

“11·26”阿勒泰地区特强寒潮天气过程分析

王丹¹, 顾张杰¹, 王红¹, 钱康妮¹, 李娜^{2*}

¹阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰

²新疆维吾尔自治区气象台, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年12月3日; 录用日期: 2024年1月3日; 发布日期: 2024年1月11日

摘要

本文利用实况观测资料以及NCEP提供的分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的FNL再分析资料, 对新疆阿勒泰地区2022年11月25日至28日的特强寒潮天气过程成因进行了诊断分析, 结果表明, 此次寒潮天气过程极端性强, 爆发性剧烈、最低气温低、影响范围广、降雪量大、大风强度强。全地区共计6成气象站点达特强寒潮标准, 最低气温普遍降至 -30°C 以下, 低温中心达 -48.6°C 。阿尔泰山沿线出现暴雪, 阿勒泰市积雪深度突破11月历史同期极值。26日偏东大风急转偏西大风, 5站风力达11级以上。前期阿勒泰受暖脊控制, 暖平流旺盛, 地面气温持续上升至 0°C 。强冷空气在西伯利亚地区堆积, 低涡冷中心强度达 -48°C , 700 hPa、850 hPa冷中心强度达 -36°C 、 -32°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1062.5 hPa冷高压中心沿着北方路径南下, 在阿勒泰北部边境东移, $-50 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 冷平流中心进入阿勒泰, 产生剧烈降温, 地面超过20厘米雪面的辐射降温作用进一步加大了降温幅度。地面冷高压与新疆南部的低压中心压差达到50 hPa, 气压梯度力大。冷空气进入阿勒泰后24小时内变压幅度达到20 hPa以上, 产生地面西北大风。冷空气下沉加速以及地形作用都对大风强度有增幅效果。高空西风急流中心最大风速超过60 m/s, 抽吸辐散作用强烈。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, 水汽在阿勒泰地区上空辐合。加之锋面抬升以及阿尔泰山地形强迫抬升作用, 阿尔泰山迎风坡沿线出现暴雪。

关键词

寒潮, 低涡, 横槽, 暴雪, 大风

Analysis of “11·26” Strong Cold Wave Weather Process in the Altay Region

Dan Wang¹, Zhangjie Gu¹, Hong Wang¹, Kangni Qian¹, Na Li^{2*}

¹Aletai Meteorological Bureau, Aletai Xinjiang

*通讯作者。

文章引用: 王丹, 顾张杰, 王红, 钱康妮, 李娜. “11·26”阿勒泰地区特强寒潮天气过程分析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(1): 42-52. DOI: 10.12677/ccr.2024.131006

²Xinjiang Uygur Autonomous Region Meteorological Observatory, Urumqi XinjiangReceived: Dec. 3rd, 2023; accepted: Jan. 3rd, 2024; published: Jan. 11th, 2024

Abstract

This paper uses real-time observational data and $1^\circ \times 1^\circ$ resolution FNL reanalysis data provided by NCEP to diagnose and analyze the causes of the strong cold wave weather process in the Altay region of Xinjiang from November 25th to 28th, 2022. The results show that this cold wave weather process is extremely intense, with explosive and severe characteristics, low minimum temperatures, wide range of impacts, heavy snowfall, and strong winds. A total of 60% of the meteorological stations in the entire region reached the criteria for a strong cold wave, with minimum temperatures generally dropping below -30°C and the temperature center reaching -48.6°C . Blizzard conditions occurred along the Altai Mountains, and the snow depth in Altay City surpassed the historical extreme value for November. On the 26th, the winds shifted rapidly from the east to the west, with wind speeds reaching above 11 on the Beaufort scale at 5 stations. Initially, Altay was under the control of a warm ridge, with strong warm advection, and surface temperatures continued to rise to 0°C . Cold air accumulated in the Siberian region, with the intensity of the cold vortex center reaching -48°C and the intensities of the 700 hPa and 850 hPa cold centers reaching -36°C and -32°C , respectively. As the European ridge expanded eastward, the transverse trough in the Siberian trough shifted vertically eastward. The cold high-pressure center of 1062.5 hPa along the northward path descended southward into the northern border of Altay, where the $-50 \times 10^{-5}^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ cold advection center entered, resulting in a severe temperature drop. The radiative cooling effect of the snow surface exceeding 20 centimeters further enhanced the cooling magnitude. The pressure gradient between the surface cold high-pressure system and the weak low-pressure center in southern Xinjiang reached 50 hPa, resulting in a strong pressure gradient force. Within 24 hours of the arrival of the cold air, the pressure change at Altay exceeded 20 hPa, resulting in a north-west wind at the surface. The acceleration of the sinking of the cold air and the effect of the terrain both amplified the intensity of the strong winds. The maximum wind speed in the mid-level westerly jet exceeded 60 m/s, and the effect of advection and divergence was strong. The Siberian trough at 500 hPa was replenished by the cold air guided by the north wind belt ahead of the European ridge, and it merged with the Caspian Sea trough, continuously increasing in intensity. The southwest jet in the front of the upper and lower-level trough was strong, and it converged with the eastward jet in the lower levels, causing moisture convergence in the Altay region. Additionally, the uplift of the front and the significant forced uplift of the Altai Mountain terrain led to blizzard conditions along the windward slope of the Altai Mountains.

Keywords

Cold Wave, Trough, Transverse Trough, Blizzard, Strong Winds

Copyright © 2024 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

寒潮是极地冷空气向低纬度地区的南下，使温度骤降并且带来降水。受到这种极端气候影响的地区将会出现严重寒冷、积雪、冰冻、雨雪冰冻和道路结冰等天气现象[1]。对于这种冷空气南下并到达了一

定的强度标准的天气现象我们称之为寒潮。而中央气象台对寒潮的发生标准进行了定义[2], 冷空气的强度是以过程降温和温度负距平相集合的程度来衡量的。其中过程降温的定义是, 在冷空气影响过程的初始和结束时刻, 日均气温的最高值与最低值的差值; 温度负距平的定义是, 在冷空气影响的过程中最低日均气温与该日所在旬的多年旬平均气温的差值。根据以上的定义可知, 一般将日均气温的过程总降温幅度在 10°C 以上, 以及温度负距平的绝对值超过了 5°C 的冷空气影响过程称之为寒潮。按照寒潮的作用范围大小, 分别定义为全国性寒潮和区域性寒潮。寒潮出现的时间, 最早出现在 9 月下旬, 最迟结束在次年 5 月左右。春季的 3 月和秋季的 10 月至 11 月寒潮活动发生频率较高。

