

王宏¹ 张桂香² 李树丛³ 余锦华⁴ 陆倩¹

河北春秋季节降水异常与对流层中低层环流的可能联系

摘要

利用河北省及周边 73 个台站 1961—2010 年春季、秋季降水资料及 NCEP/NCAR 再分析资料,应用 SVD 等多种统计方法探讨了河北春秋季节降水异常变化及其与对流层中低层环流的可能联系.研究表明:河北省春秋季节降水异常存在全省一致和南—北相反两种模式.春季,当 500 hPa 平均高度场上东西伯利亚海出现负异常,我国东北地区到日本海为正异常时,河北春季大部分地区降水偏多(石家庄表现最明显);反之,河北春季大部分地区降水偏少.秋季,当欧洲的西北部 500 hPa 平均高度场为负异常时,河北大部秋季降水偏少(中部表现最明显);反之,河北秋季降水偏多.春秋季节干旱的出现与贝加尔湖阻高(或高脊)及东亚大槽偏强有关.850 hPa 偏南风减弱是导致春秋季节干旱的重要原因.

关键词

春秋季节降水;异常;环流场;河北

中图分类号 P466

文献标志码 A

收稿日期 2014-06-13

资助项目 公益性行业(气象)科研专项(GYHY 201006016);河北省气象局科研项目(15zc10)

作者简介

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

1 河北承德市气象局,承德,067000

2 河北丰宁县气象局,丰宁,068350

3 河北滦平县气象局,滦平,068250

4 南京信息工程大学 大气科学学院,南京,210044

0 引言

近年来北半球大气温度总体呈上升趋势,气候变暖导致干旱发生频次加大,因此我国北方地区干旱的气候成因受到了广泛关注^[1-2].关于西北和华北干旱的特征及气候成因,国内专家做过许多工作.任朝霞等^[3]通过分析西北干旱区 21 个代表站的资料,发现该区域气温、降水呈上升趋势,极端最低(最高)温度的天数呈减小(增加)趋势.宋连春等^[4]、张存杰等^[5]发现,近年来季风边缘的西北东部降水呈减少趋势.钱正安等^[6]在分析西北地区干旱灾害的气候成因时指出,高原地形是干旱形成的主要因素.高庆九等^[7]对华北夏季降水、东亚夏季风年代际变化特征及大气环流异常进行了研究,发现了一些有意义的结果.黄荣辉^[8]研究表明,华北持续干旱与亚洲季风的减弱和东亚大气环流的年代际变化有密切关系.魏凤英等^[9]分析认为,华北地区干旱期和多雨期间的大气环流和海温变化存在趋势性差异,干旱不仅与西风带环流有关,也与副热带高压的异常变化有关.郝立生等^[10]通过对气温、气压、湿度变化以及大气环流、季风环流形势的合成对比,研究了环流变化特征对华北地区夏季降水减少的原因.梁平德等^[11]根据华北历史上几个重旱年逐月图,综合得到了华北夏季干旱年东亚地区大气环流异常的 3 种基本环流型.荣艳淑等^[12]对华北持续性干旱气候进行了诊断分析,认为冬季东亚大槽持续偏弱,夏季贝加尔湖地区高压又持续偏高,东亚夏季风持续偏弱,西太平洋副热带高压持续偏东等的综合作用,引起了华北地区这一阶段持续性干旱.

河北省地处华北平原的东北部,由于特殊的地理位置,致使南北气候差异较大.受东亚季风影响,降水南多北少,夏季多、春秋少,冬季最少,且年际变率大,干旱发生的频次、范围和危害程度,均超过了其他气象灾害,为河北主要气象灾害之一.河北春季素有“十年九旱”之说,春旱不仅造成人畜用水困难,而且对当地的社会经济发展产生了重大影响.就农业来说,春季降水至关重要,春季干旱会制约冬小麦的生长、春季作物的播种.秋季连接夏季和冬季,是降水由多转少的过渡季节,虽然降水量次于夏季,但若出现干旱,连接本来就降水稀少的冬季,很容易产生秋冬季连旱,如 2009/2010 年西南大旱就是从 2009 年秋季开始的^[13].黄山江等^[14]认为,西北地区春季降水有明显的准 3 a 振荡周期,同时春季多雨或少雨与 500 hPa 高度场和副热带高压的位置、强弱等有关.方建刚等^[15-16]对陕西春季干旱年的 500 hPa

环流特征及干旱年和多雨年的环流特征进行了分析,发现陕西春季干旱年 500 hPa 环流形势表现为欧亚中高纬度距平场纬向呈现“+-”分布,而多雨年乌拉尔山和日本海为正距平,鄂霍次克海和威海、里海为负距平,欧亚中、高纬度距平场呈反位相分布.沙天阳等^[17]对我国西南东部秋季干旱的环流特征及其成因进行了分析,认为苏门答腊—西太平洋和东太平洋海温呈现“+-”异常分布,同时在南海及孟加拉湾附近激发出异常气旋性环流造成西南地区东部的干旱.张顾炜等^[18]对西南地区秋季干旱的年代际转折及其可能原因进行了分析,得出了许多有意义的结论.王秀文等^[19]认为,副热带高压持续偏北偏强,西脊点异常偏西是淮河流域干旱少雨的主要原因.以上成果为研究春秋两季干旱提供了有力的指导.就河北而言,春秋两季降水仅占全年总降水量的 1/3,对其异常成因的研究涉及较少.本文应用 Z 指数^[20]的方法,探讨河北春秋两季降水异常时大气环流的特征,进一步认识河北春秋两季旱涝形成机理,为短期气候预测提供理论依据.

1 资料和方法

资料包括 1961—2010 年河北省 71 个台站及北京、天津站的春季(3—5 月)、秋季(9—11 月)逐月的降水资料,NCEP/NCAR 500 hPa 月平均高度场资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)以及 850 hPa 风场格点资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$).

采用 EOF(经验正交函数分解)、SVD^[21](奇异值分解)、Monte Carlo(蒙特卡罗检验)^[22-23]等统计方法.

2 河北春秋两季的旱涝特征

2.1 春秋两季旱涝出现年份的基本特征

根据计算出的 73 站 1961—2010 年逐年春秋两季 Z 指数,进行逐年 73 站 Z 指数平均,得到河北区域 1961—2010 年逐年春秋两季平均 Z 指数.定义平均 Z 指数中春季重涝、大涝年份为典型雨涝年;1964、1978、1988、1998 年;春季重旱、大旱年份为典型干旱年;1961、1971、1981、2000、2001 年.秋季重涝、大涝年份为典型雨涝年;1964、1969、1989、2003 年;秋季重旱、大旱年份为典型干旱年;1970、1980、1981、2001 年.

2.2 河北春秋两季降水指数的空间异常型态

利用 EOF 分析对河北省及周边 73 个台站 1961—2010 年的春秋两季降水指数进行展开分析,前 5 个特征向量的累积方差贡献率分别达到 75% 和 72% 以上.第 1 特征向量(图 1a、b)解释的方差贡献率分别在 51% 以上和 46% 以上,且均为正值,表明河北省春秋两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.春季第 1 特征向量的空间变化幅度最大中心位于河北省邢台,秋季的位于河北省廊坊,表明上述地区是该种空间分布类型中最敏感的区域,全省性的干旱或雨涝表明河北省春秋两季主要受大尺度天气系统和气候背景影响.

