

东亚大陆冬季风的低频振荡特征*

金祖辉 孙淑清

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 本文对东亚大陆冬季风期间的地面气温、气压的数年资料做了 30~60 天的低频波、准双周振荡等分析。结果表明, 东亚大陆地区地面气温、气压的 0~60 天波和准双周波具有重要的作用, 它们多年平均的低频波方差相对贡献分别为 59.2% (气温) 和 49.8% (气压) 左右。并且伴有显著的年际差异, 如华北气温 30~60 天波强的年份其方差相对贡献可达 50.2%, 而最弱的年只占 11.9% 左右。另外这两种频率振荡强弱还有明显的地区性, 30~60 天波一般华北和长江流域(约 28°N 以北)比其南部地区强; 冬季风期间, 东亚大陆地区的 30~60 波的经向传播主要是由北向南传播的, 大多数年份可以传播至东亚大陆的南端, 历时约 3~6 天, 但是这种传播在长江流域以北地区表现为更清楚, 在长江以南地区, 一方面受到了冬季风本身强弱的影响, 另一方面还受到来自热带地区以致南半球夏季风低频波北传等因素的影响使得经向传播往往变得比较复杂。

关键词 冬季风 低频振荡 经向传播

1 引言

近 10 年来大气低频振荡已成为大气科学研究的一个重要课题之一, 大气低频振荡的存在使人们对大气活动的长期过程有了一个新的认识, 在季风研究中人们也已揭露了不少低频波活动的特征, 有人曾指出, 30~60 天周期的低频波是季风活动的主要信号。对夏季风中 30~60 天振荡的研究已能很好地解释季风活动的周期变化(活跃-中断-重建); 南亚槽脊的活动及它由赤道地区生成而逐渐北进过程实际上是一种 30~60 天波动^[1], 东亚季风系统中也存在着低频波由赤道地区向北的传播过程。它也表现为 30~60 天左右周期的振荡^[2]。这些研究无疑使我们对季风活动的特征有了一个新的认识, 但是对冬季风的活动, 尤其是对它的低频波活动的研究比起对夏季风的研究来就要少得多。众所周知, 东亚地区冬季风是北半球极为活跃的环流系统, 它的活动不仅影响其下游的环流变化, 而且由于大范围的寒潮活动, 柯以向南影响南海及低纬地区的天气甚至于越过赤道影响南半球的夏季风, 这一点在近年来对冬季低纬地区冷涌活动的研究已有了较多的说明^[3, 4]。对东亚季风中低频振荡的特点也逐渐受到人们的注意, 李崇银^[5]对寒潮相联系的东亚大槽的活动研究表明: 它的加强与向东南方向伸展具有明显的 30~60 天周期的振荡, 杨松^[6]用 1980~1981 年冬季的 850 hPa 气候资料研究也指出, 在冬季风活动期强冷空气的活动具有准 40 天周期的振荡, 并可以向南传播至南海地区, 东

1993-05-03 收到, 1993-09-27 收到修改稿

* 本文得到国家自然科学基金和中国科学院“八五”重大项目灾害气候的预测及其对农业年景和水资源调配的影响科研经费的资助

亚冬季风在中高纬度的活动主要表现为东亚寒潮,人们在研究中高纬度 30~60 天周期的低频振荡时也发现北半球冬半年的 30~60 天振荡的纬向 1~3 波占优势^[7]尤其为 1 波振荡更大。在水平传播上,中高纬度冬半年 30~60 天振荡具有明显的西传现象,且其西传的速度要比夏半年的略大^[8]。在经向传播上,位于 40~60°N 的中高纬度的 30~60 天振荡有明显的向南传播过程,尤其是在东亚地区,这种南传过程更为清楚,这与东亚地区是主要的冬季风活动区有关,大规模由北向南的寒潮爆发反映了这种南传过程。但是总的来说,对冬季风期间低频振荡的认识还较表面。本文利用多年资料,以表征寒潮强度的地面温度和气压作为对象来研究冬季风期间的低频振荡,以进一步揭示它的地域分布,年际变化以及水平传播的特征。所用资料取自东亚地区的地面站上的实际气温和气压资料,年代分别为 1979~1986 年和 1979~1982 年。

2 资料和处理方法

本文的主要目的是考察东亚大陆地区冬季风振荡的特征,一些研究已表明东亚地区冬季风在中高纬的活动主要表明为东亚寒潮。寒潮的活动可以在地面气温、气压等要素

变化中清楚地表现出来。由此本文选用该地区的气温、气压的逐日 08 时地面气温和地面气压记录作为研究对象。考虑到东亚大陆地域辽阔,尤其是南北地理纬度差别很大,所以选取的 18 个站点中有 5 个位于华南地区、7 个位于长江流域和 6 个位于华北地区,它们的分布如图 1 所示,代表了东亚大陆 3 个不同纬度区的大部分地区。资料时间是 1979~1986 年的 7 个冬半年,每个序列都是从上一年 10 月 21 日至次年 3 月 30 日,当 2 月份是 28 天时用时间内插的方法补插为 29 天,所以基本序列长度为 162 天。而后分别求出这 3 个区逐日的区域平均组成了区域平均的时间序列,并对每序列做 5 天滑动平均以消弱高频波的影响。因此每个区域都有经过上述处理的 7 个冬半

