北京地区沙尘天气的气候特征分析

李青春[1] 谢 璞[2] 吴正华[1]

(1 北京城市气象科学研究所 ,2 北京市气象局 ,北京 100089)

摘要 利用 1954 ~ 2001 年北京地区(20 个气象站) 逐月沙尘资料 ,重点对北京地区沙尘天气的空间分布特征 、沙尘日数的年际变化规律 、沙尘日数的月变化进行分析 ;分析了近 3 年北京地区出现的沙尘天气特点及成因 ;对近 48 年的沙尘天气出现日数变化规律进行了小波分析 ,浮尘天气有 12 ~ 14 年超长周期和 2 ~ 4 年短周期 ,扬沙天气有 8 ~ 12 年超长周期 。

关键词 沙尘天气 气候特征 小波分析

引言

最近几年 ,我国北方沙尘暴天气频繁出现 。2000 ~ 2002 年北京地区强烈的沙尘天气引起全社会和政府部门的关注 。据统计 :北京 2000 ~ 2002 年共计发生沙尘天气 51 次 。其中 ,2000 年 11 次 、2001 年 21 次 、2002 年 19 次 ,占最近 10 年出现沙尘天气总次数的 51 / 103(≈ 49 .5 %) 。2002 年春季北京地区出现的沙尘天气时间之早 、频率之高 、强度之大均为历史同期所罕见 。由于风沙大 、能见度低 ,给交通运输及人们的日常生活和工作及健康带来极为不利的影响 ,个别地方甚至造成了人员伤亡 。查明北京沙尘天气的成因 ,开展对沙尘暴运移规律及沙尘源区环境的研究 ,提出防治沙尘暴灾害的一些具体对策 ,是一项重大而紧迫的任务 ,因此研究北京地区沙尘的发生及变化规律很有必要 。

1 北京地区沙尘天气的时 、空分布特征

1 .1 沙尘天气的定义

沙尘天气包括 :扬沙 、沙尘暴和浮尘三类天气 (只要出现其中一种即为出现沙尘天气) 。

扬沙与沙尘暴是由于本地或附近尘沙被强风吹起而造成的 。其共同特点是能见度明显下降 ,出现时天空混浊 ,一片黄色 ;北方在春季容易出现 ,所不同的是扬沙天气风较大 ,影响的能见度在 1 km 到 10 km 之间 ;而沙尘暴风很大 ,能见度小于 1 km 。

浮尘是由于远地或本地产生沙尘暴或扬沙后 ,尘沙等细粒浮游空中而形成 ,俗称“ 落黄沙” ,出现时远方物体呈土黄色 ,太阳呈苍白色或淡黄色 ,能见度小于 10 km ,无风或风力不大 。

1 .2 北京沙尘天气的空间分布特征

统计北京地区各气象站的沙尘暴 、扬沙 、浮尘天气占沙尘天气的百分比(表 1) 可看出 :北京地区的扬沙和浮尘天气所占百分比大 ,尤其是扬沙天气 。在北京地区有 11 / 20 站的沙尘天气以扬沙为主 ,有 9 / 20 站的沙尘天气以浮尘为主 。

表 1 北京地区各气象站的沙尘暴 、扬沙 、浮尘天气占沙尘天气的百分比 %

	沙尘暴	扬沙	浮尘
海淀	13	53*	34
朝阳	14	73*	14
丰台	18	57*	18
北京观象台	20	71*	9
石景山	4	62*	34
通县	15	51*	34
大兴	18	71*	12
房山	13	23	74*
门头沟	16	47*	37
霞云岭	9	3	64*
西斋堂	1	25	89*
延庆	24	43*	33
佛爷顶	1	40	59*
昌平	3	44	53*
顺义	16	44*	41
怀柔	10	38	52*
汤河口	6	49*	45
密云	6	38	56*
古北口	9	23	68*
平谷	8	32	60*

注 :* 表示三者中百分比大的沙尘天气

科技部社会公益专项项目“ 北京地区风沙天气监测 、预测技术研究” 资助
收稿日期 :2003 年 6 月 30 日 ;定稿日期 :2003 年 8 月 5 日
作者简介 :李青春 ,女 ,1962 年生 ,高级工程师 ,主要从事城市气象灾害研究

