

30—60天大气振荡的全球特征

李崇银

(LASG, 中国科学院大气物理研究所)

提 要

利用 ECMWF 格点资料, 分析研究了大气季节内 (30—60 天) 振荡的全球特征. 30—60 天振荡动能的分布表明高纬度地区要比赤道地区大得多, 说明那里有较突出的 30—60 天振荡. 中高纬度地区的 30—60 天振荡与热带有明显不同, 垂直结构为正压模态, 以纬向 2—4 波为主, 多为向西传播. 30—60 天振荡存在明显的低频遥相关, 北半球主要为欧亚—太平洋 (EAP) 型和 PNA 型, 南半球主要有澳洲—南非 (ASA) 型和环南美 (RSA) 型, 并且在全球范围构成南北半球相互衔接的低频波列, 即 EAP—ASA 波列和 PNA—RSA 波列. 南北半球 30—60 天大气振荡有明显的相互影响, 本文研究了南北半球 30—60 天振荡相互影响的 3 种主要过程.

关键词: 大气低频遥相关; 低频波列; 正压模态.

一. 引 言

自从 70 年代初 Madden 等^[1,2]发现热带大气运动存在 40—50 天准周期性振荡现象以来, 人们从不同角度 (流场, OLR 资料及模式输出等) 用不同方法 (带通滤波及 EOF 分析等) 对热带大气的 30—60 天振荡进行了一系列研究. 通过这些研究, 热带大气 30—60 天振荡的结构特征和基本活动规律已有比较清楚的结论^[3—10]; 同时, 关于热带大气 30—60 天振荡的产生机制也已有深入的认识^[11—14].

关于中高纬度地区 30—60 天大气振荡的存在及其结构和活动特征, 近年来也有了较好的研究^[15—17]. 很显然, 热带大气 30—60 天振荡与中高纬度大气 30—60 天振荡既有差别又有密切联系和相互影响. 人们已开始认识到 30—60 天振荡是全球大气运动的一种普遍存在的特征, 尽管在不同地区它们的结构和活动有差异, 甚至在热带和中高纬度地区可能存在不同的激发机制.

利用 FGGE_{mb} 资料, Krishnamurti 等最早将 30—60 天振荡作为全球大气运动的特征进行了研究^[18]. 他们不仅发现 30—50 天模在高纬度和夏季季风区有最大振幅, 而且, 一种长生命的低频系统 (“低频风暴”) 有由赤道向北半球高纬度传播的现象. 本文将用更长时间的 ECMWF 格点资料 (1980—1985 年, $5^\circ \times 5^\circ$ 网格点), 通过 30—60 天带通滤波处理, 研究 30—60 天振荡的全球特征, 包括其结构和移动、南北半球的相互影响以及全球低频遥相关等方面.

1990 年 6 月 1 日收到, 11 月 2 日收到修改稿.

二. 30—60 天振荡的动能分布

扰动动能是描写扰动活动的重要物理量, 作为大气运动的一种特殊扰动, 30—60 天振荡的动能也是其活动的重要物理参数. 利用 30—60 天带通滤波的 u 和 v 分量, 便可很容易地得到 30—60 天大气振荡的动能. 为了讨论 30—60 天大气振荡的全球特征, 图 1 给出了冬半年 (1981 年 11 月—1982 年 4 月) 30—60 天振荡的月平均扰动动能的分布. 可以看到, 北半球有两个主要动能大值区, 一个是亚洲东部沿海到北太平洋地区, 另一个是北大西洋到西欧地区. 南半球有三个动能大值区, 分别位于南大西洋靠南非地区、南太平洋和南印度洋地区. 一个特别有意思的现象是, 动能的极值中心基本上可以连接构成两个全球范围的环形带 (图中粗虚线), 它们同本文后面将要讨论的大气低频波列的分布大体一致. 由于大气低频波列反映了 30—60 天振荡的活动特征 (特别是能量频散特征), 30—60 天大气振荡动能的全球分布同其波列近于一致也就不奇怪了.

比较冬半年与夏半年 (图略) 30—60 天振荡动能的分布, 还可以发现, 冬半球的振荡动能要略大于夏半球的动能, 而且随季节变化, 主要动能大值区有向冬季极偏移 (5—10 个纬度) 的趋势; 在冬半球, 动能的分布更具有纬向不均匀性; 在夏半球, 动能的大值区在大陆上相对较明显一些.

