

# 江淮入梅前后大气环流的演变特征和西太平洋副高北跳西伸的可能机制\*

徐海明 何金海 周兵

(南京气象学院大气科学系, 南京 210044)

## 提 要

该文首先采用合成分析的方法研究了江淮入梅前后大尺度大气环流的演变特征和西太平洋副热带高压西伸北跳的可能机制。研究表明,江淮入梅前期的最显著的特征是:副热带高压首先在太平洋中部增强北跳,而后向西扩展导致太平洋副高西部脊(120°E)的增强北跳。进一步分析表明,在太平洋中部副热带高压的增强北跳和西伸之前,副热带高压南侧 ITCZ 中对流和孟加拉湾北部的对流活动明显并且都经历了一次增强活跃过程,这意味着热带 ITCZ 和孟加拉湾北部对流的异常活跃可能对副热带高压的增强北跳西伸产生影响。全球大气环流模式模拟结果表明,赤道中太平洋 ITCZ 中对流异常活跃不仅可导致副热带高压的增强北移,而且还可导致副热带高压西伸,与诊断分析结果相一致。

关键词:江淮入梅 副高西伸北跳 机制

## 引 言

江淮地区 6~7 月份入、出梅的迟早、梅雨期的长短、梅雨量的多少一直是长江中下游地区气象业务部门汛期气象服务工作的主要任务。在江淮入梅前后期大尺度的大气环流有何显著的演变特征,我国气象工作者已做了大量的工作<sup>[1~2]</sup>。早在 20 世纪 70 年代初,陶诗言<sup>[3]</sup>就已经指出江淮入梅前后亚洲大尺度环流明显经历了一次突变,即“六月突变”。由于过去资料的匮乏,人们往往从个例分析和天气分析的角度来探讨江淮入梅前后大尺度大气环流的演变特征,这缺乏一定的普遍性,另外,江淮入梅前后西太平洋副热带高压为什么会经历一次北跳过程,还没有得到很好的解释。本文试图采用多年逐日再分析资料和 OLR 资料来探讨江淮入梅大尺度大气环流演变的共同特征和西太平洋副热带高压产生北跳的可能机制。

## 1 资 料

(1) 南京气象学院气象台统计的 1979~1993 年共 15 年的江淮入梅日期资料(如表 1

\* 由国家自然科学基金“九五”重点项目(49735170)、国家重点基础研究发展规划《我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论研究》项目 G1998040908 共同资助。

1999-11-19 收到, 2000-01-25 收到修改稿。

所示)是根据以下的标准来确定的:① $120^{\circ}\text{E}$ 的副高脊线位置北跳到 $20^{\circ}\text{N}$ 以北且稳定在 $18^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 之间达4天以上;②副高北跳以后,5天内有 $\geq 4$ 天,10天内有 $\geq 7$ 天的阴雨日;③连阴雨日开始后5天内必须有一次大一暴雨以上的雨日;④日平均温度入梅前后连续4天以上 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 。这与江苏气象台确定每年入梅的标准是一样的。

(2) 欧洲中期天气预报中心(ECMWF)逐日再分析资料集,本文使用的是500 hPa逐日的高度场,资料年代为1979~1993年,分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。

(3) 15年(1979~1993年)全球逐日的射出长波辐射(OLR)资料,空间分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 格距。

表1 南京气象学院气象台1979~1993年入梅日期统计表

年份	入梅日期	年份	入梅日期	年份	入梅日期	年份	入梅日期	年份	入梅日期
1979	6月19日	1982	7月10日	1985	6月22日	1988	6月15日	1991	5月9日
1980	6月9日	1983	6月19日	1986	6月19日	1989	6月6日	1992	6月21日
1981	6月22日	1984	6月7日	1987	6月18日	1990	6月7日	1993	6月18日

