

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0020-05

不同天气系统影响下阵风锋的对比分析

屈梅芳¹, 古明悦²

(1.广西区气象台, 广西 南宁 530022; 2.南宁市气象局, 广西 南宁 530022)

摘要:利用常规观测资料、多普勒天气雷达资料和地面加密观测数据,对 2014 年 6 月 8~9 日发生在南宁的两次阵风锋天气进行分析。得到以下结论:阵风锋回波强度为 10~20dBZ,水平尺度 20km,呈弧状,成熟时高度大概 1.5km,阵风锋只是对流层低层的浅薄系统。阵风锋移动速度与母体雷暴移动速度的关系对雷暴的发展与减弱有很好的指示作用。阵风锋前沿有明显的风速辐合,可以触发新的对流单体的生成。两条阵风锋的相遇合并会使得阵风锋加强,更易触发新的对流单体产生。阵风锋愈强,其过境时所引起的风速增大的现象就愈明显。单体质心的快速下降和反射率因子核心的快速下降对地面雷暴大风有很好的指示作用,约可提前半小时预警。

关键词:阵风锋;雷暴大风;窄带回波

中图分类号:P458

文献标识码:A

Comparative analysis of gust front under the influence of different weather systems

Qu Mei-fang, Gu Ming-yue

(1.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022; 2. Nanning Municipal Meteorological Service, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on conventional observation data, Doppler weather radar data and ground observation data, two gust front weather processes during 8 to 9, June, 2014 in Nanning were analyzed. The results show that: gust front is just shallow system in the lower troposphere with 10 to 20 DBZ echo intensity, 20 km horizontal scale, arc shape and 1.5 km height when matured. The instructions of relationships between gust front moving speed and maternal thunderstorms moving speed performed well for the developing and weakening of thunderstorm. Obvious wind speed convergence in front of gust front triggers the generation of new convection cell. Furthermore, the new convection cell is more likely generated by stronger gust front, which was combined by two gust fronts trigger. The stronger gust front caused the more increase of wind speed. The rapid decline of monomer mass center and reflectivity core could be used for the half-hour early warning of the ground thunderstorm wind.

Key Words: gust front; thunderstorm gale; narrow-band echo

1 引言

华南地区是我国强对流天气频发的地区, 春夏季节冷暖空气交汇频繁, 容易产生暴雨、冰雹、雷雨

大风等强对流天气。其中短时雷雨大风天气具有突发性强,破坏力大的特点,是短时临近预报的重点。许多学者在这方面做了大量的研究^[1-8]。其中阵风锋就是产生地面大风的一种典型形势。对流风暴中的

收稿日期:2015-11-25

作者简介:屈梅芳(1989-),女,本科,助工,主要从事短时临近预报预警研究工作。

冷性下沉气流到达低空,并向外扩散,与低层暖湿空气交汇而引发的地面强风,其前缘就是阵风锋^[9]。阵风锋的发生时间很短,阵风锋后的水平速度通常很大,具有极大的危害性,经常在地面或者近地层带来很大的风,造成严重的灾害,因此很多科学家致力于对阵风锋的研究和预报。通常认为阵风锋是边界层辐合线的一种类型,又称雷暴的出流边界。在雷达回波上多表现为窄带回波,阵风锋过境时,可以引起地面气温降低,风向转变、风速突增。阵风锋回波与灾害性大风的研究已成为短时临近预报的重要话题。阵风锋是地面强风的边缘,通常仅与短时大风或风速的大值段对应,不伴有雷雨、冰雹等对流性天气。阵风锋常出现在低仰角(如:0.5°仰角)雷达反射率因子产品上,即近地面层^[10]。南宁地势平坦,常能观测到阵风锋。如果阵风锋的速度与飑线的速度相匹配,飑线就会持续数小时^[11]。袁子鹏等^[12]在对飑线系统研究中发现阵风锋与雷暴间的距离基本保持不变时,雷暴的强度变化不大,若远离雷暴,雷暴将迅速减弱。刘勇等^[13]对发生在陕西的两次阵风锋系统进行分析,认为阵风锋的强度不能以回波强度的大小决定,而是以径向速度的大小为主要参考依据,多普勒雷达径向速度图可以较好的了解阵风锋的强度,对短时预报有很好的参考价值。

2014年6月8日-9日南宁附近在高空槽过境前后出现了两次强对流天气,都伴有阵风锋的发展过程,其回波形态和相伴随的天气现象有较大区别,本文应用多普勒雷达探测数据、气象探空和地面加密观测数据综合分析这2次阵风锋的发展和演变过程,探讨不同天气背景下阵风锋发展的异同。

