

# 赤道涡旋与南海夏季风爆发

谢 安 刘 霞

(北京大学地球物理系, 暴雨监测和预测国家实验室, 北京, 100871)

YE Qian

(CIRES, University of Colorado, Boulder, CO 80309, USA)

## 摘 要

文中应用1979–1995年共17a的850hPa风场资料和NOAA卫星的OLR资料,分析了南海夏季风爆发的特征。证实南海夏季风爆发,落后于同纬度的中南半岛和菲律宾岛屿地区。但在南海的东部和西部,季风爆发几乎是同时的,具有某种驻波的特征。文中还证实,大多数年份的4、5月间在105°E附近有赤道涡旋形成,这个涡旋引导它上游的赤道西风或南半球西风进入南海南部,为南海的季风爆发创造有利条件。这种涡旋不活跃的年份,季风爆发往往偏晚。它们之间可能存在某种联系。4月中旬,这个涡旋的形成和105°E越赤道气流的初步建立是同时的。进入5月份,这支越赤道气流逐渐加强。南海夏季风的活动与这支气流可能关系密切。如果称位于105°E附近的赤道涡旋为东亚的爆发涡旋,它显然与南亚季风的情况有较大差别。南亚的爆发涡旋与季风爆发的关系是直接的,而在东亚,则是间接的,这也说明了东亚季风比南亚季风更具有复杂性。

关键词: 南海夏季风爆发, 赤道涡旋, 东亚爆发涡, 105°E越赤道气流。

## 1 引 言

多年来,中国气象工作者对季风的研究十分重视。近年来,作为季风研究的重要成果之一,提出了东亚季风系统的新概念<sup>[1]</sup>,即在亚洲季风系统中存在一个与南亚季风既相互独立又有联系的东亚季风系统。而南海夏季风是东亚季风的重要组成部分。这里的夏季风活动不仅具有地区性意义,而且通过能量和水循环过程,可以影响大范围乃至全球的天气和气候。南海地区是世界上季风爆发最早的地区。它影响中国两广、江淮流域、台湾和日本

初稿时间: 1995年5月18日; 修改稿时间: 1996年6月18日。

资助课题: 中国气象局“季风”课题。

目前工作单位: 中国气象局北京气象中心, 北京, 100081。

地区的汛期降水。这说明,南海季风的爆发和演变是东亚季节转变和雨季来临的一个重要标志。可见,深入研究南海季风的爆发特征具有很重要的科学和实际意义。然而,由于资料不足等原因,许多有关南海季风爆发及其影响等问题,至今仍然不很清楚。

为此,作者<sup>[2]</sup>曾应用卫星 OLR 资料,结合常规的风场资料,研究了1980年东亚季风的爆发和推进特征,着重分析了南海地区夏季风爆发在时间和地域上的不均匀性。同时,也看出来自南半球的西风扰动对于南海夏季风爆发的作用。此文还揭示一个有意思的现象,即西风扰动的活动与一个位于105 E 附近的赤道涡旋有密切联系。这些分析结果只是针对个别年份的,有待于运用较长时间的资料来证实和进一步的深入讨论。

文中将应用1979-1995年的风场和卫星 OLR 资料,来进一步讨论南海夏季风爆发和推进的特征,着重分析赤道涡旋与南海夏季风爆发的可能联系,并探讨东亚是否也存在类似的爆发涡旋。所用的资料是1979-1995年共17a 美国国家气象中心(NMC)的850hPa 风场和 NOAA 卫星接收的向外长波辐射资料(OLR)。分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  经纬度。分析范围为亚洲季风区的低纬地区。与文献[2]的做法相同,先对资料进行5d 候平均(每月均为6候)。

## 2 南海夏季风爆发的定义

过去关于季风爆发时间的确定,在陆上地区都是根据雨量记录的演变<sup>[1]</sup>,而在海洋上,由于雨量记录的缺乏,多是采用低层流场的演变。如在南海地区,在一定的环流形势下,流场从东风转变为西风即认为是夏季风爆发。应该指出,应用这两种资料所决定的爆发时间是不可能完全相同的。这不仅因为风向的变化与降水量之间的对应关系很难精确量化,更困难的是在不同区域这种关系会有显著不同。因此,如何根据目前所有的各种资料(常规的和非常规的),客观地决定南海地区季风爆发的时间,还需要进行深入的研究,以取得大家公认的标准。

