

吴胜安, 周广庆, 穆松宁. 2013. 中高纬度印度洋海温与西北太平洋夏季台风生成数的相关性 [J]. 气候与环境研究, 18 (2): 243–250, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2012.11073. Wu Sheng'an, Zhou Guangqing, Mu Songning. 2013. Relationship between sea surface temperature of middle-high latitude Indian Ocean and summer typhoon frequencies over the western North Pacific [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 18 (2): 243–250.

中高纬度印度洋海温与西北太平洋夏季 台风生成数的相关性

吴胜安^{1,2} 周广庆¹ 穆松宁¹

¹ 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

² 海南省气候中心南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203

摘 要 从独立性、显著性和滞后性角度分析西北太平洋夏季台风生成数 (WNPTYF) 与前期中高纬度印度洋海表温度 (SST) 的关系, 结果表明: 前期中高纬度印度洋 SST 与 WNPTYF 相关显著, 且独立于热带东太平洋 SST (或 ENSO) 对 WNPTYF 影响; 中高纬度印度洋 SST 年际变化对 WNPTYF 年际变化的指示能力相当或超过热带东太平洋, 综合两者的影响预测夏季西北太平洋台风生成数的变化有非常重要的现实意义。进一步的分析表明, 中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 影响有明显的滞后性, 前期相关显著而同期相关不显著。这种滞后性意味着其前期中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 的影响并不是通过 SST 的持续性, 而很可能是通过南半球大气活动的持续性及其异常信号在大气中的传播而影响夏季的环流, 最终影响 WNPTYF 异常。这种影响机制有待进一步研究。

关键词 中高纬度印度洋 海表温度 (SST) 西北太平洋 夏季台风

文章编号 1006-9585 (2013) 02-0243-08

中图分类号 P466

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2012.11073

Relationship between Sea Surface Temperature of Middle-High Latitude Indian Ocean and Summer Typhoon Frequencies over the Western North Pacific

WU Sheng'an^{1,2}, ZHOU Guangqing¹, and MU Songning¹

¹ Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

² South China Sea Meteorology and Disaster Mitigation Research Key Laboratory, Hainan Climate Center, HaiKou 570203

Abstract Previous analyses have focused on the relationship between sea surface temperatures (SSTs) over tropical oceans and summer typhoons over the western North Pacific (WNPTYF); however, few studies have been conducted on other oceans. To determine the relationship between the WNPTYF and SSTs over the middle-high latitude Indian Ocean (MHIO), their independence, significance, and hysteretic characteristics are examined in this study. The results show that SSTs over MHIO can influence WNPTYF independently when the effect of El Niño–Southern Oscillation (ENSO) is not considered. The annual change in SST over MHIO can indicate WNPTYF's yearly change, in addition to that over the tropical East Pacific, with greater accuracy. Synthesis of the SST anomalies over the two areas is useful when the WNPTYF forecast is abnormal. Results also show that SSTs over MHIO influence WNPTYF in hysteresis, with significant correlation in the previous stage, from January to April, and week correlation at the same time, from June to September. The lagged influence of SSTs over MHIO to WNPTYF indicates that the former affects the latter through continuity of the abnormal atmospheric action over the Southern Hemisphere rather than by SST steadiness. However, for better understanding of this mechanism, further research is required.

收稿日期 2011-05-17 收到, 2012-11-27 收到修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展计划项目 2010CB951901, 国家自然科学基金项目 40821092, 中国科学院战略性先导科技专项 XDA05110203

作者简介 吴胜安, 男, 1974 年出生, 博士研究生, 高工, 主要从事气候变化与气候预测研究。E-mail: wsa01@sohu.com

Keywords Middle-high latitude Indian Ocean, Sea surface temperature, Western North Pacific, Summer typhoon

