

文章编号: 2096-1618(2021)06-0697-08

四川盆地极端短时强降水中尺度对流系统组织类型

张武龙^{1,2}, 康 岚^{1,2}, 陶 勇³, 杨景朝^{2,4}

(1. 四川省气象台, 四川 成都 610072; 2. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072; 3. 贵州省气象服务中心, 贵州 贵阳 550002; 4. 四川省气象灾害防御技术中心, 四川 成都 610072)

摘要:为提升四川盆地极端降水短临预警能力,利用2013–2019年5–9月SWAN系统新一代天气雷达组合反射率因子资料和常规观测资料,对四川盆地极端短时强降水中尺度对流系统(MCS)组织类型特征进行统计分析,结果表明:(1)四川盆地极端短时强降水MCS可分为6种类型:尾随层状云类(TS)、邻近层状云类(TL/AS)、平行层状云类(PS)、后向扩建类(BB/QS)、涡旋类(VS)和无组织对流类(UC)。(2)TS、TL/AS和PS组织形态都为线状对流,但其系统移动以及新生单体发展等特征有所不同。TL/AS和PS通过单体新生发展移动所产生的列车效应造成极端短时强降水。BB/QS单体后向传播特征突出,VS组织形态呈明显的涡旋状。(3)TS和PS集中在盆地西部,前者多向偏西移动,后者多向偏北移动;TL/AS和VS多出现在盆地西南部、南部和中部,移动方向主要为偏东或偏东北方向;BB/QS和UC多向偏北方向移动。VS持续时间最长,其他类型MCS持续时间相对较短。从日变化特征来看,00–06时是各类MCS的高发时段。

关键词:中尺度气象学;极端降水;MCS类型;四川盆地

中图分类号:P456.7

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2021.06.017

0 引言

四川盆地位于中国西南地区,受其地理位置、地形特征以及冬夏季风环流的影响,降水季节差异大,干湿季分明,降水主要集中在暖季5–9月^[1–2]。短时强降水是四川盆地5–9月主要的灾害性天气之一^[3–5]。短时强降水尤其是极端短时强降水极易造成暴雨、地质灾害、城市内涝等次生灾害。极端短时强降水的预报对于社会生产生活、防灾减灾、政府部门的应急决策都十分重要,是短时临近预报业务中的重点和难点^[6–7]。

研究表明^[8–10],中尺度对流系统(MCS)是导致对流性暴雨发生的重要影响系统。针对极端短时强降水突发性强、局地性强、降水强度大的特点,预报员主要利用天气雷达、气象卫星等资料,通过对MCS发生发展机理的分析来做出极端短时强降水的短临预警。早期关于MCS组织类型及活动的统计大多使用卫星资料^[11–12],随着观测资料的丰富,在时空分辨率上更精细的雷达资料也越来越广泛地用于MCS的研究中^[13–14],雷达资料能更加清楚地辨别MCS的组织形态及演变特征。

MCS在雷达回波上由对流区和层状区组成,Par-

ker等^[13]根据对流区和层状区的相对位置以及对流区的组织形式,将MCS分为经典的三类:尾随层状云类、前导层状云类和平行层状云类。国内外学者^[14–17]在此基础上,考虑MCS移动、演变、传播等特征,并结合不同研究区域的特点对MCS的类型进行了细分和补充。Zheng等^[15]、王晓芳等^[16]、王珏等^[17]分别对中国中东部、长江中下游以及湖北省的MCS分为线状和非线状两大类,并包含数种典型类型,均对当地的极端强降水预报业务起到了重要的指导作用。文中利用2013–2019年5–9月SWAN系统新一代天气雷达组合反射率因子资料和常规观测资料,详细分析四川盆地极端短时强降水中尺度对流系统(MCS)演变过程的雷达回波特征,归纳四川盆地极端短时强降水MCS组织类型,以提升四川盆地极端强降水短临预警能力。

1 数据和方法

资料包括:(1)SWAN系统新一代天气雷达组合反射率因子资料,空间分辨率 $0.01^\circ \times 0.01^\circ$,时间分辨率6 min;(2)常规观测资料及加密气象自动站资料。所用资料时间长度为2013–2019年5–9月。

俞小鼎^[7]将1 h雨量 ≥ 50 mm或3 h雨量 ≥ 100 mm的降水事件称为极端短时强降水。考虑MCS移动、传播等特征,按照1个国家自动站且有至少1个相邻的区域自动站3 h雨量 ≥ 100 mm的阈值,挑选2013–2019

收稿日期:2020-11-25

基金项目:中国气象局预报员专项资助项目(CMAYBY2020-110);高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金资助项目(SCQXKJQN2019001);四川强对流预报创新团队(川气函[2017]313号)和全国强对流预报专家团队建设共同资助项目

年 5–9 月四川盆地极端短时强降水过程。其次,根据 Emanuel 关于中尺度运动的定义,以及 Schumacher 等^[14]基于雷达回波的 MCS 的识别标准,在挑选的极端短时强降水过程中,利用 SWAN 雷达拼图资料,统计满足对流区组合反射率因子 ≥ 40 dBz,回波伸展水平尺度大于 100 km,持续时间超过 3 h 的 MCS 过程。最后,基于 Parker 等^[13]关于 MCS 分类方法,详细分析每一个极端短时强降水 MCS 过程中 MCS 回波组织形态、系统移动和单体再生及新生单体发展等特征,对 MCS 进行分类,并统计其时空分布特征。

