

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0026-05

桂林市一次大暴雨过程的成因诊断分析

王军君, 王娟, 李向红

(桂林市气象局, 广西 桂林 541001)

摘要:利用常规气象观测资料和区域自动站降水资料、micaps 资料、FNL1°×1°再分析资料以及 FY-2C 卫星云图等资料,对 2015 年 5 月 14~15 日桂林市大暴雨过程及其成因进行了分析。结果表明:强降雨主要是由 500hPa 东移短波槽、850hPa 的切变线、低空急流和地面冷高压及锋面系统共同造成的。

关键词:大暴雨;FNL1°×1°再分析资料;物理量分析;卫星云图分析

中图分类号:p456.8

文献标志码:A

Diagnostic analysis on the causes of a heavy rainstorm in Guilin

Wang Jun-jun, Wang Juan, Li Xiang-hong

(Guilin Municipal Meteorological Service, Guilin Guangxi 541001)

Abstract: Based on conventional meteorological observation data and regional automatic station precipitation data, Micaps data, FNL1° × 1° reanalysis data and FY-2C satellite images data, the causes of an torrential rain in Guilin on May14th~15th, 2015 were analyzed. The results show that: the strong precipitation is caused by the eastward migration of 500hPa short wave trough, the shear line of 850hPa, the low-level jet and the surface cold high pressure and the frontal system.

Key Words: torrential rain; FNL1°×1°reanalysis data; physical quantity analysis; satellite cloud image analysis

0 引言

暴雨是华南汛期主要的灾害性天气之一,往往造成洪涝灾害,或者造成泥石流、山体滑坡等地质灾害。广西地处我国南疆,降水主要集中于4~9月,受西南暖湿气流、热带气旋甚至北方变性冷气团的影响,暴雨洪涝灾害常见,几乎每年都有大暴雨甚至特大暴雨的出现。而以永福、桂林市区为中心的桂东北地区,是广西四个暴雨中心之一,因此暴雨也是桂林主要的灾害性天气之一,不仅对社会经济、农业生产、旅游业造成损失,也对人民生命财产安全造成严重威胁^[1-2]。近年来气象工作者对暴雨做了大量的研究,不少研究从大尺度环流背景、能量场、物理量特

征等分析方法探讨强降雨过程。陈刘凤、周长艳、李阳斌等^[3-12]从天气形势和环流背景分析了暴雨区的动力条件和水汽条件,气象专家指出,大暴雨天气发生在一定的环流背景及天气系统影响下,水汽、上升运动、持续时间满足一定条件。胡勇林、李琳、张芹等^[13-15]用中尺度天气分析方法指出,暴雨是几种不同尺度天气系统相互作用的结果,是在天气尺度环流背景下发展起来的。林开平、曾小团等^[13-20]通过对暴雨区各种物理量指数进行诊断分析,得出有利于暴雨形成的物理量指数的变化特征。李向红^[21]通过对孟加拉湾对流的研究指出,孟加拉湾对流活跃对提前预报广西西风带系统暴雨起到很好的预警作用。

为了了解和掌握暴雨的发生机制和原理,及时

收稿日期:2017-05-12

基金项目:2015年桂林市灾害性天气机理研究(2016004)

作者简介:王军君(1984-),男,广西桂林人,工程师,学士,研究方向为天气预报及服务。

准确地预报出灾害性天气,把气象灾害降到最低,本研究利用常规气象观测资料、区域自动站降水资料、FNL1°×1°再分析资料、FY-2C 卫星云图等资料,分析桂林市 5 月 15 日特大暴雨过程的特征和成因,为今后桂林市同类型的暴雨预报提供参考。

1 灾害性天气实况分析

5 月 14–15 日,桂林市出现一次大范围强降雨过程,并伴有雷电大风等强对流天气。根据广西区域自动站降水资料监测:2015 年 5 月 14 日 20 时~16 日 08 时受高空槽、低层切变及深厚西南急流共同影响,桂林市出现大范围大暴雨,局部特大暴雨。降水中心自西北逐渐向东南移动。表 1 是此次大暴雨过程降水情况。

