新疆伊犁一次大风降雪天气的 成因分析

江友飞,白 婷

伊犁州气象局,新疆 伊宁

收稿日期: 2021年12月11日; 录用日期: 2022年1月11日; 发布日期: 2022年1月18日

摘要

采用常规观测资料、NCEP逐6小时再分析资料(0.25°×0.25°、1.0°×1.0°)、FY-2G卫星相当黑体温度资料,综合分析2021年1月22日至25日伊犁的大风降雪降温天气过程。此次天气的大尺度环流背景为500hPa黑海高压脊推动深厚的西西伯利亚低槽东移南压影响伊犁。地面冷高压以西方路径入侵伊犁,冷锋两侧较强的气压梯度、变压梯度是造成大风的主要原因,850hPa强烈的冷平流利于气压梯度的加大与维持。强降雪期间,2g·kg⁻¹比湿线伸至850hPa以上,湿层较厚,水汽通量散度辐合中心位于850hPa及以下。850hPa强烈的冷平流和低空西风急流利于降雪增强并维持。FY-2G卫星相当黑体温度TBB演变分析表明,降雪最强时段,TBB在-48℃~-52℃之间,TBB梯度较大。

关键词

大风降雪,西西伯利亚低槽,冷平流,低空急流

Cause Analysis of a Gale and Snowfall in Yili, Xinjiang

Youfei Jiang, Ting Bai

Yili Meteorological Bureau, Yining Xinjiang

Received: Dec. 11th, 2021; accepted: Jan. 11th, 2022; published: Jan. 18th, 2022

Abstract

A gale, snowfall and decreased temperature weather process from 22nd to 25th January 2021 in

文章引用: 江友飞, 白婷. 新疆伊犁一次大风降雪天气的成因分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(1): 41-54. DOI: 10.12677/ccrl.2022.111005

Yili was synthetically diagnosed based on conventional observation data, NCEP daily reanalysis data ($0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$), and FY-2G satellite Black Body Temperature data. The large-scale circulation background of this weather is that the 500 hPa black sea high ridge pushes the deep west Siberian low trough eastward and influences Yili. The surface cold high invaded Yili with the western path, and the strong pressure gradient and pressure gradient on both sides of the cold front were the main reasons for the strong winds. The strong cold advection at 850 hPa was conducive to the increase and maintenance of pressure gradient. During heavy snowfall, the specific humidity line of 2 g·kg⁻¹ extends to more than 850 hPa, the wet layer is thicker, and the convergence center of moisture flux divergence is located at and below 850 hPa. The strong cold advection and low westerly jet at 850 hPa were conducive to the enhancement and maintenance of snowfall. The TBB evolution analysis of fairly black body temperature of FY-2G satellite shows that TBB is between -48° C and -52° C during the period of heaviest snowfall, with a large TBB gradient.

Keywords

Gale Snow, West Siberian Trough, Cold Advection, Low Level Jet

Copyright © 2022 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/

1. 前言

新疆冬季(12月至次年2月),由于受极锋锋区南压影响,冷空气活动较频繁,常出现暴雪寒潮天气, 对工农业生产、交通运输和人民生命财产等造成严重危害,是冬季气象服务工作的重点。气象科技工作 者对新疆的暴雪寒潮天气开展了许多研究工作,取得了丰硕成果[1]-[15]。杨霞等研究了 1961~2018 年新 疆北部冬季暴雪时空分布及其环流特征[4],指出新疆北部冬季暴雪的环流形势可分为 3 类 6 型,其中锋 区波动类最多,低槽类次之,低涡类最少。于碧馨等分析了 2017 年 2 月 19~20 日天山两麓极端暴雪过程 的多尺度配置及物理机制[6]。

2021年1月22日下午至25日早晨,受西西伯利亚低槽东移南压影响,伊犁出现一场大风降雪过程, 部分地区出现寒潮;大风时段在22日下午至夜间,降雪时段在22日傍晚至25日早晨,最强降雪时段在 22日夜间,强降雪中心位于伊宁县、新源县、霍城县北部山区和巩留县南部山区。

