

# 宁夏盐池沙尘暴特征分析

刘立超,安兴琴,李新荣,杨保,王涛

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所沙坡头沙漠试验研究站 730000)

**摘要:**对盐池气象站1961—2000年逐月气象数据进行了较为详细地分析,结果表明,干旱多风的气候特征在时间搭配上的一致性,是沙尘暴发生的主要直接原因。沙尘暴频率与降水量和大风日数显著相关,降水量对沙尘暴的影响滞后1~3个月。从较长时间序列看,影响沙尘暴发生的自然因子(以降水和大风为代表)的作用在逐渐下降,而人为因素的权重在不断加强,反映出生态环境的不断恶化。沙尘暴逐年序列的2~8a周期,是受到厄尔尼诺影响的结果。

**关键词:**盐池地区;沙尘暴;变化周期

**中图分类号:**P425.55      **文献标识码:**A

中国西北地区沙尘暴的频繁发生,已引起学术界的高度重视。已有的研究主要集中于沙尘暴发生机制的个例分析<sup>[1~5]</sup>、沙尘暴多发区域的划分<sup>[6]</sup>、降尘的地区分布特征<sup>[6]</sup>、沙尘暴灾害的防治<sup>[6~9]</sup>及沙尘气溶胶及其光学特性的研究等。关于近年来沙尘暴灾害加剧的原因,一般认为是气候变化(区域和全球尺度)与人类活动耦合与叠加的结果。而人类活动是通过改变下垫面状况而影响气候系统,也就是说,人类活动叠加于自然过程之中。如果不能正确理解自然变化过程,就无法分离人类活动的影响。因此,研究沙尘暴与气候因子的相互关系,对于深入理解沙尘暴的变化规律有重要意义。

宁夏回族自治区盐池县是我国北方农牧交错带沙质荒漠化强烈发展的地区之一<sup>[10]</sup>。夏训诚、杨根生等对中国西北地区沙尘暴多发区域进行划分,认为宁夏平原及其中部的盐池、同心地区为中国沙尘暴重灾区之一<sup>[6]</sup>。本文较为详细地分析了盐池县气象站(37°24'N,107°24'E,海拔高度1 347.8 m)1961—2000年的逐月气象资料,旨在探讨该地区沙尘暴的发生规律及其对降水和大风等气候因子变化的响应。

## 1 干旱多风在时间搭配上的一致性

沙尘暴的形成离不开两个最基本的要素,即沙尘物质和大风。前者是它的物质基础;后者是它的动力条件。干旱少雨的气候特征,降水分配的极度不均匀,尤其是频繁发生于冬春季节的持续干旱,形

成裸露而干燥疏松的地表条件,为沙尘暴灾害的发生提供了丰富的沙尘源。

降水的综合效果可以用降水相对指数来反映,其表示式为  $C = r/R$ ,  $r$  为实测月降水量,  $R$  为全年雨量均匀分配该月应得的雨量。对盐池地区 40 a 平均资料的统计分析表明,从 10 月到次年的 4 月份,  $C < 1$ , 为该地区的相对干季,  $C$  值最小的 1 月和 12 月只有 0.07 和 0.06; 5~9 月为该地区的相对湿季。40 a 的平均结果显示 5~9 月降水占到全年的 79% 4~10 月的降水占到全年降水的 92%, 7 月和 8 月份的  $C$  值高达 2.59 和 2.85, 显示出该地区降水分布的极度不均匀。

对风速的统计结果表明,该地多年平均风速为  $2.17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 以春季(3~5 月)风速为最大, 平均高达  $3.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 7~9 月最小。大风日数分布规律与风速类似, 1961—2000 年的年平均大风日数为 15.3 d, 春季高达 6.1 d, 占全年的 39.9%, 春冬(12 月至次年 2 月)季节占全年的 66%。

图 1 和图 2 分别为 40 a 平均降水与平均风速和大风日数资料的年变化规律, 平均风速和大风资料存在两个明显的峰值, 冬季的峰值(12 月)对应着降水的最小值。风速的增长期, 正是降水的减少期, 春季的峰值(4 月和 5 月)对应着降水的逐步上升期, 而这段时间正是经过漫长的冬春干旱季节, 地表状况极为恶劣, 略微增加的降水对地表的生态效应(由于降水的滞后效应)没有得到充分发挥。降水和大风在时间上的这种搭配关系, 为沙尘暴灾害

