

## 夏季风建立期间低层流场的变化 及其与中国雨带活动的关系\*

冯志强 陈蓉  
(中山大学大气科学系)

**摘要** 本文利用多年欧洲中心格点风和中国降水资料,分析了夏季风建立期间,亚洲南部及其邻近海域上低层流场的变化和雨带在中国南方的活动。结果表明,夏季风于5月中在南海地区建立。低层流场的变化主要表现为副热带高压脊从南海的东撤和气旋性气流切变线从中国西南向华南沿海的东伸。相应地,雨带有一次从南移转向北推的过程。由于5月份中南半岛——南海区域一直为西南气流所影响,因此,很难从风向来判断气流性质的变化。相对而言,雨带北移能更好地反映出夏季风向北扩展的地理位置。

**关键词** 夏季风, 副热带高压脊, 气旋性切变线, 雨带

近年研究<sup>[1,2]</sup>已确认亚洲夏季风建立过程先从南海地区开始,然后向西,向北扩展到孟加拉湾,印度和中国大陆。从5月中旬开始,历时约一个月。随着季风的推进,雨带出现明显的季节性移动。在印度半岛,季风与雨带的开始、推移大致同步。然而在东亚地区,尤其在华南,夏雨接春汛,问题较复杂。郭其蕴等<sup>[3]</sup>认为,对某地区而言,当夏季风到达时,雨季开始,而当夏季风盛行时,雨带则向北推移,当地雨季结束。然而,文献<sup>[4]</sup>发现,华南前汛期雨带是由北向南移的。因此,弄清雨带的活动及其与环流变化的关系,仍是热带气候研究的一个重要内容。

对印度季风系统的流场结构,过去已有深入的研究。Krishnamurti 综述了由南半球信风,索马里急流,印度季风槽和高空东风急流所组成的印度季风的立体图象<sup>[5]</sup>。然而,对东亚季风的结构,尤其是在建立期流场的变化,过去的研究并不多。尽管某些文献<sup>[2]</sup>已提及西太平洋副高脊,孟加拉湾低槽和南海季风槽等系统,但这些系统如何协调,共同促进夏季风在南海地区稳定建立,其过程仍不很清楚。加之过去研究多是个例分析,资料年份不长,尚难提出一个反映气候特征的概念。

本文利用欧洲中心1980~1986年逐日格点风资料,以及1970~1986年我国南方近60个站点逐候降水资料,分析了夏季风建立期间低层流场(850hPa)的变化以及相应时期雨带在中国南方的活动,进而讨论两者间的关系。

本文1992年1月4日收到

\* 国家自然科学基金资助项目

## 1 低层流场的气候变化特征

图1a为7年平均5月第二候850hPa风场。如图所示,整个地区仍保持春季的两脊一槽型。阿拉伯海为一完整的反气旋环流,南海为西伸的副高脊控制,而从印度半岛,孟加拉湾至中南半岛为一深槽。槽区明显分为东北,西南两部份:缅甸北部为一波槽区,斯里兰卡为一涡旋区。宽阔的赤道缓冲带横跨整个赤道印度洋,主要位于南半球一侧。印度半岛上为一一致的槽后西北气流,而中南半岛则为槽前西南气流。南海的副高脊亦为这支西南气流的一部份,因此它属副热带性质的。5月第3候(图1b),赤道西风带已在北半球一侧 $5^{\circ}\text{N}$ 以南建立,并在 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 附近的赤道洋面上形成一个相对大风区。显然,这是赤道西风与印度半岛上西北气流强烈辐合的结果。西部流场此时仍保持相对稳定,但东部流场却开始有明显的改变。南海上空的副高脊向东退,孟加拉湾大槽的东北段则向东偏南伸展。槽前西南气流从孟加拉湾北部穿越中南半岛扩至华南,并在西南至华南地区形成明显的气旋性弯曲。图上标出的气流切变线位于 $27.5^{\circ}\text{N}$ ,  $100\sim 115^{\circ}\text{E}$ 之间。由于地形的原因,5月份中南半岛和我国西南地区感热输送较强,是一个热源区。低层大气加热导致热低压的发展,有利于孟加拉湾槽东北段向该地区的伸展。此期影响中南半岛的西南气流既来自副热带区,亦来自热带海洋,因此属于过渡性。流场这种变化继续发展,至5月第4候(图1c),一股源于印度半岛以南热带洋面的季风已稳定地建立在孟加拉湾东部,中南半岛和南海地区。此时西南季风与北部偏东风的气旋性切变区位于 $22.5^{\circ}\text{N}$ 附近,较上一候南移了近5个纬距。我们认为,正是当这种以“倒槽”形式向东伸展的气旋式环流到达其最南的位置时,在 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 附近的强赤道西风便籍此形势向东北方向扩展,从而促成夏季风在南海地区建立。从图1c还看出,南海南部是一个弱风区。副高脊已东退至太平洋,越赤道气流十分弱,这证明南海夏季风在建立期间与源于澳大利亚的越赤道气流无直接联系<sup>[6]</sup>。此外,在南海夏季风建立期间,阿拉伯海的反气旋与印度半岛的低槽仍保持相对稳定,只是强度有所减弱,均一的西北气流仍控制整个印度半岛。