近年来, 随着全球气候变化和人类活动的影响, 强寒潮天气事件在全球范围内频繁发生并且强度不断加大[3] [4] [5]。国内外的学者对于强寒潮天气的成因、演变、预测和应对方面进行了大量的研究, 取得了一系列的成果。强寒潮天气的成因包含多种因素, 如大气环流、气压系统垂直环流、西伯利亚高压、北极涛动, 同时还包含地形、地表装备和辐射条件等[6] [7] [8] [9]。这些成果为更好地预测和应对强寒潮天气事件提供了重要的基础。新疆强寒潮气候变化趋势显示新疆强寒潮时段发生的频率呈上升趋势[10], 对道路交通[11]、农牧民生产[12] [13]以及当地建设发展[14]都产生了巨大影响。

新疆阿勒泰地区地处欧亚大陆腹地, 位于阿尔泰山南麓、准噶尔盆地北缘, 处于中高纬度地区, 属于典型的温带大陆性寒冷气候, 其特点是夏季干热, 冬季严寒。2022 年 11 月 20 至 28 日, 受高空槽和地面锋面过境的影响, 新疆阿勒泰地区出现了一次区域性的强寒潮天气过程, 本次强寒潮天气过程具有降雪持续时间长、累计降雪量大、大风强度强、气温下降剧烈的特点, 降雪、大风与降温叠加, 对农牧业、交通运输、公众生产生活、通讯和电力设施等造成严重影响, 危害性极大。本文将对阿勒泰地区此次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, 以期提高对寒潮发生、发展的物理机制的科学认识, 同时也为今后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. 数据资料

本文采用 2022 年 11 月 25~28 日气象自动站温度、雪深、降水等要素的小时数据、日数据以及 NCEP 提供的 FNL 再分析资料, 水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 每日观测 4 次, 对此次阿勒泰地区的特强寒潮天气过程诊断分析。如无特别说明, 文中提及的时间均为北京时。

3. 实况分析

2022 年 11 月 25 日至 28 日, 阿勒泰地区出现特强寒潮天气过程, 同时伴随暴雪和大风。具有极端性强, 爆发性剧烈、最低气温低、影响范围广、降雪量大、大风强度强等特征, 造成 7 人死亡, 1 人受伤, 千余头(只)牲畜死亡, 全地区直接经济损失达 770 万元, 对新疆阿勒泰地区牧业转场、交通运输、公众生产生活、设施农业、通讯和电力设施等都造成严重影响, 危害性极大。

降雪天气出现在 11 月 25 日 12 时至 26 日 20 时, 影响范围广、累计降雪量大、新增积雪厚。布尔津县禾木乡、吉克普林滑雪场, 阿勒泰市齐背岭和市区, 富蕴县城及周边乡镇、吐尔洪乡、可可托海景区, 青河县大部出现暴雪, 最大降雪中心出现在富蕴县可可托海景区 23.4 毫米。降雪后, 全区大部积雪深度达 20 厘米以上, 阿勒泰市、富蕴县、青河县积雪深度 40 厘米以上, 山区积雪深度达 60 厘米以上。与历年同期相比, 阿勒泰地区积雪总面积偏多 4 成, 雪深大于 20 厘米的积雪面积偏多 7 成, 积雪总量偏多 6 成。阿勒泰市积雪深度突破 11 月历史同期极值, 青河县位列历史同期第二位。

大风天气自 24 日夜间持续至 27 日下午, 24 日 20 时至 26 日 02 时吉木乃县、哈巴河县、布尔津县出现偏东大风, 风速中心位于吉木乃县恰勒什海哈土山, 26.6 m/s (10 级)。26 日 03 时, 东风转西风, 西

风风力强、持续时间长、影响范围广，全地区平原、河谷地带普遍达到 8 级以上大风标准，21 站达 10 级大风标准，5 站达 11 级大风标准，风速中心位于吉木乃县科克布喀，31.8 m/s。

26 日早晨至 28 日早晨，全地区气温剧烈下降，104 站达特强寒潮标准，占比 60%。32 站达强寒潮标准，24 站达寒潮标准。最低气温普遍降至 -30°C 以下，16 个站最低气温降至 -40°C 以下，低温中心位于富蕴县吐尔洪乡， -48.6°C 。根据吐尔洪乡小时最低气温实况来看，其 12 小时内气温最大降幅 27.2°C ，24 小时内最大降温幅度达 33.5°C ，总过程降温幅度达 40.3°C (见图 1、表 1)。

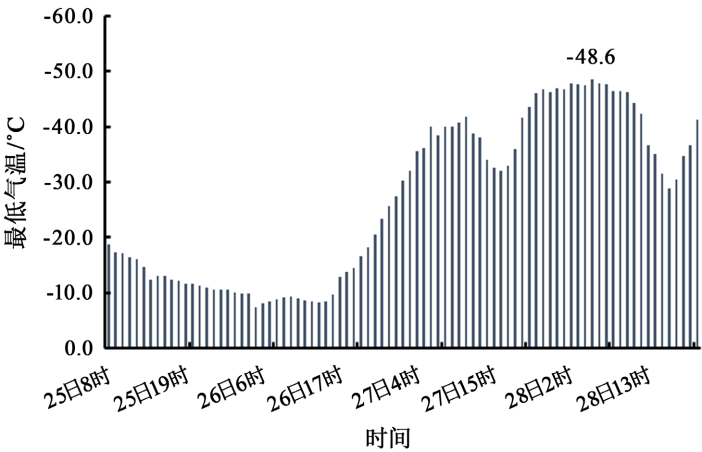


Figure 1. Fact sheet of hourly minimum temperature in Tuerhong Township, Fuyun County, Altay Region, November 25~28, 2022 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

图 1. 2022 年 11 月 25 日至 28 日阿勒泰地区富蕴县吐尔洪乡小时最低气温实况图(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 1. Comparison of the lowest temperature in Altay with the same period of last year and previous years (unit: $^{\circ}\text{C}$) from 27th to 28th November, 2022

表 1. 2022 年 11 月 27~28 日阿勒泰地区最低气温与去年、历年同期对比(单位: $^{\circ}\text{C}$)

县(市)	27~28 日最低气温	建站以来 11 月最低气温	建站以来 11 月排名
阿勒泰	-35.1	-40.8	3
吉木乃	-28.9	-38.8	4
哈巴河	-29.6	-37.8	7
布尔津	-31.4	-35.0	2
福海	-28.4	-33.2	4
富蕴	-34.9	-46.3	7
青河	-42.1	-42.9	2

