

内蒙古化德县 2008 年沙尘天气状况研究

苏日古格¹, 谷雨², 刘瑞香¹, 武靖¹

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古自治区环境监测中心站, 呼和浩特 010011)

摘要: 本文以化德县 2008 年 3-5 月的空气总悬浮颗粒物浓度及气象因素的监测数据为依据, 分析沙尘天气状况, 同时采用相关分析法对 TSP 浓度与各气象因素之间的相关关系进行分析。结果表明: 根据空气总悬浮颗粒物浓度的沙尘天气分级标准, 化德县 2008 年 3-5 月共发生 8 次沙尘天气, 其中浮尘天气发生了 4 次, 占 50%; 扬沙天气发生 3 次, 占 37.5%; 沙尘暴只发生了 1 次, 占 12.5%。从沙尘天气发生的频率来看, 5 月最高, 3 月次之, 4 月最低。TSP 浓度与气压和降水量呈负相关, 与气温和风速呈正相关, 且与气压和风速的相关性显著。3 月和 5 月的 TSP 浓度主要受气温影响, 4 月受风速和降水的共同影响。

关键词: 沙尘天气; TSP; 气象因素; 相关分析; 化德县

中图分类号: X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-0370 (2011) 10-0124-05

The study of dust weather condition in 2008 Inner Mongolia HuaDeXian

Suriguge¹, Gu Yu², Liu Ruixiang¹, Wu Jing¹

(1. Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot 010010; 2. Inner Mongolia Environmental Monitoring Station, Hohhot 010011)

Abstract: Based on the observational data of the concentration of particulates in the air and meteorological elements for March, April and May of 2008, the paper studied the conditions of sand-dust events in Huade. Using the method of correlative analysis, the correlation between the concentration of TSP and meteorological elements was analyzed. The results showed that: according to the classification of sand-dust event basic on the concentration of TSP, sand-dust events occurred eight times in Huade, including four times floating-dust, three times blowing-dust and only once sandstorm, accounting for 50%, 37.5% and 12.5% respectively. Most of them occurred in May. The concentration of TSP had a significantly positive correlation with the wind speed, and significantly negative correlation with the pressure. But the positive correlation with the temperature and negative correlation with the precipitation were weak. In March and May, the concentration of TSP was mainly influenced by temperature, while the wind speed and precipitation were both important factors in April.

Key words: dust weather; TSP; meteorological elements; correlation huade

沙尘暴是一种危害极大的灾害性天气。国外从 20 世纪 20 年代就开始了沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策方面的研究。我国从 70 年代开始对沙尘暴天气进行研究, 自 1993 年 5 月 5 日我国西北地区的特强沙尘暴天气发生后, 引起了我国政府和科学工作者们的高度重视, 有力地推动了沙尘暴研究的广泛开展^[1]。

近年来, 尤其是 2000 年以来, 国内外对于我国沙尘暴开展了广泛的研究。这些研究主要集中在沙尘暴天气动力学特征分析、天气气候特征、天气学诊断分析、卫星云图监测分析、沙尘数值模式研究、沙尘暴路径分析、以及沙尘暴灾害评估等方面。这些研究都是从大的范围和角度来进行的, 在对于大风、扬沙、沙尘暴天气的研究, 主要还是局限在扬沙、沙尘暴的变化趋势, 以及简单的分析了气候特点和防治方法上。对于扬沙、沙尘暴天气的变化趋势及突变的分析, 气候因子对沙尘暴频率的影响, 以及扬沙、沙尘暴的预报方法的研究还没有^[1]。

关于沙尘天气的定义, 不同地区或国家有不同的定义。中国的学者把沙尘暴和沙尘暴合起来通称沙尘暴^[2]。世界气象组织 (WMO) 的规定和地面观测规范 (2003), 将沙尘天气分为浮尘、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴四类。定义如下: 浮尘: 尘土、细沙均匀地浮游在空中, 使水平能见度小于 10 公里的天气现象; 扬

沙: 风将地面尘沙吹起, 使空气相当混浊, 水平能见度在 1-10 公里以内的天气现象; 沙尘暴: 强风将地面大量尘沙吹起, 使空气很混浊, 水平能见度小于 1 公里的天气现象; 强沙尘暴: 大风将地面尘沙吹起, 使空气非常混浊, 水平能见度小于 500 米的天气现象^[2]。

