

豫北一次飚线天气过程分析

王 军 周官辉 杜滨鹤 孙日丁 邢用书 芦阿咪

(河南省鹤壁市气象局, 458000)

孙玉巧

(河南省安阳市气象局)

提 要

利用红外云图及对流层上层(300hPa)常规资料,对2001年6月18日发生在河南省鹤壁、安阳地区的飚线天气过程进行诊断分析。结果表明:由于纬向型内蒙古低涡在东移、南压过程中转为经向型,致使高空强冷平流南下豫北,增强了豫北气层的不稳定性;低层舌状高假相当位温的流入,使低层增温、增湿,形成位势不稳定层结;高空低涡西南侧的正涡度平流和郑州、邢台之间的风速切变,为强对流天气的发生提供了动力条件。

关键词: 内蒙古低涡 红外云图 飚线 诊断分析

引 言

2001年6月18日12时30分~16时00分(北京时,下同),豫北的鹤壁、安阳两地区出现了飚线天气,气温骤降,气压骤升,风向突变,风速突增。自动观测站记录14时25分瞬时风速达 $38.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;淇县观测站14时20分~15时40分气温下降 14.1°C ,风速自记10分钟平均最大风速14时50分为偏北风 $11\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;50分钟内气压自记上升3.0hPa。安阳的彰武水库—鹤壁老市区—鹤壁开发区—浚县钜桥一线出现冰雹,最大直径达20mm,鹤壁开发区降水量为39.2mm,其中14~15时1小时降水量达25mm。据民政部门提供资料,此次过程鹤壁地区有 6337hm^2 农作物受灾,受灾人口12.8万人,鹤壁市停电4小时,直接经济损失1070万元。

在初夏,豫北山区、丘陵地带易发生强对流天气,但在鹤壁市区出现如此强的过程实属罕见。本文利用红外云图和300hPa资料,

分析了此次飚线天气过程的成因,以期寻找此类强对流天气的预报信息。

1 环境形势场分析

1.1 中低层低涡的生成、移动

6月14日08时,500hPa在内蒙古的博克图和蒙古国的巴彦毛道分别有一低涡中心,在巴彦毛道的西侧有 -16°C 的冷中心配合。15日08时博克图的低涡北抬减弱消失,巴彦毛道的低涡发展南压进入内蒙古的朱日和。16日08时朱日和的低涡东移减弱已无明显低涡中心,只有5640gpm的低涡环流稳定维持。18日08时朱日和的低涡环流又东移到 45°N 、 120°E 的浩尔吐附近。700hPa、850hPa的形势场与500hPa基本相似,低涡强度较500hPa弱。地面常规3小时资料(包括流场)也没有飚线即将过境的反映。因此,用常规中低层天气资料做出鹤壁市18日的强对流预报有一定难度。

1.2 对流层上层低涡的生成、演变及结构特征

虽然中低层低涡在东移过程中是减弱的,但是对流层上层低涡在东移南压过程中是加强的。分析 300hPa、400hPa、200hPa 等压面上低涡演变过程发现,300hPa 等压面层低涡变化与本次强对流天气关系密切。16日之前,300hPa 蒙古上空仅有一宽广的低值系统,无明显的低涡中心。17日20时,在内蒙古东南部有两个低涡中心生成,分别位于内蒙古的白日乌拉和吉林的大安,在白日乌拉低涡的西部有 -45°C 的冷中心配合。18日08时,原位于白日乌拉的低涡加强发展,西部的冷中心也降到 -46°C ,说明西边有冷空气入侵,此时,位于贝加尔湖东侧的高压环流底部的东北气流加强(二连浩特由 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西北风转为 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东北风及锡林浩特由 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东南风转为 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东北风可以证实)(图略)。两路冷空气的共同影响,促使位于白日乌拉的低涡迅速南压;同时,吉林大安的低涡又明显北抬,内蒙古地区这两个低涡的逆转造成维持多日的纬向型低涡逐渐转为经向型,低涡的南压转型,促使其后部的强冷平流南下豫北,增强了豫北气层的不稳定性。强对流天气就发生在低涡打转南压的过程中。

另外,分析不同高度上的低涡环流结构发现,低涡环流中心自下而上由东北向西南倾斜,最强低涡中心和低涡环流的强风速轴出现在300hPa高度上,低涡南侧急流轴位于 35°N 附近的兰州、平凉、郑州、济南一线,急流轴上的最大风速达 $46\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同时郑州与邢台之间有明显的风速水平侧向切变(郑州站风速为 $38\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,邢台站风速为 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向均为西西南风),鹤壁市位于郑州与邢台正中间的水平侧向切变最大的区域内。有利的环流背景场还为本次强对流天气提供了动力条件。

