

南半球中纬度准40天振荡及其 与北半球夏季风的关系

何金海 陈丽臻*

提 要

本文根据1982年5—9月欧洲中期预报中心的格点资料,使用功率谱和带通滤波相结合的方法初步分析了南半球中纬度准40天(30—60天)振荡的空间结构和传播特性以及与北半球夏季风的关系,讨论了低频振荡在亚洲季风区域向北传播的可能机制。

准40天(30—60天)周期振荡已日益成为广大气象工作者关注的问题之一,在1987年昆明中美季风合作学术交流会上专门就这一低频振荡问题进行了别开生面的讨论,提出了许多有意义的研究课题。

关于准40天振荡的大尺度特征已有许多学者进行了研究^[1,2,3],但仍有许多不清楚的问题。举例说,准40天振荡位相向东传播被认为是其重要特性,但研究发现有时是向西传播的^[4],这是为什么?准40天振荡在夏季亚洲季风区有明显的向北位相传播,有人认为这与南半球冷空气的周期性冲击有关^[5],倘若如此,冬季准40天振荡在亚洲季风区是否有向南的位相传播?关于准40天振荡的起源问题,迄今主要有两类观点:一类认为是大气内部的动力机制造就的自由波动^[6];另一类则认为是受外界强迫的波动。自由波动观点通常将准40天振荡看成某种类型的开尔文(Kelvin)波动,但是有关研究指出^[7]准40天振荡的动力学特性与开尔文波动有明显的不同,同时这种观点也不能解释准40天振荡的经向传播。强迫波动观点能够解释其经向传播,但必须证实强迫源的存在。两种观点,哪一种更合理些或者如何将它们结合起来,都是需要进一步研究的问题。

作者在文献[5]中,利用1979年FGGE资料计算了经向垂直剖面内准40天振荡造成的感热、位能和动量通量,分析了它们在各个位相的不同特点。特别发现在亚洲季风区存在两个准40天周期振荡的能源:一个在北半球亚洲季风槽(15°N附近)上空的中上对流层,另一个在南半球中纬度(30°S)的中下对流层。前者与季风环流的周期性变化引起

1987年8月1日收到,10月5日收到修改稿

*国家气象局气象科学研究所,南京气象学院87届毕业生

的潜热释放有关。后者则与冷空气的爆发或强烈回暖有关。并且这两个能源轮流起作用,其位相差约为10—12天。这种配置有利于亚洲季风区准40天振荡的维持。因此提出,准40天周期振荡是南半球冷空气准周期性爆发对亚洲地区季风环流不断冲击所引起的南北半球环流(季风环流系统)相互作用的一种形式。那么自然要问,南半球冷空气是否真的具有这种准周期性?它们和北半球夏季风的活跃与中断是否真的存在内在联系?冷空气向北冲击对北半球夏季风传播路径的影响又是怎样的?这些都是本文试图要回答的问题。

一、资料和方法

本文采用欧洲中期预报中心(ECMWF)1982年5—9月每日一次(u, v, T)网格点资料,计算格距 $5^\circ \times 5^\circ$ 经纬度,计算范围为 $35^\circ\text{S}—35^\circ\text{N}, 30—150^\circ\text{E}$ 。

功率谱分析采用文献[8]的方法,不过在对任一序列 $X(t)$ 进行谱分析之前,先进行3点平滑,以消去小波动。其3点平滑公式为

$$\begin{cases} \hat{x}_1 = 0.5(x_1 + x_2) \\ \hat{x}_i = 0.25x_{i-1} + 0.5x_i + 0.25x_{i+1} \quad i = 2, 3, \dots, 152 \\ \hat{x}_{153} = 0.5(x_{152} + x_{153}) \end{cases}$$

进行功率谱分析时,计算滞后相关系数的最大后延 $\tau=45$,因此能分辨的最大周期为90天。

为了考察5—9月内准40天振荡的过程,同样将带通滤波方法用于各种气象要素的时间序列。在滤过波的时间序列中主要保留了30—60天的周期振荡。为了节省工作量,我们计算 $30—150^\circ\text{E}$ 范围内每隔30个经度的子区域的平均序列,即 $30—60^\circ\text{E}, 60—90^\circ\text{E}, 90—120^\circ\text{E}, 120—150^\circ\text{E}$ 4个子区域的纬带宽度为 10° 的平均序列。根据滤波曲线的振幅,可知各个区域准40天振荡的显著情况。同时,根据滤波曲线的峰、谷值出现的先后次序可判断该振荡的传播特性以及各个要素振荡间的相互联系。带通滤波的具体方法参见文献[9]。

