

# 我国北方区域沙尘天气的时间特征分析

吴占华<sup>1</sup> 任国玉<sup>2</sup>

(1 山西省朔州市气象局,朔州 036001; 2 中国气象局气候研究开放实验室,国家气候中心,北京 100081)

**摘要** 将我国北方沙尘主要影响区划分为 3 个区(西北区、华北区、东北区),用网格面积加权计算区域平均的方法,比较了各区沙尘天气的时间演化特征。结果表明:西北部沙尘日数的量级明显多于东北部;沙尘暴的发生有比较明显的日变化特征,各区白天较夜间更易发生沙尘暴,2 区(华北区)和 3 区(东北区)发生沙尘暴初始时刻的峰值出现在 14:00,1 区(西北区)出现在 15:00~16:00;2 区和 3 区出现沙尘天气的极值在 4 月,而 1 区在 4、5 两个月都是极值期;春季是各区沙尘天气的多发期,1 区夏季沙尘天气发生的频次也较高;各区的沙尘日数均在 20 世纪 80 年代中期前后发生了由多到少的跃变,1 区和 2 区的突变点在 1987 年,3 区在 1983 年。我国北方 3 个区沙尘天气的日、月、季节变化有明显的区域特征,其中 1 区表现得较为独特,2 区和 3 区则比较接近。

**关键词** 沙尘天气 中国北方 区域特征 气候变化

## 引言

在气象学上,沙尘天气可分为浮尘、扬沙和沙尘暴 3 类,通常又将沙尘暴和扬沙天气合并在一起称风沙天气。我国北方特别是西北地区属于全球现代沙尘天气的高活动区之一。

早在 20 世纪 20 年代,国外就开始了沙尘暴时空分布方面的研究,Goudie 等<sup>[1]</sup>系统分析了全球几个比较典型的沙尘暴多发区及其频数的变化特征,指出沙尘暴频数的变化趋势没有一个统一的全球模式。Nancy 等<sup>[2]</sup>通过分析美国达科他州红河谷浮尘的气候学特征,指出红河谷浮尘频数通常在一天中下午和一年中春季出现最高值。Schwikowski 等<sup>[3]</sup>对非洲撒哈拉地区沙尘天气的频数、机制和特征作了阐述。

相对来说,我国沙尘研究起步较晚,始于 20 世纪 70 年代<sup>[4]</sup>。在对我国北方沙尘天气时空分布特征的研究中,一些学者对民勤沙区<sup>[5]</sup>、柴达木盆地<sup>[6]</sup>、青海<sup>[7]</sup>、吐鲁番盆地<sup>[8]</sup>、宁夏盐池<sup>[9]</sup>等小区域沙尘暴并挑选出该区域沙尘暴比较集中的典型代表站进行了初步分析。

近年来,为提高对我国北方沙尘天气的整体认

识,不少学者扩大了研究范围和研究对象。例如,丁瑞强等<sup>[10]</sup>分析我国 334 个站 45 年的扬沙和沙尘暴资料,指出扬沙和沙尘暴日数由多到少的突变年份分别为 1984 年和 1985 年,沙尘暴日数的变化周期约 3~4 年。周自江等<sup>[11]</sup>利用我国北方 47 年 681 个站的资料,详细分析了沙尘暴的时空分布特征,指出西北地区是我国沙尘暴的多发区,大部分地区的沙尘暴呈减少趋势。王锦贵等<sup>[12]</sup>通过对 1954~2000 年沙尘天气的整理和分析,编制出版了《中国沙尘气候图集》。翟盘茂等<sup>[13]</sup>分析了全国 700 多个测站 47 年的扬沙和沙尘暴资料,指出大部分地区的沙尘天气主要发生在春季,并且一年之中,我国北方东部地区最早进入少沙尘天气的季节。王式功等<sup>[14]</sup>详细分析了 3 类沙尘天气的空间分布特征及气候特征,并将全国沙尘暴天气易发区分为 7 个亚区。

概括起来,以往对大范围沙尘天气分片、分区研究得比较少;对各沙尘易发区的气候特征缺乏对比性研究。就我国沙尘天气多发区的北方范围而言,其沙尘日数的分布是不均匀的,沙尘集中区的沙尘日数量级也是有差异的。本文对我国北方沙尘天气时间演化的区域特征进行了初步分析。