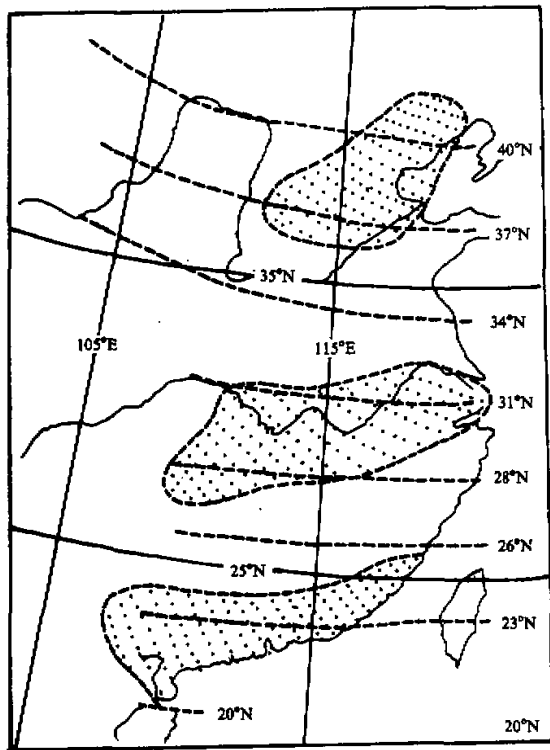


图 1 地面气温和气压资料站点的分布

年的序列, 下面得到的季节变化曲线, 滤波计算都是在这 162 天序列上进行的。但考虑列资料处理时, 如 5 天滑动平均, 滤波等以后两端点的影响, 故在分析结果时只取 141 天长度即从上一年的 11 月 1 日到下年的 3 月 20 日。

对气压资料站点分布如图 1 所示, 它们分别集中在 9 个不同的纬度带上, 故以这些站的平均来代表该纬度的气压值。时间则为 1979~1982 年 3 个冬季, 其他处理与气温序列的处理完全相同。在此基础上, 对每一个时间序列做如下处理: 首先用一次多项式并以部分滑动的方法拟合出每个时间序列的季节变化曲线如图 2 所示, 这样得到的季节变化曲线既优于用一次多项式直接得的趋势直线, 也优于用高次多项式拟合的平滑曲线。求得偏差以后用带通滤波方法^[8]得到每个时间序列的 30~60 天低频波, 准双周波和 10 天以下的波, 由带通滤波振幅的响应函数^[8] $|W(e^{-i\omega\Delta t})|^2$, 及频率 ω_0 、 ω_1 、 ω_2 的关系式:

$$\omega_0^2 = \omega_1 \cdot \omega_2,$$

可以得到当 ω_1 和 ω_2 分别取 30 天和 60 天时, ω_0 约为 42.4 天, 在该点响应函数值为 1.0, 在 ω_1 和 ω_2 处其响应函数值为 0.5。同样我们作了 10~20 天, 3~10 天的带通滤波, 它们分别在 ω_0 为 14.1 天和 5.4 天处响应函数值为 1.0。

3 振荡特征

3.1 气温低频振荡特征

气温的低频特征波谱分析研究指出, 在冬半年东亚大陆地区气温和气压变化有明显的周期性现象, 其中 30~60 天低频波和准双周振荡及周内波具有明显的优势。为了进一步了解这几个频率范围波的重要性, 这里引用了谐波分析中的方差贡献分析的方法对每个时间序列的 30~60 天波、准双周波和 10 天内波计算了方差贡献的和, 基本序列的总方差及它们之间比(相对贡献)。不同频率范围波的方差与总方差比值大小可以近似地表示它们的时间演变中的重要性, 其值越大表明所起的重要性越大。方差贡献和是通过计算各频率谐波的方差贡献得到的近似结果, 因为这里取得的观测记录是离散的, 基波周期为 162 天, 由谐波分析方法可知在 30~60 天这个低频范围内的波有 3 个频率, 即以基波周期的 1/3、1/4 和 1/5 为周期(相当于 54.0 天, 40.5 天和 32.4 天左右)的波方差贡献的和。同样, 10~20 天低频波的方差贡献和包含了以基波周期的

