

塔克拉玛干地区春季沙尘演变及气候因素分析

肖风劲* (国家气候中心气候系统开放实验室,北京 100081)

摘要: 利用塔克拉玛干地区 18 个气象站的观测资料,分析了该地区 1961~2005 年春季沙尘暴发生和演变规律,并分析了降水、温度、风速、起沙风($\geq 5\text{m/s}$)日数等气象条件的变化特征及其对沙尘暴发生的影响.结果表明,塔克拉玛干地区除轮台、巴楚、塔什库尔干外,其余 15 个台站的沙尘日数呈现出明显的逐年递减趋势,其中 11 个台站减少显著.该地区冬季、春季降水和温度呈增加趋势,而春季平均风速则不断减小,起沙风日数也呈现出显著的减小趋势.沙尘源区的平均风速和起沙风日数与沙尘日数的相关系数分别达到 0.662 和 0.674,呈显著的正相关($P<0.01$),表明大风是引起沙尘暴的直接原因.沙尘日数与春季和冬季降水相关系数分别为 -0.589 和 -0.274,与春季降水呈显著的负相关($P<0.01$),而与冬季降水的相关性不显著,说明春季降水对该地区的沙尘暴有直接的抑制作用,而冬季降水对春季沙尘暴的影响不大;春季和冬季平均平均气温与沙尘日数呈不显著负相关,表明冬、春季节的气温变化对春季沙尘暴的影响有限.

关键词: 沙尘日数; 气候参数; 春季; 沙尘源区; 塔克拉玛干地区

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2007)01-0019-05

Analysis of spring sand dust storm evolution and climatic factors of sand dust originating areas of Taklimakan dry area. XIAO Feng-jin* (Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, Beijing 100081, China). *China Environmental Science*, 2007,27(1): 19~23

Abstract: Utilizing the observing data of 18 meteorological stations in Taklimakan dry area, the occurrence and evolution of sand dust storm from 1961 to 2005 in this area was analyzed, and the changing character of climatic conditions of precipitation, temperature, wind speed and sand wind ($\geq 5\text{m/s}$) day number were analyzed. In Taklimakan dry area, except Luntai, Bachu, and Takmagan, in the remaining 15 stations, the numbers of sand dust days appeared obvious decrease trend each year, in which 11 stations decrease markedly, in this area, the winter and spring precipitation and temperature appeared increasing trends, while the average wind speed in spring decreased constantly and the number of days of sand wind also appeared markedly decreasing trends. The average wind speed and the number of days of mean wind speed $\geq 5\text{m/s}$ have markedly positive correlation with the number of dust storm days($P<0.01$), the correlations coefficients is 0.662 and 0.674, respectively. Indicating great wind was the direct cause inducing the sand dust storm. The spring and the winter precipitation and sand dust day number correlation factor was -0.589 and -0.274, respectively, appearing markedly negative correlation with spring precipitation ($P<0.01$), while the correlatively with winter precipitation was not markedly, indicating spring precipitation had direct restrain action on sand dust occurrence, in this area, while the influence of winter precipitation on spring sand dust occurrence was not great. The spring and winter average air temperature appeared not marked negative correlation with dust days, indicating the influence of winter and spring air temperature changing on spring sand dust occurrence was limited.

Key words: the number of sand-dust days; climatic parameters; spring; originating areas of dust storm; Taklimakan dry area

沙尘暴是我国北方地区常见的一种自然灾害,指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气能见度水平低于 $1\text{km}^{[1-2]}$.沙尘暴过程对生态系统的破坏力极强,它能够加速土地荒漠化,对大气环境造成严重的污染.沙尘气溶胶对气候、海洋生态系统和生物化学循环也有着重要影响^[3].国内学者

根据 1971~1996 年的地面气象记录月报和地面天气资料,得出我国沙尘暴源区主要集中在南疆

收稿日期: 2006-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40205015);中国气象局气象灾害评估项目(2090501)

* 责任作者, 博士, xiaofj@cma.gov.cn

的塔克拉玛干沙漠及其周边地区、北疆的准噶尔盆地南沿、甘肃河西走廊和内蒙古干燥沙漠及青海柴达木盆地^[3-6]。塔克拉玛干作为我国最大、世界第二大的沙漠,已成为我国一个重要的沙尘源区。考虑到沙尘源区的气候要素对沙尘源区与非沙尘源区的沙尘暴发生密切相关,本研究利用地面观测资料,对塔克拉玛干沙尘暴源区的沙尘暴演变趋势及其与平均风速、平均气温、降水量、以及起风日数的关系进行分析,以确定气候条件对沙尘暴的影响力大小。

