

2013年夏季驻马店市一次强对流天气过程分析

曾培培^{1,2}, 孙菀², 王静², 边煜¹ (1. 解放军理工大学, 江苏南京 211101; 2. 河南省驻马店市气象局, 河南驻马店 463000)

摘要 利用天气图分析方法, 通过 MICAPS、自动站资料和多普勒雷达资料, 对 2013 年 8 月 1 日驻马店的强天气过程进行分析。结果表明: 该次强降水过程是在低槽东移、副高边缘的形势下, 由中低层切变线、低空急流、地面横切、地面风场切变共同作用影响。强对流天气发生时段低层水汽辐合跃增, 配合, 在强对流区上空建立深厚的湿层。过程前期处在副高边缘, 这为强降水的发生积聚了大量不稳定的能量。同时大的 CAPE 值和 K 指数, 也体现出较强的不稳定性。

关键词 强对流; 不稳定能量; 副高; 辐合

中图分类号 S165 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)17-207-06

Analysis of a Strong Convective Weather Process in Zhumadian in the Summer of 2013

ZENG Pei-pei^{1,2}, SUN Wan², WANG Jing² et al (1. College of Meteorology and Oceanography, PLA University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 211101; 2. Zhumadian Meteorological Bureau, Zhumadian, Henan 463000)

Abstract According to the method of weather map analysis, the strong convective weather process on August 1, 2013 was analyzed by using MICAPS, automatic station data and doppler radar data. It was found that the strong process was influenced by the lower shear line, the low level jet, the ground transverse shear line and the ground wind shear under the situation of low trough eastward located in the edge of subtropical anticyclone. Lower water vapor convergence increased abruptly when the strong convective weather occurred, resulting deep layers of wet over the strong convection zone. It was at the edge of subtropical high in the early stage of the process, which accumulated a lot of unstable energy for the heavy rain. In addition, big CAPE value and index K also reflected the strong instability.

Key words Strong convective; Unstable energy; Subtropical anticyclone; Convergence

强对流天气往往是在有利的大尺度天气背景下, 由中小尺度系统直接产生的^[1]。中小尺度天气系统时间周期短, 发展快, 破坏性强, 所以对民生影响最大。因此, 对强天气的分析一直以来是气象工作者研究的重点。张腾飞等^[2]通过对云南一次强对流冰雹天气过程的研究表明, 大气的强烈的不稳定性是由高层辐散流场和低层辐合流场的配置形成的。李江波等^[3]对 19 次华北冷涡的降雹过程分析表明雷达回波上降大冰雹的回波特征。孙继松等^[4]针对强对流天气的发生机理及物理量作出了深层次的机理分析。这些研究有利于探明强对流天气的深层形成原因、物理量场的配置以及强对流天气的发展规律。但通过雷达资料深层次解释强天气中尺度对流性的研究相对较少, 而这些对于日常预报业务来讲非常重要。

驻马店市(114°E, 33°N)位于河南省南部, 地处淮河流域, 年平均降水量 860~980 mm。该市地处亚热带与暖温带的过渡地带, 具有亚热带与暖温带的双重气候特征, 是典型的大陆性季风型半湿润气候, 光、热、水资源丰富, 四季分明。夏季炎热多雨, 多吹偏南风; 冬季寒冷、干燥, 以偏北风为主。由于受局地气候的影响, 确山、遂平 2 县的西部和泌阳县东部浅山丘陵区, 多发山洪和暴雨。东部平坦低洼, 降水集中, 易发生洪涝。

2013 年 8 月 1 日下午到傍晚, 南阳到驻马店一带部分地区发生强对流天气, 出现雷雨大风, 部分地区出现冰雹。这次强对流过程是在副高边缘, 在低槽东移的形势下, 由中低层切变线, 配合西南风风速带还有副高外围水汽形成的。河南汛期的暴雨多是由这些因素综合形成的^[5]。高低空配置良好, 水汽条件、动力条件充足。另外, 此次过程在中小尺度

系统上也有体现, 雷达回波 PPI 图上, 基本反射率很高, 径向速度有大值区且有风向的辐合, 风廓线图上能看出风速的垂直切变。除此以外, 物理量场能量很高, 表现出很强的对流不稳定性。