主要的降水时段从 15 日 02 时开始,14 日 20 时到 15 日 08 时雨量中心在龙胜,此后雨量中心逐渐东南移到永福、临桂、桂林市区一带,且表现出短时强降雨特征,在 13 时,临桂会仙镇一小时雨量达到 109mm,永福的罗锦一小时雨量达到 81mm。到 15 日 14 时后,雨量中心继续南移到阳朔、恭城一带。14 日 20 时到 15 日 20 时,24 小时总雨量最大为临桂会仙镇,为 280mm,其次为桂林市朝阳乡 269mm,再次为永福罗锦镇为 235mm。14 日 20 时到 15 日 20 时,有 2 个站雨量≥250mm,有 104 个站雨量在 100~249.9mm,有 55 个站雨量在 50~99.9mm。

本次过程主要降水特点是降水强度大,持续时间长,同时伴有雷电大风,特别是桂林市雷电从 15 日的 03 时,断断续续持续到 15 日 19 时,这样强的雷电持续时间非常少见。15 日 20 时后雨带南压到南部,雨势明显减弱。桂林市多条河流出现超警戒水位,其中:灌阳灌江水位 5 月 15 日 21 时水位达 247.65m,超警戒水位超警戒水位 0.51m;东河永福站水位情况 5 月 16 日 00 时达 139.5m,超警戒水位超警戒水位 0.5m,16 日 06 时回落至警戒水位以下;

西河永福站水位情况 5 月 16 日 21 时达 140.5m,超警戒水位 1.5m,超危险水位 0.5m,16 日 09 时回落至警戒水位以下;桂江平乐水位 5 月 16 日 00 时开始超警戒水位,16 日 09 时达 101.82m,超警戒水位 2.82m;恭城茶江水位 5 月 15 日 20 时开始超警戒水位,16 日 02 时达 133.26m,超警戒水位 1.96m。

2 天气形势分析

14–16 日过程的主要影响系统是地面静止锋与 850hPa 切变线及 500hPa 短波槽(图 1、图 2)。2015 年 5 月 14 日 20 时,500hPa 小波动位于 107°E,到 15 日 08 时,高空槽仍然在 105°E,桂林位于槽前的抬升气流中,不移动甚至西退的原因与副高强度强,维持少动有关。到 15 日 20 时槽线东移到 110°E,降雨随之减弱。

700hPa 高空槽在 14 日 20 时到 15 日 08 时几乎没移动,位于 104°E,移动少的原因与 500hPa 相似。

850hPa 在 14 日 20 时(图 1)为东北–西南向的切变线,切变线的北端在长江流域,在四川为一低压,广西上空为强盛的西南急流,桂林本站西南风达到 12m.s⁻¹。到 15 日 08 时(图 2),低涡南落到贵州一带,切变线也南落到湖南贵州,但桂林的西南风加大为 14m.s⁻¹,说明低空急流在加强,到 15 日 20 时,低涡中心南落到柳州一代,切变线继续南压过桂林,桂林转东风。雨势明显减弱。结合雷达风廓线,桂林从 15 日 19 时左右低层已经转北风,但到 22 时,转南风,雨带稍有北抬。

地面系统在 14 日 20 时为一东北–西南向低压控制,长江以北为高压,东海也为一高压,桂林处于两高之间的低值带中,地面静止锋位于贵州湖南。到 15 日 08 时,地面静止锋南压到贵州与广西的交界,此时桂林城区的雨逐渐加大,并随之南移,短时强降雨出现在 15 日 08 时到 18 时之间。到 15 日 20 时,

表 1 2015 年 5 月 14 日 20 时至 5 月 16 日 08 时桂林自动站强降雨站数统计

名称	市区	恭城	灌阳	荔浦	临桂	灵川	龙胜	平乐	全州	兴安	阳朔	永福	资源
25~49.9mm	1		3	7			7	7	12	1			8
50~99.9mm	1		7	3	2	6	2	6	3	17	4	1	
99.9~249.9mm	27	15	6	2	15	11	3	4		1	14	12	
≥250mm	1				1								

