

热带大气中的准双周（10—20天）振荡

李崇银 周亚萍

（中国科学院大气物理研究所，北京 100080）

提 要

基于欧洲中期天气预报中心（ECMWF）的资料（1981—1988），本文对全球热带大气中的10—20天（准双周）振荡进行了比较系统的研究，包括其动能的分布及演变。扰动的结构和传播特征等。资料分析充分表明，热带大气10—20天振荡是热带大气中另一重要低频系统，其动能比30—60天振荡还要大，而其结构和活动又同30—60天振荡很不一样。例如热带大气10—20天振荡主要表现为纬向波数2—4；垂直结构以正压特征更显著；主要表现为向西传播；其经向风分量与纬向风分量同等重要。因此，对热带大气10—20天振荡值得更多注意。

关键词：热带；准双周振荡；低频系统。

一、前 言

80年代以来，人们都极为注意热带大气中的30—60天振荡，对其进行了一系列研究^[1—6]。关于热带大气30—60天振荡的主要性质和特征已经获得了基本认识，例如，热带大气30—60天振荡主要表现为纬向波数1的扰动，而且它主要向东缓慢移动，尤其是在赤道附近地区；热带大气30—60天振荡主要表现为对流层上层和下层反相的“斜压”结构特征；全球热带以赤道东太平洋、赤道西太平洋和赤道印度洋（南亚）地区的30—60天振荡动能最强，等等。

在研究季风系统及季风天气的时候，人们也发现不仅南亚季风系统各成员存在明显的10—20天振荡现象，而且印度地区的季风降水也有清楚的10—20天振荡^[7]。有时也把这种10—20天振荡称为准双周振荡，它同印度季风的活跃和中断联系密切。在印度季风活跃期，季风槽明显，常有季风低压活动，降雨量较多；在印度季风中断期，那里无明显季风槽活动，雨量较少。印度季风由活跃期到中断期再到活跃期，其时间尺度一般为10—20天。因此，印度季风的活跃和中断是印度季风准双周振荡的重要表现，也可以说是热带大气准双周振荡的重要影响。

在东南亚及西太平洋地区的大气环流和天气的研究中，人们也发现存在着明显的10—20天振荡^[8, 9]。例如，新加坡850hPa经向风及与此相联系的过赤道气流；南海地区赤道辐合带的活动等。

同热带大气30—60天振荡的研究相比，有关热带大气10—20天振荡的研究还比较

少, 对它的结构特征及活动规律的了解也还很不够。本文将通过分析 ECMWF 资料 (1981—1988), 对全球热带大气中的 10—20 天振荡进行系统的讨论。同研究大气 30—60 天振荡相类似, 研究热带大气 10—20 天振荡, 我们的分析研究也是针对带通滤波 (10—20 天频带) 结果而进行的。因为已有的一系列功率谱的分析都表明, 热带大气运动在 14 天周期附近有极其突出的谱峰, 10—20 天带通滤波将更加突出这类低频振荡系统。

二、扰动动能

任何大气系统的活动都需要能量, 分析 10—20 天振荡的动能分布及变化, 可以对热带大气 10—20 天振荡的活动有基本的了解。

首先, 众多的研究已经说明了 30—60 天振荡在热带大气运动中的重要性, 这里将比较热带大气 10—20 天振荡与 30—60 天振荡的动能。图 1 分别给出了热带地区 (10°N — 10°S) 1984 年 1 月和 1987 年 7 月平均的 10—20 天和 30—60 天振荡的动能分布。可以清楚地看到, 无论冬夏季, 热带大气 10—20 天振荡的动能都明显比热带大气 30—60 天振荡的动能值大。这表明, 热带大气 10—20 天振荡的重要性至少不亚于热带大气 30—60 天振荡, 需要重视热带大气 10—20 天振荡的研究。

