

玛依热·艾海提,周元逸,赵海军,等.南疆西部沙尘天气长期变化及突变特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(3):107-115.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2023.03.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



南疆西部沙尘天气长期变化及突变特征分析

玛依热·艾海提¹,周元逸¹,赵海军^{2*},阿依夏木·买买提托合提³,胡素琴¹

(1.喀什地区气象局,新疆 喀什 844000;2.临沂市气象局,山东 临沂 276004;
3.和田地区气象局,新疆 和田 848000)

摘要:利用南疆西部 15 个国家气象站 1961—2019 年逐日沙尘天气资料,采用气候倾向率和统计检验等方法对南疆西部沙尘天气的时空变化特征进行分析。研究表明:春季为南疆西部沙尘暴及浮尘天气出现最多的季节、扬沙天气出现次多的季节,分别占全年沙尘暴、扬沙、浮尘的 49%、38%、43%;夏季为扬沙天气出现最多的季节、是沙尘暴、浮尘天气出现次多的季节,分别占全年沙尘暴、扬沙、浮尘的 35%、43%、35%;冬季为低频季节,发生占比分别为 7%、6%、14%。南疆西部沙尘天气呈东多西少特征,山区沙尘天气日数明显少于平原,浮尘天气平原地区分布均匀,沙尘暴、扬沙平原东部和南部区域多于平原腹地。沙尘天气日数年际变化振幅较大,沙尘暴、扬沙、浮尘日数整体呈明显减少趋势。浮尘年际变化周期显著,其次为扬沙与沙尘暴,1984 和 1977 年为沙尘暴、浮尘统计定义上的突变年份,扬沙存在 2 个突变点,分别为 1982 和 1992 年。沙尘暴和扬沙的主导风向为偏西北风,浮尘主导风向为偏东北风,主导风向与地形影响关联密切。

关键词:南疆西部;沙尘天气;气候趋势;突变检验;相关性分析

中图分类号:P425.55 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2023)03-0107-09

气象学上的沙尘天气,是指强风从地面卷起大量尘土,使空气浑浊,水平能见度明显下降的一种天气现象,根据沙尘天气强度可分为沙尘暴、扬沙、浮尘^[1]。沙尘天气的发生,必要条件为沙源,地表干燥、松散的尘土,其次需要合适的气象条件。随着气候暖湿化显著^[2],我国沙漠地区的气候也经历着干旱—相对湿润的复杂转换^[3],沙尘天气特征有了较明显的变化,与此同时人口剧增^[4]、日益增多的农田开垦活动^[5-6],在一定程度上加剧沙尘天气的发生频率。目前国内外在沙尘天气变化特征、成因和对策研究方面取得了一些有意义的研究成果^[7-10]。西北地区的

沙尘暴与大风、降水及下垫面等有密切联系^[11-13]。李红军等^[14]得出南北疆沙尘暴均呈减少趋势,南疆减少趋势明显大于北疆。孔锋等^[15]研究全国灾害性沙尘天气时空分布特征得出新疆南部地区为沙尘天气日数高值区。王森等^[16]、王旭等^[17]研究南疆沙尘天气及沙尘暴气候特征得出沙尘天气呈现南多北少的特征,塔克拉玛干沙漠南缘较其他周边频发。阿布都克日木·阿巴司等^[18]得出西北大风引起巴楚沙尘天气的概率最大。毛东雷等^[19]研究和田策勒 54 a 的沙尘天气得出沙尘天气日数呈线性递减规律,并且年沙尘暴日数与年均风速呈正向变化。牛建龙等^[19]发现阿拉尔地区沙尘天气季节分布呈现“春>夏>秋>冬”的特征。王荣梅等^[20]得出喀什沙尘暴 20 世纪 80 年代出现突变型减少。目前,学者们对新疆沙尘天气的研究常见于大的空间范围或单站的变化特征研究及典型过程分析^[14-21],但是近 10 多年南疆区域极端天气气候事件频发,对南疆西部沙尘天气及其长序列统计特征影响较大,需对其加强研究。

收稿日期:2021-07-25;修回日期:2022-06-02

基金项目:国家自然科学基金项目(41875019);中国沙漠气象科学研究基金(SQJ2020010)

作者简介:玛依热·艾海提(1987—),女,高级工程师,主要从事中短期天气预报业务及研究。E-mail:531183624@qq.com

通信作者:赵海军(1984—),男,正高级工程师,主要从事灾害性天气研究。E-mail:weazhj@163.com

新疆西部位于我国最西端,北、西、南三面环山,东面是塔克拉玛干沙漠,气候干燥,属荒漠、干旱地区,生态环境极为脆弱,是沙尘暴多发区^[22]。同时新疆西部作为全国的上游区,具有比较重要的地理位置。沙尘天气是新疆西部最主要的灾害性天气,给工农业生产和人民生命财产带来极大的危害,因此针对新疆西部沙尘天气变化规律进行研究分析很有必要。本文应用新疆西部气象观测站有较完整记录以来的所有地面观测资料,分析新疆西部沙尘天气的时空分布特征,旨在防御和减轻新疆西部沙尘灾害,为防沙治沙工程提供科学依据。

1 研究资料与方法

1.1 研究区域及资料

新疆西部位于塔里木盆地西缘,选取1961—2019年新疆西部15个国家气象站共59 a的逐日沙尘(沙尘暴、扬沙、浮尘)天气观测数据,分别对沙尘暴、扬沙、浮尘天气进行统计分析。文中的沙尘天气日数不是3种沙尘天气日数的总和,而是将一天(20时—次日20时)内某站点,地面监测中出现浮尘、扬沙或沙尘暴中的一种或多种天气现象,记为该站点出现1次沙尘天气。

