

华北地区春季和夏季降水特征及与气候相关的分析

马京津 高晓清 曲迎乐

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000

摘 要 利用美国 NCEP 再分析月平均资料及我国华北地区 25 个气象站 1951~2003 年 53 年的月降水资料, 研究了华北春季和夏季降水的年代际和年际变化特征及与大气环流的联系。结果表明, 华北春季和夏季的年代际和年际变化特征有一定的差别, 春季降水存在 3 种典型降水类型, 即“全部一致型”、“东西型”和“东北西南型”。第一特征向量为主导, 其时间变化系数与春季降水量特征基本一致, 说明华北春季降水主要受西北气流影响, 具有降水偏多(少)一致性特征。降水偏多、偏少年异常场差值显示春季华北主要受东亚上空的异常反气旋环流影响, 其底部偏东气流在南海、台湾海峡一带转向向北一直吹到华北。华北夏季降水存在 3 种典型降水类型, 即“全部一致型”、“南北型”和“东西型”。降水偏多、偏少年异常场差值显示夏季华北受副高西侧西南气流的影响从印度孟加拉湾携带大量水汽从西南方向吹向华北, 带来较多的降雨。

关键词 华北地区 自然正交分解法 气候变化

文章编号 1006-9585 (2006) 03-0321-09 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

The Character of Precipitation and Its Relation to Climate Change over North China in Spring and Summer

MA Jing-Jin, GAO Xiao-Qing, and QŪ Ying-Le

*Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences,
Lanzhou 730000*

Abstract With the data of monthly precipitation of 25 stations in North China and NCAR/NCEP monthly reanalysis atmosphere variables, we have investigated the variation features of precipitation in North China at interdecadal and interannual time scales, and also its relation with the atmospheric circulations in the Northern Hemisphere in spring and summer. The results show that 1) The variation features of precipitation in North China have some differences between spring and summer. 2) The spatial and temporal structure features and changes of precipitation in spring have three typical precipitation structures in the region, that is “All-Consistency”, “West-East”, “North-east-Southwest”. 3) The first eigenvector is the dominant type. Its time coefficient has same change as precipitation. This shows that the precipitation in North China is controlled by northwest windstream and the precipitation has more or less consistency. 4) The D-value of abnormal field about more or less year shows that the abnormal anticyclone in the east of Japan affects the North China in spring, its eastern air flow changes to North in South China Sea and Taiwan Strait. 5) In summer, the spatial and temporal structure features and changes of precipitation have three typical precipitation structures in the region, that is “All-Consistency”, “North-south”, “West-East”. 6) The D-value of abnormal field about more or less year shows that the southwest windstream of the abnormal subtropical anticyclone affects the North China in summer; its southwestern air flow carries lots of water vapor to North China,

收稿日期 2006-02-25 收到, 2006-03-26 收到修定稿

资助项目 中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX3-SW-218 和国家自然科学基金资助项目 40231005 和 40305012

作者简介 马京津, 男, 1981 出生, 硕士研究生, 主要从事气候变化的研究。E-mail: majj@lzb.ac.cn

which brings large quantity of rainfall.

Key words North China, empirical orthogonal function, climatic change

1 引言

水资源短缺是制约经济社会发展的重要因素之一。华北地区是我国水资源匮乏地区之一。由于华北地区人口密度大,人均水资源占有量只有全国平均的 1/6,耕地亩均水资源只是全国平均的 1/10。水资源的缺乏已严重妨碍了华北地区的持续发展,是华北地区发展必须解决的重大问题。

华北地区春季日照充足,空气干燥,温度上升快,同时由于风速较大,蒸发强烈,土壤失墒很快。一般来讲,华北地区春季降水较少,降水量远低于蒸发量,水分亏损严重,因而常常发生干旱,以至于有“十年九春旱”的说法。据统计,华北地区发生春旱的机率在 70% 左右^[1]。春季的降水量对工农业生产,特别是农业生产起着至关重要的作用。春季中的 5 月作为东亚季风爆发月,是北半球大气环流和天气气候开始重大调整的过渡时期,同时又是华北大部分地区春作物栽插和冬小麦生长的关键时期,干旱可使种子不能正常出苗,造成缺苗断垄。干旱还会导致不能适时播种,严重春旱年要等到下透雨后才能播种,这样,作物生长期的缩短会致使秋后不能正常成熟即遭冻而枯死。干旱还可以导致幼苗生长不良,发育缓慢,严重时甚至枯死。所有这些都会影响到农作物的最终产量^[2]。因此,研究华北春季降水量的变化规律及原因,提高华北春季降水量的短期气候预测水平,是气象工作者的一项重要任务。

