

# 西太平洋暖池 SST 变异对山东 夏季降水的影响<sup>\*</sup>

张启龙 翁学传 程明华

(中国科学院海洋研究所)

西太平洋暖池展布于热带太平洋中、西部海域,其水温终年高于  $28^{\circ}\text{C}$  (Wyrski, 1989; 张启龙等, 1997)。其最主要特征是水温高, 热含量丰富。西太平洋暖池是全球大洋表面水温 (SST) 最高的海域, 也是全球大气运动最主要的热源地和对流活动的最活跃区。暖池以热量和水汽形式将大部分能量释放给大气, 从而影响大气环流系统。海—气耦合模式研究表明 (Philander, 1990), 暖池海域 SST 的变化, 尤其是它处于高值时的微小变化会对大气环流演变产生十分显著的影响。近年来的一些研究结果也表明 (黄荣辉等, 1994; 董敏等, 1994), 暖池 SST 的异常会导致大气环流, 尤其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。由此可见, 暖池 SST 的变异对东亚乃至全球气候的异常及灾害的形成有着十分重要的作用。

山东位于我国东部,是旱涝灾害多发的省份之一。山东全年的降水量主要集中在夏季(6~8月),其夏季降水量占全年降水量的60%以上。可见,夏季降水量的多寡对山东全年的天气变化和农业生产有重要影响。因此,开展山东夏季降水及其长期预测研究不仅具有重要的学术意义而且还有深远的现实意义。

近年来,许多学者已就西太平洋暖池热状态变异对我国东部地区汛期降水的影响进行了研究,并取得了一些颇有意义的成果(黄荣辉等, 1994; 翁学传等, 1996)。然而,在以往的研究中,涉及西太平洋暖池对山东夏季降水影响的研究却很少,迄今尚未见专文报道。本文作者利用中国国家气候中心提供的 1950~1998 年间太平洋  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  经纬度格点月平均 SST 资料、1951~1998 年间西太平洋副热带高压指数和 1961~1999 年间山东省气象台站的降水资料,研究了西太平洋暖池 SST 变异对山东夏季降水的影响,为山东夏季旱涝预测研究提供科学依据。

## 一、西太平洋暖池 SST 变异特征

本文作者近期的研究结果表明(张启龙等, 2001), 西太平洋暖池海域( $16^{\circ}\text{S} \sim 18^{\circ}\text{N}$ ,

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4510 号。

山东省自然科学基金项目“西太平洋暖池变异与山东夏季旱涝关系研究”资助。

120°E~150°W)SST 场的年际变化具有明显的区域性特征。暖池全域大致以 160°E 为界分为东、西两部分,其东、西部海域的 SST 具有明显的反位相年际变化。同时研究结果还指出,暖池东部代表区(8°S~4°N,170°E~150°W)SST 的年际变幅大于西部代表区(0°~12°N,130°~155°E),是暖池全域中 SST 年际变异信号最强的海区。本文作者将着重分析暖池东部代表区(简称暖池东区,下同)SST 的变异特征。

在西太平洋暖池东区内共有 120 个 2°×2°经纬度格点,对这些格点上的 SST 进行累加,求平均,便可得到该区各年各月的平均 SST。

1 季节变化

图 1 为西太平洋暖池东区多年月平均 SST 的季节变化。由图可见,暖池东区 SST 冬季(2 月)最低,为 28.04℃;春季(5 月)最高,可达 28.68℃;而夏、秋季该区 SST 则介于上述两者之间。这与暖池东部表层热含量的季节变化特征极为相似(张启龙等,1999)。可见,暖池东区 SST 的季节变化,尤其是冬、春季 SST 的变化是十分明显的。暖池东区 SST 的这种季节变化必将影响其上空大气环流的演变,所以,春季(5 月)暖池东区 SST 可作为研究暖池热状态影响大气的一个指标。

