

# 亚洲夏季风系统准40天振荡与中国南方降水的联系

林春育 徐建军

(南京大学大气科学系)

## 摘 要

本文选取了1983年4月1日到9月30日的ECMWF的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 网格点资料, 采用了1000、850、500、200 hPa等层的范围为 $30^{\circ} - 160^{\circ}E$ ,  $35^{\circ}S - 40^{\circ}N$ 的 $u$ 、 $v$ 、 $z$ 三个要素, 引用了T. Murakami等人的方法, 将各要素场消除季节变化趋势后, 对所选定的各等压面上季风系统特征区的要素场进行了谱分析, 从而得到了1983年亚洲夏季风系统的风场和气压场普遍存在着的准40天、准两周和准一周的振荡。在低层850 hPa上, 经向风40天周期振荡在东亚季风区, 位相有从南向北传播的特征, 赤道对于南北半球的40天振荡的传播具有陷波现象。纬向风40天振荡的位相传播, 西太平洋到南海是向西传播的, 其传播速度为7—10个经度/天; 印度到南海是向东传播, 其传播速度为5—8个经度/天。而中国南方各特征区降水及其南侧经向风的40天振荡却有很好的位相关系, 一般滞后4—8天。

近年来, 国内外学者对亚洲夏季风系统作了较为深入的研究, 提出了东亚季风系统和印度季风系统是相互独立的系统<sup>[1-3]</sup>, 但对两个系统之间的相互关系还没有得出一致的结论。研究还指出, 亚洲季风的变化存在着准两周和40—50天的振荡周期, 并得出了准两周振荡的印度季风各系统间的变化具有一定的位相关系<sup>[4]</sup>。但到目前为止, 对于40—50天的周期振荡在亚洲季风系统中表现的研究还不够完善, 所采用的资料大多是1979年全球观测资料, 而对于其他年份, 特别是大气异常年份(如1983年)的夏季风系统变化特征还没有作过详细的研究。

本文考虑到40—50天周期振荡系统具有球面尺度的空间特性, 故选取具有典型天气学意义的区域内气象要素的平均值来反映季风系统的变化, 把研究范围从热带扩展到我国副热带的长江流域。着重分析了印度季风系统和东亚季风系统的相互关系及其振荡特征, 详细讨论了东亚地区各个季风系统40天周期振荡的位相关系, 得出了东亚季风环流的经向和纬向的传播特征, 并且提出了影响我国南方中期降水的可能途径。

## 一、资料和计算方法

本文选取了1983年4月1日到9月30日的ECMWF的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 网格点资料,运用了1000、850、500、200 hPa等层,范围为 $30^\circ \text{E} \sim 160^\circ \text{E}$ 、 $35^\circ \text{S} \sim 40^\circ \text{N}$ 的 $u$ 、 $v$ 、 $\sigma$ 三个要素。

在方法上,鉴于资料的限制,引用了Murakami等人的方法<sup>[5-6]</sup>。对一个时间序列 $A(t)$ 可以概括为 $A(t) = (A) + A^*(t)$ 。式中 $(A)$ 是气象要素变量的6个月平均, $A^*(t)$ 是对 $(A)$ 的偏差,且

$$A^*(t) = a - b(t - t_0) + c(t - t_0)^2 + A'(t),$$

式中, $t_0$ 对应于6个月的中心日期为6月30日。前三项之和表示 $A^*(t)$ 的季节趋势,系数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 由最小二乘法确定。因此 $A'(t)$ 表示了消除季节趋势以后的偏差量,以后便对 $A(t)$ 组成的序列进行谱分析。

