

季节转换期间副热带高压带形态变异及其机制的研究 I : 副热带高压结构的气候学特征*

毛江玉 吴国雄 刘屹岷

(中国科学院大气物理研究所, LASG, 北京, 100029)

摘 要

利用 NCEP/NCAR 再分析资料研究了季节转换期间副热带高压结构的气候特征。在亚、非季风区, 冬季副热带高压带是相对对称的, 具有脊线连续的带状结构, 脊面随高度增加向南倾斜; 夏季副热带高压带中低层是间断的, 高层是连续的, 脊面随高度增加向北倾斜。副热带高压脊面倾斜受热成风关系的制约, 总是倾向暖区。5 月份副热带高压形态变异最显著, 不同地域副热带高压的结构、性质存在较大差异。夏季型副热带高压于 5 月初首先出现在孟加拉湾东部, 5 月第 3 候稳定建立在孟加拉湾东部、中南半岛及南海西部地区; 5 月第 4~5 候在南海建立; 6 月第 1~2 候在印度中部建立。夏季型副热带高压建立的 3 个阶段与亚洲夏季风爆发的 3 个阶段存在着较好的对应关系。孟加拉湾夏季风的建立在很大程度上取决于高空副热带高压脊面附近经向温度梯度的反转。对流层中上层副热带高压脊面附近经向温度梯度可以作为表征亚洲夏季风爆发的指标。

关键词: 副热带高压, 结构, 副高脊面, 季节转换。

1 引 言

副热带高压(以下简称副高)是联接中低纬度环流的纽带, 属于行星尺度的环流系统。正确认识副热带高压自身结构、形状、活动规律是考察其对天气气候影响的基础。对此广大气象工作者已进行了大量的工作。早期最有代表性的工作当属黄土松、余志豪等^[1]对副高结构的研究。瞿章、潘菊芳^[2]依据 1961 年 6 月大陆上副高一次北跳过程的分析指出, 中国大陆上副热带高压脊在低层(一般在 500 hPa 以下)是和太平洋高压中心相连通的, 在高层是和青藏高压中心相连通的, 西太平洋高压脊的北跳只是低层的现象, 从高层看来则是青藏高压(大陆性副高)的东移或东扩。副高北进的时间高层比低层早, 副高北进地区的温压场结构有类似中纬度移动性脊前槽后的温压场结构。这些结果只是副高结构的天气学特征。最近, 刘平等^[3]用经向偏差分析副高带的结构时指出, 年平均的副高带大致相对于赤道对称, 低层强、高层弱, 脊线随高度向赤道靠拢。副高脊线的季节变化和年际变化具有对流层整层的同时

移动特征。同时也指出北半球夏季副高脊线的移动也表现出一定的跳跃性, 对副高带的研究应从整体上进行。刘屹岷、吴国雄^[4]在分析副高研究中存在的某些局限性的基础上, 亦提出要加强副高结构方面的工作, 以便更好地了解副高自身的活动规律。

副高存在多种时间尺度和空间尺度的变化。其中, 最基本的季节性变动规律是自冬到夏, 北半球副高位置北移, 强度增大; 而自夏到冬, 位置南撤, 强度减弱。然而, 在季节转换期间, 副高的具体形态、性质变化尚不十分清楚。春季作为冬季环流向夏季环流转换的季节, 有其独特的重要性, 它不仅直接关系到副高带结构本身的变化, 而且关系到夏季风的爆发。因此, 本文把副热带高压带系统视为有机联系的整体, 从气候学角度研究副高的三维结构、性质、演变规律等。并以北非、亚洲、西太平洋副热带高压带为主要考察对象, 重点研究亚、非季风区 4~6 月季节转换过程中副高活动的特征。

2 资料及所用方法

2.1 资料

* 初稿时间: 2001 年 3 月 5 日; 修改稿时间: 2001 年 7 月 18 日。
资助课题: 自然科学基金项目(49805003, 40135020, 49905002) 和 LASG 基金(40023001)。

文中使用的资料有 NCEP/NCAR 1958~1997 年月平均和 1980~1998 年 4~6 月日平均再分析等压面常规资料以及 1980~1998 年 4~6 月 NOAA 逐日向外长波辐射(OLR)资料。资料分辨率均为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度。

2.2 副高脊面倾斜与水平温度梯度的关系

在副高脊线所处的纬度 $\varphi = \varphi_0$ 处 Φ 为最大值, 利用地转关系

$$u = -\frac{1}{f} \frac{\partial \Phi}{\partial y} \quad (1)$$

可知

$$u = -\frac{1}{f(\varphi_0)} \frac{\partial \Phi}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{f(\varphi_0)} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} > 0 \quad (3)$$

因此, 在文中定义纬向风为零, 且由东风转为西风的纬度为副高脊线所处的纬度。由地转关系式(1)还可得到纬向风垂直切变与水平经向温度梯度的关系。

$$\frac{\partial u}{\partial p} = \frac{R}{f p} \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_p \quad (4)$$

在北半球冬季, 对流层大气的温度自赤道向极地是递减的, 在副高脊线附近南暖北冷 ($\frac{\partial T}{\partial y} < 0$), 由式(4)可知, $\frac{\partial u}{\partial p} < 0$, 西风位于东风之上, 因而, 副高脊面自下而上向南倾斜; 夏季, 在亚、非季风区, 北半

