

伯忠凯,曾刚,武英娇,等.华南夏季降水 20 世纪 90 年代初的年代际变化及其与南亚高压关系[J].海洋气象学报,2017,37(2):65-73.

Bo Zhongkai, Zeng Gang, Wu Yingjiao, et al. The interdecadal variability of summer precipitation over South China in early 1990s and its relationship with South Asia High[J]. Journal of Marine Meteorology, 2017, 37(2): 65-73. DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.02.008. (in Chinese)

## 华南夏季降水 20 世纪 90 年代初的年代际变化及其与南亚高压关系

伯忠凯<sup>1,2</sup>, 曾刚<sup>1,3</sup>, 武英娇<sup>4</sup>, 李忠贤<sup>1</sup>, 史丹妮<sup>5</sup>

(1. 南京信息工程大学气象灾害教育部重点实验室, 江苏 南京 210044; 2. 山东省气候中心, 山东 济南 250031; 3. 中国科学院寒旱区陆面过程与气候变化重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 4. 安徽省六安市气象局, 安徽 六安 237000; 5. 民航气象中心, 北京 100122)

**摘要:** 利用 1979—2008 年中国 160 站降水资料、NOAA 的 CMAP 降水资料以及 NCEP/NCAR 大气再分析资料, 应用 1978—2008 年全球逐月观测海表温度驱动 NCAR CAM5.1 全球大气环流模式进行数值模拟, 探讨了华南夏季降水的年代际变化特征及其与南亚高压的关系。结果表明, 华南夏季降水与南亚高压的东伸脊点关系密切, 均在 20 世纪 90 年代初存在年代际转变。在 1993—2008 (1979—1992) 年期间, 南亚高压位置偏西(东), 西北太平洋副热带高压位置偏东(西), 华南地区则低层辐合(辐散)异常、高层辐散(辐合)异常, 产生异常上升(下沉)运动, 华南地区降水年代际偏多(少), 这也被数值试验结果所验证。

**关键词:** 华南夏季降水; 南亚高压; 年代际变化

**中图分类号:** P462.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2017)02-0065-09

**DOI:** 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2017.02.008

## The interdecadal variability of summer precipitation over South China in early 1990s and its relationship with South Asia High

BO Zhongkai<sup>1,2</sup>, ZENG Gang<sup>1,3</sup>, WU Yingjiao<sup>4</sup>, LI Zhongxian<sup>1</sup>, SHI Danni<sup>5</sup>

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster, Ministry of Education (KLME), Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Climate Center of Shandong Meteorological Bureau, Jinan 250031, China; 3. Key Laboratory for Land Surface Process and Climate in Cold and Air Regions, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China; 4. Lu'an Meteorological Bureau, Lu'an 237000, China; 5. Aviation Meteorological Center, Beijing 100122, China)

**Abstract** Based on the precipitation data of 160 gauge stations in China from 1979 to 2008, CMAP precipitation data provided by NOAA and NCEP/NCAR reanalyses, simulating with NCAR CAM5.1 model driven by global sea surface temperatures, the interdecadal variability of summer rainfall in South China and its relationship with South Asia High (SAH) is discussed in this study. Results show that summer precipitation in southern China and the eastward ridge point of SAH exhibit an obvious interdecadal change around the early 1990s and they are closely related each other. During the 1993—2008 (1979—1992) period, the position of SAH extended westward (eastward), and the Northwest

收稿日期: 2017-05-10; 修订日期: 2017-06-08

基金项目: 中国科学院寒旱区陆面过程与气候变化重点实验室开放基金项目(LPCC201502); 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2013CB430202); 重庆市气象局开放式研究基金(kfj-201302)

作者简介: 伯忠凯(1987—), 男, 硕士, 主要从事气候诊断与预测研究, bozhongkai@163.com。

通信作者: 曾刚(1973—), 男, 博士, 研究员, 主要从事东亚季风及海气相互作用研究, zenggang@nuist.edu.cn。

Pacific subtropical High eastward (westward), bringing a convergence (divergence) anomaly at the lower troposphere and adivergence (convergence) anomaly at the upper troposphere over the South China, which caused a rising (sinking) motion and thus resulted in more (less) precipitation than normal in this region. These observed results are also verified by the numerical experiment results.

**Key words** summer precipitation in South China; South Asia High; interdecadal variability

## 引言

华南地区是我国雨量充沛的区域,年降雨量大、暴雨次数多、雨季汛期长、旱涝灾害频发<sup>[1]</sup>。旱涝灾害的频发会给华南地区的农业生产、人民的生活等造成严重影响。因此,研究华南地区夏季降水的变化及其机制,对该地区的防灾减灾工作和社会经济发展具有重要意义。

近年来有关华南降水的年代际演变特征,很多学者已进行了不少研究。例如,Ding等<sup>[2]</sup>指出华南降水在20世纪90年代存在年代际转变。肖伟军等<sup>[3]</sup>的研究表明,华南中部和西北部是华南夏季降水的两个主要气候变异中心区,华南西北部夏季降水具有年际变化为主的特征,而华南中部夏季降水则具有年代际变化为主的特征。华南降水的年代际变化与东亚夏季风系统的年代际变化密不可分,西太平洋副热带高压、南海夏季风等都是影响华南降水年代际变化的重要因子<sup>[4-7]</sup>。海温对华南前汛期降水预测有较好的参考价值<sup>[8-10]</sup>,吴胜安等<sup>[11]</sup>发现热带西太平洋是影响华南降水年代际变化的关键海区。

