

Analysis of Heavy Precipitation Echo Characteristics Based on Wangmo X-Band Radar

Qingyi Meng, Haopeng Tang, Qian Fan, Xiang Liu, Fen Wang, Rong Duan

Qianxi Meteorological Station, Xingyi Guizhou
Email: 1003393866@qq.com

Received: May 27th, 2020; accepted: Jun. 8th, 2020; published: Jun. 15th, 2020

Abstract

Through the data of CIMISS, the process of 9 short-time heavy precipitation weather events at 4 regional stations and above in Wangmo region in 2018 was selected. The basic reflectivity, vertical maximum reflectivity, VIL (vertical accumulation of liquid water content), echo top height and echo bottom high products were analyzed by analyzing the end-user echo of Xiangyu d-type dual-polarization weather radar (Wangmo X-band radar). We come to the conclusion: 1) After echo generation, the probability of moving to northeast is larger. And the short-term heavy precipitation mainly occurred in the northwest of Wangmo, Jiaona, Lewang echo at the elevation angle of 3.35°, and Angwu and Mashan echo at the elevation angle of 5.25°; 2) The characteristic values of various products are obtained as shown in Table 1; 3) Whether there is a correlation between several types of products and the rainfall intensity of short-time heavy precipitation and whether the threshold can distinguish between general precipitation and short-time heavy precipitation require more statistical analysis of weather cases.

Keywords

X-Band Radar, Short-Time Heavy Precipitation, Radar Products

基于望谟X波段雷达的强降水回波特征分析

孟庆怡, 唐浩鹏, 范倩, 刘相, 王芬, 段荣

黔西南州气象台, 贵州 兴义
Email: 1003393866@qq.com

收稿日期：2020年5月27日；录用日期：2020年6月8日；发布日期：2020年6月15日

摘要

通过CIMISS数据选取2018年望谟地区4个区域站及其以上9次短时强降水天气过程，通过分析祥雨D型双极化天气雷达(望谟X波段雷达)用户终端回波分析基本反射率、垂直最大反射率、VIL(垂直累计液态水含量)、回波顶高、回波底高等产品。得出结论：1) 回波生成后向东北移动的概率较大，且短时强降水主要发生在望谟西北部，郊纳，乐旺在3.35°仰角上才有回波，昂武、麻山在5.25°仰角上才有回波。2) 得出各类产品特征值如表1。3) 几类产品与短时强降水的雨强是否有相关性，其阈值是否可以区分一般性降水和短时强降水，仍需更多的天气个例进行统计分析。

关键词

X波段雷达，短时强降水，雷达产品

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着雷达布网的发展，高时空分辨率的雷达产品极大地增强了对短时临近灾害性天气的监测和预警能力，目前对短时强降水的雷达特征分析和预警方面，很多专家做了大量的研究工作。段鹤[1]等对537次短时强降水天气过程进行统计分析，建立三种短时强降水概念模型，对比分析了不同类型短时强降水的强度特征、移速特征、生命期特征等。李德俊[2]等对比分析了发生在恩施山区强冰雹和短时强降水天气的雷达产品，把组合反射率中心强度、垂直累积液态水含量VIL密度分别达43 dBz和 $1.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 等条件作为短时强降水临近预警指标。张羽[3]等对短时强降水过程的双偏振参量进行了分析，结果表明较大的ZDR和KDP值表明降水粒子谱中含有大量较大的水滴，是造成该次短时强降雨的主要原因。文海松[4]对短时强降水过程的反射率因子、径向速度、垂直剖面、风暴追踪信息等产品进行对比分析，找出其临近预报指标。应冬梅[5]、张崇莉[6]对冰雹和短时强降水两类强对流天气的雷达回波特征进行对比分析。陈明轩[7]、彭九慧[8]等分析研究强降水的雷达回波特征，上述研究对短时强降水的分析研究打下了基础。

X波段雷达对小尺度的局部对流云系的探测更为清晰、细腻，具有更高的探测灵敏度，尤其适合探测弱至中等强度的降水性回波以及中小尺度对流云的细微结构，便于监测中小尺度的天气过程演变，然而2017年望谟X波段雷达正常投入使用以来，对其在强降水方面的研究乏善可陈，本文在前人的研究基础上，分析几类产品在几次短时强降水过程中的应用，试着找出适宜强降水的临近预报指标。

2. 资料和方法及个例选取时间

通过CIMISS数据选取2018年望谟地区4个区域站及其以上小时雨强大于20 mm/h(短时强降水)天气过程(见表1)，通过祥雨D型双极化天气雷达(望谟X波段雷达)用户终端回波，分析基本反射率、垂直最大反射率、VIL(垂直累计液态水含量)、回波顶高、回波底高等产品，以期揭示望谟地区产生短时强降水的雷达回波特征的演变和发展。

Table 1. Selected the weather process of short-term heavy precipitation
表 1. 选取短时强降水的天气过程

