

中低纬度海表面温度日变化特征分析

王剑^{1,2}, 凌铁军^{1,2}, 韩雪^{1,2}

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 国家海洋局海洋灾害预报技术研究重点实验室, 北京 100081)

摘要: 针对海表面温度日变化幅度, 基于观测数据, 建立经验诊断模型。利用 30 a 再分析数据计算得到时间跨度为 30 a、水平分辨率约为 0.3° 的 DSST 逐日数据集, 并对 DSST 时空变化规律进行了分析。分析表明: DSST 空间变化明显, 北半球的平均 DSST 高于南半球。DSST 具有明显的季节变化, 西太平洋暖池区域在秋季 DSST 值域较大, 东太平洋则四季均具有较大的 DSST; 热带大西洋全年整体 DSST 变化不明显; 印度洋由于受季风影响, 阿拉伯海和孟加拉湾的 DSST 值域夏季小于冬季。太阳短波辐射和风速因素是造成上述特征的主要原因。DSST 30 a 的异常值长期变化不大, 但年际振荡明显, 整体年际变化异常趋势存在下降趋势。DSST 与 ENSO 事件具有较好的相关性。

关键词: 海表面温度; 日变化; 经验模型

中图分类号: P731.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)06-0001-07

1 引言

海表面温度 (Sea Surface Temperature, SST) 是海气相互作用最重要的因子, 它是大气的下边界, 又受大气条件的控制, 天气到气候时间尺度的变化都与其相关。由太阳辐射和地球旋转引起的 SST 日变化是 SST 最重要的变化之一^[1]。前人研究表明: SST 日变化较大值多出现在夏季中纬度地区和靠近陆地的热带海洋区域^[2]。在特殊情况下, SST 日变化的振幅可以超过 6°C^[3]。SST 日变化对感热、潜热、向上的长波辐射等通量有明显的累积影响效应^[4], 对印度洋和西北太平洋季节内振荡 (Madden-Julian Oscillation, MJO) 的传播特征也具有重要影响^[5], 并影响到长时间尺度的海洋和大气过程^[6-7]。在数值模拟研究中, SST 日变化对于真实的模拟西北太平洋暖池海表热通量季节内振荡起到了关键作用^[8], 忽略 SST 日变化会使海洋大气耦合模式模拟的 ENSO 振幅降低 15%^[6]。SST 日变化对沿海地区的气温预报也有着重要作用^[9]。所以研究 SST 日变化对天气到气候时间尺度、对局地与非局地影响

具有科学意义与应用价值。

影响 SST 日变化振幅的主要因素有表面辐射、风、降水、盐度等, 其中最核心的强迫因素为太阳短波辐射和风速^[10-12]。国内外学者已经利用这两个主要因素对 SST 日变化进行了大量的研究。

对于 SST 日变化研究的主要方法有观测研究、统计分析和数值模拟。目前国内外学者主要针对特定区域、较短时间跨度的 SST 日变化开展研究。Kawai 等^[13]利用 4 a 卫星遥感数据和改进的经验模型诊断分析了西太平洋 SST 日变化的时空变化; Karagali 等^[14]使用 6 a 的卫星遥感数据研究了大西洋 SST 日变化周期变化特征; 林鹏飞等^[15]用 12 a 卫星观测资料和气候系统海洋环流模式模拟了东太平洋冷舌区 SST 日变化特征; 杨洋等^[16]利用 7 a 浮标观测数据和一维海洋混合层模式研究了热带印度洋季节内振荡对海表温度日变化的影响; 洪星园等^[17]利用 10 a 卫星数据反演结果研究了热带海表风速和 SST 日变化的关系。

由于高时频 SST 大面观测数据极为有限, 长时间序列的、区域覆盖较为完整的 SST 日变化数据缺

收稿日期: 2017-02-28; 修回日期: 2017-03-22。

基金项目: 国家自然科学基金(41376016, 41306007); 国家海洋局“全球变化与海气相互作用”专项(GASI-IPOVAI-06)。

作者简介: 王剑(1987-), 女, 工程师, 硕士在读, 主要从事海气相互作用方向研究。E-mail: wangjian@nmefc.gov.cn

通讯作者: 凌铁军(1973-), 男, 研究员, 博士, 主要从事数值预报技术研究。E-mail: lingtj@nmefc.gov.cn

乏,所以对 SST 日变化开展全面的研究还很少。因此本文将使用再分析资料应用于改进的经验模型,分析全球中低纬度区域,时间跨度 30a 的 SST 日变化幅度(Sea Surface Temperature Diurnal Amplitude, DSST)变化规律。

