

2003年春季我国沙尘天气异常偏少的成因分析*

牛若芸 周自江 刘月巍 杨元琴

(中国气象局国家气象中心, 北京 100081)

摘要 将2003年春季我国的沙尘天气与2000~2002年以及1961年以来的同期状况进行比较, 分析了2003年春季我国沙尘天气异常偏少的特点。结果表明: 2003年春季我国沙尘天气的频次、强度及影响范围是近4年来最少、最弱、最小的; 沙尘多发期也是近4年来出现最晚且持续时间最短的; 2003年的沙尘天气仅多于1997年, 是1961年以来的次低值。此外, 从沙尘天气的动力条件和物质条件入手, 探讨了2003年春季我国沙尘天气异常偏少的形成原因, 指出: 影响我国的冷空气势力偏弱、路径偏西、气旋偏少, 同时北方地区(特别是主要沙尘多发区)降水明显偏多、干土层偏少、内蒙古中西部地区持续积雪等因素, 共同造成了沙尘天气显著偏少、偏弱。

关键词: 沙尘天气; 动力条件; 物质条件

文章编号 1006-9585 (2004) 01-0024-10 **中图分类号** P412.1 **文献标识码** A

1 引言

2000~2002年春季, 我国北方的沙尘天气较20世纪90年代明显偏多^[1], 受到广泛关注^[2~7], 但2003年春季, 我国北方的沙尘天气却陡然减少、减弱。其原因何在? 与历史同期状况相比又如何?

研究^[1,2]表明, 扬沙和沙尘暴天气的发生一般需要有两个条件: (1) 足够强劲持久的风力; (2) 地表丰富的松散干燥的沙尘, 即“风”和“沙尘”是形成沙尘天气过程所必需的动力条件和物质条件。因此, 本文从这两个方面入手, 对2003年春季我国沙尘天气异常偏少的特点及成因进行初步分析, 并与2000~2002年以及1961年以来同期的环流形势和气候背景进行了比较, 以期对2003年春季我国沙尘天气有一个较为全面、深入的了解, 进而对今后的沙尘天气预报起到指示作用。

2 资料与方法

根据气象观测规范^[8], 沙尘天气包括浮尘、扬沙和沙尘暴, 其中水平能见度小于500 m的沙尘暴又称为强沙尘暴^[9]。为便于对起沙条件进行比较, 本文的主要研究对象

2004-01-08收到, 2004-02-10收到修改稿

* 国家财政部“西北地区土壤水分、沙尘暴监测与预测研究”项目(Y0101)和国家自然科学基金资助项目40305008资助

为扬沙和沙尘暴天气。沙尘天气日数和站数的统计方法参见文献^[6]，沙尘天气过程的划分及其强度的认定参见中国气象局的业务规定^①。另外，对大风的判定以定时观测的 2 min 平均风速为基础。

在分析 2000~2003 年沙尘天气状况及其成因时，资料选用的是每日 8 个时次地面天气报告资料。由于信息化的每日 8 个时次的地面天气报告资料只能追溯到 2000 年，因而在与近 40 余年（1961~2003 年）同期状况相比较时，全部采用了地面气象观测月报表中的 4 次定时观测资料。需指出的是，由于地面天气报告中的现在天气指的是该时次正在发生的天气现象，而在地面观测月报表中对沙尘天气现象是进行连续记录的，因而地面天气报告和地面观测月报表资料的统计结果会有一定的差异，但只要两序列相互独立使用不会影响对比所得结果。