对南海区域,由于低纬洋面上降水资料的缺乏,谢安和张振洲<sup>[2]</sup>建议用 OLR 和纬向风资料来定义夏季风的爆发,对每一个 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  格点,他们把 OLR 值降到 $240\text{W}/\text{m}^2$ ,同时纬向风从东风转为西风的时间定义为爆发日期。文中采用区域平均的定义方法,即先求出整个南海地区(EQ-20 N, 105-120 E)各候的平均 OLR 和850hPa 纬向风。一般从4月初开始,南海地区的 OLR 值缓慢减小(即对流开始活跃起来)。进入5月份后,对流突然加剧。而区域平均的低层纬向风场也从东风急转为西风。

根据17a 平均的特征和关于 OLR 与雨量换算的关系<sup>[3]</sup>,得到南海夏季风爆发日期的定义:当南海区域平均的候平均 OLR 值下降至 $235\text{W}/\text{m}^2$ ,同时区域平均的纬向风由东风转为西风。用以上标准定义的17a 平均爆发时间是5月第4候。这和目前其它方法的定义,结果基本相符。需要指出的是以上给出的标准是对整个南海区域平均而言,但南海各部分并非均匀发展,甚至有很大的差异。表1给出了各年南海夏季风爆发的时间,可见,它有很大的年际变化。

表1 各年南海夏季风爆发的时间和4月份有赤道涡旋出现的候数

年 份	爆发时间	4月份有赤道涡旋出现的候数
1979	5月第3候	3
1980	5月第4候	4
1981	5月第3候	3
1982	6月第1候	3
1983	6月第2候	0
1984	5月第1候	4
1985	4月第4候	4
1986	5月第2候	3
1987	6月第2候	1
1988	5月第5候	2
1989	5月第4候	3
1990	5月第3候	0
1991	6月第3候	3
1992	6月第1候	1
1993	6月第4候	2
1994	5月第4候	4
1995	6月第1候	2
1979—1995平均	5月第4候	5

### 3 南海夏季风爆发的特征

图1给出了部分候和4月的多年平均(指1979—1995年,以下同)的850hPa风场和OLR分布图。就东亚而言,从4月第3候开始(图1a),中南半岛出现零星的对流活动。主要的对流区位于印尼的赤道地区。此时,整个南海地区盛行东风和下沉运动。至4月底(图1b),中南半岛上,南北向的弱对流带将赤道对流区与副热带对流区(包括华南前汛期降水)联接起来。5月初(图1c),形势发生了较大变化。主要对流区向西和向北发展,沿中南半岛向北扩展到20°N附近。而在南海东边的菲律宾群岛也开始出现对流,有与印尼的强对流区相接的趋势。因此,南海及其邻近地区夏季风爆发的形势有如从赤道向北伸出一长一短的两支触角。而南海地区的爆发明显地落后于两侧的陆地和岛屿地区。到了5月第4候(图1d),对流活动在南海的中部和南部开始发展,西风也开始在南海出现。在此演变过程中,西太平洋副热带高压西部脊线缓慢地作顺时针旋转。5月中旬,它明显地北抬和东撤,南海季风爆发。此时的印度次大陆,虽然已盛行低层西风,但仍为下沉气流控制,夏季风爆发要比南海迟15—20d(图略)。

由图1还可看出,南海夏季风爆发前后,南海周围地区环流变化的最显著特征之一是上游(70—90°E)赤道西风的加强和东伸,它对南海季风爆发有着直接的影响。中国过去的研究<sup>[4]</sup>也曾强调这支上游赤道西风的作用,认为它的建立和加强是东亚夏季风建立的一

