

热带西太平洋、印度洋表层水温的变异特性 及其对南极冰面积变化的响应*

陈锦年

秦曾灏

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071) (青岛海洋大学 青岛 266003)

提要 应用海洋表层水温资料(COADS 资料),分析研究了对全球气候有重要影响的热带西太平洋、印度洋海洋表层水温的年变化和年际变化的特性,探讨了与 ENSO 和南极冰面积变化之间的联系。结果表明,热带西太平洋及印度洋表层水温具有明显的年变化和年际变化而且它们之间存在不同的变化趋势。这种结果是与两大洋的水温振荡周期不同有较大关系。热带印度洋表层水温的年际变化与 El Niño 和 La Niña 的发生年份存在较好的对应关系。热带西太平洋和印度洋表层水温的变化与南极海冰面积的变化存在密切关系,特别是与东南极和罗斯(Ross)海区的海冰面积的变化关系更为密切,其显著的相关关系发生在热带西太平洋、印度洋表层水温滞后海冰面积变化的 16 个月左右。

关键词 南极冰面积 热带西太平洋、印度洋表层水温 赤道东太平洋表层水温

学科分类号 P731

热带西太平洋、印度洋常年存在较稳定且高于其他区域的暖水区,称之为暖池(Warm Pool),在全球海洋大气相互作用中起着十分重要的作用。研究表明,热带西太平洋、印度洋区域的水温异常是全球气候的一种前期征兆,尤其重要的是,在 ENSO 期间两洋的环流发生异常变化,导致海流向极的热输送和纬向热量的再分配(Pazan *et al.*, 1986),这种海洋异常将最终造成全球性的变化。由于该区域特有的重要性质,世界气象组织进行了热带西太平洋暖池区域的 TOGA 调查,目的就是为了进一步深入调查研究西太平洋暖池效应的强化过程。尽管许多学者对西太平洋、印度洋的海洋状况进行过分析研究(白德宝等, 1993; 周发琇等, 1990; Meehl, 1987),但由于受其资料时间序列和质量的影响,其结果也将受到一定的影响。本文应用美国气候中心提供的逐月海洋表层水温资料(COADS 资料; 1950—1992 年, 网格点 $2^\circ \times 2^\circ$), 试图进一步研究分析热带西太平洋、印度洋表层水温的变异特征及其与南极冰面积变化的联系,为今后的极地-热带的相互作用研究提供参考。

1 热带西太平洋、印度洋表层水温的变化特性

1.1 年变化

* 国家自然科学基金资助项目, 49576277 号; 中国气象局气候研究开放课题资助项目。陈锦年, 男, 出生于 1954 年 11 月, 博士, 副研究员, E-mail: jnchen@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 1997-08-25, 收修改稿日期: 1999-03-15

为了反映西太平洋、印度洋热带区域的海洋状况,给出了热带西太平洋、印度洋表层温度(SST)场的年平均场(白德宝等,1993)(图略)。可以看出,西太平洋和印度洋的热带区域是整个海区中温度最高的区域,其值高达28℃以上,该区恰巧位于沃克环流的上升支。为能反映西太平洋(10°S—10°N, 110°—180°E)和印度洋(10°S—10°N, 42°—110°E)不同季节的变化状况,给出了多年月平均年变化曲线(图1)。

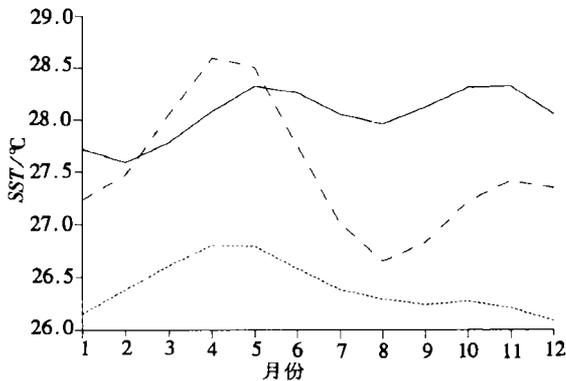


图1 赤道东太平洋、西太平洋和印度洋 SST逐月变化曲线

Fig.1 Monthly change curve of SST in the equator eastern Pacific, tropical western Pacific and Indian Ocean
.....赤道东太平洋; ——热带西太平洋; - - -热带印度洋

