

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.

南亚高压特征参数与我国夏季降水的关系分析^{*1}

胡景高^{1,2} 周 兵² 陶 丽¹

1 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044

2 国家气候中心, 北京 100081

提 要: 利用 1951—2008 年 NCEP/NCAR 再分析资料, 结合国家气象中心提供的台站降水资料, 分析了近 30 年夏季南亚高压各特征指数年际和年代际变化及其与我国夏季降水异常的联系。结果表明, 除脊线外南亚高压面积、强度、东脊点位置和中心位置都存在显著的年代际变化。偏相关显示, 当南亚高压面积不变时, 东脊点位置与高压强度之间不存在显著的偏相关性。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, 较其他各指数而言, 南亚高压东脊点位置指数与全国夏季降水相关性更好。滑动相关分析显示, 南亚高压东脊点位置与我国江淮流域夏季降水的相关性存在明显的转折, 由 20 世纪 70 年代以前的负相关转变为 70 年代以后的正相关。分析表明夏季南亚高压东脊点位置指数为研究和预测江淮地区的降水异常提供了一个有利的信号。

关键词: 南亚高压, 东脊点异常, 江淮地区, 夏季降水

Comparative Analysis of the Relation Between Characteristic Parameters of South Asia High and Summer Precipitation of China

HU Jinggao^{1,2} ZHOU Bing² TAO Li¹

1 College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 National Climate Center, Beijing 100081

Abstract: Interannual and interdecadal variations of South Asia high (SAH) and the relation with the summer precipitation of China are studied by use of the NCEP/NCAR monthly mean reanalysis data and observational data at stations given by National Meteorological Center. It is found that all of the parameters of SAH except the ridge line position exist the remarkably interdecadal variations in summer. There is no significant partial correlation between the intensity and the east ridge point (ERP) of SAH when the area is stable. The simultaneous correlation shows that the significant positive correlation occurs between the location of the ERP of SAH and the summer rainfall of the Yangtze-Huaihe River Basin (YHB) during 1979—2008, and this correlation has a big change through the sliding correlation analysis, turning from the negative correlation before the 1970s to the positive one. All these exhibit that the position of the ERP of SAH can be considered as a strong signal when studying the precipitation anomaly of the YHB.

Key words: South Asia high (SAH), east ridge point (ERP), summer precipitation, the Yangtze-Huaihe River Basin (YHB)

引 言

南亚高压是夏季位于南亚上空对流层高层和平

流层低层的一个庞大的高压系统, 是亚洲夏季风的主要成员之一, 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^[1-3]。对于南亚高压各特征指数的年际与年代

* 财政部/科技部公益类行业专项(GYHY200806011, GYHY200706005)共同资助

2009 年 8 月 7 日收稿; 2009 年 9 月 17 日收修定稿

第一作者: 胡景高, 主要从事东亚季风系统与中国降水研究. Email: jinggao1985-hu@126.com

际变化已有不少研究,陈咸吉等^[4]指出南亚高压面积和脊线位置存在准 3 年振荡。张琼等^[5]指出南亚高压的位置和强度存在明显的年代际变化,1978 年以后,南亚高压面积和强度增大增强。彭丽霞^[6]研究了南亚高压各指数之间的关系,指出南亚高压主中心强度增强,面积扩大,单位面积强度增强,同时高压范围东西扩展。

关于南亚高压各特征参数对我国夏季降水的影响,气象学者也进行了多方面的研究。罗四维等^[3]指出 100 hPa 南亚高压脊线位置,尤其是 120°E 处脊线位置与长江中下游梅雨期及伏早期有密切的关系。张琼等^[7]研究了南亚高压强度与长江流域大范围旱涝的关系。王秀文等^[8]对南亚高压中心和脊线位置与 2005 年梅雨异常的关系进行了探讨。金荣花等^[9]、毛文书等^[10]也从不同方面对南亚高压与梅雨的关系进行了研究。黄樱等^[11]则研究了南亚高压中心经度与我国华北夏季降水的关系。康志明等^[12]研究了南亚高压对我国南方雨带异常的影响。刘晓冉等^[13]、于凤荣等^[14]分别研究了南亚高压与川渝伏旱和鲁西北秋雨之间的关系。

