

# 2022年昌吉州一次特强寒潮过程 诊断分析

海丽曼<sup>1\*</sup>, 王春燕<sup>1#</sup>, 黄秋霞<sup>1#</sup>, 古扎努<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新疆昌吉州气象局, 新疆 昌吉

<sup>2</sup>昌吉市气象局, 新疆 昌吉

收稿日期: 2025年2月2日; 录用日期: 2025年3月17日; 发布日期: 2025年3月24日

## 摘要

本文利用常规实况观测资料和ERA5  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料, 通过天气学原理和天气动力学诊断分析等方法对2022年11月26~29日昌吉州特强寒潮天气进行诊断分析。结果表明: 此次寒潮天气具有历时长、范围广、降温幅度大、低温极端性显著、灾害性天气种类多等特点, 出现在乌拉尔山高压脊发展后向东南衰退, 引导西西伯利亚强冷空气南下东移的大尺度环流背景下; 进入昌吉州的850 hPa冷空气中心达 $-32^\circ\text{C}$ , 冷高压沿西北路径侵入; 强冷平流是造成本次寒潮剧烈降温的主要原因; 强风的形成与冷平流和强烈的变压梯度有关。降水强盛时期, 200 hPa天山南侧出现西风急流、300~500 hPa北疆西边境线风切变线(冷式风切变)、500 hPa槽前偏西气流转为西南急流、700 hPa中上游的塔城和克拉玛依站存在弱的风切变, 加之有充分的水汽输送(中低层为水汽的辐合, 高层为水汽的辐散)和动力条件(散度和垂直速度), 这种高低空的配置为此次寒潮天气提供了必要条件。

## 关键词

寒潮, 降温, 大风, 散度, 垂直速度

# Diagnostic Analysis of an Extremely Severe Cold Wave Process in Changji Prefecture in 2022

Liman Hai<sup>1\*</sup>, Chunyan Wang<sup>1#</sup>, Qiuxia Huang<sup>1#</sup>, Zhanu Gu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Xinjiang Changji Prefecture Meteorological Bureau, Changji Xinjiang

<sup>2</sup>Changji City Meteorological Bureau, Changji Xinjiang

Received: Feb. 2<sup>nd</sup>, 2025; accepted: Mar. 17<sup>th</sup>, 2025; published: Mar. 24<sup>th</sup>, 2025

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 海丽曼, 王春燕, 黄秋霞, 古扎努. 2022年昌吉州一次特强寒潮过程诊断分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(2): 251-257. DOI: 10.12677/ccrl.2025.142027

## Abstract

In this paper, using the actual observation data and ERA5  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  reanalysis data, through methods such as synoptic principles and synoptic-dynamic diagnostic analysis, the extremely severe cold wave weather in Changji Prefecture from November 26 to 29, 2022 was diagnostically analyzed. The results show that this cold wave weather had the characteristics of a long duration, a wide range, a large temperature drop range, significant extreme low temperature, and multiple types of disastrous weather. It occurred under the large-scale circulation background where the high-pressure ridge over the Ural Mountains developed and then declined to the southeast, guiding the strong cold air from West Siberia to move southward and then eastward. The cold air center entering Changji Prefecture reached  $-32^\circ\text{C}$  at 850 hPa, and the cold high pressure invaded Changji Prefecture along the northwest path. The strong cold advection was the main reason for the sharp temperature drop during this cold wave. The formation of strong winds was related to cold advection and intense pressure change gradients. During the strong precipitation period, a westerly jet stream appeared on the south side of the Tianshan Mountains at 200 hPa, a wind shear line (cold wind shear) was present along the western border of northern Xinjiang at 300~500 hPa, the westerly air flow in front of the trough at 500 hPa turned into a southwest jet stream, and there was a weak wind shear at Tacheng and Karamay stations in the middle and upper reaches at 700 hPa. Coupled with sufficient water vapor transport (water vapor convergence in the middle and lower layers and water vapor divergence in the upper layer) and dynamic conditions (divergence and vertical velocity), the configuration in the upper and lower air provided the necessary conditions for this cold wave weather.

