

# 一次春季强寒潮的降水相态变化分析

李江波<sup>1</sup> 李根娥<sup>2,3</sup> 裴雨杰<sup>1</sup> 王福霞<sup>1</sup> 王新龙<sup>1,4</sup> 文 杰<sup>1</sup>

(1. 河北省气象台, 石家庄 050021; 2. 兰州大学大气科学学院;  
3. 河北省气象科技服务中心; 4. 灾害天气国家重点实验室)

**提 要:** 应用 NCEP  $1^\circ \times 1^\circ$  资料、常规观测资料、自动站资料、多普勒天气雷达资料, 对 2007 年 3 月河北省一次早春强寒潮天气背景下的降水多相态转换的成因与雨雪转换的预报进行了分析。结果表明: 850hPa 及以下蒙古高压和江淮气旋共同作用产生的偏东风导致低层大气温度持续下降, 降水性质从雨转为雪。随着江淮气旋入海, 高低空风向发生突变, 从东北风转为西北风, 加上太行山地形作用, 使太行山东麓部分地区低层大气出现小幅升温,  $0^\circ\text{C}$  层高度抬升, 致使从雪转为雨。多普勒天气雷达回波图上,  $0^\circ\text{C}$  层亮带高度的迅速下降, 可作为从液态降水向固态降水转换的判据之一。天气学分析表明, 当  $0^\circ\text{C}$  层高度低于 950hPa、地面气温在  $0^\circ\text{C}$  上下、1000hPa 温度低于  $2^\circ\text{C}$ 、925hPa 温度低于  $-2^\circ\text{C}$  时, 降水性质将从雨向雨夹雪或雪转变。

**关键词:** 寒潮  $0^\circ\text{C}$  层 天气雷达 亮带 降雨 降雪

## Analysis on the Phase Transformation of Precipitation During a Strong Cold Wave Happened in Spring

Li Jiangbo<sup>1</sup> Li Gene<sup>2,3</sup> Pei Yujie<sup>1</sup> Wang Fuxia<sup>1</sup> Wang Xinlong<sup>1,4</sup> Wen Jie<sup>1</sup>

(1. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021; 2. College of Atmosphere Sciences, Lanzhou University;  
3. Hebei Meteorological Science and Technology Service Center; 4. State Key Laboratory of Severe Weather)

**Abstract:** Based on the NCEP data ( $1^\circ \times 1^\circ$ ) and conventional observation data, automatic meteorological observing station and Doppler radar data, the forecast of the transformation between the rain and the snow as well as the cause of phase transformation in precipitation in one of strong cold waves happened during the early spring in Hebei Province is analyzed. As a result, the easterly wind brought by the Mongolia high and the Jiang-Huai cyclones below 850hPa make the temperature of the lower atmosphere decrease, when the height of the  $0^\circ\text{C}$  atmospheric layer is lower than that of the 950hPa, the character of precipitation will change

项目资助: 中国气象局新技术推广预报员专项灾害天气国家重点实验室开放课题, 项目编号 CMATG2007Y05

收稿日期: 2008 年 4 月 11 日; 修定稿日期: 2009 年 4 月 3 日

from rain to snow. Also when the wind directions at both the high and low levels turn from northeast to northwest along with the Jiang-Huai cyclones moving into the sea and the temperature at the low level around the east of Taihang Mountain becomes rising slowly with the  $0^{\circ}\text{C}$  atmospheric layer going upper, the snow will turn to be rainfall. According to the echo characteristics of Doppler radar, when the height of the  $0^{\circ}\text{C}$  layer bright band decreases quickly, the snow will change into rainfall. While the temperature of the 1000 hPa layer goes down to  $2^{\circ}\text{C}$  and the temperature of the 925 hPa layer goes down to  $-2^{\circ}\text{C}$ , the precipitation will change from rain to snow.

**Key Words:** strong cold wave   zero temperature level   Doppler radar   bright band   precipitation   snow

## 引 言

寒潮是冬半年主要的灾害性天气之一,与之相伴的往往是大风、强降温、降水、沙尘暴等。对于寒潮天气过程,气象工作者从不同角度进行了相关研究<sup>[1-6]</sup>。

