

多普勒天气雷达产品 在湖南的应用

主要内容

一、引论

二、湖南超级单体风暴

三、三体散射与强冰雹

四、旁瓣回波与强冰雹

五、对流性暴雨个例

一、引论

- 1、多普勒天气雷达的主要应用领域
- 2、强对流天气的定义及分类
- 3、强对流天气临近预报技术发展趋势

1、多普勒天气雷达的主要应用领域

- (1) 强对流天气的监测和预警
- (2) 大范围降水的监视和雨量的定量估计
- (3) 风场特征判断
- (4) 高分辨率数值天气预报模式初值场的形成

(1) 强对流天气的监测和预警

新一代天气雷达观测的实时回波强度 (Z)、径向速度 (V)、速度谱宽 (W) 的回波图象中，提供了丰富的有关强天气的信息。综合使用 Z 、 V 、 W 的图象分布，可以较准确和及时地监测灾害性天气。

(2) 大范围降水的监视和雨量的定量估计

新一代雷达的雷达参数在建站时都经过仔细的校准和标定。在日常的运行中定时的或每经过一个体积扫之后，对影响雷达定量的参数进行一次自动校准和检测，以确保雷达对回波强度的准确测量。雷达测量的回波强度按照适当地使用的Z-R关系，对降水强度随时间进行累积成降水量。

雷达估测降水除了雷达本身的精度限制外，还受到降水类型（影响Z-R关系）、雷达探测高度、地面降水的差异和风等多种因素的影响，使得雷达估测值与地面雨量计测量值有差异。

(3) 风场特征判断

新一代天气雷达获取的风场信息除了在实时显示的径向速度分布图象上直接用来识别、监测强天气外，通过对测得的径向速度分布进行一定的反演处理可以得到垂直风廓线和二维水平风场分布等。

(4) 高分辨率数值天气预报模式初值场的形成

通过对新一代天气雷达的反射率因子和径向速度数据进行同化，可以大大提高高分辨率数值天气预报模式初值场的精度，进而改善数值天气预报。

2、强对流天气的定义及分类

强对流天气通常是指落在地面上直径超过2cm的冰雹，除了水龙卷以外的任何龙卷，瞬时风速17m/s以上的（非龙卷）线性雷暴大风（很多国家规定超过25m/s的瞬时雷暴大风为强对流），以及导致暴洪的对流性暴雨。极端的强对流天气是指直径超过5cm的冰雹，F2级以上龙卷和瞬时风速33m/s以上的直线型雷暴大风。

3、强对流天气临近预报技术发展趋势

按照世界气象组织的定义，临近预报是指对雷暴、强对流等高影响天气的0~2 h预报，2 ~ 12 h时段的预报为短时预报。近年来，从事临近天气预报的气象学家们更倾向于将临近预报的时段扩展为0~6 h。

临近预报技术是在20 世纪60~70 年代在外推雷达回波的基础上发展起来的。近十多年来,随着天气雷达技术的进一步发展,以雷达资料为基础的对流天气临近预报技术的研究进展很快。主要包括雷暴识别追踪和外推预报技术、数值预报技术以及以分析观测资料为主的概念模型预报技术等。

识别追踪和外推预报技术主要以雷达资料为基础。通过对风暴的强度和大小进行线性或者非线性外推,可以在一定的时间段内预报风暴单体和降水区的移动。其缺陷是预报时效较短,准确率也不是很高。

数值预报技术是利用包含详细的热动力和微物理过程的中小尺度数值模式做风暴的临近预报。

概念模型预报技术主要是通过综合分析多种中小尺度观测资料,包括雷达和气象卫星资料等,在此基础上建立雷暴发生、发展和消亡的概念模型,特别是边界层辐合线和强对流的密切关系等,再结合数值模式分析预报和其他外推技术的结果,然后建立雷暴临近预报的专家系统。其于该技术建立的系统预报准确率最高,时效也最长,是临近预报技术未来发展的主要趋势之一。

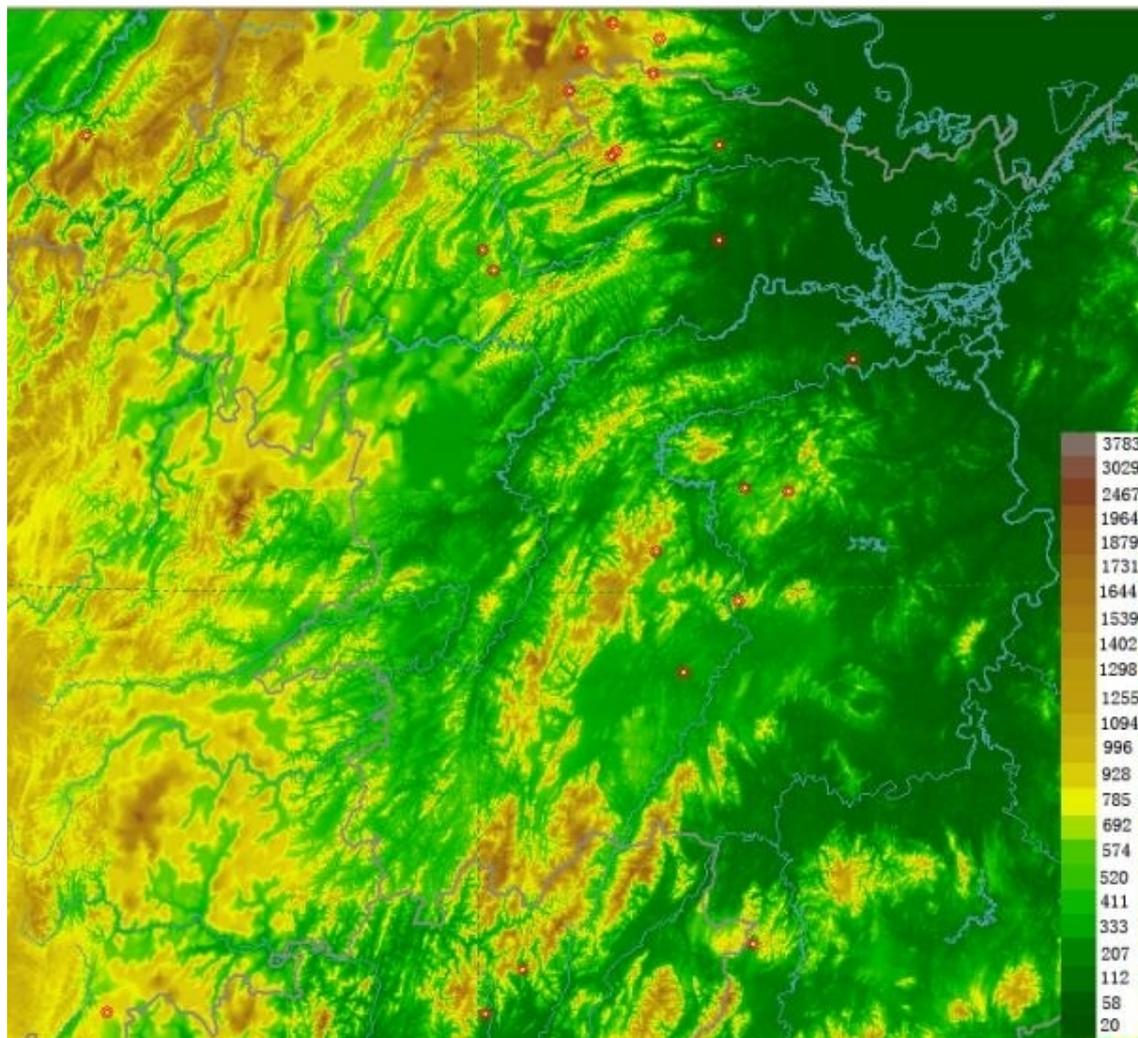


二、湖南超级单体风暴

- 1、超级单体风暴“生成源地”
- 2、超级单体风暴生命史
- 3、超级单体风暴属性统计特征
- 4、超级单体风暴回波结构
- 5、超级单体风暴特性
- 6、超级单体风暴移动与环境风
- 7、典型超级单体风暴案例

1、发展成为超级单体风暴的风暴生成源地

22个风暴有19个风暴生成在山区（高度梯度大值区，所在山地的南部），2个靠河流，1个在水库附近，1个在盆地。说明风暴生成在不同性质下垫面的交界处，存在温度、水汽的不连续。



