

# 南亚高压的年际和年代际变化<sup>\*</sup>

张 琼<sup>\*\*</sup> 钱永甫

(南京大学大气科学系, 南京 210093)

张学洪

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

**摘 要** 利用 1958~1998 年 NCEP/NCAR 再分析月平均 100 hPa 高度场和风场资料, 依据大气环流观测事实及天气学原理, 较客观地定义了描述南亚高压活动的特征参数, 然后对南亚高压的年际及年代际变化特征进行了系统的诊断分析。发现北半球中低纬 100 hPa 环流异常具有空间整体性和时间持续性, 即北半球中低纬 100 hPa 环流同时加强或同时减弱, 并且其整体异常具有明显的年代际变化。南亚高压面积和强度的变化存在 3.8 年的振荡周期, 与 ENSO 的循环周期一致。南亚高压的中心和脊线在夏季较为稳定, 较大的年际差异出现在春季。高压面积和强度的年际变化最明显, 并且面积大、强度强的年份往往与 El Niño 年相对应。南亚高压的位置和强度还存在明显的年代际变化, 自 1978 年以后, 冬半年南亚高压脊线南移, 中心东移, 面积增大, 强度增强, 夏半年南亚高压的位置变化不很明显, 但是面积和强度也增大增强。这种年代际异常与低层大气系统及赤道太平洋海温的年代际异常一致。南亚高压强度距平与热带海洋 SSTA 密切相关, 与印度洋海区的同期相关最好。南亚高压强度异常对印度洋 SSTA 的响应时间为 0~5 个月, 对赤道中东太平洋 SSTA 的响应时间为 4~6 个月。南亚高压明显的年际和年代际变化特征表明, 可将南亚高压看作气候系统中大气子系统异常的强信号, 通过分析南亚高压的年际及年代际异常可以更直接地研究和预测区域气候异常。

**关键词:** 南亚高压; 年际变化; 年代际变化

## 1 引言

南亚高压是夏季位于亚洲南部上空对流层上部和平流层底部的一个强大而稳定的大气活动中心, 作为一个行星尺度的环流背景, 它与夏季北半球大气环流和亚洲的区域天气气候关系密切<sup>[1~4]</sup>。继 60 年代陶诗言、朱福康关于南亚高压的开创性工作以来, 有不少对南亚高压的研究, 但过去的工作受限于当时的资料和研究方法, 主要是对天气个例和季节变化的研究, 对南亚高压年际变化及年代际变化的研究尚不多见。本文利用 1958~1998 年 NCEP/NCAR 再分析资料<sup>[5]</sup>, 对南亚高压的年际和年代际变化特征进行了诊断分析研究。

1998-09-23 收到, 1999-02-01 收到修改稿

<sup>\*</sup> 国家重点基础研究发展规划项目“我国重大气候灾害的形成机理和预测理论的研究”、国家自然科学基金资助项目 49735170 以及大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室开放课题联合资助

<sup>\*\*</sup> 现在工作单位: 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

本文所用资料为美国 NCEP/NCAR 再分析资料中 1958 年 1 月~1998 年 5 月 100 hPa 月平均高度场和风场, 水平分辨率为  $2.5^\circ$  经度  $\times 2.5^\circ$  纬度。以及同期内月平均全球海表温度资料, 水平分辨率为  $2^\circ$  经度  $\times 2^\circ$  纬度。采用气候统计中常用的 EOF 等客观统计方法。

## 2 南亚高压特征参数的定义

南亚高压的演变主要是其位置的移动及面积和强度的变化, 利用网格点数据进行分析时, 需要客观地定义南亚高压活动的特征参数。根据大气环流的观测事实及南亚高压的稳定性特点, 我们将  $30^\circ\text{W}$  向东至  $170^\circ\text{W}$  范围内的西风零线的平均纬度记作整个高压的平均脊线, 计算时“西风窗口”(东风中断处)记为缺省, 不参与平均脊线的计算。选取西风零线上位势高度最大处为主要高压中心, 用经、纬度表示高压中心的位置。参照副高面积的定义方法, 将区域内位势高度大于等于 1660 位势什米的总格点数称为南亚高压的面积指数, 简称面积。南亚高压的强度用以下三种方法来表示: (1) 将高压中心的位势高度值记为南亚高压的强度  $I_1$ ; (2) 将区域内位势高度大于 1660 位势什米的所有格点上的位势高度值与 1660 位势什米之差的总和记为高压强度  $I_2$ ; (3) 将 (2) 中的高压强度与高压面积之比记为高压强度  $I_3$ 。

如上定义南亚高压各特征参数不仅有明显的季节变化, 也有明显的年际和年代际变化。我们从研究整个北半球 100 hPa 的环流异常开始, 分析讨论南亚高压的年际和年代际变化特征, 以进一步探讨其对区域气候异常的影响。

## 3 北半球 100 hPa 环流异常的整体性和持续性

将北半球夏季 (6、7、8 月平均) 100 hPa 高度场进行经验正交函数展开, 各格点资料均经过标准化处理。第一模态 (占总方差的 53.5%) 的空间分布显示全场均为同号异常 (图 1a), 表明北半球夏季 100 hPa 的环流异常具有整体同相异常特性, 即同时加强或同时减弱。强弱异常的幅度具有明显的纬向性, 副热带地区的变化较明显, 最明显的异常出现在南亚高压所在的青藏高原地区。第一模态所对应的时间系数呈现为非常明显的年代际变化 (图 1b), 在年代际变化之上, 年际变化也很明显, 一种较强的环流异常持续时间较长, 如 1971~1976 年较强的负异常持续了 6 年, 1979~1983 年和 1987~1991 年较强的正异常持续了 5 年。