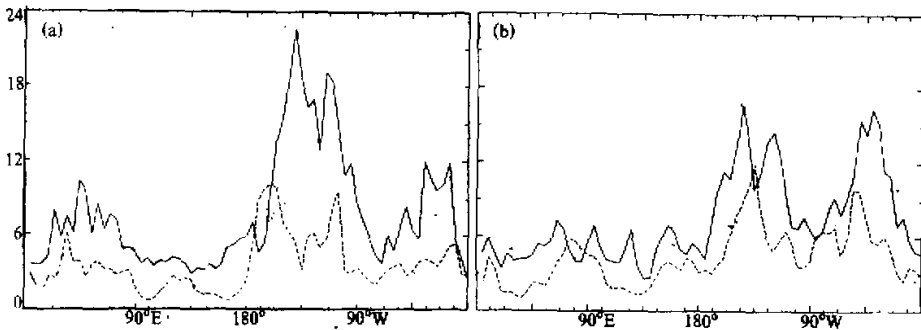


图 1 热带 (10°N — 10°S) 大气 200hPa 上 10—20 天振荡 (实线) 和 30—60 天振荡 (虚线) 动能 (K) 的比较
(a) 1984 年 1 月; (b) 1987 年 7 月

从图 1 我们还可以看到, 200hPa 上 10—20 天振荡的动能常在西半球有极大值区, 尤其是在赤道东太平洋和赤道大西洋地区。但是, 整个分析表明, 热带大气 10—20 天振荡的动能分布在对流层低层和对流层高层非常不一致, 甚至常出现相反的情况, 即在赤道印度洋和赤道中—西太平洋地区的 850hPa 上常有 10—20 天振荡动能的大值区。作为一个例子, 从图 2 可以看到, 在 200hPa 上热带大气 10—20 天振荡在东太平洋和大西洋地区动能相对较大; 而在 850hPa 上, 振荡动能却在印度洋和西太平洋地区有较大的数值。

热带大气 10—20 天振荡动能的水平分布 (图略) 清楚地表明, 在 850hPa 上,

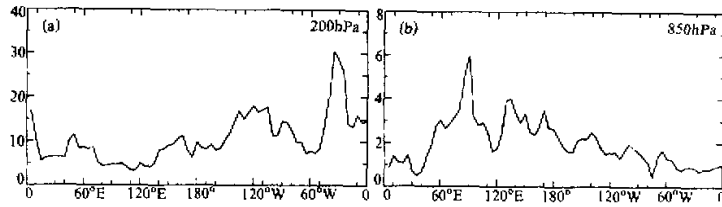


图2 1984年12月热带(10°S—10°N)大气10—20天振荡动能(K)的纬向分布

80°E附近地区有一个极为清楚的能量通道。从动能分布的演变,可以大致看能量的传播,夏季,有能量明显从南半球传到北半球;而在西太平洋地区,能量从北半球中高纬度地区向热带的输送现象也很明显,特别是冬季。大家知道,印度尼西亚地区是热带主要降雨区,但与此对应并没有较强的10—20天振荡动能出现。热带大气10—20天振荡动能却更明显地同中高纬度大气的10—20天振荡有关。这告诉我们,热带大气10—20天振荡的机制可能主要是中高纬度大气的能量传输,而同热带地区的积云对流反馈的作用关系不是很大。

三、结构特征

在前言中已经指出,一系列有关热带30—60天振荡的研究表明,热带大气30—60天振荡主要为纬向波数1的扰动所控制,而且在垂直方向为“斜压”结构特征。热带大气中的10—20天振荡的主要结构特征是什么呢?在这一节里将给予分析研究。

图3给出的是1984年7月热带大气10—20天振荡的纬向风和1984年12月位势高度的纬向分布情况,为了节省篇幅,这里只任取了几天的情况,在其他时间也有类似的特征。首先我们看一下10—20天振荡的纬向尺度(波数),无论是风场还是位势高度场,纬向波数1都不是热带大气10—20天振荡的主要扰动;相反,纬向2—5波扰动对于热带大气10—20天振荡更显得突出,尤其是在对流层高层。另外,就纬向尺度而言,热带大气10—20天振荡在对流层高层与对流层低层并不完全相一致。在图3a中,1984年7月13日热带10—20天振荡在200hPa和850hPa风场上都以纬向5波扰动最明显;而在7月1日,在200hPa风场上2波和4波比较显著,850hPa风场却以1波和5波更清楚。在图3b中,1984年12月5日和17日热带10—20天振荡的位势高度场上,200hPa和850hPa扰动均以纬向2波最明显;而在12月11日,200hPa位势高度扰动以纬向4波和2波的扰动为主,850hPa位势高度却主要表现为纬向2波结构。

