

罗林勇,罗红,赵杰,等. 都匀雷达 ROSE2.0 一次强对流天气过程应用检验[J]. 中低纬山地气象,2023,47(2):40-45.

## 都匀雷达 ROSE2.0 一次强对流天气过程应用检验

罗林勇,罗红,赵杰,熊平

(贵州省黔南布依族苗族自治州气象局,贵州 都匀 558000)

**摘要:**针对黔南州 2022 年 4 月 24 日午后到夜间的一次强对流天气过程,利用实况资料和都匀雷达 ROSE2.0 在短时强降水、冰雹、雷暴大风方面的监测和预警产品进行对比检验,结合本地短时临近预报业务应用效果分析,发现:受地形影响,都匀雷达 ROSE2.0 估计降水在大雨以下量级表现较好,但对暴雨以上量级估计值偏小,没有明显短时强降水报警体现,本地化应用门限值设置降低约 3 成左右更为合理;都匀雷达 ROSE2.0 对冰雹预警落区指示和命中率较高,但时间提前量平均仅 9 min,对雷暴大风预警仍然有难度,剖面图分析能更好地识别雷暴大风指标。另外,雷达 ROSE2.0 软件强天气预警算法得到进一步优化,应融入一体化平台等快速支撑预警业务应用。

**关键词:**雷达;ROSE2.0;强对流天气;检验

**中图分类号:**P412.25 **文献标识码:**A

## Application Test of a Severe Convective Weather Process of Duyun Radar ROSE2.0

LUO Linyong, LUO Hong, ZHAO Jie, XIONG Ping

(Qiannan Bouyei and Miao Autonomous Prefecture Meteorological  
Bureau of Guizhou Province, Duyun 558000, China)

**Abstract:** In view of a severe convective weather process in Qiannan Prefecture from noon to night on April 24, 2022, the monitoring and early warning products of short-term heavy precipitation, hail and thunderstorm gale were compared with the real-time data and the uniform radar ROSE2.0, combined with the analysis of the application effect of local short-term nowcasting operation, it is found that: under the influence of topography, the estimated precipitation by the uniform radar ROSE2.0 performs well in the order below heavy rain, but the estimated value above heavy rain is small, there is no obvious short-term strong precipitation warning, and it is more reasonable to lower the threshold value of localization application by about 30%. The uniform radar ROSE2.0 has higher indication and hit rate of hail warning area, but the time lead is only 9 minutes on average, it is still difficult to forecast the thunderstorm and gale, and the analysis of the profile can better identify the thunderstorm and gale index. In addition, the strong weather early warning algorithm of radar ROSE2.0 software has been further optimized and should be integrated into the rapid support early warning application platform.

**Key words:** radar; ROSE2.0; severe convection weather; checkout

## 0 引言

全国 150 个雷达站于 2022 年 3 月 21 日开始进行新一代天气雷达业务软件(ROSE2.0)试点运行,

都匀新一代天气雷达 CINRAD/CD 成为贵州 5 部试点雷达之一,开展标准格式单偏振产品和双偏振产品上传试验。受温度层结部稳定的条件影响,2022 年 4 月 24 日傍晚开始,黔南地区出现了一次强对流

天气。本次天气过程黔南处于热低压的背景下,热量和水汽条件适宜,在高空槽和西南涡的共同影响下,降水开始出现,对流呈现出线对流形态,自西北向东南扫过黔南。本次强对流以雷雨天气为主,并伴有冰雹(2~6mm)、短时强降水、雷暴大风。期间,都匀雷达全程开机,运行新一代天气雷达业务软件 ROSE2.0 持续探测、生成和传输产品。本次强天气过程成为验证都匀雷达 ROSE2.0 在短时强降水、雷暴大风、冰雹方面实际业务环境应用的可用性、稳定性和业务支撑能力的具体实例,为更好地发挥 ROSE2.0 软件强天气算法和自动报警功能优势,更好地支持本地强天气短时临近预报业务应用提供了较好的参考。