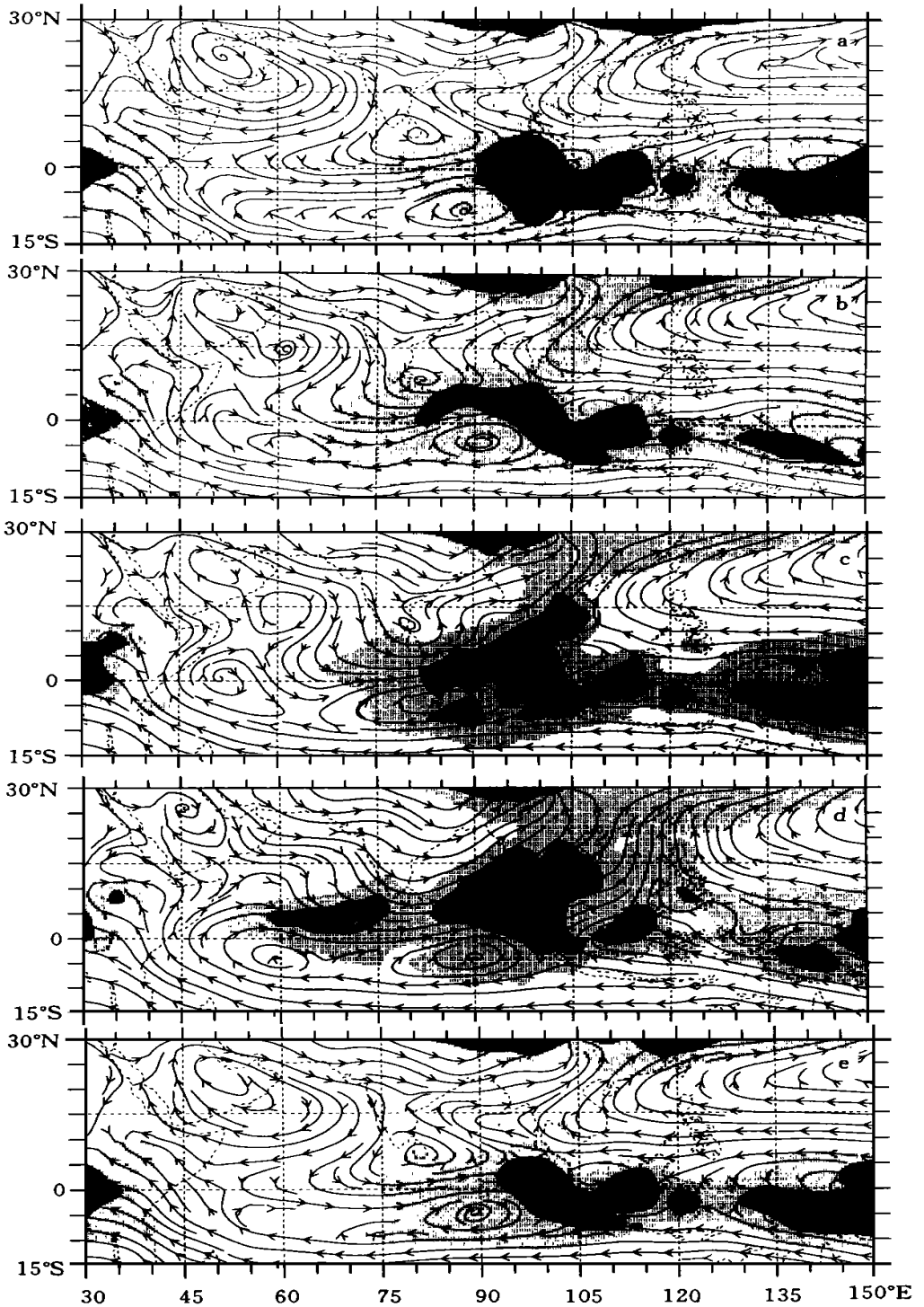


图1 850hPa 流场和 OLR 分布

(浅阴影  $OLR < 240 \text{ W/m}^2$ , 深阴影  $OLR < 220 \text{ W/m}^2$ ; a(4月第3候), b(4月第6候), c(5月第2候), d(5月第4候)为多年候平均; e为4月份多年平均)

