

文章编号: 1673-1719 (2006) 06-0296-05



中国北方春季沙尘暴的变化与 ENSO 的关系

Northern China's Spring Dust Storms and Their Relationship with ENSO

李 威

(中国气象局 国家气候中心, 北京 100081)

摘 要: 根据中国北方春季沙尘暴频率变化的特点, 对南方涛动指数 (SOI)、NINO3 区海表温度与我国北方春季沙尘暴的发生频率做相关分析, 并对 ENSO 事件与我国北方春季沙尘暴发生频率的关系进行探讨。结果表明: 我国北方地区 1957—2002 年春季沙尘暴发生频率在总体上呈下降趋势, 同时存在明显的年际和年代际差异。春季 SOI 与滞后 1~2 a 的春季沙尘暴发生频率、夏季 SOI 与滞后 2 a 的春季沙尘暴发生频率有较好的相关, 但春季沙尘暴与 NINO3 区海表温度的相关不如与 SOI 的好。ENSO 暖事件可能会使未来 1~2 a 内春季沙尘暴发生次数减少, 而 ENSO 冷事件则有可能使其增多。

关键词: 沙尘暴; ENSO; SOI; NINO3; 海表温度

中图分类号: P425.5⁺5/P732 **文献标识码:** A

引 言

沙尘暴是由于强风从地面卷起大量沙尘, 使能见度极度恶化的灾害性天气^[1]。一次强沙尘暴天气可能会造成数百人的伤亡和数亿元的经济损失, 其危害程度不亚于我国东部地区的台风或暴雨灾害性天气。厄尔尼诺是指在赤道中、东太平洋持续时间长达半年以上的大范围的海表温度异常增暖现象。在厄尔尼诺期间, 南美沿岸国家异常多雨, 甚至引发洪涝等灾害; 而在印度尼西亚、澳大利亚东部及周边国家则会出现干旱天气^[2]。因此厄尔尼诺与全球气象灾害紧密相连。

关于 ENSO 对我国天气气候的影响已有不少研究^[3-9], 多数是针对 ENSO 现象对我国某一地区的

温度或降水影响的分析。ENSO 不仅直接影响低纬地区的大气环流和天气, 也间接影响中高纬度的大气环流和气候变化^[10]。在典型的厄尔尼诺年, 赤道东、西太平洋海温差异小, 沃克环流弱, 西太平洋副热带高压偏强或脊线位置偏南; 反之, 在拉尼娜年赤道东、西太平洋海温差异大, 沃克环流加强, 西太平洋副热带高压偏弱或脊线位置偏北。这种在 ENSO 冷暖位相不同时期迥异的环流形势, 必然会影响到我国地区的大气环流形势和温度、降水的变化。大气环流的改变引起低空风场形势改变, 温度和降水变化影响到地面土壤物理性质的改变, 这些因素的变化都会对沙尘天气的发生起到促进或抑制作用。叶笃正等^[11]指出, 2000 年华北地区强沙尘天气陡增是由于当时正处于反厄尔尼诺事件的高峰

收稿日期: 2006-02-16; 修订日期: 2006-08-16

基金项目: 中国气象局科学技术研究专题“沙尘暴天气发生的气候条件研究”(SC2001C-04) 资助

作者简介: 李威 (1978-), 男, 工程师, 主要从事气候监测与诊断研究, E-mail: liwei@cma.gov.cn

期所致。本文通过对我国北方春季沙尘暴发生频率与南方涛动指数、NINO3区海表温度的相关分析及其与ENSO事件的对应关系的分析,旨在探讨我国北方地区春季沙尘暴与ENSO信号及ENSO循环之间的关系。

1 资料处理

本文使用的1957–2002年的逐月沙尘暴资料来自国家气象信息中心气象资料室,有600多个台站。1951–2002年的逐月SOI和NINO3区海表温度距平指数资料来自国家气候中心气候系统诊断预测室。

根据逐月沙尘暴频数资料,计算出全国各站1957–2002年春季的沙尘暴发生次数。以1961–1990年各站春季平均沙尘暴发生次数作为多年气候平均的标准值,进而计算出1957年以来全国历年的平均春季沙尘暴发生频数的距平。