2 极端短时强降水 MCS 过程

统计表明,2013–2019 年 5–9 月四川盆地共出现了 41 次极端短时强降水 MCS 过程(表 1),可分为 6 种类型:尾随层状云类(Trailing Stratiform, TS)、邻近层状云类(Training Line/Adjoining Stratiform, TL/AS)、平行层状云类(Parallel Stratiform, PS)、后向扩建类(Back-Building/Quasi-Stationary, BB/QS)、涡旋类(Vorticity Stratiform, VS)和无组织对流类(Unorganized Convection, UC)。其中,TL/AS 数量为 10 次,占比最大;PS 和 BB/QS 数量分别为 9 次和 8 次,占比接近;VS 和 UC 数量分别为 6 次和 5 次;TS 数量最少为 3 次(表 2)。

表 1 2013–2019 年 5–9 月四川盆地极端短时强降水 MCS 过程

序号	日期	MCS 类型	序号	日期	MCS 类型
1	20130629	PS	22	20170706	BB/QS
2	20130630	VS	23	20170808	TL/AS
3	20130704	PS	24	20180521	BB/QS
4	20130704	TL/AS	25	20180627	PS
5	20130708	PS	26	20180630	VS
6	20130709	PS	27	20180702	VS
7	20130807	PS	28	20180710	PS
8	20130919	UC	29	20180711	BB/QS
9	20140602	UC	30	20180714	TS
10	20140711	TL/AS	31	20180725	UC
11	20140731	PS	32	20180727	UC
12	20140804	TS	33	20180802	TS
13	20140807	TL/AS	34	20180816	BB/QS
14	20140809	TL/AS	35	20180822	VS
15	20140913	BB/QS	36	20180902	BB/QS
16	20150624	TL/AS	37	20190722	TL/AS
17	20150628	BB/QS	38	20190729	VS
18	20150629	TL/AS	39	20190802	BB/QS
19	20160607	TL/AS	40	20190806	UC
20	20160618	VS	41	20190913	PS
21	20160624	TL/AS			

表 2 2013–2019 年 5–9 月四川盆地 6 类 MCS 数量及占比统计

MCS 类型	TS	TL/AS	PS	BB/QS	VS	UC
数量	3	10	9	8	6	5
占比/%	7.3	24.4	22.0	19.5	14.6	12.2

3 MCS 组织类型特征

3.1 尾随层状云类 MCS

尾随层状云类 MCS(TS)在 SWAN 雷达组合反射率因子图上的主要特征表现为明显的窄带回波,系统移动方向与对流带几乎垂直,强回波位于系统移动的前方,其后方有尾随的层状云降水回波。新单体在系统移动的前侧生成,即新生单体的传播方向与系统移动方向相同。研究指出^[13,17],TS 在强回波带后部有大范围的层状云降水区,或者在其头部有大片的层状云降水回波包裹,但上述特征在四川盆地表现得并不明显,层状云降水回波反而呈现出为“头窄尾宽”的特征(图 1)。另一方面,四川盆地 TS 发生在弱天气尺度强迫下,地面中尺度辐合线的抬升是其触发和维持的重要原因。相较于其他 MCS 类型,TS 产生极端短时强降水的个例较少,主要是由于窄带回波经过的地方只产生单峰强降水。图 1 的两个个例均是由于线状对流随着地面中尺度辐合线向西移动的过程中,受地形阻挡移动缓慢或移动前方有对流与之合并加强才导致局地强降水。

3.2 邻近层状云类 MCS

邻近层状云类 MCS(TL/AS)常出现在锋面降水 中,在四川盆地产生的极端短时强降水个例中所占比 重最大。TL/AS 的组织形态同样属于线状对流,层状 云回波多位于强回波带的南侧,系统移动方向与对流 带有一定的夹角,但与之平行的分量占绝对优势,特别 是在发展成io熟阶段,二者几乎平行。新单体多在上游 生成、发展,并沿着对流线向下游移动,具有明显的列 车效应。TL/AS 发生在斜压性较强的大气下,斜压锋 生,低层切变线和锋面的动力强迫对 MCS 的触发至关 重要。TL/AS 在四川盆地内多呈东北—西南,强回波 带分布与低层切变线走向一致,在强回波带北侧可以 看到明显的干冷空气入流缺口,线状对流在干冷空气 与暖湿空气交汇时生成发展(图 2)。TL/AS 持续时间 长、移动缓慢,极易在短时间内产生极端强降水,所形 成的强降水雨带沿着强回波带分布。

