

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2011.05.018

南海海表温度的低频变化及影响因素

李娟¹, 左军成¹, 李艳芳², 张蓓¹, 陈嫣红¹

(1. 河海大学物理海洋研究所, 江苏 南京 210098;
2. 中国海洋大学海洋环境学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 利用 1950—2010 年 HadISST1 海表温度分析了 1950—2010 年南海海表温度的季节、年际、年代际变化规律和空间分布, 并探讨了太平洋年代际振荡、厄尔尼诺/南方涛动、表面风和 El Nino Modoki 对南海海表温度的影响. 结果表明: 南海海表温度存在显著的季节、年际和年代际变化, 1975 年左右发生 1 次由低到高的跃变; 1950—2010 年间南海海表温度具有显著的线性上升趋势, 平均上升速率 $0.014^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 61a 共升高 0.84°C . 南海海表温度异常场分别存在着全海域同位相振荡和东南—西北向反位相振荡 2 个主要模态, 前者是主要模态, 以年际振荡为主, 而后者则是次要模态, 以季节振荡为主. 南海海表温度在秋、冬、春季呈现由南向北逐渐减低的特征, 夏季在越南沿岸有一冷中心, 受季风影响显著, 其分布季节变化明显, 冬、夏季表面风场的季节转换会影响南海海表温度季节性区域特征. El Nino Modoki 事件发生时, 西太平洋的偏冷水通过巴拉望海峡传到南海, 同时大气环流也发生了异常, 从而导致南海海表温度下降.

关键词: 南海; 海表温度; El Nino Modoki; 表面风

中图分类号: P731.11

文献标志码: A

文章编号: 1000-1980(2011)05-0575-08

海表温度不仅是用于描述海洋表层热状况的主要指标, 其异常还是海洋影响大气环流和气候变化的重要因子. 在海气相互作用研究中, 海表温度一直是人们观测、研究和预报的重要对象. 作为太平洋的西边界以及人类生活的陆地紧密相连的边缘海, 南海海表温度的长期变化颇受关注^[1].

南海是位于热带的一个半封闭深水海盆, 是典型的季风区, 季风决定着南海环流的基本状况, 从而影响南海海表温度的变化规律和空间分布. 大气主要通过风应力向南海提供动量, 从而影响和驱动南海上层海洋环流. 上混合层海水充分混合近乎均匀, 因此, 海表温度可以很好地表征上混合层温度^[2-3]. 随着全球气候变暖, 海洋平均温度也逐渐升高, 1961—2003 年期间全球上层 700 m 平均升温 0.1°C ^[4]. 在太平洋, 气候变暖导致了厄尔尼诺事件从 20 世纪 70 年代末开始特征显著改变, 周期变长、强度增大^[5-6], 使得海表升温更为突出. 南海中部的海表温度与南方涛动指数(SOI)和厄尔尼诺指数(MEI)有较好的相关性^[7-8], 南海季风与海表温度有着较好的相关性^[9]. Ashok 等^[10]提出了一种新的太平洋海温异常的分布形式, 其特点为中太平洋海温异常偏高, 而西、东太平洋海温异常偏低, 呈现出“三级型”的海温分布特点, 称之为 El Nino Modoki. El Nino Modoki 对南海海表温度的影响目前尚未见到相关文献.

关于大洋海表温度变化的研究已取得很多成果, 但南海海表温度的低频变化及其影响因素的研究成果还不够理想, 尤其是还没有文章涉及 El Nino Modoki 对南海海表温度的影响. 本文利用 HadISST1 海表温度资料, 对南海海表温度场时空特征和年际、年代际变化进行研究, 并探讨厄尔尼诺(Nino3)、太平洋年代际振荡(PDO)和表面风对南海海表温度场的影响, 以及 El Nino Modoki 对南海海表温度的影响.

1 资料及分析方法

本文使用的海表温度数据来源于 Met Office Hadley Centre 的全球月均海表温度资料(HadISST1)^[11], 覆盖全球, 空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 选取的时段是 1953—2010; 表面风场来源于 NCEP/NCAR 的再分析月均资料, 空

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2007CB411807); 国家自然科学基金(40976006); “十一五”重大水专项(2009ZX07423-001-2)

作者简介: 李娟(1985—), 女, 山东菏泽人, 博士研究生, 主要从事气候与海平面变化的研究. E-mail: twlj0419@126.com

间分辨率是 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 时段为 1950—2010 年; 海域范围为 ($0^{\circ}\text{N} \sim 25^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\text{E} \sim 125^{\circ}\text{E}$).

El Nino Modoki 指数 (I_{EMI})^[9] 由下式计算:

$$I_{EMI} = T_{CP} - 0.5T_{WP} - 0.5T_{EP}$$

式中, T 为区域平均海表温度异常值, CP 代表的海域为 ($165^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{W}$, $14^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$), WP 代表的海域为 ($125^{\circ}\text{E} \sim 145^{\circ}\text{E}$, $10^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$), EP 代表的海域为 ($110^{\circ}\text{W} \sim 70^{\circ}\text{W}$, $15^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$).