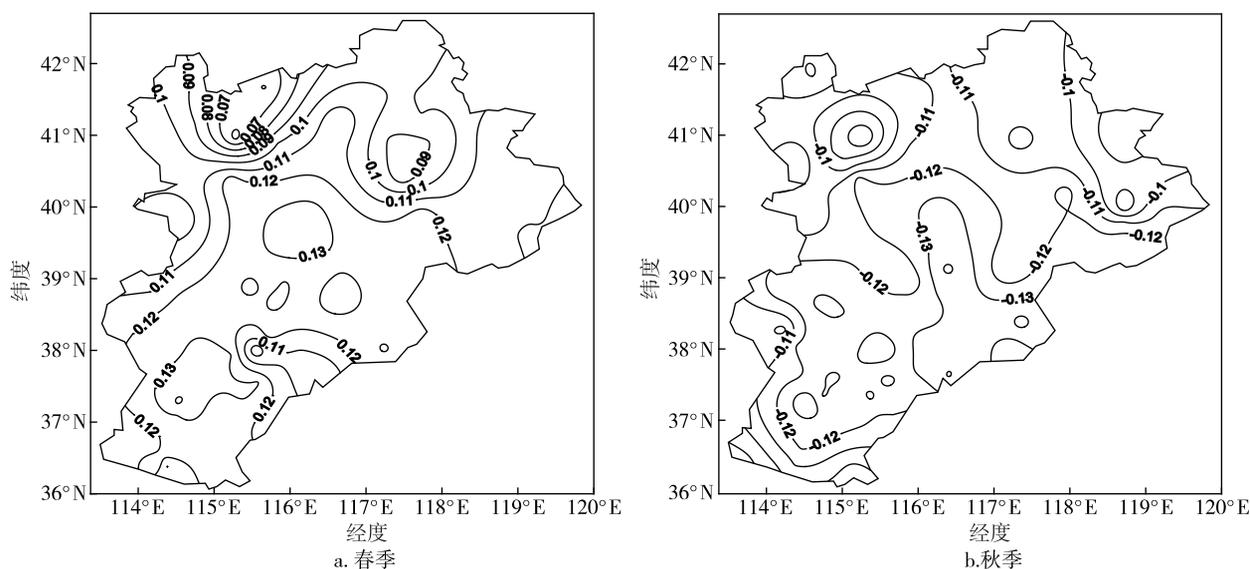


图 1 春季、秋季 Z 指数 EOF 分析第 1 特征向量空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of Z index EOF-1 in spring(a), and autumn(b)

图2是河北春秋Z指数EOF第2特征向量场的空间分布.可以看出,春秋Z指数EOF第2特征向量场分布表现为南北反位相变化的特征.特征值0线呈准东西向,反映了河北春秋出现的南涝(旱)北旱(涝)异常分布.春季北部大值区域在承德,南部反向高值区域在邢台;秋季北部大值区域在承德、张家口,南部反向高值区域在衡水.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.春秋当河北区域冷空气偏北,暖空气深入北上时,往往出现降水北多南少,反之降水出现南多北少分布.

3 河北春秋降水异常与对流层中低层环流异常的关系

天气预报中,对流层中低层位势高度场和流场是进行天气分析预报的重要工具,它们能反映对流层中低层大气环流状况及其演变特征.为了研究河北春秋降水异常与同期对流层中低层环流异常的关系,进而明确导致河北春秋降水异常的大气环流特征,首先应用SVD方法对河北及周边73个台站1961—2010年春秋Z指数与同期北半球500 hPa位势高度场进行相关分析,分别研究两场之间的相关耦合模态,并对春秋的典型旱涝年500 hPa平均位势高度距平场和低层850 hPa风距平场分别进行合成,分析春秋典型旱涝年份对流层中低层环流差异特征.

3.1 河北春季降水异常与对流层中低层环流异常的关系

3.1.1 春季Z指数与同期500 hPa高度场异常型态的关系

为了研究500 hPa平均位势高度距平场对河北春秋降水的影响,对河北区域73个台站1961—2010年春秋Z指数(左场)与同期东北半球500 hPa位势高度场(右场)分别做SVD展开.

图3a、b是春季Z指数与500 hPa平均高度距平场SVD分析第1模态的异性相关系数空间分布,它解释了总方差的59.41%,通过了 $\alpha=0.01$ 的蒙特卡罗显著性检验,左右场模态时间系数的相关系数为0.40.500 hPa平均高度场异性相关系数场(图3a)第1模态负相关区范围小于正相关区范围.负相关区(关键区1)位于东西伯利亚海,中心区域的相关系数为-0.3.正相关区(关键区2)位于我国东北地区到日本海,中心区域的相关系数为0.3,正负关键区均达到0.05显著性水平.从春季Z指数异性相关系数场第1模态(图3b)的分布可以看出,全省除东北部及西北部的小部分区域为负相关外,其他区域均为正相关,中南部地区通过了0.05的显著性水平检验,大值区出现在河北省中部的石家庄.这对空间型表明:当春季关键区1内的平均高度场为负距平,关键区2的平均高度场为正距平时,全省大部春季Z指数偏大,春季降水偏多,河北省的石家庄表现最明显;反之,亦然.

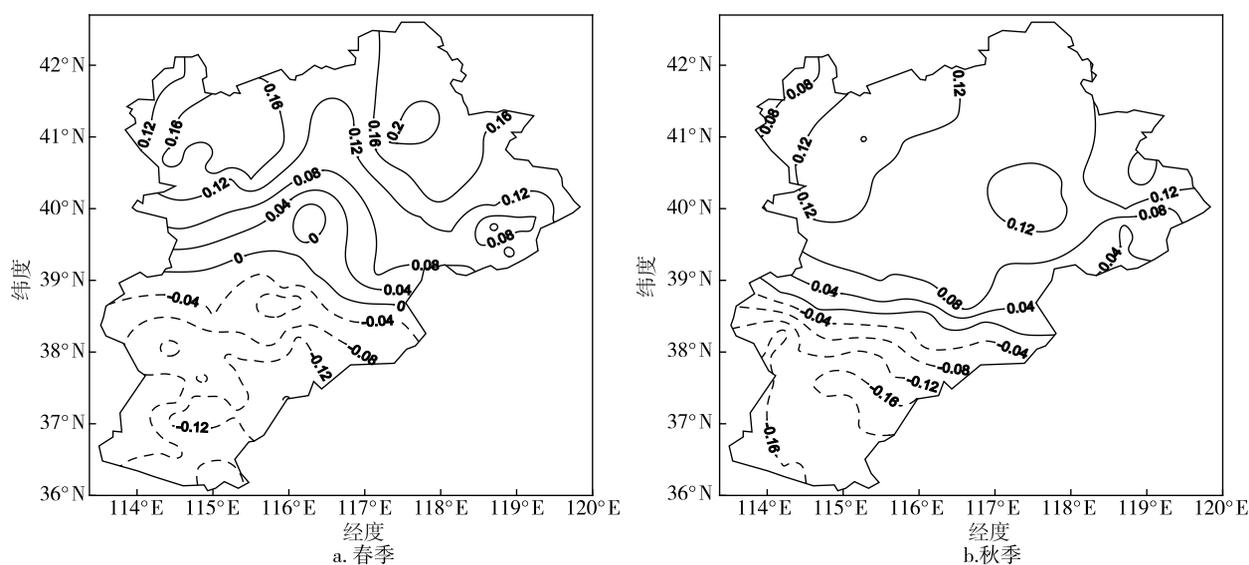


图2 春季、秋季Z指数EOF分析第2特征向量空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of Z index EOF-2 in spring(a), and autumn(b)

