

文章编号:1004-4574(2006)05-0012-07

中国北方沙尘暴与气候因素关系分析

范一大^{1,2}, 史培军¹, 朱爱军³, 冀萌新¹, 关妍²

(1. 北京师范大学 资源学院,北京 100875; 2. 民政部国家减灾中心,北京 100053; 3. 国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要:利用气象观测数据,分析了我国北方沙尘暴发生频次年际变化与气候因素的关系,结果表明:(1)我国北方沙尘暴发生频次与北方大风日数的分布在空间上并不完全一致,沙尘暴的发生频次受区域特征条件影响较大;(2)我国北方沙尘暴发生频次的年际变化呈现减少的趋势,与我国北方温度持续升高,夏季降水量有所增加的趋势有着较好的一致性;(3)我国北方沙尘暴频次的年际和季节变化特点说明降水和温度通过改变地表植被、土壤等特征,影响着区域沙尘暴发生的风险等级。文章最后还提出了沙尘暴风险评估和建立预警系统的建议。

关键词:沙尘暴;气候因素;风险评估

中图分类号:P425.5 + 5

文献标识码:A

Analysis of connection between dust storm and climate factors in northern China

FAN Yi-da^{1,2}, SHI Pei-jun¹, ZHU Ai-jun³, JI Meng-xin¹, GUAN Yan²

(1. College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. National Disaster Reduction Center, Ministry of Civil Affairs of China, Beijing 100053, China; 3. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the meteorological observation data, the article analyses the connection between the annual frequency change of dust storm and climate factors in Northern China. The results show that (1) the frequency of dust storm is not complete consistent with the distribution of wind days in northern China and it is most affected by the regional characteristic conditions; (2) the frequency change of dust storm reflects the decreasing occurrence trend of dust storm, which is fairly consistent with the continual temperature rising and summer precipitation increase in northern China; (3) according to the annual and quarterly frequency change character, precipitation and temperature jointly affected the surface vegetation and soil conditions, which consequently affect the occurrence risk ranks of dust storm. Finally, the article make a suggestion on dust storm risk assessment and establishing dust storm early warning system.

Key words: dust storm; climate factors; risk assessment

全球气候与环境变化是人地关系长期失调的结果。自工业革命以来,工业、农业和城市化的迅速发展,世界人口的急剧增长,人类对自然的干扰和破坏愈来愈烈,长期的累积过程导致一系列全球性的环境问题,严重地威胁到人类的生存与发展。其中,沙尘暴的频繁发生就是环境恶化的重要标志之一。

本文在对近 50 a 来我国北方沙尘暴空间分异格局季相分布^[1]和变化趋势^[2]分析研究的基础上,利用气

收稿日期:2006-06-28; 修订日期:2006-08-10

基金项目:科技部社会公益项目(2005DIB3J013);国家重点基础研究发展计划项目(2006CB400505)

作者简介:范一大(1968-),男,内蒙古呼和浩特人,副研究员,博士,主要从事自然灾害与风险管理。

象观测数据,分析了我国北方沙尘暴发生频次年际变化与气候因素(降水、温度和大风日数)之间的关系,旨在探明沙尘暴周期变化规律与气候变化间内在的、必然的联系,为区域沙尘暴天气的早期预警提供借鉴。

1 数据来源

本文所用气象数据来源于中国气象局和内蒙古气象局,包括沙尘暴日数、大风日数、降水和温度四项指标,数据时段为1951–2000年。其中,我国北方地区选取了23个气象站点数据作为沙尘暴代表站,内蒙古自治区选取30个站点作为代表站。

所有数据按全年和季节整理,即3–5月表示春季、6–8月表示夏季、9–11月表示秋季、12–2月(次年)表示冬季。沙尘暴日数、大风日数和季节降水量分别用各月数据累加值表示,季节温度值用各月温度数据平均值表示。

