

李红军, 汤浩. 北疆春季沙尘暴极多与极少年环流场特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(1): 35-40.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2017.01.005

# 北疆春季沙尘暴极多与极少年环流场特征

李红军<sup>1,2</sup>, 汤浩<sup>3</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 中亚大气科学研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 3. 新疆气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**应用 1961—2015 年春季北疆地区 52 个气象站的沙尘暴资料, 分析了其时空分布和沙尘暴极多与极少年的环流场特征。结果表明: 春季沙尘暴极多年欧亚 500 hPa 高度距平场上, 在北疆东西两侧分别是气旋性和反气旋性距平环流, 东亚大槽弱, 贝加尔湖附近脊减弱, 乌拉尔山东部槽减弱, 脊加强, 而 500 hPa 和 850 hPa 风场距平场上, 北疆上游都有反气旋性距平气流, 东部都有气旋性距平气流加强, 高纬冷空气易入侵, 同时北疆是气流辐合区; 700 hPa 湿度距平场上影响北疆湿度较大的本地和周边地区湿度距平场都为负, 负值中心有 2 个, 分别位于北疆精河和吉尔吉斯至阿克苏之间, 北疆水汽较多年平均偏少 0.1 g/kg, 欧洲与亚洲北部基本为正, 中心在红海北部, 对北疆湿度影响较小。春季沙尘暴极少年 500 hPa 高度距平场中亚到新疆的高压脊不强, 东亚槽偏弱, 贝加尔湖附近脊增强, 而 500 hPa 和 850 hPa 风场距平场上, 北疆以北都有反气旋和气旋距平气流加强, 高纬冷空气不易进入北疆, 北疆是气流辐散区。春季欧亚 700 hPa 湿度距平场基本为正, 湿度正距平大值区在北疆及周边, 北疆和周边的湿度比多年平均高 1~2 g/kg。

**关键词:**北疆; 沙尘暴; 环流场**中图分类号:**P425.5<sup>5</sup>; P434**文献标识码:**B **文章编号:**1002-0799(2017)01-0035-06

沙尘暴是新疆北部(简称北疆)春季较为严重的气象灾害, 20 世纪 90 年代以来随着全球变暖, 北疆极端天气气候事件增多以及沙漠地区公路开通、农牧业扩大发展和矿业开采的加大, 沙尘暴引发的灾害损失逐渐增多<sup>[1]</sup>, 因而对北疆沙尘暴的关注和研究开始增多。研究得到北疆沙尘暴主要分布在古尔班通古特沙漠及其边缘地区<sup>[2]</sup>, 沙尘暴年日数在 1~15 d 之间, 其高发年代多在 20 世纪 60 年代和 80 年代, 年内高发期是春夏季<sup>[3-5]</sup>。研究揭示产生沙尘暴的 3 个主要因素是多沙、强风及不稳定的空气层结<sup>[6]</sup>, 具体影响北疆春季沙尘暴的前期的气候因素主要是前冬的降水量<sup>[7]</sup>, 而同期因子主要是气温、平均风速<sup>[8-9]</sup>、相对湿度和风蚀指数<sup>[6]</sup>; 研究得出北疆沙

尘暴变化趋势与中国北方沙尘暴的趋势基本相同: 自 20 世纪 60 年代以来逐渐减少的, 20 世纪 70 年代中期至 80 年代初期频数增多, 90 年代频数最少<sup>[10-13]</sup>, 而在 1987 年出现突变性减少<sup>[14]</sup>, 比中国北方沙尘暴频次突变减少延后约 3 年<sup>[15]</sup>。在北疆沙尘暴环流成因研究方面得到, 包括北疆的中国北方春季沙尘暴发生次数与同期及前期 500 hPa 高度场有较好的相关关系<sup>[16]</sup>; 在对流层中高层乌拉尔山脊向东北发展, 在北疆形成一个东西向的横槽, 受其引导, 北疆地面形成大范围的东风, 在塔城盆地形成沙尘暴<sup>[17]</sup>; 欧洲脊发展东移与西亚南支脊同位相叠加, 脊前低槽东移到 70°E 附近爆发性发展, 相应地地面冷锋发展东移进入北疆, 引起大范围沙尘暴<sup>[18-19]</sup>。

