

近百年来热带太平洋海温年际及年代际 时间变率特征的诊断研究*

史 历

(南京大学大气科学系, 南京, 210093)

倪允琪

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

摘 要

年际及年代际时间变率是当代气候研究的重要问题之一,通过对近百年热带太平洋海温资料做子波分析发现,20世纪50年代以来的海温升高及频繁发生的 ENSO 事件伴随着海温年代际时间尺度背景场的明显改变,同时还研究了其年代际及年际时间尺度时间变率特征。
关键词: 热带太平洋海温, 年代际, 年际。

1 引 言

20世纪70年代以来,频繁发生的 ENSO 事件及全球气候异常等问题已越来越引起各国气象学家的关注^[1,2],有人认为是气候突变引起的^[3]。那么,对于海表面温度(SST)来说是否存在这种气候背景场的突变(尤其是年代际时间尺度的背景场的变化)?如果有,其年代际及年际时间变率的演变特征又是什么?

近年来,由于子波分析与传统傅里叶分析相比,在时域和频域上都具有很强分辨力的显著优点,所以被频繁用来做天气、气候方面的诊断研究^[4~6]。下面将用 Morlet 子波对近百年赤道太平洋海温资料做诊断分析。

2 资料说明及处理

为了更好地研究海温的年代际及年际时间变率的演变特征,选用较长的时间序列资料是十分必要的。为此选用国家气候中心提供的 NCAR 1854年1月~1989年12月的全球月平均海温格点资料(5°N~5°S, 77.5°E~77.5°W),舍去缺测过多的前30 a(1854~1883年)。采用滑动窗口来自动选取缺测最少的区域(缺测 $\pm 10\%$)进行分析,对于缺测采取:若其前后月不缺测,则取其前后月的平均,若其前后月均缺测则取其前后年同一月份的平均值补齐。Folland^[7]认为在1940年4月以前月平均海温应加上0.3,1940年4月~1941年12月之

* 初稿时间: 1999年1月12日; 修改稿时间: 1999年5月18日。

资助课题: 国家科委“九五”重中之重项目(96-908-02-05)“ENSO 年际变化预测模式的研制”专题。

间则应加上 0.25°C , 以抵消由于观测仪器的改变而引起的系统误差, 这里亦做上述校正。1990年1月至1998年6月选用 NCEP/NCAR 再分析月平均海温格点资料($1^{\circ}\text{N} \sim 89.5^{\circ}\text{N} \sim 89.5^{\circ}\text{S}$), 将其插值到和前面资料相同的经纬度网格, 从而组成完整的1884年1月~1998年6月的全球月平均海温资料。

3 资料分析

3.1 近百年来热带东太平洋年平均海温的分析

首先取($7.5^{\circ}\text{N} \sim 7.5^{\circ}\text{S}$, $87.5^{\circ}\text{W} \sim 152.5^{\circ}\text{W}$) 范围内的年平均值来研究代表热带东太平洋海温的变化(1884年1月~1997年12月), 共114 a 时间序列(如图1)。

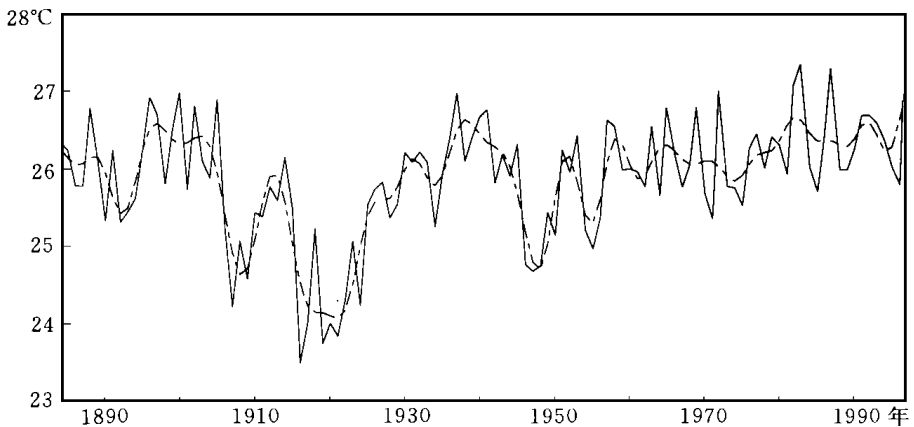


图1 热带东太平洋年平均海温时间序列(1884~1997年)

(图中虚线为滑动平均滤掉5 a 以下时间周期后的时间序列)

