

黄土高原沙尘暴时空分布格局及变化趋势分析^{*}

颜明, 许炯心, 王宁

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:研究了黄土高原地区沙尘暴的时空分布格局和变化趋势, 主要的工作包括利用黄土高原地区 253 个旗县市气象站 20 世纪 50 年代至 1984 年沙尘暴的多年平均值做空间插值, 结合遥感影像, 分析了沙尘暴的空间分布格局, 呈现出从西北向东南先增多后减少, 北多南少的分布。利用 1961 - 2000 年沙尘暴记录分析了沙尘暴年内的季节分布, 发现沙尘暴主要发生在春季, 尤其是 4 月。最后, 对 40 a 间沙尘暴进行了趋势分析, 发现该区沙尘暴有明显的减少趋势, 在 1984 年发生了明显转折, 这种减少趋势在空间上不具有明显差异。

关键词:沙尘暴; 黄土高原; 时空分布; 变化趋势

中图分类号: P445.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0006-04

The Spatial and Temporal Distribution of Sand-dust Storms and Tendency in the Loess Plateau

YAN Ming, XU Jiong-xin, WANG Ning

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: In this paper, the spatial and temporal distribution and tendency of sand-dust storms in the Loess Plateau region was analyzed. The main of work includes that use records from 253 weather stations at loess plateau to do spatial interpolation, combine with remote sensing image analyzed the spatial distribution pattern of dust storm. The results showed that: the annual number of sand-dust storms increasing from north-west to south-east, North have more than South. Sand-dust storms mainly occurred in the spring, especially April. Finally, 40 years records present a decrease trend, which has a high consistency throughout the region.

Key words: sand dust storms; the Loess Plateau; spatial and temporal distribution; tendency

沙尘暴是影响我国北方各省(区)的一种主要自然灾害^[1]。大范围的强沙尘暴天气的发生常常导致交通中断、财产损失、人员伤亡,给工农业生产带来影响,危及人类的生存环境。为寻找防止沙尘暴危害的方法,前人就沙尘暴的危害和形成机理进行了大量研究^[2-16]。

沙尘暴的形成有 3 个基本条件:(1)大风,这是形成沙尘暴的动力条件;(2)地面上的沙尘物质,它是沙尘暴的物质基础;(3)不稳定的空气状态,这是重要的局地热力条件^[17]。可以认为其发生取决于大气和下垫面之间的合力,时空分布和变化是这种合力在不同的时间和空间上的表现。尽管国内外就沙尘暴的空间分布和变化趋势也有大量研究^[18-25],但就某一地区尤其是干旱向湿润转变的过渡区研究还较少。

由于黄河贯穿本区,这里发生的水土流失不仅

影响自身的自然环境,同时与黄河下游河道不断抬高息息相关,尤其是风力作用与水力作用耦合发生的侵蚀过程^[26],在这种侵蚀过程中,沙尘暴起着重要的作用,为此前人分析了该区沙尘暴形成的自然要素^[27-28]。在此基础上,对黄土高原地区沙尘暴发生的时空分布和变化趋势进行做进一步的分析,对于黄河粗泥沙的治理以及黄土高原地区沙尘暴灾害的防治规划和区划的制定,都有重要的意义。

1 研究区概况

研究所涉及的范围为广义的黄土高原地区(图 1),包括黄土高原及其以北邻区,除了太行山以西、日月山和贺兰山以东、秦岭以北、长城以南的黄土高原主体以外,还包括长城以北至阴山以南的广大风沙地区^[29]。东西跨约 11 个经度,南北跨约 6 个纬

^{*} 收稿日期:2009-06-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40671019)

作者简介:颜明(1977-),男,四川内江人,博士生,主要从事河流过程与环境研究。E-mail:yanm.07b@igsrr.ac.cn

度。地理位置处在沿海向西北升高,气温递减。由于距水汽源地远近不同,东西之间降水有较大差异,年降水量变化于 200 ~ 700 mm 之间,自然植被类型则由西北部的干旱荒漠,经干旱草原、森林草原、草原森林过渡为暖温带落叶阔叶林。这一地区自然条件的空间变化梯度大,既包括作为沙尘暴物质源区的沙漠与沙地,也包括在不同程度上受到沙尘暴影响的广大地区,黄土是本区分布最为普遍、发育最完全的第四纪沉积物,是风力搬运的粉砂级以下颗粒物在空气中沉降下来堆积而成的。气候和地面环境决定着沙尘暴的空间分布,同时两者的变化也会导致沙尘暴发生情况的变化。