## 1 指标与方法

### 1.1 ROSE2.0 系统监测指标

ROSE2.0 系统对现有强对流监测预警产品进行了梳理和改进,对短时强降水、雷暴大风、冰雹等灾害性天气进行识别,并采用回波路径外推方法进行短时预警,以图像、文字和短信等形式为预报员提供第一手的信息参考。其中,软件对回波外推时间默认为 30 min,可按实际配置。

(1)短时强降水预警:OHP(169 号)产品,小时降水量 $\geq 20$  mm(可配置),面积 $\geq 30$  km<sup>2</sup>(可配置),对小时累积降水量达到 20 mm(可配置)的区域进行识别和预警,产品在每个雷达体扫更新。

(2)雷暴大风预警:对近地面风力 $> 8$ 级( $\geq 17.2$  m $\cdot$ s<sup>-1</sup>,可配置)的灾害进行识别和预警。设定面积门限 30 km<sup>2</sup>(可配置),可避免个别距离库的速度值异常造成虚警。

(3)冰雹预警:基于 RPG 软件中的冰雹指数(HI,59 号)产品,对冰雹概率超过 50%(可配置)的强雷暴单体进行识别和预警,对于双偏振雷达还可结合偏振量进行判断。冰雹指数 HI 产品以概率形式提供单体产生冰雹的可能性,在实际应用过程中可以根据本地情况和经验调整冰雹概率,作为预警门限,默认冰雹概率门限 50%。

### 1.2 都匀雷达应用检验方法

都匀新一代天气雷达 CINRAD/CD 在 2021 年完成大修升级,2022 年 3 月作为全国首批试点安装 ROSE2.0 软件业务运行,目前 ROSEPUP 产品生成速度快,产品丰富且传输稳定。由于地形原因,都匀雷达存在较大的探测“盲区”,西北面受到较高海拔的莽山遮挡,南面受较低海拔地区(低于都匀雷达 300~600 m)影响,低空无法探测,理论上对高度较高的冰雹层(0℃层)识别和预估影响不大,但对

积雨云等对流云低层探测不全,造成降水预估与实际相差较大(理论上偏小)。

通过将都匀雷达 ROSE2.0 在 4 月 24 日的强天气过程中对短时强降水、雷暴大风、冰雹监测预警产品与实况对比检验,结合对本地短时临近预报业务的支持效果分析,提出本地化应用合理门限设置参数等建议。

## 2 天气实况

4 月 24 日傍晚开始,黔南自西向东出现强对流天气,强对流以雷雨天气为主,并伴有冰雹(2~6 mm)、短时强降水、大风。全州降水从 17 时开始到次日 02 时基本结束,4 月 24 日 08 时—25 日 08 时全州共出现 1 站大暴雨(荔波拉易 116.2 mm),26 站暴雨(惠水 4 站、长顺 7 站、独山 1 站、荔波 2 站、三都 10 站、都匀 2 站),最大小时雨强 70.3 mm(惠水排楼 24 日 21—22 时)。龙里湾滩河镇甲摆村 20 时 53—54 分降雹,最大直径 3 mm;贵定德新镇新铺村 19 时 11 分降雹,直径 2 mm;长顺广顺农场 20 时 12—14 分降雹,直径 2 mm;长顺沙子关 21 时 22—25 分降雹,最大直径 6 mm。瓮安、龙里、贵定、惠水、长顺、都匀、罗甸出现 6~8 级大风,最大为长顺凤凰坝 26.4 m $\cdot$ s<sup>-1</sup>(24 日 21 时 07 分)。

## 3 短时强降水检验

### 3.1 逐 3 h 累计降水分析

此次过程降水从 24 日 17 时开始到 25 日 02 时基本结束,总计 9 h。ROSE2.0 降水量产品估计未来 3 h 累计降水以 THP 为主,通过对此期间都匀雷达逐 3 h 预估降水量和实况降水量对比分析(图 1),17—20 时降水初期,主要在龙里、贵定、福泉一带出现中—大雨天气,都匀雷达 3 h 降水预估情况除贵定外与实况较为吻合;20—23 时,降水主要集中在黔南西—中部地区,雷达 3 h 降水预估在雷达中部及偏南的都匀、福泉、平塘和独山的大雨区表现较好,西部的长顺、惠水暴雨因山脉遮挡雷达预估雨量数据基本缺失,在本时段内主体降雨区位置基本吻合。23 时—次日 02 时,雨带整体移至东南部地区三都、独山、荔波一带,雷达降水预估中—大雨量级表现良好,但对暴雨量级预估表现较差(图 1)。从区域上看,都匀雷达对降雨主体位置预估基本准确,但对西北方和东南部部分地区出现明显的监测缺失,从量级上看,都匀雷达预估降水在大雨以下量级表现较好,但对暴雨以上量级估计值偏小,符合都匀雷达山脉阻挡和低海拔地区低空探测“双盲”特性。

