

文章编号 :1004-4574( 2006 )06-0028-05

# 沙尘暴发生过程中的风速和土壤湿度变化

李 宁<sup>1,3</sup>, 杜子璇<sup>2</sup>, 刘忠阳<sup>2</sup>, 杨慧娟<sup>1</sup>, 吴吉东<sup>1</sup>, 雷 翔<sup>1</sup>

( 1. 北京师范大学 资源学院灾害与公共安全研究所 / 环境演变与自然灾害教育部重点实验室 北京 100875 ;  
2. 河南省气象科学研究所 , 河南 郑州 450003 ; 3. 民政部 / 教育部减灾与应急管理研究院 , 北京 100875 )

**摘要** 利用内蒙古中西部二连浩特、乌拉特中旗和乌海等 3 个地区 2001—2004 年的 6 小时风速风向观测资料和每小时的土壤湿度观测资料, 以及同期的沙尘暴观测数据, 统计研究了在沙尘暴发生季节, 沙尘暴发生过程中风速与土壤湿度的关系和变化特征。结果表明, 内蒙古中西部沙尘暴主要发生在春季, 在这个季节, 沙尘暴的发生主要受西风影响, 沙尘暴发生过程中的风速达到最大, 沙尘暴发生前和发生后风速变化较大, 统计样本中的最大变幅达 12m/s, 统计样本中土壤湿度在沙尘暴发生前达到最小值, 在沙尘暴发生过程中和发生后则没有明显的规律性的变化。土壤湿度是制约沙尘暴发生的较为重要的下垫面要素之一。

**关键词** 沙尘暴; 风速; 土壤湿度; 下垫面

中图分类号 P445<sup>+</sup>.4 文献标识码 :A

## Change of wind speed and soil moisture during occurrence of dust storms

LI Ning<sup>1,3</sup>, DU Zi-xuan<sup>2</sup>, LIU Zhong-yang<sup>2</sup>, YANG Hui-juan<sup>1</sup>, WU Ji-dong<sup>1</sup>, LEI Yang<sup>1</sup>

( 1. Institute of Disaster and Public Security , College of Resources Science and Technology/Key Laboratory of Environment Change and Natural Disaster , Ministry of Education of China , Beijing Normal University , Beijing 100875 , China ; 2. Henan Provincial Meteorological Institute , Zhengzhou 450003 , China ; 3. Acadamy of Disaster Reduction and Emergency Management , Ministry of Civil Affairs/Ministry of Education of China , Beijing 100875 , China )

**Abstract** The characters of wind speed and instantaneous soil moisture content in the occurrence of dust storms are discussed in this paper, by using the wind speed and wind direction files, hourly soil moisture data and the corresponding dust storms data from 2001 to 2004 obtained from the meteorological observation stations of Erleahot, Wu-latezhongqi and Wuhai, in the midwest region of Inner Mongolia. The three districts have level and open terrain, belong in the mid-temperate continental monsoon climate and are windy and cold in winter but hot and dry in summer. The result shows that dust storms mainly occur in spring. The prevailing wind in this season is western wind and the vegetation coverage rate is low in these regions, thus, dust storms occur frequently. When dust storms occur, the wind speed reaches the maximum, and it has a quick variation in the process before and after dust storms occurrence, which have a range of 12m/s in the statistics samples. The soil moisture kept the minimum just before the occurrence of dust storm, and it hasn't obvious regularity variation in this process. Soil moisture is one of the important factors of land surface restricting occurrence of dust storms.

**Key words** 沙尘暴; 风速; 土壤湿度; 土地表面

收稿日期 2006-08-25; 修定日期 2006-10-14

基金项目 国家自然科学重点基金资助项目( 40541001 )

作者简介 李宁( 1958- ), 女, 江苏镇江人, 副教授, 主要从事自然灾害研究。

沙尘暴作为一种灾害性天气,国内外就其发生理论、分异规律及成因进行了深入研究,许多学者也从地貌类型、植被覆盖、遥感监测等方面进行了沙尘暴与下垫面关系的研究<sup>[1-8]</sup>。以往对下垫面因子与沙尘暴关系的研究中,通常利用农业气象站提供的日平均风速数据和旬土壤湿度数据<sup>[11,12]</sup>和沙尘暴发生频率的资料<sup>[13]</sup>。由于沙尘暴发生时间的不确定性和时间尺度的瞬时性,日平均风速和逐旬观测的土壤湿度数据无法与沙尘暴发生的具体时间段相匹配,因此很难建立它们之间相对应的数量关系。本文利用内蒙古中西部二连浩特、乌拉特中旗和乌海3个地区2001—2004年每日6 h时段的风速资料和1 h时段的土壤湿度观测资料,以及同期的气象台站数据,研究在沙尘暴发生季节,沙尘暴发生过程中风速和土壤湿度的变化特征。

