

2018年冬季塔城盆地两次致灾暴风雪天气对比分析

井立红^{1,2}, 高婧^{3*}, 井立军³, 曾春蕾¹, 扎璐¹, 加依达尔¹

¹中亚大气科学研究中心, 新疆 乌鲁木齐

²塔城地区气象局, 新疆 塔城

³沙湾县气象局, 新疆 沙湾

Email: 463275155@qq.com, *2271339700@qq.com

收稿日期: 2020年11月6日; 录用日期: 2020年11月20日; 发布日期: 2020年11月27日

摘要

利用常规观测资料对2018年11月24~26日、11月30~12月2日发生在塔城盆地的两场区域性致灾暴风雪天气的成因进行对比分析, 结果表明: 两次暴风雪天气都是在上游主导系统强烈发展, 中高纬度环流经向度迅速加大, 脊前西北风带携带冷空气不断南下, 推动其下游的西西伯利亚低槽东移南下过程中产生的强冷平流、动量下传、气压梯度力、高层辐散, 低层辐合造成的抽吸作用, 使得上升运动得到发展加强, “三支气流”在塔城盆地汇合, 为暴风雪天气的发生发展提供了热力和动力条件。暴风雪天气中高低空形势、物理量条件的不同导致两次暴风雪天气出现差异。

关键词

塔城盆地, 致灾暴风雪, 天气条件

A Comparative Analysis of Two Blizzards Causing Disasters in Tacheng Basin in the Winter of 2018

Lihong Jing^{1,2}, Jing Gao^{3*}, Lijun Jing³, Chunlei Zeng¹, Lu Zha¹, Yidar Jia¹

¹Research Center for Atmospheric Sciences of Central Asia, Urumqi Xinjiang

²Tacheng Regional Meteorological Bureau, Tacheng Xinjiang

³Shawan County Meteorological Bureau, Shawan Xinjiang

Email: 463275155@qq.com, *2271339700@qq.com

*通讯作者。

文章引用: 井立红, 高婧, 井立军, 曾春蕾, 扎璐, 加依达尔. 2018年冬季塔城盆地两次致灾暴风雪天气对比分析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(6): 833-842. DOI: 10.12677/ccrl.2020.96089

Abstract

Based on conventional observation data, the causes of regional disastrous snowstorms were compared and analyzed in Tacheng basin that happened during 24th - 26th on November, from November 30th to December 2nd, 2018. The results show that the two snowstorms occurred when leading system strongly developed in the upstream, the meridional of circulation in middle and high latitudes increased rapidly, and the cold air continued to move southward along northwest wind belt which was in front of the ridge, so that the West Siberian trough moved toward the southeast. Based on the strong cold advection, momentum downward transmission, pressure gradient force, high-level divergence and low-level convergence, ascending motion have been developed and strengthened. There were "three airstream" converging in Tacheng basin, providing thermal and dynamic conditions for the development of snowstorm weather. It was different from high and low control situation and physical quantity condition, so the snowstorm weather characteristics were different too.

Keywords

Tacheng Basin, Disastrous Snowstorm, Weather Conditions

Copyright © 2020 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

伴随寒潮而来的暴风雪天气是一种大规模的强冷空气活动过程，也是直接影响冬春季中国北方地区如内蒙古草原牧区、东北地区和新疆北部畜牧业生产、电力、通信、交通运输、人民生活、生活及国民经济发展的一种危害性极大的灾害性天气。暴风雪天气具有突发性强、灾害重、影响大的特点，由于暴风雪天气是风、雪、降温三者同时施虐，其发生时狂风裹挟着暴雪，使得大范围地区风雪迷漫，天地混沌一片，行进在公路上的车辆、出牧在外的人群和家畜遇到这种天气，辨不清方向，常常造成牲畜受惊吓顺风奔跑，造成死亡；风吹雪打，致使能见度接近于零，在公路上行进的车辆常会掉下路基被雪掩埋，或车辆碰撞，造成车毁人亡的重大交通事故。而在暴风雪天气之后，常伴随着剧烈的降温或持续低温天气，给救援工作带来极大困扰。

目前中国对暴风雪的研究成果多集中在内蒙古、青藏高原和东北地区，文献[1] [2] [3] [4] [5]利用各项资料对内蒙古地区的暴风雪、吹雪等进行了研究，结果表明：强冷空气活动是暴风雪天气形成的主要原因；强盛的高空急流及与之配合的高空辐散区的强迫作用是地面蒙古气旋强烈发展和强风形成的动力条件；暴风雪天气过程的环流形势可分为小槽发展型、低槽东移型和横槽转竖型三个类型，且常与蒙古冷涡的发展加深和旋转南压相联系。文献[6] [7] [8]利用各项天气图资料对近年来发生在东北地区的灾害性暴风雪天气的危害、成因、物理量等进行了诊断分析，得出一些对暴风雪天气预报预警有指示性意义的结论。文献[9]利用各项资料对阿勒泰地区春季寒潮暴风雪的天气形势、冷空气源地、成因进行了分析，并提出预报的关键问题及指标。

