

南海夏季风建立、活跃和中断期的特征^{*}

金祖辉 陶诗言

P425 A

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要 根据欧洲中心 (ECMWF) 1979~1993 年 15 年风资料和 GMS 卫星观测的黑体辐射云顶温度 TBB 资料, 取南海地区伴有强对流的西风/偏西南风建立作为南海夏季风爆发的标志, 对南海夏季风爆发的特征和夏季风活动过程进行了分析。表明南海夏季风爆发平均日期在 5 月 16 日左右, 但年际变化显著, 最晚是 6 月上旬。有些年份在 4 月下旬会出现短暂的伴有强对流的西南风, 而在 6 月初出现第二次强西南风爆发, 第二次爆发才是真正的夏季风爆发。南海夏季风爆发前, 在北纬 15°N 以北的南海地区往往会先出现强西南风, 这是由于北方冷空气南下引起冷锋前西风加强, 或者由于南海副热带高压的加强或北移引起的西风加强, 不能称作真正的南海夏季风爆发。季风爆发以后, 南海季风活动有显著的活跃和中断变化, 在季风爆发至 8 月 20 日期间, 平均中断 1~2 次/a, 中断时间约 15 d/a。

关键词: 南海; 季风爆发; 年际变化

1 前言

春末夏初, 亚洲季风区大气环流经历一次明显的季节性转换, 这标志着冬季风的结束和夏季风的开始, 但各地区夏季风建立的时间有先后。由于南海连接着印度洋和太平洋, 又是南亚季风系统和东亚季风系统相互作用的重要区域^[1,2], 因此研究南海夏季风建立和活动的特征具有重要意义。

20 世纪 80 年代以来, 关于南海夏季风爆发和机制的研究已取得了不少进展, 在南海夏季风爆发特征的主要标志研究方面, 陶诗言和陈隆勋^[3]以降水量的突增为主要标志研究了东南亚夏季风爆发的时间进程, 在 5 月 10 日左右东亚夏季风已推进到华南沿海, 估计南海季风爆发于 5 月上旬左右。但由于南海地区降水资料稀少, 南海区域没能详细区分。随后不少研究者分别用风场、对流、指数或者多要素的综合等作为南海季风爆发标志深入研究了南海季风爆发的特征^[4~11], 这些研究结果进一步表明南海夏季风多年平均爆发时间为 5 月中旬, 并有显著的年际变化等。但由于所取资料和处理方法的差异及定义季风爆发的标准各有侧重, 有些年份的爆发时间彼此之间差异较大, 还有待进一步研究讨论。本文取伴有强对流爆发的西风/偏西南风建立作为南海季风爆发的标志。其次, 用风场和黑体辐射云顶温度 (TBB) 要素 (110~120°E 平均) 的时间-纬度剖面图的时空变化特征来确定南海季风爆发时间。

2000-12-01 收到, 2002-07-25 收到再改稿

* 国家自然科学基金资助项目 49575266, 中国科学院重点项目 KZ951-408 和国家攀登 A 项目“南海季风试验研究”共同资助

2 资料

欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 再分析资料和 GMS 卫星观测的 TBB¹⁾ 资料是本文使用的主要资料。TBB 资料区域是 $80^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{W}$, 时间分辨率为每 3 h 一次的日平均, 空间分辨率为 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 格点, 平均值是 1980~1994 年的平均。文中的强对流指 $\text{TBB}<275\text{ K}$, 深对流指 $\text{TBB}<260\text{ K}$ 。南海区域平均是指 ($5^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) 范围内所有格点的日平均。ECMWF 的空间分辨率是 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 格点值, 南海区域平均为 ($5^{\circ}\sim 17.5^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) 平均。

3 南海夏季风爆发的平均日期

3.1 对流活动和风场的突变特征

南海夏季风建立是以南海高压减弱、西南风建立, 对流发展和降水量显著增加等一系列变化为主要标志的^[4~9]。南海区域多年逐日平均 TBB 值的演变曲线图 (略) 表明^[11], 从 4 月下旬~6 月初是南海地区季风季节转变最显著的时段, 5 月 14~16 日平均 TBB 值从 290 K 降到 275 K 左右, 6 月上旬 TBB 值又从 275 K 降至 265 K 以下。第一次突变标志着南海夏季风建立, 第二次突变则标志着南海夏季风进入盛期和向大陆推进。图 1a 是 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均 TBB 值的时间-纬度剖面, 5 月 14~15 日之前南海地区 ($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 区域) 为 TBB 的高值所控制, 15 日左右赤道地区的强对流突然向北伸展到 15°N 以北, 南海地区 TBB 值降至 275 K 以下。图 1b 是 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 平均 TBB 值时间-经度平均剖面, 4 月底~5 月初强对流已出现在中南半岛西南部地区, 5 月 16 日对流突然在南海地区 ($110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) 增强 ($\text{TBB}\leq 275\text{ K}$) 并持续, 这是南海夏季风爆发的重要信号。谢安等^[4]用南海平均向外长波辐射 (OLR) 资料分析也有相似的结果, 并指出南海季风爆发落后于同纬度的中南半岛和菲律宾岛屿地区, 而且具有某种驻波的特征。图 1c 是 850 hPa 多年平均风场 ($5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$, 1979~1993 年平均) 时间-经度剖面, 4 月底~5 月初 $90^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 经度范围已出现稳定的西风, 东西风交汇线维持在中南半岛的东部, 5 月 15~16 日东西风交汇线移到 115°E 以东, 南海开始盛行西南风。