日期	08~08 时降水概况	短时强降水时间	短时强降水站点数	最大雨强及站名(mm)
2018.5.1	9 站大雨	2 日 01~02 时	5	乐旺中学 34
2018.5.22	9 站暴雨	22 日 18~19 时	16	石屯水库 66
2018.5.26	7 站暴雨	26 日 16~18 时	9	乐旺中学 47
2018.5.29	1 站暴雨	30 日 00~01 时	5	小米地 38
2018.5.30	3 站大暴雨	31 日 01~03 时	21	水秧 60
2018.6.1	20 站大雨	2 日 06~07 时	10	石屯 33
2018.6.3	1 站暴雨	4 日 06~07 时	10	板陈 34
2018.6.22	3 站大暴雨	22 日 11~12 时	9	里奖 79
2018.7.6	4 站大暴雨	7 日 00~01 时	4	里奖 64

3. 个例雷达特征分析

3.1. 个例结构

个例 1: 5 月 2 日 01~02 时望谟北部乐旺、郊纳、昂武出现短时强降水。5.25°仰角上 1 日 20~23 时安顺、黔南回波 A 向东南移动并在 23:06 移至望谟北部(如图 1(a)), 逐步影响其东北部, 1:30 移出。23:58 安顺回波 B 移至望谟北部, 向东南移动过程中逐渐变为东北-西南向椭圆状结构, 01:05 回波 B 移至郊纳, 01:12 加强, 1:20 乐旺郊纳回波向东北方向发展并南压, 1:59 回波移至望谟东南部(图略)。7.5°回波 C 在 00:06~00:35 期间维持在望谟的中西部, 强度在 5~60 dBz, 00:43 向东南移动不断减弱, 1:20 减弱的回波 C 移至昂武, 如图 1(b), 并继续东南移动减弱, 强度在 5~50 dBz, 02:04 分之后移出昂武。分析垂直最大反射率, 20~23 时六盘水、安顺回波向东南移动并在 23:06 移至望谟北部, 强度在 10~65 dBz 且存在多个对流中心。23:58 回波分裂呈 D、E 两部分(如图 1(c)), 回波 D 快速向东偏南影响望谟西部和南部, 1:12 减弱的回波 D 其南部移入昂武, 并在 1:27 强度达最大, 2:04 之后移出。回波 E 于 00:06 望谟缓慢进入西北部并不断减弱, 00:57 开始增强, 1:27 强度达最大, 此时郊纳、乐旺、昂武的反射率在 5~55 dBz, 02 时之后移至望谟南部。01~02 时期间郊纳回波顶高 2~9 km、乐旺 2~11 km、昂武 3~14 km。郊纳、乐旺上空回波底高 1~3 km、昂武 3~11 km。郊纳乐旺上空 VIL 在 1~10 kg/m²、昂武 1~5 kg/m²。(注: 郊纳、乐旺在 3.35°仰角上、昂武在 6.2°以上才有回波)。

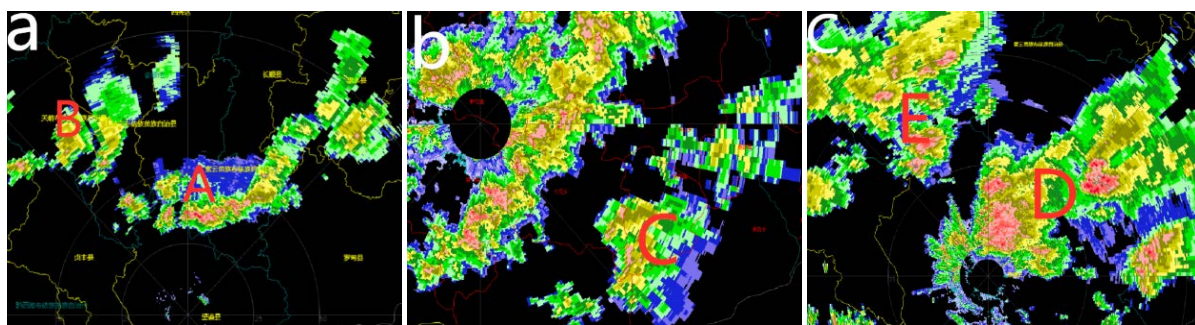


Figure 1. (a) 23:06: 5.25° elevation basic reflectance; (b) 1:20: 7.5° elevation basic reflectance; (c) 23:58: vertical maximum reflectance map

图 1. (a) 23:06: 5.25°仰角上基本反射率; (b) 1:20: 7.5°仰角基本反射率; (c) 23:58: 垂直最大反射率图

个例 2: 5 月 22 日 18~19 时在石屯、新屯、乐元、复兴、打易、坎边、郊纳出现短时强降水。2.4° 回波 13:59 在黔西南生成后缓慢加强, 17:04 已产生多个对流中心, 并逐渐合并, 强度在 5~60 dBz。18:03 回波 A 不断减弱维持在新屯、打易、坎边, 册亨、贞丰上空的回波 B 东南移至乐元, (如图 2(a)), 并与回波 A 逐渐合并, 18:18 强度达最大, 存在多个对流中心分在复兴、乐元、新屯、打易上空。18:25 之后回波强度和面积明显减弱。分析 4.3° 仰角的 16:56 望谟北部回波局地发展形成东西向带状回波维持在坎边、打易上空, 17:33 黔西南中部回波向东北移动逐渐与之合并且不断减弱, 18:03~18:25 期间 30 dBz 以上的强对流中心影响望谟的西北部, 且不断减弱, 18:33 减弱后转为层云降水直至 19 时之后, 转为层云降水直至 19 时之后。7.5° 17:48 回波 C 的西部向偏南移动过程中在郊纳上空不断发展, 强度在 15~60 dBz, 如图 2(b)。18:33 之后减弱与其西南部的回波合并维持层云降水, 18:47 消亡。

