

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0018-04

梧州前汛期强对流天气多普勒雷达特征分析

罗思泽¹, 黄庆国¹, 杨兰², 黄业斐¹, 何荣¹

(1.岑溪市气象局, 广西岑溪 543200; 2.梧州市气象局, 广西梧州 543002)

摘要:对前汛期发生在梧州地区的各类强对流天气在梧州多普勒天气雷达上的表现特征进行分析得出:短时强降雨回波常表现为块状回波,回波顶的外形比较平滑整齐,回波中心的强度在 45dBz 以上;在速度特征上,在径向速度图上常出现逆风区;雷雨大风的雷达回波速度特征表现为,风向随高度顺时针旋转,存在较强的暖平流,在高仰角的速度图上(一般仰角在 4.3°)有大风核存在;而冰雹等冷式切变回波,在速度特征上,零速度线出现 90°折角,风向随高度逆转,可分析出存在冷平流。

关键词:前汛期;强对流天气;雷达回波特征

中图分类号:P46

文献标识码:A

Characteristic analysis on doppler radar of strong convective weather in pre-rainy season of Wuzhou

Luo Si-ze, Huang Qing-guo, Yang Lan, Huang Ye-fei, He Rong

(1. Cenxi Municipal Meteorological Service, Cenxi Guangxi 543200; 2. Wuzhou Municipal Meteorological Service, 543002)

Abstract: Based on the doppler radar data of all kinds of strong convective weather during the pre-rainy season in wuzhou, the characteristics were analyzed, in which the the short-term heavy rainfall echo shows massive echo with smooth and neat appearance, and the intensity of the echo center is over 45 dBz; On the speed characteristics, there is upwind area on the radial velocity map; On the contrary, the characteristic of radar echoes of strong thunderstorm present the clockwise rotation with height with a strong warm advection, there is a strong wind nuclear in high elevation velocity diagram (4.3 °) general elevation; But the shear echo such as hail, on the speed characteristics, the zero velocity line exists 90 ° Angle, wind direction reverses with height, which can analysis the existence of cold advection.

Key Words: pre-rainy season; strong convective weather; radar echo characteristic

1 引言

随着新一代多普勒天气雷达建成并投入业务使用,在强对流天气短时临近预警预报业务方面发挥了非常重要的作用,也为进一步开展强对流天气的

科学研究奠定了基础^[1]。强对流天气的分析和预报历年是我国气象业务工作的难点,为此,国内气象部门先后开展了“冰雹落区预报逐级指导技术研究”、“内蒙古防雹减灾新技术和冰雹专项预报研究”和“区域强对流天气数值分析预报系统”等课题研究。

收稿日期:2016-08-15

基金项目:梧州市气象局科研课题 2014005(西江流域梧州地区前汛期强对流天气雷达回波特征识别研究)。

作者简介:罗思泽(1981-),贵州省黎平县人,工程师,主要从事短时临近气象预报工作。

卢兆民等人的研究结果还表明: 不同类型中尺度天气系统在多普勒雷达回波上的表现特征也不一样, 中尺度天气系统中的低空急流、切变、逆风区等都可以引发暴雨^[2-15]。上述研究为梧州地区强对流天气的多普勒雷达特征研究奠定了坚实的理论基础。本研究按照不同强对流天气类别对梧州地区进行统计分析, 详细地对各类强对流天气在多普勒雷达观测资料上的表现特征进行分析, 为做好本地各类强对流天气的短时、临近预报预警工作提供科学参考。

2 资料与方法

2.1 研究资料与标准

2.1.1 研究资料

(1) 梧州地区 5 个国家级气象站 2010–2015 年 4–6 月(个别年份包含 3 月)的实测逐分钟降水、风向、风速资料;

(2) 梧州地区 154 个区域自动气象站 2010–2015 年 4–6 月(个别年份包含 3 月)的实测逐分钟降水、风向、风速资料;

(3) 梧州 2010–2015 年新一代多普勒天气雷达实时探测资料(每 6 分钟一次)。

2.1.2 研究标准

本研究中提到的概念, 进行如下定义:

(1) 本所提到的前汛期为每年的 4–6 月, 也包含发生强对流天气的 3 月;

(2) 所有时间均使用北京时;