2 中国北方春季沙尘暴的变化特点

图1给出了1957–2002年春季平均发生沙尘暴的总日数占年平均沙尘暴总日数的百分率区域分布,可以看出,大部分区域春季发生沙尘暴的频数占全年频数的50%以上,尤其是在全年发生沙尘暴相对较少的东北大部和华北部分地区,该比率甚至超过了75%。在沙尘暴多发的西部地区,该比率也达到了50%以上。因此,我国沙尘暴多发期在春季,

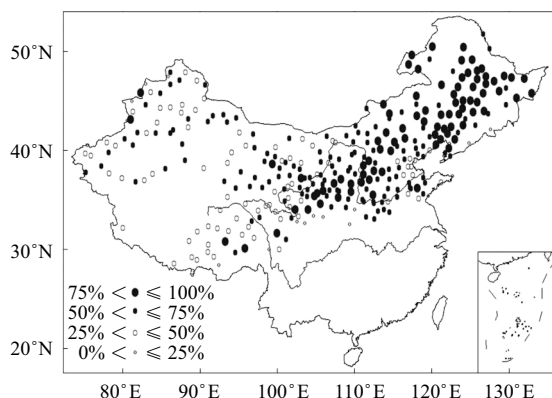


图1 中国北方春季发生沙尘暴日数占全年发生沙尘暴日数的百分率区域分布

Fig. 1 Regional distribution of percentage of spring dust storm frequency in whole year in northern China

研究引发春季沙尘暴的气候条件是研究我国沙尘天气发生频率变化的关键所在。

图2为1957–2002年我国北方地区春季沙尘暴发生次数的距平变化曲线,其频率呈明显下降趋势:20世纪50年代末期最多(如1957年和1958年,沙尘暴发生次数距平值分别达到了1.4次和2.2次,是频次最高的两年),90年代最少,即春季发生沙尘暴的次数总体上逐年减少^[13]。同时,年际变化非常明显,峰值和谷值交替出现。对该序列做11 a滑动平均滤波发现,北方地区春季沙尘暴发生频次逐年下降的趋势十分明显,20世纪80年代初期是正负距平值转换的时期。80年代以前大部分的年份是正距平,80年代以后基本为负距平,1997年负距平值达-2.0次。但1997年之后再次开始增多,尤其是2001年和2002年的增幅很大,与1997年相比,这两年沙尘暴发生频率分别增加1.7次和1.3次,其中2001年更是达到了80年代中期以来沙尘暴发生频数的最大值。

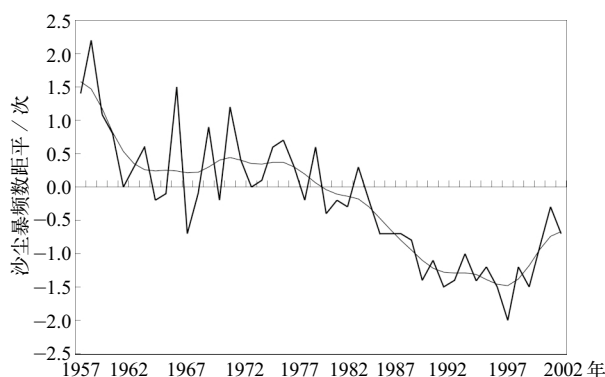


图2 我国北方地区春季沙尘暴次数距平序列(粗实线)和滑动平均滤波(细实线)(气候标准值1961–1990年)

Fig. 2 Anomalies (thick solid line) and filter analysis (thin solid line) of averaged number of spring dust storm days in northern China (relative to 1961–1990)

将我国北方地区划分为西北西部(32°~50°N, 70°~98°E)、西北东部(34°~50°N, 98°~112°E)、华北(34°~50°N, 112°~120°E)和东北(39°~54°N, 120°~135°E)4个区域,并算出各区1957–2002年春季平均沙尘暴发生频数的距平值(图3,见封三彩图3)。从变化曲线可以看出,4个区域的春季沙尘暴发生频数的距平序列与我国北方春季沙尘暴发生频数的距平序列表现出基本一致的变化趋势,即各

