

# 宁夏一次短时暴雨天气的跟踪预报分析

聂晶鑫<sup>1</sup>, 陆晓静<sup>1,2</sup>, 李蓉<sup>3</sup>

(1. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002;  
3. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044)

**摘要:**用卫星云图、雷达对 2008 年 8 月 7 日强对流天气产生的暴雨过程跟踪观测资料, 结合自动站地面降水实况和 WRF 模式风场资料进行短时预报分析。结果表明: 扩散东移冷空气和副热带高压边缘偏南暖湿气流共同影响下, 大气层结不稳定发生强烈的强对流天气; 利用卫星云图, 新一代天气雷达基本反射率强度图、0.5°仰角基本速度图和风廓线产品跟踪监测, 综合分析预报短时暴雨天气是有效的方法。

**关键词:** WRF 模式; 卫星云图; 天气雷达产品; 局地暴雨过程

**中图分类号:** P457.9

**文献标识码:** A

## 引言

为了提高预报暴雨天气出现时间、地点及强度的准确率, 除了用常规数值预报、实时天气资料和经验方法外, 特别对一些中小尺度系统, 水平尺度一般在 200 km 以内、生命史短, 常常在几个小时内就能造成灾害性天气的系统, 仍然是当前实时短时预报的一大难题。

本文利用自动气象站资料并结合卫星云图、多普勒雷达产品综合分析 2008 年 8 月 6 日下午到夜间宁夏全区出现的雷阵雨或阵雨天气。吴忠、中卫 2 市南部及银川市大部地区中雨, 盐池及石嘴山市大部地区大雨。用自动站逐小时降水实况资料、每 30 min 1 张的卫星云图和每 10 min 1 套的雷达产品进行高密度跟踪分析。此次降水过程有 2 个强降水中心, 第一个强降水中心是 8 月 6 日 17:56 在中卫甘塘附近产生的对流云团不断向东北偏东方向移动, 在 8 月 7 日 01:00~07:00 时造成吴忠盐池的强降水天气; 另一个强降水中心是 8 月 6 日 20:08 开始在贺兰山沿山发展的对流云团, 不断向东北方向发展并缓慢移动, 20:00~23:00 造成银川和石嘴山 2 市部分地区的强降水天气。可以为 0~12 h 的暴雨预报提供客观定量的依据。

## 1 天气形势分析

由 2008 年 8 月 6 日 20 时 500 hPa 高空图(图略)中可知: 宁夏全区处在 584 线边缘, 在西北侧有一低值系统维持少动, 另外 5 日位于南海东北部海面的热带低压升级加强, 6 日上午加强成为强热带风暴, 为 2008 年第 12 号热带风暴, 命名为“北冕(Kammuri)”, 一直向西北偏北方向稳定移动, 在 6 日上午 8 时, 其中心位于广东省台山市东南方大约 150 km 的南海北部海面上, 即 20.8°E, 113.9°N, 中心附近最大风力 10 级(25 m·s<sup>-1</sup>)。

对 WRF 模式风场资料和水汽图(图略)进行分析, 8 月 6 日 08 时开始, 宁夏南部西南气流已开始建立, 水汽已到固原地区, 11 时逐步向北抬, 14~20 时已基本覆盖了宁夏全区, 因此从 6 日开始降水的水汽条件已具备。

利用 T213 预报的流场、湿度场与 WRF 预报产品进行对比检验, 在相同检验时效内, 700 hPa 流场中都为一致的南风; 8 月 6 日 08 时 700 hPa 湿度场预报场中, T213 预报宁夏全区的相对湿度在 60% 以上, 自北向南增多, 南部山区的湿度可达 82%, WRF 预报的相对湿度 > 80% 的区域同样在宁夏南部, 但范围较 T213 预报的要大, 基本覆盖固原地区, 北部

收稿日期: 2009-02-04; 改回日期: 2009-03-23

基金项目: 宁夏自然科学基金项目“宁夏区域内风能资源时空变化特征研究”(NZ08157)资助

作者简介: 聂晶鑫(1985-), 女, 汉族, 宁夏中卫人, 主要从事短时天气预报工作. E-mail: threeing\_1002@yahoo.com.cn

惠农一带的相对湿度在 65% ~ 70% 之间,其余地区的相对湿度 < 60%。14 时 700 hPa 湿度场预报场中,T213 预报全区的相对湿度在 75% 以上,吴忠以北地区的相对湿度 > 80%,而 WRF 所预报的相对湿度 > 80% 的区域除了吴忠以北地区外,还包括盐池、麻黄山、西吉、隆德和泾源,其它地区的相对湿度均 < 70%。20 时湿度场预报场中,T213 预报银川以北及海原至固原以南的地区相对湿度 > 80%,中部地区的相对湿度在 70% ~ 80% 之间,WRF 所预报的相对湿度的大值区也分别在宁夏南北 2 头,银川以北地区相对湿度在 80% ~ 85%,固原地区的相对湿度 > 85%,中部地区的相对湿度为 75% ~ 80%。结果表明:2 种数值产品预报结果大体相同,WRF 的预报能够考虑宁夏区域自身的地形等因素特点因而体现了小尺度模式的优点,预报更加细致<sup>[1]</sup>。

## 2 天气实况及降水分布特征

根据 1 h 加密自动站降水实况资料,统计了小时降水量 > 5 mm 的站点数。由站点数的多少可知强降水的时间分布及降水强度分布,由站点的位置可知降水的空间分布。统计表明此次降水过程共有 5 个降水高峰时段,分别为 8 月 6 日 22 时;8 月 7 日 05 时、15 时、18 时;8 月 8 日 02 时(图 1)。

图 1 中 a、b、c、d、e 分别为 5 个降水时段的 3 h 累计降水分布,表明可根据 1 h 加密自动站降水实

况资料跟踪监测降水强度变化及降水分布。

8 月 6 日 21 时至 8 月 7 日 00 时为第 1 个强降水时段,主要落区在银川以北地区,其中平罗的红崖子 3 h 累计降水 68.0 mm,姚伏 34.9 mm,惠农的礼和乡 40.3 mm,银川西夏区南梁 32.2 mm,石炭井气象站 26.1 mm,平罗县气象站 25.0 mm(图 1a)。

8 月 7 日 02 时至 05 时为第 2 个降水时段,主要落区在宁夏中部干旱带,其中盐池气象站 3 h 累计降水 63.4 mm,同心的下马关 37.9 mm,申家滩 30.6 mm,田老庄 25.5 mm,盐池的郭记沟 28.4 mm(图 1b)。

8 月 7 日 12 时至 15 时为第 3 个降水时段,降水强度有所减弱,且有 2 个降水中心,分别为中部干旱带的盐池麻黄山气象站,其 3 h 累计降水量 32.6 mm,和贺兰山北段的银川苏峪口,其 3 h 累计降水量 25.9 mm(图 1c)。

8 月 7 日 17 时至 20 时为第 4 个降水时段,降水再次加强,降水中心分散为南北两头,南部山区的彭阳石岔 3 h 累计降水 46.9 mm,罗洼 25.1 mm,北部的灵武狼皮子梁 3 h 累计降水 41.8 mm,宁东 28.0 mm(图 1d)。

8 月 8 日 00 时至 03 时为第 5 个降水时段,降水减弱,灵武的狼皮子梁 3 h 累计降水量 27.9 mm,盐池的高沙窝 25.1 mm。至 8 日 09 时左右全区降水停止(图 1e)。

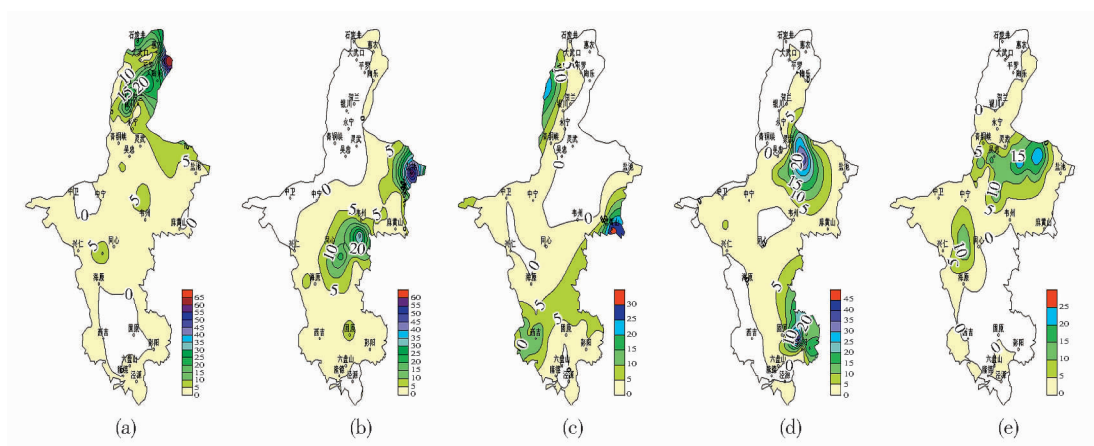


图 1 5 个主要降水时段的降水分布图

Fig. 1 The spatial distribution of precipitation at 22:00 August 6 (a), 05:00 August 7 (b), 15:00 August 7 (c), 18:00 August 7 (d) and 02:00 August 8 (e), 2008

## 3 综合诊断分析

### 3.1 卫星云图分析

8 月 6 日 16 时(图 2)风云 2C 红外云图(北京

时)中宁夏全区西侧不断有对流云团(图中圆圈所示)触发生成;16 时中卫西北侧云团中雷暴单体结构明显,并不断缓慢移动;18 时有一云团主体位于中北部,云体向北扩散发展,即将影响银川到石嘴山

地区和中卫市;19时云团分裂为2个主要单体,一部分向东北方向移动,20~21时开始影响银川、石嘴山2市;另一部分向东移动,影响中卫市,22时影响中卫的对流云团又分裂成2个单体云团,在其东移中,一个单体云团向东北方向移动,在7日02~05时影响盐池一带,另一个单体向东移动,在7日02~05时影响同心、韦州一带。

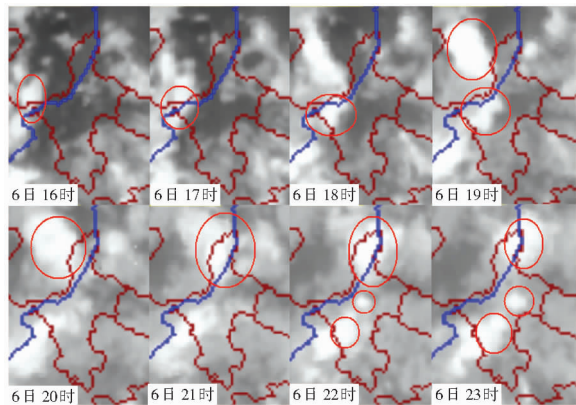


图2 8月6日16:00~23:00风云2C红外云图

Fig. 2 FY2C infrared cloud pictures from 16:00 to 23:00 on August 6, 2008

### 3.2 雷达基本反射率产品分析

宁夏银川714CDN新一代天气雷达对宁夏境内对流云团进行跟踪探测。8月6日15:59在吴忠的西部有一孤立强对流单体发展旺盛达到55 dBz,造成了利通区孙家滩1h降雨量6.4 mm;17:56(图3,圆圈内为各时次的最强回波)在中卫甘塘附近探测

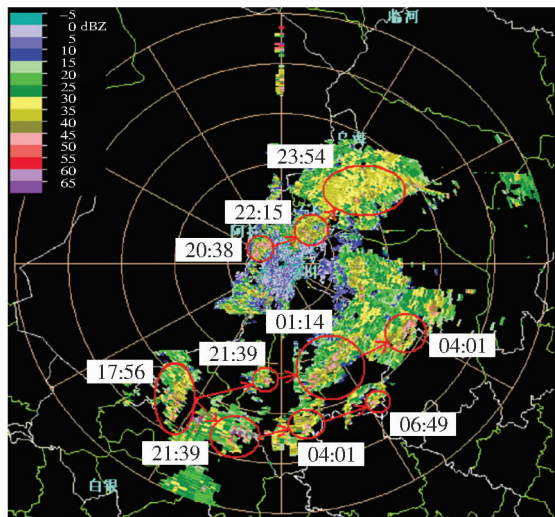


图3 8月6日强回波演变路径图

Fig. 3 The evolvement path of the intense echo on August 6, 2008

到回波强度45~55 dBz,顶高在8~10 km强回波开始缓慢移入中卫香山,1h后回波有所减弱进入中卫境内,随后对流云团不断向东南方向移动;持续时间6h左右,到7日00时后回波开始加强,一直维持在30~40 dBz,顶高8 km左右,造成01~07时吴忠盐池的强降水天气;另外6日20:08在贺兰山沿山段开始的对流云团,20:38强度已为45 dBz,高度为9 km左右,不断向东北方向发展缓慢移动,3h内造成了银川和石嘴山部分地区暴雨天气。

通过卫星云图和新一代雷达产品结合跟踪分析,明显可以看到:8月6日的过程短时暴雨天气有2个强中心:第一个强中心是贺兰山沿山段回波向东北方向移动造成银川、石嘴山段的短时暴雨;另一个强中心是中卫的对流向东缓慢移动过程中不断加强造成盐池的暴雨天气。

### 3.3 雷达风廓线产品分析

为了更好地分析造成降水的物理机制,由新一代天气雷达产品垂直风廓线图(图4)可以看出:风廓线和反射率等多项产品可判断降水云系的演变过程。当风廓线图出现数据时,已开始预示有天气过程在触发生成,而高层到低层有一致的东风—东南风时,强降水已开始<sup>[2]</sup>。高层到低层风廓线图数值逐渐减少时,降水也开始由强变弱。

风廓线图在17:25时出现数据,18:00银川及以北地区开始有降水,降水高峰在6日21:00~23:00,图4b中低层为一致的东南风,风随高度逆转,表明低层有暖平流,高层转为一致的东北风。图4c中风廓线图低层数值先减少,而后高层风的数值减少。银川以北地区的降水在7日00:00减弱。

### 3.4 雷达基本速度产品分析

利用新一代天气雷达中0.5°仰角的基本速度产品19:06、21:51和22:033张图(图略)可以看到:3h内,银川及银北地区负速度面积明显增加,说明流入的气流大于流出的气流,故在零速度线附近存在风速的辐合,低层辐合有利上升运动,持久而强盛的上升运动是大范围暴雨产生的一个重要因素;且随着时间的变化,零速度线始终维持,表明在降水过程中,对流层低层维持西南风,为暴雨的产生提供源源不断的水气输送,有利于长时间的降水。以上2个因素都是此次连续性暴雨产生的重要机制。负速度区面积小于正的速度区面积,且范围缩小,低层辐散破坏了暴雨的动力结构,强降水过程结束<sup>[3-4]</sup>。同时,在21:51的0.5°仰角基本速度图



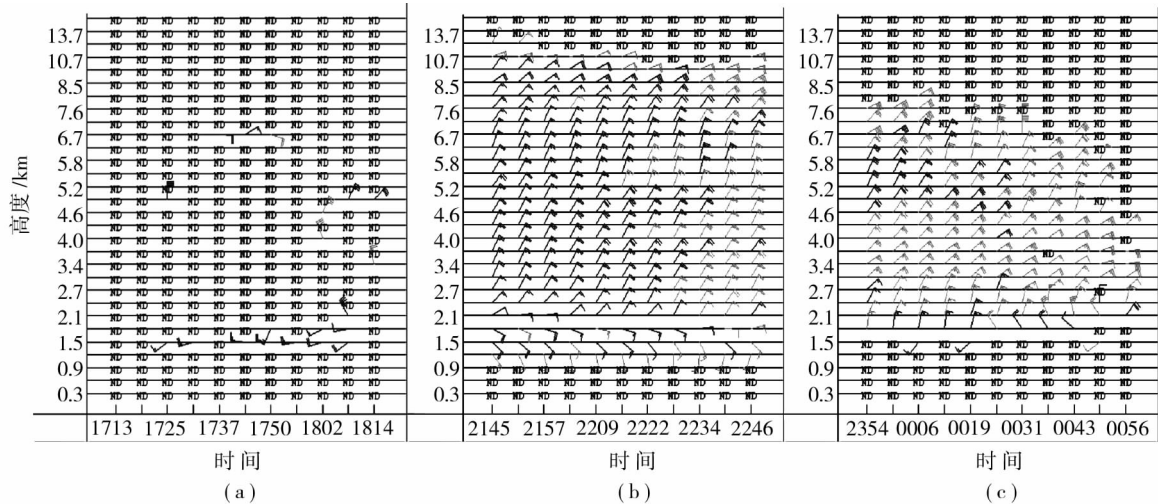


图4 8月6日20时至7日01时风廓线图

Fig. 4 Radar VWP picture from 20:00 August 6 to 01:00 August 7, 2008

(图略)可以看到:银川以北负速度区中有小范围的正速度区,根据判断即存在“逆风区”;预示未来1 h左右“逆风区”地区存在暴雨天气<sup>[5]</sup>。与实况对应,22~23时平罗的红崖子降水40.7 mm,水泉27.6 mm,姚伏18.3 mm,沙湖15 mm。说明新一代天气雷达产品中低仰角的基本速度图中“逆风区”对短时暴雨天气有指示意义。

### 3.5 雷达组合反射率产品分析

为了进一步获取暴雨天气的演变特征,用多普

勒雷达中组合反射率产品进行跟踪分析可知:

8月6日15:41,在宁夏西端内蒙古境内开始有零散的回波生成,组合反射率为20 dBz(图5a),其后回波迅速发展东移,19:43时回波已到贺兰山脉西侧,沿贺兰山脉呈南北走向,组合反射率达到55 dBz(图5b),20:08时回波翻山,并在20:20加强,在20:56达到最强,其最强回波呈南北带状分布(图5c)。强回波维持1个多小时,造成了银川和石嘴山部分地区暴雨天气。

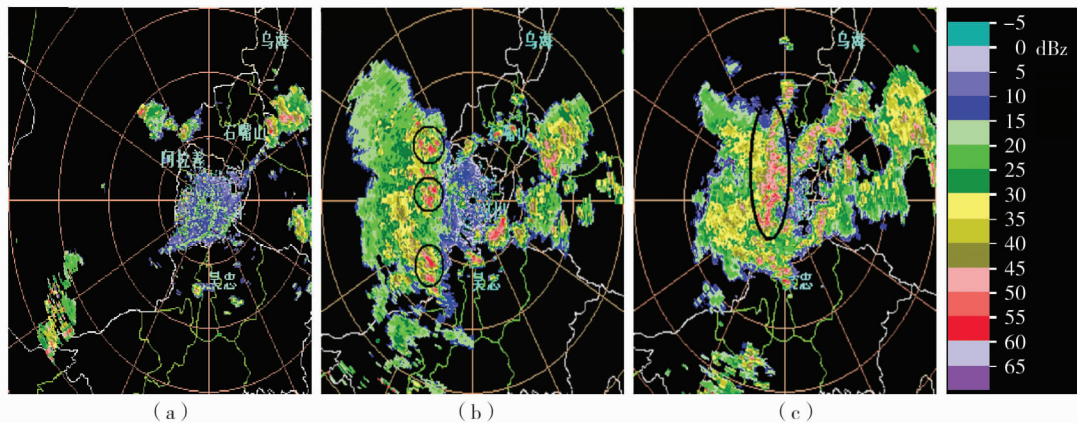


图5 8月6日15~20时组合反射率图

Fig. 5 Radar CR picture at 15:41(a), 19:43(b) and 20:56(c) August 6, 2008

## 4 小结

暴雨是一种复杂的天气现象,是各种天气尺度系统相互作用的产物,常常是由中、小尺度天气系统产生的。由于暴雨天气生命史短,加之观测资料时

空分辨率低等原因,一般很难捕捉到这些强对流天气的发生、发展,给准确预报造成困难<sup>[6-7]</sup>。利用自动气象站资料结合卫星云图和雷达实时探测产品,可以有效跟踪监测暴雨发生发展过程。

(1) WRF 模式风场资料和水汽图对判断水汽条

件有一定指示。

(2)用卫星云图和每 10 min 一套的雷达产品与自动站资料进行对比分析,对监测和预报暴雨的发生发展有一定参考。

(3)新一代天气雷达产品中低仰角的速度图中存在“逆风区”,对出现暴雨天气的预报有参考价值。

(4)利用多普勒雷达中组合反射率产品跟踪强回波发展和持续时间,为短时暴雨预报提供依据。

#### 参考文献:

[1] 陶健红,张新荣,张铁军,等. WRF 模式对一次河西暴雪的数值

模拟分析[J]. 高原气象,2008,27(1):68-75.

[2] 夏文梅,陈楠,程婷,等. 降水过程中多普勒天气雷达风廓线产品特征[J]. 气象,2008,34(10):20-26.

[3] 徐阳春,陆晓静,沈阳. 2003~2004 年强对流灾害性天气多普勒天气雷达产品特征分析[J]. 干旱气象,2005,23(1):39-44.

[4] 杨洪平,张沛源,程明虎,等. 多普勒天气雷达短时预报技术研究进展[J]. 暴雨灾害,2007,26(2):184-190.

[5] 张沛源,陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究[J]. 应用气象学报,1995,6(3):373-378.

[6] 孙玉莲,任余龙,马新荣. 甘肃中东部初夏一次暴雨天气过程的动力诊断[J]. 干旱气象,2007,25(4):41-45.

[7] 陆晓静,周虎,徐阳春. 宁夏短时灾害性天气预报服务系统设计[J]. 干旱气象,2006,24(1):67-70.

## Analysis on Tracking and Prediction of a Short-time Storm Caused by Severe Convection in Ningxia

NIE Jingxin<sup>1</sup>, LU Xiaojing<sup>1,2</sup>, LI Rong<sup>3</sup>

(1. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China; 2. Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia, Yinchuan 750002, China; 3. Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** The severe convective storm process occurred on August 7 of 2008 was analyzed by using the satellite images, radar products, the hourly rainfall data from automatic weather station and the simulated data of WRF model. The results show that the cold air and the south warm-wet air at the edge of west Pacific subtropical high resulted in atmospheric stratification being extremely unstable, so the severe convective weather occurred; it is an effective method for the nowcasting of short-time storm process using satellite images and new generation weather radar products such as Base Reflectivity, Base Velocity (at 0.5° elevation), Wind Profile and so on.

**Key words:** WRF model; satellite image; weather radar products; local heavy rainstorm