1 研究区域与方法

塔克拉玛干地区位于欧亚大陆中心,属于典型的干旱大陆性气候,干燥少雨、日照强、温差大、大风频繁,为沙尘暴灾害的发生提供了充分的条件。该区域东西长约 1000km,南北宽约 400km,面积 337000km²,36°26′~42°10′N, 74°88′~90°00′E。地势由西向东倾斜,平均海拔 1000m 左右。塔克拉玛干沙漠是世界第二大流动沙漠,多为高大的新月形流动沙丘,高度一般为 100~150m,最高达 200~300m。流动沙丘面积约占沙漠面积的 85%^[7],是我国主要的沙源地之一。

沙尘暴的形成需要 2 个基本条件:丰富松散的地表沙尘;当强冷空气入侵时,具备产生强风的环流条件。根据陈渭南等^[8]的研究,在塔克拉玛干地区 2m 高处的冲击起动风速为 5m/s,因此,本研究将 5m/s 设定为塔克拉玛干地区的起沙风速。

本研究所用资料来自国家气象信息中心,包括 1961~2005 年塔克拉玛干地区的阿克苏、轮台、库车、库尔勒、喀什、阿合奇、巴楚、柯坪、阿拉尔、铁干里克、若羌、塔什库尔干、莎车、皮山、和田、民丰、且末、于田 18 个气象台站的沙尘暴日数、风速、降水和气温的日资料。由月资料计算季节平均,由风速日资料统计大于 5m/s 有效起沙风速日数,18 个气象台站的分布见图 1。

统计方法采用回归分析和相关分析方法。用回归方法检验沙尘日数随时间的变化趋势。将沙

尘日数的时间序列看成时间的一元线性回归函数: $Y=a+bt$, 其中 b 为倾向值, $b>0$ 时,说明随时间 t 的增加, Y 呈上升趋势; $b<0$ 时,说明随时间 t 的增加, Y 呈下降趋势。 b 值的绝对值大小则反映了上升或下降的速率。将春季沙尘日数与春季降水量、冬季降水量(上年 12 月至当年 2 月)、春季温度、冬季温度(上年 12 月至当年 2 月)、春季风速、春季起沙风日数进行 Pearson 相关分析,并检验它们之间的相关性,评价气候因子对沙尘暴发生的贡献的大小。



图1 塔克拉玛干地区气象台站的分布示意

Fig.1 Distributions of meteorological stations

2 结果与分析

2.1 塔克拉玛干地区沙尘日数的时间变化

自 1961 年以来,塔克拉玛干地区的区域平均沙尘日数呈递减的趋势(图 2),这与许多学者关于我国北方地区的沙尘暴日数不断减少趋势的研究结论相一致^[9-11]。从平均沙尘日数看,20 世纪 60 年代,塔克拉玛干地区每年春季平均沙尘日数为 17.27d;70 年代为 17.02d;80 年代降至 13.11d;90 年代为 11.21d;2000 年以来,降低至 8.22d,特别是 2002~2005 年,分别为 7.39,4.61,4.83,2.06d,2005 年沙尘日数降至最低点。

从各气象台站的春季沙尘日数变化来看,除轮台、巴楚、塔什库尔干等 3 个气象台站的春季沙尘暴日数呈上升趋势(这种趋势并不显著)外,其余 15 个台站的沙尘暴日数均呈现出下降的趋势。

通过对各站春季沙尘日数进行时间上的分析发现,在塔克拉玛干地区 5 月,4 月和 3 月的平

均沙尘日数分别为 5.8、5.2、3.0d, 所占比例分别为 41%、37% 和 22%。可见塔克拉玛干地区春季沙尘暴主要发生在 5 月和 4 月, 3 月相对发生较少。

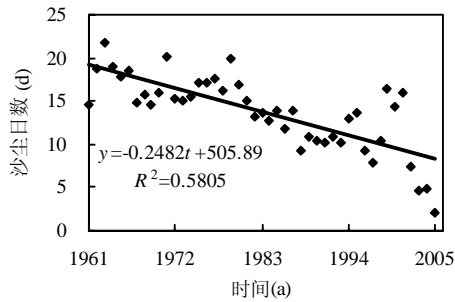


图2 塔克拉玛干地区近 45 年来春季沙尘日数的变化

Fig.2 Number change of spring sand dust storm days in Taklimakan area in recent 45 years

