

北半球500hPa高度场特征与厄尔尼诺、台风活动的若干关系

罗伯良 施能

(湖南省气象台) (南京气象学院)

提 要

本文对各月500hPa高度场分南北两个纬带进行分解，求得主要的系数和谐波参数。分析结果表明，厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年及台风活动多或少年在展开系数特征和振幅上有明显不同。这些结果对做台风长期预报是有益的。

一、引言

自从本世纪60年代中Bjerknes(1966、1969)^[1]首先分析了赤道太平洋的海表温度与中纬度大气环境之间的遥相关以来，国内外气象工作者对海气相互作用作了大量的观测和理论研究。Horel和Wallace(1981)^[2]、Chiu(1981)^[3]、毕慕莹(1986)^[4]等工作表明，异常的海温对全球大气环流有影响，但对不同的纬带有不同的影响。

有关中高纬大气环流与台风活动的关系过去也有过讨论^[5]，发现台风活动多或少的月份的大气环流特征明显不同。

基于上述结论，本文应用混合多项式法对北半球各月500hPa高度场分南北纬带进行分解，求得各主要的分解系数和谐波系数。从定量上去分析厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年及其前后期主要谐波系数的特征，寻找前期环流特征与厄尔尼诺的关系。并依据得到的南北环带高度场分解系数，从统计天气学方面讨论分析北半球大尺度环流和西北太平洋台风活动的关系。

二、资料和处理方法

考虑到北半球中低纬带的平均流场及其季节变化的特点和中高纬的特点相比有很大

的差别，我们在用混合多项式方法对高度场进行分解时，将高度场分为北环带和南环带，即北环带取40—75°N，南环带取10—45°N。显然，北环带全年主要受西风带影响，而南环带有副热带高压的经向移动。

所用资料为1951—1984年逐月北半球500hPa高度场。各环带每隔10个经度和5个纬度取一个网格点，各得到 $36 \times 8 = 288$ 个网格点。按混合多项式展开方法^[6]，将各个环带内二维高度场 $H(x, \lambda)$ 表示为

$$H(x, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \psi_k(x)(a_{kl} \cos kl\lambda + b_{kl} \sin kl\lambda) \quad (1)$$

式中 a_{kl} 、 b_{kl} 为展开系数； $\psi_k(x)$ 为切比雪夫多项式； x 、 λ 为坐标， $x = 1, 2, \dots, 8$ ， $\lambda = 1, 2, \dots, 36$ ；沿纬圈的步长 $\alpha = 10^\circ$ ， k 、 l 为从零开始的整数序列。展开系数 a_{kl} 、 b_{kl} 按下式求得

$$a_{kl} = \frac{2}{L} \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H(x, \lambda) \psi_k(x) \cos kl\lambda$$

$$b_{kl} = \frac{2}{L} \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H(x, \lambda) \psi_k(x) \sin kl\lambda$$

其中 $L = 36 \times \sum_{x=1}^8 \psi_k^2(x)$ 。当 $l = 0$ 时

$$a_{k0} = \frac{1}{L} \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H(x, \lambda) \psi_k(x)$$

$$b_{k0} = 0$$

对(1)式进行简单变换,改写成如下形式

$$H(x, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} a_{k0} \psi_k(x) + \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty}$$

$$A_{kl} \sin [\alpha l \lambda + \varphi(k, l)]$$

式中 A_{kl} 是某一谐波的振幅。

$$A_{kl} = |\psi_k(x)| \cdot \sqrt{(a_{kl})^2 + (b_{kl})^2}$$

本文后面所讨论的振幅平方分别是在 55°N 、 30°N 纬圈上求得的。

关于1951—1984年期间厄尔尼诺和反厄尔尼诺出现年份,参照文献[7—10]定义如下(表1)。

表2 展开系数 a_{00} 逐月差值 (厄尔尼诺年减反厄尔尼诺年) (单位: 10gpm)

	年 份 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北 环 带	上 年	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-
	当 年	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-
	来 年	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
南 环 带	上 年	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+
	当 年	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
	来 年	+	28.1	12.3	15.2	12.9	8.4	10.3	11.1	9.7	+	-	-

