

王宏¹ 余锦华² 陆倩¹ 李宗涛³ 王万筠⁴

河北夏季降水异常的变化及其与环流和海温异常的可能联系

摘要

利用河北省及周边 73 个台站 1961—2010 年夏季降水资料、NCEP/NCAR 再分析资料、NOAA 太平洋海温资料,应用 SVD 等多种统计方法探讨了河北夏季降水异常变化及其与环流和同期及前期太平洋海表温度异常(SSTA)的可能联系.研究表明:河北省夏季降水异常存在全省一致和东北—西南相反两种模态;夏季欧亚地区 500 hPa 高度场表现为从西到东的负、正、负、正的遥相关型时,河北降水偏多,最明显的区域主要位于河北省的东部;夏季东北部多雨、其他地区(保定、邢台和衡水)干旱与北太平洋 SSTA 的 PDO 正位相、赤道中东太平洋 SSTA 的 El Niño 位相具有较好的耦合关系;最大协方差分析(MCA)的诊断显示,前期冬季北太平洋 SSTA 类似 PDO 正位相且赤道中东太平洋 SSTA 出现 El Niño 型态,对河北省夏季多雨(尤其是东北部地区)的预测具有较好的指示意义.夏季 850 hPa 上在我国东部地区表现出明显的偏北(南)风距平,不(有)利于南方暖湿水汽向北的输送,是造成河北夏季降水异常少(多)的主要因素.

关键词

河北夏季降水异常;时空型态;500 hPa 高度场;太平洋海温异常

中图分类号 P466

文献标志码 A

收稿日期 2014-02-21

资助项目 公益性行业(气象)科研专项(GYH Y201006016)

作者简介

王宏,女,硕士,高级工程师,主要从事天气预报、短期气候预测.whlzqld@sina.com

1 承德市气象局,承德,067000

2 南京信息工程大学 大气科学学院,南京,210044

3 河北省气象局,石家庄,050021

4 天津市滨海新区气象局,天津,300457

0 引言

河北省位于华北地区的东北部,地形十分复杂,境内有高原、山地、盆地和平原,属于温带大陆性季风气候区域,为东亚夏季风北部边缘地带.受东亚季风的影响,河北降水集中出现在夏季,夏季降水约占全年降水量的 71%左右.史印山等^[1]研究认为东亚夏季季风强度和河北省夏季降水呈正相关,当夏季季风增强(减弱)时,河北省夏季降水偏多(少)的可能性大.

正确地认识华北地区的旱、涝规律和异常特征具有重要意义^[2].孙国荣等^[3]对华北夏季旱涝的云量和大气环流特征进行了分析,认为低云云量在旱、涝年的变化趋势相反,除高层云外其余各类云在涝年的降水概率大于旱年.史印山等^[4]分析表明,华北地区夏季旱、涝年份对应的高空环流存在显著性的差异.这种差异不仅存在于同期,而且前期也有反映,尤其是 2、3 月表现更为明显.孙燕等^[5]发现当年 1—3 月北太平洋中部海区(155°E~155°W,15~35°N)海温异常升高(降低)时,对应当年华北夏季降水偏多(少).唐瑜等^[6]研究认为,青藏高原 4 月感热与华北夏季降水具有较显著的负相关,高关键区位于高原的北部.建军等^[7]、徐忠峰等^[8]指出华北夏季降水与登陆我国台风频数和 100 hPa 东风强度存在着显著的正相关关系.文献[9-10]发现南亚高压的强度及位置对华北夏季降水有影响,南亚高压异常增强(减弱),易造成华北干旱(涝);当年 6 月南亚高压中心位置偏西(东),华北降水偏多(少).张恒德等^[11]则将夏季北极涡与副热带高压联系起来讨论了它们共同对华北夏季降水的影响.最近的研究^[12]还发现,华北地区夏季降水量的持续减少与贝加尔湖地区气旋活动频次持续减少及强度变弱有关.

上述关于华北夏季降水的研究都是针对整个华北地区,分析中只选取了河北省的几个站点,这不能准确代表河北旱涝的真实状况.众多学者对河北旱涝的分布特征^[13-14]及干旱的影响范围^[15]进行了深入研究.王宏等^[16]利用河北省 73 个气象站降水资料对河北省旱涝的变化特征及其相关的海气异常型进行了详细分析,归纳出了河北省旱涝年海温和 500 hPa 平均高度场环流的差异.就目前而言,针对河北夏季旱涝发生时的大气环流及同期、前期海洋因子的异常强迫特

征方面的研究尚不多见.本文利用河北省及周边 73 个站夏季降水资料,对河北夏季降水异常的时空分布特征及其与环流和海温异常的可能联系进行详细的分析,为河北夏季降水预测提供理论依据.

1 资料和方法

资料包括 1961—2010 年河北省 71 个台站及北京、天津站的夏季(6—8 月)逐月的降水资料, NCEP/NCAR 500 hPa 月平均高度场、850 hPa 风场格点资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)以及 NOAA 逐月太平洋海表温度资料(分辨率为 $2.0^{\circ} \times 2.0^{\circ}$).采用 EOF(经验正交函数分解)、SVD^[17](奇异值分解)、Monte Carlo^[18-19](蒙特卡罗检验)、MCA^[20](最大协方差分析)、合成分析等统计方法.

常用的旱涝指标主要有降水距平百分率、湿度指标和 Z 指数等,本文选用了计算简单且能客观反映旱涝的 Z 指数^[21]来表征河北夏季旱涝情况,标准如表 1 所示.

表 1 Z 指数旱涝等级标准

Table 1 Drought and flood grade of Z index

等级	Z 值	类型
1	$Z > 1.645$	重涝
2	$1.037 < Z \leq 1.645$	大涝
3	$0.524 < Z \leq 1.037$	偏涝
4	$-0.524 \leq Z \leq 0.524$	正常
5	$-1.037 \leq Z < -0.524$	偏旱
6	$-1.645 \leq Z < -1.037$	大旱
7	$Z < -1.645$	重旱

2 结果与分析

2.1 河北夏季旱涝出现年份的基本特征

根据计算出的 73 站 1961—2010 年逐年夏季 Z 指数,进行逐年 73 站 Z 指数平均,得到河北区域 1961—2010 年逐年夏季平均 Z 指数.定义平均 Z 指数中夏季重涝、大涝的 1963、1964、1973、1977、1995 和 1996 年为典型雨涝年;夏季重旱、大旱的 1965、1968、1972、1983、1997、1999 和 2002 年为典型干旱年.

