

文章编号: 1000-2022(2003) 01-0096-06

阿拉伯海和孟加拉湾夏季风气候特征的差异

晏红明, 肖子牛, 杞明辉

(云南省气象科学研究所, 云南 昆明 650034)

摘 要: 利用 1958—1997 年 3—11 月 NCEP/NCAR 850 和 200 hPa 再分析风场资料, 研究了南亚夏季风活动的气候特征。发现南亚不同区域的经、纬向风季节变化及纬向风的峰型结构差异明显。夏季在阿拉伯海和孟加拉湾分别有两个最明显西南风速中心, 这两个地区的西南风活动明显不同, 孟加拉湾西南风出现及向北推进到 20°N 时间比阿拉伯海明显偏早, 结束时间偏晚, 是南亚季风区西南夏季风维持时间最长的地区。对比分析强、弱夏季风年 6—8 月高、低层经、纬向风距平垂直切变矢量场发现, 热带低纬度赤道气流及南亚季风区的流场结构明显不同。

关键词: 西南夏季风; 季风活动; 气候特征差异

中图分类号: P466 **文献标识码:** A

亚洲季风是全球大气环流系统的重要组成部分, 夏季大范围旱、涝以及冬季冷害与冬、夏亚洲季风活动有很大的关系, 因此, 亚洲季风作为全球性的气象问题一直是大气科学研究的重点。20 世纪 80 年代的许多研究^[1-3] 通过对季风系统各成员分析, 注意到亚洲季风系统包含东亚季风和南亚季风两个相对独立的子系统, 同时由于海陆配置不同以及青藏高原大地形的动力和热力效应, 这两个季风系统不仅结构和环流不同, 变化特征也有明显差异。近年来的许多工作^[4-6] 重点研究了南海季风活动以及对中国夏季降水的影响, 发现南海夏季风在亚洲季风中建立时间最早, 平均在 5 月中旬, 对华南雨季开始期降水有重要作用, 同时也是中国东部夏季降水的重要水汽来源。但夏季影响我国的季风气流较复杂, 南亚季风区不仅范围较大, 也是最典型的季风区之一, 从盛行气流来源看, 南亚夏季低层主要盛行索马里附近来自南半球的西南越赤道气流, 该西南季风气流影响印度以及中南半岛后, 最终会对我国夏季降水造成一定的影响, 尤其是我国的西南地区。另外由于青藏高原东南侧至孟加拉湾附近是亚洲加热最早(4 月)而且也是夏季最明显的热源中心, 热力作用通过影响南亚季风活动对我国夏季降水有很大的影响^[7]。为了更深入了解南亚季风活动以及对我国天气气候的影响, 作为基础性的研究, 有必要进一步分析南亚夏季风活动的气候特征。本文利用 1958—1997 年 3—11 月逐候 NCEP/NCAR 850 和 200 hPa 再分析的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 格距的风场资料, 分析了南亚不同区域季风活动气候特征。

收稿日期: 2001-06-17; 改回日期: 2002-05-08

基金项目: 云南省自然科学基金项目(97D022G)

作者简介: 晏红明(1966-), 女, 云南文山人, 高级工程师, 硕士, 主要从事天气气候研究。

1 南亚夏季风活动的基本特征

由于季风系统的复杂性, 季风强度如何量化一直是季风研究的一个重要方面。在南亚季风区, Webster 等^[8]用夏季 850 和 200 hPa 高、低层纬向风速切变表示南亚季风强度, Mooley 等^[9]用印度次大陆的降水平均来表示南亚季风强度。郭其蕴^[10]则用海陆气压差来表示东亚季风强度。但总的来说, 季风强度目前尚无统一的定义。

