Open Journal of Natural Science 自然科学, 2022, 10(2), 151-164
Published Online March 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ojns
https://doi.org/10.12677/ojns.2022.102020

基于ECMWF细网格模式在2018年11月乌鲁木齐机场一次大风降雪天气过程中的释用分析

刘　倩，张宇翔，尹才虎，张明旭

民航新疆空中交通管理局，新疆 乌鲁木齐

收稿日期：2022年2月16日；录用日期：2022年3月17日；发布日期：2022年3月23日

摘　要

本文应用美国环境预报中心(NCEP) FNL全球分析0.25 × 0.25再分析资料及ECMWF细网格(0.25 × 0.25)数值预报产品，对2018年11月24日至25日发生在乌鲁木齐地窝堡机场的一次大风降雪天气过程进行分析及预报释用，结果表明：1) 高空槽东移，强冷空气南下，高空风温转变，充足的水汽，地面形势场配合，导致了此次大风降雪天气过程的出现；2) 此次东南大风是明显的锋前减压加回流型。当700 hPa与850 hPa的温度在6小时内出现明显的剧烈上升后剧烈下降的趋势，东南大风使得地面温度升高、气压降低，冷空气临近时，地面也出现了强烈的温度梯度和气压梯度变化，预报要考虑东南大风急转西北大风的可能性；3) EC细网格数值模式针对此次天气的降雪过程，提前24小时初始场对整个降雪时段预报的更为精准，但对于中雪时段，提前48小时的预报场预判更为准确，前三小时总降水量及前三小时降雪量也是提前48小时的预报场预计更为准确。

关键词

ECMWF，航空气象，东南大风，降雪

Interpretation Analysis Based on ECMWF Fine Grid Model during a Gale and Snowfall in Urumqi Airport in November 2018

Qian Liu, Yuxiang Zhang, Caihu Yin, Mingxu Zhang

Xinjiang ATMB, CAAC, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 16th, 2022; accepted: Mar. 17th, 2022; published: Mar. 23rd, 2022

文章引用: 刘倩, 张宇翔, 尹才虎, 张明旭. 基于 ECMWF 细网格模式在 2018 年 11 月乌鲁木齐机场一次大风降雪天气过程中的释用分析[J]. 自然科学, 2022, 10(2): 151-164. DOI: 10.12677/ojns.2022.102020

Abstract

In this paper, the FNL global analysis 0.25 × 0.25 reanalysis data of the US Center for Environmental Prediction (NCEP) and the ECMWF fine grid (0.25 × 0.25) numerical forecast products are used to analyze the occurrence of the incident at Diwopu Airport in Urumqi from November 24 to 25, 2018 of the analysis and forecast interpretation of a strong wind and snowfall weather process. The results show that: 1) The high-altitude trough moves eastward, the strong cold air moves southward, the high-altitude wind temperature changes, sufficient water vapor, and the coordination of the ground situation and field lead to the occurrence of this strong wind and snowfall weather process; 2) The southeast gale is of obvious frontal decompression and backflow type. When the temperature of 700 hPa and 850 hPa showed a trend of sharply rising and then falling sharply within 6 hours, the southeast strong wind made the ground temperature rise and the air pressure drop, and when the cold air approached, the ground also showed a strong temperature gradient and pressure gradient change. The forecast should consider the possibility that the southeast gale will turn sharply to the northwest gale; 3) For the snowfall process of this weather, the EC fine grid numerical model predicts the entire snowfall period more accurately with the initial field 24 hours in advance, but for the medium snow period, the forecast field forecast 48 hours in advance is more accurate. The three-hour total precipitation and the first three-hour snowfall are also more accurate forecast fields 48 hours in advance.

Keywords

ECMWF, Aviation Meteorology, Southeasterly Winds, Snowfall

1. 引言

随着民航业航班的逐年增加，冬季航班的安全运行压力也与日俱增。虽然现在除雪手段及大风的监测手段日益先进，但航班的正常运行与大风降雪仍息息相关，在降雪天气精细化预报方面的研究有利于提升乌鲁木齐机场的航空气象服务水平。针对降雪的数值预报产品释用已有很多先例，如张俊兰等[1]通过对 ECMWF 细网格模式 LSP 大尺度降水预报产品在北疆暴雪中的应用检验分析，发现 LSP 预报的暴雪量值总体偏小，暴雪预报的开始时间偏早 3 小时左右，结束时间相对准确。逯野[2]，李健丽[3]，张俊兰[4]，李博渊[5]等通过 EC 细网格数值预报产品降雪预报中的释用分析得出 EC 细网格预报的逐 3 h 降水量对降雪天气过程的降水时段具有较好的指示性，对小雪的指示意义较强，中雪预报还需要进一步细化。曹蕾[6]，陈杰[7]，于文英[8]等针对寒潮做相关的数值分析得出 EC 细网格产品对寒潮天气的云量、10 m 风场、2 m 温度场预报效果较好。针对大风的数值预报产品释用也有先例，丁虎[9]经过分析得出 EC 细网格产品可以很好的预报大风的天气形势的结论；黄海波[10]在利用 WRF 数值模式对乌鲁木齐机场的一次大风天气进行了分析，得出 WRF 模式预报对东南大风持续时间、最大风速及其出现时间的预报与实况非常吻合的结论。如上所示，针对乌鲁木齐机场大风或降雪天气的数值模式检验已有先例，但在一场天气里较为细化的同时检验同一模式分别对大风及降雪的预报效果的研究较少，故本文利用 EC 细网格数值预报产品对 2018 年 11 月 24~25 日发生在乌鲁木齐机场的一次东南大风转西北大风伴降雪天气分别从

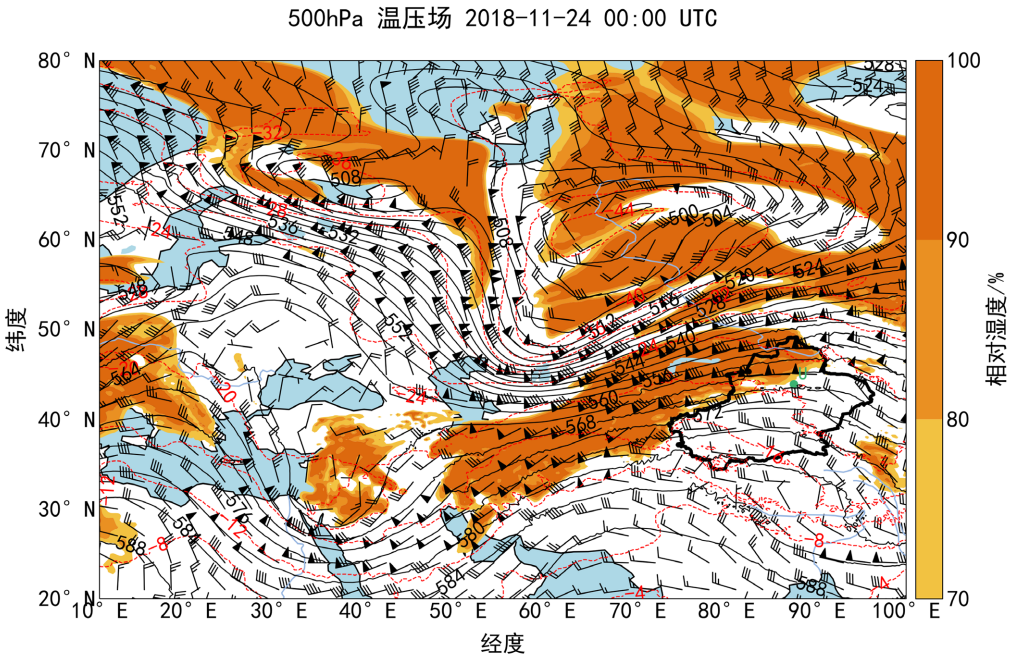
天气形势，各层结温度、比湿、相对湿度及降水量全方位的进行分析及释用，为在乌鲁木齐机场预数值预报资料的应用上积累经验，从而提高乌鲁木齐机场大风伴降雪预报的准确率和精细化程度。为提供精细化的航空气象服务创造有利的条件。