图 2a~c 分别为孟加拉湾东部 ($90^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$)、中南半岛 ($102.5^{\circ}\sim 107.5^{\circ}\text{E}$) 和南海区域 ($112.5^{\circ}\sim 117.5^{\circ}\text{E}$) 多年平均风的纬度-时间剖面。由图可见, 南海与相邻地区夏季风爆发过程差异明显, 受偏东风控制的时间由东向西减小, 南海偏东风风速最强, 范围广, 受影响时间最长, 转变为偏西风时间最晚。其次, 南海西南气流建立时的突发性最明显 (图 2c), 5 月 16 日左右由强的偏东风 (风速 $\geq 2\text{ m s}^{-1}$) 突然转变为强西南风 (风速 $\geq 2\text{ m s}^{-1}$)。而孟加拉湾东部-中南半岛西部和中南半岛都是由弱偏东风 (风速 $< 2\text{ m s}^{-1}$) 转变为弱的偏西南风 (风速 $< 2\text{ m s}^{-1}$), 然后有一个逐渐增强的过程。如孟加拉湾区域 (图 2a) 尽管 5 月初就由偏东风转变为偏西风, 但是风速远小于 2 m s^{-1} , 5 月 14~15 日以后风速开始逐渐加大, 风向也逐渐转为西南风, 5 月 17 日风速增大到

1) 逐日 TBB 资料从 1980~1991 年, 气候平均逐日 TBB 资料为 1980~1994 年 15 年的平均。

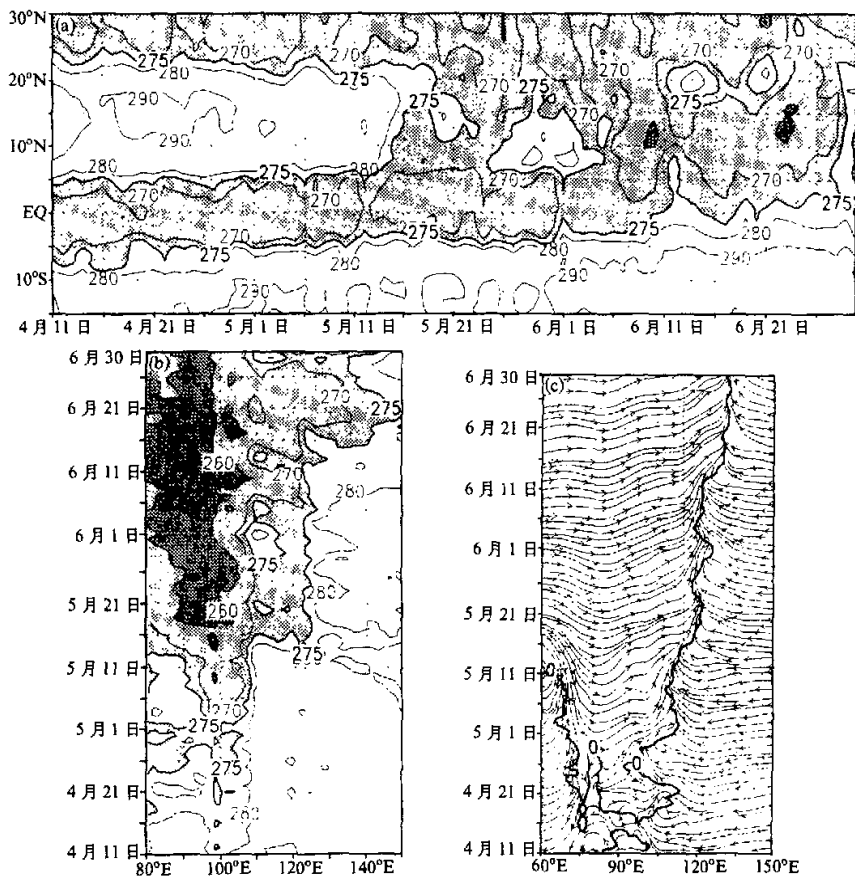


图1 TBB(1980~1994年)平均时间-纬度/经度剖面
(a) 110~120°E 平均TBB; (b) 5~15°N 平均TBB; (c) 5~15°N 平均风
深阴影区 TBB ≤ 260 K, 浅阴影区 TBB ≤ 275 K

4 m s^{-1} 、20日 6 m s^{-1} 、6月6日 8 m s^{-1} ，表明5月17日以后西南风的显著增强标志着该地区夏季风开始建立。中南半岛也类似（图2b），5月14~15日东风转变为西风，18~19日西南风风速增强到 4 m s^{-1} ，中南半岛夏季风开始爆发。由此看到南海和它的周邻地区夏季风爆发过程的差异，就气候平均言，偏东风和偏西风转换时间是西部早于南海，而强西风出现（夏季风爆发）时间南海早于其以西区域。

3.2 850 hPa 环流的演变特征

图3是南海夏季风爆发前后850 hPa多年平均风场的变化（1979~1993平均）。5月10日（图3a）热带西太平洋，南海地区和中南半岛及华南均受西太平洋副热带高压的影响，南海被副热带高压脊南部的东风控制，中南半岛和华南为西南风，华南的西南风风速和南海以东洋面东风风速都在 5 m s^{-1} 以上，只有南海南部（5°N 及以南）有弱

