

厄尼诺现象与北半球500百帕大气环流*

毕慕莹

(气象科学研究院天气气候研究所)

提 要

本文计算了赤道东太平洋海面温度与北半球500百帕大气环流的遥相关,发现它们之间的遥相关现象是十分显著的。

从相关场的空间分布看,赤道东太平洋海面温度与热带低纬度地区500百帕高度全年为较强的正相关,而与中高纬度地区500百帕高度有较强的负相关。相关最好的地区,低纬度主要在太平洋西部,向西至南海、印度洋、阿拉伯海,其次在大西洋上。中高纬度的太平洋中部和北部,以及北美中部至大西洋上为较强的负相关。在欧亚大陆西部,通过北极区至北美大陆西北部则有稍弱的正相关。通过这一正相关区中心,似乎存在着一个对称轴,使得太平洋及欧亚地区的相关场与北美和大西洋地区的相关场呈轴对称,此对称轴随季节的差异在极地附近有东西半球之间的摆动。同时发现,从热带太平洋—欧亚大陆东部,北太平洋中部和北部—北极—北美大陆东部,北大西洋北部—热带大西洋西部,存在着一种相关区正、负间隔的“大圆环路”。

从时间上看,赤道东太平洋海面温度的变化对北半球500百帕大气环流的影响是持续的,一般海温超前的影响很明显,往往超前达一年之久,较强的影响超前约5、6个月左右。海温滞后的相关与超前的相关符号相反。

厄尼诺现象对北半球冬季极涡、西风带槽脊、副热带急流以及副热带高压都有影响,尤其是对西太平洋副热带高压,以及我国长江流域梅雨的影响更为明显。

一、前 言

在多数年份,平行于南美海岸吹的南风在地转偏向力的作用下,使秘鲁和厄瓜多尔沿岸及其沿赤道地区盛行离岸流,深层的冷海水上翻,形成赤道冷水区,在每年圣诞节的前后,海水增暖,使当地捕渔业受到影响,但这种影响轻微且短暂,当地人称之为厄尼诺现象。有些年份(1891、1925、1941、1957—1958、1965、1972—1973、1976、1982—1983年)厄尼诺现象强而且长,信风减弱,海水上翻减弱,沿秘鲁海岸和赤道东太平洋海面温度上升,且持续一年以上。最近几年中,气象学家和海洋学家将厄尼诺现象用来包含在沿赤道和南美海岸的涌升流地区暖事件的大尺度特征。

二十年代, Walker 和 Bliss^[1]提出了南方涛动现象,直到六十年代以前,对南方涛动的研究还相当有限。六十年代末, J. Bjerknes 把厄尼诺现象和南方涛动联系起来^[2],认为厄

* 本文于1985年7月31日收到,1985年12月25日收到修改稿。

厄尼诺现象不仅通过沃克环流影响低纬度热带地区, 还通过哈得莱环流影响中纬度西风带。厄尼诺现象不仅影响大气的低层, 而且还影响到大气的高层。D. Horel和M. Wallace (1981)^[3]指出, 暖水期时, 整个热带对流层的温度偏高, 常常在北太平洋出现700百帕高度负距平, 在加拿大西部为正距平, 美国东南为负距平。关于厄尼诺现象与北太平洋副热带高压的遥相关, 国内外作了许多研究^[4-6], 这些研究较多的偏重于北太平洋上海一气之间的相互作用。厄尼诺现象对整个北半球500百帕大气环流的影响究竟怎样? 又怎样影响我国天气气候? 为了探讨这方面的问题, 本文对厄尼诺现象与北半球500百帕大气环流之间的关系作了一些研究。

二、遥相关的空间分布

本文采用1951—1983年北半球10—85°N逐月平均500百帕高度资料, 以及1949—1983年180°—80°W赤道上逐月海面温度距平资料。通过相关分析发现, 在一般情况下, 赤道东太平洋海面温度变化超前于500百帕高度场2—3个月的相关较好, 因此选取了1、4、7、10月500百帕高度分别与其超前两个月的赤道东太平洋海面温度的相关分布(图1), 来代表冬、春、夏、秋四季的相关场形势。

