

# 2022年长沙一次低温雨雪冰冻天气成因及 预报偏差分析

程理君, 方 韵\*

长沙市气象局, 湖南 长沙

收稿日期: 2023年6月16日; 录用日期: 2023年7月14日; 发布日期: 2023年7月21日

## 摘 要

利用高空和地面观测资料、数值模式资料以及雷达资料, 分析了长沙地区2022年2月6~9日低温雨雪冰冻天气过程的成因及预报偏差, 得出以下结论: 1) 整个降雪过程分为两个阶段, 雨雪区域均自西向东逐步推进。2) 第一阶段表现为低槽东移型, 东移过程中不断引导冷空气南下; 第二阶段表现为小槽发展型, 受强冷平流影响小槽发展。3) 两个降雪阶段中, 低空急流都是水汽条件主要提供者, 并且整层温度低于0°C是雨雪相态转换的关键。

## 关键词

低温雨雪冰冻, 冷空气, 低空急流

## Analysis on the Cause and Forecast Deviation of a Low-Temperature Freezing Rain and Snow Disaster in Changsha in 2022

Lijun Cheng, Yun Fang\*

Changsha Meteorological Bureau, Changsha Hunan

Received: Jun. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jul. 14<sup>th</sup>, 2023; published: Jul. 21<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

Using high-altitude and ground observation data, numerical model data and radar data, formation cause and forecast deviation of a low-temperature freezing rain and snow disaster in Changsha

\*通讯作者。

from February 6 to 9, 2022 were analyzed. The results showed that: 1) the whole snowfall process was divided into two stages. Rain/snow areas were gradually advancing from west to east. 2) The first stage is that the low trough moves to the east and continuously guides the cold air southward in the process while the cond stage is that strong cold advection leads to the low trough developing. 3) The low-level jet provides good water vapor conditions for the two stages and the temperature below 0°C was the key factor for precipitation phase.

## Keywords

Low-Temperature Freezing Rain and Snow, Cold Air, Low-Level Jet

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2008 年南方地区出现了持续性的低温雨雪冰冻天气, 给农业、交通、电力等方面带来了重大损失, 引发了气象学者的关注。

目前针对南方低温雨雪冰冻天气研究有许多[1] [2] [3] [4] [5]。研究表明, 乌拉尔山阻塞高压的异常发展和冷空气不断南下爆发易形成低温雨雪天气[6] [7] [8]。冬季强冷空气、水汽条件及动力条件配合较好也能产生雨雪天气[9]。丁一汇等从气候方面研究得出拉尼娜事件与冰灾的发生相关联[10]。此外逆温层的存在是形成冻雨的主要因素[11]。一次低温雨雪冰冻过程受诸多复杂条件影响, 并且包含复杂的雨雪相态转换机制[12] [13] [14], 预报难度较大、准确率较低, 一直是气象界的重点和难点, 因此对雨雪天气过程的成因研究尤为重要。

2022 年 2 月 6~9 日, 长沙市出现一次低温雨雪冰冻天气过程(图 1)。主要降雪时段为: 第一阶段: 2 月 7 日 02 时~08 时, 中西部中到大雪, 局地暴雪, 降雪量 3 mm~13 mm, 积雪深度 2 cm~6 cm, 东部雨夹雪; 第二阶段: 2 月 9 日 00 时~08 时, 全市大部中到大雪, 降雪量为 3 mm~7 mm, 积雪深度 1 cm~4 cm, 东部雨夹雪; 其余时段小雨为主。

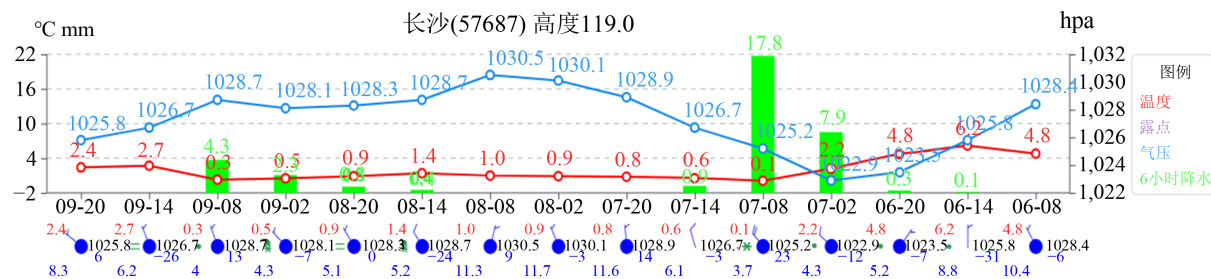


Figure 1. The weather facts in Changsha from 8:00 6<sup>th</sup> Feb to 20:00 9<sup>th</sup> Feb