2 两次阵风锋过程实况概述

2014年6月8日(以下简称“过程一”)阵风锋过境南宁城区普遍产生5-6级大风,但是测站在阵风锋过境后温度、湿度和气压变化不明显。阵风锋过境引起南宁地面站产生 $12.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的瞬时大风,但是降雨不明显,而同时段风暴引起的最大降雨在南宁地面站东面的坛羌水库站,也就是在阵风锋移动方向的后方,小时雨量达到30mm。由此可知,阵风锋引起的大风产生在风暴前沿,而降水则发生在风暴过境时。

2014年6月9日(以下简称“过程二”)下午15-17时南宁受多个对流单体的影响,由于开始时雷暴单体产生的阵风锋都比较弱,阵风锋经过测站

的时候只产生了3-4级左右的阵风,测站温度下降也比较小,如良庆站,阵风锋过境前温度为 32.6°C ,阵风锋过境后温度为 30.7°C ,下降了 1.9°C 。而阵风锋合并后激发的雷暴群所经过的地方普遍产生5-6级大风,同时伴有气压升高,气温骤降,相对湿度升高的现象。以南宁西部的五合大学城站为例,16:30五合大学城站出现了 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风,而在16:00时测站温度为 32.5°C ,相对湿度为65%,到了16:30温度剧烈下降到 25.5°C ,湿度和气压猛升,相对湿度上升到92%,气压升高了1.3hPa,半小时雨量达到23mm。这表明地面的极大风和降温增压增湿过程是同步的,这与过程一不同。此次强对流过程共造成南宁市区16个内涝积水点,多处积水超过40cm,葛村路铁路桥底积水最大深度2m,青秀区多处主干道内涝,为2014年入夏以来最强突发性短时强降水。

3 两次阵风锋过程环流形势对比分析

2014年6月8日20时500hPa在华北存在一低涡,低涡东移过程中南部为向华东沿海伸出的低槽,槽后的偏北气流不断引导弱冷空气南下影响华南地区。850hPa广西大部为温度脊控制,切变线在北部湾沿海,700hPa和850hPa广西为偏北气流控制。地面在重庆到贵州为一明显高压带,高压南部有弱的冷锋,8日的白天广西受西南暖低压控制,温度急剧上升,为强对流的发生提供了很好的热力条件。到了20时弱冷锋南压到南宁附近,锋面附近的抬升作用对强对流的发生有很好的触发作用。

过程二发生前的2014年6月9日14时,500hPa有小槽移到桂西北,700hPa和850hPa槽位于云南西部,从高低空的配置来看,500hPa的高空槽明显超前于700和850hPa,为前倾的结构,在这种天气形势下,高空槽后干冷平流位于低层槽前暖湿平流之上,形成了有利于强对流发生的位势不稳定条件。从湿度条件看,850hPa广西为明显的湿区。地面午后随着暖低压发展,下午南宁附近三小时变压达到近-3hPa,气温迅速上升,下午15时南宁近地面气温为 33°C ,达到对流温度,为强对流天气的发生提供了热力条件,对流极易发展。

4 稳定度的对比分析

过程一发生前的8日20时南宁探空(图1a)显示南宁上空从地面到400hPa相对湿度都很大,CAPE值为 $2063\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,K指数为 41°C ,SI指数为-

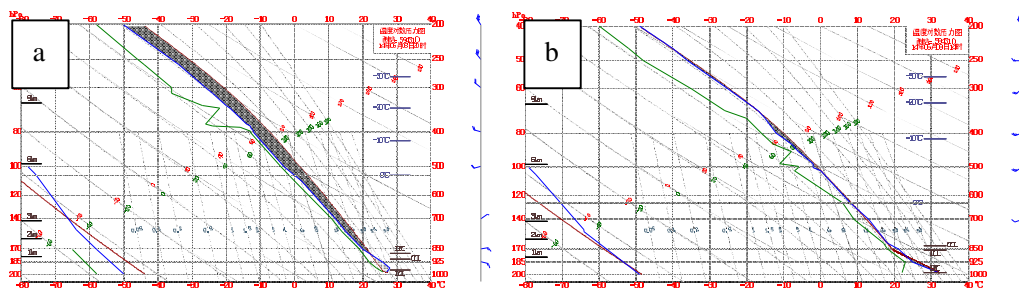


图1 8日20时南宁探空图(a)和9日14时南宁探空图(b)

