

文章编号: 1000-2022(2004) 02-0178-07

## 2002 年我国沙尘暴天气特征分析

牛若芸, 薛建军, 周自江

(国家气象中心, 北京 100081)

**摘要:** 利用逐日 8 个时次地面天气报告资料, 分析了 2002 年全国沙尘暴的时空分布特征。结果表明: 2002 年出现的 12 次沙尘暴过程以 3 月 18—22 日的强沙尘暴过程影响范围最广、强度最强; 我国北方地区浑善达克沙地及其周边地区的沙尘暴日数最多。另外, 2002 年我国沙尘暴高频期集中、早春多于晚春。主要原因是前期北方持续气温偏高、降水偏少, 3—4 月上中旬影响我国的冷空气十分频繁且强度较强, 4 月下旬—5 月上旬我国北方地区出现了几次较大范围降水, 5 月中下旬影响我国的冷空气势力较弱且位置偏东。

**关键词:** 沙尘暴; 时空分布特征; 面积指数; 强度指数

**中图分类号:** P445.4      **文献标识码:** A

沙尘暴是一种灾害性天气现象, 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>[1-2]</sup>。针对我国沙尘暴天气特征的分析已有不少, 但由于所用的资料年代和分析标准不同, 导致对沙尘暴天气气候特征及成因认识有较大的差异。

2000 年和 2001 年, 我国北方(尤其是华北北部)出现的沙尘暴较 20 世纪 90 年代平均状况明显偏多<sup>[3-5]</sup>, 从而受到了政府和社会各界的关注, 也促使有关方面加大了对沙尘暴的科研总结力度和深度。2001 年 3 月 1 日, 中国气象局首次启动了国家级沙尘暴监测预警业务系统, 随后又颁布了《沙尘暴预警业务服务暂行规定》, 规范了沙尘暴的实时监测、预警服务的标准和流程。本文旨在利用该业务系统中全国近 700 站的逐日 8 个时次地面天气报告资料和上述新的沙尘暴分类标准对 2002 年的沙尘暴监测事实进行诊断分析, 并与过去 47 a 的平均状况<sup>[6]</sup>进行对比, 以揭示 2002 年我国沙尘暴的新特点及相应的环流形势和气候背景。

### 1 资料

本文使用的 2002 年沙尘暴资料主要取自逐日 8 个时次的地面天气报告和文献[6]的历史平均值。由于编报方式和时效的不同, 两者涵盖的气象站点略有差异, 前者有 673 个站, 后者有 681 个站, 两份资料一致的站点有 616 个, 占前者的 91.5%。500 hPa 高度资料取自 T213 模

收稿日期: 2003-06-02; 改回日期: 2003-09-11

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000048703); 中国气象局沙尘暴监测预警服务系统一期工程子课题(SCYJ-05)

作者简介: 牛若芸(1972-), 女, 甘肃会宁人, 工程师, 学士。

式产品。

本文对沙尘暴的分析主要以其出现日数作为定量表征指标。某测站一日 8 个时次中只要有一个时次出现沙尘暴, 便计为一个沙尘暴日, 若达到强沙尘暴标准, 则计一个强沙尘暴日。沙尘暴过程及其强度的划定依据中国气象局《沙尘暴预警业务服务暂行规定》, 亦即把同一次天气过程中, 我国天气预报区域内 3 个或 3 个以上国家基本(准)站同时出现(强)沙尘暴天气, 定义为一次(强)沙尘暴过程。

## 2 2002 年我国沙尘暴概况

### 2.1 沙尘暴的空间分布

图 1 给出了 2002 年沙尘暴日数的全国分布, 可见沙尘暴主要分布在南疆盆地、西北地区东部、华北北部和东北平原等地, 并有三个明显的多发区域: 一是南疆盆地, 特别是盆地的南部边缘地区, 二是阿拉善高原及相邻的河西走廊东部, 三是浑善达克沙地及其周边地区。这些地区属内陆干旱区或半干旱草原区, 位于我国第二级地势阶梯上, 干旱少雨, 多沙漠、沙地和旱地, 植被稀少, 当大风过境时, 极易形成沙尘暴。由图 1 可见, 多发区内沙尘暴日数一般为 5~10 d, 其中心地区高达 15 d 以上, 例如内蒙古朱日和 22 d、苏尼特左旗 15 d、拐子湖 15 d、新疆民丰 20 d。2002 年的强沙尘暴以浑善达克沙地及其邻近地区最多, 强沙尘暴的中心主要位于朱日和和苏尼特左旗, 两地分别高达 12 d 和 9 d。强沙尘暴的另一个高发中心是新疆民丰, 达到 8 d。