由图1看出,印度洋的表层水温年变化非常明显,月平均水温为27.5℃,最高水温出现在4月份,其值为28.6℃;最低水温出现在8月份,其值为26.5℃,年较差为2℃左右。西太平洋表层水温年变化相对差一些,月平均值为28.1℃,最高值出现在5月和11月(28.3℃),最低值出现在2月份(27.6℃),年较差为0.7℃。由此说明,印度洋SST的年变化比西太平洋明显,年较差较大。西太平洋SST年变化比较平缓,年较差较小。另一个不同特点是印度洋SST比西太平洋SST的平均温度低,最高温度和最低温度的发生月份存在明显不同。由此可以认为,尽管印度洋和西太平洋毗邻,但是它们的温度场变化特性存在较大的差异。

1.2 年际变化

热带西太平洋和印度洋之间并不是完全隔开的,西太平洋与印度洋之间贯穿流可以实现季节性的水交换和输送(Inoue *et al*, 1993),这种贯穿流既有年变化又存在显著的年际变化(Kindle, 1992),热带西太平洋和印度洋之间的这种暖水交换是热带海洋中暖池形成和维持的重要因素(Wyrtki, 1989)¹⁾。

为了进一步分析探讨热带西太平洋、印度洋SST变化对暖池形成的贡献,首先分析印度洋和西太平洋SST年际变化(图2)。从图2c可以看出,印度洋SST具有较明显的年际变化,而且其最大正负距平值与El Niño和La Niña的发生年份(图2a)有较好的对应关系。热带西太平洋的SST也有明显的振荡,与印度洋SST存在反相对应关系,与El Niña和La Niña也存在相反的对对应关系,这一结果与黄荣辉等(1994)基本一致。

1.3 热带印度洋、西太平洋水温之间的关系及其与赤道东太平洋水温的联系

在70年代前期,对气候异常变化研究集中到赤道东太平洋的水温变异,而且给出了影响全球气候的海气交换典型模型(Wyrtki, 1982)。然而80年代以来,人们又提出了新的看法(Philander, 1985; 黄荣辉, 1990),普遍认为热带印度洋、西太平洋的水温异常变化是引起ENSO的重要区域。为了进一步了解热带西太平洋、印度洋以及赤道东太平洋的

1) Wyrtki K, 1989. Some thoughts about the West Pacific Warm Pool. Pro. Western Pacific Int. Meeting and Workshop on TOGA COARE, 99—109

