

新疆地区2024年2月一次强寒潮天气过程分析

李婉舟

阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年10月13日; 发布日期: 2025年10月20日

摘要

本文基于NCEP FNL再分析数据、地面气象站实况数据等多源资料, 对2024年2月16~17日发生在新疆地区的强寒潮引起的极端降水、大风过程, 重点分析了前期气候背景、环流形势、寒潮天气发生的原因等内容, 结果表明: 异常高温天气为冷空的爆发提供有利的温度基础, 天气过程期间极地冷空气持续南压促使极地冷空气在强劲偏北气流引导下不断向南侵袭, 为寒潮提供有利的大尺度天气背景。500 hPa环流形势为典型的“里海涨脊、横槽转竖”型, 地面冷高压生成于新地岛附近, 在地形强迫作用下, 冷空气加速下沉, 引发动量下传效应, 致使北疆和南疆地区出现强西北大风, 寒潮爆发呈现出显著的热力和动力条件耦合特征, 低层大气同时出现较强的负温度平流、上升运动以及高相对湿度是降雪发生及维持的重要原因。

关键词

寒潮, 大风, 极端降水, 新疆

Analysis of a Strong Cold Wave Weather Process in Xinjiang in February 2024

Wanzhou Li

Altay Regional Meteorological Bureau, Altay Xinjiang

Received: September 11, 2025; accepted: October 13, 2025; published: October 20, 2025

Abstract

Based on the NCEP FNL reanalysis data, ground meteorological station live data and other multi-source data, this paper analyzes the extreme precipitation and gale process caused by the strong cold wave in Xinjiang from February 16 to 17, 2024, focusing on the previous climate background, circulation situation and the causes of cold wave weather. The results show that the abnormal high temperature weather provides a favorable temperature basis for the outbreak of cold air. During the weather process, the continuous southward pressure of polar cold air promotes the continuous

southward invasion of polar cold air under the guidance of strong northerly airflow, which provides a favorable large-scale weather background for the cold wave. The circulation situation at 500 hPa is a typical "Caspian Sea rising ridge and transverse trough turning vertical" type. The surface cold high pressure is generated near Xindi Island. Under the action of terrain forcing, the cold air accelerates to sink and triggers the momentum downward effect, resulting in strong northwest wind in northern and southern Xinjiang. The cold wave outbreak shows significant coupling characteristics of thermal and dynamic conditions. At the same time, strong negative temperature advection, ascending motion and high relative humidity in the lower atmosphere are important reasons for the occurrence and maintenance of snowfall.

Keywords

Cold Wave, High Winds, Extreme Precipitation, Xinjiang

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

寒潮作为一种高影响的灾害性天气系统,对我国北方地区尤其是新疆北疆地区的生态环境、农业生产、交通运输以及社会经济等方面产生了深远影响。近年来,随着全球气候变暖的加剧,寒潮事件的频率和强度呈现出复杂的变化趋势,引起了国内外学者的广泛关注。本文以新疆北疆地区的强寒潮天气过程为研究对象,综合分析其发生机制、演变特征及其对区域社会经济和生态环境的影响,旨在为寒潮天气的预测、防范和应对提供科学依据。

近年来,国内学者对我国北方寒潮天气的成因、特征及其影响进行了大量研究。王遵娅和丁一汇[1]通过分析近 53 年中国寒潮的变化特征,指出寒潮频次的减少与东亚冬季风的减弱密切相关。钱维宏和张玮玮[2]进一步指出,尽管寒潮事件的频次有所减少,但其强度并未显著减弱,这表明寒潮天气的复杂性并未因全球变暖而降低。在寒潮的气候特征方面,周琳和孙照渤[3]通过对 1961~2010 年中国冷空气活动特征的研究,发现冷空气活动的频率在冬季显著减少,但在春季有所增加。此外,李红英等[4]研究了 1961~2017 年京津冀地区寒潮活动特征,指出该地区寒潮频次呈减少趋势,但极端寒潮事件的强度并未减弱。在寒潮的影响方面,宋艳玲等[5]指出,北方冬小麦在冬季常因寒潮天气遭受冻害,导致农作物减产。此外,寒潮还可能引发一系列次生灾害,如道路结冰、电力中断和交通瘫痪等,对社会经济造成重大损失。在新疆地区,寒潮天气的研究也取得了重要进展。李海燕等[6]分析了新疆一次超极地路径寒潮天气过程,指出寒潮天气过程前,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。此外,马玉芬等[7]通过数值模拟研究了天山地形对新疆大风和降温天气的作用,发现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。