需要再次指出,图3的例子是随意给出的,主要的考虑是对于10—20天振荡来讲用半个月时段内的例子已可以说明问题。若用其他时段的资料会有一些不同,但振荡均以2—5波为主,对流层高层和低层的不一致性都很明显。

在我们分析的其他年里,热带大气10—20天振荡也有上述类似的结构特征。图4是1987年12月热带大气10—20天振荡的纬向风的经度分布,可以清楚看到,其扰动的纬向尺度(波数),对流层高层与对流层低层有时是一致的,有时又不相同。看来,

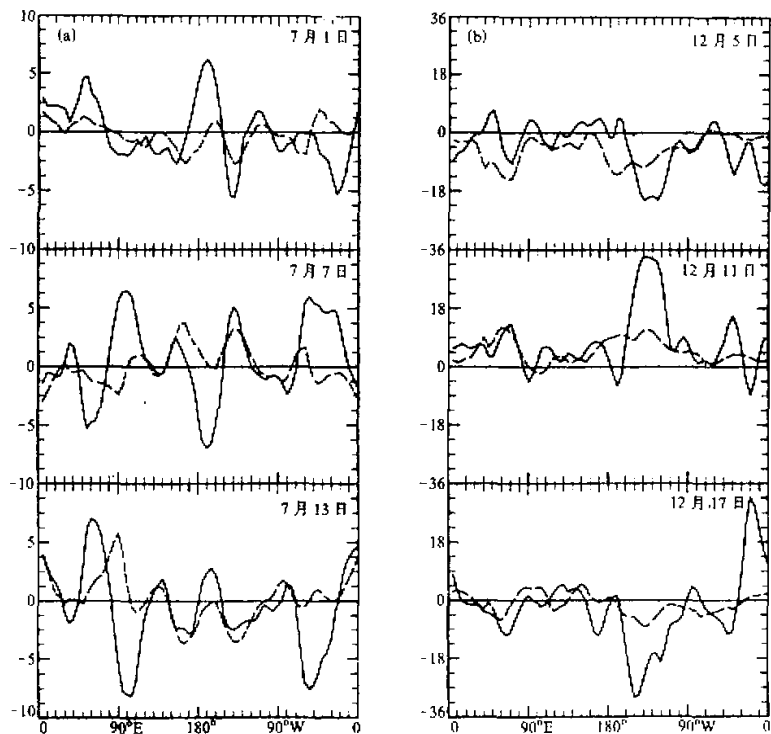


图3 热带(10°S—10°N)大气10—20天带滤波的纬向风和位势高度的经度分布

图中实线和虚线分别表示200hPa和850hPa的情况

(a) 1984年7月纬向风; (b) 1984年12月位势高度

热带大气10—20天振荡在对流层高层和对流层低层有时可表现出一定的独立性。

关于热带大气季节内振荡的一系列动力学研究已经清楚地表明, 积云对流加热的反馈是激发产生热带大气30—60天振荡的最重要机制。反映在扰动的垂直结构上则表现为对流层高层和对流层低层反相的“斜压”特征。从图3和图4所给出的纬向风和位势高度的经度分布可以看到, 在大部分情况下, 200hPa扰动的位相同850hPa扰动的位相是一致的。表明正压型垂直结构是热带大气10—20天振荡的主要特征。

为什么热带大气10—20天振荡主要为正压垂直结构特征? 这需要进行动力学机制研究才能给出合理的解释, 本文的分析难于给予回答。对于热带大气10—20天振荡有时出现的“斜压”结构情况, 除了也同动力学机制有关外, 根据我们的资料分析发现, 它同扰动在对流层高层和低层其纬向尺度不完全一致有关。例如, 200hPa上扰动以纬向3波为主, 而850hPa上却以纬向2波更突出, 其结果必然有上下层位相相反的情况。分析一系列结构图还表明, “斜压”结构的出现同纬向尺度的关系不明显, 可以在纬向3—5波, 也可以在纬向1波和2波。

