

文章编号: 1673-1719 (2009) 05-0271-07

塔城地区沙尘天气变化特征

李新东^{1,2}, 王飞³, 井立军³, 何琳², 高婧^{3,4},
井立红², 朱海江², 马玲霞²

(1 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002;
2 新疆塔城地区气象局, 塔城 834700;
3 新疆乌苏市气象局, 乌苏 833000; 4 兰州大学大气科学学院, 兰州 730000)

摘要: 根据1961—2005年塔城地区9个气象站地面实测资料, 用线性趋势分析、Mann-Kendall、相关分析和合成分析等方法对塔城地区沙尘天气的时空分布及变化特征进行了分析, 并对其机理进行了讨论。结果表明: 1) 沙尘天气高发区位于沙湾、乌苏一带, 次高值中心位于额敏, 沙尘日数与大风日数、降水量空间分布呈反向分布的特点; 2) 年均沙尘暴日数为3.8 d, 主要发生在4—9月; 3) 沙尘日数呈减少的趋势, 其中沙尘暴日数以1.0 d/10a的速率显著减少, 大风日数以10.5 d/10a的速率显著减少; 4) 沙尘暴、扬沙、浮尘日数分别在1993、1992、1973年发生了显著减少的突变; 5) 近半个世纪来新疆的冷空气活动强度和频率有所减弱(小), 而大风日数的显著减少是沙尘日数减少的主要原因。

关键词: 塔城地区; 沙尘天气; 时空分布; 变化特征

中图分类号: P425.5+5 **文献标识码:** A

引言

近半个世纪以来, 过度开垦、放牧、樵采以及不合理的资源开发, 使得新疆塔城地区的天然植被破坏速度加快, 土壤沙化严重, 生态环境有进一步恶化的趋势^[1-3]。塔城地区位于新疆西北部, 介于82°16′~87°21′E、43°25′~47°15′N之间, 从西北至东南依次为塔尔巴哈台山、塔额盆地、准噶尔西部界山(齐吾尔喀叶尔山、玛依勒山)、准噶尔盆地、古尔班通古特沙漠、天山, 特殊的地形、地势形成了塔城地区南、北两大气候区。位于塔城地区东部的古尔班通古特沙漠气候干燥, 植被稀少, 是北疆沙尘暴日数高值中心, 塔额盆地的额敏一带为北疆沙尘暴的次高发区^[3-4]。沙尘天气的发生依赖于地表和大气条件的共同作用, 地表沙漠或干燥土壤为沙

尘天气发生提供物质源, 大气中的强风则是沙尘天气产生的动力源, 两者是发生沙尘天气不可或缺的条件^[5-11]。

王式功等^[12]对我国北方沙尘暴的时空分布及成因进行了分析; 陈洪武等^[13]对引起沙尘暴的最低风速指标进行了研究; 何清等^[3]对塔额盆地区域20处不同类型下垫面的土壤进行了采样分析。塔城地区生态环境脆弱, 生态系统修复能力差, 加之人类活动造成部分草场退化, 草原植被向荒漠化发展。沙尘天气对塔城地区生态环境、交通运输、社会活动等产生了严重的危害, 同时塔城地区是新疆天气的上游区域, 开展塔城地区沙尘天气时空分布规律、变化特征等方面的研究, 对进一步研究中国北方及中亚地区沙尘天气发生发展机理以及沙尘的长距离输送都有着重要的意义。

