

沈阳地区沙尘天气分析

路 爽¹ 张 菁¹ 孙凤华²

(1 南京大学大气科学系 南京 210093)

(2 中国气象局沈阳大气环境研究所 沈阳 110016)

摘 要 本文总结了沈阳地区沙尘天气的时空分布特点,从天气条件、地表自然条件(沙源)两方面分析了沈阳地区沙尘天气的成因,总结了沈阳地区预报沙尘天气时应参考的 5 个因素。

关键词 沙尘天气 沙尘暴 扬沙 浮尘

分类号 P458 **文献标识码** B

引 言

沙尘天气是因大气悬浮过多的沙石或土壤颗粒,造成空气水平能见度低下、对人体健康非常不利的一种天气现象。它是我国北方干旱半干旱地区多发的天气现象之一^[1~2]。沈阳地区处在我国沙尘天气带的末端,沙尘天气的影响很严重,尤其是 20 世纪初,沙尘天气明显增多。其中 2002 年春季是自 1989 年以来出现沙尘天气次数最多、造成灾害最大的一年。最严重的一次沙尘天气是 4 月 2 日出现的沙尘暴天气,这是 1982 年以来的 20 a 中沈阳地区首次出现的天气现象。(如图 1 示)这次沙尘天气起源于内蒙东部的科尔沁沙地,影响到吉林东部,辽宁大部,4 月 1 日康平开始出现扬沙,4 月 2 日午后在法库、沈阳、新民加强为沙尘暴。持续时间为一小时左右最小能见度达到了 500 m,最大风力达到了 18.5 m/s。这样强的沙尘暴天气也是近 20 a 中沈阳地区出现的最严重的一次沙尘天气。

随着经济的发展和人民生活质量的提高,频繁发生的沙尘天气严重影响了交通运输及人们的日常工作和生活,加速了沙尘天气爆发区的旱情发展和生态环境的恶化,还造成了部分地区的人员伤亡。因此,总结沙尘天气现象发生的时空分布规律、产生的原因和预报经验,作好沙尘天气的预报,是非常必要的。

1 沈阳地区沙尘天气的时空分布特点

沙尘天气按其从强到弱划分为沙尘暴、扬沙、浮尘。这三种沙尘天气现象在沈阳地区的历

收稿日期 2002-12-20,修改稿日期 2003-04-28

基金项目:本文受科技部公益类项目“气候变暖对东北近 50 a 极端气候事件的影响”和沈阳市气象局“沈阳地区春季沙尘天气预警系统”课题,沈气发 2003-23 号文件资助

第一作者简介:路爽(1971-),女(汉),沈阳,南京大学气象专业在读硕士研究生,现在沈阳市气象局,主要从事短期预报工作 万方数据

史上都有发生。其中扬沙天气发生的日数最多(见表1),占三种沙尘日数合计的84%。浮尘天气次之,占三种沙尘日数合计的12%。沙尘暴天气出现最少,占三种沙尘日数合计的4%。也就是说,沈阳地区的沙尘天气以扬沙天气为主,沙尘暴很少出现。

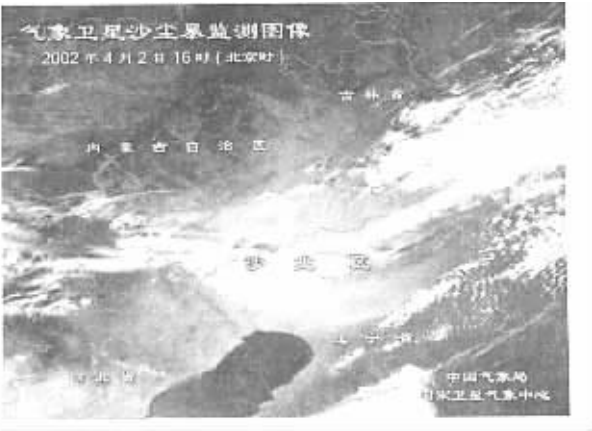


图1 2002年4月2日沙尘暴遥感监测图
Fig.1 Satellite image of dust storm in April 2002

表1 1951年~2002年沈阳站三种沙尘天气出现比例

Table 1 Occurrence proportion of 3 sand – dust weather types in Shenyang station from 1951 ~2002

