

陕西春季干旱的环流特征分析

方建刚^{1,2}, 白爱娟^{1,3}

(1. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075;

2. 陕西省气候中心, 陕西 西安 710015; 3. 成都信息工程学院大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘 要: 选用陕西 51 个气象站 1962~2008 年 3~5 月降水量数据和 NCEP/NCAR 再分析资料, 根据综合干旱指数确定了陕西春季干旱等级和持续时间, 利用合成分析的方法分别对陕西春季干旱和春末夏初干旱年的大气环流进行研究, 并与多雨无旱年的大气环流特征作对比分析。结果表明, 陕西春季干旱持续时间长, 呈北强南弱的非均匀分布模式。陕北长城沿线风沙区、关中平原和秦巴山区东部是春季易发生干旱的关键区。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分布呈现“- + -”, 中亚高压脊偏强, 东亚大槽明显偏深, 表现出冷暖空气交汇区偏南的冬季风环流特征; 相反春季多雨年中纬度盛行纬向气流, 东亚大槽偏浅且位置偏东, 威海、里海附近多低压系统活动, 南支西风带中孟加拉湾长波槽偏深。春末夏初影响陕西干旱的环流表现为“- + -”的距平分布, 中亚高压脊偏强, 中纬度盛行纬向气流, 冷空气多偏北路径向东南移动, 西太平洋副高偏弱, 位置偏东偏南; 相反春末夏初多雨年乌拉尔山高脊偏强, 贝加尔湖多长波槽活动, 同时西太平洋副高偏强, 对流层低层青藏高原东侧面南风顺常年同期偏强。最后相关分析表明陕西春季干旱指数与前期冬季乌拉尔山附近高度场有显著负相关, 前期冬季乌拉尔山高脊偏强(弱), 陕西春季易发生干旱(多雨)。

关键词: 综合干旱指数; 干旱; 多雨; 环流形势; 合成分析

中图分类号: S165+.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0247-07

陕西地处青藏高原东北侧, 地理地貌复杂, 南北气候差异较大。受东亚季风影响, 降水南多北少, 夏秋多冬春少, 且年际变率大, 干旱发生的频次、范围和危害程度, 均超过了其它气象灾害, 为陕西主要气象灾害之一。近年来北半球大气温度总体呈上升趋势, 西北地区东部也发生了以气温升高降水减少为主要特征的变化。气候变暖导致水分循环加快, 蒸发加大, 干旱发生频次可能加大, 因此我国北方地区干旱的气候成因受到广泛关注^[1~4]。王志伟等^[5]发现中国北方近 50 a 主要农业区不同程度干旱的面积均有扩大趋势。黄荣辉等^[6]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。钱正安等^[7]在分析西北地区干旱灾害的气候成因时指出, 青藏高原的热力、动力作用和盛行环流的年际变化通过影响垂直运动及水汽输送, 进而影响西北降水的气候变化, 因此高原地形是干旱形成的主要因素。黄山江和王谦谦^[8]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。宋连春等^[9]、张存杰等^[10]发现, 近年来季风边缘的西北东部降水呈减少趋势。春季是陕

西干旱灾害多发季节, 特别是陕北、关中易发生严重干旱, 而这个时段的气候对农业生产又非常重要, 因此有必要探索陕西春季干旱灾害的气候成因。本文采选用陕西 51 个气象站 1962~2008 年 3~5 月降水资料和美国 NCAR/NCEP 再分析的大气环流资料, 根据综合干旱指数确定了陕西春季和春末夏初的干旱年和多雨年, 采用距平方法(均相对于 1961~2000 年)分析对比了干旱与多雨年前期和同期大气环流特征, 研究陕西春季干旱灾害的成因, 为西北地区春季短期气候预测提供参考依据。

1 综合干旱指数

干旱是指长时间或农业生产关键期因降水量偏少, 使得土壤、植物、大气系统中水分收支不平衡产生的水分短缺现象。气象干旱指数需要综合考虑降水量、气温、蒸发、连续无降水日数等多个要素对干旱的作用, 建立客观、合理、准确反映干旱现象的指标体系。由于降水偏少是形成干旱的主要原因之一, 因此有依据降水量多少或降水量偏离历史同期气候平均值的程度来描述干旱程度的指标^[11], 如降水距平百分率、标准差等。这些指数计算方法简单,

