

文章编号:2096 - 5389(2018)03 - 0083 - 06

一次短时强对流天气的雷达产品特征分析

於慧玲, 杨 宇

(云南省德宏州气象局, 云南 芒市 678400)

摘 要:对 2016 年 8 月 27 日芒市地区产生局地强对流天气的雷达回波资料进行分析。分析结果表明:这是一次典型的对流单体和飑线系统汇合加强影响下产生的短时强对流天气, RCS 剖面对流高度能直观反应出单点强对流的发展情况;飑线生成、发展壮大过程中, 飑线产生的短时强降水和雷暴天气是逐步加强的, 而飑线系统与强对流风暴合并短时间内导致雷暴天气加强和降雨量增大;飑线减弱过程与雷达二次产品 SS 中的最大反射率所在位置高度的递减规律趋势符合, 是飑线系统减弱的预报指标。这次强对流过程从天气形势上未做出准确预报, 希望从多普勒天气雷达产品资料分析中得出的预报特征能帮助今后提前发布强对流天气预警。

关键词:短时强对流; 多普勒天气雷达; 回波特征; 风暴结构产品(SS)

中图分类号:P458, TN957. 52⁺4 **文献标识码:**B

Radar Product Characteristics Analysis of A Short - time Strong Convective Weather

YU Yuiling, YANG Yu

(Meteorological Bureau of Dehong Prefecture, Mangshi 678400, China)

Abstract: The radar echo data of the local strong convective weather in Mangshi on August 27, 2016 was analyzed. Analysis results show that this is a typical convection monomer and under the influence of the squall line systems converging to strengthen the short - term strong convective weather, RCS convection section height can intuitively reflect the development of the single point of strong convection; Squall line in the process of the generation, development, squall line produced by the heavy rain and thunderstorm weather in a short time is gradually strengthened, and in the squall line systems with strong convective storm with short leads to a thunderstorm weather strengthening and rainfall increased; The tendency of squall line decline is consistent with the decreasing trend of the maximum reflectance of radar secondary product SS, which is the forecast indicator of attenuation of squall line system. The strong convective process did not make an accurate forecast from the weather situation, the hope from the doppler weather radar products data analysis conclude that the prediction characteristics can help to release strong convective weather warning in advance in the future.

Key words: short - term forced convection; Doppler weather radar; echo feature; storm structure products (SS)

1 引言

2016 年 8 月 27 日 05 时—07 时 30 分, 芒市辖区内发生短时强对流天气, 芒市镇、风平镇、勐焕街道遭受了强雷电袭击和短时强降水洪涝灾害。此

次过程芒市气象台分别发布了雷电黄色预警信号和暴雨黄色预警信号。虽然气象台发布了预警, 但对预警的时间提前量和雷电的强度预报还存在很大难度。本文通过此次强对流天气的雷达产品特征分析, 探讨此类强对流天气过程中的预报方法

收稿日期:2017 - 01 - 20

第一作者简介:於慧玲(1972 -), 女, 工程师, 主要从事短期临近天气预报工作, E - mail: yhyjz@126. com。

和手段,为将来建立该类天气的客观定量预报方法积累一定经验。

2 天气实况和灾害特征

2016 年 8 月 27 日清晨,芒市辖区内发生短时强对流天气,造成了灾害性影响。这次强对流天气过程于 05 时开始,至 07 时 30 分后逐渐减弱。过程最强 1 h 降水量达 52.5 mm,出现在 06—07 时,极大风速达 12.2 m/s,出现在 06 时 11 分,期间一直伴有极强的雷暴;灾害天气主要发生在芒市主城区(芒市镇、风平镇、勐焕街道一带)。