本文针对新疆地区 2024 年 2 月一次强寒潮天气过程进行深入研究,分析此次寒潮的形成机制、发展演变规律以及影响特征,有助于丰富寒潮天气的理论研究,提高对寒潮天气的科学认识,同时可以为当地寒潮天气的预测、防范和应对提供科学依据,减少寒潮对社会经济和生态环境的不利影响。

2. 资料来源

本文利用 2024 年 2 月 15~18 日美国国家环境预测中心(NCEP)提供的再分析数据集(NCEP FNL

Operational Global Analysis data), 该数据时间分辨率为 6 小时, 空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$; 由中国气象局“天擎系统”和气象大数据云平台提供的降水量、极大风速等观测资料; 有国家气象局网站提供的气温距平及降水距平百分率资料。

3. 天气实况简介

2024 年 2 月 16~17 日新疆地区出现一次极端降水、大风过程, 天气过程期间, 北疆大部、天山山区和克州山区、巴州、哈密市北部等地出现雨转雪或雪, 其中北疆西部北部、天山山区及北坡、克州山区、哈密市北部出现中到大雪, 局地暴雪, 伊犁州出现大暴雪。16~17 日, 伊犁州、阿勒泰地区、昌吉州东部、哈密市南部出现极端降水事件, 其中伊宁县(23.1 mm)、青河(20.9 mm)、哈巴河(17.9 mm)、北塔山(9.1 mm)、红柳河(4.5 mm)均打破本站 2 月日最大降水量极值, 尼勒克、图尔尕特居第二位, 裕民、吉木乃居第三位, 其中哈巴河、北塔山、红柳河 3 站同时还打破本站冬季日最大降水量极值(表 1)。

Table 1. 24-hour precipitation of main stations during the weather process
表 1. 天气过程期间主要站点 24 小时降水量

站号	站名	24 小时降水量
51434	伊宁县	23.1
51186	青河	20.9
51053	哈巴河	17.9
51288	北塔山	9.1
52313	红柳河	4.5
51433	尼勒克	12.9
51701	吐尔尕特	9.6
51137	裕民	14.7
51059	吉木乃	7.2

2 月 16~17 日, 全疆大部地区出现 8 级及以上大风, 伊犁州、博州、塔城地区北部、石河子市、昌吉州东部、克州、阿克苏地区、喀什地区、巴州、吐鲁番市、哈密市出现极端大风事件, 阿拉山口(39.6 m/s)、托克逊(32.3 m/s)、和布克赛尔(31.9 m/s)。