2.2 河北夏季降水的空间异常型态

利用 EOF 分析对河北省及周边 73 个台站 1961—2010 年的夏季降水进行展开分析,前 5 个载荷向量的累积方差贡献率达到 74% 以上.第一载荷

向量(图 1a)解释的方差贡献率在 43% 以上,且均为正值,表明河北省夏季降水变化在空间上具有很好的一致性,呈现全省性的干旱或雨涝.空间变化幅度最大中心位于保定的南部,表明该地区是旱涝变化最敏感的区域.全省性的干旱或雨涝表明,河北省夏季旱涝主要受大尺度天气系统和气候背景影响.从相应的时间系数看(图 1b),夏季时间系数从 20 世纪 60 年代到 21 世纪初总体上处于下降趋势中,21 世纪初以来略有上升;20 世纪 60—80 年代末河北省夏季偏涝,而 90 年代中期到目前河北夏季持续偏旱.这 2 幅图反映了河北夏季降水整体呈减少趋势,这与华北地区自 20 世纪 60 年代中期以后,夏季降水呈减少趋势相一致^[22].

第二载荷向量占总方差贡献的 18%(图 1c).从图 1c 上可以看出夏季降水分布具有东北部与西南部反位相变化的特征,特征 0 线从保定—衡水穿过,东北部大值区域在唐山和秦皇岛,南部反向高值区域在邢台和邯郸.形成这种分布是由于影响河北北部和南部的不同天气系统所造成的.河北省处于季风影响的北界附近,东亚夏季风的强弱造成了夏季降水南北间的差异.第二载荷向量对应的时间序列曲线(图 1d)显示从 20 世纪 60 年代初到 70 年代末呈上升趋势,80 年代初至今呈下降趋势.表明 20 世纪 60 年代初到中期、90 年代中期至今,多西南涝东北旱,60 年代中期到 80 年代末期,多东北涝西南旱.

第三载荷向量解释的方差贡献率为 6%,其空间分布(图 1e)主要表现为西北部是正值区,东南部为负值区.正值中心位于保定的东北部,负值中心位于衡水的南部、邢台和邯郸两地区的东部.相应的时间序列中(图 1f),20 世纪 70 年代中期之前河北省西北部偏旱,东南部偏涝;70 年代后期至今河北省西北部偏涝,东南部偏旱.

2.3 河北夏季旱涝与同期环流场异常关系分析

2.3.1 500 hPa 高度场异常型态与河北夏季降水异常的关系

以 1961—2010 年东北半球 500 hPa 位势高度距平场为左场,河北区域 73 个台站夏季降水距平场为右场,进行 SVD 分析.结果表明第一对模态的协方差贡献率达 54% 以上,通过了 $\alpha = 0.01$ 的蒙特卡罗显著性检验.

从图 2a 可看出,负相关区位于亚洲中纬度贝加尔湖南部、欧洲东南部及 $30^{\circ}N$ 以南的广大区域,中心区域的相关系数为 -0.4,达到 0.005 显著性水平.

