

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0012-06

柳州锋前暖区暴雨的分型及统计特征分析

刘蕾¹, 陈茂钦², 张凌云¹

(1 广西柳州市气象局, 广西 柳州 545001; 2 中国人民解放军 95337 部队, 广西 柳州 545001)

摘要: 利用常规气象资料、区域自动站资料、NCEP/NCAR 再分析资料, 根据暴雨发生时 850hPa 影响系统的不同, 对 2010–2015 年柳州市暖区暴雨过程按南风型、切变型、低涡型进行分型, 并对其影响系统特征进行统计分析, 结果表明: 柳州锋前暖区暴雨峰值出现在 6 月份; 三类型暖区暴雨基本都受南亚高压影响, 高层有较强的辐散机制, 中层有低值系统活动; 暴雨过程中, 低空急流甚至超低空急流的出现为暴雨区提供了大量的水汽辐合, 使得暴雨区不稳定层结得以建立和维持; 边界层以下的中尺度辐合线和较强的风速辐合是暖区暴雨的重要触发机制。

关键字: 暖区暴雨; 天气学; 统计特征

中图分类号: P46

文献标识码: A

Statistical Analysis and classification of prefrontal warm-sector Heavy Rainfall in Liu Zhou

LIU Lei¹, CHEN Mao-qin², ZHANG Lin-yun¹

(1. Liuzhou Municipal Meteorological Service, Liuzhou Guangxi545001; 2The Chinese people's Liberation Army 95337 Unit, Liuzhou Guangxi 545001)

Abstract: Based on conventional meteorological data, regional automatic station data and NCEP/NCAR reanalysis data, the warm-sector rainstorms 2010–2015 in Liuzhou region were divided into the south-wind, variant shear, low vortex type by 850 hpa affecting system when the heavy rain occurred, and the characteristics of effecting systems were statistically analyzed. The results show that Liuzhou prefrontal warmer-area rainstorm peak appears in the June; Three types of heavy rain are all affected by the South Asia high pressure, and in the high level, there is the strong divergence mechanism, while in the middle level has low system activity; During the rainstorm, the emergence of low level jet, even the extra low-level jet provided huge amount of water vapor convergence, which makes the unstable stratification in the heavy rain area develop and maintain; The mesoscale convergence line below boundary layer and strong wind speed convergence is the important triggering mechanism for warm area heavy rain.

Key words: warm-sector rainstorm; synoptic meteorology; statistical analysis

引言

暖区暴雨是华南汛期暴雨一大特点, 许多影响严重、范围小的大暴雨过程往往不是发生在锋面附近, 而是位于锋前暖空气一侧, 由于暴雨发生前天气

尺度扰动信号弱, 加之柳州境内地形复杂, 中小尺度对流系统活动频繁, 业务预报中经常出现漏报和空报。自 20 世纪 80 年代以来, 国内许多专家对华南暖区暴雨开展了大量研究工作, 并取得了较多的研究成果^[1-12], 对于发生的广西的暖区暴雨, 覃丽等^[4]、罗

收稿日期: 2016-09-15

基金项目: 柳州市气象局 2015 年市局自立项目, 广西区气象局气象科研计划(桂气科 2016M15)。

作者简介: 刘蕾(1987-), 女, 工程师, 主要从事短期预报工作, E-mail: smile_liulei@163.com



图1 南风型示意图(a);切变线型示意图(b);低涡型示意图(c)

建英等^[5]利用数值模拟的方式研究华南暖区暴雨中尺度系统。廖慕科等^[6]、廖铭燕等^[7]、黄远盼^[8]等,从不同角度详细分析了桂东北暖区暴雨的成因。林确略等^[9]从大尺度环流背景和中尺度特征方面对比分析广西锋面、暖区及高压后部的暴雨,提高了对华南前汛期暴雨的认识。

柳州市地处暴雨频繁的华南西部,境内丘陵分布广,地形复杂,且进入5月后,冷空气的势力减弱,西南暖湿气流增强,有利于锋前暖区暴雨的发生。如2012年4月28日20时–29日08时,融水安太12小时210.8mm;2013年6月8日20时–9日08时,融水民洞村12小时雨量达289.1mm;又如2015年6月13日20时–14日08时,柳江华侨农场12小时雨量达317.2mm;这些均为暖区暴雨过程带来的强降水,其局地性强,降水强度强等特点给柳州市的经济发展和人民群众生命财产安全造成极大的危险。本文基于柳州区域自动站、常规气象观测站、MICAPS资料及NCEP再分析资料,选取2010年–2015年汛期4–7月作为统计分析时间段,应用统计分析、天气学诊断分析的方法对柳州暖区暴雨的环流形势进行深入分析^[10–20],按主要影响系统对其进行分类,以期找出不同环境下暖区暴雨形成系统的特点和一些物理量场的参考指标,为预报提供科学依据。

