

华南地区 MCC 云图特征 和成因分析

伍星赞 纪英惠

(湖南省气象台, 长沙 410007)

提 要

利用伪彩色数字化卫星云图资料,对 1994 年 6 月中旬造成华南地区特大洪涝的 5 次中尺度对流复合体的活动规律、形态特征进行了分析,对其在该地区不断衍生的原因作了初步探讨,得出它们的云图特征和成因。

关键词: 中尺度对流复合体 暴雨 华南地区

前 言

中尺度对流复合体(MCC)已被越来越多的气象工作者所探讨和研究。1994 年 6 月中旬,我国华南地区出现了历史上罕见的特大洪涝。造成这次洪涝的原因,除了大尺度天气系统出现异常以外,与直接产生暴雨的 MCC 在该地区不断衍生有密切关系。本文以

1994 年 6 月 11—15 日的 5 次 MCC 为例,分析了它们的活动特点、形态特征和形成原因。

1 MCC 的特征

中尺度对流复合体有严格的定义,本文运用与 Modelex 相同的标准^[1]。对 1994 年 6 月 11—15 日 5 个 MCC,作了统计分析,结果见附表。

附表 1994 年 6 月中旬 MCC 的云图特征及暴雨分布

MCC 序号	起始 时间 日· 时	起 始 位 置 °N °E	生 长 部 位	成 熟 阶 段			r_s $\times 10^4$ /km ² · h ⁻¹	移 动 /km · h ⁻¹	$50 > R_{12} \geq 30$		$100 > R_{12} \geq 50$		$R_{12} \geq 100$		R_{12max} /mm		
				生 命 史 间 (h) /日·时	形 状	偏 心 率			S_A $\times 10^6$ /km ²	S_B $\times 10^4$ /km ²	(站次)		(站次)			(站次)	
											20	8	20	8		20	8
a	11.12 12.15	26.5 107	高空 槽前	18 12·5	圆形	0.81	1.1	2.4	1.9	SEE 38	13	15	12	12	2	136.8 广西龙胜	
b	12.23 13.17	25 111	a 体左 后方	18 13·5	圆形	0.87	1.0	1.0	1.4	少动	8	11	9	7	10	216.3 桂林农试站	
c	13.17 14.08	24 106	b 体左 后方	15 13·23	圆形	0.82	1.0	1.4	1.6	少动	7		7		3	114.7 广西三江	
d	14.02 14.20	25 110	c 体右 前方	18 14·8	椭圆	0.72	1.1	1.2	4.3	少动		14		11	2	112.7 广西鹿守	
e	14.20 15.20	24 108	d 体左 后方	21 15·5	椭圆	0.70	1.0	1.0	1.0	少动	9	13	14	2	7	1	159.1 广西凌云

注: S_A : 小于 -32°C 的红外温度的云区面积, r_s : 从 MCC 的胚体到成熟时云区面积的增长率, S_B : 小于 -84°C 的红外温度的云区面积

1.1 MCC 的时空分布

从 6 月 11—15 日不到 5 天的时间,就有 5 个 MCC 在同一地区生消演变,这在历史上

是罕见的。它们主要分布在 $24-26.5^\circ\text{N}$ 、 $105-111^\circ\text{E}$ 范围内,并且主要集中在广西的北部。当前一个 MCC 尚未消失,其后部(或

前部)又有新的 MCC 生成,几乎没有间断。这 5 个 MCC 中有 3 个均是在前一个 MCC 的后部生成,只有 d 是在 C 的前部生成,时间衔接十分紧凑。这就是说,这个区域是 MCC 的生长源地,或是对流发展的有利环境场。

另外,从 MCC 的变化来看,下午 3 点以后是它们生成和发展阶段,半夜到早晨是它们的成熟阶段,而上午是减弱衰亡之时。无论是从水平尺度还是暴雨阶段均是如此。因此它们也像其它暴雨系统一样,具有明显的日变化。

从地形上分析,5 个 MCC 均处在青藏高原东侧的背风面。过去曾有人指出:当气流越过高山后,在东侧的背风侧一定距离处会产生一个定常的低空背风坡槽,在此低空背风坡槽中有正涡度形成,这时,如果有一个高空槽接近时,可观测到气旋的迅速发展。这个事实确实如此(后面将详细分析),因此 MCC 的形成受高原的动力和热力的影响较大。

1.2 MCC 暴雨的时空分布

由于受资料的限制,我们只能根据 MCC 的起始时间,粗略地估计 MCC 暴雨的时空分布,按照已有的资料 and 实际需要,将雨量分为 20—08 时,08—20 时两个时段。统计的结果见附表。