在关于热带大气 30—60 天振荡的研究中我们已经指出, 其涡度场的扰动尺度明显比高度场和风场的扰动尺度小, 涡度扰动在垂直结构上的一致性比反相性更明显^[10]。热带大气 10—20 天振荡的涡度场的分析表明, 在尺度上它基本上同高度场和风场扰动相同; 在垂直结构上以对流层高层与对流层低层的一致性为主 (图略)。

四、传播特征

关于热带大气 10—20 天振荡的纬向传播问题, 直到目前还没有多少研究, 根据我们所进行的分析, 可以概括为一句话: 热带大气 10—20 天振荡以向西传播为主, 但也时常可以看到向东传播的情况。

图 5 分别给出了 1984 年 10—11 月期间热带大气 10—20 天振荡的 200hPa 纬向风和 850hPa 纬向风的时间—经度剖面。从图 5a 可以看到, 热带大气 10—20 天振荡的 200hPa 纬向风扰动在日界线以西基本上是向西传播的; 在日界线以东, 扰动既有向西传播也有向东传播情况。图 5b 则表明热带大气 10—20 天振荡的 850hPa 纬向扰动几乎为一致的向西传播。比较图 5a 和图 5b, 我们还可以发现, 热带大气 10—20 天振荡在风场上所表现的传播性在对流层高层和对流层低层间不仅不一致, 而且有明显差异。例如图 5 中, 在 850hPa 上, 扰动的向西传播以 10 月份最为明显, 11 月虽也主要为向西传播, 但远不及在 10 月份的系统。然而在 200hPa 上, 10—20 天振荡的纬向风扰动的向西传播却以 11 月份更显著。

为了进一步说明热带大气 10—20 天振荡的纬向传播及风场特征, 图 6 给出了 1986 年 2—3 月期间 200hPa 纬向风和经向风扰动的的时间—经度剖面。图 6a 所示的纬向风场演变表明, 既有向东传播, 也有西移的情况, 但仍以向西传播为主。图 6b 所示的经向风场演变表明, 缓慢的向西传播是其主要特征。

对于热带大气的 30—60 天振荡, 一系列的分析研究都表明其纬向风分量是主要的, 经向风分量相对比较小。正因为这样, 在赤道附近地区可以用 CISK—Kelvin 波来说明 30—60 天振荡的动力学机制。比较图 6a 和图 6b 的数值可以看到, 其纬向风分量和经向风分量是十分相近的, 这也是热带大气中 10—20 天振荡不同于热带大气 30—60

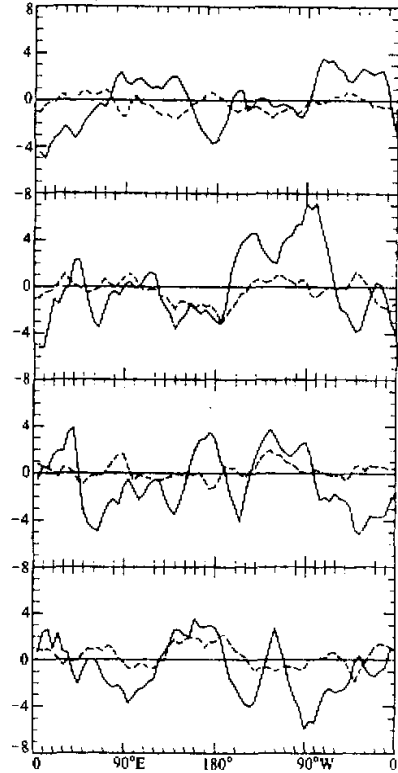


图 4 热带 (10°S—10°N) 大气
10—20 天带通滤波的纬向风的
经度分布 (1987 年 12 月)