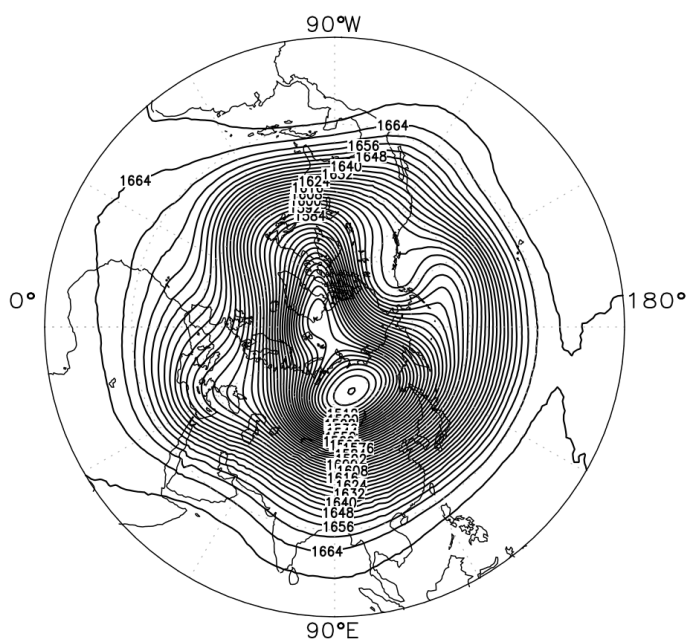
4. 寒潮成因

4.1. 前期天气背景

2024 年 2 月 1~16 日与常年同期相比, 平均气温全疆大部气温偏高, 北疆西部北部局地偏高 $4^{\circ}\text{C}\sim 6^{\circ}\text{C}$, 南疆盆地偏高 $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$, 局地偏高 $2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$, 15~16 日期间北疆大部最高气温升至 0°C 以上, 南疆东疆升至 $8^{\circ}\text{C}\sim 16^{\circ}\text{C}$, 南疆西部升至 20°C 以上降水距平: 南疆盆地大部近两周无降水, 降水偏少超过 400%, 可见此次过程前期异常高温天气为冷空的爆发提供有利的温度基础。

4.2. 环流形势

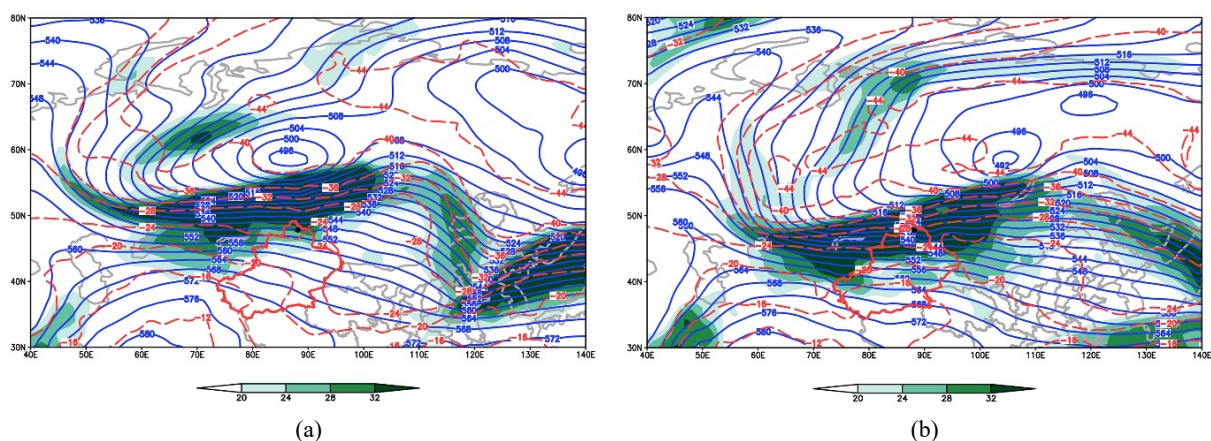
100 hPa 极涡呈偶极型分布且东半球极涡强度更强, 寒潮期间极地冷空气持续南压, 锋区南压至中西伯利亚高原, 促使极地冷空气在强劲偏北气流引导下不断向南侵袭, 为寒潮提供有利的大尺度天气背景(图 1)。500 hPa 环流形势为典型的“里海涨脊、横槽转竖”型, 寒潮前期新疆上游呈一槽一脊型环流, 东欧为脊区, 贝加尔湖至中亚为宽广的东南-西北向长波槽。15 日至 16 日 08 时(图 2(a)、图 2(b)), 欧洲脊向北发展, 脊顶达 70°N 以北, 脊前强北风带建立, 极地强冷空气沿北风带南下, 贝加尔湖横槽持续加深, 冷空气酝酿堆积。此时槽前偏西急流强度达 36 m/s, 低涡中心强度达 496 hPa, 配合-48℃冷中心。17 日 08 时~18 日 02 时(图 2(c)、图 2(d)), 随着欧洲脊的东南衰退, 其贝加尔湖横槽转向东移, 寒潮爆发, -44℃温度线压至北疆上空, 强冷空气爆发进入新疆地区, 造成寒潮降温天气。

