

# 巴州地区局地暴雪过程诊断分析

巴哈古力·买买提

(巴音郭楞蒙古自治州气象局,新疆 库尔勒 841000)

**摘要:**应用常规观测资料、自动气象站观测资料、天气图、物理量场和 EC、T213 预报产品等,对 2011 年春季新疆巴音郭楞蒙古自治州(简称巴州)一次历史同期罕见的局地暴雪天气过程进行分析。结果表明,伊朗和乌拉尔山高压脊同位相叠加是本次天气的主导系统;500 hPa 横槽、850 hPa 中尺度辐合的配合是影响系统;地面气温在 0℃以下,850 hPa 温度在 -5℃左右,构成了本次暴雪的有利物理条件;垂直环流增强、高低空急流的耦合作用,为暴雪提供动力条件。数值预报对 30 mm 降水漏报,对暴雪预报造成一定难度;850 hPa 温度与地面温度差值不稳定,影响降水相态预报,暴雪预报是本次预报的难点。通过分析得到了春季暴雪、强降温天气的预报指标。由于春季在新疆巴州出现暴雪天气过程极其罕见,分析此次暴雪天气过程,对提高预报员对此类罕见天气的认识和把握大有帮助。

**关键词:**暴雪;巴音郭楞蒙古自治州;中尺度辐合;天气过程分析

**中图分类号:**P458.121 **文献标识码:**B **文章编号:**1002-0799(2013)01-0028-05

春季暴雪低温是我国主要灾害性天气之一,一直是天气预报的难点,因此有必要加强分析和预报研究。我国有一些学者对暴雪的动力<sup>[1]</sup>、热力<sup>[2]</sup>、不稳定条件<sup>[3]</sup>等进行过详细分析。2011年3月11—13日,新疆巴州局部地区出现暴雪,此次暴雪范围小、强度高,给交通运输和人们的生产生活等方面带来较大影响,造成直接经济损失几千万元。新疆气象台对此次强降雪的预报强度偏弱。基于暴雪的天气形势及所需温度、水汽、动力等条件的复杂性,有必要从暴雪实况、主导系统、影响系统、物理量诊断、数值预报产品检验等几个方面进行此次过程分析和讨论,从而有助于加强和提高此类暴雪分析和预报技术。

## 1 降雪实况

2011年3月11日夜间起至13日白天巴州各地先后出现了大风、降温及降水天气。巴州各地普遍出现5到6级大风,瞬间最大风力8到9级;巴音布鲁克山区、库尔勒、若羌、铁干里克等地出现了小到小雪,其中库尔勒以西60 km的新疆生产建设兵团30团一带出现了较明显的暴雪(积雪深度为30 cm左右);库车、尉犁、轮台及其以南地区出现了扬沙及

强沙尘暴天气;山区的气温下降10℃以上,平原各地气温普遍下降5~10℃。灾情实况:13日清晨到上午出现的暴雪对已播种的春麦有一定的影响,雪的深度较深,道路堵塞,对交通有很大影响。此外乌拉斯台农场、且末、若羌地区、3月11日出现降温和沙尘天气,最低气温降至5~7℃,局部风速4~5级,瞬间风速达6级,能见度200 m。3月12日出现沙尘暴,最低气温降至2~3℃,局部风速5~6级,瞬间风速达7级,能见度不足50 m。3月13日出现降雪天气。受灾最严重的是设施农业,经统计,受灾日光温室218座,占地面积约24.5 hm<sup>2</sup>,直接经济损失327.5万元。

## 2 环流形势和主要影响天气系统的演变特征

暴雪发生前,12日08时在500 hPa上,乌拉尔山高压脊与伊朗副热带高压同位相发展合并,脊前北风带加强,引导北方冷空气不断南下,使西西伯利亚横槽向南加深,巴州处于横槽底部偏西气流控制。12日20时(图1a),脊向东北发展,横槽南压,40~60°N之间北风加强,有利于冷空气向南爆发,横槽外围强偏北风和偏西风的切变是本次暴雪出现的主要天气系统。700 hPa上12日08时盆地北部为偏北风、南部为偏西风,盆地有弱的横切变,0℃线在沿天山一带,南北向温度梯度较明显,12日20时随