本文利用经验正交函数分解法 (EOF) 分析南海海表温度异常场的时空变化特征, 运用随机动态分析方法^[12] 分析南海海表温度的变化周期和长期变化趋势, 根据相关分析探讨南海海表温度与表面风场的关系.

2 结果和讨论

2.1 南海海表温度的时空变化特征

南海海表温度变化幅度存在较大的空间差异, 由南向北逐渐增大, 台湾海峡和北部湾是变化最剧烈的海域, 最小值出现在南海东南部海域(图 1(a)). 1950—2010 年的 61a 南海各个海域海表温度都存在不同程度的上升趋势(图 1(b)): 南海中部和台湾海峡是上升最快的海域; 北部湾、泰国湾及巴拉望海峡以东海域上升速率较小.

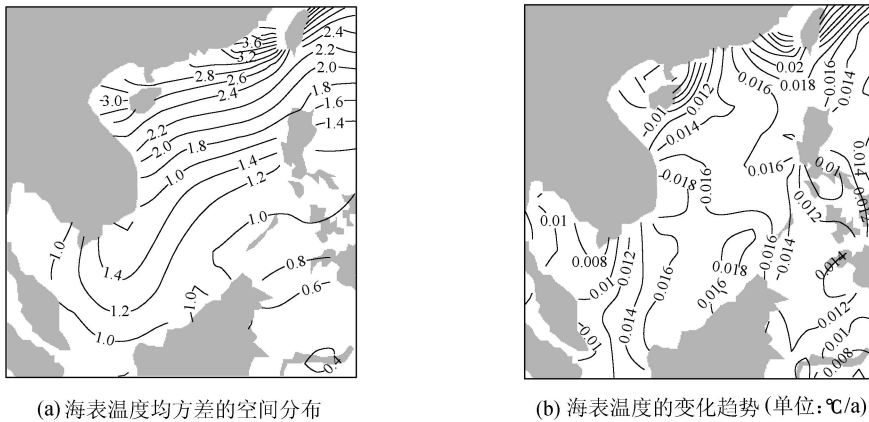


图 1 1950—2010 年南海海表温度的均方差分布及变化趋势

Fig. 1 Mean square deviation distribution and change trend of SST in SCS from 1950 to 2010

南海海表温度具有显著的季节变化特征, 该季节变化叠加在显著上升趋势之上(图 2). 利用随机动态分析方法^[12] 分析得到 1950—2010 年南海海表温度上升速率为 $0.014^{\circ}\text{C}/\text{a}$, 1950—2010 年间, 整个南海平均海表温度增加了 0.84°C , 与蔡榕硕等^[13] 研究南海海表温度得到的结论一致. 图 3 为南海平均海表温度距平 3a 低通滤波信号. 由图 3 可以看出, 南海空间平均海表温度明显受大气和海洋变化的影响, 大致以 1975 年为界, 海表温度出现了一次显著的跃变. 在 1975 年前的几十年中, 海表温度基本上呈微弱的下降趋势; 跃变之后, 月平均海表温度一直保持在相对较高的数值(图 2), 并且有非常显著的持续升高趋势^[14]. 从图 2 可以看出, 1967 年、1973 年、1988 年和 1998 年的年较差和年极值都很大, 也恰好对应着几次典型的 El Nino 年(图 4(a)).

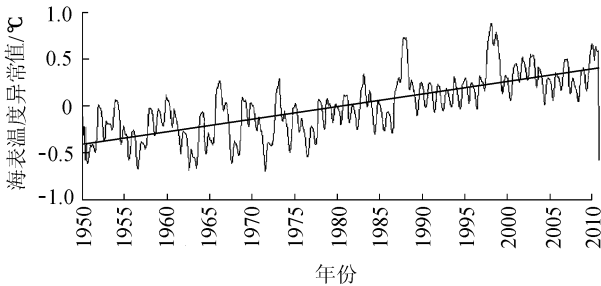


图 2 1950—2010 年月均海表温度距平
Fig. 2 Monthly average SST anomaly
from 1950 to 2010

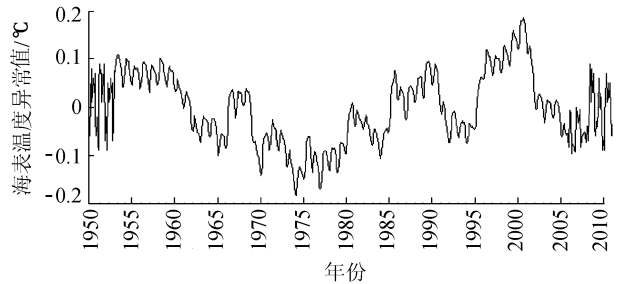


图 3 月均海表温度距平 3a 低通滤波信号
Fig. 3 Monthly average SST anomaly
three year low pass filter