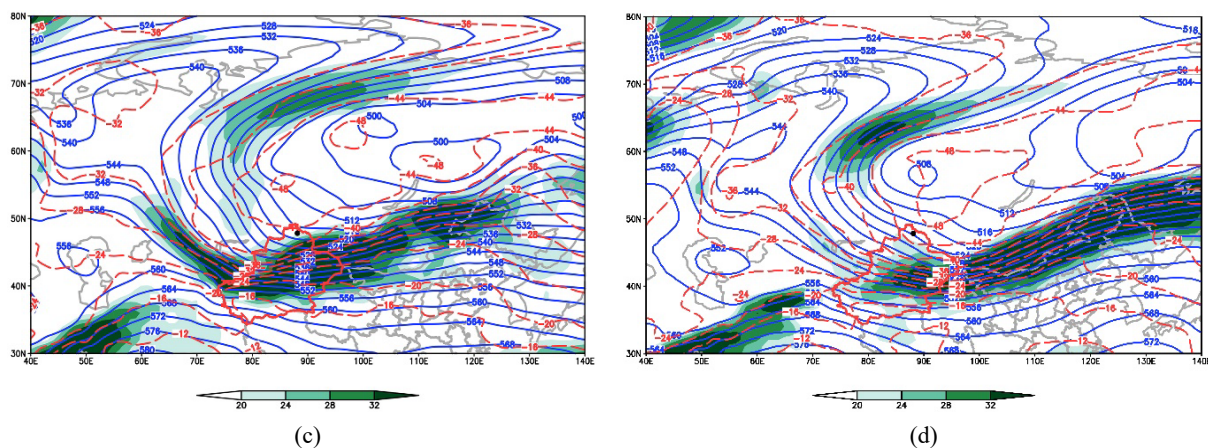


注: 文内涉及地图的, 基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4619 号的标准地图制作, 底图无修改。

Figure 1. The average circulation situation at 100 hPa during the weather process

图 1. 天气过程期间 100 hPa 平均环流形势





注：文内涉及地图的，基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4619 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 2. 500 hPa height field (black isoline), temperature field (red dotted line) and jet stream area (filling color). (a) 08:00 on 15th; (b) 08:00 on 16th; (c) At 08:00 on 17 July; (d) 02:00 on 18th

图 2. 500 hPa 高度场(黑色等值线)、温度场(红色虚线)及急流区(填色)。(a) 15 日 08 时; (b) 16 日 08 时; (c) 17 日 08 时; (d) 18 日 02 时

