

南海季风爆发及其环流特征[‡]

朱伟军¹⁾ 孙照渤¹⁾ 齐卫宁²⁾

(1) 南京气象学院气象学系, 南京 210044, 2) 国家水利部水利信息中心, 北京 100761)

摘要 采用欧洲中期天气预报中心(ECMWF) 1980~1986年每日客观分析风场资料,对南海季风的爆发及其环流特征进行了研究。结果表明:低层南海季风明显存在4个阶段的季节循环,即冬季东北风盛行阶段、1月底至4月中旬的东南风过渡阶段、夏季强盛的西南风阶段、10月初至11月初的另一次东南风过渡阶段,其中,1月底、2月初南海东南风的建立及其向东北、西北方向的传播是整个亚洲夏季西南风爆发的触发源。并且在对流层中从高到低,南海夏季风的垂直结构具有强热力性质的东北风-东南风-西南风的分布特征。此外,低层季风流场特征清楚表明,南海夏季风主要由西太平洋副热带高压西侧的西南气流、105~120°E处南半球越赤道转向气流以及起源于印度洋的西南气流3支构成,显示了南海季风在联结南亚季风和东亚副热带大陆季风中所起的独特重要作用。

关键词 南海季风, 季节循环, 季风爆发, 环流特征

分类号 P448

亚洲特别在其南部是全球最显著的季风区,由于世界气候研究计划(WCRP)之气候变率和可预报性研究计划(CLIVAR)的即将全面实施,亚洲季风倍受国内外气象专家们的青睐。我国气象学家^[1-4]早已指出,亚洲季风环流系统由东亚季风系统和南亚季风系统两个子系统组成,而东亚季风系统又可分为南海季风系统和大陆季风系统,其中南海季风属热带季风性质,大陆季风则属副热带季风性质。南海由于独特的地理位置,不仅本身具有鲜明的季风特性,而且在两个子系统之间的相互关系中起着极其重要的作用。研究表明,亚洲夏季风于5月中旬先在南海地区建立,接着,5月下旬在孟加拉湾地区建立,6月中旬在印度西海岸建立。文献[1]进一步给出了亚洲南部夏季风建立的日期分布图,更明确地表明亚洲夏季风的建立是由5月中旬建立的南海夏季风分别向东北和西北方向的传播而触发的。但由于当时资料的缺乏,有关南海季风乃至整个亚洲夏季风爆发的确切日期及其季节循环特征等,仍值得进一步深入探讨。

本文拟利用ECMWF客观分析实测风场资料,就南海季风的爆发及其环流特征问题进行较为详细的分析。

[‡] 国家自然科学基金49635180资助项目

收稿日期:1997-02-21;改回日期:1997-05-26

第一作者简介:朱伟军,男,1969年12月生,博士,讲师

1 资料及方法

计算时取用 ECMWF 1980 年~1986 年每日客观分析资料, 包括 1 000、850、700、500、300、200、100 hPa 7 个层次 $5^\circ \times 5^\circ$ 网格点的 u 、 v 场。所指南海区域主要为 $10^\circ \text{N} \sim 20^\circ \text{N}$, $105^\circ \text{E} \sim 120^\circ \text{E}$ 地区, 用区域平均的风场分量随时间(候)的演变图来研究南海季风的季节循环, 为充分显示南海季风的环流特征, 在流场图中把绘图区域取为: $40^\circ \text{S} \sim 40^\circ \text{N}$, $30^\circ \sim 150^\circ \text{E}$ 。

2 分析结果

2.1 南海季风的季节循环

图 1a、b 分别为 850 hPa 和 300 hPa 南海区域 1980~1986 年区域平均 u 、 v 随时间(候)的

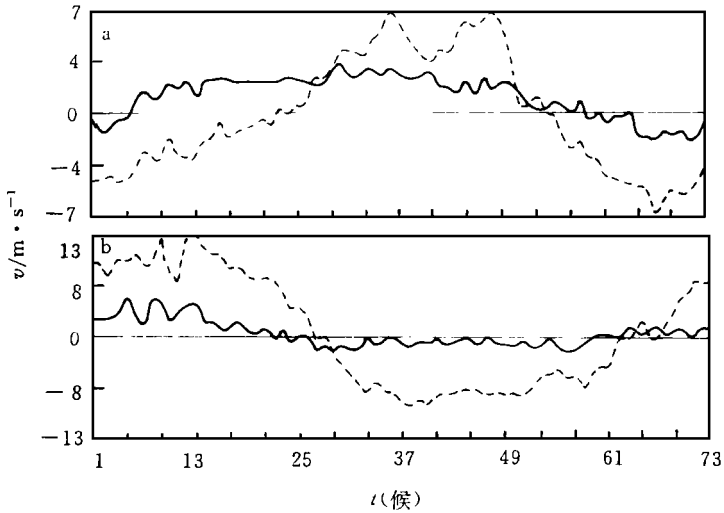


图 1 南海区域 7 年平均的区域平均 u (虚线)、 v (实线)(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 随时间(候)演变图
a. 850 hPa; b. 300 hPa