## 1 观测站点和数据来源

内蒙古中西部地区是我国沙尘暴多发区,沙尘暴经由这个地区影响北京及华北地区,主要有两条路径,即二连浩特—苏尼特左旗—张家口—北京的北方路径和阿拉善—乌海—准格尔旗—北京的北西北路径,我们在这两条主要路径上选取了二连浩特、乌拉特中旗、乌海作为观测地点,进行土壤湿度、地表温度、气温等的详细观测<sup>[9,10]</sup>。观测站点位置示意图如下:

二连浩特、乌拉特中旗、乌海位于内蒙古自治区中西部,属中干旱地区,其中乌海邻近库布齐沙漠和乌兰布和沙漠。这里冬春季节严寒,风大、沙多,夏季干旱,草原植被以荒漠草原、草原化荒漠为主体,年平均沙尘暴日数为5~11 d/a;尤其春季,降水量少,大风日数占全年大风日数的60%~80%,地面蒸发量大,土壤湿度小,加上地表风蚀沙化严重,植被覆盖度低,这些为沙尘暴的频繁发生提供了合适的下垫面条件。

本文研究所用的沙尘暴发生时间、持续时间、风向、风速数据来源于二连浩特、乌拉特中旗、乌海3个地区的地面观测站。逐小时土壤湿度数据来源于在这3个地区设置的土壤湿度自动观测仪,仪器为ADR土壤含水量计(UIZ-SM-2X),安放在当地气象站的气象观测场内,探测深度为0~10 cm,数据获取的时间间隔为1 h,获得的土壤湿度为土壤体积含水百分率,即 土壤湿度=[土壤含水体积( $m^3$ )/土壤总体积( $m^3$ )]×100%。

## 2 沙尘暴发生季节

本文利用全国726个气象站点1961—2000年的气象资料,提取出内蒙古中西部地区53个气象站点全年和春季沙尘暴日数进行对比可以看出,内蒙古中西部地区沙尘暴主要发生在春季以及春夏之交季节,尤以3—5月最为集中。40 a来发生在春季的沙尘暴日数占全年沙尘暴日数的45.24%~90.67%,其中二连浩特地区有12 a、乌拉特中旗20 a沙尘暴完全发生在春季。

造成3个地区春季为沙尘暴多发季节的原因是:二连浩特地区属于冷空气通道,多西风和西北风,年平均风速在4.1 m/s以上,大风( $\geq 17.2 \text{ m/s}$ )日数多集中在春季,约占全年总大风日数的60%~80%,这是形成沙尘暴必需的动力条件和不稳定的天气形式;再者二连浩特、乌拉特中旗、乌海地区为荒漠草原,春季植被覆盖度差,降水稀少,空气湿度小,气候干燥,春季解冻后地表疏松,地表颗粒物较为破碎,这为沙尘暴的形成提供了物质条件,尤其是乌海地区,位于沙漠附近,有丰富的沙源,这样的下垫面条件,易于促进沙尘暴的发生。

## 3 沙尘暴发生过程中风速和土壤湿度的变化特征

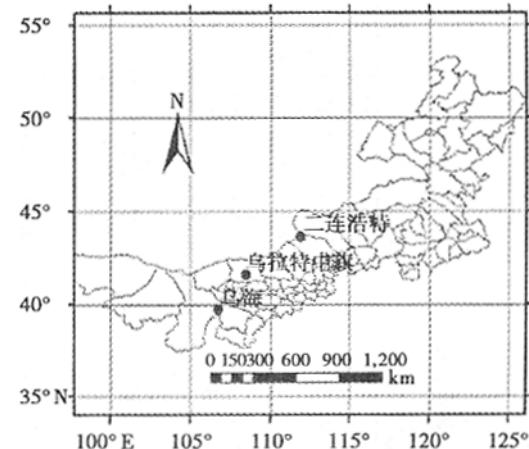


图1 观测站点示意图

Fig. 1 Location of the observation stations

<sup>1</sup> 收稿日期:2007-03-05;修回日期:2007-05-05;基金项目:国家自然科学基金(40561022);作者简介:李宁(1975—),男,内蒙古人,硕士,工程师,主要从事风能资源评价与风力发电系统设计工作。

土壤湿度的变化情况,本文选取以上观测点在2001–2004年春季发生的83次有扬沙和沙尘暴发生过程中自行观测得到的1 h土壤湿度数据和当地气象观测站观测得到的6 h风速资料,研究沙尘暴发生过程中风速和土壤湿度的变化特征。

