

欧亚 500 hPa 月平均大气环流的年际振荡特征*

何 敏 罗 艳

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

文章用主分量、功率谱、带通滤波及复主分量分析方法,对欧亚地区 1951~1992 年的 500 hPa 月平均高度场进行分析,研究了欧亚大气环流年际振荡的时空分布特征. 结果表明: 欧亚 500 hPa 月平均大气环流主要存在准 2.5 年、准 3.5 年振荡周期. 副热带地区大气环流以准 3.5 年振荡为主要周期; 中高纬地区以准 2.5 年振荡为主要周期. 复主分量分析还表明了这两种振荡的传播方向和随时间变化各不相同. 欧亚 500 hPa 月平均大气环流的准 3.5 年振荡特征与赤道东太平洋海温的变化及厄尔尼诺现象有密切的关系.

关键词: 大气环流; 年际振荡; 统计特征.

引 言

众所周知,国内外气象学者在研究短期气候变化时指出,海气耦合系统中,众多海洋和大气气象要素存在着准两年振荡(QBO)、准 3.5 年振荡(SO). 王绍武等较系统地研究和介绍了平流层和对流层风场及气候要素的 QBO 现象、低纬大气环流及海气耦合系统所存在的 SO 现象^[1]. 黄嘉佑^[2]、陈多等^[3]、邵永宁等^[4]分析和研究了我国月降水量、高空纬向风以及海气系统中海温、海平面气压、海表风场的 QBO、SO 的时空分布特征. 林学椿等对北半球 500 hPa 3~5 年周期及其波列结构进行了研究^[5,6]. 以上研究都说明了 QBO 及 SO 不仅存在于热带海洋,并且在中高纬大气环流中也有明显反映. 本文主要研究欧亚地区 500 hPa 月平均环流场年际振荡周期及其时空分布特征,为欧亚地区环流的长期预报提供某些气候背景.

我们使用中央气象台长期科 500 hPa 月平均高度资料及赤道东太平洋海温资料,资料的时间序列为 1951 年 1 月~1992 年 12 月,共 504 个月. 将原格点资料序列经标准化处理后,进行主分量、功率谱、带通滤波及复主分量分析. 欧亚地区高度场所取 50 个格点的地理分布见图 1.

* 本文由国家气象局《长期预报理论和方法的研究》课题资助.
1994-01-17 收到,1994-06-10 收到修改稿.

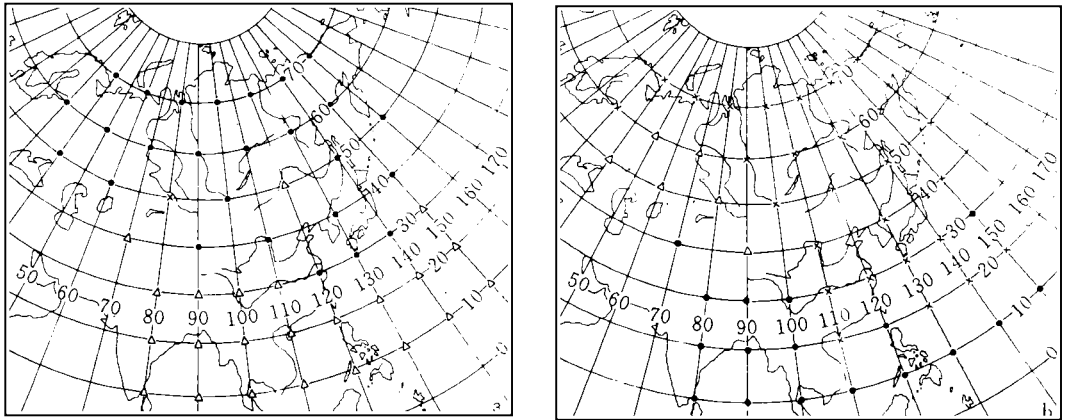


图1 欧亚地区50个格点及500 hPa月平均大气环流的周期分布 (a)主周期 (b)次要周期
(Δ : 准3.5年周期振荡 · 准2.5年周期振荡 \times : 准2年周期振荡)