14~16 时期间垂直最大反射率的回波在黔西南州上空局地发展, 呈碎块状, 存在多个对流中心, 17:04 在望谟北部形成东西向带状结构并维持在其上空, 黔西南中部回波缓慢向西北移动与之合并, 强度在 5~60 dBz 且回波不断减弱。17:56~18:25 强对流中心明显发展影响乐元、新屯、石屯、复兴、打易、郊纳, 18:18 分达最强, 如图 2(c)。18:33 后明显减弱维持在新屯、复兴、打易。18~19 时期间出现短时强降水的乡镇垂直最大反射率的均可达 60 dBz, 整体回波顶高在 1~11 km。打易、郊纳在 2~11 km, 石屯、新屯、复兴、坎边在 2~6 km, 乐元在 2~9 km。打易、郊纳回波底高在 1~9 km, 石屯、新屯、复兴、坎边、乐元在 1~5 km。郊纳、乐元、复兴、新屯 VIL 值 1~20 kg/m², 打易、石屯在 1~10 kg/m², 坎边上空无 VIL。

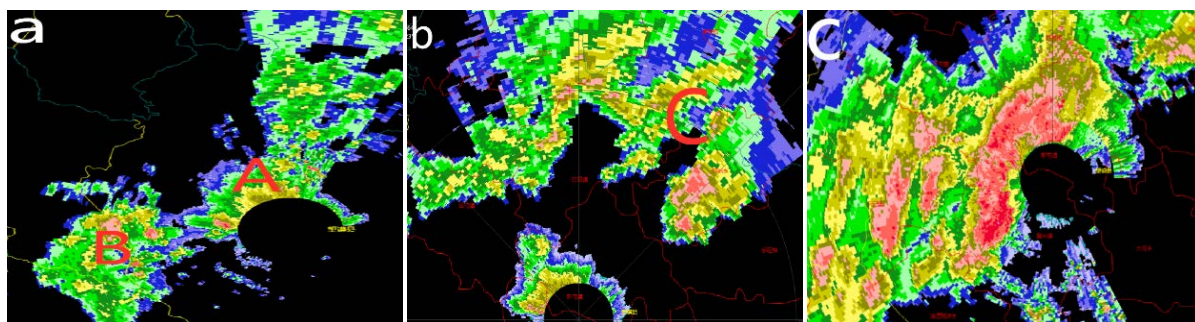


Figure 2. (a) 18:03: 2.4° basic reflectance; (b) 17:48: 7.5° basic reflectance; (c) 18:18: vertical maximum reflectance figure
图 2. (a) 18:03: 2.4° 仰角上基本反射率; (b) 17:48: 7.5° 仰角基本反射率; (c) 18:18: 垂直最大反射率图

个例 3: 5 月 26 日 16~17 时乐旺、昂武、新屯、打易, 17~18 时石屯、乐元、打易出现短时强降水。14:16 在黔西南中部回波局地生成, 并不断发展逐渐形成西北 - 东南的带状回波。16:07 望谟中北部新屯打易上空有回波局地生成, 并在 16:37 与东北移动过来的带状回波合并, 且强中心不断加强并维持在乐元、石屯、新屯、打易, 可达 50 dBz。16:59 回波断裂形成东西向带状回波 A, 并缓慢向东北方向移动影响乐元、石屯、打易、新屯(如图 3(a)), 17:29 回波移出乐元, 而石屯、打易的强对流中心持续至 18 时之后。6.2° 乐旺上空回波在 15:45 局地生成并发展, 呈块状结构并维持在其上空, 16:52 与带状回波 A 合并后向东北方向移动且不断加强(如图 3(b)), 17:21 逐渐减弱。14° 仰角 16:07 百色北部回波局地生成, 并逐步向西北方向移动扫过昂武上空, 强度在 5~25 dBz (图略)。(注: 乐旺在 3.35°、昂武在 12° 仰角上才有回波生成)。

从垂直最大反射率来看看, 册亨、百色上空回波局地生成并发展, 15:08 百色北部回波向西北移动进入昂武, 册亨北部回波向东北移动移入望谟的乐元、油迈。15:52 新屯、打易、乐旺回波局地生成并发展, 16:37 与黔西南中部回波 B 合并后形成西北 - 东南向带状回波, 强度在 5~60 dBz (如图 3(c)), 其强对流中心缓慢向偏北移动影响乐元、石屯、新屯、打易, 乐旺, 17:21 望谟中北部回波向北移动逐渐减弱转为层

云降水。河池百色北部交界不断有回波生成并移向油迈，强度 5~20 dBz。16~17 期间乐旺、新屯、打易在最大值可达 60 dBz，昂武可达 20 dBz，17~18 时石屯、打易垂直最大反射率 60 dBz，乐元为 55 dBz。16~17 时打易新屯的回波顶高在 2~8 km，乐旺在 2~11 km，昂武上空无回波对应。17~18 时乐元、石屯、打易回波顶高在 2~11 km。16~17 时打易新屯上空回波底高在 1~5 km，乐旺为 2~9 km。17~18 时乐元、石屯、打易 1~11 km。16~17 时打易新屯上空 VIL 在 1~15 kg/m²，乐旺上空在 1~25 kg/m²。17~18 时石屯、乐元、打易在 1~20 kg/m²。

