

湿位涡在一次北疆暴雪天气中的应用

吕新生¹,王莹^{1,2},李圆圆¹,唐冶¹,杨霞¹

(1.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;2.马鞍山市气象局,安徽 马鞍山 243000)

摘要:2010年2月22—24日北疆出现了一次暴雪天气过程。基于高空和地面实况、欧洲中心数值预报、NCEP资料对环流形势、低层风场、假相当位温、湿位涡进行分析,结果表明:极锋锋区与副热带锋区在新疆汇合是产生暴雪的主要原因,低层辐合为暴雪提供了足够的上升动力条件,极锋锋区上的冷空气和北疆上空的垂直风切变为暴雪提供了不稳定条件。暴雪发生常伴随在北疆低层大的能量锋区附近,暴雪落区在700 hPa负的湿位涡中心值附近,可以把它作为暴雪落区预报的一个参考指标。

关键词:暴雪;假相当位温;能量锋区;湿位涡

中图分类号:P458.121

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2012)05-0007-05

暴雪是世界上主要灾害性天气之一。暴雪常给城市交通、道路运输、牧区生产及人民生命财产造成严重损失和危害。2010年1—2月,北疆连续出现多场暴雪天气,降雪时间长,雪量大,积雪厚,降温剧烈。暴雪天气使北疆多处乡镇交通中断,全区共有数万人(次)受灾,直接经济损失超过10亿元,因此进一步提高暴雪的预报水平显得尤为重要。近年来,针对暴雪发生的环流特征,水汽输送,动热力结构等,国外有不少研究,Richard等^[1]从湖风作用及维持机理等进行了比较深入的冷流降雪研究;Sakakibara等^[2]观测分析了冷流降雪的平行双雪带特征;欧美学者认为欧美的暴风雪多数与温带气旋发展登陆有关^[3-5]。国内气象学者也对中国的暴雪和积雪做过比较深入的研究,李培基指出^[6]天山、喀喇昆仑山、昆仑山、帕米尔、喜马拉雅山、念青唐古拉山、唐古拉山、巴颜喀拉山为高亚洲稳定积雪区;杨莲梅等^[7]对新疆大到暴雪气候特征及其水汽条件做了分析研究;张小玲等^[8-9]、邓远平等^[10]研究了发生在高原地区的“96·1”暴雪的中尺度切变线发生、发展的动力演变特征,认为涡度、散度的结构及其演变与暴雪切变线的生成和发展密切相关;王文等^[10]进一步对此次过程的湿对称不稳定进行了数值模拟,指出条件性

对称不稳定(CSI)是“96·1”暴雪发生和发展的一种动力机制。新疆虽然为干旱、半干旱地区,但大到暴雪过程在冬季每年都会出现^[11]。多年来新疆的气象工作者也对新疆暴雪的气候特征、环流特点、动力过程和水汽条件等方面开展了大量的研究^[12-16],但对暴雪落区的预报一直没有很好的解决办法。本文对2010年2月22—24日北疆出现的一次暴雪天气过程,主要从热力和湿位涡条件进行了分析,以期找到暴雪落区的预报指标。

1 天气实况和环流形势分析

2010年2月22—24日,受西南暖湿气流和北方冷空气的共同影响,北疆出现了大范围雨雪天气,伊犁河谷北部和精河到呼图壁的北疆沿天山一带出现大到暴雪或雨夹雪,乌苏、新源和沙湾三站为大暴雪;另外,阿勒泰出现了寒潮天气。这场天气过程伊犁河谷、北疆沿天山一带等地的部分地区和阿勒泰、哈密北部等地的局部地区达中到大量(3.1~12.0 mm),伊犁河谷、北疆沿天山一带有13站达暴量(≥ 12.1 mm),乌苏降雪量40.2 mm,新源34.1 mm,沙湾24.7 mm,为大暴雪。北疆沿天山一带积雪深度大幅增加,达到21~52 cm,乌苏、沙湾等5站积雪深度突破历史极值,乌苏最大积雪深度达52 cm。阿勒泰地区气温下降了18~25℃,使得阿勒泰大部地区最低气温降至-30℃以下,北疆其它地区,除伊犁河谷外,最低气温下降了3~10℃。东疆风口出现8级偏