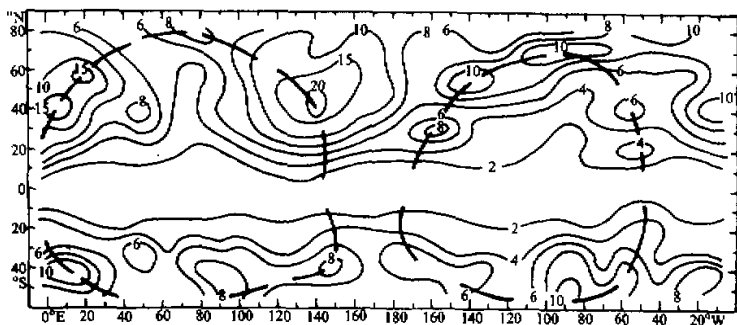


图 1 冬半年 (1981 年 11 月—1982 年 4 月) 500 hPa 上 30—60 天振荡的月平均动能分布单位: $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$

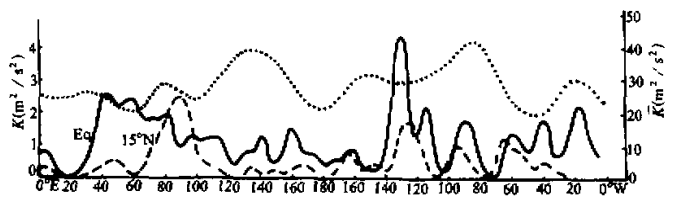


图 2 7 月平均 500 hPa 热带大气 30—60 天振荡动能的分布
与多年平均总扰动动能的比较

实线和虚线分别是 1983 年沿赤道和 15°N 的 30—60 天振荡动能 (K);
点线是 1963—1973 年平均 7 月总扰动动能沿 $0-10^\circ \text{S}$ 的分布 (\bar{K}).

过去人们都认为夏季季风区是热带 30—60 天大气振荡的最强活动区, 但根据 1981 和 1983 年 1 月的平均动能的计算结果表明^[19], 南亚季风区并不仅是热带大气 30—60 天振荡最强的地区, 赤道东太平洋地区有比南亚地区更大的 30—60 天振荡动能. 图 2 给出的是 1983 年 7 月平均的 30—60 天振荡动能在赤道附近地区的经度分布情况. 为了比较图中也给出了 1963—1973 年平均 7 月份沿赤道(0°—10°S)总扰动动能的分布(点线). 图 2 表明, 赤道东太平洋地区有较大的 30—60 天振荡动能, 同时, 与总扰动动能的比较可以看到, 在热带大气中, 南亚地区, 赤道东太平洋和赤道大西洋地区都有相对突出的 30—60 天振荡动能, 说明这些地区 30—60 天振荡比较强.

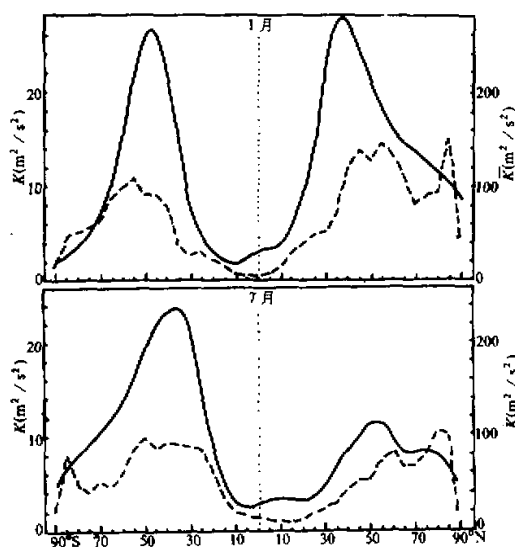


图 3 1 月和 7 月 500 hPa 纬向平均扰动动能

实线为 1963—1973 年平均总扰动动能(\bar{K});

虚线为 1984 年 30—60 天振荡动能(K).