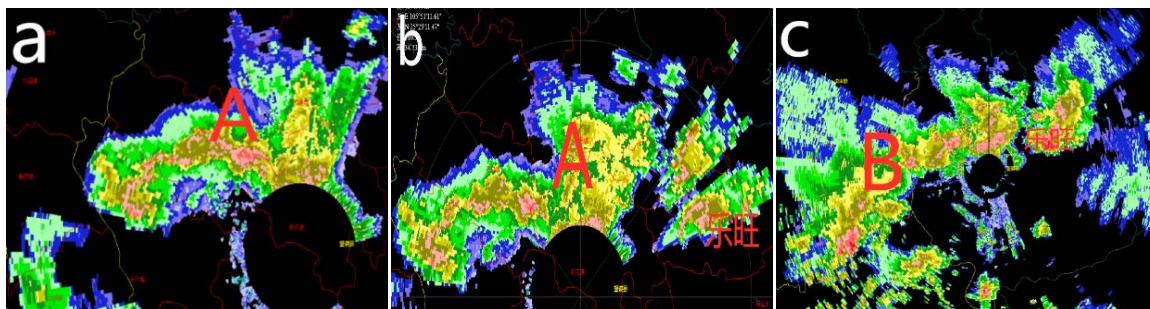


Figure 3. (a) 16:59: 2.4° basic reflectance; (b) 16:52: 6.2° basic reflectance; (c) 16:37: vertical maximum reflectance
图 3. (a) 16:59: 2.4°仰角上基本反射率; (b) 16:52: 6.2°仰角基本反射率图; (c) 16:37: 垂直最大反射率图

个例 4: 5 月 30 日 00~01 时新屯、打易、郊纳出现短时强降水。2.4°仰角上 20 时回波在黔西南州西部、百色西部生成后向偏东移动且且不断发展。22:39 分移入望谟，强度 5~45 dBz，23:39 回波呈南北向带状结构 A，强对流中心已经移至乐元、油迈(如图 4(a))。00:08 减弱后又逐渐加强，00:23 打易、新屯上空对流中心发展，并维持至 01 时之后。6.2°仰角 23:39 带状回波 A 移至郊纳边界，且不断减弱，00:23 之后新屯的强对流中心发展并向东北方向移动影响打易郊纳，强度在 10~45 dBz (如图 4(b))，01 时之后随着强对流中心移出后逐渐减弱。(注：郊纳在 5.25°仰角上才有回波)。

17~22 时垂直最大反射率回波在黔西南中部、百色西部生成后缓慢向偏东移动，22:32 移入望谟的西边界。23:31 回波呈南北向带状，边缘整齐，结构密实，30 dBz 以上的回波占总回波一半以上(如图 4(c))，此时对流中心移至乐元、油迈，并继续向东移且不断减弱。00:08 对流中心在打易、新屯上空加强并向东北移动影响郊纳，00:38 减弱后又对流中心重新在新屯打易郊纳上空发展，01 时之后减弱快速移出。00~01 期间新屯的回波顶高 2~5 km，打易 2~6 km，随着云体东移，00:23~00:30 北部回波可达 8 km，而郊纳前半小时基本无回波顶高，00:23 云体局地发展，可达在 11 km。新屯云底高度 1~2 km，东北部边缘 2~5 km，打易的回波 1~3 km。郊纳处在降水云团的边缘，底高在 2~5 km，00:38~00:45 可达 6~8 km。打易、新屯、郊纳的 VIL 1~10 kg/m²。

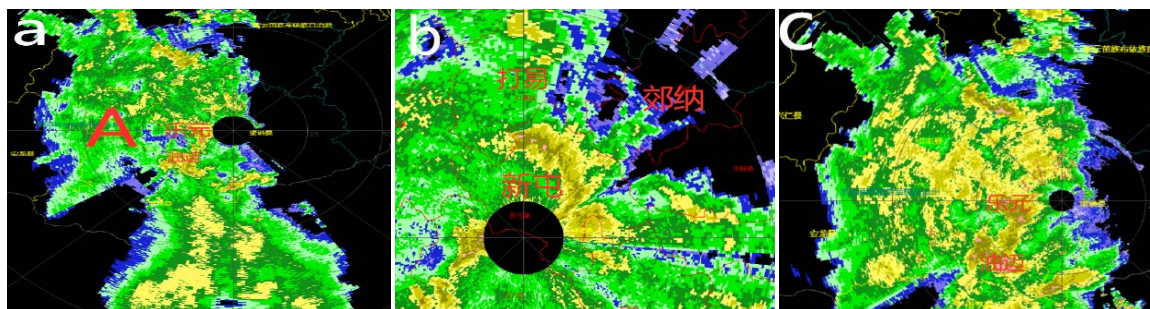


Figure 4. (a) 23:39: 2.4° basic reflectance; (b) 00:23: 6.3° basic reflectance; (c) 23:31: vertical maximum reflectance
图 4. (a) 23:39: 2.4°仰角上基本反射率; (b) 00:23: 6.2°仰角基本反射率图; (c) 23:31: 垂直最大反射率图