塔城盆地处于新疆西北部，属干旱、半干旱气候区，以农业为主，农牧结合，素有新疆的“粮仓、肉库、油库”的美誉，夏季炎热而短促、冬季严寒而漫长，地势高低落差较大，以山地为主，间杂戈壁

盆地,四面环山,境内分布着 S201 线、S221、G3015 线等通往外界的重要公路干线,近年来随着全球极端天气气候事件的增多,塔城盆地公路沿线暴风雪天气频发,仅 2012 年冬季位于盆地境内的玛依塔斯公路沿线就发生了近 20 起暴风雪事件,近 3000 名旅客被困风区,暴风雪及其衍生灾害已严重威胁到过往车辆及司乘人员的生命安全,近年来冬春季暴风雪天气严重破坏了人类赖以生存的生态环境,已成为严重影响塔城盆地农牧业生产及公路沿线过往车辆、乘客生命财产安全的主要气象灾害。

2018 年 11 月 24~26 日、11 月 30~12 月 2 日塔城盆地接连遭受两场区域性致灾暴风雪天气袭击,给农牧业生产、公路交通运输、电力、通讯、市政设施及城市运行造成较大影响。本文通过对这两次致灾暴风雪天气过程的环流形势、物理量条件进行了对比分析,揭示了暴风雪天气的成因和机制,以期开展暴风雪天气的预报预警提供思路及技术支持。

2. 资料和方法

参照文献[10][11]给出暴风雪天气的定义:由于强冷空气入侵,致使塔城盆地某站现日平均气温 24 h 下降 8℃或以上,48 h 下降 10℃或以上(或日最低气温 48 h 下降 8℃或以上,24 h 下降 10℃以上),且日最低气温 ≤ 0 °C;日降水量 $1.0 \leq R \leq 3.0$ mm,且地面积雪深度 ≥ 1 cm; ;日平均风速 ≥ 6 级或日极大风速 ≥ 17 米/秒,且能见度 < 1.0 千米,或伴有吹雪或雪暴现象;同时满足上述条件,即视为一次暴风雪天气。

使用 2018 年 11 月 24~26 日(简称“11.25 暴风雪”)、11 月 30~12 月 2 日(简称“12.1 暴风雪”)暴风雪天气发生时塔城盆地(包括:塔城、额敏、裕民、托里)及周边区域自动站各项实况资料;高低空形势、动力、水汽、热力条件对两场暴风雪天气进行对比分析。

3. 天气实况及灾情对比

3.1. 实况对比

Table 1. Blizzard conditions on November 25

表 1. “11.25”暴风雪天气实况

	平均气温 降幅(°C)		最低气温 降幅(°C)		过程最低 气温(°C)	过程 降水量(mm)	最大积雪 深度(cm)	瞬间极大 风速(m/s)	最小能见度(米)
	24 h	48 h	24 h	48 h					
塔城	9.9	13.2	9.0	15.1	-13.9	10.1	15	16.3	295
裕民	9.6	13.9	11.0	13.3	-12.9	12.6	2	29.4	86
额敏	7.1	12.6	13.9	13.9	-13.9	6.1	12	17.8	101
托里	9.4	13.4	11.9	14.2	-15.4	5.1	6	19.9	158

Table 2. 12.1 Blizzard conditions

表 2. “12.1”暴风雪天气实况

	平均气温 降幅(°C)		最低气温 降幅(°C)		过程最低 气温(°C)	过程 降水量(mm)	最大积雪 深度(cm)	瞬间极大 风速(m/s)	最小能见度(米)
	24 h	48 h	24 h	48 h					
塔城	9.1	11.9	10.5	10.2	-14.2	12.2	19	21.2	722
裕民	9.9	12.7	10.8	10.7	-15.2	14.7	14	26.8	388
额敏	7.7	11.2	9.5	9.9	-13.6	9.3	14	21.7	161
托里	12.5	15.6	13.3	13.6	-16.6	5.9	11	19.0	242

从表 1、表 2 可以看出, 两次暴风雪天气 48 h 平均气温降幅、48 h 最低气温降幅均达到寒潮标准; 两次暴风雪天气 24 h 平均气温、最低气温降幅接近; 而 48 h 平均气温、最低气温降幅“11.25”暴风雪天气均强于“12.1”暴风雪天气; “11.25”暴风雪天气最高气温均高于“12.1”暴风雪天气, 偏高幅度在 0.3℃~2.7℃; “11.25”暴风雪天气程最低气温均高于“12.1”暴风雪天气。

“11.25”暴风雪天气除裕民瞬间极大风速为 29.4 m/s, 其余站均 < 20 m/s, 大风持续时间 1~11 小时, 其中裕民站 > 20 m/s 大风持续 8 小时; “12.1”暴风雪天气除托里外, 其余站瞬间极大风速均 > 21 m/s, 大风持续时间 1~6 小时, 其中裕民站 > 20 m/s 大风持续 5 小时; 两次暴风雪天气区域自动站大风中心均集中在托里县境内(30 站出现大风), 瞬间极大风速接近, 其中“11.25”暴风雪天气托里县库普站瞬间极大风速达 49.9 m/s, 大风持续 11 小时, “12.1”暴风雪天气托里县加尔巴斯洪沟站瞬间极大风速 50.0 m/s, 大风持续 10 小时, 两次暴风雪天气 > 40 m/s 以上大风持续时间均为 4 小时“11.25”暴风雪天气出现时 4 站最小能见度均低于“12.1”暴风雪天气。

