

1989年7月川东大暴雨中尺度对流系统分析

项续康

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

提 要

使用气象卫星资料, 分析了1989年7月发生在四川东部的4个中尺度对流系统的特征。第一个系统是由3个对流云团合并而成。生成后快速向前移动。第二个为向后传播。第三个系统生成后, 系统的西南部不断生成新的对流单体, 使之维持准静止状态。最后一个系统的初期呈胞状结构, 后与冷锋结合, 成为冷锋云系的一部分。这4个系统都是西南低涡暖切变形势下的产物, 随着形势演变, 其大尺度环境场略有差异。

关键词: 中尺度对流系统 传播 准静止状态

1 概 况

1989年7月7—12日四川东北部地区连续出现中尺度对流系统, 多次产生暴雨过程。通过1小时1次的GMS数字展宽云图的分析, 得到中尺度对流系统过程共有4次。它们是:

(1) 1989年7月7日22UTC—8日15UTC;

(2) 1989年7月8日18UTC—9日04UTC;

(3) 1989年7月9日12UTC—10日12UTC;

(4) 1989年7月10日12UTC—10日23UTC;

其中, 前3个过程产生在同一地区, 第三个过程又呈准静止状态, 使川东5个地市暴雨成灾。造成很大的损失。

2 中尺度系统的演变特征

7日22:25UTC(下同), 四川射洪、南充地区附近生成3个中- β 尺度云团, 8日02:32已趋于合并(图1a), 03:32生成以云

团D为中心的中- α 尺度对流系统。合并后, 最低云顶温度达 -87°C 。合并过程中, 武胜产生大暴雨, 降水量为71.4mm/h(8日03:00—04:00)。此后, 强对流云团逐渐向系统的东北端转移(图1c), 并迅速向ENE方向传播, 系统成为椭圆形。09:00东北端前鋒影响万县、巫山等地, 13:00后移到鄂、湘西部, 后迅速减弱。此系统为快速向东传播形式, 平均移速为42km/h^[1]。

8日18:00在武胜附近生成积状云F, 生成后逐渐扩大。22:25在其西部边缘新生一积云团G(图1d), 并逐渐加强, 而云团F却逐渐减弱。9日00:32云团G完全替代F(图1e)。后G亦减弱。此系统后半夜生成, 生成过程中又无合并现象, 故发展不强。后期为向后运动形式。

9日12:00起, 在武胜附近同时生成两个云团H、I。14:32开始合并(见图1f), 15:32合并后的云团形成以J为中心的胞状结构(图1g), 最低云顶温度为 -87°C 。16:00后系统迅速扩大。18:32上冲云顶产生分裂, 成为东西两个上冲云顶, 东部上冲云顶K

(见图1h),内部结构松散,很快消失。而西部上冲云顶L,结构仍较密实。值得注意的是,在系统的西南部潼南附近产生新的上冲云顶M和N。19:32上冲云顶M发展,代替了L。22:23,上冲云顶M东移,而西部又有新生云顶P。此阶段影响北碚(降水量为135mm/4h)、合川(116mm/4h)有大暴雨。10

日早晨00:00后,系统中心开始缓慢向东偏北方向移动。雨量中心亦随之东移到垫江、邻水一带。此时系统内部中尺度云团生消更替还在进行,P云团东移减弱,Q云团在 $30^{\circ}15'N$ 、 $106^{\circ}E$ 处生成(见图1i)。05:31Q云团分裂成东西配置的R和S云团,T云团又在 $30^{\circ}25'N$ 、 $107^{\circ}E$ 处生成。

