

阿克苏2014年“4·23”大风沙尘暴 天气诊断分析

杨虎,曲良璐,康娟
(阿克苏地区气象局,新疆 阿克苏 843000)

摘要:应用阿克苏地区10个测站和63个区域自动站2014年4月22—25日大风沙尘天气过程前后的实测资料、T639、ECMWF资料、DOGRAFS模式站点预报产品及NECP全球再分析资料分析了大风天气过程的成因、特征,结果表明:这是一次高空急流和垂直环流配合下,高空动量下传,动力和热力机制共同作用下触发的大风沙尘天气过程。

关键词:大风;成因;诊断;热力;动力;动量下传;预报指标

阿克苏地区介于78°03′~84°07′E,39°30′~42°41′N,地处新疆天山山脉中段南麓,塔里木盆地北缘,戈壁、绿洲相间,地形北高南低,北部大多为山区,中部为山麓砾质扇形地、冲积平原区,南部毗邻塔克拉玛干沙漠,总面积为 $1.32 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。由于特殊的地形结构和地理位置,形成了严酷的荒漠环境,气候干旱,植被稀少,春季常受冷空气影响,易产生大风沙尘天气。大风往往易引发沙尘暴、扬沙、浮尘等天气,使土壤风蚀、沙化,对生态环境、工农业生产和交通运输造成极大的危害,是一种较强的灾害性天气^[1]。

关于西北地区大风和沙尘暴的机理成因、气候变化及预报方法等已有许多专家做了研究,并取得了一定的成果,但在大风、沙尘暴的天气诊断分析上缺乏系统研究^[2-4]。本文通过分析此次天山翻山大风天气的预报指标并检验相关数值预报产品,对此次大风、沙尘暴发生的动力、热力条件进行了诊断,总结成功预报的经验,为今后南疆大风天气的预报预警提供参考依据,提高天山翻山大风的预报水平,更好地服务于南疆经济建设。

1 资料来源及方法

使用2014年4月22—25日阿克苏地区10个测站和63个区域自动站天气过程前后的实测资料,国家气象中心下发的T639(水平分辨率 $0.28^\circ \times 0.28^\circ$)、ECMWF(水平分辨率 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$)常规资

作者简介:杨虎(1988-),男,助理工程师,主要从事天气预报方面的研究。E-mail:304864138@qq.com

料、DOGRAFS(Desert-Oasis-Gebi Rapid Analysis & Forecast System)模式产品(模拟区域设置为9 km)以及NECP(水平分辨率 $1.0^\circ \times 1.0^\circ$)全球再分析资料结合天气学原理分析此次大风沙尘天气产生和维持的物理机制,诊断了此次大风、沙尘暴发生的动力、热力条件,并对部分数值预报产品进行了检验。

2 天气实况

4月22—23日阿克苏地区遭受2014年最强大风沙尘暴天气,4个测站、36个区域站出现大风。阿克苏、库车、新和、温宿等地出现7~8级大风,东部部分区域站风力9~10级。5县市出现沙尘暴,最小能见度100~500 m(表1)。

表1 2014年4月22—23日阿克苏地区
大风沙尘天气实况

县市	天气现象	瞬时极大	最大 风速/(m/s)	历史 排位	历史 极值/(m/s)	
	最小能见度/m	风速/(m/s)				
阿克苏	沙尘暴/500	21.5	7	14	21	20
库车	沙尘暴/300	27.7	8	14.9	13	23
沙雅	扬沙	16.9	5	6.6	6	10.3
新和	沙尘暴/100	27.3	8	12.7	1	12.7
拜城	沙尘暴/500	16.3	5	12.9	3	14.2
温宿	沙尘暴/200	24.7	8	14.4	1	14.4
乌什	扬沙	14.8	5	7.7	6	10.3
阿瓦提	/	12.2	4	8.6	6	13.2
柯坪	扬沙	11.1	4	8.4	7	16.3

