

美丽巴奴·艾则孜,张俊兰,王小亚.北疆北部一次暖区暴雪天气过程的综合分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(4):107-114.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.04.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



北疆北部一次暖区暴雪天气过程的综合分析

美丽巴奴·艾则孜^{1,2,3},张俊兰^{1,2,3},王小亚⁴

(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;

4.哈密市气象局,新疆 哈密 839000)

摘要:利用地面观测、高空探测常规资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析以及FY-2G红外云图,综合分析2016年11月10—13日北疆北部的暖区暴雪过程成因,结果表明:此次暴雪天气是在“单阻型”经向环流和有利的高低空天气系统配置下发生的,主要表现为500 hPa东欧阻塞高压脊稳定,西西伯利亚低涡和冷槽东南下至北疆境外的中亚地区,200~500 hPa低涡和冷槽系统深厚且呈前倾结构,低涡底部极锋锋区加强并压至北疆上空,700~850 hPa北疆北部有暖平流和暖脊发展,地面气压场呈“两高夹一低”形势,北疆在地面冷锋前部和暖锋后部的暖区内。中高层西北急流、低层偏西气流和偏东气流3支气流在暴雪区上空汇合,暴雪区位于高空低涡底部西北急流、低层暖平流和切变线、地面暖低压南部的高低空重叠区域内。500 hPa以下仅有一条西方水汽输送路径,最强水汽输送在600~700 hPa,最强水汽辐合位于850 hPa附近,最大暴雪中心(裕民)的水汽输送强度更强、厚度更厚、时间更长,其平均云顶黑体亮温TBB值较富蕴偏高 10°C 左右。

关键词:暖区暴雪;高低空天气系统及配置;水汽;TBB;北疆北部

中图分类号:P458.121

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2021)04-0107-08

北疆具有独特的温带大陆型干旱气候,冬半年气候寒冷、降雪天气频繁、积雪较厚。暴雪天气是白灾的主要致灾因子,是北疆重要的气象灾害之一,对农、林、牧、交通、电力、通信以及人民生产、生活等均带来严重的影响和危害。2009年12月—2010年3月,北疆60 a一遇的连续暴雪过程,大部分观测站累计降水量超过50 mm,富蕴等17个测站累计降水量突破历史同期极大值。北疆暴雪受不同天气系统的影响分为冷锋暴雪和暖区暴雪,通常情况下,天山

北坡的暴雪为冷锋暴雪,而塔城地区、阿勒泰地区的暴雪过程多为暖区暴雪。

关于暖区暴雪,新疆气象学者在环流配置、影响系统、水汽输送等方面做了不少研究,张家宝^[1]认为,冬季环流形势、天气系统以及地形影响是形成暖区暴雪的重要因素。杨霞等^[2]对新疆暖区暴雪天气研究的综述中指出,单阻型是暖区暴雪的大尺度环流形势之一,低空偏南气流是暖区暴雪天气的必要条件,与庄晓翠等^[3]“北疆暖区强降雪区位于低槽前部,低空急流出口区前侧辐合区和高空急流入口区右侧辐散区,以及700和850 hPa辐合线和暖切变线东部、北部及干线东南部,地面辐合线附近减压升温的重叠区域内”结论基本一致。在天气系统南北结合和动力抬升方面,有关研究^[4-5]表明500 hPa极锋锋区偏西急流与中纬度西南急流交汇,南北两支锋区汇合。沙依然·维力等^[6]指出,高空辐散、低层辐合和整层深厚的上升运动以及较强的位势不稳定是暖

收稿日期:2020-05-19;修回日期:2020-10-23

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1507105);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2020007);第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0102)

作者简介:美丽巴奴·艾则孜(1989—),女(维吾尔族),助理工程师,主要从事短临时近和短期天气预报研究。E-mail:475624948@qq.com

通信作者:张俊兰(1967—),女,正高级工程师,主要从事短期天气预报研究。E-mail:zjl_0997@sina.com

区暴雪的动力学条件。李如琦等^[6]认为北疆暖区暴雪极锋急流起主导作用,暖区暴雪与地形的关系极为密切,暴雪区主要位于山区或迎风坡上有地形强迫抬升和辐合的区域。暴雪发生前后地面气象要素、云图云型及云顶亮温 TBB 等特征,揭示了暖区暴雪与新疆冷锋降雪的不同^[7-12],为北疆暖区暴雪分析和研究提供了较好的思路和借鉴。2016 年 11 月 10—13 日北疆北部出现了较强暖区暴雪天气,也是 2011 年以来北疆最强的暖区暴雪过程,通过综合分析,可进一步提升对北疆暖区暴雪高低空天气系统空间配置、水汽输送和云图云顶亮温 TBB 变化的认识水平,为提高暖区暴雪预报能力提供参考,对提高北疆暖区暴雪预报准确率和防灾减灾具有重要意义。