4. 环流形势

4.1. 200 hPa 环流形势分析

对流层上层 200 hPa,阿勒泰地区位于极地低涡南部槽前强盛活跃的西风急流中。25 日 08 时(图 2(a)),阿勒泰地区上空西风急流达 40 m/s,抽吸辐散作用加强低层上升运动,利于前期强降雪天气的发生发展。随着极地低涡中心东移南下,西风急流强度不断加强,26 日 20 时(图 2(b)),新疆北部急流核生成,中心最大风速超过 60 m/s。27 日 20 时(图 2(c))急流核向东南方向移动,与青海省南部,朝鲜半岛南部以及日

本西南部地区的急流带合并,覆盖我国北方大部地区。28日20时(图2(d)),高空强西风急流区进一步向东移动逐步移出新疆上空,寒潮天气也随之结束。由此可见,此次特强寒潮天气过程中,高空西风急流是重要成因之一,引导冷空气南下的同时有助于冷锋强度增强,促使寒潮天气持续时间更长、强度更强。

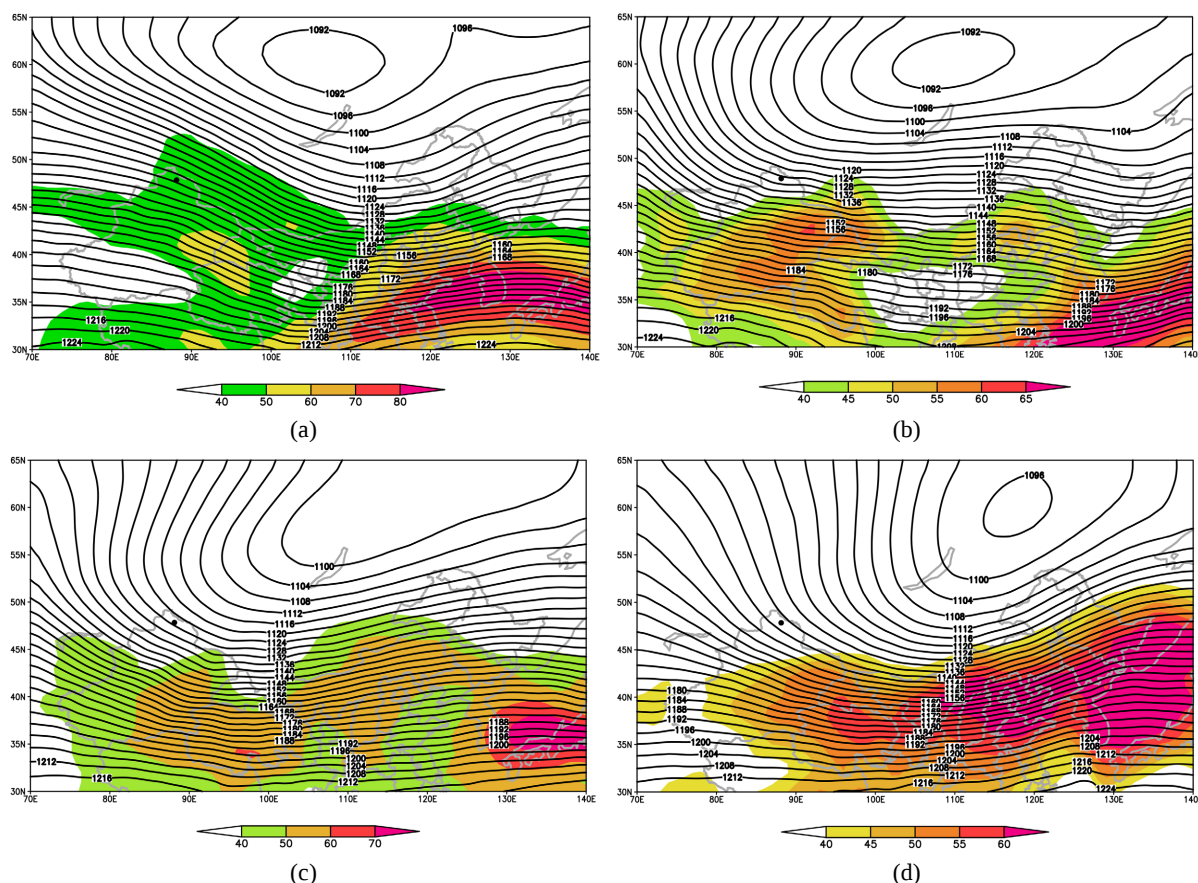


Figure 2. Geopotential height field (contour, unit: dagpm) and jet flow area with wind speed greater than 40 m/s at 200 hPa (color, unit: m/s, “.” is the location of Altay area) at (a) 08:00 25th; (b) 20:00 26th; (c) 20:00 27th; (d) 20:00 28th on November, 2022

图 2. 2022 年 11 月(a) 25 日 08 时;(b) 26 日 20 时;(c) 27 日 20 时;(d) 28 日 20 时 200 hPa 高度场(等值线,单位:dagpm)以及风速大于 40 m/s 的急流区(填色,单位:m/s,“.”为阿勒泰地区位置)

4.2. 500 hPa 环流形势分析

19 日,500 hPa 极涡伴随 -40°C 冷中心南下至西伯利亚上空(下文统一称西伯利亚低涡),在此稳定维持,不断分裂波动南下影响阿勒泰地区,造成 20~23 日阿勒泰地区持续性的降雪天气过程。24 日 08 时(图 3(a)),北欧地区存在一个闭合的高压中心,里黑海为向北发展的高压脊,里海东北部一个弱低涡受到高压前部冷空气的补充,强度不断加强,我国北部、西西伯利亚及其以东为低涡控制区。24 日 20 时(图 3(b)),里黑海脊不断发展与北欧脊同位相叠加,里海北部的低涡东移至咸海以北,此时西伯利亚低涡伴随的冷中心强度为 -44°C ,脊前北风带不断引导极地冷空气南下补充入西伯利亚低涡中。25 日 08 时(图 3(c)),欧洲脊项受冷空气侵袭,部分向东南方向衰退,西伯利亚低涡旋转南下,阿勒泰地区受低涡外围波动影响,出现降雪天气。咸海以北的低涡继续东移,于 26 日 02 时与中西伯利亚低涡在阿勒泰地区合并,对前期暴雪天气有利。同时,低涡南部锋区进一步加强,最大风速中心达到 40 m/s 以上,冷中心强度进一步加强至 -48°C ,利于后期寒潮、大风天气的爆发。26 日 08 时(图 3(d)),欧洲脊受到阿拉伯海暖气团的补充停止衰退,脊顶

