

文章编号:1004-9045(2007)03-0248-05

# 一次区域性暴雪天气过程的诊断分析

刘志勇<sup>1</sup>, 陈剑云<sup>2</sup>, 徐元顺<sup>3</sup>

(1.湖北省丹江口市气象局, 丹江口 442700; 2.湖北省十堰市气象局, 十堰 442000;

3.汉江集团信息中心, 丹江口 442700)

**摘要:** 利用 Micaps 常规天气资料和 NCEP 1°×1°6 h 再分析资料, 采用天气学诊断方法, 对 2006 年 2 月 27 日十堰市出现的一次区域性暴雪天气过程的环流特征和物理量场特征进行了分析。结果表明, 此次区域性暴雪天气过程是在比较有利的天气背景条件下发生的, 高空东移小槽、中低层切变线和地面冷锋是其主要的影响系统; 中低层较强的暖湿气流(暖平流)沿低层冷空气垫爬升是产生强降雪的动力条件; 强烈的水汽辐合为暴雪的产生提供了充足的水汽, 暴雪区位于近似西南—东北向水汽通量轴线的左侧。

**关键词:** 暴雪; 切变线; 地面冷锋; 温度平流; 水汽辐合

**中图分类号:** P458.1\*21      **文献标识码:** A

## 1 引言

暴雪是鄂西北山区冬季一种严重的灾害性天气, 常伴有结冰、低温冻害等其他气象灾害, 往往给工农业生产、交通运输、人民生命财产安全等带来不利影响。相对于暴雨天气, 暴雪(尤其是在我国南方)出现几率较小, 而一旦出现, 就可能造成较严重的灾害。因此, 做好一些典型暴雪天气个例的诊断分析, 对制定有效防御措施、避免或减轻其危害、提高预报服务效益具有重大现实意义。

近年来, 许多气象科技工作者针对我国各地出现的暴雪天气进行了天气学诊断分析和数值模拟, 并获得不少研究成果。汪高明等<sup>[1]</sup>利用 Micaps 常规天气资料和物理量场等资料, 采用天气学诊断方法, 分析了 2003—2005 年湖北荆门市出现的 4 次暴雪天气过程, 并利用 ECMWF 数值预报产品对 2005 年 3 月 12 日荆门暴雪过程进行了检验分析。王能根等<sup>[2]</sup>使用汉口历史探空资料以及有关常规天气图资料, 对 1969 年 2 月中下旬和 1984 年 1 月中旬发生在鄂东的一次雨淞天气与一次暴雪天气过程进行了比较分析。阿衣夏木·尼亚孜<sup>[3]</sup>等利用 NCEP 1°×1°6 h 分析资料和非常规观测资料, 分析了 2005 年 11 月 18 日凌晨至 20 日发生在新疆哈密的一次暴雪天气过程的环流背景、影响系统, 并利用 Q 矢量及螺旋度方法作了天气动力学诊断分析。黄海波等<sup>[4]</sup>利用常规气象资料和诊断分析方法, 对 2003 年 9 月 28 日发生在新疆乌鲁木齐等地的一次暴雪天气过程进行了研究。赵桂香<sup>[5]</sup>对 2006 年 1 月

18—19 日山西持续暴雪天气进行了分析, 并发现地图上不仅形成回流形势, 且河套倒槽向北发展旺盛, 倒槽前的暖湿空气与东南气流相遇, 两支气流耦合加强, 与北方冷空气在山西中南部强烈交汇, 使得山西中南部出现了暴雪天气, 这种回流形势与倒槽同时强烈发展的情况并不多见。池再香等<sup>[6]</sup>采用对称不稳定判据, 对发生在 2003 年 1 月 5—6 日黔东南的一次罕见暴雪天气过程进行了分析, 并发现暴雪产生在对称不稳定大气中, 低空急流促使对流层低层暖湿气流辐合上升, 触发对称不稳定能量释放, 产生暴雪天气。尤红等<sup>[7]</sup>对 2005 年 3 月云南出现强倒春寒天气过程的环流特征和物理量场特征进行了分析, 探讨了在无南支槽的配合下, 由昆明静止锋和高空切变线引发的大范围降雪和降温的强倒春寒天气发生前后中低层环流的演变、热力学和动力学物理因子与倒春寒天气的关系及其形成条件。