从 MCC 暴雨的时空分布中,可以看到以下几个特点:

a. MCC 暴雨的强度特别大,雨量集中。12 小时雨量 $> 50\text{mm}$ 的站次占 52%,并且这些强降水集中在几个小时之内。如湖南溆浦受第一个 MCC 的影响,12 日 5—11 时降雨量总计 160.4mm,1 小时最大降水达到 42.1mm。

b. MCC 的强降水主要集中在广西北部地区。从 12 小时雨量 $\geq 100\text{mm}$ 的站数中,广西省占 92%(23/25)。

c. 强降水大部分出现在晚上。从特大暴雨的时段来看,80%出现在夜里。

由于暴雨集中在广西境内,且强度强,时间集中,加之 5 个 MCC 连续不断出现,从而造成广西“94.6”的大洪水。

1.3 MCC 的形成和形态

仔细分析 6 月 11—15 日的云图发现,只有第一个 MCC 是在锋前的暖气流中发展起来的,6 月 11 日 20 时,冷空气南下,在华东、华南地区形成一条 NE—SW 向的冷锋云带,12 日以后在华南地区静止,在其尾部先后形成 4 个复合体。这 5 个 MCC 的胚胎都是由多个小对流云团合并而成,并且云团一旦合并,MCC 迅速发展,云区面积膨胀,云顶温度急剧下降,大片的冷云区开始扩展。合并之后的 2—3 小时,云区范围达到最大值,处于成熟阶段。此时,它们的形状大多数为椭圆形,偏心率均在 0.7 以上。从外形上看 a、b、c 3 个 MCC 更接近于圆形,偏心率在 0.8 以上。

1.4 MCC 的水平尺度

MCC 的胚体云区最小尺度在 110km 左右,最大可达 380km;成熟阶段,其水平尺度均在 800km 以上,生命史均在 15 小时以上,属中- α 尺度系统。成熟阶段的 MCC 云区面积均在 $1.0 \times 10^6 \text{km}^2$ 以上,其内部冷云区的面积也在 $1.0 \times 10^4 \text{km}^2$ 以上。从最早可以看到 MCC 的胚体开始到它们的成熟阶段,云区面积的增长速度最少为 $1.0 \times 10^4 \text{km}^2 \cdot \text{h}^{-1}$,最大可为 $4.3 \times 10^4 \text{km}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ 。这么大的增长率,低层应有强上升气流和水汽输送带支持。

分析中还发现,MCC 中温度梯度最大处大多位于其前进方向的左前部。特别是少动的或移动缓慢的 MCC,从开始到最后,基本上处于这种状态,这里也是暴雨落区所在处。只有第一个 MCC 在东移中,强温度梯度区逐渐移至其正前部,暴雨区也随之移到这里。

1.5 MCC 的移动

根据这 5 个 MCC 的移动可分为两类,即静止型和移动型。

1.5.1 静止型

5 个 MCC 中有 4 个处于少动状态,基本上是原地自生自灭,只是在最后衰亡阶段才略显东移自灭的趋势。其原因是地面均无强冷空气活动,只有一条静止锋存在;在中低层 25°N 附近有一条 E—W 向的暖式切变线维持少动。500hPa 上虽然在 30°N 附近不断有

小槽东移,但始终未能改变中低层的流场。

1.5.2 移动型

5个MCC中的第一个MCC属移动型,它以每小时38km的速度向偏东方向移动。在冷空气到来之前,其云体向东扩展,但移动较慢。当MCC发展最旺盛时,其西北方向有一股较强的冷空气南下移近MCC时,两云区合并,并且一起东移。此时,高、中、低层均有低槽配合,形成一种斜压环境场,MCC在斜压环境场中东移。

过去曾有人^[1]讨论过MCC的移动问题,并提出与700hPa高空风有较好的相关。本文分析的5个MCC的移动,只有第一个相关较好。以MCC生成的西部昆明为例,从13日08时至15日20时700hPa风向均为偏西风,平均风速为 $12.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (只统计每日08、20时两次),若以最近处的百色为例,其风向也是偏西风,平均风速为 $11.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而这个期间的4个MCC却基本少动。因此,MCC的移动可能与其周围环境场中冷空气活动的强度关系更密切一些。

2 MCC成因的探讨

在较短的时间内,在不到4个纬距 \times 4个经距的有限区域内,连续不断地形成5个MCC,确实值得探讨。由于受资料及技术等多种条件的限制,我们只能从MCC生成和发展的环境场进行分析,得到以下几个显著特征。

