

# 近 50 年黄土高原风蚀区风速的区域变化特征分析

范清成<sup>1,3</sup>, 王飞<sup>1,2</sup>, 穆兴民<sup>1,2</sup>, 刘振东<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 风影响着地面热量平衡和水循环, 也是土壤风蚀的主要动力。选取黄土高原风蚀区 12 个代表站 1957—2009 年的风速资料, 采用距平累积、Mann-Kendall 等分析方法, 研究了 12 个站点的平均风速、最大风速变化特征以及起沙日(DTS)的变化规律。结果表明, 黄土高原风蚀地区西部和北部地区的固原、盐池县年平均风速最大, 东部地区河曲县风速最小, 固原、横山和绥德地区的年均起沙日最多。靖远、银川和绥德的年平均风速呈现显著增大趋势, 其余站点年平均风速都呈现降低趋势。年最大风速均呈现减小趋势。日最大风速的极大值出现在 4—5 月, 5 月份起沙日出现次数最多, 由于该时段春耕扰动地表, 而且植被萌发前地表覆盖较小, 故容易产生风蚀。

**关键词:** 风蚀区; 平均风速; 最大风速; 区域变化; 黄土高原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0040-04

中图分类号: S161.7, S157.1

## Regional Disparity and Change of Wind Velocities in Wind Erosion Area of Loess Plateau During Last 50 Years

FAN Qing-cheng<sup>1,3</sup>, WANG Fei<sup>1,2</sup>, MU Xing-min<sup>1,2</sup>, LIU Zhen-dong<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water

Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University,

Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Wind is one of the main driving forces of soil wind erosion, effecting surface heat balance and water circulation. Based on wind speed data collected at 12 stations in wind erosion area of Loess Plateau during 1957—2009, accumulation deviation from average and Mann-Kendall test were used to analyze the characteristics of average wind velocity, maximum wind speed and days of air-suspended sands(DTS, wind velocity > 6 m/s). The results show that Guyuan and Yanchi Counties had the highest averages wind speed and Hequ County has the lowest. Counties of Guyuan, Henshan, and Suide had the most days of air-suspended sand. The annual average speeds at three stations, i. e., Jingyuan County of Gansu Province, Yinchuan City of Ningxia Hui Autonomous Region and Suide County of Shaanxi Province exhibited a linear increasing trend during the period, but showed decreasing trend at other stations. The annual maximum wind speeds of the study area decreased in the whole period. The annual maximum wind speeds were mostly found in April or May, when soil wind erosion occurred easily because of the tillage and low vegetation coverage at the early spring. The most DTSs were found in May and more DTSs were recorded at Guyuan, Hengshan and Suide Counties are more than at the other areas.

**Keywords:** wind erosion area; average wind speed; maximum wind speed; regional variation; Loess Plateau

水力和风力是黄土高原土壤侵蚀的主要营力。在黄土高原的西部地区和北部地区由于气象条件和土壤状况等因素的影响, 土壤风蚀较为严重<sup>[1]</sup>, 特别

是在黄土高原北部水蚀风蚀交错带侵蚀最为严重, 其原因是土壤侵蚀全年进行, 水蚀与风蚀相互交替, 相互促进和迭加<sup>[2-3]</sup>。风是土壤风蚀强度的决定动力因

素<sup>[4]</sup>。目前研究认为全国几乎所有地区的风速都在减小,特别是在西北地区及冬春两季最为明显<sup>[5]</sup>,而年内风速差异也导致风蚀强度变化较大,冬春地表植被覆盖低值期与降水低值期同步,较大的风速可以引起和加剧风蚀<sup>[6]</sup>。农田土壤的风蚀量与风速之间呈指数函数的变化规律<sup>[7]</sup>。而近地面风速和气象站风速可以根据公式进行转换<sup>[8]</sup>。本研究选用黄土高原风蚀区气象站观测风速资料,分析风速的区域分异与时间变化特征,以期更好地认识该区风蚀因子的变化。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

黄土高原风蚀区主要位于神池、兴县、绥德、庆阳、固原一线以北,贺兰山以东,阴山以南地区<sup>[1]</sup>,在干旱和半干旱气候下植被覆盖低,土壤沙性较大,土壤干燥,易遭受风蚀。本文选取了黄土高原风蚀地区具有代表性的12个站点,1957—2009年地面气象站地面风速日值资料,站点分别为绥德、横山、盐池、榆林、固原、河曲、西峰、包头、银川、呼和浩特、靖远和延安。

由于风速资料缺测限制,选用1972—2009年最大风速日值资料分析最大风速和起沙日的变化规律。据资料,当日最大风速(10 min内的最大风速)大于6 m/s时认为当天为起沙日(DTS)<sup>[9]</sup>。