由于我们所选用的时间序列的样本数只有180天,为了能较好地分辨出40—50天的振荡周期,采用了最大熵谱法进行计算,而研究系统之间关系时用了经典的交叉谱方法。

## 二、亚洲季风系统及环流变化特点

要了解1983年夏季风系统的周期振荡特征,有必要对这一年各个季风系统的位置及强度变化进行一些观测事实的调查。

分析表明,在1000hPa高度场上反映出四个典型的气压系统(如图1)。一是出现在 $15^\circ \sim 20^\circ \text{N}$ 、 $100^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ 之间的低气压系统,称之为南海—西太平洋赤道辐合带(ITCZ);二是出现在 $20^\circ \sim 30^\circ \text{N}$ 、 $60^\circ \sim 90^\circ \text{E}$ 之间的低压系统,称之为印度季风槽,它的位置比ITCZ偏北5—10个纬度,强度也强;三是出现在南半球澳大利亚南部( $30^\circ \sim 40^\circ \text{S}$ 、 $130^\circ \sim 160^\circ \text{E}$ )的高压系统,称之为澳大利亚冷高;四是出现在 $30^\circ \sim 35^\circ \text{S}$ 、 $45^\circ \sim 90^\circ \text{E}$ 之间的高压系统,称之为马斯克林高压。在500 hPa高度场上一个突出的系统便是西太平洋副热带高压,它的变化表现为三次显著性的北跳过程(图略)。在200 hPa高度场上有一很强的高压系统在 $15^\circ \sim 30^\circ \text{N}$ 之间(如图2),称之为南亚高压,且6月30日左右,南亚高压中心位置的活动维持在 $30^\circ \text{N}$ 附近的高原上空。

分析4月1日到9月30日850 hPa上赤道地区的经向风可看出,印度洋至西太平洋区过赤道气流通道有四处最为显著,即 $40^\circ \sim 50^\circ \text{E}$ 、 $75^\circ \sim 90^\circ \text{E}$ 、 $105^\circ \sim 125^\circ \text{E}$ 和 $145^\circ \sim 155^\circ \text{E}$ 四处。其中 $45^\circ \text{E}$ 附近的过赤道气流最为强大和稳定,它从6月上旬开始稳定少变,风速达6—13米/秒,对印度季风爆发起了主要作用。其他三个通道较弱且不稳定。如 $110^\circ \text{E}$ 附近的过赤道气流,风速为2—5米/秒,它对东亚季风的形成和维持有重要的影响。

在分析850 hPa的 $u$ 、 $v$ 风场还表明,4、5月份,东亚季风区的风速要大于印度季风区。南海夏季风开始在5月中旬,而印度季风爆发却在6月15日左右,并且随着印度地区

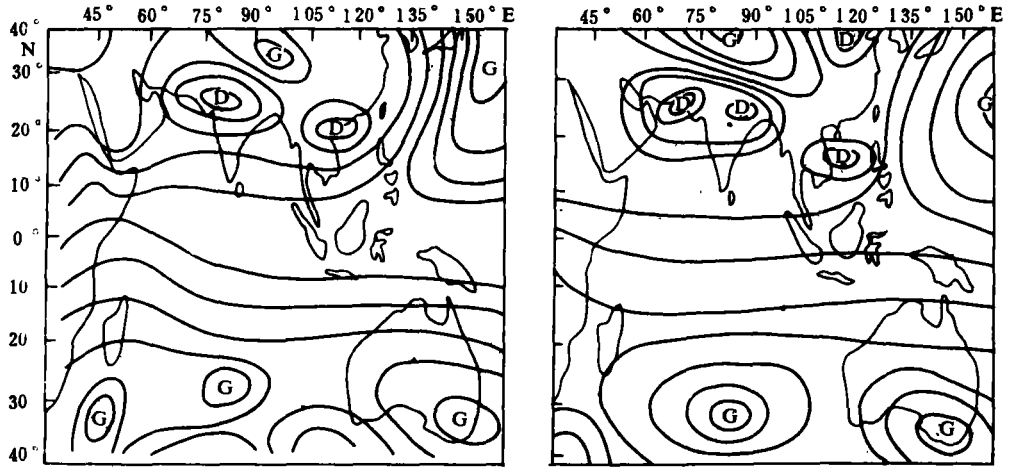


图 1 1000hPa高度场分布特征 (左图为6月20日, 右图为7月15日)

西南风的增强, 东亚地区的西南风也有一个显著增强过程, 这充分说明了东亚季风的发生要早于印度季风, 且印度季风爆发后对东亚季风将会产生明显的作用〔3〕。而东亚夏季风的变化受西太平洋副热带高压活动的影响很大, 当副热带高压西伸扩展时, 南海地区的季风就明显的减弱。

同时, 南北半球间的相互作用也很突出, 当澳大利亚高压增强后, 110°E附近的过赤道气流、南海地区经向风增强, 这说明澳大利亚高压对东亚季风的作用。但必须注意, 东亚季风的每次增强不完全都是受到南半球气流的影响, 它还将受到本半球其他方向气流的作用〔7〕。另外, 当马斯克林高压增强时, 45°E附近的过赤道气流、印度地区的西南气流都增强。

