

文章编号: 1000-694X(2007)03-0509-05

## 中国北方沙尘暴与地温场的相关分析

赵红岩<sup>1,2</sup>, 杨瑜峰<sup>1</sup>, 梁东升<sup>2</sup>, 汤懋苍<sup>3</sup>, 张久林<sup>1</sup>, 李栋梁<sup>3</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州, 730020; 2. 兰州区域气候中心, 甘肃 兰州, 730020; 3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州, 730000)

**摘要:** 利用 1954—2003 年历年沙尘暴实测资料, 分析了沙尘暴与 3.2 m 深度地温场及降水场的关系。结果表明: 强沙尘暴多发年与少发年地温场分布差异明显; 多发年地温偏低, 少发年地温偏高。4 月多雨时, 沙尘暴频数少, 反之频数多。3.2 m 地温具有很好的季际连续性, 故可以利用冬季甚至上年秋季的地温场来预测春季沙尘暴频次的多寡。

**关键词:** 中国北方; 沙尘暴; 地温场; 降水场

**中图分类号:** P445.4

**文献标识码:** A

从空间分布来看, 全球有 4 大沙尘暴区, 即中亚、澳大利亚、北美和北非。我国北方属于中亚沙尘暴区, 是全球沙尘暴的高活动区之一<sup>[1]</sup>。王式功等<sup>[2]</sup>、周自江等<sup>[3]</sup>利用我国近 40~50 a 沙尘暴日数或发生次数资料统计研究指出, 我国沙尘暴主要集中在两个多发区: 南疆盆地及其附近地区(以和田和民丰为中心); 甘肃河西走廊、阿拉善高地及腾格里沙漠地区(以民勤为中心), 其沙尘暴日数年平均在 10 d 以上。近几年来, 关于沙尘暴的研究已不再局限于将其作为一个天气事件进行研究, 更多的是将其作为气候事件开展研究。叶笃正等<sup>[4]</sup>指出, 中国北方地区大风日数的增减是气候周期性变化的反映。周自江<sup>[3]</sup>等指出, 扬沙和沙尘暴日数与大风日数的年际震荡及多年变化趋势具有一致性。很多学者的研究已表明沙尘暴是在特定的地理环境和下垫面条件下, 由特定的大尺度环流背景和天气系统所诱发的灾害性天气。可见, 有利的下垫面特征条件在沙尘暴的形成中起到重要的作用。虽然与下垫面有关的地面加热场的基本特征与沙尘暴发生的关系有了一些初步分析<sup>[5]</sup>, 但是有关沙尘暴的发生与下垫面一定深度的地温场的关系, 至今尚未有过详细研究。本文旨在前人研究的基础上探讨沙尘暴与深层地温场的关系, 为沙尘暴的研究和预测从气候背景上提供参考依据。

利用中国气象局国家气候中心提供的 1954—2003 年历年 1—12 月中国大陆沙尘暴气象实测资料、历年逐月的 3.2 m 深层地温、全国 160 站的降水

资料和周自江等<sup>[3]</sup>给出的 1954—2002 年中国北方典型强沙尘暴事件。根据王式功等<sup>[2]</sup>的“全国大部分地区一般都在 4 月份各类沙尘天气发生日数最多”的结果, 选取 4 月作为春季沙尘暴的代表月。

王式功等<sup>[2]</sup>将全国沙尘暴区划分为 7 个区: 北疆区(包括古尔班通古特沙漠在内的天山以北和阿尔泰山以南的区域)、南疆区(包括塔克拉玛干沙漠和库姆塔格)、河西区(以巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠为主体, 涉及祁连山以北, 东至贺兰山以西的区域)、柴达木盆地(以柴达木盆地沙漠为主体, 涉及祁连山以南至巴颜喀拉山脉以北的区域)、河套区(贺兰山以东至太行山以西的区域, 包括了乌兰布和沙漠、库布齐沙漠和毛乌素沙地)、东北区(太行山以东至东北的半干旱区, 包括浑善达克沙地)、青藏区(青海南部至西藏东北部, 巴颜喀拉山脉以南和喜马拉雅山脉以北的区域)。本文将按此 7 区讨论它们的沙尘暴与地温场的关系。

### 1 地温场与区域性沙尘暴的相关分析

我们计算了 4 月全国 141 站 3.2 m 深层地温与上述 7 个沙尘暴区 4 月的区域性( $\geq 3$  站)沙尘暴次数的相关系数。图 1a—d 分别是北疆(a)、南疆(b)、河西(c)和柴达木(d)区沙尘暴区次数与全国 3.2 m 地温的相关场。此 4 张图的特点是: ①沿 40°—45°N 有一东略偏北的负相关轴线; ②沿 90°E 附近有准南北向的负相关轴线, 它们的负相关系数均大于 0.4, 即通过了 0.05 的显著性水平检验。③在 110°—

