

东亚地区低频振荡的经向传播及中纬度 的低频波动*

何金海 杨 松

(南京气象学院)

提 要

本文利用 1981 年 6—9 月欧洲中期天气预报中心(ECMWF)网格点资料分析了东亚地区低频(准 40 天)振荡的传播特性与结构特征,发现在 120°E 经度上的高空(低空)副热带地区有一个低频纬向风(经向风)经向传播的分离带(汇合带),指出中纬度低频纬向风振荡是准地转的,且高低空振荡同位相。同时揭示出:亚洲地区中纬度(35°N)高空低频纬向风的向东传播是波长为 60—90 个经度、移速为 1.5—2.0 个经度/d 的中纬度低频波动东移的结果。这种低频涡旋移至东亚沿海地区常会发展,这种发展可能与急流中心附近正压不稳定能量的供给有关。

一、引 言

30—50 天周期振荡(以下简称为低频振荡 LFO)的传播特性是它的一个基本特征。任何有关它的本质和起源的理论都必须能解释其传播特性。已有的研究^[1,2]认为:在赤道地区,低频振荡一般向东传播,在夏季季风区向北传播。刘家铭等^[3]引进移动的波动 CISK (mobile wave CISK) 机制,用扰动热源东侧 Kelvin 波的响应解释了近赤道地区低频振荡的向东传播,但不能解释其向北传播,也不能解释中高纬度低频振荡的传播特征。

然而,低频振荡的经向传播同样是它的一个重要特征,可是相对说来,对于它的研究却是比较少的。Yasunari^[4], Krishnamurti^[5]和 Webster^[6]研究过低频振荡在南亚地区的经向传播及其与印度夏季风的关系,但是东亚地区经向传播的研究则更少了。何金海等^[7]利用 1982 年资料研究了南半球中纬度低频冷空气对北半球亚洲夏季风的影响,并通过数值试验^[8]指出,由澳大利亚高压南侧的低频冷空气冲击引起的低空经向风异常可以从澳大利亚高压西北侧(10°S 附近)经 100°E 附近向北传播影响东亚夏季风和中国的梅雨。但这种向北传播是否有一个界限呢?另外高低空的传播是否有差异?同时,由于其年际变化的存在,那么在其它年份的传播特点又是如何呢?

* 本文于 1990 年 1 月 20 日收到初稿,1990 年 10 月 4 日收到最后修改稿。该文属国家自然科学基金和国家气象局季风科研基金联合资助项目。

低频振荡具有全球性,就是说它不仅存在于热带地区,在中高纬度也同样存在。可以说,对前者的研究已比较多了。但对于后者的研究却少得多。Krishnamurti^[9]利用FGGE资料研究过全球地区的低频振荡,提出了“低频风暴”的概念。他指出许多“风暴”(气旋或反气旋)是定常的,但有些却作经向运动。在年平均气流的强西风带附近,这些异常系统普遍地趋于向东运动。然而这些低频风暴的波动特征依然是需要研究的问题。

陈隆勋、谢安^[10]使用多年(1975—1983)逐日的OLR资料,全面地分析了低频振荡的传播特性。指出:从统计角度看,东半球15—30°N的副热带地区,低频振荡主要向西传播,而在37.5°N是向东传播;在120°E经度上,热带副热带地区,是向北传播;在中高纬,向南传播。相反方向的传播是在副热带附近汇合。然而这些传播特征在风场资料中是否继续存在?中纬度(37.5°N)振荡向东传播的起因又是如何?这些都是有意义的问题。

东亚地区是热带季风和副热带季风共存和活跃的地区^[11],也是低频振荡经向传播明显的地区。关于这一地区低频振荡传播特征特别是经向传播特征的研究,对于了解低频振荡在热带和中纬度地区的不同属性,对于研究中低纬的相互作用和认识中纬度振荡的本质有重要意义。本文目的就是要研究振荡在这一地区的经向传播以及中纬度低频波动的有关特征和它与东亚地区低频振荡的关系。

本文采用欧洲中期天气预报中心网格点资料,分析时段为1981年6—9月。将原始的风场、高度场资料消去季节趋势后,通过带通滤波得到滤波风场和高度场。滤波宽度为35—58天。其具体方法与文献^[12]相同。

