

陕西夏季旱涝的主要环流特征

王娜¹, 方建刚¹, 崔巍¹, 肖科丽², 王琦¹

(1. 陕西省气候中心, 陕西 西安 710014; 2. 陕西省气象学会, 陕西 西安 710016)

摘要:利用1961~2008年NCEP/NCAR再分析资料以及陕西地面月降水资料,采用EOF分解、合成分析等方法,分析了陕西夏季旱涝的时空分布特征以及前期气候系统的异常信号特征。结果表明:陕西夏季多雨年乌拉尔山高压脊和鄂霍次克海高压偏强,贝加尔湖低槽偏深,西太平洋副热带高压偏强,西伸脊点偏西。并且前期冬季中高纬度中亚长波脊偏强偏西,西太平洋副热带高压偏强,印缅槽偏弱,700 hPa西北地区东部至华北偏北风异常偏强,赤道东太平洋出现暖水位相,西风漂流区海温偏低,印度洋海温偏高,陕西夏季易多雨;而陕西夏季少雨年西太平洋副热带高压偏弱,西伸脊点偏东,陕西主要受中亚高脊前西北气流控制。前期冬季中高纬度欧洲西北部低槽偏强,中亚长波脊偏弱,西太平洋副热带高压偏弱,印缅槽偏强,700 hPa西北地区东部至华北偏南风异常偏强,赤道东太平洋出现冷水位相,西风漂流区海温偏高,印度洋海温偏低,陕西夏季易少雨。

关键词:夏季旱涝;前期大气环流异常;陕西

文章编号:1006-7639(2013)-04-0702-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0702

中图分类号:P426.61

文献标识码:A

引言

干旱与洪涝灾害是我国主要的气象灾害之一,干旱与洪涝灾害发生发展对国民经济尤其是农业具有重大影响,因此有关旱涝灾害的成因分析受到广泛关注。叶笃正等^[1]分析近年中国旱涝气候变化并对未来几十年做出预测;张庆云等^[2]分析了亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响。近年来,在全球气候变暖背景下,西北地区旱涝灾害发生的强度和频次明显加大,因此西北地区降水异常的成因分析也受到了广泛重视,贺皓等^[3-8]研究了西北地区夏季异常天气形成的天气动力学特征。目前,根据前期信号特征来预测后期的气候变化仍然是短期气候预测的主要手段^[9],所以了解极端气候事件前期的异常环流特征在短期气候预测中显得尤为重要^[10-11]。有很多工作研究了大气环流的隔季相关,陈隽等^[12-13]发现冬季风异常对全球大气环流以及热带海温的变化有十分重要的影响;Ji et al等^[15-17]通过数值模式等手段,从海气耦合等角度研究了季风系统的动力过程以及冬、夏季风之间的相互作用,

进一步加深了季风对中国夏季降水影响机理的认识;朱锦红^[18]研究发现,我国夏季不同雨型与前期环流变化存在密切的关系,不同雨型对应前期明显不同的环流型,认为可以根据前期的大气环流特征来预测夏季降水的变化;张世轩等^[19]研究了中国东部地区前冬季节来临早晚与夏季降水的关系,发现前冬来临早晚对应了不同的前期和同期海温、水汽和环流型,受海气相互作用的影响,造成降水空间分布的不同。由于气候变化存在明显的区域差异,不同地区与前期环流变化的关系也不尽相同,陕西地处我国大陆腹地,青藏高原的东北侧,南北横跨大约10个纬度,中国气候的南北分界线秦岭位于陕西中部,造成南北之间气候差异较大,降水时空分布极为不均。因此研究陕西夏季降水异常的前期气候系统异常信号特征,将有助于陕西夏季旱涝的短期气候预测水平的提高。

1 资料及方法

本文利用1961~2008年 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 分辨率的美国国家环境预报中心(NCEP/NCAR)高度、风等