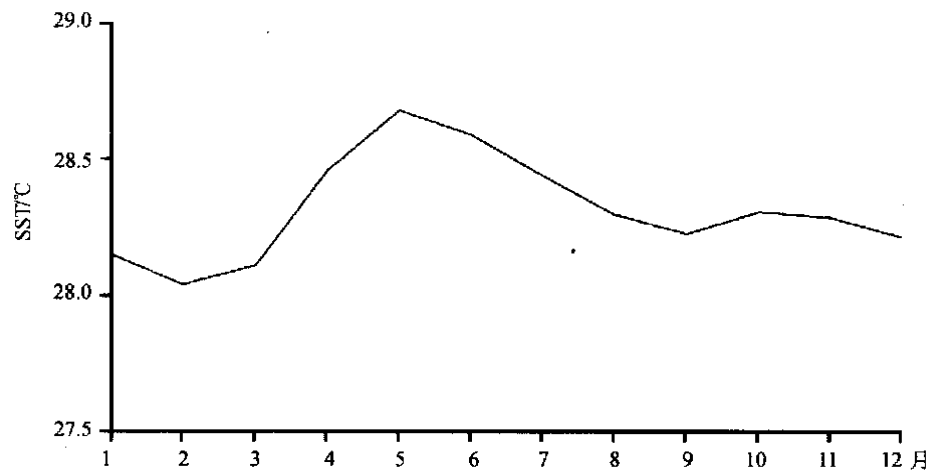


图 1 西太平洋暖池东区 SST 的季节变化

2 年际变化

西太平洋暖池东区月平均 SST 距平的年际变化(经 5 个月滑动平均)(图 2)显示,该区 SST 的年际变化十分明显,不仅变幅大(最大变幅可达 2.8℃),而且与 ENSO 循环有很密切的联系。在 1950~1998 年间的 49 年中共发生 14 次 El Niño 事件(1952, 1953, 1958, 1963, 1966, 1969, 1972, 1976, 1982, 1987, 1991, 1993, 1994 和 1997 年)和 10 次 La Niña 事件(1955, 1964, 1967, 1971, 1974, 1975, 1985, 1989, 1996 和 1998 年)。在 14 次 El Niño 事件中,暖池东区 SST 距平都为正值;而在 10 次 La Niña 事件期间,该区 SST 距平都为负值。这表明,暖池东区 SST 的年际变化与热带太平洋大尺度海气系统异常相联系。

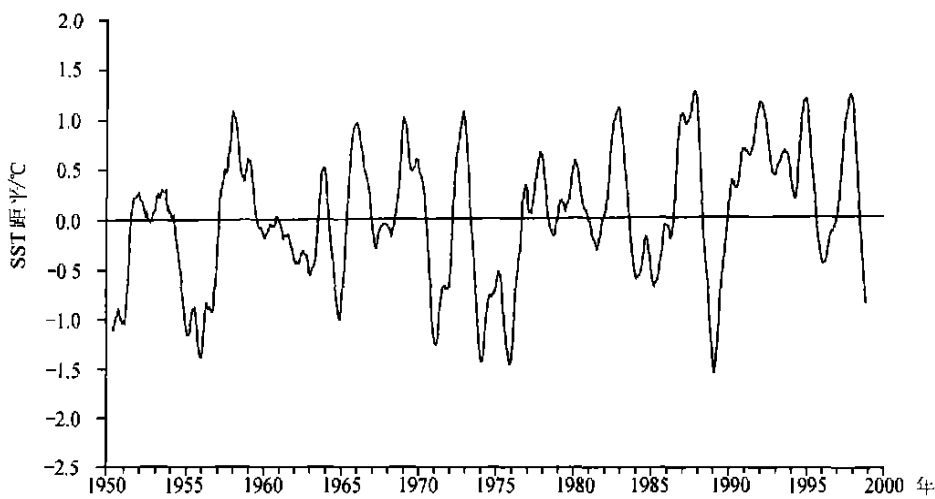


图 2 西太平洋暖池东区 SST 的年际变化

由于春季(5 月)暖池东区多年月平均 SST 达最高值, 所以可将其作为研究暖池影响大气的一个指标, 其距平的年际变化曲线见于图 3(实线)。由图可看出, 暖池东区 SST 的年际变化比较明显, 而且也与 ENSO 循环有较好的联系。在 El Niño 事件期间的 5 月, 暖池东区 SST 为正距平, 而在 La Niña 事件期间的 5 月, SST 则为负距平。这说明, 在 El Niño 事件期间的春季(5 月), 暖池东区 SST 偏高, 而在 La Niña 事件期间的春季(5 月), SST 则偏低。

