

2016 年 1 月重庆市大范围降雪天气过程成因分析^①

李 晶, 王 欢, 何 军

重庆市气象台, 重庆 401147

摘要: 利用常规观测资料、地面加密观测资料及 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料, 对 2016 年 1 月重庆地区大范围降雪天气过程的成因进行了分析, 并探讨了降水相态的转换过程. 结果表明: 高层的横槽转竖和低层的切变线南下, 引导强冷空气影响重庆, 是此次降雪天气过程的主要成因, 但上升运动和水汽辐合较弱, 降雪量偏小. 对流层低层的高湿区对应降雪落区, 即重庆中西部、东南部地区. 强冷空气造成大范围的降温, 地面气温降至 1°C 以下, 是雨转雪的主要条件.

关键词: 降雪; 成因; 降水相态

中图分类号: P458.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)09-0106-06

重庆位于青藏高原东部的东亚季风区, 属中亚热带季风性湿润气候, 冬季气候温暖, 由于有秦岭、大巴山脉屏障, 冷空气不易入侵, 降雪天气较少, 仅东部的中高山地区略多, 而全市大范围的降雪天气过程则更少, 因此针对重庆地区降雪的相关预报技术方法和分析研究也较少, 日常对降雪的预报能力相对薄弱. 近年来国内对降雪成因、空间分布、降水相态转换等的研究, 多针对暴雪天气过程^[1-9], 对四川盆地这样的少雪区域的降雪研究很少, 缺乏系统深入研究该地区降雪成因及相态转换机制的分析. 由于重庆市大范围降雪天气的个例少, 目前对其成因分析的研究也较少, 故对重庆的降雪天气进行雨雪成因分析, 对雨雪的相态转换条件开展研究, 对于提高重庆降雪天气的预报效果具有重要的意义和价值.

2016 年 1 月重庆出现了一次大范围降雪过程, 23 个区县站点(全市共 34 个)出现了降雪, 综合强度为 1951 年以来第三强. 本研究利用常规观测资料、地面加密观测资料及 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料等, 分析此次过程的天气形势、水汽条件、动力条件, 探讨重庆降雪的成因及降水相态的转换.

1 过程概况及天气特点

2016 年 1 月 19—24 日, 重庆出现了一次大范围的降雪天气过程. 1 月 19 日夜间至 22 日白天, 重庆大部地区以间断小雨为主, 东部海拔较高的区县出现小雪到中雪, 东南部有冻雨; 22 日夜间至 24 日白天, 重庆中西部、东南部地区先后出现降雪, 其中中西部地区普降中雪到大雪, 东南部地区小雪到中雪. 此次降雪天气过程重庆有 23 站出现降雪, 重庆西部、东南部地区降雪量较大; 全市 21 个站点出现了积雪, 重庆西部偏南地区积雪深度较大, 最大积雪深度为 11.0 cm (南川). 此次降雪综合强度为 1951 年以来第三强, 仅次于 1977 年和 1991 年, 重庆主城区(沙坪坝站)也出现了 1992 年以来降雪量最大的一次降雪天气(降雪量 5.8 mm).

^① 收稿日期: 2019-11-18

基金项目: 中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2017-061).

作者简介: 李 晶(1980—), 女, 高级工程师, 主要从事气象预报与气候预测研究.

通信作者: 王 欢, 工程师.

此次天气过程重庆出现了大范围的降温, 2016 年 1 月 23—24 日的平均气温较历史同期显著偏低, 全市 22 个站点达到了历史最低值。降雪天气过程结束后, 2016 年 1 月 25 日重庆最低气温除沙坪坝、江津为 0.1, 0.2 °C 外, 其余站点均 ≤ 0 °C, 且各站点 25 日的最低气温为该年全年的最低气温。

受降雪天气影响, 重庆的城口、綦江、万盛、巴南、荣昌、渝北、沙坪坝、江津等多个区县遭受低温冻害、雪灾, 造成人畜受灾, 电力、饮水、交通、通信等设施受损, 农作物受灾, 农房受损, 据民政部门统计共造成 25.9 万人受灾, 死亡 2 人, 农作物受灾面积 1.4 万 hm^2 , 直接经济损失达 1.2 亿元。

2 环流形势分析

分析本次过程的环流形势和主要影响系统:

500 hpa 上, 22 日 20 时至 23 日 20 时, 蒙古至新疆的横槽转竖, 尾部影响至重庆, 槽后偏北风风速增大, 引导强冷空气东移南下, -20 °C 的等温线从重庆东北部压至重庆偏南地区(图 1a)。

700 hpa 上, 重庆以北的偏北气流加强南压, 四川盆地东部的切变线迅速南下影响重庆, 云南—贵州—湖南一带存在西南急流, 重庆位于急流北侧, 相对湿度维持在 80% 以上(图 1b)。22 日 20 时、23 日 08 时重庆西部一直有弱切变, 23 日 20 时重庆偏南地区也存在弱切变, 相对湿度超过 90% 的高湿区位于重庆中西部及东南部, 而重庆东北部受偏北气流控制, 且相对湿度低。

850 hpa 上, 重庆除东北部偏北地区以外其余地区相对湿度均升至 90% 以上, 东北风风速增大, 且与等温线几乎垂直, 重庆境内受明显的回流冷空气影响, 0 °C 线已南压至广西北部, 低层形成深厚冷垫^[10], 重庆西部一直有较明显的辐合, 高湿区同样位于重庆中西部、东南部(图 1c)。

地面上, 蒙古高压稳定发展, 其中心强度持续加强, 冷空气不断向南扩散, 高压中心从 1 081.7 hpa 升至 1 099.8 hpa。冷高压的加强南压, 引导强冷空气南下影响重庆, 重庆境内地面增压明显, 且出现了明显的降温, 23 日 08 时的地面 24 小时变温显示, 重庆境内均为负变温, 变温幅度为 $-7 \sim -1$ °C, 西部地区变温幅度较大, 达 $-7 \sim -5$ °C。

24 日 08 时, 高层重庆境内均受槽后西北气流控制, 低层也转为偏北气流, 湿度明显下降, 地面气温开始略有回升, 气压略降, 降雪结束。故此次降雪天气过程主要出现在 22 日夜间至 24 日凌晨, 落区主要位于重庆中西部和东南部地区, 与高湿区对应。