对沙尘暴强度的等级划分, 一般采用风速和能见度两个指标。但根据现在新的观测资料 (TSP, PM₁₀ 等), 又出现了以颗粒物浓度为指标的沙尘天气分级法^[2]。

基于以颗粒物浓度为指标的沙尘天气分级方法, 往往利用监测到的空气总悬浮颗粒物 (TSP) 和 PM₁₀、PM_{2.5} 等数据来研究某地的沙尘天气状况。空气总悬浮颗粒物 (TSP) 指悬浮在空气中, 空气动力学直径 $\leq 100\mu\text{m}$ 的颗粒物, 它是大气气溶胶的组成部分, 影响云雨的形成和污染物控制对策的制定; PM₁₀ 是 TSP 中, 空气动力学直径 $\leq 10\mu\text{m}$ 的颗粒物, 被国际标准化组织称为可吸入颗粒物^{3,4}; PM_{2.5} 则是指大气中直径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 的颗粒物, 也称为可入肺颗粒物。大气气溶胶中 PM_{2.5} 的粒径较小而表面积大, 因此可以在空气中长时间滞留, 通过吸附有毒重金属、酸性物质、有机污染物、细菌和病毒等, 对人类健康造成影响。PM_{2.5} 可以通过呼吸道, 沉积在肺泡, 引起各种呼吸系统疾病。因此, 气溶胶粒径为 2.5 μm 成为当前气溶胶研究的重点之

一,是观测大气气溶胶的一个重要参数^[5]。

强劲的风力、丰富的沙尘源和不稳定的空气是形成沙尘暴的主要因素^[6]。沙尘天气的发生,一般需要有足够强劲持久的风力(风速 $\geq 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和地面丰富的松散干燥的沙源。张莉等的研究也表明,风的动力条件($\geq 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)是沙尘天气过程发生和传播的决定因素^[7]。

沙尘暴天气的发生,不仅给人民的生命财产造成威胁,而且还造成严重的环境污染。同时它还对全球的生态环境平衡和气候变化有着极其重要的影响。沙尘暴天气的发生发展及其所带来的环境和气候效应已经成为一个全球性的科学问题^[8]。

化德县属乌兰察布市后山地区,盛行西北风,风能资源丰富,有利于形成沙尘天气。化德县境内草场面积所占比重较大,属于半农半牧区。为减少沙尘天气对该县生态环境及经济状况的影响,对该区域的沙尘天气的研究具有十分重要的意义。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

化德县位于内蒙古自治区中部,地处乌兰察布市北部。境内平均海拔 1500 米,全县总面积 2568 平方公里,全县总人口 16 万人,年平均气温 2.2℃,降雨量 330mm,无霜期 105 天。

化德县地处内蒙古强风带,受蒙古和西伯利亚冷高压对流影响,盛行西北风,气流流经时有明显的加速效果,在全区乃至全国属风能丰富的地区,丰富区覆盖全县,且具有稳定度高、连续性好的特点。经安装测风塔测量,70 米高度平均风速在 7.9m/s 以上。

境内天然草场总面积 2 004 159 亩,占土地总面积的 52%。丘陵干草原各乡镇均有分布,面积大,利用率高,属主要草场类型,海拔高度 1 250~1 475 米,总面积 1 189 187 亩,占全县草场总面积的 59.33%。

1.2 研究方法

1.2.1 颗粒物浓度测定方法 测定总悬浮颗粒物(TSP)和可入肺颗粒物(PM_{2.5}),国内外广泛采用滤膜捕集-重量法^[9]。原理为用抽气动力抽取一定体积的空气通过已恒重的滤膜,这空气中的悬浮颗粒物被阻留在滤膜上,根据采样前后滤膜重量之差及采样体积,即可计算 TSP 和 PM_{2.5} 的浓度。

在对 TSP 进行采样时,根据采样前后滤膜质量之差及采样体积,计算总悬浮颗粒物的浓度,即总悬浮颗粒物含量 C(mg/m³)。

$$CTSP = (W_1 - W_2) / V$$

式中: W₁ -- 采样后滤膜重量(mg);

W₂ -- 采样前滤膜重量(mg);

V -- 采样总体积(m³)

PM_{2.5} 的采样方法与 TSP 的采样方法相同。

1.2.2 统计分析方法 两个随机变量之间的关系密切程度可以通过计算相关系数来进行分析^[5]。设有两个样本量为 n 的变量:

