

闫慧,赵桂香,张朝明,等. 山西中部一次暴雪天气过程分析[J]. 干旱气象, 2015, 33(5): 838-844. [YAN Hui, ZHAO Guixiang, ZHANG Chaoming, et al. Analysis of a Heavy Snow Process in the Middle of Shanxi Province on 19 April 2013[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(5): 838-844], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0838

山西中部一次暴雪天气过程分析

闫慧¹, 赵桂香¹, 张朝明², 赵颖², 薄燕青¹

(1. 山西省气象台, 山西 太原 030006; 2. 山西省大气探测技术保障中心, 山西 太原 030002)

摘要:利用常规气象观测资料和 NCEP 全球再分析资料,对 2013 年 4 月 19 日出现在山西中部的一次暴雪天气过程进行了综合分析。结果表明:高原槽、低空低涡切变线、地面回流以及河套气旋等的共同存在为暴雪天气提供了有利的流型配置;700 hPa 西南急流、850 hPa 偏东南急流和 925 hPa 偏东急流为此次暴雪天气提供了强的水汽输送和补充;500 hPa 偏西北急流和 850 hPa 偏东北强气流耦合加强,且高层正涡度输送以及低层辐合、高层辐散的倾斜垂直结构使得上升运动加强,触发低层不稳定能量释放,导致暴雪天气的发生。低层和近地层温度变化、0℃层高度下降、逆温层增厚以及垂直风切变加大是判断此次降水过程相态变化和降雪强度增强的重要指标。

关键词:暴雪;流型配置;急流;倾斜结构;降水相态

文章编号:1006-7639(2015)-05-0838-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-05-0838

中图分类号:P458

文献标识码:A

引言

暴雪是山西省冬半年的主要灾害性天气之一。多年来,气象科技工作者曾对暴雪天气作过较多的研究^[1-25]。如杨晓霞等^[14]对山东省两次暴雪天气进行了对比分析,指出产生暴雪天气的共同机制,并着重分析了大气温度对降水形态的影响;赵俊荣等^[15]分析了新疆一次致灾大暴雪天气的物理量特征,指出其与大雪发生时间和落区的关系;王清川等^[16]分析了河北廊坊市初冬雨转暴雪天气中雷达资料特征,得出 0℃层亮带高度迅速下降后 1~2 h 内,即可以推断廊坊降水相态由雨转为雪;马秀玲等^[17]分析了华北一次局地暴雪天气过程中温度露点差的特征,认为深厚倾斜的湿层导致暖湿西南气流在冷湿偏东气流上爬升,加强了大范围的辐合抬升,加大了大气的斜压性。对于山西地区的暴雪天气,赵桂香等^[18-24]对 1981~2008 年山西大雪天气进行了较为系统的分析,概括了其影响系统和环流结构特征,得出了概念模型,并对山西典型暴雪天气个例进行了分析,提炼了一些关键预报技术指标。以上研究结论对认识暴雪天气成因、做好暴雪

天气预报提供了重要参考。山西省降雪天气主要集中在 10 月到次年 4 月^[18],而 4 月气温回升较快,降水相态复杂,因此,对春季降雪过程中降水相态及降雪强度的预报仍存在较大难度。2013 年 4 月 19~20 日山西省出现了大范围的降水天气过程,其中存在多种降水相态及其转换,山西中部由于降雪量和降温幅度大,造成严重积雪,给交通运输、农业生产、电力设施等带来很大影响。本文利用实测资料和 NCEP 再分析资料,对此次过程进行综合分析,探讨雨雪转换季节暴雪天气成因及降水相态转换特点,为今后类似天气的预报提供参考。

1 实况概述和环流形势

1.1 实况概述

2013 年 4 月 18 日 20:00 至 20 日 08:00,山西出现了一次全省性降水过程,历时 36 h。全省过程降水量在 0.2~41.2 mm 之间,其中有 9 个区域站超过 25 mm,125 个区域站在 10~25 mm 之间,其余在 10 mm 以下;强降水主要出现在 19 日白天到夜间;暴雪区主要位于山西中部地区(图 1a)。此次过程中,降水相态复杂,为雨、霰(或冰粒)转雨夹雪或

收稿日期:2014-03-03;改回日期:2014-06-04

基金项目:国家自然科学基金项目“华北锢囚锋大(暴)雪天气结构特征及其预报技术研究”(41075030)资助

作者简介:闫慧(1987-),女,山西太原,硕士,工程师,主要从事数值模拟和天气预报技术研究。E-mail:yanhui8796@163.com

雪,18日夜间西北地区开始出现降水,19日05:00忻州及其以北的大部分地区为降雪,太原、阳泉出现冰粒和霰,而南部为雨,08:00山西中部转为降雪,降雪强度突然增大,17:00~20:00,东南部由雨转为雪(图1b)。19日白天气温大幅下降,20日早晨全省积雪深度为0~23 cm,最大在山西中部。