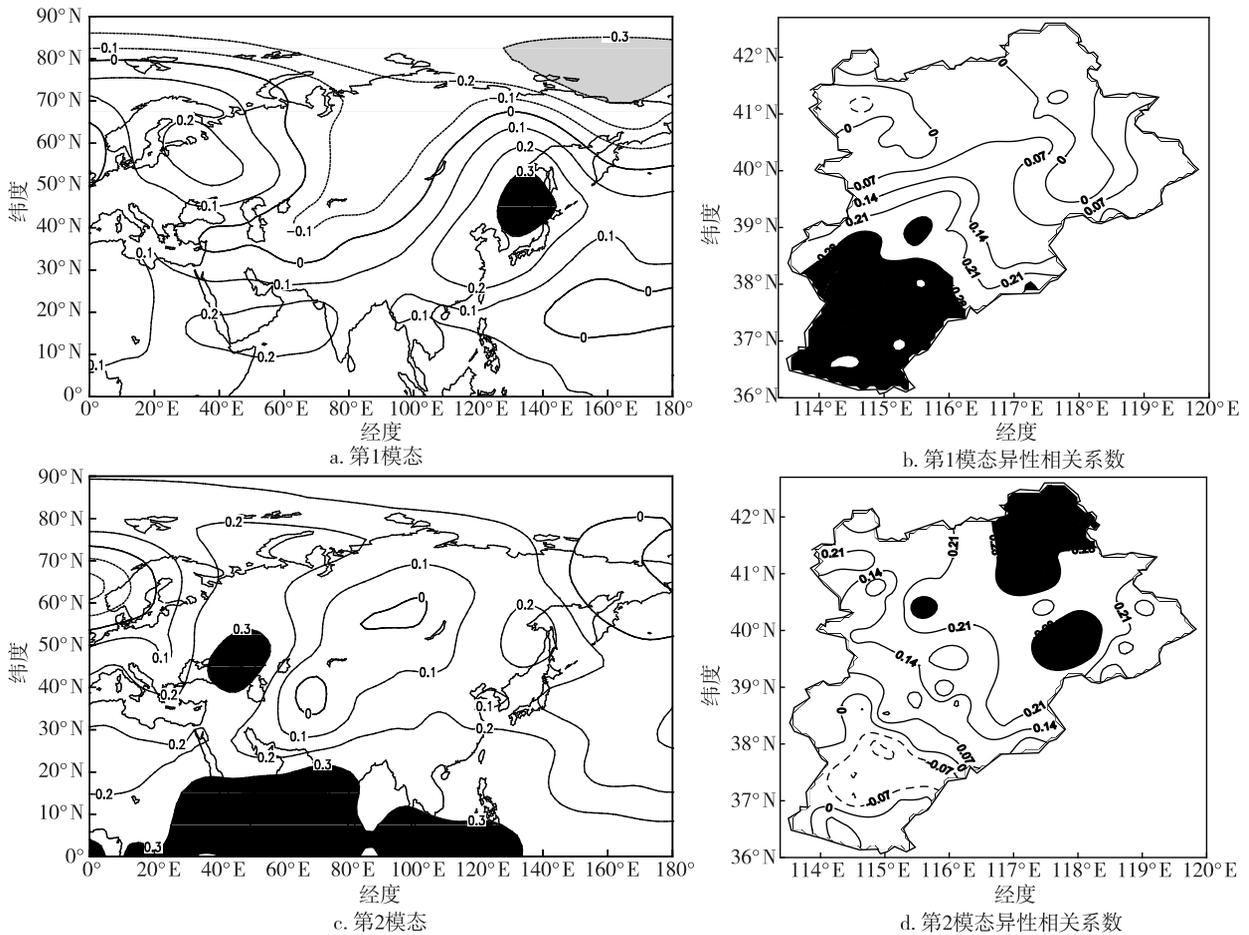


图3 春季Z指数与500 hPa平均高度距平场SVD分析第1对(a,b)、第2对(c,d)模态的异性相关系数(阴影区通过0.05显著性水平检验)

Fig.3 Heterogeneous correlative coefficients for the first (a,b) and second (c,d) mode of SVD analysis of Z index and 500 hPa height anomaly fields in spring(shaded areas are significant at confidence level of 0.05)

图3c、d是春季Z指数与500 hPa平均高度距平场SVD分析第2模态的异性相关系数空间分布,它解释了总方差的18.02%,左右场模态时间系数的相关系数为0.40.从图3c分析看,第2模态相关系数除挪威海为负相关区外,其他区域均为正相关.负相关区位于挪威海,相关系数较小,未通过显著性检验.正相关区位于20°N以南的区域及里海附近,中心区域的相关系数为0.4,达到0.05显著性水平.对应的春季Z指数第2模态异性相关系数场分布结构:河北省的石家庄和邢台与其他地区呈现相反的变化趋势(图3d).正值中心区位于河北省的东北部的承德和唐山,相关系数为0.36,达到0.05的显著性水平;负值中心区位于石家庄和邢台的交界处,相关系数为-0.12,未通过0.05的显著性水平检验.这对空间型表明:当春季关键区1的平均高度场为正距平时,河北省的石家庄和邢台

春季Z指数偏小,降水偏少,而河北省的其他地区春季Z指数偏大,降水偏多,东北部的承德和唐山表现明显;反之,亦然.

3.1.2 典型早涝年500 hPa平均位势高度距平场合成分析

图4是春季典型干旱与雨涝年500 hPa平均位势高度距平场的合成.春季典型干旱年(图4a),正距平区主要位于极地和贝加尔湖的西南部;负距平的中心位于乌拉尔山西部.典型雨涝年(图4b)大的负距平中心位于中西伯利亚,而日本海为大的正距平中心区.春季典型干旱年河北省处于弱的负距平区,典型雨涝年则处于强的正距平区.对常年平均图(图略)可知,当春季欧洲中部低压槽加深时,新疆北部到贝加尔湖西部高压脊和东亚大槽偏强,亚洲中高纬环流经向度加大,河北盛行偏西北气流而出现干旱;反之春季易出现雨涝.