2.2 塔克拉玛干地区气候因子的演变特征

由图 3a 可以看出,塔克拉玛干地区的起沙风

日数呈明显的下降趋势。20 世纪 60 年代年平均起沙风日数为 7.91d; 到 20 世纪 70 年代平均起沙风日数有所增多, 为 8.06d; 80 年代起沙风日数则急剧下降, 平均为 5.12d; 90 年代起沙风日数继续减少, 平均为 3.06d; 自 2000 年以来平均起沙风日数仅为 2.5d。起沙风日数最多的是 1969 年, 为 12.17d; 其次是 1971 年和 1972 年, 分别为 10.44、10.06d; 最少的是 2005 年仅为 0.89d。而平均风速也呈明显的波浪型下降趋势(图 3b)。20 世纪 90 年代末平均风速达到了最小, 但自从 2000 年以来, 风速又有所增加。

通过对塔克拉玛干地区历年的春季和冬季的降水、气温的统计分析来看, 春季和冬季降水呈增加趋势, 但这种趋势并不显著(图 3c, 图 3d); 春季和冬季气温也呈增加趋势, 春季气温的增加趋势不显著, 而冬季气温增加趋势在 0.05 水平上明显(图 3e, 图 3f)。

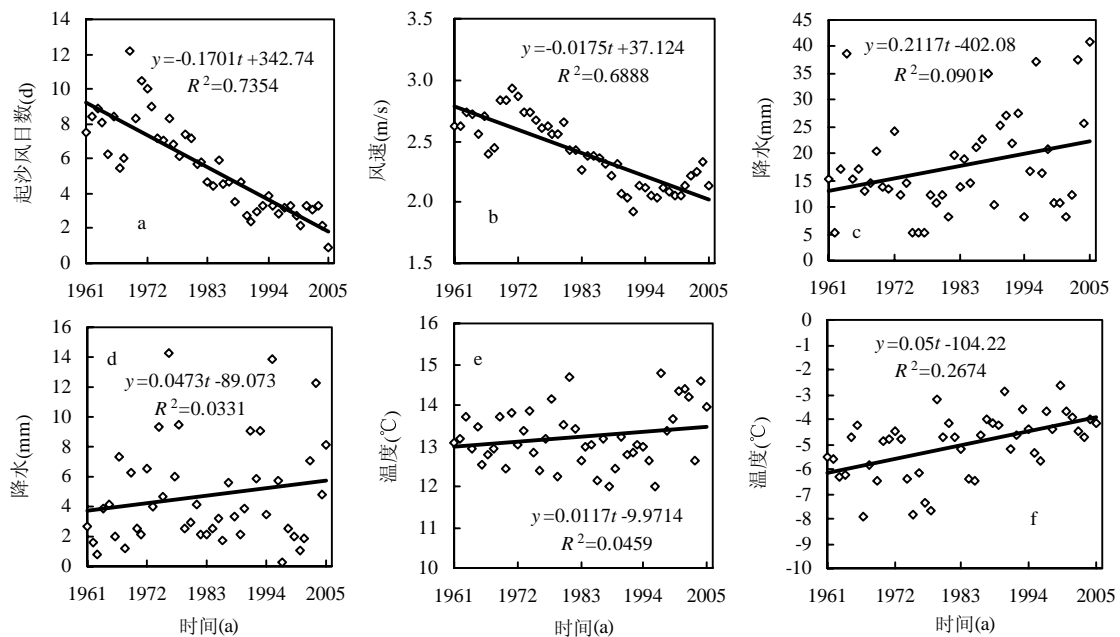


图3 塔克拉玛干地区气候因子的变化趋势

Fig.3 Changes of climatic factors in Taklimakan

a 起沙风日数; b 风速; c 春季降水; d 冬季降水; e 春季气温; f 冬季气温

2.3 塔克拉玛干地区沙尘暴与气象因素的相关分析

为了分析气象条件对沙尘暴发生的影响, 在本研究中选择了春季降水、温度、风速和大风日

数,以及上年度冬季的降水和温度.根据这些指标与沙尘日数的相关性分析来判断这些气象条件对沙尘暴的影响,计算结果见表 1.

