

文章编号:1004-9045(2007)01-0068-05

# 副热带高压外围西北侧一次强对流天气的雷达回波特征

龙利民<sup>1</sup>, 陈亮<sup>1</sup>, 江航东<sup>2</sup>, 姜玉印<sup>1</sup>

(1.湖北省宜昌市气象局,宜昌 443000;2.厦门机场气象台,厦门 361012)

**摘要:**2005年7月15日14时到16日08时,宜昌市出现了一次强对流天气过程。根据宜昌多普勒天气雷达每6 min一次体扫监测信息,分析了副热带高压外围西北侧强对流天气雷达回波的演变趋势。结果表明,在山地向平原过渡的地带,当对流云发展到最旺盛阶段并出现地面强降水时,在其基本反射率最低仰角产品中存在出流边界;弓形回波、带状回波的走向与环境风场几乎成正交时,给所经之地造成异常剧烈的天气,且灾害性大风均出现在径向速度场中具有旋转性环流的强单体移动的下风方。

**关键词:**强对流天气;旋转环流;出流边界;弓型回波

**中图分类号:**P458.3 **文献标识码:**A

## 1 引言

强对流天气是有利大尺度环境背景下产生的中小尺度天气系统的产物。这些中小尺度系统包括雷暴群、飑线等,一般会引起灾害性的大风和局地暴雨,有时还伴有冰雹和龙卷风,是一种具有短时巨大破坏力的天气,常给国民经济和人民生命财产造成严重损失。在强对流天气研究方面,有人根据天气雷达探测具有较高时间和空间分辨率、能对中小尺度强对流天气进行有效监测预警的性能,通过对天气雷达回波资料的分析,发现了强对流天气的一些重要特征<sup>[1]</sup>,如弱回波区、风暴传播等。近几年来,随着我国多普勒天气雷达相继投入使用,对强对流天气的分析也随之深入<sup>[2-5]</sup>。其中,陈秋萍通过对闽北一次降雹过程的雷达回波分析,发现在垂直结构上雹云强回波区发生倾斜和低层存在弱的回波区<sup>[2]</sup>;舒防国等人<sup>[5]</sup>在分析十堰市一次强对流天气过程时,指出强降雹由多单体强风暴造成,回波强度大,高度较高,顶部有旁瓣假回波,低层存在弱回波区。但我国地域广阔,气候差异较大,各地强对流天气过程不尽相同,故深入分析一些特殊强对流天气个例的雷达回波特征仍然很有必要。

通过对2005年7月15日14时到16日08时发生在宜昌市的一次副热带高压外围西北侧强对流天气雷达回波的分析,得出了一些对强对流天气预报有指示意义的回波特征,旨在为预报员对强对流天气进行跟踪监测分析时尽可能地提前发布预报警报信息提供参考依据,使强对流天气造成的经济损失降到最低限度。