Fig. 1 Pentad-dependent variation of 1980~1986 regional means of u (dashed) and v (full line, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) over the study sea
a. 850 hPa; b. 300 hPa

演变曲线。由图 1a 可见, 1 候~6 候 u 、 v 都为负值, 表明这一时期南海区域盛行的是东北风; 第 6 候以后至第 23 候, u 为负, v 为正, 表明该区域已从东北风转为东南风; 此后一直到第 54 候, u 、 v 长期稳定为正值, 表明此时期南海区域盛行的是西南风, 这正是南海夏季西南风猛烈爆发和维持时期, 同时还可注意到, u 值分别在第 36 候和第 48 候两次达极值, 显示出双峰态分布特征; 再以后从第 54 候至第 59 候, 又出现 u 为负而 v 为正的短暂东南风时期; 最后, 从第 59 候至第 73 候, u 、 v 又都为负值, 与第 1 候至第 6 候结合起来对应的正是冬季东北风盛行时期。

季风的建立或爆发是以盛行风的季节性转向而表征的。因此, 就多年平均而言, 以上结果表明南海季风在低层存在一个 4 阶段的季节循环: 首先在冬季盛行东北季风(第 1 候~6 候及第 59 候~73 候); 1 月底、2 月初(第 6 候)转为东南风; 接着于 4 月底、5 月初(第 23 候)西南季风开始爆发, 并一直维持到 9 月底(第 54 候); 10 月初(第 59 候)又进入冬季东北风盛行时期, 并开始下一轮的季节循环。显然, 其中的两次东南风时期(第 6 候~23 候和第 54 候~59 候)是南海季风分别由冬至夏和由夏至冬的两个过渡阶段。

在相应的 300 hPa (图 1b) 上, 南海区域冬季却盛行西南风(即 u, v 皆为正), 而夏季则为东北风(即 u, v 皆为负), 其间夹着两个非常短暂的西北风过渡阶段, 一个是 4 月下旬至 5 月初, 另一个则为 10 月底至 11 月初。这表明, 在对流层高层南海季风也存在一个完整的 4 阶段季节循环, 但风向与低层基本反向。

南海季风的这种季节循环特征在历年的对应图上(图略)均有表现, 不仅如此, 我们还可以进一步注意到, 季风的建立与撤退以及强度等都存在明显的年际差异, 特别是季风建立和撤退的日期的年际差异在个别年份可以超前或滞后近 1 个月之多。

2.2 南海季风的垂直结构

图 2a、b 分别是南海区域候平均 u, v 的垂直结构及时间演变曲线。由图可见, 当对流层低层南海夏季西南风建立时, 平流层底层的西风突变为东风(图 2a), 并向下一直延伸至对流层中层, 与此对应的南风则转向为北风(图 2b), 但北风向下伸展的层次较东风浅薄。这清楚地表明, 南海夏季西南风盛行时期, 气流的垂直结构在对流层中从下往上呈西南风—东南风—东北风分布, 说明南海夏季风在很大程度上是热力属性的。