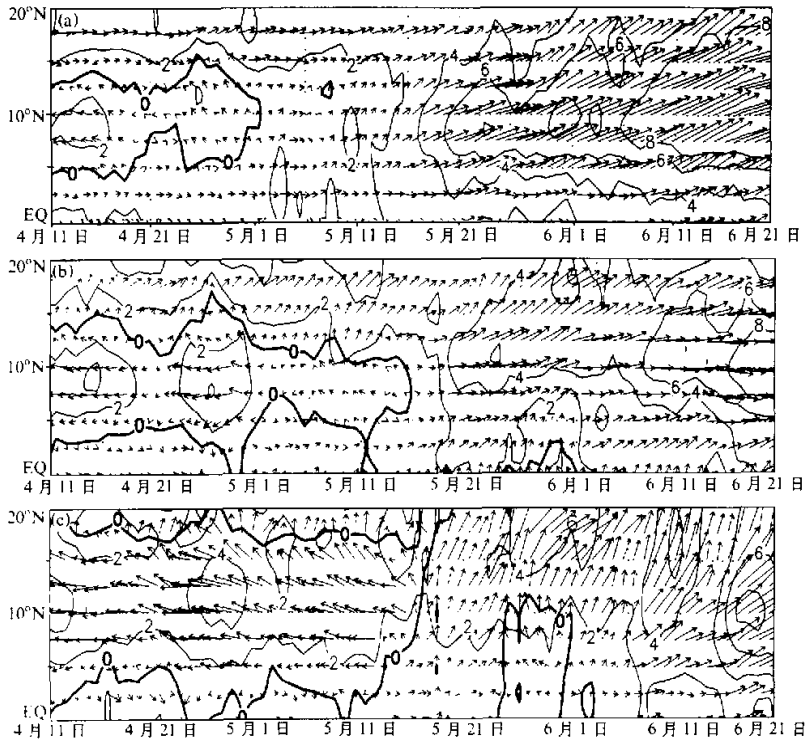


图2 850 hPa (1979~1993年) 平均风的时间-纬度剖面

(a) 90°~100°E 平均风; (b) 102.5°~107.5°E 平均风; (c) 112.5°~117.5°E 平均风

实线: 全风速等值线, 粗线: 东西风分界线

西风区出现。5月13日(图3b)中南半岛的偏南风和华南西南风显著减弱, 东西风分界线东移, 热带西太平洋大风速区(阴影区)从125°E东退至135°E附近, 西太平洋副高北边的西南风增强, 表明西太平洋高压显著减弱东撤。14日(图3c)南海南部西风气流向东和向北扩展, 西太平洋副高北边的大风速区增强并向东偏南移动, 风速由 5 m s^{-1} 增至 8 m s^{-1} 以上。5月16日(图3d)看出东风区已移到南海东部(115°E以东), 南海绝大部分区域都由偏东风转变为偏西风, 标志着南海夏季风爆发。以上的演变过程表明热带西太平洋副热带高压的减弱东撤可能是南海夏季风爆发最直接的因素。这期间虽然在赤道印度洋附近已有较强的西南气流, 但是在南海地区这支气流很少越过110°E。

3.3 200 hPa 环流的演变特征

从200 hPa 90°~110°E 15年平均风场(图略)可以看出, 南海地区冬夏季风转换时期对流层上部风场变化是明显的, 从4月下旬到5月中旬西风急流区(风速 $\geq 25 \text{ m s}^{-1}$)南边界从24°N附近北退到30°N。另外, 从南海夏季风爆发前后200 hPa多年平均风场及辐散区的逐日演变系列(图4), 也可看出南亚对流层上部的反气旋缓慢

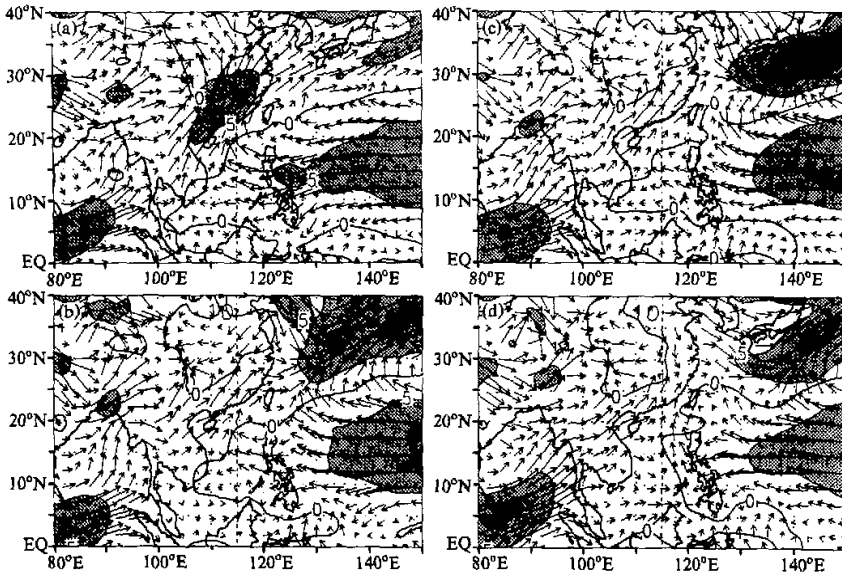


图3 南海夏季风爆发前后 850 hPa 风场 (1979~1993 年平均) 的演变

(a) 5 月 10 日; (b) 5 月 13 日; (c) 5 月 14 日; (d) 5 月 16 日

细虚线是 115°E 经线, 粗线是东西风分界线, 浅阴影区风速 $\geq 5 \text{ m s}^{-1}$, 深影区风速 $\geq 8 \text{ m s}^{-1}$