图 1c 是第二模态的空间分布, 其解释方差为 17.8%, 图中零线所在位置与南亚高压脊线位置基本一致, 说明这种分布形式反映了南亚高压南北两侧高度场的相反变化趋势, 因此可认为它代表了南亚高压南北方向上的高度梯度变化情况。当时间系数为负时, 高度梯度减小, 反之增加, 在 100 hPa 上的中纬地区, 地转风关系可认为是很好地成立, 因此, 当高度梯度减小时, 高压环流减弱, 反之则增强。这种梯度的变化在南亚高压的强度 (面积和总高度值) 指数上难以反映出来, 因此第二模态恰好从另一个侧面, 即环流强度或涡度反映了南亚高压的变化。从第二模态所对应的时间系数 (图 1d), 发现 90 年代以前, 高压环流较弱, 自从 1991 年突然增强之后, 则一直表现为持

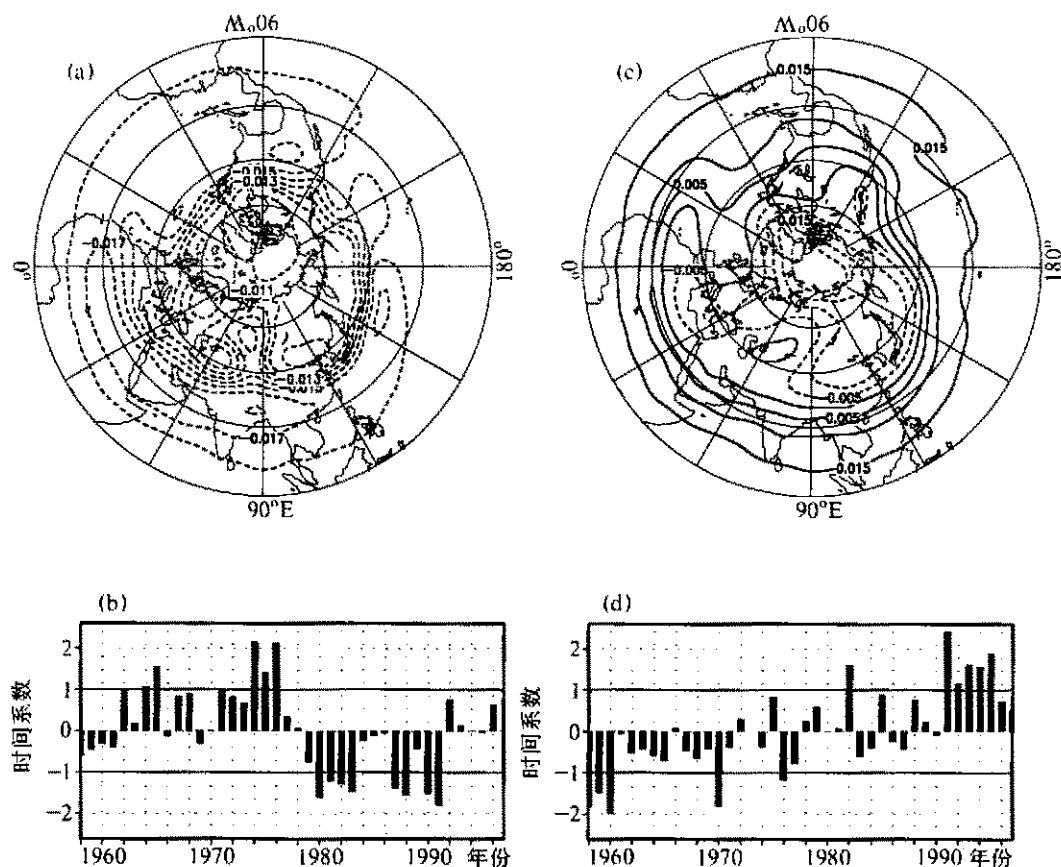


图1 北半球夏季 100 hPa 位势高度场 EOF 分解第一模态和第二模态的空间分布 (a)、(c) 及其对应的时间系数分布 (b)、(d)

续性的增强,说明 90 年代之后,高层副热带环流系统的增强主要由第二模态反映的环流异常造成。

将冬季 (12、1、2 月平均) 100 hPa 位势高度场进行同样的分析,发现 EOF 前两个模态反映的环流异常的时空分布与夏季基本类似,尤其是中低纬度的整体异常及其反映在时间系数上的年代际异常 (图略)。

黄荣辉、孙凤英<sup>[6]</sup>通过计算北半球 500 hPa 扰动高度场的点相关,发现北半球夏季在南亚、东亚与北美地区存在着一个大气环流的遥相关型。用 NCEP/NCAR 资料 (6、7、8 月平均) 作同样的计算,确实有这样一个波列。冬季,大气中低层也存在 PNA 型等几种著名的遥相关型<sup>[7~9]</sup>。然而由于 100 hPa 环流异常的整体性,波列形式传播的遥相关型并不存在。分别用冬夏季第一模态中副热带地区异常最明显的点求取点相关,如图 2 所示,夏季的相关系数很高 (基点为 25°N, 87.5°E),全场均超过 95% 的显著性统计检验,冬季除高纬极区外,各地区的相关系数也都超过了 95% 的显著性统计检验 (图略)。说明在对流层顶到平流层,冬、夏季无明显的波列传播现象,与低层 500 hPa 的环流异常不同,100 hPa 的环流异常是大范围内同时发生的,这在北半球夏季更明显。

