

亚洲夏季风活动激发的北半球 大气环流遥相关型

黎伟标^{*} 纪立人

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 亚洲季风区是全球热力变化最为显著的区域, 亚洲夏季风活动必定会对其它环流系统产生影响。本文通过夏季风指数与北半球环流的相关计算以及强、弱季风候北半球环流异常合成的分析发现, 亚洲夏季风的活动会激发北半球夏季大气环流遥相关型, 其主要相关中心均出现在季风区的下游地区, 即从亚洲经太平洋至北美洲一带, 除了表现出正负中心交替出现的波列状结构外, 该遥相关型在太平洋地区还表现为一对南北向的偶极子异常型, 我们将这一遥相关型称为亚洲太平洋北美 (APN) 型。

关键词 亚洲夏季风 相关 APN 遥相关型

1 引言

近年来, 大气遥相关作为大气缓变过程的一种表现形式, 引起了学者们的普遍关注。60~70年代 Bjerknes 进行了一系列具有里程碑意义的工作^[1~3]。他指出海表温度的异常升高引起中赤道太平洋对流的加强, 从而导致了对流层上层的一个异常环流型, 它包括一对反气旋对以及一个位于北太平洋热带外地区的气旋。这些研究成果, 使得赤道太平洋地区的海表温度变化包括东赤道太平洋的 El Nino 现象与南方涛动 (SO) 联系起来。后来, Wallace 和 Gutzler^[4]用大量的统计事实揭示了北半球冬季普遍存在的一种遥相关型: 当赤道中东太平洋增暖时, 北太平洋热带为正距平, 阿留申地区为负距平, 北美西部为正距平, 东部为负距平。这种距平分布被称为 PNA 型。

从过去的研究状况来看, 关于大气遥相关的大多数研究工作都是针对北半球冬季进行的, 并且把这些遥相关与 ENSO 现象联系在一起。而关于北半球夏季, 特别是与亚洲季风区相关联的遥相关现象却缺乏系统的研究。从本质上看, ENSO 对全球气候的影响是通过热力强迫来实现的, 如 ENSO-PNA 型的建立与中东太平洋热力异常造成的外强迫有关^[5]。而有关数值试验的结果表明^[6], 大气对热源的响应具有季节性, 它与盛行风的分布亦即气候基本流的季节性变化有关。关于夏季热力外强迫的情况, 黄荣辉^[7]、符淙斌^[8]等就曾指出, 影响北半球夏季大气环流异常的主要热力因子并非赤道东太平洋地区的海温异常, 而是与西太平洋暖池区相配合的对流活动的变化。值得注意的是, 亚洲季风区是全球大气热力变化最为显著的区域, 夏季, 亚洲季风区产生的大量对流潜热的释放, 对低纬地区热力结构的改变产生重要影响。这种热力状态的改变,

1995-01-05 收到, 1995-06-16 收到修改稿

* 现在工作单位: 中山大学大气科学系

必将引起其它大气环流系统的响应。Yasunari 最近的研究指出^[9,10]，亚洲夏季风作为主动的因子，在海气耦合系统中扮演关键的角色。因此，能否在季风区寻找到类似于 ENSO 现象的大气缓变过程强信号？或者说，亚洲夏季风在北半球环流变化中扮演一个什么样的角色，它对其它环流系统又有何影响？对这些问题的研究必将有助于加深对亚洲地区特别是我国天气气候异常物理过程的了解。

本文利用 ECMWF1980~1983 年候平均资料以及外逸长波辐射 (R_{ol}) 资料，在季内时间尺度下分析了亚洲夏季风活动对北半球大气环流的影响，给出了亚洲夏季风活动激发北半球大气遥相关型的结构特征，并初步讨论了该遥相关型与我国天气异常的可能联系。

2 夏季风指数及强、弱季风候的确定

为了研究夏季风活动对北半球环流的影响，首先要选取适当的季风指数来描述它的演变。通常人们大多用季风区的降水量作为描述夏季风强度的标准，然而 Webster

等^[11]认为，影响降水的因子错综复杂，它与地形以及局地中小尺度环流有关，有时并不能客观地反映夏季风的活动。其实夏季风首先是大尺度风场意义上的一个概念，春季向夏季转换时，亚洲季风区对流层高层由弱西风变为强东风，同时对流层低层的西风也迅速加强，这种垂直方向的风场切变反映了亚洲夏季风大尺度流场上的一个基本特征；另外夏季风还与对流活动密切相