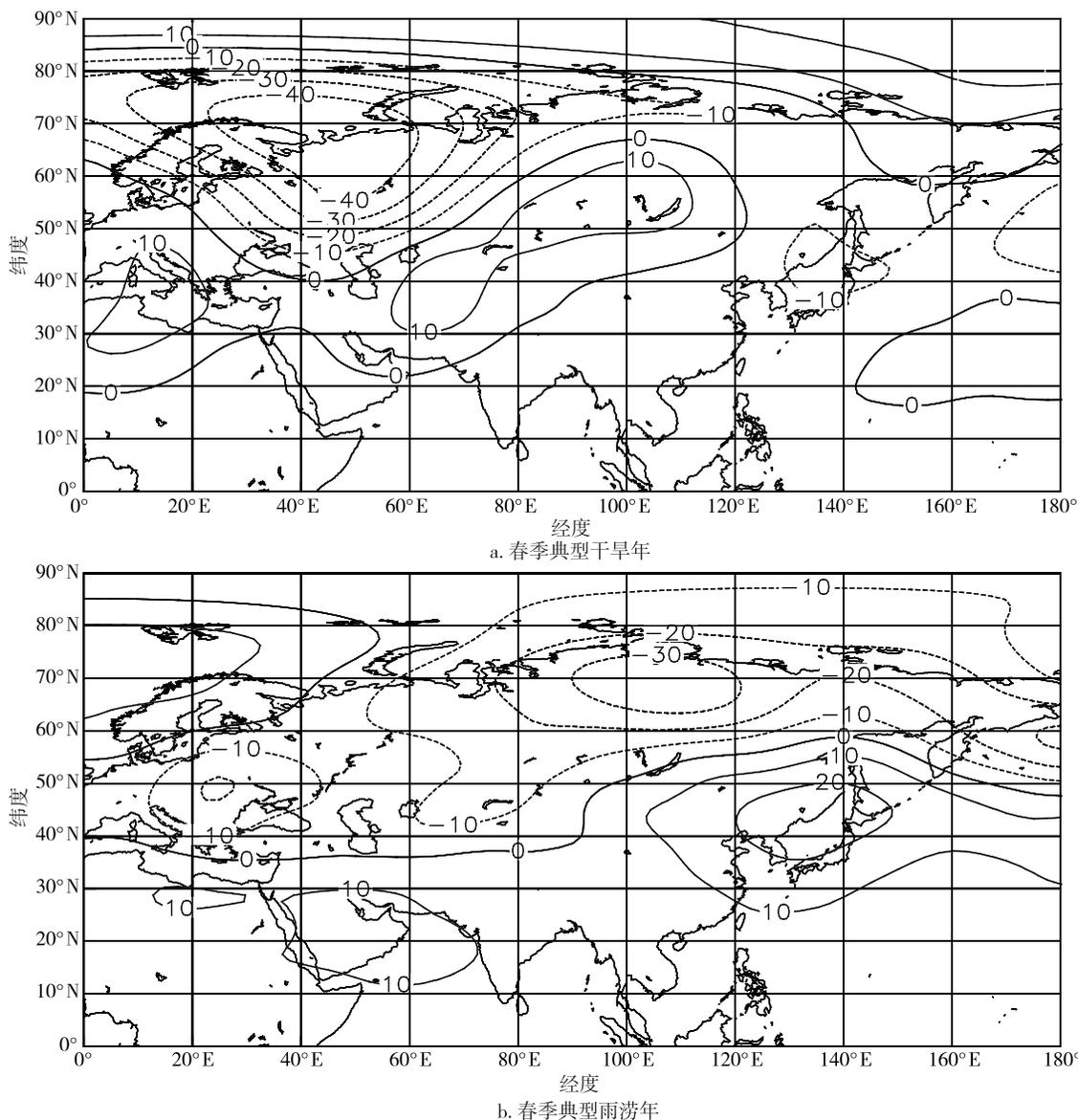


图4 春季典型干旱、雨涝年 500 hPa 平均位势高度距平合成(单位:gpm)

Fig. 4 Composition of mean 500 hPa geopotential height anomaly in typical drought (a) and flood (b) spring(unit: gpm)

3.1.3 典型旱涝年 850 hPa 环流特征

图5是春季典型干旱与雨涝年850 hPa风矢量距平合成.春季典型干旱年(图5a),乌拉尔山出现大范围的气旋性环流异常,贝加尔湖为弱的反气旋环流异常,日本海地区出现一个强的气旋式异常环流,西太平洋副高偏南,长江以南的我国东部地区为偏北风距平,长江以北到辽宁一带为偏南风距平,河北受西南风距平影响,但由于只是本地的水汽输送,致使春季降水偏少.典型雨涝年(图5b),日本海附近存在反气旋环流异常,我国西部存在气旋式环流异常,来自西太平洋和南海的偏南风异常与来自中南半岛的西南风异常在长江以北汇合成强的东南风距

平北上,伸展到华北,河北出现强的东南风距平,水汽输送加强,春季多雨.

3.2 河北秋季降水异常与对流层中低层环流异常的关系

3.2.1 秋季Z指数与同期500 hPa高度场异常型态的关系

图6a、b是秋季Z指数与500 hPa平均高度距平场SVD分析第1模态的异性相关系数空间分布,它解释了总方差的33.10%,左右场模态时间系数的相关系数为0.38.500 hPa平均高度场异性相关系数场(图6a)第1模态负相关区较正相关区明显.负相