2 数据处理与分析

2.1 沙尘暴频次与大风日数关系分析

我国北方地区春季多大风天气,是形成我国大范围沙尘暴的动力因素。大风日数的增减是气候周期性变化的反映,每年春季寒潮大风的出现与冬季风的强度有关^[3]。亚洲冬春季风与厄尔尼诺事件密切相关,厄尔尼诺年东亚冬季风强度弱,而在反厄尔尼诺(拉尼娜)年,东亚冬季风势力强^[4]。在上世纪70年代,拉尼娜事件占优势,我国北方寒潮大风天气出现频繁;而在80–90年代,厄尔尼诺事件占优势,寒潮大风天气出现相对少一些。2000年正处于20世纪最强的一次厄尔尼诺事件以后的拉尼娜事件的高峰期,造成我国北方1999年冬至2000年春季强寒潮大风的频繁出现,为沙尘暴的频繁发生提供了动力条件,加之同期我国北方地区有相当大的区域植被覆盖很差,具备产生沙尘暴的内在条件,因此风对我国部分地区的沙尘暴产生有明显影响。

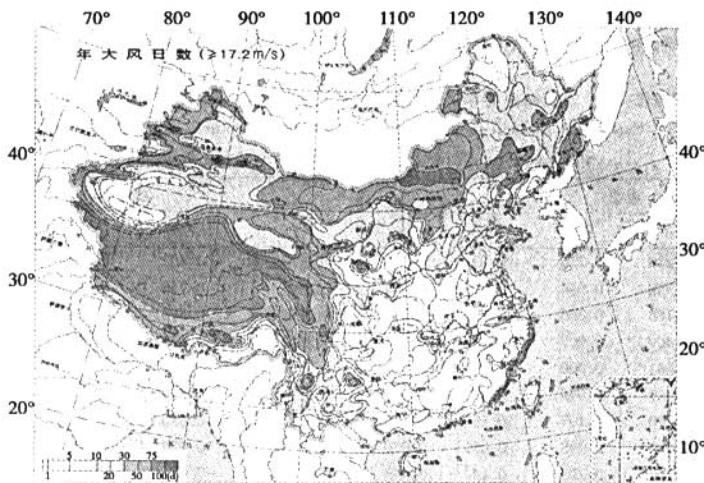


图1 中国年大风日数空间分布^[5]
Fig. 1 Spatial distribution of annual days of gale in China

图1为我国年大风日数分布图。我国年大风日数分布的高值区主要在华北地区、西北地区和青藏高原,其中大风日数超过100 d的区域分布在青藏高原和新疆的局部地区,大风日数超过30 d的区域主要集中在华北和西北地区,其中内蒙古中西部大部分地区年大风日数超过了50 d,北疆和塔里木盆地边缘地区,以及青海、甘肃、山西、吉林的大部分区域,大风日数也比较高,一般也超过了50 d。

将中国大风日数空间分布图与中国沙尘暴年日数空间分布图(图2)对比,发现二者的分布在空间上并

不完全一致,在内蒙古中西部、甘肃省北部和新疆东北部地区,大风日数与沙尘暴日数有较好的一致性;而在新疆的塔克拉玛干沙漠,虽然这里是我国西北地区沙尘暴发生的高频区,但年大风日数在20 d以下,是西北地区大风日数分布的低值区域。这种空间分布上的不一致,再次说明沙尘暴的发生频次除了受到区域大风日数的影响外,同样受到下垫面的地形地貌、植被覆盖等条件的影响。