Fig. 1 Distribution of the oscillation period of monthly mean 500 hPa height for 50 points in Eurasia (a) main oscillation (b) second oscillation (Δ : quasi-3.5 year · quasi-2.5 year \times : quasi-2 year)

1 500 hPa 高度场的主分量和功率谱分析

1.1 主分量分析

表1列出了经主分量分析后前8个主分量的解释方差.由表可见,前8个主分量的解释方差共占总方差的63%,其中前3个主分量几乎各占总方差的10%左右.因此展开后的前8个主分量,提取了500 hPa月平均大气环流的主要信息,基本概括了欧亚地区高度场时空分布的主要特征.研究主分量随时间变化的规律可以代替高度场随时间变化的研究.

表1 主分量分析前8个主分量的解释方差及振荡周期

Table 1 Interpretation variances and oscillation periods of the first eight principal components

主要分量	1	2	3	4	5	6	7	8
解释方差(%)	12	10	9	7	7	6	5	5
主要周期(月)	30	35	30	23	18	30	32	39
次要周期(月)	19	18	41	41	33	20	39	21

1.2 功率谱分析

利用主分量分析的前8个主分量进行功率谱分析,并把通过显著性检验周期的峰值列在表1中.表1显示了前3个及第6个主分量年际变化的主要周期在30个月左右,为准2.5年周期.次要周期为二个,一个在40个月左右,另一个为20个月左右.表明欧亚500 hPa月平均大气环流主要存在准2.5年、准3.5年、准2年的年际变化周期.

为了分析欧亚500 hPa月平均大气环流所存在的主要振荡周期的地域分布,我们进一步对50个格点500 hPa标准化月高度序列作功率谱分析,得到各格点上功率谱值超过显著性检验的周期,并用不同符号标在图1上.图1(a)为主要振荡周期分布,图1(b)为次要振荡周期分布.由图可见,25°N以南地区的主要周期在40个月左右,为准3.5年振荡.次要周期大多在30个月左右,为准2.5年振荡.25°N以北地区的主要周期在26~33个

月,为准 2.5 年振荡,其中 100°E 以东的中高纬地区次要周期在 20 个月左右,为准 2 年周期,而 90°E 以西的大部地区,则以准 3.5 年为次要周期。

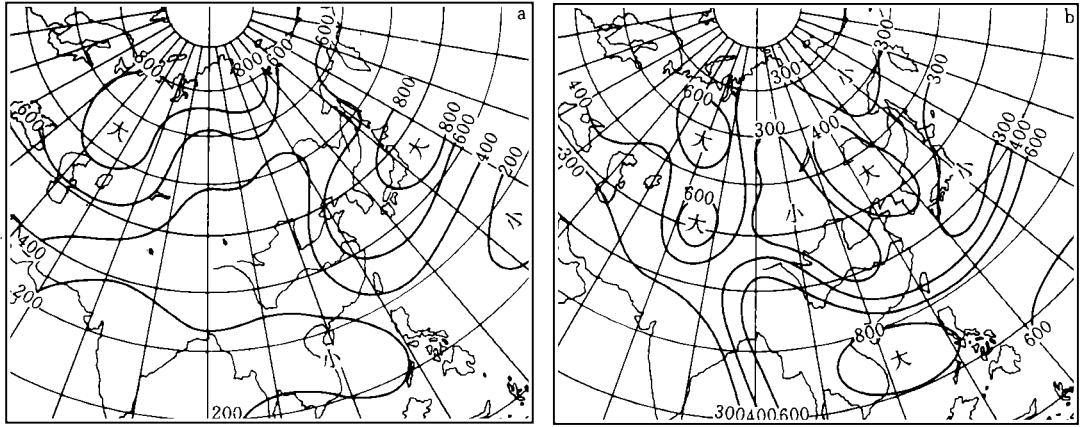


图 2 30 个月(a)和 40 个月(b)周期功率谱值分布图

Fig. 2 Distribution of power spectrum (a) 30-month oscillation period (b) 40-month oscillation period

30 个月和 40 个月周期上各格点功率谱值分布图(图 2)也显示了上述分析的结果. 在图 2(a)中 110°E 以东的中纬地区及 40°N 以北的欧亚地区,功率谱谱值较高,亚洲中部地区谱值次之,副热带地区为谱值低值区. 说明准 2.5 年低频振荡表现最清楚的地区在 110°E 以东的中纬地区及 40°N 以北的欧亚地区. 在图 2(b)中,谱值高值区在副热带地区, 90°E 以西的中高纬地区谱值也相对较高, 90°E 以东的中高纬地区谱值较低. 表明欧亚地区 500 hPa 月平均环流场准 3.5 年振荡周期最明显的地区是副热带地区,其次是 90°E 以西的中高纬地区.

