

文章编号:1673-8411 (2015) 01-0072-05

贵州铜仁暴雨和冰雹雷达回波特征对比分析

陈关清, 方标

(铜仁市气象局, 贵州 铜仁 554300)

摘要: 利用铜仁新一代多普勒天气雷达对贵州铜仁区域的局地暴雨和冰雹天气过程的雷达监测常用产品进行对比分析, 得出了产生暴雨和冰雹天气时其雷达回波特征的差异性: (1) 冰雹回波反射率因子及剖面在较高的高度上维持较大强度, 且其剖面通常具有穹窿结构, 暴雨回波中通常有多个对流回波柱, 强回波核位于云体中下部。 (2) 局地暴雨天气通常为混合型降水回波的“准静止”状态和长时间的“列车效应”, 冰雹回波其外形结构多呈点状、块状、带状等特征, 有时还会出现钩状、弓形回波等特殊形状; (3) 暴雨径向速度和冰雹径向速度都存在逆风区等特征, 短时强降水发生在逆风区边缘地带、径向速度辐合最大的区域。冰雹径向速度变化范围较大, 有强烈的风向、风速辐合过程, 有时还会伴随中尺度气旋。 (4) 冰雹回波的垂直液态水含量和回波顶高都比暴雨大, 在降雹前 2-5 个体扫范围内冰雹回波的垂直液态水含量值会出现明显的跳变, 而暴雨回波其值比较平稳并且维持较低数值。 (5) VWP 在冰雹过程中从低层到高层存在垂直风切变, 其切变越大, 出现冰雹的可能性越大, 而暴雨的西风气流风速远小于冰雹过程。

关键词: 冰雹; 暴雨; 雷达回波; 对比分析; 贵州铜仁

中图分类号: P458

文献标识码: A

Comparative analysis on radar echo of heavy rain and hail in Tongren Guizhou

Chen Guanqing, Fang Biao

(Tongren Municipal Meteorological Service, Tongren Guizhou 554300)

Abstract: Based on comparative analysis of local heavy rain and the hail weather radar monitoring products in Tongren from new generation Doppler weather radar, the differences of the radar echo characteristics are obtained: (1) the echo reflectivity factor of hail and profile usually in dome structure are at higher altitude and in larger intensity, while there are usually multiple convective echo column in the echo of rainstorm, and strong echo nuclear located at the middle and lower part of cloud. (2) local heavy rain is usually in "quasi static state" of mixed precipitation echo and "train effect" for a long period of time, but the appearance structure of hail echo show characteristics like: a dot, block, belt, sometimes hook and bow; (3) Both of the radial velocity of rainstorm and hail have the characteristics of upwind. The short-time strong rainfall occurred at the edge of upwind region and the radial velocity of the largest convergence area. By contrast, the radial velocity varying range of Hail is larger with convergence process between a strong wind direction and wind speed, sometimes accompanied by mesoscale cyclone. (4) the vertical liquid water content of the hail echo and echo top height is larger than that of the heavy rain, within 2-5 individual sweep range. vertical liquid water value of hail echo will appear obvious jump before hail, while the value of rainstorm echo is stable and maintain a lower value. (5) in the process of the hail the VWP exists vertical wind shear from low-level to high-level and the greater shear, the more chance of a hail, on the other hand, the wind speed of westerlies of heavy rain is far less than the hail process.