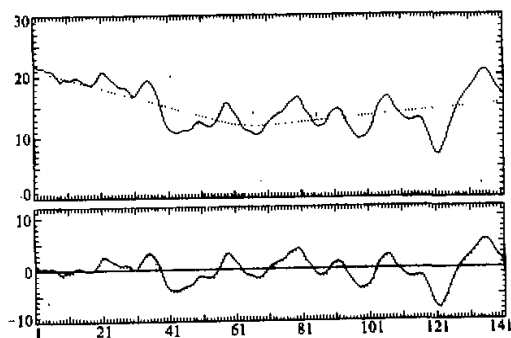


图 2 1985~1986 年冬华南气温时间演变曲线和对应的季节变化曲线

(a) 经过 5 天滑动平均的气温(实线), 季节变化曲线;
(b) 消除季节变化后的偏差曲线点线

1/9~1/15 为周期的 7 个频率波(相当于 18~10.8 天)的方差贡献的和, 10 天以下波的方差贡献和包含了基波周期的 1/17~1/40 为周期(相当于 9.5~4.1 天)的 23 个谐波方差贡献的和。另外再计算它们的合成谱量并与基本时间序列之间同时相关系数。表 1 是华北地区、长江流域和华南地区逐年冬季风期间温度 30~60 天低频波、准双周波及 10 天内波方差贡献与总方差的比(方差相对贡献)以及它们与基本序列之间的同时相关系数分布。

表 1 地面气温各频率波的相对方差贡献和及与基本时间序列的同时相关系数

区	华北地区						长江流域						华南地区					
天	30~60		10~20		<10		30~60		10~20		<10		30~60		10~20		<10	
年	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r
1979~1980	39.3	0.71	13.5	0.61	3.3	0.60	46.2	0.72	15.5	0.70	4.2	0.61	27.3	0.71	16.6	0.73	2.7	0.70
1980~1981	50.2	0.80	24.9	0.72	4.2	0.63	53.4	0.80	11.5	0.71	2.3	0.70	27.8	0.71	15.8	0.70	8.6	0.61
1981~1982	11.9	0.60	37.0	0.76	4.7	0.73	22.4	0.61	33.8	0.90	3.5	0.81	18.8	0.60	40.7	0.82	3.3	0.70
1982~1983	36.1	0.73	20.4	0.73	7.1	0.70	28.1	0.63	27.7	0.71	9.6	0.71	28.6	0.62	34.2	0.80	8.0	0.72
1983~1984	40.1	0.81	22.2	0.63	3.1	0.61	37.1	0.74	24.1	0.81	2.7	0.70	45.7	0.80	27.8	0.71	1.6	0.72
1984~1985	40.3	0.80	31.1	0.70	5.2	0.64	24.0	0.71	30.4	0.81	4.0	0.71	27.9	0.73	37.9	0.80	2.9	0.80
1985~1986	26.2	0.73	26.0	0.72	5.1	0.71	28.4	0.70	34.8	0.83	7.7	0.71	27.1	0.18	30.1	0.74	3.2	0.70
平均	34.9	0.74	25.0	0.70	4.7	0.66	34.2	0.70	25.4	0.78	4.9	0.71	29.0	0.71	29.0	0.76	4.3	0.71

(1) 从表 1 中可以看到以下的特点: 就时空平均而言(华北地区、长江流域和华南 3 个地区平均)30~60 天低频振荡的方差相对贡献约为 32.7%, 10~20 天振荡的方差相对贡献为 26.5%, 周期为 10 天以下振荡的方差相对贡献为最小(4.6%), 但实际上该值应更大一些, 因为在基本资料处理过程中做了 5 天的滑动平均, 因而使得高频的信号已部份地被削弱。由上又可见东亚冬季风期间低频振荡的贡献是很重要的, 二者之和达到了 59.2%, 但其中 30~60 天振荡的贡献要比 10~20 天振荡稍大一些。由相关系数也表明它们与基本序列之间相关都超过了 0.01 的显著水平。

(2) 低频波方差相对贡献大小还与地理区域有关。从 7 个冬半年的平均来说华北地区和长江流域 30~60 天振荡的方差相对贡献大小相近, 都在 35%左右, 华南地区略小一些; 准双周振荡方差的相对贡献是华南地区略高于华北和长江流域; 10 天以内的周期变动的方差相对贡献地区性差异很小。

(3) 低频波的年际变化很显著, 这种年际变化随地区而异, 显得相当复杂。但总的来说有以下特征, 由华北至长江流域 30~60 天振荡增强的占 4/7, 相反趋势的是 3/7。此外在华北和长江流域 30~60 天振荡是强的年, 华南地区则不一定是强的。

为了说明年际变化, 假定方差相对贡献高于或低于多年平均值的 40%为低频波显著强或显著弱的年; 高于或低于平均值 30%的为低频波偏强或偏弱的年。据此, 华北地区 30~60 天振荡显著强的是 1980~1981 年, 显著弱的年为 1981~1982 年; 长江流域显著强的年是 1981~1982 年; 华南地区显著强的年是 1983~1984 年。同时还可以看到在华北和长江流域出现显著强时华南地区是接近正常年, 反之华南是显著强时华北和长江流域也接近于常年。这表明在 30~60 天低频振荡的年际变化中, 长江流域和华北

地区相关性比较好,而与华南地区的相关性较差。对于 10~20 天振荡也同样存在显著强和显著弱的年际变化(如表 2 所示),它们的地区差异也是显而易见的,此处不再赘述。

