

热孜瓦古·孜比布拉,阿依谢姆古丽·孜比不拉,胡素琴,等.喀什地区浮尘天气特征及一次重污染天气成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(1):69-74.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.01.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



喀什地区浮尘天气特征及一次重污染天气成因分析

热孜瓦古·孜比布拉¹,阿依谢姆古丽·孜比不拉^{2*},胡素琴¹,玛依热·艾海提¹,杨 鸿¹
(1.喀什地区气象局,新疆 喀什 844000;2.克州气象局,新疆 阿图什 845350)

摘 要:根据1961—2018年喀什地区9个国家站浮尘日数逐日观测资料,利用气候学统计、M-K突变检验等方法分析喀什地区浮尘日数的时空分布等气候特征,分析2019年3月19—25日喀什地区出现的强浮尘造成的重污染天气成因。结果表明:喀什地区年平均浮尘日数为71 d,浮尘日数总体呈减少趋势,并于1997年前后发生了显著减少性突变。2019年3月19—25日出现的强浮尘天气过程,持续时间长,影响范围广,乌拉尔山高压脊发展,脊前横槽转竖,在新疆东部回流东灌冷空气是造成此次沙尘过程的天气背景。浮尘天气造成21—24日喀什地区空气污染指数AQI指达500,属严重污染,首要污染物PM_{2.5}和PM₁₀在21日、22日达到峰值,分别为494、1 175 μg/m³。热力、动力条件以及近地面存在逆温层均不利于污染物的扩散。污染过程前后喀什市本站气压与PM₁₀、PM₂₅浓度均呈正相关,相关系数为0.762、0.507,均通过0.05显著性水平检验;气温与PM₁₀浓度呈负相关,与PM₂₅相关性不明显;相对湿度跟PM₁₀和PM₂₅呈正相关,表明气象因子在大气污染过程中对大气环境影响明显。

关键词:浮尘;重污染天气;天气背景;空气污染指数

中图分类号:X513;P458.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2021)01-0069-06

喀什地区位于我国西部边陲,三面环山,北有天山,南有昆仑山,西有帕米尔高原,海拔均在3 km以上,东部则为塔克拉玛干沙漠,地形复杂,植被覆盖率低,生态脆弱。平原地区年平均降水量在56.5~82.1 mm,具有丰富的沙源。春、秋季冷空气活动频繁,强冷空气从新疆东部进入塔里木盆地,在盆地东部产生偏东大风,卷起塔克拉玛干沙漠及戈壁沙尘西进,为沙尘天气提供丰富的沙源,沙尘天气发生频率高。近年来,为打赢蓝天保卫战,改善空气质量,

保障人民群众身体健康,为更好地满足人民日益增长的优美生态环境需要,实现全面建成小康社会的生态环境目标,研究喀什地区浮尘天气特征及造成的重污染天气成因显得尤为重要。

近年来,学术界在风沙天气研究方面做了比较多的工作。刘华悦等^[1]利用塔克拉玛干地区风速廓线分析了低空急流及其季节变化特征,从最大风速发生高度、逆温以及风切变3个方面给出了低空急流的具体判定条件,并指出低空急流对暴雨发生、污染物的扩散、沙尘天气具有重要的影响。王金辉等^[2]对南疆西部克州春季的一次强风沙天气进行了分析,认为高空低压槽和强锋区是其主要的天气系统。杨莲梅等^[3]也对南疆盆地大风造成沙尘暴的环流动力结构进行了分析,认为西伯利亚冷高压爆发性南下并强烈发展,气压梯度和变压梯度使冷空气加速,西风急流动量下传是导致地面大风的主要因素。虽然

收稿日期:2020-02-10;修回日期:2020-04-20

基金项目:喀什地区科技局项目“沙尘天气对喀什地区空气质量的影响及沙尘源解析”(KS2019007)

