

# 西太平洋暖池海域 SST 场的时空特征\*

张启龙 翁学传 颜廷壮

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

**提要** 根据 1950—1998 年间月平均 SST 资料,用经验正交函数(EOF)分析法,对西太平洋暖池海域 SST 场的时空特征进行了分析。结果表明,暖池海域 SST 场的主要模态包括年、年际和年代际变化 3 个类型,其主要变化周期依次为 12、54、29 和 120 个月;暖池 SST 场的年际变化具有明显的区域性,全海域大致以 160°E 为界分为东、西两部分,其 SST 的年际变化在变幅、相位和周期方面存在着明显差异。

**关键词** 西太平洋,暖池,SST 场,时空结构

**中图分类号** P731.1

西太平洋暖池(简称暖池,下同)突出的特征是水温高、热含量丰富,它是全球大洋表层水温最高的海域,也是全球大气运动主要的热源地和对流活动活跃区。近年来的一些全球海-气耦合模式研究结果表明,暖池 SST 场的变动,特别当它处于高值时的微小变化都会对大气环流的演变产生十分显著的影响(Philander, 1990)。实测资料分析也表明,西太平洋 SST 场高值中心位置的变动对热带对流的时空变化有很好的指示性(Garcia, 1983)。近期的研究结果指出,暖池热状态的异常会导致大气环流,特别是西太平洋副热带高压的异常变化,进而影响东亚夏季降水(黄荣辉等, 1994; 董敏等, 1994; 刘秦玉等, 1995; 李永平等, 1999)。由此可见,暖池热状态,特别是暖池 SST 场的时空结构对东亚地区乃至全球气候变化及灾害的形成有着十分重要的作用。

近年来随着国际性大规模现场实验研究(TOGA, TOGA-COARE)的开展和现场观测资料的积累,国内外许多科学家对暖池进行了广泛的研究,取得了一些研究成果。但遗憾的是在对暖池诸方面的研究中涉及暖池热状态时空结构方面的研究却不多。因此目前对暖池热状态的主要特征及其演变规律尚缺乏全面的认识,亟待深入研究。为此本文利用 1950—1998 年间太平洋的 SST 资料,首次对暖池海域 SST 场的空间分布特征进行分析,并探讨其在时域的变化,为进一步了解发生在暖池海域海气相互作用的过程和研究暖池在全球气候变化中的作用提供依据。

## 1 资料和分析方法

已有的研究表明(张启龙等, 1997; 翁学传等, 1998),暖池的分布范围具有明显的季节和年际变化。在分析暖池 SST 场时空特征前,首先应对暖池海域的范围加以确定。本文

\* 国家重点基础研究发展规划资助项目, G1998040900 号第一部分。张启龙,男,出生于 1954 年 2 月,研究员, E-mail: qlzhang@ms. qdio. ac. cn

从暖池的定义出发( Wyrki, 1989; 张启龙等, 1997), 根据西太平洋多年( 1950—1998) 年平均 SST 的分布特征, 将 120°E—150°W, 16°S—18°N 海域( 其中, 西南部以菲律宾至新几内亚岛连线为界) 作为暖池海域( 图 1), 具体分析该海域 SST 场的时空特征。

本文使用的资料系国家气候中心提供的太平洋海域 2° × 2° 经纬度网格的月平均 SST 资料。资料的序列长度为 1950 年 1 月—1998 年 12 月共 49 年, 每个网格点有 588 个样本。依据上述给定的暖池海域范围, 在该海域共有 2° × 2° 经纬度网格点 636 个。