引言

冰雹和暴雨天气是铜仁市主要气象灾害, 每年

由冰雹、暴雨天气给其当地农业生产和人民生活带来了不容小觑的影响和损失。近年来, 随着新一代天气雷达网的不断完善, 利用雷达资料对强天气过程

收稿日期: 2014-10-15

基金项目: 黔气科合 KF[2015]05 号和中国气象局预报员专项《2014 年贵州石阡 4 次罕见大暴雨过程对比分析》共同资助

作者简介: 陈关清 (1979—), 男, 硕士, 工程师, 短时临近预报, 15908566611@139.com。

的研究一直在紧张而有序进行, 得出了许多有用的成果和经验^[1-11]。如陶诗言^[1]对我国暴雨进行研究指出青藏高原夏季对四川盆地的暴雨影响较大, 不同的暴雨类型植根于不同的大尺度环流背景; 黎云^[2]等对河池市一次暴雨过程进行分析指出: 较稳定的大范围中等强度回波能产生较强降水。中低层较大的垂直风场切变为对流云的形成和发展提供动能, 利于暴雨的产生; 方标^[3]等对铜仁市 2013 年 3 月 19 日冰雹天气过程进行分析, 得出了铜仁市冰雹天气过程的一些指标。但由于其运行时间较短, 加之应用雷达资料对冰雹、暴雨等强天气的监测预报预警的研究较少, 在短时临近预报中要区分是何种类型强对流天气, 判断未来天气是以冰雹大风为主还是以短时强降水为主, 做出精细化短时临近预报仍是工作的难点。为此, 笔者对比分析铜仁市新一代多普勒雷达全程监测的 3 次典型暴雨天气和 3 次典型冰雹天气过程的常用雷达产品和导出产品, 找出它们的

共性与差异性, 以期为铜仁市的冰雹和暴雨灾害性天气预报增加一些经验, 从而提高短时临近预报服务水平。

1 过程概况与说明

铜仁新一代天气雷达架设在铜仁市碧江区川硐镇扬石坡 (27°49′20″N、109°13′04″E), 雷达型号为 CINRAD/CD, 海拔高度 790.6m。其探测半径为 250 m, 运行时采用 PPI 自动体扫模式, 平均每 6min 生成一组基数据, 扫描分为 14 个仰角, 能有效地对本区域天气情况进行全方位监控。本文选用 2013 年—2014 年典型的冰雹天气和暴雨天气过程, 其过程如表 1、表 2。在对两类强对流天气的多普勒雷达特征进行对比分析时, 各种雷达产品的时间取强天气开始前 0.5~1h 到其结束时, 强度资料选取相关特征最明显的时次。

表 1 3 次冰雹天气过程简介

编号	日期	出现时段	出现地点
A1	2103年3月12日	18:10—18:50	碧江区坝黄镇、河西办事处、和平乡、川硐镇及江口县坝盘乡
A2	2013年3月19日	20:15—20:45	江口县坝盘乡、民和乡、桃映乡和碧江区和平乡、坝黄镇、河西办事处
A3	2013年3月22日	19:00—20:10	德江县、思南县、石阡县、碧江区

表 2 3 次暴雨天气过程简介

编号	日期	主要降水		过程降水量 (mm)	主要降水区域
		时段	降水量 (mm)		
B1	2013年9月10日	23—24时	98.6	219.7	江口县、碧江区、松桃县
B2	2014年5月25日	05—06时	96.9	165.6	石阡县、思南县、江口县、碧江区
B3	2014年6月4日	03—04时	100.1	269.6	石阡县、思南县、印江县

2 雷达探测产品分析

2.1 基本反射率因子及剖面特征

从 3 次冰雹天气过程的反射率因子来看, 回波在进入铜仁市时其强度维持在 45.00dBz 左右, 并在一段时间内基本稳定, 在降雹前 0、-10、-20℃特征温度层面的值有增大趋势, 并且均增大至 50.0dBz 以上, 同时-30℃层高度反射率因子接近 40.0dBz。另外, 冰雹云回波外形结构多呈点状、块状、带状等特征, 甚至有时候还会出现钩状、弓形回波等特殊形状。反射率因子剖面, 在铜仁市区域的 0℃层回波强度至少为 45.0dBz 以上, 即 45.0 dBz 回波高度超过 0℃层高度且发展到对流云中上部, 如果超过 -20℃高度层, 有可能发生大冰雹。如 2013 年 3 月 19 日

冰雹过程反射率因子剖面图(图 1, 见彩页), 降雹前, 反射率因子在 0℃及以上层(如-20℃、-30℃层)强度明显增加, 50dBz 的回波高度超过 0℃层高度且发展到对流云中上部, 且其剖面具有明显的穹窿结构; 降雹时, 剖面变化不明显, 基本维持稳定; 在降雹结束前 10 分钟左右, 反射率因子剖面上强度、高度和穹窿结构迅速减小。