上述研究分析了北疆沙尘暴的时空分布, 某个要素对北疆沙尘暴的影响, 环流场分析或者是关于北疆沙尘暴个例的天气气压场特征或者主要针对华北和西北东部沙尘暴气候环流场, 北疆春季沙尘暴与气候环流场以及与其他要素的关系如何, 气候场

**收稿日期:**2016-08-02**基金项目:**中央级科研院所科研专项(IDM201203); 新疆科技支撑项目(201433112); 基本科研业务费专项(IDM2016003)资助。**作者简介:**李红军(1971-), 男, 副研究员, 研究方向为干旱区气候。**E-mail:**lihj@idm.cn

特征是什么,在气候变暖背景下,北疆沙尘暴气候特征是什么,是需要进一步研究的问题。本文旨在利用 1961—2015 年春季北疆 52 个气象站沙尘暴资料,对北疆春季沙尘暴的气候特征进行分析,阐明北疆沙尘暴年极多和极少年 500 hPa 高度场和流场、700 hPa 湿度场和 850 hPa 风场等环流场的差异,为认识春季北疆沙尘暴的成因和提高沙尘暴预测水平奠定基础。

### 1 数据和方法

本文研究区是北疆,选用区域内 52 个气象站春季沙尘暴月总日数资料,资料从 1961 年 1 月—2015 年 5 月,绝大多数气象站数据完整连续,质量可靠,少数站个别年所缺数据,用多年平均值代替。将这些站每年春季沙尘暴天数平均,得到北疆沙尘暴频次春季年时间序列。

所用环流资料是 NCEP/NCAR 月客观再分析格点资料,资料是全球范围,空间分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。文中主要应用气象场合成分析来研究环流场变化。

### 2 春季沙尘暴的变化

从北疆春季沙尘暴空间分布看(图 1),其频次最多在古尔班通古特沙漠腹地,这与之前基于沙尘暴全年频次的研究<sup>[10-13]</sup>结果相同,沙尘暴分布中心平均频次最多达 3.0 次/a,进一步使用北疆更多气象站沙尘暴资料与区分季节的精细化研究得到,在北疆北部福海县和西部精河县也是北疆春季沙尘暴极多中心,中心值达到 1.5 次/a 以上,在北疆东部、阿勒泰山中部与南部、天山山区以及西部的伊犁地区是沙尘暴频次较少地区。

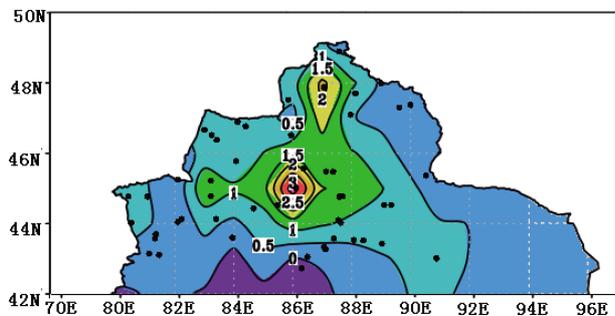


图 1 北疆春季沙尘暴空间分布

北疆春季沙尘暴频次自 20 世纪 60 年代以来是逐渐减少的(图 2),从北疆春季沙尘暴频次的年际变化可以看出,其年际间变化振幅十分明显,1961—

1973 年年际振幅较小,之后,年际振幅加强,1974—1987 年连续 14 a 偏大,1988—2015 年年际振幅又变小,20 世纪 90 年代末至 2000 年代初和 2010—2013 年分别是 1990 年以来沙尘暴频次最多和最少时期,由此可见在气候变暖的影响下,北疆沙尘暴在总体减少趋势下,仍会出现年际增多的波动。其年代际变化也十分明显,在 20 世纪 80 年代中期之前,北疆沙尘暴频次较多,之后频次较少。