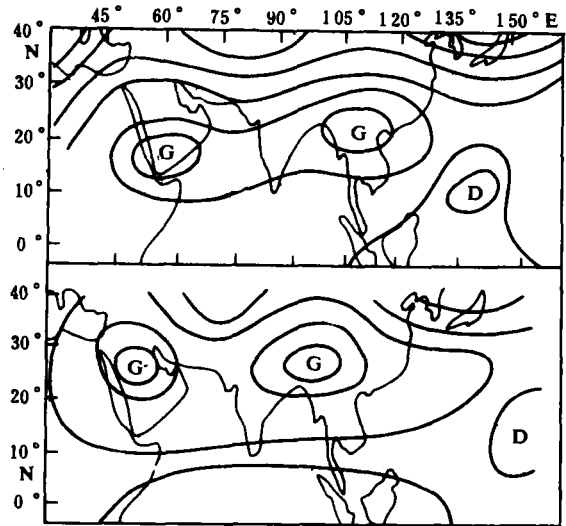


图 2 200 hPa 高度场分布特征 (上图为6月10日, 下图为7月10日)

### 三、亚洲季风系统的振荡特征

通过以上对1983年4月1日到9月30日间热带地区环流形势的实况分析, 本文选取了能反映大气活动的特征区域的要素场  $u$ 、 $v$ 、 $z$  的平均量表示各个季风系统的变化, 即在

1000hPa上选有南海-西太平洋辐合带(10°—30°N, 105°—125°E)、印度季风槽(15°—25°N, 70°—85°E)、马斯克林高压(20°—30°S, 45°—70°E)、澳大利亚高压(25°—35°S, 130°—150°E); 500hPa上有西太平洋副高(10°—30°N, 120°—150°E), 200hPa上有南亚高压(20°—30°N, 75°—105°E)。而经、纬向气流变化的特征区域,在850hPa上取赤道附近的经向风分量来反映45°E处(5°S—5°N, 40°—50°E)、80°E处(5°S—5°N, 75°—85°E)、110°E处(5°S—5°N, 105°—115°E)和150°E处(5°S—5°N, 145°—155°E)的过赤道气流变化,同时还取了中印半岛-南海(10°—20°N, 100°—120°E)、华南及沿海(20°—25°N, 100°—120°E)、长江流域(27.5°—32.5°N, 100°—125°E)、印度南部(10°—20°N, 65°—90°E)、西太平洋信风区(5°—15°N, 130°—150°E)、南太平洋信风区(5°—15°S, 130°—150°E)、澳大利亚北部沿海(10°—20°S, 115°—130°E)和马斯克林群岛东北部沿海(10°—20°S, 65°—75°E)等地区的 $u$ 、 $v$ 场。另外还以200hPa低纬的纬向风来反映东亚高空东风急流(5°—20°N, 100°—140°E)、印度高空东风急流(5°—20°N, 55°—90°E)。

最后,对以上这些特征区域的要素平均值所组成的时间序列,求其最大熵谱。

### (一) 气压系统的振荡特征

根据最大熵谱的计算和分析可得出,各层季风系统所具有的周期,如图3所示。

由图可以归纳出亚洲季风系统主要存在着三种周期,分别为40天、准两周、准一周的振荡(如表1)。从表可以看出东亚低层系统的ITCZ、澳大利亚高压、西太平洋副热带高压都是以40天周期振荡最为显著,而印度季风系统的马斯克林高压以两周振荡最为显著,印度季风槽以27天最为显著,南亚高压三种周期几乎是同等重要的。

### (二) 过赤道气流的振荡特征

从各经度上过赤道气流的熵谱分析可看出,其振荡周期如表2所示。

表 1 各季风系统的振荡周期

系 统	周期 (d)
南海-西太平洋辐合带	40 10 16
澳大利亚高压	40 10 16
马斯克林高压	16 9 40
印度季风槽	27
西太平洋副高	40 10
南亚高压	40 16 16

表 2 过赤道气流的振荡周期

系 统	周期 (d)
45°E处过赤道气流	10 27 7
80°E处过赤道气流	40 7 10
110°E处过赤道气流	40 10 7
115°E处过赤道气流	10 7 16

由表可以看出该年80°E处的过赤道气流和110°E处过赤道气流均以40天振荡周期最为显著,而45°E处和150°E处的过赤道气流却是以10天左右振荡周期最为显著,因此若要把南北半球的40天振荡联系起来,对于该年来说有可能是通过80°E和110°E附近的过赤道气流进行的。