3 2003 年春季我国沙尘天气异常偏少的特点分析

3.1 沙尘天气的地理分布

图 1 为 2003 年春季我国扬沙日数和沙尘暴日数的分布。可见，扬沙（图 1a）主要出现在西北部、华北的北部和西部及东北平原地区，其中塔里木盆地、阿拉善高原、河西走廊东部和辽河平原地区的扬沙日数在 10 天以上，局部接近或达到 20 天，如内蒙古吉兰泰 20 天、辽宁新民 20 天，新疆塔中 18 天、皮山 18 天等。沙尘暴（图 1b）主要发生在西北地区，除塔里木盆地东部、柴达木盆地西部和阿拉善高原中部等小部分地区沙尘暴日数达 5 天以上（最高为新疆民丰 11 天）外，其余的绝大部分地区均不足 3 天。能见度小于 500 m 的强沙尘暴也主要集中在上述的沙尘暴发生区，以新疆的塔中 5 天和民丰 3 天为最多。

3.2 与 2000 年以来沙尘天气的范围、频次和强度相比较

将 2000~2003 年全国各类沙尘天气进行比较（表 1），发现 2001 年春季的沙尘天气范围最广、影响最为严重，报告有沙尘（含各类沙尘天气，下同）、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴总站数依次为 358、262、123 和 69 个，累计沙尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴的总站日数分别为 2 977、1 489、389 和 130 天；而 2003 年春季的沙尘天气无论是从范围、强度，还是频次上来讲均是近 4 年中最小、最弱、最少的，报告有沙尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴总站数依次为 207、157、58 和 16 个，累计沙尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴的总站日数分别为 1 161、614、127 和 25 天，显著低于 2001 年，也明显少于 2000 年和 2002 年。

表 1 2000~2003 年春季全国沙尘天气总站数和总站日数

年份	站数/个				总站日数/d			
	沙尘	扬沙	沙尘暴	强沙尘暴	沙尘	扬沙	沙尘暴	强沙尘暴
2000	307	211	84	27	1883	976	205	46
2001	358	262	123	69	2977	1489	389	130
2002	341	230	102	42	2462	1180	316	97
2003	207	157	58	16	1161	614	127	25

① 中国气象局，沙尘天气预警业务服务暂行规定，2002.

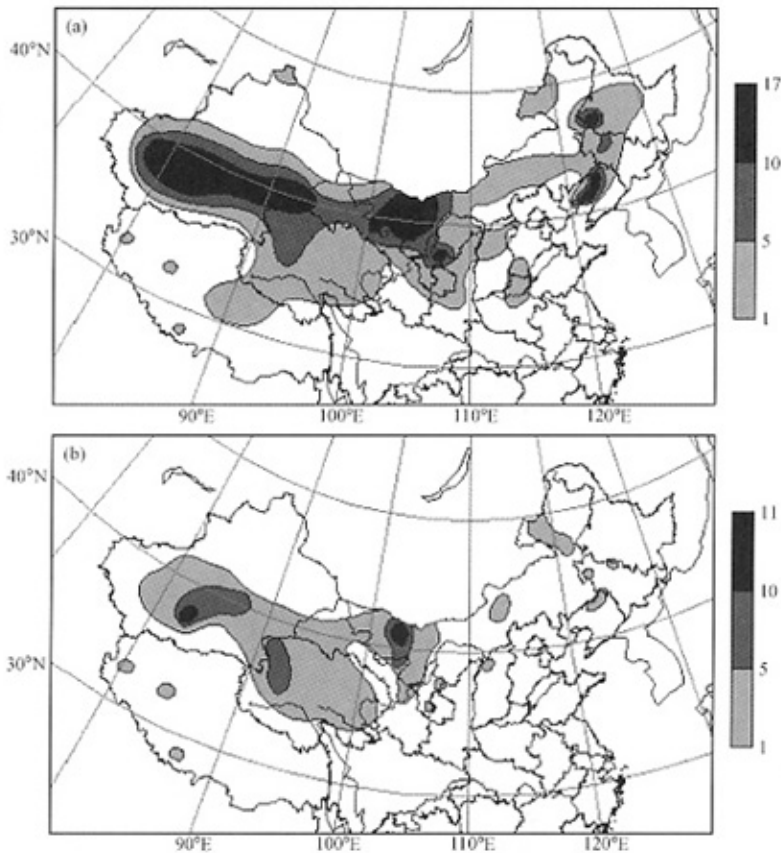


图 1 2003 年春季我国扬沙 (a) 和沙尘暴 (b) 日数分布 (单位: d)