另一方面,在不同频率范围的低频振荡之间近存在一定的联系,在华北和长江流域似乎更为明显,在这两个地区多数年份都存在 30~60 天振荡偏强时 10~20 天振荡偏弱,反之 30~60 天振荡偏弱时 10~20 天振荡偏强;特别是两者都偏强或偏弱的现象几乎没有出现。这期间最典型的是 1981~1982 年,在这一年东亚大陆 30~60 天振荡显著偏弱,华北地区 30~60 天振荡的方差贡献只有均值的 34.1%,长江流域和华南也都偏弱,均值分别为 65.5%和 64.8%;相反 10~20 天振荡则是显著地偏强。众所周知 1982~1983 年是罕见的 ENSO 事件上,这意味着在它的前冬东亚大陆就有某些异常征兆与其相关。与之相反 1980~1981 年则是 30~60 天变动显著偏强的年(华北地区和长江流域)。

表 2 气温低频波方差相对贡献与多年平均比的比值(%)

地区	华北区		长江流域		华南区	
	30~60	10~20	30~60	10~20	30~60	10~20
1979~1980	112.6	54.0	135.1	61.0	94.1	57.2
1980~1981	143.8	99.6	156.1	45.3	95.9	54.5
1981~1982	34.1	148.0	65.5	133.1	64.8	140.3
1982~1983	103.4	81.6	82.2	109.1	98.6	117.9
1983~1984	114.9	88.8	108.5	94.9	157.6	95.8
1984~1985	115.5	124.4	70.1	119.7	96.2	130.7
1985~1986	75.1	104.0	83.0	137.0	93.4	103.8

为了更直观地对比低频波的年际差异和同频率范围低频振荡之间的联系,下面给出了这两年 30~60 天和 10~20 天带通滤波的结果(距平经过标准化),如图 3a~c 所示。显而易见,1980~1981 年 30~60 天振荡(图 3a)非常明显,最大振幅达 1.5 以上,平均振幅也较大,尤其是华北和长江流域。相比之下 1981~1982 年 30~60 天振荡要弱得多包括最大振幅和平均振幅(图 3c);但对于 10~20 天的振荡则是 1980~1981 年的振幅偏小,1981~1982 年的振幅偏大,相比之下后者比前者强得多;也显而易见在 30~60 天振荡偏强时(图 3a)10~20 天的振荡就偏弱(图 3b),而在 30~60 天振荡偏弱时(图 3b)10~20 天的振荡就偏强(图 3c)。这与方差相对贡献的结果是一致的。

综合上面的事实,在北半球的冬半年东亚大陆地面温度场的低频变化在它们的时间演变中起着重要的作用;这种低频变化存在明显的年际变化和地区差异,其中华北地区和长江流域的年际变化有较好的一致性,而华南则差别较大。另外在 30~60 天低频波与 10~20 天低频波之间有一定的反向变化关系,其中华北、长江流域更为明显,这种年际变化和反向的关系在 1982~1983 年 ENSO 年的前冬最显著。

3.2 气压的低频振荡特征

为了进一步了解东亚地区冬季风低频振荡的年际变化特征,我们以同样方法来考察东亚大陆地区气压场低频波的年变化。在东亚大陆上取 9 个剖面,这 9 个剖面所代表的

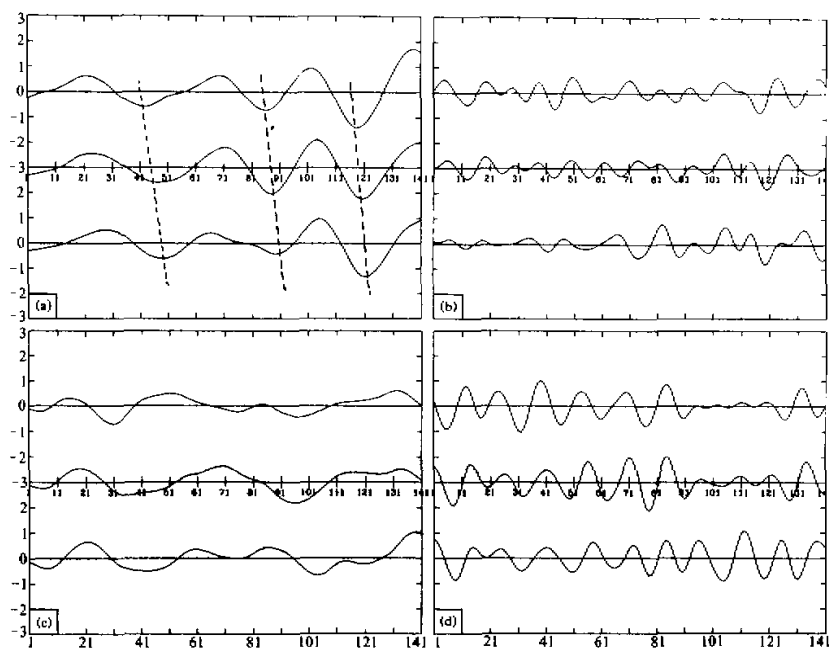


图3 气温的低频带通滤波结果

(a) 1980~1981年冬30~60天波; (b) 1980~1981年冬10~20天波;