1 天气过程实况

2013 年 8 月 1 日 18:00 驻马店市出现了雷雨大风等强对流天气。8 月 1 日上午以晴为主, 13:00 开始积雨云从南阳生成并迅速发展快速东移, 8 月 1 日下午到夜里驻马店出现一次局地冰雹、大风、强降水等强对流天气, 其中泌阳县出现局地冰雹, 降水达到暴雨量级, 有 2 个县出现灾情。8 月 1 日 16:00, 由于受到强对流天气影响, 泌阳县双庙街乡贾洼村、武岗村、枣庄村、双庙街村、贾庄村、蔡庄村、一张村等 7 个村受冰雹袭击, 造成 233 hm² 烟叶受灾、1 433 hm² 玉米倒伏, 600 多颗树木折断, 3 家企业共 20 间厂房受损, 其中农作物绝收 200 hm²。直接经济损失: 农业 773 万元, 厂房 10 万元, 树木 3 万元。8 月 1 日 18:00~21:00, 确山县自西向东发生雷雨大风天气, 最大风力为 9 级, 降水量 18.4 mm, 伴随发生雷电灾害, 局部发生龙卷风。京港澳高速公路正阳县收费站的大棚被掀翻, 正阳县气象局西南面 107 国道对面老臧庄的一座活动板房被掀翻。全县多处断电, 变压器损坏 2 部。

2 天气学分析

2.1 环流形势场(图 1) 500 hPa 环流场是整个高空形势场的大环境。由图 1-a 可以看出, 在 2013 年 8 月 1 日 8:00 高空有槽, 位于山陕交界处、陕西南部到四川东北部。河南省处在高空槽线之前, 驻马店市处在槽线之前。这种高空形势场为对流天气的产生提供了良好的环流条件。另外, 驻马店市处在副高边缘, 副高边缘的不稳定能量比较高, 这为强降水的发生积聚了大量不稳定能量以及良好的热力条件。除此以外, 在温度场上, 在河南北部有冷中心, 该冷中心从高层

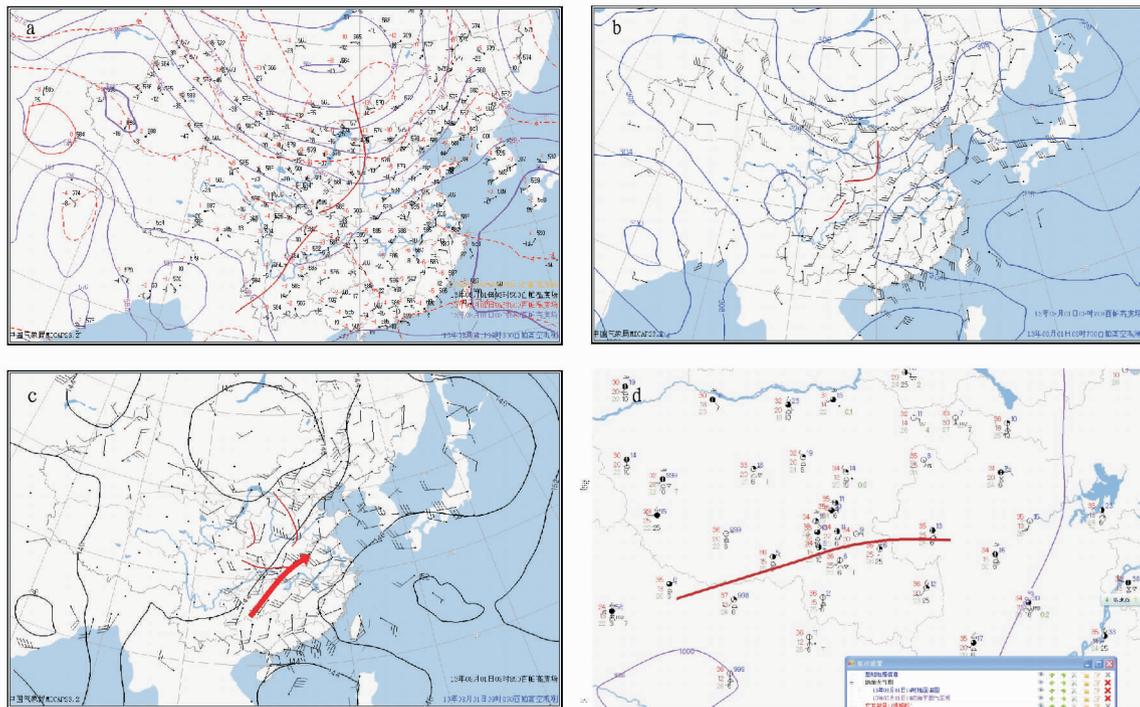
作者简介 曾培培(1990-), 女, 河南周口人, 助理工程师, 在读硕士生, 从事大气探测理论与技术研究。

收稿日期 2016-05-11

到低层贯穿,辐合系统深厚,移动缓慢。由图1-b可见,在2013年8月1日8:00 700 hPa上在山陕交界处东侧有一个槽线,对应于500 hPa槽线下方,整个河南省处于槽线之前。由700 hPa风场可看出,河南省高空西南风非常明显,驻马店市上空由西南风控制。这可以将水汽从孟加拉湾输送过来,为强降水的发生提供了良好的水汽供应。这不仅具有良好的动力抬升作用,而且西南风也为河南提供了良好的水汽。