2 数据来源

2.1 浮标观测资料

本文整理了美国国家数据与浮标中心(National Data Buoy Center, NDBC)全球 2010—2012 年逐时浮标观测数据,包括风速、风向、太阳辐射、气压、湿度、海表面温度等参数。其中太阳辐射的观测仪器为 LI-COR、LI-200 硅晶体短波辐射传感器或是埃普利 PSP 高精度光谱日射强度计。仪器用来测量向下的太阳短波辐射。本研究使用的是太阳短波辐射表面向下的数据。

本文采用的美国伍兹霍尔海洋研究所 IMET 浮标数据是热带海洋与全球大气—海气耦合响应实验(TOGA COARE)强化观测期间的观测资料。浮标位于 $1^{\circ}45'S$, $156^{\circ}E$ 。包括感热、潜热、短波辐射、风应力、海表面温度等参数。时间跨度为 1992 年 10 月—1993 年 3 月。

2.2 再分析资料

采用的 CFSR 再分析数据集是美国环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)研制的覆盖全球大气、海洋、陆面的高分辨率再分析资料。资料格距为 $0.3^{\circ} \times 0.3^{\circ}$, 等压面层共 37 层(hPa)。在其表面量列表中,本研究使用了与 SST 日变化关系最为密切的量:短波辐射和表面风(10 m 高度)。数据时间跨度为 1980—2009 年。

本研究使用数据中,NDBC 浮标观测数据主要用于经验模型回归系数拟合;IMET 浮标观测数据主要用于经验模型计算数值的偏差订正;CFSR 再分析数据为改进后的经验模型提供强迫条件并得到 DSST 数据集。

3 经验模型改进

模型模拟研究 SST 日变化主要包括经验模型

诊断分析和动力数值模型模拟^[18-21]。前人提出了采用风应力和海气热通量估算 DSST 的经验模型^[22]; Webster 等^[23]利用太阳辐射、风速、降水率估算 SST 皮温日变化幅度经验模型,并应用于热带地区; Zeng 等^[24]和 Gentemann 等^[25]分别提出了估算一日之内 SST 从最小值开始每小时变化情况的经验模型。动力数值模型模拟 SST 往往很难在较大范围海区内或较长时间段中应用,经验模型多采用回归方法,在一定条件下,能够代替动力数值模型模拟^[26]。所以本文采用经验模型诊断分析 DSST。

本文使用了 Kawai 等^[10]提出的 DSST 经验模型公式,该公式可以应用于低纬度和中纬度地区 DSST 的诊断。公式如下:

$$DSST = a(PS)^2 + b[\ln(U)] + c(PS)^2[\ln(U)] + d \quad (1)$$

式中: PS 是日表面太阳辐射最大值; U 是日平均风速,当 $U < 0.5$ m/s 时,按 0.5 m/s 数值进行计算;当公式计算所得的 $DSST < 0$ 时,令其等于 0; a 、 b 、 c 、 d 是回归系数。以日平均风速大于和小于等于 2.5 m/s 为界,得出两组回归系数(见表 1)。

表 1 Kawai 等^[10]经验模型回归系数

	$U > 2.5$ m/s	$U \leq 2.5$ m/s
a	$3.270\ 8 \times 10^{-6}$	$5.681\ 4 \times 10^{-6}$
b	$-7.998\ 2 \times 10^{-2}$	$4.005\ 2 \times 10^{-1}$
c	$-1.332\ 9 \times 10^{-6}$	$-3.963\ 7 \times 10^{-6}$
d	$-7.328\ 7 \times 10^{-2}$	$-3.670\ 0 \times 10^{-1}$

对 2010—2012 年的 NDBC 浮标观测数据进行预处理和质量控制,采用线性插值的方法填补缺失数据,并剔除偏差较大的数据。利用线性回归的方法,把筛选后的数据代入公式中,重新拟合诊断模型的回归系数。最终得出两组新拟合的系数(见表 2)。

