

东亚季风区和印度季风区 夏季对流层下部环流的差别与联系

王盘兴 李笃武*

提 要

本文用天气统计学方法研究了东亚季风区和印度季风区1984年夏半年(5—10月)逐日850百帕流场的时空特征。综合文献[1]**和本文的研究结果,得到了关于东亚季风区和印度季风区夏季对流层下部环流的差别与联系的初步认识。

印度次大陆、孟加拉湾、阿拉伯海地区以及我国大陆东南部、印支半岛及其邻近的西太平洋地区,习惯上被称为印度季风区和东亚季风区。根据以往的研究^[2-4],这是两个季风现象极为典型的地区。文献[1]曾利用1979年5~7月700百帕风场的FGGE资料分析了上述区域夏季风时空特征的差异,得到的主要结论是:(1)季节转换发生在不同的环流背景上,东亚季风区的平均环流是西藏高原地形槽前的西南气流,印度季风区的平均环流是西藏高原地形槽后的西北~西气流;(2)环流的复杂程度不同,东亚季风区的主要环流系统为副热带高压、中纬西风槽、低纬季风槽,印度区的主要环流系统前期为大陆高压、后期为季风低压;(3)季节转换的方式不同,东亚季风区季节转换以西太平洋副高和雨带的北移为特征,存在三个明显的阶段;印度区季节转换则以季风低压取代大陆高压、雨季取代旱季为特征。由于文献[1]所用资料残缺较多(92天缺20天),故对环流演变的时域特征只作了最初步的分析。

本文用文献[1]的方法(包括网格点取法)对两个季风区1984年5—10月逐日850百帕流场特点作了分析。由于该年资料^[5]较完整(184天中,东亚区缺9天、印度区缺12天),因此可以对环流演变的时域特征作较仔细的分析。连同文献[1]**的分析结果,已经可以对两个季风区夏季对流层下部环流时空特征的差别和联系得到一些初步的认识。

下面按文献[1]的方法,先将两个区域5—10月850百帕逐日风场 $\vec{V}(s, t)$ 区分为夏半年平均风场 $\bar{\vec{V}}(s)$ 和距平风场时间序列 $\vec{V}'(s, t)$,然后分别研究两个部分的差别与联系。在研究 $\vec{V}'(s, t)$ 的差别和联系时,使用了风场的自然正交展开方法。

1985年10月3日收到, 1986年7月12日收到修改稿

* 我院1985届毕业生

**王盘兴、李培森, 北半球一月和七月海平面气压场的遥相关结构, 待发表

一、夏季平均流场的差别和联系

比较两个季风区1984年5—10月850百帕平均流场图(略),发现两个季风区平均流场存在如下明显差异:(1)东亚区:低纬(10°N)为W—WSW气流,其余为S或SE气流;印度区:恒河下游和印度河流域各有一个气旋中心,沿印度东海岸存在一浅槽,槽后为WNW气流,槽前为WSW气流;(2)东亚区平均气流强度明显小于印度区。造成这种差异的根本原因在于,东亚季风区是由两个性质不同的子季风区组成的,它们是南海热带季风区和华北副热带季风区^[4]。

同时,平均环流也显示出东亚季风区和南亚季风区存在明显的联系,特别是印度季风区与南海子季风区之间,它们实际上均受制于南亚季风槽的控制。由于这种联系的存在,长期以来,在研究亚洲低纬夏季风时并不注意南海季风区与印度季风区的差异,这种情况只是到了近年才得到纠正^{[6][7]}。

文献[1]与本文选择以包含两个子季风区的东亚季风区为分析对象,是考虑了我国天气工作者对东亚夏季风活动的总体认识,认为这样做可以完整地显示东亚夏季风的基本特点(主要是西太平洋副高和我国大陆东部雨带的活动),并便于将分析结果应用于实际。