收稿日期:2012-03-29

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106007)。

作者简介:吕新生(1965-),男,高级工程师,主要从事天气和气候灾害性研究。E-mail:lvxinsheng1118@sina.com

北风。

这次天气过程 500 hPa 的环流形势是：过程开始前24 h, 欧亚范围为纬向环流, 中高纬为一槽一脊型。欧洲为弱的高压脊区, 西伯利亚为宽广的低压槽区, 极锋锋区位于 $50^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$, 新疆受平直西风气流控制, 而副热带锋区较活跃, 在里、咸海有一低槽存在。过程开始时(22日08时), 欧洲脊发展, 推动西伯利亚低槽东移南压, 极锋锋区的位置也南压到 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$, 同时副热带锋区有所北抬, 在伊犁以西的国境线外有一强的西南急流, 这支急流与极锋锋区在北疆上空合并, 且里咸海南部的副热带锋区上的低槽减弱东移进入新疆与极锋锋区上的低槽合并, 造成了这场天气过程。新疆的老一代气象工作者早就提出“北支主风, 南支主雨”的概念, 这场天气过程极锋锋区上的低槽提供了干冷空气、强风和强的不稳定等动力条件, 而副热带锋区则提供了暖湿的水汽条件。在冬季2月这样的季节里, 副热带锋区上的西南气流能北上到 40°N 附近, 这也是近20 a 来罕见的。

这次天气过程在新疆区域大部分时间存在一支强的偏西向的低空急流, 急流轴中心强度 $>20\text{ ms}^{-1}$ 。在2月23日08时700 hPa 形势图上(图1a), 石河子到伊犁东部有明显的风速切变线, 在这场过程中北疆最北的阿勒泰与乌鲁木齐之间的温差始终大于 10°C 。22日08时, 在850 hPa 形势图上, 阿勒泰西部到塔城有一切变线, 伊犁地区西国境线外有一切变线, 这时的降水主要集中在伊犁河谷、塔城和阿勒泰。到22日20时, 在850 hPa 图上, 塔城东部到石河子有一切变线, 乌苏到乌鲁木齐有一切变线, 降水落区在伊犁河谷和石河子以西的北疆沿天山一带。

23日08时(图1b), 切变线在克拉玛依以东到伊犁东部, 北疆西部出现了一支低空急流。24日, 切变线逐渐减弱分成两段, 降水天气也逐渐减弱。由于新疆地形复杂, 850 hPa 上的风变化较大, 切变线的位置变化较快。

综合分析, 可以看出这场暴雪天气的影响系统就是700 hPa 上新疆上空的风速切变和850 hPa 上风切变线, 它们所造成的低层辐合为暴雪提供了足够的上升动力条件, 极锋锋区上的冷空气和北疆上空的垂直风切变也为暴雪提供了不稳定条件。

从22—24日地面形势演变图可以看到, 这场暴雪天气冷空气入侵新疆的路径属西北路径。22日05时乌拉尔山南端到咸海以北为庞大的冷高压, 中心强度为1031 hPa, 冷高压前端的冷锋位置在巴尔喀什湖以北, 距新疆西北国境线约2个纬度, 新疆处于弱低压带控制。随后两天, 伴随着高空西伯利亚低槽的东移南压, 冷高压也逐渐东移南落, 强度逐步加强, 冷锋过境; 22日20时冷高压中心强度为1033 hPa, 23日02时冷高压中心强度为1035 hPa, 24日02时冷高压中心强度为1040 hPa, 高压中心的位置也由乌拉尔山南端逐渐东南移到蒙古境内; 而地面冷锋于22日20时压到塔城至阿勒泰地区的国境线上, 23日08时冷锋过境乌鲁木齐, 24日17时伴随着冷锋移出新疆, 本次天气过程结束。

2 假相当位温和湿位涡分析

2.1 假相当位温

根据T213模式预报的假相当位温, 在700 hPa (图2a)和850 hPa (图2b)上, 这次天气发生过程中, 蒙古为低值区, 南疆为高值区(850 hPa 图上有