(c) 1981~1982年冬30~60天波; (d) 1981~1982年冬10~20天波

纬度如图1所述。同气温一样计算各谐波分量方差贡献的和及相对方差贡献,其结果如表3。1979~1980年和1980~1981年冬气压的30~60天周期波显示出很大的优势,从北至南9个纬带(对1979年冬为8个纬带)平均的方差相对贡献分别是33.1%和32.4%,其相关系数分别是0.76和0.71,都超过了0.01的显著水平;这两个冬半年的准双周波方差相对贡献分别是22.4%和14.5%,比30~60天低频波明显的弱。但是1981~1982年冬30~60天的低频波则是显著的弱,方差相对贡献16.2%,只有上两年平均的43.4%,其相关系数0.64,也大大超过0.01显著性水平。而这一年的准双周波方差相对贡献达30.9%,比30~60天振荡要大1.9倍。而相关系数达到0.80也比30~60天振荡的要大,对比表1和表3可见,气压振荡特征与温度的情况完全一致,都说明1979~1980年1980~1981年冬季是以30~60天低频波占优势的,而1981~1982年则是以准双周振荡占优势的,对于10天以下周期波的振荡,它们与气温情况一样,方差相对贡献只占10%左右。但即使这样,各年的相关系数却并不小,对气压波平均能达到0.69,而对于温度波则为0.70,这么高的相关系数说明这种振荡在冬季也是不能被忽视的。

综合前面分析,冬季风期间东亚大陆气温和气压的30~60天振荡,准双周振荡和周内振荡确是显著的,并且有很明显的年际变化。低频波的强弱和年际差异将影响到东亚大陆旬平均气温等的变化,这将在我们的另一工作中加以讨论。

表 3 地面气压各频率波的方差相对贡献和及与基本序列的同时相关系数

°N	1979~1980						1980~1981						1981~1982					
	30~60		10~20		<10		30~60		10~20		<10		30~60		10~20		<10	
	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r	%	r
41	38.6	0.78	17.6	0.53	10.3	0.58	26.7	0.65	11.3	0.61	19.9	0.62	18.5	0.68	31.4	0.79	9.2	0.75
37	37.6	0.78	19.9	0.51	9.2	0.60	34.5	0.66	15.4	0.62	18.3	0.64	11.7	0.70	27.5	0.83	10.5	0.76
34	28.4	0.74	25.0	0.64	9.8	0.66	36.9	0.71	13.1	0.63	16.4	0.63	14.7	0.68	33.4	0.80	9.6	0.77
31	26.5	0.71	26.5	0.71	9.5	0.69	36.6	0.73	12.5	0.62	15.2	0.62	14.7	0.66	32.7	0.81	11.4	0.77
28	27.4	0.74	27.0	0.69	9.8	0.72	38.3	0.72	13.7	0.63	14.0	0.63	16.3	0.68	33.3	0.81	9.5	0.77
26	37.3	0.74	23.7	0.71	9.1	0.70	31.9	0.71	15.7	0.63	13.5	0.64	17.7	0.72	30.7	0.80	7.9	0.76
23	31.5	0.77	21.3	0.72	8.5	0.71	36.9	0.71	17.3	0.66	12.5	0.65	18.5	0.68	32.1	0.81	8.9	0.77
20	37.8	0.80	18.4	0.58	7.8	0.69	29.4	0.73	16.6	0.66	10.8	0.64	16.0	0.68	31.7	0.81	9.5	0.77
17	—	—	—	—	—	—	20.1	0.77	15.0	0.70	0.69	0.67	17.3	0.70	27.1	0.73	7.4	0.71
平均	32.1	0.76	22.4	0.63	9.25	0.67	33.4	0.71	14.5	0.64	14.2	0.64	16.2	0.69	30.9	0.80	9.3	0.76

4 东亚大陆冬季风期间低频波的传播

冬季风活动的传播现象已为人们所熟知，每当一次强的寒潮爆发时，在东亚大陆自北向南往往经历一次气压上升，气温下降的过程；并在热带地区产生非地转气流即冷涌^[4,6,9]，这种冷涌过程也向南传播，通过赤道后还影响南半球的夏季风^[6,10]。Krishnamurti 等，Murakami 等曾对风场低频波的经向传播作过研究^[1,11]，发现冬季风场振荡的传播在低纬是向北的。而在中纬则为向南传播的。由于他们研究的是对纬向风分量的振荡，所以这种振荡南北向的传播的物理过程不易解释清楚，我们针对冬季风过程中相应的寒潮活动用气压与温度场直接研究它们的传播，可能会得到更加清晰的结果。我们将以 7 个冬季的地面气温和 3 个冬季地面气压资料的 30~60 天低频波的传播进行分析和比较。图 4 是 1979~1980 年冬季风期间长江流域、华北和华南 3 个区的气温 30~60 天低频波分布