就几十年的平均状况来看,塔里木盆地、阿拉善高原及相邻的河西走廊、浑善达克沙地及其周围地区是我国沙尘天气的三大高频区域。表 2 列出了这三大区域 2000~2003 年春季出现的各类沙尘天气的平均日数,可以看出,2003 年春季,浑善达克沙地及其周围地区的沙尘天气减少尤为显著,沙尘暴日数由 2001 年的 13.7 天、2002 年的 12.7 天骤减到 1.3 天,强沙尘暴日数为 0 天,这与进入 2000 年以来该地区的沙尘天气呈显著增多之势截然相反。相应地,由此向南,华北中南部、黄淮乃至长江下游地区 2003 年春季也没有出现大范围的沙尘天气,这可能暗示着浑善达克沙地及其周围地区的沙尘天气频数和强度的变化对黄淮乃至长江下游地区的影响较为突出。

2003 年春季发生的沙尘天气过程是最少的,也是最弱的,在 7 次沙尘天气过程中仅有 2 次是沙尘暴天气过程,且无一次达到强沙尘暴天气过程标准,而 2000、2001 和 2002 年春季出现沙尘天气过程的次数分别为 14、18 和 12 次,每年的强沙尘暴过程都在 3 次以上。

表 2 2000~2003 年春季我国三大沙尘高频区的各类沙尘天气平均日数*

年份	塔里木盆地				阿拉善高原及河西走廊				浑善达克沙地			
	沙尘	扬沙	沙尘暴	强沙尘暴	沙尘	扬沙	沙尘暴	强沙尘暴	沙尘	扬沙	沙尘暴	强沙尘暴
2000	41.6	8.0	1.0	0.6	11.8	11.6	4.6	1.4	9.7	8.7	4.7	1.7
2001	55.8	10.4	4.2	1.8	17.4	16.0	7.0	1.8	22.0	21.7	13.7	5.0
2002	57.8	12.8	4.8	1.6	11.4	10.8	5.0	1.6	19.3	19.0	12.7	6.0
2003	43.2	9.8	2.8	0.8	12.0	11.4	4.2	0.2	2.3	2.3	1.3	0.0

* 各区域的沙尘天气平均日数分别由以下代表站平均得出，塔里木盆地：柯坪、皮山、和田、民丰和且末；阿拉善高原及相邻的河西走廊：酒泉、民勤、拐子湖、吉兰泰和阿拉善左旗；浑善达克沙地：二连浩特、朱日和和苏尼特左旗。（下同）

3.3 与 1961 年以来沙尘天气的频次和强度相比较

为清楚地把 2003 年春季我国的沙尘天气与历史同期沙尘天气的频次和强度进行比较，我们统计了 1961~2003 年春季全国 681 站的扬沙和沙尘暴总站日数，图 2 给出了它们的逐年变化曲线。由图 2 可见，我国沙尘天气的频次和强度自 1966 年达到最高峰后一直呈波折下降趋势，并于 1997 年降至最低值。在此之后，2001 年沙尘天气的总站日数出现了一个弱峰值，2003 年沙尘天气又陡然减弱至 1961 年以来的次低值，其扬沙和沙尘暴总站日数仅达沙尘最高峰年（1966 年）的 18%和 26%。可见，2003 年我国沙尘天气是异常偏少、偏弱的。

