

龙利民,黄治勇,苏磊,等. 2008年初湖北省低温雨雪冰冻天气温度平流配置分析[J]. 大气科学学报, 2010, 33(6): 745-750.

Long Li-min, Huang Zhi-yong, Su Lei, et al. Temperature advection structure of low-temperature process with freezing rain and snow in Hubei Province in 2008[J]. Trans Atmos Sci, 2010, 33(6): 745-750.

2008年初湖北省低温雨雪冰冻天气温度平流配置分析

龙利民,黄治勇,苏磊,王珊珊,邓红,韩琦

(武汉中心气象台,湖北 武汉 430074)

摘要:利用 NCEP/NCAR 再分析资料,对 2008 年 1 月 11 日—2 月 1 日湖北省低温雨雪冰冻过程进行温度平流空间分布诊断分析。结果表明:低温雨雪冰冻期间,湖北省近地层不断有弱冷空气补充和渗透;中层暖平流、低层冷垫和南方沿冷垫向上爬升的暖空气是湖北省降雪最基本的条件,而湖北省东部出现强降雪的另一更重要的原因就是低层偏东回流带来的暖平流;当冷空气充斥湖北省上空整层大气时,则预示雨雪将减弱停止。

关键词:低温雨雪冰冻;温度平流;偏东回流

中图分类号:P426.6 文献标识码:A 文章编号:1674-7097(2010)06-0745-06

Temperature Advection Structure of Low-temperature Process with Freezing Rain and Snow in Hubei Province in 2008

LONG Li-min, HUANG Zhi-yong, SU Lei, WANG Shan-shan, DENG Hong, HAN Qi

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on the daily NCEP/NCAR reanalysis data, the spatial distribution of temperature advection is analyzed in the process of low-temperature with freezing rain and snow from 11 January to 1 February 2008. Results show that, during the process, the weak cold air is continually supplied to the surface layer in Hubei Province. The warm advection in middle layer, the cold wedge in low layer, and the warm air from south climbing along the cold wedge are the most basic conditions, which leads to the snow process in Hubei Province. Another reason inducing the heavy snow in the east of Hubei is the warm advection caused by the eastern reflow in the low layer. When the cold air is full over Hubei Province, the rain and snow will stop.

Key words: low-temperature with freezing rain and snow; temperature advection; eastern reflow

0 引言

2008年1月11日—2月1日,湖北省出现了一次自1954/1955年冬季以来最严重的低温雨雪冰冻极端天气,主要表现为:雨雪过程频繁、强度大,低温冰冻持续时间长,积雪冰冻范围广。湖北省因灾造成直接经济损失104.9亿元,其中农业经济损失74.8亿元。

关于过程性的低温雨雪冰冻天气的发生发展机

理,广大气象工作者曾从不同角度做过许多探讨和研究。宫德吉和李彰俊^[1]、李建华等^[2]、张腾飞等^[3]研究了低空急流在暴雪过程中的作用。乔林和李建^[4]、易笑园等^[5]运用湿位涡和锋生理论,研究了干冷空气在降雪事件中的作用。麻巨慧等^[6]认为,在充沛水汽供应条件下蒙古高压强而连续的爆发是导致“0801南方雪灾”产生的直接环流成因。王迎春等^[7]、王灵一等^[8]、何玉龙等^[9]从环流形势和大气层结结构角度详细分析了连续降雪和持续低

温的特征。王庆余等^[10]对 2008 年 11 月 2 日、13 日和 15 日 3 次较大降雪天气过程分析,初步得出 3 种不同云系出现大降雪的特征。其他一些学者^[11-19]则通过多种要素的综合分析,研究暴雪过程的可能成因。王凌等^[20]、李崇银等^[21]通过比较研究指出,2008 年持续严重雨雪冰冻天气的发生与多个环流系统的异常有关,而且更为重要的是它们的异常形成了某种形式的配合,即组合性异常,导致了这次极端天气气候灾害发生。

而对范围大、持续时间长的低温雨雪冰冻天气,其温度平流垂直分布结构及其演变没有看到更多的研究,本文通过对 2008 年 1 月 11 日—2 月 1 日对流层中低层温度平流的配置及其演变进行详细分析,并以武汉市雨雪过程分析为主,以提取一些有用的气象信息,给短期预报提供参考。