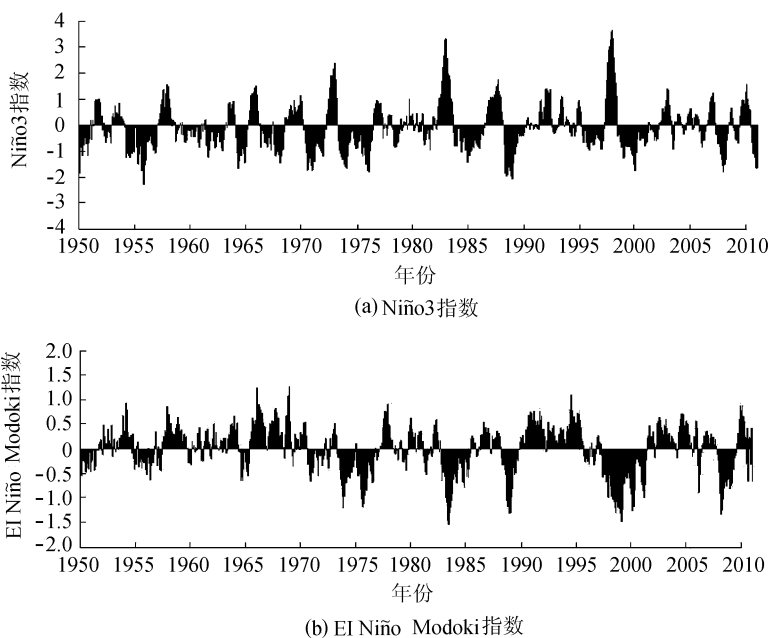


图 4 1950—2011 年 Niño3 指数和 EI Niño Modoki 指数

Fig. 4 Niño3 index and EI Niño Modoki index from 1950 to 2010

对南海月均海表温度距平时间序列进行功率谱分析发现,南海平均海表温度具有显著的年周期、半年周期和 25 个月周期信号,其中年周期是主要周期信号(图 5).

厄尔尼诺/南方涛动(ENSO)已被认为是海洋和大气年际变化的最主要信号,它的发生、发展会带来全球性海洋、气候的异常并造成严重灾害,进而影响区域海洋各种要素的年际变化. PDO 作为一种年代到年代际时间尺度上的气候变率强信号,既是叠加在长期气候趋势变化上的扰动,可直接造成太平洋及其周边地区(包括东亚地区)气候的年代际变化,

又是年际变率的重要背景,对东亚气候系统年际变化(如 ENSO 年际变化频率和强度及其影响)具有重要的调节作用,使得东亚季风降水年际变化复杂化.

由于原始的南海海表温度距平的时间序列中含有很强的季节信号及上升趋势,本文去掉趋势项和年信号及半年信号的残差序列与 EI Niño 和 PDO 信号进行比较,寻找南海海表温度年际变化与 EI Niño 和 PDO 的联系. 图 6 为南海海表温度距平和 Niño3 指数及 PDO 指数的过程曲线. 从图 6 可以看出,南海海表温度距平与 EI Niño 和 PDO 存在着显著的相关关系:海表温度距平与 Niño3 指数和 PDO 指数存在明显的正相位相关关系,海表温度距平滞后 EI Niño 和 PDO 7 个月达到最大相关,最大相关系数达 0.65. 当 EI Niño 和 PDO 正相位比较强时,南海海表温度表现为较高值;EI Niño 和 PDO 负相位比较强时,南海海表温度表现为较低值. 当这种低频的高值或低值恰好与海表温度高频变化的极值相遇,则会出现更显著的海表温度极值.

2.2 南海海表温度的模态

应用 EOF 分析南海海表温度异常,得到前 4 个模态的方差贡献分别为 64.8%, 8.1%, 6.9% 和 3.3%, 前 2 个模态共概括了 73.9% 的信息, 本文主要分析前 2 个模态的时空变化特征.

2.2.1 第 1 模态的时空特征

第 1 模态的空间分布在整个南海相位一致(图 7),南海中部(10°N ~ 15°N)和台湾海峡(23°N ~ 25°N)是 2 个最大正值中心, 低值区位于南海东南部海域(0~ 6°N). 功率谱分析结果表明, 第 1 模态时间系数具有显著的准 2 年和 3.7 a 变化周期, 经过 10 a 低通滤波后的主要周期是 21 a. 由此可见, 第 1 模态时间系数具有明显的年际和年代际变化特征, 与 Niño3 指数正相关, 海表温度滞后 EI Niño 6 个月达到最大相关, 最大相关系数为 0.72. 海表温度大的正值出现在 EI Niño 事件的当年或次年; 大的负值则出现在 La Niño 事件的当年或次