两次暴风雪天气降水性质均为雨转雨夹雪转雪, 最大降水中心均出现在裕民、塔城; “12.1”暴风雪天气盆地各站降水量、积雪深度均大于“11.25”暴风雪天气。

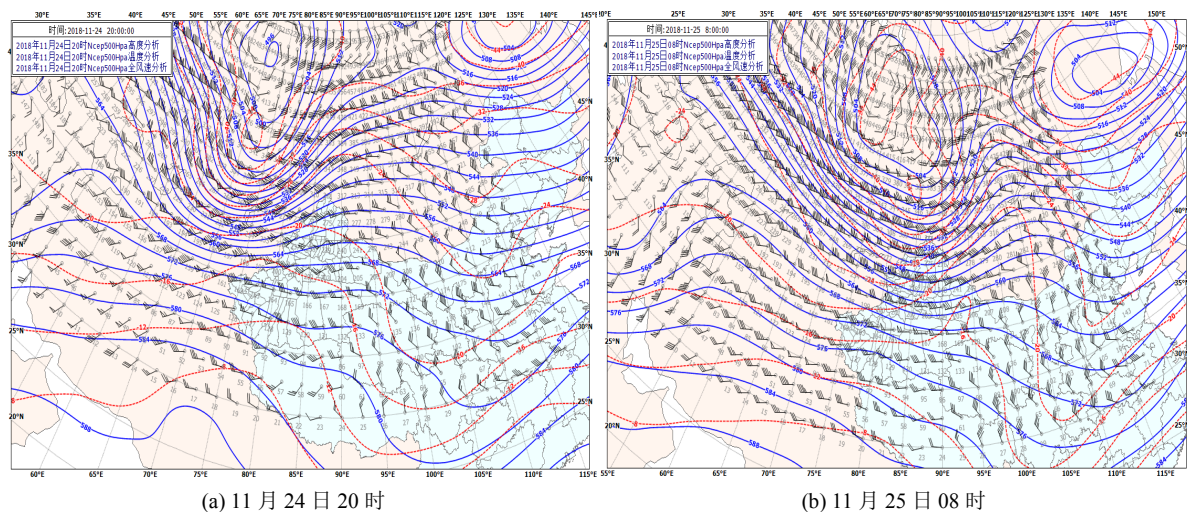
3.2. 灾情对比

两场暴风雪天气先后出现了暴雪、大风、寒潮、低能见度等灾害性天气, 对塔城盆地农牧业生产、公路交通运输、民航客运、市政设施、城市运行造成较大影响。

两次暴风雪天气均以托里县受灾最重, 其中“11.25”暴风雪天气托里县 7 个乡镇遭受暴风雪灾害, 受灾 300 户 900 人, 倒塌房屋 442 间、棚圈 450 座, 死亡牲畜 67 头, 损坏彩钢顶 64 户、棚圈 102 座、商铺广告牌 13 户, 损坏供电设施 2 处、供水管网 1 处, 直接经济损失 240 万元; “12.1”暴风雪天气造成托里县受灾 383 户 738 人, 受损房屋 149 户 447 间、暖圈 40 间, 死亡羊 30 只、马 1 匹、牛 1 头, 直接经济损失 194.97 万元; 两次暴风雪天气, 进出塔城盆地的重要交通要道玛依塔斯路段能见度几乎为 0, 国道 3015 线、省道 201 线、省道 318 线均实行双向交通封锁; 两次暴风雪天气造成塔城民航机场共取消 18 班航班、36 架次飞机; 两次暴风雪天气造成塔城盆地城市景观树木背厚重的湿雪压断, 多处输电线路挑战, 塔城电网运行负荷 13.5 万千瓦, 损失负荷 41.05%; 城区及山区牧道被积雪覆盖, 给市民出行、牲畜外出踩食造成影响。