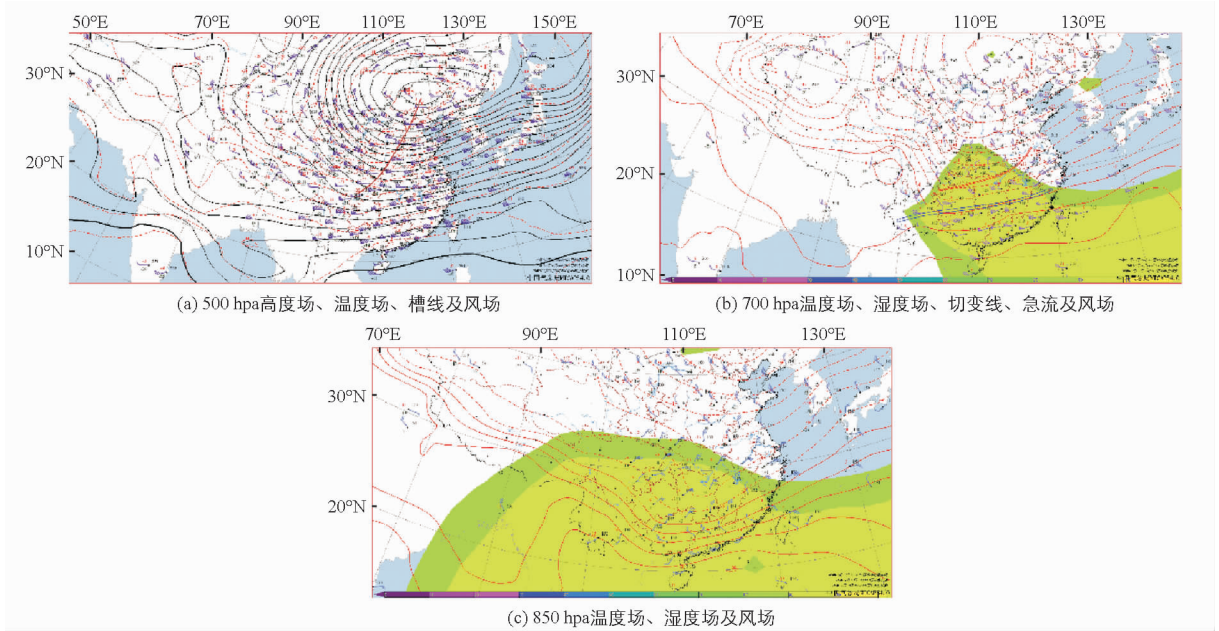


图 1 2016 年 1 月 22 日 20 时环流形势分析图

3 物理量诊断分析

3.1 水汽条件

此次过程的水汽供应主要来自孟加拉的西南水汽输送带^[11],重庆处于西南急流的北侧,有弱的水汽辐合,22日20时至23日20时,分析850 hpa水汽通量散度(图2),重庆中西部、东南部地区有弱的负值区,但量值较小,水汽通量散度小于 $-2\times10^{-5}\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hpa}\cdot\text{s})$,有弱的水汽辐合;24日08时,重庆境内均转为辐散。

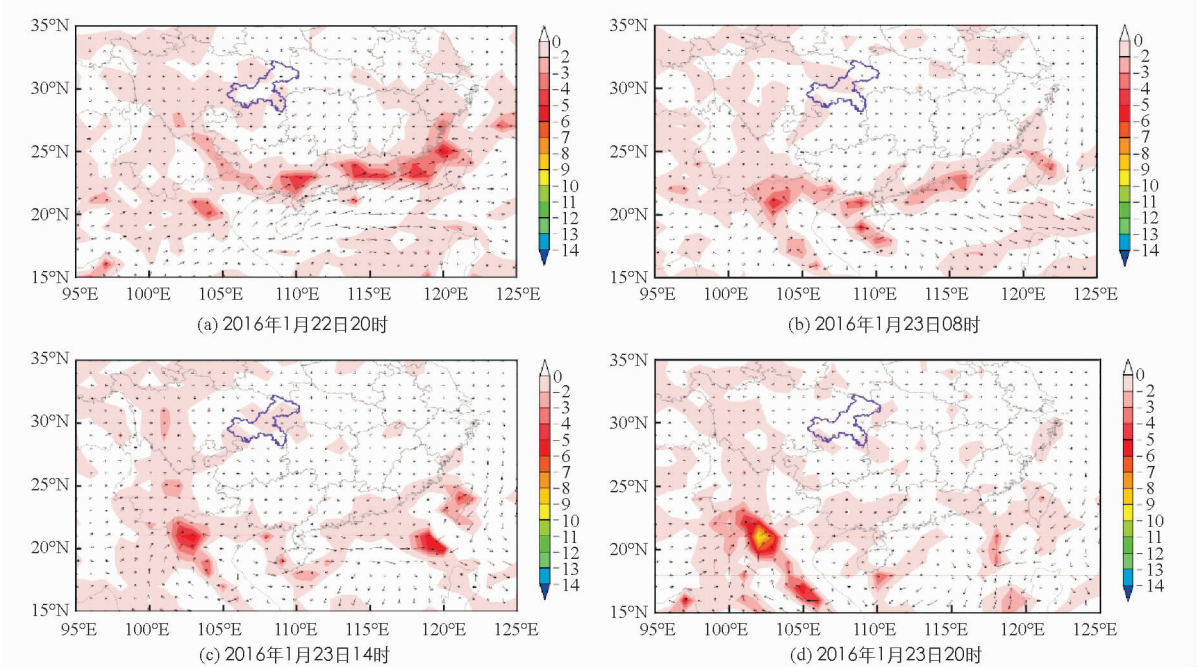


图2 850 hpa 水汽通量(箭头,单位: $\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hpa}\cdot\text{s})$)和水汽通量散度图(阴影,单位: $10^{-5}\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hpa}\cdot\text{s})$)

3.2 动力条件

选取沙坪坝(重庆西部代表站)、酉阳(重庆东南部代表站)的垂直速度剖面图(图3)分析,整个雨雪天气过程中,即19日20时至24日08时,近地面至高层均为弱的上升运动;22日20时,沙坪坝的上升运动加强,高低层的中心值均增大,超过了 $-1.0\times10^{-3}\text{ hpa/s}$,开始出现降雪;22日08时至23日08时,酉阳的上升运动加强,低层的中心值增大到 $-3.0\times10^{-3}\text{ hpa/s}$,这个时段与酉阳的降雪时段相对应。

