

索马里跨赤道气流对南海夏季风爆发的重要作用*

P4 A

李崇银 吴静波

(中国科学院大气物理所大气科学与地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

摘要 通过分析 NCEP/NCAR 多年再分析资料, 清楚地揭示了南海夏季风爆发与索马里跨赤道南风气流建立之间的重要关系。对应南海夏季风爆发, 总是已先期在赤道印度洋地区有西风加强和索马里跨赤道南风气流的建立; 而且, 若南海夏季风爆发偏早(晚), 赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立也偏早(晚)。可以认为, 索马里跨赤道南风气流的稳定建立是南海夏季风爆发的重要物理机制之一, 它的建立导致赤道印度洋地区西风的持续加强和向东扩展, 并最终在南海地区形成西南气流。

关键词: 索马里跨赤道气流; 南海; 夏季风爆发

1 引言

季风是 21 世纪国际“气候变化及可预报性研究 (CLIVAR)”计划的重要研究内容之一^[1], 而亚洲季风是全球最典型又最重要的季风系统。已有的研究表明, 亚洲夏季风由相互联系又有其独立性的南亚(印度)季风系统和东亚季风系统组成, 亚洲夏季风最早在南海地区爆发, 然后分别逐渐向西北和北方扩展, 最终建立起南亚和东亚夏季风^[2~4]。

20 世纪 90 年代以来, 人们对南海夏季风活动更加注意, 尤其是关于南海夏季风的爆发(建立)问题, 已从不同角度开展了研究, 但有关南海夏季风爆发的分析结果尚有一些不一致^[5~7], 而且, 有些研究不恰当地过分强调了在 100~120°E 地区的跨赤道气流的作用。南海夏季风的爆发不是孤立现象, 它是大气环流演变在南海这一特定地区的表现, 要搞清南海夏季风的爆发问题, 分析和认识大尺度大气环流演变是十分重要的。

在已有的研究中, 我们已指出了南海夏季风爆发的基本特征和相应的大气环流演变^[8,9]。本文通过对 NCEP/NCAR 再分析资料等的分析, 特别强调指出索马里跨赤道气流对南海夏季风建立的重要作用。

2 大气环流演变的合成分析

为了揭露南海夏季风爆发的大气环流特征, 用 1980~1991 年 NCEP/NCAR 再分

2000-03-31 收到, 2001-03-07 收到再改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900, 国家攀登项目“南海季风试验研究”和中国科学院 KZ951-B1-408 项目共同资助

析资料, 针对各年南海夏季风爆发日期进行了合成分析^[8], 指出副热带反气旋从南海地区迅速撤出, 南海地区为偏西气流控制, 南海地区大气的增湿和对流活动的加强是南海夏季风建立的几个重要标志。同时, 环流形势的演变还清楚地表明, 在南海夏季风建立前, 在索马里地区已先期出现较强跨赤道南风气流, 在赤道印度洋地区有西风加强。而且, 赤道印度洋地区强西风越过中印半岛南部向南海地区扩展, 对南海地区西南风的建立起着重要作用。

图 1 给出的是南海夏季风爆发前第 4 天、第 3 天以及爆发当天和爆发后第 1 天的 850 hPa 流场形势。可以清楚地看到在南海夏季风爆发前南海地区为一反气旋高压控制, 主要为南和东南气流; 季风爆发后, 反气旋环流已东撤到西太平洋, 南海地区盛行西南气流。本文要特别强调另一极为清楚的形势是在南海夏季风爆发前, 赤道印度洋地区已有比较强的西风, 一直可达马来半岛, 当夏季风爆发时, 这支强西风气流便变成西

