

Diagnostic Analysis of a Heavy Snowfall Weather Process in Changji

Xiaoxiao Tao, Xuyan Fan, Xiang Li, Qiuxia Huang*

Xinjiang Changji Meteorological Bureau, Changji Xinjiang
Email: 406257757@qq.com

Received: Mar. 2nd, 2019; accepted: Mar. 13th, 2019; published: Mar. 20th, 2019

Abstract

Using conventional ground and altitude observation data, hourly precipitation data from automatic stations, NCEP1° × 1° reanalysis data and sounding data, a heavy snowfall weather process in Changji from 27 to 28 December, 2017 was analyzed. The results showed that the heavy snowfall occurred under the favorable circulation background of the superposition and maintenance with the low-level northwest cold-wet jet and the middle-level strong southwest jet. It was caused by the combined action of multi-scale systems such as surface cold high, middle-low pressure, low-level shear line, surface cold front and forced topographic uplift. There were two water vapor conveyor belts in the early stage of this process. One was from the northern Arabian Sea to Central Asia along the northeast of the southwest airflow, and the other was from the west to the north of Xinjiang. The greatest contribution was the northwest jet at low altitude to the water vapor during this heavy snowfall.

Keywords

Changji, Heavy Snowfall, Low Level Jet, Secondary Circulation

昌吉州一次强降雪天气过程诊断分析

陶笑笑, 范旭燕, 李翔, 黄秋霞*

新疆昌吉州气象局, 新疆 昌吉
Email: 406257757@qq.com

收稿日期: 2019年3月2日; 录用日期: 2019年3月13日; 发布日期: 2019年3月20日

摘要

利用常规地面与高空观测资料、自动站逐时降水资料、NCEP1° × 1°再分析资料以及探空资料, 对2017年12月27日至28日昌吉州一次强降雪天气过程进行了诊断分析。结果表明, 此次强降雪天气是在低层西北冷湿急流和中层强西南急流叠加维持的有利环流背景下发生的。它是多尺度系统共同作用的结果, 包括地面冷高压、中低层低压、低层剪切线、地面冷锋和地形强迫抬升。在过程的早期阶段存在两条水汽输送带, 一条来自北阿拉伯海经西南气流东北侧向中亚, 另一条来自西向北疆。低层西北急流对此次强降雪天气的水汽贡献最大。

*通讯作者。

年12月27~28日昌吉州出现的一次强降雪天气过程进行分析。结果表明此次强降雪发生在低空西北冷湿急流与中层较强西南急流叠加并维持的有利环流背景下。由地面冷高、中低压、低层切变线、地面冷锋及地形强迫抬升等多尺度系统共同作用下造成的。此次过程前期有两条水汽输送带,一条由阿拉伯海北部的水汽沿西南气流东北上进入中亚,一条沿偏西水汽输送路径补充进入北疆,低空西北急流对此次大降雪天气水汽贡献最大。

关键词

昌吉州, 暴雪, 低空急流, 次级环流

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

暴雪是新疆冬季常见的灾害性天气之一,往往会造成人员和畜牧死伤、设施农业受损及交通运输受阻等,对社会经济发展和人民生活影响较大。暴雪是在多种尺度天气系统的共同作用下产生的,形成机理复杂,预报难度较大。不少学者从不同角度对暴雪天气进行了分析,如张俊兰等[1]对北疆暴雪天气水汽特征进行诊断分析,并为暴雪出现前的水汽辐合及高低空急流的最低阈值进行定量、定点,为预报提供了参考依据;孙仲毅等[2]通过 OLR 长波辐射资料对河南省的暴雪天气进行动力学和热力学诊断分析表明 OLR 6 h 低值中心与 6 h 最大降雪中心密切相关;赵桂香等[3]对华北大雪过程切变线的动力诊断进行了分析,认为暴雪过程与中尺度切变线的发展东移直接关联;陈珍雪等[4]从影响系统、高低空急流的天气学、动力学特征及其对暴雪区的动力、水汽和热量输送等方面进行了深入的分析;还有一些学者[5] [6] [7] [8]从物理量场、湿位涡特征、锋面结构特征、云团特征、数值模拟等方面对暴雪天气进行了分析。这些研究对于揭示新疆降雪天气的演变过程和机制、成因等认识具有较大的推动作用。

新疆拥有广阔的地形和特殊的纬度,冬季降雪量分布极不均匀,特别是昌吉位于中高纬度,地处天山山脉中段迎风坡一侧,冬季受到极锋锋区的影响,常常会出现暴雪甚至是大暴雪天气。因此加强对昌吉州地区暴雪天气的研究,为社会经济发展各方面提供气象保障就显得尤为重要。2017年12月27日至28日昌吉州出现了一次强降雪天气过程。本文针对此次过程从天气形势、多尺度系统配置、物理量以及中尺度云团特征等方面进行诊断分析,为昌吉州暴雪天气预报业务提供有价值的信息。

2. 降雪过程概况及特点

2017年12月27日16时至28日10时,昌吉州出现2017年入冬以来最强的一次强降雪过程,天气特点表现为影响范围大、持续时间短、强降雪时段集中、雪量大积雪厚。此次降雪过程影响全州(见图1),暴雪主要发生在南部山区及东部平原部分地区,大值区位于阜康至木垒的南部山区,呈准东西向带状分布。全州10个测站中,有3站累计降雪量超过3 mm,4站累计降雪量超过6 mm,2站累计降雪量超过12 mm达暴雪,1站累计降雪量超过24 mm达大暴雪;最大积雪厚度15~49 cm;最强暴雪中心位于天池,降雪持续时间仅14 h,累计雪量26.4 mm,新增积雪厚度达35 cm。从暴雪中心区的天池站逐小时降水量变化可知(图2(a)),27日17时~28日03时为降雪集中时段,降雪强度稳定且维持较大,1 h最大降雪量3.2 mm,出现在27日21时,平均小时降雪量达到2.2 mm。28日05时后(图2(b))受地面冷锋过境影响,