## 2 江淮入梅前后大尺度大气环流的演变特征

为了探讨江淮入梅前后大尺度环流形势演变的普遍特征,我们对1979~1993年逐日500 hPa高度场以每年入梅这一天为0天作合成分析,图1给出了江淮入梅前后-12天~+12天500 hPa高度场的演变情况。由图可见:在江淮入梅前的12天(-12天),在西北太平洋上为一个东西向的副热带高压所控制,西部脊线位于 $15^{\circ}\text{N}$ 附近,副热带高压588 dagpm线的最西点位于 $120^{\circ}\text{E}$ 附近;孟加拉湾北部为一个宽广的大低槽(南支槽),这种环流形势与我国东部的的主要雨带位于华南时所具有的低纬度环流形势是一致的;这时在中高纬西风带中,贝加尔湖附近及其以北地区为一个较强的高压脊所控制,脊前的我国东北地区至鄂霍次克海上空相应为短波槽,脊后的巴尔克什湖及以北的西西伯利亚地区为一个宽广的大低槽,欧亚上空的西风带环流形势主要表现为两槽一脊。-8天,西风带中东移的高压脊在东移的过程中已渐渐并入副热带高压之中,这时的西太平洋副热带高压明显的增强,并在 $150^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ 之间形成了一个强的闭合高压中心,其中心值大于590 dagpm,副热带高压的西部脊则相应东撤;值得注意的是这时在乌拉尔上空有一个小高压脊生成。-4天(图略),乌拉尔山附近的小高压脊不断发展加强并成为一个强的长波脊,由于上下游效应的作用,位于其脊前的巴尔克什湖以北的槽以及下游一个波长处的鄂霍茨克海高压脊都有不同程度的发展加强;位于鄂霍茨克海高压脊下方的西太平洋副高的西部脊相应增强北抬, $120^{\circ}\text{E}$ 的脊线已由原来的 $15^{\circ}\text{N}$ 北抬至 $18^{\circ}\text{N}$ 附近。0天,即江淮入梅之日,西太平洋副高的西部脊明显经历了一次北跳,西部脊线由原来的 $18^{\circ}\text{N}$ 跳至 $22^{\circ}\text{N}$ ,在北跳的同时增强西伸;这时的乌拉尔山高压脊已开始减弱东移,其下游的长波槽也已移至巴尔喀什湖和贝加尔湖之间。+4~+8天,江淮入梅以后,太平洋副热带高压的西部脊线基本稳定地维持在 $22^{\circ}\text{N}$ 附近,鄂霍次克海上空的高压脊得到进一步的发展加强并形成稳定的阻塞高压,乌拉尔山附近的长波脊减弱以后又再一次得到发展形成长波脊,在两者之间的西西伯利亚地区则为宽广的低压槽所控制,形成了梅雨期期间稳定