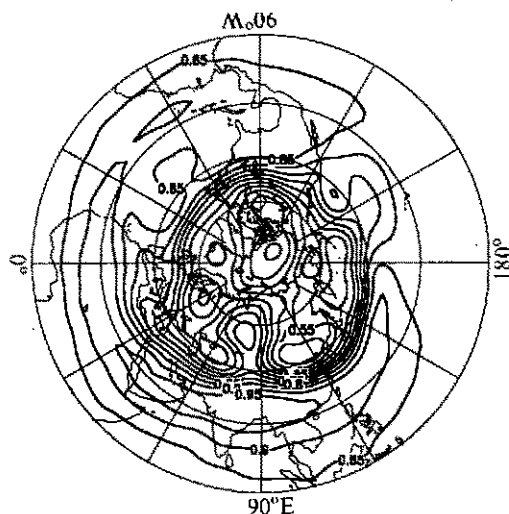


图2 北半球夏季(6、7、8月平均)100 hPa位势高度场的点相关图(以87.5°E, 25°N为基点)

也是南亚高压强度异常的整体性和持续性, 以及在1978年之后发生的年代际变化和持续较长时间的年际变化特征。

下面我们通过分析南亚高压特征参数的变化来研究南亚高压年际和年代际异常的细节特征。

## 4 南亚高压的周期振荡

陈咸吉、朱福康利用月平均资料发现100 hPa高压面积和脊线存在准三年振荡现象<sup>[10]</sup>。为了从南亚高压活动的各个细节方面探讨南亚高压的周期振荡规律, 我们对40年共480个月的南亚高压脊线位置、面积和强度进行连续功率谱分析, 分析时取各特征参数滤去年周期后的距平, 并作13点滑动平均消去高频振荡。计算功率谱时, 最大后延时间取80个月。

图3是上述特征参数的周期振荡功率谱曲线, 图中虚线为信度0.05的红噪声检验曲线。由图可见, 南亚高压的平均脊线有2.4年的振荡周期(图3a), 面积有3.8年的振荡周期(图3b)。三种表征南亚高压强度的特征参数的振荡周期有所差异, 南亚高压中心位势高度值 $I_1$ (图3c)只有一个明显的3.8年振荡周期, 与高压面积的振荡周期一致; 而强度 $I_2$ (图3d)和 $I_3$ (图略)还有一个2.4年的周期, 说明高压面积和由一个单点描述南亚高压中心强度( $I_1$ )与多个点综合描述的南亚高压平均强度( $I_2$ 和 $I_3$ )的主要变化是一致的, 但有细节上的差异。高压面积和强度 $I_1$ 漏掉了由脊线变化产生的2.4年周期, 因此 $I_2$ 和 $I_3$ 可能更有代表性。在以后的分析中将继续比较三种强度指数的变化特征, 以求寻找一种最能表征南亚高压强度变化的特征参数定义方法。

以上所得到的南亚高压面积和强度的3.8年振荡周期与陈咸吉、朱福康分析得到的周期是基本一致的, 与我们所熟知的ENSO的循环周期也是相近的。

以上通过经验正交分解和点相关两种方法讨论了北半球冬、夏季100 hPa环流的异常, 高层环流最明显的特征是整体同相异常, 与对流层中低层的环流异常有显著不同, 其整体异常说明了研究行星尺度南亚高压的代表意义。另外, 100 hPa环流异常的持续时间很长, 年代际尺度上的整体异常变化最明显, 在年际尺度上, 一种异常型也能持续好几年, 冬夏季较为一致的异常变化还体现了季节上的持续性。

由于我们采用100 hPa面上高度大于1660位势什米的总点数以及这些点上位势高度与1660位势什米之差值的总和定义南亚高压的面积和强度指数, 故100 hPa高度场的异常特征反映的也

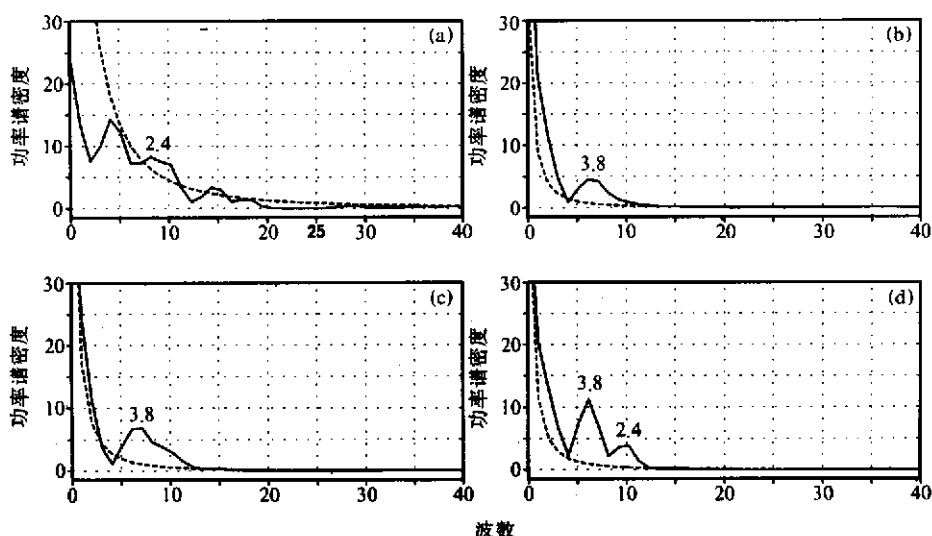


图3 南亚高压脊线、面积和强度的周期振荡功率谱曲线

(a) 高压脊线; (b) 高压面积; (c) 高压强度( $I_1$ ); (d) 高压强度( $I_2$ )