## Keywords

Cold Wave, Temperature Drop, Strong Wind, Divergence, Vertical Velocity

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

寒潮天气是一种大规模的强冷空气活动过程,是冬春季影响新疆最严重的灾害性天气之一,常常造成显著的降温、大风、雨雪等恶劣天气,往往对农业、交通、电力和人民生活造成不利影响,是新疆天气预报的重要项目[1]-[3]。

近年来,众多学者对寒潮天气进行了多方面的研究,并取得大量有意义的成果。王遵娅[4]、钱维宏[5]、康志明等[6]研究了中国寒潮天气的时空变化特征。朱乾根[7]、李锋[8]、张培忠[9]、赵玉广等[10]从环流形势方面研究寒潮天气成因,发现寒潮过程的天气学分型在寒潮业务预报中广泛应用,对寒潮天气预报具有较好的指导作用。对于新疆的寒潮研究也取得了一定的进展,寒潮天气过程前,往往是上游有脊发展(或者阻塞高压),下游槽加深(或者切断低涡),冷空气爆发后,上空转为冷平流控制[11]-[13],中低层风切变提供了一定的上升运动和不稳定条件[14];高低空形势场、急流、锋区及中尺度动力、水汽因素的配合环流下为大降水提供了必要的条件[15];此外天山山脉的地形对准噶尔盆地西北部直至天山山脉北侧的气流有明显的阻挡和减缓作用,对准噶尔盆地北部的寒潮降温幅度也有一定的减缓作用[16]。这些研究为新疆寒潮天气成因分析奠定了坚实基础。

2022年11月26~29日昌吉州特强寒潮天气过程是1988年以来同期最强寒潮天气,因此有必要对其成因进行分析,以期积累强寒潮天气预报经验。本文利用ERA5  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料和常规观测等资

料, 对此次特强寒潮天气过程的环流形势、动力条件、水汽条件等物理量特征进行诊断分析, 以期提高对强寒潮发生、发展的物理机制的科学认识, 同时也为今后强寒潮天气的预报提供一定的参考, 防御和减轻寒潮天气所带来的次生灾害。

## 2. 天气实况及特点

2022年11月26~29日, 昌吉州出现特强寒潮天气过程, 同时伴随暴雪和大风, 具有低温极端性显著、强度强、降温突出、持续时间长、影响范围广、灾害性天气种类多(寒潮、暴雪、大风)等特点。