1 大尺度环流背景

2008 年 1 月 11 日—2 月 1 日,500 hPa 欧亚环流形势经历了 3 次调整:欧亚两槽一脊(副热带高压活跃)—乌拉尔山阻塞高压建立(欧亚一槽一脊)并稳定维持(副热带高压东退)—乌拉尔山阻塞高压减弱崩溃,长波槽东移(副热带高压再度活跃)。

从 1 月 11 日—2 月 1 日 500 hPa 08 时、20 时客观分析平均场分析(图略),巴尔喀什湖以西为稳定的长波槽区,青藏高原到湖北省上空环流平直,鄂霍次克海附近到贝加尔湖为横槽区;700 hPa 西南暖湿气流活跃,急流轴在湖南省中北部和湖北省南部之间摆动;850 hPa 0℃线(冷舌)从华北向南延伸到湖南省中(南)部(图略),湖北省为偏东气流;汉口探空资料显示,1 月 11 日 20 时开始,湖北省东部 850 hPa 由前期的 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 西南风转为东偏北风,其风速 $\leq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,700 hPa 和 850 hPa 这种风向的配置,导致它们之间存在一个很强的垂直切变,有利于低层扰动的发展。地面表现为贝加尔湖到蒙古人民共和国有冷空气堆积,随着 500 hPa 横槽底部小槽沿着脊前西北气流不断下滑,带动地面冷空气从河套地区向南渗透,使湖北省近地层形成一个稳定、浅薄的冷垫;与此同时,四川省到重庆市西南暖倒槽维持,地面气压场呈东高西低形势,有利于湖北省降雪天气的维持。在分析过程中,我们发现还有一个很重要的现象,就是在此期间影响湖北省的冷空气路径,主要是沿河套地区向南渗透,即冷空气取“北偏西路径”为主,这与过去总结的导致湖北省降雪天气冷空气路径“以偏东为主”相背离,这也从另一角

度说明,当有冷空气从偏北路长时间稳定的向南渗透时,同样要考虑湖北省连续低温雨雪天气的出现。

2 温度平流分析

导致湖北冬季降雪的天气学模型(过去经验总结)是:当有一股中等强度冷空气从偏东路径南侵,冷锋南移到南岭一带时,长江中下游边界层内形成一个冷空气堆。此时从高原东移而来的暖温度脊,使湖北省上空在垂直方向上形成下冷中暖层结。暖脊的活动一方面促使高原涡形成东移,另一方面加强中层暖平流,促使由南方移来沿边界层冷垫爬升的暖湿气流垂直向上,在强烈垂直切变区内,扰动在边界层得到发展,湖北逐渐开始降雪。

由上面经验模型可知,中层暖平流的活动,在降雪过程中起了至关重要的作用;温度的冷暖平流是大气斜压性的一个度量^[22],一些重要的天气系统的发生发展都与之相关联。

2.1 等压面上温度平流平均场分析

利用 NCEP/NCAR 再分析资料分别计算和分析了 2008 年 1 月 11 日—2 月 1 日 08 时、20 时 925 hPa、850 hPa、700 hPa 和 500 hPa 等压面上平均温度平流分布,结果表明:925 hPa 湖北省除江汉平原为弱的暖平流外,其他地区为冷平流(图 1a);850 hPa 湖北省江汉平原以西为冷平流区,其强度为 $-5 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$,以东则为弱的暖平流区(图 1b);700 hPa(图 1c)、500 hPa(图 1d)暖平流区波及到整个湖北省,强度为 $5 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这种温度平流的垂直配置,说明在这次持续低温雨雪冰冻天气期间,湖北省中西部近地层不断有弱冷空气补充和渗透,而 850~500 hPa 等压面间有来自偏东回流带来的低层暖温度平流和来自孟加拉湾向湖北省输送的中层西南暖温度平流,两个不同方向的暖平流向湖北省源源不断地输送水汽,并沿着近地面层自北向南渗透的冷空气垫向上爬升而产生凝结,形成冰晶和雪花,从而带来湖北省持续低温雨雪冰冻天气。