球副热带陆地上空的气温比同一等压面上赤道附近的气温高。因而, 赤道至副热带温度脊之间的经向温度梯度与冬季相反, 则 $\frac{\partial u}{\partial p} > 0$, 故脊面随高度增加向北倾斜; 当经向温度梯度等于零时, 脊面与地面近于垂直, 副高呈正压结构。

由此可见, 当地转关系成立时, 副高脊面总是偏向暖区。副高脊面垂直倾斜受热成风关系制约。因而, 可从副高脊面倾斜方向的演变状况去研究季节转换期间副高带的时空结构和大气热力结构, 进而揭示季风爆发前后导致亚洲环流变化的机制。

3 副高脊面垂直倾斜的时空演变特征

对流层中部环流一般都用 500 hPa 等压面为代表。不妨借助冬、夏季 500 hPa 流场形势来了解副高的水平结构及其季节变化。图 1 给出气候平均的冬、夏季 500 hPa 流场。冬季, 北半球副热带地区受一个脊线连续的、有强度差异的、带状反气旋控制; 夏季副高带在青藏高原所在经度和太平洋中部出现断裂。青藏高原南部的气旋性环流把副高带大体切断为东、西两个强大的高压单体——西太平洋副高和北非副高。大洋中部槽造成太平洋上副高带的“不连续”。

东、西风分界线客观地代表副高脊线(如图 1 中的粗实线), 它在不同高度上的形状及所处的纬度位置等基本反映副高脊的空间结构。为此, 把各层等压面上的副高脊线投影在一个平面上。图 2 是气候

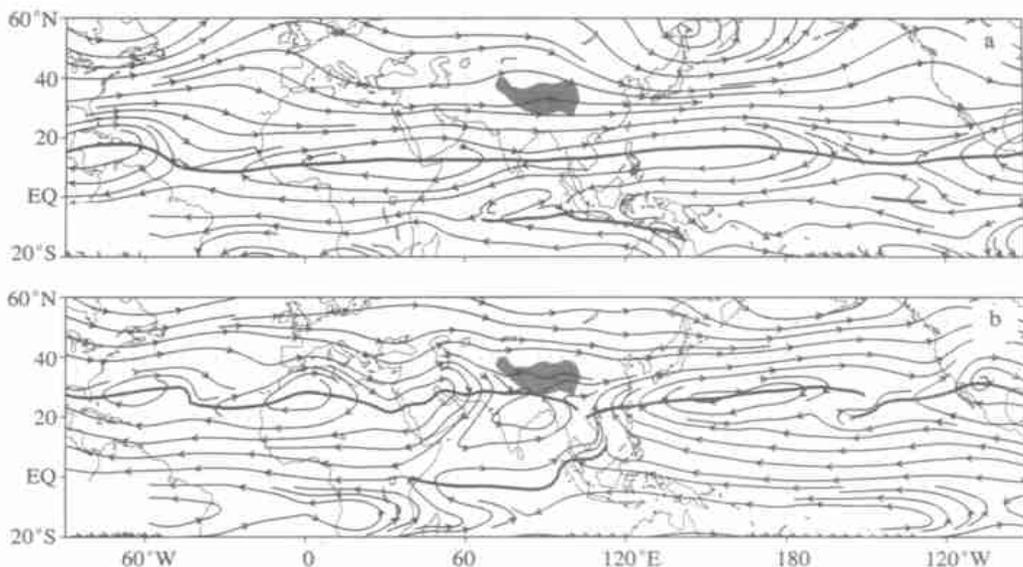


图 1 气候平均(1958~1997年)的冬季(a)和夏季(b)500 hPa 流场

(粗实线为用 $u=0$ 所代表的副高脊线(赤道地区除外), 阴影区表示地形高度超过 3000 m 的青藏高原地区)

平均的 1, 4, 5, 7 月 850~200 hPa 各层脊线的投影图。根据 $u=0$ 线上, Φ 在 y 方向取得极值的性质, 只画出脊线, 而把槽线部分略去。1 月(图 2a), 850~200 hPa 各层副高脊线均为沿纬向连续分布的曲线, 且自下而上依次向南排列, 表示在北半球冬季, 副热带高压脊面(张培群^[5]称其为“WES”)随高度的增加向南倾斜。7 月(图 2d), 中高层副高脊线位于 25~30°N 之间。在 148°E(▲所示位置) 以东及 22°E(◆菱形所指位置) 以西大致维持南倾的特征, 反映太平洋洋面上及非洲大陆上南暖北冷的基本状态。但是在 22~148°E 之间的亚、非季风区, 副高脊面随高度反而向北倾斜或与地面垂直。在中国沿岸地区, 副高北倾的现象相对显著一些, 这个地区正是

中层西太平洋副高与高层南亚高压的结合地带; 对流层上层(400 hPa 以上) 副高保持连续带状, 下层(700 hPa 以下) 则被南亚和东南亚的季风低压所割断。西太平洋副高的西端(西伸脊点) 在 700 hPa 位于珠江口以南、114°E 附近; 在 850 hPa 位于台湾以东、124°E 附近。500 hPa 副高脊线在 105°E 附近是不连续的。

4 月份(图 2b) 副高整体结构与冬季相似, 仍然向南倾斜。但是, 在 60(交点 B)~110°E(交点 A) 范围内, 850 hPa 脊线却移到了 700 hPa 脊线南侧, 即在该经度带内, 低层副高面脊变为向北倾斜。在 95(交点 D)~105°E(交点 C) 经度带内, 850 hPa 脊线甚至达到 500 hPa 脊线南侧。交点表示两等压面间