南亚高压是夏季北半球高层最强大的高压系统,与北半球大气环流特别是与我国夏季大范围旱涝分布关系非常密切,对我国东部旱涝灾害具有重要的预测价值<sup>[12-17]</sup>。张琼等<sup>[18]</sup>利用NCEP/NCAR再分析资料较客观地定义了描述南亚高压活动的特征参数,对南亚高压的年代际变化进行了诊断分析。徐忠峰和钱永甫<sup>[19]</sup>也指出,南亚高压的部分特征参数具有明显的年代际变化特征,且在10~15 a时间尺度上,南亚高压可作为预测长江中下游降水年代际变化的一个参考信号。黄樱等<sup>[20]</sup>、朱玲等<sup>[21]</sup>讨论了南亚高压对华北夏季降水的影响,指出南亚高压的位置偏西时,华北夏季降水可能增加。6月南亚高压的经度偏差是影响同年夏季华北降水的重要因子。许多研究<sup>[17,22-23]</sup>表明,当南亚高压偏强时,江淮流域多雨;华南、华北少雨。胡景高等<sup>[24-25]</sup>指出夏季南亚高压东脊点位置与长江流域中游、江淮流域的夏季降水有显著的正相关,与华

南夏季降水有着显著的负相关,将它作为研究华南降水时表征南亚高压的特征参数则更具有代表性。

已有研究<sup>[18,21,26-27]</sup>中针对南亚高压20世纪90年代的年代际变化的研究尚少,且研究影响华南降水的因子主要集中在西北太平洋副热带高压、南海夏季风、海表温度和青藏高原积雪等<sup>[5-11,28-29]</sup>,而南亚高压对华南降水年代际变化的影响的研究尚少。本文将利用观测资料以及数值模式来研究1979—2008年期间华南夏季降水和南亚高压的年代际变化特征,并讨论两者之间的关系,探究年代际变化尺度上南亚高压影响华南夏季降水的可能物理机制,为理解华南夏季降水的年代际变化机理提供参考价值。

## 1 资料和方法

本文所用资料包括1979—2008年美国NCEP/NCAR逐月大气再分析资料,变量包括位势高度场、水平风场及垂直速度场,水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ,以及同期美国NOAA提供的全球逐月降水资料(CMAP),水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。观测的降水资料为国家气候中心提供的中国160站逐月降水资料,从中选取华南地区23个站(福州、永安、广昌、赣州、衡阳、彬县、零陵、芷江、厦门、梅县、汕头、曲江、河源、广州、阳江、湛江、海口、桂林、柳州、梧州、南宁、北海、榕江,站点分布见图1)。

为探讨海表温度异常是否能对南亚高压与华南夏季降水年代际变化有影响,本文设计了全球海洋—全球大气数值试验(简称为GOGA),即采用1978年1月—2008年12月全球逐月观测的海表温度驱动美国国家大气科学研究中心(NCAR)研制的CAM5.1全球大气环流模式进行长时间积分模拟。其大气初始场来自于5组控制试验(用气候态的海温驱动CAM5.1大气环流模式进行模拟)。模式水平分辨率为T42,垂直高度层次为30层,采用模式自带的真实地形、海陆分布等边界条件。积分过程中选用欧拉动力框架,时间步长为20 min,积分时间为31 a,取1979—2008年模拟结果进行分析。为与NCEP/NCAR再分析结果对比,试验结果采用双线

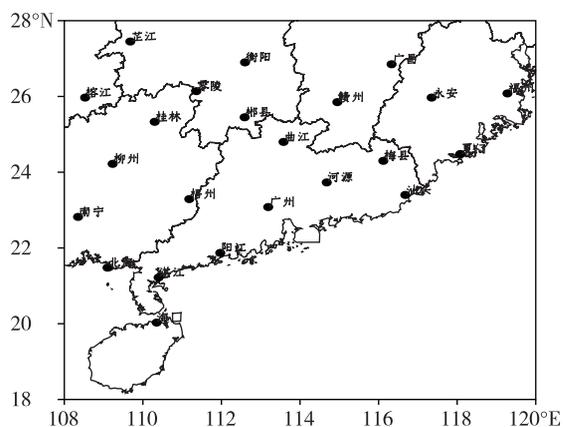


图1 华南地区 23 个站点分布

Fig.1 Distribution of 23 meteorological stations in South China

性插值方法插值成与再分析资料一样的  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  水平网格资料。文中所有资料均取 1979—2008 年, 夏季为 6—8 月平均。

## 2 南亚高压特征指数的定义

选取区域 ( $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$ ) 作为定义南亚高压指数的区域, 并仿照中国气象局国家气候中心定义西北太平洋副热带高压特征指数的方法, 定义了 6 个南亚高压特征指数——强度、面积、北界、南界、东伸和西伸指数<sup>[30]</sup>, 以此来定量表征南亚高压活动特征。从天气气候影响的角度看, 200 hPa 上的南亚高压与低层环流、降水等关系更为密切<sup>[31-33]</sup>。因此, 本文选取 200 hPa 夏季高度场上 1 252 dagpm 等值线包围的反气旋环流作为南亚高压体, 6 个特征指数的定义如下:

1) 面积指数: 用  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内被 1 252 dagpm 等值线包围的格点数代表南亚高压面积指数。

2) 强度指数: 用  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内 1 252 dagpm 等值线包围的网格点上平均高度值编码 (1 253 编码为 1, 1 254 编码为 2, 1 255 编码为 3, 其余类推) 之和为南亚高压强度指数。

3) 北界指数: 用南亚高压北侧 1 252 dagpm 等值线与  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内经线相交点的纬度平均值定义为南亚高压北界指数。

4) 南界指数: 用南亚高压南侧 1 252 dagpm 等值线与  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内经线相交点的纬度平均值定义为南亚高压南界指数。

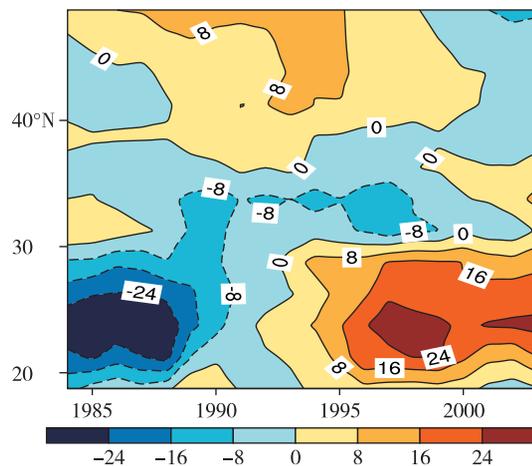
5) 东伸脊点指数:  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内, 1 252 dagpm 等值线最东端所在经度定义为南亚高