5月下旬流场变化的特点是流线趋于平缓(图1d)。由于索马里急流的增强,使整个赤道西风带已推进至 $5^{\circ}\text{N}$ 以北,强度亦明显增大。南海地区的西南季风扩展到华南地区,原在沿海的气旋性气流切变线向西偏北收缩,而且弯曲程度大减。南海已出现一定强度的越赤道气流,表明南海季风建立后南半球系统的参与。在西部地区,阿拉伯海的反气旋已崩溃成一个脊,而孟加拉湾槽亦减弱向西、北收缩。此时印度半岛仍维持一定强度的西北气流。6月上旬末(图略),赤道西风带推至 $10^{\circ}\text{N}$ 以北,孟加拉湾槽向西北收缩成近乎东西走向的季风槽,西南风终于取代印度半岛上的西北气流,印度季风爆发。与此同时,东部地区的西太平洋副高出现第一次北跳,高压脊同时西伸至华南沿海地区,盛夏基本流型最终确立。这时影响中国南方的季风既来自孟加拉湾(西部)和南海(南部),亦来自西太平洋副高(东部),气流切变线分别位于江淮流域(梅雨锋)和南海(ITCZ)。

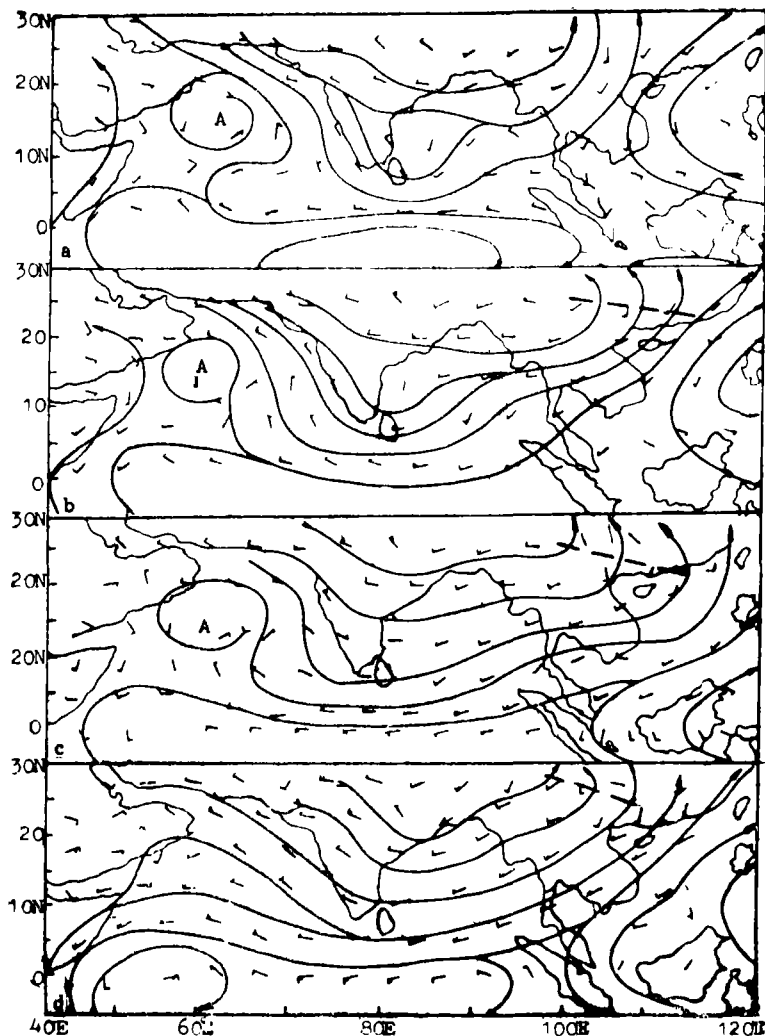


图1 850hPa平均流场(a)5月第二候,(b)第三候,(c)第四候和,(d)第六候

Fig. 1 Mean flow patterns at 850 hPa for (a) the 2nd, (b) the 3rd, (c) the 4th and, (d) the 6th 5-day periods in May