## 2 天气实况

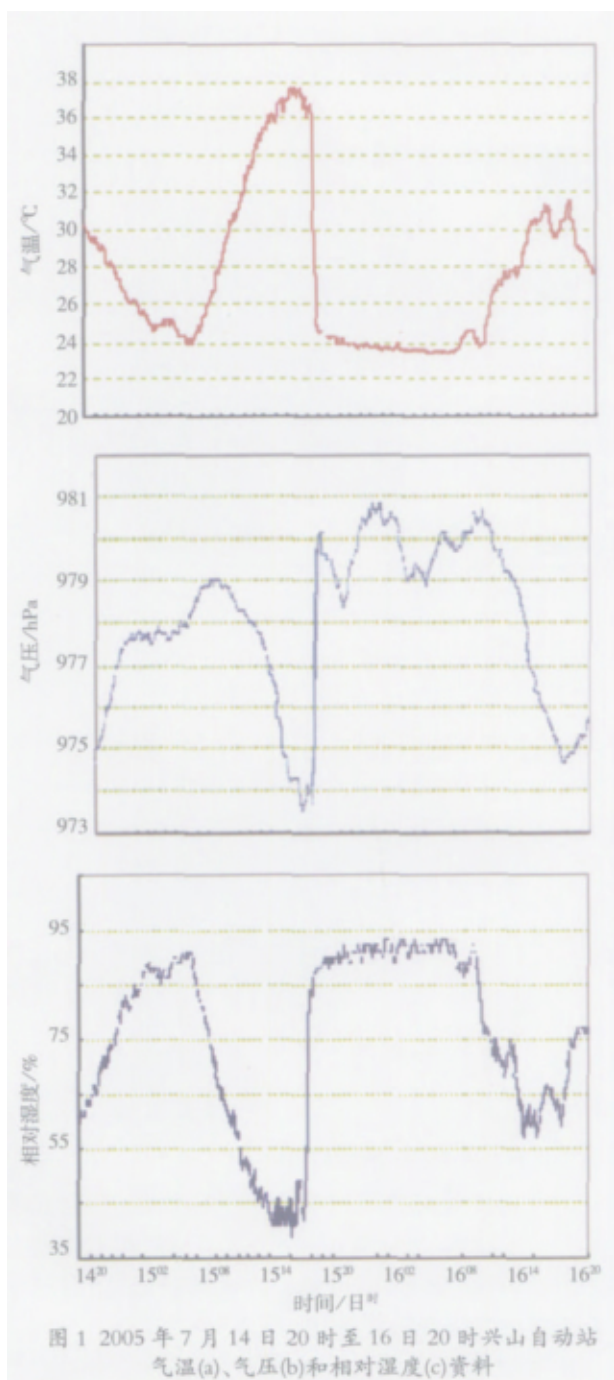
2005年7月15日14时到16日08时,宜昌市自西南至东北出现了一次强对流天气过程。此次过程伴随着雷雨、大风或冰雹等天气,强降水中心位于五峰县城关,量值达89.5 mm。过程中全市先后有36个大于等于10 mm·h<sup>-1</sup>的雨团(含自动气象站、加密自动雨量站记录)活动。五峰县长乐坪乡16日03:00~04:00降雨量31.6 mm,04:00~05:00降雨量36.7 mm;兴山县自动站15日17:33最大风速15.1 m·s<sup>-1</sup>,大风过后,雷雨交加,气温陡降、气压及相对湿度涌升(图1);宜都市15日13时至16日凌晨普降大雨、局部暴雨,并伴有冰雹、8级左右雷雨大风,14:14~15:00该市城关降水26.5 mm。20时后随着低空急流西推,动力抬升占主导地位,加上地形的特殊影响,五峰、当阳、长阳及宜都等地16日01:00~08:00先后出现了8站次、18个时次1 h大于10 mm的降水。

## 3 大尺度环流背景

从7月13日20时开始,500 hPa西太平洋副热带高压(以下简称“副高”)逐渐加强西伸;14日08时,5920 gpm线覆盖浙江南部、安徽南部、福建省和广东省;15日08时,副高达最强,宜昌站高度5910 gpm,甘、陕交界处有小槽和切变线活动,并有弱冷槽与之配合;15日20时,小槽东移南压到鄂西北、渝西与川东的接壤地带。700 hPa,3160 gpm线从13日20时到16日20时经历了加强、西进、稳定(15日08时至16日08时)及东退的过程,宜昌处于700 hPa以下低空

收稿日期:2006-12-06;定稿日期:2007-03-12

作者简介:龙利民,女,1958年生,高级工程师,主要从事天气预报技术和方法研究.E-mail:longdan825@sohu.com



急流左侧,无切变线活动。另外,从 13 日开始,地面 25~45°N 区间稳定维持一东西向暖低压带,无冷空气入侵;15 日 05 时,长江中下游出现锋生,11 时后沿江有对流云活动,从 14 时开始,浓积云、雷暴活动频繁。

上述分析结果表明,这次强对流天气正好发生在副高一次短暂进退过程中的外围,其西北侧暖湿气流与西风小槽东移带来的正涡度平流叠加,对触发宜昌上空不稳定能量的释放起到决定性作用。

## 4 雷达回波特征

### 4.1 雷暴出流边界

一般认为,在对流单体成熟阶段,云内大气垂直

运动的主要特征是同时存在上升气流和下沉气流。当雷暴云开始出现强降水时,向外辐散的下沉冷空气流出在地面附近向外流出,与暖湿的环境大气之间形成辐合上升气流,并排列成弧状云线<sup>[6]</sup>。