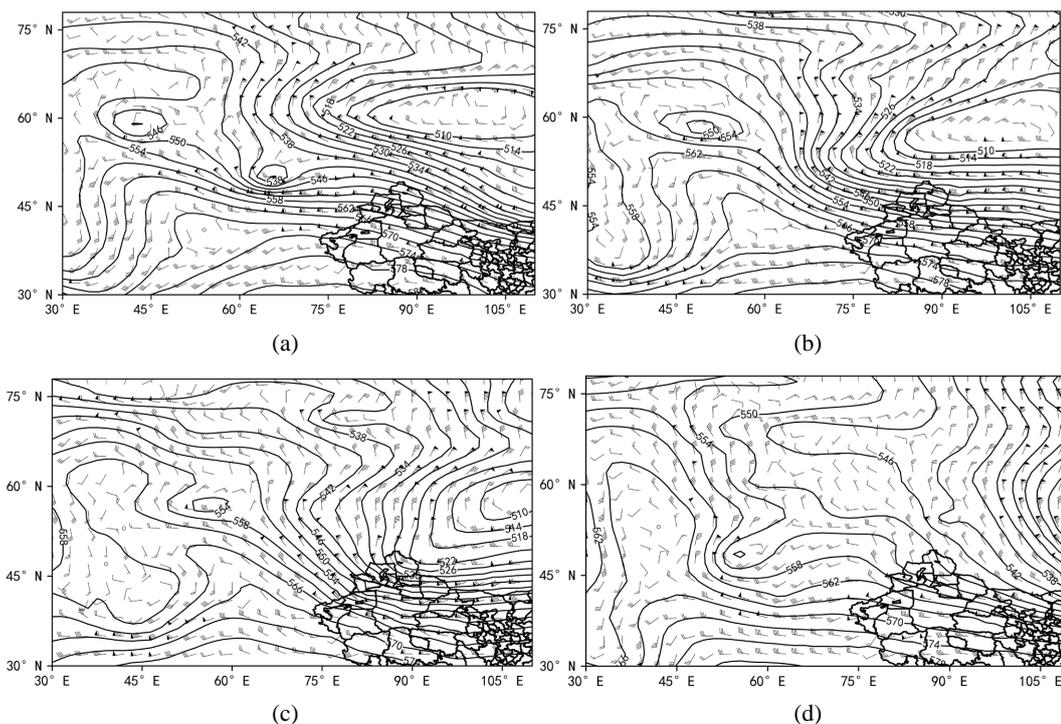
降雪天气出现在11月26日05时至27日13时, 玛纳斯县至阜康市、木垒县共14站累计降雪量达到6.1~11.7毫米, 玛纳斯县、阜康市、木垒县共3站累计降雪量为12.9~17.8毫米, 出现暴雪, 最大降雪中心位于木垒县大南沟站。降雪后, 大部地区积雪深度4~39厘米, 其中天池站(39厘米)积雪深度突破历史同期极值。

大风天气自11月26日03时至27日18时, 昌吉州东部大部出现8级以上偏北大风, 局地阵风9~10级, 最大风速出现在准东电厂站  $26.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

11月26~29日, 昌吉州共94站最低气温下降  $12^\circ\text{C}$  以上, 91站最低气温下降  $20^\circ\text{C}$  以上, 出现特强寒潮, 占比86%, 是1988年以来11月昌吉州最强寒潮天气, 最低气温最大降幅出现在昌吉市沙漠管护站, 降温幅度  $28.4^\circ\text{C}$ ; 最低气温出现在29日, 平原最低气温为  $-30\sim-21^\circ\text{C}$ , 东部、北部为  $-34\sim-25^\circ\text{C}$ , 山区为  $-30.7\sim-22^\circ\text{C}$ , 最低气温出现在木垒县雀仁乡站  $-33.5^\circ\text{C}$ , 最低气温均位列近50年同期第2位。

## 3. 环流背景与极端性分析

### 3.1. 大尺度环流特征



**Figure 1.** 500 hPa height field from November 25 to 29, 2022 (isobars, unit: dagpm) (a) 08:00 on the 25th; (b) 08:00 on the 26th; (c) 08:00 on the 27th; (d) 20:00 on the 29th

