

# 天山北坡中部一次罕见特大暴雪天气成因

赵俊荣, 郭金强

(新疆石河子市气象局, 新疆 石河子 832000)

**摘要:** 利用我国数值预报产品  $T_{639}$  0 场预报资料 and 新疆天山北坡中部地区的地面降雪量资料, 分析新疆天山北坡中部地区 2010 年 2 月 23 日发生的罕见特大暴雪天气的特征及这次过程形成的原因。结果表明: 这场罕见特大暴雪天气具有降雪强度强、范围广、积雪深度异常偏厚、灾情严重等特点, 属 60 a 不遇。乌拉尔山长脊、西伯利亚冷涡东移为罕见特大暴雪天气的发生提供了大尺度环流背景, 冷涡外围强锋区中分裂出的中尺度短波、西南急流、700 hPa 中尺度辐合带、850 hPa “人” 型切变场、中高压、中低压以及地面冷锋是特大暴雪的直接影响系统; 高低空形势场、急流和锋区以及中尺度的动力、水汽因素的有利配合为特大暴雪的发生提供了必要条件。特大暴雪发生在高空锋区短波槽前的冷暖平流交汇区、700 hPa 中尺度辐合带、850 hPa “人” 型切变场、西南急流、地面冷锋、中低压后部和中高压前部、强的能量锋区、高湿区以及水汽通量辐合区的重合区域内。特大暴雪发生过程中, 天山北坡中部上空维持一个由低层到高层强盛的动力性纬向垂直环流圈, 为冷暖气流共同作用提供了动力条件; 正、负涡度中心的配置, 有助于天山北坡中部上空的低值系统和锋区的加强。高空急流加强了特大暴雪天气的上升运动; 强盛的低空西南暖湿急流将里咸海地区的高温高湿不稳定气流输送到天山北坡中部上空, 为特大暴雪天气提供了热力、水汽和不稳定能量的条件。

**关键词:** 天山北坡中部; 罕见特大暴雪;  $T_{639}$  产品; 成因分析

**中图分类号:** P458.1<sup>+</sup>21

**文献标识码:** A

## 引言

2010 年 2 月 23 日新疆天山北坡中部地区出现大暴雪到特大暴雪, 降雪量普遍为 15 ~ 25 mm、部分地方 30 ~ 50 mm, 积雪深度普遍为 40 ~ 55 cm, 最深达 66 ~ 70 cm。降雪强度强、范围广、积雪深度均为历史所罕见, 属 60 a 不遇。强降雪集中在 02 ~ 08 时的 6 h 时段内。强降雪中心在天山北坡石河子垦区安集海片区。

关于暴雪成因及其灾害的研究国内近年来做了许多有成效的工作, 如张家宝等<sup>[1]</sup> 研究分析了新疆降雪的环流型和水汽来源, 徐建芬等<sup>[2-9]</sup> 研究分析了青藏高原暴雪和雪灾形成的环流型、动力条件和水汽场等特征; 贾宏元等<sup>[10-11]</sup> 对宁夏暴雪天气过程的物理成因进行了研究分析; 郭萍等<sup>[12]</sup> 对云南临沧

市 3 次罕见雨雪天气做了对比分析; 张晓东<sup>[13]</sup> 诊断分析了唐山一次暴雪天气过程的成因; 孙玉莲等<sup>[14]</sup> 对甘肃中东部初夏一次暴雨天气过程进行了动力诊断分析。这些研究为进一步揭示冬季暴雪灾害的成因提供了很好的参考价值 and 借鉴。

通过对国家  $T_{639}$  0 场预报资料的解释检验分析表明,  $T_{639}$  0 场预报资料能够很好地描述大尺度环流及西风带上的短波系统及物理场特征, 对系统演变、物理量场特征有较稳定的预报能力, 尤其对新疆天山北坡中部地区大暴雪过程中的高空形势场、地面形势场、风场、垂直速度场、涡度场、水汽通量和水汽通量散度场以及假相当位温场等有较强的预报能力, 其能够真实地反映和揭示新疆天山北坡中部地区大暴雪过程的物理机制。为此本文利用 2010 年 2 月 23 日新疆天山北坡中部地区降雪量资料 and  $T_{639}$