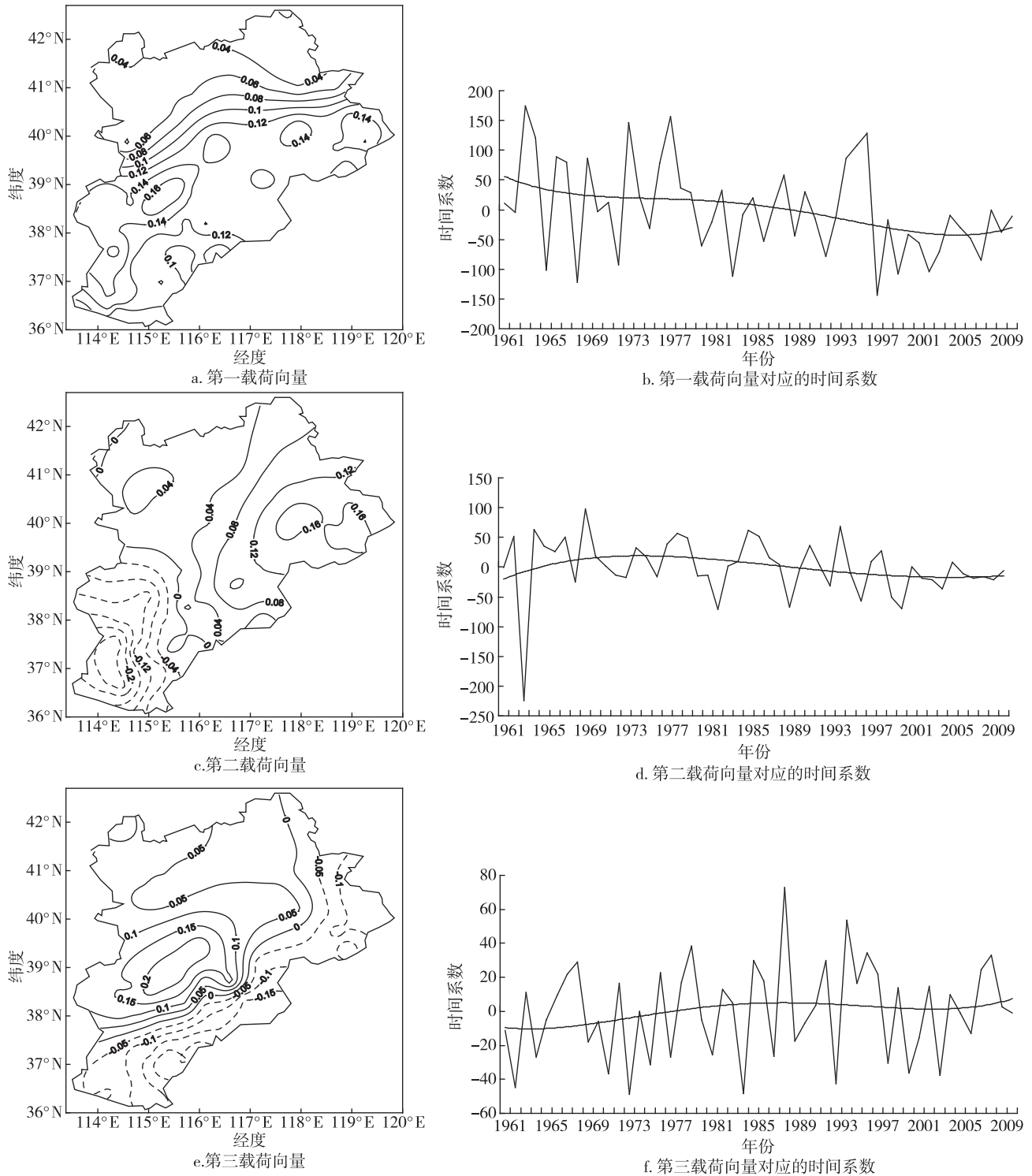


图1 河北夏季降水的第一、第二、第三载荷向量及其对应的时间系数序列
(时间系数缩小10倍)和四次多项式拟合曲线

Fig. 1 The first (a,b), second (c,d), and third (e,f) loading eigenvectors and their corresponding temporal coefficients (reduced by 10 times) and quartic polynomial fitting curves of summer precipitation in Hebei

正相关区位于极地、日本海到西北太平洋区域,中心区域的相关系数较小,未通过显著性检验.该空间分

布型最显著的特点是,欧亚地区中高纬从西到东呈现负、正、负、正的波列分布.图 2b 表现为全省一致

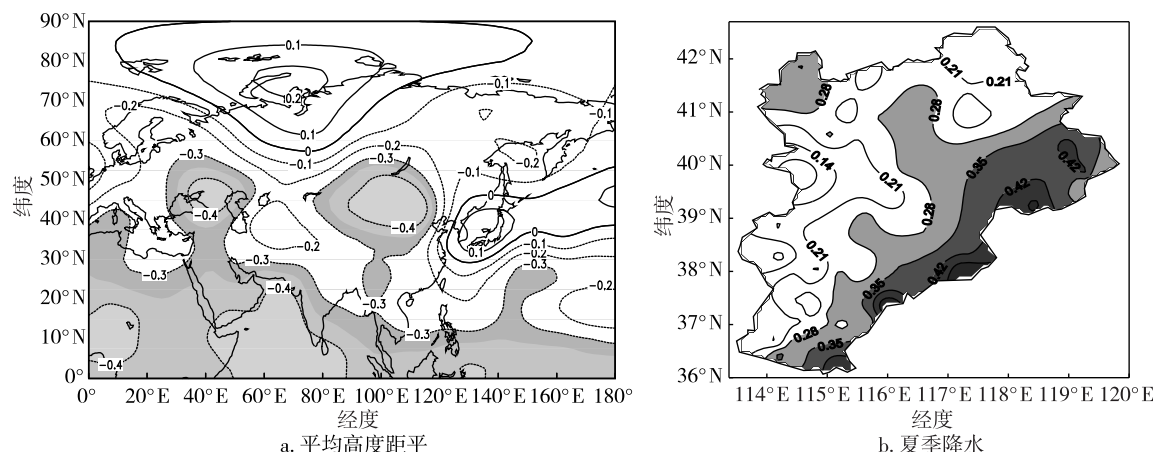


图2 500 hPa 平均高度距平场与夏季降水 SVD 分析第一对模态的异性相关系数 (阴影区表示通过 95% 置信水平检验区域)

Fig. 2 Heterogeneous correlative coefficients of the first mode of SVD for 500 hPa height anomaly fields in summer(a) and summer precipitation(b)

的正相关,大值区出现在河北省的东部及张家口的坝上地区.贝加尔湖南部的负异常使得华北低槽加深,欧亚地区中高纬度经向环流加强,冷空气活动频繁.日本海到西北太平洋区域的正异常有利于副高加强.低槽加深与副高加强共同造成的强位势梯度有利于南方暖湿气流向北输送.冷暖空气的交汇使得河北省出现雨涝,河北省的东部及张家口的坝上地区表现最明显.

2.3.2 典型干旱年、雨涝年 500 hPa 平均位势高度距平场合成分析

夏季典型干旱年(图 3a),500 hPa 平均位势高度距平场负距平的中心位于新地岛的东部,正距平的中心主要位于欧洲中北部、亚洲中纬度贝加尔湖南部.中纬度贝加尔湖以南的中国北方有正距平区,其东部为弱的负距平区,说明华北受异常偏北气流控制,受下沉气流的影响使得河北夏季干旱;夏季典型雨涝年(图 3b),负距平的中心位于中西伯利亚和欧洲的东部,欧洲的东北部存在正距平中心.我国北方地区为负距平区,贝加尔湖附近有负异常区,日本海为正异常.贝加尔湖的负异常使贝加尔湖到我国华北的低槽加深,冷空气活动频繁,同时南方西南暖湿气流向北输送,华北地区处在槽的东南部,冷暖空气交汇,使河北省出现雨涝.