通过对 2008 年 1 月 11 日—2 月 1 日 08 时、20 时逐日 925 hPa、850 hPa、700 hPa 和 500 hPa 等压面温度平流的进一步分析发现,湖北省中东部 925~850 hPa 暖平流强度、范围的每一次加强,则对应该区域出现一次明显的降雪过程。以武汉为例,这场低温雨雪冰冻天气过程中,2008 年 1 月 27 日雨雪量最大,达 10.3 mm,28 日 08 时累积雪深 27 cm,所对应的 27 日 20 时 850 hPa 暖平流达 $5 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ (图略),925 hPa 中东部暖平流范围也明显

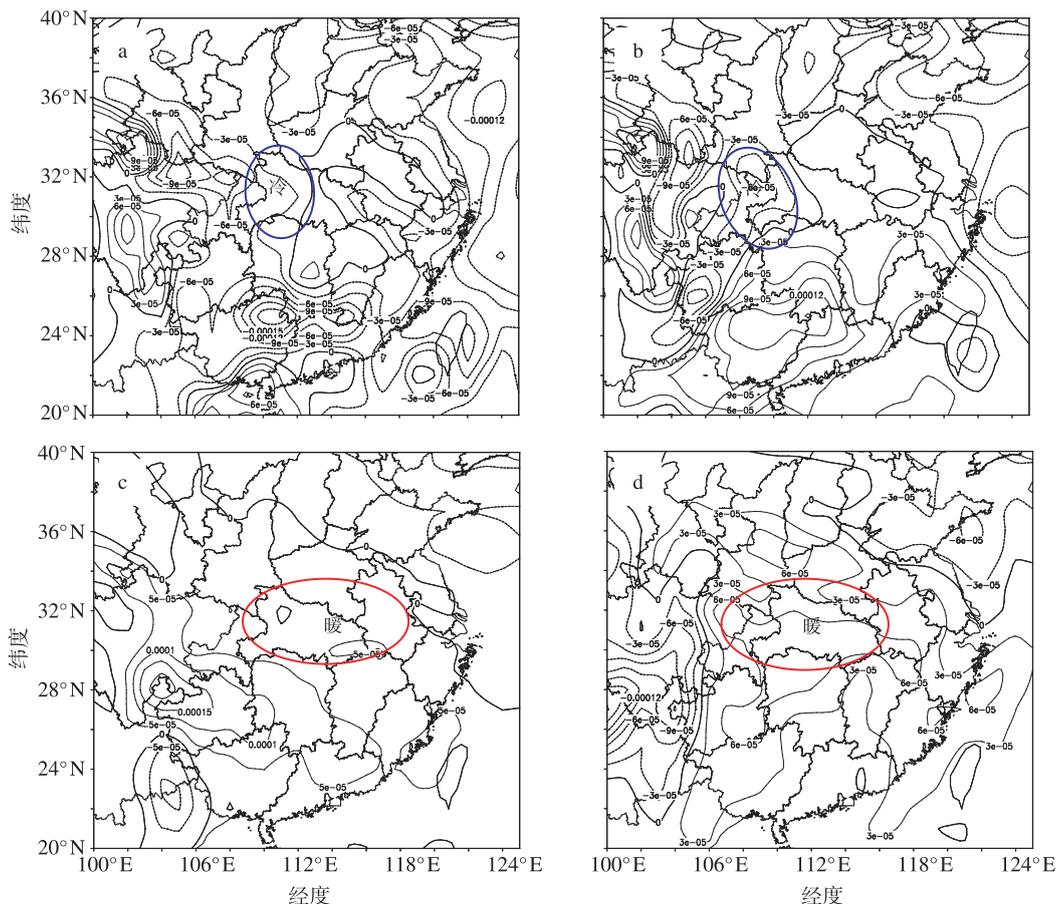


图1 2008年1月11日—2月1日08时925 hPa(a)、850 hPa(b)、700 hPa(c)和500 hPa(d)等压面上平均温度平流(实线为暖平流,虚线为冷平流;单位: $\text{K} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 1 (a)925 hPa, (b)850 hPa, (c)700 hPa, and (d)500 hPa temperature advection averaged between 11 January to 1 February 2008 (The solid line represents warm advection, and the dash line does cold advection; units: $\text{K} \cdot \text{s}^{-1}$)

