

周雪英,张云惠,仇会民,等.2023年5月巴州北部平原极端低温天气成因及可预报性分析[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(6):67-74.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2023.06.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2023年5月巴州北部平原极端低温天气成因及可预报性分析

周雪英¹,张云惠^{2*},仇会民¹,杨柳¹,刘长埔¹

(1.巴音郭楞蒙古自治州气象局,新疆 库尔勒 841000;2.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用常规观测、1日4次FNL1°×1°、NCEP2.5°×2.5°再分析等资料,探讨2023年5月2—7日巴州北部平原极端低温雨雪天气成因及可预报性。结果表明:(1)极端低温雨雪天气发生在高层北半球极涡呈偏心型,500 hPa 乌拉尔山阻塞高压发展、深厚中亚低涡在新疆长时间维持的环流背景中,低涡持续时间和冷中心强度对天山南坡的影响在5月实属罕见。(2)较强冷空气自西北路径翻越西天山进入南疆盆地,与南疆盆地东灌冷空气在巴州北部汇合增强,降水落区位于低层暖平流中心和850 hPa 锋生区域,雨转雪加剧巴州北部平原最低气温的降幅。(3)EC模式形势预报提前96 h对中亚低涡的可预报性差,72 h内能较准确刻画低涡强度、位置和移动路径,但细节存在偏差;对最低气温预报EC模式稳定、准确,具有极强参考价值;对库尔勒城区降水和雨雪相态预报,智能网格及NCEP、EC、CMA-GFS数值模式预报能力有限。

关键词:巴州北部平原;极端低温;天气成因;可预报性

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)06-0067-08

春季灾害性天气种类多、冷空气活动频繁,易造成寒潮或低温冻害发生,但南疆盆地春季冷空气活动高频时段集中在4月^[1],进入5月,南疆盆地气温迅速升高、降水增多,冷空气活动常造成大风、沙尘暴、局地冰雹和暴雨等多种灾害性天气^[2-6],但云、风、沙等天气现象和城市热岛效应均有效制约最低气温的下降,因此5月南疆盆地很少发生寒潮和低温霜冻天气。近年来全球气候变暖加剧,西北干旱区新疆气候呈现“暖湿化”特征,气温上升的趋势显著,极端气候事件的频次和强度剧烈变化^[7],5月寒潮和持续低温天气时有发生,发生后低温强度和范围增

强,致使霜冻天气加剧发展,且霜冻灾害造成的损失极其严重^[8-9]。春霜冻又称为晚霜冻,指在农作物生长期里,地面和植物表面温度短时间下降到引起农作物遭受伤害或者死亡的低温,它与最低气温有着密切的关系,南疆盆地晚春低温冻害发生后,喜温作物和果蔬等农林作物正处于幼苗生长和开花坐果阶段,抗冻能力弱,往往造成严重灾害^[10-11]。目前关于低温霜冻研究多集中在霜冻气候变化特征的分析^[12-14],近年来新疆暖湿化加剧,对南疆盆地5月的天气研究多集中在春季降水的影响系统、发生背景、水汽、动力、热力机制和预报经验指标等^[15-18],而低温霜冻天气主要受环流背景异常、影响系统持续时间、冷空气入侵强度及路径、地面冷锋过境、霜冻线移动速度以及地形等综合条件的影响^[19]。目前对南疆极端低温雨雪天气成因研究个例分析较少,2023年5月2—7日巴州北部平原发生了一次大范围、高影响的罕见极端低温雨雪天气,此次天气发生在春末,持续时间长、影响范围广,致使巴州地区棉花、林果等喜

收稿日期:2023-08-21;修回日期:2023-10-31

基金项目:新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(2022B03027-1、2022B01012-1);新疆气象局创新发展面上项目(202301)

作者简介:周雪英(1982—),女,高级工程师,主要从事天气预报预警技术和天气机理研究。E-mail:zhouxueying2004@163.com

通信作者:张云惠(1968—),女,正高级工程师,主要从事新疆暴雨(雪)及中亚低涡灾害性天气研究。E-mail:715208285@qq.com

温作物遭受严重冻害,损失惨重。那么,在增暖背景下,如何做好春季异常极端低温过程中最低气温和雨转雪天气的精准预报,是今后预报预警服务的关键。本文利用常规观测、FNL、NCEP再分析等资料,对此次极端低温雨雪天气的异常环流背景、冷空气特点、温度平流和锋区结构特征以及可预报性进行诊断,以期提高春季低温霜冻天气的预报预警准确率,为防灾减灾提供参考和依据。

1 低温天气影响及极端性

1.1 天气概况及灾情

2023年5月2—7日巴州北部平原遭遇极端低温雨雪霜冻天气。2—5日先后出现大风、沙尘暴、暴雨、局地冰雹,6日,尉犁、库尔勒、焉耆盆地出现同期最晚的罕见雨转雪;7日,清晨平原各地普遍遭遇低温霜冻,和硕、和静、库尔勒、轮台最低气温打破历史同期极值。此次天气正值巴州各类喜温农作物出苗及幼苗生长关键期,致使巴州北部平原棉花、加工辣椒和番茄等农作物受灾面积达96 305.6 hm²,经济损失3.38亿元,给当地工农业生产和人民群众生活造成严重影响和危害。

