

文章编号:1673-8411 (2014) 02-0014-05

一次广西东部季风爆发前夕短历时强降水分析

刘晓梅¹, 陈 见¹, 李向红², 黄明策¹, 何 立³

(1.广西区气象台, 广西 南宁 530022; 2.桂林市气象局, 广西 桂林 541001;

3.广西气象减灾研究所, 广西 南宁 530022)

摘 要:利用常规气象资料和卫星云图、雷达、自动站等非常规资料,对2012年5月12日夜间发生在广西东部地区的局地短历时强降水进行诊断分析,结果表明:(1)这次特大暴雨具有夏季风降水的特征和性质,它是在副高较弱,南海季风爆发前夕季风涌活跃北抬且西南暖低压强盛的背景下,由500hPa短波槽、850hPa中- α 尺度低涡及切变线和地面冷锋共同影响造成的。冷锋前部侵入边界层的浅薄冷空气是此次特大暴雨的触发抬升机制。(2)从多普勒雷达回波和卫星云图特征分析,此次特大暴雨是季风涌和锋面云系相互作用而形成的一个长时间滞留该地的MCS和超级单体所造成。(3)在西南季风活跃时局地强降雨发生前不一定要有西南低空急流的建立。

关键词:短历时强降水;季风涌;中尺度特征

中图分类号:P458.1+21

文献标识码:A

Analysis of a short-time strong precipitation before onset of the monsoon in Guangxi eastern

Liu Xiao-mei¹, Chen Jian¹, Li Xiang-hong², Huang Ming-ce¹, He Li³

(1.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi, 530022;

2.Guilin Municipal Meteorological Service, Guilin Guangxi, 541001;

3. Guangxi Institute of Meteorological Disaster Mitigation, Nanning Guangxi, 530022)

Abstract: Based on the conventional observation, satellite, radar, and automatic station rainfall data, a short-time strong precipitation, which occurred in Guangxi eastern on the night of May 12, 2012, is analyzed. The conclusions are as follows: (1) the rainstorm, which have the features of summer monsoon precipitation, caused by short wave trough at 500hPa, meso- α -scale vortex at 850hPa and cold front with this background that the western Pacific subtropical high is weak, the southwest warm low is strong and the monsoon surge is active forward the north before onset of the monsoon. Cold air intruding into the boundary layer is the triggered mechanism. (2) From the picture characteristics of Doppler radar and satellite, the heavy rain caused by the MCS long-term retention and supercell storm which are formed by interaction of monsoon surge and frontal cloud. (3) During the active monsoon period it does not necessarily establish the southwest low-level jet that can result in the strong rainfall. (4) There are more indication the specific humidity than the water-vapor flux divergence before the heavy rains occurred and it can well provide the reference for now casting.

Key Words: short-time strong precipitation; monsoon surge; meso-scale characteristics

收稿日期:2013-11-25

基金项目:华南区域气象中心“广西汛期连续性暴雨强信号”(CRM2012M07);广西自然科学基金“孟加拉湾对流对广西锋面暴雨影响机制研究”(2013GXNSFAA019288);广西青年基金“基于FY2的广西夏季暴雨MCS时空分布特征研究”(2012GXNSFBA053133)

作者简介:刘晓梅(1975-),女,硕士,主要从事天气预报和灾害性天气研究工作。E-mail:lxm@163.com

华南前汛期(4–6月)暴雨基本都与冷暖空气的交绥以及华南季风有关^[1–8]。每年季风爆发后,西南季风气流给华南上空带来充沛的水汽,暴雨、强对流等灾害性天气频繁出现,常引发暴洪、泥石流和山体滑坡等灾害,对人民生命财产安全造成严重威胁。对于华南前汛期暴雨的研究目前较多,已取得了诸多成果。陶诗言等^[9]对华南前汛期暴雨的特征及成因进行了论述。李向红^[10]等认为来自印度的西南季风和副高边缘的偏南风与南半球越赤道气流折向而成的西南气流在南海形成一条辐合渐近线是华南暴雨的低纬环流特征。夏茹娣^[11]综合出一类华南前汛期锋前暖区暴雨有关影响因子。池艳珍^[12]等指出华南前汛期降水由锋面降水和夏季风降水两个时段组成。郑彬^[13]等认为华南前汛期夏季风降水开始于南海夏季风爆发之后。以往对华南前汛期暴雨实验研究的重点区域在珠江三角洲^[14–16],主要关注 110°E 以东地区,对位于华南西部的广西区域涉及较少。广西位于云贵高原以东、南岭以南,地形上具有典型的喇叭口特征,其环流形势与华南东部有所不同。且对华南前汛期暴雨研究基本都是对夏季风爆发后 6 月暴雨的研究^[17–18]较多,而对处于春夏交替季风爆发前夕 5 月暴雨的研究较少,此时发生的暴雨往往具有局地性、突发性等特点,短历时雨量大,引发灾害重,预报难度大,因此有必要对此类暴雨进行分析研究。