昌吉州东部地区降雪明显减弱, 仅出现小到中量降雪。

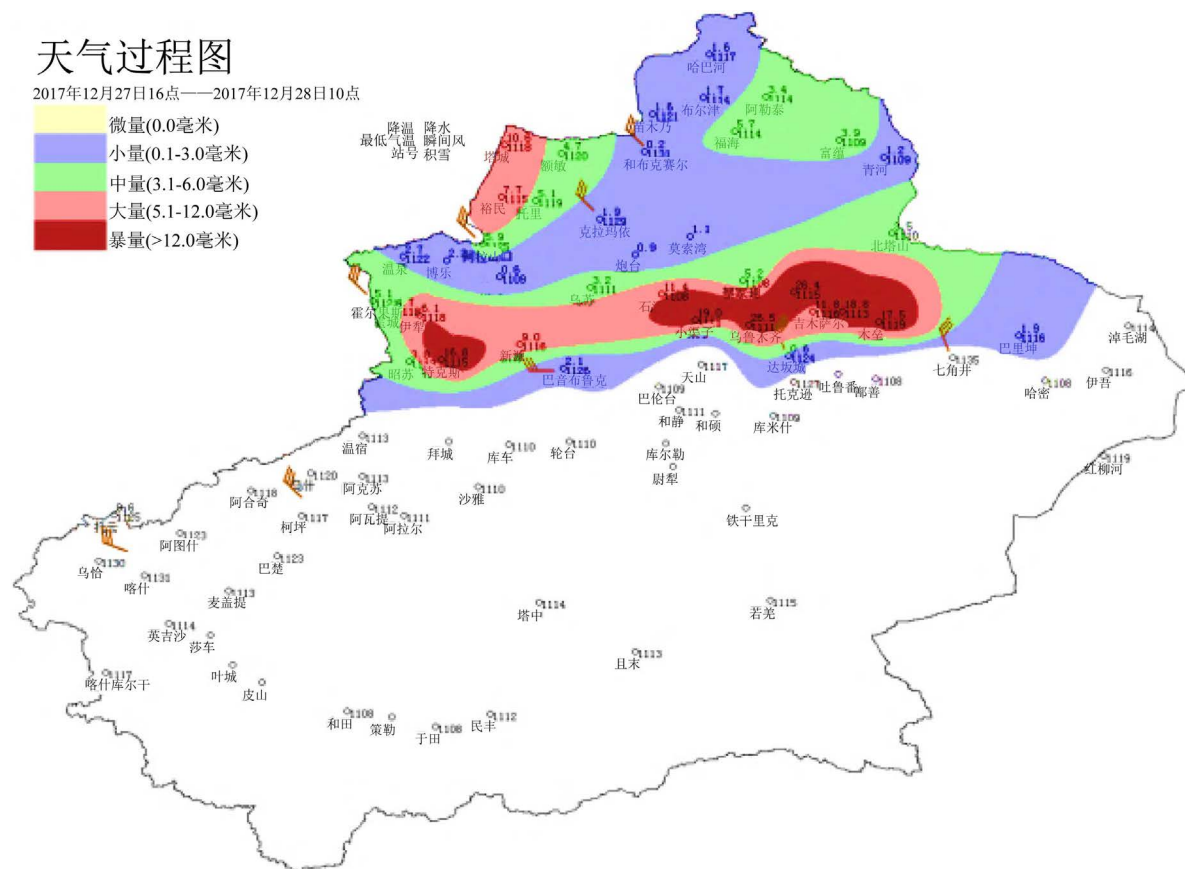


Figure 1. Distribution of snow amount from 16:00 to 10:00 on December 27, 2017 (mm)

图 1. 2017年12月27日16时~28日10时降雪量分布(mm)

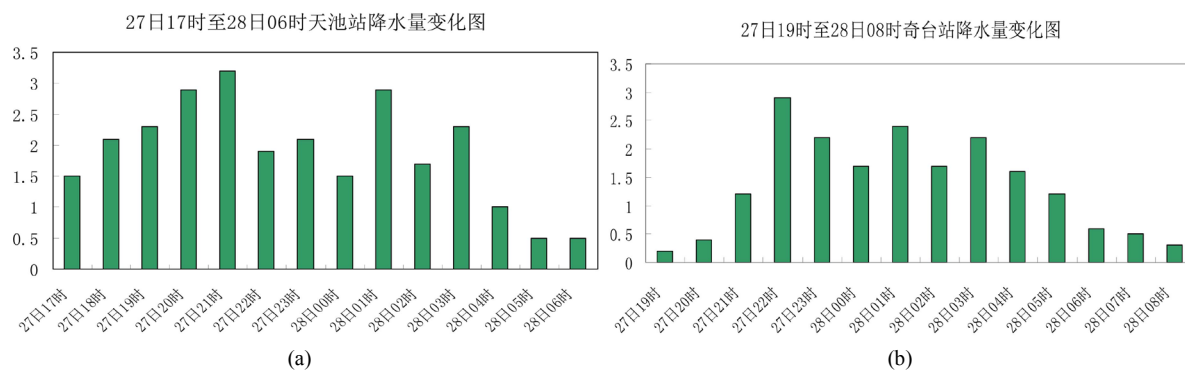


Figure 2. Variation of precipitation at Tianchi Station (a) from 17:00 to 06:00 on 27 and variation of precipitation at 19:00 to 08:00 on 27 and Qitai Station (b)