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

$$y_1, y_2, \dots, y_n$$

它们之间的相关系数的计算公式为:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

相关系数 r 的取值为 -1.0~1.0。当 r>0 时,表明两个变量之间为正相关,值越接近 1.0,正相关越显著;当 r<0 时,表明两个变量之间为负相关,值越接近 -1.0,相关越显著。对于两个气候变量之间的相关是否显著,即相关系数的值达到多相关系数是根据要素之间的样本值计算出来,它随着样本数的多少或取样方式的不同而不同,因此它只是要素之间的样本相关系数,只有通过检验,才能知道它的可信度。检验是通过在给定的置信水平下,查相关系数检验的临界值表来实现的。

所谓相关检验,其实就是两个变量间的总体相关系数 ρ 为 0 的假设是否显著。对于自由度为 n-2,给定显著性水平 α,查检验相关系数 ρ=0 的临界值表,公式的意思是当所计算的相关系数 r 的绝对值大于在 α 水平下的临界值 r_α 时,两要素不相关的可能性只有 α。

1.3 沙尘天气分级标准

本文所采用的是由万本太等人根据近年来沙尘天气监测中的颗粒物浓度和能见度资料,选取了 59 次系统性沙尘天气,146 个 PM₁₀ 浓度数据和 275 个 TSP 浓度数据,提出的基于沙尘浓度的沙尘天气分级标准^[10],具体见表 1。

表 1 基于颗粒物浓度的沙尘天气分级(单位: mg/m³)

沙尘天气分级	TSP 浓度限值(小时值)
浮尘	1.0≤TSP<2.0
扬沙	2.0≤TSP<5.0
沙尘暴	5.0≤TSP<9.0
强沙尘暴	≥9.0

2 结果与分析

2.1 TSP 和 PM_{2.5} 浓度分析

2.1.1 TSP 浓度变化 根据化德县 2008 年春季空气总悬浮颗粒物浓度的监测数据,可以得到该地区 TSP 浓度的日变化曲线图如下,

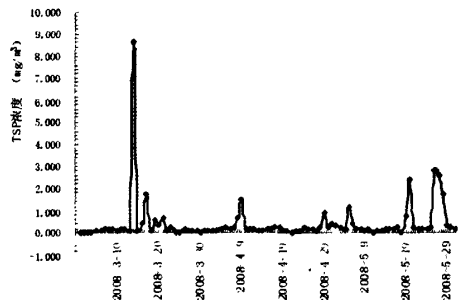


图 1 化德县 2008 年 3~5 月 TSP 浓度日变化曲线

由图 1 可以看出,化德县 2008 年 3~5 月期间,TSP 的浓度值在 0.027~8.585mg/m³ 之间波动。最低值 0.027mg/m³ 出现在 3 月 25 日,最高值 8.585mg/m³ 出现在 3 月 14 日。虽然两个

最大值均出现在3月,但从下表中统计的TSP浓度日均值的月变化来看,日均值以5月份最高,3月份次之,4月份最低。

按照国家空气质量二级标准,TSP日均值应为0.30mg/m³,化德县2008年3-5月的TSP日均值的超标倍数分别为1.28、1.19和1.92倍,超标天数分别为6天、3天和10天。

表2 化德县2008年3-5月TSP月变化

月份	3月	4月	5月
TSP浓度日均值(mg/m ³)	0.385	0.357	0.576
超标倍数	1.28	1.19	1.92
超标天数	6	3	10

注:TSP的标准采用的是我国国家环境空气质量二级标准,日均值为0.300mg/m³

2.1.2 PM_{2.5}浓度变化 根据化德县2008年春季颗粒物浓度的监测数据,可以得到该地区PM_{2.5}浓度的日变化曲线图如下,

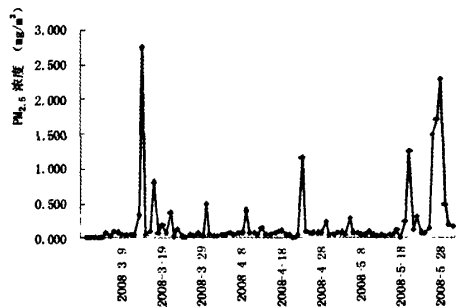


图2 化德县2008年3~5月PM_{2.5}浓度日变化曲线

由图2可以看出,化德县2008年3-5月期间,PM_{2.5}的值在0.005-2.733 mg/m³之间波动。两个最大值出现的日期与TSP浓度最大值出现的日期相同,最低值0.005mg/m³出现在3月25日,最高值2.733mg/m³出现在3月14日。此外,PM_{2.5}浓度值的月变化趋势也与TSP的相同,5月份最高,3月份次之,4月份最低。