利用 1954 ~ 2001 年北京 20 个气象站的沙尘天气统计资料,分析北京地区沙尘暴、扬沙、浮尘天气出现日数与沙尘总日数的百分比分布(图 1)可以看出:

(1)扬沙出现日数百分比的大值区呈 NNW - SSE 走向,大值区分布于海淀、丰台、石景山及朝阳和大兴,以朝阳和大兴为大值中心,达 73 %(图 1a)。

(2)浮尘出现百分比大值区分布于北京的西南部地区以及东北部地区,代表站西斋堂,房山、霞云岭以及古北口、平谷,大值中心达 89 %(见图 1b)。

(3)沙尘暴出现日数百分比很小,延庆、大兴为两个大值区,中心值达 24 %、18 %(图 1c)。

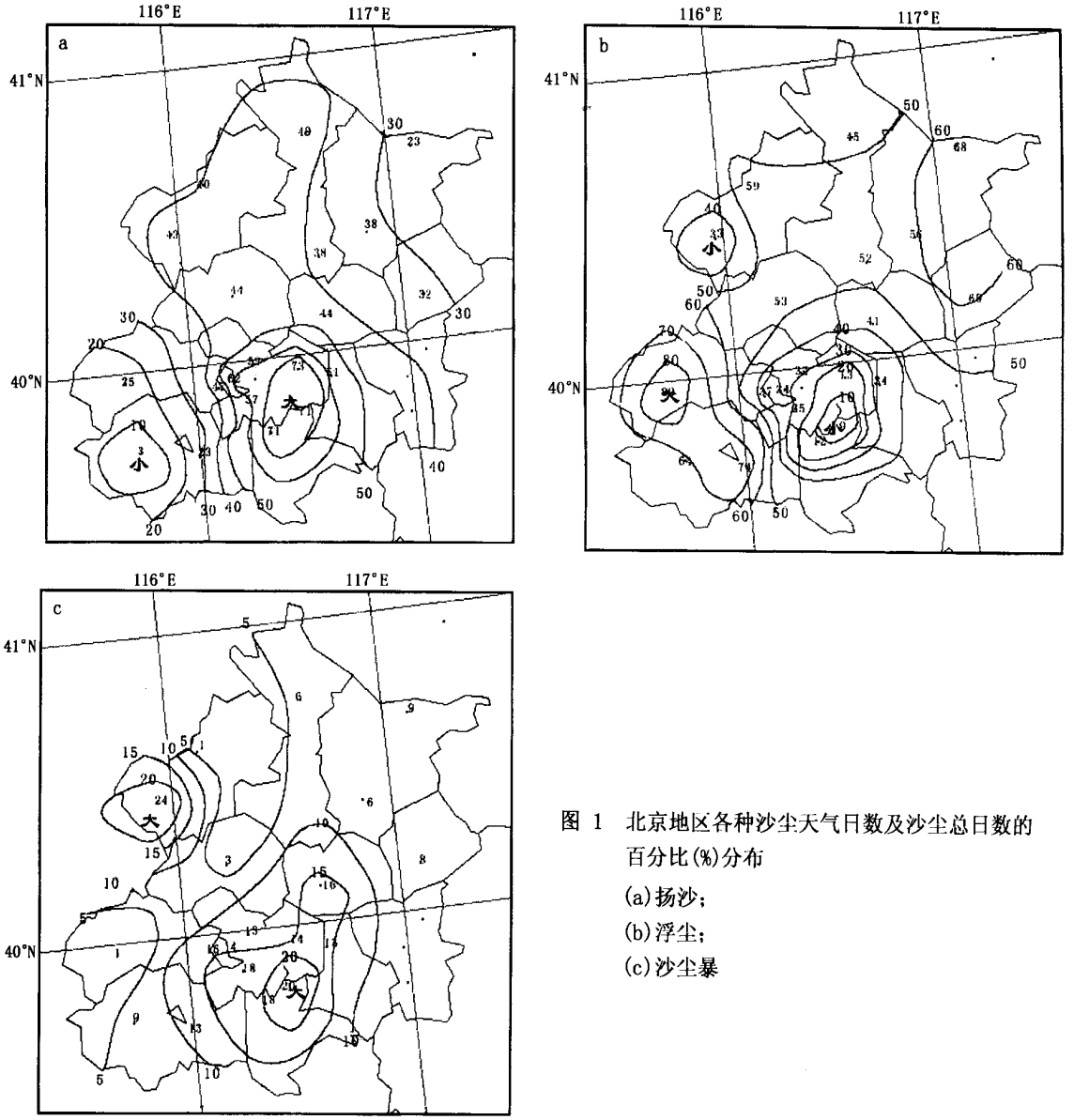

图 1　北京地区各种沙尘天气日数及沙尘总日数的百分比(%)分布
(a)扬沙;
(b)浮尘;
(c)沙尘暴

文献[1]分析表明:威胁北京的风沙物质有不同来源,北京地区的扬沙为就地起沙,永定河、潮白河以古沙土沉积和城市建设弃土为主要沙源,沙尘暴及浮尘物质主要来自于上游沙尘暴多发区。这些结果为我们的研究提供了可靠的依据。把沙尘天气按其出现百分比划分成扬沙型、浮尘型、沙尘暴型天气。由以上讨论得出:城区及北京的东南部(朝阳、大兴)地区多出现扬沙型沙尘天气;北京的西南部(西斋堂、房山、霞云岭)及北京东北部(古北口、平谷)多出现浮尘型沙尘天气。延庆、顺义、大兴沙尘暴天气出现的百分比最大为 24 %。