地面气象要素特征:翻山大风出现前,阿克苏地面自动站观测资料显示,气压自21日开始下降,22

日降至最低 879.8 hPa 之后气压开始上升,气温下降,翻山西北风自气压上升后于 23 日 03—05 时出现,风速猛然增大,23 日 10 时阿克苏测站极大风速达 21.5 m/s,并伴有沙尘暴。

此次大风沙尘天气风力强、影响范围广,且正值春季棉花播种期,造成棉花地膜被掀起、吹破,幼苗被吹断甚至死亡;菜棚棚膜被吹破,菜苗被刮起;林果树木被刮断,塔吊被吹倒,甚至造成建筑外墙损毁。此次大风沙尘天气导致地区 7 个县市 4.1×10^4 km² 农作物受灾,直接经济损失共计 2.3 亿元。库车县受灾最重,经济损失达 1.48 亿元。

3 环流形势演变

500 hPa 高空(图 1),21 日位于里海、咸海附近的中亚大槽加深东移;22 日中亚大槽移至巴尔喀什湖附近断裂成南北两支,北支偏北移动,南支东南移的同时北风带建立;23 日欧亚范围内中高纬为两槽两脊型,新疆位于明显的槽区,出现闭合低压中心,南支槽快速(15 个经度/日)东移扫过新疆大部。700 hPa 及 850 hPa 与 500 hPa 天气形势基本相一致,说明此次天气过程是一次较为深厚的系统。

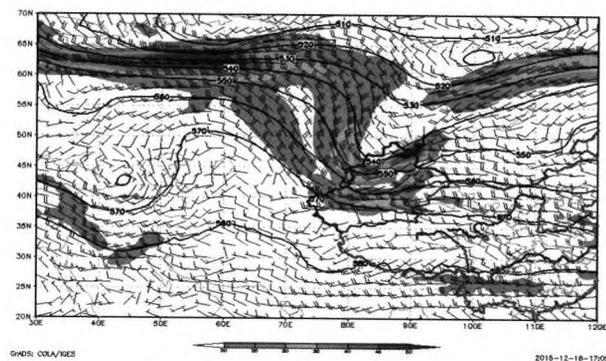


图 1 NECP 全球再分析资料 2014 年 4 月 23 日 08 时 500 hPa 高空实况

地面实况:20 日 08 时冷高中心在波罗的海附近生成并快速(15 个经度/日)东南移至巴尔喀什湖附近。22 日 20 时高压前部冷锋东南移进入新疆,在天山山脉北侧堆积,造成等压线密集,天山南北压差明显加大。冷高沿西北路径在 23 日 05 时翻越天山,23 日 08 时西北和东南压差达到 37.5 hPa,此时已出现大风、沙尘暴天气。大风天气 23 日 14 时减弱移出阿克苏地区并在 17 时左右开始“东灌”,阿克苏地区出现 3~5 d 的浮尘天气。

曹玲在《河西走廊春季大风、沙尘暴的成因差异初探》中指出:预报人员应注意地面图关键区内有无

冷锋存在以及锋面的走向、锋面前后的 24 h 变压差、气压差、温差等因素,这些因素都是预报沙尘天气必须仔细考虑的方面,因为它们预示着冷空气的强度、移动路径等^[3]。以上研究对阿克苏地区气象台预报人员成功预报此次大风、沙尘天气有一定的启示作用。

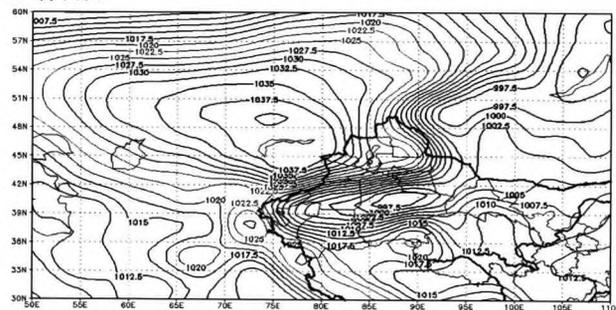


图 2 NECP 全球再分析资料 2014 年 4 月 23 日 08 时海平面气压场

3.1 大风入侵过程(先翻山后“东灌”)