华北夏季降水具有明显的年际和年代际变化特征,已有的研究表明,华北地区旱涝的成因很复杂,它与中高纬大气环流异常有关,同时与热带环流以及季风异常也有很大关系^[3]。华北地区夏季降水在 1965 年前后发生了一次跃变,从 1965 年后我国华北夏季降水明显减少,干旱化趋势明显,这种趋势与北非萨赫勒地区干旱化的趋势相似;我国华北和长江、淮河流域的降水在 80 年代以后有较大的差别:长江、淮河流域从 70 年代末降水明显增多,涝灾增多,而华北和华南地区降水明显比 70 年代少,干旱趋势加重^[4]。华北

地区夏季降水持续减少主要是由于夏季风的减弱,它有明显的 10 年尺度振荡特征^[5]。我国华北地区夏季少雨干旱和多雨湿润的年代际变化特征,在低层和高层的风场都有显著差异,是全球大气环流异常造成的^[6]。华北降水变化与温度场变化有密切关系,暖干、冷湿是 20 世纪 80 年代以来华北地区月气候变化的主导类型,冬春暖(冷)则夏湿(干)多(少)水是 20 世纪 80 年代以来华北地区年气候变化的主要类型^[7]。

华北地区春季和夏季的降水空间及时间分布及大气环流影响等均略有不同,本文将对华北地区春季和夏季降水量的变化规律作一分析,以期加深对这一地区气候变化原因的了解和认识。

2 资料

本文采用的资料为:1) NCEP/NCAR 提供的 1948~2004 年月平均再分析格点资料,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,垂直为 17 层,本文分析涉及的大气变量为位势高度资料及风场资料;2) 降水量资料取自国家气候中心分析整理的中国 160 个台站月总降水量从 1951~2003 年共 53 年的资料。本文华北地区降水量资料选取:朝阳、多伦、赤峰、承德、张家口、呼和浩特、包头、北京、天津、石家庄、德州、邢台、安阳、烟台、青岛、潍坊、济南、临沂、菏泽、连云港、徐州、郑州、长治、太原、临汾 25 个气象站。

3 春季的水汽输送特征

3.1 降水量分析

利用华北 25 个代表站 1951~2003 年逐年 3~5 月的降水量代表当年华北春季降水量,以 1951~2003 年春季降水量作为平均值,可以得到华北春季降水量的距平百分率年际变化曲线(图 1)。由图可见,华北春季降水量有明显的年际变化特征,例如 1963、1964、1990、1991 和 1998 年为降水量多的年份,其中降水量最多的 1964 年降水距平百分率达到 100% 以上。华北春季降水量在

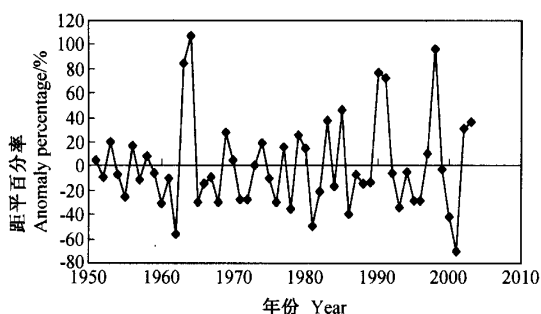


图1 1951~2003年华北春季(3~5月)降水量距平百分率的年变化

Fig. 1 The annual change of precipitation anomaly percentage over North China in spring (MAM) from 1951—2003

1965~1982年偏少,而后呈缓慢稍微增加的趋势,但在2001年又有一个明显减小的年份,另外,在1951~2003年这53年间,华北地区春季降水量距平百分率处于平均线以下的年份有32年,远多于处于平均线以上的年份(20年)。此外,降水偏少年的降水量与平均值相差较小,而降水偏多年的降水量与平均值相差较大。