2. 天气过程回顾

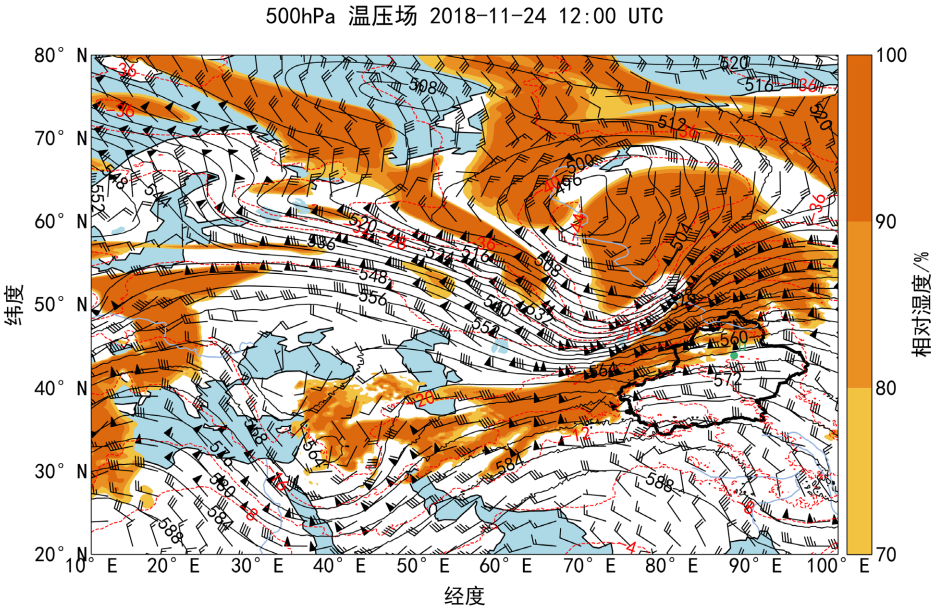
2018 年 11 月 24 日 20:00 前后，乌鲁木齐地窝堡机场(以下简称乌鲁木齐机场) 07 跑道方向出现东南大风，阵风达 20 m/s 左右，平均风 5~10 m/s，而 25 跑道和中间跑道方向风速较小，风向为偏北、东北风，跑道两头风向风速差异较大。11 月 24 日 23:00~25 日 00:30，乌鲁木齐机场出现东南大风天气过程，平均风速 10~15 m/s，最大阵风 28 m/s。25 日 01:00~02:00 乌鲁木齐机场转为西北风，平均风速 10~15 m/s，最大阵风 22 m/s，02:00 后西北风明显减小到 5~10 m/s，03:00~04:30 转为东南风 4~8 m/s，05:00 后转为西北风 4~7 m/s。25 日 05:10~10:00 乌鲁木齐机场出现小雪天气，其中 07:13，09:00~09:30 短时中雪。降水量 1.8 毫米，新增积雪 8 厘米。受此次大风降雪影响，共造成 182 架次航班延误，42 架次航班备降，24 日 20:44 乌鲁木齐机场收到一份 07 跑道至中间风切变的航空器报告，受风切变影响，11 月 24 日 20:44~22:00 乌鲁木齐机场航班停止放行。25 日 02:00 收到多架航班报告 25 跑道起飞至 3000 米有中到严重颠簸的飞机报告。受降雪影响，25 日 07:00~16:00 乌鲁木齐机场启动 MDRS 橙色预警，25 日 7:20~8:46 乌鲁木齐机场因除雪而关闭。

3. 形势场对比分析

500 hPa 上，24 日 08 时(图 1(a))欧亚大陆中纬度地区环流形势为“两涡两脊”，乌拉尔山一带与鄂霍茨克海一带为低涡活动区，东欧与中西伯利亚一带为脊区控制。乌拉尔山一带的低涡中心低值为 496，并配合有−45℃的冷中心，低涡槽向南延伸至 40˚N 附近。低涡后部北风带已建立，最大风速近 40 米/秒，不断引导冷空气南下堆积。此时新疆区域为浅脊控制。24 日 20 时(图 1(b))欧洲脊向东南衰退，低涡槽分裂并迅速东移影响北疆区域。25 日北疆区域逐渐转为槽后西北气流控制。



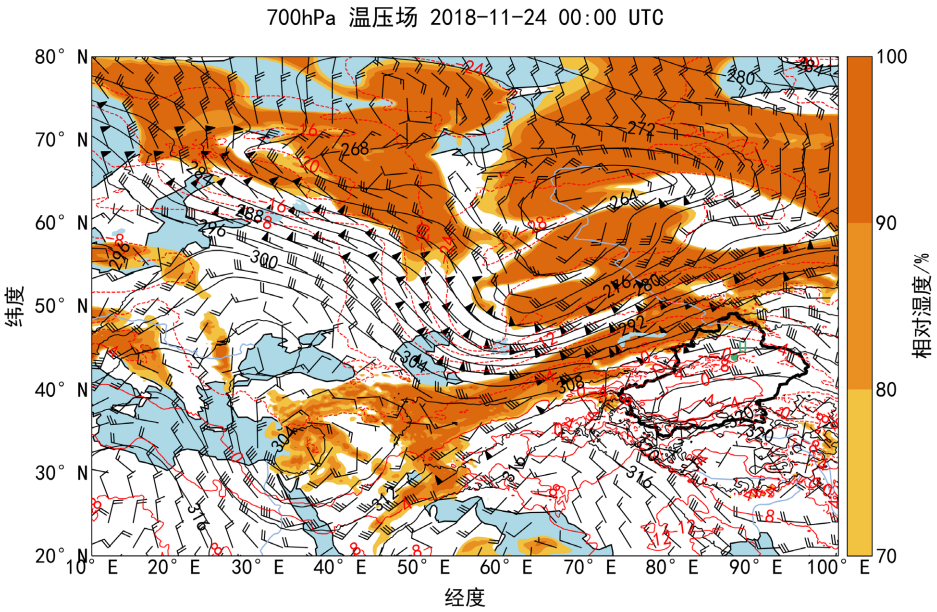
(a)



