

Analysis on a Weather Process of Cold Wave, Heavy Snowstorm in Altay and Ili Regions*

Haihua Li¹, Dafeng Liu¹, Xiaomei Zhu²

¹Altay Meteorological Bureau, Altay

²Ili Meteorological Bureau, Ili

Email: lhhaltqxj163.com@163.com

Received: Apr. 8th, 2013; revised: May 4th, 2013; accepted: May 13th, 2013

Copyright © 2013 Haihua Li et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Based on the data of conventional upper and field and numerical forecast products of T639, a cold waves and snow storms weather happened from 15 to 20 January 2010 in Altay and Ili Regions, which is comprehensively investigated. The results show that the ridge of the Black sea developed and moved to east with ridge of European, and the Northeast wind formed and strengthen in front of the ridge, then the trough moved to southward and westward. The northeast cold air in Taimyr Peninsula of the ridge was guided along the northeast air flow of ridge to the Siberia trough, which caused baroclinicity enhanced and forced the trough strongly developed and collapsed to southeast. The European ridge collapsed to southeast too, which forced the cold air broke out southward in west Siberia and caused strong cold wave and heavy snowstorm in northern Xinjiang. A comparative analysis of forms field, surface filed and physical elements is made, which provided some reference for weather forecast in Xinjiang.

Keywords: Cold Wave; Heavy Snowstorm; Altay Prefecture; Ili; T639 Product

阿勒泰和伊犁地区一次寒潮、大到暴雪天气过程分析*

李海花¹, 刘大锋¹, 祝小梅²

¹阿勒泰地区气象台, 阿勒泰

²伊犁州气象台, 伊犁

Email: lhhaltqxj163.com@163.com

收稿日期: 2013年4月8日; 修回日期: 2013年5月4日; 录用日期: 2013年5月13日

摘要: 利用常规高空、地面实况图和数值预报产品 T639 的资料, 对阿勒泰地区和伊犁地区 2010 年 1 月 15~20 日出现的一次寒潮、大到暴雪天气过程进行综合分析, 结果表明: 黑海脊发展与欧洲脊同位相叠加东移并顺转, 脊前东北风带建立并加强, 槽南压西退, 引导泰米尔半岛冷空气沿脊前东北气流西南下到西西伯利亚低槽中, 使其斜压性增强, 迫使槽转向强烈发展东南垮; 使欧洲脊向东南衰退, 促使西西伯利亚的冷空气大举南下, 造成北疆地区的强寒潮和大到暴雪天气, 对比分析两地区的形势场、地面场, 及物理要素等, 为预报新疆天气提供了一些参考依据。

关键词: 寒潮; 大到暴雪; 阿勒泰; 伊犁; T639 产品

1. 引言

李海花等^[1,2]对阿勒泰的寒潮、大风天气进行过研

*基金项目: 公益性行业(气象)科研专项 GYHY201106007; 基金项目: 阿勒泰地区冬季旅游相关的气象指数预报研究, 201203。

究, 但对两地区对比研究的较少。本文选取阿勒泰和伊犁的 2010 年 1 月 17 日白天至 20 日的天气进行对比分析, 一个是新疆最北部的站(阿勒泰站位于(88.05°E, 47.44°N))阿勒泰地区位于新疆最北部, 欧亚

大陆的腹地,其北部和东北部为阿尔泰山脉,西南部为萨吾尔山,南接准噶尔盆地。额尔齐斯河、乌伦古河横贯中部,地势为北部至东北部高,向西南逐渐降低,到河谷最低,由河谷向西南又逐渐升高,一个是位于中天山的伊犁河谷(伊宁市位于(81.33°E, 43.95°N)),伊犁河谷地处中纬度内陆,本区地处南北天山之间,中部有乌孙、伊什基里克山,三山自西向东逐渐合拢,形成这里“三山一谷一盆地”的地形特点。此次天气首先来临的地区阿勒泰和进而影响的伊犁,对比分析两地的天气,这对预报新疆不同地区的天气有一定的参考价值。2008年6月1日, T639 全球模式产品通过 DVB-S 正式下发产品,半年多来对模式系统进行了改进,对产品进行了丰富。2009年2月13日,中国气象局预测减灾司正式发文(气预函[2009]14号)批准 T639 投入业务运行,鉴于此,原来的全球业务系统 T213 将逐步被停止。T639 数值预报模式现已是我们日常预报工作中的重要参考模式,对其产品应用是提高天气预报质量的重要途径之一。

