

亚洲南部的海陆分布对亚洲夏季风形成的作用

陈晶华 陈隆勋

(国家气象局气象科学研究所)

提 要

本文用数值试验方法,研究南亚印度次大陆及印度支那半岛与周围海洋间的海陆分布在亚洲夏季风环流形成过程中的作用。试验表明,不仅亚洲大陆与周围大洋的海陆分布影响夏季亚洲季风的形成,亚洲南部较小尺度的海陆分布也同样影响季风的形成过程;阿拉伯海、孟加拉湾和南海上空季风的强风中心以及相应的越赤道气流可由亚洲南部较小尺度的海陆分布引起。

一、引 言

亚洲季风环流是由亚洲大陆和周围大洋的海陆间加热差异所引起。东半球海陆加热差异最明显,因此成为世界上最著名的季风区。这种大范围海陆加热差异虽然是季风形成的决定性因子之一,但并不能解释许多季风结构的细节。在气候平均的海平面流场上,阿拉伯海、孟加拉湾和南海的西部,夏季均有一个强季风风速中心。Sadler^[1](1987)根据COADS I资料绘出了亚洲南部海面风场(图1),分别在上述三个海域发现三个强SW风速中心,它们的中心位置分别为 $57.5^{\circ}\text{E}, 15^{\circ}\text{N}$; $87.5^{\circ}\text{E}, 15^{\circ}\text{N}$ 和 $112.5^{\circ}\text{E}, 12.5^{\circ}\text{N}$ 。中心强度分别为 15m/s 、 8m/s 和 7m/s 。这三个强风中心均各与一支强越赤道气流相连,即与索马里(50°E)、孟加拉湾(85°E)和南海(105°E)越赤道气流相连。在此三支强季风中心附近的西侧均形成一个季风槽。这三支强风中心出现的位置与非洲—阿拉伯海、印度次大陆—孟加拉湾以及印度支那半岛—南海之间海陆加热差异有关。Krishnamurti等^[2](1976)曾做过索马里低空急流形成机制的数值试验,指出地形边界层作用的重要性。我们认为,海陆加热差异的作用仍不可忽视,为此设计了一些数值试验来论证其重要性。

有的研究指出了南半球环流对越赤道气流及北半球季风变化的重要性。但就数值试验结果来说,至今还存在矛盾。何金海等^[3](1989)模拟澳大利亚冷高存在与否的流场差异和东亚降水差异,指出澳大利亚冷空气爆发对东亚越赤道气流及降水有较大影响。相反,纪立人^[4](1984)的数值试验表明,无索马里越赤道气流时,亚洲仍然可以形成季风环流。

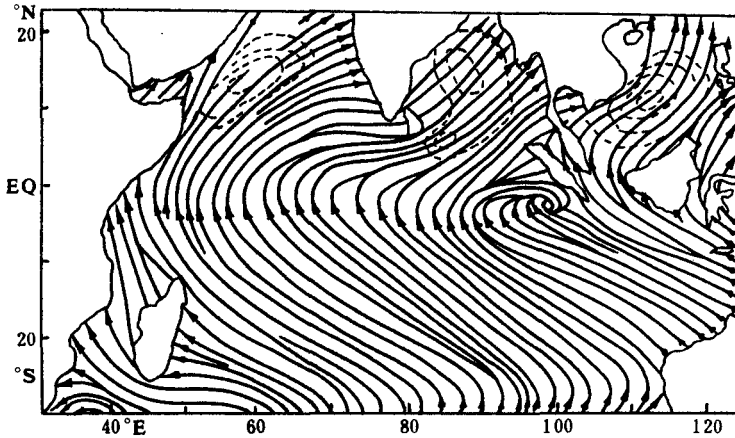


图1 夏季6月海面流场实况¹⁾

我们认为,亚洲季风形成或变化的因子不是单一的。但是在季风形成中,即使是细微结构,仍离不开行星尺度或较小尺度海陆分布的加热差异。若这个想法成立,则决定季风形成和变化的主要机制仍归结于北半球本身的原因及其变动。在这方面,Krishnamurti等^[5](1976)的印度季风系统双周振荡谱分析结果表明,启动机制在于印度季风槽中云的变化。T. Murakami等^[6](1986)的30—60天振荡分析结果表明,孟加拉湾的低频振荡对流位相可以影响孟加拉湾季风的爆发。这些结果都说明季风可由北半球环流变化而引起变动,并不一定完全由南半球环流变化而引起。本文数值试验结果也表明,在一定物理背景下首先出现北半球的季风和强风中心,然后出现越赤道气流。这说明,北半球本身物理状态的变化和南半球环流变化一样,都是亚洲季风形成和变化的基本原因。对于形成机制来说,北半球自身的作用比外来的作用重要得多。本文的目的就是用数值试验来验证上述物理考虑的重要性。