翻山型大风:由强冷空气翻越帕米尔高原和天山西部、北部和中部入侵阿克苏地区造成的,地区西部为西北风,北部和东部为偏北风。由于是下坡风,风力大,持续时间长,对农业生产危害极大。

“东灌”型大风:由于入侵的冷空气位置偏北,加上南疆盆地特殊的西高东低、东部开口的“马蹄形”地形,冷空气沿天山北部滑落,从南疆盆地的东部入侵阿克苏地区造成的,阿克苏地区各地皆为偏东风^[14]。

此次翻山大风属冷锋后偏北大风,22 日 18 时以后,锋区的斜压性不断增大,冷锋后近地面层出现较大的正变压中心,正变压是大风产生和维持的有利条件。

20 时锋生,冷锋位于巴尔喀什湖至塔什干一线,境外塔什干站有 3 h +2.0 hPa 的气压变化,该站点与阿克苏站点气压差达 37.5 hPa。

23 日 05 时翻山,虽然 3 h 变压+2.0 hPa 未达到预报指标,然而南北压差 37.5 hPa 远大于 25 hPa 的预报指标。23 日 03 时喀什吐尔尕特站 22.0 m/s 大风出现在冷锋后、正变压中心附近变压梯度的大值区,冷空气开始翻越天山。

23 日 11 时,中天山段翻山风到达温宿(极大风速 24.7 m/s)、阿克苏(极大风速 21.5 m/s)并伴随沙尘暴,阿克苏地区东部翻山偏北大风维持,库车(极大风速 27.7 m/s)、新和(极大风速 16.9 m/s)、拜城(极大风速 16.6 m/s)3 个县出现沙尘暴。

23 日 14 时翻山风开始减弱,随后几小时风力

明显减弱,17时开始转为“东灌”大风天气。

23日17时转“东灌”(北疆冷空气从七角井进入南疆后,沿天山南麓经库尔勒向阿克苏移动^[3]):由于冷空气爬坡是上坡风,能量消耗大,风力一般在4~5级,出现大风的机率很小,冷空气裹挟沙尘进入南疆盆地后堆积且不易消散,造成能见度差,降温明显,阿克苏地区浮尘天气出现并维持到27日前后。

3.2 产生大风及沙尘暴的主要原因

中亚低槽偏南加深,东南移动速度快是这次大风导致沙尘暴天气的主要影响系统,23日南支槽在北疆高空形成闭合低压中心随后在斜压区内发生发展,沙尘暴过程主要是由南支槽冷锋及锋后地面大风触发的。

巴尔喀什湖低槽东南移加深阶段有很强的温度平流,槽前后冷暖平流强盛,冷平流一方面使高空槽东南移,另一方面与暖平流共同作用促进槽发展,均有利于大风的出现。

4 动力和热力机制诊断

4.1 动力机制

4.1.1 动量下传

从2014年4月22—25日NECP的温度、风、垂直速度再分析资料可以得出:在40°N,80°E的帕米尔高原附近,23日00时前后高空槽后部的西北冷空气在高空急流引导下迅速东南移,高空到地面为明显的温度槽,且有较大的正垂直速度区,对应冷空气的下沉,表明高空有动量下传,地面冷高入侵。可见在此种天气形势配置下高空急流越强,冷空气下沉速度越快,越有利于大风的产生。

阿克苏测站垂直速度的时间剖面图(图3)表明:22日20时—23日20时高层200~500 hPa为辐合区,中心值 10×10^{-3} Pa/s,中低层500~850 hPa为辐散区,中心值为 -34×10^{-3} Pa/s,说明中高层的下沉气流将高层急流的动量下传到低层,为大风沙尘天

