

## 夏季南海—菲律宾上空低频热源对东亚环流影响的数值试验\*

姚永红 何金海 徐海明

(南京气象学院气象学系, 南京, 210044)

**摘要** 采用钱永甫  $p-\sigma$  五层坐标原始方程模式, 研究南海—菲律宾地区上空的低频热源对东亚大气环流的影响。结果表明, 当低频热源处于加热位相时, 对流层上层澳大利亚上空西风加强, 对流层低层  $120^\circ\text{E}$  处越赤道气流增强, 副高位置偏北, 此时低层东南风影响我国东部沿海地区的降水; 冷却位相时, 对流层上层澳大利亚上空西风减弱, 对流层低层越赤道气流减弱, 副高位置偏南, 此时低层西南风造成我国东部沿海的降水。

**关键词** 低频热源, 位相, 西太平洋副高

**分类号** P435

由于大气中 30~60 天低频振荡直接同长期天气、短期气候异常密切相关, 并且被认为同 El Niño 事件的发生有一定联系, 因此有关它的研究正引起世界各国气象学家的的高度重视, 并已成为当前大气科学研究的前沿课题之一。大气中 30~60 天振荡的研究, 除具有本身的研究价值外, 对于理解大气环流的异常和全球大气环流各种时间尺度变化之间的联系, 从而对提高中长期预报的质量具有重要意义。

自从 Madden 等<sup>[1]</sup>利用坎顿岛资料对本站气压, 850hPa 和 150hPa 纬向风分量进行谱分析时发现了 40~50 天振荡现象以来, 人们用各种不同的方法从不同角度研究了低频振荡<sup>[2~4]</sup>, 得到了许多有益的结论<sup>[5~7]</sup>。人们已普遍认为 30~60 天振荡是全球大气运动的一个重要特征<sup>[8~9]</sup>。尽管如此, 全球大气中的 30~60 天振荡怎样产生的, 并不完全清楚。最近几年的研究表明, 大气对外源的强迫可以有明显的遥响应。Nitta(1986)、Huang 和 Li(1988)指出中国南海及菲律宾附近地区对流活动通过定常波列传播对东亚环流产生影响。黄荣辉<sup>[10]</sup>研究了南海—菲律宾地区上空定常热源对东亚大气环流的影响。南海—菲律宾地区是一低频对流活动的活跃区, 因此这是一个低频热源的加热区, 本文研究了这一低频热源对东亚大气环流的影响。

## 1 模式介绍和数值试验方案

### 1.1 模式介绍

为了讨论山脉效应, 我们选取了  $p-\sigma$  坐标系。关于模式的详细介绍, 见文献[11]。

模式中采用最大地形高度为 5km, 南北边界为  $30^\circ\text{S}$ 、 $70^\circ\text{N}$ , 东西边界则为周期边界, 格距为  $5^\circ \times 5^\circ$  经纬度, 计算中时间积分步长为 15min, 积分形式为 1h 欧拉后差和 5h 中央差交替进

\* 国家自然科学基金资助项目  
收稿日期: 1993-07-14; 改回日期: 1993-10-13

行。每 1h 计算一次非绝热加热场,每一积分步长对边界进行一次五点平滑,6h 对地面气压  $p$ , 及  $\sigma$  层上的  $T$  进行一次全场平滑。

### 1.2 数值试验方案

我们设计了一个低频热源,其位置在(0~20°N,110~140°E),即南海—菲律宾地区。如图 1 所示。低频扰动冷热源的加热率可表示为  $Q(x,y,z,t)=\eta(z)A(x,y)\sin(2\pi t/T)$ ,其中  $\eta(z)$  为加热垂直分布函数(如图 1b), $A(x,y)$ 为加热率的水平分布(如图 1a)。并且假定热源以正弦函数形式随时间变化,在该试验中  $T$  为热源变化的振荡周期,取为 30 天。最大加热率为  $4.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$ ,最大冷却率为  $3.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$ ,在模式中加热率直接作为低频扰动源加入模式的非绝热加热项。我们采用了欧洲中期预报中心多年 6 月份月平均高度场和湿度场资料,经初始化输入主程序积分 15 天后得到具有完整夏季环流的稳定场(图 2),并将此场作为初始场。