图 2. 2017年27日17时至28日06时天池站降水量变化图(a)和27日19时至28日08时奇台站降水量变化图(b)

3. 环流形势演变特征

3.1. 100 hPa 高空形势

此次天气过程中, 极涡活动持续天数超过5天, 自23日开始在西欧沿岸以及中西伯利亚地区的两个

高压脊不断伸向极地，致使新地岛附近和泰米尔半岛东侧极涡分裂南下，25 日前后(图 3(a))，西侧极涡相较于东侧偏弱，长波槽位于乌拉尔山附近，随着高压脊继续向极地伸展，长波槽不断南压加强，槽后强劲的西北风带南压到巴湖附近，伴随着强冷空气向南堆积。到 27 日白天(图 3(b))，西侧的极涡中心移至喀拉海一带，槽底也南伸到 45°N 附近，此时强冷空气南下进入新疆，影响昌吉州大部。

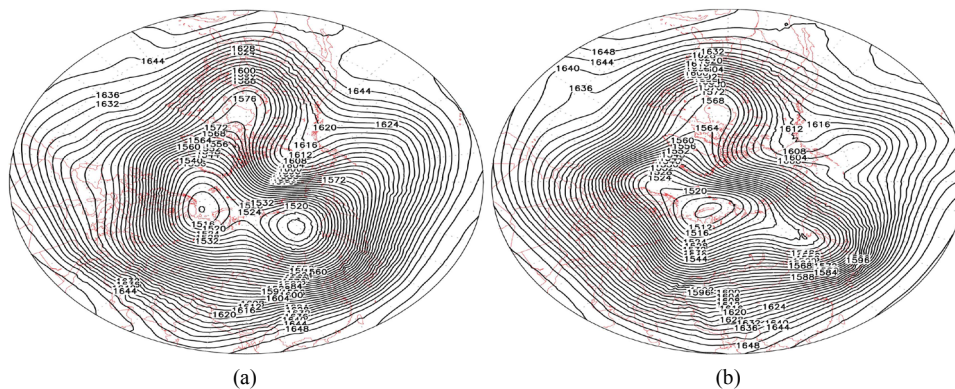


Figure 3. 100 hPa height field at 08:00 on December 25, 2017 (a) and 100 hPa height field at 08:00 on December 27, 2017 (b)
图 3. 2017 年 12 月 25 日 08 时 100 hPa 高度场(a) 2017 年 12 月 27 日 08 时 100 hPa 高度场(b)

3.2. 500 hPa 高空形势

暴雪天气发生前期(图略)，欧亚范围内中高纬度 500 hPa 为两槽一脊经向环流，乌拉尔山两侧以及贝加尔湖到东西伯利亚分别是长波槽区，新疆至贝加尔湖以西为一长波脊区，环流经向度较大。本次暴雪天气影响系统是乌拉尔山低槽，横跨超过 20 个经距，发展较强，槽后较强偏北气流引导冷空气南下，使得乌拉尔长波槽向南加深，低槽南段南伸至中亚地区 40°N 以南，并配合有 -36°C 冷中心，同时新疆上空高压脊发展，受暖平流控制，天山北坡逆温维持较大，至 27 日 08 时(图 4(a))，昌吉州各地地面减压 4~7 hPa，升温 1°C~4°C。其后低槽快速东移并向南加深，20 时槽线位于北疆西部国境线附近，昌吉州处于槽前较强西南气流控制中，T-td 迅速递减到 1°C~2°C，达到准饱和，同时逆温层破坏，有利于冷暖空气交汇，也增强了大气的垂直运动。槽后西北气流携带的冷空气与我州上空暖空气交汇，昌吉州大部地区降水开始。此时槽区呈现疏散形势，不断加深，移速加快，致使此次强降雪时段较为集中。至 28 日 08 时高空槽东移至新疆东部，冷中心强度增加到 -40°C，昌吉州大部受冷平流控制，降水逐渐趋于结束(图 4(b))。

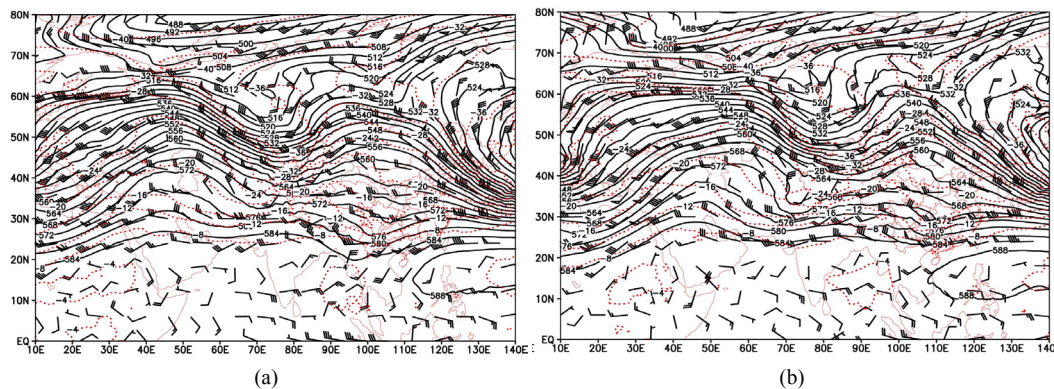


Figure 4. 500 hPa height field, temperature field and wind field at 20:00 on December 27, 2017 (a) and 500 hPa height field, temperature field and wind field at 08:00 on December 28, 2017 (b)