### 3.1 风速变化特征

沙尘暴发生过程中,受大气、风速和下垫面条件的影响,复杂多变,且沙尘暴持续的时间相对较短,难以确切了解该过程中各因子的变化情况。大风是形成沙尘暴天气的3个必备条件之一,它为沙尘暴的发生提供动力条件,同时也影响沙尘暴的强度,如果沙尘暴发生时瞬时风速越大,就越容易卷起地面沙粒,形成的沙尘暴程度就越严重,同时大风本身也具有强大的致灾力量,因此有必要对沙尘暴发生过程中风速的变化情况进行研究。

首先对83次有扬沙和沙尘暴的日风向(4次/日,即02 00 08 00,14 00 20 00)进行统计。在这83次扬沙和沙尘暴天气中,选取沙尘暴多发季节(春季)有沙尘暴发生、持续时间和气象因素完整记录的24次沙尘暴过程(按时间顺序排列)作为研究样本。在沙尘暴发生过程中,风速的变化情况如图2所示。

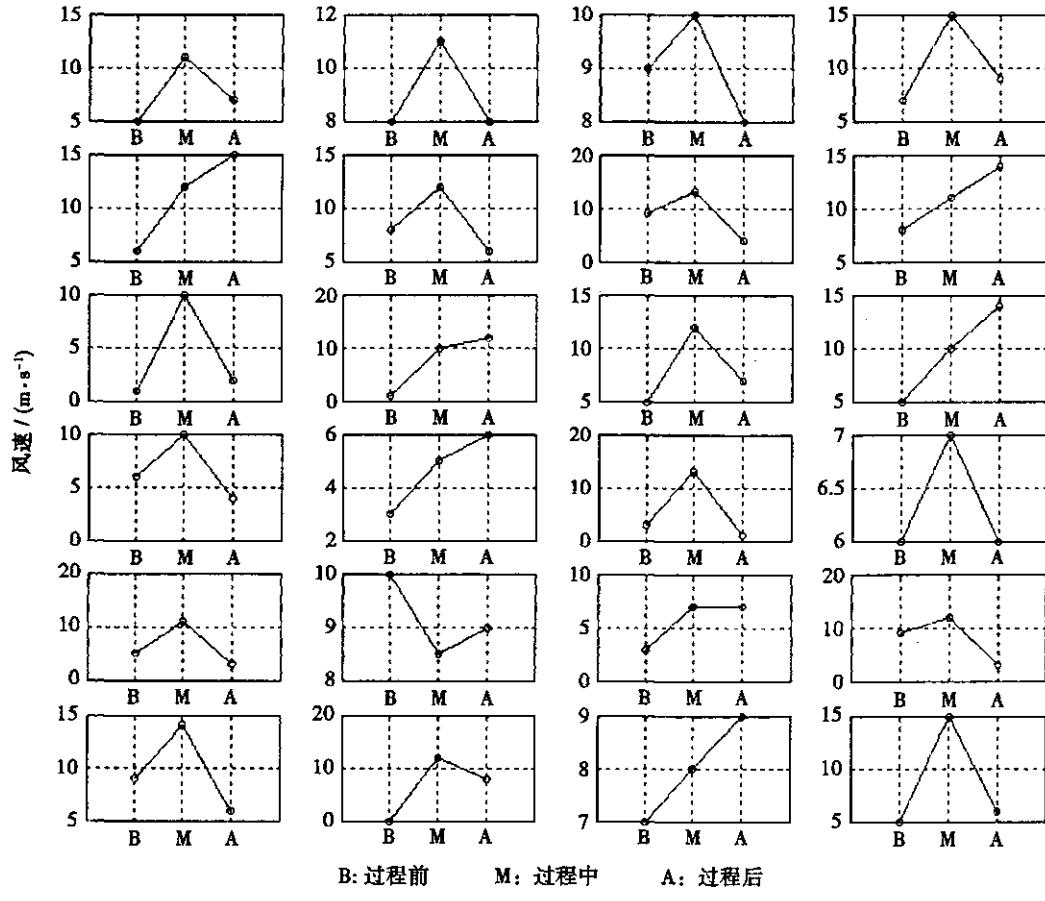


图2 沙尘暴发生过程前、中、后6 h时段的风速变化

Fig. 2 Variation of wind speed in 6 h period pre - mid - and post - dust storms

图2中横坐标为沙尘暴发生过程的3个时段,即发生前、发生中和发生后的6 h时段,分别用B,M,A表示,纵坐标为瞬时风速,即沙尘暴发生过程前一时间段风速、发生过程中风速和发生后一时间段风速。