实线和虚线分别表示 200hPa 和 850hPa 情况

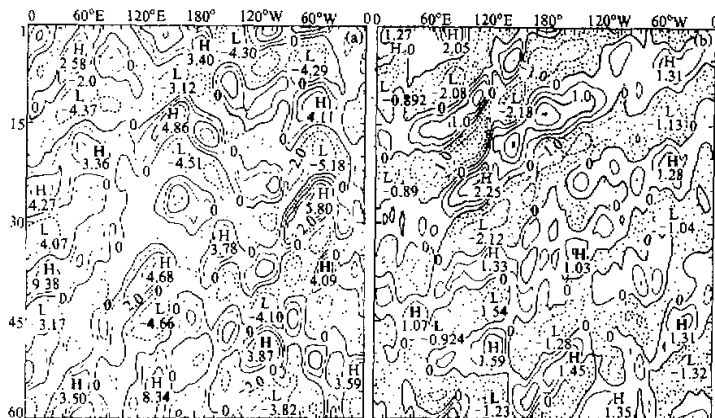


图5 1984年10—11月热带(10°S—10°N)大气
10—20天振荡的纬向风扰动的时—经度剖面

(a) 200hPa; (b) 850hPa

实线和虚线分别表示西风和东风

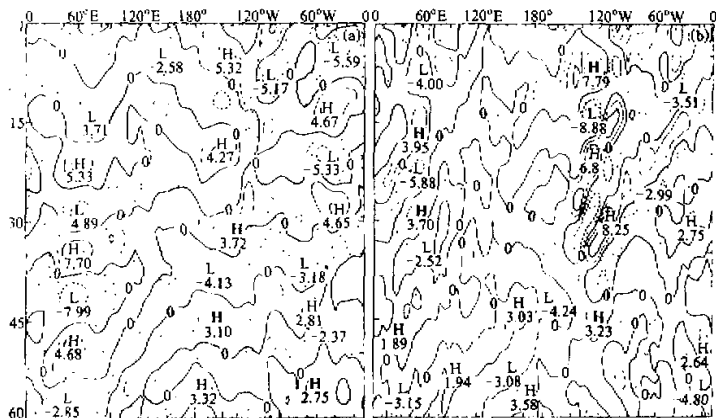


图6 1986年2—3月期间热带(10°N—10°S)大气10—20天
振荡在200hPa上的纬向风和经向风的时—经度剖面

天振荡的重要点之一。

比较图6a和图6b我们还可以发现,相对于纬向风,经向风分量的纬向传播十分缓慢,有时还显示出准静止的特征。热带大气10—20天振荡的经向风的这种准静止性质,可能主要是由于基本风系,尤其是稳定的跨赤道气流所决定的,因为它们往往在某些地理位置持续地出现。

在中国南海地区,我们的分析研究已经表明,10—20天振荡在200hPa上有由冬半球向夏半球传播的现象^[11]。整个热带大气中10—20天振荡的经向传播情况如何呢?对此

从上述分析讨论我们可以看到, 热带大气 10—20 天振荡无论是纬向传播还是经向传播都是很复杂的。本文得到了一些初步的结果, 更完善的规律还需进一步进行分析研究, 尤其是控制热带大气 10—20 天振荡活动的基本因素和机制有待动力学研究予以揭露。

五、时间演变

从上面的讨论可以看到, 10—20 天振荡是热带大气运动的普遍特征, 但在不同地方不同时间 10—20 天振荡的活动并非一样。下面就讨论其时间演变特征。

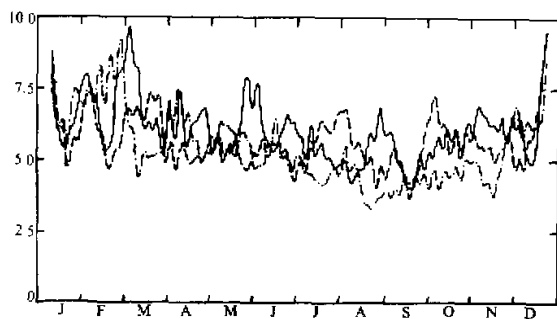


图 8 全球热带 ($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$) 平均的 200hPa 上 10—20 天振荡动能 (K) 的时间变化
图中实线、虚线和点线分别是 1983、1984 和 1987 年的结果

