

# 2002 年春季我国沙尘天气特征及成因分析

牛若芸 薛建军

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

利用逐日 8 个时次地面天气图资料,分析了 2002 年春季(3~5 月)全国沙尘天气的时空分布特征。结果表明 2002 年春季我国出现了 12 次沙尘天气过程,其中强沙尘暴过程有 4 次,北方地区有 3 个沙尘暴多发中心;与过去 45 年相比,北方大部地区的沙尘天气较同期偏少,但浑善达克沙地周边地区却明显偏多。另外,沙尘天气还具有早春多于晚春、高频期集中、影响范围广、强度强等明显特点。进一步分析表明,前期我国北方持续气温偏高降水偏少,大大降低了浅层土壤墒情,地表干燥,3 月及 4 月上中旬,冷空气又频繁影响我国,从而导致沙尘天气接连不断爆发,4 月下旬以后,我国北方几次较明显的降水过程很好地抑制了沙尘天气的形成。

关键词: 沙尘天气 时空分布 环流形势

## 引 言

沙尘天气在我国北方是一种严重的气象灾害,特别是强沙尘暴能在短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失<sup>[1]</sup>。2000 年以来,我国北方地区出现的沙尘天气(特别是华北北部)较之 20 世纪 90 年代明显偏多<sup>[2]</sup>,有些强沙尘暴直接危害京津地区,甚至还波及全国,从而受到广泛关注<sup>[3~8]</sup>。尤其 2002 年 3 月 18~22 日的一次强沙尘暴天气过程,席卷了北方 18 个省市,而成为社会各界和媒体关注焦点。

本文旨在利用逐日 8 个时次地面天气图资料对 2002 年春季我国北方沙尘天气做较深入的分析,并与历史同期的平均情况<sup>[9]</sup>进行比较,又从环流形势和气候特征等方面对沙尘天气成因进行了初步分析,以期对该年的沙尘天气有一个较为全面的了解,有利于加强防灾措施,造福于人类。

## 1 资料与方法

根据气象观测规范<sup>[10]</sup>,沙尘天气包括浮尘、扬沙和沙尘暴,其中水平能见度小于 500m 的沙尘暴又称为强沙尘暴<sup>[11]</sup>。本文所

用的 2002 年春季沙尘天气日数和站数、沙尘天气过程和强度等是逐日 8 个时次地面天气图资料的统计结果,1956~2000 年春季扬沙和沙尘暴日数的平均值来源于周自江的近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气文献<sup>[9]</sup>中。前者有 673 个站,后者有 681 个站,两份资料一致的站点有 616 个。500hPa 高度资料取自 T213 格点资料。

鉴于地面天气图资料的现在天气观测项目记录的是该时次正在发生的天气现象,而文献<sup>[9]</sup>中所用的历史资料是将各种沙尘天气现象分类并进行连续记录的,为使所取的实时地面天气图资料与历史资料一致,本文在对实时地面天气图资料进行统计分析时做如下规定:①某测站一日 8 个时次中只要有一个时次出现沙尘天气,则该站记有一个沙尘日;同理,只要有一个时次出现沙尘暴,则该站记有一个沙尘暴日;若达到强沙尘暴标准,则记有一个强沙尘暴日。②某测站一天中既出现了扬沙,又出现了沙尘暴,则同时记有一个扬沙日和一个沙尘暴日。③地面天气图资料一日 8 个时次中有沙尘暴而没有扬

沙记录时,也记有一个扬沙日。④ 对某日沙尘天气站数的统计也遵循上述规定。⑤ 沙尘天气过程的划分和强度的认定依据文献[11]。

## 2 2002 年春季沙尘天气概况

### 2.1 沙尘天气的空间分布

由 2002 年春季全国沙尘天气日数分布图(图 1a)可见,沙尘天气覆盖了长江以北的绝大部分地区,并有四个明显的多发区,其一位于新疆南部、青海西北部及甘肃西北部,其二位于内蒙古西部、甘肃中西部和宁夏北部,其三位于内蒙古中部偏东地区、河北北部、山西北部及北京,其四是辽宁西部。多发区内沙尘日数一般都在 10~25 天,其中南疆盆地西部和南部的沙尘天气日数高达 40 天以上。