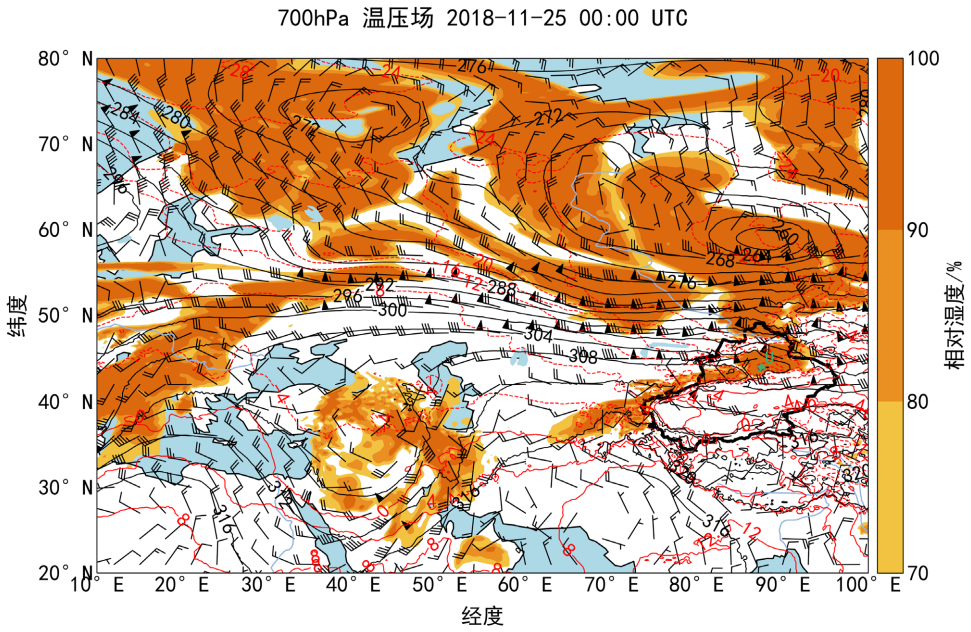
(b)

Figure 1. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 20:00 on November 24, 2018 500 hPa circulation chart
图 1. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 24 日 20 时 500 hpa 环流形势图

700 hPa 上，环流形势与 500hPa 基本一致。垂直方向上呈现后倾结构。24 日(图 2(a))新疆区域受低涡槽前西南气流影响，北疆区域有明显的暖平流，使得低层升温减压。从巴尔喀什湖南部至北疆西部有西南低空急流，最大风速近 40 米/秒，并且在北疆西部有明显的风速辐合，为此次降雪提供了水汽条件和动力条件。25 日 08 时(图 2(b))锋区迅速南压，0℃等温线位于南疆中部，北疆大部有明显的冷平流。乌鲁木齐站为西北风 18 米/秒，有利于与地形结合强迫抬升，使得降雪维持。25 日 20 时北疆大部为西北气流控制，水汽条件变差。



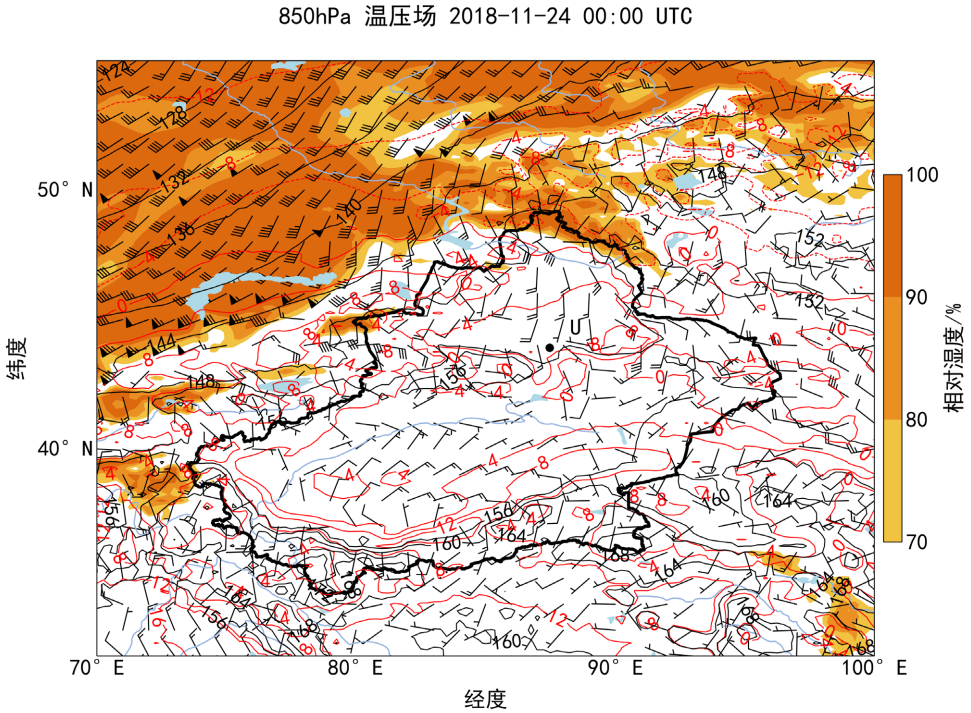
(a)



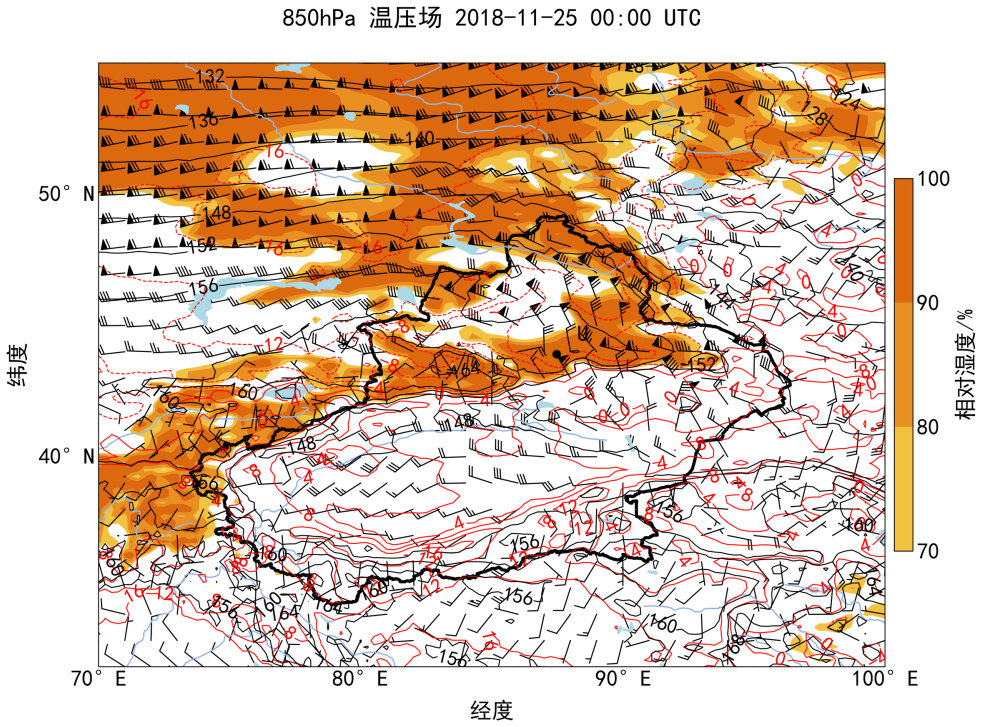
(b)