作者简介:热孜瓦古·孜比布拉(1987—),女(维吾尔族),工程师,主要从事天气预报技术研究。E-mail:375837606@qq.com

通信作者:阿依谢姆古丽·孜比不拉(1989—),女(维吾尔族),工程师,现从事短期天气预报服务工作。E-mail:349669838@qq.com

浮尘天气带来的破坏性较小,但浮尘中沙尘气溶胶对大气环境有显著影响^[4],严重影响人民群众的生产生活。针对浮尘天气,近年来的研究指出,稳定的大气层结是决定沙尘颗粒沉降的一个重要因素^[5-7]。当高空出现逆温层时,会阻碍空气的对流活动,进而使逆温层像盖子一样抑制污染物的输送。逆温层的存在对大气污染有很大的影响^[8-11]。李朝辉等^[12]对包头市环境监测数据分析发现,逆温直接影响PM₁₀及其他大气污染物的扩散。

沙尘暴、大风是喀什地区春季严重的灾害性天气之一,由于破坏性强,对其成因及日常业务预报等研究成果颇多^[13-15],而对春季大范围的浮尘天气过程分析较少。2019年3月19—25日,受东灌冷空气的影响,南疆西部出现了一次大范围的沙尘天气,此次天气影响范围广,持续时间长,天气强度强。因此,本文分析喀什地区浮尘的年际变化特征,并针对一次浮尘天气个例(2019年3月19—25日)分析造成此次强浮尘天气的气候背景和大气环流形势演变、热力和动力条件,以及气温、相对湿度等主要气象要素跟污染物浓度的相关关系,对以后工作中浮尘天气预报提供一定的参考依据。

1 资料和方法

选取1961—2018年,喀什地区平原9个气象台站近60 a浮尘观测资料,利用气候趋势分析、M-K检验等方法对喀什地区的浮尘日数进行气候统计分析。

利用2019年3月19日08时—25日20时,NCEP/NCAR逐日4次1.0°(1.0°网格再分析资料,地面、高空常规观测资料,以及喀什地区3个环境监测站提供相关空气质量逐小时监测数据资料,分析强浮尘天气成因及物理量的变化。

2 浮尘天气时空变化特征

2.1 浮尘日数年际变化

根据1961—2018年喀什地区年平均沙尘日数统计分析,年平均沙尘日数为108 d,浮尘日数占总沙尘日数的71%。从喀什地区1961—2018年多年平均浮尘日数空间分布来看,年平均浮尘日数为56~120 d,其中莎车县年平均浮尘日数最多,为120 d,伽师县平均浮尘日数最少(图1a)。利用1961—2018年9个气象台站近60 a浮尘观测资料进行趋势分析发现,喀什地区年平均浮尘日数为71 d,最多浮尘日数为124 d,出现在1979年,最少浮尘日数为35 d,出现在2011年。浮尘日数总体呈减少趋势,线性趋势倾向率为8.8 d/10 a,并通过0.05显著性水平检验,浮尘日数减少趋势明显(图1b)。浮尘日数在1985年以前呈增多趋势,线性趋势倾向率为5.5 d/10 a,但未通过0.05的显著性检验,增多趋势不是很明显。1985年以后呈减少趋势,线性趋势倾向率为10.6 d/10 a,通过显著性检验。

2.2 浮尘日数突变分析

通过喀什地区1961—2018年浮尘日数M-K突变检验结果显示(图2),UF曲线在1986年以后呈下降趋势,在0.05显著性水平下,UF曲线在1996年超过±1.96信度线,UF曲线和UB曲线相较于1997年,说明喀什地区浮尘日数在1997年开始由多到少的突变。

3 个例分析

受强冷空气入侵的影响,2019年3月19日夜间至20日,喀什平原自东向西出现浓浮尘,同时大部分地区出现短时沙尘暴,偏东局地出现偏东大风,能见度为145~475 m,喀什市最小能见度为232 m。21—23日各地维持浓浮尘天气,24日浮尘趋于减弱。此次浮尘时2019年南疆西部入春以来影响范围