1 研究区概况及资料

研究区域为北疆北部的塔城和阿勒泰地区,其中最大暴雪区裕民县和富蕴县地形特殊。裕民县位于塔额盆地南缘、巴尔鲁克山北部,平原平均海拔为 750 m 左右,气象站海拔为 721 m。富蕴县位于阿尔泰山中段南麓、额尔齐斯河上游,海拔为 800~1 200 m,气象站海拔为 860 m。选用常规地面监测、高空探测数据分析此次暴雪的环流形势和天气系统空间结构,利用 NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料计算 925~100 hPa 共 21 层的物理诊断量,包括温度平流、水汽通量、水汽通量散度、垂直速度场以及沿裕民和富蕴 2 个暴雪点诊断量的垂直剖面,利用 FY-2G 红外云图数据,通过等值线处理得到云顶黑体亮温 TBB 资料。

2 暴雪实况及灾情

2016 年 11 月 10—13 日,北疆北部的塔城地区

和阿勒泰地区出现近年来较强的暴雪天气(新疆暴雪标准:24 h 累计降雪量达 12.1~24.0 mm 为暴雪,24 h 累计降雪量达 24.1~48.0 mm 为大暴雪),大部出现 20 mm 以上降雪,新增积雪多地超过 20 cm,10 日 13 时—13 日 19 时,累计降雪量前 5 位分别是裕民县(55.3 mm)、塔城市(44.2 mm)、哈巴河县(34.9 mm)、富蕴县(30.9 mm)、吉木乃县(30.1 mm),裕民县为最大降雪中心(图 1a)。12 日降雪最强,裕民县和富蕴县 2 站出现大暴雪,降雪量分别为 41.4、25.2 mm;托里县、青河县和塔城市 3 站暴雪,降雪量分别为 17.9、16.8、13.6 mm,12 日裕民县降雪量居 11 月历史第一位,富蕴、青河居历史第三位。裕民县降雪强度最强,最大雪强为 5.5 mm/h,出现在 11 日 22—23 时;富蕴县次之,最大雪强为 2.8 mm/h,出现在 12 日 02—03 时(图 1b)。

此次暴雪致使阿勒泰地区多地交通受阻,吉木乃、布尔津、哈巴河等县部分路线双向交通管制,禁止通车或客运班车停发。

3 环流形势及高低空系统配置

3.1 低涡(槽)位于境外并未影响北疆

500 hPa 欧亚范围中高纬维持一脊一槽“单阻型”经向环流,东欧高压脊和西西伯利亚低涡(槽)相对稳定,东欧($50^{\circ} \sim 75^{\circ} \text{N}$, $40^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{E}$)高压脊向北发展,加强为阻塞高压(11 日 08 时),闭合中心位于 70°N , 45°E 附近,中心强度为 556 dagpm;西西伯利亚低涡外围低槽在巴尔喀什湖以北的中亚地区,强度为 516 dagpm,低涡(槽)未影响北疆,北疆北部始终处于低涡底部极锋锋区的西北急流带上。

3.2 低涡(槽)深厚且底部极锋锋区急流强

中高层 500~200 hPa 西西伯利亚低涡(槽)深

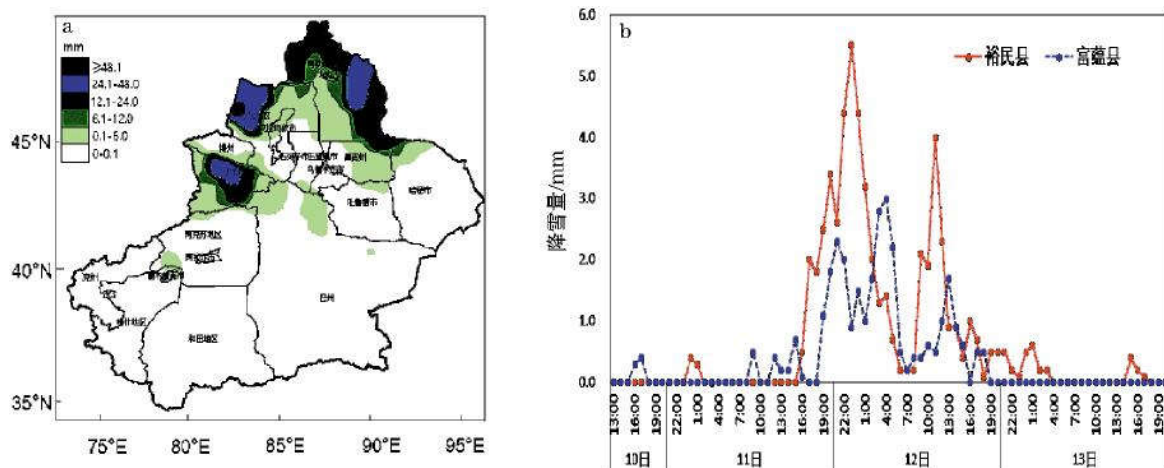


图 1 2016 年 11 月 10—13 日新疆降雪量分布(a)和裕民县、塔城县逐小时降雪量曲线(b)