2012 年 5 月 12–13 日在季风爆发前夕(2012 年南海夏季风于 5 月 4 候爆发),广西东部和沿海出现了大范围暴雨过程,其中东部的贵港市桂平县出现短时特大暴雨,造成了严重的人员伤亡和财产损失。本文对此次短历时强降水进行诊断分析,揭示其形成机理,寻找预报着眼点,为短期及短时临近预报积累经验并提供参考依据。

1 雨情概况

据广西全区中尺度自动站累积雨量统计,5 月 12 日 20 时至 13 日 20 时特大暴雨或以上($\geq 250\text{mm}$)有 3 站,出现在贵港地区桂平县的西山镇和南木镇,最大为南木镇 328.2mm;大暴雨(100–249.9mm)有 82 站;暴雨(50–99.9mm)有 320 站;大雨(25–49.9mm)有 351 站;中雨(10–24.9mm)有 202 站;小雨(0.1–9.9mm)有 494 站。特大暴雨造成了非常严重的洪涝灾害和人员伤亡。此次降雨过程具有影响范围广、局地降雨强度大、降雨时间集中、灾情重等特点。

在这次强降雨过程中,5 月 12 日 21 时至 13 日

00 时桂平县西山镇 3 小时降水量为 256mm,降水主要集中在前 2 小时,高达 219.2mm。其强度之强为历史所罕见,具有夏季风降水的特点。

2 环流形势特征及主要影响系统

2.1 环流形势特征

5 月 12 日 20 时(以下均为北京时)500hPa(图略),欧亚中高纬地区为两脊一槽型,乌拉尔山和鄂霍次克海为高压脊区,中国东北到华北一带为低槽区,东北冷涡中心稳定维持在黑龙江北部,槽线为东北—西南走向,有利于引导槽后冷空气南下。南支锋区气流多波动,有短波槽东移至广西上空。副热带高压主体位于海上,脊线位于南海一带,呈东西走向,广西处于副高北侧偏西气流控制之下。5 月 12 日 850hPa(图 1),08 时广西南部至湘赣一带有支很强的西南急流(图中黑色箭头),最大风速为 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;且广西全区假相当位温均大于 340K(图 1a),季风涌特征非常明显。虽然在桂平暴雨前后广西低层的西南风已减弱(图 1b),没有出现低空急流,但是 08 时季风涌已持续不断地将不稳定能量和水汽从孟加拉湾经中南半岛或南海输送到广西,使得 12 日 20 日的假相当位温明显增大(图 1b),积累了充足的大气不稳定能量。所以在西南季风活跃时局地强降雨发生前不一定要有西南低空急流,此次强降水已具有夏季风降水的特征和性质。5 月 12 日 20 时地面,西南暖低压发展强盛(图 2a),中心气压在 1000hPa 左右,低压中心位于云南南部,外围的 1002.5 线东伸至柳州一带。广西处于地面倒槽中。据历史统计,这种地面背景形势能有效地将水汽聚集在广西上空,使得广西上空的水汽非常充沛。非常有利于广西暴雨的发生。

2.2 影响系统分析

从高空尺度分析图上(图 2)可以看出,12 日 08 时(图 2a)500hPa 上空有一短波槽位于贵州中部,低层 850hPa 湘黔滇一带有一中尺度 α 低值系统,同时在其南侧自广西南部至桂林南部有一明显的低空急流。至 20 时(图 2b)500hPa 短波槽已从贵州一带东南移至广西东部,暴雨区(图中星状)就在其附近;副热带高压强度较弱,但 584 线范围较广,暴雨区位于 584 线北部边缘。700hPa 槽线位于湖南至广西西部,槽线南段未过桂中。850hPa 低值系统已从湘黔滇一带南压进入广西西部至东北部,暴雨区在低值系统南侧,切变线呈西南—东北向,靠近桂