压东伸脊点指数。

6) 西伸脊点指数:  $0^{\circ} \sim 50^{\circ}N, 0^{\circ} \sim 165^{\circ}E$  范围内, 1 252 dagpm 等值线最西端所在经度定义为南亚高压西伸脊点指数。

## 3 华南夏季降水的 20 世纪 90 年代初年代际转变

中国东部夏季降水受东亚季风系统的影响, 存在明显的年代际变化。Ding 等<sup>[2]</sup> 指出显著的降水正异常在 20 世纪 70 年代末位于华北地区, 之后向南移至  $28 \sim 34^{\circ}N$  (长江、淮河流域), 在 20 世纪 90 年代移至华南地区。图 2 给出了用 CMAP 降水资料计算的中国东部  $105 \sim 120^{\circ}E$  纬向平均的夏季降水距平经 11 a 滑动平均后的纬向—时间剖面。由图可见, 中国东部夏季降水存在明显的年代际转变。江淮流域及华北地区降水在 20 世纪 90 年代末存在年代际减少的转变; 而华南地区夏季降水的年代际转变则发生于 20 世纪 90 年代初, 在此之前华南降水处于明显的偏少期, 到 20 世纪 90 年代之后华南降水明显增多, 这与 Ding 等<sup>[2]</sup> 的研究结果一致。

图2 中国东部  $105 \sim 120^{\circ}E$  纬向平均夏季降水距平 11 a 滑动平均的纬向—时间剖面 (单位: mm)Fig.2 The latitude-time section of summer rainfall anomaly (unit: mm) in eastern China averaged over  $105 \sim 120^{\circ}E$  after 11-year moving mean

进一步验证华南降水在 20 世纪 90 年代初发生了年代际转变, 分为 1979—1992 年和 1993—2008 年两个时间段进行分析。为了验证 CMAP 降水资料在研究中国东部夏季降水的适用性, 图 3 为 1993—2008 年与 1979—1992 年中国东部夏季降水观测 (台站) 和 CMAP 两种资料的差值分布。可见

CMAP 降水资料与台站降水资料有很好的一致,中国东部大部分地区降水差值为正值,尤其是在华南地区最为显著,有大范围区域通过 0.05 信度的显著

性检验,这表明 1993 年之后华南降水年代际增加是显著的。

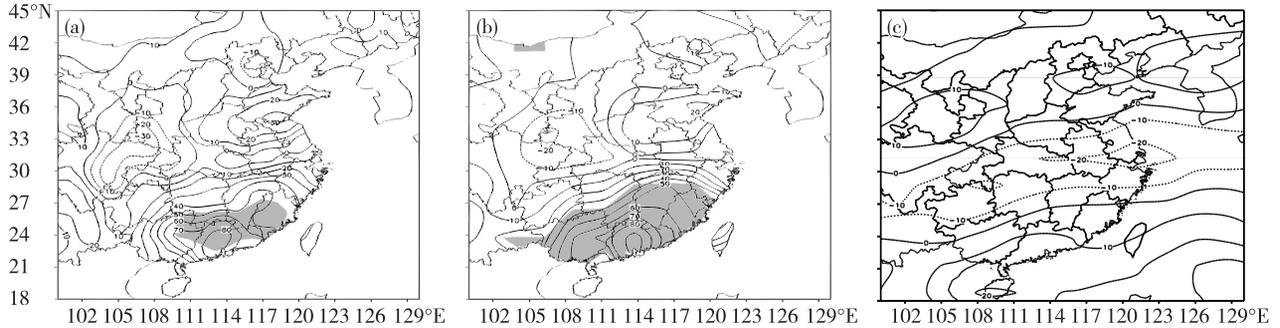


图 3 1993—2008 年与 1979—1992 年中国东部夏季降水差值分布 (1993—2008 年减 1979—1992 年) (a. 台站, b. CMAP, c. GOGA; 阴影区表示通过 0.05 信度的显著性检验, 单位: mm)

Fig.3 Summer rainfall differences (unit:mm) in eastern China between 1993—2008 and 1979—1992 based on the station (a), CMAP (b) and GOGA (c) datasets (1993—2008 minus 1979—1992; Shaded areas are statistically significant at the 5% level)

为了分析中国东部夏季降水的空间分布特征,采用经验正交函数分解(EOF)方法,利用 CMAP 降水资料分析了 1979—2008 年中国东部 (100 ~ 130°E, 18~45°N) 夏季降水变化的主要特征。图 4 给出了中国东部夏季降水的 EOF 第一模态及对应的时间序列。为更好地展现其年代际变化,对降水

资料做了 3 a 滑动平均。第一模态方差贡献率为 27.9%,从空间特征向量场可以看出,中国东部大部分区域都为正值区,华南地区存在正异常中心,与文献[2]中台站降水资料分析的结果相似。其第一时间系数序列显示华南地区夏季降水在 20 世纪 90 年代初存在明显的年代际转变。

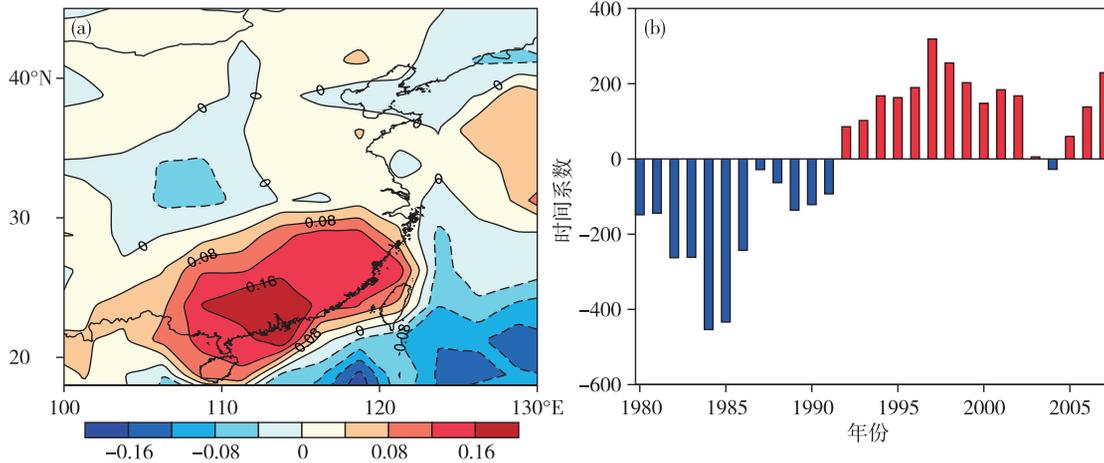


图 4 中国东部夏季降水经验正交函数分解(EOF)的第一模态(a)及其时间系数(b)