由图1-c可见,山西中部延伸到河南北部有1个冷切,陕西中部有1个冷切,四川东部到湖北西部有1个暖切,驻

马店市处在这3个切变线的前侧,动力抬升作用非常明显。另外,从风场可以看出,该市以南存在1个西南风的急流带,这为驻马店市的降水提供了良好的水汽条件。图1-d为8月1日14:00地面综合观测图。由图1-d可见,河南处在均压场中,在风场上,从南阳到驻马店市有1个横向切变线,是西南风与偏东风的切变线,在地面图上,对流天气特征也比较明显。除此以外,欧洲中心EC1日14:00预报初始场200 hPa高空风场图显示,河南南部处在高空风场的方向汇集出口处。



注:a、b、c分别为8:00 500、700、850 hPa风场和气压场的叠加;d为14:00地面综合观测。

Note: a, b and c were the overlay charts of 500, 700 and 850 hPa wind fields and pressure fields on 08:00, respectively; d. Ground synthetic observation on 14:00.

图1 2013年8月1日高空和地面形势

Fig.1 The upper air and the ground situation on August 1, 2013

2.2 风场 地面风场可以反映比较细微的辐合特征,对于局地对流天气具有良好的指示意义。由图2可看出,辐合的发生以及移动,最开始是南阳有强辐合(图2-a),后辐合移动到泌阳一带(图2-b),风场辐合向东移(图2-c),最后辐合移动到驻马店确山附近(图2-d),且西北风速较大,东侧偏东风速很小。说明地面风场的辐合特征是从西向东的移动过程,且之后的辐合逐渐减弱。这个过程跟雷暴的移动方向是一致的。

2.3 T-lnP图 T-lnP图对于强天气的分析具有良好的指示意义,一般K指数大于35℃,层结就相当不稳定。由表1可见,南阳和阜阳的K指数均大于35℃,说明南阳和阜阳均具有极强的不稳定性,同时南阳的K指数大于阜阳,说明西部的不稳定性强于东部。对于SI,当SI指数<0时,层结不稳定,且负值越大,不稳定程度越大;反之,则表示气层是稳定的。根据国外资料,SI与对流性天气的关系,SI>3,发

生雷暴的可能性很小或没有;0<SI<3,有发生阵雨的可能性;-3<SI<0,有发生雷暴的可能性;-6<SI<-3,有发生强雷暴的可能性;SI<-6,有发生严重对流天气的危险。由表1可看到,南阳探空图表明有发生严重对流的危险,阜阳探空站点有发生雷暴的可能性,驻马店处在这2个探空站点之间,说明有发生雷暴的可能性,并且因为南阳SI明显小

表1 2013年8月1日8:00南阳和阜阳探空站点物理量

Table 1 Physical quantity of sounding stations in Nanyang and Fuyang on 8:00 of August 1, 2013

探空站点 Sounding station	K指数 (K index) ℃	沙氏指数 Showalter index (SI)	湿对流有效位能 Effective potential of moist convection (CAPE)
南阳 Nanyang	41	-6.41	2 703.4
阜阳 Fuyang	40	-1.66	1 695.2

于阜阳,说明西部具有很大的发生强雷暴的可能性。由两地的对流有效位能 (Convective Available Potential Energy, CAPE)可以看出,南阳和阜阳的 CAPE 值均很大,驻马店处