	沙尘暴	扬沙	浮尘
出现的总日数(日)	35	672	95
占三种沙尘日数合计的百分比(%)	4	84	12

1.1 沈阳地区沙尘天气的年际分布规律

1.1.1 沙尘天气的总体变化趋势

图2给出了1951~2002年沈阳(东陵站为代表)沙尘天气出现次数的年际变化曲线及其变化趋势,可以看出除年际间的正常波动外,沙尘天气(三种沙尘天气出现次数合计,下同)从1951年至今总体趋势是趋于减少的,其直线回归方程为 $y = -0.56659x + 30.45701$,即平均每十年减少5.6次。这对于沈阳地区来说减少的趋势是很明显的。

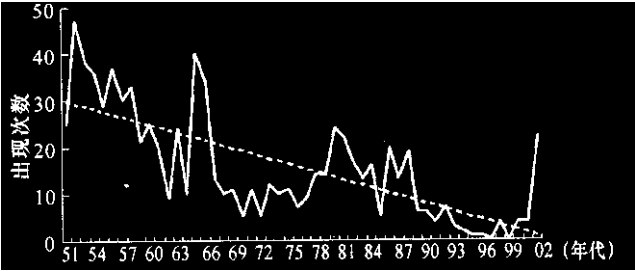


图2 沈阳站沙尘天气出现次数的年际变化
——年出现次数直线回归方程

Fig.2 Annual change of occurrence times of sand-dust weather in Shenyang Station
万方数据

1.1.2 10 a 阶段分布规律

以 10 a 为一个时段划分可以看出(见表 2),1951~1960 年的十年间沙尘天气最多,其中扬沙和沙尘暴天气都是历史上最多的 10 a。60 年代和 70 年代扬沙和沙尘暴天气明显减少,浮尘天气增多。80 年代扬沙天气有所增多,沙尘暴和浮尘都在减少。90 年代三种沙尘天气都在减少,出现次数达到了历史最低值,平均每年只有 2.6 次沙尘天气发生。从本世纪初开始,沙尘天气的出现次数明显增多,2001 年、2002 年两年的时间,沈阳就出现了 26 次沙尘天气,几乎与 1991~2000 年的十年总和相当。

表 2 沈阳站历史上每十年出现的沙尘天气次数与 2001~2002 年沙尘天气次数
Table 2 Occurrence times of sand-dust of weather every decade and Occurrence times from 2001 to 2002 in Shenyang Station

年代	浮尘	扬沙	沙尘暴	合计
1951~1960	19	274	28	321
1961~1970	29	144	3	176
1971~1980	31	84	2	117
1981~1990	8	128	1	137
1991~2000	1	25	0	26
2001~2002	7	18	1	26

沈阳地区沙尘天气的年际分布规律与我国北方大部分地区的沙尘天气分布规律是一致的,沙尘天气发生的次数总体呈减少的趋势,从 20 世纪初明显增多^[3~4]。这样分布规律主要是气候的周期性和气候异常共同作用的结果。沈阳地区从 1999 年开始连续四年降水量偏少 2~3 成,这样的严重的旱情是历史上少见的,为沙尘天气的爆发提供了适宜的气候条件,是造成近两年沙尘天气陡增的主要原因。

1.2 沈阳地区沙尘天气月份布特点

沈阳沙尘天气月分布特点如图 3 所示(合计为三种沙尘天气出现次数的和):历史上各月都有沙尘天气出现的记载,发生的次数多少有明显的季节差别,3、4、5 月,也就是春季,为沙尘天气的多发期,其中 4 月出现次数最多。7、8、9 月,也就是夏季,出现的较少,8 月出现次数最少。扬沙天气各月均有发生,分布规律与三种沙尘天气次数合计的分布规律相同:4 月最多,8 月最少。沙尘暴天气在 3 月出现次数最多,7、8、9、11 月没有出现的记载。浮尘天气发生次数,7、8、9、12 月没有出现的记载。

