

# 2024年3月13~16日新疆区域机场强冷空气过程环流特征分析

塔吉古丽

新疆机场(集团)库尔勒机场, 新疆 库尔勒

收稿日期: 2026年2月6日; 录用日期: 2026年3月5日; 发布日期: 2026年3月13日

## 摘要

本文基于多源数据资料, 对2024年3月13~16日新疆区域机场降水、降温、大风天气过程的环流驱动机制从高-中-低层及极地环流特征方面进行详细分析, 结果表明: 高层100 hPa南支槽前为新疆提供水汽背景, 200 hPa南北支急流耦合增强了动力条件, 500 hPa经向环流调整形成的两槽一脊型是冷空气南下的关键; 中低层700 hPa西南急流输送充足水汽, 地面冷高压沿西方路径东移增强, 推动冷锋引发北疆降水相态转变与全疆大风降温; 北极200 hPa极涡分裂的多中心结构及经向环流增强, 是此次冷空气活动的极地环流背景。

## 关键词

新疆机场, 强冷空气, 环流形势

# Analysis of Circulation Characteristics of Strong Cold Air Process in Xinjiang Regional Airport from March 13 to 16, 2024

Tajiguli

Xinjiang Airport (Group) Korla Airport, Korla Xinjiang

Received: February 6, 2026; accepted: March 5, 2026; published: March 13, 2026

## Abstract

Based on multi-source data, this paper analyzes the circulation driving mechanism of precipitation, cooling and gale weather in Xinjiang regional airport from March 13 to 16, 2024 from the aspects of high-medium-low level and polar circulation characteristics. The results show that the south

branch trough at 100 hPa provides water vapor background for Xinjiang, and the coupling of north and south branch jets at 200 hPa enhances the dynamic conditions. The two troughs and one ridge formed by the adjustment of meridional circulation at 500 hPa are the key to the southward movement of cold air. The southwest jet stream at 700 hPa in the middle and lower layers transported sufficient water vapor, and the surface cold high pressure moved eastward along the western path, which promoted the cold front to cause the phase transition of precipitation in northern Xinjiang and the cooling of gales in Xinjiang. The multi-center structure of polar vortex splitting and the enhancement of meridional circulation at 200 hPa in the Arctic are the polar circulation background of this cold air activity.

## Keywords

Xinjiang Airport, Strong Cold Air, Circulation Situation

Copyright © 2026 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

新疆地处欧亚大陆腹地，地形以“三山夹两盆”为主，特殊的地理环境使其成为我国春季强冷空气活动最频繁的区域之一，强冷空气过程常伴随大风、风切变、降温、低能见度及雨雪等复合天气，不仅对农业生产、生态环境造成显著影响，更直接威胁区域机场的运行安全[1][2]。因此，深入解析新疆区域机场强冷空气过程的环流特征，是提升航空气象预报预警能力、保障机场运行安全的关键前提。

强冷空气的活动本质是大尺度环流系统调整的结果，国内外学者已针对中纬度冷空气过程开展了大量研究。在环流形势方面，欧亚地区 500 hPa “两槽一脊”型是引导冷空气南下的典型环流配置，其中乌拉尔山高压脊的发展与西西伯利亚低槽的加深，是冷空气堆积与爆发的核心环流条件[3]，冷空气在西西伯利亚上空堆积增强，乌拉尔山高压脊强烈发展并缓慢东移南压，导致西西伯利亚低涡不断分裂，分成南北两支，将在蒙新高地发展成切断低涡，低涡槽后偏北气流引导冷空气向南爆发，造成北疆地区的强寒潮天气[4]。高空急流作为强冷空气过程的重要动力因子，其结构与演变对天气系统的发展具有显著调制作用，200 hPa 高低空急流的耦合可增强垂直上升运动，进而促进降水与大风的发展[5]，极地环流系统对中纬度冷空气的影响同样不可忽视。北极极涡作为北半球冷空气的“源地”，其形态与强度变化直接决定了冷空气的输送路径：当极涡呈现多中心分裂结构时，经向环流增强，北极冷空气更易向南侵袭[6]，气候变暖以来，冬季 AO 对新疆冬季平均气温的影响呈非对称型，冬季 AO 正异常与新疆冬季平均气温正距平的关系一一对应；冬季 AO 负异常时，新疆冬季平均气温距平的正负取决于东北半球极涡的强弱和中纬度 70°E 以东区域的位势高度距平[7]。