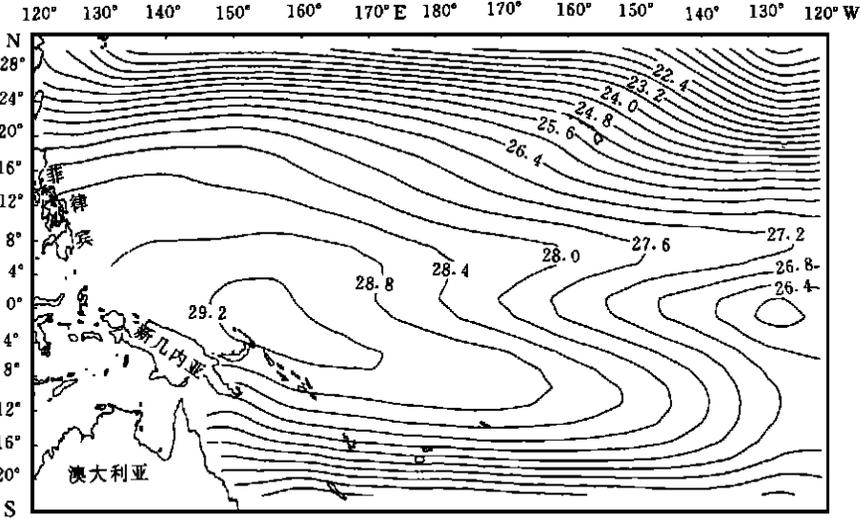


图 1 西太平洋多年(1950—1998)年平均 SST 分布

Fig. 1 Distribution of multi-year(1950—1998) mean SST in the western Pacific Ocean

采用经验正交函数(EOF)分析法,对暖池海域 1950—1998 年间月平均 SST 序列进行分析。该方法的优点是根据 SST 场的主要特征来确定正交函数的形式,而且能提供各特征向量的空间分布及其在时域的变化。因此利用 EOF 方法来分析暖池海域 SST 场的时空特征是很有效的。为了解各特征场时间系数的准周期性变化,采用功率谱分析,以获得其显著周期。

## 2 暖池海域 SST 场的时空特征

对暖池海域 SST 场施以 EOF 分解结果表明,前三个特征向量场的方差贡献依次为 45.0%, 22.6% 和 12.6%。第四个特征向量场的方差贡献仅为 5.9%。可见,前三个特征向量场共概括了暖池海域原有 SST 场 80.2% 的信息,这表明其收敛速度较快。因而,本文将分别讨论前三个特征向量场的时空特征。

### 2.1 第一特征向量场(EOF<sub>1</sub>型)的时空特征

EOF<sub>1</sub> 型的空间特征(图 2a) 主要是等值线分布除暖池西南部的几内亚岛附近略有起伏外,都呈纬向分布。由于南、北两半球陆、海分布的差异,使得零值线不在赤道上而位于赤道南侧附近。全域等值线分布较密集,并可以位于赤道南侧附近的零值线为界分为南、北两部分。其中,南部为负值区,北部为正值区,最大的变异中心分别位于暖池海域的南、北两侧,其最大变异的绝对值比较相近。这表明,当暖池北部 SST 升高(降低)时,暖

池南部 SST 将降低(升高)。由此可知, EOF<sub>1</sub> 型主要反映了季节性效应所主宰的变异性,即太阳辐射导致的 SST 的变化。这也可从该型时间系数的变化特征得到佐证。由图 2a 可知,时间系数的变化具有明显的谐波振动,其周期约为 12 个月。功率谱分析结果(图略)也显示, EOF<sub>1</sub> 型时间系数最大的谱值位于 12 个月周期上(超过 0.05 检验水平)。由于 EOF<sub>1</sub> 型的方差贡献高达 45.0%,与其它 EOF 型相比起决定性作用,这表明暖池海域 SST 场的变化以年周期变化占主导地位。所以 EOF<sub>1</sub> 型又可称为暖池海域 SST 场异常的年变化型。