Fig.4 The first mode (a) and its principal component (b) of summer rainfall in eastern China based on Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis

#### 4 南亚高压年代际变化对华南夏季降水的影响

由以上分析得知,华南夏季降水在 20 世纪 90 年代初发生了年代际转变,而南亚高压是对中国东部夏季降水影响较大的系统之一,所以下面进一步

分析南亚高压的年代际变化及其与华南降水的关系。

图 5 给出了夏季南亚高压各指数及华南夏季降水的时间序列,可见除南亚高压的北界指数外,南亚高压的其他各指数(强度、面积、东伸脊点、西伸脊点、南界)均存在明显的年代际变化。为了定量

分析此次年代际变化,对南亚高压东伸脊点指数进行了 Mann-Kendall 检验(图 6)。显示其在 20 世纪 90 年代初存在非常明显的年代际转变,这与华南夏季降水突变的时间相对应。计算了华南降水序列与南亚高压各特征指数之间的相关系数,可以看出南亚高压东伸脊点指数与华南降水(台站、CMAP)

相关最好,呈显著负相关。相关系数分别为-0.521(台站)和-0.433(CMAP),均通过 0.01 信度的显著性检验,表明华南降水在 20 世纪 90 年代初的这次年代际变化与南亚高压东伸脊点的年代际变化密切相关。

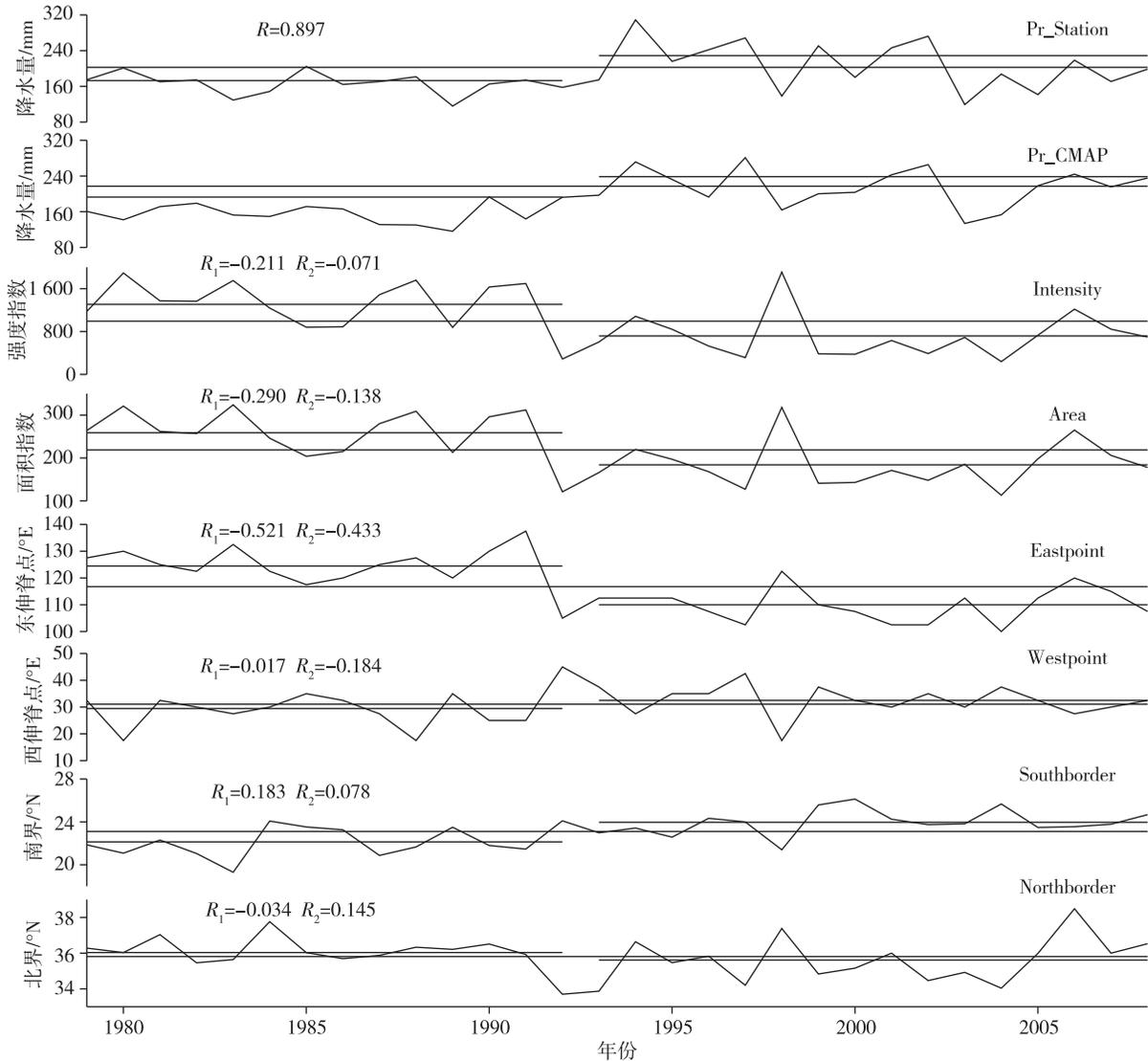


图 5 1979—2008 年夏季降水(台站、CMAP)及南亚高压(强度、面积、东伸脊点、西伸脊点、南界、北界)指数序列( $R$  为台站降水与 CMAP 降水之间的相关系数; $R_1$ 、 $R_2$  分别为台站降水、CMAP 降水与南亚高压各指数之间的相关系数)