此次强降水过程具有降水范围大、降温幅度大、降水相态复杂、强降雪时间集中、积雪深度厚、影响大等特点。

1.2 环流形势特点及系统配置

降雪前期,500 hPa上,亚欧中高纬为“2槽1脊”型,其中一个槽位于85°E左右,另一个位于东北到渤海湾地区,同时,河套以西有高原槽形成,东北冷涡稳定维持并缓慢东移;对应700 hPa和850 hPa,内蒙中东部受东北冷涡后部的偏北气流控制,冷空气沿冷涡后部侵入山西地区。18日20:00至19日08:00,500 hPa上随着西部东亚大槽后冷空气不断南下,东北冷涡后部西北气流也加强南下,2支偏北气流合并,内蒙到山西北部形成偏西北急流,同时高原槽东移发展加深,山西中南部受高原槽前不断加强的西南气流影响(图2a);低层西北涡形成并东移北上发展,涡前伴随冷暖2条切变线,700 hPa上冷切变线前西南急流不断加强东移,850 hPa上冷切变线前偏东南急流稳定维持,还有一支强偏北气流沿渤海转为偏东气流影响山西地区,同时,925 hPa上偏东急流位于渤海到山西南部与河南交界,4支强气流在山西中部形成强烈而持续的交汇。

对应地面图上,降雪前期,大陆高压稳定维持在蒙古国地区,受高空引导气流影响不断东移南压,冷

空气沿高压前部扩散南下,经渤海湾到华北地区形成回流形势,同时,河套气旋稳定北上,山西持续受回流形势和河套气旋共同影响,19日02:00大陆高压达到最强。

综上所述,此次暴雪天气过程受500 hPa高原槽、低层低涡(切变线)、地面回流和河套气旋共同影响,500 hPa偏西北急流、700 hPa西南急流、850 hPa偏东南急流和偏东北强气流以及925 hPa偏东急流均于19日08:00达到最强(图2b),19日白天,山西出现大范围降水,强降水位于强气流交汇区的山西中部。

2 暴雪天气诊断

2.1 强烈的水汽输送和辐合

水汽的输送与辐合与降水关系密切。从水汽通量及其散度(图略)的变化来看:降雪前期,随着500 hPa高原槽前和低层西南气流的不断加强,500 hPa以下河套地区出现一条西南—东北向的水汽输送带,700 hPa上,水汽通量轴线呈“人”字形结构,山西中南部位于“人”字形东南侧,850 hPa上,与偏东南急流相对应,水汽通量轴呈东南—西北走向。19日08:00,水汽输送带东移南压,中心强度加强,700 hPa中心强度达 $11 \text{ g} \cdot (\text{s} \cdot \text{cm} \cdot \text{hPa})^{-1}$,对应水汽通量散度的中心强度达 $-10 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})^{-1}$,且中心位于山西中北部。由以上分析可见,强降雪发生前,500 hPa以下存在明显的向山西地区的水汽输送;暴雪发生期间,低空存在强烈的水汽输送和辐合,暴雪出现在水汽通量轴线东南侧也就是水汽通量的强辐合区。

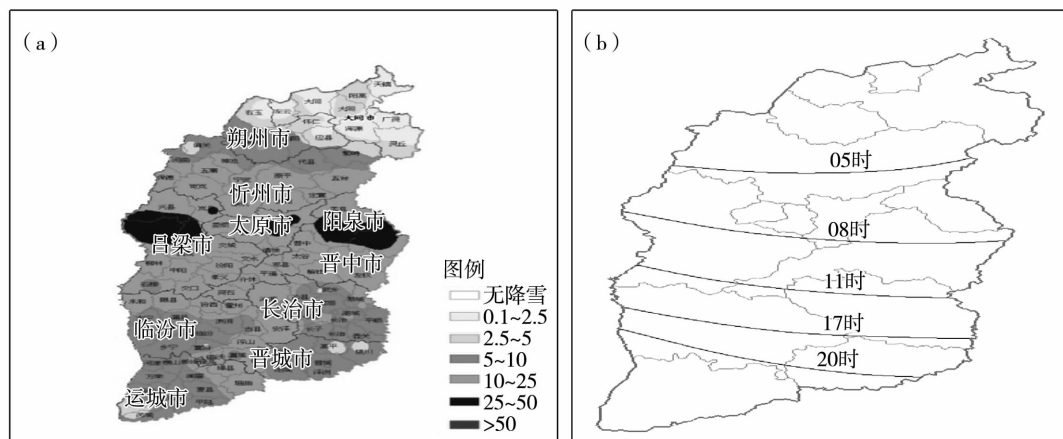


图1 2013年4月18日20:00至19日20:00累计降水量(单位:mm)(a)和2013年4月19日雨雪分界线动态图(b)