厚,垂直分布呈前倾结构,东欧阻塞高压缓慢向东南衰退,西西伯利亚低涡(槽)逐渐东移南压,其底部极锋区上西北风加强为急流,8日08时,500 hPa巴尔喀什湖—北疆上空有风速 $\geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西北急流,12日08—20时最强(图2a),塔城、阿勒泰西北风风速分别达 $44, 36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;200 hPa也有西北急流,8日20时塔城、阿勒泰西北风风速 $\geq 35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,12日风速分别增至 $46, 40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图2b),中高层西北急流持续至13日08时。

3.3 暴雪发生在低层切变线附近

11日08时700~850 hPa巴尔喀什湖附近偏西气流加强为急流($\geq 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),并维持至13日。11日20时低涡底部分裂短波,塔城700和850 hPa西北风风速分别达 $32, 22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,阿勒泰700、850 hPa转为西南风($12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)和东南风($10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),塔城与

阿勒泰之间出现冷式切变线(图3a),加剧了低层局地辐合与抬升。北疆北部中低层湿度较大,塔城和阿勒泰T-lnP图上,2站500 hPa T-T_d为 2°C 、700和850 hPa T-T_d均为 1°C ,500 hPa以下温湿廓线近乎平行,中低层空气湿润,低层空气接近饱和。暴雪区位于低层切变线附近饱和湿区内。

特殊地形增强了强迫抬升和水汽辐合,裕民县和富蕴县低层分别出现西北风和偏南风,受东北—西南向的巴尔鲁克山和西北—东南向的阿尔泰山阻挡,在山前均形成地形强迫抬升和水汽辐合,两地特殊地形遇不同风场增强了强迫抬升和水汽辐合。由于裕民县低层西北急流风速明显强于富蕴县,地形强迫抬升和水汽辐合作用更明显,降水强度更强。

3.4 700 hPa以下有暖平流

暴雪过程中,700 hPa暴雪区有明显的暖平流

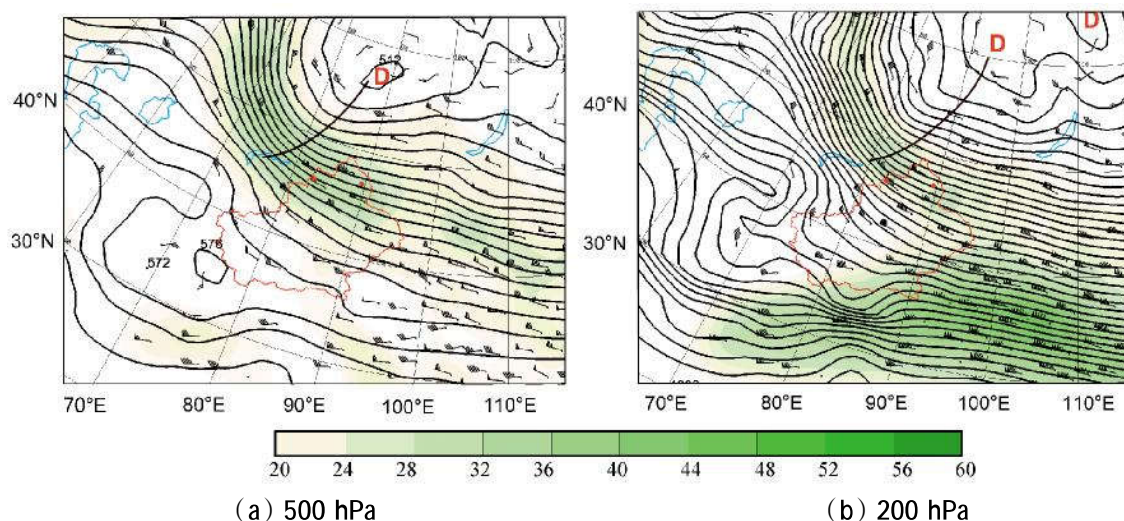


图2 2016年11月12日08时位势高度场(单位:dagpm)叠加风场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
(a中阴影区风速 $\geq 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,b中阴影区风速 $\geq 35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;棕色实线为槽线,“·”为暴雪点)