图 4. 2017 年 12 月 27 日 20 时 500 hPa 高度场 + 温度场 + 风场(a) 2017 年 12 月 28 日 08 时 500 hPa 高度场 + 温度场 + 风场(b)

3.3. 地面形势

此次天气过程地面冷高压为典型的偏西路径。过程前期,冷高中心处在高空偏西急流带中,27日20时(图5)冷高中心位于巴湖南侧,中心强度1040 hPa,此时引导槽加强东移至巴湖东侧,冷高中心所处的急流带发生顺转为偏北急流带,地面高压中心强度开始增强,且垂直于地面冷锋的高空气流分量加强。昌吉州最大三小时变压达到7.9 hPa,可见冷空气很强,且已影响北疆大部。

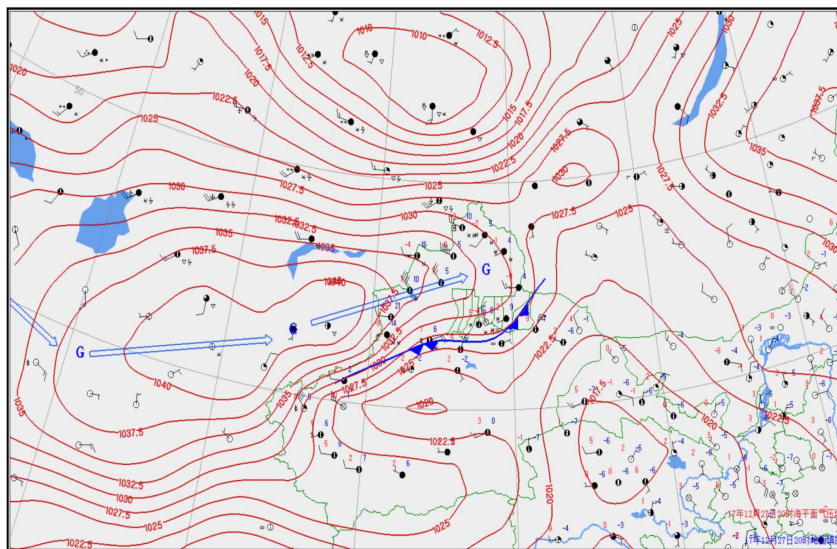


Figure 5. Sea level pressure field at 20:00 on December 27, 2017
图5. 2017年12月27日20时海平面气压场

4. 多尺度系统配置

通过分析多尺度系统配置表明(图6),27日20时500 hPa昌吉州受槽前西南急流控制,急流轴在阿克苏至中天山一带,最大风速达44 m/s,700 hPa与850 hPa西北急流出口区的左侧对应此次暴雪落区,西北急流携带湿冷空气与中天山地形强迫抬升,又与高层西南急流叠加,冲破了逆温层,加强了低层风场的扰动、辐合,并且携带的湿冷空气遇天山地形堆积起冷垫作用,有利于500 hPa西南气流爬升,增强垂直上升运动。这种高低空急流的配置是维持昌吉州中东部强降雪的有力动力条件。

700 hPa~850 hPa低层有湿舌自西北向东南方向伸展,直指昌吉州中东部地区,并向南凸,同一位置配合一条冷舌,可以看出西北急流携带着充分的水汽东南下,在中天山山脉迎风坡形成强烈水汽辐合区,昌吉州大部地区都处于 $T-TD \leq 4^\circ\text{C}$ 的准饱和湿区内,由此可见低层西北湿冷气流输送,对此次暴雪天气水汽贡献较大。同时昌吉州中东部地区低层切变线的存在也为强降雪天气提供了良好的辐合抬升动力条件。

从地面高压来看,地面冷高不断加强东移,为典型的偏西路径,22日20时冷高压中心到达巴湖北侧,中心加强至1040 hPa,冷高前部已控制北疆大部地区,冷锋已压至北疆沿天山一带,锋后气压梯度达7.9 hPa,冷空气势力较强,此时地面冷锋前部吐鲁番地区有一水平尺度约200 km的中尺度低压,昌吉的阜康至木垒一线的暴雪区正位于地面冷高压南部的干冷下沉气流和中低压北部的暖湿上升气流交汇区域内。

综上所述,此次强降雪发生在低空西北冷湿急流与中层较强西南急流叠加并维持的有利环流背景下,由地面冷高、中低压、低层切变线、地面冷锋及地形强迫抬升等多尺度系统共同作用造成。

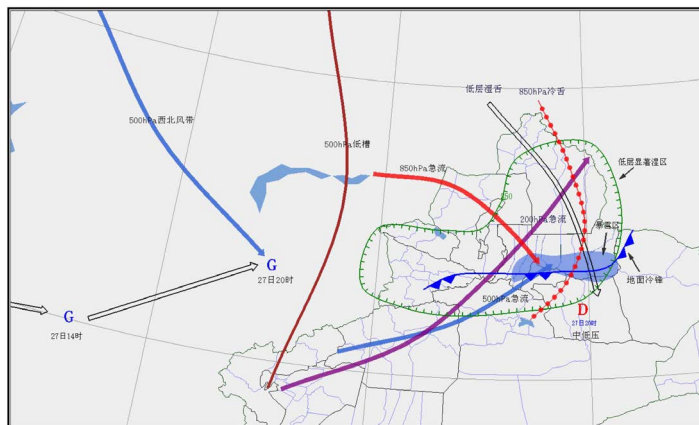


Figure 6. Multi-scale system configuration at 20:00 on December 27, 2017 and distribution of heavy snowfall area in the future with 12 hours