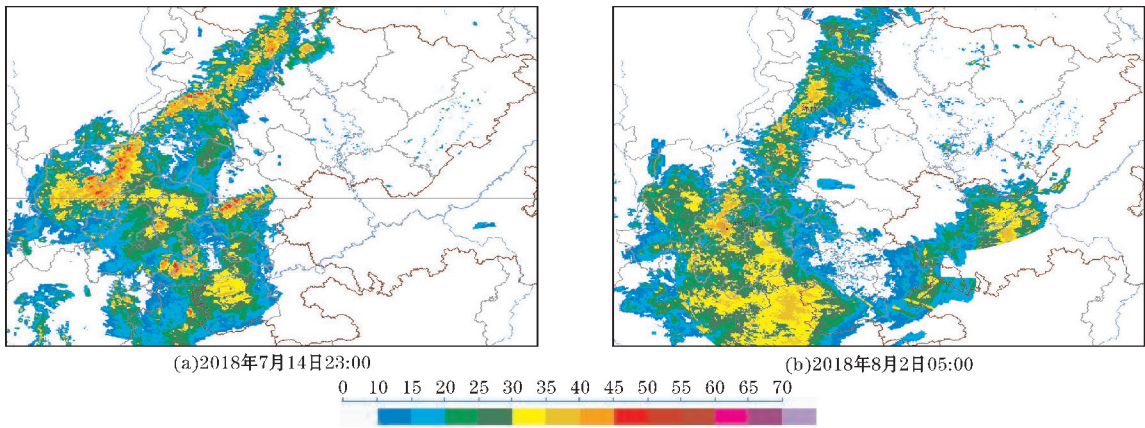


图 1 尾随层状云类 MCS 雷达组合反射率

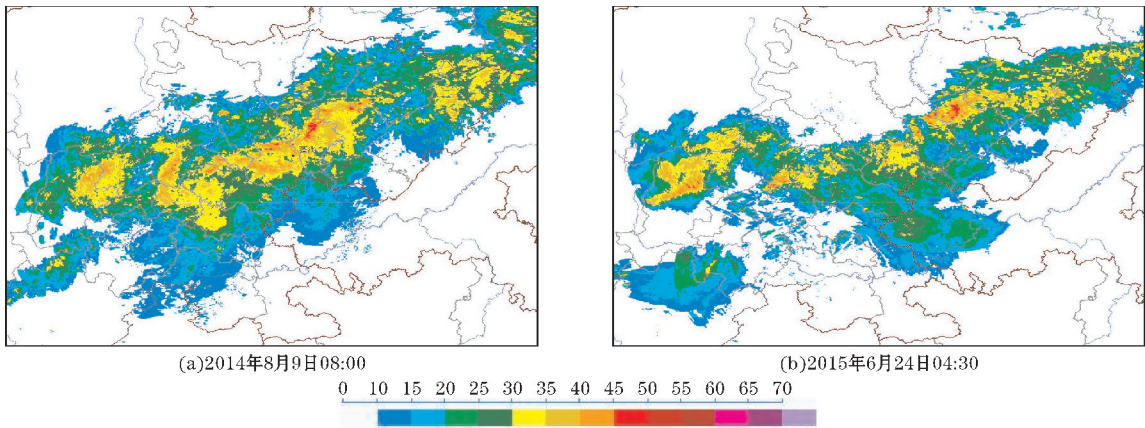


图 2 邻近层状云类 MCS 雷达组合反射率

3.3 平行层状云类 MCS

平行层状云类 MCS (PS) 的静态模型类似于 TS, 多出现在四川盆地西部, 呈南北向线状分布, 回波区同样由对流区和层状区组成, 区别在于 PS 的强对流带的东西两侧被较弱的层状云回波区包裹, 并且在线状对流头部有大片较强的层状云回波区 (图 3)。另一方面, PS 系统移动以及新单体生成传播也与 TS 明显不同。PS 系统移动方向几乎与线状对流平行, 在四川盆地表现为自南向北移动。新单体在系统南侧生成, 沿

着强对流线移动发展, 并在系统北侧减弱成层状云回波, 列车效应十分显著, 是四川盆地产生极端强降水最主要的 MCS 之一。需要说明的是, PS 的形成受地形强迫抬升作用明显。在图 3 的两个个例中, 低层的偏东风在盆地西部山前形成辐合, 触发对流单体沿山分布, 逐渐形成线状对流; 在中低层偏南风引导下, 对流单体自南向北移动。因此, 图 3 中 PS 的生成、移动、发展均维持在盆地西部沿山一带, 几乎没有东西方向的移动, 极端短时强降水在列车效应的作用下产生, 最大 3 h 降水量分别为 219.1 mm 和 162.4 mm。