收稿日期:2013-05-28;改回日期:2013-09-02

基金项目:国家重点基础研究发展规划基金项目(2010CB833406)资助

作者简介:王娜(1984-),女,甘肃陇南人,工程师,硕士,主要从事气候预测与气候评价工作. E-mail:wangna_na@163.com

月平均再分析资料, $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 的月平均海温资料, 以及陕西 76 站逐月降水资料, 采用自然正交函数展开 (EOF) 方法、相关分析和合成分析方法, 分析陕西夏季旱涝的时空分布特征及其前期气候系统异常信号特征。

2 陕西夏季降水区域特征及典型多(少)雨年大气环流分析

陕西省夏季多年平均降水量为 175 ~ 612 mm, 平均降水量 309 mm, 占年总降水的 48.9%, 自南向

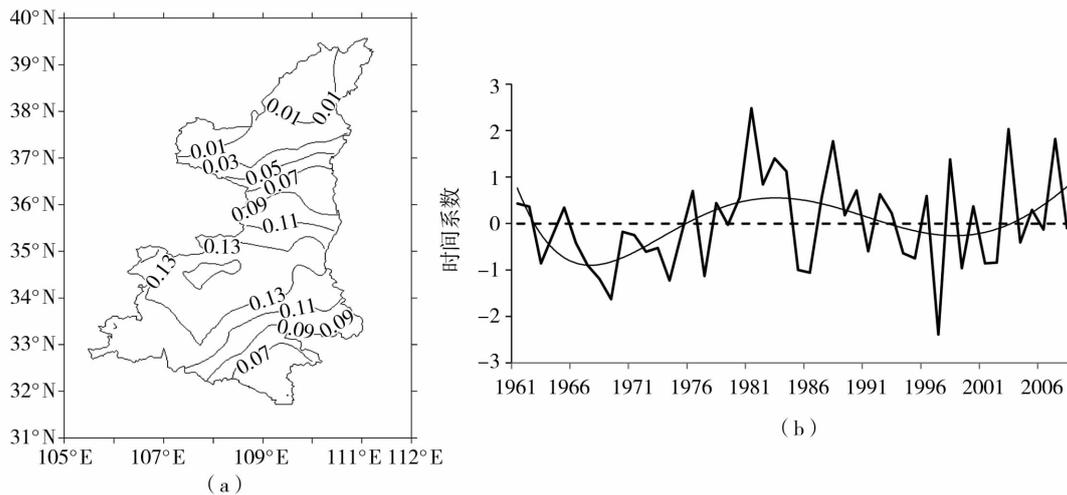


图 1 1961 ~ 2008 年陕西夏季降水 EOF 第一特征向量的空间模态 (a) 及对应的时间系数 (b)

Fig. 1 The spatial pattern (a) and the corresponding time coefficient (b) of the first characteristic vector of EOF analysis about summer precipitation in Shaanxi from 1961 to 2008

由于第一模态的解释方差为 40.6%, 因此基本代表了陕西夏季大范围降水的变化特征, 选取标准化时间系数 > 1 为夏季多雨年, < -1 为夏季少雨年。夏季多雨年为 1981、1984、1998、2003 年, 对应的降水距平百分率分别为 50%、19%、21%、31%; 少雨年为 1968、1969、1977、1997 年, 对应的降水距平百分率分别为 -19%、-35%、-15%、-47%。夏季降水量与 EOF 分解后第一特征向量时间系数的相关系数达到 0.98, 表明用第一特征向量表征降水量的多寡是可信的。

陕西夏季典型一致多雨年的 500 hPa (图 2a) 环流形势合成分析表明, 乌拉尔山为长波脊, 贝加尔湖附近为长波槽; 距平场上呈“+ - +”的波列分布, 乌拉尔山和鄂霍次克海分别为 +5、+3 dagpm 的正距平中心, 贝加尔湖为 -2 dagpm 的负距平中心, 我国东南沿海及太平洋为正距平。这反映了乌拉尔山高压脊和鄂霍次克海高压偏强, 贝加尔湖低槽偏深和西太平洋副热带高压偏强, 西伸脊点偏西, 冷暖空