图 6. 2017 年 12 月 27 日 20 时多尺度系统配置与未来 12 h 暴雪落区分布

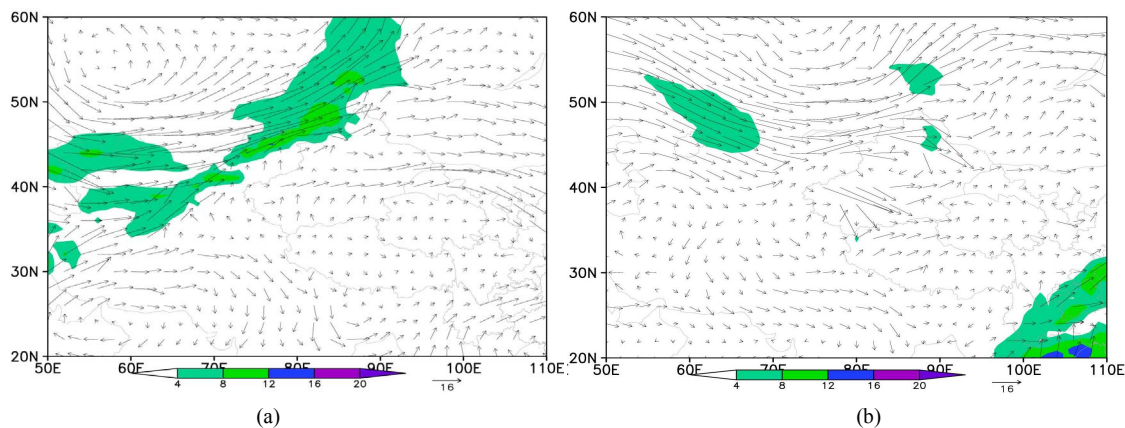
5. 水汽特征分析

5.1. 水汽输送路径及强度

水汽的供应对暴雪发生发展具有重要作用，主要以中低纬水汽输送为主。此次过程前期(图 7(a)、图 7(b))有两条水汽输送带，一条由阿拉伯海北部的水汽沿西南气流东北上进入中亚，一条沿偏西水汽输送路径补充进入北疆，两条水汽在中亚地区汇合，形成较强的水汽辐合带，并经过咸海、巴湖的水汽补充西进北疆偏西地区。强降雪开始前，西南方向水汽通道关闭，水汽辐合带东移，并向高层逐渐伸展，到 27 日 20 时在北疆地区转为西北方向将水汽源源不断向东南输送，遇天山地形阻挡造成迎风坡水汽辐合上升运动增强，对降水量有增幅作用。

5.2. 水汽的聚集辐合

以降雪最大中心天池站为例，结合水汽通量散度的垂直结构发现(图 7(c))，27 日 08 时降水开始前水汽通量散度开始增大，27 日 20 时至 28 日 08 时降雪集中时段内，600 hPa 以下迎风坡天池一直处在强的水汽辐合区，500 hPa 高空受西南气流影响也出现了不同程度的水汽辐合，水汽输送顶层达到 350~400 hPa，水汽辐合厚度约 400 hPa，27 日 20 时前后，最强水汽输送位于 700~850 hPa。28 日 08 时后由于大气对水分的消耗，低层水汽辐合区逐渐减弱，降水趋于停止，由此可见低空西北急流对此次大降雪天气水汽贡献最大。



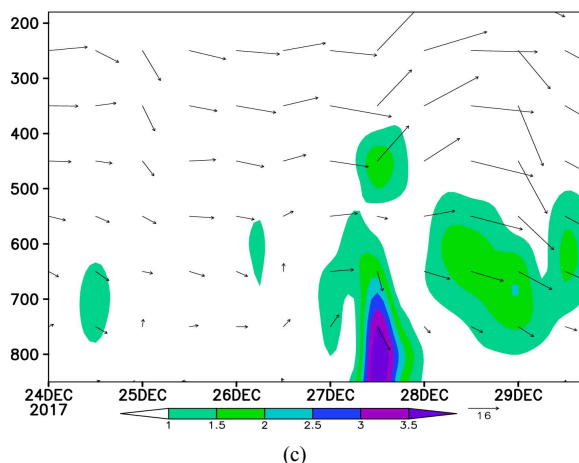


Figure 7. Distribution maps of water vapor flux and total wind speed at 08:00 (a) and 20:00 (b), 700 hPa on December 26, 2017, and vertical structure of water vapor flux divergence at Tianchi Station (c) (Water vapor flux unit: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; total wind speed unit $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; water vapor flux divergence unit: $10^{-5} \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$)