此次强对流灾害性天气叠加了强雷暴、强风、飚线、短时强降水等现象,具有降水强度大、破坏性强的特征。受灾的芒市镇、风平镇、勐焕街道均出现了强雷电灾害和短时强降水洪涝灾害:芒市国家气象观测站两台计算机损坏,ZQZ 备份自动站采集器损坏,UPS 电源损坏,打印机、传真机损坏,新型自动站 DZZ4 能见度、地温、草温采集器故障,电信通讯线路中断;受灾的两个乡镇及一个街道共造成农作物(水稻、玉米)受灾面积 52.46 hm²,受灾人口 2 101 人,各种家电、家具、交通工具不同程度受损,造成直接经济损失 346 万元,其中农业经济损失 60

万元、家庭财产损失 286 万元。

3 环流背景

从图 1 的高空形势场可看出:2016 年 8 月 26 日 08 时 500 hPa(图略)上,副高位于青藏高原东侧至四川盆地,副高东侧有东北气流南下,云南位于副高南侧,主要受东南气流控制。26 日 20 时副高略有北抬,副高东南侧的东北气流南下至丽江昆明一线,在滇西与东北气流汇合形成辐合区。700 hPa 上主要以偏东气流为主,受弱冷空气补充南下偏东气流有所加强西推。芒市处于 500 hPa 东北气流和东南气流辐合,700 偏东气流加强前部的不稳定区。

4 不稳定条件分析

从 2016 年 8 月 26 日 08 时—27 日 08 时芒市附近的腾冲探空站 T-lnP 实况图(图 1)可看出,该区处于大的温度垂直递减率不稳定层结中,腾冲站 T-lnP 的 $T_{700} - T_{500}$ 一直维持在 18 °C(图 d),近地面层有逆温,有利于地面增温后不稳定能量的蓄积。0~6 km 垂直风切变 16 m·s⁻¹,属于中等强度的垂直风切变。