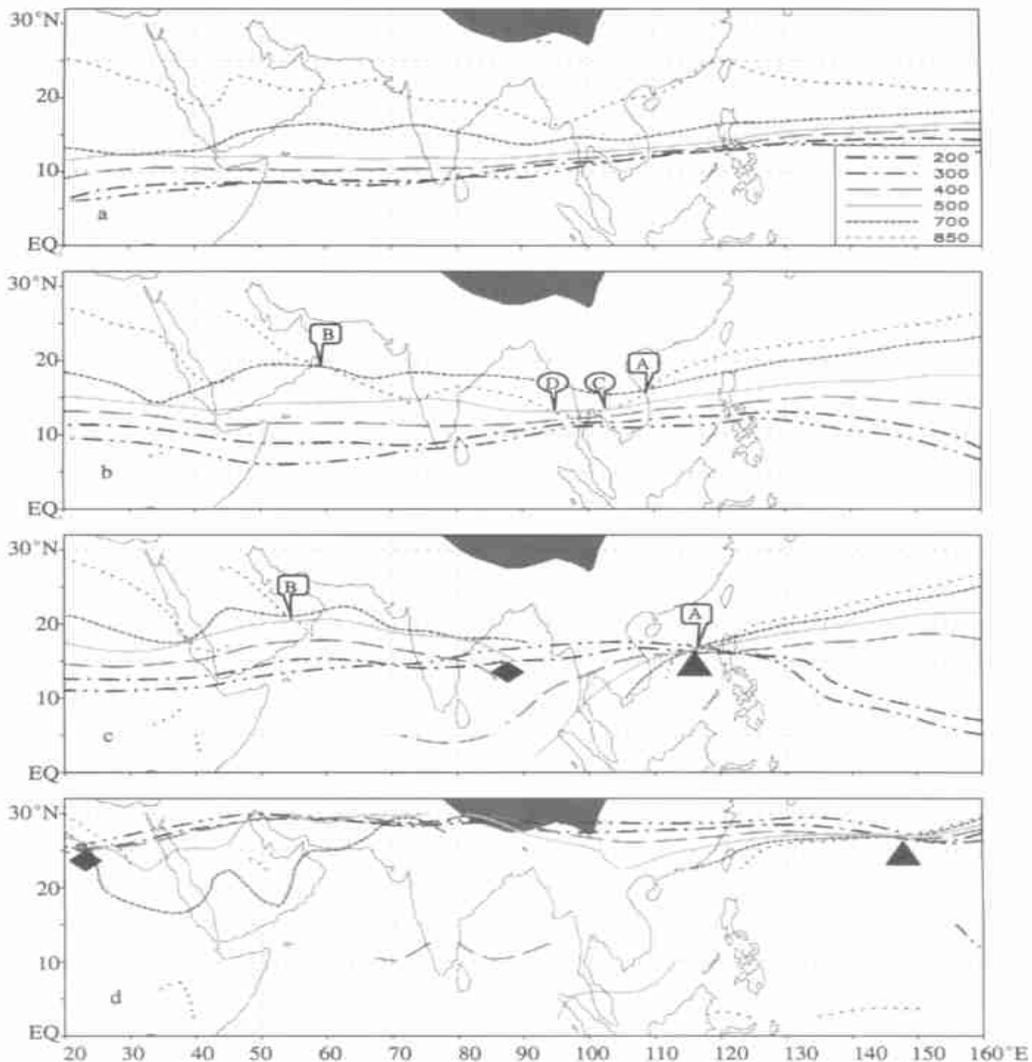


图 2 气候平均的 850~200 hPa 各层副高脊线投影

(a. 1 月, b. 4 月, c. 5 月, d. 7 月; 数字表示等压面, 粗线为用 $u=0$ 所代表的副高脊线, 阴影区表示地形高度超过 3000 m 的青藏高原地区)

垂直于地面的副高脊轴,根据式(4),该处经向温度梯度等于零。可见沿着 $10\sim 20^{\circ}\text{N}$ 的纬度带,在 $60\sim 110^{\circ}\text{E}$ 经度范围内,3 km以下的低层大气此时已出现北暖南冷的南北温差反转现象。

5月(图2c),副高结构发生了两个本质性变化:一是脊线在垂直方向的南北倾斜性,另一是脊线在水平方向的東西连续性。从图中首先可以看到,850~200 hPa各层脊线在 115°E 附近交汇于一点A(▲所示);400 hPa以下层次的脊线在东西方向上是断开的(◆所示)。在 55°E (点B)以西和 115°E (点A)以东地区,副高形态保持冬季特色。然而在 $90\sim 115^{\circ}\text{E}$,脊面变为随高度向北倾斜,呈现出夏季型副高结构。这与孟加拉湾、南海夏季风相继爆发密切相关。另外,在该区域,副高脊面还具有向西倾斜的特征,意味着东、西向温度结构也发生了重大变化。 $55\sim 90^{\circ}\text{E}$ 的南亚地区副高结构比较复杂,对于印度中部副高主体,700~300 hPa脊面南倾,300 hPa以上又向北倾。因此,不难推断,在印度南部($5\sim 13^{\circ}\text{N}$)对流层中层是一个较暖的中心。副高脊线的“不连续”表现为脊线在 90°E 附近断裂开来,形成东、西两段脊线,东、西伸脊点的位置错开几个纬度或十几个经度。500 hPa和400 hPa槽脊线的分布如同李建平、丑纪范^[6]文中对流层中上层典型洋中槽切断副高带的情形(参见其图2a)。纬向连续的200~300 hPa脊线反映南亚高压发展壮大。于是,北非、亚洲、西太平洋地区副热带高压结构变得复杂多样。