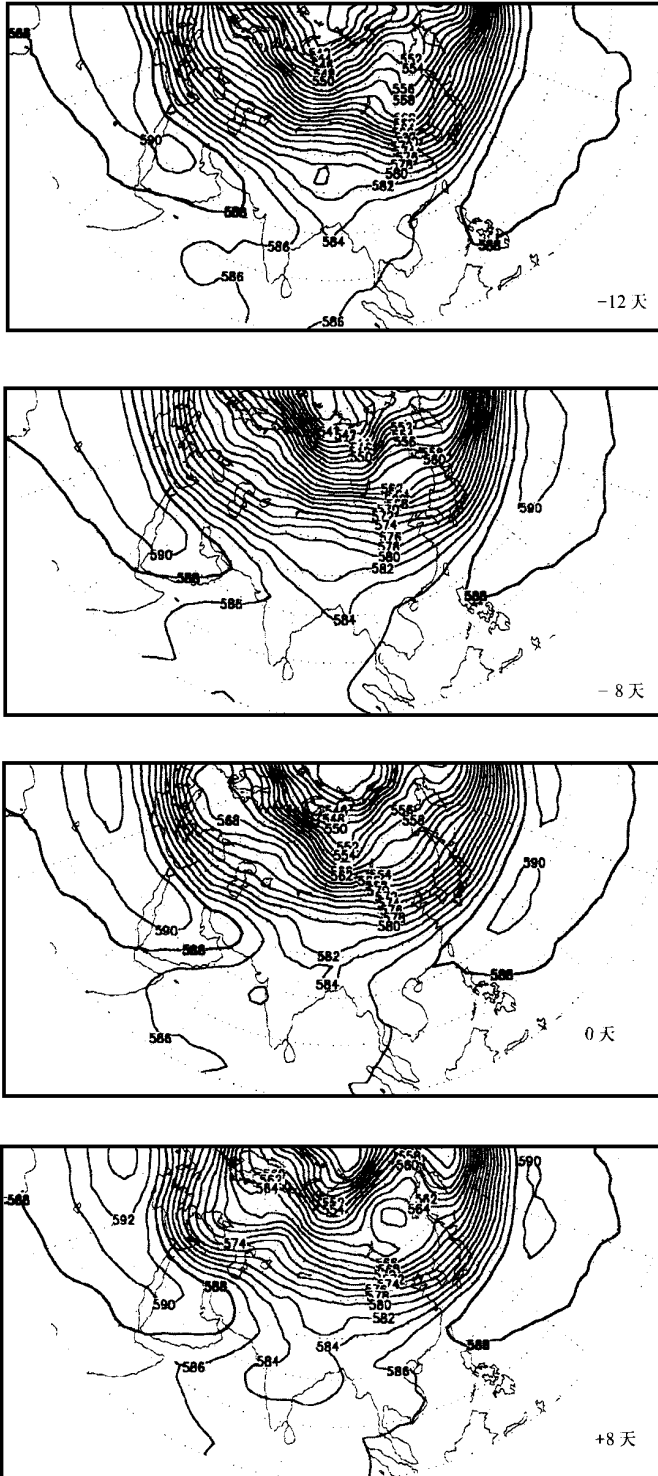


图1 15年(1979~1993年)的北半球500 hPa高度场以江准入梅日为0天的前后逐日合成图(等值线间隔:20 gpm)

的“两脊一槽”的环流形势。

由上面的分析可见,江淮入梅前后的大型环流形势经历了一次明显的调整过程,中纬的欧亚上空由入梅前的“两槽一脊”型渐渐演变为入梅后稳定的“两脊一槽”型;太平洋副热带高压在入梅前 8 天左右首先在其中部  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  得到一次明显的增强,随后渐渐西伸北抬,其西部的脊线由入梅前的  $15^{\circ}\text{N}$  附近北跳至入梅后的  $22^{\circ}\text{N}$  附近。

为了更清楚地表征江淮入梅前后大气环流的演变特征,作了 500 hPa 高度合成场的时间剖面图。图 2、图 3 分别给出了 500 hPa 高度合成场沿  $120^{\circ}\text{E}$  和  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  的时间-纬度剖面图,由图 2 可见: $120^{\circ}\text{E}$  的副热带高压脊在入梅的前后明显经历了一次北跳,由入梅前的  $15^{\circ}\text{N}$  附近北跳至  $22^{\circ}\text{N}$  附近,这与我们主要以  $120^{\circ}\text{E}$  的高压脊线北跳至  $22^{\circ}\text{N}$  作