2. 整个新疆天气实况概述

受西西伯利亚强冷空气东移南下的影响,2010年1月17日白天至20日北疆、东疆出现了明显降温、降雪、大风天气。14日白天至16日夜间先受西西伯利亚低槽分裂短波的影响,塔城、阿勒泰、伊犁河谷普降小到中雪,部分地区达大量。17日白天开始,西西伯利亚低槽带着一股强冷空气东移影响新疆。北疆各地、天山山区、哈密地区普遍出现了小到中量的雪,其中塔城、阿勒泰、伊犁河谷的部分地区累积降雪量达到大雪,北疆沿天山一带、天山山区等地的部分地区达大量,阿勒泰、塔城、新源等13个站达到暴量,尼勒克、哈巴河等13个站达到大量,昌吉、乌苏等12个站达到了中量。塔城、阿勒泰最低气温降幅达 $18^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$,最低气温在 $-24^{\circ}\text{C}\sim -43.8^{\circ}\text{C}$ 之间。伊犁河谷、北疆沿天山一带、哈密地区最低气温降幅达 $12^{\circ}\text{C}\sim 27.6^{\circ}\text{C}$,最低气温在 $-19.2^{\circ}\text{C}\sim -42.2^{\circ}\text{C}$ 之间。

阿勒泰和伊犁天气实况

2010年1月15~20日,阿勒泰地区出现了近9年(2001年以来)以来最强的一次寒潮天气,而伊犁是近5年来少见的寒潮天气。24h日平均气温阿勒泰地区普遍下降 $9.2^{\circ}\text{C}\sim 18.9^{\circ}\text{C}$ 。伊犁普遍下降 $2.5^{\circ}\text{C}\sim 10.8^{\circ}\text{C}$;

日平均气温48小时阿勒泰地区下降了 $16.5^{\circ}\text{C}\sim 26.5^{\circ}\text{C}$,伊犁地区下降了 $12^{\circ}\text{C}\sim 15.4^{\circ}\text{C}$;两地大部分站均在20日出现了最低气温,阿勒泰地区最低气温在 $-30.8^{\circ}\text{C}\sim -43.8^{\circ}\text{C}$,伊犁在 $-19.2^{\circ}\text{C}\sim -28.4^{\circ}\text{C}$,青河站为本次过程最低达 -43.8°C (图1)。同时伴有降水,过程降水明显的是阿勒泰(25.1 mm)、霍尔果斯(23.3 mm)、新源(21.0 mm)。

3. 高空环流形势

3.1. 100 hPa 形势

在天气发生前2010年1月15日,在100 hPa天气图上(图2)可以看到,极涡已切断分裂为两个中心,形成偶极型环流,亚洲一侧的极涡中心已南压到西伯利亚北部。由于欧洲脊和阿拉斯加脊的发展,西西伯利亚地区的极涡加强,并向南压,极涡外围锋区增强,冷空气加强向南爆发影响新疆。

3.2. 500 hPa 形势

500 hPa上,1月14日20时欧亚大陆环流形势为

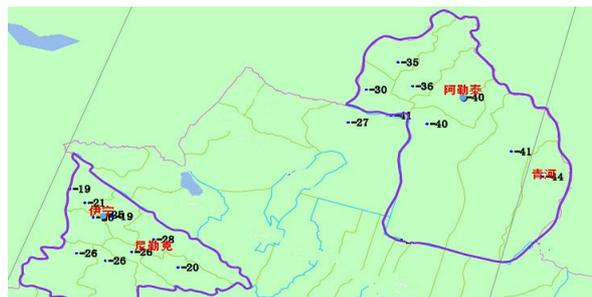


Figure 1. January 20, 2010, the minimum surface temperatures of the two regions ($^{\circ}\text{C}$)

图 1. 2010 年 1 月 20 日两个地区的地面最低温度($^{\circ}\text{C}$)