综上，现有研究已明确大尺度环流、高空急流、极地系统对强冷空气的影响，但针对新疆区域机场这一特殊场景，不同层次环流的协同作用特征、环流与机场强天气要素的对应关系仍有待深入。本文以 2024 年 3 月新疆区域机场强冷空气过程为案例，系统分析其高-中-低层及极地环流特征，旨在揭示新疆区域机场强冷空气过程的环流驱动机制，为提升航空气象精细化预报能力提供理论支撑。

## 2. 天气实况分析

2024 年 3 月 13~16 日，受乌拉尔山南下强冷空气影响，北疆大部、天山山区等地出现小到中量雨转

雨夹雪或雪；北疆大部、喀什 - 和田 - 于田一线出现 5~6 级偏西风，库尔勒 - 若羌 - 且末一线出现 5~6 级东北风，盆地部分机场出现扬沙、沙暴、强沙暴或浓浮尘等天气；气温方面，北疆大部、东疆地区降温幅度达 8℃~22℃，南疆大部降温 4℃~7℃。全疆除吐鲁番和阿拉尔机场外，其他机场均不同程度受到该天气系统影响。

本次天气过程期间，各机场降水形态以雨、雨夹雪、雪为主，部分机场伴随冻雾、轻雾等天气(表 1)。其中，喀纳斯机场最低能见度仅 150 m，若羌机场最低能见度 300 m，且末机场最低能见度 700 m；博乐机场累计降水量最大，达 10.1 mm (13 日小雨 6.4 mm、14 日小雨 0.8 mm、14 日夜间至 15 日凌晨雨夹雪转雪 2.9 mm)，积雪深度达 8 cm；那拉提机场累计积雪深度 7 cm (14 日积雪 2 cm、15 日新增 5 cm)。大风方面，北疆大部以偏西风为主，南疆西部及喀什 - 和田 - 于田一线偏西风显著，库尔勒 - 若羌 - 且末一线以东北风为主。伊宁机场最大阵风达 19 m/s，那拉提机场最大阵风 19 m/s，若羌机场最大风速 13 m/s，莎车、喀什机场最大阵风 15 m/s。部分机场出现持续性大风天气，如库尔勒机场 13 日 13 时~14 日 03 时、13 日晚至 16 日晚持续东北风 5~13 m/s。降温幅度呈现北强南弱的特征。喀纳斯机场降温幅度最大，达 22℃；阿勒泰机场降温 18℃，伊宁、塔城机场降温 14℃；南疆各机场降温幅度相对较小，普遍在 4℃~7℃ 之间，喀什、莎车、和田等机场降温均为 4℃。

**Table 1.** Weather record during the weather process

**表 1.** 天气过程期间天气实况记录

机场	天气现象	最大风速/阵风风速(m/s)	最低能见度(m)	降温幅度(℃)
伊宁	-RA, SN, -SN, BR	11/19	900	14
那拉提	-RA, -SN, BR	14/19	1400	8
塔城	-RA, -SN, BR	09	1200	14
博乐	-RA, -SNRA, -SN, BR	-	2000	4
喀纳斯	-SHRA, FZFG, BR	10	150	22
阿勒泰	-SN	08	≥10,000	18
富蕴	-SN, FZFG	09	600	9
喀什	-	09/15	≥10,000	4
莎车	SA	09/15	1800	4
库尔勒	-	13	≥10,000	10
和田	DU, SA	09	2400	4
若羌	DU, SA	13	300	7
库车	SA	10	4000	6
哈密	DU	10	5000	9
于田	DU, SA	10	1200	4
且末	DU, SA	07	700	4
图木舒克	DU, SA	06/13	2000	7