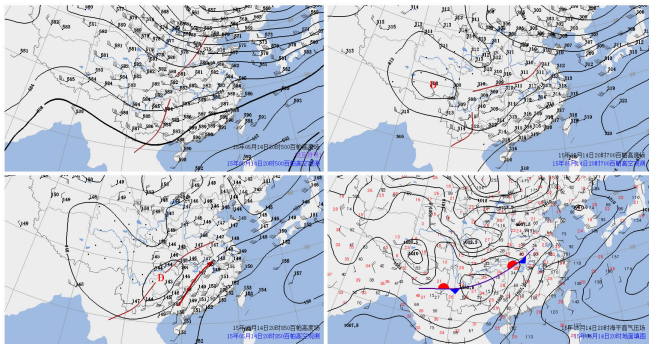


图1 2015年5月14日20时500、700、850hPa及地面天气形势场

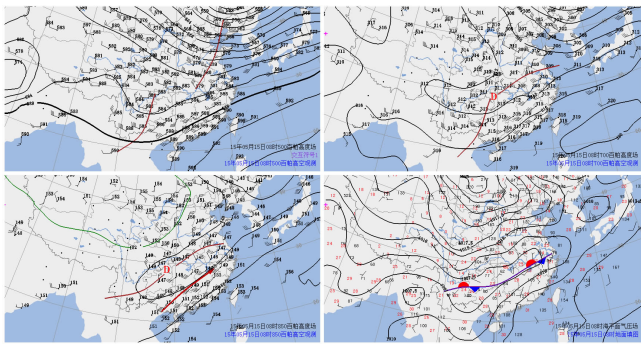


图2 2015年5月15日08时500、700、850hPa及地面天气图

表2 桂林站稳定度指数

时刻	K 指数	CAPE	SI 指数
14日 08:00	38	1111	-1.31
14日 20:00	40	1228	-2.71
15日 08:00	35	330	-0.78
15日 20:00	26	31.9	0.98

静止锋南压过桂林,到贺州一带,桂林雨势减弱。

3 物理量诊断分析

3.1 不稳定能量分析

3.1.1 稳定度指数分析

表2是这次强降雨过程桂林站的K指数、CAPE和SI指数的时间演变情况,对其演变分析可知,14日08时,三种指数都表明,桂林地区不稳地能量充足,14日20:00,K指数和CAPE明显增大,SI指数减小,趋于极不稳定状态,指数的增大比强降雨出现时间提前12h;15日20:00,强降雨结束后,K指数和CAPE明显减小,SI指数增大,不稳定能量基本释放完毕。

3.1.2 温度对数压力图

从14日20:00桂林探空资料图(图3)可以看到,低层700hPa以下是湿层,700hPa以上是干层,整个层结呈现上干下湿状态,风向随高度顺转,低层

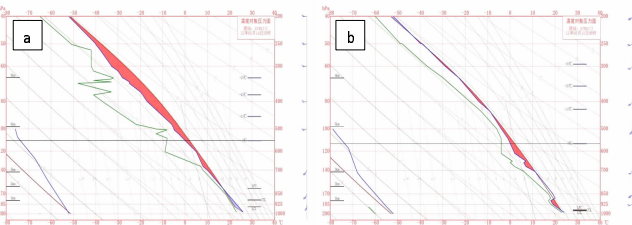


图3 桂林站2015年5月14日20时(a)、5月15日08时(b)温度对数压力图

有明显的暖平流,从而造成上冷下暖,十分不稳定,因而本次强降雨过程中也伴有明显的强对流天气;15日08:00锋面过境,850hPa到925hPa之间形成逆温层,850hPa以上干冷,层结不稳定发生在较低高度;LCL(抬升凝结高度)变化不大,均在925hPa之下,有利于强降雨的发生。