从 3 次暴雨天气过程的回波演变情况来看, B1 过程主要是: 分散积层混合型回波在较长时间聚集稳定、少动, 呈“准静止状态”和列车效应, 混合型降水回波中有多个对流回波柱, 并且强回波核位于云中下部; B2 过程主要是: 积层混合云降水回波内部有多个尺度不等的对流回波相继经过暴雨发生地形成“列车效应”, 从而造成持续性暴雨, 而这些对流

单体在较短时间内消失造成了短时强降水;B3 过程主要是:混合型降水回波的“准静止”状态和长时间的“列车效应”。因此,混合型层积云的不断加强、演变发展,在相当一段时间内的“准静止状态”和“列车效应”是判别暴雨在回波发展态势的良好因子,在实际的预报中应该加以考虑,另外,这大片层状云中多个尺度不等的对流回波柱的混合性降水回波垂直分布结构是暴雨系统的典型回波特征。

2.2 径向速度特征

张沛源^[12]等在分析产生暴雨时其径向速度时指出,暴雨落区通常在“逆风区”及其移动路径附件,暴雨的中心与“逆风区”有着良好的对应关系。陈伟^[13]等在研究短时强降水与“逆风区”的关系时指出,逆风区的出现和长时间维持为暴雨的产生提供了动力条件。从 B1 次过程的径向速度变化来看,在铜仁雷达站 15km 范围内,有一条横穿雷达站的 S 型零速度线,零速度线两侧存在着正负速度区,零速度线的南移与东退和正负速度区中心的改变能够很好的反应此次暴雨的加强与减弱过程。B2 过程其径向速度 PPI 上(图 2,见彩页),低层(0.5°)径向速度 PPI 上,石阡区域存在一明显的逆风区,中层(1.5°)径向速度 PPI 上,在石阡区域存在正负速度模糊的辐合辐散共轭区域,石阡区域位于边远地带,高层(2.4°)PPI 图上,石阡区域为辐散区域,这种低层辐合、高层辐散的风场配置使周围水汽聚合抬升,有利于降水的发展加强,低层辐合线对降水回波的维持起着重要作用。而实况显示,强降水区域位于石阡县城及附近以北的乡镇,石阡区域的强降水时段为此后的

2 小时内,雨势得到了迅速增强,达到了最大。而 B3 过程同样存在低层有辐合高层辐散,有正负速度对等中气旋特征。对应的实况是 4 日 02:00—03:00 铜仁石阡区域出现了 4 个中小尺度自动站的暴雨,可见暴雨落区的形成与该地区中气旋回波的发展和作用有关。

由此,暴雨径向速度存在低层辐合高层辐散的风场配置,有利于降水持续或加强。短时强降水发生在逆风区边缘地带、径向速度辐合最大的区域。

对比 A1、A2、A3 三次冰雹过程可以发现,在降雹前,径向速度变化范围较大,有强烈的风向、风速辐合过程,有时还会伴随中尺度气旋^[14]。径向速度中存在着逆风区,是预报冰雹的较好指标之一,在实际的应用中应注意参考。

2.3 垂直液态水含量特征

方标^[15]等在对铜仁市春季冰雹指标研究时指出:铜仁市区域发生冰雹时,降雹前 VIL 值陡增,VIL 值不低于 20.00kg/m²,其值越大,冰雹的直径就越大,高垂直液态水含量维持时间越长,冰雹直径越大,降雹范围也越大;垂直液态水含量与冰雹有很好的对应关系。统计这 6 次天气过程发生前到发生时的垂直液态水含量的变化(表 3)可以发现:冰雹天气的 VIL 值大于暴雨天气,在降雹前的 2—5 个体扫时间内,其 VIL 值会出现一个较为明显的跃迁,冰雹 VIL 值在 20Kg/m² 以上,VIL 最大值不低于 30Kg/m²,而暴雨 VIL 值在暴雨前后并没有明显的跃迁,其值始终维持较低的水平。因此,VIL 的跳变及其大值是判别冰雹较好的参考因子。

表 3 铜仁市 6 次强对流天气过程的 VIL 特征值

冰雹过程					暴雨过程			
编号	跃增时间	跃增值	VIL	VILmax	编号	研究时间	VIL	VILmax
A1	17:53—18:15	5—17	21	33	B1	23—24时	8	17
A2	19:59—20:08	4—15	28	47	B2	05—06时	6	11
A3	18:49—19:35	5—22	23	30	B3	03—04时	9	15