Fig.5 Summer rainfall (stations, CMAP) and South Asia High (intensity, area, east point, west point, south border, and north border) indices from 1979 to 2008 ( $R$  is the correlation coefficient between station precipitation and precipitation of CMAP;  $R_1$ ( $R_2$ ) indicates the correlation coefficient between the station (CMAP) precipitation and the indices of South Asia High)

图 7 为南亚高压东伸脊点指数与中国东部降水(台站、CMAP)的相关分布,由图可见,CMAP 降水资料和台站降水资料在与南亚高压相关的空间分布上较为一致。长江流域以北地区,南亚高压东伸脊点指数与降水呈正相关;在华南地区则呈显著的

负相关关系,且有大范围的区域相关系数通过了 0.05 信度的显著性检验。胡景高等<sup>[24-25]</sup>也认为将夏季南亚高压东脊点位置指数作为研究华南降水时用来表征南亚高压变化的特征参数更具有代表性。因此,研究华南地区 20 世纪 90 年代初的年代

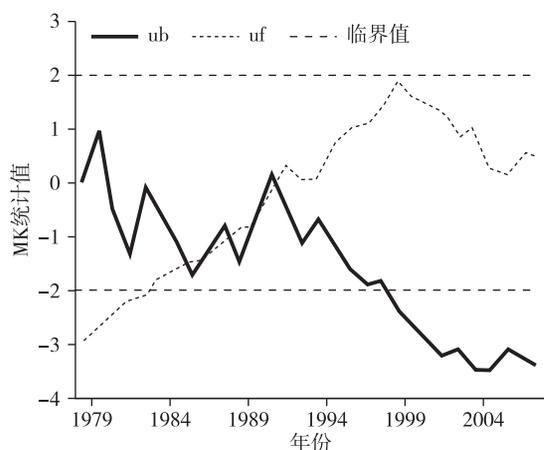


图6 1979—2008年南亚高压东伸脊点指数的Mann-Kendall检验(虚线代表临界值)

Fig.6 Mann-Kendall test of east point index in South Asia High from 1979 to 2008 (The dotted line represents the critical value)

际转变时,应更关注南亚高压东伸脊点位置的异常。

以上分析表明,南亚高压东伸脊点与华南夏季降水在20世纪90年代初均发生了年代际转变且两者密切相关。为了探讨南亚高压年代际变化对华南夏季降水影响的可能机制,下面进行环流场的高、低空配置分析。由前节分析的华南夏季降水的年代际变化特征可知,1979—1992年为年代际少雨期;1993—2008年为年代际多雨期。

图8为两个时间段200 hPa上的南亚高压体、500 hPa上的西北太平洋副热带高压体及850 hPa差值风场、500 hPa差值垂直速度场分布。以500 hPa上的586 dagpm等值线包围的区域作为西北太平洋副热带高压体。由图8a可见,年代际多(少)

雨期南亚高压东伸至 $105^{\circ}\text{E}$ ( $115^{\circ}\text{E}$ )附近,西北太平洋副热带高压西伸至 $110^{\circ}\text{E}$ ( $105^{\circ}\text{E}$ )。年代际多雨期相比少雨期而言,南亚高压明显偏西、西北太平洋副热带高压则偏东,符合南亚高压和西北太平洋副热带高压“相向而行、相背而斥”移动规律。850 hPa差值风场上华南区域表现为气旋性环流差值异常、气流辐合异常,500 hPa垂直运动速度差值场上华南地区为异常上升运动。由对流层高层200 hPa上的散度场年代际的差值场分布图(图9a)可以发现,华南区域是辐散异常区。所以,当南亚高压年代际偏西(东)、西北太平洋副热带高压年代际偏东(西),这样华南区域的对流层低层气流辐合(辐散)异常、高层辐散(辐合)异常,产生异常上升(下沉)运动,华南地区年代际多雨(少雨)。

许多观测研究<sup>[18, 26, 31]</sup>均表明,南亚高压变化与海表温度异常有密切关系。曾刚等<sup>[34]</sup>进一步采用观测的不同海域海表温度驱动NCAR CAM3模式进行模拟,指出热带印度洋和热带太平洋的海表温度异常均对南亚高压的20世纪70年中后期年代际变化有重要影响,特别是热带太平洋海表温度异常对南亚高压东伸脊点位置的年代际变化有重要影响。所以,本文也采用观测的逐月全球海表温度驱动NCAR CAM5.1模式进行模拟,分析模式能否模拟出20世纪90年代初的南亚高压和华南降水的年代际变化及其它它们之间的关系。图3c给出了GOGA模拟的1979—1992年和1993—2008年两段时期中国东部夏季降水的年代际差值分布。由图3c可见,华南地区的年代际差值分布与观测结果较一致,只是正值区域要比观测结果稍偏南、且差值偏小。进

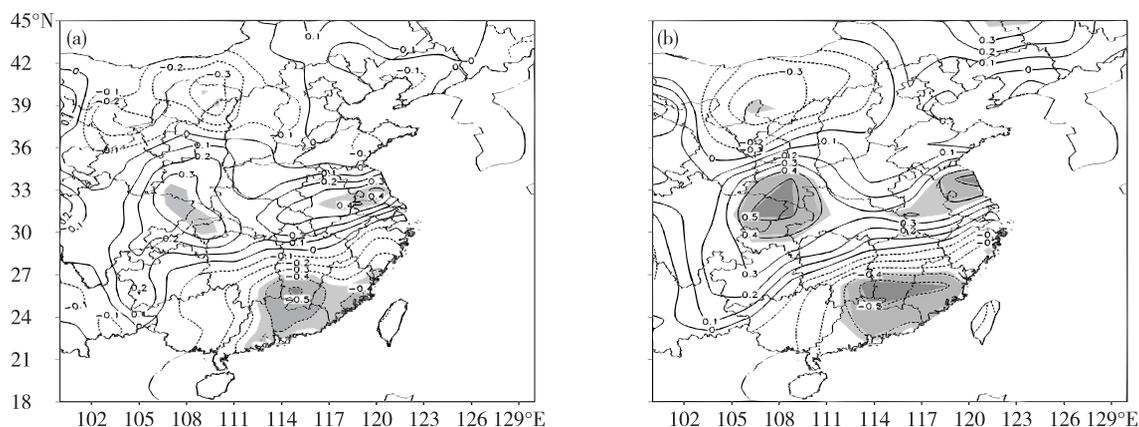


图7 1979—2008年夏季南亚高压东伸脊点指数与中国东部降水的相关分布(a. 台站, b. CMAP; 阴影区表示通过0.05信度的显著性检验)