文献[2]研究表明:北京的主要沙尘来源为翰海盆地、阴山北坡、浑善达克沙地、坝上高原。过往路径为沿阴山北坡运行,在河北的化德、康保一带分成两支。南支在张北高原向东南运行在张北一带下坝,进入洋河谷地东进,从关沟一带低矮山岭翻山和沿永定河谷进入北京平原;北支沿阴山余脉北坡继续东进,进入浑善达克沙地,在越过沙地后从丰宁围场一带下坝南下,沿潮白河谷地进入北京。永定河谷、关沟、潮白河谷是北京的三大风口。因此,沙尘暴天气多发于以上地区,分别位于北京永定河、潮白河和康庄三个重点风沙危害区[3]附近。房山地区为西风带的最大风区,浮尘天气的大值中心与其相对应。

1.3 北京地区沙尘天气的年际变化

表2给出20世纪60~90年代北京地区沙尘日数的年代际变化,可以看出北京地区沙尘暴、扬沙、浮尘出现日数呈逐渐减少的趋势,浮尘天气70年代的出现日数有所回升。

表2 近40年北京地区沙尘日数的年代际变化 d

	60年代	70年代	80年代	90年代
扬沙	225	206	140	44
浮尘	42	62	36	23
沙尘暴	52	11	9	5

从北京(54511站)沙尘天气出现日数的年际变化曲线(图2)可以看到:北京的沙尘暴天气出现日数从20世纪50年代以来呈波动减少趋势(图2a),60代中期有所上升,以后逐渐减少。

扬沙天气出现日数从50年代以来呈波动减少趋势(图2b),60年代末期及70年代至80年代初期有所上升,80年代后期以来逐渐减少。

浮尘天气出现日数总体看呈波动减少的趋势,但与扬沙、沙尘暴相比减少趋势不很明显(图2c),70年代中期出现回升,80年代后又呈逐渐减少趋势。1999年以来扬沙、浮尘天气出现回升。说明随着北京植被覆盖度的增加,威胁北京的风沙日趋减少,浮尘是今后威胁北京的主要沙尘活动形式。