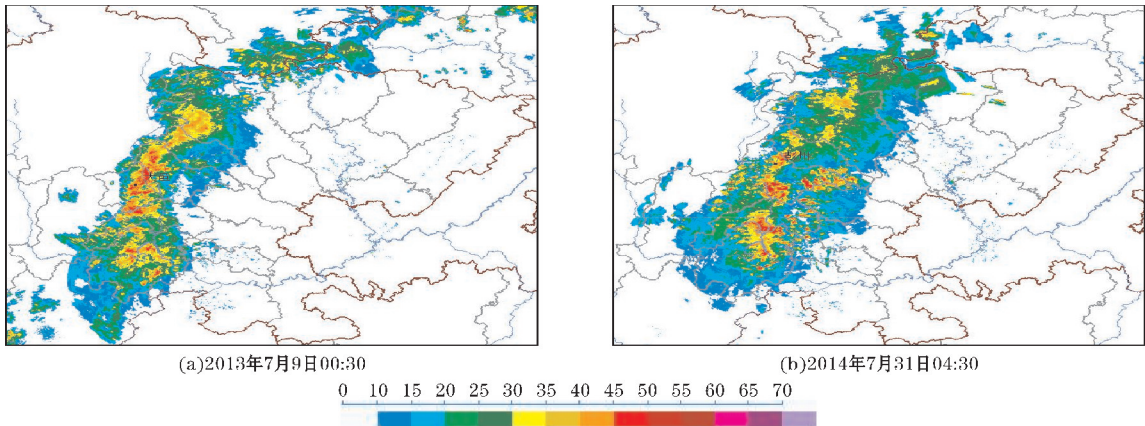


图 3 平行层状云类 MCS 雷达组合反射率

3.4 后向扩建类 MCS

后向扩建类 MCS (BB/QS) 组织形态在四川盆地有两种:一种是强回波呈短带状分布,与系统移动方向垂直,单体在系统后侧并排新生、发展,并向前侧移动减弱为大片的层状云回波区(图 4a);另一种是强回波带分布与系统移动方向平行,单体在上游新生发展,向下游移动,整个系统移动以及新单体生成传播与 PS 类似,但在空间尺度上的长宽比要明显小于 PS(图 4b)。此外,BB/QS 区别于其他类 MCS 最主要的特征是单体

后向传播特征十分明显,在系统后侧不断有单体新生发展,随着引导气流向前并入对流带,单体传播方向和单体移动方向正好相反。因此,BB/QS 在雷达反射率因子图上经常表现为强对流带一直停滞在某一区域,呈准静止状态,从而对该地区造成持续性强降水。据统计,四川盆地 BB/QS 发生在天气尺度强迫较弱的天气形势下,中小尺度系统影响较其他 MCS 类型更为复杂,其生成发展与地形、地面中尺度辐合线、雷暴冷池、强垂直风切变等均有密切关系。

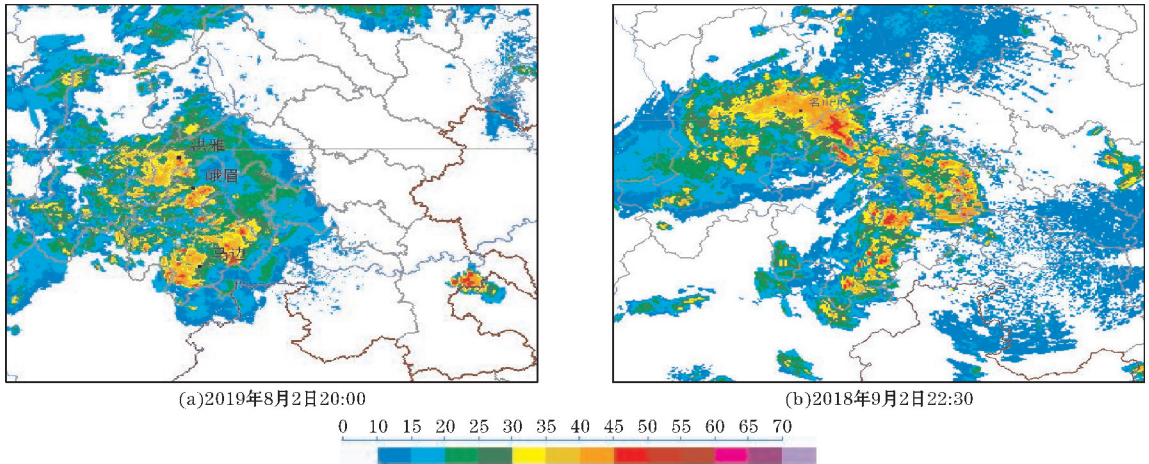


图4 后向扩建类 MCS 雷达组合反射率

3.5 涡旋类 MCS

涡旋类 MCS (VS) 是四川盆地影响时间最长、范围最广的中尺度对流系统。VS 伴随着西南低涡的消而生而发展减弱,成熟阶段的组织形态表现为大范围层状云回波包裹着两条涡旋状的对流回波带。图 5 两个 VS 均是在冷锋南下过程中,锋面的动力抬升使得西南低涡迅速发展,在低涡的作用和组织下形成,具有明显的气旋性旋转特征。在图 5(a)中,西南低涡位于盆地中部,一条东西向和一条南北向的强回波带分别对应

低涡的暖切变和冷切变,在低涡西南侧有明显的由于干冷空气卷入留下的入流缺口。在图 5(b)中,西南低涡位于盆地南部,对流回波带的涡旋状特征也十分清楚,暖切变所对应的强回波带发展十分旺盛。尽管西南低涡在四川盆地汛期出现的频率非常高,但据统计 VS 造成极端短时强降水的个例并不如 TL/AS 和 PS 多。TL/AS 或者 PS 类直线型的列车效应可以使强回波不断地经过某一区域而产生持续性强降水,而 VS 强回波带随着系统移动而旋转变化,只有当其移动缓慢或较长时间停滞在某处时才易造成极端强降水。