个例 5: 5 月 31 日 01~02 时石屯、打易、乐元、坎边, 02~03 时郊纳、乐旺、石屯、新屯、打易出现短时强降水。2.4°仰角 20~23 时黔西南西部回波局地生成发展向东北方向移动, 23:35 回波进入望谟, 00:57 回波移至望谟西北部并形成东北-西南带状回波, 强度在 5~60 dBz, 且存在多个对流中心分布在贞丰的西南部 A 和望谟的西北部 B (打易、石屯上空), 如图 5(a)。01:04 强中心 A 移至乐元, 并不断加强, 01:19 分可达 60 dBz, 01:34 强对流中心 A 移入复兴、新屯、乐元、石屯上空后转为层云降水, 并不断减弱。(而在该仰角上坎边除在 00:57~01:11 回波强度在 15~30 dBz, 其余时刻无明显回波。) 01:56~02:18 层状云回波维持在望谟的西部(石屯、乐元一带), 2:25 后部明显发展, 强度 5~45 dBz, 强中心仍然在石屯、打易、新屯上空, 随后继续向西北移动, 在 02:33 强度达最强, 03 时之后回波强度逐渐变得松散。(在该仰角上郊纳、乐旺无明显回波)。6.2°仰角, 坎边降水第一阶段 00:57~01:19, 处在带状回波的西北部边缘, 向东南移动渐渐移出坎边, 强度 5~35 dBz, 第二阶段在 1:41 回波减弱后有又重新发展影响坎边。02:11 重新发展的回波向东北方向, 郊纳乐旺的后部不断有回波移入, 强度 5~45 dBz, 如图 5(b), 03 时之后减弱缓慢移出望谟。

垂直最大反射率的回波上看, 20~23 时黔西南局地上空有回波局地生成向东北方向移动并发展, 23:28 进入望谟西北部, 强对流中心继续发展, 可达 60 dBz。1:04 分回波呈东北-西南带状结构, 对流中心主要影响石屯、打易、乐元一带, 1:19 乐元最大值可达 65 dBz, 坎边 40 dBz。1:48 带状回波减弱后维持在望谟的中部和北部(如图 5(c))。02:25 回波重新发展并向东北移动, 呈块状结构, 存在多个对流中心, 结构密实。2:40 达最强之后减弱缓慢移出望谟。02~03 期间新屯上空最大值可达 60 dBz, 石屯、打易、郊纳、乐旺可达 55 dBz。01~02 时石屯打易乐元坎边上空回波高度可达 3~11 km, 底高在 1~5 km。VIL 来看, 石屯打易乐元上空取值范围在 1~15 kg/m², 坎边在 1~5 kg/m²; 02~03 时打易郊纳乐旺回波顶高在 3~11 km, 石屯在 2~8 km, 新屯在 1~3 km。打易、郊纳、乐旺回波底高在 1~11 km, 石屯、新屯 1~5 km。打易乐旺新屯垂直液态水含量 1~10 kg/m², 石屯、郊纳 1~5 kg/m²。



Figure 5. (a) 00:57: 2.4° basic reflectance; (b) 02:21: 6.2° basic reflectance; (c) 01:48: vertical maximum reflectance
图 5. (a) 00:57: 2.4°仰角上基本反射率; (b) 02:21: 6.2°仰角基本反射率图; (c) 01:48: 垂直最大反射率图

个例 6: 6 月 2 日 06~07 时石屯、乐元、油迈、打易短时强降水。2.4°仰角 01~06 时期间回波在安顺中北部、黔西南中西部生成后向东北移动加强、强度在 15~45 dBz, 结构松散、边缘破碎。05:59 回波呈南北向带状结构, 对流中心分布在望谟西部(乐元、石屯、打易、油迈西部), 强度 5~50 dBz (如图 6(a)), 并继续缓慢向东北移动且不断加强, 06:51 减弱并转为层云降水(如图 6(b))。01~06 时垂直最大反射率回波在黔西南、安顺生成后移向望谟西面时开始加强, 并逐渐形成南北向的带状回波 05:59 分对流中心移至望谟西面, 并不断向东北移动, 如图 6(c), 至 06:51 期间对流中心在乐元、石屯、打易、油迈, 之后回波减弱转为层云降水。06~07 时石屯、打易最大值可达 60 dBz, 乐元、油迈可达 50 dBz。整个云顶高度在 2~11 km, 而石屯、乐元、打易、油迈上空在 2~8 km。云底高度在 1~5 km。乐元、石屯、打易的 VIL 1~10 kg/m², 油迈 1~5 kg/m²。



Figure 6. (a) 05:59: 2.4° basic reflectance; (b) 06:51: 2.4° basic reflectance; (c) 05:59: vertical maximum reflectance
图 6. (a) 05:59: 2.4°仰角上基本反射率; (b) 06:51: 2.4°仰角基本反射率图; (c) 05:59: 垂直最大反射率图