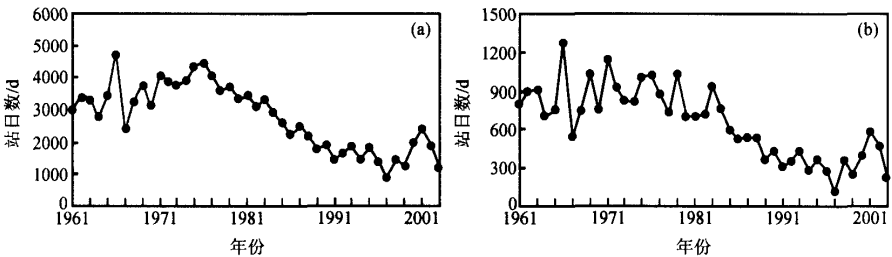


图 2 1961~2003 年春季全国扬沙 (a) 和沙尘暴 (b) 总站日数变化

3.4 与 2000 年以来的沙尘天气多发期相比较

研究表明，春季是我国沙尘天气的多发期。从严格意义上讲，这是从月或季尺度比较得出的一般性认识，如果再从旬的尺度将春季细分，那么在春季的不同时段，沙尘天气的发生频次差别很大，其年际差异也很显著。为此，本文暂且将连续两旬或两旬以上扬沙天气站日数达到 100 站日/旬的时段定为沙尘天气多发期。根据这一指标统计得出，近 4 年春季沙尘天气多发期持续时间最长的是 2001 年（3 月上旬至 5 月中旬），多发期长达 8 个旬；其次为 2000 年和 2002 年（3 月下旬至 4 月下旬），多发期均持续了 4 个旬；多发期持续最短、出现最晚的是 2003 年（4 月上中旬），仅有 2 个旬（图 3）。

此外，从总结划分的沙尘天气过程来看，2003 年沙尘天气多发期也是近 4 年中出现最晚的一年。常年 3 月份我国沙尘天气会明显增多，并先后进入沙尘天气的多发期，2000~2002 年也不例外，3 月份分别出现扬沙或沙尘暴天气过程 2 次、7 次和 6 次。而

