

东高红,解以扬,于莉莉. 一次局地大暴雨的落区分析与预报[J]. 气象,2010,36(6):50-58.

一次局地大暴雨的落区分析与预报^{*1}

东高红¹ 解以扬² 于莉莉¹

1 天津市气象台, 天津 300074

2 天津市气象研究所, 天津 300074

提 要: 应用常规天气资料、地面加密自动站资料、FY-2C 红外 TBB 资料和多普勒雷达资料,并引用中尺度对流复合体(MCC) β 中尺度单元(MBE)移动概念模型,对 2007 年 7 月 18 日天津地区出现的强雷雨、局地大暴雨天气进行了分析。结果表明:局地大暴雨是在大范围的有利天气条件下产生的,降水具有明显的 β 中尺度强对流系统特征;强降水出现在“人”字型回波带的头部,落区位置与中气旋的位置相对应;从地面加密自动站资料也能很好地分析出强降水雨区的位置和移动方向。通过分析 FY-2C 红外 TBB 资料表明:强降水出现在 MCC 中冷云顶区的右后侧,且降水强度在 MCC 中出现强冷云顶区时达到最强。应用 MCC β 中尺度单元(MBE)移动的概念模型,通过判断 MBE 的移动,可以很好地预报出强降水下一时刻的具体落区位置,从而为该地区强雷雨、局地大暴雨落区的短时临近预报提供一种新的方法。

关键词: 局地大暴雨, β 中尺度单元, 落区, 临近预报

Analysis and Forecast of a Local Rainstorm Event

DONG Gaohong¹ XIE Yiyang² YU Lili¹

1 Tianjin Meteorological Observatory, Tianjin 300074

2 Tianjin Institute of Meteorology, Tianjin 300074

Abstract: Based on the conventional data, automatic weather station data, Doppler radar observational data, and FY-2C TBB data, together with the conceptual model of the mesoscale convective complex motion, the strongest thunderstorm and rainstorm event in North China area on 18 July 2007 has been analyzed. The results show that the local rainstorm is presented the obvious character of a mesoscale convective system which is produced under the large-scale advantageous condition. The strong rainfall occurred at the head of the Lambda-shaped echo, and the falling area of rainstorm is associated with the meso cyclone. The analyses of automatic weather station data illustrate that the rainfall region and moving direction can be found. In addition, the rainstorm occurred at the right-backside of the MCC and the precipitation intensity is the strongest when the cloud top temperature is the lowest. According to the motion of the meso- β scale element (MBE), it can forecast the next region of the rainstorm which provides a new way for the nowcasting of the local rainstorm.

Key words: local rainstorm, meso- β scale element (MBE), falling area, nowcasting

引 言

暴雨作为一种主要的气象灾害,由其引发的山

洪、泥石流等自然灾害每年都有发生,给人民的生命、财产等带来很大威胁,所以暴雨的研究和预报一直受到政府和气象部门的高度重视。多年来,有关暴雨的研究成果不断涌现^[1-12,15,24-25],其中陶诗言

* 国家“十一五”科技支撑计划重点项目,城市群高影响天气预报系统的集成和业务示范(2008BAC37B05)

2009 年 6 月 2 日收稿; 2009 年 11 月 13 日收修定稿

第一作者:东高红,主要从事雷达气象及短时临近预报研究. Email:qwerty8825@sina.com

等^[4-5]对中国暴雨的分布特征进行了详细的研究,并提出了暴雨的落区预报方法。近年来气象工作者们根据各地具体的地理和气候特点,对暴雨的落区进行了大量的分析研究,总结出很多针对当地气候条件的暴雨落区预报指标^[13-14]。尽管如此,由于暴雨在降水时间、强度和空间分布上存在着很大的不均匀性,其诱发因子又包括很多客观气象条件(如局地的地形和气候条件)的影响,所以暴雨、特别是局地大暴雨的落区预报一直是暴雨预报中的重点和难点。

由于暴雨是不同天气尺度系统共同作用的结果,国内外很多专家对不同尺度暴雨的影响进行了系统研究,1980 年 Maddox^[16]就开创性地提出了中尺度对流复合体(MCC),之后许多学者对全球各地的 MCC 进行了大量研究,并指出很多地方的暴雨就是由 MCC 造成的,如方宗义^[17]在 1985 年就指出中国长江流域梅雨期的暴雨就是由 MCC 造成的。还有的专家针对产生暴雨的 α 中尺度、 β 中尺度对流系统进行了大量的实验研究,并提出了暴雨影响系统的移动规律和特征,其中 Merritt^[18]研究了 100 多个中尺度对流系统(MCSs)(其中大部分属于 MCCs)后指出,大多数 MCC 沿着 1000~500 hPa 等厚度线移动;Corfidi 等^[19]则在 Merritt 和 Fritsch 工作的基础上进一步指出 MCC 运动的传播向量可由低空急流的速度和方向估计出来,并提出了 MCC β 中尺度单元(MBE)移动概念模型。俞小鼎等^[20]在《多普勒天气雷达原理与业务应用》一书中引用此概念模型,指出中尺度对流系统 MCS 是产生暴雨的重要天气系统,属于 α 中尺度系统,但强降水通常是由其中的 β 中尺度单元(MBE)所产生的,所以根据其移动特征,可以推断强降水中心的移动方向和强降水的落区,同时说明低空急流的数值可从多普勒天气雷达径向速度图上得到。