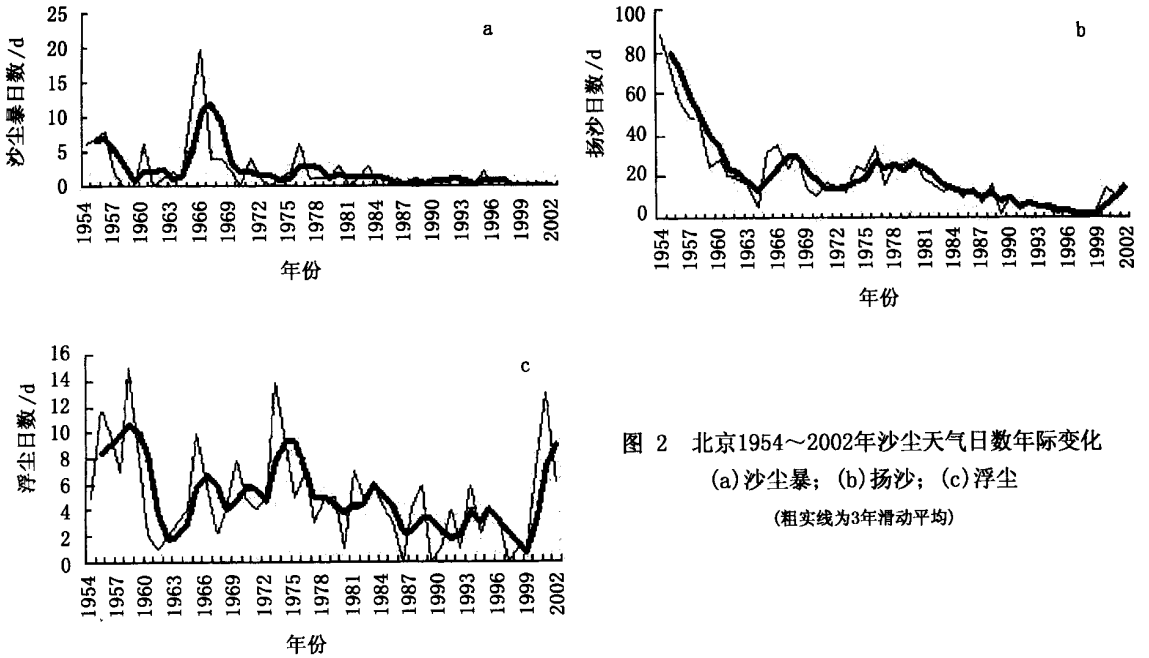

图2 北京1954~2002年沙尘天气日数年际变化
(a)沙尘暴;(b)扬沙;(c)浮尘
(粗实线为3年滑动平均)

1.4 北京地区沙尘天气的月变化

图3为1954~2002年北京(54511)站沙尘天气日数的月变化曲线,可以看出:沙尘天气(扬沙、浮尘、沙尘暴)主要出现在春季的3~5月,4月出现最多。从秋季的10月开始增多,其中扬沙天气在1月出现次峰值。这主要是因为冬春季节,尤其是春季冷空气活跃,多大风,地表裸露所造成。

2 近年来北京地区出现沙尘天气特点及成因

统计表明:1999年以来北京地区沙尘天气出现次数有明显上升趋势(表3),2000~2002年急剧增加,沙尘天气分别达20次、24次、24次之多。

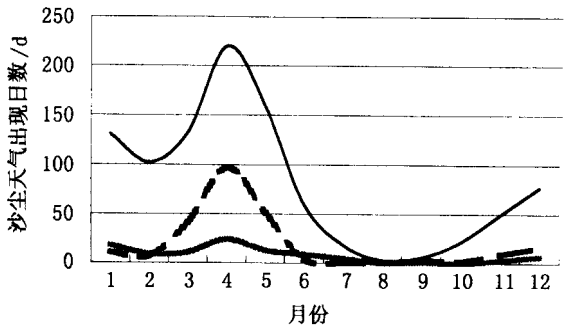

图 3　北京沙尘天气出现日数的月变化
(粗实线:沙尘暴,细实线:扬沙,断线:浮尘)