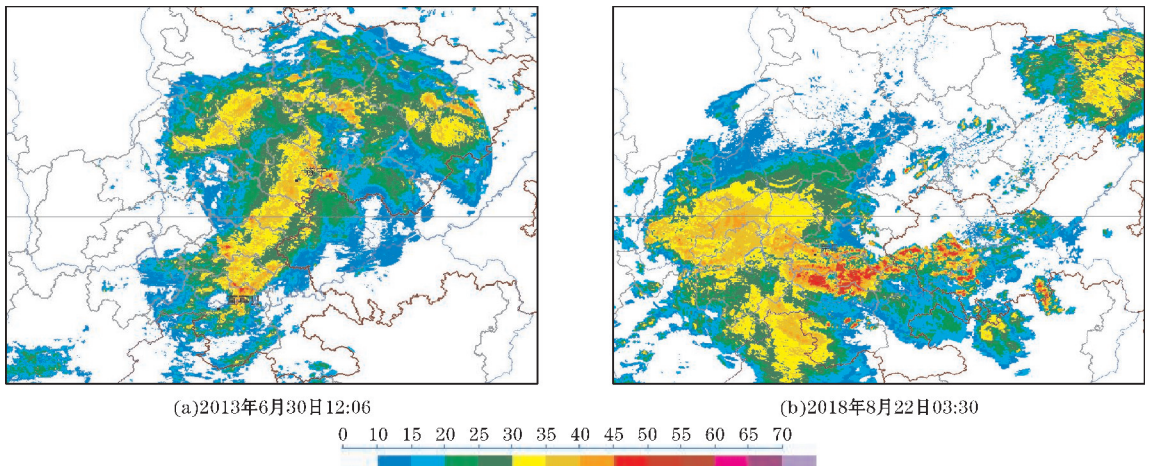


图5 涡旋类 MCS 雷达组合反射率

3.6 无组织对流类 MCS

将非上述 5 种组织类型的 MCS 归为无组织对流类 MCS(UC)。UC 在四川盆地表现为两种组织形态:一是大片层状云回波中镶嵌有多个无组织强对流回波,形态呈椭圆状(图 6a)。系统内部强回波分布杂乱无章,当某个回波发展旺盛时,会对其所在区域带来极端短时强降水。该类 UC 常发生在盆地暖低压或暖倒槽内,不稳定能量较高,有利于局地热对流发展,所产

生的降水以局地性强降水为主,持续时间较短。二是两个孤立的块状回波,向同一目标位置移动,合并形成大范围的强对流回波区。在图 6(b)中,乐山峨眉附近有两块回波,分别位于其西北侧和东南侧。其中,西北侧的回波出现在低层偏北气流和偏南气流的辐合中,而东南侧的回波出现在偏南风的风速辐合中。两块回波同时向峨眉逼近,合并加强形成更大范围的对流回波块,维持时间非常长,造成最大 3 h 降水量为 199.5 mm。

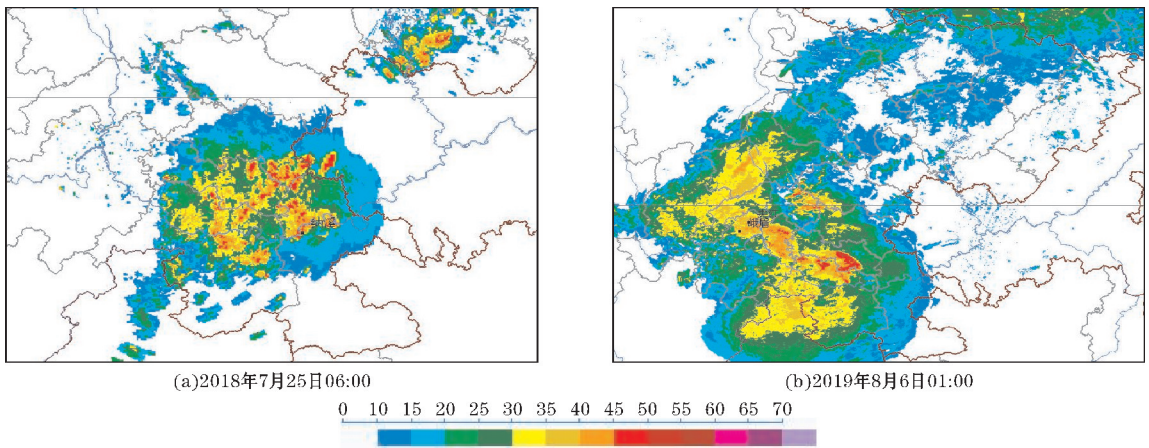


图 6 无组织对流类 MCS 雷达组合反射率

4 MCS 时空分布特征

图 7 给出了 2013–2019 年四川盆地极端短时强降水 6 类 MCS 的空间分布,图中的红点是 MCS 的位置(以过程累计雨量最大的站点进行标注),红色箭头是 MCS 的移动路径。TS 的 3 个个例均出现在盆地西部,其中 2 个个例是朝偏西方向移动(图 7a)。TL/AS 主要出现在盆地西南部、南部和中部,多为偏东或偏东北