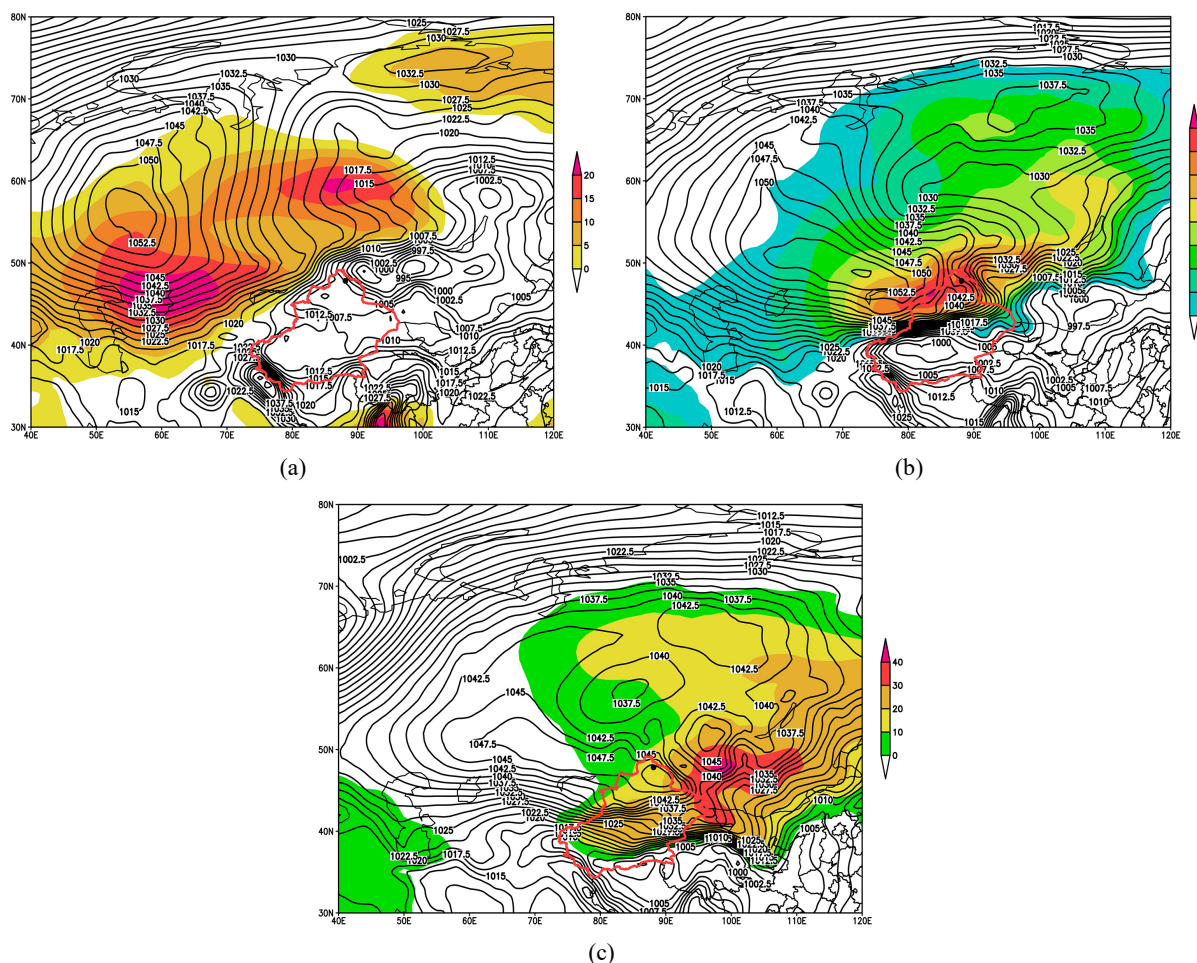
4.3. 风沙天气成因

此次寒潮过程中，地面冷高压生成于新地岛附近，冷高压主体沿西北路径南下并逐渐加强，于 16~17 日经西北路径抵达咸海北部区域，此时冷高压中心气压值达到 1052.5 hPa (图 3(a)、图 3(b))，形成强大的冷性高压系统。同时前期，受异常升温影响，南疆盆地热低压发展显著，该区域与冷高压之间形成由西向东的显著气压梯度，为冷空气东移南下提供了动力条件。当冷空气爆发后，凭借强大的气压梯度力，冷空气团先后翻越西天山和帕米尔高原。在地形强迫作用下，冷空气加速下沉，引发动量下传效应，致使北疆和南疆地区出现强西北大风。这种地形动力加强机制使得风速显著提升，加剧了寒潮大风天气的强度与影响范围。

18 日(图 3(c))，冷高压中心强度虽有所减弱，但继续向东南方向移动至北疆东部，地面呈东高西低形势，气压梯度由东疆指向南疆盆地，压差达 20 hPa。受气压梯度力的影响北疆冷空气沿东疆风口和地势较低的区域灌入南疆盆地。由于盆地特殊的地形封闭性，气流下沉过程中形成辐合效应，导致大风天气再次加剧。同时强风作用下，盆地内松散沙尘被卷起，触发沙尘天气过程。此次沙尘天气的形成，本质上是冷高压系统移动、地形动力效应与地表松散物质共同作用的结果，体现了寒潮天气过程中海平面气压系统演变对区域灾害性天气的复杂影响机制。

4.4. 寒潮成因

此次寒潮爆发呈现出显著的热力和动力条件耦合特征。前期，新疆地区 850~700 hPa 受暖脊控制，热力结构上的增温效应显著，南疆地区多站点气温于 16 日突破 20℃，形成明显的暖垫效应，为后续强冷空气快速入侵导致的剧烈降温提供了充足的温度梯度空间，奠定了热力基础。从动力条件来看，500 hPa 层面，中心强度达 -44℃ 的冷槽南压至北疆北部，同时 700~850 hPa 冷舌与 500 hPa 冷槽位置高度重合，冷中心强度均维持在 -32℃，形成垂直方向上的深厚冷性系统配置。槽后偏北风与等温线呈现大角度交角，且等温线高度密集，在 40~50°N 纬度带内，850 hPa 和 700 hPa 层面温度差分别达 28℃ 和 32℃，这表明低层至中高层存在强烈的冷平流输送，促使冷空气快速南下并不断堆积能量。