(3) 各类强对流天气的定义为: 根据国家气象中心强天气预报中心(SWPC)的强对流天气业务暂行规定^[9], 短时强降雨是指单站出现 $\geq 20\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 降雨量的降水事件, 小时雨量是指相邻两个正点之间的降水量^[10]; 雷雨大风是指平均风力大于等于 6 级、阵风大于等于 7 级且伴有雷雨的天气, 本文定义为因对流天气单站 24 小时内出现 $\geq 17.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风天气; 而冰雹天气主要指降落于地面的直径大于等于 5 毫米的固体降水过程, 本文定义为国家级台站直接观测到或经事后勘查确认辖区内发生降雹现象。

2.2 研究方法

本研究利用 2010–2015 年梧州前汛期(4–6 月, 个别年份包含 3 月)实时降水资料、多普勒雷达资料、Micaps 天气分析资料, 重点从基本反射率因子、径向速度、多普勒回波结构、强回波中心、运行轨迹和风暴追踪产品、风廓线资料等方面, 分析梧州前汛

期各类强对流天气的多普勒天气雷达回波特征。

3 强对流天气的多普勒天气雷达速度特征分型

通过对多普勒雷达的径向速度产品的特征进行分析, 2010–2015 年前汛期梧州强对流天气速度回波可以归纳为 5 种: 大风区、近地辐散、气旋式辐合、中气旋、逆风区、中尺度辐合。

3.1 大风区

在 1.5km 高度以下、50km 范围内, 出现风速大于 $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区域称为大风区。由于所处位置的不同, 大风区代表的物理意义也不同(图 1, 见彩页), 在雷达回波的发展之初, 径向回波上出现了逆风区和速度大值区, 根据同一时段内的区域自动气象站的观测资料显示, 从 15:18 至 16:29, 自西南往东北方向的路径上共有 8 个站次出现了 8 级以上大风, 最大风速出现在藤县象棋初中站 $21.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (时间: 15:18)。

3.2 近地辐散

在 500m 高度以下、50km 范围以内沿雷达径向排列且正负中心相距不大于 10km 的速度对, 负速度靠近雷达一侧, 正速度远离雷达的一侧, 这种情况称为近地层辐散。一般来说, 速度随距离增加意味着有疏散气流存在; 反之, 速度沿距离减少表明有辐合气流存在(图 2, 见彩页), 在多普勒速度图上, 辐散(合)表现为正负速度区沿径向排列、负(正)速度位于靠近雷达一侧, 正(负)速度位于远离雷达。近地层辐散在多普勒径向速度辐散类中属于特殊类型, 即上升气流外侧向外爆发强下沉气流, 即下击暴流。

3.3 气旋式辐合

气旋式辐合型是指尺度在 2–20km 的纯气旋、纯辐合和气旋式辐合。在多普勒速度图上, 当正负中心既不等距、也不在同一径向时, 如果正速度中心比负速度中心更靠近雷达, 且负中心位于径向左侧, 这种情况称为气旋式辐合(图 3, 见彩页), 在回波中心出现了零速度线, 正速度大值区出现在零速度线后侧, 极大速度达 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 随着时间演变大值区逐渐变宽, 表明其中存在强烈辐合上升运动, 范围也随之逐渐变大。零线由平行转变为与雷达圆周垂直, 在与基本反射率钩状回波之处出现了速度偶。对应同一时刻的基本反射率回波剖面, 存在有界弱回波区, 强烈上升的气流高度达到 7km 以上。根据这种情况断定, 气旋式辐合可能产生在强烈的上升运动之处。

3.4 中气旋

中气旋属于纯气旋或气旋式辐合的一种极端情况,但要同时满足下述条件:(1)正速度和负速度之间核心的距离 $\leq 10\text{km}$;(2)最大正负速度绝对值之和的一半超过相应的数值;(3)垂直伸展厚度大于等于 3km ;(4)满足上述三个条件,其持续时间最少是两个体扫的时间。根据上述判据,梧州新一代多普勒天气雷达观测到2011年4月17日3时在广东云浮北部出现了一个中气旋(图4,见彩页)。

3.5 逆风区

在正或者负速度区域之中,包含着一小片负或者正速度区,同时伴有明显的零速度环隔开二者,这种情况称为逆风区。逆风区表明风向发生剧烈的变化,存在强烈的风切变和辐合上升运动。云团进入逆风区后往往会发展得更加旺盛,强度明显增强,一般会造短时强降水和大风天气。可见对流云团内部强回波区域的逆风区有明显的风向切变,导致了局地出现短时强降水过程,最大雨量出现蒙山县文圩镇 152.5mm 。