表 3　北京地区各类沙尘天气出现日数　　d

	1998	1999	2000	2001	2002
扬沙	1	4	11	11	18
浮尘	1	1	8	13	6
沙尘暴	0	0	1	0	0

影响沙尘天气的主要因素有两个[4]:①风力,②地表植被的覆盖程度和沙尘状况。一般来说,风力越大,地表越裸露,沙尘越干燥疏松,沙尘天气就越严重。而地表植被与沙尘状况又与前期的气候条件有关。1999 ~ 2002 年北方大部分地区的气候特点是:降水量持续偏少,年平均气温偏高,最高气温偏高。从北京观象台地面观测资料分析的 1991 ~ 2002 年冬季降水量、各季温度距平以及高于 35 ℃天数的变化曲线图可以看出:2000 ~ 2002 年的前期冬季降水量比常年少 3 ~ 6 成(图 4c),前期春季的平均气温比常年高 1.1 ~ 2.0 ℃(图 4a)。2000 ~ 2002 年夏季平均气温比常年高 0.4 ~ 2.1 ℃(图 4b),高于 35 ℃的天数从 1999 年开始明显增多(图 4d),从 1998 年的 4 天激增到 1999 年的 21 天,2000、2001、2002 年分别为 26、16、10 天。持续少雨,加之高温造成土壤水分蒸发强烈,土壤失熵严重,植被长势差。除此之外,前期冬季的平均气温比常年气温偏低,2000、2001 年冬季华北大部出现月平均气温偏低,严寒天气使得冻土层厚,会导致解冻后疏松土层偏厚。这些原因造成了近几年我国北方沙尘暴天气的频繁出现。

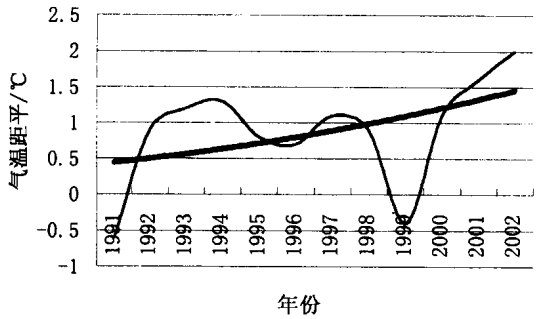

图 4a　1991~2002 年春季平均气温距平变化

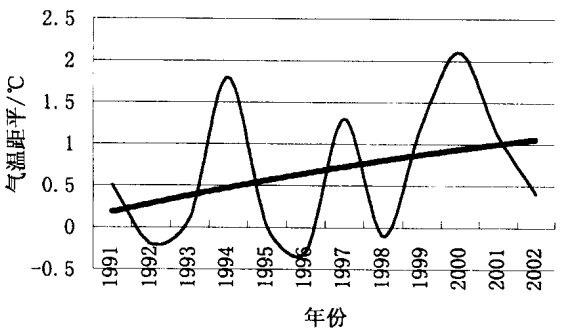

图 4b　1991~2002 年夏季平均气温距平变化

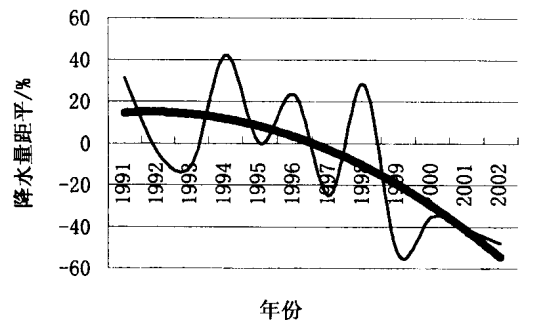

图 4c　1991~2002 年年降水量距平百分率变化

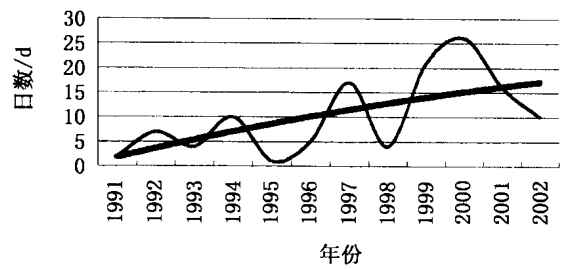

图 4d　1991~2002 年最高气温≥35℃出现日数变化

3　北京近 48 年沙尘暴演变规律的小波分析

小波分析[5]能很好的反映时间序列的局部变化特征,可以看到任一时间在各周期中所处的位置,能够更好地分析序列随时间的变化情况。

具有有限能量的函数 $f(t)$ 的小波变换定义为:

$$w_f(a,b) = \int_n f(t)\ \overline{\varphi_{ab}}(t)\,\mathrm{d}t \quad (a > 0, b \in R) \qquad (1)$$