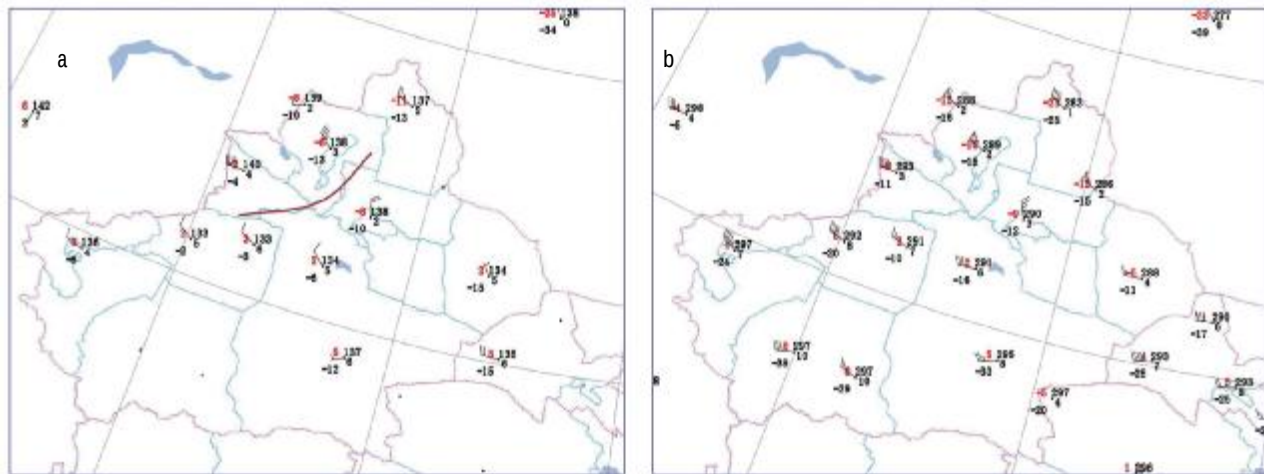


图1 2月23日08时700 hPa(a)和850 hPa(b)形势图

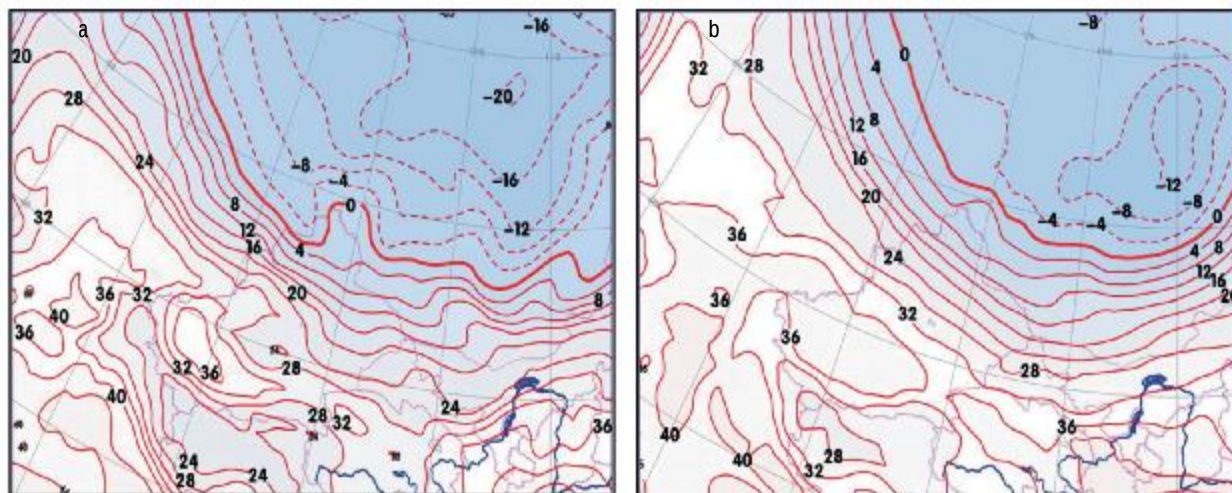


图2 2月23日08时700 hPa(a)和850 hPa(b)T213模式假相当位温(单位:K)