#### 4.1.1 基本反射率的演变

7 月 15 日 11:39:27(北京时,下同),在基本反射率图上,宜昌测站 214.7°、55.3 km(仰角 1.5°)附近有小块对流云(强度 18 dBz)开始发展,随后其周边不断有小单体发展并入,同时向东北方扩展,这与宜昌处于副高西北侧边缘、单体随着西南气流向下游传播是吻合的;13:05:21,回波中心强度达 65 dBz,并持续到 14:18:41。14:12:36(仰角 0.5°),在对流单体前沿探测到由强降水带来的下泄气流出流区,说明从这时开始,地面降水加强,此时对流云发展到最旺盛阶段(成熟阶段),出流边界比较清晰,回波强度 15~20 dBz,14:30:55 回波开始增强到 20~25 dBz,并持续到 15:19:52,随着对流单体向东偏北方向移动而向外推进。受其回波影响,宜都城关 14:14~15:00 降水 26.5 mm,枝江县白洋 14~15 时降水 11.0 mm。随着降水云体的进一步减弱,外泄气流亦向外扩展,南端最远处离对流云母体 20 km(图 2a、c)左右;16:08:41 之后,此对流云完全减弱解体,其生命史经历了孤立发展、与历经之地单体合并后再发展、减弱的过程,历时 4.5 h,导致宜都市普降大雨、局部暴雨,并伴有 8 级左右大风和局部冰雹天气。

#### 4.1.2 径向速度场分析

通过对低仰角的多普勒径向速度图资料的分析,可以得出这次观测到的雷暴出流边界的主要特点:其径向速度分布具有不连续性,出流边界回波出现在正速度区一侧。

这次出流回波,其速度场上的辐合特征滞后于基本反射率场一个体扫(约 6 min)。在出流边界回波刚生成初期,其正速度边界(14:18:41)与雷暴回波主体的正速度区是紧密联系在一起的(图 2b),向外呈“弓形”弯曲。随着出流边界逐渐与回波主体分离,其正速度边界也愈来愈清晰(图 2d),从中可看到由降水带来的外泄气流与低层环境大气中暖湿气流(1000 m 以下为 4 m·s<sup>-1</sup> 东南风,图 4)形成了一个速度不连续面,造成界面内暖湿粒子的抬升而形成“边界墙”,且在整个“边界墙”内,组成回波的粒子运动均“远离雷达”(图 2b、d),这说明出流边界内部存在弱的上升运动。15:56:31,边界特征几乎完全消失,其生命史约 98 min。