1.2 低温天气的极端性特征

2023年5月上旬巴州平均气温仅为10.3℃,历年平均气温为16.9℃,较历年偏低6.6℃,突破历史同期极值;巴州平原各地最低气温也异常偏低,其中和硕、和静、库尔勒、轮台4站极端最低气温分别为-1.8、-0.9、0.5、0.7℃,均破历史同期极值。5月6日巴州北部平原出现雨转雪也具有极端性,巴州平原历年降雪最晚出现在4月,5月除尉犁县1982年5月11日出现过降雪,其余地区均无降雪天气发生。

根据巴州278个地面气象观测站和86个乡镇资料分析,2023年5月上旬最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 逐日分布和受低温霜冻影响农业乡镇占比变化见图1。5月3日巴州个别农业乡镇出现轻霜冻,日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的有1站次;4—5日有54站次日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$,3%~8%的农业乡镇出现霜冻,有82站次日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,21%~28%的农业乡镇出现轻霜冻;6—7日有158站次日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$,28%~69%的农业乡镇出现霜冻,有243站次日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,基本全部农业乡镇出现轻霜冻;8—9日仍有80站次日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,13%~42%的农业乡镇出现轻霜冻。此次极端低温天气致使巴州各农业乡镇普遍出现轻霜,超过69%的农业乡镇出现严重霜冻,此次极端低温霜冻天气持续时间长,造成灾害重,影响范围广。

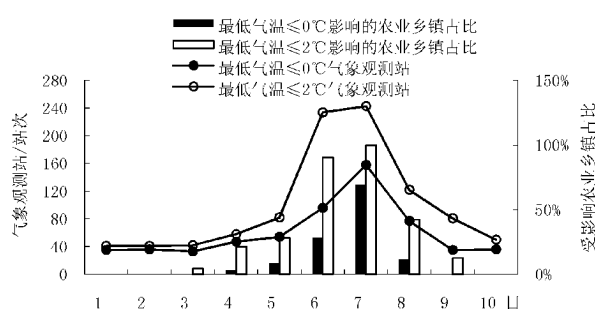


图1 1961—2023年5月上旬巴州最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 自动站数量及霜冻影响乡镇占比逐日变化

2 极端低温成因

2.1 极涡与中亚低涡活动异常

2023年5月2—7日100 hPa高度及距平场上,北半球极涡呈持续偏心型,中心位于 80°N 的鄂霍茨克海附近,同时极涡向西伸至新地岛西南侧,新地岛附近是冷空气活动中我国达到寒潮次数最多的源地^[20]。500 hPa欧亚范围中高纬呈“两脊两槽”的经向环流,即欧洲为低槽活动区,乌拉尔山—西西伯利亚为经向度较大的阻塞高压脊,对应16 dagpm的正距平,新疆为深厚的中亚低涡,对应14 dagpm的负距平,正负距平“西北高、东南低”的配置,有利于中亚低涡南下,下游蒙古为浅高压脊。由于乌拉尔山高压脊稳定维持,中亚低涡携带冷空气分两段影响巴州北部,2—4日乌拉尔山高压脊向北发展,脊前北风带引导冷空气南下(图2a),巴州北部受中亚低涡南压影响,出现大风沙尘暴、暴雨、局地冰雹;5—7日乌拉尔山阻塞高压并向东北伸展(图2b),引导冷空气不断在西西伯利亚堆积,中亚低涡西退至北疆西部翻山进入天山南坡,在东移北抬过程中造成巴州北部极端低温雨雪天气。中亚低涡影响新疆的强度及移动路径统计分析表明^[21–22],中亚低涡东移过程中,均减弱成槽影响新疆,但本次中亚低涡进入新疆后长时间维持,比较少见。

2.2 中亚低涡影响新疆时间长、冷中心强

由新疆逐日500 hPa高度和温度场的时间剖面(图3)可知,2023年5月2—7日,乌拉尔山阻塞高压长时间维持,新疆受稳定深厚的中亚低涡影响(图3a、3c)。2—4日,东欧至乌拉尔山高压脊不断向北发展,中亚低涡中心位于西西伯利亚 55°N 附近,中心值为532 dagpm,并伴有 -36°C 的冷中心,槽底南伸至 40°N 以南,巴州北部位于中亚低涡底部,受低涡556 dagpm等高线及 -26°C 等温线南压影响,巴州北部出现大风、沙尘暴、局地暴雨、大范围强对流

天气,5月4日,平原北部日最低气温开始下降,有47站次 $\leq 0^{\circ}\text{C}$,3%的农业乡镇出现霜冻,58站次日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,21%的农业乡镇出现轻霜冻。5—7日,欧洲高压脊缓慢向东南衰退,中亚低涡在北疆西退南压,然后自西天山翻山进入天山南坡,配合有 -32°C 的冷中心,6日08时, -30°C 的冷舌南伸至 40°N 附近(图3b、3d),造成巴州北部库尔勒、尉犁、焉耆盆地罕见雨转雪天气,7日08时,巴州158站次日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$,69%的农业乡镇出现霜冻,243站次日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$,基本全部农业乡镇出现轻霜冻。