在秋冬或冬春过渡季节,一次寒潮爆发时,由于温度突降,降水性质往往也会随之发生转换,如从降雨转为雨夹雪、降雪。由于这类天气不多见,因此给预报带来一定的难度。对于这类天气,有过相关研究,许爱华等<sup>[7]</sup>对 2005 年 3 月一次寒潮天气过程的低层大气温度结构特征进行了分析,认为 925hPa 以下大气温度是南方降水相态转换的关键,925hPa 气温 $\leq -2^{\circ}\text{C}$ 可作为固态降水的预报依据。白惠星等<sup>[8]</sup>研究了北疆地区一次雨转雪天气,认为高空横槽转竖过程中,所携带的强烈冷平流造成了雨转雪天气的发生。降水时温度的迅速下降并维持较低是产生雨转雪天气的基本条件。许彤等<sup>[9]</sup>对仙桃机场 2 次雷雨转雨夹雪天气进行了分析,认为 850hPa 温度场  $0^{\circ}\text{C}$  线经过本场可作为降水性质发生变化的一个判定依据。孙晶等<sup>[10]</sup>利用中尺度模式 MM5,模拟了 1999 年 11 月 23—24 日的辽宁雨转雪过程,从微物理方面进行了研究,认为辽宁雨转雪过程为气、液、固三相粒子相互作用的过程。以上文献分别

从不同角度对雨转雪天气进行了研究,但对雨雪转换的判据研究时,所应用资料基本上是常规资料,时间间隔较长,同时针对的是一两次过程的研究。

2007 年 3 月 3—6 日,一次强寒潮袭击了我国中东部地区,给河北省带来了大到暴雨(雪)、大风、强降温天气,省内大部分地区经历了从雨 $\rightarrow$ 雨夹雪 $\rightarrow$ 雪的相态转变,而河北西部的部分地区却在十几个小时内经历了从雨 $\rightarrow$ 雨夹雪 $\rightarrow$ 雪 $\rightarrow$ 雨夹雪 $\rightarrow$ 雨的相态转换,在历史上比较少见,值得深入研究。本文应用 NCEP  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 资料、常规观测资料、自动站资料、多普勒天气雷达资料,分析了本次强寒潮天气背景下的降水多相态转换的成因,同时结合近些年 7 次雨转雪天气过程,给出了雨雪转换的天气学指标。

## 1 影响系统与降水性质演变分析

本次过程发生在气温异常偏高的气候背景下。2 月下旬,河北各地旬平均气温较常年偏高  $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ ,3 月 2 日 14 时(北京时,下同),各地气温在  $8\sim 15^{\circ}\text{C}$  之间。

2 日 20 时,500hPa、700hPa 高空图上(图略),华北为高压脊,河套以西为高空槽,槽后冷平流、槽前暖平流明显。随着高空槽东移加深,3 日 20 时,500hPa 上,在  $108^{\circ}\text{E}$  形成一贯穿我国南北的一深厚大槽,我国东部大部分地

区受西南气流控制,西南风风速达  $16 \sim 26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。700hPa 高空槽上,在山西、陕西交界有一低涡生成,同时槽前自西南地区到黄淮建立了一支西南低空急流,河北处于低空急流轴左前方。850hPa 上,蒙古国西部为一闭合高压,内蒙古中东部和河北中北部受高压前部的东北气流控制,在冀、鲁、豫交界处有一低涡切变生成,低涡前部有一支东南急流将水汽自东海向山东、河北输送,河北东南部处于东北风和东南风交汇处。地面则为河北典型的北高南低的回流降水形势,在江南,江淮气旋生成。这样从空间结构看(图1),有三支气流在河北交汇,分别为700hPa 以上的西南急流、850hPa 的东南急流和低层的东北气流。从3日20时到4日08时,500hPa 高空槽、700hPa 低涡低槽东移,低层850hPa 低涡、地面江淮气旋东北上,有利的高低空系统配置,强盛的冷暖空气交汇,造成了河北中北部大到暴雪、东南部大到暴雨。

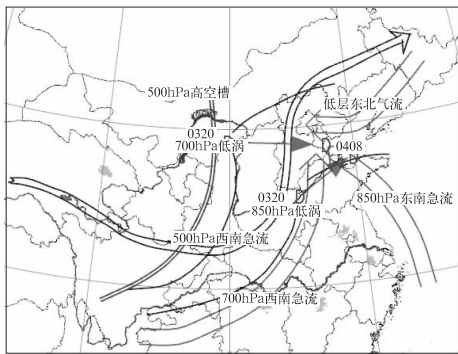


图1 2007年3月3日20时天气形势综合示意图

由于前期气温较高,各地从降雨开始,以后降水性质逐渐转变。从雨雪分界线的时间演变(图2)可以看出,雨雪分界线自西北向东南推进,3日14时,坝上和西北部已转为降雪,3日20时,河北西部和北部转为降雪,到4日02时,除东南部外,全省基本都转为降雪。然而从4日03时开始,河北西部的石家庄地区逐渐从降雪转为雨夹雪,05时转为