2 卫星云图分析

由于本次低涡南压转向过程是产生在

18日09时到15时之间的6小时内,生命史极短,且出现在天气图间隔之间,常规资料分析很难反映其演变情况。而卫星云图具有较好的时空连续性和实时性,利用红外云图可完整地追踪到高空低涡的移动以及纬向双低涡的打转、合并和它们所引发的强对流天气。

6月18日09时,卫星云图上在 43.9°N 、 117°E 附近与300hPa纬向型内蒙古低涡相对应处有零散、模糊的小单体生成(图1a)。10时零散小单体形成两条月牙形的细窄、弯曲短云带(图1b),这两条小云带发展迅速,到11时形成两个半圆弧且带有明显螺旋特征的涡旋云系向南移动(图1c),在它东北方向有气旋性弯曲,同时向西北方向伸展的云团生成(图1c:C),它预示着高空双低涡开始打转。这两个低涡云系发展迅猛,在涡旋云系的东南方有一条与之平行的由数个对流单体组成的呈线状排列的云带,其水平尺度约860km(图1c:B),恰位于高空冷涡东南侧,为正涡度平流强迫上升运动区,具有明显的飑线云系特征。13时飑线云带发展到鼎盛阶段,涡旋云系范围较12时明显扩大,强度加强,飑线云系的前端云团已进入河南北部接近鹤壁,云块前部明亮密实,形似变形斜压叶状云系(图1d:A)。14时上述云团发展扩大但其旋转特征开始减弱,双低涡由原来的西南—东北向转为近南北向。飑线前端的对流单体已移至鹤壁到安阳东部(图1e:A),此时鹤壁上空乌云压境,天昏地暗,电闪雷鸣,冰雹、大风纷至袭来。15时卫星云图上,影响鹤壁的对流云团主体逐渐东移(图1f:A)。16时双低涡合并后的涡旋云系特征变得模糊不明,影响鹤壁的对流单体移出河南境内,本次天气过程接近尾声(图略)。

3 雷达回波分析

为进一步了解造成鹤壁、安阳两地区强对流天气的中尺度演变,利用安阳站的雷达回波资料,分析了本次过程雷达回波演变。

6月18日13时,雷达观测到西北部25km处有多个单体回波群生成、发展。跟踪探测发现,它们向东南移动过程中,发展旺盛,回波高度达12km。半小时后发展成为东北至西南向的强回波带,回波带的西南部分明显看到由多个回波单体组成,单体发展迅猛,强度为50dBz。单体的块状、指状结构十分明显,部分单体有角有棱,边缘清晰,造成了安阳西部强雷雨、大风、冰雹天气。与此同时,在鹤壁市上空有对流单体群生成、发展

(图2a)。

飑线回波带过安阳市后以 $50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度向东南移动,迅速与鹤壁附近的单体群合并,形成的强回波带(图2b),强度达52dBz。这条水平尺度90km狭长的东北—西南向回波带造成鹤壁地区强对流天气生成。15时后,飑线回波带变宽,强度开始减弱,单体结构松散,回波顶高下降,并迅速向东南移动,影响本区的强对流天气也随之消失(图2c)。