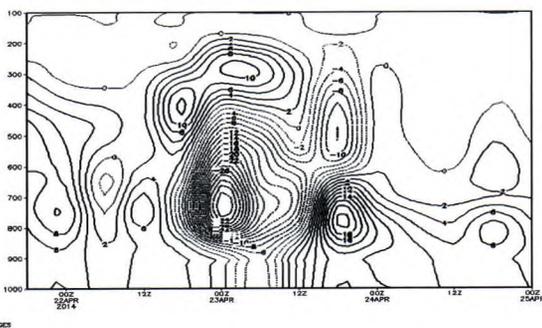


图3 4月22—25日垂直速度NECP全球再分析图

气的发生提供动力条件。

4.1.2 垂直环流圈的作用

在大风出现前,南疆盆地低层辐合上升、高层辐散下沉和帕米尔高原附近低层的辐散下沉、高层辐合上升的配置,使南疆盆地上升运动区的“抽吸”作用有利于盆地减压,帕米尔高原中低层的辐散下沉气流也将高层急流的动量下传到低层,在南疆中西部形成天山翻山大风,这种动力强迫下沉机制在大风的形成和维持过程中起着重要作用,是此次翻山大风沙尘天气发生的动力机制之一^[6]。

4.2 热力机制诊断

4.2.1 热低压发展

盆地升温明显:南疆盆地热低压指标为1000 hPa左右,22日08时南疆盆地的低压中心为885.0 hPa,远低于热低压指标。由前期地面形势场分析可知:南疆盆地阿克苏地区一直处于较强的正变温、负变压控制下,气温持续升高,无降水,天气晴好,这种环境条件使地表和近地面空气在白天吸收大量太阳辐射集聚能量,造成地面0 cm温度和近地面气温较高,特别是南疆盆地南缘大片沙漠地带,更利于地面辐射增温,高空冷平流显著与盆地热低压形成热力流,为大风的产生创造了必要的条件,干燥的沙地表面遇大风引起浮尘、扬沙、沙尘暴,能见度明显降低,沙尘天气出现。

4.2.2 温度平流输送

2014年4月22—25日NECP对700 hPa和850 hPa再分析资料表明:在40°N,80°E的帕米尔高原附近均存在负温度平流大值区,表明高空有冷平流下传,有利于南疆盆地形成热力流。

从阿克苏测站的22—25日NECP温度平流剖面图(图4)中看出,测站在22日20时—23日20时均存在较大负温度平流区,中心值达 -18×10^{-5} K/s,从高层到地面为明显的温度槽,说明有较强的冷平流向低层输送,是此次大风沙尘天气发生的重要热

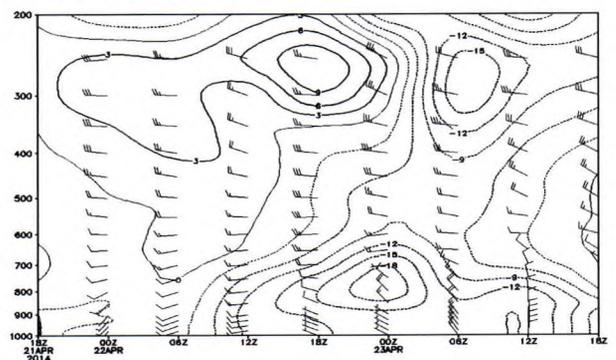


图4 4月22—25日温度平流NECP全球再分析图

力机制。

5 地形影响

以往的研究表明,受山脉地形影响,下坡地形、山口地段常存有引发大风多发的重力流和狭管效应。

阿克苏地区大风以柯坪最多,库车次之,地区南部和沙雅县的灾害性大风比较少。此次翻山大风由山脉地势较低的山口地段中天山翻山,下坡地形使得风速加大,温宿至阿克苏一线发生大风沙尘天气;另一条路径为阿克苏地区东北部较低山区山口翻山进入东部4县。表明此次大风沙尘天气的移动和加强都与地形有一定的关系。

6 对 EC、T639、WRF、Grapes 数值预报产品的检验

(1)EC(粗网格)对大风出现日的预报。由阿克苏测站 850 hPa 变温、变压、风场预报(图 5)可以看出在22日20时后开始降温、升压,风力开始增大,22日20时—23日20时风力达最大(16 m/s)。因此,EC(粗网格)预报出大风在23日出现,正变压10 hPa 左右,过程降温 5 °C左右,较为准确。