2、超级单体风暴生命史

风暴编号	风暴被识别时间	风暴维持时间	超级单体形成时间	风暴识别至超级单体形成时间间隔 (min)
01	2002. 05. 14, 15:25	5h49min	16: 59	94
02	2002. 05. 14, 16:47	6h22min	18: 15	88
03	2002. 05. 14, 17:18	3h56min	18: 46	88
04	2002. 05. 14, 19:17	3h34min	20: 19	62
05	2003. 06. 03, 15:25	2h39min	16: 55	90
06	2003. 06. 03, 16:55	3h34min	17: 50	55
07	2004. 04. 21, 15:55	>1h09min	16: 27	32
08	2004. 04. 21, 15:05	3h38min	17: 35	150
09	2004. 04. 21, 17:35	3h56min	19: 47	72
10	2004. 04. 29, 12:55	5h59min	14: 46	111
11	2004. 04. 29, 12:39	4h15min	16: 49	250
12	2004. 04. 29, 17:14	5h32min	17: 40	26
13	2005. 04. 30, 12:50	5h01min	14: 05	75
14	2005. 05. 31, 17:22	>3h21min	18: 45	83
15	2006. 04. 04, 16:28	2h31min	16: 53	25
16	2006. 04. 09, 21:25	3h48min	22: 51	86
17	2006. 04. 09, 20:24	3h29min	22:27	123
18	2006. 04. 10, 01:13	1h26min	01:50	37
19	2006. 04. 09, 19:10	2h58min	20:30	80
20	2006. 04. 11, 19:56	7h55min	20: 26	30
21	2006. 05. 24, 13:22	4h22min	14: 36	74
22	2006. 05. 24, 16:07	4h26min	19: 20	193

风暴生成
时间12—
21时

持续时
间1—8
小时

风暴形成
到发展成
超级单体
的时间间
隔0.5—4
个多小时

超级单体形成时间14时—凌晨

3、超级单体风暴属性统计特征

22个超级单体形状差异:4个低顶超级单(与经典超级单体相比, 风暴单体高度及质心高度明显偏低, VIL值显著偏小)、1个微型超级单体(主要是体积上的差异)、17个经典超级单体。

发展形式上差异: 9个为孤立雷暴单体发展而成, 4个是多单体风暴中的雷暴单体发展而成, 9个是中尺度对流系统内的雷暴单体发展而成。孤立超级单体、包含在中尺度对流系统内的超级单体低仰角回波超级单体特征明显, 多单体发展而成的超级单体低仰角回波超级单体特征不明显。

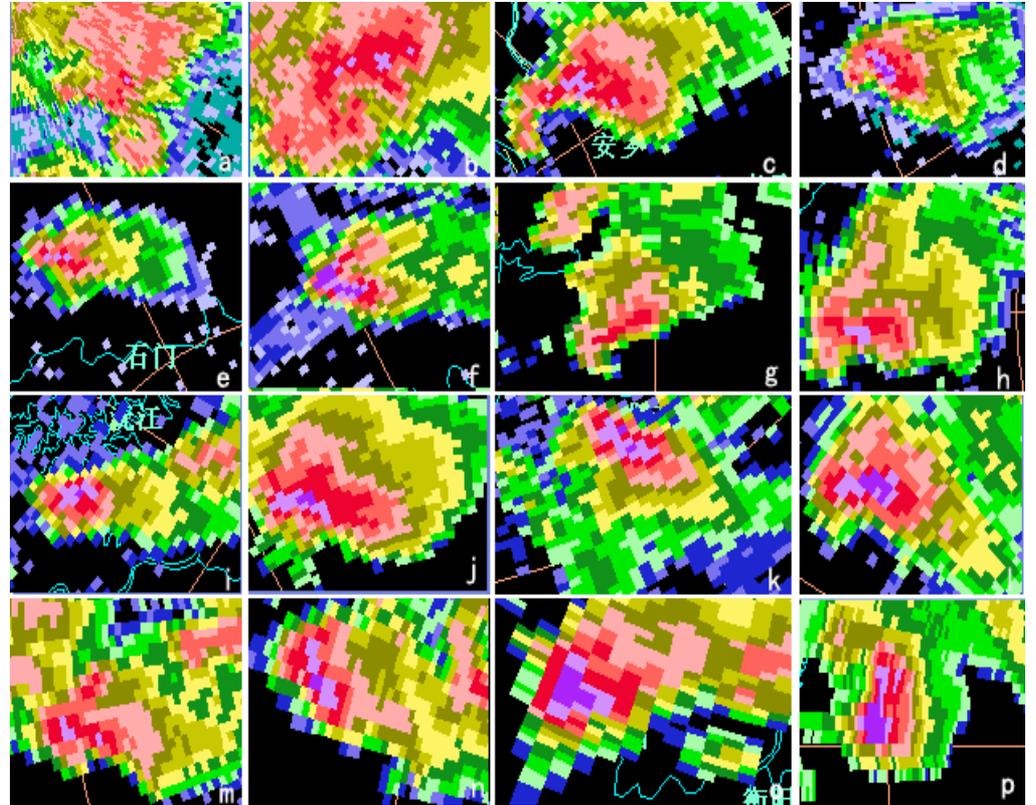
超级单体风暴属性特征统计表

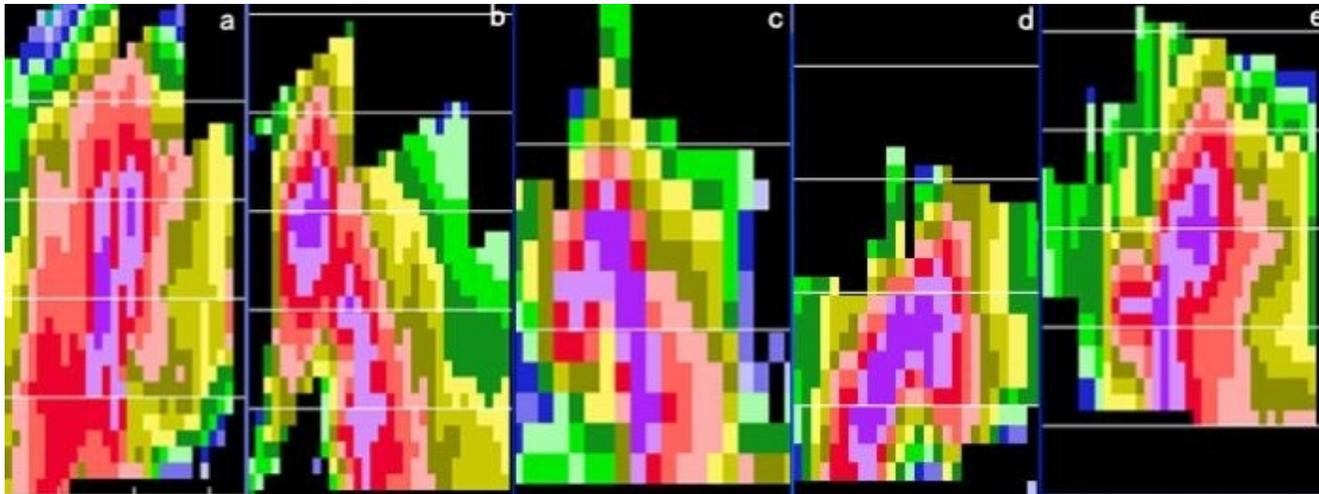
风暴编号	风暴单体顶高/km	风暴单体最大反射率因子高度/km	风暴单体最大反射率因子/dBz	基于单体的VIL/ (kg/m ²) 与 VIL密度/ (g/m ³)	
01	6.4	4.4	69	35	7.3
02	6.8	4.9	72	36	6.8
03	7.0	5.3	72	37	7.0
04	6.1	4.4	72	33	6.0
05	12.0	5.8	74	62	7.2
06	12.3	7.4	68	55	5.7
07	9.4	8.0	70	59	7.1
08	11.9	7.3	71	57	5.9
09	14.9	9.3	71	75	5.0
10	14.0	9.0	70	83	6.5
11	11.9	6.4	69	67	7.1
12	13.4	7.9	69	88	7.0
13	14.6	9.7	70	83	6.8
14	14.6	8.0	76	69	4.9
15	11.7	5.7	66	47	4.0
16	>11.8	7.3	70	64	7.0
17	>11.5	8.6	66	63	>5.7
18	11.6	6.4	63	45	4.7
19	13.2	9.3	67	67	5.3
20	14.3	8.6	72	66	4.9
21	10.6	4.9	67	52	6.1
22	11.1	5.2	68	49	7.0
	6-15km	4-10km	63-74dBz	33-83, 4.0-7.3	