收稿日期 2001-05-01; 改回日期 2001-08-29

基金项目 国家自然科学基金(40005002);中国科学院创新项目(KZCX2-305)资助

作者简介 刘立超(1969—),男(汉族),助研,主要从事沙区气象和沙尘气溶胶研究。

的肆虐提供了物质和动力基础。

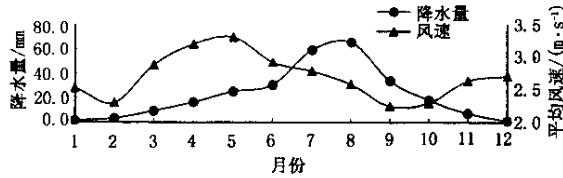


图 1 盐池降水量与风速年变化规律

Fig.1 Yearly fluctuation of precipitation and wind speed in Yanchi County

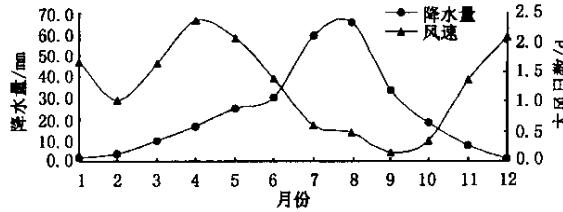


图 2 盐池降水量与大风日数年变化规律

Fig.2 Yearly fluctuation of precipitation quantity and gale days in Yanchi County

## 2 沙尘暴的年变化特征

图 3 为盐池气象站沙尘暴和扬沙日数年变化规律,可以看出,沙尘暴和扬沙日数均在 4 月份达到最大值,9 月份最小,两者的季节变化相当一致。统计结果表明,盐池多年(1961—2000 年)平均沙尘暴日数为 18.6 d,春季(3~5 月)高达 11.3 d,占全年的 60.8%;冬季(12 月至次年 2 月)为 4.6 d,占全年 24.7%,表明春冬季节为沙尘暴多发季节。夏季和秋季总共只有 2.7 d,占全年的 14.5%。扬沙日数显示了类似的规律,全年为 87.8 d,春季为 40.1 d,占全年 45.7%;夏季 14.2 d,占全年 16.2%;秋季 9.9 d,占全年 11.3%;冬季 23.6 d,占全年 26.9%。与沙尘暴不同的是扬沙天气在夏季与秋季出现频率有所增加,与大风日数(夏季和秋季频率为 28.5%)

分布更为一致。

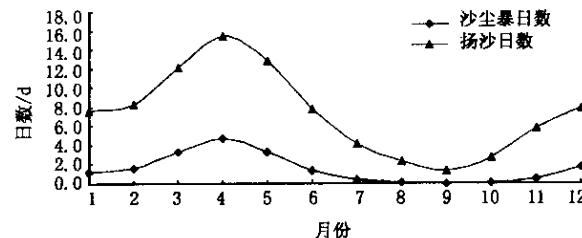


图 3 盐池沙尘暴和扬沙日数年变化规律

Fig.3 Yearly fluctuation of sand-dust storm and sand-floating days in Yanchi County

## 3 沙尘暴对降水和大风的响应

### 3.1 沙尘暴对降水的响应

图 4 为盐池 1961—2000 年沙尘暴日数年变化规律,沙尘暴的变化规律为:60 年代年均沙尘暴日数为 11.5 d,可以认为是低发期,除 1963 年外,其他年份均低于 40 a 的平均值;70 和 80 年代,年均沙尘暴日数为 23.4 d,为多发期,低于多年平均值的年份只有 1978、1986 和 1989 年;90 年代年均沙尘暴日数(14.5 d)接近(略低于)多年平均值,可以看作正常年份。扬沙日数的变化规律与沙尘暴类似,只是 90 年代更表现为低发状态。

按照降水量将全年分为湿季(5~9 月)和干季(10 月份到次年 4 月份)。表 1 为降水量与沙尘暴日数的相关分析。

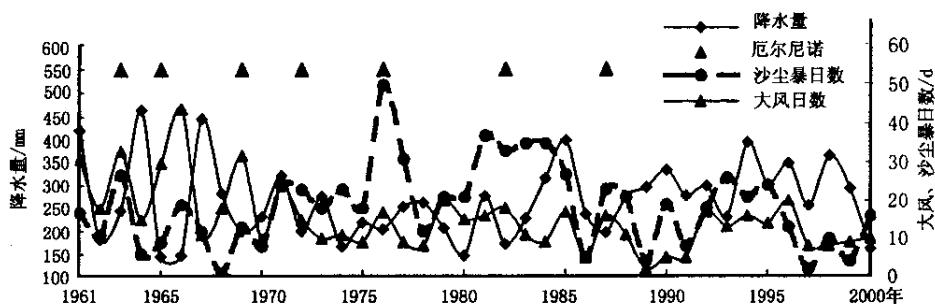


图 4 盐池降水量、沙尘暴日数和大风日数逐年变化规律

Fig.4 Inter-annual fluctuation of precipitation, sand-dust storm days, and gale days in Yanchi County