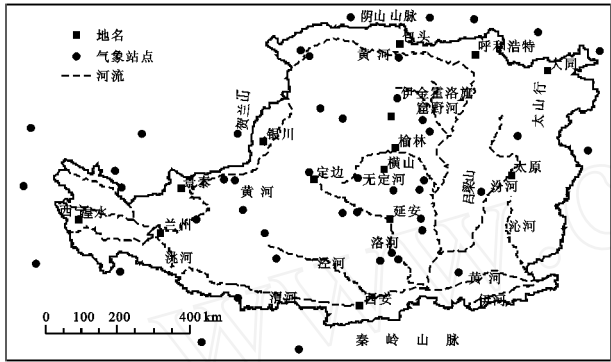


图 1 研究区域略图

2 资料来源及处理方法

此区沙尘暴在 1984 年前后发生了明显的减少^[14],因此用黄土高原地区 253 个县市气象站统计的 20 世纪 50 年代起至 1984 年沙尘暴年均发生日数在 Arcgis9.0 中做反距离权重插值,以此结合地貌特征、降雨、植被分布分析该区沙尘暴发生的地域差异。为表达该区沙尘暴的时间特征和变化趋势,考虑到建站年份和观测手段的一致性,利用 59 个典型站点 1961 - 2000 年的资料分别对沙尘暴发生的年内月和季分布做多年平均,分析本区沙尘暴的年内分布情况。为探索区域内部是否存在时间分布上的差异,将黄土高原按照植被类型分成了 5 个区:荒漠区、灌丛区、草原区、阔叶林区和针叶林区,对各类型区内站点月、季和年沙尘暴发生日数做算术平均,分析沙尘暴发生的时间分布和变化趋势。在分析变化趋势时,应用的是 Mann - Kendall 趋势分析法^[30],该方法不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,适用于水文、气象等非正态分布的数据,计算简便。本研究所用气象资料来自于气象局在黄土高原地区各县所设的气象站点,地理辅助数据来自地球系统科学数据库。

3 结果与分析

3.1 黄土高原地区沙尘暴时空分布

3.1.1 沙尘暴空间分布 黄土高原地区沙尘暴分布总体表现为从西北宁夏黄河段向东南先增多后减少(图 2),从鄂尔多斯高原西部的 15 d 左右增加至高发带的 20 d 以上,向东南又逐渐减少,这种分布受气候的过渡性及其塑造的下垫面物质组成和植被空间分异控制,由于受地貌的影响。黄土高原地区在冬季和春季不同程度的受到偏北、西北路和西路气流的影响,尤其是西北路和偏北路冷空气南下产生的大风天气成为沙尘暴发生的动力源。

