

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0031-05

一次暴雨过程中不同暴雨带的降雨特征及其成因分析

何珊珊¹, 农孟松¹, 古文保²

(1.广西区气象台, 南宁, 530022; 2.广西气象减灾研究所, 南宁 530022)

摘要:使用常规观测资料和 FY-2E 卫星云图、自动气象站和雷达等非常规观测资料,对 2016 年 5 月 19-20 日广西东部四条暴雨带的降雨特征和成因进行分析。结果表明:此次大范围暴雨与高低层天气系统的配置及冷暖空气的活动密切相关,但出现在桂东的四条暴雨带的降雨特征及成因有所不同:河池东部到桂林南部和贺州北部一带的东西向暴雨带(雨带 I)为持续时间长的东西向窄带、锋面附近中小尺度对流系统南北少动是其直接原因;来宾到贺州南部(雨带 II)的强降雨区偏在其东段、是由冷空气加速南下导致的锋面对流系统转向造成;南宁-玉林暴雨区(雨带 III)和防城港-北海暴雨区(雨带 IV)的出现都与锋面对流系统和暖区对流系统的合并发展有关,但雨带 III 的对流系统发展更为旺盛、持续时间更长,因此暴雨区范围最广、强度最强。

关键词:广西;暴雨雨带;降水特征;成因分析;

中图分类号:P458.1*21.1

文献标识码:A

Characteristics and cause analysis in different raining area during a rainstorm

He Shan-shan¹, Nong Meng-song¹, Gu Wen-bao²

(1.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on the conventional observation data and FY - 2E satellite cloud picture, radar and automatic weather station unconventional observation data on May from 19th to 20th 2016 in Guangxi, the causes and characteristics of four raining belts were analyzed. The results show that: the wide range of heavy rain, high-and-low level weather system configuration and the changes in air activities are closely related, but the causes and characteristics of four raining belts appearing in the eastern Guangxi: the east-west distribution raining belt (I) from the eastern of Hechi to southern of Guilin and northern of Hezhou shows the narrow belt distribution and long-lasting characteristics. The type rain belt II from Laibin to southern of Hezhou, its heavy rain is concentrated in the eastern part, which is made by the front current turning direction caused by the cold air accelerate move to south. Yulin - Nanning city heavy rain belt (III) and Fangchenggang-Beihai heavy rain area (IV) are related to the merge of warm area of convection system and frontal convection system, but III convection system development are more exuberant, long-lasting, so heavy rain zone is wider and the strength is the strongest.

Key Words: Guangxi; rainstorm area; raining characteristics; cause analysis

1 引言

广西地处华南西部的亚热带沿海地区,华南前汛期(4-6月)除了会受到西风带系统的影响外,还

会受到南亚季风和东亚季风的影响,广西前汛期(4-6月)降水在时间上的持续性、突发性,暴雨具有独特性和复杂性,预报难度大,一直是气象研究工作的热点和难点^[1]。从地面影响系统出发,广西前汛期

收稿日期:2016-12-15

作者简介:何珊珊(1989-),广西大新人,助理工程师,现从事中短期天气预报服务工作。

暴雨可以分为锋面暴雨和暖区暴雨两种类型^[2]。造成广西锋面暴雨过程的主要影响系统是冷锋或静止锋,低层切变线、低空西南急流、高空槽(南支槽)、西南低涡等,目前已有诸多研究^[3-8]。暖区暴雨的强降水区主要位于锋前的暖区里或一致的偏南气流中,又可以分为锋前暖区暴雨和变性高压脊后部复合型暖区暴雨。由于其突发性强、暴雨发生前天气尺度扰动的信号弱,暖区暴雨在短期预报中经常出现漏报,近年来国内气象工作者对华南暖区暴雨的特征和成因也有了一定的研究^[8-15]。