收稿日期:2012-04-03

作者简介:巴哈古力·买买提(1967-),女(维吾尔族),工程师,现从事短期天气预报。E-mail:bahagulixj@163.com

着冷空气的东移南下,0℃线转为西北东南向,冷空气扩散到河西走廊,南疆盆地西部的和田附近存在较强的暖中心,东北西南向或东西向温度差加大,北疆至库尔勒、轮台一带出现东北急流,此类急流的出现通常会造成巴州地区强降水天气,对本次降雪带来了有利的条件。此外在850 hPa上,冷暖空气的配置很明显,南疆盆地西部从12日08时到20时有暖中心加强,中心值20℃,冷空气东移南下过程中,从南疆西部、天山中部翻山进入盆地,还有一部分从东北部东灌进入盆地,盆地东部出现了28 m/s的东风急流。盆地的偏东地区形成了偏西风、偏北风和偏东风的中尺度辐合,强降雪出现在该辐合区和0℃线重叠区,高低层的这种风场、温度场结构有利于本次天气的出现。

地面冷高压的加强和向东南移动对这次降温降雪起到非常重要的作用(图1b),降雪落区在冷锋前、两股冷空气之间的弱的倒槽区,强降水时段为13日06—10时。从以上分析可知,本次过程从高空到地面的形势变化都非常明显,随着高空高压脊向东北发展,中低层温度场和风场有明显的变化,地面

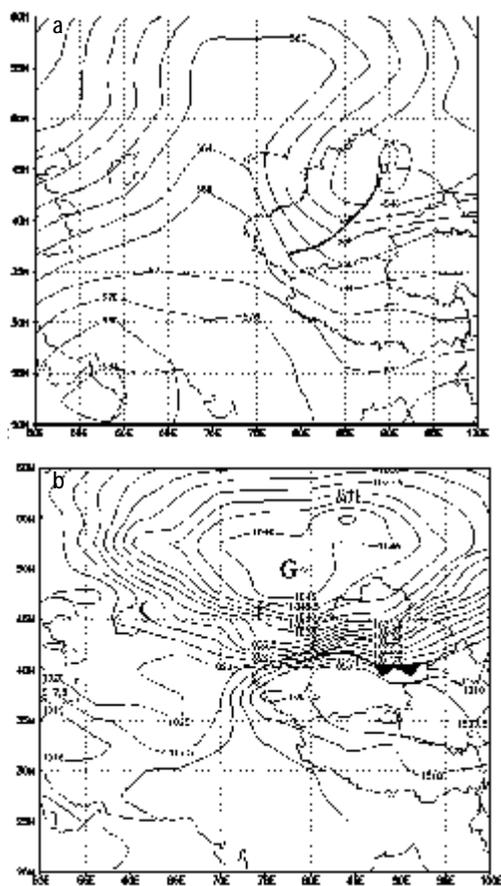


图1 2011年3月12日20时500 hPa环流形势(a)与12日14时地面图(b)

高压范围扩大,中心值逐日加强,并相对维持稳定,导致地面锋区相对稳定,同时在强降水区形成倒槽,在降水区暖湿气流沿着低层冷垫爬升显著,产生本次降雪。

### 3 造成暴雪的物理机制分析

#### 3.1 垂直环流的作用

通过沿40°N附近垂直速度和散度垂直剖面图发现,高低层出现的辐散、辐合加强上升运动和下沉运动,加强了垂直环流。12日08时库尔勒测站东北风开始加强,80°E、40°N附近,低层850 hPa上有较强的辐合中心,中心值 $-36 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,250 hPa为较强的辐散中心(图2),中心值 $22 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,对应的垂直速度分析见图3,400 hPa附近有较强的负速度中心,中心值 $-43 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ ,其上游70°E、40°N附近400 hPa上有明显的正速度中心,中心值 $62 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ ,说明12日08时,暴雪区附近上升运动较强,其上游地区下沉运动较强。