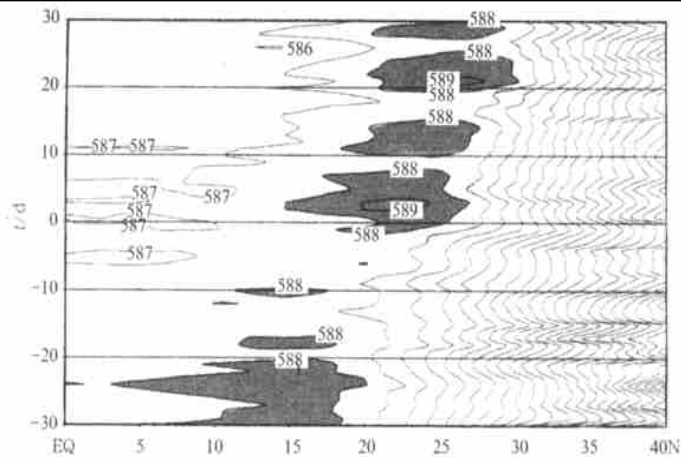


图 2 15 年(1979 ~ 1993 年)500 hPa 高度场以江淮入梅日为 0 天的逐日合成场沿  $120^{\circ}\text{E}$  的时间-剖面图(等值线间隔为:10 gpm;阴影区为高度场值大于 588 dagpm)

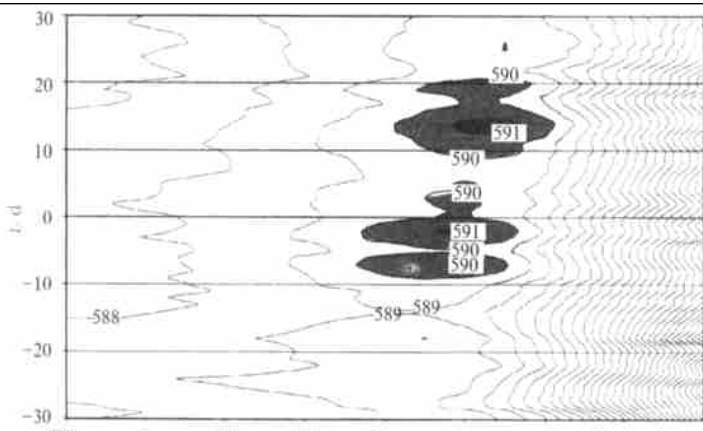


图 3 15 年(1979 ~ 1993 年)500 hPa 高度场以江淮入梅日为 0 天的逐日合成场沿  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  的时间-剖面图(等值线间隔为:10 gpm;阴影区为高度场值大于 590 dagpm)

为入梅的标准相一致;由入梅前后几天 500 hPa 环流的演变则可以看到  $120^{\circ}\text{E}$  副高脊的北跳主要由副热带高压的西部脊经历了一次先减弱东撤而后又增强西伸造成的。由图 3 可以看到,  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  的副热带高压在入梅前的 8 天左右便经历了一次北跳和加强过程,这表明中太平洋副热带高压的加强北跳明显早于西太平洋副高脊的北跳,这对于预报江准入梅具有很好的指示意义。个例分析和预报经验业已指出<sup>[2]</sup>,在副热带高压季节性北移的过程中,中太平洋副高的北移明显早于西太平洋副高脊的北移,本文用多年资料的合成分析也进一步揭示了在江准入梅前后副热带高压也同样具有这种北移特征。

### 3 太平洋副热带高压增强北跳和西伸的机制

有关太平洋副热带高压的北跳和东西向移动的机制,我国气象工作者已作了大量的理论研究工作。柳崇建、陶诗言<sup>[4]</sup>(1983)首先从强迫耗散的非线性准地转方程出发,采用高截谱的方法,在太阳高度角是连续变化的基础上,应用月尖突变理论讨论了副热带高压北移和突变现象。缪锦海等<sup>[5]</sup>(1985)则研究了具有连续季节变化热力强迫的低级正压耗散系统的平衡态和非平衡态的突变,解释了在不同经向和纬向加热差异下,副热带高压可以出现不同类型的北跳,在经向加热差异和纬向加热差异都很弱时,将不出现大气环流的季节性突变;在较强经向加热差异的情况下,较弱的纬向加热差异将引起副高的一次突变,而较强的纬向加热差异将引起副高的两次突变。王国民<sup>[6]</sup>(1986)、朱正心<sup>[7]</sup>(1987)等采用类似的非线性平衡态理论研究了副高的季节突变问题,他们的结果表明经向加热差异变化是控制西太平洋副高季节性南北进退的基本因子,纬向加热差异对副高的北跳也存在重要影响。本文从实际的观测资料来探讨经向和纬向热力差异与太平洋副热带高压突然增强、北跳和西伸的关系,首先用 1979~1993 年 15 年的逐日 OLR 资料分别以这 15 年的入梅日作为 0 天进行合成。图 4 为对 OLR 合成场后再在  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  之