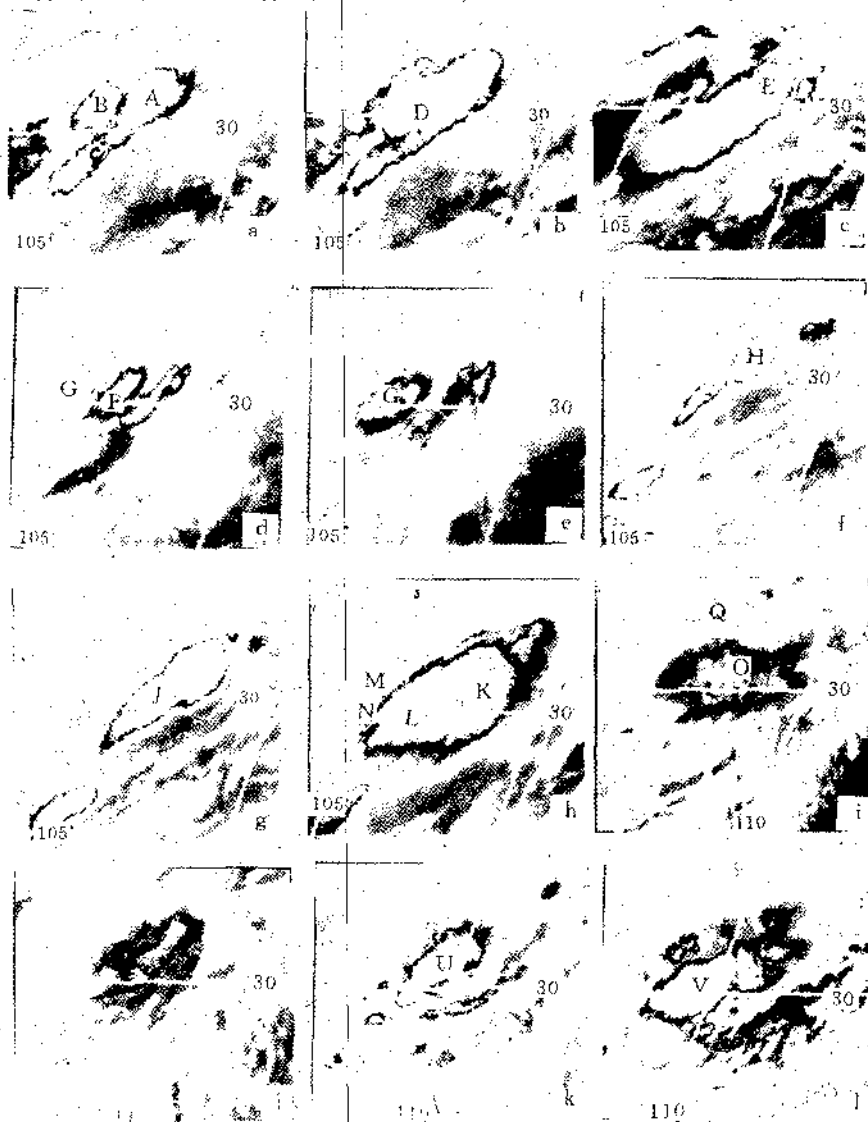


图1 1989年7月8—10日GMS-3、IR、MB曲线增强系列云图

a. 8日02:32UTC; b. 8日03:32UTC; c. 8日08:32UTC; d. 8日22:25UTC;
e. 9日00:32UTC; f. 9日14:32UTC; g. 9日15:32UTC; h. 9日18:32UTC;
i. 10日04:25UTC; j. 10日07:32UTC; k. 10日14:32UTC; l. 10日23:31UTC。

此中尺度对流系统后期呈逗点状,最早的迹象是系统的西南角于10日01:32开始出现一个缺口,缺口对应500hPa高度上的急流轴线,缺口以北,边缘呈反气旋性弧状弯曲。缺口以南,有SW—NE走向的积云线。04:00后,缺口越来越深(见图1i),降水也加强,逗点状逐渐明显。07:32图上(见图1j),系统末端出现一个中尺度涡旋,辐合更加强了,11:00后,逗点状云型破坏,转入下一个过程。

此第三个系统为中尺度对流复合体,是许多中- β 尺度对流云团有组织地活动的复合体,前后有14个中- β 尺度对流云团活动。这些云团此起彼伏,有合并、分裂和替代等中尺度现象。系统前期呈准静止状态,后期缓慢向东偏北方向移动,一些地区持续暴雨,造成洪水、泥石流等灾害。

自10日12:00起,系统又重新加强,出现3—4个上冲云顶,以后东边的一个减弱,西边的3个合并,形成以U为中心的胞状结构(见图1k),最低云顶温度为 -83°C 。17:31,U云团发生分裂,西部V云团加强,恩施有大暴雨。降雨量为54.7mm/h。由于冷锋靠近,系统转为NE—SW走向的云带,成为冷锋云系的一部分。

3 大尺度环境场的演变

图2是7月8—10日的700hPa综合图,由图可见,上述4个中尺度对流系统都是西南低涡暖切变形势下的产物。

3.1 第一个中尺度对流系统产生时,低涡位于 30°N 、 105°E 附近(见图2a)。自低涡中心向ENE方向伸出一个暖性切变。暖切变以南的SW气流为 $6-8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,暖切变以北的偏东气流亦较弱。暖切变以北有平行于暖切变的等 θ_{se} 线,但暖切变以南等 θ_{se} 线很稀疏。中尺度系统的早期胚胎云出现在低涡的东南