2016年5月19-20日,受高空槽、切变线和地面弱冷空气共同影响,广西东部大部地区出现了暴雨到大暴雨,局地特大暴雨的强降水天气过程,大部还伴有雷电等强对流天气。此次过程的强降水主要出现在桂东,明显有四个暴雨量级以上的强降水带,桂东南为过程降水的最强中心。但业务预报中考虑此次过程为较为典型的锋面暴雨过程,暴雨落区主要报在桂北大部和桂东的部分地区,过程最大强降雨中心报在桂东北,对桂东南和沿海强降雨有明显漏报。为了进一步加深对此类暴雨过程的认识、提高业务预报准确率,下面将对上述此次前汛期暴雨过程中四个暴雨带的降水特征及成因进行细致分析,以期对此类暴雨预报提供参考。

2 降雨特征分析

据广西全区自动站降水观测资料统计,2016年5月19日20时-20日20时,3个县(区)的8个乡镇有特大暴雨,42个县(区)的215个乡镇有大暴雨,77个县(区)的354个乡镇有暴雨,79个县(区)的344个乡镇有大雨,最大为玉林北流平政镇387mm;最大的小时雨强出现在20日03时,贺州富川莲山镇鲁洞村一小时降雨127.4mm。全区90站中有10站大暴雨,22站暴雨,达到了广西全区性暴雨过程的标准(暴雨站数20站以上);降雨分布具有暴雨范围广、累计雨量大、降雨强度强的特点。在桂东暴雨区中,有四个暴雨量级以上的强降水带,基本呈东西走向,自北向南分别位于河池东部到桂林南部和贺州北部一带(雨带I),来宾到贺州南部一线(雨带II),南宁到玉林一带(雨带III),以及防城港到北海一线(雨带VI)。其中,南宁-玉林降雨区(雨带III)的强度最强、影响范围最广,防城港-北海降雨区(雨带VI)的影响范围最小;除来宾到贺州南部降雨带(雨带II)的大暴雨量级强降水区明显偏在其东

段外,其他暴雨带的强降雨区东西分布相对均匀。

针对四条暴雨带的降雨特征,统计分析广西全区自动站降水观测资料可知,四条雨带的最强降水中心自北向南分别位于桂林永福广福乡龙溪村(272.6mm)、梧州藤县东荣镇(159.5mm)、玉林北流平政镇(387mm)、钦州大庙墩岛(176.3mm)。降雨持续时间大约为9个小时,其中梧州藤县东荣镇(雨带II)的降水时间最短,仅为7个小时。其中,玉林北流平政镇(雨带III)的小时雨强最大、强降雨出现时间最长,该站50mm/h以上的强降雨出现在两个时段,即20日07-09时和12-13时;桂林永福广福乡龙溪村(雨带I)19日23时开始出现20mm以上的强降水,降水强度较弱,降雨共持续了10小时左右,其中20mm/h以上降雨维持了5个小时,具有较好的持续性;钦州大庙墩岛(雨带VI)的降水前期较弱、基本在20mm以下,降雨后期突增到50mm/h左右并出现了2小时(12-13时);相比而言,梧州藤县东荣镇(雨带II)的降水时间最短、强降雨时段的逐小时雨强差异较大。

结合逐小时降水空间分布可见,此次过程的强降雨带在时由黔桂交界分散的强降雨团组织而成,在其南移过程中逐渐与南侧暖区中的强降雨团合并,20日17时以后强降水带移出我区。

过程之初(19日20时-23时),湘黔桂交界的有零散对流雨团南移,其南侧的桂林、柳州两市南部有较为分散的暖区强降雨团出现,暖区强降雨团的最大小时雨强在50-80mm/h左右。随后的4小时内,零散对流降水雨团迅速组织成东西向的雨带,最大小时雨强在70mm/h左右。雨带宽度较窄,南移十分缓慢,并伴有雷雨大风出现(图略),是河池东部到桂林南部和贺州北部(雨带I)暴雨带的重要组成。桂林永福广福乡龙溪村的强降水,则与缓慢南移的锋面雨带密切相关。