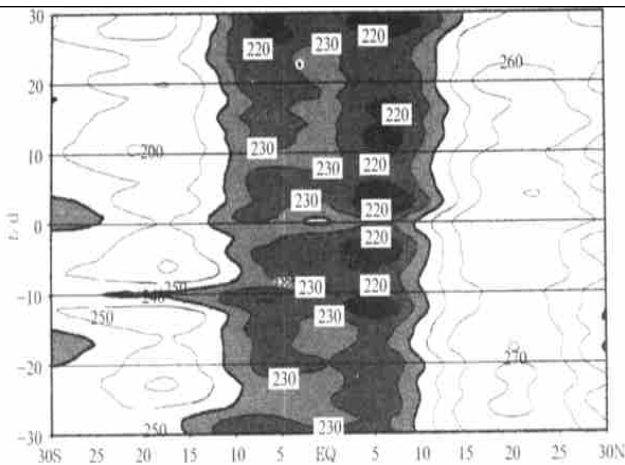


图 4 1979~1993 年 15 年的 OLR 以江准入梅日作为 0 天的前后逐日合成场沿  $150^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  的时间-纬度剖面图(等值线间隔为  $10 \text{ W/m}^2$ ; 阴影区为 OLR 小于  $240 \text{ W/m}^2$ )

间取纬向平均后得到的时间-纬度的剖面图。由图可见:在江淮入梅的前后,赤道中太平洋上 $5^{\circ}\text{N}$ 附近一直维持一条对流云带,即 ITCZ,并在该云带上不断有强对流的发生发展;由图还可以清楚看到,在入梅前的 13 天左右,位于赤道中太平洋上明显有一次 OLR 值小于  $220\text{ W/m}^2$  强的对流发生发展,对照图 3 和图 4 可以看到该对流的活跃时间明显早于中太平洋副高北跳的时间,对流活跃的时间大约超前副高北跳 5~6 天。这表明副热带高压增强北跳之前,其南侧 ITCZ 中对流的活跃是太平洋副热带高压增强北跳的一个重要前期信号,并可能对副热带高压增强北跳产生影响。因为 ITCZ 上强对流的活跃所释放的凝结潜热不仅可以通过加大经向的热力差异有利于副热带高压的北跳,而且还通过加强经向的 Hadley 垂直环流有利于太平洋副高得到加强。至于 ITCZ 中对流的异常活跃是否会对副热带高压的增强北移产生显著影响,将在下一节数值模拟中再加以讨论。