降雨,直至过程结束,图2中阴影区为4日08时的雨区。可见,这次强寒潮天气背景下的降水过程,河北省大部分地区以降雨开始,降雪结束,而石家庄地区以降雨开始,中间转为降雪,最后又以降雨结束。

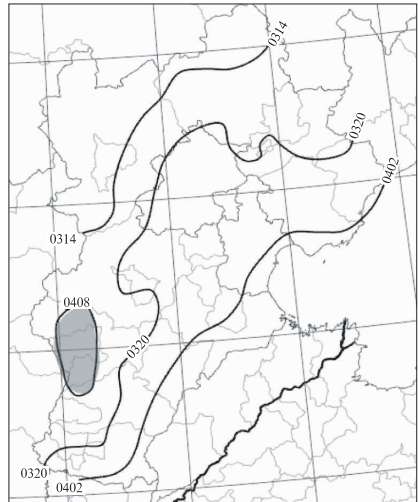


图2 雨雪分界线时间演变图  
(阴影区为雨区)

## 2 低层大气持续降温对降水相态影响分析

表1给出了河北省几个测站常规观测时次的天气现象和地面气温,可以看出,位于河北南部的石家庄(53698)和邢台(53798)雨转雪的时间要早于北部的北京(54511),4日02时以后,北京为降雪,而石家庄从4日05时以后为降雨,邢台4日02时以后为雨夹雪。从表1还可看出,降雪发生时,地面气温在  $1^{\circ}\text{C}$  以下;雨夹雪时,地面气温在  $0 \sim 2^{\circ}\text{C}$  之间。

图3给出了石家庄( $38^{\circ}\text{N}$ 、 $114.5^{\circ}\text{E}$ )和北京( $40^{\circ}\text{N}$ 、 $116^{\circ}\text{E}$ )温度场从2日14时到4日20时的高度—时间剖面图,从图3a可以看出,石家庄2日14时到3日14时,700hPa 以上温度变化很小,850hPa 以下气温持续下降。 $0^{\circ}\text{C}$  层高度从2日14时的800hPa升高到3日02时的750hPa,3日

表 1 石家庄、北京、邢台 3 日 14 时至 4 日 11 时天气现象及地面气温

| 站名  | 3 日  |        |      | 4 日    |        |      |      |
|-----|------|--------|------|--------|--------|------|------|
|     | 14 时 | 17 时   | 20 时 | 02 时   | 05 时   | 08 时 | 11 时 |
| 石家庄 | 雨(3) | 雨夹雪(0) | 雪(0) | 雪(1)   | 雨(2)   | 雨(1) | 雨(2) |
| 北京  | 雨(5) | 雨(5)   | 雨(5) | 雪(0)   | 雪(0)   | 雪(0) | 雪(1) |
| 邢台  | 雨(4) | 雨夹雪(0) | 雪(1) | 雨夹雪(1) | 雨夹雪(2) | —    | 雨(2) |

注:表中括号内为地面气温(单位:℃)

08—14 时从 900hPa 降至 940hPa,此阶段为降雨。3 日 20 时降至 960hPa,已转为雪。4 日 02 时降为 970hPa,降雪维持,此后开始缓慢升高,降水性质也逐渐转变,4 日 08 时升为 950hPa,已转为雨。可见,石家庄从 3 日 08 时到 4 日 08 时之间经历了从雨→雨夹雪→雪→雨夹雪→雨的相态转变,而在这—时段内,0℃层高度的变化范围为 900~970hPa,950hPa 可作为雨雪转换的临界值。和石家庄相比,北京(图 3b)3 日 20 时以前,700hPa 以上温度变化很小,700hPa 以下气温持续下降。0℃层高度从 2 日 14 时的 810hPa 下降到 3 日 20 时的 950hPa,此时北京仍为降雨,此后直至 4 日 08 时仍继续下降,4 日 02 时,已降至 1000hPa 以下,从降雨转为降雪。4 日上午,900hPa 以下,温度有所回升,但 0℃层高度仍低于 975hPa。可见,0℃层高度在边界层内的很小变化,可导致降水性质转变。在本次过程中,当 0℃层高度低于 950hPa 时,将从雨向雨夹雪或雪转变。

从 850hPa 2 日 20 时到 4 日 02 时平均高度场(图略)可以看出,蒙古国中部为一较强高压,内蒙古中东部、河北大部处于高压前部的东北气流里,强盛的东北风将东北平原的冷空气向河北中北部及太行山东麓地区输送,地面图上(图略),江淮气旋在东北上过程中发展加深导致地面气压梯度增大,东北风加强,造成了 850hPa 以下大气的持续降温,降水性质从雨逐渐转为雪。河北北部和太行山东部降温较快,因此雨转雪的时间较其他地区早。4 日 02 时以后,高空槽东移、江淮