其中，$\varphi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\varphi(\frac{t-b}{a})$，而函数 $\varphi(t)$ 为小波母函数，满足条件：

$$\int_n |\hat{\varphi}(w)|^2/|w\mathrm{d}w| < \infty \qquad (2)$$

其中，$\hat{\varphi}(w)$ 表示 $\varphi(t)$ 的傅里叶(Fourier)变换，参数 a 为尺度参数，它具有伸缩功能，b 为平移参数，小波变换式(1)实际上是对函数 $f(t)$ 在某一局部上的“平滑”作用。取小波基

$$\varphi(t) = A(1-t^2)\mathrm{e}^{-t^2/2}$$

其中，常数 A 的值使 $\varphi(t)$ 满足归一条件。由于函数的曲线形状而成为“墨西哥帽状”小波。当 $|t| \geqslant 4$ 时，$\varphi(t) \approx 0$。因此，$\varphi(t)$ 主要集中在[-4,4]中，从而：

$\varphi_{ab}(t) = A\frac{1}{\sqrt{a}}\left|1-\left|\frac{t-b}{a}\right|^2\right|\mathrm{e}^{\frac{(t-b)^2}{2a^2}}$ 主要集中在 $[b-4, b+4]$ 中。

运用数值积分计算：

$$w_f(a,b) = \int f(t)\ \varphi_{ab}(t)\mathrm{d}t$$

可得尺度参数为 a 尺度、平移参数为 b 对应的小波变换值。本文利用小波变换，研究北京地区沙尘出现日数的年代周期变化，用以研究北京地区沙尘的年代变化趋势。

统计北京(54511 站)的沙尘天气(沙尘暴、扬沙、浮尘)出现的年总日数，然后进行小波分析，周期间隔为 2 年，计算 20 个小波指数值，小波函数值为正值表示沙尘天气出现次数偏多，负值表示沙尘天气出现次数偏少。

图 5a 为北京的浮尘天气年总日数的小波分析结果，在超长周期范围内有负、正、负三个中心，近两年内浮尘天气呈增多趋势。对应子波长度为 12 ~ 14 年周期，在短周期范围为 2 ~ 4 年周期。

图 5b 为北京扬沙天气年总日数的小波分析结果，在超长周期范围内有不标准的负、正、负、正值分布，对应子波长度为 8 ~ 12 年周期。在短周期范围无明显周期性。

4 小结

(1)分析北京地区沙尘暴、扬沙、浮尘出现日数与沙尘总日数的百分比分布表明：浮尘天气大值中心分布于北京西部的西斋堂、房山一带以及北部古

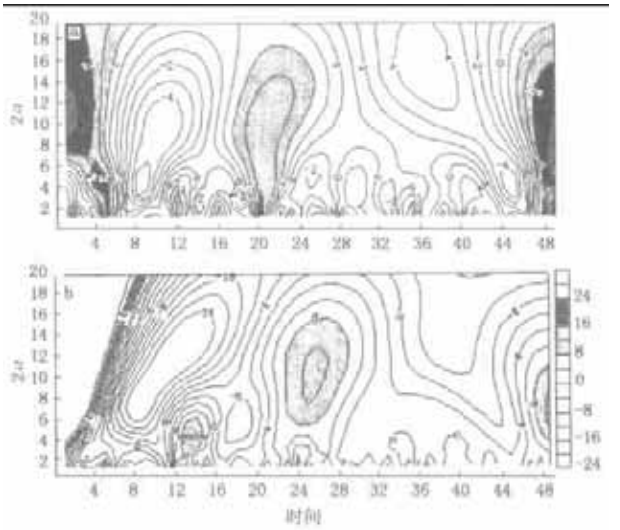

图 5 北京浮尘天气(a)和扬沙天气(b)的年总日数小波指数分布
(纵轴为波长，横轴为 1954 ~ 2000 年的时间序号)