1. 带状相关分布形势

从图1看出, 低纬度地区存在着正相关带, 中高纬度存在着负相关带, 而4、7月的负相关带则分裂减弱。

2. 轴对称相关分布形势

东半球的太平洋及欧亚大陆与西半球的大西洋和北美大陆之间似乎存在着一种对称的相关分布形势(图1a)。在东半球低纬度有一个较强的正相关区, 位于太平洋西部, 向西到南海、印度洋、阿拉伯海, 中心的相关系数可达0.7以上。与此相对应的, 在西半球大西洋西部也有一个强度稍弱的正相关区, 中心相关系数达0.5以上。在东半球中高纬度地区有一个较强的负相关区, 它位于北太平洋的中部和北部, 向西伸展到欧亚大陆东部, 其中心的相关系数可达-0.5以上(图1b), 与此相对应的, 在西半球大西洋和北美有一个稍弱的负相关区, 其中心相关系数为-0.4以上。自欧亚大陆西北部, 通过北极至北美大陆的北部和西北部(图1a), 有一个强度较弱的正相关区, 使中高纬度负相关带形成一个缺口, 通过这一正相关区中心的轴线(见图1中虚线), 恰好使上述东、西半球的相关形势以此轴为对称。冬季(1月)的对称轴偏向西半球, 夏季(7月)则偏向东半球。东半球相关区均比西半球强。春、秋季(4、10月)的对称轴在极地附近通过。10月份由于太平洋和欧亚大陆上的负相关区范围很大, 而大西洋上的负相关区范围很小, 欧亚大陆西北与北美大陆西北的正相关区被负相关区隔开, 因此对称不明显, 但主要的相关形势还是相似的。从图1上看出, 自太平洋西部的低纬度地区向北通过北极再向南到大西洋西部低纬度地区, 存在着北太平洋低纬度地区的正相关—北太平洋中部及北部, 欧亚大陆东部, 中、高纬度的负相关—极地附近的正相关—大西洋、北美东部, 中、高纬度的负相关—大西洋低纬度正相关的一种“大圆环路”。“大圆环路”在1、4、7、10月均存在, 路径却稍有差异。这一结果与M. Wallace^[3](1981)的工作基本一致。他所提出的PNA形势, 着重考虑了北太平洋及北美地区的冬季。而我们所讨论的“大圆环路”除上述地区以外, 还包括欧亚大陆、北极以及北大西洋地区。从时间上看, 一年四季均存在,