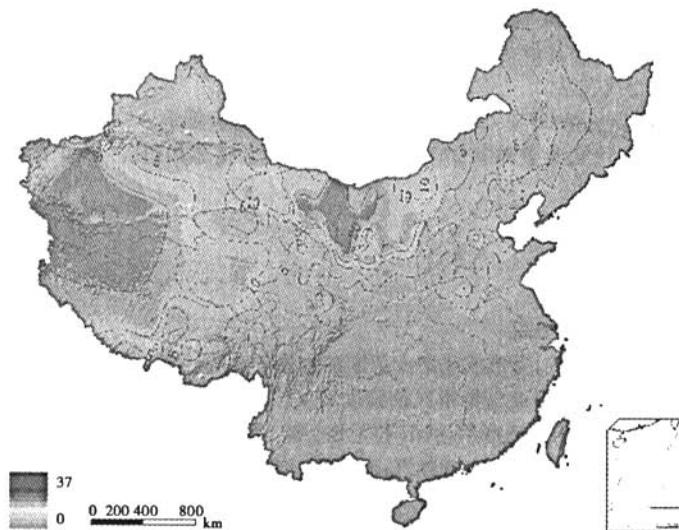


图2 中国沙尘暴年平均日数分布图(1951—2000年)^[1]

Fig. 2 Mean annual days of dust storm in China (1951—2000)

由于内蒙古中西部地区是年大风日数和沙尘暴日数分布比较一致的区域,因此,选择了此区域30个气象站点,分别求取春季和全年沙尘暴和大风日数间的相关关系,计算结果见表1。

表1 内蒙古30个气象站点春季和全年沙尘暴日数与大风日数相关系数(1971—2002年)

Table 1 Correlation coefficients between days with dust storm and days with gale in spring and a year for 30 meteorological stations in Inner Mongolia

站名	春季		全年		站名	春季		全年	
	R	C _{Sig}	R	C _{Sig}		R	C _{Sig}	R	C _{Sig}
二连浩特	0.224	0.218	-0.023	0.899	苏尼特左旗	0.453*	0.009	0.125	0.494
额济纳旗	0.358*	0.044	0.503**	0.003	拐子湖	0.756**	0.000	0.760**	0.000
巴音毛道	0.165	0.365	0.102	0.577	阿拉善右旗	0.393*	0.026	0.580**	0.000
那仁	0.469**	0.007	0.380*	0.032	满都拉	0.579**	0.000	0.302	0.093
阿巴嘎旗	0.691**	0.000	0.478**	0.006	海力素	0.056	0.771	0.211	0.264
朱日和	0.351*	0.049	0.030	0.869	乌拉特后旗	0.529**	0.002	0.558**	0.001
达茂旗	0.290	0.107	0.230	0.206	四子王旗	0.826**	0.000	0.819**	0.000
化德	0.389*	0.028	0.409*	0.020	包头	0.876**	0.000	0.956**	0.000
呼和浩特	0.230	0.205	0.140	0.443	集宁	-0.075	0.682	-0.092	0.615
吉兰太	-0.028	0.880	-0.138	0.452	临河	0.302	0.093	0.430*	0.014
鄂托克旗	0.684**	0.000	0.667**	0.000	东胜	0.748**	0.000	0.721**	0.000
西乌旗	0.390*	0.027	0.361*	0.043	阿拉善左旗	0.214	0.239	0.253	0.163
扎鲁特旗	0.350*	0.050	0.224	0.218	锡林浩特	0.444*	0.011	0.481**	0.005
开鲁	0.103	0.577	-0.244	0.178	多伦	0.173	0.344	0.029	0.876
赤峰	0.587**	0.000	0.623**	0.000	东乌旗	0.479**	0.005	0.480**	0.000

注:Sig. 值<0.05,表明两变量具有相关性;*表示在0.05检验水平上显著相关;**表示在0.01检验水平上显著相关。

分析表1可知,沙尘暴日数与大风日数呈正相关关系。在内蒙古境内的30个代表站中,春季有19个代表站沙尘暴日数与大风日数相关(通过了0.05的显著性水平检验),其中11个站显著相关,通过了0.01的