注：文内涉及地图的，基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4619 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 3. Sea level pressure field (black isoline) and 24-hour pressure variation (color filling); (a) 08:00 on 16th; (b) 08:00 on 17th; (c) 02:00 on 18th

图 3. 海平面气压场(黑色等值线)及 24 小时变压(填色)。(a) 16 日 08 时; (b) 17 日 08 时; (c) 18 日 02 时

4.5. 降雪成因

以阿勒泰站为例，对此次寒潮过程中的降雪天气成因进行了详细分析，研究结果表明温度平流在不同时间表现出显著差异。在 2 月 15~17 日期间，1000~700 hPa 低层大气中出现较强的负温度平流，表明冷空气在此时段有明显侵入，而在 200~300 hPa 的高层大气中，温度平流变化幅度较小，反映出该层大气温度相对稳定(图 4(a))。相对湿度的分布特征及其时间变化对降雪的维持起到了重要作用，在 1000~700 hPa 低层大气中，相对湿度普遍较高，基本维持在 80%以上，随着高度的升高，相对湿度呈逐渐降低的趋势。从时间变化来看，2 月 16~17 日低层大气相对湿度有所增加，为降雪天气的长时间维持提供了丰富的水汽条件。风场的时空变化特征同样显著(图 4(b))。在 2 月 15~17 日期间，1000~700 hPa 低层大气风速较强，表明风场在此时段得到显著增强。进一步分析发现，2 月 16~17 日 1000~700 hPa 存在明显的上升运动，上升运动使得部分水汽得以抬升，进而有助于降雪的发生及持续(图 4(c))。综上所述，2 月 15~17 日期间，低层大气同时出现较强的负温度平流、上升运动以及高相对湿度。这些特征共同表明冷空气的侵入和对流活动的增强，是降雪发生及维持的重要原因。