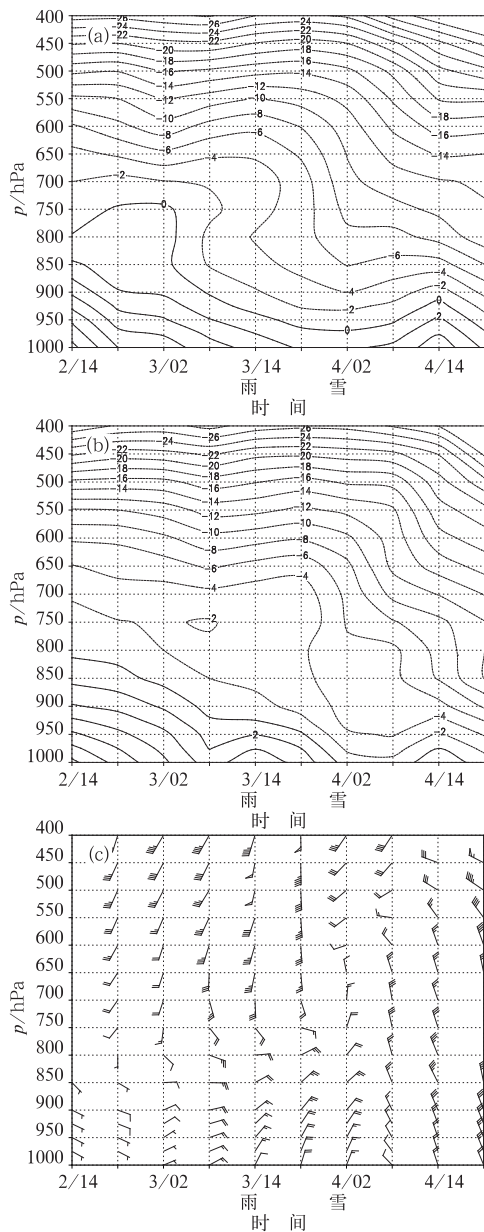


图 3 2007 年 3 月 2 日 14 时至 4 日 20 时  
温度场和风场的高度时间剖面图  
(a) 石家庄温度场,单位℃; (b) 北京温度场,  
单位℃; (c) 石家庄风场

气旋入海,低空风向发生突变,从偏东风转为西到西北风,同时地面气压场从北高南低的形势转为西高东低,冷空气越过南北走向的太行山后,下沉增温作用使太行山东麓部分地区低层大气出现小幅升温,致使从雪转为雨。图 3c 为石家庄 2 日 14 时到 4 日 20 时风场的时间高度剖面图,可以看出,4 日 02 时以前,800hPa 以下持续东北风,以上为强盛的西南风,4 日 08 时以后,高空槽过境,高空风发生突变,500hPa 以下转为西到西北风,850hPa 以下低层大气温度回升,0℃层高度上升至 950hPa(图 3a),石家庄 925hPa 温度从 4 日 02 时的 -2.3℃升高到 -1.6℃,1000hPa 从 1.8℃升至 2.5℃,导致从雪向雨转换。

3 雷达特征——0℃层亮带分析雨雪转变

分析石家庄新一代天气雷达资料,发现从雨向雪转换过程中,出现了明显的 0℃层亮带,其高度逐渐降低。

0℃层亮带<sup>[11]</sup>是指:反射率因子较高的环形区域所在的高度在 0℃等温层附近。在 0℃层以上,较大的水凝物大多为冰晶和雪花,过冷却水滴因为尺度较小对反射率因子的贡献不大。当下降过程中经过 0℃层开始融化时,表面上出现一层水膜,而尺寸变化不大,此时反射率因子会因为水膜的出现而迅速增加。当冰晶和雪花在进一步下降中完全融化为水滴时,其尺寸会减小,同时大水滴的下落速度增大,使单位体积内水滴个数减少,这两个因素会使反射率因子降低。这样在

0℃层附近,反射率因子回波突然增加,形成“零度层亮带(0℃层亮带)”。因此,0℃层亮带并不是指大气温度为 0℃的那一高度上的回波区,而是指大气温度为 0℃所在的高层以下,由于冰水转化过程出现的有一定厚度的、雷达反射率明显高于其上下区域的较强回波区域。“零度层亮带”通常在高仰角(2.4°以上)上比较明显。