3.2 EOF分析

为了反映华北地区春季降水量的空间分布特征及其随时间的变化特征,我们把1951~2003年华北春季25个代表站53年降水量资料进行EOF分解,得到的各特征向量的贡献率如表1所示,其中第一特征向量场方差贡献率为48.6%,第二特征向量场的方差贡献率为9.4%,第三特征向量场的方差贡献率为8.5%,前三个特征向量占到了总向量的66.5%,第二、三特征向量场与第一特征向量场相比,方差贡献率迅速减小,说明第一特征向量场反映了异常降水分布的主要特征。从第一特征向量空间分布图(图2a)可以看到,降水的空间分布为全区一致型,这说明从大的环流背景来看,虽然华北春季季节转换明显,南方的暖湿气流北上活跃,但北方的冷空气仍占统治地位,华北春季仍受西北气流控制,具有降水偏多(少)一致性特征。图2b为第一特征向量场的时间系数变化曲线,从图中可看到,时间系数变化曲线与春季降水量距平年变化曲线(图1)极为相似,这说明第一特征向量和春季降水量距平年际变化特征基本上是一致的。

从第二特征向量空间分布(图2c)可看到,

降水的空间分布为东西符号相反型,这种东西异常分布可能与海陆温差有关。随着冬季向夏季的过渡,南方暖湿气流逐渐活跃,对流性降水增加,引起华北降水东西分布的差异,即当华北西部降水偏多时,华北东部降水偏少;当华北西部降水偏少时,华北东部降水偏多。第二特征向量场的时间系数变化曲线如图2d,从中可看到,第二特征向量有明显的年代际变化,时间系数的变化表示了海陆作用差异的演变,即海洋的影响在有些年的作用大,而有些年却是陆上的影响大,1956~1967年华北西部降水偏多,东部降水偏少;1968~1975年华北西部降水偏少,东部降水偏多。第三特征向量由于所占方差较小,在此不做讨论。

3.3 大气环流对华北春季降水异常的影响

因为华北春季的降水量数值相对较小,为了反映华北春季降水量典型年份的大气环流场异常场情况,我们选取华北降水典型旱涝年进行比较分析。根据华北各季农业旱涝等级表^[8]:降水距平百分率大于50%为中涝年,小于-50%的年份为重旱年,由此得出华北春季中涝年为1963、1964、1983、1985、1990、1991和1998年;春季重旱年为1962、1981和2001年。

对华北春季中涝年200 hPa位势高度平均场与重旱年位势高度平均场相减得到合成场差值如图3。从中可以看到欧亚大陆上空为气旋性环流异常场,东亚为反气旋环流异常场,鄂霍次克海为气旋性环流异常场,北太平洋中部为反气旋环流异常场。在朝鲜半岛、日本、渤海、黄海一带的大范围的反气旋环流异常场,使得东亚大槽偏东、偏弱,有效地减弱了经向环流,并使得我国东部地区出现南风异常,有利于偏南气流北上,这种南风异常一直到达华北地区对华北降水提供了有利条件。

从华北春季850 hPa中涝年与重旱年 u 、 v 风场合成流场差值(图4)可清楚地看到,在日本东部一带的异常反气旋环流中心,其底部偏东气流在南海、台湾海峡一带转向向北一直吹到华北,带来较多的水汽,对华北地区湿度距平正值区产生重要作用。由此可见,华北春季降水偏多时期主要的水汽输送方向为东南方向。

表 1 华北春季降水的 EOF 分解的各特征向量的贡献率
Table 1 Accumulation contribution rate of precipitation over North China in spring (MAM) from 1951—2003

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
贡献率 Contribution rate/%	48.6	9.4	8.5	7.0	3.9	3.1	2.6	2.4	2.2	1.8