### 2.2 沙尘暴天气过程

2002 年我国共出现了 12 次沙尘暴天气过程(表 1), 其中强沙尘暴过程有 5 次。从季节分布看, 绝大多数过程集中出现在 3—4 月。首次过程发生在 3 月 15—17 日, 末次出现于 11 月 10—11 日。

简单地从强沙尘暴站数和沙尘暴站数来看, 3 月 18—22 日的强沙尘暴过程最为突出。沙尘天气袭击了西北、华北、东北、黄淮、江淮、汉水流域以及四川盆地、湖南等地, 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 个站先后出现了沙尘暴, 24 个站达到强沙尘暴标准。其次是 4 月 5—9 日的强沙尘暴过程。

## 3 2002 年沙尘暴的天气特征及成因分析

### 3.1 沙尘暴高频期集中

图 2a 给出了 2002 年全国沙尘暴总站日数的逐月分布。可见, 2002 年沙尘暴集中出现在 3—4 月, 期间累计出现沙尘暴 297 站日、强沙尘暴 90 站日, 分别占 2002 年沙尘暴总数的 76%、强沙尘暴总数的 79%。进一步分析表明, 3—4 月的沙尘暴又集中于 3 月 15 日—4 月 24 日, 在这 41 d 中出现的沙尘暴占 3—4 月沙尘暴总数的 98%; 期间共出现了 11 次沙尘暴

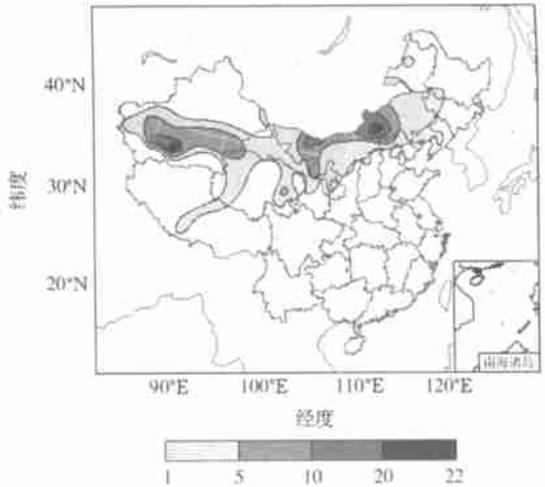


图 1 2002 年全国沙尘暴日数分布(单位: d)

Fig. 1 Spatial distribution of sand/dust storms in 2002 (units: d)

表 1 2002 年我国沙尘暴天气过程

Table 1 Main sand/dust storms in China in 2002

序号	时间 (月-日—月-日)	过程类型	主要影响系统	沙尘暴影响范围	$N1(N2)$ /个
1	03-15—03-17	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)
2	03-18—03-22	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)
3	03-24—03-25	强沙尘暴	蒙古气旋冷空气	内蒙古中部偏东地区	8(4)
4	03-28—03-30	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)
5	03-30—03-31	沙尘暴	蒙古气旋冷空气	内蒙古中部偏东地区	5(3)
6	04-01—04-03	沙尘暴	冷空气, 低气压	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)
7	04-05—04-09	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)
8	04-11	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)
9	04-13—04-17	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)
10	04-19—04-20	沙尘暴	蒙古气旋冷空气	内蒙古中部偏东地区	7(3)
11	04-21—04-24	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)
12	11-10—11-11	强沙尘暴	蒙古气旋冷空气	内蒙古中西部	12(5)

注:  $N1$  表示沙尘暴站数,  $N2$  表示强沙尘暴站数.

