

“海棠”影响河南降水雷达回波和中尺度雨团对比分析

牛淑贞 张一平 王国安 席世平

(河南省气象台, 郑州 450003)

提 要: 使用郑州 714CD 雷达观测资料, 以及 2005 年刚建立起的河南省乡镇雨量站网资料, 配合河南省自动站资料, 对 0505 号台风海棠造成的河南省大范围暴雨、局部特大暴雨过程进行了分析, 总结出强降水回波区早于中尺度雨团 1 个小时左右生成, 中尺度雨团早于降水回波减弱消失, 稳定少动的强降水回波有利于中尺度雨团的产生和发展; 多普勒速度场上, 中尺度系统存在的地区有利于强降水回波发展和维持, 也有利于中尺度雨团产生和发展; 受持续不断 45dBz 左右强降水回波影响, 构成“列车效应”, 可造成暴雨甚至是大暴雨过程; 对于大范围降水回波, 依据乡镇雨量图上中尺度雨团活动规律, 分析速度场上中尺度系统如逆风区、辐合区、大风区(低空急流), 可以准确预报暴雨落区, 发布暴雨预警信号。

关键词: 中尺度雨团 强降水回波 列车效应 逆风区 辐合区

Contrastive Analysis between Radar Echoes and Mesoscale Rain Clusters of Henan Precipitation Influenced by Typhoon Haitang

Niu Shuzhen Zhang Yiping Wang Guoan Xi Shiping

(Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003)

Abstract: Based on the data of intensity fields of 714CD Radar and Doppler velocity fields and rainfall stations net established in villages and towns of Henan Province in 2005 and the data of auto-weather stations of Henan, the heavy rainfall in Henan influenced by the Typhoon “Haitang” is analyzed. The main conclusions are as follows: (1) The appearance of the heavy precipitation echoes is earlier about one hour than the mesoscale rain cluster, but

the mesoscale rain cluster weakens and disappears earlier than the radar echoes of the heavy precipitation, and steady radar echoes of heavy precipitation are benefit for the form and development of the mesoscale rain cluster; (2) On the Doppler velocity fields, the existence of mesoscale system makes for the development and maintenance of heavy precipitation radar echoes; (3) The area, influenced continually by the heavy precipitation radar echoes about 45 dBz, can produce “train effect” and lead to rainstorm even heavy rainstorm process. For the large-scale echoes of precipitation, according to the movement rules of the mesoscale rain cluster in village-town rainfall chart, the mesoscale systems in the Doppler velocity fields, such as the adverse wind area, the convergence region, the strong wind zone (low-level jet), can be analyzed to forecast correctly the heavy rainfall area and issue warning signal of the heavy rain.

Key Words: mesoscale rain cluster radar echo “train effect” adverse wind region convergence area

引 言

受 0505 号台风海棠和西风槽的共同影响, 7 月 20—24 日河南省出现了大范围强降水。7 月 20 日 17 时—24 日 05 时乡镇雨量站: 郑州须水 313.6mm, 濮阳杨村 429.0mm, 焦作小董 234.4mm, 强降水给以上三个地区造成了严重灾害。其中 7 月 21 日 17 时—22 日 17 时强降水中心主要在郑州、焦作一带, 全省 49 个站出现大雨以上降水, 其中 15 个站达到暴雨, 6 个站出现大暴雨(新密 169mm、博爱 167mm、沁阳 162mm、焦作 121mm、郑州 106mm、原阳 109mm), 特大暴雨出现在荥阳, 降水量达到 282mm, 比本站历史日雨量极值(142mm) 将近翻了一倍。其中荥阳、新密、博爱、沁阳四站日雨量均突破各站有气象记录以来的历史日雨量极值。荥阳的特大暴雨造成陇海铁路中断数小时。为此, 我们利用河南省气象台 714CD 雷达资料和全省乡镇雨量资料及省区域地面流场等, 对此次

暴雨、局部特大暴雨过程进行了分析, 从中总结出一些规律和结论, 对今后更好的利用这些中尺度监测网资料在灾害性天气预报、服务、预警信号发布等方面有很大帮助。河南省乡镇雨量站网在 2005 年汛期前已经基本覆盖全省, 而且在 2005 年的汛期防汛服务和预警信号发布中起到了非常重要的作用。