风暴编号	中气旋强度	初生高度 / (km)	最大伸展厚度 (仰角数) 及距离雷达的距离/km		最大旋转速度 / (m/s)	垂直涡度 / (S^{-1})	维持时间
01	中	2.7	3	57	18	0.024	1h10min
02	中	3.0	2	63	18	0.011	1h21min
03	中	2.3	5	50	21	0.047	1h39min
04	中	1.3	4	51	18	0.017	1h1min
05	中	3.8	4	79	18	0.018	1h38min
06	中	6.2	3	117	18	0.012	1h25min
07	弱	4.0	3	83	12	0.024	24min
08	弱	6.2	2	88	12	0.018	37min
09	中	4.2	2	175	16	0.008	24min
10	强	3.5	6	58	24	0.016	3h
11	中	6.6	4	84	16	0.009	1h15min
12	中	4.8	4	99	18	0.01	1h32min
13	强	5.2	2	84	≥ 22	0.017	2h43min
14	强	5.3	1	207	18	0.008	1h48min
15	中	0.9	6	29	18	0.015	24min
16	中	1.5	4	26	≥ 20	0.038	1h45min
17	强	6.1	4	25	24	0.016	1h01min
18	中	2.0	5	65	18	0.021	24min
19	强	4.9	3	159	> 20	0.012	1h26min
20	强	3.6	7	44	24	0.053	2h24min
21	中	5.3	2	77	17	0.017	57min
22	中	4.8	4	63	18	0.016	43min
		1-7	1-7,	40-210	12-24	0.008-0.053	0.5-3小时

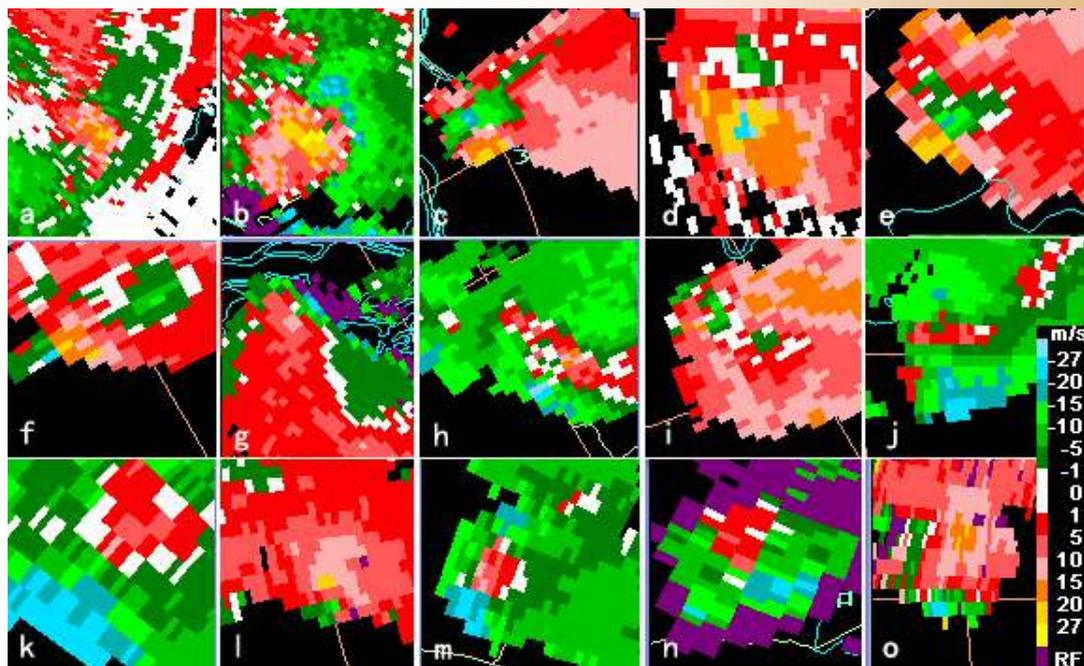
4、超级单体风暴回波结构

22个超级单体低仰角回波
特征：8个出现典型的钩状回波，7个表现为向着低层入流方向伸出的一个突出物，5个呈现为块状回波，2个呈现为无规则回波。同时17个风暴伴随出现TBSS，9个出现旁瓣回波。





22个超级单体风暴垂直剖面结构特征：16个风暴存在有界弱回波区（BWER）和回波悬垂，6个风暴存在弱回波区和回波悬垂。随着探测距离的增加，有界弱回波区有一个从清晰到模糊的过程，距离达到一定程度时只能观测到弱回波区的存在而分辨不出有界弱回波区。

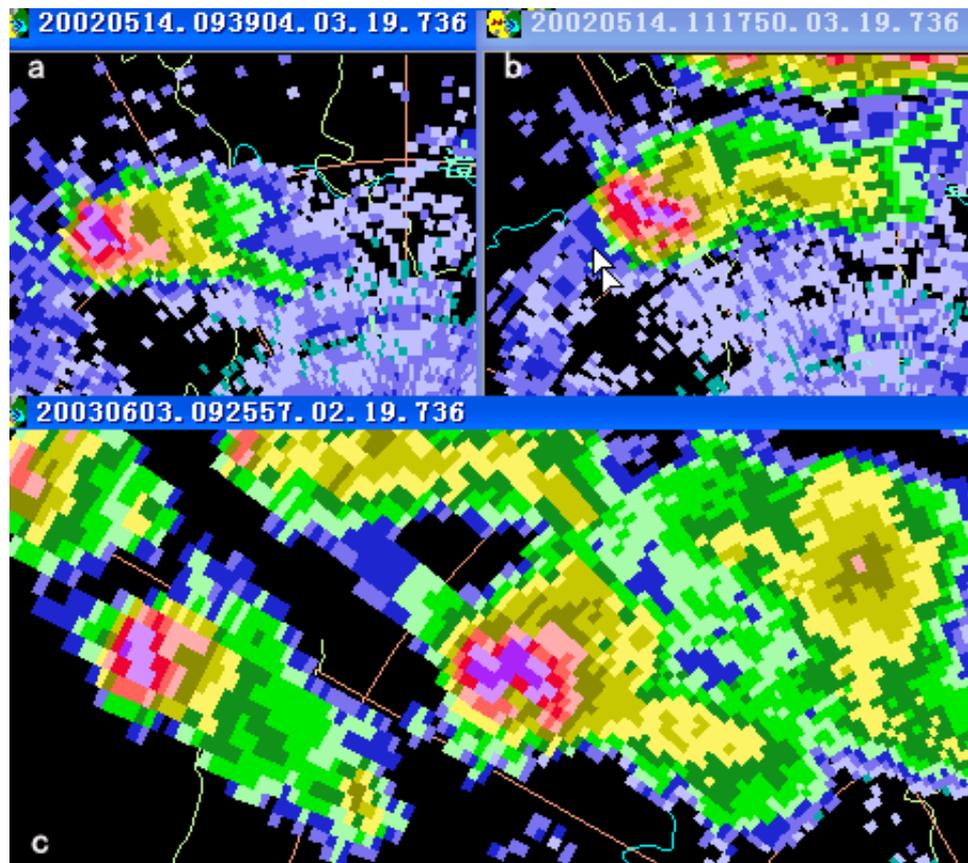


中气旋特征：正负速度中心位置沿径向对称分布，但中心值不对称者占多数；部分中气旋与中反气旋成对出现；存在双中气旋和仅有中反气旋出现的情况。

正负速度中心间距离差别较大，有的为象素一象素，有的相距较远；大多数中气旋相嵌在大片负速度区或正速度区中，因而中气旋中的正速度中心或负速度中心常以“逆风区”形式出现。

5、超级单体风暴的重复性与多发性

重复性和多发性



6、超级单体风暴移动与环境风

统计结果表明：超级单体风暴以右移风暴为主，平均移速大于地面至500hPa平均环境风，小于地面至200hPa平均环境风（随飚线移动的超级单体除外）。移速与地面至500hPa的平均风偏差最小。