1 暖区暴雨统计标准与分类

参照《广西天气预报技术和方法》以及《广东省天气预报技术手册》中暖区暴雨的定义,本文定义在汛期4–7月不受冷空气及冷性高压脊控制,不受锋面影响下出现的暴雨。根据暖区暴雨的特点以及目前业务的考核标准,统计柳州2010–2015年4–7月区域自动站逐12h雨量 $\geq 50\text{mm}$ 且站点 ≥ 5 个的天数。为了便于日常预报分析,根据暴雨发生时

850hPa影响系统的不同,对统计出的暖区暴雨过程分为以下三类:

(1)南风型(图1a):此类暴雨发生时,850hPa上为一致的偏南气流控制(天气图上,广西上空以及贵阳、芷江站为偏南风),暴雨发生在偏南气流风速辐合中;

(2)切变线型(图1b):此类暴雨发生时,850hPa有切变线存在(天气图上,广西上空为偏南气流控制,但贵阳、芷江站为偏北风或偏东风,即切变线未进入广西境内),暴雨发生在切变线南侧的偏南气流中,即暖湿空气一侧;

(3)低涡型(图1c):此类暴雨发生时,850hPa有低涡存在,且暴雨发生在低涡环流的南部暖区中(天气图上,低涡位于贵阳附近或以西位置,即芷江站仍为偏南风)

2 平均情况统计

统计柳州2010–2015年4–7月区域自动站逐12h雨量 $\geq 50\text{mm}$ 且站点 ≥ 5 个的天数,柳州共出现93次暴雨,其中暖区暴雨过程有25次,占暴雨总数的27%。在25次暖区暴雨中,南风型11个(44%),切变线型8个(32%),低涡型6个(4%),暖区暴雨年平均4.2次,其中出现在08–20时的有8次(32%),20–08时的有17次(68%),说明暖区暴雨更易在夜间时段出现。根据锋前暖区暴雨出现的月份来看(图2,见彩页),峰值出现在6月份(15个,60%),7月次之(5个,20%),5月第三(4个,16%),4月最少(1个4%)。

柳州市辖6县4区,地形犹如葫芦型为纵向分布,辖区内丘陵分布广,地形复杂,北部各县具有较明显的山地气候特征,因此过程雨区分布不是很均匀。图2(见彩页)给出各类型暖区暴雨出现的区域(统计标准:12h内有1站出现暴雨就计该县1次),

分析图 2, 可以看到在 25 次暖区暴雨中, 三江出现 13 次(52%)、融安出现 17 次(68%)、融水出现 23 次(92%)、柳城出现 7 次(28%)、鹿寨出现 6 次(24%)、柳州出现 4 次(16%)、柳江出现 7 次(28%)。说明柳州市的暖区暴雨大多出现在北部三县, 尤以融水最多。另外据统计, 南风型 12h 最大降水量出现在融水三防, 为 289.9mm; 切变型 12h 最大降水量出现在融水三防, 为 157.1mm; 低涡型 12h 最大降水量出现在柳江华侨农场, 为 317.2mm。

3 各类型暖区暴雨的统计特征

3.1 各类暖区暴雨与南亚高压的关系

南亚高压作为对流层上部的高压系统, 对我国的降水有直接的影响, 而南亚高压脊线的位置和变动与我国主要雨带的位置和季节性变化有密切关系。由表 1 可以看出: 南风型暖区暴雨中, 降水位于南亚高压脊线的南侧有 5 次, 位于南亚高压脊线附近的有 3 次, 与南亚高压无关的有 3 次(降水处在西风带中, 2 次偏西气流, 1 次槽后西北气流); 切变型的暖区暴雨中, 降水位于南亚高压中心的有 2 次, 位于脊线附近的有 1 次, 位于脊线北侧的有 3 次, 位于脊线南侧的有 1 次, 与南亚高压无关的 1 次(降水处在槽后西北气流中); 低涡型暖区暴雨中, 降水位于南亚高压中心的有 1 次, 位于脊线附近的有 2 次, 位于脊线北侧的有 2 次, 位于脊线南侧的有 1 次。上述统计表明, 柳州 84% 的暖区暴雨与南亚高压有关, 对流层高层的辐散形势, 较好的为低层辐合提供补偿机制, 疏散对流凝结产生的潜热, 从而维持气柱稳