和强沙尘暴过程, 占全年总数的 92%, 平均每 3~4 d 就出现一次(表 1)。总之, 2002 年我国沙尘暴的一个显著特点是高频期显著集中、早春多于晚春。

从分别位于三个多发区域的新疆和田(图 2b)、甘肃民勤(图 2c)和内蒙古朱日和(图 2d)三个代表站来看, 沙尘暴季节分布特征较多年平均状况有显著不同, 主要表现为高峰期明显提前, 特别是朱日和多年平均值以 4 月份最多, 但 2002 年的峰值在 3 月份, 并且 3 月份的沙尘暴日数高达历史同期的 4.1 倍。

究其形成原因主要有以下几个方面。

自 2002 年 1 月以来, 我国北方大部地区气温偏高、降水偏少, 导致浅层土壤墒情较差, 入春后又多大风天气, 更是加剧了土壤水分的散失, 地表干燥, 3 月中旬内蒙古中东部的干土层厚度曾达 5~25 cm, 3 月下旬陕西、甘肃东部和南部、宁夏南部等地也出现了干土层。这就为

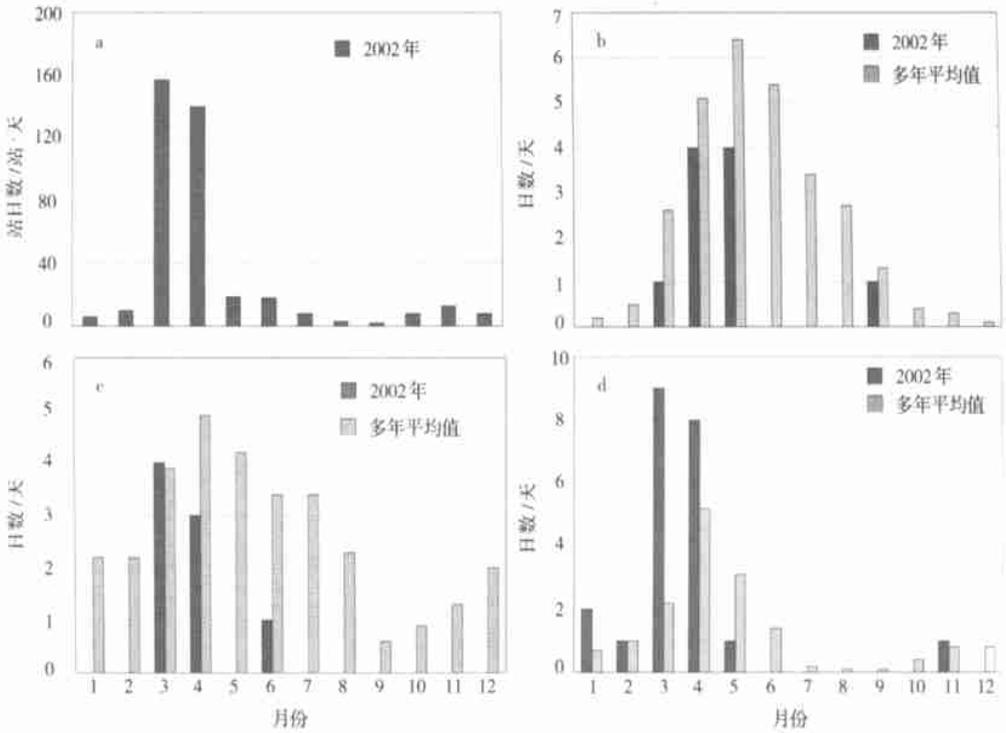


图 2 2002 年逐月全国沙尘暴总站日数和 3 个代表站沙尘暴日数

a. 全国; b. 和田; c. 民勤; d. 朱日和

Fig. 2 Monthly day numbers of sand/dust storms in 2002 in China

a. China; b. Hetian; c. Minqin; d. Zhurihe

沙尘暴的爆发创造了有利条件, 提供了丰富的物质源。

从 2002 年 3—5 月 500 hPa 高度沿 110 E 的逐日时间剖面图(图 3)上可以看出, 3 月及 4 月上中旬, 影响我国的冷空气活动十分频繁, 且强度较强, 西风槽底位于 31 N 附近。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暴接连不断。