总之,从图2上,至少可以发现以下几点主要事实:(1)气候学上,冬季副热带高压具有强度上不均匀、各层脊线均连续的带状结构,脊面随高度增加向南倾斜,平均脊面位置偏南;(2)夏季,在亚、非季风区副高脊线在中低层是间断的,在高层是纬向连续的;副高脊面随高度增加向北倾斜或与地面垂直,平均位置在 $25\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间。南亚高压主体倾斜幅度较小,属于相当正压结构;(3)沿着 $10\sim 20^{\circ}\text{N}$ 纬度带的3 km以下低层大气于4月份在 $60\sim 110^{\circ}\text{E}$ 经度范围内出现南北温度梯度逆转现象;(4)5月份是副高形态变异比较显著的时期。不同地区副高结构的性状反映季节转换的地域性差异。5月份孟加拉湾东部—南海中部地区副高结构转变为夏季型。

4 副高断裂过程

气候月平均图上清楚地显示出5月份对流层中、下层(400 hPa以下)副高带存在的断裂现象。

为了考察副高的断裂过程,利用1980~1998年19 a平均的逐候、逐日的NCEP再分析资料,对过渡季节(4~6月)副高结构的时空变化作详细分析。图3给出气候平均的4月第3候至6月第2候副高脊线投影。由图可见,在4月第3候,850 hPa脊线就已经与700 hPa脊线出现相交现象,交点A、B分别在南海西部和阿拉伯海西北部。在A、B之间,从近地层至700 hPa副高脊面北倾。这是由于亚洲南部阿拉伯海、印度半岛、孟加拉湾、中南半岛及南海的次级海陆分布热力差异造成的。自4月第3~5候,A、B之外的亚、非季风区属于典型的冬季副高结构。不过,孟加拉湾到中南半岛地区高压脊的倾斜程度比北非、阿拉伯海及西太平洋地区都小,表明这里的南北温差在整个对流层内远比其它经度小得多。4月第5候,尽管700~200 hPa层副高带总趋势保持南倾,但是400,300和200 hPa上3条脊线却清楚地在 99°E 处交汇于一点C,标志着垂直的对流层上层副高脊轴首先出现在孟加拉湾东部。随后C点两侧的脊线也不断向一起靠拢,于是在4月第6候出现两个交点C和E。

5月第1候,除了C、E之间200 hPa脊线比其下层略偏北以外,200与500 hPa脊线的交点D出现在 90°E 附近,同时300,400,500 hPa脊线在 $90\sim 100^{\circ}\text{E}$ 间重合在一起。这意味着该区间内对流层中、上层副高脊面附近大气温度场结构发生了本质变化,由原来的 $\frac{\partial T}{\partial y} < 0$ 而转变为 $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ 或 $\frac{\partial T}{\partial y} > 0$ 。季风低压把半间断状态的850 hPa副高在孟加拉湾彻底切断开来。就整个对流层来说,沿着副高脊面南暖北冷的冬季型的消失和南冷北暖的夏季型的建立首先发生在孟加拉湾东部($90\sim 100^{\circ}\text{E}$)的经度范围内。5月第2候,对流层上层脊线的交点C和E分别向东移动到 106°E 和向西移至 75°E ,交点D则处在 91°E 附近。700,500 hPa脊线此时也与高层脊线汇聚在C点。5月第3候,东部A点与C点在 112°E 处重合为一点;西部在 90°E 附近各层脊线也向D点汇聚。C西侧 $90\sim 112^{\circ}\text{E}$ 之间的高层脊线向北突出,低层的脊线强烈地向南伸展,因而C、D之间副高脊面则自下而上向北偏西方向倾斜。至此,5月初在孟加拉湾东部首先出现的夏季型副高结构已稳定地在孟加拉湾东部、中南半岛及南海西部地区建立。