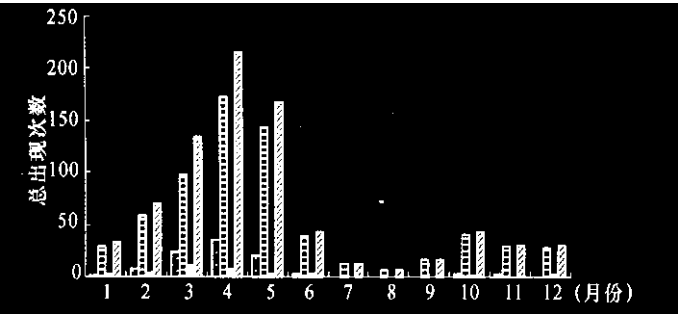


图 3 1951 年至 2002 年三种沙尘天气出现次数的月变化

1.3 近十三年沙尘天气出现的地理分布特点

我们总结了1990至2001年12a中沈阳地区出现的沙尘天气,从统计资料来看,沈阳各地沙尘天气的影响均以扬沙天气为主,浮尘天气次之,沙尘暴则较少出现。春季为各地沙尘天气集中爆发的时期。其它季节在近13a中很少出现沙尘天气。按各地年均沙尘日的多少,沈阳地区大体可分为三个区域(见图4):

(1)北部地区,包括康平、法库两个县区,平均每年出现10次左右,其中康平县是全地区沙尘暴天气出现日数最多的区域,占全地区沙尘暴天气总日数的40%,法库地区是全地区浮尘天气出现日数最多的区域,占全地区浮尘天气总日数的47%;

(2)中西部地区,即新民地区,它的年均沙尘次数最多,年均36次左右。新民地区是全地区扬沙天气出现日数最多的区域,扬沙天气日数占全地区扬沙总日数的49%;

(3)东部、东南部和西南部地区,包括辽中、新城子、于洪、东陵、沈阳市市区、苏家屯,年均沙尘次数为2~5次,其中辽中的年均沙尘次数最少,为2次/年。辽中和新城子的浮尘日最少,只占全地区浮尘总日数的1%。辽中和苏家屯没有沙尘暴出现的记录。各地沙尘天气的出现与大风天气息息相关,新民、康平、法库的春季大风日较多,沙尘天气也相应的是多发区!



图4 1990年~2002年年平均沙尘天气次数

Fig. 4 Annual mean occurrence times of sand-dust weather from 1990 to 2002

1.4 沙尘天气的类型和移动路径

从近13a中沈阳地区出现的沙尘天气分析来看,按照沙尘的源地和起因,沈阳地区的沙尘天气大体可分为三种类型:I外地漂移型:单纯的由于上游地区出现沙尘天气,卷入高空的沙尘经西北气流的输送,在本地降落,这种类型的天气以浮尘天气为主,出现的比较少但影响范围大,一般全地区都会受其影响;II本地生成型:在沈阳本地生成,影响范围比较小,强度比较弱,以扬沙天气居多,有两个源地分别在新民和康平地区,扬沙产生后在下游地区产生浮尘

天气。法库地处新民和康平之间,因此它是沈阳地区的浮尘天气集中爆发的地区;Ⅲ外地漂移在本地加强型,上游地区先出现沙尘天气,随着地面气旋一起移动,经过本地时将大量的沙尘带起,使沙尘天气得到发展和加强。特点是强度大、持续时间长、影响的范围大。Ⅲ型是出现比较多的一种类型,占全地区沙尘天气的 48%,以扬沙和沙尘暴天气居多。2002 年 4 月 2 日的沙尘暴天气就属于这种类型。

I 型和Ⅲ型沙尘天气出现时与气旋和冷空气相伴出现,一般影响的范围比较大,全地区都会不同程度地出现沙尘天气。移动路径大体有三个方向:

(1)偏北路径,冷空气来源于极地,以 120°E 为中心南下,经内蒙东部直接影响我市。

(2)西北~东南路径,冷空气来源于贝加尔湖以西的广大区域,经蒙古国、内蒙、辽宁西部到达沈阳地区。

(3)偏西路径,冷空气来源于我国新疆北部经新疆、蒙古国、甘肃、内蒙、华北北部、辽西到达我市。

Ⅱ型沙尘天气,影响范围小,局地性强,也可以分为三个方向的移动路径:

(1)北风路径,生成于康法地区在北大风的作用下影响到沈阳、新民和新城子。一般影响不到辽中、苏家屯。或者新民本地生成,只影响新民地区。北风路径占Ⅱ型沙尘天气 20% 左右。

(2)南风路径,起源于新民在西南大风的作用下影响到沈阳和康法地区,或者只有新民本站有扬沙出现。南风路径占Ⅱ型沙尘天气的 70% 左右。

(3)偏西风路径,起源于新民在偏西风的作用下影响到沈阳和新城子。偏西风路径出现的比较少占Ⅱ型沙尘天气 10% 左右。

2 沙尘天气的成因分析

沙尘天气的发生一般需要两个条件:一是天气条件,二是地表自然条件(沙源)。

2.1 沙源

沙源是沙尘发生的必要条件,沈阳地区沙尘天气频发的一个重要因素就是因为沈阳地区有大量的沙源。

2.1.1 春季的裸露地表

沈阳地区属于一年一熟型的耕作模式,4~9 月是作物的生长季,植被完全覆盖时间为 6~9 月,冬季(12~2 月)大地冰封,春季(3~5 月)天气回暖,冰封的大地开始解冻,裸露地表的沙粒因春季降水少,蒸发量较大而处于干燥疏松的状态,加之 4~5 月耕种时节的大量的耕地翻土晒田,为沙尘天气提供了大量的沙源。

2.1.2 科尔沁沙地

科尔沁沙地是中国的十大沙地之一,它横贯辽宁的西北部。昌图县、康平县和彰武县约有 250 km 的边界与科尔沁沙地毗邻,康平县有 22 处风沙口。彰武北部的阿尔乡已经成为科尔沁沙地的一部分,科尔沁沙地的流动和半流动沙丘是沈阳地区沙尘天气的重要沙源,距沈阳只有 90 km。康平是全地区沙尘暴爆发的中心,主要是由于科尔沁沙地为沙尘天气提供了充足的沙源。

2.1.3 河流沿岸的沙岗及河漫滩的沙质裸地

流经沈阳市的主要河流有 15 条,河流所携带的泥沙在河流沿岸堆积形成大面积的河滩沙

地。其中以柳河的输沙量最大。柳河源于科尔沁沙地,在新民地区注入辽河,每年将科尔沁沙地大约 $8000 \times 10^3 \text{ t}$ 泥沙输入辽河^[5],使柳河以下 120 km 形成地上河。柳河两岸各宽约 2 ~ 3 km 的河岸沙岗及河漫滩裸地成为沈阳(尤其是新民地区)的重要沙源,这也是新民地区沙尘天气最严重的一个重要原因。

2.1.4 市区的地面灰尘及建筑工地的尘源

市区内裸地不多,但是被覆盖后的路面上仍有大量的浮尘处于游离状态,有较大的风力就会被风吹起,尤其是每年拆迁的大量建筑工地的尘土随风四处飘散,是市区内沙尘的主要来源。

2.2 天气条件

2.2.1 动力条件

沙尘天气形成的另一个重要因素就是动力条件,包括风力和气流的上升运动。

(1) 风力条件 大风是沙尘天气形成的主要天气因素,尤其是扬沙和沙尘暴天气,都是由于较大的风力的作用而形成的。据有关专家的实验表明,沈阳地区一般在 3 ~ 4 级风力的作用下 40 % ~ 50 % 的活动沙粒可以被风吹起,6 级以上的大风可以吹起所有的活动沙粒和尘土^[5]。以新民站 2000 ~ 2002 年,三年春季的 92 次沙尘天气(单独出现浮尘天气的除外)为例,统计表明,新民地区达到 7.0 m/s 的即可出现沙尘天气,而且 92 % 的沙尘天气与 6 级以上的大风相伴。因此风是沙尘天气形成的直接的动力因素,沈阳地区处在辽河平原上,东西两侧是山地和丘陵,形成了独特的峡谷地形,各地平均年大风日在 30 ~ 70 d 之间,这样频繁出现的大风为沙尘天气频发提供了动力条件。