收稿日期: 2006-02-16; 改回日期: 2006-05-08

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项“中国干旱气象灾害监测预警方法研究”(2004DIB5J192); 甘肃省气象局“十人计划”共同资助

作者简介: 赵红岩(1965—), 女, 内蒙古赤峰人, 副研究员, 主要从事气候分析诊断和气候预测研究。E-mail: Lz-zhy@sohu.com

115°E 亦有一条负相关轴线,其信度略低。这表明,西北地区春季多沙尘暴的同期地气形势基本特征是:①沿 40°N 附近,自西向东是一串地冷涡活跃;②沿 90°E 附近和 110°—115°E 各有一经向地冷涡列存在。比较图 1a—d 可见南疆(b)的相关最好,负相关系数最大达 0.7 以上,河西(图 1c)相关最弱。

我们还计算了 4 月 0 cm 地温与西北各区春季沙尘暴频次的相关场,结果发现,只有少数孤立点相

关系数通过 0.05 的显著性水平检验,很大部分点的相关系数很差(图略)。这表明地表温度所含有的气候变化信息比深层地温要少得多。

河套区和东北区沙尘暴与 3.2 m 地温相关不好,达到 95% 信度(负相关系数小于 0.4)的相关区几乎没有(图略)。青藏区的相关系数场分布图与图 1d(柴达木区)很像,但最大中心达到 -0.6,比图 1d 来得大。

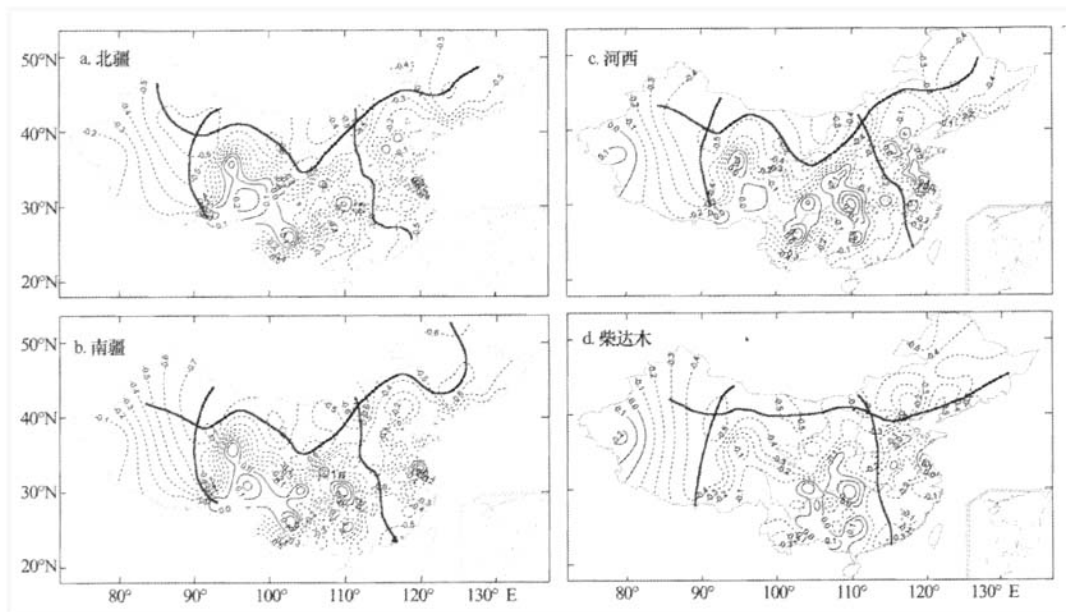


图 1 西北各区 4 月沙尘暴次数与全国 3.2 m 地温的相关场  
(粗实线为负值轴线)

Fig. 1 Correlation coefficients between sandstorm frequency in Northwest and the soil temperature at 3.2 m depth during April in China