1 台风海棠影响河南省降水集中时段的中尺度雨团分析

定义相邻 3 站 1 小时雨量 $\geq 10\text{mm}$ 为一个中尺度雨团。分析河南省中尺度雨量监测网的逐时雨量资料, 发现在“海棠”影响河南降水最集中的 22 日 00 时—23 日 08 时, 共有 9 个中尺度雨团活动, 其中有 6 个雨团生命史 ≥ 5 小时, 生命史最长 10 个小时。绝大多数雨团在原地生成、发展、持续、消亡。中尺度雨团的活动主要集中在两个阶段, 第一阶段(22 日 00 时—22 日 16 时) 共有 7 个中尺度雨团活动, 其中 3 个中尺度

雨团在郑州地区生成、维持、加强,造成该地区暴雨、荥阳特大暴雨。其余4个中尺度雨团,造成焦作、新乡两地区暴雨过程;第二阶段(22日16时—23日08时)出现2个中尺度雨团,生命史分别达6和10个小时,这两个雨团的持续使濮阳地区、安阳地区东部出现了特大暴雨天气,其中22日23时—23日00时濮阳南乐县千口镇雨量达144.6mm。

2 台风海棠影响河南省降水的雷达回波分析

2.1 回波强度场分析

分析郑州714CD雷达观测发现,在台风海棠影响河南省期间,回波演变分三个阶段,两次主要降水集中时段分别在第二阶段后期和第三阶段。具体降水回波演变如下。

第一阶段:影响初期(20日13时30分—22日00时)

此阶段主要受“海棠”外围云系影响。其中20日13时30分—21日10时30分,河南省南部不断有20~25dBz的降水回波生成并西或西北移影响信阳、驻马店、南阳三地区。

第二阶段:快速移动和发展阶段(21日10时30分—22日16时)

21日10时30分—22日00时为降水回波快速移动阶段,降水回波在东南部发展成东北—西南向带状并快速向西北移动,强度40dBz,到19时在郑州东南部减弱断开,随后一部分西北偏北移影响新乡地区,另一段西北偏西移影响许昌、洛阳等地区。此阶段由于回波移动较快,未产生大范围长时间的强降水。

22日00—16时为降水回波发展阶段,由于西风槽和台风海棠地面暖湿倒槽结合,郑州地区及附近为气旋性辐合流场,所以大片45dBz左右以对流为主的混合性降水回波不断从郑州东南部生成,持续向郑州地区西部和新乡、焦作两地区移动,构成“列车效应”,使郑州、新乡、焦作等地区的强降水长时间持续,12—14时荥阳降水回波发展最强,达52~56dBz,对应这两个小时内荥阳降水达88.0mm,其中12—13时荥阳气象站1小时降水达56mm。

第三阶段:稳定维持阶段(22日16时—23日08时)

此阶段降水回波主要呈螺旋型回波带,强度在45dBz左右,造成濮阳地区及安阳、新乡、鹤壁、开封、商丘等地区局部强降水,濮阳地区降水最强。(这是因为在地面流场上,濮阳地区一直维持有中尺度辐合线和辐合中心。)

2.2 多普勒速度场分析

分析河南省台714CD雷达多普勒速度场发现,台风倒槽影响河南省主要降水时段,多普勒速度场上出现最多的是辐合区和逆风区,生命史在0.5~2个小时;同时还有中尺度辐合线和大风区(东南低空急流)存在。说明多普勒速度场上的中尺度系统与强降水(暴雨)有很好的对应关系,依据此特征我们可以正确做出强降水(暴雨)落区预报,并及时发布暴雨预警信号。

如22日03:36—04:31密县“辐合区”的存在和维持(图略),造成了04—05时密县1小时48mm的降水峰值;而在荥阳强降水时段也一直有“逆风区”存在和维持,特别是在22日12:41—14:07(图略)荥阳“逆风区”的存在和维持,使得

12—13时荥阳气象站1小时降水达56mm峰值,12—14时2小时降水达88mm。说明速度场上的“辐合区”和“逆风区”对出现强降水有很好的指示作用。

而在22日09:30速度图上,郑州雷达站ESE方向有朝向雷达的负速度模糊区,最大负速度中心 $-14.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,在WNW方向有离开雷达的正速度模糊区,最大正速度中心为 $16.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,说明有西南低空急流存在,且经过郑州。到11:02,大风区亦即速度模糊区移到荥阳及其东北部,其最大正速度模糊中心值 $16.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,说明西南低空急流已伸展到荥阳及其东北部,使此地降水得以维持和加强。对应该时次的雷达回波达46dBz,12时后荥阳回波发展到56dBz,荥阳的降水也在此后达最强。