综合上述分析的结果,表明欧亚 500 hPa 月平均大气环流的年际变化在副热带地区以准 3.5 年振荡为主要周期,准 2.5 年振荡为次要周期;欧亚的中高纬地区以准 2.5 年振荡为主要周期,东部地区次要周期为准 2 年振荡,西部地区次要周期为准 3.5 年振荡.

2 500 hPa 高度场的复主分量分析

主分量分析和功率谱分析均表明欧亚 500 hPa 月平均大气环流主要存在准 2.5 年和准 3.5 年的振荡周期. 为了对欧亚地区大气环流的这两种主要年际振荡的地域分布、传播方向及随时间的变化作更细致地分析,我们首先对标准化的时间序列进行带通滤波分析,以便产生所需研究的年际振荡周期. 滤波采用 Murakami^[7]设计的带通时间滤波器,对 50 个格点进行计算. 本文中所取参数,时间间隔 $\Delta T = 1$ 个月, $N = 504$ 个月,频率 $\omega_0 = 2\pi/40$ 个月、 $\omega_1 = 2\pi/30$ 个月、 $\omega_2 = 2\pi/53$ 个月(准 3.5 年振荡); $\omega_0 = 2\pi/30$ 个月、 $\omega_1 = 2\pi/25$ 个月、 $\omega_2 = 2\pi/36$ 个月(准 2.5 年振荡). 经过滤波后得到只含准 3.5 年周期或只含准 2.5 年周期振荡的 500 hPa 标准化高度场. 然后,采用文献[3]中所用的方法,对经滤波后的序列作复主分量分析,计算中波长 $L = 21$ 个月. 并分析复主分量的恢复特征场.

表2是复主分量分析的前5个特征向量的解释方差和累计方差百分比。由表可见,不论是准2.5年还是准3.5年振荡的复主分量分析,前5个主分量累计方差百分比已达90%以上,准3.5年振荡的复第1主分量,占总方差的60.6%,准2.5年振荡的复第1主分量也接近总方差的二分之一。说明复第1主分量的振幅、位相函数分布已基本上可以反映这2种年际振荡的主要时空分布特征。

2.1 准2.5年振荡的时空分布特征

图3(a、b)是复第1主分量的空间振幅函数和空间位相函数分布图。空间振幅分布可以反映这种周期的主要地域分布特征,空间位相分布则表示这种周期振荡的传播方向。由图3(a)可见,准2.5年振荡的振幅南大北小,振幅最大地区出现在 20°N 以南的副热带地

表2 复主分量分析的前5个特征向量解释方差和累计方差

Table 2 Interpretation variance and cumulative variance of the first five characteristic vectors for complex principal component analysis

复主要分量		1	2	3	4	5
准2.5年	解释方差(%)	49.3	19.2	11.1	7.5	4.4
	累计方差(%)	49.3	68.5	79.6	87.1	91.5
准3.5年	解释方差(%)	60.6	12.9	8.8	4.5	3.7
	累计方差(%)	60.6	73.5	82.3	86.8	90.5