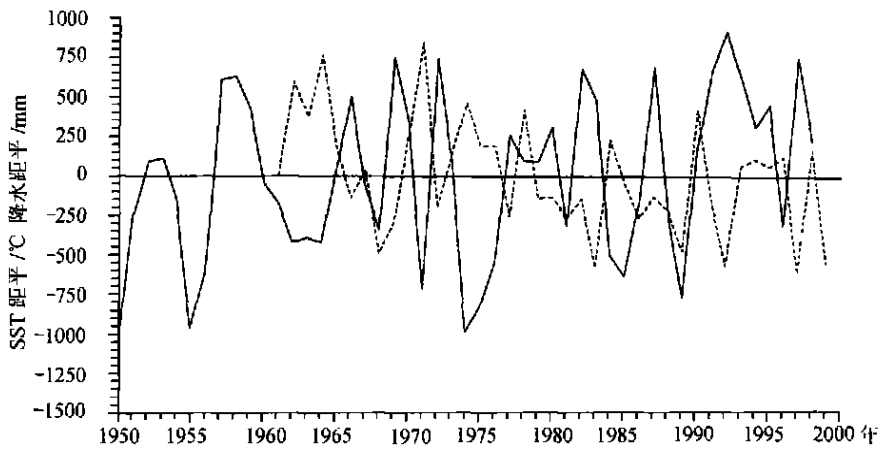


图 3 春季(5 月)西太平洋暖池东区 SST 距平(扩大了 1000 倍, 实线)和山东夏季降水距平(虚线)年际变化

为了进一步了解春季(5 月)西太平洋暖池东区 SST 的变化周期, 本文作者对该区的 SST 距平序列进行了最大熵谱分析(黄嘉佑等, 1984)(见图 4)。由图 4 可知, 5 月暖池东区 SST 具有多个变化周期, 其中较突出的周期依次为 12.0a、3.5a 和 2.5a(按谱值大小)。可见, 该区春季(5 月)的 SST 序列除有约 12a 的长周期变化外, 还有较明显的 3.5a 和准 2a 的周期变化。从时间尺度来讲, 前者为年代际变化, 而后者则为年际变化。相比之下, 其年代际变化较为显著。

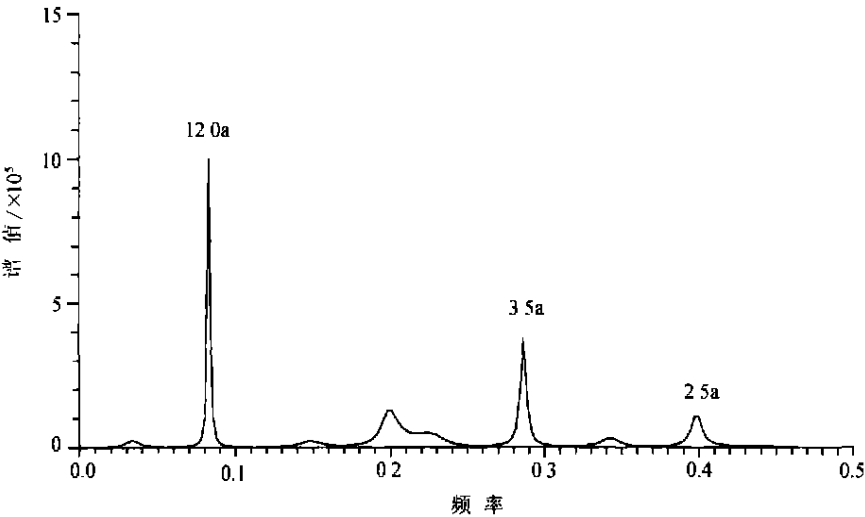


图 4 春季(5月)西太平洋暖池东区 SST 的最大熵谱

二、西太平洋暖池 SST 对山东夏季降水的影响

选取德州、济南、淄博、潍坊、烟台、文登、青岛、胶州、日照、莒县、临沂、济宁、菏泽、聊城和临清等 15 个气象台站 6 ~ 8 月的降水代表山东地区的夏季降水,并据此分析西太平洋暖池 SST 对山东夏季降水的影响。

分析 1961 ~ 1998 年间各月西太平洋暖池东区 SST 距平与山东夏季降水距平的结果表明,5 月暖池东区 SST 与当年山东夏季降水间存在着较密切的关系。图 3 给出了 5 月暖池东区 SST 距平(实线)和山东夏季降水距平(虚线)的年际变化。在 1961 ~ 1998 年间,除少数年份两者的变化趋势相同外,其余各年暖池东区 SST 和山东夏季降水均呈反向变化。最大熵谱分析结果(图5)表明,山东夏季降水的准2年(2.8和2.3a)振荡较突