收稿日期: 2009-04-14; 修订日期: 2009-06-09

基金项目: 中国沙漠气象科学研究基金(sqi2006003)资助

作者简介: 李新东(1967—), 男, 高级工程师, 主要从事天气气候与生态环境方面的研究。E-mail: lxd_tc6711@163.com

1 资料与方法

本文利用1961—2005年塔城地区行政区域内塔城、额敏、裕民、托里、和丰、克拉玛依、炮台、乌苏和沙湾等9个气象站地面实测沙尘天气日数、NCEP (2.5° × 2.5°) 再分析资料以及国家气候中心气候诊断预测室74项环流指数之北半球极涡中心强度、面积指数等资料。依据《地面气象观测规范》将瞬间风速 ≥ 17.0 m/s 定为大风。沙尘天气分为3个等级：水平能见度 < 1.0 km 为沙尘暴；水平能见度为1.0 ~ 10.0 km 为扬沙；浮尘是在沙尘暴或扬沙后，由尘沙等细粒浮游在空中形成的，能见度 < 10.0 km。在统计沙尘暴、扬沙、浮尘、大风等日数时以北京时 20:00 为日界。

对研究区域内9站实测沙尘资料统计后进行区

域平均，以区域空间平均序列代表区域序列。变化趋势采用线性趋势法，并以 *F* 检验对线性函数进行显著性检验，以显著性水平达到0.05 作为通过显著性检验的标准；用相关分析、合成分析方法对降水、大风及环流特征量等要素与沙尘天气的关系进行讨论。

2 沙尘、大风日数空间分布

用Kriging 插值方法对离散点沙尘、大风日数的数据进行空间插值处理后，生成塔城地区近45 a 年均沙尘、大风日数空间分布图，并在此基础上对塔城地区沙尘天气的空间分布特征进行讨论。统计显示，塔城地区近45 a 年均沙尘暴日数为3.8 d。塔城地区沙尘暴日数空间分布总体表现为南部多于北部，