可见,以往对夏季南亚高压与东部降水的研究主要着眼于南亚高压脊线和强度等特征参数,对东脊点位置关注有所不足。另外由于南亚高压在 100 hPa 附近发展最强,是夏季 100 hPa 北半球最稳定的环流系统,以往成果比较关注 100 hPa 南亚高压的研究,然而从南亚高压与急流和水汽输送等的关系角度来说,较低等压面无疑是更好的选择。早前丁一汇^[15]分析了 200 hPa 环流结构对梅雨期的影响,指出高空反气旋的生成、维持和消失可能与梅雨的出现、维持和结束有关联。

本文在前人的基础上进一步讨论夏季 200 hPa 等压面上南亚高压各特征参数之间的关系,以及各特征参数与我国夏季降水的关系。文献^[5]指出 1978 年以后,南亚高压多特征参数存在明显的年代际变化,因此本文从研究 1979 年以后南亚高压各特征参数的变化情况入手。第 1 节给出所用资料、方法,第 2 节给出了南亚高压各指数的定义及其之间的关系,第 3 节讨论南亚高压各指数与我国夏季降水的关系,第 4 节简要地给出研究结论。

1 资料与方法

1.1 资料的选取

本文采用 1951—2008 年 NCEP/NCAR 再分析

月平均高度场和风场资料,水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬格距;国家气象中心提供的全国 574 站逐日降水资料。

1.2 相关统计量

本文用到的主要相关统计量有 Pearson 相关系数、偏相关系数、滑动相关系数^[16]。Pearson 相关系数属于简单相关系数,简单相关系数是指在不考虑其他因素影响的条件下,所求两个变量之间的相关系数,因没有考虑其他相关变量对这两个变量的影响,实际上并不能真实地反映两个相关变量间的相关联系,而只有消除了其他相关变量的影响之后,研究两个变量间的相关性,才能真实地反映这两个变量的相关性质。偏相关分析就是固定其他相关变量不变而研究两个相关变量间相关性的统计分析方法。

$$r_{xy,z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2)(1-r_{yz}^2)}}$$

$r_{xy,z}$ 为将变量 z 固定后变量 x 与变量 y 的偏相关系数。其中 r_{xy}, r_{xz}, r_{yz} 分别表示变量 x 与变量 y , 变量 x 与变量 z 和变量 y 与变量 z 的相关系数。同理可得 $r_{yz,x}, r_{zx,y}$ 。偏相关的显著性检验一般采用 t -检验法。其统计量的计算公式为:

$$t = \frac{r_{xy,z}}{\sqrt{1-r_{xy,z}^2}} \sqrt{n-3}$$

其中 n 为样本数^[17]。

2 夏季南亚高压特征参数的比较

2.1 南亚高压各指数的定义

以夏季 200 hPa 等压面上,30°E 以东南亚高压区内位势高度 ≥ 1252 dagpm 的总格点数表示南亚高压的面积指数,而该区域内 > 1252 dagpm 的格点值与 1252 dagpm 之差的总和记为南亚高压的强度指数。以 1252 dagpm 等值线东脊点的经度值表示南亚高压的东脊点位置指数。以 200 hPa 南亚高压区内西风分量的零线作为脊线,分别以逐日脊线与 100°~140°E 每隔 5 个经度,共 9 条经线交点处的平均纬度作为文中讨论的脊线位置。以南亚高压所在区域的最大极值中心的经度表示南亚高压的中心位置。

2.2 各指数年际变化比较分析

图 1 为夏季南亚高压各指数 1979—2008 年的

标准化序列,从图中可以看出除脊线外南亚高压面积、强度、东脊点位置、中心位置都存在显著的年代际变化。1979—1991 年,南亚高压面积偏大,强度偏强,东脊点处于比较偏东的位置;1991 年以后,除 1998 年外高压面积偏小,强度变弱,东脊点位置也

普遍偏西(图 1a—1c)。高压中心位置由 2000 年以前的普遍偏东转为 2000 年以后的普遍偏西,和其他指数相比,夏季高压中心位置年际变化较为稳定(图 1d)。南亚高压脊线位置年际变化特征明显,2~3 年的年际变化在图 1e 中得到很好的反映。