二、南半球中纬度准40天振荡的结构及其纬向传播

为了揭示南半球冷空气活动的周期性,我们选用斜压性指数 $\Delta T_{850}(T_{25^\circ\text{S}} - T_{35^\circ\text{S}})$ 和温度 T 作为参数进行功率谱分析。

上述参数的功率谱分析结果如图1所示。由图1可见, 30°S 纬带上 $30—150^\circ\text{E}$ 范围内平均的斜压性指数 ΔT 在周期为30天处具有明显的谱峰值(如图实线所示)。陶诗言等^[10]曾强调这种斜压性对北半球夏季风的重要性,指出南半球 $40—160^\circ\text{E}$ 范围内中纬地区斜压的发展会导致大规模的寒潮爆发和相应的高压带,寒潮高压带北部的偏东南气流正是越赤道气流的来源。相应地区越赤道气流的建立分别导致了印度、中印半岛至南

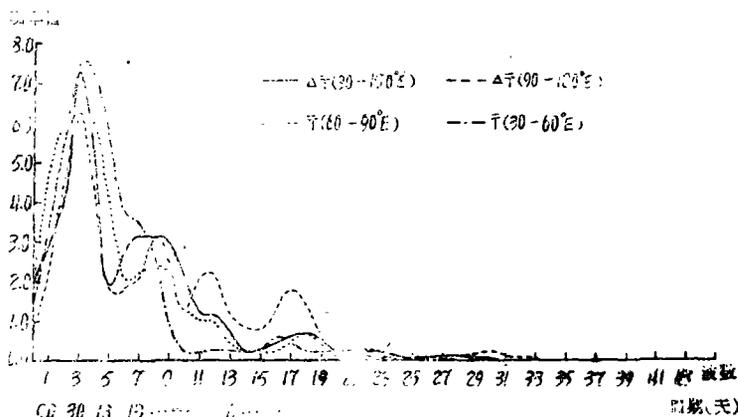


图1 南半球中纬度(30°S)850hPa某些参量的功率谱曲线

海以及西北太平洋地区夏季风的爆发和建立，季风建立后南半球大规模的中纬斜压性的发展则会导致北半球夏季风的北进和加强。由此可见，南半球中纬度斜压性的准周期性发展对于北半球夏季风的变动具有重要意义。这里功率谱的分析结果证实了这种斜压性的周期性。图1中同样分别示出了东非沿海(30—60°E)、印度洋的60—90°E地区和澳大利亚西部地区(90—120°E)的温度与斜压性指数的功率谱曲线，不难看出，它们均具有显著的30天周期的谱峰值。功率谱分析还表明，经向风(特别是在马斯克林高压的东南侧(60—90°E))也具有明显的30天周期(图略)。

30°S纬带(25—35°S)上4个子区域的850hPa上纬向风u分量的功率谱分析(图略)表明，30—150°E范围内4个子区域的纬向风均具有30天或45天的谱峰值。这说明南半球中纬度u分量的确具有明显的低频振荡特性，它与这一地区斜压性的周期性发展是相关联的。同时，我们注意到30—60°E与60—90°E区域的谱结构颇为相似，90—120°E与120—150°E区域的较为相似。而东、