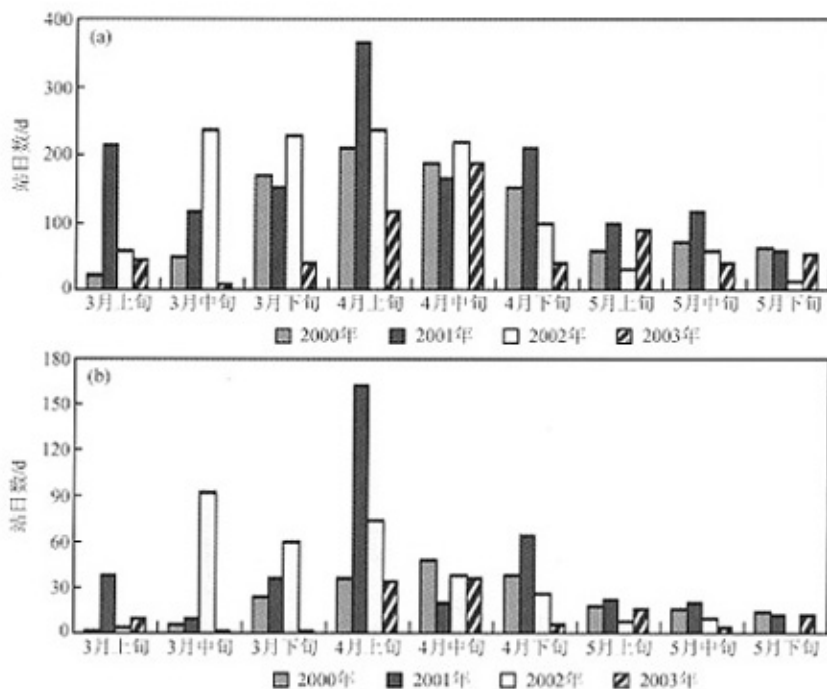


图3 2000~2003年春季逐旬全国扬沙(a)和沙尘暴(b)天气站日数

2003年直至4月上旬才进入沙尘天气多发期,3月份虽也出现了一些弱的沙尘天气,但没有一次达到扬沙或沙尘暴天气过程标准。

4 2003年春季沙尘天气异常偏少的成因分析

4.1 动力条件

从多年平均状况来看,我国春季的沙尘天气集中地出现在3~4月,常年同期500 hPa亚欧中高纬在西北气流的控制下呈西高东低的环流形势(图略)。2003年3~4月500 hPa高度和距平图(图4a)显示,泰梅尔半岛以南至我国西部地区都在大范围的负距平区中,同时蒙古国中东部和我国北方中东部地区受正距平区控制,并于我国东北部地区对应有40 gpm以上的正距平中心。这种格局表明,2003年3~4月亚欧中高纬环流经向度小于常年同期状况。相应地,影响我国的冷空气势力较弱、路径偏西,对我国造成影响的强度较强的气旋(中心闭合线降至1000 hPa及以下)只有7个。而在近4年沙尘天气最为活跃的2001年3~4月500 hPa高度和距平图(图4b)上,我国西部地区处于正距平区中,东部地区则在负距平区控制下,与2003年同期的距平分布呈相反之势,相应该年的亚欧中高纬环流经向度显著加大,入侵我国的冷空气势力明显偏强、路径偏东,影响我国的强度较强的气旋多达13个。

冷空气和气旋是导致我国北方春季大风的主要影响系统,冷(暖)锋区附近强烈抬升作用以及能量和动量交换是起沙的重要机制。冷空气和气旋愈强,风力也愈大。

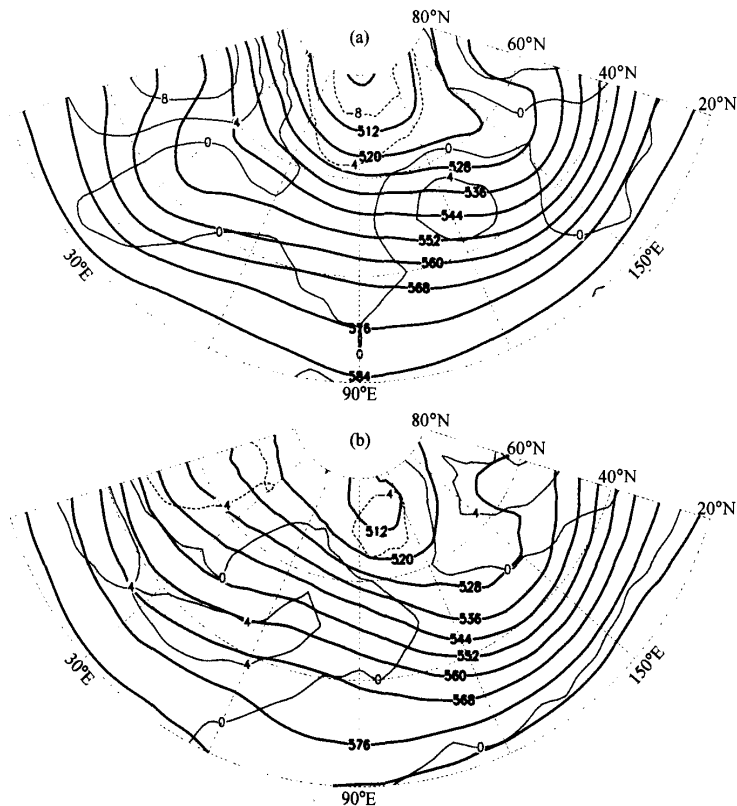


图4 2003 年 (a) 和 2001 年 (b) 3~4 月 500 hPa 高度 (实线) 和距平 (虚线) 分布 (单位: 10 gpm)

由前述可知, 2003 年春季影响我国的冷空气势力明显偏弱, 气旋偏少, 直接导致了大风日数的减少。根据科研总结和实践经验^[5], 风速 ≥ 4 级 (6 m s^{-1}) 可视为沙尘启动的临界风速, 风速 ≥ 5 级 (8 m s^{-1}) 可视为沙尘启动的基本条件, 风速 ≥ 6 级 (11 m s^{-1}) 可视为沙尘暴启动的有利风速。我们统计了 2003 年与 2001 年日最大风速 ≥ 5 级的日数, 并给出了两者的差值分布 (图 5a), 可以看到 2003 年 3~4 月我国北方大部地区 5 级以上的大风日数明显少于 2001 年同期, 华北北部偏少 10~30 天左右, 与同期扬尘日数的差值分布 (图 5b) 保持了很好的一致性。