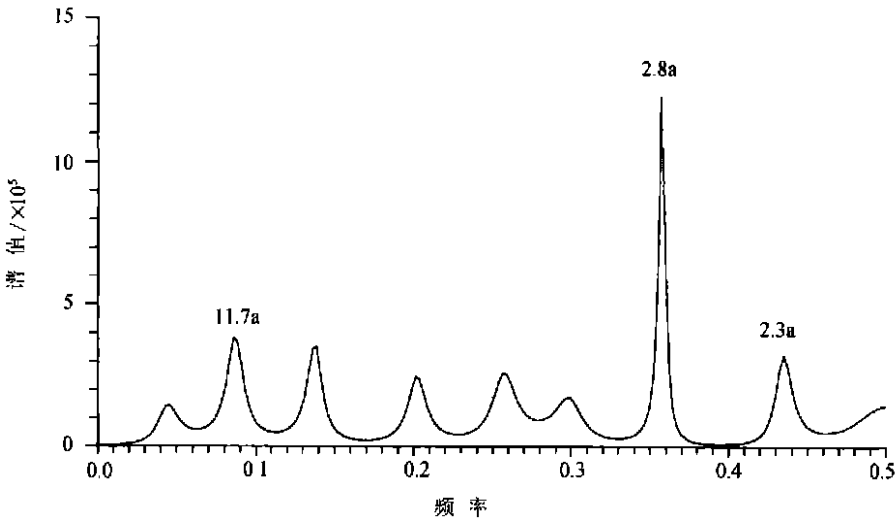


图 5 山东夏季降水的最大熵谱

出, 而 11. 7a 的年际变化周期也明显存在。这与暖池东区春季 (5 月) SST 的主周期基本相近。

图 6 是 1961 ~ 1998 年间 5 月西太平洋暖池东区 SST 距平 (实线) 和山东夏季降水距平 (虚线) 的 10 年滑动平均曲线。由图 6 可明显看出, 两者的长期变化具有比较相近的反向变化趋势: 即在 70 年代末期以前, 暖池东区 SST 除在 60 年代末略偏高外, 大都偏低, 而山东夏季降水则偏多; 70 年代末期以后, 暖池东区 SST 除在 80 年代中期略偏低外, 大都偏高, 而山东夏季降水则偏少。因此, 本文作者认为春季 (5 月) 西太平洋暖池东区的 SST 无论在年际时间尺度上还是在年代际时间尺度上均与山东夏季降水有较好的反向对应关系。

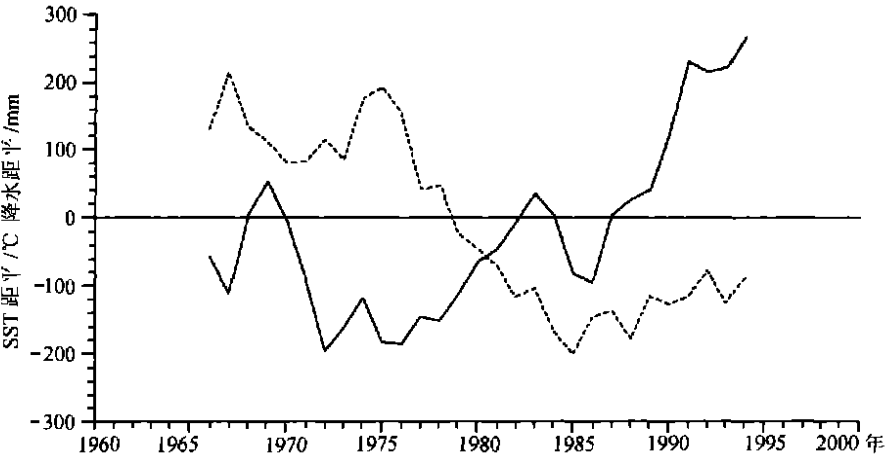


图 6 春季 (5 月) 西太平洋暖池东区 SST 距平 (扩大了 1000 倍, 实线) 和山东夏季降水距平 (虚线) 年际变化

为了进一步了解春季 (5 月) 西太平洋暖池东区 SST 与山东夏季降水间的关系, 对其进行了相关分析。结果表明, 两者的同期相关系数为 -0. 47, 而两者的相关性是否显著, 尚需进行统计检验。为此, 本文采用  $t$ -检验方法进行检验。 $t$  的表达式 (陈上及等, 1991) 为