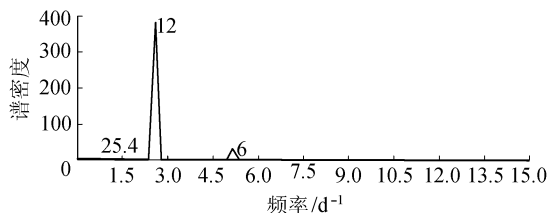


图 5 月均海表温度异常的功率谱分析

Fig. 5 Power spectrum of monthly average SST anomaly

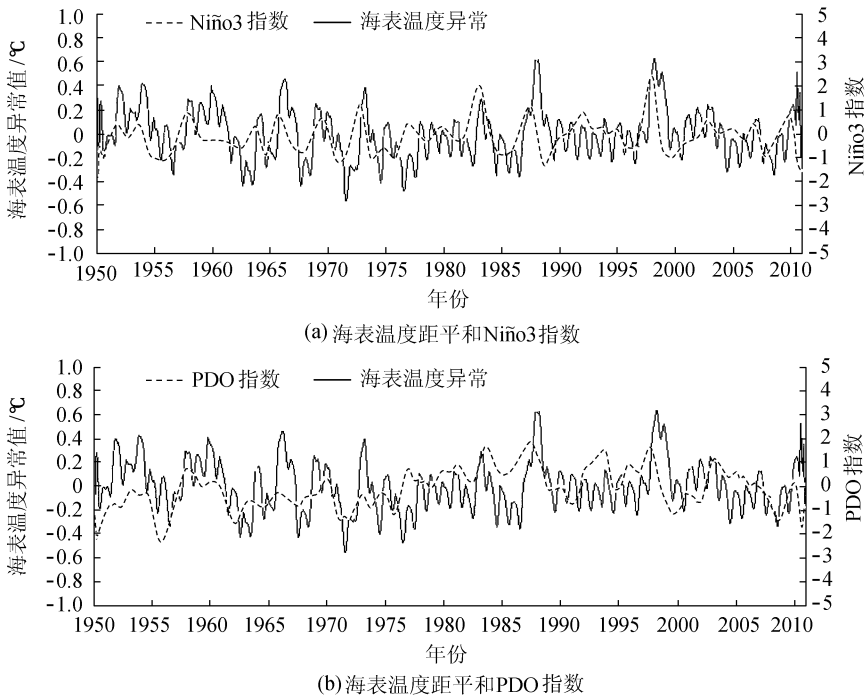


图 6 南海月均海表温度残差和 Niño3, PDO 指数

Fig. 6 Time series of monthly average SST residuals, Niño3 index and PDO index in SCS

年. 结合第1模态的空间分布可见, 南海海表温度在 El Nino 事件的当年或次年升高, 而在 La Nino 事件的当年或次年则降低.

2.2.2 第 2 模态的时空特征

第2模态的空间分布和时间系数与第1模态完全不同(图8), 主要负值区在台湾海峡、吕宋海峡、巴拉望海峡的以东海域, 全海域的最大负值区位于南海东北部台湾海峡附近海域. 南海的中部及西南海域为正值区, 正值区占据南海的大部分, 最大正值中心位于泰国湾的外海海域(8°N ~ 12°N, 103°E ~ 107°E). 南海的海表温度异常场还存在东南-西北向的反位相振荡, 其振荡周期以季节变化为主, 时间系数呈现出明显的年际变化和年代际变化特征.

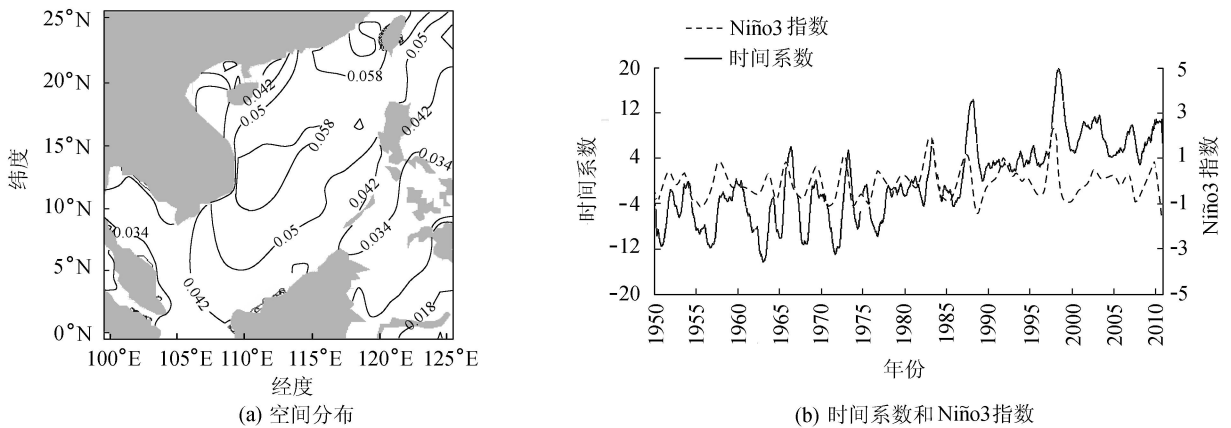


图 7 南海海表温度异常 EOF 分解第 1 模态的空间分布和时间系数、Niño3 指数

Fig. 7 Spatial distribution, time coefficient, and Niño3 index of first EOF mode for SST anomaly in SCS

