

《新一代天气雷达灾害性天气警报 和临近预报系统》应用

牛淑贞¹ 潘新民² 杨洪平³ 范学锋⁴

(1. 河南省气象台, 郑州, 450003; 2. 河南省大气探测中心;
3. 中国气象局大气探测技术中心; 4. 河南省气象局)

提 要: 主要介绍河南省气象台 2007 年引进中国气象科学研究院研制的《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》的结构和产品, 本地化参数设置和资料传输处理, 以及在 2007 年汛期的业务使用情况。该系统充分利用新一代天气雷达基数据, 除了可以显示常用产品外, 还生成“逆风区识别”、“中气旋识别”、“暴雨回波识别”、“飚线识别”、“风暴识别”、“强冰雹识别”以及 1 到 3 小时“降水临近预报”、“回波外推预报”和“雷达雨量计联合估测降水”、“定量估测降水集成”等一系列业务应用产品, 在强对流天气监测与预警中具有明显的指导和预警作用, 是实际业务工作中不可缺少的工具之一。

关键词: 灾害性天气预警系统 冰雹识别 暴雨识别 降水临近预报

Application of “The System on Disaster Weather Warning and Nowcasting by New Generation Weather Radar”

Niu Shuzhen¹ Pan Xinmin² Yang Hongping³ Fan Xuefeng⁴

(1. Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003; 2. Henan Atmospheric Detection Center;
3. Meteorological Observation Center, CMA; 4. Henan Meteorological Bureau)

Abstract: The paper introduced the structure and production, localization parameter setting, transporting processing of data and services of the system on disaster weather warning and nowcasting by new generation weather radar in the flood season of 2007. The system was developed by Chinese Academy of Meteorological Sciences and introduced by Henan Meteorological Observatory in 2007, which could not only display the commonly used production but also create a series of services production such as identification of reverse wind region,

资助项目: 河南省气象局《河南省强对流风暴演变预报技术研究》Z200604 研究项目资助。

收稿日期: 2008 年 4 月 3 日; 修定稿日期: 2009 年 2 月 23 日

meso-cyclone, rainstorm echoes, squall line, storm and heavy hail, nowcasting of precipitation from 1 to 3 hours, extrapolation forecast of echoes, area rainfall using radar-raingauge and the consensus of estimating rainfall by fully using the base data of the new generation weather radar. Therefore, it has obvious guiding and warning function in monitoring and early warning the severe convection weather and is one of the indispensable tools in our practical operations.

Key Words: system of disaster weather warning hail identification rainstorm identification nowcasting of precipitation

引 言

新一代天气雷达不但能够探测降水和云体的回波结构,而且还可以探测降水云体内风场结构,在灾害性天气的监测和预警方面具有其他探测手段不可替代的优势,同时在大范围定量估测降水、获取降水和降水云体的风场结构方面也有其独到之处。随着全国新一代天气雷达逐渐投入业务应用,各地都在开发利用新一代天气雷达资料进行灾害性天气监测和预警系统,如安徽省气象台利用新一代雷达开发定量估测淮河流域面雨量和强对流天气预警系统;武汉气象区域中心开发的《长江中游短时天气预警报业务系统(MYNOS)》;北京奥运项目引进了美国 NCAR 的 Auto-Nowcast 系统,开展本地化研究与开发;周海光等研发了基于新一代多普勒天气雷达原始数据的三维组网数字化拼图软件系统^[1],廖玉芳等建立了基于单多普勒天气雷达产品的强对流天气预报预警方法等^[2]。这些系统各有所长,使新一代天气雷达在气象预报预警业务中得到了充分应用。中国气象科学研究院张沛源等人研制的《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》(简称灾害性天气预警系统),是以新一代天气雷达探测资料为基本数据,利用反演出的大气风场,提取各种回波特征参数及计算各种相关物理量,并根据已有的研究结果和已有的识别模式^[3-6],识别大风、冰雹和暴雨灾害性天气,制作大风、冰雹和暴雨的 0~2

小时的预报和发布灾害性天气警报^[7-8]。2007 年初,河南省气象台引进了灾害性天气预警系统,并对该系统进行了本地化参数设置和资料处理,2007 年汛期对该系统进行了业务试运行,该系统具有独特的业务使用价值,特别是一些产品如“逆风区识别”、“暴雨回波识别”、“冰雹识别”、以及 1 到 3 小时“降水临近预报”等产品。本文选取 2007 年河南省具有代表性的三次灾害性天气过程进行分析,以检验该系统的业务使用价值,为今后更好的使用该系统提供依据。

1 系统和软件结构

灾害性天气预警系统包括灾害性天气自动识别和灾害性天气临近预报两部分。系统软件由雷达原始数据实时监测程序(RDA-WATCH)、灾害性天气自动识别预警软件(SWSFPROC)和灾害性天气预警产品显示软件(SWSFAPP)三部分组成。