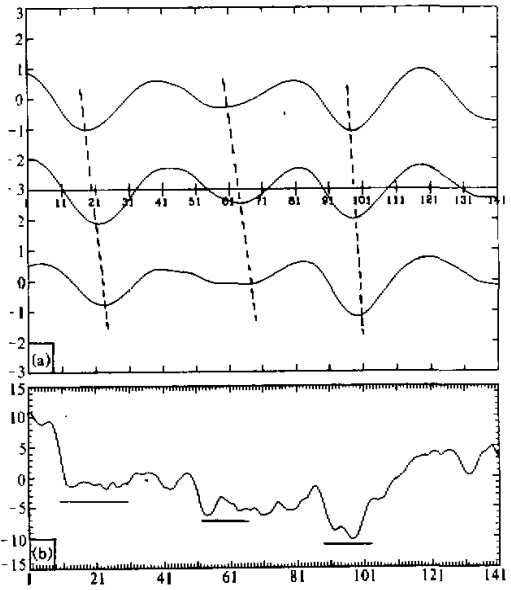


图 4 1979~1980 年冬季气温低频波分布曲线
上中下分别代表华北地区、长江流域和华南地区
(a) 30~60 天低频波；(b) 华北地区对应的
温度曲线（经 5 天滑动）

情况。可以看出,在这期间有4次明显的温度波动,比较3条曲线可见,从北向南波动有明显的位相超前。就第一个低值点出现的时间序号,华北是第18点(11月18日),长江流域则是第21点(21日)。华南为第23点(23日),所以长江流域滞后华北3天,华南滞后长江流域为2天左右。从华北到华南大约相差5天。同样可看出第二个谷点的滞后时间是华南滞后华北约6天,滞后长江流域约2天,第3次和第4次过程的时间滞后较短,即向南传播较快,华南和华北之间相差约3天左右。将图4a与该年冬季的气温时间演变曲线图4b相比即可发现,它们正好与11月中旬,12月下旬,2月上旬等的强冷空气过程是一一对应的。

另外从1980~1981年气温30~60天波(图3a)也可以清楚地看出这种向南的经向传播特征,而且由图3、图4a都可以看到冬季风前期经向传播速度较慢,后期较快。

图5是同一年,东亚大陆地区地面气压(图1所示的9个纬度带上)的30~60天低频波的分布情况。从 41° ~ 20° ,间隔约3个纬距,因此由图可以清楚地看到30~60天低频波的振荡和由北向南传播的趋势,其结果与气温的传播是一致的。而且从图中的零线自此向南的移动情况看,从 41° 至 20° 它们平均相差4~6天,这与温度振荡的南传速度是基本一致的。有意思的是,气压30~60天低频振荡最大振幅不一定出现在北方,从气压脊点看,第二个脊点振幅最大值出现在 30°N 左右,而第3、4个脊点则在 35°N 左右。比较温度曲线可以证实,长江流域30~60天温度低频振荡的振幅一般为最大,可见冬季风期间的30~60天低频振荡一般反映了强烈的寒潮爆发过程,但是它在各地区的强度则还受其他周期振荡的共同影响。杨松、朱乾根^[6]讨论了1980~1981年冬季850 hPa气温低频传播情况,与我们的结果大体相似。另外30~60天低频波的经向传播也存在较大的年际变异,不同的年份情况不完全一样。

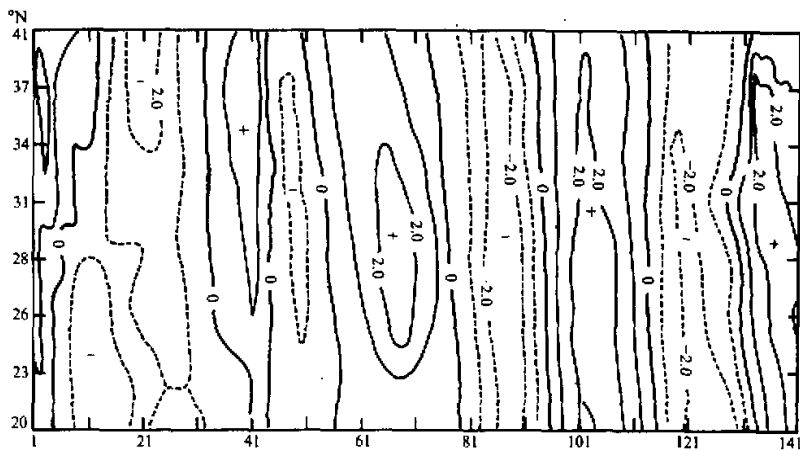


图5 1979~1980年冬地面气压场的30~60天低频波的分布

为了进一步考察30~60天低频波的传播,我们计算了低频波时间序列之间的交叉谱,凝聚谱和位相谱,气温以华北区为参考点,气压以 41°N 为参考点,正位相谱表示低频波超前,其结果如表4。COH、PHA、LAG分别代表凝聚谱,位相谱和时间

