异值分解(Singular Value Decomposition, 简称为 SVD)是由 Prohaska(1976)在 1976 年提出的应用于气候诊断分析中的一种重要方法。通常对 2 个标量场之间采用 SVD 分析处理, 对标量场和矢量场之间采

用联合奇异值分解, 即 CSVD 分析处理。SVD 或者 CSVD 是通过不同变量场的奇异值分解, 获得不同变量场对相同物理过程响应的模态, 目的是显示两个变量场对相同物理过程如何响应, 并比较两个变量场的分布状态。因此, 作者将使用奇异值分解对孟加拉湾 SLA 与风场进行研究。

图 7、图 8 分别显示了孟加拉湾局地风场的 CSVD 第一模态(协方差贡献为 91.3%)的空间分布和 CSVD 第一模态的时间系数, 实线为 SLA 的时间系数, 虚线为风场的时间系数。由于孟加拉湾 SLA 的 CSVD 第一模态分布与 EOF 分解第一模态几乎相同, 只是符号相反, 故此处不再作图显示。SLA 时间系数与风场异常时间系数的同期相关系数为 0.73, SLA 第一模态的时间系数与 Nino3 的同期相关系数为 0.62, 风场异常的第一模态时间系数与 Nino3 指数的同期相关系数为 0.53。这说明孟加拉湾的 SLA 与风场异常的年际变化主模态是 ENSO 模态。由此认为, ENSO 通过影响孟加拉湾局地风场, 进而影响孟加拉湾 SLA 可能是其重要物理过程。

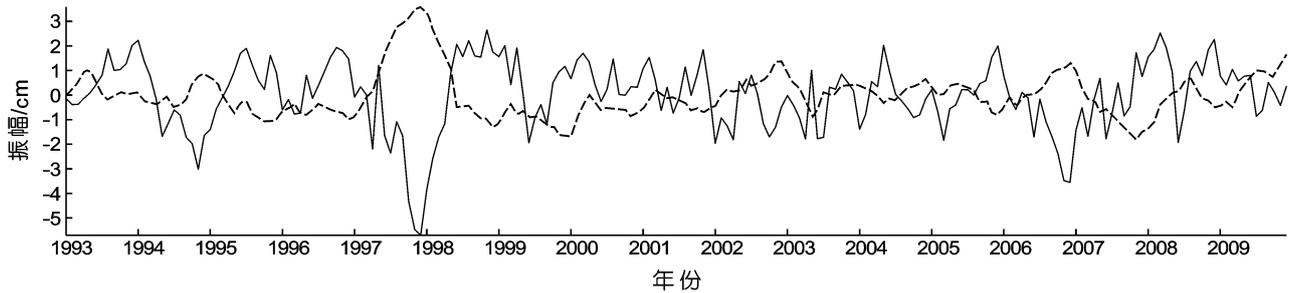


图 5 孟加拉湾 SLA 的 EOF 分解第一模态时间系数(实线)与 Nino3 指数(虚线)
Fig.5 First EOF mode of the SLA in the Bay of Bengal, Principal Component (solid line) and Nino3 Index (dash line)

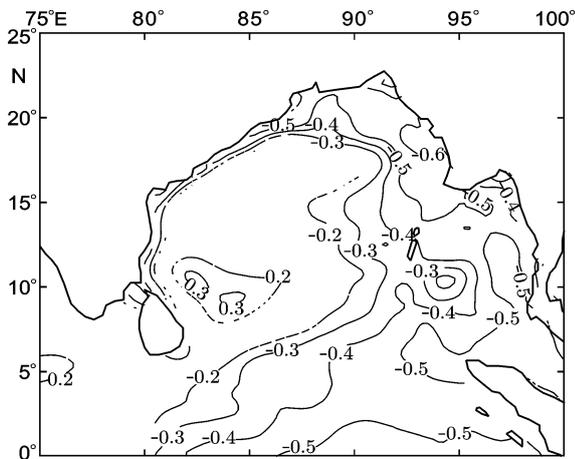


图 6 孟加拉湾 SLA 与 Nino3 指数的同期相关系数
Fig.6 Correlation Coefficient of SLA time series over Bay of Bengal and Nino3 Index