进一步发展东扩,推动西伯利亚低涡旋转南下,低涡内横槽快速转竖,阿勒泰地区寒潮、大风天气爆发。27日08时至20时,欧洲脊稳定维持,脊前北风带持续输送冷空气南下,西伯利亚低涡缓慢东移,冷中心强度维持在 -48°C , -40°C 等温线南压至阿勒泰地区上空,造成持续性降温。28日,随着低涡移出,寒潮天气结束。可见,此次寒潮天气的主导系统为欧洲脊,影响系统为西伯利亚低涡,威海低涡并入西伯利亚低涡,为此次天气提供丰沛水汽的同时还进一步加大了冷空气强度。

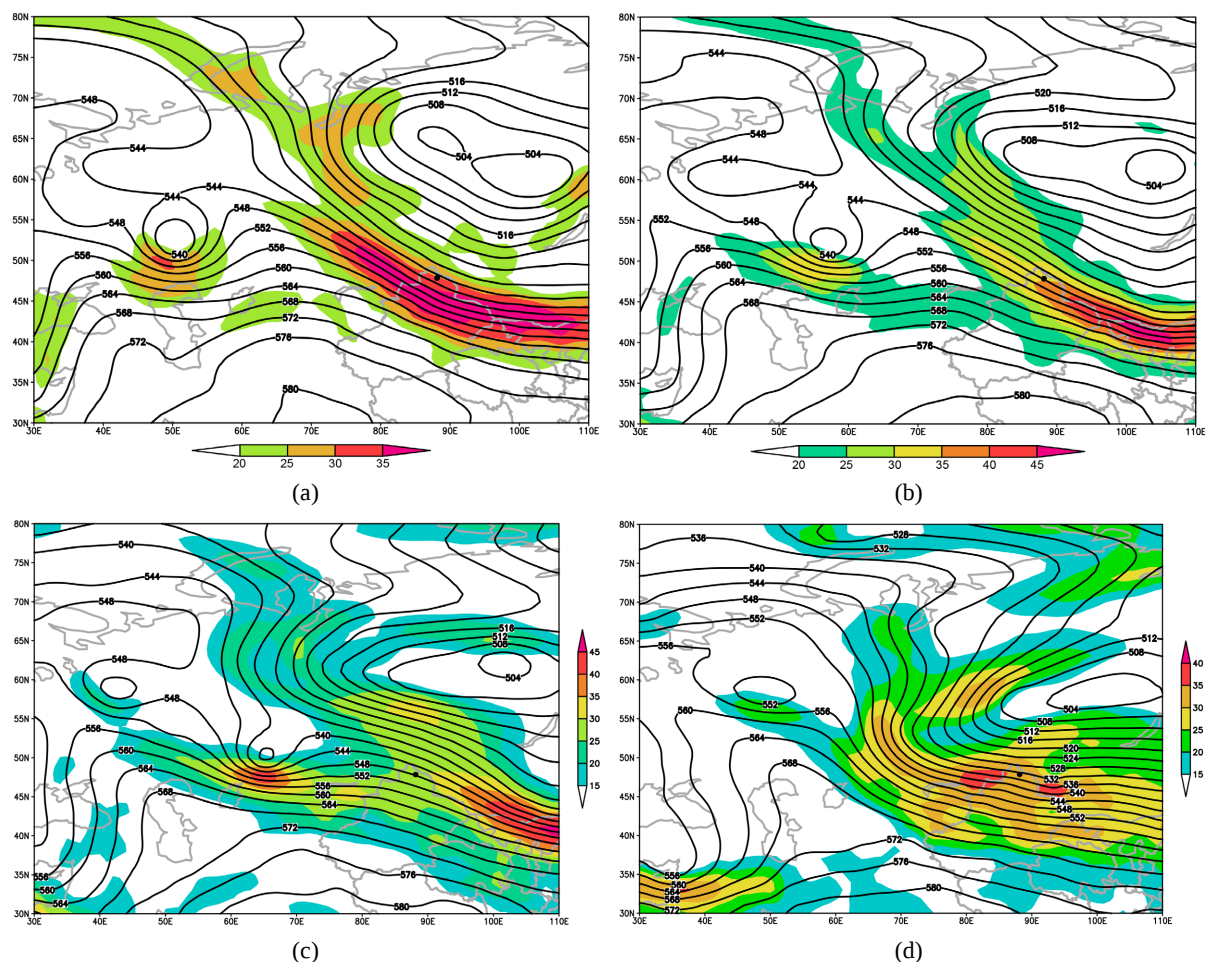


Figure 3. Geopotential height field (contour, unit: dagpm) and jet flow area with wind speed greater than 20 m/s at 500 hPa (color, unit: m/s, “.” is the location of Altay area) at (a) 08:00 24th, (b) 20:00 24th, (c) 08:00 25th, (d) 08:00 26th on November, 2022

图 3. 2022 年 11 月(a) 24 日 08 时;(b) 24 日 20 时;(c) 25 日 08 时;(d) 26 日 08 时 500 hPa 高度场(等值线,单位:dagpm)以及风速大于 20 m/s 的急流区(填色,单位: m/s, “.” 为阿勒泰地区位置)

4.3. 850 hPa 环流形势分析

19 日,850 hPa 中心位于 70°N 以北的极地低压旋转南下至 60°N。20 日至 23 日,阿勒泰位于低压底部,受低涡底部波动影响出现降雪天气。随着伊朗高压不断向东北方向发展,中心从 45°N,75°S 移至我国甘肃,阿勒泰受高压脊控制,天气晴好。极地低压南段随着高压脊的东移也迅速东移,于 24 日 20 时移至我国东北,极地低压北段北抬减弱为横槽,槽线位于 60°N。25 日(图 4(a)),里黑海低涡东移与横槽合并,阿勒泰位于槽前脊后,区域内东风风速增大,达急流标准,暖湿空气不断向阿勒泰地区输送,大气不稳定性增强,利于低层上升运动发展。26 日 08 时(图 4(b)),随着横槽转竖东移南下,寒潮爆发,850 hPa 锋面

于 26 日 20 时进入阿勒泰, 东风急流转为西风急流, 急流中心风速不断加强, 27 日 02 时(图 4(c))增强至 30 m/s。27 日(图 4(d)), 500 hPa 欧洲脊再次发展稳定维持, 低涡移动缓慢, 急流随之开始减弱消失。