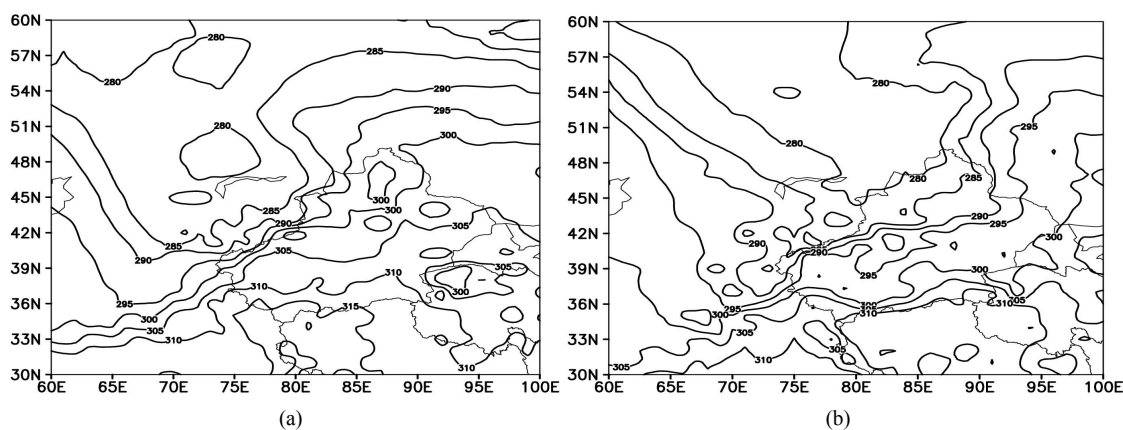
图 7. 2017 年 12 月 26 日 08 时(a)和 27 日 20 时(b)700hPa 水汽通量和全风速分布图、天池站水汽通量散度的垂直结构(c) (水汽通量单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; 全风速单位 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;水汽通量散度单位: $10^{-5} \text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$)

6. 动力和热力特征

6.1. 假相当位温 θ_{se} 特点

假相当位温 θ_{se} 能够综合反映温度和水汽条件, 是一种守恒的量, 可以利用它来分析大气的热力性质。 θ_{se} 高值区代表高温、高湿, 低值区代表低温、低湿。暴雪一般发生在“ Ω ”型 θ_{se} 高能舌端等值线梯度最大处[9]。降雪开始前 14 时(图 8(a)), 700 hPa 北疆大部维持中心 300 k 高能舌, 舌区向西北方向伸展, 其西侧对应西北向东南伸展的低能舌, 昌吉州对应高能中心位置, 能量不断累积, 20 时(图 8(b))低能舌端继续向东南伸展, 在中天山附近形成能量锋区。

另外从假相当位温沿天池 88°E 径向垂直剖面图也可以看出, 降雪开始前(图 8(c)) θ_{se} 随高度增大, 750 hPa 以下等值线密集, 垂直梯度较大, 层结较为稳定; 20 时(图 8(d))降雪较大时, 等值线密集区从南向北向高层拓展, 并且可以看出大降雪集中时段天池位于强而深厚的能量锋区中, 能量锋区梯度最大处与暴雪区对应关系较好。低层西北急流携带的湿冷空气到天池附近时, 冷空气在山前堆积, 使西南干暖气流沿冷湿锋区倾斜上升, 增强了冷暖空气的交汇, 促进斜压不稳定增长, 这种机制的维持有利于强降雪的持续[10]。



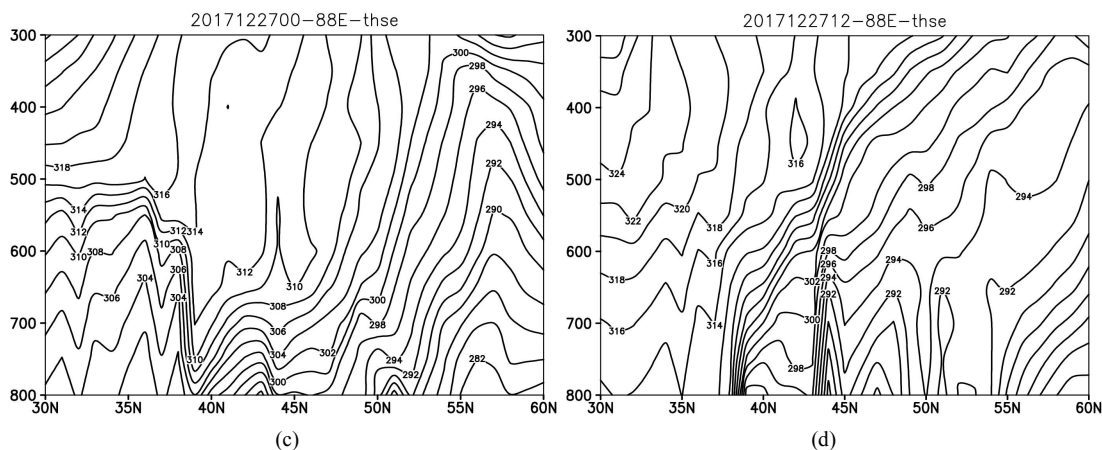


Figure 8. The 700 hPa pseudo-equivalent potential temperature on December 27, 2017, at 14:00 (a) and at 20:00 (b); the pseudo-equivalent potential temperature along the radial vertical profile of 88°E at 08:00 (c) and at 20:00 (d) on December 27 (unit: °C)

图 8. 2017 年 12 月 27 日 14 时(a)和 27 日 20 时(b) 700 hPa 假相当位温、27 日 08 时(c)和 27 日 20 时(d)假相当位温沿 88°E 的径向垂直剖面(单位: °C)