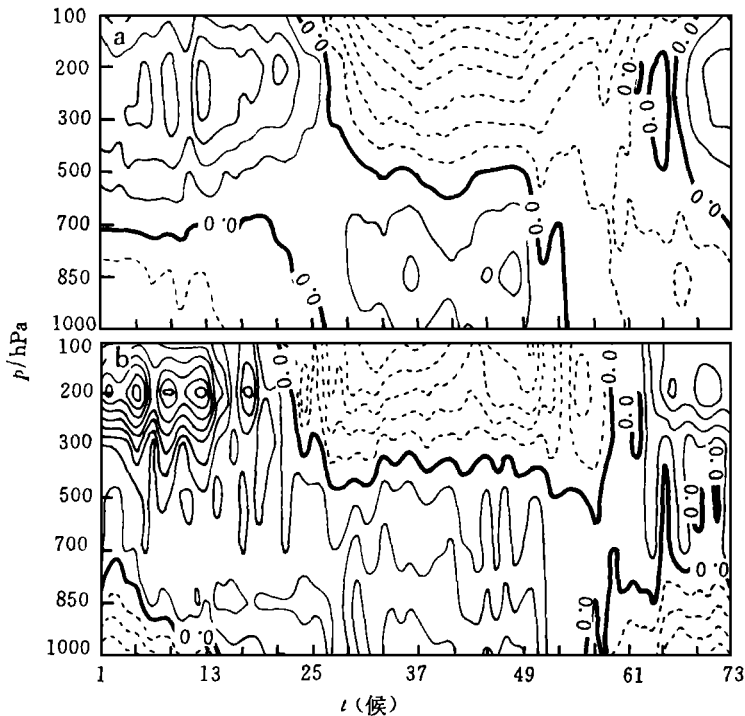


图 2 南海区域 7 年平均的区域平均 u, v 的高度(hPa) - 时间(候)剖面图

a. u 等值线间隔: $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; b. v 等值线间隔: $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Fig. 2 Plot of time (pentad) - height of 1980 - 1986 mean of regionally averaged u (a) contoured at $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ and v (b) at $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ over the target sea

文献 [6] 指出, 南海夏季风的爆发一般发生在 5 月 10 日前后, 大气环流出现一次明显突变: 高空(200 hPa)南亚高压由 $10^{\circ}\text{N} \sim 15^{\circ}\text{N}$ 骤然北跳到 $15^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$, 南海北部西风转为东风; 低空(850 hPa)南海北部及附近地区西南风迅速加强并向东扩展。与我们分析的结果基本一致。

2.3 南海季风的爆发日期

图 1 表明, 南海区域从第 23 候(4 月底、5 月初) 就开始爆发低层西南季风, 这比文献 [1] 给出的南海夏季风于 5 月中旬开始建立的结果要早许多。为了考察这一日期的意义, 给出了同一纬带各经度域上风场随时间的演变(见图 3)。