气多交汇于秦岭山脉附近, 有利于陕西出现持续性降水和大范围降水。

对陕西夏季降水进行 EOF 分解, 所得第一模态 (EOF1) 的解释方差为 40.6%, 其空间分布表现出全省夏季降水的一致变化特征 (图 1a), 其大值中心位于关中西部。从第一主分量 (PC1) 的时间演变可以看出 (图 1b): 该模态的变化以年代际尺度为主, 1960 年代为少雨时段, 1970 年代后期至 1980 年代为多雨期, 1990 年代至 21 世纪初为少雨期, 21 世纪初至今为多雨期。

气多交汇于秦岭山脉附近, 有利于陕西出现持续性降水和大范围降水。

陕西夏季典型一致少雨年 500 hPa (图 2b) 欧亚中高纬度地区为 2 槽 1 脊型, 中亚高脊强盛。距平场中乌拉尔山和鄂霍次克海分别为 -3、-2 dagpm 的负距平中心, 亚洲大陆大部和西太平洋为负距平, 表明西太平洋副热带高压偏弱, 西伸脊点偏东, 陕西多受中亚高脊前西北气流控制, 晴热少雨。

多雨年与少雨年的合成分析 (图 2c) 显示, 欧亚自西向东出现“+ - +”的环流异常分布。乌拉尔山附近、鄂霍次克海、我国东南沿海附近均为差异大值区, 且通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 表明夏季中高纬度乌拉尔山、鄂霍次克海、我国东南沿海为降水异常的关键区, 乌拉尔山、鄂霍次克海长波脊及西太平洋副热带高压的稳定与异常偏强, 对陕西旱涝起着十分重要的作用, 这与张庆云等^[2]关于夏季乌拉尔山、鄂霍次克海高压稳定时, 我国夏季降水偏多的结论是一致的。

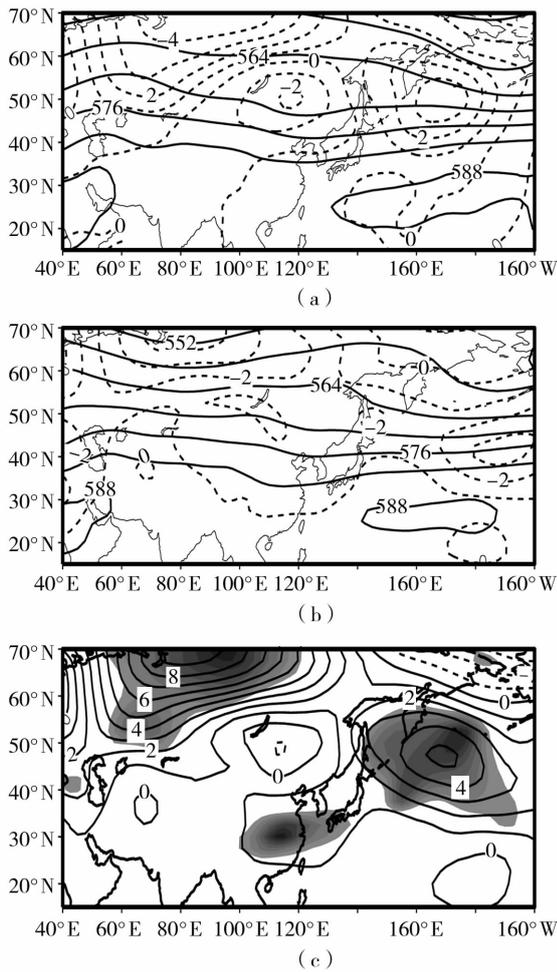


图2 陕西省夏季旱涝年 500 hPa 高度场(实线)及距平场(虚线)(单位:dagpm)
(a) 涝年;(b) 旱年;(c) 涝旱差
(阴影区表明通过 95% 信度检验)