个前提条件。

文献[2]所讨论的1980年夏季风推进(见文献[2]中的图2),与文中图1的形势演变非常相似。说明就低纬环流而言,1980年是一个正常年份,但具体分析各年的爆发,发现有很大的年际变化。如1991年,南海的季风爆发非常迟(Jun-3,即6月第3候,以下同)。而这年是中国江淮流域下游特大洪水年。第一次江淮梅雨于5月中旬就开始,早于南海夏季风爆发。这主要是因为西太平洋副热带高压位置较常年明显偏西。整个5月份,副热带高压的一环(中心在 $20^{\circ}\text{N}$ ,  $120^{\circ}\text{E}$ )一直控制着菲律宾和南海地区。从中南半岛至华南,直到长江下游始终维持很强的西南气流。这对于早梅雨的出现是有利的。直到6月第2候,副热带高压东撤,形势发生很大变化,南海季风爆发。可见,从气候意义说,东亚的夏季风是自南向北逐渐推进的。但个别年份,也可能先在北边爆发。同时也说明江淮梅雨与南海夏季风爆发迟早的关系是很复杂的。

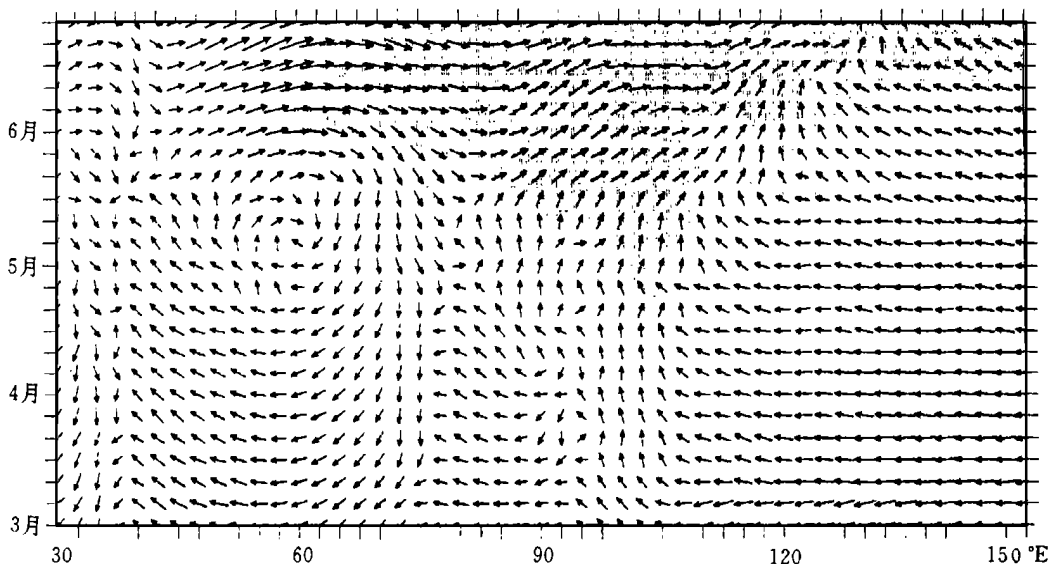


图2 沿 $12.5^{\circ}\text{N}$  850hPa 风矢量和 OLR 的时间-经度剖面  
(浅阴影 OLR <  $240\text{W}/\text{m}^2$ , 深阴影 OLR <  $220\text{W}/\text{m}^2$ )

这里以 $10^{\circ}\text{N}$ – $15^{\circ}\text{N}$ 之间代表南海的中部地区。图2是沿 $12.5^{\circ}\text{N}$ 的多年平均850hPa风场和OLR的经度-时间剖面。在这一纬度, $105^{\circ}\text{E}$ 附近的中南半岛是对流最早活跃的地区。对流区逐渐向西发展,进入孟加拉湾,而向东发展则存在突然性。从4月中旬到5月中旬,对流区一直局限于中南半岛东侧的陆地部分。到了5月第4候,对流区突然向东扩展到菲律宾群岛( $125^{\circ}\text{E}$ ),所以南海夏季风爆发,在东-西方向上似乎不存在什么差异,具有某种驻波特征。这也是南海地区的一个特点。

