

# 新疆阿勒泰地区一次强寒潮天气过程分析

张林梅, 庄晓翠, 胡磊

(新疆阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰 836500)

**摘要:**利用 Micaps 常规实况图、EC 客观分析场及 T213 00 时的物理量场,从寒潮冷空气的酝酿、堆积、爆发3个阶段分析了2009年2月11~13日新疆阿勒泰地区的一次强寒潮天气过程,重点分析强降温及降水原因。分析表明:此次强寒潮冷空气来自新地岛和泰米尔半岛的超极地强冷空气,强冷空气沿乌拉尔山脊前东北风带和北风带南下堆积到西西伯利亚上空。由于乌拉尔山脊西北部冷空气的侵袭,使该脊向东南跨,推动西西伯利亚强冷空气大举南下,从而造成这次强寒潮天气。形成强降水的原因是北方冷空气与南支槽东移北上的暖湿气流在该地区汇合,并配合动力条件和水汽条件共同造成的。

**关键词:**强寒潮;环流形势;物理量分析;阿勒泰地区

**中图分类号:**P458.1<sup>+</sup>22

**文献标识码:**A

阿勒泰地区位于欧亚大陆腹地,处于新疆最北部,属干旱和半干旱地区,是主要的畜牧业生产基地之一,每年春、秋季强冷空气活动频繁,对该地区的牧业生产造成严重的危害。因此能否准确地预报出寒潮天气出现的时间、强度、白毛风等,对牧业生产、交通及人民生活有着至关重要作用<sup>[1]</sup>。虽然李春芳<sup>[2]</sup>等研究了阿勒泰地区春季寒潮天气的热力和动力条件分析,赵俊荣<sup>[3]</sup>等利用数值预报产品对寒潮暴风雪天气过程进行检验,沙依然等专家对各地出现的强寒潮天气也做过天气、气候对比分析<sup>[4-12]</sup>。但由于阿勒泰地区地形复杂,寒潮天气过程不尽相同,且对寒潮天气个例分析较少,故深入分析一些特强寒潮个例很有必要,为进一步提高特强寒潮预报提供参考依据。

## 1 天气实况

受西西伯利亚强冷空气南下影响,2009年2月11~13日阿勒泰地区出现强寒潮天气过程,此次天气过程以强降温和降水为主。平均温度24h西部、北部下降8℃以上,48h普遍下降16℃以上,72h普遍下降20℃,最低温度出现在13日,普遍在-30℃以下,阿勒泰、富蕴、青河站达到-35℃左右(表1),达到强寒潮标准,为历史同期罕见。过程降水量除吉木乃和福海站为小雪外,均在中雪以上,其中阿勒泰、富蕴、青河站达大雪,降水主要集中在10日夜间。由于此次天气提前72h就做出准确的预报,服务及时、措施建议得当,有关部门及时采取了相应的防范,没有造成灾情。

表1 阿勒泰地区各站2月11~13日强寒潮和降雪实况

Tab.1 The situation of the snow and the strong cold wave occurred from 11 to 13 February 2009 in Aletai area

	阿勒泰市	吉木乃	哈巴河	布尔津	福海	富蕴	青河
过程降温幅度/℃	-23.6	-21.1	-20.6	-19.9	-13.9	-21.3	-20.7
过程降雪量/mm	8.2	1.9	5.6	4.5	0.9	7.2	9
最低温度/℃	-34.5	-26.4	-30.2	-34	-29.3	-35.5	-34.6
过程最大积雪深度/cm	60	39	24	27	11	35	36

收稿日期:2009-06-29;改回日期:2009-08-20

基金项目:新疆气象局科学研究基金“新疆西北部牧业生产灾害天气预报流程暨牧业灾害评估机制的探讨和研发项目”资助

作者简介:张林梅(1983-),女,云南曲靖人,助理工程师,现从事天气预报及研究工作. E-mail:meizi0874@163.com

利用  $0 \sim 90^\circ\text{N}$ ,  $0 \sim 180^\circ\text{E}$  范围内常规高空、地面、EC 客观形势分析;物理量场采用 T213 预报的 00 时客观场。对于本次强寒潮天气过程从冷空气酝酿、堆积、爆发 3 个阶段进行诊断分析,着重分析强降温和降雪成因。

## 2 环流形势

### 2.1 500 hPa 环流形势及主导系统的演变

冷空气的酝酿阶段:过程前 3 d,2 月 8 日 500 hPa 高度场上欧亚范围内环流形势为 2 槽 1 脊型,即地中海北部至斯堪的纳维亚半岛为一经向度较大的低槽,西伯利亚为东西走向宽广的低槽活动区,欧洲至巴伦支海为脊区,极地有极高活动,中心位于北地群岛,强度为 524 dagpm,并且在自东洋面至鄂霍次克海有脊西伸。9 日由于地中海槽前暖平流非动力加压作用,使欧洲脊明显北挺,脊前西北风带建立,新地岛附近的冷空气沿脊前偏北气流南下到西伯利亚低槽,增强了其斜压性;同时,北地群岛极地高压西移南下至新地岛的东北部,中心值增强为 528 dagpm。