图 3 分别给出了 500 hPa 上 30—60 天振荡动能的纬向平均分布与多年平均的纬向平均总扰动动能的比较. 图中两条曲线相距较近(远)则表明 30—60 天振荡动能占总扰动动能的比例较大(小). 因此, 图 3 极为清楚地表明, 热带地区及南北半球的高纬度地区是 30—60 天大气振荡的最强纬度带, 而中纬度地区 30—60 天大气振荡相对较弱. 北半球夏季, 亚洲地区夏季风极为活跃, 可到达较高纬度, 同时夏季风活动又有较强 30—60 天振荡. 因此北半球夏季中纬度地区 30—60 天振荡相对而言要比南半球夏季中纬度地区及北半球冬季中纬度地区略强一些.

热带大气中较强的 30—60 天振荡同积云对流反馈(CISK)的激发有关, 而高纬度地区较强的 30—60 天振荡则主要是大气非线性过程的激发^[20].

三. 中高纬度与热带大气 30—60 天振荡的不同特征

有关热带大气 30—60 天振荡的一系列研究表明, 热带大气(特别是赤道附近地区) 30—60 天振荡主要表现为纬向 1 波; 它们在垂直结构上呈对流层上层和低层流场和高度场彼此反相的“斜压”特征; 它们主要是沿赤道缓慢地向东传播。

北半球中高纬度地区 30—60 天振荡的结构特征和移动规律, 在文献[17]中我们已进行了初步分析研究. 其结果表明, 北半球中高纬度地区的 30—60 天大气振荡无

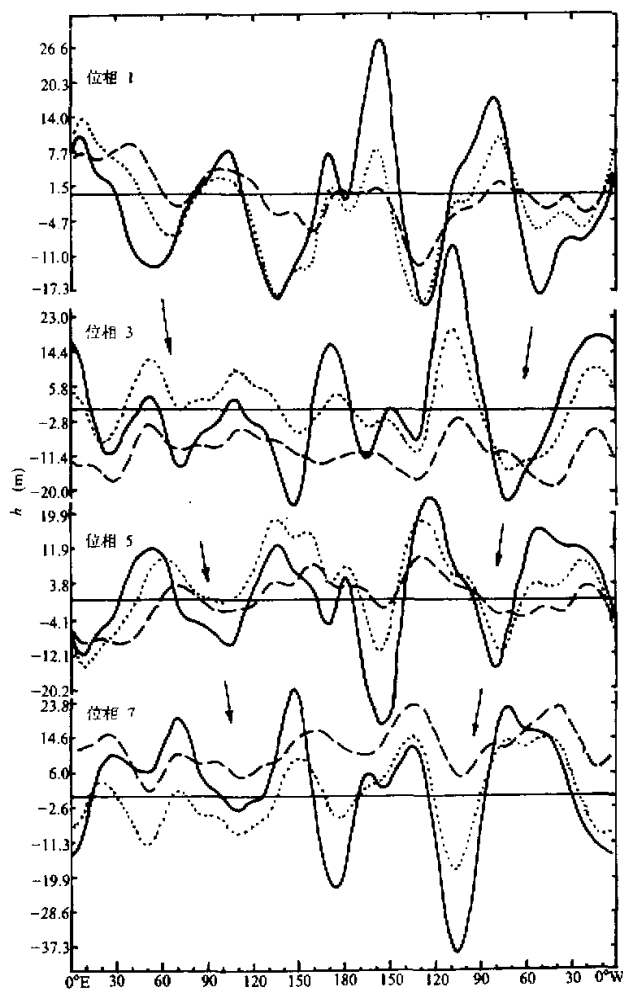


图 4 30—60 天带通滤波的 200 hPa (实线)、500 hPa (总线) 和 850 hPa (虚线) 位势高度在 25°—35°S 纬带上的经度分布

论在结构上还是移动方向上都同热带 30—60 天大气振荡有明显的差异。首先，它们并不以纬向 1 波为主，2—4 波非常重要；第二，它们有清楚的正压垂直结构；第三，纬向移动有自己的特征，中纬度地区冬夏都缓慢西移，但以冬季西移更清楚，高纬度地区 30—60 天振荡在冬季是西移，而在夏季却向东移动。