图 1. 2 月 6 日 08 时~9 日 20 时长沙站实况

## 2. 环流背景

此次降雪过程中, 欧亚大陆中高纬地区为“两槽一脊”型环流, 50°E、120°E 分别为两个深厚地槽控制, 西伯利亚中部有-40°C冷空中心; 中纬度地区高空槽位于我国中部地区 100°E~110°E 之间。500 hPa

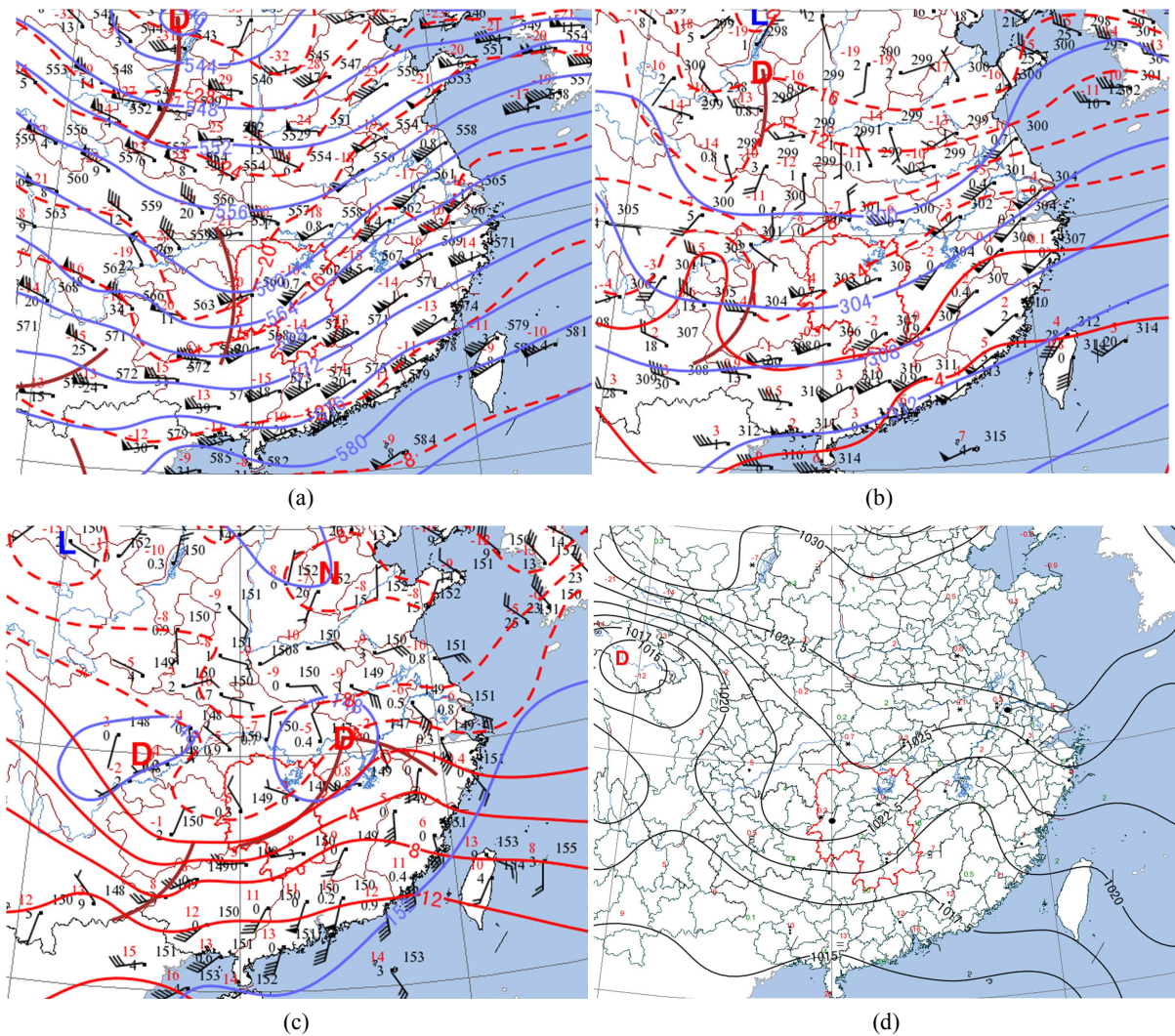
槽后偏北气流引导冷空气取中路南下到达我国南方, 与 700 hPa 西南低空急流带来的暖湿空气在长江中下游交汇, 造成我国中东部大范围雨雪天气。

