

非均匀海面温度异常分布对沃克环流影响的数值试验

张光智 郑庆林
(气象科学研究院天气动力研究所)

提 要

本文采用七层初始方程谱模式^[1],模拟在特定的海温异常的、不均匀的分布下对低纬大气环流的影响。本文研究得到如下结果:

1. 积分七层初始方程谱模式可模拟出一个低纬沃克环流。
2. 东太平洋出现异常暖海温时,积分96小时后产生一个对沃克环流的扰动。
3. 扰动在东西向呈现上升与下沉运动相间的波列,并具有明显的西传现象。
4. 东太平洋出现异常偏冷海温时,模拟结果与暖海温时类似,但扰动环流的垂直运动符号与其相反。
5. 当东太平洋海温为正态分布时,仍然可以得到上述结果。

一、引 言

在文献[2]中,我们应用这个七层初始方程谱模式,在非绝热过程下,取不同海面温度作数值试验,分别积分96小时,分析110°E上的垂直环流变化。得到偏高的海温有抑制冷空气南下、维持哈得来反环流的作用;偏低的海温有利于冷空气南下,有助于向哈得来正环流的转变。这表明本模式能模拟低纬环流的转变过程。

为了进一步讨论海面温度的特征分布对低纬大气环流的影响和相互作用,仅仅设定一个大范围各向均一的海温分布显然是不够的。近年来大量的研究表明,海表温度不但不是大范围各向均一的,而且还是随时间和空间有着规律变化及非规律变化的两类特征。非规律变化的最典型例子就是厄尼诺现象。它是以海温的特定时间与空间的异常分布为特点的。本文在文献[2]的基础上,模拟海温的异常空间和时间分布对低纬大气环流的影响。天气实践表明,任何长时间和大范围“异常”的天气过程都是由若干中短期天气过程的重复再现来完成的,而其中的初始扰动的产生过程尤其重要。本文将模拟不均匀的海温分布一旦发生,是否能激发出初始扰动以及扰动如何演变,进而研究海面温度异常对环流的影响。

二、资料与方法

潘怡航^[3]指出影响东亚地区副热带和中纬度大气环流的海温影响关键区是在热带130°W以西区域。本文设计的区域取在0—15°N, 130°W—180的44个网格点上。将异常海温置入这样一个较小的区域内, 取代正常的下垫面海面温度 T_s , 并使用实际资料进行数值模拟作对比试验。

模式方程组同文献[1], 其它处理同文献[2]。模式计算中用到的高度、温度和相对湿度资料取自美国NMC(5°×5°)的网格点实际资料, 1979年10月16日作为初始场; 采用太平洋地区内245个(5°×5°)网格点的同年10月的月平均海温作为太平洋区域内的下垫面温度 T_s 。模式采用非绝热条件下, 在特定的区域内(即0—15°N, 130°W—180)用升高或降低的海温取代 T_s 。对模式作24小时至96小时积分, 对比不同海温分布对沃克环流的影响。

三、东太平洋异常海温对沃克环流的影响

数值试验分为以下几种情形:

- (1) 正常海温: 东太平洋海温影响区的海温分布与正常海温分布相同;
- (2) “异常”偏暖海温: 东太平洋海温影响区的海温升高5°C;
- (3) “异常”偏冷海温: 东太平洋海温影响区的海温降低5°C;
- (4) 纬向正态海温分布的“异常”偏暖海温: 东太平洋海温影响区以155°W为中心, 海温升高6°C; 其相邻两侧的网格点上海温依次升高5°C、4°C、3°C、2°C和1°C。