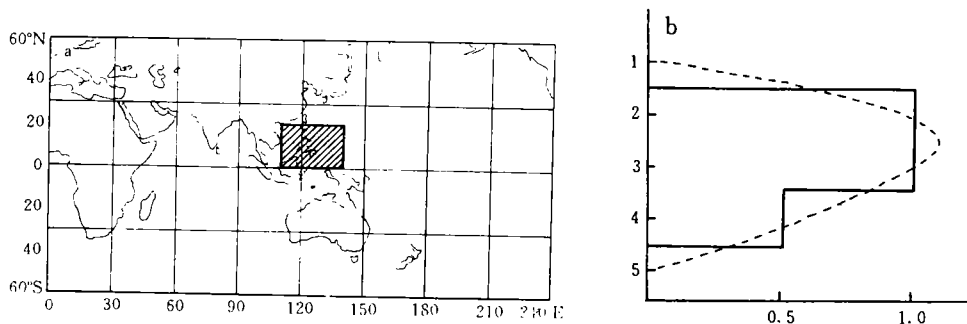


图 1 a. 低频热源水平分布;b.  $\eta(z)$ 垂直分布

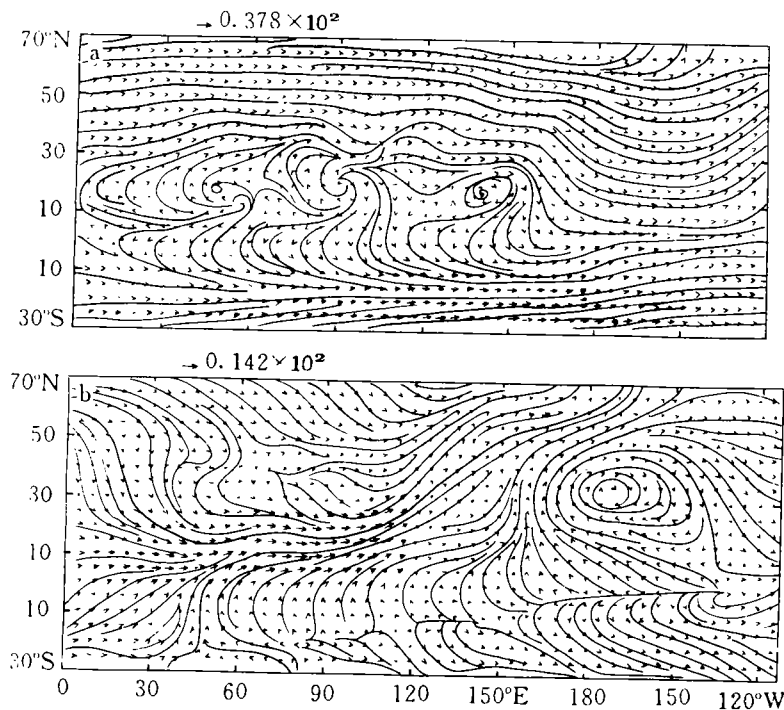


图 2 a. 300hPa 稳定场流场;b. 模式第 4 层稳定场流场

## 2 结果分析

试验中我们共积分了 30 天,为了分析的需要,以积分第 11 天的流场减去初始场的异常流场代表大气环流对加热位相的响应流场,称之为加热位相流场;以积分第 26 天的流场减去初始场的异常流场代表大气环流以对冷却位相的响应流场,称为冷却位相流场。我们选 11 天和 26 天作为代表,是因为此时流场对热源的响应最强。我们通过分析加热位相与冷却位相流场的差异,揭示低频热源对东亚环流的影响。

### 2.1 对流层高层(300hPa)流场

由图 3a 可以看出,在加热最大中心以西即南海地区上空有一辐散性差值环流,(20°N, 60°E)处为一反气旋差值环流,西太平洋上空为一气旋性差值环流,中心位于(25°N, 150°E)附近,气旋差值环流的北部外围已到 40°N 附近,太平洋中部为一气旋性差值环流。120°E 附近有较强的自北向南的越赤道气流,澳大利亚上空为西风差值环流。赤道两侧 150°E 以东有明显的西风差值,并向东延伸。图 3b 中冷却中心地区上空为气旋性差值气流控制,中心位于(20°N, 60°E)处的反气旋差值环流中心移到(25°N, 80°E)附近,西太平洋上空为一气旋性差值环流,几