4. 环流形势演变对比

4.1. 500 hPa 高空环流形势



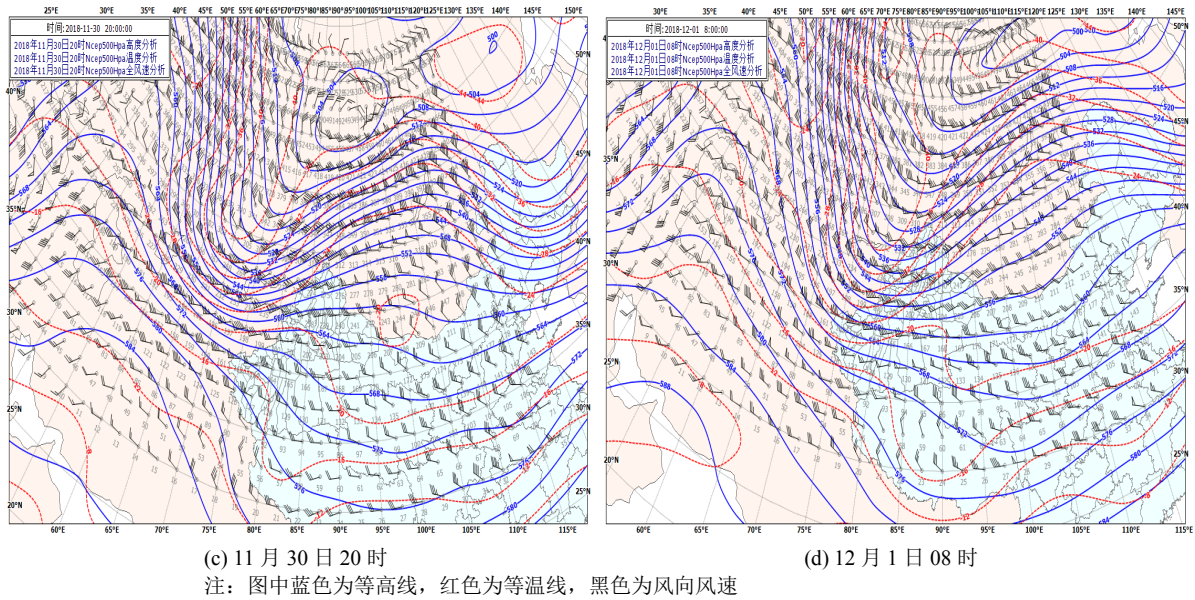


Figure 1. (a)~(d) Evolution of upper-air circulation during two snowstorms
图 1. (a)~(d)两次暴风雪天气高空环流形势演变

对图1(a)~(d)的分析表明, 两次暴风雪天气均表现为欧洲脊强烈发展, 环流经向度较大, 推动下游西西伯利亚低槽东移南下造成强冷空气爆发而产生的, 且脊前西北风带密集, 带上西北风风速加大, 最大达 40 m/s; 强锋区压至 40°N~50°N 区域; 南北两支锋区在巴尔喀什湖-塔城盆地汇合。

“11.25”暴风雪天气槽底呈“u”型分布, 系统移动速度较慢, 而“12.1”暴风雪天气槽底呈“v”型分布, 系统移动速度快, 天气爆发性强; “11.25”暴风雪天气西北风带强度、振幅均弱于“12.1”暴风雪天气, 导致风力、降温差别较大。

4.2. 地面形势场演变

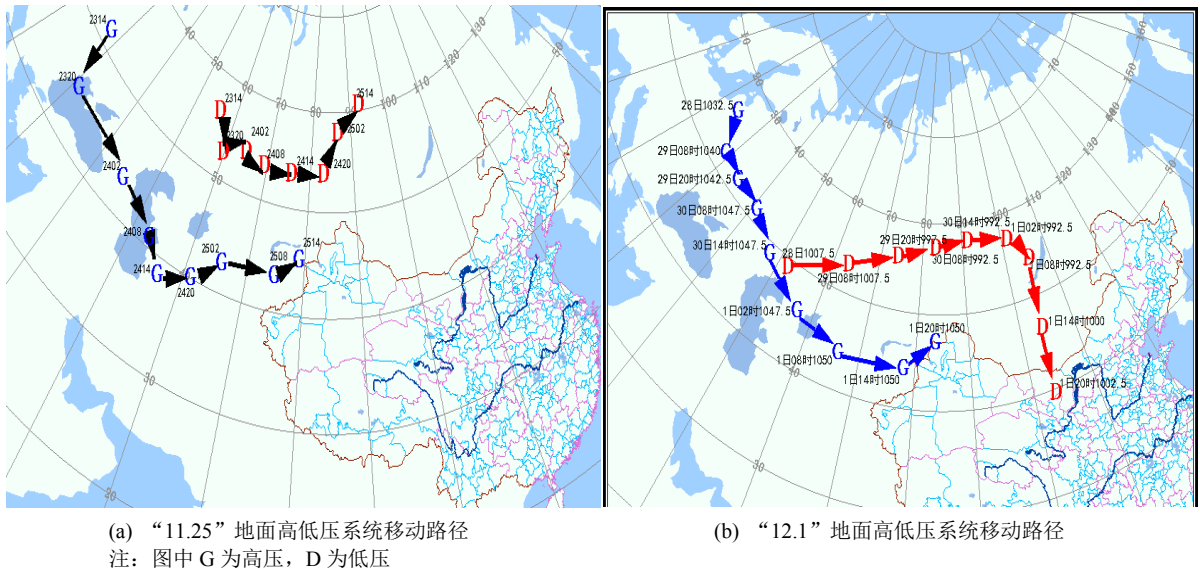


Figure 2. (a)~(b) The moving path of the ground HIGH and low pressure system in two blizzards
图 2. (a)~(b)两次暴风雪天气地面高低压系统移动路径

