

王晓玲,徐双柱. 湖北省春季两次雨雪过程的对比分析[J].暴雨灾害,2009,28(2): 157-160.

# 湖北省春季两次雨雪过程的对比分析

王晓玲,徐双柱

(武汉中心气象台,武汉 430074)

**摘要:**针对 2005 年 3 月和 2006 年 3 月两次相似的雨雪过程,分析了湖北省春季形成强降雪的主要温度条件及天气形势,着重分析了温度的垂直变化以及温度平流在降温过程中的作用,结果表明:中层的暖湿气流和低层冷平流均比较强时最易产生明显降雪,中低层的逆温对降雪而言不是必要条件,但是只有当逆温存在时,才可能产生强度大的降雪。

**关键词:**雨雪过程;温度平流;温度层结;逆温

中图分类号:P426.63 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2009)02-0157-04

## 1 引言

大雪是冬季重大灾害性天气,常伴随着显著降温和严重冰冻,积雪和低温往往给工农业生产、交通及人民生活带来严重危害。我国对于强降雪的研究已有很多成果,如王文辉等<sup>[1]</sup>在 1979 年对暴雪个例进行天气学分析后指出,高空西风急流对低空西南急流具有耦合和触发作用,低空西南急流的建立和长距离的水汽输送与辐合,成为产生暴雪的重要条件,低层东风切变带中正涡度平流的输送,叠加到强水汽输送及辐合区域,加大了降雪。后期低层西北急流的形成,是产生暴风雪的重要原因;朱爱民等<sup>[2]</sup>对江淮一次冬季暴雪过程中由地转强迫、非地转强迫以及非绝热加热和总的强迫所引起的次级环流进行了讨论,并指出南北方和上下层次级环流的有利配置对暴雪的形成起了促进作用;宫德吉等<sup>[3]</sup>研究了低空急流与大(暴)雪过程的关系,认为低空偏南急流对于暴雪过程起着重要作用;张小玲等<sup>[4-5]</sup>对“96.1”高原暴雪切变线发生发展结构进行了涡度、散度的诊断,涡度场演变指出,高原上局地涡度中心和涡度带的生成和发展不仅与暴雪切变线的形成和发展密切相关,而且有预测切变线生成的先兆意义。

上述工作对强降雪过程的天气形势及中尺度系统结构进行了一定的分析,但是对强降雪形成的温度条件分析还比较少,特别是春季,气温相对较高,强降雪过程极易疏漏。降雪和降雨一样同属降水,但其机理比降雨复杂,两者最显著的差异在于温度条件的不同,特别在我国中部地区,温度条件在降雪预报中至关重要,它影响到降水的性质(降雨或降雪)和量级(积

雪深度)。湖北地处长江中游地区,位于我国南北气候的过渡带中,降雪预报是该地区预报的难点之一,为了进一步提高降雪预报的准确率,本文针对 2005 和 2006 年 3 月发生在湖北省两次具有相似背景条件却造成了不同天气结果的过程进行了对比分析,着重分析了温度条件在降雪中的作用,试图找出湖北省春季降雪预报的着眼点。

## 2 天气实况对比

2005 年 3 月 11 至 12 日湖北省发生了一次大到暴雪过程,降雪主要发生在 3 月 11 日到 12 日凌晨,到 12 日 08 时为止,湖北省大部地区降雪达到 10 mm 以上,积雪深度大部地区达到 5 cm,部分地区达到 10 cm。

2006 年 3 月 10 至 12 日湖北省发生了一次先雨后雪的天气过程,降水从 3 月 10 日开始,11 日降水强度达到最大,到 12 日 08 时为止,全省降水均达到 10 mm 以上,部分地区达到 25 mm。降雪主要从 12 日凌晨开始,全省只有鄂西北有弱的积雪,其他大部地区以雨夹雪为主。

比较两次过程实况可发现,两次过程最大降水量都集中在 11 日 08 时到 12 日 08 时,且 2006 年降水强度还略强,但是由于降水性质不同,造成结果却不一样,2005 年表现为很强的大到暴雪天气,积雪明显,而 2006 年却是以雨为主,只在南部形成一些弱的雨夹雪,全省基本上没有形成积雪。