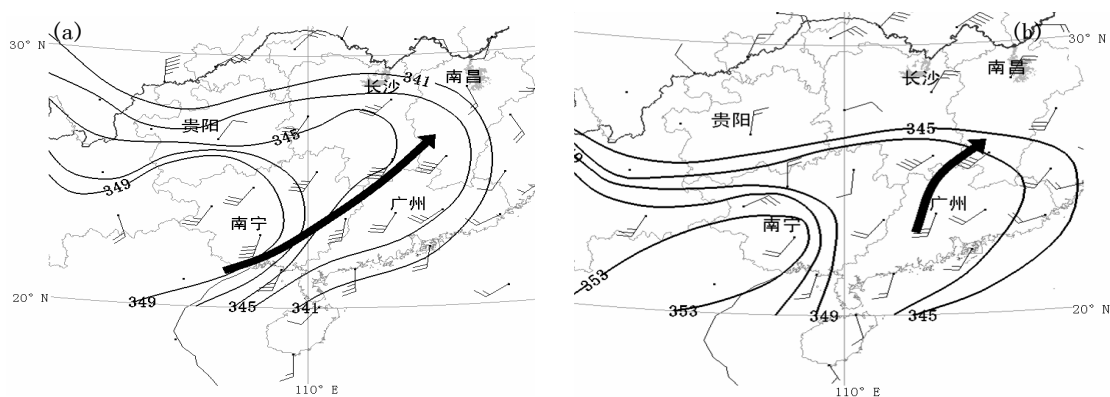


图1 5月12日08时(a)和20时(b)850hpa 风场和假相当位温

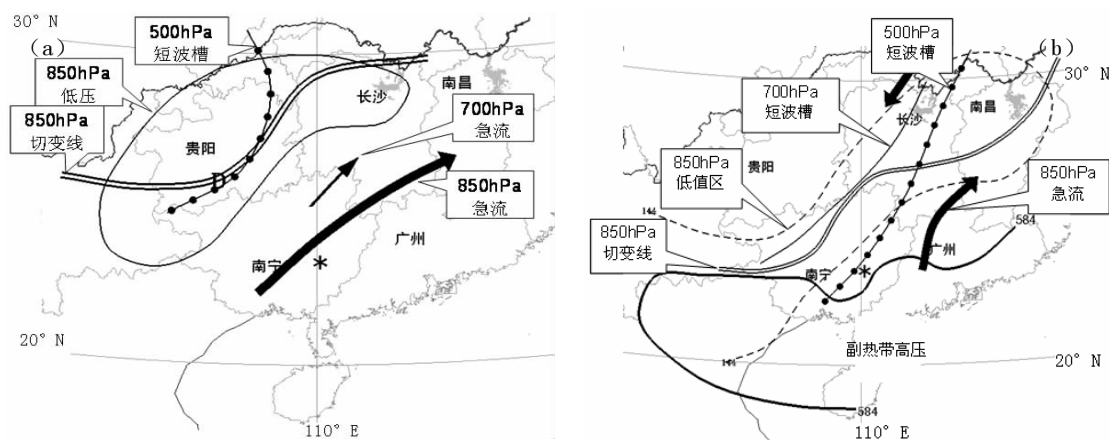


图2 5月12日08时(a)和20时(b)高空中尺度分析图

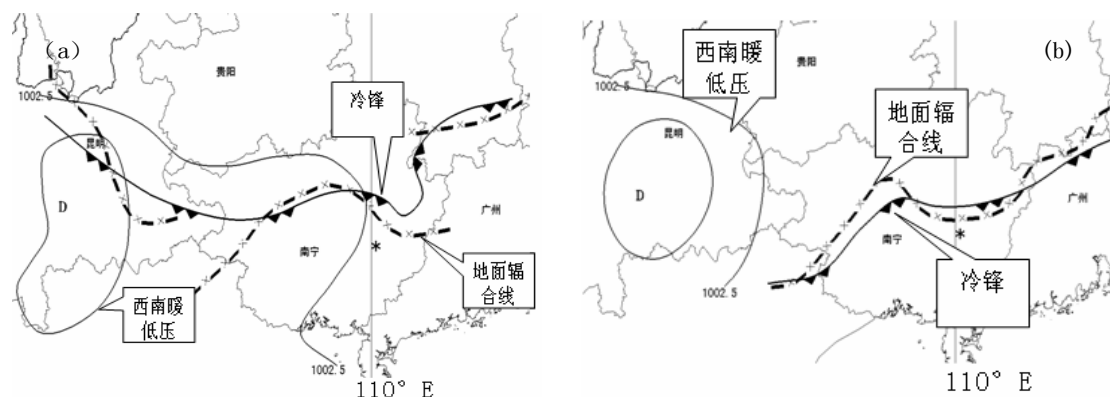


图3 5月12日20时(a)和23时(b)地面中尺度分析图

北但尚未南下,其南侧的低空急流已减弱东移至粤北一带,北侧的东北气流前部到达了湖南北部。至13日08时(图略),500hPa短波槽南段稳定少动,北段已东移至粤北。随后不断有短波槽东移。850hPa低值系统已减弱基本消失,切变线稳定少动随后北抬。

地面中尺度分析图上(图3),5月12日20时(图3a),冷空气进入广西,冷锋基本呈东西向,已压

到贺州至百色一线,距离暴雨区100多公里。23时冷锋北段和中尺度辐合线移到暴雨区北侧附近(图3b),但没有到达暴雨区。说明这次短历时强降水属于锋前暖区暴雨。

3 物理量场诊断分析

3.1 动力条件

3.1.1 涡度和散度场

暴雨发生前 12 日 20 时, 涡度场上(图略), 广西上空低层(850hPa)基本为正涡度, 高层(200hPa)则为负涡度。其中 12 日 20 时低层正涡度大值中心在桂林一带, 为 $40 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 也是整个过程的最大值, 从 12 日 20 时至 13 日 08 时大的正涡度从桂北向桂南传递, 桂平的涡度也相应增大了约 $8 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, 达到了过程峰值; 散度场上, 超低空(925hPa)散度为负值, 925hPa 辐合最强; 700hPa 及其以上均为正散度, 至 200hPa 正散度值最大, 辐散最为强烈。