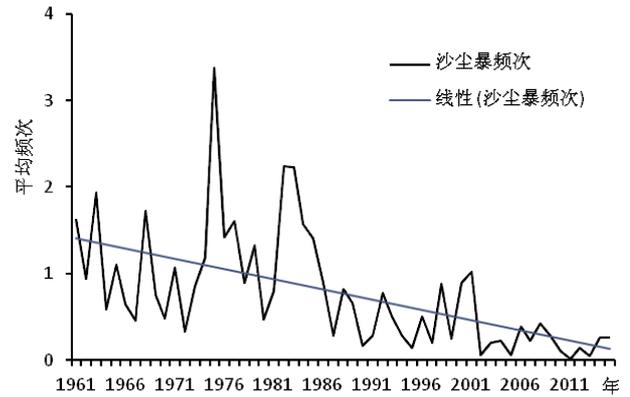


图 2 北疆春季沙尘暴频次的年际变化

### 3 春季沙尘暴极多和极少年的环流特征

#### 3.1 500 hPa 高度场的特征

为分析北疆春季沙尘暴极多和极少年 500 hPa 高度场特征,从 1961—2015 年北疆春季气象站的平均沙尘暴频次中,选取了 5 个沙尘暴极多年(1963, 1968, 1975, 1982, 1983 年)和 5 个沙尘暴极少年(2002, 2005, 2010, 2011, 2013 年),然后计算了春季沙尘暴极多年和极少年北半球欧亚 500 hPa 的高度距平场。在沙尘暴极多年(图 3a)中高纬 500 hPa 春季欧亚高度距平场从西到东基本呈“- + - +”模态分布,北疆天气上游区中心最大正距平为 10 gpm,位于东欧平原地区,直接影响北疆沙尘暴的环流区基本位于中纬和高纬  $60^{\circ} \sim 110^{\circ}E$ ,基本为负距平区,中心在蒙古国西部,负距平最小中心为 -25 gpm,低纬度负距平中心位于红海北部。说明东亚大槽弱,贝加尔湖附近脊减弱,乌拉尔山东部槽也弱,脊加强,北疆地区春季沙尘暴频次较多。北疆沙尘暴极少年(图 3b),500 hPa 春季高度距平场上最大正距平中心位于西伯利亚东部地区,中心距平为 35 gpm,北疆以东为气旋性距平区,北疆之外西北和西南分别为气旋性负距平中心和反气旋性正距平中心,北疆之外西南反气旋性正距平中心是影响北疆主要环流系统,表明从中亚到新疆的中高纬高压脊不强,贝加尔湖附近脊增强,春季沙尘暴少。

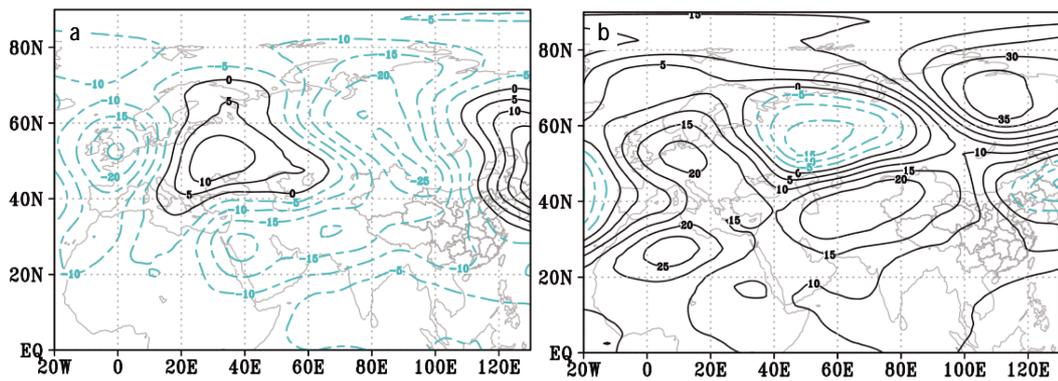


图 3 北疆春季沙尘暴极多年(a)与极少年(b)的 500 hPa 高度距平场(单位: gpm)