图 4(见彩页)为北京 ANC 系统<sup>[12]</sup>中 2.4°仰角反射率以及沿 0℃层亮带所作的反射率垂直剖面图。3 日 04 时 12 分,开始出现清楚的半圆弧亮带,04 时 27 分(图 4a),半圆型亮带距雷达站约 25km,高度为 1.2km(图 4b)。之后,亮带逐渐向雷达测站靠近,并发展成近似封闭的圆型,12 时 36 分(图 4c),即雨夹雪前 1 小时 17 分钟,近似圆型的亮带距雷达站约 10km,高度降为 0.4km 上下(图 4d)。17 时 46 分(图 4e),降雪前 1 小时,0℃层亮带几乎和横坐标轴线重合,约为 0.1km(图 4f)。从图中可以看出,0℃层亮带的高度在降雨转变为雨夹雪前 1 小时有明显的降低,雨夹雪阶段维持在该高度。降雪后 0℃层亮带完全消失再没出现过,雷达回波也从混合云降水回波变成絮状的降雪回波。

表 2 给出了 2.4°仰角反射率图上 0℃层亮带的详细演变情况,3 日 04 时 12 分开始出现清楚的半圆弧亮带,高度 1.2km 左右,05 时 01 分亮带变成圆环,高度降低到 1.1km 左右。此后 0℃层亮带高度逐渐降低,4 日 01 时 00 分之后迅速降低并消失。

表 2 石家庄(53698)降水性质与 0℃层亮带随时间演变

| 时间(北京时)         | 降水性质    | 0℃层亮带高度     | 0℃层亮带形态 | 0℃层亮带亮度 |
|-----------------|---------|-------------|---------|---------|
| 3 日 00:19→15:21 | 雨       | 1.2km→0.5km | 半圆→圆    | 明亮      |
| 15:53→18:00     | 雨夹雪     | 0.4km→0.2km | 圆→消失    | 亮→消失    |
| 18:46→22:48     | 雪       | 0.2km→0.0km | 圆       | 渐亮→暗→消失 |
| 22:54→4 日 02:00 | 雪       | 无亮带         | 无亮带     | 无亮带     |
| 4 日 03:00→11:18 | 雪→雨夹雪→雨 | 无亮带         | 无亮带     | 无亮带     |

从表 2 可以看出,雨夹雪阶段,雷达基本反射率图上的 0℃层亮带高度维持在 0.4km 上下,降雪阶段亮带高度在 0.2km 左右。降雪阶段开始之后,尽管还有降水从雪→雨夹雪→雨相态的转变,但是从雷达回波上却再没有 0℃层亮带的出现。且雷达回波的强度很弱。因此,0℃层亮带高度的迅速下降,可作为从雨向雪转换的判据之一。

4 降水相态转换的天气学判别

为了找出雨雪转换判据,选取近些年我国东部 7 次雨转雪过程研究。表 3 给出了一

些探空站 12 小时内从雨转为雪的 0℃层高度和低层大气温度。可以看出:(1)从雨向雪转换过程中,0℃层高度都有明显的下降,7 次过程中,降雨时,0℃层高度变化范围为 680~970hPa,降雪或雨夹雪时 0℃层高度基本都在 1000hPa 以下。(2)降雪发生时地面温度基本在 0℃上下。(3)850hPa 温度变化幅度很大,没有明显的临界值区分降雨和降雪,可见 850hPa 温度对降水相态影响不大。(4)雨夹雪或降雪时,925hPa 温度在-2℃以下,1000hPa 温度在 2℃以下,可见 925hPa 以下温度对降水相态起主要作用。