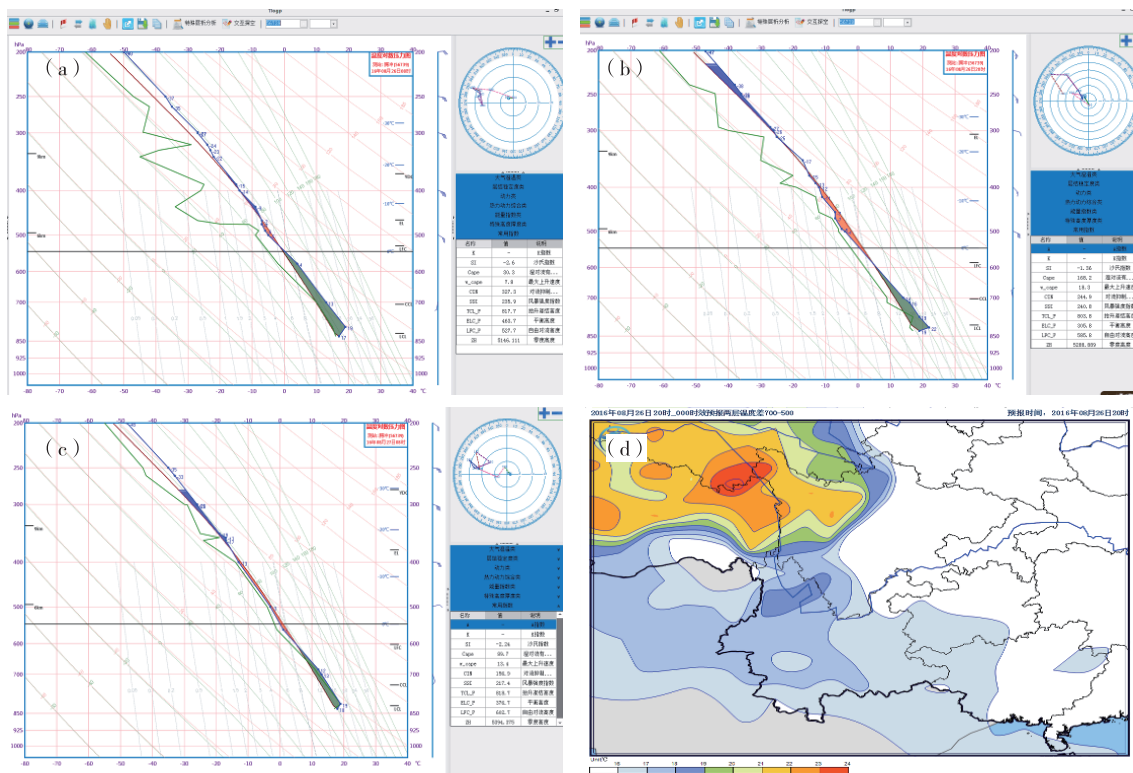


图 1 2016 年 8 月 26—27 日腾冲站 T-lnP 和 $T_{700} - T_{500}$ 图

(a:26 日 08 时 T-lnP 图;b:26 日 20 时 T-lnP 图;c:27 日 08 时 T-lnP 图;d:26 日 08 时 $T_{700} - T_{500}$ 图)

Fig. 1 T-lnP and $T_{700} - T_{500}$ of tengchong station on August 26-27, 2016

(a:26 days: T-lnP 08;b:26 days: T-lnP 20;c:27 days: T-lnP 08;d:26 days: $T_{700} - T_{500}$)

从图 1 中可得出对流有效位能 CAPE 值、对流抑制能量 CIN 指数、风暴强度指数 SSI 和沙氏指数 SI 的变化趋势分别如表 1 所示。

表 1 2016 年 8 月 26—27 日腾冲站对流指标值统计表

Tab.1 26–27 August, 2016, the table of convective index of tengchong station

时间	CAPE/ (J · kg ⁻¹)	CIN/ (J · kg ⁻¹)	SSI 指数	SI 指数/ ℃
26 日 08 时	30.3	327.3	235.9	-2.6
26 日 20 时	168.2	244.9	240.8	-1.36
27 日 08 时	89.7	156.9	217.4	-2.24

从表 1 中数据可看出,此次强对流天气过程在 26 日 08 时的对流有效位能 CAPE 值仅 30.3 J · kg⁻¹,到 20 时对流有效位能增大到 168.2 J · kg⁻¹,随着不稳定性度的增大,腾冲站上空有不稳定能量积蓄,这为强对流天气的产生提供了动能转化能量。到 27 日 08 时,由于降雨的产生,CAPE 值减小为

89.7 J · kg⁻¹。对流抑制能量 CIN 指数在强对流天气产生之前从 26 日 08 时到 27 日 08 时天气过程要结束前,有一个明显的减小过程,可见气块获得对流要克服的能量越来越小,有利于强对流的产生。风暴强度指数 SSI 是可用于区分强雷暴与非强雷暴的一种指数,在美国,一般取 SSI > 100 为强对流天气出现的指标。而此次过程该指标值一直都大于 200,可见是有强雷暴产生的预警指标的。再看沙氏指数 SI,一直都是负值,也表明了有雷暴产生的不稳定条件。

此外,利用芒市站 26 日 08 时和 14 时温度和露点实况值,对腾冲站 08 时的 T – lnP 图进行订正,订正后(图 2)的 CAPE 值 08 时高达 2 095 J · kg⁻¹(图 2a),14 时高达 3 737.8 J · kg⁻¹(图 2b),CIN 值均等于 0,表明芒市上空的不稳定能量已充分积蓄,为强对流天气的产生提供了充足的动能转化能量。