区春季发生沙尘暴的次数总体上逐年减少, 20世纪80年代以前大部分年份为正距平, 80年代以后基本为负距平。

为定量判断中国北方地区及各区域间春季沙尘暴频次变化趋势的一致性, 分别对它们做相关分析(见表1), 结果显示相关系数均在0.65以上, 置信度均达到99.9%以上, 说明北方地区与各区域的春季沙尘暴频次变化趋势具有一致性。同时, 相邻两个区域的相关系数均在0.81以上, 表明相邻区域的沙尘暴发生频数的变化趋势更具一致性。

表1 中国北方与各区域之间的春季沙尘暴频次变化的相关系数

Table 1 Correlation between the anomalies of spring dust storm days in northern China and that in different regions of northern China

北方地区	西北东部	华北	东北	中国北方
西北西部	0.83	0.65	0.67	0.79
西北东部		0.87	0.77	0.94
华北			0.81	0.93
东北				0.90

3 中国北方春季沙尘暴与 SOI 的关系

3.1 中国北方春季沙尘暴发生频数与 SOI 的关系

表2列出了各季平均SOI与中国北方春季沙尘暴发生频数的相关系数。春季SOI与滞后1a、2a的北方春季平均沙尘暴发生频数的相关系数分别为0.349和0.350, 置信度达到95%以上, 表明春季SOI偏高时, 翌年和第3年的春季沙尘暴偏多; 夏季SOI与滞后2a的北方春季平均沙尘暴发生频数的相关系数为0.381, 达到99%的置信度。与秋季和冬季的SOI相关不显著。

3.2 中国北方各区域的春季沙尘暴发生频数与 SOI 的关系

西北西部: 西北西部是春季沙尘暴发生频数较高的区域(图3, 见封三彩图3), 该地区的春季沙尘暴发生频数的时间序列与中国北方的春季沙尘暴发

表2 中国北方春季平均沙尘暴发生频数与 SOI 的相关系数
Table 2 Correlation between the anomalies of northern China's spring dust storm frequency and SOI in different seasons

不同时段 沙尘暴频数	各季平均 SOI			
	春季	夏季	秋季	冬季
同年	0.246	0.144	0.104	
滞后 1 a	0.349*	0.121	0.079	-0.016
滞后 2 a	0.350*	0.381**	0.262	0.155

*表示显著性水平在0.05以上, 临界值为0.2875; **表示显著性水平在0.01以上, 临界值为0.3721

生频数的时间序列的相关系数达到0.79(见表1), 但它与SOI的相关性却不十分显著。只有春季SOI与滞后1a的春季沙尘暴发生频数的相关性达到95%以上的置信度(见表3)。而春季SOI与同期和滞后2a的春季沙尘暴发生频数的相关性, 以及夏季SOI与滞后两年的春季沙尘暴发生频数的相关性均只达到90%的置信度。

表3 中国北方各区域的春季平均沙尘暴发生频数与 SOI 的相关系数

Table 3 Correlation between the anomalies of regional spring dust storm frequency and SOI in different seasons

北方地区	不同时段 沙尘暴频数	各季平均 SOI			
		春季	夏季	秋季	冬季
西北西部	同年	0.249	0.155	0.033	
	滞后 1 a	0.313*	0.161	0.099	0.045
	滞后 2 a	0.243	0.259	0.138	0.091
西北东部	同年	0.201	0.096	0.088	
	滞后 1 a	0.351*	0.129	0.053	-0.058
	滞后 2 a	0.312*	0.416**	0.270	0.179
华北	同年	0.198	0.205	0.126	
	滞后 1 a	0.230	0.017	0.021	0.01
	滞后 2 a	0.390**	0.348*	0.284	0.152
东北	同年	0.323*	0.120	0.181	
	滞后 1 a	0.304*	0.087	0.150	
	滞后 2 a	0.352*	0.283	0.165	0.099

*表示显著性水平在0.05以上, 临界值为0.2875; **表示显著性水平在0.01以上, 临界值为0.3721

西北东部: 春季SOI与滞后1~2a的西北东部春季沙尘暴发生频数的相关系数分别为0.351和

0.312, 置信度在 95% 以上; 夏季 SOI 与滞后 2 a 的春季沙尘暴发生频数的相关系数为 0.416, 达到 99% 以上的置信度。秋季和冬季的 SOI 与之的相关性不显著。

