

陕西省沙尘暴时空变化特征与其环流背景

王越^[1] 孙娴^[1] 姜创业^[1] 星全芳^[2]

(1、陕西省气候中心, 西安 710015; 2、青海省果洛州气象局, 果洛州 814000)

摘要: 利用陕西省 58 个测站 1961~2005 年历年沙尘暴日数资料和 NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了陕西沙尘暴空间分布特征和时间变化规律以及有利于中国北方沙尘暴多发/少发的环流气候背景。结果表明: 陕北沙尘暴是沙漠边缘干旱化不稳定过渡带的产物, 即在同样的大气条件下, 下垫面条件决定沙尘暴的空间分布; 陕北沙尘暴的时间分布主要与大风有关, 在日变化、年变化、年际变化与年代际变化中都是如此, 即在确定的下垫面条件下, 天气气候(风、降水等)条件决定沙尘暴的时间变化; 蒙古低槽、乌拉尔高脊的环流形势配置过程中的典型背景条件, 不仅在天气尺度如此, 在年际、年代际尺度也是如此; 陕西省沙尘暴的 EOF 分析表明, 沙尘暴频数在 90 年代中期以后变化较平稳, 21 世纪徘徊在低值附近。

关键词: 陕北; 沙尘暴; 环流背景; 空间分布; 时间变化

1 引言

陕北位于关中北山以北, 东以黄河为界, 西邻甘肃、宁夏、北与内蒙古接壤。是西北黄土高原的一部分, 除长城沿线风沙区和部分山地外, 大部分被黄土覆盖。长城沿线及以北地区多风沙滩地地貌, 地处鄂尔多斯高原与黄土高原交接地带, 属鄂尔多斯地台的毛乌素沙漠南缘, 是亚洲内陆的干旱区, 这里滩地、沙漠交错, 湖盆、淖水灌溉的绿洲散落其中。水资源的贫乏, 使这里的地表植被状态极不稳定, 因此成为大气环流变化调控下的中国北方沙尘暴的主要源区之一^[1-12]。沙尘暴是特定地理及气象条件下的产物, 沙漠及其周边沙漠化土地上的植被状态不稳定的地表为沙漠提供沙源基础, 环流气候背景场的调整则是随之发生的一系列沙尘暴过程的天气学触发机制的驱动力, 因此两者共同构成了沙尘暴发生的充要条件。本文利用近 45 年陕西省 58 个气象台站观测资料和 NCEP/NCAR 再分析气候资料^[13], 分析了陕西省沙尘暴日数的空间分布特征和时间变化规律以及有利于中国北方沙尘暴多发/少发的环流气候背景, 以期增进对沙尘暴天气的认识, 为提高沙尘暴预测的准确率提供理论依据。

2 沙尘暴的空间分布

图 1 为陕西省年沙尘暴日数的多年平均分布。从图 1 中可看出, 沙尘暴高发中心都在陕北。陕西省沙尘暴的分布北多南少, 且从北到南成呈阶梯形递减。陕北北部长城沿线自东向西递增, 主要分布范围为 3.0~22.2 d; 陕北南部 0.6~2.9 d, 关中与陕南 0.0~0.4 d, 即在 36° N 以南地区已降至 1 d a⁻¹ 以下。沙尘暴高发区分布在陕北北部长城沿线沙滩区, 次高发区在长城沿线以南的陕北南部。高发区年平均沙尘暴日数为 7.9 d, 定边位于毛乌素沙漠南缘西端, 西部毗邻腾格里沙漠、北部毗邻内蒙古乌兰布和沙漠, 平均沙尘暴日数高达 22.2 d。横山位于毛乌素沙漠南缘中部, 平均沙尘暴日数为 8.9 d; 次高发区年平均沙尘暴日数为 2.2 d, 子长县为 2.9 d。

总体上来看, 陕北沙尘暴的地域分布主要是伴随沙漠边缘的土地干旱化不稳定过渡带而形成的, 邻近沙漠地区的沙尘暴就多, 远离沙漠地区的沙尘暴就少。这体现了沙尘暴的下垫面因素: 在同样的大气条件下, 下垫面条件决定沙尘暴的空间分布。