二、环流演变的空间特征分析

用风场自然正交展开方法求得了两个区域距平流场序列 $\vec{V}'(s, t)$ 的特征值 λ_h 、特征流场 $\vec{V}_h(s)$ 及其时间系数 $T_h(t)$;再由 λ_h 求得 $\vec{V}_h(s)$ 对 $\vec{V}'(s, t)$ 的总模方 S 的拟合率 ρ_h ,前 h 个 $\vec{V}_h(s)$ 对 S 的拟合率记为 P_h ,它们之间的关系为 $P_k = \sum_{h=1}^k \rho_h$ 。

特征的相对重要性由 ρ_h 及 P_h 给出,下表给出了1984年夏半年逐日850百帕流场展开得到的 S 、 ρ_h 、 P_h 值。自然正交展开参数 S 、 ρ_h 、 P_h 值列于表1

表 1

区 域	h	1	2	3	4	5	$S(\text{米}^2/\text{秒}^2)$
东亚区	ρ_h	0.254	0.216	0.087	0.071	0.055	255 481
	P_h	0.254	0.470	0.557	0.629	0.684	
印度区	ρ_h	0.469	0.116	0.076	0.049	0.040	179 720
	P_h	0.469	0.585	0.660	0.710	0.750	

由上表可见,东亚区前四个特征流场和印度区前三个特征流场各自拟合了总方差的62.9%和66.0%。根据文献[8]提供的经验,为了描述流场主要环流系统的中长期变化,取这些特征流场作研究已经足够,称它们为两个季风区的主要特征流场。

由上表还可看出，印度区第一特征流场对总模方的拟合率 ρ_1 远较东亚区大，它约为东亚区前两个特征流场对总模方的拟合率之和 P_2 。另外，东亚区前两个特征流场的拟合率 ρ_1 、 ρ_2 大致相当， ρ_3 、 ρ_4 大致相当；而印度区的 ρ_1 明显大于 ρ_2 、 ρ_3 。

东亚区与印度区特征流场对总模方拟合率的上述差异从本质上反映了两个区域夏季风环流演变的巨大差异及东亚季风区环流演变的复杂性。这个结论与文献[1]完全一致。

图1、2给出了东亚区和印度区的部分主要特征流场。

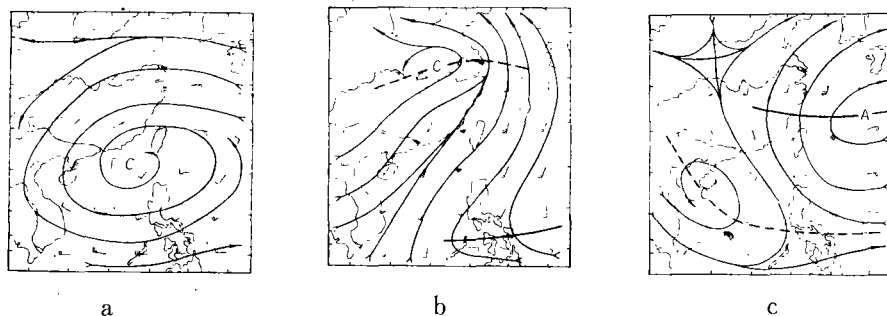


图1 东亚区1984年5—10月逐日850百帕流场的部分主要特征流场

a. 第一特征流场；b. 第二特征流场；c. 第三特征流场。

图中风速是标准化特征流场的30倍，单位：米/秒

通观两个区域的主要特征流场，容易看出：(1)两个区域的第一特征流场均反映了季风低压(槽)的存在；(2)东亚区第二、三特征流场给出了有利于江淮梅雨、华北汛期出现的低空流场，第四特征流场(图略)反映了西风槽的影响；(3)印度区第二特征流场(图略)控制了印度季风低压(大陆高压)的南北振荡，第三特征流场(图略)控制了印度季风低压(大陆高压)的东西振荡。