南亚夏季风也称西南季风, 既包含西风分量也包含南风分量, 夏季南亚地区低层主要受来自南半球越赤道西南季风气流影响。首先考察南亚 850 hPa 经、纬向风变化。由于南亚夏季风爆发自东向西推进, 南亚不同区域夏季风爆发时间不同。这里分别取孟加拉湾区域为 80°E 、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, 阿拉伯海区域为 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{E}$ 、 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 。图 1 给出阿拉伯海和孟加拉湾 850 hPa 逐候经、纬向风多年平均在 3—11 月的变化。可以看到南亚地区经、纬向风有明显的季节变化, 夏季风期间主要盛行南风 and 西风。阿拉伯海(图 1a)纬向风在 5 月 1 候(第 13 候)由东风转为西风, 经向风转换稍晚, 于 5 月 4 候(第 16 候)由北风转为南风, 随后西风 and 南风逐渐增大, 纬向风于 7 月 4 候(第 28 候)达到最大值 $9.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 7 月 5 候(第 29 候)经向风达到最大值 $3.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。8 月以后南风和西风迅速减弱, 9 月 6 候(第 42 候)和 10 月 3 候(第 45 候)经、纬向风分别由南风转为北风和由西风转为东风。孟加拉湾地区的经、纬向风也有很相似的季节变化(图 1b), 但南风和西风开始的时间与阿拉伯海相比明显偏早, 分别出现在 4 月 1 候(第 7 候)和 4 月 3 候(第 9 候), 西风最大值 $9.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 出现在 6 月 6 候(第 24 候)。夏季风盛行期间, 西风有一次加强—减弱—再加强的过程, 在 6 月和 8 月分别呈现双峰值。经向风则稳定在 $1.5\sim 2.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间, 波动不大。8 月中旬以后, 经、纬向风逐渐减弱, 10 月 6 候(第 48 候)纬向风由西风转为东风, 经向风同时也由南风转为北风。

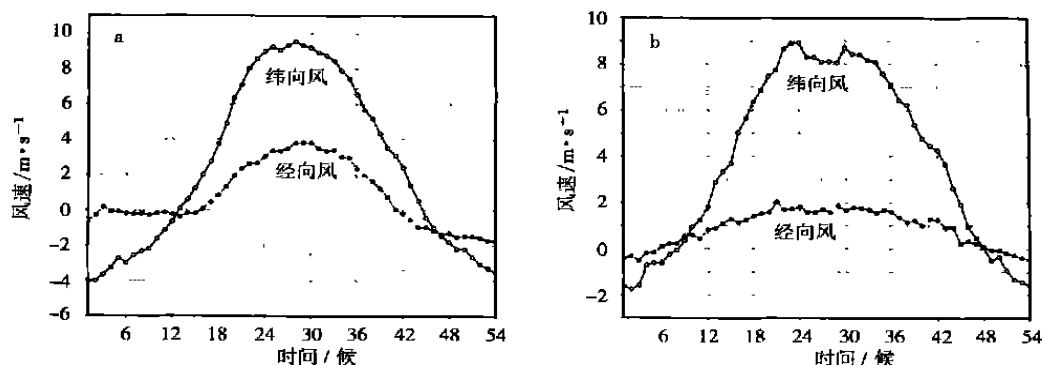


图 1 1958—1997 年阿拉伯海(a) 和孟加拉湾(b) 850 hPa 经、纬向风多年平均在 3—11 月的逐候变化

Fig. 1 The pentad changes of longitudinal and zonal wind averaged for 1958—1997 over Arabian Sea(a) and Bay of Bengal(b) at 850 hPa

从以上分析来看, 夏季南亚不同区域经、纬向风不仅在风向转换的时间上差异较大, 在峰型结构以及最大经、纬向风季节变化的幅度上也存在明显差异。孟加拉湾西风和南风出现的时间比阿拉伯海明显偏早, 结束时间迟。夏季风期间孟加拉湾西风呈双峰型结构, 双峰值分别出现在 6 月和 8 月, 阿拉伯海单峰值则出现在孟加拉湾西风相对较小的 7 月。盛夏 6—8 月, 南亚地区主要以西风活动为主, 阿拉伯海西风风速是南风风速的 2 倍左右, 孟加拉湾西风风速是南