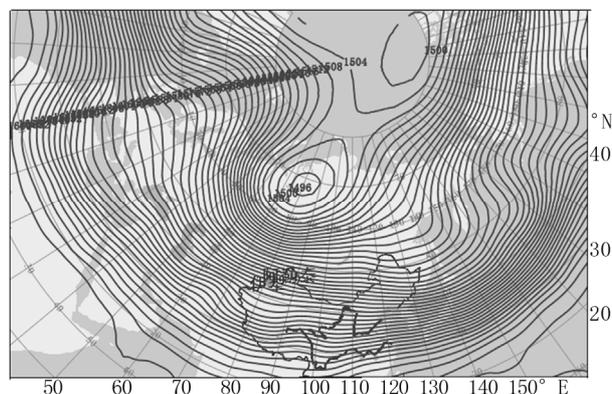


Figure 2. 08:00, January 15, 2010, 100 hPa height fields

图 2. 2010 年 1 月 15 日 08 时 100 hPa 高度场

两脊一槽型(图 3(a)), 欧洲、贝加尔湖分别为脊区, 泰米尔半岛至乌拉尔山南部为一东西向的横槽, 槽内冷中心强度为 -28°C 且落后于槽区; 中低纬多波动, 里黑海为脊区; 15 日 20 时里黑海脊发展与欧洲脊同位相叠加东移并顺转, 脊前东北风带建立并加强, 槽略南压西退; 16 日 08 时(图 3(b)), 北半球中高纬环流形势为北欧及贝加尔湖至鄂霍次克海为暖脊, 西伯利亚为一个极涡, 形成两脊挟持一个大极涡的倒大 Ω 流型; 16 日 20 时由于泰米尔半岛强冷空气沿脊前东北气流西南下到低槽中, 槽后东北风带进一步加强; 17 日 08 时 500 hPa 图上(图 3(c)), 北欧高压后部出现一明显的冷舌, 弱的暖平流区移到了脊前, 极涡西伸的横槽后部出现了暖平流; 17 日 20 时高压脊前偏北风

带继续加强, 脊顶顺转, 超极地冷空气不断南下到西西伯利亚低槽内, 并有 -32°C 的冷中心, 西西伯利亚冷槽沿脊前偏北气流进一步南下到中亚地区并强烈发展, 使低压的斜压性进一步加强, 槽底南伸至 35°N , 其底部锋区上 5 个纬距内($45^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$)有 6 根等高线和 4 根等温线(等值线间隔为 4), 低槽有 -32°C 冷中心; 18 日 08 时至 18 日 20 时由于欧洲脊顶受格陵兰岛低涡东移南压的影响向东南衰退, 高压脊部分东南垮, 导致脊前强冷空气大举东南下, 造成北疆地区一次强降温的寒潮天气。

4. 地面形势场

从图 4(a)地面形势动态图中看出高压路径主要是

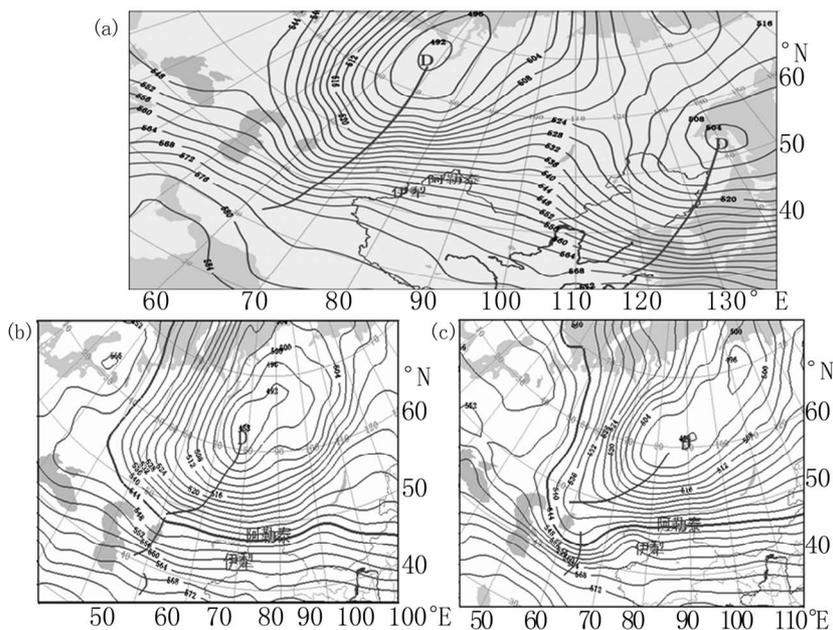


Figure 3. (a) 20:00, January 14, 2010, 500 hPa height fields; (b) 08:00, January 16, 2010, 500 hPa height field; (c) 08:00, January 17, 2010, 500 hPa height field