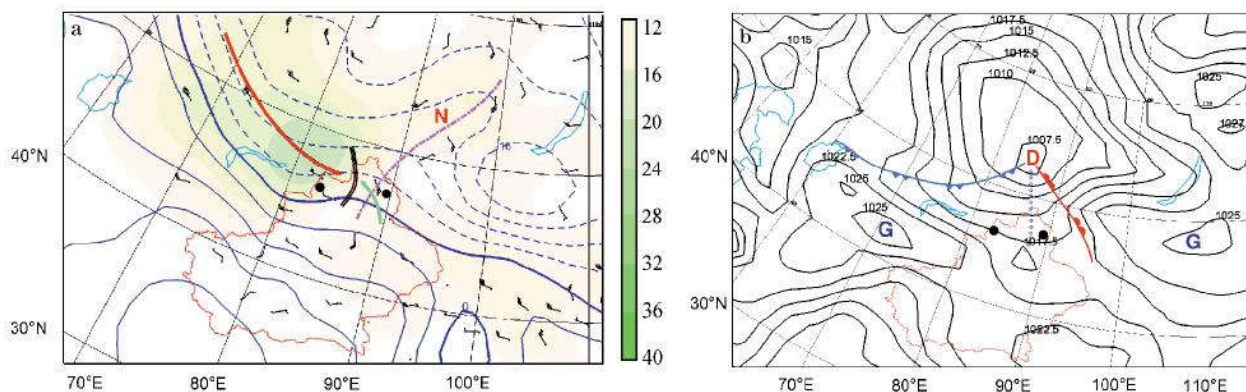


图3 2016年11月11日20时850 hPa温度场(a,单位: $^\circ\text{C}$)和地面气压场形势(b,单位:hPa)
叠加风场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

(a中棕色实线为850 hPa槽线,双实线为切变线,带箭头粗实线为急流或气流,阴影区为急流;b中下部“ω”形实线为地面冷锋、上部反“ω”形实线为地面暖锋,带圈线为地面倒槽,“·”为暴雪点)

(图4),裕民站 600~850 hPa 的暖平流自10日14时持续至12日22时,持续时间约56 h,暖平流强度为 $(10\sim20)\times10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ (图4a);富蕴站暖平流主要出现在11日08时—13日02时600 hPa附近,持续时间约42 h,暖平流强度为 $(10\sim25)\times10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ (图4a),700 hPa 暖平流为 $(5\sim10)\times10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ (图4b)。由于裕民县较富蕴县平均海拔低200~500 m(约15~45 hPa),因此可认为,裕民站暖平流的高度更低、持续时间更长、低层暖平流更强。

3.5 暴雪发生在热低压南部暖区内

10日,随喀拉海北部热低压的不断南压和乌拉尔山—中亚—新疆高压带东移,地面气压场演变为“两高夹一低”态势,并持续至12日17时。10日08时喀拉海北部热低压南压至北疆北部,乌拉尔山—中亚—新疆的带状高压分裂成两段,东段移至蒙古地区,西段在中亚滞留,形成了蒙古高压、中亚高压和北疆北部热低压的“两高夹一低”态势,热低压位于北疆北部境外,北疆受热低压控制,冷锋并未入侵北疆,冷锋位于巴尔喀什湖北部,暖锋在蒙古高原西部,冷锋前部和暖锋后部暖空气活跃,塔城和阿勒泰处于此暖区内。11日14—23时北疆北部热低压中心为1 007.5 hPa,20时中亚和蒙古2个高压达最强,中心均为1 025.0 hPa,暴雪区发生在两高之间热低压南部的暖区内(图3b),暴雪区地面气象要素表现为减压升温。随着热低压东移至蒙古中部,冷高压入侵北疆,暖区降水结束。

3.6 高低空天气系统配置

此次暖区暴雪环流形势呈“单阻型”经向环流,西西伯利亚低涡(槽)位于境外,500~200 hPa 西西伯利亚低涡(槽)深厚且垂直呈前倾结构,其底部极

锋锋区上西北风加强为西北急流,北疆位于此西北急流带上。700~850 hPa 有暖平流,塔城为西北急流、阿勒泰为偏南风,两地之间存在切变线。地面气压场上呈现“两高夹一低”态势,热低压位于北疆北部境外,北疆受热低压控制,冷锋未入侵北疆。500 hPa 低涡底部的西北急流、700~850 hPa 低槽前偏西急流以及850 hPa 北疆东部东南气流的高低空3支气流在暴雪区上空汇合,暴雪区位于高空西北急流、低层切变线和暖平流区以及地面冷锋前部、暖锋后部的暖区内,上述环流形势和高低空天气系统配置符合以往暖区暴雪研究成果的天气学特征^[1-3],不仅为此次暴雪提供了热力条件,还为暴雪区输送水汽和动力抬升发挥了关键作用,暴雪出现在冷空气入侵前,因此地面气象要素表现为减压和升温(图5),另外,塔城盆地和阿勒泰地区的特殊地形发挥了重要作用,增强了强迫抬升和水汽辐合。

4 水汽输送和辐合

4.1 西方水汽输送的时间和强度

源源不断的水汽向暴雪区输送是暴雪形成的重要条件,此次暴雪过程中,850~400 hPa 自低层到高层仅有一条水汽输送路径——西方路径。选取700 hPa 水汽输送层,自欧洲大西洋沿岸的水汽沿偏西风经过地中海、黑海、里海接力输送至北疆地区,随着高空极锋锋区南压,西方水汽输送带也明显南压和增强(图6)。