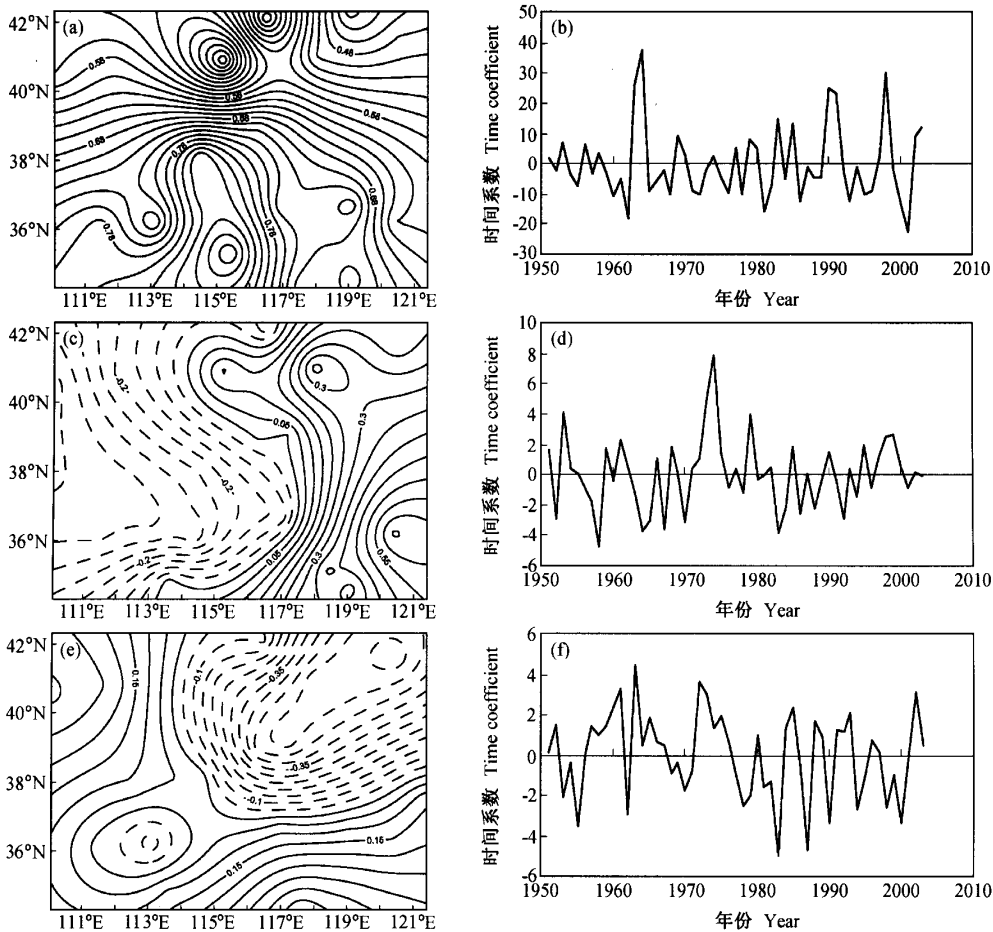


图 2 1951~2003 年华北 (34~42.5°N, 110~12°E) 春季降水量 EOF 分解第一、第二、第三特征向量空间和时间分布
Fig. 2 The first, second, third eigenvector and its time coefficient change of annual precipitation over North China in spring (MAM) from 1951—2003

4 夏季的水汽输送特征

4.1 降水量分析

利用华北 25 个代表站 1951~2003 年逐年 6~8 月的降水量代表当年华北夏季降水量,以 1951~2003 年夏季平均降水量作为平均值,可以得到华北夏季降水量的距平百分率年际变化曲线(图

5),从图上可见华北夏季降水量存在明显的年际变化特征,1953~1964 年华北地区夏季降水量较多,1980~1992 年华北地区夏季降水量较小。与春季降水量距平百分率图对比,在 1965 年夏季出现一个明显的减小现象。

另外,在 1951~2003 年这 53 年间,华北地区夏季降水量距平百分率处于平均线以下的年份有 23 年,与处在平均线以上的年份(29 年)相差不多,这与华北春季的情况不同。