Figure 2. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 08:00 on November 25, 2018 700 hPa circulation chart
图 2. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 25 日 08 时 700 hpa 环流形势图

850 hPa 上，24 日 08 时(图 3(a))，北疆区域为暖舌控制，北疆沿天山一带、北疆偏北地区均为明显的区域性偏东风，区域性偏东风的存在有利于低层升温减压。25 日 08 时(图 3(b))锋区迅速南压，北疆大部有明显的冷平流。乌鲁木齐站为西北风 14 米/秒，有利于与地形结合强迫抬升，使得降雪维持。

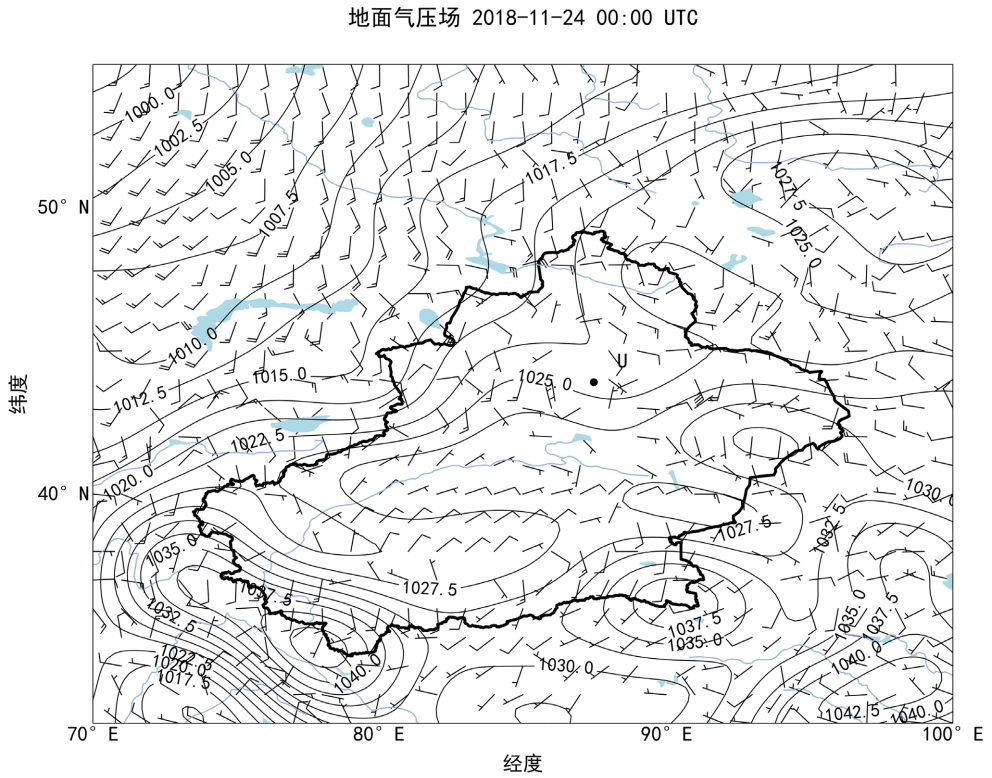


(a)

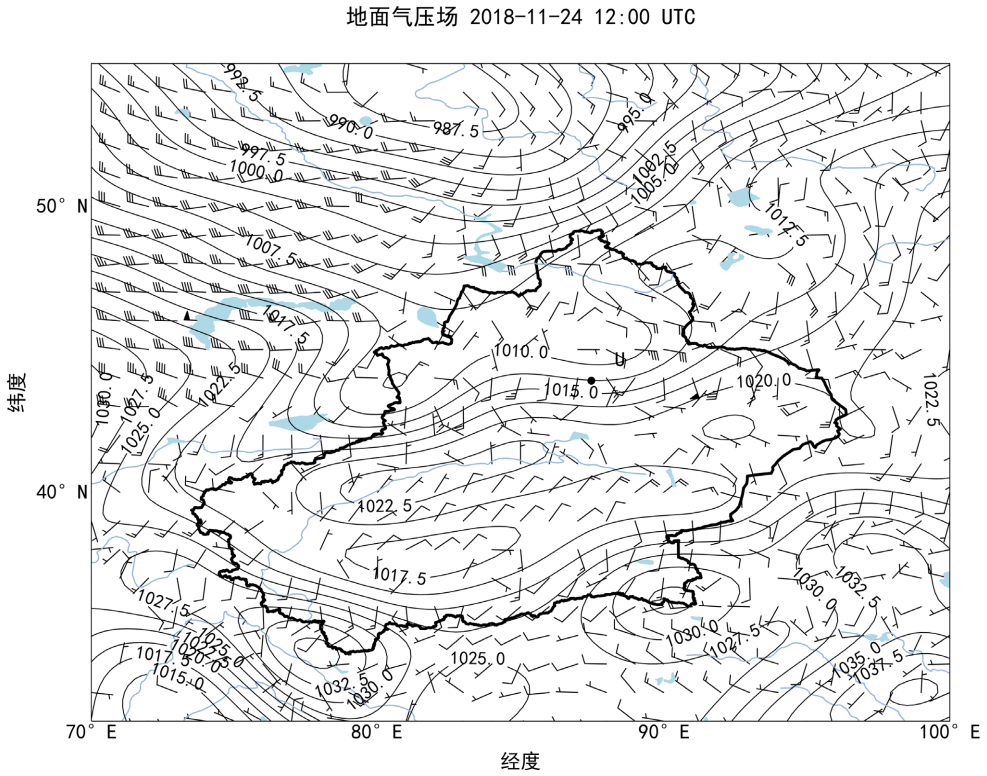


(b)

Figure 3. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 08:00 on November 25, 2018 850 hPa circulation chart
图 3. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 25 日 08 时 850 hPa 环流形势图



(a)



(b)

Figure 4. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 20:00 on November 24, 2018 surface pressures charts
图 4. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 24 日 20 时地面图