图中横坐标为波数, 纵坐标为功率谱密度, 图中标注数字代表周期, 单位: 年

## 5 南亚高压特征参数的年际变化特征

年际—季节剖面图可表征南亚高压各个特征参数距平场的年际和季节变化情形。由于本文所用资料的分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ , 所以夏季南亚高压脊线和中心位置的年际差异不很明显(图略), 只在季节转换期的春季差异较大。但从 40 年的月距平来看, 南亚高压在位置上有一个较明显的年代际变化, 从 70 年代末开始, 南亚高压的脊线位置由以正距平为主转为以负距平为主, 冬半年高压中心经度位置由以负距平为主转为以正距平为主, 说明在长时间序列的变化中, 南亚高压呈现出由偏北偏西变为偏南偏东的趋势。图 4a 和 4b 是南亚高压面积和强度  $I_2$  的年际—季节剖面图, 图中各量是各月 40 年的距平值, 阴影部分为正距平, 其余为负距平。图中显示的 1978 年前后界限分明的负、正距平, 体现了明显的年代际变化。在显著的年代际变化之上, 叠加着明显的年际变化。图 4b 中给出的强度是 2.2 中定义的强度  $I_2$ , 强度  $I_1$  和强度  $I_3$  的年际、年代际异常与强度  $I_2$  基本一致。南亚高压面积的年际变化在 1978 年前后有所不同(图 4a), 1978 年以前, 主要的年际差异即距平中心出现在 3~6 月, 而 1978 年以后 3~6 月的距平减小了, 主要的距平出现在 7 月至次年 2 月。高压强度的距平中心则是比较一致地出现在夏半年(图 4b)。

从南亚高压面积和强度的年际异常我们还发现, 正、负距平的分布往往是全年性的, 即全年为正距平或全年为负距平。几次较强的正距平年尤其是 80 年代以来的正距平年, 除 1980~1981 年外, 其他年均一致地对应了 El Niño 年。图 4 还表明, ENSO 越强的年份, 高压面积和强度的正距平也越大。虽然 1998 年只有 5 个月的资料, 但是从 1997 年 7 月开始的正距平到了 1998 年以后已表现为很强的正距平(图 4b), 与我们

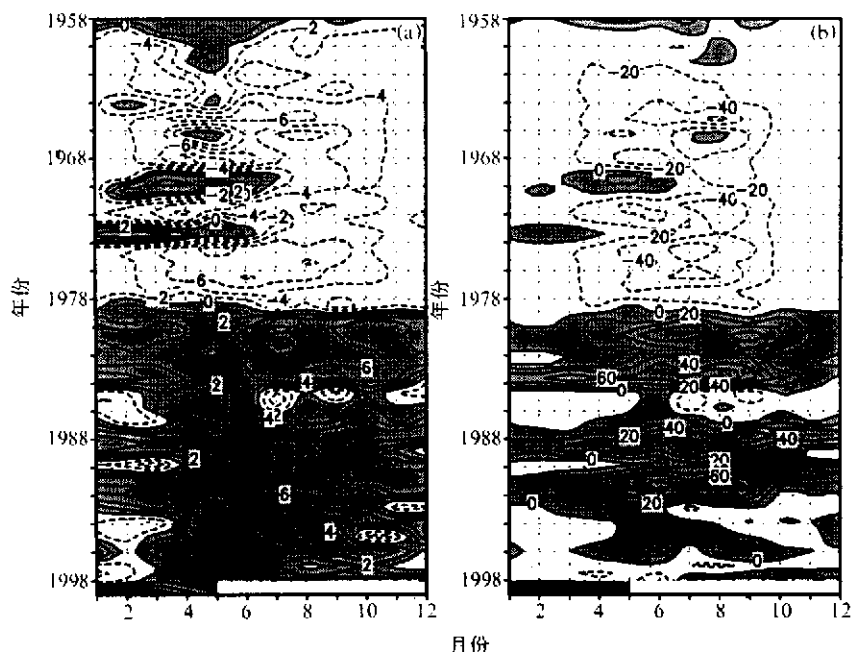


图 4 南亚高压各特征参数年际距平的季节-年际变异图

(a) 高压面积 (单位: 格点数); (b) 高压强度  $I_2$  (单位: 位势什米)

图中横坐标为月份, 纵坐标为年份

所知的同期热带太平洋海温的正距平达到最高是一致的。1982~1983 年、1986~1987 年及 1991~1992 年这几次 El Niño 发生时期, 南亚高压的面积和强度也毫无例外地呈现为较强的正距平。从季节变化上看, 正距平中心主要也是在夏半年。

以上事实说明, 在年际及年代际尺度上, 南亚高压的位置和强度的异常很好地代表了北半球中低纬度 100 hPa 位势高度的异常, 其在空间上的整体性和时间上的持续性进一步证实南亚高压演变的稳定性, 正是这种相对于低层大气系统的稳定性, 使得南亚高压强度的年际异常与海气耦合系统中的 ENSO 信号如此地一致, 说明海气系统的异常信号在海洋和高层大气中一致地体现出来。

## 6 南亚高压位置和强度的年代际异常

分析南亚高压的年际异常时, 我们已经发现南亚高压的位置和强度亦存在非常明显的年代际变化, 而且冬、夏的年代际异常情形并不完全一致。从南亚高压季节循环的两种平衡态来看, 夏半年南亚高压主要位于青藏高原及其以西上空, 位置相对比较稳定, 而冬半年的变动相对较大。所以我们将南亚高压的脊线、中心、面积和强度分别作夏半年 (5~9 月) 平均和冬半年 (10 月~次年 4 月) 平均, 然后分别求其距平, 观察其在年代际尺度上的异常。