Fig.7 Correlation coefficient between eastward ridge point index of South Asian High and summer precipitation based on station (a) and CMAP (b) datasets in eastern China from 1979 to 2008 (Shaded areas are statistically significant at the 5% level)

一步分析其模拟出的高低层大气环流配置(图 8b 和图 9b), 由于数值试验比再分析资料的气候平均值高(图略), 所以取 588 dagpm 等值线包围的区域作为西北太平洋副热带高压体。可以发现模式与观测结果较一致, 即模拟出的 1993—2008 年的南亚高压要比 1979—1992 年的南亚高压位置偏西, 西北太平洋副热带高压位置偏东, 这样华南区域的环流

低层辐合异常、高层辐散异常, 产生异常上升运动, 华南地区年代际多雨(图 3c)。所以, GOGA 试验结果能较好地模拟出华南夏季降水、南亚高压在 20 世纪 90 年代初前、后的年代际差异及其它它们之间的关系, 表明海表温度异常对它们此次的年代际变化有重要影响。

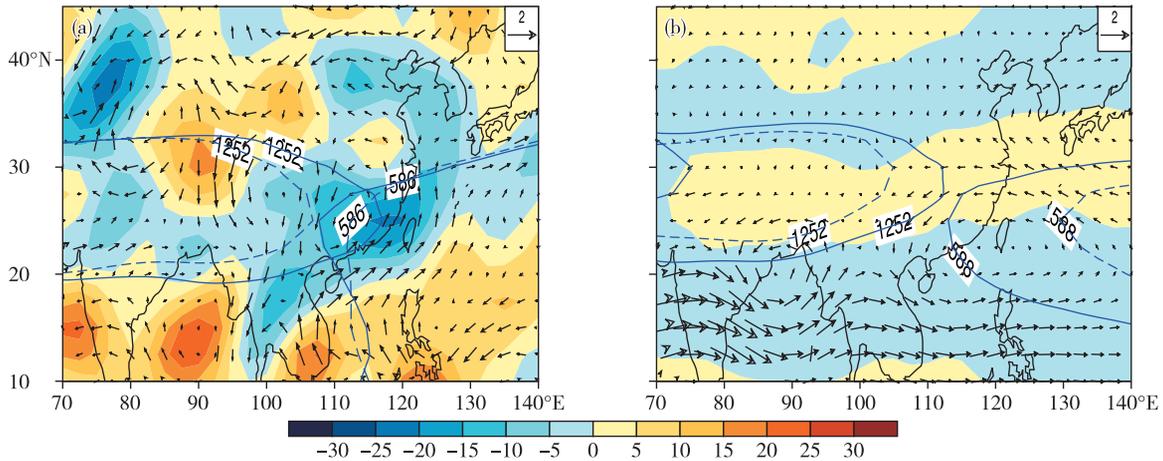


图 8 夏季 200 hPa 南亚高压与 500 hPa 西太平洋副热带高压体在 1979—1992 年(实线)和 1993—2008 年(虚线)的位置(单位: dagpm)以及两段时期的 850 hPa 差值风场(单位:  $m \cdot s^{-1}$ )和 500 hPa 差值垂直速度场(阴影; 单位:  $0.1 \text{ hPa} \cdot s^{-1}$ ) (1993—2008 年减 1979—1992 年) (a. NCEP, b. GOGA)

Fig.8 Location of summer South Asia High body at 200 hPa and West Pacific subtropical high body at 500 hPa during the 1979—1992 (solid lines) and 1993—2008 (dashed lines) periods (units: dagpm), and 850 hPa wind difference (unit:  $m \cdot s^{-1}$ ) and 500 hPa vertical velocity difference (shadings; unit:  $0.1 \text{ hPa} \cdot s^{-1}$ ) between the two periods (1993—2008 minus 1979—1992) from NCEP (a) and GOGA (b) datasets

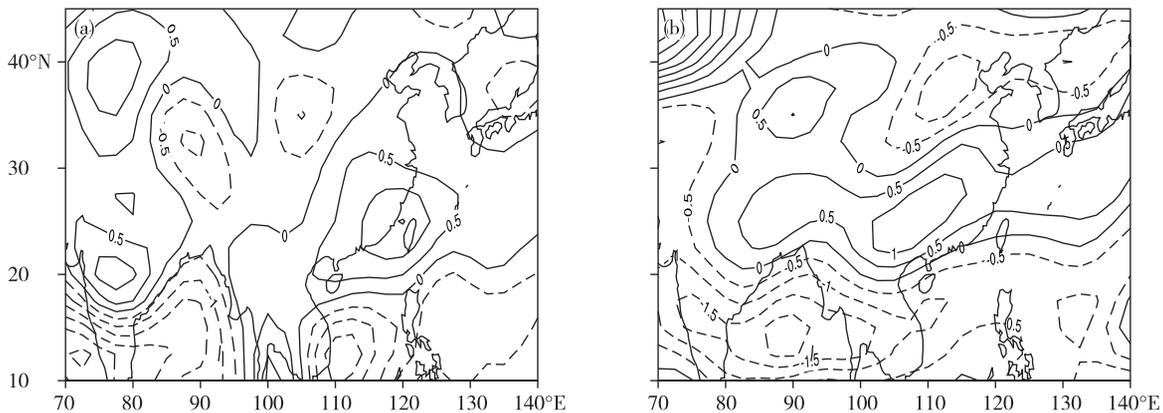


图 9 1993—2008 年与 1979—1992 年夏季 200 hPa 散度差值(a. NCEP, b. GOGA; 单位:  $10^6 \text{ s}^{-1}$ )