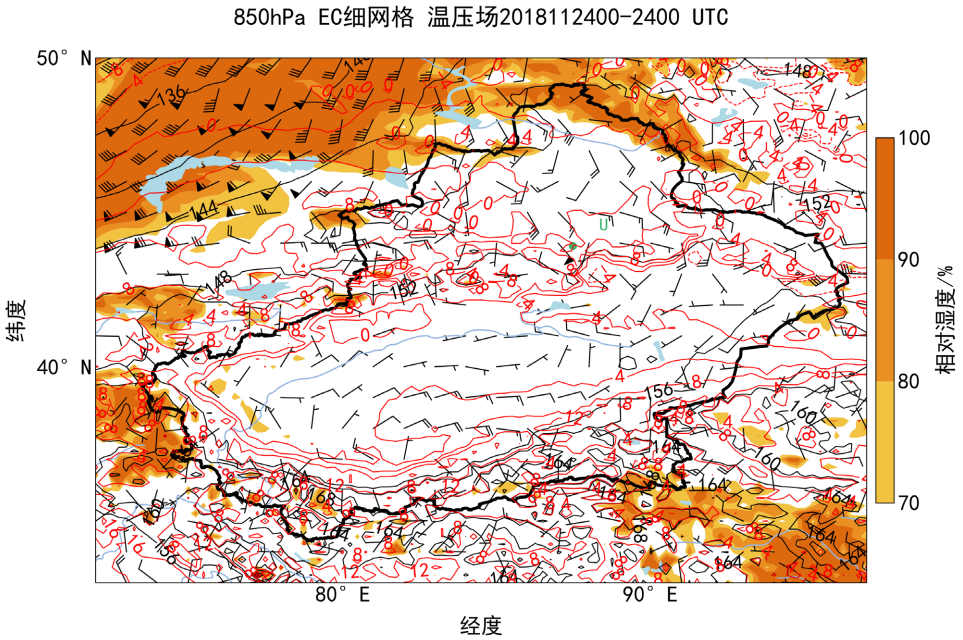
地面上，24 日 08 时(图 4(a))，巴尔喀什湖附近有冷锋活动，北疆区域处于冷锋前部减压区，随着中高层系统强烈发展，中低层暖平流加强，冷锋锋区将明显加强，锋前减压也随之加强，同时，蒙古冷高南掉且分裂为两个中心，一个位于蒙古地区、一个位于甘肃一带，形成了明显的南高北低、东高西低的气压场形势，有利于北疆区域性的偏东风及乌鲁木齐一带东南大风的形成。24 日 20 时(图 4(b))，冷锋进入了西部国境线一带，北疆大部仍处于锋前减压区，同时蒙古冷高南掉且维持，东南大风的形势依旧维持。由此可见，此次东南大风是明显的锋前减压加回流型。由于东南大风使得地面温度升高、气压降低，当冷空气临近时，出现了强烈的温度梯度和气压梯度，导致东南大风急转西北大风。

综上所述，此次东南大风转西北大风过程是由于中高层系统强烈发展导致低层减压，同时蒙古高压南掉共同造成，是典型的锋前减压加回流形势，由于东南大风升温、减压与冷空气前锋形成强烈的气压梯度和温度梯度，导致东南大风急转西北大风。25 日出现较强的降雪主要是由于低涡槽位置偏南，使得副热带锋区和极锋锋区汇合，导致槽前西南气流明显加强，为北疆区域降雪提供了充沛的水汽条件，低层西北风与地形的强迫抬升，为降雪提供了较好的动力条件，从而导致了较强的降雪。

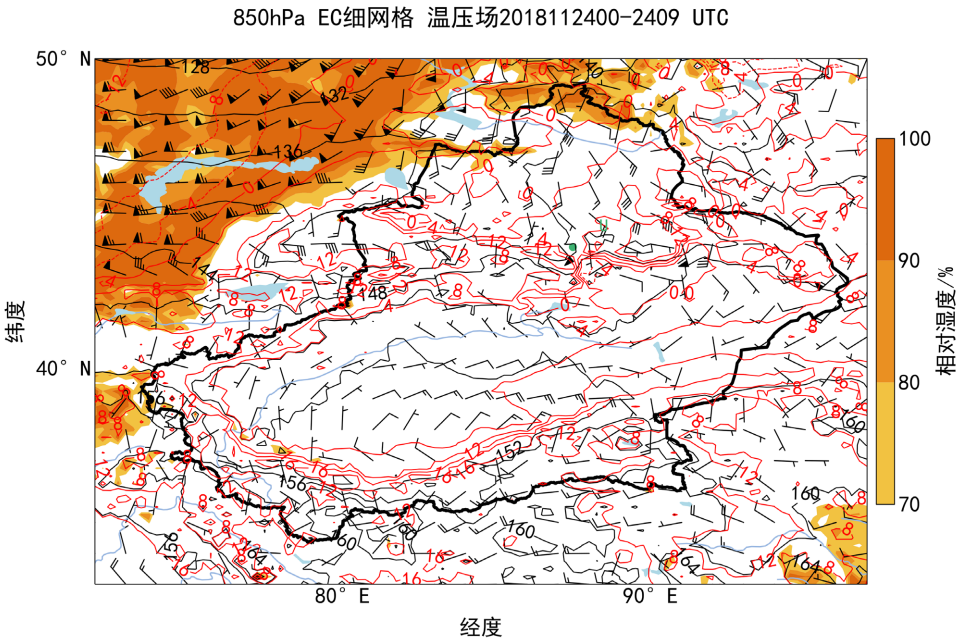
4. 环流形势分析

500 hPa 上，24 日 08 时(图略)，乌拉尔山一带有一低涡槽，槽后北风带引导强冷空气南下堆积。24 日白天，北疆大部受西北气流控制，多短波槽活动。24 日 20 时(图略)，槽前西南气流开始影响北疆西部，西南风最大风速为 48 米/秒，为后续北疆区域的降雪提供一定的水汽条件与动力条件，随后系统进一步东移，影响北疆沿天山一带。25 日 11 时，北疆区域为西北气流控制。

700 hPa 上，24 日 08 时(图略)，新疆区域受低涡槽前西南气流影响，随着低涡槽东移南压，使得副热带锋区和极锋锋区汇合，西南气流逐渐加强达到急流标准，最大风速为 20 m/s 以上，有利于低层水汽输送，同时也为降雪提供一定的动力条件。24 日 20 时(图略)，北疆区域有明显的暖平流，使得低层升温减压。



(a)