过程开始前, 6 日 14 时高空槽移近湖南地区, 受中低层切变影响, 长沙地区开始降雨; 随着冷空气不断南下, 7 日 02 时, 各层温度都低于 0°C, 降水相态由雨转雪; 7 日 08 时高空低槽东移, 长沙地区受槽后偏北气流影响, 阴天为主; 8 日长沙位于 850 hPa 与 700 hPa 切变之间, 且 850 hPa 与 700 hPa 有很深的温度槽, 形成第二阶段雨雪天气。

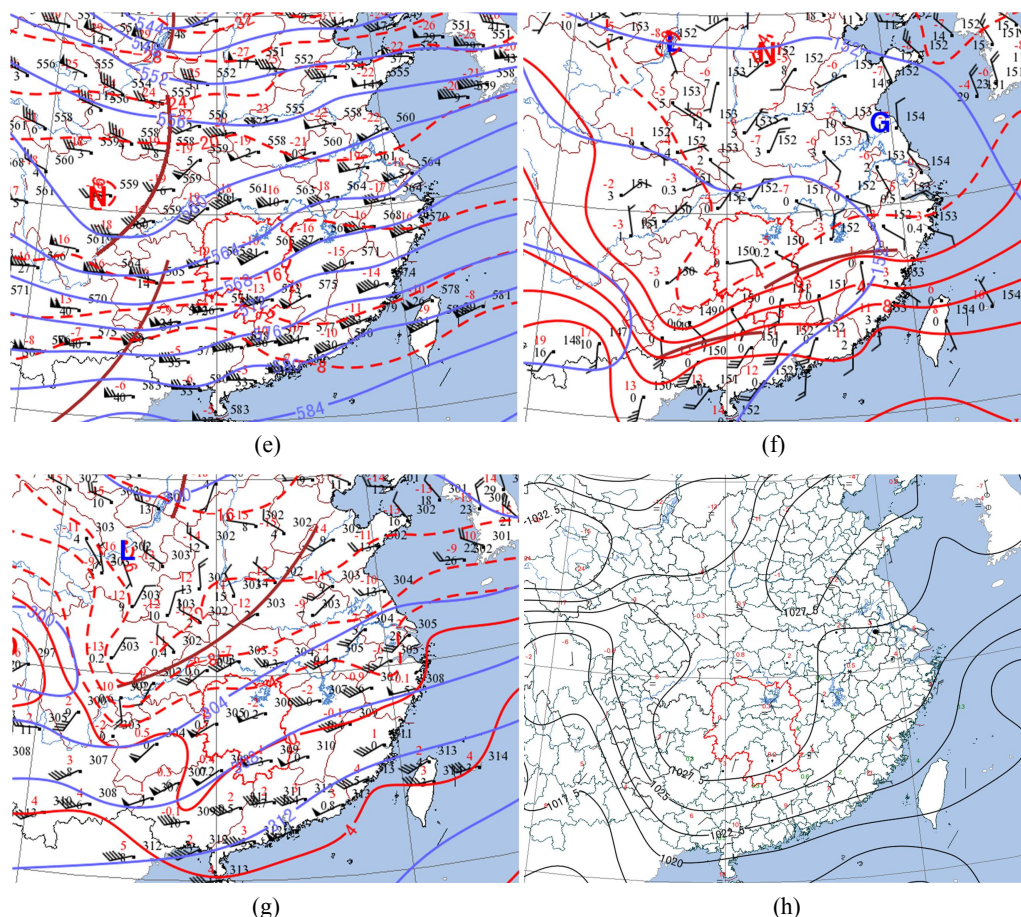
### 3. 降雪条件

#### 3.1. 冷空气条件

冷暖空气交汇是形成降水的首要条件, 从图 2 可知, 影响两个阶段降雪的冷空气不同, 第一阶段主要表现为: 1) 冷空气取中路南下, 表现为低槽东移型, 冷高压强度为 1025 hPa; 2) 低槽东移过程中不断引导冷空气南下, 与暖湿气流在长江中下游交汇。第二阶段主要表现为: 1) 冷空气取中路南下, 表现为小槽发展型, 冷高压中心强度为 1027.5 hPa; 2) 700 hPa 重庆地区及 850 hPa 广西地区有强的温度槽, 长沙位于温度槽前, 受强冷平流影响小槽发展。