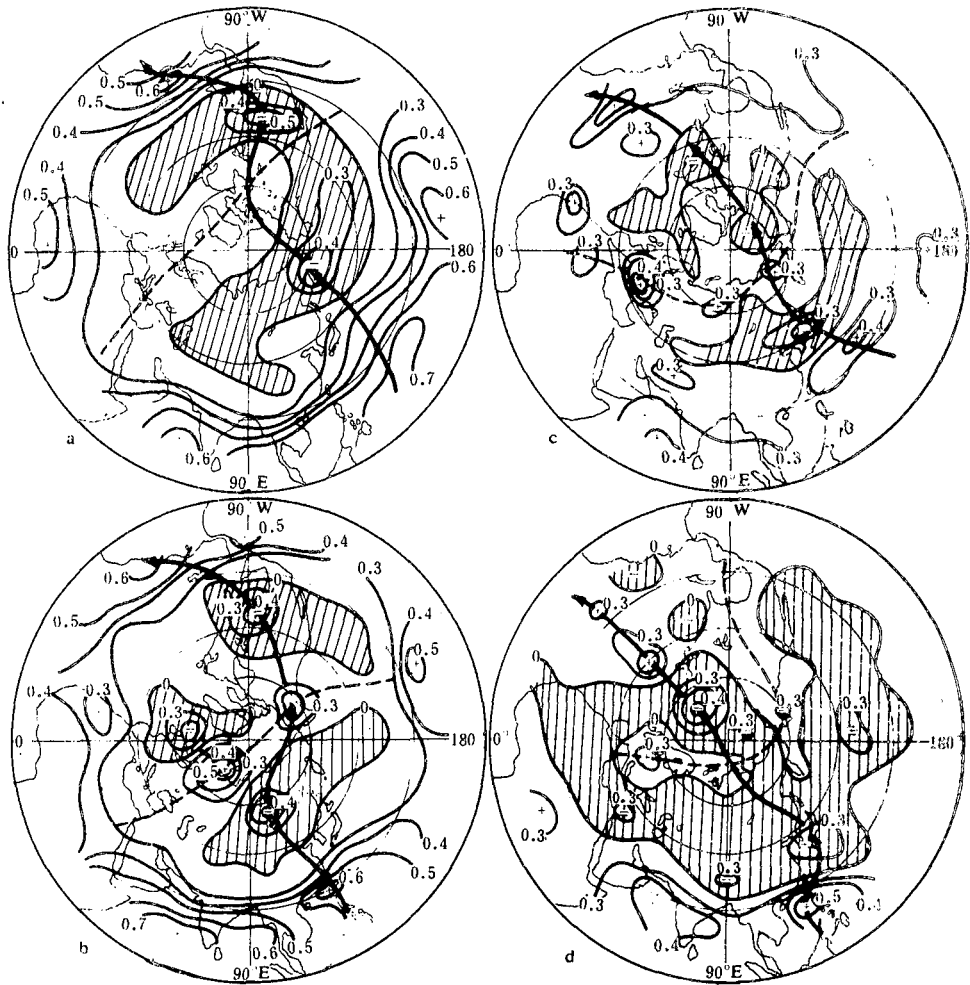


图 1 赤道东太平洋海面温度与北半球各月 500 百帕高度的相关
(斜线区为负相关区, 下同)

a. 1 月, b. 4 月, c. 7 月, d. 10 月

只是冬季更为显著。

三、赤道东太平洋海面温度变化的持续影响

从以上讨论可以看到, 赤道东太平洋海面温度的变化对其后冬季 1 月份 500 百帕高度的影响较显著 (图 1a), 为此将海温超前 12 个月至滞后 11 个月的相关, 按低 (20°N)、中 (40°N)、高 (60°N) 三个纬圈分别作出各月海温与 1 月 500 百帕高度相关的时间剖面图 (图 2)。

由图 2a 看出, 在低纬度地区, 海温超前为正相关, 最强的相关区在太平洋西部至印度洋、阿拉伯海, 其次在大西洋西部 (相关系数都在 0.3 以上)。赤道东太平洋海面温度变化的影响, 从前一年 2—3 月份开始一直持续到当年 1 月份。而较强的影响 (相关系数 0.5 以上) 则超前

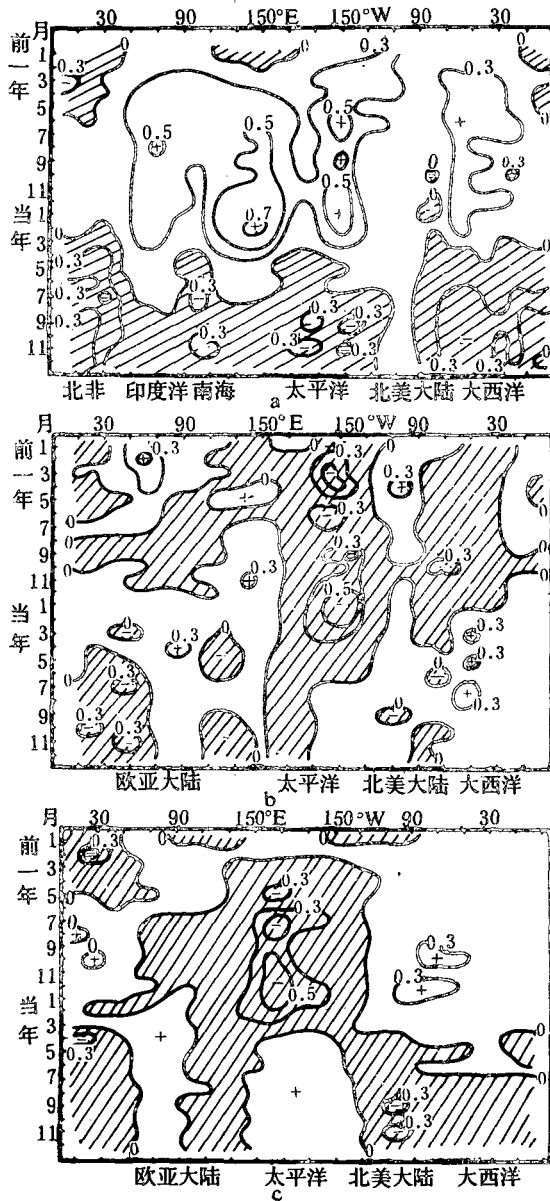


图 2 各月海温与各纬圈上 1 月 500 百帕高度相关
 a. 20°N, b. 40°N, c. 60°N (斜线区为负相关)