表 4 地面气温 30~60 天波的位相谱和时间滞后及凝聚谱

交叉谱	长江流域与华北的位相差			华南与华北的位相差		
	COH	PHA	LAG	COH	PHA	LAG
1979~1980	0.93	18.3	2.0	0.91	38.0	4.2
1980~1981	0.68	19.8	2.2	0.67	38.5	4.3
1981~1982	0.50	26.4	2.9	0.43	19.3	2.1
1982~1983	0.48	26.5	2.9	0.73	44.8	5.0
1983~1984	0.80	24.1	2.7	0.48	36.5	4.1
1984~1985	0.78	32.8	3.6	0.53	40.5	4.5

注: PHA 单位为度, LAG 的单位为天。

滞后。可以看到: 在华北和长江流域之间 COH 均大于 0.5, 平均相角 24.3° , 时间滞后 2~3.6 天(平均 2.7 天), 这说明 30~60 天的温度低频波有从华北向长江流域传播的特征, 其传播速度快者约 2 天, 慢者约 3.6 天, 另外由于 COH 达到了 0.5 以上, 表明统计结果是可信的。在华北和华南之间, 从位相角一栏中可以发现, 有一些年, 其位相角是大于长江流域和华北之间的位相角的, 这说明 30~60 天低频波到达长江流域以后还继续向南传播, 如 1979~1980, 1980~1981, 1982~1983 及 1985~1986 年冬。从位相角可以得知, 华南长江流域之间的时间滞后约为 2 天。但另一些年如 1981~1982 年冬季则例外。前面已经指出, 低纬度的低频振荡常有向北传播的特征, 即使是冬季风时期也是如此。因此在 30°N 以南地区, 它可能既受来自北方低频波南传的影响, 又受低纬甚至南半球夏季风低频波向北传的影响, 当它们在东亚低纬度或长江流域地区相汇合时, 若正好为同位相必将加强了振荡的振幅, 反之则会减弱, 这也可能就是长江流域的温度或气压的 30~60 天振荡的振幅有时大于高纬度振幅的原因。表 5 是气压 30~60 天低频波传播, 取 41°N 为参考点的交叉谱分布, 其说明同表 4。从表中可以看出 1979~1980 和 1980~1981 年冬, 在北部地区位相角较小, 以后向南逐渐增大直至南海北部地区。位相角这种有规律的变化特征正表明气压 30~60 天低频波是从北向南传播并可到达较南地区, 平均向南传播的速度为每天 4.4 纬距 (2 年平均)。但是 1981~1982 年冬

表 5 地面气压 30~60 天波的位相和时间滞后及凝聚谱

$^\circ\text{N}$	1979~1980			1980~1981			1981~1982		
	LAG	COH	PHA	LAG	COH	PHA	LAG	COH	PHA
27	0.99	-1.50	-0.15	0.92	0.70	0.80	0.65	-2.9	-0.21
34	0.99	1.35	0.15	0.99	7.21	0.81	0.96	8.66	0.96
31	0.95	14.81	1.53	0.99	14.49	1.61	0.75	21.67	2.41
28	0.95	18.47	2.05	0.98	15.00	1.67	0.93	22.52	2.50
26	0.91	19.88	2.21	0.95	18.78	2.09	0.66	4.41	0.49
23	0.88	30.98	3.44	0.94	23.69	2.63	0.92	15.39	1.71
20	0.89	41.16	4.57	0.92	39.50	3.99	0.79	24.53	2.73
17	-	-	-	-	-	-	0.88	4.35	4.8

注: PHA 单位为度, LAG 的单位为天。

半年则不完全相同,在 28°N 以北,由北向南位相角是增大的,但在 28°N 以南位相角变化比较复杂,不是单一的由南向北或是由北向南,这种情况与气温 $30\sim 60$ 天低频波的传播是一致的(表 4)。

综合气温、气压 $30\sim 60$ 天低频波传播特征表明, $30\sim 60$ 天的低频振荡主要是向南传播的,但有明显的年变化,有些年这种低频波可以从北向南传到较低的纬度,经历大约 $3\sim 5$ 天,而另一种类型则只能达到长江流域,经历大约 $2\sim 3$ 天,气压的传播速度大约每天 4.4 纬距,相当于从华北到华南沿海,约须 $3\sim 5$ 天,冬季风前期经向传播较慢,后期较快。

5 小结与讨论

通过上述分析,我们对东亚地区冬季风的低频波相对重要性、时空差异、振荡的特征及传播有了如下的认识。

(1) 北半球的冬季风期间东亚大陆地区气温和气压的 $30\sim 60$ 天低频变化和准双周的振荡在冬季风活动中具有重要的地位,它们的平均方差相对贡献:气温分别是 32.7% 和 26.5% ,两者之和达到 59.2% ,气压分别是 27.2% 和 22.6% 两者之和达到了 49.8% ,但是有显著的地区差异,气温的 $30\sim 60$ 天的振荡是华北和长江流域比华南强; $10\sim 20$ 天振荡则相反。华南地区要比华北和长江流域稍强,这表明北方地区强的冷空气活动主要是受 $30\sim 60$ 天周期的低频波控制的。