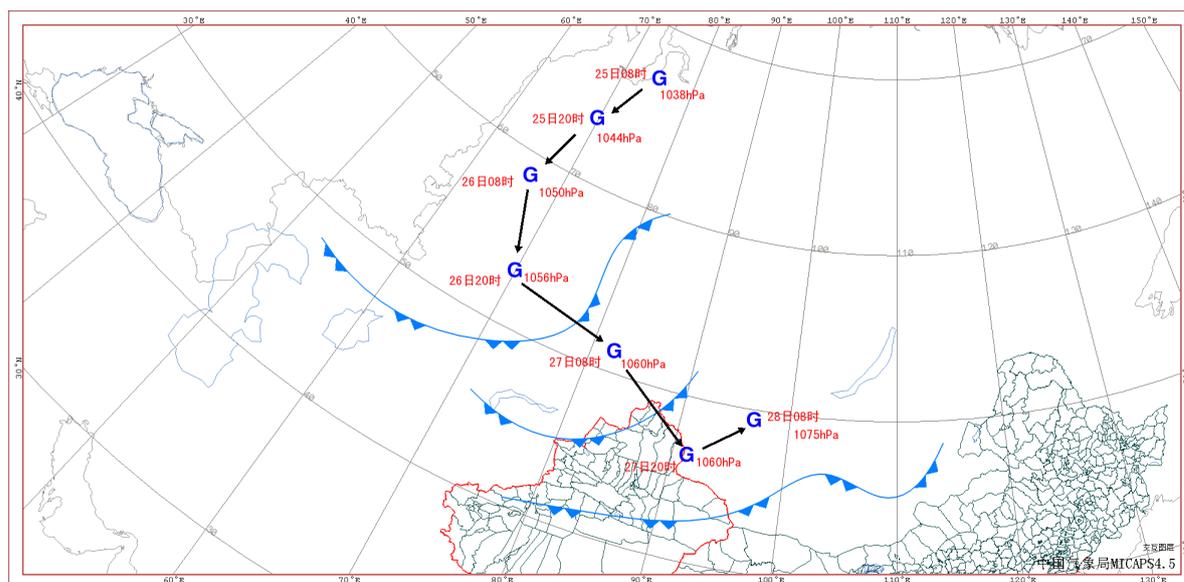
**图 1.** 2022 年 11 月 25~29 日 500 hPa 高度场(等直线, 单位: dagpm) (a) 25 日 08 时; (b) 26 日 08 时; (c) 27 日 08 时; (d) 29 日 20 时

寒潮天气爆发前, 100 hPa 极涡分布为偶极型, 中心位于亚洲北部和加拿大, 北半球为典型双绕极环流形势。11 月 25~27 日极涡距平为负距平, 较常年偏强, 地面上冷高压较常年为正距平, 较常年偏强, 冷空气强度偏强, 此次极涡南压至西伯利亚北部, 冷空气从西伯利亚不断南下, 促使地面高压不断携带冷空气东移南下, 进而造成此次较强寒潮的降温天气。

### 3.2. 500 hPa 环流形势

寒潮天气过程前期, 23~24 日, 北支锋区一直处于活跃状态, 冷空气频繁, 昌吉州出现一次降雪降温过程, 而冷空气主体一直在西伯利亚地区发展和聚集。25 日 08 时(见图 1(a)), 中高纬度西高东低的环流形势场基本建立, 但锋区位置偏北, 太平洋暖脊存在, 大西洋暖脊向西欧、极地发展, 两个大洋脊挟持一个极大涡, 形成大倒“Ω”流型。26 日 08 时(图 1(b)), 大倒“Ω”流型向亚洲收缩, 亚洲极涡南亚, 极涡底部有一支强西风带, 伴随一支强锋区, 锋区上横槽缓慢南压, 欧洲脊振幅约 30 个纬距, 脊前北风带加强, 最大风速为  $34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 引导极地冷空气南下, 脊前的西西伯利亚低槽加深加强, 强冷空气酝酿。26 日夜间至 27 日(图 1(c))脊前不稳定小槽发展, 乌拉尔山高压脊发展后向东南衰退, 引导西西伯利亚强冷空气南下东移、侵入昌吉州造成此次强寒潮天气。29 日(图 1(d)), 随着低涡移出, 寒潮天气结束。

### 3.3. 寒潮冷空气路径



**Figure 2.** The moving paths of the surface cold high-pressure center and the cold front from November 25th to 28th  
**图 2.** 11 月 25~28 日地面冷高压中心和冷锋移动路径