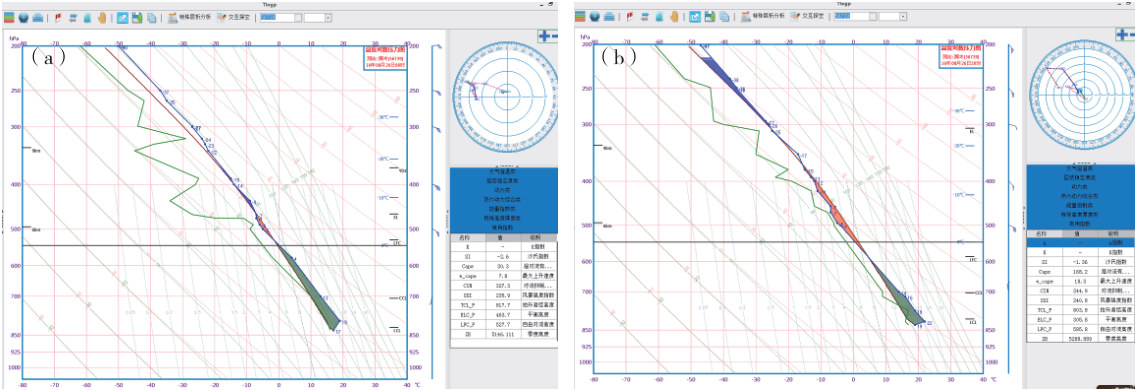


图 2 利用芒市站温度和露点值订正的 2016 年 8 月 26 日 T – lnP 图

(a:26 日 08 时资料订正的 T – lnP 图;b:26 日 14 时资料订正的 T – lnP 图

Fig.2 The T – lnP chart of 26 August 2016, using the temperature and dew point values of mango
(a:26 days:T – lnP Data correction chart 08;b:26 days:T – lnP Data correction chart 14)

5 雷达产品特征分析

5.1 回波演变过程分析

05 时 01 分(图 3),雷达强度回波(图 3a)能看出在芒市测站附近坐标在方位 100.1°距离 26.3 km 附近有回波强值中心 39.1 dBz 的一个对流单体生成,在雷达二次产品中被识别为风暴 E5(E5 为对流单体生成的风暴,以下均简称为 E5),为被首次识别;E5 风暴 RCS 剖面(图 3b)可以看出 E5 强对流单体发展旺盛,在 2 ~ 6 km 高度上均有回

波强度值大于 30 dBz 的回波,处于单点强对流风暴 E5 生成期。而在雷达的东南面方位约 73° ~ 170°距离约 60 ~ 120 km 之间有飚线系统在发展,中心强度值大约在 37.6 dBz 左右,此时位于飚线风暴强中心点所经过区域,有短时强降水及雷暴天气。雷达二次产品中识别出强对流风暴为 Q4(Q4 为产生在飚线系统中的风暴,以下均简称为 Q4),Q4 的质心位置坐标为方位 122°距离 62 km 附近,且依然在发展中。

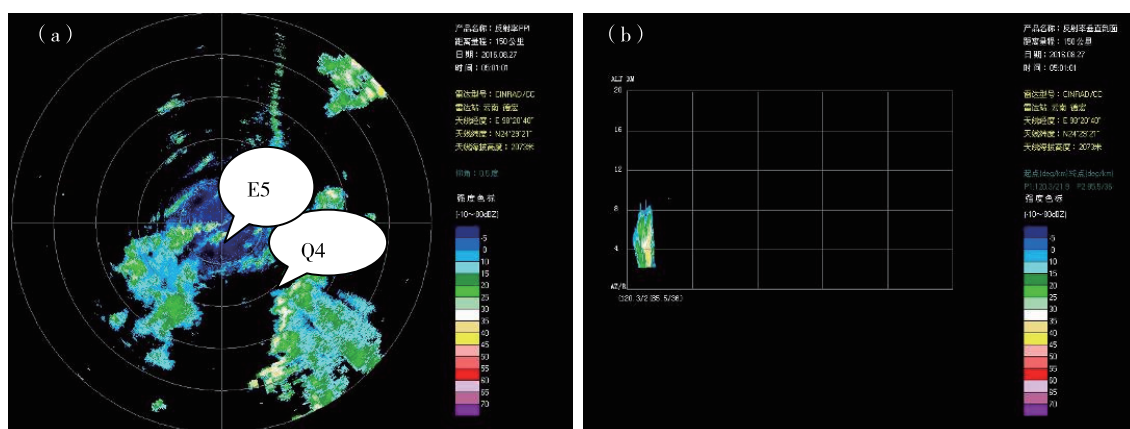


图 3 27 日 05 时 01 分雷达回波图(a:雷达强度回波;b:E5 风暴 RCS 剖面)

