刘娟,朱君鉴,陈晓红,等. 20070708阜阳极端降雨事件的综合分析[J]. 大气科学学报, 2009, 32(5): 627-636.

20070708阜阳极端降雨事件的综合分析

刘娟[1],朱君鉴[2],陈晓红[3],宋子忠[1],项阳[1],卢海[1]
(1. 阜阳市气象局,安徽 阜阳 236001; 2. 山东省气象局,山东 济南 250031; 3. 安徽省气象局,安徽 合肥 230061)

摘要:使用阜阳多普勒天气雷达、安徽省气象自动观测网、卫星云图等资料,对 2007年 7月 8日发生在阜阳市迎仙镇的一次极端降雨事件进行了综合分析。结果表明,这场特大暴雨是在西太平洋副热带高压向南撤退形势下发生的,大气层结主要表现为强的对流性不稳定,特大暴雨对流云带恰好发生在低层辐合区、高层辐散区,并且和 850 hPa典型的静止锋式切变线相对应;特大暴雨由狭窄而持续强盛的对流性回波带形成。切变线的组织作用使得新生回波单体不断地聚合到回波带中,是维持回波带持续强盛的原因。回波单体移动方向和回波带的走向接近一致造成迎仙持续的强降水。

关键词:阜阳迎仙;极端降雨;强对流回波带;静止锋式切变线
中图分类号: P435 **文献标识码**: A **文章编号**: 1674-7097(2009)05-0627-10

A Comprehensive Analysis on 20070708 Extreme Precipitation Event in Fuyang

LIU Juan[1], ZHU Jun-jian[2], CHEN Xiao-hong[3], SONG Zi-zhong[1], XIANG Yang[1], LU Hai[1]
(1. Anhui Fuyang Meteorological Bureau, Fuyang 236001, China; 2. Shandong Meteorological Bureau, Ji'nan 250031, China; 3. Anhui Meteorological Bureau, Hefei 230061, china)

Abstract: Using the comprehensive information of Fuyang radar echoes, automatic weather observation networks and satellite cloud images, an extreme precipitation event at Yingxian town, Fuyang city on 8th July 2007 (20070708) is analyzed. Based on the data from the dense meteorological observation network and the statistical data of radar echoes, the rainstorm facts are first revealed. The synoptic analysis of the event data shows that the rainstorm happened in a southward withdrawal process of the west Pacific subtropical high, when the atmospheric temperature stratification was strongly convectively unstable. The convective cloud band producing the torrential rain was vertically in a convergent area at low level in the conjunction of a divergent area aloft, and its location coincided with an 850 hPa shear line of stationary front type; and the rainstorm formed within a narrow and persistently strong convective echo band. The shear line continuously organized new echo cells into the echo band, thus keeping it strong and persistent for ten hours, and the motion direction of echo cells, approximately consistent with the orientation of the strong echo band, enhanced the precipitation intensity of the rainstorm at Yingxian.

Key words: Fuyang yingxian; extremely heavy rain; strong convective radar echo band; stationary front shear line

0 引言

我国是一个季风气候的国家,华东地区是季风气候最显著的区域,地处华东地区的淮河流域在汛期经常会出现极端降雨事件,造成洪涝和渍涝灾害,进入 21世纪以来淮河流域的暴雨洪涝更

收稿日期: 2009-01-05;**改回日期**: 2009-02-26
基金项目:国家自然科学基金资助项目 (40575012);安徽省气象局预报员专项 (KY200708)
作者简介:刘娟 (1956—),女,山东荣成人,高级工程师,研究方向为暴雨和强对流天气的短时临近预报, liujuan_fy@yahoo.cn.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为频繁。为了更有效地科学决策、防灾减灾,对暴雨预报准确率和提前时间的要求日益提高。暴雨过程受到行星尺度、天气尺度和中小尺度等多种尺度系统的支配[1],因此暴雨预报是极其复杂的问题。丁一汇[2]对 1991年江淮流域持续性特大暴雨进行了系统深入的研究,该年梅雨来得早,持续时间长,雨量集中,并主要由三场雨组成,每场暴雨都对应了强烈的上升运动,低空辐合,高空辐散并且逐步增强。矫梅燕等[3]对 2003年 7月 3—4日淮河流域一场大暴雨的结构和维持机制作出了详细分析,指出这场大暴雨是高层冷空气与低层切变线相互作用而产生的梅雨锋暴雨,中尺度系统在其中起了关键作用。史小康等[4]对 2003年 7月 8—9日发生在安徽境内江淮地区的暴雨进行了数值模拟研究。李燚等[5]对 2005年 7月 5—12日淮河流域、安徽中北部的强降水过程进行诊断分析和数值模拟,提出非线性亚临界对称不稳定可能是该时段强降水形成的重要机制。

杜秉玉等[6]使用国内梅雨锋暴雨探测中第一次获得的多普勒雷达资料,研究了 1991年 7月 9日江淮地区梅雨锋暴雨的中尺度对流回波系统,提出了弱低层辐合下的中尺度回波增强区概念。夏文梅等[7]使用单部多普勒天气雷达资料,分析研究了暴雨中径向速度场上的大尺度辐合、辐散与冷暖平流相叠加的特征,以及中小尺度的逆风区、切变等特征。刘黎平等[8]综合使用双多普勒天气雷达风场反演技术和径向速度分析方法,研究了长江流域低空切变线暴雨的中 α、中 β和中 γ尺度系统的结构及其相互关系,指出了它们对暴雨的重要作用。周海光等[9]使用双多普勒天气雷达风场反演技术重点研究了江淮梅雨锋暴雨中低层的中 β尺度辐合线三维结构,辐合线对暴雨的触发、发展和维持作用,给出了暴雨风场的三维动力结构模型。廖玉芳等[10]使用多普勒天气雷达观测资料分析了湖南超级单体风暴产生的暴雨。刘娟等[11]使用单部多普勒天气雷达资料分析了 2005年 7月 7—10日安徽省淮北地区持续性暴雨的中尺度回波特征。这些研究工作都推动了我国新一代天气雷达在暴雨预报中的应用。