图 5 是冬半年南亚高压各特征参数距平的变化情形。可见冬半年南亚高压的位置及

强度均有明显的年代际变化。具体表现为 1978 年以后高压脊线逐步南移, 中心东移, 高压面积增大, 强度增强。这与 Trenberth<sup>[11]</sup>通过观测资料发现冬半年阿留申低压在 1977 年以后东移并加强是一致的, 说明这种年代际异常并存于高低层大气系统中。

夏半年南亚高压的位置较为稳定, 其脊线和中心位置的异常均不如冬半年那样明显。但是夏半年高压脊线在 80 年代以后也有南移的趋势 (图 6a), 中心位置的变化不大 (图 6b)。夏半年南亚高压的面积和强度自 1978 年也有明显的变化, 面积增大

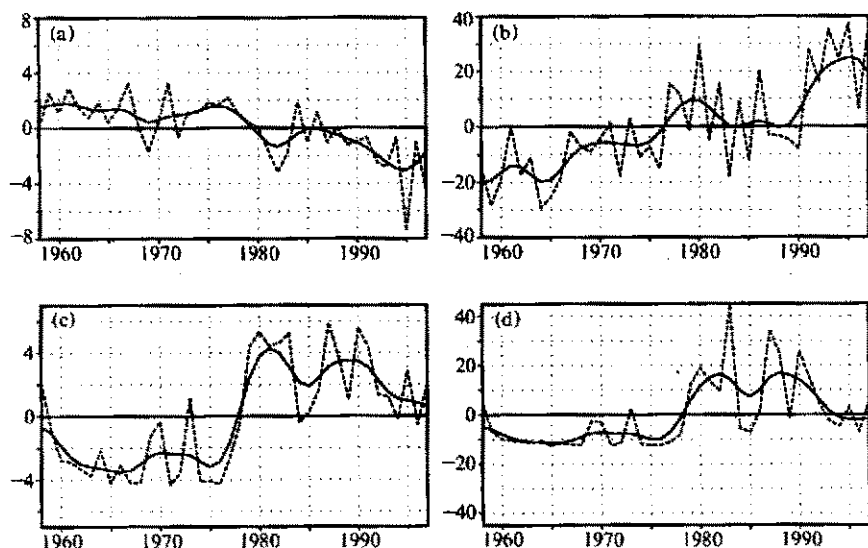


图 5 1958~1997 年冬半年 (10 月~次年 4 月) 平均的南亚高压特征参数的变化

(a) 高压脊线纬度距平 (度); (b) 高压中心经度距平 (度);

(c) 高压面积距平; (d) 高压强度距平 ( $I_2$ , 位势什米)

(粗实线是 Gauss 低通滤波曲线, 滤去 10 年以下的波动)

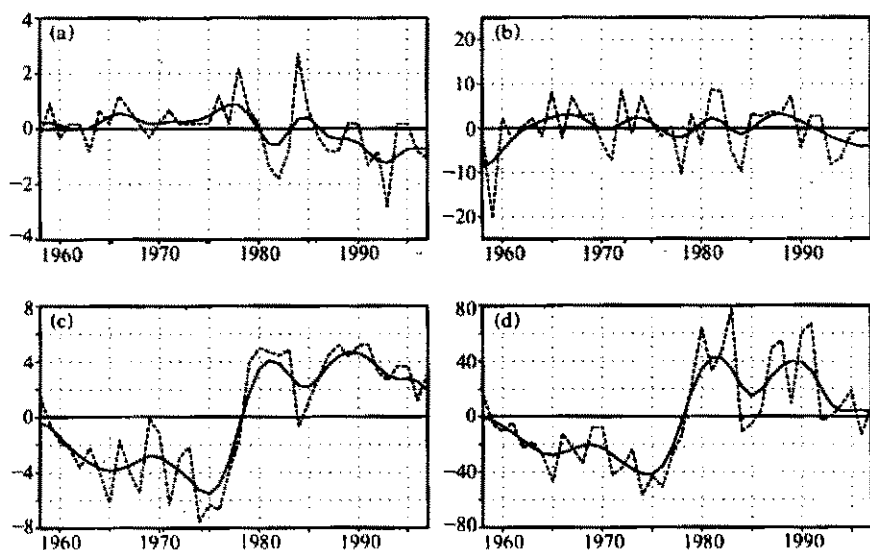


图 6 1958~1997 年夏半年 (5~9 月) 平均的南亚高压各特征参数的变化, 说明同图 5

(图 6c), 强度增强 (图 6d), 进一步说明南亚高压的面积和强度的异常具有季节上的持续性。

值得指出的是, 在南亚高压的年代际变化中, 高压中心的位置是渐变的, 而高压面积和强度却具有突变性, 尤其是在夏季 (图 6c、d)。

## 7 南亚高压与热带 SSTA 的年际异常关系

以上分析已经指出南亚高压面积和强度的年际异常与 ENSO 异常有关。首先, 二者具有相同的 3~4 年的振荡周期 (图 3), 其次, 在年际距平上, 南亚高压面积和强度的正距平年对应了 El Niño 年 (图 4), 说明南亚高压强度的年际异常和赤道太平洋 SSTA 有密切的联系。

图 7 给出南亚高压强度距平与全球海温异常的同期相关系数场, 正的相关区域集中在热带海洋地区, 其中印度洋地区的相关系数最大, 其次为赤道中东太平洋地区, 中高纬地区基本上为负相关区。正负相关系数的分布类似于海温异常的 ENSO 模态, 说明在年际时间尺度上, 海气系统的异常通过某种遥相关机制一致对应, 热带海洋海温升高, 南亚高压强度增强, 也从另一个侧面说明南亚高压的热力依赖性。