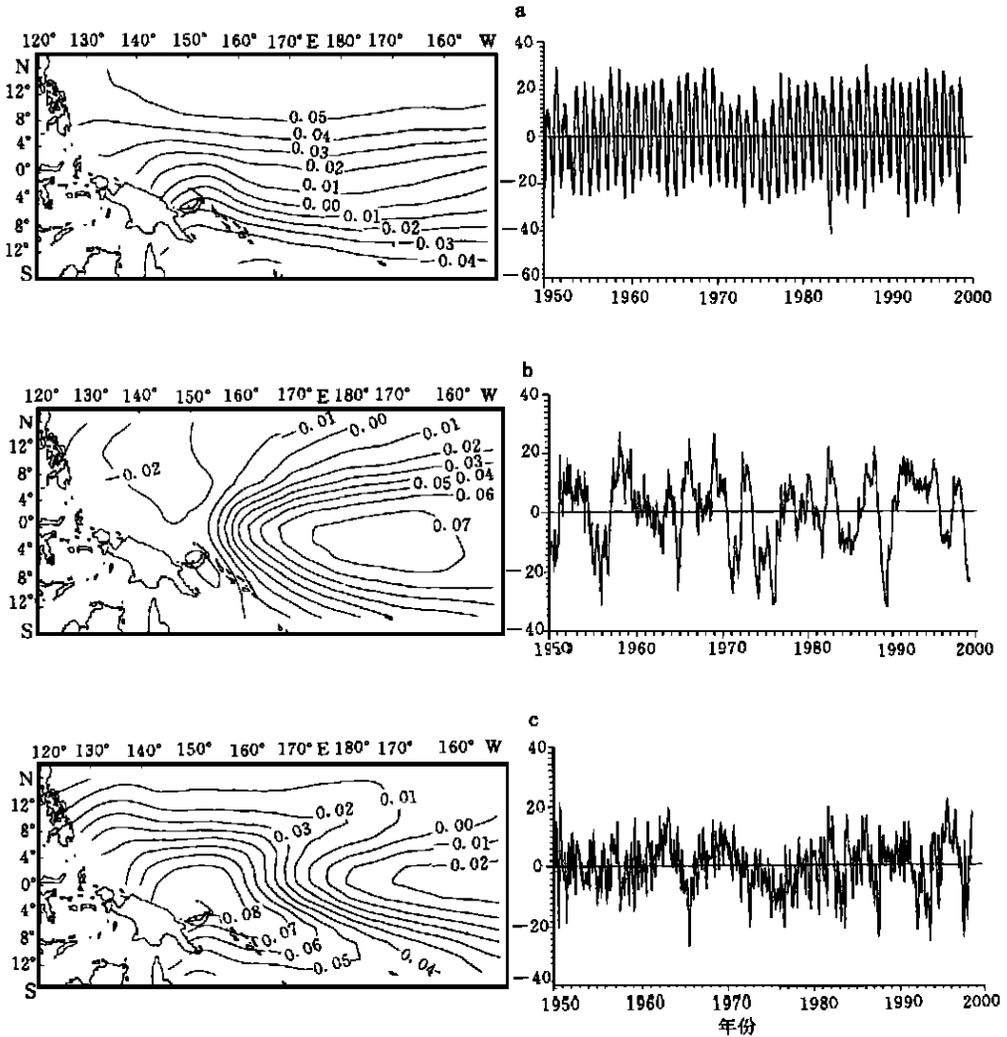


图 2 暖池海域 SST 场 EOF<sub>1</sub> 型(a)、EOF<sub>2</sub> 型(b)和 EOF<sub>3</sub> 型(c)及其相应的时间系数

Fig. 2 EOF<sub>1</sub>(a)、EOF<sub>2</sub>(b)、EOF<sub>3</sub>(c) and their time coefficients of the SST field in the Warm Pool area

## 2.2 第二特征向量场(EOF<sub>2</sub> 型)的时空特征

EOF<sub>2</sub> 型的空间特征(图 2b)与 EOF<sub>1</sub> 型(图 2a)迥然不同,呈现东、西两个高值变异中心。与 Wyrki(1984)指出的热带西太平洋动力高度的分布特征相似,暖池全域以 160°E

为界分为东、西两部分。暖池东部为正值变异区,等值线密集,高值区内等值线呈封闭状分布,最大正值变异中心( $> 0.07$ )位于  $175^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$  的赤道附近,与 NOAA(美国国家海洋和大气管理局)所定义的 NINO<sub>4</sub>(系国际上 E1 Nino 监测区的简称)中心位置相一致,表示该处为暖池海域 SST 场年际变化最显著的海区。暖池西部为负值变异区,等值线较稀疏,最大负值变异中心( $< -0.02$ )处于  $135^{\circ}-155^{\circ}\text{E}, 0^{\circ}-16^{\circ}\text{N}$  附近。该处 SST 的年际变化与暖池东部 SST 呈反相位变化,其变异幅度仅为东部变异中心的 30% 左右。由于 EOF<sub>2</sub> 型的方差贡献相对较大(22.6%),仅次于 EOF<sub>1</sub> 型(45.0%),因此 EOF<sub>2</sub> 型反映了暖池海域 SST 场除年变化以外的主要变化,即大尺度海气系统异常所导致的变化。这也可从图 2b 所引列的该型时间系数的变化特征得到证实。由图 2b 可见,时间系数出现的峰值年份有 1952、1953、1958、1963、1966、1969、1972、1976、1982、1987、1991、1993、1994 和 1997 年,这些年份都是 E1 Nino 年;时间系数呈现大的谷值年份有 1955、1964、1967、1971、1974、1975、1985 和 1989 年,这些年份都是 La Nina 年。可见该型时间系数的年际变化与热带太平洋大尺度海气系统的异常有较好对应。该型时间系数的功率谱分析结果表明,它具有多个振荡周期。其中在 54 个月和 29 个月周期处的谱值较大,都超过了 0.05 显著性周期检验。所以说这两个周期是 EOF<sub>2</sub> 型时间系数的主要周期。54 个月周期与 ENSO 周期相似,29 个月周期属于准两年周期范畴,与热带大气的准两年周期变化很相近。所以按 EOF<sub>2</sub> 型的时空特征,可将其称为暖池海域 SST 场异常的年际变化型。