2.3.3 典型旱涝年份 850 hPa 流场特征

夏季典型干旱年(图 4a),蒙古到我国大陆出现反气旋环流异常,而东海及西北太平洋分别存在气旋性环流和反气旋性环流异常,表明干旱年华北大

陆高压加强,副热带高压加强且其位置偏东、偏南.我国东部的偏北风距平与东海附近存在的气旋性环流和北部的偏北风距平在江淮流域合并加强且一直延续到中南半岛,阻碍了南方暖湿气流向华北输送,夏季风偏弱,造成该地区降水偏少,河北出现旱年.夏季典型雨涝年(图 4b),巴尔克什湖北部、西北太平洋存在气旋性环流异常,日本海、东北及黄海存在反气旋性环流异常,蒙古国南部到我国内蒙中部存在气旋性环流异常,其南侧偏西气流异常与从江南向北伸展的西南气流异常在河北地区相遇,不仅为该地区输送了充沛的水汽,而且也加强了这个地区的对流活动,促使降水偏多.强的西南季风异常从南海地区一直深入我国东部大陆直达东北地区,我国东部地区处在强季风控制之下,华北地区也被一致的偏南气流覆盖,有利于水汽的输送.

2.4 河北夏季旱涝与同期及前期太平洋海温场关系分析

2.4.1 河北夏季降水与同期太平洋海温场异常的可能联系

以 1961—2010 年北太平洋(120°E~90°W, 20°S~60°N)海温异常(SSTA)场为左场,河北及周边 73 站夏季降水距平场为右场,进行 SVD 分析,第一模态的协方差贡献率达 51%,通过了 $\alpha=0.01$ 的蒙特卡罗显著性检验.为了更好地揭示北太平洋海温对河北夏季降水的控制作用,海温场采用同性相关系数,夏季降水距平场采用异性相关系数.

从图 5a 海温场的空间分布型看出,海温场大致

呈现西北—东南反相的分布型态,负相关区位于西

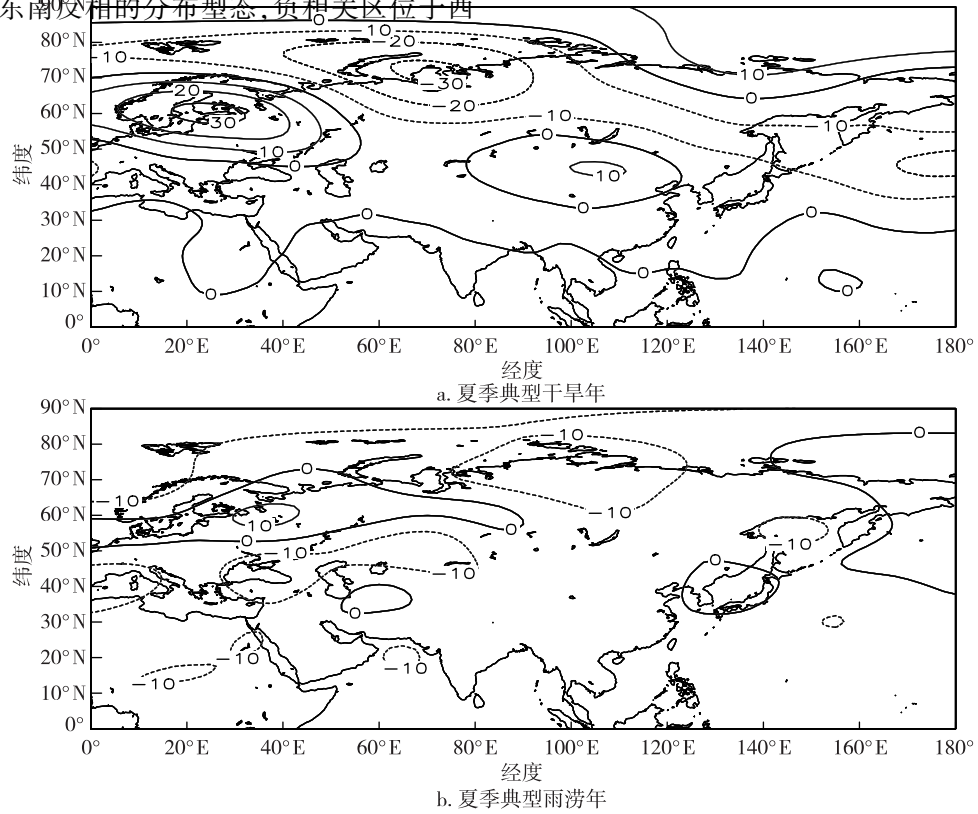


图3 夏季典型干旱年、雨涝年 500 hPa 平均位势高度距平成(单位:gpm)

Fig. 3 Composition of mean 500 hPa geopotential height anomaly in typical drought(a) and flood(b) summer(unit: gpm)

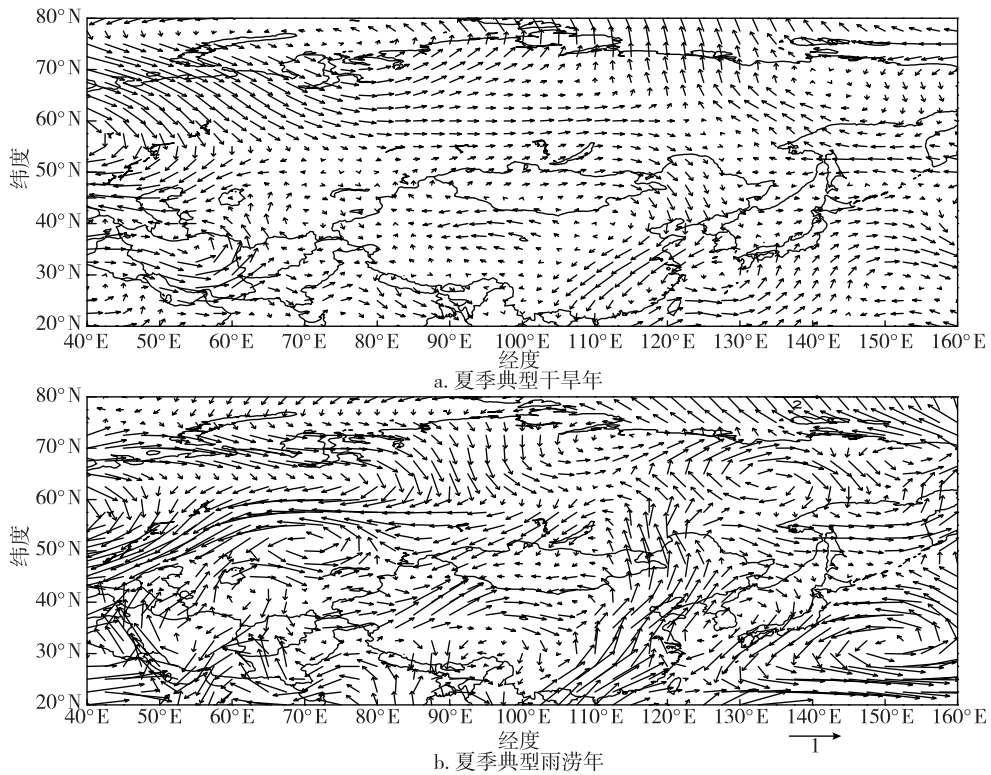


图4 夏季典型干旱年、雨涝年 850 hPa 风矢量距平成(单位:m/s)