增大。

2.2 温度平流纬向垂直剖面分析

在这次罕见的低温雨雪冰冻天气过程中,武汉市先后经历了4次较明显的过程,分别是:2008年1月12—14日、18—21日、25—28日及2月1日。

通过对武汉测站所在纬度(30.62°N)作温度平流纬向垂直剖面可见:1月12—14日第一场降雪过程中,湖北省西部(110°E 附近以▲表示)低层冷平流层位于800 hPa以下,而东部(114°E 附近以△表示)低层冷平流层厚度较薄,约位于925 hPa以下(图2a);800~500 hPa为暖平流层,也就是说,一场明显的降雪过程,对湖北省西部山区来说,中层暖平流、低层冷垫是最基本的条件;而对于东部而言,除满足上面两个条件外,还有一个更重要的条件就是低层偏东回流带来的暖平流,并且暖平流的厚度比西部大。一场降雪过后,这种冷暖平流的垂直配置被破坏,600 hPa以下暖平流被冷平流替代(图2b)。17日20时湖北省自西向东冷暖平流降雪垂直结构

开始重建,并且中层暖平流强度明显强于第一次过程,西部上空500 hPa附近为 $4 \times 10^{-4} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$ (图2c),19日20时后随着这种垂直结构的消失,降雪强度明显减弱并逐渐停止。1月25—28日及2月1日又重现前面的垂直配置(图2d)。在分析中,还注意到:湖北省西部到重庆700~500 hPa间一直维持暖温度平流,而且随着500 hPa低槽的东传,其暖平流中心也出现一次次的东移。

2.3 温度平流经向垂直剖面分析

这次低温雨雪冰冻过程,湖北省东部雨雪比西部更明显,表现在强度和积雪深度更大、更深。下面通过东西两个不同经度对温度平流做经向剖面进行分析,以揭示这种降雪的分布情况。东部以武汉测站所在经度(114.13°E)做经向垂直剖面(图3,武汉所在纬度以▲表示),西部以宜昌测站所在经度(111.30°E)做经向垂直剖面(图略),武汉、宜昌所在纬度分别是 30.62°N 、 30.70°N 。