12日20时85°E、40°N附近,低层850 hPa上有辐合中心,中心值 $-14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,库尔勒测站出现26 m/s低空急流,300 hPa附近为辐散中心,中心值 $16 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,同时300 hPa上出现32 m/s的高空急流。对应的垂直速度分析为:500 hPa附近有较强负速度中心,中心值 $14 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ ,其上游80°E以西整层为正速度,400 hPa附近有明显的正速度中心,中心值 $46 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ ,下游90°E、40°N附近850~200 hPa为正速度中心,中心值 $6 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 。12日08—20时对流层中低层暴雪区上空上升气流较强,其上下游地区70°E、40°N,90°E、40°N附近下沉运动很强,因此由下沉气流引起的近地面动量下传更加明显,从而使地面加压,地面风速增大,导致低空急流的出现。这说明了由于散度场高低层差异引起的动力强迫下沉气流在动量下传中的作用。新疆生产建设兵团30团暴雪区正处于低空急流前的风速辐合区和高空急流附近的强风速辐散区。

#### 3.2 高低空急流的耦合作用

高低空急流的耦合作用是引发本次强降雪的一个重要的动力因子。它的动力作用主要表现在:(1)造成低层辐合、高空辐散(图2),加强上升运动(图3),将低层的暖湿空气抽吸到高空,促使冷暖空气之间水汽和热量的交换,到一定的高度后,造成水汽的凝结和冻结,从而产生暴雪<sup>[9]</sup>。暴雪在这种热力场和运动场的耦合关系中产生。(2)增强高空正涡度。暴雪发生前(12日20时),涡度垂直剖面图分析,在