于高度场 5—6 个月。在中纬度地区，海温超前主要是太平洋以及北美、大西洋的两个负相关区（图 2 b），其中以太平洋的负相关区为最强，持续时间也最长，达一年之久，较强的相关（相关系数为 0.4 以上）则超前于高度场 4 个月左右。高纬度地区，海温超前主要也是在太平洋北部的负相关（图 2c），从前一年 2—3 月起就存在（相关系数达 0.3 以上），一直持续到同期，较强的相关（相关系数 0.4 以上）超前于高度场 6 个月左右。另外，在北美、大西洋地区是大片的正相关区，但相关系数较小，较强的相关（相关系数 0.3 以上）超前于高度场 4—5 个月。在低、中、高纬度海温滞后的相关与超前的相关符号相反，相关强度较弱。

四、相关区的月际变动

我们对各月高度场与超前三个月的赤道东太平洋海温的相关分别按北纬 20° 、 40° 、 60° 三个纬圈作出时间剖面图(图3)。从图3a看出,在低纬度,1月份在太平洋西部的正相关区(中心相关系数在0.5以上),2—3月加强并维持(中心相关系数在0.7以上),4月份减弱并西移到印度洋地区,5—9月在印度洋地区加强并持续,11月以后退回到太平洋西部。由此可见,低纬度太平洋西部的正相关区,冬半年出现在太平洋,夏半年西移到印度洋。1月份出现在低纬度大西洋西部的正相关区,全年均存在,但强度较弱,范围也较小,只有7月份相关较强,范围也较大。另外,大西洋东部和北非2—5月出现了较强的正相关区,不同于1月份。