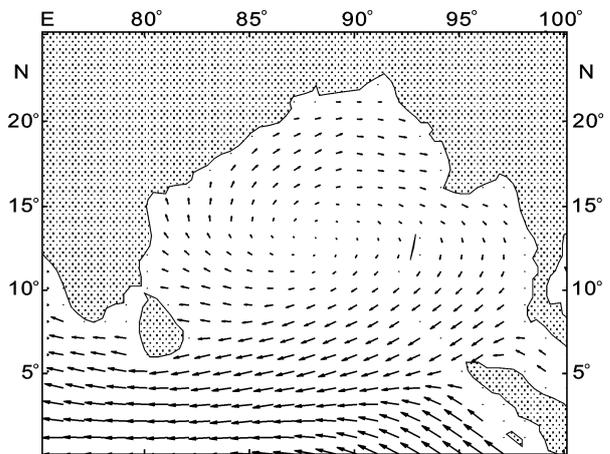


图 7 风场 CSVD 分解的第一模态空间分布
Fig.7 First CSVD mode of wind over Bay of Bengal, Spatial pattern

孟加拉湾局地风场和赤道东印度洋风场异常可以通过两种方式来影响孟加拉湾的 SLA。第一: 孟加拉湾局地风场的作用。反气旋式风场异常可能造成 Ekman 输运, 从而影响湾四周的海水流动, 使得在反气旋中心海水堆积, 海表面上升, 而在湾四周海水减少, 海表面下降。对应着湾内的 SLA 分布场, 湾四周的 SLA 是下降的, 而湾中心的是上升的。如 1994、1997 和 2006 年 El Niño 出现时, 孟加拉湾在反气旋式异常风场的控制下, 出现一个反气旋式的流场异常, 在科氏力的作用下, 海水向反气旋中心堆积, 而湾四周的海水减少。第二: 赤道东印度洋风场异常的远地作用。据 Rao 等 (2009) 的研究, 赤道印度洋西风异常会激发 Kelvin 波, 在苏门答腊岛分裂成南向、北向两支沿岸 Kelvin 波, 其中北向的一支可以绕孟加拉湾沿岸传播。赤道印度洋东风异常的年际变化造成沿岸 Kelvin 波的年际变化, 进而使得孟加拉湾沿岸 SLA 产生年际变化。

5 比容海平面异常与 ENSO

利用 1958 年 1 月—2007 年 12 月海水温度和盐度的 SODA 数据计算孟加拉湾的比容海平面异常。比容海平面异常(steric sea level anomaly) ΔH 的定义是

$$\Delta H = \int_{-H}^0 C(T, \rho) \Delta T(x, y, z) dz = \int_{-H}^0 \frac{\rho_R(x, y, z) - \rho(x, y, z, S, T)}{\rho_R(x, y, z)} dz$$

式中 S 和 T 分别是坐标 (x, y, z) 的海水盐度和温度, ρ 是海水密度, 密度是海水温度和盐度的非线性函数 (Gill, 1982); ρ_R 是参考密度, 它等于当盐度和温度取气候态平均值时的海水密度。

图 9 显示了孟加拉湾区域平均 SLA 和区域平均比容海平面异常, 这里的 SLA 和比容海平面异常都未剔除季节信号。图 9(上)实线代表 1993 年 1 月到 2007 年 12 月孟加拉湾区域平均 SLA, 虚线代表年周

期和半年周期分量的最小二乘拟合。图 9(中)与图 9(上)类似, 实线代表孟加拉湾区域平均的比容海平面异常; 图 9(下)实线代表 SLA 与比容海平面异常之差。SLA 与比容海平面异常之差季节信号占主导, 表明比容海平面异常与 SLA 在年际变化上没有明显差异。图 9(上)与图 9(中)显示了孟加拉湾区域平均的 SLA 和比容海平面异常在年际变化的幅度和位相上具有相同特征, 图 9(下)显示了孟加拉湾区域平均的 SLA 和比容海平面异常的差别几乎可以忽略。这表明从孟加拉湾区域整体看, 比容海平面异常对 SLA 年际变化做出了主要的贡献。因此, 孟加拉湾区域平均的 SLA 年际变化由比容海平面异常和局地风场异常的共同作用引起。

图 10 是 1958—2007 年孟加拉湾比容海平面异常与 Nino3 指数的小波相干。红色表示相干最大, 蓝色最小, 黑色实线内的区域表示相干通过了置信度 95% 的显著性检验。箭头表示二者之间的位相关系, 向右表示二者位相一致。两侧的锥形区域表示受边界效应影响的区域, 由于数据的时间序列的长度限制, 锥形以外区域不能确信。比容海平面异常和 Nino3 指数在 3.5—5.0 年尺度内相关显著, 说明比容海平面异常同 ENSO 密切相关。箭头向左, 说明孟加拉湾比容海平面异常与 Nino3 位相相反, 即厄尔尼诺事件发生的时候, 热带东太平洋海域 SST 升高, 而孟加拉湾平均的比容海平面下降。孟加拉湾是西太-东印度洋暖池的一部分, 当厄尔尼诺发生时, 暖池温度下降, 孟加拉湾海水温度也下降, 故热胀冷缩引起比容海平面降低。同时由图 10 可以发现, 1994 年以后, 相干区域变宽, 即相干的周期从 3.5—5.0 年增加到大约 2—7 年, 说明孟加拉湾的比容海平面受 ENSO 调制的波动范围变宽。