图 3. (a) 2010 年 1 月 14 日 20 时 500 hPa 高度场; (b) 2010 年 1 月 16 日 08 时 500 hPa 高度场; (c) 1 月 17 日 08 时 500 hPa 高度场

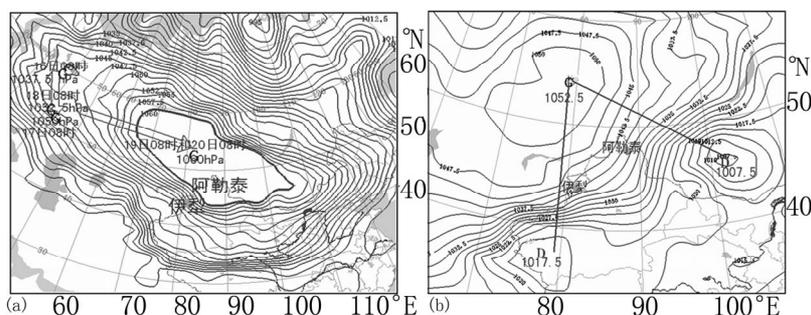


Figure 4 (a) 2010-01-16 08 o'clock to 20th floor dynamic map; (b) 2010-01-18T14 ground

图 4. (a) 2010-01-16 日 08 时到 20 日 08 时地面动态图; (b) 2010-01-18T14 地面形势场

西北方路径进入新疆,16日08时高压中心值为1037.5 hPa,17日08时和18日08时向南移动,高压中心值增加到1052.5 hPa,然后高压中心主体向西移到阿勒泰上空,高压中心值继续在增强,中心值为1060 hPa高压,对阿勒泰影响较明显。

1月18日08时冷高主体出现在里海北部,中心值为1052.5 hPa,同时在贝加尔湖南部和和田一带有热低压发展,低压中心值分别是1012.5 hPa和1017.5 hPa;18日11时该冷高压主体分裂一高压,中心值为1050 hPa,与之东西对应的贝加尔湖南部的热低压发展为1007.5 hPa,而与之南北对应的和田一带的热低压略有减弱为1020 hPa;14时高压略有东移,冷高中的最低气温值-35℃,贝加尔湖南部的热低压维持少动,热低压中的最高温度值为+4℃,冷高中心和暖低中心之间有19根等值线(等值线间隔为2.5 hPa),温差达39℃,和田一带热低压略有发展,中心值1017.5 hPa,热低压中的最高温度值为+9℃,冷高中心和暖低中心之间有15根等值线(等值线间隔为2.5 hPa),温差达44℃,冷锋前后有强烈的热力和动力的共同作用,冷高压如此之强,温差如此之大,确为历史罕见(图4(b));17时冷高压中心略有增强并南压;20时得到从西西伯利亚南下冷空气的补充,高压中心增强至1057.5 hPa;19日,冷锋开始过境,高压逐渐增强并北收,19日20时高压中心达最强值为1060 hPa。此冷高压稳定少动,高压中的冷空气随着北风带,不断向南输送,较大的气压梯度和冷高压如此之强,是这次强寒潮天气主要特征之一。

5. 物理量诊断分析

0°~70°N, 0°~120°E 范围内,常规高空资料,数值预报产品 T6 39 资料的 20 时、08 时预报场的物理场诊断分析。

5.1. 强降温的成因分析

1) 某地温度的变化可用热流量方程来表示^[3]:在1月18~20日寒潮过程中,气温骤降的主要原因是强冷平流

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla T - (\gamma_d - \gamma) \cdot w + \frac{\gamma_d}{\rho g} \left[\frac{\partial P}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla P \right] + \frac{1}{C_p} \cdot \frac{dQ}{dt}$$