5月第4候,整个副高带的形态几乎与月平均状况(图2c)完全相同。500,400 hPa副高脊线断裂

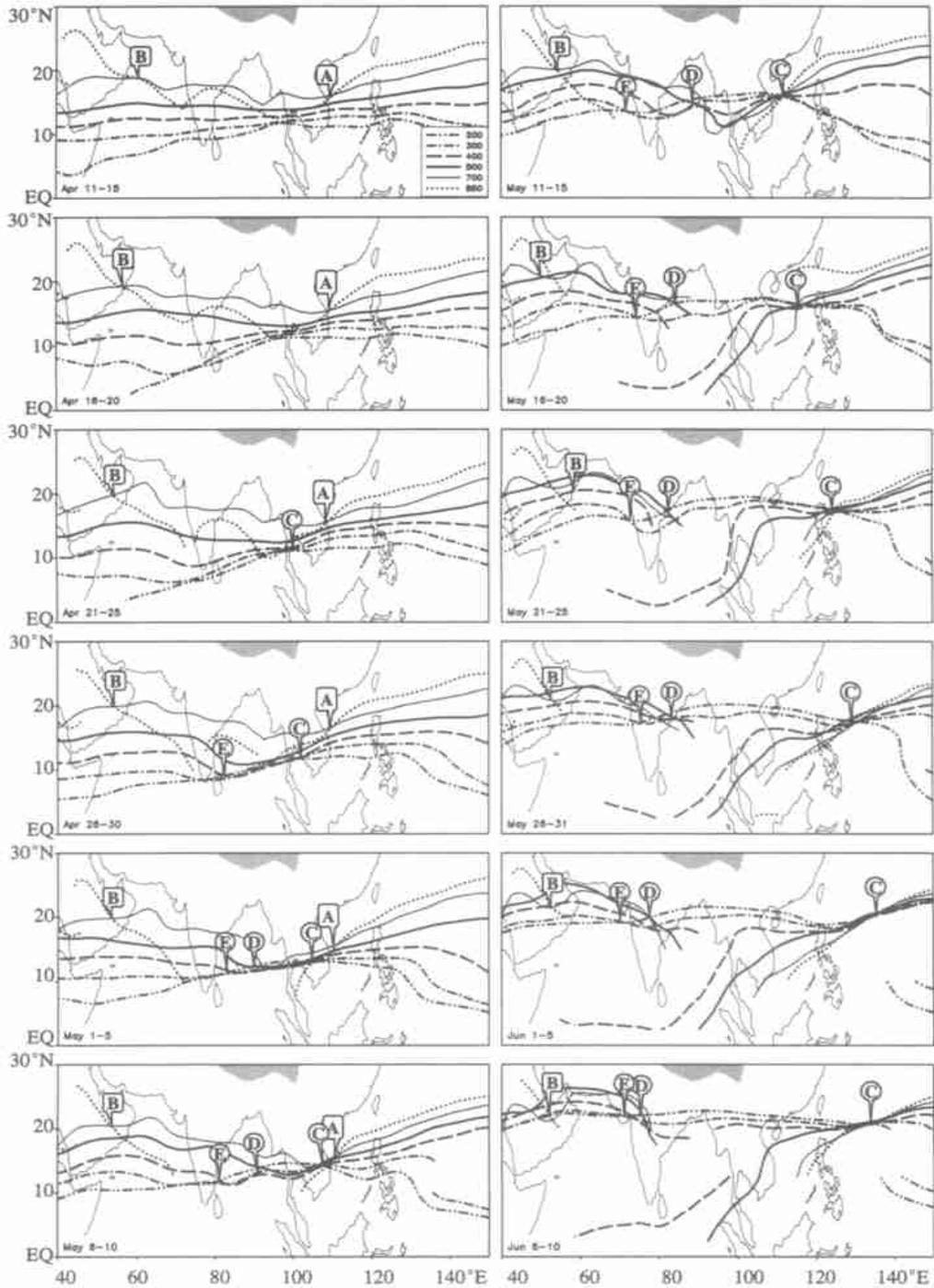


图3 季节转换期间(4月第3候~6月第2候)850~200 hPa副高脊线(用 $u=0$ 代表)投影
(数字表示等压面)

后沿中南半岛大幅度向南偏转,表明季风槽相当深厚。在本候,由于C点已移至南海中东部,低层850 hPa西太平洋副高脊一下跳至 20°N 以北,对应着南海季风爆发。5月第5~6候,垂直脊轴C明显东移,D轴变化不大。6月第1,2候,脊轴E,D则西移

并到达印度半岛西部和中部,对应印度季风爆发。6月第3候以后(图略),副高基本接近夏季的形态。

根据图3中垂直副高脊轴C,D和E的生成和变动情况,文中把垂直脊轴定义为冬夏季节交替的“季节转换轴”。对流层上层季节转换轴C最早于4

月第5候在 12.5°N , 99°E 生成, 转换轴E, D产生于4月第6候和5月第1候。季节转换轴C, D或E随时间分别向东北、西北移动, 则夏季型副高范围逐渐扩大。当然, 季节转换轴C比D, E移动速度快(该特征在图4和图5中看得更清楚)。图3显示, 自5月第2候起, 季节转换轴C, D之间的地区受夏季风控制, 而两轴之外的地区仍然属于冬季型。从这个意义上讲, 两个转换轴C和D又可理解为冬夏季型副高的边界, 或者说冬夏季风活动的边界。低空的交点A和B也可视为低空冬夏季型副高的转换轴。

综上所述, (1) 对流层上层季节转换轴最早于4月下旬在孟加拉湾东部生成, 标志冬夏季季节转换的开始, 季节转换轴随时间分别向东北、西北移动, 则夏季型副高范围不断扩大。(2) 700, 500和400 hPa副高脊线的断裂均发生在5月第4候。(3) 夏季型副高于5月初(第1候)首先出现在孟加拉湾东部, 5月第3候稳定建立在孟加拉湾东部、中南半岛及南海西部地区; 5月第4~5候在南海建立; 6月第1~2候建立在印度中东部。

5 副高脊线断裂与夏季风的建立

吴国雄、张永生^[7]根据1989年夏季风爆发过程的研究指出, 亚洲季风爆发的整个过程可划分为3个阶段: 第一阶段是孟加拉湾(BOB)季风爆发, 第二阶段是南海(SCS)季风爆发, 最后是印度季风爆发。同时指出, 青藏高原的热力强迫和动力强迫是导致东亚季风比南亚季风爆发早的重要原因。