表 2 重新拟合后经验模型回归系数

	$U > 2.5$ m/s	$U \leq 2.5$ m/s
a	$3.769\ 8 \times 10^{-6}$	$1.849\ 2 \times 10^{-6}$
b	$1.532\ 8 \times 10^{-1}$	$5.429\ 9 \times 10^{-2}$
c	$-1.871\ 0 \times 10^{-6}$	$4.030\ 9 \times 10^{-7}$
d	$6.244\ 6 \times 10^{-2}$	$4.172\ 4 \times 10^{-1}$

利用上述方法,将筛选后的 2010—2012 年 NDBC 浮标观测数据应用于系数重新拟合过的经验模型公式中。图 1 是浮标观测数据和经验模型 DSST 百分比分布图,如图所示,数据围绕斜率为 1

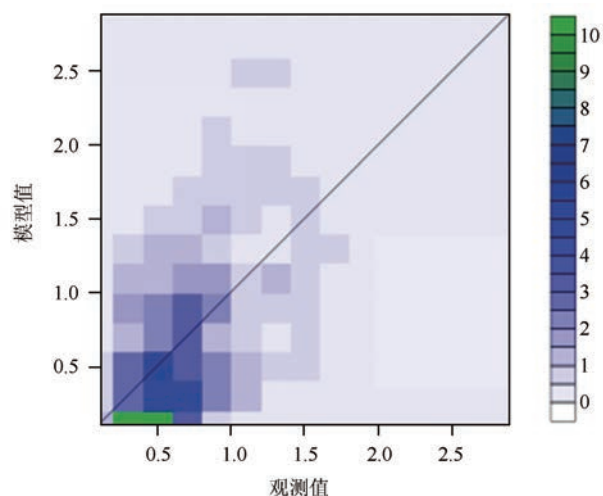


图1 浮标观测数据和经验模型DSST百分比分布图(单位:°C)

的斜线分布,DSST值主要分布在小于1 °C的区域内。结果表明:大部分经验模型计算数据和浮标观测数据比较吻合。

将1980—2009年的CFSR再分析数据应用于改进的经验模型,计算得到全球30 a DSST逐日数据集,水平分辨率约为0.3°。在分析DSST时空变化规律之前,为了验证DSST数据,将该数据插值到IMET浮标观测数据所在位置。结果显示经验模型计算的DSST和浮标观测数据DSST存在一定的偏差,与浮标观测数据相比高估17%左右。经验模型在物理过程上考虑不完整,如前文所述,DSST受表面辐射、风、降水、盐度、局地动力因素潮流等多个因素的影响。这是造成偏差的主要原因。另外,Shenoi等^[27]认为在风速极小值和太阳辐射极大值的情况下,Kawai经验模型也会产生一定的误差;由于观测系统变化、预报模式和同化方法等系统影响,即使再分析产品也会存在一定的误差^[28]。所以对计算得出的DSST逐日数据集进行偏差订正,使订正后的数据更加接近观测数据,并用于分析DSST时空变化特征。