从图1可见, 从1902年到1920年热带东太平洋年平均海温为明显的下降趋势, 1920年至1940年为上升趋势, 1940年至1947年又为下降趋势, 从1950年左右至今热带东太平洋年平均海温进入缓慢的持续的上升进程中, 仅20世纪50年代中期和70年代中期有很短暂的下降过程; 把5 a 以下时间周期滤掉(如图1中的虚线)可看得更清楚, 说明从近百年来看热带东太平洋的年平均海温确有其自然的潮汐般的起伏过程, 如将上升到下降趋势的转折看做气候突变, 可见明显的突变点在1905, 1920, 1940, 1947年附近, 这和文献[3]是一致的。由此可将近百年来热带东太平洋年平均海温的变化按平均状态划分为几个明显的冷暖气候态, 如1884~1905年、1950~1997年的暖气候态和1906~1930年的冷气候态, 更细分还可以划分出1930~1941年的次暖态和1942~1950年的次冷态。对图1中时间序列做功率谱分析(图略)可见, 通过红噪声水平的显著周期主要有: 30 a 左右, 10 a 左右, 6~8 a, 4~5 a, 说明热带东太平洋年平均海温确实存在着10 a 以上的年代际时间周期。

进一步对该时间序列做 Morlet 子波分析, 图2为该时间序列的子波模值图, 该图反映各时间周期在整个时域上的强度变化, 从图中可见12~16 a 时间周期在20世纪40年代末开始明显减弱, 32 a 以上时间周期在20世纪50年代后也迅速减弱, 表明自20世纪50年代初以来, 决定热带东太平洋年平均海温变化的年代际时间周期背景场确实有明显改变, 对应

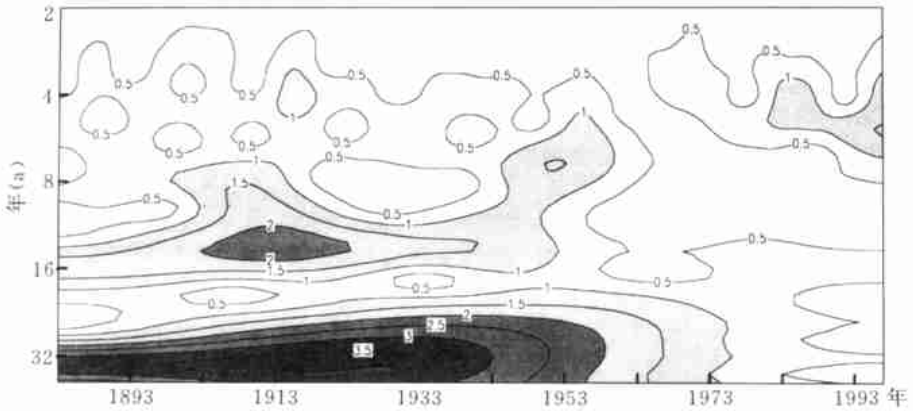


图2 热带东太平洋年平均海温时间序列(1884~1997年)的子波模值

于图1上的1906~1930年的冷气候态结束而1950~1997年的暖气候态的开始,所以热带东太平洋年平均海温的长时间持续上升过程,确实对应着其年代际时间周期背景场的明显改变。通过该时间序列的子波方差图和子波实部图(图略),可以进一步证实该结论。

因此,从近百年的时间范围来看,热带东太平洋年平均海温变化有其自身的起伏过程,大致可以划分为几个明显的冷暖气候态。对应于20世纪下半叶以来的年平均海温的长时间持续上升,其10 a以上的年代际时间周期作为背景场发生了显著改变。

3.2 近百年来赤道太平洋月平均海温的分析

为充分利用该百年海温资料时间序列较长这一特点,了解整个赤道太平洋月平均海温年代际及年际时间变率的演变的一些细节。通过滑动窗口普查,在(2.5°N~2.5°S)之间的太平洋上,分别找了(82.5°~102.5°W), (157.5°~177.5°W), (122.5°E~142.5°E) 3个缺测最少的区域平均海温来分别代表赤道东、中、西太平洋的海温变化,东、西太平洋从1905年1月~1998年6月共1122个月,中太平洋从1920年1月~1998年6月共942个月。为了突出年代际及年际时间变率的演变特征,对这3个时间序列滤掉年以下时间周期后再对这3个时间序列分别做 Morlet 子波分析。

图3给出了赤道西太平洋月平均海温子波模值分布,从中可见,10 a左右的年代际时间尺度的周期1955年以后明显变弱,而2~8 a的年际时间周期仅在1910~1915年比较强,其它时间较弱,赤道中太平洋的情况就大不相同(图略),10 a左右的年代际时间周期自1940年后减弱,1965~1990年明显增强,1990年后又减弱。另外,2~8 a的年际时间尺度周期从1965年开始也逐渐增强,赤道东太平洋(图略)的时频演变特征和赤道中太平洋相当一致,只是没有1990年后的年代际时间周期的减弱过程。由此可知东、中、西赤道太平洋的年际及年代际周期的变化特点是很不一致的。