#### 4 赤道涡旋及其与南海夏季风爆发的可能联系

Yasunari<sup>[5]</sup>在讨论印度夏季风30–40d振荡的特征和结构时,就注意到赤道涡旋与印

度夏季风的爆发-活跃-中断的联系。与此同时, Krishnamurti 等<sup>[6]</sup>在阿拉伯海发现存在一个爆发涡旋(onset vortex)。当这个涡旋在阿拉伯海西北部形成并发展时, 导致它南侧的偏西气流加强并向下游伸展。印度半岛西海岸的季风雨季随之开始。因此称这种涡旋为爆发涡旋。

在东亚季风的演变中, 似乎不存在这种有直接联系的爆发涡旋。从1980年南海地区低纬流场的转变, 发现与位于105°E附近的赤道涡旋有一定联系<sup>[2]</sup>。普查了1979-1995年的资料, 发现尽管有很大的年际变化, 但这一现象还是有一定的普遍性, 即大多数年份的4、5月间, 于105°E附近有赤道涡旋形成(图1)。这里是岛屿与海洋的交错地区, 热力状况的差异可能是涡旋容易在此产生的原因之一。涡旋向北移入南海南部, 引导它西边和赤道南侧的西风进入南海。这将有利于南海风场的转变。尽管60% - 70%的年份, 印度夏季风的爆发中存在爆发涡旋。但在这一套气候平均流场图中, 阿拉伯海上却看不到爆发涡旋的存在, 这说明这里爆发涡旋的出现, 可能在地域和时间上存在很大的年际变化。而东亚的赤道涡旋却在4月份较为稳定地出现(图1e)。这也是东亚与南亚的差别之一。

图3是850hPa风场多年平均的沿105°E纬度-时间剖面。从图3a的u场演变看出, 从4月中旬开始, 105°E的赤道上, 出现间断的越赤道气流。到了5月份, 越赤道气流稳定地加强, 西南气流向北推, 进入南海南部和中部。当上游之西南季风向东越过105°E后, 南海中部的夏季风迅速爆发。从图3b可以发现, 西风的北推与赤道涡旋的活动是有关的。同样分析了沿110°E和115°E的东-西风剖面, 其结果与105°E的非常类似, 即在10-15°N范围内, 东风转变成西风的时间是一致的。这和OLR资料显示的对流活动规律也是一致的。这说明当南海夏季风爆发时, 它在东-西方向的传播特征不大明显。

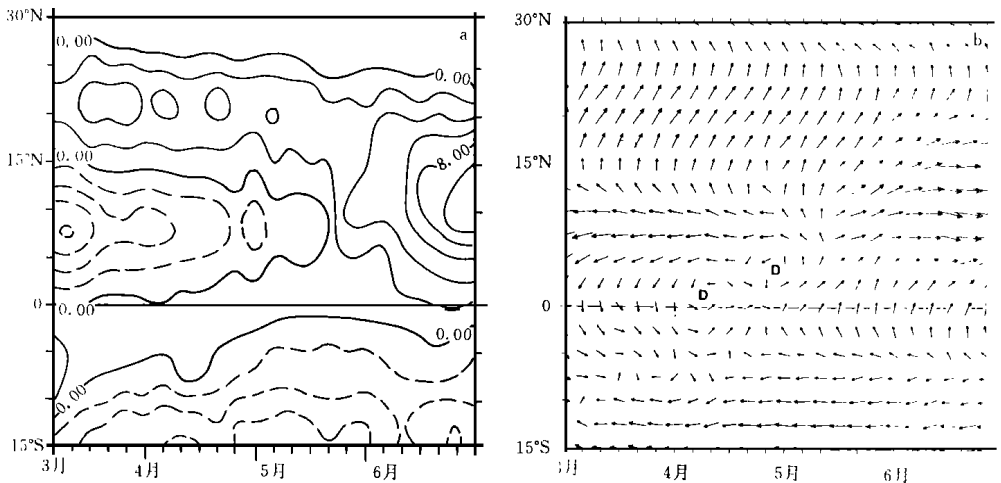


图3 沿105°E 多年平均850hPa 纬向风(m/s) (a) 和风矢量(b) 纬度-时间剖面

近年来, 许多分析结果都强调越赤道气流对东亚夏季风和降水的影响。图3b说明105°E的越赤道气流(南风)于4月中旬开始建立。有意思的是它和夏季第一个赤道涡旋的形成有密切关系。此涡旋形成后, 西南季风不断向北推进。表1给出各年4月份赤道涡旋的