(2) 辐合上升运动 沈阳地区扬沙天气发生的比较多,分析其成因气流的辐合上升运动是扬沙天气形成的一个重要的动力因素。沈阳地区的沙尘天气都与地面气旋(尤其是蒙古气旋)的活动密切相关,以新民市为例,75 % 的沙尘天气处在地面气旋前部、底部、后部的气流辐合上升区域,在强辐合运动的作用下,较小的风速即可形成扬沙天气,另一方面,如果是强下沉气流作用,即使有 6 级以上的大风也不会出现扬沙天气。例如,新民市未出现沙尘的大风天气多为偏北大风(NNW),处在地面高压前,与高压前部下流气流的辐散作用相对应,使地面的沙尘不易被风带到空中。这也充分说明了上升运动是沙尘天气(扬沙天气)产生的重要因素,也是沙尘天气预报的一个着眼点。

2.2.2 湿度条件

湿度条件与沙尘天气的发生息息相关,由沙尘天气的月分布图(1951 ~ 2002 年各月沙尘次数合计)与月平均降水量的对比图可以看出,沙尘天气的出现次数与降水量多少呈反相关(如图 5 所示),沙尘天气的谷值区(在 7 ~ 9 月)与降水的峰值区相对应,沙尘天气出现的峰值区(3 ~ 5 月)滞后于降水的谷值区(12 ~ 1 月)。这是因为 7 ~ 9 月集中了全年降水的 62 %,降水量充沛,空气湿度大,土壤含水量高,加上作物生长茂盛,绿色覆盖好,因此 7、8、9 月出现的沙尘日数最少。冬季降水量少,只有全年的 3 %,但是并不是沙尘天气出现最多的季节,这是因为冬季大地冰封,可移动的沙砾比较少,经过了漫长冬季的大量蒸发之后,降水较少的春季为沙尘的发生提供了适宜的湿度条件,春季就成为沙尘集中爆发的时节。

2.2.3 温度条件

温度的大幅度波动给沙尘天气的形成提供了热力条件,因此温度条件也是沙尘天气产生的一个主要因素,用春季气温的 10 d 滑动平均统计资料分析表明,春季沙尘天气的出现与下

面四种温度条件有关：

- (1)温度急剧升高；
- (2)温度持续回升；
- (3)气温持续偏高；
- (4)温度骤降。

前三种情况比较多见 ,第四种情况出现的比较少。一般沙尘日多发生在温度的正距平区域 ,负距平区域出现的比较少且多为偏北大风作用。

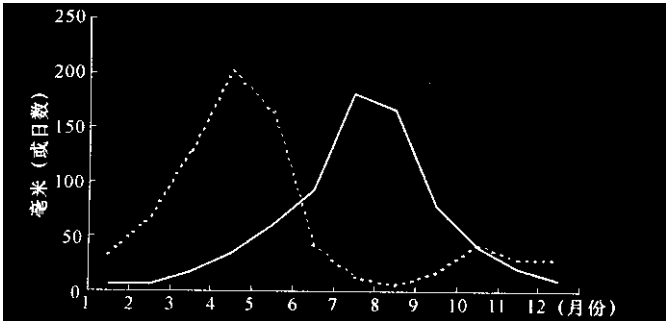


图 5 沈阳站逐月沙尘天气发生次数(1951 - 2002 合计)与月平均降水量
——历年月平均降水 历年逐月沙尘日数合计

Fig 5 Month by month occurrence times (Total from 1951 to 2002) of sand-dust weather in Shenyang station and monthly mean precipitation

3 预报沙尘天气时应考虑的几个因素

由于春季是沙尘天气的高发时节 ,我们着重就春季的沙尘天气预报做以总结。用新民站 2000、2002 两年的历史资料 ,60 个样本做统计得出：

(1)春季沙尘天气与地面气旋的活动息息相关 ,西南和南面来的地面倒槽只有降水 ,不会带来沙尘天气。西、西北、北来的气旋 (中心强度小于 1000 hPa)大多带有沙尘天气 ,或者在气旋前的西南风中、或者于气旋底部的西风中、或者在气旋后部、高压前部的北风中都有沙尘天气发生的记录 ,因此预报沙尘天气应注意与冷空气相伴而来的西、西北、北来的气旋的活动。