在两地之间,说明驻马店的湿对流有效位能也很大,又由于南阳的 CAPE 值大于阜阳,说明西部的湿对流有效位能更大,西部发生强对流的可能性更大。由图3可以看到,南阳

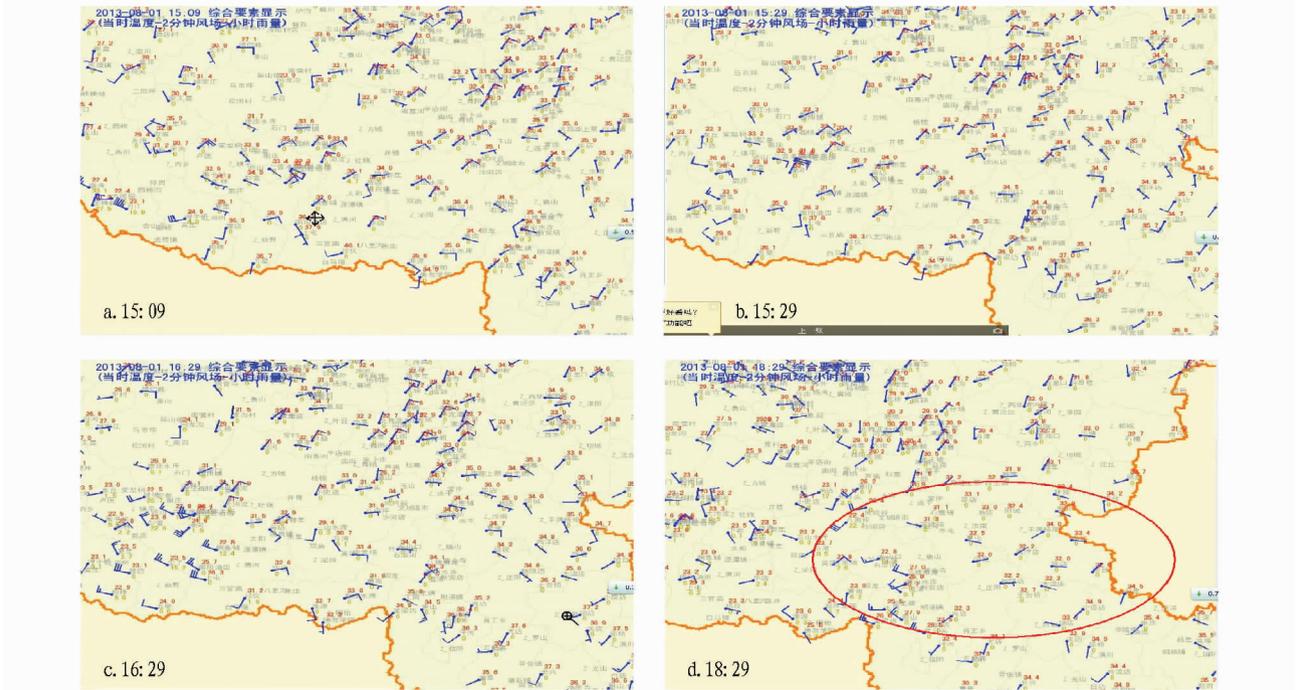
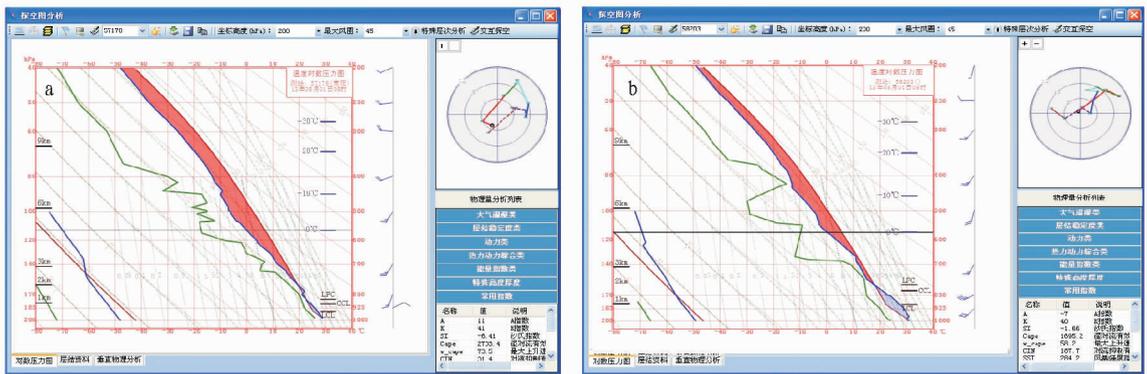


图2 2013年8月1日不同时间四要素风场

Fig. 2 Wind field of four elements in different times on August 1, 2013



注:a. 南阳探空站点;b. 阜阳探空站点。

Note: a. Nanyang sounding station; b. Fuyang sounding station.