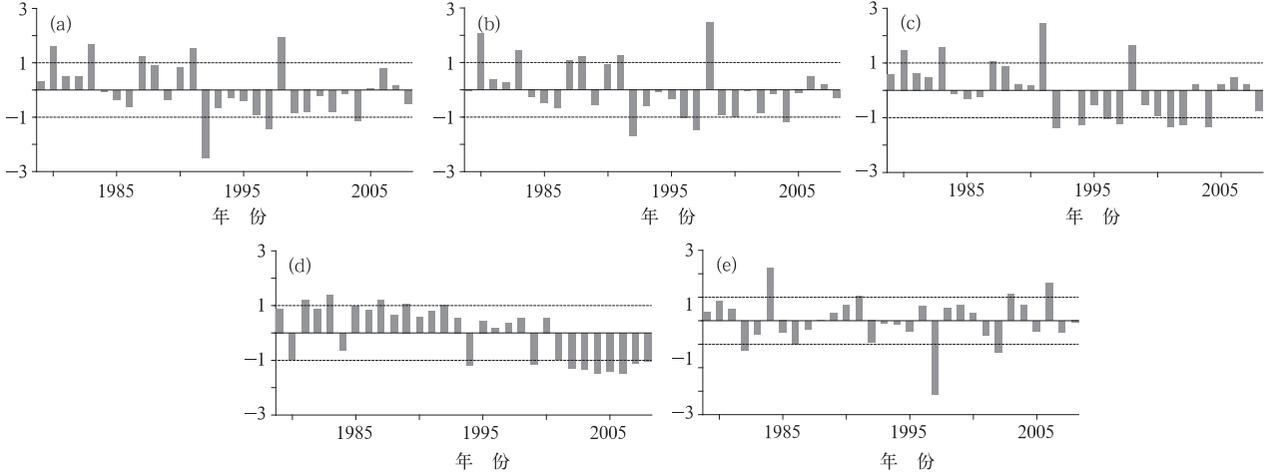


图 1 夏季南亚高压各指数年际变化

(a) 高压面积; (b) 高压强度; (c) 高压东脊点位置; (d) 高压中心位置; (e) 高压脊线

Fig. 1 Standardized time series of the parameters of SAH

(a) area, (b) intensity, (c) longitude of east ridge point(ERP), (d) center longitude, and (e) latitude of ridge line

表 1 给出了 1979—2008 年夏季南亚高压各指数间的 Pearson 相关系数,可以看出,南亚高压脊线位置指数与其他各指数间的关系并不显著,高压东脊点位置和高压中心位置的相关系数达到 $\alpha=0.05$ 的显著性。高压面积、强度、东脊点位置之间存在着显著的线性相关关系,相关系数大于 0.8,通过了 0.001 高相关显著性检验,这与文献[6]中所得结论一致。然而如方法中所说,当三个变量两两具有较好的简单相关关系时,单独计算两两间的相关系数时可能得到错误的结论,此时计算了它们的偏相关系数。

高压强度之间的简单相关关系是没有显著的统计意义的。高压东脊点和面积之间的偏相关系数也达到 $\alpha=0.05$ 的显著性。可见当面积不变时,高压东脊点位置与高压强度之间并没有一一对应的关系,它与高压强度的关系主要是通过面积指数实现的。从表 1 和表 2 可知,南亚高压面积和强度有显著的正相关,高压强度增强,面积扩大,但并非如前人所指出的同时高压范围东西扩展。高压强度增强,东脊点位置不变或者变化很小的情况仍然存在,这一点是前人的研究所忽略的。

表 1 1979—2008 年南亚高压各指数间的相关系数

Table 1 Correlations between parameters of SAH during 1979—2008

	面积	强度	东脊点	中心位置
强度	0.967	1		
东脊点	0.866	0.832	1	
中心位置	0.163	0.150	0.429	1
脊线	0.352	0.296	0.305	-0.110

注: $R_{0.05}=0.361, R_{0.01}=0.463$

表 2 给出了 1979—2008 年夏季南亚高压面积、强度和东脊点位置的偏相关系数,可以看出当东脊点位置不变时,高压面积和强度仍具有很好的偏相关性,而面积不变时,东脊点位置与高压强度之间不存在显著的偏相关,这说明南亚高压东脊点位置和

表 2 1979—2008 年南亚高压面积、强度、东脊点位置间的偏相关系数

Table 2 Partial correlations of area, intensity and longitude of ERP of SAH during 1979—2008

	面积、强度	强度、东脊点	东脊点、面积
偏相关系数	0.888	-0.043	0.435

注: $R_{0.05}=0.367, R_{0.01}=0.470$

3 南亚高压各指数与我国夏季降水的关系

3.1 南亚高压指数与夏季降水的相关分布

图 2 给出了南亚高压各指数与我国夏季降水

(6—8 月平均降水)的相关分布,图中阴影区达到 $\alpha=0.05$ 显著性水平。从图中可以得到,与南亚高压面积和强度指数相关性较好的区域主要分布在内蒙古东北部、东北部分地区和长江流域中游部分地区(图 2a,图 2b)。高压中心位置与华南部分地区夏季降水有着显著的负相关(图 2d)。高压脊线位置与黄