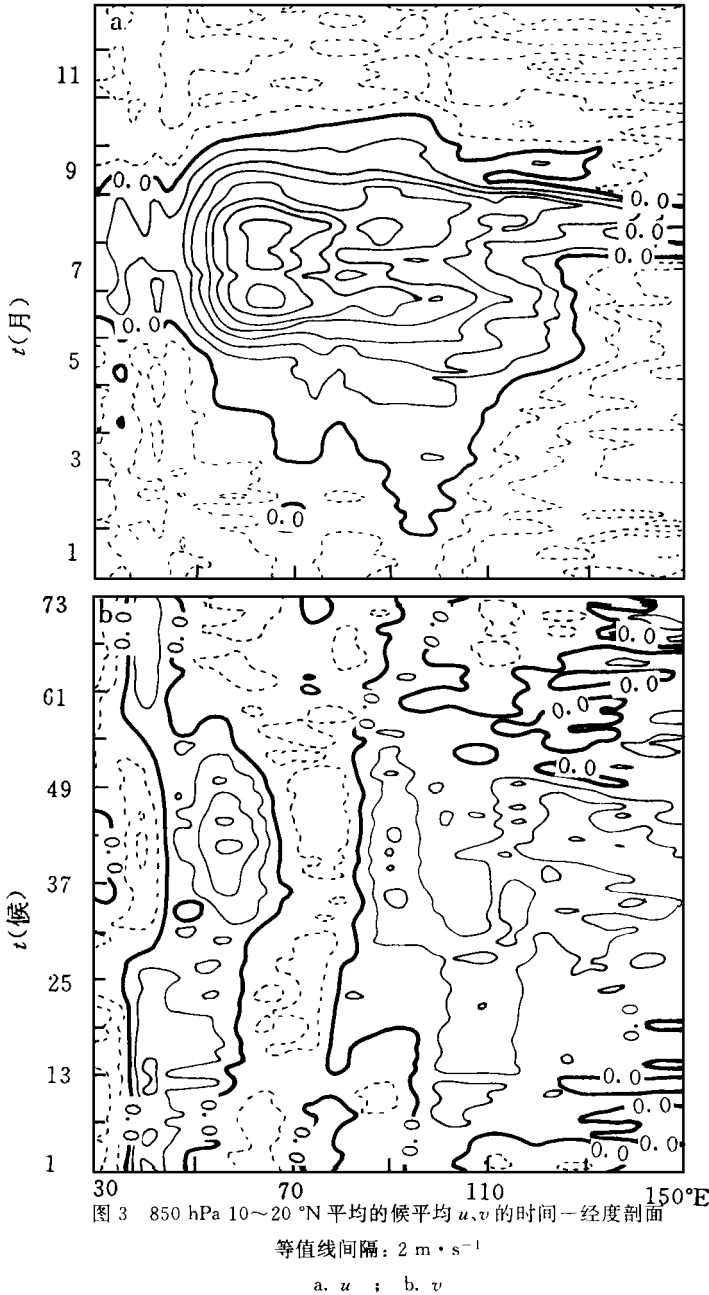


Fig. 3 850 hPa time-longitude section of $10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ averaged pentad u (a) and v (b). Contour interval: $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

图 3a、b 分别是 850 hPa $10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 纬带的候平均 u 和 v 的时间—经度剖面。由图 3b 可见, 在南海区域, 包括部分中南半岛地区, 于第 6 候左右开始出现南风(图中正值), 持续至 59 候结束, 孟加拉湾地区 ($85^{\circ}\text{E} \sim 95^{\circ}\text{E}$) 第 19 候左右开始出现南风, 维持到 65 候以后结束。图 3a 上, 南海区域于第 25 候开始出现西风(图中正值), 持续至 55 候结束, 孟加拉湾地区则于

第 12 候就有西风出现,并维持到 59 候才结束。这表明,孟加拉湾西南季风第 19 候(4 月上旬)开始爆发,于 59 候(10 月底)结束,与在 23 候~54 候时期内维持的南海西南季风相比,显然孟加拉湾西南季风出现得早,结束得晚。此结果可更直观地从图 1a 和与之类似的 850 hPa 孟加拉湾(85°E~95°E,10°N~20°N)多年区域候平均 u 、 v 时间演变曲线图(图略)的比较中得出。同时还可看到,孟加拉湾季风在低层也存在 4 阶段的季节循环,但与南海季风对比有显著的差异,除西南风维持期不同外,孟加拉湾季风由冬至夏的过渡时期吹的是西北风而不是东南风,值得注意的还有南海区域南风的出现要比孟加拉湾区域南风的出现早 6 候左右。

以上结果显然与前述的南海夏季西南风爆发最早的结论有些矛盾。事实上,我们从图 3b 上可以看到,南海区域在第 6 候左右最早开始出现南风,随着时间的推移南风有向东、西两个方向扩展的趋势,并于第 29 候(5 月中、下旬)左右与孟加拉湾和西太平洋区域处的南风连通。结合图 3a 所示的东西风演变特征,表明,南海区域从第 6 候开始出现的东南风明显有向西北和东北方向传播的趋势,正是这种东南风的向西北方向的传播引发了孟加拉湾继而是印度地区的西南季风爆发,而向东北方向的传播则导致了东亚大陆的西南季风爆发。孟加拉湾西南季风建立之后又反过来向东传播,影响南海和东亚大陆的西南季风的强度,并对南海夏季西南风的维持贡献最大,进而使得在南亚夏季风开始衰减不久,南海区域西南季风就首先消退。因此,可以说南海区域 1 月底、2 月初(第 6 候)开始出现的东南风的向西北和东北传播是引起整个亚洲夏季西南风爆发的首要触发机制。

此外,我们还可以从图 2 和图 3 中看出,低层南海夏季西南风维持阶段,西南风的强度并不是始终如一的,在其极大值中心之间还不规则地间有一些极小值甚至反号值分布,这些时期对应的正是季风间歇期。这种季风“中断”在历年对应图(图略)上也有表现,且存在显著的年际差异,其发生频数一般是二三次,最多可达五六次。

