

# 天津春季沙尘天气日数变化规律及小波变换特征

段丽瑶 刘爱霞 郭 军

(天津市气象局气候服务中心,天津 300074)

**摘要** 根据沙尘天气标准确定了 1961~2003 年天津逐年的春季沙尘天气日数且形成序列,分析了春季沙尘天气的演变规律,并应用小波分析方法分析了其多时间尺度的变化特征。结果表明:天津地区春季的沙尘天气以每 10 年 - 5.9 天的变化速率呈显著的下降趋势;20 世纪 60~70 年代处于沙尘多发期,90 年代最少;春季沙尘天气具有 40 年、4~6 年和 16 年的明显周期。 $t$  检验结果显示,气候突变大约发生在 1980 年前后。

**关键词** 春季沙尘 变化规律 小波分析

## 引言

近年来,我国北方地区沙尘天气频繁发生,严重地危害了我国的大气环境,给国民经济建设以及人们的生活带来了很大的负面影响,尤其是 2000 年,一年之内出现了 16 次范围较大的沙尘天气过程,频率之高,次数之多,是近 10 多年来所罕见的,因而引起了社会各界乃至国际社会的普遍关注<sup>[1]</sup>。

近 50 余年来,除青海、内蒙古和新疆局部地区沙尘的出现日数呈增多趋势外,我国北方大部分地区的沙尘出现日数在减少,其中 20 世纪 50 年代沙尘最多,60~70 年代波动上升,80~90 年代波动减少,90 年代最少,2000、2001 年北方沙尘天气明显增多,2003 年又明显减少<sup>[2~5]</sup>。张仁健等<sup>[6]</sup>认为,沙尘暴天气呈现频次高、发生时间提前、持续时间长、强度大、影响范围广等新特征。丁瑞强等<sup>[7]</sup>通过分析我国近 45 年来的沙尘暴和扬沙日数的变化规律,发现沙尘暴和扬沙日数从 20 世纪 80 年代到 90 年代的变率最高,沙尘暴和扬沙分别在 1985 年和 1984 年发生了由多到少的突变。2002 年沙尘天气短期气候预测纳入业务工作,各省市对沙尘暴和扬沙的气候特征和变化规律都进行了细致的分析。总的来说,各省市沙尘变化规律基本上是呈减少趋势,90 年代达到最少<sup>[8~12]</sup>。

地处华北平原东北部的天津春季沙尘天气日数变化与上述结论基本一致。本文在对天津春季沙尘天气日数的变化规律进行分析的基础上,对天津春季沙尘天气日数进行了小波变换计算,进一步分析了沙尘日数的多时间尺度的变化特征,为沙尘天气的短期气候预测提供依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 沙尘日数确定

为进一步规范沙尘天气预警业务服务工作,规范沙尘天气的定义标准,按照中国气象局《沙尘天气预警业务服务暂行规定(修订)》(气发 2003 12 号)文件的要求,天津市气象局制定了相应的《天津市沙尘天气预警业务服务暂行规定(修订)》。按照规定,同一天中,天津 13 个台站中如果 1 个站有沙尘暴,2 个站有扬沙,3 个站有浮尘,2 个站有浮尘,1 个站有扬沙,满足上述条件之一即为 1 个沙尘天气日,按照此标准对天津 1961~2003 年春季沙尘天气进行统计,得到春季沙尘天气日数序列。

### 1.2 小波分析

小波分析亦称多分辨率分析,被认为是傅里叶分析方法的突破性进展。它既可确定函数在整个频域上的频率特点,也能反映信号在时域上的总体特征。可以通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号

天津市科委科技攻关项目“天津地区沙尘天气监测、预报服务及防止沙尘对策的研究”资助

作者简介:段丽瑶,女,1967 年生,高级工程师,从事短期气候预测、气候分析业务和科研工作,Email:duanhui Fang2002@yahoo.com.cn

收稿日期:2004 年 9 月 9 日;定稿日期:2004 年 11 月 4 日

序列进行多尺度细化分析,研究不同尺度(周期)随时间的演变情况。小波分析在气候变化研究中显现了年与年之间、波长与波长之间的波幅变化形态与特征,已成功地被应用于气象领域<sup>[13-15]</sup>,并成为研究气象要素长期变化的重要工具。本文应用墨西哥帽状小波分析方法研究天津地区春季沙尘日数的时间变化规律,具体方法见文献<sup>[16]</sup>。