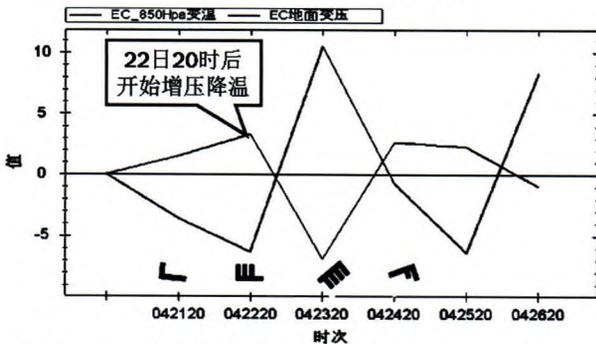


图5 EC(粗网格)对阿克苏测站 850 hPa 变温、变压、风场预报

(2)EC(细网格)和 T639 风场对大风出现时刻的预报。由阿克苏数值预报产品的检验可以得出:EC(细)850 hPa 预报出23日02时北风风力最大(18 m/s),与实况对比可知,EC(细)850 hPa 逐3 h 预报对阿克苏起风和最大风力出现具体时间(23日02—05时)有较好的指示性。而 EC_{10 m} 和 T639_{10 m} 风场对此次大风天气预报不准确。

(3)沙漠研究所 Grapes 和 WRF 模式对大风的落区和量级的预报:通过分析沙漠研究所的模式预报(图6、图7)与 EC850 hPa(细网格)(表2)资料表明,二者风场的预报较为一致:均为23日02时起风,08—11时风力最大,14—20时减弱移出阿克苏

地区。两种数值预报产品提前3 h 预报了此次大风的起风时间,同时两种数值预报产品对此次大风落区、量级预报较为准确,即阿克苏、温宿和地区东部4县为较强大风区。

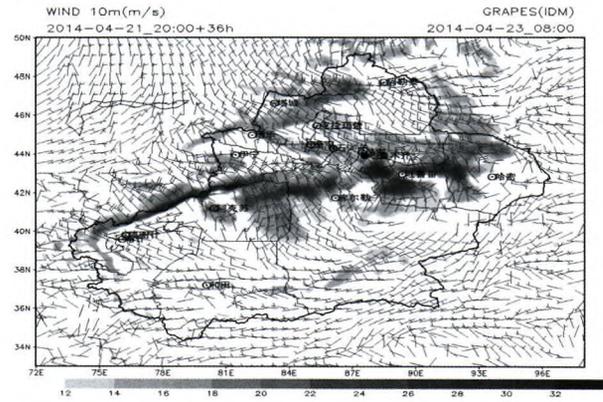


图6 Grapes2014年4月21日20时对4月23日08时10 m 风场预报

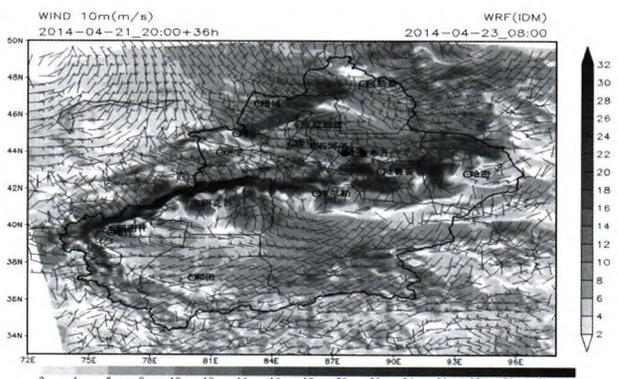


图7 WRF2014年4月21日20时对4月23日08时10 m 风场预报

7 天山翻山大风预报着眼点

(1)天山翻山大风出现前,中亚地区的斜压性增强,地面冷高压位于中亚地区,主体在 45°N 以南,位置偏南,南北疆关键区气压差在 25 hPa 以上,冷锋后 3 h 正变压不断增大,达到+5.0 hPa 以上,冷锋前后的变压差值高达+7.0 hPa 以上,此时可预报未来 24 h 出现 6 级以上翻山大风。