对比裕民县和富蕴县(图7),西方路径的水汽输送带从7日08时持续至14日08时,但两县水汽输送带的厚度、强度、时间不同。裕民县7日08时中层700~500 hPa 出现了西方路径的水汽输送,10日

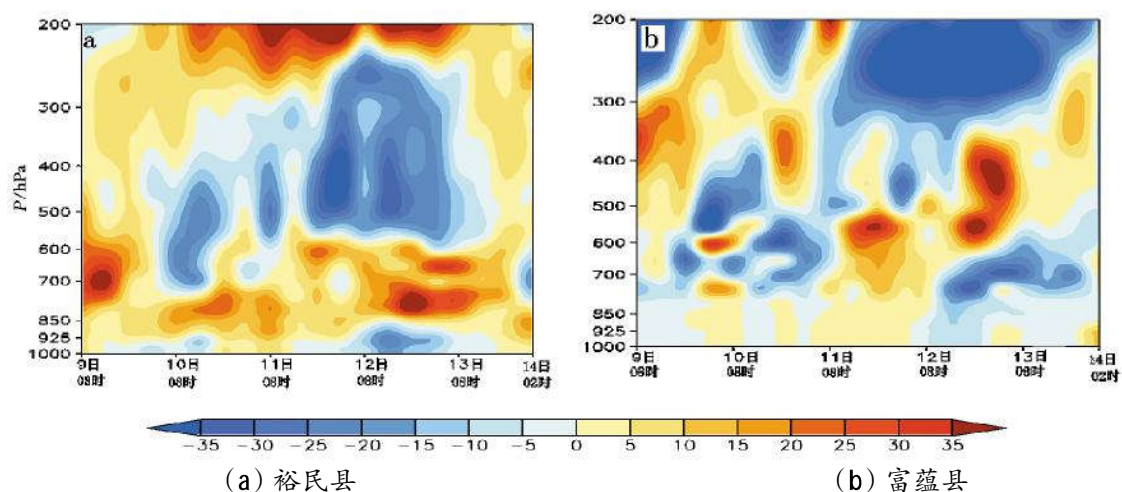


图4 2016年11月9日08时—14日02时温度平流的时间—高度剖面
(单位: $10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)

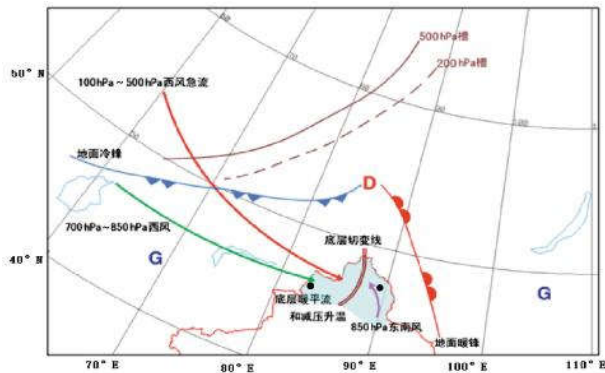


图5 2016年11月11日20时高低空天气系统空间结构配置

(“●”为暴雪点,棕色实线为500 hPa槽线,双实线为切变线,带箭头粗实线为急流或气流,下部“ω”形实线为地面冷锋、上部反“ω”形实线为地面暖锋)

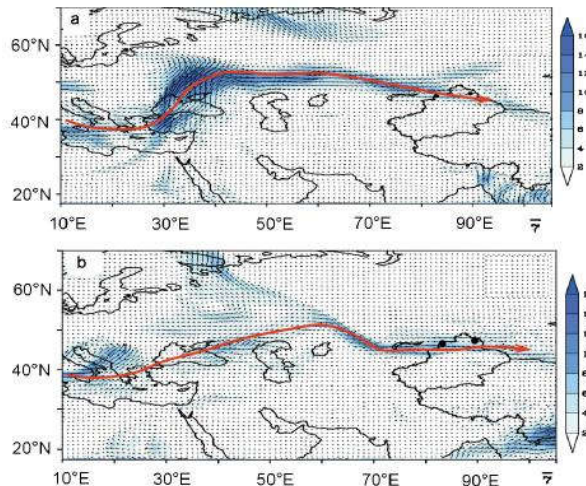


图6 11月10日08时700 hPa水汽通量(a)、11月12日08时700 hPa水汽通量(b) (阴影区,单位: $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$)叠加风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) (带箭头实线为水汽路径,“●”为裕民县和富蕴县位置)

