

南亚高压变化特征及其与我国东部夏季降水的关系

孟庆怡, 何依瑶, 吴静, 刘佳, 杨春艳, 胡倩

贵州省黔西南州气象局, 贵州 兴义

收稿日期: 2022年6月24日; 录用日期: 2022年7月19日; 发布日期: 2022年7月26日

摘要

利用1951~2010年的NCEP/NCAR再分析资料和国家气候中心整编的全国160个测站的6、7、8月降水量资料, 客观定义了100 hPa上的南亚高压的面积指数、强度指数和东伸指数。分别研究了南亚高压三个特征参数在不同时间尺度上的变化特征, 面积指数和东伸指数在50年代至70年代初期呈现减弱趋势, 到10年代初期达到最弱, 随后迅速增强, 并在80年代中期达到最强, 此后又迅速将弱, 到90年代中期达到平稳。且东伸指数的年代际变化趋势与面积指数一致, 表明南亚高压的东西伸展情况与其范围和强度有很大的关系。此外, 初步研究了南亚高压与我国东部夏季降水的关系, 结果表明, 当南亚高压范围扩大, 强度增强时, 我国东北地区的夏季降水将显著增多, 华南地区降水将显著减少。

关键词

南亚高压, 年际变化, 年代际变化, 我国东部夏季降水

Features of South Asia High's Variation and Its Relation with the Precipitation of East China in Summer

Qingyi Meng, Yiyao He, Jing Wu, Jia Liu, Chunyan Yang, Qian Hu

Guizhou Qianxinan Meteorological Bureau, Xingyi Guizhou

Received: Jun. 24th, 2022; accepted: Jul. 19th, 2022; published: Jul. 26th, 2022

Abstract

With the NCEP/NCAR monthly mean reanalysis data from 1951 to 2010 and the precipitation data

文章引用: 孟庆怡, 何依瑶, 吴静, 刘佳, 杨春艳, 胡倩. 南亚高压变化特征及其与我国东部夏季降水的关系[J]. 自然科学, 2022, 10(4): 582-591. DOI: 10.12677/ojns.2022.104070

from June to August deprived from National Climate Centre (NCC), an area index, an intensity index and an east extension index are defined to describe South Asia High (SAH). The area index and the east extension index weakened from 1950s to 1970s, and arrived at their bottom in the beginning of 1970s. In the next years, they kept strengthened to the middle of 1980s, and then weakened quickly to the middle of 1990s. Furthermore, the features of the both indexes' interannual variation are identical roughly, which show that there exists big relation between the two indexes. In addition, the relation between SAH and the Precipitation of East China in summer is studied. The results show that the precipitation in the northeast area of China would get strengthened when the area index strengths, while the precipitation in the southeast area of China would get weakened.

Keywords

South Asia High, Interannual Variation, Interdecadal Variation, The Precipitation of East China in Summer

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

南亚高压(South Asia High, 简称 SAH)是对流层上层的大型高压系统, 通常出现在我国青藏高原及其邻近地区的上空, 因此又称为青藏高原或亚洲季风高压。作为东亚夏季风系统的主要成员之一, 它是北半球夏季最稳定、强大的控制性环流系统, 与北半球夏季的大气环流和亚洲的区域天气气候有着密切的关系。

早在 1958 年就已经有学者开始对南亚高压进行了研究, Manson R B 等[1]研究指出了南亚高压行星尺度的规模、影响的范围, 以及具有长期离开高原东西方向移动的趋势。陶诗言等人[2]最早研究了南亚高压与西太副高在大陆上的进退关系, 发现在 100 hPa 上, 亚洲上空的流型主要表现成两类, 且在它们转变期间, 西太副高在大陆上有一次进退的过程。朱福康等[3]讨论了南亚高压的中心位置由冬到夏逐渐西移, 冬季位于太平洋上空, 夏季 6 月份时, 则西移到了青藏高原的上空, 至此东亚上空的大气环流完成了由冬季型向夏季型的转换。江宁波等[4]比较了大气环流在南海季风槽爆发前后突变的不同特征, 冬季南亚高压的中心位于菲律宾以东的沿海地区; 夏季南亚高压逐渐北跳的过程中, 青藏高原东部和中国东部平原地区的对流层出现了爆发性增暖现象。张琼等[5]发现北半球中低纬地区的 100 hPa 环流异常在空间上具有整体性, 且其整体的异常具有显著地年代际变化特征; 在时间上具有持续性, 表现为环流同时加强或减弱。林莉等[6]探讨了影响南亚高压位置变化的可能原因, 分析了印度洋海温偶极子(IOD)与南亚高压强度与东西振荡的关系。章基嘉等[7] [8]主要研究了南亚高压的经圈环流与纬圈环流的结构及其时间尺度、空间尺度上的特征, 讨论了南亚高压的活动与我国夏季大范围旱涝的关系。孙国武等人[9]研究认为副热带西风急流北进的过程和高原下游地区偏北气流强度不相一致的原因在于南亚高压在初夏时北上青藏高原时间早晚的差异。陈桂英等[10]通过定义 100 hPa 上的南亚高压特征指数来分析南亚高压位置的变化特征, 指出利用南亚高压特征指数预报我国夏季降水分布的可行性。张琼等[11]将研究的区域放到了我国西北地区, 指出当南亚高压持续偏西时, 西北地区的东部降水则偏少, 西部也呈明显少雨天气。黄燕燕等人[12]研究了南亚高压的强度对华北和长江流域地区旱涝年降水的影响。陈永仁等[13]发现南亚高压东伸脊点在四川、重庆上空的东进西退与四川盆地东西部降水有显著地相关关系。黄樱等[14]采用与