备注:VIL、VILmax 为垂直液态水含量的平均值和最大值

2.4 回波顶高特征

张秀珍^[16]等在研究新疆齐齐哈尔地区的暴雨和冰雹天气时指出:冰雹天气回波顶高(ET)比暴雨天气的回波顶要高许多。统计这 6 次强天气过程(表 4)可以看出:冰雹天气的回波顶高大于暴雨回波顶高,冰雹回波顶高在 9—13km 之间,暴雨回波顶高为 5—8km,这是因为产生冰雹过程时上升气流的强度通常比产生暴雨时强,而暴雨的产生常常以水汽

的水平传输为主。

2.5 分廓线产品特征

风廓线产品能够较好地识别水平风垂直切边及其变化,对研究强天气过程的发生、发展和消亡均具有较好的指示意义^[17-19]。分析 3 次冰雹过程的 VWP 产品发现:A1 过程,从当日 20:00 的 VWP 产品图上可见(图略),VWP 从低层偏南风顺时针旋转为高层西北风,风速从低层到高层逐渐增大,高空存在速度

值大于 $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西北气流, 中高层偏北风风速较大, 高层风速是低层的 3–4 倍, 即低层是偏南气流, 对应暖湿气流, 逆时针旋转到中高层为偏北气流控制, 对应冷平流, “下湿上干”层结条件有利于冰雹云形成。对应分析另外 2 次冰雹过程, 其 VWP 均具有相似的特征。为此, VWP 在冰雹过程中从低层到高层存在垂直风切变, 其切变越大, 出现冰雹的可能性越大。

表 4 铜仁市 6 次强对流天气过程的回波顶高特征

冰雹过程			暴雨过程		
编号	研究时间	回波顶高 (km)	编号	研究时间	回波顶高 (km)
A1	18:00—19:00	9–11	B1	23—24时	5–7
A2	20:00—21:00	9–10	B2	05—06时	6–7
A3	19:00—20:00	10–13	B3	03—04时	5–8

层完全连接, 形成较为深厚的水汽层。在强降水时, 低层以西南风为主, 风速随高度的增加增大, 中低层西南气流带来丰沛水汽, 有利于形成强降水。在 6km 以上区域, 维持着厚度为 6km 左右的西北大风, 这个深厚的西北大风随着时间的推移其底高降低, 而

分析铜仁市 3 次典型暴雨过程的 VWP 资料得出: B2 过程: 5 月在 25 日 03:03 之前, 在 2.4km 以下基本维持偏南风, 2.4km 以上全部为 “ND” 区域, 可见低层暖湿, 中高层相对冷干, 且其维持稳静状态。自 03:08 始 (图 3), 在 8–12km 高度层出现北风 (包括西北风和东北风) 方向的风向杆, 高层稳静状态遭到破坏, 不久后, 风向杆上下衍生发展, 其面积不断扩大。04:03 时开始与中层连接, 04:19 时与下