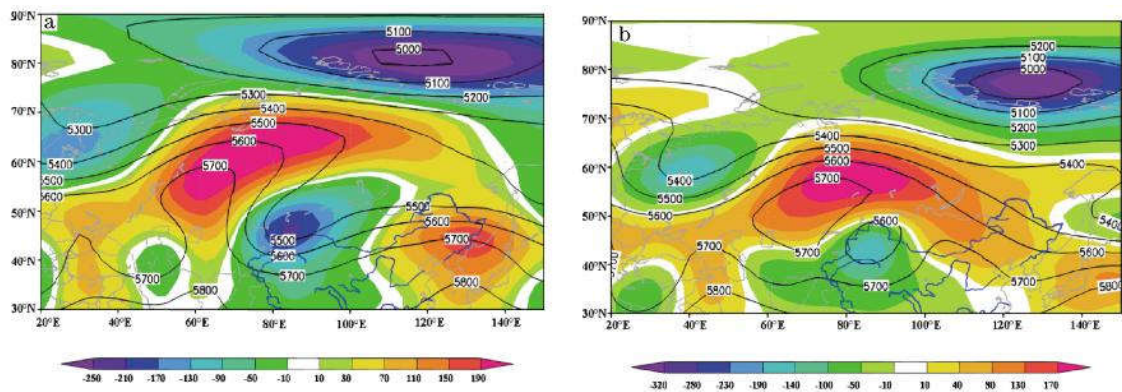


图2 2023年5月2—4日(a)和5—7日(b)500 hPa高度及其距平

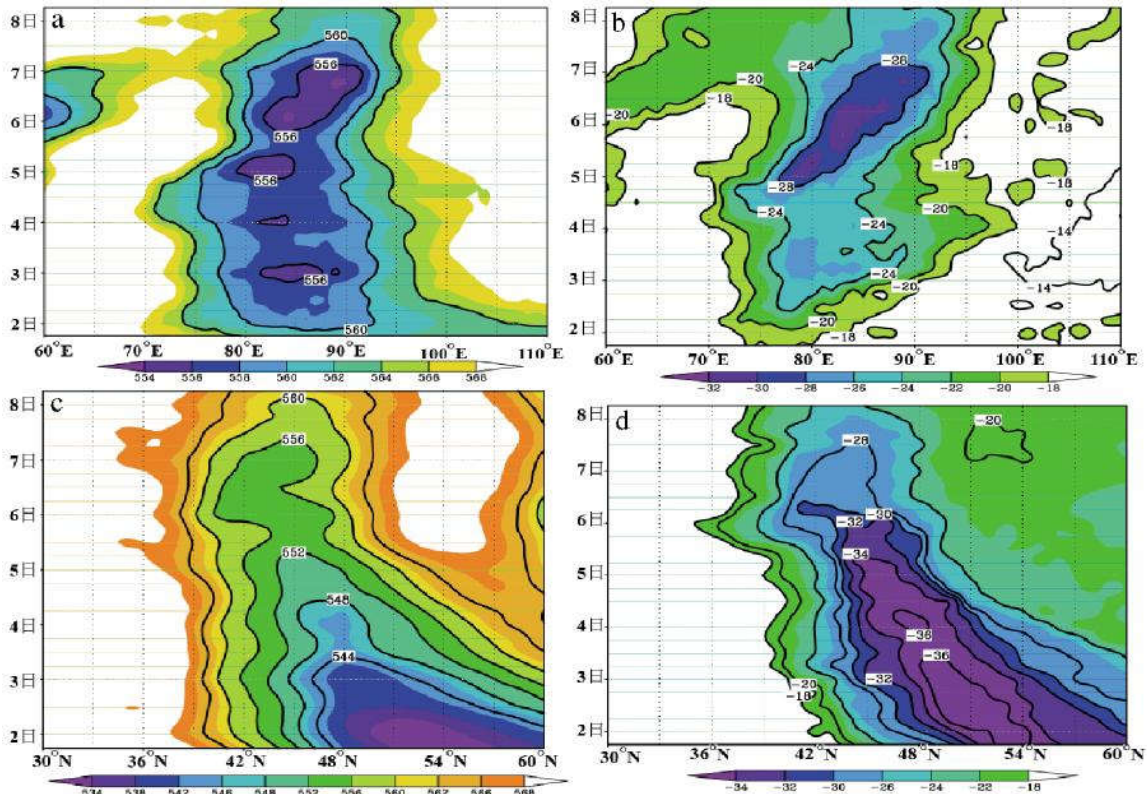


图3 2023年5月2—7日沿 41°N 500 hPa高度(a,单位:dagpm,阴影区:位势高度 ≥ 544 dagpm,下同)和温度(b,单位: $^{\circ}\text{C}$,阴影区:温度 $\leq -18^{\circ}\text{C}$,下同)的时间—经向剖面及沿 86°E 500 hPa高度(c)和温度(d)的时间—纬向剖面