陈桂英相似的研究方法, 定义了南亚高压的特征参数(中心经度指数、强度指数等), 并讨论了其与近 40 年华北地区逐月降水关系。张新荣等[15]发现当南亚高压位于中部与西部时, 极端最高气温事件容易发生, 由此指出南亚高压的位置对甘肃省的极端高温事件的预报有着重要的指示意义。

从前人研究可以得出对南亚高压的研究可以归结为四个方面: 1) 南亚高压自身结构的演变规律和发展特征; 2) 南亚高压在不同时间尺度上的变化规律; 3) 南亚高压的影响因子研究; 4) 南亚高压对其他系统的影响的研究。本人在此基础上, 针对南亚高压的强度和范围在不同时间尺度上气候变化特征, 初步讨论南亚高压的强度与我国东部夏季降水的关系, 以期对南亚高压的变化对我国东部地区夏季降水的影响提供了一定的参考依据。

2. 研究区域、资料和方法

陶诗言等[2]研究指出, 南亚高压是个暖性系统, 它的势力在对流层上部最为强盛, 故 100 hPa 上高压单体表现也最清楚。因此, 本文选取 100 hPa 上来研究南亚高压强度与面积的变化特征。本文使用的资料有: 1) 美国 NCEP/NCAR 再分析资料, 选取 1951 年 1 月~2010 年 12 月(共计 60 年)月平均 100 hPa 高度场, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; 2) 国家气候中心整编的全国 160 个测站的 6、7、8 月降水量资料, 时间尺度为 1951~2005 年, 共计 55 年。本文所使用的研究方法主要有: 气统计中常用的气候平均、11 点滑动平均、合成分析、线性相关等方法。滑动序列曲线图用来诊断期变化趋势, 其趋势有几次明显的波动, 是上升还是下降。而合成分析是将两种不同特征或者状态下的气象变量进行合成, 即不同状态下的某个气象取值的平均值, 对于合成分析后的检验其实就是对各个站点不同状态下的气象要素序列进行 T 检验, 找出关键区域, 寻找相应的极值或者外强迫。线性相关是因变量的平均值依自变量的取值线性规律变计。本文将针对 100 hPa 上南压高压的强度和面积进行以上分析。

3. 南亚高压特征参数的定义

以往的研究中, 赵振国[16]以 100 hPa 高度场月平均图上 16800 位势米特征线的东端脊点来定义东西振荡指数。任荣彩等[17]研究了 200 hPa 上 1252 dagpm 和 1256 dagpm 等值线界定的南亚高压的东扩对副热带高压异常发展的影响。朱玲等[18]将南高压东西脊线定义为南亚高压内东西风分量的分界线, 面积指数为 100 hPa 高度上 16800 gpm 线所包围的面积, 东伸指数为 100 hPa 上 16800 gpm 线的东脊点的经度; 南北指数为 100 hPa 上南亚高压东西脊线的纬度。

图 1 给出了 1951 年~2010 年北半球 100 hPa 高度场四个季节的气候平均分布情况。其中四个季节的划分根据北半球典型的季节划分, 取 3、4、5 月(MAM)为春季, 6、7、8 月(JJA)为夏季, 9、10、11 月(SON)为秋季, 12、1、2 月(DJF)为冬季。本文以下部分若无特别说明, 均使用此季节划分方法。从图 1 中可以明显看出, 16800 线只有在夏季才有闭合等值线出现, 且位于我国青藏高原及偏西地区上空, 其他三个季节均没有出现 16800 等值线。因此, 南亚高压只有在夏季才会表现出较强的特征。参考前人的研究方法, 本文将夏季 100 hPa 高度场上 16800 gpm 所包围的格点数定义为南亚高压面积指数; 将 16800 gpm 所包围的格点值的平均定义为南亚高压强度指数; 将 16800 gpm 的东边界所在经度定义为南亚高压东伸指数。

4. 不同时间尺度上的南亚高压变化特征

上一节对南亚高压特征参数的定义中, 面积指数可以反映出南亚高压的面积大小及延伸情况, 强度指数可以反映出南亚高压平均强度的情况, 东伸指数则可以反映出南亚高压的位置变化情况。所以, 利用这三个特征参数可以系统分析南亚高压的面积、强度和位置在不同的时间尺度上的变化特征。