上式中,右端第3项为变压和气压平流引起的温度变化,局地变化很小,在实际预报中可以不考虑。第2项为垂直运动对局地气温变化的影响,由于近地层 w 可近似为 0^[2,3],因此某地温度变化主要决定于温度平流 $-\mathbf{V} \cdot \nabla T$ 和非绝热因子 $1/\text{cpd}Q/\text{dt}$ 的作用温度平流应考虑平流冷暖性质和强度。非绝热因子考虑辐射、水汽凝结、蒸发和地面感热对气温的影响,气温的非绝热变化主要表现为气温的日变化和气团变性。寒潮天气由于有大范围的锋面云系,太阳辐射和地表辐射引起的气温日变化较小,因而气温下降主要是强冷平流所引起的,故只讨论 850 hPa 上冷平流的演变情况^[4]。

高空冷平流的分布状况反映了冷空气的活动情况。沿 40°~50°N, 70°~100°E 做时间剖面图,从图 5 中看出 700 hPa 上 18 日 08 时的冷平流已经控制阿勒泰和伊犁地区了,最强中心值分别为 $-480 \times 10^{-6} \text{ k} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $-320 \times 10^{-6} \text{ k} \cdot \text{s}^{-1}$ 明显的看出,阿勒泰的冷平流比伊犁上空强,深厚的冷平流为此次寒潮爆发积蓄了大量的能量。高空深厚且较强的冷平流有利于动量下传、加大地面风速,同时使地面温度下降。这次寒潮天气阿勒泰地区 48 h 日平均气温下降 16.5℃~26.5℃、伊犁地区下降 12℃~15.4℃。

2) 天气现象的影响。天空的状况、有无降水产生和风的大小对气温变化均有一定的影响。1月15日夜间至18日夜间,阿勒泰地区和伊犁站有降水,并且伴有4~5级的偏西风。18日虽然有冷平流影响,但由于天气现象不是很利于快速降温。因此,在18日白天有所降温,但不是很明显。19日白天到20日白天,受强冷平流影响,并且各站晴,风力不大,降温特别的明显。20日凌晨,出现了的最低气温。

3) 下垫面性质的影响。下垫面性质不同,热容量也不同。自进入冬季后,地表有积雪覆盖,特别是1月6~7日阿勒泰地区出现了近50年有气象记录以来罕见的大暴雪天气,全区自西向东普降大到暴雪,北部、东部特大暴雪,积雪深度和降雪量均突破历史同期极值,较厚的积雪深度也是导致阿勒泰地区此次降温幅度大的一个主要原因。