显著性水平检验,这些站点分别是那仁、阿巴嘎、东乌旗、鄂托克、赤峰、拐子湖、满都拉、乌拉特后旗、东胜、四子王旗和包头,包头的相关系数最高,为 0.876。全年也有 16 个站的沙尘暴日数与大风日数相关,其中额济纳旗、拐子湖、阿拉善右旗、阿巴嘎、乌拉特后旗、四子王旗、包头、鄂托克旗、东胜、锡林浩特、东乌和赤峰 12 个站通过了 0.01 的显著性水平检验,为显著相关。春季和全年都显著相关的站点有 9 个,分别为阿巴嘎、东乌旗、鄂托克、包头、四子王旗、乌拉特后旗、东胜、赤峰、拐子湖。

可见,尽管内蒙古是沙尘暴日数和大风日数空间分布较一致的区域,但对于具体的气象站点观测值,并不完全遵循这一规律。并且沙尘暴日数与大风日数相关的站点,在空间分布上也没有明显的规律,从而进一步证明,除大风条件可以驱动沙尘暴天气的发生、发展外,下垫面状况同样是沙尘暴天气重要的驱动因素,良好的植被覆盖能够有效阻碍风对沙尘暴的影响强度。

2.2 中国北方沙尘暴日数年际变化分析

沙尘暴发生频率及强度与气候变化有关,气候变化突出的体现是地表降水和温度的变化。气候变化遵循一定的规律,使得沙尘暴的发生也呈周期性的变化。沙尘暴频发期对应着冷干气候时期,相反,在气候暖湿期间,沙尘暴发生频率低。

本文选择了包括北京在内的中国北方地区 23 个气象站点,这些站点分别是北京、乌鲁木齐、民勤、哈密、和田、西宁、兴海、兰州、张掖、银川、榆林、拐子湖、额济纳旗、吉兰太、阿拉善左旗、呼和浩特、包头、集宁、赤峰、锡林浩特、朱日和、多伦、张家口,分别计算了 1961 年至 2001 年春季和夏季沙尘暴日数的年平均值,以表示我国北方沙尘暴的年际变化,如图 3。

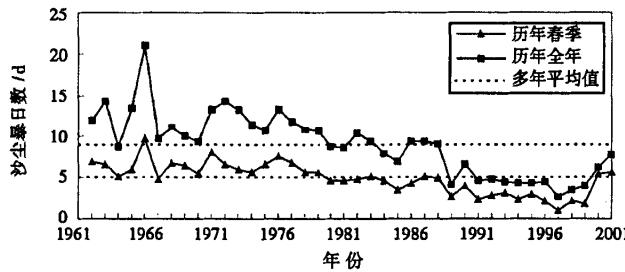


图 3 中国北方沙尘暴日数年际变化(1961–2001 年)
Fig. 3 Annual change of days for dust storm in northern China (1961–2001)

40 多年来,我国北方沙尘暴天气长期变化在起伏波动中呈现逐渐减少的趋势,春季和全年的沙尘暴日数起伏规律具有一致性,其中全年的沙尘暴振幅大于春季,上世纪 60–70 年代是沙尘暴天气的高发区,80–90 年代呈波动减少,且 90 年代减少更加明显,1996 年降到了 40 年来的最低谷值,2000 年又急剧增加,春季沙尘暴日数超过了多年平均值。40 年中,在 1980 年以前,沙尘暴日数均接近或超出了多年平均值。1980 年以后,只有少数年份沙尘暴日数超出了多年平均值,其它年份的沙尘暴日数均低于多年平均值,尤其是春季沙尘暴日数,除 2000 年和 2001 年外,都没有超出多年平均值。

2.3 沙尘暴频次与温度变化关系分析

根据上文所选的中国北方地区 23 个气象站点 1961–2001 年温度数据,绘制了这一时段我国北方春、夏、秋、冬四季平均气温年际变化趋势曲线,如图 4。

分析图 4 可知,近 40 a 来,我国北方温度持续升高,有变暖的趋势。除春季增加趋势较小外,其它季节增加趋势明显。这一变化趋势对于生态环境建设十分不利,特别是对病虫害防治极为不利,使得我国北方地区沙尘暴源区的生态环境变的更加脆弱。夏季增温加快了地表的蒸发,土壤水分减少,到了冬春季风力达到一定条件,易形成沙尘暴天气。另外,我国华北地区从春季的 3 月份起,气温开始明显回升,而且回升的速度快,每 3~4 d 就升高 1℃^[6]。温度快速回升易导致下层大气强烈受热,造成空气不稳定,这将促使对流作用及湍流作用的加强,有利于风速的加大和上升气流的产生,为风沙活动提供有利条件。