这里我们将讨论南半球 30—60 天大气振荡的结构和移动特征。因南半球高纬度地区资料不够，较难分析，这里我们仅以南半球中纬度地区的情况为代表进行分析。

图 4 是 25° — 35°S 纬带 30—60 天大气振荡的位势高度场的经度分布，图中由上到下分别给出了 8 个振荡位相中第 1、3、5 和 7 位相时刻的情况。由图可以看到，无论在那一个振荡阶段，30—60 天大气振荡在 25° — 35°S 纬带都不以纬向 1 波为主，而主要呈现出纬向 4 波的结构特征。由 200hPa (实线)、500 hPa (点线) 和 850 hPa (虚线) 位势高度剖面的分布，30—60 天大气振荡的正压结构特征极为清楚。

30—60 天大气振荡在南半球 40°S 纬带的纬向风场随经度的分布如图 5 所示。图中由上到下分别给出了第 2、4、6 和 8 位相时刻的情况，实线和虚线分别表示 200hPa 和 850 hPa。在纬向风场上，南半球中纬度地区 30—60 天振荡虽不像高度场那样明显为纬向 4 波，但纬向 1 波也不清楚，而较短的波更为明显。就垂直结构而论，纬向风场上也主要反映了正压结构的特征，虽然不及位势高度场那么典型。

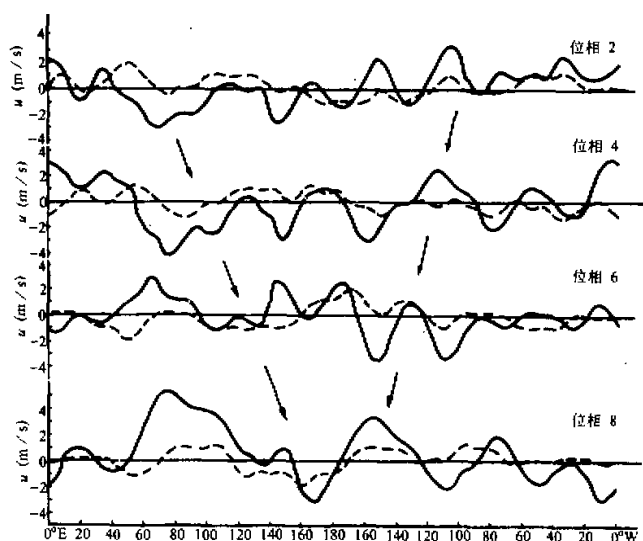


图 5 30—60 天带通滤波的 200 hPa (实线) 和 850 hPa (虚线)
纬向风沿 40°S 纬圈的经度分布

本文的分析并联系到文献 [17] 的结果，就全球而论可以认为，中高纬度地区 30—60 天大气振荡在结构上同热带大气 30—60 天振荡明显不同。首先，中高纬度大气的 30—60 天振荡有清楚的正压特征；另外，中高纬度大气 30—60 天振荡其纬向

尺度相对较小, 主要表现为纬向 3 波、4 波或 2 波。

我们已经指出, 与热带大气 30—60 天振荡主要向东传播不同, 在北半球中纬度地区 30—60 天振荡基本上向西传播, 且冬季较夏季西移更清楚; 在北半球高纬度地区, 30—60 天大气振荡冬半年明显西移而夏半年明显东移^[17]。在南半球中纬度地区, 无论是位势高度场(图 4)还是纬向风场(图 5)都清楚地表明, 30—60 天振荡在不同地区有不同的移动方向: 在 30°—180°E 地区为向东移动, 在其余地区为向西移动。

需要指出, 中高纬度大气 30—60 天振荡并不完全沿纬圈传播, 因此所谓的纬向移动只是 30—60 天振荡水平传播在纬圈上的投影。中高纬度地区 30—60 天振荡纬向移动与热带地区不同的原因, 以及南北半球中高纬度地区 30—60 天振荡纬向移动的不同, 都尚不十分清楚, 有待进一步研究。

四. 全球大气低频遥相关

在已有的研究中我们已经指出, 北半球大气的 30—60 天振荡主要存在着两个基本低频遥相关型, 即欧亚—太平洋型(EAP)和太平洋—北美型(PNA)。这种低频遥相关型及相应的低频波列的存在, 对北半球 30—60 天大气振荡的活动有重要的影响。