Fig. 2 The 500 hPa geopotential height (solid lines) and height anomalies (dotted lines) in flood (a) and drought (b) years in summer of Shaanxi, and the difference between those in flood years and drought years (c) (The shaded areas are above 95 % confidence level)

3 前期环流特征

3.1 500 hPa 高度场特征

前期环流异常对后期短期气候预测有十分重要的意义,而夏季旱涝天气常常与前冬的环流异常有很好的关系^[20-24],李麦村^[25]认为 7 月北半球槽脊分布与 1 月大致相当,夏季降水与 1 月的环流相似度更高。高智等^[26]分析了北半球 1 月 500 hPa 高度场及西安等 8 站汛期降水总量,发现主要的遥相关型与陕西降水有密切的关系。1 月 500 hPa 高度场

与夏季降水的相关分析(图略)显示欧洲西北部为显著的负相关,西伯利亚附近为显著的正相关,北大西洋上空为很高的负相关区,在东亚有一片正相关区,欧亚低纬为正相关区,高纬相关分布相似于欧亚—太平洋 EUP 遥相关特点。

图 3 为陕西夏季典型一致多雨年与少雨年前期 1 月 500 hPa 高度场合成图,陕西夏季一致多雨年 1 月 500 hPa 欧亚环流形势(图 3a)呈 1 槽 1 脊型,中亚高脊偏强偏西,东亚大槽有 512 dagpm 闭合低涡

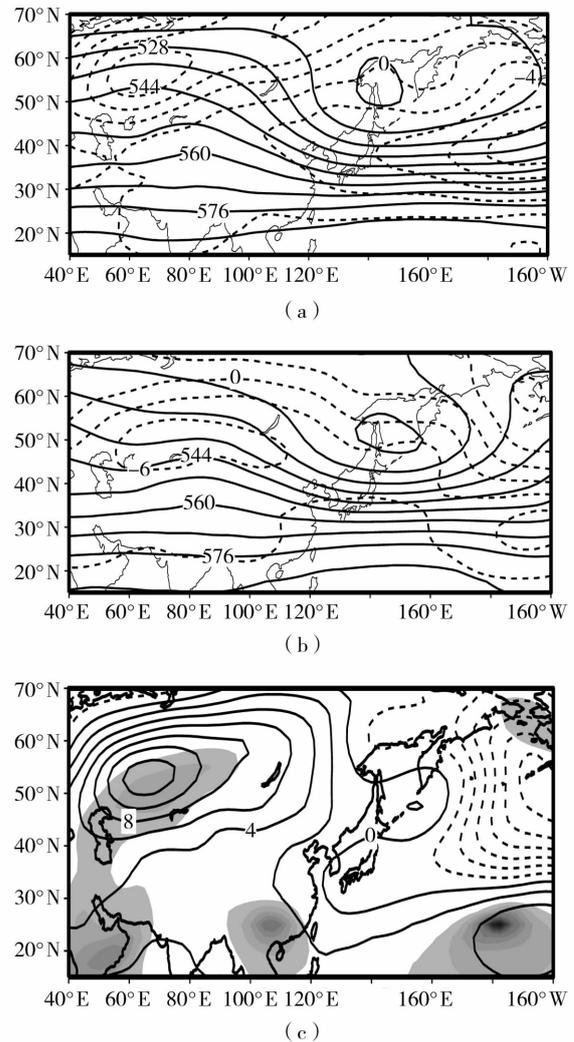


图3 陕西省夏季旱涝年对应的 1 月 500 hPa 高度场(实线)及距平场(虚线)(单位:dagpm)
(a) 涝年;(b) 旱年;(c) 涝旱差
(阴影区表明通过 95% 信度检验)

Fig. 3 The composites of 500 hPa geopotential height (solid lines) and height anomalies (dotted lines) in the preceding January in flood (a) and drought (b) years in Shaanxi, and the difference between those in flood years and in drought years (c) (The shaded areas are above 95 % confidence level) (Unit: dagpm)