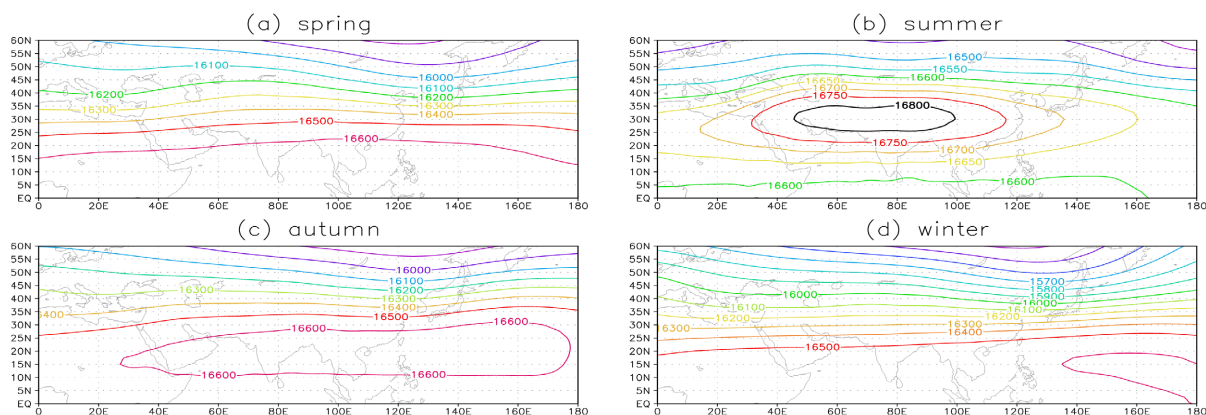


Figure 1. The average 100 hPa height field in four seasons from 1951 to 2010 (unit: gpm); The thick solid line is 16800 gpm (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Spring

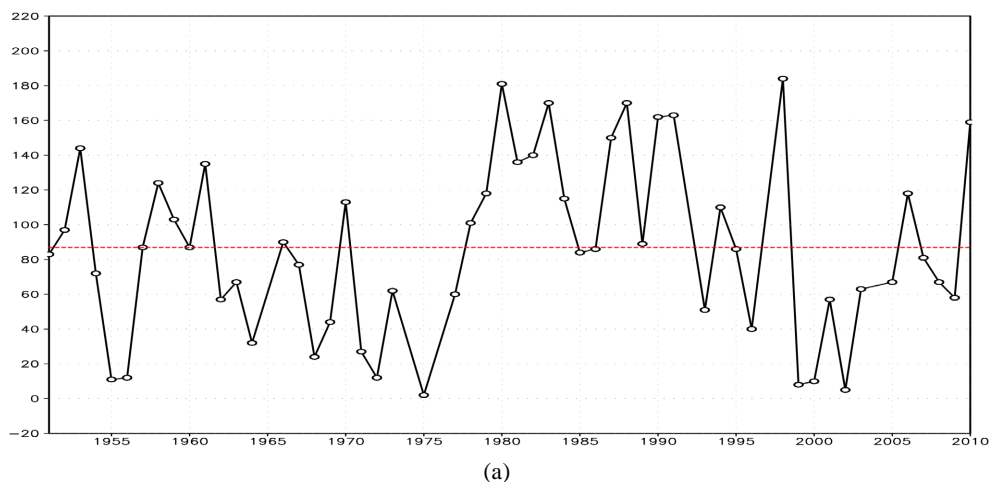
图 1. 1951 年~2010 年四个季节平均的 100 hPa 高度场(单位: gpm); 粗实线为 16800 gpm。(a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 春季

4.1. 各特征参数在年际尺度上的变化特征

图 2 中的 a、b、c 分别为南亚高压面积指数、强度指数和东伸指数的年际分布图, 从图中可以看出, 三个指数均具有明显的年际变化特征。

图 2(a)为面积指数的年际变化曲线, 在一定程度上反映出南亚高压的范围年际变化规律。可以看出, 面积指数年际变化特征显著, 且 1976 年之前多位于平均值以下, 1976 年~1997 年多位于平均值以上, 到 1998 年以后有显著下降趋势。所以, 南亚高压在 19 世纪 70 年代范围偏小, 到 19 世纪 80 年代范围明显扩大, 到 20 世纪初又有所减小。图 2(b)为强度指数的年际变化曲线, 与图 2(a)相比可以发现, 两条曲线变化趋势大致相同, 且均在 1976 年左右存在突然增强, 在 1997 年左右突然减弱的现象。由上面的讨论可以看出, 南压高压的范围和强度具有高度的一致性, 即范围扩大, 则强度增强; 范围缩小, 则强度减小。

图 2(c)为东伸指数的年际变化曲线, 东伸指数值越大, 则表示南亚高压越偏东, 反之则越偏西。从图中可以看出, 东伸指数也存在着显著的年际振荡现象, 即 70 年代以前南亚高压总体偏西, 80 年代之后高压主体东移, 到 90 年代后期至 20 年代又向西撤退。但是从振荡强度来看, 东伸指数的变化趋势没有面积指数和强度指数年际变化趋势那么强烈, 这也反映出夏季南亚高压位置的总体稳定性。