扬沙主要出现在秦岭至黄河中下游以北地区(图 1b),即分布在西北地区大部、华北大部、东北地区西部以及河南中部、湖北东部、山东中部等地。并也存在四个类似上述的多发区,日数一般有 8~20 天,局部地区达 25 天左右。

出现沙尘暴的地区较扬沙明显缩小,主要分布在新疆南部、西北地区东部的偏北地区、华北北部和东北平原等地(图 1c)。沙尘暴也有三个多发区,一是南疆盆地西部和南部,二是内蒙古西部和甘肃河西地区东部,三是内蒙古中部偏东地区和河北西北部。多发区内沙尘暴日数在 5 天以上,其中内蒙古朱日和的沙尘暴最多有 18 天,内蒙古苏尼特左旗和新疆民丰都为 11 天。

强沙尘暴主要集中在沙尘暴的三个多发区或其临近地区,以内蒙古中部偏东地区的朱日和、苏尼特左旗、阿巴嘎旗和化德等地最多,依次分别为 9、6、6 和 5 天,其次是内蒙古的西乌珠穆沁旗、巴林左旗、拐子湖、新疆的和田、民丰和若羌等地均为 4 天。

### 2.2 主要沙尘天气过程

2002 年春季,我国主要出现了 12 次沙尘天气过程(表 1),其中强沙尘暴过程有 4 次、沙尘暴过程 7 次、扬沙过程 1 次。就月际

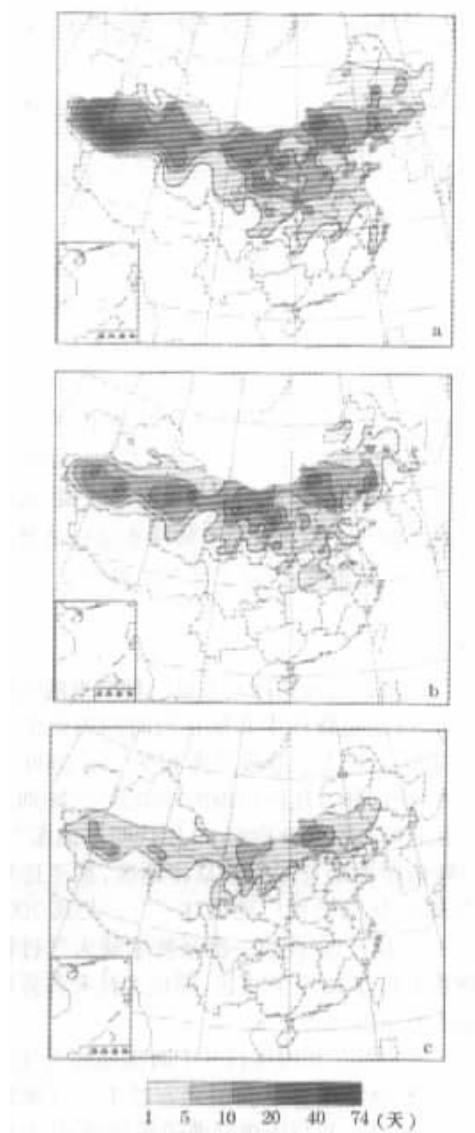


图 1 2002 年春季全国沙尘天气日数(a)扬沙(b)和沙尘暴(c)日数分布(单位:天)

分布来看,3 月和 4 月各出现了 6 次沙尘天气过程,5 月没有出现,其中强沙尘暴过程 3 月和 4 月各 2 次,沙尘暴过程 3 月和 4 月分别为 3 次和 4 次,扬沙过程仅 3 月出现 1 次。在整个春季,沙尘天气过程首次发生在 3 月 1~2 日,末次出现在 4 月 21~24 日,强度最