RDAWATCH 监视新一代天气雷达系统是否产生新的原始数据文件;SWSFPROC 自动读取雷达原始数据,提取回波参数、识别灾害性天气和制作临近预报等功能;SWSFAPP 为人机交互的灾害性天气预警和临近预报软件,显示雷达监测数据和灾害性天气预警产品,包括显示参数设置、雷达监测信息显示、回波参数显示、风场信息显示、自动识别预警产品显示和降水监测预报产品显示等。产品显示时,具有雷达底图的叠加、图像放大漫游、数据切换/翻页以及图像保存功

能。系统结构见图1,软件中的数据流程见图2。

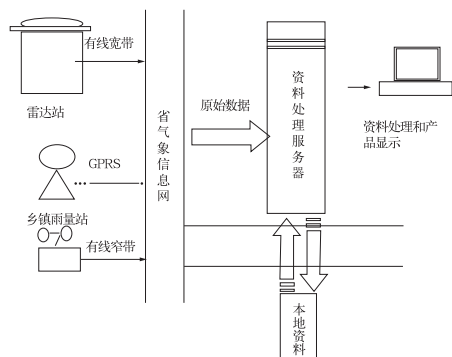


图1 《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》系统结构图

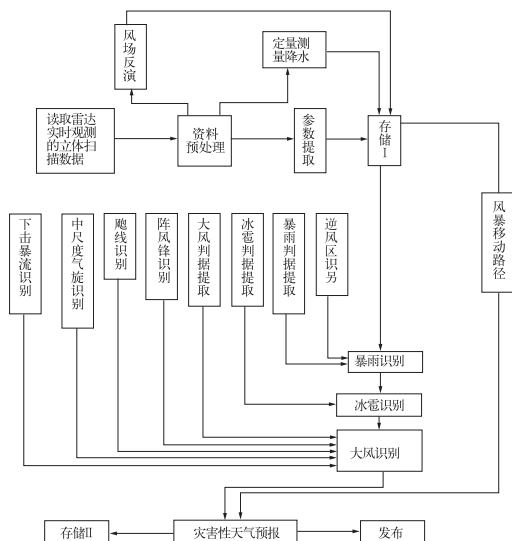


图2 《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》立体扫描数据流程

灾害性天气预警系统具有丰富的数据产品,包括回波参数、自动识别和预警预报等产品。目前在业务中主要使用的产品是:逆风区识别、暴雨回波识别、冰雹识别、龙卷识别、雷达探测大风、降水临近预报等。

2 灾害性天气预警系统在2007年业务中应用情况

灾害性天气预警系统在2007年进行了

业务试用,效果良好,9次区域暴雨过程中有7次出现逆风区,逆风区一般出现在暴雨前0~2小时内,与暴雨对应准确率在77.78%,但其中也有个别的逆风区出现在暴雨回波的后面,特别是短时强降水即短时暴雨发生后偶尔有逆风区出现,占暴雨过程的11.11%;冰雹识别产品相对CNINA-SA雷达虚警率大大降低,在2007年2次冰雹过程该系统均识别出来;龙卷识别在业务应用中预警时间较短,在业务中没有详细统计,此方面有待进一步检验;短时暴雨识别主要是建立在所采集到的大量雷达回波资料进行统计分析的基础上,选取回波参数,计算它们与暴雨相关关系,同时考虑暴雨发生的天气背景,根据逐步回归方法,建立暴雨识别方程,所以此产品在业务中比较实用,预警时效0~2个小时,可以提醒值班员注意,此块回波会产生暴雨,效果比较显著,这在后面的例子中可以看到,该产品是CNINA-SA雷达所没有的。

3 2007年灾害性天气预警系统业务应用典型案例

3.1 2007年5月15雷雨大风伴局地冰雹过程

3.1.1 过程实况

受西风带短波槽影响,2007年5月15日安阳、濮阳和鹤壁三地区出现了强对流天气,16时56分到17时06分,清丰、南乐两县出现雷雨大风天气,两地瞬时大风分别达 $21\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $17.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,另在鹤壁老城区则出现了小冰雹和雷雨大风天气。

3.1.2 形成冰雹雷雨大风的雷达回波特点

此次过程在新一代雷达回波反射率因子图上表现为45dBz左右的对流回波短带从山西境内快速向河南省的安阳、鹤壁地区移动,由于移动较快,此次过程雨量不大,但出现了冰雹雷雨大风等强对流灾害性天气。分析鹤

壁冰雹的反射率因子图可以看出(图 3, 见彩页), 14:30 短带回波的前沿鹤壁有 30dBz 的弱回波生成, 15:00 发展并和后面短带回波合并成“人”字形回波短带, 回波强中心 63dBz 在鹤壁北部, 强中心前沿有明显入流缺口, 表明此处上升气流很强, 有利冰雹形成; 15:06 回波强中心的后侧 ≥ 45 dBz 的回波有向前弯曲, 显示后侧有入流, 表明此处有强下沉气流, 导致地面出现大风; 15:18 回波带继续东南移, 强度达到最强 65dBz, 影响鹤壁。此后回波继续东南移, 其东北侧的回波发展加强, 造成濮阳地区雷雨大风天气。