5.2. 充沛的水汽和低层强烈的动力辐合分析

这场寒潮天气除了有强降温外,阿勒泰地区和伊

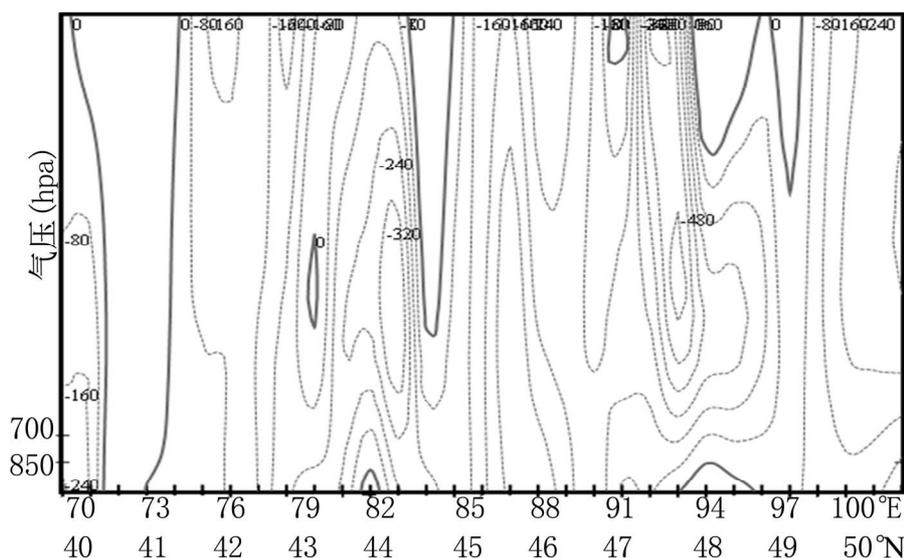


Figure 5. 08:00, January 18, temperature advection profiles
图 5. 1月18日08时温度平流剖面图

犁河谷普降了大雪，部分站暴雪。从1月16日08时伊犁河谷的比湿开始增加，到17日08时(图6)，在700 hPa高空图上可以看到一条湿舌从孟加拉湾一直伸到北疆阿勒泰地区，到17日20时伊犁河谷700 hPa、850 hPa、925 hPa的比湿均小于等于 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，水汽通量散度的分布，反映了水汽的较大尺度的辐合积累情况，从1月17日08时整层(地面至300 hPa)的水汽都处于辐合积累中。

图7(a)是2010年1月16日20时~20时阿勒泰单站(88.05°E, 47.44°N)和图7(b)伊宁市(81.33°E, 43.95°N)风场和温度时间垂直剖面图。

图7(a)、7(b)中，看出具有后倾槽的结构，特别是伊宁站，表现很清楚，降水前500 hPa及以上是西北风，降水时是西风或西南风，当转为西北风时，降水结束。高空200 hPa急流也存在从偏西到西北急流的转变。高空急流逐渐增强，均在200 hPa上风速达最大值，分别为 $56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，有较强的风垂直切变和高空西风急流，850 hPa上主要为偏东风或东南风，低层有来自南支上的暖湿气流，提供降水所需的水汽，随着北方冷空气的侵入，从100~400 hPa上看出高冷平流已经进入，降雪、降温天气也就随之产生。从水汽通量图8(a)和水汽通量散度图8(b)中可以看出，在降雪明显时段17日20时，对应水汽由500~700 hPa上的一支持续强盛的西南暖湿急流所携带至阿勒泰和伊犁的上空，700~850 hPa上存在水汽

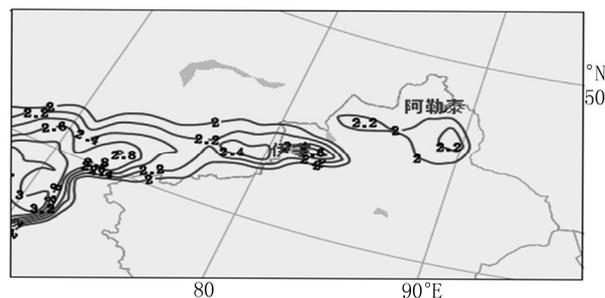


Figure 6. 08:00, January 17, 2010, specific humidity
图 6. 2010年1月17日08时比湿

通量值大于 $5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ，对应的水汽通量辐合区850~300 hPa，水汽通量辐合区由低层向高层向西倾斜，17日20时700 hPa水汽通量散度中心值在伊犁上空达 $-14 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 。实况伊犁的部分地方已在开始出现降雪天气，并且在逐渐的增强。

5.3. 动力条件分析

大降水的产生不仅需要要有充沛的水汽输送，而且必须具备一定的能量和不稳定条件。 θ_{se} 就是表示大气的一个很好温湿特征量，暖区相当于高能区，等值线密集区相当于能量锋，通过分析暴雪天气过程的 θ_{se} 场。我们分析了2地区降水过程的假相当位温分布情况。阿勒泰地区：T639初始场16日20时700 hPa假相当位温图上，可以看出17日02时(图9)，高能区在巴而喀什湖一带，阿勒泰是 14°C ，而伊宁是 28°C ，高能区一直在伊宁一带，锋区斜压性大，有利于垂直