科技部“十五”科技攻关项目课题(2001BA611B-01)资助

作者简介:吴占华,女,1974 年生,硕士,从事短期预报工作,Email:zhanhuawu805@yahoo.com.cn

收稿日期:2005 年 10 月 14 日;定稿日期:2006 年 1 月 8 日

## 1 资料

本文将沙尘暴资料与扬沙资料合并来构建各类时间序列,分析我国北方各区的沙尘天气。因此,文中所提到的沙尘天气即指扬沙和沙尘暴二者之和。研究范围为 $35^{\circ}\text{N}$ 以北地区,站点340个。资料开始统计年份为1961年,因为这以后的沙尘暴记录规范、详细且日界一致,站点密度也大,截止年份为2003年,共43年。资料来源于国家气象中心气候资料室,包括1961~2003年中国北方340个站的扬沙、沙尘暴的逐年逐月资料,以及记录有沙尘暴发生初始时刻的日值资料。四季划分按气象季节划分方法,即前一年12月至当年2月为冬季,3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季。

## 2 方法

**区域平均计算方法:**根据1996年Jones等<sup>[15]</sup>提供的用经纬度网格面积加权平均来计算某一气候要素区域平均值的方法,建立了各区沙尘要素多尺度的平均时间序列,文中使用的网格点为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 经纬度。

**线性趋势显著性检验方法:**文中主要用最小二乘法求线性回归方程斜率<sup>[16]</sup>,计算沙尘日数逐年序列的线性变化趋势,并通过 $t$ 检验法确定沙尘日数随时间的变化趋势是否显著。

**时间序列突变点检测方法:**主要利用滑动 $t$ 检验法<sup>[17~19]</sup>检测沙尘日数的逐年变化序列是否存在明显的突变现象,即通过考察两组样本平均值的差异是否显著来检验突变。

**主分量分析方法:**在分区选点时,用EOF方法<sup>[16]</sup>将沙尘日数逐年序列资料经验正交展开,通过分析第一特征向量和方差贡献值,剔除个别变化不一致的点,选出各区有代表性的站点作为主要研究对象。

**小波分析方法:**小波变换可以有效地从序列中提取有价值的信息。为了增加沙尘资料时间序列的长度并保证小波变换时资料的精确度,统计了1957年1月至2003年12月我国北方站点的沙尘资料,其中剔除了其间有缺测资料或建站晚于1957年或2003年以前已撤销的站点,最后统计了228个站点的1957~2003年逐年总沙尘日数资料,对它作Morlet连续小波变换<sup>[20]</sup>,分析沙尘日数变化的周期性。

**分区:**将我国北方沙尘主要影响区分为西北、华北、东北3个区,分区讨论并进行对比分析。

(1) 选高频点,以年平均沙尘日数大于等于20天为初始限定条件,选出了77个点,根据高频点成片集中的特征,以 $92.5^{\circ}\text{E}$ 作为西部和中部的分界线;以 $112.5^{\circ}\text{E}$ 作为中部和东部的分界线。

(2) 因限定条件太高我国东部的点少而分散,不能很好地代表本区域的特征,故重新限定东部区域的年总沙尘日数为大于等于15天,以增加东部区域的站点数。这样各区的高频点个数分别是1区(西北)18、2区(华北)48、3区(东北)20个。

(3) 将所选区域划分为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 的网格,显示高频点所在的网格和落在这些网格点内的其它区域点,以增加站点密度。为了使以下展开讨论的站点资料趋于正态分布,对加进去的站点限定条件为:年总沙尘日数大于等于10天。各区所得站点个数分别是20、66、35个。