亚洲夏季风建立的更为一般的气候特征可以由图4清楚地反映出来。图4是19a平均的4~6月沿 $10\sim 15^{\circ}\text{N}$ 纬度带平均的OLR和850 hPa风场逐日演变的时间-经度剖面图。图中OLR分布的总体形态也呈倒置的“仙人掌”形(与文献[7]中的图7相似)。从图4可见, 低于 230 W/m^2 的深对流最早于5月3~5日出现在 100°E 附近, 形成“仙人掌”的第一支(最长支), 对流区内盛行西南风或偏南风, 这标志着孟加拉湾东部及中南半岛夏季风爆发。随后对流活动加强。5月15~20日, 深对流在南海生成, 形成“仙人掌”的第二支, 在图上表现为 230 W/m^2 等值线突然大幅度向东扩展, 平行地扫过南海海面, 对流区内亦盛行西南风或偏南风, 表明南海夏季风爆发。从6月3日起, 印度半岛西部出现深对流, 即“仙人掌”的第三支, 与之相伴的是强西风和西南风, 印度季风爆发。6月15日, 菲律宾至 140°E 的西太

洋洋面还出现了第四支深对流, 标志西太平洋夏季风爆发。不过, 该区域内盛行东南风。

图4表明, 在气候平均状况下, 亚洲夏季风的建立确实由3个爆发阶段组成。文献[7]发现, 1989年孟加拉湾季风爆发于5月上旬末, 南海季风建立于5月20日, 印度夏季风则在20d后出现。1989年亚洲夏季风建立的情形非常接近于气候平均状况, 故1989年属于正常爆发的年份。

顺便指出, 在夏季风建立过程中, OLR低值区中间存在的相对高值区(大于 230 W/m^2)正好对应 $75\sim 85^{\circ}\text{E}$ 和 $105\sim 110^{\circ}\text{E}$ 地形较高的地区, 意味着陆地上的对流活动比海洋上弱, 这一点与Nakazawa^[8]的结果一致。

图4中粗实线OC和OD分别代表图3中对流层中上层(200~500 hPa)季节转换轴C和D所在经度随时间的变化。OC和OD与OLR值 240 W/m^2 等值线基本重合。如果以OLR值 230 W/m^2 作为热带强对流活动的临界值, 则强上升运动区恰好处在OC和OD之间。OC和OD也是850 hPa西南风活动的边界。另外, 季节转换轴生成的起始地点O恰好在 95°E 附近, 比孟加拉湾西南季风爆发的时间还偏早一候。实际上, 300~500 hPa转换轴的移动轨迹与OLR的 230 W/m^2 等值线吻合得更好(图略), 即用300~500 hPa转换轴表示夏季风活动的边界更准确一些。但是, 为便于和其他研究比较, 本文也选取220~500 hPa代表对流层中上层。

上节的分析得出, 夏季型副高亦是分3个阶段建立起来的, 依次是孟加拉湾东部、南海和印度中部。可见, 季节转换轴的建立与亚洲夏季风爆发的关系很密切。

既然副高脊面的倾斜方向及脊线断裂与季风爆发有关, 而副高脊面的倾斜又是由副热带大气经向温度梯度决定的, 那么, 经向温度梯度必然也能够反映季节转换或季风爆发的情况。图5给出沿着高、低空脊线平均位置($10\sim 15^{\circ}\text{N}$)和($15\sim 20^{\circ}\text{N}$)计算的逐日200~500 hPa及700~850 hPa气层间平均温度经向梯度的时间-经度剖面图。对流层上层200~500 hPa(图5a)经向梯度的零等值线确与OD和OC比较吻合。由此可见, OLR和对流层中上层经向平均温度梯度均可以很好地确定亚洲季风建立的时间及地点。副热带经向温度梯度或季节转换轴不失为表征亚洲季风活动良好的指标。