### 2 天津春季沙尘天气的变化特征

根据上述标准计算,1971~2000年天津地区的沙尘天气日数30年的年平均为13.8天,为了分析其长期变化特征,制作了沙尘天气日数距平随时间变化曲线和9年滑动平均曲线(图1)。由图1可以看出,天津地区的沙尘天气呈显著的下降趋势,用最小二乘法估算其气候倾向率大约为每10年减少5.9天,通过了0.01的信度检验。表明1961~2003年43年来的天津地区沙尘日数以每10年减少约6天的速率稳定下降。60、70年代处于沙尘多发期,60年代为最多,平均为25天,比均值高出11.2天;70年代略少,平均为22.7天,20年来仅有3年出现的沙尘日数低于均值。80年代沙尘天气出现次数急剧减少,平均为12.1天,90年代继续减少,平均每年仅出现6.5天,比平均值少7.3天。90年代后期,出现沙尘天气的日数达到历史的最低值,2000~2002年突然增多,达到了80年代初的水平,2003年又降到历史的最低值。

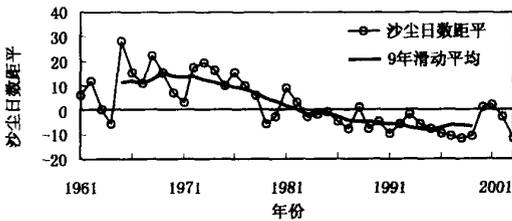


图1 天津地区春季沙尘天气日数距平逐年变化

### 3 天津春季沙尘天气的周期变化和突变特征

研究表明<sup>[6]</sup>,将小波分析用于气候序列时,小波系数的变化趋势与气候信号的起伏是基本一致的,等值线中心为沙尘天气出现日数的高(低)中心(正小波为高值,负小波为低值),中心值的大小可以反映出波动的振荡强度,并可以看出天津地区出现沙尘天气目前状况所处的气候背景,进而推断出未

来的演变趋势。本文采用标准墨西哥帽状小波变换,分析了天津春季沙尘天气的多时间尺度特征。

图2给出了天津地区沙尘天气日数的小波系数变化。从图中可以看出,小波系数的分布具有很强的低频特征,小波系数的最高最低区域位于40年周期附近,所以天津的沙尘天气日数最主要的变化周期是40年,从图1中也可以看出这种特征,其9年滑动平均曲线呈现余弦曲线特征,前20年为多发期,后20年为少发期。

另外,它还具有4~6年和16年的明显周期。4~6年的周期振荡主要存在于60、70年代以及90年代后期。1961~1980年沙尘日数的变化振幅较大(图1),基本显示4~6年的周期振荡。80年代至90年代中期,沙尘日数变化的幅度较小,小波系数较小,变化也不明显,因此,沙尘日数在这时期的4~6年周期特征不明显。16年的周期振荡主要存在于60、70年代和90年代以后。

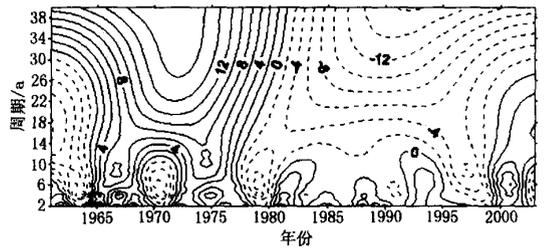


图2 天津地区春季沙尘日数小波系数变化

从图2还可以看出,沙尘天气日数的变化阶段和所处的气候背景,在不同的尺度所反映的多少结构是不同的。16年尺度上的日数变化可分为2个偏多和2个偏少阶段,即60年代初期偏少阶段,1964年达到均值以下;1965~1977年为偏多阶段,这期间是天津出现沙尘天气最多的时段;70年代末到90年代末的偏少阶段;2000年以来的偏多阶段。40年尺度上的变化基本分为两个阶段。分析小波系数的零点位置能够大致确定气候突变的发生时间,可以看出,40年的主周期沙尘日数的突变大约发生在1980年前后。1980年以前小波系数为正值,20年的平均值为23.8天(距平为10.1天);1980年以后对应是负值,1981~2003年23的平均值为9.3天(距平为-4.4天)。对天津地区沙尘天气日数做10年的滑动t检验,1978年是个显著的突变点,其t值为5.79,超过了0.001信度,突变后