(4) 对以上选出的各区站点的沙尘日数资料进行第一主分量分析,去掉个别变化相反的站点后,取得1区20个点;2区65个点;3区33个点。

(5) 去掉1964~2003年资料不全的站点,在计算区域平均时以增加精确度。最后选定1区19个点;2区58个点;3区32个点。

经过以上步骤筛选出的各区站点年平均沙尘日数大于等于10天,资料分布趋于正态,时间变化一致,能较好地代表我国北方3个沙尘天气易发区的特征(图1)。

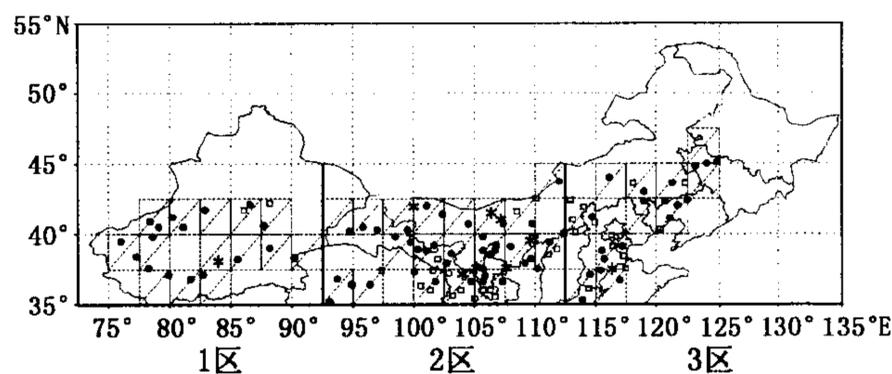


图1 我国北方各区选定的点及分界线

(小黑点为高频点; \* 为资料不全的高频点;空心矩形为加入的其它区域点;1区为西北,2区为华北,3区为东北,下同)

## 3 各区沙尘日数的时间变化特征

### 3.1 日变化

这里仅讨论沙尘暴发生初始时刻的日变化特征,原始资料是逐站逐日的沙尘暴发生的初始时刻

的每一条记录,因为它与日界变动无关,对本站所统计的年份不加以限制;也不剔除资料不完整的点,只要有一条记录,就统计一次,因此各区参与计算的站点为分区步骤第4步所选定的点数。由各区沙尘暴的日变化特征(图2)可以看出:1区沙尘暴多发生在10:00~23:00,并在19:00达到最多;2区沙尘暴多发时段集中在08:00~20:00,14:00达到极值;3区多发时段与2区相似,极值点为14:00。

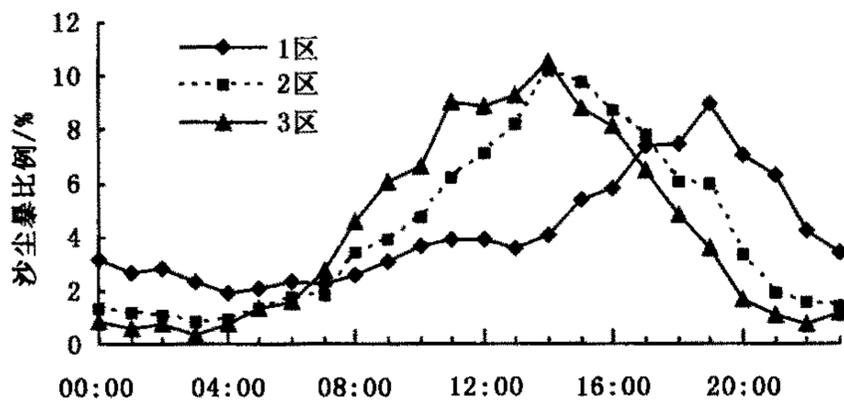


图2 各区发生沙尘暴的初始时刻在各时刻所占的比例

因文中所采用的资料观测时间均为北京时,消除时差的影响后发现,各区白天较夜间易发沙尘暴,2区和3区在一天中出现沙尘天气的极值时间约在14:00,1区约在15:00~16:00,且1区夜间发生沙尘暴的频次相对要高于2、3区。

各区发生沙尘暴初始时刻的峰值主要出现于当地午后14:00~16:00,说明沙尘暴的触发机制与大气的热对流不稳定有关,因为午后近地面气层处于明显不稳定状态,若遇冷空气过境,极易激发热对流发展成强沙尘暴天气。