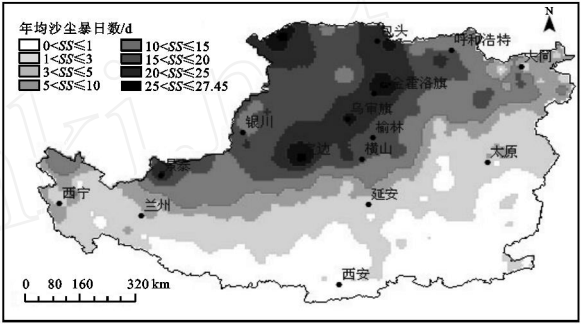


图 2 黄土高原地区沙尘暴的空间分布

气流在运移过程中受山脉的影响产生了变化,偏北路翻越阴山进入鄂尔多斯高原,内蒙古包头北方的山脉缺口成为风沙输移的主流线,向东延伸覆盖山西省北部;西北路从蒙古西部和阿拉善高原东行,受贺兰山的阻挡,阿拉善高原的地表碎屑物质随气流从南北中 3 个隘口通过,源源不断的向鄂尔多斯高原输送,跨越黄河后在库布齐和毛乌素沙地呈喇叭口状辐散,北部的隘口促成了伊金霍洛旗沙尘暴高发区,南部隘口使得定边成为高发区,中间的隘口经鄂尔多斯高原西部的丘陵后在乌审旗形成比较集中的沙尘暴,这样形成了近东北 - 西南走向的沙尘暴高发弧形带;西路从陇东翻越秦岭进入腾格里沙漠,继续东行部分的增加了南部沙尘暴的发生。从西北的宁夏黄河段向高发区增多,一个原因是隘口的狭管效应,使得风力辐射放大;另一个重要原因是黄河切断了两个高原地表沙粒物质的连续性,从阿拉善高原侵入的物质一部分直接进入河道,或沉积于河床或顺水而下,一部分堆积于河道边,在河流摆动和洪水期时在水流作用下坍塌入河后顺河迁移^[31],剩余的跨越黄河进入鄂尔多斯高原成为沙尘源。从弧形高发带再向东南又逐渐减少,这是由于随着向东南的延展,降雨量的逐渐增加使地表植被覆盖度逐渐提高,风力也渐弱,大大减少了沙尘暴的发生,沙尘暴年均日数从年降雨 300 mm 的定边 - 乌审旗 - 伊金霍洛旗弧形高发带的 20 d 以上下降

至年 500 mm 降雨界线的 5 d 以下。

3.1.2 沙尘暴的年内分布 黄土高原地区沙尘暴主要发生在春季和冬季,尤以春季为主,各类型区分布特征相似,大部分站点春季发生的沙尘暴日数占到全年的 60 %左右(图 3),尤其以 4 月沙尘暴发生次数为全年最高,5 月以后沙尘暴发生次数急剧下降,9 月和 10 月为最低,这与在地域上紧邻的阿拉善高原春夏型显著不同^[32]。春季沙尘暴发生频率高,除了与一年之中春季风速较大有关外,还与此时地面开冻融化、气温上升、降水稀少,使得裸露的沙土结构逐渐变得松散,一旦有较强的天气系统扰动就很容易产生沙尘暴有关。5 月以后急剧减少是由于夏季时东南季风带来的水汽不仅使得空气层结更稳定,且形成的降雨使地表植被覆盖快速恢复,同时增加了土壤的粘结力,从空中和地面起到了双重阻止作用。

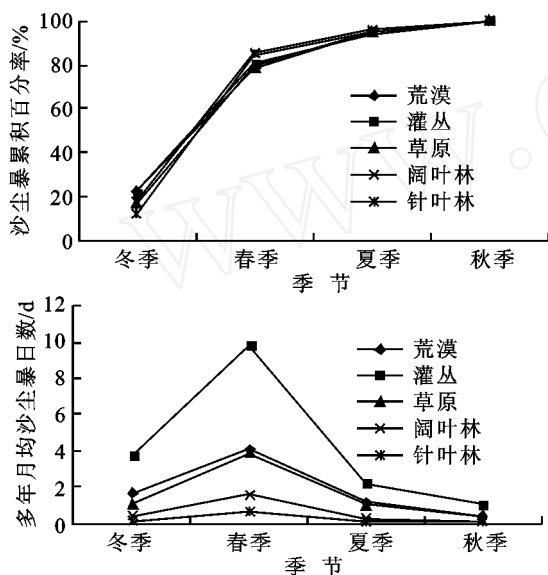


图 3 沙尘暴时间分布

3.2 沙尘暴的年际变化趋势

对黄土高原地区 59 个站点 40 a 发生的沙尘暴做 Mann - kendall 趋势分析发现:59 个站点中 52 个站点表现为下降趋势,其中 42 个站点标准差 Z 值通过了 90 %的置信度($|Z| \geq 1.28$)检验,在空间上分布也较均匀;仅有 7 个站点有上升趋势,且多数表现不明显,只有吴旗通过了 90 %的置信度检验(图 4)。从发生日数的年际变化看,沙尘暴发生日数在 1984 年后明显变少,20 世纪 60 - 80 年代中期前处于一个高值期,70 年代又稍高于其前后期水平,1984 年后进入低发期,一路波动下降至 1997 年的最低点,之后又有所增加(图 5a)。主要是 20 世纪 80 年代以来的太阳活动加强,全球气候变暖,青藏高原地面加热场强度加强,欧亚西风急流轴北移,西太平洋副热带高压偏北偏西、强度加强,蒙古气旋减弱^[33],使得影响本区的风力减弱,是沙尘暴减少的