(2)ECMWF(欧洲数值预报产品)具有较高的参考价值,ECMWF 的 850hPa 关键格点风场的预报准确度更高、风力量级更准确,当 ECMWF 预报 40°N 带上的 77.5°~82.5°E 3 个格点中任一格点有 16~20 m/s 偏北风、气压预报场上关键区格点的气压差达到 20 hPa 以上时,可预报有天山翻山大风出现;我国 T639 对起风时间预报值得参考,但风力量级预报准确度不如 ECMWF。

(3)单站气象要素气压和气温变化对于大风的预报有较好的参考作用,当上游指标站塔什干的气压上升到最高点开始下降、本站气压开始上升则预示翻山大风天气即将来临,大风出现在关键区指标站气压差最大值后的3 h左右;ECMWF气压场预报天山南麓气压开始上升的时间为大风出现的时间。

8 结论

(1)高空急流和垂直环流圈的存在是天山翻山大风产生的重要动力机制,高空急流通过垂直环流圈的下沉气流将高层动量下传到南疆盆地,同时低层南疆盆地的辐合,帕米尔高原的辐散加剧了南疆盆地上升减压和帕米尔高原中低层的下沉加压,这两种动力强迫机制在大风的形成和维持过程中起着重要作用。

(2)中层较强的冷平流是大风产生的动力机制之一,500~850 hPa 较深厚的强冷平流输送加剧了南北疆温差,使气压和变压梯度明显增强,翻山大风出现在温度平流等温线密集的区域。

(3)数值预报产品的风场预报较为准确,ECMWF(粗、细网格)850 hPa 数值预报产品对此次翻山大风出现日、时、量级、落区有较好的指示意义;EC和T639的10 m风场预报不理想;WRF、GRAPES对此次天气风场、垂直速度预报效果较好。

(4)南疆在农业生产、交通运输、城市建设以及安全运营等方面需高度防范大风危害。此外,南疆大风的风向、起始以及持续时间关系到社会防灾减灾应对和风能的开发利用,值得进一步深入分析。

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,2003.
- [2] 刘海涛,刘海红,韩春光,等.南疆大风气候特征分析[J].

- 干旱区资源与环境,2014(03):148-154.
- [3] 曹玲,董安祥,张德玉,等.河西走廊春季大风、沙尘暴的成因差异初探[J].气象科技,2005(01):53-57.
- [4] 高婧,崔彩霞,井立军,等.近49年新疆大风时空分布特征及环流背景分析:强化科技基础 推进气象现代化[C].第29届中国气象学会年会,中国辽宁沈阳,2012.
- [5] 王旭,王健,马禹.新疆大风天气过程的特点[J].新疆气象,2002,25(2):4-6.
- [6] 张俊兰,张莉.一次天山翻山大风天气的诊断分析及预报[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(1):13-17.
- [7] 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,2011(5):753-761.
- [8] 吴登成,代青措,郑志红.一次高空动量下传型大风天气过程个例分析[J].青海气象,2012(4):29-31.
- [9] 孙燕,沈桐立,李强,等.我国北方地区一次沙尘暴天气特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(2):6-9.
- [10] 王国松.渤海黄海大风特征分析与一次大风个例数值研究[D].中国海洋大学,2013.
- [11] 满苏尔·沙比提,娜斯曼·那斯尔丁,陆吐布拉·依明.南疆近60年来风灾天气及灾度时空变化特征[J].地理研究,2012(05):803-810.
- [12] 王澄海,靳双龙,杨世莉.新疆“2·28”大风过程中热、动力作用的模拟分析[J].中国沙漠,2011(02):511-516.
- [13] 霍文.新疆沙尘暴天气演变特征及成因分析[D].新疆师范大学,2011.
- [14] 张莉.阿克苏地区春季灾害性大风的分析及预报[J].新疆气象,2003,26(3):15-17.
- [15] 彭江良.库车大风天气特征分析及预报指标[J].新疆气象,2003,26(6):15-16.
- [16] 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):37-40.
- [17] 马丽云,曹磊.石河子地区的大风及个例分析[J].石河子科技,1998(5):45-46.
- [18] 孟齐辉,刁平.乌鲁木齐地区东南大风与气压场演变的关系[J].新疆气象,1996,19(1):5-9.