增强和向北移动过程。南海夏季风爆发前期 (4 月 24 日)、南亚和热带西太平洋是高压带, 两个中心分别在中南半岛南部 (10°N) 和西太平洋上, 辐散区分散 (图 4a)。5 月 9 日南亚高压增强, 范围扩大, 反气旋中心与辐散区相配合, 中心位于 15°N , 而西太平洋的反气旋中心东移 (图 4b)。5 月 13~15 日南亚高压移到了中南半岛北部, 反气旋范围扩大, 强度增强, 辐散区也进一步扩大 (图 4c、d), 随着南亚高空反气旋的建立和加强, 于 5 月 16 日左右南海季风爆发。

以上分析表明, 5 月 15~16 日对流层低层 (850 hPa) 热带西太平洋高压东撤减弱, 南海地区由东南风转为偏西南风, 强对流区由 5°N 伸展到 15°N , 对流层上部南亚高压移到了中南半岛北部, 这些特征标志着南海地区夏季风环流开始建立。

4 南海季风爆发日期的年际变化

南海夏季风爆发是大气环流季节变化在南海这个特定地区的表现。南海季风爆发日期迟早各年有差异, 这与各年春末亚洲中纬度的大气环流以及南亚低纬度大气环流的相互作用和影响有关。我们作出 1979~1993 年每年 4 月中旬到 8 月南海区域 $110\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的 850 hPa 风和 1980~1991 年每年 TBB 的时间-纬度剖面图。可以看出, 各年南海季风爆发的过程、爆发日期的迟早。

依据每一年 4~8 月 $110\sim 120^{\circ}\text{E}$ 逐日平均风和 TBB 的时间-纬度演变图, 找出每年南海 (至少在 $5\sim 15^{\circ}\text{N}$ 区域) 第一次西南风和强对流相伴出现的时段。但在确定爆

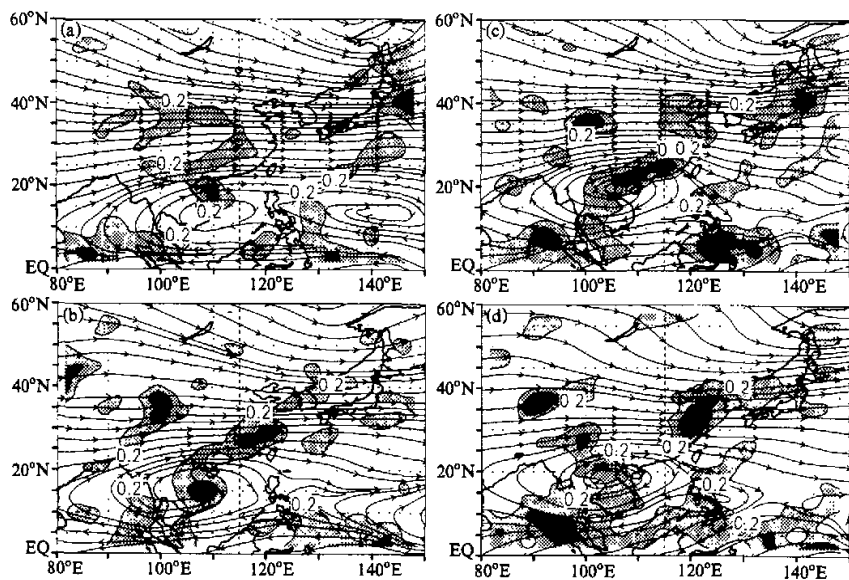


图4 南海夏季风爆发前后 200 hPa 风场 (1979~1993 年平均) 的演变

(a) 4 月 24 日; (b) 5 月 9 日; (c) 5 月 13 日; (d) 5 月 15 日

细虚线是 115°E 经线, 阴影区为辐散区

发日期时要注意区分以下 3 种情况: 真正的南海季风爆发, 假的季风爆发和出冷锋/西太平洋副高引起的锋前西南风。

4.1 南海季风爆发特征

南海季风爆发的重要特征是整个南海地区 (至少在 5~15°N 区域) 由偏东风转为偏西南风, 以及强对流自 5°N 附近向北快速扩展到整个南海。图 5a, b 是 1988 年 110~120°E 平均风场和 TBB 的时间-纬度演变, 4 月中旬~5 月上中旬赤道至 15°N 以北的南海区域一直盛行东风/东南风, 强对流区主要出现在 5°N 以南; 5 月 20 日左右风场和对流都出现突变, 整个南海区域都从偏东风转为偏西南风; 17 日开始 5°N 以南的强对流区迅速向北发展; 18~19 日强对流覆盖了整个南海, 深对流区 (深阴影区) 也从赤道地区北跳到 5°N 以北, 南海季风爆发 (5 月 20 日)。图 5c, d 是 1986 年南海季风爆发过程, 与前者稍有不同的是 5 月上旬末南海北部先出现西南风, 此西南风伸展到 15°N 附近, 但从对流中心的演变可以看出此强对流中心仅在华南及南海北部沿海区域, 它未引起南海西南风爆发; 真正的南海季风爆发过程是从 5 月 14 日强对流自 5°N 以南向北发展开始, 15~16 日强对流覆盖整个南海, 5 月 16 日南海转为一致的偏西南风, 南海夏季风爆发, 可见这种类型季风爆发过程的爆发日期是不难确定的。