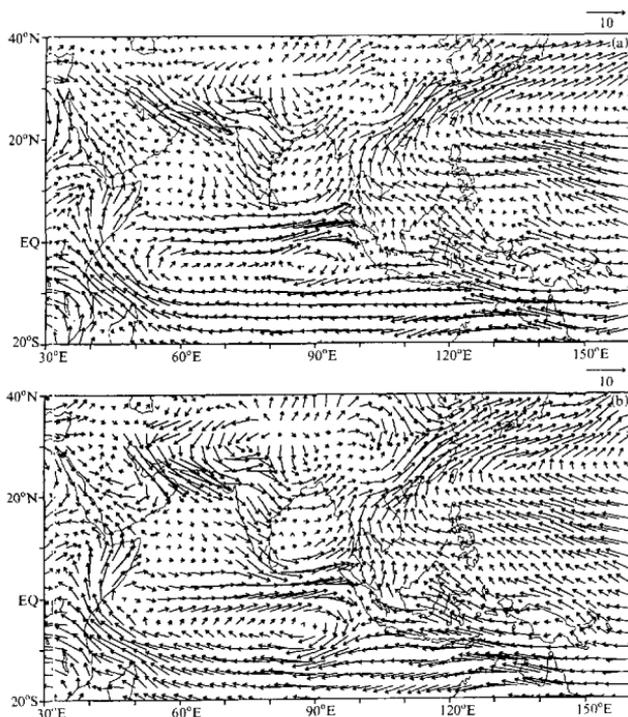


图 1 南海夏季风爆发前第 4 天 (a)、第 3 天 (b) 及爆发当天 (c) 和爆发后第 1 天 (d) 的 850 hPa 合成流场形势

南风越过中印半岛直达南海地区; 同时, 在索马里地区也早有较强跨赤道南风气流, 并且是形成赤道印度洋地区强西风的重要原因。

同南海夏季风的爆发相关, 在 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 地区也有一些由东南风跨赤道而形成的南风气流, 然而它们相对较弱, 对于南海夏季风的爆发作用不是很大。

为了进一步揭露南海夏季风爆发与索马里过赤道气流以及与赤道印度洋西风气流的关系, 用 NCEF / NCAR 再分析资料 (1980~1997 年) 分析了南亚及邻近地区的 850 hPa 风场的演变特征。根据已有研究结果^[8~10], ($5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) 区域平均纬向风由东风变为西风可以基本反映南海夏季风的爆发, 由此即可确定出 1980~1997 年间每年南海夏季风爆发的日期。计算结果清楚地表明 (图略), 南海夏季风的爆发日期有极明显的年际变化, 平均是在 5 月中, 但有些年较早 (4 月底或 5 月初), 有些年较晚 (5 月底或 6 月初)。这里我们分析夏季风爆发的早、中、晚 3 种情况, 比较, 分

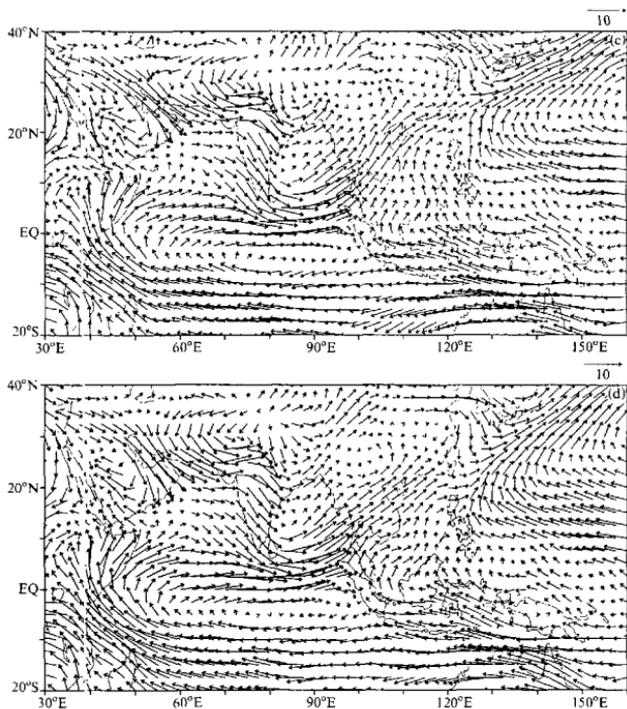


图1(续)

析它们所对应的风场的演变形势。

图 2 分别给出了南海夏季风爆发日期偏早的 1982、1984、1985 和 1994 年的平均结果, 其中图 2a 是 ($5\sim 20^{\circ}\text{N}$, $110\sim 120^{\circ}\text{E}$) 区域平均的纬向风的时间演变, 它清楚地表明, 5 月初在整个南海地区已由偏西风所控制, 夏季风已经建立; 由图 2b 所描写的赤道印度洋地区 ($0\sim 5^{\circ}\text{N}$, $70\sim 90^{\circ}\text{E}$) 平均的纬向风的演变可以看到, 对应南海夏季风的爆发, 在 4 月中下旬西风就明显增强, 平均已超过 2 m s^{-1} ; 而赤道索马里气流 ($40\sim 60^{\circ}\text{E}$ 经度带平均) 却更早出现系统性 (持续 5 d 以上) 南风 (图 2c)。即在南海夏季风爆发之前, 已先期有赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立。