方向移动(图 7b)。PS 所有个例都分布在盆地西部,移动方向均为沿着川西高原东侧自南向北移动(图 7c)。BB/QS 在盆地内分布较为分散,其中 6 个个例是朝偏北方向移动,2 个个例是朝偏西方向移动(图 7d)。VS 多出现在盆地西南部、南部和中部,与西南低涡的生成发展移动密切相关,多以偏东方向移动为主(图 7e)。UC 的空间分布和 BB/QS 类似,在盆地内并不集中,但所有个例的移动方向较为一致,均朝偏北方向移动(图 7f)。

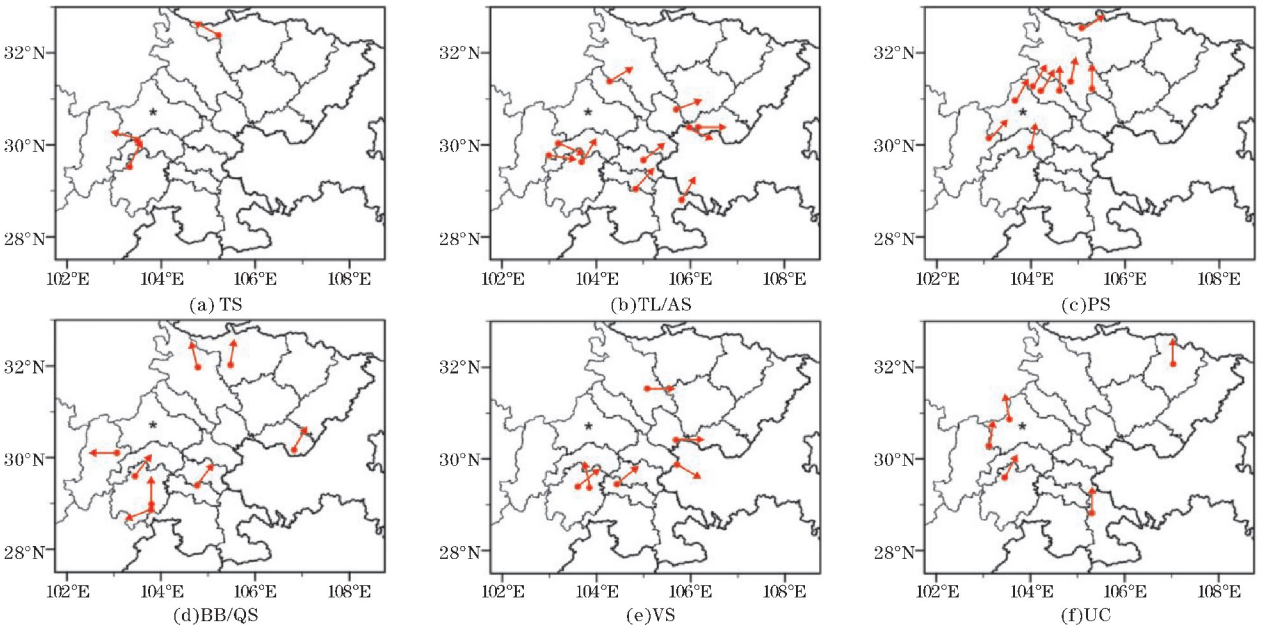


图 7 2013–2019 年四川盆地极端短时强降水 6 类 MCS 空间分布

结合雷达组合反射率回波演变,以统计20 mm/h雨团出现和结束时间作为 MCS 活动的持续时间。从表3可以看到,TS 的最长和最短持续时间差异不大,平均持续时间最短,为13.3 h。TL/AS、PS 和 BB/QS 三者平均持续时间在 14~15 h,最长和最短持续时间的差异较 TS 偏大。VS 在最长、最短和平均持续时间的统计中均较其他类型 MCS 要长,最长持续时间可达

表3 2013–2019 年极端短时强降水 6 类 MCS 持续时间统计

单位:h

MCS 类型	最长持续时间	最短持续时间	平均持续时间
TS	16	11	13.3
TL/AS	21	11	14.9
PS	23	7	14.2
BB/QS	20	11	14.8
VS	33	12	22.5
UC	30	7	15.0

33 h,且平均持续时间22.5 h也远大于其他类型 MCS。UC 的最长和最短持续时间差异最大,主要是由于两种组织形态的 UC 持续时间差异较大所致。单独椭圆状类的 UC 持续时间较短,而两个块状回波合并类的 UC 持续时间较长,最长达到30 h。

以各类 MCS 活动时间内包含时段占该类 MCS 个例总数百分比,统计各类 MCS 的日变化特征,如图8所示。TS 多发生于凌晨,集中在 00–06 时;TL/AS 多开始于傍晚,至第二日上午结束;PS 多发生于 01–06 时,与 TS 类似;BB/QS 出现次数最多的为 02–04 时;VS 日变化分布最为平均,与其持续时间最长有关,但最集中的还是出现在凌晨;UC 的各时段比例也较为接近,傍晚至第二日上午是其高发时段。总的来说,四川盆地极端短时强降水 MCS 在凌晨 00–06 时出现最多,这与凌晨前后西南暖湿气流加强有密切关系。