2.1 高温高湿的环境场

从6月12—15日,在500hPa以下的对流层中,华南一直维持高温高湿的环境,低空急流将低纬度地区充沛的水汽输送到华南地区,其最大输送中心位于南宁—梧州—柳州一带。计算表明,水汽辐合主要集中于低层925hPa附近,水汽通量辐合最大达 $46.5\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 。其中950—875hPa层内辐合量约占整个水平水汽通量辐合总量的78.5%。在广东、广西地区形成一个很强的高湿中心。地面露点高达26—28℃,比湿在 $19\text{—}22\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。850hPa露点高达18—20℃,比湿在 $16\text{—}18\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在低涡辐合中心南侧为20—30℃的高温区和 $\theta_{se}>35\text{C}$ 。K指

数在河池—南宁一带为 $>40\text{C}$ 以上的大值区。桂、粤西部出现了K指数 $\geq 45\text{C}$,SSI指数 $<-2\text{C}$ 的大范围高能位势不稳定区。这表明在华南特别是在广西境内大气处于高温高湿和不稳定层结状态,极有利于对流性天气发展。

2.2 对流层中、下层的强辐合

李玉兰等^[2]也曾分析过这段时期,发现在对流层中、低层有一个高温、高湿的舌区从中南半岛伸展至长江以南地区,在对流层高层200hPa上空,西风急流位于 34°N 附近,南亚高压中心位于中南半岛北部,华南高空盛行偏东北气流与低空西南风形成的一个热力直接垂直环流圈,为暴雨提供了有利的条件。另外在6月11—15日流场中,925hPa上靠地面静止锋附近,在河池与桂林之间有中尺度辐合中心,水平尺度为300km,13—15日这个辐合中心少动,6月12日河池附近平均散度值为 $-4.5\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$,比其它地区大。13—15日河池到桂林区域平均散度为 $-3.7\text{—}6.3\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$,是广西强辐合中心所在^[3]。地面和850hPa常伴有中尺度低压系统,从6月12日起至15日在850hPa切变线西段,不断有低涡生成。MCC发生在气旋性涡旋的左前方。因此整个对流层中、下层MCC形成和发展处位于强辐合中心附近。

2.3 西风带有弱短波槽

在5个MCC生成时段中,除第一个MCC是受高空槽影响外,其它4个在中、低层均受东—西向暖式切变和华南静止锋影响。在500hPa图上乌拉尔山阻高前方主槽中,不断分裂出短波槽沿 30°N 附近东传,并且其北端移动较快,南端移动较慢,有的槽底甚至少动(见图1)。在 25°N 附近的700hPa和850hPa上有一南北向切变相对应。从温压场的配置来看,短波槽后有冷平流,槽前有较强的暖平流或暖中心。由于短波槽活动频繁,冷空气不断地补充到华南静止锋中,使其得以维持。短波槽活动愈频繁,准静止锋愈稳定。因此这种西风带中的中尺度扰动,既可输送热量,也可输送水分,它也是为MCC的繁衍再生提供了有利条件。

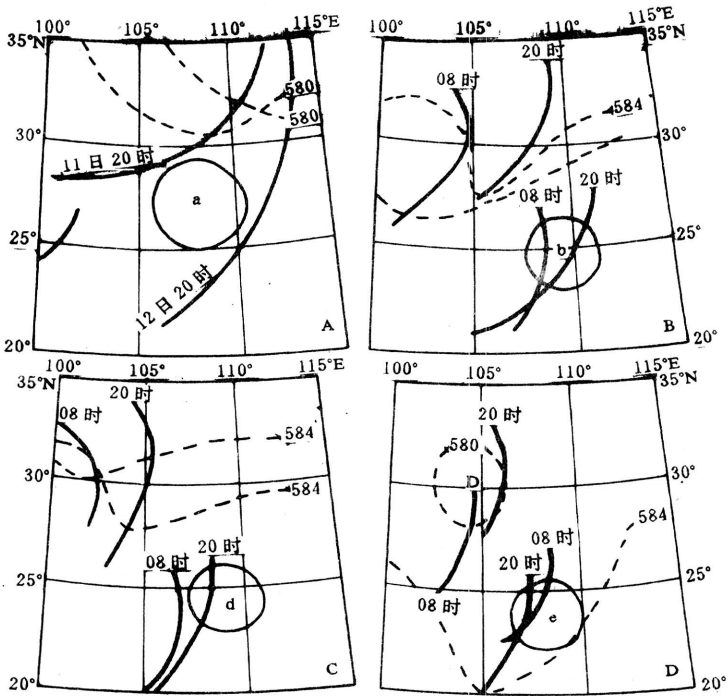


图1 1994年6月11—15日500hPa动态图
A:11—12日 B:13日 C:14日 D:15日

2.4 低空西南风急流盛行

从6月11—15日,在华南地区一直存在着一支西南风低空急流,并且有明显的日变化。风速一般是日落前开始增大,到次日08时达最大,这时风的垂直切变也最大,08时以后又逐渐减小。以受MCC影响较大的桂林为例(图2),这5天中每次08时的风速值均大于20时的风速值,最大的可超过一半。急流的日变化与MCC的日变化相同,即MCC的成熟期或范围最大期均大多在23时—08时,而暴雨也多集中在这个时期。以12小时降雨量>100mm的特大暴雨为例,12—15日中20时—08时共有20个测站出现特大暴雨,08—20时这个时段,只有5个测站出现特大暴雨,前者是后者的4倍。由于低空急流是动量、热量和水汽的高度集中带,许多对流系统或云团发生在这支输送带的左前方,MCC也发生在它的左前方(图3)。以12日、13日为例,12日08时桂林西南风为 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,是最大值所在,而桂林的左前方龙胜