对实际预报业务而言, 暴雪(特别是南方地区暴雪)仍成为预报中的难点, 为了提炼此类暴雪的前期征兆和预报着眼点, 提高其预报能力和准确率, 本文利用高空和地面天气图、NCEP 1°×1°6 h 再分析资料, 对 2006 年 2 月 27 日鄂西北十堰市自北向南出现的一次暴雪天气过程进行了天气动力学诊断分析, 以期为以后该市区域性暴雪的预报和服务提供一些有益启示与参考依据。

## 2 雪(雨)情与灾情

2006 年 2 月 25 日 20 时(北京时, 下同), 北方强冷

收稿日期: 2007-11-15; 定稿日期: 2008-06-02

作者简介: 刘志勇, 男, 1974 年生, 工程师, 主要从事天气预报业务和服务工作。E-mail: lzy19740628@163.com

空气开始影响十堰地区; 26日十堰地区气温开始下降, 当天20时后开始下雪; 27日09时, 降雪逐渐加大, 持续到20时后降雪由西向东逐渐停止。从开始降雪到27日16时, 全市各地积雪深度在4~9 cm, 部分乡镇最大积雪深度达20 cm。根据多年来十堰市气象台的预报服务实践, 该市24 h内任意三站出现降雪量超过10 mm且有3站或3站以上出现大雪, 记为一次区域性暴雪天气。2006年2月26日20时至27日20时, 十堰市所辖十堰城区、郧西、郧县三站出现暴雪, 同时丹江口、竹山、竹溪三站出现大雪。这次降雪天气过程符合上述区域性暴雪天气过程标准。2006年2月26日20时至27日20时十堰市各站天气实况见表1。其中,  $T_{48}$  为25日20时至27日20时48 h平均气温下降值。

表1 2006年2月26日20时至27日20时  
十堰市各站天气实况

站名	降雪量/mm	积雪深度/cm	$T_{48}/$
十堰	11.7	8	12.3
郧西	11.6	6	10.8
郧县	19.2	9	11.4
丹江口	7.4	9	11.7
房县	4.5	6	12.4
竹山	6.0	4	10.7
竹溪	6.1	4	10.8

此次暴雪涉及到十堰市所辖78个乡镇(场)623个村22.6万户, 全市受灾人口达46万。雪灾伴随低温冷冻造成部分农房倒塌, 部分乡镇交通、通讯、电力中断, 大量牲畜冻伤、冻死, 还给当年全市早春蔬菜育苗以及多种农作物和经济作物造成严重损失, 全市因灾造成的直接经济损失达7 740万元, 其中农业经济损失占81.4%。

### 3 环流形势及影响系统

#### 3.1 高、低空急流

从2月26日20时到27日20时200 hPa天气图上可见(图略), 在32°~36°N范围内存在一支西北风急流, 其风速轴线上的最大风速达到 $75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (34°N, 99°E附近), 十堰地区始终处于高空急流核区的右后侧, 其右后侧的辐散气流为低层辐合提供了质量出口。

26日20时, 700 hPa图(图略), 在22°~26°N, 102°~114°E范围内存在一支西南急流, 百色、桂林、贵阳三站西南风超过 $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 该急流中最大风速达到 $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。27日08时, 西南急流北抬东移到26°~31°N, 105°~117°E, 贵阳、长沙、武汉三站西南风风速均超过 $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 急流中最大风速增至 $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 十堰