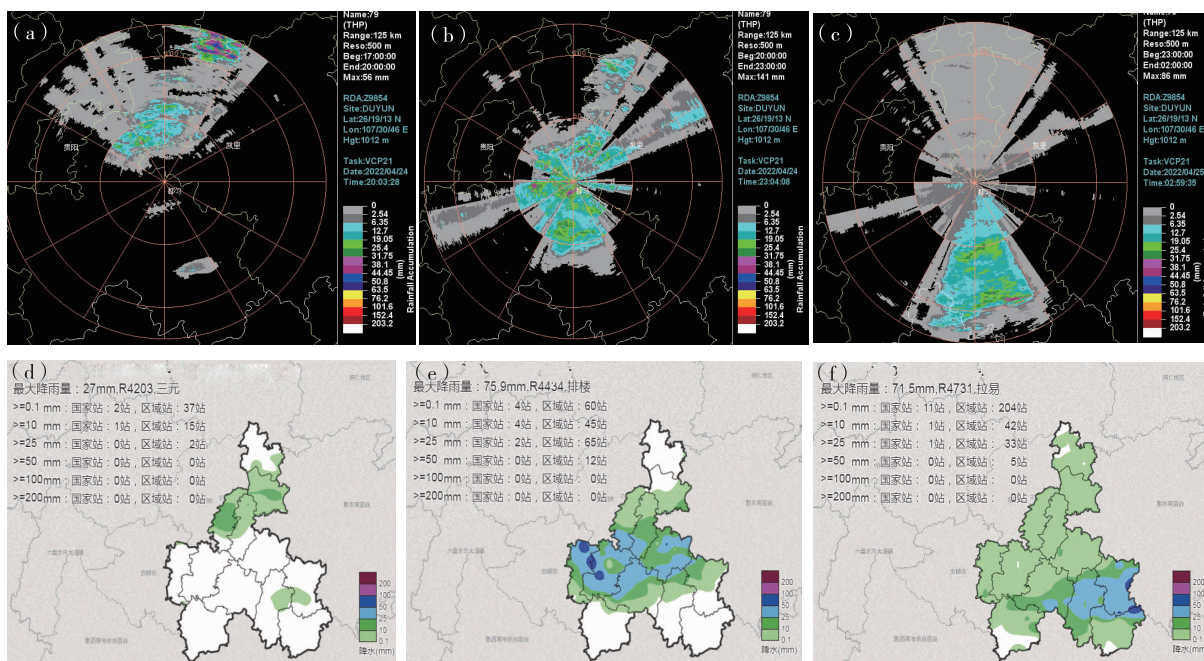


图 1 2022 年 4 月 24 日 17—20 时(a,d)、20—23 时(b,e)23 时—25 日 02 时  
(c,f)都匀雷达累计降水量(a~c)和实况降水量(d~f)

Fig. 1 Acumulative(a~c)and actual precipitation(d~f) of Duyun radar at 17:00—20:00(a,d),  
20:00—23:00(b,e)on the 24th,and from 23:00 on the 24th to 02:00 on the 25th(c,f) on April ,2022