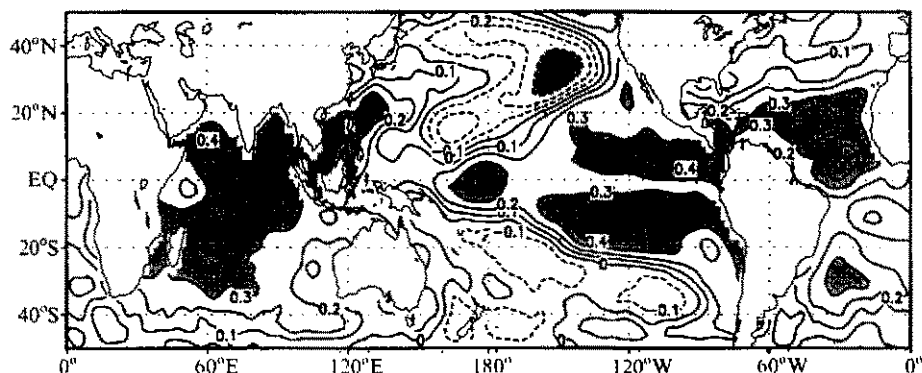


图 7 南亚高压强度距平与全球 SSTA 的同期相关系数分布  
阴影部分代表相关系数大于 0.3 的区域

图 8 是 1958~1997 年逐月南亚高压强度距平 (实线) 和同期内赤道太平洋 Niño 3.4 区 ( $170^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ ) 及印度洋海区 ( $50^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ,  $20^{\circ}\text{S}\sim 20^{\circ}\text{N}$ ) 平均的海温距平 (虚线) 的演变曲线, 为便于比较, 资料均经过了标准化和低通滤波, 滤去 1 年以下的高频振荡。可见南亚高压强度异常和两个典型海区的海温异常在年际和年代际尺度上均有较好的一致性, 正负距平的峰值也较为一致。高压强度 and 海温距平同时在 70 年代末发生了年代际转变。相比之下, 南亚高压强度的演变与印度洋海温变化更为一致, 而与 Niño 3.4 区 SSTA 的变化在变化幅度上有所差异。并且, 两个海区海温的异常变化与南亚高压的异常并不同步, 这种不同步性在超前-滞后相关图上有明确的反映, 图 9 是赤道海洋 ( $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$  平均) 地区与南亚高压强度的超前-滞后相关系数, 图中纵坐标的负值表示海温变化超前于南亚高压变化的月数, 正值表示南亚高压的变化超前。



可见赤道中东太平洋和印度洋海区 SSTA 均与南亚高压异常密切相关, 赤道中东太平洋 SSTA 超前 4~6 个月时相关最好, 相关系数在 0.5 以上, 印度洋 SSTA 超前 0~5 个月时相关最好, 相关系数在 0.55 以上。

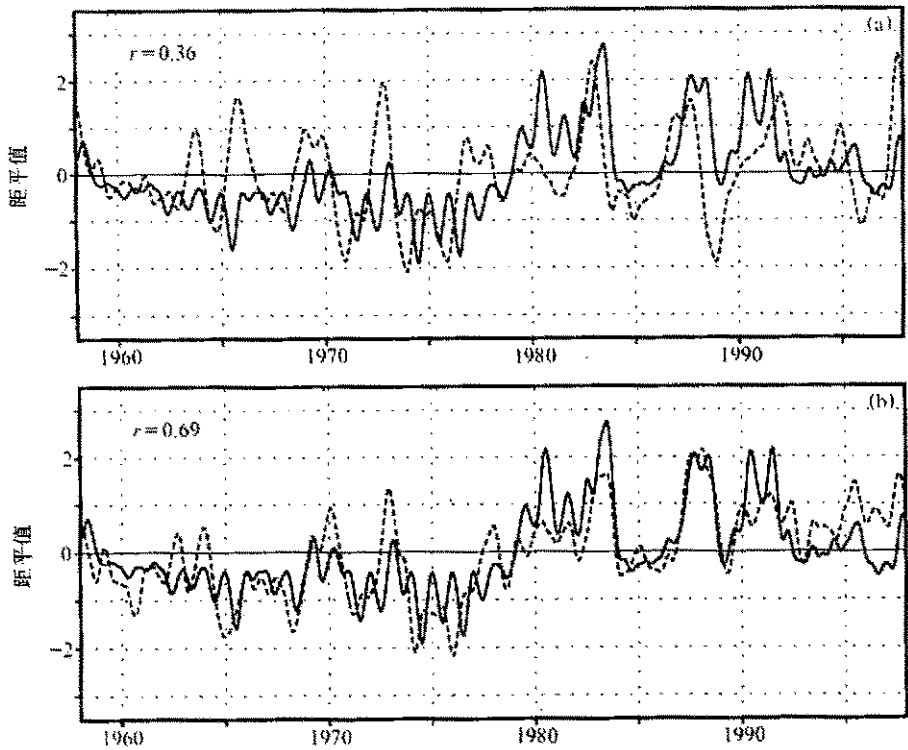


图 8 1958~1997 年逐月南亚高压强度 $I_2$ 距平(实线)和同期内 (a) 赤道太平洋 Niño3.4 (170~120°W, 5°S~5°N) 及 (b) 印度洋海区 (50~120°E, 20°S~20°N) 区域平均 SSTA (虚线) 的演变  
图中横坐标为年份, 纵坐标为标准化后的距平值