3.1.3 假相当位温

由于假相当位温(θ_{se})近似于 θ_e ,并且假相当位温中,不仅考虑了气压对温度的影响,也考虑了水汽的凝结和蒸发对温度的影响。它实际上是把温度、气压、湿度包括在一起的一个综合物理量。对于干绝热、湿绝热、假绝热过程同一气块的 θ_{se} 值都保守不变。所以本文主要分析 θ_{se} 的变化。用相当位温沿强降雨地区109°E做剖面(图4),可以看到,本次过程 θ_{se} 在500hPa以下都是随高度而降低,说明大气中低层存在不稳定,并且在强降雨发生之前,900hPa附近等 θ_{se} 线密集,说明低层不稳定能量大。从最强降雨时段850hPa假相当位温分布来看,桂东北形成

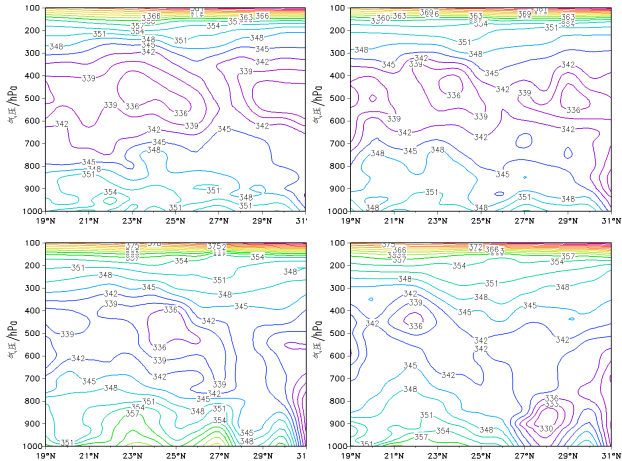


图4 2015年5月15日02时(a)、08时(b)、14时(c)、20时(d)时假相当位温(单位:K)沿109°E径向垂直剖面图

东-西向 $\theta_{se} > 77^\circ\text{C}$ 高能舌区, 且西部大于东部, 强降雨发生在高能舌区前沿。15 日 14 时, 在桂东北一带, 等 θ_{se} 线密集, 能量锋区逐渐进入广西, 桂林强降雨时段出现, 随着锋区南压, 高能舌逐渐消失, 不稳定地能量不断释放, 强降雨也趋于减弱。

3.2 水汽条件

从水汽通量的数值和方向, 只能了解暴雨过程的水汽来源, 以及这种水汽输送和某些天气系统的关系。至于暴雨究竟出现在何处, 雨量有多大等, 则与水汽通量散度的关系更为密切。因此, 分析水汽通量散度对预报暴雨是不可缺少的。从 $\text{FNL}1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料 850hPa 水汽通量散度上看, 在 5 月 15 日 08:00 之前桂林还未形成明显的水汽辐合带, 无明显的辐合中心, 到 15 日 14:00, 桂林上空形成了一条东北西南向的水汽辐合带, 辐合中心在桂林中南部, 最大值达到 $-6 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 此时西南风和东北风切变十分明显, 随后东北分量不断加大, 逐渐在桂东北形成一个涡旋, 水汽的辐合中心随着风场的演变而南压。配合本次降水过程分析, 桂林的降水落区及出现强降雨的时段与 850hPa 切变线和水汽通量散度辐合中心的出现和南压极其吻合。

3.3 动力条件

为了更好地阐明本次过程散度场在对流层的变化特征, 本研究沿 25°N 做散度的纬向垂直剖面(图 5, 见彩页)。可以看到, 15 日 02 时, 850hPa 以下辐合, 850hPa 以上辐散, 辐合中心较低, 位于 900hPa 附近, 辐散中心较高, 位于 200hPa 附近; 15 日 08 时, 低层辐合气流向高空发展, 400hPa 以下基本都处于辐合上升, 400hPa 以上为辐散, 低层辐合, 高层辐散, 此时强降雨开始影响桂林; 而到 15 日 14 时, 桂林上空的散度场呈现辐合-辐散-辐合-辐散的垂直分布, 低层辐合中心在 900hPa 附近, 700hPa 出现一个辐散中心, 而到了 450hPa 附近又出现一个辐合中心, 200hPa 有一个辐散中心; 到 15 日 20 时, 随着本次强降雨过程的结束, 中层的辐合中心消失。也就是说, 散度场的这种辐合-辐散-辐合-辐散的垂直配置特征, 非常有利于水汽的辐合抬升, 为本次强降雨提供了有利的动力条件。