一高能舌从南疆伸向西天山),中亚地区也为一高值区,新疆为强的能量锋区带,特别是在暴雪区伊犁到沿天山一带能量锋区最为密集。在700 hPa假相当位温图上,北疆北部的阿勒泰到天山山脉之间有7根等值线,跨越了4 K到28 K;在850 hPa假相当位温图上,北疆北部的阿勒泰到天山山脉之间有8根等值线,跨越了-4 K到24 K。

通过以上分析表明,暴雪通常发生在能量锋区的轴线上,低层的能量锋区这种热力场结构为暴雪的产生提供了能量和水汽条件。

2.2 湿位涡分析

等压面上的湿位涡 q_w 表达式为(黑体符号为矢量):

$$q_w = f(g/\theta_0) \xi \nabla \theta_w = f(g/\theta_0) [(\partial \omega / \partial g - \partial v / \partial p) (\partial \theta_w / \partial x) + (\partial u / \partial p - \partial \theta_w / \partial x) (\partial \theta_w / \partial y)], \quad (1)$$

其中: $\xi = \nabla \times \mathbf{V}$ 为三位涡矢, $N_w^2 = -g/\theta_0 (\partial \theta_w / \partial p)$, $\eta = \partial v / \partial x - \partial u / \partial y + f$, θ_0 为标准大气位温典型值, θ_w 为湿球位温。

用NCEP资料计算各特性层的湿位涡 q_w 。经分析发现:在2月23日14时600 hPa湿位涡图上(图3a),伊犁河谷、北疆沿天山一带、天山山区为负的湿位涡,中心最大值达 -3×10^{-2} PVU;在2月23日14时700 hPa湿位涡图上(图3b),伊犁河谷附近为负的湿位涡中心,中心最大值达 -4×10^{-2} PVU,北疆沿天山一带也有一小的负的湿位涡中心。这些负湿位涡中心区与暴雪落区大致重合,表明暴雪发生在负的湿位涡中心值附近,可以把它作为一个暴雪落区预报的方法。

根据湿位涡理论: $q_w < 0$ 是大气发生条件性对称

不稳定的充分必要条件。在等压面上的水平分布状况可反应条件性对称不稳定CSI的存在区域和强弱。一般可计算对流层中层600 hPa的 q_w ,如果为高负值中心,说明存在很强的条件性对称不稳定,所以有可能出现强对流天气。

对湿位涡沿 41°N 和 43°N 做剖面(图3c和图3d),可以看出:2月23日14时,伊犁河谷附近从低层到中层(850~600 hPa)受负的湿位涡控制,负值中心位于750~700 hPa附近,中心值为 -6×10^{-2} PVU;北疆沿天山一带850~600 hPa也为负的湿位涡区,负值中心同样位于750~700 hPa,中心值为 -4×10^{-2} PVU。此区域为强的条件性对称不稳定区。

3 结论

(1)这次天气过程是极锋锋区上的低槽东南移与副热带锋区上的低槽减弱东移进入新疆共同造成的,两支锋区在新疆汇合所提供的热力和水汽条件是产生暴雪的主要原因。副热带锋区上的西南气流在2月能北上到 40°N 附近,是近20 a来罕见的。

(2)暴雪天气中低层影响系统是700 hPa上新疆上空的风速切变和850 hPa上风切变线,它们所造成的低层辐合为暴雪提供了足够的上升动力条件,极锋锋区上的冷空气和北疆上空的垂直风切变也为暴雪提供了不稳定条件。

(3)暴雪的发生常伴随在北疆低层大的能量锋区附近,暴雪中心在能量锋区的轴线上,低层的能量锋区这种热力场结构为暴雪的产生提供了能量和水汽条件。暴雪发生在700 hPa负的湿位涡中心附近,可以把它作为暴雪落区预报的一个参考指标。