强、波及范围最广、影响最为严重的是出现在 3 月 18~22 日的强沙尘暴过程,沙尘袭击了西北、华北、东北、黄淮、江淮、汉水流域以及四川盆地、湖南等地,构成了该年春季沙尘最大外廓线,其中新疆、青海、甘肃、内蒙古、宁夏、陕西、山西、河北、黑龙江、辽宁、吉林等 11 个省区的 72 个站都先后出现了沙尘暴,24

个站达到强沙尘暴标准,甘肃鼎新、内蒙古乌拉特后旗的能见度曾陡降为零;其次是 4 月 5~9 日的强沙尘暴过程,新疆南部、青海西北部、甘肃西北部、内蒙古大部、宁夏北部、陕西北部、河北北部、京津地区、黑吉辽大部以及山东东部和江苏北部等地共有 33 个站出现沙尘暴,其中 16 个站为强沙尘暴。

表 1 2002 年春季我国主要沙尘天气过程

序号	起止时间 (月·日~日)	过程类型	主要影响 系统	沙尘暴影响范围	$N_1(N_2)$ (个)
1	3.1~2	扬沙	冷空气	内蒙古西部的部分地区	3(1)
2	3.15~17	沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	内蒙古中部偏东地区、内蒙古西部和青海北部的 局部地区	13(3)
3	3.18~22	强沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	南疆盆地中西部、内蒙古中西部和东部偏南地区、 青海西北部和东部、甘肃河西地区中东部、宁夏 大部、陕西北部、山西西北部、河北北部、黑龙 江西南部、吉林西部、辽宁西南部	72(24)
4	3.24~25	强沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	内蒙古中部偏东地区	8(4)
5	3.28~30	沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	内蒙古西部、甘肃河西地区、宁夏和青海的局部 地区	18(5)
6	3.30~31	沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	内蒙古中部偏东地区	5(3)
7	4.1~3	沙尘暴	低气压 冷空气	南疆盆地南部和东部、甘肃河西地区东部、内蒙 古东部偏南地区、辽宁西部、吉林西部局部地区	13(6)
8	4.5~9	强沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	南疆盆地南部和东部、青海西北部、内蒙古中部 和东部偏南地区、河北北部、辽宁中部	33(16)
9	4.11	沙尘暴	低气压 冷空气	内蒙古中部偏东地区、河北西北部、山西北部局 部地区	4(0)
10	4.13~17	沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	新疆南部的部分地区、内蒙古中西部、青海西北 部和东部、陕甘宁的局部地区	23(6)
11	4.19~20	沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	内蒙古中部偏东地区	7(3)
12	4.21~24	强沙尘暴	蒙古气旋 冷空气	南疆盆地北部、青海西北部、甘肃西北部、内蒙 古西部和宁夏的局部地区	11(5)

注:  $N_1$  代表沙尘暴站点个数,  $N_2$  代表强沙尘暴站点个数。

3 2002 年春季沙尘天气特征

3.1 北方大部地区扬沙和沙尘暴偏少

由 2002 年春季我国扬沙和沙尘暴日数相对于过去 45 年平均值的距平(图 2)可见,2002 年春季我国北方大部地区的扬沙和沙尘暴日数较常年同期偏少,其中南疆盆地、西藏中西部、青海中部、甘肃河西地区、宁夏中北部、陕西北部、内蒙古西部和中部偏西地区、河北中南部、天津以及辽宁和吉林两省西部的局部地区的扬沙日数较常年同期偏少 1 万方数据

10~22 天,新疆且末偏少达 27 天,并且上述地区的沙尘暴日数也明显偏少,一般偏少 4~9 天,新疆的且末和皮山偏少 11 天左右,但是内蒙古中部偏东地区、河北北部及辽宁中北部的部分地区扬沙和沙尘暴日数较常年同期却偏多 2~7 天以上,而内蒙古中部偏东地区的沙尘暴日数偏多达 4~12 天。