从此次冷空气的地面冷高压中心和冷锋移动路径(图 2)可知: 地面寒潮高压最初与高空低槽系统配合出现在新地岛附近, 高压中心为 1038 hPa, 随着低槽东移南下加深, 寒潮冷高压也逐渐增强。26 日 08 时, 地面冷高中心位于乌拉尔山以南地区, 中心强度为 1050 hPa, 地面冷锋前沿开始进入新疆北部; 26 日 20 时, 横槽缓慢南压, 地面冷高压主体依旧维持在巴尔喀什湖北部, 强度有所加强, 中心强度为 1056 hPa, 地面冷锋开始影响新疆沿天山一带。27 日 08 时, 横槽已移动至贝加尔湖至新疆沿天山一带, 槽后偏北气流不断引导冷空气南下。地面冷高压向东发展, 主体移到巴尔喀什湖东北方向, 中心强度增强到 1060 hPa, 27 日 20 时昌吉州处在 1047~1052 hPa 高压控制, 在 28 日 08 时高压中心加强至 1075 hPa。这次寒潮冷空气路径属于北方路径。

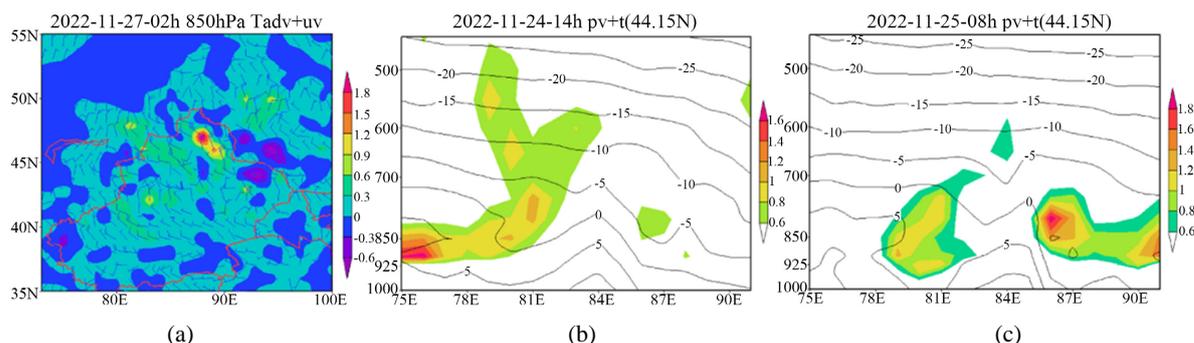
## 4. 天气成因诊断分析

### 4.1. 寒潮成因分析

11月24~25日昌吉州受中低层暖平流影响,24h减压8~13hPa,26~27日冷空气进入后,强冷平流入侵,地面剧烈加压,大部24h加压15~27hPa,寒潮爆发性强。从温度场上可知,冷中心27~28日最强,500hPa冷中心为 $-48^{\circ}\text{C}$ (贝加尔湖附近),700hPa冷中心为 $-36^{\circ}\text{C}$ ,850hPa冷中心为 $-32^{\circ}\text{C}$ 。过程前两天,昌吉州最高、最低气温逐步上升,26日平原地区最高气温普遍升至 $3\sim 8^{\circ}\text{C}$ ,最低气温 $-8\sim -2^{\circ}\text{C}$ ,前期的温度较高,一方面积累能量,另一方面也使冷空气进入后降温幅度较大。

从850hPa温度平流场可以看出(图3(a)),27日02时冷平流进入昌吉州,持续影响至29日,冷平流中心低于 $-0.6\times 10^{-3}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从位涡分析图来看(图3(b),图3(c)),高层位涡随着时间不断向下传递,24日14时至25日08时18小时内迅速由500~400hPa之间下传至850hPa,高层位涡不断向下传递的过程中,气温快速下降,表明高空冷空气不断下降,造成地面较强降温过程。