分析南半球 30—60 天振荡, 特别是在低频相关场上, 也可以发现两个主要的低频遥相关型, 与其对应也有两个基本低频波列, 它们分别是澳洲—南非(ASA)波列和环南美(RSA)波列。而且 ASA 波列正好与北半球的 EAP 波列相衔接, RSA 波列正好与北半球 PNA 波列相衔接。这样, 就全球而论存在着两个分别闭合的低频遥相关型或低频波列, 它们是主要位于东半球的 EAP—ASA, 以及位于西半球的 PNA—RSA。

利用 30—60 天带通滤波的 500 hPa 位势高度场, 求全球格点对某参考点的相关系数, 可以得到全球低频遥相关图。以(140°E, 20°N), (160°W, 5°S)和(70°W, 45°N)为参考点的同时相关系数的全球分布分别给出在图 6a、6b 和 6c 上。无论以何点为计算参考点, 我们都可以清楚地看到在北半球有 EAP 和 PNA 两个遥相关型存在, 在南半球有 ASA 和 RSA 两个遥相关型存在。并且, 南北半球的波列是相互衔接的, 从而组成两个全球性低频波列 EAP—ASA 和 PNA—RSA (图中用粗虚线标出)。

除了上述两个基本低频波列外, 在图 6a—6c 中我们还可以看到, 在两个主要的全球低频波列内的热带地区, 即在南亚和中美洲地区, 还存在着两个空间尺度比较小的低频波列, 可以分别称其为南亚(SA)波列和中美(MA)波列。这两个次行星尺度的低频波列主要出现在北半球热带地区, 尤以 SA 波列更清楚。

另外, 无论以何点为计算参考点, 图 6 还表明, 在北半球高纬度地区(60°N 附近)存在着一对极其稳定的反相关型, 其中心分别位于加拿大西部和乌拉尔山附近。我们把这种反相关形势称为北半球高纬度涛动(NHO), 有关 NHO 及其同大范围天气气候的关系, 将在另文中专门讨论。

上面讨论全球大气低频遥相关, 我们根据相关系数的分布同时也考虑到图 1 中能量极值连线的分布, 认为 EAP—ASA 和 PNA—RSA 为两个主要低频波列。其实, EAP 与 RSA 也是相衔接的, PNA 与 ASA 也是相衔接的, 从而可以有 EAP—RSA 和 ASA—