6.2. 垂直速度、散度、涡度特征

当大规模的水汽集中辐合时，必然有大范围深厚的上升运动，抬升水汽造成强降水。沿 88°E 做垂直速度的剖面图(图 9(a))可以看出，此次强降雪天气过程前期 27 日 08 时，在 43.8°N (天池)有强烈的上升运动区，上升运动伸展高度在 400 hPa，中心值在 700 hPa 附近，最大值达到 $-80.0 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ ，在上升区的两侧，各存在一下沉运动区，这是高低空急流耦合形成的次级环流[11]。两次级环流上升区重叠，正好位于暴雪区的上空，为这次强降雪天气提供天气尺度的上升运动，有利于潜在不稳定能量的储存和释放。在 27 日 20 时，上升运动迅速向高层伸展，最大上升高度达 200 hPa 左右，中心位于 500 hPa 附近，中心值增大到 $-180.0 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ ，再加上受天山山脉特殊的地形的阻挡，在天山北坡形成东西方向的地形强迫抬升和水汽辐合区。从而触发了不稳定能量的释放，增强了暴雪强度。

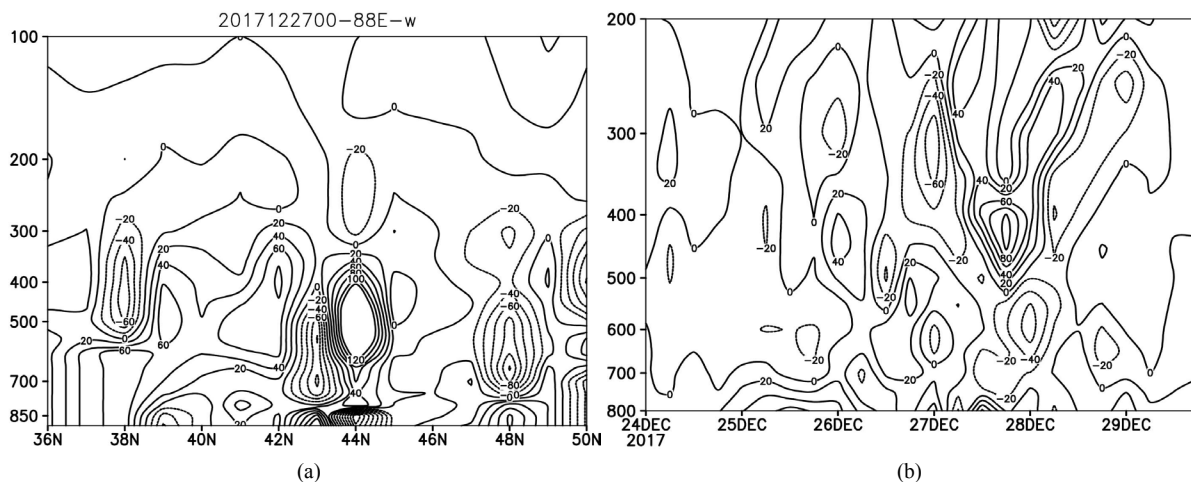


Figure 9. Vertical profile of vertical velocity and latitude along 88°E (a) and vertical profile of divergence time along Tianchi Station (88.12°E, 43.89°N) at 08:00 on December 27, 2017 (b) (Vertical velocity unit: $10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$; divergence unit: $10^{-6}\cdot\text{s}^{-1}$)

图 9. 2017 年 12 月 27 日 08 时沿 88°E 的垂直速度纬度垂直剖面图(a)、沿天池站(88.12°E, 43.89°N)作散度时间垂直剖面图(b)(垂直速度单位: $10^{-3} \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$; 散度单位: $10^{-6}\cdot\text{s}^{-1}$)

分析散度场垂直演变特征,以暴雪区天池为例,从强降水期间散度场时间垂直分布图(图 9(b))上可以看出,天池上空呈现低层负散度和高层正散度的垂直结构,27日20时前后至28日08时,负散度高度也伸展至500 hPa,500 hPa以上辐散特征明显,强中心升至600 hPa附近,最大值为 $-60 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$,这种结构特征有利于低层垂直上升运动的持续加强,从而触发不稳定能量的不断释放,造成昌吉州中东部大范围暴雪天气。到28日白天,低层散度强度减弱,高层转为负散度,降雪也全面停止。

涡度场也可以明显看出(图略)强降雪发生在14时,暴雪区 $88^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 附近500 hPa以下为正涡度中心,中高层500~200 hPa为弱的负涡度中心,有深厚的负涡度柱向暴雪区中高空移动,使得在强降雪阶段,中低层正涡度,中高层负涡度维持增强,促使低层气旋性环流增强,为昌吉州中东部强降雪天气提供了有利的动力条件。

7. 大暴雪发生期间中尺度云团特征分析

随着锋区逐渐东移进入新疆北部,东北-西南走向的带状云系中伴随着中 α 、中 β 尺度云团不断生成合并东移消亡。在降雪开始前(图 10),昌吉州上空 α 尺度云团a, TBB = -58°C ,对应区域并无明显降水。在降水开始增大时段,出现多个中 β 尺度云团,在阜康东南部合并东北移。20时后发展成为一个新的中 α 尺度云团b,移速减慢,在22时发展到最强, TBB中心最大值 -61°C ,对应昌吉州东部强降雪的持续。直到凌晨中尺度云团b完全移出后,东部降雪逐渐停止。