两次暴风雪天气冷空气移动路径均为西北路径，其移动方向均由西北往东南方向移动，到达威海后折向由西南往东北方向移动；且两次暴风雪均伴有地面气旋的活动，且地面气旋移动中心位于 50°N 以北地区，其外围不断有暖湿空气南下与北上的冷空气在塔城盆地结合；高低压中心压差均达到 57.5 hPa，“11.24”地面冷高压中心强度为 1042.5 hPa，与之相伴而生的地面气旋中心强度为 985.0 hPa，两者压差达到 57.5 hPa；而“12.1”暴风雪天气地面冷高压中心强度为 1047.5 hPa，与之相伴而生的地面气旋中心强度为 990.0 hPa，两者压差也达到 57.5 hPa；暴风雪天气过程发生在地面冷高压和暖低压交汇区域。

对图 2(a)~(b)的分析表明，“11.25”暴风雪天气高低压中心同步发展，高低压均由西北往东南方向移动，冷空气发源于里咸海地区，高压中心 1040 hPa，基本沿 50°N 一线不断往东南方向移动，地面气旋发源于 50°N~60°N 地区，之后逐渐东南下，其活动范围最南到达 44°N 地区，低高压交角均在塔城盆地，且巴尔喀什湖 - 塔城一线等压线密集；而“12.1”暴风雪天气高低压移动不同步，冷高压发源于里咸海北部地区中心气压 1045 hPa，由西北往东南方向移动，东移南下过程中强度不断增强，地面气旋发源于 55°N 地区，之后不断南下，其外围最南到达 38°N 地区，之后逐渐东北收，低压东移之后高压迅速进入，导致“12.1”暴风雪天气降水强于“11.25”暴风雪天气。

5. 高低空气象要素演变对比

两次暴风雪天气均发生在地面气温骤降、湿度剧增、气压跃升、大风突现、3 h 变压骤升的时段内，其发生前后地面气象要素场变化剧烈，伴随着暴风雪天气的发生风向突变，由偏东风转偏西风且风速迅速增加，暴风雪发生阶段风速为 10~17 m/s 或以上；两次暴风雪天气发生是湿度均表现为由小突然增大的过程；两次暴风雪天气发生前期地面处于减压升温状态，之后高空降落的雪花进入近地层较干燥的空气中发生了升华，吸收大量热能，热量吸收快，气温下降快；两次暴风雪天气发生前能见度均在 10,000~30,000 米之间，伴随暴风雪天气的发生发展鼎盛最小能见度的变化经历了高 - 低 - 高的变化过程；两次暴风雪天气发生前随着地面气旋不断南落，海平面气压由低值升至过程最高值，三小时变压由负值迅速转为正值，在正变压最大值出现后暴风雪天气发展到鼎盛阶段，就地面气象要素变化而言，“12.1”暴风雪天气较“11.25”暴风雪天气正负三小时变压绝对值更大、海平面气压中心值更高，暴风雪天气东西风转换更加迅速，西风风力更强，降温幅度更大，而“11.25”暴风雪天气较“12.1”暴风雪天气器测能见度更低。

对两场暴风雪天气的温度对数压力图进行分析，结果表明，暴风雪天气发生前 400~200 hPa、750~700 hPa 状态曲线和层结曲线比较接近，表明湿层厚，风随高度有明显的顺时针旋转说明有暖平流；随着地面气旋的移出，地面冷高压的逼近，700 hPa 以上状态曲线和层结曲线分开，表明中高层湿层变薄，高中低层转为一致的西北风，风随高度有明显的逆时针旋转说明有冷平流侵入。对比 11 月 24 日 20 时和 25 日 08 时、11 月 30 日 20 时和 12 月 1 日 08 时两个时次塔城探空站 500 hPa、700 hPa、850 hPa 各层次温度差，结果表明，“11.25”暴风雪天气高层降温达 9℃，中低层降温分别为 20℃、17℃，其中对流层中层、低层降温最显著；而“12.1”暴风雪天气高层降温达 14℃，中低层降温分别为 16℃，17℃，对流层高中低层降温均显著，这与文献[2]所述可能是强降雪凝结潜热释放所致，即强降雪凝结过程可能集中 700~500 hPa 层次中的结论一致。

6. 暴风雪成因对比分析

6.1. 动力条件

6.1.1. 垂直速度

垂直运动使得水汽冷却凝结，是产生降水的重要条件。对比两次暴风雪天气塔城盆地 4 站以 20 时为初始场的垂直速度剖面图(图略)，两次暴风雪天气塔城盆地 4 站中高层均有明显的上升运动，旺盛的上升

运动对降雪尤其是强降雪的产生非常有利。

“11.25”暴风雪天气发生期间，塔城、裕民、额敏、托里最大上升运动区均位于 925~500 hPa 高度上，中心最大垂直速度分别为 $-60 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-64 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-44 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $-44 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ ，中心基本位于 700 hPa 高度上；500~250 hPa 高度上均为下沉运动区，中心最大垂直速度分别为 $16 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $20 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $16 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $16 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ ，基本位于 300 hPa 或 400 hPa 高度上；而“12.1”暴风雪天气下沉运动均位于 1000~925 hPa 高度上，850~200 hPa 高度上均为上升运动，且上升运动分裂为具有完整形态的闭合中心，其中一个上升运动区位于 700 hPa 高度上，中心最大垂直速度介于 $-12 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 至 $-33 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间；另一个升运动区位于 300 hPa 高度上，中心最大垂直速度介于 $-21 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 至 $-27 \text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。