二、东亚地区低频振荡的经向分布及传播

如上所述,由于东亚地区是副热带季风和热带季风共存的地区,且是中低纬环流相

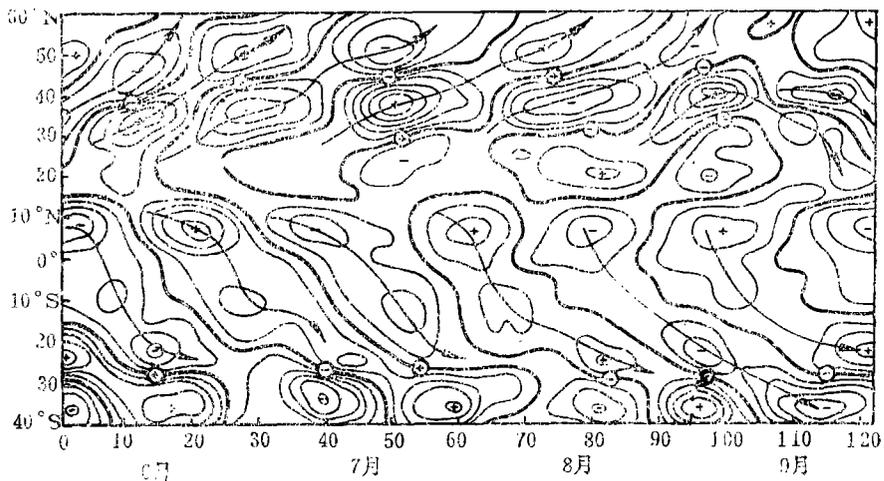


图1 200hPa沿120°E低频纬向风的时间剖面图
(图中⊕和⊙分别表示高度场的正负中心,箭头表示传播方向,
粗实线为零线,等值线间隔为2 m/s)

互作用显著的地区，因此低频振荡在这一地区的分布和传播亦表现出显著的地域性特点和复杂性。

由图 1 可以看出， 60°N — 40°S 范围内有 5—6 个纬向风的低频振荡中心，最大振幅可达 10 m/s ，其中以 30°N — 40°N ， 5°N — 10°N 和 30°S — 40°S 的中心为最显著。这些中心在剖面图上近于横向排列，经向移动不大，表现出某种准驻波特性。这一分布特点与夏季东亚地区大型环流系统的经向分布有关。第一个中心位于南亚高压东北侧中纬度的西风气流中，它与东亚西风急流的强度和位置的变动有关。第二个中心位于南亚高压南侧的热带东风急流中，它反映了这一地区东风急流准 40 天的周期变化，同时也反映了南海季风槽上空向南辐散气流的周期性变化。第三个中心则是南半球中纬度澳大利亚地区西风急流低频振荡的反映。值得注意的是，6 月 20 日以后，南亚高压南北两侧的振荡中心之间的距离突然拉大（主要是我国大陆上振荡中心的北移引起），于 7 月 20 日左右在 20°N — 30°N 之间又出现了另一个强度较小的中心。这一振荡中心位于南亚高压南侧的东风气流中，没有明显的传播，具有一定的驻波性质。

图 1 向我们展示的另一重要特点是， 30°N 以北振荡明显地向北传播（9 月上旬后开始向南传播），而东风急流的振荡则系统地向南传播至 20°N — 30°S ，有时可达南半球中纬度。这两个不同传播方向的分离带位于 20°N — 30°N 的副热带地区。需要指出的是，经向风振荡的传播不具有类似的特征。但是在低层（ 850hPa ） 20°N — 30°N 之间有一个经向风低频振荡经向传播的汇合带。如图 2 所示，南半球 10°S 附近的低频经向风可向北传播到我国南部地区。中高纬度的经向风也向这一地区传播。但纬向风的传播也不具有类似的特征。这说明低频经向风和纬向风的传播特性可以是不相同的。但汇合带和分离带的存在是一个重要事实，它不仅存在于经向传播的情况，而且也存在于纬向传播的情况。初步的分析表明，当存在经向传播的汇合或分离时，存在明显的纬向传播；当存在纬向传播的汇合或分离时，存在明显的经向传播。东亚地区 120°E 经度上的这种高（低）空的分离（汇合）带或许与这一地区的基本气流的方向有一定的关系。我们不妨将 20° —