降雪后辐射降温明显,昌吉州27日下午开始转晴,夜间辐射降温强,也是造成强降温的原因之一。



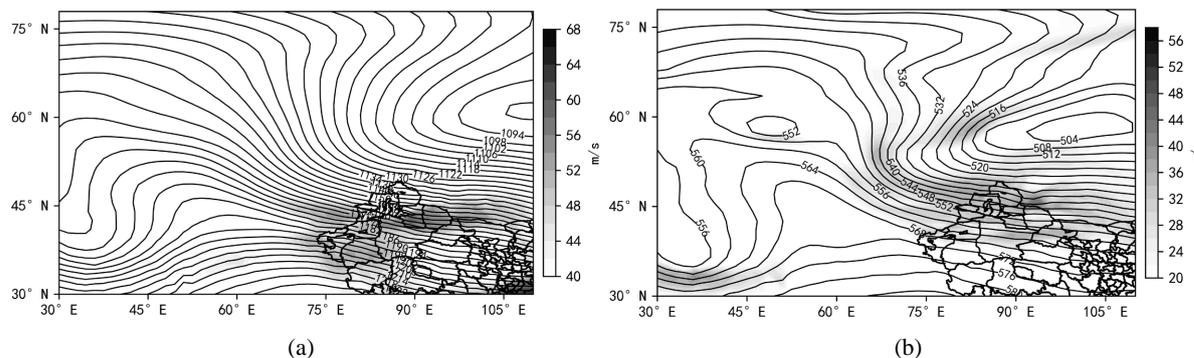
**Figure 3.** 850 hPa temperature advection + wind field (a), and the vertical cross-sections of potential vorticity and air temperature (solid line) at 14:00 on the 24th (b) and 08:00 on the 25th (c)

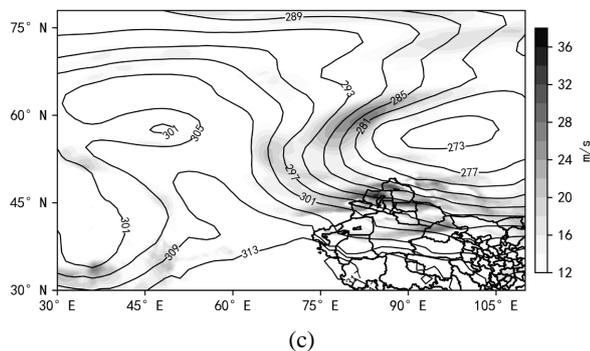
**图 3.** 850 hPa 温度平流 + 风场(a)和 24 日 14 时(b)和 25 日 08 时(c)位涡(shaded)和气温(实线)垂直剖面

### 4.2. 暴雪成因分析

#### 4.2.1. 高、低空急流强度

从 26 日 08 时实况(图 4)上可以看出,200 hPa 西风急流最大强度达到  $46\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,维持在北疆沿天山一带,高空急流对此次天气起到抽吸作用,对天气的发生有利。500 hPa 西风急流经过昌吉州上空,在昌吉州风速达到  $36\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,对此次降水的水汽输送较有利。700 hPa 在昌吉州上空西风气流最大强度达  $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,东沿天山存在风切变,造成低层风辐合。这种高低空的风场配置为此次降水提供了好的水汽输送和动力条件。