3.1.3 灾害性天气预警系统识别情况

灾害性天气预警系统中“雷雨大风”项, 是显示低仰角距雷达 120km 范围内的雷达观测值超过 $17\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大风区域, 而鹤壁、安阳、濮阳三地区距离郑州雷达 126 ~ 182km, 所以此次过程由于距离超出范围无法显示。

对于灾害性天气预警系统中的“冰雹识别”项, 降雹单体核区标识“+”。分析此次过程可以发现, 13:50 强对流回波位于西北部山西、河北、河南三省交界处时, 其核区即出现冰雹标识“+”(图 4a, 见彩页), 表示此块对流回波为雹云回波; 15:13(图 4b, 见彩页)雹云回波已经逼近鹤壁, 且在鹤壁西北处出现了冰雹标识符“+”, 预示该处有降雹; 17:01(图 4c, 见彩页)雹云回波减弱。实况是鹤壁在 16 时前后出现冰雹。可见利用该产品可以自动识别冰雹云, 并根据其移向移速进行冰雹预报预警, 回波演变特征可以提前 0~1 小时预警, 具有一定使用价值。

3.1.4 灾害性天气预警系统预报情况

根据雷达回波演变及灾害性天气预警系统的冰雹自动识别产品, 13:50 和 15:30 分别通知安阳、鹤壁、濮阳三地区做好冰雹、雷雨大风预警信号发布和服务工作, 取得了很好的社会效益。可见, 此次根据雷达回波强

度及其演变规律, 通过应用灾害性天气预警系统中的冰雹自动识别产品, 成功制作并发布了这次冰雹、雷雨大风过程临近落区预报和临近预警。此次过程中灾害性天气预警系统对临近预警发挥重要作用。

3.2 2007 年 8 月 2 日郑州局地大暴雨过程

3.2.1 过程实况

受高空低槽和中低空切变线的影响, 8 月 2 日白天许昌以北和商丘地区普降中到大雨, 其中商丘、周口两地区东部暴雨、郑州大暴雨。过程雨量见图 5。

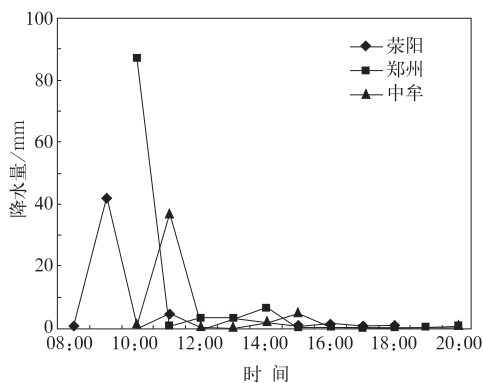


图 5 2007 年 8 月 2 日荥阳、郑州、中牟逐时雨量演变

2 日 08—14 时郑州市出现短时特大暴雨, 6 小时累积雨量 109.1mm, 集中降水时段出现在 09—10 时, 1 小时雨量达 86.9mm, 达到特大暴雨, 此次降水为对流性强降水, 降水时间短、强度大、造成危害也大, 市区成了泽国, 部分路段积水严重, 最深处达 2m, 市区道路几乎全部瘫痪, 2 人被卷进窨井丧生, 多人受伤。郑州、荥阳、中牟三站逐时降水演变如图 5。

3.2.2 形成暴雨的雷达回波及灾害性天气预警系统的识别和预报情况

3.2.2.1 形成暴雨的雷达回波特点(中小尺度系统)

郑州地区大暴雨是由强对流降水超级单

体引起的,8月2号06时,对流单体在荥阳、郑州一带生成,07时在荥阳加强成强对流单体并向东南方向发展,08时已覆盖荥阳地区并向郑州东北方移动并发展(图6,见彩页)。对应径向速度场有气旋辐合和逆风区存在,属于强降水超级单体风暴,09时强对流风暴逼近郑州,使郑州市区在9:30时到10:30出现1小时降水92.3mm的短时大暴雨,但由于雷达静椎区的限制,其上述典型降水超级单体风暴特征消失,10时后移出郑州到达中牟,又造成中牟短时暴雨,11时后减弱东南移。

3.2.2.2 灾害性天气预警系统暴雨识别演变情况

从灾害性天气预警系统“暴雨识别”演变图7(见彩页)可以看出,8月2日7时25分“暴雨识别”产品显示荥阳有大于45mm的降水区,07:55“暴雨识别”显示荥阳及西北部有暴雨区,08:31此暴雨区已扩向荥阳与郑州地区西北部之间,到09:01和09:31暴雨区影响郑州地区,10:01暴雨区东移影响中牟,而实况为荥阳暴雨发生在08—09时,1小时降水达41.8mm;郑州市降水发生在09:30以后,09—10时,观测站1小时降水达86.9mm,市区降水更大,1小时降水92.3mm;中牟降水集中在10—11时,为37.1mm。

可见灾害性天气预警系统“暴雨识别”产品分别依次提前0~0.5小时显示出荥阳、郑州、中牟有暴雨,具有很好参考价值。

3.2.2.3 灾害性天气预警系统临近预报暴雨落区情况

从灾害性天气预警系统“降水临近预报”产品图8(见彩页)可以看出,8月2日07:15、07:30分别作出未来30分钟荥阳降水将大于20mm和40mm,08:30及09:05分别作出未来60分钟郑州降水将大于75mm,均与实况接近,且具有半小时到1小时的预报提前量。只有08时预报1.5小时荥阳降水中心120mm偏大,其他均与实况接近。可见

该产品具有一定使用和参考价值。

3.2.2.4 灾害性天气预警系统中逆风区识别产品的应用

“逆风区识别”是灾害性天气预警系统中又一特色产品,在8月2日郑州地区的大暴雨过程中反映较好。见图9(见彩页),08:37郑州地区西北部荥阳、温县一带有“逆风区”显示,对应荥阳西北部较大降水,09:01时逆风区维持,到09:25郑州附近新生一逆风区,与郑州此后的大暴雨出现相对应。可见灾害性天气预警系统“逆风区识别”产品具有预警短时暴雨的能力,是我们临近预报和预警的参考依据之一。

3.3 8月5—6日临颖特大暴雨过程

3.3.1 过程背景及临颖逐时雨量演变

受中低层暖切变的影响,5日17时到6日17时,河南省许昌、漯河、商丘等地区普降暴雨,许昌和漯河两地区的部分县市达大暴雨和特大暴雨,有12站雨量在50mm以上,其中临颖站24小时降水量325mm,达特大暴雨,超历史极值。造成大部分农田被淹,麦田被雨水浸泡,房屋被雨水泡塌,桥梁冲毁。

分析逐时过程雨量(图略)及临颖逐时降水量演变(见图10)可知,此次降水主要集中在8月6日01—07时,过程最大降水量临颖气象站24小时雨量325mm,其中1小时雨量最大出现在03—04时,1小时雨量达73.6mm,其次04—05时1小时降水71.7mm。

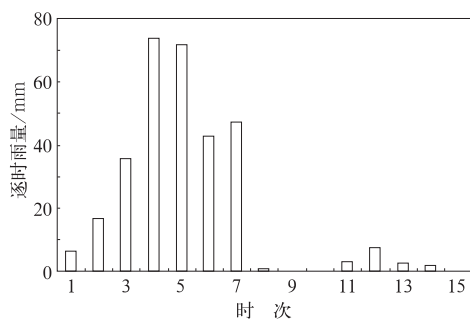


图10 2007年8月6日临颖气象站逐时雨量演变

可见此次降水强度是非常强的,属对流性强降水。

3.3.2 形成暴雨的雷达回波特点(中小尺度系统)

分析此次降水过程的雷达回波可知,造成这次临颖特大暴雨过程是由典型的混合型降水回波引起的,8月5日21时,回波单体在驻马店的遂平生成并向东北方发展,8月6日00:30在登封、禹州、临颖一线形成带状回波,强中心位于临颖叶县,在00:30—07:00,回波在向东北方移动并发展的同时又有新对流单体在临颖西南方不断生成加强,由于临颖附近气旋性风向风速辐合明显,所以强降水回波一直维持在临颖地区,直到过程结束(图略)。

3.3.3 灾害性天气预警系统暴雨识别演变情况

分析此次过程的灾害性天气预警系统“暴雨识别”产品(图11,见彩页)可知,灾害性天气预警系统“暴雨识别”产品在5日23:55时就显示临颖有暴雨区,此后该暴雨区一直出现,01:07时该暴雨区范围扩大,01:49该暴雨区继续扩大,而实况是临颖降水开始于6日00时,1小时 $\geq 10\text{mm}$ 的强降水出现在02—07时,其中1小时雨量最大出现在03—04时,“暴雨识别”产品提前1个小时预警出临颖有暴雨。可见“暴雨识别”产品对暴雨预警具有较大的参考价值。

3.3.4 灾害性天气预警系统临近预报暴雨落区情况

图12(见彩页)是灾害性天气预警系统“临近降水预报”60分钟的预报结果图,由图可以看出:03:20临近降水预报临颖站未来60分钟降水50~70mm、中心接近70mm,与实况接近;05和06时的60分钟预报,临颖降水是40~100mm,实况是42.9和47.2mm;07时以后预报强降水基本结束。可见该产品具有一定参考价值。

图13(见彩页)是8月6日00:00到01:50时“临近降水预报”未来90分钟的产品,均预报临颖降水量 $\geq 40\text{mm}$,特别是01:50预报未来90分钟临颖降水50~120mm最强,实况是02时以后临颖降水都在35mm以上,特别是03—04和04—05时临颖降水达到峰值,分别为73.6和71.7mm,与预报的趋势一直,量级稍大,具有非常好的预报预警作用。

图14(见彩页)是6日01:50时灾害性天气系统2小时“降水临近预报”产品,由图可以看出:6日01:50时的2小时临颖降水预报值(即1:50—3:50时)为120mm,而临颖02—04时实际降水量为110.6mm;可见预报值与实况值之差仅9.4mm,而且预报时效提前了2个小时。可见,灾害性天气系统中的“降水临近预报”产品非常具有使用价值。

4 总结

(1) 灾害性天气预警系统是完整、全面、充分利用新一代天气雷达进行灾害性天气预警和临近预报系统,发挥了新一代天气雷达在探测灾害性天气和进行大范围降水定量估测方面的优越性,在灾害性天气临近预报预警和监测方面具有不可替代的作用,特别是“冰雹识别”、“暴雨识别”、“临近降水预报”、“逆风区”等产品具有很好的预警作用和使用价值,其预警时间可以达到30分钟到2个小时。

(2) 灾害性天气预警系统产品可靠性依赖雷达资料精度,实际应用中发现如果回波强度偏强10dBz左右,冰雹自动识别产品误报率可能增加,因此应切实保障雷达观测资料的高可靠性,规范对雷达的定标及检验非常重要。

(3) 灾害性天气预警系统降水临近预报产品精确性主要靠雷达资料外推和现代化新型观测资料(如:乡镇雨量资料)同化处理,进一步提高改进相关资料处理方法(算法)是提

高临近预报精细化精度的关键。

(4) 为提高灾害性天气预警系统预报精度,保证灾害性天气预警系统预报监测效果,应进一步完善系统软件功能(包括雷达产品等显示动画),尽快开发出风场反演产品。

(5) 增加灾害性天气预警提醒(声、视频等)功能,以提示预报人员注意查看有关灾害性天气预警产品。

(6) 加强本地化相关参数及软件优化是进一步提高灾害性天气预警系统预测精度的关键。

(7) 该系统在在今后的业务使用中需作进一步效果检验。

参考文献

- [1] 周海光. 新一代多普勒天气雷达三维数字化拼图系统研究[J]. 计算机应用研究, 2007, (12)
- [2] 廖玉芳, 潘志祥, 郭庆. 基于单多普勒天气雷达产品的强对流天气预报预警方法[J]. 气象科学, 2006, 26(11): 564-570.
- [3] 张沛源, 陈荣林. 多普勒速度场上的暴雨判据[J]. 应用气象学报, 1996, 6(3): 373-377.
- [4] 张沛源, 余志敏, 王慕维, 等. 多普勒天气雷达资料在强天气短时预报中的应用[J]. 第十一届亚运会气象保障研究论文集. 北京: 气象出版社, 1992: 68-74.
- [5] 王改利, 刘黎平. 多普勒雷达资料在暴雨临近预报中的应用[J]. 气象, 2005, 31(10): 12-16.
- [6] 陈明轩, 俞小鼎, 谭晓光, 王迎春. 对流天气临近预报技术的发展与研究进展[J]. 应用气象学报, 2004, 15(12): 754-766.
- [7] 牛淑贞, 张素芬, 席世平, 等. 河南一次特大暴雨过程的中尺度分析[J]. 气象, 2001, 27(11): 31-34.
- [8] 牛淑贞, 张一平, 王国安, 等. “海棠”影响河南降水雷达回波与中尺度雨团对比分析[J]. 气象, 2006, 32(8): 30-35.

牛淑贞等：《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》应用

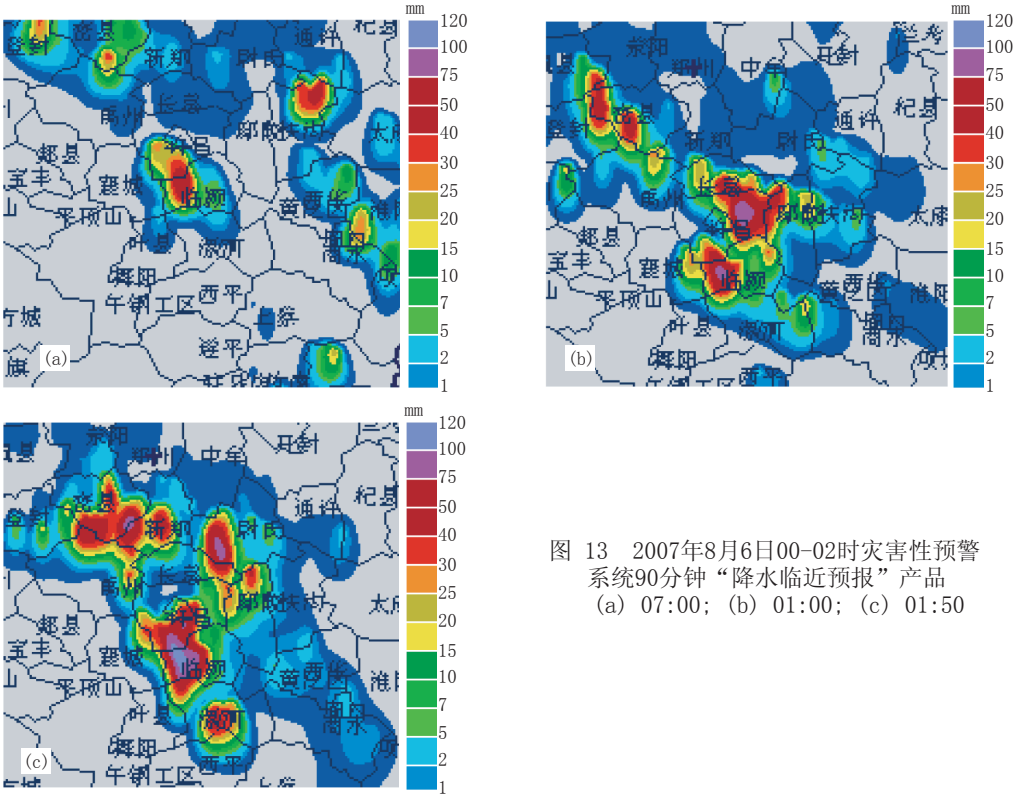


图 13 2007年8月6日00-02时灾害性预警系统90分钟“降水临近预报”产品
(a) 07:00; (b) 01:00; (c) 01:50

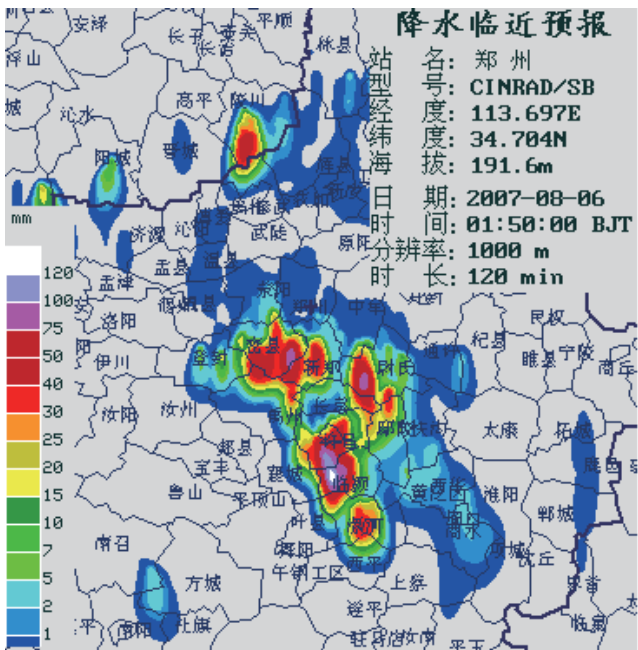


图 14 2007年8月6日01:50 2小时降水临近预报产品

牛淑贞等：《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》应用

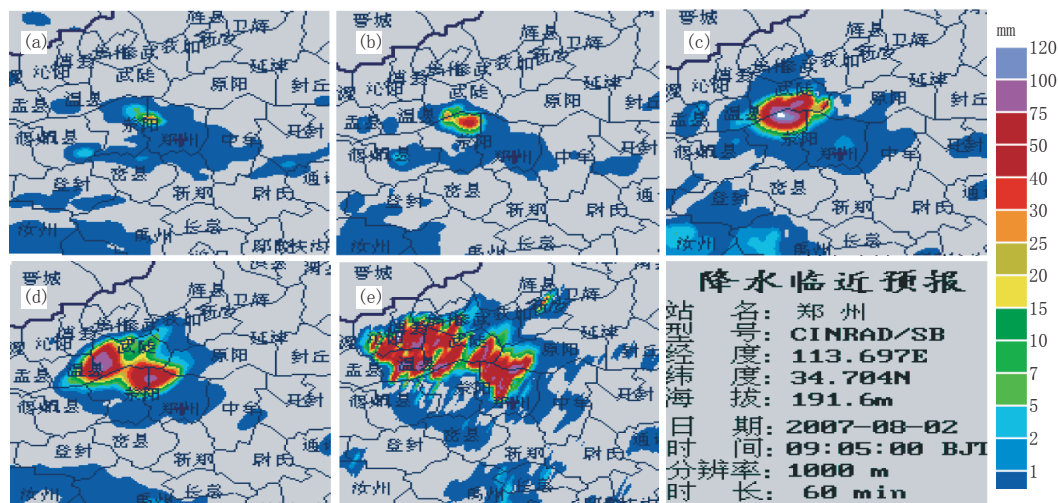


图 8 2007年8月2日07:15-09:05时灾害性系统“降水临近预报”产品
(a) 07:15预报时效30分钟; (b) 07:30预报时效30分钟; (c) 08:00预报时效90分钟;
(d) 08:30预报时效60分钟; (e) 09:05预报时效60分钟