地区处于西南急流的左侧。这支西南急流将来自孟加拉湾的水汽源源不断地输送到十堰地区, 并与北方冷空气在此交汇, 为该地产生强降雪天气提供了充足的水汽。27日20时, 西南急流减弱南压, 十堰地区降雪逐渐减弱停止。

#### 3.2 500 hPa 环流形势

此次暴雪发生前, 2月23日08时500 hPa图上(图略), 新地岛附近可见低槽东移, 促使乌拉尔山东北部高脊减弱东移, 位于贝加尔湖至蒙古国西部的横槽逐渐转竖并东移南下, 到24日20时, 贝加尔湖低槽东移到内蒙古东部至河套地区, 低槽后偏北气流引导较强冷空气南下到华北平原北部到河套东部一带, 并沿偏东路径南下影响我国中东部地区。东亚中纬地区在此期间始终维持平直西风环流, 多小波动东传。26日20时500 hPa图上(图1), 110°E以西地区呈现阶梯槽形势场, 主槽位于银川—兰州—阿坝一带, 槽前有一较强的正涡度平流区与之配合, 预示该槽在东移过程中将发展、加深。十堰地区处于弱的西南气流中, 湿度明显增大, 开始出现弱的降雪。27日08时, 主槽东移到平凉—汉中—宜宾一带, 十堰处于槽前强盛的西南气流中, 湿度持续增大, 降雪开始加强; 27日20时(图略), 主槽已经移出十堰市, 降雪天气由西向东逐渐停止。

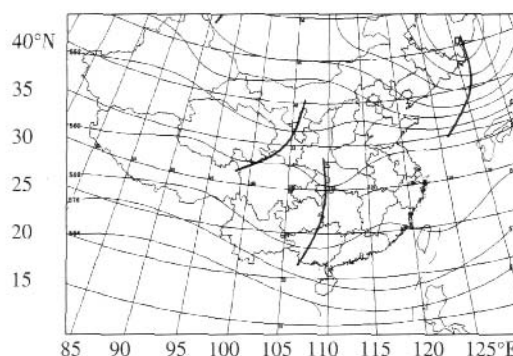


图1 2006年2月26日20时500 hPa环流形势

#### 3.3 700 hPa与850 hPa环流形势

2月26日20时700 hPa图上(图略), 我国东部地区(110°~120°E)为南北向高压脊控制。冷式切变线位于兰州—成都—西昌一线, 云贵高原以东西南暖湿气流活跃。27日08时, 700 hPa切变线东移到东胜—延安—汉中—宜宾一带(图2), 十堰地区为西南急流所控制; 同时, 850 hPa图上(图略), 30°N以北的湖北大部、河南吹东风, 30°N以南的湖南、江西大部吹东南风, 暖式切变线位于30°N附近, 重庆到达州为一低涡环流控制, 十堰地区位于该低涡环流东部偏东气流中, 与向南延伸的华北冷舌和地面偏东路冷空气在十堰地区相遇, 促使中低层辐合加强。

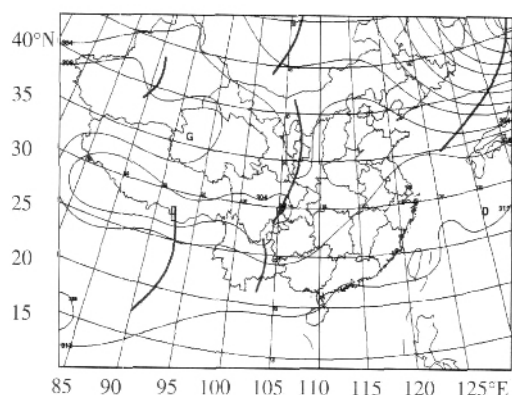


图 2 2006 年 2 月 27 日 08 时 700 hPa 环流形势

### 3.4 低层冷空气楔

2月27日08时850 hPa图上(图略),低空锋区已移到鄂东南、湘中到重庆一带,十堰地区处于-4 的冷舌中;同时,地面图上冷空气前锋已到达南岭一带,十堰市处于地面高压后部,冷空气快速南下使近地面气温迅速下降到 0 以下,这对降雪非常有利;另外,地面冷锋的走向与 850 hPa 锋区一致,但其位置较 850 hPa 锋区偏南约 5 个纬距。根据上述锋区位置,可大致计算出冷空气楔的坡度,其量值为  $0.003^\circ$ ;如此小的坡度值,对降雪天气的稳定、持续十分有利。