Fig. 3 05:01 radar echo map(a:Radar strength echo;b:E5 storm RCS section)

05 时 29 分(图 4),雷达强度回波(图 4a)能看出在芒市测站附近坐标位于 102.5° 距离 26.1 km 的强对流单体 E5 风暴几乎位于原地发展壮大,中心强度值上升至 42.9 dBz 左右,此时的 E5 风暴 RCS 剖面(图 4b)可以看出 E5 对流进一步加强,在 2~8 km 高度上均有回波强度值大于 30 dBz 的回波,处于单点强对流风暴 E5 发展期。雷达东南面的飑线整体从东南向西北移动,强值中心方位在 100° 附近距离大约在 45~68 km 之间,中心强度值大约在 46.1 dBz 左右,此时位于飑线风暴强中心点所经过区域,短时强降水及雷暴天气进一步加强。

Q4 也呈对流发展加强,Q4 质心位置坐标位置随之移动至方位 126° 距离 49 km 附近。

此时的雷达径向速度回波(图 4c)能明显识别出存在两个锋面辐合场,呈大范围风向型辐合趋势;整体移动上,单点强对流的 E5 生成后移动十分缓慢,几乎呈原地发展壮大,而伴随着飑线系统未来的 Q4 移动迅速;同时 E5 处于偏南气流控制下往偏北方向移动,Q4 则处于偏东南气流控制下,往西北移动,形成锋面辐合型飑线系统,飑线系统在迅速的移动靠近芒市测站,此时雷暴区域主要集中于飑线形成的风速不稳定带上。

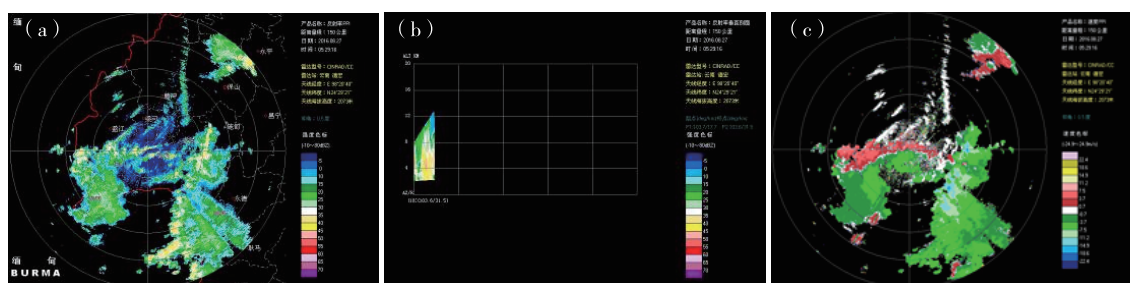


图 4 27 日 05 时 29 分雷达回波图(a:雷达强度回波;b:E5 风暴 RCS 剖面;c:雷达径向速度回波)

Fig. 4 05:29 radar echo map((a:Radar strength echo;b:E5 storm RCS section;c:Radar radial velocity echo)