在中纬度(图3b),1月份在太平洋东部至大西洋上有较强的负相关区,5月份加强并

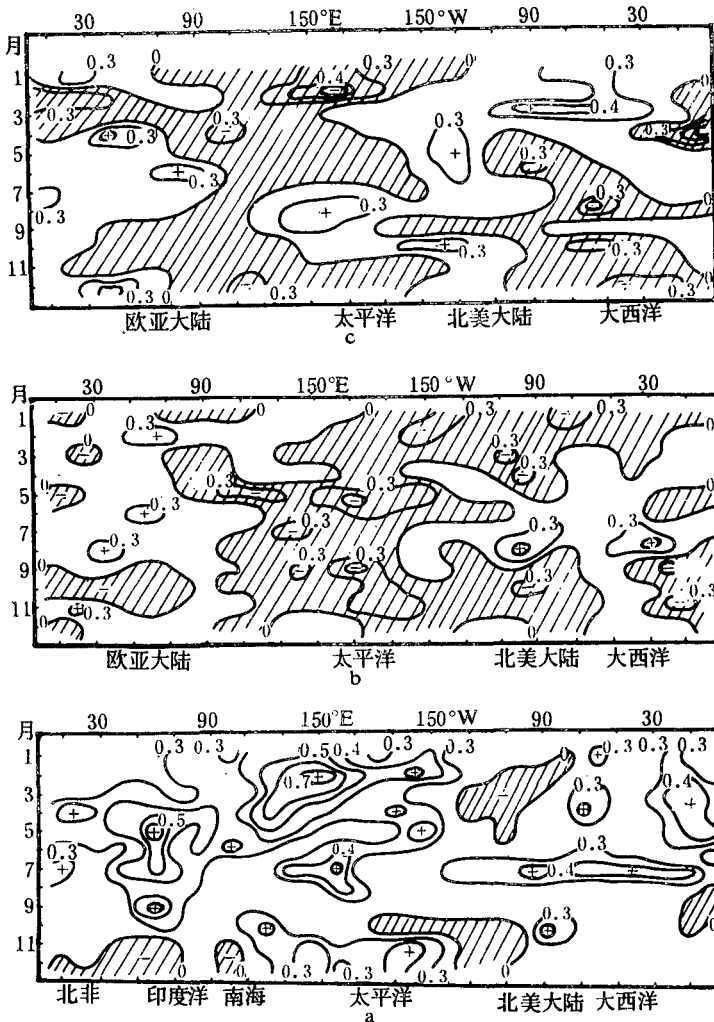


图3 各月各纬圈上500百帕高度与超前三个月海温相关
a. 20°N , b. 40°N , c. 60°N

度距平 $\Delta T > 1^{\circ}\text{C}$ 为偏暖 (以 W 表示), $1^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq -1^{\circ}\text{C}$ 为正常 (以空白表示), $\Delta T < -1^{\circ}\text{C}$ 为偏冷 (以 C 表示)。从附表可见, 1957 年 5 月—1958 年 3 月、1965 年 6 月—1966 年 5 月、1969 年 3 月—1970 年 1 月、1972 年 7 月—1973 年 1 月、1976 年 8—12 月、1982 年 9 月—1983 年 8 月为 1949 年以来六次较显著的赤道东太平洋增暖期。我们把 1957、1965、1969、1972、1976 以及 1982 年厄尼诺现象发生的当年称为厄尼诺开始年, 将其后一年即 1958、1966、1970、1973、1977 以及 1983 年 1 月 500 百帕高度进行合成 (图 4 a), 并与 1951—1983 年 1 月北

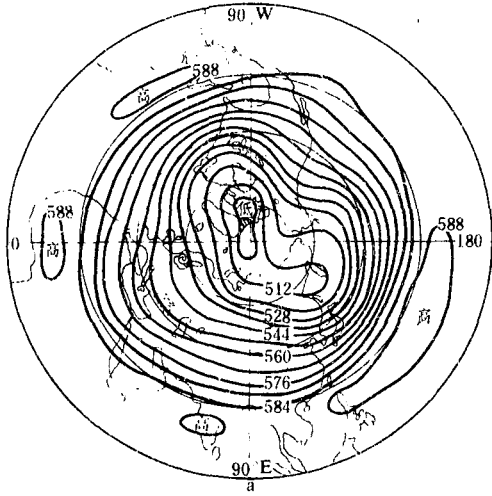


图 4a 六次厄尼诺发生后一年 1 月 500 百帕高度合成

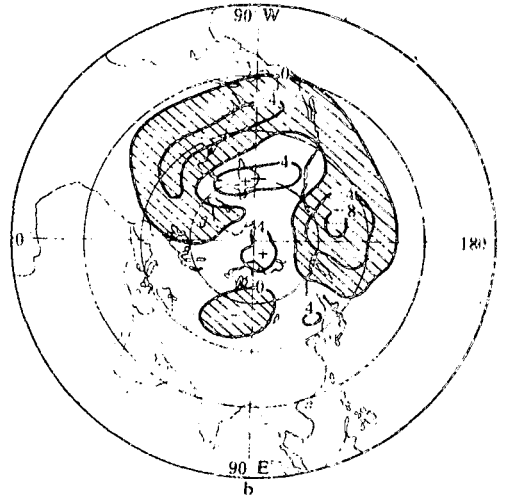


图 4b 六次厄尼诺发生后一年 1 月 500 百帕高度距平

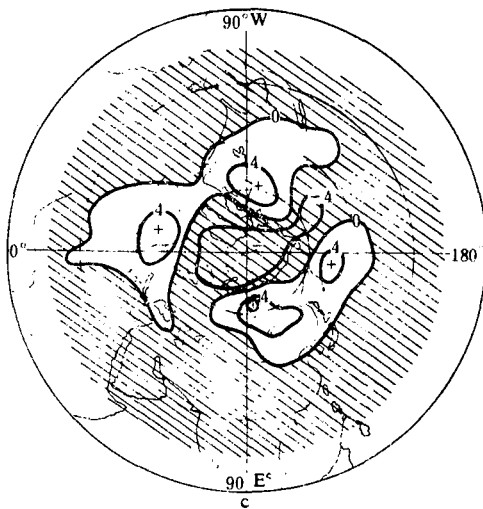


图 4c 六次厄尼诺发生前一年 1 月 500 百帕高度距平

半球 500 百帕平均高度场进行比较, 得到距平形势 (图 4b)。用同样方法, 得到了厄尼诺开始前一年即 1956、1964、1968、1971、1975、1981 年 1 月 500 百帕高度距平形势 (图 4c)。由图可见, 在厄尼诺现象发生的前一年 1 月, 北半球 30°N 以南广大地区 500 百帕高度为负距平, 而中纬度主要是正距平区。三个较强的正距平区分别在欧亚大陆东北部至北太平洋北部, 北美广大地区以及北大西洋东北至西欧。北极附近又为较强的负高度距平区。在厄尼诺现象发生的后一年 1 月, 500 百帕高度距平分布则几乎完全相反, 整个北半球 30°N 以南热带低纬度地区均为正高度距平区, 而中高纬度地区主要为负高度距平区, 两个较强的负距平区分布在北太平洋中部和北部以及北大西洋至北美东南部。北美西北部以及北极附近有较强的正高度距平区。这表明厄尼诺现象发生以后, 北半球大气环流形势发生很大变化; 30°N 以南热带低纬度地区 500 百帕高度从负距平抬升到高于正常, 中纬度地区从正距平降为负距平, 尤其是在北太平洋北部和北大西洋中部。北极附近的高度也由负距平抬升为正距平。这样大的变化能使北半球的天气、气候出现异常。