4 卫星云图分析

2015 年 5 月 13 日 20 时在孟加拉湾有对流云生成(图 6, 见彩页), 比广西上空的对流云发展提前, 为广西强降雨的前期信号特征。14 日 20 时, 广

西上空对流云团开始发展, 之后高空槽和切变线南侧对流云团逐渐合并, 强度明显加强, 范围增大, 带状云系与切变线和静止锋相配合, 逐渐南压, 同时 α 尺度的云团从西北面而来, 强降雨云团移动慢, 降水持续时间长造成大面积大暴雨, 局部大暴雨。

5 小结

(1) 500hPa 东移短波槽和 850hPa 的切变线是这次大暴雨天气的触发系统, 850hPa 西南急流不断向北输送水汽, 为降水的维持提供了源源不断的水汽条件, 同时对低空对流不稳定层结的建立和维持起到重要作用; 配合地面冷高压和锋面的加强发展, 降水持续了很长时间。到 15 日 20 时槽线东移到 110°E , 切变线和地面锋面系统的南压, 降雨随之减弱。可见, 这次高低层的天气系统的配置是相当完整的。

(2) K 指数、cape 指数突然增大, SI 指数突然减小出现时间比强降雨出现时间提前 12h, θ_{se} 一直处于高能区内, 强降雨出现时, 形成东-西向 $\theta_{se} > 77^\circ\text{C}$ 高能舌区, 等 θ_{se} 线变的密集, 说明暴雨发生之前不稳定能量积累充足, 地面和高空系统的入侵, 触发不能定能量强烈释放, 产生大暴雨, 同时伴随有雷电大风等强对流天气。

(3) 水汽通量散度清晰的反应水汽的辐合辐散。在本次过程, 水汽通量散度辐合中心的出现与强降雨出现的时间是一致的, 对暴雨的预报有重要的作用, 可作为强降雨预报的重要指标。

(4) 通过对散度场纬向垂直剖面的研究, 看到本次过程降水开始时 400hPa 以下基本都处于辐合上升, 400hPa 以上为辐散, 呈低层辐合, 高层辐散的分布, 到出现最强降雨时桂林上空的散度场呈现辐合-辐散-辐合-辐散的垂直分布, 说明这样的垂直配置更有利于水汽的辐合抬升, 为本次强降雨提供了有利的动力条件。

(5) 孟加拉湾对流云的生成, 比广西上空的对流云发展提前, 为广西强降雨的前期信号特征, 孟加拉湾对流活跃是广西西风带系统连续大范围暴雨的一个重要前期信号, 对预报广西持续性暴雨有一定指示意义。

参考文献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-80.