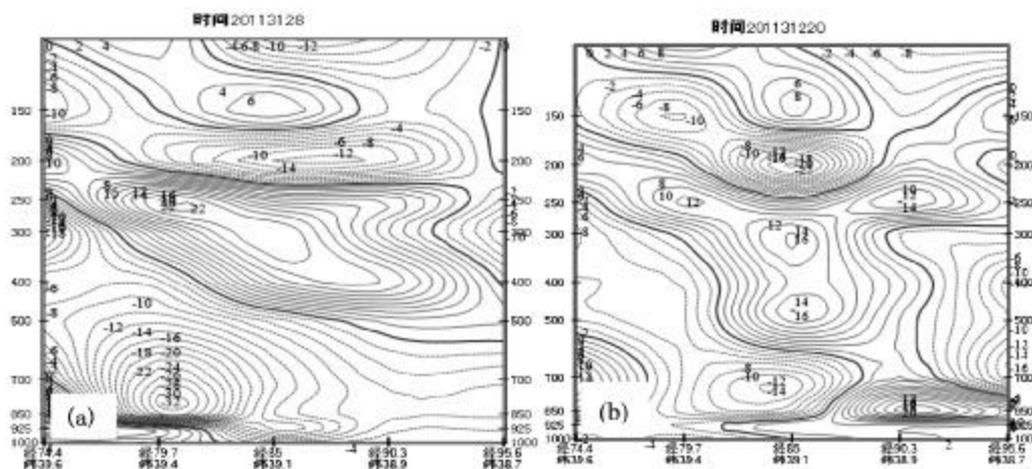


图2 2011年3月12日08时(a)和20时(b)散度垂直剖面图

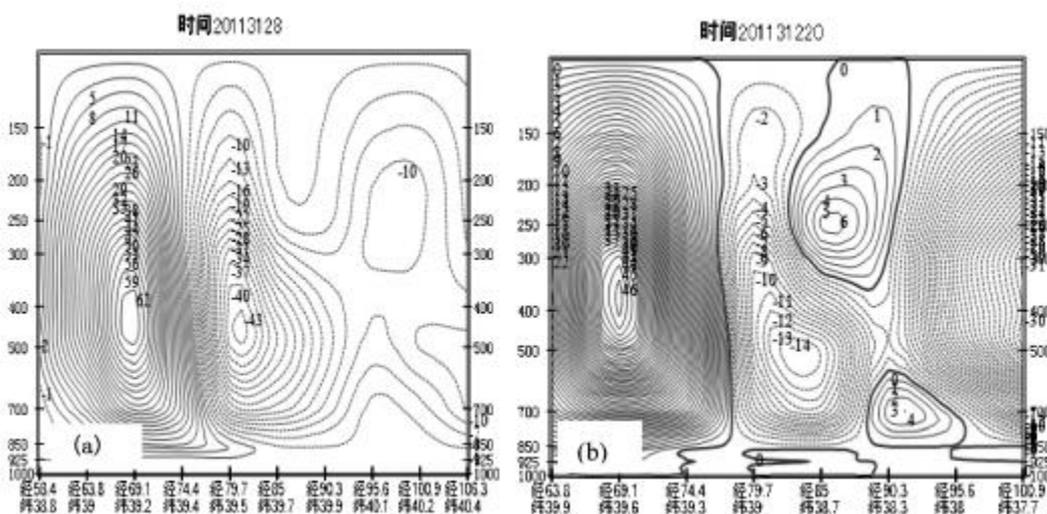


图3 2011年3月12日08时(a)和20时(b)垂直速度垂直剖面图

暴雪区上空 700 hPa 以上为正涡度,300 hPa 上正涡度最大,中心值为  $80 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,同时分析涡度平流垂直剖面图,700 hPa 以上为正涡度平流,400 hPa 上中心值  $14 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,低层 700 hPa 以下为负涡度平流,850 hPa 上中心值  $-32 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,形成涡度平流随高度增大,产生上升运动<sup>[4]</sup>。(3)低空急流的作用很重要。当低空急流增强时,在急流风速中心前方会出现强辐合区(12日20时),可触发暴雪区附近对流的发展。

### 3.3 冷暖气流的输送与聚集

对 850 hPa 风场、温度场、相对湿度场分析可知,12日08时到20时暴雪区的东西部湿度均较大,存在大范围的相对湿度为100%的高湿区,20时西部的湿区范围比东部小,东部的湿空气沿着东北急流向降水区输送,西部的暖湿气流沿着西北气流翻山,在降水区汇合;即测站上空 850 hPa 附近不仅有强的从西向东的暖湿气流输送,而且还存在从东

向西的暖湿气流的输送,同时存在中尺度风向辐合,有利于暖湿气流的聚集。通过中低层冷平流、低层暖湿气流聚集,使中低层的干冷空气和低层暖湿空气相遇,冷空气入侵时,与暖空气相遇形成冷锋锋面。锋面对暖湿空气有动力抬升作用。当暖湿气流被锋面抬升后,由于温度下降而发生凝结形成降水。所以冷空气虽然干冷,但它起了对暖湿空气的抬升作用。由此可以说,中低层冷平流、低层中尺度辐合为降雪提供动力作用,是此次暴雪的触发机制之一。

### 3.4 温度露点差和相对湿度

露点是指空气在水汽含量和气压都不改变的条件下,冷却到饱和,出现结露时的温度。因此温度露点差的意义是用来衡量湿度的参量,温度露点差越小,表示湿度越大;表示空气达到近似饱和状态。在各层等压面上分析等(T-Td)线,用以表示空气的饱和程度。通常以(T-Td)≤2℃的区域作为饱和区,并取 T-Td≤4-5℃作为湿区。库尔勒站温度露点差分

析(表 1),11 日 20 时从地面至 700 hPa,温度露点差均在 18 °C 以上,而 500 hPa 温度露点差为 9 °C,说明整层湿度不大;12 日 08 时,整层温度露点差减小至 2~16 °C,700 hPa 以下较干,500 hPa 上湿度大,12 日 20 时到 13 日 08 时在动量下传作用下,低层风场明显的变化,风速加大,使东部和西部的暖湿空气聚集在暴雪区附近,850 hPa 至地面温度露点差为 2~4 °C。

表 1 库尔勒站各高度温度露点差/°C

时间	500 hPa	700 hPa	850 hPa	925 hPa
11 日 20 时	9	21	18	20
12 日 08 时	2	9	16	12
12 日 20 时	5	13	29	4
13 日 08 时	13	11	2	4

通常使用相对湿度( $f=e/E \times 100\%$ )的分布来表示空气的饱和程度,取  $f \geq 90\%$  作为饱和区。相对湿度增大,强降雪也随之发生,11 日到 12 日 08 时,北疆西侧和东侧存在大范围的中心值为 90%~100% 的相对湿度大值区,随着中低层风场的变化,12 日 20 时开始高湿空气向干区输送,随着相对湿度增大,13 日 02 时以后库尔勒附近出现强降雪。