河下游夏季降水有着显著的正相关(图 2e),而南亚高压东脊点位置与内蒙古东北部和东北部分地区、长江流域中游部分地区、江淮流域的夏季降水有着显著的正相关,与华南夏季降水有着显著的负相关,且较其他各指数而言,高压东脊点在内蒙古东北部和东北部分地区,华南地区的相关显著性区域更大(图 2c)。

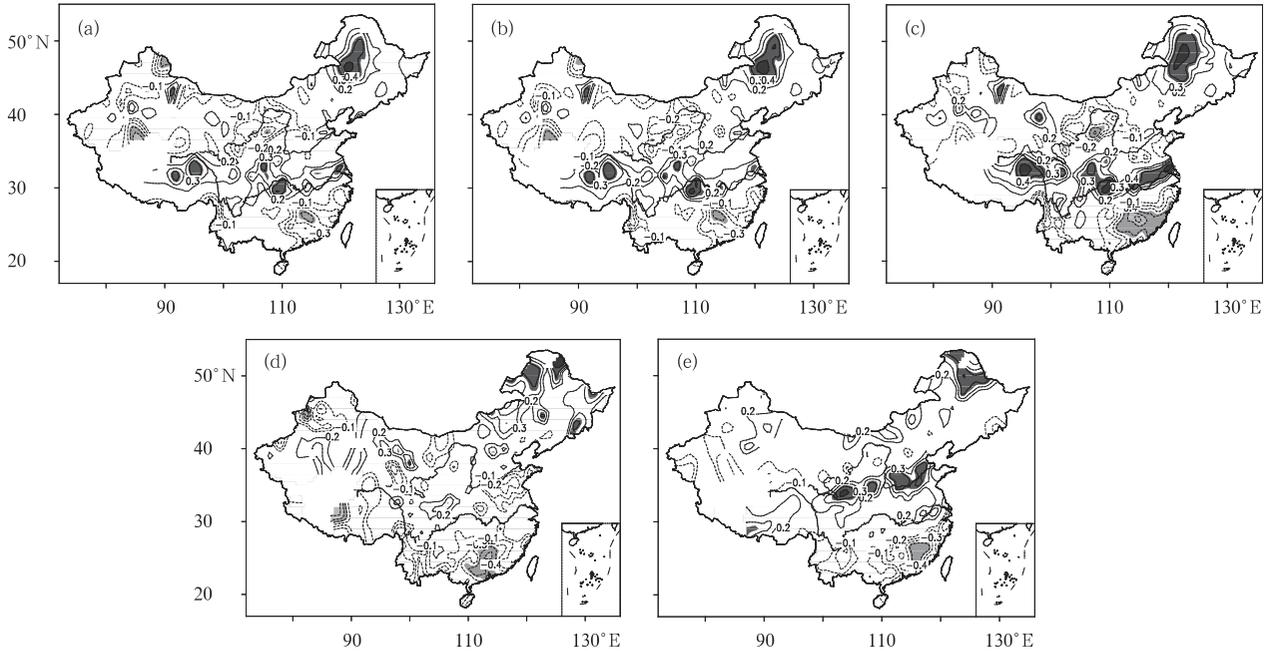


图 2 南亚高压各指数与我国夏季降水同期相关(阴影区为相关系数达到 $\alpha=0.05$ 显著性水平)

(a) 高压面积; (b) 高压强度; (c) 高压东脊点位置; (d) 高压中心位置; (e) 高压脊线

Fig. 2 Correlation coefficient distributions between the parameters of SAH and summer precipitation of China

(the shaded areas are at the 0.05 significant level) (a) area, (b) intensity, (c) longitude of ERP,

(d) center longitude, and (e) latitude of ridge line

3.2 夏季南亚高压东脊点位置与我国江淮流域降水的关系

选取 15 个站(天门、武汉、固始、寿县、霍山、六安、合肥、盱眙、滁县、南京、巢湖、淮阴、高邮、射阳、东台,见图 3)1951—2008 年共 58 年每年 6—8 月平均降水量代表长江以北淮河以南的江淮流域夏季降