刘勇等[12]使用 52 a的雨量资料研究了安徽梅雨年际变化特征,结果表明安徽省江淮之间和江南地区出梅日期主要集中在 7月第 2候,而这一地区的出梅恰好对应于安徽省沿淮淮北地区暴雨集中发生的开始。唐洵昌等[13]应用中尺度数值预报系统对三次江淮地区梅雨锋大暴雨过程进行了模拟分析,揭示了产生暴雨的天气系统结构特征和物理机制。

国外多普勒天气雷达在强降水分析和预报中的应用,很多研究是利用雷达反射率因子与降水的关系(Z-R 关系)来估算未来的降水量[14-15],Austin[16]、Joss等[17]认为,对不同类型的降水使用相应不同的 Z-R关系能提高雷达降水估算的精度。另一方面,利用多普勒径向速度图像可定性地得到大气中的辐合辐散结构,Wood等[18-19]给出了许多风场特征的示意图,这样利用多普勒径向速度 PPI资料可识别大气中准实时的辐合辐散结构,并大致判断其强弱程度。这在目前探空资料时间密度和空间密度都很小的情况下,对大气的中小尺度分析和暴雨预报无疑是有益的。

2007年 7月淮河流域出现了仅次于 1954年的全流域性大洪水。2007年 7月 8日,地处沿淮、淮北平原的阜阳市区域内发生了极端降雨事件,阜阳市临泉县迎仙镇出现了日雨量 518 mm 的强降雨,突破了 2005年 9月 2日安徽岳西 493 mm 的历史记录(均为气象观测日雨量)。出现特大暴雨的范围并不大,位于迎仙镇北部的临泉县气象站日雨量仅 56.5 mm;但是特大暴雨区的降雨强度大,强降雨时段集中且持续时间长,造成了严重的突发性内涝,也加剧了淮河流域的洪涝。

1 极端降雨事件概述

2007年 7日 20时—8日 20时(北京时,下同)在安徽省沿淮淮北地区出现了一条东西向带状分布的特大暴雨区(图 1)。在安徽省沿淮两岸地区,有 5个县级以上气象站日雨量超过 200 mm,最大 276 mm出现在凤台县。最大降雨中心在临泉县迎仙镇,日雨量 518 mm(图 1),雨强(即 1 h降雨量)最大 88.7 mm,强降雨持续 10 h(8日 03—14时),这 10 h降雨量 502 mm。雨量数据已经安徽省大气探测中心确认为正确,并且把气象部门自动气象站雨量和水文部门人工观测雨量作了比较,迎仙水文站人工观测 8日 08—14时为 367 mm,相同时段自动气象站观测为 348.3 mm;迎仙水文站人工观测 8日 08时—9日 08时为 392.5 mm,相同时段自动气象站观测为 366.5 mm。水文部门和气象部门观测到的雨量都很大,证明雨量数据可靠。极端的降雨在短时间内造成极其严重的突发性内涝。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

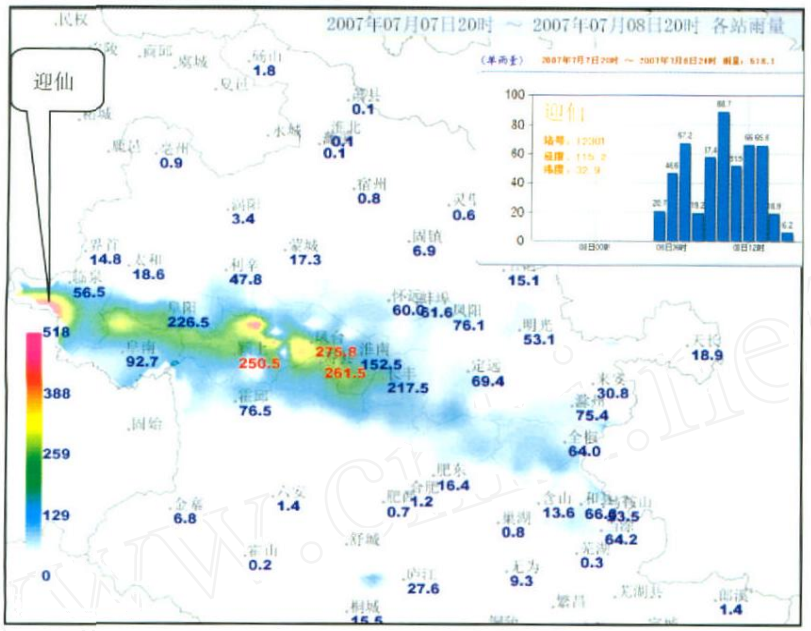

图 1　2007年 7月 7日 20时 —8日 20时安徽省沿淮淮北地区自动气象站日雨量 (mm)及迎仙逐时降雨量

Fig 1　Daily rainfall(mm) observed by Anhui automatic weather stations and hourly rainfall(inset) at Yingxian from 2000 BST 7th to 2000 BST 8th July 2007

2　天气形势背景

2.1　副高变化

7月 8日 08时西太平洋副热带高压为纬向型(图略)。7日 20时 500 hPa等压面上 588 dagpm等高线在安徽省沿江地区, 584 dagpm等高线在安徽省北部,位于江淮之间的对流云带在 588 dagpm等高线与 584 dagpm等高线之间; 8日 08时 588 dagpm等高线南撤到安徽境内的长江以南地区, 584 dagpm等高线南撤到安徽境内的沿淮地区,位于该沿淮地区的对流云带就在 584 dagpm等高线附近,因此 7月 8日的特大暴雨是在副高向南撤退的形势下发生的。在贝加尔湖附近的高压脊前高层有干冷空气扩散南下,与西太平洋副热带高压西北边缘中低层暖湿西南气流交汇于江淮地区,为这场暴雨提供了有利的天气形势背景。