2. 天气实况

受深厚的西西伯利亚低槽东移南压影响,2021年1月22日下午至25日早晨,伊犁出现一场大风降 雪过程,部分地区出现寒潮(图1)。22日下午至夜间,伊犁8个国家站出现8~9级大风,极大风速中心 在新源县(24.1 m·s⁻¹,22日17:17),34个区域自动站出现10~12级大风,极大风速中心在察布查尔县海 努克托布亚喀西村(35.2 m·s⁻¹,22日19:07)。降雪时段在22日傍晚至25日早晨,各地出现小到中雪,部 分地区大雪,山区局地暴雪,最强降雪时段在22日夜间,强降水中心位于伊宁县、新源县、霍城县北部 山区和巩留县南部山区;22日夜间,伊宁县降雪量11.5 mm、新源县10.7 mm,巩留县沙尕村出现16.8 mm 的暴雪;过程累计降雪量伊宁县17.7 mm、新源县13.5 mm,最大降雪中心在霍城县芦草沟镇大东沟22.7 mm。大部地区新增积雪2~20 cm,伊宁县积雪最厚(29 cm)。各地48小时内最低气温下降4℃~12℃,伊 宁县、巩留县、昭苏县出现寒潮,最低气温下降9℃~12℃。



Figure 1. (a) The distribution of extreme wind speed in Yili from 14:00 on 22 January to 8:00 on 23 January, 2021 (unit: m·s⁻¹); (b) The precipitation distribution map of Yili from 19:00 on 22 January 22 to 9:00 on 25 January, 2021 (unit: mm); (c) The 6-hour precipitation map of Yining County from 20 o'clock on 22 January 22 to 8 o'clock on 25 January, 2021 (unit: mm) 图 1. (a) 2021 年 1 月 22 日 14 时至 23 日 8 时伊犁极大风速分布图(单位: m·s⁻¹); (b) 2021 年 1 月 22 日 19 时至 25 日 9 时伊犁降水量分布图(单位: mm); (c) 2021 年 1 月 22 日 20 时至 25 日 8 时伊字县 6 小时降水量图(单位: mm)





Figure 2. 500 hPa geopotential height field (solid line, unit: dagpm), temperature field (dotted line, unit: °C) and wind field (unit: m·s⁻¹) at 8:00 on 22 January, 2021 (a), (b) 20:00 on 22 January, 2021 (c) 8:00 on 23 January, 2021, (d) 8:00 on 24 January, 2021 **图 2.** 2021 年 1 月 22 日 8 时(a)、22 日 20 时(b)、23 日 8 时(c)、24 日 8 时(d) 500 hPa 高度场(实线,单位: dagpm)、 温度场(虚线,单位: °C)、风场(单位: m·s⁻¹)

江友飞,白婷



DOI: 10.12677/ccrl.2022.111005



Figure 3. The sea level pressure field at 8 o'clock on 22 January (a), 14 o'clock on 22 January (b), 20 o'clock on 22 January (c) and 2 o'clock on 23 January (d), 2021 (unit: hPa) 图 3. 2021 年 1 月 22 日 8 时(a)、14 时(b)、20 时(c)、23 日 2 时(d)海平面气压场(单位: hPa)

3. 高空环流形势

对流层中部 500 hPa 上(图 2), 1 月 22 日 8 h, 欧亚范围中高纬大致呈一槽二脊,黑海以北为高压脊 区,西西伯利亚至中亚地区为深厚的低槽,低槽曲率大,槽底伸至 30°N 附近,温度槽落后于高度槽,冷 平流利于低槽发展加深,槽后脊前北风带强盛,引导高纬冷空气南下堆积,新疆至蒙古为浅脊区,伊犁 处于低槽下游的西风急流中; 22 日 20 h,在欧洲高压脊的推动下,中亚低槽有些东移,伊犁转为槽前西 南气流,伊宁温度露点差为 2℃,伊犁降雪开始; 23 日 8 h,伊犁处于槽前西南急流中; 23 日 20 h,伊 犁仍受槽前西南急流控制; 24 日 8 h,低槽曲率减小,伊犁受槽前西风急流控制; 24 日 20 h,低槽东移 北收,南段移至新疆东部,伊犁转为槽后西北气流,降雪明显减弱; 25 日 8 h,低槽继续东移北收,伊 犁受槽后脊前西北气流控制,降雪基本结束。