2.4 南海季风流场特征

以上讨论表明,南海季风存在一个 4 阶段的季节循环,并且南海区域 2 月初开始建立的东南风对整个亚洲夏季西南风的爆发有触发作用,而在对流层中南海夏季盛行风上下是反向的。为进一步考察上述的一些结论,特分析了 850 hPa 上几个有代表性的候平均流场和它们的配置关系。图 4a、b、c、d 分别是 850 hPa 1980 年~1986 年 averages 的第 5、17、25、36 候候平均流场。由图可见,在冬季,南海区域被亚洲大陆强冷高压南侧的东北风所控制,范围为 20°N~5°N 左右,并在加里曼丹和苏门答腊岛附近越赤道转向成为南半球的西北季风(图 4a)。大约在 1 月底、2 月初,冬季风开始在南海区域撤退代之以东南风,这主要是由于西伸的西太平洋副热带高压西南侧的东南气流所致(图 4b)。这支东南气流向西北传播,侵入到孟加拉湾东部地区,此时原位于印度半岛的反气旋式环流中心也向东南移入孟加拉湾并减弱,使西面来自印度大陆沿岸的西北气流南下,在斯里兰卡附近转向成西南风,与侵入到此的西太平洋副高西北侧的西南风合并,导致孟加拉湾夏季西南风的爆发;向东北方向的传播则导致了东亚大陆的西南季风爆发。西南季风在孟加拉湾爆发后开始向东传播,在南海区域与 105°E~120°E 处的南半球越赤道转向气流及西退的西太平洋副高西北侧的西南气流结合,一起构成了南海夏季西南风爆发初期的 3 个重要组成部分(图 4c),这正是造成图 3b 中南海夏季风爆发初期(23 候~35 候左右)南海区域要比孟加拉湾区域南风分量强的重要原因。当索马里越赤道气流增强时,从图 4d 上可以看到,整个亚洲季风区主要受这支西南风气流所控制。南海区域西南风鼎盛时期,来自南亚季风区的西南气流也占绝对主导地位,虽然此时 105°E~120°E 处越赤道气流还比较显著,但仅限于 5°N 以南。此后,当索马里越赤道气流逐渐减弱,南海区域西南风首先消退。

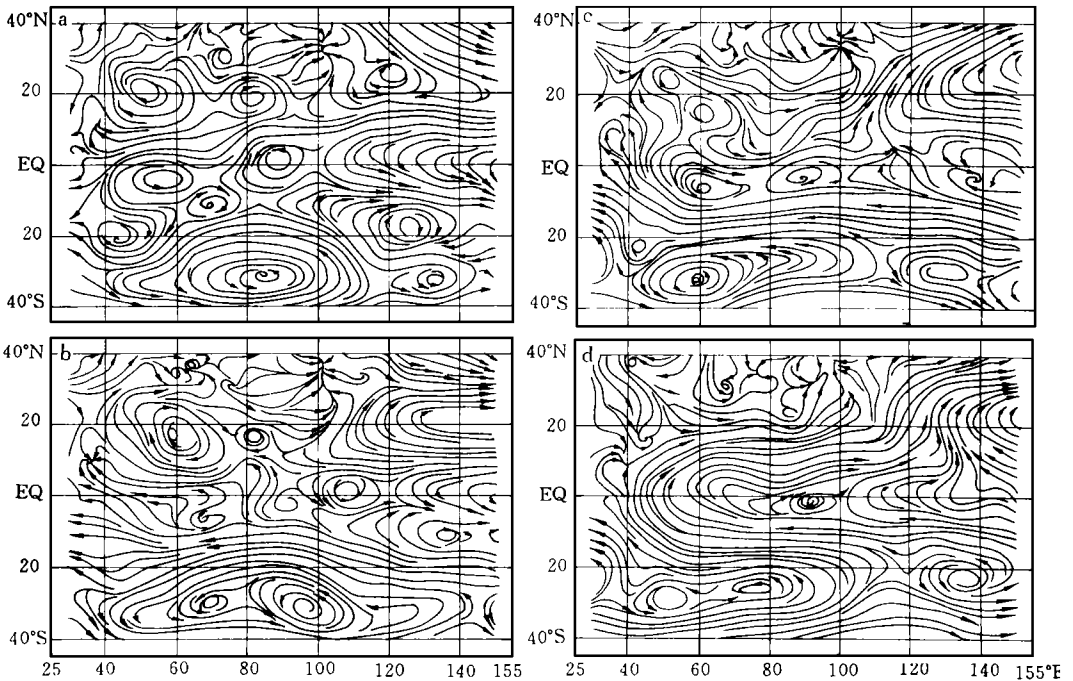


图 4 850 hPa 1980 年 ~ 1986 年平均的候平均流场

a. 第 5 候; b. 第 17 候; c. 第 25 候; d. 第 36 候

Fig. 4 1980 ~ 1986 averaged 5 day flowfields at 850 hPa

a. pentad 2; b. pentad 17; c. pentad 25; d. pentad 36

西南风的这种从东往西的衰退过程造成了南海区域另一东南风过渡阶段, 随后环流又回复到冬季环流形势(图略)。

可见, 正是由于西太平洋副高的进退, 使得南海在联结南亚季风和东亚大陆季风中起着重要的作用, 其具体模型可以简单概括为: 东亚大陆西南季风的爆发^{东撤} 西太平洋副高(南海 6 候 ~ 23 候的东南风)^{西进} 孟加拉湾夏季西南风的爆发^{东传} 整个亚洲夏季风的鼎盛。