2.2　对流云带和切变线、散度场的配置关系

从 8日 08时红外云图(图 2)可见淮河流域上空为典型的梅雨锋暴雨云带所覆盖,阜阳位于对流云带的西端。红外云图和 850 hPa水汽通量散度场、200 hPa速度散度场叠加分析表明,影响阜阳的对流云带恰好位于低层辐合区、高层辐散区,这种高低空配置有利于强而持续的上升运动。8日 08时高空观测的风场和红外云图叠加分析表明, 08时 850 hPa高空观测场上,位于切变线北侧的郑州、徐州吹东北风,风向风速都是 75°、3 m/s,位于切变线南侧的阜阳、南阳吹西南风,阜阳 235°、10 m/s,南阳 260°、3 m/s,两侧风向相反、相对而吹,为静止锋式切变线[20],由于切变线两侧风速差较大使得辐合很强,对流云带位于切变线南侧。700 hPa风向切变虽然不如 850 hPa典型,但也存在辐合。从风速大小来看, 8日 08时 850 hPa在西南急流北界怀化 20 m/s、武汉 16 m/s、阜阳 10 m/s,沿着西南急流方向存在风速大小不同而形成的辐合。阜阳位于西南急流轴左侧。850 hPa等压面上长江以南地区有宽广的西南急流,把南海的水汽源源不断地向北输送到江淮地区,为暴雨区提供了充足的水汽。4°×4°经纬度网格的物理量客观分析场(图略)显示,阜阳上空 850 hPa和 700 hPa速度散度值分别是 $-4\times10^{-5}\ s^{-1}$、$-6\times10^{-5}\ s^{-1}$; 850 hPa和 700 hPa的比湿分别是 14 g/kg、10 g/kg。阜阳上空 200 hPa等压面上气流向东北、东、东南发散,形成辐散区, 300 hPa和 200 hPa速度散度值分别是 $5\times10^{-5}\ s^{-1}$、0,高层辐散的抽气作用有利于加强这一地区的上升运动。

2.3　不稳定条件分析

2.3.1　弱的静力不稳定

从 7月 7日 20时(特大暴雨发生前)和 8日 08

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

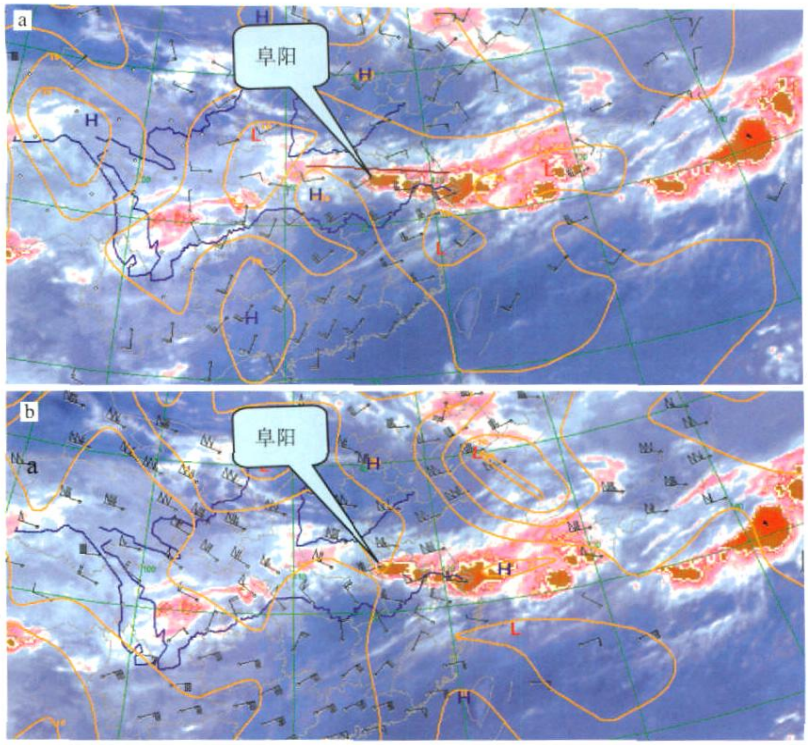

图 2 2007年 7月 8日 08时 FY2C卫星红外云图 850 hPa水汽通量散度及高空风 (a;单位: g·hPa^{-1}·cm^{-2}·s^{-1})和 200 hPa速度散度及高空风 (b;单位: 10^{-5}s^{-1})

Fig 2 FY2C satellite IR images overlaid with (a) 850 hPa water vapor flux divergence (g·hPa^{-1}·cm^{-2}·s^{-1}) and wind, and (b) 200 hPa wind and its divergence (10^{-5}s^{-1}) at 0800 BST 8th July 2007

时 (特大暴雨正在发生时)的温度 —对数压力图 (图 3)分析可知,两个时次的静力不稳定度都不强。7日 20时从地面到 600 hPa气层为静力稳定, 600～400 hPa气层为弱的静力不稳定, CAPE值为 177 J/kg; 8日 08时从地面到 700 hPa气层为静力稳定, 700～400 hPa气层为弱的静力不稳定, CAPE值仅为 68 J/kg。CAPE值较小可能是由于从 6月 29日到 7月 8日这段时间里淮河流域持续降雨有关,不利于对流有效位能的积累。但是 K指数都是 39,达到成片雷雨的指标;沙氏指数都是在 -1至 0之间,为弱不稳定。此外还可见大气层结整层很湿,温度 —露点差小于 3。