陕西省气象局 2007 年度研究型业务重点科研项目, “陕西省气候变化的精细化检测、预估及其影响评估研究”项目资助。

作者简介: 王越, 女, 1974 年生, 硕士, 工程师, 主要从事短期气候预测、气候分析、气候应用等工作, Email:

wangyue_dm@hotmail.com

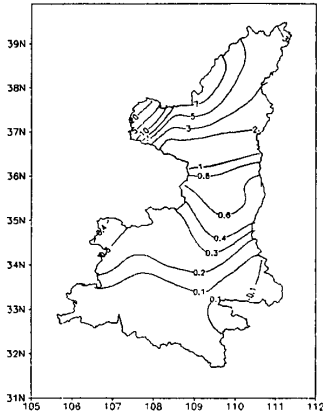


图1 陕西省沙尘暴日数的多年平均分布(单位: $d \cdot a^{-1}$)

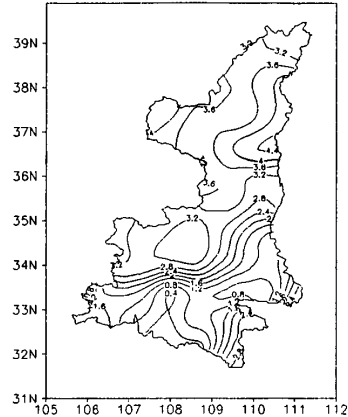


图3 沙尘暴 EOF 分析第一特征场

3 沙尘暴的季节变化特点(或年内变化特征)

图2为陕西几个主要沙尘暴高发区的沙尘暴季节变化。由图2可以看出,各地沙尘暴月际变化的总体特征是一致的,春天多、秋天少,具体说来,四个沙尘暴高发区的年内变化又有所差别。

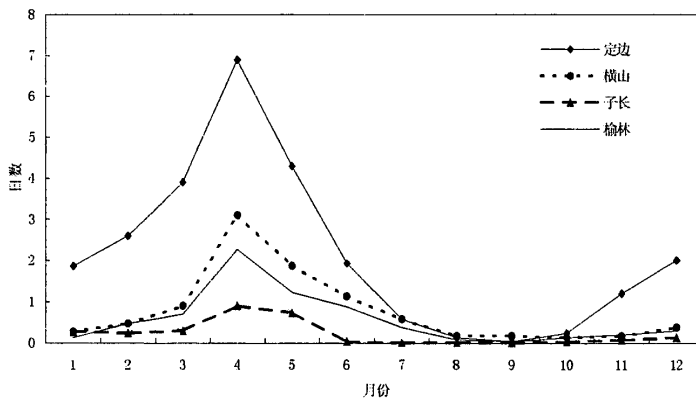


图2 陕西省各地沙尘暴的年变化(单位: $d \cdot mon^{-1}$)

定边三面环绕着沙漠,沙尘暴频数最大,春季3~5月为沙尘暴的高发期,峰值出现在4月,呈单峰形态。8~10月陕北正值降水高峰期,定边沙尘暴几乎没有。从11月份开始沙尘暴逐渐增加。

子长虽然远离沙漠,沙尘暴发生较少,沙尘暴频数变化同样呈春高秋低、单峰缓变的典型结构,代表了沙尘暴高发区外围的状况。

横山、榆林位于毛乌素沙漠中部与东部,虽其沙尘暴频数年变化峰值在图2中排位第二与第三,但年变化形态却与定边一样都属单峰,其单峰缓变的典型结构与子长等外围地区相似,表现了中心地带向外围过渡的特征。

沙尘暴年变化春天多、秋天少的总体特征与大风日的年变化特征(图略)相吻合,这表明,在同样的下垫面条件下,大气条件的年变化特征导致沙尘暴年变化的总体特征。各地的具体变化则是由局地因子产生的。这一点与其它作者的研究结果是一致的^[8]。

4 沙尘暴的年际和年代际变化特征

对沙尘暴记录较长的 58 个测站沙尘暴频数的年际变化序列 (1961~2005 年) 进行 EOF 时空展开, 其第一特征场的空间分布与多年平均分布较相似, 陕北三个高值中心及外围分布很清楚 (图 3)。EOF 第一模的方差贡献达 57% 以上, 表明沙尘暴的 EOF 第一模代表了沙尘暴的基本空间分布特征, 也代表了沙尘暴年际变化的主要型。

图 4 为沙尘暴 EOF 第一模的年际变化与高斯滤波线。从图中可以看到, 从 45 年的长期演变来看, 沙尘暴发生频数呈下降趋势的, 尤其是从 20 世纪 80 年代中期至 90 年代前期, 下降非常明显。从年代际变化来看, 上世纪 60 年代则处于较低水平, 70 年代达最高, 80 年代前期出现次高峰, 此后迅速下降, 90 年达到最低, 并持续到 21 世纪前期。从各地单站资料较长的记录中可以看到, 20 世纪 50 年代也是一个沙尘暴的高发年代。