## 4 物理量场特征分析

### 4.1 温度平流的分布特征

温度平流是决定某一地区温度变化的主要因子之一,对其进行分析,可以了解平流的冷暖性质和强度。图 3 给出了 2006 年 2 月 26 日 08 时至 27 日 20 时 33°N、111°E 的温度平流时间垂直分布图。

从图 3 中可见,26 日 08 时至 27 日 20 时,800 hPa 以下为一一致冷平流,其中 26 日白天出现了一中心值达  $-20 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$  的闭合冷中心,其中心顶部约在 900 hPa 附近,低层这支强劲冷平流可能是造成此次过程十堰地区地面日平均气温和最低温度达到最低的主要原因;800-300 hPa 之间为  $(4 \sim 16) \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$  的较强暖平流,在 700 hPa 附近有一量值为  $16 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$

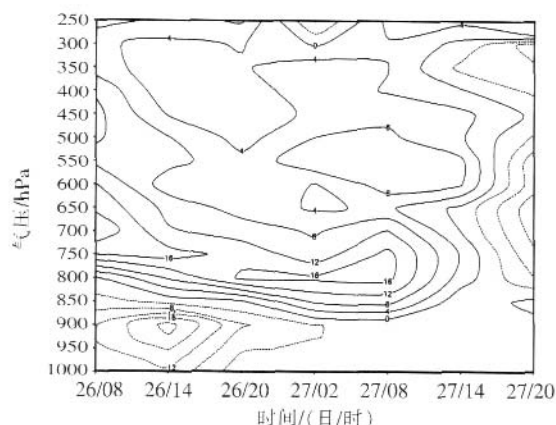


图 3 2006 年 2 月 26 日 08 时至 27 日 20 时暴雪区(33°N、111°E)温度平流时间-高度剖面图(实线为暖平流,虚线为冷平流)(单位:  $10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ )

的暖平流中心,该暖平流使气流上升,即暖湿气流沿低层冷空气垫向上爬升,有利于降雪发生;到 27 日 20 时,高空槽逐渐移过十堰市,槽后冷平流加强,造成十堰地区 500 hPa 以下为冷平流控制,降雪过程结束。

### 4.2 涡度和散度场分析

2月26日20时(图略),十堰地区上空400 hPa以上为负涡度区,其负涡度最小值出现在300 hPa附近,为  $-2.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ;900-500 hPa 为正涡度区,正涡度最大值出现在700 hPa附近,为  $2.7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。这种中低层正涡度、高层负涡度的结构配置一直维持到27日20时,说明在暴雪区上空存在一个明显的正涡度柱,其最大值中心在700 hPa附近,还说明在该层气旋性环流最强、风切变最明显。

在散度场上,2月26日08时,十堰地区200 hPa为辐散区,850 hPa为辐合区;从26日20时开始,暴雪区高层辐散与低层辐合都有所增强,200 hPa辐散中心量值达  $3.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图 4a),850 hPa辐合中心量值达  $-1.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图 4b),这种高层辐散、低层辐合的结构在十堰地区维持到27日14时,其抽吸作用明显,促使低层暖湿气流上升,为强降雪发生提供了有利的动力条件。同时,这种结构配置出现在暴雪发生前 12~24 h,对暴雪预报具有一定的指示意义。