### 3.2 季节和月变化

图3反映各区沙尘天气的月、季变化特征,各区参与计算的站点为分区步骤第5步所选定的点数。可以看出:2区和3区出现沙尘天气的极值在4月,

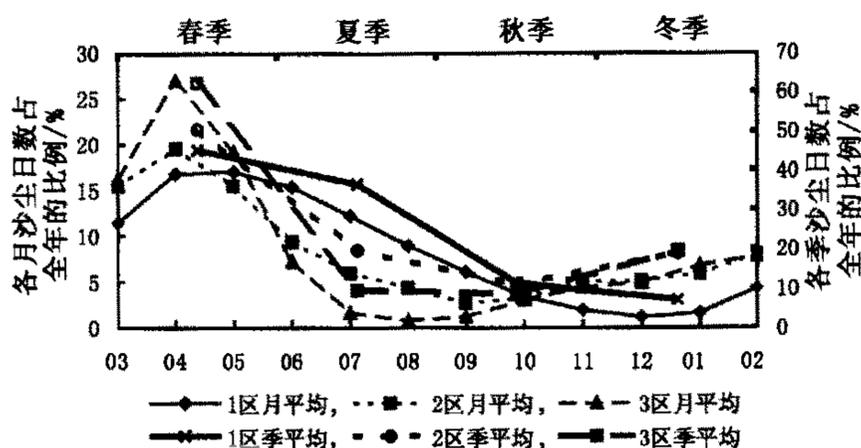


图3 3个区各月(季)平均的扬沙和沙尘暴日数占全年的比例平均值曲线

而1区在4、5月都是极值期;1区多发时段从2月一直持续到10月,以3~7月最多;而2区和3区的多发时段集中在2~6月,尤以3~5月最多;3区在7~9月出现沙尘天气的次数最少,1区在11月至次年1月出现沙尘天气的次数最少,而2区的少发时段主要出现在9月;1区在5~10月出现沙尘天气的频率要高于2区和3区,其他月份低于2区和3区。

各区出现沙尘天气最多的季节均在春季,且在冬春季节3区、2区出现沙尘天气占全年的比例要高于1区;夏季是1区沙尘天气的次高发期;秋季是2区和3区发生沙尘天气最少的季节,同时3区在夏季发生沙尘天气的次数也最少;各区在秋季出现沙尘天气的频率接近。

比较各区沙尘天气43年平均的日变化、月变化、季节变化特征,发现2区、3区的总体变化趋势较一致,1区有其明显的区域特征。

### 3.3 年际、年代际变化

各区参与计算的站点同样为分区步骤第5步所选定的点数。从图4各区1961~2003年沙尘日数的多项式回归曲线可见,我国北方各区的沙尘变化趋势比较一致,60年代沙尘日数不断增加,70年代至90年代中期,沙尘日数逐渐减少,90年代中期至2001年有所回升,2002~2003年又呈下降态势。其中1区在60年代中期至70年代中期有稍许的波动。对各区变化曲线求线性回归方程的斜率,得到各区及全区每10年平均减少沙尘日数分别是6.9日、9.1日、6.9日、7.8日。可见,1区和3区的减少趋势相当,2区减少得最快。全区平均每10年沙尘日数减少约8次。