活动与南海夏季风爆发的时间。从此表看出, 南海夏季风爆发异常偏晚的年份, 大都和该年4月位于105 E附近的赤道涡旋不活跃相对应(如1983, 1987, 1992, 1993和1995年)。可见两者可能存在着一定的内在联系。但也有例外, 如1982和1991年, 涡旋相对比较活跃, 但这些年季风爆发却很迟(1991年, 江淮流域入梅异常地早)。这也说明, 影响南海季风爆发的因子可能是很复杂的。4月赤道涡旋的活动情况, 是否对于当年南海夏季风爆发有前期征兆意义, 值得进一步的研究。

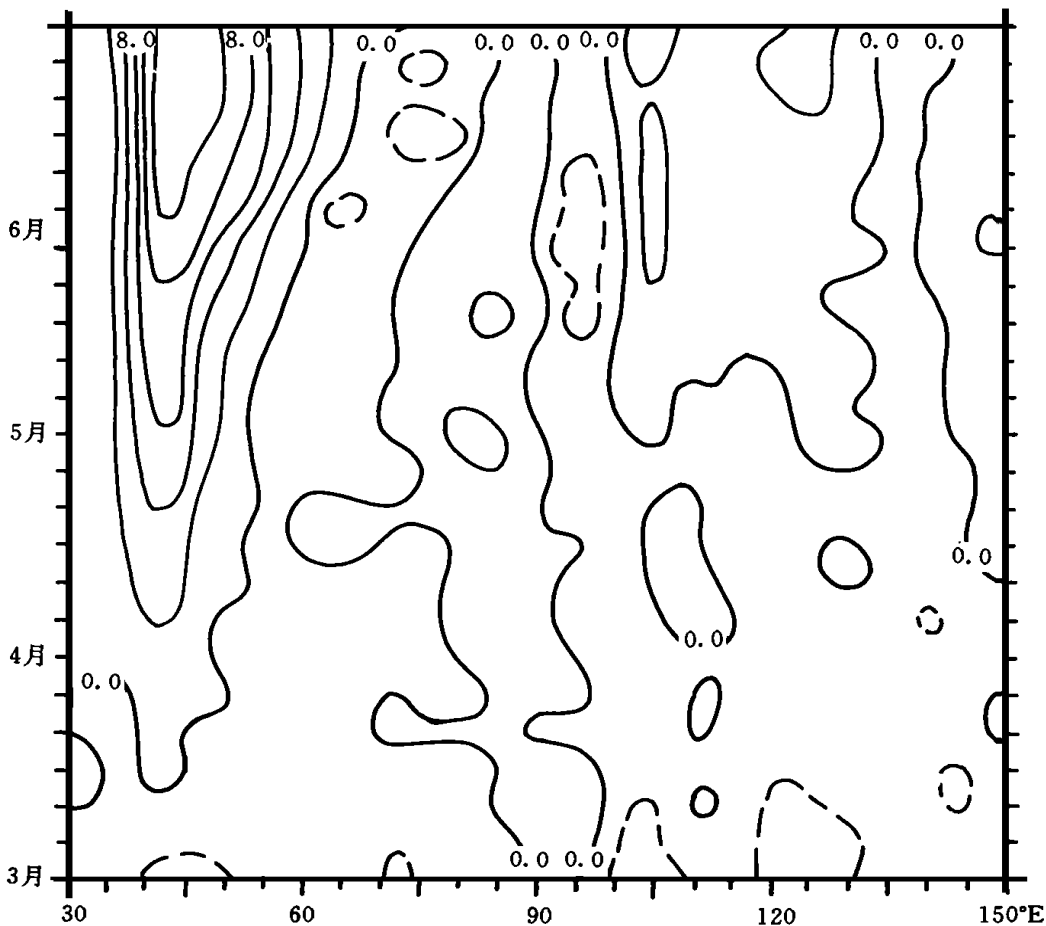


图4 沿赤道多年平均850hPa 南北风  $v$  的时间-经度剖面

东半球越赤道气流有许多支。对于南海季风爆发而言, 各支的作用可能是不同的。图4是春-夏之交, 各支越赤道气流的气候平均情况。值得注意的是位于105 E这一支, 它的稳定加强和南海季风爆发, 几乎是同时的。所以, 这一支可能与东亚的天气变化关系更为密切些。