收稿日期: 2010-04-08; 改回日期: 2010-08-24

作者简介: 赵俊荣(1962-), 女, 河南西平人, 高级工程师, 现从事短期天气预报与科研工作。E-mail: zjr20100228@sina.com, xj\_zjr070907@163.com

0 场预报资料对 2010 年 2 月 23 日发生的罕见特大暴雪天气的环流背景、影响系统及物理量场进行综合分析,探讨罕见特大暴雪天气过程的形成原因。

### 1 成因分析

#### 1.1 大尺度环流特征及各种尺度影响系统的有效配合

##### 1.1.1 乌拉尔山长脊、西伯利亚冷涡东移

通过分析“2010. 2. 23” 500 hPa 环流形势图发现,特大暴雪发生前 3 d,欧亚中高纬度地区环流形势由纬向转为径向,欧洲和西伯利亚地区分别为低值活动区,乌拉尔山地区为高压脊控制;中低纬里威海一带为宽广的南支低槽活动区。新疆天山北坡中部地区位于西伯利亚冷涡南侧强锋区控制中。2 月 22 日 20 时至 23 日 08 时,新疆天山北坡中部地区受西伯利亚冷涡外围强锋区中分裂出的短波槽和里威海南支低槽分裂出的短波槽汇合东移影响,产生“2010. 2. 23”罕见特大暴雪天气(图 1)。

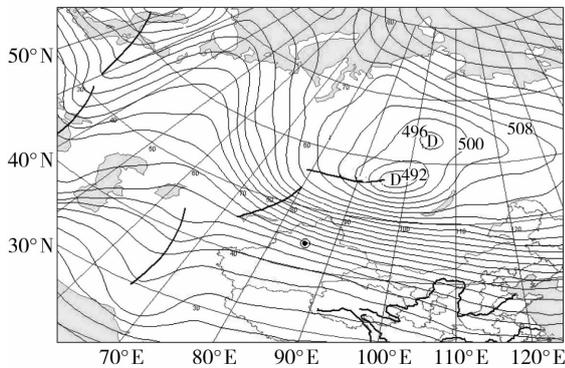


图 1 2010 年 2 月 22 日 20 时 500 hPa 高度场(单位:dgpm)

Fig. 1 The 500 hPa height field at 20:00 February 22, 2010

##### 1.1.2 各种尺度影响系统的有效配合

特大暴雪发生期间,中高纬地区乌拉尔山的长波脊不仅对冷涡的活动有阻塞作用,同时诱导北方冷空气不断南下到西伯利亚冷涡中,冷涡南部外围 700 ~ 500 hPa 之间 > 30 m/s 的偏北气流与中低纬里威海南支槽前 850 ~ 700 hPa 之间 > 20 m/s 的强盛西南暖湿气流在新疆天山北坡中部上空汇集,为新疆天山北坡中部发生此次罕见特大暴雪天气提供了充沛的水汽条件;强盛的西南暖湿气流使得强风核前部产生明显的水汽辐合和强烈的上升运动。新疆天山北坡中部地区在对流层中高层,处于 500 hPa

冷涡外围的北支锋区和里威海地区的南支锋区汇合的强锋区中;在对流层中低层,处于 700 hPa 中尺度辐合带、850 hPa “人”型切变场、西南急流、地面冷锋、中低压后部和中高压前部的重合区内,因此这里辐合上升运动最强,水汽输送最有利,不稳定能量最大。新疆天山北坡中部地区罕见特大暴雪天气就是在这种高低空形势有效的配合下产生。此次罕见特大暴雪天气的 500 hPa 高压脊一带暖平流较强,脊前为北风气流,高压脊前有支 > 30 m/s 的强风核,该系统使新地岛东侧冷空气南下到西伯利亚冷涡中,新疆位于冷涡外围的强锋区中,42 ~ 52°N、60 ~ 90°E 范围内建立一支西北—东南向的高空锋区;里威海南支槽前 43 ~ 47°N、65 ~ 80°E 范围内有支 > 20 m/s 的强西风气流轴,不断东移到新疆西部国境线一带的塔城附近,并与部分东南下的北支气流合并,中心值增强到 36 m/s 以上,强风速轴缓慢向东南摆动,新疆天山北坡中部地区位于强风核入口区的右侧,由于地转偏差的作用,其右侧有质量辐散,左侧有质量辐合。由质量连续原理得,在垂直于强风核入口区的垂直剖面上,强风核入口区的左侧伴有下沉运动,右侧伴有上升运动,从而形成一个正热力次级环流,由于次级环流上升支的作用,使得西伯利亚冷涡外围上空的高空锋区得以加强,新疆天山北坡中部处于强锋区控制中,2 月 23 日新疆天山北坡中部地区发生罕见特大暴雪天气(图 2)。