中心;相应的距平场中,欧亚中纬度从西向东呈现“+ -”波列分布,乌拉尔山以东有+6 dagpm 闭合正距平中心,东亚到西太平洋上空为负距平,鄂霍次克海为-2 dagpm 负距平,青藏高原南部为正距平,表明冬季中亚长波脊偏强,西太平洋副热带高压偏强,印缅槽偏弱,有利于后期陕西夏季多雨。

陕西夏季典型一致少雨年前期1月500 hPa 欧亚环流形势(图3b)呈2槽1脊型,欧州西北部为一低槽,中亚为一高脊,东亚大槽有512 dagpm 闭合低涡中心,位置较多雨年偏南;相应的距平场上,欧亚中纬度从西向东呈现“- +”波列分布,中亚有-6 dagpm 闭合负距平中心,鄂霍次克海到东太平洋上空为正距平,青藏高原南部为-2 dagpm 的距平区,表明冬季中亚长波脊偏弱位置偏东,西太平洋副热带高压偏弱,印缅槽偏强,预示后期陕西夏季大部降水偏少。

陕西夏季典型一致多雨年和少雨年前期1月500 hPa 合成分析(图3c)显示,多雨年欧亚中高纬度呈现“+ -”的异常分布,乌拉尔山到阿拉伯海一带、孟加拉湾、太平洋中部为明显的正值区,并且通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,表明冬季中亚长波脊偏强偏西,西太平洋副热带高压偏强,

印缅槽偏弱,反映中高纬度环流的经向度加强,陕西夏季多雨。早年1月500 hPa 正好相反,欧州西北部低槽偏强,中亚长波脊偏弱,西太平洋副热带高压偏弱,印缅槽偏强,相对应中高纬度环流的经向度减弱,陕西夏季少雨。可见冬季异常的大尺度环流一直持续到春夏季,冬夏环流之间存在较好的隔季相关^[23]。

3.2 风场特征

典型夏季一致多雨年(图4a)和少雨年(图4b)前期1月700 hPa 风场距平场中,夏季多雨年前期冬季乌拉尔山为一反气旋距平风场,印度半岛为一气旋距平风场,中东太平洋为气旋距平风场,我国北方地区为偏北风距平,强冷空气从西伯利亚高原东北部沿着贝加尔湖西北经新疆西北入侵中国。而夏季少雨年冬季风场表现出近似与多雨年相反的特征,贝加尔湖到蒙古上空为一气旋距平风场,印度半岛到孟加拉湾一带为一反气旋距平风场,北方地区为异常偏南风,西太平洋靠近大陆地区存在一弱的反气旋距平风场。从以上分析可以看到,陕西省夏季一致多雨年对应冬季700 hPa 风场,西北地区东部至华北有强的偏北风异常,而少雨年西北地区东部至华北有强的偏南风异常。

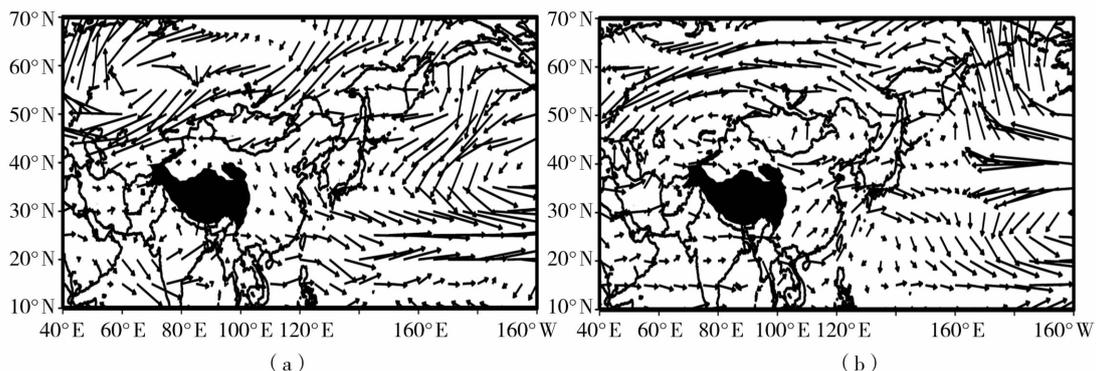


图4 陕西省夏季旱涝年对应的1月700 hPa 风场距平图

(a) 涝年;(b) 旱年

Fig.4 The composites of wind field anomalies at the level of 700 hPa in the preceding January in flood (a) and drought (b) years in summer of Shaanxi