个例 7: 6 月 4 日 06~07 时复兴、新屯、麻山、打易、乐元、昂武、油迈出现短时强降水。2.4°仰角 04:01 回波分布在安顺 A、黔西南中东部 B、广西百色的北部 C (如图 7(a)), 04~05 时回波 B、C 向东北方向移动, 逐渐与回波 A 合并形成块状结构 D 影响望谟的西部。06:06 减弱, 06:29~07:06 向后加强发展。30 dBz 以上的回波中心向东南移动影响乐元、复兴、新屯, 其余地方回波强度在 10~30 dBz。7.5°仰角 05 时块状回波 D 东部移入麻山, 随着回减弱 06:14 移出, 06:29 回波在加强后继续影响麻山, 强度仍然在 15~30 dBz, 如图 7(b)。而昂武也是在 06:29 回波 D 重新发展后东北移动过程中影响其上空, 强度在 5~30 dBz (如图 7(b))。(注: 麻山、昂武在 5.25°仰角以上才有回波对应)。

分析垂直最大反射率也可以看到, 回波 A、B、C 合并形成块状结构 D, 缓慢向东北方向移动影响望谟的中西部, 05:59 强对流中心分布在打易、石屯、新屯、乐元、复兴(如图 7(c)), 06:14 回波减弱, 06:29 之后回波后向发展不断增强。06~07 时期间新屯、打易、复兴最大值可达 60 dBz (只出现在 06:06), 乐元 45 dBz, 油迈 40 dBz, 望谟西部麻山 35 dBz, 但只维持了 1 个体扫, 昂武 30 dBz。整个降水回波的顶高在 2~8 km, 打易、复兴、新屯 2~6 km, 乐元、油迈 1~6 km, 麻山 2~6 km, 昂武 3~8 km。乐元、打易、油迈, 蔗香、新屯回波底高 1~5 km, 麻山 2~5 km, 昂武在 3~5 km, 复兴在 1~2 km。06~07 时期间 VIL 在 1~5 kg/m², 麻山、昂武上空无 VIL。

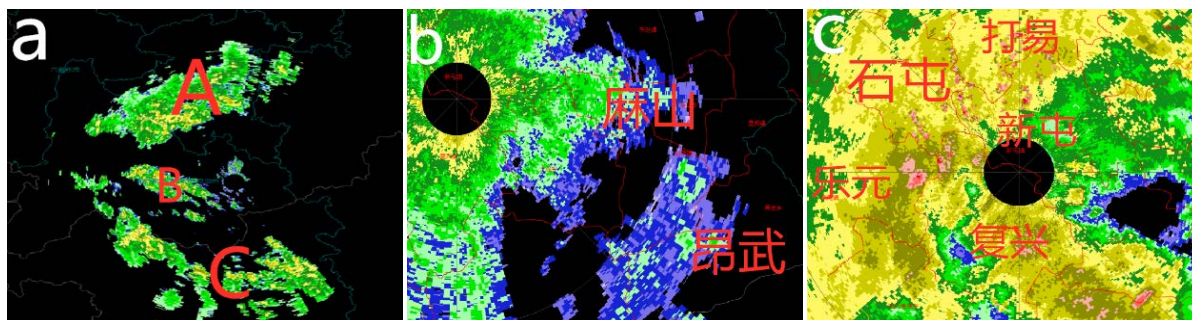


Figure 7. (a) 04:01: 2.4° basic reflectance; (b) 06:29: 7.5° basic reflectance; (c) 05:59: vertical maximum reflectance
图 7. (a) 04:01: 2.4°仰角上基本反射率; (b) 06:29: 7.5°仰角基本反射率图; (c) 05:59: 垂直最大反射率图

个例 8: 6 月 22 日 11~12 时在望谟的中西部油迈、复兴、乐元、郊纳、新屯出现了短时强降水。2.4°仰角 8~10 时黔西南州的中东部、安顺南部块状回波向东南移动, 10:02 回波前部在移近望谟西北部时 30 dBz 以上的回波范围呈现不断扩大, 而回波的后部强度逐渐减弱。10:54 强对流中心移至望谟西北部(乐元、石屯、打易、新屯、油迈), 呈东北-西南带状结构 A, 强度可达 60 dBz (如图 8(a)), 对流中心 A 向东北移入复兴新屯逐渐减弱, 11:31~11:39 明显减弱, 11:46 望谟西部、贞丰和兴仁上空回波原地发展,

范围有所扩大, 12 时之后继续向东南方向移动。6.2°仰角 8~11 时黔南南部、安顺南部、黔西南东北部块状回波缓慢向南移动, 且存在多个对流中心分布在望谟的北部, 10:47~11:24 对流中心向东北移动逐步影响郊纳如图 8(b)。11:31 减弱小时。(注: 郊纳只有在 5.25°仰角及其以上才有回波)。

8~10 时垂直反射率呈块状分布在黔西南、安顺南部、黔南南部, 存在多个对流中心并向偏东方向移动, 10 时对流中心逐渐加强, 而回波 A 后部减弱, 11:02 油迈、复兴、乐元、石屯、新屯、打易上空强对流中心合并形成东北-西南带状结构继续移动, 最大反射率可达 65 dBz (如图 8(c)), 11:24~11:39 回波减弱, 11:46 回波后部突然增加继续东移, 望谟北部以层云降水为主, 而南部为混合性降水。11~12 时油迈、乐元、新屯最大反射率可达 60 dBz, 复兴可达 65 dBz, 而郊纳 50 dBz。回波顶高可达 8 km, 整体回波底高在 1~2 km 为主, 郊纳在 1~8 km。乐元、复兴 VIL 在 1~20 kg/m², 油迈、新屯 1~10 kg/m², 郊纳在 1~5 kg/m²。