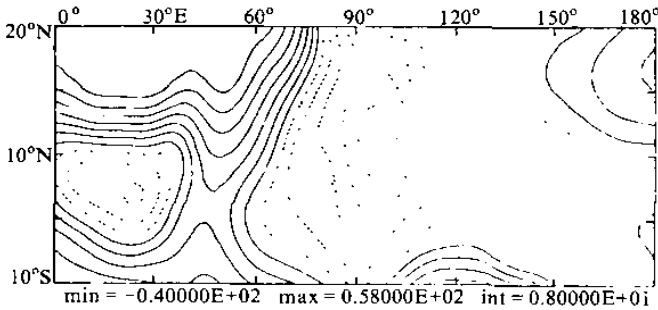


图 1 夏季 R_{ol} 的气候分布
图中数值已减去整个区域的平均值
单位: $W \cdot m^2$; 实线: 正值; 虚线: 负值

关，夏季风建立后，对流加热中心由赤道南半球一侧移至亚洲季风区。因此 Webster 在研究中采用 R_{ol} 以及对流层高低层纬向风切变来讨论亚洲夏季风的年际变化。本文参考他的做法来描述亚洲夏季风的季内变动。

季风指数的计算区域我们根据夏季 (5~8 月) R_{ol} 以及 850 hPa 纬向风的气候状况来确定。图 1 是 1980~1989 年夏季 (5~8 月) 的 R_{ol} 平均值的分布状况。从图中可以看到，对流活动强 (R_{ol} 值小) 的区域大致位于 $70^{\circ}E \sim 150^{\circ}E$, $5^{\circ} \sim 20^{\circ}N$ 。另外，图 2 还给出了北半球 1980~1989 年夏季 (5~8 月) 850 hPa

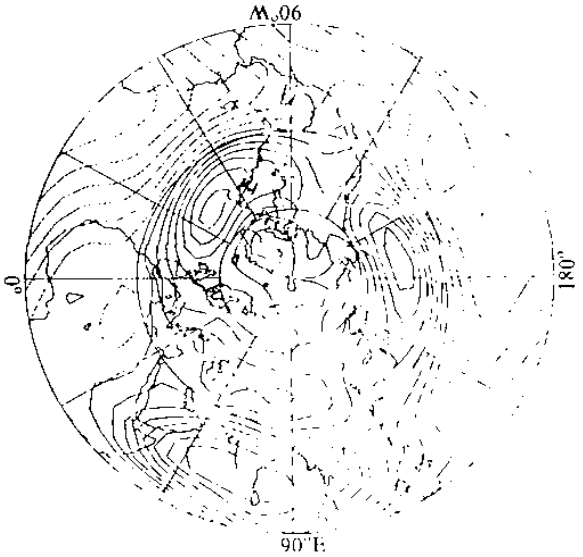


图 2 北半球夏季 850 hPa 纬向风分布
单位: m/s ; 实线: 西风; 虚线: 东风

平均纬向风分布。从图 2 可以看到, 在北半球的低纬地区, 除了亚洲南部及其附近海域为西风外, 其余均为东风带。西风盛行的大值区为 $40^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, 大值中心在印度半岛一带。考虑到图 1 给出对流活动的气候状况, 我们选取 $50^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 的纬向风和 R_{ol} 值来进行季风指数的计算。

根据 Webster 等^[11]的研究结果, 用 R_{ol} 和纬向风切变计算的夏季风年际变化反映出的强弱季风年与公认的强弱季风年是吻合的。从我们的分析情况来看^[12], 在上述所确定的计算区域内, 纬向风的垂直切变以及 R_{ol} 的演变反映了亚洲夏季风活动的主要特征, 亦即当夏季风建立和加强时对流层低层西风分量加强, 高层则由弱西风迅速转变为强东风, 同时伴随着季风区对流活动的加强, 而且在季内时间尺度内纬向风垂直切变和 R_{ol} 是协调变化的。因此, 我们采用 $50^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 区域内的 $U_{850}^* - U_{200}^* - R_{\text{ol}}^*$ (U_{850}^* 、 U_{200}^* 和 R_{ol}^* 是经过标准化处理的季内时间尺度变化量) 作为描述亚洲夏季风季内时间演变的综合指数 (M_1), 其中 $U_{850}^* - U_{200}^*$ 反映的是 850 hPa 和 200 hPa 纬向风的垂直切变, R_{ol}^* 则反映了季风区对流活动的状况。 M_1 越大 (小) 夏季风越强 (弱)。