Fig.9 Divergence differences (unit:  $10^6 \text{ s}^{-1}$ ) of NCEP (a) and GOGA (b) at 200 hPa between 1993—2008 and 1979—1992

为进一步验证观测的南亚高压的年代际变化与上升运动及华南降水年代际变化的关系, 采用 NCEP/NCAR 再分析资料, 将华南地区 ( $110 \sim 120^\circ\text{E}$ ,  $22.5 \sim 27.5^\circ\text{N}$ ) 区域平均 500 hPa 垂直速度的负值定义为垂直运动指数(VMI)。图 9 给出了观

测的 VMI、南亚高压东伸脊点指数及华南降水(台站、CMAP)序列, 可见 VMI 指数存在年代际变化, Mann-Kendall 检验显示 VMI 突变发生在 20 世纪 90 年代初(图略)。从相关系数上看, VMI 与南亚高压东伸脊点指数及华南降水(台站、CMAP)的相关系

数分别为-0.542、0.906(台站)、0.882(CMAP),均通过0.01信度的显著性检验。表明当南亚高压位

置偏西(东)时,华南地区上升运动加强(减弱),对应华南降水偏多(少)。

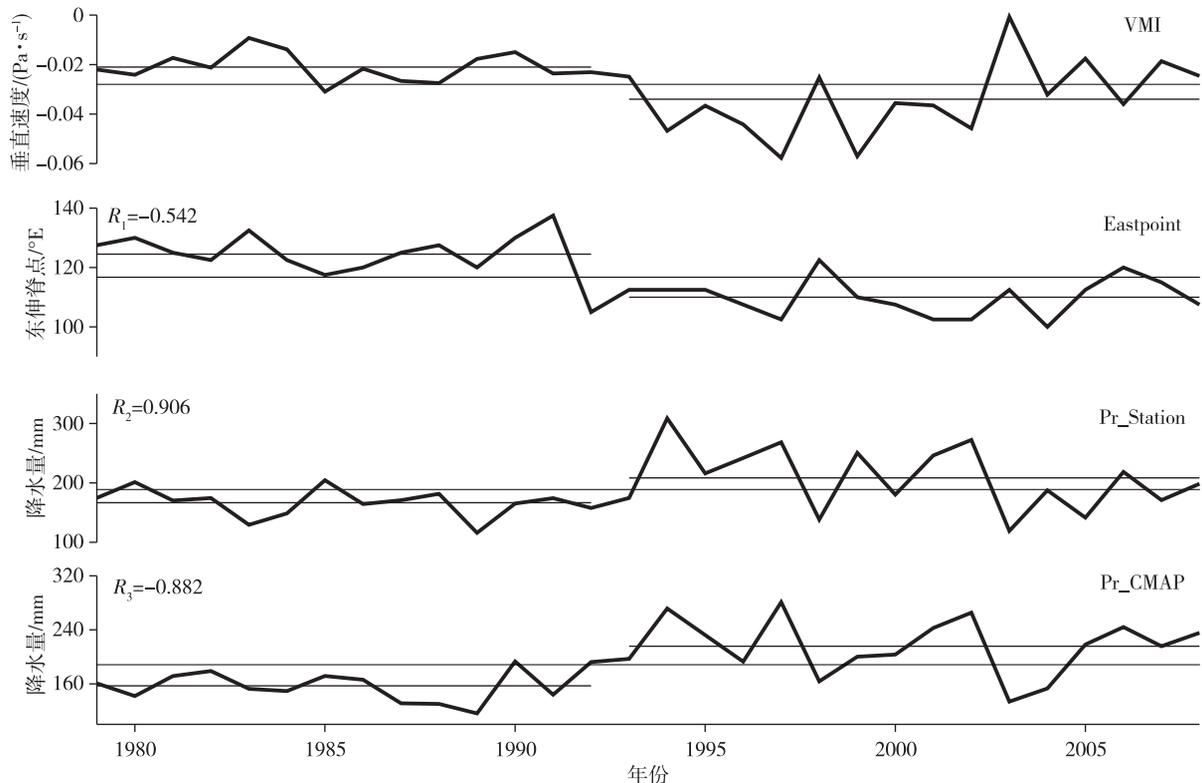


图10 1979—2008年VMI指数、南亚高压东伸脊点指数及华南降水(台站、CMAP)序列( $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 为VMI指数分别与南亚高压东伸脊点指数及华南降水(台站、CMAP)之间的相关系数)

Fig.10 Time series of VMI, eastern ridge of SAH and precipitation in South China from 1979 to 2008 ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  represent the correlation coefficients of the VMI with the eastern ridge of SAH, the station precipitation and CMAP precipitation in South China, respectively)

## 5 结论与讨论

本文采用1979—2008年中国160站降水资料、CMAP降水资料以及NCEP/NCAR大气再分析资料,并应用1978—2008年全球逐月观测海表温度驱动NCAR CAM5.1全球大气环流模式进行数值模拟。对比观测分析结果,探讨了1979—2008年期间华南夏季降水的年代际变化特征及其与南亚高压的关系,得出如下主要结论:

1) 华南夏季降水在20世纪90年代初存在明显的年代际转折,1979—1992年降水年代际偏少;1993—2008年降水年代际偏多。

2) 南亚高压特征指数(强度、面积、东伸脊点、西伸脊点及南界等指数)在20世纪90年代初存在明显的年代际转折,与华南降水20世纪90年代初的年代际转变相对应。南亚高压东伸脊点指数与华南夏季降水相关最好,呈显著负相关关系。

3) 在1993—2008(1979—1992)年期间,南亚高压东伸脊点位置偏西(东),西北太平洋副热带高压位置偏东(西),华南地区对流层低层辐合(辐散)异常、高层辐散(辐合)异常,产生异常上升(下沉)运动,华南地区年代际多(少)雨。全球海表温度异常驱动NCAR CAM5.1全球大气环流模式的模拟结果验证了此结果。