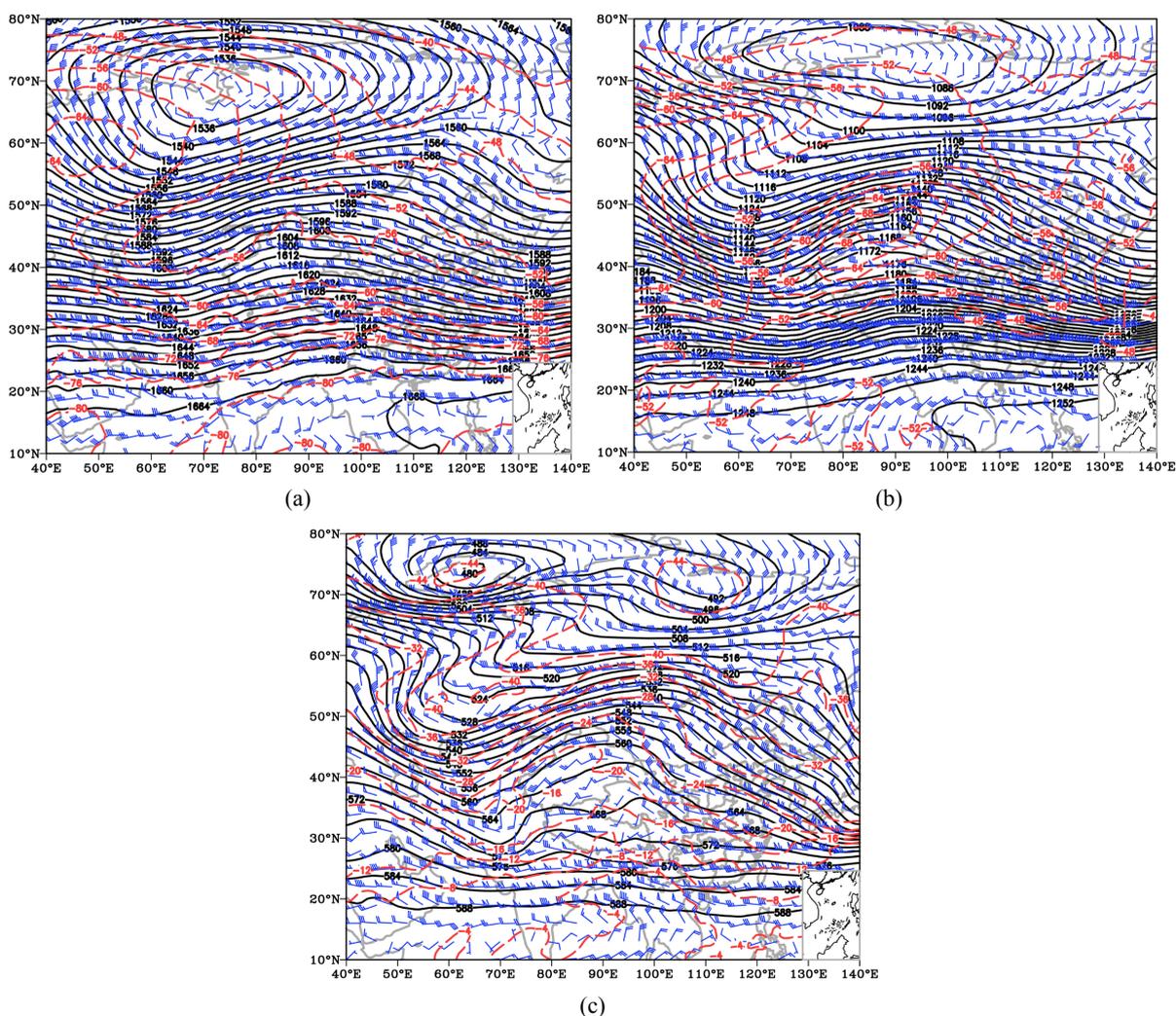
注：-RA 为小雨，SN 为雪，-SN 为小雪，BR 为轻雾，-SHRA 为阵雨，FZFG 为冻雾，DU 为浮尘，SA 为扬沙。