比较而言，“11.25”暴风雪天气最大上升运动均位于对流层中低层 925~500 hPa 高度上，最大下沉运动基本位于 300 hPa 或 400 hPa 高度上；而“12.1”暴风雪天气上升运动主要位于 850~200 hPa 高度上，且分裂为两个中心，中心最大垂直速度分别位于 700 hPa 和 300 hPa 高度上，下沉运动均位于 1000~925 hPa 高度上，垂直速度场的分布更有利于降水天气的出现。

6.1.2. 散度

高空的辐散强迫对暴风雪天气的形成非常重要，强烈的高空辐散强迫，是地面气旋发展的主要原因，同时，也有利于加强低层强风带和气旋性涡度切变，高空急流在锋面次级环流的作用下提高了动量下传的效率，对地面强风的发生起了重要作用，此外，这种高层辐散，低层辐合的配置所造成的抽吸作用，使得上升运动得到发展加强，对降雪或强降雪的形成极为有利。对比两次暴风雪天气塔城盆地 4 站以 20 时为初始场的散度剖面图(图略)，从图中可以看出，两次暴风雪天气塔城盆地 4 站中高层均有明显的辐散中心，低层均有明显的辐合中心。

两次暴风雪天气辐合、辐散中心出现的高度不同。“11.25”暴风雪天气发生期间，盆地四站在低层 850 hPa 高度有均有一个量值为 $-8*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $-12*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $-20*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的辐合中心，在高层 500~200 hPa 高度均有量值为 $20*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $24*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $40*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的辐散中心；而“12.1”暴风雪天气发生期间，盆地四站在 850~550 hPa 有 $-8*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $-12*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $-20*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的辐合中心，而在 500~200 hPa 高度均有量值为 $24*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $28*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 或 $42*10^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 的辐散中心。

6.1.3. 涡度

涡度在一定程度上可以反映水平辐合辐散。暴风雪天气有在高空冷平流作用下，塔城盆地上游西部国境线外的低槽或低涡形成并发展加强，在低槽前产生较强的正涡度区，随着低槽或低涡加强，涡度平流加强，在涡度平流强迫下产生上升运动，造成地面减压，使得地面气旋强烈发展。槽前均为正涡度平流区，随着低槽东移出塔城盆地，转为负涡度平流区控制；高层辐散、低层辐合有利于垂直运动的发展，利于暴风雪天气的发生；低层涡度和高层涡度差均较大。

正负涡度中心最大值差异较大，正负涡度分布及移动路径差异较大。“11.25”暴风雪天气发生期间 500 hPa、700 hPa 涡度场上 $40^{\circ}\text{N}\sim 70^{\circ}\text{N}$ ， $60^{\circ}\text{E}\sim 80^{\circ}\text{E}$ 为范围广阔的正涡度区，正涡度中心位于咸海-巴尔喀什湖地区，中心值分别为 $60*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $65*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而低层 850 hPa 巴尔喀什湖至塔城之间为负涡度控制，中心值为 $-32*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且正负涡度均自西向东移动；而“12.1”暴风雪天气发生期间 500 hPa、700 hPa 涡度场上 $40^{\circ}\text{N}\sim 70^{\circ}\text{N}$ ， $60^{\circ}\text{E}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 为范围广阔的正涡度区，正涡度中心位于咸海-巴尔喀什湖地区，中心值分别为 $60*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $52*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而低层 850 hPa 巴尔喀什湖至塔城之间为负涡度控制，中心值为 $-10*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且正负涡度均自西南向东北方向移动，这也是虽然“11.25”暴风雪天气正负涡度中心值均大于“12.1”暴风雪天气，但降水却弱于后者的原因之一；计算了两次暴风雪天气高层和低层涡度的差值，结果表明，“11.25”暴风雪天气发生期间塔城盆地高层和低层涡度差值达到了 $45\sim 55*10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而“12.1”

暴风雪天气发生期间塔城盆地高层和低层涡度差值达到了 $80\sim 90 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$, 明显高于“11.25”暴风雪天气, 低层和高层涡度差越大越有利于降雪系统的发展和维持。

6.1.4. 高低空急流的耦合作用

暴风雪天气发生时, 强冷空气南下使得南北温度梯度加大, 锋区加强, 高空急流发展强盛, 其作用有两个, 一是通过动量下传为大风形成提供了动力条件; 另外, 高空急流入口区右侧产生的高空强迫辐散(抽吸作用), 形成上升运动, 对低槽或低涡等影响系统的形成和发展有积极作用, 可为强降雪的发生提供有利条件。在两次暴风雪天气过程中, 在塔城盆地高低空有高层 500 hPa 西南急流、中层 700 hPa 西南急流、低层 850 hPa 西北急流“三支急流”的汇合, 中高层的偏南气流有利于大尺度垂直上升运动的发展和维持, 低层的偏北气流有利于低层的辐合抬升。比较而言, “12.1”暴风雪天气三支急流的强度均弱于“11.25”暴风雪天气。