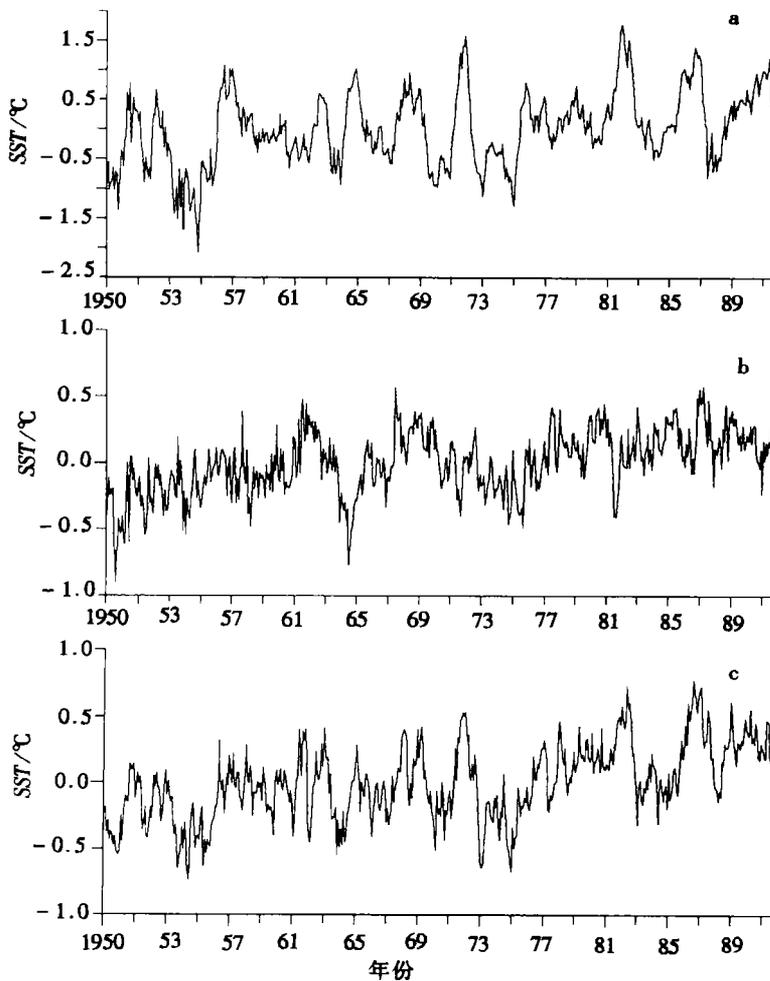


图2 赤道东太平洋(a)、热带西太平洋(b)和印度洋(c) SST年际变化曲线

Fig.2 Annual changes in SST in the equator eastern Pacific (a), tropical western Pacific (b) and Indian Oceans (c)

表1 热带西太平洋、印度洋和赤道东太平洋平均SST的功率谱(月)

Tab.1 The power spectrum (month) of the SST of tropical western Pacific and Indian Ocean and equator eastern Pacific

区 域	主周期	第一周期	第二周期	第三周期
印 度 洋	56	15.3	21	*
西太平洋	11.8	112	42	25.8
东太平洋	56	22.4	*	*

* 表示周期不明显

水温的年际变化特性,进行功率谱分析(表1)。

由表1可以看出,同属热带的印度洋和西太平洋两域的水温变化周期有较大的差异,前者的主周期为56个月,而后者主周期为11.8个月。赤道东太平洋的主周期为56个月,而在第一周期,西太平洋为112个月,与热带印度洋和赤道东太平洋有明显差异。三个海

区的水温变化周期的比较表明,热带印度洋的 SST 周期变化与赤道东太平洋的 SST 周期变化趋势相同,特别是主周期。但热带西太平洋的 SST 周期则与热带印度洋和赤道东太平洋有较大差异。由此认为,热带印度洋区域的水温特性与热带西太平洋有所不同。

为了说明问题,对热带印度洋与热带西太平洋和赤道东太平洋的水温资料进行相关分析,见图 3,其计算样本为 386 个月,相关系数 ≥ 0.17 时,信度 $\geq 99\%$ 。

由图 3 可知,在印度洋与西太平洋 SST 的相互关系中,出现两个最大相关,一个是出现在印度洋 SST 滞后西太平洋 SST 18 个月左右 ($R = 0.35$);另一个是出现在印度洋滞后西太平洋 SST 6 个月左右 ($R = 0.44$)。信度达到 99% 的相关关系是从印度洋 SST 滞后西太平洋 SST 的 20 个月到前者超前后者 15 个月。我们认为,在印度洋与西太平洋 SST 的变化中,它们是相互影响的。相比之下热带印度洋对热带西太平洋的影响明显一些。

热带印度洋 SST 与赤道东太平洋 SST 的时滞最大相关系数是在赤道东太平洋超前印度洋 SST 3 个月 ($R = 0.70$),其信度远远超过 99%。达到 99% 信度的相关范围是从赤道东太平洋 SST 超前印度洋 SST 的 14 个月到前者滞后后者 8 个月,二者之间的这种显著影响关系持续达 23 个月之久。由图 2 也可看出,二者的变化趋势几乎是相同的,只是赤道东太平洋 SST 的变化先于印度洋 SST 3 个月。