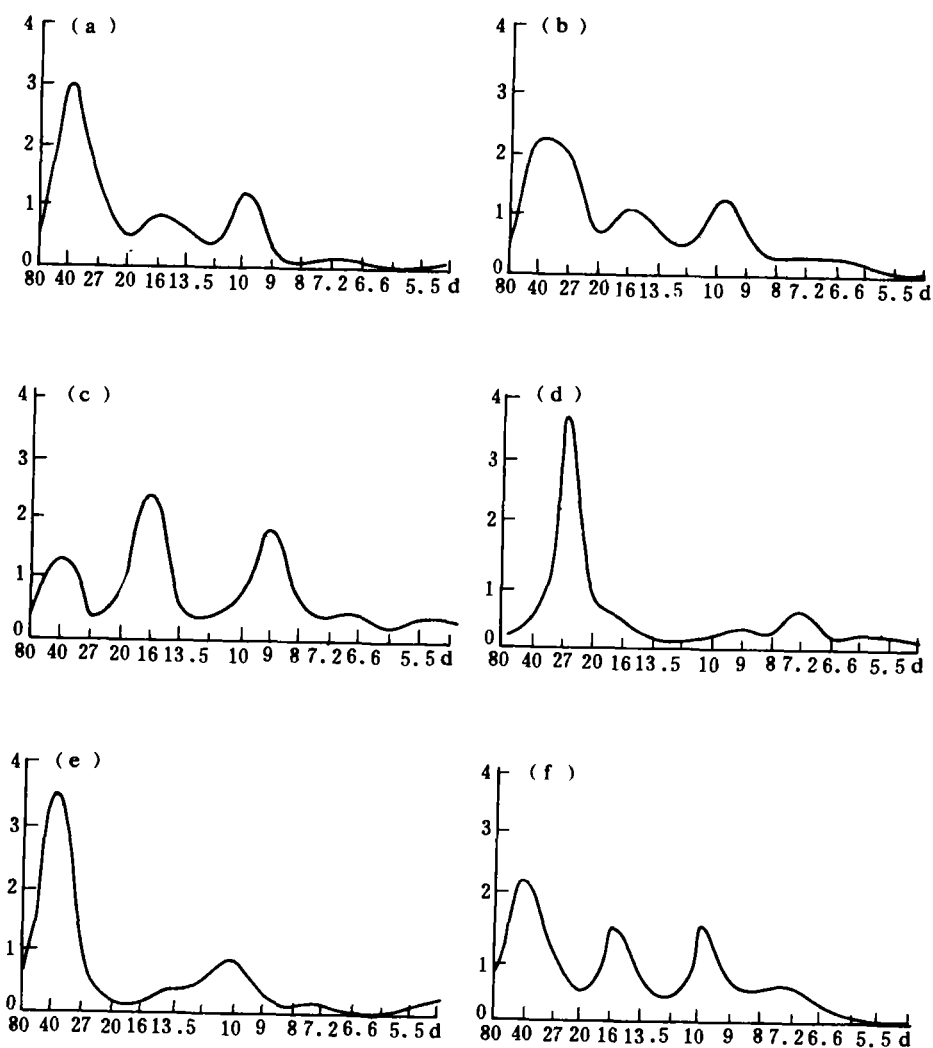


图 3 各层季风气压系统的最大熵谱分布

(a) 南海-西太平洋辐合带 (b) 澳大利亚高压 (c) 马斯克林高压  
(d) 印度季风槽 (e) 西太平洋副高 (f) 南亚高压

### (三) 经纬向气流的振荡特征

表 3 为所选定的特征区的平均经向、纬向气流的振荡周期。

从表 3 可明显地看出，亚洲季风区内 850 hPa 经向气流振荡，除马斯克林特征区外，都存在显著的 40 天振荡周期，尤其是澳大利亚北部至东亚季风区表现得更为突出，它可能与南北半球环流的相互影响有联系，这是值得进一步讨论的问题。

而纬向气流振荡的显著周期，在北半球除华南及沿海特征区以 20 天左右振荡周期为主外，其余都是以 40 天振荡周期最为显著。但值得注意的，南半球纬向气流（南半球太平洋

信风、澳洲北部和马斯克林群岛北部的纬向风)的40天左右振荡周期却表现得明显,基本上以27天或时间更短的周期振荡为主。

表 3 经、纬向气流的振荡周期

经、纬向风	周期 (d)
中印半岛-南海纬向风	40 14 7
华南及沿海纬向风	20 40 8
长江流域纬向风	40 12 8
澳大利亚北部纬向风	27 10 16
马斯克林东北部纬向风	8 16 10
印度南部纬向风	40 14 7
西太平洋信风	40 14 9
南太平洋信风	27 10 16
印度高空东风急流	40 14 9
东亚高空东风急流	40 16 /
中印半岛-南海经向风	40 16 9
华南及沿海经向风	40 10 /
长江流域经向风	40 9 7
澳大利亚北部经向风	40 14 8
印度经向风	40 16 12
马斯克林东北部经向风	10 27 16