1. 正常海温分布

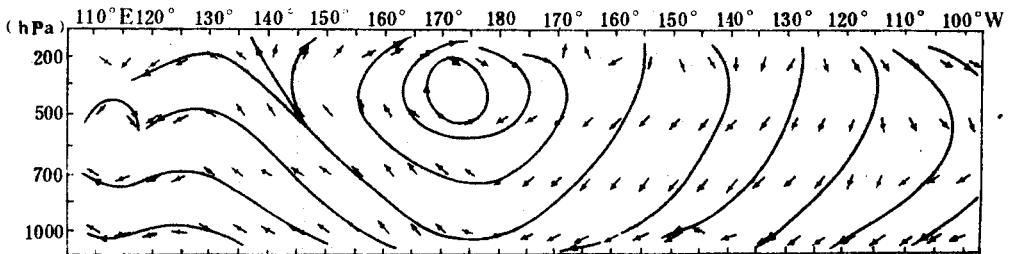


图1 东太平洋正常海温分布下, 积分96小时后在10°N上空的垂直环流
箭头表示纬向风与铅直方向风的合成方向(单位: 度), 合成时 \times 扩大10°百帕/秒(下同)

应用文献[2]的方法, 使用七层原始方程谱模式分别积分24、48、72和96小时。我们计算0—80°N, 100°E—100°W间隔为5°的纬圈和经圈垂直环流的剖面。图1是积分96小时后的低纬10°N上的纬向垂直环流。由图1可见, 在低纬10°N上空, 出现一个典型的沃克环流。环流中心位于170°E的对流层高层, 上升支位于130—160°E的宽广地区, 下

沉支位于 150—100°W 的东太平洋地区。在 24—96 小时的积分过程中,这支沃克环流稳定少变,但随积分时间的增长,西太平洋的上升支与东太平洋的下沉支有所增强(图略)。

2. “异常”偏暖海温分布

图 2a、2b 与 2c 分别为东太平洋海温影响区“异常”偏暖海温的 48 小时、72 小时和 96 小时积分的 10°N 上空垂直剖面图,图 3a、3b 分别为 700 和 200 百帕上空扰动的时演变图。由图可见:

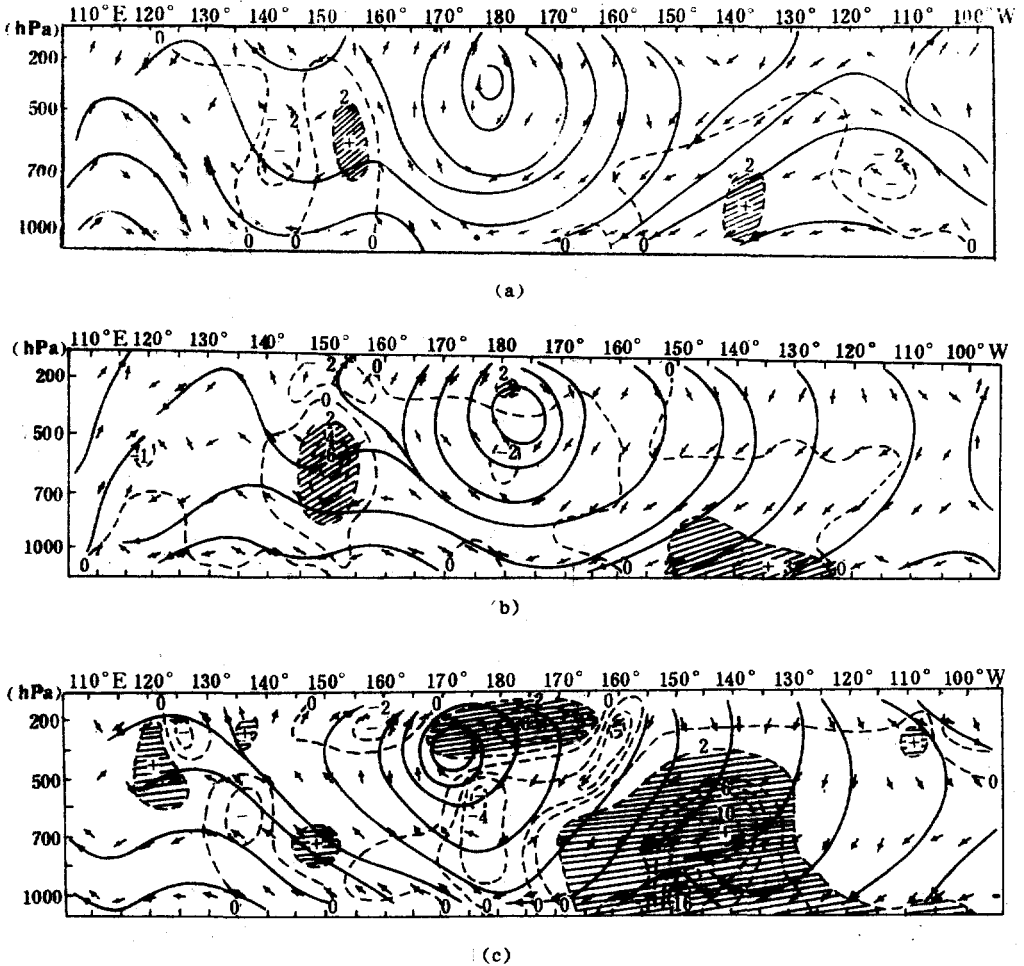


图 2 东太平洋异常偏暖海温分布下,积分 48 小时(a)、72 小时(b)、96 小时(c)后在 10°N 上空的垂直环流

图中正号区表示扰动上升区,负号区表示扰动下沉区

(1) 在东太平洋增高的海温源地(0—15°N, 130°W—180)上空,出现一个相对于正常海温下的扰动,且上升运动分量加大。由于加温区处在沃克环流的强下沉区,上升扰动对沃克环流的下沉总趋势产生干扰。

(2) 扰动的强度具有随时间明显加大的趋势。当积分 24、48、72 和 96 小时后,700

百帕垂直环流与正常海温下所对应积分时间的垂直环流交角为 1 度、2 度、2 度和 10 度，扰动强度随时间的加强在 72—96 小时之间最为突出(图 3a, 3b)。

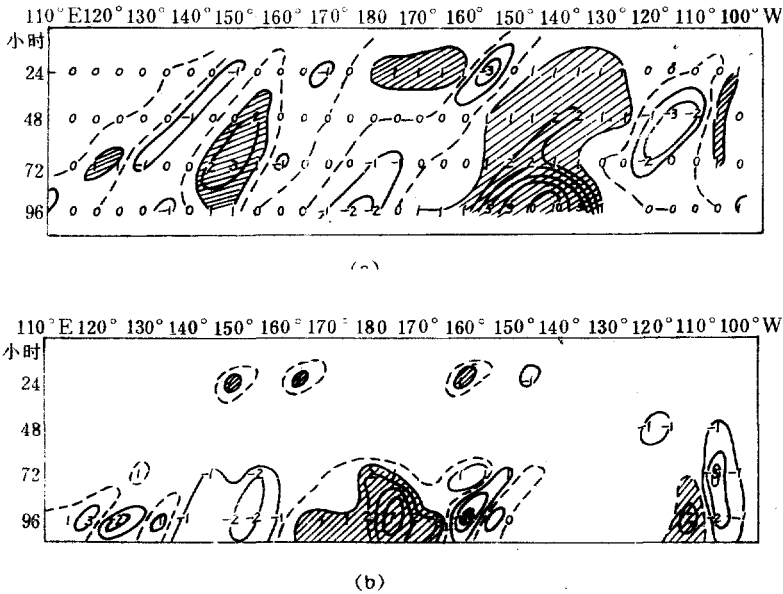


图 3 东太平洋“异常”偏暖海温下,700 百帕(a)和 200 百帕(b)上空扰动的时演变
正号区表示扰动上升区

(3) 扰动具有明显向西传播的现象(如图 3a 所示)。经 24 小时积分后,700 百帕上空的扰动出现在 125—145°W 之间,主要中心位于 130°W 附近。积分 96 小时后,扰动西移扩大到 130—170°W,且扰动得到加强,主要中心位于 140—145°W 之间。