收稿日期: 2009-12-25

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目(40825008); 国家科技基础条件平台建设项目(2006DKA32300-03); 黄土与第四纪地质国家重点实验室自主课题(IQ0701)

作者简介: 方建刚(1960—), 男, 陕西咸阳市人, 高级工程师, 主要从事气象分析和研究。E-mail: fangjg1960@yahoo.com.cn。

所需资料易获取,但是对水分支出和地表水分平衡反映不足,尤其是对一些降水时空分布极为不均且年际变率大的地区。近年来基于时段降水量统计概率分布特征的干旱指数^[12,13],如 Z 指数、标准降水指数(SPI)等广泛应用于干旱的监测预测业务中,该类指数对不同时段干旱具有相同干旱等级划分标准,虽可进行多时间尺度旱涝等级对比分析,但仍未综合考虑干旱发生的其它因子。在可蒸散量与降水量之间平衡关系基础上建立的干旱指数^[14],如相对湿润指数、德马顿干旱指标等在气象业务中得到应用,其不仅能够进行多时空尺度旱涝等级对比分析,同时能够反映前期干旱持续时间对后期干旱程度的影响,并考虑了其它气象要素对干旱形成的作用。在气象干旱国家标准中,综合干旱指数^[15]正好满足以上条件,并在气候分析中得到广泛应用。

1.1 标准化降水指数

标准化降水指数(简称 SPI)是假定某时段降水量遵从 Γ 分布,通过计算其 Γ 分布概率,将分布概率转换为标准正态分布函数,用标准化累计频率分布来描述降水量的变化等级^[15]:

$$SPI = S \frac{t - (c_2 t + c_1)t + c_0}{[(d_3 t + d_2)t + d_1]t + 1.0}$$

其中 $t = \sqrt{\ln \frac{1}{H(x)^2}}$, $H(x)$ 为累积概率,并当 $H(x) > 0.5$ 时, $S = 1$, 当 $H(x) \leq 0.5$ 时, $S = -1$ 。
 $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$ 。

1.2 相对湿润指数

相对湿润指数是表征某时段降水量与蒸发量之间平衡状况的指标,在气象干旱国家标准中相对湿润指数定义为^[15]: $M = \frac{P - PE}{PE}$

式中, P 为时段降水量; PE 为时段可蒸散量, $PE = 16.0 \times (\frac{10T}{H})^A$, 其中 T 为月尺度(近 30 天)平均气温, $H = \sum_{i=1}^{12} (\frac{T_i}{5})^{1.514}$ 为年热量指数, A 为常数。

1.3 综合干旱指数

综合干旱指数是近 30 d、近 90 d 降水量标准化降水指数和近 30 d 相对湿润指数的综合,在气象干旱国家标准中综合气象干旱指数^[15] CI 定义为:

$$CI = aSPI_{30} + bSPI_{90} + cM_{30}$$

这里 SPI_{30} 、 SPI_{90} 分别为近 30 和近 90 d 标准化降水指数 SPI 值, M_{30} 为近 30 d 相对湿润度指数, $a = b = 0.4$ 分别为近 30、90 d 标准化降水系数, $c = 0.8$ 为近 30 d 相对湿润系数。

万方数据

综合干旱指数包含了前期降水量统计分布特征的标准降水指数 SPI , 也包含了降水与蒸发之间的平衡关系, 因此能够反映短时间和长时间尺度降水的气候异常状态, 还能反映短时间尺度影响农作物的水分亏欠情况。避免了在干旱分析中, 由于短时间极端强降水过程对干旱强度和持续时间的减弱作用, 对 10~20 d 干旱具有客观的监测分析作用, 因此本文采用综合干旱指数分析陕西春季干旱的变化特征。根据气候业务中干旱划分标准, 将 CI 指数划分为 5 个等级, 并确定其相应的界限值作为单站干旱指标(表 1)。综合气象干旱指数 CI 连续十天为轻旱及轻旱以上等级, 则确定为发生一次干旱过程, 干旱过程开始日为第 1 天 CI 指数为轻旱及轻旱以上等级的日期。在干旱发生期, 若综合干旱指数 CI 连续十天为无旱等级时干旱解除, 同时干旱过程结束, 结束日期为最后一次 CI 指数达无旱等级的日期, 干旱过程开始到结束期间的天数为干旱持续时间。干旱过程强度为干旱期 CI 指数平均值, 其值越小干旱过程越强。