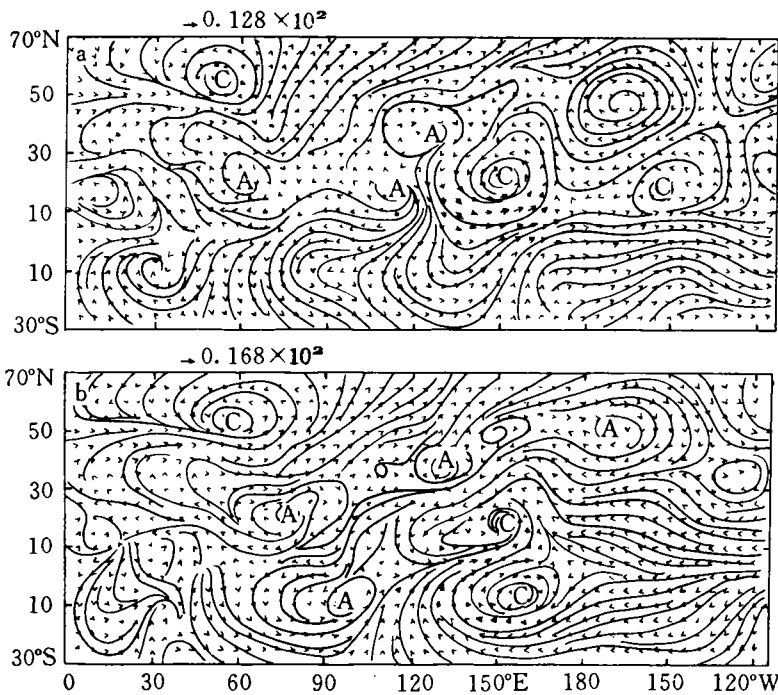


图 3 a. 加热位相流场, b. 冷却位相流场

乎不变。赤道两侧 180°E 以东有明显的东风差值气流,120°E 处越赤道差值气流由加热位相的自北向南转为由南向北,澳大利亚上空由西风差值气流转为东风差值气流。

上述结果表趋,随着南海-菲律宾上空热源的低频变化,120°E 附近的越赤道差值气流由北风差值转为南风差值,同时澳洲上空差值风也由西风差值转为东风差值,环流也由反气旋差值环流转为气旋性差值环流控制。

### 2.2 对流层中低层(模式第 4 层)流场

由图 4a 看出,在最大加热区的西侧南海地区上空低层为一气旋性差值环流,西太平洋上

空低层为一反气旋性差值环流,其中心位于(30°N,150°E)附近,其北部外围伸至50°N,太平洋中部上空低层为一气旋性差值环流。赤道两侧150°W以东为东风差值气流,120°E附近为由南向北的越赤道差值气流。由图4b看出,冷却中心西侧南海地区上空低层的反气旋性差值环流已经消失,取而代之的是反气旋差值气流,西太平洋上空低层的反气旋性差值环流中心移到(20°N,150°E)附近,其北部外围向北伸至40°N附近,180°E以东赤道两侧为明显的西风差值气流,120°E越赤道差值气流由原来的从南向北转为自北向南。从图4中还可以看出,(20~35°N,115~120°E)我国东部沿海上空低层的差值风已由加热位相时的东南差值风转为西南差值风。由此可见,南海—菲律宾上空低频热源发生位相改变时,影响我国东部地区降水的风场也发生了改变。

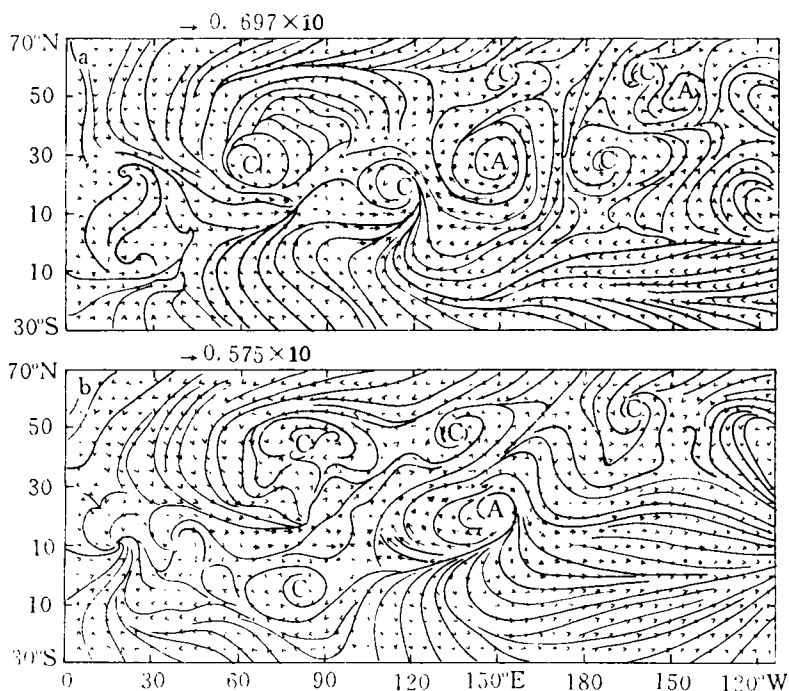


图4 a.加热位相流场;b.冷却位相流场

上述两部分的流场分析结果表明,当南海—菲律宾上空低频热源发生位相转变时,对流层高层澳大利亚上空差值风发生了变化,对流层高、低层120°E处越赤道差值气流均发生了反向变化,另外,对流层低层中国东部沿海地区差值风由东南风差值转变为西南风差值。