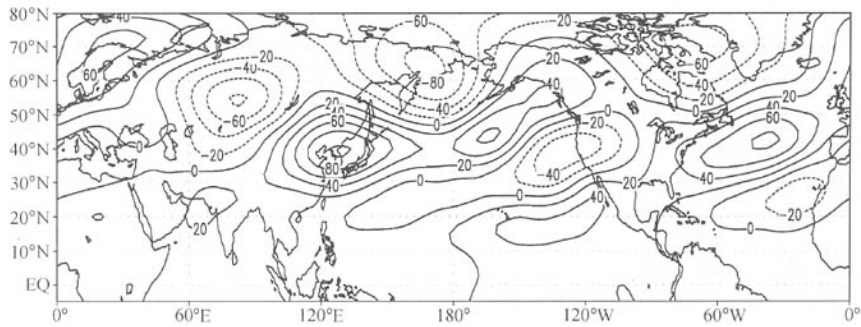


图3 华北春季 200 hPa 中涝年与重旱年位势高度异常场差值 (单位: gpm)
Fig. 3 The D-value of abnormal field at 200 hPa over North China in spring (MAM) about more or less year (units: gpm)

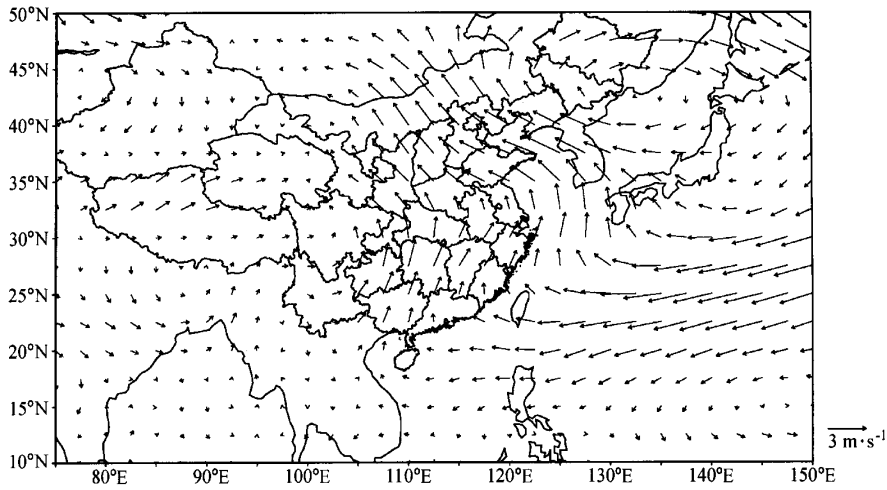


图4 华北春季 850 hPa 中涝年与重旱年 u 、 v 合成流场差值
Fig. 4 The D-value of the synthesis of the wind in longitude and latitude at 850 hPa over North China in spring (MAM) about more or less year

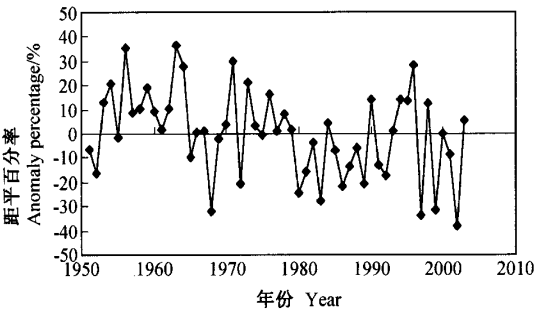


图5 1951~2003 年华北夏季 (6~8 月) 降水量距平百分率的年变化
Fig. 5 The annual change of precipitation anomaly percentage over North China in summer (JJA) from 1951—2003

4.2 EOF 分析

我们把 1951~2003 年华北夏季 25 个代表站 53 年降水量资料进行 EOF 分解, 得到的各特征向量的贡献率如表 2 所示, 其中第一特征向量场方差贡献率为 24.9%, 第二特征向量场方差贡献率为 16.0%, 第三特征向量场方差贡献率为 11.8%。从第一特征向量空间分布图 6a 可以看到, 降水空间分布为全区一致型, 这说明虽然华北夏季季节转换明显, 但从大的环流背景来说, 华北夏季受南方暖湿气流北上活跃的影响, 稳定性降水仍占主要地位 (虽然比重与春季相比减小很多), 当南方暖湿气流活动较多时, 华北全区降水偏多; 当南方暖湿气流活动较少时, 华北全区