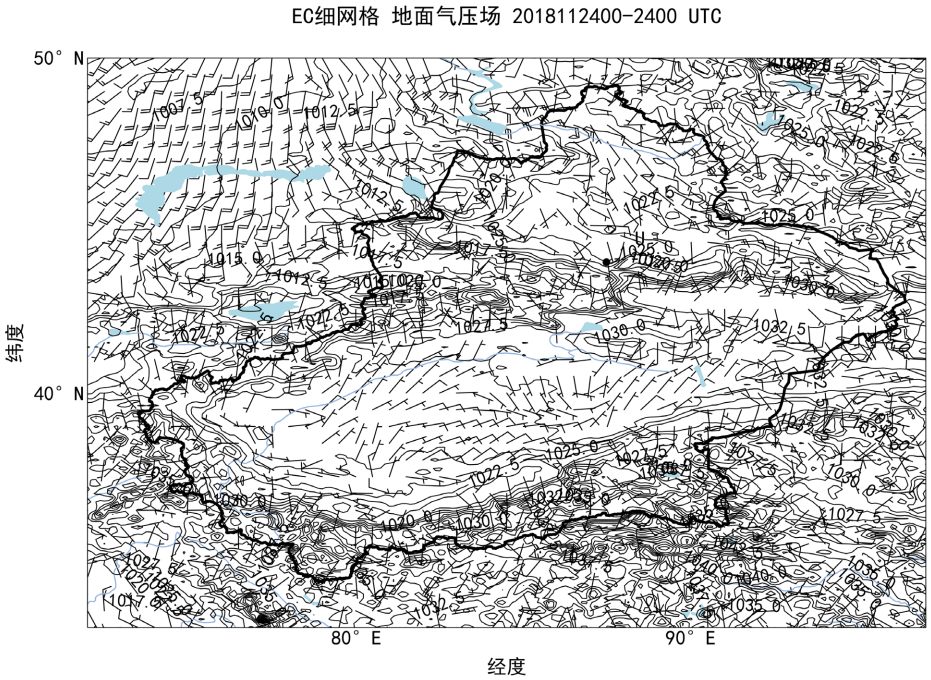


(b)

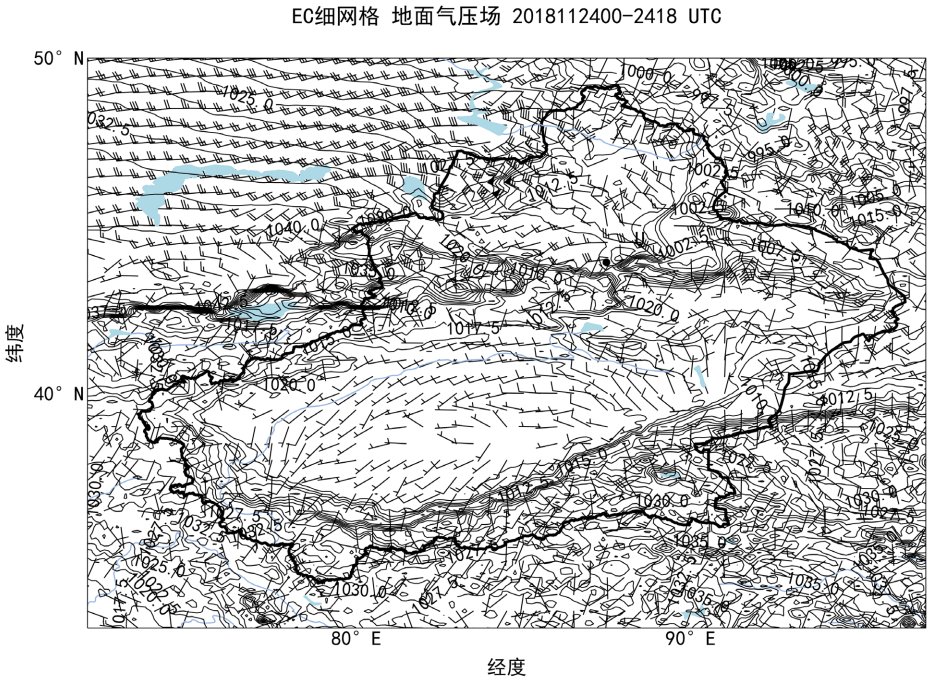
Figure 5. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 17:00 on November 24, 2018 850 hPa Circulation situation map of forecast field

图 5. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 24 日 17 时 850 hPa 预报场环流形势图

850 hPa 上，24 日 08 时(图 5(a))，北疆区域为暖舌控制，北疆区域不断升温减压，使得南北疆温度梯度、气压梯度进一步增大，形成东高西低、南高北低的气压场配置，有利于东南大风的产生。24 日 17 时(图 5(b))开始，锋区迅速南压，北疆有明显冷平流，使得乌鲁木齐区域温度梯度增大。



(a)



(b)

Figure 6. (a) 08:00 on November 24, 2018 and (b) 02:00 on November 25, 2018 the ground forecast map
图 6. (a) 2018 年 11 月 24 日 08 时与(b) 11 月 25 日 02 时地面预报图

地面上，24 日 08 时(图 6(a))，冷高压主体位于巴尔喀什湖以西，北疆区域处于冷锋前部减压区，同时，蒙古冷高南掉且分裂为两个中心，一个位于蒙古地区、一个位于东疆至甘肃一带，形成了明显的南高北低、东高西低的气压场形势，非常有利于北疆区域性的偏东风和乌鲁木齐一带东南大风的形成。此外，北疆西部至北疆沿天山一带有暖平流，不断升温减压，24 日 20 时，冷锋进入了西部国境线一带，北疆大部仍处于锋前减压区。25 日 02 时(图 6(b))，冷空气迅速东移，北疆西部至北疆沿天山一带为冷高压控制，由于东南大风使得地面温度升高、气压降低，当冷空气临近时，出现了强烈的温度梯度和气压梯度，导致东南大风急转西北大风过程。

由此可见，针对此次东南大风急转西北大风伴降雪天气过程，EC 细网格数值预报产品 24 日 08 点预报场与实况基本一致，对大风急转的预报具有一定的参考意义。

5. EC 细网格数值预报产品的释用

下面在此次大风及降雪天气过程中进行 EC 细网格数值预报产品的释用，初始场分别采用 23 日 20 时及 24 日 20 时进行对比分析，因为乌鲁木齐机场海波高度为 647.7 米，在释用过程中分析高空物理量时主要采用 500 hPa、700 hPa 及 850 hPa 的物理量

5.1. 高空温度与地表温度及高空 24 小时变温

Table 1. EC fine grid forecast The 3 h temperature of 500 hPa, 700 P a, 700 hPa, 850 hPa and surface temperature near Urumqi Airport from 24 to 20:00 on 25 (unit: ˚C)
表 1. EC 细网格预报 23 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 及地表温度的逐 3 h 温度(单位：˚C)

	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	−17.37	−16	−16.7	−17.18	−22.00	−26.43	−25.61
700 hPa	5.36	6.53	5.62	−12.63	−16.00	−20.06	−16.54
850 hPa	7.40	13.80	0.14	−4.01	−11.00	−12.61	−12.66
地表温度	−8.88	−4.40	−4.55	−7.63	−3.90	−3.89	−1.34

Table 2. EC fine grid forecast 3 h temperature of 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa and 20:00 near Urumqi Airport from 20:00 on 24~25 (unit: ˚C)
表 2. EC 细网格预报 24 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 及地表温度的逐 3 h 温度(单位：˚C)