定度, 为暖区暴雨的产生提供了有利的行星尺度的背景条件。

3.2 各类暖区暴雨 500hPa 系统特征

实践表明, 高空形势是天气过程的背景, 它直接影响着天气系统的运动和发展。500hPa 位于对流层中层, 对于高低层的系统起着承上启下的作用, 一些影响范围广, 降水量大的过程常与高空槽相联系。日常预报中, 500hPa 也是重点分析层次, 因此有必要分析各类型暖区暴雨发生时 500hPa 系统的特征。分析 25 次暖区暴雨 500hPa 形势, 主要有以下 4 种形势: 槽或波动东移型、槽前+副高西北侧型、低涡型、副高西伸型。表 2 给出了 25 次暖区暴雨中 500hPa 的系统统计情况, 可以看出, 南风型暖区暴雨中, 柳州上空有槽或波动东移的有 4 次过程, 柳州位于槽前与副高西北侧的有 4 次过程, 500hPa 上有低涡的有 2 次过程, 还有 1 次过程是在副高西伸过程中发生的; 切变型暖区暴雨中, 柳州上空有槽或波动东移的有 5 次过程, 柳州位于槽前与副高西北侧的有 1 次过程, 副高西伸过程发生的暴雨有 2 次; 而低涡型暖区暴雨中, 柳州上空有槽或波动东移的有 4 次过程, 柳州位于槽前与副高西北侧的有 2 次过程。由 500hPa 的系统统计可以发现, 88% 的暖区暴雨发生时, 中层都有低值系统东移, 槽或低涡为暴雨的发生提供了较好的天气尺度的背景条件, 槽前与副高西北侧的西南暖湿气流为暴雨区提供了较好的水汽输送。

3.3 各类暖区暴雨低层风场特征

影响降水的天气尺度或次天气尺度系统大多出

表 1 南亚高压及其脊线与柳州暖区降水的位置关系(次数)

	南亚高压中心	脊线附近	脊线北侧	脊线南侧	无影响(西风带)
南风型	0	3	0	5	3
切变型	2	1	3	1	1
低涡型	1	2	2	1	0
合计	3 (12%)	6 (24%)	5 (20%)	7 (28%)	4 (16%)

表 2 各类型暖区暴雨 500hPa 系统特征(次数)

	槽或波动东移	槽+副高西北侧	低涡	副高西伸
南风型	4	4	2	1
切变型	5	1	0	2
低涡型	4	2	0	0
合计	13 (52%)	7 (28%)	2 (8%)	3 (12%)

表 3 各类型暖区暴雨 850hPa 风场特征(次数)

	西南急流	南风急流	无急流	风速增强	风速减弱
南风型	7	3	1	5	2
切变型	2	3	3	3	2
低涡型	6	0	0	3	1
合计	15	6	4	11	5

表 4 各类型暖区暴雨 925hPa 风场特征(次数)

	风向切变	风速辐合	风向切变+风速辐合
南风型	0	6	5
切变型	1	0	7
低涡型	0	2	4
合计	1	8	16

现了中低层,如低空切变线、低空低涡、低空急流等,而低空急流以及低层风向的切变、风速辐合、风速脉动是暴雨的主要触发机制。根据 850hPa 风场特征,统计时主要分为以下 5 种类型:西南急流型、南风急流型、无急流、风速增强型(24 小时内)、风速减弱型(24 小时内),由表 3 可以看出,11 次的南风型暖区暴雨中出现西南急流的有 7 次,南风急流 3 次,只有 1 次过程无急流,其中有 5 次过程出现风速增强,2 次过程中风速减弱;8 次切变型暴雨中出现西南急流的有 2 次,南风急流 3 次,3 次过程无急流,其中有 3 次过程出现风速增强,2 次过程风速减弱;6 次低涡型暴雨中都伴有西南急流出现,其中风速增强的有 3 次,风速减弱的有 1 次。根据 925hPa 风场特征,统计时主要分为以下三种类型:风向切变型、风速辐合型、风向切变+风速辐合型,由表 4 可以看出,11 次南风型暖区暴雨中,出现风速辐合的有 6 次过程,风向切变+风速辐合的有 5 次过程;8 次切变型暖区暴雨中,风向切变的有 1 次过程,风向切变+风速辐合的有 7 次;而 6 次低涡型暖区暴雨中,出现风速辐合的有 2 次过程,风向切变+风速辐合的有 4 次过程。