部位和暖切变以南,这里有较强的辐合和上升运动(-18hPa/h)。而且这些地区为涪江、嘉陵江河谷地带,有利于对流云生成。但因低空急流尚未生成,中高层风速较大,风垂直切变较强,故系统生成后,系统ENE方向弧状边缘上不断有新的对流单体生成,使得系统快速向ENE方向移动,其移动矢量和对流层内850—500hPa热成风基本一致,但速度稍小些。

3.2 第二个对流系统形成时,低空急流已逐渐形成,西南风速达 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (见图2b),其轴线在重庆—达县一线。由于西南暖湿空气集结,在四川南部形成一高 θ_{se} 中心(355K)。低空急流的左前方是正涡度区,有利于对流单体生成。此处9日00:00 700hPa上升速度仍维持 18hPa/h 。故系统18:00生成后,缓慢向东移动,在系统后部为辐合和暖湿平流最强处,此处生成新的对流云团(即上述的G云团)。此新的云团生成时已为9日早晨,故很快消散。

3.3 第三个对流系统于9日12:00开始生成,此环流形势有利于系统发展。首先,西南低涡更加强了。低涡东南方的低空西南风急流增强到 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风垂直切变很弱,低涡暖切变以北的偏东风也增强到 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图2c)。四川东部700hPa高度上的上升速度增强到 56hPa/h 。同时500hPa高度上青藏高原东北部有一高原涡生成,此涡对应一正涡度中心,中心最大数值为 $5.6\times 10^{-5}/\text{s}$,低层在低涡的东南侧有一个高 θ_{se} 中心,中心数值高达 360K ,位于重庆—南充之间。高 θ_{se} 中心从低层伸展到500hPa高度上。低涡的东南部位,暖切变以南和低空急流的左前方为辐合最强处,高 θ_{se} 中心正好位于此处,且 $\partial\theta_{se}/\partial z < 0$,处于不稳定状态,所以中尺度对流系统的西南角不断生成新的对流单体,使9日夜间系统处于准静止状态。

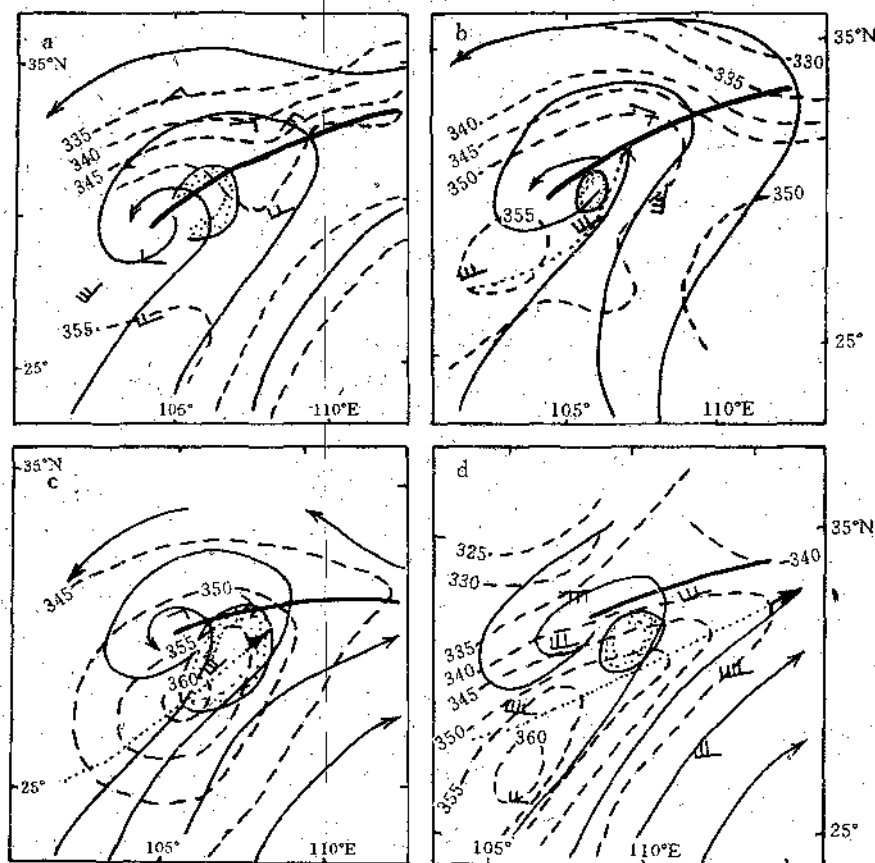


图2. 700hPa 综合分析图(1989年7月)