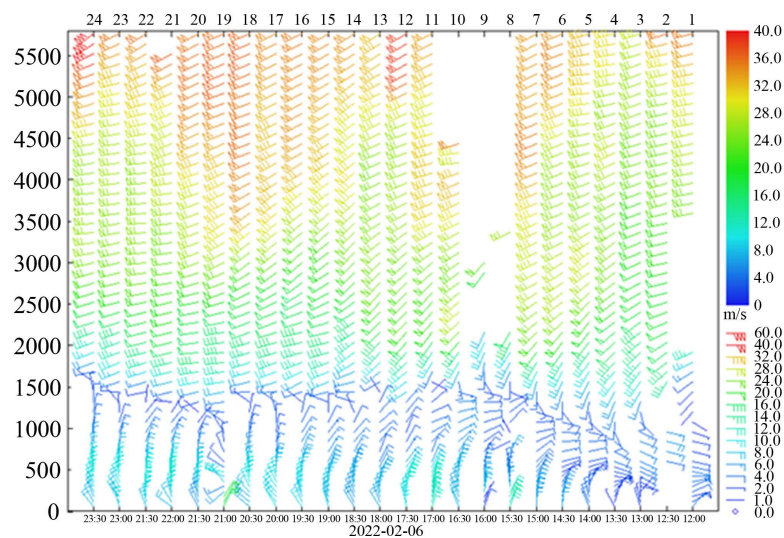


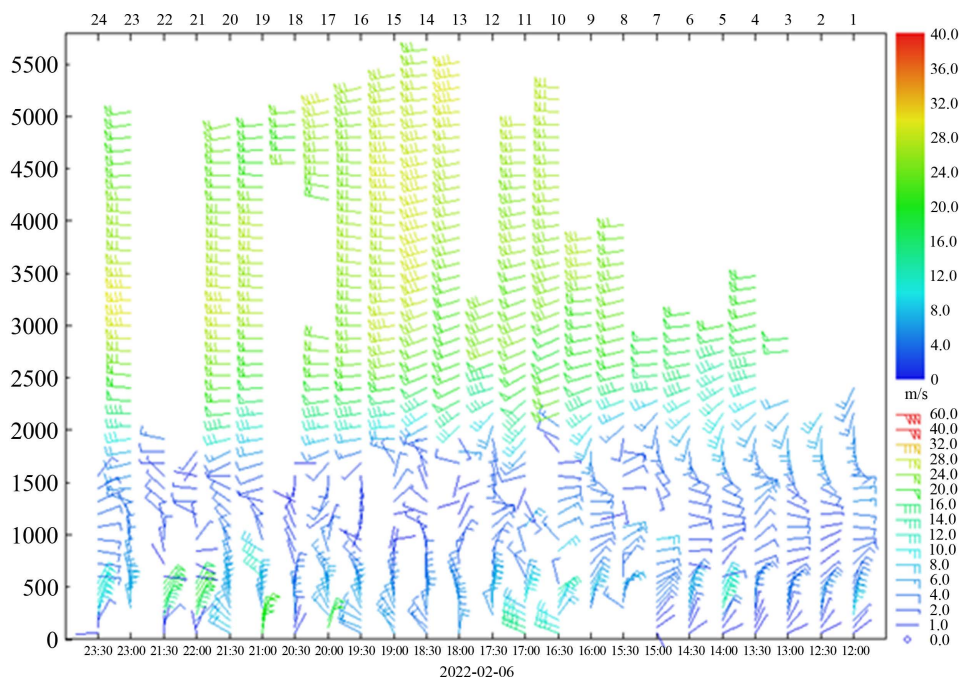


**Figure 2.** Evolution of synoptic situation 8:00 7<sup>th</sup> at (a) 500 hPa, (b) 700 hPa, (c) 850 hPa, (d) 5:00 7<sup>th</sup> Feb at sea level pressure 20:00 8<sup>th</sup> at (e) 500 hPa, (f) 700 hPa, (g) 850 hPa, (h) 8:00 9<sup>th</sup> Feb at sea level pressure

**图 2.** 天气形势演变(a) 为 7 日 08 时 500 hPa; (b) 为 7 日 08 时 700 hPa; (c) 为 7 日 08 时 850 hPa; (d) 为 7 日 05 时海平面气压场; (e) 为 8 日 20 时 500hPa; (f) 为 8 日 20 时 700hPa; (g) 为 8 日 20 时 850hPa; (h) 为 9 日 08 时海平面气压场)

### 3.2. 水汽条件





**Figure 3.** The horizontal wind of wind profile in snowfall period of Changsha from Feb 6<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup>  
**图 3.** 2月6~9日降雪时段长沙站风廓线水平风场

充足的水汽是雨雪天气的必要条件。