低层700~850 hPa(图5b)经向梯度的零等值

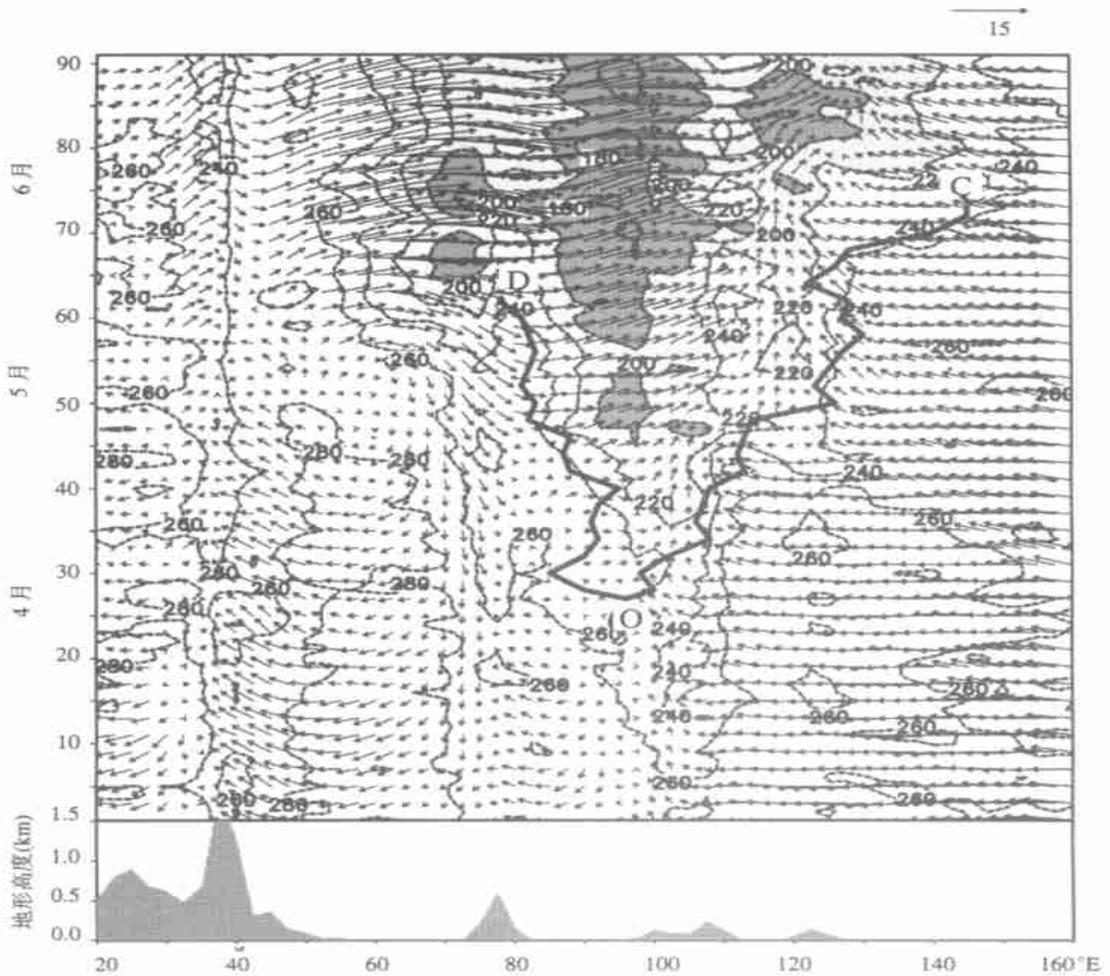


图4 季节转换期间沿 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 纬带平均的 OLR (虚线, 阴影)、850 hPa 风场 (箭头) 逐日演变的时间-经度剖面 (纵坐标为天数(4月1日~6月30日), 深、浅阴影区表示 OLR 值小于 200, 220 和 230 W/m^2 的区域, 粗实线 OC, OD 表示图 3 中 200 与 500 hPa 副高脊线交点 C, D 所在经度随时间的变化, 下图表示相应经度的平均地形高度)

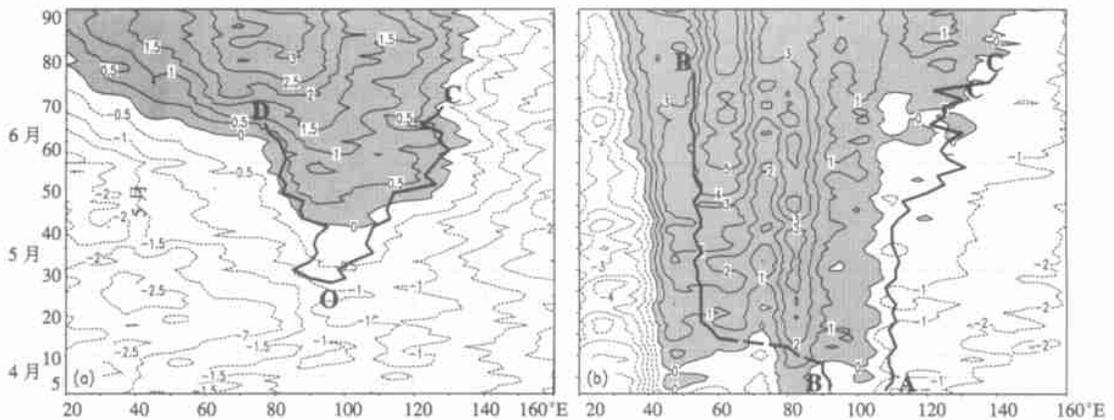


图5 沿脊线平均位置平均的对流层中上层及中下层平均温度经向梯度(单位: $10^{-3}\text{K}/\text{km}$) 的时间-经度剖面

(a. 200~500 hPa ($10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$), b. 700~850 hPa ($15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$);

粗实线分别对应图 4 中交点 (如 C, D 及 A, B 等) 所在经度随时间的变化)

线与转换轴 BB 和 AC 吻合程度差一些,其原因一方面由于各经度上低层副高脊线所处的纬度差异较大,在进行纬度带平均时,转换轴的位置超出了计算的范围;另一方面由于地转关系在低层受到破坏。

综合分析,就气候平均而言,夏季型副高建立的3个阶段与亚洲夏季风爆发的3个阶段存在着——对应的关系。850 hPa 副高脊线断裂与孟加拉湾东部—中南半岛夏季风爆发的时间一致,尽管孟加拉湾东部地区低层南风产生的比较早,但是位于赤道的西风却迟迟不能向北扩展。只有当对流层中上层副高脊面在孟加拉湾东部(90~100°E)由南倾转为北倾,引起高低空纬向风切变改变符号时,低层赤道西风才得以大规模地向北扩展,并与高原南侧的副高带西风相连通,850 hPa 副高在孟加拉湾彻底断裂。所以,孟加拉湾季风的爆发不仅仅取决于低层的经向热力差异,而是更多地取决于高空副高脊面附近经向温度梯度的反转。700, 500, 400 hPa 副高脊线断裂的时间与南海夏季风爆发的时间一致。孟加拉湾季风爆发后,强而深厚的西南季风向东发展,使得对流层中下层副高带断裂,850 hPa 副高单体东退,则南海季风爆发。第3节中已指出,60~90°E 的南亚地区副高结构较其它地区复杂,因而,印度季风爆发与副高形态变异的关系也较其它地区复杂。总之,副高与季风的关系是非常复杂而有趣的问题,有待深入研究。

6 结论与讨论

(1) 通过追踪副高带脊面和脊线的变化,新发现了一些基本事实。在亚、非季风区,冬季副热带高压具有强度上不均匀、各层脊线均连续的带状结构,脊面随高度增加向南倾斜,副高带平均位置偏南;夏