## 2 典型强沙尘暴多发年及少发年地温场合成分析

利用周自江等<sup>[3]</sup>给出的 1954—2002 年中国北方典型强沙尘暴事件,选取 4 月强沙尘暴大于或等于 3 次的年份:1958 年、1959 年、1969 年、1971 年、1983 年作为典型强沙尘暴年;小于 1 次的年份:1987 年、1991 年、1995 年、1997 年、1999 年作为典型弱沙尘暴年。将强沙尘暴年或弱沙尘暴年的 4 月份 3.2 m 地温距平作合成分析(图 2)。典型强沙尘暴年(图 2a)沿 40°N 附近、90°E 和 110°—115°E 附近各有负距平轴线出现,与图 1 的结果相呼应,除西南地区东部和东北地区外,全国均为负距平。弱沙尘暴年(图 2b)则恰好相反,全国几乎均为正距平区。由此得出,强沙尘暴年地温为负距平,弱沙尘暴年地温为正距

平,就是说,强沙尘暴年深层地温偏低,弱沙尘暴年地温偏高。因为强沙尘暴发生频次越多,说明强冷空气活动越频繁,那么可能会造成地温偏低。

## 3 强弱沙尘暴降水场的合成分析

很多研究表明<sup>[6-13]</sup>,深层地温与后期降水存在很好的相关。沙尘暴与降水的关系如何?我们仍以上述典型强沙尘暴年和弱沙尘暴年为代表。图 3a, b 分别为强弱沙尘暴年 4 月份的降水距平百分率分布,从图中看到多沙尘暴年我国的两个沙尘暴主要多发区(南疆和河西东部)降水明显偏少。而少沙尘暴年该区降水偏多。

## 4 春季沙尘暴频次多少的预测着眼点

从上述的分析结果看,春季沙尘暴与地气形势、

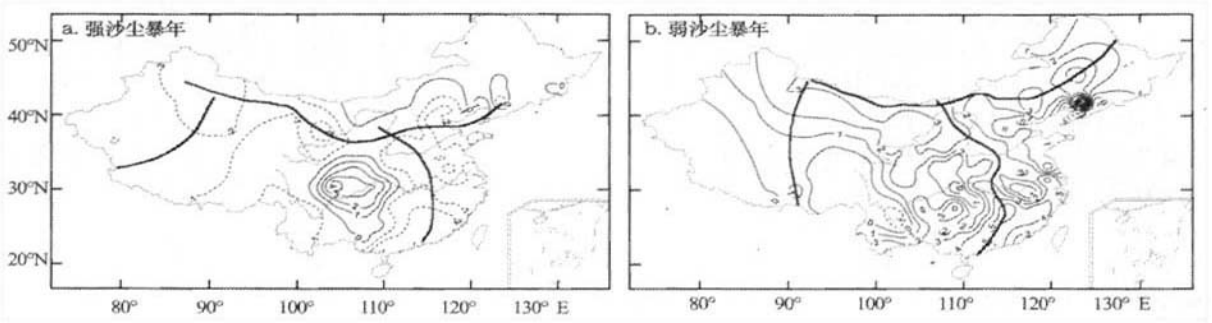


图 2 强弱沙尘暴年 4 月份 3.2 m 地温距平图(单位:0.1℃)

Fig. 2 Distribution of soil temperature anomaly at 3.2 m in April with more or less sand-dust storms

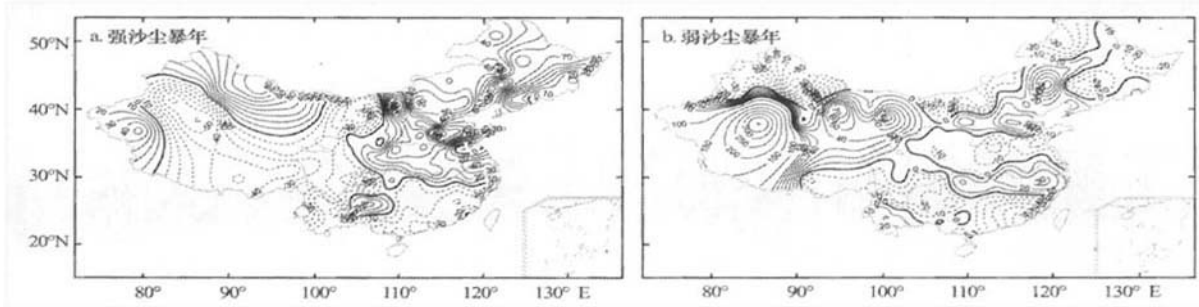


图 3 强弱沙尘暴年 4 月份的降水距平百分率图

Fig. 3 Distribution of precipitation anomaly percent in April with more or less sand-dust storms