6 结论

通过对 MSLA/AVISO 高度计资料的分析, 发现

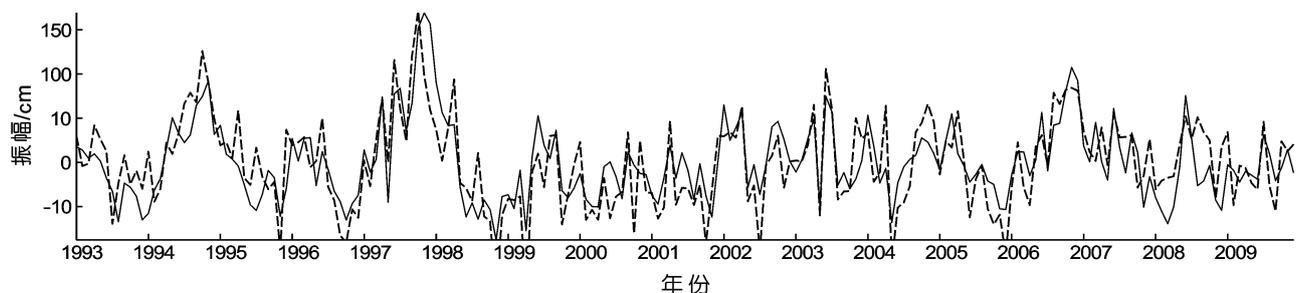


图 8 CSVD 第一模态的时间系数: SLA 的时间系数(实线), 风场的时间系数(虚线)

Fig.8 First CSVD mode, Time series of SLA (solid line) and wind (dash line)

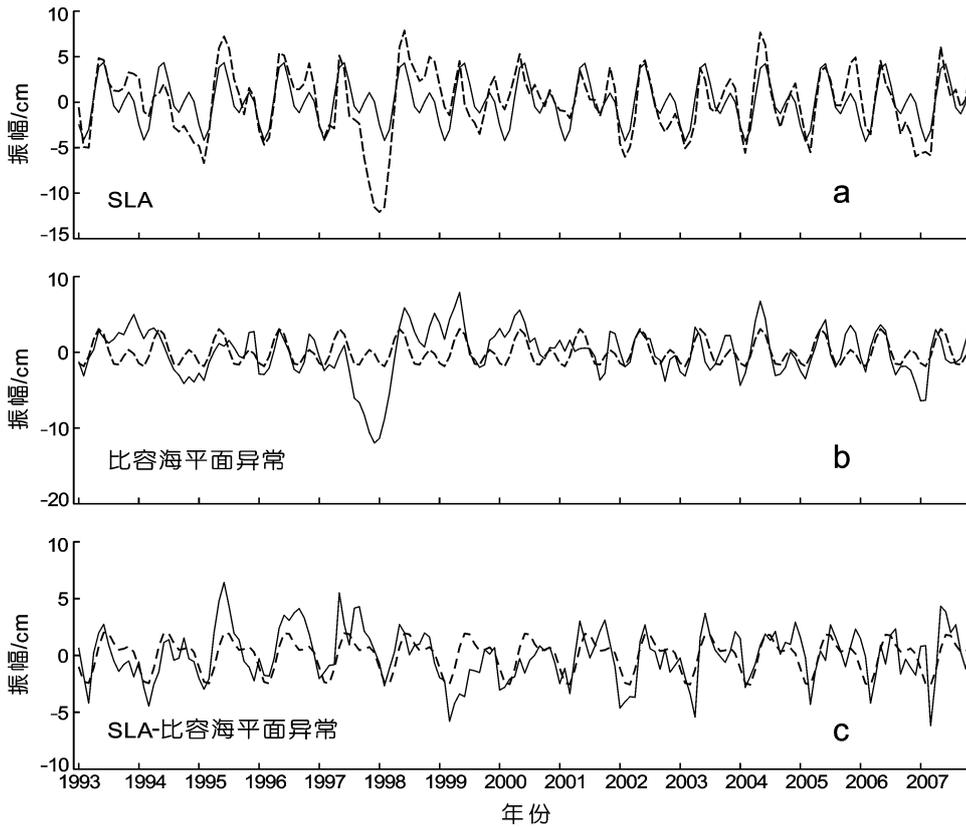


图 9 孟加拉湾区域平均 SLA 和比容海平面异常的比较:

实线代表海平面异常的时间序列(上图)、比容海平面异常的时间序列(中图)、海平面异常与比容海平面异常之差(下图); 虚线代表从实线拟合获得的年周期和半年周期分量

Fig.9 Comparison of SLA and steric sea level anomaly over Bay of Bengal, their annual fits are superposed by dash line

SLA over Bay of Bengal (top), steric sea level (middle) and SLA minus steric sea level (bottom)

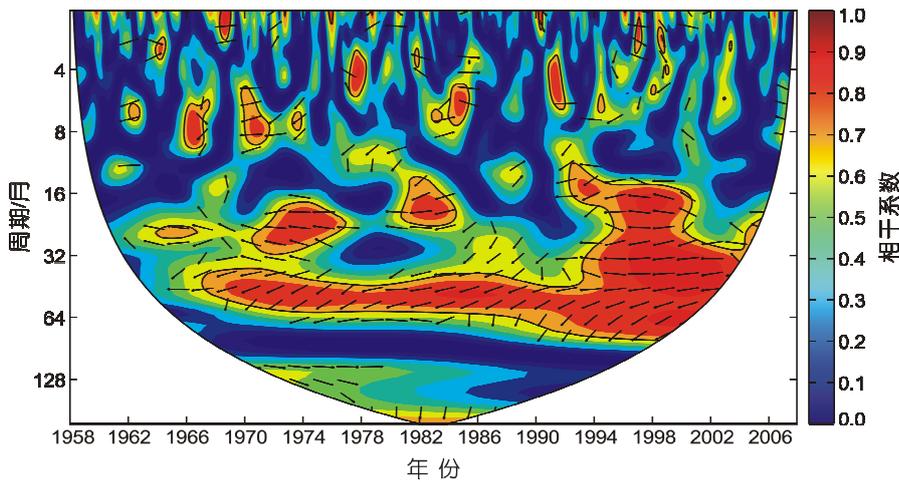


图 10 1958—2007 年孟加拉湾比容海平面异常与 Nino3 指数的小波相干

Fig.10 The wavelet coherence and phase relationship between Nino3 Index and SLA over Bay of Bengal

孟加拉湾平均海平面的变化与 ENSO 密切相关。ENSO 对孟加拉湾的影响有两条途径: 一条通过暖池

式风场, 风场可以通过 Ekman 抽吸造成海水的辐聚和辐散, 从而导致孟加拉湾四周海平面降低, 中间海

海水温度变化影响孟加拉湾, 为海洋途径; 另一条通过当地风场作用于孟加拉湾, 为大气途径。

综合以上分析, 可以得出如下几点结论:

(1) 对 1993 年 1 月—2008 年 12 月的高度计资料的分析表明, 孟加拉湾区域的海平面平均上升速率为 1.9 mm/a。孟加拉湾区域平均 SLA 和 Nino3 指数的年际分量之间有很好的负相关, 同期相关系数为 -0.58。与 Nino3(SST)一样, 孟加拉湾平均 SLA 的变化相对于东印/西太的赤道西风异常的变化滞后。厄尔尼诺事件发生时(如 1997 年), 孟加拉湾平均海平面出现负异常; 拉尼娜事件发生时(如 1998 年), 孟加拉湾平均海平面呈现正异常。这意味着孟加拉湾平均 SLA 明显地受 ENSO 现象的调制, ENSO 可造成孟加拉湾平均 SLA 的同期反位相响应。

(2) 孟加拉湾海平面异常年际变化的主模态为 ENSO 模态, 占方差贡献的 33.0%。厄尔尼诺年(如 1997 年), 孟加拉湾四周的 SLA 为负, 海平面下降, 在中心及斯里兰卡岛东侧的 SLA 为正, 海平面上升; La Niña 年则正好相反。ENSO 影响赤道及孟加拉湾风场, 进而影响孟加拉湾 SLA。厄尔尼诺事件发生时, 赤道东印度洋出现赤道西风异常, 引起孟加拉湾出现反气旋