根据以上北疆沙尘暴极多年和极少年高度场分析,与北疆沙尘暴密切相关的环流区位于  $20^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ ,  $40^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{N}$ ,在此区域内沙尘暴极多年和极少年环流正负距平分布基本相反,据此,在沙尘暴极多年和极少年,欧亚 500 hPa 高度场异常能够分为两种类型:西高东低异常型和西低东高异常型。

### 3.2.1 500 hPa 流场的特征

分析 500 hPa 流场的距平场(图 4)可以发现,在北疆春季沙尘暴极多年,欧洲有一个反气旋距平环流,从欧洲东部至西伯利亚中部区域是气旋性距平环流,北疆位于该气旋性距平环流的南部,在东亚,以蒙古国为中心有一个气旋性距平环流,该气旋距平环流西部扩展到北疆东部。从风速风向看,在北疆春季沙尘暴极多年从欧洲东部,经中亚至北疆以西区域的西北风明显加强,北疆东部及以东则是东北风明显加强。在北疆春季沙尘暴极少年,主要在欧洲东部至西伯利亚中部存在一个气旋性距平环流,西伯利亚中部至东部是一个反气旋性距平环流,北疆位于这两距平环流东南和西南方向,从风速风向看,从欧洲东部,经西亚至中亚的西风明显加强,中高纬  $70^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$  范围内北风明显减弱,南风加强,北

疆的北风明显减弱。

上述分析表明在北疆春季沙尘暴极多年,中亚和北疆西部的西北风和北疆东部东北风明显加强,有利于中高纬冷空气进入北疆,因而引起较多频次沙尘暴;沙尘暴极少年,北疆的北风明显减弱,南风加强,进入北疆的中高纬冷空气减少,引起沙尘暴减少。

### 3.2.2 850 hPa 流场的特征

地面风场是影响沙尘暴爆发与否的直接动力因素,850 hPa 的风场能够较好地反映地面局部风场,也能反映大范围区域流场的整体特征。因此,850 hPa 的风场是影响北疆沙尘暴的重要因子。图 5 为西北春季沙尘暴极多和极少年的 850 hPa 流场距平场,同样计算了上述 5 个沙尘暴极多年和 5 个沙尘暴极少年的流场距平场。在北疆沙尘暴极多年(图 5a)蒙古国地区气旋性气流和中亚北部反气旋性气流加强,高纬冷空气易向南入侵北疆,同时中亚北部反气旋性气流前部西北风和蒙古国地区气旋性气流后部北风在北疆汇合增加,形成辐合,从而易形成沙尘暴;沙尘暴极少年(图 5b)的流场变化与沙尘暴极多年基本相反,在北疆位于一气旋性气流东南和一反

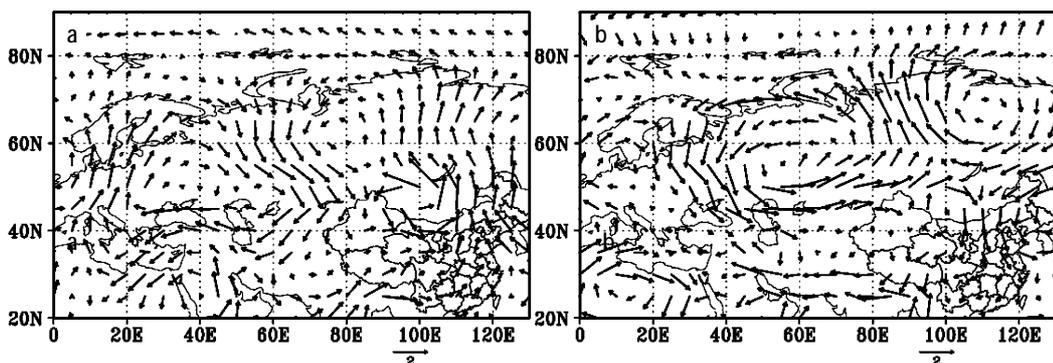


图 4 北疆春季沙尘暴极多年(a)与极少年(b)的 500 hPa 流场距平(单位: m/s)