2.12℃,说明南宁上空能量充足,存在明显的热力不稳定条件。

过程二发生前的9日14时从南宁的探空(图1b)看出湿度条件比前一天要差,700hPa以下到925hPa温度露点差较小,相对湿度较大,500hPa附近温度露点差达到最大,说明在中层有一定的干空气卷入,而在850hPa到925hPa之间为暖湿的空气,叠加在中层干冷空气之下,加强了南宁上空的位势不稳定层结,有利于强对流天气的发生。同时925hPa以下的近地面层温度层结曲线接近干绝热线,说明低层湿度很低,而低层的低湿度能保证雨滴在下降过程中不断蒸发,以抵消气块绝热下沉的增温,保持气块负浮力,有利于对流性大风的形成。LFC(自由对流高度)高度很低,几乎接地。CAPE值仅为 $193\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,K指数为 37°C ,SI指数为 -0.54°C ,这样的大气层结非常有利于雷暴大风等强对流天气的产生。

风的垂直切变影响着对流云的发展、移动和分裂等,经计算08日20时南宁0~6km的垂直风切变为 $9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,09日14时南宁0~6km的垂直风切变为 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,二者垂直风切变都不强,但是从低层到高层都是偏东风与偏西风的切变,风向随高度升高呈顺时针变化,为雷暴大风的产生提供了有利的动力条件。

5 雷达回波分析

(1)第一次雷暴和阵风锋演变过程

6月8日晚上22时左右在南宁东面有一雷暴单体生成(图2,见彩页),随着对流单体发展,22时30分在雷暴单体的西侧观测到阵风锋,此时雷暴单体的回波强度最大为55dBz左右,阵风锋回波强度为15~25dBz,水平尺度20km,成熟时高度大概1.5km,说明阵风锋只是对流层低层的浅薄系统。开始时阵风锋与雷暴单体离的很近,与雷暴单体一起

向西移动,雷暴单体在移动过程中不断加强,阵风锋的水平尺度也不断延长,阵风锋所经之处普遍产生5~6级大风天气,而后雷暴单体经过产生了短时强降水,最强的为南宁青秀区长塘镇小时雨量达52mm。23时23分阵风锋开始逐渐远离雷暴单体,与雷暴单体的距离越来越远,雷暴单体逐渐减弱消亡,阵风锋的强度也随之减弱,结构变得松散,继而减弱消失。许多学者研究表明^[12,14],当阵风锋速度大于对流风暴速度时,两者距离越来越远,对流风暴将减弱甚至消亡;而当阵风锋速度小于对流风暴速度时,两者距离越来越远或保持不变时,对流风暴则强盛发展或变化不大。本次个例阵风锋和雷暴单体的演变特征也符合以上结论。从单体质心高度变化(图3)可以看出,23时58分之后单体质心迅速下降,而后大概半小时地面产生了大风,说明单体质心高度的快速下降对大风预警有很好的指示作用,约可提前半小时预警。

从6月8日的雷达径向速度图可以看到,阵风锋后侧为大片的相对负速度大值区,阵风锋的位置位于负速度大值区的前沿,且阵风锋过境之处对应径向速度图上有明显的风速的辐合。极大风速出现

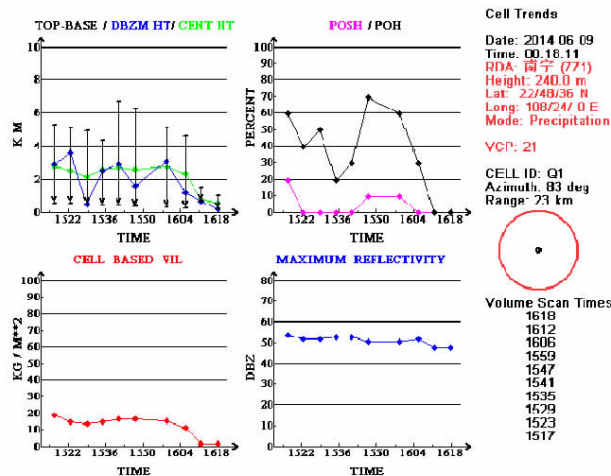


图3 9日00:18风暴趋势图

的时刻与阵风锋过境的时刻吻合且阵风锋的移向与径向速度方向一致,最大的负速度达到 $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,而阵风锋过境时南宁地面站产生了 $12.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的极大风速,与雷达平均径向速度图上的最大值基本相同,说明当阵风锋的移向与雷达径向相重合时,低仰角近距离的雷达平均径向速度能很好地表示阵风锋过境时地面的极大风速,这对阵风锋过境时所产生的地面大风的强度有很好的指示作用。