08时水汽输送向低层伸展至地面,并持续至14日08时,500 hPa~地面的水汽输送带持续了约96 h。700 hPa 11日08时水汽输送明显增强, $\geq 8 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送持续至12日14时(持续约30 h),11日20时—12日08时达最强,为 $10 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,水汽输送增强约10 h后降雪强度增强,11日17时—12日12时降雪较强,平均小时降雪强度为 $2.3 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。600 hPa~地面的水汽输送于11日14时—12日20时较强,最强水汽 $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,垂直厚度在400 hPa左右, $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送持续了约96 h。另外,11日20时, $\geq 1 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的最高水汽输送顶层到达380 hPa(图7a)。

富蕴县水汽输送带的垂直高度偏高、强度偏弱、持续时间偏短,7日20时中层600~450 hPa出现西方路径的水汽输送,9日14时开始加强,11日14时,450 hPa水汽输送向低层伸展至地面,持续至12日20时,500 hPa~地面的水汽输送带持续了约30 h。9日20时—10日14时水汽输送较强,500~700 hPa $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送持续了约18 h,垂直厚度为200 hPa左右。11日14时600 hPa水汽输送高度降至700 hPa附近,12日08时,700 hPa水汽输送 $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ (持续约18 h)。9日14时600 hPa水汽输送明显增强, $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送持续至10日14时。11日19时—12日05时降雪较强,平均降雪强度为 $1.8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,600 hPa水汽输送增强约50 h后降雪强度增强。9日20时—10日20时, $\geq 1 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送顶层到达320 hPa(图7b)。

此次暴雪水汽主要来源于欧洲沿岸的大西洋海域,还有地中海、黑海、里海地区的部分水汽补充。水

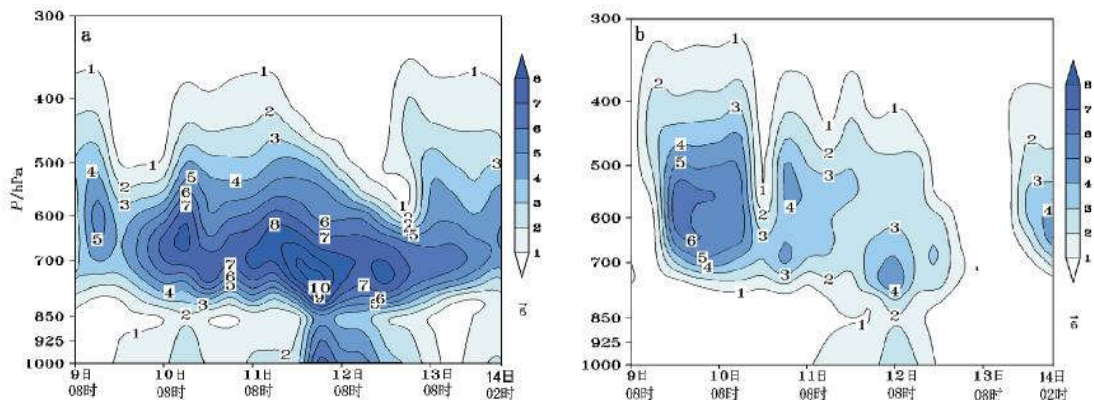


图7 2016年11月9日08时—14日02时水汽通量(单位: $10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)时间—高度垂直剖面 (a为裕民县,b为富蕴县)

汽输送主要出现在 500 hPa 以下的中低层, 只有一条西方路径, 最强水汽输送在 600~700 hPa, 此高度水汽输送增强 10 h 以上雪强才加大, 水汽输送强中心下降时出现最强降雪。虽同为一条水汽路径, 但两站水汽输送带的空间垂直厚度、强度和持续时间不同, 裕民县较富蕴县平均海拔偏低 500 m (不足 50 hPa), 裕民县和富蕴县 $\geq 1 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送顶层到达 380 和 320 hPa, 最高水汽输送厚度相当。裕民县 $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽输送比富蕴县偏长近 80 h, 厚度比富蕴县偏厚约 200 hPa, 特别是 700 hPa 最强水汽输送, 裕民县水汽输送 $\geq 8 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$, 持续约 30 h, 富蕴县水汽输送 $\geq 4 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$, 持续约 18 h; 700 hPa 水汽输送裕民县较富蕴县明显偏强、持续时间偏长, 低层充裕水汽和长时间输送致使裕民县累计雪量更多、雪强更强。

4.2 水汽辐合

此次过程水汽辐合主要在 700 hPa 以下, 裕民县在 700~900 hPa, $\leq -10.0 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合自 11 日 08 时持续至 14 日 20 时, 持续时间

约 84 h, 最强水汽辐合 $\leq -25.0 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$, 出现在 12 日 02—08 时的 850 hPa (图 8a)。富蕴县水汽辐合高度也在 700~900 hPa, 但强度明显偏弱, 最强水汽辐合 $\leq -10.0 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$, 出现在 11 日 20—12 日 08 时, 持续约 12 h, 最强水汽辐合也在 850 hPa 附近 (图 8b), 但裕民县的水汽辐合时间更长、强度更强。