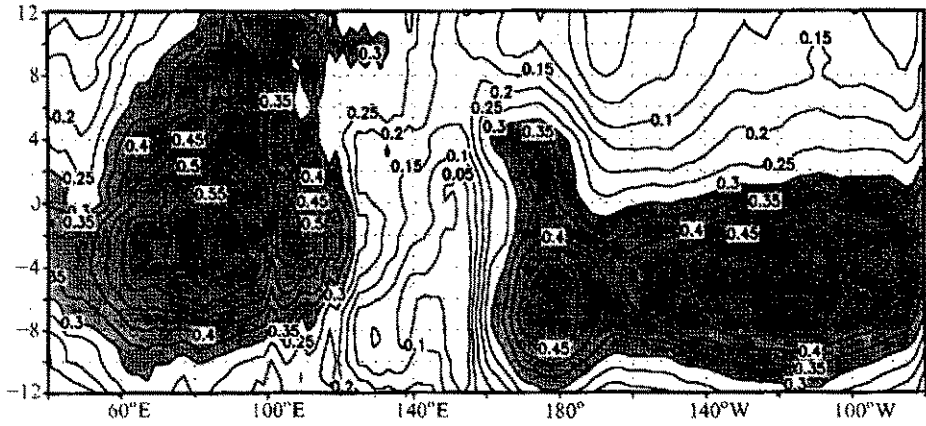


图 9 南亚高压强度与热带 SSTA(10°S~10°N) 的超前-滞后相关系数分布  
纵坐标代表超前和滞后的时间, 以月为单位, 负值代表 SSTA 超前, 阴影表示相关系数大于 0.3

南亚高压与印度洋海温异常的密切关系说明在同一地区或邻近区域, 大气和海洋之间的相互作用表现得更为直接, 海气之间热通量交换的异常可直接导致南亚地区高层大气系统的强弱变化。南亚高压与赤道东太平洋海温异常的相关说明了气候系统的遥相关作用, 也说明气候系统的异常信号在不同子系统中不同步地体现出来。赤道东、西海区的海温异常影响南亚高压的不同超前时间, 可能说明了遥相关作用是由东向西、和由海洋向大气传播的。

那么, 这些遥相关作用具体通过何种机制传播, 以及海洋和大气之间又是怎样相互影响的呢? Nitta 和 Yamada<sup>[12]</sup>等认为 70 年代末以来中东太平洋 SST 的升高, 引起热带对流活动的增强, 从而导致地面气压的降低, 低层低压加强, 则高层高压也加强。100 hPa 位势高度场的单点相关表明 (图 2), 东太平洋地区和南亚高压活动的地区同处于相关系数的高值带内, 因此, 有一种可能是东太平洋海温直接影响其高层大气系统的异常, 再通过高层系统的整体异常性影响到南亚高压的异常。或者, 东太平洋海温异常西传至印度洋地区, 然后通过南亚地区海气相互作用引起南亚高压的异常。但我们注意到, 图 9 中赤道西太平洋地区的相关系数较小, 说明印度洋地区的海温异常不象是由赤道中东太平洋直接西传过去的, 期间可能还经过了较为复杂的海气相互作用以及海洋和大气的遥相关传播过程, 极有可能是通过垂直环流 (如 Walker 环流和 Hardley 环流) 的异常传播。我们尚不清楚异常西传以及遥相关的机制, 这些都是有待进一步研究的问题。南亚高压和热带 SSTA 的相关性只是现象之间的联系, 相互间的影响途径、主从关系及物理本质还不能由此确定。

气候学家们普遍认为, ENSO 是气候变化的强信号, 因而将注意力集中于赤道东太平洋的海温异常。南亚高压是一个庞大的半永久性气候系统, 夏季它的水平尺度和垂直尺度都很大, 超过了海温异常区的水平和垂直尺度。在夏季高层平均图 (图略) 上, 北半球南亚高压尺度最大, 比北美高压和洋中槽的尺度大得多。南亚高压的气候特征及其变化也很明显, 且与 El Niño 事件关系密切, 南亚高压的异常往往可以持续几个月、几年甚至十几年, 这种异常的时间尺度也可与赤道东太平洋的 SSTA 相比拟。因此, 南亚高压可认为是大气中气候变化的“强信号”。统计事实表明, El Niño 事件对我国气候异常的影响有明显的不确定性, 相反, 南亚高压的异常却与之关系密切<sup>[13]</sup>, 这是由我国特殊的地理环境、地形和海陆分布所确定的。对于我国, 捕捉南亚高压的异常比之 ENSO 事件更有意义, 因为南亚高压的异常可用高空常规资料判定, 而 ENSO 事件的确定, 则需有大量的海洋观测资料。因此, 用南亚高压异常来预测气候变化, 比之用 ENSO 事件来预测要方便得多。

## 8 结论

本文从研究整个北半球 100 hPa 环流异常开始, 从整体和细节两个角度分析了南亚高压的年际和年代际异常特征, 发现南亚高压的异常具有空间整体性和时间持续性, 其明显的年际变化和年代际变化特征与热带海温异常密切相关, 从研究和预测区域气候异常尤其是亚洲区域气候异常的实际意义来看, 将南亚高压异常作为气候系统异常的强信号是很有应用价值的。

本文主要结果如下:

(1) 通过经验正交函数展开和点相关计算, 发现北半球 100 hPa 环流异常具有整体性质, 即中低纬 100 hPa 环流同时加强或同时减弱, 这种整体异常性质还具有季节上的持续性, 即冬季的异常往往持续到夏季并且更为明显。说明北半球对流层高层和中低层的环流异常有根本的不同。另外, 100 hPa 环流具有明显的年代际异常特征, 在年代际异常背景之下年际异常也很明显, 一种异常态往往具有较长的持续时间, 体现了高层大气系统演变的稳定性。