(2)第二次雷暴和阵风锋演变过程

6月9日午后南宁附近有零散的回波出现并发展。15时左右在南宁南面有一个雷暴单体(以下简称南单体)和西北面有一个雷暴单体(以下简称北单体)生成(图略),强度在 $40\sim 50\text{dBZ}$,随着雷暴单体的发展,北单体和南单体分别缓慢的向南和向北移动。15时05分(图4a,见彩页)在 0.5°PPI 反射率因子产品上两单体移动方向的前方开始各出现一条阵风锋。阵风锋回波强度 $10\sim 20\text{dBZ}$,水平尺度 20km ,呈弧状,两条阵风锋呈横“八”字状,并相向而行。随着阵风锋的逐渐远离雷暴单体,两个雷暴单体逐渐的减弱。此后两条阵风锋继续相向而行,15时40分(图4b,见彩页)两条阵风锋的东端相遇合并并激发出新的对流单体(以下称单体一), 14.6°PPI 反射率产品上首次出现 40dBz 的回波。15时46分(图略)单体一发展加强至 50dBz ,同时在 3.4°PPI 上也开始出现回波。15时52分单体一在 14.6° 、 9.9° 和 6°PPI 回波强度发展,而且在 6°PPI 回波强度最大达到 65dBz ,至15时58分(图略),该回波向下发展降到地面,地面也开始出现大风天气。同时两条阵风锋的西端也开始相遇,在单体一的西面触发出新的对流(以下称单体二)。单体二首先在 19.5°PPI 上有回波快速发展。16时04分(图4d,见彩页) 0.5°PPI 上也开始出现单体二的回波,回波强度达 45dBz ,之后单体一和单体二继续快速发展,且单体一向单体二靠近,16时35分(图4e,见彩页)单体一与单体二相遇并合并成一东西向长条形雷暴群,回波强度最大达 65dBz ,水平尺度达 70km ,雷暴群所经之处地面普遍产生了5~6级大风和短时强降水,最大的为16时30分位于南宁西部的五合大学城出现了 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的短时大风和1小时 40mm 的短时强降水天气。

从雷达径向速度图(图略)上可以看出,过程二中阵风锋强度很弱,其所对应的阵风锋后部的大风区也很弱,最大风速仅为 $7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,但是阵风锋过境之处仍有风速辐合。15时58分两条阵风锋相遇后,在

径向速度图上出现与阵风锋相对应的逆风区。此后随着回波的向西发展,速度图上可以看见一片相对速度大值区,最大径向速度达 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,而且从径向速度图的演变来看,速度大值区有向下发展逐渐接地的过程,对应的在16:00~16:50在南宁民族大道沿线产生了5~6级大风。

与过程一不同的是过程二的阵风锋过境时均只产生了3~4级左右的阵风。此阵风锋强度较过程一弱,说明阵风锋的强度与产生阵风锋的雷暴单体的强度有关。单体一和单体二均由较高的高度开始发展,此后回波迅速向下发展,引起了地面大风天气。由此说明雷暴单体的反射率因子核心快速下降对地面大风的产生有很好的指示作用。过程二的大风天气主要不是雷暴单体所产生的阵风锋所引起,而是可能由合并后的阵风锋所激发的雷暴群中的降水粒子产生的拖曳作用形成的下沉气流引起。

对比两个过程可知,过程一由于从 500hPa 到 850hPa 都为偏北气流控制,层结趋于稳定,需要较强的抬升条件才能触发对流,所以阵风锋过境时大尺度环流背景不利于对流的发展,没能触发新对流。而由16:59分南宁雷达风廓线图(图5)可以看出,过程二中在两单体生成的时候(15时左右),南宁还处于高空槽前,北单体属于高空槽前云系产生的对流,南单体属于偏南风气流下生长的对流,两个单体在各自引导气流作用下相向而行,其所产生的阵风锋也相向而行。在两条阵风锋相遇后的16时左右,高空槽过境南宁,槽后的冷平流加强了南宁上空位势不稳定,所以两条阵风锋合并后的抬升作用能触发新对流的发展。