我们计算了 1980~1983 年 5~8 月共 96 候的季风指数, 把它作为一个序列, 供后面进行遥相关计算, 并从 96 候中挑选出 24 个季风活动强的候 (季风指数 $M_1 > 1.0$) 以及 16 个季风活动弱的候 (季风指数 $M_1 < -1.0$) 供后面进行强、弱季风环流特征的合成分析 (见表 1)。因为我们讨论的是季内时间尺度夏季风的演变, 所选出的强、弱季风候没有公认的结果进行比较, 但它们反映了季风活动在对流及环流方面所表现的主要特征, 所以应该说是较为合理的。

表 1 1980~1983 年强、弱夏季风候分布 (表中 S 表示强季风候, W 表示弱季风候)

年	5 月					6 月					7 月					8 月				
1980	W	W		S	S	S										S			W	S
1981	W		S	S			W		S	S	S			S		W	W			
1982				W	W		S	S	S	S	W			W	W		S	S		
1983	S							W	W	W		S		S		S	S		W	S

3 夏季风活动激发的北半球大气遥相关型的结构特征

通常, 人们在进行大气遥相关的诊断研究时, 大多是采用 Wallace 和 Gutzler^[4]的方法, 亦即单点相关图来进行分析的。本文为了探讨与亚洲夏季风活动相关联的大气遥相关型, 我们将夏季风指数作为一序列来计算 500 hPa 各格点高度场与它的相关, 另外还结合强、弱季风候的异常环流合成图进行展开讨论。在计算时我们去除了资料的季节趋势及年际变化。

图 3 是 1980~1983 年 5~8 月季风指数与北半球夏季 500 hPa 候平均高度场的同时相关的计算结果。从图中可以看到, 超过 0.01 信度的最大正负相关中心基本上位于亚洲季风区及其下游的太平洋、北美地区。两个正中心分别位于 30°N 的日本列岛东南侧洋面以及墨西哥一带, 值得注意的是前一个正相关中心位于西太平洋副高的位置, 这表明西太平洋副高的活动与夏季风的强度是密切相关的, 季风强时, 西太平洋副高也是加强的, 而且位置比较偏北。根据天气学的研究结果^[13], 雨带通常位于 500 hPa 副高脊线

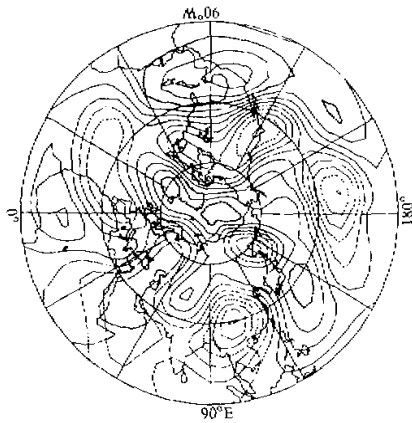


图3 季风指数与北半球夏季 500 hPa 高度场的同时相关。实线：正相关；细虚线：负相关。粗虚线以内的区域为信度超过 0.01 的相关区

以北 8~10 个纬度，当副高在 30°N 加强并维持时，可能对我国华北地区降水有利，而不利江淮流域降水的出现。从图 3 还可以看到，除上述两个正相关中心外，还有 3 个负相关中心，一个位于青藏高原以东的亚洲季风区内，另两个分别位于太平洋中部以及北美洲西岸，后两个负相关中心大体上是连成一片的。

从空间结构上看，正负相关中心交替出现，形成了从亚洲经太平洋至北美大陆的波列状遥相关型。除了这种波列状结构外，我们还注意到太平洋中部南北向的相关是相反的，这在后面的合成分析中会得到更清楚的反映。我们将这种出现在季风区下游地区与季风活动相关联的遥相关型称为亚洲太平洋