水(由于建站年份不同,1951 年只有其中的 6 个站的降水数据,1952 和 1953 年为 7 个站,直至 1956 年为 15 站)。

图 4 给出了江淮流域降水量与同期南亚高压东脊点位置的距平分布,可以看出,20 世纪 80 年代以前两者的年际变化一致性较差,80 年代以后两者变化趋势比较一致。图 5 对南亚高压东脊点序列做 M-K 突变检验,图中实线为顺序时间序列的秩序列,其与虚线相交于 1978 到 1979 年之间,且交叉点在信度值 $\alpha=0.05$ 之间,表明南亚高压东脊点位置在 20 世纪 70 年代末存在明显的突变,这与全球大气环流形势在 20 世纪 70 年代末发生改变相一致。表 3 给出了突变前后两者的相关系数,1951—1978 年,两者为负相关性,但相关性不显著。这与陈桂英等^[18]利用 1956—1976 年 100 hPa 月平均资料指出夏季南亚高压东伸脊点异常偏东时,我国江淮流域异常偏旱;东伸脊点不明显或偏西的年份,江淮流域

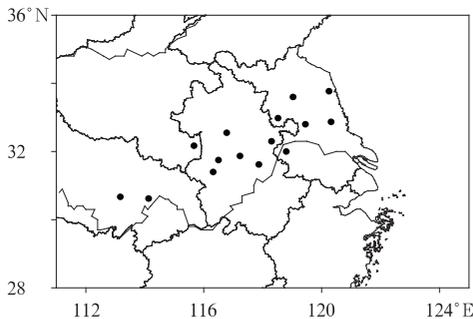


图 3 江淮 15 个站点分布

Fig. 3 Distribution of 15 stations in the Yangtze-Huaihe River Basin (YHB)

降水易偏多的结论相吻合。1979 年后两者呈正相关, 通过 $\alpha=0.05$ 亦通过 0.01 的显著性检验; 对于 1951—2008 年时间序列来说, 两者依然呈不显著的正相关。

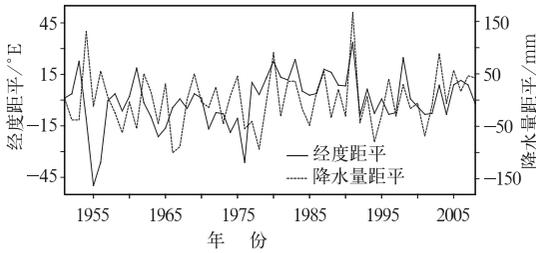


图 4 1951—2008 年南亚高压东脊点经度及江淮流域夏季降水距平分布
Fig. 4 Anomaly distribution of the longitude of ERP of SAH and summer precipitation of YHB during 1951—2008

表 3 南亚高压东脊点位置与夏季江淮降水的相关系数
Table 3 Correlations between the longitude of ERP of SAH and summer precipitation of YHB during different periods

年代序列	1951—2008	1951—1978	1979—2008
相关系数	0.223	-0.215	0.638 *

注: * 为通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验

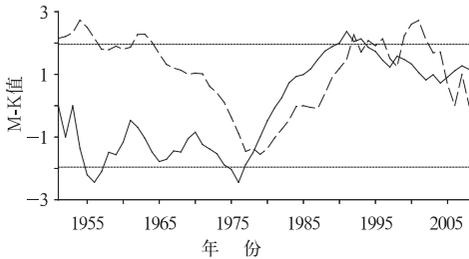


图 5 南亚高压东脊点位置 M-K 检验
Fig. 5 M-K test for the longitude of ERP of SAH

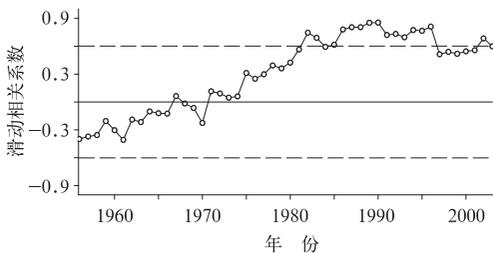


图 6 南亚高压东脊点位置与同期江淮夏季降水 11 年滑动相关系数时间演变
Fig. 6 The time-variation of 11-year sliding correlation coefficient between longitude anomaly of the ERP of SAH and the summer precipitation of the YHB