比较东亚区和印度区主要特征流场，可以看出：东亚区环流的演变较印度区复杂得多，导致东亚区夏季环流演变的环流系统主要是副热带高压(它几乎出现在全部主要特征流场中)，同时还有南海—印支季风槽($\vec{V}_1(s)$)和西风槽($\vec{V}_4(s)$)；而印度区环流演变则主要是季风低压与大陆高压的季节性更替及其位置和强度的振荡。

上述空间特征与1979年5—7月700百帕分析结果^[1]大致相当，表明两个区域对流层下部环流的空间特征具有年际变化的稳定性。

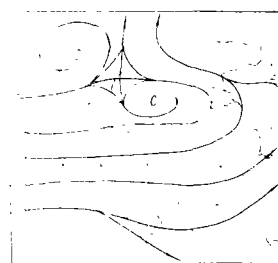


图2 印度区1984年5—10月逐日850百帕流场的第一特征流场。其余同图1

三、环流演变的时间特征分析

图3、4给出了东亚区和南亚区主要特征流场的时间系数曲线。

下面将联系1984年夏季两个季风区环流和天气演变的事实,阐明时间系数的演变特征及其与环流和天气的联系。

(一)东亚区

1. 时间系数曲线的特点及其与西太平洋副高、南海季风槽和西风槽活动的联系

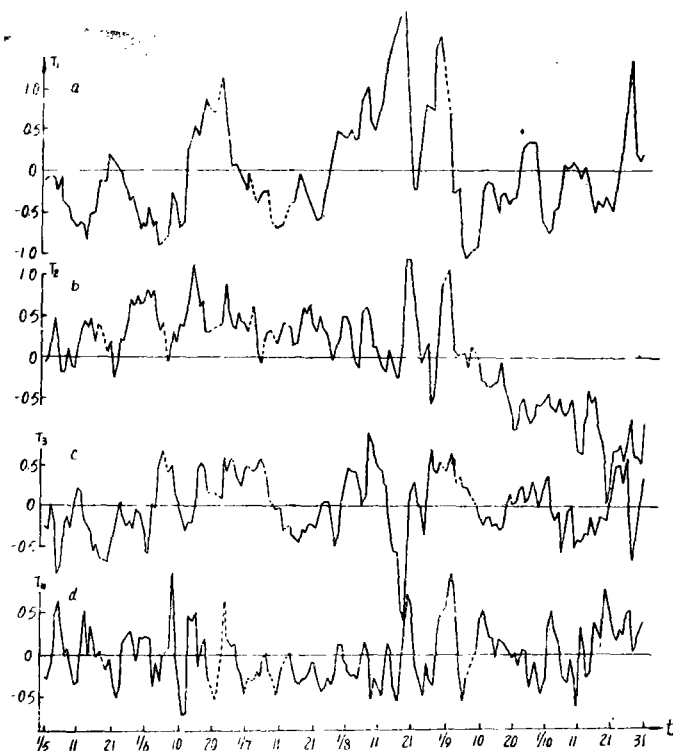


图3 东亚区主要特征流场的时间系数曲线
时间系数取标准化特征流场时间系数值的1/30, 无量纲

文献[9]指出, 1984年5—8月副高的活动有如下特点: 5月脊线位于14—16°N, 较常年偏南2—3°; 6月脊线平均位于20°N, 接近常年, 15日前维持在20°N以南, 较常年偏南, 16日后稳定在25—30°N, 较常年偏北; 7月副高明显偏弱, 其中13—28日半个月异常偏南, 21—23日甚至南撤至19°N, 较常年偏南7°; 8月脊线位置正常, 而走向异常(呈NW—SE向)。副高位置的上述变化特点可由图3中 $T_1 \sim T_2$ 看出, 5月 T_3 为负表示副高脊线维持较低纬度; 6月上半月 T_1 稳定为负表示副高脊线稳定于20°N, 下半月 T_1 转正, T_3 转为稳定正值, 表示副高位于较高纬度