风风速的 4 倍左右, 阿拉伯海南风分量比孟加拉湾南风分量大。为了同时考虑南亚地区低层经向风和纬向风的变化, 下面用西南风分量来考察南亚夏季风的活动特征。

2 南亚西南季风演变特征

从前面分析来看, 在夏季风期间, 南亚纬向风由东风转为西风, 经向风由北风转为南风。为了在考虑纬向风变化的同时, 考虑经向风的作用, 将 850 hPa 经、纬向风分量分别投影到西南—东北方向, 再计算它们的代数, 即 $V_{sw} = (u + v) / \sqrt{2}$, 以此讨论夏季南亚不同区域西南夏季风的活动特征。图 2 是 1958—1997 年 4—11 月多年平均 850 hPa 西南风分量在 0°~20°N 的时间—经度剖面。可以看到, 西南风最早出现在 40°E 和 100°E 附近, 然后逐渐向东、西方向扩展, 其中 100°E 附近的西南风向西扩展的时间比向东扩展的时间偏早, 4 月中旬向西扩展到 80°E, 5 月初向东扩展到南海 110°E 附近。阿拉伯海西南风出现的时间最晚, 于 5 月中下旬出现。6—8 月在 45°~65°E (阿拉伯海) 和 90°E (孟加拉湾) 附近有两个强西南风速中心, 中心最大风速分别是 11 和 9 $m \cdot s^{-1}$ 。阿拉伯海附近的西南风不仅强度比孟加拉湾附近的西南风强, 西南风范围也较大。9 月下旬—10 月初阿拉伯海、南海西南夏季风结束, 转为东北风, 而孟加拉湾西南夏季风的结束时间较晚, 一直维持到 11 月上旬。另外从图中还可以看到, 夏季风期间整个南海地区的西南风较小, 一般为 2~5 $m \cdot s^{-1}$ 。

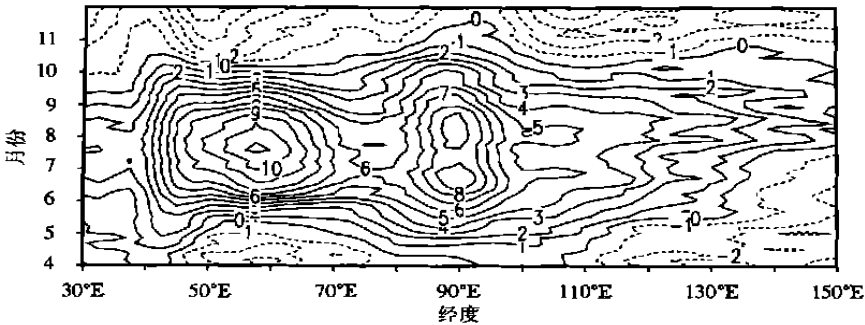


图 2 1958—1997 年多年平均的 850 hPa 西南风分量沿 0~20°N 的时间—经度剖面
(虚线表示东北风, 实线表示西南风; 单位: $m \cdot s^{-1}$)

Fig. 2 Longitude-time section of south-west wind component averaged for 1958—1997 at 850 hPa in 0~20°N (The dashed line is north-east wind and the solid line is south-west wind; units: $m \cdot s^{-1}$)

图 3 是 1958—1997 年 4—11 月多年平均的 850 hPa 西南风分量在阿拉伯海(45°~70°E)和孟加拉湾(80°~100°E)的时间—纬度剖面, 可以清楚地看到 4—11 月南亚西南夏季风从爆发到结束期间向北推进的情况。首先来看图 3a, 4 月中旬前阿拉伯海为东北风, 西南风维持在赤道以南 0°~10°S, 4 月下旬西南风开始缓慢向北推进, 5 月中旬推进到 10°N, 5 月底推进到 20°N 附近。夏季风盛行期间阿拉伯海地区的西南风较强, 7 月阿拉伯海 10°N 附近出现 14 $m \cdot s^{-1}$ 的强西南风速中心。9 月初阿拉伯海西南夏季风开始南撤, 10 月初南撤到 10°N, 11 月下旬南撤到赤道以南。孟加拉湾西南夏季风(图 3b)的强弱变化及向北推进的情况则有所不同, 孟加拉湾赤道附近的西南风出现较早, 4 月上旬在 0°~3°N 即出现西南风, 西南风向北扩展迅速, 4 月下旬整个孟加拉湾地区已为西南风控制。夏季风盛行期间孟加拉湾西南风风速不如阿拉伯海西南风强, 中心最大风速为 9 $m \cdot s^{-1}$ 。另外, 孟加拉湾西南风撤退的时间比阿拉伯海西南风晚, 10 月上旬, 孟加拉湾西南风仍维持在 20°N, 11 月底向低纬度南退到 5°N 附近。

