

黄嘉浩,汤中明,欧坚莲.2019 年“6.11”广西雷暴大风天气成因分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):75-79.

Huang Jiahao,Tang Zhongming,Ou Jianlian. Cause analysis of thunderstorm and gale weather in Guangxi on June 11, 2019[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2020,41(2):75-79.

# 2019 年“6.11”广西雷暴大风天气成因分析

黄嘉浩<sup>1</sup>, 汤中明<sup>2</sup>, 欧坚莲<sup>3</sup>

(1.梧州市西江机场, 广西 梧州 543000; 2.百色市气象局, 广西 百色 533000;

3.梧州市气象局, 广西 梧州 543002)

**摘要:** 利用常规气象资料、探空数据、多普勒天气雷达资料等,对 2019 年 6 月 11 日梧州市出现的一次罕见雷暴大风天气过程进行分析。结果表明,此次雷暴大风是在南支小槽东移与切变线相遇时发生的。大气层结不稳定、高温高湿、低层辐合、垂直风切变较大背景下,低层辐合线触发了强对流天气的发生。雷达观测显示,线状对流回波及前部新激发的强回波带前移过程中产生了雷暴大风,径向速度图上近地面出现大于  $17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  大风速区时,对雷暴大风的预报预警有指示意义。

**关键词:** 雷暴大风;多普勒雷达;边界层辐合线;探空分析

**中图分类号:** P458

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.2.15

**OSID:**



## 引言

雷暴大风是强对流天气中发生频率高且预报预警难度大的天气之一,自从多普勒天气雷达广泛应用于天气预报业务后,气象工作者运用多普勒天气雷达资料对强对流天气进行分析方面做了大量工作<sup>[1-7]</sup>,指出导致雷暴大风主要有两种原因:一种是雷暴内下沉气流降到地面附近产生的强烈辐散风;另一种是当多单体内的下沉气流到地面附近时,冷的辐散空气汇合,构成一个浅薄的冷池,冷池的前沿(通常称作雷暴的出流边界或阵风锋)常常以较快的速度向前移动而产生大风。

2019 年 6 月 11 日 12 时至 17 时 30 分,桂东南地区出现了一次大范围的雷暴大风天气,南宁市、玉林市、贵港市和梧州市先后有 13 个县(市)的 32 站次极大风速  $\geq 17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,时间经历 5h 左右,最大风出现在梧州市藤县地面气象站  $22.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (9 级),出现时间为 17 时 04 分,此次天气过程梧州市城区、苍梧、藤县、岑溪均出现了极大风速大于  $17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的大风。此次雷暴大风具有范围广、维持时间长和风力大等

特点,大风经过区域之广属历史罕见。雷达回波显示这是一次明显的飑线影响产生的大风,为此,利用常规气象资料、探空资料等对此次雷暴大风天气过程发生发展的环境条件及触发机制进行分析,并对多普勒天气雷达演变资料进行分析,探讨雷暴大风预报预警的着眼点,目的是为提高此类强对流天气的预报预警能力提供参考依据。

## 1 环流背景分析

6 月 11 日 08 时形势场显示:500hPa 副热带高压控制南海北部,588 线经过南宁-梧州-广州一带,梧州处于副高北边缘的西南气流中,河池至百色附近有一条短波槽东移;低层 850hPa 形势图上,08 时贵州湖南交界处有低涡活动,湖南中南部有一暖式切变线,广西为偏南暖湿气流控制,桂东处在高温高湿舌区中。由上述分析可见,梧州高空处于副高边缘不稳定气流中,并且有南支短波槽东移和切变线南压影响,为雷暴大风天气的产生创造了环境条件。

从 6 月 11 日 08 时中尺度环境条件配置分析:500hPa 桂西有短波槽,08 时广西上空的 24h 变温值

收稿日期:2020-03-09

基金项目:梧州市强对流天气的短期潜势预报指标研究(梧气科 2016004)

作者简介:黄嘉浩(1976-),男,广西梧州市人,大学本科,助理工程师,主要从事航空气象服务工作。

为 $-1^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ ,到20时,广西上空的变温值为 $-4^{\circ}\text{C}\sim -2^{\circ}\text{C}$ ,桂东处在变温值最大的区域,表明有冷空气入侵;850hPa广西处在比湿大于 $16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的湿舌区中,桂南至桂北的西南风风速逐渐减小,表明桂中有风速辐合;925hPa在梧州至南宁一线有切变线存在;地面图上,08时广西全区为弱的偏东风或东北风,无辐合线,到11时梧州至南宁之间有一条明显的风向辐合线,分析地面温度可见桂东南处在暖脊中。综上,桂东南处在500hPa高空短波槽前和地面至850hPa的高温高湿区,同时高层有冷空气入侵,具有上干冷下暖湿的强热力不稳定结构,加上850hPa风速辐合、925hPa切变线与地面辐合线的影响,极利于雷暴大风的发生发展。