图3 2013年8月1日8:00 南阳和阜阳探空站点 T-lnP 图

Fig. 3 Sounding station T-logP in Nanyang and Fuyang on 8:00 of August 1, 2013

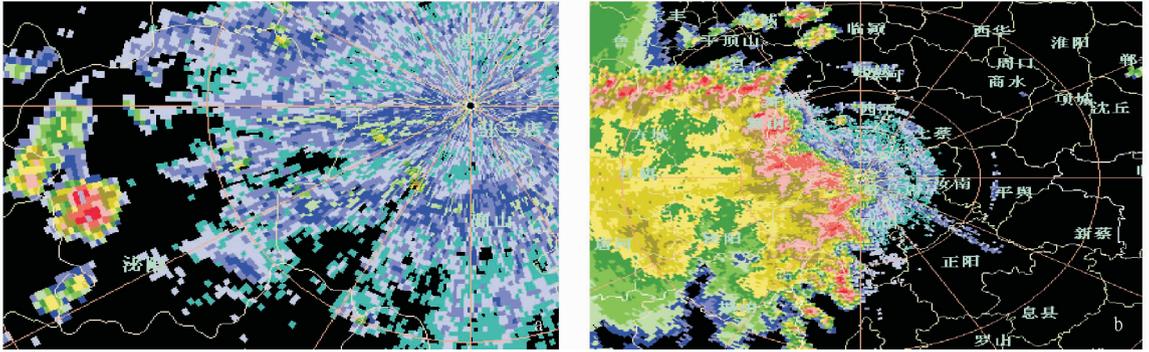
探空站点低层温度露点差较小,是湿层。

另外,0℃层高度(H_0)和-20℃层高度(H_{-20})是表征积雨云内部结构的特征高度。两层间的高度差能够反映 H_0 与 H_{-20} 这一气层的稳定度的大小^[6]。图3-a显示的南阳0℃层高度,大概在5 km附近,-20℃高度层在接近9 km附近,说明0和-20℃高度层很低,对形成冰雹很有利。由图3-a可以看到,南阳探空站点“上干冷、下暖湿”,也有利于雹区的不稳定层结的形成与维持^[7]。综合图3-a、b各项指数来看,该过程西部明显强于东部,并且是由西部到东部逐渐减弱。

3 多普勒雷达产品分析

驻马店本点的雷达是SB单偏振多普勒雷达,海拔189.1 m,S波段,经纬度为114°E,33°E。自2010年12月投入使用以来,运行良好,它对于降水、雷暴、大风等天气的监测、预警意义重大,对于强天气的分析作用很大。

3.1 基本反射率特征 2013年8月1日13:00开始驻马店市西部南阳境内有零散的对流性回波出现,回波边缘清晰,块状结构明显。图4-a为距测站西部70 km处泌阳县,15:26仰角为1.5°的雷达PPI图。由图4-a可见,有强对流性回波出现,面积小,强度大,属于局地强对流天气,强中心

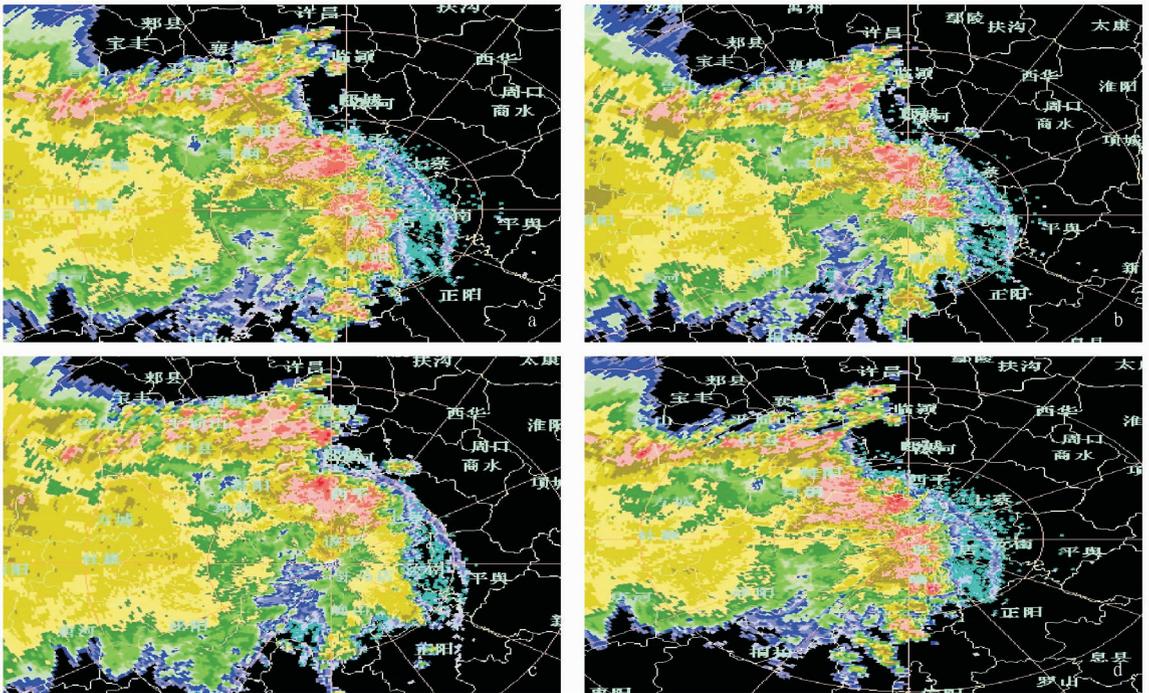


注:a. 15:26 1.5°仰角基本反射率因子;b. 18:27 2.4°仰角基本反射率因子。

Note: Base reflectivity factor on 15:26 with 1.5° elevation; b. Base reflectivity factor on 18:27 with 2.4° elevation.

图4 多普勒雷达基本反射率因子

Fig. 4 Base reflectivity factors of Doppler radar



注:a. 18:39;b. 18:45;c. 18:51;d. 18:57。

Note: a. 18:39; b. 18:45; c. 18:51; d. 18:57.