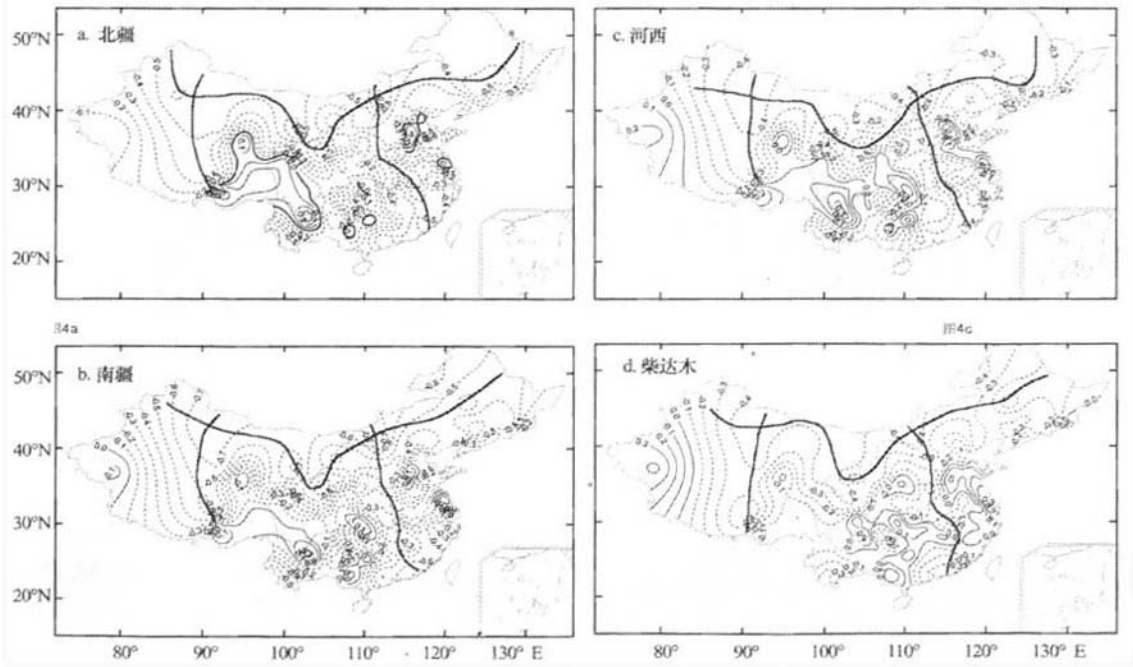


Fig. 4 Correlation coefficients between sandstorm frequency in Northwest and the soil temperature at 3.2 m depth during April in China

降水形势场有很好的相关关系。强、弱沙尘暴年的同期地气形势、降水形势场基本特征差异明显。然而对于沙尘暴的短期气候预测而言,仅仅研究沙尘暴发生的同期地气形势、降水形势场,还远远不能满足实际工作的需要。为此就要研究前期各场的基本特征,有关前期降水与春季沙尘暴的关系陈晓光<sup>[14]</sup>、赵红岩<sup>[15]</sup>等已经做过一些分析;即“沙尘暴少(多)发年前一年夏季及前一年夏季到当年春季累计降水量偏多(少)”。张杰<sup>[16]</sup>、郭锐<sup>[17]</sup>等分析的“冬季降水对次年沙尘多发的春季下垫面土壤湿度、地表粗糙度等特征有一定的影响,对抑制沙尘的发生有一定促进作用”本文对降水场不再赘述。

这里我们用同样的方法计算2月全国3.2 m地温与西北各区春季沙尘暴频次的相关系数,其分布形势见图4,发现其基本特征与图1a—d是一样的,只是信度略低一点。这样为沙尘暴频次的预测打下很好的基础。若冬季特别是2月沿40°N附近有一条准东西向的、沿90°E附近和110°—115°E有一条准南北向地冷涡列活动,则本年沙尘暴偏重,否则,偏轻。

对春季地气形势的预测也可以利用3.2 m地温特别好的稳定性。以民勤为例1月和4月3.2 m地温相关系数高达0.9,这超过了99%的信度(图5)。即使是10月和次年4月的3.2 m地温,也达到了99%的信度。所以在作春季沙尘暴预测时,人们可将冬季的3.2 m地温场作为春季地气形势的第一参考场。

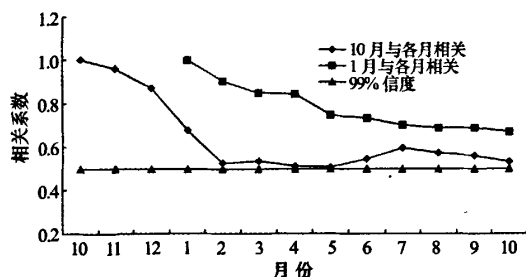


图5 民勤10月和1月3.2 m地温与其后各月的相关系数

Fig. 5 Correlation coefficient curves of soil temperature at 3.2 m in October and January with later months in Minqin