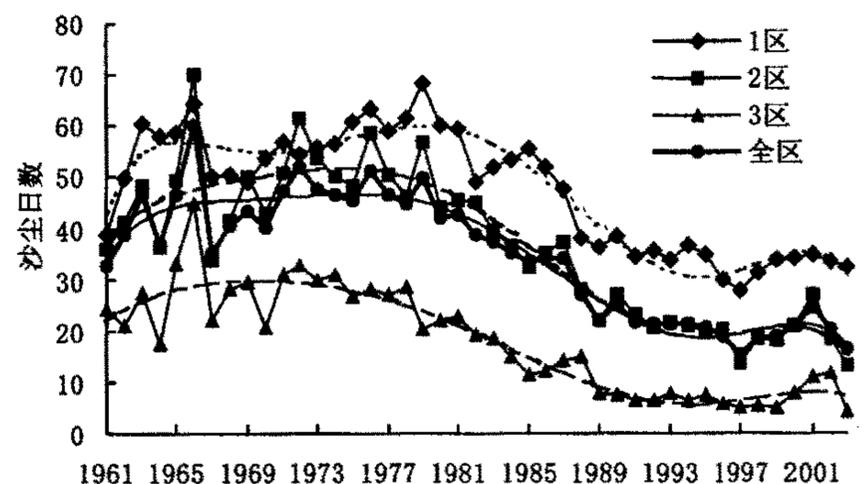


图4 各区1961~2003年逐年年总扬沙和沙尘暴日数平均值曲线

比较同一年各区沙尘日数,可以看出1区沙尘天气的频率最高,2区次之,3区最小,2区和全区相当。各区平均的年总沙尘日数相差约5~10天。

通过作我国北方340个站每10年沙尘日数变化速率的空间分布图(图略)发现,我国北方大部分地区(204个站)的沙尘日数呈总体下降的趋势,尤其是在内蒙古中西部、陕甘宁北部、河西走廊一带表现为一片很大的负值区,递减速率大于每10年6日。沙尘日数逐年增加仅出现在个别地区(10个站),增加日数大于每10年3日的台站有辽宁省的新民地区,青海的泽库、兴海一带,内蒙古西北部的吉河德1961~1987年也呈逐年增加的趋势,但1987年以后该站已撤销。

各区沙尘日数在较一致的总体变化趋势上存在上下波动。对各区平均的逐年沙尘日数之间求相关,1区和2区是0.906,1区和3区是0.812,2区和3区是0.933,说明各区之间及各区与全区的年际变化很相似,2区和3区的变化趋势最为接近。

### 3.4 周期性分析

作1957~2003年逐年年总沙尘日数序列的Morlet小波系数等值线图(图略)发现,小波系数分布仅在60年代出现了2~4年的正负相间的振荡中心并通过了检验。在大于23年尺度上的周期无法检测出来,可见近47年来我国北方的沙尘日数基本上没有明显的周期性变化,或者说,至少还没体现出更长时间的周期性变化。这对沙尘天气的年代际变化预测带来了一定的难度。

### 3.5 突变分析

用滑动 $t$ 检验结合气候跃变参数检测突变点的方法,对我国北方228个站点的1957~2003年逐年年总沙尘日数资料序列进行突变分析,获得1966~1993年 $t$ 检验值(图略),可以看到突变点出现在1984年,通过计算得1984年的跃变参数值为1.63。因此,我国北方沙尘日数在1984年发生了由多到少的跃变。对各区1961~2003年的年平均沙尘日数序列作突变分析(图略),发现1、2、3区由多到少的突变点分别发生在1987、1987、1983年,对应的跃变参数 $t$ 分别为1.84、1.50、1.58。可见各区发生跃变的年份不太一致,1区和2区要晚一点,东部3区要相对早一些,但都在80年代中期前后由相对偏多期进入了相对偏少期。

## 4 结论

(1)我国北方大部分地区的沙尘日数呈总体下降的趋势,且各区沙尘天气逐年变化的趋势较为一致。其中,1区和3区的减少趋势相当,2区减少得最快,全区平均每10年沙尘日数减少约8天。沙尘日数逐年增加仅出现在个别地区。

(2)我国北方自西向东气候条件和地理条件的差异导致沙尘天气有明显的区域特征,尤其在1区表现得最为突出,2区和3区则比较接近。沙尘日数西北部地区明显多于东北部。

(3)沙尘暴的发生有比较明显的日变化特征,各区白天较夜间易发生沙尘暴,2区和3区在一天中出现沙尘天气的极值时间约在14:00,1区在15:00~16:00,且1区夜间发生沙尘暴的频次相对要高于2、3区。沙尘暴初始时刻的峰值主要出现14:00~16:00,说明沙尘暴的触发机制与大气的热对流不稳定有关。

(4)春季是各区沙尘天气的多发期,其中,1区在夏季沙尘天气发生的频率也较高。秋季是2区和3区发生沙尘天气最少的季节,同时3区在夏季发生沙尘天气的次数也最少。而1区在冬季沙尘天气最少,2区、3区冬、春季节出现沙尘天气占全年的比例要高于1区。全年中,各区在秋季出现沙尘天气的频率接近。