### 2.3 副高的位置变化及我国东部沿海地区流场差异

从图5a中可以看到,30°N附近东西风零差值线随时间发生了明显的南移。副高在中低层表现为一反气旋性环流,东西风的交界线即纬向风零值线可以代表副高脊线的位置。本文中我们均分析差值流场,因此东西风差值的交界线差值零线的南北移动也可以说明副高脊线的南北移动。从图5a中可以看出,差值零线在加热位相时位于40°N附近,而在冷却位相时位于20°N以南,由此我们得知副高脊线发生了南北移动,即副高发生了南北移动。另外,我们从图5b中可见,150°E附近的北风和南风差值的交界线差值零线略有东倾,这也说明了副高中心发生了东移。

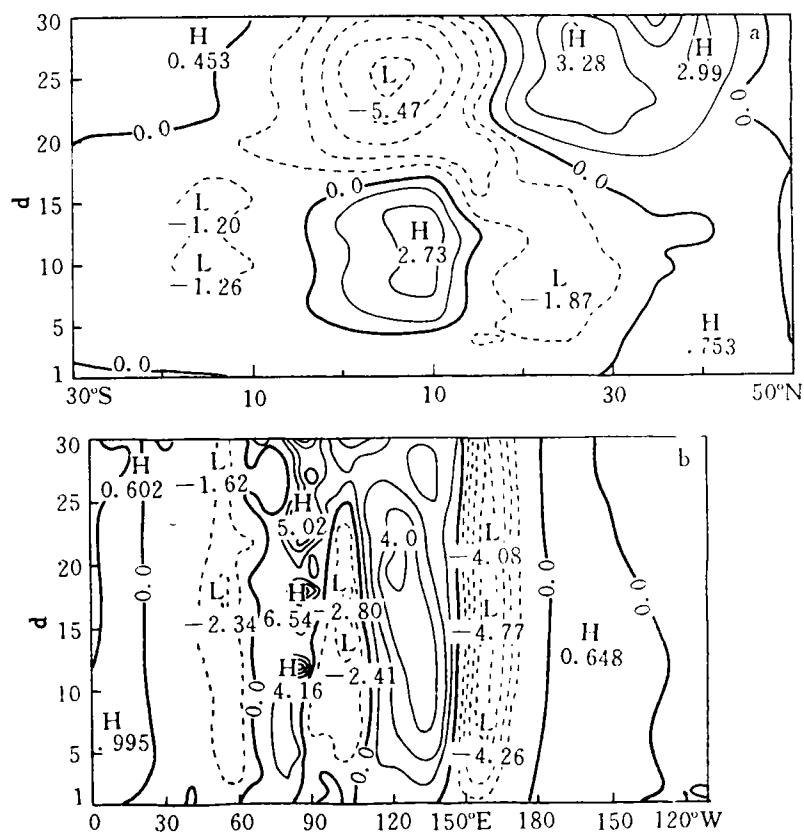


图5 a. 模式第4层120°E差值纬向风时间—纬度剖面, b. 模式第4层经向风差值沿25°N时间—经度剖面

从以上的分析得知,随着南海—菲律宾上空低频热源的位相改变,西太平洋副高发生了位置的改变。副高是影响我国的天气系统之一,它的进退,与我国旱涝有着密切联系。陈隆勋等<sup>[11]</sup>指出,我国长江以南地区早年盛行东南风,涝年盛行西南季风。陶诗言<sup>[12]</sup>等也指出涝年低空西南季风强,早年大陆上西南季风弱。由此我们知道,东南风和西南风影响我国长江以南地区的降水。

从图3中我们可以看出,处于加热位相时对流层低层西太平洋上空反气旋差值环流西南侧为较强的东南差值风,从120°E越过赤道的西南差值风同反气旋南侧东南风汇合,此时我国东部沿海(110~120°E)上空低层为东南风差值气流控制。处于冷却位相时西太平洋上空低层的反气旋北侧的西南风差值影响我国东部沿海。

图5b中我们可以看出,在115~130°E范围内均有一致的南风差值,图6中可以看出,该范围内加热位相时有东风差值,冷却位相时为西风差值。由此可见,当南海—菲律宾上空低频热源发生位相转变时,我国东部沿海上空低层的差值风由东南风转为西南风,对我国东部沿海的降水造成影响。