就沙尘天气过程而言,2002 年春季是近 3 年来最少的 1 年,分别比 2000 年和 2001 年少 3 次和 6 次。

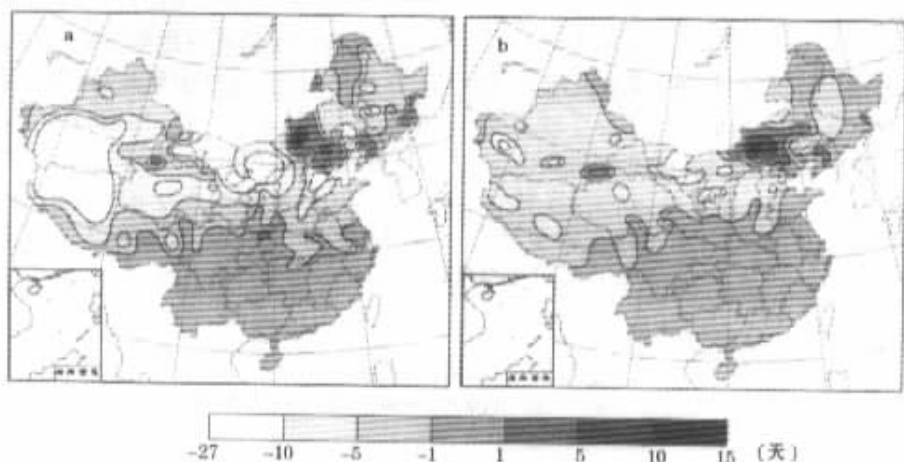


图 2 2002 年春季全国扬沙(a)和沙尘暴(b)日数的距平分布(单位:天)

### 3.2 沙尘天气高频期集中

图 3 给出了 2002 年春季逐日全国沙尘天气站数。由图可见,2002 年春季沙尘天气主要出现在 3、4 两月,尤其集中出现在 3 月 15 日~4 月 24 日,期间累计出现沙尘天气 1960 站日,其中扬沙 954 站日、沙尘暴 278 站日、强沙尘暴 88 站日,分别为整个春季沙尘天气总数的 80%、扬沙天气总数的 81%、沙尘暴天气总数的 88%、强沙尘暴天气总数

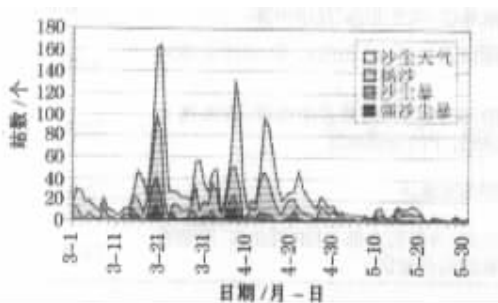


图 3 2002 年春季逐日全国沙尘天气站数(单位:个)

的 99%。而且在此期间,沙尘天气过程每 3~4 天就发生一次,出现的 11 次沙尘暴或强沙尘暴过程,占整个春季沙尘天气过程的 92%。由此可见,2002 年春季我国沙尘天气一个显著的特点是发生期高频集中。

### 3.3 沙尘天气影响范围广强度强

2002 年春季我国长江以北大部地区都出现了沙尘天气,波及到 23 个省市自治区,影响

范围比较广(图 1a)。

本文技术规定:在同一沙尘天气过程中,对于水平能见度 $\leq 200\text{m}$ 的强沙尘暴的总站数给予 3 倍的加权,再与水平能见度在 200~500m 之间的强沙尘暴站点数相加,用所得之和作为判定强沙尘暴过程强度的指标。指标越大代表强沙尘暴过程影响的面积越大、强度越强。据此,2002 年 3 月 18~22 日的强沙尘暴过程的强度次于 2001 年 4 月 5~8 日、4 月 7~10 日和 4 月 28~30 日的 3 次强沙尘暴过程,强于 1993 年 5 月 5 日西北地区发生的一次强沙尘暴过程,居于近 10 年的第 4 位。