尽管本文采用观测的全球海表温度驱动NCAR CAM5.1全球大气环流模式模拟出了华南夏季降水、南亚高压在20世纪90年代初前、后的年代际差异及其它们的联系,但是这仅表明全球海表温度异常有重要影响,究竟是哪部分海域的海表温度异常、哪种海表温度异常分布型起主要作用尚不清楚,未来需要进一步进行数值试验去研究。

## 参考文献:

- [1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M].4

- 版.北京:气象出版社,2007.
- [2] Ding Y H, Wang Z Y, Sun Y. Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon. Part I: Observed evidences[J]. *Int J Climatol*, 2008, 28(9): 1139-1161.
- [3] 肖伟军,陈炳洪,刘云香.近 45a 华南夏季降水时空演变特征[J]. *气象研究与应用*,2009,30(1):13-15.
- [4] 张庆云,吕俊梅,杨莲梅,等.夏季中国降水型的年代际变化与大气内部动力过程及外强迫因子关系[J]. *大气科学*,2007,31(6):1290-1300.
- [5] 谢佳君,杨春艳,孔德璿,等.华南夏季降水分布特征及其与西太平洋副高关系[C]//第 31 届中国气象学会年会论文集.2014.
- [6] 郑彬,施能.南海夏季风对华南夏季降水年代际变化的影响[J]. *大气科学学报*,2006,29(4):477-483.
- [7] 梁建茵.月西太平洋副高脊线的年际变化及其对华南降水的影响[J]. *热带气象学报*,1994,10(3):274-279.
- [8] 陈艺敏,钱永甫.西太平洋暖池海温对华南前汛期降水影响的数值试验[J]. *热带气象学报*,2005,21(1):13-23.
- [9] 谢炯光,纪忠萍.西北太平洋海温与广东省汛期降水的关系[J]. *热带气象学报*,1999,15(1):56-63.
- [10] 邓立平,王谦谦.华南前汛期 4-6 月降水异常特征及其与我国近海海温的关系[J]. *热带气象学报*,2002,18(1):45-55.
- [11] 吴胜安,江志红,刘志雄,等.中国夏季降水与太平洋 SSTA 年代际变化关系的初步研究[J]. *热带气象学报*,2005,21(2):153-162.
- [12] Mason R B, Anderson C E. The development and decay of the 100-mb summer time anticyclone over Southern Asia[J]. *Mon Wea Rev*,1963,91(1):3-12.
- [13] 朱福康,陆龙骅,陈咸吉,等.南亚高压[M].北京:科学出版社,1980.
- [14] Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China[M]// *Monsoon Meteorology*. Oxford: Oxford University Press, 1987: 60-92.
- [15] 黄荣辉,陈际龙,周连童,等.关于中国重大气候灾害与东亚气候系统之间关系的研究[J]. *大气科学*,2003,27(4):770-787.
- [16] 陈永仁,李跃清,齐冬梅.南亚高压和西太平洋副热带高压的变化及其与降水的联系[J]. *高原气象*,2011,30(5):1148-1157.
- [17] 张琼,吴国雄.长江流域大范围旱涝与南亚高压关系[J]. *气象学报*,2001,59(5):569-577.
- [18] 张琼,张学洪.南亚高压的年际和年代际变化[J]. *大气科学*,2000,24(1):67-78.
- [19] 徐忠峰,钱永甫.100 hPa 高压环流和东风气流的季节、年际和年代际变化[J]. *热带气象学报*,2003,19(3):225-233.
- [20] 黄樱,钱永甫.南亚高压与华北夏季降水的关系[J]. *高原气象*,2003,22(6):602-607.
- [21] 朱玲,左洪超,李强,等.夏季南亚高压的气候变化特征及其对中国东部降水的影响[J]. *高原气象*,2010,29(3):671-679.
- [22] 张玲,智协飞.南亚高压和西太副高位置与中国盛夏降水异常[J]. *气象科学*,2010,30(4):438-444.
- [23] 陶诗言,朱福康.夏季亚洲南部 100 hPa 流型的变化及其与太平洋副热带高压进退的关系[J]. *气象学报*,1964,34(4):385-395.
- [24] 胡景高,周兵,陶丽.南亚高压特征参数与我国夏季降水的关系分析[J]. *气象*,2010,36(4):51-56.
- [25] 胡景高,陶丽,周兵.南亚高压活动特征及其与我国东部夏季降水的关系[J]. *高原气象*,2010,29(1):128-136.
- [26] 杨光,李崇银,谭言科.南亚高压强度的年代际变化及可能原因分析[J]. *热带气象学报*,2013,29(4):529-539.
- [27] 李永华,青吉铭,李强,等.夏季南亚高压的年(代)际变化特征及其对西南地区东部旱涝的影响[J]. *西南大学学报(自然科学版)*,2012,34(9):71-81.
- [28] 朱玉祥,丁一汇,徐怀刚.青藏高原大气热源和冬春积雪与中国东部降水的年代际变化关系[J]. *气象学报*,2007,65(6):946-958.
- [29] Wu R G, Wen Z P, Yang S, et al. An interdecadal change in southern China summer rainfall around 1992/93[J]. *J Climate*, 2010, 23(9): 2389-2403.
- [30] 赵振国.中国夏季旱涝及环境场[M].北京:气象出版社,1999:1-297.
- [31] 彭丽霞,孙照渤,倪东鸿,等.夏季南亚高压年际变化及其与 ENSO 的关系[J]. *大气科学*,2009,33(4):783-795.
- [32] 尤卫红,段长春,赵宁坤,等.夏季南亚高压年际变化的特征时间尺度及其时空演变[J]. *高原气象*,2006,25(4):601-608.
- [33] 魏维,张人禾,温敏.南亚高压的南北偏移与我国夏季降水的关系[J]. *应用气象学报*,2012,23(6):650-659.
- [34] 曾刚,张顾炜,武英娇,等.海表温度异常对南亚高压年代际变化影响的数值模拟[J]. *气象科学*,2016,36(4):436-447.