#### 4.2 弓形回波

7 月 15 日 08:42:47,宜昌测站 163°~174°方位、160~177 km(仰角 1.5°)范围内已经有弱对流云团活

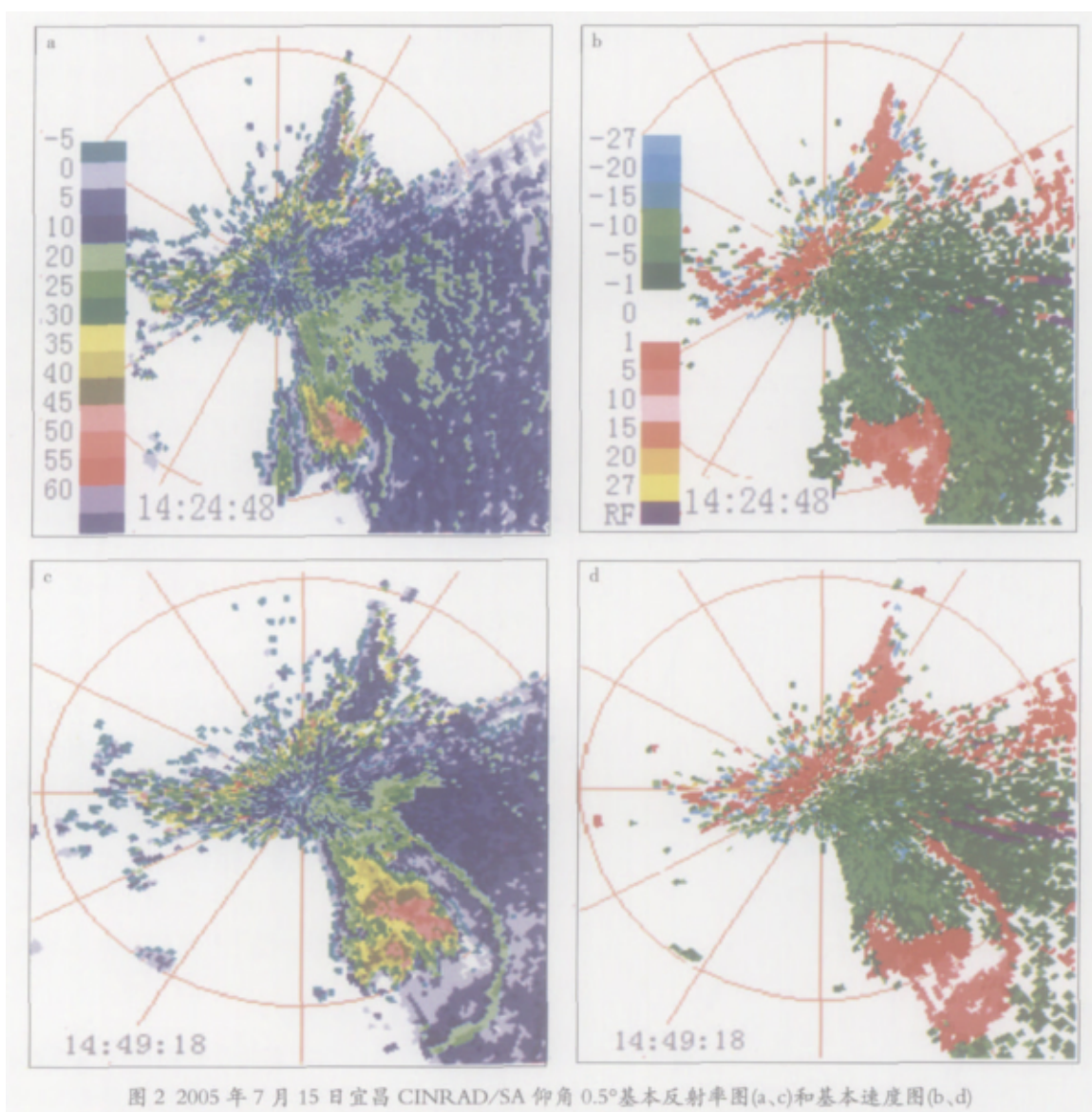


图 2 2005 年 7 月 15 日宜昌 CINRAD/SA 仰角  $0.5^\circ$  基本反射率图(a,c)和基本速度图(b,d)

动,直到 11:15:05,雷达探测视区内回波都属于局地弱对流单体,其移动方式大多为传播式。此后,从其移动、分布和发展态势可见,回波已呈明显的有组织性的活动趋势,单体随环境气流,即随副高外围西北侧西南暖湿气流移动。11:27:15,与宜昌市五峰县毗邻的湖南省石门县泥市附近开始出现对流云,随后回波的发展、合并、移动更具组织性。小块单体生消频繁,而大多数块状回波有组织地向东偏北移动。14:18:41,恩施州建始县南部雷暴群迅速发展,6 个雷暴单体很快并合,并随环境风场向北略偏东移动,这与副高外围偏南气流正好在强盛期相吻合;15:13:45,其移动方向前方约 20 km 左右,开始有零星对流单体活动,并迅速发展;15:44:19,建始北部到秭归西部边缘东北-西南向回波短带,与横贯秭归到长阳东北部的西北-东南向短带回波合并,其中心强度大于 65 dBz,形成一条由对流单体排列的弓形回波(图 3a),从同一时刻径向速度场(图 3b)可见,弓形回波上的径向速度分布特

点为正负速度对交替排列。由于受地形阻挡,向北推进速度一度减缓。16:39:14,兴山县高桥东南方有新生单体活动,并向北移,原弓形回波逐渐减弱,由北部新生单体组成的带状回波替代。