对比分析图 3 和图 4 可知,20 世纪 60–70 年代我国北方处于冷期,对应着沙尘暴的频发期,尤其是冬季,这一期间多数年份温度低于多年平均值。冬季气温偏低,土壤冻结层厚,春季升温解冻后,松土层变厚,

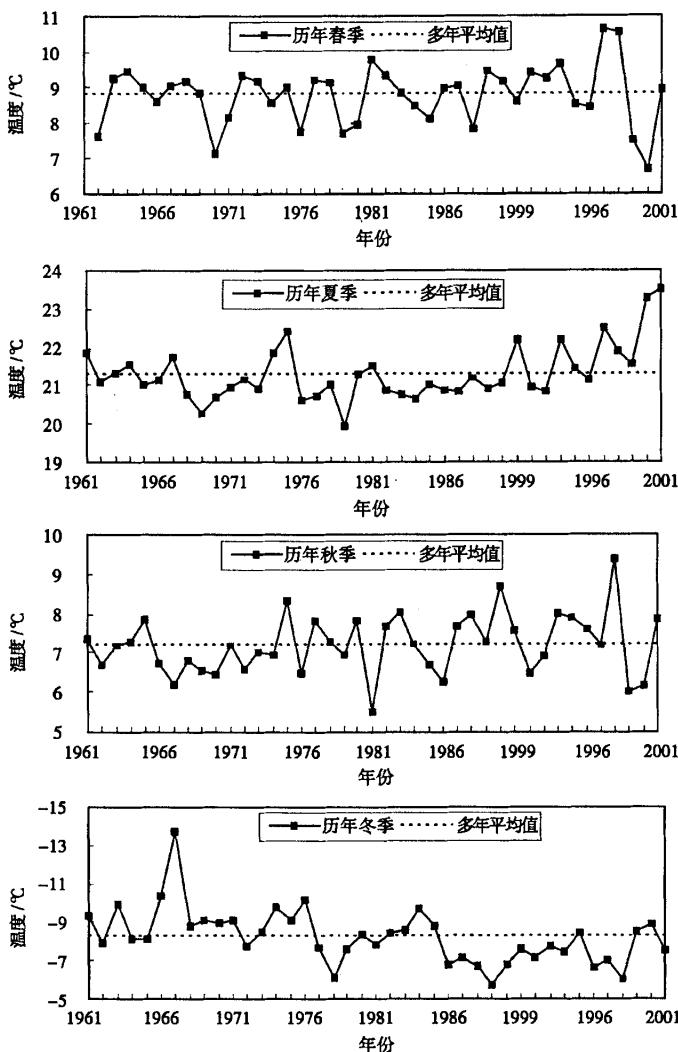


图 4 中国北方季节气温年际变化曲线(1961—2001 年)
Fig. 4 Annual change of seasonal temperature in northern China(1961—2001)

是沙尘暴形成的有利条件。2000 年前, 我国北方持续干旱, 夏季温度明显高于往年, 冬季温度也由高于多年平均值变化到了低于多年平均值, 为 2000 年以后连续 3 a 多发沙尘暴天气提供了前期气温条件。

2.4 沙尘暴频次与降水变化关系分析

已有研究结果表明, 降水量与沙尘暴发生频次有较好的负相关关系, 为了说明降水量对沙尘暴发生频次的影响, 同样绘制了中国北方地区 23 个气象站点 1961—2001 年春、夏、秋、冬四季降雨量年际变化趋势曲线, 如图 5。