图 8 中分别给出了热带 ($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$) 大气中 10—20 天振荡动能的年变化情况。图中实线、虚线和点线分别是 1983、1984 和 1987 年的计算结果。很显然, 年变化不是十分明显, 但仍可以看出不同季节的能量差异。在冬季和春季, 200hPa 上的 10—20 天振荡一般有较大一点的动能; 而在 7—10 月份, 200hPa 10—20 天振荡的动能略为小一些。这种冬半年 10—20 天振荡较强的现象, 其原因可能是中纬度冬半年 10—20 天振荡较强的影响, 包括中纬度地区能量向热带地区的传播 (频散), 以及中纬度扰动作为侧向强迫的作用。

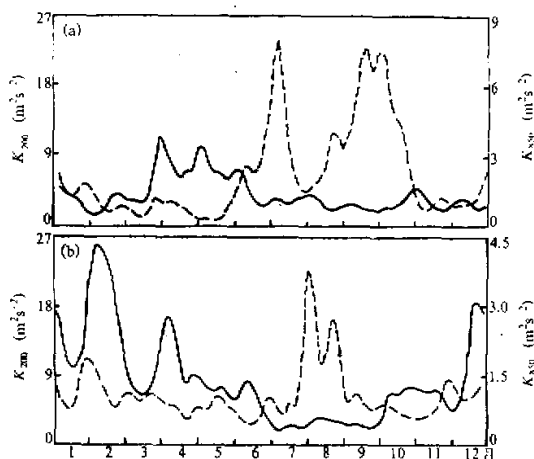


图 9 10—20 天振荡动能的时间变化
实线和虚线分别表示 200hPa 和 850hPa 情况
(a) 1987 年在 $5-15^{\circ}\text{N}$, $120-140^{\circ}\text{E}$ 地区;
(b) 在 $5-15^{\circ}\text{N}$, $130-110^{\circ}\text{W}$ 地区

850hPa 上 10—20 天振荡动能的年变化规律在全球热带平均情况下很不清楚, 各个地区存在着极明显的差别, 看来受到局地因素的影响较大。图 9 是 1987 年赤道东西太平洋地区 10—20 天振荡动能的时间变化情况。图中实线所表示的 200hPa 上 10—20 天振荡的动能变化表明, 在冬季和春季有较大动能值, 与图 8 所示的全球热带平均结果类

似。但是图中虚线所示的 850hPa 上的 10—20 天振荡动能却在 7—10 月份有较大的数值, 这种低层大气 10—20 天振荡在夏季的明显偏强, 可能同夏季 ITCZ 在该地区的活动有关。当然, 尚需要作深入的动力学研究, 方可得到明确的解释。

热带大气 10—20 天振荡的活动也有明显的年际变化, 从扰动动能的年际变化图可以看到, 较大动能与较小动能可以相差一倍以上, 表明年际变化是显著的(图略)。另外, 热带大气 10—20 天振荡的年际变化可能同 ENSO 事件有一定关系, 全球平均动能在 ENSO 之前似乎有些偏强, 赤道东太平洋地区的能量变化更明显(图略)。但更确切的结论尚待进一步研究。

六、结 语

通过本文的研究, 得到了关于热带大气 10—20 天振荡的有意义的一些结果, 并简单归纳如下:

(1) 热带大气 10—20 天振荡是热带大气中另一重要低频系统, 其动能普遍比热带大气 30—60 天振荡强, 对热带大气环流和长期天气的影响更为重要。

(2) 动能的分布以及扰动的纬向尺度表明, 热带大气 10—20 天振荡在对流层高层和低层更多地显示出不一致性。例如, 200hPa 上热带大气 10—20 天振荡动能一般在赤道东太平洋和大西洋地区比较大; 而 850hPa 上其动能常在赤道印度洋和中—西太平洋地区较大。

(3) 热带大气 10—20 天振荡的纬向波数以 2—4 波更为明显, 其纬向尺度明显比 30—60 天振荡小。

(4) 在垂直结构方面, 热带大气 10—20 天振荡以正压性结构为其主要特征, 但斜压性结构也常可看到。

(5) 热带大气 10—20 天振荡主要表现为向西的纬向传播, 但在一些地区也时常可见向东传播的情况。

热带大气 10—20 天振荡在不同地区有着不同的经向传播特征; 对某一个地区而言, 在冬季和夏季一般有近乎相反的经向传播。

(6) 热带大气 10—20 天振荡的年变化虽不十分显著, 但不同季节仍有所不同。一般在冬季和春季 10—20 天振荡动能比较大, 而在夏季和秋季 10—20 天振荡动能比较小。10—20 天振荡有较显著的年际变化, 这种年际变化同 ENSO 的关系尚待进一步确证。

