

低涡切变影响下云南强降水 的中尺度特征分析^①

张腾飞 鲁亚斌 普贵明

(云南省气象台,昆明 650034)

提 要

分析2002年6月6次强降水过程的逐时GMS-5红外云图TBB资料和加密多普勒雷达回波资料,结果表明:这6次大到暴雨天气过程都是在川滇低涡切变影响下,由中尺度系统造成的。在卫星云图上都是由MCC活动造成的,MCC云顶亮温都低于 -75°C 。大于40dBz的飑线、涡旋带状回波和中尺度絮状回波团直接产生这6次大到暴雨过程。

关键词: 中尺度对流复合体 MCC TBB 多普勒雷达回波

引 言

强降水是在一定的大尺度环流背景下,又有中小尺度系统相伴形成的^[1]。天气尺度系统提供有利的环境条件和触发机制,使得其中的中尺度系统源源不断生成发展,从而导致暴雨、强对流等中尺度强对流天气现象^[2]。卫星云图和多普勒雷达具有时间和空间分辨率高的特点,可以清楚地监测到强降水的中小尺度系统活动。2002年6月云南共出现了6次全省性的大雨和暴雨天气过程,造成局部地区的洪涝灾害,这几次强降水过程都发生在夜间,白天高温少云,具有来势猛、雨强强等特点,出现的暴雨和大暴雨站次较多,在云南初夏比较罕见。本文利用逐时卫星云图TBB资料和加密多普勒雷达回波资料重点分析造成这几次强降水过程的中小尺度的形成、发展和演变规律特征。

1 天气概况

本文规定全省日降水量(20~20时,北京时间,下同) $\geq 25\text{mm}$ 的站数不少于18站或日降水量(20~20时) $\geq 50\text{mm}$ 的站数不

少于9站为一次大雨或暴雨天气过程。2002年6月全省出现了6次大到暴雨天气过程,其中6月10日、14日和28日为全省性的大雨天气过程,6月16日、25日和30日为全省性的暴雨天气过程。

从这6次过程的大尺度形势场上看(图略),在500hPa图上一般高原东南侧存在横切变、四川盆地到滇西北有槽、两高辐合或横切变,槽后有明显偏北风,滇中及以东为滇缅高压与副热带高压之间的辐合区;在700hPa图上川滇之间都存在着切变低涡,滇中及以东为副高外围西南气流控制,并且700hPa流场上在丽江、西昌、楚雄、昆明到曲靖一线往往存在涡旋环流。这样北方南下冷空气利于川滇低涡切变生成和加强,川滇低涡切变成为云南2002年6月6次强降水的主要影响系统;强降水前08时昆明、文山、思茅沙氏指数(SSI) ≤ -1.0 ,昆明沙氏指数(SSI) ≤ -1.5 ,并且都处于K指数大值区,在40~41 $^{\circ}\text{C}$ (图略),说明滇中及以南、以东处于高温高湿和不稳定中。当低涡切变和冷空气南移

① 本工作得到云南省“十五”攻关项目2001NG43资助

影响时提供了动力触发机制,就促使中尺度天气系统和强烈天气现象迅速发展起来,高原东南侧的低槽云系和切变线云系南移后就会发展。

2 卫星云图 TBB 分析

本文把日本 GMS-5 卫星云图反演为 TBB 资料进行客观分析,其分辨率为 $0.22^\circ \times 0.193^\circ$,范围是 $12.17 \sim 36.67^\circ \text{N}$ 、 $87.94 \sim 115.8^\circ \text{E}$,为了分析主要对流区和中尺度对流复合体(MCC),以 -40°C 等温线作为云区的边界,将 -52°C 等值线代表主要对流区,可以更好地反映强对流区的特征^[3],一般低值区为多云区,低值中心表示强对流中心。

Maddox 1981 年提出^[4],将云顶温度 $\leq -52^\circ \text{C}$ 的冷云区面积 $\geq 50000 \text{km}^2$,且满足此条件的时间 ≥ 6 小时的云团定义为中尺度对流复合体(MCC)。根据每小时一次的卫星云图分析,这 6 次大到暴雨过程都是由 MCC 活动造成的,其中 4 次是由于切变线云系在南移过程中对流云团加强形成 MCC,一次是由于巴塘低涡云系南移加强形成 MCC,另一次则是由多个对流云团合并加强形成 MCC。