图 5 为对 OLR 合成场再取  $17.5^{\circ}\sim 22.5^{\circ}\text{N}$  经向平均的时间-经度的剖面图。由图可

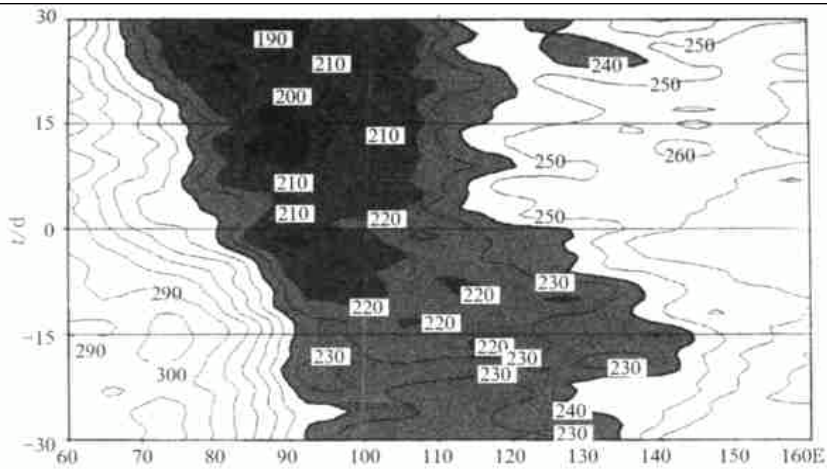


图 5 1979~1993 年 15 年的 OLR 以江淮入梅日作为 0 天的逐日合成场沿  $17.5^{\circ}\sim 22.5^{\circ}\text{N}$  纬度带平均的时间-经度剖面图  
(等值线间隔为  $10\text{ W/m}^2$ ; 阴影区为 OLR 小于  $240\text{ W/m}^2$ )

见:在江淮入梅这 1 天,从 OLR 场上明显反映出副热带高压的突然西伸;从图中还可以看到,在入梅前的 10 天左右,原位于中南半岛北部的较强的对流活动(OLR 值小于  $220\text{ W/m}^2$  区域)明显开始向西扩展,并在入梅前 2~3 天移到了孟加拉湾北部,并在那儿形成强的对流活动中心(OLR 值小于  $200\text{ W/m}^2$  区域)。Murakami, Chen 和 Xie(1986)<sup>[8]</sup>用 8 年夏季 OLR 低频分量的 EOF 分析表明其第一主分量特征矢量分布表现为在孟加拉湾和菲律宾附近各有一个强振荡中心,但符号相反,这表明孟加拉湾和南海—西太平洋地区的深对流低频振荡是反位相的,由此可以推测孟加拉湾和南海—西太平洋的对流活动是相反的,即当孟加拉湾对流活跃时,南海季风槽中断。徐海明、王谦谦(1997)<sup>[9]</sup>的数值模拟结果也表明,当孟加拉湾北部有强对流活跃时,南海北部—菲律宾附近降水减少、上升运动减弱,南海季风槽活跃中断,并在对流层中低层形成一个反气旋性的差值环流,这进一步证明了孟加拉湾北部对流活动的发展加强时,南海—西太平洋的对流活动会明显受到抑

制,南海—西太平洋的季风槽活跃将中断。祝从文(1997)<sup>[10]</sup>在研究西太平洋副热带高压的东西向移动机制时指出,西太平洋副热带高压的纬向移动是由上升支位于南海—西太平洋附近、下沉支位于 160°E 附近,沿 10°~20°N 的纬向 Walker 环流所驱使的。综合以上分析可知,江准入梅时西太平洋副热带高压的突然西伸,可能是入梅前期中南半岛北部的强对流向孟加拉湾北部移动并在那里发展加强的结果,这是因为孟加拉湾对流的发展加强,一方面使南海—西太平洋附近的对流活跃中断,同时也通过纬圈环流使西太平洋下沉支西伸增强,从而使太平洋副热带高压西部脊加强西伸。

### 4 数值模拟

#### 4.1 模式和试验方案简介

本文采用由吴国雄<sup>[11]</sup>和刘辉等<sup>[12]</sup>对 Sim mons 模式<sup>[13]</sup>作进一步修改,使之成为包含简化生物圈模式(SSiB)<sup>[14]</sup>陆气耦合的 9 层谱模式,该模式包含了比较完整的物理过程,包括长短波辐射、干湿对流调整等。辐射加热每隔 24 h 计算一次,辐射的吸收物质包括 CO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、云及水汽。海温采用 1979~1988 年 10 年平均的月平均资料。