a. 8日00:00UTC; b. 9日00:00UTC; c. 9日12:00UTC; d. 10日12:00UTC

矢线为流线;断线为等 θ_{se} 线;虚线为急流轴线;粗实线为暖切变线;阴影区为 -52°C 云顶等亮温线所包围的云区

10日00:00,位于 35°N 、 106°E 与高原涡相配合的正涡度中心为 $9.5 \times 10^{-5}/\text{s}$ 。南部原正涡度中心东移到 34°N 、 109°E ,中心数值为 $7.6 \times 10^{-5}/\text{s}$ 。700hPa上的西南涡开始东移,其前部低空西南风急流向东扩展,并加强到 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,其轴线为ENE—WSW走向,中尺度对流系统进入东移阶段。由于冷空气的袭入,正涡度加强,10日00:00,系统的西南角开始出现缺口,并在07:00形成一个中尺度涡旋,系统发展成逗点状。

3.4 第4个中尺度对流系统开始发展时,由

于高原涡的并入,500hPa出现一个较为深厚的低槽。其前部的正涡度加强,并向东扩展。10日12:00扩展到 120°E ,成为一个ENE—WSW走向的正涡度带,700hPa上的西南大风区也扩展到 120°E (图2d)。在此形势下,中尺度对流云系在前半夜仍有加强,但很快就转变成冷锋云系的一部分,随之向东南方向移动。

4 讨论

4.1 一个中尺度对流系统的运动矢量是对流系统内部各个对流单体的平均移动矢量和

传播矢量之和。对流系统内部各对流单体的移动是受环境风场和大尺度天气系统的作用等因素制约的。而传播是由于新的对流单体不断生成和对流系统外围边界扩张造成的。传播又和系统的大小,低层水汽供给的方向等因素有关。传播形式分为连续传播和非连续传播。非连续传播(跳跃式)是在距对流系统10km以外由系统边界触发而生成新的对流单体,而后和系统合并造成的。连续传播是在系统内部某部位或系统边界外10km以内产生对流单体而后合并造成的。

上述1989年7月7—12日川东地区产生的4个中尺度对流系统均属于连续传播。例如第一个系统的前方外围弧状边界不断向前扩张,和各单体的平均速度矢量同心,所以系统表现为快速向前运动。第三个系统的西南角不断生成新的单体,故其传播矢量和平均单体移动矢量方向相反,所以7月9日夜系统处于准静止状态。10日早晨新生单体减少,传播速度减弱(方向不变),所以系统缓慢向东移动。

慢向东移动。

4.2 一个较大的中尺度对流系统,在其形成初期,经常有几个云团同时生成发展,而后合并。发展着的云团逐渐扩展其弧形边界,当两个云团的弧形边界相向而行,逐渐靠近时,在两边界之间可以造成很强的辐合。Purdum (1986)根据飞机探测资料,估计可能的辐合值为 $1 \times 10^{-2}/s$,可以造成 $15m \cdot s^{-1}$ 的上升速度^[3],从而造成爆发性的对流降水。

致谢:方宗义给予本工作很大帮助;四川省气象局提供了川东地区的降水资料,深表谢意。

参考文献

- 1 Jiang Shi and Roderick A. Scofield. Satellite observed mesoscale convective system (MEC) propagation characteristics and a 3—12 hour heavy precipitation forecast index. NOAA technical memorandum NESDIS 20. 1987.
- 2 卢敬华. 西南低涡概论. 北京:气象出版社,1986:113—115.
- 3 Purdum J. F. W. Convective scale interaction: Arc cloud lines and the development and evolution of deep convection. 1986.

The Analysis of the Mesoscale Convective Systems of the Heavy Rain in Eastern Sichuan Province in 1989

Xiang Xukang

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The characteristics of four mesoscale convective systems generated in the eastern Sichuan Province are analysed. The first system was merged from three cloud clusters, and then moved forward rapidly.

The second one moved backwark. In the early stage of third system, there were many new convective cells generated continuously in the southwest part of system. Therefore, the system was quasi-stationary. The last system presented cellular structure in the early stage, then it merged with cold front and became a part of the cloud system. All of the four mesoscale convective systems were generated under the condition of the southwest vortex with a warm shear, and their environment flow fields were slightly different.

Key Words: mesoscale convective system propagation quasi-stationary