冷空气的堆积阶段:10 日 20:00,500 hPa 高度场,欧洲脊进一步向北发展,并略有东移,同时与极地高压反气旋性接通(图 1),在乌拉尔山地区形成经向度非常大的脊,该脊在极区呈东北—西南向,在中高纬呈南北向,使得泰米尔半岛的冷空气沿脊前东北气流和北风气流南下到西西伯利亚上空堆积,形成深厚的西西伯利亚冷低涡。该低涡底部  $45 \sim 55^\circ\text{N}$  有 10 根等高线,槽底最大风速为 40 m/s,冷中心最低温度为  $-48^\circ\text{C}$ 。10 日也是乌拉尔山脊最强盛的时段,脊前北风带上有 2 站风速为 40 m/s,伴随北风带加强,西西伯利亚低涡略有南移,  $-47^\circ\text{C}$  冷中心东移南下。使小股冷空气与南支槽东移北上的暖湿气流在阿勒泰地区上空汇合,造成 10 日夜间的降水天气。

冷空气的爆发阶段:11~13 日斯堪的纳维亚半岛北部低涡不断分裂短波东移侵袭乌拉尔山脊顶,使乌拉尔山脊向东南方向衰退,推动西西伯利亚的强冷空气大举南下,造成阿勒泰地区一次强寒潮天气过程。

由此可见,此次强寒潮天气冷空气主要来自新地岛南部和泰米尔半岛,属超极地路径<sup>[5]</sup>。

### 2.2 地面形势演变

地面图上,8~9 日新地岛南部及泰米尔半岛北

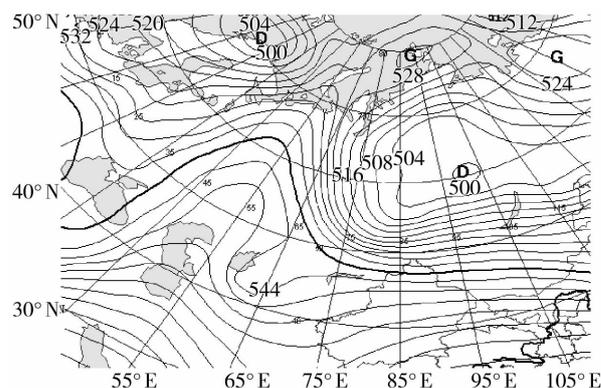


图 1 2009 年 2 月 10 日 20 时 500 hPa 高度场(单位:dagpm)

Fig. 1 The 500 hPa height field at 20:00 Feb. 10, 2009

部的冷高发展,中心强度分别为 1 028、1 036 hPa,泰米尔半岛高压不断分裂小高压南下西退与新地岛南部的冷高打通并东南下。10 日 20:00 由于超极地的冷空气补充,南下的小高压逐渐增强,冷高前伴有冷锋,冷锋位置在巴尔喀什湖以东。冷暖空气在阿勒泰地区上空交汇,造成 10 日夜间明显降水天气。11 日白天冷锋东移过境,降雪量迅速减少,并很快停止。可见,此次寒潮天气冷高压的路径为超极地路径。

## 3 强降温的原因

某地的气温变化可用热流量方程表示:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -V \cdot \nabla T - (\lambda_d - \gamma) \cdot W$$

$$+ \frac{\lambda_d}{\rho_g} \left| \frac{\partial P}{\partial t} + V \cdot \nabla P \right| + \frac{1}{C_p} \frac{dQ}{dt}$$

式中,对于近地层  $W$  可近似为 0,变压和气压平流引起的温度局地变化也很小。因此,某地温度的变化主要决定于温度平流和非绝热因子的作用。温度平流主要考虑平流冷暖性质和强度,非绝热因子考虑辐射、水汽凝结、蒸发和下垫面性质对气温的影响。

### 3.1 温度平流对气温局部地面变化的影响

在此次寒潮天气过程中,强烈的冷平流是气温骤降的主要原因。11 日伴随着低涡南压,一股超极

地的冷空气南下,08:00,850 hPa 温度平流场(图2a)西部有一股冷平流,其中心为  $-30 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而东部有中心值为  $10 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的弱暖平流,这也是该日西部、北部降温,东部降温不明显的主要原因。12日随冷空气的进一步南下,08:00,