另外,据统计,多年平均的春季沙尘暴高发中心位于南疆盆地西部和南部、阿拉善地区和甘肃河西地区中东部,沙尘暴日数一般有 7~12 天,而 2002 年春季这些地区的沙尘暴日数仅为多年平均日数的 2~7 成。与此相反的是,在内蒙古中部偏东地区,也就是浑善达克沙地及其周边地区 2002 年春季出现的沙尘暴却达到了 8~18 天,是常年同期的 2~4 倍,成为 2002 年春季沙尘暴最多的地区。

## 4 2002 年春季沙尘天气成因分析

### 4.1 前期持续气温偏高降水偏少

自 2002 年 1 月,我国大部地区持续偏暖,2 月北方大部地区气温偏高 4~6℃,3 月北方大部地区气温偏高 2~4℃,其中内蒙古东部、河北等地偏高达 4~6℃。在气候异常

偏暖的同时,北方大部地区的降水却明显偏少。2月北方大部地区月降水量不足10mm,其中华北大部、西北中部及南疆几乎无降水,3月北方地区虽出现了较大范围的降水,但大部地区月降水量仍不足15mm。

前期持续的高温少雨导致北方大部地区的浅层土壤墒情不断下降,入春后又多大风天气,更是加剧了土壤水分的散失,地表更为干燥。3月中旬内蒙古中东部的干土层厚度曾达5~25cm,3月下旬西北东部、华北大部、东北中部、黄淮北部等地10cm土壤相对湿度普遍不足60%,墒情较差的陕西、甘肃东部和南部、宁夏南部等地也出现了干土层。这就为沙尘天气的爆发创造了有利条件,提供了丰富的物质源。

#### 4.2 3月份及4月上中旬冷空气频繁影响我国

从2002年春季 $45^{\circ}\text{N}$  500hPa候平均高度的时间剖面图(图4)可以看出,3月份及4月上中旬,亚洲西部( $70^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ )为长波脊控制,亚洲东部( $110^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ )主要为长波槽区,这种西高东低的天气形势导致了我国春季多大风少降水天气的形成。在冷空气频繁南下的过程中,还常伴有蒙古气旋产生,致使我国北方地区的沙尘天气接连不断。在亚洲东部的长波槽区,还先后出现了两个中心最低值

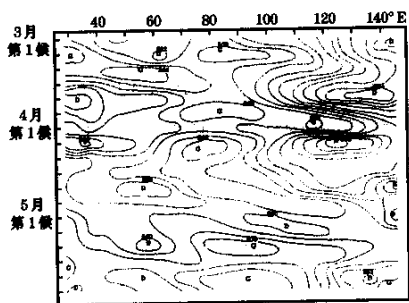


图4 2002年春季沿 $45^{\circ}\text{N}$  500hPa候平均高度时间剖面图

分别为522dgpm和531dgpm的低涡,对应在地面图上先后出现的两个蒙古气旋,中心最低值分别降到了981hPa和995hPa。正是这两次强冷空气活动过程导致了2002年春季两次最强的强沙尘暴天气过程。

#### 4.3 热力不稳定促使沙尘天气发生发展 万方数据

分析2002年春季沙尘天气过程可见,在沙尘天气发生前,低层升温非常明显。例如在3月19~21日强沙尘暴过程中,内蒙古朱日和19日下午出现扬沙和沙尘暴,20日凌晨开始出现强沙尘暴,该站18日14时气温为 $9^{\circ}\text{C}$ ,19日14时大幅上升到 $18^{\circ}\text{C}$ ,20日14时又急剧下降到 $-2^{\circ}\text{C}$ 。同样,在4月5~8日强沙尘暴过程出现之前,我国北方地区也出现了明显升温,西北地区达 $12^{\circ}\text{C}$ 以上。沙尘天气发生前低层气温的上升所导致的热力不稳定容易造成局地上升运动,促使沙尘天气发生发展。