Fig. 4 Composition of 850 hPa wind vector anomaly in typical drought(a) and flood(b) summer(unit: m/s)

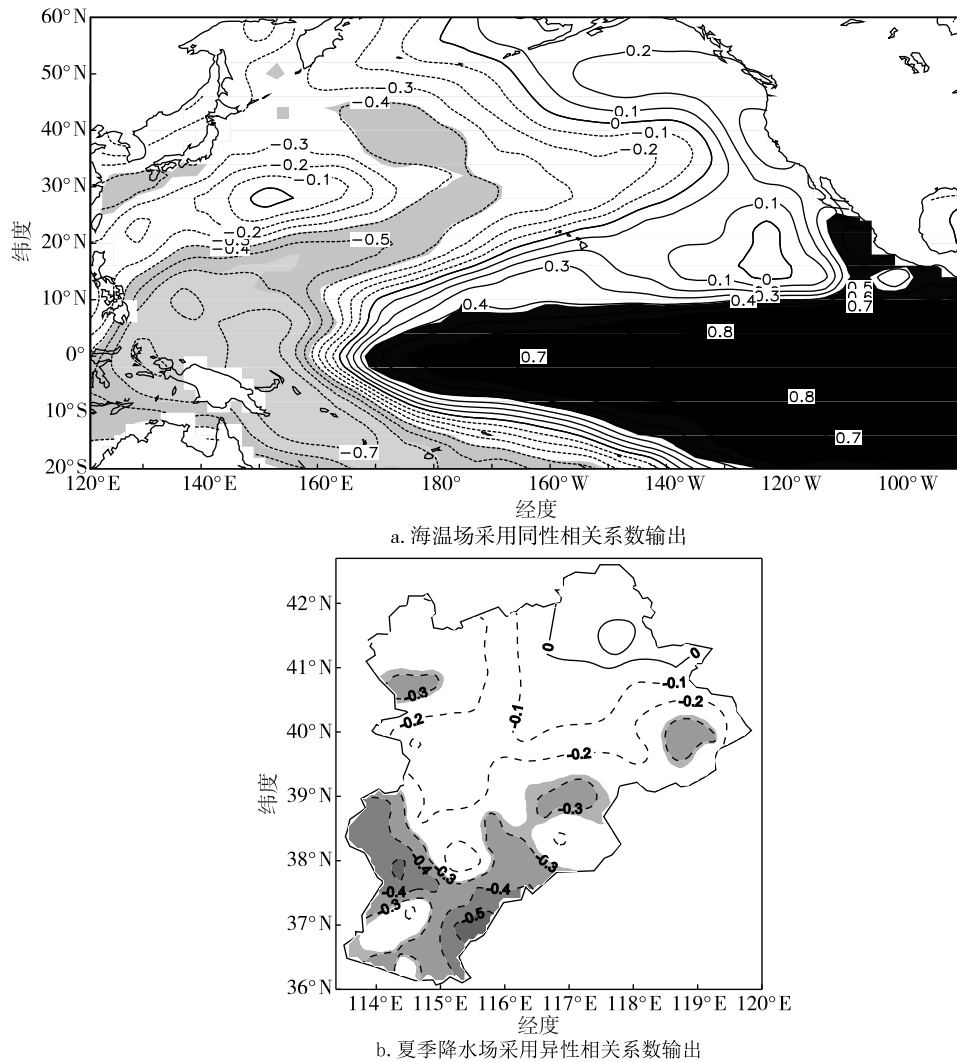


图5 太平洋海温距平场与夏季降水 SVD 分析第一模态的分布(阴影区表示通过 95% 置信水平检验区域)

Fig. 5 The first mode of SVD between SSTA over the Pacific Ocean in summer and summer precipitation (shaded areas are significant at the confidence level of 95%) (a) SSTA in summer is expanded for homogeneous correlation pattern; (b) summer precipitation is expanded for heterogeneous correlation pattern

北太平洋、赤道西太平洋及其向东南方向延伸到大洋洲中部的广大海域,中心区域的相关系数为-0.7。其他海域为正相关区,中心区域的相关系数为0.8,正负相关系数均达到0.001显著性水平。北太平洋的分布形态类似PDO(太平洋海温年代际振荡)遥相关型分布,赤道中东太平洋的分布形态类似El Niño模态。夏季降水的空间分布型(图5b):河北省的东北部为正相关,正相关区未通过0.05的显著性检验;其他区域为负相关,高值区位于保定的西部及邢台和衡水两地区的东部,相关系数为0.4,达到0.005的显著性水平。左右场模态时间系数的相关系数为0.48,为显著正相关。当菲律宾东部及东南部附近海域海温异常偏低,赤道中东太平洋海温异常偏

高,河北省的东北部夏季降水偏多,而河北省的其他地区降水偏少,保定的西部及邢台和衡水两地区的东部表现最明显;反之,亦然。

2.4.2 夏季典型旱涝年 SSTA 合成分析

夏季典型旱涝年太平洋海温场分布存在显著差异。典型干旱年(图6a)北太平洋中、东部海域为负距平区,而典型雨涝年(图6b)北太平洋中部为正距平区,西南部为负距平区;典型干旱年赤道中东太平洋海温异常偏高,特别是Nino 3区,比平均年份偏高1.4℃,而雨涝年则相反,该区比平均年份偏低1.0℃以上。可见夏季赤道中东太平洋海温异常对河北夏季旱涝有重大影响。