季,副高脊线在中低层是间断的,在高层是纬向连续的,脊面随高度增加向北倾斜或与地面垂直。脊面向暖区倾斜是热成风关系制约的结果。5月份是副高形态变异比较显著的时期。

(2) 自冬到夏季季节转换过程中,对流层中上层季节转换轴最早于4月下旬在孟加拉湾东部生成。季节转换轴既表示冬夏季交替的开始,又表示冬夏季型副高和夏季风活动的边界。夏季型副高于5月初首先出现在孟加拉湾东部,5月第4~5候稳定在南海,6月上旬在印度中东部建立。

(3) 夏季型副高建立的3个阶段与亚洲夏季风爆发的3个阶段存在着较好的对应关系。孟加拉湾夏季风的建立不仅仅取决于低层经向海陆温差的反转,而是更大程度地取决于高空副高脊面附近经向温度梯度的反转。对流层中上层经向温度梯度可以很好地反映亚洲季风建立的时间及地点。

北半球春季,随着太阳高度角的增加,极地与赤道间温差逐渐减小。由于亚洲地区特殊的地理状况,不仅有行星尺度的经向、纬向海陆对比(欧亚大陆与印度洋、欧亚大陆与太平洋),而且在亚洲南部10~25°N 纬带内,海湾和半岛相间排列(非洲大陆、阿拉伯海、印度半岛、孟加拉湾、中南半岛、南海、西太平洋),这种次级海陆分布热力差异对于低层副高过早地北倾有重要影响。孟加拉湾季风爆发很大程度上取决于高层副高脊面附近经向温度梯度的反转。我们似乎不应当以这种解释为满足,而应该探究其真正机制:何种因素或过程造成这种南北梯度的逆转。前面已指出,大气温度场的形成和变化从根本上说来是各种热力因子和动力因子综合作用的结果。在诸多因子中,是什么导致春季气温的经向梯度在孟加拉湾地区首先出现逆转,副高脊发生断裂的呢? 本研究的后续部分将对此加以讨论。

参考文献

- 1 黄土松,余志豪等. 副热带高压结构及其同大气环流有关问题的研究. 气象学报,1962,31(4):339~359
- 2 瞿章,潘菊芬. 夏季中国大陆上副热带高压北进时的三维结构及其机制的个例分析. 见:陶诗言等著. 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究. 北京:科学出版社,1963. 146pp
- 3 刘平,吴国雄,李伟平等. 副热带高压带的三维结构特征. 大气科学,2000,24(5):577~584
- 4 刘屹岷,吴国雄. 副热带高压研究回顾及对几个基本问题的再认识. 气象学报,2000,58(4):500~512
- 5 张培群. 副热带高压脊线位置移动的力学方程及其诊断研究:[学位论文]. 兰州:兰州大学大气科学系,1997
- 6 李建平,丑纪范. 副热带高压带断裂的动力学分析——地转作用. 科学通报,1998,43(4):434~437
- 7 Wu Guoxiong, Zhang Yongsheng. Tibetan Plateau forcing and the monsoon onset over South Asia and the South China Sea. Mon Wea Rev, 1998, 126: 913~927
- 8 Nakazawa T. Seasonal phase lock of intraseasonal variation during the Asian Summer Monsoon. J Meteor Soc Japan, 1992, 70: 597~611

STUDY ON MODAL VARIATION OF SUBTROPICAL HIGH AND ITS MECHANISM DURING SEASONAL TRANSITION PART I : CLIMATOLOGICAL FEATURES OF SUBTROPICAL HIGH STRUCTURE

Mao Jiangyu Wu Guoxiong Liu Yimin

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

Abstract

Climatological characteristics of subtropical high structure during seasonal transition are investigated based on NCEP/NCAR reanalysis data. The ridge the surface of subtropical anticyclone is defined by the boundary surface between westerly to the north and easterly to the south (WEB in brief). Under the constraint of thermal wind relation, the WEB is always tilted toward warmer region in the vertical. In Afro-Asian monsoon area, the subtropical anticyclone belt whose ridgelines are consecutive in wintertime takes on relatively symmetrical and zonal structure, the WEB tilts southward with increasing height; In summer, the subtropical anticyclone belt is discontinuous at lower level and continuous at upper level, the WEB tilts northward from the bottom up. The structure and properties of subtropical anticyclone during seasonal transition are different from area to area. May is the period when subtropical high modality most significantly varies, its ridgelines at middle and low levels start to break. Based on the formation and variation of the vertical axis of subtropical anticyclone, a new concept "seasonal transition axis" is proposed. The summer pattern of subtropical high firstly appears over eastern Bay of Bengal in the beginning of May, then stabilizes over eastern Bay of Bengal, Indochina, and western South China Sea on the 3rd pentad of May. It exists over the South China Sea in the 4th-5th pentad of May and establishes over central India in the 1st-2nd pentad of June. The three consequential stages when summer modal subtropical high occurs correspond to that of Asian summer monsoon onset, respectively. The onset of the Asian summer monsoon circulation is closely associated with such "seasonal transition axis". To a great extent, the monsoon onset over the Bay of Bengal depends on the reversal of meridional temperature gradient in vicinity of subtropical high ridge in upper troposphere. The meridional temperature gradient at middle and upper levels in troposphere can be used as good index for defining Asian monsoon onset.

Key words: Subtropical high, Structure, WEB, Seasonal transition.