4 DSST特征分析

为了探讨DSST变化特征,本文主要从气候态、季节变化和年际变化等方面进行分析。DSST季节变化明显,异常值长期变化不大,但年际振荡明显,

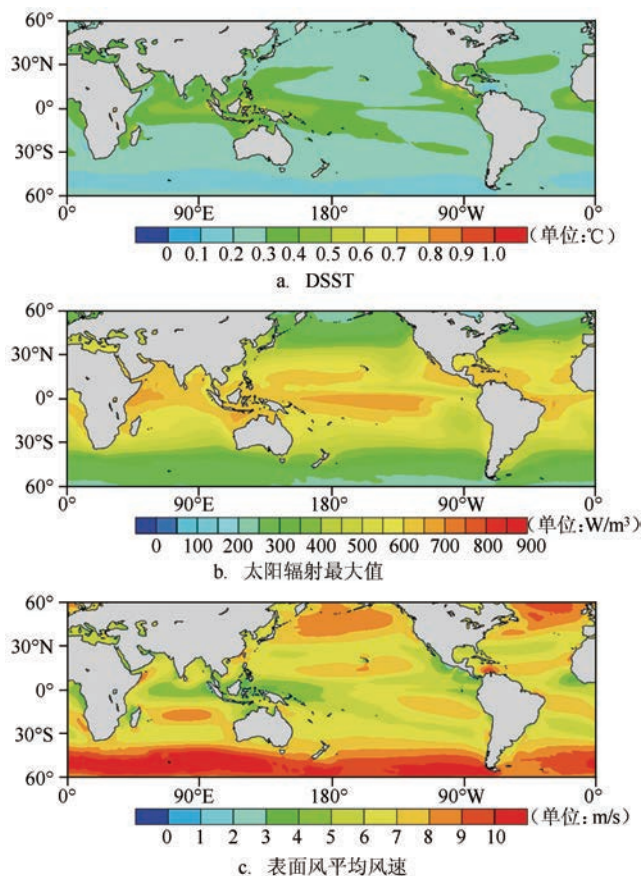


图2 30 a DSST、太阳辐射最大值、表面风平均风速气候平均态

30 a的整体趋势存在下降趋势;DSST空间变化明显,北半球的平均DSST高于南半球。

4.1 DSST气候态特征

图2所示,从DSST 30 a平均分布来看,大值区主要分布在热带太平洋、印度洋暖池区域以及热带太平洋东部。而大西洋热带地区,DSST并无较显著大值区域出现。从太阳辐射最大值30 a平均分布来看,太阳辐射随着纬度的增大而逐渐减小,热带地区的太阳辐射平均大于500 W/m²,大值区主要分布在赤道中东太平洋和印度洋部分区域。从表面风30 a平均风速分布来看,南北纬35°~60°之间具有强烈的西风带。赤道印度洋,太平洋暖池区域,东部太平洋,赤道大西洋具有较小的平均风速,约在3~5 m/s。

本文DSST气候态分布特征和Stuart-Menteth等^[11]分析的DSST特征一致。Stuart-Menteth等曾使

用6a卫星观测反演的SST值,第一次给出了SST日变化全球气候态变化图:DSST在热带地区变化明显,热带西太平洋暖池地区和印度洋部分地区以及墨西哥西海岸外的大洋区域有超过1℃的DSST。

4.2 DSST季节变化特征

图3给出了DSST的多年逐月平均分布图,其中春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12—2月)。从图中可以看出,DSST围绕赤道,一年之中呈南北摆动。主要大值区,四季之中,南北主要限制在30°S~30°N,而超过0.5℃的部分,主要在南北20°以内振荡。

印度洋DSST随着季节发生变化并受到季风的强烈影响。通常情况下,5月为印度洋西南季风发展期,6—8月为季风强盛期,9—10月为季风减退期^[29]。印度洋的阿拉伯海和孟加拉湾地区,DSST在冬季和春季逐月增长,在4月份达到顶峰。在夏季该地

区受西南季风影响,小于冬季该地区的DSST。赤道东印度洋区域的DSST也在4月份达到最大值,但由于附近岛屿的山地地形阻挡了季风,受季风影响较小,DSST在夏季和冬季的变化并不明显。西太平洋暖池区在秋季DSST值域较大,东太平洋则四季均具有较大的DSST。在15°N的太平洋中部区域由于受较大的东风带影响,全年DSST都偏小。热带大西洋全年整体DSST变化不明显,部分区域在冬季、春季DSST超过0.9℃,主要原因是该地区太阳辐射较大,风速较小(见图2)。

从全球平均、南北半球平均来看,在春季,DSST全球平均最大,约为0.3℃。但整体季节变化不明显。而北半球从4—8月份,平均可达0.4℃,DSST一直保持高值,与此同时,南半球处于低值,约0.2℃。总体而言,北半球的平均DSST高于南半球(见图4)。相对于北半球,南半球海面广阔,风强且稳定,这是造成南半球平均DSST小于北半球的主