喀什地区沙尘天气的监测从2014年开始由人工监测换成仪器自动监测,两者均按照国家标准GB/T 20480—2017、GB/T 20479—2006监测判别沙尘天气,观测方法的变化对沙尘数据的连续性不会带来明显影响。

1.2 统计方法

使用线性倾向估计法、小波分析进行气候变化趋势分析;采用Mann-Kendall检验、滑动 t 检验、累积距平^[23]、STARS^[24](Sequential T-test Analysis of Regime Shifts)等方法检测气候突变情况;反距离权重插值法分析沙尘天气空间分布特征。

1.2.1 STARS方法计算过程

(1)依据 t 检验,确定具有显著差异的两种格局(两组连续数据)的平均值。

$$d_{diff} = \sqrt{\frac{2\sigma_l^2}{l}} \quad (1)$$

式中: l 是所选格局的截距长以确定变量 X ; t 是给定可信度条件下自由度为 $2l-2$ 的 t 分布值,此时,假设两种格局的变量是相同的,在对变量 X 运算的 l 年内并等于 σ_l^2 的平均值。

(2)计算变量 X 起初 l 的 \bar{x}_{R1} 平均值作为对格局 $R1$ 的度量,在接下来的 l 年中其数值必须达到 $\bar{x}_{R2} =$

$\bar{x}_{R1} \pm d_{diff}$ 才认定转变成格局 $R2$ 。

(3)对每一个新的值,重新以 $i=l+1$ 开始,检验是否大于 $\bar{x}_{R1} + d_{diff}$ 或小于 $\bar{x}_{R1} - d_{diff}$;若没有超过 $\bar{x}_{R1} \pm d_{diff}$,就认为目前尚未发生格局转变。此时,重新计算平均值 \bar{x}_{R1} 以涵盖 x_i 和变量 X 的前一值 $l-1$,等待下一数值的到来。而若 x_i 超过 $\bar{x}_{R1} \pm d_{diff}$ 的范围,这一年即被认为是新格局 $R2$ 的起始点 j 。

(4)新格局起始点确定后,每个新的 x_i (此时 $i > j$)被用来确认格局在 j 年是否发生演变。如果 $\bar{x}_i - \bar{x}'_{R2}$ 也在此时具有同样的状况,则更加确信此时发生格局转变。相反也是正确的。在 $i=j$ 时的格局转变,这种可信度的变化可通过格局转变指数(R_{SI})反映出:

$$R_{SI,j} = \sum_{i=j}^{j+m} \frac{x_i^*}{l\sigma_i}, \quad m=0,1,\dots,l-1 \quad (2)$$

如果格局是向上转变的,那么 $x_i^* = \bar{x}_i - \bar{x}'_{R2}$;如果格局是向下转变的,那么 $x_i^* = \bar{x}'_{R2} - x_i$;在 $i=j+1$ 到 $i=j-1$ 间的任何时候,若 R_{SI} 值为负,从第5步开始,否则进行第6步。

(5) R_{SI} 为负值意味着格局在 j 年转变的判断失败,令 $R_{SI}=0$ 。将 x_i 包括在内重新计算 \bar{x}_{R1} 并以 $i=j+1$ 为起始,如同第3步,检验 x_i 值是否超出 $\bar{x}_{R1} + d_{diff}$ 范围。

(6) R_{SI} 为正值意味着格局在 j 年发生转变(可信度为 p)。计算新格局的 \bar{x}_{R2} 平均值。此时,它又变成一个基础格局,检测将继续进行;从 $i=j+1$ 年开始,寻找下一个格局转变 $R3$ 。若同时有几个变量,最终的 R_{SI} 是各变量在相应时间 R_{SI} 之和。

2 沙尘天气的时空变化特征

2.1 沙尘天气年际变化特征分析

利用5年滑动平均、线性倾向估计法对沙尘天气的变化趋势进行分析。沙尘天气日数经过5年滑动平均后,得出序列在每个时刻的趋势值,可以更加明显地体现出整体的变化趋势。统计显示新疆西部年平均沙尘天气日数趋势特征经历了3个时期,其峰值出现在1979年,为125.3 d;1961—1979年是沙尘天气发生的高频期,其线性递增率为1.84 d/a,平均每年发生96.4次沙尘天气;1980—1991年是沙尘天气发生的快速减少期,线性递减率为-3.65 d/a,平均每年发生81.5次沙尘天气(图1)。由此可知,沙尘天气在1980年前后发生了明显的转折变化。1992—2019年是沙尘天气发生的缓慢减少期及低频期,其线性递减率为-0.92 d/a,平均每年发生55.3次沙尘天气。综上所述,近59年新疆西部沙尘天气

日数年际波动较大,整体呈减少趋势。

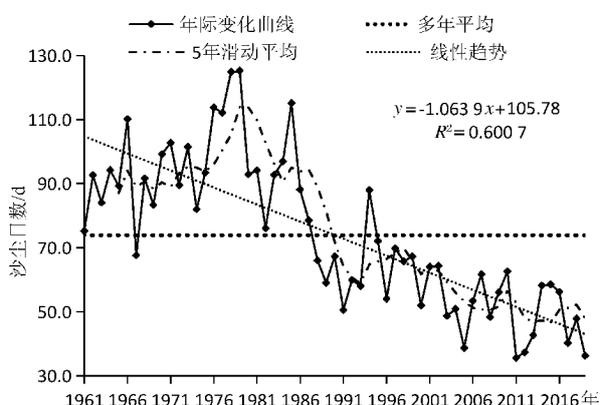


图1 1961—2019年平均沙尘天气日数特征趋势

从1961—2019年南疆西部沙尘暴、扬沙、浮尘年日数趋势变化来看(图2),沙尘暴、扬沙、浮尘日数呈下降趋势。气候数据回归分析检验得出,沙尘暴、扬沙、浮尘日数线性递减率分别为 $-2.46/10\text{ a}$ 、 $-2.70/10\text{ a}$ 、 $-8.46/10\text{ a}$,其中沙尘暴与扬沙的减少趋势较接近,浮尘日数减少幅度最大。沙尘暴、扬沙、浮尘日数峰值分别出现在1966、1979、1979年,峰值分别为20、36、124 d。沙尘暴、扬沙、浮尘日数谷值分别出现在2012、2014、2019年,分别为1、11、34 d。