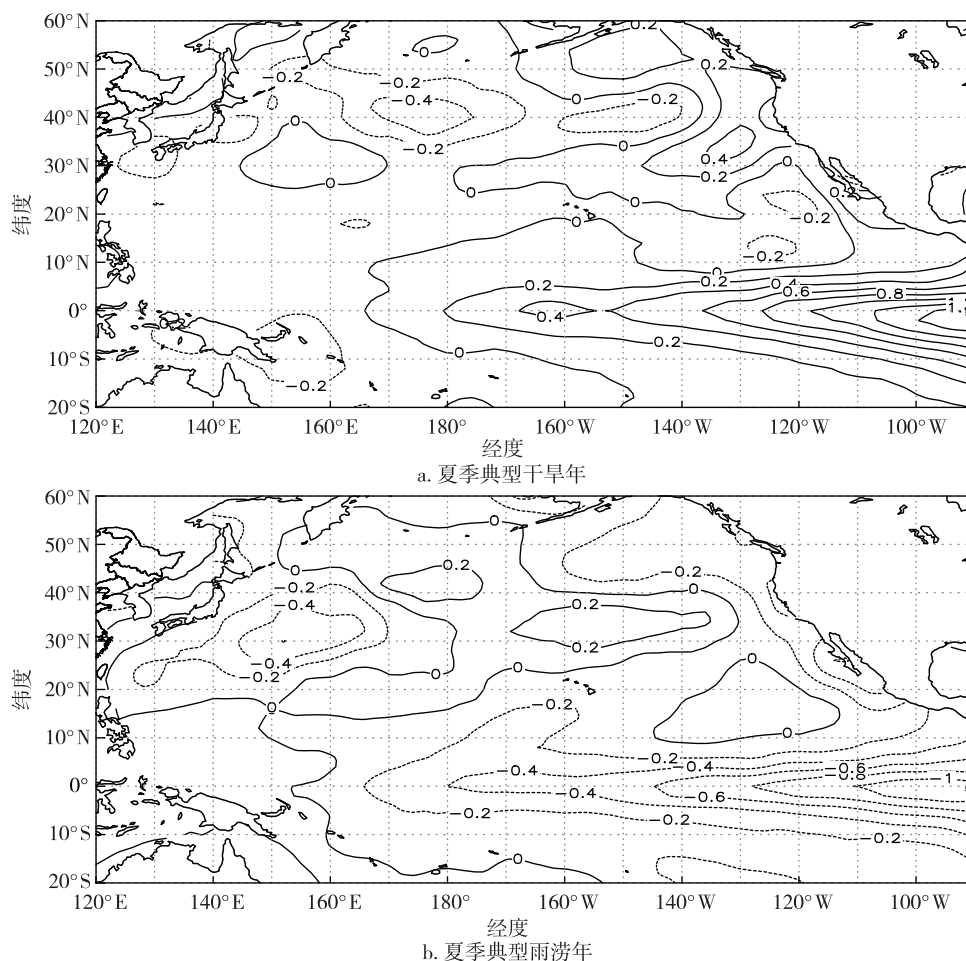


图6 夏季典型干旱年和典型雨涝年太平洋海温距平场合成(单位:°C)

Fig. 6 Composition of SSTA of the Pacific Ocean in typical drought(a) and flood(b) summer(unit:°C)

2.4.3 河北夏季降水与前期冬季太平洋海温场异常的联系

以1961—2010年前期冬季的太平洋(120°E~90°W, 20°S~60°N) SSTA为左场,河北及周边73站夏季降水距平场为右场,进行SVD分析,第一对模态方差贡献在52%以上,从第一对模态的相关系数分析看,相关系数达到了0.43以上,通过了0.002的显著性水平。

从图7a海温场的空间分布型态可以看出,负相关区位于北太平洋的中西部向西南延伸到赤道西太平洋的广大海域,其他区域为正相关区。北太平洋的分布型态类似PDO遥相关型分布,赤道中东太平洋的分布型态类似El Niño模式。夏季降水的空间分布型表现为全省一致的正相关(图7b),高值区位于承德,相关系数为0.38,达到0.01的显著性水平。由两场空间分布型可看出,当前期冬季赤道中东太平洋的海温型态呈现出El Niño型分布,北太平洋海温