在赤道东太平洋 SST 与西太平洋的交叉时滞相关中,其信度超过 99% 的相关关系是出现在前者滞后后者的 32 个月到 5 个月,以及前者超前后者的 8—20 个月。这一结果表明,在赤道东太平洋 SST 与西太平洋 SST 关系中,它们均存在相互影响的过程。在同期的相关系数几乎为 0,这说明在同期和近期二者基本保持独立。

2 南极冰面积变化与热带西太平洋、印度洋水温的关系

研究表明,南极冰面积具有明显的年变化和年际变化(陈锦年等,1998;许晨海等,1992),且对赤道东太平洋水温有一定影响(彭公炳,1989;卞林根,1988),但对印度洋、西太平洋的研究甚少,为此对其进行深入研究是非常有意义的。为了揭示南极冰面积与热带印度洋、热带西太平洋以及赤道东太平洋 SST 之间的关系,对每一经度带上的冰面积进行了相关分析(图略)。由分析发现南极冰面积与印度洋 SST 的相互关系中,主要反映在东南极 ($0^\circ-120^\circ\text{E}$) 和罗斯海区 ($150^\circ\text{E}-110^\circ\text{W}$)。为此,对这两个海区的海冰变化与热带印度洋 SST 进行分析(图 4)。

在交叉移动相关过程中,样本保持为 168 个月,相关系数达到 0.25 时,相关信度达 99% 以上。由图 4 看出,南极冰面积与印度洋 SST 存在密切关系。罗斯海区 ($150^\circ\text{E}-$

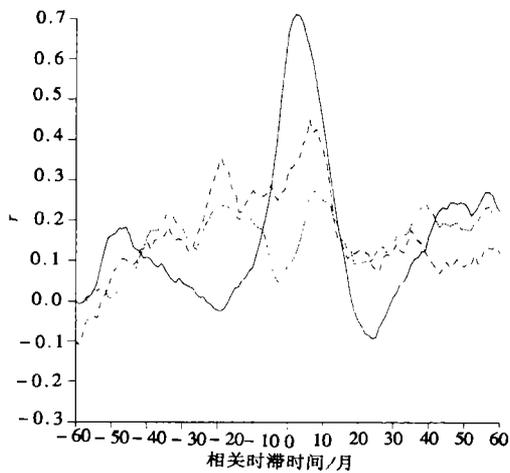


图3 各海域间 SST 时滞交叉相关曲线

Fig.3 The time series curves of the running cross correlation coefficients of the SST in oceans

—印度洋与西太平洋; —印度洋与赤道东太平洋;
.....西太平洋与赤道东太平洋

(横坐标: 正为南极海冰面积超前 SST; 负为南极海冰面积滞后 SST, 图 4 同)