上述特征在库尔勒探空曲线图上有进一步表现。11 日 20 时,库尔勒站整层相对湿度均不大,12 日 08 时到 20 时,湿度明显加大,且湿层非常厚,从 680 hPa 一直向上伸展到 400 hPa,该层相对湿度为 70%到 80%、温度露点差 2~3 °C,强降雪出现在 12 日夜间,而 13 日 08 时该深厚的湿层变薄,降雪也逐渐减弱。

### 3.5 不稳定性条件

从探空曲线图上发现,12 日 08 时低层有逆温,并有弱的东风,气层稳定,湿对流有效位能为零。由库尔勒单站高空风时间剖面图可知,12 日 20 时 850 hPa 及以下为偏东风且风速为 26 m/s,逆温层破坏,700 hPa 为偏北风,500 hPa 为西南风,地转风随高度强烈逆时针旋转。根据热成风原理可知,该层有冷平流,且低层有弱的不稳定能量存在,湿对流有效位能为  $12.9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,对应温度平流剖面图上,925~500 hPa 为冷平流,925 hPa 以下为暖平流。同时在地面天气图上,存在明显的偏北风和偏东风中尺度切变,表明此次降雪属于不稳定性的降水。

### 3.6 温度条件

春秋雨雪性质的预报是难点和重点,气温的预报是降水相态预报的关键。

从温度指标来看<sup>[9]</sup>,春秋强降温降水过程中地面最低气温降到 2~6 °C,850 hPa 实况气温接近 0 °C 时,可以考虑雨转雨夹雪或雪的降水相态变化。从表 2 所示的库尔勒站 850 hPa 温度实况来分析,850 hPa 温度 3 月 12 日 20 时 -1 °C、13 日 08 时 -6 °C。从地面气温来看,13 日 05 时气温在 0 °C 以下,08 时气温 -1 °C,暴雪就出现在这个时段。分析可得,当 850 hPa 气温接近 -5 °C、地面气温在 0 °C 以下时,降水性质以雪为主,这可以作为春秋季节预报雪的温度指标。

表 2 库尔勒站(51656)温度条件

时间	实况值				EC 气温预报
	500 hPa	700 hPa	850 hPa	地面	850 hPa
11 日 20 时	-21	0	9	12	6
12 日 08 时	-24	-5	8	5	4
12 日 20 时	-29	-12	-1	4	-4
13 日 08 时	-35	-17	-6	-1	-7

## 4 数值预报检验

EC 形势预报很接近实况。12 日 20 时 500 hPa 实况图和 12 日 20 时预报图反映,预报图和实况图非常相似的方面有主导脊跨抬、横槽东移南压、库尔勒以西有明显的风场切变、兵团 30 团处在切变线附近;不同的是实况存在低涡,但预报图上不存在低涡中心,预报比实况有些偏弱。本次暴雪天气在降水预报图上反应不明显,德国模式的降水预报大值区偏北偏西,在巴州范围内没有预报明显降水。T639 降水预报的量级小,没有反映大的降水。T213 降水预报一直没有预报降水。

由于温度是降水性质预报的关键,故检验一下温度的预报。从 EC 850 hPa 气温预报指标来看<sup>[9]</sup>,春秋强降温降水过程 EC 850 hPa 气温预报在 0~4 °C 等值线接近巴州地区附近,可以考虑雨转雨夹雪降水相态变化。库尔勒站 EC 10 日 20 时 850 hPa 温度预报分析(表 2),11 日 20 时到 12 日 20 时降温幅度 10 °C,实况 850 hPa 降温幅度也是 10 °C。但 11 日 20 时—12 日 20 时预报值与实况值误差 3 °C,天气严重时段 12 日预报值与实况值均为 0 °C 以下,因此 EC 850 hPa 温度场预报在春秋季节降雪预报中有很好的参考价值。由此可知,在 EC 850 hPa 气温预报值接近 -4 °C,则降水性质以雪为主,这是春秋季节预报雪的一个重要的温度指标。