表 1 以 CI 值为指标的干旱等级
Table 1 The drought level indexed by CI value

等级 Grade	CI 值 CI value	干旱类型 Type of drought
1	$-0.6 < CI$	无旱 No drought
2	$-1.2 < CI \leq -0.6$	轻旱 Slight drought
3	$-1.8 < CI \leq -1.2$	中旱 Middle drought
4	$-2.4 < CI \leq -1.8$	重旱 Severe drought
5	$CI \leq -2.4$	特旱 Extreme drought

2 陕西春季干旱气候特征

受地理地貌等因素影响, 陕西降水区域变化大, 分布不均, 导致干旱分布也不均匀, 干旱强度和持续时间也不一致。根据陕西气候特点和气候分析预测业务规范, 选用分布均匀, 资料完整, 均一性好的 51 个代表气象站, 计算平均综合干旱指数和平均干旱持续时间。分析发现陕西干旱以长城沿线风沙区发生干旱年份较多、秦巴山区发生干旱的年份较少, 表明陕西春季干旱呈北多南少, 分布极为不均的气候特征。即使地理位置相近的台站干旱发生的频率也有较大的差别, 表现出春季干旱的显著区域特性。陕北长城沿线风沙区、渭北黄土高原沟壑区和秦巴山区春季, 平均综合干旱指数比较小(图 1), 这些区域易发生较严重干旱, 同时陕北春季多年平均干旱持续时间为 38~43 d, 关中 34~38 d, 陕南 32~36 d。干旱持续时间空间分布与陕西春季干旱发生的频率

分布非常类似,因此陕西各地春季不仅易发生干旱,而且持续时间长,旱情严重。

均气温升高,黄河中游地区年降水量减少的结论是一致的^[17]。

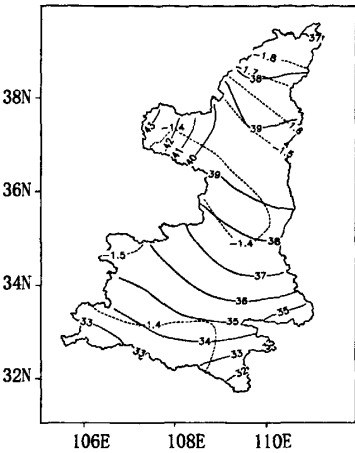


图 1 陕西春季平均干旱持续时间(实线,单位:天)和平均综合干旱指数(虚线)

Fig.1 The mean duration of drought in spring over Shaanxi (solid line, unit: day) and the CI (broken line)

刘天适^[16]根据欧亚大陆大气环流活动中心与陕西气候季节变化特征的关系,将陕西一年划分为春季(3~4月)、初夏(5~6月)、盛夏(7~8月)、初秋(9~10月)、深秋(10~11月)、初冬和隆冬(12~2月)等 7 个自然天气季节,同时指出在不同自然天气季节影响陕西的大尺度环流系统和主要气象灾害也有所差异,春季陕西主要气象灾害为干旱、寒潮大风等。日常业务中大多以 3~5 月为春季,本文在分析陕西区域性干旱及其大气环流异常特征时,将分别讨论春季 3~4 月和春末夏初 5 月陕西区域性干旱的等级及环流特征。