表 3 7 次雨转雪过程中 0℃层高度和低层温度

| 站名 | 时间/年.月.日.时    | 降水性质 | 0℃层高度/hPa | 温度/℃ |     |     |      |
|----|---------------|------|-----------|------|-----|-----|------|
|    |               |      |           | 地面   | 850 | 925 | 1000 |
| 邢台 | 2007.12.09.20 | 雨    | 920       | 2    | -3  | 0   | 2    |
| 邢台 | 2001.02.22.20 | 雨    | 750       | 6    | 1   | 6   | 4    |
| 济南 | 2001.02.22.20 | 雨    | 810       | 2    | 4   | 10  | 6    |
| 邢台 | 2003.03.15.08 | 雨    | 970       | 1    | -4  | -1  | 2    |
| 北京 | 2003.03.15.20 | 雨    | 970       | 2    | -6  | -3  | 2    |
| 南昌 | 2004.12.27.20 | 雨    | 940       | 2.7  | -4  | -1  | 2    |
| 南昌 | 2005.03.11.20 | 雨    | 680       | 6    | 8   | 5   | 10   |
| 邢台 | 2006.04.11.20 | 雨    | 680       | 10   | 3   | 6   | 12   |
| 邢台 | 2007.03.03.08 | 雨    | 855       | 6    | 0   | 2   | 6    |
| 北京 | 2007.03.03.20 | 雨    | 920       | 5    | -3  | 0   | 4    |
| 北京 | 2003.03.16.08 | 雨夹雪  | 1000      | 0    | -7  | -3  | 0    |
| 邢台 | 2006.04.12.08 | 雨夹雪  | 1000      | 1    | -8  | -5  | -1   |
| 邢台 | 2007.03.04.08 | 雨夹雪  | 975       | 2    | -5  | -2  | 2    |
| 邢台 | 2001.02.23.08 | 雪    | 1000      | 0    | -10 | -7  | -3   |
| 济南 | 2001.02.23.08 | 雪    | <1000     | -2   | 0   | -6  | -2   |
| 邢台 | 2007.03.03.20 | 雪    | 1000      | 1    | -4  | -3  | 0    |
| 北京 | 2007.03.04.08 | 雪    | 1000      | 0    | -5  | -5  | 0    |
| 南昌 | 2004.12.28.08 | 雪    | <1000     | 0.2  | -6  | -4  | -4   |
| 南昌 | 2005.03.12.08 | 雪    | <1000     | 0.6  | -4  | -2  | -2   |
| 邢台 | 2003.03.15.20 | 雪    | 1000      | 0    | -4  | -2  | 0    |
| 邢台 | 2007.12.10.08 | 雪    | 1000      | 0    | -4  | -3  | 0    |

表 3 给出的是 08—20 时或 20—08 时 12 小时内雨转雪过程的特征值,时间间隔较长,下面仍以本次过程和 2006 年 4 月 11—12 日雨转雪过程为例,采用间隔 6 小时一次的 NCEP 资料进一步分析雨雪转换指标。

从前面的分析可知,降水的相态转变主要由于低层大气的持续降温,当 0℃层高度低于 950hPa 时(图 3a、3b),将从雨向雨夹雪或雪转变。

图 5a、5b 分别给出了表 1 所选取的北

京、石家庄、邢台三个站点 1000hPa、925hPa 温度随时间变化曲线。1000hPa 上(图 5a), 3 日 14 时,三站温度在  $3^{\circ}\text{C}$  以上,此时均为降雨。3 日 20 时,石家庄、邢台降至  $1.8^{\circ}\text{C}$ ,转为降雪,北京为  $4^{\circ}\text{C}$ ,仍为降雨。4 日 02 时,三站温度均低于  $2^{\circ}\text{C}$ ,转为雨夹雪或雪。4 日 08 时,石家庄、邢台升为  $2.5^{\circ}\text{C}$ ,已转为降雨,北京继续下降至  $0.9^{\circ}\text{C}$ ,仍维持降雪。由此可见,当 1000hPa 温度低于  $2^{\circ}\text{C}$  时,降水性质为雪或雨夹雪。在 925hPa 上(图 5b),三站温度变化曲线和 1000hPa(图 5a)基本一致,通过类似分析发现,当 925hPa 温度低于  $-2^{\circ}\text{C}$  时,降水相态为雪或雨夹雪。因此,1000hPa 温度低于  $2^{\circ}\text{C}$ 、925hPa 温度低于  $-2^{\circ}\text{C}$  可作为雨雪转换判据。