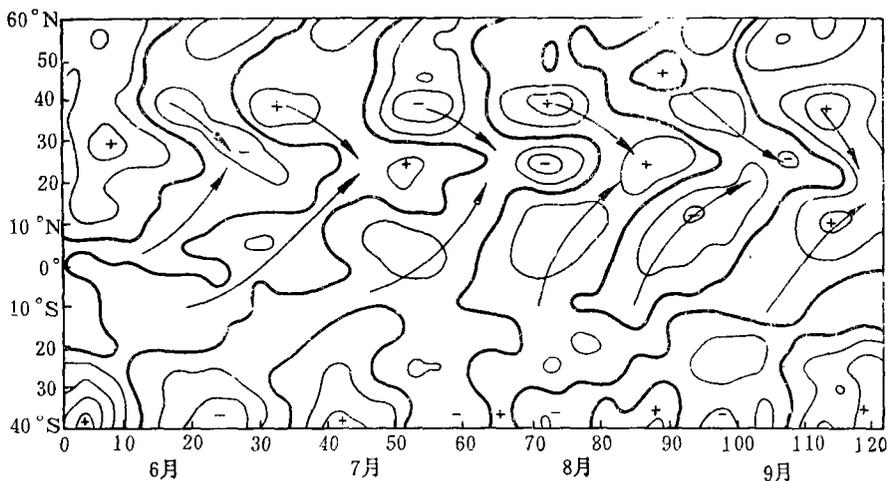


图 2 850hPa沿 120°E 低频经向风的时间剖面图
(图中箭头为传播方向，粗实线为零线，等值线间隔为 1 m/s)

30°N地区作为热带低频振荡与中高纬低频振荡的分界，这一区域的南北两侧，低频振荡的特性应有明显的不同。

图3是低层850hPa上u分量的时间剖面图。在图上沿经圈方向也可看出有五个振荡中心，但强度较弱，最大振幅为4 m/s。比较明显的中心有三个，前两个分别位于30—35°N和20°N附近。8月上旬以后（即70天以后），其位置有明显的南移，但不象200hPa上那样增加了一个中心。第三个中心位于南半球30—40°S。传播特性不如200hPa规则。但南半球中纬度振荡向低纬度的传播仍比较明显。北半球中高纬度的振荡在8月中旬以前能向南传播至30°N附近，其后传播方向较混乱。但总起来看，在两个半球的中高纬度，高低层振荡经向传播的方向是相反的。

比较高低层纬向风振荡中心在剖面图中的位置（如图4所示），可以发现，南半球中

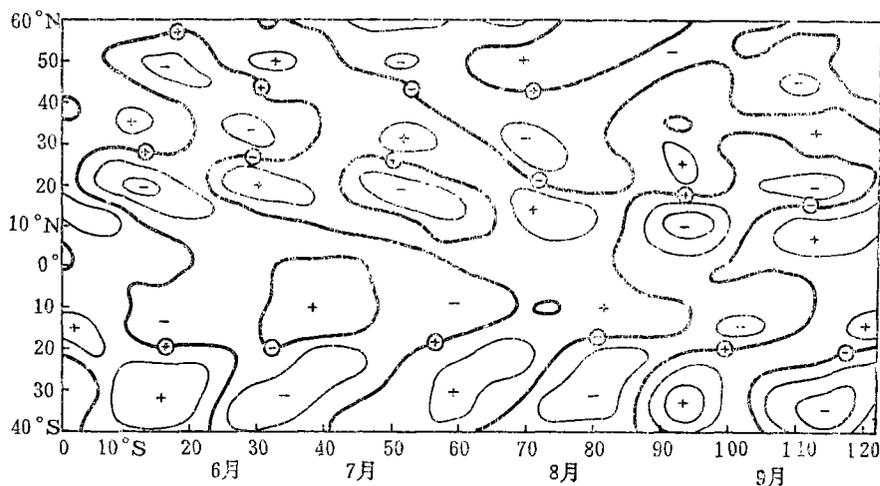


图3 850hPa沿120°E低频纬向风时间剖面图
(说明同图1)