(25—30°N); 7月前5候 T_1 为负和中、下旬 T_3 持续为负, 表示副高南撤至较低纬度, 与5月特征很接近, 反映出副高的异常活动; 直到7月底、8月初, T_1 、 T_3 转正才反映出副高回到了它的正常位置。

另外, 由 T_1 曲线可以清楚地看到南海季风槽存在较大尺度的振荡周期, 在6—8月下旬初, 存在两个完整的振荡周期, 平均周期为40天; 而由 T_4 可见, 西风带槽脊活动周期较小, 平均长度约为一周, 盛夏(7月初至8月上半月)出现小振幅现象, 微小正值只在短期内出现, 表明西风槽已大大减弱且很少能东移至海上。

2. 时间系数曲线特征与雨带活动的联系 雨带在东亚区的季节性北移是东亚季风区天气的主要特征。多数年份, 雨带北移有明显规律性。1984年控制雨带北移的副高活动异常, 正常雨带活动规律遭到破坏。

文献[9]及1984年《气象月报》*指出, 1984年汛期全国多过程性降水而无持续性大范围暴雨天气, 长江中下游汛期开始得早但雨带不稳定, 梅雨只在7月上旬的短期内出现。

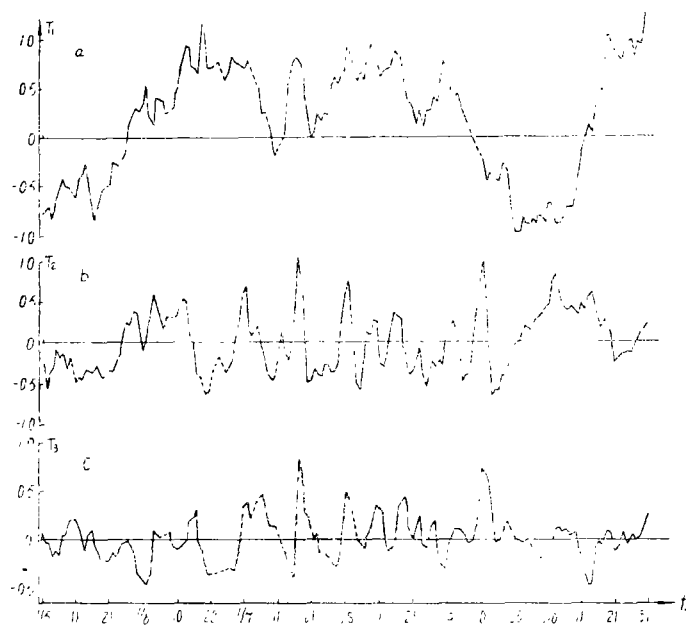


图4 印度区主要季风环流的时间系数曲线。与图同西3

由图3知, 即使在这样的年份里, 时间系数曲线上的特性点与大范围特大降水之间仍存在良好联系。如6月12—15日长江中下游发生强暴雨时, T_2 出现了夏季最大值; 8月上旬末、中旬初华北—东北出现强降水时(由8407号台风转变成低气压所引起), T_3 也出现了夏季最大值。

(二)印度区时间系数曲线的特点及其与印度季风低压活动的联系

1. 时间系数曲线 T_1 的特点及其与印度夏季风爆发、活跃和中断的联系

由图4 T_1 曲线可知, 印度季风低压存在大尺度振荡, 其振荡周期相当于南海季风槽的振荡周期。5月末至9月初, T_1 长期维持正值, 可将这个阶段定为印度夏季风盛行阶段。此期间 T_1 曲线出现三次明显的低值, 分别在7月上旬末—中旬初, 7月下旬初和8月下旬初, 被称为印度夏季风的中断。上述现象在天气图上的反映是明显的, 并已为文献[9]指出。