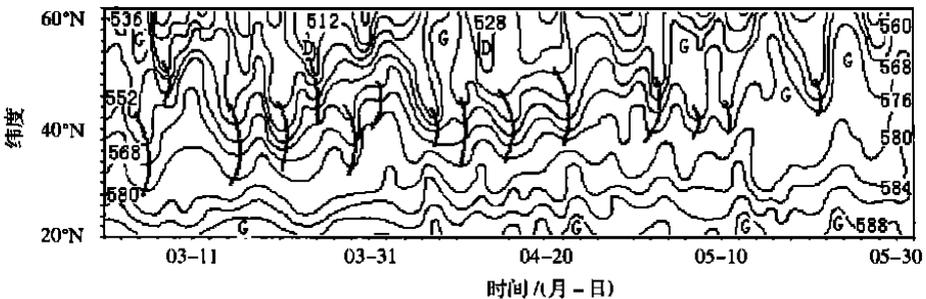


图 3 2002 年 3—5 月 500 hPa 高度沿 110 E 的逐日时间剖面(单位: dagpm)

Fig. 3 Time-latitude section of 500 hPa geopotential heights along 110 E in the spring of 2002 (units: dagpm)

进入 4 月中旬, 位于孟加拉湾北部的南支槽稳定偏强, 暖湿气流活跃北上, 与北方南下冷空气交汇, 使得 4 月下旬—5 月上旬我国北方地区先后出现 5 次较大范围的降水, 大部分地区的总降水量有 20~80 mm(图略), 较常年同期偏多 5 成至 3 倍以上。充沛的降水促进了地表

覆被状况明显改善,加强了表土的固化,减少了风蚀,对沙尘暴的形成起到了很好的抑制作用。这是造成我国沙尘暴季节较早结束的重要原因之一。5月中下旬,西风槽底北移至 $41^{\circ}\text{N}$ 以北,我国中高纬大部分地区为高压控制,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暴过程所需的动力和能量。这是造成我国沙尘暴季节较早结束的另一重要原因。

### 3.2 沙尘暴影响范围广、强度大

目前尚没有公认的沙尘暴过程影响范围和强度的定量指标,本文参照副热带高压面积指数和强度指数的作法,将同一次沙尘暴过程中我国境内出现的沙尘暴和强沙尘暴的区域勾划出来,按 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 经纬网格得出该过程中沙尘暴区域的网格点数 $A$ ,其中强沙尘暴区域网格点数为 $B$ , $A$ 定义为该沙尘暴过程的面积指数, $A+B$ 定义为该沙尘暴过程的强度指数,这样便可定量地描述和比较各次沙尘暴天气过程的影响范围和强度,数值越大代表沙尘暴过程的影响范围越广、强度越强。依此统计了自20世纪90年代以来我国出现的39次强沙尘暴过程<sup>[2]</sup>的面积指数和强度指数,对比得出(表2):2002年3月18—22日出现的强沙尘暴过程,其影响范围和强度仅次于2001年4月7—10日、4月5—8日的强沙尘暴过程,居90年代以来第3位。

表 2 90年代以来我国最强的3次强沙尘暴天气过程面积指数和强度指数

Table 2 Area and intensity indices of the 3 severest sand/ dust storms in China during 1991—2002

序号	时间(年-月-日—年-月-日)	面积指数	强度指数
1	2001-04-07—2001-04-10	203	272
2	2001-04-05—2001-04-08	140	215
3	2002-03-18—2002-03-22	127	161

2002年3月18—22日的强沙尘暴天气过程发生在亚欧中高纬西风环流由纬向型向经向型调整的过程中。这次过程之所以很强主要是因为冷高压及气旋均很强,冷锋附近低层有强辐合,高层有强辐散,上升运动强烈发展,对流层中低层不稳定能量大量释放。在17日20时的500 hPa高度场上(图略),亚欧中高纬呈两槽一脊型,两低槽分别位于巴尔喀什湖以西和贝加尔湖以东,高压脊控制着贝加尔湖以西地区。18日随着巴尔喀什湖以西的低槽东移,冷空气也自新疆北部开始影响我国,19日有蒙古气旋在蒙古国中部生成,20日该气旋在蒙古国东部停滞少动并进一步加强,21日又有新鲜冷空气补充南下。在此期间,地面图上冷高压中心最强达1046 hPa,蒙古气旋中心一度降低到981 hPa,二者之间的气压差高达45~60 hPa以上,气压梯度最大时达2.2 hPa/纬距。沙尘暴则主要发生在地面高压前部、气旋和锋面后部的强气压梯度区内的沙漠或沙地及其附近地区。