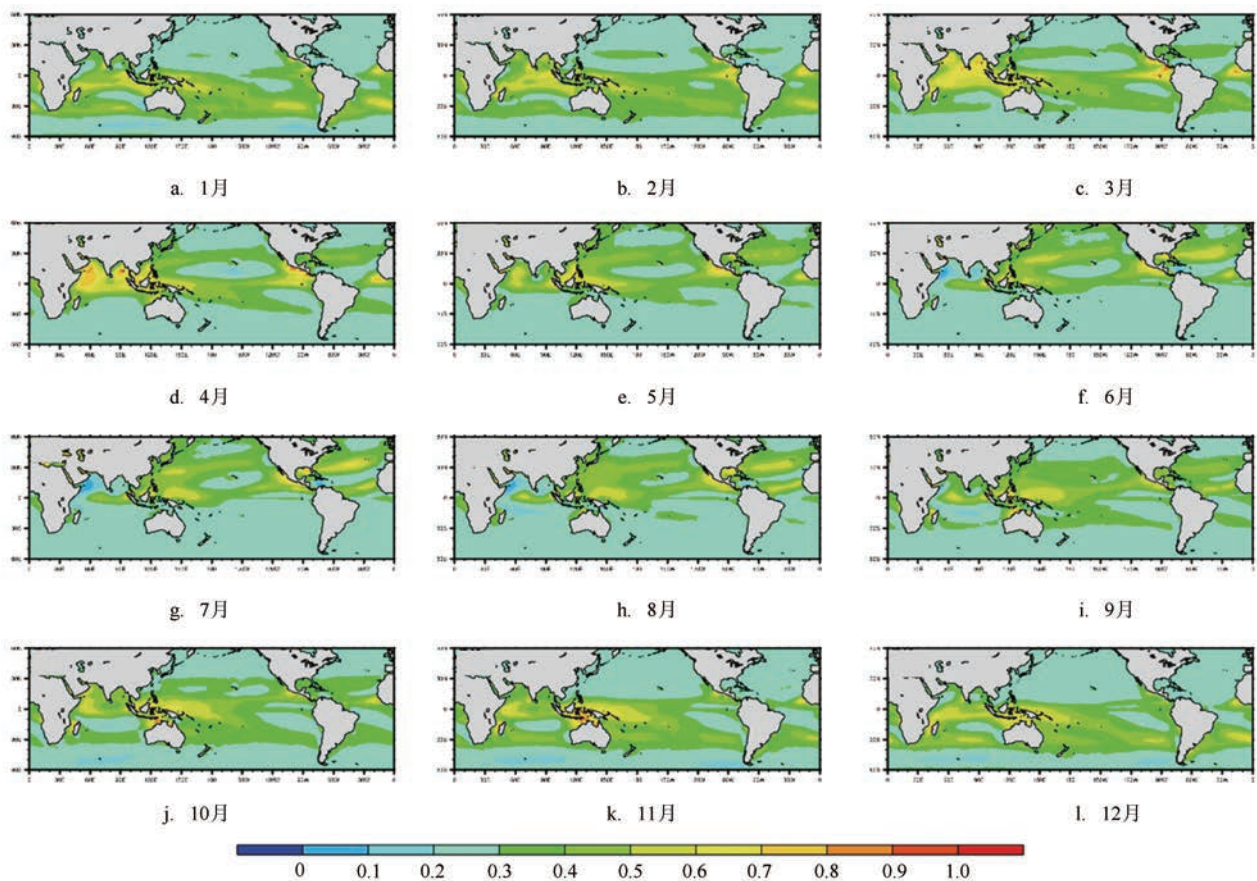


图3 DSST 30 a逐月平均(单位:℃)

要原因。

4.3 DSST 年际变化特征

为了研究 DSST 的年际变化,将平均季节变化从逐月数据中去除,可得 DSST 年际变化异常趋势。图 5 所示,DSST 的异常值长期变化不大,但年

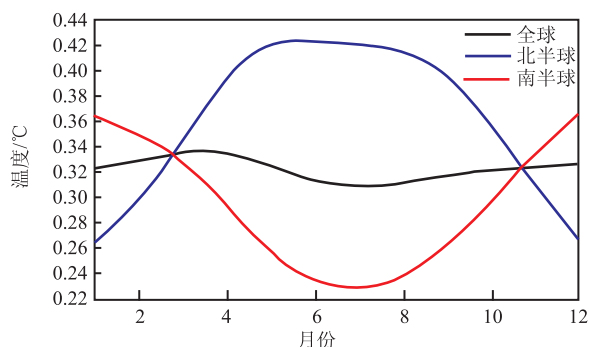


图 4 全球、北半球、南半球 DSST 年平均对比

际振荡明显。使用三次样条函数方法可以看出,DSST 30a 的整体趋势存在下降趋势。下降斜率为 $-4 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{月}$ 。热带地区也存在整体下降的趋势,下降斜率在 $-6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{月}$ 左右。DSST 多年异常值整体存在下降趋势的可能原因为,随着全球变暖现象的加剧,全球 SST 升高,促进海水蒸发,水汽和云的增多使得太阳短波辐射减弱,影响 DSST 值域变化。