2. 时间系数 T_2 、 T_3 的特点及其与印度季风低压活动的联系 由时间系数曲线 T_2 、 T_3 看出, 印度夏季风盛行期间, 二者的振荡周期明显短于 T_1 的振荡周期(约为1—2周), 这说明印度季风低压的南北、东西振荡是一种中期振荡现象。另外, 图5给出的 T_2 、 T_3 曲线在夏季风盛行期间存在良好的准同步变化关系(T_2 约超前 T_3 1—2天), 在印度夏季风盛行阶段($T_1 > 0$), T_2 、 T_3 的准同步关系变化决定了印度季风低压在孟加拉湾北部到阿拉伯海一个带状区域内作东西振荡。这一点在天气图上也表现得很清楚。

本节所得结果, 有的已由文献[1]得到, 有的可以由文献[1]提供的图得到补充证明。差异较大之处是东亚区西太平洋副高及雨带的活动规律在1984年出现了异常, 而印度季风低压的时域特征正常。对此, 下节将作进一步讨论。

* 中央气象台, 1984年全国天气气候概况, 气象月报, 1985, 1; 1984年1至8月天气气候特点, 气象月报, 1984, 9

四、东亚区和印度区夏季对流层下部环流演变的两点重要联系

将上面得自1984年5—10月850百帕流场的分析结果与文献[1]得到的1979年5—7月700百帕流场的分析作比较,得到两个季风区夏季对流层下部环流的两点重要联系。

(一)南海夏季风与印度夏季风低频振荡的联系

由1979年5—7月700百帕距平流场的特征流场(文献[1]图2a)可见,东亚区第一特征流场时间系数可用以表达南海季风槽活动强度,而印度区第一特征流场时间系数则可以表达印度季风低压活动的强度。这与本文对1984年5—10月逐日850百帕流场分析结果一致。

比较两个季风区第一特征流场时间系数曲线(文献[1]图4.6,本文图3.4),可以看出,在所分析的两年中,在印度夏季风盛行阶段,两个季风区 T_1 曲线均存在周期约为40天的低频振荡。但其振荡位相存在年际差异,1984年二者位相基本一致,1979年二者位相差异较大。

(二)存在西太平洋副高异常南撤与印度夏季风中断之间的准同时性联系

根据文献[1],1979年7月第4候西太平洋副高脊线位置异常南撤,而7月4—5候印度夏季风发生最明显的中断, T_1 降为负值;由本文图5的 T_1 及1984年副高脊线位置曲线(图略),西太平洋副高脊线异常南撤的7月第3、5候和8月第5候,印度夏季风均发生明显中断, T_1 均有明显的低点出现。此期间西太平洋副高南撤与印度夏季风中断均是环流异常的表现,1979、

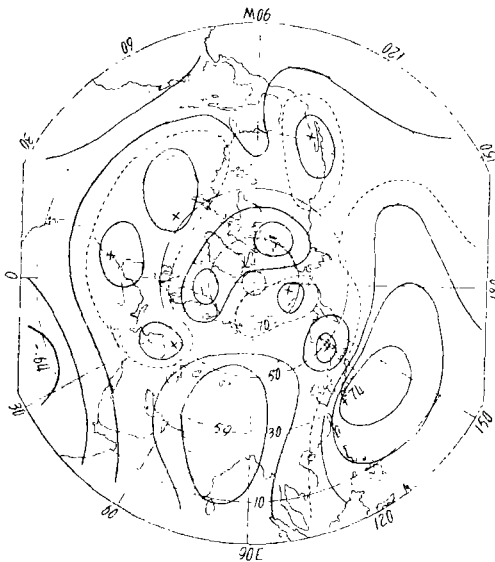


图5 北半球七月海平面气压场遥相关结构的第四正交模态

图中数字为强自相关区中心值,虚线为零等值线,实线为非零等值线,等值线间隔为0.2。不同地点数值之积给出两地模态遥相关系数

1984两个夏季的情形表明,这两种环流异常间存在准同时性联系。有趣的是,我们从分析26年(1951—1976)北半球7月海平面气压场遥相关结构中得到*,西太平洋与印度北部海平面气压间存在明显的负相关联系,这可以由北半球7月海平面气压场遥相关结构的第四正交模态(图5)得到证实。因此,印度和东亚夏季风盛行阶段,西太平洋副热带高压南撤与印度夏季风中断之联系(实际为两地7月海平面气压的负遥相关联系)很可能是东亚季风区和印度季风区对流层下部环流的一种相当稳定的联系。