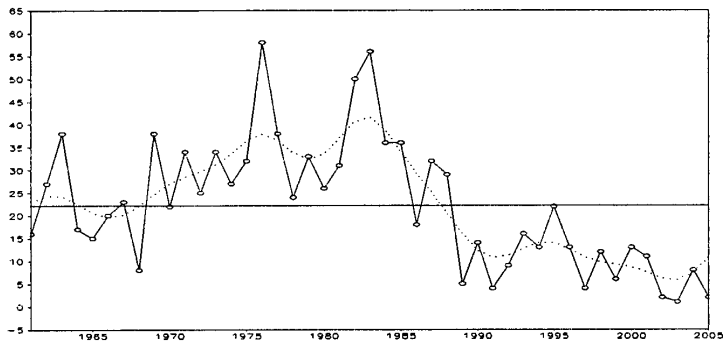


图 4 沙尘暴 EOF 分析第一模的年际变化 (虚线为高斯滤波线)

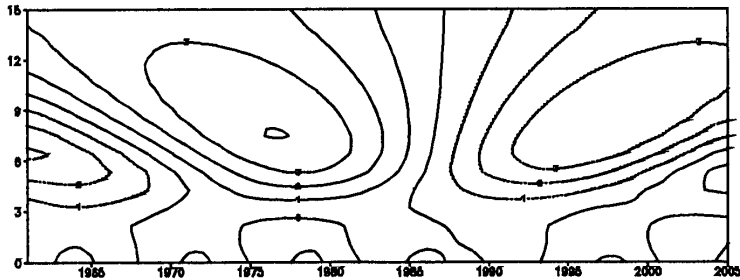


图 5 EOF 分析第一模沙尘暴小波分析

图 6 显示了定边、横山和子长站的沙尘暴频数 50 年变化情况, 各站的年际变化细节虽不尽相同, 但“60 年代低, 70 年代达最高, 80 年代前期高, 此后迅速下降, 90 年达到最低”, 这样一个总的大趋势是一致的。定边、横山与陕西沙尘暴 EOF 分析第一模的年际变化趋势相似, 从图 6 还可知越远离沙漠的地区 80 年代沙尘暴频数下降的越快。子长在 80 年代前期已变为沙尘暴低发区。定边 90 年代以后一直处于下降趋势。这些情况与 1997 年 8 月 5 日, 江泽民总书记作了“再造一个山川秀美的西北地区”的重要批示有关。在这项批示中“再造山川秀美新西北治沙工程——陕北榆林毛乌素沙漠”作为一项重点建设项目开启, 1997 年以来陕北大规模的退耕还林与榆林地区绿色长城、绿色长廊的建设卓见成效, 这种大型的治理造成沙尘重发区沙尘暴发生次数不断下降, 过渡地区与沙尘外围区下降越

明显并越来越趋于稳定的局面。

对沙尘暴 EOF 第一模态时间系数及小波谱分析表明,在 6~8 年附近有高信度水平的显著周期,其中 7 年的准周期最为显著。从图 5 中也可以看出,基波的形态很明显。从图 5 中还可看出,沙尘暴较短周期的波动在 20 世纪 70 年代、80 年代与 90 年代前期变化幅度较大,以后则随沙尘暴总体频数的降低而减小,到本世纪初开始不是很明显了。