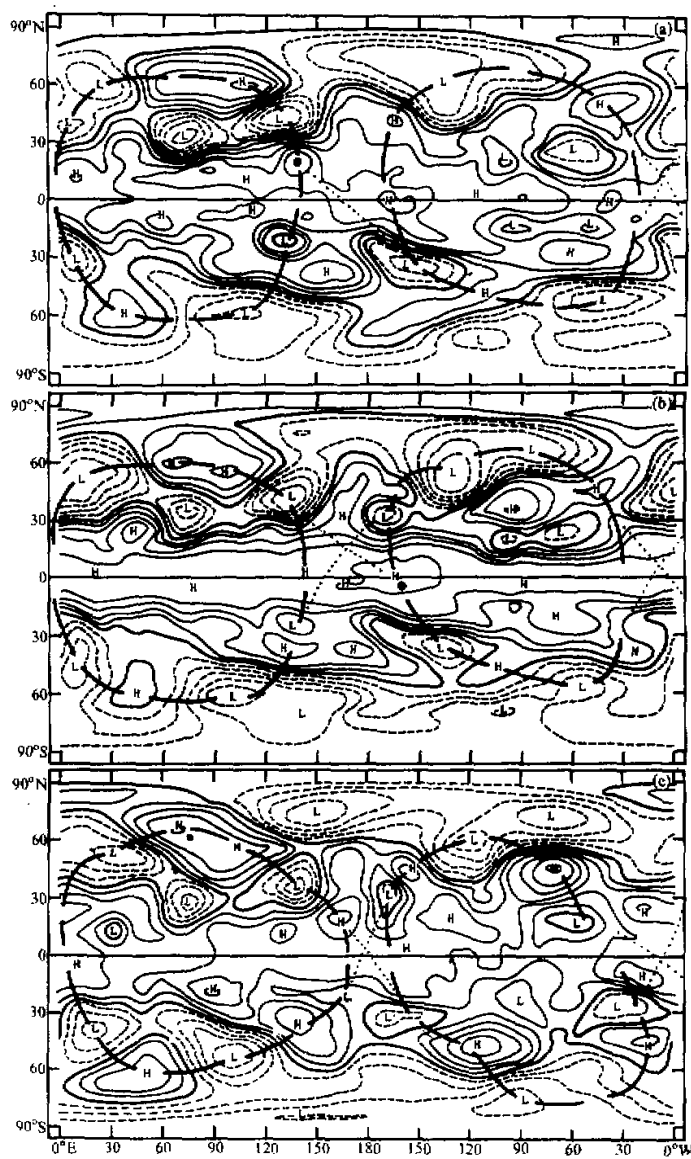


图 6 全球低频遥相关型

虚线表负相关, 粗实线为相关零线, 等值线依次为 ± 0.2 , ± 0.4 , ± 0.6 , ± 0.8 , ± 0.9 .

(a) 计算相关系数的参考点为 $(140^{\circ}\text{E}, 20^{\circ}\text{N})$, (b) 计算相关系数的参考点为 $(160^{\circ}\text{W}, 5^{\circ}\text{S})$,

(c) 计算相关系数的参考点为 $(70^{\circ}\text{W}, 45^{\circ}\text{N})$.

PNA 两个全球低频波列。因此, 南北半球低频波列可以有两种衔接方式。但是, 以第一种衔接(图中粗虚线)还是第二种衔接(图中粗点线)更为重要尚需进一步研究。

五. 南北半球 30—60 天振荡的相互影响

南北半球大气运动间的相互影响对两个半球的大气环流和天气都有重要作用, 这是人们比较熟悉的。利用 1980 年 5—8 月资料的分析, 已发现东亚季风环流的准 40 天振荡同南半球澳大利亚地区大气环流的准 40 天振荡有一定关系^[21], 而有人把这种影响看成是南半球中纬度冷空气的准周期强迫^[22]。但是, 南北半球间 30—60 天大气振荡相互影响并未完全搞清楚。

上一节我们讨论了全球大气低频遥相关, 跨赤道的两个全球低频波列的存在, 从一个侧面反映了南北半球间 30—60 天振荡的相互影响。低频波列是大气低频振荡能量传播的基本路径, 一个地方的大气低频振荡能量可以通过低频波列传播到另一个半球, 形成两个半球间低频振荡的相互影响。例如, 欧亚大陆北部地区的低频振荡可以通过 EAP—ASA 或 EAP—RSA 波列将能量频散到南半球, 影响南半球的 30—60 天振荡。在这种低频波列的影响过程中, 赤道太平洋和赤道大西洋起着相当重要的“通道”作用。

为了进一步研究南北半球间的相互影响, 同时为了与已有研究结果进行比较, 图 7a—c 分别给出了 1981 年夏半年沿 55°E 、 130°E 和 150°W 三个经度的 30—60 天振荡纬向风在其第 1、3、5 和 7 振荡位相时刻的纬度分布, 根据其演变, 可以看到 30—60 天振荡的经向传播。图 7a 和图 7b 表明, 850hPa 纬向风的 30—60 天振荡无论在南半球或北半球都向北传播(虚线); 而 200hPa 上 30—60 天振荡(实线)在赤道附近及北半球 45°N 以南地区是向南传播的。这些结果与已有研究相符, 表明了印度洋和西太平洋地区夏季风活动所具有的南北半球相互影响特征, 即存在对流层低层向北高层向南的经圈

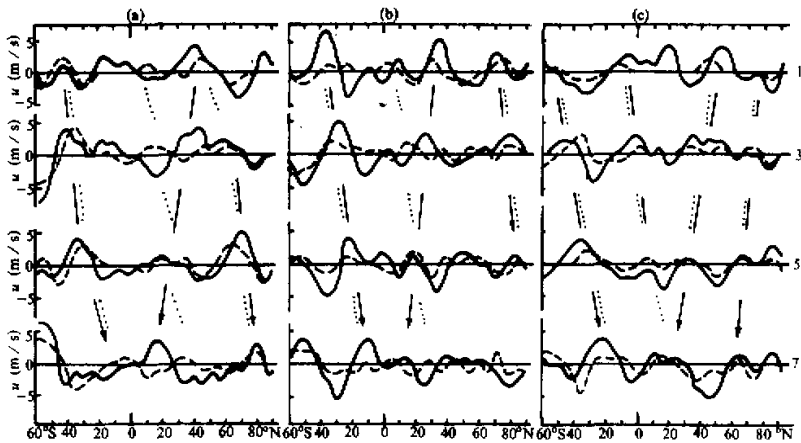


图 7 1981 年夏半年 30—60 天带滤波的 200hPa (实线) 和 850 hPa (虚线)

