

东亚大气环流与埃尔尼诺相互影响的一个分析研究

李崇银 胡季

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

通过对多年地面气压和 500hPa 高度等资料的统计分析,本文发现在埃尔尼诺现象发生的前一年 10—12 月和当年 1—3 月,东亚和西太平洋地区的大气环流都有明显异常,主要特征是东亚有频繁强冷空气活动,且环流异常有由高纬向低纬地区推移的现象。冬季东亚频繁的强冷空气活动使西太平洋副热带高压位置逐渐偏南,造成中、西太平洋信风减弱,可能是埃尔尼诺发生的原因之一。

埃尔尼诺年夏季,由于遥相关机制,东亚及西太平洋中纬地区出现地面气压和高度场的负距平,西太平洋副高位置持续偏南。

基于统计分析结果,本文给出了一个东亚及西太平洋大气环流与埃尔尼诺相互影响的模型。

一、前 言

目前一般都用 0° — 10° S, 180° — 90° W 区域的平均海表水温 (SST) 表征是否出现埃尔尼诺现象。当上述海域出现持续的异常 SST 正距平时,则认为出现了埃尔尼诺,并称该年为埃尔尼诺年;当上述海域有持续的异常 SST 负距平时,则称该年为反埃尔尼诺年。通常,埃尔尼诺年 SST 的正距平由 3—4 月份开始,大约持续一年或更长;最大 SST 正距平出现在 11—12 月,其强度平均为 1°C 以上。

近年来的一系列研究表明,赤道东太平洋 SST 的异常不仅直接影响低纬度地区的大气环流和天气,而且通过遥响应而影响全球范围的大气环流和天气气候变化^[1-4]。因此,人们普遍注意埃尔尼诺现象并研究其对大气环流的影响,进而也开始注意探讨埃尔尼诺形成的原因。

关于埃尔尼诺的成因,目前较多的研究认为中太平洋地区信风的异常可能是形成埃尔尼诺的重要原因。Wyrthi 的研究认为,埃尔尼诺现象是由于赤道中太平洋信风异常对 Kelvin 波激发的结果^[5]。Sadler^[6] 分析 1975—1978 年东太平洋卫星观测的低层风资料,发现在埃尔尼诺年东太平洋的信风都有明显异常。例如 1976 年出现埃尔尼诺,东太平洋

信风明显偏弱,而 1975 年(反埃尔尼诺年)的信风却比 1976 年强 1—4 米/秒。

由于海面高度异常同信风密切相关,而埃尔尼诺年东太平洋海面有明显升高,而且这种海面升高比 SST 正距平出现要早^[7],因此可认为东太平洋信风异常是产生埃尔尼诺的重要原因之一。这方面, O'Brien 等用一个海洋数值模式进行的模拟试验有相当的说服力^[8]。他们将 1961—1978 年太平洋赤道地区的船舶测风资料输入数值模式,结果基本上算出了埃尔尼诺年所观测到的海面增高现象。同时,模拟结果还表明,在埃尔尼诺年西太平洋海面有明显下沉,而且这种海面下沉开始于前一年冬或本年春季。因此,埃尔尼诺的前期征兆极有可能是在西、中太平洋地区。

本文试图通过资料分析,讨论东亚大气环流,特别是东亚冷空气活动同埃尔尼诺的关系,探讨中太平洋信风减弱,以及西太平洋海面降低的原因,进而提出东亚大气环流同埃尔尼诺相互影响的初步模型。

二、资料及处理

赤道东太平洋海温资料我们主要依据 Angell^[9] 给出的 SST (0° — 10° S, 180° E— 90° W) 时间变化图。为了确保资料的可靠性,又用 Rasmusson 等^[10]给出的资料进行了对照查验。根据这些资料定出了 1950—1979 年的 30 年中共有 8 个埃尔尼诺年和 7 个反埃尔尼诺年^[10]。

为了讨论东亚大气环流和冷空气活动,我们主要使用美国国家气象中心(NMC)的北半球 500hPa 高度资料和海平面气压资料。在求得月平均的基础上,我们得到了东亚和西太平洋地区埃尔尼诺年和反埃尔尼诺年各月的 500 hPa 平均高度场和平均地面气压场,并着重分析了埃尔尼诺年和反埃尔尼诺年各月平均 500hPa 高度差及月平均地面气压差的分布。

为了进一步说明埃尔尼诺年和反埃尔尼诺年东亚大气环流的异常情况,还利用 500 hPa 高度距平资料,分析了埃尔尼诺年和反埃尔尼诺年东亚地区的 500 hPa 高度距平分布。同时为更好地反映东亚冷空气活动同埃尔尼诺的关系,利用北京的气温资料,分析得到了埃尔尼诺出现前东亚地区的冷空气活动情况。