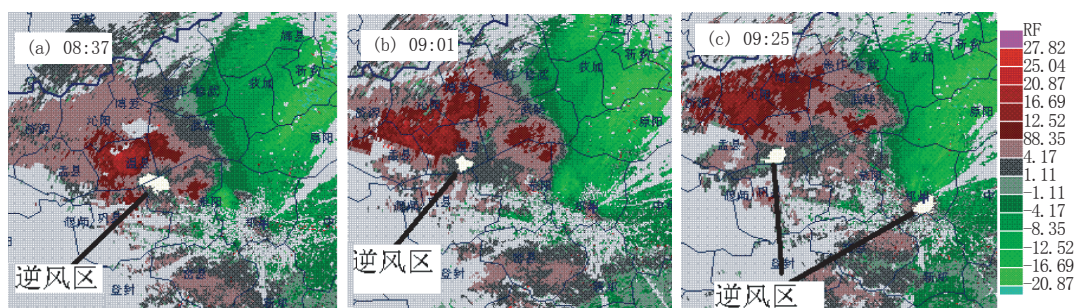


图 9 2007年8月2日灾害性天气预警系统“逆风区识别”产品

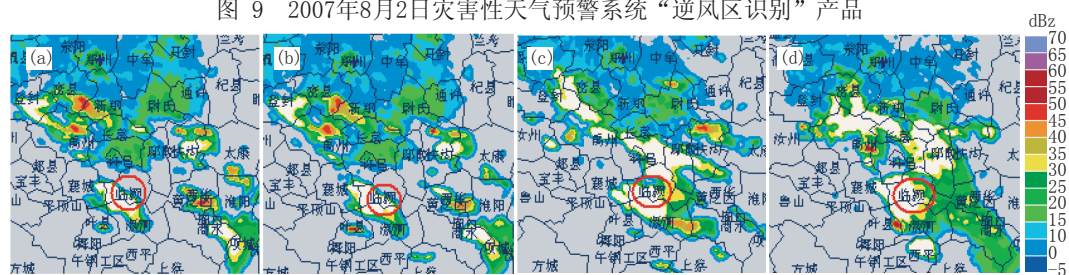


图 11 2007年8月5—6日暴雨识别产品
(a) 2007年8月5日23:55; (b) 2007年8月6日00:01; (c) 2007年8月6日01:07; (d) 2007年8月6日01:49

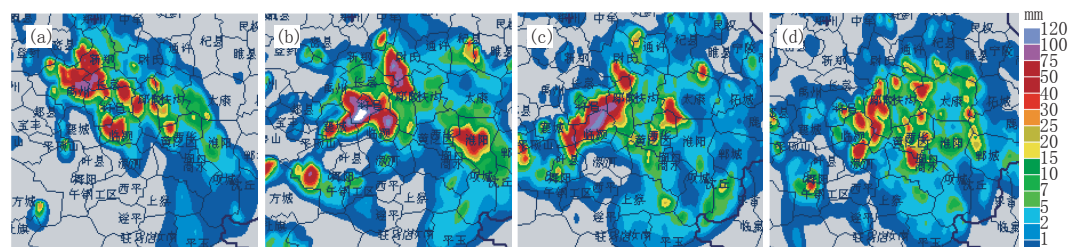


图 12 2007年8月6日灾害性预警系统60分钟“临近降水预报”产品
(a) 03:20; (b) 05:00; (c) 06:00; (d) 07:00

牛淑贞等：《新一代天气雷达灾害性天气警报和临近预报系统》应用

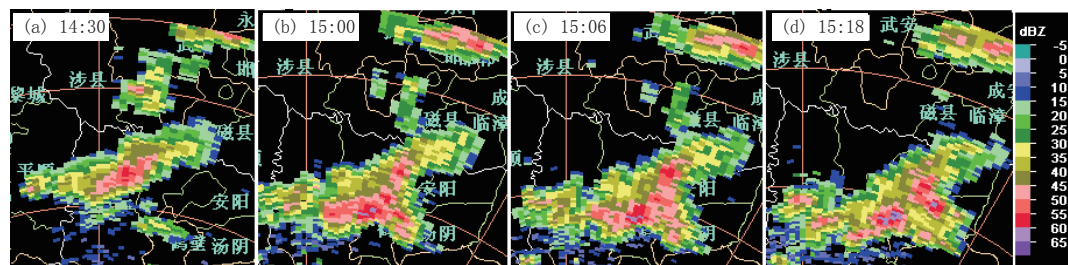


图 3 2007年5月15日鹤壁冰雹回波演变(1.5°仰角, 郑州新一代雷达)