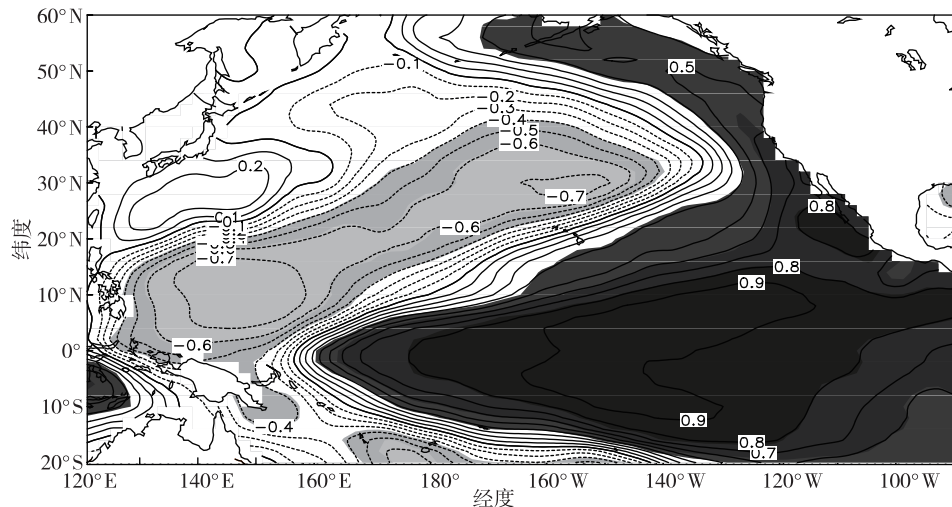
的分布型态出现PDO分布型时,河北省夏季降水偏多,承德表现最明显;反之,亦然。

3 结论

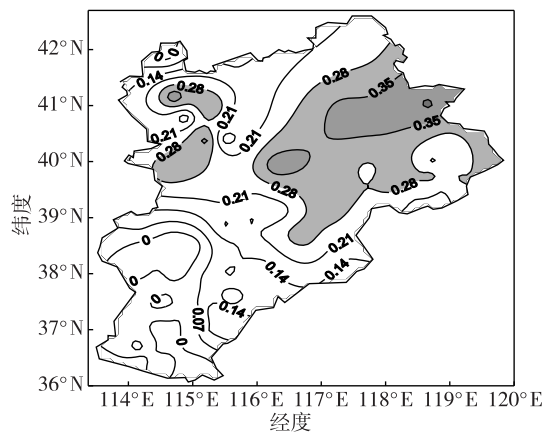
1)全省一致干旱(雨涝)是河北省夏季旱涝的主要空间分布特征,其次是东北涝(旱)西南旱(涝)的东北—西南相反分布型。

2)夏季欧亚地区500 hPa高度距平场表现为从西到东的负、正、负、正纬向型排列的异常波列分布时,河北降水偏多,最明显的区域主要位于河北省的东部。

3)欧亚中高纬位势高度异常直接影响着河北夏季降水的异常,早年500 hPa平均位势高度在中纬度贝加尔湖以南的中国北方地区为异常正距平控制,贝加尔湖槽及华北上空槽变浅,纬向环流加强,华北地区处在蒙古高压脊区;涝年贝加尔湖附近为负异常区控制,贝加尔湖到我国华北的低槽加深,以



a. 海温场采用同性相关系数输出



b. 夏季降水场采用异性相关系数输出

图7 前期冬季太平洋海温距平场与夏季降水SVD分析第一模态的分布(阴影区表示通过95%置信水平检验区域)

Fig. 7 The first mode of SVD between summer precipitation and SSTA over the Pacific Ocean in previous winter (shaded areas are significant at the confidence level of 95%) (a) SSTA in previous winter is expanded for homogeneous correlation pattern; (b) summer precipitation is expanded for heterogeneous correlation pattern

经向环流为主,冷空气活动频繁,华北地区处在槽的东南部。

4) 夏季旱涝年 850 hPa 风场存在明显的差异,干旱年在我国东部地区表现为异常的北风距平,阻断了暖湿水汽向华北的输送;雨涝年在我国东部地区出现了偏南风距平,有利于南方暖湿水汽向华北输送。

5) 当北太平洋 SSTA 为 PDO 模态,赤道中东太平洋 SSTA 为 El Niño 型时,河北省的东北部降水偏多,而其他地区降水偏少,石家庄及邢台和邯郸两地区的东部表现最明显;反之,亦然。

6) 前期冬季的 SSTA 场对河北省夏季降水有很好的预报意义。当前期冬季北太平洋海温的分布型态出现 PDO 分布型,赤道中东太平洋的分布型态出

现 El Niño 分布型时,河北省夏季多雨,东北部地区表现最明显。

参考文献

References

- [1] 史印山,池俊成,孔凡朝.东亚季风强度变化对河北省气候的影响[J].气象科技,2007,35(1):49-51
SHI Yinshan, CHI Juncheng, KONG Fanchao. Influence of East-Asia monsoon intensity change on climate in Hebei province [J]. Meteorological Science and Technology, 2007, 35(1): 49-51
- [2] 邵小路,姚凤梅,张佳华,等.华北地区夏季旱涝的大气环流特征诊断[J].干旱区研究,2014,31(1):131-137
SHAO Xiaolu, YAO Fengmei, ZHANG Jiahua, et al. General circulation over North China in drought and flood summers [J]. Arid Zone Research, 2014, 31(1): 131-137