综上所述, 影响我国的冷空气势力的减弱, 造成了大风日数明显减少, 继而引起沙尘日数的减少、减弱, 为对这一事实有更客观、准确、定量地认识, 我们统计了 1961 年以来春季 (3~5 月) 我国 30°N 以北地区 418 站风速大于 5 级以上总站日数 (图 6)。结果表明, 2003 年风速大于 5 级以上总站日数为 4 568 天, 为近 40 余年以来的最低值, 同时我国 30°N 以北地区 418 站风速大于 5 级以上总站日数与全国扬尘和沙尘暴的总站日数的相关系数分别高达 0.923 和 0.897。可见, 大风日数的减少是沙尘发生频次减少的重要原因, 也进一步证明了大风是沙尘发生的直接动力源。

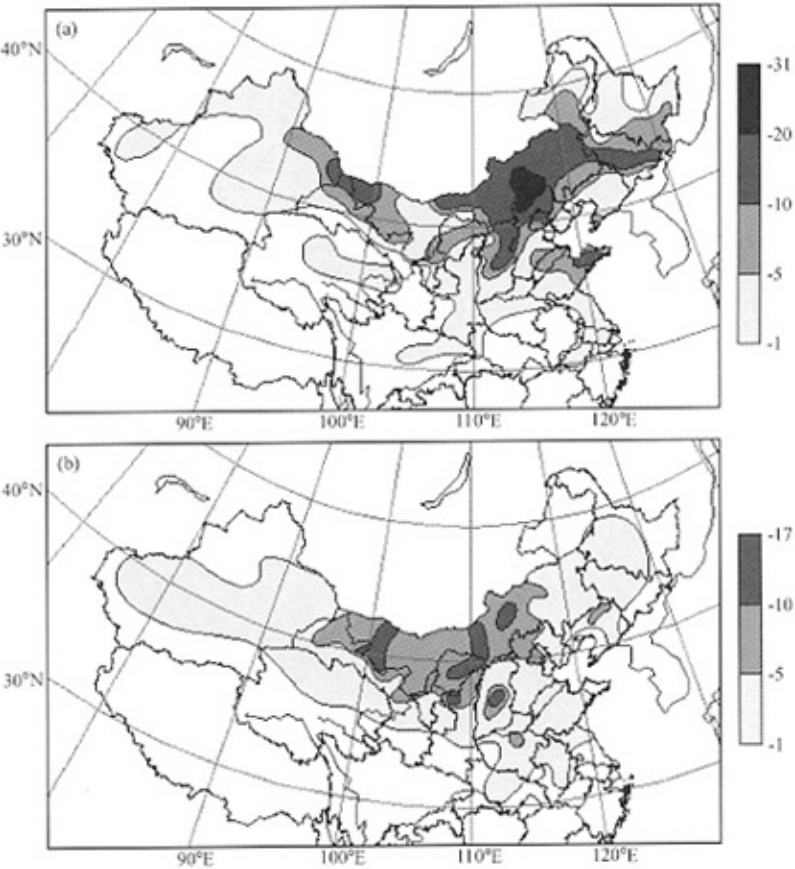


图5 2003年与2001年3~4月我国日最大风速 $\geq 8 \text{ m s}^{-1}$ 日数差值(a)和扬沙日数差值(b)分布(单位:d)