## 3 大气环流背景

### 3.1 500 hPa 高空环流形势对比

比较两次过程的高空形势图(图略)可看出,其

收稿日期:2008-09-02;定稿日期:2009-02-02

基金项目:湖北省气象局科技发展基金项目(2007Z01)资助

作者简介:王晓玲,女,1979 年生,工程师,主要从事短期天气预报技术和方法研究。Email:w\_x\_ling@163.com

500 hPa 环流形势非常类似,均表现为两槽一脊型,在贝加尔湖西侧有一阻塞高压。其中 2005 年的阻塞高压比较完整,在高压脊后部有一暖中心,该暖中心产生的暖平流促使高压脊继续加强或阻塞形势稳定,高压脊前的偏北气流也随之加强,不断引导冷空气在华北附近的横槽内聚集,汇成一股极强的冷空气。而 2006 年的阻塞高压相对来说已经不是很完整,且等温线与等高度线基本平行,这预示着高压脊后的暖平流已经减弱,阻塞形势处于消亡阶段,冷空气强度也会随之减弱。

从以上对比可看出,两次过程的冷空气虽属于同一类,但是发展过程还是有所区别的,所以形成冷空气的强度不同,必然会造成降温幅度的不同。

### 3.2 冷空气路径及移速对比

图 1 给出两次过程的地面冷空气活动相关图,比较图 1a 和 1b 分别可看出两次过程地面气压场和风场很相似,但是同时次的地面冷锋 2005 年比 2006 年南压一些。为了进一步分析两次冷空气过程,发现其活动的不同点,本文对冷空气的路径模拟采用了美国国

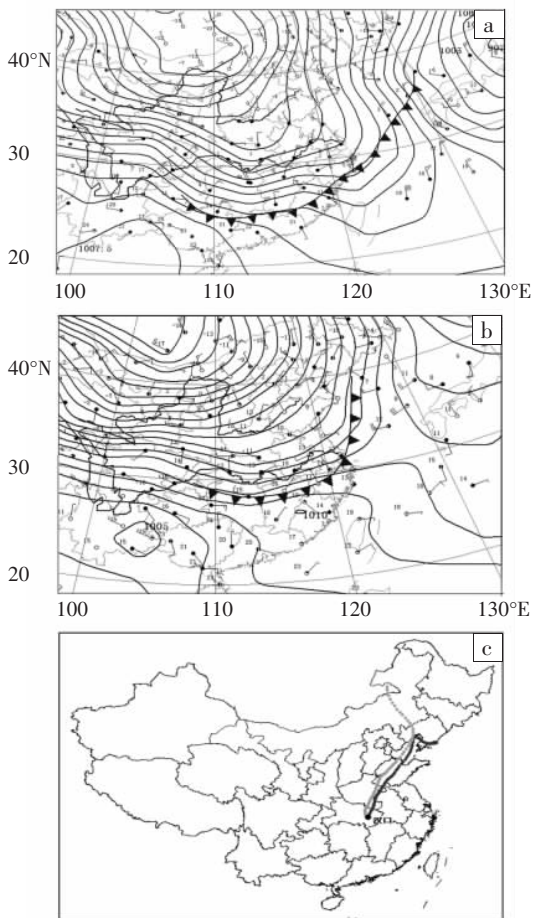


图 1 2005 年 3 月 11 日 20 时(a)及 2006 年 3 月 11 日 20 时(b)地面形势场及 HYSPLIT 反演冷空气路径图(c) (灰线起始时间为 2005 年 3 月 11 日 20 时,黑线起始时间为 2006 年 3 月 12 日 02 时)

家海洋和大气局(NOAA)后向轨迹模式(HYSPLIT-4),该模式利用实况资料(数据的时间和空间精度分别为 6 和 1 个经纬度)对实际大气流场进行反演,能够精确模拟出影响观测点的前期气流轨迹<sup>[6]</sup>。图 1c 为后向轨迹模式以汉口站为起点模拟两次过程的冷空气路径,模拟起始时间分别为 11 日 20 时和 12 日 02 时,反演时间长度均为 72 h,可看出两次过程均为典型的东路冷空气,这种冷空气路径是最易造成湖北省低温连阴雨、降雪和冰雹等,但是两次冷空气的移动速度还是有差别的,2005 年过程明显快于 2006 年,所以 2005 年东路降温为突降温型,而 2006 年则为缓降温型,这也是造成不同天气结果的重要原因之一。