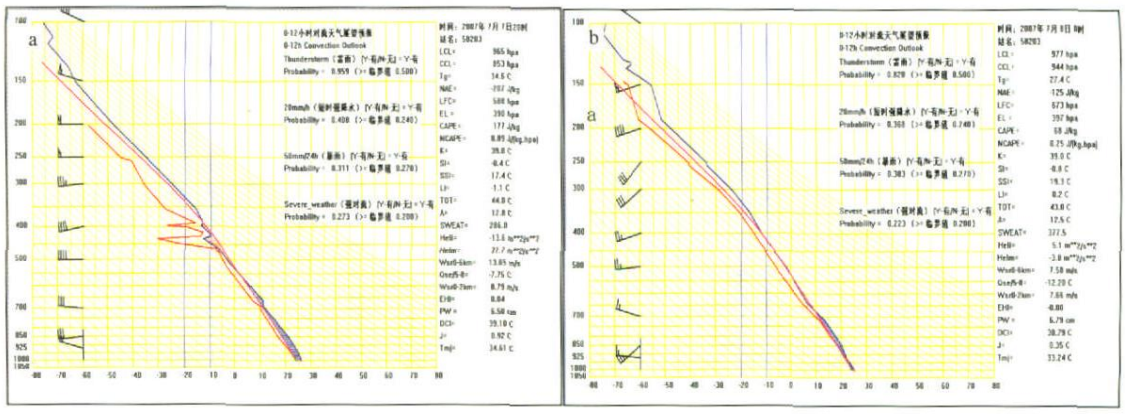

图 3 2007年 7月 7日 20时 (a)和 8日 08时 (b)阜阳温度 —对数压力图

Fig 3 Fuyang T-logP maps at (a) 2000 BST 7th and (b) 0800 BST 8th July 2007

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3.2　强的对流性不稳定

同样从图 3分析可知,7月 7日 20时和 8日 08时对流性不稳定都很强,7日 20时 500 hPa和 850 hPa假相当位温之差为 - 7.75 ℃,8日 08时为 - 12.20 ℃。从上述的天气尺度背景和低层切变线来看,对流性不稳定气层被整层抬升的条件具备,有利于不稳定能量释放。可见此次特大暴雨的大气层结主要表现为强的对流性不稳定。

3　暴雨的雷达回波演变特征

参看图 4,特大暴雨主要降雨时段从 8日 03—13时,雷达回波表现为准静止的聚合型强对流回波带,各阶段的演变特征分述如下。

3.1　暴雨初生阶段的演变特征

03—05时 (图 4a—c)是暴雨初生阶段。原有降水回波区在阜阳雷达的东南部,03时开始在其西北方向新生出对流单体,迅速聚合成中 γ尺度回波短带,进而聚合成中 β尺度的对流回波带,从 05时 (图 4c)可见,短短 2 h内影响阜阳的东西向回波带已经发展到长达 100 km以上。因此影响迎仙的对流回波系统不是外部移入的,而是本地新生的。迎仙的强降雨也刚好是 04时开始的。

在暴雨初生阶段,分析雷达的风廓线产品可见,存在着中层西北气流迅速向下发展的现象。7日 23时 5～6 km气层开始出现西北气流,并逐渐向下发展,到 8日 02时发展到 3 km高度。这类似于前倾槽形势下的风向演变。由于高空观测间隔 12 h,在天气图上捕捉不到这些变化。图 5显示在 8日 02∶40—03∶41,西北气流从 4.0 km迅速向下发展到边界层 0.6 km处。这个现象说明在降雨增强的开始时间有干冷空气从中层下滑。该雷达观测事实表明,暴雨过程中尽管大多数时间中低层都是西南气流,但是某些时段确实存在西北气流。

3.2　暴雨稳定维持阶段的演变特征

3.2.1　强对流回波带不断聚合

06—13时 (图 4d-j)是暴雨稳定维持阶段。06时图上,在阜阳上空的对流回波带南北两侧各有一条与之平行的对流回波带,由于低层切变线的组织作用这 3条带迅速聚合在一起,这样不断聚合使得对流回波带能够长时间地保持高的反射率因子值。新生单体总是在回波带西端附近生成,并不断地补充进入回波带,使得迎仙镇总是处在最强回波区。

暴雨系统强盛时期,雷达回波系统整体特征是一条狭长但对流非常强盛的东西向回波带,宽 30 km左右,长约 400 km。从图 6a可见,红色的带状区域中雷达反射率因子都大于 45 dBZ,最大为 55～60 dBZ。回波带南侧的反射率因子梯度大于北侧。图 6b是同一体扫沿着雷达正西方向做的反射率因子剖面图 (端点为 269°/72 km～243°/7 km),可见对流单体密集排列,45 dBZ强回波最高达到 9 km,可辨回波顶高度达到 15 km,说明对流非常强盛。强对流回波带准静止地持续长达 10 h左右,并且一直保持高反射率因子值。可见迎仙及其附近的特大暴雨主要是由对流性降水形成的。

3.2.2　列车效应造成迎仙持续强降水

从风暴追踪信息产品 (图略)分析可知风暴单体大体上都是自西向东移动的;而对流回波带整体 (图 4)是东西走向的;因此风暴单体是沿着对流回波带走向移动的。因此对于某个固定的地点 (如迎仙)来说,多个风暴单体相继影响该地点 (就像一列火车的多节车厢相继经过某个固定的地点),每个风暴单体都产生强降雨,单体排列又非常密集,就形成了持续的强降雨。造成迎仙持续强降雨的机制就是这种所谓的“列车效应”。这种效应使对流回波带整体移动表现为准静止状态。

3.2.3　两条回波带相交处出现辐合的中气旋

图 4g中东西向回波带和另一条西南—东北向回波带在颍上县附近相交,在这个交点附近于 09∶05(图 4g)和 09∶11(图略)雷达都识别出中气旋 (图 4g中黑色小圆圈所示)。

中气旋位于雷达 123°/61 km,图 7a是雷达同屏显示的 09∶05最低 6个仰角的径向速度 (图 7a),它在 3.4°～6.0°仰角上速度对很清楚,对应高度 (指雷达以上高度)为 4～5 km;而在 0.5°～2.4°仰角上速度对不清楚,可见它是中层中气旋。在径向速度图上正负速度中心分别为 24 m/s、- 7 m/s,表现得不对称;但在风暴相对速度 (图 7b)上,正负速度中心分别为 17 m/s、- 17 m/s,很对称。由旋转速度为 17 m/s、距离雷达 61 km可知该中气旋的强度达到弱中气旋的上限,接近中等强度的中气旋。从图 7还可见正负速度中心是相向的、气旋式旋转,因此是辐合的中气旋。在中气旋处辐合上升运动加强,暴雨系统强烈发展,恰好对应颍上县附近存在着的另一个暴雨中心 (图 1)。