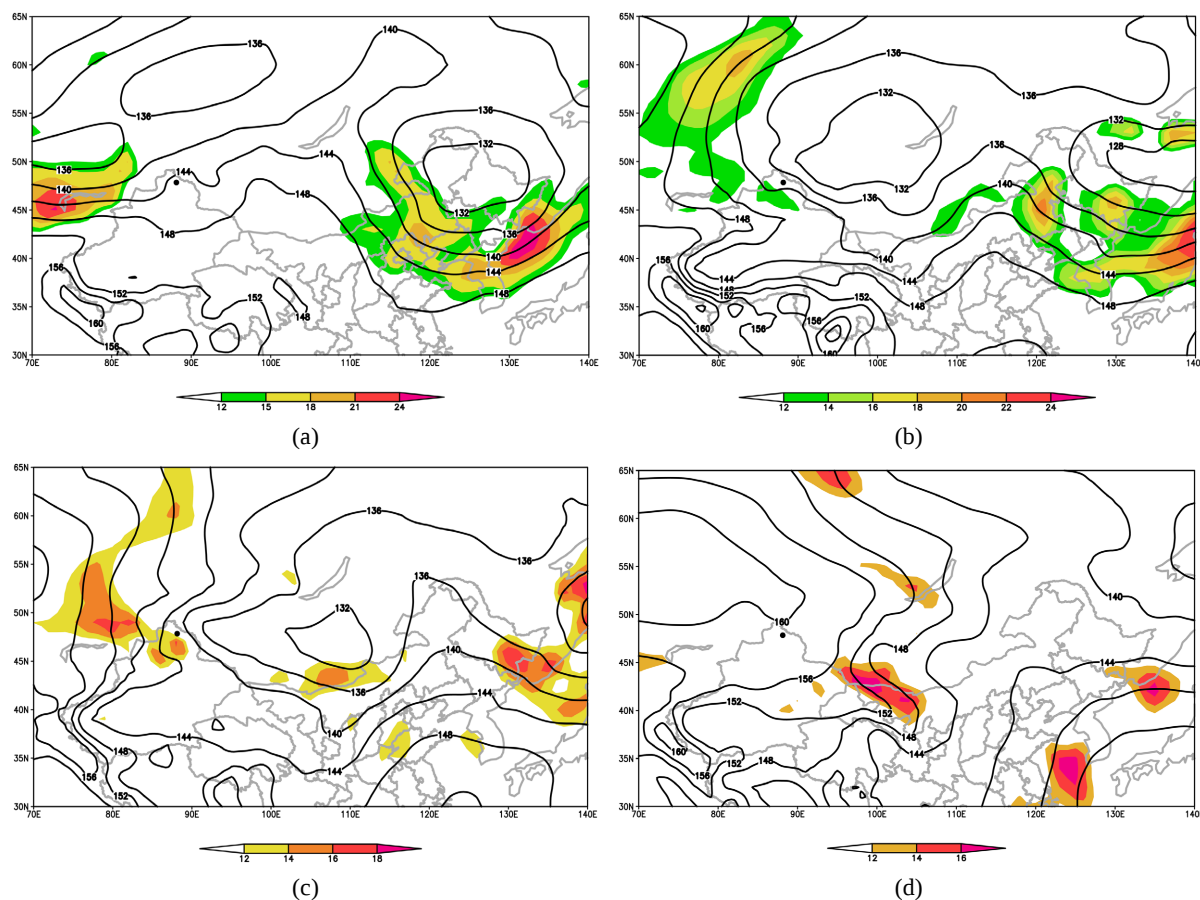


Figure 4. Geopotential height field (contour, unit: dagpm) and jet flow area with wind speed greater than 15 m/s at 850 hPa (color, unit: m/s, “.” is the location of Altay area) at (a) 14:00 25th; (b) 08:00 26th; (c) 20:00 26th; (d) 20:00 27th on November, 2022

图 4. 2022 年 11 月(a) 25 日 14 时;(b) 26 日 08 时;(c) 26 日 20 时;(d) 27 日 20 时 850 hPa 高度场(等值线, 单位: dagpm)以及风速大于 15 m/s 的急流区(填色, 单位: m/s, “.” 为阿勒泰地区位置)

4.4. 地面形势分析

由地面形势场分析可知, 25 日 08 时, 阿勒泰位于巴尔喀什湖低压前部, 蒙古高压后部, 两者中心压差达 42 hPa, 东风强盛。随着巴尔喀什湖低压东移逐步进入阿勒泰, 出现大范围升温降雪天气。26 日 08 时(图 5(a)), 低压移至贝加尔湖西南侧, 极地强盛的冷高压沿着北方路径南下至西西伯利亚, 途中不断受到冷空气补充, 强度增强至 1047.5 hPa, 高压前部冷锋锋面开始侵入阿勒泰, 地面强盛的东风转为西风。26 日 20 时(图 5(b)), 高压继续南下并缓慢东移, 冷锋迅速南下至天山北坡维持。26 日夜間至 27 日夜間, 受东西向的天山地形影响, 高压路径转为西方路径, 中心缓慢向东移动。极地冷空气和中纬度冷空气不断补充进入高压, 高压中心强度进一步增强, 28 日 08 时(图 5(c))达到 1062.5 hPa, 阿勒泰受高压底部冷空气影响, 气温持续下降。新疆南部的弱低压与冷高压的中心压差达到 50 hPa, 加之阿勒泰狭管、下坡等地形因素的增幅, 地面西风也在此期间达到最强。28 日 20 时(图 5(d))冷高压移出阿勒泰, 寒潮天气过境。