综上所述,各类型暖区暴雨发生时,850hPa 上有 21 次过程(84%)出现低空急流,其中西南急流出现 15 次(71.4%),南风急流出现 6 次(28.6%);24 小时内出现风速脉动的有 16 次,其中风速增强的有 11 次(68.8%),风速减弱的有 5 次(31.2%)。925hPa 主要是桂东北或桂北出现风速辐合或风向切变+风速辐合型,其中风向切变+风速辐合的有 16 次过程

(64%),风速辐合型由 8 次(32%),出现在南风型及低涡型暖区暴雨中。

3.4 各类暖区暴雨地面特征

地面天气系统的发生发展,直接影响天气的变化,是形势预报中的重要项目。下面分析了各类型暖区暴雨的地面气压场和流场进行了特征。以柳州为中心,根据暖区暴雨出现时地面气压场特征,分为低压槽、高压后部、低压前部、弱冷空气渗透影响 4 中类型,表 5 表明,11 次的南风型暖区暴雨均无冷空气影响,其中有 3 次过程发生在低压槽区,2 次过程发生在高压后部,6 次过程发生在低压前部;8 次切变型暖区暴雨有 3 次过程有弱冷空气侵入影响,3 次过程发生在低压槽区,2 次过程发生在低压前部;6 次低涡型暖区暴雨也均无冷空气影响,其中有 1 次过程发生在低压槽区,5 次过程发生在低压前部。

分析地面流场特征时,按其流场特征分为中尺度辐合线、流线拐点、渐近线、无辐合线 4 种类型,由表 6 可以看出,11 次南风型暖区暴雨,7 次过程中出现中尺度辐合线,2 次过程柳州处于流线的拐点处,1 次过程为渐近线影响,1 次过程地面无明显辐合;8 次切变型暖区暴雨中地面都中尺度辐合线出现;6 次低涡型暖区暴雨中,有 4 次过程有种尺度辐合线,1 次过程柳州处于流线的拐点处,1 次过程地面无明显辐合。

综上所述,暖区暴雨有 20 次过程(80%)发生在低压区中,19 次过程(76%)出现了地面中尺度辐合线,南风型和低涡型暖区暴雨发生时均无冷空气影响,冷空气影响只发生在切变型暖区暴雨中。

3.5 各类暖区暴雨物理量场特征

为了便于日常预报参考, 以下统计结果基于micaps中的物理量场。主要统计了K指数、SI指数、700hPa-925hPa比湿场以及0度层高度, 统计方法是:取110°E, 25°N附近值, 统计出各类型暖区暴雨发生的物理量值, 并按类进行分月平均, 得出平均值如表7-9。统计发现, 南风型暖区暴雨在4-7月均可出现, 切变型暖区暴雨在5-7月出现, 低涡型暖区暴雨则只出现在6-7月。分析表7-9, 可以归纳出暖

区暴雨出现热力和水汽条件指标:5-7月份各类型暖区暴雨发生时, K指数38以上;SI指数在-1—-3之间, 说明暴雨发生时伴有雷暴或强雷暴;700hPa比湿在10g.kg⁻¹左右;850hPa比湿在15~16g.kg⁻¹左右;925hPa比湿在17~18g.kg⁻¹;0度层高度大概5km左右。

4 主要结论与讨论

(1)按850hPa影响系统, 柳州暖区暴雨分为三

表5 各类型暖区暴雨地面气压场特征(次数)

	低压槽	高压后部	低压前部	弱冷空气影响
南风型	3	2	6	0
切变型	3	0	2	3
低涡型	1	0	5	0
合计	7	2	13	3

表6 各类型暖区暴雨地面流场特征(次数)

	中尺度辐合线	流线拐点	渐近线	无辐合线
南风型	7	2	1	1
切变型	8	0	0	0
低涡型	4	1	0	1
合计	19	3	1	2

表7 南风型暖区暴雨物理量场特征

	K指数	SI指数	比湿(g·kg ⁻¹) (700hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (850hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (925hPa)	0度层高度 (km)
4月	35.7	-3.5	7	14	15.5	4.6
5月	38.2	-3.3	8.8	15	17	4.8
6月	39.6	-1.8	10.6	16.1	18.2	5.3
7月	39.6	-1.9	10.5	15.8	18.2	5.3

表8 切变型暖区暴雨物理量场特征

	K指数	SI指数	比湿(g·kg ⁻¹) (700hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (850hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (925hPa)	0度层高度((km)
5月	38.7	-2.8	9.8	15.2	16.5	5
6月	38.8	-1.9	10.7	15.4	17.1	5.1
7月	40.5	-2.3	11	16.5	18.5	5.2