表3 展开系数 a_{10} 逐月差值 (厄尔尼诺年减反厄尔尼诺年) (单位: 10gpm)

	年 份 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北 环 带	上 年	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
	当 年	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	来 年	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-
南 环 带	上 年	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-
	当 年	+	+	+	+	+	+	+	+	14.2	12.3	11.4	12.1
	来 年	21.4	8.3	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

以认为是微小的。本文为了对比分析厄尔尼诺事件和反厄尔尼诺事件上年、当年及来年的低阶流场特征,仅取南北环纬带计算所得到的展开系数 a_{00} 、 a_{10} 序列,应用双尾 T 检验对厄尔尼诺年份的平均值序列和反厄尔尼诺年份的平均值序列进行检验,其中达到

表1 1951—1984年期间厄尔尼诺和反厄尔尼诺出现年份

厄尔尼诺	1951 1969	1953 1972	1957 1976	1963 1982—1983	1965
反厄尔尼诺	1955 1974	1956 1975	1964	1967	1971

三、混合多项式展开系 数与厄尔尼诺

1. 厄尔尼诺年及其前后期低阶流场特 征

根据分解试验^[11]表明,在混合多项式分解中6波、7波对分解精度所起的作用可

0.05 显著水平 ($\alpha = 0.05$, $T = 2.16$) 的月份,两者差值标以数值,否则仅用+、-号表示(见表2、表3)。

1) 展开系数 a_{00} 与厄尔尼诺的关系

展开系数 a_{00} 值大小与整个纬带的高度平均值成正比。由表2看出:

(1) 厄尔尼诺发生的前期(上年)无论北环带或南环带 a_{00} 特征均不明显。

(2) 厄尔尼诺发生的当年1—9月, 南环带 a_{00} 值偏大, 北环带除6月外也是 a_{00} 值偏大。表明该纬带的纬带平均高度增加。

(3) 厄尔尼诺发生的来年, 南环带 a_{00} 值明显偏大, 特别是2—9月。表明厄尔尼诺事件来年, 10—45°N纬带平均高度增加, 亦即副高明显偏强。对反厄尔尼诺事件情形则相反。

2) 展开系数 a_{10} 与厄尔尼诺的关系

展开系数 a_{10} 反映高度纬向均匀而经向线性均匀递减的那部份变化特征。因此, 对北环带 a_{10} 值大表示纬向环流强; a_{10} 值小表示纬向环流弱。对南环带 a_{10} 值大表示纬向环流强(副高偏南); a_{10} 值小表示纬向环流弱(副高偏北)。由表3发现:

(1) 厄尔尼诺年 a_{10} 数值偏大或偏小这个特征在北环带与南环带几乎完全相反。在所讨论的36个月中, 相反月达32/36。

(2) 厄尔尼诺发生当年北环带 a_{10} 偏小, 纬向环流弱。而南环带 a_{10} 偏大, 纬向环流强(副高偏南)。

(3) 厄尔尼诺发生当年, 南环带 a_{10} 偏大这个特征一直维持到来年初夏, 并且从当年8月—来年2月 a_{10} 与反厄尔尼诺年相应时段 a_{10} 两者差异达到0.05显著水平。

2. 厄尔尼诺年及其前后期低阶谐波振幅特征

环流异常是天气异常的背景。为了做好长期天气预报, 首先得弄清环流异常演变特征。由于月平均环流反映的是这个月内占优势的天气过程的总的特征, 相应地从运动尺度来讲, 要注意的是超长波。因此, 讨论超长波即低阶谐波异常特征变得格外重要。