北美型 (APN)，该型的主要特征是，当亚洲夏季风加强时，西太平洋副高加强偏北，同时中太平洋副热带为负距平，阿留申地区为正距平，墨西哥高压加强。

为了研究亚洲夏季风活动激发的北半球大气遥相关型随时间的变化情况，我们还计算了 500 hPa 高度场与季风指数滞后和超前 1~4 候的相关图 (图略)。从计算结果来看，随着高度场超前时间的增长，APN 型消失，最大相关中心移至季风上游的欧亚大陆地区。当高度场滞后于季风指数时，季风下游各相关中心位置变化不大，但相关程度不如同时相关强。而关于北半球冬季的遥相关情况，根据 Lau^[14]的计算结果，随着滞后和超前时间的变化，从相关图中可以看到遥相关波列的移动。因此夏季遥相关与冬季情况有所不同，如果它是一种波动形式，那么它可能是一种驻波。

为了进一步了解强、弱夏季风所对应的北半球环流的差异，我们还对前面选出的 24 个强季风候和 16 个弱季风候的 500 hPa 高度场分别进行了合成。因为就高度场而言，低纬地区环流异常的距平值在量级上要比中高纬地区小，因此为了更客观地讨论低纬地区环流异常的情况，在做合成分析前我们还按下述方法去除了各纬度距平值差异：

$X_{k,i,j}$ 是去除了季节趋势和年际变化的季内距平变化量，其中 $k=1, 2, \dots, 96$ 表示候， $i=1, 2, \dots, 72$ 表示沿纬圈格点数， $j=1, 2, \dots, 19$ 表示沿经圈格点数。对各纬圈分别求其标准差

$$S_{k,j} = \sqrt{\frac{1}{72} \sum_{i=1}^{72} (X'_{k,i,j})^2},$$

然后用标准差 $S_{k,j}$ 去除该纬圈各格点的距平值： $\tilde{X}'_{k,i,j} = X'_{k,i,j} / S_{k,j}$ ，这样 $\tilde{X}'_{k,i,j}$ 便消除了各纬度高度场距平变化幅度的差异。

经上述处理后，图 4 和图 5 分别给出 24 个强季风候和 16 个弱季风候 500 hPa 高度场的合成结果。从图中可以看到，亚洲季风区下游，即从东亚到太平洋至北美大陆，强夏季风和弱夏季风所对应的正负异常中心的配置是相反的，而亚洲季风区上游地区并不完全相反，只是位置和强度略有不同。强季风候，季风区下游的两个正距平中心分别

位于日本列岛的东南洋面以及北美洲南部, 3 个负距平中心则分别位于青藏高原以东的东亚地区、中太平洋夏威夷群岛一带以及北美洲西岸, 这与前面相关计算的结果是十分一致的。另外我们还注意到, 在太平洋中部地区, 南北向为一偶极型的正负异常结构, 它在弱季风候的合成图上显得更为明显。此外, 值得注意的是, 鄂霍次克海及其附近地区强、弱季风所对应的高度场距平也是相反的。弱季风候鄂霍次克海有一正距平中心, 其两侧为负距平中心, 有利于该地区形成阻塞高压, 而鄂霍次克阻高的建立对我国梅雨有重要影响^[13], 它常与乌拉尔山阻高或贝加尔湖大槽同时建立, 构成稳定的纬向型梅雨。因此, 弱的夏季风可能更有利于江淮流域降水的产生。