3.6 中尺度辐合

尺度在 $20\sim 2000\text{km}$,速度零线向内呈现气旋式弯曲、在内凹处为正速度区、在外凸出处为负速度区,这种情况称为中尺度辐合。

2012年6月23日下午,梧州雷达资料的径向速度图上,低层风向已转为西北风,大气层结正转变为“上暖下冷”的结构,零速度线随高度顺转。强反射率中心出现在蒙山县境内,具有较明显的风速核出现,最大径向速度达到 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,但是在风速核附近的径向速度只有 $3\sim 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,可见在蒙山县城附件,风速辐合十分明显。监测实况数据显示,6月20日20时~23日20时72小时的最大降雨量出现在蒙山县的文圩镇,当地连续3天出现了大到暴雨以上降水,过程降雨量达到 547mm ,而23日20时~24日20时24小时出现了单日最大降雨量。由此可见,维持着较强的风速辐合,是造成此次蒙山县强降水的主要原因。

4 强对流天气的多普勒天气雷达强度(反射率因子)特征

4.1 反射率因子形态特征

回波形状是反射率因子中最为直观的特征之一,根据梧州雷达观测资料,可以将基本反射率因子形状分为带状、线状、块状、弓形、V形或钩状等五大

类,其中:带状回波是指由多个回波单体组成的回波带;线状回波也是由多个单体组成的回波带,但回波带的宽度明显小于它的长度;块状回波是指单个或多个回波单体组成的团块状,回波体宽、长比大于1:2。上述三种回波形态是造成强对流天气的基本形态,但比较剧烈的强对流天气也会由弓形、V形或钩状回波造成。

弓状回波是线状回波中的一种特殊型式,常常表现为飚线,中尺度对流系统呈线形排列,在仰角为 0.5° 或 1.5° 的低仰角上,反射率因子梯度大的地方常常对应着容易出现强对流的区域。弓状回波具有移速快、移向凸出的特点。反射率因子强中心一般位于弓形回波的顶部,大多数情况下可以出现灾害性大风,在回波顶的后侧,有明显的入流急流进入回波体内。V形回波是块状回波中的一种特殊形式,也与强对流发生的关系较为密切。

大多数情况下发生的强对流天气,上述回波形态都不会单独出现,而是混合在一起(图5,见彩页),2013年3月30日05:00~17:00有混合性回波带由西南向东北方向移动,接连从梧州及西部的藤县、苍梧等地穿过,造成上述地区出现短时大暴雨天气。混合性块状回波与不断生成的小单体回波合并加强后,连续影响梧州地区是造成强降雨、强风雹天气。

4.2 反射率因子强度和移速特征

产生强对流天气的回波强度一般要达到 50dBz 以上,回波强度小于 50dBz 产生强天气的概率很小。一般而言,回波强度在 $50\sim 60\text{dBz}$ 之间出现雷雨大风的概率比较大,而回波强度一量达到 60dBz 以上,则往往会发生冰雹、短时暴雨、灾害性大风等十分剧烈的强对流天气。不同类型强对流天气的回波在移速方面具有明显的差别,短时强降水的回波速度最慢,大多数情况下小于 $50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$;而与之相反的是,风雹天气的回波移速比较快,通常可以超过 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上,但是,回波在快速移动中易产生大风,却不利于产生强降水。

图6(见彩页)是一次典型的雷雨大风天气过程,回波移速一度超过了 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。2014年3月31日梧州大部出现短时雷雨大风,局地冰雹过程,28个区域站点出现6级以上大风,其中10站出现8级以上大风天气。最大风速为藤县古龙镇共青林场4时32分出现9级大风,瞬时极大最大风速为 $23.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