纬向风的纬度分布及随振荡阶段的演变

(a)、(b) 和 (c) 分别为沿 55°E 、 130°E 和 150°W 经度的情况。

环流形势。在冬半年的南亚及西太平洋热带地区, 200 hPa 上 30—60 天振荡向北传播, 850 hPa 上有时向南传播也有时向北传播(图略)。这样, 跨赤道的同夏半年相反的经圈环流特征也可出现, 但不及夏半年稳定。

在图 7c 所示的 150°W 经度上, 30—60 天振荡在 200hPa 和 850hPa 有基本一致的经向传播特征, 在热带和南半球地区向北传播, 在北半球中高纬度地区向南传播, 跨赤道没有经圈环流式的特征, 而是一致的过赤道传播。这种过赤道的传播特征也常反映在长生命涡旋在赤道中太平洋地区从一个半球进入另一个半球(图略)。

六. 结 语

大气运动是很复杂的, 对于大气中的 30—60 天振荡来讲, 不同地区也有一些差异。但是就全球而论, 通过本文的分析研究我们还是可以指出 30—60 天大气振荡的一些全球性基本特征。

(1) 中高纬度, 特别是高纬度地区动能较大, 表明那里有较强的 30—60 天振荡的活动。冬半球 30—60 天振荡的动能一般强于夏半球, 随季节变化, 较大动能区有向冬季极偏移趋势。在热带地区, 过去人们比较注意南亚季风区 30—60 天振荡, 动能的计算表明赤道东太平洋地区有更大的值, 表明那里有更强的 30—60 天大气振荡的活动, 需要很好研究。

(2) 无论南半球还是北半球, 中高纬度地区的 30—60 天大气振荡与热带地区的振荡有明显差异。与热带地区的“斜压”垂直结构不同, 中高纬度地区 30—60 天振荡为清楚的正压模态; 与热带地区主要为纬向 1 波不同, 中高纬度地区 30—60 天振荡主要表现为纬向 2—4 波; 与赤道附近地区主要向东传播不同, 中高纬度地区 30—60 天振荡主要表现为向西传播, 虽然在北半球高纬度夏季和南半球某些地区也存在东传的情况。

(3) 全球大气存在明显的 30—60 天低频遥相关, 北半球主要为 EAP 和 PNA 两个遥相关型, 南半球主要为 ASA 型和 RSA 型。南北半球的低频遥相关型是相互衔接的, 从而形成全球范围的两个低频波列, 即 EAP—ASA 波列和 PNA—RSA 波列, 或 EAP—RSA 波列和 ASA—PNA 波列。

(4) 南北半球 30—60 天大气振荡有明显的相互影响, 这种半球间相互影响主要有三种过程。其一是通过低频波列将能量从一个半球频散到另一半球, 导致一个半球 30—60 天振荡对另一个半球的作用。其二是通过越赤道经圈环流, 即一个半球内 30—60 天大气振荡的活动, 引起跨赤道经圈环流的振荡, 然后在另一个半球激发出 30—60 天振荡。其三是低频涡旋的越赤道移动, 即原存在于某一半球低频涡旋, 越赤道移到另外一个半球。

致谢: 本研究得到国家自然科学基金(48970237)的部分资助, 张勤同志完成部分计算工作, 一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Madden, R.D. and P. Julian, 1971, Detection of a 40—50 day oscillation in the general wind in the tropical Pacific, *J. Atmos. Sci.*, **28**, 702—708.
- [2] Madden, R.D. and P. Julian, 1972, Description of global scale circulation cells in the tropics with