根据区域干旱平均持续时间、区域平均干旱强度,将全省划分为无旱、偏旱、重旱 3 个等级,如果全省不足 1/3 的测站春季平均干旱持续时间小于 20 d,春末夏初小于 15 d,平均干旱强度小于 -1.0 为无旱;全省 1/3 以上的测站平均干旱持续时间 20~25 d,春末夏初大于 15 d,平均干旱强度 -1.0~-1.2 为偏旱;全省有 2/3 的测站满足平均干旱持续时间春季大于 25 d,春末夏初大于 15 d,且平均干旱强度小于 -1.2 为重旱。在 1962~2008 年(表 2)春季和春末夏初干旱多发生在 1974~1986 年和 1995~2008 年两个时段。值得关注的是在全球气候变暖的大背景下,干旱发生的频次明显增多,特别是 1995 年以来重旱发生的频次明显加大,这与全球平

表 2 1962~2008 年陕西春季干旱等级

Table 2 The drought level in spring in Shaanxi from 1962 to 2008

干旱类别 Type of drought	春季 Spring	春末夏初 Late spring and early summer
无旱 No drought	1963、1964、1967、1969、1970、1972、1976、1979、1980、1982、1987、1989、1990、1991、1994、1997、1998、2003、2008	1963、1964、1965、1966、1967、1970、1971、1973、1976、1977、1980、1983、1984、1985、1987、1990、1993、1998、1999、2002、2003
偏旱 Partial drought	1965、1966、1971、1973、1974、1978、1983、1985、1986、1988、1992、1993、1996、2002、2006、2007	1968、1972、1975、1979、1982、1988、1989、1991、1992、1996、1997、2004、2006、2008
重旱 Severe drought	1962、1968、1975、1977、1981、1984、1995、1999、2000、2001、2004、2005	1962、1969、1974、1978、1981、1986、1994、1995、2000、2001、2005、2007

3 陕西春季干旱的大气环流特征

春季东亚大气环流的主要特征为东亚大槽和南支西风急流较冬季明显减弱,地面蒙古冷高压开始减弱,大陆低压发展,青藏高原东北侧降水也较冬季明显增多。春末夏初时南亚高压开始在青藏高原发展,副高以北进南退为主要活动特征,暴雨、冰雹等高影响天气也多发生。在自然天气季节转换过程中,影响陕西降水天气发生发展的系统也发生了明显变化,因此春季和春末夏初影响陕西干旱的大气环流形势也有明显差异。

3.1 春季干旱环流特征

从表 2 中选择 5 个典型春季 3~4 月干旱年进行环流场合成分析(图 2)。发现陕西春季干旱年 500 hPa 欧亚大陆大气环流保持了冬季环流的主要特征,中高纬度西风带环流呈三波型,极涡偏向东北半球,欧亚中纬度环流呈两槽一脊型,宽广的东亚大槽位于亚洲大陆东岸 120°E 以东,有 520dagpm 闭合低压中心,陕西主要受槽后西北气流控制。欧亚距平场分布纬向呈“- + -”的特征,中亚有 +3dagpm 的距平中心,日本海附近有 -6 的中心,表明陕西春季干旱年上游的中亚高压脊明显偏强,下游的东亚大槽偏深,有利于冷空气向南入侵,冷暖空气交汇区明显偏南。同时干旱年平均 200 hPa 西风急流中心位于 140°E 以东,有大于 60 m/s 的西风中心,陕西位于急流入口左侧的辐合区。因此陕西春季干旱年东亚大槽偏深,地面蒙古高压偏强,东亚冬季风环流特征明显。

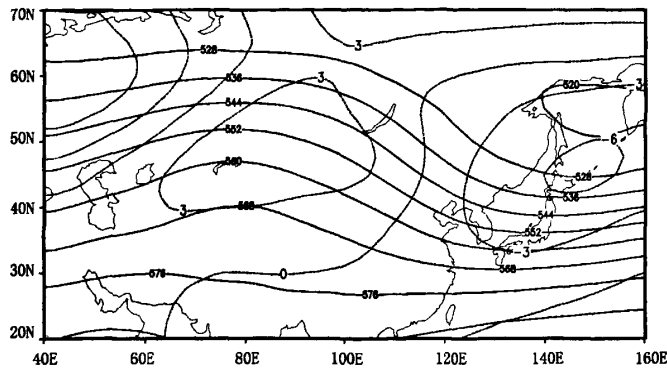
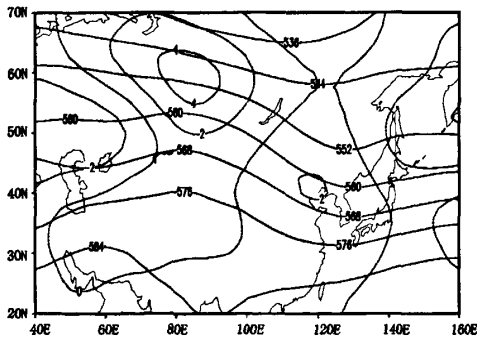