### 2.3 第三特征向量场(EOF<sub>3</sub> 型)的时空特征

EOF<sub>3</sub> 型的空间特征(图 2c)与 EOF<sub>2</sub> 型(图 2b)较相似,惟其变异中心的符号相反。在暖池东部,与 EOF<sub>2</sub> 型的正值变异区相当,有一范围相对较小的负值变异区,其最大变异中心( $< -0.02$ )位于  $170^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{W}$  的赤道附近,再次显示了该处为暖池海域 SST 场变异较显著的海区。除此之外的暖池全部海域为正值变异区。暖池西部的正值区范围较大,其等值线多呈封闭状分布,最大正值变异中心( $> 0.08$ )位于新几内亚岛东北方( $140^{\circ}-160^{\circ}\text{E}, 4^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$ ),与多年平均的暖池最高温度中心位置大致相合。该处 SST 增(降)温幅度比东部负值变异区降(增)温幅度要大得多,约为后者的 4 倍。可见暖池海域 SST 场年代际变化的最强信号出现在暖池的西部。该型时间系数的变化较复杂(图 2c),对其进行功率谱分析,得出它存在 6 个月和 120 个月周期变化(显著性周期检验水平  $\alpha$  取为 0.05),其中尤以 120 个月的周期变化最显著。所以 EOF<sub>3</sub> 型又可称为暖池海域 SST 场异常的年代际变化型。

### 3 暖池海域 SST 场年际变化的区域性

EOF<sub>2</sub> 型的时空特征(图 2b)显示,暖池海域 SST 场的年际变化大致以  $160^{\circ}\text{E}$  为界分为变化相位相反的东、西两部分。为了进一步分析暖池东、西部 SST 场年际变化的特征,计算了 EOF<sub>2</sub> 型时间系数与暖池全域各  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  经纬度网格点 SST 间的相关系数,并根据相关系数数值及其分布形态(图略)确定了暖池东、西部代表区的范围,其分别为  $170^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{W}, 8^{\circ}\text{S}-4^{\circ}\text{N}$  和  $130^{\circ}-155^{\circ}\text{E}, 0^{\circ}-16^{\circ}\text{N}$ 。

图 3 是暖池东、西部代表区全区平均 SST 距平的年际变化(经 5 个月滑动平均)。从图 3 可以看出,暖池东、西部 SST 年际变化有以下主要差异。

### 3.1 年际变幅

暖池 SST 的年际变幅东部大、西部小。在 1950—1998 年间,暖池东部代表区 SST 的最大变幅为  $2.8^{\circ}\text{C}$ ,而西部代表区仅为  $1.3^{\circ}\text{C}$ ,两者相差达  $1.5^{\circ}\text{C}$ 。可见暖池东部 SST 年际变异信号是暖池全域中最强的。

### 3.2 变化相位

暖池东、西部 SST 的年际变化呈反相位关系,东部 SST 年际变化的峰值年和谷值年分别与 El Niño 事件和 La Niña 事件相一致;西部 SST 的峰值年和谷值年则与东部相反,分别与 La Niña 事件和 El Niño 事件相对应。

### 3.3 变化周期

功率谱分布曲线显示,暖池东、西部 SST 的主要年际变化周期按序分别为 53、29 个月和 43、29 个月。可见两者除了同具准两年变化周期外,其主要的年际变化周期虽然都与 ENSO 的变化周期相近,但西部的周期似更接近 ENSO 周期。