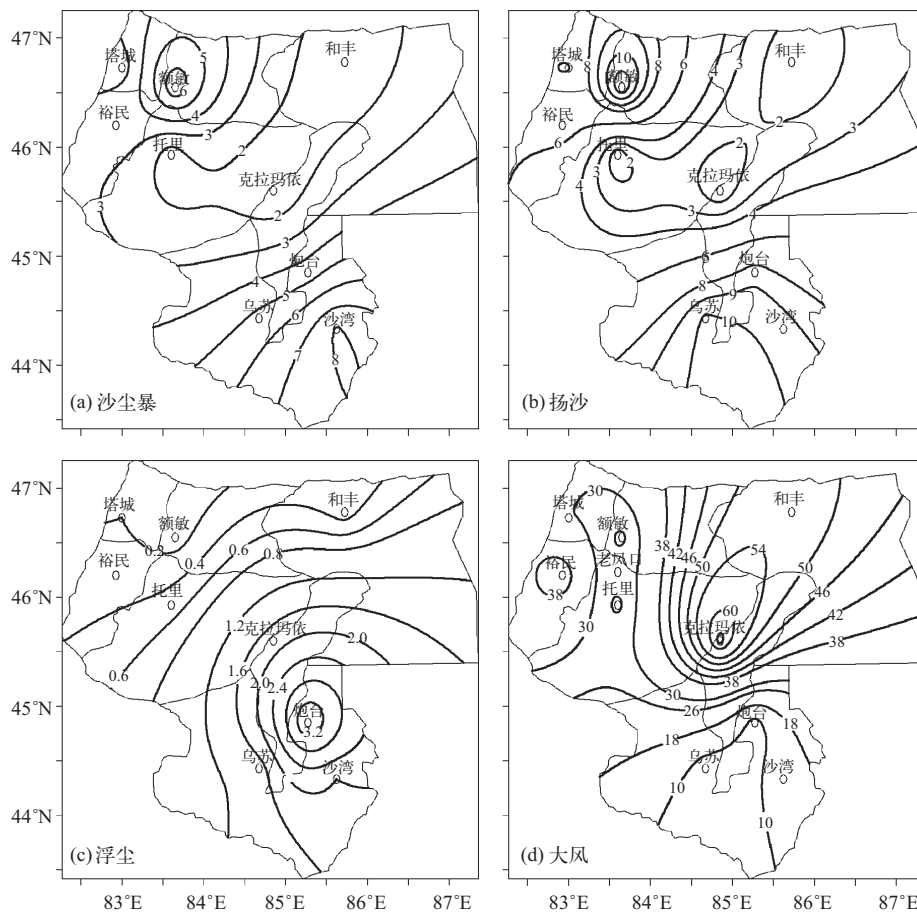


图1 塔城地区近45 a 沙尘暴(a)、扬沙(b)、浮尘(c)、大风(d)日数空间分布图
 Fig. 1 Spatial distributions of sandstorm (a), blowing-sand (b), floating dust (c), and strong wind (d) days in Tacheng region in the period 1961–2005

中部最少(图1a)。南部的沙湾站一带年均沙尘暴日数达 8.1 d, 是塔城地区沙尘暴日数高值区, 北部的额敏一带为次高值区, 乌苏站年均沙尘暴日数为 5.3 d, 居第三。和丰(1.2 d)、克拉玛依(1.1 d)、托里(1.4 d)站一带为东北—西南走向的沙尘暴日数带状低值区; 塔城地区年均扬沙日数空间分布也表现为北部、南部多, 中部少的特点(图1b)。位于塔额盆地的额敏站年均扬沙日数 ≥ 12.0 d, 为塔城地区扬沙日数高值中心, 乌苏站以 10.0 d 居第二, 沙湾站 9.3 d 居第三。和丰(1.1 d)、克拉玛依(1.1 d)、托里(1.2 d)站一带为东北—西南走向的扬沙日数带状低值区; 塔城地区年均浮尘日数空间分布表现为南部多于北部(图1c)。位于古尔班通古特沙漠边缘的炮台站一带为年均浮尘日数 > 3.0 d 的高值中心, 次高值为沙湾站(2.0 d), 其次为克拉玛依(1.8 d)、乌苏站(1.4 d), 其余各站年均浮尘日数不足 1.0 d, 最少的额敏站年均浮尘日数仅 0.1 d。

塔城地区年均大风日数为 30 d, 准噶尔西部界山齐吾尔喀叶尔山、玛依勒山之间的老风口、玛依塔斯一带是塔城地区大风日数高值中心^[3,14](由于老风口气象站仅在 2001—2005 年进行了气象观测, 故在绘制塔城地区大风日数空间分布图时, 未予以考虑), 克拉玛依(65.5 d)、和丰(53.4 d)一带为大风日数次高值区, 低值区为乌苏、炮台、沙湾一带(图1d)。由此得出塔城地区大风日数与沙尘日数在空间分布上呈反向分布的特点, 即大风日数多的地区, 沙尘天气相对较少; 塔城地区年均风速的空间分布(图略)与沙尘日数亦呈反向分布的特点。但近 45 a 塔城地区大风日数与沙尘暴日数呈显著正相关, 相关系数为 0.53, 超过了 0.01 的显著水平。

总体来看塔城地区沙尘天气日数的空间分布表现为, 南部多于北部, 农区多于牧区, 沙湾、额敏分别为塔城地区沙尘日数的高值区、次高值区。和丰—克拉玛依以及裕民站一带虽大风日数较多, 但由于下垫面以砾漠为多, 且土壤颗粒较粗, 几乎无沙可扬, 故沙尘日数较少。由新疆植被覆盖景观图可以看出(图略), 塔城地区沙尘天气的发生与下垫面状况、植被覆盖有很好的对应关系, 南部的乌苏、沙湾、炮台站位于古尔班通古特沙漠西南缘, 加之