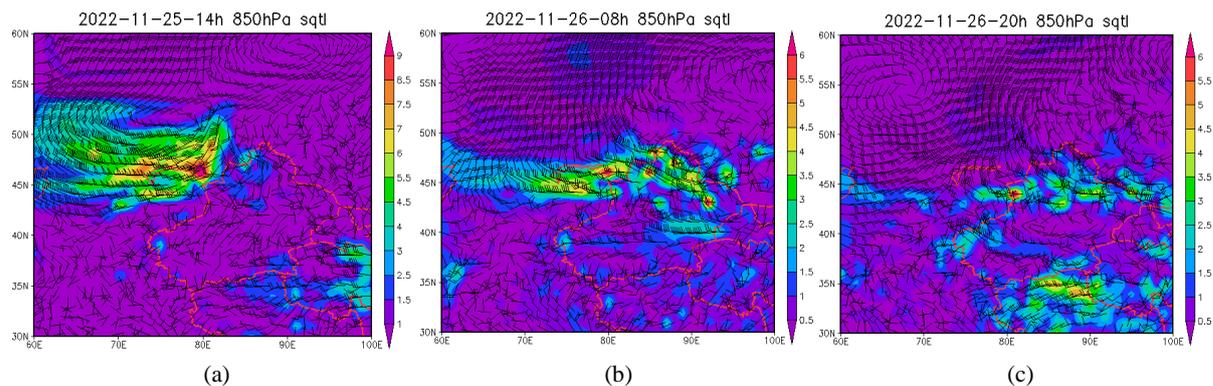


**Figure 4.** The height fields (contour lines, unit: dagpm) and jet stream regions (shaded areas, unit: m/s) at 200 hPa (a), 500 hPa (b), and 700 hPa (c) on November 26, 2022 at 08:00

**图 4.** 2022 年 11 月 26 日 08 时 200 hPa (a); 500 hPa (b); 700 hPa (c) 高度场(等值线, 单位: dagpm) 以及急流区(填色, 单位: m/s)

#### 4.2.2. 水汽条件

水汽条件是形成降水的重要条件之一。从水汽通量(图 5)可知 11 月 25 日 14 时, 850 hPa 上中亚地区存在水汽通量大值区; 26 日 08 时, 水汽输送东移南下, 大值区位于塔城地区, 昌吉州中西部的的水汽通量在  $35 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$  左右, 这和昌吉州的降雪开始时间较吻合, 到了 26 日 20 时, 850 hPa 上中天山北麓和新疆东部分别存在  $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  偏西风、 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  西南风, 使得低空水汽出现明显辐合, 且水汽通量大值区通过中天山, 从而使得上升运动加强; 这表明 850 hPa 上中天山北麓源源不断的水汽供给, 是此次降水形成的重要原因之一。



**Figure 5.** Water vapor flux at 14:00 on the 25th (a), 08:00 on the 26th (b), 20:00 on the 26th (c) (unit:  $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ )

**图 5.** 25 日 14 时(a)、26 日 08 时(b)、26 日 20 时(c)水汽通量(单位:  $\text{g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ )

#### 4.2.3. 动力条件分析

当大规模的水汽集中辐合时, 必须有大范围深厚的上升运动抬升水汽才能形成强降雪, 因此动力条件是产生降雪天气的一个必要条件。高空急流的耦合、高空辐散、低层辐合、强的垂直速度均可产生较强的辐合上升运动, 为降雪的产生提供动力学条件。因此沿  $43.89^\circ \text{N}$ ,  $88.12^\circ \text{E}$  (天池) 的降雪区做了散度、垂直速度的高度 - 时间剖面图, 天池的地面至 800 hPa 为强的辐合, 最大辐合中心为  $-0.6 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ , 700~200 hPa 为辐散, 辐散中心为  $0.9 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。配合垂直速度负值区, 降水集中时段(26 日 20 时~27 日 08 时)高层为下沉运动, 中低层为上升运动, 中低层强烈的动力抬升运动导致大降水的产生, 其落区与辐合、辐散中心基本重叠。暴雪区域受到地形因素影响, 处于中天山的迎风坡, 有利于近地面气流的辐合抬升和延长降水时间。通常迎风坡起到动力作用, 可以使得近地面的气流被迫爬升, 暖湿气流容易在迎

风坡造成辐合，对降水量有明显的加大作用。

## 5. 总结

本文对 2022 年 11 月 26~29 日新疆昌吉州的一次区域性特强寒潮天气过程进行实况、环流形势以及物理量的诊断分析，得到以下结论：

1) 此次寒潮天气具有历史长、范围广、降温幅度大、低温极端性显著、灾害性天气种类多等特点。全州 86% 气象站点达到特强寒潮标准，最低气温出现在木垒县雀仁乡站 $-33.5^{\circ}\text{C}$ ，位列近 50 年同期第 2 位。沿山一带 3 站出现暴雪，天池站积雪深度突破历史同期极值。5 站出现 10 级大风。