20日04时以后,强降雨带南摆速度明显加快,但其东西两端移速明显不同,雨带逐渐转为东北-西南走向。该雨带东段停滞在贺州一带并维持了7个小时(04时-10时),其西段南移进入南宁、5个小时内(04-08时)迅速横扫南宁北部和东部以及梧州西部,直接造成了雨带II和强降水区明显偏在其东段。梧州藤县东荣镇较短的降雨持续时间,与锋面雨带快速南压有密切关系。

随着主雨带的南移,从20日03时开始,在主降雨带的南侧,南宁、贵港、玉林和沿海的防城港一带

有弱降水出现、最大小时雨强不超过 15mm/h。其中, 南宁到玉林一带的暖区雨团在缓慢东移中持续发展, 06 时以后东移到玉林时基本停滞、发展旺盛, 最大小时雨强超过 40mm/h, 10 时开始与南压进入玉林的锋面雨带合并, 对玉林的影响一直到 17 时左右。结合玉林北流平政镇的小时雨量演变可见, 该站两个时段 50mm/h 以上的强降雨 (07–09 时、12–13 时) 分别与暖区雨团缓慢东移发展、暖区雨团与锋面雨带合并后强烈发展有关。

相比而言, 沿海的暖区雨团则影响范围小、移动缓慢, 12 时东移到北海后与锋面雨带合并, 16 时以后对沿海地区的影响结束; 钦州大庙墩岛 12–13 时的 50mm/h 的强降水则与暖区雨团和锋面雨带的合并密切相关。

由上述分析可知, 此次过程暴雨雨带的出现, 与暖区雨团的发生发展及其与锋面雨带的合并发展密切相关。其中, 河池东部到桂林南部和贺州北部一带的东西向暴雨带(雨带 I)与缓慢南移的锋面雨带密切相关; 来宾到贺州南部一线的暴雨带(雨带 II)及其东强西弱的分布特征, 可能与锋面雨带快速南压和转向有密切关系; 南宁–玉林暴雨区(雨带 III)的强度最强、影响范围最广, 可能与缓慢东移发展的暖区雨团及暖区雨团与锋面雨带合并叠加有关; 影响范围最小的防城港–北海暴雨区(雨带 VI)则可能由暖区雨团与锋面雨带合并叠加造成。

3 成因分析

3.1 大尺度环流背景

这次暴雨过程是在非常有利的大尺度环流背景和天气系统影响下产生的。强降雨发生前夕, 5 月 19 日 20 时, 对流层中层 500hPa 高纬度地区呈现一槽一脊型, 新疆东部高空槽配合较强冷空气东移影响我国北方地区, 青藏高原东侧的中纬度低槽配合冷槽东移并与其北侧的小槽相接, 在两湖盆地发展出现闭合的低中心。此时低涡冷槽位于湘黔交界, 槽底位于河池附近, 槽前的正涡度平流有利于低层低压系统发展(图 1a)。在 850hPa 的低空(图 1c), 影响我区的低涡此时中心东移南压到江南南部的湖南境内, 低涡西部冷式切变线位于黔桂交界, 其南侧西南气流向北输送暖湿气流, 但其强度未达到急流量级。随着高空槽的东移、低层切变线南压, 地面弱冷空气从东路逐渐影响我区。在地面气压场上(图 1e), 暖低压控制了广西西部地区, 地面冷高压东移入海, 在

冷暖空气对峙下, 入海高压底部的静止锋在贵州南部一带摆动, 受暖低压的阻挡锋面南下缓慢。此外, 在 200hPa 的高空(图略), 南压高压中心位于孟加拉湾, 我区上空处于其东北象限的分流辐散区中, 对暴雨的发生十分有利。从上述高低空影响系统的三维配置来看, 地面锋面处于高空槽附近, 与低层切变线