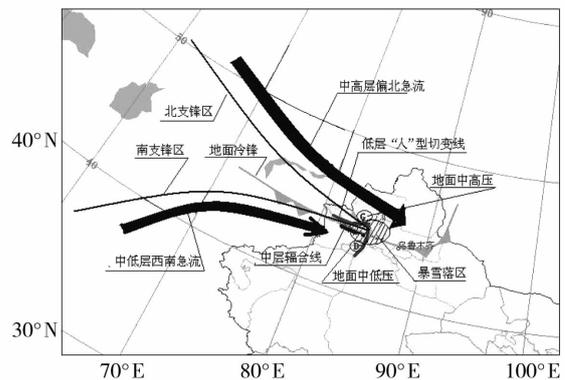


图 2 2010 年 2 月 23 日 02 时特大暴雪期间各种尺度影响系统叠加图

Fig. 2 The superposition of various influence system at 02:00 on February 23, 2010

### 1.2 物理量场特征

#### 1.2.1 强烈的上升运动和“Ω”型的垂直环流场以及正、负涡度区的配置

为了揭示新疆天山北坡中部地区此次罕见特大暴雪天气过程中的上升运动情况,分析了垂直运动和涡度场。在特大暴雪期间,41~47°N、80~88°E范围内存在一深厚的近似“Ω”型的动力性垂直环流圈(图3a),说明在罕见特大暴雪区冷暖空气交换极为明显。850~300 hPa之间为强烈的上升运动,强上升运动中心集中在700~400 hPa之间,并位于新疆天山北坡西部的伊犁至天山北坡中部之间,天山北坡中部的奎屯、乌苏至安集海一线位于强上升运动中心东南侧的上升区一侧,为特大暴雪的产生提供了有利的动力条件。2月22日23时上升运动中心值700 hPa达 $-48.0 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。500 hPa达 $-70.0 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

$\text{s}^{-1}$ ,400 hPa达 $-48.0 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ;其西北、东南2侧分别为明显的下沉运动区,说明暖湿空气上升运动区2侧的干冷下沉气流,对不稳定能量释放的作用是极为重要的,在这种中间暖、两边冷的这支强锋区中的新疆天山北坡中部22日20时至23日14时出现罕见特大暴雪天气。

从涡度场反映,在特大暴雪期间,新疆天山北坡中部的奎屯、乌苏至石河子垦区一带始终处于负涡度中心区控制,而上游伊犁地区始终为正涡度区控制;故这种正、负涡度中心的配置有助于新疆天山北坡中部上空低值系统和锋区的加强,并激发了低层中低压和中高压的发展(图3b)。