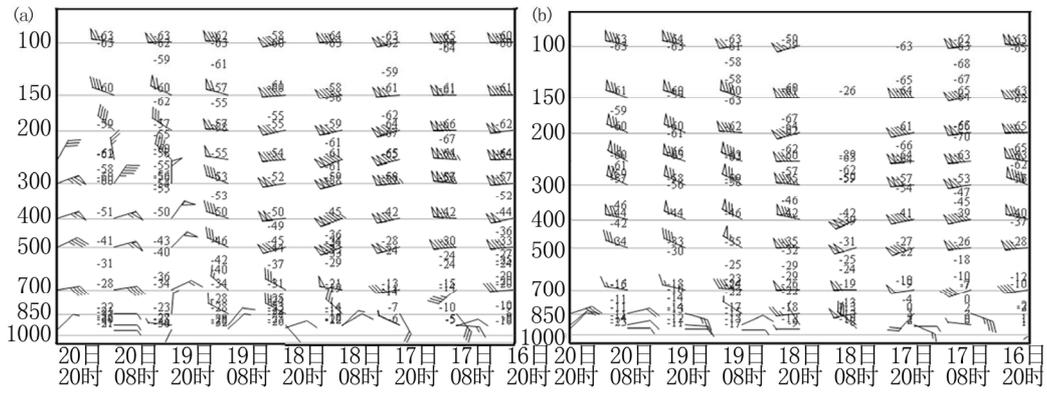


Figure 7. (a) Wind and temperature vertical profile of Altay; (b) Wind and temperature vertical profile of Yining, 图 7. (a) 阿勒泰风场和温度时间垂直剖面图; (b) 伊宁市风场和温度时间垂直剖面图

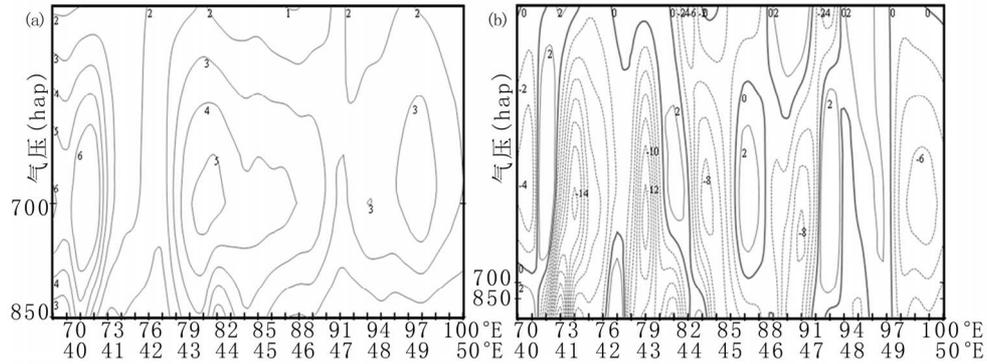


Figure 8. (a) 20:00, January 17, water vapor flux profile; (b) 20:00, January 17, water vapor flux divergence profile 图 8. (a) 1月17日20时水汽通量剖面图; (b) 1月17日20时水汽通量散度剖面图

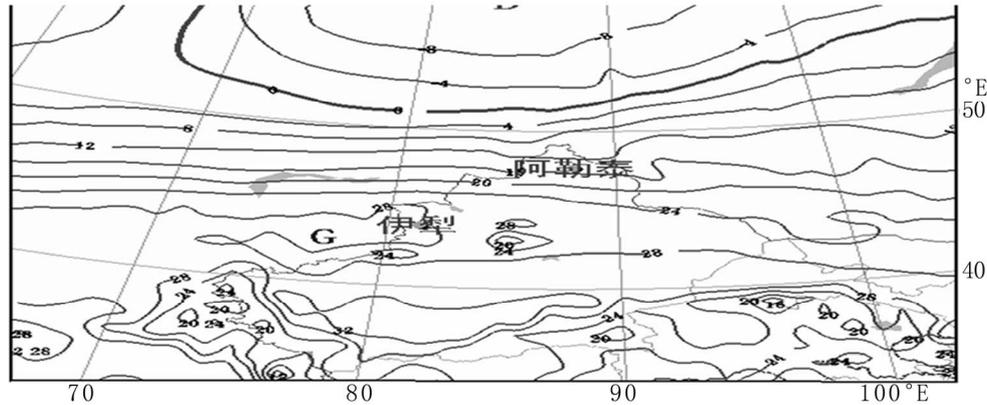


Figure 9. 02:00, January 17, 2010, potential pseudo-equivalent temperature 图 9. 2010年1月17日02时的假相当位温

环流的发展与能量转换，从而诱发不稳定能量释放。

当大规模的水汽集中辐合时，必须有大范围深厚的上升运动，抬升水汽造成强降水。图 10(a)阿勒泰 17 日 08 时的垂直速度剖面图，图 8(b)伊犁河谷 17 日 20 时的垂直速度剖面图。