2. 副热带高压的变化

将上述六次厄尼诺开始年及其后一年各月赤道东太平洋海面温度、西太平洋副高面积指数及西伸脊点位置分别进行合成 (图 5)。可以看到, 赤道东太平洋增温出现在厄尼诺开始年的 3 月份, 结束于其后一年的 4 月份, 最大的增温出现在厄尼诺开始年的 11—12 月。而西太平洋副热带高压的加强滞后于海温增暖约 8 个月, 11 月份当整个赤道东太平洋出现最大增温时, 副高面积指数出现了陡增, 12 月份西太平洋副高的西伸脊点位置也突然西伸。至厄尼诺开始后一年 2—3 月份, 即滞后于最大增温 2—3 个月, 面积指数达到最大, 西伸脊点位置也最偏西, 以后逐渐减弱东退。直至厄尼诺开始后一年 9—10 月份, 副高的西伸加强过程结束。

同样, 六次厄尼诺开始年及其后一年西太平洋副高脊线位置的变化 (图略), 自厄尼诺开始年 12 月份起明显偏北, 其后一年 3 月份位置最偏北。而夏季 6—8 月, 副高脊线位置反而偏南。因此, 厄尼诺开始后一年的夏季, 西太平洋副高往往偏强, 西伸位置偏西, 脊线位置偏南, 而造成长江流域梅雨异常。自五十年代以来, 长江流域出现梅雨异常的年份是 1954、

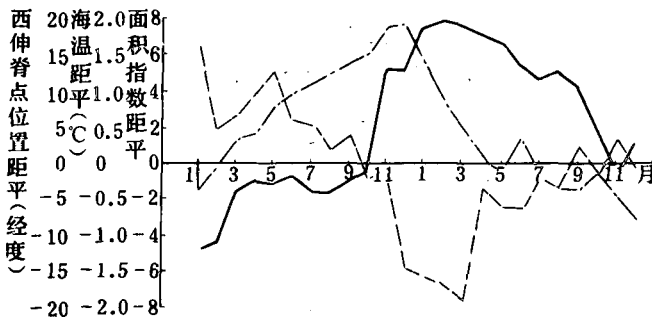


图 5 厄尼诺开始年及其后一年

a. 赤道东太平洋海面温度 (点划线), b. 西太平洋副高面积指数 (实线), c. 西伸脊点位置 (虚线)

1969—1970、1980和1983年,除1980年以外,几乎均在厄尼诺现象出现的后一年。另外1958和1965年异常空梅的年份,也分别在厄尼诺现象出现的后一年和当年。厄尼诺现象出现后,整个北半球副热带高压面积指数也有明显的加强过程(图略),而且也出现明显的陡增现象,其强度则不如西太平洋副高。

3. 东亚大槽和美洲大槽的变化

从六次厄尼诺开始年后冬季1月份500百帕合成环流形势看(图4a),极涡偏于美洲东北部,美洲西北部的脊加强,在脊区及脊前有正高度距平(图4b)。美洲东部槽加强,槽区及槽前有较强的负高度距平。这种形势有利于北美西北部南下的冷空气加强,致使厄尼诺现象出现后,美欧常常出现寒冬。由于极涡偏于美洲一侧,因此东亚大槽比较弱,且槽前有强负高度距平,东亚大槽的位置也比较偏东。从六次厄尼诺开始年及其后一年东亚大槽强度以及位置距平成成的变化曲线来看(图略),厄尼诺现象出现以后的冬季,东亚大槽的强度明显偏弱,位置也偏东。加之西伯利亚高压脊区有负高度距平(图4b),因此东亚地区500百帕环流平直,冷空气路径偏北,我国东南部往往出现暖冬。