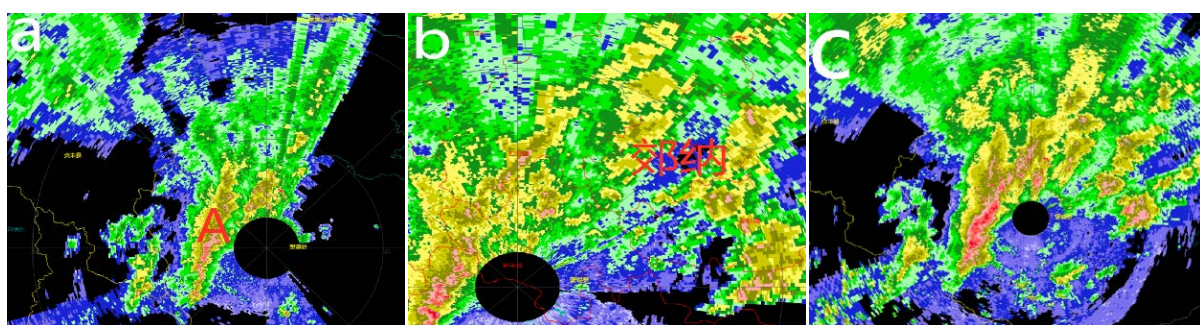


Figure 8. (a) 10:54: 2.4° basic reflectance; (b) 11:09: 06° basic reflectance; (c) 11:09: vertical maximum reflectance
图 8. (a) 10:54: 2.4° 仰角上基本反射率; (b) 11:09: 6.2° 仰角基本反射率图; (c) 11:09: 垂直最大反射率图

个例 9: 7 月 7 日 00~01 时油迈、乐元出现了小时雨强 > 20 mm/h 的短时强降水。2.4°仰角 6 日 22 时~00 时册亨上空回波向西北方向并不断发展。23:53 块状回波 A 移至油迈, 且不断加强, 降水性质为层状云混合积云降水, 00:37 达最强, 此时回波完全覆盖油迈, 回波 A 与册亨北部回波 B 合并进入乐元, 同时新屯、石屯上空回波 C 向西北发展进入乐元北部(如图 9(a)), 01:00 与回波 A、B、C 合并后对流中心转向偏东方向移动。从垂直最大反射率的回波来看, 6 日 22~00 时百色和黔西南的交界回波 D 强度在 5~55 dBz, 为混合降水, 河池与黔南的交界回波 E, 强度 5~35 dBz, 为层状云降水, 如图 9(c)。00~01 时回波 D 缓慢向西北移动与望谟北部回波合并逐步影响乐元、油迈。00~01 时期间油迈、乐元上空最大反射率可达 55 dBz。油迈回波顶高 2~11 km, 乐元 2~8 km。油迈云体中心底高在 1~2 km, 边缘高度在 2~8 km, 乐元 1~2 km, 边缘可达 2~5 km。油迈 VIL 1~20 kg/m², 乐元在 1~15 kg/m²。

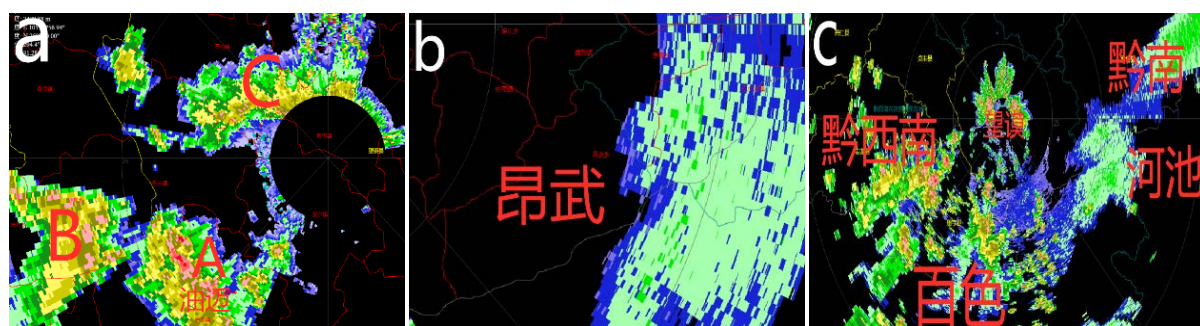


Figure 9. (a) 23:53: 2.4° basic reflectance; (b) 0:08: 7.5° basic reflectance; (c) 23:53: vertical maximum reflectance
图 9. (a) 23:53: 2.4° 仰角上基本反射率; (b) 0:08: 7.5° 仰角基本反射率图; (c) 23:53: 垂直最大反射率图