* 同第51页脚注

五、小 结

通过对东亚季风区和印度季风区1979年和1984年两个夏季对流层下部环流的分析, 得到下面的初步认识。

(一)两个季风区的差异表现在

1. 东亚区环流较印度区复杂。参与环流演变的主要环流系统, 东亚区有三个——西太平洋副高、南海季风槽和西风槽, 印度区只有一个——印度季风低压。

2. 东亚区由冬入夏环流及天气的演变主要受制于西太平洋副高的活动, 正常年分(如1979年)副高及雨带位置有逐步向北推进的特点, 异常年分(如1984年)这种规律受到某种程度的破坏。印度区环流及天气的演变主要受制于印度季风低压的活动, 就分析的两个夏季看, 其爆发型特点明显。因此, 两个季风区环流及天气的季节转换间不一定存在必然的联系, 表明两个区域的夏季风系统具有相对独立性。

(二)两个季风区的联系表现在

1. 低纬平均流场具有统一性。印度区及东亚区南部均处于南亚季风低压(槽)控制下, 其流场演变具有相同时间尺度(指准40天周期的低频振荡)。

2. 主要环流系统异常活动的一致性。盛夏西太平洋副高(东亚区主要环流系统)的异常南撤与印度季风低压(印度区主要环流系统)的异常削弱存在强相关联系。这一结论得到北半球七月海平面气压场遥相关结构分析结果的支持。

致谢: 朱乾根教授、何金海副教授对本文提出过宝贵意见, 谨表感谢。

参 考 文 献

- [1] 王盘兴、张国华, 1979年5—7月东亚和南亚季风区700毫巴环流的大气统计学分析, 热带气象, 1985, 2, 99—107。
- [2] 拉梅奇, C.S., 季风气象学, 冯秀藻等译, 科学出版社, 79, 1978。
- [3] 张家诚, 大气环流的季节变化和季风的科学概念, 全国热带夏季风学术会议文集(1982), 云南人民出版社, 1—9, 1983。
- [4] 朱乾根、何金海、王盘兴, 东亚季风系统和印度季风系统的联系和相互作用, 大气科学进展(英文稿), 3卷, 4期, 466—477, 1986。
- [5] 广东省热带海洋气象研究所, 热带气象格点资料, 1984, 11。
- [6] 陈隆勋、何诗秀、杨义碧、罗绍华, 西太平洋热带地区夏季环流中期演变过程的分析, 1980年热带天气会议论文集, 52—60, 科学出版社, 1982。
- [7] 金祖辉、陈隆勋, 夏季东亚季风环流的中期变化及其与印度季风环流系统的相互关系, 全国热带夏季风学术会议文集(1982), 204—215, 云南人民出版社, 1983。
- [8] 章基嘉、王盘兴、孙照渤、陈松军, 低纬大气环流的季节转换及青藏高原非绝热加热作用的天气统计学分析, 南京气象学院学报, 1983, 1, 1—13。
- [9] 王永祥等, 每月天气—1984年5—8月, 气象, 1984, 8—11, 45—47。

DISCREPANCY AND RELATION IN THE LOWER TROPOSPHERIC CIRCULATIONS BETWEEN THE EAST ASIAN AND INDIAN MONSOONS

Wang Panxing Li Duwu

ABSTRACT

Characteristic features of temporal and spatial variations of the flow fields at 850 hPa level over the areas dominated by the East Asian and Indian monsoons during the summer months from May to October, 1984 are analysed by means of synoptic-statistical method. By combining the results obtained in an earlier paper[1], preliminary knowledge of the discrepancy and relation of the lower atmospheric circulations between the two monsoon regions in the summer season is attained.