1 引言

西北太平洋台风生成数不仅与大尺度、行星尺度的大气环流有关,也与海洋热状况有着密切联系(陈光华和黄荣辉, 2006)。西北太平洋台风生成数与海表温度(SST)的关系是气象工作者十分关心的问题。杨桂山和施雅风(1999)分析了1949~1994年西北太平洋热带气旋频数与同区域SST的相关,指出在西北太平洋海域, SST 偏高对应热带气旋频数偏多,在20°N以北、140°E以西海域更为明显。吴迪生等(2003)分析了西太平洋暖池和南海次表层水温变化对西北太平洋热带气旋的影响,表明当赤道西太平洋暖池次表层水温夏半年持续正(负)距平时,西北太平洋热带气旋个数偏多(少),这种现象极值年份尤其明显。潘怡航(1982)较早研究了赤道东太平洋海温与西太平洋台风发生频率之间的关系,结果发现,两者的变化有相反的趋势,即海温为正(负)距平时,台风次数偏少(多)。董克勤和齐树芬(1990)则从迟滞性角度分析了赤道东太平洋海温与西太平洋台风频数年际变化的关系,表明赤道东太平洋海温年际变化与西北太平洋中、西部台风形成频数年际变化的相关明显的时滞现象。台风变化晚于海温变化两个月,存在着最高的负相关(1949~1986年相关系数-0.63);台风晚于海温17~18个月,出现最大正相关(相关系数达0.58)。邓自旺等(1999)关注了海温与中国登陆热带气旋的关系; Chan and Liu (2004)还关注过全球变暖后海温对热带气旋的影响。以上研究关心的区域几乎都局限在台风生成源地或赤道东太平洋,而对其余海域很少关注。但是,夏季台风活动与南半球的冷空气有关,也与南方涛动有关,而海洋一般被认为是大气活动异常的外强迫源,那么,西北太平洋台风活动是否与南半球的海温异常也有关呢?分析其它海域海温与 WNPTYP 的关系是非常有意义的。

2 资料与方法

2.1 资料

本研究所用资料包括:1) NCEP/NCAR 的再分

析资料 (Kalnay et al., 1996), 水平分辨率为2.5°(纬度)×2.5°(经度); 2) NOAA 提供的 SST 资料 (Smith and Reynolds, 2004), 水平分辨率为2°(纬度)×2°(经度); 3) 美国联合台风监测中心 (JTWC) 的西北太平洋热带气旋资料。热带气旋按照最大风速标准一般可分为热带低压、热带风暴和台风。本研究所讨论的热带气旋只包括热带风暴和台风。研究所用的时间长度为1968~2006年, 夏季台风生成数包括6~9月的台风数。夏季特指北半球6~9月, 相应前期则指1~4月。

2.2 方法

2.2.1 偏相关方法

通常所求的相关为简单相关系数(相关系数), 是刻画变量之间线性程度的量, 很多情况下人们利用相关系数的大小来解释变量间相互联系的大小。但相关系数只表明两个变量的共变联系, 在实际应用中不能只根据相关系数盲目推断变量间内在联系的大小, 在研究时, 要同时考察这种相关性是否由于其他变量的变化所引起。偏相关关系则是在扣除或固定某两个变量以外的其他变量对它们的影响以后, 这两个变量之间的相关关系, 它反映了事物间的本质联系。描述这种关系的强度指标为偏相关系数, 绝对值越大, 偏相关程度越大(王海燕等, 2006)。由于偏相关系数反映的是排除其他变量的影响后, 自变量与因变量之间的相关程度, 故偏相关系数的绝对值大小也常用于表示各变量的相对重要性。无论气象科学上还是在社会科学上, 与相关分析一样, 偏相关分析都被广泛应用(Radok and Timothy, 1992; 严丽坤, 2003)。

考虑变量间存在一个共同影响的系数称为一阶偏相关系数(或一阶系数)。本章分析所用的偏相关系数均为一阶偏相关系数, 可用简单相关系数来计算, 则因子 x 、 y 相对因子 z 的偏相关系数 $r_{12.3}$ 的计算公式为

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13}r_{23}}{\sqrt{(1-r_{13}^2)(1-r_{23}^2)}}, \quad (1)$$

公式(1)所求的是排除因子 z 的影响后所得因子 x 与因子 y 的相关关系。 r_{12} 为因子 x 与因子 y 的相关系数, r_{13} 为因子 x 与因子 z 的相关系数, r_{23} 为因子 y 与因子 z 的相关系数。

2.2.2 排除强 ENSO 的影响

ENSO 是已知最强的年际尺度气候信号, 对全球的气候异常具有非常重要的影响, 西北太平洋的台风活动不可避免地也会受到影响。不仅台风活动强度、生成位置受到影响 (Chan, 2000), 台风生成数也会间接或直接地受其影响。为了排除或削减其干扰, 采用从序列中排除强 ENSO 年后再分析的方法, 这样在序列中扣除了 1972 年、1973 年、1974 年、1983 年、1988 年、1989 年、1992 年、1997 年、1998 年这 9 个强 ENSO 年 (翟盘茂等, 2000)。这种扣除强 ENSO 信号年的方法可与上述偏相关方法相互佐证, 检验因子相对于 ENSO 的独立性。