中低层急流表现出阶段性变化(图3): 第一阶段: 6日21时低空急流强度最强, 700 hPa 最大风速 32 m/s, 同时 850 hPa 也存在 12 m/s 的西南急流; 随后急流减弱, 7日04时, 700 hPa 西南急流为 24 m/s, 850 hPa 以下转为偏北气流, 与降雪最强时段一致; 低空急流的建立为降雪提供了充足水汽, 而急流的减弱则为冷空气南下形成有利条件。第二阶段: 8日21时 700 hPa 风速为 20 m/s, 随后急流加强, 9日04时达 32 m/s, 700 hPa 风向由西南风转为偏西气流; 低空急流为降雪提供充足的水汽, 风速不断加大也使冷平流不断增强, 而转为偏西气流后, 水汽输送有所减弱, 降水也随之减弱。

### 3.3. 层结条件

层结条件如图4所示: 6日20时, 700 hPa 以下除了 925 hPa 至 850 hPa 温度低于 0°C 以外, 其他各层次均大于 0°C, 因此 6 日上午以降雨为主。随着冷空气不断南下, 7日02时长沙自西向东逐渐转雪, 7日08时, 整层温度均低于 0°C,  $T_{850}$  在 -4°C 左右, 地面温度 0°C 左右, 降水相态以雪为主, 长沙东部(浏阳)地面气温较高且影响时段较晚, 以雨夹雪为主。7日上午高空逐渐转为槽后偏北气流控制, 尽管层结条件均满足 700 hPa 以下低于 0°C, 但由于中低层湿度减小, 阴天为主。8日08时 700 hPa 以下低于 0°C, 地面温度 1°C 左右, 受冷空气南下及中低层切变影响, 14 时左右出现小雪。8日20时, 700 hPa 急流增强, 700 hPa 左右出现逆温, 地面温度仍有 1°C~2°C, 8 日上午降水相态以雨为主; 随着冷空气补充南下, 整层气温逐渐下降, 最低气温除浏阳(1.3°C)外均为 0°C 左右, 9日0时开始长沙自西向东由雨转雨夹雪, 02 时转为纯雪; 东部浏阳雨夹雪为主, 9日白天整层大气逐渐回暖, 零星小雪转阴天, 9日20时, 850 hPa 至 700 hPa 均大于 0°C, 地面温度在 3°C 左右, 降雪过程结束。