850 hPa 温度平流场(图2b)西部至中部出现一股极强冷平流,其中心数值为  $-50 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ,20:00 西部的强冷平流东移至本区东部,从而导致阿勒泰地区各站普遍有  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  以上的降温,表明这次冷空气势力非常强大。

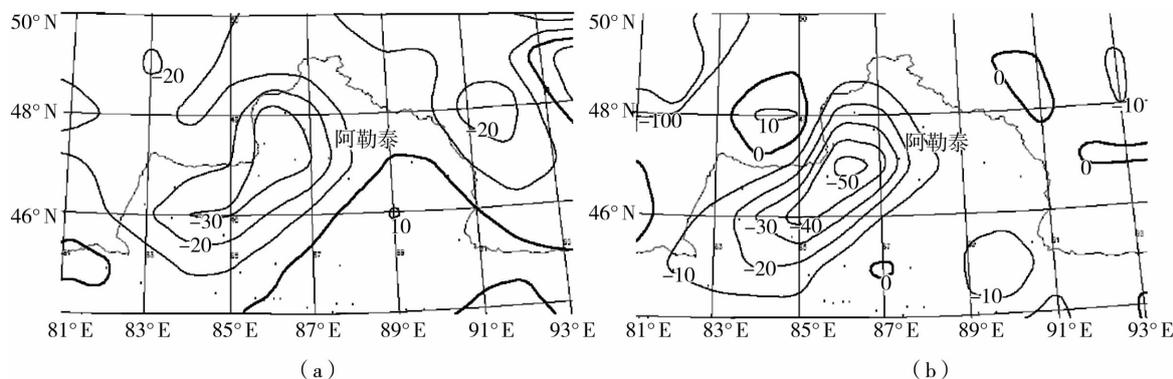


图2 2月11日(a)及12日(b)08:00 850 hPa 温度平流场(单位: $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig.2 Temperature advection fields at the level of 850 hPa at 08:00 on February 11(a) and 12(b), 2009

### 3.2 非绝热因子对气温变化的影响

气温的非绝热变化是空气与外界热量交换的结果。在低层大气中,非绝热因子对局地气温作用非常明显。

(1)天气现象对气温变化的影响。因为大气的热量交换是通过太阳辐射、水汽相变而释放潜热、乱流传导来进行的。所以,天空的状况、有无降水产生和风的大小对气温变化均有影响。2月10日夜间

至11日白天,阿勒泰地区各站有降水,并且伴有4~5级的偏西阵风。虽然该区受冷平流控制,但各种气象要素均不利于快速降温,因此,在11日白天降温现象不明显。11日夜间到12日白天,阿勒泰地区受强冷平流控制,并且各站多云转晴,风力减小,故降温明显。12日夜间各站为晴天,风力较小,正好达到了形成夜间强烈降温的非绝热条件,故此天气过程最低温度出现在13日凌晨(表2)。

表2 强寒潮期间阿勒泰地区各站天气现象及气象要素与最低温度情况

Tab.2 The meteorological elements and the lowest temperature at each stations in Aletai area

站点	10日 20:00 ~ 11日 08:00			11日 20:00 ~ 12日 08:00			12日 20:00 ~ 13日 08:00		
	天气现象	极大风速 /(m/s)	最低温度 /°C	天气现象	极大风速 /(m/s)	最低温度 /°C	天气现象	极大风速 /(m/s)	最低温度 /°C
阿勒泰	阴有降水	4.2	-19.1	多云转晴	3.2	-32.8	晴	2.9	-34.5
吉木乃	阴有降水	13.8	-21.8	多云转晴	11.4	-25.9	晴	9.8	-26.4
哈巴河	阴有降水	12.3	-20.9	多云转晴	3.8	-31.5	晴	3.3	-30.2
布尔津	阴有降水	12.5	-19.8	多云转晴	11	-26.4	晴	2.2	-34
福海	阴有降水	10.2	-15.5	多云转晴	10.9	-23.7	晴	2.5	-29.3
富蕴	阴有降水	6.7	-18.3	阴转晴	4.4	-28.4	晴	1.1	-35.5
青河	阴有降水	5.3	-10.1	阴转晴	4.2	-25.7	晴	3.3	-34.6