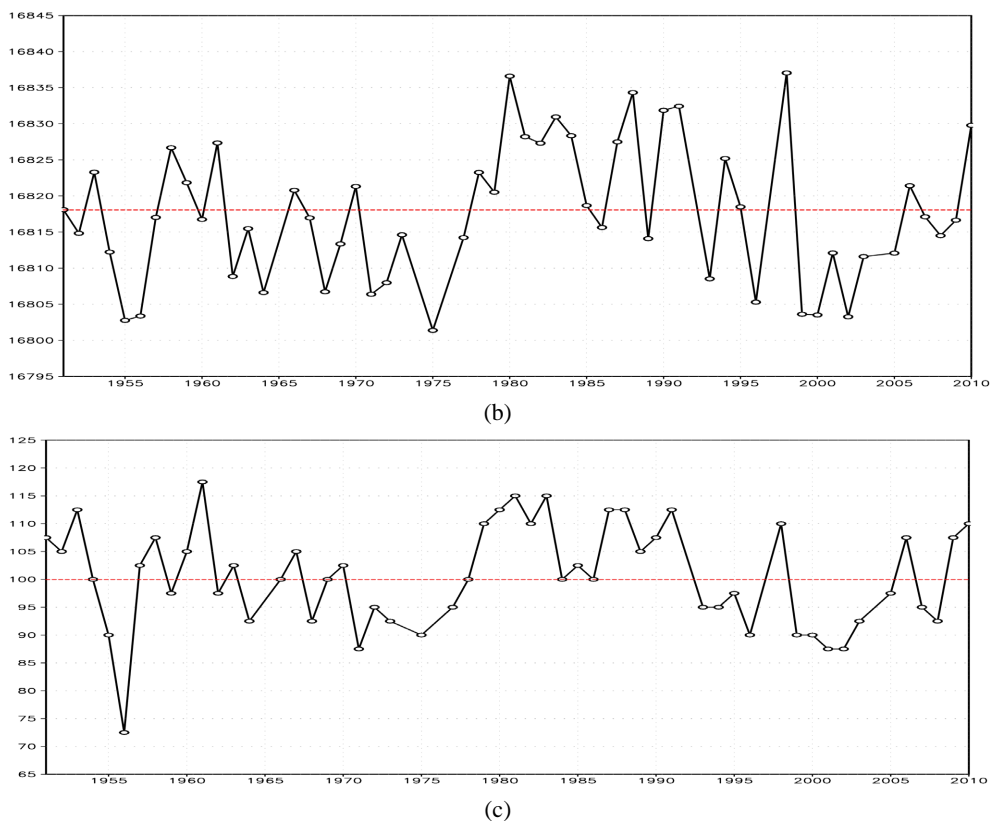
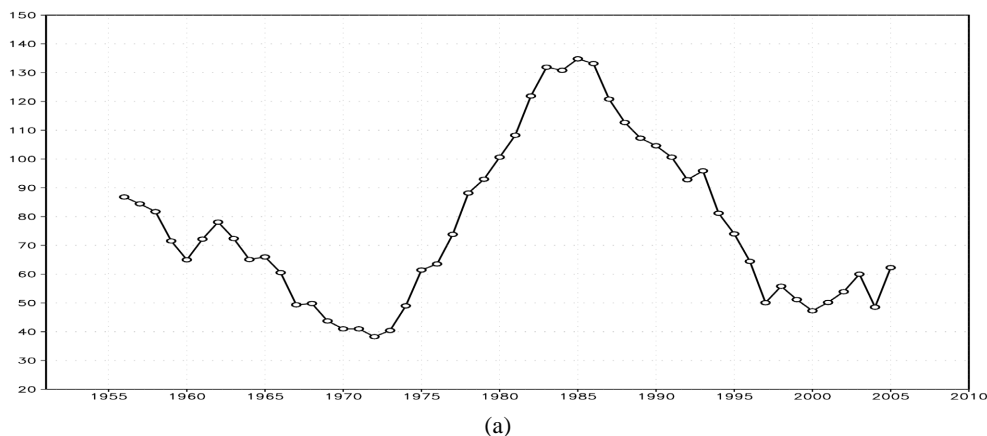


Figure 2. The interannual distribution of characteristic parameters of South Asia high from 1951 to 2010, and the red line is the average value of each index (a) Area index, unit: piece; (b) Intensity index, unit: gpm; (c) Northern boundary index, unit: °E

图 2. 1951~2010 年南亚高压特征参数的年际分布，红线为各指数平均值。(a) 面积指数，单位：个；(b) 强度指数，单位：gpm；(c) 北界指数，单位：°E

4.2. 各特征参数在年代际尺度上的变化特征

由上对三个特征指数的年际尺度分析可以看出，南亚高压的面积、强度的年际变化趋势非常一致，且三个指数在 70 年代末均存在突然增强，在 90 年代末又突然衰减的现象。说明南亚高压的面积、强度和位置必然存在显著的年代际变化特征，为滤除年际变化的影响、突出年代际变化的特征，对面积指数和东伸指数的年际变化曲线进行 11 点滑动平均，如图 3 所示。