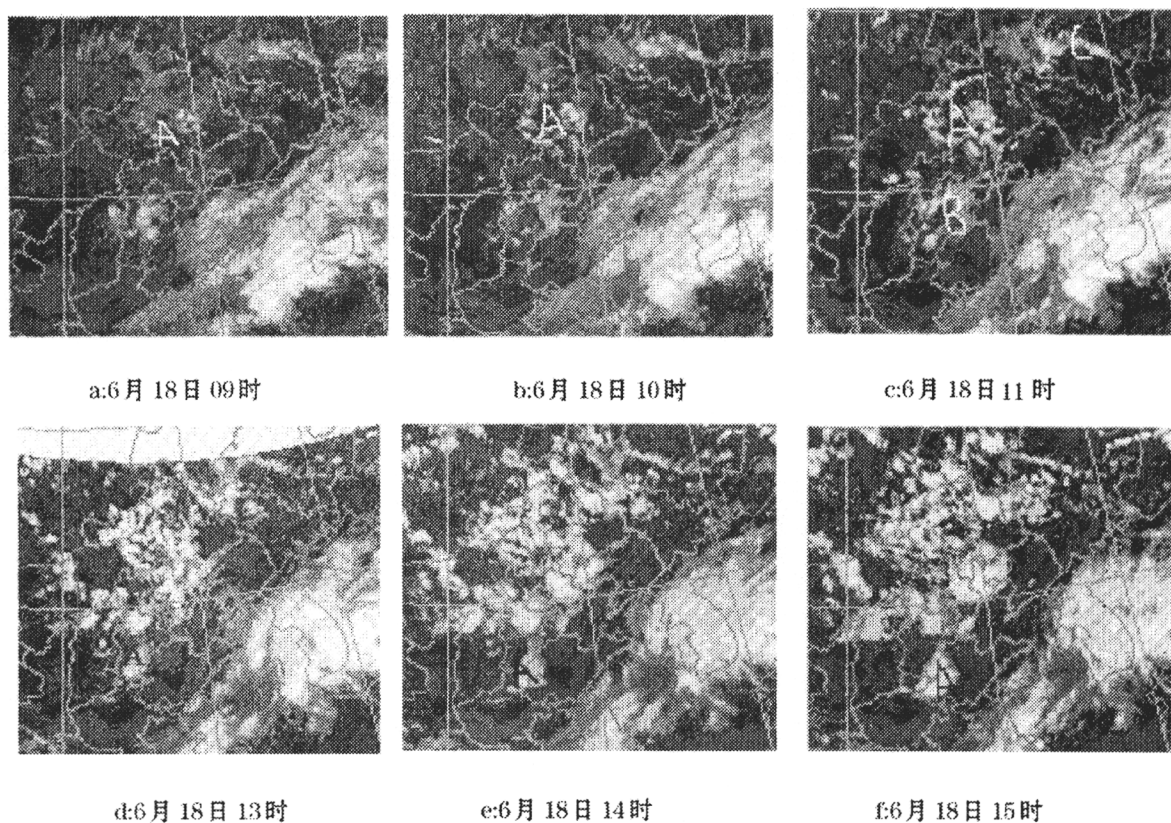


图1 6月18日红外云图

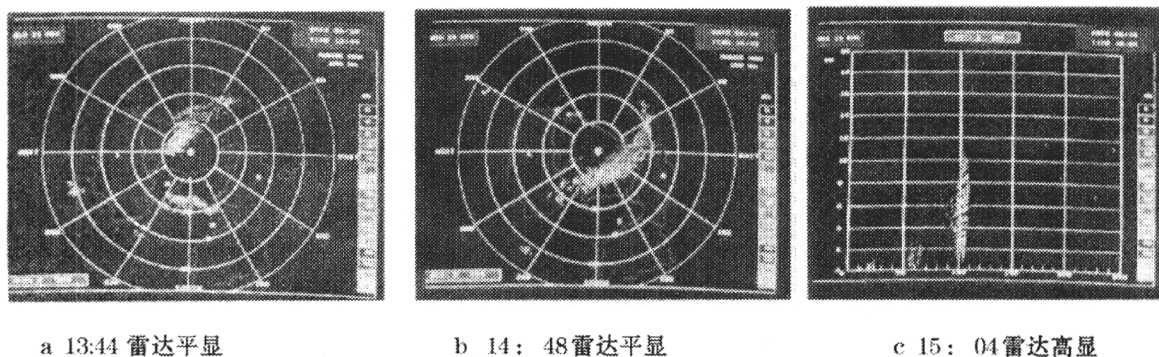


图2 6月18日雷达回波演变图

4 物理量诊断分析

4.1 K 指数

K 指数是综合垂直温度梯度、低层水汽含量和湿层厚度的一个气团属性量。分析发

现:16日08时,本区K指数为16~20℃内。其后一直增大,至18日08时增大为32~36℃之间(图略)。这表明大气此时处于潮湿不稳定状态,为强对流天气提供了不稳定能量。

4.2 垂直速度

为了更好地了解本区上空垂直运动的变化,制作了 6 月 18 日 08 时 104°E 、 44°N 、 40°N 、 36°N 、 32°N 4 张垂直速度(ω)的纬向分布剖面图。分析发现:低涡的西侧为明显的上升区,东侧为下沉区,且西侧的上升区在低涡的南压过程中加强, 36°N 处低涡系统的物理量分布不对称最为明显。这说明低涡在南压到 36°N 附近时其西侧上升运动最强烈(图 3)。