为了研究赤道中太平洋对流异常活跃对副热带高压强度和位置的影响,本文设计二个试验。试验 1 采用多年积分得到的 6 月 1 日的场作为模式的初始场再积分 30 天,结果每天输出一次,该试验称之为对比试验(CTL)。试验 2 采用与试验 1 同样的初始场从 6 月 1 日起积分 30 天,但在模式积分至 6 月 10~15 日之间,人为地在赤道中太平洋(150°E~180°,0°~7.5°N)地区加入一个异常扰动热源,该异常扰动热源的垂直加热廓线与文献[15]采用的对流加热廓线相同,水平最大加热率为 5℃/天,该试验称之为热源异常试验(ANT)。

#### 4.2 试验结果

图 6 给出了异常热源试验和对比试验 500 hPa 高度场之差值沿 150°E~180°的时间-

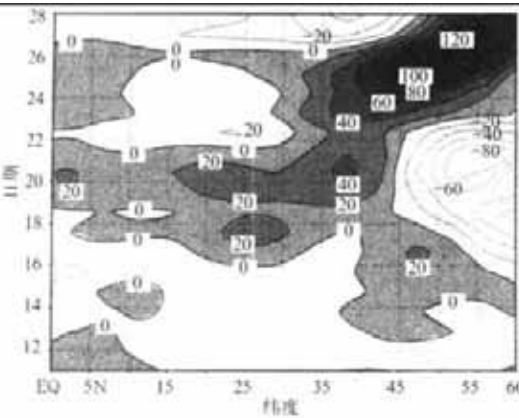


图 6 热源异常试验和对比试验 500 hPa 高度场之差(ANT-CTL)沿 150°E~180°的时间-纬度剖面图(等值线间隔:20 gpm,阴影区为高度场差值大于 0)

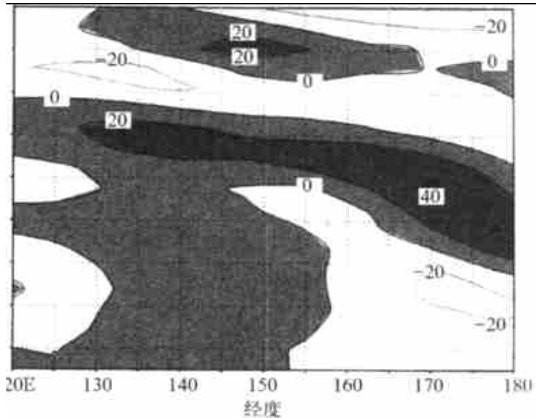


图 7 热源异常试验和对比试验 500 hPa 高度场之差(ANT-CTL)沿 20°~30°N 的时间-经度剖面图(等值线间隔 20 gpm,阴影区为高度场差值大于 0)

纬度剖面图。由图清楚可见,在赤道中太平洋对流活跃 5~6 天以后,太平洋副热带地区(20°~30°N)明显出现了正的差值,正差值中心最大值达 20 gpm 以上,伴随该正差值的出现,正差值区同时向北扩展。这表明赤道中太平洋对流异常活跃所释放的凝结潜热确实可导致随后中太平洋副热带高压经历一次明显的增强和北移过程。

图 7 给出了异常热源试验和对比试验 500 hPa 高度场差值沿 20°~30°N 的时间-经度剖面图。由图可见,赤道中太平洋对流活跃以后 6 天左右,副热带地区开始出现正的差值区,并同时迅速向西移动。这清楚表明,赤道中太平洋对流异常活跃所释放的凝结潜热不仅可导致随后中太平洋副热带高压经历一次明显增强北移过程,而且还可使副热带高压快速西移。

## 5 结 论

江淮入梅前期的最显著的特征是副热带高压首先在太平洋中部增强北跳,而后向西扩展导致太平洋副高西部脊(120°E)的增强北跳。在太平洋中部副热带高压的增强北跳和西伸之前,副热带高压南侧 ITCZ 中对流和孟加拉湾北部的对流活动明显都经历了一次增强活跃过程,这意味着热带 ITCZ 和孟加拉湾北部对流的异常活跃可能对副热带高压的增强北跳西伸产生影响。全球大气环流模式模拟结果表明,赤道中太平洋 ITCZ 中对流活跃不仅可导致其后副热带高压的增强北移,而且还可导致副热带高压西伸,与诊断分析结果相一致。