此次过程共有 5 次弓形、带状回波活动(图略),其走向与环境风场几乎成正交,且时间短、危害大。因回波影响之地气象站点稀少,所产生的强天气没有记录。但是兴山县自动气象站 15 日 17:33 记录的最大风速  $15.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,以及该县境内古夫水库因风翻船导致人员伤亡的事实,足以说明这次强天气带来的灾害是十分明显的。

#### 4.3 强对流回波的旋转性

从 7 月 15 日 12:09:58 基本径向速度图上可见,宜昌测站南部  $209.0^\circ$ 、53.7 km(仰角  $3.4^\circ$ 、离地面 3.6 km)处于发展的对流云中出现了小范围(1 km×1 km)的旋转环流,即对流云中出现了正负速度对,但径向速率仅  $\pm 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  左右,后来其范围逐渐增大,径向速率

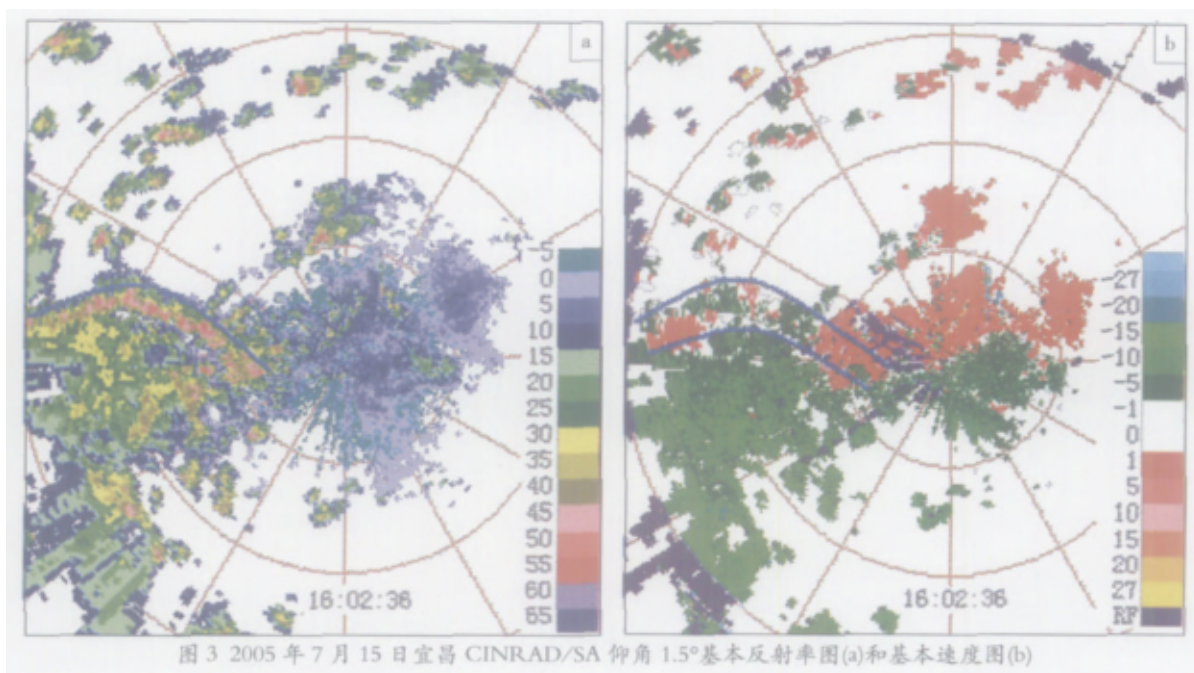


图 3 2005 年 7 月 15 日宜昌 CINRAD/SA 仰角 1.5°基本反射率图(a)和基本速度图(b)