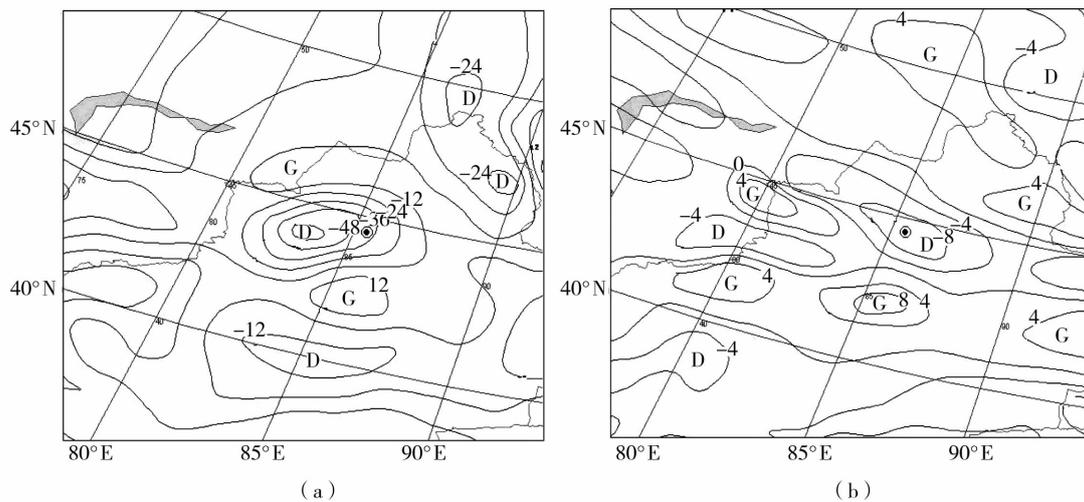


图3 2010年2月23日02时700 hPa垂直速度场(单位: $\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ )(a)和涡度场(单位: $\text{s}^{-1}$ )(b)  
Fig. 3 The 700 hPa vertical velocity field (a) and vorticity field (b) at 02:00 on February 23, 2010

### 1.2.2 充沛的水汽和低层强烈的动力辐合及水汽辐合

通过分析850 hPa和700 hPa的水汽通量、水汽通量散度及风场发现,这次罕见的特大暴雪天气过程的主要水汽是由700~850 hPa上从里咸海盛行一支持续强盛的西南暖湿急流所携带,然后经巴尔喀什湖向东输送至新疆天山北坡中部地区上空,700 hPa最大风速达24 m/s以上,850 hPa最大风速达20 m/s以上,新疆天山北坡中部地区位于该低空强风核的前部。在对流层低层存在一西北风与西南风、东北风与西南风构成的“人”型切变场,天山北坡中部的奎屯、乌苏至安集海一线位于“人”型切变场的交叉区,这里的水汽辐合和动力辐合以及不稳定能量最强。从700 hPa、850 hPa水汽通量图上可

看到,这支持续强盛的西南暖湿急流将大量水汽带到新疆天山北坡中部地区上空,2月22日20时700 hPa水汽通量高达 $60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,850 hPa水汽通量达 $30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,从700 hPa、850 hPa和近地层的水汽通量散度及风场看出,在新疆天山北坡西部伊犁至石河子垦区上空之间,700 hPa上形成一条中尺度风速辐合带,并与水汽通量辐合中心重叠,2月22日20时700 hPa天山北坡西部与天山北坡中部奎屯之间的200 km范围内出现强风速辐合,水汽通量辐合中心值高达 $-36.0 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,850 hPa天山北坡中部“人”型切变场的南部也配合有 $-12.0 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 高水汽通量辐合中心;由此可见,低层强烈的水汽和动力辐合是造成这次罕见特大暴

雪天气的重要条件(图4)。

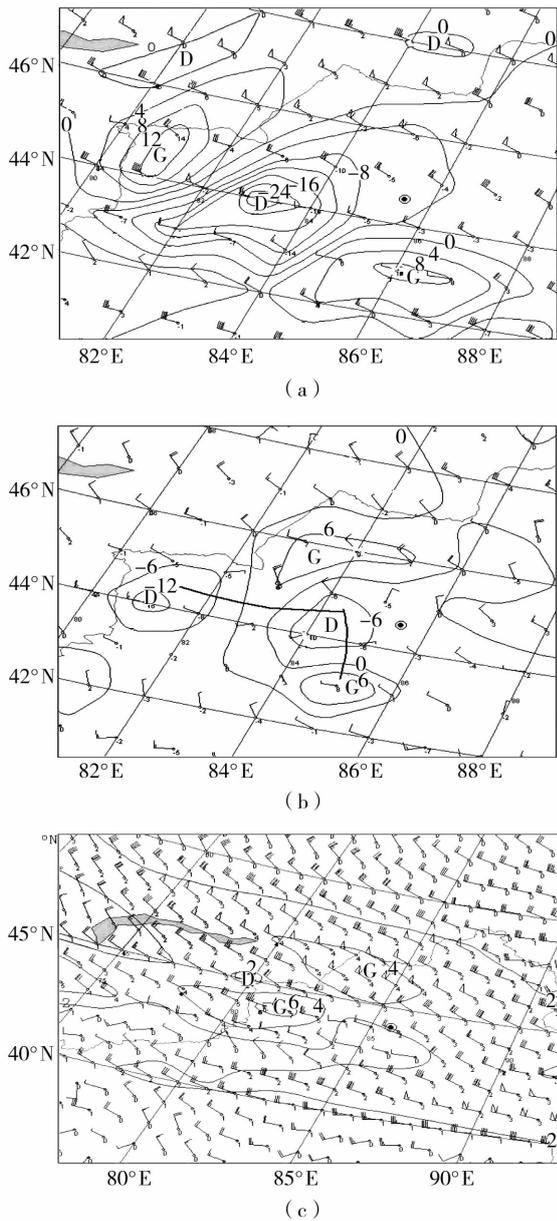


图4 2月22日23时700 hPa(a)和850 hPa(b)  
水汽通量散度叠加风场  
(单位: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m/s}$ )  
及850 hPa水汽通量叠加风场  
(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m/s}$ )(c)