3 结 语

(1) 南海季风低层存在明显的 4 阶段季节循环。从冬季盛行东北季风, 到 1 月底、2 月初转入过渡阶段的东南风, 4 月底、5 月初开始爆发夏季西南季风, 并一直维持到 10 月底, 接下来又转入 1 个月左右的过渡东南风, 最后于 11 月底又开始盛行冬季东北风, 并进入下一轮的季节循环。

(2) 从垂直结构上看, 低层南海夏季风建立时, 平流层底层西风(南风)突变为东风(北风)并向下伸展直至对流层中层(中上层), 因而整个对流层南海夏季盛行风从上至下呈东北风—东南风—西南风分布, 表现出强烈的热力特征。

(3) 南海区域 2 月初开始出现的东南风的向西北传播, 触发了孟加拉湾继而印度地区的夏季西南风爆发, 向东北方向的传播则导致了东亚大陆的西南季风爆发; 孟加拉湾夏季西南风爆发之后向东传播, 反过来又增强了整个亚洲夏季风的强度。因此, 南海区域春季东南风的向西北和东北方向的传播是整个亚洲夏季风爆发的首要触发机制, 并且此过程与西太平洋副热

带高压的进退是相联系的。

(4) 南海夏季西南风由西太平洋副高西侧的西南气流、105°E ~ 120°E 处南半球越赤道转向气流以及起源于印度洋的西南气流 3 部分构成。其中第三支西南气流在南海夏季西南风鼎盛时期占绝对主导地位。

以上只是用 ECMWF 7 年客观分析资料的初步结果, 深入研究有待于资料进一步积累。
致谢 本文计算得到南京气象学院 M360R 机房王天申等同志的帮助, 在此表示谢意!

参 考 文 献

- 1 Tao Shiyun, Chen Longxun. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. In: C P Chang and T N Krishnamurti (eds). Monsoon Meteorology. Oxford: Oxford University Press, 1987. 60 ~ 92
- 2 Cheng Longxun, Jin Zuhui. The medium range variations of the summer monsoon circulation system over East Asia. Advances in Atmospheric Sciences. 1988, 5(1): 224 ~ 233
- 3 陈隆勋, 朱乾根, 何金海, 等. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991
- 4 朱乾根, 何金海. 亚洲季风建立及其中期振荡的高空环流特征. 热带气象, 1985, 1(1): 9 ~ 18
- 5 江宁波, 罗会邦. 南海夏季风爆发前后亚洲地区的大尺度环流突变. 热带气象, 1995, 11(4): 289 ~ 296

SOUTH-CHINA-SEA MONSOON ONSET WITH ITS CIRCULATION STRUCTURE

Zhu Weijun Sun Zhaobo

(Department of Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Qi Weining

(Water Resources Information Center, MWR, Beijing 100761)

Abstract Based on ECMWF daily objective wind analysis study is conducted of the onset and structure of summer monsoon in the South-China Sea. Results show that the monsoon at low levels passes through a seasonal cycle of four phases: 1) the northeasterly prevailing in winter; 2) the southeasterly blowing as the transition from late January to mid April; 3) the vigorous SW wind in summer; and 4) again, the transitional southeasterly spanning early October to early November. In particular, the southeasterly establishment over the sea in late January-early February and spreading northeast-and northwestward serve as a triggering factor of summer SW monsoon dominating all over Asia. The monsoon has structure of thermally strong NE-SE-SW winds in order from top to bottom in the troposphere. In addition, the low-level monsoon flowfield clearly shows that the study monsoon consists largely of SW flow on the west side of Western Pacific subtropical high, 105° ~ 120°E cross-equatorial veering flow from the Southern Hemisphere and SW flow of Indian Ocean origin, indicating the unique role of the research monsoon in bridging the counterparts in South Asia and subtropical East Asia.

Keywords South-China Sea monsoon, seasonal cycle, monsoon onset, circulation features