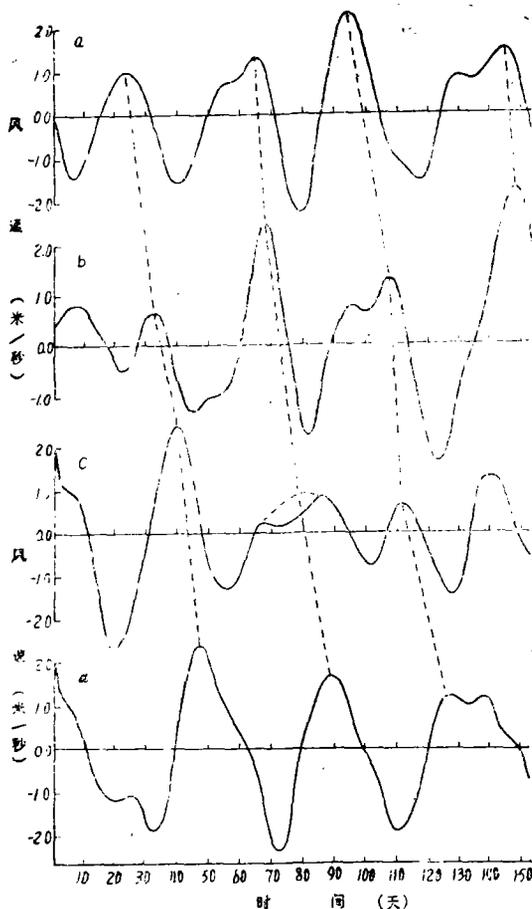


图2 南半球中纬度850hPa纬向风的时变曲线
 a 30—60°E地区 b 60—90°E地区
 c 90—120°E地区 d 120—150°E地区

西两部分的谱结构则有些不同, 它们的谱结构分别与澳大利亚高压和马斯克林高压的变动(位置和强度)有关联。

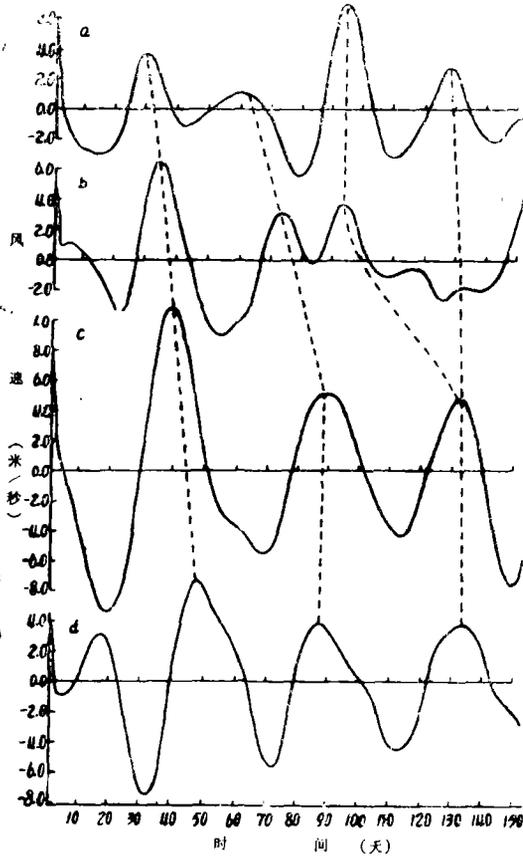


图3 南半球中纬度200hPa纬向风的滤波曲线
其他说明同图2

图2和图3分别是南半球中纬度(30°S)30—150°E范围内4个子区域850hPa和200hPa上纬向风的滤波曲线(滤波即指30—60天带通滤波, 或简称为准40天带通滤波, 下同)。首先我们可以看到, 这些区域纬向风的振荡比较明显。850hPa上平均振幅约为2米/秒, 最大可达3米/秒以上; 200hPa上平均振幅约为3—5米/秒, 最大可达10米/秒以上。这种明显的振幅与功率谱的分析结果一致。当然滤波曲线所显示的振幅随时间是变化的, 这种变化正好表明了低频振荡的季节变化特点。如果仔细考察一下850hPa纬向风的滤波曲线, 可以发现西部的两个子区域(曲线a和b)和东部的两个子区域(曲线c和d)曲线振幅的变化是相反的, 亦即西部地区振幅小时(5—6月), 东部地区振幅大, 而西部地区振幅大时(7月以后), 东部地区振幅则变小了。这种振幅随时间变化的特点是否反映了马斯克林高压和澳大利亚高压随季节变动的不同特征有待进一步研究。

现在讨论纬向风振荡的传播特性。

在850hPa上(图2), 可以看到在30—150°E范围内有3次异常西风呈现自西向东的移动, 如图中断线所示。断线的倾斜表征了西风异常向东移动的速度, 其平均速度约为3—4经度/天。东风异常也呈现类似的向东传播。200hPa上(图3), 其东传特性看来不如850hPa上一致和明显, 特别是60—90°E地区的滤波曲线在7月份以后发生了明显的变形, 使得系统的东传受到扭曲, 但不管怎么说, 其东传的基本特点仍然存在。