- [2] 《广西天气预报技术和方法广西天气预报技术和方法》编写组.《广西天气预报技术和方法广西天气预报技术和方法》[M].北京:气象出版社,2012:1-145.
- [3] 陈刘凤.桂东北一次典型暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2016,37(2):25-29.
- [4] 钟熊嵩.“5.20”信宜市特大暴雨过程诊断分析[J],广东气象,2016,38(6):28-32.
- [5] 周长艳.一次四川特大暴雨灾害降水特征及水汽来源分析[J],高原气象,2015,34(6):1636-1647.
- [6] 李阳斌,2013年5.16广东清远特大暴雨分析[J],广东气象,2015,37(1):27-30.
- [7] 赵桂香.山西一次大暴雨过程云图及环境场的特征分析[J],高原气象,2013,32(6):1747-1757.
- [8] 王洪霞,苗爱梅,郑皓文.一次锋前暖区暴雨成因分析[J].中国农学通报,2016,32(17):157-164.
- [9] 吴春英.2013年8月16日抚顺特大暴雨过程分析[J].中国农学通报,2015,31(1):224-230.
- [10] 郑劲光,刘杰,董玲.2013年5月27日赣东区域性暴雨成因分析[J].中国农学通报,2016,32(24):174-179.
- [11] 孙明生,李国旺,尹青,等.“7.21”北京大暴雨成因分析(1)天气特征、层结与水汽条件[J].暴雨灾害,2013,32(3):210-217.
- [12] 张小灵,周长.一次广东连续性暴雨过程的分析[J].广东气象,2003(2):21-24.
- [13] 胡勇林,洪展,陈利东.一次中尺度强降雨天气过程分析[J].气象研究与应用,2011,32(4):1-3,106.
- [14] 李琳,杨青,常泽堃,等.一次短时强降雨过程的中尺度分析[J].中国农学通报,2016,32(30):139-143.
- [15] 张芹,李晓利,王世杰,等.山东一次大范围暴雨过程的多尺度诊断分析[J].中国农学通报,2015,31(8):179-186.
- [16] 张旭,辛艳辉,杨晓彤,等.2013年夏季阜新地区2次暴雨物理量对比分析[J].中国农学通报,2015,31(5):208-213.
- [17] 曾小团,农孟松,赵金彪.广西几次不同类型天气系统造成暴雨过程的物理量分析[J].气象研究与应用,2007,28(4):1-4.
- [18] 林开平,李凌.“94.12”广西大范围暴雨过程的物理量特征分析[J].气象研究与应用,1998,19(2):11-13.
- [19] 孙欣,蔡芎宁,黄阁.一次辽宁秋季暴雨天气的诊断分析[J].气象,2007,33(9):83-93.
- [20] 林开平,张诚忠,董良森.广西致洪暴雨过程的要素场演变特征及物理量诊断分析[J].气象研究与应用,2001,22(1):12-16.
- [21] 李向红.孟加拉湾旺盛对流作为广西连续暴雨的前兆信号特征分析[J],气象,2015,41(11):1383-1389.

(上接第25页)

- [2] 赵玉春,王叶红.近30年华南前汛期暴雨研究概述[J],暴雨灾害,2009,28(3):193-202,228.
- [3] 叶骏菲,林开平,孙红梅,等.桂东北一次典型暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2016,37(2):25-29.
- [4] 欧徽宁,梁珊珊,杨胜才.2013年广西一次前汛期暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2013,34(4):14-17.
- [5] 陈艳真,刘爱鸣,邓以勤,等.2016年4月23日福建省暖区暴雨过程成因分析[J],气象研究与应用,2016,37(3):79-83.
- [6] 严小静,寿绍文,钟青,等.一次广西暴雨过程的数值模拟及低涡系统分析[J],气象研究与应用,2010,31(3):27-33.
- [7] 王红军,白爱娟.2008年6月广东阳江特大暴雨过程触发机制分析[J],广东气象,2009,31(4):16-19.
- [8] 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.
- [9] 熊亚丽.5月3-5日珠江三角洲暖区强降水过程分析[J],广东气象,2004,26(2):8-10.
- [10] 陈芳丽,张子凡,李明华,等.惠州市近40年前汛期暴雨的气候特征分析[J].广东气象,2014,36(3):25-29.
- [13] 王喜全,王自发,齐彦斌,等.城市化与北京地区降水分布变化初探[J],气候与环境研究,2007,12(4):489-495.
- [14] 季崇萍,刘伟东,轩春怡.北京城市化进程对城市热岛的影响研究[J],地球物理学报,2006,49(1):69-77.
- [15] 杜东升,林文实,李江南,等.珠江三角洲地区土地利用变化对夏季6月气候的影响[J].中山大学学报(自然科学版),2010,49(1):138-144.
- [16] 陈浩伟,郑益群,艾凯.中国主要城市带不同城市化率对东亚季风气候影响模拟研究[J].气象与减灾研究,2016,39(1):16-31.