扰动西传的另一重要特征是从扰源产生一个自西向东排列整齐的上升、下沉相间的波列。每一个波列也具有随时间西移的特征(见图 2c 及图 3a)。

(4) 扰动的西传及其上升、下沉相间的波列现象同样出现在高空 200 百帕层上,只是扰动的符号与低空(700 百帕)恰好相反(见图 3b)。

3. “异常”偏冷海温分布

图 4 是在东太平洋海温影响区,置入 -5°C 的“异常”冷海温分布下,积分 96 小时的结果。分析积分 24、48、72 和 96 小时的结果,得到冷海温的分布对正常海温下的沃克环流同样产生一个扰动,具有与偏暖海温下相同的几个特点,但扰动的符号与“异常”暖海温情形正好相反。主要表现在以下几个方面:

- (1) 扰动是在冷源区产生下沉运动,显然这个下沉运动加强了沃克环流的下沉支。
- (2) 扰动强度随时间加强(图略)。
- (3) 扰动有自东向西传播的特征,且扰动的波列自东向西排列整齐,扰动特征与暖海温情形相似,但符号相反。

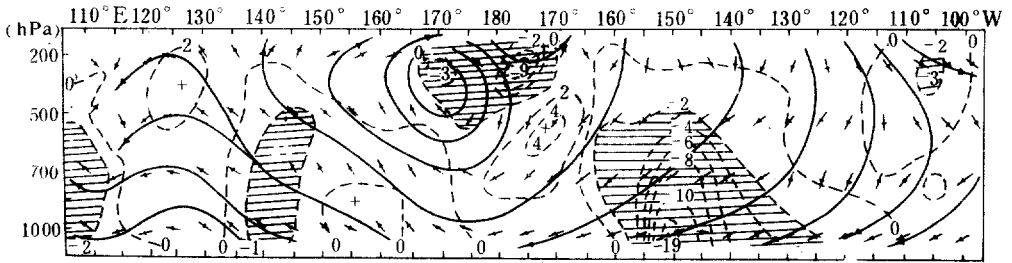


图 4 东太平洋“异常”偏冷海温分布下,积分 96 小时后,在 10°N 上空的垂直环流
正号区表示扰动上升区,负号区表示扰动下沉区

4. “异常”偏暖海温区呈纬向正态海温分布

如上所述,在讨论海洋与大气相互作用与影响的数值试验中,在太平洋广大水域上,海水表面温度的增暖或偏冷一般不可能是大范围各向均一的。在上面的数值试验中,我们已经置入一个东太平洋的特征加热区。这在一定程度上模拟了一个暖海水域。但即使是在这样的区域中,海水表面温度也可以是不均一的。本试验中,设在该区域内,海水表面温度出现中间高,两侧低的特殊分布情形。这种分布在某种程度上模拟了一个海面热源的情形,其计算结果如下(图 5):

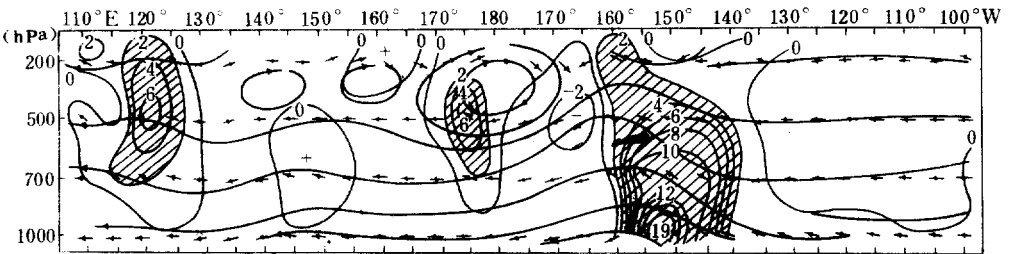


图 5 东太平洋“异常”偏暖区呈纬向正态分布,积分 96 小时后在 10°N 上出现的对沃克环流的扰动
正号区表示扰动上升区

- (1) 与上述三种情形一样,在试验区仍能模拟出类似的扰动,但其强度加强,扰动的范围更加集中。
- (2) 扰动随时间加强(图略)。
- (3) 扰动的西传和波列的排列更为清楚。由图 5 可见,从扰源开始,上升与下沉相间的波列排列整齐。明显的上升区分别在 150°W、175°E 及 120°E。
- (4) 扰动形成反沃克二级环流。