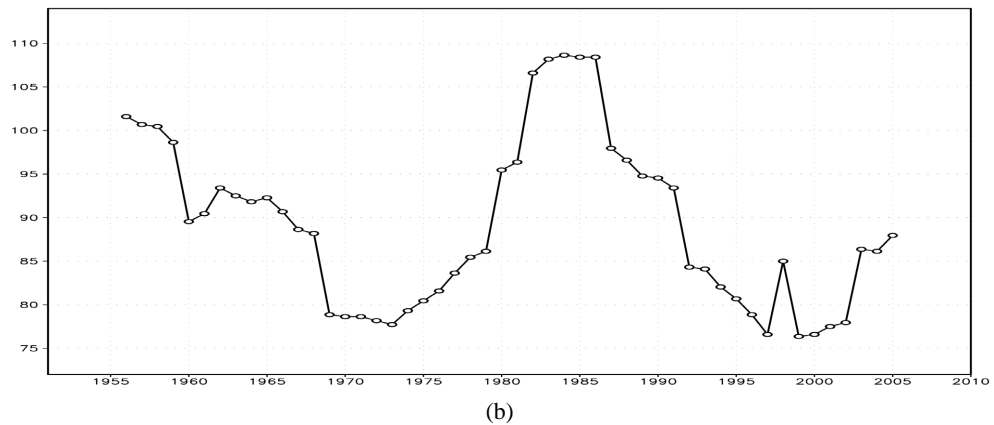


Figure 3. 11 point moving average of characteristic parameters of South Asia high from 1951 to 2010 (a) Area index, unit: piece; (b) Eastward extension index, unit: °E

图 3. 1951~2010 年南亚高压各特征参数的 11 点滑动平均。(a) 面积指数, 单位: 个; (b) 东伸指数, 单位: °E

从图中可以看出, 面积指数和东伸指数均呈现出单峰型的结构, 在 80 年代中期达到最强, 在 70 年代初期和 90 年代后期达到最弱, 这与前面的分析结果一致。从图 3(a)可以看出, 面积指数在 50 年代至 70 年代初期呈现减弱趋势, 到 10 年代初期达到最弱, 随后迅速增强, 并在 80 年代中期达到最强, 此后又迅速将弱, 到 90 年代中期达到平稳。从图 3(b)可以看出, 东伸指数的年代际变化趋势与面积指数一致, 表明南亚高压的东西伸展情况与其范围和强度有很大的关系。值得注意的是, 在 1998 年, 东伸指数相较于前后几年都异常偏大, 面积指数略有增大, 反映出南亚高压的位置在 1998 年异常偏东, 范围略有扩大。而同年, 我国长江中下游发生严重的暴雨, 这可能与南亚高压范围和位置的异常有关。

为了进一步讨论南亚高压在年代际尺度上强年和弱年的变化差异, 将面积指数的 11 点滑动平均曲线进行标准化距平处理, 并以 0 线为界划分南亚高压强的年代和弱的年代。从图 4 中可以看出, 1976~1994 年曲线位于 0 线以上, 取为强年; 1956~1975 年和 1995~2005 年这两段位于 0 线以下, 取为弱年。所得

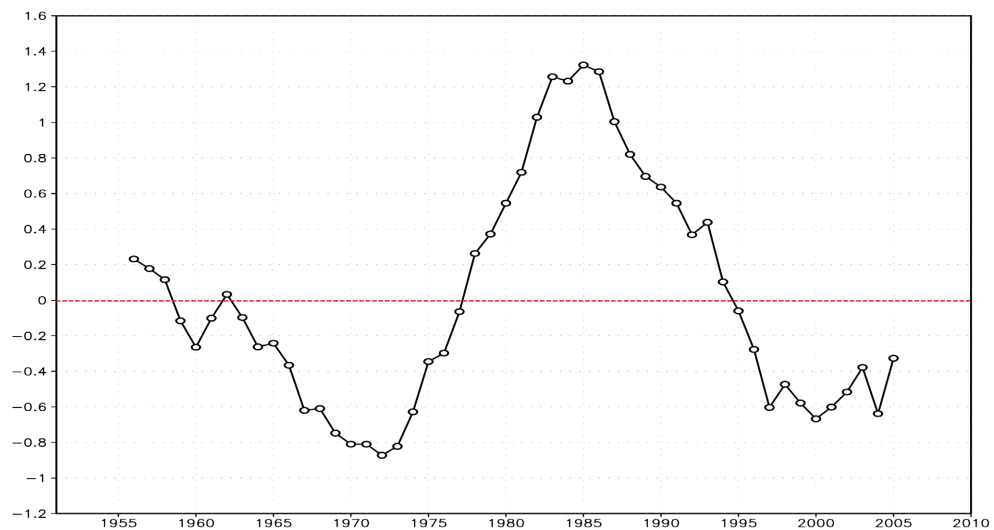


Figure 4. The standardized anomaly of the 11 point sliding of the area index, and the red line is the zero line of the area index (abscissa: year; ordinate: anomaly index)

图 4. 面积指数 11 点滑动的标准化距平, 红线为面积指数零线(横坐标: 年份; 纵坐标: 距平指数)

的强弱年选取结果整理如表 1 所示。最后，利用划分的强弱年进行合成分析。从图 5 可以看出，强年高压的范围明显大于弱年，且东边界明显比弱年偏东。值得注意的是，高压中心的南北位置几乎没有发生变化，均在 30°N 左右，这反映了南亚高压的南北位置与范围、东西边界关系不大。图 6 表示图 5 中的强弱年合成的差值场，可以看出，强年的南亚高压在 60°E~80°E 比弱年明显增强，而在东西两侧显著减弱。此外，增强中心并不是在高压中心，而是位于 40°N~45°N 之间，比图 5 中的强年和弱年中心明显偏北，其中的机理值得进一步的研究。