#### 4.4 4月下旬至5月下旬抑制沙尘天气形成的原因

进入4月,位于孟加拉湾北部的南支槽稳定偏强,暖湿气流活跃北上,特别是4月下旬至5月上旬末北方地区先后出现5次较大范围的降水,大部地区的总降水量有20~80mm(图略),较常年同期偏多5成至3倍以上。充沛的降水不仅滋润了大地,而且还给林木、草场、庄稼的生长提供了必不可少的水分,地表植被状况较前期大大改善。地表植被增多加强了表土的固化,减少了风蚀,对后期沙尘天气的形成起到了很好的抑制作用。自4月下旬后期起,我国北方再未出现明显的沙尘天气过程。

5月中下旬,亚洲大部地区( $70^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )为长波脊区,长波槽区移至亚洲东岸 $130^{\circ}\text{E}$ 以东地区。这表明我国中高纬大部地区为高压控制,影响我国的冷空气势力较弱而且位置偏东,缺乏足以形成明显沙尘天气过程所需的能量。我国只是出现了一些分布零散的沙尘天气。以上是造成我国沙尘天气高频期集中和沙尘季节的结束时间较早的重要原因。

#### 5 小结

(1)2002年共出现了12次主要沙尘天气过程,其中强沙尘暴过程4次、沙尘暴过程7次、扬沙过程1次。强度最强、影响最严重的是出现在3月18~22日的强沙尘暴过程,居近10年的第4位。

(2)与常年同期相比,2002年春季北方大部地区沙尘天气偏少,西北地区的扬沙日

数较常年同期偏少 10~22 天,沙尘暴日数较常年同期偏少 4~9 天。

(3) 沙尘天气高频期集中,主要出现在 3 月 15 日~4 月 24 日,期间出现的沙尘天气过程占整个春季的 92%。另外,沙尘天气还具有影响范围广、强度强、早春多于晚春等显著特点。

(4) 前期我国北方持续气温偏高降水偏少,3 月份及 4 月上中旬,冷空气又频繁影响我国,从而导致沙尘天气接连不断爆发,但 4 月下旬至 5 月上旬,我国北方几次较明显的降水过程很好地抑制了沙尘天气的形成,5 月中下旬,影响我国的冷空气势力弱且偏东,沙尘天气明显偏少偏弱。

## 参考文献

- 1 周自江,王锡稳.西北地区东部群发性强沙尘暴序列的建立与分析.地理学报,2002,57(4):437~442.
- 2 周自江,王锡稳,牛若芸.近 45 年中国沙尘暴气候特征研究.应用气象学报,2002,13(2):193~200.
- 3 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):513~521.
- 4 Sun Jimin, Zhang Mingying, Liu Tungsheng. Spatial and temporal characteristics of dust storms in China and its surrounding regions, 1960—1999: relations to source area and climate. J. Geophys. Research, 2001, 106: 10325—10333.
- 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点及成因分析.第四纪研究,2002,22(4):374~380.
- 7 张存杰,宁惠芳.甘肃省近 30 年沙尘暴、扬沙、浮尘天气空间分布特点.气象,2002,28(3):28~32.
- 8 孙军,李泽椿.西北地区沙尘暴预报方法的初步研究.气象,2001,27(1):19~24.
- 9 周自江.近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气.第四纪研究,2001,21(1):9~17.
- 10 中央气象局.地面气象观测规范.北京:气象出版社,1979:21~27.
- 11 中国气象局.沙尘天气预警业务服务暂行规定(内部资料).

## Analysis of the Sand-Stormy Weather in China during the Spring of 2002

Niu Ruoyun Xue Jianjun

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

### Abstract

During the spring of 2002, totally 12 sand-stormy processes, including 4 severe sand-stormy processes, occurred in China. Using mainly surface synoptic maps, the spatial and temporal distribution characteristics of the sand-stormy weather event are analyzed. Furthermore, factors such as soil situation, dynamic and thermodynamic conditions contributing to the sand-stormy weather are researched.

**Key Words** sand-stormy weather spatial and temporal distribution general circulation