### 3.2 小时雨强大值区分

24 日 20 时—25 日 02 时的短时强降水(小时雨强 $\geq 20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )出现在西面—中部—南部地区。其中,20 时出现在西面龙里谷脚、三元,由于都匀雷达受 C 波段的雨强衰减遮挡,1 h 累积降水 OHP 龙里无监测数据。21 时降水集中在西部及中北面的长顺、龙里和贵定,因遮挡雨强衰减也无数据,贵定、福泉小时雨强在 $25.8\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右,在雷达估计降水产品上贵定估计雨强均偏大 $10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右,福泉估计值偏小 $5\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右。22 时西部—中部的长顺、惠水、贵定、都匀小时雨强达到最大,长顺、惠水因雷达数据缺失无预估值,都匀、平塘、贵定雷达估计值均偏小,其中都匀偏小 $15\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右,平塘、贵定均偏小 $10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右。23 时随着雨带南压,都匀、三都、平塘、独山出现本次过程的小时雨强大值,三都受雨强衰减无雷达数据,降雨量估计值都匀偏小 $15\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右,独山偏大 $10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,仅平塘估计值基本相当,偏差在 $2\sim 3\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右。00—02 时雨带向南推移,主要集中在黔南南面,小时雨强较前一时次有所减弱,雷达估计降水产品上对独山、荔波等地雨强有所反应,但估计量仍然偏小 $10\sim 15\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 左右(图 2)。

### 3.3 短时强降水预警(UAM)应用

尽管 ROSE2.0 对地物杂波等进行了过滤和质

量控制,对强降水算法也进行了优化,预警更加与实况接近,但是由于贵州山地气候和都匀雷达地域局限性,本次天气过程都匀雷达 ROSE2.0 短时强降水(OHP-169 号产品)没有明显报警体现。在实际短时临近预警业务应用中,因受西北面地形遮挡区域影响,都匀雷达监测不到短时强降水,预报员参考贵阳雷达产品等开展预警,但在中南部低海拔区域因低层探测盲区,都匀雷达估测降水量普遍偏小,需要适当降低雷达预警门限值并不断修正,以提供较好的预警参考。

## 4 冰雹检验

### 4.1 冰雹实况和个例分析

24 日的强对流天气过程黔南共出现 4 次冰雹个例,集中在西北部的贵定、长顺、龙里、长顺(表 1)。

表 1 2022 年 4 月 24 日黔南州降雹特征表  
Tab.1 Hail characteristics in Qiannan  
Prefecture on April 24, 2022

| 类型  | 序号 | 站点    | 出现时间      | 直径/mm |
|-----|----|-------|-----------|-------|
| 冰 雹 | 1  | 贵定新铺  | 19 时 11 分 | 2     |
|     | 2  | 长顺广顺  | 20 时 12 分 | 2     |
|     | 3  | 龙里甲摆  | 20 时 53 分 | 3     |
|     | 4  | 长顺沙子关 | 21 时 22 分 | 6     |