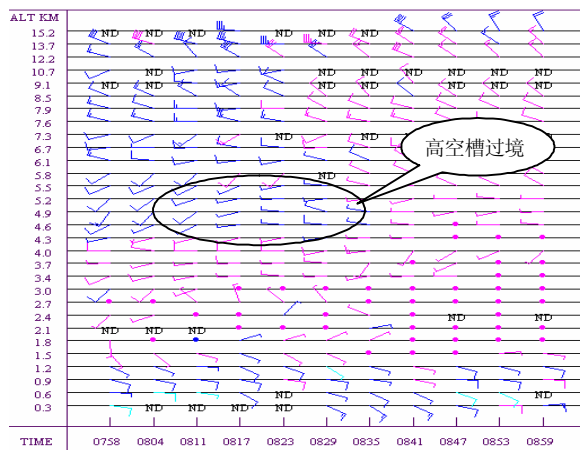


图5 9日16:59南宁雷达风廓线图

6 结论

(1) 过程一中对流是由于弱冷锋南压到南宁附近时触发的对流,由于冷锋后为冷高压控制,700hPa和850hPa为偏北气流,有冷平流,所以锋后大尺度环流条件不利于对流的发展,所以过程一只有弱冷锋过境时触发的对流,阵风锋没能触发新对流的生成。过程二高空槽过境南宁,槽后的干冷空气与低层暖低压发展造成的升温加大了大气的层结不稳定,为对流发展提供了更为有利的外部环境条件,只要有小的扰动就能触发对流的发展。所以过程二中的两条阵风锋的合并所产生的抬升作用能触发一系列对流单体发展。

(2) 两个过程的探空均表明南宁上空都具备很好的不稳定条件。垂直风切变上来看风向随高度升高均呈顺时针变化,为雷暴大风的产生提供了有利的动力条件。

(3) 阵风锋是地面强风的前沿,阵风锋过境处有明显的风速辐合,降水通常由位于其后的对流风暴产生,阵风锋上一般无降水;阵风锋相对于主体雷暴的移动速度决定了主体雷暴的发展强弱。当阵风锋移速明显比主体雷暴快,二者距离逐渐增大时,主体雷暴强度减弱,强风持续时间短;当阵风锋移速明显比主体雷暴慢,二者距离逐渐接近或保持不变时,主体雷暴强盛发展或保持不变,强风持续时间长。对比两个过程阵风锋带来的大风强度可知,产生阵风锋的母体雷暴越强,阵风锋也越强。低仰角近距离的雷达径向速度能够直接产生反映地面大风的强度。

(4) 过程二中阵风锋触发了新的对流单体产生,且新单体回波出现的起始高度都较高,随后回波快速加强并向下发展,到达地面,造成地面大风天气。单体质心的快速下降和反射率因子核心的快速下降对地面雷暴大风有很好的指示作用,约可提前半小

时预警。

参考文献:

- [1] 陈伟斌, 陈见, 赵金彪, 等. 一次飚线大风天气过程成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36 (1): 14-19
- [2] 陈业国, 唐文. 2007年4月广西一次强飚线过程的雷达回波分析及数值模拟 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (S): 132-134.
- [3] 卢建壮. 梧州副高边缘午后局地性短时雷暴大风潜势预报初步 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (1): 13-15.
- [4] 乔琪, 汤俊. 春季两次强对流天气过程多普勒雷达回波中尺度特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 42-45.
- [5] 石, 磊. 一次宏下击暴流的雷达回波特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3): 16-19
- [6] 蓝春灵, 韦春霞. 春季一次强对流天气过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 28 (S): 85-86.
- [7] 陈恒明. 一次强飚线雷达回波和云图特征 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 23-26.
- [8] 张凌云, 刘, 蕾, 李亚琴, 等. 柳州“2012.4.12”强对流天气过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (3): 22-25.
- [9] 张培昌, 杜秉玉, 戴铁丕. 雷达气象学 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 356-371.
- [10] 李国翠, 郭卫红, 王丽荣, 等. 阵风锋在短时大风预报中的应用 [J]. 气象, 2006, 32 (8): 36-41.
- [11] 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, 2006: 90-180.
- [12] 袁子鹏, 王瀛, 崔胜权, 等. 2011. 一次中纬度飚线的阵风锋发展特征分析. 气象, 37 (7): 814-820.
- [13] 刘勇, 王楠, 刘黎平. 陕西两次阵风锋的多普勒雷达和自动气象站资料分析 [J]. 高原气象, 2007, 26 (2): 380-387.
- [14] 姚叶青, 俞小鼎, 张义军, 等. 2008. 一次典型飚线过程多普勒天气雷达资料分析. 高原气象, 27 (2): 373-381.