4.2 南海季风假爆发

有些年份 4 月下旬~5 月初, 南海地区会出现短暂的伴有强对流的偏西南风过程, 这是由季节内振荡引起的假季风爆发 (如 1985 年)。1985 年风场和 TBB (图 6) 的时间-纬度剖面看出, 4 月中下旬南海南部开始出现西南风, 但中部和北部为偏东风,

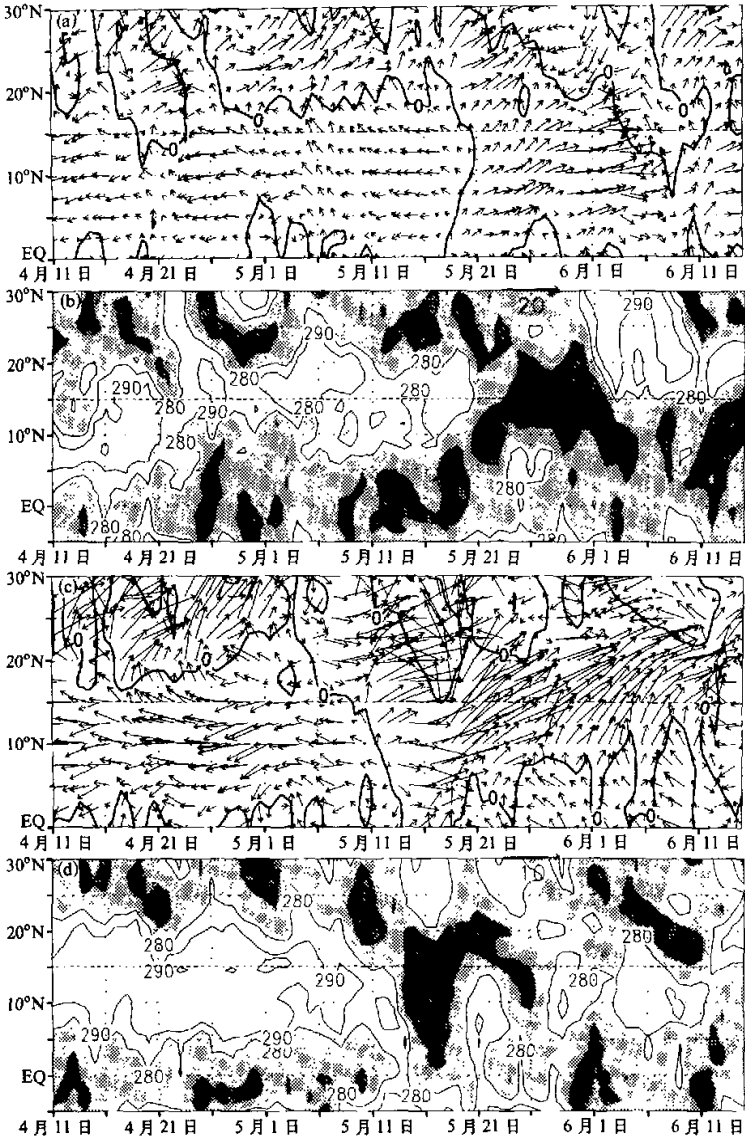


图5 110~120E°平均矢量风和TBB时间-纬度剖面
(a) 1988年850 hPa风; (b) 1988年TBB; (c) 1986年850 hPa风; (d) 1986年TBB

TBB 值在 280 K 以上 (弱对流); 到 4 月末和 5 月初南海大部分区域出现偏西南风, 并且有强对流区伴随, 但持续时间较短, 不久南海地区恢复偏东风, 强对流活动也消失, 这是一次假的季风爆发。第二次爆发出现在 6 月上旬。4 月底与 6 月上旬的爆发过程相似, 但 4 月底的爆发并不是真正的南海夏季风爆发, 真正的南海夏季风爆发是第二