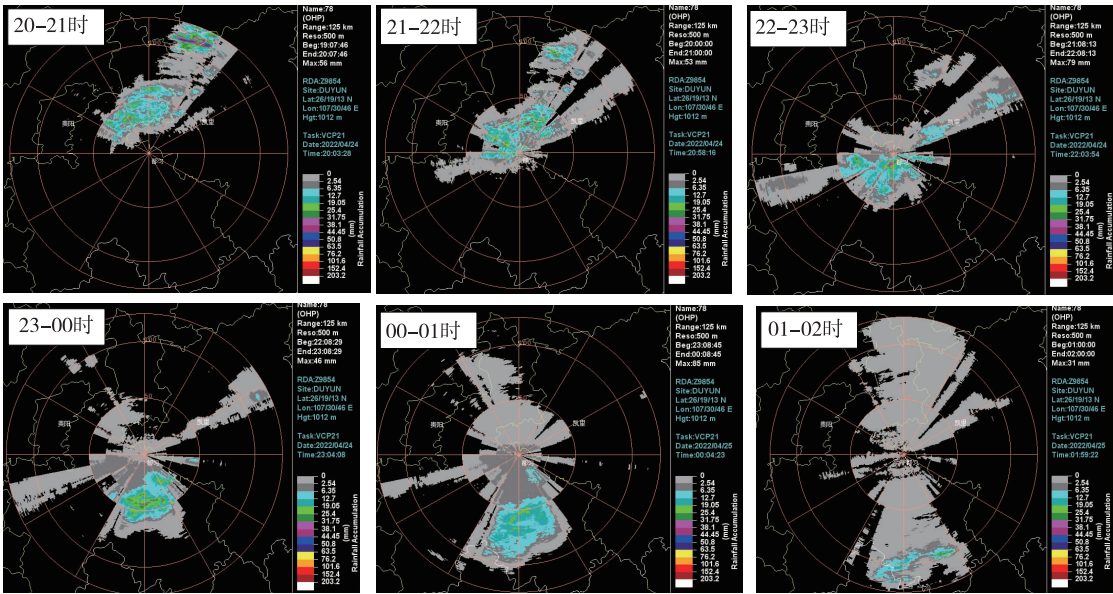


图 2 2022 年 4 月 24—25 日都匀雷达 1 h 降水监测产品

Fig. 2 On 24—25 April 2022, Duyun radar 1 - hour precipitation monitoring products

以贵定新铺降雹为例分析,19 时 11 分贵定新铺降雹个例的雷达图上冰雹的特征明显,ROSE2.0 具有很好的指示意义,组合反射率图上表现为弓形的窄带状回波,贵定位于弓形的顶点上,强度在 58dBz 左右,满足降雹要求。在影响该次降雹的风暴趋势图上,该时次回波顶高向上延伸至 11.8 km 左右,降雹指数在 70% 左右,液态水含量也在该时次有明显增加,均符合降雹特征,指向较大的降雹

可能。而在速度剖面图上,低层表现为径向风辐合,中高层 6 km 左右有明显的强速度辐散。而在反射率因子剖面图上,风暴中心呈现倾斜性,有明显的回波悬垂,5 km 高度上出现了 60 dBz 以上的强中心,表明该区域有冰粒,但整体强度偏弱,不利于大冰雹出现。综合分析,该时次符合降雹特征,但不满足大冰雹出现要求,与实况基本吻合(图 3)。

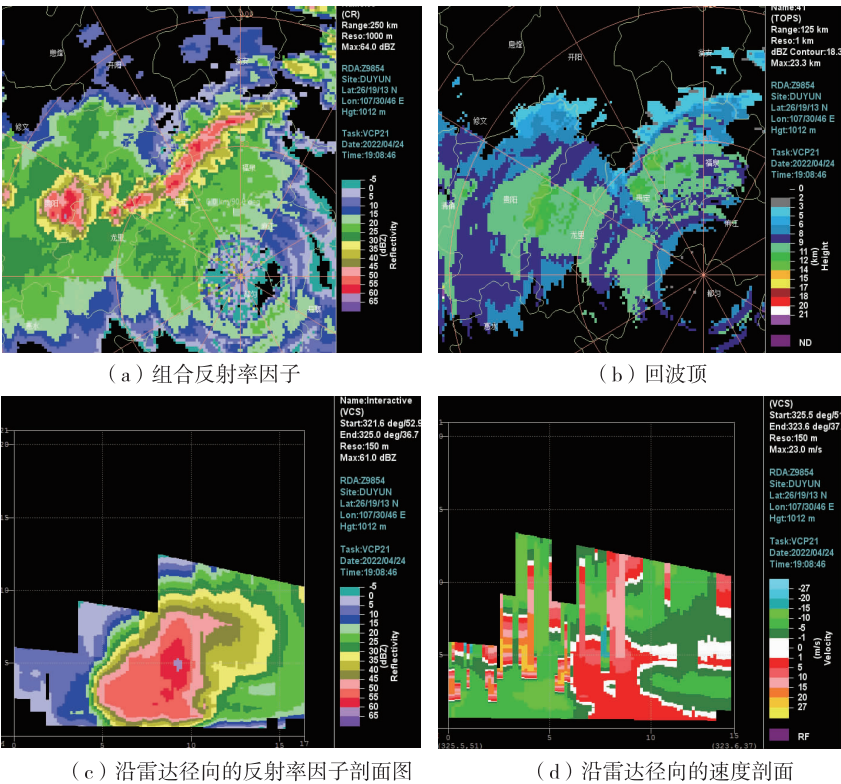


图 3 2022 年 4 月 24 日 19 时 11 分贵定新铺雷达特征图

Fig. 3 Radar characteristics of hailfall in Xinpu, Guiding at 19:11 on April 24, 2022