4. 海平面气压场演变

海平面气压场上(图 3),冷高压以西方路径入侵伊犁。1月22日8时,地面冷高压主体在里海、咸海 地区,里海东侧的闭合中心值为1039 hPa,巴尔喀什湖至伊犁为闭合暖低压,低压中心值为1003 hPa; 22日14时,冷高压发展东扩,中心值增至1043 hPa,高压前沿的1020 hPa线伸至阿拉木图地区,阿拉 木图与伊宁的气压差为+9 hPa;22日17时,冷高压继续东扩,冷高压长轴加大,呈东西向,中心值1043 hPa,中亚地区至伊犁等压线密集,气压梯度、变压梯度加大,阿拉木图与伊宁的气压差增至+11 hPa, 伊宁三小时变压+8.9 hPa;22日20时,冷高压有些东移,长轴逆转为东北-西南向,中心值1043 hPa, 前部的冷锋完全压入伊犁,阿拉木图与伊宁的气压差+8 hPa,伊宁三小时变压+8.7 hPa;22日23时,冷 高压向东北扩展,长轴有些逆转,1030 hPa线完全控制伊犁,中亚至伊犁的气压梯度减小,阿拉木图与 伊宁的气压差+3 hPa,伊宁三小时变压+5.9 hPa,大风明显减弱;23日2时,冷高压继续向东向北扩展, 1035 hPa线控制伊犁,气压梯度持续减小,伊宁三小时变压+1.9 hPa,伊犁大风基本结束。

5. 物理量诊断分析

5.1. 比湿、假相当位温

从降雪中心伊宁县的比湿和假相当位温时间 - 高度剖面图(图 4)上可见,强降雪时段 1 月 22 日 20 时 至 23 日 20 时, 1.5 g·kg⁻¹比湿线伸至 600 hPa 附近, 2 g·kg⁻¹比湿线伸至 850 hPa 以上,湿层较厚,近地 面比湿大于 2.5 g·kg⁻¹,为降雪提供充足的水汽; 22 日 20 时至 23 日 8 时,假相当位温线密集而陡峭,大 气斜压性增大,锋区增强,与降雪最强时段相对应。

5.2. 水汽通量散度

从伊宁县的水汽通量散度、风场时间 - 高度剖面图上可见(图 5),降雪期间,水汽通量散度辐合区主要在 750 hPa 以下,强降雪时段 1 月 22 日夜间,水汽通量散度辐合区主要在 800 hPa 以下,辐合中心在 850 hPa 以下,中心值-5×10⁻⁵ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹。22 日 20 时 850 hPa 的低空急流高达 26 m·s⁻¹,非常利于 水汽的辐合集中。水汽通量散度的演变与降雪强弱时段相对应。

5.3.850 hPa 温度平流和风场

850 hPa 温度平流场上(图 6),1月22日14时后,冷平流逐渐侵入伊犁,上游至伊犁风速辐合;22日20时,冷平流完全侵入伊犁,中心值为-15×10⁻² K·s⁻¹,伊犁西部的低空西风急流核高达32 m·s⁻¹; 23日2时,伊犁的冷平流明显减弱,低空急流亦明显减弱,伊宁县降雪随之减弱;23日8时,伊犁西部 基本转为暖平流,低空急流继续减弱,伊宁县降雪暂告结束。冷平流为降雪降温提供有利条件,低空急 流的强弱对应于降雪强度的变化,低空急流强盛则降雪强,低空急流减弱,降雪随之减弱。



Figure 4. The time-height profile of specific humidity (solid line, unit: g·kg⁻¹) and pseudo-equivalent potential temperature θ_{SE} (dotted line, unit: K) from 14:00 on 22 January to 8:00 on 23 January, 2021 in Yining County 图 4. 伊宁县 2021 年 1 月 22 日 14 时至 23 日 8 时比湿(实线,单位: g·kg⁻¹)、假相当位温 θ_{se} (虚线,单位: K)时间 - 高度剖面图



Figure 5. The time-height profile of water vapor flux divergence (unit: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) and wind field (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) from 14:00 on 22 January to 8:00 on 25 January, 2021

图 5. 伊宁县 2021 年 1 月 22 日 14 时至 25 日 8 时水汽通量散度(单位: 10⁻⁵ g·cm⁻²·hPa⁻¹·s⁻¹)、风场(单位: m·s⁻¹)时间 - 高度剖面图





Figure 6. 850 hPa temperature advection (color area, unit: 10⁻² K·s⁻¹) and wind field (unit: m·s⁻¹) at 14:00 on 22 January (a), 20:00 on 22 January (b), 2:00 on 23 January (c), and 8:00 on 23 January (d), 2021, and Δ is Yining County 图 6. 2021 年 1 月 22 日 14 时(a)、20 时(b)、23 日 2 时(c)、23 日 8 时(d) 850 hPa 温度平流(彩色区,单位: 10⁻² K·s⁻¹) 和风场(单位: m·s⁻¹), △为伊宁县



DOI: 10.12677/ccrl.2022.111005



Figure 7. The evolution of FY-2G Satellite TBB from 21 o'clock on 22 January to 8 o'clock on 23 January, 2021 (unit: °C, ○ is Yining County)
图 7. 2021 年 1 月 22 日 21 时至 23 日 8 时 FY-2G 卫星 TBB 演变(单位: °C, ○为伊宁县)