Fig. 1 The accumulated precipitation(Unit: mm) from 20:00 BST 18 April to 20:00 BST 19 April 2013(a) and the dynamic graph of the boundary between rain and snow on 19 April 2013(b)

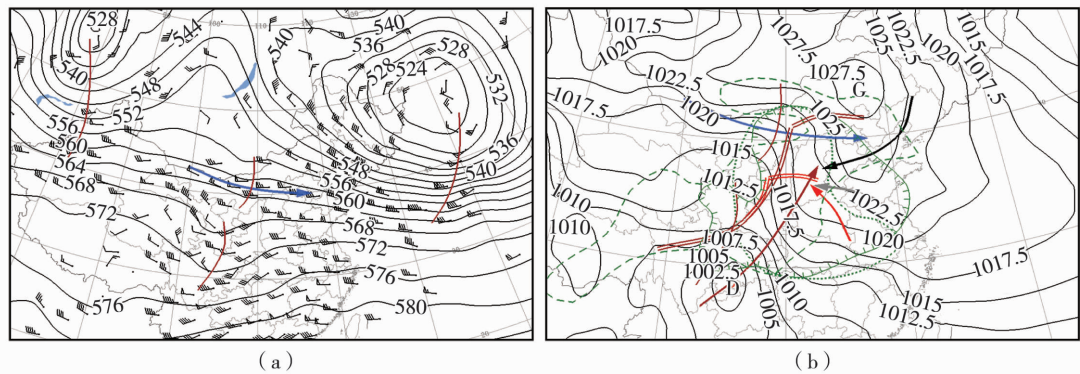


图2 2013年4月19日08:00 500 hPa环流形势(a),地面形势(单位:hPa)和高低空系统配置(b)
(棕色单实线为500 hPa槽线,棕色双实线为700 hPa切变线,红色双实线为850 hPa切变线,
蓝色箭头为500 hPa偏西北急流,棕色箭头为700 hPa西南急流,红色箭头为850 hPa东南急流,
黑色箭头为850 hPa偏东北强气流,灰色箭头为925 hPa偏东急流,绿色短虚线、
锯齿线、长虚线分别为850 hPa、700 hPa、500 hPa($T - T_d \leq 4^\circ\text{C}$)的区域)

Fig. 2 The circulation of 500 hPa(a), the ground situation and the flow pattern configuration of the high and low level (b) at 08:00 BST on 19 April 2013(The brown single solid line for the trough of 500 hPa, the brown double solid line for the shear line of 700 hPa, the red double solid line for the shear line of 850 hPa, the blue line with arrow for NWJ on 500 hPa, the brown line with arrow for SWJ on 700 hPa, the red line with arrow for SEJ on 850 hPa, the black line with arrow for NE severe airflow on 850 hPa, the gray line with arrow for EJ on 925 hPa, the green short dotted line, zigzag line and long dotted line for the area of $T - T_d \leq 4^\circ\text{C}$ on 850 hPa, 700 hPa and 500 hPa)

温度露点差($T - T_d$)表征空气饱和程度,分析其变化特征发现,强降雪前期到强降雪发生期间,500 hPa以下($T - T_d$)持续减小,尤其是山西中部减小幅度最大,湿层厚度持续增加。19日08:00(图2b),500 hPa以下空气接近饱和,山西中部的温度露点差均 $\leq 3^\circ\text{C}$,对应风场上,出现明显的风向和风速辐合,强降雪出现在空气接近饱和后,暴雪位于低层风辐合区。

2.2 有组织的辐合抬升运动及不稳定能量

2.2.1 500 hPa正涡度输送

利用实况资料分析高空涡度场(图略)的变化发现,强降雪前18日20:00,受高原槽后西北气流的影响,正涡度带呈西北向从新疆东部输送到内蒙古西部,中心强度最大达 $3.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;随着冷空气东移南压,正涡度带呈南北走向,于19日08:00分别在蒙古国与内蒙交界处及四川北部形成2个正涡度中心(分别标记为中心1和中心2),中心强度均 $> 2.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,其中中心1附近存在指向山西的偏西北急流,风速 $\geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,中心2东侧存在指向山西的强西南风,风速 $\geq 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;之后,随着高原槽进一步东移,正涡度带也东移,强降雪出现在较大正涡度控制的时段内。可见,降雪前到降雪期间,500 hPa上持续存在向山西地区的正涡度输送,不仅加强