### 3. 环流形势

#### 3.1. 高层环流

高空 100 hPa 环流形势呈 4 波型，亚洲环流较平直，长波槽在东西伯利亚地区发展并加深，分为南

北两支,新疆地区处于南支槽前,为水汽输送和上升运动提供了有利的大尺度环流背景(图 1(a)),此次天气过程 200 hPa 风场南北支急流结合的影响,一支源自新地岛沿北欧脊前南下的西北急流,另一支来自中亚地区的偏西急流;南下的西北急流东移,使得新疆中部上空的急流显著增强(图 1(b)),其中在高空 500 hPa 伊犁河谷-天山山区-北疆沿天山一带的风速最强,急流的耦合作用为天气过程的发展提供了强劲的动力条件。欧亚范围内高空 500 hPa 环流形势经历了纬向环流向径向环流的调整,呈现两槽一脊型。新地岛的冷空气南下,欧洲脊衰退,里咸海脊持续发展,西西伯利亚低槽的东移加强是环流形势演变的核心特征(图 1(c))。14 日起,欧亚环流形势出现显著变化,欧洲脊发展,新地岛低槽伴随冷空气南下,在欧洲脊前较强的西北气流作用下,北方低槽南下至乌拉尔山地区,并与南支锋区上的低槽结合,使其逐步增强。15 日后,欧洲脊衰退,正变高南下叠加在里咸海脊上,致使西西伯利亚槽后的冷平流向南移动,有利于低槽在东移过程中加强加深,槽前西南风区进一步增强,西侧国境线上西南风速达 30 m/s 以上。