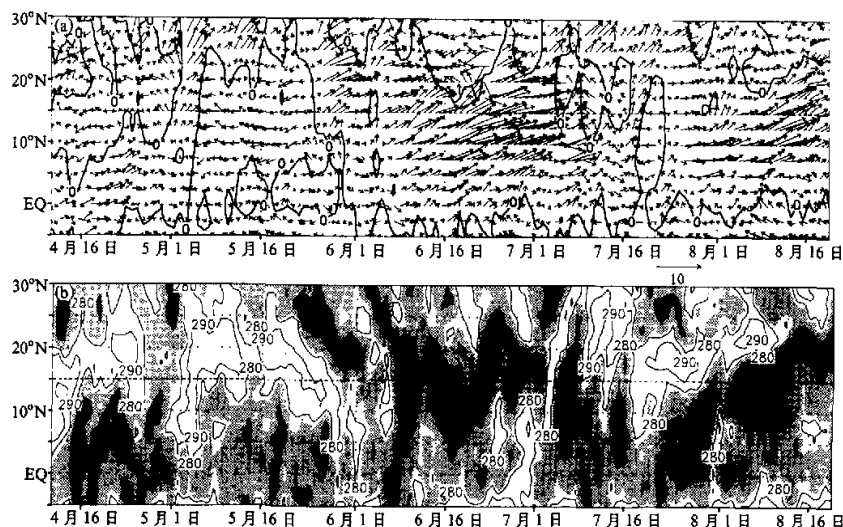


图6 1985年110~120°E平均矢量风和TBB时间-纬度剖面
(a) 850 hPa风; (b) TBB

次(6月上旬)。前者与北印度洋和南海季节内30~60天低频振荡(MJO: Madden-Julian Oscillation)有关,在4~9月,当有MJO沿赤道从西向东传播经过北印度洋和南海地区时,会出现西风加强和强对流区域向北涌伸过程,MJO的活动能调节印度和南海夏季风爆发及夏季风活动。如1995年5~6月印度夏季风也出现先后两次爆发。Flatau等^[12]的研究指出,在1995年4月底和5月初由于印度季风区(90°E附近)出现一次强季节内振荡(MJO),强对流活动从赤道向北伸展,同时对流层低层出现西南风,但在5月中旬以后对流迅速减弱,西南风也消失,而第二次爆发才是真正正印度季风爆发。

4.3 南海北部的西南风

南海夏季风爆发时段,在15°N以北地区往往先出现西南风加强和强对流发展如1981、1983、1986、1987年等。图7是1981年例子,从110~120°E平均矢量风(图7a)和TBB的时间-纬度图(图7b)看到,5月10日~5月20日左右15°N以北出现了强西南风。其对流变化如图7b所示,4月底~5月初华南地区对流活跃并逐步向南发展,5月上旬~中旬南海北部TBB下降至275 K以下(对流加强),但在15°N以南基本维持偏东风和弱对流。图7c给出了850 hPa 5月11~16日平均风场,可以看出除南海西北部、北部是西南风外,南海主要盛行偏东风。表明中南半岛东部和南海北部的西南风是与西太平洋副热带高压系统相联系的。所以我们认为由北方冷空气南下引起的锋前西风加强,或者由于南海副热带高压的加强或南移引起南海北部的西南风加强,都不能算作真正的南海夏季风爆发,6月1日左右才出现一致的西南风和强对流。陈隆勋等^[13]将南海夏季风爆发这段时间,南海北部出现的西南风定义成副热带雨季的开始,而5月中旬以后南海地区出现的西南风称为南海热带夏季风爆发。副热带雨季即

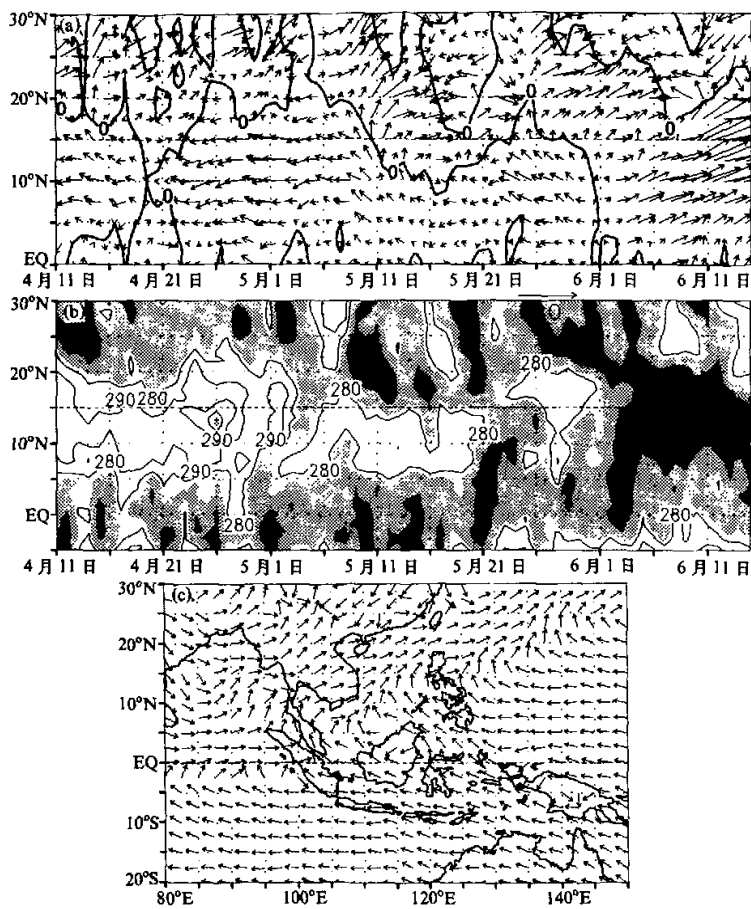


图7 1981年110~120°E矢量风和TBB时间演变及平均风场
(a) 850 hPa风; (b) TBB; (c) 5月11~16日平均风场

是由华南冷锋活动所引起。

以上分析表明在确定南海夏季风爆发日期时要注意区分真正的南海季风爆发和由MJO作用引起的南海假季风爆发, 以及华南冷锋或西太平洋副热带高压变化引起的南海北部西南风增强等3种情况。根据以上分析得到南海逐年季风爆发日期如表1所示。

5 南海季风活动时期夏季风的活跃和中断

南海季风爆发后, 季风的中断和活跃是季风活动的重要特征。我们规定在南海季风爆发后出现由西南风转为偏东风并持续3天以上的过程为南海季风中断。如图8a是

表 1 南海夏季风爆发日期和中断时段统计表 (1980~1993 年)