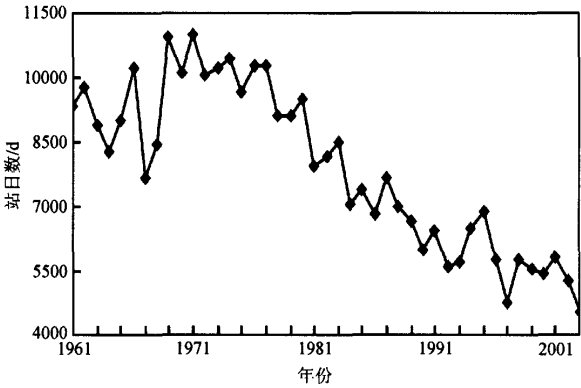


图6 1961~2003年春季(3~5月)我国30°N以北地区日最大风速 $\geq 8 \text{ m s}^{-1}$ 总站日数变化

4.2 物质条件

2003 年春季，影响我国的冷空气路径偏西，较多高原槽东移，同时南支槽稳定位于 90°E 附近且强度偏强（图 4a），暖湿气流活跃北上，造成我国北方地区多次出现降水，特别是华北中部地区每 4~5 天就有一次降水过程出现。与常年春季的降水量相比，西北和华北中西部的大部地区降水量偏多 3~7 成，尤其重要的是北方三大沙源区——塔里木盆地、阿拉善高原和河西走廊、浑善达克沙地及其附近地区的降水量偏多 1 至 2 倍以上（图略），其区域平均降水量依次为 1961 年以来的第 2 位、第 6 位、第 1 位（图 7）。丰沛的降水补充了土壤水份。

此外，前冬至 2003 年早春我国北方地区保持着大范围、长时间的积雪，尤其是内蒙古中部地区 3 月下旬前期（图略）还有较大范围的积雪，这在常年是不多见的。沙源区被积雪覆盖可以直接阻止沙尘天气的产生和土壤水份蒸发，雪水融化后又可补充土壤水份，改善土壤墒情，起到了抑制沙尘天气的作用，因此，尽管 3 月 20 日前后有一次较强冷空气活动，但并未形成明显的沙尘天气。图 8 给出了近 4 年我国北方地区 3~4 月逐旬干土层大于 3 cm 的站点数，可以看到，2003 年我国北方地区出现干土层的范围也是近 4 年以来最小的，相比之下，起沙所必需的物质条件——松散干燥的“沙尘”明显不如 2000~2002 年。