600 hPa; 过程中后期5—7日0℃线高空位置逐步降低, $\geq 0.4 \times 10^{-5}$ K/s的暖平流中心明显下降, 位于700 hPa以下, 6日0℃线降至850 hPa附近, 在800 hPa出现 0.6×10^{-5} K/s的暖平流中心, 巴州北部出现雨转雪天气。2—6日600 hPa以上长时间维持 $< -0.5 \times 10^{-5}$ K/s的冷平流, 冷平流最强中心在400 hPa附近, 达 -4.8×10^{-5} K/s, 出现在5日夜間(图4a)。低层为大范围弱的冷平流包裹着分散的暖平流, 说明局地热力不均, 有利于冷暖交汇和局地对流发展。

从500 hPa水平方向过程平均温度与温度平流分布(图4b)可知, 中亚低涡冷中心平均强度为 -30 ℃, 位于北疆偏西偏北一带, 巴州北部平原受 -24 ℃等温线控制, 巴州北部温度平流在 $-0.5 \sim 2.4 \times 10^{-5}$ K/s, -4.8×10^{-5} K/s的强冷平流中心位于巴州东部的东疆地区, 即东灌的冷空气对此次降温起到重要作用。从850 hPa水平方向上过程平均温度与温度平流分布(图4c)可知, 巴州北部平原受6℃等温线控制, 850 hPa温度平流为 $\pm 0.2 \times 10^{-5}$ K/s冷暖平流之间, 在库尔勒地区西南部弱冷平流中包裹着 0.8×10^{-5} K/s的暖平流, 有利于降水天气的发生。

2.3.2 锋生与雨雪影响

在2023年5月2—7日新疆维持长历时的低涡活动过程中, 巴州北部平原出现两次明显降水时段, 都伴随巴州北部平原锋生过程。过程前期受中亚低涡南伸影响, 3日01时—4日09时, 巴州北部库尔勒市、博湖县及和硕县出现中到大雨, 博湖县出现暴雨。

由3日02时500 hPa假相当位温 and 锋生函数分布(图5a)可知, 巴州北部山区为明显的西风锋区, 锋区不断南压, 北部山区锋生中心达 3×10^{-7} K/(m·s); 巴州北部暴雨天气与低层锋生关系更密切, 且与暴雨落区对应^[23], 从3日14时850 hPa假相当位温和锋生函数分布(图5c)可知, 3日在轮台北部——巴音布鲁克山区一带开始锋生, 锋生中心强度为 $1.8 \times$

10^{-7} K/(m·s), 随后锋生区向东南移动造成博湖暴雨。

5—7日中亚低涡先南压后东移北抬, 5日12时—6日14时巴州北部尉犁县、库尔勒市、焉耆盆地出现小雨转雪, 其中6日07时转雪, 6日11时由雪转雨, 降雪中心在尉犁县, 6日02时500 hPa巴州北部存在明显的西南风锋区(图5b), 锋生中心强度为 2.5×10^{-7} K/(m·s), 6日08时850 hPa在库尔勒偏东至焉耆盆地出现不足6h的短暂锋生(图5d), 锋生中心强度为 1.2×10^{-7} K/(m·s), 低层锋生与巴州北部平原降水关系密切。3日夜間和6日上午巴州北部平原出现降水有利于降温, 6日出现罕见雨转雪, 7日清晨天气转晴后, 平流和辐射降温进一步加剧最低气温的下降幅度。

2.4 地面冷空气补充

由2—4日海平面气压场(图6)可知, 冷高压中心位于巴尔喀什湖西北部, 中心值达1030 hPa, 1015 hPa等压线位于巴州北部, 较历年同期偏高1 hPa。5—7日冷高压中心位于西伯利亚地区, 中心值达1025 hPa, 1020 hPa等压线位于巴州北部, 较历年同期偏高5~7 hPa。过程前期冷空气沿西北路径南下进入新疆, 造成北疆偏西偏北地区降温, 过程中后期, 冷空气得到东北路径的补充, 受两路冷空气共同影响, 巴州北部出现大范围极端低温雨雪天气。

从海平面气压场纬向—时间剖面(图6a)可知, 2—4日位于巴州西侧的冷高压中心逐日增强, 4日冷高压中心强度为1022.5 hPa, 5日达1027.5 hPa, 6日增强至1034 hPa, 位于80°E附近, 冷空气势力较历年同期明显偏强。

从经向剖面(图6b)可知, 4—5日1022.5 hPa的冷高压南压至42°N以北, 6日1022.5 hPa的冷高压南压至39°N到达巴州北部平原, 南疆西部翻山冷空气与南疆盆地东灌冷空气于6日08时在巴州北部汇合, 使6日08—11时巴州北部高空、地面