图4给出了赤道东太平洋月平均海温的子波实部值分布。对于赤道东太平洋月平均海温来说,其10 a以上年代际时间周期的子波实部表现为正、负位相交替的循环,该循环在20世纪40年代以前是逐渐减弱的,1965年以后逐渐增强,这进一步证明20世纪下半叶以来赤道东太平洋海温的年代际气候背景场发生了明显改变。而其2~8 a的年际时间周期则另有特点,如果沿时间变化将该频域内各时间周期的正、负位相极值中心连接起来(如图4

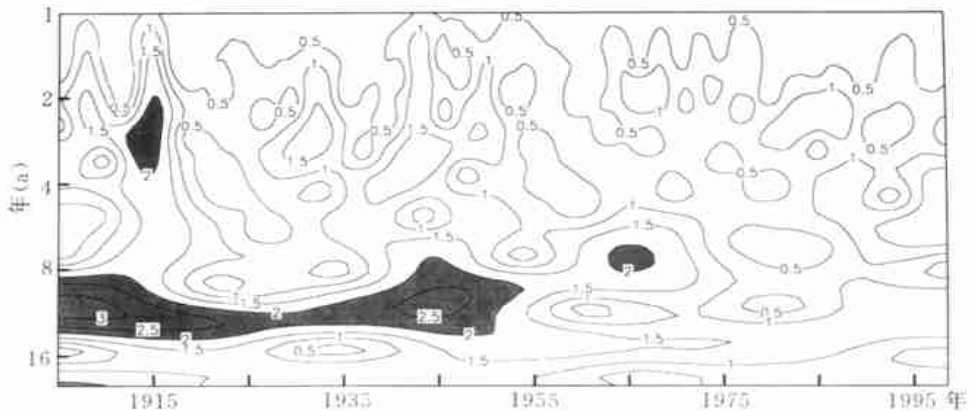


图3 赤道西太平洋月平均海温时间序列(1905年1月~1998年6月)的子波模值

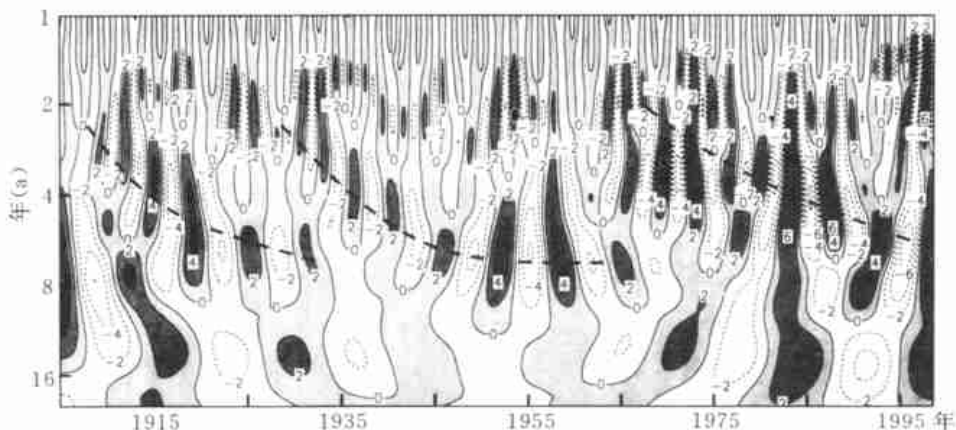


图4 赤道东太平洋月平均海温时间序列(1905年1月~1998年6月)的子波实部

中虚线所示), 可见3条清晰的交替出现的位相极值中心在各时间周期之间的转换路径, 时间周期跨度一般从2~6 a, 后一支大约在前一支结束后1~2 a内开始, 比较有规律。值得注意的是第三支从位相极值中心的大小上看比前两支要明显增强, 可见20世纪下半叶以来不仅年代际的海温背景场而且年际时间尺度周期也发生了明显变化。赤道中太平洋(图略)和东太平洋非常相似, 不再详述。如果将赤道中、东太平洋的这种各时间周期之间的正、负位相极值中心连接起来的路径看作能量在各时间周期之间转换的路径(从中、东太平洋的子波模值图(图略)上可见这种假设是成立的), 则可见其总是由较短周期(一般2 a左右的高能区)向较长周期(一般至6 a周期为止的较低能区)传播, 持续时间20 a左右。