3.2.4　逆风区频繁出现

这场暴雨中径向速度图上逆风区[21]频繁出现。逆风区指径向速度图上一种方向的较大范围的速度区中出现反方向的较小范围的速度区,这个被包围

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

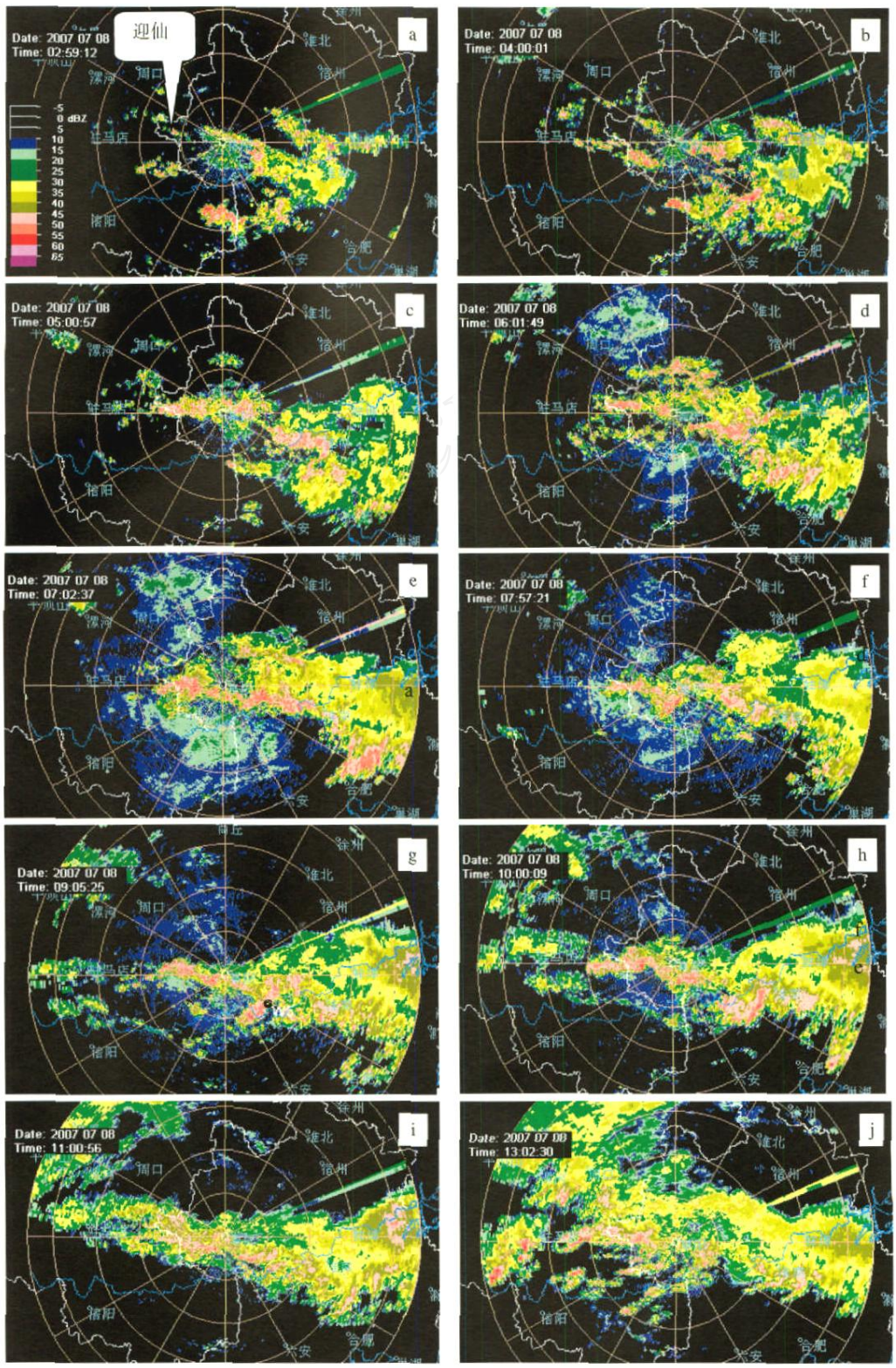

图 4 2007年 7月 8日 03—13时阜阳 CICRAD /SA雷达回波逐时演变 (雷达基本反射率因子, 0.5仰角,每圈 50 km,小于 10 dBZ回波被忽略)

Fig 4 Hourly evolution of the radar reflectivity of Fuyang radar(CICRAD /SA) at 0.5 °elevation angle from 0300 to 1 300 BST 8th July 2007(the reflectivity less than 10 dBZ is neglected; the range ring interval is 50 km)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

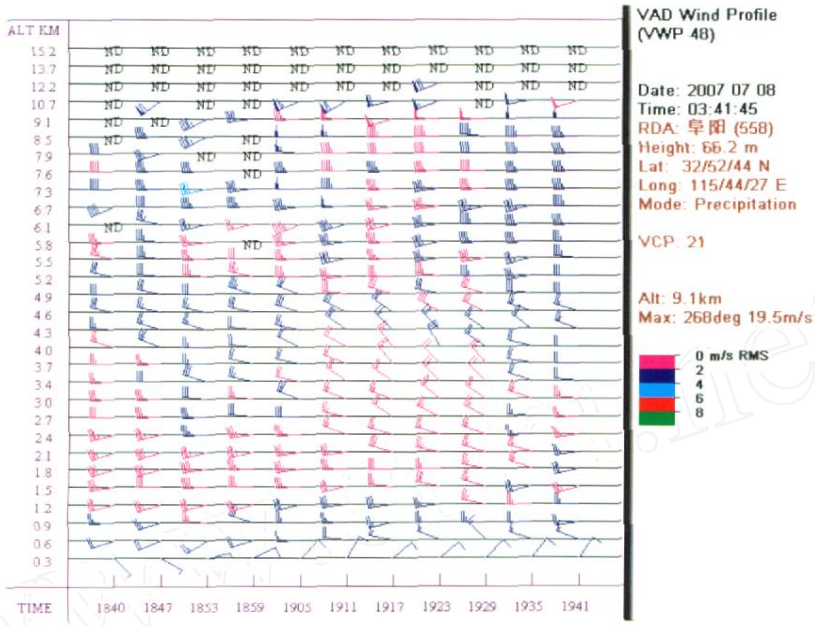

图 5　阜阳雷达 8日 02:40—03:41风廓线演变

Fig. 5　The wind profile from 0240 to 0341 BST 8th July 2007 observed by Fuyang radar