## 5 结语和讨论

1979-1995年的气候资料证实南海季风的爆发, 落后于其两侧的陆地和岛屿地区, 这

其中,与热力有关。南海地区夏季风爆发,在东西方向上几乎是同时的,具有某种驻波的特性。文中还证实大多数年份的4,5月间,在105°E附近有赤道涡旋形成。它引导西南季风和赤道西风进入南海南部,为南海夏季风爆发创造有利条件。这种涡旋不活跃的年份,南海夏季风爆发往往偏晚,它们之间可能存在某种联系。4月中旬这个涡旋的形成和105°E越赤道气流的初步建立有一定的联系。而南海夏季风与105°E的这支气流可能关系更密切。70—90°E附近的赤道西风,对南海季风爆发的重要性,应该引起重视。

如果称位于105°E附近的赤道涡旋为东亚的爆发涡旋(或爆发引导涡旋),它显然与南亚地区的爆发涡旋有相似之处,又有较大差别。它们的活动都有利于夏季风的爆发。在南亚,这种关系是直接的。但在东亚,这种联系只是间接的,这也说明,东亚地区的夏季风活动比南亚地区更加复杂。因此,上述结果还有待于进一步用各种方法深入研究。

### 参考文献

- [ 1 ] Tao Shiyan and Chen Longxun. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*. Oxford University Press, 1987. 60– 92.
- [ 2 ] 谢安,张振洲. 南海夏季风的推进. *气象学报*, 1994, 52(3): 372– 378.
- [ 3 ] Arkin P A. The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-scale array. *Mon Wea Rev*, 1979, 107: 1382– 1387.
- [ 4 ] 陈隆勋,朱乾根,罗会邦等. 东亚季风. 北京:气象出版社, 1991. 89– 93.
- [ 5 ] Yasunari T. Structure of an Indian summer monsoon system with a periode around 40 days. *J Meteor Soc Japan*, 1981, 59: 336– 354.
- [ 6 ] Krishnamurti T N. Ardanuy P, Ramanathan Y and Pasch R. On the onset vortex of the summer monsoons, *Mon Wea Rev*, 1981, 109: 344– 363.



# EQUATORIAL VORTEX AND THE ONSET OF SUMMER MONSOON OVER SOUTH CHINA SEA

Xie An Liu Xia

*(Department of Geophysics, Peking University, Laboratory  
for Severe Storm Research(LSSR), Beijing, 100871)*

Ye Qian

*(CIRES, University of Colorado, Boulder, CO 80309, USA)*

## Abstract

The characteristics of summer monsoon onset in the South China Sea (SCS) were investigated based on 17 years (1979 – 1995) NMC wind data and OLR data from NOAA. It is proved that the onset of summer monsoon occurs later in SCS region than in Indo-China peninsula and island areas of Philippines. But the summer monsoon in the eastern part of SCS onsets almost at the same time as that in the western part of SCS. This simultaneity has somewhat standing wave feature. It is also confirmed that in most years there is a equatorial vortex forming near 105°E in April or May and the vortex leads the equatorial westerly in its upper reaches and the westerly in the Southern Hemisphere to the southern part of SCS. This creates a favorable condition for onset of the SCS summer monsoon. In the years when the equatorial vortex is unactive, the summer monsoon in the SCS onsets late. There is some relationship between the equatorial vortex and the onset date of SCS summer monsoon. In early April, the forming of the vortex and the preliminary building of cross-equatorial flows at 105°E is simultaneous. In May, these cross-equatorial flows enhance gradually and the activity of SCS summer monsoon may be closely associated with these flows. If the 105°E equatorial vortex is called onset vortex of East Asia, it is sure that this vortex is different from that of South Asia. In South Asia the onset vortex relates with monsoon onset directly, but in East Asia it does indirectly. So this also shows that East Asia Monsoon is more complicated than Indian Monsoon.

**Key words:** Summer monsoon onset in the South China Sea, Equatorial vortex, East Asian onset vortex, Cross-equatorial flows at 105°E.