#### 四、各季风系统的40天周期振荡的联系

##### (一) 经、纬向气流间的可能联系

为了研究具有40天周期振荡的各季风系统之间的联系,这里将上述各季风系统所组成的序列,采用带通滤波的方法<sup>[5]</sup>,把30—50天的周期振荡分量过滤出来。结果表明在100°—120°E经度范围内选定的各特征区的经向风速分量的40天周期振荡,可以明显看出有从南向北传播的位相关系,如图4所示。

由图可以看出,从澳大利亚北部的经向风到110°E过赤道气流和从中印半岛-南海区经向风、华南及沿海海区经向风到长江流域经向风的30—50天周期振荡的波峰,随着时间的推移,依次从南向北先后出现。为了更好地说明这一事实,以中印半岛-南海区为中心,对上述各特征区经向气流作交叉谱分析,如表4所示。

表 4 1983年夏季以中印半岛-南海区为中心点的经向气流40天振荡的交叉谱位相函数

特征区 项目	澳洲北部	110°E过赤道气流	中印半岛-南海区	华南及沿海区	长江流域
凝聚函数	0.5	0.4	1.0	0.7	0.6
位相(d)	4.0	2.5	0	-1.5	-2.8

从表中可看出,除110°E过赤道气流与中印半岛-南海区两者凝聚函数值偏低未达得信度0.05外,其余各区经向气流振荡都和南海区有密切的联系。它们的位相关系表明,澳洲北部经向气流振荡较中印半岛-南海区超前4天,而中印半岛-南海区振荡超前于华南及沿海区1.5天,超前于长江流域区的振荡为2.8天,这说明南北半球的经向气流振荡的位相传播速度是不等的,且值得注意的是南半球振荡对北半球振荡的影响在通过110°E过赤道气流的振荡这一纽带联系时,似乎在赤道附近具有一定的陷波现象,从致使南半球的振荡在向北半球传播时,产生了如图4表现的中印半岛-南海区的振荡比110°E过赤道气流的振荡位相有明显的后移现象。

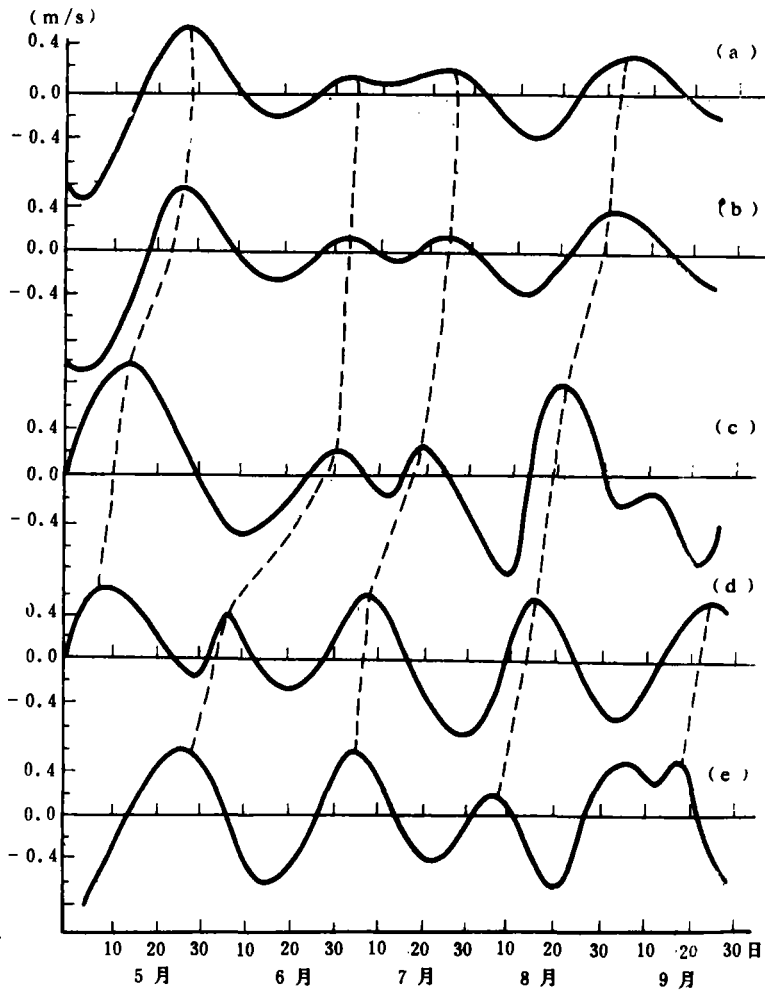


图 4 850 hpa 上各层特征区经向风分量的 30 - 50 天带通滤波特征

(a) 长江流域 (b) 华南及沿海区域 (c) 中印半岛 - 南海区域

(d) 110°E 处过赤道气流通道区 (e) 澳大利亚北部区域

同样，在纬向气流上的 40 天左右的周期振荡的位相关系，如图 5 所示。这是通过对北半球低纬三个特征区（西太平洋信风区，中印半岛 - 南海区和印度南部）的纬向风的 30 - 50 天带通滤波得到的。