06 时 03 分(图 5),雷达组合反射率因子(图 5a)可以看出飑线系统已经进入芒市测站东南面,与原来位于芒市测站的强对流单体首尾相连呈迅速加强趋势。E5 则被北推至坐标 88° 距离 22 km 附近,中心回波强度值增加至 44 dBz 左右;此时 E5 风暴 RCS 剖面(图 5b)可以看出 E5 对流进一步加强,在 2~9.9 km 高度上均有回波强度值大于 30 dBz 的回波,处于单点强对流风暴 E5 旺盛期。此时飑线系统风暴 Q4 已经到达芒市测站与强对流风暴 E5 系统首尾相连,Q4 风暴质心位置坐标位于 110° 距离 26 km 处,中心强度值约 46.2 dBz 左右,强回波

区域面积明显在增大,与风暴 E5 作用后稍微偏西南方移动。此时应该是两个风暴合并开始的时候也是雷暴天气发展到最强期,位于飑线风暴强中心点所经过区域,短时强降水天气也发展到最强,且由于飑线的移动速度减慢,累计降水量(OHP)将变大。

此时的雷达径向速度回波(图 5c)可以看出:位于芒市边沿坐标为 103.9° 距离 35.2 km 处有一个强负速度中心,此时出现速度模糊现象中心径向速度为 24.7 m/s 的最大值,同时雷达二次产品的 TVS 识别到报警信息 TVS = 1,可以证明芒市周边出现过

大风天气。大范围的风速型辐合同样存在,而东南方的两个负速度中心形成风速型辐合加剧。在距离雷达中心距离约 16 km,方位约 75°—116°之间存

在一个宽约 4 km 左右的负速度带,加剧了芒市测站周边形成风速不稳定带,最终导致芒市测站周边出现强雷暴天气。

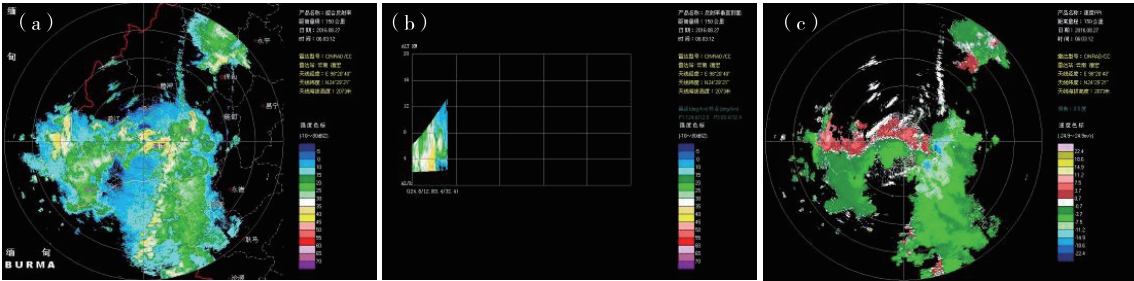


图 5 27 日 06 时 03 分雷达回波图(a:雷达组合反射率因子;b:E5 风暴 RCS 剖面;c:雷达径向速度回波)
Fig. 5 06:03 radar echo map(a:Radar strength echo;b:E5 storm RCS section;c:Radar radial velocity echo)

07 时 44 分(图 6),雷达强度回波(图 6a)可以看出飊线过境后芒市测站处于层状云降水系统中,回波强度值已下降至 24 dBz 左右,此时芒市测站 RCS 剖面(图 6b)已经没有了强对流特征,转为层结稳定的片絮状云系降水,随着飊线后续降水系统移出芒市测站降水结束。

域中心风速约为 -3.3 m/s 左右,而正速度中心区域风速约为 1.5 m/s 左右,形成低空弱风速型辐合趋势。而雷达站 30 km 距离圈内,正速度区域风速约为 9.2 m/s 明显大于负速度区域风速约为 -1.3 m/s ,呈风速型辐散场,随着辐散层的降低,飊线系统减弱演变为飊线过境形成的层状云降天气,径向速度场中已没有雷暴活动特征。