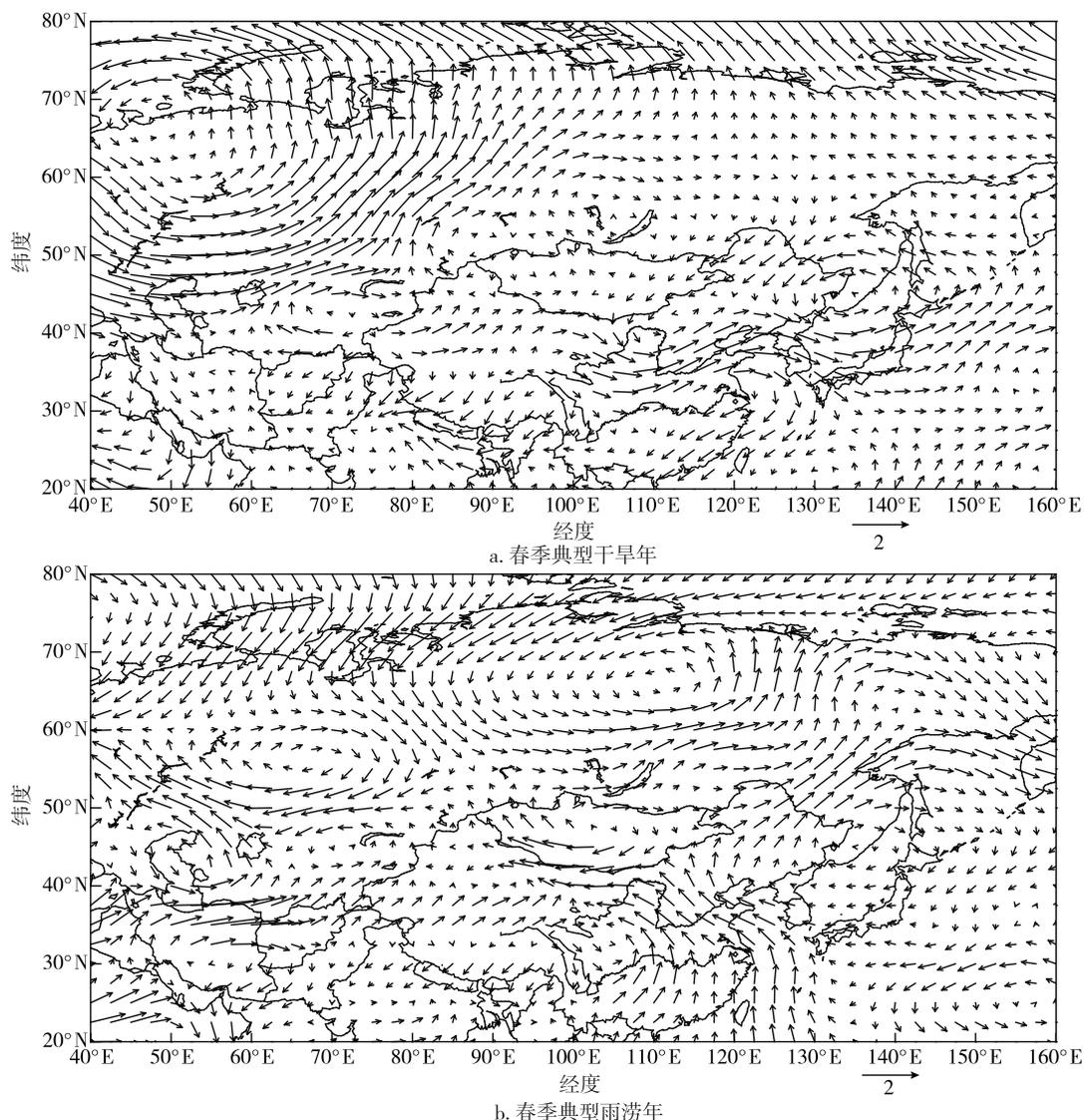


图5 春季典型干旱年、雨涝年 850 hPa 风矢量距平合成 (单位:m/s)

Fig.5 Composition of 850 hPa wind vector anomaly in typical drought (a) and flood (b) spring(unit: m/s)

关区(关键区 1)位于欧洲的西北部,中心区域的相关系数为-0.3,达到 0.05 显著性水平.正相关区位于 60°~80°N 之间的区域,中心区域的相关系数较小,未通过显著性检验.从对应的秋季 Z 指数异性相关系数场(图 6b)第 1 模态的分布可以看出,全省除南部的邯郸为正相关外,其他地区均为负相关,但只有中部通过了 0.05 的显著性水平检验.这对空间型表明:当秋季关键区 1 内的平均高度场为负距平时,全省大部秋季 Z 指数偏小,秋季降水偏少,河北省的中部表现最明显;反之,亦然.

图 6c,d 是秋季 Z 指数与 500 hPa 平均高度距平场 SVD 分析第 2 模态的异性相关系数空间分布,

它解释了总方差的 24.84%,左右场模态时间系数的相关系数为 0.46.从图 6c 可以看出,通过显著性检验的负相关区位于极地,正相关区位于欧洲西南部、贝加尔湖到亚洲大部及俄罗斯的东部.对应的秋季 Z 指数第 2 模态异性相关系数场分布结构:河北省的南部与中北部呈现相反的变化趋势(图 6d),但只有石家庄和张家口的部分区域通过了 0.05 的显著性水平检验.这对空间型表明:当秋季关键区 1 的平均高度场为负距平,关键区 2 内的平均高度场为正距平时,河北省的南部秋季 Z 指数偏小,降水偏少,石家庄表现最明显,而中北部秋季 Z 指数偏大,降水偏多,张家口表现最明显;反之,亦然.

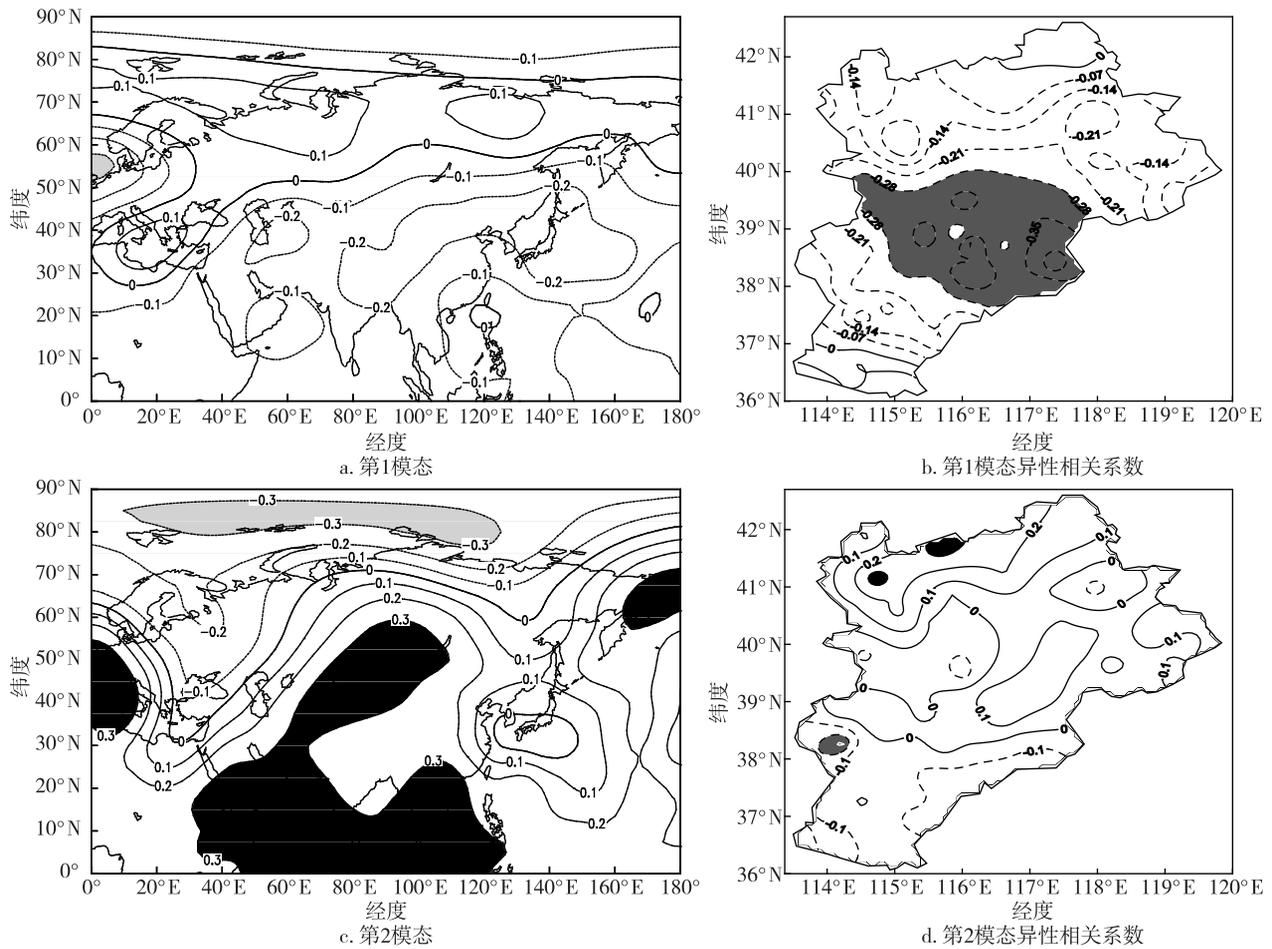


图6 秋季Z指数与500 hPa平均高度距平场SVD分析第1对(a,b)、第2对(c,d)模态的异性相关系数 (阴影区通过0.05显著性水平检验)