通过分析武汉测站所在经度(114.13°E)的温

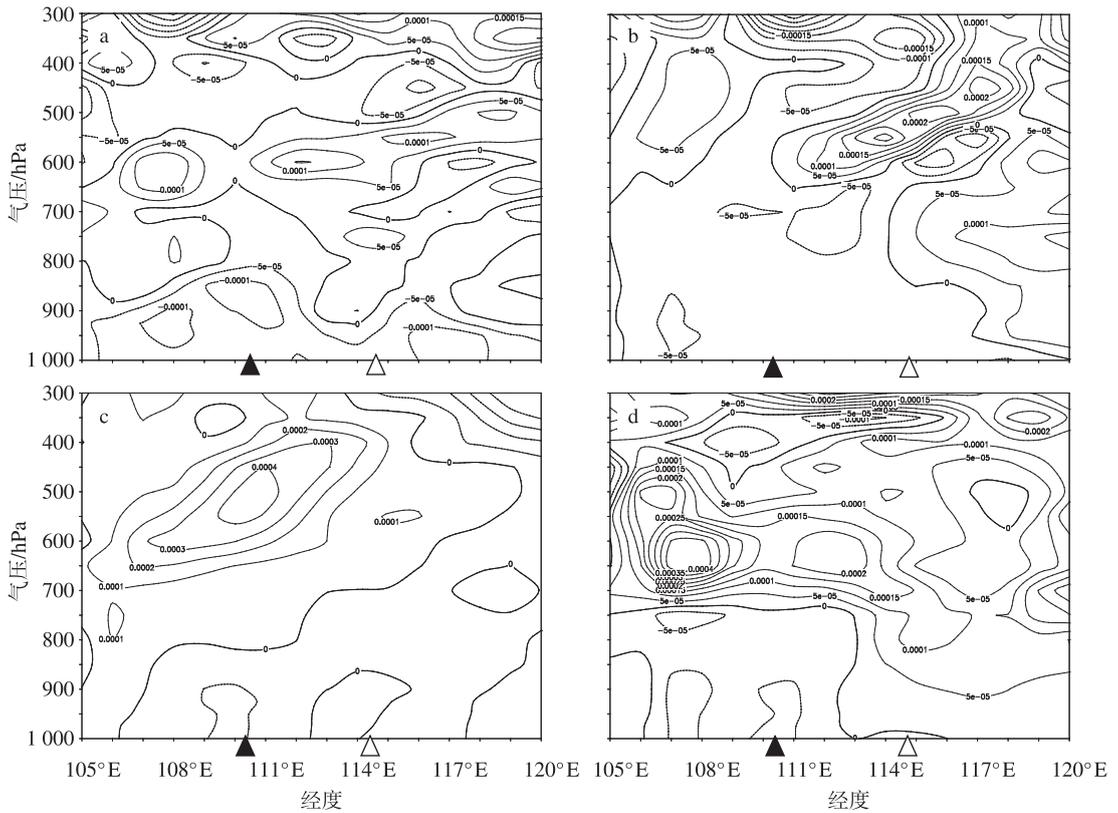


图 2 2008 年 1 月 13 日 08 时(a)、15 日 08 时(b)、17 日 20 时(c)和 27 日 20 时(d)沿武汉所在纬度(30.62°N)的温度平流的垂直剖面(实线为暖平流,虚线为冷平流;单位: $K \cdot s^{-1}$)

Fig. 2 Longitude-height cross-section of temperature advection along 30.62°N at (a)0800 UTC 13, (b)0800 UTC 15, (c)2000 UTC 17, and (d)2000 UTC 27 January 2008(The solid line represents warm advection, and the dash line does cold advection; units: $K \cdot s^{-1}$)

度平流经向垂直剖面发现,2008 年 1 月 11 日 08 时(图 3a),华北地区有冷空气侵入湖北,表现为 34 ~ 45°N 自上到下为一致冷平流,28 ~ 34°N 近地面层有冷空气渗透,并形成(950 hPa 以下)一冷垫,12 日 20 时华北冷空气沿着近地面继续向南推进。与此同时,我们发现 25°N 到武汉上空 850 ~ 700 hPa 有一支斜升的西南暖平流发展(图 3b),沿着冷垫自南向北向上抬升产生凝结,形成冰晶和雪花,导致武汉市第一场“瑞雪”。13 日地面冷空气、西南暖平流强度减弱,雨雪天气也明显减弱,14 日华北冷空气再度活跃,并向南推进,武汉市出现了大雪,积雪深度由 13 日的 2 cm 增至 14 日 12 cm,15 日由于冷空气主体势力自北向南、自高空到地面向南推进,破坏了武汉上空温度层结,冷平流逐渐充斥整层大气,雨雪天气停歇。16 日 20 时 25°N 到武汉上空 800 ~ 700 hPa 这支斜升的西南暖平流又开始发展(图略),并逐渐加强向北推,暖平流厚度从 800 hPa 向上扩充到 500 hPa,近地层维持弱的冷平流,到 18 日 08 时,沿近地层冷垫爬升的暖平流与 600 hPa 附近的暖平

流中心合并(图 3c),使得东部扰动加强,湖北开始出现第二场降雪。在降雪最强时段 18 日夜间到 19 日白天,暖平流区 950 hPa 向上扩充到 400 hPa,到 19 日 20 时近地层冷平流向高空传递到 800 hPa 附近,更重要的是,700 ~ 600 hPa 有冷平流楔入(图 3d),自下而上破坏了降雪平流结构,导致降雪减弱停止。由于这次暖湿气流较强,下降物含水量较大,因此雪深增加并不明显,以武汉为例,18 日雪量为 8.7 mm,积雪深度由 1 cm 仅增至 19 日 08 时的 6 cm。

对比分析湖北省西部经向剖面(图略)表明:在低温雨雪冰冻天气期间,近地层同样是维持一个冷垫,但是其厚度较东部深厚,冷层一般都是由地面伸至 800 ~ 850 hPa 附近;从 25°N 到宜昌上空沿冷垫爬升的斜升暖平流和 700 hPa 附近的西南暖平流共存,随着 500 hPa 西风小槽的一次次东移,产生西部的降雪过程。