2.3 南海海表温度季节变化与表面风场的关系

利用 HadISST1 最优插值海表温度资料和 NCEP/NCAR 表面风资料来研究南海海表温度和表面风的气候态分布, 进而分析表面风场对南海海表温度的影响. 由图 8 可见, 秋、冬、春季南海海表温度呈南高北低分布型: (a) 温度由西北向东南逐渐升高, 巴拉望岛至加里曼丹岛西海岸附近海表温度全年高于 28.5 °C; (b) 温度由南向北逐渐降低, 全年 30 °C 以上的高温暖水仅局限于菲律宾以西海域(10°N ~ 20°N, 115°E ~ 120°E). 夏季

海表温度在越南沿岸有一冷中心, 原因是南部反气旋和北部气旋环流之间强的向东输送越南沿岸上升的冷水离岸^[15]. 南海海表温度分布存在明显的季节变化, 其中表层水温主要取决于海面浮力通量. 菲律宾以西海域海表温度常年高于 28℃, 可称为高温暖水, 暖水形成的机制主要是春季南海中部的反气旋式风场导致的下沉气流可抑制海面蒸发, 增加海面吸收的太阳辐射, 还可在海洋中产生反气旋式环流, 使表层暖水向环流中心集结, 抑制了上升流, 从而抑制了海水垂直混合, 这些都有利于海表温度的迅速升高^[16].

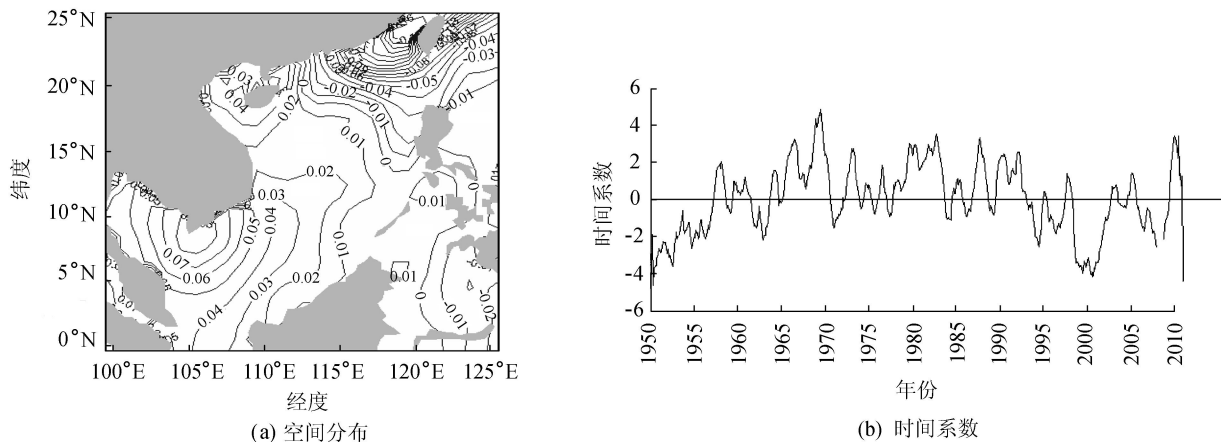


图 8 南海海表温度异常场 EOF 分解第 2 模态的空间分布及其时间系数

Fig. 8 Spatial distribution and time coefficient of second EOF mode for SST anomaly in SCS

南海海表温度的季节变化主要受太阳高度角、海面盛行风、海气界面热通量、海流分布、与邻近海域的水交换以及陆地径流等热力学、动力学因素制约^[17-18]. 本文着重从表面风场这一动力因素对南海海表温度的影响进行分析. 结合本文的分析可知: 冬季风来自中纬度大陆地区, 使得南海上空盛行干冷的偏北风; 而夏季风则来自于热带海洋, 导致南海上空盛行暖湿的偏南风. 通过海气界面热量和动量的直接交换, 冬、夏季低空气流性质和流向的季节转换必然影响南海海表温度季节性区域特征(图 9). 夏季南海海表温度年际变化最大的区域位于南海中部, 对应着夏季南海冷丝. 该冷水区主要是由夏季西南季风在越南沿岸引起的上升流导致的^[19]. 可见, 南海夏季具有越南沿岸冷中心的现象, 是季风驱动下 WBC 对温度的平流作用所致. 越南冷涡对应越南沿岸上升流, 冷水中心在 12°N~13°N 之间, 它的生命仅 3 个月(6~8 月), 平均水平宽度约 3 个经度, 这在夏季海洋上层温度场上有明显体现^[20-21].

2.4 EI Nino Modoki 对南海海表温度的影响

EI Nino Modoki 是 Ashok 等^[10]在 2007 年提出的一种新的太平洋海温异常分布形式, 与 EI Nino 年东太平洋海温偏暖、西太平洋海温偏冷的偶极型海温分布不同. 本文对 EI Nino Modoki 对南海海表温度年际变化的影响进行探讨.