## 2 对流条件分析

此次过程是由于百色南部至南宁西部之间的对流加强,形成飏线东移影响梧州造成的大风,由于6月11日08时南宁站探空资料缺失,故选取百色站和梧州站的探空资料来分析,从11日08时百色站和梧州站的温度对数压力图分析可以发现梧州有以下几个特征。

一是垂直风切变条件好:百色站和梧州站3km的垂直风切变(700hPa与1000hPa风速差)分别是 $7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,根据过去的研究<sup>[8]</sup>,低层垂直风切大于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,利于雷暴大风天气的产生,故梧州更利于产生雷暴大风;二是湿层深厚:百色站在底层850hPa以下温度露点差为 $<6^{\circ}\text{C}$ ,700hPa以上温度露点差为 $>11^{\circ}\text{C}$ ,表明湿层较浅薄;梧州从低层至高层,温度露点差均 $<5^{\circ}\text{C}$ ,特别是700hPa以下具有 $<3^{\circ}\text{C}$ 的温度露点差,表明湿层很深厚,湿层深厚可以为强对流天气的发生提供好的水汽条件;三是层结不稳定条件好:百色和梧州的K指数分别为 $39^{\circ}\text{C}$ 和 $38.3^{\circ}\text{C}$ ,百色CAPE值为 $1895.3\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,梧州从低层逆温层订正后的CAPE值为 $803.5\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,850hPa与500hPa温度垂直递减率百色 $23^{\circ}\text{C}$ 、梧州 $21^{\circ}\text{C}$ ,表明百色至梧州之间层结是不稳定的且能量充足,有利于对流天气的产生和发展;四是存在弱的逆温层:梧州站底层925hPa附近存在弱的逆温层,底层抑制能量较小。虽然抑制能量的作用会使弱对流活动无法发展,但却会为强对流天气的发展积累不稳定能量,因为抑制能量较弱,当强对流天气发展到一定程度时会突破抑制,积累的不稳定能量就会加快释放,对强对流天气的发展有重要的作用。

## 3 对流触发及发展原因

触发雷暴的重要因素之一是边界层辐合线,从前面分析的中尺度环境条件配置看,11日08时在梧州至南宁一带925hPa有切变线,11时在地面几乎相同的位置开始有辐合线,分析14时的地面图资料发现辐合线依然存在,到17时,地面辐合线南压至桂南,对应此次雷暴大风天气出现的时间段是中午12时至下午17时左右;12时至14时40分先是南宁市的武鸣、横县等出现雷暴大风,15时至16时玉林市、贵港市的一些地方出现了雷暴大风,17时前后梧州市大部出现了雷暴大风。由此可见,地面辐合线出现与维持的时间与雷暴大风出现的时间吻合,辐合线在暖湿的环境中触发了强对流天气的发生。

雷达回波监测显示,最早的雷暴是在百色南部至南宁西部之间发展起来,然后向东偏北方向移动,在移动过程中逐渐发展并加强。通过地面图和高空资料综合分析可以看出,雷暴发展并加强由以下两个原因:一是11日11–17时,从地面图资料上可以看出,梧州与北海之间有一条辐合线,形成风向辐合,这是雷暴大风发生的触发因素;二是强热力不稳定和动力不稳定环境条件,南宁至梧州上空是高温高湿的不稳定层结,不稳定能量较大,低层存在弱逆温,为雷暴发展提供了很好的能量条件,同时桂中850hPa有风速辐合、925hPa有切变线,辐合区与地面辐合线位置几乎重合,辐合条件为雷暴发展提供了抬升机制,使得雷暴向东移动的过程中不断加强。综上所述得出,地面辐合线和强热力不稳定和动力不稳定环境条件是此次雷暴大风发生发展的重要因素,再加上高空有南支波动东移及冷空气入侵影响,很容易诱发对流性天气。

## 4 雷达回波特征分析

选择了广西全区的雷达拼图和南宁、玉林、梧州三个站点的多普勒雷达回波资料来分析,可以分为两条飏线影响的三个不同阶段:

第一阶段初生飏线影响阶段,从6月11日11时至17时广西全区的雷达拼图演变(图1)看,11:30(图1a)在百色南部至南宁西部有对流性回波发展,强回波中心位于武鸣西部,11:42强回波东移发展成类似逗号形状的回波,头部在武鸣附近,尾巴在武鸣—上思—东兴一带,尾巴回波为一条细长的线状

对流回波带;11:59 至 12:06(图 1b)头部强回波东移影响武鸣,尾巴线状对流回波进一步加强发展。从 11:59 南宁雷达  $1.5^\circ$  以上仰角的基本反射率因子图看,头部强回波及尾巴线状对流回波带由多个单体合并而成,回波前沿排列成强回波带,强回波带 35dbz 以上部分长约 250km、宽约 25km,初步发展成飊线形状的窄带回波,强中心达 53dbz 以上,12:06 至 13:27 强回波带东移发展并维持长宽比大于 5:1 的飊线回波特征,强中心最强时达 55dbz 以上,飊线经南宁向东移至贵港西部。从 11:30 至 11:48 南宁雷达  $1.5^\circ$  仰角径向速度图看,雷达站西北方 50–100km 处出现了极大风速大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的大风速区,大风速区紧贴飊线头部强回波,高度在 1.5km 以下的近地面,大风速区向东移向武鸣地区,

11:59 武鸣出现  $20.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风。可见,大风速区出现的时间比武鸣出现大风提前了 10~30min。12:06(图 1b)飊线回波向东移动至武鸣—南宁—上思一带,13:33 以后飊线回波已发生了一些改变,回波带明显变宽,但回波前沿的强回波带还维持并东移到了宾阳至钦州一带,14 时起强回波带进入宾阳至横县之间,在强回波带前部激发出多个新的对流性回波单体,从 14:30(图 1c)广西全区的雷达拼图可以看出,飊线回波带变宽,前沿的强回波带维持,回波带前部贵港—玉林—岑溪有新激发出的对流性回波单体,有些单体已连在一起,从前面中尺度分析看,此区域是上干冷下暖湿的环境,极利于对流的加强发展。

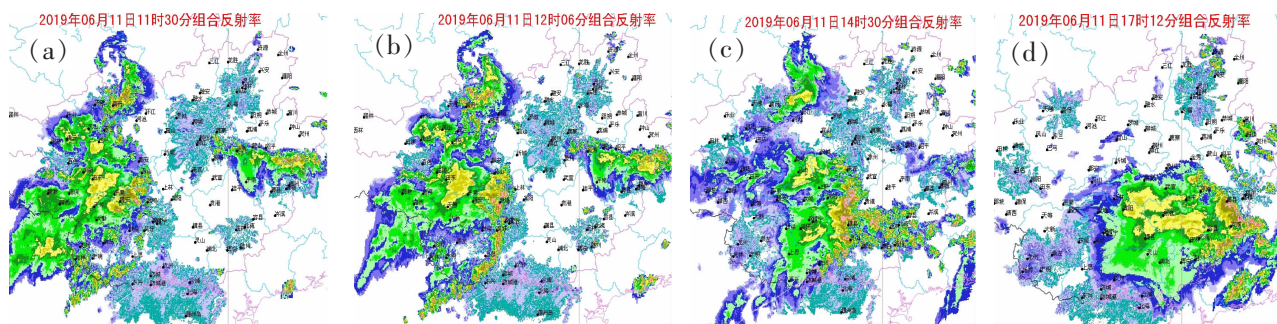


图 1 2019 年 6 月 11 日广西全区雷达拼图演变图  
(a)11:30; (b)12:06; (c)14:30; (d)17:12

第二阶段初生飊线与新激发飊线共同影响阶段,从 14:42 玉林雷达  $1.5^\circ$  仰角的反射率因子图(图 2b)可以看出,新的对流回波快速发展合并,至 15 时左右,原飊线强回波带的北段与新发展起来的对流回波连在一起,在玉林至贵港市之间形成一条新的西北东南向的强回波带,到 15:10 发展为强度 35dbz 以上部分长约 150km、宽约 30km 的一条新飊线,两条飊线构成人字形,随后原飊线继续向东移动,而新激发的飊线向东北方移动。从玉林雷达  $1.5^\circ$  以下仰角的径向速度图看,自 14:25 起雷达站西侧横县以西处出现了速度模糊的大风速区,极大风速大于  $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,高度在 1.7km 以下的近地面,14:42 速度模糊更清晰(图 2a),随后有速度模糊的大风速区维持了 12 个体扫,维持时间一个多小时,大风速区由西向东移动,影响南宁东部至贵港、玉林一带近,14:47 贵港地面站出现  $17.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风,15:46 桂平地面站出现  $18.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风,16:00 北流地面