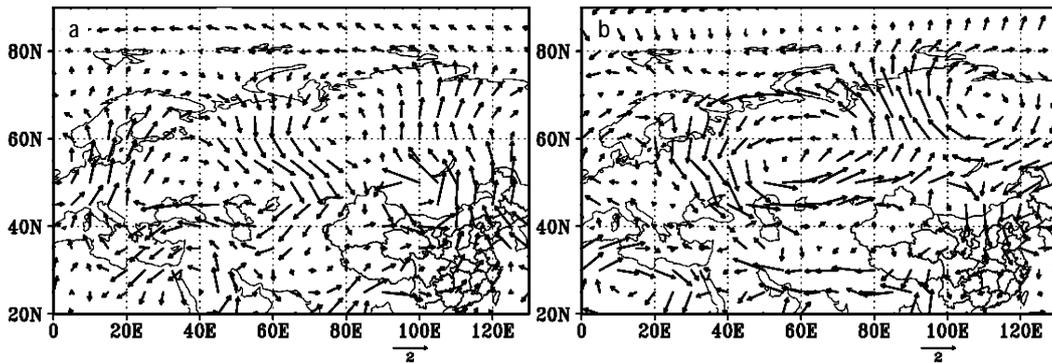


图5 北疆春季沙尘暴极多年(a)与极少年(b)的850 hPa流场距平(单位:m/s)

气旋气流西南,北疆南风气流增强,高纬冷空气被阻断,不易向南移动,北疆以西是西风气流正距平,北疆以东是反气旋气流距平,而北疆春季平均气流为西北风,则北疆以东的反气旋气流减小了北疆风速,北疆气流辐散,因而沙尘暴少。

### 3.3 700 hPa 湿度场的特征

沙尘暴频次与地表湿度有密切的关系,北疆700 hPa湿度场能够较好地反映该区地表大范围湿度变化,因此研究700 hPa湿度场变化对预测该区沙尘暴频次有积极意义。图6为北疆春季沙尘暴极多和极少年的700 hPa湿度距平场。沙尘暴极多年(图6a)欧洲大陆湿度距平基本为正,但数值不大,在0~0.3 g/kg左右,中心在红海北部,达到0.4 g/kg,这些正距平区对北疆湿度影响较小,对北疆湿度影响较大的本地和周边地区湿度距平场都为负距平,负值中心位于北疆西部的精河县和吉尔吉斯至阿克苏之间,北疆中心水汽较多年平均偏少0.1 g/kg,因青藏高原地表高度超过了700 hPa等压面高度,所以图中高原上的湿度不是实际值。北疆和周边地区水汽减少,有利于地表产生较多较细的沙尘,易于沙尘暴发生;沙尘暴极少年(图6b)欧亚区域基本为湿度正距平,欧洲和亚洲北部湿度距平都在1 g/kg以上,其中北疆都为湿度正距平,北疆和周边的湿度比多年平均高1~2 g/kg,是水汽较多区域,青藏高原的

湿度正距平中心也不是实际值;北疆和周边地区水汽的增多,减少了地表沙尘来源,有利于沙尘暴频次的减少。

### 4 结论

通过对北疆沙尘暴的分析得到其精细的空间分布与近10多年来气候变暖后沙尘暴变化特征;通过气候要素场合成分析得到北疆春季沙尘暴极多与极少年代表性高度场、风场和湿度场的特征与差异,具体结论如下:

(1)古尔班通古特沙漠腹地是北疆春季沙尘暴高值中心,达3.0次/a,福海县和精河县也是极多中心,达到1.5次/a,北疆山区以及伊犁地区是沙尘暴频次较少地区。北疆春季沙尘暴频次自20世纪60年代以来是逐渐减少的,在20世纪80年代中期之前频次较多,之后频次较少,其中在70年代中期至80年代初期频次最多,2000年代中期以来最少。

(2)从北疆春季沙尘暴极多年500 hPa环流场合成分析得到,其上游区的东欧平原地区存在中心为10 gpm的反气旋性距平环流,其东部的蒙古国西部存在中心为-25 gpm的气旋性距平环流,说明欧洲槽与东亚大槽弱,贝加尔湖附近脊减弱,乌拉尔山东部槽也弱,脊加强,北疆北风辐合并增强;而沙尘暴极少年中亚到新疆的高压脊不强,东亚槽偏弱,

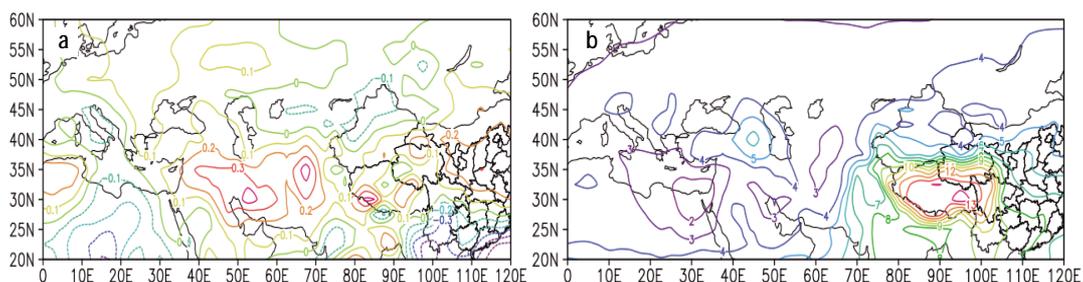


图6 北疆春季沙尘暴极多年(a)与极少年(b)的700 hPa湿度距平场(单位:g/kg)

贝加尔湖附近脊增强,北疆北风减弱。

(3)在 500 hPa 和 850 hPa 流场上,北疆春季沙尘暴极多年其上游都有反气旋性气流和其东部的气旋性气流加强,易引导高纬冷空气向南侵入北疆,同时北疆是气流辐合区,从而易形成沙尘暴;沙尘暴极少年,中高纬冷空气被北疆以北气旋与反气旋距平气流加强,不易进入北疆,北疆是气流辐散区,因而沙尘暴少。

(4)在北疆春季沙尘暴极多年的 700 hPa 湿度距平场上,对北疆湿度影响较大的本地和周边湿度距平都为负距平,负值中心有两个,分别位于北疆精河和吉尔吉斯至阿克苏之间,负值中心较多年平均偏少 0.1 g/kg,欧亚北部湿度距平场基本为正,中心在红海北部,对北疆湿度影响较小;沙尘暴极少年欧亚 700 hPa 湿度距平场基本为正距平,欧洲和亚洲北部湿度距平都在 1 g/kg 以上,北疆和周边是湿度正距平大值区,其湿度比多年平均高 1~2 g/kg,水汽的增多有利于沙尘暴频次的减少。