过度的开垦, 虽风速较小, 但沙源丰富易于起沙, 是沙尘天气较多的主要原因。

3 沙尘日数时间变化

3.1 沙尘日数月际分布

统计数据显示, 塔城地区近 45 a 沙尘暴主要发生在 4—9 月, 占沙尘暴总日数的 89.2%, 以 6 月出现次数最多(0.8 d, 21.9%), 其次为 7 月(0.7 d, 17.7%), 5 月居第三(0.6 d, 16.8%); 四季中以夏季出现最多, 占 50.6%, 春季占 30.6%, 秋季占 26.9%, 冬季仅占 1.9%。塔城地区年均扬沙日数为 6.2 d, 其月际分布与沙尘暴略有不同, 峰值出现在 7 月(18.1%), 其次为 6 月(16.3%)、5 月(15.6%)。塔城地区年均浮尘日数为 1.2 d, 月际分布与沙尘暴、扬沙均有所不同, 峰值出现在 4 月(34.3%), 其次为 5 月(18.4%)、8 月(8.4%), 4—9 月占总日数的 79.4%, 四季中以春季最多, 占 59.1%, 夏季占 20.8%, 秋季占 14.4%, 冬季占 5.8%。

3.2 年际变化

图 2 给出了塔城地区近 45 a 沙尘、大风日数距平变化曲线。塔城地区沙尘暴日数高值年主要分布在 20 世纪 60 年代前半期、70 年代中期及 80 年代(图 2a), 峰值出现在 1965 年(9.7 d), 1983 年次之(8.7 d), 1982 年第三(8.6 d)。20 世纪 60 年代后半期, 70 年代前、后期, 90 年代以及进入 21 世纪以后沙尘暴日数均偏少, 尤其是进入 21 世纪后, 塔城地区沙尘暴活动明显减少, 谷值出现在 2003 年, 塔城地区 9 站均未出现沙尘暴。扬沙日数年际分布表现为: 60 年代前半期、70 年代中期至 80 年代末多为正距平(图 2b), 各站扬沙日数高值也多出现在此期; 60 年代后半期至 70 年代初期、90 年代以后为负距平; 峰值出现在 1982 年(13.4 d), 谷值出现在 2003 年(1.8 d)。浮尘日数在 60 年代前半期、60 年代末至 70 年代前半期、90 年代以后为负距平; 正距平主要出现在 70 年代后半期至 80 年代末(图 2c); 峰值出现在 1982 年(5.6 d), 1992、1993 年全地区各站均未出现浮尘。由图 2(d) 显示, 近 45 a 塔城地区大风日数呈显著减