第一阶段, 各高度层温度和地面温度都低于 0°C 是雨雪相态转换的节点; 第二阶段中 700 hPa 出现了逆温层, 且地面温度在 1°C~2°C, 降水相态以雨为主, 当冷空气补充南下, 整层温度在 0°C 左右时, 相态由雨转雪。可见整层温度低于 0°C 是雨雪相态转换的关键。



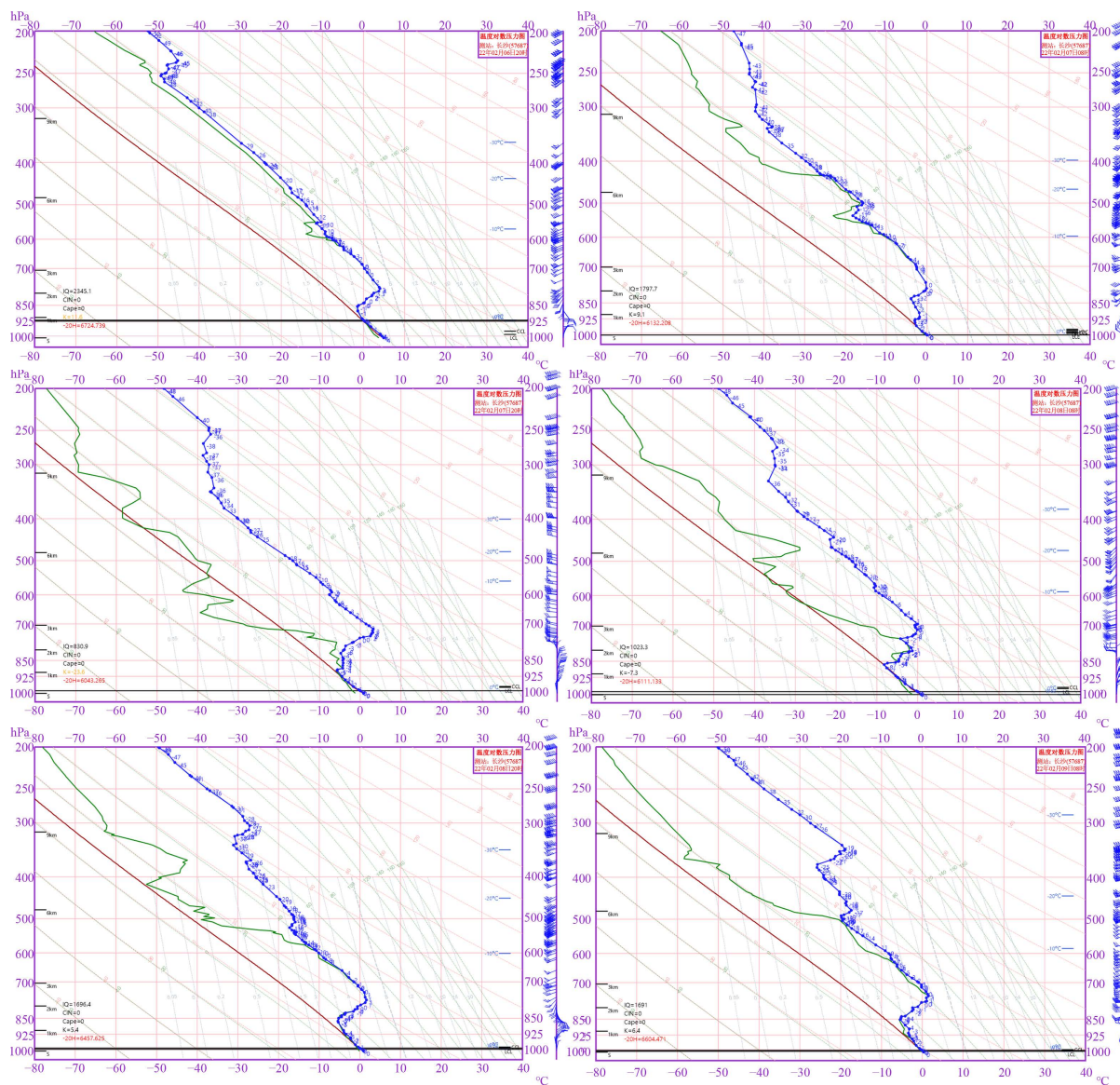


Figure 4. The stratification curve in Changsha from Feb 6<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup>