显然这里的相关是针对平均情况来说的, 而未考虑相关性的年代际变化, 对于检测相关关系的长期变化可采用 Bell^[16] 建议的滑动相关分析。图 6 为经过 11 年滑动相关后得到的两者相关系数时间演变, 由于作了 11 年滑动, 图中时间长度为 1956—2003 年, 长虚线以上通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验。可以看出, 南亚高压东脊点位置与夏季我国江淮流域降水的相关性存在明显的转折, 20 世纪 70 年代以前, 两者呈负相关, 70 年代以后, 两者呈正相关性, 且相关系数逐渐增大, 80 年代初以后, 两者的正相关系数通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。90 年代中期以后两者相关性虽未通过显著性检验, 但相关系数依然比较高。

4 结论

通过分析, 可以得到以下主要结论:

(1) 当东脊点位置不变时, 夏季南亚高压面积和强度具有很好的偏相关性, 而面积不变时, 东脊点位置与高压强度之间不存在显著的偏相关, 高压东脊点位置与高压强度之间并没有一一对应的关系, 它与高压强度的关系主要是通过面积指数实现的。南亚高压强度增强, 面积扩大, 但并非如前人所指的同时高压范围东西扩展。高压强度增强, 东脊点位置不变或者变化很小的情况仍然存在。

(2) 夏季南亚高压东脊点位置与长江流域中游部分地区和江淮流域的夏季降水有着显著的正相关, 与华南夏季降水有着显著的负相关, 且较其他各指数而言, 南亚高压东脊点位置指数与全国夏季降水相关性更好。

(3) 南亚高压东脊点在 20 世纪 70 年代末出现年代际转折。滑动相关分析表明南亚高压东脊点位置与夏季我国江淮流域降水的相关性存在明显的转折, 20 世纪 70 年代以前, 两者呈负相关, 70 年代以后, 两者呈正相关性, 且相关系数逐渐增大, 80 年代初, 两者的正相关系数通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。近 30 年, 南亚高压东脊点位置与我国江淮流域夏季降水有较好的正相关性。

20 世纪 70 年代末, 江淮流域降水发生非常明显的年代际变化, 90 年代以来, 洪灾多发, 而南亚高压东脊点位置指数为我们研究和预测江淮地区的降水异常提供了一个有利的信号。

参考文献

- [1] 陶诗言, 朱福康. 夏季亚洲南压 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.
- [2] 朱福康, 陆龙骅, 陈咸吉, 等. 南亚高压[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-95.
- [3] 罗四维, 钱正安, 王谦谦. 夏季 100hPa 南亚高压与我国东部旱涝关系的天气气候研究[J]. 高原气象, 1982, 1(2): 1-10.
- [4] 陈咸吉, 朱福康. 南亚高压的准三年振荡[G]. 青藏高原气象会议论文集(1977-1978), 北京: 科学出版社, 1979: 122-128.
- [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] 彭丽霞. 南亚高压气候异常研究[D]. 南京信息工程大学博士学位论文, 2008: 19-26.
- [7] 张琼, 吴国雄. 长江流域大范围旱涝与南亚高压的关系[J]. 气象学报, 2001, 59(5): 569-577.
- [8] 王秀文, 桂海林. 100hPa 环流特征与 2005 年梅雨异常的关系[J]. 气象, 2006, 32(11): 88-93.
- [9] 金荣花, 陈涛, 鲍媛媛, 等. 2007 年梅汛期异常降水的大尺度环流成因分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 79-85.
- [10] 毛文书, 王谦谦, 葛旭明, 等. 近 116 年江淮梅雨异常及其环流特征分析[J]. 气象, 2006, 32(6): 85-90.
- [11] 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.
- [12] 康志明, 鲍媛媛, 陈晓红. 2005 年 6 月我国南方雨带异常偏南的分析[J]. 气象, 2006, 32(4): 91-96.
- [13] 刘晓冉, 杨茜, 程炳岩. 2006 年川渝伏旱同期环流场和水汽场异常特征分析[J]. 气象, 2009, 35(8): 31-34.
- [14] 于凤英, 常平, 杨学武. 鲁西北罕见的秋季连阴雨环流特征分析[J]. 气象, 2009, 35(10): 71-78.
- [15] 丁一汇. 梅雨期的环流结构[J]. 气象, 1976, 2(5): 14-16.
- [16] Bell G T. Changes in the sign of the relationship between sunspots and pressure, rainfall and the monsoon[J]. Weather, 1977, 32, 26-32.
- [17] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994: 10-18.
- [18] 陈桂英, 廖荃荪. 100hPa 南亚高压和我国夏季降水[G]. 气象科学技术集刊(6). 北京: 气象出版社, 1983: 41-51.