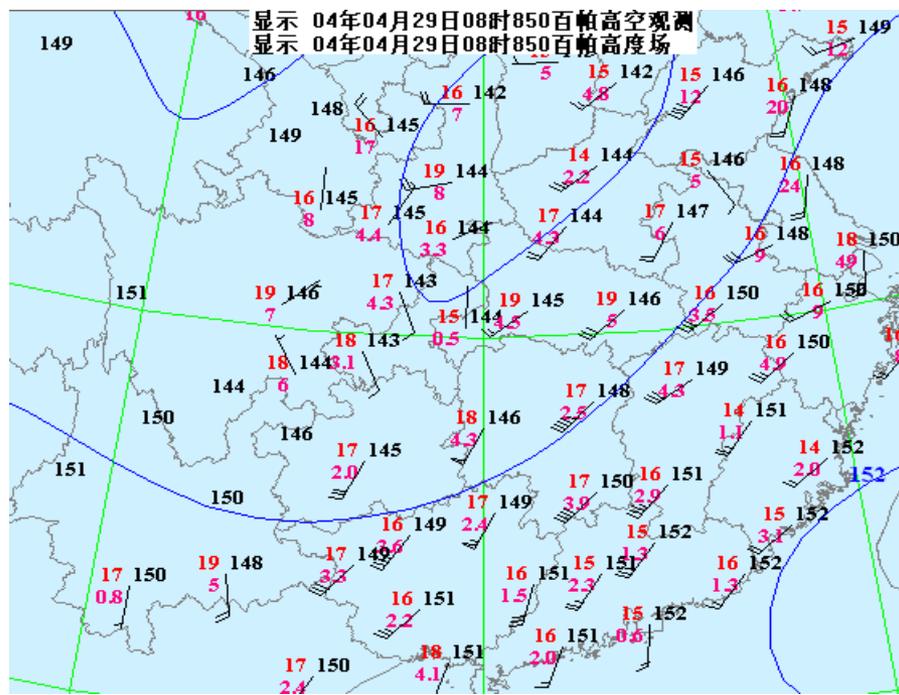
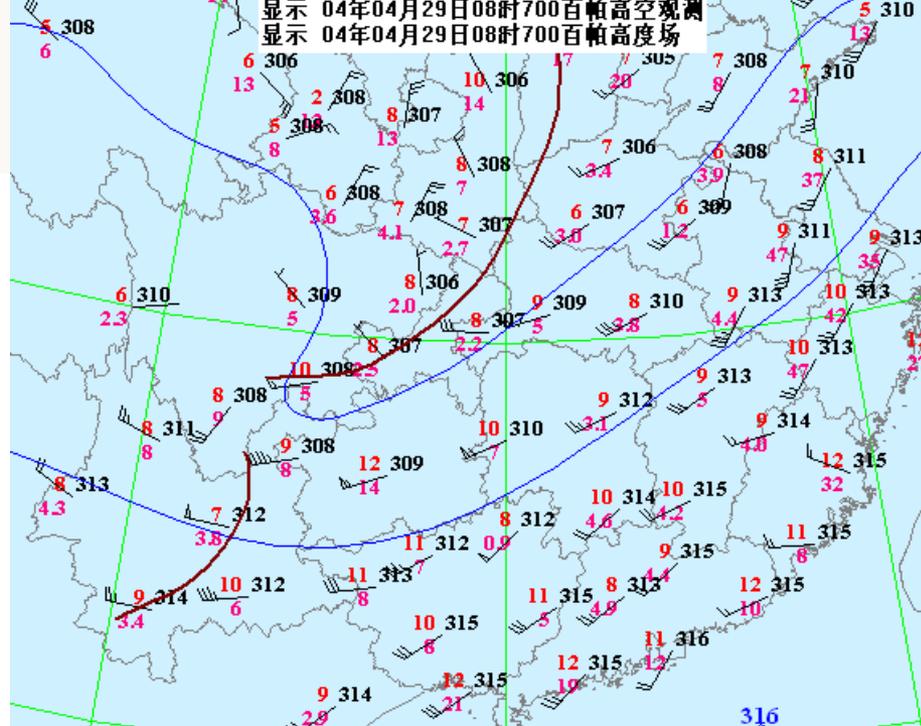
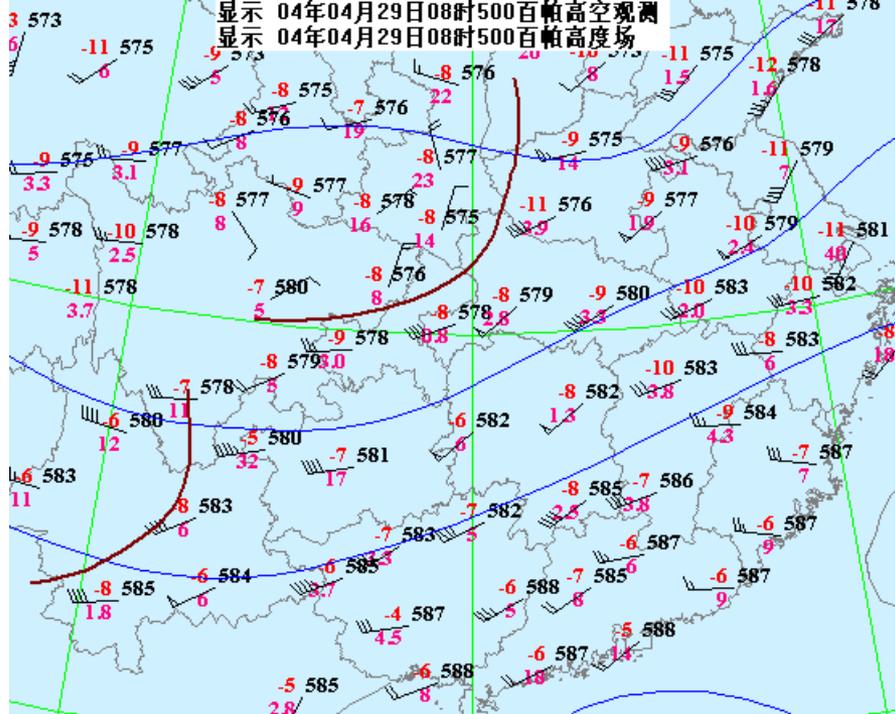
风暴生成到超级单体形成前平均移向移速与地面到500hPa环境风偏差最小，其后阶段明显偏大，以超级单体阶段最大。