3.2. 共同及差异

在这几次短时强降水的天气过程中, 降水性质均为层云和积云的混合性降水, 主要发生在夜间, 其中 0~1、1~2、6~7 时出现两次, 2~3、11~12、16~17、17~18、18~19 时各出现一次。回波生成后向东北移动的概率较大, 共出现 5 次、向东南移动 3 次, 向西北移动 1 次。短时强降水主要发生在望谟西北部, 其中打易出现了 8 次、乐元 7 次、新屯 6 次、石屯、油迈 5 次、郊纳、昂武、复兴、乐旺 3 次、坎边 2 次、麻山 1 次。郊纳, 乐旺在 3.35°仰角上才有回波, 昂武、麻山在 5.25°仰角上才有回波。从几次短时强降水发生的回波特征, 各个乡镇的雷达产特征值如表 1。比较其差异可以看到, 打易 VIL 在 1~10 kg/m² 的次数最多(3 次), 回波顶高在 1~11 km, 而 6 月 4 日 06~07 时只有 2~6 km; 回波底高在 1~11 km, 而 5 月 31 日 01~02 时底高在 1~3 km。乐元回波顶高在 1~11 km, 而在 6 月 4 日 06~07 时只有 1~6 km; 回波底高在 1~11 km, 而在 6 月 2 日 06~07 时在 1~2 km, 新屯在此次过程中回波底高也在 1~2 km。石屯回波底高在 1~11 km, 出现 1~5 km 次数最多(4 次)。郊纳 VIL 范围在 1~10 kg/m², 1~5 kg/m² 出现次数最多(3 次)。油迈垂直最大反射率为 30~60 dBz, 其中在 5 月 30 日 00~01 时其值只有 30 dBz, 且无 VIL, 其余过程在 1~15 kg/m²。昂武上空垂直最大反射率为 20~55 dBz, 在 5 月 26 日 16~17 时只有 20 dBz; VIL 在 1~5 kg/m² 只出现一次, 其余时刻无 VIL 对应。乐旺回波底高在 1~11 km, 而在 5 月 1 日 01~02 时底高在 1~3 km。

Table 2. Value ranges of VIL, echo peak height, echo bottom height and vertical maximum reflectance of each town
表 2. 各乡镇 VIL、回波顶高、回波底高、垂直最大反射率取值范围

乡镇	打易	乐元	新屯	石屯	油迈	郊纳	昂武	复兴	乐旺	坎边	麻山
VIL (kg/m ²)	1~20	1~20	1~20	1~20	1~15	1~10	1~5	1~25	1~25	1~5	无
回波顶高(km)	2~11	1~11	1~8	2~11	1~11	2~11	3~14	2~8	2~11	2~11	2~11
回波底高(km)	1~11	1~11	1~5	1~11	1~8	1~11	3~11	1~5	1~11	1~5	1~5
垂直最大反射率(dBz)	55~60	45~60	60	55~60	30~60	30~55	20~55	60~65	55~60	40~60	35

4. 小结及讨论

本文着眼于短时临近预报的角度, 通过初步分析 2018 年以来望谟地区(4 个区域站及其以上)出现的短时强降水的 X 波段雷达回波发展演变过程, 简单总结几类雷达产品的特征(见表 2)以及出现各类短时强降水时的差异。但是找到回波顶高、回波底高、垂直最大反射率、VIL 等产品与短时强降水的雨强是否有相关性, 其阈值是否可以区分一般性降水和短时强降水, 仍需更多的天气个例进行统计分析。今后仍然需要加强对望谟 X 波段雷达的应用和本地化研究, 进一步综合应用各种雷达资料产品, 较好的掌握中小尺度系统发生发展演变规律和前兆特征, 以期增强对突发性暴雨的监测和预报能力, 更好地为短时临近预报提供参考依据, 进一步提高望谟本地气象防灾减灾水平。

基金项目

贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2018]11-03 号), 贵州省科技厅项目(黔科合基础[2016]1138)共同资助。

参考文献

- [1] 段鹤, 夏文梅, 苏晓力, 等. 短时强降水特征统计及临近预警[J]. 气象, 40(10): 1194-1206.

-
- [2] 李德俊, 唐仁茂, 熊守权, 等. 强冰雹和短时强降水天气雷达特征及临近预警[J]. 气象, 2011, 37(4): 474-480.
 - [3] 张羽, 胡东明, 李怀宇. 广州双偏振天气雷达在短时强降水中的初步应用[J]. 广东气象, 2017, 39(2): 26-29.
 - [4] 文海松, 杨辉. 多普勒雷达产品在 2 次短时强降水过程中的对比分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(20): 90-94.
 - [5] 应冬梅, 许爱华, 黄祖辉, 等. 江西冰雹、大风与短时强降水的多普勒雷达产品的对比分析[J]. 气象, 2007, 33(3): 48-53.
 - [6] 张崇莉, 向明堃, 赖云华, 等. 滇西北高原冰雹、短时强降水的多普勒雷达回波特征比较[J]. 暴雨灾害, 2011, 30(1): 64-69.
 - [7] 陈明轩, 俞小鼎, 谭晓光, 等. 北京年突发性对流强降水的雷达回波特征分析[J]. 应用气象学报, 17(3): 333-345.
 - [8] 彭九慧, 洪淑娥, 刘文辉. 河北省承德市短时强降水的多普勒雷达特征分析[J]. 干旱气象, 2010(2): 184-189.