了低层辐合上升运动,而且有利于低空低涡和地面气旋的发展加深,对强降雪预报有一定的指示意义。

沿暴雪区(吕梁站)作涡度平流的时间剖面图(图3),可以看出,19日08:00~20:00,暴雪区上空存在一个较强的正、负涡度平流中心,正涡度平流中心位于200 hPa左右,最大中心强度为 $14 \times 10^{-11} \text{ s}^{-2}$,负涡度平流中心位于700~500 hPa,强度为 $6 \times 10^{-11} \text{ s}^{-2}$,正涡度平流场明显强于负涡度平流场。高层正涡度平流、低层负涡度平流的结构有利于高

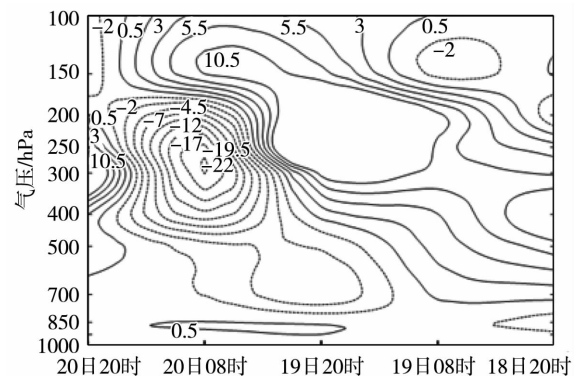


图3 2013年4月18日20:00至20日08:00沿吕梁站的涡度平流(单位: 10^{-11} s^{-2})垂直剖面
Fig. 3 The vertical cross-section of vorticity advection (Unit: 10^{-11} s^{-2}) along Lvliang station during 18-20 April 2013

层反气旋性涡旋环流、低层气旋性涡旋环流的增强,从而有利于上升运动的增强发展,导致降雪显著增强。而且正涡度输送的增强出现在强降雪出现前12 h,对强降雪预报具有指示意义,强降雪位于正涡度带东侧、较大正涡度平流输送的区域。

2.2.2 高层辐散、低层辐合的倾斜垂直结构

利用 NCEP 再分析资料,沿 111°E 作散度垂直剖面(图4),分析其垂直结构特征。强降雪发生前, $36^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 上空已经出现低层辐合、高层辐散的结构,随着降雪的临近,辐合、辐散中心强度明显增强,且辐合中心强度明显大于辐散中心强度,并呈西南—东北走向的倾斜结构。在强降水发展阶段,暴雪区上空仍然维持低层辐合、高层辐散的结构,辐合、辐散中心均南压到山西中部地区,最大辐散中心升高,位于 400 hPa 左右,强度增强到 $7 \times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$,此种高空辐散、低空辐合的结构有利于上升运动的增强。同时,在暴雪区两侧存在正反2个环流圈,同样呈西南—东北走向的倾斜结构,反环流圈强于正环流圈,此种垂直结构更有利于中低层大范围有组织的抬升运动的加强,使得低层暖湿气流沿“冷空气垫”倾斜爬升,在斜升过程中,水汽不断凝结,导致强降水增幅并持续。19日20:00,低层转为辐散,高层转为辐合,降水趋于减弱结束。

从以上分析可以看出,明显的高层辐散、低层辐合的倾斜垂直结构出现在强降雪发生前6 h,暴雪区位于倾斜结构南侧,这对于强降雪的预报有很好的指示意义。

2.2.3 垂直速度场和不稳定能量

从垂直速度分布场(图略)可看出,强降雪前到强降雪期间,与高空辐散、低空辐合相对应,山西上空垂直上升运动不断加强,且向高层伸展,为暴雪提

供了有利的动力结构,强降雪发生在垂直上升运动加强期间。

分析流场和假相当位温,降雪前期和强降雪发生期间,随着低层西南和东南暖湿气流的输送, θ_{se} 场呈“ Ω ”型分布,山西一直位于大值中心东北侧梯度大值区,大气湿斜压性持续增强。“ Ω ”型形成于暴雪增幅前12 h,暴雪区位于风速辐合和“ Ω ”流型东侧 θ_{se} 梯度大值区。

计算 500 和 700 hPa 、 700 和 850 hPa θ_{se} 的差值,暴雪发生前12 h,暴雪区上空 $\theta_{se500} - \theta_{se700} < -2^{\circ}\text{C}$, $\theta_{se700} - \theta_{se850} > 27^{\circ}\text{C}$,中心强度分别达 -6°C 和 33°C ,表明中层存在对流不稳定。暴雪发生期间,暴雪区上空中层仍然维持强的不稳定。

可见,强烈的垂直上升运动触发中低层强不稳定能量释放,导致强降雪,中层对流不稳定使得降雪出现明显增幅。

2.3 5支强气流的作用

此次暴雪天气过程中,高低空存在5支强气流,即 500 hPa 偏西北急流、 700 hPa 西南急流、 850 hPa 偏东南急流和偏东北强气流以及 925 hPa 偏东急流,叠加相对湿度场分析,5支强气流性质不同,作用不同。