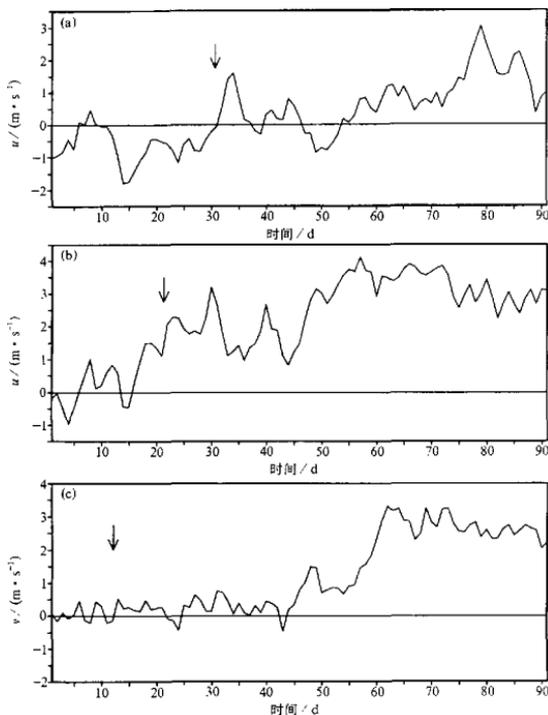


图 2 南海夏季风爆发较早的 1982、1984、1985 和 1994 年平均的南海地区 ($5\sim 20^{\circ}\text{N}$, $110\sim 120^{\circ}\text{E}$) 纬向风 (a), 赤道印度洋地区 ($0\sim 5^{\circ}\text{N}$, $70\sim 90^{\circ}\text{E}$) 纬向风 (b) 和索马里地区 ($40\sim 60^{\circ}\text{E}$) 跨赤道经向风 (c) 的时间演变 (4~6 月)

对于南海夏季风爆发日期接近气候平均的 1980、1981、1989、1995 和 1997 年的平均形势, 南海夏季风爆发于 5 月中; 赤道印度洋地区西风加强 ($>2.0 \text{ m s}^{-1}$) 发生在 5 月初; 而跨赤道索马里南风气流建立于 5 月初 (图略)。也就是说, 在南海夏季风爆发之前也已先期有赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立; 而且, 对应南海夏季风爆发日期较图 2a 所示为晚, 赤道印度洋地区西风加强及索马里跨赤道南风气流的建立日期也相对晚一些。

对于南海夏季风爆发日期偏晚的 1983、1987、1991 和 1993 年的平均情况 (图 3), 南海夏季风爆发于 6 月上旬 (图 3a); 赤道印度洋地区西风加强 ($>2.0 \text{ m s}^{-1}$) 发生在 5 月中旬 (图 3b); 而跨赤道索马里南风气流建立于 5 月上中旬 (图 3c)。同样反映出在南海夏季风爆发前已先期有赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立; 而对南海夏季风爆发日期的偏晚, 赤道印度洋地区西风加强和索马里跨赤道南风气流建立的日期也偏晚。

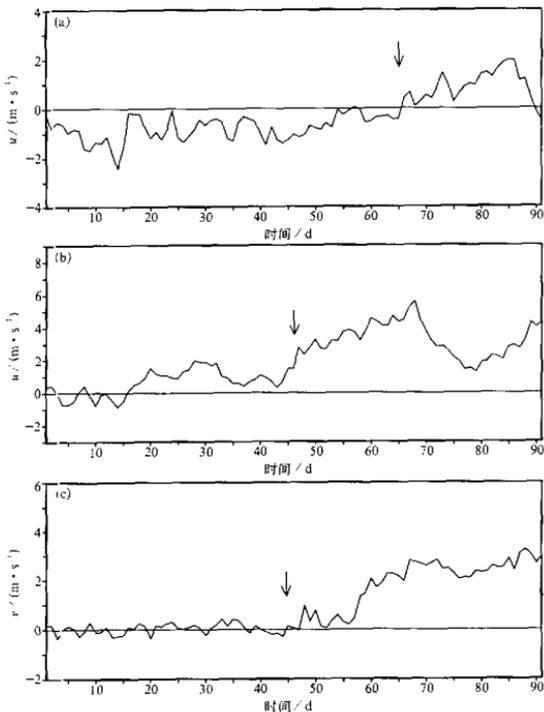


图 3 同图 2, 但为南海夏季风爆发较晚的 1983、1987、1991 和 1993 年的平均情况

以上对南海夏季风爆发偏早、正常和偏晚 3 种情况的对比分析可以清楚地看到, 在南海夏季风爆发之前已先期有赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立; 而且南海夏季风爆发偏早(晚), 那么赤道印度洋地区西风的加强和索马里跨赤道南风气流的建立也偏早(晚)。因此, 索马里跨赤道(南风)气流的建立和赤道印度洋地区西风的加强对南海夏季风的建立起着极其重要的作用。