当风暴高度超过13km时，风暴移向与地面至200hPa环境风风向的偏差最小。

7、典型超级单体案例

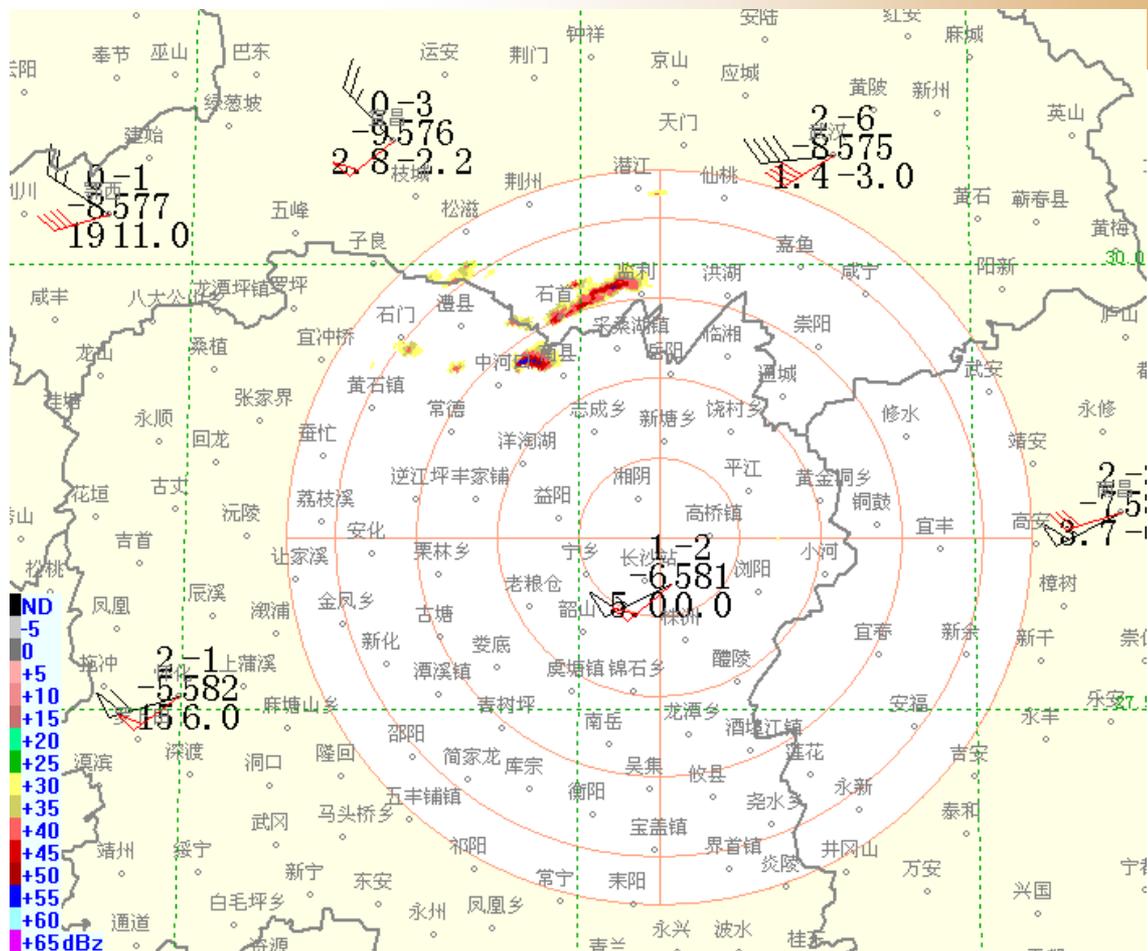
2004年4月29日15:45前后安乡境内8个乡镇遭受强风暴袭击，最大风力8级，冰雹最大直径10cm左右，过程降雨量20毫米。分析得出是典型经典超级单体风暴所为。

该风暴从生成到发展成为超级单体，距离常德雷达均在50km以内（位于风暴东部），距离长沙雷达134km（位于风暴的西北部），二部雷达均观测到了此次超级单体风暴的整个演化过程。



(1) 环境场

08时，500hPa、700hPa和850hPa槽线基本重合。副热带高空西南急流。

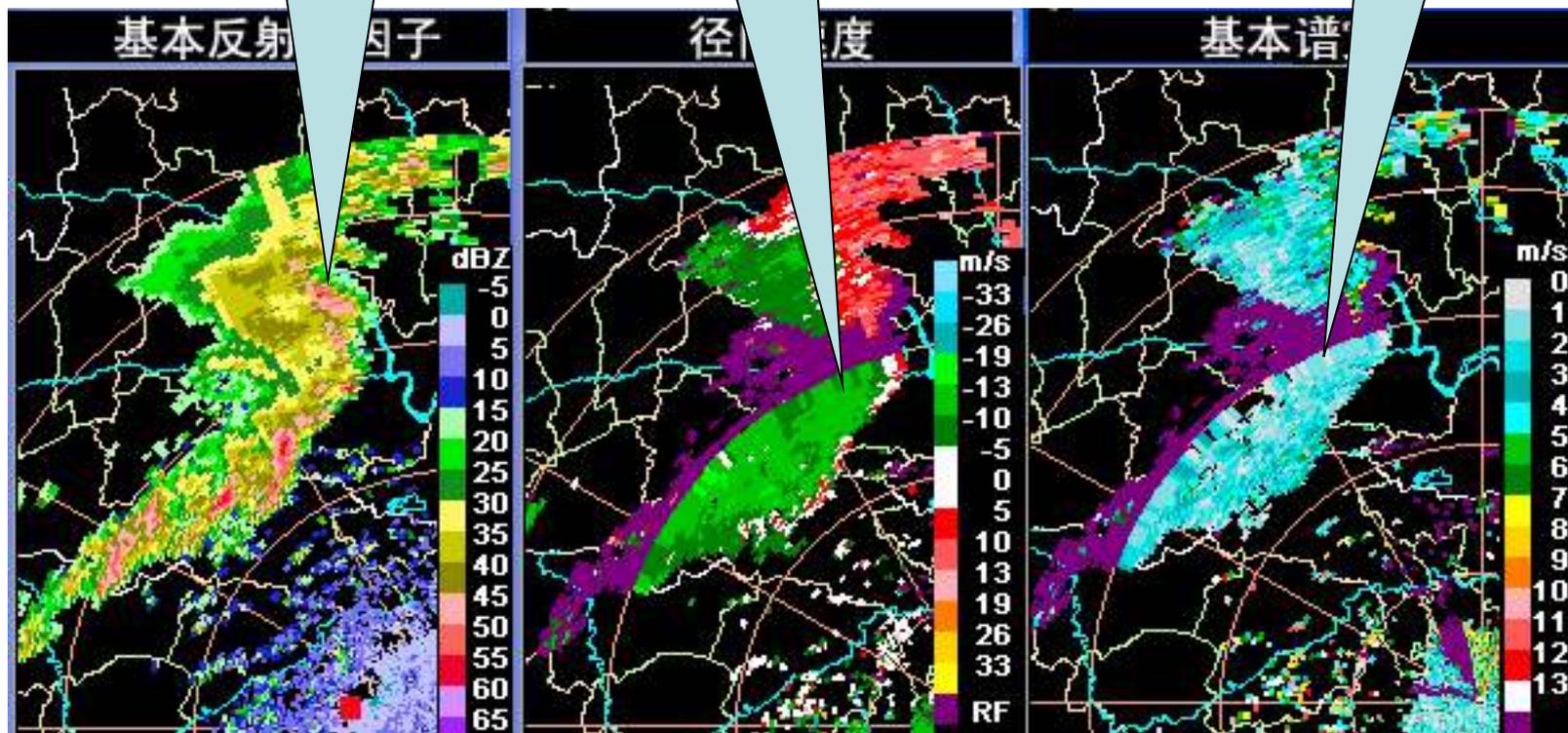


2004年4月29日08时500hPa风（红色）、20时500hPa高空图与15:27长沙多普勒天气雷达0.5°仰角基本反射率因子叠加图（图中已过滤掉40dBZ以下强度的回波）