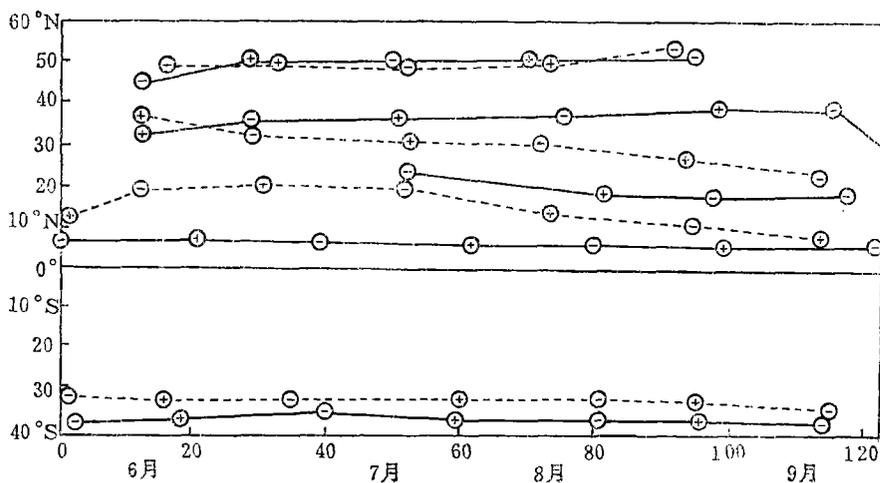


图4 高低层纬向风振荡中心在剖面图中的位置
(实线连接高空振荡中心，虚线连接低空振荡中心)

纬度高低层中心在剖面图中的位置始终保持一致, 北半球 30°N 以北, 高低层中心位置基本一致, 9 月份高低层中心位置有一定的经向偏移; 30°N 以南, 高低层的强中心有较大的位相差, 甚至出现反位相。这就是说, 中高纬度高低层的振荡基本上是同位相的。这里的结果和文献[9]的结论是一致的。

进一步考察图 1 和图 3 还可以发现, 低频纬向风的振荡中心有沿经圈成对出现的特点, 这在高空和低空都比较明显。相应的高低空低频高度场分布特征(图略)指出, 纬向风振荡的正(负)中心, 在北半球分别位于高度场振荡正(负)中心的北(南)两侧, 在南半球分别位于其南(北)两侧。因此上述纬向风振荡的分布特征及其与高度场振荡的配置关系说明低频纬向风是符合(至少定性地符合)准地转关系的。但在热带地区, 这种关系不复存在。

综上所述, 东亚地区 120°E 附近, 在高、低空分别有一个低频振荡经向传播的分离带与汇合带。这一传播方向的转换带位于 $20-30^{\circ}\text{N}$, 其两侧振荡的垂直结构和特性有明显的不同。在北侧, 低频纬向风的振荡高低空同位相, 且准地转; 其南侧高低空振荡具有较大的位相差, 甚至反位相。赤道附近的低频振荡失去准地转特性。

三、低频纬向风的向东传播与中纬度低频波动

陈隆勋等^[10]虽然指出过 37.5° 以北地区低频振荡向东传播, 但可能是由于 OLR 资料在中高纬的可用性问题, 他们对中纬度振荡传播特征没有做进一步的讨论。而中纬度低频振荡的传播同样是一个关系到其动力学特性和起源的重要问题。可是至今有关它的研究却很少。

图 5 给出了沿 35°N 低频纬向风随时间的变化。由图可以清楚看出: 在东半球有两个明显的振荡中心, 中心强度一般在 6m/s 以上, 最大可达 10m/s 以上。这两个中心随季节推移明显向西移动。6 月中旬分别位于 $30-40^{\circ}\text{E}$ 和 130°E 附近, 9 月中旬则分别西移