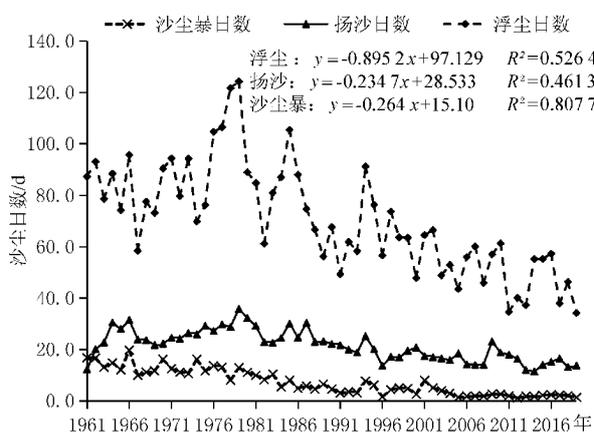


图2 1961—2019年沙尘暴、扬沙、浮尘年平均日数变化趋势

M-K趋势检验结果(表1)与回归分析结果一致,Z值均通过了0.01的显著性检验,说明下降趋势十分明显。

2.2 沙尘天气月际变化趋势

由图3可知,南疆西部浮尘、扬沙、沙尘暴天气1—12月都会发生,具有明显的月际变化规律。浮尘

表1 Mann-Kendall气候变化趋势检验

	沙尘暴	扬沙	浮尘
Z值	-6.12***	-10.63***	-10.91***
倾斜率	-0.246	-0.270	-0.846

注:***表示通过0.01的显著性检验。

天气4月出现日数最多,12月最少;扬沙在5—6月出现日数明显多于其他月份,12月最少;沙尘暴5月出现日数最多,9月—次年2月极少出现。均呈现出单峰型变化规律,沙尘暴、扬沙、浮尘峰值分别出现在5月(1.6次)、6月(3.4次)、4月(12.4次)。春季为沙尘暴天气和浮尘天气出现的最多季节,也扬沙天气出现的次多季节,春季分别占全年沙尘暴、扬沙、浮尘的49%、38%、43%。夏季为扬沙天气出现的最多季节,是沙尘暴、浮尘天气出现的次多季节,分别占全年沙尘暴、扬沙、浮尘的35%、43%、35%。冬季(12月—次年2月)为3类沙尘天气的低频期,分别占全年沙尘暴、扬沙、浮尘的7%、6%、14%。

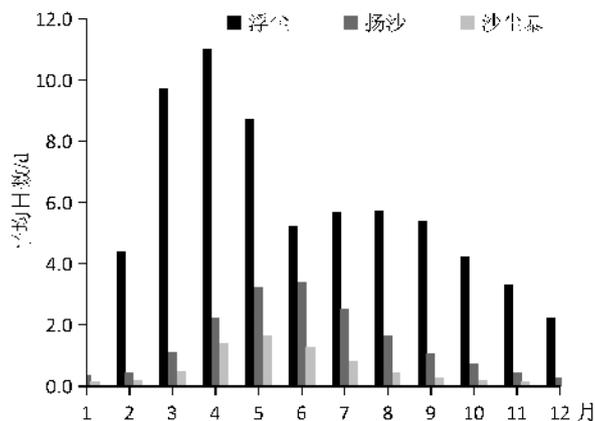


图3 1961—2019年沙尘暴、扬沙、浮尘月平均日数变化特征

南疆西部沙尘暴、扬沙持续时间大多为1 d,最多2 d,而浮尘天气持续时间较长,一般为2~5 d,个别达7~10 d,严重者可长达15 d以上^[26]。浮尘过程连续发生日数最长达34 d,出现在1985年12月1日—1986年1月3日的喀什市。

2.3 沙尘天气序列周期分析

图4给出了南疆西部地区沙尘暴、扬沙、浮尘平均日数的小波系数能量图。沙尘暴(图4a)在20世纪60年代中期存在4 a左右的周期变化,1961—1985年存在2~3 a的周期变化。20世纪60—80年代扬沙以7 a左右的周期变化为主(图4b),1961—2001年同时存在较明显的2~3 a的周期变化。浮尘

存在 7~8 a 的周期变化 (图 4c), 20 世纪 70 年代末至 80 年代初周期震荡最强烈。三类天气中浮尘天气的周期变化最显著, 震荡最为明显, 扬沙周期变化通过显著性检验, 沙尘暴周期变化不太显著。

2.4 沙尘天气突变分析

利用滑动 t 检验与 Mann-Kendall 检验及 STARS 检验方法相结合, 同时对南疆西部的沙尘暴、扬沙、浮尘的年均日数进行突变检验, 置信度水平取 95%。

在 Mann-Kendall 检验统计量曲线 (图 5a) 中, 沙尘暴年均日数的正序列曲线 UF 在 1966 年以后一致呈下降趋势, 并在 1985 年超过了临界线, 下降趋势更加明显, 与 UB 曲线相交于 1990 年, 两线相交点在临界线之外, 说明 1990 年不是突变年。滑动 t 检验把子序列长度从 $n=5$ 调到 $n=11$, 有共同的突

变发生时段为 1980—1988、2003—2004 年。STARS 方法 (图 5b) 计算出突变时间在 1982、2004 年; 累积距平检测出突变年出现在 1983 年。M-K 检验未算出突变年, 但是通过其他突变检验方法计算出突变年, 综合判断出 1984 年左右为沙尘暴减少突变点。