图 2 陕西春季干旱年 500 hPa 高度场(实线)及距平场(虚线,单位:dagpm,下同)

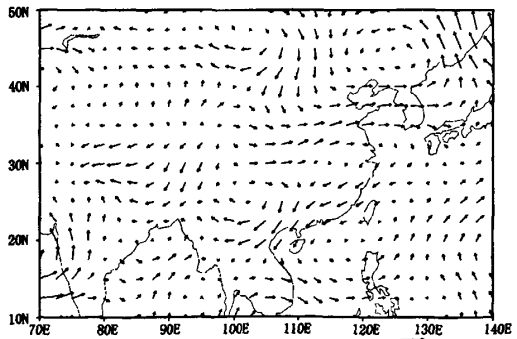
Fig.2 The 500 hPa height field (solid line) and its anomaly field (broken line) in dry years in spring over Shaanxi (unit: dagpm, the same as below)

从表 2 中选择 5 个典型春末夏初干旱年进行合成分析(图 3),发现陕西春末夏初干旱年欧亚中纬度 500 hPa 环流形势保留了春季干旱少雨的一些基本特征,欧亚中纬度环流仍呈两槽一脊型,但中亚长波脊和东亚大槽较春季干旱时期明显偏弱,青藏高原到伊朗高原的长波脊明显加强,西北东部仍维持西北气流,等值线的疏密反映了西北气流较春季干旱期明显减弱。西北东部长时间受西北气流控制,气温回升快降水少,而欧亚 500 hPa 距平场纬向呈“- + - +”的分布,欧洲东部和亚洲大陆东岸为

负距平,中亚和日本海东部为正距平,中亚有 +4dagpm 的中心,中国大陆东部为广阔的负距平,并有 -2 的闭合中心,表明陕西春末夏初干旱年东亚中纬度纬向气流强盛,中亚高压脊偏强,冷空气多偏北东南移,西太平洋副热带高压强度偏弱,位置偏东偏南,相应的 850 hPa 距平风场(图 3b)显示,亚洲大陆东部有宽广的西风距平,青藏高原东侧和蒙古国为明显的北风距平,中国南海为西风距平。因此影响陕西降水的偏南气流较常年偏弱,东亚夏季风建立偏晚,强度偏弱。



(a)



(b)

图 3 春末夏初干旱年 500 hPa 高度(实线)及距平(虚线)场(a)和 850 hPa 距平风场(b) (单位:m/s,下同)

Fig.3 The 500 hPa height field (solid line) and its anomaly field (broken line) in dry years in late spring and early summer (a) and the 850 hPa anomaly field of wind (b) over Shaanxi (unit: m/s, the same as below)

3.2 春季多雨环流特征

为进一步了解陕西春季干旱的大气环流异常特征,从表 2 中选择 5 个典型春季无区域性干旱,且降水明显偏多年,将这些年平均环流场与干旱年的环流进行对比分析,发现陕西春季多雨年北半球极涡呈绕极型,中纬度东亚西风带环流的经向度较干旱

年明显减弱(图 4),西风锋区位于 40°N 附近。距平场上,陕西上游中亚到威海、里海附近为 -3dagpm 的距平中心,东部鄂霍次克海附近为 -6 的闭合中心,日本海到亚洲大陆东岸为 +3 的距平中心。表明春季中亚高脊偏弱,东亚大槽偏浅且位置偏东,威海、里海附近多低压系统活动,有利于陕西春季多雨