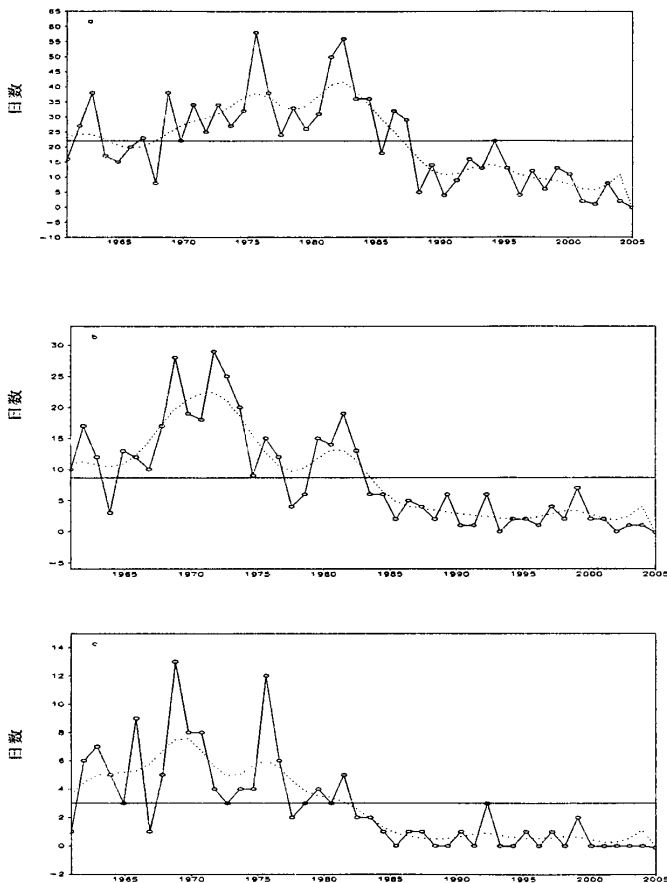


图 6 陕北三个典型代表站的沙尘暴天数的年际变化(a: 定边; b: 横山; c: 子长)
虚线为高斯滤波线

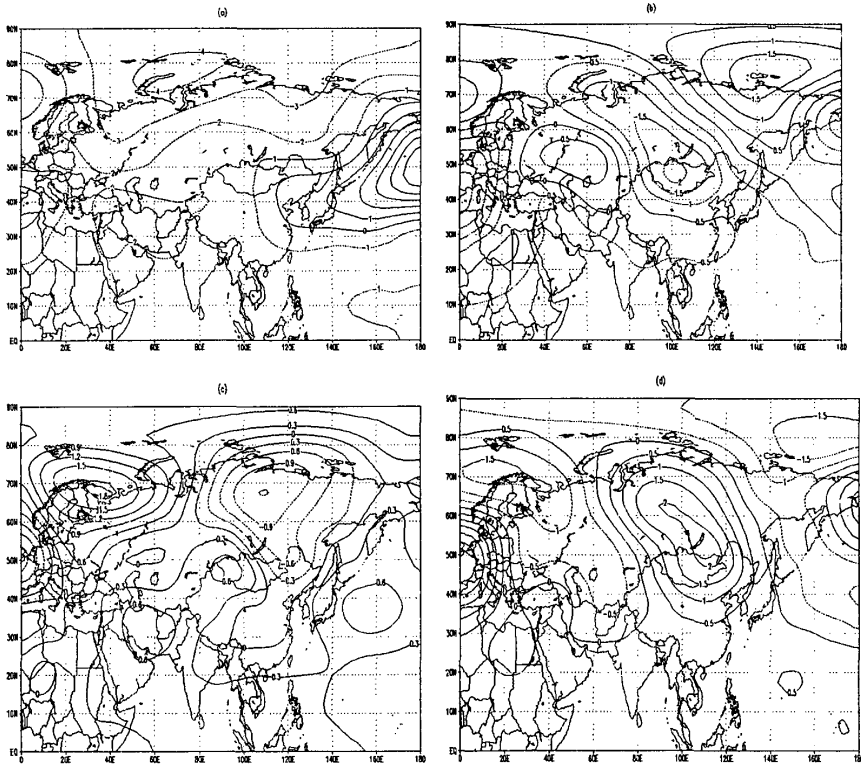
5 沙尘暴发生的环流背景

陕北春旱少雨,土壤含水得不到有效的补充,因而迅速损耗,从而使土壤表层干燥疏松,干土层不断增厚。而春季南方暖湿气流难以向北方输送,北方冷空气到来的同时往往有温带气旋在内蒙古一带迅速发展,南北方冷暖气流形不成对流,造成北方春季降水少而大风天气多,大风将地表疏松的浮土沙尘粒子卷到空中,形成沙尘和沙尘暴天气^[14]。因此对于沙尘暴的发生,大风是最直接、最主要的原因,这在日变化、年变化和年际变化中都有明显表现,大风与沙尘暴的相关性非常好,有关作者也都有详细的分析,这里不再赘述。本文拟从大气环流的角度来探讨沙尘暴形成所需的大风条件的环流背景。

1960~2002年42年平均春季500hPa高度场(图略)上,等高线比较平直,偏西气流稳定。而在20世纪60~90年代春季500hPa高度距平图(图7)上发现,70年代(图7b)春季,距平场为东低西高,负距平涡旋在蒙古国中部地区,而乌拉尔山地区为正距平高脊区,其间强大的气压梯度使平直的西北气流被破坏,环流的经向度加大,偏北气流引导北方冷空气南下,形成地面大范围大风。这种乌拉尔高脊和蒙古低槽的环流形势配置是沙尘暴天气过程中经常出现的较典型情况^[14-15],而如果在较长时期的气候平均状态中,负距平在蒙古国中部地区,而乌拉尔山地区为正距平区,则表明这个时期经常有上述环流形势出现,因而也容易经常出现有利于沙尘暴的天气过程,从而导致沙尘暴频数升高。