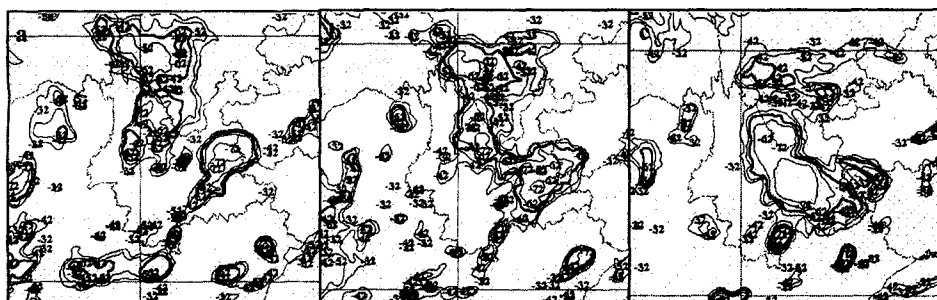


图1 2002年6月13日20:30(a)、22:30(b)、14日01:30(c)红外TBB图
粗实线代表 -52°C 等值线

2.2 巴塘低涡云系南移加强形成 MCC

6月27日上午在安徽、湖北、湖南到四川有一条较强的包含许多中尺度云团的 E—W 向切变线云系南移,其中在四川盆地就有一个 MCC,云顶亮温达 -75°C ,东南移影响滇东地区;同时 13 时巴塘低涡云系开始发展,16 时逐渐发展为许多中尺度对流云团,并且沿金沙江河谷南移,这些对流云团逐渐

下面对 6 次过程中 MCC 不同形成方式的 3 次过程进行详细分析。

2.1 切变线云系在南移过程中对流云团发展加强形成 MCC

6月13日上午云南省大部为晴空少云区,18时在北部到贵州有一条比较完整的 ENE—WSW 向切变线云系南移,云顶亮温达 -75°C ,同时四川西部在巴塘附近的中尺度对流云团发展旺盛,并沿金沙江南移到滇西北。20时切变线云系上贵州境内对流云团减弱,云南境内对流云团发展,其中在曲靖附近对流云团发展形成 MCC 西南移,22时与金沙江河谷下来的中尺度云团相连形成丽江、楚雄到曲靖的一条 NW—SE 向带状云系,云顶亮温达 -79°C ,其中在昆明附近的对流云团发展迅速,而在 700hPa 流场上昆明附近存在涡旋环流。14日 00 时形成更加强大的 MCC,云顶亮温达 -81°C (图 1a、b、c),强中心在昆明和楚雄东部,造成昆明 12h 降水 72mm,武定降水 127mm,7 时之后才逐渐减弱。

合并形成中间尺度对流云团,22时在丽江附近发展形成 MCC,旋转缓慢南移,云顶亮温达 -78°C (图 2a、b、c)。28日 7 时才开始减弱。强降水主要发生在丽江、大理和楚雄,丽江 12 小时降水 29mm、宁蒗降水 86mm、大理降水 36mm。

2.3 多个对流云团合并加强形成 MCC

6月29日午后滇中及以南切变线云系

发展较快,形成许多中尺度对流云团南移,18时切变线云系后部在700hPa低涡中心附近大理州到楚雄州之间对流云团发展旺盛,22时这些对流云团合并迅速发展,形成覆盖大理州和整个楚雄州的MCC,并继续东南移,云顶亮温达 -81°C (图3a、b、c),同时金沙江

河谷的中尺度云团南移,30日02时与MCC合并,导致MCC持续时间变长,强降水区主要在楚雄、玉溪,6月29日20时~30日08时12小时降水姚安132mm,牟定121mm,双柏116mm,通海134mm。



图2 2002年6月27日21:30(a)、22:30(b)、28日01:30(c)红外TBB图

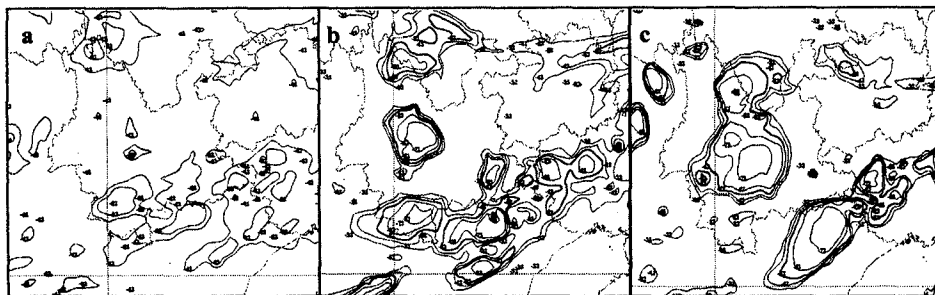


图3 2002年6月29日19:30(a)、22:30(b)、30日02:30(c)红外TBB图

3 多普勒雷达回波分析

从上面分析得知,这6次强降水天气过程是在低涡切变影响下由中尺度(MCC)直接造成的,多普勒雷达更能较好地捕捉到这些中小尺度天气系统活动。根据加密的多普勒雷达回波分析,飏线、涡旋带状回波和中尺度絮状回波团直接产生了这6次大到暴雨天气过程,其中2次飏线、1次涡旋带状回波和3次中尺度絮状回波团。下面我们对3种不同回波类型形成、演变过程进行详细分析。