达到 $\pm 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,并分别向上、向下传播。12:16:04,测站  $207.7^\circ$ 、53.1 km(仰角  $6.0^\circ$ 、离地面 6.0 km)附近也开始形成旋转。第 3 个体扫时,其旋转特征已传播至 700 hPa 以下层次,12:22:10,测站  $206.6^\circ$ 、53.7 km(仰角  $1.5^\circ$ 、 $2.4^\circ$ ,分别离地面 1.8 km、2.6 km)处同时出现旋转,随后的体扫中,旋转范围逐渐增大。14:49:18,单体旋转特征明显减弱,随后回波强中心范围逐渐减小,强度也逐渐减弱。由于该对流云的活动,致使宜都境内出现小范围冰雹以及 8 级左右雷雨大风天气。17:33 兴山测站记录到的  $15.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷雨大风,其影响回

波速度场同样经历了上述对流单体的演变过程。

上述观测事实说明,灾害性大风(雷雨大风)都出现在径向速度场中具有旋转性环流的强单体移动下风方。实际上,这次观测过程中,在秭归、夷陵区境内都发现了类似的对流单体,因这一区域未设地面观测站而没有获取雷雨大风的相关报告。

#### 4.4 环境风场的演变

分析 VAD 风廓线(VWP48)产品发现,宜昌市周边(以 30 km 为半径的圆)区域上空环境平均风场由弱的偏南风转成整层大于  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的偏南风(图 4)。