## 5 结论

1)西北各区(北疆、南疆、河西和柴达木)及青藏

区多(少)沙尘暴年的春季地气形势的基本特征是:沿40°N附近为一准纬向地冷(热)涡列;沿90°E和110°—115°E各为一准经向地冷(热)涡列。

2)沙尘暴多发年在沙尘暴高频区春季降水偏少,反之降水偏多。深层地温与沙尘暴的密切关系可作如下解释:深层地温偏高(低)—沙尘暴高频区降水偏多(少)—沙尘暴偏弱(强)。

3)沙尘暴强弱的预测基本上相当于春季地气形势的预测。利用3.2 m地温特别好的稳定性前一年10月到2月的3.2 m地温场,特别是2月地温场可以作为春季地气形势的第一参考场。

## 参考文献(References):

- [1] 史培军,严平,高尚玉,等.我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J].自然灾害学报,2000,9(3):71—77.
- [2] 王式功,王金艳,周自江,等.我国沙尘天气的区域特征[J].地理学报,2003,58(2):193—200.
- [3] 周自江,张国材.中国北方典型的强沙尘暴事件(1954—2002年)[J].科学通报,2003,48(11):1224—1228.
- [4] 叶笃正,丑纪范,刘纪远.关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J].地理学报,2000,55(2):514—521.
- [5] 王劲松,余亚勋,赵建华.中国北方典型强沙尘暴的地面加热场特征分析[J].中国沙漠,2004,24(5):599—602.
- [6] 周秀骥,徐祥瑞,颜鹏,等.2000年春季沙尘暴动力学特征[J].中国科学:D辑,2002,32(4):327—334.
- [7] Tang Maocang, Shen Zhibao. Some basic characteristics of the climate of Qinghai—Xizang Plateau (Beijing) [J]. 1980, 1(2):1563—1568.
- [8] 赵红岩,汤懋苍,杨瑜峰,等.西北区冰雹分布及与地温场的相关分析[J].高原气象,2004,23(6):781—786.
- [9] 汤懋苍,张拥军,李栋梁.短期气候预测地气图方法的7条预报规则[J].高原气象,2005,24(2):218—222.
- [11] 张拥军,汤懋苍,李栋梁.淮河大水的基本原因及预测途径探讨[J].高原气象,2005,24(1):112—116.
- [12] 汤懋苍,张拥军,唐红玉,等.青海省雪灾气候预测的地气图方法[J].高原气象,2005,24(3):315—319.
- [13] 赵红岩,俞亚勋,汤懋苍,等.中国西北区冰雹与地震的相关性分析[J].地球科学进展,2005,20(特刊):177—183.
- [14] 张杰,郭锐,获满泓.西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系[J].中国沙漠,2004,24(5):603—606.
- [15] 陈晓光,赵光平,郑广芬,等.宁夏春季典型沙尘暴年环流特征量分析[J].中国沙漠,2004,24(5):570—575.
- [16] 赵红岩,陈旭辉,王锦稳,等.西北地区春季沙尘暴气候分析及预测方法研究[J].中国沙漠,2004,24(5):637—641.
- [17] 郭锐,张杰,韩涛,等.西北特殊地形与沙尘暴发生的关系探讨[J].中国沙漠,2004,24(5):676—681.

## Correlation Analysis on Soil Temperature Field and Dust-storms in Northern China

ZHAO Hong-yan<sup>1,2</sup>, YANG Yu-feng<sup>1</sup>, LIANG Dong-sheng<sup>2</sup>, TANG Mao-cang<sup>3</sup>,  
ZHANG Ju-ling<sup>1</sup>, LI Dong-liang<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province; Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China; 2. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China; 3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on the meteorological data of representative stations from 1954 to 2003, we analyzed the relationship between sand-dust storms and the soil temperature field at 3.2 m depth and precipitation field. Some conclusions have been obtained: the soil temperature fields showed remarkable differentiation between that in years with more sand-dust storms and that in years with less sand-dust storms; lower soil temperature appeared in more sand-dust storm years, but higher soil temperature appeared in less sand-dust storm years; less sand-dust storms happened in year with more precipitation during April, but more sand-dust storms happened in year with less precipitation during April. It was proved that the soil temperature at 3.2 m had good seasonal continuity, so that soil temperature in winter even in last autumn can be used to forecast the sand-dust frequency during next spring.

**Keywords:** northern China; sand-dust storms; soil temperature field; precipitation field