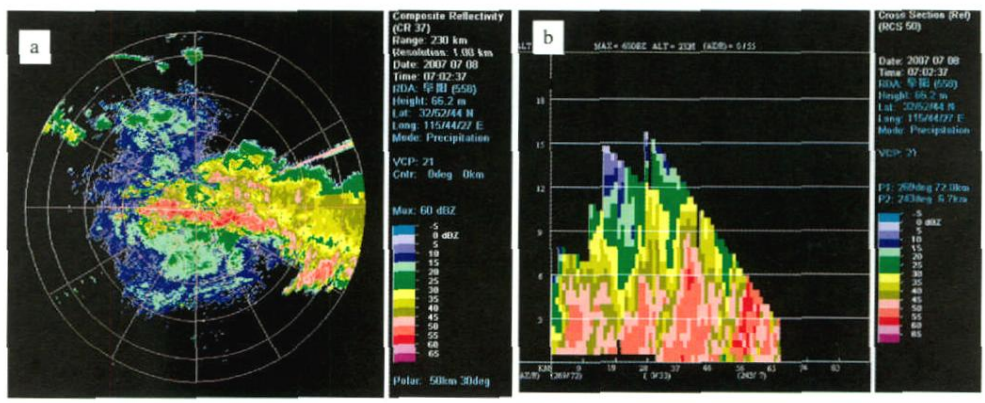

图 6　2007年 7月 8日 07:02阜阳雷达组合反射率因子(a)和反射率因子剖面(b)

Fig. 6　(a) Composite reflectivity factor and (b) reflectivity cross section along the E-W direction of Fuyang radar at 0702 BST 8th July 2007

着的反方向速度区称为逆风区,逆风区的两侧分别存在辐合与辐散,通常比中气旋的辐合弱。8日 08:10迎仙镇附近上空从 1.5°~9.9°仰角都出现了逆风区(图略),说明有时会存在深厚的逆风区。多个中 γ尺度的逆风区有时还排列成短带状。图 8是 08:22经过迎仙附近上空逆风区的剖面,两处逆风区恰好对应着两个强对流单体,这说明较深厚的逆风区能够加强辐合上升运动,使对流单体强烈发展,起到使暴雨增幅的作用。本文认为,首先逆风区的出现是暴雨回波带上多个中 γ尺度对流单体上升、下沉运动相互作用的产物;而逆风区一旦出现,又对暴雨产生正反馈作用,逆风区两侧和周围风场一起形成一对辐合、辐散的局地垂直环流,有利于局地上升运动的维持和加强。

3.3　迎仙暴雨的减弱和结束

迎仙暴雨以强降雨带向南移动才得以减弱和结束。8日上午河南省中部逐渐发展起来一片混合型回波区,11时之后它加快向东南移动,12时靠近影响迎仙的对流回波带,但这两个回波系统相遇没有在迎仙加强,而是在稍微偏南的地方才加强。13时迎仙对流回波带开始减弱,强回波密集程度降低,降雨开始减弱。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

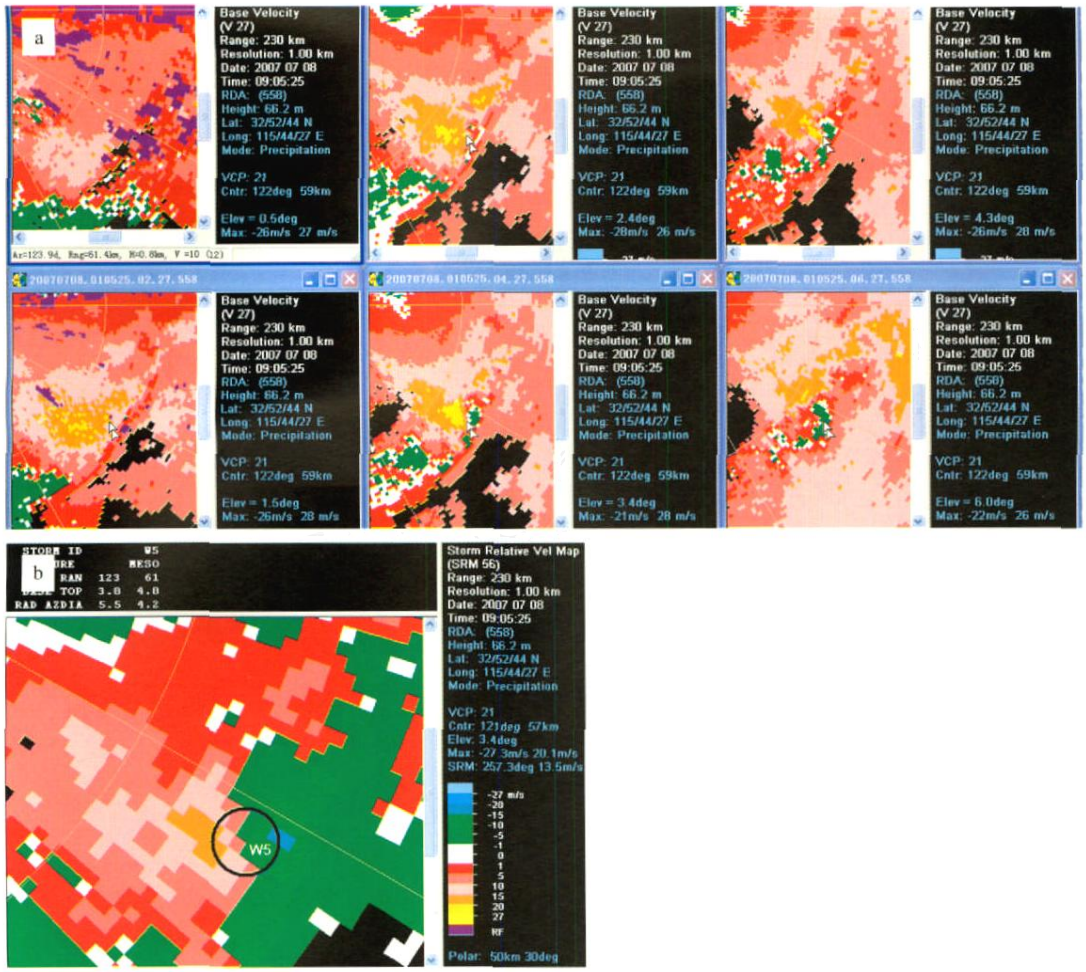

图 7 2007年 7月 8日 09 05阜阳雷达径向速度 (a; 0.5 °—6.0 仰角)和风暴相对速度 (b; 3.4 仰角)