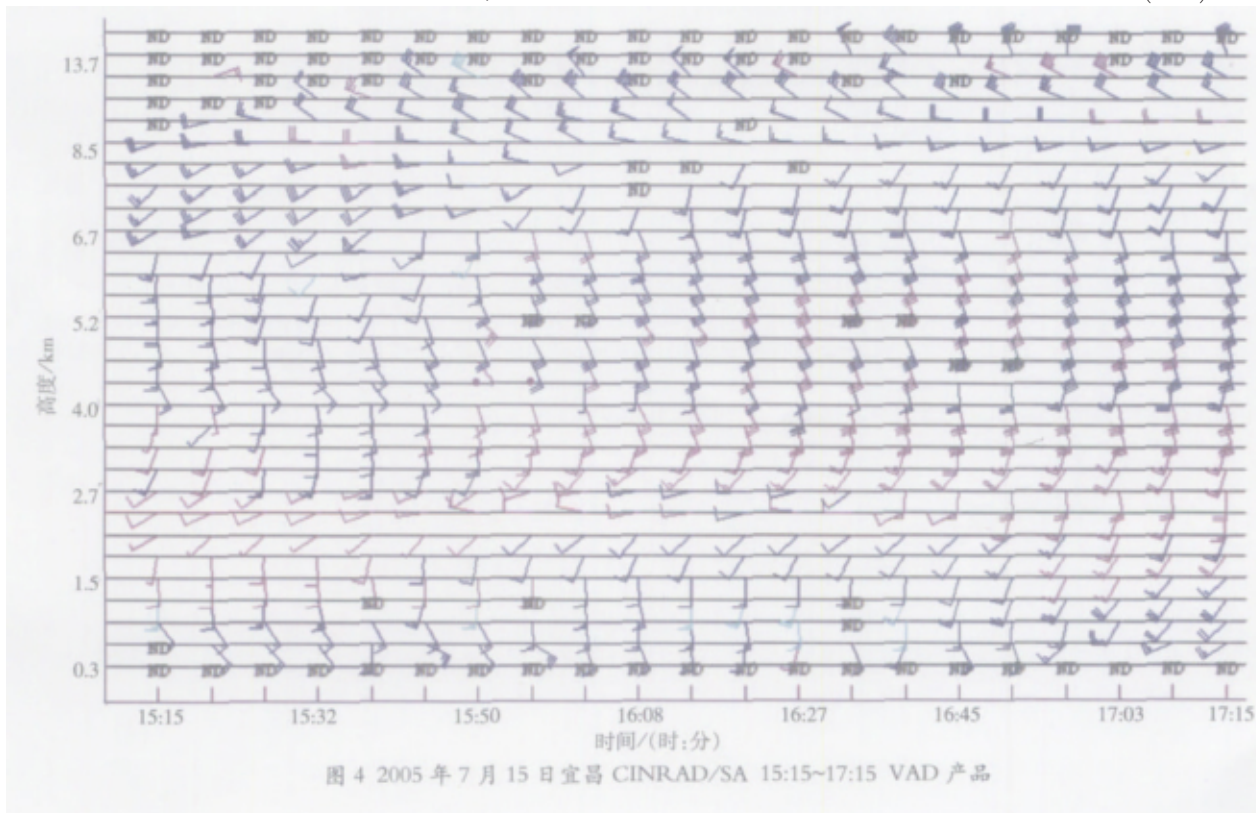


图 4 2005 年 7 月 15 日宜昌 CINRAD/SA 15:15~17:15 VAD 产品

7月15日15:56前约6.5 km以上宜昌上空有一支较强的西南气流,风速 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,之后动量开始向下传递,低层偏南风逐渐加大。17时后,整层大气都调整为 $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的偏南风,这与雷达观测到的对流云有组织地向偏北方移动是吻合的,也说明副高外围西北侧西南气流有一个增强的过程。从这个意义上看,可以根据VWP48产品弥补每天间隔12 h时段探空资料的不足,特别是在盛夏季节当副高外围出现不稳定天气时,若回波呈现有组织性地移动,且VWP48产品伴随偏南风增大,则可考虑副高外围可能会有扰动出现。

## 5 结论

(1)对出流边界的追踪,要特别关注基本反射率最低仰角产品。尽管这次出流边界的存在,对短时预报的提前量不大,但一旦发现出流边界,即可补充发布1~2 h强降水警报。

(2)旋转气流的发生发展是判断对流云发展的指示因子,也是判断灾害性大风发生的因子。就这次强对流天气过程而言,两者的关系是,首先,对流云在3.5 km(约700 hPa层)附近出现旋转,然后向上、向下伸展,以致达到足够深厚程度,形成一种力管作用,促

使对流云迅速发展。

(3)弓形回波、带状回波的走向与环境风的分布,同雷达回波所经之地的天气状况存在较为密切的关系。当其走向与环境风场几乎成正交时,回波都会给其所经之地带来强天气,这种强天气尽管持续时间短,但是危害极大。

(4)当盛夏季节副热带高压外围出现不稳定天气时,若发现雷达回波呈现有组织性地移动,且VWP48产品伴随偏南风风速增大,则可考虑副高外围可能会有扰动出现。

## 参考文献:

- [1] 胡明宝.多普勒天气雷达资料分析与应用[M].北京:解放军出版社,2000:170-204.
- [2] 陈秋萍,邓志,苏万康,等.闽北一次降雹过程的新一代天气雷达回波特征[J].气象,2003,29(3):41-45.
- [3] 冯晋勤,罗保华.一次冬季降雹过程的CINRAD/SA回波特征[J].气象,2004,30(5):21-23.
- [4] 王令,康玉霞,焦热光,等.北京地区强对流天气雷达回波特征[J].气象,2004,30(7):31-35.
- [5] 舒防国,吴涛,蓝天飞,等.十堰一次强对流天气雷达回波特征[J].气象,2004,31(12):45-50.
- [6] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕,等.雷达气象学[M].北京:气象出版社,2001:402-403.

# The Radar Echo Characteristics of a Severe Convection in Northwest of Subtropical High

LONG Li-min<sup>1</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, JIANG Hang-dong<sup>2</sup>, JIANG Yu-yin<sup>1</sup>

(1.Yichang Meteorological Bureau of Hubei Province, Yichang 443000; 2.Observatory of Xiamen Airdrome, Xiamen 361012)

**Abstract:** A severe convection weather occurred in Yichang city during from 14:00, July 15th to 08:00, July 16th in 2005. Based on the volume scanning data of Yichang Doppler radar every 6 minutes, the evolvement of radar echo of convective cloud northwest to the Subtropical High is studied. The result shows that on the transition belt from mountain to plain, there exists an outlet boundary in the basic reflectivity product of the lowest elevation when the convective cloud develops to the most strongly stage and the heavy rain occurs. Extremely severe weather always occurs when bow echo or belt echo are vertical to the background wind field and the gale always occurs in the leeward of the moving direction of the strong cell with rotating circulation in radial velocity field.

**Key words:** Severe convection; Rotating circulation; Outlet boundary; Bow echo