(2) 冬季风期间气温和气压的低频振荡有很大的年际变化。气温 $30\sim 60$ 天变动显著强的年份其方差相对贡献为 50.2% ,显著弱的年只有 11.9% (华北);气压振荡的情况也同样,弱年的方差相对贡献只有强年方差相对贡献的 $1/2$ 。另外这种年际变化还随地区而异,华北地区和长江流域的年际变化有较好的共同性,而与华南地区差别较大,这说明长江流域及以北的大陆地区更多地受到 $30\sim 60$ 天振荡的影响,而华南地区 $30\sim 60$ 天振荡则还受到南来波动的影响,使其更复杂化,这一点也同样表现在这种振荡的经向传播上。准双周年的年际变化同样是很强的,最典型年出现于 $1981\sim 1982$ 年冬季。 $10\sim 20$ 天的振荡最强。

(3) 冬季风期间东亚大陆地区的 $30\sim 60$ 天低频波的经向传播方向主要是由北向南传播的,且绝大部分年份都可传播至华南沿海,历时一般为 $3\sim 6$ 天,其中华北到长江流域约 $2\sim 3$ 天左右,这结果与 850hPa 温度低频传播基本一致。但是也有个别的年份 $30\sim 60$ 天低频波未能到达华南地区,它们到达长江流域以后继续南传的信息就不清楚了。这一方面可能与低频波本身的强度有关,另一方面还能受到赤道地区及南半球夏季风低频波向北传播的影响。

(4) 在气温、气压的 $30\sim 60$ 天低频波和准双周波之间一般存在反向变化关系,低频波显著强时,准双周波就比较弱,反之则双周波偏强,此种关系在显著异常的年尤为突出。比如 $1981\sim 1982$ 年的冬季。

从上述分析可见,无论是低频波的强弱和传播,都存在明显的年际差异,这当然是极大地反映了该年冬季风活动的特点,因此在研究低频振荡特征时,我们不仅应该利用较多年份的资料来研究它们的综合特征,而且还应该过细地解剖不同振荡周期所反映的

过程及它们的演变规律, 使所得到的结论更有代表性。

参 考 文 献

- 1 Krishnamurti T. M. et al., 1982, The 30~50 day mode at 850 mb during MONEX, *J.A.S.* **39**, 2088~2095.
- 2 陈隆勋、金祖辉, 1982, 夏季东亚季风系统内中期变化的南北半球的相互作用, 全国热带夏季风学术会议论文集, 云南人民出版社, 1983, 218~231.
- 3 Chang, C-P. et al., 1983, Gravitational character of cold surges during winter, MONEX, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, No.2, 293~307.
- 4 卢文通, 丁一汇、温市耕, 1988, 东亚冬季风中非地转风的初步研究, 气象科学院院刊, **3**, No.2, 138~150.
- 5 李崇银, 1990, 北半球大气运动的 30~50 天振荡, 长期天气预报论文集, 气象出版社, 63~73.
- 6 朱乾根, 1990, 我国的东亚冬季风研究, 气象, **16**, No.1, 3~10.
- 7 Murakami, T., 1979, Large-scale aspects of deep convective activity over the GATE area, *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 994~1013.
- 8 李崇银, 1991, 大气低频振荡, 气象出版社.
- 9 杨 松、朱乾根, 1989, 冷涌结构及冷涌期中低纬环流相互作用的数值试验, 热带气象, **5**, No.3, 228~333.
- 10 陆菊中、林春育, 1987, 东亚冬季风强弱变异与梅雨期早涝的关系, 气象科学技术集刊, (11), 77~82.
- 11 Murakami, T. et al., Tropical 45 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer, *J. Atmos. Sci.*, **42**, 1107~1122.

The Characteristics of Low Frequency Oscillations in Winter Monsoon over the Eastern Asia

Jin Zuhui and Sun Shuqing

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of sciences, Beijing 100029)

Abstract The periodic oscillations with different time scales of atmospheric fluctuation in winter monsoon are revealed by using surface temperature (1979~1986) and pressure data (1979~1983) in China. Result shows that the periodic fluctuations are most important. Their averaged relative variance contributions (30~60 day and 10~20 day oscillations) account for 59.2% of the total variance for the temperature and 49.8% for the pressure respectively. However, their interannual variations and difference among different regions exist obviously. The maximum value of the relative variance contribution of the 30~60 day oscillation of temperature reaches 50.2% but its minimum shows only 11.5%. The oscillation features of the pressure variable are also similar. In addition, the variation of intensity for the 30~60 day oscillation seems opposite to the biweekly one. When the 30~60 day oscillation dominates, the biweekly one becomes weaker.

The meridional propagation of the 30~60 day oscillation mainly is southward, covering the distance from North China to South China in 3~6 days except for the years in which the 30~60 day oscillations are exceptional weak. However, this kind of the propagation process is more clear in the region to the north of 28°N than in the one to its south. This may be because of that its southward propagation in lower latitudes not only depends on the intensity of the oscillation in itself but also is influenced by the propagation of oscillations from tropics and the Southern Hemisphere.

Key words winter monsoon low frequency oscillation meridional propagation