#### 参考文献:

- [1] 阿米娜·阿布力克木,迪丽努尔·阿吉.新疆近 50 年沙尘暴灾害变化趋势分析[J].干旱区资源与环境,2011,25(8):118-121.
- [2] 徐启运,胡敬松.我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征[J].应用气象学报,1996,7(4):479-482.
- [3] 王旭,马禹,汪宏伟,等.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.
- [4] 魏文寿,何清,刘明哲,等.准噶尔盆地的气候变化与荒漠环境研究[J].中国沙漠,2003,23(2):101-105.
- [5] 李文兵,陈丽,贺青山.近 50 年新疆沙尘暴频率时空变化趋势分析[J].新疆环境保护,2014,36(3):20-24.
- [6] 钱正安,胡隐樵,龚乃虎,等.“93.5.5”特强沙尘暴的调查报告及其分析[C].方宗义,等编.中国沙尘暴研究[M].北京:气象出版社,1997:37-43.
- [7] 王金艳,王式功,马艳.我国北方春季沙尘暴与气候因子之关系[J].中国沙漠,2007,27(2):296-300.
- [8] 马禹,王旭,黄镇,等.新疆沙尘天气的演化特征及影响因素[J].干旱区地理,2006,29(2):178-185.
- [9] 李红军,杨青,何清.艾比湖地区的输沙势分析[J].干旱区研究,2004,20(4):322-325.
- [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] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [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] 丁瑞强,王式功,尚可政,等.近 45a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变研究[J].中国沙漠,2003,23(3):306-310.
- [16] 唐红玉,翟盘茂,常有奎.中国北方春季沙尘暴频数与北半球 500 hPa 高度场的 SVD 分析[J].中国沙漠,2005,25(4):570-576.
- [17] 霍文,张广兴,秦贺,等.塔城 3·12 东风沙尘暴天气模拟分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(4):26-31.
- [18] 马禹,王旭,肖开提.天山北麓一例黑风暴天气的成因[J].北京大学学报(自然科学版),2006,42(3):343-350.
- [19] 武威,顾佳佳,牛淑贞.2013 年春季一次沙尘暴天气成因分析[J].气象与环境科学,2014,37(4):71-79.
- [20] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project [J].Bull Amer Meteor Soc,1996,77:437-471.

## The Circulation Field Characteristics of Spring Sandstorm in North Xinjiang in the Extremely Many Years and Few Years

LI Hongjun<sup>1,2</sup>, TANG Hao<sup>3</sup>

(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

2. Center for Central Asian Atmosphere Science Research, Urumqi 830002, China;

3. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

**Abstract** Based the spring sandstorm data of 52 weather observed stations in north Xinjiang during 1961–2015, the spatial distribution of sandstorm and the circulation field characteristics of the extremely many and few sandstorm years were analyzed. The results show that, in the spring 500 hPa geopotential height anomaly field of extremely many sandstorm years, the cyclonic and anticyclones anomaly circulations lie in the east and west to the north of Xinjiang, the east Asian trough is shallow, the Baikal Lake ridge and the east trough of the Ural Mountain weaken and the east ridge of the Ural Mountain strengthen; The west anomaly anticyclone and the east anomaly cyclone strengthen also, the cold air from high latitudes is easy to enter north Xinjiang, and the airflow is convergence in the north of Xinjiang. In the extremely many sandstorm years, the humidity anomaly field is positive in 700 hPa in the Europe and north Asian, the humidity in the north of the Caspian Sea is the most, the effects of these positive humidity anomaly are less to the humidity of north Xinjiang, the humidity anomaly of north of Xinjiang and its surrounding area are negative, the least humidity areas lie in Jinghe of north Xinjiang and the Kirgiz to Aksu, the least value of north Xinjiang is  $-0.1$  g/kg. In the extremely few sandstorm years, the ridge decreases from Central Asia to Xinjiang, the East Asian trough is shallow, the Baikal Lake ridge and the east trough strengthen; The cold air of high latitudes is difficult to enter into north Xinjiang for the anticyclone to the northwest of North Xinjiang and the cyclone to the northeast of north Xinjiang in the spring 500 hPa and 850 hPa wind anomaly field and the airflow is divergence in north Xinjiang. The spring humidity anomaly field is positive in 700 hPa in the most area of Europe, the area where there is much humidity lie in north Xinjiang and its upstream areas, the humidity anomaly are 1–2 g/kg more than normal in the 700 hPa of north Xinjiang and its upstream areas.

**Key words** north Xinjiang; sandstorm; circulation