总之，2003 年春季，影响我国的冷空气势力偏弱、路径偏西、生成蒙古气旋个数

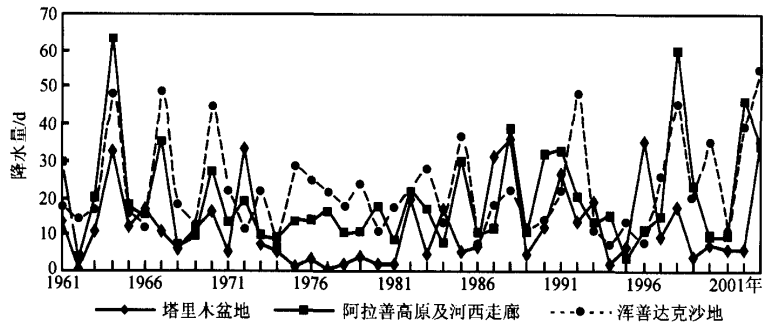


图 7 1961~2003 年春季我国三大沙尘高频区平均降水量变化

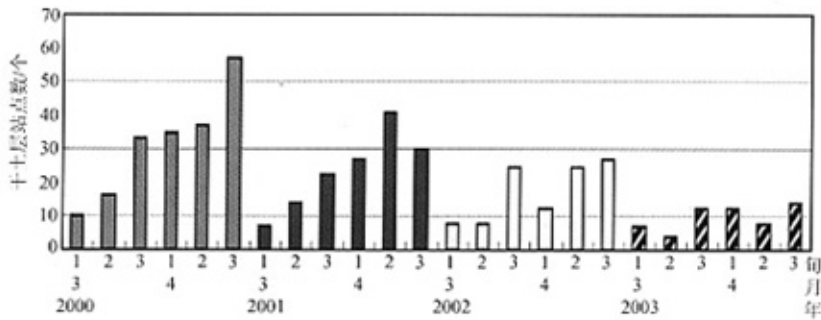


图 8 2000~2003 年 3~4 月逐旬我国北方地区干土层大于 3 cm 的站点数变化

偏少,同期北方地区(特别是主要沙源区)降水显著偏多、干土层偏少、内蒙古中西部地区的持续积雪等因素,共同造成了我国北方地区沙尘天气明显偏少、偏弱。

5 小结

通过上述分析,我们对 2003 年春季我国沙尘天气异常偏少的特点及其成因得出以下初步认识:

(1) 2003 年春季,我国沙尘天气异常偏少,扬沙主要出现在西北地区、华北北部和西部和东北平原地区;沙尘暴主要分布在西北地区,除塔里木盆地东南部、柴达木盆地西部和阿拉善高原中部等小部分地区的沙尘暴日数达 5 天以上外,其余的绝大部分地区均不足 3 天。

(2) 与 2000~2002 年相比,2003 年春季的沙尘天气范围最小、强度最弱、出现频次最少、多发期出现最晚且持续时间最短;在可划定的 7 次沙尘天气过程中仅有 2 次是沙尘暴天气过程,无一次达到强沙尘暴天气过程标准。与历史同期相比,为仅次于 1997 年的第 2 低值年份。

(3) 影响我国的冷空气势力偏弱、路径偏西、气旋偏少,以及相应的大风动力条件偏弱是沙尘天气明显偏少的重要原因。

(4) 北方地区(特别是主要沙尘多发区)春季降水显著偏多、干土层偏少、内蒙古中西部地区持续积雪等,是造成 2003 年春季我国北方地区沙尘天气明显偏少、偏弱的另一重要原因。

参 考 文 献

- 1 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.
- 2 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.
- 3 Sun Jimin, Zhang Mingying, and 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. Res.*, 2001, **106**, 10325~10333.
- 4 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.
- 5 李延香、高栓柱、周自江等,2001 年沙尘暴天气气候特征,大气科学研究与应用,2002, **23** (2), 35~43.
- 6 牛若芸、薛建军,2002 年春季我国沙尘天气特征及成因分析,气象,2003, **29** (7), 43~48.
- 7 陆均天、邹旭恺、王锦贵等,近 3 年我国沙尘天气较频繁发生的原因分析,气候与环境研究,2003, **8** (1), 107~113.
- 8 中央气象局,地面气象观测规范,北京:气象出版社,1979, 21~27.
- 9 中国气象局监测网络司,地面气象电码手册,北京:气象出版社,1999, 12~18.

Causes of Abnormal Decreasing of Dusty Weather in China during the Spring of 2003

Niu Ruoyun, Zhou Zijiang, Liu Yuewei, and Yang Yuanqin

(*National Meteorological Center, Beijing 100081*)

Abstract Compared with the dusty weather in the spring of 2000~2002 and that since 1961, the characteristics of abnormal decreasing of dusty weather in China in the spring of 2003 was analyzed. The results show that the happening of dusty weather in 2003 was the weakest in the recent 4 years in terms of frequency, intensity, and area affected. The high frequency period was the shortest and appeared relatively late. The total number of dusty weather days in the spring of 2003 exceeded only that in 1997, taking the second place since 1961. In addition, the reason of abnormal decreasing of dusty weather in the spring of 2003 was explored from the dynamical condition and material condition. The results show that the number of cyclones influencing China was relatively small, the power of cold air systems was weak and their tracks were located westerly. At the same time, in the northern part of China, especially the central dust affected areas, the amount of precipitation was above the average of the recent years, the number of stations with dry soil layer was fewer, and there was lasting snow cover in the west and central part in the Inner Mongolia.

Key words: dusty weather; dynamical condition; material condition