去除南海海表温度的年信号、半年信号及趋势项的残差序列与 EI Nino Modoki 进行比较, 分析可知, 在 1972—2010 年间, EI Nino Modoki 与南海海表温度存在明显的反相位关系. EI Nino Modoki 负相位信号比较强时, 南海海表温度提前 8 个月表现为较大值(图 10). EI Nino Modoki 事件(1994 年, 2002 年, 2004 年)发生期间, 南海海表温度呈现微弱的下降趋势; 发生时中太平洋海温异常偏高, 而西、东太平洋海温异常偏低, 呈现出“三级型”的海温分布特点^[8]. 西太平洋偏冷的海水通过巴拉望海峡传到南海, 同时大气环流异常也会影响南海海表温度的变化, 导致南海海表温度在 EI Nino Modoki 事件的当

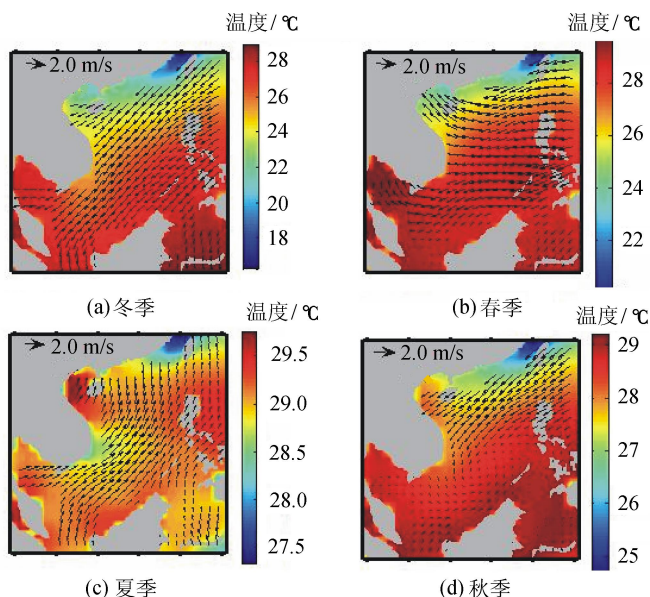


图 9 南海气候态的季节海表温度场和表面风场

Fig. 9 Climatic state season SST and surface wind field in SCS

年和次年温度偏低。

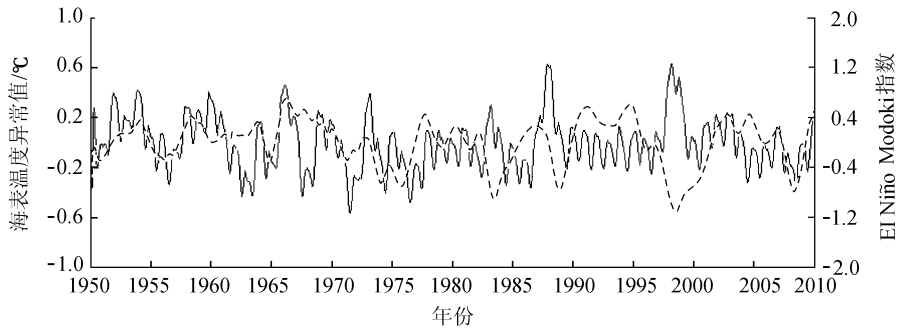


图10 1950—2010年南海月均海表温度残差与El Niño Modoki指数

Fig. 10 Time series of monthly average SST residuals and El Niño Modoki index from 1950 to 2010

从图11可以看出,南海大部分海域的海表温度2004年1月比2005年1月偏高,而2004年4月比2005年4月偏低,可推测El Niño Modoki事件发生在2004年春季,消亡在2005冬季。El Niño Modoki年南海中部和泰国湾的海表温度下降最明显,而苏禄海和苏拉威西海的海表温度有所升高,吕宋海峡和台湾海峡附近海域的海表温度基本不变。El Niño Modoki年南海海表温度下降的原因可能由于El Niño Modoki通过遥相关导致南海上空的大气环流异常,异常的大气环流和西太平洋西传的片冷水共同影响南海海表温度的变化。