应用常规天气资料、FY2C 红外 TBB 资料、多普勒天气雷达探测资料和地面加密自动站观测资料,同时引用 Corfidi 等提出的 MCC 的移动概念模型,对 2007 年 7 月 18 日出现在天津地区的一次强雷雨、局地大暴雨的天气过程进行了分析,重点对过程中出现的局地大暴雨的落区和路径进行了分析、研究,给出了暴雨的具体落区和路径,并研究 MCC 的移动概念模型在此次强对流、局地大暴雨预报中的适用性,从而为局地大暴雨落区的短时临近预报寻找一种新的思路和方法。

1 天气实况和背景条件

1.1 天气实况

2007 年 7 月 18 日上午(北京时,无特别说明下同)天津地区出现雷阵雨、局部大暴雨天气过程,其中天津宝坻区 3 小时降水量达 98.7 mm,部分乡镇的 3 小时雨量超过 100 mm,强度上已经达到大暴雨。从实况看(图 1 阴影区),降雨量及落区分布极不均匀,具有明显的中尺度特征。

1.2 环流形势

500 hPa 上 7 月 15 日后从巴尔喀什湖到贝加尔湖一直为一低压区,中纬度地区为稳定的大陆高压。随时间推移,在贝加尔湖东侧发展形成一冷涡,涡后不断有冷空气向东南移入河套上空的西风槽中。同时中纬度大陆高压脊不断向东移,到 17 日 20 时(图 1)与西伸北抬的西太平洋副热带高压相并,使得中纬度环流经向度加大,副热带高压外围西南气流加大,形成较强西南急流,南方暖湿空气源源不断地向北输送。对应 700 hPa 河套处为一西风槽,850 hPa 上沿山西—河北存在一明显切变,津京地区处于切变南侧西南急流里。地面上从东北到河套地区、四川盆地为一个低压带,一条冷锋压在华北西北部,锋后为冷高压。随系统东移南下,冷空气侵入华北地区,与南面沿副热带高压边缘北上的西南暖湿气流在天津上空相交,造成这次强雷雨、局地大暴雨天气。

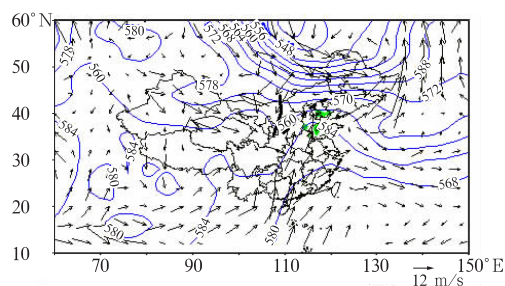


图 1 2007 年 7 月 17 日 20:00 时天气形势

(实线为 500 hPa 位势高度场,单位:dagpm,加粗线为槽线;箭头为 850 hPa 流场;虚线为切变线,阴影为 18 日 05 时到 19 日 05 时 50 mm 以上雨区)
Fig.1 Synoptic situation at 2000 BT July 17,2007
(solid line;the 500 hPa geopotential height, unit: dagpm, solid thick line is for the trough, arrow: the 850 hPa stream field, dashed line is for the shear, shaded areas denote rain area over 50 mm from 0500 BT July 18 to 0500 BT July 19)

1.3 不稳定条件分析

分析2007年7月17日20时北京探空资料看到,北京上空风向随高度顺时针旋转、整层大气为暖平流,而且抬升凝结高度较低,对流有效位能达到 $2206.5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,且700 hPa以下空气湿度很大,说明存在对流不稳定,出现强雷雨天气的可能性很大。到18日08时探空资料显示(图2为18日08时北京探空图,400 hPa高度以上资料缺),850 hPa以下风向随高度出现弱的逆转,为冷平流,表明低层有冷空气向下渗透,说明冷锋已经影响津京地区,实况也显示此时两地均已出现雷阵雨天气。此时抬升凝结高度在975 hPa上,比17日20时有所降低,对流有效位能减小到 $448.5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,但 K 指数高达40,沙氏指数为-1.6,这说明对流不稳定仍然存在。而低层冷空气的侵入,使冷锋前暖湿空气被迫抬升,这有利于锋区上空不稳定能量的进一步释放和对流的发展,另外这段时间零度层高度一直维持在5 km高度以上,分析表明当地强对流天气还会持续,且以强降水为主。

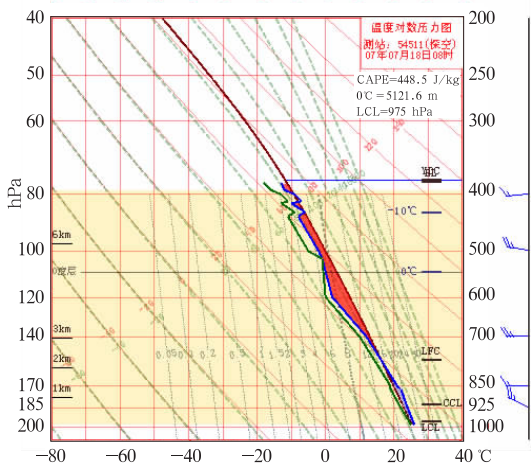


图2 2007年7月18日08时北京探空图

Fig. 2 Sounding chart at 0800 BT

July 18, 2007, Beijing

2 地面加密自动站资料分析

2.1 强降水的时空分布特征

分析天津地区加密自动雨量站观测资料看到,主要降水开始于18日07时,到11:30时结束,其中08—09时雨强最强,宝坻区1小时降水量为70.1 mm,达到大暴雨强度。从降水的空间分布来看,强