6.1.5. 高空动量下传及梯度风

文献[2]的研究表明, 高空急流的存在及动量的下传作用, 对中纬度地面大风的形成至关重要。从高中低层风场分布来看, 两次暴风雪天气过程大风出现时段高、中、低层均为较强的北风或西北风, 且高层风速一般在 40 m/s 以上, 有明显的动量下传作用, 而“12.1”暴风雪天气动量下传明显强于“11.25”暴风雪天气。除了高低空急流的动量下传风以及层结因素外, 两次暴风雪天气地面气旋强烈发展的梯度风也是造成塔城盆地地面大风的主要原因, 在整个地面气旋的发生发展过程中, 气旋前部的三小时变压中心值和气旋后部的三小时变压中心值之差一直保持在 8 hPa 到 10 hPa 之间, 地面气压场上等压线十分密集, 气旋的发展加大了地面气压梯度, 使地面大风范围和风速不断加大, 大风区域多出现在冷锋后的冷平流中。两次暴风雪天气正负变压成对出现, 并呈西南-东北向分布, 梯度较大, 等压线密集, 暴风雪天气出现在正三小时变压区和负三小时变压过渡带等值线密集区中, 只是“12.1”暴风雪天气在正变压由巴尔喀什湖进入塔城盆地时等压线较后从“11.25”暴风雪天气更密集, 变压中心值更大。

6.2. 水汽条件对比

6.2.1. 比湿

对比两次暴风雪天气塔城盆地 4 站以 20 时为初始场的 700 hPa 比湿分布(图略), 从图中可以看出, 两次暴风雪天气来临前塔城盆地比湿明显增大, 且均由西南向东北方向移动。

“11.25”暴风雪天气发生前 24 日 08 时在巴尔喀什湖西南-南疆西部地区有一个呈带状分布的比湿大值区, 中心最大达 4.7 克/千克, 并由西南向东北方向移动; 20 时大值中心分裂为 2 个, 其中一个仍滞留在南疆西部地区, 中心达 3.6 克/千克, 另一个位于塔城盆地, 中心达 3.4 克/千克, 随着降水的结束, 比湿迅速减小, 25 日 08 时、20 时分别降为 0.2 克/千克、0.6 克/千克。比湿大值与强降雪出现时间一致; “12.1”暴风雪天气发生前 30 日, 08 时在 $40^{\circ}N\sim 70^{\circ}N$, $60^{\circ}E\sim 80^{\circ}E$ 区域有一个呈带状分布的比湿大值区, 中心最大达 5.5 克/千克, 并由西南向东北方向移动, 20 时大值中心分裂为 2 个, 其中一个滞留于 $40^{\circ}N\sim 50^{\circ}N$, $60^{\circ}E\sim 70^{\circ}E$ 范围内, 另一个位于塔城盆地由西南快速往东北方向移动, 中心达 3.8 克/千克, 随着降水的结束, 比湿迅速减小, 25 日 08 时降为 1.5 克/千克。比湿大值与强降雪出现时间一致。

6.2.2. 水汽通量

充沛的水汽来源及输送时形成较大降水的必要条件。通过对两次暴风雪天气 700 hPa、850 hPa 整层水汽通量对比分析发现, 两次暴风雪天气水汽移动路径主要为西南路径, 且水汽通量大值区主要集中在 700 hPa 高度。

两次暴风雪天气水汽源地不同, 其中从 24 日 20 时(图 a) 700 hPa 的水汽通量分布可以看到“11.25”

暴风雪天气降雪水汽可以分为南北两支,其中北支主要来自波罗的海附近的水域,水汽的南支主要来自红海、地中海附近的水域,南北两支水汽分别随着西南和西北两支急流在巴尔喀什湖西南侧汇合并加强,水汽通量中心强度达 $12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$; 25 日 08 时(图 b),随着槽后的西北急流迅速抵达,水汽通量迅速降低至 $2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,并随着弱的偏西气流进入阿勒泰地区,塔城盆地降水结束;“12.1”暴风雪天气降雪的水汽主要来自咸海-巴尔喀什湖西南侧水域,在由西南往东北方向输送的过程中,分裂为三个中心,其中一个位于咸海-巴尔喀什湖西南侧水域,中心强度达 $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,另一个位于巴尔喀什湖-塔城盆地之间,中心强度为 $8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,第三个中心强度为 $8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 已移出塔城盆地,在巴尔喀什湖西南侧水域有水汽沿西南-东北路径接力输送;850 hPa 水汽通量的分布及移动与 700 hPa 一致;从水汽的输送过程看,两次暴风雪天气水汽通量大值区的移动路径与降雪中心落区较一致。