扬沙年均日数的正序列曲线 UF 在 1961—1980 年呈上升趋势 (图 5c), 1993 年后呈下降趋势, 并在 1999 年超过了临界线, 下降趋势更加明显, 与 UB 曲线在临界线外相交于 2002 年。滑动 t 检验把子序列长度从 $n=5$ 调到 $n=11$, 有共同的突变发生时段有 1980—1992 年。STARS 方法计算出 (图 5d) 突变时间在 1982、1992 年; 累积距平检测出突变年出现在 1987 年; 1982、1992 年均为扬沙天气减少突变点。

浮尘年均日数的正序列曲线 UF 在 1961—1990 年呈上升趋势 (图 5e), 1991 年以后呈下降趋势, 并

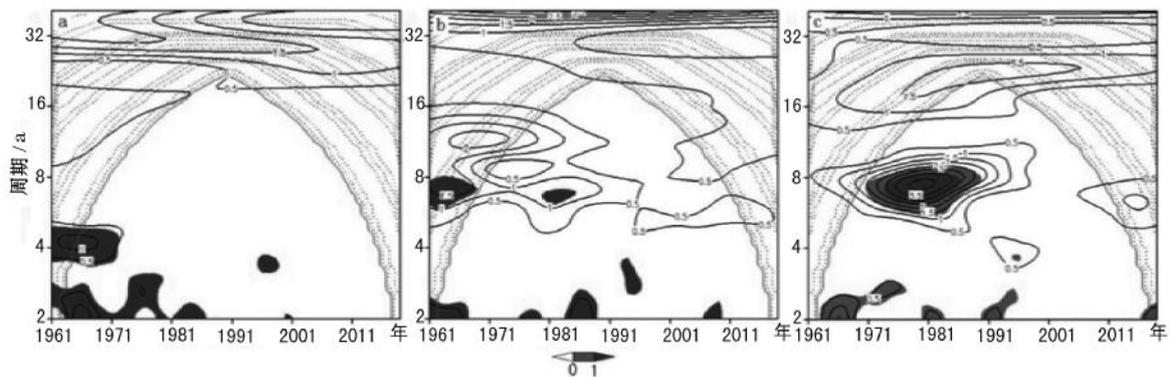


图 4 沙尘暴、扬沙、浮尘天气小波变换能谱等值线图

(a 为沙尘暴, b 为扬沙, c 为浮尘; 粗实线为小波能谱等值线; 细实线为 $\alpha=0.05$ 的显著性水平; 虚线为 α 超过 0.05 的显著性水平)

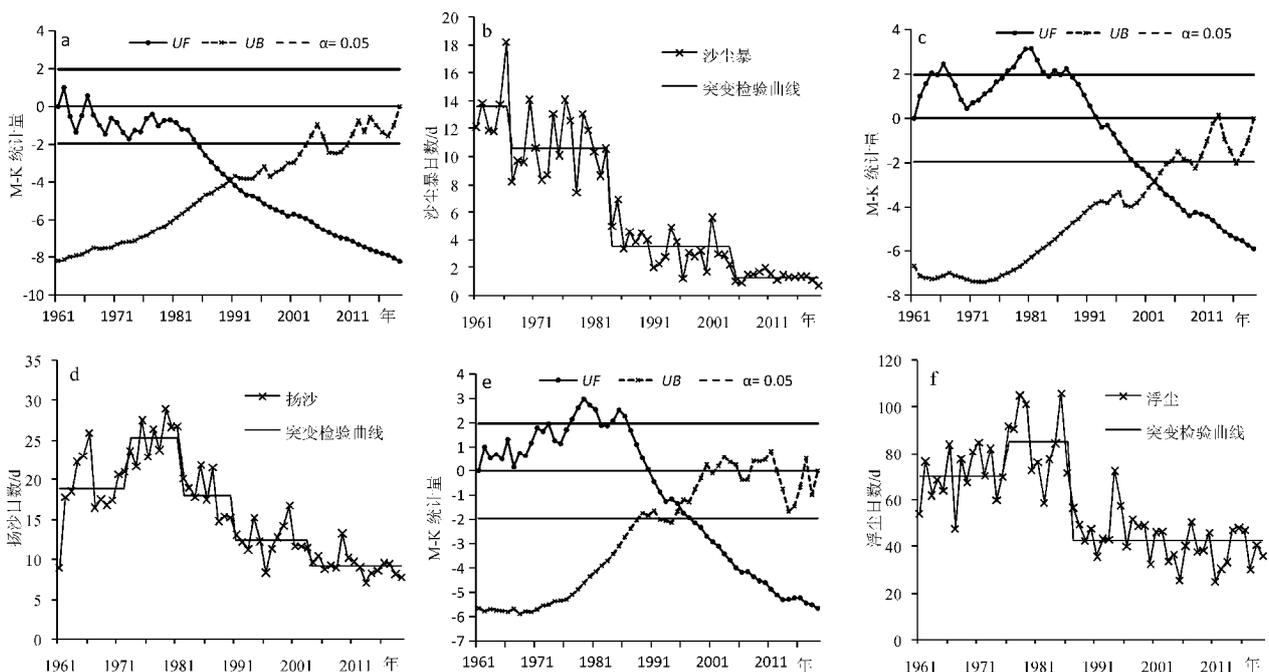


图 5 沙尘暴(a~b)、扬沙(c~d)、浮尘日数(e~f)Mann-Kendall 检验统计量曲线及突变检验

在 1997 年超过了临界线, 下降趋势更加明显, 与 *UB* 曲线在临界线内相较于 1995 年。滑动 *t* 检验把子序列长度从 $n=5$ 调到 $n=11$, 有共同的突变发生年为 1985 年。STARS 方法计算出(图 5 f)突变时间在 1986、1987 年; 累积距平检测出突变年出现在 1987 年。M-K 检验得出的突变年与其他几种方法得出的突变年相差较大。1987 年左右是浮尘日数由增多到减少的突变年, 1995 年左右是由快速减少到平稳保持的突变年, 由此判断出浮尘日数由增多到减少的突变年为 1987 年左右。