3.3 海温场特征

夏季多雨年(图5a)冬季印度洋及赤道中东太平洋为正海温距平分布,中心值最大 0.8°C ,西风漂流区为负海温距平,中心值最大 -1.0°C ,中国沿海为负海温距平。而少雨年(图5b)表现出相反的特征,赤道中东太平洋为负海温距平分布,西风漂流区为正海温距平,中心值最大 0.4°C ,印度洋为负海温距平,中心值最大 -0.4°C 。

在多雨年与少雨年海温的合成分析(图5c)中显示,北太平洋存在一 -0.9°C 的差值中心,中纬度太平洋 160°E 左右存在一 0.3°C 正差值中心,且通过了95%的显著性检验。表明前期1月赤道东太平洋出现暖水位相,西风漂流区海温偏低,印度洋海温偏高,陕西夏季易多雨,反之,赤道东太平洋出现冷水位相,西风漂流区海温偏高,印度洋海温偏低,陕西夏季易少雨。

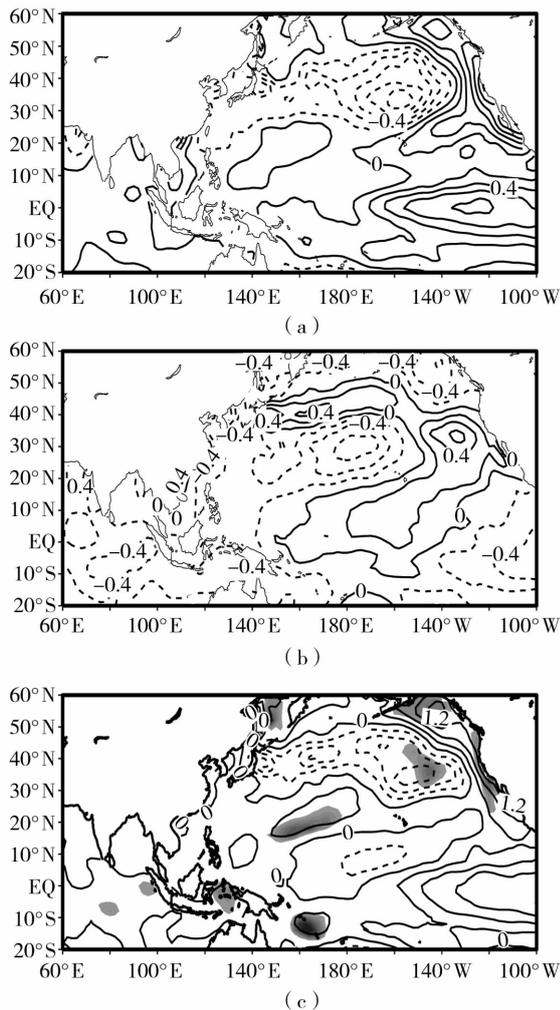


图5 陕西省夏季旱涝年对应的
1月海温距平图(单位:°C)
(a)涝年;(b)旱年;(c)涝旱差
(阴影区表明通过95%信度检验)

Fig.5 The composites of SST anomalies in the preceding January in flood (a) and drought (b) years in summer of Shaanxi, and the difference between those in flood years and in drought years (c) (The shaded areas are above 95% confidence level)

4 结论

(1) EOF分解的第一模态,反映了降水的同位相变化,当欧亚中高纬呈现“正—负—正”波列分布,乌拉尔山高压脊和鄂霍次克海高压偏强,贝加尔湖低槽偏深和西太平洋副热带高压偏强,西伸脊点偏西,有利于陕西省夏季多雨;当西太平洋副热带高压偏弱,西伸脊点偏东,陕西多受中亚高脊前西北气流控制,晴热少雨。