此时的雷达径向速度回波(图 6c)显示:位于雷达站中心 5 km 附近径向速度值急剧变小,负速度区

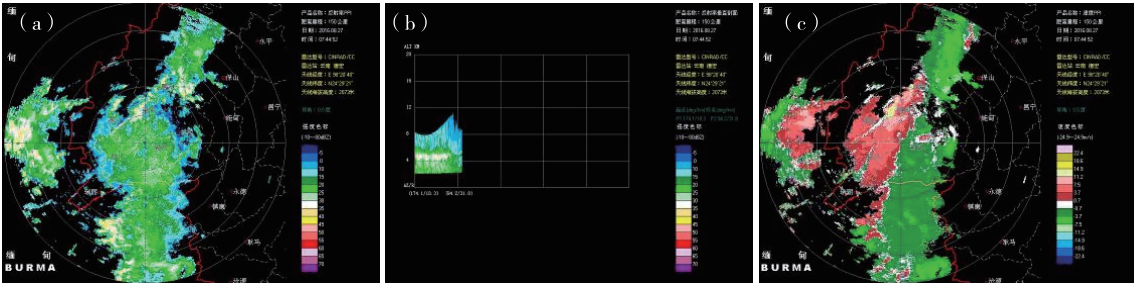


图 6 27 日 07 时 44 分雷达回波图(a:雷达强度回波;b:RCS 剖面;c:雷达径向速度回波)
Fig. 6 07:44 radar echo map(a:Radar strength echo;b:RCS section;c:Radar radial velocity echo)

5.2 二次产品特征分析

5.2.1 风暴跟踪信息 STI(58) 在雷达二次产品风暴的路径预报中,对比风暴 E5 和 Q4 位置的变化,可以发现单点强对流风暴 E5 原地生成、发展加强,与从东面移动而来的飊线系统中的风暴 Q4 合并。图 7 为 05 时 12 分 STI 产品,E5 位于芒市测站,风暴开始发展,飊线系统风暴此时距离芒市大约 33 km;图 8 为 06 时 03 分 STI 产品,E5 同样位于芒市测站,风暴单体由于对流加强后体积变大,而此时飊线系统风暴 Q4 已移动至距离芒市测站大约 6 km。