表3 化德县2008年3-5月PM_{2.5}月变化

月份	3月	4月	5月
PM _{2.5} 浓度日均值(mg/m ³)	0.223	0.120	0.328

2.2 沙尘天气状况

根据化德县2008年春季空气总悬浮颗粒物浓度的监测数据,根据TSP浓度的沙尘天气分级标准可知,2008年春季(3月1日~5月31日),化德县共有8次典型的沙尘天气过程。其中3月17日、4月9日、5月5日和28日四次为浮尘天气,5月20日、26日和27日为扬沙天气,3月14日为典型的沙尘暴天气。在发生的沙尘天气类型中,以浮尘天气为主,共发生了4次,占到50%;扬沙天气发生3次,占37.5%;沙尘暴只发生了1次,占12.5%。

就沙尘天气发生的月际分布来看,5月份发生频率最高,为16.13%,共出现5次沙尘天气过程;3月次之,发生频率为6.45%,共出现3次沙尘天气过程,包括春季惟一的一次沙尘暴;4月频率最低,为3.33%。

2.3 沙尘天气的影响因素

本文利用已有的空气总悬浮颗粒物浓度以及气象因素的监测数据,研究化德县2008年3-5月期间的TSP浓度与气象因素之间的相关关系,进行统计分析,结果如表6所示。

表4 化德县2008年3~5月典型沙尘天气过程

日期	3月14日	3月17日	4月9日	5月5日	5月20日	5月26日	5月27日	5月28日
TSP浓度(mg/m ³)	8.585	1.713	1.494	1.140	2.385	2.853	2.538	1.743
沙尘天气类型	沙尘暴	浮尘	浮尘	浮尘	扬沙	扬沙	扬沙	浮尘

表5 化德县2008年3~5月沙尘天气发生频率

月份	3月	4月	5月	合计
沙尘日数(天)	2	1	5	8
频率	6.45%	3.33%	16.13%	8.70%

表6 化德县2008年3-5月TSP浓度与气象因素的相关系数

	气温	气压	风速	降水量	临界值(5%)
3月	0.424	-0.068	0.161	-0.358	0.381
4月	-0.227	0.064	0.412	-0.425	0.361
5月	0.587	0.048	0.281	-0.272	0.355
3-5月	0.131	-0.246	0.326	-0.029	0.217

2.3.1 TSP浓度与气温的相关分析 化德县2008年春季的平均气温为9.9℃,3-5月各月的平均温度分别为6℃、11℃和14℃。通过观察3-5月期间的环境温度日变化曲线可以发现,发生沙尘天气当日的气温与前后日相比,处于升温过程中,或刚结束升温。前期持续增温为沙尘暴的发生提供了有利的热力条件,下垫面温度较高,有利于激发局地干对流天气的发

展,利于风力加大。同时由于温度的上升,使地表干燥,降低了土壤粘聚力,为沙尘天气的形成提供了丰富的物质基础。沙尘暴结束后,气温出现下降。

将该地区2008年3-5月份的TSP浓度值与气温做相关分析,计算出两者的相关系数r值为0.131,为正相关关系。对该相关系数,自由度为84,在显著性水平为0.05上,查相关系

数 $\rho=0$ 的临界值表可知, $r_{0.10}=0.217$ 。因为 $|r|=0.131<0.217$, 所以 TSP 浓度值与环境温度之间的相关性并不显著。

分别计算各月的 TSP 浓度值和气温的相关系数发现, 3 月和 5 月的 TSP 浓度与同期的气温呈较好的正相关关系, 相关系数分别为 0.424、0.587。受到冬季长时间的干燥和冻结, 3 月春季开始气温回暖, 解冻后地表土质变得疏松, 再加上地面植被稀疏, 一旦有大风等动力条件极易起沙。而 4 月的 TSP 浓度与同月气温呈不显著的负相关关系, 相关系数为 -0.227。