ENSO 事件作为热带大气外强迫源之一是气候系统年际变率的主要信号,本文选择 Niño 3.4 指数 ($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}, 120^{\circ} \sim 170^{\circ}\text{W}$) 来表征 ENSO 事件。图 6 为 1980—2009 年 Niño 3.4 区平均的 DSST 年际变化异常值和 Niño 3.4 指数,分别进行了 7 a 滑动平均及归一化处理,相关分析结果表明:两者的相关系数达 0.5。ENSO 事件可以通过影响局地的海表面条件使得 DSST 发生时空变化^[13, 30]。Clayson 等^[12]研究表明在赤道东太平洋冷舌地区,1998 年 12 月 (La

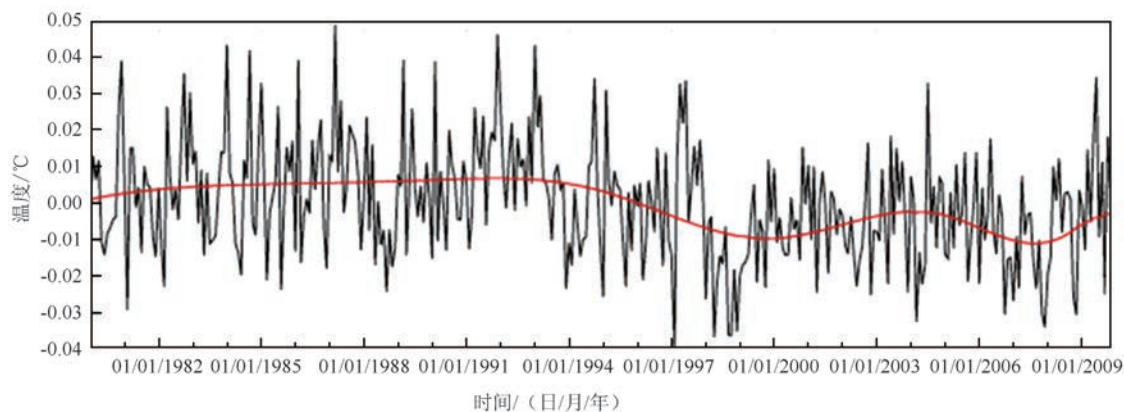


图 5 DSST 年际变化(黑色线为 DSST 30 a 年际变化异常值,红色线为变化趋势线)

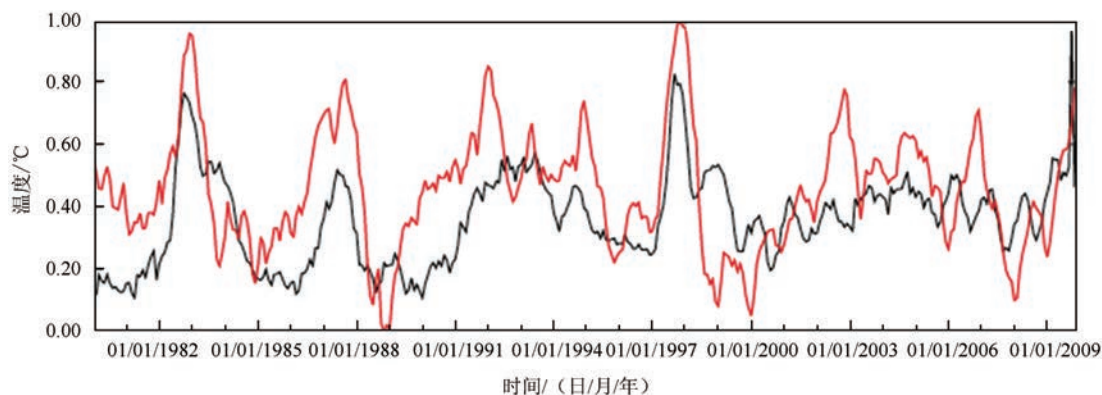


图 6 Niño 3.4 区平均的 DSST 年际变化异常值(黑色线)和 Niño 3.4 指数(红色线)比较

Nina时期)的DSST比1997年12月(El Niño时期)的DSST高出1℃左右。从图6可以看出,在El Niño年份(1982—1983年,1986—1987年,1991—1992年,1997—1998年和2002—2003年),Niño 3.4区SST较常年显著偏高,对流旺盛,该海域上空云量增多,使得太阳辐射减弱,DSST较小;而在La Nina年份(1988—1989年,1995—1996年和1998—2000年),由于Niño 3.4区SST较常年偏低,对流受抑制,该海域上空云量减少,使得太阳辐射增强,DSST较大。因此,上述分析表明DSST与ENSO事件具有较好的相关性。