二、所用模式及初始资料

本文的数值试验是采用郭晓岚—钱永甫的 $p-\sigma$ 混合坐标的五层原始方程球带模式,水平范围是 30°S — 50°N 的整个球带,格距是 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 网格。模式说明详见钱永甫^[7](1978)的五层原始方程模式。

在数值试验的积分计算中,初始资料用GFDL 1963—1973年纬圈月平均资料中6月份的高度场和水汽场,经过初始化后输入模式,初始海温场是利用COADS的30年平均海温经插值得到的 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的网格点值。

三、数值试验模拟结果

本文共设计四个试验,第一个是全因子试验,即包括所有海陆分布和非绝热加热过

程。第二个是纬向海洋温差的影响试验,将亚洲南部具有小尺度海陆分布的海温纬向平均,其它与试验 1 相同。第三个是亚洲南部海陆分布的影响试验,将南亚伸向南部海洋的两块陆地(印度次大陆和印度支那半岛)去掉,把它们当作海洋处理,从而看到亚洲南部海陆分布对夏季风形成过程的影响。第四个试验是在第三个试验的基础上再去掉非洲大陆。

1. 全因子试验

全因子试验包括所有海陆分布和非绝热加热过程,共积分八天,积分第五天时季风环流系统已初步形成。

当积分到第二天时,在阿拉伯海、孟加拉湾和南海西部都产生一风速增强中心。图 2 是积分第二天 P_9 层(模式层第五层)风速与积分第一天风速的差值。我们看到,南半球以及赤道上主要是零值区,亦即风速并未发生什么变化。可是在北半球 10° — 15° N 上的 60° E, 75° E 和 110° E 出现三个风速增强中心,这与图 1 中实际观测到的阿拉伯海、孟加拉湾和南海强风速中心的位置十分接近。尤其是阿拉伯海和南海的风速中心与模拟的增强中心位置几乎一致,而孟加拉湾风速增强中心比实际风速中心偏西。这表明该三处强风中心不是南半球或赤道上风场变化而形成的。相反,赤道上越赤道气流则可能是 10° — 15° N 强风中心出现后引起的。

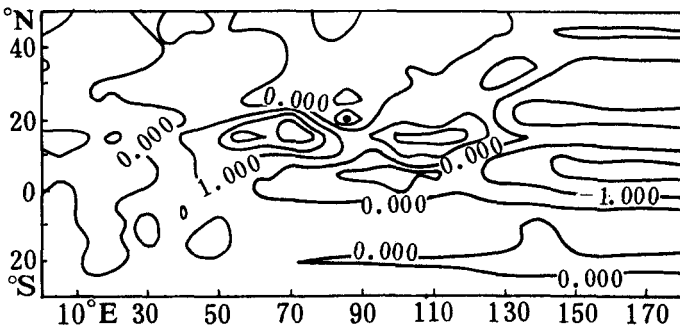


图 2 试验 1 积分第二天与第一天 P_9 层风速差值等值线
(MAX=4.01, MIN=-2.42, 间隔为 1.00)