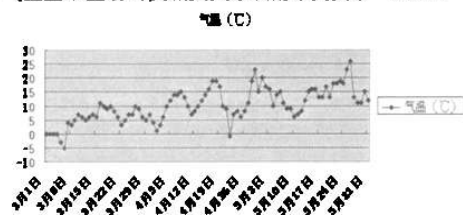


图3 化德县 2008 年 3~5 月气温日变化曲线

2.3.2 TSP 浓度与气压的相关分析 化德县 2008 年春季的气压平均值为 84.8 Kpa, 3~5 月各月的平均气压值分别为 85.0 Kpa, 84.8 Kpa 和 84.6 Kpa。通过观察 3~5 月期间的大气压日变化曲线可以发现, 发生沙尘天气前后几日的的气压较不稳定, 在沙尘天气来临时, 地面维持低气压, 沙尘暴过后, 气压涌升随后迅速降低再回升, 形成“气压鼻”现象。气压的反复变化使大气的的不稳定度增大, 易产生对流, 形成大风, 有利于沙尘天气的发生。

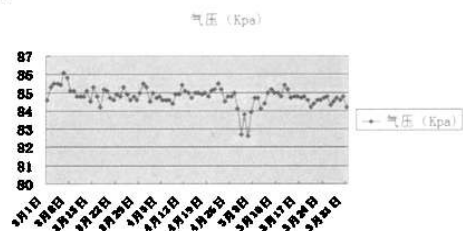


图4 化德县 2008 年 3~5 月气压日变化曲线

将该地区 2008 年 3~5 月份的 TSP 浓度值与气压值做相关分析, 计算出两者的相关系数 r_p 值为 -0.246, 为负相关关系。对该相关系数, 自由度为 84, 在显著性水平为 0.05 上, 查相关系数 $\rho=0$ 的临界值表可知, $r_{0.10}=0.217$ 。因为 $|r_p|=0.246>0.217$, 所以 TSP 浓度值与气压之间的相关性显著。

分别计算各月的 TSP 浓度值和气压的相关系数发现, 4 月和 5 月的 TSP 浓度与同期的气压的正相关关系不显著, 相关系数分别为 0.064、0.048, 而 3 月的 TSP 浓度与同月气压呈不显著的负相关关系, 相关系数为 -0.068。

2.3.3 TSP 浓度与风速的相关分析 化德县 2008 年春季的平均风速为 3.8 m/s, 3~5 月各月的日平均风速分别为 3.5 m/s、4.0 m/s 和 4.0 m/s。通过观察 3~5 月期间的环境温度日变化曲线可以发现, 发生沙尘天气当日的日均风速与前后日相比较。风速越大, 地表的沙尘物质越容易被吹起, 易形成沙尘天气。

将该地区 2008 年 3~5 月份的 TSP 浓度值与风速做相关分析, 计算出两者的相关系数 r_s 值为 0.326, 为正相关关系。对

该相关系数, 自由度为 84, 在显著性水平为 0.05 上, 查相关系数 $\rho=0$ 的临界值表可知, $r_{0.10}=0.217$ 。因为 $|r_s|=0.326>0.217$, 所以 TSP 浓度值与风速之间的相关性显著。虽然风速的增加可以使气体分子的扩散加快, 但是当风速达到一定程度时, 风速越大, 地面沙尘被吹起的就越多, 而其中的一些大颗粒物会长时间悬浮在大气中, 其影响比扩散作用大。因此, 总体来看风速的增加会使 TSP 浓度上升。

分别计算各月的 TSP 浓度值和风速的相关系数发现, 3 个月的 TSP 浓度与同月的风速的均为正相关关系, 相关系数分别为 0.161、0.412 和 0.281, 其中 4 月的 TSP 浓度与同月风速的相关关系显著。