如果比较图2和图3的峰、谷点位置, 不难发现高低空几乎同位相的有20次, 高低空反位相(即高空强西风低空强东风或者相反)的情况总共只有7次, 有一定位相差的为6次。特别是在120—150°E地区, 高低空振荡除了在5月20日以前有些混乱外, 几乎全是同位相, 峰、谷点位置几乎全部重合, 如图2和图3中d曲线所示。这就是说, 南半球中纬度纬向风振荡的垂直结构是接近正压的, 若考虑到高低空振荡的振幅的不同, 那么更准确地说是纬向风振荡的垂直结构是相当正压的。这一特性与热带地区纬向风振荡的垂直结构显然不同, 因为在那里高低空振荡通常是反位相的。

这里还要指出, 温度滤波曲线和纬向风滤波曲线是接近反位相的(参阅图5中的曲线b和c), 即负的温度异常与西风异常相配合, 或者相反。这种温度场与风场的配置或许与热成风规则一致。因为如果中纬度大范围温度的下降意味着温度梯度的增强, 那么高空西风的增强符合热成风规则要求。由此是否可以进一步地推断, 中纬度准40天振荡的纬向风满足或至少是部分地满足地转风规则。

三、南半球中纬准周期性冷空气对北半球夏季风的影响

前面的分析已经证实了南半球中纬度准周期性冷空气强迫源的存在, 如果这种强迫源真的对北半球夏季风有显著的影响, 那么北半球的夏季风活动也应该有同样的周期。为了说明这一点, 取850hPa(200hPa)20°N(25°N)纬带上30—150°E范围内的平均散度序列进行功率谱分析, 其结果如图4所示。可以看出, 亚洲季风槽附近的高低空散度场的功率谱曲线均具有明显的低频谱峰值。850hPa上有明显的30天周期, 200hPa上有显著的45天的谱峰值。诚然, 还有准双周和准一周的谱峰值, 这些周期都是众所周知的季风环流系统的显著周期。

为了显示南半球冷空气活动过程与北半球夏季风活动的对应关系, 取季风槽南侧(15°N)的纬向风作为夏季风活动的参数, 并对其进行同样的滤波。图5表明了南半球中纬冷空气活动与北半球夏季风的关系。由图可见, 在5—9月的时段内, 南半球中纬度30—150°E范围内有3次大范围的冷空气活动, 它们均对应着北半球季风槽南侧西风的增强, 而南半球中纬度的3次回暖均对应着季风槽南侧西风的减弱。图中的连线指出了这种对

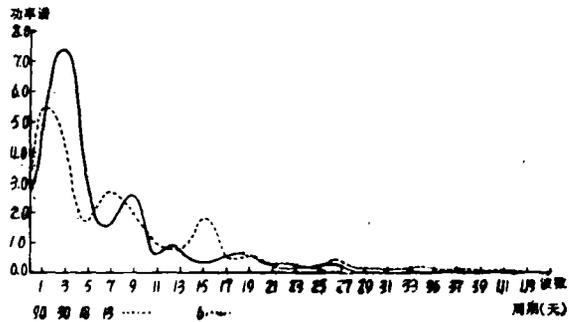


图4 北半球季风槽附近高低空散度功率谱(实线表20°N上30—150°E范围内平均的850hPa散度功率谱, 虚线表25°N、30—150°E范围内平均的200hPa散度功率谱)

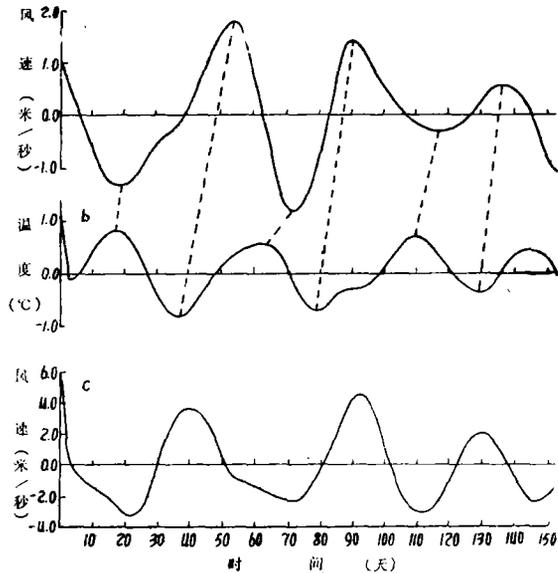


图5 北半球夏季风、南半球冷空气活动与南半球中纬高空西风间对应关系 a 850hPa \bar{u} (10—20°N, 30—150°E) 滤波曲线 b 850hPa \bar{T} (25—35°S, 30—150°E) 滤波曲线 c 200hPa \bar{u} (25—35°S, 30—150°E) 滤波曲线