2.2.3 年际增量方法

短期气候预测业务是以月、季或年尺度从当前时刻预测下一时刻气候要素的变化情况, 这意味着可以充分利用当前时刻的信息, 当前时刻不仅包含了距平信息, 往往还包含有各种周期和长期趋势的信息。如果预测下一时刻对当前时刻的增量便可充分利用这些信息, 从而减少预测误差。范可等 (2008) 利用预测年际增量的方法和藉此建立的物理统计模型, 显著提高了长江中下游夏季降水的预测技巧, 预示着该方法有潜在的应用意义。王会军等 (2010) 从数学物理的角度, 理论上分析了本方法的意义及效果。本文所涉及到的年际增量序列由下面公式求得:

$$X_i = x_i - x_{i-1}, \quad (2)$$

其中, X_i 为新序列, x_i 为原数据序列。

3 结果分析

3.1 相关关系的独立性

由图 1 可见, 西北太平洋台风主要源区 SST 与 WNPTYF 的相关信号不明显, 在较高纬度有弱的负相关区; 在南海和孟加拉湾海域, 以及东太平洋有负的显著相关区, 这些显著相关区基本上分布在赤道附近。除此之外, 在南印度洋中高纬度区域也有一片负的显著相关区, 通过显著性检验的区域范围宽广, 这是该相关系数分布图上非常重要的特征。

那么, 中高纬度印度洋的显著相关区是否与东太平洋海温 (或 ENSO) 有关? 用偏相关分析来给出答案。首先, 分别求取东太平洋显著相关区与南极洲附近南印度洋显著相关区的参考序列, 为计算方便并不失代表性, 东太平洋关键区的选取范围

($4^{\circ}\text{S} \sim 4^{\circ}\text{N}$, $240^{\circ}\text{E} \sim 260^{\circ}\text{E}$), 南极洲附近南印度洋 SST 关键区范围 ($50^{\circ}\text{S} \sim 60^{\circ}\text{S}$, $90^{\circ}\text{E} \sim 116^{\circ}\text{E}$)。然后, 分别求取 WNPTYF 与前期 SST 相对该两条参考序列的偏相关系数 (其结果如图 2 和图 3)。图 2 所示的是 WNPTYF 与前期全球 SST 年际变化相对中高纬度印度洋显著相关区 SST 的偏相关系数分布。由图可见, 除中高纬度印度洋的显著负相关区 (参考序列区) 消失外, 海温与台风生成数的偏相关系数分布与相关系数分布基本无差别, 即前期东太平洋海温与 WNPTYF 之间的联系与中高纬印度洋的 SST 无明显关系。图 3 是 WNPTYF 与前期全球 SST 年际变化相对东太平洋显著相关区 SST 的偏相关系数分布。该图特征特别明显, 其偏相关系数的显著区域仅存在于南极洲附近的南印度洋, 且其显著相关区域的面积大小、系数大小与相关系数图 (图 1) 中比较均无明显变化。该偏相关系数分布图一方面说明南极洲附近南印度洋 SST 与 WNPTYF 的关系相对于东太平洋 SST 是独立的; 另一方面说明, 其它区域的 SST 对 WNPTYF 的影响与东太平洋 SST 有关, 如孟加拉湾海域、中国东南近海、热带南太平洋。这些海域在前期全球 SST 与 WNPTYF 的相关系数分布图上均显示有弱的相关。

为了更进一步说明南极洲附近南印度洋前期 SST 与 WNPTYF 之间显著相关的独立性, 去除强 ENSO 信号进行分析 (结果如图 4)。由图 4 可见, 显著相关区主要分布在南极洲附近的南印度洋, 其分布形态与图 3 高度一致。这种一致性一方面进一步说明南极洲附近南印度洋前期 SST 对西北太平洋台风生成数的影响是独立于 ENSO 的, 即中高纬度印度洋前期 SST 对 WNPTYF 的影响是独立的, 不受热带东太平洋 SST 的影响。另一方面, 也一定程度上说明偏相关分析可以在某种程度上检验两个要素对同一要素相关关系的独立性。此外, 还计算了两片关键区的相关系数, 仅为 0.20, 不能通过信度 90% 的显著性检验。这同样说明了两片海域与 WNPTYF 相互关系的独立性。

以上分析表明, 前期 SST 与夏季西北太平洋台风生成有密切联系, 主要显著相关区位于赤道东太平洋和南极洲附近的南印度洋。两片显著相关区域的 SST 与台风生成数的联系是相互独立的, 中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 的影响是独立的。