18日20:00至19日08:00, 500 hPa 西北气流不断增强,达到急流标准,对应相对湿度 $< 30\%$ 。随着 500 hPa 东北冷涡后部冷空气强烈下沉向南扩散, 850 hPa 偏东北气流沿渤海湾南下,形成从渤海到山西东部偏东北强气流,最大风速达 $12 \sim 14\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,对应相对湿度 $< 40\%$ 。这2支偏北气流均为干冷性质,经渤海湾汇合后,向山西中部输送干冷空气,沿低层“冷空气垫”前方侵入,与沿“冷空气垫”爬升的暖湿气流强烈交汇,从而导致暴雪。

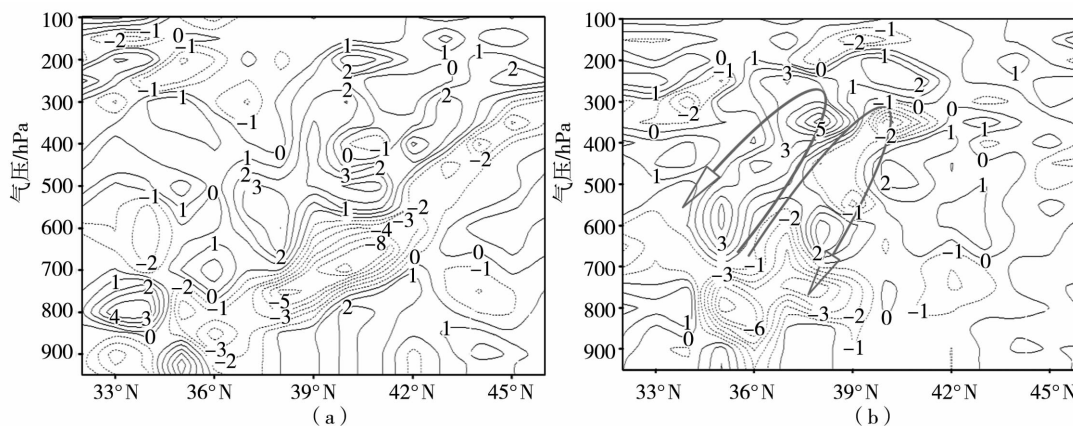


图4 2013年4月19日02:00(a)和08:00(b)沿 111°E 的散度(单位: 10^{-5} s^{-1})垂直剖面

Fig. 4 The vertical cross-section of divergence field (Unit: 10^{-5} s^{-1})

along 111°E at 02:00 BST (a) and 08:00 BST (b) on 19 April 2013

700 hPa 西北涡前部川、陕直至山西存在 ≥ 12 m/s 西南急流;850 hPa 存在经苏、皖到河南、山西的偏东南急流;925 hPa 从渤海到山西河南交界存在 ≥ 12 m/s 的超低空偏东风急流,3 支急流不断向山西地区输送水汽,山西上空整层相对湿度持续增大。19 日 08:00,山西中部地区空气已接近饱和,700 hPa 和 850 hPa 2 支急流终止的地方基本位于山西中部地区,使得该地区水汽的辐合达到最强;强降雪开始后,由于 850 hPa 和 925 hPa 的偏东急流维持,加强了向该地区水汽的补充,使得强降雪持续。低空、超低空 3 支急流均为暖湿性质,为此次暴雪的产生提供了水汽的输送和能量的补充,而且加强了低层中尺度辐合抬升运动,触发低层不稳定能量释放。

3 降水相态

3.1 降水相态演变与近地层温度变化

19 日凌晨,山西出现冰粒、霰、雨或雪,其中山西北部地区为雪,中部为冰粒和霰,南部为雨;08:00 后,中北部大部分地区逐步转为雪,南部除海拔较高地区转为雨夹雪外,其余地区仍为雨;20:00,除临汾、晋城的部分地区以及运城为雨外其余地区均