华北: 春季 SOI 与滞后 2 a 的华北春季平均沙尘暴发生频数的相关性最好, 置信度达到 99% 以上。其次是夏季 SOI, 相关置信度在 95% 以上。

东北: 春季 SOI 与同期、滞后 1 a、滞后 2 a 的东北地区的春季平均沙尘暴发生频数的相关较好, 置信度均达到 95% 以上。

四个区域中, 春季沙尘暴相关程度最好, 春季 SOI 与滞后 1 a 和 2 a 的沙尘暴发生频数的相关置信度基本上达到和超过 95%; 夏季 SOI 与部分区域滞后 2 a 的春季沙尘暴发生频数存在显著相关。

4 中国北方春季沙尘暴与 NINO3 区海表温度的关系

与 SOI 相比, NINO3 区的海表温度指数和春季沙尘暴频数的关系并不十分显著, 但有相似之处, 即较秋冬季而言, 春季和夏季的 NINO3 区海温与春季沙尘暴频数的相关性相对较好。

春季 NINO3 区海温与滞后 2 a 的华北地区春季沙尘暴发生频数的相关系数为 -0.307 , 达到 95% 的置信度, 表明春季 NINO3 区海温偏低时, 翌年华北地区的春季沙尘暴有可能会偏多; 春季 NINO3 区海温与滞后 2 a 的中国北方和西北东部的春季沙尘暴发生频数的相关系数分别为 -0.274 , -0.272 , 接近 95% 的置信度。夏季 NINO3 区海温与滞后 2 a 的西北东部和华北春季沙尘暴的相关系数分别为 -0.245 , -0.236 , 分别达到和接近 90% 的置信度。

5 ENSO 事件与中国北方春季沙尘暴的发生频数的关系

上述研究表明, ENSO 循环与中国北方春季沙尘暴的发生频率存在一定联系, 厄尔尼诺事件期间沙尘暴发生频数有可能偏低, 而拉尼娜事件期间则偏高。

李晓燕等^[14]对 1951—2000 年 ENSO 事件的综合分析发现, 20 世纪 80 年代以前发生的厄尔尼诺的综合强度偏弱, 9 次厄尔尼诺事件里仅有 1 次其综合强度达到强, 3 次中等强度, 其余的都是弱或者极弱; 同时, 80 年代以前出现的 6 次拉尼娜事件中, 有 4 次强度达到强以上。而 20 世纪 80 年代之后发生的 6 次厄尔尼诺事件中, 强度为极强的有 3 次, 1 次达到强; 拉尼娜事件出现 4 次, 强度为强的有 2 次。由此可见, 80 年代以前厄尔尼诺强度偏弱, 拉尼娜强度偏强, 沙尘暴发生频数偏多, 80 年代以后厄尔尼诺强度偏强, 拉尼娜强度偏弱, 沙尘暴发生频数偏低, 此现象与笔者的观点基本吻合。

为了进一步证明上述观点, 选取中国北方春季沙尘暴发生次数最多的 5 a (1957、1958、1959、1966、1971 年) 和发生次数最少的 5 a (1991、1992、1994、1997、1999 年), 对照其间发生的 ENSO 事件, 结果表明:

(1) 沙尘暴发生次数最多的 5 a 里, 有 3 a 是提前 1~2 a 发生拉尼娜事件, 1 a 发生厄尔尼诺事件, 1 a 是正常年份。

(2) 沙尘暴发生次数最少的 5 a 里, 有 4 a 是提前 1~2 a 发生厄尔尼诺事件, 1 a 是正常年份。

目前, 我们对 ENSO 现象与中国北方春季沙尘暴发生频率的遥相关机制尚未认识清楚, 还不能从理论上作出确切的解释。作者认为, 可能是海气之间的相互作用以及大气环流的某种韵律所致, 进而引起我国北方在空间和时间上的大气环流形势的变化, 导致促使发生沙尘暴的动力条件产生不同的响应。

6 结论和讨论

(1) 中国北方春季沙尘暴的发生频率在西北、华北、东北地区以及全国北方地区表现出一致的变化特征, 相邻地区间的这种一致性尤为明显, 即总体上沙尘暴发生的频率呈下降趋势, 20 世纪 50、60 年代最高, 90 年代发生频率最低, 但是 1997 年之后有回升趋势。