站出现  $18.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风等,有 20 站次出现了极大风速  $\geq 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的雷暴大风,可见,大风速区出现的时间比下游站点出现大风提前了 20~40min。

第三阶段新激发飊线影响梧州阶段,分析广西全区的雷达拼图可见,16 时以后初生飊线回波向东移为主,强度逐渐减弱,而新激发的飊线回波向东北方移,强度逐渐加强。从 16:01 梧州雷达回波看,新的飊线继续加强并向东南方延伸,回波带向东北移到桂平—容县—岑溪一带,从 17:02 梧州雷达  $1.5^\circ$  仰角的基本反射率因子图看(如图 3b),强回波带由多单体合并而成,回波带强度 35dbz 以上部分长约 250km、宽 30km,强中心达 55dbz 以上,成为一条长比之前更长、强度更强的飊线,强回波带向东北移到藤县—岑溪一带。从 16:01 至 17:20 梧州雷达  $0.5^\circ$  仰角的速度图看,雷达站西南侧 50–100km 处出现大风速区,极大风速大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,高度在 1.8km 以下的近地面,从高一个仰角( $1.5^\circ$  仰角)的径向速度图



看,自 16:31 起雷达站西南侧 50~100km 处出现极大风速大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的大风速区,高度在 2.5km 以下的近地面,16:44 至 17:08 有速度模糊出现,极大风速达  $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,有速度模糊的大风速区维持了 4 个体扫,维持时间 20~30min,紧贴在飑线前沿的强回波,从 17:02 的径向速度图(如图 3a)可看出,藤县西面有明显的速度模糊出现,大风速区由平南至容县一带向东北移影响岑溪、藤县、龙圩、梧州市城区,16:48 岑溪地面站出现  $18.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风,17:04 藤县气象站出现了  $22.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的雷暴大风,17:29 龙圩地面站出现  $18.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风,17:43 梧州市城区出现

$18.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  雷暴大风,可见,从  $1.5^\circ$  仰角的径向速度图看大风速区出现的时间比将要影响的站点出现大风提前了 15~40min,从  $0.5^\circ$  仰角的径向速度图看大风速区出现的时间会更早一些。

通过前面分析看见,当强回波带影响时,紧贴在强回波前沿的 2km 以下近地面有大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  大风速区出现,移动影响到的区域将会有出现大风天气,出现大风速区的时间比影响站点出现大风的时间大约提前 10~40min,故当强回波带影响时近地面出现大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  大风速区将会有大风出现,可以作为预报预警的指标。