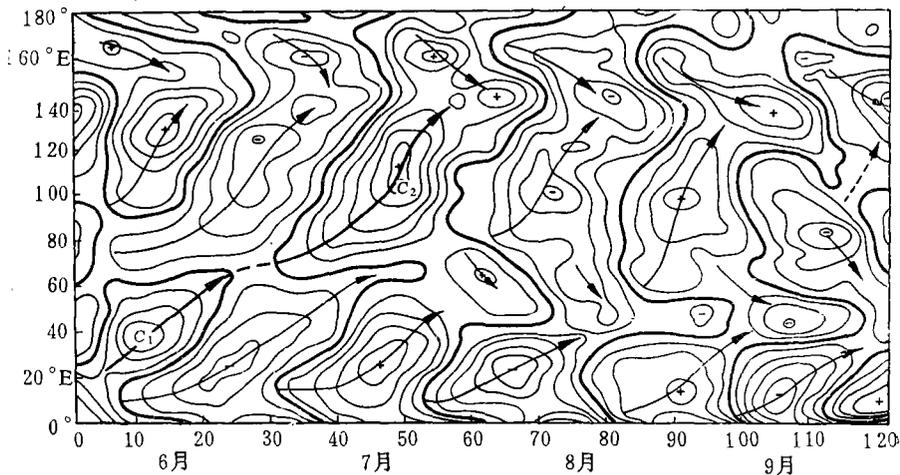


图 5 200hPa 低频纬向风沿 35°N 的时间剖面图
(箭头表传播方向, 粗箭头表所讨论的传播过程, C_1, C_2 表示两个强振荡中心)

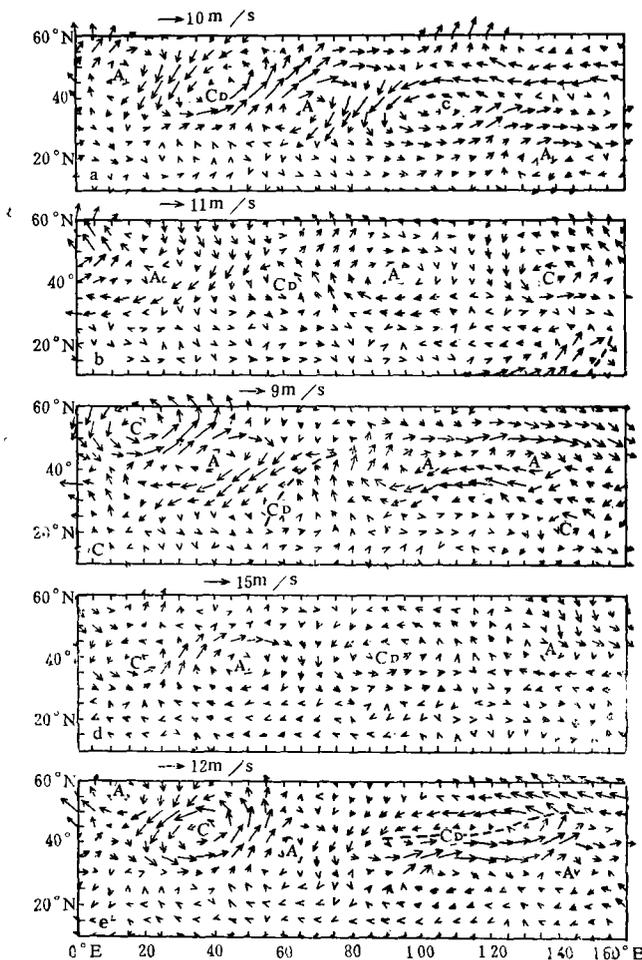


图 6 200hPa五个时刻的低频风场的水平分布
(C为气旋, A为反气旋, C_D 为文中讨论的气旋;
a: 第10天, b: 第20天, c: 第30天, d: 第
40天, e: 第50天)

到 10°E 和 80°E 附近。与此同时, 130°E — 140°E 又出现了另一个明显的振荡中心, 其强度有逐渐增强之趋势, 传播方向由东向西。

分析图 5 不难看出, 130°E — 140°E 以西, 振荡基本上是向东传播的, 但在这两个中心之间存在着传播速度和方向的不连续区 (约在 50°E 附近)。同时, 130°E — 140°E 以东, 低频纬向风向西传播。值得指出的是, 其它年份 (如 1984 年夏季) 沿 150°E 也出现了这种纬向传播的转换带, 且沿着这一经度有明显的向南传播。这是一个值得注意的现象, 因为一方面它说明, 低频振荡不是一致地绕地球东传或西传的, 而是有明显的地域性, 其原因可能是多种的。另一方面, 这种纬向传播的转换带是经向传播或中低纬相互作用的通道。