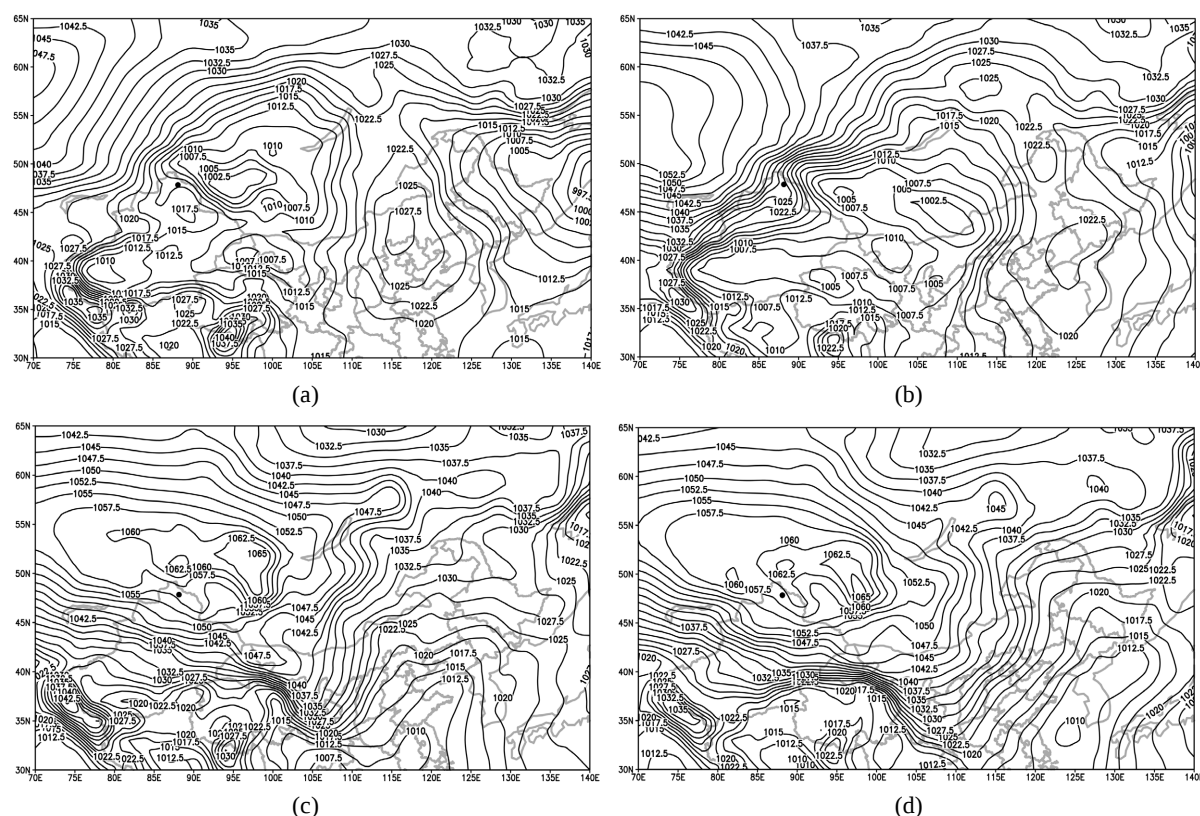


Figure 5. Sea level pressure field (unit: hPa, “.” is the location of Altay area) at (a) 08:00 26th; (b) 20:00 26th; (c) 08:00 28th; (d) 20:00 28th on November, 2022

图 5. 2022 年 11 月 (a) 26 日 08 时; (b) 26 日 20 时; (c) 28 日 08 时; (d) 28 日 20 时平均海平面气压场(单位: hPa, “.” 为阿勒泰地区位置)

5. 成因分析

5.1. 寒潮、大风天气成因

25 日, 500 hPa 以下阿勒泰受暖脊控制, 850 hPa 中心强度为 12°C 的暖中心自巴尔喀什湖东移, 控制阿勒泰。阿勒泰上空暖平流旺盛, 700 hPa 以下暖平流中心强度达 $30 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ 。海平面气压场上, 阿勒泰受 1007.5 hPa 的低压影响, 近地面气温持续上升至 0°C 左右。随着高空冷锋东移南下, 26 日 02 时(图 6(a))阿勒泰上空 400 hPa 至 600 hPa 逐渐转为冷平流, 低层仍为弱暖平流。26 日 20 时(图 6(b)), 地面冷锋过境, 300 hPa 以下全部转为冷平流, 700 hPa、850 hPa 冷中心强度分别降至 -36°C 、 -32°C , 冷平流中心强度达 $-50 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$, 持续至 27 日早晨。受强冷平流影响, 阿勒泰地区 24 小时内变温幅度普遍达到 20°C 以上, 变压幅度普遍达到 20 hPa 以上。27 日中午至 28 日夜間, 冷平流强度逐渐减弱, 阿勒泰地区寒潮、大风天气也随之结束。由此可见, 强盛的冷平流是阿勒泰寒潮、大风天气的重要成因。同时, 前期阿勒泰的升温过程导致温度梯度进一步加大, 也促使寒潮、大风天气的爆发更为剧烈。

地形对于寒潮、大风天气也有一定的增幅。阿勒泰地处阿尔泰山中段南麓, 塔尔巴哈台山系东段, 准噶尔盆地北缘, 整体呈喇叭口形。从北部阿尔泰山脊线到南部丘陵平原层层下降, 具有明显的阶梯状地形特点。冷空气进入阿勒泰后, 自西北向东南方向流动, 具有显著的狭管效应和下坡效应。同时, 由于有山地的阻挡作用, 使得冷空气在山地前部堆积, 而当地面冷锋被强迫抬升后再下沉, 下沉气流风速加快, 更有利于寒潮、大风天气的爆发。

另外, 辐射降温也是寒潮的成因之一。27 日, 阿勒泰平原积雪深度普遍达到 20 厘米以上, 沿山及山区积雪深度普遍达 50 厘米以上。夜间天气转晴后, 雪面向外发射长波辐射, 会导致近地面温度进一步下降。

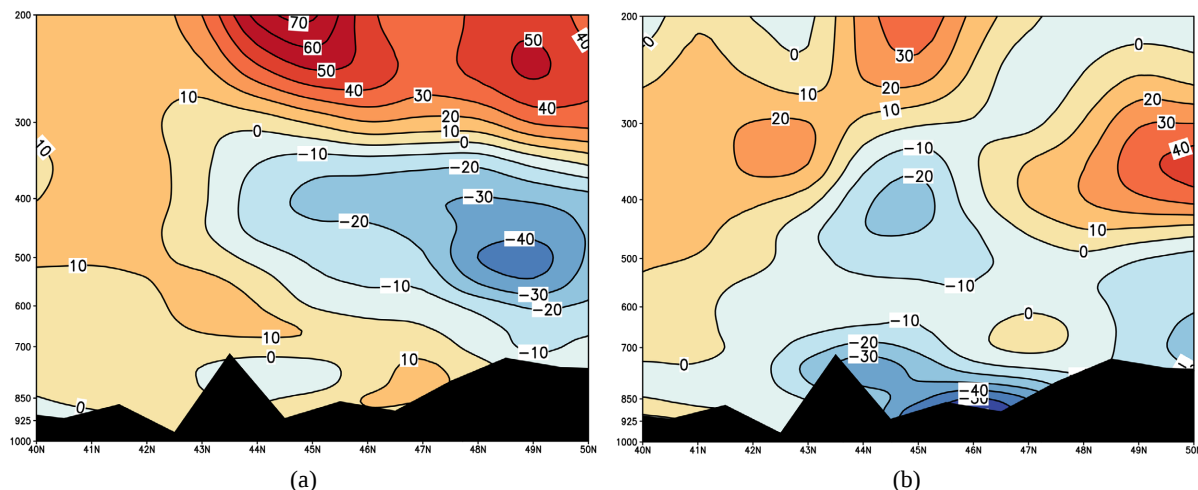


Figure 6. Temperature advection field (shaded, unit: $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$) at (a) 02:00 26th; (b) 20:00 26th on November, 2022, along 88.14°E, and the black shadow represents the altitude