图 4. 2月 6-9 日长沙探空曲线图

#### 4. 预报偏差与思考

第一阶段：6 日夜间降雪强度预报偏小，且预报降水相态主要为雨夹雪，实况出现了纯雪。第二阶段：8 日降雪预报与实况基本一致，并且提前发布暴雪蓝色预警信号和道路结冰预警信号，起到了较好的预报服务效果。

6 日夜间降雪强度预报偏小的主要原因为：预报降雪时段开始时间为 7 日 08 时，7 日白天雨夹雪或小雪，由于降雪时段提前，6 日夜间预报的降雪量级明显偏小。06 日 08 时起报的预报场上显示 06 日 20 时 700 hPa 的 0°C 线位于岳阳北部，而实况显示 6 日 20 时 700 hPa 的 0°C 线位于长沙北部(图 5(a))，较预报场提前；此外，地面温度也低于预期，预报场上 7 日 05 时长沙站为 2.6°C，而实况已降至 0°C 左右(图 5(b))，因此预报 6 日夜间为雨转雨夹雪的过程，而实际在有利的层结条件下出现了纯雪，并且降雪时段比预计提前了 6 小时。

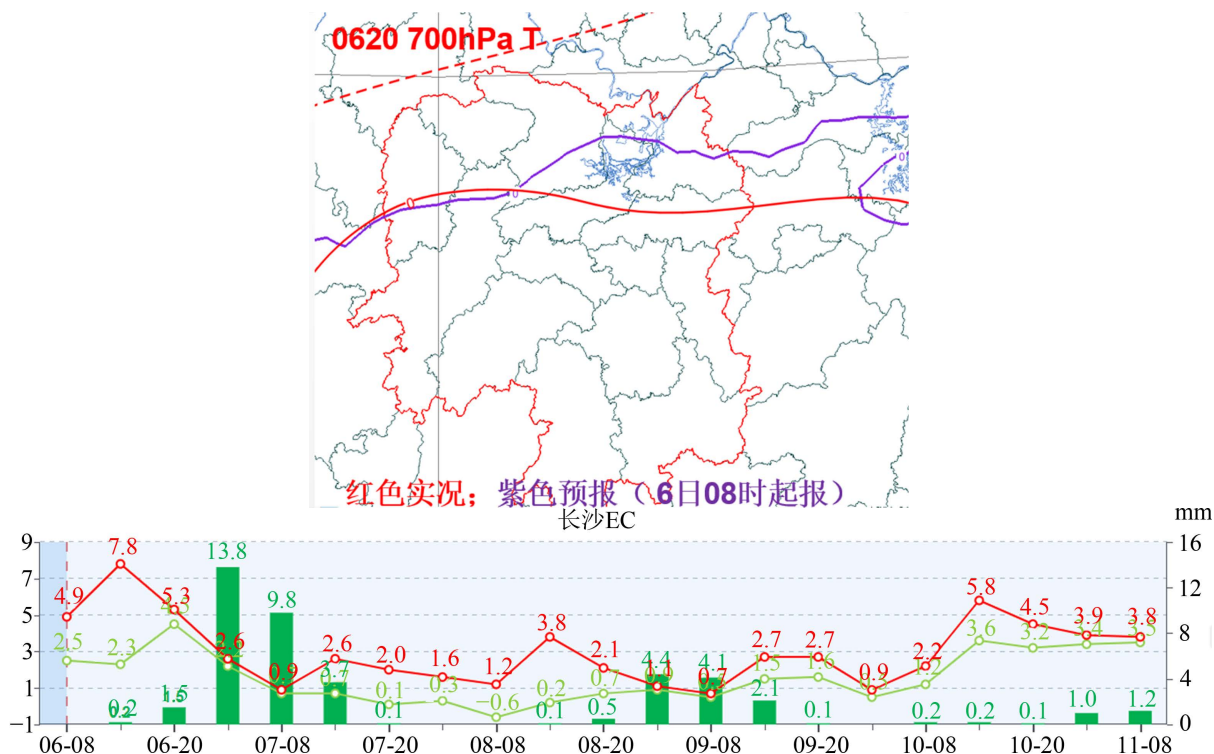


Figure 5. The temperature field of 700 hPa and surface pressure fields were forecasted starting from Feb 6<sup>th</sup> 08:00 of EC  
 图 5. EC 2 月 6 日 08 时起报 700 hPa 温度场及地面要素预报

### 5. 结论

通过对此次低温雨雪过程的成因及预报偏差分析，主要得出以下结论：

- 1) 本次低温雨雪过程主要受高空槽和低空切变共同影响形成，850 hPa 和 700 hPa 切变过境时出现了两次明显的降雪过程，中低层出现了明显的温度槽，且各层温度均低于 0℃，为降雪提供了不稳定条件和触发条件。
- 2) 两个阶段降雪过程的冷空气都是取中路南下，但两个阶段的环流形势存在不同。第一阶段表现为低槽东移型，冷空气主要沿 500 hPa 槽后偏北气流南下；而第二阶段表现为小槽发展型，长沙位于温度槽前，受强冷平流影响小槽发展。
- 3) 在两个降雪阶段中，低空急流都是水汽条件主要提供者。第一阶段中急流减弱为槽后冷空气南下提供了条件；第二阶段不断增强的低空急流也使冷平流加强，为暴雪提供了能量条件。
- 4) 两个降雪阶段中，当各高度层温度和地面温度都低于 0℃时，降水相态由雨转雪，可见整层温度低于 0℃是雨雪相态转换的关键。

### 参考文献

- [1] 王凌, 高歌, 张强, 等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I. 气候特征与影响评估[J]. 气象, 2008, 34(4): 95-100.