图5 不同时段2.4°仰角基本反射率因子

Fig. 5 Fig. 4 Base reflectivity factors of 2.4° elevation in different periods

达到60 dBz,对流高度最高14 km;后来雷达回波逐渐增强,面积增大,东移,强回波呈带状。图4-b是18:27 2.4°仰角基本反射率因子,显示的是强回波移动到南阳境内,回波不断发展并东移,与驻马店市生成的局地对流性回波合并加强,造成面积较大的雷雨大风。由图5可看出,回波强度高于45 dBz的回波呈“人”字形并向东北移动。这与降水的区域分布一致,与天气图的系统移动方向也对应。

3.2 径向速度特征 图6是多普勒雷达的径向速度图,是8月1日15:26 2.4°仰角速度图。由色调可以判断风速风向。由图6可见,低层是暖色调,说明是风向离开雷达,高层是冷色调,风向朝着雷达,表明这里有明显的风速切变。此时驻马店市区正有雷雨大风,这对于强对流天气有很好的说

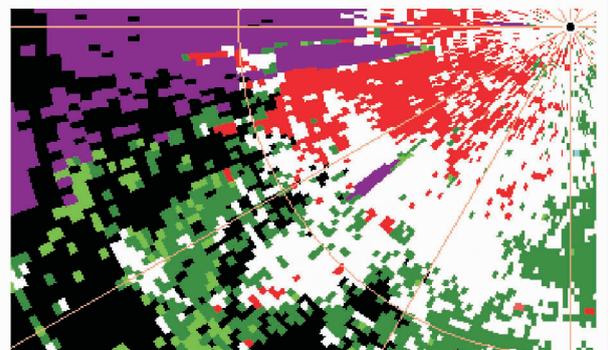


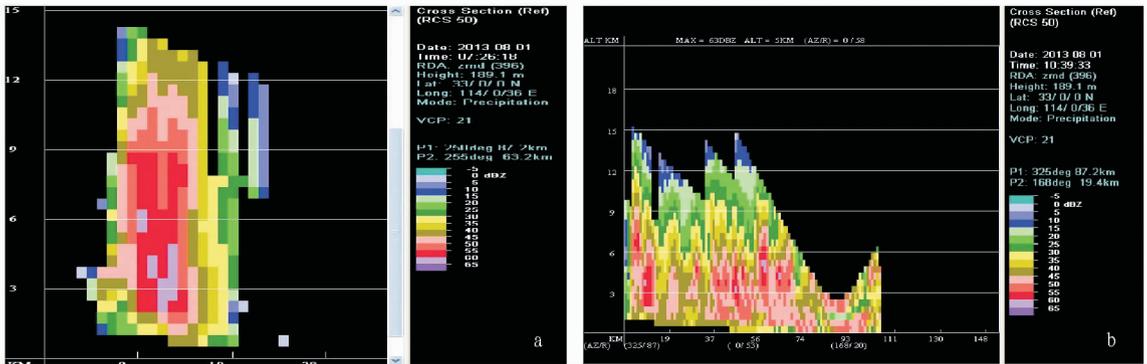
图6 2013年8月1日15:26 2.4°仰角速度

Fig. 6 Hodograph of 2.4° elevation on 15:26 of August 1, 2013

明。除此以外可观察到风速的大值区,最大负速度入流 Max 为 -26 m/s ,最大正速度出流 Max 为 23 m/s ,而且入流绝对值远大于出流绝对值,表明测站附近为气流辐合。这与天气综合图对应,与强对流天气特征符合。

3.3 反射垂直剖面特征 雷达反射率剖面图能够反映降水系统内部的结构,能够看到系统内部回波的状况。从图 7 - a

分析看出,回波强中心强度达到 63 dBz ,高于 45 dBz 的回波柱贯穿到对流云顶,回波顶最高高度达到 14 km ,延伸较高,非常利于冰雹的产生。从图 7 - b 可以看出,反射率最高高度达到 15 km ,最强中心达到 63 dBz ,强回波中心高度在 5 km 。说明此时对流活动还在继续,雷雨大风天气持续。