3.1 飏线造成强降水

6月15日08时在丽江、昆明到曲靖有一切变低涡,受其影响午后楚雄北部、昆明北部、曲靖北部块状对流云回波比较活跃,这些对流回波单体不断生成发展,19时之后逐渐形成从攀枝花、东川、昆明东部、曲靖的一条

NW-SE的中尺度对流回波带,与切变低涡位置相一致,对流单体继续发展逐渐弥合,对流回波带更加密实,22:07形成长约500km、宽约80km的典型飏线回波东南移,飏线上强风暴强度40~45dBz(图4a、b、c),回波顶高达15km。飏线影响地区15日20时~16日08时12小时东川降水74mm、寻甸降水55mm,陆良降水40mm,罗平降水82mm。

3.2 涡旋带状回波造成强降水

6月27日08时700hPa图上从成都、西昌到丽江存在低涡切变,低涡在巴塘到丽江之间,丽江到腾冲有一低压槽,并且在流场图上丽江为涡旋中心,受其影响午后全省都有对流回波活动,20时开始云南省的北部和四川省南部沿切变低涡附近的对流单体发展较

快,并且逐渐弥合,00:05形成一条从六盘水、攀枝花到丽江的长约550km的E—W向带状回波,强度35~45dBz,由于东西两段回波在南移过程中移向移速不一致,有朝中心旋转的趋势,西段回波东南移,而东段回波西南移,中心在四川南部到丽江和楚雄北部(与低涡位置对应,并与涡旋中心位置相一致),02:00之后具有明显的线性回波波动模式的扰动特征,形成涡旋带状回波(图5a、b、c)。涡旋带状回波主要影响丽江、大理、楚雄,27日20时~28日08时12小时宁蒗降水

86mm、元谋41mm、丽江29mm、大理36mm。

3.3 中尺度絮状回波团造成强降水

6月29日08时低涡切变在威宁、昆明、楚雄到大理一线,低涡在楚雄附近。受低涡切变的影响午后楚雄、昆明、曲靖、玉溪境内对流回波发展比较旺盛,强度30~40dBz,整体回波东南移,16:00开始在楚雄州境内(与低涡位置相一致)对流回波单体发展比较迅速,不断合并加强,20时在楚雄州逐渐形成NW—SE向短带状回波(大雷暴群),强度40~45dBz,强对流单体顶高超过12km,对流单