5 总结与讨论

本文将CFSR再分析数据应用于改进后的经验模型,计算得到时间跨度为30 a、水平分辨率约为0.3°的DSST逐日数据集,并对DSST时空变化规律进行了分析。

结果表明:DSST空间变化明显,北半球的平均DSST高于南半球,热带地区变化最为明显,大值区主要分布在热带太平洋、印度洋暖池区域以及热带太平洋东部。DSST具有明显的季节变化,西太平洋暖池区域在秋季DSST值域较大,东太平洋则四季均具有较大的DSST;热带大西洋全年整体DSST变化不明显;印度洋由于受季风影响,阿拉伯海和孟加拉湾的DSST值域夏季小于冬季。太阳短波辐射和风速因素是造成上述特征的主要原因。DSST 30a的异常值长期变化不大,但年际振荡明显,整体年际变化异常趋势存在下降趋势。DSST与ENSO事件具有较好的相关性。

本文的主要研究区域在低纬度和中纬度海域。有研究表明在高纬度区域鄂霍次克海的春夏季节也能发现明显的SST日变化^[13]。本文主要采用了经验模型诊断分析DSST,对于SST日变化位相,相关热力和动力过程以及高纬度地区SST日变化的研究需要在今后的工作中使用动力模式模拟分析。

参考文献:

- [1] Kawai Y, Wada A. Diurnal sea surface temperature variation and its impact on the atmosphere and ocean: A review[J]. *Journal of Oceanography*, 2007, 63(5): 721-744.
- [2] Tanahashi S, Kawamura H, Takahashi T, et al. Diurnal variations of sea surface temperature over the wide-ranging ocean using VISSR on board GMS[J]. *Journal of Geophysical Research:Oceans*, 2003, 108(C7): 3216.
- [3] Flament P, Firing J, Sawyer M, et al. Amplitude and horizontal structure of a large diurnal sea surface warming event during the coastal ocean dynamics experiment[J]. *Journal of Physical Oceanography*, 1994, 24(1): 124-139.
- [4] Clayson C A, Bogdanoff A S. The effect of diurnal sea surface temperature warming on climatological air-sea fluxes[J]. *Journal of Climate*, 2013, 26(8): 2546-2556.
- [5] Kawai Y, Kawamura H, Tanba S, et al. Validity of sea surface temperature observed with the TRITON buoy under diurnal heating conditions[J]. *Journal of Oceanography*, 2006, 62(6): 825-838.
- [6] Masson S, Terray P, Madec G, et al. Impact of intra-daily SST variability on ENSO characteristics in a coupled model[J]. *Climate Dynamics*, 2012, 39(3-4): 681-707.
- [7] Li J. SST diurnal variability in the climate forecast system and its influence on low frequency variability[D]. Fairfax, VA: George Mason University, 2011: 1-127.
- [8] Li W, Yu R C, Liu H L, et al. Impacts of diurnal cycle of SST on the intraseasonal variation of surface heat flux over the western Pacific warm pool[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2001, 18(5): 793-806.
- [9] Kawai Y, Otsuka K, Kawamura H. Study on diurnal sea surface warming and a local atmospheric circulation over Mutsu bay[J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 2006, 84(4): 725-744.
- [10] Kawai Y, Kawamura H. Evaluation of the diurnal warming of sea surface temperature using satellite-derived marine meteorological data[J]. *Journal of Oceanography*, 2002, 58(6): 805-814.
- [11] Stuart-Menteth A C, Robinson I S, Challenor P G. A global study of diurnal warming using satellite-derived sea surface temperature [J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2003, 108(C5): 06449.
- [12] Clayson C A, Weitlich D. Variability of tropical diurnal sea surface temperature[J]. *Journal of Climate*, 2007, 20(2): 334-352.
- [13] Kawai Y, Kawamura H. Spatial and temporal variations of model-derived diurnal amplitude of sea surface temperature in the western Pacific Ocean[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2005, 110(C8): C08012.
- [14] Karagali I, Høyer J L. Characterisation and quantification of regional diurnal SST cycles from SEVIRI[J]. *Ocean Science*, 2014, 10(5): 745-758.
- [15] 林鹏飞, 刘海龙, 章丽娜, 等. 东太平洋冷舌区海表面温度日变化特征的模拟研究[J]. *大气科学*, 2012, 36(2): 259-270.
- [16] 杨洋, 于卫东, 孙即霖, 等. 热带印度洋季节内振荡对海表温度日变化的影响[J]. *海洋科学进展*, 2013, 31(3): 351-359.