降水主要集中在天津的东北部地区,覆盖范围约为 $80 \text{ km} \times 80 \text{ km}$,表现出明显的中尺度对流系统特征。从雨区分布看到,这次降水主要出现在冷锋后,为锋后降水(图3阴影),且强降水雨区最初出现在天津的西北部,随时间迅速向东南方扩展,雨区移动呈现出明显的方向性。

2.2 加密自动站风场分析

分析地面加密风场资料看到,在18日03—07时的4个小时时间内,天津的北部地区一直有一东风与南风的中尺度切变存在(图略),同时西北方向有一冷锋系统,移动中与中尺度切变相交,从07时开始,冷锋自西北方影响天津地区(图3a)。随冷锋向东南方移动,中尺度切变不断向东北方向收缩,并逐渐转为东北风与东南风的切变,东南到西南方向来的暖湿空气与随锋后西北气流南下的干冷空气在冷锋与中尺度切变相交处辐合,并于07:10后在天津西北方逐渐形成一个辐合的汇点(图3b),汇点处的辐合上升运动加强,导致对流强烈发展和不稳定能量的释放,而西南气流又为降水提供了充足的水汽,从自动站雨量看出,半小时后该地开始出现10分钟雨量大于13 mm的强降水。冷锋以大约 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度向东南方向移动,中尺度切变也迅速东退减弱,但二者交汇点风场辐合的汇点一直存在(图3c),并随冷锋的移动不断向东南移,对应降水实况,风场辐合的汇点位置始终与强降水雨区位置相对应(图3阴影),但时间上比强降水开始的时间提前30分钟左右。风场辐合的特征持续了近3小时,之后中尺度切变消失、冷锋也东移入海,天津的降水明显减弱。

上述分析说明:此次降水时间短、强度大、雨区移动呈现出明显的方向性,具有明显的 β 中尺度强对流系统特征,强降水落区与加密风场辐合的汇点位置非常吻合,风场辐合汇点出现的时间比强降水开始的时间提前约30分钟,所以根据加密风场辐合汇点位置随时间的移动可以推断下一时刻强降水的落区位置,从而为强降水落区的短时临近预报提供有力依据。

3 卫星云图资料分析

3.1 云图 TBB 资料分析

从卫星云图上可以清楚看到沿副高西侧外围不

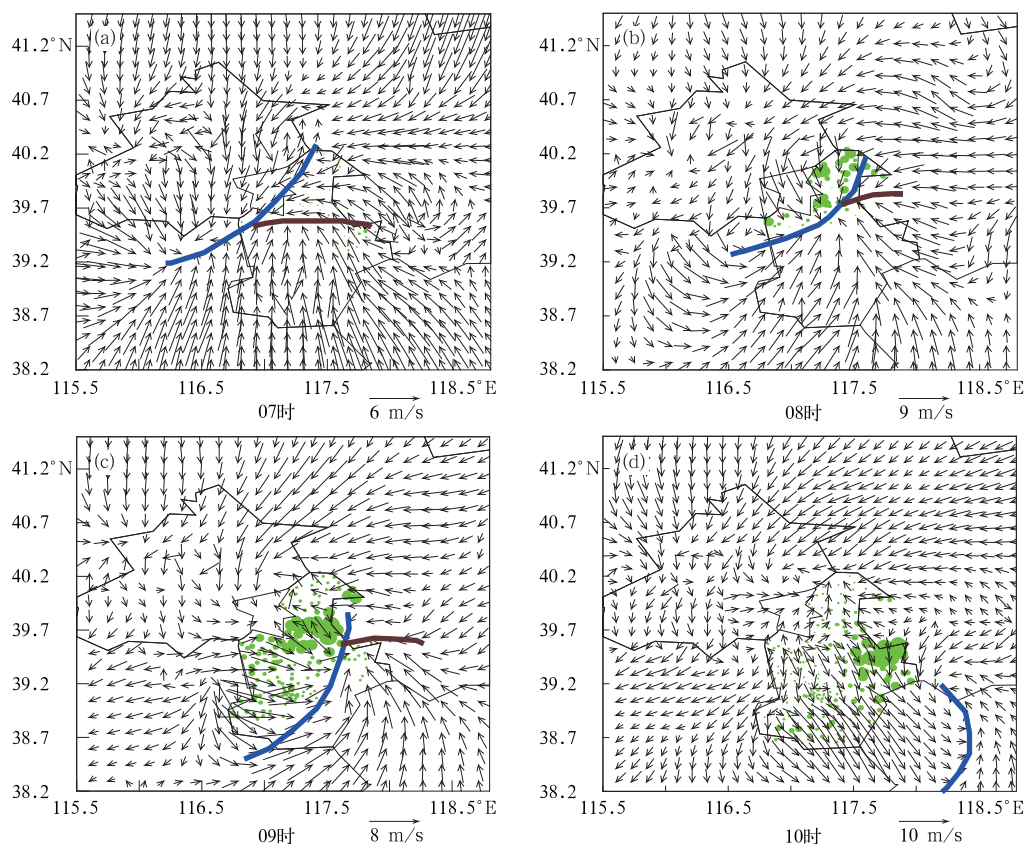


图 3 加密自动站风场随时间的变化

(蓝色线为冷锋,棕色线为中尺度切变;绿色区域为加密自动站点对应的前 1 小时雨量,阴影大小表示雨量的大小)

Fig. 3 Temporal variation of wind field from AWS data for (a) 0700,

(b) 0800, (c) 0900 and (d) 1000 BT 18 July 2007

(blue line is for the cold front, brown line is for the mesoscale shear,

green areas denote the precipitation amount before one hour)

断有对流云团发展,18 日 00 时以后有一对流云团在东移过程中强烈发展,云顶温度不断降低,范围也迅速扩大,04 时云团已出现低于 -52°C 的冷云顶(图 4)。之后云团继续东移发展,云顶温度低于 -52°C 的范围越来越大,到 06 时已发展成一个中尺度对流复合体(MCC),此时云团前端已移到天津的西北部上空,随后 MCC 继续发展东移,两小时后云中出现了低于 -72°C 的强冷云顶区,MCC 后侧 TBB 的梯度也迅速加大,同时其前侧出现了明显的“V”形入流槽口,这表明 MCC 已经成熟^[21]。到 09 时 MCC 达到最强, -52°C 的面积达到近 10 万 km^2 ,最低云顶温度达到近 -90°C ,其前侧的“V”形入流槽口非常明显。之后,MCC 迅速东移入海,云顶温度低于 -72°C 的强冷云顶区消失,但 MCC 的特征一直维持。

3.2 TBB 与地面降水资料对比分析

从图 4 看到,对流云团的发展非常迅速,到 06

时已发展为一个 MCC,并在 08 时出现 -72°C 的强冷云顶,云团后侧 TBB 的梯度也迅速加大,强冷云顶区面积迅速扩大,并在 1 小时内达到最大。对应降水实况落区(图 4 中阴影区),降水开始出现在 TBB 梯度最大处,且雨强在云顶温度出现低于 -72°C 强冷云顶区的时间段内达到最强,雨区落区沿着 TBB 的梯度最大处向下风方向移动,其位置始终位于云中强冷云顶区的右后侧,这与前面分析的主要降水出现在冷锋后相对应。这说明这次过程对流发展非常旺盛,在发展中遇到从西北方向南下弱冷空气的入侵,上升气流出现斜升,这应该是强降水出现在冷锋后、强冷云顶区右后侧的主要原因。

4 多普勒天气雷达资料分析

4.1 雷达产品分析

分析雷达强度图看到,从 18 日凌晨开始雷达西

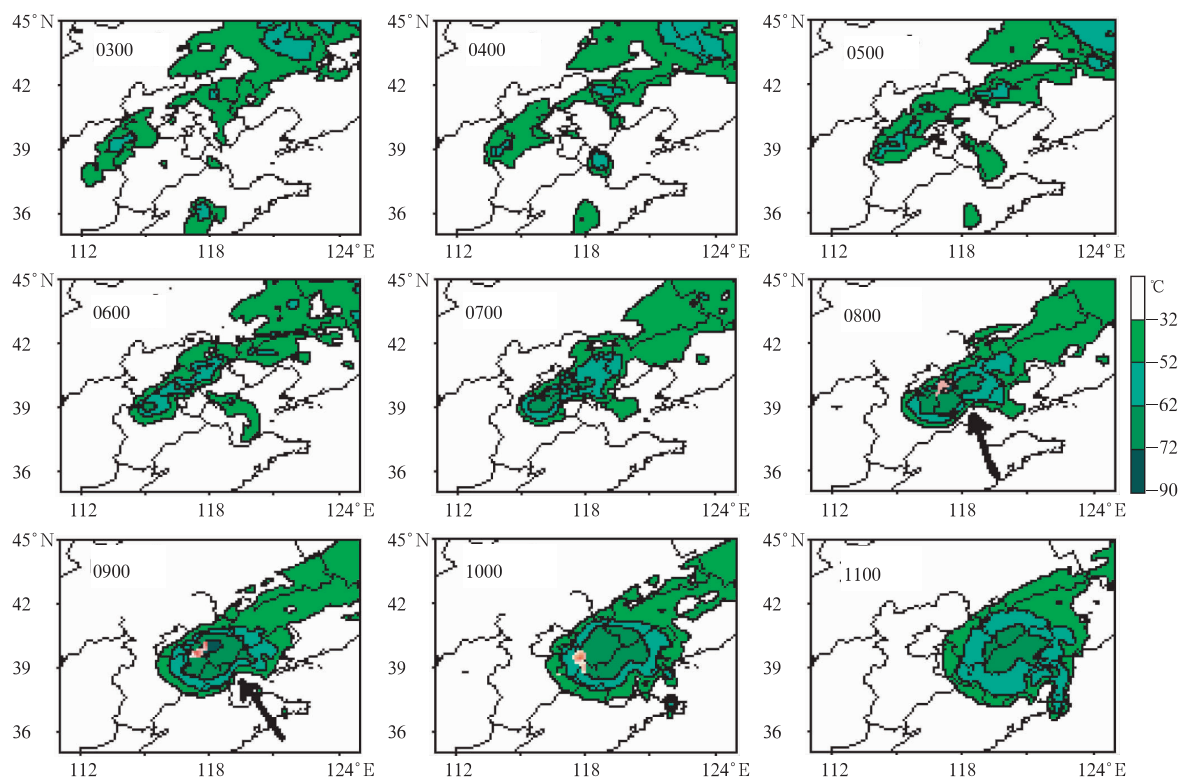


图 4 2007 年 7 月 18 日 03:00—11:00 的 TBB 分布

(08—10 时图中红色区域为对应时次的强降水雨区位置;箭头所指位置为“V”形入流槽口)

Fig. 4 The infrared brightness temperature during 0300—1100 BT July 18, 2007

(red areas denote the falling area during 0800—1000 BT, arrows point the ‘V-shaped’ inflow gap)

侧不断有强度为 50 dBz 的回波块生成并向东北方向移动,移动中与不断向东北方移动的新生强回波块发生合并,在天津西北方形成一条东北—西南向的回波带,与此同时在天津东北部上空不断有强回波块新生发展,形成另一条近似西北—东南向的回波带。到 07:30 两条回波带在天津北部地区上空相交,合并成—“人”字型的回波带(图 5 强度图上为 ≥ 35 dBz 的回波)。回波继续发展,半小时后在“人”字型回波带头部出现 55 dBz 回波,宝坻区正好位于回波头部的内侧,对应降水实况,强降水落区位置正好与 55 dBz 回波位置对应。随后“人”字型回波带整体向东北方向移动,到 09:00 时“人”字型回波带的头部已移到河北省丰润上空,此时天津北部地区的降水减弱,而受东北—西南向回波带东移影响,随后天津东部地区出现较强降水。

与强度图对应,径向速度图上 07:30 之前表现为大片的负径向速度回波自偏西方向移来,移动中其前端出现多处正负速度辐合区,形成一条近似东北—西南向的辐合带,其位置正好与强度图上东北—西南向的回波带相对应,同时在雷达东北方不

断有正径向速度回波块生成、发展合并,发展中有弱的风速辐合,辐合处正好对应于强度图上西北—东南向回波带的位置。同时在雷达探测范围内 0.5 km 高度上出现一入流速度为 $-17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,出流速度为 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南低空急流,零速度线为西北—东南向。到 08:00 时(图 5)西面移来的降水回波和雷达周围的环境风场回波在雷达西北方相交,相交处零速度线出现明显折角;近雷达处零速度线仍为西北—东南向、而远离雷达处零速度线折为近似东北—西南向,折角接近 90° ,对应实况和文献 [20] 表明,这是冷锋在多普勒雷达径向速度图上的特征。随冷锋移近,低空急流的出、入流速度也都增加到 $17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,且在 08:12 时冷锋与中尺度切变相交处出现中气旋,24 分钟后中气旋的强度达到最大,过 08:36 时 0.5° 仰角强度图上中气旋中心沿雷达径向方向做反射率因子垂直剖面(图 6 中实线位置),并通过 0.5° 仰角速度图上中气旋的正、负速度对中心做与雷达径向垂直的剖面(图 6 所示),看到 40 dBz 的回波已经伸展到 11 km 高度上、强中心 55 dBz 回波在 2.5~6 km 高度上,而低层有明显的弱

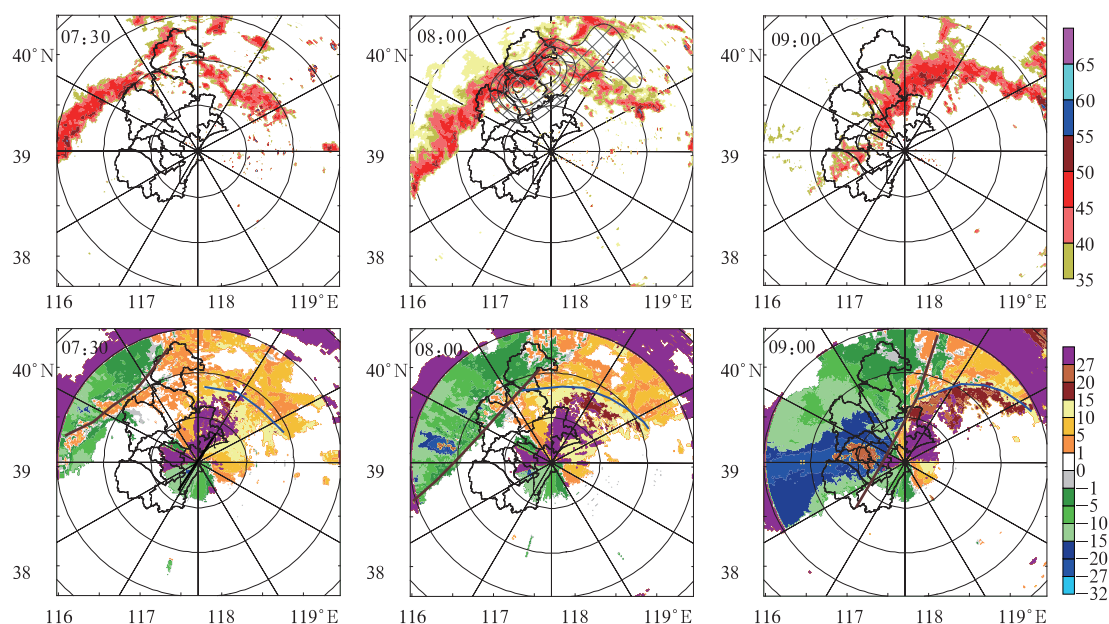


图 5 2007 年 7 月 18 日不同时刻雷达反射率因子和径向速度
(强度图上为 ≥ 35 dBZ 的回波带, 阴影区为 08—09 时 ≥ 20 mm 的雨区; 速度图上黑色箭头表示低空急流, 褐色线及蓝色线表示辐合带位置、对应地面图上分别为冷锋及中尺度切变位置)

Fig. 5 Tianjin radar reflectivity and velocity images on July 18, 2007

(≥ 35 dBZ echo, shaded areas denote the rain area (≥ 20 mm) during 0800—0900 BT, black arrows represent the low-level jet, brown line and blue line represent the convergence bands, respectively corresponding to the cold front and the mesoscale shear in the surface chart)

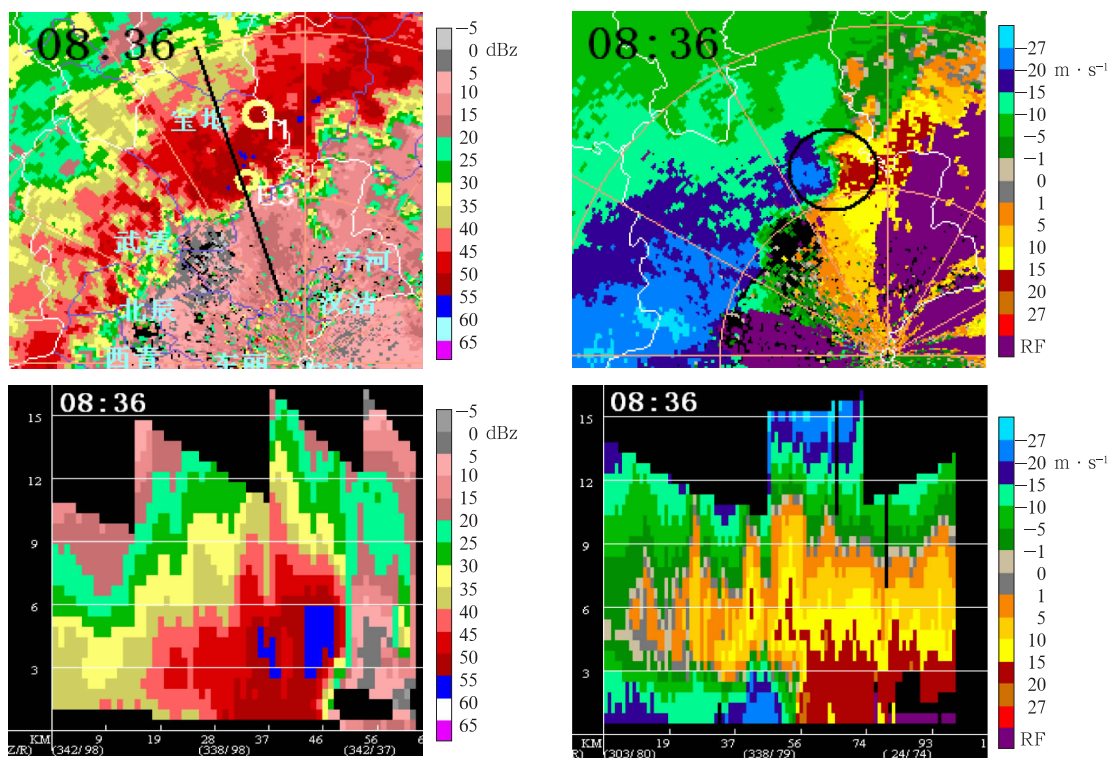


图 6 2007 年 7 月 18 日 08:36 雷达 0.5° 仰角强度图和速度图及垂直剖面图

反射率因子垂直剖面为沿雷达径向方向(左上图实线位置)做的剖面; 径向速度垂直剖面为沿径向速度图上中气旋的正、负速度对中心做与雷达径向垂直剖面, 垂直进入纸面的方向代表沿雷达径向趋向雷达的方向, 垂直离开纸面的方向代表沿雷达径向远离雷达的方向

Fig. 6 The vertical cross section of 0.5° elevation angle reflectivity and velocity images at 08:36 BT 18 July 2007

The vertical cross section of reflectivity is along the thick line in upper left panel, and the vertical cross section of radial velocity is passing through the maximum positive and negative velocity cores of mesocyclone. For the velocity vertical cross-section, the direction towards into the paper represents the direction toward, while the direction outwards from the paper represents the direction away from radar

回波区,说明对流发展非常旺盛;同时从径向速度垂直剖面图中可以清晰地识别出在水平坐标 40 和 60 km 距离刻度之间的中气旋,其正、负中心距离约为 10 km,速度分别为 $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,最强正、负中心位于地面以上 1.5 km 左右高度。对应实况,08:20 到 08:50 的时间内,每 10 分钟的自动站最大雨量均在 20 mm 以上,最大为 27.5 mm。随时间推移,锋区上不断有中气旋生成,而地面的强降水也一直持续到 09:40。这说明随着冷锋东移南下,锋后冷空气在低层侵入,迫使当地局地辐合的暖湿空气出现抬升,以致冷锋与中尺度切变相交处的辐合上升运动加强,有力的不稳定条件,加上西南低空急流提供的充足水汽,促成了这次局地大暴雨天气。

4.2 雷达资料与地面资料对比分析

对比分析加密自动站观测资料和雷达回波资料看到,强度图上东北—西南向回波带与地面冷锋对应,其位置略落后于冷锋,西北—东南向回波带和地面中尺度切变对应,其位置位于切变南侧,而径向速度图的观测也证实了冷锋和中尺度切变的存在。随着冷锋向东南方移动,锋前风场出现辐合并在冷锋与切变相交处出现辐合的汇点,其位置正好位于雷达“人”字型回波带头部强回波处即中气旋生成的地方,对应降水实况,强降水落区正好与加密风场辐合汇点的位置相叠,这进一步说明通过雷达观测,配合地面加密观测资料,能准确地找出强降水雨区的具体位置。

5 强降水移动方向和落区的预报

通过对比分析卫星、雷达和地面自动站资料,可以很清楚地分析出此次强雷雨、局地大暴雨的具体落区,但如何在降水开始的情况下准确预报出强降水的移动方向和落区,一直是一线预报员预报的难点和重点。本文引用 Corfidi 等提出的 MCC 移动的概念模型,对强降水中心的移动方向和落区的可预报性作具体的分析。

5.1 MCC 的移动概念模型介绍

中尺度对流复合体(MCC)是一种特定的 α 中尺度(200~2000 km)对流系统,是造成暴雨和洪涝灾害的主要天气系统之一。Corfidi 等^[19]在前人工

作的基础上于 1986 年提出了 MCC β 中尺度单元(MBE)移动的概念模型(图 7):MBE 的移动是风暴承载层平均气流 V_{CL} 和传播向量 V_{PROP} 的矢量和,即:

$$V_{MBE} = V_{CL} + V_{PROP} \quad (1)$$

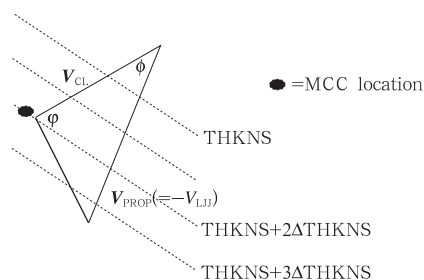


图 7 MCC 中的 β 中尺度单元(MBE)的移动概念模型;MBE 的移动是风暴承载层平均气流 V_{CL} 和传播向量 V_{PROP} 的矢量和。假定 V_{PROP} 与低空急流 V_{LLJ} 大小相等,方向相反。虚线为 850~300 hPa 等厚度线(摘自文献[19])
Fig.7 Conceptual model of MBE movement (V_{MBE}) as the vector sum of the mean flow in the cloud layer (V_{CL}) and the propagation component (V_{PROP}). The magnitude and direction of V_{PROP} are assumed to be equal and opposite to those of the low-level jet (V_{LLJ}) Dashed lines (labeled THKNS) indicate a typical relationship of the 850-300 hPa thickness pattern to the environmental flow and MBE movement during MCC events (from reference [19])

5.2 数据选取和计算方法

5.2.1 数据选取

依据前人的研究,风暴承载层平均气流 V_{CL} 可由 850~300 hPa 高空气流的平均得到,即:

$$V_{CL} = \frac{(V_{850} + V_{700} + V_{500} + V_{300})}{4} \quad (2)$$

同时根据刘洪恩^[22]提出的低空急流在雷达探测分析中的标准,在降水已经开始的情况下,通过多普勒雷达径向速度图得到低空急流的大小和方向。根据经验传播向量 V_{PROP} 大约与低空急流 V_{LLJ} 的方向相反,大小相等^[22-23]。即:

$$V_{PROP} = -V_{LLJ} \quad (3)$$

5.2.2 计算公式

MCC 中强降水中心 β 中尺度单元(MBE)的大

小:

$$|\mathbf{V}_{\text{MBE}}| = [|\mathbf{V}_{\text{CL}}|^2 + |\mathbf{V}_{\text{PROP}}|^2 - 2(|\mathbf{V}_{\text{CL}}| \cdot |\mathbf{V}_{\text{PROP}}|) \cos \phi]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

其中 ϕ 为风暴承载层平均气流 $\mathbf{V}_{\text{CL}}$ 与传播向量 $\mathbf{V}_{\text{PROP}}$ 之间的夹角(图 7)。

强降水中心 β 中尺度单元(MBE)移动的方向:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{|\mathbf{V}_{\text{PROP}}| \cdot \sin \phi}{|\mathbf{V}_{\text{MBE}}|}\right) \quad (5)$$

5.2.3 计算结果分析

从预报和验证角度出发,本文所选资料分别为 2007 年 7 月 17 日 20 时和 18 日 08 时高空各层北京的探空资料及降水开始后雷达速度图上的低空急流资料(注:由于 18 日 08 时北京 400 hPa 以上探空资料缺,计算资料用邢台和张家口两站资料的平均代),数据和计算结果见表 1。图 8 为计算出的 MCC 中 MBE 移动示意图。从表中看到:用降水前和降水时的资料计算出的 MBE 的速度大小、方向基本一致,与实况观测到的强降水雨区的移动速度和方向也大体相同,这说明用此概念模型来预报天津强降水雨区的落区和移动是可用的。

表 1 计算数据和结果(大小、方向的单位分别为: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $^{\circ}$)

Table 1 Data and result(speed, direction unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, degree)

	V_{850}	V_{700}	V_{500}	V_{300}	V_{LLJ}	V_{MBE}
17 日 20 时大小	11	6	15	19	14.5	8.0
方向	200	235	250	305	200	123.5
18 日 08 时大小	5	10	9	17	14.5	7.6
方向	270	270	280	228	200	134.5

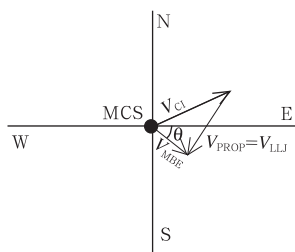


图 8 计算出的 MCC β 中尺度单元(MBE)移动的示意图

Fig. 8 Diagrammatic sketch of MBE movement during MCC events

上述分析表明:应用 Corfidi 等提出的 MCC β 中尺度单元(MBE)移动概念模型,通过判断 MBE 的移动,可以很好地预报出强降水下一时刻的具体落区位置,从而为强雷雨、局地大暴雨落区的短时临近预报提供一种新的方法。