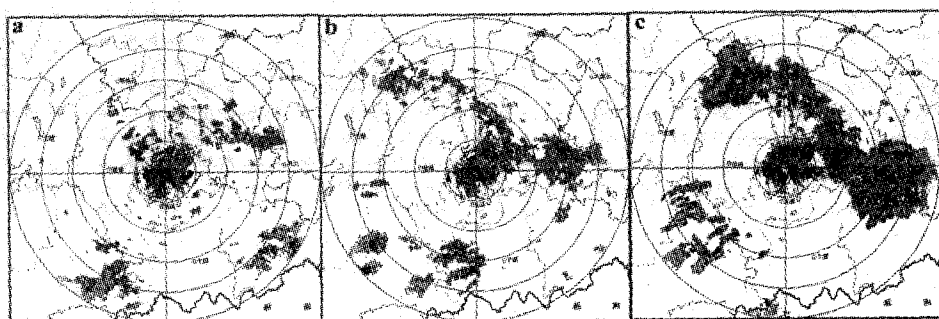


图4 2002年6月15日16:47(a)、19:46(b)、22:07(c) 飢线回波演变图

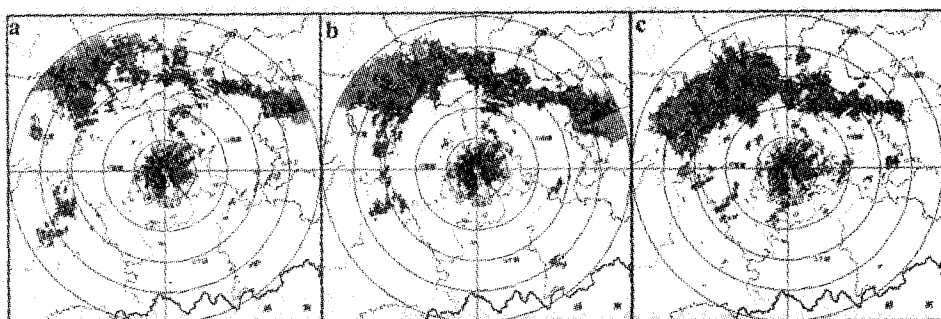


图5 2002年6月28日00:05(a)、02:11(b)、04:44(c) 涡旋带状回波演变图

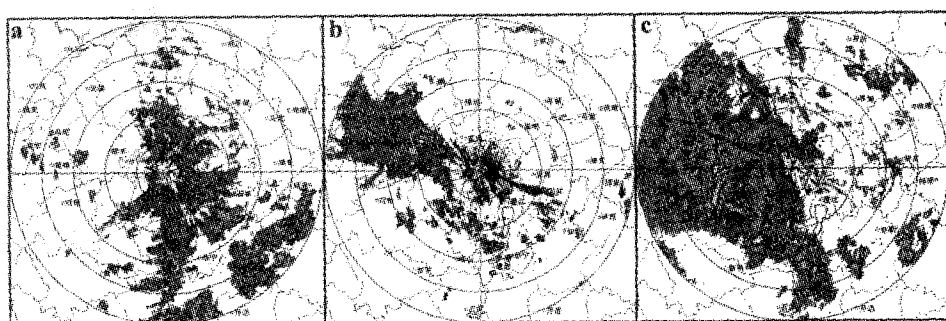


图6 2002年6月29日16:32(a)、20:01(b)、00:58(c) 中尺度絮状回波团演变图

体相互弥合,范围不断扩大,在它缓慢东南移的前沿还不断触发新的对流单体补充,22时之后逐渐形成中尺度絮状回波团(图6a、b、c),速度上表现出中尺度气旋特征。中尺度絮状回波团主要影响楚雄和玉溪地区,姚安12小时降水132mm,牟定121mm,双柏116mm、通海134mm。

通过分析多普勒雷达回波资料发现,6次强降水过程中存在许多中尺度系统活动,夜里出现强降水的当天午后云南省境内块状对流回波的生成发展比较迅速,说明有利于对流发展的背景条件,傍晚前后由于高层辐射冷却降温加剧对流不稳定,对流单体在低涡切变和涡旋附近由于强烈的辐合上升运动逐渐发展合并加强弥合形成飑线、涡旋带状回波或中尺度絮状回波团等中尺度系统,而有组织的中尺度系统的形成又加剧了能量的进一步集中,促进系统更进一步的发展,因此飑线、涡旋带状回波和中尺度絮状回波是直接造成这6次强降水过程的中尺度系统,强度在40dBz以上。

4 结论

(1)川滇切变线是造成2002年6月6次强降水的主要影响系统。而强降水直接是由中尺度系统产生的,具有来势猛、雨强强等特点。

(2)从卫星云图上看切变线云系和低涡云系南移到云南省后由于高温、高湿和不稳定会强烈发展,在低涡或涡旋环流附近由于存在强烈的辐合上升运动,对流云团会相互合并猛烈发展形成MCC,这6次强降水过程都是由MCC直接造成的,MCC云顶亮温都低于 -75°C 。

(3)多普勒雷达资料表明,对流单体午后在低涡切变线附近发展旺盛,到了傍晚逐渐发展弥合形成飑线、涡旋带状回波或中尺度絮状回波团,飑线、涡旋带状回波和中尺度絮状回波是直接造成这6次强降水过程的中尺度系统,强度在40dBz以上,顶高超过10km,飑线往往与切变线走向一致,而中尺度絮状回波团、涡旋带状回波往往在700hPa低涡或涡旋环流附近发展。

参考文献

- 1 王晓明,谢静芳,王侠飞.强对流天气的分析及短时预报.北京:气象出版社,1992.
- 2 党人庆,包澄澜,葛文忠等.中尺度天气学和数值模拟.湖北省气象局、湖北省气象学会,1988:112~114.
- 3 张腾飞,李英.2001年初夏云南连续暴雨的中尺度对流系统分析.云南气象,2001:4.
- 4 Maddox, R. A. . Mesoscaleconvectivecomplexes. Bull. Amer Meteor. Soc. , 1980, 61(11):1374—1387.

Mesoscale Analysis of a Yunnan Severe Precipitation Event Arose from Low-Vortex Shear

Zhang Tengfei Lu Yabin Pu Guiming

(Yunnan Province Meteorological Observatory, Kunming 650034)

Abstract

By analysis of hourly GMS-5 infrared TBB image and intensive observation of Doppler radar, it indicated that the 6 heavy rain events were created by the mesoscale system due to the impact of the mesoscale and microscale low-vortex shear in Sichuan and Yunnan. Mesoscale Convective storm Complex (MCC) in the TBB pictures likely occurred in the TBB low value area of $\leq -75^{\circ}\text{C}$, and on the other hand, due to the squall line, vortex zonality echo and the mesoscale floccus echo on the Doppler radar echoes, likely occurred in the echo intensity area of $\geq 40\text{dBz}$.

Key Words: Mesoscale Convective storm Complex(MCC) TBB Doppler radar echo