5 云顶亮温 TBB

随着高空西西伯利亚低涡外围极锋锋区南压与加强, 北疆上空急流云系发展, 较强降雪均在 TBB 低值云团移出暴雪区上空后出现。图 9 为裕民县和富蕴县最大小时雪强 TBB 分布, 11 日 23 时裕民县小时雪强最大, 为 $5.5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, TBB 为 -19°C (图 9a)。12 日 03 时富蕴县小时雪强最大, 为 $2.8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, TBB 为 -33°C (图 9b)。

裕民县和富蕴县小时平均雪强分别为 1.3 和 $0.9 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, 平均 TBB 分别为 -24.2 和 -34.6°C , 降雪过程中, 裕民县和富蕴县降雪强度 $\geq 1.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的 TBB 平均值分别为 -20.5 和 -31.3°C , 裕民县的

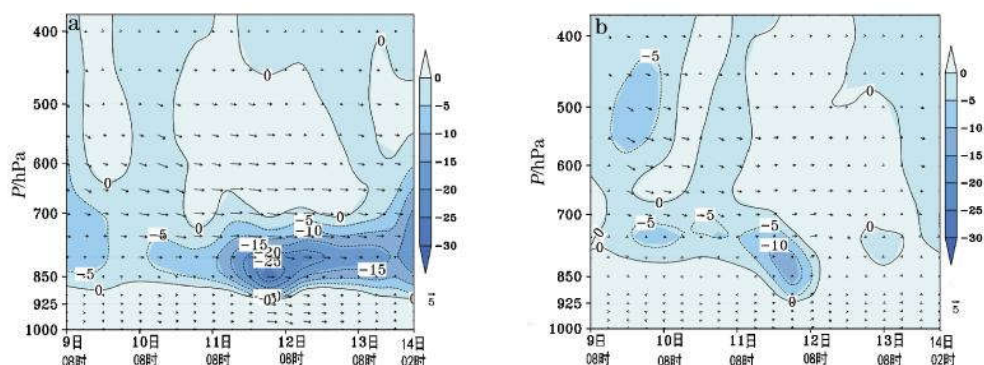
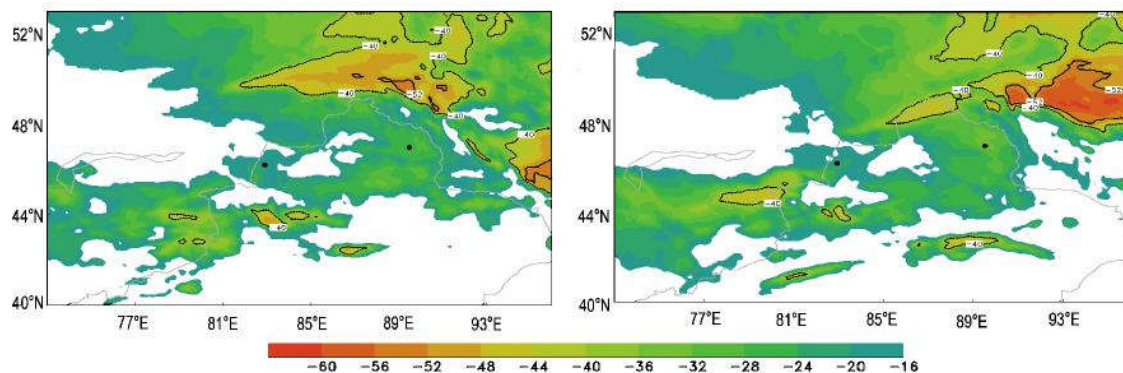


图 8 2016 年 11 月 9 日 08 时—14 日 02 时水汽通量散度(单位: $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)的时间—高度垂直剖面结构
(a 为裕民县, b 为富蕴县)



(a) 11 日 23 时裕民县 (b) 12 日 03 时富蕴县

图 9 2016 年 11 月 11—12 日 FY-2G 红外云图云顶亮温 TBB(单位: $^\circ \text{C}$)

降雪强度更大、TBB 较富蕴县平均偏高 10℃左右。

6 结论与讨论

通过综合分析 2016 年 11 月 10—13 日北疆北部的暖区暴雪过程成因,得出以下结论:

(1)此次暴雪过程的环流形势、高低空气流和地面要素等具有暖区暴雪的特征。环流形势呈“单阻型”经向环流,西西伯利亚低涡(槽)位于境外,北疆位于低涡(槽)底部极锋锋区的西北急流带上。700~850 hPa 有暖平流和切变线。地面气压场“两高夹一低”,北疆受热低压控制,暴雪区位于高空西北急流、低层切变线和暖平流区以及地面冷锋前部、暖锋后部的暖区内。中高层西北急流、低层偏西气流和偏东气流在暴雪区上空汇合,山区地形增强了强迫抬升和水汽辐合。