应关系。令人惊奇的是，时间落后平均为10—12天，这正是作者在文献[5]中指出的落后时间。这表明1979年和1982年具有同样的对应关系，这种规律性是否具有普遍意义值得进一步研究。

图5还示出了高空纬向西风与温度曲线的反位相振荡关系，这一点前面已指出过。但有意义的是，它揭示了南半球中纬西风与北半球夏季风振荡之间比较协调一致的位相关系，这种关系正是陶诗言等^[9]利用1979年资料分析所得出的南北半球环流变化的“共振现象”。由此我们不妨可以得出结论，南北半球环流之间确实存在某种“共振现象”。

综上所述，我们可以相信南半球中纬度准周期性的冷空气活动确实对北半球夏季风有显著影响，那么这种影响的过程又是如何呢？为此我们分4个子区域计算了850hPa上的越赤道气流并进行同样的滤波，进而考察各个子区域的温度、越赤道气流和北半球夏季风滤波曲线之间的位相关系。分析结果表明，南半球中纬度冷空气对北半球夏季风的影响主要是通过两条路径来实现的：一条是通过30—60°E的子区域向北传播；另一条则是通过90—120°E的子区域向北传播。这恰好和索马里越赤道气流以及105°E附近的越赤道气流相对应。

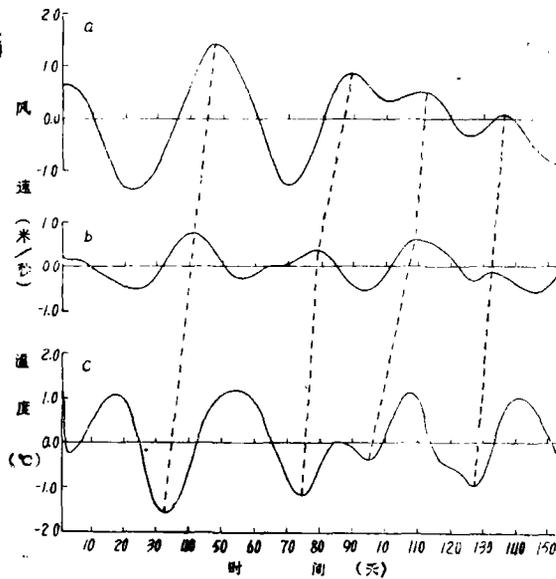


图6 30—60°E区域350hPa若干参数在不同纬带上的滤波曲线
a 50°N上 \bar{u} b 赤道上 \bar{v} c 30°S上 \bar{T}

图6和图7表明了南半球中纬冷空气活动通过上述两个子区域向北传播的过程。图6表明，当南半球中纬30—60°E区域有一次强的冷空气活动时，30—60°E范围内的越赤道气流均有一次明显的增强，北半球阿拉伯海上空的西风有一次增强，其落后时间平均亦为10天左右。类似的传播顺序也反映在图7上。在90—120°E的经度范围内，南半球冷空气有3次明显的活动，前二次均对应着越赤道气流和北半球夏季风的明显增强，时间先后关系也比较一致。但第三次时间顺序有些紊乱，且北半球西风增强也不明显。值得注意的是，30—60°E子区域南半球中纬9月上旬

($t = 128$)的一次强冷空气活动也未引起越赤道气流和北半球西风的显著增强。这也许意味着南半球冷空气活动对北半球夏季风的影响还与北半球大尺度环流特征有关，因为这时可能已是北半球夏季风面临南撤和大尺度环流转换的季节了。

综上所述，南半球中纬度准40天周期的冷空气确实对北半球夏季风有显著影响。南半球中纬度温度 T 和北半球850hPa 20°N纬带上的散度的交叉谱也表明在30天周期附近存在一个峰值，其时间落后为8—10天左右。这说明滤波曲线的分析结果是具有统计上的