为雪。

分析近地层温度场变化,18 日 20:00,850 hPa 上山西区域温度为 $0 \sim 4$ $^{\circ}\text{C}$,925 hPa 温度为 $6 \sim 10$ $^{\circ}\text{C}$,地面温度为 $1 \sim 13$ $^{\circ}\text{C}$ (五台山 -6 $^{\circ}\text{C}$);19 日 08:00,随着偏东北强气流南下,冷舌向西南方向伸展,山西区域温度迅速下降,850 hPa 下降到 $-4 \sim 0$ $^{\circ}\text{C}$,925 hPa 下降到 $-1 \sim 3$ $^{\circ}\text{C}$,地面温度下降到 $-4 \sim 8$ $^{\circ}\text{C}$ (五台山 -10 $^{\circ}\text{C}$)。结合雨雪分界线,当 850 hPa 温度 < -3.5 $^{\circ}\text{C}$ 、925 hPa 温度 < -0.5 $^{\circ}\text{C}$ 、地面温度 < -3 $^{\circ}\text{C}$ 时,降水相态为雪;当 850 hPa 温度为 $-3.5 \sim -3$ $^{\circ}\text{C}$ 、925 hPa 温度为 $0 \sim 0.5$ $^{\circ}\text{C}$ 、地面温度为 $0 \sim 3$ $^{\circ}\text{C}$ 时,降水相态为雨夹雪;当 850 hPa 温度 > -3 $^{\circ}\text{C}$ 、925 hPa 温度 > 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 、地面温度 > 3 $^{\circ}\text{C}$ 时,降水相态为雨。霰与冰粒出现在降雪之前,与中层强对流不稳定有关。此次降水相态复杂,中南部有雨、雨夹雪、雪,由于湿雪含水量大,某种程度上使得降水量增大。

3.2 0 $^{\circ}\text{C}$ 层高度变化与降水相态

由太原站的探空曲线(图 5)可以看出,18 日 20:00, 0 $^{\circ}\text{C}$ 层位于 850 hPa 附近,在 800 ~ 700 hPa 有明显的逆温层,850 hPa 以下低层风向随高度顺

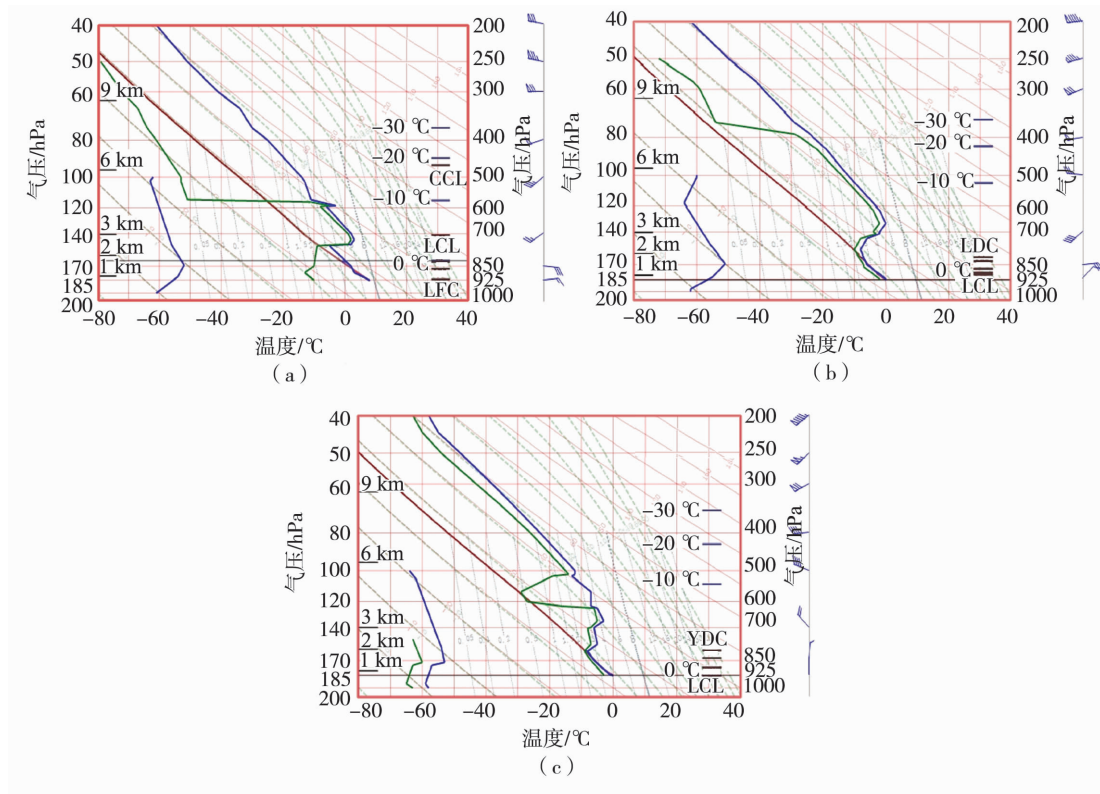


图 5 2013 年 4 月 18 日 20:00(a)、19 日 08:00(b) 和 20:00(c) 太原探空曲线
(棕色实线为状态曲线,绿色和蓝色实线为层结曲线且分别代表露点和温度廓线)

Fig. 5 The sounding curve of Taiyuan station at 20:00 BST (a) on 18, 08:00 BST (b) and 20:00 BST (c) on 19 April 2013
(The brown solid line for state curve, the green and blue solid lines for stratification curve, representing the dew point and temperature profile)