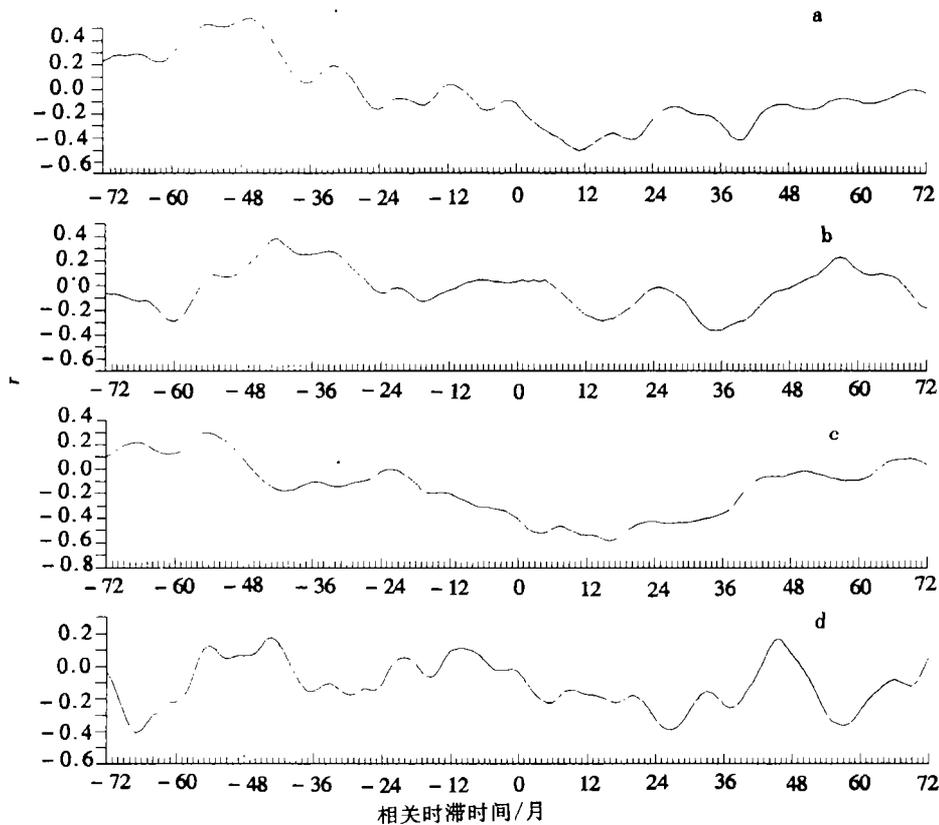


图4 南极不同区域海冰面积与印度洋SST时滞交叉相关曲线

Fig.4 The time series curves of the running cross correlation coefficients of the different area of Antarctic sea ice and the SST anomaly of the Indian Ocean

- a. 南极海冰面积(150° E—110° W)与西太平洋SST时滞交叉相关; b. 南极海冰面积(0° —120° E)与西太平洋SST时滞交叉相关; c. 南极海冰面积(150° E—110° W)与印度洋SST时滞交叉相关; d. 南极海冰面积(0° —120° E)与印度洋SST时滞交叉相关

110°W)的冰面积对印度洋SST影响较为明显,从后者超前8个月到前者超前39个月相关系数均达到-0.25以上,这说明它们二者之间存在相互影响过程,但最大负相关是出现在印度洋SST滞后冰面积的16个月,这表明罗斯海区的冰面积变化对热带印度洋SST的影响较为显著作用。东南极的冰面积对印度洋SST影响相对弱一些。

在南极冰面积与热带西太平洋SST交叉相关关系中,其相关关系比南极冰面积与印度洋SST的相关差一些。而南极冰面积与赤道东太平洋的SST的相关结果表明,二者的时滞相关与南极冰面积与印度洋SST的相关非常一致。

这种关系的揭示对前人发现并已证实的赤道东太平洋SST对东亚乃至全球气候具有显著影响的事实提出了这样一个问题,赤道东太平洋SST与印度洋SST的变化几乎同步,其中的物理机制如何解释,是否与沃克环流有关?这将有待于进一步研究。

3 讨论与结论

赤道东太平洋、热带西太平洋、印度洋SST是全球海洋大气相互作用的关键区域,该

区域的水温变异,对南方涛动起着非常重要的作用。那么印度洋和西太平洋 SST 本身的变化特性以及它们之间的内在联系,及其与赤道东太平洋的 SST 的联系如何,可从以上分析得出以下结论。

3.1 热带印度洋 SST 与热带西太平洋 SST 的振荡周期不同,在二者之间的相互关系中,印度洋 SST 起主要作用,也就是说热带西太平洋 SST 变化在某种程度上受到热带印度洋 SST 的影响,且显著影响期为同期到时滞 18 个月,其影响过程将有待于进一步研究。

3.2 热带印度洋的 SST 与赤道东太平洋 SST 的振荡周期相一致,其年际变化非常吻合,只是前者变化落后后者 3 个月。这种现象表明,印度洋 SST 的变化也具有世界上公认的赤道东太平洋 SST 对全球气候产生重要影响的作用。只是前者比后者的变化落后 3 个月而已。