主要原因。该区降雨量不存在明显的变化,对沙尘暴变化的影响不大(图 5b)。

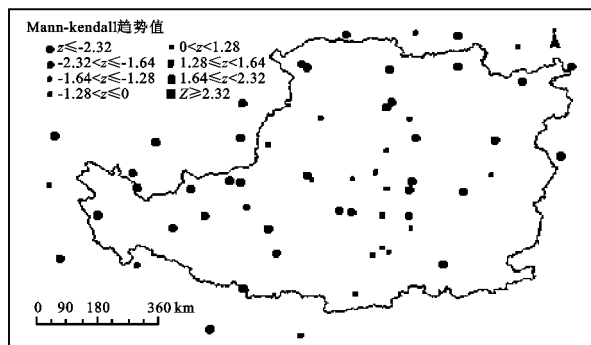


图 4 Mann - kendall 趋势空间分布

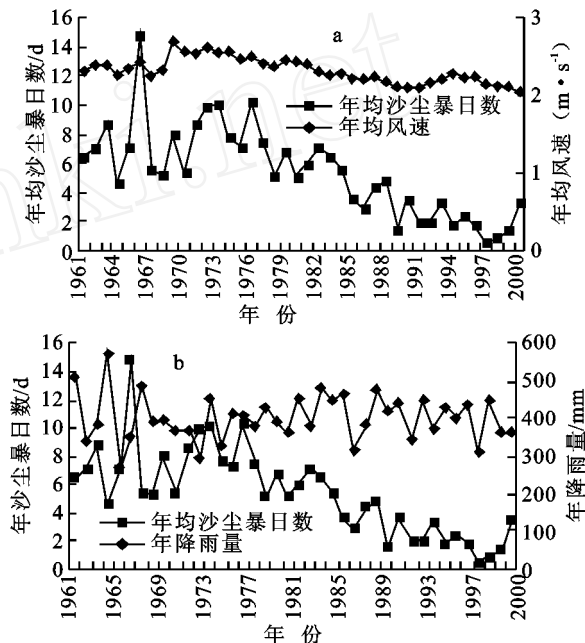


图 5 年均沙尘暴、年均风速和年均降雨量的年际变化

整个地区的减少趋势在空间上不存在明显差异(图 6)。由于各区之间沙尘暴发生日数存在明显差异,可比性较差,因此按年代对各分区内站点记录的沙尘暴日数做算术平均,再对其进行标准化,点绘在图中,发现前 4 个区的变化特征相似性极高,仅最东南的针叶林区在 50 年代低于均值,而 80 年代又明显的高于均值,这可能是由于当时的森林覆盖面积远大于后期所致。说明存在的主要外动力基本能控制黄土高原地区沙尘暴的发生态势。

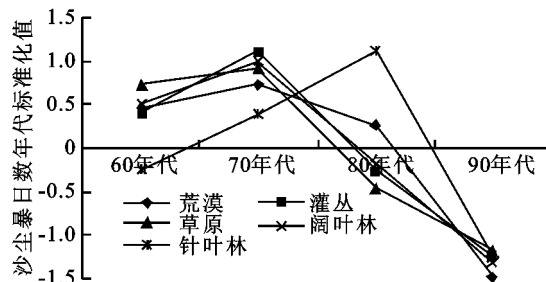


图 6 不同类型区沙尘暴年代变化

4 结 论

(1) 研究区沙尘暴在空间分布上,受气候和下垫面的影响,黄土高原地区沙尘暴表现为从西北向东南先增大后减小,北多南少的分布格局。

(2) 研究区沙尘暴时间分布上,黄土高原地区沙尘暴主要发生在春季,与阿拉善高原的春夏型存在差异。春季时冷空气南下产生的大风天气是主要动力源,夏季时风力变弱的同时,降雨增加了大气稳定性和地表覆盖,减少了沙尘暴的发生。

(3) 沙尘暴年际变化与前人研究结果相同,20 世纪 60 年代至 1984 年处于高值期,其后为低发期。沙尘暴减少趋势明显,且不具有明显的空间差异。

参考文献:

- [1] 李栋梁,钟海玲,魏丽,等.中国北方年沙尘暴日数的气候特征及对春季高原地面感热的响应[J].高原气象,2003,22(4):337-345.
- [2] 方宗义,朱福康,江吉喜,等.中国沙尘暴研究[M].北京:气象出版社,1997:1-158.
- [3] 夏训诚,杨根生.中国西北部地区沙尘暴灾害及其防治[M].北京:中国环境科学出版社,1996:1-242.
- [4] 张德二.我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析[J].中国科学,1984,24(3):278-288.
- [5] 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,1997,9(3):71-77.
- [6] 钱正安,宋敏红,李万元.近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106-111.
- [7] 周自江.近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J].第四纪研究,2001,21(1):9-17.
- [8] Pyke K. Aeolian and Dust Deposition [M]. London: Academic Press, 1987.
- [9] 杨根生,拓万全.关于宁蒙陕农牧交错带重点地区沙尘暴灾害及防治对策[J].中国沙漠,2002,22(5):452-465.
- [10] 周欢水,申建军,姜英,等.中国西部沙漠化的分布,动态及其对生态环境建设的影响[J].中国沙漠,2002,22(2):112.
- [11] 王涛,朱震达.我国沙漠化研究的若干问题 1:沙漠化的概念及其内涵[J].中国沙漠,2003,23(3):209-21.
- [12] 王涛,吴薇,薛娴,等.中国北方沙漠化土地时空演变分析[J].中国沙漠,2003,23(3):230-235.
- [13] 王式功,董光荣,杨德保,等.中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J].自然灾害学报,1996,5(2):86-94.
- [14] 丁瑞强,王式功,尚可政,等.近 45a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J].中国沙漠,2003,23(3):306-310.
- [15] 王涛,吴薇,薛娴,等.近 50 年来中国北方沙漠化土地的时空变化[J].地理学报,2004,59(2):203-212.
- [16] 王涛.我国沙漠化研究的若干问题 2:沙漠化的研究内容[J].中国沙漠,2003,23(5):477-482.
- [17] 夏训诚,杨根生.中国西北部地区沙尘暴灾害及其防治[M].北京:中国环境科学出版社,1996:1-242.
- [18] Jauregui E. The dust storms of Mexico City. Inter[J]. J. Climatology, 1989, 9(2):169-180.
- [19] Gillette D A, Hanson K J. Spatial and temporal variability of dust production caused by wind erosion in the United States[J]. Journal of Geophysical Research, 1989, 94(2):2197-2206.
- [20] Now J T, Mclelland T M. Dust devils at white sands missile range. New Mexico: temporal and spatial distributions[J]. Journal of Geophysical Research, 1990, 95(9):13,13707-13721.
- [21] 王式功,王金艳,周自江,等.中国沙尘天气的区域特征[J].地理学报,2003,58(2):193-200.
- [22] 王式功.我国西北地区沙尘暴时空分布及其成因分析[C]//中国科协第二届青年学术年会论文集.北京:中国科学技术出版社,1995:364-370.
- [23] 徐启运.我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析[C]//方宗义.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997:11-15.
- [24] 周自江.近 45 年中国沙尘暴和扬沙天气[J].第四纪研究,2001,21(1):9-17.
- [25] 邱新法.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.
- [26] 许炯心.黄河中游多沙粗沙区的风水两相侵蚀产沙过程[J].中国科学(D 辑),2000,30(5):540-548.
- [27] 许炯心.黄土高原地区沙尘暴形成的自然地理因素: I 影响因素分析[J].中国沙漠,2005,25(4):547-551.
- [28] 许炯心.黄土高原地区沙尘暴形成的自然地理因素: 多元回归分析与地带性特征[J].中国沙漠,2005,25(4):552-556.
- [29] 杨勤业,袁宝印.黄土高原自然环境及其演变[M].北京:科学出版社,1991:1-228.
- [30] 符淙斌,王强.气候突变的定义和检测方法[M].大气科学,1992,16(4):488.
- [31] 杨根生,刘阳宣,史培军.黄河沿岸风成沙入黄沙量估算[J].科学通报,1988,13:118.
- [32] 董智,谷雨,李红丽.阿拉善地区沙尘暴发生的时空变化规律探讨[J].中国水土保持科学,2008,6(2):26-31.
- [33] 李栋梁,王涛,钟海玲.中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J].中国沙漠,2004,24(3):379-378.