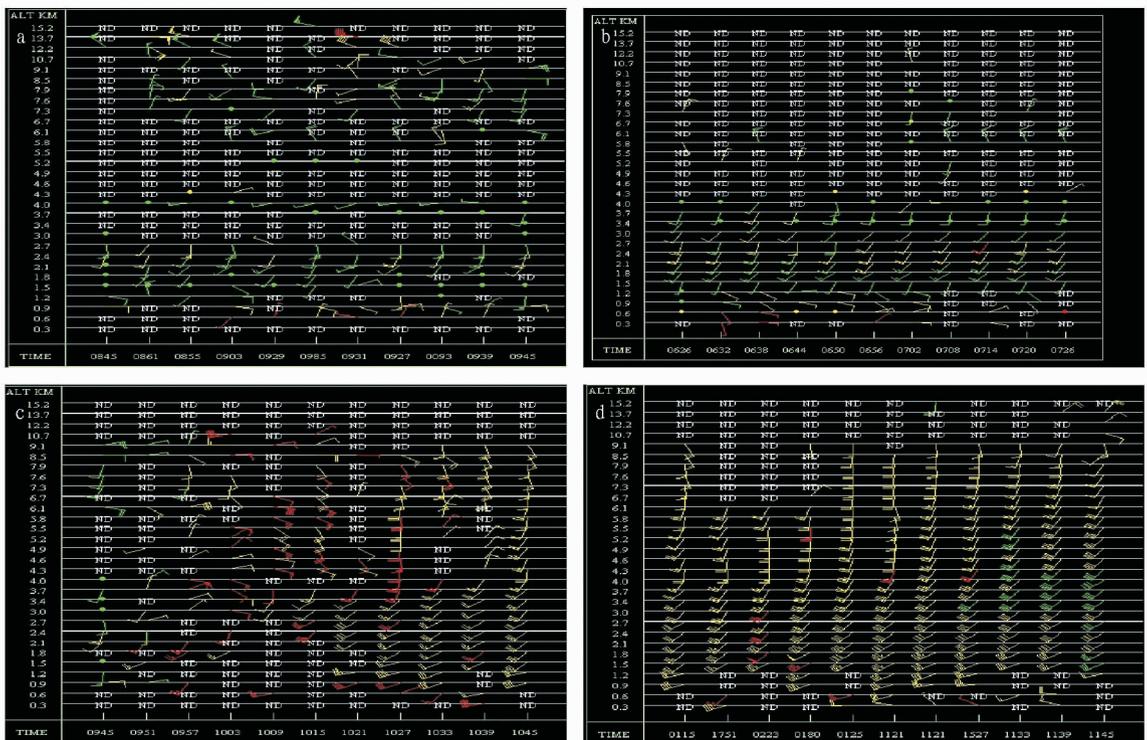
注:a. 15:26;b. 18:39。
Note:a. 15:26;b. 18:39.

图 7 2013 年 8 月 1 日不同时间 1.5° 仰角反射率剖面

Fig. 7 Reflectivity profile map of 1.5° elevation in different periods of August 1, 2013

3.4 风廓线特征 风廓线图能够很好地指示过程中风的变化,反映中小尺度系统。图 8 是驻马店点选取的 4 个时间序列的风廓线雷达图。由图 8 - a 看到, 1.2 km 以下为一致的偏东风, 1.2 km 以上为偏南风,风随高度顺转,表示此处有风向的辐合。由图 8 - b 看出, 1 日 16:45 出现极大风速 21.6

m/s ,高度 12.2 km 以上,并伴有明显的风切变,说明此处存在中气旋。图 8 - c,底层逐渐出现西南急流,最大风速 16 m/s 。19:21,如图 8 - d,风速逐渐减小,过程结束,选取的 4 个时次的多普勒风廓线图反映了此次降水过程的 4 个阶段,对于强天气的“发生—发展—成熟—消亡”有很好的指示意义。



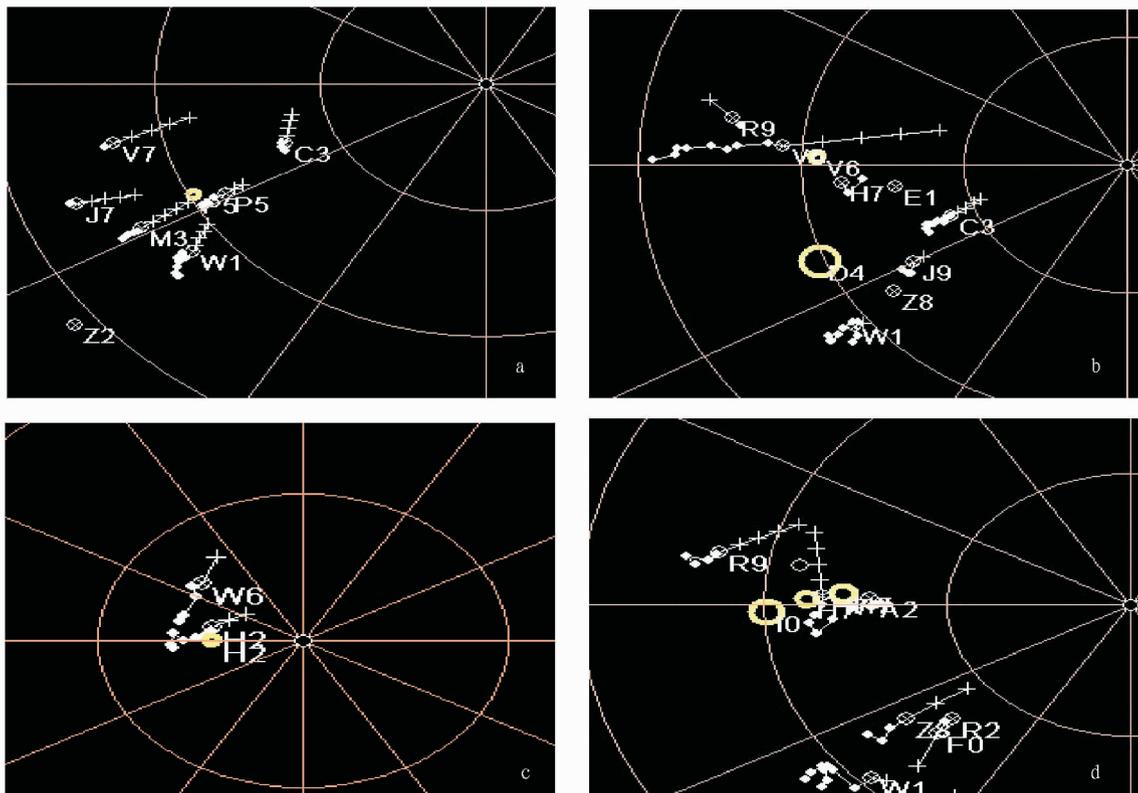
注:a. 15:26;b. 16:45 ~ 17:45; c. 17:45 ~ 19:20;d. 19:21。
Note:a. 15:26;b. 16:45 ~ 17:45;c. 17:45 ~ 19:20;d. 19:21.