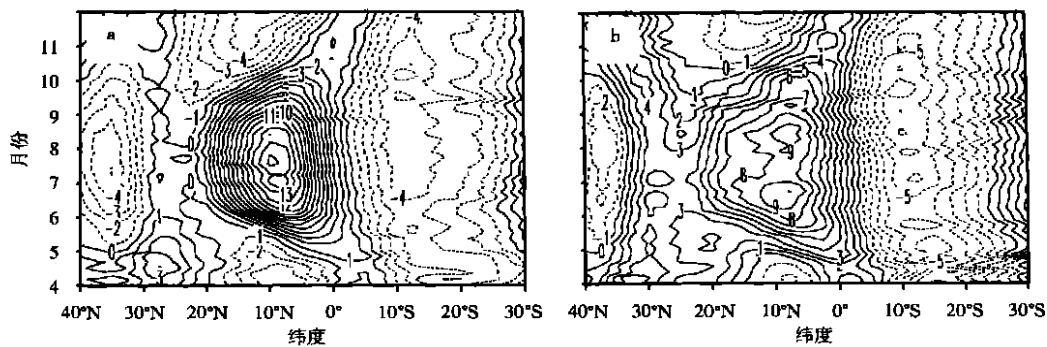


图 3 1958—1997 年多年平均的 850 hPa 西南风分量
在阿拉伯海(45~70 E)(a)和孟加拉湾(80~100 E)(b)的时间—纬度剖面
(虚线为东北风,实线为西南风;单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 3 Latitude-time section of south-west wind component averaged
for 1958—1997 over Arabian Sea in 45~70 E(a) and Bay of Bengal in 80~100 E(b) at 850 hPa
(The dashed line is north-east wind and the solid line is south-west wind; units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

综上所述, 南亚夏季风区有两个强西南风速中心, 分别位于阿拉伯海和孟加拉湾, 孟加拉湾西南风出现最早, 撤退也最晚, 因此它是南亚西南季风区维持时间最长的季风。云南位于我国西南部, 有明显的干、湿季之分, 夏季降水异常变化与南亚西南夏季风活动有密切关系。云南雨季开始平均日期在 5 月第 5 候, 雨季结束平均日期在 10 月第 4 候, 结合南亚地区季风活动的气候特征来看, 孟加拉湾西南季风的变化与云南雨季开始和结束期在时间上有很好的对应关系, 这种对应关系值得进一步研究。另外, 从同纬度西南风出现的时间看, 孟加拉湾西南风出现时间最早, 而且在整个夏季风期, 孟加拉湾和阿拉伯海西南风速比南海西南风速大得多。

3 强弱南亚夏季风年环流对比分析

由于夏季风活动对亚洲夏季旱涝有着重要的影响, 下面进一步讨论强弱夏季风年季风区环流的不同特征。图 4 为南亚地区(50~100 E, 10~20 N) 1960—1997 年 6—8 月月平均西南风距平的逐年变化。将 $V_{sw} > 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($V_{sw} < -0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) 定为南亚夏季风偏强(偏弱)年, 可知 1961、1967、1971、1991 和 1994 年为强季风年, 1965、1966、1972、1979、1983、1987、1992、1995 和 1996 年为弱季风年。大家知道, 在热带太平洋和印度洋赤道附近分别存在着 Walker

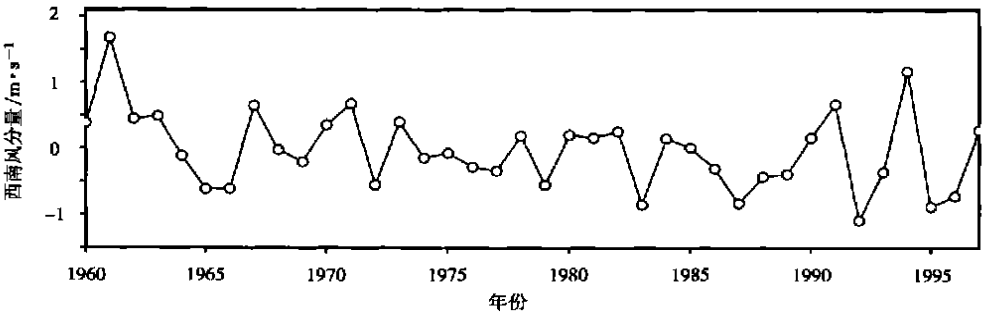


图 4 1960—1997 年南亚 6—8 月月平均季风指数的逐年变化

Fig. 4 Annual variations of south-west summer monsoon index over south Asian from 1960 to 1997