图中不难看出，从西太平洋信风区到中印半岛 - 南海区的纬向气流振荡略有自东向西传播的特征；而从印度南部到中印半岛 - 南海区却是自西向东传播的。以上事实与陈隆勋等作的 1979 年东、西季风系统的相互作用所得到结论是一致的<sup>[3]</sup>，不过本文对系统的处理是以区域平均的要素场来表示的。

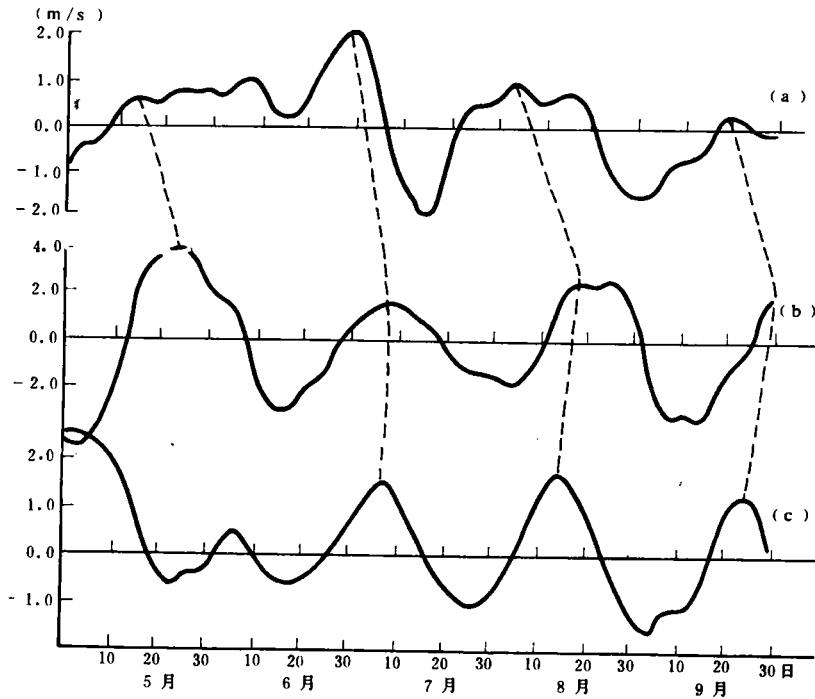


图 5 850 hPa上各特征区纬向风速分量的30—50天带通滤波变化特征

(a) 印度南部 (b) 中印半岛—南海区 (c) 西太平洋信风区

(二) 季风气压系统与环流间的可能联系

为了进一步讨论具有40天周期振荡的地面气压系统与850、500 hPa环流系统间的联系，这里求出了以南海—西太平洋赤道辐合带(ITCZ)为中心与各环流系统间的交叉谱，如表5所示。

表 5 1983年夏季以气压系统ITCZ为中心的交叉谱值

项 目 \ 系 统	澳大利亚高压	澳大利亚北部 $v$	110°E过赤道气流	ITCZ	华南及沿海纬向气流 $u$	西太平洋副高	西太平洋信风
凝聚函数	0.4	0.6	0.7	1.0	0.9	0.7	0.7
位相函数(d)	2.4	6.7	-2.0	0	-1.5	-2.8	-3.3

由表可看出，北半球南海地区热带辐合带的40天振荡和南半球澳大利亚高压的振荡关系不是十分密切，两者间的凝聚函数仅0.4，未达到信度0.05，而澳洲北部经向气流( $v$ )的振荡和南海辐合带振荡却有很好的凝聚关系，即澳洲北部经向气流振荡达最大值后6.7天，东亚季风区ITCZ振荡才有所响应；而850 hPa上110°E处过赤道气流的振荡最大值却在地面ITCZ振荡后的2天才出现，这可能与不同高度(层次)的周期振荡传播速度有关。因此表5中所反映的北半球高层环流系统振荡峰值落后于地面气压系统(ITCZ)振荡是合理的。