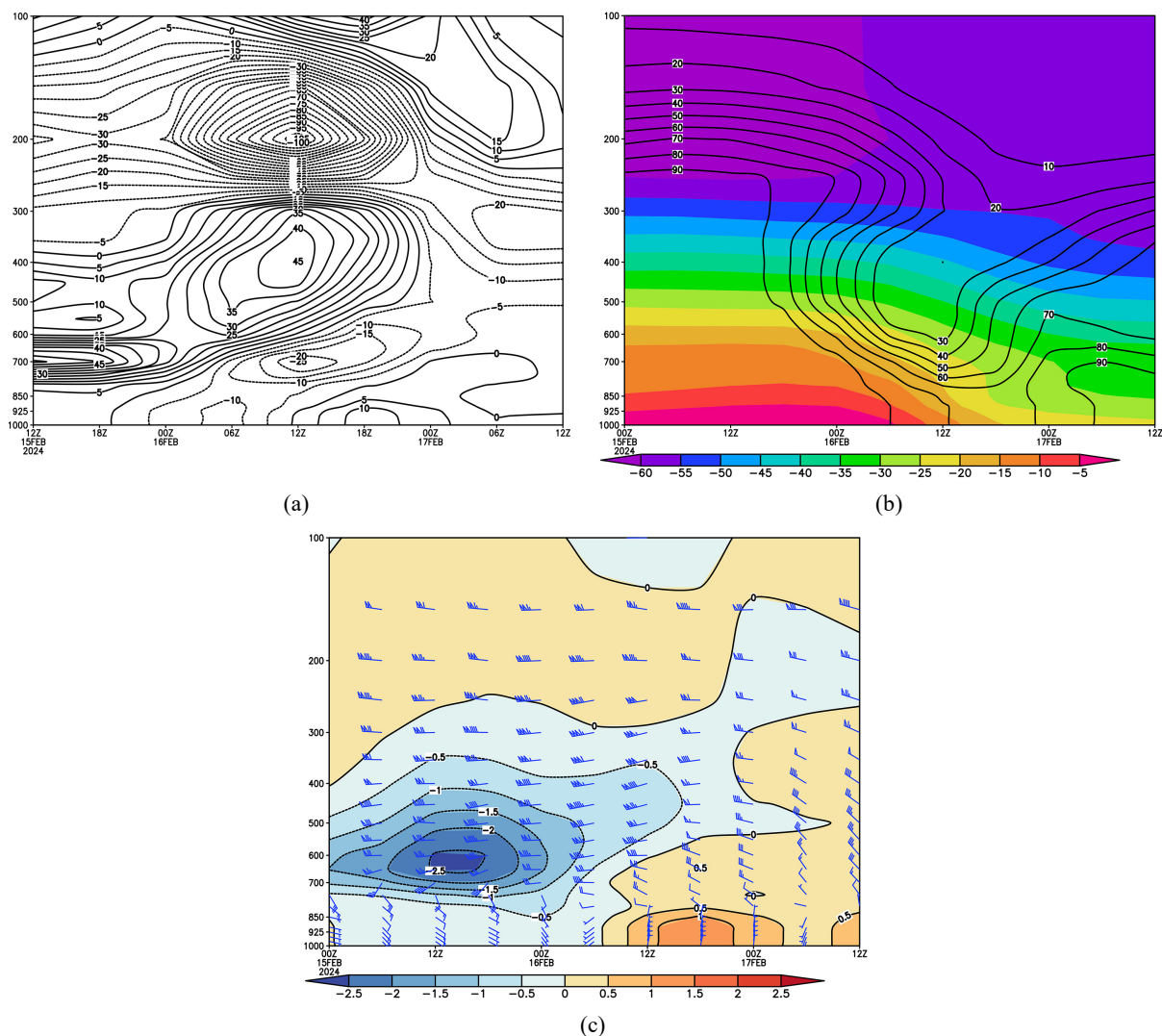


Figure 4. Altay (a) temperature advection, (a) temperature (color) and relative humidity (contour), (c) vertical velocity and time height profile of wind field

图 4. 阿勒泰(a)温度平流、(a)气温(填色)及相对湿度(等值线)、(c)垂直速度及风场的时间高度剖面

5. 结论

本文对 2024 年 2 月 16~17 日发生在新疆地区的强寒潮引起的极端降水、大风过程，重点分析了前期气候背景、环流形势、寒潮天气发生的原因，研究结果表明：

1) 前期异常高温与特定环流形势为寒潮爆发创造基础条件：2024 年 2 月 1~16 日新疆大部显著高温且南疆盆地极端少雨，构建了利于强降温的温度梯度；100 hPa 东半球强偶极型极涡推动极地冷空气南压，500 hPa “里海胀脊、横槽转竖” 环流则引导冷空气南下，共同为寒潮提供关键背景支撑。

2) 冷高压、地形与地表特征协同诱发风沙天气：新地岛生成的地面冷高压沿西北路径南下加强，与南疆盆地热低压形成强气压梯度；冷空气翻越天山、帕米尔高原时受地形强迫引发动量下传，后期再借盆地封闭地形加剧大风，强风卷起松散沙尘，最终形成风沙灾害。

3) 热力动力耦合与多气象要素协同驱动寒潮降温及降雪：前期 850~700 hPa 暖脊形成“暖垫效应”，与后期深厚冷性系统形成强温差，叠加低层至中高层强冷平流，推动寒潮降温；同时，低层强负温度平

流、80%以上高相对湿度与明显上升运动协同，为降雪发生及维持提供必要条件。

参考文献

- [1] 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(6): 1068-1076.
- [2] 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(6): 1266-1278.
- [3] 周琳, 孙照渤. 1961-2010 年我国冷空气的活动特征[J]. 大气科学学报, 2015, 38(3): 342-353.
- [4] 李红英, 林纾, 王云鹏, 等. 1961-2017 年京津冀地区寒潮活动特征[J]. 干旱气象, 2022, 40(1): 41-48.
- [5] 宋艳玲, 周广胜, 郭建平, 等. 北方冬小麦冬季冻害及播期延迟应对[J]. 应用气象学报, 2022, 33(4): 454-465.
- [6] 李海燕, 杨霞, 张超. 新疆一次超极地寒潮天气分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(5): 12-19.
- [7] 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]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(5): 113-118.