3.2 中高纬度印度洋海温对 WNPTYF 影响的显著性

前面的分析表明, 中高纬度印度洋 SST 对

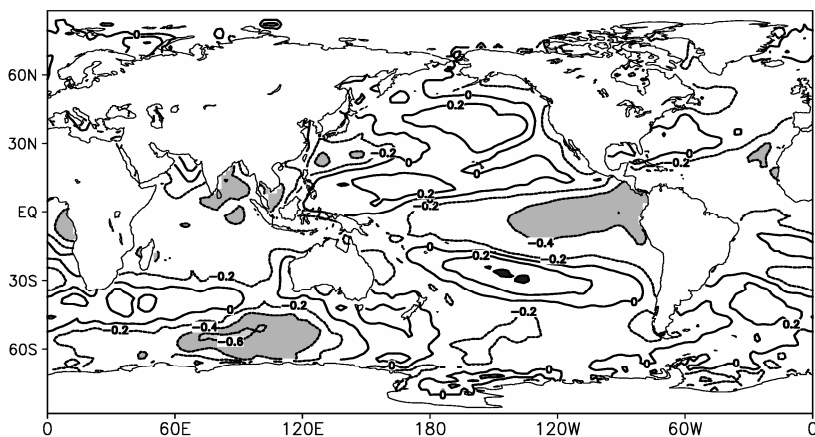


图1 6~9月WNPTYF与前期(1~4月)SST年际变化的相关系数(阴影部分通过98%信度检验,深色表示正相关,浅色表示负相关)

Fig. 1 Correlation coefficients between summer typhoons over the western North Pacific (WNPTYF) from Jun to Sep and global sea surface temperature (SST) in prophase (Jan to Apr) (shadings are above the 98% confidence level, dark and light shadings denote positive and negative values, respectively)

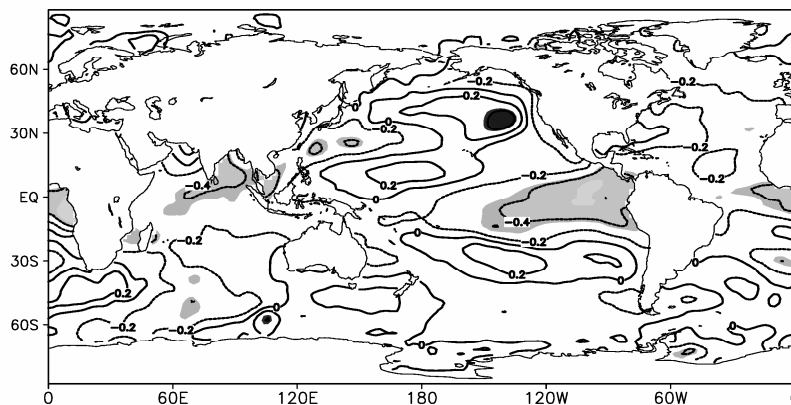


图2 WNPTYF与前期SST年际变化相对中高纬度印度洋显著相关区SST的偏相关系数(阴影通过98%信度检验,深色表示正相关,浅色表示负相关)

Fig. 2 Partial correlation coefficients between WNPTYF and global SST in prophase after eliminating the influence of SST over the significant domain of middle-high latitude Indian Ocean (shadings are above 98% confidence level, dark and light shadings denote positive and negative values, respectively)

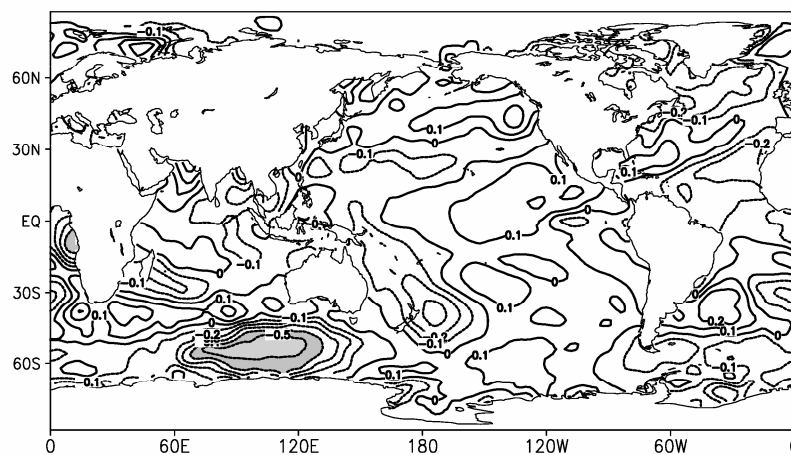


图3 同图2, 但为相对东太平洋显著相关区SST的偏相关系数分布

Fig. 3 Same as Fig. 2, but after eliminating the influence of SST over the significant domain of tropical eastern Pacific