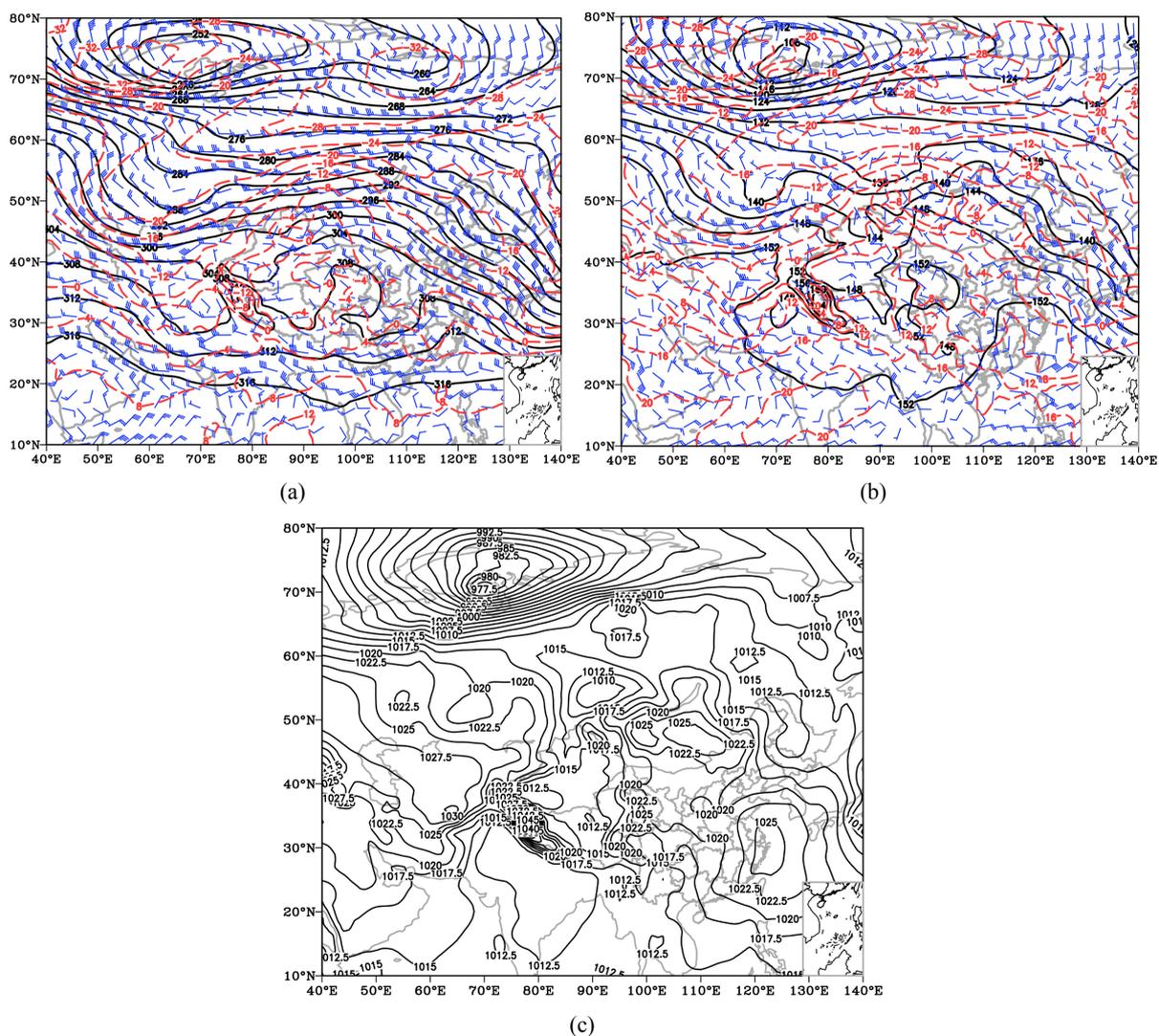


**Figure 1.** High-level circulation situation at 08:00 on March 13. (a) 100 hPa, (b) 200 hPa, (c) 500 hPa  
**图 1.** 3 月 13 日 08:00 高层环流形势。(a) 100 hPa、(b) 200 hPa、(c) 500 hPa

### 3.2. 中低层环流

高空 700 hPa 上(图 2(a)), 14 日西南风速增强至 16~25 m/s, 中亚地区西南风速的增大促使大量水汽

向北输送, 巴湖至北疆地区的温度露点差  $< 4^{\circ}\text{C}$  的站点数量明显增多, 表明该区域湿度条件充沛。低槽携带着冷空气在伊犁河谷和南疆西部不断增强, 引发北疆西部和南疆西部地区的大风天气, 同时造成伊犁河谷至北疆沿天山一带、天山山区的大降水, 以及全疆大部的降温过程, 850 hPa 形势与 700 hPa 相似(图 2(b))。地面环流形势分析表明(图 2(c)), 此次冷空气源于西方路径。地面冷高压中心由欧洲地区南下至里咸海, 再向东移动, 13 日高压中心强度为 1030 hPa, 在推动冷锋东移的过程中迅速增强, 导致北疆西部风速加大, 出现小雨天气。14~15 日, 随着冷锋压境, 北疆偏西部分地区降水相态由雨转变为雪, 高压中心强度增至 1035 hPa, 高压中心经塔城地区进入北疆, 同时受气压梯度大的影响, 北疆大部 and 南疆西部出现 5~6 级左右的西北阵风, 北疆部分地区在冷锋前后的气压差达 20 hPa, 温差达  $15^{\circ}\text{C}$ 。



**Figure 2.** Mid-low level circulation situation at 08:00 on March 13. (a) 700 hPa, (b) 850 hPa, (c) Sea level pressure field  
**图 2.** 3 月 13 日 08:00 中低层环流形势。(a) 700 hPa、(b) 850 hPa、(c) 海平面气压场

### 3.3. 极地冷空气

本次过程中极涡的“多中心结构”, 高度场呈现多个闭合低压中心, 说明此时北极极涡并非单一的“绕极环流”(图 3), 而是分裂为多个低涡中心(如格陵兰岛附近、欧亚大陆北部、太平洋北部均有低压中

心)。西伯利亚北部与北极中心的位势高度差较大,说明高空经向环流较强。极涡温度场特征表现为,结合 200 hPa 的高度层(平流层底部),温度场的分布与高度场高度耦合,冷中心对应低压中心,温度最低的区域,符合“冷性低压”的热力-动力匹配关系——平流层底部的冷空气堆积,对应位势高度降低。温度等值线与高度场等值线基本平行,且在高纬度(北极圈附近)出现密集的温度梯度带,反映了平流层底部的极锋区(冷暖空气交汇带),这也是高空急流(200 hPa 急流)的潜在位置。3 月是北极冬末向春季过渡的阶段,此时平流层环流正经历“平流层变暖”的过程(冬季极涡的冷性结构逐渐被破坏),图中的特征恰好体现了这一阶段的典型形态,冬季北极极涡通常是单一的绕极冷性低压,而图中极涡分裂为多中心,说明平流层变暖过程已开始影响极涡结构——平流层的暖空气入侵北极,导致极涡分裂、经向环流增强。