显著性的。

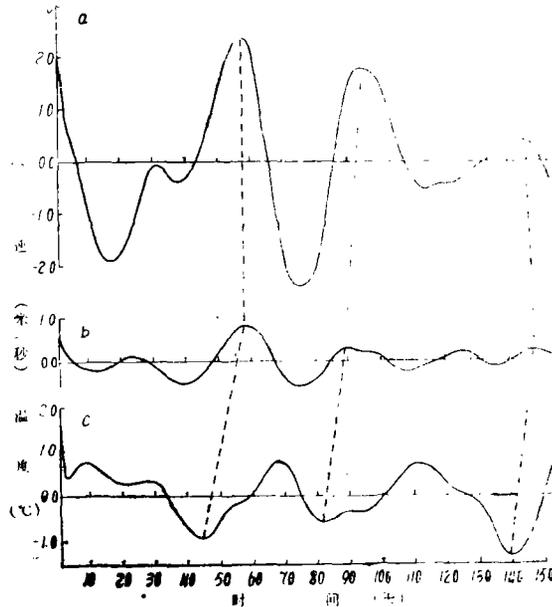


图7 90—120°E区域850hPa若干参数在不同纬带上的滤波曲线，其他说明同图6

四、结果和讨论

1. 南半球中纬度大范围的斜压性发展以及相应的冷空气活动确实存在准40天的周期性，同时纬向风和经向风也有这种周期性。分析表明，与马斯克林高压和澳大利亚高压的位置、强度的变动相联系的谱结构是不尽相同的。

2. 南半球中纬度纬向风的准40天振荡是很显著的。低层振荡的平均振幅约为2米/秒，高层约为3—5米/秒，最大可达10米/秒以上。纬向风的准40天周期振荡是东传的，其相速约为3—4经度/天。垂直结构基本上是相当正压的，特别是澳大利亚南部地区。高空纬向风的振荡与温度的振荡呈反位相，而与北半球季风槽南侧的西风呈现某种“共振现象”。

3. 结果表明，南半球中纬度的冷空气活动确实可以成为北半球夏季风的一个周期性外界强迫。这种强迫首先增强马斯克林高压或者澳大利亚高压南部的西风，随后使得高压增强，导致相应地区高压北部东南信风的加强，进而越赤道气流增强导致北半球夏季风的活跃，这种过程形成了准40天的低频振荡的经向传播。它证实了作者在文献[5]中提出的准40天振荡可能的天气学过程，当然，证据是初步的，有关的数值试验正在进行之中。

致谢：本文受国家自然科学基金会和国家气象局季风科研基金联合资助。

参 考 文 献

- [1] 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*, 38, 225—229, 1960.
- [2] Murakami, T., Nakazawa, T. and He Jinhai, 40—50 Day Oscillations During the 1979 Northern Hemisphere Summer, UHMET82—02, Dept. of Meteorology, University of Hawaii, 1983.
- [3] 陈隆勋, 尚安, OLR资料所揭示的El Nino和30—40天振荡之间的关系, 气象科学技术集刊(11), 26—35, 气象出版社, 1987.
- [4] Samathipala, W.L. and Murakami, T., The Role of Low-Level Northerly Surges Upon the Enhancement of 30—40 Day Equatorial Oscillations During Winter, UHMET 87—10, Department of Meteorology, University of Hawaii, 1987, 2.
- [5] 何金海, 准40天周期振荡的物理机制与南北半球环流的相互作用, 气象科学技术集刊(11), 19—25, 气象出版社, 1987.
- [6] Lau, K.M. and Peng, L., Origin of low frequency (Intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere, Part I, the basic theory, to appear in *J.A.S.*.
- [7] 何金海, 亚洲季风区纬圈剖面内准40天周期振荡的环流结构及其演变, 热带气象, 4卷, 2期, 116—125, 1988.
- [8] 黄嘉佑, 王冀, 气象中的谱分析, 13—52, 气象出版社, 1984.
- [9] 何金海, Murakami, T. 和 Nakazawa, T., 1979年夏季亚洲季风区域40—50天周期振荡—环流及其水汽输送场的变化, 南京气象学院学报, 1984, 2, 163—175.
- [10] 陶诗言, 何诗秀, 杨祖芳, 1979年季风试验期间东亚地区夏季风爆发时期的观测研究, 大气科学, 7(4), 347—355, 1982.

QUASI—40 DAY OSCILLATIONS OVER THE MID—LATITUDE OF THE SOUTHERN HEMISPHERE WITH THEIR RELATION TO THE SUMMER MON—SOON OVER THE NORTHERN HEMISPHERE

He Jinhai Chen Lizhen

ABSTRACT

Based on the grid point data from the ECMWF for May-September, 1982 and by using spectral analysis combined with the band-filtering method, a study was made on the spatial structure and propagating characteristics of the quasi—40 day oscillations with their relation to the summer monsoon over the northern hemisphere. The possible mechanism for the low-frequency oscillations which propagated northward was also discussed.