(2)水汽主要来源于大西洋,并有地中海、黑海、里海的水汽补充。水汽输送主要在 500 hPa 以下,只有一条西方路径的水汽输送,最强水汽输送在 600~700 hPa。但裕民县与富蕴县相比,相同强度的水汽输送($\geq 8 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$)裕民县偏长近 80 h、厚度偏厚约 200 hPa。700 hPa 最强水汽输送裕民县较富蕴县偏强 1 倍,持续时间偏长约 12 h。水汽辐合主要在 700 hPa 以下,最强水汽辐合位于 850 hPa,裕民县水汽辐合时间更长、强度更强,最强水汽辐合裕民县较富蕴县偏强约 $15.0 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$, $\leq -10.0 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合较富蕴县偏长 72 h。

(3)裕民和富蕴两站平均 TBB 分别为 -24.2 和 -34.6℃,裕民县的降雪强度更大、云顶亮温 TBB 更高,降雪强度相同(均 $\geq 1.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$)时,裕民县 TBB 较富蕴县平均偏高 10℃左右。

(4)暖区暴雪主要表现为减压升温。降雪开始前

和开始后,北疆 3 h 变压(ΔP_3)为负变压,暖区降雪出现在负 3 h 变压区内,但(ΔP_3)开始上升,并不意味着暖区降雪立即结束,而要继续升压 6 h 左右,暖区降雪才停止。

参考文献:

- [1] 张家宝,邓子凤.新疆降水概论[M].北京:气象出版社,1987:331-332.
- [2] 杨霞,崔彩霞,阿不力米提江·阿布力克木,等.新疆暖区暴雪天气研究概述[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(4):21-25.
- [3] 庄晓翠,崔彩霞,李博渊,等.新疆北部暖区强降雪中尺度环境与落区分析[J].高原气象,2016,35(1):129-142.
- [4] 刘晶,李娜,陈春艳.新疆北部一次暖区暴雪过程锋面结构及中尺度云团分析[J].高原气象,2018,37(1):158-166.
- [5] 沙依然·维力,王旭.阿勒泰地区一次特大暴雪天气分析[J].新疆气象,2000,23(4):3-5.
- [6] 李如琦,唐治,肉孜·阿基.2010 年新疆北部暴雪异常的环流和水汽特征分析[J].高原气象,2015,34(1):155-162.
- [7] 庄晓翠,李博渊,陈春艳.新疆北部一次暖区与冷锋暴雪并存的天气过程分析[J].气候与环境研究,2016,21(1):17-28.
- [8] 赵俊荣,杨雪,杨景辉.新疆北部冬季暖区大降雪过程中尺度云团特征分析[J].高原气象,2010,29(5):1280-1288.
- [9] 张俊兰,杨霞,李建刚,等.2015 年 12 月新疆极端暴雪天气过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2018,12(5):1-9.
- [10] 张俊兰,万瑜,闵月.乌鲁木齐“2015·12·11”极端暴雪天气的综合分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(1):1-10.
- [11] 黄海波,徐海容.新疆一次秋季暴雪天气的诊断分析[J].高原气象,2007,26(3):624-629.
- [12] 张书萍,祝从文.2011.2009 年冬季新疆北部持续性暴雪的环流特征及其成因分析[J].大气科学,35(5):833-846.

Comprehensive Analysis upon a Warm Area Snowstorm in Northern Xinjiang

Meilibanu AIZEZI^{1,2,3}, ZHANG Junlan^{1,2,3}, WANG Xiaoya⁴

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

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

3. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China;

4. Hami Meteorological Bureau, Hami 839000, China)

Abstract Using ground observation, conventional high-altitude sounding data, NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis, and FY-2G infrared cloud image data, the causes of a snowstorm in northern Xinjiang on 10–13 November 2016 were comprehensively analyzed. It shows that, the blizzard occurred under the “single-resistance” meridional circulation and favorable high and low altitude weather system configuration. The specific feature was that the ridge of blocking high at 500 hPa in Eastern Europe was stable, while the West Siberian vortex and cold trough moved southeast toward Central Asia. The 200–500 hPa low vortex and cold trough system were deep and forward-dipping. After strengthening the polar front at the bottom of the vortex, it moved over the northern Xinjiang. With the development of warm ridges at 700–850 hPa in northern Xinjiang, the surface pressure field presented a “two highs and one low” situation. Northern Xinjiang was in the warm zone in front of the cold front and behind the warm. The snowstorm area was overlapped by both the northwest jet and westerly flow as well as easterly flow. There was only one western water vapor transportation path below 500 hPa. The strongest water vapor transport was between 600 hPa and 700 hPa, while the strongest water vapor convergence was around 850 hPa. The largest snowstorm center (Yumin) had stronger water vapor transport intensity, thicker convergence and longer duration, with its average cloud top blackbody brightness temperature (TBB) value 10°C higher than that at Fuyun approximately.

Key words blizzard in warm area; high and low altitude weather system configuration; water vapor; TBB; northern Xinjiang