与高空低槽相配合的
对流云回波带

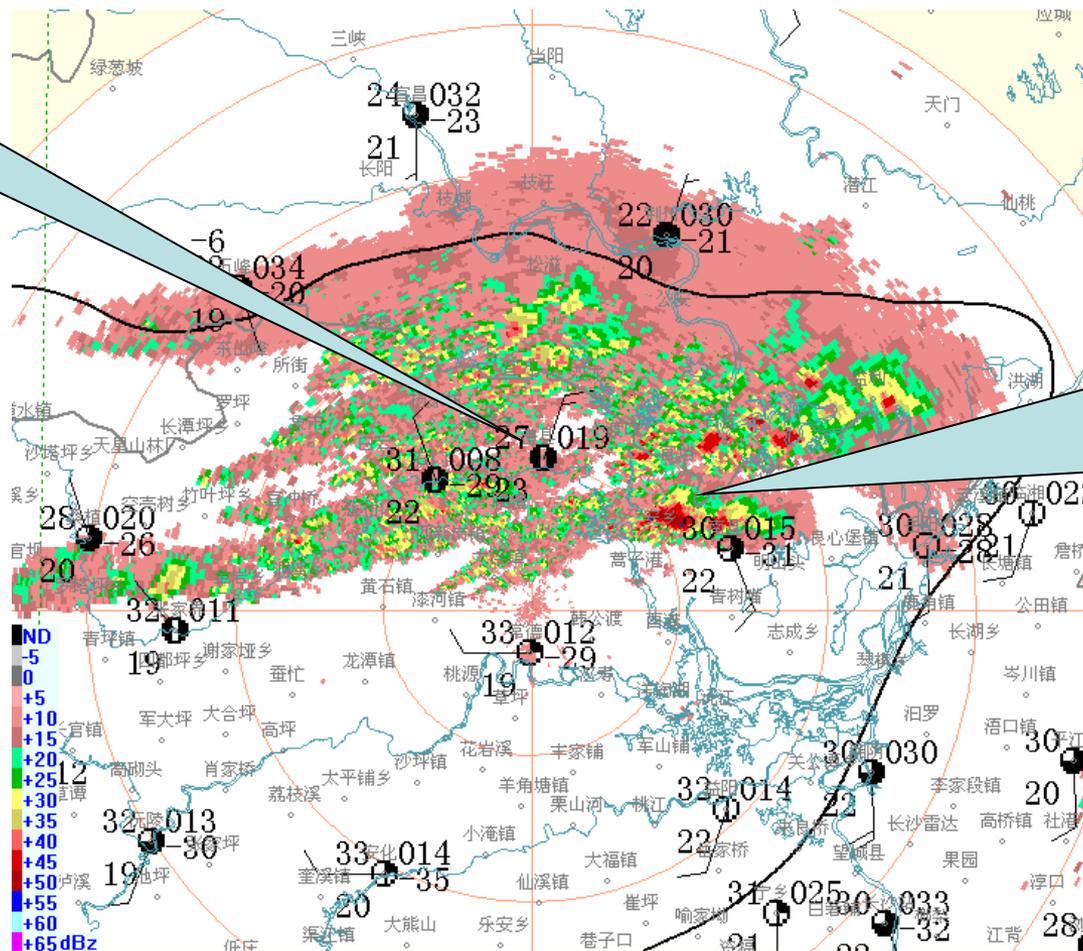
径向速度场上的辐
合

大的速度谱宽带



常德雷达10:23 0.5°仰角基本反射率因子、径向速度和谱宽图（红色方块为安乡所在地）

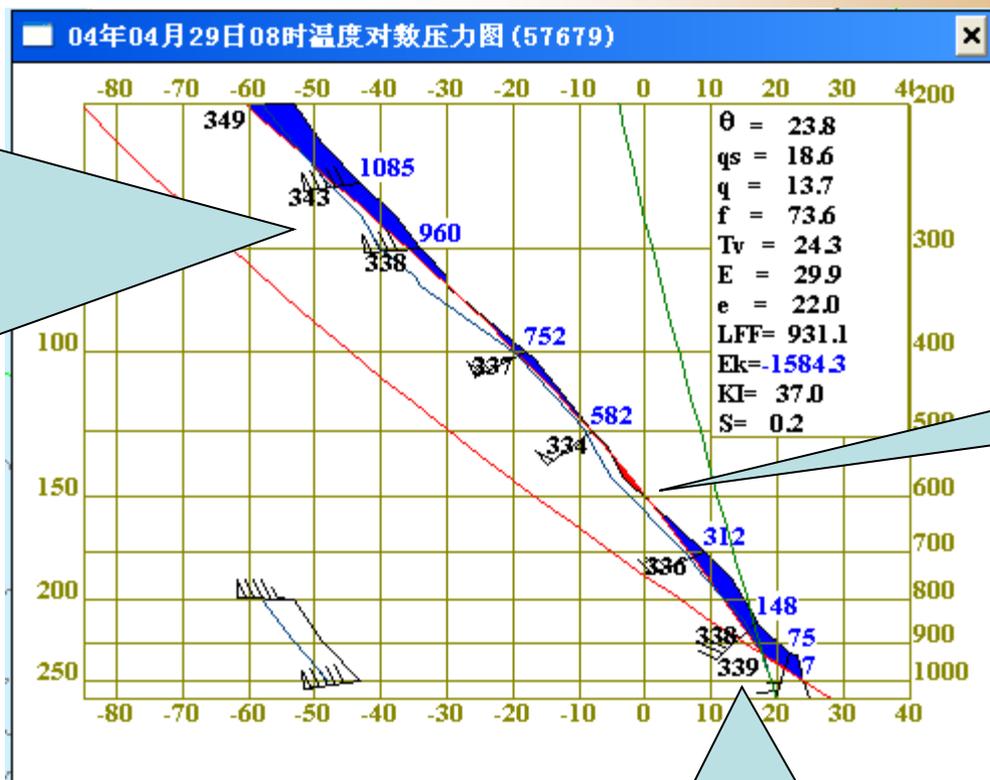
安乡位于
中尺度低压流场中。



南北65km距
离温差达6
℃，呈现出
明显的锋生
现象。

2004年4月29日12:36-16:00常德多普勒天气雷达1.5°仰角基本反射率因子图与14时地面天气图叠加图

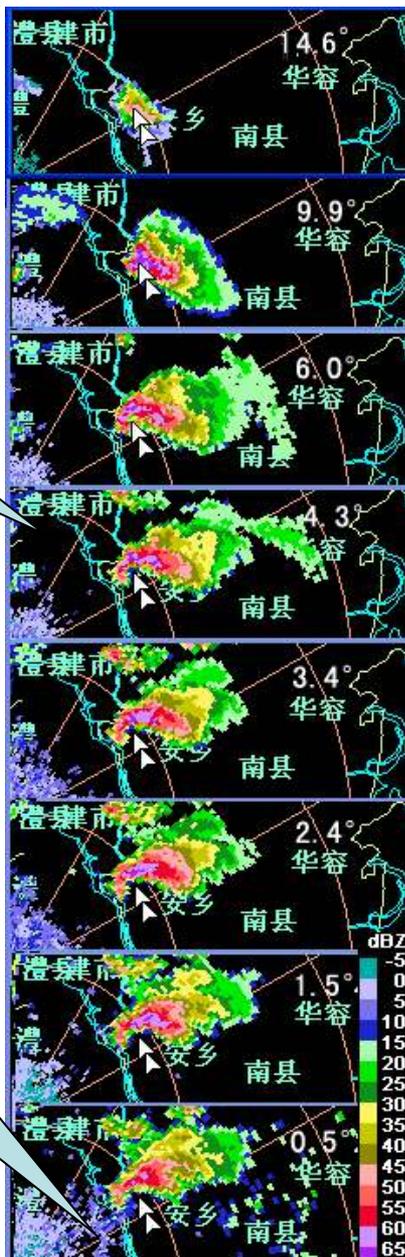
0~5.8km高度之间的风矢量差达18.7m/s，表明垂直风切变很强；另外，0~0.75km之间的风矢量差达到13.2m/s，表明低层垂直风切变也很大；



K指数为37.0℃。

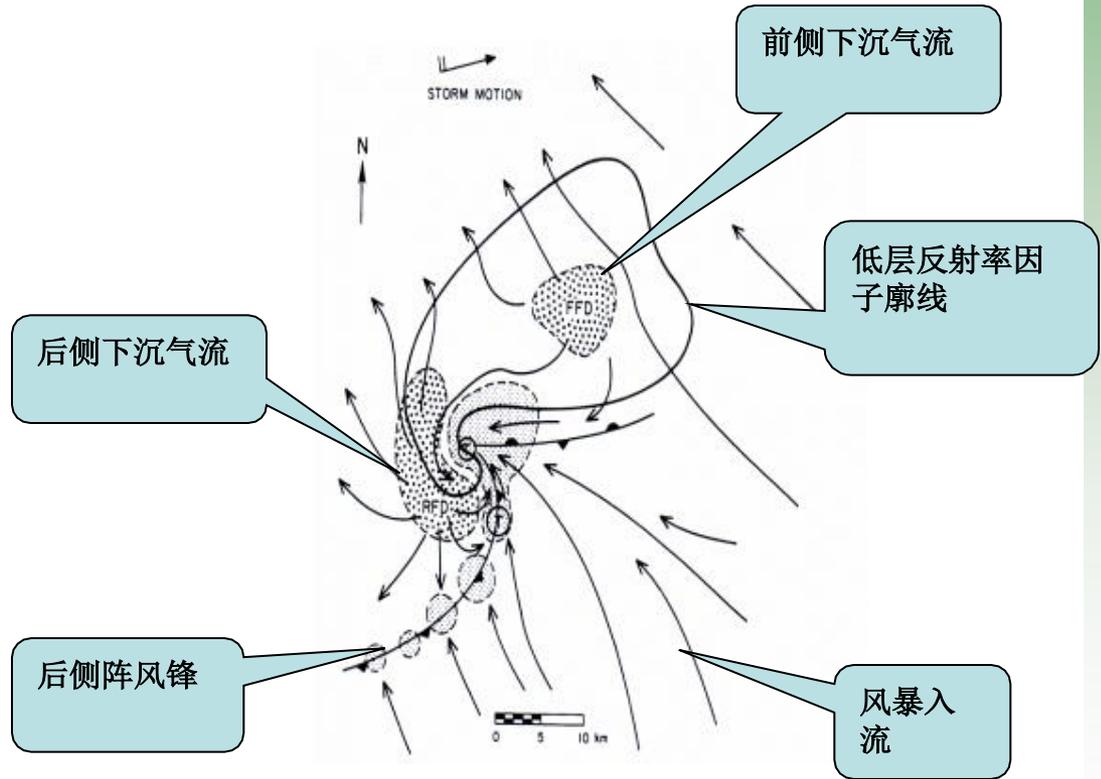
低层—700hPa风向随高度顺转，700~400hPa风随高度逆转，低层暖平流，中高层冷平流，大气热力不稳定性趋向于进一步加强。