WNPTYF的影响是独立于热带东太平洋的,另外,从统计信度上也可通过98%的显著性检验。那么,这片区域SST对夏季台风生成数的影响是否与热带

东太平洋的SST影响相当或超过后者的影响呢?因为只有这样,更深入地了解和研究其影响机理才有现实意义。为此,对照分析中高纬度印度洋和热

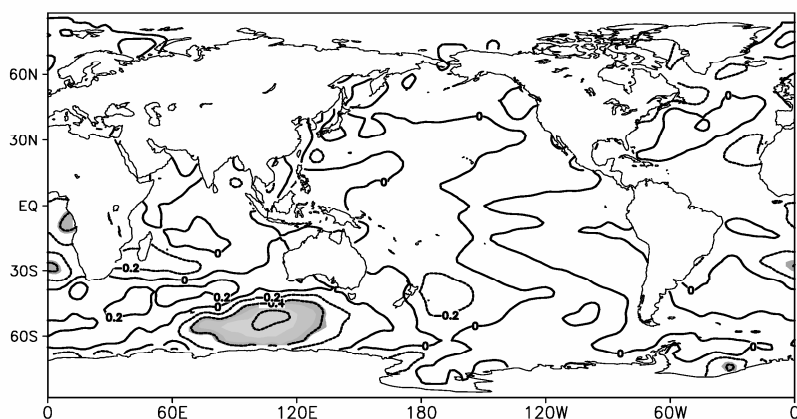


图4 去除强 ENSO 年后 30 年 WNPTYF 与前期 SST 年际变化的相关系数 (阴影通过 98% 信度检验)

Fig. 4 Correlation coefficients between WNPTYF and global SST in prophase for 30 years after removing the effect of strong ENSO years (shaded areas are above the 98% confidence level)

带东太平洋 SST 对 WNPTYF 的影响是有必要的。

前面的相关分析表明, 前期中高纬度印度洋 SST 与 WNPTYF 的格点相关系数绝对值的最大值超过热带东太平洋 SST, 前者为 0.62, 后者为 0.50。年际增量的相关也是如此, 前者可达 0.7, 后者略高于 0.6。中高纬度印度洋关键区的区域平均 SST 序列与同样的台风生成数序列相关为 0.53, 而热带东太平洋关键区的区域平均 SST 序列与 WNPTYF 的相关系数为 0.51。关键区区域平均温度序列与台风生成数序列的一元回归曲线显示, 中高纬度印度洋序列的均方差为 7.43, 而热带东太平洋回归序列的均方差为 7.18。中高纬度印度洋序列与台风生成数序列的异号率为 12/39, 即 31%; 而热带东太平洋回归序列与台风生成数序列的异号率为 16/39, 即 41%。显然中高纬度印度洋 SST 对西北太平洋台风生成数预测有更好的指示性意义。

表 1 列出了 1966~2006 年 WNPTYF、前期中高纬度印度洋关键区区域平均 SST 和热带东太平洋关键区区域平均 SST 的异常情况和年际增量的异常情况。由表 1 可见, 关键区的 SST 变化与台风生成数变化基本反相, 前期 SST 偏高时, 对应台风生成数偏少; SST 偏低时, 对应台风生成数偏多。所考虑的 39 年中, 中高纬度印度洋关键区有 10 年与台风生成数变化同相, 即偏高对应偏多, 偏低对应偏少。也就是说用关键区 SST 预测台风生成数变化, 在所考虑的 39 年中, 将有 10 年可能发生错误。这种情形在热带东太平洋更明显, 表 1 中可见同相变化的发生有 14 年。值得注意的是, 两个关键区 SST 一致时, 只有两年与台风生成数变化同相, 分别为 1999 年和

2006 年, 即两个关键区 SST 一致时预测西北太平洋台风生成数异常时正确的概率将显著提高。另外, 中高纬度南印度洋关键区 SST 与台风生成数同相变化以偏高为主, 10 年的同相变化中有 7 年为偏高, 3 年是偏低; 而热带东太平洋则以偏低为主, 14 年的同相变化中, 有 9 年为偏低, 5 年是偏高。

表 1 中还可见, 关键区 SST 和台风生成数年际增量的同相变化情况要少很多, 这是年际增量相关系数明显高于年际变化相关系数的主要原因。1969~2006 年的 38 年中, 前期热带东太平洋关键区 SST 与夏季西北太平洋台风生成数年际增量同相变化情形只有 8 年, 中高纬度印度洋也是如此。显然用关键区 SST 年际增量预测台风生成数年际增量的技巧要提高不少。同样值得注意的是, 台风生成数、两个海洋关键区 SST 年际增量三者同相变化的情形也很稀少, 38 年中只有两年, 分别为 1986 年和 1992 年。

尽管考虑了 SST 的年际增量后更有预测意义, 但从预测的角度而言, 在研究时段中将有 13 年的预测可信度很低, 因为此时两个关键区的 SST 年际增量不一致。当考虑大气环流因子的影响后, 这种不确定性会明显改观。对比郎咸梅和王会军 (2008) 的研究可以看出, 在这 13 年中, 约有 9 年可以用西北太平洋台风源区纬向风垂直切变异常进行准确预报, 说明 SST 的确具有重要作用, 但不能忽视大气环流因子的作用。