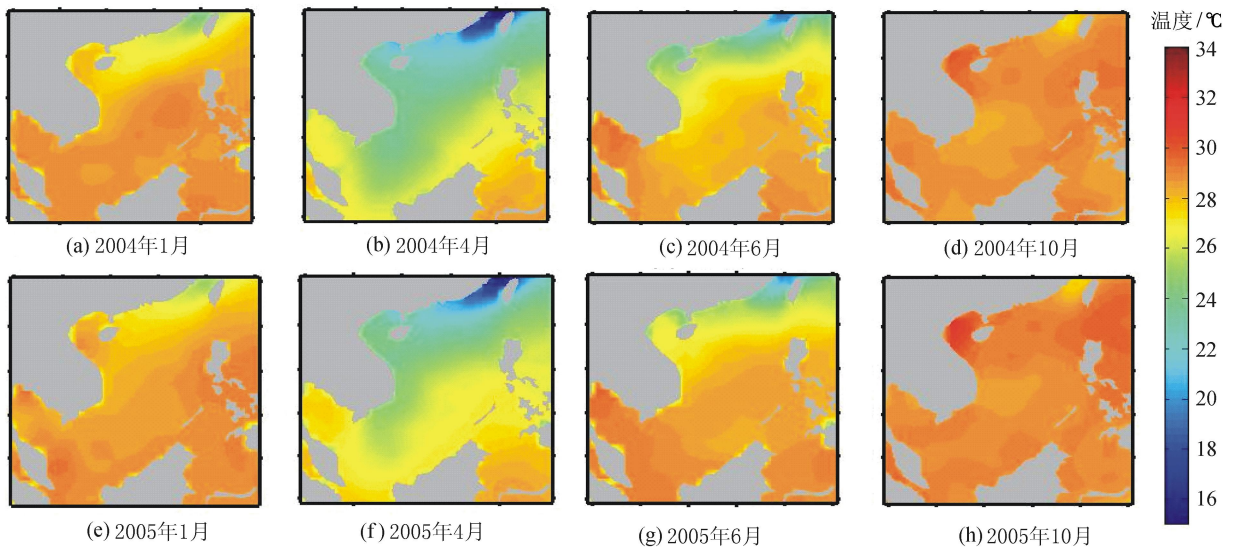


图11 南海海表温度场在2004—2005年El Niño Modoki事件发生期间的演变过程

Fig. 11 Evolution process of SST field in El Niño Modoki event during 2004 to 2005 in South China Sea

3 结 语

a. 南海海表温度存在显著的季节、年际、年代际变化,1975年左右发生1次由低到高的跃变。1950—2010年间南海海表温度具有显著的线性上升趋势,平均上升速率 $0.014\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,61a共升高了 $0.84\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

b. 南海海表温度异常场分别存在着全海域同位相振荡和东南—西北向反位相振荡2个模态,前者是主要模态,以年际振荡为主,而后者则是次要模态,以季节振荡为主。

c. 南海海表温度在秋、冬、春季呈现由南向北逐渐降低的特征,夏季在越南沿岸有一冷中心。南海海表温度的季节变化有显著的空间差异,受季风影响显著,冬、夏季表面风场的季节转换影响了南海海表温度季节性区域特征。

d. El Niño Modoki事件发生时,南海中部和泰国湾的海表温度下降最明显,而苏禄海和苏拉威西海的海表温度有所升高。导致南海海表温度下降的原因可能是由于西太平洋的偏冷水通过巴拉望海峡传到南海,同时大气环流也发生了异常。

参考文献:

- [1] 冯琳,林霄沛. 1945—2006年东中国海海表温度的长期变化趋势[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版, 2009, 39(1): 13-18. (FENG Lin, LIN Xiaopei. Long term trend of the East China sea surface temperature during 1945—2006[J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(1): 13-18. (in Chinese))
- [2] QIU Bo. Interannual variability of the Kuroshio extension system and its impact on the wintertime SST field[J]. Journal of Physical Oceanography, 2000, 30: 2124-2137.
- [3] QIU Bo. Kuroshio extension variability and forcing of the Pacific decadal oscillations: responses and potential feedback[J]. Journal of Physical Oceanography, 2003, 33: 2465-2482.
- [5] ZHANG Qirong, WENG Xuechuan, CHENG Minghua. Regional features of long term SST variation in the western Pacific warm pool area[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2001, 19(4): 3122-318.
- [6] CHU P C, LU S, CHEN Y. Temporal and spatial variabilities of the South China Sea surface temperature anomaly[J]. J Geoph Res, 1997, 102(C9): 20937-20955.
- [7] 王卫强,王东晓,施平. 南海大尺度动力场年循环和年际变化[J]. 热带海洋学报, 2001, 20(1): 61-68. (WANG Weiqiang, WANG Dongxiao, SHI Ping. Annual and interannual variations of large scale dynamic field in South China[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2001, 20(1): 61-68. (in Chinese))
- [8] 陈海英,方国洪,乔方利,等. 南海海面温度与 El Nino/DMI 指数年际变异的相关性析[J]. 海洋科学进展, 2007, 25(1): 20-27. (CHEN Haiying, FANG Guohong, QIAO Fangli, et al. Correlation analysis of interannual variabilities in SST in SCS and Nino/DMI indices[J]. Advances in Marine Science, 2007, 25(1): 20-27. (in Chinese))
- [9] 冯娟,李建平. 南海夏季风变化及其与全球大气和海温的关系[J]. 大气科学, 2009, 33(3): 568-580. (FENG Juan, LI Jianping. Variation of the South China Sea summer monsoon and its association with the global atmosphere circulation and sea surface temperature[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2009, 33(3): 568-580. (in Chinese))
- [10] ASHOK K, BEHERA S K, RAO S A, et al. El Nino Modoki and its possible teleconnection[J]. J Geophys Res, 2007, 112: C11007.
- [11] RAYNER N A, PARKER D E, HORTON E B, et al. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century[J]. Geophys Res, 2003, 108: 4407.
- [12] 左军成,陈宗镛,戚建华. 太平洋海平面变化及与厄尔尼诺的关系[J]. 青岛海洋大学学报:自然科学版, 1997, 27(4): 446-452. (ZUO Juncheng, CHEN Zongyong, QI Jianhua. Sea level variation characteristics in the Pacific Ocean and its relationship with EL Nino phenomenon[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1997, 27(4): 446-452. (in Chinese))
- [13] 蔡榕硕,张启龙,齐庆华. 南海表层水温场的时空特征与长期变化趋势[J]. 台湾海峡, 2009, 28(4): 559-568. (CAI Rongshuo, ZHANG Qirong, QI Qinghua. Spatial and temporal oscillation and long term variation in the sea surface temperature field of the South China Sea[J]. Journal of Oceanography Tai Wan Strait, 2009, 28(4): 559-568. (in Chinese))
- [14] 蔡榕硕,陈际龙,谭红建. 全球变暖背景下中国近海表层海温变异及其与东亚季风的关系[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(1): 94-104. (CAI Rongshuo, CHEN Jilong, TAN Hongjian. Variations of the sea surface temperature in the offshore area of China and their relationship with the East Asian monsoon under the global warming[J]. Climatic and Environmental Research, 2011, 16(1): 94-104. (in Chinese))
- [15] 蔡树群,苏纪兰,甘子钧. 南海上层环流对于季风转变的响应[J]. 热带海洋学报, 2001, 20(1): 52-60. (CAI Shuqun, SU Jilun, GAN Zijun. Response of South China Sea upper circulation to monsoon transition[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2001, 20(1): 52-60. (in Chinese))
- [16] 刘秦玉,李薇,徐启春. 东北季风与南海海洋环流的相互作用[J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(5): 493-502. (LIU Qinyu, LI Wei, XU Qichun. Interaction between the northeast monsoon and ocean circulation in South China Sea[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1997, 28(5): 493-502. (in Chinese))
- [17] 王东晓,周发琇,李永平. 南海表层水温和热收支的年循环特征[J]. 海洋学报, 1997, 19(3): 33-44. (WANG Dongxiao, ZHOU Faxiu, LI Yongping. Annual circulation characteristics of South China Sea surface temperature and thermal balance of payments[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1997, 19(3): 33-44.
- [18] 王卫强,王东晓,齐义泉. 南海表层水温年际变化的大尺度特征[J]. 海洋学报, 2000, 32(4): 8-16. (WANG Weiqiang, WANG Dongxiao, QI Yiquan. Large scale characteristics of interannual variability of sea surface temperature in the South China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2000, 32(4): 8-16. (in Chinese))
- [19] 蔡树群,苏纪兰,甘子钧,等. 冬季南海上层环流特征及其动力机制的数值研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 14-23. (CAI Shuqun, SU Jilun, GAN Zijun, et al. The numerical study on the dynamic mechanism of the South China Sea upper circulation in winter