分析图 5 可知, 40 a 来我国北方降水量波动较大, 总变化趋势不是很明显, 其中春季、夏季降水量有增加的趋势, 秋季呈减少趋势, 冬季基本没有变化。结合文献[6]分析结果, 表明沙尘暴发生频次的变化与同期降水波动有着非常好的对应关系。显而易见, 20 世纪 60—70 年代春季降水量呈减少趋势, 80—90 年代呈增加趋势, 正对应着 60—70 年代沙尘暴的多发期和 80—90 年代沙尘暴的减少期。说明中国北方四个季节的降水量对沙尘暴发生和频次变化影响较大, 尤其是夏季降水量与来年春季乃至全年的沙尘暴发生频次影响最为明显。突出的例子是 1996 年, 这年中国北方沙尘暴天气是历史记录的高峰值, 与上一年和本年该区域降水量锐减形成鲜明对比。同样, 2000 年我国北方沙尘暴频次比往年有所增加, 也与其前期降水明显减少、

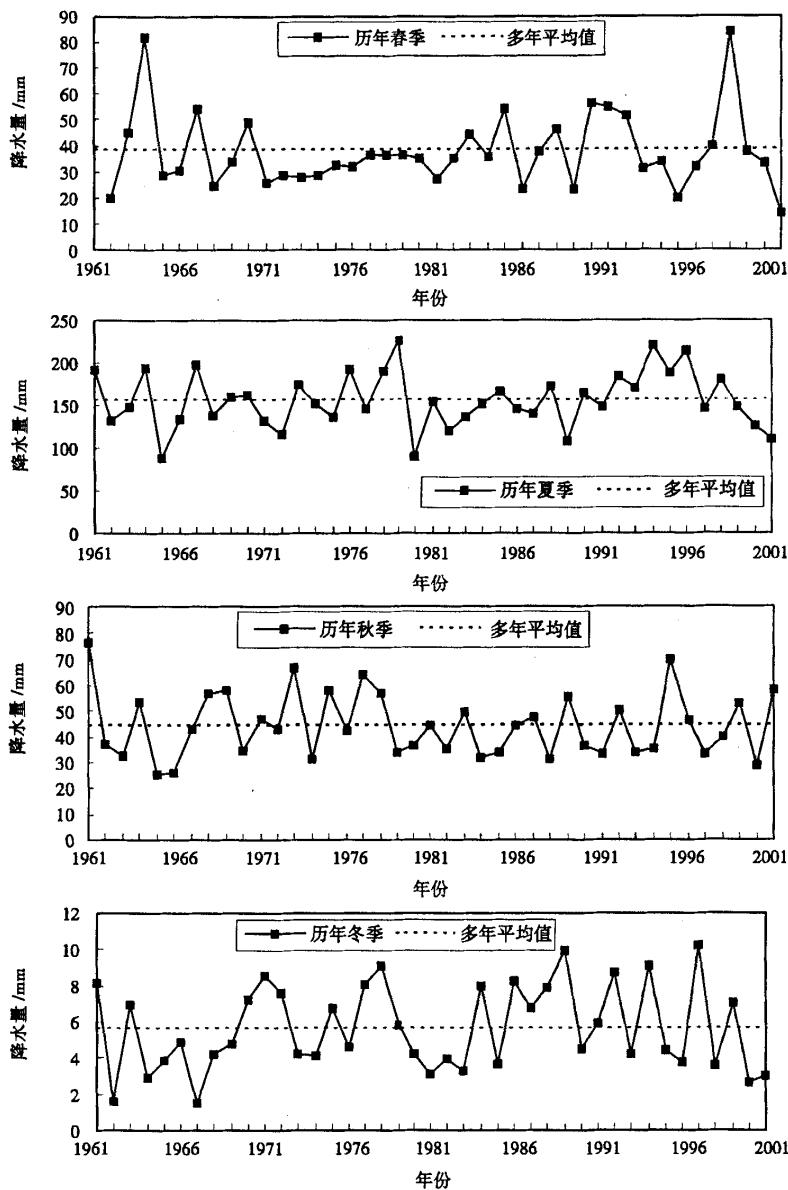


图5 中国北方季节降水量年际变化曲线(1961—2001年)