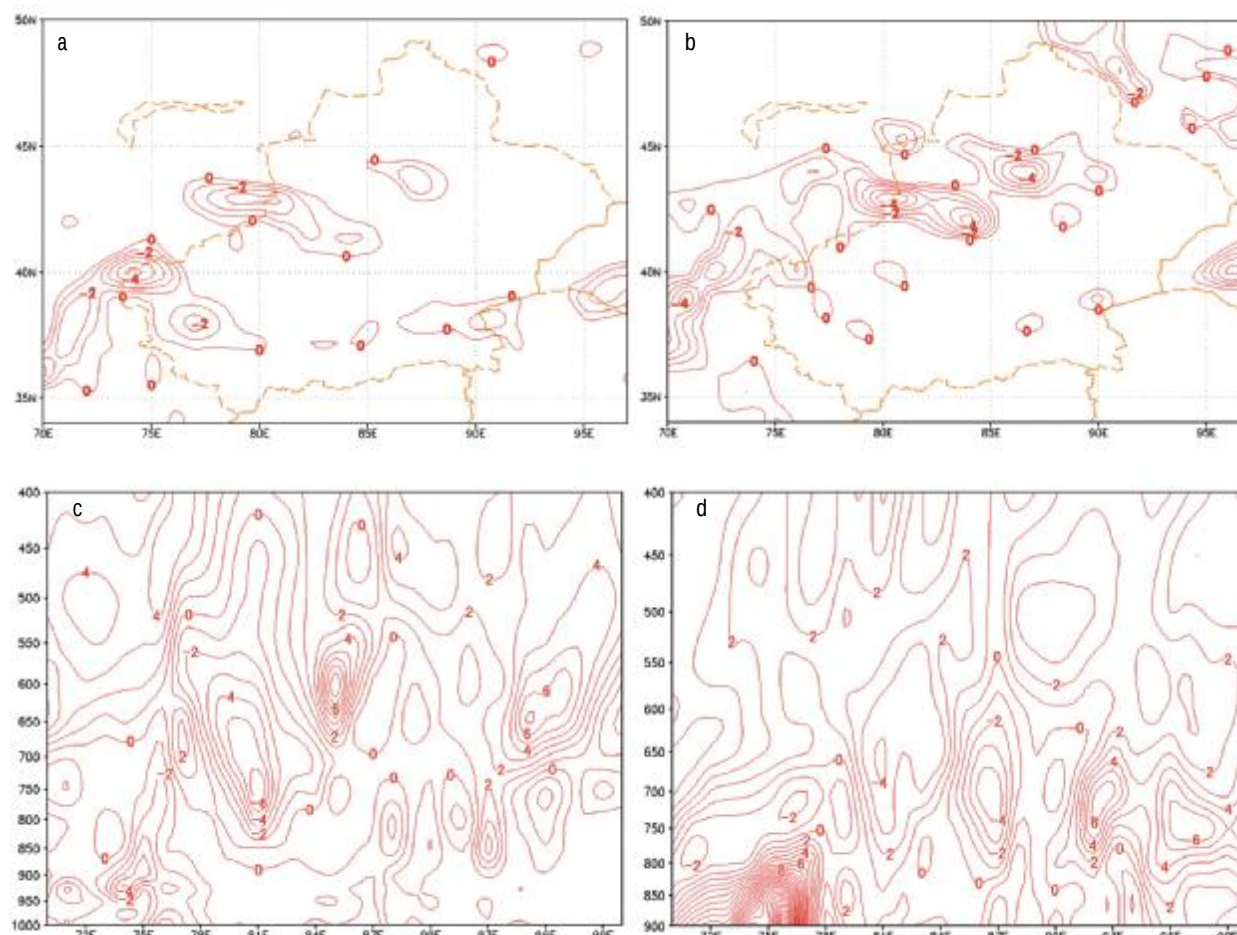


图3 2月23日14时600 hPa(a)、700 hPa(b)湿位涡和沿41°N(c)、沿43°N(d)湿位涡垂直剖面图

参考文献:

- [1] Richard E P Jr, Roscoe R B Jr. The role of the winter land breeze in the formation of Great Lake snow storms[J]. Bull Amer Meteor Soc. 1981, 62(4): 482-492
- [2] Sakakibara H, Ishihara M, Yanagisawa Z. Squall line like convective snowbands over the the Sea of Japan[J]. J Meteor Soc Japan. 1988, 66: 937-953.
- [3] Braham R R Jr. The Midwest snow storm of 8 -11 December 1977[J]. Mon Wea Rev. 1983, 111: 253-272.
- [4] Ulbrich U, Fink A H, Klawe M, et al. Three extreme storms over Europe in December 1999 [J]. Weather. 2001, 56(3): 70-80.
- [5] Pearce R, Liyod D, McConnel D. The post -Christmas "French" storms of 1999[J]. Weather. 2001, 56(3): 81-90.
- [6] 李培基. 高亚洲积雪分布[J]. 冰川冻土, 1995, 17(4): 291-298.
- [7] 杨莲梅, 杨涛, 贾丽红, 等. 新疆大—暴雪气候特征及其水汽分析[J]. 冰川冻土, 2005, 27(3): 389-395.
- [8] 张小玲, 程麟生. "96·1" 暴雪期中尺度切变线发生发展的动力诊断 I: 涡度和涡度变率诊断[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 285-294.
- [9] 张小玲, 程麟生. "96·1" 暴雪期中尺度切变线发生发展的动力诊断 II: 散度和散度变率诊断[J]. 高原气象, 2000, 19(4): 285-294.
- [10] 邓远平, 程麟生, 张小玲, 等. 三相云显式降水方案和高原东部"96·1" 暴雪成因的中尺度数值模拟[J]. 高原气象, 2000, 19(4): 401-414.
- [11] 张家宝, 邓子凤. 新疆降水概论[M]. 北京: 气象出版社, 1987, 276-280.
- [12] 晋绿生, 赵俊荣. 2000 年冬季阿勒泰区域性大-暴雪成因分析[J]. 新疆气象, 2000, 25(2): 9-11.
- [13] 李春芳. 2000 年阿勒泰地区冬季大—暴雪天气分析[J]. 新疆气象, 2001, 24(3): 18-20.
- [14] 晋绿生, 赵俊荣. 低空急流与阿勒泰暖区大-暴雪[J]. 新疆气象, 2004, 27(2): 13-15.
- [15] 赵俊荣, 晋绿生. 阿勒泰地区春季寒潮暴风雪气候特征分析[J]. 新疆气象, 2003, 26(1): 11-13.
- [16] 刘正新, 田惠平, 赵俊荣, 等. 新疆天山中部初秋罕见大暴雪成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(5): 21-24.

Application of Moist Potential Vorticity for a Snowstorm Forecast in Northern Xinjiang

LÜ Xin-sheng¹, WANG Ying^{1,2}, LI Yuan-yuan¹, TANG Ye¹, YANG Xia¹

(1. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China;

2. Maanshan Meteorological Bureau, Maanshan 243000, China)

Abstract: Based on the observed data and the reanalysis dataset from the NCEP/NCAR reanalysis project, the mechanism of a snowstorm happened on February 22-24, 2010 in Northern Xinjiang was studied. The circulation, low-level wind, pseudo-equivalent potential temperature and moist potential vorticity. Were analyzed the results showed that the synodic motion of polar front zone and subtropical front zone in Xinjiang is the main reason of the snow storm. The convergence in the low layer provided enough dynamic conditions for the blizzard. The cold air from the polar front zone and the vertical wind shear over the Xinjiang region provided unstable conditions for the blizzard. Blizzards often occur with big energy frontal zone in low-level atmosphere and near the negative center of the moist potential vorticity in 700 hPa, which can be a reference designator to forecasting the area of blizzard.

Key words: snowstorm; pseudo-equivalent potential temperature; energy frontal zone; moist potential vorticity

科技信息

白志杰强调:气象为自治区跨越式发展提供了重要支撑

10月12日,新疆维吾尔自治区党委常委、秘书长白志杰听取了自治区气象局党组书记杜继稳关于近期新疆气象工作情况汇报后,代表自治区党委对新疆气象事业发展取得的新业绩表示充分肯定,并请杜继稳书记转达自治区党委领导对全疆气象职工的亲切问候。

在听取汇报后,白志杰详细询问了新疆气象为农服务、人工影响天气和自治区气象局防灾减灾业务平台建设等情况。他指出,气象部门为自治

区跨越式发展和长治久安提供了坚强的支撑和支持,做出了很大的努力。他说,新疆很多气象台站地处沙漠、戈壁、高山,工作条件十分艰苦,气象职工艰苦奋斗,无私奉献,为新疆气象事业和经济社会的发展作出了重要贡献。他还说,人影工作很重要,自治区党委和人民政府都高度重视,要加快推进。

(潘继鹏)