6.3. 热力条件分析

6.3.1. 前期热量积累

两次暴风雪天气过程前期,塔城盆地均伴有明显的升温,最高气温均在 4°C 以上,对应 850 hPa 温度场在巴尔喀什湖以南地区有明显的温度脊发展,暖舌由西南往东北方向伸展,暖舌与地面不断南下的气旋共同作用导致各地气温持续升高,一方面积累能量,提供了较好的热力条件,另一方面也导致冷空气进入后降温幅度变的较大。差别在于“12.1”暴风雪天气裕民、托里最高气温升幅强于“11.25”暴风雪天气。

6.3.2. 温度平流

配合西西伯利亚低槽发展,两次暴风雪天气均形成了明显的冷、暖平流中心对偶,冷暖平流势力相当。暴风雪天气发生时从高到低各层冷平流都很强,在强冷平流区出现了大风天气,而在冷暖平流中心之间区域(冷、暖平流间梯度最大的区域)出现了暴风雪天气。从高中低层温度场变化来看,“11.25”暴风雪天气中 24 日 20 时高层 -20°C 等温线、中层 -4°C 等温线、低层 4°C 等温线进入塔城盆地,至 25 日 08 时 -32°C 等温线、 -24°C 等温线、 -12°C 等温线进入盆地;而“12.1”暴风雪天气中 30 日 20 时高层 -26°C 等温线、中层 -8°C 等温线、低层 1°C 等温线进入塔城盆地,至 12 日 08 时 -40°C 等温线、 -24°C 等温线、 -16°C 等温线进入盆地。高中低层温度平流变化表明“12.1”暴风雪天气冷平流均强于“11.25”暴风雪天气,且强冷平流主要集中于高低层。

7. 结论与讨论

- 1) 欧洲地区长脊,脊发展旺盛,中高纬度环流经向度迅速加大,脊前西北风带携带冷空气不断南下,推动其下游的西西伯利亚低槽东移南下导致了两场致灾暴风雪天气的发生。
- 2) 强烈的高空辐散强迫、低槽前较强的正涡度平流区,均造成地面减压,利于地面气旋发展,利于加强低层强风带和气旋性涡度切变,两场暴风雪天气发生时地面气旋与其后部的冷性高压在巴尔喀什湖-塔城盆地交汇,强冷平流、冷锋后偏西大风、高空急流在锋面次级环流的作用下提高了动量下传的效率、极大的压差及气压梯度力对地面强风的发生起了重要作用。
- 3) 两场暴风雪天气伴随寒潮的主要原因是高空槽后强冷平流加前期热量积累,此外强降雪凝结过程潜热释放集中在 700~500 hPa 层次导致对流层中层、低层降温显著,也是强降温的原因之一。
- 4) 两场暴风雪天气塔城盆地最大上升运动均位于对流层中低层 925~500 hPa 高度上,旺盛的上升运动对降雪尤其是强降雪的产生非常有利;高层辐散,低层辐合的配置所造成的抽吸作用,使得上升运动得到发展加强,对降雪或强降雪的形成极为有利;比湿大值与强降雪出现时间一致;水汽通量的大值区的移动路径与降雪中心落区一致;高层 500 hPa 西南急流、中层 700 hPa 偏西风急流、低层 850 hPa 西北急流在塔城盆地“三支急流”汇合。

基金项目

中亚大气科学研究基金项目“塔城盆地暴风雪天气对公路交通影响及预报”(caas201717)资助。

参考文献

- [1] 宫德吉, 李彰俊. 内蒙古暴风雪灾害及其形成过程[J]. 气象, 2001, 27(8): 19-24.
- [2] 袁国波, 姚锦桃. 乌拉特 - 达茂草原暴风雪天气特征及预报[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(10): 76-80.
- [3] 王慧清, 孟雪峰. 2013年春季内蒙古中东部地区一次吹雪过程天气学特征研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(19): 206-214.
- [4] 董文杰, 韦志刚, 范丽军. 青藏高原东部牧区雪灾的气候特征分析[J]. 高原气象, 2014, 28(10): 76-80.
- [5] 袁国波, 王丽钢, 段茹. 包头牧区暴风雪天气特征分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2013, 6(12): 55-570.
- [6] 孙建奇, 王会军, 袁薇. 2007年3月中国东部北方地区一次强灾害性暴风雪事件的成因初探[J]. 气象学报, 2009, 67(3): 469-477.
- [7] 孙艳辉, 李泽椿, 寿绍文. 东北地区两次历史罕见暴风雪天气过程的分析[J]. 高原气象, 2017, 36(2): 549-561.
- [8] 高松影, 孙连强, 刘天伟, 等. 辽宁省特大暴风雪(雨)极端天气个例诊断分析[J]. 气象科技, 2009, 37(215): 175-180.
- [9] 李春芳, 赵俊荣, 王磊. 寒潮暴风雪天气的动力和热力特征分析[J]. 新疆气象, 2001, 21(1): 9-11.
- [10] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 23.
- [11] 井立红, 高婧, 乔玉新, 等. 2018年11月24~26日塔城盆地暴风雪天气及预报服务偏差分析[J]. 沙漠与绿洲, 2019, 13(增刊): 7-12.