依据前面得到的分解系数, 计算出逐年逐月各主要谐波振幅平方, 分别取厄尔尼诺事件和反厄尔尼诺事件上年、当年及来年逐月振幅平方作为样本序列, 应用双尾T检

验, 判别两者差异是否显著。

计算结果表明, 对北环带, 上年的2月 A_{02}^2 、8月 A_{12}^2 、9月 A_{02}^2 和 A_{12}^2 , 当年的4月 A_{02}^2 、5月 A_{12}^2 、7月 A_{01}^2 、9月 A_{12}^2 、10月 A_{01}^2 和 A_{12}^2 及来年的1月 A_{01}^2 、2月 A_{02}^2 两者差异显著, 达到0.05信度水平。对南环带, 两者差异显著达到0.05信度水平的有上年11月 A_{12}^2 、当年1月 A_{13}^2 、2月 A_{03}^2 、7月 A_{01}^2 和 A_{13}^2 、8月 A_{11}^2 、9月 A_{02}^2 及来年2月 A_{11}^2 、9月 A_{13}^2 和10月 A_{02}^2 。由于超长波的显著异常, 导致天气异常。下面以北环带4月 A_{02}^2 为例, 说明振幅异常与厄尔尼诺的联系。

图1为4月北环带 A_{02}^2 年际变化时间曲线。由图可见, 较强的厄尔尼诺年如1951、1953、1957、1965、1969、1976、1983, 4月2波振幅强度偏大(7/10), 而反厄尔尼诺年的1955、1956、1964、1971、1974、1975, 4月2波振幅强度偏小(6/7)。表4为历年

表4 历年(1951—1984)2波振幅强度分类

2波振幅方	厄尔尼诺	反厄尔尼诺	正常	总计
2波强	>16	7	1	7
2波弱	<16	3	6	10

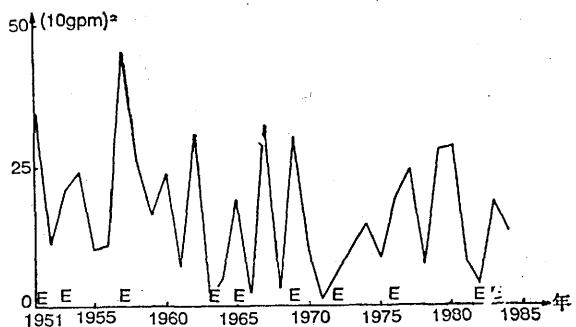


图1 4月份北环带 A_{02}^2 年际变化时间曲线

2波振幅强度分类统计结果。表明2波振幅强度偏弱这个特征对反厄尔尼诺年特别明显。过去已有研究^[12]表明, 中高纬(北环带)2波增衰和乌拉尔山脊的形成与衰退关系密切, 而乌拉尔山脊的形成和维持有利于

北方冷空气频频南下，表现为东亚冬季风偏强。由此也说明厄尔尼诺事件的发生与东亚大气环流异常有关系。

四、混合多项式展开系数与台风活动的关系

将表3、表5统计结果联系起来，并结合 a_{10} 的天气意义，我们可以得到如下结果：厄尔尼诺事件当年及来年上半，北环带展

开系数 a_{10} 较小，纬向环流较弱，经向环流相对较强；南环带展开系数 a_{10} 较大，纬向环流较强（副热带高压偏南），台风活动偏少。来年下半年，北环带展开系数 a_{10} 较大，北环带较盛行纬向环流，而南环带展开系数 a_{10} 较小，纬向环流较弱（副热带高压偏北），台风活动偏多。反厄尔尼诺事件时，情况恰好相反。这样，我们从厄尔尼诺事件当年和来年的展开系数 a_{10} 的变化特征

表5 厄尔尼诺（E）反厄尔尼诺（AE）当年、来年台风发生数逐月平均值及其差值（单位：个）

年份	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		E	AE	E-AE									
当年	E	0.7	0.3	0.6	0.8	1.0	0.9	3.5	4.4	4.6	3.4	2.2	1.6
	AE	0.4	0.3	0.7	1.1	1.1	2.0	5.4	6.7	5.7	4.0	3.0	1.0
	E-AE	0.3	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-1.1	-1.9	-2.3	-1.1	-0.6	-0.8	0.6
来年	E	0.1	0.1	0.2	0.2	0.7	1.7	4.5	5.6	5.1	4.9	3.3	1.6
	AE	1.0	0.4	0.3	1.0	1.1	1.7	3.4	4.0	5.4	3.1	2.0	1.0
	E-AE	-0.9	-0.3	-0.1	-0.8	-0.4	0.0	1.1	1.6	-0.3	1.8	1.3	0.6