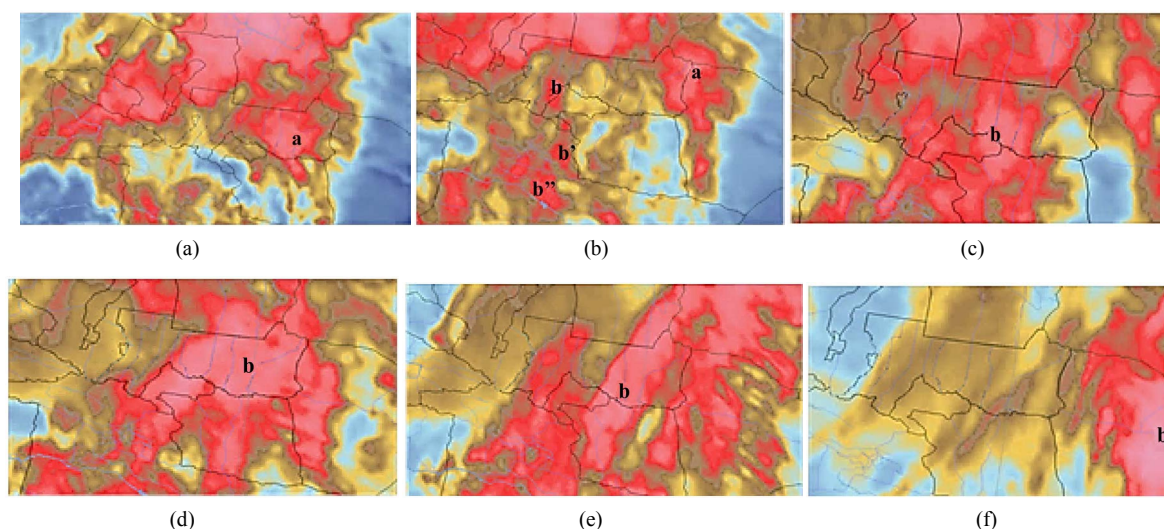


Figure 10. Infrared cloud picture at 16:00 (a), 18:00 (b), 20:00 (c), 22:00 (d), 00:00 (e) and 06:00 (f) on December 27, 2017
图 10. 2017年12月27日16时(a)、18时(b)、20时(c)、22时(d)、28日00时(e)、06时(f)红外云图

从云图可以明显比较出,降雪最大时段,暴雪落区正处于中尺度云团b东侧 TBB 等值线梯度最大区域内。由此可见此次降雪主要受中 α 尺度云团b缓慢东移影响,云团亮温始终维持在 -57°C 至 -61°C 左右,对此次降雪决定性不大。大暴雪落区不完全取决于云顶亮温自身量值,而与中尺度云团边缘 TBB 等值线梯度大值区有较好对应关系。

8. 结论

- 1) 此次强降雪发生在低空西北冷湿急流与中层较强西南急流叠加并维持的有利环流背景下,由地面冷高、中低压、低层切变线、地面冷锋及地形强迫抬升等多尺度系统共同作用造成。
- 2) 水汽诊断分析表明,深厚的湿层和持续的水汽辐合为暴雪区提供了充足的水汽,水汽沿偏西输送

路径, 经过威海巴湖的水汽补充进入昌吉州, 低空西北急流对此次大降水天气水汽贡献最大, 加之遇天山地形阻挡, 对大降雪有增幅作用。

3) 低层西北急流携带的湿冷空气到天池附近时, 冷空气在山前堆积, 使西南干暖气流沿冷湿锋区倾斜上升, 增强了冷暖空气的交汇, 促进斜压不稳定增长, 这种机制的维持有利于强降雪的持续。

4) 高低空急流耦合产生的两个次级环流为这次强降雪天气提供天气尺度的上升运动, 有利于潜在不稳定能量的储存和释放, 对暴雪的强度和持续起到了重要作用。

5) 此次降雪主要是受中- α 尺度云团 b 缓慢东移影响, 暴雪落区不完全取决于云顶亮温自身量值, 而与中尺度云团边缘 TBB 等值线梯度大值区有较好对应关系。

参考文献

- [1] 张俊兰, 崔彩霞, 陈春艳. 北疆典型暴雪天气的水汽特征研究[J]. 高原气象, 2013, 32(4): 1115-1125.
- [2] 孙仲毅, 王军, 靳冰凌, 等. 河南省北部一次暴雪天气过程诊断分析[J]. 高原气象, 2010, 29(5): 1338-1344.
- [3] 赵桂香, 陈麟生, 李新生. “04.12”华北大到暴雪过程切变线的动力诊断[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 615-623.
- [4] 陈珍雪, 慕建利, 赵桂香, 等. 华北暴雪过程中的急流特诊分析[J]. 高原气象, 2014, 33(4): 1069-1075.
- [5] 张迎新, 张守保, 裴玉洁, 等. 2009年11月华北暴雪过程的诊断分析[J]. 高原气象, 2011, 30(5): 1204-1212.
- [6] 艾丽华, 井喜, 王淑云, 等. 市位涡诊断在青藏高原东北侧暴雪预报中的应用个例[J]. 气象科学, 2008(增刊): 92-96.
- [7] 刘晶, 李娜, 陈春艳, 北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, 2008, 37(1): 158-166.
- [8] 陶键红, 张新荣, 张铁军, 等. WRF 模式对一次河西暴雪的数值模拟分析[J]. 高原气象, 2008, 27(1): 68-75.
- [9] 赵俊荣, 等. 一次致灾大暴雪的多尺度系统配置及落区的分析[J]. 高原气象, 2013, 32(1): 201-210.
- [10] 张云惠, 于碧馨, 谭艳梅, 等. 乌鲁木齐一次极端暴雪事件中尺度分析[J]. 气象科技, 2016, 44(3): 430-438.
- [11] 寿绍文, 励申申, 姚秀萍, 等. 中尺度气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 235-241.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccl@hanspub.org