3 沙尘天气空间分布及变化趋势

南疆西部沙尘暴、扬沙、浮尘、沙尘天气均呈现东多西少的经向分布特征(图 6)。由于南疆西部东靠沙源西靠山、海拔高度西高东低, 沙尘天气靠原地沉降或新的西翻冷空气吹散, 沙尘天气最多表现形式为浮尘。南疆西部浮尘日数占总沙尘天气日数的 85%, 因此沙尘与浮尘天气空间分布特征基本一致,

沙尘、浮尘天气发生最多的是莎车县, 为 125、118 d。扬沙、沙尘暴发生的分别最多在巴楚、叶城县, 为 46、12 d。浮尘天气在平原地区分布较均匀, 影响范围广, 沙尘暴和扬沙平原东部和南部区域多于平原腹地。主要是因为平原东南区域靠近塔克拉玛干沙漠西缘, 起风易引起局部型强沙尘天气。

从浮尘、扬沙、沙尘暴的变化趋势(表 2)可知, 绝大部分站点均出现显著减少趋势。吐尔尕特沙尘暴不显著减少。喀什、乌恰扬沙不显著减少, 吐尔尕特不显著增多, 塔什库尔干显著增多($P<0.01$)。麦盖提、塔县浮尘呈不显著减少趋势。南疆西部除了塔什库尔干、吐尔尕特站扬沙天气呈增多趋势外, 其他站点沙尘天气均呈减少趋势。

4 沙尘天气的风特征

风是沙尘天气产生的另一个重要因子, 也是沙尘天气的主要动力来源。南疆西部沙尘天气产生时, 风速的变化范围很大, 1.0~12.5 m/s 都可能出现, 但

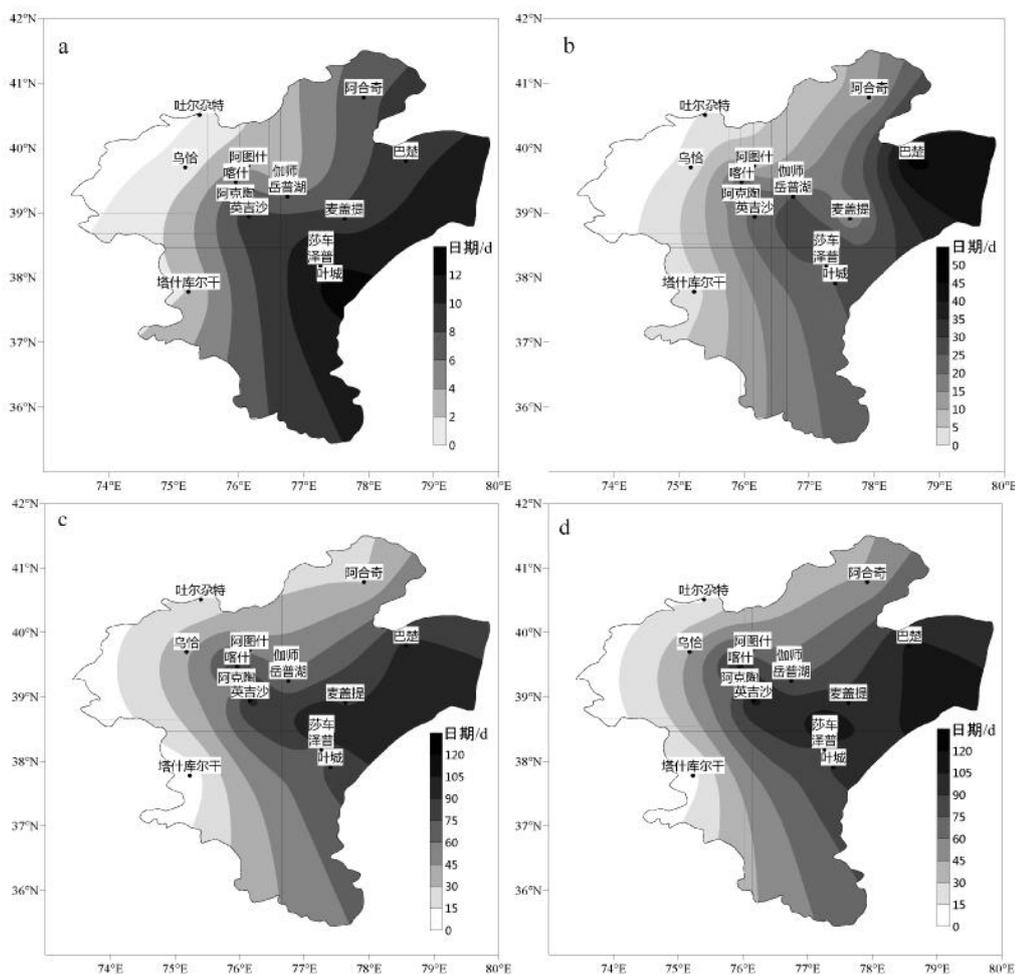


图 6 南疆西部沙尘暴、扬沙、浮尘、沙尘空间分布
(a 为沙尘暴, b 为扬沙, c 为浮尘, d 为沙尘天气)