图 8 2013 年 8 月 1 日驻马店点不同时间序列风廓线

Fig. 8 VAD wind profile of different time series in Zhumadian on August 1, 2013

3.5 中尺度气旋与风暴追踪信息迭加特征 中尺度气旋与风暴追踪信息迭加图是雷达的一个产品,它是基于风暴的移动方向和速度,进行推算得到下一个时次风暴位置的一个产品。图9是1日16:26~18:21风暴追踪信息与中尺度气旋

产品迭加。从图9可看出,强回波区内有中气旋,并不断发生发展。风暴的预报路径与实际路径基本吻合。但目前风暴追踪图准确度普遍意义上不高,所以在使用时要注意辨识其真实性。



注:a. 16:26;b. 17:03;c. 17:21;d. 18:21。

Note:a. 16:26;b. 17:03;c. 17:21;d. 18:21.

图9 风暴追踪信息与中尺度气旋产品迭加

Fig. 9 The storm tracking information and mesoscale cyclone product superposition

4 总结

(1)这次雷雨大风降雹天气在大尺度、中小尺度都有体现。天气尺度的天气综合图是整个天气过程的大环境,它为中小尺度系统提供了大环境。中小尺度能够反映局地情况。本次过程是在处在副高外围的大环境中,高空中高层有槽系统配置,由低槽和副高相互作用下产生的强降水,这种形势产生的强天气许多专家通过分析已经得出了有意义的结论^[8]。

(2)对于强天气系统的能量,TlogP 探空资料图能够很好地展示出来,发展,移向能很好的展示出来,能很好地反映大尺度系统下的中小系统,能够解释局地强对流天气现象。

(3)雷达反射率剖面图以及各类产品图对于强对流天气的系统内结构分析意义重大。通过分析 PPI 图、垂直剖面图、风廓线图,以及风暴追踪信息与中尺度气旋产品迭加图,

对中下尺度天气的出现,发展,移向能很好的展示出来,能很好地反映大尺度系统下的中小系统,能够解释局地强对流天气现象。

参考文献

- [1] 张小玲,张涛,刘鑫华,等. 中尺度天气的高空地面综合图分析[J]. 气象,2010(7):143-150.
- [2] 张腾飞,段旭,鲁亚斌,等. 云南一次强对流冰雹过程的环流及雷达回波特征分析[J]. 高原气象,2006(3):531-538.
- [3] 李江波,王宗敏,王福侠,等. 华北冷涡连续降雹的特征与预报[J]. 高原气象,2011(4):1119-1131.
- [4] 孙继松,陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J]. 气象,2012(2):164-173.
- [5] 侯春梅,陈忠民,康雯瑛,等. 河南汛期暴雨时空分布特征及成因分析[J]. 气象与环境科学,2008,3(2):39-42.
- [6] 魏慧娟,方向明,贾文秀. 驻马店一次冰雹天气过程的诊断分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(31):19453-19456.
- [7] 王健治. 厦门2002-12-18冰雹天气成因分析[J]. 河南气象,2005(3):14-15.
- [8] 靳冰凌,王辛方,孙仲毅,等. 2009年8月17日河南北部区域性暴雨诊断分析[J]. 气象与环境科学,2008,31(3):54-60.