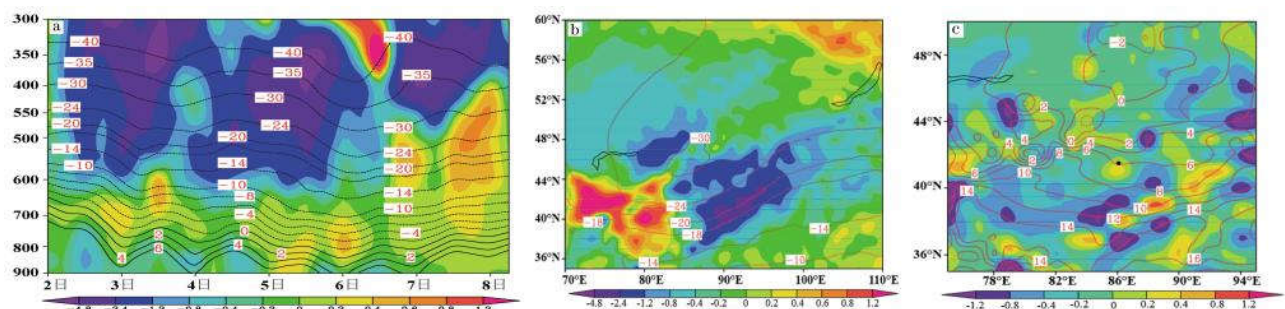


图4 2023年5月2—7日(40°~42.5°N, 84°~90°E)巴州北部平原区域高度—时间剖面(a), 500 hPa(b)和850 hPa(c)平均温度(黑色实线, 单位:℃)及温度平流(彩色阴影区, 单位: 10^{-5} K/s)
(●为库尔勒市)

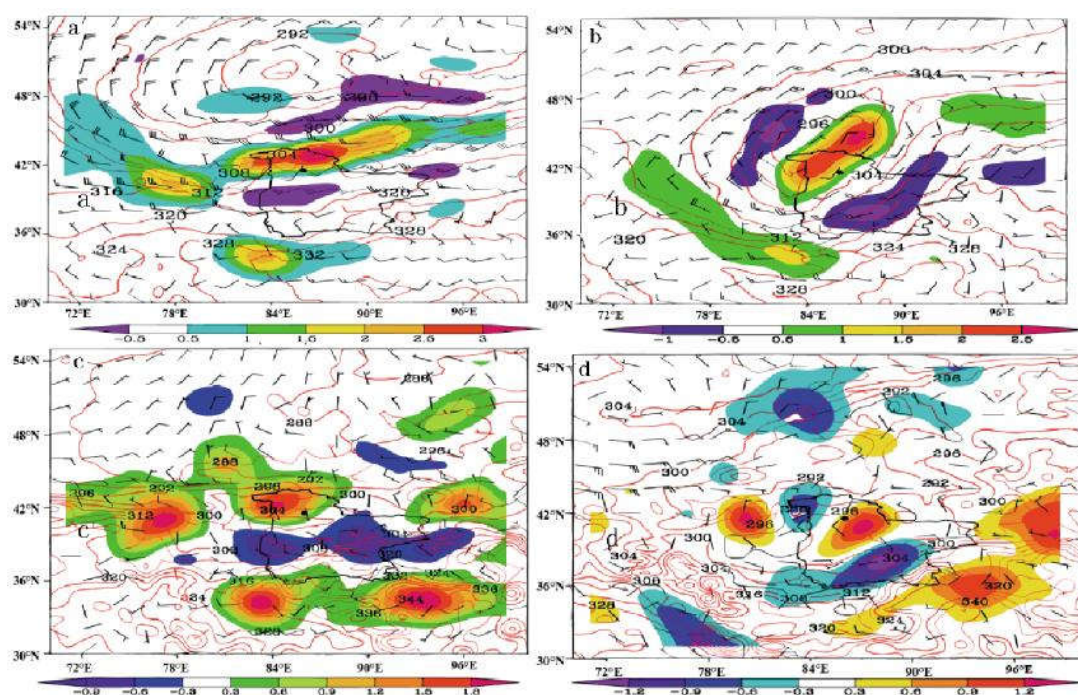


图 5 3 日 02 时(a)、6 日 02 时 500 hPa (b)及 3 日 14 时(c)、6 日 08 时(d) 850 hPa 锋生函数(彩色阴影区,单位: 10^{-7} K/m·s)和假相当位温(红色等值线,单位:K)

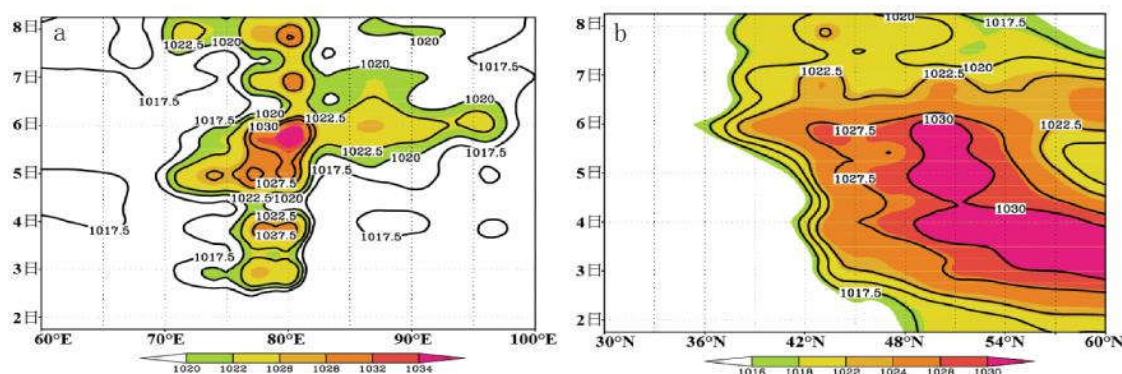


图 6 2023 年 5 月 2—7 日海平面气压场沿 41°N 剖面(a)和沿 86°E 剖面(b)