天气的形成。因此环流形势反映了陕西春季多雨年冷空气势力强盛,同时暖湿气流相对活跃,冷空气多滞留于偏北地区,暖湿空气易北上,冷暖空气交汇区

偏北的特征。陕西春季多雨年中低纬度亚洲大陆东岸的正距平中心,说明副热带高压较常年强盛,且位置偏北。

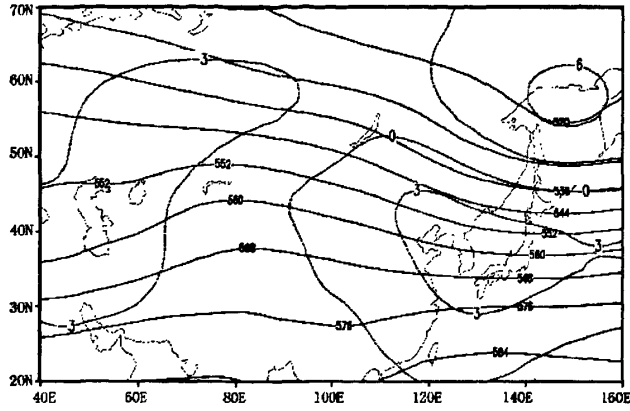
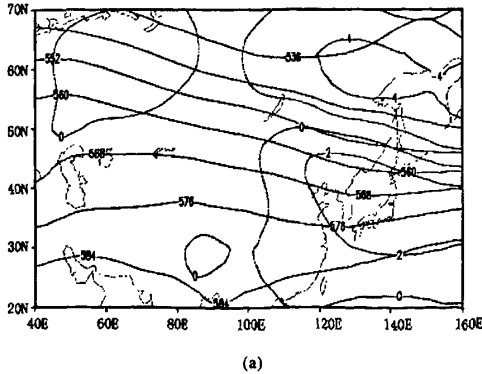


图 4 春季多雨年 500 hPa 高度场(实线)及距平场(虚线)

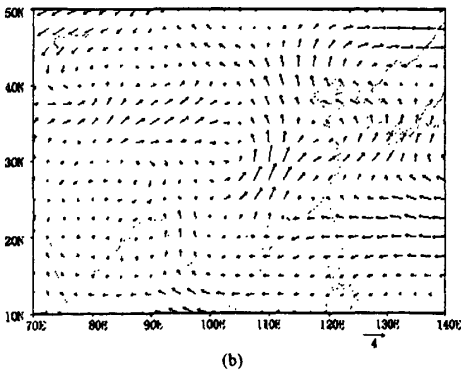
Fig.4 The 500 hPa height field (solid line) and its anomaly field (broken line) in rainy years in spring over Shaanxi

同样,典型的陕西春末夏初多雨年的环流形势(图 5a),中高纬度呈两脊一槽型,乌拉尔山和鄂霍次克海分别为长波脊,陕西大部受乌拉尔山脊前强西北风气流控制,同时青藏高原到孟加拉湾为槽区,距平场中乌拉尔山为正距平,贝加尔湖东部为 -4 dagpm 的距平中心,亚洲大陆东岸有 +2 的闭合中心,表明在陕西春末夏初多雨年乌拉尔山长波脊偏

强,贝加尔湖以东多长波槽活动,同时西太平洋副热带高压偏强,且位置偏西。相应的 850 hPa 距平风场(图 5b)中,青藏高原北侧中纬度为西风距平,亚洲大陆东岸和青藏高原东侧为显著的南风距平,南海为东风距平,反映多雨年不仅与亚洲中纬度西风锋区增强有关,也与东亚夏季偏南气流增强有密切的关系。



(a)



(b)

图 5 春末夏初多雨年 500 hPa 高度(实线)及距平(虚线)场(a)和 850 hPa 距平风场(b)

Fig.5 The 500 hPa height field (solid line) and its anomaly field (broken line) in rainy years in late spring and early summer (a) and the 850 hPa anomaly field of wind (b) over Shaanxi

3.3 春季干旱的前期环流特征

大气环流的演变遵循一定的自然规律,大范围持续干旱、多雨不仅与同期的大气环流异常有直接联系,同时前期环流变化对大范围长时间的天气气候异常具有一定的指示意义。陕西春季干旱形成主