以上分析表明, 中高纬度印度洋 SST 与 WNPTYF 有显著的相关关系, 其变化对后者变化的指示能力相当或超过热带东太平洋。综合两者的影

表 1 1968~2006 年 WNPTYF、前期关键区 SST 异常情况和年际增量异常情况

Table 1 Abnormal condition of WNPTYF and prophase SST over key ocean areas during 1968–2006

年份	异常情况			年际增量异常情况		
	台风生成数	印度洋关键区海温	太平洋关键区海温	台风生成数	印度洋关键区海温	太平洋关键区海温
	成数	海温	海温	成数	海温	海温
1968	持平	偏低	偏低			
1969	偏少	偏高	偏高	偏少	偏高	偏高
1970	偏多	偏高	持平	偏多	偏低	偏低
1971	偏多	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低
1972	偏多	偏高	偏低	偏少	偏高	偏高
1973	持平	偏低	偏高	偏多	偏低	偏低
1974	偏多	偏低	偏低	偏少	偏高	偏高
1975	偏少	偏高	偏低	偏多	偏低	偏低
1976	偏少	持平	偏低	偏少	偏高	偏高
1977*	偏少	偏高	偏高	偏多	偏低	偏高
1978	偏多	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低
1979*	偏少	偏高	偏低	偏少	偏低	偏高
1980*	偏少	偏高	偏低	偏少	偏高	偏低
1981*	偏多	偏高	偏低	偏多	偏高	偏低
1982*	偏多	偏低	偏高	偏少	偏低	偏高
1983*	偏少	偏高	偏高	偏多	偏高	偏高
1984	偏少	偏高	偏低	偏少	偏高	偏高
1985*	偏多	偏高	偏低	偏多	偏低	偏高
1986*	偏少	持平	偏低	偏少	偏低	偏低
1987	持平	偏低	偏高	偏多	偏低	偏低
1988	偏多	偏低	持平	偏少	偏高	偏高
1989*	偏多	偏高	偏低	偏多	偏高	偏低
1990*	偏多	偏高	偏低	偏少	偏低	偏高
1991	持平	偏高	持平	偏多	偏低	偏低
1992*	偏多	偏低	偏高	偏多	偏高	偏高
1993	偏多	偏低	偏高	持平	偏高	偏低
1994	偏多	偏低	偏低	偏少	偏高	偏高
1995*	偏少	偏低	偏高	偏多	偏低	偏高
1996*	偏多	偏高	偏低	偏少	偏高	偏低
1997	偏多	偏低	偏低	持平	偏低	偏低
1998	偏少	偏高	偏高	偏少	偏高	偏高
1999	偏少	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低
2000	持平	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低
2001	偏多	偏低	偏高	偏少	偏高	偏高
2002	偏多	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低
2003	偏少	偏高	偏高	偏少	偏高	偏高
2004	偏多	偏低	偏高	偏多	偏低	偏低
2005	偏少	偏高	偏低	偏少	偏高	偏高
2006	偏少	偏低	偏低	偏多	偏低	偏低

注：*为预测可信度很低的年份。

响预测夏季西北太平洋台风生成数的变化有非常重要的现实意义。

3.3 WNPTYF 对中高纬度印度洋 SST 响应的滞后性
众所周知，大气环流的反应是快速的，对 SST

异常的反应也是如此。前面分析显示前期(1~4 月)的 SST 与西北太平洋台风生成数有很好的关系，那么，夏季 SST 与西北太平洋夏季(同期)的台风生成数的关系怎样呢？为进一步明确与 WNPTYF 有更多内在联系的是前期的 SST 还是夏季的 SST，对前期 SST、夏季 SST 与 WNPTYF 之间的关系进行相关和偏相关分析(结果如图 5 和图 6)。

由图 5 可见，夏季 SST 与 WNPTYF 的显著相关区主要分布在热带东太平洋南侧、热带大西洋北侧、高纬度北大西洋及中高纬度南印度洋。分布形态与前期 SST 与夏季台风生成数的显著相关区分布有较大差异，显著相关区的面积也有明显缩小，意味着夏季 SST 与 WNPTYF 的相关信号不如前期 SST。图 6 所示的是 WNPTYF 与同期 SST 场相对于前期东太平洋显著相关区 SST 的偏相关系数。由图 6 可见，在排除前期东太平洋 SST 对 WNPTYF 的影响之后，全球夏季 SST 与 WNPTYF 基本上没有可通过显著性检验的相关区，意味着夏季 SST 对西北太平洋台风生成数的影响依赖于前期东太平洋 SST 的影响，即前期 SST 对 WNPTYF 的滞后影响。