## 4 中低层温度及风场形势对比

### 4.1 700 hPa 形势场对比

图 2 给出了两次过程 700 hPa 风场和温度平流等值线对比分析图,比较图 2a 和图 2b,可看出两次过程中 700 hPa 风场形势很相似,在湖北省中部一线均有一明显的冷式切变,且 30°N 以南地区为一致的暖湿气流,这样为湖北省的降雪提供了有利的水汽条件。同时对 2005 年和 2006 年两次过程 700 hPa 相对湿度进行对比分析(图略),可发现,两次过程中湖北省均处于相对湿度大于 90% 的高湿区,说明两次过程水汽条件相当,这与实况也是相吻合的,两次过程中,省内降水量比较接近。

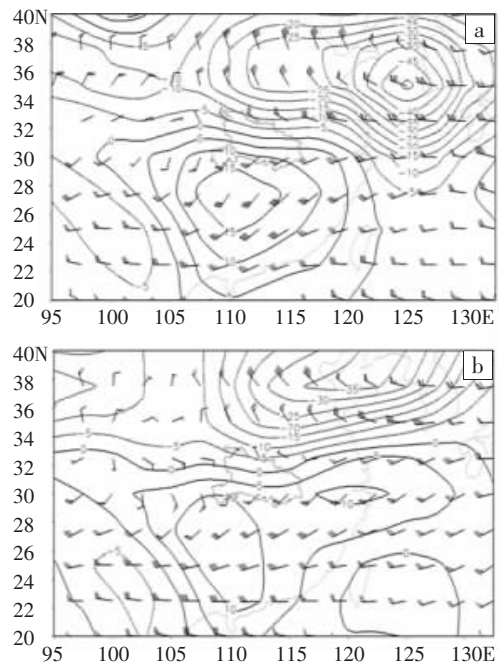


图 2 2005 年 3 月 11 日 20 时(a)及 2006 年 3 月 11 日 20 时(b) 700 hPa 风场和温度平流(等值线单位:10<sup>-5</sup> °C/s)

再比较两次过程中温度平流,图 2a 和 2b 中温度平流均表现为南‘+’北‘-’型,且零线位于湖北省中部

一线,可见两次过程湖北省均处于冷暖平流的交汇处,也就是锋区中,所以冷暖气团比较活跃,也易形成对流。所不同的是 2005 年过程中冷平流中心值达到  $-45 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ,暖平流中心也有  $15 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ,且等值线梯度也比较大,而 2006 年过程中其冷暖中心值分别为  $-35 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$  和  $10 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ,强度明显弱于 2005 年的过程。2006 年过程锋区相对比较弱,且其冷中心也比较偏北,可见其未来的影响比较慢且强度偏弱。同时,2005 年过程中 700 hPa 较强的暖平流将有利于逆温的产生,这对降雪的维持是个重要的条件。

#### 4.2 850 hPa 形势场对比

图 3 给出了两次过程 850 hPa 风场和温度平流等值线对比分析图,比较图 3a 和 3b 可看出,两次过程中 850 hPa 风场形势也很相似,湖北省为一致的东北风控制,这样在低层形成冷垫面,将中层暖湿空气抬

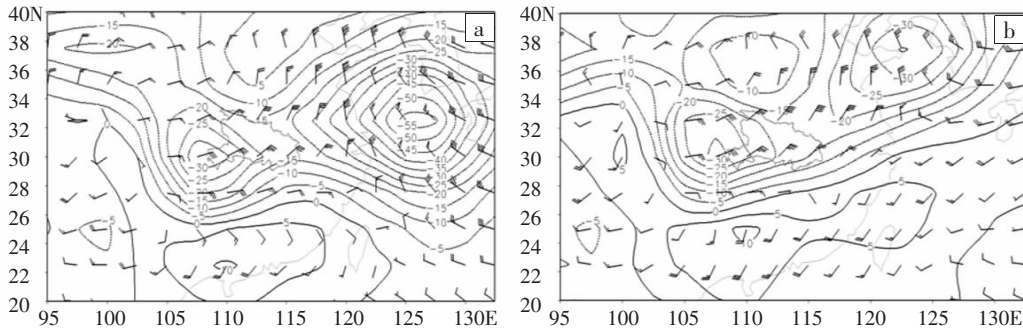


图 3 2005 年 3 月 11 日 20 时(a)及 2006 年 3 月 11 日 20 时(b)850 hPa 风场和温度平流(等值线单位:  $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ )

#### 4.3 温度层结对比

图 4 是沿  $30^\circ\text{N}$  的  $95^\circ\text{E}$ — $135^\circ\text{E}$  范围内的温度垂直剖面图,其中图 4a 为 2005 年 3 月 12 日 02 时,即 2005 年湖北省南部出现明显降雪的时候,可看出 700 hPa 附近温度降到  $-2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,900 hPa 有一冷中心,湖北省上空( $108^\circ\text{E}$ — $116^\circ\text{E}$ )700—900 hPa 之间有一明显的逆温层;从前一刻的温度垂直剖面图(图略)也可看出,700 hPa 温度变化幅度不大,但是 700 hPa 以下

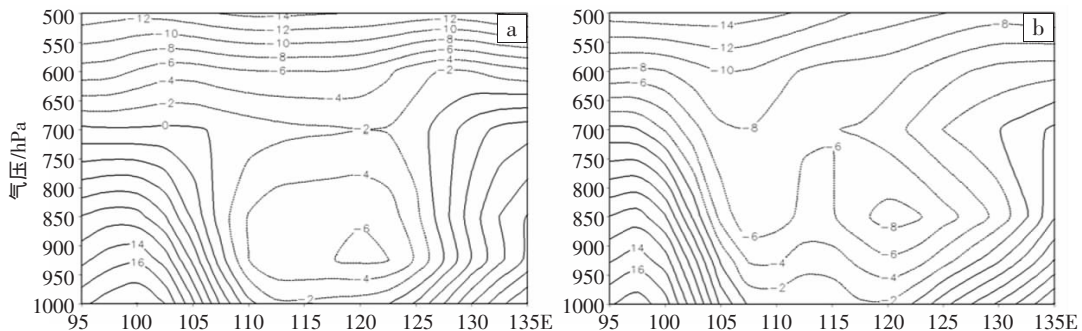


图 4 2005 年 3 月 12 日 02 时(a)及 2006 年 3 月 13 日 02 时(b)温度垂直分布图(单位:  $^\circ\text{C}$ )

综合以上分析可知,中低层的逆温在降雪过程中是很重要的,逆温最主要的作用有三点:一是为低层不稳定能量的贮存提供有利条件;二是暖空气在冷空气楔上爬升,加强了辐合上升运动,其实逆温是冷暖

升,形成上升气流,有利于降水的形成,同时,当低层温度足够低时,也有利于下降的雨水形成雪花。

再比较两次过程中温度平流,可看出图 3a 和 3b 中温度平流基本形势也是相同的,所不同的就是强度的差异,图 3a 中最大值达到  $-55 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ,而图 3b 最大中心值只有  $-30 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ ,且图 3a 中冷平流中心更接近湖北省,等值线也更密集,这说明 2005 年 850 hPa 的降温幅度大于 2006 年的。

综合以上分析可看出,这两次过程中的降水条件很相似,造成实况有很大差别主要是因为中低层的温度变化不同,2005 年中低层冷暖平流均强于 2006 年,其 700 hPa 强的暖平流有利于逆温的生成,而 850 hPa 强的冷平流则有利于温度的迅速降低,这样就形成了对流层中层暖低层冷的有利于降雪的逆温温度层结。

却有明显的降温,这说明此逆温的形成对近地面层 900 hPa 以下的降温起到了决定性的作用。图 4b 为 2006 年 3 月 13 日 02 时,即湖北省南部出现弱的雨夹雪之前,从温度垂直剖面图(图略)中可看出,这次过程降温是从 700 hPa 高度以上开始的,700 hPa 降温比低层的快且强,到 13 日 02 时,湖北省上空 700—900 hPa 温度都位于  $-6 \text{ } ^\circ\text{C}$  左右,无明显的逆温。

平流强烈交汇的产物,因此当逆温出现时也是锋区最强时,并且逆温形成的温度差动平流有利于辐合上升运动的加强;三是阻挡作用,逆温的存在说明暖湿气流很强,阻挡了冷平流南下渗透的速度。简而言之,逆

温保证了降水的时间和强度。

逆温的强度适宜也是至关重要的,700 hPa 气温应在 0 °C 左右,如果逆温过强,700 hPa 气温大大高于 0 °C,700 hPa 温度太高成了融化层,也不利降雪发生;如果 700 hPa 温度过低,则空气较干冷,降水结束快。