这种超低空强辐合、中高层强辐散非常有利于强烈的上升运动。13 日 08 时散度的这种垂直分布有所变化, 在 500hPa 出现了负散度, 上升运动有所减弱, 降水也有所减弱。由此可见散度的强弱和垂直分布与降水强度有较好的对应关系。分析表明, 12 日 20 时至 13 日 08 时涡度、散度的垂直分布对中尺度对流上升运动十分有利。

3.1.2 垂直速度

广西上空 500–700hPa 的垂直速度(ω)(图略), 从 12 日 08 时开始上升运动区自北向南扩展, 12 日 20 时广西上空基本为上升运动控制, 13 日 08 时上升运动区又明显缩小, 仅在桂东一带。由此可见垂直速度和降水对应较好。

3.2 水汽条件

5 月 12 日 20 时水汽通量散度(图略)在 850–700hPa 桂东一带均为辐散, 直到 13 日 08 时开始, 桂东一带 700hPa 的水汽通量散度才转为辐合并迅速增大, 中心最大值达 $-11.2 \times 10^{-5} \text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$, 之后转为辐散, 广西降水趋于结束。

因此仅通过水汽通量散度场分析水汽条件来预报桂平这次暴雨过程很可能会造成预报偏弱而漏报, 但是分析比湿场(图略)会发现: 暴雨发生前, 广西低层的比湿均维持在 $13 \text{g}/\text{kg}$ 以上, 超过了广西 5 月份历年平均值 $11.8 \text{g}/\text{kg}$, 而且 12 日 20 时 700hPa 比湿场桂东约在 $10 \text{g}/\text{kg}$, 表明此时广西东部上空的湿层较厚。所以在桂平暴雨过程中虽然水汽通量散度没有参考意义, 但是比湿有很好的指示意义。