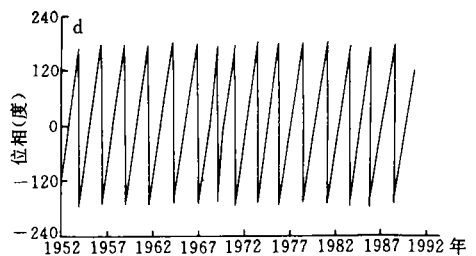
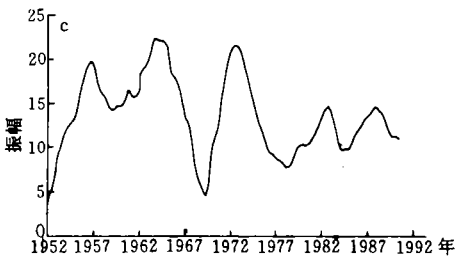
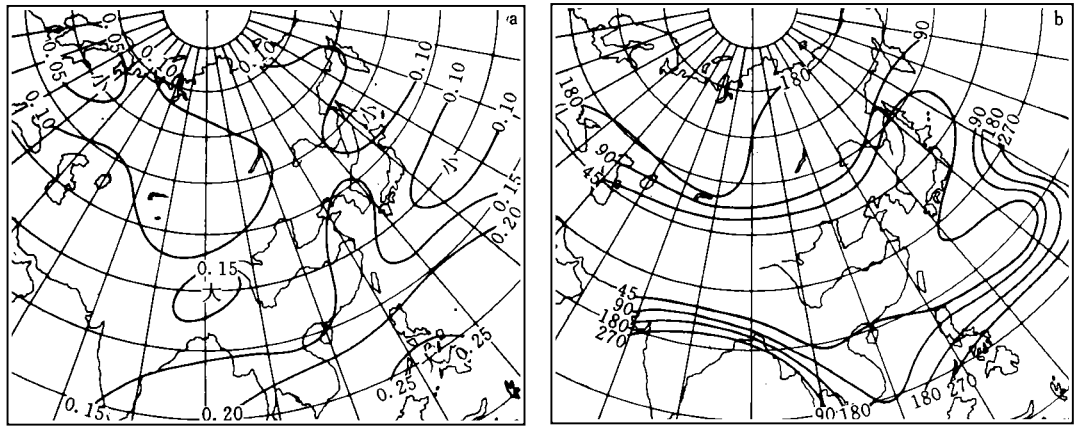


图3 准2.5年振荡复第1主分量的时空分布 (a)空间振幅 (b)空间位相 (c)时间振幅 (d)时间位相
Fig. 3 Spatial and temporal distribution of complex first principal component of quasi-2.5 year oscillation (a) spatial amplitude (b) spatial phase (c) temporal amplitude (d) temporal phase

区,乌山地区和亚洲的 130°E 以东地区振幅较小.从复第 1 主分量的空间位相分布(图 3(b))来看,欧亚地区 500 hPa 月平均大气环流准 2.5 年振荡在中高纬度地区从东亚由东(东南)向西(西北)传播,而在低纬传播方向不明显.

图 3(c,d)给出了复第 1 主分量的时间振幅和时间位相函数的演变趋势.由图 3(c)可见,欧亚 500 hPa 月平均大气环流准 2.5 年振荡的振幅随时间变化有明显的波动性,振幅的增强、减弱交替出现.而从位相随时间变化来看(图 3(d)),大气环流的年际振荡清楚地呈现出 2~3 年的变化周期.

2.2 准 3.5 年振荡的时空分布特征

图 4(a)是准 3.5 年振荡复第 1 主分量的空间振幅分布图.由图可见,振幅最大地区出现在副热带地区,其次是欧亚北部地区,中纬地区为振幅相对低值区.与准 2.5 年振荡的空间振幅(图 3(a))相对照,准 2.5 年、准 3.5 年振荡振幅最大地区均出现在副热带地区.

图 4(b)是准 3.5 年振荡复第 1 主分量的空间位相分布图.准 3.5 年振荡周期在欧亚是两列行波,传播方向有两个,一个是在东亚副热带地区由南向北呈经向方向,另一个在中高纬自西(或西北)向东(或东南)呈纬向方向.与准 2.5 年振荡的空间位相(图 3(b))相比,在中高纬地区准 2.5 年振荡与准 3.5 年振荡的传播方向相反.