转,风速增大,存在明显的暖平流。19日08:00,0℃下降到925 hPa,逆温层加厚,700 hPa以下风垂直切变加大,500 hPa以上风随高度逆转为冷平流,各层温度显著下降。19日20:00,0℃层仍在925 hPa,逆温层减弱,整层风速减小,低层由偏东风转为偏北风。

可见,降雪前期,低层存在明显逆温,有明显的暖平流;强降雪即将开始时,0℃层下降,逆温层加厚,风垂直切变加大;随着逆温层减弱,风速减小,降雪趋于结束。

4 结论和预报关注重点

4.1 结论

(1)此次暴雪天气是由500 hPa高原槽、低空低涡(切变线)、地面回流和河套气旋的共同影响产生的。暴雪过程中,存在5支强气流,其性质不同,作用也不同,700 hPa西南急流,850 hPa偏东南急流和超低空偏东风急流,为强降雪提供了充足的能量和水汽;500 hPa偏西北急流和850 hPa偏东北强气流耦合加强,不仅使大气温度迅速下降,使降水相态发生变化,而且触发低层强不稳定能量释放。中层对流不稳定的存在和地面河套气旋是降雪出现爆发性增幅的重要因素。

(2)通过对物理量的诊断分析表明,降雪前,低层出现2条指向山西地区的强水汽输送带、山西上空低层大气逐步趋于饱和、湿层厚度不断加大,高空存在强的正涡度输送,低层辐合、高层辐散的倾斜垂直结构,中层具有对流不稳定,为此次暴雪提供了水汽、能量和动力抬升条件。因此,强的水汽辐合和补充、辐合抬升运动加强、不稳定能量释放是强降雪开始的信号。

(3)此次降雪过程,降雪存在霰、冰粒、雨、雨夹雪、雪等多种相态及相态的转换,霰与冰粒出现在降雪前,与中层对流不稳定有关。近地层温度的变化与雨雪相态关系密切,0℃层高度下降、逆温层加厚以及风的垂直切变增大是强降雪开始的先兆信号。

4.2 预报关注重点

(1)高低空形势的综合分析以及系统的发展演变细节非常重要。由于早间会商时当日08时实况资料还没有,预报员习惯于分析数值预报产品,而忽略了实况图的细致分析,往往实况上已经出现了明显系统,却未引起高度重视,比如往往只关注西南或偏东南急流,而忽视了干冷空气的作用。

(2)物理量特征的变化对预报强降雪出现时间、强度以及落区都有指示意义,但在应用上具有一

定技巧,不同天气过程应分别对待。另外,对于春季降水预报不仅要考虑量级大小而且要考虑降水相态的变化和积雪深度,探空曲线的分析对其具有参考作用。

(3)此次暴雪天气过程中,水汽输送有700 hPa西南急流、850 hPa偏东南急流和925 hPa的偏东急流,此时,降雪量要比其它情况下偏大。在实际业务分析时,将水汽通量叠加风场,能更好地反映水汽的输送和辐合。

(4)此次暴雪天气过程中,强降雪区上空存在西南—东北向倾斜的垂直动力结构,这种倾斜结构配合中层有对流不稳定,更易使中低层有组织的大范围辐合上升运动持续和加强,这种情况下针对降雪量级的预报要考虑比其它情况下偏大。

(5)地面气旋与对流不稳定的存在,使降雪出现爆发性增幅,降雪量级比倒槽和稳定层结下要偏大。

参考文献:

- [1] 易笑园,李泽椿,朱磊磊,等. 一次中 β -尺度暴风雪的成因及动力热力结构[J]. 高原气象,2010,29(1):175-186.
- [2] 张腾飞,鲁亚斌,张杰,等. 一次低纬高原地区大到暴雪天气过程的诊断分析[J]. 高原气象,2006,25(4):696-703.
- [3] 周淑玲,朱先德,符长静,等. 山东半岛典型冷涡暴雪个例对流云及风场特征的观测与模拟[J]. 高原气象,2009,28(4):935-944.
- [4] 刘宁微,齐琳琳,韩江文. 北上低涡引发辽宁历史罕见暴雪天气过程的分析[J]. 大气科学,2009,33(2):275-284.
- [5] 杨成芳,李泽椿,李静,等. 山东半岛一次持续性强冷流降雪过程的成因分析[J]. 高原气象,2008,27(2):442-451.
- [6] 陈涛,崔彩霞. “2010.1.6”新疆北部特大暴雪过程中的锋面结构及降水机制[J]. 气象,2012,38(8):921-931.
- [7] 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):488-499.
- [8] 时青格,周须文. 2009年河北省初冬暴雪天气过程的诊断分析[J]. 干旱气象,2011,29(1):82-87.
- [9] 吴蓁,赵培娟,苏爱芳,等. 2008年河南持续低温、冻雨和暴雪成因[J]. 气象与环境科学,2009,32(1):9-15.
- [10] 王珏,梁琪瑶,易伟霞,等. 2008年1月18—22日南阳市强降雪过程诊断分析[J]. 气象与环境科学,2009,32(2):54-58.
- [11] 靳冰凌,孙仲毅,王辛方,等. 2009年11月10—12日河南北部暴雪天气诊断分析[J]. 气象与环境科学,2010,33(2):63-67.
- [12] 蓝俊倩,余健,王健疆. 浙江2011-01-20强降雪过程降雪带南压成因的诊断分析[J]. 气象与环境科学,2011,34(4):52-58.
- [13] 褚昭利,李建华. 高空形势与山东半岛冷流暴雪的关系[J]. 气象与环境科学,2012,35(2):44-48.
- [14] 杨晓霞,吴炜,万明波,等. 山东省两次暴雪天气的对比分析[J]. 气象,2012,38(7):868-876.
- [15] 赵俊荣,杨雪,蔺喜禄,等. 一次致灾大暴雪的多尺度系统配置