### 3.3 沙尘暴高发中心位于浑善达克沙地及其周边地区

由2002年我国沙尘暴日数距平图(图4)可见,我国北方大部分地区的沙尘暴日数较常年同期偏少,其中南疆盆地西缘和南缘、柴达木盆地东南缘、阿拉善高原及相邻的河西走廊东部、宁夏平原和河套平原等地区的沙尘暴日数较常年同期明显偏少达10 d以上,其中新疆柯坪、皮山和甘肃民勤分别偏少27 d、23 d和22 d。与此形成鲜明对比的是,浑善达克沙地及其周边地区的沙尘暴日数较常年同期偏多达5~14 d,是常年同期的1~2倍,同时也成为2002年全国发生沙尘暴最频繁的地区。

20世纪80年代以来,我国北方大部分地区沙尘暴明显减少,但浑善达克沙地及其周边地区的沙尘暴逐渐增多的现象已被证实<sup>[3,6]</sup>。下面从2002年沙尘暴高发时期(3月中旬—4月中

旬) 的环流形势特点入手, 对 2002 年该地区沙尘暴偏多的天气成因做简要分析。

常年 3 月中旬—4 月中旬 500 hPa 极涡中心偏向北美一侧, 2002 年则明显偏于东半球的泰梅尔半岛地区(图 5), 且强度偏强, 位置偏南, 和极涡相联系的低槽位于乌拉尔山至贝加尔湖以西地区, 并对应有 40 gpm 的负距平区, 这是影响我国冷空气的主要源地; 而新地岛以西地区的高度场较常年同期偏高, 出现一脊区, 对应有 40~80 gpm 的正距平区, 脊前西北气流的经向度明显加大, 影响我国的冷空气自极涡分裂后亦多沿此脊前的西北气流东移南下; 同期位于亚洲东北部的槽区也较常年同期明显加深, 在贝湖以东地区出现了东北—西南向的弱脊。在这种天气形势下, 影响我国的冷空气路径偏东, 冷空气多经贝湖自内蒙古中东部进入我国, 同时还多有蒙古气旋生成发展。造成浑善达克沙地及其周边地区形成沙尘暴所必需的动力条件要优于常年沙尘暴的高发中心, 即南疆盆地、阿拉善高原及甘肃河西地区。加之 1—2 月该地区的月平均气温偏高幅度达 6~10℃、月降水量偏少 50%~80% 以上, 并且该地区气温异常偏高、降水明显偏少的幅度均高于我国北方其他几大沙漠地区, 气候十分干燥, 从而成为了我国 2002 年的沙尘暴高发中心。

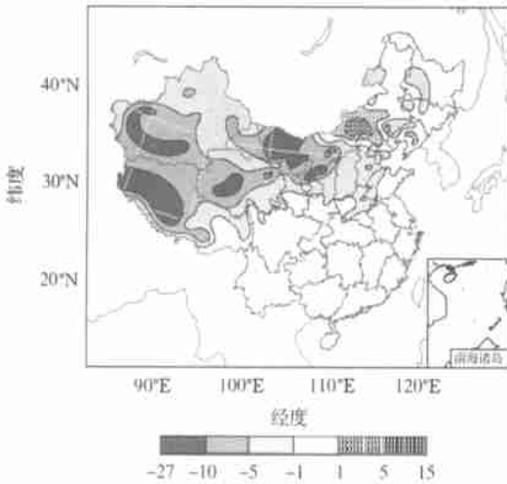


图 4 2002 年全国沙尘暴日数的距平分布(单位: d)

Fig. 4 Spatial distribution of the day number anomaly of sand/dust storms in 2002(units: d)