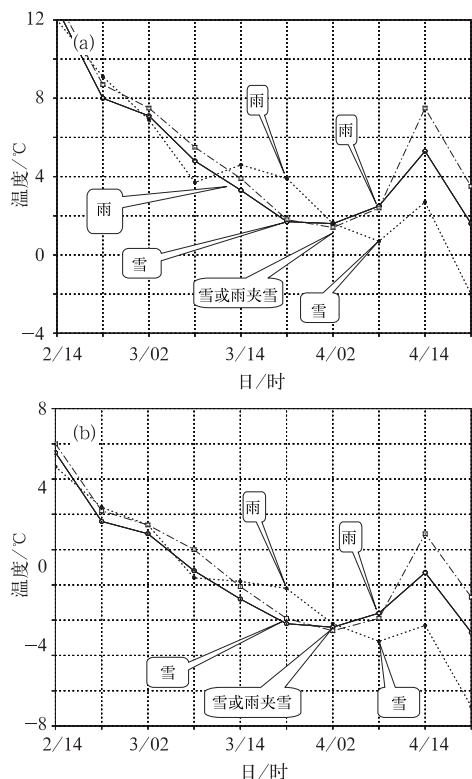


图5 2007年3月2日14时—4日20时石家庄、北京、邢台 1000hPa 和 925hPa 温度时序图

(a)1000hPa; (b)925hPa;图中实线代表石家庄、点线代表北京、长虚线代表邢台

2006年4月11—12日是河北省另一次强寒潮天气背景下的雨转雪过程。这是一次西北路径的寒潮天气,高空强锋区快速南压,温度迅速降低,给河北省带来一次雨转雪、大风降温天气。石家庄4月11日下午16时以后开始降雨,12日02时已经转为雨夹雪,05时地面图天气现象为降雪,08时降雪停止。图6为石家庄 1000hPa 和 925hPa 温度随时间变化曲线,可以看出从11日14时开始,温度迅速下降,到12日02时,1000hPa 从  $22^{\circ}\text{C}$  降到  $1.8^{\circ}\text{C}$ ,925hPa 从  $15^{\circ}\text{C}$  降到  $-3.4^{\circ}\text{C}$ ,此时,已经转为雨夹雪,可见满足上述判据。从温度场的时间高度剖面图(图略)也可以看出, $0^{\circ}\text{C}$  层高度从11日20时的 825hPa 降至12日02时的 970hPa。

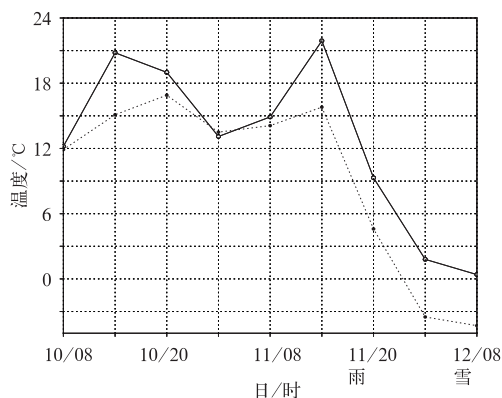


图6 2006年4月10日08时—12日08时石家庄 1000hPa 和 925hPa 温度随时间变化序列图

图中实线代表 1000hPa、点线代表 925hPa

## 5 结论

分析了一次强寒潮天气背景下的雨雪转换天气过程,探讨了降水多相态转换的成因,给出了雨雪转换的气象指标和多普勒天气雷达特征。

(1) 本次强寒潮天气发生在气温偏高的气候背景下,在 500hPa 以上深厚高空槽、700hPa 西北低涡、江淮气旋、地面偏东风等

系统作用下,不仅在河北产生了强降水——大到暴雨(雪),而且发生了降水的多相态转换。

(2) 850hPa以下蒙古高压长时间维持,河北中北部处于其前部的东北气流中,江淮气旋在东北上过程中发展加深导致地面气压梯度增大,影响河北的东北风加强,低层温度持续下降,0℃层高度也随之下降,导致降雨向降雪转换。

(3) 随着江淮气旋入海,低空风向发生突变,从偏东风转为西到西北风,加上太行山地形作用,使太行山东麓部分地区低层大气出现小幅升温,0℃层高度抬升,致使从雪转为雨。

(4) 多普勒天气雷达上0℃层亮带高度的迅速下降,可作为从雨向雪转换的判据之一。

(5) 当0℃层高度下降到950hPa以下、地面气温在0℃上下、925hPa温度 $\leq -2^{\circ}\text{C}$ 、1000hPa温度 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ,降水将从雨逐渐向雨夹雪到雪转变。

## 参考文献

- [1] 李秀莲. 首都机场寒潮强风极值出现条件的分析[J]. 气象, 2002, 28(11): 42-45.
- [2] 王雷. 一次冷空气强风的成因分析[J]. 海洋预报, 2005, 22(4): 96-101.
- [3] 王丽, 韦惠红, 金琪, 等. 湖北省一次罕见寒潮天气过程气温陡降分析[J]. 气象, 2006, 32(9): 71-76.
- [4] 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.
- [5] 樊明, 冯军, 尚学军. “2001·4·9”寒潮天气形成过程分析[J]. 气象, 2002, 28(3): 54-56.
- [6] 刘丽. 低纬高原冬季寒潮天气个例分析[J]. 气象, 2001, 27(8): 53-55.
- [7] 许爱华, 乔林, 詹丰兴, 等. 2005年3月一次寒潮天气过程的诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(3): 49-55.
- [8] 白惠星, 王旭. 2000年北疆地区初雪天气分析[J]. 新疆气象, 2001, 24(1): 7-8.
- [9] 许彤, 田丰. 仙桃机场雷雨转雨夹雪天气的分析[J]. 广西气象, 2007(4): 34-36.
- [10] 孙晶, 王鹏云, 李想, 等. 北方两次不同类型降雪过程的微物理模拟研究[J]. 气象学报, 2007, 65(1): 29-43.
- [11] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 49.
- [12] 陈明轩, 俞小鼎, 谭晓光, 等. 对流天气临近预报技术的发展与研究进展[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 754-766.