- [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2001, 23(5): 14-23. (in Chinese)
- [20] 刘秦玉, 杨海军, 李薇, 等. 吕宋海峡上层纬向海流及质量输送[J]. 海洋学报, 2000, 22(2): 1-8. (LIU Qir yu, YANG Hai jun, LI Wei, et al. Velocity and transport of the zonal current in the Lùsong Strait[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2000, 22(2): 1-8. (in Chinese))
- [21] 杨海军, 刘秦玉. 南海上层水温分布季节特征[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(5), 501-507. (YANG Hai jun, LIU Qir yu. The seasonal features of temperature distribution in the upper layer of the South China Sea[J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1998, 29(5): 501-507. (in Chinese))

Low-frequency variation and influence factors of sea surface temperature in South China Sea

LI Juan¹, ZUO Jun-cheng¹, LI Yan-fang², ZHANG Bei¹, CHEN Yan-hong¹

(1. *Institute of Physical Oceanography, Hohai University, Nanjing 210098, China;*

2. *College of Physical and Environmental Oceanography, Ocean University of China, Qingdao 266100, China*)

Abstract: Based on the HadSST1 sea surface temperature(SST) data from 1950 to 2010, the seasonal, interannual, and interdecadal variations, and the spatial distribution of the SST in the South China Sea(SCS) from 1950 to 2010 were studied. The influences of the Pacific decadal oscillation, surface wind, and ENSO Modoki on the SST in the SCS were examined. The results show that the SST in the SCS exhibits significant seasonal, interannual, and interdecadal variations, and experienced a climate jump from low to high in 1978. The SST in the SCS linearly increased at an average velocity of 0.015 °C/a from 1950 to 2010, and raised 0.84 °C totally. The SST anomaly fields of the SCS in the SST have two major patterns: interannual in-phase oscillation and seasonal out-of-phase oscillation between the southeast and northwest directions. The SST in the SCS decreases gradually from south to north in autumn, winter, and spring, and a cool center exists at the Vietnam coast in summer. The seasonal variation of the SST in the SCS exhibits different spatial distributions, which is influenced obviously by monsoon. The seasonal transfer of the surface wind field in winter and summer has an influence on the SST seasonal regional characteristics. In the Modoki ENSO event, the cold water of the western Pacific flows into the SCS through Palawan Strait, and the atmospheric circulation anomalies occur, which cause SST to decrease.

Key words: South China Sea; sea surface temperature; El Niño Modoki; surface wind