表2 1961—2019年南疆西部沙尘天气日数趋势变化

	沙尘暴	扬沙	浮尘
喀什	-0.20***	-0.08	-1.88***
阿图什	-0.17***	-0.27***	-1.42***
英吉沙	-0.43***	-0.41***	-1.70***
伽师	-0.14***	-0.15**	-0.70***
岳普湖	-0.23***	-0.78***	-1.04***
阿克陶	-0.41***	-0.61***	-1.00***
阿合奇	-0.30***	-0.33***	-0.49***
巴楚	-0.34***	-0.53***	-0.95***
麦盖提	-0.34***	-0.19**	-0.28
莎车	-0.32***	-0.32***	-1.28***
叶城	-0.44***	-0.26***	-1.18***
泽普	-0.43***	-0.15*	-0.72***
乌恰	-0.03**	-0.01	-0.29*
吐尔杂特	-0.002	0.001	-0.42**
塔什库尔干	-0.06***	0.09**	-0.05

注：*、**、*** 分别表示通过 0.1、0.05、0.01 的显著性检验。

3.1~7.0 m/s 的风出现概率最大,占 69%,1.0~3.0 m/s 的微风占 20%,7.1~12.5 m/s 的风仅占 11%。这主要跟浮尘天气时风力较小,并且南疆西部浮尘天气占总沙尘天气日数的 85%有关。

从沙尘天气风频玫瑰图(图7)可知,南疆西部

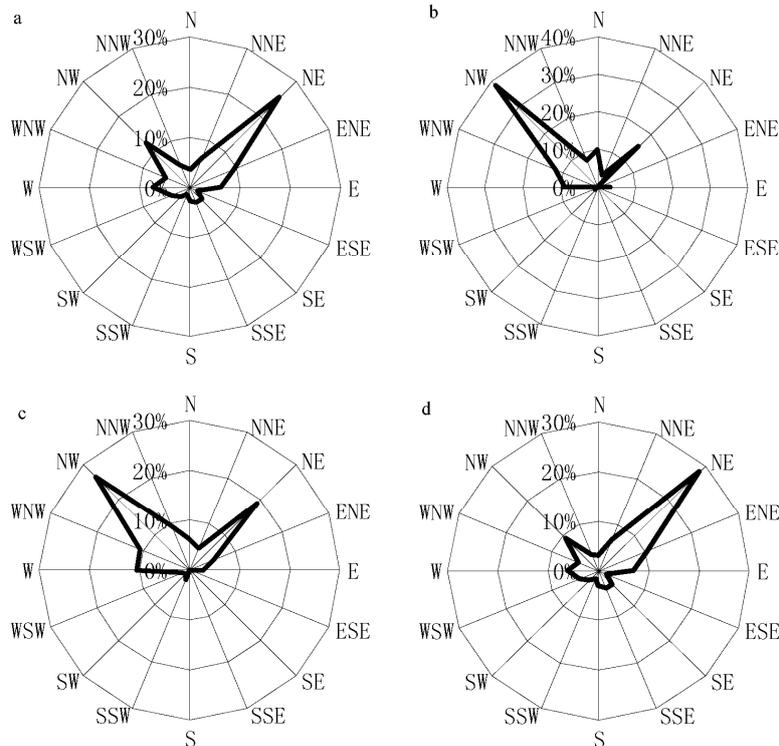


图7 南疆西部沙尘天气、沙尘暴、扬沙、浮尘 10 min 平均最大风频玫瑰图 (a 为沙尘天气,b 为沙尘暴,c 为扬沙,d 为浮尘)

沙尘天气在偏东北风(NNE—ENE)时发生的概率最大,占 40%,其次是偏西北风(包括 WNW—NNW),占 22%。从不同程度沙尘天气类型来看,沙尘暴天气在偏西北风时发生的概率最大,占 58%,扬沙天气在偏西北风时发生的概率最大,占 47%,其次是偏东北风,占 29%,浮尘天气在偏东北风时发生的概率最大,占 45%。南疆西部沙尘天气集中出现在偏东风(NE—SSE)和偏北风(WNW—NNE)的情况下,占全部沙尘天气的 82%,偏西风(WSW—W)、偏南风(S—SW)时出现的沙尘天气占 18%。

沙尘暴和扬沙天气以西北风为主,浮尘天气以东北风为主,与地形影响关联密切。

5 讨论

由于南疆西部特殊的地理位置、局部环境与南疆其他地区有差异,与以往研究成果中南疆沙尘暴的发生规律^[6,16]有一定异同点。南疆西部沙尘暴、扬沙、浮尘总体呈减少趋势,突变点都出现在 20 世纪 80—90 年代,王森等^[16]通过运用 M-K 检验得出南疆(49 个国家站)沙尘暴、扬沙、浮尘突变点分别为 1985、1995、1994 年,姜平等^[28]运用 M-K 检验研究喀什(喀什、莎车、巴楚 3 个站点)沙尘暴得出没有突变点。本文运用 M-K 检验得出的南疆西部(喀什、克州 11 个国家站)突变点跟他们的研究结果基本一致,

使用滑动 t 检验和 STARS 检验方法得出的结果与 M-K 检验和他们的研究结果有一定差异,这与采用的突变检验方法和分析区域的站点不完全相同有关。

对南疆西部沙尘天气日数与同期的大气中气象要素进行相关性分析(表 3)表明,各类沙尘天气日数与大风日数及降水量之间相关性较显著。沙尘暴、扬沙、浮尘日数与年大风日数均呈极显著正相关关系($P<0.001$)。风作为沙尘天气的动力因子,大风日数的减少导致各类沙尘天气日数减少,这与其他研究结果一致^[29-30]。沙尘暴及浮尘日数与降水量呈极显著负相关($P<0.001$),扬沙日数与降水量呈显著负相关($P<0.01$)。降水量增多导致地表被卷入空中的沙尘粒子减少,从而影响沙尘天气的发生,降水因子对沙尘天气起到抑制作用^[30]。此外,沙尘暴日数与平均气温具有显著负相关性,而扬沙、浮尘日数与平均气温没有明显的相关性。沙尘暴时段大量沙尘笼罩地表,减少白天太阳短波辐射对地表加热的同时影响长波辐射发射,从而改变大气辐射能量收支,导致平均气温偏低,而扬沙、浮尘对平均气温的影响较小。3 类沙尘天气与相对湿度及日照时数没有明显的相关性,说明这两个因子不是造成沙尘天气日数变化的主要因素。