3 1998 年南海夏季风的爆发

根据一系列观测资料的分析, 包括卫星观测的云顶黑体温度(TBB)资料, NCEP/NCAR 的再分析资料以及在“南海季风试验”加强观测期的 ATLAS 浮标观测资料, 都十分清楚地表明, 1998 年南海夏季风是在 5 月 21 日左右建立的。因为卫星观测的 TBB 资料表明, 在南海地区(105~120°E) 纬向平均 TBB 的时间-纬度图上清楚地表明在 5 月 21 日左右, TBB 由大于 280 K 变为小于 270 K (图略); 而由南海地区纬向风的时间-纬度剖面所描写的对流层上层(200 hPa 附近) 西风急流活动, 也极清楚地表明中心在 5 月 21 日由原先的 25~30°N 迅速北跳到 35~40°N 位置(图略)。

图 4a 给出的是南海地区(5~20°N, 110~120°E) 平均的 850 hPa 纬向风的时间演变(5 月 1 日到 6 月 30 日)。它极为清楚地表明 5 月 19~21 日纬向风有一个急速的改变, 由大致 1 m s^{-1} 的东风突变成为约 3.8 m s^{-1} 的西风, 其后便较长时间一直维持西风。而图 4b 给出的索马里跨赤道气流表明, 早于南海夏季风爆发约 10 d, 索马里跨赤道南风气流急剧增强到 6 m s^{-1} 左右, 其后就一直维持较强南风气流。

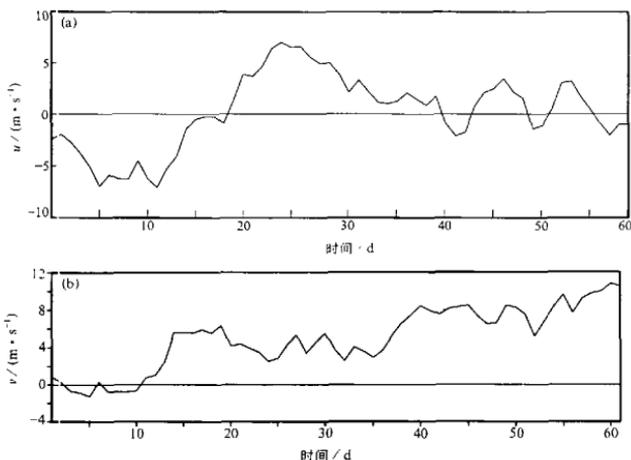


图 4 1998 年 5~6 月南海地区(5~20°N, 110~120°E) 平均纬向风的时间变化 (a) 和(40~60°E) 地区平均的跨赤道经向风的时间变化 (b)

在南海季风试验的加强观测期,对南海地区进行了前所未有的大气和海洋观测,为研究南海夏季风活动提供了宝贵资料。图5是位于(12°N, 114°E)的ATLAS-2浮标观测的日平均降水率和平均辐射强度的时间变化曲线。可以看到在5月21日之前没有降水过程,5月22日开始出现较强降水,直到5月29日;而5月20日之前由于晴空,平均辐射量很强约为 580 W m^{-2} ,5月21日开始辐射量急剧减小,直到6月初。

以上资料分析清楚地表明,1998年南海夏季风的建立日期在5月21日,较平均日期晚5d左右。在5月21日之前,由于副高脊的控制,南海地区盛行东南风;因仍属“冬”季环流形势,高空急流位置较南,南海地区对流活动尚未发展,很少降雨。5月21日开始,由于大气环流形势的“突变”,“夏”季形势控制南海,夏季风爆发,对流活动明显加强,夏季季风雨开始。

对于1998年南海夏季风的建立,在对流层低层(850 hPa)同样十分清楚地可以看到南海夏季风爆发之前,赤道印度洋地区已先有较强的纬向西风,而且索马里跨赤道气流(南风)更早就建立了。图4b给出的是(40~60°E)地区跨赤道气流的时间变化,不难发现,索马里跨赤道(南风)气流开始于5月11日左右,也较南海夏季风的爆发早10多天。