“地域性”不仅意味着低频振荡传播方向与地区有关, 还意味着振荡中心在某些地区的存在。这是低频振荡的驻波分量, 它应该与准定常的环流系

统或者大气活动中心的存在相联系。在一定的地理范围内, 振荡的规则传播是它的行进波分量的体现。其传播速度必须和局地变化周期相适应, 这样才能解释低频振荡的准 40 天的周期。那么我们要问: 这种相互协调的变化过程是什么呢? 导致这种变化的系统及其动力学机制又是什么呢? 这是我们下面要进一步讨论的问题。

对图 5 所示的各种东传过程的普查发现, 它们具有相似的特点。因此我们选择一次纬向西风从地中海向东传播至东亚沿海的过程来讨论上面提到的有关问题 (见图 5 粗箭头)。

图 6 表示这次传播过程的五个时段的低频风场的水平分布。由于滤波风场是缓变的, 因此我们用五个时刻的水平风场来表示五个时段的风场。

由图 6 可以清楚地看到, 东半球的中纬度 (30°N — 50°N) 有一近乎东西向排列的气旋

和反气旋波列, 它们的平均波长约60—90个经度。仔细追踪它们的轨迹, 可以发现它们均比较一致地向东移动, 其移速约为1.5—2.0经度/d。也就是说, 这种波动系统东移引起的局地风场变化的周期大约为40天。当然这一特征时间尺度与风场的带通滤波结果是一致的。但这里一个重要发现是, 它告诉我们什么样的环流系统造成了局地风场的准40天的周期变化。

为了深入讨论低频涡旋移动造成的纬向风东传和局地的准40天周期变化, 让我们着重考虑低频涡旋 C_D 及其南侧西风的东移。

由图6可以看出, 在第10天(即6月10日, 其余类推), C_D 位于 40°N , 40°E 附近, 其南侧 35°N 附近的强西风位于 $30—40^\circ\text{E}$, 这一强西风即图5上第一个强西风中心 C_1 。然后随着波列的东移, 在第20天, C_D 移到 60°E 西部, 其南侧西风也东移, 但强度减弱。波列继续东移。于第30天时, C_D 中心南移至 25°N 附近, 从中心向东北方向伸出一个明显的槽, 但中纬度仍是明显的波列结构。由于 C_D 的南移, 35°N 附近的西风突然转成东风, 从而造成了剖面图上西风东传的中断。在以后的时间里, 其北端的槽与南部中心分离, 并继续东移、逐渐发展。于第50天, 在 $90—140^\circ\text{E}$ 间发展成很强的低频涡旋, 其南侧的强西风与剖面图上的第二个中心 C_2 相对应, 亦与图1中 $30—40^\circ\text{N}$ 第50天出现的强中心相吻合。这一低频涡旋的发展与我国华北地区的雨季相联系。图5上, 这次西风东传的速度亦为1.5—2.0经度/d, 与低频涡旋的移动速度一致, 这说明这一西风的东传确实是低频涡旋东移的结果。

根据前面的分析, 可以认为在中纬度一定的地理范围内, 振荡的传播特性与低频波动的移动相联系, 振荡的驻波特性即振荡中心的存在与低频波动的发展有关。而上面所指出的低频涡旋的发展可能与急流区域正压不稳定能量的供给有关。徐建军¹⁾的计算表明, 急流附近的正压不稳定确实是向低频扰动提供能量的一种可能机制。

综合前面的讨论, 可以说中纬度低频波动是一种准地转的高低空接近同位相的波动。关于它的研究, 对于认识中纬度低频振荡的本质有重要意义。

四、结果和讨论

1. 东亚 120°E 地区, 低频经向风扰动在低层存在一个经向传播的汇合带, 低频纬向风在高层存在一个经向传播的分离带。该转换带位于 $20—30^\circ\text{N}$ 之间。在转换带内, 其传播方向有较大的可变性。转换带的两侧, 其低频振荡系统的特性有明显的不同。我们可以把 $20—30^\circ\text{N}$ 的纬带作为中纬低频振荡和热带低频振荡的分界。

2. 沿着 35°N , 纬向风振荡的向东传播在亚洲地区是明显的。在地中海和东亚地区各有一个显著的振荡中心。上述特点说明, 这一纬带上的纬向风振荡既有行进波分量, 又有驻波分量。水平风场的连续分析表明, 振荡传播特性与低频波动的东移有关, 而驻波特性则是低频涡旋移到上述地区发展的结果, 这种发展可能与急流中心地区正压不稳定能量的供给有关。