赤道西太平洋(如图5)则和中、东太平洋有明显不同, 其10 a以上年代际时间周期20世纪50年代以后不是增强而是明显减弱, 这和图3子波模值图是一致的, 对于其2~8 a的年际时间周期而言, 强弱在时域上分布很不均匀, 显得无规律, 亦无如图4中那种交替出现的位相极值中心在各时间周期之间的转换路径。

上述分析表明, 赤道太平洋东、中、西太平洋的月平均海温的年代际及年际时间周期

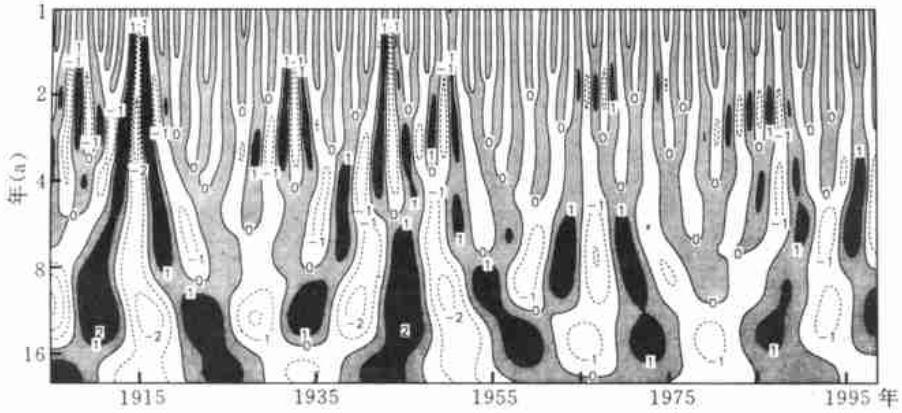


图5 赤道西太平洋月平均海温时间序列(1905年1月~1998年6月)的子波实部

的时间变率确实各有特点, 有较大的空间差异。

4 结 语

综合以上分析可以简单归纳如下:

(1) 从近百年热带东太平洋年平均海温变化来看, 一方面年平均海温的长期变化有其自然的潮汐般的起伏过程, 按平均状态划可分为几个明显的冷暖气候态, 如1884~1905年、1950~1998年的暖气候态和1906~1930年的冷气候态, 更细分还可以划分出1930~1941年的次暖态和1942~1950年的次冷态; 另一方面分析表明, 10 a 以上年代际时间周期的背景场的改变是导致20世纪下半叶以来年平均海温持续上升的可能原因之一。

(2) 进一步分析近百年赤道东、中、西太平洋的月平均海温可见, 其年代际及年际时间周期的时间变率各有特点, 有地域性差异。东、中太平洋比较相似, 子波模、子波实部图分析表明其年代际及年际时间周期在20世纪下半叶以来都有明显改变, 通过将子波实部图上2~8 a 时间周期期间的交替出现的正、负位相最大值中心连接起来, 可发现存在于各时间周期之间的能量的转换。而西太平洋和东、中太平洋就有显著区别, 其年际时间周期的时间变化显得无规律。

参考文献

- 1 Jones P D. The influence of ENSO on global temperatures. *Climate Monitor*, 1988, 17: 80~89
- 2 王绍武, 叶瑾琳. 近百年全球气候变暖的分析. *大气科学*, 1995, 19(5): 545~553
- 3 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法. *大气科学*, 1992, 16(4): 482~493
- 4 Gu Daifang, Philander S G H. Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century. *J Clim*, 1995, 8: 864~876
- 5 Meyers S D, Kelly B G, O'Brien J J. An introduction to wavelet analysis in oceanography and meteorology: with application to the dispersion of Yanmai waves. *Mon Wea Rev*, 1993, 121: 2858~2866
- 6 胡增臻, 石伟. 子波变换在大气科学中的应用研究. *大气科学*, 1997, 21(1): 58~72
- 7 Folland, et al. Worldwide marine temperature fluctuations 1856~1981. *Nature*, 1984, 310: 670~673

A DIAGNOSTIC ANALYSIS OF THE CHARACTERS OF INTER-DECADAL VARIABILITY AND INTER-ANNUAL VARIABILITY OF THE SEA SURFACE TEMPERATURE IN TROPICAL PACIFIC IN THE PAST CENTURY

Shi Li

(*Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093*)

Ni Yunqi

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Abstract

The variability inter-decadal and inter-annuales of the SST in tropical Pacific in the last 100 years have been found by using the wavelet transform. It has been also found that the inter-decadal scale period which is considered as the background filed had been changed obviously while the SST in tropical Pacific was increasing clearly and more and more ENSO events are occurring from 1950s. The characters of inter-decadal variability and inter-annual variability have been studied too.

Key words: SST in the Tropical Pacific Ocean, Inter-decadal variability, Inter-annual variability.