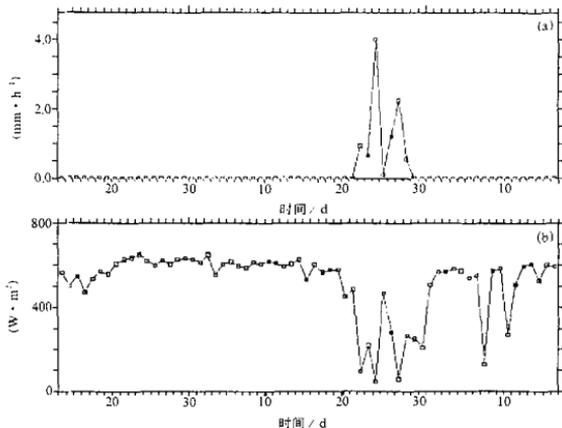


图5 4月14日~6月17日ATLAS-2浮标(12°N, 114°E)观测到的日平均降水(a)和平均辐射量(b)的时间变化

4 结论

关于南海夏季风爆发机制至今还不是很清楚,本文的分析研究清楚地表明,在南海夏季风爆发之前,总是已先期出现赤道印度洋地区西风的明显加强和索马里地区跨赤道南风气流的建立;而且,南海夏季风爆发早(晚),赤道印度洋地区西风的加强和索

马里地区跨赤道南风建立也早(晚)。

过去人们较注意 100~110°E 地区跨赤道气流对南海夏季风爆发的重要作用, 本文的研究表明, 索马里跨赤道(南风)气流通过加强赤道印度洋地区西风强度及其向东扩展, 对南海夏季风爆发有更重要作用。因此在研究和预测南海夏季风爆发时, 必须重视索马里跨赤道气流的变化。

参 考 文 献

- 1 ICSU, WMO and UNESCO, CLIVAR - A Study of Climate Variability and Predictability, 1995, WMO TD No. 690.
- 2 Tao Shiyun and Chen Longxun, A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China, *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, 1987, 60~92.
- 3 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, 全国热带季风学术会议文集, 昆明: 云南人民出版社, 1985, 204~217.
- 4 Zhu Qiangcn, He Jinghai and Wang Panxin, A study of the circulation differences between East Asian and Indian summer monsoon with their interaction, *Adv. Atmos. Sci.*, 1986, 3, 466~477.
- 5 谢安, 张振洲, 南海夏季风的推进, 气象学报, 1994, 52, 374~377.
- 6 何金海, 朱乾根, M. Murakami, TBB资料揭示的亚澳季风区季节转换及亚洲夏季风建立特征, 热带气象学报, 1996, 12, 34~42.
- 7 Yan Junyue, Observational study on the onset of the South China Sea southwest monsoon, *Adv. Atmos. Sci.*, 1997, 14, 275~287.
- 8 李崇银, 屈昕, 伴随南海夏季风爆发的大尺度大气环流演变, 大气科学, 2000, 24, 1~14.
- 9 Li Chongyin and Wu Jingbo, On the onset of the South China Sea summer monsoon in 1998, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, 17, 193~204.
- 10 李崇银, 张利平, 南海夏季风活动及其影响, 大气科学, 1999, 23, 257~266.

Important Role of the Somalian Cross-Equator Flow in the Onset of the South China Sea Summer Monsoon

Li Chongyin and Wu Jingbo

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Through analyses of NCEP/NCAR reanalysis data, the important relationship between the onset of the summer monsoon in the South China Sea and the cross-equator southerly wind in the Somalia region is clearly shown. Corresponding to the outbreak of the South China Sea summer monsoon, there are: always an enhancement of the westerly wind over the equatorial Indian Ocean and an onset of cross-equator southerly wind in the Somalia region. If the outbreak of the South China Sea summer monsoon is earlier (later), the enhancement of westerly wind over the equatorial Indian Ocean and the onset of cross-equator southerly wind in the Somalia region are all earlier (later). It can be suggested that the steady onset of Somalian cross-equator southerly flow is one of important physical mechanisms to cause the outbreak of the South China Sea summer monsoon. The steady Somalian southerly wind will lead to an increase and eastward expanding of the westerly wind over the equatorial Indian Ocean, and then the southwesterly wind will occur over the South China Sea.

Key words: Somalian cross-equator flow; outbreak (onset) of summer monsoon; South China Sea