(7) 热带大气 10—20 天振荡的纬向风和经向风有相近的量值, 这同热带大气 30—60 天振荡以纬向风较强有明显差别。

由于全球热带大气中 10—20 天振荡及其活动方面的研究还比较少, 本文的研究及上述主要结论还只能是初步的, 有些结论尚待更进一步的研究和确证。但上述结果对于认识热带大气环流和天气演变, 无疑是十分有意义的。本研究的结果表明, 热带大气 10—20 天振荡同 30—60 天振荡有许多不同的特征, 其动力学机制也会同 30—60 天振荡不一样。这方面的研究还有待开展。但本文的研究已初步表明 CISK-Kelvin 波不可能是驱动热带大气 10—20 天振荡的机制, 中纬度地区扰动的影响对激发热带 10—20 天

振荡可能是很重要的。

限于篇幅的关系, 本文只给出了个别月份的结果作为例子, 虽然反映了 10—20 天大气振荡的一些共性特征, 同时也带有一定的特殊性。为了避免此问题, 文中用了不同年的一些资料, 但毕竟不是全部, 若再给出其他年月资料结果, 会有小的差异, 但基本特征没有大的改变。

参 考 文 献

- [1] Krishnamurti, T. N. et al., 1982, The 30—50 day mode at 850 mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2088—2095.
- [2] Murakami, 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.
- [3] Kmutson, T.R. et al., 1987, 30—60 day atmospheric oscillation: composite life cyclones of convection and circulation anomalies, *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1407—1436.
- [4] Lan, 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.
- [5] 李崇银, 1990, 大气中的季节内振荡, *大气科学*, **14**, 32—45.
- [6] Li Chongyin and Wu Peili, 1990, A further inquiry on 30—60 day oscillation in the tropical atmosphere, *Acta Meteorologica Sinica*, **4**, 525—534.
- [7] Krishnamurti, T.N. et al., 1976, Oscillations of a monsoon system, Part I: Observational aspects, *J. Atmos. Sci.*, **33**, 1937—1954.
- [8] 杨义碧, 1980, 西太平洋地区信风的摆动及其与北太平洋热带环流的关系, *大气科学*, **4**, 252—261.
- [9] 陈于湘, 1980, 夏季西太平洋赤道气流的谱分析, *大气科学*, **4**, 363—368.
- [10] Chen Longxun and Xie An, 1988, Westward propagating low frequency oscillation and its teleconnections in the Eastern Hemisphere, *Acta Meteorologica Sinica*, **2**, 300—312.
- [11] 武培立、李崇银, 1990, 大气中 10—20 天准周期振荡, *大气科学文集*, 科学出版社, 149—159.

On Quasi-Two-Week (10—20 Day) Oscillation in the Tropical Atmosphere

Li Chongyin and Zhou Yaping

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

Based on the 10—20 day band-pass filtered data which are computed from ECMWF global data (1981—1987), the 10—20 day (quasi-two-week) atmospheric oscillation in the tropics is studied systematically in this paper. The oscillation includes that in the distribution and evolution of kinetic energy, the structure and propagation feature of this kind of low-frequency and so on. It is shown that the 10—20 day oscillation is another important low-frequency system in the tropical atmosphere. Its kinetic energy is even stronger than 30—60 day oscillation. Its structure and activity is different from the 30—60 day oscillation. For instance, the 10—20 day oscillation in the tropical atmosphere is dominated by the perturbances of the zonal wavenumber 2—4. Its vertical structure mainly displays barotropic feature. It mainly propagates westwards. The meridional wind component and zonal wind component are same important. Therefore, the study focused on the 10—20 day oscillation in the tropical atmosphere is very necessary.

Key words: tropical atmosphere; quasi-two-week (10—20 day) oscillation; low-frequency system.