(2)沙尘天气的发生与上游方向的台站出现沙尘天气有很大的相关 ,因此上游区域出现沙尘是我们预报沙尘天气的一个重要指标。

(3)沙尘的发生与降水量呈反相关 ,前期干旱少雨 ,土壤墒情低 ,空气的平均相对湿度小 ,是沙尘发生的有利条件。

(4)大风是沙尘发生的必要条件 ,以新民为例 ,春季 92% 的大风天伴有沙尘天气 ,那么作好大风的预报 ,是作好沙尘预报的前提 ,其中 ,偏北大风时应着重看上游的沙尘天气的漂移 ,如上游无沙尘 ,则很少出现沙尘天气。

(5)春季的冷、暖空气活动也是沙尘发生的一个信号 :当温度急剧升高或温度持续回升或持续温度偏高或温度骤降时都应注意沙尘天气的袭击。

4 结 论

- (1)^{历史数据}沈阳地区是沙尘影响比较严重的地区 ,其中 ,以扬沙天气发生的次数最多。历史上各

月都有沙尘天气发生的记录,春季是沙尘天气的多发季节。从 1951 年至今沈阳地区沙尘天气的总体变化趋势是趋于减少的,尤其是 1991 年~2000 年的十年间,沙尘天气发生的次数最少,但是从本世纪初开始沙尘天气明显增多,这是前几年北方大部分地区气候干旱、少雨和人为的影响因素共同作用的结果。

(2)沈阳地区沙尘天气分布有明显的地理特点:中部最多,北部较多东部、东南、南部较少。其中,康平是全地区沙尘暴最多的区域,法库是浮尘天气的最多的区域,新民是扬沙天气的最多的区域。新民和康平又是沙尘天气爆发的两个源地。

(3)沈阳地区沙尘天气可分为:外地漂移型、本地生成型和外地漂移在本地加强型三种类型。移动路径有北~南、西北~东南和西~东三个方向。

(4)沙尘天气的发生与天气条件密不可分,大风是沙尘天气发生的直接动力因素,沈阳地区在 7.0 m/s 的风力作用下配合较强的辐合上升气流即可出现扬沙天气。沙尘天气发生的另一个重要因素是沙源。沈阳地区的上游区域及本地都有可供沙尘天气产生的充足的沙源。要减少沙尘天气的发生频率,对于沙源的治理势在必行。

(5)沙尘天气的预报应着眼于气旋的活动尤其是蒙古气旋的活动,把握住大风的预报,结合前期的湿度条件、热力条件和上游沙尘天气的漂移对本地的影响,对沙尘天气的预报是可以把握的。

资料说明:本文资料统计以各县站的年报表和月报表的数据为准。

参 考 文 献

- 1 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等.关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策.地理学报 2000,55(5):513~520
- 2 周自江,王昔稳,牛若芸.近 47 a 中国沙尘暴气候特征研究.应用气象学报 2002,13(2):193~199
- 3 吕梅,濮江平.2000 年两次沙尘暴天气过程的分析研究.气象科学 2002,22(2):210~216
- 4 刘万军,李祥云,王瀛,等.辽宁 2001 年与近十年沙尘天气对比分析.辽宁气象 2002(1):2~5
- 5 董厚德,王艳,张绵,等.沈阳地区的风沙及其防治的生态对策.辽宁大学学报 2002,29(1):68~74

ANALYSIS OF SAND-DUST WEATHER IN SHENYANG AREA

Lu Shuang¹ Zhang Jing¹ Sun Fenghu²

(1 Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

(2 Institute Atmosphere Environment, CMA, Shen Yang)

Abstract Time-space distribution characteristic of sand - dust weather in Shenyang is summarized. Cause of formation of sand - dust weather in Shenyang is analyzed from two aspects: weather conditions and natural surface conditions (source of sand). 5 factors which are taken into account in forecasting sand - dust weather are summarized.

Key words 数据 Sand-dust weather Dust storm Blowing sand Dust