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

式中:  $t$ 、 $r$  和  $n$  分别为统计量、相关系数和样本序列长度。当  $|t| > t(\alpha, k)$ ,  $r$  是显著的; 当  $|t| < t(\alpha, k)$ ,  $r$  是不显著的。式中  $t(\alpha, k)$  系当显著水平为  $\alpha$ 、自由度为  $k$  时查得  $t$  的临界值。自由度  $k = n - 2$ 。

本文的样本数  $n = 39$ , 自由度  $k = 37$ 。据上式算得  $t = 3. 239$ , 而经查表得知, 在  $\alpha = 0. 01$  时,  $t(\alpha, k) = 2. 718$ 。显然,  $|t| > t(\alpha, k)$ , 说明 5 月暖池东区 SST 与山东夏季降水间的相关性是显著的。而经 10 年滑动平均后两者的相关系数为 -0. 54。经  $t$ -检验可知, 两者的同期相关也达到了 0. 01 的显著水平。由此可见, 5 月暖池东区 SST 与山东夏季降水间存在着较密切的负相关关系。也就是说, 当 5 月西太平洋暖池东区 SST 较常年偏高时, 当年山东夏季降水趋于偏少; 反之, 当 5 月暖池东区 SST 较常年偏低时, 则当年

山东夏季降水趋于偏多。

### 三、讨 论

西太平洋副热带高压(简称副高,下同)是影响我国东部地区夏季降水的主要大气环流系统。山东位于我国东部,其夏季降水同样受到副高的影响(卢金墀, 1982; 曹钢锋等, 1988)。为此,本文作者对 1951~1998 年间 5 月暖池东区 SST 与副高诸特征间的关系进行了分析。结果表明,5 月暖池东区 SST 与 6 月副高诸特征量的年际变化存在着较好的相关关系,其中尤以暖池东区 SST 与副高面积指数之间的关系较为密切。

图 7 是 5 月西太平洋暖池东区 SST 距平(实线)和 6 月副高面积指数距平(虚线)的年际变化曲线。对比图中两条曲线不难看出,在这 48 年间,暖池东区 SST 和副高面积指数除少数年份变化反向外,其余各年两者均呈同向变化。相关分析结果显示,两者的相关系数为 0.53。经  $t$ -检验可知,其相关性达到了  $\alpha=0.01$  的显著水平。可见,5 月暖池东区 SST 与 6 月副高面积指数间存有十分密切的正相关关系。