比突变前每年平均减少了 14.5 天。

从小波系数变化的图中还可以大致的推断出未来沙尘天气日数的变化趋势,从 40 年周期来看,目前正处于沙尘出现偏少期;16 年周期中,目前位于较弱的偏多期;4~6 年周期,目前处于偏少期。因此可以看出,长期变化中沙尘日数仍处于发生的较少阶段,中期阶段仍有可能变多,但近 2~3 年应该处于沙尘发生较少的阶段。

#### 4 结论

(1) 天津地区 60、70 年代处于沙尘多发期,90 年代出现最少。1961~2003 年天津地区春季的沙尘天气以每 10 年大约减少 6 天的速率呈显著的下降趋势。

(2) 利用小波分析发现,天津地区春季沙尘出现的日数具有 40 年、4~6 年和 16 年的显著周期,60、70 年代高频振荡较明显,80、90 年代周期变化较弱。

(3) 气候突变大约发生在 1980 年前后,1980 年以前沙尘日数为正距平,距平值为 10.1 天;1980 年以后为负距平,为 -4.4 天,二者相差 14.5 天。

#### 参考文献

- 1 中国气象局预测减灾司.沙尘暴监测预警服务研究.北京:气象出版社,2002.11
- 2 裘国庆.沙尘暴气象服务工作研讨会技术总结.沙尘暴监测预警服务研究.北京:气象出版社,2002.11
- 3 周自江,王锡稳,牛若芸.近 47 年中国沙尘暴气候特征研究.应用气象学报,2002,13(2):193-200
- 4 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.中国沙漠,2002,22(2):106-111
- 5 邱新法,曾燕,缪启龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径.地理学报,2001,56(3):316-322
- 6 张仁健,韩志伟,王明星,等.中国沙尘暴天气的新特征及成因分析.第四纪研究,2002,22(4):374-380
- 7 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.中国沙漠,2003,23(3):306-310
- 8 王旭,马禹,陈洪武.新疆沙尘暴天气的气候特征.中国沙漠,2003,23(5):539-544
- 9 尤莉,程玉琴,王国勤.内蒙古赤峰地区沙尘暴发生特点及成因.气象,2004,30(5):38-42
- 10 李青春,谢璞,吴正华.北京地区沙尘天气的气候特征分析.气象科技,2003,31(6):329-333
- 11 李林,赵强.青海沙尘暴天气研究.气象科技,2002,30(4):218-221
- 12 王锡稳,孙兰东,冀兰芝,等.甘肃沙尘天气变动趋势.气象科技,2002,30(3):158-162
- 13 郭成香,何慧,黄莉.近百年南宁降水小波分析.广西气象,2002,23(1):31-33
- 14 严华生,万云霞,邓自旺,等.用正交小波分析近百年来中国降水气候变化.大气科学,2004,28(1):151-157
- 15 谢庄,曹鸿兴,李慧,等.近百年北京气候变化的小波特征.气象学报,2000,58(3):363-369
- 16 尤卫红.气候变化的多尺度诊断分析和预测的多种技术方法研究.北京:气象出版社,1998.9-20

## Variation Regularities and Wavelet Transform Features of Dust Storms in Spring in Tianjin

Duan Liyao Liu Aixia Guo Jun

(Tianjin Climatic Service Center, Tianjin 300074)

**Abstract:** The annual dust storm serials from 1961 to 2003 was established according to the Standards of Dust Storm in Spring in Tianjin, and the variation characteristics of multi-scale dust storm activities were analyzed by the wavelet analysis method. The results show that dust storms decreased significantly in the past 43 years with the change rate being -5.9 day per ten years. Dust storms occurred more frequently in the 1960s and 1970s and less in the 1990s. It is also found that there are significant periods of 40 years, 4 to 6 years, 16 years in the number of dusty days in spring. The climate jump of dust storms in Tianjin is found around 1980 by *t*-test.

**Key words:** dust storm in spring, variation regularities, wavelet analysis