4. 两大洋上副热带急流加强

由于厄尼诺开始年后的冬季1月份两大洋低纬度的正高度距平以及中纬度的负高度距平(图4b),致使两大洋上副热带急流加强。我们以 $150^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{W}$ 地区、 40°N 平均高度与 20°N 平均高度之差代表太平洋上的副热带急流强度,以 $75^{\circ}\text{W}-25^{\circ}\text{W}$ 地区、 35°N 平均高度与 15°N 平均高度之差代表大西洋上副热带急流强度,从六次厄尼诺开始年及其后一年副热带急流强度的合成变化看(图6),厄尼诺现象出现以后的冬季1—3月份,两大洋上的副热带急流都有明显的加强,大西洋上较弱,且只在1月份加强。由于副热带急流在太平洋上加强,使冷空气影响偏东,急流东侧太平洋地区降水增加。

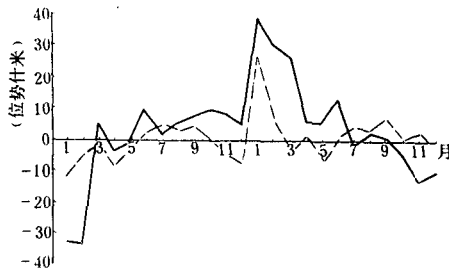


图6 厄尼诺开始年及其后一年副热带急流的变化
实线表示太平洋,虚线表示大西洋

六. 讨 论

1. 赤道东太平洋上的厄尼诺现象对北半球500百帕大气环流的遥远影响是明显的。其影响最显著的地区不是在热带太平洋的东部,而是在热带太平洋的西部以及南海、阿拉伯海地

区。这可能是由于厄尼诺出现以后，赤道太平洋西部哈得莱环流加强最明显的缘故。中纬度反环流也随之加强，使北太平洋中部和北部成为中高纬度受厄尼诺影响最显著的地区。而我国大陆恰好濒临这两个地区，因此厄尼诺现象对我国天气、气候产生一定影响。

2. 厄尼诺现象对500百帕环流的影响是持续的，强的影响超前高度场半年左右，因此在长期预报上具有一定的意义。

3. 厄尼诺现象对500百帕环流的影响往往在厄尼诺出现以后的冬季和春季比较明显，而夏、秋季比较弱，而且高相关的地区也往往西移南压。

4. 关于厄尼诺现象对东亚大气环流，特别是对我国天气的影响，本文只作了一些初步的工作，有待于今后作进一步的探讨。尤其是厄尼诺现象与500百帕环流的遥相关的物理机制还很不清楚，值得深入研究。

参 考 文 献

- [1] Walker, G. T. and E. W. Bliss, World Weather V. Mem. Roy. Meteor. Soc., 4, 119-139, 1932.
 [2] Bjerknes, J., Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, Mon. Wea. Rev., 97, 163-172, 1969.
 [3] Horel, J. D. and J. M. Wallace, Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 109, 813-829, 1981.
 [4] 章嵩、李月洪、毕慕莹, 1983年长江流域的异常大雨与海洋异常, 海洋学报, 第7卷, 第1期, 1985年。
 [5] 巢纪平、符淙斌, 热带海气相互作用及其对副热带高压长期变化影响的研究, 气象科技, 4, 1-4, 1979年。
 [6] 陈烈庭, 北太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用, 大气科学, 第6卷, 第2期, 1982年。

EL-NIÑO PHENOMENA AND 500 hPa ATMOSPHERIC CIRCULATION IN NORTHERN HEMISPHERE

Bi Muying

(*Institute of Synoptic Meteorology and Climatology, A. M. S.*)

Abstract

In this paper, the teleconnection between sea surface temperatures in the eastern equatorial Pacific and 500 hPa geopotential height fields over the northern hemisphere has been discussed. The teleconnection patterns show that there are a positive correlation zone over the low latitudes and a negative correlation zone over the middle latitudes.

The positive correlation region is located over the southwestern part of the Northern Pacific and the negative correlation region over the northern and central parts of Northern Pacific.

It is found that there is a "large semicircular belt" which passes through the Northern Pacific, the North Pole, the Eastern America and the Northern Atlantic with positive and negative correlation regions alternatively.

It is also shown that the conditions of subtropical high of the NW Pacific and Meiyu (bai-u) of Yangtze River Valley etc. are influenced by El-Niño phenomena.