注:10日 20:00 ~ 11日 08:00 降水量参见表1,11日 20:00 ~ 12日 08:00 富蕴站降水量 0.2 mm

(2)下垫面性质对气温变化的影响。积雪表面强烈的辐射冷却作用使近雪面空气层温度较低,从而在积雪表面以上形成逆温层<sup>[4]</sup>。特别是在晴朗无风的天气条件下,由于雪的反射率很大,尤其是新雪(反射率达75%~90%),对入射辐射具有强烈的反射作用,从而导致在近地面层形成较为深厚的逆温层,以致近地层气温较低。阿勒泰地区自进入深秋以后,地表有积雪覆盖。此次天气过程前期阿勒泰地区各站(除福海)地表均有20~50 cm的积雪覆盖,而此次降雪使阿勒泰地区各站的积雪深度有不同程度的增加,北部、东部的积雪深度新增7~9 cm,西部、南部增加2~4 cm。由于下垫面性质形成的逆温层,也是此次天气过程温度明显下降的主要原因之一。

## 4 大雪过程物理量分析

### 4.1 高空急流

大范围强降水的发生常与较大的风速垂直切变密切相关,强大的风速垂直切变一般出现在高空急流通过的地区。10日08:00,对流层上部的300 hPa上全风速场,巴尔喀什湖北部及南部分别有急流核,中心值分别达44 m/s、40 m/s,到20:00巴尔喀什湖南部的急流得到北部急流的补充,急流核中心值猛增为60 m/s,并东移北上至阿勒泰的西部(图略),到11日08:00该急流核东移至阿勒泰地区东部边境,中心强度不变。根据连续方程,在垂直于高空急流入口区、出口区的垂直剖面图上,高空急流入口区的左侧、出口区的右侧伴有下沉运动,高空急流入口区的右侧、出口区的左侧伴有上升运动。这种上升、下沉运动形成一个垂直环流圈,通常称为与高空急流入口区、出口区相耦合的次级环流。10日20:00阿勒泰地区东部位于高空急流出口区的右侧,起到了辐散抽吸作用,且急流中心风速越大,辐散抽吸作用越强。在同一时次的700 hPa全风速场上(图略),阿勒泰地区东部至境外盛行一支>20 m/s的急流,急流核强度为24 m/s,东部位于急流出口区的左侧,起到了辐合上升作用。此外,强大的低空急流有利于水汽和不稳定能量向阿勒泰地区输送,为大雪天气提供了充沛的水汽和不稳定能量。高空辐散、低空辐合形成的热力次级环流为阿勒泰地区夜间东部的大降水提供了极其有利的条件。

### 4.2 水汽条件

源源不断的水汽输送是产生大范围、持续性降

水的重要条件。受南支槽影响,从相对湿度场来看,2月10日20:00巴尔喀什湖南部有高湿区东移北上开始进入本区,自500~700 hPa,>80%的高湿区均已进入本区西部至中部一带;850 hPa,>80%的高湿区在西部至国境线一带,高湿区夜间移进本区。在同一时次的700 hPa水汽通量场上,巴尔喀什湖以南均有一较强水汽东移北上输送至塔城及阿勒泰地区西部,西部有一较大值水汽通量中心,其强度为 $30 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ,与此同时,850~700 hPa水汽通量散度场上,本区大部分站水汽通量散度均<0。由此说明在对流层中下层,本区上空有大量的水汽聚积和辐合,具备形成强降水的条件。

### 4.3 动力条件

分析500~850 hPa垂直速度场上,发现降水区内对流层中低层均有明显的上升运动,10日20:00垂直速度场来看,500~850 hPa在本区西部由上至下分别有 $-92 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-128 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-76 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的明显辐合上升运动中心。在同一时次700 hPa涡度场上来看,正涡度区与高空低涡位置基本一致,夜间正涡度区在本区北部东部沿山一带增强后东南下,至11日08:00北部、东部有 $\geq 8$ 的正涡度中心,东部境外有 $\leq -12$ 的负涡度中心;正涡度区在阿勒泰上空的维持使得低值系统和锋区在阿勒泰明显加强,为本次大降雪提供了动力条件,大雪主要发生在对流层中低层负涡度区后侧、正涡度区前侧的交界区。

## 5 结论

(1)这次天气过程主导系统是乌拉尔山长波脊,影响系统是西伯利亚低涡,冷高源地是泰米尔半岛和新地岛附近,冷空气入侵路径是超极地路径。

(2)乌拉尔山脊的强盛发展以及脊顶顺转使超极地冷空气不断南下堆积到西西伯利亚。斯堪的纳维亚半岛低涡减弱东移,侵袭乌拉尔山脊的西北部和顶部,导致脊向东南方向垮台,推动强冷空气大举南下造成阿勒泰地区的强寒潮天气过程。

(3)造成此次天气过程的强降温原因是极强的冷温度平流和非绝热因子的作用。强冷温度平流是此次天气过程气温骤降的主要原因,其次是非绝热因子通过天气现象、下垫面性质对气温造成不同程度的下降。

(4)造成大降水的原因是北方冷空气与南支槽东移北上的暖湿气流汇合,并配合有高低空急流、动力条件和水汽条件共同造成的。