3.3 热力及稳定度条件分析

选择梧州站(距离桂平较近)12 日 20 时的温度对数压力图进行热力稳定度条件分析(图略), 发现此次过程对流有效位能 CAPE 值为 $552 \text{J}/\text{kg}$, 正不稳定能量较小, 没有很好的指示意义; K 指数为 40°C , 不稳定条件较好(在广西一般 K 指数 $\geq 38^\circ\text{C}$ 是产生局地短历时强降水的重要环境条件)。其中 $T_{850-500}$ 为

25°C , 这种上冷下暖的温度垂直结构增加了大气的的不稳定度; 沙氏指数 SI, 为 -0.78°C , 小于 0°C , 也表征着大气不稳定; 垂直切变 0–3km 约为 10ms^{-1} ; 0–6km 约为 12ms^{-1} , 属中等强度, 有利于强降水的发生; 局地短历时强降水要求对流层中低层有较大的湿度, 梧州的 700hPaT–Td 为 1°C , 具备了产生强降水的良好水汽条件。

4 卫星云图和雷达回波特征分析

4.1 卫星云图分析

从云图的连续演变来看(图 4, 见彩页), 这次桂东和沿海的大范围暴雨不单纯由锋面云系所造成, 而是锋面云系南压和季风涌云系相互叠加的效应。自 5 月 12 日 14 时左右锋面云系进入桂北后, 桂北开始出现暴雨, 这说明桂北的暴雨是由锋面云系入境形成的, 但是随着锋面云系进一步南压与来自南海经中南半岛到广西上空的季风涌相遇后暴雨就转为锋面云系和季风涌共同作用而形成。5 月 12 日 16 时(图 4a, 见彩页), 在广西有两条云带, 一条是由贵州进入广西的锋面云带(图中上部绿色椭圆); 另一条是季风涌所产生的云带(图中下部绿色椭圆)。桂平(图中黑色方块)处于季风涌云带中。19 时(图 4b, 见彩页), 两条云带在桂东有所合并, 且季风云系发展加强沿锋面向东北方向移动。22 时(图 4c, 见彩页)云系已移至暴雨点(图中黑色方块)边缘, 至 13 日 00 时才完全移过暴雨点。综上所述, 桂平暴雨主要是由季风涌和锋面云系相互作用而形成。

4.2 雷达回波特征分析

4.2.1 基本反射率特征分析

柳州雷达回波显示: 5 月 12 日 21 时 21 分有两条带状回波(图略), 最大强度均为 57dBZ 。其中一条回波较强, 位于柳州北部, 50dBZ 区域面积较大, 呈东北–西南走向, 基本形态为爬线; 另一条回波较弱, 位于贵港至南宁一带, 50dBZ 区域面积较小, 呈线状。在这条线状回波上桂平南部有一较强的雷暴单体, 最大强度为 57dBZ , 造成了桂平暴雨。在这两条带状回波之间有很宽的弱回波区, 没有发现阵风锋。从雷达回波的连续演变来看(图略), 这两条带状回波稳定少动, 桂平南部的雷暴单体也在原地稳定少动, 并不断有新生单体并入。

从柳州雷达回波顶高(ET)和垂直积分液态水含量(VIL)连续演变来看(图略), 21–23 时最大 ET 均为 17KM 。21 时至 22 时 VIL 最大为 $47 \text{kg}/\text{m}^2$, 22–

23 时稍有下降为 42kg/m^2 , 这个值与广西其它地区相比虽然不大但是对于贵港地区而言这个值是比较大的。这充分说明了该雷暴单体发展很强盛。

4.2.2 基本径向速度特征分析

从 21 时至 23 时桂平基本径向速度的连续演变(图略)来看,桂平暴雨区的径向速度特征非常明显。在柳州雷达 1.5° 仰角上,自 21 时开始表现为中尺度辐合,21 时 39 分左右发展强盛形成了一个中气旋,中气旋的高度较高在 5.2 公里处,最大正负速度对为 10(12),此后中气旋又减弱为中尺度辐合,所以 21-22 时以中尺度辐合为主要特征。22 时 21 分又从中尺度辐合发展为一个中气旋,同样也在 5.2 公里处,最大正负速度对为 5(7),22 时 33 分中气旋强烈发展,最大负速度为 -10(-12),最大正速度为 5(7),22 时 44 分开始减弱形状开始不标准但是 22 时 50 分出现了双中气旋,较强的一个最大负速度为 -10(-12),最大正速度为 5(7),只是范围较 22 时 33 分小。22 时 56 分减弱至 23 时 26 分完全消失。