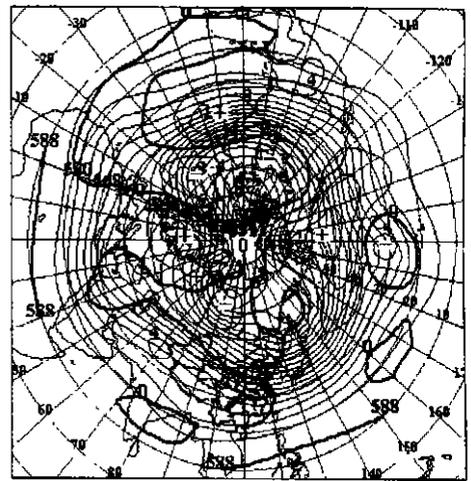


图 5 2002 年 3 月中旬—4 月中旬 500 hPa 平均高度及距平分布(单位: dagpm)

Fig. 5 Average values and anomalies of 500 hPa geopotential heights from the middle March to the middle April in 2002(units: dagpm)

## 4 小 结

(1) 沙尘暴主要分布在南疆盆地、西北地区东部、华北北部和东北平原等地, 并有三个明显的多发区域, 一是南疆盆地, 特别是盆地的南部边缘地区, 二是阿拉善高原及相邻的河西走廊东部, 三是浑善达克沙地及周边地区。沙尘暴和强沙尘暴均以第三个多发区域为最多, 并明显偏多于常年, 原因是该地区形成沙尘暴所必需的动力条件和前期气候条件优于其他地区。

(2) 全年共出现了 12 次沙尘暴过程, 其中强沙尘暴过程 5 次, 绝大多数过程集中出现在 3—4 月。年内强度最强、波及范围最广、影响最为严重的是 3 月 18—22 日的强沙尘暴天气过程, 其面积指数和强度指数居 20 世纪 90 年代以来第 3 位。这次过程之所以很强, 主要是因为

冷高压和气旋均很强,冷锋附近低层有强辐合,高层有强辐散,上升运动强烈发展,对流层中低层不稳定能量大量释放。

(3) 沙尘暴高频期非常集中,且早春多于晚春。沙尘暴主要出现在 3 月 15 日—4 月 24 日,期间出现的沙尘暴过程占全年的 92%。这一特征显然由我国北方大部分地区前期气温持续偏高、降水偏少,浅层土壤墒情较差,3 月及 4 月上中旬影响我国的冷空气频繁且强度较强,以及 4 月下旬—5 月上旬我国北方地区的降水相对增多等因素造成的。

## 参考文献:

- [1] 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]. J Geophys Res, 2001, 106(D10): 10 325-10 333.
- [2] 周自江, 章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954—2002 年)[J]. 科学通报, 2003, 48(11): 1 224-1 228.
- [3] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 关于我国华北沙尘暴的成因与治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 513-521.
- [4] 李延香, 高拴柱, 周自江, 等. 2001 年沙尘暴天气气候特征[J]. 大气科学研究与应用, 2002, 23(2): 35-43.
- [5] 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[J]. 第四纪研究, 2002, 22(4): 374-380.
- [6] 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.

# Characteristics of Sand/ Dust Storms in China in 2002

NIU Ruo-yun, XUE Jian-jun, ZHOU Zi-jiang

(National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Based on the available data from surface synoptic reports (8 times every day), the temporal and spatial distribution characteristics of sand/ dust storms in China in the spring of 2002 are analyzed. The results show that there were mainly twelve dust storm weather processes including five severe dust storm events in China, among which the event on March 18—22 had the largest area and highest intensity. There were three high-frequency centers in northern China in the spring of 2002. Compared with the average of the past 47 years, the number of sand/ dust storm days in the spring of 2002 was less than the average value in most parts in Northern China, except for Hunshan Dak sandy land and its fringes. Additionally, it has been found that most dust storm weather processes concentrated in early spring (from March to mid April) of 2002. The reasons were that in the earlier months the temperature was higher and the precipitation was less than the normal value, therefore the soil moisture was decreasing and soil surface was drier in northern China. When the cold air outbreak and arrived frequently from March to mid April, more dust storms and severe dust storms occurred. From the middle dekad of April to the first dekad of May, several obvious precipitation processes occurred in northern China. After that, the cold air outbreaks were weak and their positions were also to east.

**Key words:** sand/ dust storm; temporal and spatial distribution; area index; intensity index