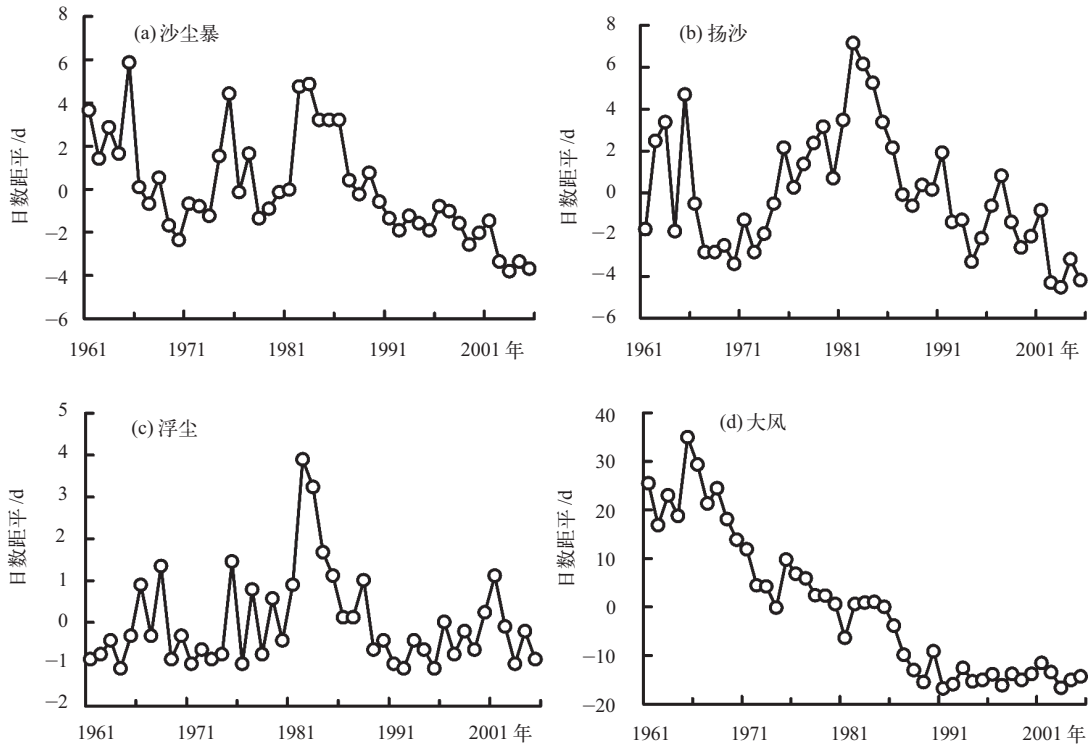


图2 近45 a塔城地区沙尘暴(a)、扬沙(b)、浮尘(c)、大风(d)日数距平变化曲线
 Fig. 2 Departure curves of the day numbers for sandstorm (a), blowing-sand (b), floating dust (c), and strong wind (d) in Tacheng region in the period 1961–2005

少的趋势, 峰值出现在1965年(65.0 d), 谷值出现在1991年(13.2 d)。

3.3 年代际变化

塔城地区沙尘暴日数年代际分布以20世纪80年代最多, 其次为60、70年代, 90年代明显减少, 21世纪前5 a最少, 较60、70、80、90年代分别减少了4.2、3.3、5.1、1.5 d。扬沙日数以80年代为最多, 其次为70、60年代, 90年代明显减少, 21世纪前5 a最少, 较60、70、80、90年代分别减少了2.9、3.7、6.1、2.2 d。浮尘日数仍以80年代为最多, 60、70年代和21世纪前5 a较少, 90年代最少。比对塔城地区大风日数年代际变化可以看出, 塔城地区大风日数以60年代最多, 其次为70年代, 80年代居第三, 90年代以后为最少, 大风日数自60年代以来呈明显减少的趋势。

3.4 沙尘暴日数线性趋向率

表1给出了塔城地区(9站)近45 a 4—9月沙

尘暴日数线性倾向率, 结果显示: 近45 a塔城地区沙尘暴日数以1.0 d/10a的速率显著减少(通过了0.01的显著性检验)。各站年沙尘暴日数也均表现为减少的趋势, 其中, 塔城、托里、炮台站均以-0.3 d/10a的速率不显著减少(未通过0.05的显著性检验), 其余6站均呈显著减少趋势(通过了0.05的显著性检验)。沙尘暴高值区的各站沙尘暴日数减少速率较快, 这对塔城地区沙尘暴日数减少的贡献较大; 塔城地区6—7月沙尘暴日数均呈显著减少趋势(通过了0.01的显著性检验), 减少速率高于4、5月。各站中仅额敏站5月、托里站4月呈不显著增多的趋势。由表1数据可见, 塔城地区沙尘暴高发月(4—9月)沙尘暴日数减少速率较快。

塔城地区近45 a扬沙日数以0.6 d/10a的速率不显著减少, 其中裕民、沙湾、和丰站分别以2.8、1.6、0.4 d/10a的速率显著减少, 炮台、托里站呈增加的趋势, 其中托里站显著增多。塔城地区近45 a浮尘日数亦呈不显著减少的趋势。塔城地区近45 a大风日数以10.5 d/10a的速率显著减少, 并达到了0.0001

表 1 塔城地区 9 站近 45 a 沙尘暴日数线性倾向率 (单位: d/10a)

Table 1 Linear trends of sandstorm days in Tacheng region in the period 1961–2005 (unit: d/10a)