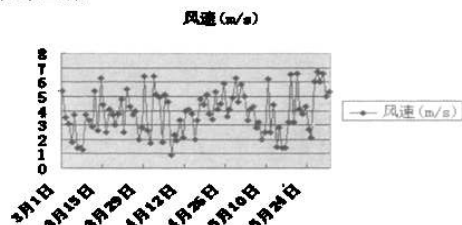


图5 化德县 2008 年 3~5 月风速日变化曲线

2.3.4 TSP 浓度与降水量的相关分析 化德县 2008 年春季的平均降水量为 0.6 mm, 3~5 月各月的月平均降水量分别为 0.1 mm、1.4 mm 和 0.3 mm。8 次沙尘天气中, 仅有 5 月 26 日的日均降水量在 2.0 mm, 其他 7 天内的都没有出现降水。在发生沙尘天气最少的 4 月降水量最大。降水对沙尘天气的抑制作用主要体现在: 由于降水量的增加, 沙粒间的粘聚力会增大, 致使沙尘的起沙风速加大, 同时降水还可以对空气中的沙尘粒子起到清除作用。此外, 春季降水偏多时, 地面植被恢复快, 也相应抑制了沙尘天气。

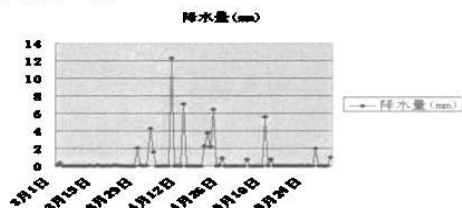


图6 化德县 2008 年 3~5 月降水量日变化曲线

将该地区 2008 年 3~5 月份的 TSP 浓度值与降水量做相关分析, 计算出两者的相关系数 r_m 值为 -0.029, 为负相关关系。对该相关系数, 自由度为 84, 在显著性水平为 0.05 上, 查相关系数 $\rho=0$ 的临界值表可知, $r_{0.10}=0.217$ 。因为 $|r_m|=0.029<0.217$, 所以 TSP 浓度值与降水量的相关性不显著。

分别计算各月的 TSP 浓度值和降水量的相关系数发现, 3 个月的 TSP 浓度与同期的降水量的均为负相关关系, 相关系数分别为 -0.358、-0.425 和 -0.272, 其中 4 月的 TSP 浓度与同月降水量的相关关系显著。

3 结论与讨论

3.1 结论

3.1.1 基于以空气总悬浮颗粒物 (TSP) 浓度值为指标的沙尘天气分级法, 化德县 2008 年 3~5 月期间共发生 8 次沙尘天气,

其中浮尘天气4次、扬沙天气3次、沙尘暴天气1次。

3.1.2 化德县2008年3-5月期间,沙尘天气的频率以5月最高,3月次之,4月最低。

3.1.3 化德县2008年3-5月期间TSP浓度值与气温、风速呈正相关,与气压、降水量呈负相关,且与气压和风速的相关性显著,与气温和降水量的相关性不明显。

3.1.4 各月分别来看,化德县2008年3月和5月的TSP浓度主要受气温影响,4月受风速和降水的共同影响。

3.2 讨论

由于沙尘天气是气候要素和地表状况共同作用的产物,而地表(下垫面)状况的变化还会引起天气气候的变化。地表状况在沙尘天气的发生发展中起着至关重要的作用,作为沙尘暴发生发展必须考虑的条件之一,对地表状况的研究也就显得十分必要。已有研究表明,沙尘天气的发生与地表植被覆盖率的减少有关^[11]。还有研究指出地表植被的年变化和积雪是影响沙尘等灾害性天气发生的最主要的地表特征^[11]。

我国北方地区干旱和暖冬现象日益加剧,加之不合理的人为活动的干扰,造成了大面积植被的破坏,加剧沙化、水土流失、土壤次生盐渍化和土壤物理性质的恶化。荒漠化正在加速蔓延和扩展是强沙尘暴灾害频繁发生的主要原因^[12]。同时,春季该地区冷空气频繁,大风频发。前冬降水稀少,春季气温逐渐回升,而植被还未完全形成,地表水分大量蒸发,地表土壤干燥、疏松,沙尘极易被大风吹起^[7],细颗粒级物质较多,易成为沙尘来源。因此,植被状况对沙尘暴的发生、发展有重大影响。

由沙尘天气的定义可知,沙源是产生沙尘天气的必要条件,是产生沙尘天气的物质基础^[7]。化德县位于内蒙古自治区中部,乌兰察布草原的东北部,南邻河北省,北邻苏尼特左旗、镶黄旗;西南靠乌兰察布市察右后旗、商都县;东接康保县。地面植被多为丘陵干草原、荒漠和半荒漠草原,冬春季节地面植被稀疏干燥,裸露的沙地成为较丰富的沙源,遇有大风极易起沙。