综上所述,在这次低温雨雪冰冻天气过程中,影响湖北省的地面冷空气路径略偏西,而正是由于主

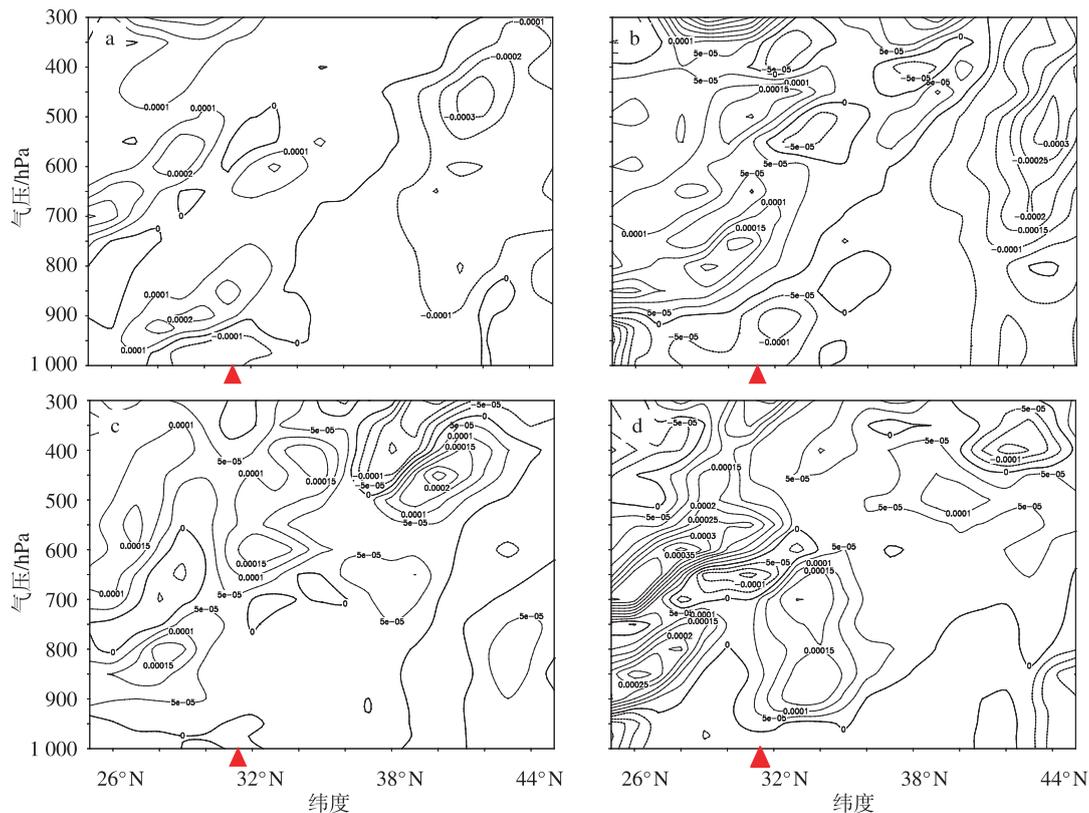


图3 2008年1月11日08时(a)、12日20时(b)、18日08时(c)和19日20时(d)沿武汉经度(114.13°E)的温度平流的垂直剖面(实线为暖平流,虚线为冷平流;单位: $K \cdot s^{-1}$)

Fig. 3 Latitude-height cross-section of temperature advection along 114.13°E at (a)0800 UTC 11, (b)2000 UTC 12, (c)0800 UTC 18, and (d)2000 UTC 19 January 2008 (The solid line represents warm advection, and the dash line does cold advection; units: $K \cdot s^{-1}$)

体路径的偏西,一次次的冷空气向东部近地层渗透,才导致湖北省东部雨雪强度大于西部。当冷空气充斥湖北省上空整层大气时,则是雨雪停止的时候。

3 结论

1)一场明显的降雪过程,对湖北省西部山区来说,中层暖平流、低层冷垫是最基本的条件;而对于东部而言,除满足上面两个条件外,还有一个更重要的条件就是低层偏东回流带来的暖平流,并且暖平流的厚度比西部大。