## 参考文献

- 1 周曾奎.江淮梅雨.北京:气象出版社,1996.
- 2 林元弼,汤敏敏,等编.天气学.南京:南京大学出版社,1988.
- 3 陶诗言.东亚的梅雨与亚洲上空大气环流季节变化的关系.气象学报,1971,29(2):
- 4 柳崇健,陶诗言.副热带高压北跳与月光(CUSP)突变.中国科学(B辑),1983,5:474~480.
- 5 缪锦海,丁敏芳.热力强迫下大气平衡态的突变与季节变化.中国科学(B辑),1985,1:87~96.
- 6 王国民.副热带高压季节性跳动若干因子.气象学报,1986,44(1):50~61.
- 7 朱正心.副热带对流层高层夏季准定常涡旋系统动力成因的初步探讨.气象学报,1987,45(1):39~47.
- 8 Murakami T, Longxun Chen, An Xie, et al. Eastward propagation of 30 - 60 day perturbation as revealed from outgoing long wave radiation data. *J. Atmos. Sci.*, 1986, 43:961~971.
- 9 徐海明,王谦谦.1994年7月我国东部降水异常成因的数值研究.热带气象学报,1997,13(3):276~283.
- 10 祝从文.东亚季风及其与热带海气相互作用年际变化关系研究:[博士学位论文].南京:南京气象学院,1998.
- 11 Wu G X, Liu H, Zhao Y C, et al. A nine-layer atmosphere general circulation model and its performance. *Advance Atmos. Sci.*, 1996, 13(1):1~18.
- 12 Liu H, Wu G X. Impacts of land surface on climate of July and onset of summer monsoon: A study with an AGCM plus SSiB. *Advance Atmos. Sci.*, 1997, 14(3):289~308.
- 13 Simmonds I. A analysis of the "spinning" of a global circulation model. *J. Geophys. Res.*, 1985, 90:5639~5660.
- 14 Xue Y, Sellers P J, et al. A simplified biosphere model for global climate studies. *J. Climate*, 1991, 4(3):345~365.
- 15 Ni Yunqi, Xu Haiming, Meng Xiao. A numerical study for the effect of tropical 40 - 50 day oscillation on Asia summer monsoon. *Acta Meteor. Sinica*, 1990, 4(2):146~156.



## THE FEATURES OF ATMOSPHERIC CIRCULATION DURING MEIYU ONSET AND POSSIBLE MECHANISMS FOR WESTWARD EXTENSION (NORTHWARD SHIFT) OF PACIFIC SUBTROPICAL HIGH

Xu Haiming    He Jinhai    Zhou Bin

(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044*)

### Abstract

Through composite analysis, the features of the atmospheric circulation during Meiyu onset and possible mechanisms responsible for the westward extension and northward shift of the western Pacific Subtropical High are investigated. Results indicate that the most pronounced characteristics of the circulation evolution prior to the Meiyu onset are: the subtropical High intensifies first, jumps northward in the middle Pacific, and then extends westward, thus resulting in the reinforcement (northward migration) of the western part of the Pacific Subtropical High ridge at 120°E. The further study reveals that the enhancement (northward movement) and westward shift of the Subtropical High over the middle Pacific are closely related to the abnormally active convection in the ITCZ to the south and over the northern Bay of Bengal. A GCM simulation is performed to study the effects of abnormal convection over the middle equatorial Pacific on the Subtropical High and results show that the abnormal convection can result in both the enhancement (northward migration) of the Subtropical High over the middle Pacific and its westward extension as well, which are in agreement with diagnostic results.

**Key words:** Meiyu onset    Westward extension (northward shift) of the Subtropical High  
Mechanism