降水偏少。由图 6b 看到, 时间系数变化曲线与夏季降水量距平年变化曲线 (图 5) 极为相似, 这说明第一特征向量和夏季降水量距平年际变化特征基本上是一致的。

从第二特征向量空间分布 (图 6c) 可以看到, 降水空间分布为南北符号相反型, 这种南北异常分布表明南方暖湿气流与西北气流相互作用, 当华北南部降水偏多时, 华北北部降水偏少; 反之亦然。第二特征向量的时间系数变

化曲线如图 6d。从图中可以看到华北南部和北部的降水年代际变化并不明显。在 1977~1999 年之间北方降水比南方降水更明显。第三特征向量为东西距平符号相反型, 反映了华北东西部大气环流的差异, 但其时间系数序列的年际变化也不明显。

4.3 大气环流对华北夏季降水异常的影响

华北夏季降水量相对春季的多, 为了反映典型年份大气环流异常场的情况, 我们选取华北夏

表 2 华北夏季降水的 EOF 分解的各特征向量的贡献率
Table 2 Accumulation contribution rate of precipitation over North China in summer (JJA) from 1951—2003

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
贡献率 Contribution rate/%	24.9	16.0	11.8	6.9	5.9	4.7	4.1	3.7	3.0	2.0

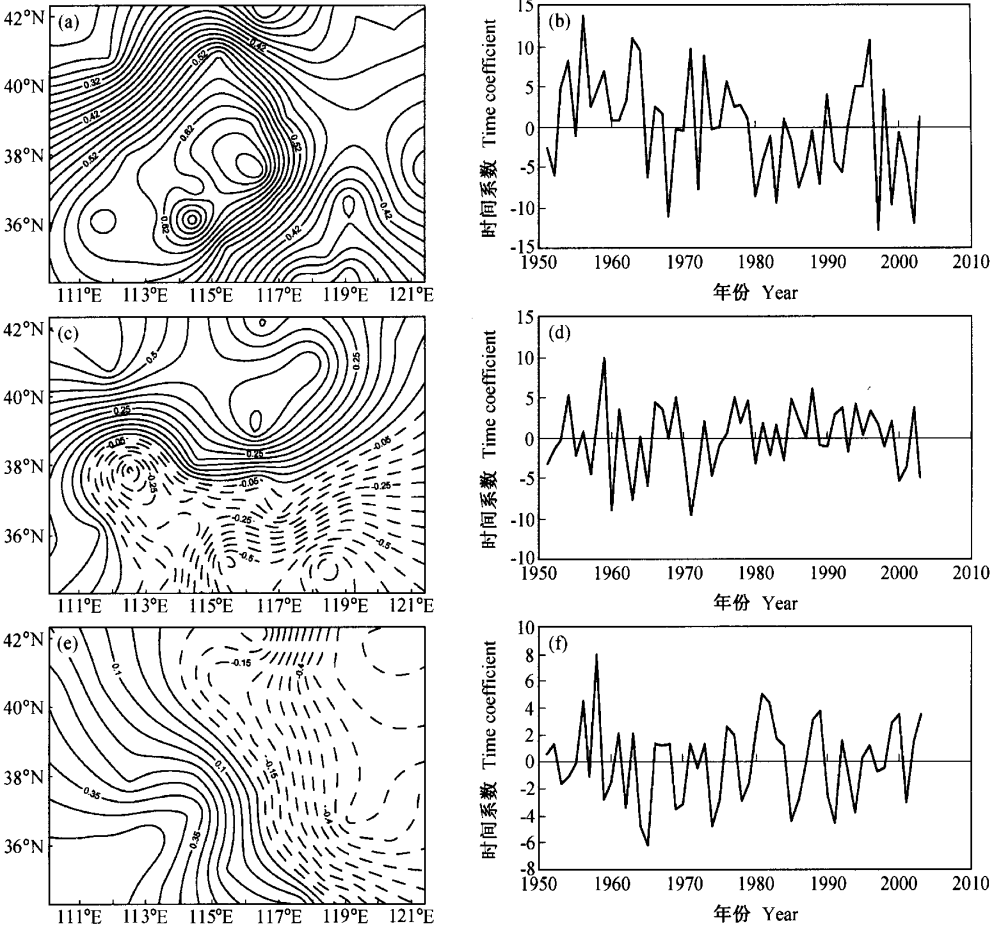


图 6 1951~2003 年华北 (34~42.5°N, 110~120°E) 夏季降水量距平 EOF 分解第一、第二、第三特征向量空间和时间分布
Fig. 6 The first, second, third eigenvector and its time coefficient change of annual precipitation over North China in summer (JJA) from 1951—2003