表 3 南疆西部沙尘天气与各大气象要素的相关系数

	年平均 大风日数	年平均 气温	年平均 降水量	年平均 日照时数	年平均 相对湿度
年平均沙尘暴日数	0.883***	-0.364**	-0.422***	0.030	0.140
年平均扬沙日数	0.673***	-0.278	-0.372**	0.161	0.224
年平均浮尘日数	0.624***	-0.224	-0.505***	0.053	0.087

注:**、*** 分别表示通过 0.05、0.01 的显著性检验。

近年来人工绿洲面积不断扩大^[31-32],1989—2017 年南疆荒漠植被面积以 $2.25 \text{ 万 hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度显著增长,科学的防沙治沙措施取得了一定的成效^[33],表现在沙尘暴、扬沙、浮尘的谷值均出现在 21 世纪以后的近几年。同时新疆气候暖湿化转变主要出现在 20 世纪 80 年代中期^[34],20 世纪 90 年代南疆西部降水量较之前明显增多,尤其春夏季降水量增多幅度显著^[35-36],而春夏季的沙尘天气占全年沙尘天气的 8 成以上,20 世纪 80 年代中期以后各类沙尘天气均呈现一致下降的趋势与气候转型及降水量增多

等因素密切相关。

6 结论

对 1961—2019 年南疆西部 15 个国家气象观测站沙尘暴、扬沙、浮尘日数进行统计分析,得出以下结论:

(1)南疆西部沙尘天气日数趋势特征经历了 3 个时期。1961—1979 年是沙尘天气的高频期;1980—1991 年是快速减少期;1992—2019 年是低频期。近 59 年南疆西部沙尘天气日数波动较大,沙尘暴、扬沙、浮尘日数线性递减率分别为 $-2.46/10 \text{ a}$ 、 $-2.70/10 \text{ a}$ 、 $-8.46/10 \text{ a}$,整体呈明显减少趋势。南疆西部沙尘天气全年均有发生,春季为沙尘暴天气及浮尘天气出现最多的季节、是扬沙天气出现次多的季节;夏季为扬沙天气出现最多的季节、是沙尘暴、浮尘天气出现次多的季节;冬季为 3 类天气发生的低频期。

(2)沙尘暴存在 4 a、2~3 a 的周期变化,扬沙以 7 a 左右的周期变化为主,同时存在较明显的 2~3 a 的周期变化,浮尘存在 7~8 a 的周期变化。3 类天气中浮尘天气的周期变化最为显著,扬沙周期变化通过显著性检验,沙尘暴周期变化不显著。沙尘暴、浮尘突变年分别为 1984 和 1987 年,扬沙存在 2 个突变年,分别为 1982 和 1992 年。

(3)南疆西部沙尘暴、扬沙、浮尘、沙尘天气均呈东多西少的经向分布特征,沙尘天气、浮尘天气发生最多的是莎车县,扬沙、沙尘暴最多的分别是发生巴楚、叶城县。南疆西部山区沙尘天气日数明显少于平原,平原地区浮尘分布较均匀,沙尘暴和扬沙平原东部和南部区域多于平原腹地。

(4)南疆西部引起沙尘天气的风速变化范围较广,以 $3.1\sim 7 \text{ m/s}$ 出现的概率最大。沙尘暴及扬沙天气的主导风向为偏西北风,浮尘天气主导风向为偏东北风。南疆西部沙尘天气集中出现在偏东风(NE—SSE)和偏北风(WNW—NNE)的情况下,占全部沙尘天气的 82%。南疆西部沙尘天气日数变化主要是大风、降水、气温等要素共同作用的结果。

参考文献:

- [1] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1979:21-27.
- [2] 陶辉,白云岗,毛炜峰.塔里木河流域气候变化及未来趋势预估[J].冰川冻土,2011,33(4):738-743.
- [3] 霍文,智协飞,杨莲梅,等.沙漠气象若干问题研究进展[J].大气科学学报,2019,42(3):469-480.