(5)近47年来我国北方的沙尘日数没有表现出明显的周期性变化。各区的沙尘日数均在20世纪80年代中期发生了由多到少的跃变,1、2、3区的突变点分别为1987、1987、1983年。

**致谢:**国家气象信息中心周自江副研究员对本项研究工作提出宝贵意见,谨此致谢。

### 参考文献

- [1] Goudie A S, Middleton N J. The changing frequency of dust storms through time [J]. *Climatic Change*, 1992, 20: 197-225.
- [2] Godon N A, Todhunter P E. A climatology of airborne dust for the Red River Valley of North Dakota [J]. *Atmospheric Environment*, 1998, 32(9): 1587-1594.
- [3] Schwikowski S. A study of an outstanding Saharan dust event at the high alpine site Jungfraujoch Switzerland [J]. *Atmospheric Environment*, 1995, 29(15): 1829-1842.
- [4] 徐国昌,陈敏连,吴国雄. 甘肃“4.22”特大沙暴分析[J]. *气象学报*, 1979, 37(4): 26-35.

- [5] 常兆丰,梁从虎,韩福贵,等.民勤沙区沙尘暴的分布特征及前期特征研究[J].干旱区资源与环境,2002,16(2):107-112.
- [6] 荀日多杰.柴达木盆地沙尘暴气候特征及其预报[J].气象科技,2003,31(2):84-87.
- [7] 李林,赵强.青海沙尘暴天气研究[J].气象科技,2002,30(4):218-221.
- [8] 郑乐娟,张志军,张慧琴,等.吐鲁番盆地近30年沙尘天气分布特征[J].新疆气象,2003,26(2):12-14.
- [9] 刘立超,安兴琴,李新荣,等.宁夏盐池沙尘暴特征分析[J].中国沙漠,2003,23(1):33-37.
- [10] 丁瑞强,王式功,尚可政,等.近45a我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J].中国沙漠,2003,23(3):306-310.
- [11] 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.
- [12] 王锦贵,任国玉.中国沙尘气候图集[M].北京:气象出版社,2003.
- [13] 翟盘茂,李晓燕.中国北方沙尘天气的气候条件[J].地理学报,2003,58:125-131.
- [14] 王式功,王金艳,周自江,等.中国沙尘天气的区域特征[J].地理学报,2003,58(2):193-200.
- [15] Jones P D, Hulme M. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations [J]. Int. J. Climatol., 1996, 16: 361-377.
- [16] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2004.
- [17] 符宗斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1992,16(4):482-493.
- [18] 严中伟,季劲钧,叶笃正.60年代北半球夏季气候跃变—I.降水和温度变化[J].中国科学(B辑),1990,20(1):97-103.
- [19] 邹瑾,冯晓云.济南市近80年来降水趋势变化及跃变的初步分析[J].山东气象,1997,17(4):39-42.
- [20] 吴慧,陈小丽.海南省四十年来气候变化的多时间尺度分析[J].热带气象学报,2003,19(2):213-218.

## Regional Characteristics of Climatic Variability of Dust Storm Frequency in Northern China

Wu Zhanhua<sup>1</sup> Ren Guoyu<sup>2</sup>

(1 Shuozhou Meteorological Bureau, Shanxi Province, Shuozhou 036001;

2 Lab for Climate Studies, National Climate Center, Beijing 100081)

**Abstract:** An analysis is made of the climatological and variation characteristics of dust storms over the northern China on the basis of the data from 340 observation stations over the northern China from 1961 to 2003. The affected area of dust events is divided into three sub-regions: Northwest China, North China, and Northeast China and the regional climatic characteristics of dust storm events are analyzed. The number of storm days shows a downward trend for most observation stations in the study area. Dust storms occurs more frequently in the western part of the northern China than in the eastern part, more in spring than in the other parts, more in the daytime than in the nighttime, and most frequently between 14:00 and 16:00 local time. Dust storms occur most frequently between 15:00 and 16:00 for Northwest China and around 14:00 in North China and Northeast China, more frequently in summer in Northwest China as compared to the other regions. There exist significant regional features in the daily, monthly and seasonal changes of dust storms in the northern China, most obviously in Northwest China.

**Key words:** dust storms, northern China, regional characteristic, climate change