同样我们分析了准 3.5 年振荡复第 1 主分量的时间振幅(图 4(c))和时间位相(图 4(d)).图 4(c)的演变曲线与图 3(c)不同,显示出准 3.5 年振荡具有明显的阶段性.1963

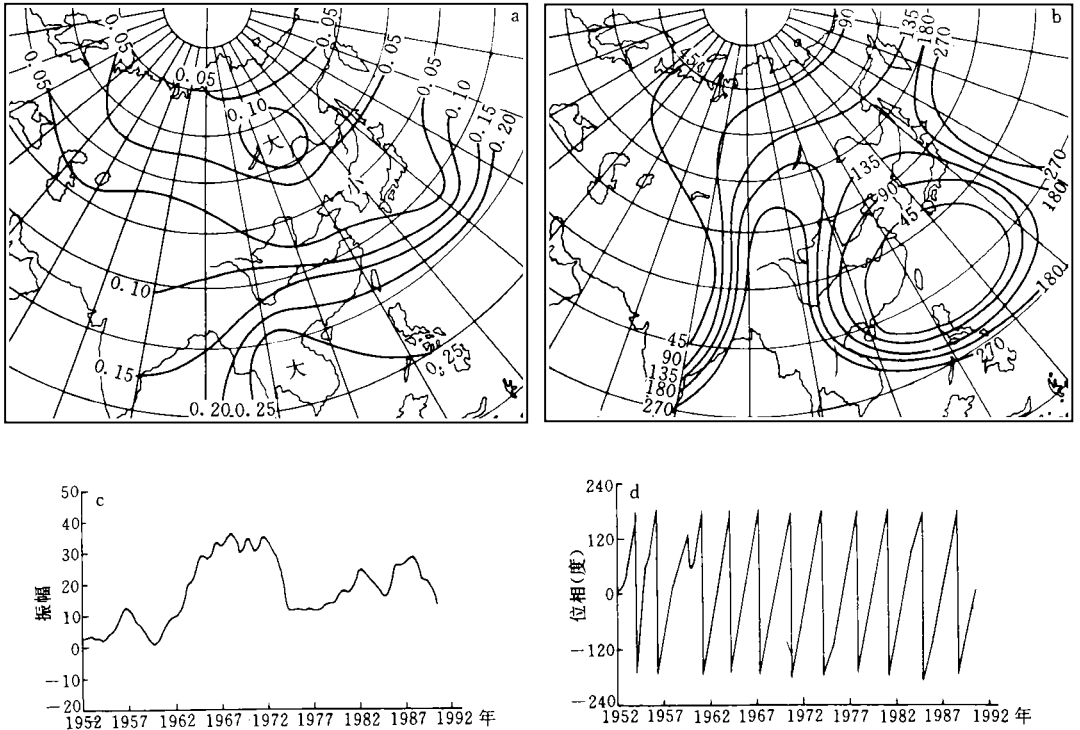


图 4 准 3.5 年振荡复第 1 主分量的时空分布 (a) 空间振幅 (b) 空间位相 (c) 时间振幅 (d) 时间位相

Fig. 4 As in Fig. 3, but for quasi-3.5 year oscillation

~1972年为振幅持续偏强时期,该时期出现了4次厄尔尼诺现象.1973~1981年振幅持续偏低,该时段内出现了二次较强的反厄尔尼诺及一次弱的厄尔尼诺.1957~1958、1969、1972、1982~1983、1986~1987年为振幅峰值年,这些年份均与较强的厄尔尼诺年份相对应.众所周知,ENSO事件和赤道东太平洋海温变化的主要振荡周期为准3.5年^[8,9].因此,欧亚500 hPa月平均大气环流的准3.5年振荡与赤道东太平洋海温的变化、厄尔尼诺现象有密切的关系.从时间位相函数的演变来看,图4(d)显示的周期变化比图3(d)的周期长,除1956~1961年是准5年周期外,大多时段是3~4年的变化周期.

我们对500 hPa月平均标准化后的高度场准3.5年振荡复第1主分量的8个位相(0 、 $\frac{\pi}{4}$ 、 $\frac{\pi}{2}$ 、 $\frac{3}{4}\pi$ 、 π 、 $\frac{5}{4}\pi$ 、 $\frac{3}{2}\pi$ 、 $\frac{7}{4}\pi$)进行恢复.从8张恢复场的分布图(图略),可以清楚地看出在不同位相时,正负距平场的强弱和移动方向反映了欧亚大气环流的准3.5年振荡特征.