## 2 中国南方雨带的活动规律

为了消除各地雨量绝对值的差异,我们选用候降水百分率(RR)的分布来确定雨带的活动。对某地区而言, $RR_{候} = \text{候降水量} / 4 \sim 6 \text{月总降水量}$ 。凡 $RR > 5.6\%$ 表示候降水量大于平均值,因此,其大值区可视为雨带范围。

4月份,中国南方是相对少雨期(图2a,b)。月初雨带主要在云南(晚春雨季)和华南(前汛期)。云南的雨带很快消失,但华南雨带一直呈现半静止稍东移的状态,分布均匀,无明显大值中心。这反映了该时期频繁出现的华南静止锋的降水特性:范围大

且稳定。4月下旬,整个南方雨量下降,RR值几乎都在5%以下。然而一进入5月份,整个长江以南地区雨量急增。中心值为7%的雨带位于南岭附近(图2c)。这条雨带逐步扩大并南移,中旬在广东沿海,下旬移至海南岛(图2d)。由于资料所限,本文无法讨论中南半岛降水分布情况,但气候统计表明,5月下旬正是该区雨季。因此,华南雨带移出大陆后便与其南边雨带连成一体。当雨带移至海南岛时,整个华南大陆的降水百分率迅速下降至5%以下。然而,这段相对早期持续时间很短,6月初整个雨带又向北移回华南大陆(图2e),其百分率在华南沿岸区达8%,这就是华南前汛期的暴雨期,俗称“龙舟水”。这段暴雨期亦持续时间不长,中旬雨带已北移至长江流域,华南转入早期(降水率在5%以下)。长江上游“入海”较中下游早。6月第3候的雨量中心主要在我国西南,而第5候的最大值则在长江下游地区。