## 4.2 冰雹预警(UAM)应用

本次天气过程都匀雷达 ROSE2.0 冰雹指数(HI,59 号)产品有较好的预警体现和应用,4 次降雹过程均能提前预警成功命中,对冰雹落区基本指

示准确,冰雹预警时间依次为贵定新铺 18 时 57 分,长顺广顺 20 时,龙里 20 时 41 分,长顺沙子关 21 时 20 分,分别提前 14 min、12 min、8 min、2 min 预警,时间提前量不足(图 4)。

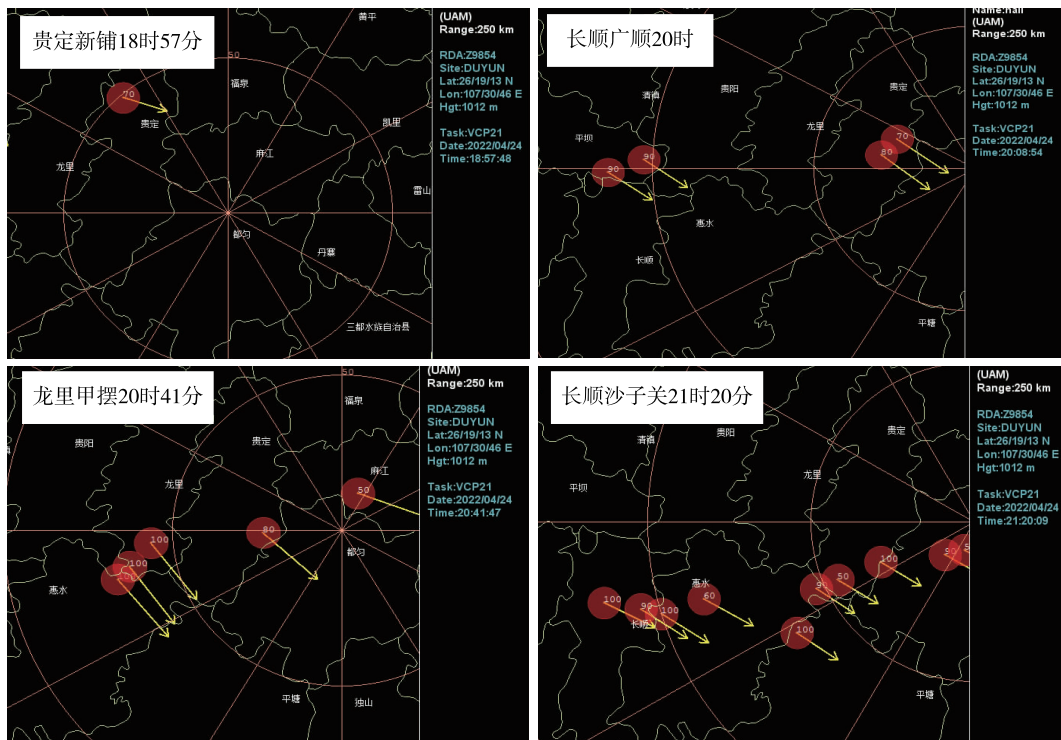


图 4 2022 年 4 月 24 日黔南 UAM 冰雹预警产品

Fig.4 UAM hail warning products in Qiannan on April 24, 2022

## 5 雷暴大风检验

### 5.1 雷暴大风实况和个例分析

24 日黔南雷暴大风主要出现在雷达测站北面—中部一线瓮安、龙里、贵定、长顺、惠水、都匀,强度普遍在 6~8 级。19 时 30 分龙里出现大风,低仰角径向速度图上存在风向辐合,在雷达上表现为团块状大风区且强度在  $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上,进行剖面

分析,该区域存在具有下沉特性的  $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上大风区,较易被识别;在 21 时 07 分,长顺凤凰坝出现大风,在雷达上表现为单一的最大速度块  $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  负速度,其周围出现  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右正速度风区,出现速度模糊,大值风区径向风速较凌乱,不易判断,进行剖面分析,该区域有明显的  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上的风区延伸至 10 km 左右,具有较高垂直梯度,可识别指标较高(图 5)。