温度快速下降,出现罕见雨转雪天气。

3 可预报性分析

3.1 中亚低涡强度、稳定性及预报偏差分析

中亚低涡影响巴州北部的天气,往往空报率较高,中亚低涡位置偏南有利于南疆盆地出现降水或降温天气^[21-22]。对比中亚低涡中心位置及移动路径实况与 ECMWF(以下简称“EC”)模式不同起报时间预报,结果表明 2—7 日中亚低涡不同起报时间逐 12 h 移动路径变化一致,表现为 3 日中亚低槽西退南压、4 日低槽加深东移至新疆切涡、5 日中亚低涡在新疆西退南压、6 日低涡在天山南坡东移北抬影响巴州北部,但低涡中心强度和移动路径在预报细节上存在差异,导致对巴州北部的影响有不确定性。

从 EC 96 h 预报的路径变化可知,中亚低涡中心强度较实况偏弱,位置偏北偏东,对巴州北部影响相对较弱;3 日起报低涡中心位置明显调整西退南压至新疆偏西的伊犁河谷一带,同时低涡冷中心降至 -30°C ,对巴州北部可能产生明显影响。由于天山山脉阻挡作用,后续的移动路径是否翻越西天山进入南疆盆地,这对巴州北部平原低温雨雪预报很关键。72 h 内预报的中亚低涡中心位置和强度与实况基本一致,且 5 日预报的冷中心强度强于实况。与实况出现偏差的关键预报在 6 日 08 时,中亚低涡外围 -28°C 等温线东移南压的位置,6 日实况 -28°C 等温线明显偏南,3—5 日 EC 模式预报整体沿巴州北部山区一带东移北抬,并未预报出 -28°C 等温线南压至 40°N 巴州北部平原附近。6 日 08 时实况中亚

低涡南压和冷空气西翻位置都更偏南一些。

整体来看,EC模式对于中亚低涡中心强度、位置预报较好,提前96 h稳定性略差,提前72 h内中亚低涡预报连续性、一致性较好,对于巴州北部预报偏差主要体现在低涡外围-28℃等温线和地面冷高压关键特征线南压的位置。

3.2 巴州北部极端最低气温可预报性

对比分析5月7日各种模式不同起报时间对巴州北部国家站24 h最低气温预报的平均误差(图7a)可知,EC模式预报偏差最小,误差为0.7~1.5℃,基本接近实况;CMA—GFS和NCEP预报偏差为3.5~8.4℃,误差较大,预报整体高于实况较多。分析各种模式不同时效预报误差可知,CMA—GFS模式最低气温误差随着预报时效临近,误差逐步减小;NCEP模式误差呈波动式增加;EC模式整体对极端最低温度预报稳定、准确,可提前72 h准确预报出最低气温,且误差控制在1℃以内,具有业务参考价值。

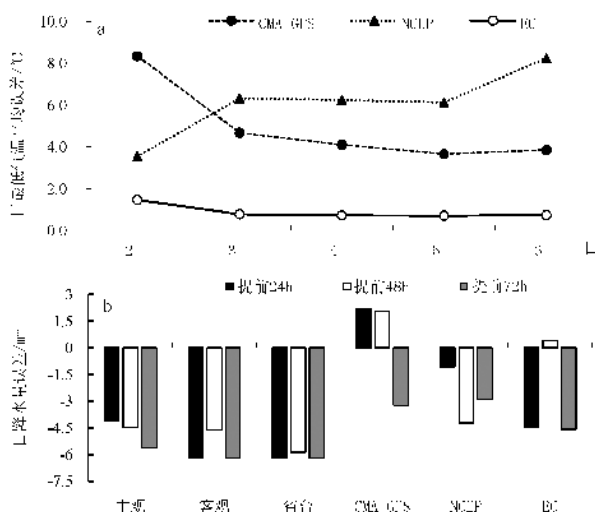


图7 2023年5月7日巴州北部国家站各模式日最低气温不同起报时间平均误差(a)和5月6日库尔勒城区日降水量各模式及智能网格不同时效预报误差(b)

由5月7日08和20时不同时效预报的最低气温(表1)可知,从2日开始起报至6日,平均误差EC模式<1℃,NCEP模式误差最大,为5.8~6.5℃,CMA—GFS模式居中,为4.1~4.9℃。NCEP和CMA—GFS模式20时起报误差均<08时起报,EC模式则相反,08时起报误差略<20时起报。