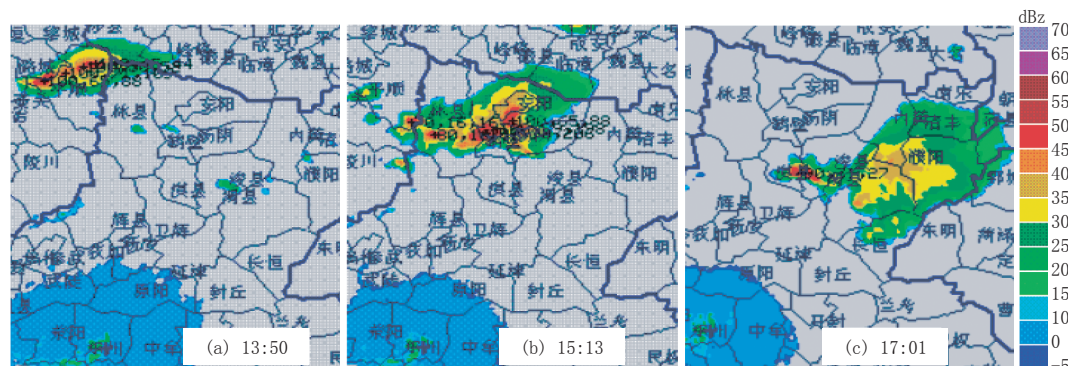


图 4 2007年5月15日灾害性天气系统中“冰雹识别”产品演变

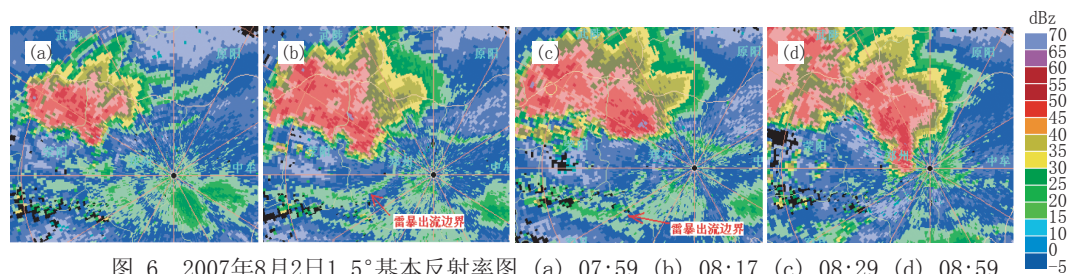


图 6 2007年8月2日1.5°基本反射率图 (a) 07:59 (b) 08:17 (c) 08:29 (d) 08:59

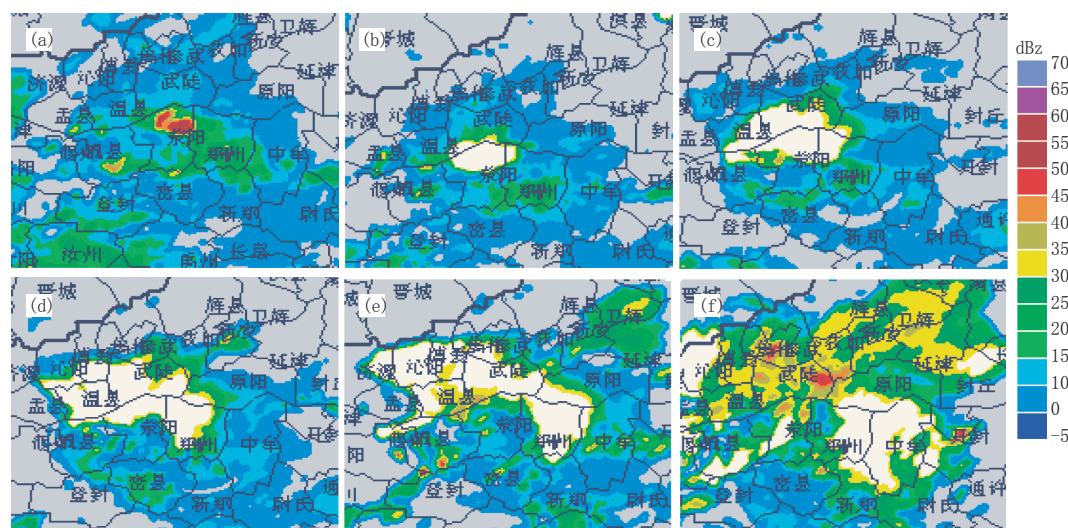


图 7 2007年8月2日07:25—10:01时灾害性系统“暴雨识别”产品识别
(a) 07:25; (b) 07:55; (c) 08:31; (d) 09:01; (e) 09:31; (f) 10:01