Table 1. Division of strong and weak years of area index

表 1. 面积指数强弱年划分

分类	年份
弱年	1956~1975 年, 1995~2005 年, 共计 31 年
强年	1976~1994 年, 共计 19 年

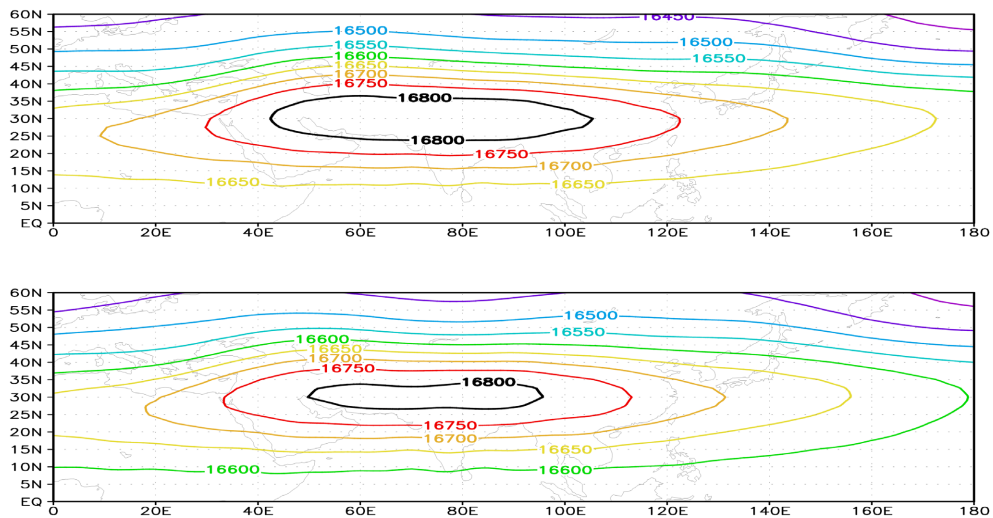


Figure 5. 100 hPa South Asia high interdecadal strength annual synthesis (unit: gpm), and the thick solid line is 16800 gpm (a) Strong annual synthesis; (b) Weak annual synthesis

图 5. 100 hPa 南亚高压年代际强弱年合成(单位: gpm), 粗实线为 16800 gpm。(a) 强年合成; (b) 弱年合成

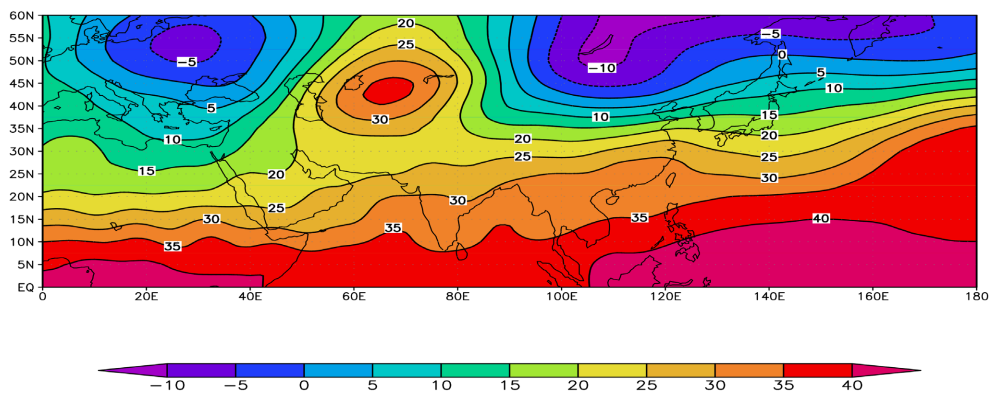


Figure 6. 100 hPa South Asia high interdecadal strong weak annual synthetic difference field (strong year synthesis-weak year synthesis), unit: gpm

图 6. 100 hPa 南亚高压年代际强弱年合成差值场(强年合成 - 弱年合成), 单位: gpm

5. 南亚高压与我国东部夏季降水的关系

南亚高压与我国夏季降水的关系前人已有研究,且研究的区域各不相同,但研究的重点多为南亚高压的东西位置的变化情况对我国各地区夏季降水的影响极其机理,对南亚高压的范围与我国东部夏季降水的关系研究的较少。因此,本文将重点讨论南亚高压的范围与我国东部夏季降水的关系。鉴于以上几节对南亚高压面积指数的定义,因此可以用面积指数来讨论和我国东部夏季降水的关系。

图7给出了面积指数于我国夏季(JJA)降水的同期相关分布,从图中可以看出,我国多个地区的夏季降水与面积指数存在明显的相关关系,北方地区多为正相关分布,南方地区多为反相关分布。从东部地区来看,我国东北地区与南亚高压面积指数存在明显正先关,而在广东、福建一带则呈现出明显的反相