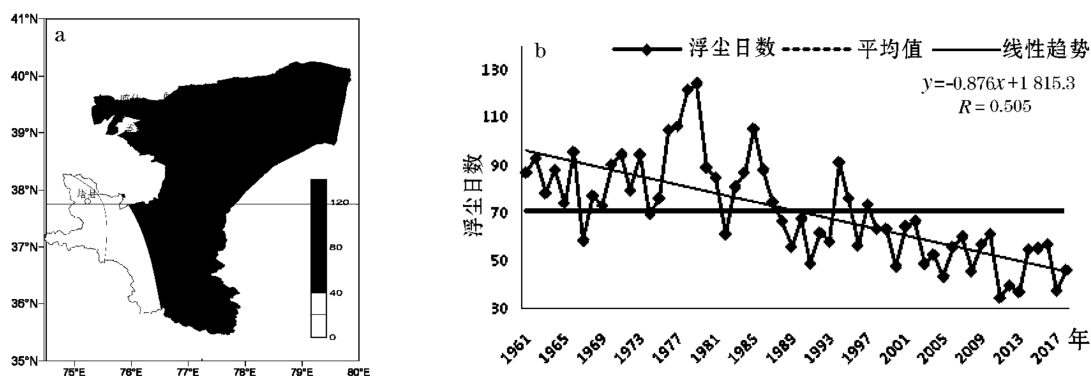


图1 喀什地区1961—2018年浮尘日数空间变化(a)和年际变化趋势(b,单位:d)

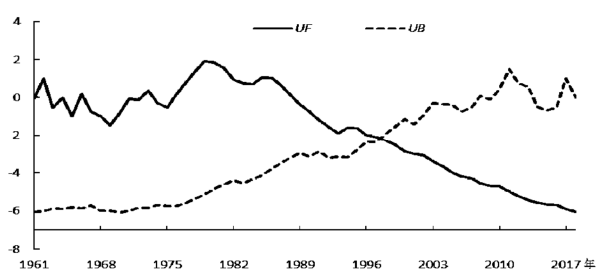


图2 喀什地区 1961—2018 年浮尘日数

Mann-Kendall 突变

广、强度强的一次重度污染天气过程。以下针对这次浮尘天气个例进行深入分析。

3.1 空气质量概况

从喀什地区环境监测站提供监测资料来看(表1),2019年3月20日出现浮尘天气后气溶胶质量浓度迅速飙升,20日08—09时 PM_{10} 浓度值从 $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升到 $942 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{25} 浓度值从 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升到 $752 \mu\text{g}/\text{m}^3$,21—24日空气污染指数AQI指数达500,空气质量级别为Ⅵ级属严重污染, PM_{25} 和 PM_{10} 在21日、22日达到峰值,分别为 $494 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1175 \mu\text{g}/\text{m}^3$,直到26日随着浮尘天气的结束AQI指数下降到96,气溶胶浓度逐渐降低。

表1 2019年3月19—25日喀什地区

日期	AQI	空气质量日均值				
		PM_{25} 浓度值	PM_{10} 浓度值	SO_2 浓度值	CO 浓度值	NO_2 浓度值
19日	131	84	212	12	1.2	52
20日	467	208	567	6	0.6	25
21日	500	494	1 014	6	0.6	24
22日	500	372	1 175	6	0.8	34
23日	500	262	814	8	0.8	36
24日	500	309	938	8	1	40
25日	427	178	527	12	0.9	38
26日	96	50	142	8	0.8	40

3.2 高低空环流形势演变

前期3月17日20时,500 hPa高空图上欧亚范围呈两脊两槽的经向型环流,乌拉尔山至巴尔喀什湖一带为高压脊,贝加尔湖至西西伯利亚地区为横槽,温度场配合有 -36°C 冷中心,冷舌落后于高空槽,且槽底等温线密集,系统斜压性强,新疆处于横槽底部偏西气流控制。随着乌拉尔山高压脊东移并向东北伸展,与巴尔喀什湖脊同位相叠加,脊前引导冷空气汇