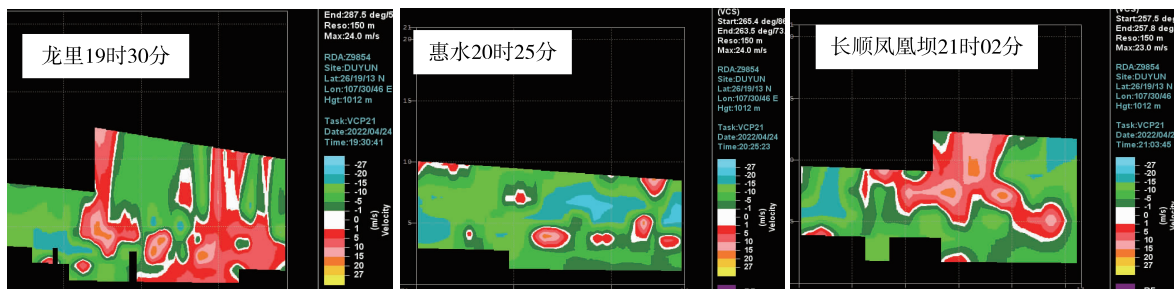


图 5 2022 年 4 月 24 日黔南州雷雨大风个例速度剖面特征

Fig.5 Characteristics of velocity profile of thunderstorm and gale in Qiannan on April 24, 2022

## 5.2 雷暴大风预警(UAM)应用

由于都匀雷达地域局限性和雷暴大风突发性特点,本次天气过程都匀雷达 ROSE2.0 雷暴大风产品没有明显报警体现,在实际短时临近预警业务应用中,既要根据雷达速度图表现初步判断,更要进行剖面图分析,才会有较好的识别指标体现。

## 6 结论

(1)都匀雷达 ROSE2.0 软件 ROSEPUP 产品生成速度快,产品丰富且传输稳定,ROSE2.0 对地物杂波等进行了过滤和质量控制,对强对流天气算法也进行了优化,预警信息更加与实况接近。但雷达强天气报警信息目前还未融入省市县一体化平台,预报员需要单独对雷达预警产品进行分析,一定程度上影响了预警服务提前量。

(2)由于贵州山地气候和都匀雷达地域局限性,本次天气过程都匀雷达 ROSE2.0 短时强降水没有明显报警体现,可在实际应用中借助贵阳雷达等进行预警参考,中南部低海拔区域应将小时累积降水量 20 mm 门限降低至 15 mm 左右,范围门限值(初始设置为面积 $\geq 30\text{ km}^2$ )降低至面积 $\geq 20\text{ km}^2$ 左右,并通过多次过程检验不断修正。

(3)本次过程都匀雷达 ROSE2.0 冰雹预警总

体上落区指示和命中率较高,但是时间提前量不足,实际工作中可借助惠水雅水 X 波段双偏振天气雷达补充参考,提高对“中国天眼”区域强对流天气监测预警能力。

(4)本次天气过程都匀雷达 ROSE2.0 雷暴大风产品没有明显报警体现,但通过雷达速度图并结合剖面图分析,仍然能看到一定程度的雷暴大风识别指标。

## 参考文献

- [1] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用[M].北京:气象出版社,2007.
- [2] 黄钰,曾勇,周苑,等.一次强对流天气过程的闪电与雷达回波特征[J].中低纬山地气象,2018,42(4):37-42.
- [3] 邹书平,李波,杨哲,等.强对流天气雷达回波强度相关性对比分析[J].中低纬山地气象,2018,42(6):1-7.
- [4] 李茜,王咏青,张邵辉,等.一次致雹强风暴的多普勒雷达特征分析[J].气象与环境科学,2012,35(3):1-9.
- [5] 程小娟,王长学,马中元,等.短时强降水雷达回波特征分析[J].气象水文海洋仪器,2021,38(2):25-27.
- [6] 袁微,郭春辉,谭丹凤,等.肇庆 X 波段双偏振天气雷达降水估测研究[J].气象水文海洋仪器,2022,39(2):58-61.
- [7] 杨金红,郭建侠,王佳,等.雷达气候学分析方法在 2020 年汛期强降水中的应用[J].气象水文海洋仪器,2022,39(2):86-89.