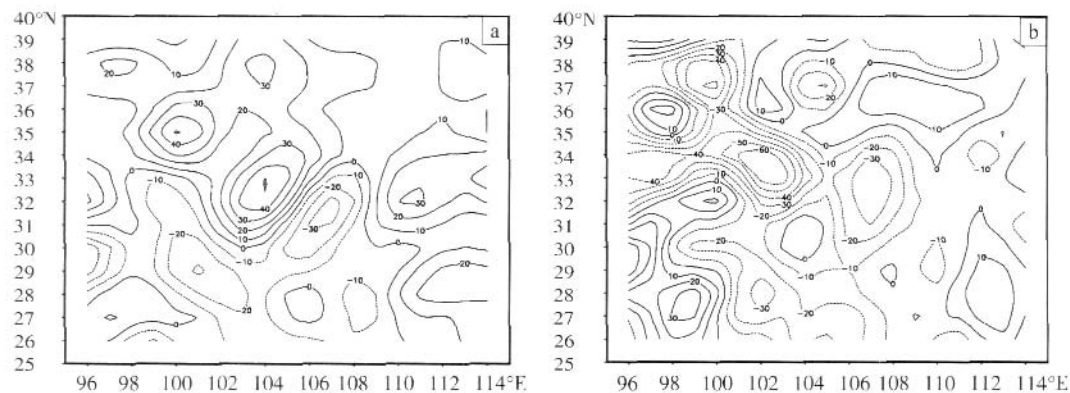


图 4 2006 年 2 月 26 日 20 时 200 hPa (a)、850 hPa (b)散度场(单位:  $10^{-6} \text{ s}^{-1}$ )

### 4.3 垂直速度场分析

为了分析此次十堰暴雪过程前后垂直速度场的变化,沿 111°E 经暴雪中心作从 2 月 25 日 08 时开始到 27 日 20 时每间隔 6 h 的垂直速度经向剖面图(图略)。从图中可以看出,暴雪区上空从 25 日开始就出现上升运动;随着暴雪时间临近,上升运动不断增强,其伸展高度继续增加,暴雪出现前 12 h,暴雪区上空几乎整层均为上升运动,其高度达到 250 hPa 层,垂直速度最小值出现在 400 hPa 附近,中心值为  $-3 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 5),上升运动一直维持到 27 日 20 时才开始减弱。垂直速度的这种分布特征不仅有利于水汽和热量向上输送,且出现在暴雪发生前 12~24 h,对暴雪预报具有先兆性指示意义。

### 4.4 水汽条件分析

水汽的来源与输送直接关系到降水强度的大小。从 2 月 26 日 08 时到 27 日 08 时 700 hPa 水汽通量图可见(图略),经孟加拉湾西北部到我国云南有一条水汽输送带,该水汽输送带与 700 hPa 西南急流对应。26 日 20 时,云南东部到贵州有一西南—东北向的水汽通量大值区,大值区( $3 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )范围已覆盖十堰地区。27 日 08 时,随着西南风风速加大,云南东部到贵州之间出现了一个强的水汽通量中心,其中

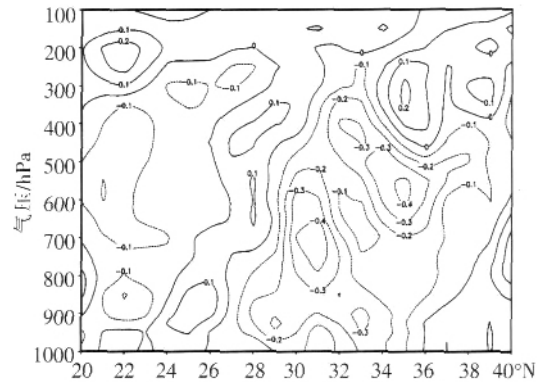


图 5 2006 年 2 月 26 日 20 时沿 110°E 经暴雪中心的垂直速度经向剖面图(单位:  $10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ )

心值超过  $14 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ,水汽通量轴线呈近似的西南—东北向,暴雪区位于该轴线左侧。