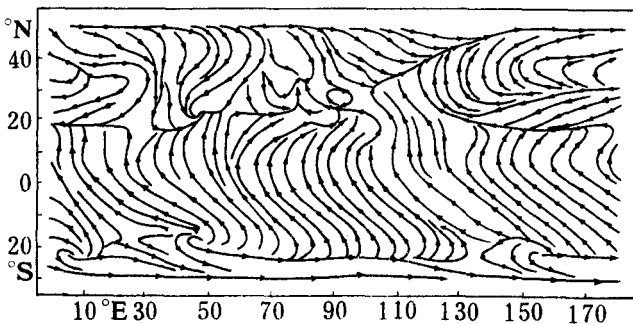


图 3 试验 1 积分第二天 P_9 层流场

图3是积分第二天的近地面(P_9 层)流场图,可以看到,此时对应着阿拉伯海、孟加拉湾和南海这三个强风中心,南半球越赤道气流在三个风速增强中心处汇合,由此再向北移去。积分到第三天以后,赤道以及南半球风速才开始有所加强。图4是积分第四天与第三天 P_9 层风速差值,此时在孟加拉湾 5°N 处以及南海 15°N 处出现中心强度为 2m/s 的风速增强中心,前者与图1孟加拉湾近赤道风速中心、后者与图1南海风速中心的位置十分吻合。

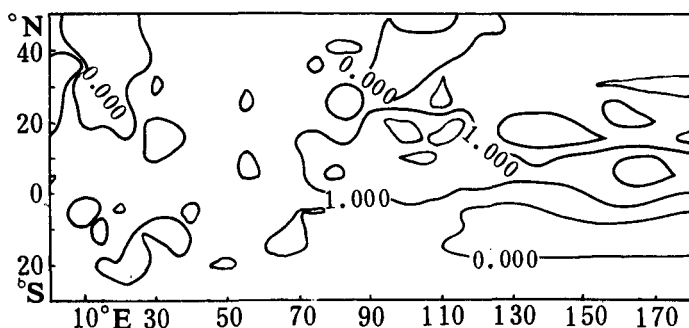


图4 试验1积分第四天与第三天 P_9 层风速差值等值线
(MAX=2.46, MIN=-1.10, 间隔1.00)

数值试验表明,这三个强风中心是在南半球环流形成之前就已出现。当强风中心出现时,南半球及赤道上风场没什么变化,因此,北半球强风中心的出现并不是由于南半球影响。强的越赤道气流并不是南半球风场变化引起的,而可能是由于北半球强风中心产生后形成南半球的三支强越赤道气流。我们看到,北半球的强风中心及图2、图4中风速增强中心都出现在亚洲南部具有海陆分布的洋面上,这就有可能与亚洲南部的海陆加热差异有关系,或者与该区域海洋本身的水平温差有关系,为了证实这个想法,我们作了以下试验。

2. 水平海洋温差的影响试验

在试验1中,海温取实况分布,它们不是纬向平均的,亦即海温的纬向分布是有差异的。因而我们难于断定究竟是海洋温差产生强风中心还是海陆分布的加热差异产生强风中心,为此做了试验2。试验2是取 45°E — 120°E 内北半球海区的海温纬向平均值,亦即消除海温的纬向差异。这样可以看出在纬向海温相同的情况下其模拟结果与试验1相比有何差异。

图5是试验2积分第二天与积分第一天的风速差值和矢量图。与试验1(图2)相比可以看到,在纬向海温下仍出现风速增强中心,两个试验结果基本相同。由此可以认为,阿拉伯海、孟加拉湾和南海出现的强风速中心并不是由于海洋本身东西向温度差异造成的,可能是由于亚洲南部海陆分布的热力差异引起的。