入槽区,横槽南压,18日20时,强锋区进入新疆中东部,北疆上空偏西风快速增大,南疆西部地区为深厚暖脊控制,19日20时巴尔喀什湖脊进一步发展并稳定维持,低槽强锋区稳定维持在东疆,冷空气在东疆堆积并不断灌入南疆盆地,850 hPa高空图上南疆盆地高度场呈西高东低分布,位势梯度密集区位于巴州一带,南疆盆地东部出现偏东急流,最大风速达 22 m/s 。由于巴尔喀什湖高压脊的稳定维持,引导冷空气不断补充低槽,东疆低槽长时间维持,直至23日20时低槽减弱东移,全疆大部受浅脊控制,随着南疆西部国境线一小短波扰动,850 hPa喀什地区转为偏西风,浮尘天气趋于减弱,能见度逐渐转好(图3a,3b)。

从地面天气图来看(图3c),此次天气冷高移动路径为西北路径,19日08时地面冷高移到巴尔喀什湖以北,中心强度为 1037.5 hPa ,南疆盆地受热力低压控制,受天山地形阻挡,高压地区海平面气压梯度密集,南北气压差达 35 hPa 。20日08时冷高压中心移至蒙古高原并加强至 1040 hPa ,南疆盆地东部呈现西北东南走向的等压线密集区,随着冷空气的灌入南疆盆地,喀什地区快速加压,3 h变压达 $+4 \text{ hPa}$,在强气压梯度和变压梯度作用南疆盆地出现强西北风,最小能见度降到 200 m ,近地层强烈持续偏东风的作用下将塔克拉玛干沙漠的沙尘输送到南疆西部。因南疆盆地地势西高东低,西部帕米尔高原平均海拔在 3 km 以上,浮尘受帕米尔高原阻挡在喀什地区停滞,由于21—24日蒙古冷高压稳定控制,并不断分裂冷空气灌入南疆盆地,进一步增强了浮尘的维持时间,25日冷高压减弱地面减压,浮尘天气趋于减弱。

3.3 热力条件分析

温度场来看(图4),19日20时喀什地区处于 16°C 暖脊控制,此时850 hPa温度 T_{850} 与500 hPa温度 T_{500} 温差在 36°C 左右,上冷下暖,冷暖交汇,有利于产生热力不稳定层结。随着冷空气入侵,20日08时850 hPa零度线压在沿天山一带,喀什地区气温骤降处于 8°C 线控制,并且一直到24日08时喀什地区维持在 8°C ,不利于污染物的扩散。

通过此次浮尘天气过程期间的喀什站的探空曲线,发现对流有效位能均为负值,整层大气十分稳定,对流和湍流运动受到限制。浮尘天气开始前期16日08时开始喀什近地面层有较浅薄逆温层,20日08时出现双层逆温,近地面逆温层和700 hPa附近逆温层,23日08时又出现双层逆温,此时上面逆

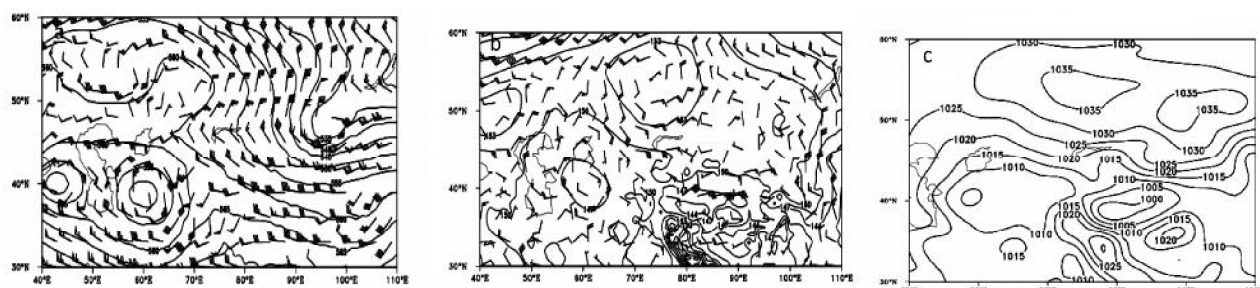


图3 2019年3月19日08时500 hPa位势高度场(单位:gpm)和风场(单位:m/s)(a)、20日08时850 hPa位势高度场(单位:gpm)和风场(单位:m/s)(b)以及19日08时地面海平面气压场(单位:hPa)(c)