(2) 回波特征

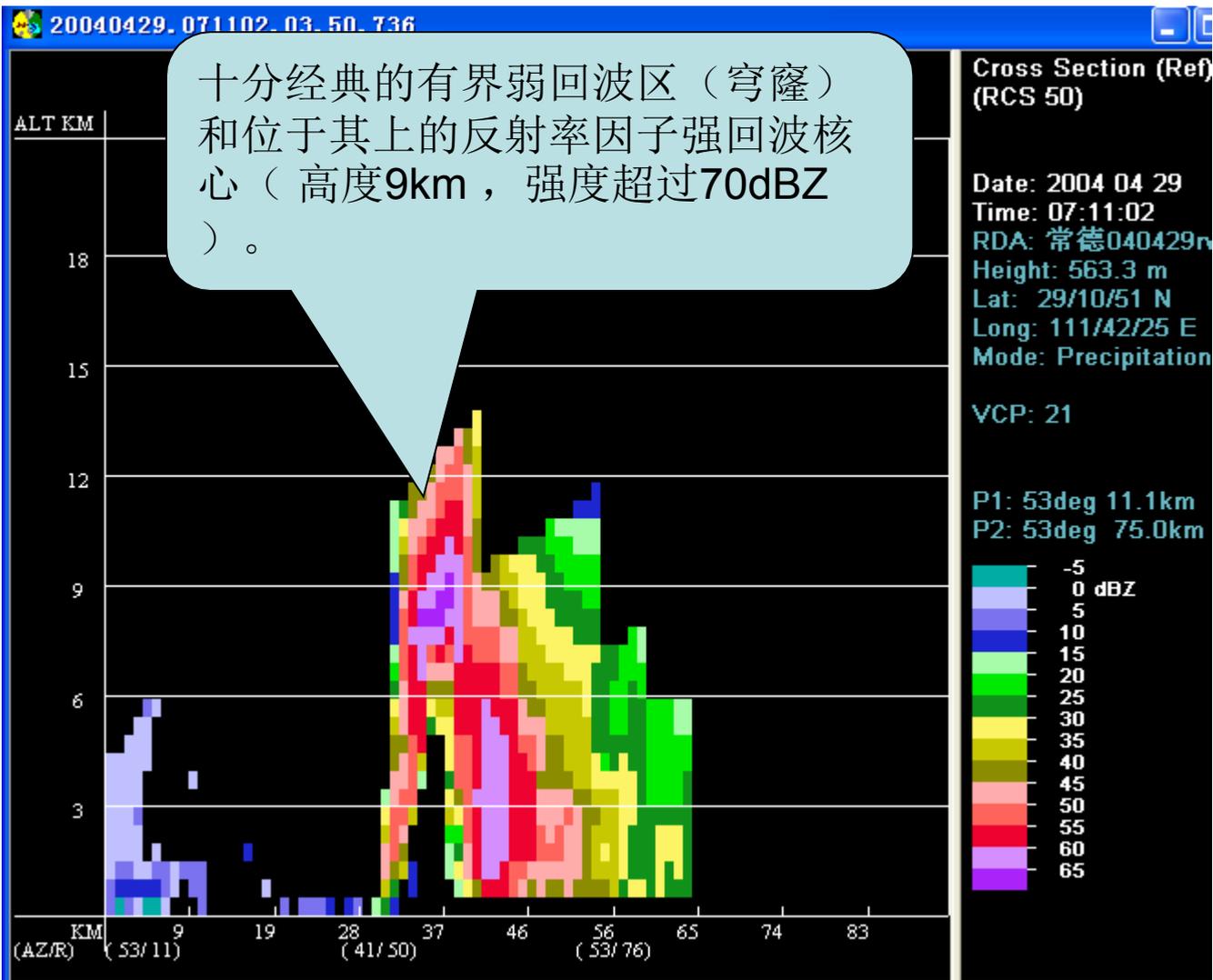


位于风暴右后方的钩状回波从0.5°仰角伸展到6.0°仰角，

0.5°仰角，后侧阵风锋。

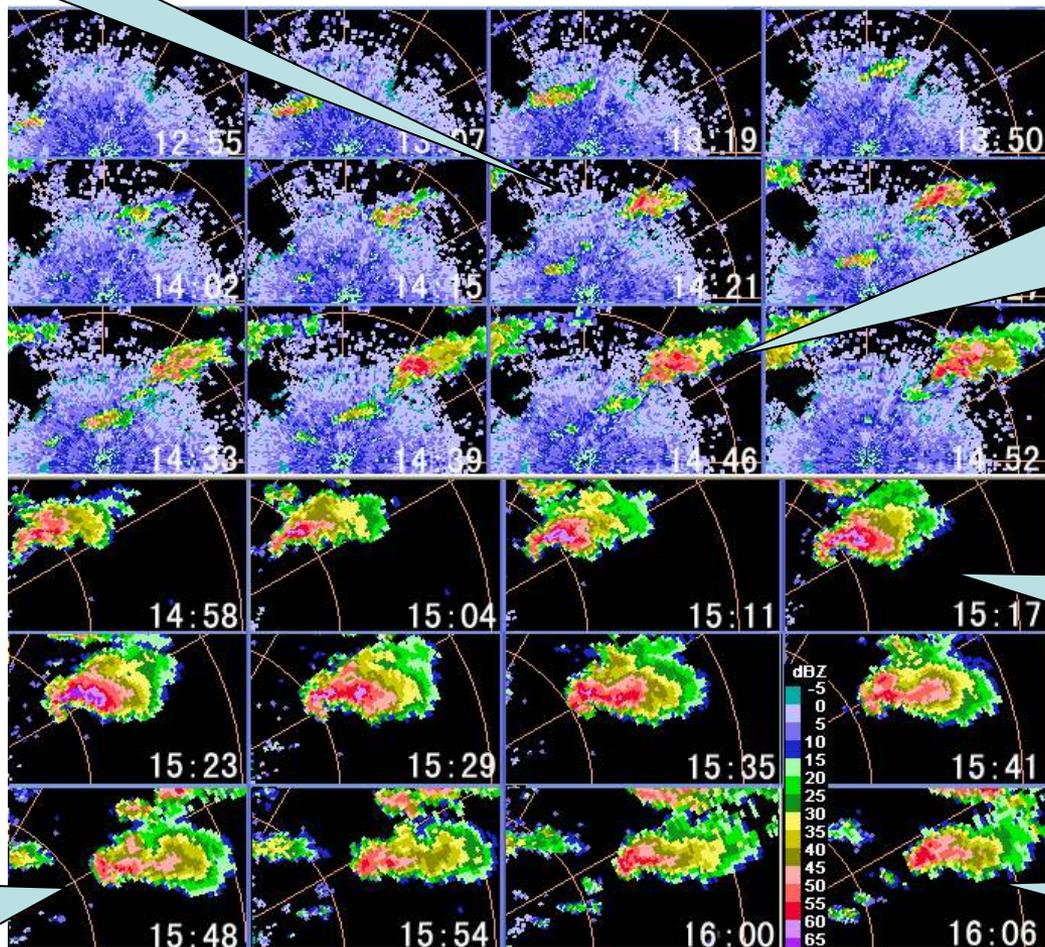


2004年4月29日15:11常德多普勒天气雷达不同仰角基本反射率因子图



14: 21钩状回波锥形形成

风暴生成阶段是单单体特征, 在发展演变过程中表现出了多单体结构特征。



14: 46发展成超级单体
(中气旋生成)