(2) 春季 SOI 与滞后 1~2 a 的中国北方和各区域的春季沙尘暴发生频率, 以及夏季 SOI 与滞后 2 a

的中国北方和各区域的春季沙尘暴发生频率有较好的相关。尤其对春季 SOI, 基本达到 0.05 以上的显著性水平, 其中, 与滞后 2 a 的华北地区春季沙尘暴发生频数的相关性达到 99% 以上的置信度。

(3) 中国北方春季沙尘暴发生频率与春季的 NINO3 区的平均海表温度表现出相对较好的相关性。其中, 春季 NINO3 区海温与滞后 2 a 的华北地区春季沙尘暴发生频数的相关程度达到 95% 以上的置信度, 春季 NINO3 区海温与滞后 2 a 的全国北方平均和西北地区的春季沙尘暴发生频数的相关性基本达到 95% 的置信度。

(4) 中国北方春季发生沙尘暴的频数与 ENSO 事件存在一定的对应关系, 厄尔尼诺事件将可能造成未来 1~2 a 内我国春季沙尘暴发生次数的减少, 拉尼娜事件则有可能促使其增多。

参考文献

- [1] 钱正安, 贺慧霞, 瞿章, 等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征 [M]// 方宗义, 朱福康, 江吉喜, 等. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997: 1-10.
- [2] 翟盘茂, 李晓燕, 任福民. 厄尔尼诺 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [3] 刘永强, 丁一汇. ENSO 事件对我国季节降水和温度的影响 [J]. 大气科学, 1995, 19 (2): 200-208.
- [4] 林学椿, 于淑秋. 厄尔尼诺与我国汛期降水 [J]. 气象学报, 1993, 51(4): 434-441.
- [5] 肖海平, 龚道溢. ENSO 对我国江南及印度降水影响的比较 [J]. 自然灾害学报, 2000, 9 (2): 74-80.
- [6] 陈乾金, 赵振国, 王丽华. 夏季长江中下游冷热、旱涝和东部近海台风活动及其与 ENSO 关系的研究 [J]. 应用气象学报, 2000, 11(1): 88-94.
- [7] 蓝永超, 马全杰, 康尔泗. ENSO 循环与黄河上游径流的丰枯 [J]. 中国沙漠, 2002, 22 (3): 262-265.
- [8] 励申申, 寿绍文. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析 [J]. 应用气象学报, 2000, 11 (3): 331-338.
- [9] 金祖辉, 陶诗言. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究 [J]. 大气科学, 1999, 23 (6): 663-671.
- [10] Sigmund F. Northern Hemisphere 700 mb heights and Pacific Ocean temperatures for winter months [J]. Monthly Weather Review, 1982, 110 (1): 18-25.
- [11] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 我国华北沙尘天气的成因与治理对策 [J]. 地理学报, 2000, 55 (5): 513-521.
- [12] 胡金明, 崔海亭. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响 [J]. 自然灾害学报, 1999, 8 (5): 49-56.
- [13] Li Wei, Zhai Panmao. Variability in occurrence of China's spring dust storm and its relationship with atmospheric general circulation [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2003, 17 (4): 396-405.
- [14] 李晓燕, 翟盘茂. ENSO 事件指数与指标研究 [J]. 气象学报, 2000, 58 (1): 102-109.

温室气体的种类和特征

小知识

《京都议定书》附件 A 给出了人类排放的温室气体主要有 6 种, 即二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氧化亚氮 (N_2O)、氢氟碳化物 (HFCs)、全氟化碳 (PFCs)、和六氟化硫 (SF_6)。其中对气候变化影响最大的是 CO_2 。它产生的增温效应占所有温室气体总增温效应的 63%, 在大气中存留期最长可达 200 年。这 6 种主要温室气体的增温效应及其生命期列表于下, 可供参考:

6 种温室气体的特征

种类	增温效应 / %	生命期 / a	种类	增温效应 / %	生命期 / a
CO_2	63	50~200	HFCs	11 ¹⁾	13.3
CH_4	15	12~17	PFCs		50000
N_2O	4	120	SF_6	7	不详

1) HFCs 与 PFCs 共同的增温效应为 11%