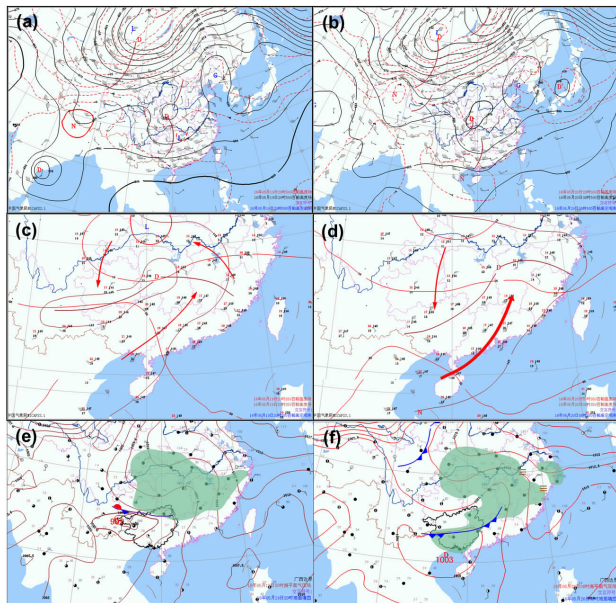


图 1 500hPa、850hPa、地面形势图(左列为 5 月 19 日 20 时, 右列为 5 月 20 日 08 时)

的水平距离较近, 锋面坡度较陡, 符合第二型冷锋的基本特征, 冷平流较强, 气流下沉, 在合适的水汽条件下仅地面锋线附近暖空气被抬升, 容易产生移动快速、宽度较窄的强降雨区和强烈的雷雨大风天气, 对河池东部到桂林南部和贺州北部一带强降雨的形成十分有利。

到了 20 日 08 时, 500hPa 位于华中地区的冷涡在东移中由于受渤海地区高压环流的阻挡稳定少动, 冷涡南侧高空槽断裂为南北两支, 南边这一支高空槽缓慢东移到 110°E 以东, 我区上空的正涡度平流区范围减小, 高空槽对我区的影响逐渐结束(图 1b)。850hPa 低层(图 1d)低涡在东移中有明显发展, 低涡西侧原本东西走向的冷式切变线南摆为东北–西南向, 伴随有切变线两侧气流的明显加强, 有利于锋面雨带转向和锋面南侧暖区降水的发生和发展。在地面图上(图 1f), 可见冷锋南压到桂中一带, 地面暖低压减弱南掉。其中, 冷锋的东段向南略超前于低层切变线和高空槽, 西段位置与低层切变线位置基本重合, 对南宁一带强降雨区和强烈的雷雨大风

天气的出现十分有利。在暴雨过程期间,由于850hPa切变线和地面中尺度辐合线一直呈准垂直分布(图5),在我区自北向南移动的锋面雨带也一直呈窄带型式。由此可知,低层切变线北侧偏北气流的加强,推进了冷式切变线西段加速南压和地面冷锋的进一步南推;而切变线南侧西南风急流建立,成为了桂南地区暖区强降水的发生发展的关键条件。

由上述分析可知,此次暴雨过程的天气尺度影响系统为500hPa高空槽、850hPa低涡切变线以及地面静止锋。在高空槽东移和切变线迅速南压的过程中,由于高低层天气系统的准垂直分布、冷空气的加速南下和偏南气流的发展加强,给广西大范围强降水的出现提供有利的大尺度环流条件。

3.2 环境条件分析

假相当位温是重要的温湿特征参数,能有效地指示锋区位置^[6]。对热力、动力等环境条件进行诊断分析(图2,见彩页),可知19日20时,850hPa低涡切变线附近为较强的比湿梯度区、水汽通量辐合区和假相当位温梯度区,锋区较强,冷暖空气在此强烈交汇、水汽辐合强烈。切变线南侧的西南气流区中,比湿超过15g/kg、假相当位温超过76℃(340K),为暴雨的发生提供了充足的水汽条件和热力条件。在925hPa的超低空,切变线位置与850hPa基本一致,但低涡位置偏西偏南,切变线偏北一侧为江南地区偏东风、西南地区东部偏北风与华南地区偏南风这三支气流的辐合中心,对应为500hPa的垂直上升中心,在一定程度上为我区暴雨的发生提供了大尺度的系统性抬升环境,但对触发降雨的作用十分有限。