Fig. 6 Heterogeneous correlative coefficients for the first (a,b), and second (c,d) mode of SVD analysis of Z index and 500 hPa height anomaly fields in autumn(shaded areas are significant at confidence level of 95%)

3.2.2 典型旱涝年500 hPa平均位势高度距平场合成分析

秋季典型干旱年(图7a),500 hPa平均位势高度距平场的负距平中心主要位于欧洲的中北部、鄂霍次克海,正距平中心则主要位于西西伯利亚.河北省处于弱的负距平控制下.秋季典型雨涝年(图7b)距平分布与典型干旱年不同,亚洲范围的正负距平值均小于干旱年.正距平中心主要位于西西伯利亚,河北省受弱的正距平控制.对照秋季多年500 hPa平均高度场(图略)可以看出,当秋季欧洲北部高压脊偏弱,西伯利亚低槽和贝加尔湖南部高压脊加强时,东亚大槽偏强,亚洲中高纬环流经向度加大,华北位势高度偏高,河北出现秋旱;反之则出现雨涝.

3.2.3 典型旱涝年850 hPa环流特征

秋季典型干旱年(图8a),西西伯利亚存在反气

旋式环流异常,鄂霍次克海存在气旋式环流异常.河北处于两者之间的西北到偏西风距平控制之下,西太平洋副高偏东偏弱,削弱了南方暖湿气流的向北输送,河北出现干旱.秋季典型雨涝年(图8b),我国西部出现气旋环流异常,西太平洋到我国东部存在反气旋式环流异常,来自孟加拉湾的西南风距平与来自东海的东到东南风距平在长江流域汇合,偏南风距平向北一直伸展到华北,这将有利于暖湿水汽的向北输送,河北处于偏南风距平控制下,秋季多雨.

4 结论

1)河北省春秋降水指数空间分布特征,最常见的是全省一致干旱(雨涝)型,春季南部、秋季中部表现更显著;其次是南湿(干)北干(湿)的空间分

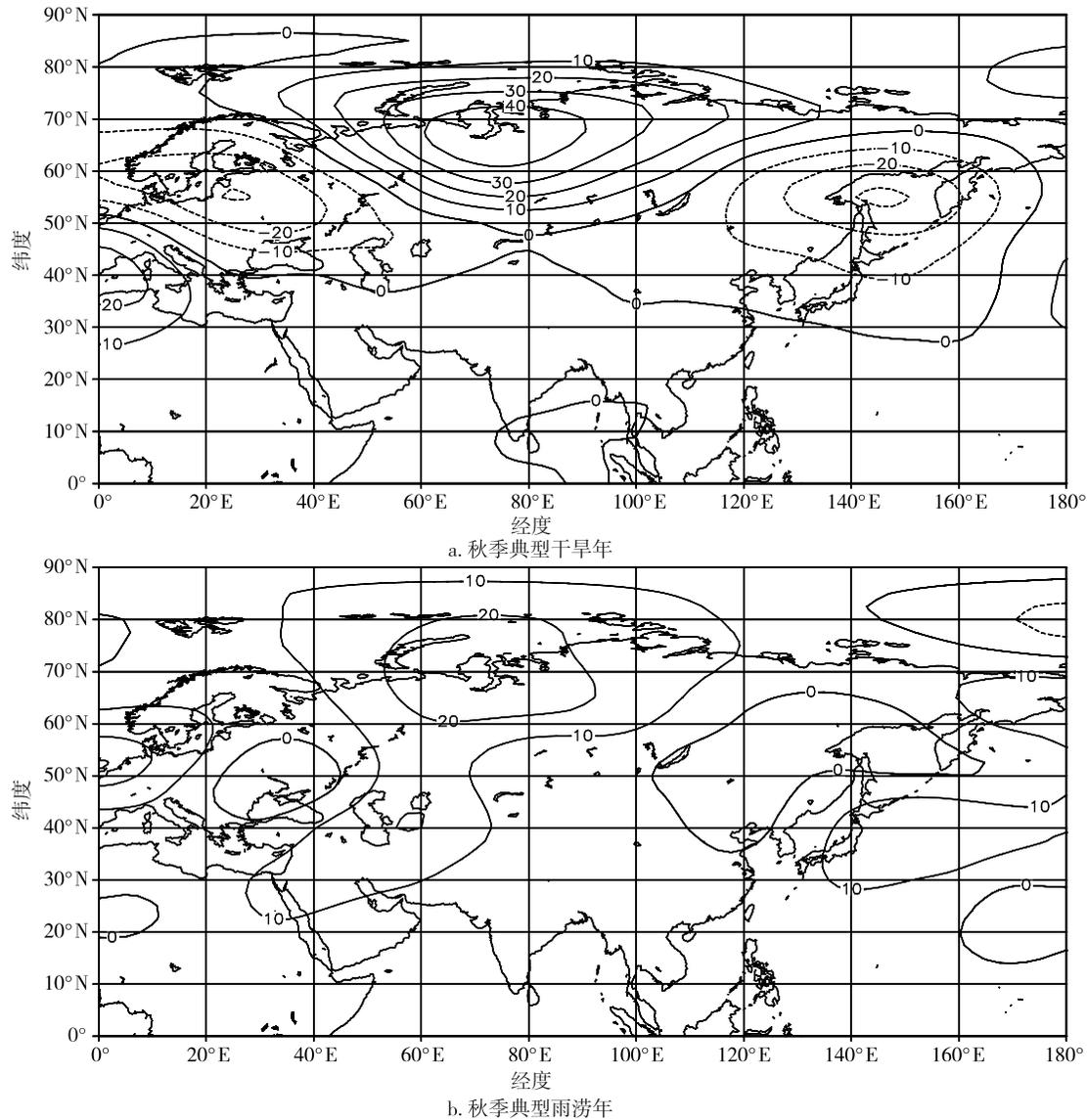


图7 秋季典型干旱年、雨涝年 500 hPa 平均位势高度距平合成(单位:gpm)

Fig. 7 Composition of 500 hPa wind vector anomaly in typical drought (a) and flood (b) autumn(unit: gpm)

布,主要表现为春秋南部和北部降水指数反位相异常显著.