表 1 沙尘日数与气候条件的相关系数
Table 1 Correlation coefficients of the number of sand dust storm days and climatic parameters

| 台 站 | 春季平 均降水 | 冬季平 均降水 | 春季平 均气温 | 冬季平 均气温 | 春季平 均风速 | 春季大 风日数 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 阿克苏 | -0.399** | -0.222 | -0.089 | -0.185 | 0.189 | 0.383** |
| 轮 台 | -0.329* | -0.004 | -0.026 | -0.140 | -0.186 | 0.057 |
| 库 车 | -0.386** | -0.293 | -0.297* | -0.305 | 0.432** | 0.684** |
| 库尔勒 | -0.365* | -0.196 | -0.178 | -0.427** | 0.492** | 0.516** |
| 喀 什 | -0.432** | -0.051 | 0.103 | -0.166 | 0.352* | 0.382* |
| 阿合奇 | -0.422** | -0.191 | 0.190 | -0.125 | 0.564** | 0.585** |
| 巴 楚 | -0.331* | -0.121 | 0.346* | 0.024 | -0.031 | 0.011 |
| 柯 坪 | -0.349* | -0.388** | 0.201 | -0.162 | 0.303* | 0.557** |
| 阿拉尔 | -0.285 | 0.164 | -0.170 | -0.069 | 0.091 | 0.253 |
| 铁干里克 | -0.170 | 0.108 | -0.001 | -0.070 | -0.023 | 0.155 |
| 若 羌 | -0.284 | -0.100 | -0.197 | -0.025 | 0.194 | 0.329* |
| 塔什库尔干 | -0.069 | -0.279 | -0.168 | 0.099 | 0.103 | 0.241 |
| 莎 车 | -0.465** | -0.156 | -0.185 | -0.417** | 0.463* | 0.315* |
| 皮 山 | -0.351* | -0.045 | -0.013 | -0.285 | 0.096 | 0.429* |
| 和 田 | -0.391** | -0.114 | -0.131 | -0.295* | 0.331* | 0.328* |
| 民 丰 | -0.065 | -0.262 | -0.048 | 0.201 | 0.215 | 0.168 |
| 且 末 | -0.401 | -0.081 | -0.231 | 0.277 | 0.695** | 0.612** |
| 于 田 | 0.067 | 0.051 | -0.043 | -0.088 | 0.590** | 0.529** |
| 区域平均 | -0.589** | -0.274 | -0.085 | -0.267 | 0.662** | 0.674** |

注: * 在 0.05 水平上显著相关, **在 0.01 水平上显著相关

由表 1 可以看出,大风日数与沙尘日数的相关性最强,区域平均沙尘日数与大风日数的相关性为 0.674,呈显著正相关($P<0.01$).从各站来看,阿克苏、库车、库尔勒、喀什、阿合奇、柯坪、若羌、莎车、皮山、和田、且末、于田 12 个站点的沙尘日数与大风日数呈显著正相关.从平均风速来看,区域平均沙尘日数与平均风速的相关性为 0.662,也呈显著正相关($P<0.01$).其中库车、库尔勒、喀什、阿合奇、柯坪、莎车、和田、且末、于田等站点的沙尘日数与风速之间也存在着显著的相关性.这说明在塔克拉玛干地区,沙尘日数随大风日数和风速的增加而增加,大风是影响沙尘日数的主要因素.塔克拉玛干地区属于我国的极端干旱区域,生态环境十分脆弱,沙质地表广

泛分布,植被覆盖率低,大面积的沙漠和沙漠化土地为沙尘暴的发生提供了丰富的物质基础,只要有大风,沙尘暴就容易发生.

春季沙尘日数与春季降水呈负相关,其中阿克苏、库车、喀什、阿合奇、莎车、和田 6 个站点的相关性在 0.01 水平上显著,轮台、库尔勒、巴楚、柯坪、皮山 5 个站的沙尘日数与降水的相关性在 0.05 水平上显著,18 个台站中有 11 个显著相关.沙尘暴发生日数随降水的增加而减少.其中部分站点的这种负相关在统计上是显著的,这说明塔克拉玛干大部分地区降水的增加对本地沙尘暴的发生起到了较明显的抑制作用.从本研究的结果看,多数站点的沙尘暴日数与降水量具有显著的相关性,这与就整个中国北方地区分析所得的结论不太一致^[12-13].分析认为,本研究区域集中在极端干旱区,该地区对降水特别敏感;而有关研究是在我国北方的其他地区,包括了我国的干旱、半干旱区,有的研究区域甚至包括了湿润半湿润地区,这些地区的沙尘天气主要源于外源的沙尘输送,当地的降水对沙尘天气没有明显的影响.而塔克拉玛干地区属于沙尘源区,大多属于内源性沙尘暴,降水对沙尘暴的影响相对大些^[14].