北口、平谷一带。扬沙天气多发生于城区、北京东部及南部地区，以朝阳、大兴为大值中心。沙尘暴天气出现较多的丰台、门头沟、大兴、延庆和顺义，分别位于永定河、潮白河和康庄 3 个林业部门划定的重点风沙危害区附近。

(2)北京地区的扬沙和浮尘天气所占比值大，尤其是扬沙天气，有 11/20 站的沙尘天气以扬沙天气为主。

(3)北京的沙尘天气从 20 世纪 50 年代以来呈波动减少的趋势，扬沙天气 60 年代末期及 70 年代至 80 年代初期有所上升，80 年代后期以来逐渐减少；浮尘天气出现日数总体看呈波动减少的趋势，但与扬沙、沙尘暴相比减小趋势不很明显，70 年代中期出现回升，80 年代后又呈逐渐减少趋势。

(4)北京的沙尘天气主要出现在春季的 3 ~ 5 月份，4 月出现最多。

(5)近 3 年北京地区出现沙尘天气特点及成因分析表明：1999 ~ 2002 年北方大部分地区的共同气候特点是降水量持续偏少，年平均气温偏高，最高气温偏高，高于 35 ℃的天数明显增多。持续少雨，加之高温造成土壤水分蒸发强烈，土壤失墒严重，植被长势差。这些原因造成了近几年我国北方沙尘暴天气的频繁出现。

(6)对北京(54511 站)的沙尘天气年总日数进行小波分析，浮尘天气在超长周期范围内，有 12 ~

14 年周期,在短周期范围有 2 ~ 4 年周期。近两年内浮尘天气呈增多趋势。扬沙天气在超长周期范围内,为 8 ~ 12 年周期,在短周期范围内,无明显周期性。沙尘暴出现次数少,周期性不明显。

参考文献

1 王涛,陈广庭,钱正安,等. 中国北方沙尘暴现状及对策. 中国沙漠,2001,21(4):322 - 327

2 陈广庭. 近 50 年北京的沙尘天气及治理对策. 中国沙漠,2001,21(4):402 - 407

3 北京市林业局防沙治沙办公室. 北京市"三河两滩"防沙工程规划(2003 - 2005 年),2003

4 匡正,季仲贞,林一骅,等. 华北降水时间序列资料的小波分析. 气候预环境研究,.2000,5(3):312 - 317

5 安刚,廉毅,王琪,等. 近 90 年吉林省平原作物生长季气温变化的小波分析. 气象学报,1998,56(4):458 - 466

Synoptic and Climatological Analysis of Sand-Dust Storms in Beijing Area

Li Qingchun　Xie Pu　Wu Zhenghua

(Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089, China)

Abstract: Based on the surface meteorological observation date from 20 stations in the Beijing area from 1954 to 2002, an investigation is conducted of the temporal and spatial distribution characteristics, especially the long-term trend and variation of sand-dust storms, and the monthly variation in the Beijing area in recent 48 years. Also analyzed are the characteristics and causes of sand-dust storms in Beijing in recent three years. Some variation regularities of sand-dust storms are analyzed through wavelet analysis. It is found that there is an extra-long period of 12 - 14 years and a short period of 2 - 4 years in floating-dust days; and there is an extra-long period of 8 - 12 years in fly-sand days

Key words: sand-dust storm, climatic characteristics, wavelet analysis

《气象科技》、《气象科技合作动态》、《中国气象科学研究院年报》征订

《气象科技》为双月刊,64 页,单价:10 元,全年订价:60 元;《气象科技合作动态》为双月刊,32 页,单价:5 元,全年订价:30 元;《中国气象科学研究院年报》为年刊,订价:30 元。

欢 迎 投 稿 和 订 阅

联系地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号,中国气象科学研究院《气象科技》编辑部

邮政编码:100081,电话:(010)68407256,**Email:** qxkj@cams.cma.gov.cn

户名:中国气象科学研究院,账号:651000505261008601 3,开户行:北京市建行白石桥支行