(2)前期1月中亚长波脊偏强偏西,西太平洋

副热带高压偏强,印缅槽偏弱,700 hPa风场西北地区东部至华北有强的偏北风异常,赤道东太平洋出现暖水位相,西风漂流区海温偏低,印度洋海温偏高,后期陕西夏季多雨。欧州西北部的槽偏强,中亚长波脊偏弱,西太平洋副热带高压偏弱,印缅槽偏强,700 hPa风场西北地区东部至华北有强的偏南风异常,赤道东太平洋出现冷水位相,西风漂流区海温偏高,印度洋海温偏低,后期陕西夏季少雨。

(3)印度洋和西北太平洋地区海温的异常有可能是冬夏环流相互联系和作用的桥梁。前冬整个印度洋和赤道中东太平洋呈现一种正海温异常形势,海陆热力差异大,在印度洋和赤道中东太平洋耦合作用下使得纬向的Walker环流减弱,进而影响到低纬度经向Hadley环流,Hadley环流的异常使得中高纬度的环流发生变化,导致中高纬度阻塞高压加强,夏季风偏强,西太平洋副热带高压偏强,水汽输送较强,有利于陕西夏季多雨。而前冬整个印度洋和赤道中东太平洋呈现一种负海温异常形势,呈现出相反的海气相互作用过程,形成陕西夏季降水偏少。

需要指出的是,本文虽然找出了前冬环流与夏季降水空间分布之间良好的对应关系和相关性,但实际过程中,由于大气变化的不确定性和非线性性,使各种天气过程变得十分复杂,单凭一个方面很难准确把握其变化规律并做出相对准确的预报,因此下一步还需要深入研究冬、夏季如何影响的物理机制。

参考文献:

- [1] 叶笃正,黄荣辉. 旱涝气候研究进展[M]. 北京:气象出版社, 1990. 1-156.
- [2] 张庆云,陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响[J]. 气象学报,1998,56(2):199-211.
- [3] 贺皓,罗慧,黄宝霞. 陕西盛夏多雨年与少雨年的大气环流特征分析[J]. 中国沙漠,2007,27(2):342-346.
- [4] 林纾,徐启运. 近13a影响甘肃省夏季旱涝因子的几点思考[J]. 干旱气象,2005,23(1):84-89.
- [5] 方建刚,白爱娟,肖科丽,等. 陕西伏旱气候特征及成因分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(2):28-34.
- [6] 赵庆云,赵红岩,刘新伟. 西北东部极端降水事件及异常旱涝季节变化倾向[J]. 中国沙漠,2006,26(5):745-749.
- [7] 何金海,刘芸芸,常越. 西北地区夏季降水异常及其水汽输送和环流特征分析[J]. 干旱气象,2005,23(1):10-16.
- [8] 刘晓东,方建刚,杨续超,等. 秦岭邻近地区旬降水气候学及其大气环流特征[J]. 干旱气象,2003,21(3):8-13.
- [9] 张存杰. 提高气候预测准确率的有效途径[J]. 干旱气象,2003,21(3):90-93.
- [10] 琚建华,吕俊梅,谢国清,等. MJO和AO持续异常对云南干旱的影响研究[J]. 干旱气象,2011,29(4):401-406.