环流和反 Walker 环流两个纬向环流圈。研究表明^[11], 这两个纬向环流圈就像一对反向运转的齿轮, 齿合点在印尼上空。根据这一齿合理论, 在 ENSO 年, 赤道东太平洋海温升高, 赤道太平洋地区的 Walker 环流和赤道印度洋地区的反 Walker 环流圈减弱, 引起印度洋赤道附近低层西风减弱。在相反的情况下, 印度洋赤道附近低层西风加强。我们知道, 1965、1968、1972、1976、1983、1987、1992、1995 和 1997 年为 El Nino 年, 1964、1967、1970、1973、1978、1985、1988 和 1996 年为 La Nina 年。对应以上用低层西南风确定的强弱季风年来看, 赤道东太平洋地区的暖海温变化与南亚地区弱西南夏季风活动关系密切, El Nino 出现的 1965、1972、1983、1987、1992、1995 年为弱南亚夏季风年。但冷海温的变化与南亚夏季风活动无很好的对应关系。

根据上述强弱季风年, 通过合成场来分析强弱南亚夏季风年的环流场特征。图 5 分别为强弱西南夏季风年 6—8 月 850 与 200 hPa 月平均经纬向风距平的垂直切变的矢量风合成场, 即 $(u_{850} - u_{200})$ 和 $(v_{850} - v_{200})$ 合成的矢量风场, 其中 u_{850} 和 u_{200} 分别为 850 和 200 hPa 纬向风距平, v_{850} 和 v_{200} 分别为 850 和 200 hPa 经向风距平。可以看到, 强弱南亚夏季风年, 垂直切变矢量风的变化明显不同。在强夏季风年(图 5a), 西印度洋赤道附近出现偏南气流, 索马里附近的越赤道气流加强, 孟加拉湾、中南半岛北部以及中国西南部为明显的西南气流, 中国江淮流域和印度半岛地区为西风。在弱夏季风年, 上述地区的距平风场分布则刚好相反, 孟加拉湾为明显的东北气流, 中南半岛和中国南部为异常东风。另外, 从图 5b 还可以看到, 在弱夏季风年, 除了索马里附近出现偏北风外, 80 E 赤道附近也出现了东北风, 使该地的越赤道气流减弱。梁建茵等^[12]在分析南海夏季风强度变化与 850 hPa 风场变化的关系时指出, 南海夏季风与赤道 40~60 E、90 E 和 110 E 附近三个越赤道气流区的风场相关明显, 特别是与 110 E 附近的风场的相关系数最大, 相关系数达到 0.6 以上, 表明由南向北的越赤道气流的变化对南海西南夏季风的强弱有很大的影响。由图 5 可以清楚地看到, 孟加拉湾夏季风不仅受索马里越赤道气流的影响, 还与 80~90 E 附近越赤道气流的活动有一定的关系。

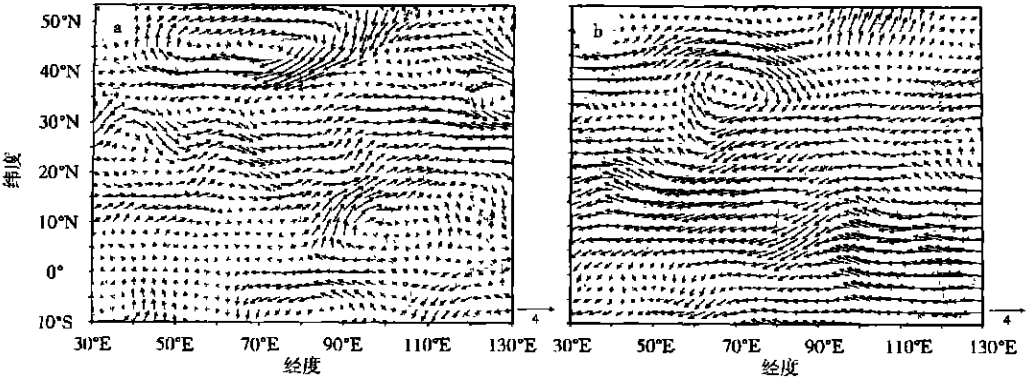


图 5 强(a)、弱(b)夏季风年 6—8 月 850 hPa 与 200 hPa 月平均经纬向风的垂直切变距平的矢量风合成场

Fig. 5 The difference of anomalous wind at 850 hPa and 200 hPa from June to August during strong(a) and weak(b) summer monsoon