图 6. 2022 年 11 月 (a) 26 日 02 时; (b) 26 日 20 时温度平流(填色, 单位: $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$, 黑色阴影为海拔高度)沿 88.14°E 剖面

5.2. 暴雪天气成因

水汽是降雪产生的必要条件, 水汽输送、辐合强度及持续时间与暴雪强度正相关[15] [16], 而低空急流对于水汽输送起重要作用。分析本次暴雪过程对中层低层水汽通量矢量可知, 水汽主要来自大西洋, 沿西南路径到达巴尔喀什湖附近, 在途中得到来自阿拉伯海和波斯湾水汽的补充, 然后在低空偏西急流的作用下接力输送至暴雪区。有了水汽必须要有较强的水汽辐合, 才能产生强降水。700 hPa、850 hPa 水汽通量以及水汽通量散度图上, 25 日 08 时, 阿勒泰地区西部边境均存在一个辐合中心沿低空西南急流向暴雪区集中。25 日 14 时(图 7(a))辐合中心强度达到最强, 700 hPa 达 $-15 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$, 850 hPa 达 $-25 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$, 26 日 02 时(图 7(b))辐合中心进入阿勒泰。随着天气系统的继续发展, 26 日 14 时, 水汽辐合中心向东南方向移动, 暴雪区的水汽通量散度逐渐减小, 降雪过程也随之减弱。低层水汽的不断聚集为暴雪提供了有利的水汽条件。

散度、垂直速度通常被用以表征寒潮天气过程中动力条件的强弱。图 8 给出了沿 88.14°E 做剖面, 阿勒泰地区上空的垂直速度以及散度场的分布, 47.84°N 为阿勒泰地区。25~26 日, 阿勒泰地区上空以上升运动为主。26 日 02 时(图 8(a))表现最好, 400 hPa 以上为散度场正值区, 以下则为负值区, 500 hPa 至 600 hPa 之间存在一对正负散度中心。低层辐合, 高层辐散, 为暴雪天气提供了有利的动力条件。阿尔泰山前西南低空急流与地形交角大, 产生垂直上升运动, 在图中表现为一个垂直速度大值中心。可见, 地形强迫抬升作用也是此次暴雪天气的动力条件之一。26 日夜间(图 8(b))锋面过境, 冷高压进入, 阿勒泰上空逐渐转为强下沉运动区, 降雪天气结束, 寒潮、大风天气开始爆发。

25 日 20 时探空图显示 850 hPa 以下为偏东风, 以上为偏西风, 垂直风切变大。700 hPa、500 hPa 存在逆温层, 低层暖平流强, 地面气温持续上升至 0°C 左右, 为暴雪天气积聚了不稳定能量。26 日, 随着冷锋进入, 干冷气团与暖湿交汇, 进一步增大了降雪量。

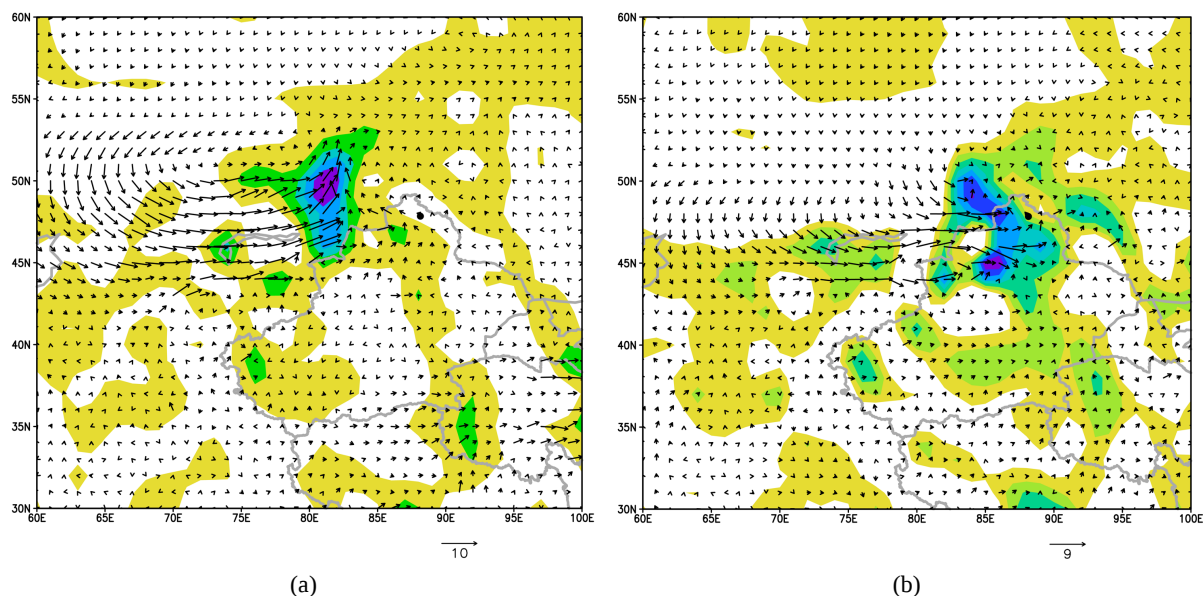


Figure 7. Water vapor flux field and water vapor flux divergence field at 850 hPa (unit: $10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, “.” represents the location of Altay area) at (a) 14:00 25th; (b) 02:00 26th on November, 2022

图 7. 2022 年 11 月(a) 25 日 14 时; (b) 26 日 02 时 850 hPa 水汽通量以及水汽通量散度(单位: $10^{-7} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$, “.” 为阿勒泰地区位置)