Fig. 7 (a) Radial velocity (elevation angles: 0.5 °—6.0 °) and (b) storm relative velocity (elevation angle: 3.4 °) observed by Fuyang radar at 0905 BST 8th July 2007

4 雷达回波特征量和降雨量统计分析

分别读取迎仙镇上空 8日 04—15时,每个体扫的组合反射率、垂直累积液态含水量、回波顶高 (读取 41#产品数值、为 18 dBZ回波顶高),求出每小时平均值,与每小时降雨量相比较 (图 9),结果表明:

(1)在 04—14时,每小时平均组合反射率不低于 45 dBZ,最大 52.5 dBZ(图 9a);每小时平均液态含水量不低于 15 kg/m^2,最大 37 kg/m^2 (图 9b);每小时平均回波顶高不低于 10 km,最大 14 km (图 9c)。每小时降雨量持续 10 h不低于 20 mm,最大 88.7 mm。

(2)分别比较 3者与每小时降雨量的时间序列,变化趋势一致。

(3)最大每小时降雨量 (09—10时 88.7 mm)并不和这 3者的最大值精确重合,3者的最大值都发生在 06—07时,产生了 67.2 mm 降雨,为次大值。

总之,在长达 10 h里,影响迎仙镇的回波系统持续存在强反射率、大液态含水量、高回波顶,由此产生迎仙镇持续强降雨。

5 结论

本文使用安徽省气象自动观测网资料揭示了狭窄区域上高强度暴雨的观测事实,使用雷达回波、卫星云图、高空观测等资料对暴雨过程的综合分析表明:

(1)这场特大暴雨是在副高向南撤退形势下发生的。天气尺度系统是低层副高西北侧暖湿的西南急流和贝湖高压脊前高层扩散南下的冷空气,它们造成了淮河流域弱静力不稳定、强对流性不稳定的大气层结,为对流发生提供了潜在能量;造成了暴雨区上空低层辐合、高层辐散的有利配置,为暴雨提供了强而持续的上升运动条件,使不稳定能量得以释

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

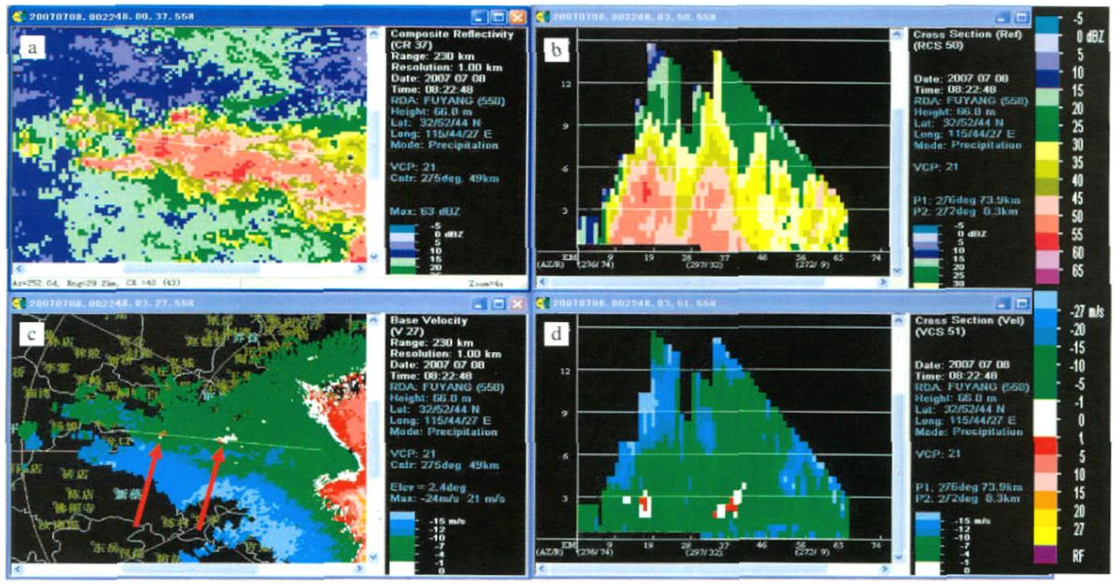

图 8　8日 08 :22经过迎仙附近上空的组合反射率因子 (a)、反射率因子剖面 (b)、2.4 仰角径向速度 (c)、径向速度剖面 (d) (a, c中白色直线指示出剖面位置,剖面的西端点 276 °/94 km,东端点 272 °/9 km)

Fig. 8　(a/c) Composite reflectivity/radial velocity at 2.4 °elevation angle and (b/d) reflectivity/radial velocity cross section along a base line (the white line in a/c) at 0822 BST 8th July 2007, respectively