2)用SVD方法诊断了春秋降水Z指数与北半球500 hPa高度场的关系.指出:大范围异常是河北春秋旱涝的主要空间分布特征,降水Z指数第1模态异性相关系数场分布春季大部为正相关、秋季大部为负相关;第2模态异性相关系数场大部为正相关.当春季东西伯利亚海的平均高度场为负距平,我国东北地区到日本海的平均高度场为正距平时,全省大部春季Z指数偏大,降水偏多,河北省的石家庄表现最明显;反之,亦然.秋季,当欧洲的西北部平均高度场为负距平时,全省大部秋季Z指数偏

小,秋季降水偏少,河北省的中部表现最明显;反之,亦然.

3)春秋典型旱涝年份同期500 hPa平均高度场存在差别,主要异常区与SVD分析中影响河北旱涝的关键区基本吻合;春季典型旱涝年份主要异常区比较对称,出现相反变化.河北春、秋季干旱的出现与贝加尔湖高压脊、东亚大槽偏强有关.

4)850 hPa距平流场上,春秋雨涝年河北均处于偏南风距平中,而典型干旱年则有差别.春季典型干旱年河北只受本地的西南风距平影响,秋季典型干旱年河北处在偏北风距平中.

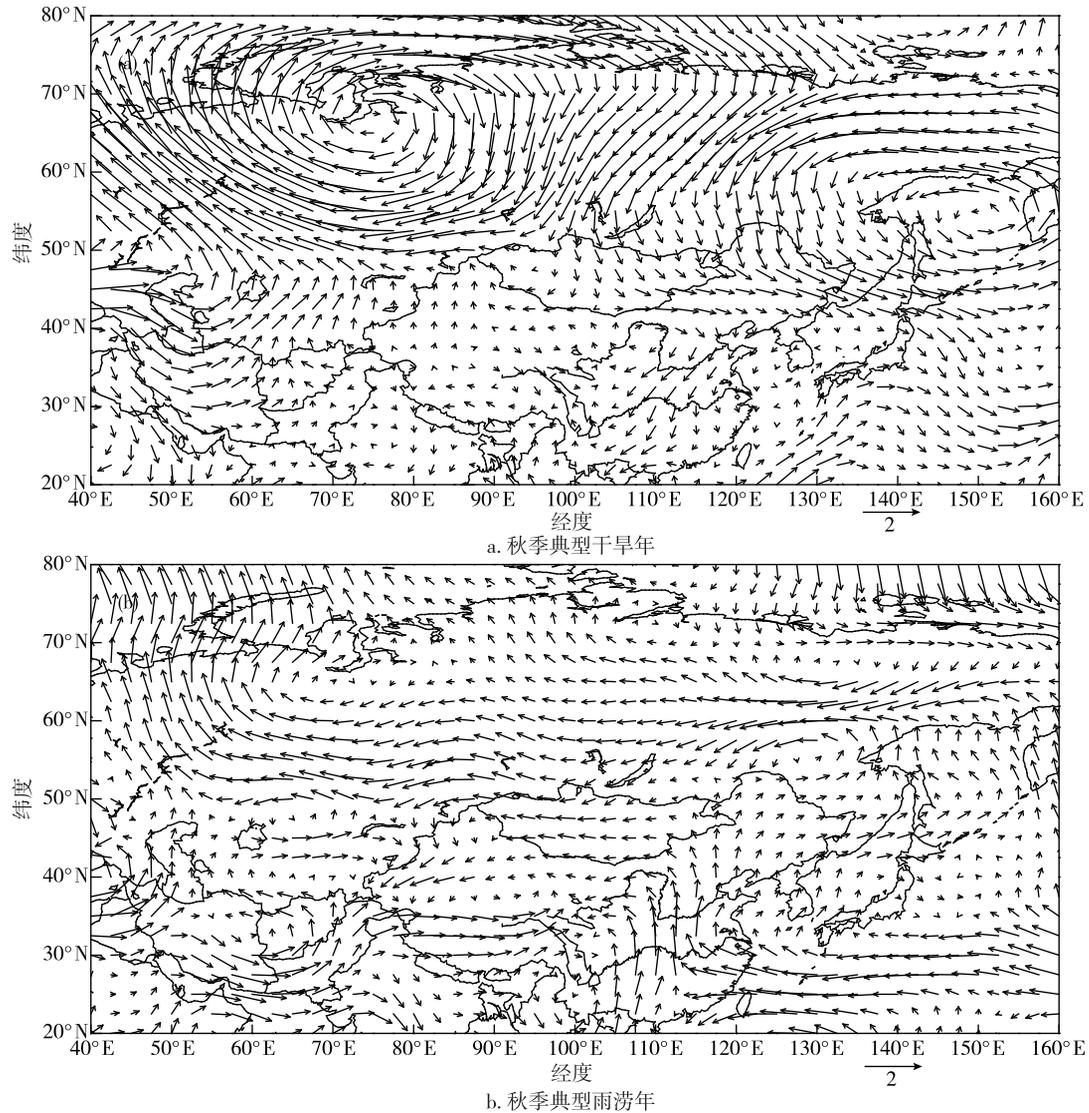


图8 秋季典型干旱年、雨涝年 850 hPa 风矢量距平合成 (单位:m/s)

Fig.8 Composition of 850 hPa wind vector anomaly in typical drought (a) and flood (b) autumn(unit: m/s)

参考文献

References

[1] 王志伟,翟盘茂.中国北方近 50 年干旱变化特征[J].地理学报,2003,58(增刊1):61-68
WANG Zhiwei,ZHAI Panmao.Climate change in drought over Northern China during 1950-2000 [J]. Acta Geographica Sinica,2003,58(sup1):61-68

[2] 李维京,赵振国,李想,等.中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J].干旱气象,2003,21(4):1-5
LI Weijing,ZHAO Zhenguo,LI Xiang,et al.The drought characteristics analysis in North China and its causes of formation[J].Arid Meteorology,2003,21(4):1-5

[3] 任朝霞,杨达源.近 50 年西北干旱区气候变化对农业的影响[J].干旱区资源与环境,2007,21(8):48-53
REN Zhaoxia,YANG Dayuan.Impacts of climate change on agriculture in the arid region of Northwest China in re-

cent 50 years [J].Journal of Arid Land Resources and Environment,2007,21(8):48-53

[4] 宋连春,张存杰.20 世纪西北地区降水量变化特征[J].冰川冻土,2005,25(2):143-148
SONG Lianchun,ZHANG Cunjie.Changing features of precipitation over Northwest China during the 20th century [J].Journal of Glaciology and Geocryology,2005,25(2):143-148

[5] 张存杰,高学杰,赵红岩.全球气候变暖对西北地区秋季降水的影响[J].冰川冻土,2003,25(2):157-164
ZHANG Cunjie,GAO Xuejie,ZHAO Hongyan.Impact of global warming on autumn precipitation in Northwest China [J].Journal of Glaciology and Geocryology,2003,25(2):157-164