从图2中24次沙尘暴发生过程看出,发生过程中的风速比发生前后时段风速大的占总次数的70.83%,发生后一时间段风速大的占25%,发生前一时间段风速大的仅占4.17%,由此可见,沙尘暴发生过程中,风速达到最大值,且沙尘暴发生过程中风速与发生前、后时段风速相比有较为迅速的变化,其变化幅度最大达12 m/s。由于在沙尘暴发生时大风的持续时间要大于沙尘暴过程的持续时间,即沙尘暴过后风速仍较大。

### 3.2 土壤湿度变化特征

土壤湿度是衡量地面上土壤湿润程度的一个重要指标,同时也是反映下垫面状况的一个重要因子,土壤湿度的大小影响土壤颗粒的粘度和张力的大小,从而影响土壤质地的松散程度,在沙尘暴发生过程中,可以影

响地表颗粒物是否能被风吹起,进而影响沙尘暴强度。图3是24次沙尘暴过程中土壤湿度的变化情况,为了更好的反映土壤湿度在沙尘暴发生过程中的变化,本文选取沙尘暴发生时段内所对应的以1h为时间单位的土壤湿度数据(若沙尘暴发生时间超过1h则取发生时间内的平均值),为了解沙尘暴发生前和发生后的土壤湿度的变化情况,同时统计了沙尘暴发生前后各1h的土壤湿度。

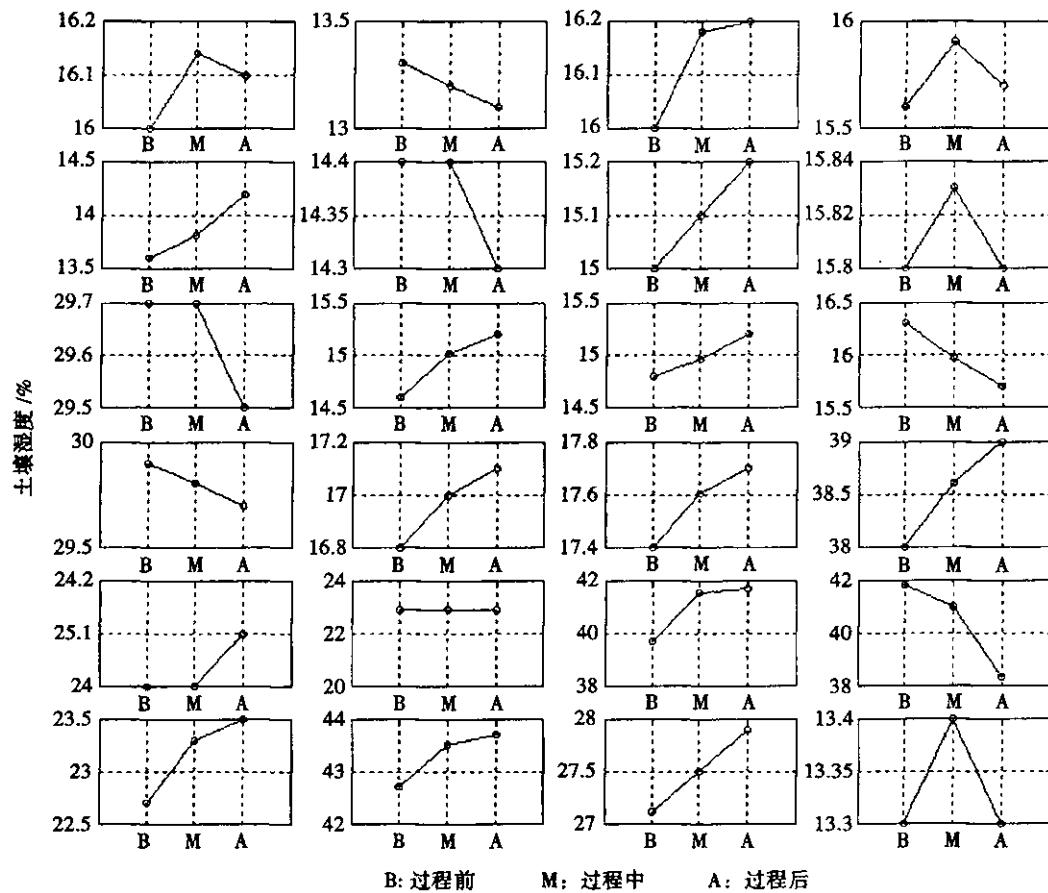


图3 沙尘暴发生前、中、后1h时段的土壤湿度变化

Fig. 3 Variation of soil moisture in 1 h duration pre - mid - and post - dust storms