4.3 垂直累积含水量(VIL)的分布特征

雷雨大风的垂直累积含水量(VIL)分布近似对称,一般出现在 $40\sim 69\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间,少数出现在 $30\sim 39\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间。短时强降水的垂直累积含水量(VIL)呈递减分布,大多数出现在 $20\sim 39\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,大于 $40\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 时较少出现。由此可见,产生短时强降水的VIL值要比雷雨大风低得多。冰雹天气一般产生于VIL值超过 $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 的情况,此时表明回波高层有大冰粒子,同时还有可能具有深厚的冰粒子层,当VIL值呈现短时波动式跃升和下降,表明冰雹开始生成并可能出现降雹现象。2014年3月29日,梧州多普勒天气雷达观测到一次典型的冰雹过程,垂直积分液态含水量VIL呈现出明显的波动,而且整体数值均达到 $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上,预示着回波内部存在着直径较大的冰雹粒子。观测区域南部的岑溪市水汶、大隆等地出现了较大范围的降雹现象。

5 结论

(1) 梧州前汛期强对流天气在速度图上的表现可归纳为6种类型:大风区型、近地层辐散型、中气旋、逆风区型、气旋式辐合型和中尺度辐合型。

(2) 雷雨大风在平均径向速度或相对径向速度图上表现最多的是大风区型和近地层辐散型,大风区和辐散区离地面越近,发生下击暴流、造成地面灾害性大风的可能性就越大。径向速度峰值越高,地面风速就越大。

(3) 气旋式辐合型对应的降水以强对流性为主,中尺度辐合则以混合性降水为主,逆风区型亦是强降水的重要指标。

(4) 中气旋特征出现的几率虽然不高,但却是强烈天气的重要标志,预示着短时暴雨或大暴雨、冰雹、灾害性大风等强烈天气的发生。

(5) 强对流天气与雷达回波反射率因子形态、大小、移速和垂直累积含水量分布等密切相关:产生雷雨大风的回波以线状回波居多,短时强降水回波呈块状或带状。弓形和飏线、钩状和V形等特殊形状回波与强烈天气的发生密切相关。

(6) 造成雷雨大风的回波强度比强降水的回波强度强。移速快,垂直累积含水量也高得多。各类强对流天气的垂直累积含水量(VIL)数值存在明显的差异,根据VIL数值的变化,综合考虑回波顶高ET、

最大反射率因子强度等产品资料,可以捕捉冰雹发生、发展过程。

参考文献:

- [1] 曹亚平,林中庆,祁秀香,等.广州南沙区一次暖区暴雨过程分析[J].广东气象,2010,33(5):13-16.
- [2] 罗律,谢太初,李翠华.一次暖区暴雨的诊断分析[J].广东气象,2013,35(2):31-35.
- [3] 叶朗明,郑伟杰,徐碧裕.2014年“5.8”广东大暴雨中尺度特征分析[J].广东气象,2014,36(6):11-15.
- [4] 覃丽,寿绍文,夏冠聪,等.华南暖区一次暴雨中尺度系统的数值模拟[J].高原气象,2009,28(4):906-914.
- [5] 罗建英,廖胜石,黄归兰,等.广西前汛期锋前暖区暴雨过程的模拟与分析[J].气象,2009,35(10):50-57.
- [6] 廖慕科,唐桥义,伍静,等.2010年4月桂东北一次暖区暴雨天气分析[J].气象研究与应用,2010,31(4):20-22.
- [7] 廖铭燕,黄远盼,梁珊珊.“5.8”桂东北暖区暴雨成因及漏报难点分析[J].气象研究与应用,2012,33(1):27-29,55.
- [8] 黄远盼,李骄杨,刘桂华.桂东北一次暖区暴雨向锋面暴雨演变特征分析[J].气象研究与应用,2015,36(9):30-33.
- [9] 林确略,寿绍文.广西锋面、暖区及高压后部暴雨个例对比研究[J].气象研究与应用,2012,33(2):11-18.
- [10] 刘蕾,李宜爽,张凌云,等.广西汛期2次暖区暴雨的成因对比分析[J].中国农学通报,2016,32(5):135-143.
- [11] 黎建春,蒙昭臻,古秋红,等.藤县暴雨的统计特征分析[J].气象研究与应用,2011,32(1):31-35.
- [12] 陈见,高安宁,陈剑飞,等.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.
- [13] 李勇,覃武,钟利华,等.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] 黄翠银,陈剑飞.2013年12月广西一次暴雨落区变化原因分析[J].气象研究与应用,2014,35(1):30-35.
- [15] 黄远盼,宁玉梅,莫家亮,等.广西前汛期两次暴雨天气过程对比分析[J].气象研究与应用,2014,35(1):12-16.