降水逐渐减弱。
分析 B1、B3 另外两次暴雨过程, 均可以看到其 VWP 图像上存在西南风到西风切变, 只是强度不同而已。

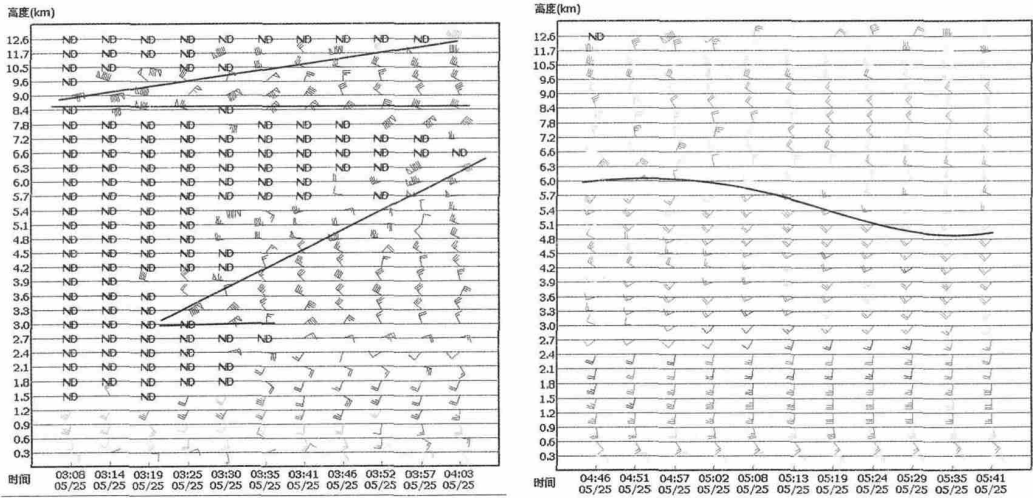


图 3 降水前期、发展期间 VWP 图特征

3 结论

通过以上对比分析, 铜仁市局地冰雹、局地暴雨在雷达回波上差异较为明显, 其差异性主要表现为:

(1) 在反射率因子及剖面上, 冰雹回波主要表现为较大的反射率因子强度及其较高的剖面, 冰雹云回波外形结构多呈点状、块状、带状等特征, 甚至有时候还会出现钩状、弓形回波等特殊形状; 暴雨回波通常为混合型降水回波的“准静止”状态和长时间的

“列车效应”, 通常混合型降水回波中有多个尺度不等的对流回波柱。

(2) 在径向速度上, 暴雨径向速度和冰雹径向速度都存在逆风区等特征, 短时强降水发生在逆风区边缘地带、径向速度辐合最大的区域。冰雹径向速度变化范围较大, 有强烈的风向、风速辐合过程, 有时还会伴随中尺度气旋。

(3) 冰雹回波的垂直液态水含量和回波顶高都比暴雨大, 在降雹前 2–5 个体扫 (下转第 85 页)

- 研究 [J]. 热带气象学报, 2012, 28 (2): 258–264.
- [6] 陈见, 高安宁, 唐文. 广西超大范围锋面暴雨发生特征及预报方法研究 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 7–12.
- [7] 高亭亭, 梁卫, 罗聪, 等. 广州前汛期暴雨气候特征分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (2): 1–4.
- [8] 翟志宏, 何健. 华南区域 1961~2008 暴雨变化趋势统计特征 [J]. 广东气象, 2011, 33 (1): 24–27.
- [9] 陈芳丽, 张子凡, 李明华, 等. 惠州市近 40 年前汛期暴雨的气候特征分析 [J]. 广东气象, 2014, 36 (3): 25–29.
- [10] 郑浩阳, 王丽文. 珠海市暴雨天气的气候特征及影响形势分析 [J]. 广东气象, 2014, 36 (2): 19–23.
- [11] 倪增华, 刘合香, 罗彦丽, 等. Copula 函数在广西洪涝灾害的降水概率预测中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (2): 32–39.
- [12] 李永生, 张健, 于梅, 等. 2013 年黑龙江省夏季洪涝灾害成因分析 [J]. 气象与环境学报, 2014, 30 (3): 31–37.
- [13] 李勇, 覃武, 钟利华. 广西 2012 年前汛期 3 次暴雨过程环流和中尺度特征 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (2): 31–35.
- [14] 何小娟, 丁治英. 广西北部湾地区台风暴雨的统计特征 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 31–35.
- [15] 胡端英, 梁域, 余家材, 等. “9.16” 广东旱区罗定特大暴雨灾害天气成因分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (3): 6–11.
- [16] 陈伟斌, 高安宁, 陈见, 等. 不同环境风场条件下两次暴雨过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (3): 14–20.
- [17] 林墨, 林宗桂, 罗红磊. 一次中低纬度天气系统相互作用产生暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (3): 6–8.
- [18] 胡小晖, 延军平, 欧维新. 1950 年以来广西洪涝灾害及趋势预测 [J]. 灾害学, 1999, 14 (4): 27–31.
- [19] 何慧, 陆虹, 欧艺. 1959–2008 年广西西江流域洪涝气候特征 [J]. 气候变化研究进展, 2009, 5 (3): 104–108.
- [20] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估 [J]. 灾害学, 2010, 25 (4): 33–37.