3 小 结

(1) 500hPa 标准化高度场的主分量、功率谱分析表明:欧亚500hPa月平均大气环流的年际变化主要存在准2.5年及准3.5年振荡周期.50个格点月高度标准化序列的功率谱分析及30个月和40个月周期的各格点功率谱值分布图表明,这两种振荡的地域分布特征是副热带地区的大气环流以准3.5年振荡为主要周期,准2.5年振荡为次要周期;欧亚的中高纬地区以准2.5年振荡为主要周期,东部地区次要周期为准2年的振荡,西部地区次要周期为准3.5年振荡.

(2) 经30个月和40个月为中心的带通滤波后的复主分量分析表明,准2.5年和准3.5年振荡的复第1主分量分别占了总方差的60.6%和49.3%.

空间振幅函数的分布表明,准2.5年、准3.5年振荡振幅最大的地区均出现在副热带地区,准2.5年振荡振幅最小的地区出现在乌山地区和130°E以东地区,准3.5年振荡振幅最小的地区出现在中纬地区.空间位相函数的分布表明,在中高纬地区准2.5年振荡由东(东南)向西(西北)传播,而准3.5年振荡的传播方向则相反,由西(西北)向东(东南)传播;在东亚副热带地区,准3.5年振荡由南向中纬地区传播.

(3) 复第1主分量的时间振幅和位相函数反映了这2种年际振荡的时间演变特征,准2.5年振荡的时间振幅函数具有波动性,准3.5年振荡具有阶段性.准3.5年振荡时间振幅的高值年对应了较强的厄尔尼诺年.反映了欧亚500 hPa月平均大气环流的准3.5年振荡与赤道东太平洋海温变化以及厄尔尼诺现象有密切关系.时间位相函数的演变清楚地显示了这二种年际振荡的周期性.

参 考 文 献

- 1 王绍武,赵宗慈. 长期天气预报基础. 上海:上海科学技术出版社,1987. 42~53.
- 2 黄嘉佑. 准两年周期振荡在我国月降水量中的表现. 大气科学,1988,12(3): 267~273.
- 3 陈 多,陈隆勋,沈如桂. 高空纬向风准 3.5 年振荡特征. 应用气象学报,1991,2(1): 40~50.
- 4 Shao Yongning, Chen Longxun. On quasi-biennial oscillation in air-sea system. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1991, 8(1): 11~22.
- 5 林学椿,北半球 500 hPa 3~5 年周期的初步研究. 应用气象学报,1990,1(2): 169~175.
- 6 林学椿,于淑秋. 3~5 年周期的波列结构. 大气科学,1991,15(3): 87~95.
- 7 Murakami M. Large-scale aspects of deep convective activity over the GATE data. *Mon. wea. Rev.*, 1979, 107: 994~1013.
- 8 符滨斌. 厄尔尼诺/南方涛动现象与年际变化. 大气科学,1987,11(2): 209~220.
- 9 张先恭. 西太平洋副热带高压的气候振动. 气象科学研究院院刊,1988,3(1): 1~8.

FEATURES OF INTERANNUAL OSCILLATION OF 500 hPa MEAN MONTHLY GENERAL CIRCULATION IN EURASIA

He Min Luo Yan

(National Meteorological Centre, Beijing 100081)

Abstract

The 500 hPa mean monthly height field in Eurasia during 1951~1992 is analysed by using principal component, power spectral, band-pass filter and complex principal component analysis. Features of interannual oscillation of the general circulation in Eurasia are investigated. The results show that there exist quasi-2.5 year and quasi-3.5 year oscillations in the 500 hPa mean monthly circulation in Eurasia, the main oscillation in the subtropical zone is quasi-3.5 years, and the quasi-2.5 year oscillation is prominent in the area of the middle and high latitudes. Furthermore, the complex principal component analysis indicates that the propagation directions for the two oscillations and their variations with time are different from each other, and that the features of quasi-3.5 year oscillation of the 500 hPa mean monthly circulation in Eurasia are closely associated with the El Nino phenomenon and the variation of SSTA in the equatorial eastern Pacific.

Key words: General circulation; Interannual oscillation; Statistical features.