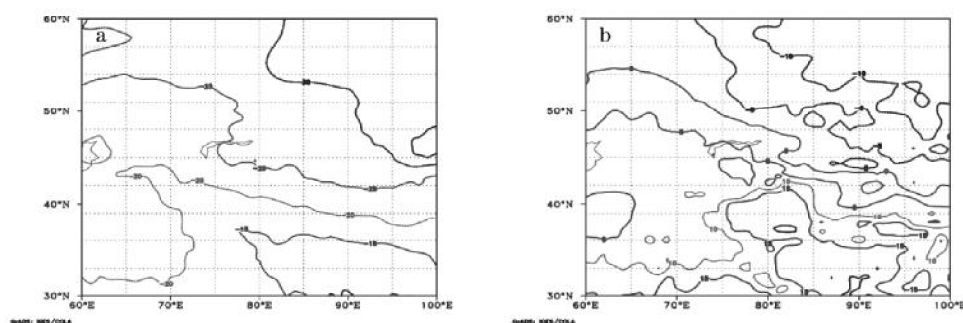


图4 2019年3月19日20时500 hPa(a)、850 hPa(b)温度平流(单位:°C)

温层顶达到600 hPa,逆温层的抬升阻挡了低层空气的上升运动,使低层沙尘污染物聚集在低空,从而使浮尘天气得以持续。

3.4 动力条件分析

3.4.1 高低空风场分析

喀什地区地势西高东低,东临塔克拉玛干大沙漠,平原平均海拔高度在1200 m左右,低层700~850 hPa偏东风对传输沙尘起主要作用。此次浮尘天气期间19—25日高层以西风带偏西气流为主,850 hPa风场上19日08时盆地东部出现14 m/s东风,此时喀什地区为弱西北风,到24时盆地中部风速达到20 m/s,20日08时喀什地区偏东风风速达10 m/s,此时700 hPa上喀什偏东风风速达12 m/s。21—23日南疆盆地维持弱偏东风,喀什地区维持浓浮尘天气,24日20时喀什地区转为西北风,浮尘趋于减弱。

3.4.2 散度及垂直速度

沿39°N对2019年3月20日08时散度和垂直速度做垂直剖面如图5a。08时喀什地区(75°~80°E)800 hPa以下低层至近地面有 $-50 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 辐散区,高层为弱辐合区,20日20时—22日20时低层维持为弱辐散区,23日08时喀什地区低层为 $-30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 辐散区(图5a)。由图5b可以看出,20日08时75°E(喀什市)附近存在明显的动量下传,

400~500 hPa的垂直速度大值中心为 $20 \times 10^{-2} \text{ hPa/s}$,喀什地区处于下沉运动区,结合风场来看,低层850 hPa为8 m/s将沙尘源源不断地输送到喀什。

3.5 相关性分析

由喀什地区环境监测站提供的喀什市3个站气溶胶浓度监测资料来看,喀什市主要污染物为 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$,因此选取 PM_{10} 浓度和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与喀什市气温、相对湿度、本站气压和2 min风速,采用相关性分析方法分析本次污染过程前后气象要素与大气污染物浓度间的相关关系(图6)。结果可以得出,气温与 PM_{10} 浓度呈负相关,相关系数为-0.494,通过了0.01的显著性检验,气温跟 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度相关性不是很明显。本站气压与 PM_{10} 浓度呈正相关,相关系数为0.762,通过浓度0.01显著性检验,气压与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度相关系数为0.507,通过浓度0.05显著性检验。相对湿度跟 PM_{10} 浓度和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度呈正相关,相关性均通过0.05显著性检验。2 min风速跟 PM_{10} 浓度相关性不是很明显,与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度呈正相关,相关系数为0.532,通过0.01显著性检验。表明在大气污染过程中气象因子对大气环境的影响十分明显。