### 1.2 分析方法

运用统计分析软件分析研究区平均风速和最大风速的年际变化和年内变化,并分析各地区起沙日的变化规律,采用非参数统计 Mann—Kendall 方法(简称 M—K 方法)分析各站点多年平均风速的变化趋势。

M—K 方法是提取序列变化趋势的有效工具,被广泛应用于气候和水文序列的分析。它是一种非参数统计检验方法,不需要样本遵从正态分布,不受少数异常值的干扰,适用于类型变量和顺序变量<sup>[10]</sup>。分析计算采用 Hydrospect(version 2.0)软件进行平均风速年际变化趋势分析。在 $\alpha=0.05$ 水平下,如果序列的 M—K 值的绝对值大于 1.96,则该序列在此水平下呈现显著性变化趋势;当 M—K 值是正值时序列呈现上升或增加的趋势,是负值时则呈现下降或减少的趋势。

## 2 结果分析

### 2.1 不同地区年平均风速空间分布

研究区内年平均风速变化于 1.2~2.7 m/s,有从东向西、从南向北逐渐增大的趋势。最大年风速和最小年风速分布与年平均风速分布具有相似规律(表 1)。最大出现在西北部的固原、盐池地区,最小值出现在黄河沿岸的河曲、延安等地,只有位于西部的靖远年平均风速明显偏小。

表 1 1957—2009年各站风速统计特征

m/s

地区	年均风速		风速最大值特征			
	均值	$C_v$	最大	年份	最小	年份
固原	2.7	0.48	3.3	1958	2.3	2005
河曲	1.5	0.79	2.1	1963	1.0	1988
横山	2.5	0.66	3.0	1972	1.0	1957
绥德	2.4	0.65	2.9	1968	1.8	1964
西峰	2.5	0.43	3.2	1970	1.7	1982
延安	1.7	0.45	2.3	1962	1.2	2001

地区	年均风速		风速最大值特征			
	均值	$C_v$	最大	年份	最小	年份
盐池	2.6	0.57	3.1	1958	2.0	1986
榆林	2.2	0.62	2.7	1972	1.7	2003
包头	2.6	0.63	4.7	1969	1.2	2007
银川	2.0	1.61	2.7	1996	1.3	1967
呼和浩特	1.8	0.72	2.1	1976	1.2	2003
靖远	1.2	0.90	1.7	1992	0.6	2005

在空间分布分析的基础上,选取具有代表性的6个站点来分析年内平均风速的变化规律,通过对站点年内平均风速旬值变化(图 1)分析表明,延安平均风速年内变化差异不大,其它各站4月中下旬平均风速最大,1月上旬和中旬平均风速最小。西北部的盐池平均风速最大,东部地区河曲的平均风速最小。

### 2.2 平均风速年际变化特征

2.2.1 年际变化的趋势 通过对研究区 1957—2009 年年平均风速的趋势分析和线性拟合分析表明(表 2),绥德、银川和靖远 M—K 值都大于 0,表明序列呈现增加趋势;绥德和银川的年平均风速在 0.01

水平下增长趋势显著,靖远在 0.05 水平下则增加趋势不显著。

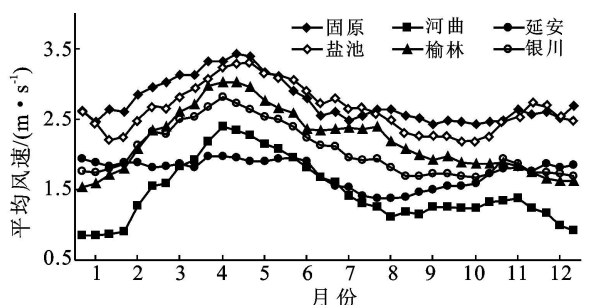


图 1 1957—2009年研究区代表站平均风速年内变化

其它各站的 M—K 值都小于 0, 都呈现降低趋势。呼和浩特、横山和榆林没有达到 0.05 的显著水

平。固原、河曲、西峰、延安、盐池和包头站都达到了 0.01 的显著性水平, 减低趋势显著(如图 2 所示)。

表 2 1957—2009 年研究区年平均风速变化趋势 M—K 统计值

站点	固原	河曲	横山	绥德	西峰	延安	盐池	榆林	包头	银川	呼和浩特	靖远
M—K 值	-4.41	-4.57	-1.58	3.30	-2.39	-5.89	-3.14	-1.75	-7.78	3.28	-0.05	1.70
置信度水平	0.99	0.99	0.89	0.99	0.98	0.99	0.99	0.91	0.99	0.99	0.37	0.92