#### 4.4 武汉单站垂直温度对比

为了进一步说明问题,以武汉单站的垂直温度变化为例来分析这两次过程中高空各层的温度变化,从图 5a 中可看出 2005 年过程中 850 hPa 的温度从 11 日 08 时到 11 日 20 时有个突降过程,而 700 hPa 温度则维持原来的量级,说明 850 hPa 冷平流较强,而 700 hPa 的暖湿气流发展仍比较旺盛,这与前面分析的温度平流也是很一致的;到 12 日 08 时,850 hPa 进一步降温到 0 °C 以下,这样在中低层产生逆温,中层有暖湿气流提供充足的水汽,低层的低温可以使液态的雨水凝华成雪花,形成了明显的降雪。对比图 5b 可看出,2006 年降雪过程中 850 hPa 降温很平缓,且到 12 日 08 时才达到 0 °C 附近,但是近地面温度还比较高。12 日 20 时,武汉中低层温度达到降雪的要求,但是 700 hPa 温度偏低,水汽条件不充沛,这样在湖北省南部只形成了弱的雨夹雪天气。

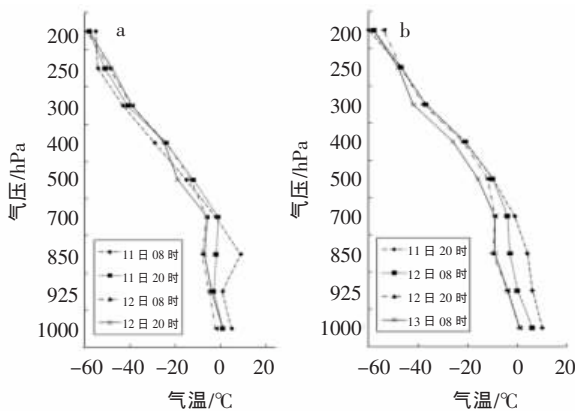


图 5 2005 年 3 月(a)及 2006 年 3 月(b)不同时段武汉单站温度垂直变化

## 5 结论

通过对 2005、2006 年春季的两次降雪过程进行对比分析,得到以下几点结论:

(1)对湖北省春季降雪最有利的大气环流形势是 500 hPa 有南支槽东移,700 hPa 有明显西南气流发展,带来充足的水汽,850 hPa 配合较强的东路冷空气南下,形成冷垫。

(2)春季降雪预报中要注意关注低层的配置尤其是 700 hPa 的暖湿气流,当冷暖平流均比较强大的时候,最易产生明显降雪;当西南气流发展不旺盛,暖平流不够强,中层受冷空气影响降温过快,西南气流被抑制,则水汽条件不够,且不易形成辐合上升运动。

(3)春季降雪有别于冬季降雪,只有当低层冷平流足够强、降温及时,才能形成明显降雪。

(4)当大气结构为中层暖湿、低层干冷时,往往会在中低层形成逆温,此时也是最易发生强降雪的时候,但中低层出现逆温并非降雪的必须条件,只是当逆温存在时,才可能产生强度大的降雪,无逆温存在时降雪过程往往较短,不易积雪。

#### 参考文献:

- [1] 王文辉,徐德祥.锡盟大雪过程和“77.10”暴雪分析[J].气象学报,1979,37(3):80-86.
- [2] 朱爱民,寿绍文.一次冬季暴雪过程锋生次级环流的诊断分析[J].南京气象学院报,1994,17(2):183-187.
- [3] 宫德吉,李彭俊.低空急流与内蒙古的大(暴)雪[J].气象,2001,27(12):3-7.
- [4] 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):285-294.
- [5] 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 II: 散度和散度变率诊断[J].高原气象,2000,19(4):459-466.
- [6] Chan C Y, Li Y S, Chan L Y, et al. An analysis on abnormally low ozone in the upper troposphere over subtropical East Asia in spring 2004[J]. Atmospheric Environment, 2006(1):26-33.

## The Comparative Analysis of Two Spring Precipitation and Snow Processes in HuBei Province

WANG Xiao-ling, XU Shuang-zhu

(Wuhan Center Observatory, Wuhan 430074)

**Abstract:** In the paper, the main temperature and air circulation conditions of snow in Hubei Province in spring are analyzed with two similar processes of precipitation and snow in March 2005 and 2006, and the role of the vertical temperature changes and the thermal advection in the cooling process are analyzed particularly. The strong snowfall takes place easily when both of the warm moisture air-flow at middle-level and cold advection at middle-level are all strong, meanwhile the temperature inversion at middle- and low-level is not a necessary condition to snow but the necessary condition to the strong snowfall.

**Key words:** Snow; Temperature stratification; Thermal advection; Temperature inversion