- [2] 黄小玉, 刘红武, 李超, 等. 2008 年湖南两次暴雪灾害过程初步分析[J]. 防灾科技学院学报, 2008, 10(2): 15-19.
- [3] 周慧, 朱国强, 禹伟, 等. 湖南 2008 年极端冰冻特大灾害成因分析及影响评估[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 80-85.
- [4] 王亚非, 李瑛, 李萍云, 等. 2008 年初中国南方雪灾大尺度环流背景分析[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 827-835.
- [5] 唐熠. 广西重大低温雨雪冰冻天气气候特征分析[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2012.

- 
- [6] 马晓青, 丁一汇, 徐海明, 等. 2004/2005 冬季强寒潮事件与大气低频波动的研究[J]. 大气科学, 2008, 3(2): 380-394.
- [7] 兰晓青, 陈文. 2011-2012 年冬季欧亚大陆低温寒潮事件与平流层北极涛动异常下传的影响[J]. 大气科学, 2013, 37(4): 863-872.
- [8] 史悦, 郑建萌, 张万诚, 等. 2016 年 1 月云南低温雨雪灾害的原因分析[J]. 灾害学, 2017, 32(4): 208-213.
- [9] 李向红, 陆虹, 伍静, 等. 影响广西两次低温灾害及物理机制对比分析[J]. 灾害学, 2018, 33(4): 60-64+77.
- [10] 丁一汇, 王遵娅, 宋亚芳, 等. 中国南方 2008 年 1 月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其与气候变暖的关系[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 808-825.
- [11] 高安宁, 陈见, 李艳, 等. 广西罕见凝冻灾害评估及思考[J]. 灾害学, 2008, 23(2): 83-86.
- [12] 杨贵名, 孔期, 毛冬艳, 等. 2008 年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因分析[J]. 气象学报, 2008, 66(5): 836-849.
- [13] 王晓兰, 李象玉, 黎祖贤, 等. 2005 年湖南省特大冰冻灾害天气分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 87-91.
- [14] 叶成志, 吴贤云, 黄小玉. 湖南省历史罕见的一次低温雨雪冰冻灾害天气分析[J]. 气象学报, 2009, 67(3): 488-500.