# 李江波等：一次春季强寒潮的降水相态变化分析

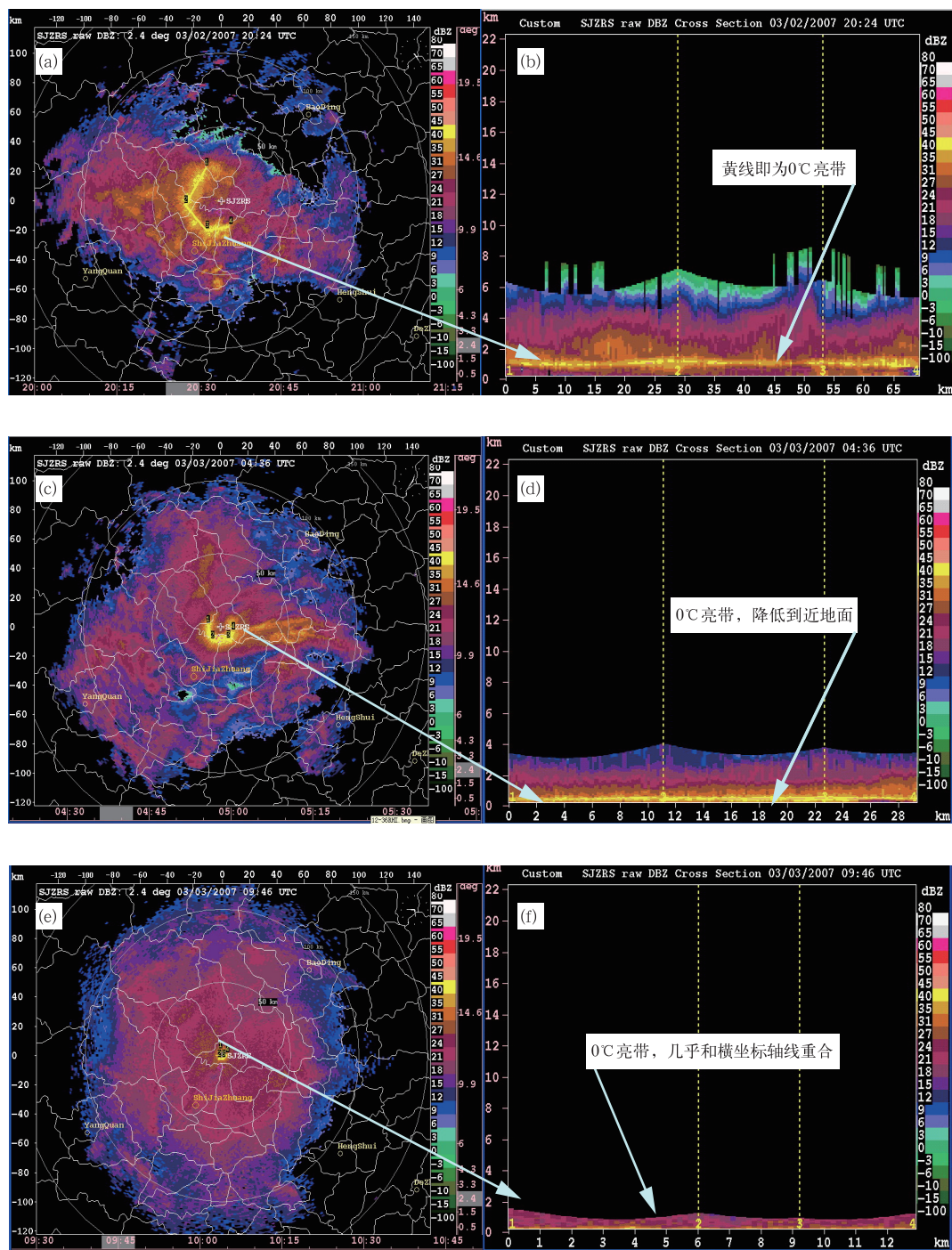


图 4 2007年3月3—4日2.4°仰角反射率因子(a,c,e)以及沿0℃层亮带所作的反射率垂直剖面图(b,d,f)  
(a),(b):3月3日04:27, 雨; (c),(d):3月3日12:36, 雨夹雪前1小时17分钟; (e),(f):3月3日17:46, 降雪前1小时