为了进一步分析中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 的滞后影响，对该区 SST 与台风源地关键区涡度进行超前、滞后相关分析。相关性在当年 1~12 月呈减弱趋势，自 4 月以后，除 8 月外，相关系数均未通过信度 90%的显著性检验，而 1~4 月的相关系数绝对值均在 0.35 以上，为负相关，可通过信度 98%的显著性检验。这说明了中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 有明显的滞后性。

SST 对 WNPTYF 的滞后影响不仅只发生在上述海区，在赤道东太平洋上也同样如此。分析了 1969~2006 年夏季台风生成数与热带东太平洋 SST 的超前或滞后相关系数分布，同前面分析相似，当年的 1~4 月，相关系数可通过信度 98%的显著性检验，5 月可通过 90%的显著性检验(这与高纬度南印度洋不同)，6 月以后不能通过信度 90%的显著性检验。

以上分析表明，中高纬度印度洋前期 SST 对夏季西北太平洋台风生成数影响表现出一种滞后性，其影响并不是通过 SST 的持续性，而很可能是通过把异常信号传递至大气环流中，通过在大气中的传播进而影响夏季环流，最终影响 WNPTYF 的变化。

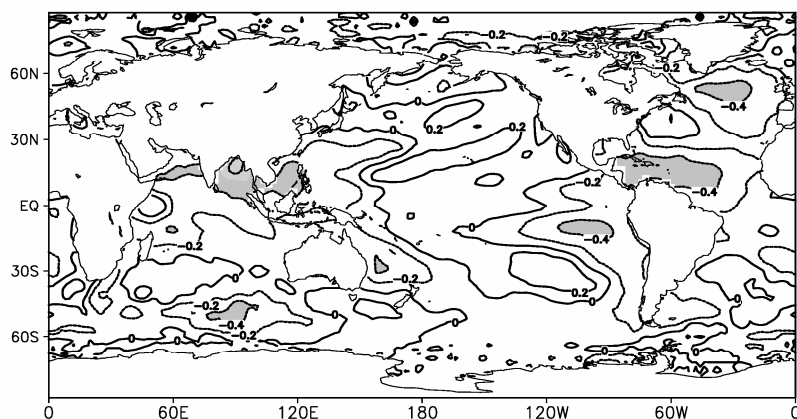


图5 同图1, 但为同期 SST 场

Fig. 5 Same as Fig. 1, but for globe SST in the same period

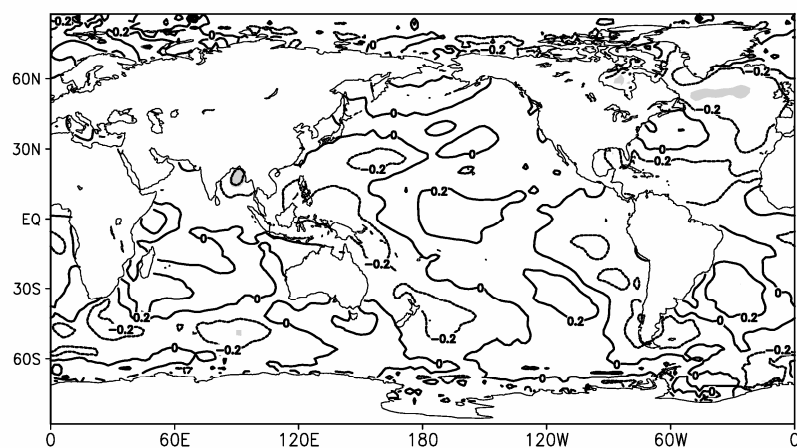


图6 同图3, 但为同期 SST 场

Fig. 6 Same as Fig. 3, but for globe SST in the same period

4 结论

本研究从独立性、滞后性和显著性角度分析了 WNPTYF 与前期中高纬度印度洋 SST 的关系, 主要结论如下:

(1) 前期 SST 与夏季西北太平洋台风生成有密切联系, 主要显著相关区位于赤道东太平洋和南极洲附近的南印度洋。两片显著相关区域的 SST 与台风生成数的联系是相互独立的, 中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 的影响是独立的。

(2) 中高纬度印度洋 SST 与 WNPTYF 有显著的相关关系, 其变化对后者变化的指示能力相当或超过热带东太平洋。综合两者的影响预测夏季西北太平洋台风生成数的变化有非常重要的现实意义。

(3) 中高纬度印度洋 SST 对 WNPTYF 有明显的滞后性。前期 SST 对夏季西北太平洋台风生成数

影响并不是通过 SST 的持续性, 而很可能是异常信号通过在大气中的传播而对更远处 (如西北太平洋) 产生滞后影响, 最终影响 WNPTYF 的变化。

参考文献 (References)