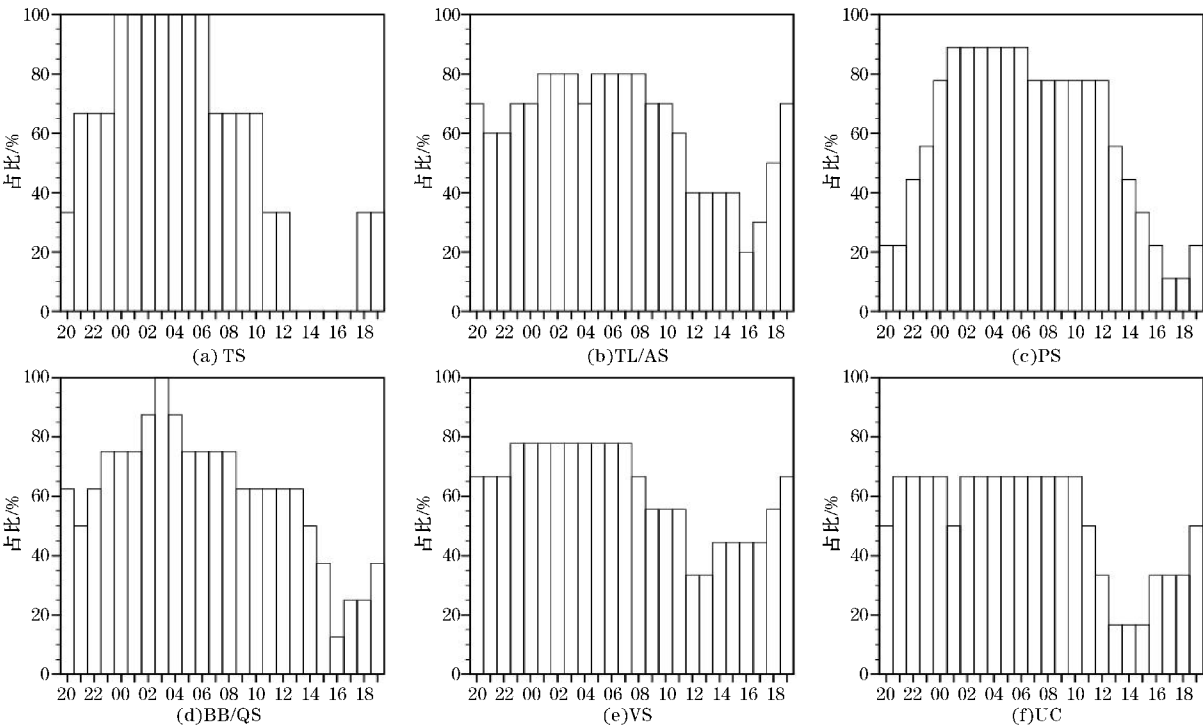


图8 2013–2019 年四川盆地极端短时强降水 6 类 MCS 日变化特征

5 结论和讨论

利用 2013–2019 年 5–9 月 SWAN 系统新一代天气雷达组合反射率因子资料和常规观测资料,分析了四川盆地极端短时强降水 MCS 组织类型特征,主要结论如下:

(1)四川盆地极端短时强降水 MCS 可分为 6 种类型:尾随层状云类(Trailing Stratiform, TS)、邻近层状云类(Training Line/Adjoining Stratiform, TL/AS)、平行

层状云类(Parallel Stratiform, PS)、后向扩建类(Back-Building/Quasi-Stationary, BB/QS)、涡旋类(Vorticity Stratiform, VS)和无组织对流类(Unorganized Convection,UC)。其中,TL/AS 占比最大,PS 和 BB/QS 次之,VS 和 UC 再次,TS 最少。

(2)TS、TL/AS 和 PS 组织形态都为线状对流,但其系统移动以及新生单体发展等特征有所不同。TS 和 PS 在盆地均呈南北走向,前者移动方向与对流线近乎垂直,后者移动方向与对流线平行。TL/AS在盆地多呈东北—西南走向,移动方向与对流线平行。TL/AS 和 PS

通过单体新生发展移动所产生的列车效应造成极端短时强降水。两类 BB/QS 移动与对流带平行或者垂直,但都具有明显的单体后向传播特征。VS 组织形态呈涡旋状,两条带状强回波随系统移动而旋转发展的特征十分突出。UC 在四川盆地表现为椭圆状层状云回波中镶嵌有多个无组织强对流回波或是两个孤立的块状回波合并形成大范围的强对流回波区。

(3) TS 和 PS 集中在盆地西部,前者多向偏西移动,后者多向偏北移动;TL/AS 和 VS 多出现在盆地西南部、南部和中部,移动方向主要为偏东或偏东北方向;BB/QS 和 UC 空间分布较为分散,多为偏北方向移动。VS 持续时间最长,平均持续时间为 22.5 h,其他类型 MCS 平均持续时间为 13~15 h。从日变化特征来看,凌晨 00–06 时是各类 MCS 的高发时段。