时间	塔城	额敏	裕民	托里	和丰	克拉玛依	乌苏	炮台	沙湾	塔城地区
4 月	0.0	0.0	-0.1**	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
5 月	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.5*	-0.1
6 月	0.0	-0.6*	-0.3*	0.0	-0.1	-0.1	-0.5*	-0.1	-0.7*	-0.3*
7 月	-0.1	-0.2	-0.4*	0.0	0.0	0.0	-0.4*	-0.1	-0.7*	-0.2*
8 月	0.0	-0.3**	-0.2*	0.0	0.0	0.0	-0.2**	0.0	-0.2	-0.1**
9 月	-0.1	-0.3**	-0.3*	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2*	-0.1*
年	-0.3	-1.6*	-1.9*	-0.3	-0.8*	-0.3**	-1.7*	-0.3	-2.4*	-1.0*

注：“*”表示通过 0.01 的显著性检验，“**”表示通过 0.05 的显著性检验，无标识表示未通过显著性检验

的极显著水平，大风日数的显著减少使得形成沙尘天气的动力条件大为减弱，这是塔城地区沙尘天气减少的主要原因。

3.5 突变检验

运用 Mann-Kendall (M-K) 方法对近 45 a 塔城地区平均沙尘暴日数进行诊断分析，通过计算时间序列的秩序列 C1，逆序时间序列的秩序列 C2，进而计算出统计量 UF、UB 序列，结果显示，近 45 a 塔城

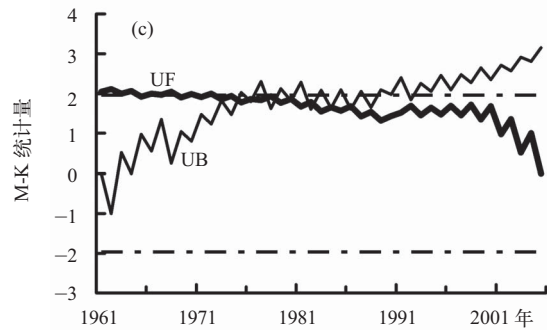
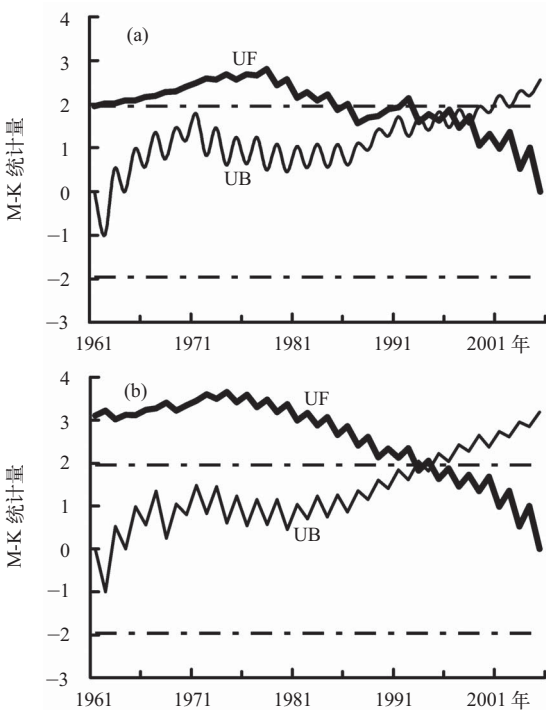


图 3 近 45 a 塔城地区沙尘暴 (a)、扬沙 (b)、浮尘 (c) 日数 M-K 检验 (点划线为 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界线)
Fig. 3 Mann-Kendall tests for average days of sandstorm (a), blowing-sand (b), and floating dust (c) in Tacheng region in the period 1961–2005 (dot and dash line: $\alpha = 0.05$)