季典型干湿年份进行比较分析。由文献 [8] 规定降水量距平百分率小于 -25% 为轻旱年份、大于 25% 的年份为偏湿年份，再由华北夏季降水距平百分率变化图得到降水偏湿年份为 1956、1963、1964、1971 和 1996 年；降水轻旱年份为 1968、1980、1982、1997、1999 和 2002 年。

对华北夏季偏湿年 200 hPa 位势高度平均场与轻旱年位势高度平均场相减得到图 7，从中可以看到，在朝鲜半岛、日本、渤海、黄海一带也存在一片大范围的反气旋环流异常场，这与前面分析的华北春季降水在 (25~50°N, 100~160°E) 一带的反气旋环流异常场形式是非常一致的。这说明东亚到鄂霍次克海一带大气环流

的年际变化对华北春季和夏季降水异常的影响非常显著。

从 850 hPa 偏湿年与轻旱年 u 、 v 合成流场差值图 (图 8) 可清楚地看到，影响华北夏季降水偏多的主要水汽输送方向为西南方向。在日本西部一带反气旋环流中心与春季比较，向西南方向移动，受副高西侧西南气流的影响，从印度孟加拉湾携带大量水汽一直吹向华北及东北地区，带来较多的降雨。这与王安宇等^[9]的研究相吻合，他们发现 1978 年前后副热带高压中心值有一个明显的突变，后 20 年与前 20 年相比西太平洋副热带高压的 1 588 dagpm 高度线的西脊点西伸了大约 40 个经度，此时正是华北地区由水汽较多时期过

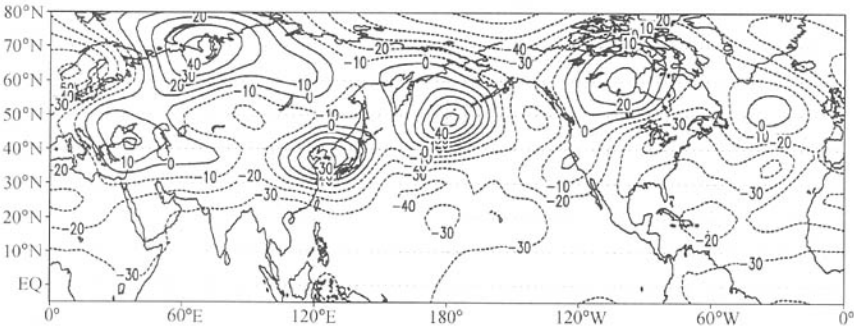


图 7 华北夏季 200 hPa 偏湿年与轻旱年位势高度异常场差值 (单位: gpm)
Fig. 7 The D-value of abnormal field at 200 hPa over North China in summer (JJA) about more or less year (units: gpm)

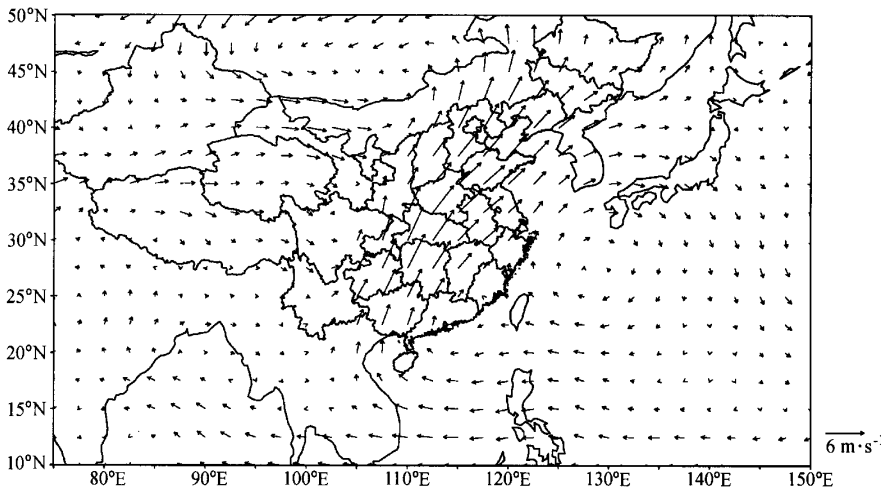


图 8 华北夏季 850 hPa 偏湿年与轻旱年 u 、 v 合成流场差值
Fig. 8 The D-value of the synthesis of the wind in longitude and latitude at 850 hPa over North China in summer (JJA) about more or less year