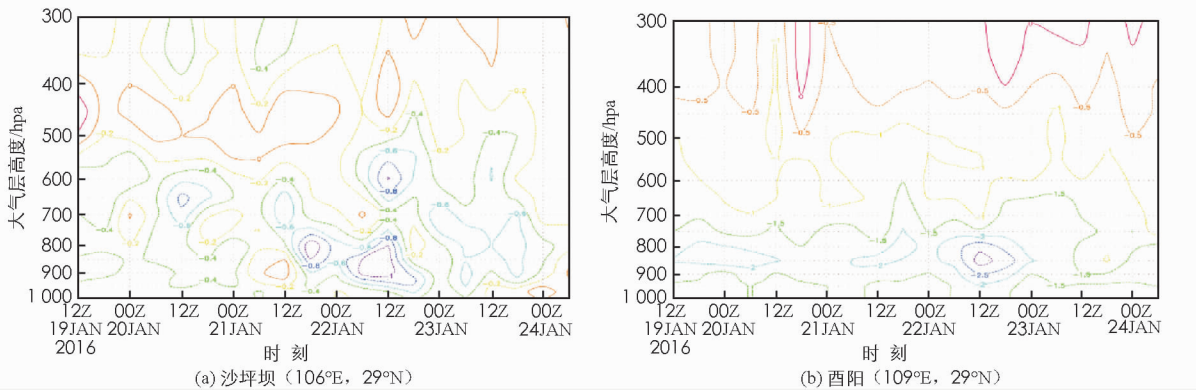


图3 2016年1月19日20时至24日08时垂直速度时序剖面(单位: pa/s)

3.3 层结特征分析

沙坪坝22日20时至23日08时,近地面至500 hpa为一深厚的湿层,相对湿度超过80%,气温 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 线逐渐从900 hpa压至近地面(图4a),地面有冷空气影响,低层冷垫形成^[12],700,850 hpa的气温明显下

降, 22 日 20 时 700 hpa 骤降至 -12°C , 850 hpa 温度降至 -4°C 以下(图 4b), 有利于降雪的出现.

酉阳 21 日 20 时 700, 850 hpa 开始出现明显的降温(图 5), 600 hpa 至 900 hpa 逐渐形成深厚的湿层(图 5a), 但 22 日 05 时前 700 hpa 的温度高于 850 hpa 的温度, 说明酉阳上空有逆温层存在, 降水以雨为主, 因站点的气温低于 0°C , 故出现了冻雨; 05 时后逆温消失, 酉阳转为降雪.