年份	爆发日期	中断时段				次数	中断天数
		5~6 月	6~7 月	7~8 月	8~9 月		
1980	5 月 15 日	5 月 23 日~6 月 16 日		7 月 25 日~8 月 1 日		2	33
1981	6 月 1 日		6 月 23 日~26 日	7 月 21 日~24 日		2	7
1982	6 月 1 日					0	0
1983	6 月 2 日		6 月 5 日~16 日	7 月 16 日~18 日 7 月 25 日~8 月 1 日		3	23
1984	5 月 18 日	5 月 26 日~6 月 14 日		7 月 3 日~22 日		2	40
1985	6 月 3 日			7 月 17 日~22 日		1	6
1986	5 月 16 日		6 月 5 日~16 日	7 月 18 日~22 日		2	21
1987	6 月 5 日			7 月 28 日~8 月 14 日		1	18
1988	5 月 18 日		6 月 28 日~7 月 5 日		8 月 16 日~8 月下旬	2	12
1989	5 月 17 日			7 月 2 日~5 日		1	4
1990	5 月 16 日					0	0
1991	6 月 7 日		6 月 26 日~29 日			1	4
1992	5 月 16 日		6 月 2 日~16 日	7 月 5 日~7 月 13 日		2	24
1993	6 月 4 日		6 月 28 日~7 月 3 日	7 月 14 日~17 日		2	10
合计		2 次	7 次	11 次	1 次	21	202
平均		0.14 次	0.5 次	0.8 次	0.07	1.5	14.4

注: 整个南海地区 (至少在 5~15°N 的南海区域) 出现伴有强对流 (TBB<27.5 K) 的偏西南风 (>3 d), “+” 表示根据逐日风资料分析所得。

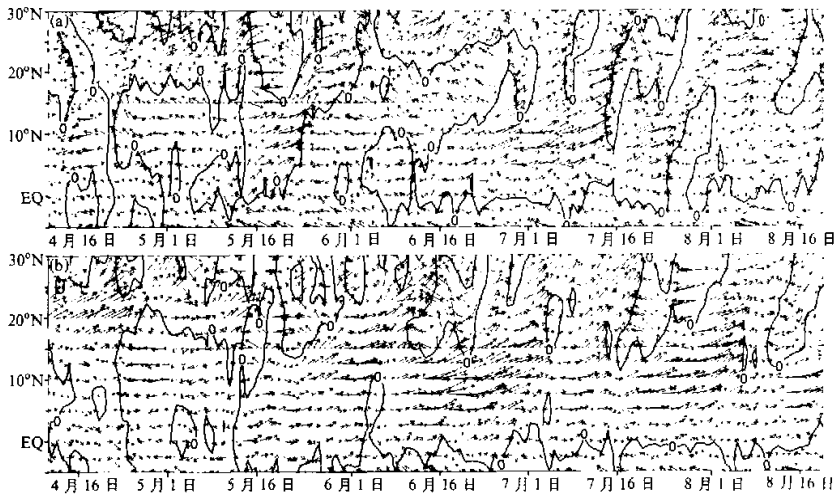


图 8 850 hPa 110~120°E 平均矢量风时间-纬度剖面
(a) 1980 年; (b) 1990 年

1980 年 4 月~8 月 20 日风矢量时间-纬度剖面图。该年南海季风在 5 月 15 日爆发; 5 月 23 日~6 月 16 日南海绝大部分区域由西南风转为偏东风 (10°N 以南有时为西南风, 但 10°N 以北盛行东南风) 即出现第一次季风中断; 6 月 17 日~7 月 24 日整个南海又出现一致的西南风 (季风活跃), 7 月 25~8 月 1 日出现第二次中断; 8 月 2 日开始南海又盛行西南风 (第二次南海季风活跃)。图 8b 是 1990 年例子, 5 月 16 日南海季风爆发, 在季风爆发至 8 月 20 日期间没有出现连续 3 天以上的偏东风, 即南海季风没有出现中断的时段。

南海夏季风活动的年际变化是复杂的, 我们统计了 1980~1994 年季风爆发、活跃和中断的时段及次数 (表 1), 可以看出从季风爆发至 8 月 20 日期间, 夏季风平均中断 1.5 次/a, 中断时间 14.4 d/a; 其中 7 月~8 月上旬中断次数最多 (0.8 次/a), 其次是 6~7 月上旬 (0.5 次/a); 中断时间最长为 40 d/a (1984 年), 最短为 0 d; 中断次数多的是 3 次/a, 少的是 0 次/a; 连续中断天数最长的是 23 d (1980 年), 短的是 4 d。

另外, 在这 14 年的样本分析中没有发现南海季风爆发早晚与南海季风活跃、中断有显著的相关关系, 如 1982 年南海季风爆发晚 (6 月 1 日), 1990 年季风爆发较早 (5 月 16 日), 但是这两年南海季风都没有中断现象。又如 1992 年南海季风爆发早 (5 月 16 日), 季风中断 24 d, 1993 年季风爆发晚 (6 月 3 日), 季风中断 23 d, 两者相近。