1) 大气运动的30—50天周期振荡的观测分析及其动能变化和 basic 气流对扰动影响的诊断研究, 硕士论文, 1989。

3. 中纬低频波动的波长约60—90个经度, 向东移速为1.5—2.0个经度/d。这种波长和移速的配合解释了局地风场变化的准40天的周期性。这种中纬度波动的动力学特性是准地转的, 且高低层接近同位相。数值试验结果指出, 非线性 Rossby 弧波向西传播, 含基流的线性 Rossby 波向东传播, 其合成流型缓慢东移, 向东相速为1.3—1.5个经度/d, 波长约60个经度, 这与诊断结果非常一致。中纬低频波动的这一重要发现有助于认识中纬低频振荡的本质和起源。不过以上诊断结果尚须利用更全面的资料加以验证。

参 考 文 献

- [1] Madden, R. A., and P. R. Julian, Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period, *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109-1123, 1972.
- [2] Murakami, T., T. Nakazawa and He Jinhai, On the 40-50 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer, Part I: Phase propagation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 440-468, 1984.
- [3] Lau, K. M., and L. Peng, Origin of low frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere, Part I: the basic theory, *J. Atmos. Sci.*, **44**, 950-972, 1987.
- [4] Yasunari, T., A quasi-stationary appearance of 30-40 day period in the cloudiness fluctuations during the summer monsoon over India, *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 225-229, 1980.
- [5] Krishnamurti, T. N., and D. Subrahmanyam, The 30-50 day mode at 850 mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2088-2095, 1982.
- [6] Webster, P. J., Mechanism of monsoon low frequency variability: Surface hydrological effects, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 2110-2124, 1983.
- [7] He Jinhai (何金海) and Chen Lizhen (陈丽臻), The SH midlatitude QPO with its effect on the NH summer monsoon circulation, *Acta Meteor. Sin.*, **2**, 3, 331-339, 1988.
- [8] He Jinhai (何金海), Li Jun (李俊) and Li Yongping (李永平), Numerical experiment with processes for effect of Australian cold air activity on East-Asian summer monsoon, *Acta Meteor. Sin.*, **4**, 1, 51-59, 1990.
- [9] Krishnamurti, T. N., and Gadgil, On the structure of the 30-50 day mode over the globe during FGGE, *Tellus*, **37A**, 336-360, 1985.
- [10] Chen Longxun (陈隆勋) and Xie An (谢安), Westward propagation low-frequency oscillation and its teleconnections in The Eastern Hemisphere, *Acta Meteor. Sin.*, **2**, 3, 300-312, 1988.
- [11] Zhu Qiangen (朱乾根), He Jinhai (何金海) and Wang Panxing (王盘兴), A study of circulation differences between East-Asian and Indian summer monsoon with their interaction, *A. A. S.*, **3**, 4, 466-477, 1986.
- [12] 何金海, T. Murakami, T. Nakazawa, 1979年夏季亚洲季风区域40—50天周期振荡的环流及其水汽输送场的变化, *南京气象学院学报*, **7**, 2, 163-175, 1984.
- [13] 罗哲贤、何金海, 中纬度流型低频振荡的数值研究, 全国第二次动力气象学术会议论文, 1989年, 广州。

MERIDIONAL PROPAGATION OF EAST
ASIAN LOW-FREQUENCY MODE
AND MIDLATITUDE
LOW-FREQUENCY WAVES

He Jinhai Yang Song

(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract

Based on June to September 1981 ECMWF grid datasets, analysis is done of the characteristics of the propagation and structure of low-frequency (quasi 40 day) oscillation over eastern Asia. Results show a separating (confluence) belt for the meridional propagation of low-frequency zonal (meridional) winds at higher (lower) levels over subtropical latitudes at 120°E , revealing that the oscillation of the zonal winds is quasi-geostrophic in nature and in phase in the high- and low-level. It is also found that the eastward propagation of the high-level zonal winds around 35°N in East Asia is the result of eastward march of midlatitude low-frequency waves with $60^{\circ}\text{-}90^{\circ}$ longitude wavelength and speed of $1.5^{\circ}\text{-}2.0^{\circ}$ longitudes per day. In addition, such low-frequency vortices, when moving over the coastwise region, tend to develop, accompanied by sharp oscillation in the westerly jetstream over eastern Asia.