图中横坐标为沙尘暴发生的3个过程,即发生前1h、发生过程中和发生后1h,分别用B,M,A表示;纵坐标为瞬时土壤湿度,即沙尘暴发生过程前1h土壤湿度、发生过程中土壤湿度和发生过程后1h土壤湿度。

在24次沙尘暴过程中,沙尘暴发生前1h土壤湿度较发生过程中的土壤水度低的占统计样本的70.83%,沙尘暴发生后1h土壤湿度较发生过程中的土壤湿度低的占41.67%,即发生沙尘暴时土壤湿度并未达到最低值。沙尘暴发生前的土壤湿度比发生过程后的土壤湿度低的占统计样本的62.5%。

图3说明,土壤湿度的最低值出现在沙尘暴发生之前,该24次沙尘暴过程来临时有3次过程伴随有冷锋降水,降水量在0.3~4.5mm不等,沙尘暴结束后,由于风力和降水的作用,出现土壤湿度降低或者升高的现象。

## 4 结论和讨论

本文通过对内蒙古中西部地区2001~2004年沙尘暴发生过程中瞬时风速和土壤湿度的研究,得出以下结论:内蒙古中西部地区沙尘暴主要发生在春季,沙尘暴发生时,主要受西风的影响。与沙尘暴发生前和发生后的风速相比,沙尘暴发生过程中的风速达到最大值,且沙尘暴发生过程中的风速与沙尘暴发生前、后的风速有较为迅速的变化,统计样本中的最大变化幅度达12m/s。除伴随有冷锋降水的沙尘暴过程外,土壤湿度在沙尘暴发生前达到最小值,但沙尘暴发生过程前后土壤湿度值没有明显规律性的变化。

由于观测条件的限制,本文中风的观测资料只采用了国家气象站的6 h平均风速,其结论存在由于土壤水分与风速的时间尺度不同导致的二者变化规律不太明显的现象。作者拟采用匹配数据进行进一步对比分析。另外,沙尘暴过程中伴随的冷锋降水也是产生土壤湿度在天气过程中的变化规律不明显的另一影响因素。

## 参考文献:

- [1] 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[J].地理学报,2001,56(3):316-322.
- [2] 张晓龙,张艳芳,赵景波.近年来中国沙尘暴发生特点、成因及其防治对策[J].干旱区资源与环境,2001,15(3):31-36.
- [3] 潘耀忠,范一大,史培军,等.近50年来中国沙尘暴空间分异格局及季相分布—初步研究[J].自然灾害学报,2003,12(1):1-8.
- [4] 顾卫,蔡雪鹏,谢锋,等.植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨——以内蒙古中西部地区为例[J].地球科学进展,2002,17(2):273-277.
- [5] Tao Gao, Lijuan Su, Qingxia Ma, et al. Climatic analyses on increasing dust storm frequency in the spring of 2000 and 2001 in Inner Mongolia [J]. International Journal of Climatology, 2003, 23: 1743-1755.
- [6] 顾卫,蔡雪鹏,李彭俊,等.内蒙古中西部地区沙尘暴日数分布的地貌特征[J].自然灾害学报,2003,12(4):131-136.
- [7] 全林生,时少英,朱亚芬,等.中国沙尘天气变化的时空特征及其气候原因[J].地理学报,2001,56(4):477-485.
- [8] 赵景波,杜娟,黄春长.沙尘暴发生的条件和影响因素[J].干旱区研究,2002,19(1):58-62.
- [9] 杜子璇,李宁,顾卫,等.二连浩特地区土壤湿度变化特征及其与沙尘暴关系的初步研究[J].干旱区地理,2005,28(4):501-505.
- [10] 李宁,顾卫,谢锋,等.土壤含水量对沙尘暴的阈值反应—以内蒙古中西部地区为例[J].自然灾害学报,2004,13(1):44-49.
- [11] 柏晶瑜,施小英,于淑秋.西北地区东部春季土壤湿度变化的初步研究[J].气象科技,2003,31(4):226-23.
- [12] Ding R G, Li J P, Wang S G and Ren F M. Decadal change of the spring dust storm in northwest China and the associated atmospheric circulation [J]. Geophysical Research Letters, 2005, 32, L02808, doi:10.1029/2004GL021561.
- [13] Engelstaedter S, Kohfeld K E, Tegen I and Harrison S P. Controls of dust emissions by vegetation and topographic depressions an evaluation using dust storms frequency data [J]. Geophysical Research Letters, 2003, 30(6):1294.