在北半球，当地面ITCZ 40天振荡达到最强的1.5天后，850 hPa上华南及沿海地区的纬向气流振荡才达到最大值；2.8天后500 hPa上的西太平洋副高振荡达最大，3.3天后西太平洋信风区振荡达最大。由此表明季风区内，地面季风系统振荡对中、低层环流系统振荡具有一定的影响。

### 五、东亚季风区内经向气流振荡与中国南方降水的联系

由于中国东部夏季降雨带随着季节变化是由南向北推移的，本文就分别对南海北部（海口、东沙、西沙三站为代表）、华南沿海（厦门、广州、南宁三站）和长江流域（上海、南京、武汉、宜昌四站）的日平均降水量所组成的时间序列进行最大熵谱分析，如图6所示。

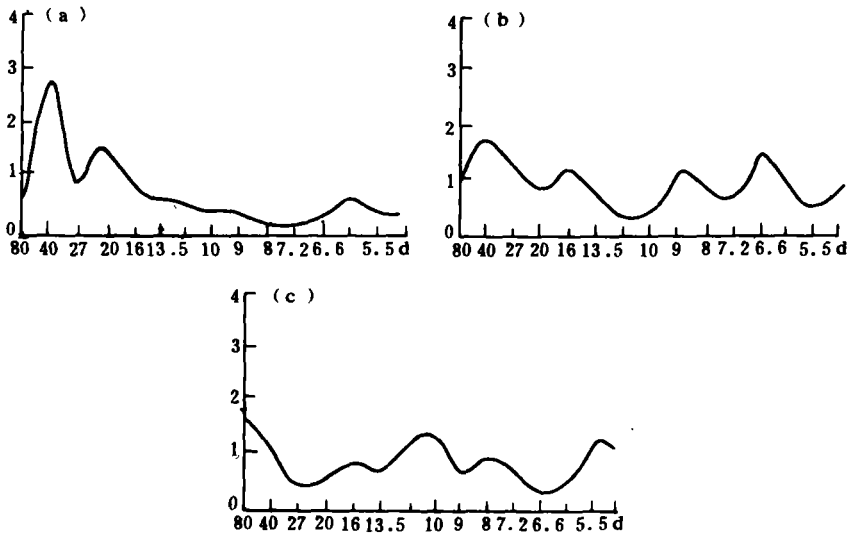


图 6 中国南方各区域降水的最大熵谱分布特征  
(a) 南海北部 (b) 华南沿海 (c) 长江流域

从图可以看出，在夏半年南海北部和华南沿海的降水具有明显的40天左右周期振荡，而长江流域降水的振荡周期最为显著的是80天左右，其次才是40天，由此表明中国南方的夏季降水都存在着40天左右的周期振荡。

为了探讨降水振荡和经向气流振荡间的关系，这里分别对上述各地区的降水和各特征区的经向气流作30—50天的带通滤波，所得结果如图7所示。

由图可明显看出南海北部降水的40天左右振荡和110°E处过赤道气流的振荡、华南沿海降水与中印半岛-南海经向气流振荡、长江流域降水和该地区经向气流振荡都分别有很好的对应关系，且降水的振荡峰值都落后于经向气流振荡。为了进一步了解它们的各自的位相