- [4] 李璠,徐维新,祁栋林,等.1961—2015年青海沙尘天气时空变化特征[J].干旱区研究,2018,35(2):412-417.
- [5] 毛东雷,蔡富艳,薛杰,等.新疆和田策勒1960—2013年沙尘天气变化趋势[J].干旱区资源与环境,2016,30(2):164-169.
- [6] 赵明瑞,刘明春,钱莉,等.民勤绿洲1971—2010年沙尘暴特征及影响因素分析[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(5):35-39.
- [7] 张存杰,宁惠芳.甘肃省近30年沙尘暴、扬沙、浮尘天气空间分布特征[J].气象,2002,28(3):28-32.
- [8] 霍文,杨青,何清,等.新疆大风区沙尘暴气候特征分析[J].干旱区地理(汉文版),2011,34(5):753-761.
- [9] 杨兴华,何清,艾力·买买提明,等.1996—2008年塔中地区的风沙环境特征[J].沙漠与绿洲气象,2010,4(2):21-25.
- [10] 阿不力米提江·阿布力克木,李娜,赵克明,等.塔里木盆地一次“东灌”沙尘暴大气边界层特征[J].沙漠与绿洲气象,2019,13(5):55-61.
- [11] 沈洁,李耀辉,朱晓炜,等.西北地区气候与环境变化影响沙尘暴的研究进展[J].干旱气象,2010,28(4):467-474.
- [12] 曾淑玲,程一帆,王式功,等.我国西北和内蒙古地区春季沙尘暴的年代际变化及原因探析[J].中国沙漠,2010,30(5):1022-1206.
- [13] 李岩瑛,张强,陈英,等.中国西北干旱区沙尘暴源地风沙大气边界层特征[J].中国沙漠,2014,24(1):206-214.
- [14] 李红军,李军,何清.新疆沙尘暴的趋势和突变研究[J].中国沙漠,2008,28(5):915-919.
- [15] 孔锋.中国灾害性沙尘天气日数的时空演变特征(1961—2017)[J].干旱区资源与环境,2020,34(8):116-123.
- [16] 王森,王雪皎,陈东东.1961—2017年南疆地区沙尘天气的时空变化特征及影响因素分析[J].干旱区资源与环境,2019,33(9):81-86.
- [17] 王旭,马禹,陈洪武.南疆沙尘暴气候特征分析[J].中国沙漠,2003,23(2):147-151.
- [18] 阿布都克日木·阿巴司,努尔帕提曼·买买提热依木,努尔比亚·吐尼牙孜,等.巴楚县1961—2010年沙尘天气的变化趋势分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(5):36-40.
- [19] 牛建龙,王家强,彭杰.南疆阿拉尔地区近31年沙尘天气变化特征及影响因素[J].干旱区资源与环境,2016,30(6):102-107.
- [20] 王荣梅,阿依仙木古丽,余岚.新疆喀什地区沙尘暴天气的时空分布特征及防治措施[J].冰川冻土,2016,38(6):1553-1559.
- [21] 马鹏飞,张正偲,论珠群培,等.雅鲁藏布江曲水—泽当段风沙活动动力条件分析与风沙灾害防治建议[J].中国沙漠,2021,41(1):10-18.
- [22] 周自江,王锡稳,牛若芸.近47年中国沙尘暴气候特征研究[J].应用气象学报,2002,13(2):193-200.
- [23] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:63-66.
- [24] 梅雪英,杨扬,方建德.上海地区酸雨类型格局转变研究[J].长江流域资源与环境,2010,19(9):1075-1079.
- [25] 徐羹慧,陆帼英.新疆沙尘暴灾害防治对策研究[J].新疆气象,2005,28(6):4-7.
- [26] 江远安,张云惠,霍广勇.喀什地区沙尘天气过程分析[J].新疆气象,2005,28(增刊):8-11.
- [27] 满苏尔·沙比提,玉素甫·买买提,娜斯曼·那斯尔丁.1991—2011年新疆于田绿洲土地利用/覆被时空变化特征分析[J].冰川冻土,2014,36(3):582-589.
- [28] 姜萍,徐洁,陈鹏翔,等.南疆近57年沙尘暴变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2019,33(2):103-109.
- [29] 李林,赵强.青海省沙尘暴天气研究[J].气象科技,2002,30(4):210-221.
- [30] 李璠,肖建设,祁栋林,等.柴达木盆地沙尘暴天气影响因素[J].中国沙漠,2019,39(2):144-150.
- [31] 贺可,吴世新,杨怡,等.近40a新疆土地利用及其绿洲动态变化[J].干旱区地理,2018,41(6):1333-1340.
- [32] 李继红.关于沙尘暴及生态治理的思考[J].气象与环境科学,2004,(3):5-7.
- [33] 崔灿,郭英,沈彦俊.新疆荒漠植被的时空分布变化及其驱动因素[J].中国生态农业学报,2021,29(10):1668-1678.
- [34] 辛渝,陈洪武,张广兴,等.新疆年降水量的时空变化特征[J].高原气象,2008,27(5):993-1003.
- [35] 胡汝骥,樊自立,王亚俊.近50年新疆气候变化对环境影响评估[J].干旱区地理,2001,24(2):97-103.
- [36] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊,等.新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响[J].干旱区地理,2002,25(3):194-200.

Long-term Variation and Abrupt Change of Dust Weather in Western Southern Xinjiang

Mayra Ahat¹, ZHOU Yuanyi¹, ZHAO Haijun², Ayxam Mamattohti³, HU Suqin¹

(1.Kashgar Meteorological Bureau, Kashgar 844000, China;

2.Linyi Meteorological Bureau, Linyi 276004, China;

3.Hotan Meteorological Bureau, Hotan 848000, China)

Abstract Based on the daily dust data of 15 national ordinary stations in western southern Xinjiang from 1961 to 2019, the spatial and temporal variation characteristics of dust weather in the west part of southern Xinjiang were analyzed by using the methods of climate tendency rate and statistical test. Results showed that: Spring was the most frequent season for sandstorm and floating dust weather, and the second most frequent season for sand-blowing weather, accounting for 49%, 38% and 43% of sandstorm, sand-blowing and floating dust of the whole year respectively. Summer was the most frequent season for sand-blowing weather, and the second most frequent season for sandstorm and floating dust, accounting for 35%, 43% and 35% of sandstorm, sand-blowing and floating dust of the whole year respectively. Winter was the low-frequency season, accounting for 7%, 6% and 14%, respectively. In the west part of southern Xinjiang, the numbers of dust days in the mountainous area were obviously less than that in the plain area, and the distribution of floating dust in the plain area was more uniform. Sand-blowing and floating dust in the eastern and southern parts of the sandstorm and the sand-blowing plain was more than that in the hinterland of the plain area. The interannual variation trend amplitude of sand dust days in the west of southern Xinjiang was large, and the number of sand storm, sand blowing and floating dust days showed an obvious decreasing trend as a whole. The change cycle of floating dust years was significant, followed by sandstorm and sand-blowing. The years 1984, 1977 were the mutation years defined by sandstorm and floating dust statistics, and the two mutation years in sand-blowing were 1982, 1992. The dominant wind direction of sandstorm and sand-blowing was mainly northwest wind, while that of floating dust was northeast wind, and the dominant wind direction was closely related to the topography.

Key words west of southern Xinjiang; dust; climatic trend; catastrophe test; correlation analysis