在春季沙尘日数与春季温度的相关关系上,除库车与巴楚外,其余站点都无显著的相关性.区域平均沙尘日数与区域春季平均气温的相关性也没有通过显著性检验.在冬季气温上,除库尔勒、莎车、和田 3 站点外,其余都没有显著的相关性.区域平均春季沙尘日数与区域冬季平均气温的相关性也没有通过显著性检验.这主要是由于气温变化与沙尘暴的发生存在着 2 种作用,从气温对地面沙尘源状况的影响看,升温会致使地表层解冻,土壤水分蒸发大,土质更加疏松,为初春沙尘天气的频繁发生提供了丰富的沙源,有利于沙尘暴的形成;而从沙尘暴发生的天气特征来看,由于沙尘暴多伴随冷空气活动,降温也成为沙尘暴产生的有利条件^[12,15].气温对沙尘暴的这 2 种作用使得该地区多数站点的沙尘日数与气温之间表现出不显著的相关性.

3 结论

3.1 塔克拉玛干地区作为我国重要的沙尘源区,近 45 年来,该地区春季的沙尘日数呈显著下降的趋势.

3.2 塔克拉玛干地区春季平均风速在不断下降,起沙风($\geq 5\text{m/s}$)日数也呈现出显著的下降趋势;春季和冬季降水呈增加趋势,但并不显著;春季气温和冬季气温呈增加趋势,春季气温增加不显著,而冬季气温增加显著.

3.3 相关分析得出,在塔克拉玛干沙尘源区,风速和起沙风日数与沙尘日数呈显著的正相关,说明了大风是引起沙尘暴的直接原因;春季降水与沙尘日数呈显著的负相关,而与冬季降水的相关性不显著,这说明春季降水对该地区的沙尘暴有直接的抑制作用.

参考文献:

- [1] 王式功,董光荣,陈惠忠,等.沙尘暴研究进展 [J]. 中国沙漠, 2000,20(4):349-356.
- [2] 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.
- [3] 范一大,史陪军,周俊华,等.近 50 年来中国沙尘暴变化趋势分析 [J]. 自然灾害学报,2005,14(3):22-28.
- [4] 王 涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策 [J]. 中国沙漠,2001,21(4):322-327.
- [5] 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.

- [6] 胡金明,崔海亭,唐志尧.中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响 [J]. 自然灾害学报,1999,4(8):45-49.
- [7] 沙拉买提.塔里木盆地沙尘暴的历时分布特征 [J]. 干旱区研究,1996,13(3):21-27.
- [8] 陈渭南,董治宝,杨佐涛,等.塔克拉玛干沙漠的起沙风速 [J]. 地理学报,1995,50(4):360-367.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 张仁健,韩志伟,王明星,等.中国沙尘暴天气的新特征及成因分析 [J]. 第四纪研究,2002,22(4):374-380.
- [12] 陈玉福,唐海萍.近 50 年首都圈沙尘暴的变化趋势及其与气温、降水和风的关系 [J]. 环境科学,2005,26(1):32-37.
- [13] 张 莉,任国玉.中国北方沙尘暴频数演化及其气候成因分析 [J]. 气象学报,2003,61(6):744-750.
- [14] Wang X, Dong Z, Liu L, *et al.* Sand sea activity and interactions with climatic parameters in the Taklimakan sand sea, China [J]. Journal of Arid Environment, 2004,57:85-98.
- [15] Zhou Xiuji, Xu Xiangde, Yan Peng, *et al.* Dynamic characteristics of spring sandstorms in 2000 [J]. Science in China (SeriesD), 2002,45(10):921-930.

作者简介: 肖风劲(1973-),男,湖南湘潭人,副研究员,博士,主要从事极端气候事件监测与评价、气候对生态环境的影响评估等方面的工作.发表论文近 30 篇.

致谢: 本研究中的数据收集得到国家气候中心廖要明工程师的帮助,在此表示感谢.

《中国环境科学》荣获第三届国家期刊奖百种重点期刊

由中国环境科学学会主办的《中国环境科学》2004 年荣获第三届国家期刊奖百种重点期刊.

国家期刊奖是经中共中央宣传部批准,由新闻出版总署主办的我国期刊界最高奖项.此次参加评选的全国期刊有 976 种,其中社科类期刊 485 种,科技类期刊 491 种.

《中国环境科学》编辑部