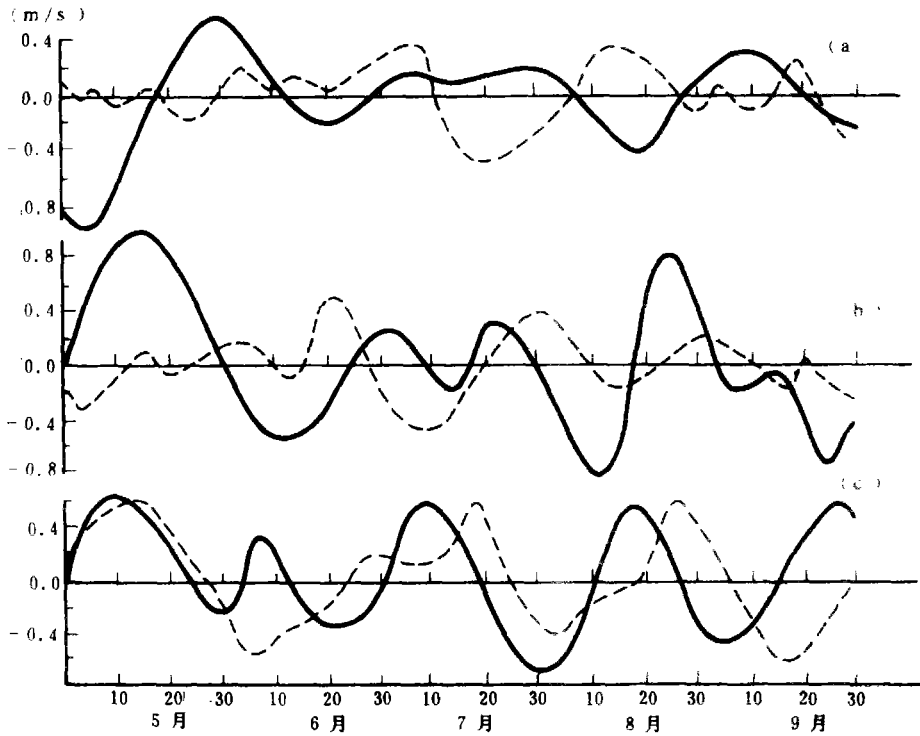


图7 各特征区经向风速分量和相应区域降水量的30—50天带通滤波的时间演变特征

(a) 长江流域经向风(实线)和降水(虚线) (b) 中印半岛—南海经向风(实线)和华南降水(虚线)  
(c) 110°E附近过赤道气流(实线)和南海北部区域降水(虚线)

关系,这里又分别求它们间的交叉谱。结果得到,其各自相对应的两者凝聚函数都在0.5或以上,达到了信度0.05水平。而振荡位相值南海北部降水振荡落后于110°E过赤道气流振荡约8天;华南沿海降水落后于中印半岛—南海经向气流振荡约4天;长江流域降水落后于该区经向风振荡6.8天。从而表明了中国南方各区域降水的40天振荡分别和其南部的经向气流振荡有密切的联系,且经向气流振荡要早于降水振荡约4—8天,这一结果对中国南方降水的中期预报具有一定的参考意义。

## 六、结 论

1. 亚洲夏季各季风系统普遍存在着40天、准两周、准一周的振荡周期,其中以40天左右的周期振荡为主的,在1000hPa上有南海—西太平洋ITCZ、澳大利亚高压,500hPa上是西太平洋副热带高压,200hPa上为南亚高压。反映在850hPa上经向气流( $v$ )振荡地区的有110°E处过赤道气流、澳洲北部地区、中印半岛—南海区、华南及沿海区、长江流域和印度地区;而纬向气流( $u$ )振荡以北半球低纬的印度南部、中印半岛—南海和西太平洋信风区最为显著。

2. 在低层850hPa上经向风 ( $v$ ) 40天左右周期振荡中, 南半球澳大利亚北部地区振荡与北半球东亚季风区内各系统振荡间的位相存在着一定的联系。东亚季风区内各系统间振荡位相都存在着向北传播的征兆, 其传播一般由南海北部至长江流域约需8天时间。

3. 季风区内纬向气流 ( $u$ ) 的40天左右振荡周期位相的传播, 由西太平洋信风区至南海-中印半岛间具有较弱的自东向西传播特征, 而印度南部至南海-中印半岛间的传播方向恰与上述相反, 是由西向东传播的, 平均约10天左右。以上结果表明确定 $105^{\circ}$  E附近大致是东亚季风和印度季风的分界线<sup>[3]</sup>是合适的。

4. 长江中下游地区、华南及沿海区和南海北部的夏季降水, 亦普遍存在40天左右的周期振荡。其振荡位相基本上分别落后于相应区域(长江流域、南海北部和 $110^{\circ}$  E处的赤道地区)的经向气流 ( $v$ ) 振荡位相约4—8天。

### 参 考 文 献

- [1] 陈隆勋、金祖辉等, 夏季亚洲地区热带环流的中期振荡, 海洋学报, **5** (1983), 3: 576—586.
- [2] 陶礼文、王晓东, 南海夏季季风系统的中期变动, 海洋学报, **5** (1983), 4: 709—718.
- [3] 金祖辉、陈隆勋, 夏季东亚季风环流系统的中期变化及其与印度季风环流系统的相互关系, 全国热带季风会议文集, 云南人民出版社, 1982, 204—215.
- [4] Krishnamurti, T. N. and H. H. Bhalme, Oscillations of monsoon system, Part I: Observation aspects, *J. Atmos. Sci.*, **33** (1976), 1937—1954.
- [5] Murakami, M., Large scale aspects of deep convective activity over the GATE area, *Mon. Wea. Rev.*, **107** (1979), 994—1013.
- [6] Murakami, T., T. Nakazawa and He jinhai, The 40—50day Oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer, Part I: phase propagation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **63**(1984), 250—271.
- [7] 汤明敏、黄上松, 1979年中国东部夏季风的进退, 全国热带季风会议文集, 云南人民出版社, 1981, 15—30.