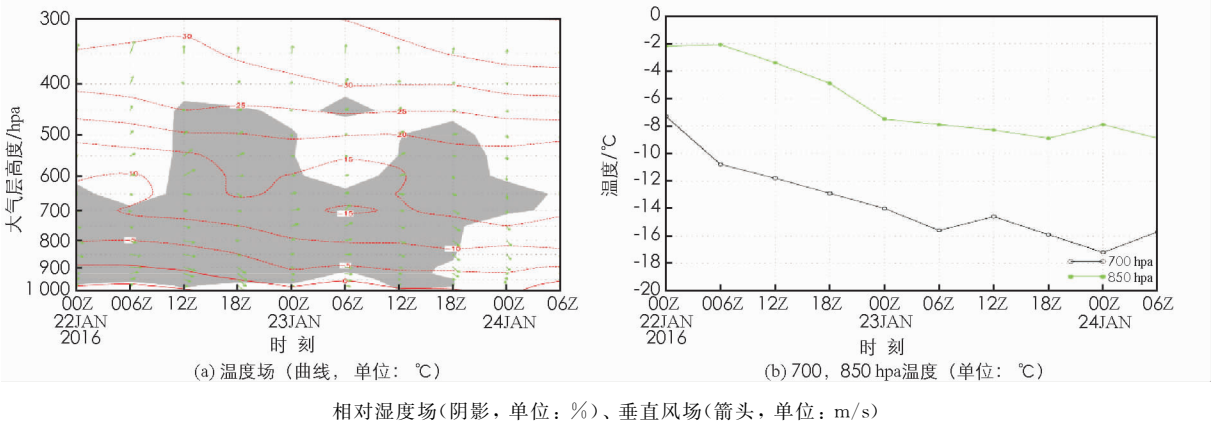


图 4 2016 年 1 月 22 日 08 时至 24 日 14 时沙坪坝要素时序剖面图

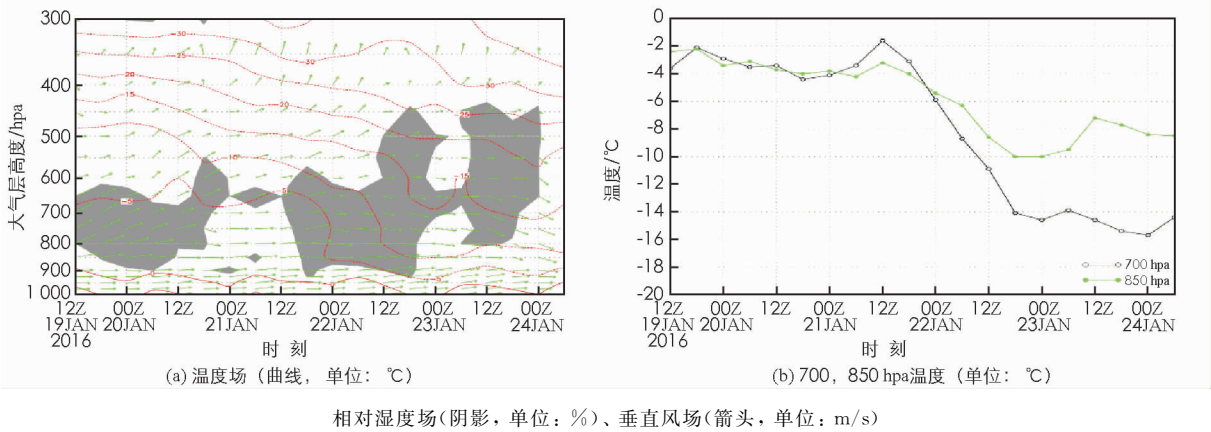


图 5 2016 年 1 月 19 日 20 时至 24 日 08 时酉阳要素时序剖面图

3.4 地面气象要素变化与降雪时段的对应分析

冷空气的入侵导致气温骤降, 气压升高. 由于冷空气影响, 各测站的气温、气压、相对湿度等地面气象要素在冷空气到来前后都发生了明显的变化^[13]. 以沙坪坝(代表重庆主城)、荣昌(代表重庆西部)、垫江(代表重庆中部)、酉阳(代表重庆东南部)、城口(代表重庆东北部)为例分析重庆地面的气温、相对湿度、气压变化(图 6—8). 可以看出, 受冷空气影响, 19 日 20 时至 21 日 08 时, 重庆地区气温下降、气压缓慢升高, 各代表站都有明显的增湿, 沙坪坝、荣昌、垫江均出现了降水, 城口气温降至 0°C 以下, 出现降雪. 酉阳气温也在 0°C 以下, 由于有逆温存在(图 5b), 故出现冻雨而并未降雪; 21 日 08 时至 20 时, 重庆大部地区降水减弱, 地面气压略降, 城口相对湿度明显下降, 气温有所回升, 降雪结束; 冷空气持续影响, 重庆地区气压升高、气温下降, 酉阳 22 日 05 时逆温消失(图 5b)开始出现降雪. 22 日 20 时至 23 日 08 时, 重庆中西部气温降至 1°C 以下, 各代表站均出现降雪; 24 日 08 时后, 各站气温回升, 气压略降, 湿度明显下降, 降雪结束.

综上所述, 此次降雪天气过程重庆境内有弱的上升运动和水汽辐合, 重庆出现的降雪总体强度不大, 这与动力条件和水汽条件反映一致^[14]. 分析层结特征及地面气象要素变化反映出, 深厚的湿层和剧烈的降温有利于降雪的产生, 地面气温降至 1°C 以下时降水相态为雪, 对流层低层有逆温存在且地面气温低于 0°C 时, 降水相态为冻雨.