Fig.4 The 700 hPa(a) and 850 hPa(b) wind field  
and vapor flux divergenle field  
(Unit: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m/s}$ ),  
850 hPa wind field and water vapor flux field (c)  
(Unit: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m/s}$ )  
at 23:00 on February 22, 2010

### 1.2.3 强的能量锋区和不稳定能量场

大降雪的产生不仅需要要有充沛的水汽输送和水

汽通量辐合,而且必须具备一定的能量和不稳定条件。 $\theta_{se}$ 就是表示大气的一个很好温湿特征量。通过分析 $\theta_{se}$ 场表明:在特大暴雪期间,巴尔喀什湖到新疆天山北坡中部之间维持一条很强的带状锋区,在对流层中高层,新疆天山北坡中部地区处于该强锋区内,而在对流层中低层,天山北坡中部的奎屯、乌苏至安集海一线处于高能舌顶端的暖湿气流控制区内,这说明天山北坡中部地区上空已经具备了很好的温湿场和不稳定能量场条件。在锋区南部地面至500 hPa均为高能区,表明有深厚的暖湿气流存在,而暖湿气流中蕴藏着潜在不稳定能量。在锋区北面 $50^{\circ}\text{N}$ 以北的地区为广阔的低值区,低值中心在西伯利亚至贝加尔湖一带,这说明西伯利亚至贝加尔湖一带为冷气团控制。这条强 $\theta_{se}$ 锋区正好与地面冷锋相对应。由于 $\theta_{se}$ 锋区的强迫抬升作用,当850 hPa切变线和地面冷锋在新疆天山北坡中部地区上空相遇时,触发了不稳定能量的释放,使新疆天山北坡中部地区高能量的暖湿水汽沿锋面上升凝结后在高能量的冷区一侧降落,形成新疆天山北坡中部罕见特大暴雪(图5)。

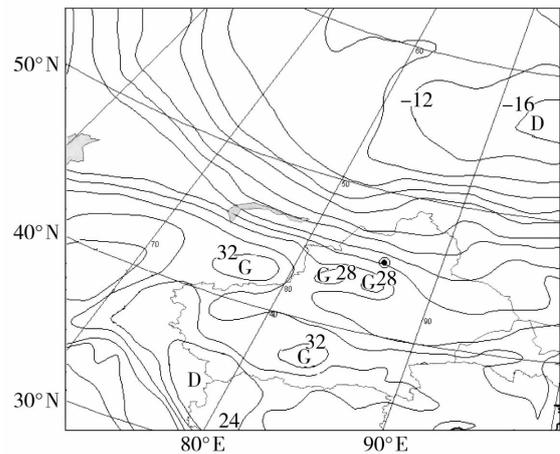


图5 2月22日23时850 hPa假相当位温场  
(单位:K)

Fig.5 The 850 hPa pseudoequivalent  
potential temperature at 23:00 on February 22, 2010

## 3 结 论

(1) 2010年2月23日新疆天山北坡中部罕见特大暴雪天气具有降雪强度高、范围广、降雪量异常偏多、积雪深度异常偏厚、灾情严重等特点,属60 a不遇。

(2) 乌拉尔山长脊、西伯利亚冷涡东移为罕见

特大暴雪天气的发生提供了大尺度环流背景,冷涡外围强锋区中分裂出的中尺度短波、西南急流、700 hPa 中尺度辐合带、850 hPa“人”型切变场、中高压、中低压以及地面冷锋是特大暴雪的直接影响系统。