6 结果和讨论

(1) 通过 $110\sim120^{\circ}\text{E}$ 平均风和 TBB 等资料的时间-纬度剖面图分析表明, 南海地区多年平均夏季风爆发日期在 5 月 16 日左右。年际变化显著, 爆发晚的年是在 6 月上旬。确定南海夏季风爆发时间是较复杂的, 要注意区分真正季风爆发、假季风爆发和南海北部的西南风。1) 真正南海季风爆发。它的重要特征是整个南海地区 (至少在 $5\sim15^{\circ}\text{N}$ 区域) 由偏东风转为偏西南风并有强对流自 5°N 附近向北快速扩展到整个南海。2) 假的季风爆发。有些年份虽在 4 月下旬就开始出现短暂的伴有强对流西南风爆发, 但其后出现第二次强西南风爆发; 前者主要由北印度洋和南海 30~60 天季节内振荡所致, 当 MJO 沿赤道从西向东传播时会出现短暂西风加强和强对流区向北涌伸, 这不是真正的南海季风爆发; 而第二次才是真正的南海季风爆发。3) 南海北部西南风加强。在南海夏季风爆发时段, 南海北部地区 (15°N 以北) 4 月下旬到 5 月初往往先出现强西南风和强对流, 这是由于北方冷空气南下引起锋前西风加强, 或由副热带高压变化引起的西风加强和强对流, 这也不能视为南海夏季风爆发。

(2) 热带西太平洋副热带高压的东撤减弱可能是南海季风爆发的直接因素。另外, 南海与周邻区域相比, 东西风转换的时间是孟加拉湾最早, 中南半岛次之, 南海区域最晚, 而西南风突然增强 (夏季风爆发) 的时间则相反。

(3) 南海夏季风爆发后季风活动有明显的活跃、中断的变化, 据 1980~1993 年从南海季风爆发至 8 月 20 日时段统计, 平均中断 1~2 次/a, 中断时间 14~15 d/a, 但年际差异很大, 有的年可发生 2 次中断, 2 次活跃, 有的年份则没有中断期, 中断最长的可延续 40 d。另外, 本文分析尚未发现南海季风爆发早晚与南海季风中断次数、中断时间有显著的关系。

参 考 文 献

- 1 金祖辉, 陈隆勋, 夏季东亚季风系统的中期变化及与印度季风系统的相互关系, 全国热带夏季风学术会议文集, 昆明: 云南人民出版社, 1983, 204~217.
- 2 金祖辉, 1979年夏季南海地区水汽收支, 全国热带夏季风学术会议文集, 昆明: 云南人民出版社, 1981, 152~164.
- 3 Tao Shiyan and Chen Longxun, A review of recent research on East Asian summer monsoon in China, *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, 1987, 60~92.
- 4 谢安, 刘霞, 叶谦, 赤道涡旋与南海季风爆发, 气象学报, 1997, 55(5), 611~618.
- 5 宋正山, 鲍媛媛, 杨辉, 初夏东亚季风建立的气候特征及年际变化, 东亚季风和中国暴雨, 北京: 气象出版社, 1997, 250~264.
- 6 谢安, 刘霞, 叶谦, 南海夏季风爆发的气候特征, 亚洲季风研究新进展, 北京: 气象出版社, 1996, 132~142.
- 7 何金海, 罗金佳, 南海季风爆发和亚洲夏季风推进特征及形成机制的探讨, 亚洲季风研究新进展, 北京: 气象出版社, 1996, 94~81.
- 8 陈隆勋, 宋毅, 村上胜人, 夏季风爆发时期对流云团的变化特征, 亚洲季风研究新进展, 北京: 气象出版社, 1996, 54~64.
- 9 王启伟, 丁一汇, 南海与孟加拉湾夏季风演变的对比分析, 亚洲季风研究新进展, 北京: 气象出版社, 1996, 115~123.
- 10 李崇银, 屈昕, 南海季风爆发的大气环流演变特征, 南海季风爆发和演变及与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 5~12.
- 11 金祖辉, TBB资料揭示的南海季风爆发的气候特征, 南海季风爆发和演变及与海洋的相互作用, 北京: 气象出版社, 1999, 57~65.
- 12 Flatau M. K., P. J. Flatau et al., The dynamics of double monsoon onsets, *J. Climate*, 2001, 14, 4130~4146.
- 13 陈隆勋, 李微, 赵平, 陶诗言, 东亚地区夏季风爆发过程, 气候与环境研究, 2000, 5(4), 345~355.

The Onset of the Summer Monsoon over the South China Sea and Its Active and Break Periods

Jin Zuhui and Tao Shiyan

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Based on the ECMWF reanalysis data from 1979~1993 and TBB data of GMS, an analysis on the onset of the summer monsoon over the South China Sea (SCS) is made. It is found the mean onset date is on the 16th of May. There is marked interannual variation of the onset day, the earliest day is in the beginning of May, and the latest onset day is in beginning of June. In some years in the last ten days of April there appears marked south west flow over the SCS, but the south west flow only persists for more than a short period, and the easterly flow reappears. In the beginning of June the true onset appears. From the end of April to the middle of May before the onset, in the SCS there appears strong south west flow to the north of 15°N. These strong westerly flow are due to the southward advance of cold front or due to the strengthening of the subtropical high in the SCS, and the westerly flow can not be treated as the onset of the SCS summer monsoon. After the onset, there are active and break period of the south west summer monsoon flow, the average break period is about 15 days in each year.

Key words: South China Sea; monsoon onset; interannual variability