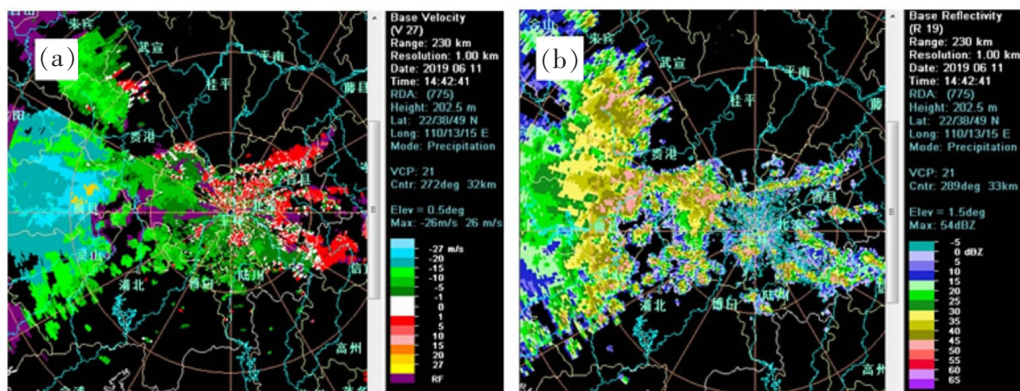


图 2 2019 年 6 月 11 日 14:42 玉林多普勒雷达图

(a)  $0.5^\circ$  仰角径向速度图; (b)  $1.5^\circ$  仰角反射率因子图

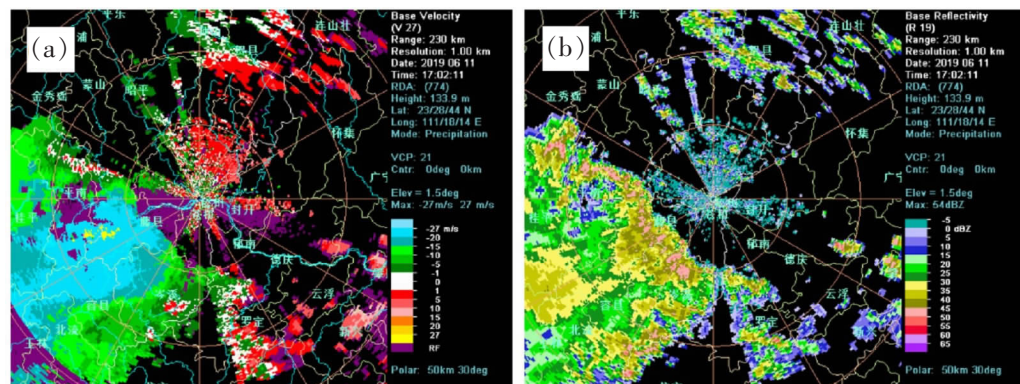


图 3 2019 年 6 月 11 日 17:02 梧州多普勒雷达图

(a)  $1.5^\circ$  仰角径向速度图; (b)  $1.5^\circ$  仰角反射率因子图

## 5 小结

(1) 此次雷暴大风过程是由于南支波动东移和切变线南压影响引起的,其产生于高温高湿、低层辐合、大气层结不稳定、大气垂直风切变较大的背景下,低层的辐合线为强对流发生提供了触发条件,地面辐合线和强热力不稳定及动力不稳定环境条件是

此次雷暴发生、发展的重要因素。梧州的雷暴大风是百色至南宁西部之间的对流触发后,对流加强形成飑线东移影响梧州造成的大风。

(2) 雷达观测显示,南宁西部对流触发起来后,进入有利强对流发生发展的大气环境中,回波快速发展并加强,形成了多单体合并的线状对流回波带,最终发展成飑线回波,飑线东移过程中北段回波与

前部新激发的对流回波合并,又发展成新的飑线,两条飑线先后影响桂东南地区,导致了大范围的地面大风的产生,强对流回波影响时,径向速度图上近地面出现大于  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  大风速区对雷暴大风的预报预警有指示意义。

#### 参考文献:

- [1] 廖晓农,俞小鼎,王迎春,等.北京地区一次罕见的雷暴大风过程特征分析[J].高原气象,2008,27(6):1350–1362.
- [2] 方翀,俞小鼎,朱文剑,等.2013 年 3 月 20 日湖南和广东雷暴大风过程的特征分析[J].气象,2015,41(11):1305–1314.
- [3] 伍志芳,张春良,张沛源.一次强对流天气的多普勒特征分析[J].高原气象,2001,20(2):202–207.
- [4] 廖玉芳,俞小鼎,郭庆.一次强对流系列风暴个例的多普勒天气雷达资料分析[J].应用气象学报,2003,14(6):656–662.
- [5] 庞古乾,伍志方,叶爱芬.珠三角地区前后汛期强对流过程物理量指数对比分析及阈值选取[J].热带气象学报,2012,28(6):919–923.
- [6] 王艳兰,孙莹,熊英明,等.多普勒雷达反射率因子产品分析与初步应用[J].广西气象,2005,35(2):4.
- [7] 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(S1):62–63.
- [8] 欧坚莲,黄帆,欧欣格,等.梧州市强对流天气潜势预报探讨[J].气象研究与应用,2018,39(4):14–17.

## Cause analysis of thunderstorm and gale weather in Guangxi on June 11, 2019

Huang Jiahao<sup>1</sup>, Tang Zhongming<sup>2</sup>, Ou Jianlian<sup>3</sup>

(1. Xijiang Airport, Wuzhou Guangxi 543000; 2. Baise Meteorological Bureau, Baise Guangxi 533000;  
3. Wuzhou Meteorological Bureau, Wuzhou Guangxi 543002)

**Abstract:** Using conventional meteorological data, radiosonde data, and Doppler weather radar data, a rare thunderstorm and gale weather process in Wuzhou on June 11, 2019 was analyzed. The results showed that the thunderstorm gale occurred when the south branch trough moved eastward and met the shear line. Under the background of unstable atmospheric junction, high temperature and humidity, low-level convergence and large vertical wind shear, the low-level convergence line triggered the occurrence of strong convective weather. Radar observation showed that thunderstorm gale occurred in the moving forward process of the linear convective echo and the new excited strong echo band in the front. When there was a high wind speed area greater than  $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  near the ground on the radial velocity map, it was indicative for the forecast and early warning of thunderstorm strong winds.

**Key words:** thunderstorm and gale; Doppler radar; boundary layer convergence line; radiosonde analysis