(2) 连续功率谱分析表明, 南亚高压的面积和强度的变化存在 3.8 年的主振荡周期, 与 ENSO 循环的周期一致。而高压脊线的变化具有 2.4 年的周期。

(3) 通过分析南亚高压各特征参数的季节-年际变异图发现, 南亚高压的中心和脊线在夏季较为稳定, 较大的年际差异出现在春季。南亚高压的面积和强度的年际和年代际变化明显, 并且高压面积大、强度强的年份往往与 El Niño 年相对应。

(4) 南亚高压的位置和面积存在明显的年代际变化。自 1978 年后, 冬半年南亚高压脊线南移, 中心东移, 面积增大, 强度增强, 夏半年南亚高压的位置变化不很明显, 但是面积和强度也增大增强。这种年代际异常与低层大气系统及赤道太平洋海温的年代际异常一致。

(5) 南亚高压的强度异常与热带 SSTA 密切相关, 同期相关最好的是热带印度洋 SSTA, 其次为赤道中东太平洋。南亚高压异常对印度洋 SSTA 的响应时间为 0~5 个月左右, 对赤道中东太平洋 SSTA 的响应时间为 4~6 个月。这种响应体现了气候异常在海洋和大气系统中的传播, 但具体的传播途径、主从关系和物理本质, 有待进一步研究。

(6) 不仅 ENSO 可以作为气候系统的年际异常信号, 南亚高压同样也可以作为气候系统异常的强信号, 而且这个异常信号可以使更直接更方便地研究和预测区域气候尤其是我国区域气候在长时间尺度上的异常。

致谢: 李建平博士与第一作者进行过有益的讨论, 特此致谢。

## 参 考 文 献

- 1 陶诗言、朱福康, 夏季亚洲南部 100 毫巴流型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系, 气象学报, 1964, 34, 385~395.
- 2 朱福康、陆龙骅、陈咸吉、赵卫, 南亚高压, 北京: 科学出版社, 1980.
- 3 罗四维、钱正安、王谦谦, 夏季 100 毫巴青藏高压与我国东部旱涝关系的天气气候研究, 高原气象, 1982, 1(2), 1~10.
- 4 朱福康, 南亚高压的研究及其在天气预报中的应用, 气象科学技术集刊 (6), 北京: 气象出版社, 1983, 1~8.
- 5 Kalnay E, et al, The NCEP / NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, 77(3), 437~471.
- 6 黄荣辉、孙凤英, 北半球夏季遥相关型的年际变化及其数值模拟, 大气科学, 1992, 16(1), 52~61.
- 7 Wallace, J. M. and D. S. Gutzler, 1981, Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784~812.
- 8 Huang Ronghui, Physical mechanism of influence of heat source anomaly over low latitudes on general circula-

- tion over Northern Hemisphere in winter, *Scientia Sinica (Series B)*, 1986, **29**, 970~985.
- 9 Gambo, K. and K. Kudo, Three-dimensional teleconnection in the zonally asymmetric height field during the Northern Hemisphere winter, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1983, **61**, 36~50.
- 10 陈咸吉、朱福康, 南亚高压的准三年振荡, 青藏高原气象会议论文集 (1977~1978), 北京: 科学出版社, 1979, 122~128.
- 11 Trenberth, K. E., Recent observed interdecadal climate change in the North Hemisphere, *Bull. Meteor. Soc.*, 1990, **71**, 988~993.
- 12 Nitta T. and S. Yamada, Recent warming of the tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern hemisphere circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1989, **67**, 375~383.
- 13 张琼, 南亚高压的演变规律、机制及其对区域气候的影响, 南京大学博士学位论文, 1999.

## Interannual and Interdecadal Variations of the South Asia High

Zhang Qiong and Qian Yongfu

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Zhang Xuehong

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics,  
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Abstract** The interannual and interdecadal variations of the South Asia High (SAH) are studied by use of the 40-year (1958~1998) NCEP/NCAR monthly mean reanalysis data. It is found that there are integrity and consistency in the 100 hPa height field during the Northern Hemisphere summer, the geopotential heights at the 100 hPa level increase or decrease simultaneously. Such kind of anomalies can also last a long period. The variations of both the area and the intensity of the SAH have an oscillation period of 3.8 years, which is consistent with that of the ENSO. Both the locations of the center and the ridge line of the SAH are relatively stable in summer while obviously different with interannual variations in spring. The remarkably interannual variations of the area and the intensity of the SAH occur throughout the year, and the large area and the strong intensity are always in correspondence with the El Niño year. Since 1978, the ridge line of the SAH migrates southward and its center shifts eastward, meanwhile, its area and intensity increase year by year. Such an interdecadal variation corresponds to the interdecadal anomalies in the low level atmosphere and SSTA of the equatorial Pacific. The results also show that, there is a good correlation between the intensity anomalies of the SAH and the tropical ocean SSTA. The response time for intensity anomalies of the SAH to Indian Ocean SSTA is 0~5 month while to middle and eastern equatorial Pacific, 4~6 month. Such a fairly good lead-lag correlation perhaps manifests the propagation of the teleconnection phenomenon among the climate system. Due to the obviously interannual and interdecadal variations of the SAH, we suggest that the SAH be also considered as a strong signal to the climate system and we study and predict the regional climate anomaly by analyzing the anomaly of the SAH.

**Key words:** South Asia high; interannual variation; interdecadal variation