平面升高。

(3) 孟加拉湾区域平均的 SLA 和比容海平面异常在年际变化的幅度和位相上具有相同特征, 它们之间的差别几乎可以忽略。这表明从区域整体看, 比容海平面异常对 SLA 年际变化做出了主要的贡献。孟加拉湾比容海平面异常依赖于该海域海水温度的变化。孟加拉湾是东印-西太暖池的一部分, 该海域海水温度的变化与暖池的海水温度变化是一致的, 故 ENSO 通过影响暖池的海水温度而影响孟加拉湾的比容海平面异常, 进而影响了 SLA 的异常。经小波相干分析发现, 在 3.5—5.0 年周期的范围, 孟加拉湾的比容海平面异常和 Nino3 指数存在位相相反的相干。位相相反意味着当厄尔尼诺事件发生的时候, 东热带太平洋海域 SST 升高, 而孟加拉湾平均的比容海平面下降。孟加拉湾是西太-东印度洋暖池的一部分, 当厄尔尼诺发生时, 暖池温度下降, 孟加拉湾海水温度也下降, 故热胀冷缩引起比容海平面降低。

参 考 文 献

- 高立宝, 于卫东, 2009. 孟加拉湾局地动力过程的季节变化研究. 海洋科学进展, 27(3), 312—323
- 傅云飞, 黄荣辉, 1996. 热带太平洋西风异常对 ENSO 事件发生的作用. 大气科学, 20(6): 641—654

- Gill A E, 1982. Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic Press, San Diego, 1—662
- Han W Q, Webster P J, 2002. Forcing mechanisms of sea level interannual variability in the Bay of Bengal. J Phys Oceanogr, 32, 216—239
- Prohaska J, 1976. A technique for analyzing the linear relationships between two meteorological fields. Mon Wea Rev, 104: 1345—1353
- Qiu Y, LI L, Yu W *et al*, 2007. Annual and interannual variations of sea level anomaly in the Bay of Bengal and the Andaman Sea. Acta Oceanologica Sinica, 26(6): 13—29
- Rao R R, M S Girish Kumar, M Ravichandran *et al*, 2009. Interannual variability of Kelvin wave propagation in the wave guides of the equatorial Indian Ocean, the coastal Bay of Bengal and the southeastern Arabian Sea during 1993-2006. Deep Sea Research I, 57: 1—13
- Rasmusson E M, Carpenter T H, 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/ El Niño. Mon Wea Rev, 110: 354—384
- Somayajulu Y K, Murty V S N, Sarma Y V B, 2003. Seasonal and inter-annual variability of surface circulation in the Bay of Bengal from TOPEX/Poseidon altimetry. Deep-Sea Research II, 50: 867—880
- Vivier F, Kelly K A, Harismendy M, 2005. Causes of large-scale sea level variations in the Southern Ocean: Analyses of sea level and a barotropic model. J Geophys Res, 110, C09014, doi:10.1029/2004JC002773

LOW FREQUENCY CHANGE OF SEA LEVEL ANOMALIES IN THE BAY OF BENGAL AND ITS RESPONSE TO ENSO

LÜ Xue-Zhu, LIU Yu-Guang, LI Yi-Fei, MA Wen-Tao

(Key Laboratory of Physical Oceanography, Ocean University of China, Qingdao, 266100)

Abstract The low frequency change of sea level anomalies (SLA) averaged in the Bay of Bengal was investigated on the basis of altimeter data given by CNES. The rising rate of mean sea level was 1.9 mm/a. Detailed analysis showed that the sea level variability was closely related to ENSO. When an El Niño event took place in 1997, the regional sea level of the Bay of Bengal showed a negative anomaly. When a La Niña event happened in 1998, a reverse situation took place. Sea level variability in the Bay of Bengal had a strong response to ENSO. Sea level variability in the Bay of Bengal and Nino3(SST) ran almost synchronously in opposite phase. ENSO can influence sea level change of the Bay of Bengal by influencing wind field over the bay and the equatorial area. During El Niño years, there was an anticyclone over the Bay of Bengal, causing an Ekman transport to pile up water in the centre and at the same time reducing the water around the bay. Wind anomaly over the equator area can excite Kelvin waves and influence water temperature over thermocline in the Bay of Bengal, changing the steric sea level and also the sea level. Steric sea level anomaly was the main reason for the low frequency change of the SLA. Through wavelet coherence analysis, it was found that the steric sea level anomaly had a good coherence with Nino3 on 3.5—5.0 year periods. The opposite phase indicated that when El Niño took place, SST over East Tropical Pacific increased and the mean steric sea level in Bay of Bengal decreased. Being part of the West Pacific-East Indian Ocean warm pool, the sea water temperature in Bay of Bengal lowered when an El Niño took place, causing the steric sea level to decrease.

Key words Sea level anomaly, Steric sea level anomaly, ENSO, EOF, CSVD, Wavelet coherence