- [3] 孙国荣,李韵英,高翠翠,等.华北夏季旱涝的云量和大气环流特征[J].气象与减灾研究,2015,38(2):16-21
SUN Guorong, LI Yunying, GAO Cuicui, et al. Characteristics of cloudiness and general circulation over North China in drought and flood summers[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 2015, 38(2): 16-21
- [4] 史印山,姚学祥,杨晓亮,等.华北夏季旱涝的特征分析[J].气象科学,2008,28(4):377-383
SHI Yinshan, YAO Xuexiang, YANG Xiaoliang, et al. Characteristic analysis of unusual summer precipitation in North China[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2008, 28(4): 377-383
- [5] 孙燕,王谦谦,钱永甫,等.华北地区夏季降水与全球海温异常的关系[J].高原气象,2006,25(6):1127-1138
SUN Yan, WANG Qianqian, QIAN Yongfu, et al. Relation between the summer rainfall anomalies in North China and the global SSTA[J]. Plateau Meteorology, 2006, 25(6): 1127-1138
- [6] 唐瑜,余锦华.青藏高原地表感热与华北夏季降水的相关分析[J].气象科学,2008,28(2):418-425.
TANG Yu, YU Jinhua. A study on the correlation between Tibetan Plateau surface sensible heating and the precipitation over North China during rainy season[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2008, 28(2): 418-425
- [7] 建军,余锦华.登陆我国台风与华北夏季降水的相关[J].南京气象学院学报,2006,29(6):819-826
JIAN Jun, YU Jinhua. Relation between landfalling typhoons and summer precipitation over North China[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2006, 29(6): 819-826
- [8] 徐忠峰,钱永甫.热带地区 100 hPa 东风气流的气候效应(II):与华北夏季降水的关系[J].高原气象,2005,24(4):570-575
XU Zhongfeng, QIAN Yongfu. Climatic effects of 100 hPa easterly air flow in tropical (II): Its relationship with summer rainfall in North China[J]. Plateau Meteorology, 2005, 24(4): 570-575
- [9] 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):68-74
HUANG Yanyan, QIAN Yongfu. Relationship between South Asian High and characteristic of precipitation in mid-and lower-reaches of Yangtze River and North China[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(1): 68-74
- [10] 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
HUANG Ying, QIAN Yongfu. Relationships between South Asian High and summer rainfall in North China[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(6): 602-607
- [11] 张恒德,金荣花,张友妹.夏季北极涡与副热带高压的联系及对华北降水的影响[J].热带气象学报,2008,24(4):417-422
ZHANG Hengde, JIN Ronghua, ZHANG Youshu. Relationships between Summer Northern Polar Vortex with subtropical high and their influence on precipitation in North China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2008, 24(4): 417-422
- [12] 徐康,祝从文,何金海.近 50 年环贝加尔湖区变暖对中国华北夏季降水的影响机理[J].高原气象,2011,30(2):309-317
XU Kang, ZHU Congwen, HE Jinhai. Impact of the surface air temperature warming around Lake Baikal on trend of summer precipitation in North China in the past 50 years[J]. Plateau Meteorology, 2011, 30(2): 309-317
- [13] 车少静,李春强,申双和.基于 SPI 的近 41 年(1965—2005)河北省旱涝时空特征分析[J].中国农业气象,2010,31(1):137-143
CHE Shaojing, LI Chunqiang, SHEN Shuanghe. Analysis of drought-flood spatial-temporal characteristics based on Standard Precipitation Index (SPI) in Heibe province during 1965-2005[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2010, 31(1): 137-143
- [14] 邵晓梅,刘劲松,许月卿.河北省旱涝指标的确定及其时空分布特征研究[J].自然灾害学报,2001,10(4):133-136
SHAO Xiaomei, LIU Jinsong, XU Yueqing. Determination of drought-flood index and its temporal and spatial distribution in Hebei province [J]. Journal of Natural Disasters, 2001, 10(4): 133-136
- [15] 阮新,刘学锋,李元华.河北省近 40 年干旱变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2008,22(1):50-53
RUAN Xin, LIU Xuefeng, LI Yuanhua. Drought climate changes in Hebei province during 1961-2000[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(1): 50-53
- [16] 王宏,余锦华,王万筠,等.河北省旱涝的变化特征及其相关的海气异常型分析[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2013,5(6):487-493
WANG Hong, YU Jinhua, WANG Wanjun, et al. Variability of drought/flood in Hebei province and associated atmospheric and oceanic pattern analysis [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2013, 5(6): 487-493
- [17] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].2版.北京:气象出版社,2007:160-169
WEI Fengying. Modern climate statistic diagnosis and prediction technology[M]. 2nd ed. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 106-169
- [18] 施能.气候诊断研究中 SVD 显著性检验的方法[J].气象科技,1996(4):5-6
SHI Neng. Method of SVD Significance test used in climatic logical diagnosis and research[J]. Meteorological Science and Technology, 1996(4): 5-6
- [19] 施能,魏凤英,封国林,等.气象场相关分析及合成分析中蒙特卡洛检验方法及应用[J].南京气象学院学报,1997,20(3):355-359
SHI Neng, WEI Fengying, FENG Guolin, et al. Monte Carlo test used in correlation and composite analysis of meteorological fields[J]. Journal of Nanjing Institution of Meteorology, 1997, 20(3): 355-359
- [20] Czaja A, Frankignoul C. Observed impact of Atlantic SST anomalies on the North Atlantic oscillation[J]. Journal of Climate, 2002, 15(6): 606-623
- [21] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等.我国单站旱涝指标确定

- 和区域旱涝级别划分的研究[J].应用气象学报, 1997,8(1):26-33
- JU Xiaosheng, YANG Xianwei, CHEN Lijuan, et al. Research on determination of station indexes and division of regional flood/drought grades in China [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1997, 8(1): 26-33
- [22] 郝立生, 闵锦忠, 姚学祥. 华北和印度夏季风降水变化的对比分析[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(5): 271-275
- HAO Lisheng, MIN Jinzhong, YAO Xuexiang. Comparison of summer monsoon rainfall changes between North China and India [J]. Advances in Climate Change Research, 2007, 3(5): 271-275

Summer precipitation anomaly in Hebei province and its relationship with the circulation and the Sea Surface Temperature Anomaly

WANG Hong¹ YU Jinhua² LU Qian¹ LI Zongtao³ WANG Wanjun⁴

1 Chengde Meteorological Bureau, Chengde 067000

2 School of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

3 Hebei Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050021

4 Meteorological Service in Binhai New District of Tianjin, Tianjin 300457

Abstract Based on monthly summer precipitation data during 1961–2010 from 73 meteorological stations in Hebei province and its vicinity, as well as the NCEP/NCAR reanalysis data and NOAA sea surface temperature (SST) data over the Pacific Ocean during the same and earlier period, the spatial and temporal variations of summer precipitation anomaly in Hebei province and its possible relationship with the circulation and Sea Surface Temperature over the Pacific Ocean are analyzed by using statistic analysis methods including Singular Value Decomposition (SVD). Results indicate that the uniformly drought/flood is the most common pattern for the spatial distribution of summer rainfall in Hebei, and the second pattern is a seesaw of drought/flood between southwestern and northeastern regions. When the 500 hPa height field in the middle and high latitudes of Eurasian region in summer is distributed as negative, positive, negative and positive teleconnection pattern from west to east, the precipitation of Hebei is above normal with the most sensitive areas in the eastern part of Hebei. The pattern of rainy in northeastern Hebei and drought in other regions (Baoding, Xingtai and Hengshui) has a good coupling relationship with the positive phase of PDO distribution over North Pacific SSTA and the El Niño distribution over the Equatorial Central-eastern Pacific SSTA, which is also revealed by Maximum Covariance Analysis diagnosis. A distinct north/south wind anomaly in the wind field of 850 hPa over eastern area of China is presented in drought/flood summers of Hebei.

Key words precipitation anomaly in summer of Hebei province; spatial/temporal patterns; 500 hPa height field; the sea surface temperature anomaly over the Pacific Ocean