地区沙尘暴日数在波动中呈减少的趋势。综合分析 UF, UB 曲线交点的位置，确定突变点为 1993 年 (图 3a)，即塔城地区沙尘暴日数在 1993 年发生了由多到少的显著突变。扬沙日数自 20 世纪 90 年代以来有明显减少的趋势，在 90 年代中期这种减少趋势达到了 0.05 的显著性水平，并于 90 年代末超过了 0.001 的显著性水平。根据 UF, UB 曲线交点的位置，确定突变点为 1992 年 (图 3b)。浮尘日数自 20 世纪 70 年代以来有明显减少的趋势，90 年代后期这种减少趋势已经超过 0.001 的显著性水平临界线，根据 UF, UB 曲线交点的位置，确定突变点为 1973 年 (图 3c)。

由以上分析可以看出,近45 a塔城地区三种沙尘天气日数均发生了显著减少的突变,其中浮尘日数发生突变的时间先于沙尘暴和扬沙。

4 沙尘天气影响因子分析

在全球气候变暖的大背景下,塔城地区年平均气温以 $0.46\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率显著增暖^[15],影响新疆的冷空气活动强度、频数均有所减弱、减少^[16],而大风日数的显著减少使得形成沙尘天气的动力条件大为减弱,这是塔城地区沙尘天气减少的主要原因。

近45 a塔城地区年均降水量为204.6 mm,塔城地区年均降水量空间分布呈北部多于南部,中部最少的特点(图略),与沙尘日数的空间分布亦呈反向分布。相关分析显示近45 a塔城地区年沙尘暴日数与年降水量呈显著负相关,相关系数为 -0.44 ,达到了0.01的显著水平。另外,人类活动的影响也是十分明显的。形成沙尘天气在很大程度上取决于下垫面的状况。遥感监测资料显示,1990—1999年塔额盆地新增耕地面积约 45333.3 hm^2 ^[3],而由此破坏的草场、森林、天然植被的面积应远不止于此,在特定的天气、气候条件下这些区域都将是可能的沙尘源地,因此禁止垦荒、滥牧,退耕还林、还草对塔城地区意义十分重大。塔城站2006年3月12—13日出现特强沙尘暴时最小能见度仅30 m,何清等^[3]对此次特强沙尘暴天气过程进行了综合研究,亦认为此次特强沙尘暴沙源来自塔额盆地内部。

对环流背景的分析表明(图略),20世纪60年代500 hPa高度距平场显示,北半球 $45^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 、 40°N 以北的西伯利亚地区为大范围负距平,负距平中心为 -50 gpm ,环流经向度加大,槽后偏北气流引导北方冷空气南下,北疆地区易形成大范围的地面强风,60年代北方冷空气活动强度、频率均为近45 a来最强(多)的时期,实测资料也显示塔城地区大风日数、沙尘日数以60年代为多。近半个世纪以来影响北疆的冷空气活动强度、频率明显减弱(少),尤其是大风日数的减少,使得形成沙尘天气的动力条件大为减弱。

5 结论

(1)塔城地区年均沙尘暴日数为3.8 d,主要发生在4—9月,其中夏季最多,沙尘天气高值区位于沙湾、乌苏一带,次高值区位于额敏,沙尘日数与大风日数、降水量空间分布呈反向分布的特点。

(2)近45 a塔城地区沙尘、大风日数总体呈减少的趋势,其中沙尘暴日数以 $1.0\text{ d}/10\text{a}$ 的速率显著减少,大风日数以 $10.5\text{ d}/10\text{a}$ 的速度减少;塔城地区沙尘暴、扬沙、浮尘日数分别在1993、1992、1973年发生了由多到少的显著突变。

(3)塔城地区大风日数与沙尘暴日数呈显著正相关,与降水量呈显著负相关,相关系数分别为0.53、 -0.44 。

(4)近45 a北半球极涡强度、面积指数呈减小的趋势,冷空气活动强度、频率有所减弱(小),大风日数显著减少,形成沙尘天气的动力条件也大为减弱,这是塔城地区近45 a沙尘日数减少的主要原因。■