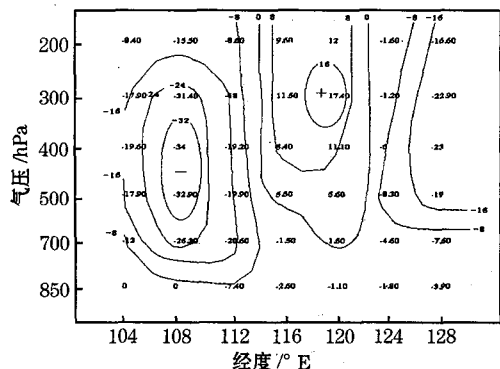


图3 2001年6月18日08时36°N垂直速度 ω (单位: $10^{-4} \times \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)剖面图

4.3 涡度平流与假相当位温

17日20时,在300hPa涡度平流场上,本区处于上空为正涡度平流, $20 \times 10^{-10} \text{ s}^{-2}$ 的中心位于本区偏西方向;18日08时,涡度平流闭合中心向东移动, $10 \times 10^{-10} \text{ s}^{-2}$ 等值线正好经过本区上空。这说明在高空低涡西南侧槽前脊后有正的涡度平流能强迫该区上空上升运动。

17日20时700hPa θ_{se} 等值线密集区在本区南部,但分布较平直。18日08时 θ_{se} 舌状高值区由四川经湖北伸向河南省, θ_{se} 等值线密集区正好位于本区上空。由于低层大气中舌状高假相当位温的流入,使该地区形成位势不稳定层结。

强对流天气就发生在高空正涡度平流与低层能量锋区的重叠处(图4)。

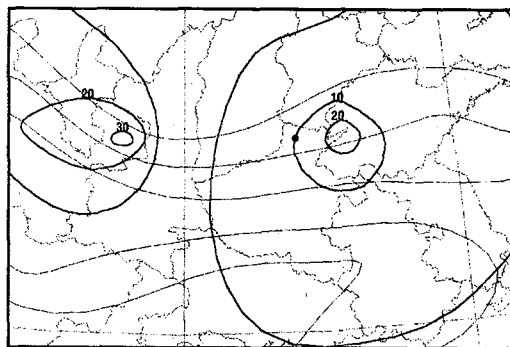


图4 2001年6月18日08时涡度平流
与假相当位温

粗线代表 300hPa 涡度平流(单位: s^{-2} ,量级: 10^{-10})

细线代表 700hPa 假相当位温(单位:℃,量级: 3×10^2)

黑点代表鹤壁站

5 结 语

(1)300hPa 高度层低涡南压打转过程中使其西侧的强冷平流南下影响豫北,低层大气中舌状高假相当位温的流入,使豫北形成强烈的不稳定层结,为强对流天气提供了充足的不稳定能量。

(2)300hPa 高空低涡西南侧槽前脊后的正涡度平流和郑州、邢台之间的西南风速切变,增强了豫北地区大气的上升运动,为强对流天气提供了充足的对流冲击力。

(3)在天气图间隔时效内利用逐时红外云图的云型特征可追踪天气图无法体现的天气尺度、中尺度系统的生成和演变,其连续性、直接性、预报性无疑比天气图外推更接近预报时段。

(4) 雷达发现本地上空有孤立对流单体发展,且本区上游有强对流回波快速南压时,应注意它们合并后强度加强。

参考文献

- 1 林毅,刘爱鸣.高空低涡及其引发强降水的分析.天气预报技术文集,2001.
- 2 陈渭民,夏浣清,陈光宇.卫星气象学.北京:气象出版社,1993.
- 3 张培昌等.雷达气象学.北京:气象出版社,1988.

Analysis of a Squall Weather Process over Northern Henan

Wang Jun Zhou Guanghui Du Binhe Sun Riding Xing Yongshu Lu Ami

(Hebi Meteorological Office, Henan Province 458000)

Sun Yuqiao

(Anyang Meteorological Office, Henan Province)

Abstract

Based on the infrared images and conventional data, a squall weather process on 18, June 2001 is diagnosed. The results show that since a longitudinal Inner Mongolia low vortex turned into latitudinal pattern in the eastward and southward process, a severe northerly cold flow went down to the northern Henan Province, and then, the air was getting more instable. In the lower layer, because the inflow of a tongue of potential pseudo-equivalent temperature made air warmer and wetter, a potential instability stratification was formed. The positive vorticity advection in the southwest of the low vortex in the upper layer and wind shear between Zhengzhou, Henan Province and Xingtai, Hebei Province provided the dynamical conditions for the occurrence of severe convective weather.

Key Words: Inner Mongolia Vortex infrared images squall diagnose