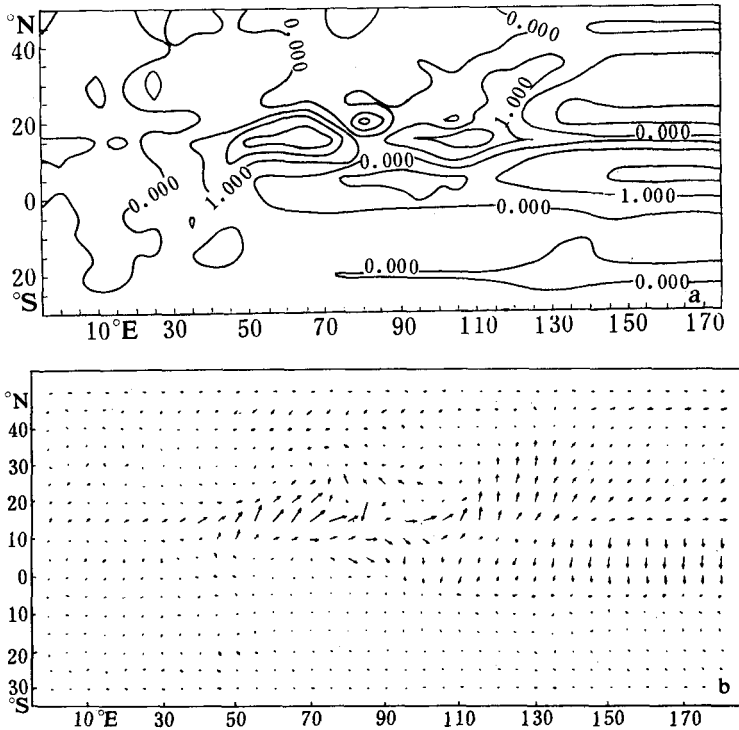


图 5 试验 2 积分第二天与第一天 P_{90} 层, 风速差值等值线(a)和矢量差(b)
(MAX=4.01, MIN=-2.48, 间隔 1.00)

3. 亚洲南部海陆分布的影响试验

试验 3 是为了说明上述三个强风中心是由亚洲南部海陆加热差异引起而设计的。在这个试验中, 我们将 25°N 以南的南亚次大陆和印度支那半岛伸出的这两块陆地去掉, 把它们当作海洋处理, 海温用该区域的纬向平均海温代替, 初始场与试验 1 完全相同。于是海陆分布变成亚洲大陆与南部海洋间及南部海洋与东非大陆间的海陆差异。用这个试验结果对比试验 1 可看出亚洲南部海陆分布的加热差异对季风形成的作用。

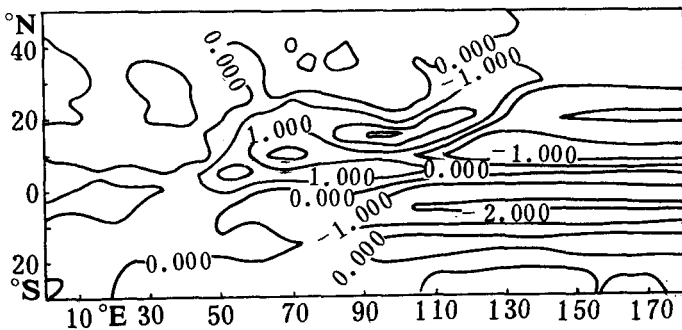


图 6 试验 3 积分第二天与第一天 P_{90} 层风速差值等值线
(MAX=3.31, MIN=-2.26, 间隔 1.00)

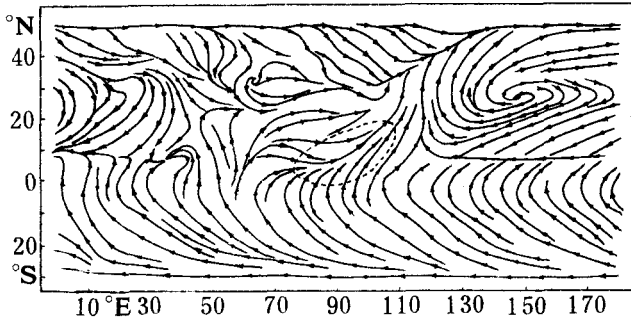


图7 试验3积分第二天 P_0 层流场

图6是试验3积分第二天与积分第一天 P_0 层风速差值,与试验1(图2)相比较可以看到,去掉南亚次大陆和印度支那半岛后,原来的风速增强中心变成了一个较平的风速增强带,中心风速差由原来的 4m/s 变为 3m/s ,但在 50°E 和 5°N 处仍出现一个弱增强中心。由此可见,夏季季风的强风中心是由于亚洲南部、非洲—阿拉伯海、印度—孟加拉湾和印度支那半岛—南海间热力差异引起的,一旦这种热力差异消失,强风中心即消失。

图7是试验3积分第二天的低层流场,南半球越赤道气流在 5°N 处汇合成一支 SW 气流,试验1中原在 20°N 的季风辐合区(图3)也北移到 25°N 以北。

4. 非洲大陆及南亚小陆地的影响试验

试验4,将非洲及南亚 25°N 以南向海洋伸出的三块陆地去掉,当作海洋处理,并将高原地区地形高度超过 250m 的地方设成 250m ,看这三块陆地的海陆热力差异对强风速增强中心形成的影响。