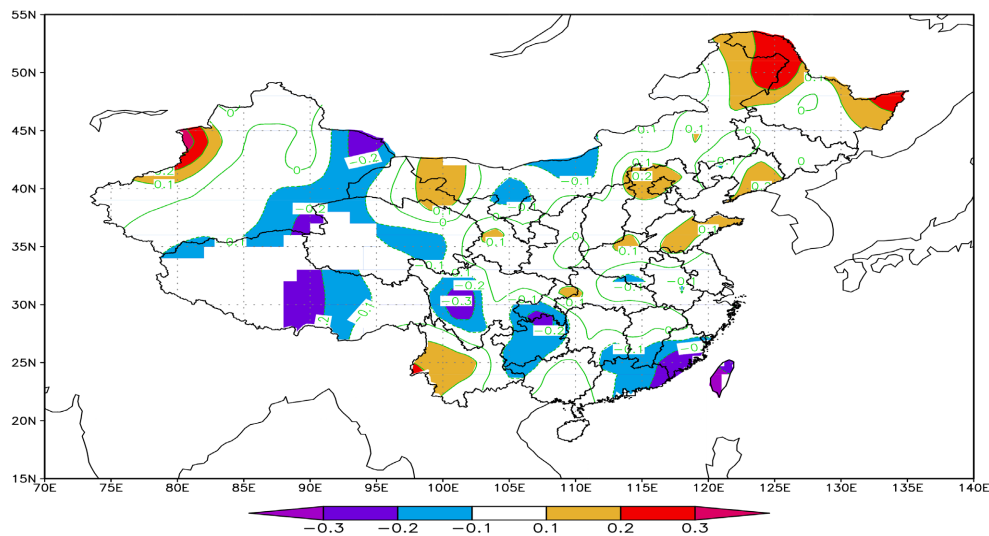


Figure 7. The area index of South Asia high is correlated with the summer (JJA) precipitation in eastern China at the same time

图7. 南亚高压面积指数于我国东部夏季(JJA)降水同期相关

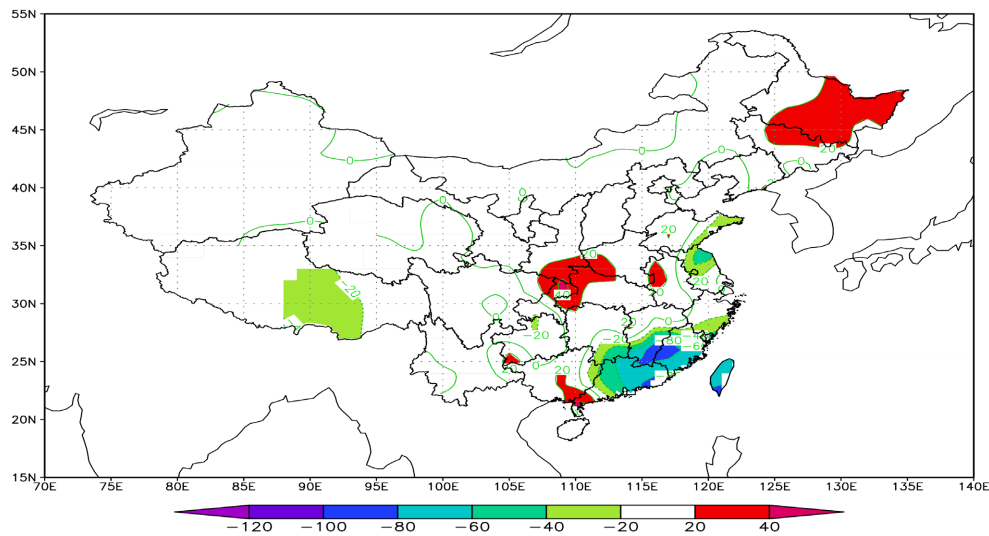


Figure 8. Synthetic difference field of summer precipitation in eastern China in the strong and weak years of South Asia high (unit: mm)

图8. 南亚高压强弱年我国东部夏季降水的合成差值场(单位: mm)

关。这表明当高压的范围扩大、强度增强时，我国东北地区的夏季降水将显著增多，华南地区的降水则将显著减少；反之当南亚高压范围与强度减小时，东北地区的夏季降水将偏少，华南地区降水则将显著增加。

为进一步讨论南亚高压范围的变化对我国东部夏季降水的影响，根据表 1 所示的对南亚高压强弱年划分，将我国东部夏季降水场进行合成分析，并将强年合成减去弱年合成，求出差值场，得到图 8。从图中可以明显的看出我国东北地区存在正值中心，山东半岛一带存在弱的负值中心，我国中部湖北一带存在正值中心，在华南沿海一带存在强的正值中心。这表明，在南亚高压范围和强度增强的年份，我国东北和湖北一带降水将增多，而在山东半岛和华南沿海一带降水将显著减少。且降水增多和减少的地区多集中于我国东部地区，这也说明了南亚高压对我国降水的影响多集中于东部地区。

6. 结论

本文利用 1951~2010 年的 NCEP/NCAR 再分析资料和国家气候中心整编的全国 160 个测站的 6、7、8 月降水量资料，客观定义了 100 hPa 上的南亚高压的面积指数、强度指数和东伸指数。分别研究了南压高压三个特征参数在不同时间尺度上的变化特征，及其与我国东部夏季降水的关系，所得结论如下：