随着高空槽东移和冷空气南下,20日08时,850hPa和925hPa切变线以及锋区南压到桂中,假相当位温梯度变小、锋区强度减弱,低涡中心附近有很强水汽的辐合和垂直上升运动,低涡切变线北侧的桂北一带比湿明显减小、使得桂北降水趋于结束,切变线附近及其以南的桂南地区为低空西南急流控制、该区域上空比湿维持14g/kg以上,为锋面南侧的桂南强降水的维持提供有利的系统性的热动力条件和充沛的水汽条件。

3.3 中尺度特征分析

广西暖季强降水往往是由中小尺度系统直接造成的。受地面暖低压的阻挡,19日17时地面辐合线位于黔桂交界一带,与20时地面锋面的位置基本一致,可见锋面南压十分缓慢。19日20–22时,850hPa

切变线和地面锋线(地面辐合线)缓慢南压,切变线南侧西南气流加强到急流强度,地面中尺度辐合线附近及其南侧的暖区中有对流发展,对流单体的分布较为分散、组织性较差(图3a,见彩页),小块的云盖顶部发展出白亮的云顶,云顶亮温(TBB)低至-72℃以下(图4a,见彩页)。随后,云团逐渐发展相接成为东西带状,地面辐合线附近的大量对流单体迅速组织成线状(图3b,见彩页)。到了20日02时(图3c、图4c,见彩页),850hPa切变线南移进入桂北,云带面积明显增大、覆盖了桂北大部,对应的降雨出现在云团北侧TBB梯度大值区附近。此时,在组合雷达反射率因子图上,可见大片层状云降水回波发展、对流云降水回波出现在其南缘。在此期间,锋面附近的中小尺度对流系统(简称锋面对流系统)主要沿着切变线东移,南北移动分量较小,多个对流单体不断东移形成列车效应,直接造成了河池东部到桂林南部和贺州北部一带强降水(雨带I)的发生。

随着冷式切变线南移,云带发展成为较为宽广的切变线型云系。由于冷空气加速南下,切变线北侧偏北气流加大和弱偏西分量的出现,20日04–06时(图3d–e、图4d–e,见彩页)冷式切变线西段加速南摆、切变线东段的南移速度依旧十分缓慢,由此,冷式切变线在桂北、桂中一带转为东北–西南走向。对应的雷达组合反射率图上呈现出层状云降水回波中夹杂着团块状的对流云降水回波的特征,大面积的层状云降水回波稳定分布在地面中尺度辐合线东段(桂东北地区),对流性降水回波则出现在地面辐合线西段附近,此处不断有对流单体在地面辐合带西段生成,并沿切变线向东北方向快速移动。这是由于切变线西段为较强的气旋性切变区,冷暖空气交汇强烈造成的。由此可见,冷空气加速南下导致的冷式切变线的转向,造成了东段降水回波南移缓慢、西段大量对流单体生成和发展形成“列车效应”,直接导致了来宾到贺州南部一线强降雨(雨带II)的出现。

在切变线南侧西南急流控制的桂南地区,20日04时(图3d、图4d,见彩页),崇左东部到南宁一带开始有暖区对流云(TBB可达-52℃)和零散的对流单体群生成发展。这些暖区对流系统在桂南地区以东移为主,20日06时移至南宁东部到玉林一带(图3e、图4e,见彩页)。在玉林东部靠近广东边界一带,由于云开大山南缘迎风坡的地形抬升作用,对流单体生成并缓慢东移北上,广东和玉林交界一带发展

出一个较为独立的白亮云团, TBB 在 -62°C 左右。20 日 09 时(图 3f、图 4f, 见彩页), 云开大山附近依然有暖区对流单体生成发展, 锋面对流系统(带状主回波)东移南压、锋面雨带东移南压到桂东南一带, 逐渐与南宁到玉林一带东移的暖区对流系统合并。在冷空气、暖湿气流和地形的共同作用下, 这些中小尺度对流系统在桂东南发展旺盛, 是南宁到玉林一带强降水(雨带 III)的直接原因。