从图 10 中看出 2 站从 850~300 hPa 均是上升运

动，说明上升运动区较深厚，且上升运动区近于垂直，尤其是强的上升运动中心几乎重合。大降水区位于该范围内，大降水中心位于上升运动中心的右前方，上升运动中心最大分别为达 -50×10^{-2} hPa/s 和 -55×10^{-2} hPa/s，可以看出伊犁河谷地区的上升运动强于阿勒泰地区，这也是伊犁降水比阿勒泰地区明显的一个

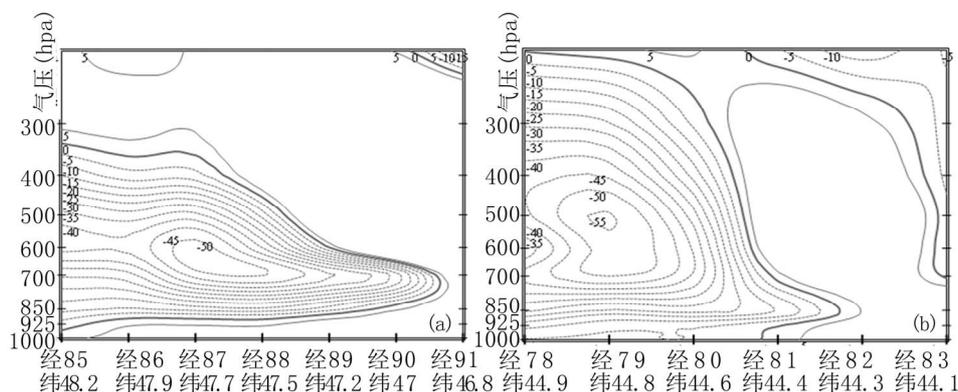


Figure 10. (a) 08:00, January 17, the vertical velocity profile over Altay; (b) 20:00, January 17, vertical velocity profile over Ili
图 10. (a) 1月17日 08 时阿勒泰上空垂直速度剖面图; (b) 1月17日 20 时伊犁上空垂直速度剖面图

主要原因,进一步说明强烈的垂直上升运动为降水提供了有利的动力条件。

6. 总结与讨论

1) 此次寒潮天气过程是由于北欧脊发展东移,脊前东北风带建立并加强,诱导新地岛冷空气沿脊前东北气流西南下在横槽中堆积。随着北欧高压向东南衰退,迫使横槽转向强烈发展东南压,导致中高纬度强冷空气大举东南下,造成了两个地区强寒潮天气;

2) 较大的气压梯度和冷高压如此之强,又是这次强寒潮天气主要特征之一,但是阿勒泰地区又明显强与伊犁地区;

3) 深厚的冷平流为此次寒潮爆发积蓄了大量的能量。高空深厚且较强的冷平流有利于动量下传、加大地面风速,同时使地面温度下降,阿勒泰的冷平流明显强于伊犁地区;

4) 单站高空风时间剖面图进一步揭示出暴雪过

程中高低空急流的变化和暖湿气流的输送;降水前 500 hPa 及以上是西北风,降水时是西风或西南风,当转为西北风时,降水结束。高空 200 hPa 急流也存在从偏西到西北急流的转变,2 地区在这里比较相似;

5) 大降水的产生不仅需要充沛的水汽输送,而且必须具备一定的能量和不稳定条件,当大规模的水汽集中辐合时,必须有大范围深厚的上升运动,可以看出伊犁的动力条件明显好于阿勒泰。

参考文献 (References)

- [1] 李海花, 刘大锋, 庄晓翠等. 阿勒泰地区 2008-4-17 寒潮天气过程分析[J]. 陕西气象, 2009, 5: 12-14.
- [2] 李海花, 李广军, 张林梅等. 阿勒泰地区 2009.9.18-降水、大风天气过程诊断分析[J]. 青海气象, 2009, 4: 27-30.
- [3] 朱乾根等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1981.
- [4] 樊明, 冯军, 尚学军. “2001.4.9”寒潮天气形成过程分析[J]. 气象, 2002, 29(9): 18-22.