方面，较好地解释了厄尔尼诺事件当年和来年的台风活动。

为了进一步说明问题，且考虑到8—11月展开系数 a_{10} 在厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年差异显著（信度达0.05水平），图2给出了8—11月逐年的 a_{10} 平均值和相应8—11月台风发生数。由图2可见，几乎所有的厄尔尼诺年展开系数 a_{10} 偏大且大都处在相对峰点，而反厄尔尼诺年展开系数 a_{10} 偏小且处在相对谷点。相应地，大多数厄尔尼诺年8—11月台风发生数偏少，大多数反厄尔尼诺年8—11月台风发生数偏多。

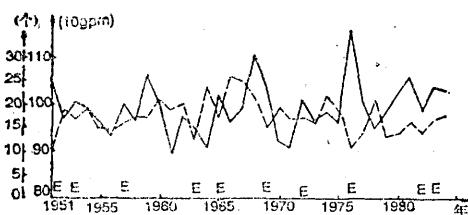


图2 逐年8—11月展开系数 a_{10} 平均值（实线）、台风发生数（虚线）

五、小结

综上所述，我们可以得到以下结论：

1. 厄尔尼诺发生的前期（上年）南、北环带平均高度特征均不明显。当年1—9月，南、北环带平均高度增加。来年副热带高压明显偏强。
2. 厄尔尼诺当年及来年上半年，北环带纬向环流较弱，副热带高压偏南，台风活动偏少。来年下半年，北环带较盛行纬向环流，副热带高压偏北，台风活动偏多。反厄尔尼诺事件时，情形相反。

本文仅从统计-天气学角度讨论了北半球500hPa混合多项式展开系数与厄尔尼诺及西北太平洋台风活动的关系，尚需从理论方面进行探讨，但本文的一些分析结果还是使我们对北半球环流与厄尔尼诺及西北太平洋台风活动的关系有了新的认识，并且可作为台风长期预报的参考。

参 考 文 献

- (1) Bjerknes, J., A possible response to the atmosphere hardly circulation to the equational anomalies of ocean temperatures. Tellus, 18, 820—829, 1966, Atmospheric teleconnection from the equatorial Pacific, Mon. Wea. Rev., 97, 163—172, 1969.
- (2) Hurrell, J.D., and J.M. Wallace, Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 109, 813—829, 1981.
- (3) Chiu, W-c, A. Lo, D.H. Weidler and D. Fulkner. A study of the possible statistical relationship between the tropical Pacific sea surface temperature and atmospheric circulation, Mon. Wea. Rev., 109, 1013—1020.
- (4) 毕慕莹, 厄尼诺现象与北半球500hPa大气环流, 气象科学研究院院刊, Vol.1, No.2, 175—181, 1986.
- (5) 章基嘉, 西太平洋台风频数变化及其与大气环流型多年变化之联系, 气象学报, 29 (1958), 第2期。
- (6) 章基嘉、葛玲, 中长期天气预报基础, 50—52, 1983, 气象出版社。
- (7) 王绍武, 1860—1979年期间的厄尔尼诺年, 科学通报, 1985年, 1期, 52—56。
- (8) 施能, A multi-statistical analysis of the southern oscillation and its relation to the mean monthly atmospheric circulation at 500 hPa in the Northern hemisphere, A.A.S. Vol.5, No.3 345—349, 1988.
- (9) 毛天松、许乃猷, El Nino现象对东亚夏季风环流影响的初步研究, 热带气象, Vol.1, No.1, 19—26, 1985.
- (10) Gray, W.M., Atlantic seasonal hurricane frequency, part I: El Nino, and 30 hPa QBO influences, Mon. Wea. Rev., 112, 1649—1668, 1984.
- (11) 章基嘉、吴洪宝, 用混合多项式展开气象要素场的方法和应用, 南京气象学院学报, 2, 140—144, 1981.
- (12) 仇永炎, 全国寒潮中期预报文集, 1—3, 北京大学出版社, 1984.