参考文献

- [1] 崔彩霞.新疆近40年气候变化与沙尘暴趋势分析[J].气象,2001,27(12):38-41
- [2] 陈洪武,王旭,马禹.新疆沙尘暴气候背景场的分析[J].气象,2003,29(6):37-53
- [3] 何清,梁孟凯,李新东,等.塔额盆地沙尘天气发生机理和防治对策研究[C].中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,2007
- [4] 王旭,马禹,陶祖钰.北疆沙尘暴天气气候特征分析[J].北京大学学报(自然科学版),2002,38(5):681-687
- [5] 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
- [6] 徐茜,赵景波.新疆沙尘暴活动与气候条件的关系[J].干旱区资源与环境,2007,21(12):116-120
- [7] 徐葵慧,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
- [8] 魏文寿,张璞,高卫东,等.新疆沙尘暴源区的气候与荒漠环境变化[J].中国沙漠,2003,23(5):483-487
- [9] 李江风.沙漠气候[M].北京:气象出版社,2002:114-177

- [10] 王旭, 马禹, 陈洪武, 等. 南疆沙尘暴气候特征分析 [J]. 中国沙漠, 2003, 23 (2): 147–151
- [11] 李耀辉, 张书余. 我国沙尘暴特征及其与干旱关系的研究进展 [J]. 地球科学进展, 2007, 22 (11): 1169–1177
- [12] 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
- [13] 陈洪武, 王旭, 马禹. 大风对新疆沙尘暴的影响 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2003, 39 (2): 187–193
- [14] 张家宝, 史玉光, 等. 新疆气候变化及短期气候预测研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2002
- [15] 高婧, 井立军, 井立红. 塔城地区近 45 年气候变化分析 [J]. 新疆气象, 2006, 29 (5): 17–19
- [16] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨 [J]. 冰川冻土, 2002, 24 (3): 219–226

Analysis on the Variation Characteristics of Dust Weather in Tacheng Region

Li Xindong^{1,2}, Wang Fei³, Jing Lijun³, He Lin², Gao Jing^{3,4}, Jing Lihong²
Zhu Haijiang², Ma Lingxia²

(1 Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Ürümqi 830002, China; 2 Tacheng Meteorological Bureau, Tacheng 834700, China; 3 Wusu Meteorological Bureau, Wusu 833000, China; 4 College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on the surface meteorological observation data from 9 stations in Tacheng region from 1961 to 2005, using the linear trend analysis, Mann-Kendall test, correlation analysis, and composite analysis, the temporal and spatial distributions and change characteristics of sand-dust weather were analyzed; and physical mechanisms for changes in sandstorms and blowing-sand weather were discussed. The results show as follows: 1) The high frequency area of sand-dust weather lies in the Wusu–Shawan area, the second high frequency area lies near Emin station. Distribution of day numbers of sand-dust (south-more–north-less) showed an opposite spatial pattern to both high wind days and precipitation(north-more–south-less). 2) The average annual sandstorm days over Tacheng region was 3.8 days, mainly in the period from April to September. 3) Sandstorm and blowing-sand days were decreasing in the period 1961–2005; sandstorm and high wind days obviously decreased at a rate of 1.0 d/10a and 10.5 d/10a, respectively. 4) An abrupt reduction in regional sandstorms, blowing-sand, and floating dust occurred in 1993, 1992, and 1973, respectively. 5) In the period 1961–2005, the northern hemispheric polar vortex showed a weakening trend in strength, and a shrinking trend in area, which was responsible for reduced intensity and frequency of the cold air activities in Xinjiang. Weakened cold air activities directly resulted in the reduction in annual mean strong winds, which was the primary reason for reduction in the day number of sandstorms.

Key words: Tacheng region; sand-dust weather; spatial and temporal distribution; variation characteristics