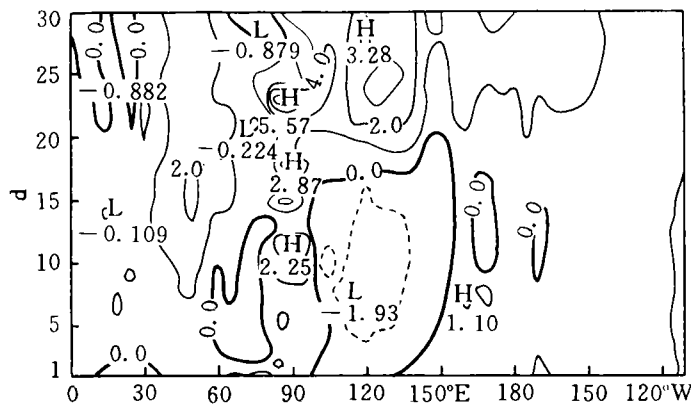


图6 模式第4层纬向风差值沿25°N时间—经度剖面

### 3 结 论

(1)南海—菲律宾上空低频热源发生位相改变时,120°E处越赤道气流及澳大利亚上空风场均发生了变化。随着热源位相的改变,高层120°E处越赤道差值气流由北向南转为由南向北,澳大利亚上空风场由西风差值转变为东风差值;低层120°E处越赤道差值气流由南向北转变为由北向南。

(2)南海—菲律宾上空热源的位相改变,引起西太平洋副高强度和位置的改变。加热位相时副高位置偏北偏西;冷却位相时,副高位置偏南偏东。

(3)南海—菲律宾上空热源的低频变化,造成了我国东部沿海流场的改变。加热位相时,东部沿海地区为东南风差值气流控制;冷却位相时,为西南差值气流控制,从而造成我国东部沿海地区降水的差异。

### 参 考 文 献

- 1 Madden R A , Julian P R . Detection of a 40~50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. JAS ,1971, 28(5):702~708
- 2 Krishnamurti T N,Subrahmanyam D. The 30~50 day mode of 850 mb during MONEX. JAS,1982,39(9):2088~2095
- 3 Lorenc A C. The evolution of planetary scale 200mb divergence flow during the FGGE year. Quart J Roy Meteor Soc,1984, 110(464):427~441
- 4 Lau K M,Chan P H. Short-term climate variability from outgoing longwave radiation, Part I: Simultaneous relations. JAS, 1983,40(12):2735~2750
- 5 Krishnamurti T N ,Gadgil S. On the structure of the 30~50 day mode over the global during FGGE. Tellus,1985,37A(4): 336~360
- 6 Lau K M,Peng L. Origin of low frequency (intra seasonal) oscillation in the tropical atmosphere, Part I: Basic Theory. JAS , 1987 ,44(6):950~972
- 7 Takahashi M. A theory of the slow phase speed of the intraseasonal oscillation using the Wave-CISK. J Meteor Soc Japan, 1987,65(1):43~49
- 8 Lau K M,Philips T J. Coherent fluctuations of extratropical geopotential height and tropical convection in intraseasonal time

scales. JAS, 1986, 43(11):1164~1187

- 9 何金海,于新文.1979年我国东部各纬带水汽输送周期振荡的初步分析.热带气象,1986,2(1):9~15
- 10 黄荣辉,李维京.夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制.大气科学(特刊).北京:科学出版社,1988.107~115
- 11 陈隆勋,朱乾根,罗会邦等.东亚季风.北京:气象出版社,1991.200~202
- 12 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,1983,7(4):347~355

## NUMERICAL STUDY ON INFLUENCE OF SOUTH CHINA SEA/PHILIPPINES SUMMER LOW FREQUENCY HEATING SOURCES UPON EAST ASIAN ATMOSPHERIC CIRCULATION

Yao Yonghong He Jinhai Xu Haiming

(Department of Meteorology, NIM, 210044, Nanjing, PRC)

**Abstract** Using Kuo-Qian  $p$ - $\sigma$  incorporated coordinate five layer primitive equation model, investigation is undertaken of the influence of low-frequency convective heating sources over the South-China Sea to Philippines on East Asian atmospheric circulation. Results show that with the low frequency sources at heating (cooling) phase the west wind becomes strengthened (weakened) in the Australian upper troposphere and so does the  $120^{\circ}\text{E}$  cross equatorial flow in the lower troposphere, with the subtropical high positioned slightly northward (southward) of its mean, a situation that allows the low-level SE (SW) wind to exert effects on rainfall over the scaboard of eastern China.

**Keywords** low-frequency heating source, phase, western Pacific subtropical high