2) 前期昌吉州受暖脊控制，暖平流旺盛，地面气温持续上升至 $0^{\circ}$ 以上。强冷空气在西伯利亚地区堆积，500 hPa 低涡冷中心强度达 $-48^{\circ}\text{C}$ ，700 hPa，850 hPa 冷中心强度达 $-36^{\circ}\text{C}$ 、 $-32^{\circ}\text{C}$ 。随着欧洲脊发展东扩，西伯利亚低涡中的横槽转竖东移，地面冷高压中心沿着北方路径南下，配合 $-0.6 \times 10^{-3}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 冷平流进入昌吉州，产生剧烈降温，加上夜间地面辐射降温作用进一步加大了降温幅度。

3) 高空西风急流中心最大风速达到 $46\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，抽吸辐散作用强烈。高低空偏西急流，500 hPa 西伯利亚低涡受到欧洲脊前北风带引导的冷空气南下补充，同时与威海低涡合并，强度持续增强。高低空低涡前部西南急流强盛，配合低空东风急流，水汽在昌吉州上空辐合。加之锋面抬升以及天山地形强迫抬升作用，天山迎风坡沿线出现暴雪。

4) 中天山地形作用对降水量的增大有重要影响，当冷空气侵入时，地形造成的风场辐合和抬升作用迅速加强，使得近地面的气流被迫爬升，暖湿气流在迎风坡辐合，对降水量有明显的加大作用。

## 基金项目

新疆昌吉回族自治州气象局气象科技研究课题(CJ202410)《G7 高速公路昌吉州段冬季雾的分布特征及预报技术研究》。

## 参考文献

- [1] 李海燕, 杨霞, 张超, 等. 新疆一次超极地路径寒潮天气分析[J]. 沙漠与绿洲, 2012, 6(5): 12-19.
- [2] 肉孜·阿基, 李如琦, 唐治. 2011 年初北疆强寒潮过程诊断分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(3): 7-12.
- [3] 周雪英, 彭军, 段均泽, 等. 巴州一次寒潮降雪天气的特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(3): 4-55.
- [4] 王遵娅, 丁一汇. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 14-22.
- [5] 钱维宏, 张玮玮. 我国近 46 年来的寒潮时空变化与冬季增暖[J]. 大气科学, 2007, 31(6): 1266-1278.
- [6] 康志明, 金荣花, 鲍媛媛. 1951-2006 年期间我国寒潮活动特征分析[J]. 高原气象, 2010, 29(2): 420-428.
- [7] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 第三版. 北京: 气象出版社, 2000: 100-300.
- [8] 李锋, 矫梅燕, 丁一汇, 等. 北极区近 30 年环流的变化及对中国强冷事件的影响[J]. 高原气象, 2006, 25(2): 209-217.
- [9] 张培忠, 陈光明. 影响中国寒潮冷高压的统计研究[J]. 气象学报, 1999, 57(4): 493-501.
- [10] 赵玉广, 何丽华, 张南, 等. 河北省寒潮天气形势分析及预报[J]. 干旱气象, 2012, 30(1): 94-99.
- [11] 张家宝, 苏起元, 孙沈清, 等. 新疆短期天气预报指导手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1986: 456.
- [12] 许爱华, 乔林, 詹丰兴, 等. 2005 年 3 月一次寒潮天气过程的诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(3): 49-55.
- [13] 赵俊荣, 郭金强, 田惠萍. 2008 年 4 月天山北坡一次强寒潮天气成因分析[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(1): 54-58.
- [14] 吕新生, 王莹, 李圆圆, 等. 湿位涡在一次北疆暴雪天气中的应用[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(5): 7-11.
- [15] 赵俊荣, 郭金强. 天山北坡中部一次罕见特大暴雪天气成因[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 438-442.
- [16] 马玉芬, 张广兴, 杨莲梅. 天山地形对新疆大风和降温天气作用的数值模拟研究[J]. 干旱区研究, 2012, 26(5): 116-121.