3.3 库尔勒罕见雨转雪的可预报性

从6日库尔勒城区罕见雨转雪降水实况对应的不同预报时效多模式日降水量误差分析可知,6日

表1 巴州北部5月7日各种模式不同起报时间极端低温平均误差变化/℃

预报起报时间	2日	3日	4日	5日	6日	平均误差
CMA—GFS 08时	7.2	5.1	4.4	3.6	4.4	4.9
CMA—GFS 20时	5.5	4.3	3.8	3.7	3.3	4.1
NCEP 08时	8.0	7.0	6.2	6.1	5.3	6.5
NCEP 20时	-0.9	6.1	6.4	6.0	11.5	5.8
EC 08时	0.8	1.1	0.8	0.8	0.7	0.8
EC 20时	2.2	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9

库尔勒城区24 h降水量为6.2 mm,降水相态复杂,包括雨、雨夹雪和雪3种相态,且固态雨夹雪降水量为5.1 mm。不同提前量的模式降水预报中,NCEP、EC模式为负偏差,说明降水量预报偏小;智能网格不同预报产品也是一致的负偏差,且库尔勒城区降水漏报;72 h内CMA—GFS数值模式与其他模式一致表现为明显偏差,但是提前48 h开始CMA—GFS模式明显调强,库尔勒降水为2 mm左右的正偏差,与实况接近,对于库尔勒降水预报具有很强的指导价值。但是CMA—GFS模式对库尔勒降水预报空报率较高,尤其预报小量级降水时,多种模式降水预报一致偏小。

库尔勒城区降水相态预报是此次天气的难点,一般情况下春季巴州北部平原降温过程中发生降水时,当850 hPa温度在0℃附近、地面温度在2℃以上、降水量级预报较小时,结合云、城市热岛效应等条件,温度一般会有弱的上升,就不会考虑雨转雪天气,当出现雨转雪后,致使气温下降的更明显。因此,对于库尔勒城区降水智能网格预报及数值模式确定性预报整体预报偏小,对于雨雪相态转换的模式预报评估,需要更多精细资料深入分析,这也是今后工作开展的重点方向。

4 结论

本文利用多种资料,对2023年5月2—7日巴州北部极端低温雨雪天气成因和可预报性进行分析,主要结论如下:

(1) 极端低温雨雪天气发生在北半球极涡异常活动呈偏心型,乌拉尔山阻塞高压向东北发展,深厚中亚低涡配合-36℃的冷中心在新疆长时间维持,中亚低涡自北疆西部翻山进入南疆,-30℃冷舌伸至巴州北部的有利天气背景下。5月影响新疆的中亚低涡多为浅薄型低涡,深厚型中亚低涡在

7月出现最多^[24-26],此次深厚中亚低涡在新疆持续时间及强度出现在5月实属罕见,低涡深厚与浅薄、持续时间的长短对巴州北部平原天气演变影响差异巨大。

(2)西北路径冷高压东移南压强度较历年同期偏强,冷高压平均中心值达1025 hPa,南疆盆地西翻冷空气与东北路径东灌冷空气在巴州北部汇合增强,造成巴州北部极端雨雪降温。巴州北部高层强冷平流,低层为弱的冷平流包裹暖平流,冷暖交汇致使局地锋生。巴州北部平原两次明显降水时段,与低层锋生和暖平流关系密切,降水落区位于低层暖平流中心和850 hPa锋生区域,降水天气有利于气温下降。巴州平原北部发生雨转雪时,850 hPa温度降至0℃左右,地面气温骤降至2℃左右,雨转雪天气进一步加剧平原最低气温的降幅。

(3)72 h内EC模式形势预报较准确预报出中亚低涡中心位置、强度与移动路径,但对低涡外围关键等温线南压位置、低槽移动方向等细节预报有差异,致使对巴州北部雨雪降温预报存在不确定性,尤其中亚低涡外围-28℃等温线东移南压的位置对巴州北部平原雨雪降温天气起决定作用。

(4)NCEP、EC、CMA—GFS数值模式对温度和降水预报的可参考性,各模式表现不一。EC模式最低气温预报基本接近实况,NCEP、CMA—GFS模式对极端低温预报偏差大,基本无参考价值;NCEP、EC模式对库尔勒单站降水预报为负偏差,预报偏小,CMA—GFS模式为正偏差,预报偏大。对于日最低气温的预报,一般情况更多是参考20时起报,本次检验表明08时起报的温度也需要关注并检验,综合考虑有利于提高预报准确率。

参考文献:

- [1] 胡小玲. 我国南疆春季沙尘暴天气成因和数值模拟研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2022.
- [2] 热孜瓦古·孜比布拉, 吕新生, 王鹏飞, 等. 2020年春季南疆西部一次极端暴雨成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(3): 20-28.
- [3] 杨霞, 张云惠, 张超, 等. 南疆西部“5·21”极端大暴雨成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020, 14(1): 21-30.
- [4] 李如琦, 李建刚, 王江, 等. 南疆西部暴雨过程的动力热力结构分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(1): 9-16.
- [5] 李如琦, 李建刚, 唐冶, 等. 中亚低涡引发的两次南疆西部暴雨中尺度特征对比分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 297-304.
- [6] 周宏, 杨利鸿, 胡素琴, 等. 2014年南疆西部一次大风天气过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(06): 50-55.
- [7] 陈颖, 杨智敏, 张旭. 增暖背景下新疆冷冬与极端低温事件的联系[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(5): 1-7.
- [8] 陈豫英, 陈楠, 杨银, 等. 贺兰山东麓春季最低气温和霜冻精细化格点预报产品的检验[J]. 自然灾害学报, 2019, 28(1): 198-206.
- [9] 丁永平. 宁夏主栽果树苹果、酿酒葡萄、桃晚霜冻风险区划[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.
- [10] 张祖莲, 毛炜峰, 张山清, 等. 北疆春季气温和霜冻网格精细化预报订正及检验[J]. 气象, 2022, 48(11): 1460-1474.
- [11] 隆永兰, 刘濛濛, 张山清, 等. 1961—2015年焉耆盆地霜冻气候分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(1): 81-85.
- [12] 周成龙, 钟昕洁, 孙怀琴, 等. 库尔勒市霜冻特征及其驱动力分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(3): 82-86.
- [13] 黄玖君, 师国强, 邓小霞. 且末绿洲1961—2010年霜冻的变化特征及其对主要农作物的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(2): 47-50.
- [14] 王荣梅, 张晓琴, 刘姣, 等. 新疆喀什地区近50a来霜冻变化特征及其对农业的影响[J]. 干旱气象, 2013, 31(2): 309-312.
- [15] 周雪英, 贾健, 刘国强, 等. 2017年春季南疆中部两次强降水天气环流配置及干冷空气侵入特征对比[J]. 气象科技, 2018, 46(6): 1201-1210.
- [16] 周雪英, 彭军, 刘杰. 库尔勒市强降水天气的环流配置及触发机制分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(5): 47-55.
- [17] 曾勇, 杨莲梅. 新疆西部一次极端暴雨事件的成因分析[J]. 高原气象, 2018, 37(5): 1220-1232.
- [18] 庄晓翠, 李博渊, 赵江伟, 等. 基于HYSPLIT模式分析的塔克拉玛干沙漠南缘暴雨水汽特征[J]. 气象, 2022, 48(3): 311-323.
- [19] 杨洋, 张磊, 陈豫英等. 贺兰山东麓酿酒葡萄种植区晚霜冻低温持续时间规律分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54(6): 149-154.
- [20] 朱乾根, 林锦瑞, 寿邵文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [21] 秦贺, 杨莲梅, 张云惠. 近40年来塔什干低涡活动特征的统计分析[J]. 高原气象, 2013, 32(4): 1042-1049.
- [22] 张云惠, 杨莲梅, 肖开提·多莱特, 等. 1971—2010年中亚低涡活动特征[J]. 应用气象学报, 2012, 23(3): 312-321.
- [23] 周雪英, 仇会民, 温春, 等. 2020年初夏中天山一次罕见雨转暴雪天气成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(6): 67-76.
- [24] 杨莲梅, 张云惠, 秦贺. 中亚低涡研究若干进展及问题[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(5): 1-8.
- [25] 杨涛, 杨莲梅, 李建刚, 等. 中亚低涡及其对新疆强降雨影响研究进展[J]. 暴雨灾害, 2022, 41(6): 613-620.
- [26] 熊秋芬, 苏小岚, 吐莉尼莎, 等. 引发新疆强降水的中亚气旋分析[J]. 气象与环境科学, 2021, 44(1): 36-45.

Causes and Predictability of Extreme Low-temperature Weather in the Northern Plain of Bazhou in May 2023

ZHOU Xueying¹, ZHANG Yunhui², QIU Huiming¹, YANG Liu¹, LIU Changyong¹

(1. Bayingolin Mongolian Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Korla 841000, China;

2. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

Abstract Using conventional observation, FNL $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ and NECP $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ for 4 times one day reanalysis data and other data to explore the causes and predictability of extreme low-temperature rain and snow weather in the northern plain of Bayingolin Mongolian Autonomous Prefecture (Bazhou for short) from May 2nd to 7th, 2023. The results showed that: (1) extreme low-temperature rain and snow weather occurred in the upper northern hemisphere with an eccentric polar vortex. In the circulation background of 500 hPa Ural Mountain blocking high pressure development and long-term maintenance of deep Central Asian low vortices in Xinjiang, the impact of low vortex duration and cold center intensity on the southern slope of Tianshan Mountain was rare in May; (2) the strong cold air crossed the western Tianshan Mountains from the northwest path and entered the southern Xinjiang basin. It merged with the cold air from the eastern part of the southern Xinjiang basin and strengthened in the northern part of Bazhou. The precipitation area was located in the center of the low-level warm advection and the 850 hPa frontogenesis area, and the change from rain to snow exacerbated the decrease in the minimum temperature in the northern plain of Bazhou; (3) the EC model had poor predictability for the Central Asian low vortex when predicting the situation 96 hours in advance, and could accurately depict the strength, position, and movement path of the low vortex within 72 hours, but there were deviations in the details; the EC model for predicting minimum temperature was stable, accurate, and had strong reference value; the intelligent grid and NCEP, EC, and CMA-GFS numerical models had limited predictive capabilities for precipitation and snow phase prediction in the urban area of Korla.

Key words northern plain of Bayingolin Mongolian Autonomous Prefecture; extreme low-temperature; weather causes; predictability