6. FY-2G 卫星相当黑体温度 TBB 演变特征

高时空分辨率的云图能较好地监测降水过程中云团的发展演变过程。1月22日下午在低槽前西南气流的引导下,降水云系逐渐进入伊犁境内。22日21~23h(图7),伊宁县的TBB在-48℃~-52℃之间,TBB梯度较大,降雪量5.1mm;23日0~2h,伊宁县的TBB由-44℃降至-56℃,降雪量3.7mm;23日3~5h,伊宁县的TBB在-52℃~-56℃之间,TBB梯度有所减小,降雪量1.6mm,降雪减弱;23日6~8h,伊宁县的TBB由-60℃升至-56℃,TBB梯度继续减小,降雪量1.1mm,降雪持续减弱直至停止。降雪的发生、发展及强度变化与云系的TBB演变有密切关系。

7. 结论

1) 此次伊犁大风降雪天气的大尺度环流背景为: 500 hPa 黑海高压脊推动深厚的西西伯利亚低槽东 移南压影响伊犁。

2) 地面冷高压以西方路径入侵伊犁,冷锋两侧较强的气压梯度、变压梯度是造成大风的主要原因, 850 hPa 强烈的冷平流利于气压梯度的加大与维持。

3) 伊宁县强降雪期间,2g·kg⁻¹比湿线伸至 850 hPa 以上,湿层较厚,为降雪提供充足的水汽,水汽 通量散度辐合中心位于 850 hPa 及以下。850 hPa 的冷平流和低空急流利于降雪增强并维持。低空急流强 盛则降雪强,低空急流减弱,降雪随之减弱。

4) FY-2G 卫星相当黑体温度 TBB 演变分析表明,伊宁县最强降雪时段,TBB 在-48℃~-52℃之间, TBB 梯度较大;TBB 升高、梯度减小,降雪相应减弱。

基金项目

中国沙漠气象科学研究基金项目(Sqj2019010)。

参考文献

- [1] 张家宝, 苏起元, 孙沈清, 等. 新疆短期天气预报指导手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1986: 1-400.
- [2] 张家宝, 邓子风. 新疆降水概论[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 1-456.
- [3] 张学文, 张家宝. 新疆气象手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [4] 杨霞, 李阿桥, 赵逸舟, 魏娟娟. 1961-2018 年新疆北部冬季暴雪时空分布及其环流特征[J]. 冰川冻土, 2020, 42(3): 756-765.
- [5] 张俊兰, 施俊杰, 李伟, 罗婧文, 魏娟娟. 乌鲁木齐暴雪天气的环流配置及中尺度系统特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(1): 1-8.
- [6] 于碧馨, 洪月, 张云惠, 吐莉尼沙, 许婷婷, 李娜, 等. 天山两麓一次极端暴雪天气多尺度配置及机制分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020, 14(5): 11-18.
- [7] 王健, 宫恒瑞, 贾健, 蒋慧敏, 张月华. 乌鲁木齐"12·27"高影响大暴雪天气综合分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2020, 14(3): 36-42.
- [8] 朱蕾, 王清平, 王勇, 赵克明. 乌鲁木齐两次极端暴雪天气过程对比分析[J]. 暴雨灾害, 2020, 39(3): 225-233.
- [9] 陈涛, 崔彩霞. "2010.1.6"新疆北部特大暴雪过程中的锋面结构及降水机制[J]. 气象, 2012, 38(8): 921-931.
- [10] 张俊兰, 崔彩霞, 陈春艳. 北疆典型暴雪天气的水汽特征研究[J]. 高原气象, 2013, 32(4): 1115-1125.
- [11] 万瑜, 窦新英. 新疆中天山一次城市暴雪过程诊断分析[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(6): 8-14.
- [12] 李如琦, 唐冶, 肉孜·阿基. 2010 年新疆北部暴雪异常的环流和水汽特征分析[J]. 高原气象, 2015, 34(1): 155-162.
- [13] 杨霞, 张云惠, 赵逸舟, 马超, 赵凤环. 南疆西部一次罕见大暴雪过程分析[J]. 高原气象, 2015, 34(5): 1414-1423.
- [14] 庄晓翠, 崔彩霞, 李博渊, 等. 新疆北部暖区强降雪中尺度环境与落区分析[J]. 高原气象, 2016, 35(1): 129-142.
- [15] 张俊兰, 万瑜, 闵月. 乌鲁木齐"2015.12.11"极端暴雪天气的综合分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(1): 1-10.