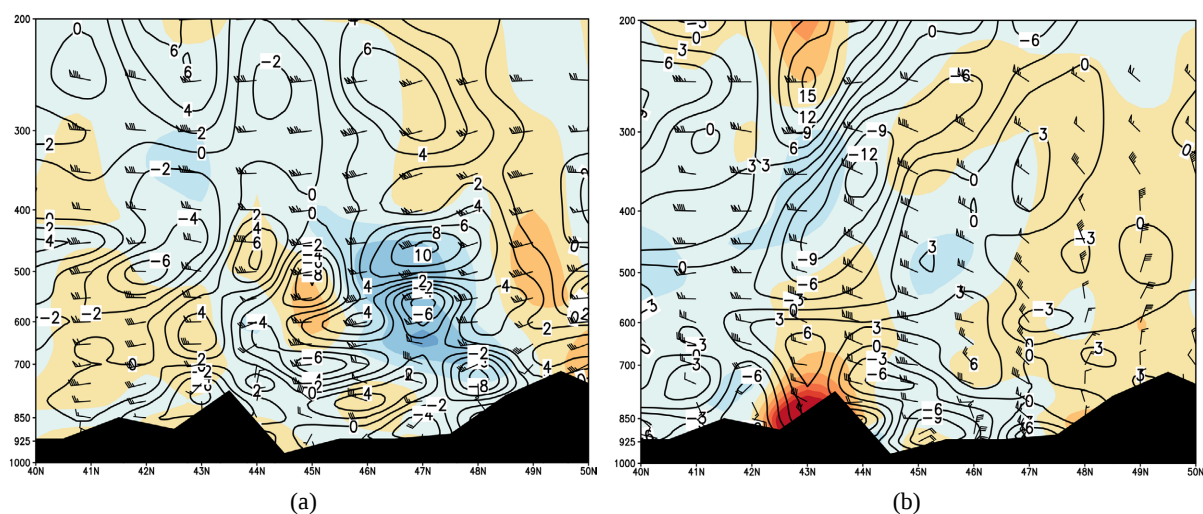


Figure 8. Vertical velocity field (shaded, unit: Pa/s) and divergence field (contour, unit: 10^{-6} s^{-1}) at (a) 02:00 26th; (b) 08:00 27th on November, 2022, along 88.14°E, and the black shadow represents the altitude

图 8. 2022 年 11 月(a) 26 日 02 时; (b) 27 日 08 时垂直速度场(填色, 单位: Pa/s)、散度场(等值线, 单位: $10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$, 黑色阴影为海拔高度)沿 88.14°E 剖面

6. 总结

本文对 2022 年 11 月 20~28 日新疆阿勒泰地区的一次区域性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) 2022 年 11 月 25 日至 28 日, 阿勒泰地区出现特强寒潮天气过程, 同时伴随暴雪和大风。具有极端性强, 爆发性剧烈、最低气温低、影响范围广、降雪量大、大风强度强等特征。全地区共计 6 成气象站点达特强寒潮标准, 最低气温普遍降至 -30°C 以下, 低温中心位于富蕴县吐尔洪乡, -48.6°C , 总过程

降温幅度达 40.3℃。阿尔泰山沿线出现暴雪，阿勒泰市积雪深度突破 11 月历史同期极值。偏东大风急转偏西大风，5 站风力达 11 级以上。

2) 前期阿勒泰受暖脊控制，暖平流旺盛，地面气温持续上升至 0℃。强冷空气在西伯利亚地区堆积，低涡冷中心强度达-48℃，700 hPa、850 hPa 冷中心强度达-36℃、-32℃。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 1062.5 hPa 冷高压中心沿着北方路径南下，在阿勒泰北部边境线东移， $-50 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 冷平流中心进入阿勒泰，产生剧烈降温，地面超过 20 厘米雪面的辐射降温作用进一步加大了降温幅度。地面冷高压与新疆南部的弱低压中心压差达到 50 hPa，气压梯度力大。冷空气进入阿勒泰后 24 小时内变压幅度达到 20 hPa 以上，产生地面西北大风。冷空气下沉加速以及地形作用都对大风强度有增幅效果。

3) 高空西风急流中心最大风速超过 60 m/s，抽吸辐散作用强烈。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，水汽在阿勒泰地区上空辐合。加之锋面抬升以及阿尔泰山地形强迫抬升作用，阿尔泰山迎风坡沿线出现暴雪。

基金项目

中国气象局复盘总结专项《11·26 特强寒潮极端性及预报服务复盘分析》(FPZJ2023-151)、新疆阿勒泰地区科技计划项目《基于 FY3D-JTSD-MERSI II 型的阿勒泰冰雪旅游积雪资源分布特征分析》。

参考文献

- [1] 李庆云, 周玉江, 张亚冬. 寒潮天气过程的规律、成因及模拟[J]. 湖北气象, 2019, 38(3): 1-4.
- [2] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法[M]. 第 3 版. 北京: 气象出版社, 2000: 266-294.
- [3] Sun, J., He, J., Lin, J., et al. (2019) Characteristics of Strong Cold Air Outbreaks in China during 1960-2016. *Journal of Geographical Sciences*, **29**, 1-18.
- [4] Jia, X., Zhang, W. and Wang, Y. (2019) Characteristics of Extreme Cold Waves in China during 1961-2015. *Climate Dynamics*, **53**, 3077-3089.
- [5] Chen, Z., Ren, G. and Luo, Y. (2019) Trends and Variability of Extreme Cold/Warm Events over China during 1960-2017. *Journal of Meteorological Research*, **33**, 763-777.
- [6] 任国鹏, 丁一汇, 李艳红, 等. 寒潮过程的气候学特征及其大尺度环流形势分析[J]. 热带气象学报, 2014, 30(2): 183-191.
- [7] 郭军, 马超, 张晓龙, 等. 2015 年中亚地区冬季强寒潮的空间分布和成因研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(5): 56-62.
- [8] 刘志飞, 刘跃进, 田军. 西伯利亚高压弱化/强化与中国极端气候事件的关系研究[J]. 大气科学学报, 2018, 41(4): 467-475.
- [9] 武炳义, 卞林根, 张人禾. 冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候变化的影响[J]. 极地研究, 2004(3): 211-220.
- [10] 钟燕丽. 新疆强寒潮气候变化趋势及其影响分析[J]. 科技信息, 2016(11): 275.
- [11] 刘洪峰, 刘振伟, 邓娟, 等. 新疆强寒潮天气对公路交通的影响及防御对策[J]. 建筑科技, 2017, 48(1): 110-112.
- [12] 蔡洁, 王伟, 刘海龙, 等. 新疆寒潮气候事件的气温变化特征及对农牧业的影响[J]. 冰川冻土, 2019, 41(2): 401-414.
- [13] 邓娟, 刘洪峰, 刘振伟, 等. 新疆强寒潮灾害对农牧业的影响及其防御[J]. 软科学, 2018, 32(3): 92-94.
- [14] 钟洁, 熊芝龙, 刘彦随, 等. 新疆强寒潮天气灾害风险评估与防灾对策[J]. 科技通报, 2015, 31(10): 12-16.
- [15] 张俊兰, 崔彩霞, 陈春艳. 2013 年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.
- [16] 李如琦, 唐冶, 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.