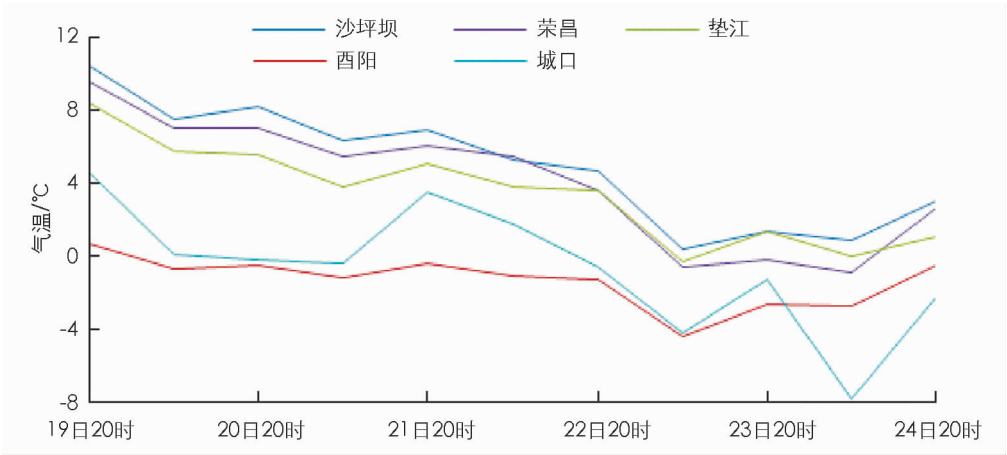


图 6 2016 年 1 月 19 日 20 时—24 日 20 时重庆地面代表站气温变化图(单位:℃)

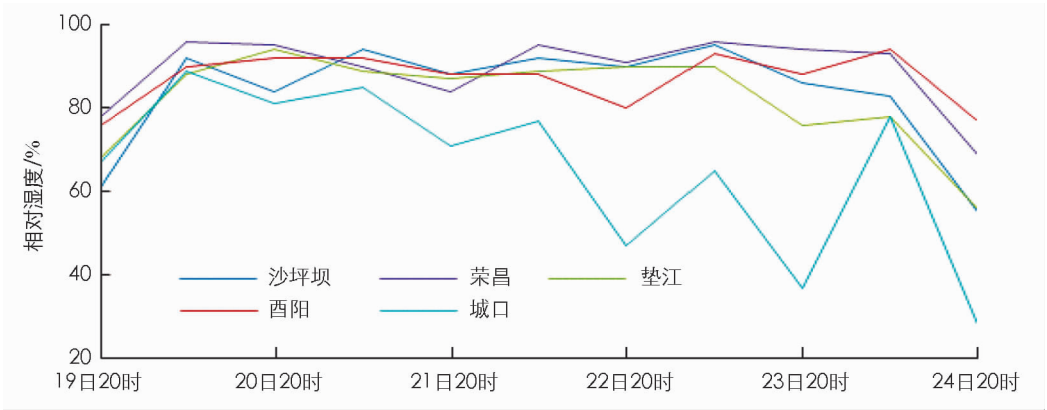


图 7 2016 年 1 月 19 日 20 时—24 日 20 时重庆地面代表站相对湿度变化图(单位:%)

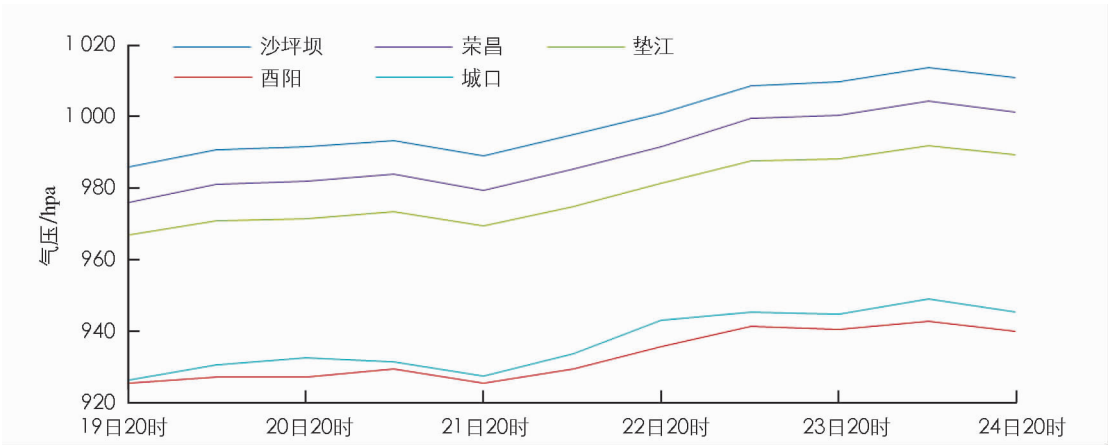


图 8 2016 年 1 月 19 日 20 时—24 日 20 时重庆地面代表站气压变化图(单位:hpa)

4 结 论

(1) 此次重庆大范围降雪天气过程的成因,是高空横槽转竖引导北方强冷空气南下,低层切变线影响且湿度大,地面降温明显,重庆大部地区出现了降雪.动力、热力条件的分析,重庆有弱的上升运动和水汽辐合,由于上升运动和水汽辐合并不强烈,降水弱,降雪量总体不大.