- [11] 钱永甫, 张艳, 郑益群. 青藏高原冬春季积雪异常对中国春夏季降水的影响[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 1-7.
- [12] 陈隽, 孙淑清. 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 I. 强弱冬季风影响的对比研究[J]. 大气科学, 1999, 23(1): 101-111.
- [13] 陈隽, 孙淑清. 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 II. 冬季风异常对全球热带海温变化的影响[J]. 大气科学, 1999, 23(3): 286-295.
- [14] 张庆云, 陶诗言. 夏季西太平洋副热带高压异常时的东亚大气环流特征[J]. 大气科学, 2003, 27(3): 369-380.
- [15] Ji L R, Sun S Q, Arpe K, et al. Model study on the interannual variability of Asian winter monsoon and its influence[J]. *Advances in Atmospheric Science*, 1997, 14(1): 1-22.
- [16] 陈文, 顾雷, 魏科, 等. 东亚季风系统的动力过程和准定常行星波活动的研究进展[J]. 大气科学, 2008, 32(4): 950-966.
- [17] 纪立人, 布和朝鲁, 孙淑清. EAWM 流型域——一种与东亚冬季风异常相联的海—气耦合流型域[J]. 大气科学, 1998, 22(4): 491-502.
- [18] 朱锦红. 中国夏季降水的可预报性研究[J]. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 79-87.
- [19] 张世轩, 支蓉, 封国林, 等. 中国东部地区前冬季节来临早晚与夏季降水的关系探究[J]. 大气科学, 2012, 36(3): 564-578.
- [20] 龚振淞, 杨义文. 中国夏季旱涝气候预测相似模型[J]. 气象, 2010, 36(5): 46-50.
- [21] 王遵娅, 丁一汇. 中国雨季的气候学特征[J]. 大气科学, 2008, 32(1): 1-13.
- [22] 赵汉光, 张先恭. 我国东部夏季雨带的气候分类及其环流特征[J]. 气象, 1993, 19(9): 3-8.
- [23] 孙淑清, 陈隽. 冬季风异常与环流的隔季相关——东亚冬季风研究之二[J]. 新疆气象, 1998, 21(1): 4-8.
- [24] 程玉琴, 张少文, 徐钰强, 等. 冬季环流与赤峰地区夏季旱涝[J]. 气象, 2001, 27(11): 44-47.
- [25] 李麦村. 大气环流的准半年重现现象与长期天气过程[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 1-14.
- [26] 高智, 谢双亭. 陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系[J]. 南京气象学院学报, 1992, 15(4): 574-583.

Analysis on Atmospheric Circulation Anomaly of Floods/Drought Summer in Shaanxi Province

WANG Na¹, FANG Jiangang¹, CUI Wei¹, XIAO Keli², WANG Qi¹

(1. Shaanxi Climate Center, Xi'an 710014, China; 2. Shaanxi Meteorological Society, Xi'an 710016, China)

Abstract: Based on NCEP/NCAR reanalysis data and monthly precipitation data in Shaanxi Province from 1961 to 2008, the spatial and temporal distribution characteristics of summer precipitation and the abnormal signal of early climate system characteristics were analyzed by using EOF and composite analysis methods. Results show that when the Ural Mountain and the Okhotsk Sea high were stronger, the Baikal trough was deeper, and the west Pacific subtropical high strengthened and extended westward in summer, there would be flooding in summer of Shaanxi. Whereas, when Shaanxi was controlled by the northwest flow in front of the Central-Asian ridge, the west Pacific subtropical high was weaker and extended eastward, it would be drought in summer of Shaanxi. When the Central-Asian ridge was stronger and extended westward, the west Pacific subtropical high strengthened, the India-Burma trough was weaker, and there were abnormal strong north wind in the eastern region of Northwest to the North China at the level of 700 hPa, SST in the middle east equatorial Pacific was higher and in west wind drift area was lower, SST in India ocean was higher in the preceding winter, there would be flooding in summer of Shaanxi. Whereas when the Northwestern Europe trough was stronger, the Central-Asian ridge was weaker, the west Pacific subtropical high was weaker, the India-Burma trough was stronger, there were abnormal strong south wind in the eastern region of Northwest to North China at the level of 700 hPa, SST in the middle east equatorial Pacific was lower and higher in west wind drift area, and SST in India ocean was lower in the preceding winter, there would be drought in summer of Shaanxi.

Key words: drought and flood in summer; the preceding atmospheric circulation anomalies; Shaanxi Province