- 40—50 day period, *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109—1123.
- [3] Yasunari, T., 1979, Cloudiness fluctuation associated with the Northern Hemisphere summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, **57**, 227—242.
- [4] Krishnamurti, T.N. et al., 1982, The 30—50 day mode at 850 mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2088—2095.
- [5] Munakami, T. et al., 1984, On the 40—50 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer, Part I: Phase propagation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 440—468.
- [6] Lau, K.M. and P.H. Chan, 1985, Aspects of the 40—50 day oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation, *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 1889—1909.
- [7] Lau, K.M. and P.H. Chan, 1986, Aspects of the 40—50 day oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1354—1367.
- [8] Murakami, T. et al., 1986, Relationship among seasonal cycles, low-frequency oscillations, and transient disturbances as revealed from outgoing longwave radiation data, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1456—1465.
- [9] Murakami, T. et al., 1986, Eastward propagation of 30—60 day perturbations as revealed from outgoing longwave radiation data, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 961—971.
- [10] Lau, N.C. and K.M. Lau, 1986, The structure and propagation of intraseasonal oscillations appearing in a GFDL general circulation model, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 2023—2047.
- [11] 李崇银, 1985, 南亚季风槽脊和热带气旋活动与移动性 CISK 波, 中国科学(B), **28**, 668—675.
- [12] Lau, K.M. and B. Peng, 1987, Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere, Part I: Basic theory, *J. Atmos. Sci.*, **44**, 950—972.
- [13] Chang, C.P. and H. Lim, 1988, Kelvin wave-CISK: a possible mechanism for 30—50 day oscillation, *J. Atmos. Sci.*, **45**, 1709—1720.
- [14] 李崇银, 1990, 赤道以外热带大气中 30—50 天振荡的一个动力学研究, 大气科学, **14**, 83—92.
- [15] Anderson, J.R. and R.D. Rosen, 1983, The latitude-height structure of 40—50 day variations in atmospheric angular momentum, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1584—1591.
- [16] 李崇银, 肖子牛, 1990, 从 500 hPa 环流变化看 30—50 天大气低频振荡的活动, 大气科学文集(1990), 科学出版社, 1—10.
- [17] Li Chongyin and Wu Peili, 1990, An observational study of the 30—50 day atmospheric oscillations, Part I: Structure and propagation, *Advances in Atmospheric Sciences*, **7**, No. 3.
- [18] Krishnamurti, T.N. and S. Gadgil, 1985, On the structure of 30 to 50 day mode over the globe during FGGE, *Tellus*, **37A**, 336—360.
- [19] Li Chongyin and Wu Peili, 1990, A further inquiry on 30—60 day oscillation in the tropical atmosphere, *Acta Meteor. Sinica*, **4**, 525—535.
- [20] Wallace, J.M. et al., 1983, Observations of low-frequency atmospheric variability, *Large-Scale Dynamical Processes in the Atmosphere*, 55—91.
- [21] 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相互作用, 全国热带夏季风学术会议文集, 1982, 218—231.
- [22] He Jinhai, 1990, Discussion of meridional propagation mechanism of quasi-40 day oscillation, *Advances in Atmos. Sci.*, **7**, 78—86.

GLOBAL CHARACTERISTICS OF 30–60 DAY ATMOSPHERIC OSCILLATION

Li Chongyin

(*LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

The global characteristics of intraseasonal (30–60 day) atmospheric oscillation are investigated by using ECMWF data . The distribution of kinetic energy of the 30–60 day oscillation shows it is a very large in the high latitudes. This means the 30–60 day atmospheric oscillation is prominent in the high latitudes as in the tropical atmosphere . The 30–60 day oscillations in the middle–high latitudes are clearly different properties with that in the tropical atmosphere . They are barotropical modes for vertical structure , dominated by perturbances of zonal wavenumbers 2—4 and propagate slowly westwards . The low–frequency teleconnection is very obvious for the 30–60 day oscillation . There are mainly the Europe–Asia–Pacific (EAP) pattern and PNA pattern in the Northern Hemisphere, and the Australia–South Africa (ASA) pattern and Round South America (RSA) pattern . Especially , above–low–frequency teleconnection patterns link each other in the global atmosphere and constitute two low–frequency wavetrains , i . e . EAP–ASA wavetrain and PNA–RSA wavetrain, or EAP–RSA wavetrain and ASA–PNA–wavetrain . There are obvious interactions of 30–60 day oscillation between the Northern and Southern Hemisphere , and their three fundamental processes are discussed in this paper .

Key words : Low–frequency teleconnection ; Low–frequency wavetrian ; Barotropical mode .