(3) 高低空形势场、急流和锋区以及中尺度的动力、水汽因素的有效配合为罕见特大暴雪的发生提供了必要条件。特大暴雪发生在高空锋区短波槽前的冷暖平流交汇区、700 hPa 中尺度辐合带、850 hPa“人”型切变场、西南急流、地面冷锋、中低压后部和中高压前部、强的能量锋区、高湿区以及水汽通量辐合区的重合区域内。

(4) 在特大暴雪天气发生过程中,新疆天山北坡中部上空维持一个由低层到高层强盛的动力性纬向垂直环流圈,为冷暖气流共同作用提供了动力条件;正、负涡度中心的配置有助于低值系统和锋区的加强,并激发低层中低压和中高压的发展。

(5) 高空急流加强了特大暴雪天气的上升运动;强盛的低空西南急流将里咸海地区的高温高湿不稳定气流输送到新疆天山北坡中部上空,为罕见特大暴雪天气提供了热力、水汽和不稳定能量的条件。

#### 参考文献:

[1] 张家宝,邓子风. 新疆降水概论[M]. 北京:气象出版社. 1987. 276-280,323-332.

- [2] 徐建芬,陶建红,夏建平. 青藏高原切变线暴雪中尺度分析及其涡源研究[J]. 高原气象,2000,19(2):187-197.
- [3] 周陆生,李海红,汪青春. 青藏高原东部牧区大-暴雪过程及雪灾分布的基本特征[J]. 高原气象,2000,19(4):450-458.
- [4] 梁潇云,钱正安,李万元. 青藏高原东部牧区雪灾的环流型及水汽场分析[J]. 高原气象,2002,21(4):359-367.
- [5] 马林,李锡福,张青梅,等. 青藏高原东部牧区冬季雪灾天气的形成及其预报[J]. 高原气象,2001,20(3):325-331.
- [6] 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: 涡度和涡旋变率诊断[J]. 高原气象,2000,19(3):285-294.
- [7] 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: 散度和散度变率诊断[J]. 高原气象,2000,19(4):285-294.
- [8] 王文,程麟生. “96.1”高原暴雪过程湿对称不稳定的数值研究[J]. 高原气象,2000,19(2):129-140.
- [9] 王文,程麟生. “96.1”高原暴雪过程三维条件性对称不稳定的数值研究[J]. 高原气象,2002,21(3):225-232.
- [10] 贾宏元,赵光平,沈跃琴,等. 宁夏一次大暴雪天气过程的物理成因[J]. 干旱气象,2007,25(4):36-40.
- [11] 施新民,姚宗国,黄峰. 2006年1月19日宁夏北部暴雪成因分析[J]. 干旱气象,2006,24(2):26-28.
- [12] 郭萍,王亚莉,李成武,等. 云南临沧市3次罕见雨雪天气对比分析[J]. 干旱气象,2009,27(1):21-25.
- [13] 张晓东. 唐山一次暴雪天气过程的诊断分析[J]. 干旱气象,2009,27(2):135-141.
- [14] 孙玉莲,任余龙,马新荣. 甘肃中东部初夏一次暴雨天气过程的动力诊断[J]. 干旱气象,2007,25(4):41-45.

## Diagnosis of a Torrential Snowfall Weather Occurred on the North Slope of Tian Mountain in February of 2010

ZHAO Junrong, GUO Jinqiang

(Shihezi Meteorological Bureau, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** Based on the mathematical forecast product “T639” and snowfall data in the middle part of the north slope of Tian Mountain, this paper analyzed the synoptic character and causes of the torrential snowfall weather occurred there on February 23 of 2010. Results show that Ural ridge and Siberian cold vortex moving to eastward provided large scale circumfluent background for this snowfall weather, and the mesoscale short wave, southwest jet stream, 700 hPa mesoscale convergence belt, 850 hPa shear line, middle-high pressure, middle-low pressure and ground cold front were direct influence systems of this snowfall weather. The high-low level situation field, jet stream and front regions, and the favorable cooperation of middle scale momentum and water vapor, these all provided necessary conditions for this torrential snowfall weather. The high-level jet stream increased vertical movement, the strong low-level southwest warm and humid jet stream transported instable air flow with high temperature and humidity from the Caspian Sea and Black Sea to the middle level of Tian Mountain north slope, which provided heat, water vapor and unstable energy conditions for this orrential snowfall weather.

**Key words:** the north slope of middle Tian Mountain; torrential snowfall; product of “T639”; diagnosis