2)导致湖北省东部强降雪的暖平流来自三条通道:一是来自700~500 hPa的西南暖湿气流,二是来自850 hPa东部的偏东回流,三是来自沿近地层冷空气垫南侧向北爬升的暖湿气流。

3)在这次低温雨雪冰冻天气过程中,影响湖北省的地面冷空气路径略偏西。正是由于主体路径的偏西,一次次的弱冷空气向东部近地层渗透,才导致湖北省东部雨雪强度大于西部。当冷空气充斥湖北省上空整层大气时,则预示雨雪将减弱停止。

参考文献:

- [1] 官德吉,李彰俊. 低空急流与内蒙古的大暴雪[J]. 气象,2001,27(12):3-7.
- [2] 李建华,崔宜少,单宝臣. 山东半岛低空冷流降雪分析研究[J]. 气象,2007,33(5):49-55.
- [3] 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.
- [4] 乔林,林建. 干冷空气侵入在2005年12月山东半岛持续性降雪中的作用[J]. 气象,2008,34(7):27-33.
- [5] 易笑园,李泽椿,陈涛,等. 2007年3月3—5日强降雨过程中的干冷空气活动及其作用[J]. 南京气象学院学报,2009,32(2):306-313.
- [6] 麻巨慧,王盘兴,李丽平,等. “0801南方雪灾”与同期蒙古高压中期活动的关系[J]. 大气科学学报,2009,32(5):652-660.
- [7] 王迎春,钱婷婷,郑永光. 北京连续降雪过程分析[J]. 应用气象学报,2004,15(1):58-65.
- [8] 王灵一,孙田文,房春琴. 铜川2004年12月下旬连续降雪与持续低温成因分析[J]. 陕西气象,2006(4):16-18.
- [9] 何玉龙,黄建菲,吉廷艳. 贵阳降雪和凝冻天气的大气层结特征[J]. 贵州气象,2007,31(4):12-13.
- [10] 王庆余,刘玉霞,矫玲玲,等. 2008年11月黑龙江省3次较大降雪过程云图对比分析[J]. 黑龙江气象,2009,26(3):9-11.

- [11] 梁卫芳,刘珍芳,江敦双,等. 青岛一次中到大雪过程的综合分析[J]. 气象,2006,32(1):89-94.
- [12] 刘宁微.“2003.3”辽宁暴雪及其中尺度系统发展和演变[J]. 南京气象学院学报,2006,29(1):129-135.
- [13] 崔晶,张丰启,钱永甫,等. 2005年12月威海连续性暴雪的气候背景[J]. 南京气象学院学报,2008,31(6):844-851.
- [14] 陈红霞,高宾永,吕作俊,等. 2008年1月洛阳持续低温降雪天气综合分析[J]. 气象与环境科学,2009,32(增刊1):60-64.
- [15] 唐延婧,宋丹. 2008年初贵州低温雨雪凝冻灾害天气成因分析[J]. 气象科学,2008,28(增刊):78-83.
- [16] 宋丹,胡跃文,刘丽萍. 贵州近44a降雪天气形势及物理量诊断分析[J]. 气象科学,2008,28(增刊):71-77.
- [17] 杨柳,苗春生,寿绍文,等. 2003年春季江淮一次暴雪过程的模拟研究[J]. 南京气象学院学报,2006,29(3):379-384.
- [18] 李灿,张端禹,冯明,等. 南方极端低温雨雪冰冻过程天气学特征分析[J]. 暴雨灾害,2009,28(4):321-327.
- [19] 苗春生,赵瑜,王坚红. 080125南方低温雨雪冰冻天气持续降水的数值模拟[J]. 大气科学学报,2010,33(1):25-33.
- [20] 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.
- [21] 李崇银,杨辉,顾薇,等. 中国南方雨雪冰冻异常天气原因的分析[J]. 气候与环境研究,2008,13(2):113-122.
- [22] 章国材,矫梅燕,李延香,等. 现代天气预报技术和方法[M]. 北京:气象出版社,2007:124-127.

(责任编辑:倪东鸿)