沿 111°E 作 2 月 26 日 08 时至 27 日 20 时 700 hPa、850 hPa 的水汽通量散度时间演变图(图 6)。分析图 6 可知,自 26 日 20 时到 27 日 20 时,十堰暴雪区 850 hPa 始终处于水汽辐合区(图 6b),27 日 14 时出现一个水汽辐合中心,其中心值小于  $-5 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ;同时,700 hPa 也出现一个水汽辐合中心(图 6a),其中心值小于  $-5 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ,而 500 hPa 暴雪区在此期间处于水汽辐散区(图略)。这说明水汽主要集中在 700 hPa 以下,有利于低层水汽聚积。

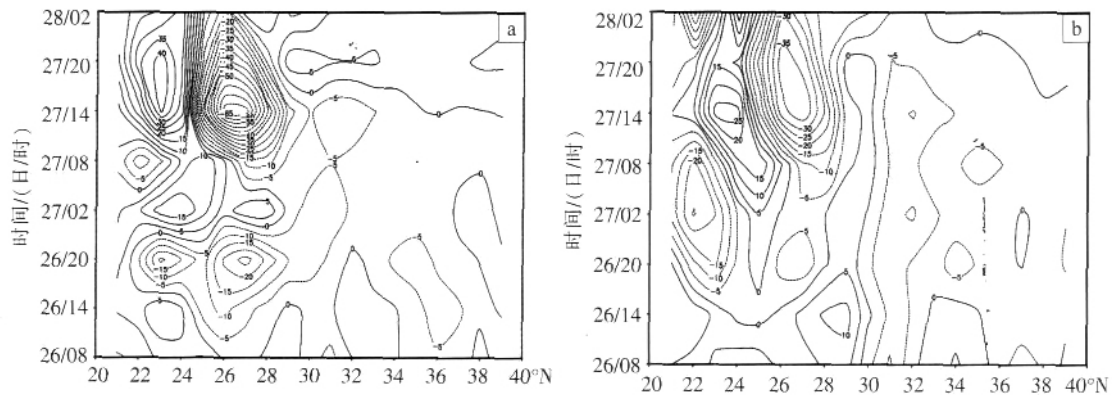


图 6 2006 年 2 月 26 日 08 时至 28 日 02 时 700 hPa (a)、850 hPa (b)沿 111°E 的水汽通量散度时间变化(间隔 6 h,单位:  $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )

## 5 结论与讨论

本文从天气系统、物理量场等方面,对 2006 年 2 月 26—27 发生在鄂西北十堰地区的一次区域性暴雪天气过程进行了分析,得出以下结论。

(1)这次十堰市区域性暴雪天气过程是在比较有利的天气背景条件下发生的,高空东移小槽、中低层切变线和地面冷锋是其主要的天气尺度影响系统;高层辐散、低层辐合以及深厚而强烈的上升运动,是对暴雪产生有利的动力条件,这种垂直配置提前 12~24 h 出现,对暴雪预报具有一定的指示意义。

(2)低层强冷平流是引起十堰地区强降温的原因,

而中低层较强的暖湿气流(暖平流)沿低层冷空气垫爬升是产生强降雪的动力条件。

(3)强烈的水汽辐合为暴雪的产生提供了充足的水汽条件,暴雪区位于近似西南—东北向水汽通量轴线的左侧。

由于发生在鄂西北地区的区域性暴雪天气个例本来就少,对该地区此类暴雪的研究更少。在这种前提下,本文仅从天气系统、物理量场方面对此次区域性暴雪的成因进行了初步的诊断分析,尤其是对引发此次区域性暴雪天气过程的触发机制、不稳定层结方面的分析不够,这还有待于在今后的工作中做进一步的研究。本文虽得出一些初步结论,但这些结论是否

对鄂西北地区的区域性暴雪天气预报具有指导意义,也有待于在今后的预报实践中做进一步的验证。

在本文的写作过程中,得到了十堰市气象局高级工程师谭永秀的指导和帮助,谨致谢忱。

#### 参考文献:

- [1] 汪高明,徐双柱.对 2003—2005 年荆门市 4 次暴雪天气过程的诊断分析[J].湖北气象,2005,24(4):13- 15.  
[2] 王能根,张艳.咸宁市一次雨淞天气与一次暴雪天气的比较分析[J].湖

北气象,2004, 23(4):9- 11.