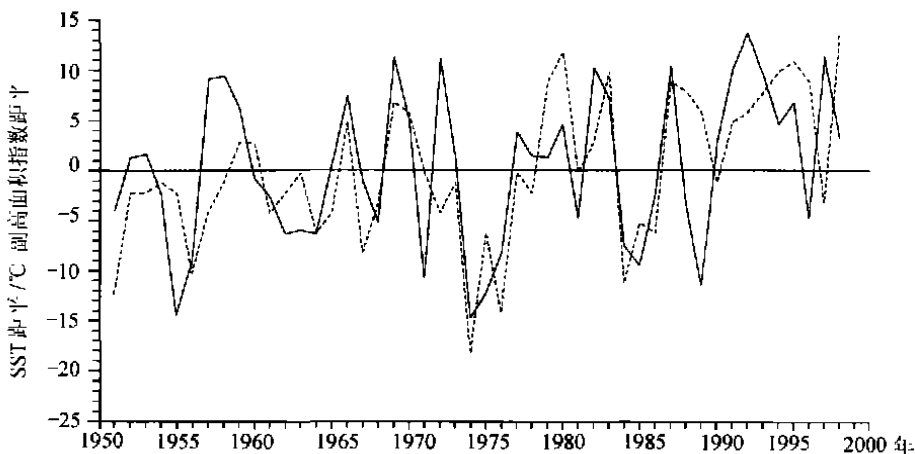


图 7 5 月西太平洋暖池东区 SST 距平(扩大了 5 倍,实线)和 6 月副高面积指数距平(虚线)年际变化

为了进一步阐明西太平洋暖池东区 SST 对山东夏季降水的影响,本文还分别对山东夏季降水偏多年和偏少年的暖池东区 SST 距平和副高特征指数距平进行了合成分析。利用山东夏季降水距平百分率  $\Delta R \geq 25\%$  (或  $\Delta R \leq -25\%$ ) 来确定降水偏多(或偏少)年,则可得出在 1961~1998 年间,山东夏季降水偏多年共有 4 年,分别为 1962, 1964, 1971 和 1974 年,而降水偏少年为 5 年,它们是 1968, 1983, 1989, 1992 和 1997 年。合成分析结果表明,在山东夏季降水偏多年,5 月暖池东区 SST 距平为负值,6 月副高面积减小,强度偏弱,脊线偏北;在山东夏季降水偏少年,5 月暖池东区 SST 距平为正值,6 月副高面积增大,强度偏强,脊线偏南。也就是说,当 5 月暖池东区 SST 较常年偏高时,6 月副高面积较常年增大,强度偏强,脊线偏南,而山东夏季降水偏少,易发生干旱;反之,当 5 月暖池东区 SST 较常年偏低时,6 月副高面积较常年减小,强度偏弱,脊线偏北,则山东

夏季降水偏多, 易出现洪涝。

由以上分析并结合有关研究结果(卢金堀, 1982; 曹钢锋等, 1988)可知, 5 月西太平洋暖池东区 SST 对山东夏季降水的影响主要是通过副热带高压的变动来实现的。

## 四、结 语

(1) 西太平洋暖池东区 SST 具有冬季(2 月)最低、春季(5 月)最高的季节特征。该区 SST 年际变化的主要特征是: 在 El Niño 事件期间, SST 出现大的正距平, 而在 La Niña 事件期间, SST 则为大的负距平。

(2) 5 月西太平洋暖池东区 SST 与当年山东夏季降水有较密切的负相关关系, 两者的相关系数为 $-0.47$ 。

(3) 5 月西太平洋暖池东区 SST 与 6 月副热带高压面积指数之间存在着很密切的正相关关系(相关系数为 $0.53$ )。这表明西太平洋暖池东区 SST 对山东夏季降水的影响主要是通过西太平洋副热带高压的变动来实现的。

## 参 考 文 献

- 卢金堀, 1982, 山东省夏季降水与北太平洋海温场的相关分析, 海洋湖沼通报, (1): 1~3。
- 陈上及、马继瑞, 1991, 海洋数据处理分析方法及其应用, 海洋出版社, 81~82。
- 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。
- 张启龙、翁学传, 1999, 热带西太平洋暖池表层热含量分析, 高原气象, 18(4): 584~589。
- 张启龙、翁学传、颜廷壮, 2001, 西太平洋暖池海域 SST 场的时空特征, 海洋与湖沼, 32(4): 349~354。
- 翁学传、张启龙、颜廷壮, 1996, 热带西太平洋暖池海域次表层水热含量与我国东部降水和副高遥相关, 海洋科学集刊, 37: 1~9。
- 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。
- 黄嘉佑、李黄, 1984, 气象中的谱分析, 气象出版社, 79~96。
- 曹钢锋、张善君、朱官忠等, 1988, 山东天气分析与预报, 气象出版社, 144~155。
- 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。
- Philander S. G., 1990, El Niño, La Niña and the Southern Oscillation(chap. 1), Academic Press Inc., 1~171。
- Wyrki K., 1989, Some thoughts about the West Pacific Warm Pool, In: "Proceedings of the Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA-COARE", New Caledonia, 99~109。

# SST VARIATION IN THE WESTERN PACIFIC WARM POOL AND ITS INFLUENCE ON THE SUMMER PRECIPITATION IN SHANDONG PROVINCE<sup>\*</sup>

ZHANG Qilong, WENG Xuechuan, CHENG Minghua

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

## Abstract

The variation characteristics of SST in the east area of the western Pacific warm pool and its influence on the summer precipitation in Shandong Province were analyzed based on the monthly mean SST data in the Pacific during 1950 ~ 1998 and the monthly precipitation data in Shandong Province from 1961 to 1999. The results showed that the SST in the east area of the Warm Pool had obviously seasonal and interannual changes; and that there was a negative relation between the SST in the east area of the Warm Pool in May and the summer precipitation in Shandong Province. The primary analysis indicated that the SST in the east area of the Warm Pool affected the summer precipitation in Shandong Province, which is mainly linked through the variation of the Western Pacific Subtropical High.

<sup>\*</sup> Contribution No. 4510 from the Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences.