

吴涛,张火平,吴翠红.一次初夏强对流天气的弓形回波特征分析.暴雨灾害,2009,28(4):306-312.

# 一次初夏强对流天气的弓形回波特征分析

吴涛<sup>1</sup>,张火平<sup>2</sup>,吴翠红<sup>1</sup>

(1.武汉中心气象台,武汉 430074; 2.湖北省鄂州市气象局,鄂州 436000)

**摘要:**利用武汉新一代天气雷达资料,结合高空和地面观测资料,分析了 2008 年 5 月 3 日湖北东部一次强对流天气过程的弓形回波特征。结果表明:此次强对流天气过程的主要影响系统为 500 hPa 西风槽、低层切变线和地面冷锋,较强的层结不稳定和低层垂直风切变有利于弓形回波的产生;雷达资料分析表明,先后有三个不同空间尺度的弓形回波产生大风、暴雨等强对流天气,前两个由回波块、回波短带合并形成带状回波,该带状回波最后演变成一个尺度较大的弓形回波;弓形回波组合反射率因子达 60 dBz,顶高 14 km,垂直累积液态水含量 55 kg/m<sup>3</sup>;弓形回波存在后部入流缺口、前沿强反射率因子梯度区及低层弱回波区;其后部有入流急流,两侧对应气旋性和反气旋性风场,且有  $\gamma$  尺度中气旋出现;地面中尺度低压带动弓形回波北部做涡旋运动,对逗点回波的形成有重要作用。

**关键词:**弓形回波;后部入流急流;中尺度低压;强对流

**中图分类号:** P412.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9045(2009)04-0306-07

## 1 引言

弓形回波(bow echo)是强对流回波的主要形式之一,所造成的灾害性天气主要为直线性地面大风,严重危害人民生命财产安全。Fujita 根据对下击暴流的研究最早提出弓形回波的演变模型<sup>[1]</sup>,将其演变划分为高大强回波、弓形回波、逗点回波共三个阶段,弓形回波的头部(尾部)呈气旋性(反气旋性)运动,与下击暴流相对应,其顶点中心附近存在后部入流急流(RIJ)。20 世纪 80 年代后,随着多普勒天气雷达的应用,大量观测事实表明弓形回波后部存在 RIJ,且发现弓形回波的其他特征,如低层弓形回波前沿的强反射率因子梯度和回波顶位于低层强反射率因子区之上是对流风暴演变为弓形回波的共同特征以及“弱回波通道”(之后称为后部入流缺口,RIN)<sup>[2]</sup>。近年来,随着我国新一代天气雷达站网建设,大大提高了对强对流天气的探测能力(如可提供风场、谱宽等信息),一些地区常观测到弓形回波<sup>[3-6]</sup>。2008 年 5 月 3 日夜间,鄂东出现了一次强对流天气,雷达回波图上表现为弓形回波快速东移南下。不同于一般弓形回波造成的强天气,此次过程除有 11 站次瞬间极大风速超过 17 m/s (5 站次超过 20 m/s)外,同时有 37 个加密雨量站降水超过 50 mm(见图 1),是一次风暴和雨暴共存的强对流天气过程。武汉新一代天气雷达完整监测了此次强对流天气过程中弓形回波的演变过程,本文通过对弓形回波特征进行分析,以加深对其形成机制的理解并

为短时临近预报积累经验。

## 2 天气背景分析

### 2.1 天气图分析

强对流天气发生前期,500 hPa 西伯利亚维持一高空冷涡,冷涡后部偏北气流引导冷空气南下,使冷涡底部的短波槽加深并沿中纬度东移。3 日 08 时,短波槽与快速东移的高原槽合并成一大槽,湖北位于槽前西南气流内,相应地在 700 hPa 和 850 hPa 分别有一冷切变线,且辐合区十分狭窄。700—850 hPa 鄂东向西南急流输送大量暖湿空气,使该地区大气接近饱和和状态,武汉探空站温度露点差为 1 °C,由于 500 hPa 温度槽始终落后于高空槽,槽后冷平流十分明显,有利于加剧大气层结的不稳定性,与冷空气向东南移动相对应,地面图上高原东北部有一冷锋,湖北位于暖低压东北部的倒槽内,气温回升明显。随着大槽东移,带动低层切变线和地面冷锋快速东移南下,20 时大槽北端并入东北冷涡后再次增强(图 1),南端延伸至重庆南部,纬度跨度达 22°,而低层切变线和冷锋移至鄂东北至江汉平原南部一带,地面冷锋侵入暖倒槽内,从而触发鄂东地区的强对流天气。因此,500 hPa 西风槽、低层切变线、地面冷锋是此次强对流天气的主要影响系统。高空冷平流、低空西南急流为强对流天气提供了有利的热力和水汽条件。

### 2.2 热力和动力条件分析

分析 5 月 3 日 20 时武汉探空资料可知,CAPE 值

收稿日期:2009-09-25;定稿日期:2009-11-17

基金项目:中国气象局业务建设项目“灾害天气短时临近预报预警业务系统建设与改进”资助。

作者简介:吴涛,男,1972 年生,高级工程师,主要从事短时临近预报工作。E-mail: sywutao@163.com

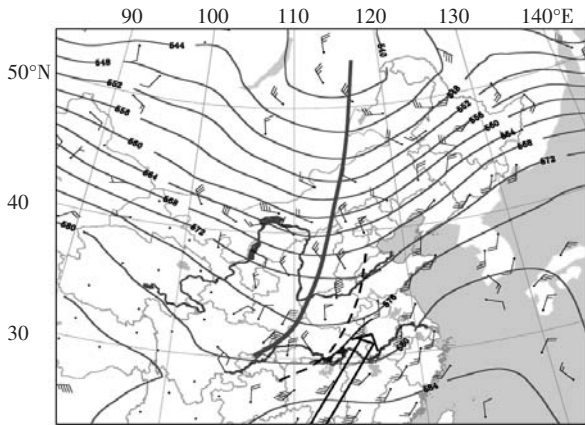


图 1 2008 年 5 月 3 日 20 时 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场叠加图  
(粗实线为 500 hPa 槽线,虚线为 850 hPa 切变线,箭头为低空西南急流)

为  $838.2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $K$  指数为  $42 \text{ }^\circ\text{C}$ , 表明大气层结不稳定。分析风垂直切变可知(图略),武汉探空站 925 hPa 以下为东南风,以上为一致的西南风,而自近地面至 850 hPa 风速由  $4 \text{ m/s}$  增至  $20 \text{ m/s}$ ,而 850 hPa 以上风速维持为  $15 \text{ m/s}$ ,即在低层 1.5 km 高度内风速切变达  $16 \text{ m/s}$ ,可见垂直风切变主要集中在低层。数值试验表明,弓形回波往往出现在大的层结不稳定和中等到强的垂直风切变中,当垂直风切变局限于 0~2.5 km 的低层大气时,对模拟出强烈的弓形回波最为有利<sup>[7]</sup>。因此武汉探空表现出的低层强垂直风切变有利于形成弓形回波。

### 3 弓形回波演变过程

由于本次过程观测到多个弓形回波,以最强弓形回波的演变对过程进行描述,根据 Fujita 建立的弓形回波概念模型<sup>[1]</sup>,将演变过程划分为三个阶段:初始阶段、弓形回波维持阶段、逗点回波阶段。

#### 3.1 初始阶段

3 日 16 时 02 分至 19 时 05 分,是弓形回波的形成阶段。起初在结构松散的宽带回波中零散分布着多个强对流回波块,在合并加强后逐渐组织成东北-西南走向的带状回波,其北端和南端分别有一个弓形回波,南端弓形回波强度更强,曲率更大。

16 时 02 分,强对流回波自荆门一带进入雷达 230 km 探测范围,该对流回波东移过程中在钟祥、京山、天门、潜江、仙桃等地先后又有强回波活动,并逐渐连接成结构松散的东北-西南向宽带回波,强中心位于回波带南端,回波组织性较差,表现为回波带上的强回波( $\geq 45 \text{ dBz}$ , 以下)区成零散的块状分布,且合并/分裂现象比较频繁,并未形成范围较大且空间连续的强回波区。17 时 45 分后强回波组织性开始加强,其中潜江一带强回波块外形逐渐演变成回波短带,强度加强,同时合并其它小块回波使强回波区范围扩大,类似地京山至天门北部强回波块也通过合并形成回波短带,并演变成长约 30 km 曲率不明显的弓形回波(简称为弓形回波 1,见图 2a)。18 时 47 分,弓形回

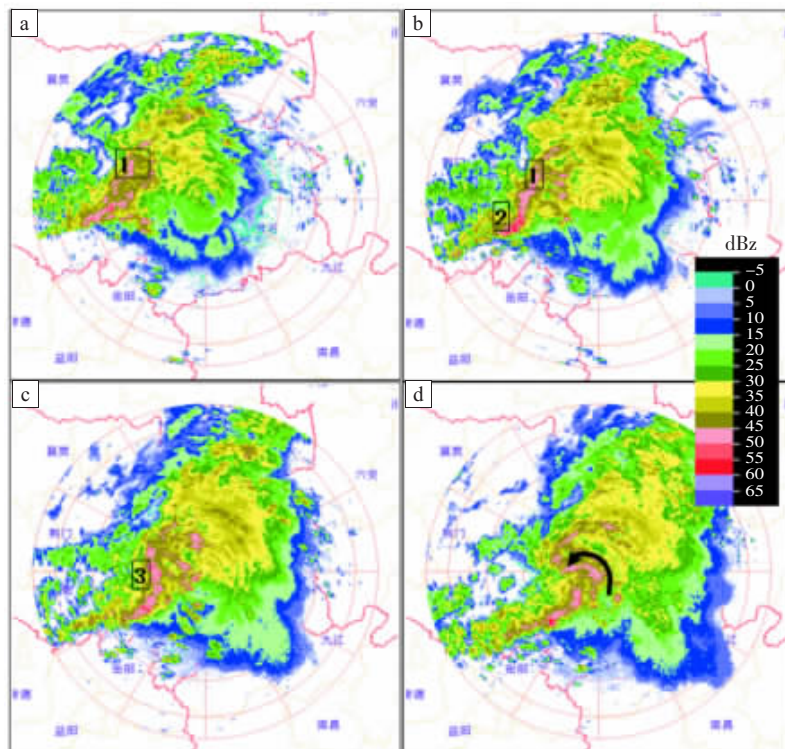


图 2 2008 年 5 月 3 日 18:27(a)、19:05(b)、19:41(c)、20:17(d) 武汉雷达组合反射率因子图(1、2、3 为弓形回波编号)

波 1 与潜江、仙桃一带的回波短带连接成长约 120 km 的回波带,弓形回波 1 位于回波带北端,回波带南端未形成弓形。此后回波带南端强度迅速加强,曲率增大,于 19 时 05 分成长约 50 km 的强弓形回波(简称为弓形回波 2,图 2b),至此,本过程最强弓形回波已经形成,并且这两个弓形回波连接成带状,造成了天门、潜江、仙桃等地大风、短时强降水天气。

### 3.2 弓形回波维持阶段

3 日 19 时 05 分至 20 时 17 分,弓形回波 2 发展至旺盛阶段,后期弓形回波 1 和弓形回波 2 强度减弱,整个回波带逐渐演变成一个更大尺度准南北走向的弓形回波(简称弓形回波 3)。

19 时 17 分,弓形回波 1 曲率已不明显,而弓形回波 2 在进入洪湖北部时发展至旺盛阶段,回波强度达 60 dBz,回波顶高 14 km,垂直累积液态水含量 VIL 55 kg/m<sup>2</sup>。此后,弓形回波 1 和弓形回波 2 强度均有所减弱,前者减弱为直线型回波带,后者顶部向东北移动,弓形变得不明显,但东移过程中两者并未发生分裂。19 时 41 分,整个回波带演变成一个准南北走向的弓形回波(简称为弓形回波 3)(图 2c),位于汉川至洪湖之间,强回波区长度约 100 km,宽度约 20 km,有后部入流缺口(RIN),前沿强反射率因子梯度区位于弓形回波南端,回波强度达 55 dBz,回波顶高 12 km, VIL 20 kg/m<sup>2</sup>。随着弓形回波 3 的东移,其后部 RIN 的范围逐渐扩大,北端回波强度有所减弱做气旋性旋转并向东北移动,而南端回波强度维持,外形成直线型回波带快速向东南移动,因此,弓形回波 3 逐渐由对称结构向非对称结构演变。

### 3.3 逗点回波阶段

3 日 20 时 17 分至 4 日 1 时 2 分,弓形回波 3 逐渐演变成逗点回波并东移南压移出湖北省。

20 时 17 分,弓形回波 3 逐渐演变成逗点回波,头部位于孝感南部和武汉北部一带,尾部从武昌延伸至洪湖一带(图 2d)。头部回波成螺旋状分布,前沿伴有大规模的层状云降水回波,东移过程中回波做气旋性旋转,经过武汉中部时强度有所加强,移出武汉后显著减弱。尾部逐渐演变成东北-西南向的直线型回波带,强回波区位于回波带前沿,向东南方向快速移动,导致与逗点头分离,并在咸宁一带产生大风短时强降水,4 日 01 时后移出湖北省。

## 4 弓形回波特征

### 4.1 强度场特征

此次过程共观测到 3 个不同尺度的弓形回波(表 1),其中弓形回波 1 和弓形回波 2 的形成有一个组织

化的过程,共经历了对流回波块、短带回波、弓形回波三个阶段,其中回波合并起了重要作用,并且这两个弓形回波连接成带状回波,由该带状回波演变成弓形回波 3。弓形回波 1 和弓形回波 2 为东北-西南走向,弓形回波 3 为准南北走向,弓形回波均向东南方向移动。

表 1 弓形回波特征量表

弓形回波	持续时间 (min)	源地	长度 (km)	组合反 射率因 子(dBz)	回波 顶高 (km)	VIL (kg/m <sup>2</sup> )
回波 1	50	天门北部	30	50	11	20
回波 2	30	潜江、仙桃北部	50	60	14	55
回波 3	36	*	100	55	12	20

\* 弓形回波 3 由弓形回波 1、2 演变而来,故其源地未说明。

由表 1 可知,弓形回波的强度均较强,其中弓形回波 1 强度最弱、长度最短,持续时间(不包括弓形回波形成时段及逗点回波维持时间)却最长,这可能与其后部入流急流(RIJ)的稳定维持有关。弓形回波 2 虽然强度最强,但由于演变快,因而持续时间最短,弓形回波 3 尺度最大,但逐渐向逗点回波演变,因此维持时间也较短。弓形回波长度为 30~100 km,表明在同一个天气过程中弓形回波具有多空间尺度的特征。在回波强度场上(图 3),弓形回波 2 的特征表现得最明显,弓形顶部最为突出,其后部有后部入流缺口(RIN),强中心位于弓形顶部的南端,其前沿可见明显的强反射率因子梯度区,垂直剖面显示可见低层有弱回波区(WER),回波顶位于强反射率因子梯度区上方,表明风暴体发生倾斜,这符合典型弓形回波的特征。通过与弓形回波 2 相比,弓形回波 1、3 强度较弱,其强度场特征不如前者明显,但在弓形回波 3 中仍可观测到 WER 及 RIN。RIN 作为弓形回波 1、3 在强度场上的共有现象,是弓形回波的典型特征,实际上它对应 RIJ 出现的区域<sup>[8]</sup>,其形成可能与 RIJ 从高层携带的干空气有关,可见在径向速度场上如 RIJ 特征不明显则可借助 RIN 来识别。值得一提的是,只有尺度最大的弓形回波 3 演变成逗点回波,且该逗点回波维持约 160 min,头部伴随大规模的层状云降水回波,强中心位于逗点头的底部,回波强度 50 dBz,顶高 11 km,VIL 为 20 kg/m<sup>2</sup>,且逗点回波头部呈明显的涡旋运动,导致弓形回波由对称结构转变为非对称结构,这与 Fujita 提出的弓形回波后期演变模型十分类似。

### 4.2 速度场特征

#### 4.2.1 后部入流急流 RIJ

自多普勒天气雷达投入业务应用,通过径向速度图发现了弓形回波的运动学特征,如弓形回波存在后部入流急流 RIJ、北端气旋性流场以及南端反气旋性流

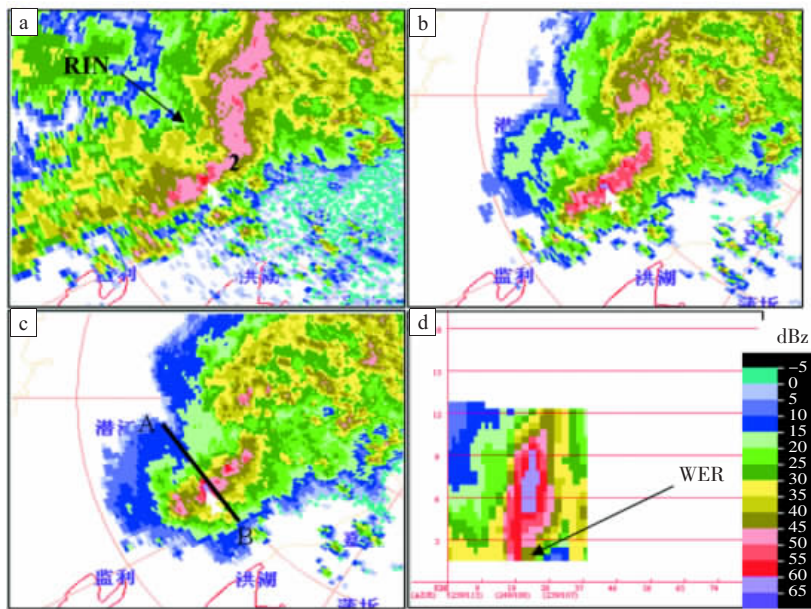


图 3 2008 年 5 月 3 日 19 时 17 分弓形回波 2 反射率因子特征图

(a)、(b)、(c)为武汉雷达 0.5°、1.5°、2.4°仰角反射率因子图;(d)为图 c 中 AB 连线反射率因子垂直剖面图

场等<sup>[2]</sup>,进一步证实了 Fujita 提出的弓形回波概念模型。

分析此次过程的径向速度图(图 4)可知,弓形回波 1 后部有较明显的 RIJ,表现为-15 m/s 的负速度大值区域,结合地面大风风向分析可知 RIJ 为西北风。RIJ 水平尺度约 7 km,高度从底层约 1.8 km 伸展到 5.4 km,表明 RIJ 较深厚。2.4°仰角图上,RIJ 表现为-15 m/s 的大风核。1.5°仰角图上该 RIJ 的北南两侧均有正速度区,因此对应着气旋性和反气旋性风场,而在 0.5°仰角图上 RIJ 风速相对较弱,表现为-10 m/s

的负速度大值区插入到正速度区内,其北南两侧也为气旋性和反气旋性风场。随着弓形回波 1 东移南压,中高层 RIJ 逐渐减弱,19 时 05 分消散,而底层 RIJ 仍然维持,虽然这期间强度图上弓形回波 1 的特征已不明显,但底层 RIJ 仍维持。由于 RIJ 下沉并沿对流后部的地面扩展,加强了地面流出,从而增强了弓形回波前沿的抬升能力,有利于形成强度更强和生命史更长的对流系统<sup>[2]</sup>,这可能是弓形回波 1 维持时间最长的重要原因。

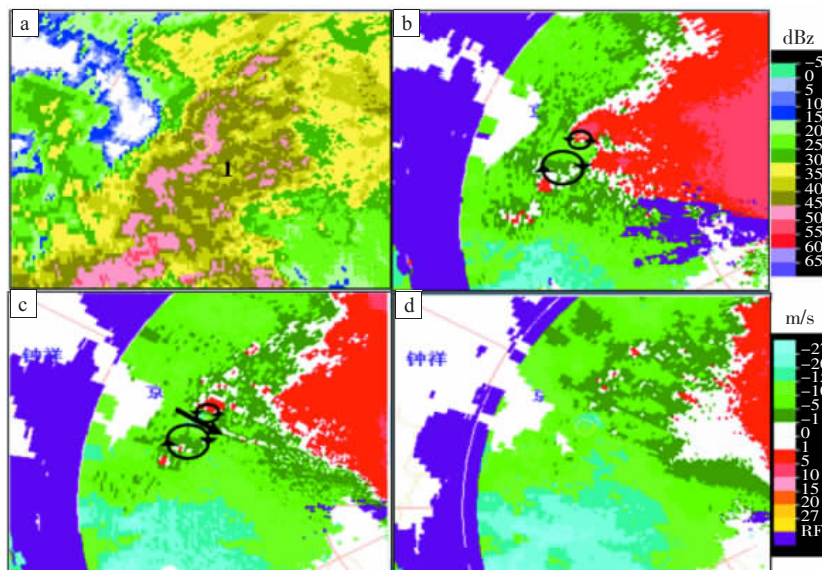


图 4 2008 年 5 月 3 日 19 时 17 分弓形回波 1 特征图(1 表示弓形回波)

(a)为武汉雷达 0.5°仰角反射率图;(b)、(c)、(d)为 0.5°、1.5°、2.4°仰角径向速度图

与弓形回波 1 不同,速度图(图略)上未观测到弓形回波 2 和 3 中有 RIJ,弓形回波后部对应速度较弱区域,周围为西南急流形成的-20 m/s 大片负速度区

域。由于 RIJ 是造成地面大风的重要原因,其风向应与地面大风基本一致,而地面实况大风为西北风,因此 RIJ 应为西北气流,而不是西南急流。回波强度图上弓

形回波 2 和 3 后部均有 RIN,且前者的顶部十分明显,表明 RIJ 是客观存在的,可能由于弓形回波位于雷达站西南方,RIJ 几乎与径向相垂直,因而在径向的速度分量很小,在速度图上对应速度值较小区域,这表明在速度图上能否观测到 RIJ 取决于 RIJ 与雷达径向的夹角,但借助 RIN 可分析出其是否存在。

#### 4.2.2 低层中气旋

近年来数值模拟及观测均发现,除 RIJ 外弓形回波中的低层中尺度涡旋也能产生地面破坏性大风<sup>[9]</sup>。利用新一代天气雷达 CINRAD/SA 生成的中气旋产品能标识出中尺度涡旋及其高度,由于中气旋采用距其最近风暴的编号,因此同一个中气旋在不同时次的编号可能不同。在对中气旋编号订正之后,发现此次过程共有 7 个高度在 3 km 以下的中  $\gamma$  尺度气旋,其中 2 个位于弓形回波 3 顶点以北回波的后侧,4 个位于逗点回波尾部前沿,1 个位于逗点回波头部。低层中气旋的最低高度为 0.4 km,径向距离为 2~7 km,方位范围为 3~7 度。弓形回波 3 和逗点回波中的低层中气旋持续最长时间分别为 42、66 min。

#### 4.2.3 西南急流

旺盛的西南急流始终与弓形回波相伴随是本次过程的显著特点之一。速度图上西南急流表现为雷达西南象限内大范围的负速度大值区( $\geq 15$  m/s)以及东北象限内相应的正速度大值区,且覆盖了弓形回波所在的大部分区域,因最大风速 $\geq 27$  m/s 多次出现速度模糊,高度 0.5~7 km,表明西南急流十分深厚,这与在探空图中湖北东部西南气流从 925 hPa(约 680 m)伸展到 400 hPa(约 7 490 m)高度比较接近。随着弓形回波 3 向东南方向移动,雷达西南象限西南急流的高度逐渐下降(最低至 0.5 km),而地面风为西北风,可见低层垂直风向切变明显,有利于强对流的发展维持。此外,西南急流作为引导气流,推动弓形回波 3 的顶点向东北移动,进而带动弓形回波北部东移,在弓形回波向逗点回波转换过程中也有重要作用。

#### 4.2.4 冷锋

冷锋在速度图上的特征为零速度线有明显弯曲现象。由弓形回波初始阶段速度图(图略)可见,雷达西北象限内零速度线由东北-西南走向转为西北-东南走向,弯曲近 90 度,结合地面图分析该弯曲现象由零速度线后侧的西北气流及前侧的西南气流形成,表明存在一条东北-西南向的冷锋,这与地面分析(见下节)的结果是一致的,强度图上相应位置为线性回波带,而在雷达站附近零速度线随高度顺转,表明低层存在暖平流。冷锋经过雷达站时,零速度线弯曲程度不明显,低层(0.4 km)出现 15 m/s 的东南风。冷锋过

后,零速度线又重新出现弯曲现象,低层转为北风。

#### 4.3 弓形回波产生的强对流天气

弓形回波演变的各阶段均出现大风、暴雨等强对流天气。初始阶段,由分布较零散的对流块(短带)产生暴雨,其中潜江境内 1 h 降水为 93 mm,是本次过程的最大小时降水量,表明降水效率极高,此外,雷暴内部强烈的下沉气流造成 2 站极大风速超过 17 m/s。弓形回波维持阶段,与弓形回波外形相对应强降水区域成带状分布,最大小时降水位于弓形回波顶点附近,达 73 mm,且 1 站出现大风天气,出现在弓形回波南段经过站点时。逗点回波阶段,降水中心位于逗点头,小时最大降水 78 mm,由于逗点尾部回波成带状分布且移速快,虽然雨强较大,但未产生暴雨。此外,有 8 站次出现大风天气,其中 6 站次大风位于逗点头附近,2 站次位于逗点尾部前沿。对比三个阶段强对流天气可知,初始阶段降水强度最大,局地性较强,逗点回波尾部由于移速快,其强降水区域呈跳跃性分布,而逗点回波头部因移速相对较慢强降水区域相对集中,且头部的涡旋运动更有利于上升运动,产生的降水也更大。地面大风多出现在弓形(逗点)回波经过站点时,其中逗点回波出现大风站次最多。Fujita 认为,逗点回波是弓形回波强度减弱后的表现,而此次过程中逗点回波头部均出现暴雨和大风天气,这是在短时临近天气预报中应注意的。

### 5 地面中尺度分析

分析 14 时地面气象站资料可知,受暖倒槽控制鄂东地区维持东南风的气旋性流场,同时冷锋位于湖北省西部,成东北-西南走向。16 时冷锋东移由山地进入江汉平原,强度迅速加强,锋面两侧最大温差约 5℃,位于荆门、荆州一带,对应 1 h 降水量达 62 mm。之后强降水区域随冷锋进一步东移,18 时强温度梯度(温差超过 4℃)区位于京山-潜江一带,对应 1 h 降水达 93 mm。对流回波块主要位于锋前暖区中,并在冷锋作用下以合并方式形成东北-西南向回波带,对应带上有弓形回波初生。19 时(图 5a),冷锋后西北气流与鄂东地区气旋性流场相连接,形成中尺度低压,中心位于仙桃、蔡甸一带本站气压值为 998.7 hPa。低压位于弓形回波北端,在地面冷锋后部西北气流和上层西南急流的共同作用下,中尺度低压向东偏北方向移动,其气旋性流场带动弓形回波北部做明显的涡旋运动,从而导致 20 时后逗点回波的形成(图 5b)。中尺度低压一直维持至 02 时从黄冈东部移出湖北省,期间在冷锋推动下逗点回波的南端维持为带状向东南方向移动。

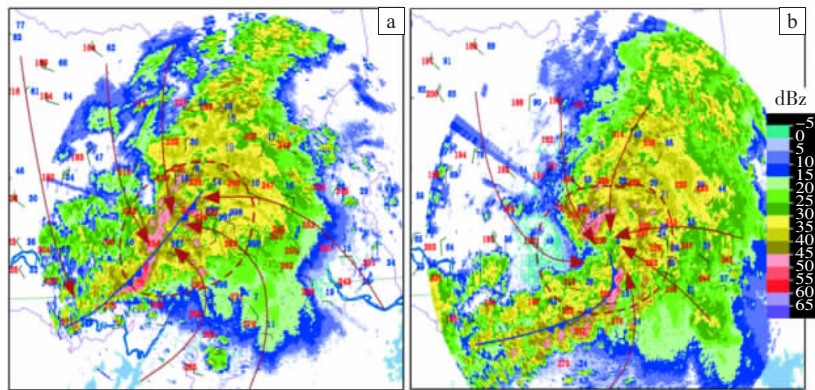


图5 2008年5月3日19时(a)、21时(b)武汉雷达组合反射率因子与地面要素场叠加图

## 6 结论

(1)此次强对流天气过程是在有利的天气背景条件下发生的,500 hPa 西风槽、低层切变线、地面冷锋是主要影响天气系统。较强的层结不稳定和低层垂直风切变均有利于弓形回波的产生。

(2)先后有三个不同空间尺度的弓形回波产生大风、暴雨等强对流天气,前两个由回波块、回波短带以合并方式形成,并连接成带状回波,由该带状回波演变成最后一个尺度较大的弓形回波,最后演变成逗点回波;弓形回波组合反射率因子达 60 dBz,顶高 14 km,垂直累积液态含水量为 55 kg/m<sup>2</sup>,后部 RIN 强中心位于弓形顶部的南端,其前沿可见明显的强反射率因子梯度区,低层有弱回波区(WER),风暴体发生倾斜,回波顶位于强反射率因子梯度区上方;弓形回波后有 RIJ,两侧对应气旋性和反气旋性风场,同时观测到低层的  $\gamma$  尺度中气旋。

(3)弓形回波演变的各阶段均出现大风、暴雨等强对流天气。初始阶段降水强度最大,局地性较强,大范围强降水出现在弓形回波维持及逗点回波阶段,但由于逗点尾部移动快而未产生暴雨。地面大风多出现在弓形(逗点)回波经过站点时,其中逗点回波出现大风站次最多。

(4)最大降水强度位于冷锋两侧的强温度梯度大值区,对流回波块在冷锋作用下以合并方式形成东北-西南向回波带,地面中尺度低压带动弓形回波北部做涡旋运动,对逗点回波的形成有重要作用。

(5)由于新一代天气雷达探测具有高时空分辨率,

完整监测了此次弓形回波的演变过程,并从中分析出 RIJ、中气旋、西南急流等特征,表明其在强对流天气监测中的优势。此外,弓形回波通过合并形成、中尺度低压先于逗点回波形成以及冷锋快速推进形成回波带等现象,对于短时临近预报均有一定的指导意义,且雷达回波结合地面要素场分析效果会更好。

武汉中心气象台王珊珊、苏磊同志为本文提供分时地面图及雨量图,在此一并致谢。

## 参考文献:

- [1] Fujita T T. Manual of downburst identification for project Nimrod [G]// Satellite and Mesometeorology Research Paper 156, Dept. of Geophysical Sciences, University of Chicago, 1978:104.
- [2] Weisman M L. Bow echoes: A tribute to T T Fujita Bull [J]. Amer Meteor Soc, 2001, 82(1): 97-116.
- [3] 谢健标,林良勋,颜文胜,等.广东 2005 年“3·22”强飊线天气过程分析[J].应用气象学报,2007, 18(3):321-329.
- [4] 龙利民,陈亮,江航东,等.副热带高压外围西北侧一次强对流天气的雷达回波特征[J].暴雨灾害,2007, 26(1):67-72.
- [5] 陈业国,沈桐立,唐文.2007 年华南一次强飊线过程的雷达回波分析及数值模拟[J].暴雨灾害,2008, 27(2):135-140.
- [6] 王珏,张家国,王佑兵,等.鄂东地区雷雨大风多普勒天气雷达回波特征[J].暴雨灾害,2008, 28(2):143-146.
- [7] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理和业务应用[M].北京:气象出版社,2006:166-167.
- [8] Przybylinski RW. The bow echo Observations, numerical simulations and severe weather detection methods[J]. Wea Forecasting, 1995, 10(2):203-218.
- [9] Weisman R J, Trapp. Low-level mesovortices within squall lines and bow echoes: Part I: Overview and dependence on environmental shear [J]. Mon Wea Rev, 2003, 131(11): 2779-2803.

## Analysis of Bow Echo in Early Summer of 2008 in the Eastern Part of Hubei

WU Tao<sup>1</sup>, ZHANG Huo-ping<sup>2</sup>, WU Cui-hong<sup>1</sup>

(1.Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074;

2.Ezhou Meteorological Bureau of Hubei Province, Ezhou 436000)

**Abstract:** Bow echo of a severe weather event in the eastern part of Hubei on 3 MAY 2008 is analyzed with Wuhan CINRAD data and the observation data from upper-air and surface. The results show that 500 hPa trough, low-level shear line and surface cold-front formed the primary effective weather system. Unstable air and low-level vertical wind shear were favorable for bow echo occurrence. Radar data analyses showed that there were three different scale bow echoes which caused the severe convective weather. The first two were made by a merger of echo blocks and short echo line, then combined into echo line which evolved into the last larger-scale bow echo and comma echo. Bow echo has the 60 dBz, 14 km top height, 55 kg/m<sup>2</sup> vil, RIN, intensive reflectivity in the leading edge and WER. On velocity image, bow echo has RIJ corresponding to the cyclonic and anticyclonic wind field, low-level meso- $\gamma$ -scale vortexes. Severe wind and rainstorm occurred in each stage of bow echo. The interaction of cold front and cyclonic stream field caused meso-scale low-pressure which makes the north of bow echo to move cyclonic and played a primary role in comma echo occurrence.

**Key words:** Bow echo; RIJ; Meso-scale low pressure; Severe convection

(上接第 305 页)

## The Statistic Characteristics of Southwest China Vortex and its Effect on Precipitation of Hubei Province

GAO Zheng-xu<sup>1</sup>, WANG Xiao-ling<sup>2</sup>, LI Wei-jing<sup>3</sup>

(1.Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074; 2.Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074;

3.National Climate Center, Beijing 100081)

**Abstract:** Use the objective analysis and statistical result based on a long time series data, southwest vortex's climate character has been revealed. Southwest vortex's analysis shows that using reanalysis data to analyse southwest vortex's statistic character is feasible, which can reflect the climate state character of the southwest vortex, and consistent with the observed fact. When an exception occurs on southwest vortex, upper westerly jet's location will be changed obviously, when southwest vortex generated more than normal the corresponding westerly jet drifts to the northern side, the reverse is also true. The analysis on the relation between the precipitation and southwest vortex's counts shows that they have a high correlation, and the correlation coefficient in most parts of the province has reached 0.35, especially has the indication to anomaly precipitation. Besides, the southwest vortex and SST have a high correlation.

**Key words:** Southwest China Vortex; Westerly jet; Anomaly precipitation