4 结论

(1)喀什平原地区年平均浮尘日数为55~129 d,浮尘日数占总沙尘日数的71%。喀什地区年平均浮

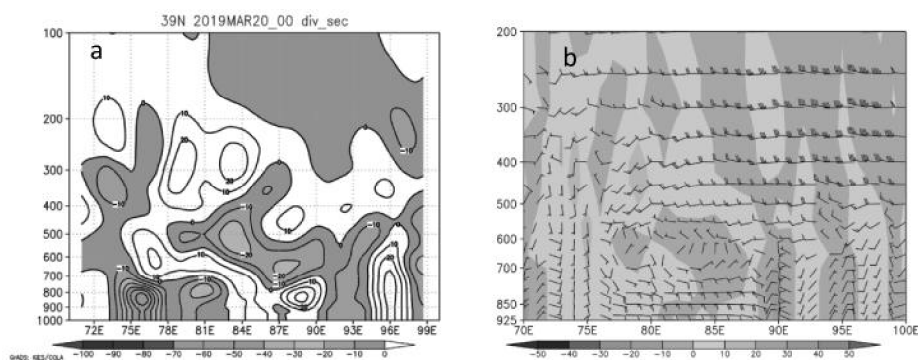
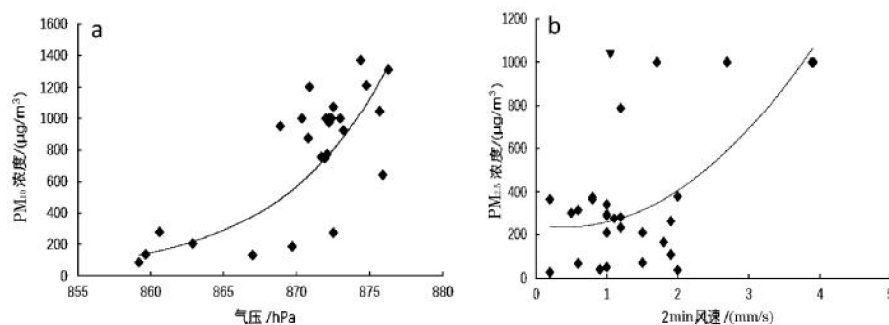


图5 2019年3月20日08时沿39°N散度(a)和垂直速度(b)剖面

图6 喀什市本站气压(a)、2 min 风速(b)与PM₁₀、PM_{2.5}浓度相关

尘日数为71 d,浮尘日数总体呈减少趋势,并通过了0.05显著性检验,浮尘日数减少趋势明显。喀什地区浮尘日数在1997年开始由多到少的突变。

(2)一次个例分析显示,乌拉尔山高压脊的发展使得贝加尔湖低槽南压,横槽转竖过程中自西向东快速横扫整个新疆,新疆东部回流东灌造成2019年春季南疆西部的沙尘天气。此次天气影响范围广,浓浮尘持续时间长,空气污染严重。

(3)从热力条件来看,喀什地区2019年入冬以来平均气温较历年偏高,干燥少雨。强冷空气入侵后垂直方向上上冷下暖,冷暖交汇,有利于产生热力不稳定层结。另外加上近地面层有逆温层不利于污染物的扩散下沉,有利于浓浮尘维持时间长。

(4)从动力条件来看,低层强偏东急流将沙尘输送到喀什地区,400 hPa以下存在明显的动量下传,最强下沉运动垂直速度为 20×10^{-2} hPa/s,喀什地区低层为辐散区。气象条件均有利于浮尘天气形成并维持。

(5)由浮尘天气前后主要气象因子与污染物浓度做相关性分析可以看出,本站气压与PM₁₀和PM_{2.5}浓度正相关性显著,气温与PM₁₀浓度负相关性显著,相对湿度与PM₁₀浓度和PM_{2.5}浓度呈显著正相关。

参考文献:

- [1] 刘华悦,葛颀铭,黄建平.塔克拉玛干低空急流特征分析[J].干旱气象,2015,33(3):405-411.
- [2] 王金辉,刘海涛.克州地区春季一次强风沙天气成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(1):41-45.
- [3] 杨莲梅,张广兴,杨青,等.南疆盆地翻山型沙尘暴环流动力结构分析[J].中国沙漠,2006,26(1):71-76.
- [4] 邱金恒,孙金辉.沙尘暴的光学遥感及分析[J].大气科学,1994,18(1):1-10.
- [5] 郭萍萍,杨建才,殷雪莲,等.甘肃省春季一次连续浮尘天气过程分析[J].干旱气象,2015,33(2):303-309.
- [6] 马井会,张国璉,耿福海,等.上海地区一次典型连续浮尘天气过程分析[J].中国环境科学,2013,33(4):584-593.
- [7] 何晓红,次仁德吉,林志强.拉萨一次浮尘天气过程分析[J].气象,2007,33(9):69-73.
- [8] 胡隐樵,张强.兰州山谷大气污染的物理机制与防治对策[J].中国环境科学,1999,19(2):119-122.
- [9] 张玉胜,宋军亭.沙尘和逆温对空气质量的影响[J].北方环境,2011,23(7):47-48,67.
- [10] 杨静,武疆艳,李霞,等.乌鲁木齐冬季大气边界层结构特征及其对大气污染的影响[J].干旱区研究,2011,28(4):717-723.
- [11] 甄新蓉,陈镭,毛卓成,等.2011年上海地区空气污染气象条件分析[J].大气科学研究与应用,2012(1):51-60.
- [12] 李朝辉,宋军亭,张玉胜,等.沙尘与逆温时PM₁₀的变

- 化规律及污染分析[J].中国环保产业,2013(2):13-16.
- [13] 张伟,杨淑敏,刘皑国,等.气象要素对喀什地区浮尘天气变化的影响[J].西北师范大学学报,2013,49(3):105-109.
- [14] 周宏,杨利鸿,胡素琴,等.2014年南疆西部一次大风天气过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(5):50-55.
- [15] 努尔比亚·吐尼牙孜,热孜瓦古·孜比布拉,孟凡雪,等.南疆西部冬季一次强大风的预报分析[J].干旱气象,2018,36(6):1003-1011.

Characteristics of Floating Dust Weather in Kashgar Region and Analysis of a Heavy Pollution Weather

Reziwagu Zibibula¹, Ayixiemuguli Zibibula², HU Suqin¹, Mayire Aihaiti¹, YANG Hong¹

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

2.Meteorological Bureau of Kizilsu Kirghiz Autonomous Prefecture, Atushi 845350, China)

Abstract Based on the daily observation data of the floating dust days at 9 national stations in Kashgar from 1961 to 2018, the climatologic statistics, M-K mutation test and other methods were used to analyze the spatial and temporal distribution and other climatic characteristics of the floating dust days in Kashgar region and the causes of heavy pollution caused by the strong floating dust that occurred in the Kashgar region from March 19 to 25, 2019. The results showed that the average annual number of floating dust days in Kashgar was 71 days, and the overall number of floating dust days showed a decreasing trend, and a significant reduction mutation occurred around 1997. The process of strong floating dust weather that occurred on March 19—25, 2019 has a long duration and a wide range of influence. The development of the high-pressure ridge of the Ural Mountains, the horizontal groove in front of the ridge turned upright, and the return of cold air in the east of Xinjiang is the weather background that caused the sand and dust process. The dusty weather caused an air pollution index (AQI) in Kashgar region of 21st to 24th to reach 500, which was a serious pollution. The main pollutants PM_{2.5} and PM₁₀ peaked on the 21st and 22nd, respectively 494 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 1175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Thermal and dynamic conditions, as well as the existence of inversion layer near the ground were not conducive to the diffusion of pollutants. Before and after the pollution process, the air pressure in Kashgar city was positively correlated with the concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5}, and the correlation coefficients were 0.762 and 0.507, both of which passed the 0.05 significance test. The temperature was negatively correlated with the PM₁₀ concentration, but not significantly correlated with PM_{2.5}. The relative humidity was positively correlated with PM₁₀ and PM_{2.5}, indicating that meteorological factors had a significant impact on the atmospheric environment during atmospheric pollution.

Key words floating dust; heavy pollution weather; synoptic background; air pollution index