图 5 是根据积分 96 小时后,10°N 上空正常海温分布的垂直环流与相同时间积分的正态分布热源情形下垂直环流的差值绘制的。图中的箭头指向上和指向下的分量分别代表环流差值具有上升和下沉的分量。由图 5 可以看到,在 135—160°W 之间环流差值出现明显上升。由于该图是用偏差角绘制的,这说明图中环流是对沃克环流的一个扰动。这个自东向西的上升与下沉的扰动波列在图中可清楚看到,这个扰动波实际上是一个反

沃克二级环流。

四、结 论

通过上述分析初步得出以下几点结果：

1. 用北半球七层初始方程谱模式可以模拟出一个完好的低纬太平洋上空的沃克环流。这个环流同文献[4]中用ECWF资料计算得出的实际情况十分接近。即西太平洋(130—160°E)为沃克环流的上升支,东太平洋(150—100°W)为沃克环流的下沉支,环流中心在对流层高层170°E附近。

2. 利用模式对东太平洋海面温度“异常”变暖情形的数值模拟结果表明,东太平洋“异常”变暖一旦发生,在该区上空就有一个初始扰动产生,这个扰动以上升运动为特征。积分到96小时后,扰动对处于该区的沃克环流的下沉运动产生干扰,并出现明显的次级沃克反环流。

3. 随积分时间增加扰动的强度逐渐加强,并且扰动在东西方向上呈现上升与下沉相间的波列,扰动具有明显的西传现象。

4. 东太平洋“异常”偏冷海温情况下,模拟结果表明,在该区域上空同样激发出扰动。扰动强度随时间加强,扰动波列的形成及西传现象同暖海洋情形类似,不同的是铅直运动符号的空间分布正好与暖海温情形相反。

5. 东太平洋海温的正态分布情形下也可模拟出与上述完全类似的结果。但其强度变化特征,扰动的演变与地理分布特征比相对均匀分布情形更为显著。

参 考 文 献

- [1] 郑庆林,北半球七层初始方程谱模式(II)及其短中期数值试验结果,气象科学技术集刊(8),1985。
- [2] 张光智、郑庆林,海面温度异常对低纬哈得来环流影响的数值试验,气象科学研究院院刊,1,1,1986。
- [3] 潘怡航,赤道东太平洋海温异常对东亚上空西风带强度影响的诊断分析,气象学报,39,1,1981。
- [4] 王继志,东亚及太平洋上空热带环流的三维特征结构与台风活动,全国台风会议文集(1985),1987。

A NUMERICAL SIMULATION OF THE IMPACT OF SST ANOMALIES ON LOW LATITUDE CIRCULATIONS

Zhang Guangzhi Zheng Qinglin

(*Institute of Synoptic and Dynamic Meteorology, AMS*)

Abstract

In this paper, by using the 7-level PE-spectral model a simulation of SST anomalies and inhomogeneous distribution in the specific waters concerned has been made. Also the impact of those situations on lower latitude circulations has been discussed. The results are as followings:

1. A lower latitude Walker cell can be simulated by integrating 7-level PE-spectral model.
2. When SST anomaly in the East Pacific is warm, a disturbance responsive to Walker circulation would occur after 96-hour's integrating.
3. The intensity of Walker circulation increases with the integrating time, a series of propagating wave westward with alternating between ascending and sinking could be identified.
4. When SST anomaly in the East Pacific is cold, a disturbance and wave series have also been found. The sign of vertical motion of the disturbance is opposite to those of case in the warm SST.
5. A reasonable result can also be obtained in normal (warm or cold) distribution of SST in the East Pacific.