要是由于长时间降水偏少,土壤缺水致植物体内水分亏缺造成的,前期的降水量和大气环流形势与春季的干旱灾情有密切关系。分析陕西春季综合干旱指数与冬季欧亚 500 hPa 大气环流的相关性(图 6),发现陕西春季干旱指数与冬季乌拉尔山的位势高度

有明显负相关,并且通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,与青藏高原和日本海附近位势高度呈正相关,表明冬季大气环流异常与陕西春季干旱(多雨)有密切关系。陕西春季干旱(多雨)年的前期冬季 500 hPa 欧亚距平场的合成分析也证实这一点,陕西春季干旱前期冬季乌拉尔山、贝加尔湖以东分别有 +6、

+4dagpm 的距平中心(图 7a),而陕西春季多雨年前期冬季乌拉尔山附近为负距平,贝加尔湖附近有 +6 的距平中心(图 7b),亚洲大陆东岸西太平洋有 -2 的距平。因此前期冬季乌拉尔山高脊偏强,预示着陕西春季易发生干旱灾害,反之亦然。

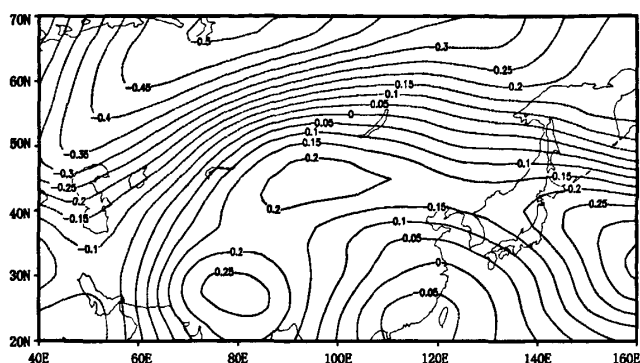


图 6 陕西春季综合干旱指数与前冬季 500hPa 高度场的相关系数分布

Fig. 6 The distribution of correlation coefficient between CI in spring and 500 hPa height field in the preceding winter in Shaanxi

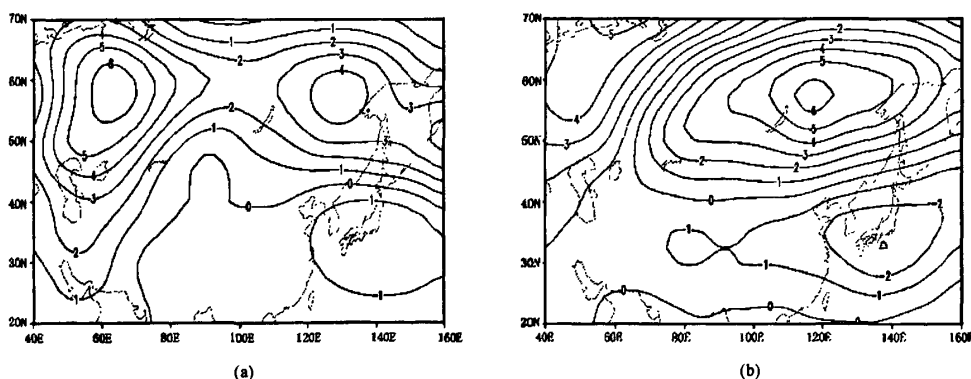


图 7 陕西春季干旱年(a)和多雨年(b)前冬季 500hPa 距平场

Fig. 7 The 500 hPa height anomaly in preceding winter of dry years (a) and rainy years (b) in spring

4 小 结

1) 陕西春季干旱持续时间长,分布极为不均,呈北多南少的气候特征。陕北长城沿线风沙区、关中平原和秦巴山区东部易发生严重的春季干旱。在全球气候变暖的背景下,陕西春季干旱发生频次明显增多。

2) 中亚高压脊偏强和东亚大槽明显偏深,冷暖空气交汇区偏南,东亚冬季风环流特征显著,是陕西春季干旱少雨的主要环流特征;而东亚大槽偏浅且位置偏东,中纬度东亚纬向气流发展,威海、里海附近多低压系统活动,南支西风带中孟加拉湾长波槽