15: 17钩状回波最突出

15: 48钩状回波开始模糊

16: 06钩状回波消失

常德多普勒天气雷达观测到的“040429”风暴生成-超级单体阶段2.4°仰角基本反射率因子回波演变图

风暴初生时相对较大反射率因子核位于中低空

风暴因下垫面作用减弱，反射率因子核分别位于低层和高层

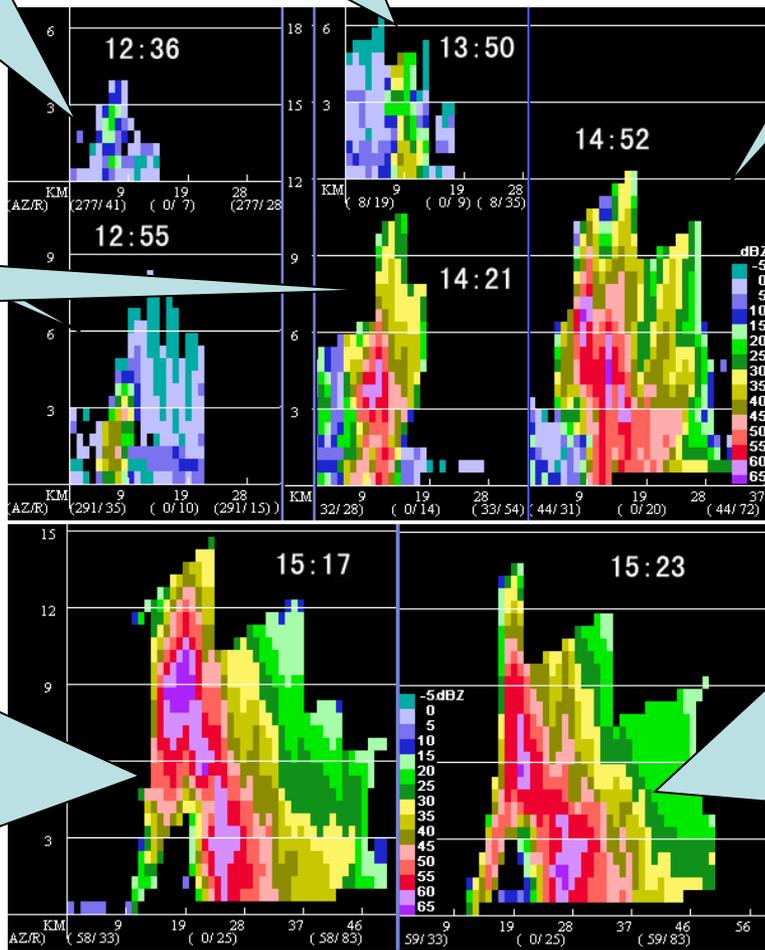
中高层悬垂回波得以进一步发展，低层出现弱回波区

其后上下垂直发展

风暴得到较强发展，出现悬垂回波

70dBZ以上的高反射率因子核位于9km高度以上，有界弱回波区水平尺寸超过10km，垂直高度超过4km，此时基于单体的垂直累积液态水含量值超过82kg.m⁻²

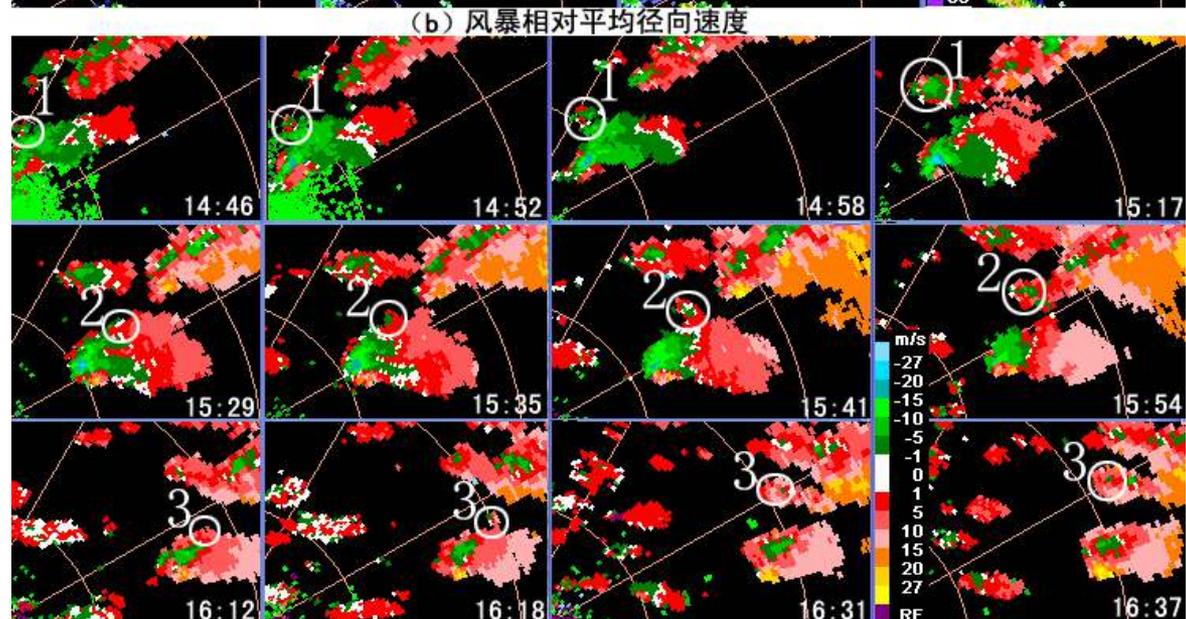
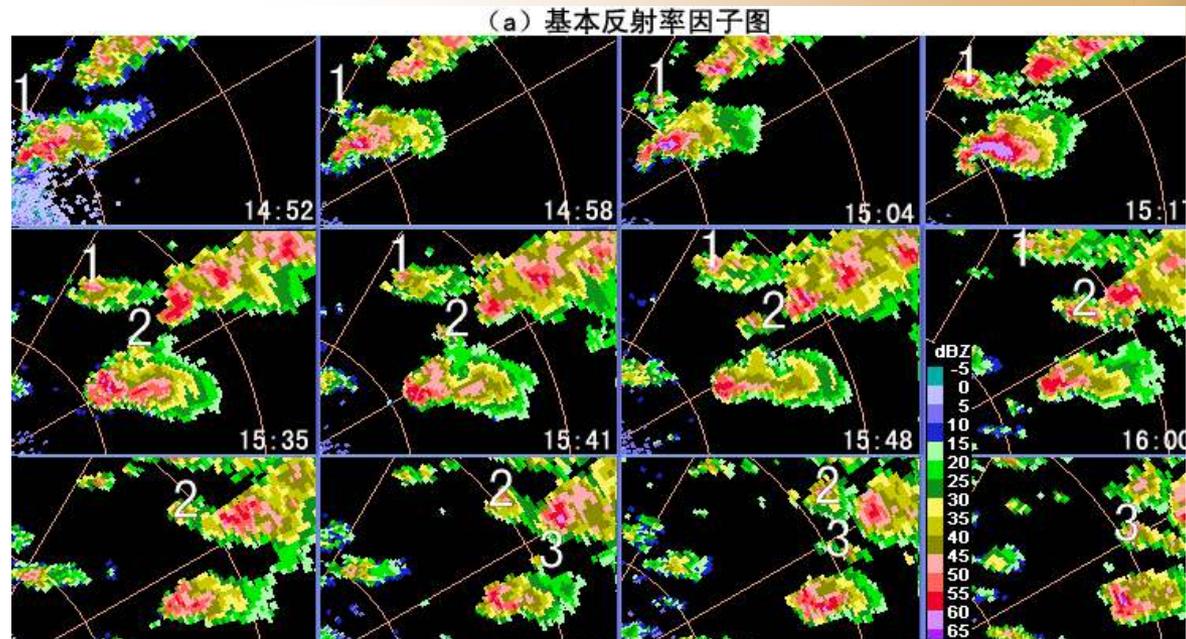
超级单体风暴开始减弱，高反射率因子核高度较上一体扫下降3km以上，有界弱回波区高度下降至3km以下，水平尺度明显减小



“040429”超级单体演变各阶段常德多普勒天气雷达基本反射率因子垂直剖面

风暴的分裂特征

超级单体风暴分裂过程在我国不多见，合肥雷达在2004年5月21日探测到过一次。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/847050021124006114>