(上接第 75 页)

范围内冰雹回波的垂直液态水含量值会出现明显的跳变, 而暴雨回波其值比较平稳并且维持较低数值。

(4) VWP 在冰雹过程中从低层到高层存在垂直风切变, 其切变越大, 出现冰雹的可能性越大, 而暴雨的西风急流风速远小于冰雹过程。

参考文献

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社. 1980
- [2] 黎云, 邓丽玲, 韦美闹. 2010 年 6 月 20 日河池市暴雨天气过程雷达特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2) .
- [3] 方标, 严小冬, 陈关清, 等. 铜仁市一次冰雹天气的多普勒雷达回波特征分析 [J]. 贵州气象, 2014, (3) .
- [4] 黄开刚. 桂西一次对流性特大暴雨过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (S1) .
- [5] 甘励, 谢秋萍, 樊盛. 一次大暴雨天气过程的雷达回波分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1) .
- [6] 董保举, 付志嘉, 李明, 等. 风廓线雷达资料在暴雨天气过程特征分析中的应用 [J]. 气象科技, 2012, 33 (1) .
- [7] 林中庆, 曹亚平, 赵小伟. 风廓线雷达资料在一次强对流天气过程中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3) .
- [8] 陈国连. 2012 年 6 月 23–24 日桂林南部连续暴雨过程成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4) .
- [9] 唐新, 林宗桂, 黎家宜, 等. 都安一次特大暴雨过程卫星和雷达图像特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (3) .
- [10] 钟常鸣. 雷达回波在暴雨临近预报中的应用 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S1) .
- [11] 张洁婷, 张薇. 2010 年 5 月 6–7 日南宁市局地暴雨过程天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2) .
- [12] 张沛源, 陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究 [J]. 气象学报, 1995
- [13] 陈伟, 唐明晖, 张劲强, 等. 湘东北一次大暴雨“列车效应”特征分析和预警服务 [J]. 广东气象, 2014, 35 (4) .
- [14] 曾数军, 荣利香, 杨亚钦, 等. 4.12 花都冰雹天气过程分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (6) .
- [15] 方标, 严小冬, 方可, 等. 贵州铜仁市春季冰雹天气特征及防雹预警阈值 [J]. 贵州农业科学, 2014, (3)
- [16] 张秀珍, 刘桂玲, 全文峰, 等. 局地暴雨和冰雹在雷达回波上的对比分析 [J]. 内蒙古气象, 2011, (5) .
- [17] 曹亚平, 赵小伟, 林中庆, 等. “11.04.17” 南沙区一次罕见强对流天气过程分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (4) .
- [18] 蔡蕊, 江梦天, 赵旻旻, 等. 2011 年 10 月 13–14 日广州罕见暴雨特征和成因分析 [J]. 广东气象, 2012, 34 (1) .
- [19] 黄仪虹. 2007 年汕头市一次大暴雨过程的发生发展 [J]. 广东气象, 2008, 30 (1) .