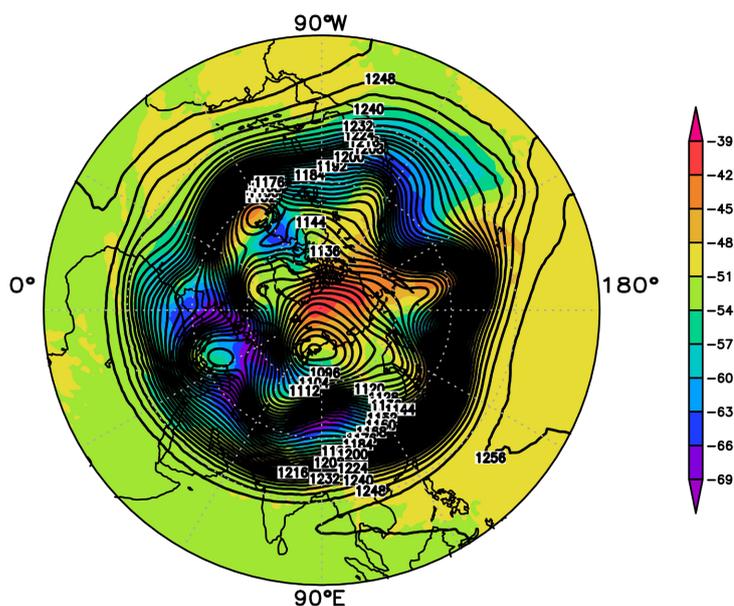


Figure 3. Distribution of polar vortex at 08:00 on March 13  
图 3. 3 月 13 日 08:00 极涡分布

#### 4. 结论

1) 高低层环流协同驱动天气过程发展高层环流中, 100 hPa 南支槽前为新疆提供了水汽与上升运动的大尺度背景, 200 hPa 南北支急流的耦合增强了新疆中部的动力条件; 500 hPa 经向环流调整形成的两槽一脊型, 通过欧洲脊、里咸海脊与西西伯利亚低槽的演变, 引导新地岛冷空气南下并与南支低槽结合, 为强天气提供了环流基础。中低层 700 hPa 西南急流的水汽输送与地面冷高压的东移增强, 进一步触发了北疆的降水、全疆的大风与降温, 各层次环流的协同作用是此次天气过程的核心驱动机制。

2) 极地环流异常为冷空气活动提供背景北极 200 hPa 平流层底部的极涡呈现多中心分裂结构, 结合冬末平流层变暖过程, 极涡的经向环流增强, 促进了北极冷空气向中纬度的输送; 极涡冷中心与低压中心的热力-动力匹配, 以及高纬度密集的温度梯度带, 不仅反映了平流层的环流特征, 也通过垂直耦合作用为中纬度冷空气南下提供了极地背景条件, 是此次新疆强天气过程的重要环流前兆信号。

3) 天气过程的区域特征与环流关联明确此次天气过程中, 北疆降水相态的转变(雨转雪)、大风风向的区域差异(北疆偏西风、南疆东北风), 以及降温的北强南弱特征, 均与环流的空间分布直接相关, 北疆处于 500 hPa 强锋区与地面冷高压底部等压线密集区, 导致降水强度大、降温幅度高; 南疆受环流配置影响, 风力与降温相对较弱, 环流的区域差异直接决定了强天气的空间分布特征。

---

## 参考文献

- [1] 曼吾拉·卡德尔, 刘鑫华, 李云翔, 等. 西北干旱区机场低空风切变基本特征分析[J]. 干旱气象, 2024, 42(3): 347-356.
- [2] 曼吾拉·卡德尔, 张璐, 刘鑫华, 等. 塔里木盆地两次沙尘天气过程对比分析[J]. 中国沙漠, 2023, 43(4): 76-88.
- [3] 王淼淼, 丁明虎, 吕俊梅, 等. 近 40 年中国冬季寒潮的气候特征及大气环流异常[J]. 应用气象学报, 2024, 35(3): 298-310.
- [4] 马依拉·买合木提, 石继宏, 阿地力·苏拉衣曼, 等. 2014 年 4 月北疆一次寒潮天气过程的诊断分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 821-832
- [5] 周雅蔓, 刘晶, 赵勇, 马超, 李娜. 春季热带海温与北疆夏季极端降水的关系研究[J]. 冰川冻土, 2021, 43(4): 1166-1178
- [6] 高文哲, 丁瑞昌, 黄菲. 对流层北极极涡强度和形态的年代际变化及其季节性特征[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(3): 724-734
- [7] 陈颖, 贾孜拉·拜山, 邵伟玲, 刘精. 增暖背景下北极涛动对新疆冬季平均气温的影响[J]. 干旱气象, 2022, 40(2): 195-201.