- Chan J C L. 2000. Tropical cyclone activity over the Western North Pacific associated with El Niño and La Niña Events [J]. *J. Climate*, 13 (15): 2960–2972.
- Chan J C L, Liu K S. 2004. Global warming and Western North Pacific typhoon activity from an observational perspective [J]. *J. Climate*, 17 (23): 4590–4602.
- 陈光华, 黄荣辉. 2006. 西北太平洋暖池热状态对热带气旋活动的影响 [J]. *热带气象学报*, 22 (6): 527–532. Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2006. The effect of warm pool thermal states on tropical cyclone in West Northwest Pacific [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 22 (6): 527–532.
- 邓自旺, 屠其璞, 冯俊茹, 等. 1999. 我国登陆台风频率变化与太平洋海表温度场的关系 [J]. *应用气象学报*, 10 (增刊): 54–60. Deng Ziwan, Tu Qipu, Feng Junru, et al. 1999. The relation between frequency of

- landing typhoon and the Pacific SST field [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 10 (Suppl.): 54–60.
- 董克勤, 齐树芬. 1990. 赤道东太平洋海温与西太平洋台风频数年际变化的关系 [J]. 海洋学报, 12 (4): 506–509. Dong Keqing, Qi Shufeng. 1990. Relationship between SST over tropical eastern Pacific and typhoons' number over the western North Pacific [J]. Acta Oceanologica Sinica (in Chinese), 12 (4): 506–509.
- 范可, 林美静, 高煜中. 2008. 用年际增量方法预测华北汛期降水 [J]. 中国科学 (D 辑), 38 (11): 1452–1459. Fan Ke, Lin Meijing, Gao Yuzhong. 2009. Forecasting the summer rainfall in North China using the year to year increment approach [J]. Science in China (Ser. D), 52 (4): 532–539.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77: 437–471.
- 郎咸梅, 王会军. 2008. 利用气候模式能够预测西北太平洋台风活动的气候背景吗? [J]. 科学通报, 53 (15): 2392–2399. Lang Xianmei, Wang Huijun. 2008. Can the climate background of western North Pacific typhoon activity be predicted by climate model? [J]. Chinese Science Bulletin (in Chinese), 53 (15): 2392–2399.
- 潘怡航. 1982. 赤道东太平洋的热力状况对西太平洋台风发生频率的影响 [J]. 气象学报, 40: 25–33. Pan Yihang. 1982. Influence of thermal condition of tropical east Pacific on typhoon frequency over western Pacific [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 40: 25–33.
- Radok U, Timothy J B. 1992. Anomaly correlation and an alternative: Partial correlation [J]. Mon. Wea. Rev., 121: 1269–1271.
- Smith T M, Reynolds R W. 2004. Improved extended reconstruction of SST (1854–1997) [J]. J. Climate, 17: 2466–2477.
- 王海燕, 杨方廷, 刘鲁. 2006. 标准化系数与偏相关系数的比较与应用 [J]. 数量经济技术经济研究, (9): 150–155. Wang Haiyan, Yang Fangting, Liu Lu. 2006. Comparison and application of standardized regressive coefficient and partial correlation coefficient [J]. The Journal of Quantitative and Technical Economics (in Chinese), (9): 150–155.
- 王会军, 张颖, 郎咸梅. 2010. 论短期气候预测的对象问题 [J]. 气候与环境研究, 15 (3): 225–228. Wang Huijun, Zhang Ying, Lang Xianmei. 2010. On the predictand of short term climate prediction [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (3): 225–228.
- 吴迪生, 白毅平, 张红梅, 等. 2003. 赤道西太平洋暖池次表层水温变化对热带气旋的影响 [J]. 热带气象学报, 19 (3): 254–260. Wu Disheng, Bai Yiping, Zhang Hongmei, et al. 2003. The influence of variation of subsurface ocean temperature in the equatorial western Pacific warm pool on tropical cyclones [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 19 (3): 254–260.
- 严丽坤. 2003. 相关系数与偏相关系数在相关分析中的应用 [J]. 云南财贸学院学报, 19 (3): 78–80. Yan Likun. 2003. Application of correlation coefficient and biased correlation coefficient in related analysis [J]. Journal of Yunnan Finance and Trade Institute (in Chinese), 19 (3): 78–80.
- 杨桂山, 施雅风. 1999. 西北太平洋热带气旋频数的变化及与海表温度的相关研究 [J]. 地理学报, 54 (1): 22–29. Yang Guishan, Shi Yafeng. 1999. Changes in the frequencies of tropical cyclones and their relationships to sea surface temperature in the northwestern Pacific [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 54 (1): 22–29.
- 翟盘茂, 江吉喜, 张人禾. 2000. ENSO 监测和预测研究 [M]. 北京: 气象出版社, 173pp. Zhai Panmao, Jiang Jixi, Zhang Renhe. 2000. ENSO Monitoring and Prediction (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 173pp.