谭宗琨等：广西糖料蔗寒冻害风险评估与风险区划研究

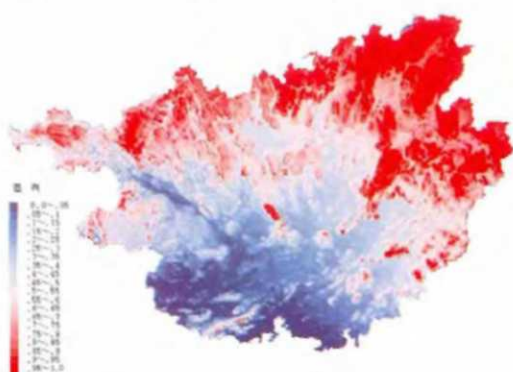


图1 广西区域糖料蔗轻度以上辐射型寒冻害频率分布图

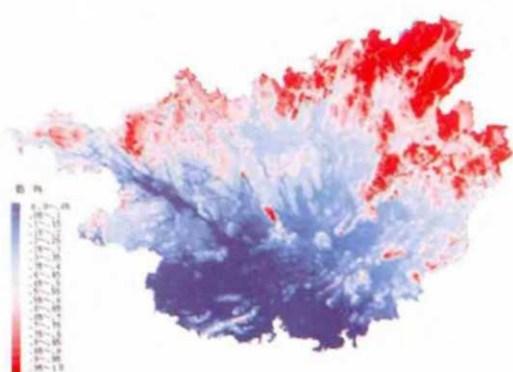


图2 广西区域糖料蔗中等程度以上辐射型寒冻害频率分布图

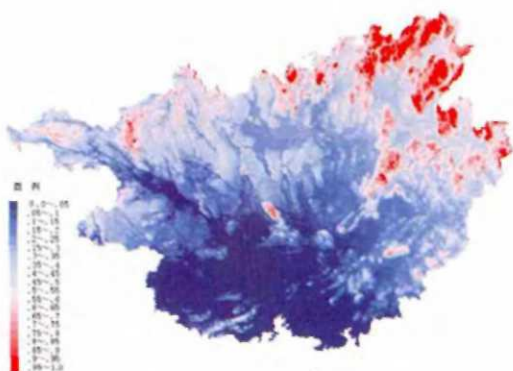


图3 广西区域糖料蔗重度以上辐射型寒冻害频率分布图

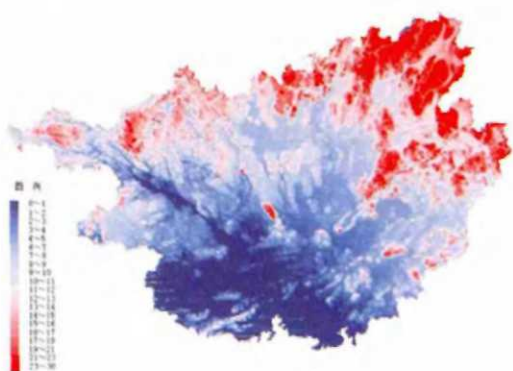


图7 广西区域糖料蔗寒冻害减产率分布图

陈关清等：贵州铜仁暴雨和冰雹雷达回波特征对比分析

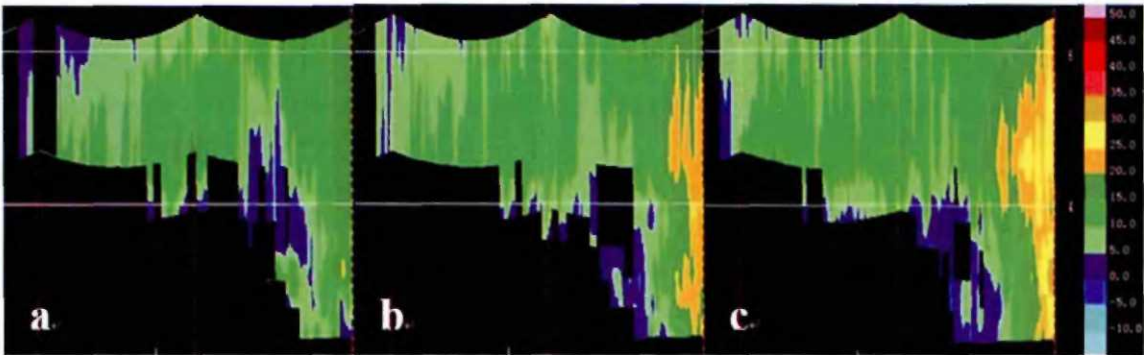


图1 2013年3月19日不同时段（19：44—20：13）反射率因子剖面图

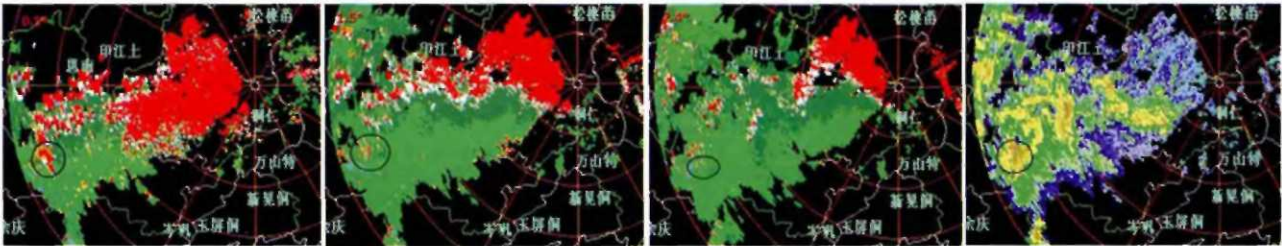


图2 2014年5月25日04:19不同仰角径向速度PPI（单位：m/s）与反射率因子（单位：dBZ）