表9 低涡型暖区暴雨物理量场特征

	K指数	SI指数	比湿(g·kg ⁻¹) (700hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (850hPa)	比湿(g·kg ⁻¹) (925hPa)	0度层高度 ((km)
6月	38.2	-1.2	10	15.2	17.4	5.3
7月	41.6	-3.3	11.5	17.5	19	5.4

类型:南风型、切变型、低涡型。他们分别占总数的44%、32%、4%。锋前暖区暴雨峰值出现在6月份,占总数的60%;7月次之,占总数20%;5月第三,占总数16%;4月最少,占总数4%。

(2)各类型各层系统的统计特征表明:三类型暖区暴雨基本都受南压高压影响,高层有较强的辐散气流,中层有低值系统活动,暴雨过程中,低空急流甚至有超低空急流出现,为暴雨区提供了大量的水汽辐合,使得暴雨区不稳定层结得以建立和维持,并触发了对流不稳定能量的释放。边界层以下的中尺度切变线和较强风速辐合是暖区暴雨的重要触发机制,低层较强的辐合产生了超低空天气尺度上升运动,并进而触发对流不稳定能量的释放,产生中小尺度强的上升运动。

(3)基于micaps中的物理量场统计,归纳出暖区暴雨出现热力和水汽条件指标:5~7月份各类型暖区暴雨发生时,K指数38以上;SI指数在-1--3之间,说明暴雨发生时伴有雷暴或强雷暴;700hPa比湿在 $10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右;850hPa比湿在 $15\sim 16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右;925hPa比湿在 $17\sim 18\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

本文主要针对近6a柳州暖区暴雨做了分型及统计分析,基于micaps实况场给出了各类型暖区暴雨影响系统的统计特征及一些物理量场的指标。但由于每个月的大气环流背景不同,各类型暖区暴雨产生的环境场形势也各不相同,下篇文章将运用合成分析的方法分月对各类型暖区暴雨进行合成分析,找出各类暖区暴雨主要影响系统及其触发机制。

参考文献:

[1] 曹亚平,林中庆,祁秀香,等.广州南沙区一次暖区暴雨过程分析[J].广东气象,2010,33(5):13-16.
[2] 罗律,谢太初,李翠华.一次暖区暴雨的诊断分析[J].广东气象,2013,35(2):31-35.
[3] 叶朗明,郑伟杰,徐碧裕.2014年“5.8”广东大暴雨中尺度特征分析[J].广东气象,2014,36(6):11-15.
[4] 覃丽,寿绍文,夏冠聪,等.华南暖区一次暴雨中尺度系统的数值模拟[J].高原气象,2009,28(4):906-914.
[5] 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,2009,35(10):50-

57.
[6] 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.
[7] 廖铭燕,黄远盼,梁珊珊.“5.8”桂东北暖区暴雨成因及漏报难点分析[J].气象研究与应用,2012,33(1):27-29,55.
[8] 黄远盼,李骄杨,刘桂华.桂东北一次暖区暴雨向锋面暴雨演变特征分析[J].气象研究与应用,2015,36(9):30-33.
[9] 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.
[10] 张正国,邹光源,刘丽君等.雷达回波顶高(ET)产品在广西冰雹云识别中的应用研究[J].气象研究与应用,2014,35(4):89-92.
[11] 杨思施,黄开刚,刘国忠.2013.3.23百色市致灾冰雹天气过程成因分析[J].气象研究与应用,2015(02):43-46.
[12] 唐熠,冯晓玲,王娟.2012年广西一次高架对流冰雹过程分析[J].气象研究与应用,2013,34(S1):26-28.
[13] 黄远盼,梁珊珊.贺州市一次致灾冰雹天气过程诊断分析[J].气象研究与应用,2012,33(2):19-22.
[14] 赖雨薇,黄磊,周惠文.多普勒雷达产品对南宁冰雹天气的应用分析[J].气象研究与应用,2014,35(4):36-39.
[15] 黄远盼,林振敏,葛意活,等.2015年5月广西一次连续性暴雨天气过程诊断分析[J].气象研究与应用,2015,36(4):59-63.
[16] 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.
[17] 姚胜芳.急流对一次特大暴雨形成的影响分析[J].气象研究与应用,2007,28(S1):35-37.
[18] 何草青,郭洪权,陆鸿生,等.一次低涡影响造成的暴雨分析[J].气象研究与应用,2011,32(3):16-18+107.
[19] 陈绍河,李祖敏,李赛声,等.广西防城港2011年5月30日大暴雨落区诊断分析[J].气象研究与应用,2011,32(S2):70-72.
[20] 苏兆达,赖雨薇,韦覃武,等.一次边界层急流触发的大范围暴雨过程诊断分析[J].气象研究与应用,2015,36(4):53-58.