(2) 降雪落区与低层高湿区有很好的对应.22 日 20 时至 23 日 08 时,700 hpa 切变线迅速南压,引导冷空气南下影响重庆,相对湿度超过 90%的高湿区位于重庆中西部及东南部,而东北部地区受偏北气流控制且相对湿度低,故降雪出现在重庆的中西部和东南部地区.

(3) 强冷空气的影响是重庆雨转雪的主要因素. 降雪出现时高低空均有明显的降温, 地面气温降至 1℃ 以下时降水相态为雪, 酉阳因逆温的存在出现了冻雨, 逆温消失后转为降雪.

参考文献:

[1] 刘建勇, 顾思南, 徐迪峰. 南方两次降雪过程的降水相态模拟研究 [J]. 高原气象, 2013, 32(1): 179-190.

[2] 王桂臣, 张红华, 陈 飞, 等. 2008 年初江苏暴雪天气的诊断分析 [J]. 气象科学, 2010, 30(1): 60-66.

[3] 徐洁玲, 杨 超. 2016 年 1 月赣北地区两次暴雪天气过程对比分析 [J]. 气象与减灾研究, 2016, 39(3): 198-205.

[4] 张腾飞, 鲁亚斌, 张 杰, 等. 2000 年以来云南 4 次强降雪过程的对比分析 [J]. 应用气象学报, 2007, 18(1): 64-72.

[5] 李锡福, 唐红玉. 青藏高原积雪日数的空间分布及变化分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(5): 153-160.

[6] 邓国卫, 孙 俊, 王 敏. 2011 年 3 月川西高原一次区域暴雪过程分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(9): 115-122.

[7] 索渺清, 丁一汇. 南支槽与孟加拉湾风暴结合对一次高原暴雪过程的影响 [J]. 气象, 2014, 40(9): 1033-1047.

[8] 申李文, 苗爱梅, 赵建峰. 2011 年山西省一次连续性降雪过程成因分析 [J]. 气象与环境科学, 2013, 36(1): 7-14.

[9] 沈玉伟, 孙琦旻. 2010 年冬季浙江两次强降雪过程的对比分析 [J]. 气象, 2013, 39(2): 218-225.

[10] 张萍萍, 吴翠红, 祁海霞, 等. 2013 年湖北省两次降雪过程对比分析 [J]. 气象, 2015, 41(4): 418-426.

[11] 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.

[12] 姚 蓉, 叶成志, 田 莹, 等. 2011 年初湖南暴雪过程的成因和数值模拟分析 [J]. 气象, 2012, 38(7): 848-857.

[13] 马严枝, 李 娟, 李新生, 等. 2016 年一次寒潮天气过程诊断分析 [J]. 中国农学通报, 2017, 33(18): 94-102.

[14] 刘晓冉, 李国平, 李永华, 等. 一次引发重庆大暴雨的西南低涡动力诊断分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(5): 160-169.

On Analysis of the Cause of the Extensive Snowfall Event in January 2016 in Chongqing

LI Jing, WANG Huan, HE Jun

Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 401147, China

Abstract: Based on the conventional observational data, the dense surface observational data, and NCEP ($1^{\circ}\times 1^{\circ}$) reanalysis data, the Extensive Snowfall Event in January 2016 in Chongqing have been analyzed. The results show that the snowfall is mainly related to the strong cold air which influence Chongqing, when the high-level horizontal trough turn to longitudinal one and the low-level shear line move southward. Because the updrafts and vapor convergence are weak, the snowfall is weak. The snowfall area of this event is in the middle, western and southeastern Chongqing, which correspond to the high humidity area in the low-level. The strong cold air is main condition that causes rain to snow, when surface air temperature drops below 1℃.

Key words: snowfall; cause; precipitation phase

责任编辑 包 颖