表 1 沙尘暴频率与降水量的相关系数

Tab. 1 The correlation coefficient between the frequency of dust storm and precipitation

相关系数	$P_T$	$(P-1)_T$	$(\Delta \% P-2)_T$	$P_W$	$(P-1)_W$	$(P-2)_W$	$P_D$
DS	-0.11	-0.43	-0.12	—	-0.41	-0.10	-0.20
DT	-0.19	-0.48	-0.18	-0.03	-0.45	-0.18	-0.32

其中  $P$  为当年降水量,  $P-1$  为前一年降水量,  $P-2$  为前二年降水量; 下标  $T$  表示全年,  $W$  表示湿季,  $D$  表示干季。DS 表示春季沙尘暴日数, DT 表示全年沙尘暴日数。

可以看出, 春季和全年沙尘暴日数均与前一年降水量和前一年湿季降水量显著负相关。所不同的是, 当年干季降水与春季沙尘暴日数的相关系数仅为 -0.20, 而与全年沙尘暴日数的相关系数则高达 -0.32, 在一定程度上反映出降水对沙尘暴灾害影响的滞后。

对 40 a 逐月降水量与逐月沙尘暴日数相关分析结果显示, 降水量与当月沙尘暴日数的相关系数为 -0.21, 与前一月的降水量相关系数为 -0.31, 与前二月降水量相关系数为 -0.30, 与前三月相关系数为 -0.21, 随后则表现为非常弱的负相关, 甚至为正相关, 表明月降水对沙尘暴发生的影响滞后 1~3 个月左右。

将降水序列与沙尘暴序列作对比分析, 20 世纪 90 年代降水远高于 60 年代, 但沙尘暴却更为频繁的发生, 90 年代的平均值为 60 年代平均值的 1.3 倍。究其原因, 一方面是由于温度升高使干旱化加剧, 而且 70 和 80 年代持续的少雨干旱, 使地表生态系统更为脆弱; 另一方面是过度的人为活动的结果, 包括人口的急剧增长和过度的滥垦、滥牧、滥樵和滥

采, 尤其是 70 年代和 80 年代, 对甘草的采掘成为当地非常突出的生态问题<sup>[8]</sup>。所以说, 在人类影响气候的能力受到相当局限的今天, 对沙尘暴灾害的防治应首先从人类自身行为入手。

### 3.2 沙尘暴对大风的响应

盐池气象站大风日数统计结果表明, 多年平均大风日数为 15.3 d, 20 世纪 60 年代平均为 24.2 d, 70~80 年代平均为 12.4 d, 90 年代只有 12.0 d。大风日数减少的趋势非常明显, 90 年代仅为 60 年代的 50%。然而, 正如上面所讨论的, 沙尘暴日数却反而增加到 1.3 倍, 其中的原因有待于进一步深入研究, 但至少可以说明, 在过去的 40 a 里, 盐池地区的生态环境在持续恶化。

## 4 沙尘暴周期分析

为了进一步了解沙尘暴的周期变化, 对 1961—2000 年沙尘暴和降水逐年序列进行子波分析(图 5 和图 6)结果显示, 沙尘暴与降水序列有较为一致的周期分布, 其中 2~8 a 的周期均达到 95% 的可信度。