渡到水汽相对较少时期的转折点。

5 结论

本文通过对华北春季和夏季降水量及与水汽通量、大气环流关系的研究,得到以下结论:

(1) 华北春季降水存在年际变化特征,降水量偏少年远多于偏多年,降水偏少年的降水量与平均值相差较小,而降水偏多年与平均值相差较大。

(2) 华北春季降水量第一特征向量的空间分布为全区一致型,并且,第一特征向量和对应时期的降水量距平百分率变化具有相同的年际和年代际变化特征。

(3) 华北春季中涝年与重早年 200 hPa 位势高度比较得出:在东亚、朝鲜半岛、日本、渤海、黄海一带有一片大范围的反气旋环流异常场,该反气旋环流异常场使得东亚大槽偏东、偏弱,有效地减弱了经向环流,并使得我国东部地区出现南风异常,有利于偏南气流北上,这种南风异常一直到达华北地区对华北降水提供了有利条件。

(4) 华北夏季降水存在明显的年际和年代际变化特征,与春季相比,降水偏多年与偏少年基本相当,夏季降水量在 1965 年出现一个明显的减小现象。

(5) 华北夏季降水量第一特征向量的空间分布为全区一致型,并且,第一特征向量和对应时期的降水量距平百分率变化具有相同的年际和年代际变化特征。

(6) 在 (25~50°N, 100~160°E) 区域内,华北地区夏季和春季 200 hPa 偏湿年减偏干年的环流异常场的形式是非常一致的。这说明东亚到鄂霍次克海一带大气环流的年际变化对华北春季和夏季降水异常的影响显著。

(7) 850 hPa 位势高度上,春季从华北东南方向输送的水汽和夏季从华北西南方向输送的水汽,均给华北带来了大量的降水。

参考文献 (References)

- [1] 张养才, 何维勋, 李也奎. 中国农业气象灾害概论. 北京: 气象出版社, 1991
- [2] 陆日宇. 与华北地区春季降水量异常关联的大气环流异常. 气候与环境研究, 2001, 6 (4): 400~408
- [3] 赵声蓉, 宋正山. 华北汛期旱涝与中高纬大气环流异常. 高原气象, 1999, 18 (4): 535~540
- [4] 黄荣辉, 徐宇红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势. 高原气象, 1999, 18 (4): 465~476
- [5] 王遵亲, 丁一汇, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析. 气象学报, 2004, 62 (2): 228~236
- [6] 周连童, 黄荣辉. 关于我国夏季气候年代际变化特征及其可能成因的研究. 气候与环境研究, 2003, 8 (3): 274~290
- [7] 韦志刚, 董文杰, 范丽军. 80 年代以来华北地区气候和水量变化的分析研究. 高原气象, 1999, 18 (4): 525~534
- [8] 元来福. 华北旱涝与粮食产量变化的分析. 见: 黄荣辉, 郭其蕴, 吴国雄编, 中国气候灾害的分布和变化. 北京: 气象出版社, 1996. 124~131
- [9] 王安宇, 李江南, 樊琦, 等. 20 世纪 70 年代末期夏季亚洲大气环流的突变. 见: 黄荣辉, 李崇银, 王绍武等编, 我

国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究. 北京：气象出版社，2003. 401~406

Wang Anyu, Li Jiangnan, Pan Qi, et al. The discontinuity of atmospheric circulation for Asia in summer in the end of 1970s. In: *The Research of Heavy Climatic Disasters and Its Reason in China* (in Chinese). Huang Ronghui, Li Chongyin, Wang Shaowu, et al. Eds. Beijing: China Meteorological Press, 2003. 401~406