在此期间, 可能由于海陆风和海陆地形摩擦的差异, 在 20 日 06 时(图 3e、图 4e, 见彩页), 沿海地区有密集的暖区对流单体生成和发展, 向东移动缓慢, 单体群的主体主要位于海上, 对应的红外云图上可见该对流群发展出团块状的云顶, TBB 在 -72°C 以下。20 日 09–11 时(图 3f–g、图 4f–g, 见彩页), 低层切变线和地面中尺度辐合线南移至桂东南和沿海一带, 沿海地区对流发展旺盛, 具有白亮云顶的团块状对流云团范围不断扩大。13 时以后(图 3h、图 4h–i, 见彩页), 地面中尺度辐合线东移南压至广西东南部和广东交界一带, 带状主回波东移南压、与沿海地区的暖区对流系统合。由此可见, 沿海地区暖区对流单体不断生成、合并、发展以及与锋面附近的主对流带合并后强烈发展, 直接导致了沿海地区暴雨(雨带 IV)的出现, 但对流系统发展的旺盛程度和持续时间均不及雨带 III。对于西南急流控制下暖区对流系统的强烈发展考虑的不足, 可能是业务预报中漏报桂东南和沿海强降雨的重要原因。

综合上述分析可见, 在冷暖空气的强烈交汇作用下, 锋面附近零散的中小尺度对流系统在组织成带状以后东移南压, 并经历了稳定少动、转为东北–西南走向、与暖区对流系统合并这三个过程。其中, 受地面暖低压的阻挡, 锋面对流系统南北少动, 直接造成了河池东部到桂林南部和贺州北部一带强降水(雨带 I)的发生; 冷空气加速南下导致的锋面对流系统转向, 锋面雨带在桂东北的停滞, 直接导致了来宾到贺州南部一线强降雨(雨带 II)的出现; 南宁–玉林暴雨区(雨带 III)和防城港–北海暴雨区(雨带 IV)的出现都与锋面对流系统和暖区对流系统的合并发展有关, 但受地形影响, 雨带 III 的对流系统发展更为旺盛、持续时间也 longer。

4 小结与讨论

(1) 2016 年 5 月 19–20 日全区性暴雨过程发生在高空槽东移和切变线迅速南压的过程中, 由于高

低层天气系统的准垂直分布、冷空气的加速南下、西南气流的加强和维持, 加上充足的水汽条件以及系统性的热力和动力抬升条件, 广西东部出现了大范围暴雨天气。

(2) 广西东部四条暴雨带的降雨特征有所不同: 河池东部到桂林南部和贺州北部一带的东西向暴雨带(雨带 I)雨带宽度较窄、南移缓慢、降雨持续时间长, 与缓慢南移的锋面雨带密切相关; 来宾到贺州南部一线的暴雨带(雨带 II)及其东强西弱的分布特征, 与锋面雨带转向有关; 南宁–玉林暴雨区(雨带 III)的降雨时间长、强度最强、影响范围最广, 与发展旺盛的暖区雨团以及暖区雨团与锋面雨带合并叠加有关; 防城港–北海暴雨区(雨带 VI)影响范围最小, 则主要与暖区雨团与锋面雨带合并有关。

(3) 四条暴雨带的成因有所不同: 雨带 I 主要由受地面暖低压的阻挡所导致的锋面附近中小尺度对流系统南北少动造成; 冷空气加速南下导致的锋面对流系统转向, 导致了雨带 II 的出现; 雨带 III 和雨带 IV 的出现都与锋面对流系统和暖区对流系统的合并发展有关, 但受地形影响, 雨带 III 的对流系统发展更为旺盛、持续时间也 longer。

参考文献:

- [1] 黄土松, 李真光, 包澄澜, 等. 华南前汛期暴雨 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1986: 58–63.
- [2] 蒙远文, 蒋伯仁, 韦相轩, 等. 广西天气及其预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1989.
- [3] 李向红, 蒋丽娟, 姚立宏. 夏季风系统影响下广西锋面型强暴雨动力及水汽输送特征 [J]. 气象科技, 2006, (3): 254–259.
- [4] 李菁, 黄治逢, 高安宁, 吕平. 广西重大锋面暴雨天气过程的特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (1): 1–4+12.
- [5] 李菁. 广西大范围锋面暴雨天气过程的特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S2): 2–4.
- [6] 李菁, 祁丽燕, 黄治逢. 华南西部重大锋面暴雨天气过程研究 [J]. 热带气象学报, 2009, (S1): 48–58.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 黄治逢, 谢凯, 姚才. 广西前汛期暖区暴雨与环流系统

(下转第 40 页)

参考文献

- [1] 巴德 MJ, 福布斯 GS, 格兰特 JR, 等. 卫星与雷达图象在天气预报中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 308-309.
- [2] 林宗桂, 李耀先, 林开平, 等. 一个长生命期中尺度对流系统维持机制的研究 [J]. 气象学报, 2009, 67 (4): 640-651.
- [3] 林宗桂, 林开平, 李耀先, 等. 一个高空槽前中尺度对流系统发生发展过程和机制研究 [J]. 气象学报, 2011, 69 (5): 770-781.
- [4] 林宗桂, 林墨, 林开平, 等. 一股高原南下弱冷空气触发准静止锋对流过程分析 [J]. 热带气象学报, 2014, 30 (1): 111-118.
- [5] 罗红磊, 陈海山, 林宗桂, 等. 一条弱静止锋上对流系统发生过程的中尺度特征 [J]. 热带气象学报, 2013, 29 (1): 106-114.
- [6] 李菁, 黄治逢, 高安宁. 广西重大锋面暴雨天气过程的特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (1): 1-4.
- [7] 林墨, 廖雪萍, 林宗桂. 卫星与自动站资料分析处理系统设计原理和实现 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (1): 61-66.
- [8] 林墨, 王汝凉, 林宗桂. 中尺度对流系统概念模型抽象化描述原理和方法 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (2), 18-21+104.
- [9] 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.
- [10] 林宗桂, 林开平, 陈翠敏. 典型带状云系强降雨过程卫星云图演变特征分析 [J]. 广西气象, 2003, 24 (4): 11-16.
- [11] 唐新, 林宗桂, 黎家宜, 等. 一条南北向暴雨带的降雨特征及成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3): 1-4.
- [12] 林宗桂, 林开平, 陈翠敏, 等. 一次暴雨过程天气尺度云系演变特征分析 [J]. 广西气象, 2005, 26 (3): 1-8.
- (上接第 35 页)
- 特征分析 [J]. 广西气象, 1989, 10 (1): 26-29.
- [10] 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, (10): 50-57.
- [11] 赵金彪, 罗建英, 高安宁, 等. 2008 年 6 月广西锋前暖区暴雨过程分析 [J]. 热带地理, 2010, (2): 145-150.
- [12] 刘蕾, 李宜爽, 张凌云, 等. 广西汛期 2 次暖区暴雨成因的对比分析 [J]. 中国农学通报, 2016, (5): 136-143.
- [13] 张晓美, 蒙伟光, 张艳霞, 等. 华南暖区暴雨中尺度对流系统的分析 [J]. 热带气象学报, 2009, (5): 551-560.
- [14] 徐燚, 闫敬华, 王谦谦, 等. 华南暖区暴雨的一种低层重力波触发机制 [J]. 高原气象, 2013, (4): 1050-1061.
- [15] 何立富, 陈涛, 孔期. 华南暖区暴雨研究进展 [J]. 应用气象学报, 2016, (5): 559-569.
- [16] 陈翔翔, 丁治英, 刘彩虹, 等. 2000—2009 年 5、6 月华南暖区暴雨形成系统统计分析 [J]. 热带气象学报, 2012, 28 (5): 707-718.