	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	−17.83	−17.00	−17.13	−16.97	−23.00	−26.39	−25.57
700 hPa	4.80	6.59	2.69	−12.84	−17.00	−17.68	−14.52
850 hPa	7.82	14.40	0.00	−4.30	−11.00	−12.51	−12.62
地表温度	−7.33	−4.20	−4.01	−4.91	−4.20	−3.89	−1.17

分析 EC 细网格预报的 23 日 20 时起报(表 1)与 24 日 20 时起报(表 2)的 24 日 20 时至 25 日 11 时的 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的风温场，从高空温度来看，25 日 05 时至 25 日 08 时都出现了明显的降温，500 hPa 的高原槽刚好与该时段经过了乌鲁木齐机场，700 hPa 上有明显的西南气流与高空槽相配合较强的锋区也与此时段内自西向东移动并经过乌鲁木齐机场，700 hPa 与 850 hPa 的温度都在 25 日 02 时至 05 时从零上降到了零下，为后续降雪提供了充足的温度条件。并且于实况表现来看，25 日 05 时之后乌鲁

木齐机场由东南风转为了西北风，并出现了降雪。另外，700 hPa 与 850 hPa 的温度在 24 日 20 时至 25 日 05 时之间出现了明显的先剧烈上升后剧烈下降的趋势，温度变化明显，温压配合，该时段内乌鲁木齐机场上空的气压场出现了明显的变化，与实况相配合，乌鲁木齐机场于 23 日 23 时至 24 日 05 时出现了明显的东南大风转西北大风的天气又转为东南大风后转为西北大风的天气。并且，850 hPa 和 700 hps 分别于 24 日 23 时至 25 日 02 时降温 14℃和 4℃，而此时乌鲁木齐机场风向变化最为剧烈。但从地表温度来看，出现大风天气及降雪天气期间温度变化不大，并且将地表温度与实况温度对比，契合的并不是很好。

5.2. 高空比湿与相对湿度

Table 3. EC fine grid forecast 3 h specific humidity at 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa from 20 h P a near Urumqi Airport from 20:00 on 24 to 14:00 on 25 (unit: g/kg)
表 3. EC 细网格预报 23 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的逐 3 h 比湿(单位：g/kg)

比湿	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	0.92	0.89	0.8	1.13	1.04	0.11	0.07
700 hPa	1.09	1.19	1.12	1.82	1.34	0.9	0.87
850 hPa	1.41	1.32	1.83	2.17	1.70	0.89	1.18

Table 4. EC fine grid forecast of 3 h specific humidity at 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa at 24 h P a near Urumqi Airport from 20:00 on 25 (unit: g/kg)
表 4. EC 细网格预报 24 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的逐 3 h 比湿(单位：g/kg)

比湿	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	0.96	0.77	0.90	1.03	0.94	0.09	0.19
700 hPa	1.24	1.16	1.29	1.90	1.21	1.10	0.71
850 hPa	1.41	1.38	1.79	2.10	1.64	0.99	1.13

分析 EC 细网格预报的 23 日 20 时起报(表 3)与 24 日 20 时起报(表 4)的 24 日 20 时至 25 日 11 时的 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的 3 h 比湿，500 hPa 的比湿在在两种初始场的预报下在 25 日 02 时至 25 日 11 时都出现了明显的先增大后减小的过程，两个初始场都预报在 25 日 05 时出现了比湿最大值分别为 1.13 g/kg 和 1.03 g/kg，说明 500 hPa 上在该时次有明显的水汽聚集，后又明显的释放，其中在 25 日 08 时到 11 时期间，比湿变化量大，差值分别为 0.93 g/kg 与 0.88 g/kg。实况显示在该时段内出现了中雪，就减幅来看，23 日 20 时初始场预报的比较好，两个初始场的不同体现在 24 日 23 时至 25 日 02 时期间，出现了反向变化，23 日 20 时初始场预报在该时段内比湿下降了 0.09 g/kg，而 24 日 20 时初始场预报在该时段内比湿上升了 0.13 g/kg，结合实况来看，24 日 20 时初始场在该时段内表现的更好一些，在这个时段内高空应该有明显的水汽聚集。在 24 日 23 时至 25 日 05 时期间，700 hPa 上有明显的增幅，23 日 20 时初始场预报显示与 500 hPa 相一致，在 24 日 23 时至 25 日 02 时期间为减幅，但减幅不大，为 0.07 g/kg，25 日 02 时至 05 时期间增长了 0.7 g/kg。而 24 日 20 时初始场显示在 24 日 23 时至 25 日 05 时期间都为明显增幅，为 0.74 g/kg，而 850 hPa 两个时间段预报场的转变过程基本一致，都是先增长，25 日 05 时之后逐渐减小，说明在 25 日 05 时之后在 850 hPa 上存在水汽的释放。

Table 5. EC fine grid forecast the 3 h relative humidity of 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa on 23rd reported near Urumqi Airport from 20:00 on 24th to 14:0 0 on 25th
表 5. EC 细网格预报 23 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的逐 3 h 相对湿度

相对湿度	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	55.00	49.00	45.00	66.50	93.00	16.17	9.50
700 hPa	13.50	14.50	14.00	97.50	100.00	99.00	67.00
850 hPa	19.00	11.50	38.50	65.50	93.5.	54.50	80.00

Table 6. EC fine grid forecast the 3 h relative humidity of 500 hPa, 700 hPa and 850 hPa on 24 reported near Urumqi Airport from 20:00 on 24 to 14:00 on 25
表 6. EC 细网格预报 24 日 20 时起报的 24 日 20 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的逐 3 h 相对湿度

相对湿度	2420	2423	2502	2505	2508	2511	2514
500 hPa	60.00	43.50	53.00	60.00	94.51	13.00	25.50
700 hPa	16.50	14.00	19.00	100.00	99.50	97.00	45.00
850 hPa	18.50	11.00	40.00	66.00	91.50	61.00	76.51

分析 EC 细网格预报的 23 日 20 时(表 5)起报与 24 日 20 时(表 6)起报的 24 日 20 时至 25 日 11 时的 500 hPa、700 hPa、850 hPa 的 3 h 相对湿度的变化可以发现，两个时间起报的 700 hPa 的相对湿度在 25 日 02 时至 25 日 05 时相对湿度都出现了骤升，都是从百分之十几骤升到百分之九十到一百，可见在该时段内 700 hPa 水汽输送非常好，在 25 日 05 时至 25 日 11 时都保持了较高的相对湿度，都在百分之九十五以上。不相一致的是 23 日 20 时起报的 700 hPa 相对湿度在 25 日 08 时达到百分之百，而 24 日 20 时起报的 700 hPa 相对湿度在 25 日 05 时达到百分之百。而 850 hPa 两个时间段预报场的转变过程基本一致，在 25 日 08 时相对湿度增长到百分之九十后逐渐减小。根据上述对 EC 细网格预报的高空比湿与相对湿度在不同起始时间预报场的分析，在 25 日 05 时至 25 日 11 时，乌鲁木齐机场上空的水汽条件很好，在 25 日 08 时至 25 日 11 时期间高空水汽条件最好，再结合之前对高空风温的分析，可以得出以下结论，乌鲁木齐机场在 25 日 05 时至 25 日 11 时期间有降雪过程，在 25 日 08 时至 11 时期间降雪强度较大，为短时中雪，与实况对比可知，23 日 20 时即提前 48 小时的预报场对中雪的预判较为准确。