图8是试验4积分第二天与积分第一天风速差值等值线。从图中可以看到,去掉非洲及南亚三块陆地后,亚洲及非洲陆地南部海洋上变成大范围平直的风速增强带,对照试验3的结果,试验4更加进一步说明,亚洲南部海洋上所出现的三个风速增强中心主要是由于非洲—阿拉伯海、印度—孟加拉湾和印度支那半岛—南海间热力差异引起的。

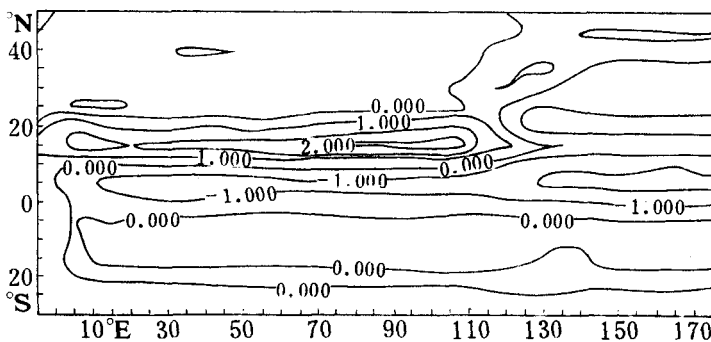


图8 试验4积分第二天与第一天 P_0 层风速差值等值线

(MAX=3.47, MIN=-2.39, 间隔 1.00)

四、结 论

概括上面的试验结果,可以得到以下结论:

1、东半球大的海陆分布形成了夏季亚洲季风,亚洲南部较小尺度的海陆分布也同样影响夏季季风的形成过程。

2、亚洲南部海域的西部出现的三个强风中心,主要是由于亚洲南部较小尺度海陆分布加热差异造成的,它们出现后才诱发来自南半球越赤道气流。因而亚洲季风的变化可以由本区物理状况变动而产生变化,不一定完全由南半球环流变化所决定。自然这个试验并不企图否定南半球环流对北半球季风的影响,而只是说明本区物理状况对北半球季风的形成和变化有重要影响。

参 考 文 献

- [1] Sadler J. C. , et al. , *Tropical marine climatic atlas, Volume 1 Indian Ocean*, UHMET 87-01, University of Hawaii, 1987.
- [2] Krishnamurti, T. N. , et al. , Numerical simulation of the Somali jet, *J. Atm. Sci.* , **33**, 2330—2362, 1976.
- [3] He Jinhai, et al. , Numerical experiments with processes for effect of Australian cold air activity on East—Asian summer monsoon, The fourth US/PRC monsoon workshop, Oct. , 1989, Pennsylvania State University, 1989.
- [4] Ji Liren, Numerical experiment on the seasonal transition of general circulation over Asia—Part I, *Adv. Atmos. Sci.* , **1**, 128—139, 1984.
- [5] Krishnamurti, T. N. , Oscillation of a monsoon system, Part I, Observational aspects, *J. Atmos. Sci.* **33**, 1937—1954, 1976.
- [6] Marakami, T. , et al. , Relationship among seasonal cycles, low—frequency oscillation, and transient disturbances as revealed from OLR, *Mon. Wea. Rev.* , **114**, 1456—1465, 1986.
- [7] 钱永甫等, 一个有大地形影响的初始方程数值预报模式, *大气科学*, **2**, 1, 1978.

INFLUENCE OF OCEAN—CONTINENT DISTRIBUTION IN THE SOUTH PART OF ASIA ON THE FORMATION OF ASIAN SUMMER MONSOON

Chen Jinghua Chen Longxun

(Academy of Meteorological Science, SMA)

Abstract

By using the numerical experiment, the influence of thermal contrasts between Africa and Arabian Sea, Indian Subcontinent and Bay of Bengal, Indochina Peninsula and South China Sea on the formation of Asian summer monsoon are studied. The results show that not only the thermal contrast between Asian continent and its surrounding ocean can influence the summer monsoon formation, but the thermal contrasts between subplanetary scale ocean and continent mentioned above can also influence the structure of summer monsoon. The velocity centers of southwest monsoon over the Arabian Sea, Bay of Bengal and South China Sea and their cross-equator currents are produced by the effect of thermal contrast.