3 台风海棠造成河南暴雨中尺度雨团与雷达回波对比分析

台风海棠影响河南省时,7月22日00—16时是郑州、新乡、焦作三地区降水最集中的时段,郑州地区降水最强,其中荥阳气象站从22日02—19时的17小时内集中降水达291.0mm(见图1),造成陇海铁路中断19个小时。为此,主要分析此阶段

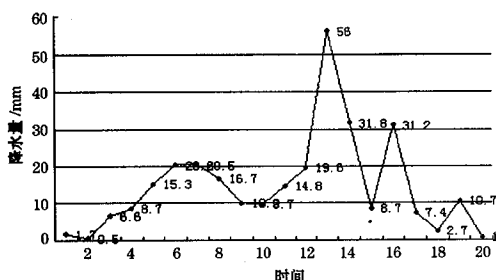


图1 2005年7月22日00—23时荥阳自动站逐时降水曲线图

河南省乡镇雨量图上的中尺度雨团与郑州714CD雷达回波及省区域地面流场之间的对应关系。

3.1 22日00—09时乡镇雨量图上中尺度雨团与雷达回波对比分析

由于西风槽所携带冷空气灌入台风暖湿倒槽,郑州地面产生风场辐合,02—03时影响郑州地区的中尺度雨团在郑州地区东南部生成,雨量10~15mm。而省台雷达早在22日00时54分就观测有40~44dBz回波影响郑州东南部地区,随后此回波向西北移并发展加强,自西向东影响郑州地区,对应该中尺度雨团,有41~44dBz回波,速度场上有明显的辐合区,说明强降水回波早于中尺度雨团产生。而在郑州附近的44~47dBz强回波没有雨团对应,说明强降水回波处不一定产生中尺度雨团,这是因为中尺度雨团的存在与强降水回波维持时间有关。

上述中尺度雨团在03—04时稳定且发展,开始影响荥阳,20~25mm中心在密县,速度场上对应有辐合区存在,对应45dBz的强降水回波,造成密县1小时降水48mm。

04—05时位于郑州地区的中尺度雨团稳定发展(图2a,见彩页),面积扩大,继续影响荥阳及密县和登封西北部。对应的雷达回波也加强到46dBz(图2c,见彩页),速度图上(图2d,见彩页),荥阳、密县和登封一带仍有辐合区存在,04时省区域地面流场上有中尺度辐合线和辐合中心存在(图2b,见彩页)。由于速度场上的辐合区正位于该地面中尺度辐合线的西南段,所以该地的中尺度雨团和强降水回波得以维持和发展。

05—06时位于郑州地区西部荥阳的中

尺度雨团北抬并稳定维持,仍有44~46dBz强降水回波与之对应,郑州地区特别是荥阳的强降水持续。速度图上,荥阳和密县的逆风区和辐合区继续存在;06—07时虽然强降水回波仍然维持在密县、荥阳到武陟一带,但速度场上抬高仰角(06:16)荥阳才可分析出逆风区,其后速度场趋于均匀,无辐合区支持,预示影响该地区的中尺度雨团将继续减弱消失。而该时次中尺度雨团西北移到孟津东部减弱,中心10~15mm。08时该中尺度雨团消失,但荥阳依然维持5~10mm降水。说明中尺度雨团早于雷达回波减弱。

3.2 22日09—16时乡镇雨量图上中尺度雨团与雷达回波对比分析

22日09时,由于地面风场上(图3b,见彩页)郑州地区有中尺度辐合线生成,辐合中心在荥阳、密县之间,使得该地降水回波重新得到发展加强,09—10时影响郑州地区的第二个中尺度雨团生成,雨团有两个强中心分别在郑州、荥阳和温县之间(图3a,见彩页)。对应雷达回波图上有45dBz强降水回波(图3c,见彩页);而在速度图(图3d,见彩页)上,郑州东东南部有朝向雷达的负速度达到模糊,最大负速度中心 $-14.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,在郑州西西南部有离开雷达的正速度达到速度模糊,最大正速度中心为 $+16.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,说明有西南低空急流存在,且经过郑州,45dBz的强降水回波正位于附近。