与上述形势相反,20世纪60年代(图7a)中纬度一片负距平,西部乌拉尔山地区的负距平平均值比蒙古国地区更强一些;80年代(图7c),蒙古国和我国西北地区为正距平中心区,乌拉尔山地区的正距平偏小;90年代(图7d),蒙古国有一个强大的正距平中心,而乌拉尔山地区已是负距平。在这样的形势下,西风减弱,环流平稳,不容易形成有利于沙尘暴的天气过程,沙尘暴频数当然越来越低,21世纪初期(图6e)与90年代类似,因此沙尘暴减弱程度不如90年代强。

上述分析表明,500hPa高度场环流形势的年代际变化与沙尘暴的年代际变化是密切相关的,环流形势的变化为沙尘暴的发生提供了气候背景条件。



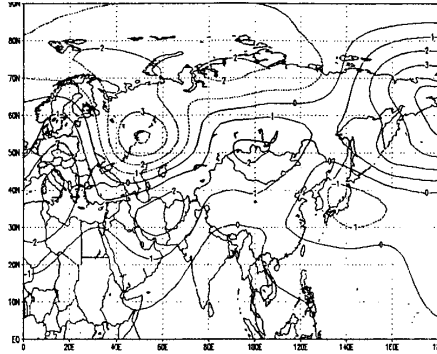


图 7 20 世纪 60~90 年代 21 世纪初春季 500hPa 高度距平(a): 60 年代; (b): 70 年代; (c): 80 年代; (d): 90 年代; (e): 21 世纪初

6 结论

综上所述,可以得到以下几点结论:

(1) 陕北沙尘暴的空间分布主要是伴随沙漠边缘的土地干旱化不稳过渡带而形成的,这表明:在同样的大气条件下,下垫面条件决定沙尘暴的空间分布。

(2) 陕北沙尘暴的时间分布主要与大风有关,在日变化、年变化、年际变化和年代际变化中都是如此。这表明:在确定的下垫面条件下,大气(风)状况决定沙尘暴的时间变化。

(3) 春季干旱少雨,温度回升,土壤失墒加快,加之春季地表植被稀少,地表解冻后土壤疏松,特别是大量土地荒漠化,而春天大风出现频率高,大风经过沙漠和黄土高原,不断卷起沙尘造成沙尘与沙尘暴天气。

(4) 蒙古低(槽)、乌拉尔高(脊)的环流形势配置是沙尘暴过程中的典型背景条件,不仅在天气尺度是如此,在年际、年代际尺度也是如此。

(5) 陕北沙尘暴的 EOF 分析表明,沙尘暴频数在 21 世纪前期几乎处于低值的恒定状态。这样的趋势是一个良好的趋面,希望人们要好好保持。

参考文献

- [1] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J]. 中国沙漠, 2002, 22 (2): 106-111
- [2] 王涛, 陈广庭, 钱正安等. 中国北方沙尘暴现状及对策[J]. 中国沙漠, 2001, 21 (4): 322-327
- [3] 王式功, 董光荣, 陈惠忠等. 沙尘暴研究进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20 (4): 349-356
- [4] 朱福康, 江吉喜, 郑新江等. 沙尘暴天气研究现状和未来[J]. 气象科技, 1999, (4): 1-8
- [5] 夏训诚, 杨根生等. 中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 201
- [6] 周自江, 王锡稳, 牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13 (2): 193-200
- [7] 李岩瑛, 杨晓玲, 王式功. 河西走廊东部近 50 年沙尘暴成因、危害及防御对策[J]. 中国沙漠, 2002 (3): 283-287
- [8] 郑新江, 徐建芳, 罗敬宁等. 1998 年 4 月 14—15 日强沙尘暴过程分析[J]. 高原气象, 2001, 20 (2): 180-185
- [10] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析[J]. 气象学报, 1979, 37 (4): 26-35
- [11] 李平, 刘勇, 杜继稳等. 陕北地区沙尘暴天气分析及预报[J]. 中国沙漠, 2006, 26 (2): 295-299
- [12] 吕俊杰. 春季沙尘暴天气气候特征分析[J]. 陕西气象, 2002 (4): 4-7
- [13] Kalnay E, M Kanamitsu, R Kistler et al. The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77: 437-471
- [14] 王可丽, 江颢, 吴虹. 2001 年春季中国北方沙尘暴的环流动力结构分析[J]. 高原气象台, 2002, 21 (3): 303-308
- [15] 郑新江, 徐建芳, 罗敬宁等. 1998 年 4 月 14~15 日强沙尘暴过程分析[J]. 高原气象, 2001, 20 (2): 180-185