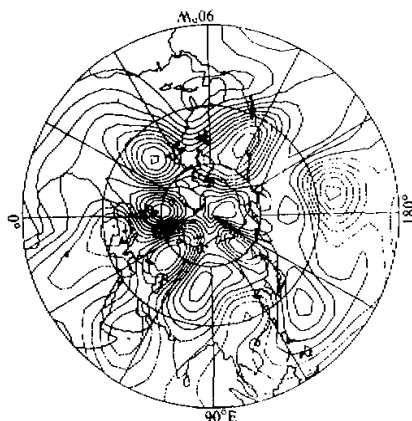


图4 强季风候 500 hPa 位势高度异常合成图
实线: 正距平; 虚线: 负距平

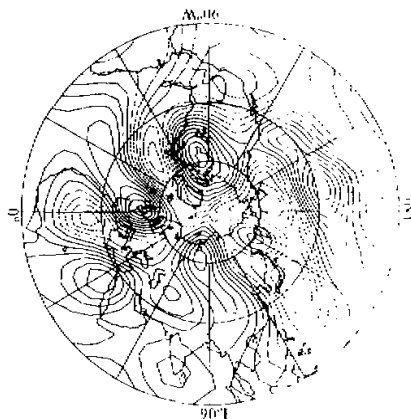


图5 同图4, 但为弱季风候的情况

4 结语与讨论

关于北半球冬季环流的异常, 人们强调的是与 El Nino 相关联的赤道东太平洋地区热力变化的影响, 而关于北半球夏季, 本文把目光投向了热力变化最为活跃的地区——亚洲季风区, 把亚洲夏季风活动对北半球大气环流的影响作为研究对象。在季内时间尺度下, 通过季风指数与北半球环流的相关计算, 强、弱季风候环流异常的合成分析发现, 亚洲夏季风活动也会激发北半球大气遥相关型, 其主要相关中心均出现在夏季风的下游地区, 即从亚洲经太平洋至北美洲一带。该遥相关型除了表现为正负中心交替出现的波列状结构外, 中太平洋地区还表现为一南北向的偶极子结构。我们把这种出现在亚洲季风区下游地区的北半球夏季大气遥相关型称为亚洲太平洋北美型 (APN 型)。如果说 ENSO-PNA 型是冬季大气环流异常的一个典型特征, 它的演变会造成美国等地冬季的气候异常, 那么, 亚洲夏季风 (ASM)-APN 型则可能是夏季北半球大气环流异常的一个强信号, 它的演变可能会造成从亚洲到北美地区夏季气候的异常。

本文的分析还仅仅局限于环流方面, 而亚洲夏季风活动激发的遥相关型与我国旱涝天气的联系, 还需要用更多的天气事实去说明。另外, 为了揭示问题的实质, 还必须对

夏季风活动激发大气遥相关型的物理机制进行深入的探讨, 关于这些方面的研究结果, 我们将在另文中讨论。

参 考 文 献

- 1 Bjerknes, J., 1966, A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature, *Tellus*, **18**, 820~829.
- 2 Bjerknes, J., 1969, Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Mon. Wea. Rev.*, **97**, 163~172.
- 3 Bjerknes, J., 1972, Large scale atmospheric response to the 1964-65 Pacific equatorial warming, *J. Phys. Oceanogr.*, **2**, 212~217.
- 4 Wallace, J.M. and D.S. Gutzler, 1981, Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784~811.
- 5 Horel, J.D. and J.M. Wallace, 1981, Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 813~829.
- 6 巢纪平, 1993, 厄尔尼诺和南方涛动动力学, 北京: 气象出版社, 117~125.
- 7 黄荣辉, 李维京, 1988, 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制, 大气科学 (特刊), 107~116.
- 8 符淙斌、滕星林, 1988, 我国夏季的气候异常与厄尔尼诺/南方涛动现象的关系, 大气科学 (特刊), 133~141.
- 9 Yasunari, T., 1990, Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific, *Meteor. and Atmos. Phys.*, **44**, 29~41.
- 10 Yasunari, T. and Seki, Y., 1992, Role of the Asia monsoon on the interannual variability of the global climate system, *J. Met. Soc. Japan*, **70**, 177~188.
- 11 Webster, P. J. and Yang, S., 1992, Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems, *Q. J. R. Meteor. Soc.*, **118**, 877~926.
- 12 黎伟标, 1994, 亚洲夏季风活动对北半球大气环流的影响, 中国科学院大气物理研究所博士学位论文.
- 13 朱乾根等编著, 1992, 天气学原理和方法 (修订本), 北京: 气象出版社, 484~544.
- 14 Lau, K.M. and Phillips, T.J., 1986, Coherent fluctuations of extratropical geopotential height and tropical convection in intraseasonal time scales, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 1164~1181.

Atmospheric Teleconnection Pattern over the Northern Hemisphere Connected with the Activity of the Asian Summer Monsoon

Li Weibiao and Ji Liren

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract During boreal summer, the Asian monsoon region experiences most remarkable changes in the atmospheric thermal condition. Asian summer monsoon (ASM), one of the earth's most energetic weather events, undoubtedly plays a key role in the variability of the general circulation. In this paper, through both calculation for the correlation coefficients between the monsoon indices and the geopotential height and the anomalous composite of the strong or weak ASM pentads, it is shown that the activity of the ASM can result in an atmospheric teleconnection pattern over its downstream region. This ASM-related teleconnection pattern consists of a wave-like structure stretching from the East Asia across the Pacific to North America and a north-south dipole structure over the central Pacific, which is referred to as APN pattern in this paper.

Key words Asian summer monsoon correlation APN teleconnection pattern