5.3. 对流性降水量、大尺度降水量、总降水量及降雪量

Table 7. EC fine grid forecast of the convective precipitation in the first 3 hours, large-scale precipitation, snowfall in the first 3 hours and total precipitation in the first 3 hours near Urumqi Airport from 23:23 on 24 to 14:00 on 25
表 7. EC 细网格预报 23 日 20 时起报的 24 日 23 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近前 3 小时对流性降水量、前 3 小时大尺度降水量、前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量

	2423	2502	2505	2508	2511	2514
前 3 小时对流性降水量	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00
前 3 小时大尺度降水量	0.00	0.00	0.00	0.50	1.20	0.00
前 3 小时降雪量	0.00	0.00	0.00	0.60	1.20	0.10
前 3 小时总降水量	0.00	0.00	0.00	0.60	1.20	0.10

Table 8. EC fine grid forecast of convective precipitation in the first 3 hours, large-scale precipitation, snowfall in the first 3 hours and total precipitation in the first 3 hours near Urumqi Airport starting from 20:200 on 24th to 14:00 on 25th
表 8. EC 细网格预报 24 日 20 时起报的 24 日 23 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近前 3 小时对流性降水量、前 3 小时大尺度降水量、前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量

	2423	2502	2505	2508	2511	2514
前 3 小时对流性降水量	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
前 3 小时大尺度降水量	0.00	0.00	0.00	0.60	1.00	0.00
前 3 小时降雪量	0.00	0.00	0.10	0.60	1.10	0.00
前 3 小时总降水量	0.00	0.00	0.10	0.60	1.10	0.00

EC 细网格 23 日 20 时(表 7)为初始场预报的 24 日 23 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近的前 3 小时对流性降水量、前 3 小时大尺度降水量、前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量一致显示，在 25 日 08 的前三小时开始有降水量，除前三小时对流性降水外都预计在 25 日 08 时至 25 日 11 时前三小时降水量最大为 1.2 mm，前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量预计在 25 日 11 时至 25 日 14 时期间还有少量降水。24 日 20 时(表 8)为初始场预报的 24 日 23 时至 25 日 14 时乌鲁木齐机场附近的前 3 小时对流性降水量、前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量显示降水时间较 23 日 20 时初始场预计的时间量有提前，25 日 05 时就已经产生前三小时降水量 0.1 mm，前 3 小时大尺度降水量、前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量在 25 日 08 时一致为 0.6 mm。于 25 日 11 时达到最大值为 1.1 mm，在 25 日 14 时的前三小时降水量四种模式一致没有考虑有降水产生。结合实况来看，23 日 20 时起报的前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量对于本次降水起始时间及量级有较好的指示意义，实况显示本场于 25 日 05:30 为小雪天气，降雪时段 05:10~10:00，其中 07:13，09:00~09:30 出现中雪天气，降水量为 1.8 mm，这与 23 日 20 时起报的前 3 小时降雪量及前 3 小时总降水量的变化趋势基本一致。

6. 总结

1) 此次降雪天气前的东南大风是典型的锋前减压加回流形势导致的，东南大风引起升温、减压，与地面冷空气形成强烈的气压梯度和温度梯度，导致东南大风急转西北大风；低涡槽位置偏南，副热带锋区和极锋锋区汇合，槽前西南气流明显加强，为北疆区域降雪提供了充沛的水汽条件，低层西北风与地形的强迫抬升，为乌鲁木齐机场降雪提供了较好的动力条件，从而导致了 25 日出现较强的降雪。

2) EC 细网格数值预报产品对此次降雪所需的环境条件反映比较好，针对降雪前的东南大风天气形势，EC 细网格数值预报产品越临近越接近实况，但对大风急转的预报时间还需要结合其他产品进一步细化。针对降雪，EC 细网格数值预报对形势的把握较为精准。

3) 针对此次天气温度、高空比湿、相对湿度、等物理量的分析可得，24 小时预报场中 700 hPa 相对湿度及比湿明显上升时段与实况场的中雪时段较为吻合，降雪前期，当 700 hPa 与 850 hPa 的温度在降雪前期有明显的先剧烈上升后剧烈下降的趋势、850 hPa 与 700 hPa 的降温梯度存在明显的差异时，要关注东南大风急转西北大风的可能性。

4) EC 细网格数值预报的高空比湿、相对湿度及逐 3 小时降雪量与逐 3 小时总降水量对此次降雪过程的起始时间，降水量级有很好的指示意义。针对此次天气过程，提前 24 小时初始场对整个降雪时段预报的更为精准，但对于中雪时段，提前 48 小时的预报场预判更为准确，前三小时总降水量及前三小时降雪量也是提前 48 小时的预报场预计更为准确。

参考文献

[1] 张俊兰, 李圆圆, 张超. ECMWF 细网格模式降水产品在北疆暴雪中的应用检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 7-13.

[2] 逯野. 基于 EC 细网格数值预报产品在一次降雪预报中的释用分析[J]. 科技风, 2017(16): 132-134.

[3] 李健丽, 李博渊, 庄晓翠, 等. ECMWF 细网格模式在北疆降雪预报中的统计检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(3): 48-56.

[4] 张俊兰, 杨霞, 李建刚, 秦贺. 2015 年 12 月新疆极端暴雪天气过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(5): 1-9.

[5] 李博渊, 赵江伟, 王小号. ECMWF 细网格 TP 产品在北疆降雪天气中的预报性能检验[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(6): 41-48.

[6] 曹蕾, 乔馨慧. 两次强降雪过程 EC 预报能力检验[J]. 黑龙江气象, 2020, 37(2): 16-18.

[7] 陈杰. EC 细网格产品在 2016 年 1 月乌兰察布市强寒潮预报中的释用[J]. 内蒙古科技与经济, 2018(14): 70-71.

[8] 于文英, 陈杰, 王京平, 彭俊辰, 等. EC 细网格资料在两次寒潮天气中的对比分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2017(147): 54-56.

[9] 丁虎. 2018 年 5 月 24 日石河子地区的大风成因及其在 ECMWF 细网格产品中的解释应用分析[J]. 南方农业, 2018, 12(26): 139-142.

[10] 黄海波. 2009 年 4 月 25 日-26 日乌鲁木齐机场大风天气的数值分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2010, 21(3): 31-33.