6 小 结

(1) 此次强雷雨、局地大暴雨天气是在西太平洋副热带高压西伸加强,西风槽东移与低层切变系统等相配合的有利天气尺度背景下,冷暖空气在华北地区上空交汇的结果。

(2) 降水时间短、强度大、雨区移动呈现出明显的方向性,具有明显的 β 中尺度强对流系统特征,强降水的落区与加密风场辐合汇点的位置非常吻合,风场辐合汇点出现的时间比强降水开始的时间提前约 30 分钟,从而根据加密风场辐合位置随时间的移动可以推断下一时刻强降水的落区。

(3) 强降水出现在锋后,雨区位置位于在“人”字型回波带的头部,强回波对应着强降水,强降水落区位置与中气旋位置相对应,而西南低空急流的形成和加强更有利于判断强降水的出现。

(4) MCC 中出现强冷云顶区时地面降水强度达到最强,强降水落区位置位于云中强冷云顶区的右后侧,并沿着 TBB 梯度的最大处向下风方向移动。

(5) 应用 Corfidi 等提出的 MCC β 中尺度单元(MBE)移动概念模型,通过判断 MBE 的移动,可以很好地预报出强降水下一时刻的具体落区位置,从而为天津地区强雷雨、局地大暴雨落区的短时临近预报提供一种新的方法。

致谢:本文得到中国气象科学研究院刘黎平老师的悉心指导,在此深表感谢!

参考文献

- [1] 张顺利, 陶诗言, 张庆云, 等. 1998 年夏季中国暴雨洪涝灾害的气象水文特征[J]. 应用气象学报, 2001, 12(4): 442-457.
- [2] 毕宝贵, 矫梅燕, 李泽椿. 2003 年淮河流域洪涝暴雨的气象水文特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(5): 577-578.
- [3] 周鸣盛. 我国北方 50 次区域性特大暴雨的环流分析[J]. 气象, 1993, 19(7): 14-18.
- [4] 陶诗言等. 中国之暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1980.
- [5] Tao Shiyan, and Ding Yihui. Observational evidence of the influence of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau on the occurrence of heavy rain and severe convective storms in China[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1981, 62: 23-30.
- [6] 杨金锡, 陈焱. 用 ECMWF 资料作江淮区域性暴雨落区预报的试验[J]. 气象, 1994, 20(9): 38-40.
- [7] 章国材, 李晓莉, 乔林. 夏季 500 hPa 副热带高压区域一次暴雨过程环流条件的诊断分析[J]. 应用气象学报, 2005, 16(3):

- 396-401.
- [8] 张丰启,崔晶,周淑玲,等. 一次中纬度特大暴雨过程的中尺度分析[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(1):113-118.
- [9] 何群英,东高红,贾惠珍,等. 天津一次突发性局地大暴雨中尺度分析[J]. 气象,2009,35(7):16-22.
- [10] 吕江津,王庆元,杨晓君. 海河流域一次大到暴雨天气过程的预报分析[J]. 气象,2007,33(10):52-60.
- [11] 井宇,井喜,王瑞,等. 黄河中游一次 MCC 致洪暴雨综合诊断分析[J]. 气象,2008,34(3):56-62.
- [12] 刘国纬,沈国昌. 中国年最大致洪暴雨落区研究[J]. 水科学进展,2006,17(2):151-159.
- [13] 任敏,陈焱,璩英. 安徽暴雨落区与一些物理量关系的统计分析[J]. 气象,2006,32(4):40-44.
- [14] 施望芝,金琪,刘静. 湖北省春季暴雨落区数值预报模型和指标[J]. 气象科技,2005,33(4):300-304.
- [15] 杨晓亮,李江波,杨敏. 河北 2007 年 7 月 18 日局地暴雨成因分析[J]. 气象,2008,34(9):47-56.
- [16] Maddox R A. Mesoscale convective complexes[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1980, 61:1374-1387.
- [17] Fang Zongyi. The preliminary study of medium-scale cloud clusters over the Changjiang basin in summer[J]. Adv Atmos Sci, 1985,2(3): 334-340.
- [18] Merritt J H, and Fritsch J M. On the movement of the heavy precipitation areas of mid-latitude mesoscale convective complexes[G]. Preprints, 10th Conf on Weather Analysis and Forecasting, Clearwater, Amer Meteor Soc, 1984:529-536.
- [19] Corfidi S F, Merritt J H and Fritsch J M. Predicting the movement of mesoscale convective complexes[J]. Wea Forecasting, 1996,11:41-46.
- [20] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,53-177.
- [21] 冯晋勤,童以长,罗小金. 一次 β 中尺度局地大暴雨对流系统的雷达回波特征[J]. 气象,2008,34(10):50-54.
- [22] 刘洪恩. 单多普勒天气雷达在暴雨临近预报中的应用[J]. 气象,2001,27(12):17-22.
- [23] Corfidi S F. Forecasting MCS mode and motion[G]. Preprints,19th Conf on Severe Local Storms, Minneapolis, MN, Amer. Meteor Soc, 1998, 447-450.
- [24] 尹东屏,曾明剑,吴海英,等. 2003 年和 2006 年江淮流域梅雨期暴雨大尺度特征对比分析[J]. 气象,2008,34(8):70-76.
- [25] 郭大梅,许新田,刘勇,等. 陕西中南部一次突发性大暴雨过程分析[J]. 气象,2008,34(9):40-46.