- [3] 阿衣夏木·尼亚孜,孔期,杨贵名.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.  
[4] 黄海波,徐海容.新疆一次秋季暴雪天气的诊断分析[J].高原气象,2007,26(3):624- 629.  
[5] 赵桂香.一次回流与倒槽共同作用产生的暴雪天气分析[J].气象,2007,33(11):41- 48.  
[6] 池再香,胡跃文,白慧. '2003.1' 黔东南暴雪天气过程的对称不稳定分析[J].高原气象,2005,24(5):792- 797.  
[7] 尤红,曹中和,郭文华,等.昆明静止锋下的云南倒春寒天气分析[J].气象,2006,32(3):56- 62.

## Diagnostic Analysis of a Regional Snowstorm Process

LIU Zhi- yong<sup>1</sup>, CHEN Jian- yun<sup>2</sup>, XU Yuan- shun<sup>3</sup>

(1.Danjiangkou Meteorological Bureau of Hubei Province, Danjiangkou 442700;

2.Shiyang Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyang 442000;

3.Information Center of Hanjiang River Group, Danjiangkou 442700)

Abstract: Based on conventional Micaps weather data and 1 °x1 °6 h re- analysis data from NCEP, the circulation characteristics and physical characteristics of a regional snowstorm weather which occurred in Shiyang, Hubei province on 27 February 2006 are analyzed by using weather diagnosis methods. The results showed that the regional snowstorm process occurred in the relatively favorable weather conditions. The small trough moving eastward at the upper level, the shear line in the mid- and low- level and the cold front on the ground are the main impacts on the weather- scale systems. The stronger warm and wet airflow ascending in the mid- and low- level along the cold air cushion at the low level is the dynamic condition of the regional severe snowfall. The strong water vapor convergence provides the favorable moisture for the regional snowstorm process. The snowstorm area is located at the left of the water vapor flux axis being similarly southwest- northeastward.

Key words: Snowstorm; Shear line; Surface cold front; Temperature advection; Water vapor convergence

(上接第 230 页)

## Influence of Physical Features on Heavy Rain Region in the Middle Part of Henan Province

ZHANG Guang- zhou<sup>1</sup>, JING Chun- yue<sup>2</sup>, WANG Hong- yan<sup>2</sup>, WU Lu<sup>2</sup>, LEI Zhe<sup>1</sup>

(1.Pingdingshan Meteorological Office of Henan Province, Pingdingshan 467000;

2.Xuchang Meteorological Office of Henan Province, Xuchang 461000)

Abstract: The heavy rain process in the middle part of Henan province during 4- 6 July 2007 is diagnosed with routine meteorological observations and NCEP 1 °x1 °6 h reanalysis data. The influence of physical features on the heavy rain is mainly analyzed. Results indicate that the steady Subtropical High over the West Pacific, the trough at middle level of the troposphere and the shear line at low level are the main influencing systems. The southwesterly jet at low level provides the abundant water vapor and the instability energy. The heavy rain region is located at the north side of the exit area of the jet axis. The southerly component of the wind speed has a greater impact on the precipitation intensity. The release of instability energy is rapidly triggered by the cyclonic convergence at the middle low level and the anticyclonic divergence at the upper level. The rainstorm region is exactly coincident with the thick ascending motions.

Key words: Heavy rain; Low level jet; Water vapor convergence; Unstable stratification; Ascending motion