[6] 钱正安,吴统文,宋敏红,等.干旱灾害和我国西北干旱气候的研究进展及问题[J].地球科学进展,2001,16(1):28-38

- QIAN Zheng'an, WU Tongwen, SONG Minhong, et al. Arid disaster and advances in arid climate researches over Northwest China[J]. *Advances in Earth Sciences*, 2001, 16(1):28-38
- [7] 高庆九,郝立生,闵锦忠,等.华北夏季降水年代际变化与东亚夏季风、大气环流异常[J]. *南京大学学报(自然科学版)*,2006,42(6):590-601
GAO Qingjiu, HAO Lisheng, MIN Jinzhong, et al. Interdecadal variability of summer precipitation over North China and East Asian summer monsoon and atmospheric circulations anomaly[J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences Edition)*, 2006, 42(6):590-601
- [8] 黄荣辉.我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究[J]. *地球科学进展*,2006,21(6):564-575
HUANG Ronghui. Progresses in research on the formation mechanism and prediction theory of severe climatic disasters in China[J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(6):564-575
- [9] 魏凤英,张京江.华北地区干旱的气候背景及其前兆强信号[J]. *气象学报*,2003,61(3):354-363
WEI Fengying, ZHANG Jingjiang. Climatological background and previous stronger signal of anomaly drought over North China[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2003, 61(3):354-363
- [10] 郝立生,闵锦忠,姚学祥.华北地区夏季降水减少的原因分析[J]. *干旱区研究*,2007,24(4):522-527
HAO Lisheng, MIN Jinzhong, YAO Xuexiang. Analysis on the causes resulting in the reduction of summer rainfall over North China[J]. *Arid Zone Research*, 2007, 24(4):522-527
- [11] 梁平德,段丽瑶,周鸣盛,等.华北盛夏旱涝的环流型特征及其在初夏的预兆[J]. *气象学报*,2006,64(3):386-391
LIANG Pingde, DUAN Liyao, ZHOU Mingsheng, et al. Circulation patterns for mid-summer drought/flood in North China and their early-summer precursors[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2006, 64(3):386-391
- [12] 荣艳淑,段丽瑶,徐明.1997—2002年华北持续性干旱气候诊断分析[J]. *干旱区研究*,2008,25(6):842-850
RONG Yanshu, DUAN Liyao, XU Ming. Analysis on climatic diagnosis of persistent drought in North China during the period from 1997 to 2002[J]. *Arid Zone Research*, 2008, 25(6):842-850
- [13] 晏红明,程建刚,郑建萌,等.2009年云南秋季特大干旱的气候成因分析[J]. *大气科学学报*,2012,35(2):229-239
YAN Hongming, CHENG Jiangang, ZHENG Jianmeng, et al. The climate cause of heavy drought in Yunnan in autumn 2009[J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*, 2012, 35(2):229-239
- [14] 黄山江,王谦谦,刘星燕.西北地区春季和夏季降水异常特征分析[J]. *南京气象学院学报*,2004,27(3):336-346
HUANG Shanjiang, WANG Qianqian, LIU Xingyan. Analysis of anomalous characteristics of spring and summer precipitation in Northwest China[J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2004, 27(3):336-346
- [15] 方建刚,白爱娟.陕西春季干旱的环流特征分析[J]. *干旱地区农业研究*,2010,28(5):247-253
FANG Jiangang, BAI Aijuan. The analysis of atmospheric circulation during the years with spring drought in Shaanxi[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28(5):247-253
- [16] 方建刚,白爱娟.陕西春季干旱与多雨的环流特征对比分析[J]. *干旱区地理*,2010,33(3):363-369
FANG Jiangang, BAI Aijuan. Atmospheric circulation during the spring drought and rainy years in Shaanxi province[J]. *Arid Land Geography*, 2010, 33(3):363-369
- [17] 沙天阳,徐海明,邹松佐.中国西南地区东部秋季干旱的环流特征及其成因分析[J]. *大气科学学报*,2013,36(5):593-603
SHA Tianyang, XU Haiming, ZOU Songzuo. Atmospheric circulation characteristics and cause analysis for autumn drought in the eastern region of Southwest China[J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*, 2013, 36(5):593-603
- [18] 张顾炜,曾刚,倪东鸿,等.西南地区秋季干旱的年代际转折及其可能原因分析[J]. *大气科学*,2016,40(2):311-323.
ZHANG Guwei, ZENG Gang, NI Donghong, et al. Decadal shift of autumn drought in Southwest China and its possible causes[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2016, 40(2):311-323
- [19] 王秀文,李峰,阿布力米提·司马义.淮河流域秋季干旱少雨的成因分析[J]. *气象*,2002,28(10):50-52
WANG Xiuwen, LI Feng, Ablmit Simayi. Analysis of causes of Huaihe River Basin drought in autumn[J]. *Meteorological Monthly*, 2002, 28(10):50-52
- [20] 周晋红,李丽平,秦爱民.山西气象干旱指标的确定及干旱气候变化研究[J]. *干旱地区农业研究*,2010,28(3):240-247
ZHOU Jinhong, LI Liping, QIN Aimin. Study on the determination of meteorological drought index and drought climate changes in Shanxi province[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28(3):240-247
- [21] 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, 2007:160-169
- [22] 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
- [23] 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 Institute of Meteorology*, 1997, 20(3):355-359

Spring and autumn precipitation anomaly in Hebei and its possible relationship with middle and low level circulation

WANG Hong¹ ZHANG Guixiang² LI Shucong³ YU Jinhua⁴ LU Qian¹

1 Chengde Meteorological Bureau of Hebei Province, Chengde 067000

2 Fengning Meteorological Bureau of Hebei Province, Fengning 068350

3 Luanping Meteorological Bureau of Hebei Province, Luanping 068250

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

Abstract Based on monthly spring and autumn precipitation data during 1961–2010 from 73 meteorological stations in Hebei province and its vicinity, as well as the NCEP/NCAR reanalysis data during the same period, the variations of spring and autumn precipitation anomaly in Hebei province and its possible relationship with the middle and low level circulation are analyzed by using Singular Value Decomposition (SVD) analysis method. Results indicate that the uniformly dry/wet is the most common pattern for the spatial distribution of spring and autumn rainfall in Hebei, and the second pattern is a seesaw of dry/wet between southern and northern regions. When the negative anomaly over east Siberian Sea and positive anomaly from Northeast China to Japan Sea emerge at 500 hPa geopotential height fields in spring, the contemporaneous spring precipitation in most parts of Hebei, especially Shijiazhuang, is above normal; otherwise, precipitation in spring is below normal. When the negative anomaly over Northwest Europe emerges at 500 hPa geopotential height fields in autumn, the contemporaneous precipitation in most parts of Hebei, especially middle areas, is below normal; otherwise, the precipitation in autumn is above normal. The spring and autumn droughts in Hebei are related to the stronger Baikal blocking high (or high pressure ridge) and the East Asian trough, and the weakened 850 hPa seasonal south winds cause contemporaneous droughts in Hebei.

Key words precipitation in spring and autumn; anomaly; circulation field; Hebei