需要指出的是,在分析和处理资料时我们采用的基本方法是对埃尔尼诺年的环流和反埃尔尼诺年的环流分别进行“合成”统计分析。这样做可以突出“埃尔尼诺”这个强信息,而滤掉其它因素的影响。埃尔尼诺年平均情况同反埃尔尼诺年平均情况间的对比更增加了两种环流背景的差异,有利于揭示产生埃尔尼诺现象的主要物理过程。

三、分析结果

图 1 表示埃尔尼诺出现的前一年 10—12 月东亚及西太平洋上空 500 hPa 高度场的平均距平分布。在大约 35° N 以北地区是负距平,最大负距平达 140 位势米以上,位于阿留申上空;在 35° N 以南是一致的正距平,正距平区的东西向轴位于 15° — 20° N, 500hPa 高度距平的这种分布表明,在埃尔尼诺发生的前一年 10—12 月,东亚和西北太平洋的中

高纬度地区冷空气活动异常频繁,阿留申低压异常偏强;而这一时期的副热带高压也比常年偏强。

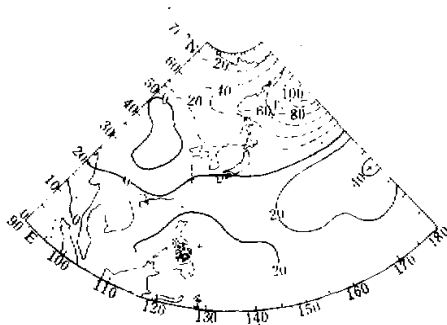


图1 埃尔尼诺出现之前一年10—12月东亚及西太平洋地区500hPa高度距平的平均分布

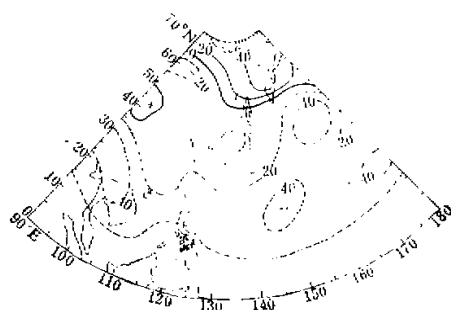


图2 埃尔尼诺年1—3月东亚及西太平洋地区500hPa高度距平的平均分布

在埃尔尼诺年的1—3月份(一般为埃尔尼诺出现前),500hPa高度距平的平均分布(图2)表现为:东亚大陆的近极地区是正距平,而50—55°N以南的东亚及西太平洋地区几乎全为负距平区,且沿20°N纬圈有最大负距平。

为了进一步说明埃尔尼诺年1—3月东亚及西太平洋大型环流的异常,图3给出了埃尔尼诺年同反埃尔尼诺年1—3月平均的500hPa高度差分布。在埃尔尼诺年的1—3月,阿留申地区500hPa高度平均比反埃尔尼诺年高得多(超过60位势米);而沿20°N的副热带地区,埃尔尼诺年1—3月500hPa高度却比反埃尔尼诺年同期平均低约20—30位势米。同时,105—125°E的东亚沿海地区埃尔尼诺年1—3月500hPa高度平均也较反埃尔尼诺年同期偏低。

归纳上述结果可以看到,在埃尔尼诺出现之前的整个冬半年,东亚沿海一带有异常频繁的强冷空气活动,而且以超极地路径的冷空气活动占优势;同时,500hPa高度负距平有

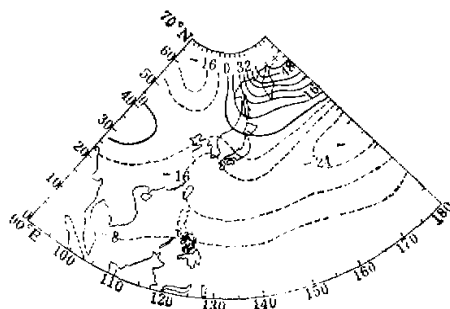


图3 埃尔尼诺年与反埃尔尼诺年1—3月东亚及西太平洋地区500hPa高度差分布

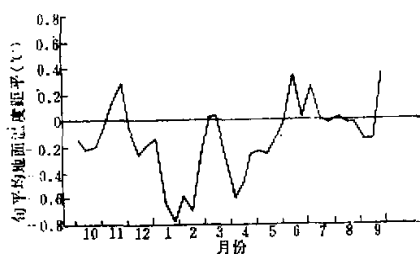


图4 埃尔尼诺年平均的北京旬平均地面温度距平变化图

从高纬度地区(10—12月)向中低纬度推移(1—3月)的现象。另外,西太平洋副热带高压在埃尔尼诺出现之前明显偏弱且位置偏南。

为了进一步表明埃尔尼诺出现前东亚的冷空气活动情况,图4给出了埃尔尼诺年平均的北京旬平均地面温度距平(已经过滑动平均)变化。可以看到,在埃尔尼诺现象开始的3—4月份及其之前的12—2月份,北京的地面温度存在明显的负距平,持续的地面温度负距平,表明在埃尔尼诺之前东亚有频繁的强冷空气活动。