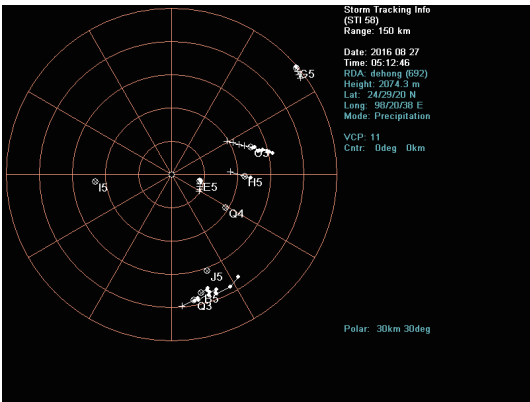


图 7 05 时 12 分 STI 产品
Fig. 7 STI products at 05:12

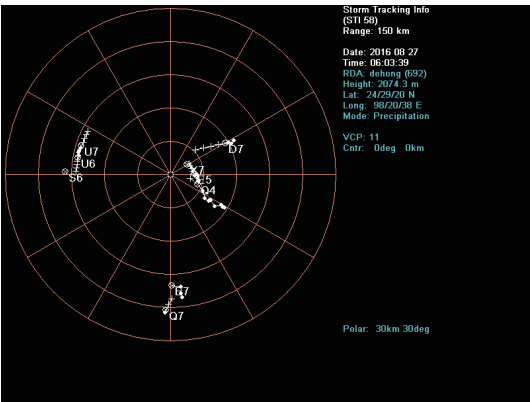


图 8 06 时 03 分 STI 产品
Fig. 8 STI products at 06:03

5.2.2 风暴结构 SS(62) 将 SS 产品中的风暴 Q4 信息从 06 时 03 分开始统计至 06 时 48 分,得到表 2。

表 2 飑线系统风暴 Q4 衰亡过程

Tab. 2 Squall line system storm Q4 decay process

INFO TIME	风暴名称	方位距离/ km	风暴底高度/ km	风暴顶/ km	液态水含量 (kg/m ²)	最大反射率/ dBz	最大反射率所在 位置高度/km
06 时 03 分	Q4	110/26	<0.3	4.5	5	46	4.5
06 时 09 分	Q4	115/25	<0.3	5.8	4	44	4.2
06 时 14 分	Q4	118/22	<0.2	4.9	5	44	3.9
06 时 20 分	Q4	124/19	<0.2	5.4	6	46	3.6
06 时 26 分	Q4	124/18	<0.2	4.4	4	46	2.7
06 时 31 分	Q4	124/16	<0.1	2.8	3	43	2.1
06 时 37 分	Q4	119/14	<0.1	2.7	2	42	0.6
06 时 43 分				未能识别到			
06 时 48 分	Q4	95/12	<0.1	0.8	1	40	0.3

6 小结和讨论

①此次强对流天气出现在副高边缘,中低层有低值辐合系统存在,同时有弱冷空气影响南下,具有对流不稳定条件。

②腾冲探空站的能量和稳定度参数对于本次强对流天气的发生和发展具有一定的指示意义;强对流天气发生前,腾冲站上空有一定的不稳定能量积累,对流有效位能 CAPE、对流抑制能量 CIN 指数、风暴强度指数 SSI 和沙氏指数 SI 的变化规律和预报指标值得进一步加以研究和总结。

③强对流风暴的 RCS 剖面对流高度能直观反应出单点强对流的发展情况,是单点强对流风暴系统发展时期最直观预报指标。

④在飑线生成、发展壮大过程中,飑线产生的短时强降水和雷暴天气是逐步加强的,而在飑线系统与旺盛期的单点强对流风暴合并导致飑线移动速度减慢后,短时强降水累计降雨量将增大,雷暴

下面着重分析飑线系统风暴 Q4 在芒市测站附近形成强雷暴天气从旺盛期到衰亡期的演变过程。通过表 2 信息能够得出:在飑线系统风暴 Q4 与芒市测站附近的强对流单体风暴 E5 合并后,从质心位置分析飑线系统风暴 Q4 整体移动速度急剧减弱,质心与 E5 作用后沿着芒市测站从东南面向南移动后一直贴近芒市测站移动至芒市的西北面,呈顺时针方向绕芒市测站南面半圈,所以与芒市测站附近持续强雷暴天气现象吻合;从风暴底高度依次呈递减规律;风暴顶、液态水含量、最大反射率从 06 时 20 分开始依次呈递减规律;最大反射率所在位置高度的递减规律与飑线系统风暴 Q4 的衰亡过程完美拟合,可作为预报飑线系统衰亡指标使用。

天气也会加强。

⑤飑线系统中,径向速度场主要能判别飑线系统的整体移向,以及整个风场的辐合辐散情况,根据风场的辐合以及风速不稳定带的分布情况可以判断出飑线系统形成的雷暴区域。

⑥当对流发展到最旺盛后开始衰弱时雷达二次产品 SS 中的最大反射率所在位置高度的递减规律,是飑线系统减弱的预报指标。

参考文献

[1] 愈小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用[J].北京:气象出版社,2006(1).
[2] 梁红,陈立德,李大伟,等.沈阳一次局地大暴雨过程中逆风区的回波演变[J].气象与环境学报,2011,27(3):12-17.
[3] 陈鲍发,魏鸣,柳守煜.逆风区的回波演变与强风对流天气的结构分析[J].暴雨灾害,2008,27(2).
[4] 胡明宝,高太长,汤达章.多普勒天气雷达资料分析与应用[J].北京:解放军出版社,2000.
[5] 胡燕,刘焕乾,林明丽,等.一次典型强对流天气的雷达回波分析[J].贵州气象,2008,32(4):28-30.