11时地面流场上(图4b,见彩页),郑州地区中尺度辐合线明显,且在荥阳、郑州、新郑之间有辐合中心存在,所以11—12时,郑州地区的中尺度雨团在荥阳原地加强(图4a,见彩页)。对应的速度图上

(图4d,见彩页),大风区亦即风速模糊区移到荥阳及其东南部,其最大正速度模糊中心值达 $+16.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,说明西南低空急流已伸展到荥阳及其东北部,使得此地降水得以维持和加强。对应该时次的雷达回波达46dBz(图4c,见彩页),荥阳的降水也在此后达最强。而对应新密50dBz的强降水回波速度图上仍有辐合区存在。

12—13时河南乡镇雨量图上,影响荥阳的中尺度雨团有所减弱,但12时41分速度图上在荥阳附近又产生一逆风区,使得其后荥阳单站强降水维持并加强,降水回波发展最强达56dBz,并维持较长时间,属典型强对流降水回波。荥阳的降水也在其后的几个小时内达最强,降水量一直在10mm以上,直到19时降水结束。

这说明对于单站降水而言,虽然影响该地的中尺度雨团已经减弱消失,但只要中尺度系统存在,降水回波仍会发展维持,仍有可能产生暴雨甚至是特大暴雨。这是在短时预报和预警信号发布中需要注意的一点。

4 结论

(1) 受持续不断的45dBz左右强降水回波影响,构成“列车效应”,可造成暴雨甚至大暴雨过程。

(2) 中尺度雨团与强降水回波区对应较好,强回波区早于中尺度雨团1个小时左右生成,中尺度雨团早于回波减弱消失,中尺度雨团与强降水回波区的强度、移向移速、面积等有关,稳定少动的强降水回波有利于中尺度雨团的产生和发展。

(3) 多普勒速度场上,中尺度系统存在的地区,有利于强降水回波的发展和维持,也有利于中尺度雨团的产生和发展。

(4) 对于单站降水, 虽然对应的中尺度雨团已经减弱消失, 但速度场上只要有中尺度系统存在, 仍会促使回波发展加强, 同样可以达到暴雨。

(5) 对于大范围的降水回波, 依据乡镇雨量图上的中尺度雨团活动规律, 对照强降水回波区的分布和演变, 分析速度场上中尺度系统如逆风区、辐合区、大风区(低空急流)位置, 可以准确预报暴雨落区, 发布暴雨预警信号。此次“海棠”影响河南省造成的暴雨、局部特大暴雨, 依据河南省乡镇雨量图上中尺度雨团的演变和雷达观测到的强降水回波的演变, 准确发布了4次暴雨预警信号。河南省乡镇雨量站资料在2005年汛

期全省短时天气预报和暴雨预警信号发布及防汛等方面得到了充分应用。

致谢: 感谢河南省气象局彭广副局长对本文的建议和指导!

参考文献

- 1 75.8暴雨研究会战领导小组. 1975年8月河南特大暴雨研究报告[R]. 内部材料.
- 2 中国气象局培训中心. 新一代天气雷达讲义[G]. 2000. 12.
- 3 牛淑贞, 张素芬. 714CD雷达资料在短时灾害天气预报中的应用[J]. 气象, 1997, (12): 29-33.
- 4 牛淑贞, 张一平, 席世平. 河南一次特大暴雨过程的中尺度分析[J]. 气象, 2001, (11): 31-34.

“海棠”影响河南降水雷达回波和中尺度雨团对比分析

牛淑贞等:

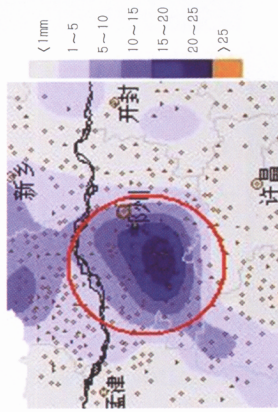


图2a 2005年7月22日04-05时
乡镇雨量

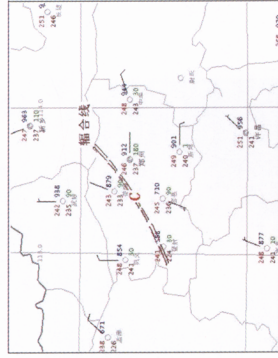


图2b 2005年7月22日04时
河南省区域地面风场

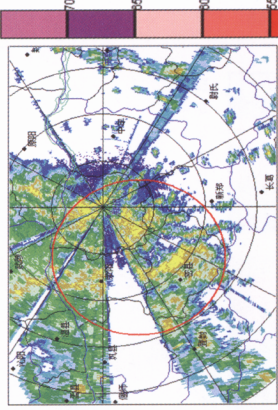


图2c 2005年7月22日04时15分
仰角1.45°雷达回波强度图

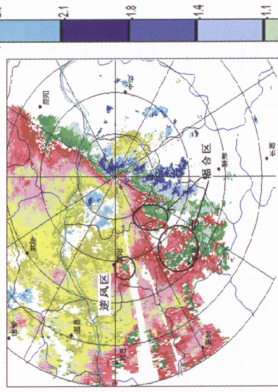


图2d 2005年7月22日04时15分
仰角1.45°多普勒速度图

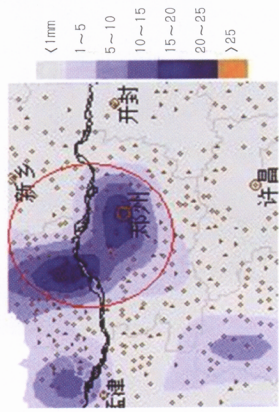


图3a 2005年7月22日09-10时
乡镇雨量

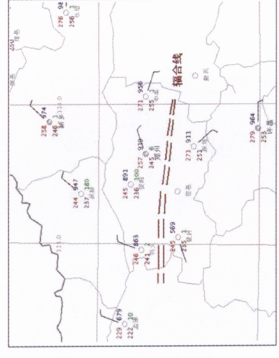


图3b 2005年7月22日09时
河南省区域地面风场

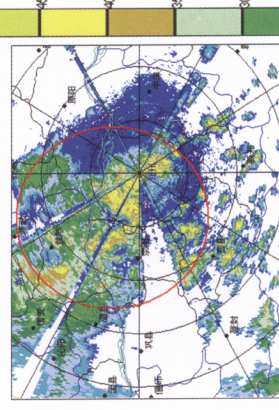


图3c 2005年7月22日09时30分
仰角1.45°雷达回波强度图

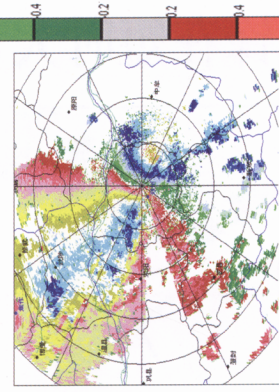


图3d 2005年7月22日09时30分
仰角1.45°多普勒速度图

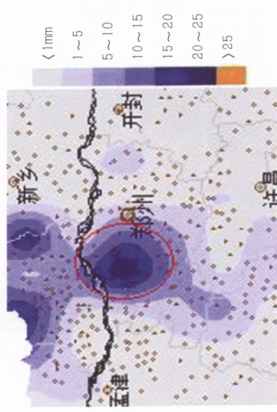


图4a 2005年7月22日11-12时
乡镇雨量

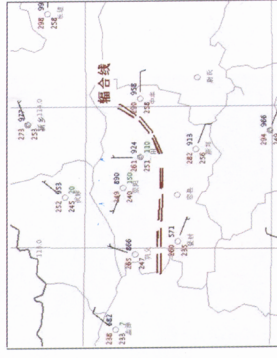


图4b 2005年7月22日11时
河南省区域地面风场

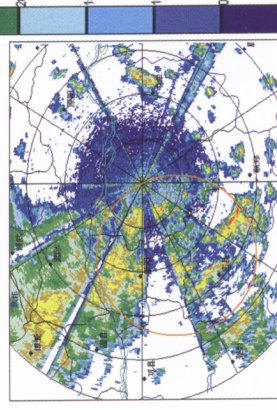


图4c 2005年7月22日11时02分
仰角1.45°雷达回波强度图

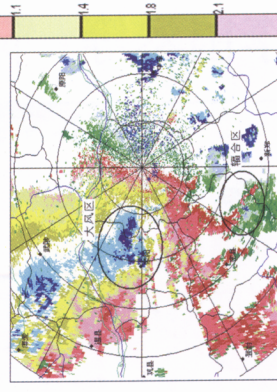


图4d 2005年7月22日11时02分
仰角2.4°多普勒速度图