对 2013–2019 年四川盆地极端短时强降水 MCS 回波组织形态、系统移动和单体再生及新生单体发展等特征,以及 MCS 时空分布进行了详细分析。在业务应用中,预报员可以基于以上 MCS 组织类型特征,通过实时观测雷达回波变化,在短时临近预报时效内对极端降水在一定程度上作出主观性预报,及时发布预报预警信息,弥补数值模式短临预报的不足。此外,各类 MCS 发生发展所需的环境条件尚不清楚,还需进一步研究探讨,特别是在弱天气尺度强迫下,地形、地面中尺度系统等对于 MCS 形成作用更是后期研究的重点。结合 MCS 雷达回波特征,清楚其触发和维持机制,为四川盆地的极端短时强降水客观预报提供可预报因子具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 张武龙,张井勇,范广洲.我国西南地区干湿季降水的主模态分析[J].大气科学,2014,38(3):590–602.
- [2] 张武龙,张井勇,范广洲.CMIP5 模式对我国西南地区干湿季降水的模拟和预估[J].大气科学,2015,39(3):559–570.
- [3] 陈永仁,李跃清.“12.7.22”四川暴雨的 MCS 特征及对短时强降雨的影响[J].气象,2013,39(7):848–860.
- [4] 王佳津,陈朝平,龙柯吉,等.四川区域暴雨过程中短时强降水时空分布特征[J].高原山地气象研究,2015,35(1):16–20.
- [5] 陈贝,高文良,周学云.四川盆地西南部短时强降水天气特征分析[J].高原山地气象研究,2016,36(3):14–20.
- [6] 孙继松,陶祖钰.强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J].气象,2012,38(2):164–173.
- [7] 俞小鼎.短时强降水临近预报的思路与方法[J].暴雨灾害,2013,32(3):202–209.
- [8] Bluestein H B, Jain M H. Formation of mesoscale lines of precipitation: Severe squall lines in Oklahoma during the spring[J]. J Atmos Sci, 1985, 42(16):1711–1732.
- [9] Houze R A Jr, Smull B F, Dodge P. Mesoscale organization of springtime rainstorms in Oklahoma [J]. Mon Wea Rev, 1990, 118(3):613–654.
- [10] Schiesser H H, Houze R A Jr, Huntriesser H. The mesoscale structure of severe precipitation system in Switzerland [J]. Mon Wea Rev, 1995, 123(7):2070–2097.
- [11] Miller D, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in the western Pacific region [J]. Mon Weather Rev, 1991, 119(12):2978–2992.
- [12] 郑永光,陈炯,朱佩君.中国及周边地区夏季中尺度对流系统分布及日变化特征[J].科学通报,2008,53(4):471–481.
- [13] Parker M D, Johnson R H. Organizational modes of midlatitude mesoscale convection system [J]. Mon Wea Rev, 2000, 128(10):3413–3426.
- [14] Schumacher R S, Johnson R H. Organization and environmental properties of extreme-rain-producing mesoscale convective system [J]. Mon Wea Rev, 2005, 133(4):961–976.
- [15] Zheng L L, Sun J H, Zhang X L, et al. Organizational modes of mesoscale convective systems over central East China [J]. Wea Forecasting, 2013, 28(5):1081–1098.
- [16] 王晓芳,崔春光.长江中下游地区梅雨期线状中尺度对流系统分析组织类型特征[J].气象学报,2012,70(5):909–923.
- [17] 王珏,张家国,吴涛,等.湖北省极端短时强降水 MCS 类型及特征分析[J].气象,2019,45(7):931–944.
- [18] Emanuel K A. Overview and definition of mesoscale meteorology [J]. Mesoscale Meteorology and Forecasting, Edited by P S Ray, American Meteorological Society, 1986(1):1–17.

Organizational Modes of the Mesoscale Convective System in Extreme Flash-Rain Process in Sichuan Basin

ZHANG Wulong^{1,2}, KANG Lan^{1,2}, TAO Yong³, YANG Jingchao^{2,4}

(1. Sichuan Provincial Meteorology Observatory, Chengdu 610072, China; 2. Heavy Rain and Drought-Flood Disaster in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China; 3. Guizhou Meteorological Service Center, Guiyang 550002, China; 4. Sichuan Meteorological Disasters Prevention Technology Center, Chengdu 610072, China)

Abstract: In order to improve the nowcast warning ability of extreme precipitation, using the composite radar reflectivity data and conventional observation datasets, this study investigates organizational mode features of the mesoscale convective system in extreme flash-rain process between May and September during 2013–2019 in Sichuan basin. The results show that: (1) the extremely short-term heavy precipitation MCS in Sichuan Basin can be divided into six types: Trailing Stratiform (TS), Training Line/Adjoining Stratiform (TL/AS), Parallel Stratiform (PS), Back-Building/Quasi-Stationary (BB/QS), Vorticity Stratiform (VS) and Unorganized Convection (UC). (2) The tissue morphology of TS, TL/AS and PS mode is linear MCSs, but their system movement and new cells generation are different. TL/AS and PS mode can make train effect by new cells generation and movement, which causes extreme flash-rain easily. The cell backward propagation is remarkable in BB/QS mode, and VS mode have a defined feature of vortex. (3) TS and PS mode are formed in the western basins, which mostly move westward and northward respectively. TL/AS and VS mode usually occur in the southwestern, southern and central basin, and their movement direction is often eastward or north-eastward. BB/QS and UC mode mainly move northward. VS mode has the longest duration, while other modes are relatively shorter in duration. Diurnal variation shows that the peak time of MCSs occurrence is from 0 am to 6 am.

Keywords: mesoscale meteorology; extreme precipitation; MCS organizational modes; Sichuan basin