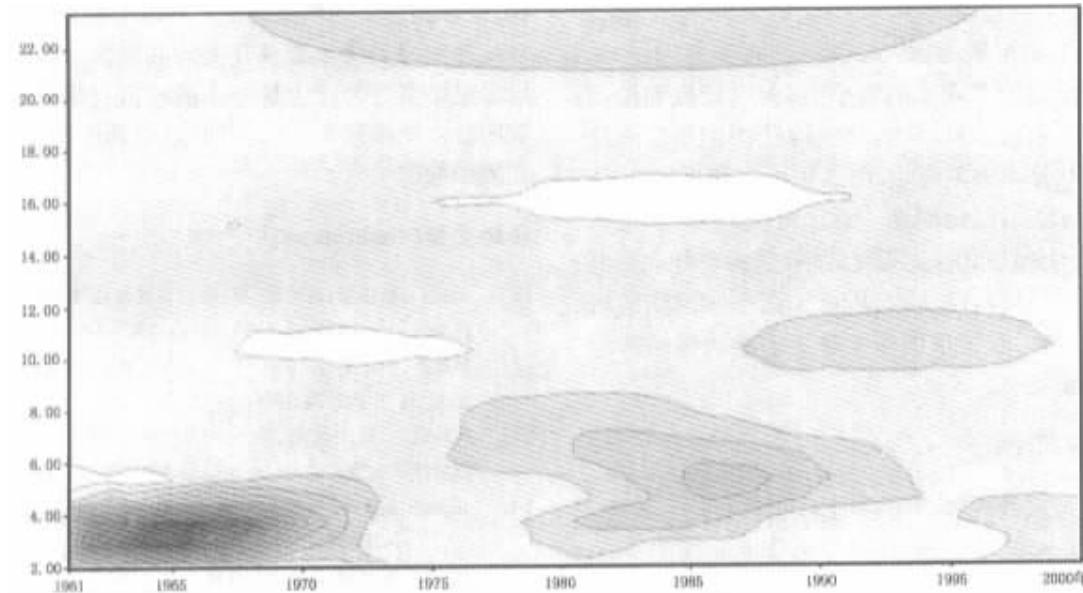


图 5 盐池降水子波图

Fig. 5 Wavelet of precipitation in Yanchi County

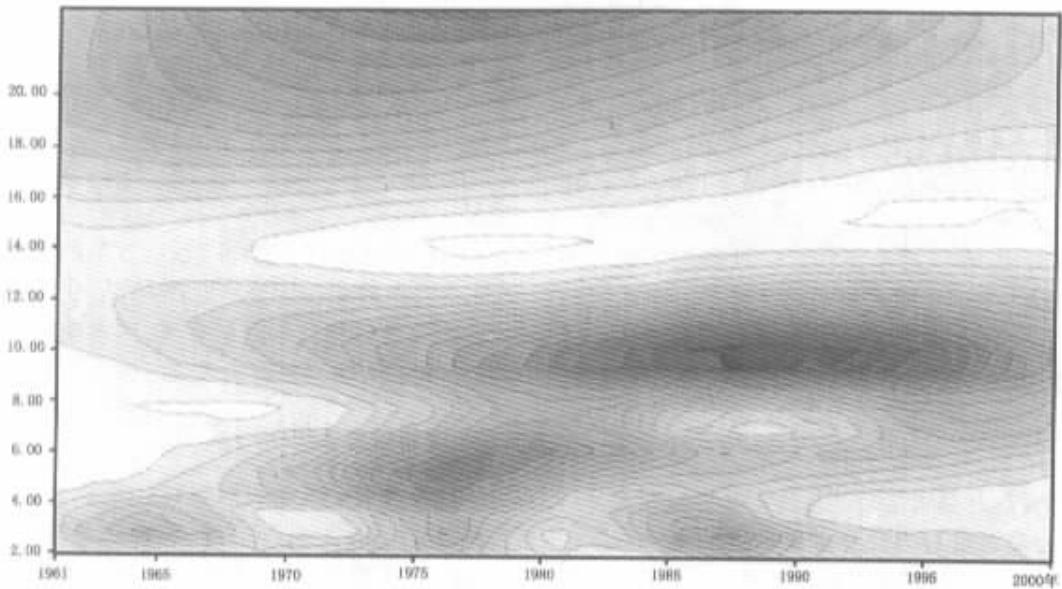


图 6 盐池沙尘暴日数子波图

Fig. 6 Wavelet of sand-dust storm days in Yanchi County

图 5 可以看出,降水序列间断的表现为  $2 \sim 8$  a 周期,80 年代后期到 90 年代中期,又表现出较弱的  $9 \sim 11$  a 左右的周期。

图 6 表明,沙尘暴序列存在较强的  $9 \sim 11$  a 左右周期,在与降水有共同周期的 80 年代后期—90 年代中期,表现得尤为强烈。在 90 年代以前,沙尘暴间断的存在  $2 \sim 8$  a 的周期,尤以  $2 \sim 5$  a 的周期最为明显。

这里着重讨论沙尘暴的  $2 \sim 8$  a 周期。为了便于分析,图 4 同时给出了 60 年代初至 80 年代末公认的 7 次厄尔尼诺事件<sup>[11]</sup>,很明显地看出,厄尔尼诺年基本上对应着降水的极小值、大风日数和沙尘暴日数的极大值,可以认为盐池地区沙尘暴较强地受到厄尔尼诺事件的影响,而这里所表现出的  $2 \sim 8$  a 周期正与厄尔尼诺周期一致。叶笃正等<sup>[12]</sup>也认为 2000 年中国华北沙尘天气陡增,是由于处于反厄尔尼诺事件的高峰期所致,所以加强厄尔尼诺的研究和预报工作,对于中国沙尘暴灾害的预警系统的建立有重要意义。