为了同埃尔尼诺出现前的大气环流形势进行比较,分析了解埃尔尼诺出现时东亚及西太平洋的大气环流形势也是有必要的。图5给出了埃尔尼诺年东亚和西太平洋地区7—9月平均的500 hPa高度距平分布。在 25°N 以南的热带地区,基本上为正距平控制;沿 $40^{\circ}\text{—}45^{\circ}\text{N}$ 纬度带有较强负距平;阿留申地区为正距平。西太平洋热带地区的500 hPa高度正距平是与埃尔尼诺引起的异常Walker环流相对应的;中高纬度地区的环流异常则是大气对埃尔尼诺现象的遥响应,阿留申地区的高度正距平正好同PNA流型相衔接。上述环流异常表明,在埃尔尼诺年夏季,西太平洋副热带高压位置较常年平均偏南,呈东西带状,同陈烈庭^[22]的研究结果一致。同时,埃尔尼诺年夏季,我国东北地区有异常低压活动,造成低温冷害天气。

图6是埃尔尼诺年同反埃尔尼诺年东亚和西太平洋地区7—9月平均的500 hPa高度

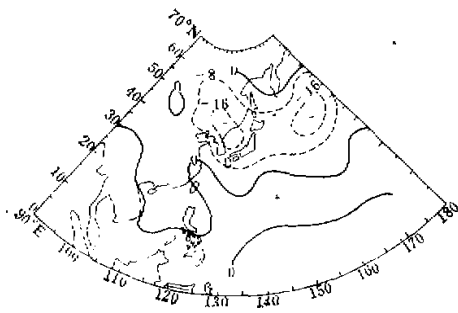


图5 埃尔尼诺年东亚和西太平洋地区7—9月平均的500 hPa高度距平分布

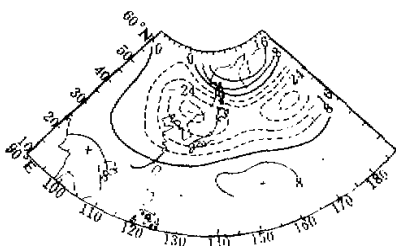


图6 埃尔尼诺年同反埃尔尼诺年东亚和西太平洋7—9月平均的500 hPa高度差

差。 27°N 以南的热带地区,埃尔尼诺年500 hPa高度比反埃尔尼诺年偏高; $40^{\circ}\text{—}45^{\circ}\text{N}$ 纬度带埃尔尼诺年的500 hPa高度明显较反埃尔尼诺年低;堪察加半岛-白令海地区埃尔尼诺年500 hPa高度比反埃尔尼诺年偏高。埃尔尼诺年同反埃尔尼诺年东亚和西太平洋地区7—9月平均的地面气压差与500 hPa高度差有相当类似的分布形势(图略),这一方面说明上述环流形势的异常确实存在,同时还表明环流形势的异常是准静止的深厚系统活动的结果。

上述资料分析表明,在埃尔尼诺年的7—9月份,西太平洋副热带高压位置较多年平均及反埃尔尼诺年平均位置均偏南,ITCZ位置亦偏南,从而使埃尔尼诺年西太平洋台风平均数偏少^[24]。埃尔尼诺年夏季(7—9月)东亚和西太平洋地区中纬度有比较频繁的冷空气活动。

四、讨论及结论

通过前面的分析研究,我们可以得到如下初步结论:

(1) 在埃尔尼诺出现前一年的 10—12 月,东亚及西太平洋地区的大气环流已有明显的系统性异常发生。其主要特征是中高纬度有频繁的强冷空气活动,阿留申低压异常强;西太平洋副热带高压偏强。

(2) 在埃尔尼诺现象开始前的 1—3 个月,东亚和西太平洋地区的大气环流发生新的巨大调整,环流异常形势有由高纬向低纬推移的现象。东亚仍有频繁冷空气活动,但堪察加半岛-白令海一带却出现高度正距平。由于前一年的 10—12 月和这一时期东亚都有频繁的强冷空气活动,因此在埃尔尼诺出现前的 1—3 个月,西太平洋副热带高压不仅强度偏弱且位置偏南。西太平洋副热带高压的异常形势,必然使得赤道中、西太平洋地区的信风减弱,依据 O'Brien 等的数值模拟,中、西太平洋信风的减弱可以导致埃尔尼诺的产生。因此,埃尔尼诺的出现可能同前期东亚及西太平洋地区大气环流的异常,特别是强冷空气的频繁活动有密切关系。