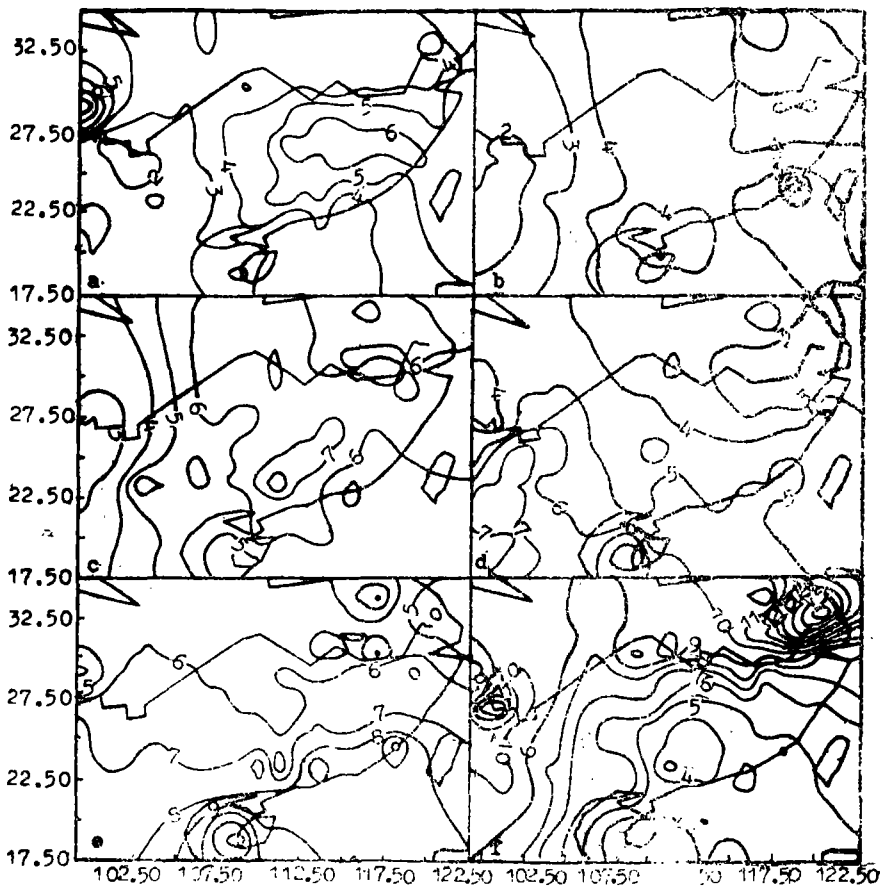


图2 4~6各月逐候降水百分率分布图

Fig. 2 Mean rainfall percentages for the 1st and 5th 5-day periods in April(a,b) May(c, d) and June(e,f)

由此可见, 5月至6月, 我国南方雨带经历了一次由南移转北移的转变过程。毫无疑问, 雨带北移是夏季风加强, 北进的结果。而南移亦同样与5月份流场的变化有关。研究指出<sup>[4]</sup>, 华南前汛期降水主要由副高北侧偏西气流与大陆冷变高南部偏东气流在 南岭一带交汇, 或由经西南地区东移的波槽所造成。上文已指出, 5月中旬起, 伴随着副高脊从南海东退, 原在缅甸北部一带的气流切变区逐步向华南沿海东伸、南压。雨带的南移正是这种流场变化的反映。5月下旬起, 西南季风加强, 横卧在南海北部的气旋切变线向西北收缩, 整个雨带又开始北移。因此, 流场与雨带的活动是一致的。

在整个5月份, 中南半岛一南海区域都盛行西南风。尽管气流性质由前期的副热带性质转为后期的热带性质, 但从风向上很难加以判断, 这是东亚季风与印度季风不同点之一。我们认为, 雨带从南移转为北进, 并且量值急增, 这反映了降水性质和气流属性的改变, 因而可代表夏季风的推进。为此, 我们分析了各站逐候降水百分率的时间序列。结果发现, 对某站而言, 若某候起, 且后续三候的平均降水百分率大于或等于6%的话, 该候的中间日期可定为汛期开始日。图3为季风雨带在亚洲南部推进日期线, 中国部份用本文方法确定, 其余部份由Chowdhury et al<sup>[7]</sup>根据候降水量急增日期而确定。由图可见, 5月初季风已在中南半岛南部活动, 以后逐渐北抬, 5月下旬扩至华南沿海区。6月初起分别在印度南端和华南地区向北推进。因此, 亚洲夏季风是先建立在中南半岛, 然后在中国大陆和印度半岛上推进。若以95°E为界, 东亚季风基本以北进为主, 而印度季风则为西移为主。

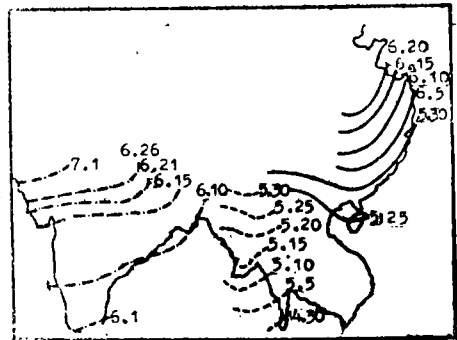


图3 季风雨带推进日期线(国外部份取自Chowdhury et al, 1990)