## 5 小结与讨论

干旱多风的气候因子在时间搭配上的一致性,干旱季节与多风季节的对应,是沙尘暴灾害发生的主要直接原因。大风的年变化存在两个峰值,冬季的峰值对应着降水的最小值,春季的峰值对应着地表状况极为恶劣的 4 月和 5 月份,降水和大风的这种搭配关系,为沙尘暴灾害的肆虐提供了物质和动力基础。万方数据

沙尘暴对降水和大风显著相关,月降水量对沙尘暴影响的滞后约为 1~3 个月;90 年代降水明显增多,大风日数明显减少,而沙尘暴频率却相对增加。沙尘暴作为荒漠化过程中的一种突发事件,是自然和人为因素综合作用的结果。如果将大风和降水作为具有代表性的自然因子,那么沙尘暴的这一变化趋势,只能表明人为影响因子的权重在不断加强,已经超出了气候系统的自我调节能力。

沙尘暴与降水逐年序列存在较为一致的周期,厄尔尼诺事件与沙尘暴频率的峰值对应关系明显,表明沙尘暴序列  $2 \sim 8$  a 周期是受到厄尔尼诺事件强烈影响的结果。

## 参考文献(References):

- [1] 王式功,杨得保,周玉素,等.我国西北地区"94.4"沙尘暴成因探讨[J].中国沙漠,1995,15(4):332~338.
- [2] 徐建芬,牛志敏,陈伟民,等.我国西北地区 4·5 沙尘暴天气研究[J].中国沙漠,1996,16(3):281~286.
- [3] 陈伟民,王强,牛志敏,等.中国西北部"4·5"沙尘暴过程中尺度低压的数值模拟[J].中国沙漠,1996,16(2):140~144.
- [4] 张玉林,赵光平,杨淑萍.宁夏强沙尘暴形成机制的探索和研究[J].中国沙漠,1996,16(4):351~355.
- [5] 钱正安,贺慧霞,瞿章,等.我国西北地区沙尘暴的分级标准、个例谱及其统计特征[A].中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1996.
- [6] 夏训诚,杨根生.中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M].北京:中国环境科学出版社,1996.
- [7] 王式功,杨得保,金炯,等.我国西北地区黑风暴的成因和对策[J].中国沙漠,1995,15(1):19~30.
- [8] 黄维,牛耘.西北地区沙尘暴的危害及对策[J].干旱区资源与环境,1998,12(3):84~88.

- [ 9 ] 赵光平 , 王连喜 , 杨淑萍 . 宁夏强沙尘暴生态调控对策的初步研究 [J]. 中国沙漠 , 2000 , 20(4):447 - 450 .
- [ 10 ] 曲志正 , 王峰 , 杨建国 , 等 . 宁夏盐池县土地沙质荒漠化的发展趋势及其防治 [J]. 中国沙漠 , 1997 , 17(2):173 - 179 .
- [ 11 ] 王绍武 . 近 500 年的厄尔尼诺事件 [J]. 气象 , 1988 , 15(4):15 - 20 .
- [ 12 ] 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 [J]. 地理学报 , 2000 , 55(5):513 - 521 .

## Characteristics of Sand-dust Storm in Yanchi County , Ningxia Province

LIU Li-chao , AN Xing-qing , LI Xin-rong , YANG Bao , WANG Tao

( Shapotou Desert Experimental Research Station , Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute , Chinese Academy of Science , Lanzhou 730000 , China )

**Abstract :** Sand-dust storms are an unexpected result of the desertification process . Climate change ( regional and global ) and local human activities combine as the primary cause of the frequent storms in northern China . It is important to study the relationship between sand-dust storms and climate factors to gain a deeper understanding of storm patterns .

Yanchi County , in Ningxia Autonomous Region is one of the fastest developing regions of sandy desertification in northern China . A detailed analysis of monthly meteorological data from 1961 to 2000 has been undertaken for this region . The results show that drought and wind are the direct causes of sand-dust storms . The frequency of the storms is evidently related to lack of precipitation and days of strong wind . Rainfall at intervals of 1 ~ 3 months will significantly retard the propagation of storms . The influence of human action is slowly over-weighing natural factors ( rainfall and wind ) as the main cause of storms and this indicates a worsening local ecology . The 2 ~ 8 year cycle of sand-dust storms is also influenced by El Nino .

**Key words :** Yanchi County , Ningxia Province ; sand-dust storm ; changing period