- [17] 洪星园, 傅云飞, 洗桃, 等. 热带海表风速与海表温度日变化关系分析[J]. 气候与环境研究, 2014, 19(4): 437-451.
- [18] Ling T J, Xu M, Liang X Z, et al. A multilevel ocean mixed layer model resolving the diurnal cycle: Development and validation[J]. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 2015, 7(4): 1680-1692.
- [19] Chen D K, Rothstein L M, Busalacchi A J. A hybrid vertical mixing scheme and its application to tropical ocean models[J]. Journal of Physical Oceanography, 1994, 24(10): 2156-2179.
- [20] 刘秦玉, 孙即霖, 贾旭晶. 春季南海北部上混合层的数值模拟与数值实验[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 526-535.
- [21] Zhang R H, Zebiak S E. Effect of penetrating momentum flux over the surface boundary/mixed layer in a Z-coordinate ogcm of the Tropical Pacific[J]. Journal of Physical Oceanography, 2002, 32(12): 3616-3637.
- [22] Price J F, Weller R A, Bowers C M, et al. Diurnal response of sea surface temperature observed at the long-term upper ocean study (34° N, 70° W) in the Sargasso Sea[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 1987, 92(C13): 14480-14490.
- [23] Webster P J, Clayson C A, Curry J A. Clouds, radiation, and the diurnal cycle of sea surface temperature in the tropical western Pacific[J]. Journal of Climate, 1996, 9(8): 1712-1730.
- [24] Zeng X B, Zhao M, Dickinson R E, et al. A multiyear hourly sea surface skin temperature data set derived from the TOGA TAO bulk temperature and wind speed over the tropical Pacific[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 1999, 104(C1): 1525-1536.
- [25] Gentemann C L, Donlon C J, Stuart-Menteth A, et al. Diurnal signals in satellite sea surface temperature measurements[J]. Geophysical Research Letters, 2003, 30(3): 1140.
- [26] 腾伟成. 卫星海表温度日变化校正研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011: 1-46.
- [27] Shenoi S S C, Nasnodkar N, Rajesh G, et al. On the diurnal ranges of Sea Surface Temperature (SST) in the north Indian Ocean[J]. Journal of Earth System Science, 2009, 118(5): 483-496.
- [28] 赵天保, 符淙斌, 柯宗建, 等. 全球大气再分析资料的研究现状与进展[J]. 地球科学进展, 2010, 25(3): 242-254.
- [29] 李汀, 琚建华. 孟加拉湾西南季风与南海热带季风的气候特征比较[J]. 地球物理学报, 2013, 56(1): 27-37.
- [30] Cronin M F, Kessler W S. Seasonal and interannual modulation of mixed layer variability at 0°, 110°W[J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2002, 49(1): 1-17.

Diurnal variabilities of sea surface temperature in the low- and mid-latitudes

WANG Jian, LING Tie-jun, HAN Xue

(Key Laboratory of Research on Marine Hazards Forecasting, State Oceanic Administration, Beijing 100081 China)

Abstract: Aiming at the sea surface temperature diurnal amplitude (DSST), this study develops an empirical diagnosis model based on the observation data. Based on the 30a reanalysis data, the DSST data set with a horizontal resolution $0.3^{\circ} \times 0.3^{\circ}$ is established. The temporal and spatial variation characteristics of DSST at the middle and low latitude are analyzed. The results show that the spatial variation is obvious, with a higher DSST value in the northern hemisphere and a lower DSST value in the southern hemisphere. The DSST has obvious seasonal variation. DSST value in the warm pool area of Western Pacific is higher in autumn, and in the eastern Pacific is high in four seasons. In the tropical Atlantic sea DSST value changes without obvious characteristic. Influenced by monsoon, the DSST value in the Arabian Sea and the Bay of Bengal is lower in summer compared to that in winter. The solar shortwave radiation and wind speed are the main reasons for the above characteristics. DSST anomaly over the past 30 years doesn't change obviously, while the interannual variation is obvious. The overall abnormal tendency of the interannual variation has downward trend, and the values have a certain correlation with Niño 3.4 index.

Key words: SST; diurnal amplitude; empirical model