站,12小时的雨量值为136.8mm;湖南溆浦6小时内降雨160.4mm。13日08时,急流风速中心仍在桂林,为 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,在其左前方及其附近,为大片的特大暴雨区,其最大值在桂林农试站,12小时雨量为216.3mm。

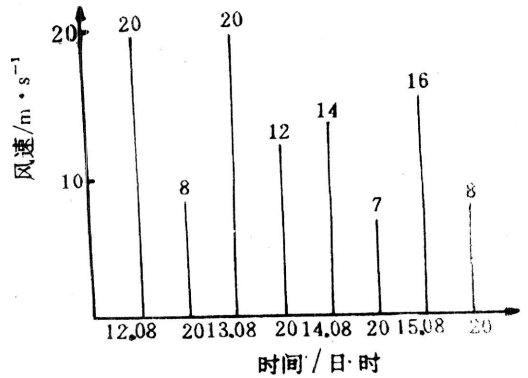


图2 1994年6月12—15日桂林低空西南风急流日变化

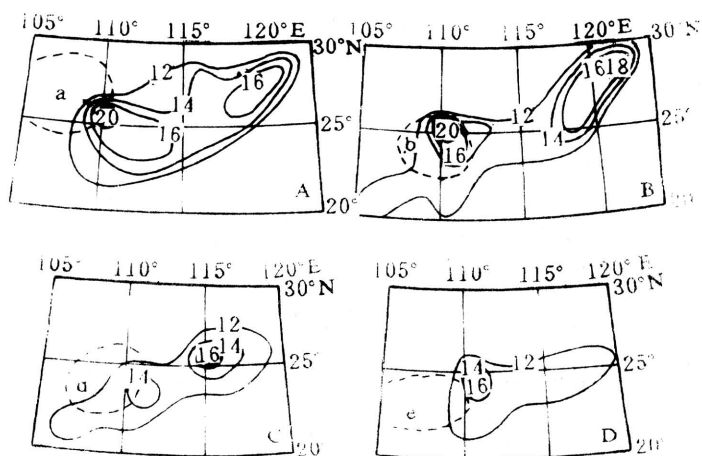


图3 1994年6月12—15日低空西南风急流等值线/ $m \cdot s^{-1}$
A:12日08时 B:13日08时 C:14日08时 D:15日08时

3 小结和讨论

华南特大暴雨的形成就是在多种尺度系统相互作用、转换、反馈和制约下所形成的，MCC是直接的制造者之一。通过以上分析，提出以下几点看法：

3.1 MCC在持续的高温高湿和位势不稳定的环境中，以及西风带频繁的短波扰动下繁衍再生。它是连续性暴雨的直接制造者，也是致洪暴雨的一个重要系统。

3.2 MCC的强弱和暴雨的大小具有明显的日变化特点，半夜至早晨08时是MCC最旺盛和暴雨最集中的阶段。

3.3 MCC的暴雨落区是在移动型MCC的

右前方，在静止型的左前方，以及低空急流中心的左前方。

3.4 MCC的移动主要受MCC的影响系统的制约。

3.5 夏季，东亚中低纬度地区的MCC，受青藏高原的地形影响较大，高原背风坡槽能制造涡度，只要有合适的环境场，能加速MCC的形成和发展。

参考文献

- 1 丁一汇编著. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991.
- 2 李玉兰等人. 1994年6月两广特大暴雨的天气学分析. 1994年华南特大暴雨洪涝学术研讨会论文摘要, 1995.
- 3 梁志和. 边界层对94.6广西特大暴雨的作用. 1994年华南特大暴雨洪涝学术研讨会论文摘要, 1995.

The Features of Satellite Cloud Image and the Analysis of MCC in South China

Wu Xingzan Ji Yinghui

(Hunan Meteorological Bureau, Changsha 410007)

Abstract

Utilizing the data of digitized color satellite cloud image, the active law and the feature of five MCC causing heavy rain in medial June 1994 in the area of South China were analyzed. The feature of satellite cloud image and the cause of MCC causing in the middle-low latitude were discussed.

Key Words: MCC heavy rain the area of South China