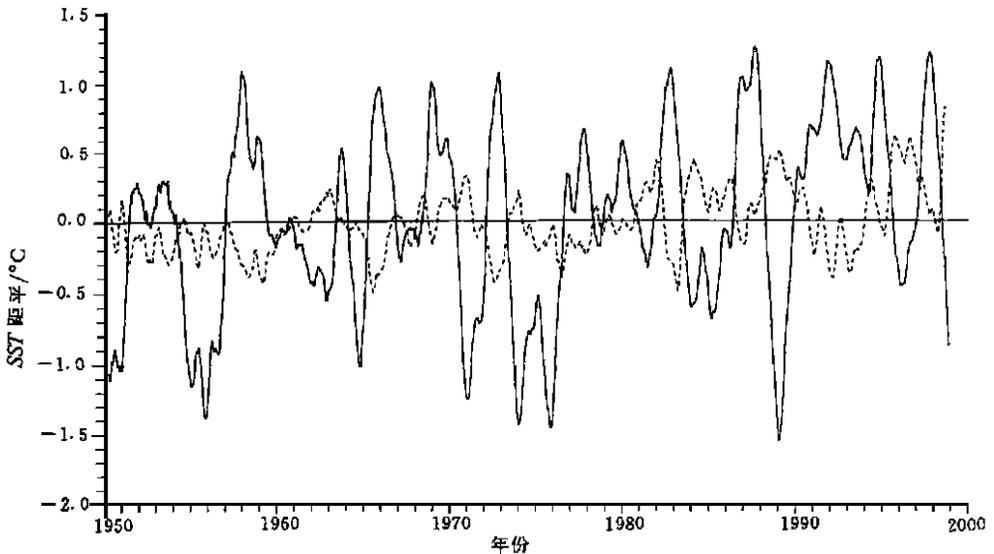


图3 暖池东(实线)、西(虚线)部代表区平均 SST 距平年际变化

Fig. 3 Interannual variations in mean SST anomaly in the east (solid line) and the west (dashed line) of Warm Pool

## 4 结论

根据上述分析,可得如下结论。

4.1 暖池海域 SST 场的主要模态包括年变化、年际变化和年代际变化 3 个类型。

4.2 暖池海域 SST 场具有多种时间尺度的变化,其中最主要的变化周期依次为 12、54、29 和 120 个月。

4.3 暖池海域 SST 的年际变化具有明显的区域性。暖池全域大致以  $160^{\circ}\text{E}$  为界分为东、西两部分,东、西部 SST 的年际变化在变幅、相位和变化周期方面都存在着显著的差异。

## 参 考 文 献

- 刘秦玉, 王启, 1995. “暖池”表层水对大气局地强迫的响应特征. 海洋与湖沼, 26(6): 658—664
- 李永平, 端义宏, 刘秦玉等, 1999. 热带海洋 SST 与北半球大气环流的低频振荡特征. 海洋与湖沼, 30(1): 97—103
- 张启龙, 翁学传, 1997. 热带西太平洋暖池的某些海洋学特征分析. 海洋科学集刊, 38: 31—38
- 翁学传, 张启龙, 1998. 热带西太平洋暖池及其与南方涛动和副热带高压关系. 海洋科学集刊, 40: 35—41
- 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
- 董敏, 陈隆勋, 廖宏, 1994. 西太平洋暖池地区海温异常对冬季环流影响的数值研究. 海洋学报, 16(3): 39—49
- Garcia O, 1983. Equatorial Pacific convective activity during the last three ENSO events. Trop Ocean Atmos Newlett, 21: 6—7
- Philander, S G, 1990. El Nino, La Nina and the Southern Oscillation (chap. 1). New York: Academica Press, Inc, 1—171
- Wyrki, K, 1984. The slop of sea level along the equator during the 1982/1983 El Nino. J Geophy Res, 89(c6): 10 419—10 422
- Wyrki, K, 1989. Some thoughts about the west Pacific Warm Pool. Picaut J., Lukas R., Delcroix T. Proceedings of the Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA-COARE. New Caledonia: France institute of the scientific research for the development on the cooperation, 99—109

## SPATIAL AND TEMPORAL VARIATIONS OF SST FIELD IN THE WESTERN PACIFIC WARM POOL AREA

ZHANG Qi-Long, WENG Xue-Chuan, YAN Ting-Zhuang

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

**Abstract** This paper analyses in detail the spatial and temporal variations of SST field in the Western Pacific Warm Pool area using empirical orthogonal function (EOF) based on monthly mean SST data in 1950—1998. The results show that major modes of SST field are annual, interannual, and interdecadal variations, with main periods of 12, 54, 29, and 120 months. The study area can be divided into two parts: the east and the west, about by 160°E as a line of demarcation for the interannual variation of SST field. There are larger differences in the amplitude, phase and period of the interannual variations of SST in the two regions.

**Key words** The western Pacific, Warm Pool, SST field, Spatial and temporal construction