Fig. 5 Annual change of seasonal precipitation in northern China (1961–2001)

持续干旱有很大关系。

以上分析表明,我国沙尘暴发生频次的年际变化,除与大风日数有着较好的对应关系外,与区域降水量和温度的波动变化有着更为明显的对应关系。从变化的季节特点来看,由于春季降水量偏少,加之春季温度变化波动较大,地表植被覆盖低,沙尘暴发生的风险等级相对较高。从变化的年际特点来看,当降水量充沛时,有利于植被生长,地表植被覆盖度相对较高,对沙尘暴发生的抑制作用强,沙尘暴发生的次数和强度相应会降低。相反,当持续干旱时,地表植被覆盖度将大大减少,裸露土地面积增加,加之气温的影响,土壤含水量也将减小,土质疏松,沙尘暴发生的频次将提高。可见,沙尘暴是一种与气候变化密切相关的自然现象,降水、温度和风力条件是影响沙尘暴频次变化的主要气候因素。

3 结论和讨论

(1) 我国北方地区春季多大风天气,是形成我国大范围沙尘暴的动力因素。但是,我国北方沙尘暴发生频次与北方大风日数的分布在空间上并不完全一致,表明沙尘暴的发生频次除了受到区域大风日数的影响外,同样受到表征区域特征的降水量、温度、地形、地貌、植被覆盖等条件的影响。

(2) 我国北方沙尘暴发生年际变化呈现减少的趋势,1980 年以前,沙尘暴日数均接近或超出了多年平均值,此后,只有少数年份超出了多年平均值,尤其是春季,除 2000 年和 2001 年外,都没有超出。这与我国北方温度持续升高,夏季降水量有所增加的趋势有着较好的一致性。

(3) 我国沙尘暴频次的年际变化,除与大风日数有着较好的对应关系外,与区域降水量和温度的波动变化有着更为明显的对应关系。沙尘暴频次的年际和季节变化特点可以表明:降水和温度通过改变地表植被、土壤等特征,影响着区域沙尘暴发生的风险等级。可见,降水、温度和风力条件是影响沙尘暴频次变化的主要气候因素。

(4) 鉴于以上结论,作者认为,在建立沙尘暴监测预警系统时,要充分考虑沙尘暴孕灾环境中降水和温度的变化特点,以及相应地表有关参数的变化特征,并筛选与沙尘暴有关的主导因子,结合沙尘暴发生的区域和季节变化特点,建立沙尘暴风险评估指标体系,建立沙尘暴风险评估模型和方法,通过天地一体化的动态监测和分析,确定风险定量等级,当沙尘暴发生的风力条件得到准确预报时,快速做出沙尘暴预警。

参考文献:

- [1] 潘耀忠,范一大,史培军,等.近 50 年来中国沙尘暴空间分异格局季相分布—初步研究[J].自然灾害学报,2003,12(2):1-8.
- [2] 范一大,史培军,周俊华,等.近 50 年来中国沙尘暴变化趋势分析[J].自然灾害学报,2005,14(3):22-28.
- [3] 史培军,严平,袁艺.中国北方风沙活动的驱动力分析[J].第四纪研究,2001,21(1):41-47.
- [4] 尚可政,孙梨辉,王式功,等.甘肃河西走廊沙尘暴与赤道、东太平洋海温之间的遥相关分析[J].中国沙漠,1998,18(3):239-243.
- [5] 国家气象中心气候资料中心.中华人民共和国气候图集[M].北京:气象出版社,2002.
- [6] 周淑贞.气象学与气候学[M].北京:人民教育出版社,1981.