(3) 埃尔尼诺出现之后,对大气环流又产生明显的反作用,或者说大气环流对其发生响应。一方面通过 Walker 环流异常,使西太平洋 25°N 以南地区气压升高;另一方面由于遥响应使东亚和西太平洋的 $40-45^{\circ}\text{N}$ 纬度带 500 hPa 高度降低。埃尔尼诺对东亚及西太平洋大气环流的影响,使得埃尔尼诺年西太平洋台风数减少,以及我国东北及附近地区出现夏季低温冷害天气,并引起我国长江流域少雨。

(4) 大气和海洋是相互影响的。埃尔尼诺会对大气环流产生很大的影响,但是,大气环流的异常,例如东亚和西太平洋地区大气环流的异常,尤其是东亚地区的频繁强冷空气活动,又可以成为产生埃尔尼诺的重要原因。这样,我们可以初步提出一个关于东亚及西太平洋大气环流和埃尔尼诺相互影响的概略图象: 由于冬季和春季东亚地区有频繁强冷空气活动,使得春季西太平洋副高异常减弱,中、西太平洋的信风也因此减弱,导致埃尔尼诺现象的出现。埃尔尼诺发生之后,一方面因沃克环流和西太平洋海温等的异常,西太平洋夏季副热带高压和热带辐合带位置都偏弱偏南,西太平洋台风偏少;另一方面,通过遥相关,同 PNA 型相衔接,在堪察加-白令海地区有持续高压活动; $40-45^{\circ}\text{N}$ 纬带夏季冷空气活动偏多,造成我国东北夏季低温天气。

需要指出,埃尔尼诺的产生机制很复杂,这里仅初步提出一种可能原因。同样,东亚及西太平洋大气环流和天气变化虽明显受埃尔尼诺的影响,但并非只受埃尔尼诺的支配。许多问题有待进一步深入探讨,有关东亚寒潮的遥相关分析及其数值模拟试验结果,将专文另行讨论。

参 考 文 献

- [1] Horel, J. D., and J. M. Wallace, 1981, Planetary-Scale Atmospheric Phenomena Associated with the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 109, p. 813—829.
- [2] Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, 1982 Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 110, p. 354—384.

- [3] Egger, J., et al., 1981, Pressure wind and cloudiness in the tropical Pacific related to the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 109, p. 1139—1149.
- [4] 陈烈庭, 南方涛动与我国夏季降水, 1981 年长江流域长期水文气象预报讨论会材料.
- [5] Wyrtki, K., 1975, El Nino the dynamic response of the equatorial Pacific to atmospheric forcing, *J. Phys. Oceanogr.*, Vol. 5, p. 572—584.
- [6] Sodler, J. C., 1979, Trade wind anomalies using satellite cloud motion vectors, *Proceedings of the Fourth Annual Climate Diagnostics Workshop*, p. 233.
- [7] Quinn, W. H., 1979, The false El Nino and recent related climatic changes in the southern Pacific, *Proceedings of the Fourth Annual Climate Diagnostics Workshop*.
- [8] O'Brien, J. J., and A. J. Busalacchi, 1983, The Pacific ocean response to El Nino conditions, *WCRP Publications Series*, No. 1, p. 111—122.
- [9] Angell, J. K., 1981, Comparison of variations in atmospheric quantities with sea-surface temperature variations in the equatorial eastern Pacific, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 109, p. 230—243.
- [10] Rasmusson, E. M., et al., 1982, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 110, p. 354—384.
- [11] 李崇银, 1986, 埃尔尼诺与南海的台风活动, *热带气象*, Vol. 2.
- [12] 陈烈庭, 1982, 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*, Vol. 6, p. 148—155.
- [13] 李崇银, 1985, 埃尔尼诺与西太平洋台风活动, *科学通报*, Vol. 30, P. 1087—1089.

A STUDY ON INTERACTION BETWEEN THE EAST-ASIA ATMOSPHERIC CIRCULATION AND EL NIÑO

Li Chongyin Hu Ji

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

Through the statistical analysis in surface pressure, 500 hPa height and others, it is noticed in this paper that the general circulation in the East-Asia and the West-Pacific has had obvious abnormality in October–December and January–March before El Niño happened. During those months, there are frequent cold wave in the East-Asia and the abnormality of general circulation seems to be movable from higher latitude to lower latitude. The frequent stronger cold waves in the East-Asia in winter cause the location of the West-Pacific subtropical high to be on the south side gradually. Then the trade wind over the middle and the West-Pacific is weakened. This may be one of the reasons that cause El Niño.

In the summer of El Niño year, owing to teleconnection, there is a negative anomaly of surface pressure and 500 hPa height in the East-Asia and the West-Pacific. The west-Pacific subtropical high is to the south continuously and weaker.

Based on the statistical analysis, a scheme on the interaction between the atmospheric circulation over the East-Asia and the West-Pacific and El Niño is given in this paper.