- 及落区分析[J]. 干旱气象,2013,32(1):201-210.
- [16] 王清川,寿绍文,霍东升. 河北省廊坊市一次初冬雨转暴雪天气过程分析[J]. 干旱气象,2011,29(1):62-68.
- [17] 马秀玲,彭九慧,杨雷斌,等. 华北地区一次局地暴雪天气过程的诊断分析[J]. 干旱气象,2008,26(1):64-68.
- [18] 赵桂香,杜莉,范卫东,等. 山西省大雪天气的分析预报[J]. 高原气象,2011,30(3):727-738.
- [19] 赵桂香,许东蓓. 山西两类暴雪预报的比较[J]. 高原气象,2008,27(5):1140-1148.
- [20] 赵桂香,杜莉,范卫东,等. 一次冷锋倒槽暴风雪过程特征及其成因分析[J]. 高原气象,2011,30(6):1516-1525.
- [21] 赵桂香,程麒生,李新生. “04.12”华北大到暴雪过程切变线的动力诊断[J]. 高原气象,2007,26(3):615-623.
- [22] 赵桂香,李韬光,范卫东,等. 山西省大雪以上天气气候特征分析研究[A]. 第27届中国气象学会年会应对气候变化分会场——人类发展的永恒主题论文集[C]. 北京,2010.
- [23] 赵桂香,杜莉,郝孝智,等. 3次回流倒槽作用下山西大(暴)雪天气比较分析[J]. 中国农学通报,2013,29(32):337-349.
- [24] 赵桂香. 一次回流与倒槽共同作用产生的暴雪天气分析[J]. 气象,2007,33(3):41-48.

Analysis of a Heavy Snow Process in the Middle of Shanxi Province on 19 April 2013

YAN Hui¹, ZHAO Guixiang¹, ZHANG Chaoming², ZHAO Ying², BO Yanqing¹

(1. Shanxi Meteorological Observatory, Taiyuan 030006, China;

2. Shanxi Atmospheric Sounding Technical Support Center, Taiyuan 030002, China)

Abstract: Using the conventional meteorological data and NCEP reanalysis data, the heavy snow process in the middle of Shanxi Province on 19 April 2013 was analyzed. The results show that the co-existence of plateau trough on 500 hPa, low vortex shear line at low level, ground return airflow and Hetao cyclone provided advantageous flow pattern configuration for snowstorm. The southwest jet (SWJ) on 700 hPa, the southeast jet (SEJ) on 850 hPa and the eastly jet (EJ) on 925 hPa provided the strong water vapor transport and supplement together. The coupling of the northwest jet (NWJ) on 500 hPa and northeasterly severe airflow on 850 hPa, the positive vorticity transport at high level, the tilt vertical structure of lower-level convergence and upper-level divergence made ascending motion enhancement and triggered the release of unstable energy at low level, which led to occurrence of the snowstorm. The change of low level and near surface temperature, the drop of 0 °C level height, increase of inversion layer depth and vertical wind shear were important indexes to judge the change of precipitation phases and enhance of snowfall intensity during the process.

Key words: heavy snow ; configuration of flow pattern; jet; inclined structure; precipitation phases

关于《干旱气象》主办单位与出版单位的声明

《干旱气象》原由中国气象局主管,甘肃省气象局主办,编辑部出版发行。考虑到期刊依托科研院所主办更具优势,《干旱气象》主办单位从2003年起为中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会,但未办理相关变更手续。2014年起《干旱气象》出版单位由“《干旱气象》编辑部”变更为“科学出版社”。因主办单位及出版单位变更的相关手续正在办理中,且考虑到期刊年检问题,本期《干旱气象》主办单位与出版单位暂改为“甘肃省气象局”与“《干旱气象》编辑部”。

特此声明