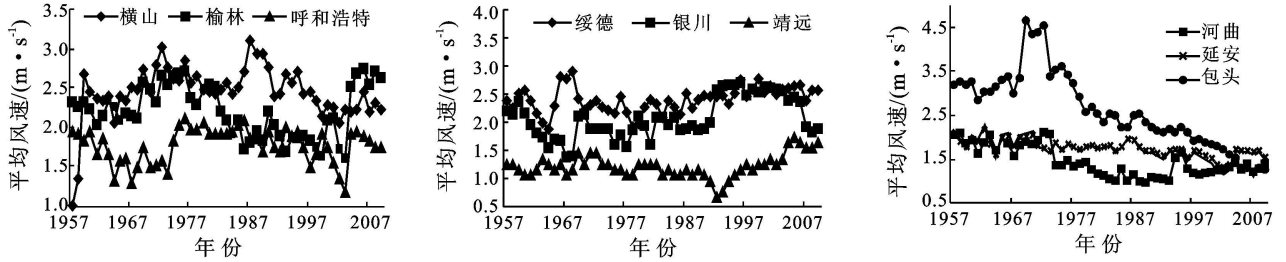


图 2 1957—2009 年研究区站点平均风速年际变化

2.2.2 年平均风速变化的阶段性 通过绘制年平均风速距平累积曲线[11], 研究区 6 个代表站点的 1957—2009 年差距累积变化过程图(图 3), 表明各个站点有着明显的阶段性变化特征, 但不同地区其阶段性特征各有差异, 特别是银川站。根据参考文献[11]的方法, 将研究区平均风速年际变化过程分为 3 个阶段见表 3。

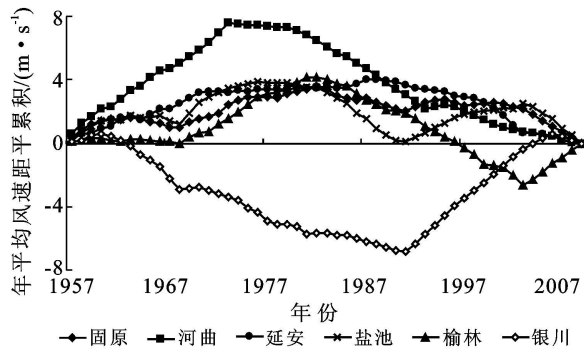


图 3 研究区代表站年平均风速距平累积变化

### 2.3 最大风速的变化规律

2.3.1 最大风速的年际变化 通过对黄土高原风蚀区的 6 个代表站年最大风速线性拟合(图 4), 结果表明各个站点年最大风速都呈现降低的趋势, 除河曲外其余站点在  $\alpha=0.01$  水平下降降低趋势显著, 但是最大风速都大于起沙风速  $6\text{ m/s}$ , 存在着风蚀潜力; 延安和河曲的年最大风速最低, 银川的年最大风速最大, 其它站之间年最大风速差异并不明显。

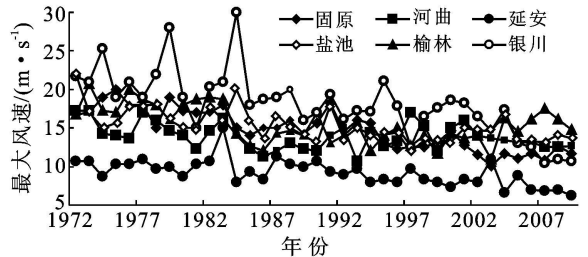


图 4 1972—2009 年研究区代表站点最大风速年际变化

表 3 研究区站点 1957—2009 年平均风速变化阶段

站点	高风速期	低风速期	平稳期
河曲	1957—1973(1.9)	1974—2009(1.2)	—
银川	1992—2009(2.4)	1957—1991(1.8)	—
盐池	1957—1976(2.8), 1992—2003(2.8)	1977—1991, 2004—2009(2.0)	—
延安	1957—1970(2.0)	1986—2009(1.6)	1971—1985(1.8)
固原	1957—1982(2.9)	1983—1991(2.6), 2001—2009(2.5)	1992—2000(2.8)
榆林	1969—1981(2.5), 2004—2009(2.6)	1982—2003(1.9)	1957—1968(2.2)