3.3 赤道东太平洋与热带西太平洋 SST 的相互关系中,赤道东太平洋 SST 变化先于热带西太平洋 SST 变化,在同期和近期间,它们之间基本保持相互独立。

3.4 热带印度洋 SST 的变化与南极冰面积变化有密切关系。当南极冰面积增大(减少),印度洋 SST 相应降低(升高),前者对后者的显著影响区域是在 150°E — 110°W ,也就是罗斯海所在位置,其最大显著相关发生在印度洋 SST 超前 8 个月到滞后 39 个月。

3.5 热带西太平洋 SST 的变化与南极冰面积变化也同样存在一定关系,但其相关程度不如南极冰面积与印度洋 SST 的关系密切。

参 考 文 献

- 卞林根,1988. 南极海冰的变动与赤道 SST 的关系. 中国气象科学研究院院刊,3(2):35—37
- 白德宝,姜月秋,李学坤,1993. 印度洋海面热平衡图集. 北京:海洋出版社,1—181
- 许晨海,吴宝俊,樊根彦等,1992. 南大洋海冰月际变化的一些特征. 气象,21(11):38—41
- 陈锦年,乐肯堂,于康玲等,1998. 南极冰面积变化特性及其与赤道东太平洋海面温度的关系. 海洋学报,20(3):134—139
- 周发绣,于慎余,1990. 热带西太平洋表层水温异常的区域特征. 海洋与湖沼,21(2):97—103
- 黄荣辉,1990. ENSO 及热带海气相互作用动力学研究的新进展. 大气科学,14(2):234—242
- 黄荣辉,孙凤英,1994. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学,18(2):141—151
- 彭公炳,1989. 南极海冰对西北太平洋副热带高压的影响及其海洋大气环流背景. 科学通报,1:56—58
- Inoue M, Welsh S E, 1993. Modeling seasonal variability in the wind-driven upper-layer circulation in the Indo-Pacific region. J Phys Oceanogr, 23:1411—1436
- Kindle J C, Hurlburt H E, 1992. On the seasonal interannual variability of the Pacific to Indian Ocean throughflow. Eos Trans Am Geophys Union, 73(25, suppl.):48
- Meehl G A, 1987. The annual and interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean region. Mon Wea Rev, 115:27—50
- Pazan S E, W White, 1986. Off-equatorial influence upon Pacific equatorial dynamic height variability during the 1982—1983 El Niño event. J Geophys Res, 91:8437—8449
- Philander S G H, 1985. El Niño and La Niña. J Atmos Sci, 42:2 652—2 662
- Wyrtki K, 1982. The Southern Oscillation. Ocean-Atmosphere interaction and El Niño. Marine Technology Society Journal, 16:3—10

THE CHARACTERISTICS OF THE SST IN THE WESTERN PACIFIC AND INDIAN OCEAN AND ITS RESPONSE TO THE ANTARCTIC SEA ICE AREA CHANGE

CHEN Jin-nian

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

QIN Zeng-hao

(*Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

Abstract In this paper, the monthly and annual characteristics of the SST of the tropical western Pacific and Indian Ocean, which have an important influence on the climate change of whole world, are analyzed using COADS, together with their relation to ENSO and the Antarctic sea ice. The result shows that the monthly and annual variations in the SST of the tropical western Pacific and Indian Ocean are significant and are different between the two regions. The result is closely related to the vibration period difference of the two regions. A better corresponding relation exists between the SST of the tropical Indian Ocean and El Niño and La Niña. The SST of the tropical western Pacific and Indian Ocean and Antarctic sea ice area has a close relation, and the Ross Sea area in particular. The outstanding correlation is that there is a 16 month SST lag for the Antarctic sea ice area.

Key words The Antarctic sea ice area The SST of the tropical western Pacific and Indian Ocean The SST of equator eastern Pacific

Subject classification number P731