## 5 小结

(1)这次局部暴雪主要影响系统是 850 hPa 中

尺度辐合与 500 hPa、700 hPa 横槽配合,是典型的低涡横槽型大雪,较强的高低压、暖湿空气从盆地两面输送是造成此次强降雪的关键系统。

(2)这次暴雪发生在 500 hPa 横槽东南移的过程中,处于西伯利亚冷锋前部及 500 hPa 强西南风、700 hPa 强北风带底部、850 hPa 强西北风和东北急流辐合区,西南暖湿气流与冷锋后部的较强冷空气的共同作用导致暴雪的发生;850 hPa 中尺度辐合区两侧暖湿气流的输送与降雪量有较好的对应关系。

(3)高低空急流的配合、散度场高低层差异、垂直环流的加强是引发这次暴雪的一个重要的动力因子;暴雪发生前低层 925 hPa 以下为暖平流、925~500 hPa 为冷平流,有利于对流的发展,大气处于不稳定状态。

(4)当 850 hPa 气温接近  $-5^{\circ}\text{C}$ 、地面气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下时,降水性质以雪为主,这是春秋季节预报雪的温度指标;850 hPa 温度预报与地面温度并非完全对应,数值预报对温度的预报有一定偏差,降水相态变化的预报有难度;数值预报对暴雪存在漏报现象。

#### 参考文献:

- [1] 阿衣夏木·尼亚孜,孔期,等.2005年11月哈密暴雪天气过程的诊断分析[J].气象,2007,33(6):67-74.
- [2] 李晓霞,王小勇,祖永安,等.兰州市冬季天气气候变化及降雪形势分析[J].干旱气象,2004,22(1):30-33.
- [3] 盛春岩,杨晓霞.一次罕见的山东暴雪天气的对称不稳定分析[J].气象,2002,28(3):33-37.
- [4] 张小玲,程麟生.“96·1”暴雪期中尺度切变线发展力诊断 II:散度和散度变率诊断[J].高原气象,2000,19(4):459-466.
- [5] 巴哈古力.2010年10月下旬新疆巴州地区秋季雨雪天气过程分析[J].天气预报技术总结专刊,2011,3(3):56-62.
- [6] 晋绿生,赵俊荣.2000年冬季阿勒泰区域性大一暴雪成因分析[J].新疆气象,2002,25(4):9-11.
- [7] 尹东屏,张备,刘梅,等.2006年江苏两次降雪天气过程分析[J].气象科学,2009,29(3):398-402.
- [8] 梁军,张胜军,王树雄,等.大连地区一次区域暴雪的特征分析和数值模拟[J].高原气象,2010,29(3):744-754.
- [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 I:涡度和涡度变率诊断[J].高原气象,2000,19(3):9-11.

## An Analysis of a Blizzard Episode in the Baingolin Mongol Autonomous Prefecture in Spring of 2011

Bahaguli·MAIMAITI

(Bazhou Meteorological Bureau, Korla 841000, China)

**Abstract** Employing conventional observation, automatic weather station observation, weather charts, physical quantitative fields and EC, T213 forecast products at Baingolin Mongol Autonomous Prefecture in Xinjiang during the spring of 2011, this study analyzed a rarely-occurred local snowstorm episode. The results showed that the same phase superposition of Iran and Ural mountain ridges became the dominant weather system with the influence system of 500 hPa transverse trough of low pressure and 850 hPa mesoscale convergence; the surface temperature below  $0^{\circ}\text{C}$  and the temperature of 850 hPa about  $-5^{\circ}\text{C}$  constituted the snowstorm advantageous physical conditions; vertical circulation enhanced jetstream coupling effect and provided dynamical condition for the snowstorm. Numerical prediction of 30 mm precipitation omission caused certain difficulty to snowstorm forecast; as the difference between 850 hPa and surface temperature was not stable, the accuracy of precipitation phase prediction was influenced leading to the difficulty of forecasting the snowstorm. Because snowstorm process is rarely occurred in spring at Bazhou in Xinjiang, the analysis of the spring snow and freezing weather forecast index will help to improve the understanding and forecast of the local weather.

**Key words** snowstorm; Baingolin Mongol Autonomous Prefecture; mesoscale; weather process analysis