偏深,是陕西春季多雨环流特征。

3) 春末夏初随着自然天气季节转变,影响陕西降水的主导系统发生了明显变化,春末夏初干旱年中亚高压脊偏强,中纬度纬向气流强盛,冷空气多偏北东南移,西太平洋副热带高压偏弱,位置偏东偏南,对流层低层的偏南气流较常年偏弱;相反陕西春末夏初多雨年乌拉尔山长波脊偏强,贝加尔湖以东多长波槽活动,同时西太平洋副热带高压偏强,对流层低层青藏高原东侧西南季风较常年同期偏强。

4) 陕西春季降水与前期冬季乌拉尔山附近位势高度场有显著负相关,前期冬季乌拉尔山高脊偏强(弱),陕西春季易发生干旱(多雨)。

参考文献:

- [1] 黄荣辉,徐予红,周连童.我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J].高原气象,1999,18(4):465—476.
- [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.
- [3] 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),2006,42(1):100—110.
- [4] 任朝霞,杨达源.近50a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—52.
- [5] 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):61—69.
- [6] 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—571.
- [7] 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):29—38.
- [8] 黄山江,王潇潇,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.
- [9] 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,(2),143—148.
- [10] 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.
- [11] 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—32.
- [12] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等.西北地区旱涝指标的研究[J].高原气象,1998,17(4):381—386.
- [13] 王彦集,刘峻明,王鹏新,等.基于加权马尔可夫模型的标准化降水指数干旱预测研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):198—203.
- [14] 姚玉璧,张存杰,邓振钢,等.气象、农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185—189.
- [15] 中国气象局政策法规司.气象标准汇编[M].北京:气象出版社,2007:33—64.
- [16] 刘天适.陕西气象灾害的季节特征[J].灾害学,1987,2(1):85—88.
- [17] 刘晓东,安芷生,方建刚,等.全球气候变暖条件下黄河流域降水的可能变化[J].地理科学,2002,22(5):513—519.

The analysis of atmospheric circulation during the years with spring drought in Shaanxi

FANG Jian-gang^{1,2}, BAI Ai-juan^{1,3}

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment,
Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710075, China; 2. Climate Center of Shaanxi, Xi'an, Shaanxi 710015, China;
3. Atmospheric Science College, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225, China)

Abstract: Using the observed precipitation data from March to May during the past 47 years in 51 stations in Shaanxi, as well as the NCEP/NCAR reanalysis data, this paper determines the criterion of years with spring drought and rainy years in Shaanxi by the Synthetical Drought Index, and analyses compositely different atmospheric circulations in years with spring and early summer droughts and rainy years in Shaanxi. The results display that the Shaanxi spring droughts are long-lasting and more droughts happen in northern part than in south, showing inconsistent distribution. There are some key areas with more spring droughts happen, which are the soil erosion areas along the Great Wall over the northern part of Shaanxi, Guanzhong Plain and Qinba mountainous areas. During the years with spring drought, '— + —' height anomaly distribution in mid-high latitudinal of Eurasia at 500 hPa field reveals that mid-Asian ridge and east-Asian trough are much intense, which results in the significant winter monsoon circulation with southern area of warm and cold air; On the contrary in the years with rainy spring, the atmospheric circulation is latitudinal, and the east-Asian trough is weaker and lies in more east area. At the same time, there are more lows in Caspian Sea and Aral Sea, with intense trough in the Bay of Bengal. During late spring and early summer, the height anomaly is '— + — +', which means that more latitudinal circulation with stronger ridge in mid-Asia. As a result, the cold air can move toward south-east by the northern way and the west Pacific high is less strong and lies in its south-east; Oppositely, during the rainy years in late spring of Shaanxi, the Ural ridge is more intense, and more troughs active in the Lake Baikal area. At the same time, the west Pacific high is much stronger, and stronger south wind at the lower troposphere is more prevail than in normal times. At last, the negative correlation between spring droughts and the preceeding-winter height distribution displays that if the Ural ridge is more intense (weaker), Shaanxi would have drought (much rain).

Keywords: synthetical drought index; drought; rainy; circulation; composite analysis