注：“( )”内数据为年平均风速, 单位为  $\text{m/s}$ 。

2.3.2 最大风速的季节变化 分析多年最大风速年内变化(图 5), 结果表明延安最大风速极大值出现在 6 月上旬, 其余站点的月最大风速极大值在 4 月中下

旬出现, 而在 11 月下旬又出现一个高峰值。银川的风速最大, 延安站风速低于其它站点风速, 5—11 月期间固原、盐池等 5 站之间月最大风速差异不明显。

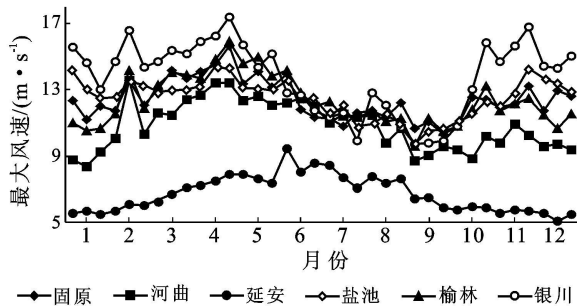


图 5 1972—2009 年研究区不同站点最大风速年内变化曲线

### 2.4 起沙日数变化

表 4 表明位于西部的固原和北部的横山、绥德、呼和浩特的起沙日数最多, 延安和西峰的起沙日数较小, 其它各站的年均起沙日数相差不大; 研究区 4、5 月份起沙日数出现次数最多。

表 4 1972—2009 年不同地区起沙日数变化

站点	总计起沙日数/d	年均起沙日次数最多月	最多月起沙天数/d
固原	197	5 月	24
河曲	101	4 月	18
横山	180	5 月	22
绥德	156	5 月	20
西峰	78	4 月	11
延安	13	4 月	3
盐池	178	5 月	20
榆林	131	4 月	18
包头	135	5 月	17
银川	105	4 月	16
呼和浩特	140	4 月	21
靖远	90	4 月	14

## 3 结论

(1) 对 1957—2009 年间黄土高原风蚀区年平均风速分析表明, 研究区内年平均风速整体上有从东向西、从南向北逐渐增大的趋势, 最大出现在西北部的固原、盐池地区, 最小值出现在黄河沿岸的河曲地区。通过对研究区代表站点年内变化的研究表明, 研究区内年平均风速最大值出现在 4 月中下旬, 延安站年内变化不明显。

在 1957—2009 年间靖远、银川和绥德的年平均风速呈现出增长的趋势; 呼和浩特、横山和榆林站降低趋势不显著, 包头、盐池、河曲、固原和西峰在  $\alpha=0.05$  水平下都呈现显著性降低的趋势。风速降低主

要是由于冬、夏季风减弱<sup>[5]</sup>, 从而会影响黄土高原未来的风蚀状况。研究区站点有着明显阶段性变化, 根据距平累积曲线可将研究时段分为低风速期、平稳期和高风速期。

(2) 对研究区站点最大风速分析表明, 研究区代表站点最大风速呈现降低趋势, 但都大于起沙风速 6 m/s。虽然各个地区的年平均风速都呈现出降低的趋势, 但是最大风速对研究区风蚀有着重要的影响。研究区北部和西部地区的旱地农业主要以一年一熟为主<sup>[12]</sup>, 而且最大风速的最大值出现在 4 月份, 此时农田地表覆盖较低, 加之降雨较少, 易受风蚀危害, 应通过对研究区风蚀规律深入研究来降低危害。

(3) 黄土高原西北部的固原和横山年均起沙日数多于其它地区, 西峰和延安的起沙日数最少, 各个地区 4、5 月份的起沙日出现次数最多。风力强度是影响风对土壤颗粒搬运的重要因素, 超过起沙风速日数越多, 对土壤表面的侵蚀程度越深。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 刘秉正, 吴发启. 土壤侵蚀[M]. 陕西 西安: 陕西人民出版社, 1996: 216-233.

[2] 唐克丽. 黄土高原水蚀风蚀交错区治理的重要性与紧迫性[J]. 中国水土保持, 2000(11): 11-12, 17.

[3] Wang Huijun. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's[J]. Adv. Atmos. Sci., 2001, 8(3): 76-386.

[4] 张国平, 张增祥, 刘纪远. 中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 146-158.

[5] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 282-236.

[6] 张平仓, 唐克丽. 六道沟流域有效水蚀风蚀能量及其特征研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(2): 32-40.

[7] 荣姣凤, 张海涛, 毛宁. 土壤风蚀量随风速的变化规律研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(2): 149-153.

[8] 陈渭南, 董治宝, 杨佐涛. 塔克拉玛干沙漠的起沙风速[J]. 地理学报, 1995, 50(4): 360-367.

[9] 王训明, 李吉均, 董光荣, 等. 近 50a 来中国北方风沙区气候演变与沙漠化响应[J]. 科学通报, 2007, 52(24): 2882-2888.

[10] Bum D H, Bum M A, Hag E. Detection of hydrologic trends and variability[J]. Journal of Hydrology, 2002, 255(1/4): 107-122.

[11] 穆兴民, 李靖, 王飞, 等. 黄河天然径流量年际变化过程分析[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 1-5.

[12] 刘玉兰, 穆兴民, 王飞, 等. 黄土高原地区耕作制度区划探讨[J]. 河南农业科学, 2009, 4(6): 59-63.