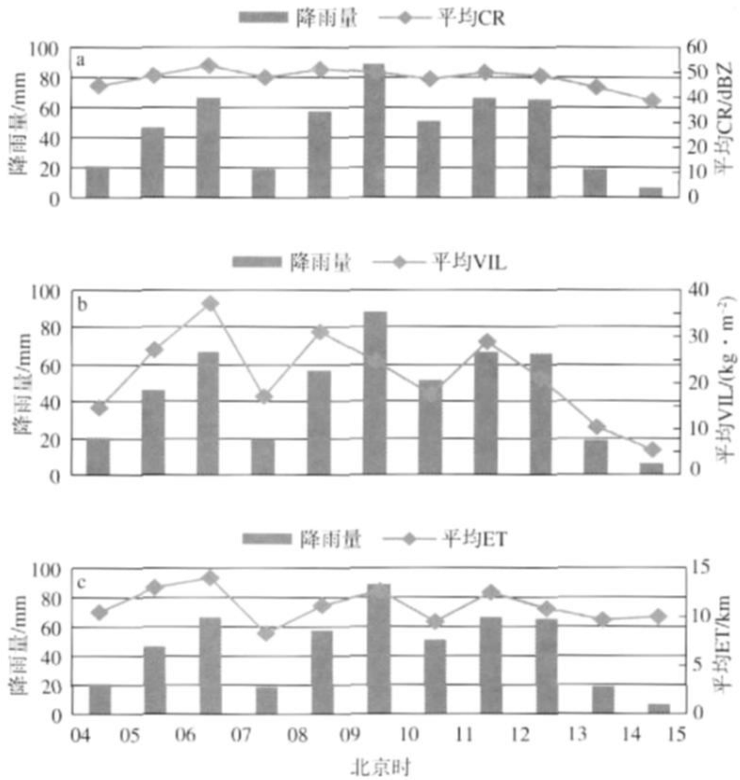

图 9　迎仙镇上空的逐时平均组合反射率 (a)、液态含水量 (b)、回波顶高 (c)和逐时降雨量

Fig. 9　Hourly rainfall versus (a) average composite reflectivity, (b) vertically integrated liquid water content, and (c) echo top height at Yingxian town

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

放;副高西北侧低层暖湿的西南急流持续地为暴雨区输送水汽。暴雨对流云带恰好发生在低层辐合区、高层辐散区,并且和 850 hPa典型的静止锋式切变线相对应。再一次证明切变线形势是淮河流域暴雨的重要天气形势之一。

(2)这场特大暴雨的直接影响系统是狭窄而非常强盛的中 β尺度对流回波带, 40 dBZ以上强回波区长 150～250 km,宽 15～25 km。暴雨回波系统是本地新生的,而不是外部移入的。暴雨中心迎仙镇每小时平均组合反射率不低于 45 dBZ,最大 52.5 dBZ;每小时平均液态含水量不低于 15 kg/m^2,最大 37 kg/m^2;每小时平均回波顶高 (18 dBZ顶高)保持在 10 km以上,最大 14 km。由此形成每小时降雨量持续 10 h不低于 20 mm,最大 88.7 mm。

(3)在低层切变线的辐合作用下,对流回波带附近新生的风暴单体不断地向对流回波带聚集,使对流回波带保持强生命力和长生命史。风暴单体移向和对流回波带走向接近一致,使风暴单体相继影响迎仙镇,形成持续长时间的高强度降雨。

(4)在两条回波带相交处出现了辐合的中气旋,该处辐合上升运动加强,暴雨增幅。这种现象对预报暴雨中心有指示作用。

参考文献:

[1] 寿绍文,励申申,姚秀萍. 中尺度天气学 [M]. 北京:气象出版社, 2003: 339-348.

[2] 丁一汇. 1991年江淮流域持续性特大暴雨研究 [M]. 北京:气象出版社, 1993: 69-130.

[3] 矫梅燕,毕宝贵,鲍媛媛,等. 2003年 7月 3～4日淮河流域大暴雨结构和维持机制分析 [J]. 大气科学, 2006, 30(3): 475-490.

[4] 史小康,李耀东,高守亭,等. 一次江淮暴雨的数值模拟及暴雨落区的诊断分析 [J]. 气象科学, 2007, 27(1): 26-34.

[5] 李燚,陆维松,濮梅娟,等. 一次暴雨过程中非线性亚临界对称不稳定的机制分析 [J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(3): 340-351.

[6] 杜秉玉,陈钟荣,张卫青. 梅雨锋暴雨的 Doppler雷达观测研究:中尺度对流回波系统的结构和特征 [J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(1): 787-794.

[7] 夏文梅,张亚萍,汤达章,等. 暴雨多普勒天气雷达资料的分析 [J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(6): 787-794.

[8] 刘黎平,阮征,覃丹宇. 长江流域梅雨锋暴雨过程的中尺度结构个例分析 [J]. 中国科学 D辑, 2004, 34(12): 1193-1201.

[9] 周海光,郭富德. 梅雨锋暴雨的中尺度对流系统结构模型的双多普勒雷达研究 [J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(1): 1-8.

[10] 廖玉芳,俞小鼎,唐小新,等. 基于多普勒天气雷达观测的湖南超级单体风暴特征 [J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(4): 433-443.

[11] 刘娟,宋子忠,张健,等. 2005年淮北主汛期持续性暴雨雷达分析 [C]//俞小鼎. 新一代天气雷达业务应用论文集. 北京:气象出版社, 2008: 175-183.

[12] 刘勇,徐敏,朱红芳,等. 安徽梅雨年际变化特征研究 [J]. 气象科学, 2004, 24(4): 488-494.

[13] 唐洵昌,张欣,陶玫,等. 三次梅雨锋大暴雨过程的数值模拟分析 [J]. 气象科学, 1997, 17(3): 221-229.

[14] Láek M, Cheze J L, Handwerker J, et al. Radar techniques for identifying precipitation type and estimating quantity of precipitation[R]//National Meteorological Administration of Swedish. The European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Visby Sweden, 2004.

[15] Uijlenhoet R. Raindrop size distributions and radar reflectivity rain rate relationships for radar hydrology[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2001, 5(4): 615-627.

[16] Austin P M. Relation between measured radar reflectivity and surface rainfall[J]. Mon Wea Rev, 1987, 115(5): 1053-1070.

[17] Joss J, Waldvogel A. A method to improve the accuracy of radar measured amounts of precipitation[C]//American Meteorological Society. 14th Radar Meteorology Conference. 1970: 237-238.

[18] Wood V T, Brown R A. Single Doppler velocity signature interpretation of nondivergent environmental winds[J]. J Atmos Oceanic Technol, 1986, 3(1): 114-128.

[19] Wood V T, Brown R A. Effects of radar proximity on Single-Doppler velocity signatures of axisymmetric rotation and divergence[J]. Mon Wea Rev, 1992, 120(12): 2798-2807.

[20] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理与方法 [M]. 北京:气象出版社, 1981: 222-223.

[21] 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): 373-377.

(责任编辑:刘菲)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net