中国北方的沙尘暴源区主要分布在河西走廊和阿拉善高原、南疆盆地南缘以及内蒙古中部三个地区;其中频数在10次以上的强或特强沙尘暴中心有3个,分别位于上述三个区域,即以民勤为中心的河西走廊及内蒙古阿拉善高原区,以和田为中心的南疆盆地南缘区和以朱日和为中心的内蒙古中部区^[8]。化德县正位于这其中的内蒙古中部区,朱日和位于其西北方向。遇有沙尘天气,沙尘很容易随高空气流形成向下游的输送,叠加本地的起沙,形成更强的沙尘天气。

沙尘天气具有起尘、输送和沉降的过程^[7]。化德县地区大部分沙尘与上游的输送有关。我国西北地区发生沙尘暴移动路径分为西方路径、西北路径、北方路径3大类^[11]。化德县地处内蒙古强风带,受蒙古和西伯利亚冷高压对流影响,沙尘暴来源的路径主要是西北路径和北方路径。西北路径的冷空气源于北冰洋冷气团,强冷空气自西伯利亚向东南经我国北疆、内蒙古西部入侵河西走廊,造成大风沙尘暴,穿过巴丹吉林和腾格里沙漠,然后东移至鄂尔多斯高原。此类沙尘暴具有范围广、强度大、灾害严重的特点,易形成黑风,发生次数最多。北方路径的冷空气来自极地气团或变性气团,经贝加尔湖、蒙

古我国西北地区东部和华北等地,从而引发大风沙尘暴。沙尘暴从蒙古国经我国内蒙古中部到达西北的宁夏、陕北以及华北等地区。化德县盛行西北风,有利于西北方向以朱日和为中心的沙源地沙尘的输送,形成沙尘天气。

参考文献

- [1]于春艳.赤峰地区沙尘天气变化的分析研究[D].兰州:兰州大学.2006.
- [2]卢晶晶.2004-2005年春季东亚沙尘天气定量分析研究[D].南京:南京信息工程大学.2006.
- [3]郭二果,王成,彭镇华.城市空气悬浮颗粒物的理化性质及其健康效应[J].生态环境,2008,17(2):851-857.
- [4]德利克·埃尔森.烟雾警报城市空气质量管理[M].田学文,朱志辉,韩建国等译.北京:科学出版社,1999.50-53.
- [5]王鑫.黄土高原地区沙尘气溶胶的综合观测研究[D].兰州:兰州大学.2009.
- [6]成格尔.影响阿拉善地区沙尘暴特征的气象因素分析[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(2):73.
- [7]陈云峰,李丽儒,萨如拉.苏尼特右旗1976-2006年沙尘天气的观测分析[J].内蒙古气象,2009年(3):11-12.
- [8]张钦仁.中国北方沙尘暴灾害形成机理与荒漠化防治研究[D].兰州:兰州大学.2008.
- [9]奚旦立,孙裕生,刘秀英.环境监测[M].北京:高等教育出版社,2004:192.
- [10]万本太.基于颗粒物浓度的沙尘天气分级标准研究,中国环境监测,2004,20(3):9-11.
- [11]陶健红.西北地区沙尘天气的气候特征及其影响研究[D].南京:南京信息工程大学.2007.
- [12]刘晚春.中国近30年来沙尘暴基本特征的研究[D].南京:南京气象学院.2002.
- [13]袁薇.中国沙尘天气对区域环境影响的初步研究[D].兰州:兰州大学.2006.
- [14]尹晚惠.我国沙尘天气研究的最新进展与展望[J].中国沙漠,2009,29(4):732.
- [15]孙保平.荒漠化防治工程学[M].北京:中国林业出版社,2000:81-81.
- [16]秦雪亮.沙尘天气的危害及防治对策[J].科技情报开发与经济.2008,18(22):204-205.
- [17]谷雨等.2008年春季呼和浩特沙尘天气与TSP和PM10污染的关系[J].中国环境监测.2009,25(5).
- [18]Jonsson P, Bennet C, Eliasson I, et al. Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam[J]. Tanzania Atmospheric Environment, 2004, 38:4175-4181.
- [19]Hallkin E H. On dust raising wind sad descending currents[J]. India. Met. Memoirs,1921,22: PartVI.

收稿日期:2011-08-08

作者简介:苏日古格(1986-),女,在内蒙古农业大学在读研究生。