1) 客观定义了能够表征南亚高压范围、强度和东西伸展变化特征的特征参数，将夏季 100 hPa 高度场上 16800 gpm 所包围的格点数定义为南亚高压面积指数；将 16800 gpm 所包围的格点值的平均定义为南亚高压强度指数；将 16800 gpm 的东边界所在经度定义为南亚高压东伸指数。

2) 南亚高压的范围、强度和东西伸展具有显著的年际和年代际变化特征。面积指数和东伸指数在 50 年代至 70 年代初期呈现减弱趋势，到 10 年代初期达到最弱，随后迅速增强，并在 80 年代中期达到最强，此后又迅速将弱，到 90 年代中期达到平稳。且东伸指数的年代际变化趋势与面积指数一致，表明南亚高压的东西伸展情况与其范围和强度有很大的关系。

3) 强年高压的范围明显大于弱年，且东边界明显比弱年偏东。值得注意的是，高压中心的南北位置几乎没有发生变化，均在 30°N 左右，这反映了南亚高压的南北位置与范围、东西边界关系不大。

4) 我国多个地区的夏季降水与面积指数存在明显的相关关系，北方地区多为正相关分布，南方地区多为反相关分布。从东部地区来看，我国东北地区与南亚高压面积指数存在明显正相关，而在广东、福建一带则呈现出明显的反相关。这表明当南亚高压范围扩大，强度增强时，我国东北地区的夏季降水将显著增多，华南地区降水将显著减少。从降水合成差值场上来看，在南亚高压范围和强度增强的年份，我国东北和湖北一带降水将增多，而在山东半岛和华南沿海一带降水将显著减少。且降水增多和减少的地区多集中于我国东部地区，这也说明了南亚高压对我国降水的影响多集中于东部地区。

本文，针对南亚高压的强度和范围在不同时间尺度上气候变化特征，对南亚高压的范围和强度与我国东部夏季降水的同期关系进行了初步的探究，为南压高压的变化对降水的影响提供了一定的参考依据，同时也对突变年对降水的预报提供了一定的指导意义。由于时间仓促，还没有对两者的超前滞后的相关性进行讨论。此外影响我国东部地区的降水不仅仅是因为南压高压这一个单独的因子的某些固定方面，本文没有从其自身的动力结构以及与其他系统相互作用的方面进行分析，其中的影响机制也还需要加入更多的变量(例如副热带高压)进行进一步的研究。

参考文献

- [1] Mason, R.B. and Anderson, C.E. (1958) The Development and Decay of the 100-MB. Summertime Anticyclone over Southern Asia. *Monthly Weather Review*, **91**, 3-12.
[https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1963\)091%3C0003:TDADOT%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1963)091%3C0003:TDADOT%3E2.3.CO;2)
- [2] 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[J]. 气象学报, 1964,

34(4): 385-396.

- [3] 朱福康, 陆龙骅, 陈咸吉编著. 南亚高压[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 16-18.
- [4] 江宁波, 罗会邦. 南海夏季风爆发前后亚洲地区的大尺度环流突变[J]. 热带气象学报, 1995, 11(4): 289-296.
- [5] 张琼, 钱永甫, 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.
- [6] 林莉, 李跃清, 范广洲. 印度洋海温异常与南亚高压东西振荡的关系[J]. 高原山地气象研究, 2008, 28(4): 39-45.
- [7] 章基嘉, 彭永清, 王鼎良. 南亚高压的环流结构[J]. 气象学报. 1982(6): 6-8.
- [8] 章基嘉, 彭永清, 王鼎良. 南亚高压在时域和频域上的特征[J]. 气象学报, 1983, 41(3): 348-353.
- [9] 孙国武, 宋正山. 南亚高压的建立及其与大气环流演变和我国雨带的关系[M]//《夏半年青藏高原对我国天气的影响》编辑组. 夏半年青藏高原对我国天气的影响. 北京: 科学出版社, 1987: 93-100.
- [10] 陈桂英, 廖荃荪. 100 hPa 南亚高压位置特征与我国盛夏降水[J]. 高原气象, 1990, 9(4): 432-438.
- [11] 张琼, 钱正安, 陈敏连. 关于夏季南亚高压的进一步研究及其与我国西北地区降水关系的统计分析[J]. 高原气象, 1997, 16(1): 52-62.
- [12] 黄燕燕, 钱永甫. 长江流域、华北降水特征与南亚高压的关系分析[J]. 高原气象, 2004, 23(1): 602-607.
- [13] 陈永仁, 李跃清, 王春国, 等. 夏季南亚高压与川渝地区降水的关系研究[J]. 高原气象, 2009, 28(3): 539-548.
- [14] 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.
- [15] 张新荣, 林纾, 扬民. 甘肃省夏季极端最高气温的气候特征[J]. 干旱气象, 2004, 22(3): 44-48.
- [16] 赵振国. 中国夏季旱涝与环境场[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 56-65.
- [17] 任荣彩, 刘屹岷, 吴国雄. 1998 年 7 月南亚高压影响系太平洋副热带高压短期变异的过程和机制[J]. 气象学报, 2007, 65(2): 183-197.
- [18] 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.