综上所述,将雷达回波特征和径向速度特征结合起来,可以判定造成桂平暴雨的就是一个超级单体。且此超级单体因为不断有新的雷暴单体卷入而稳定维持,从而造成了桂平短历时强降水。从雷达基本反射率和基本速度来看,5 月 12 日 21-13 日 00 时桂平强降水主要是由超级单体长时间滞留造成的。

5 总结与讨论

(1) 在南海季风爆发前夕季风涌活跃北抬这种大背景下,要重视北方冷空气动向,如果北方冷锋南下就必须进入预警状态,及时发布预报预警。

(2) 桂平短历时强降水是在南海季风爆发前夕季风涌活跃北抬且地面倒槽较强副高偏弱的背景下,由 500hPa 短波槽、850hPa 的中- α 尺度低值系统和地面冷锋配合共同影响造成的。副高偏南偏弱,利于季风涌北移提供暴雨生成所需的水汽形成强降水。

(3) 在西南季风活跃时局地强降雨发生前不一定要有西南低空急流的建立才能产生大暴雨。

(4) 将地面图、云图和雷达回波综合分析,此次桂平短历时强降水和柳州北部的降水性质不同,属于暖区暴雨,且冷锋前部侵入边界层的浅薄冷空气是主要的触发系统。

(5) 从多普勒雷达和卫星云图特征分析,桂平特大暴雨主要是由季风涌和锋面云系相互作用而形成的一个长时间滞留该地的 MCS 和超级单体所造成。

(6) 桂平特大暴雨发生前水汽通量散度指示意义小,而比湿的指示意义更明显,能给短时临近预报提供可靠的参考。

参考文献:

- [1] 黄海洪,林开平,高安宁,等.广西天气预报技术和方法 [M]. 北京:气象出版社,2012: 53.
- [2] 吕兆雅.我区前汛期环流特征及预报思路 [J]. 广西气象, 1981, 3 (3): 9-13.
- [3] 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.
- [4] 高安宁,梁志和,吴仁才.广西汛期大范围持续性暴雨天气过程中期预报研究 [J]. 广西气象, 1999, 20 (1): 2-7.
- [5] 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.
- [6] 马慧,陈桢华.2005 年 6 月华南暴雨的气候背景 [J]. 广东气象, 2005 (4): 14-16.
- [7] 廖雪萍,覃志年,何慧等.南海夏季风爆发早晚对广西气候的影响 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (3): 12-17.
- [8] 黄香杏,林开平,赵江洁.广西大范围致洪暴雨天气模型 [J]. 广西气象, 2001, 22 (1): 21-23.
- [9] 陶诗言.中国之暴雨 [M]. 北京:科学出版社, 1980, 1-71.
- [10] 李向红.华南前汛期大范围暴雨的合成分析 [J]. 广西气象, 2001, 22 (2): 1-6.
- [11] 夏茹娣,赵思雄,孙建华.一类华南锋前暖区暴雨中尺度系统环境特征的分析研究 [J]. 大气科学, 2006, 30 (5): 989-1008.
- [12] 池艳珍,何金海,吴志伟.华南前汛期不同降水时段的特征分析 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28 (2): 163-171.
- [13] 郑彬,梁建茵,林爱兰,等.华南前汛期的锋面降水和夏季风降水 I.划分日期的确定 [J]. 大气科学, 2006, 30 (6): 1207-1216.
- [14] 黄晓梅,叶树春,周武等.粤西地区一次前汛期的暴雨过程分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (4): 34-38.
- [15] 叶萌,张东,何夏江."05.6" 广东致洪暴雨过程的预报着眼点 [J]. 广东气象, 2006 (1): 35-38.
- [16] 文丹青,黄波,刘峰.一次华南前汛期锋前暖区暴雨的分析 [J]. 广东气象, 2011, 33 (2): 9-15.
- [17] 周能,李生艳,苏洵.08.6 广西连续暴雨的大尺度环流和物理条件分析 [J]. 气象应用与研究, 2011, 32 (4): 23-26.
- [18] 林开平.广西"94.6"特大洪涝暴雨过程的中尺度分析 [J]. 广西气象, 1994, 3: 157-161.