Fig. 3 Isochrone lines of the onset date of summer monsoons in Asia (results in the areas out of China are from Chowdhury et al., 1990)

### 3 季风的推进与我国初夏的旱涝

由于雨带活动和流场变化相一致, 因此季风推进的异常必然导致旱涝的发生。通常“龙舟水”出现在5月底至6月初, 而“梅雨”则在6月中开始。普查历史资料, 我们发现这两段汛期的年际变化很大, 并且这种变化与季风活动有关。如果夏季风在5月下旬一涌而上控制整个华南地区的话, 此时不但华南提前进入夏旱, 江淮流域入梅早, 而且梅期长, 雨量大。如涝年80年和91年均属此类情况。

### 4 小结

(1) 以季风建立为特征的低层流场季节变化发生在5月中旬至6月中旬。当季风在中南半岛一南海地区建立时, 原控制南海的副高脊东退; 而原在缅甸一我国西南的涡槽

区则向东南方伸展,在南海北部成为一个相对稳定的“倒槽”。

(2) 从5月中旬起;印度半岛以南的赤道印度洋面上(70~90°E)一直维持一个赤道西风大值区,它是南海区域季风的直接源地。而来自澳大利亚的越赤道气流与南海季风在初期并无直接联系。

(3) 5月至6月,中国南方的雨带活动经历一次由南移转北进的过程。即从南岭地区南移至海南岛并与中南半岛的雨带相连后,即转向北推进,5月底至6月初雨带在华南沿海,6月中推进到长江流域(主要在上游),6月下旬在江淮流域。

(4) 雨带推移与流场变化密切相关。5月份雨带南移是气旋性气流切变线从西南向华南沿海东伸南压的结果,而6月份北进正是季风北推的反映。

(5) 华南前汛期基本上为锋面降水,只有5月底夏季风北上时才有为期10天左右的季风汛期。

### 参 考 文 献

- 1 陈隆勋等. 1980年热带天气会议文集. 北京: 科学出版社, 1982. 82~93
- 2 沈如桂等. 全国热带夏季风会议文集(1982). 昆明: 云南人民出版社, 1983. 137~146
- 3 郭其蕴等. 地理学报, 1981, 36(2): 187~195
- 4 黄土松等. 华南前汛期暴雨. 广州: 广东科技出版社, 1986. 7~27
- 5 Krishnamurti T N *et al.*, J Atmos Sci, 1976(33): 1937~1954
- 6 梁必骥等. 全国热带夏季风会议文集(1982). 昆明: 云南人民出版社, 1983. 39~48
- 7 Chowdhury A *et al.* Mausam, 1990, 41(1): 37~42

## The Low-level Flow Patterns during the Establishment Process of Summer Monsoon and the Activities of Rainy Band in South China

Feng Zhiqiang\*    Chen Yong

**Abstract** Using ECMWF wind data of 1980-86 and about 60 rainfall gauges in South China for the period of 1970-86, this paper analyzed the variation of low-level winds over the southern part of Asia and its surrounding oceans and the activities of organized precipitation in South China in the period of April through June. It is confirmed that the summer monsoon starts establishing over the South China Sea area in the middle of May. This process is characterized by the eastward withdrawal of the subtropical high ridge from this area and the stretching of a cyclonic flow-shear line from southwestern China to the coast of South China. Correspondingly, the well-defined rainy band in South China changes its movement direction from southward to northward. Since southwesterly flows are dominant over this area in the whole month of May, it is difficult to tell the change in the nature of flows by means of wind direction. Thus, it is suggested that the location of northward moving rainy bands can be used to determine the north limit of summer monsoons.

**Keywords** summer monsoon, subtropical high ridge, cyclonic flow-shear line, rainy band

\* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University