4 结 语

(1) 南亚经、纬向风季节变化表明: 夏季风期间, 南亚地区主要以纬向西风为主, 阿拉伯海

南风比孟加拉湾南风大,前者是后者的 2 倍左右。(2) 南亚不同区域经、纬向的季节变化及纬向风峰型结构差异较大,孟加拉湾西风和南风出现的时间均比阿拉伯海早,结束晚,有双峰型结构,分别出现在 6 月和 8 月,而阿拉伯海单峰值出现在 7 月。(3) 在南亚夏季风区有两个最明显的西南风速中心,分别位于阿拉伯海和孟加拉湾。从西南风起讫时间来看,孟加拉湾西南季风出现时间早,结束时间迟,是南亚季风区西南风维持时间最长的地区。(4) 强、弱南亚夏季风年,中、低纬地区的高低层南亚季风系统各组成成员均有明显不同的变化。

参考文献:

- [1] 陈隆勋,朱乾根,罗会邦,等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [2] 金祖辉,陈隆勋. 夏季东亚季风环流系统的中期变化及其与印度季风环流系统的相互关系[C]// 樊平,陈隆勋. 全国热带夏季风学术会议文集. 昆明: 云南人民出版社, 1982: 204-215.
- [3] 李维亮,陈隆勋,金祖辉. 印度地区强和弱季风时期亚洲和太平洋西部地区平均环流的结构和热源分布[C]// 樊平,陈隆勋. 全国热带夏季风学术会议文集. 昆明: 云南人民出版社, 1981: 74-84.
- [4] 何金海. 亚洲季风研究的新进展[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 1-13.
- [5] 王启祯,丁一汇. 南海夏季风演变的气候学特征[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 466-482.
- [6] 阎俊岳. 南海西南季风爆发的气候特征[J]. 气象学报, 1997, 55(2): 174-186.
- [7] 丁一汇,村上胜人. 亚洲季风[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 1-15.
- [8] Webster P J, Yang S. Monsoon and ENSO: Selectively interactive system[J]. Quart J Roy Meteor Soc, 1992, 118(507): 877-926.
- [9] Mooley D A, Shukla J. Variability and Forecasting of Summer Monsoon Rainfall over India[M]. Oxford: Oxford University Press, 1987: 26-59.
- [10] 郭其蕴. 东亚季风强度指数及其变化特征[J]. 地理学报, 1983, 38(3): 207-217.
- [11] 吴国雄,孟文. 赤道印度洋和太平洋地区海气系统齿轮式耦合和 ENSO 事件[J]. 大气科学, 1998, 19(6): 663-676.
- [12] 梁建茵,吴尚森,游积平. 南海夏季风的建立及强度变化[J]. 热带气象学报, 1999, 15(2): 98-105.

Difference of Climatic Features between Summer Monsoon over Arabian Sea and Bay of Bengal

YAN Hong-ming, XIAO Zi-niu, QI Ming-hui

(Meteorological Sciences Institute of Yunnan Province, Kunming 650034, China)

Abstract: The climatic features of south Asian summer monsoon are studied based on NCEP reanalysis wind data at 850 hPa and 200 hPa from 1958 to 1997. The results show that there exist significant differences of latitude-longitude winds in region, seasonal variations and peak style of wind over south Asian. There are two significant south-west wind centres over Arabian sea and Bay of Bengal (BOB) and their actions are different significantly. In BOB, the time of its onset and extending northward to 20°N of south-west monsoon is earlier than that in Arabian Sea while its drawback is later than that in Arabian sea, which lasts the longest in Asian monsoon. By contrasting vertical differences of winds at 850 hPa and 200 hPa during strong and weak monsoon years, it is found that the patterns of the cross-equatorial flow in tropics and the flow in south-Asian monsoon region are different significantly.

Key words: south-west summer monsoon; monsoon activity; difference of climatic features