

一个中尺度对流复合体的诊断分析

黄文根 孙永刚

(北京气象学院)

提 要

本文对1988年6月10日至11日发生在长江中游的一次MCC暴雨过程进行了较细致的天气动力学分析,揭示了该例中的云团特征、环境流场和动力、热力学特征。

Maddox(1980)^[1]利用增强显示卫星云图发现中尺度对流复合体(MCC)以来,我国气象工作者在这方面做了不少研究^[2-4]。随着资料的增多,最近Maddox等人根据1978—1982年中出现的160个MCC进行了MCC的气候学研究^[5]。

MCC系统可产生许多重要强烈天气,在美国常引起龙卷、冰雹和暴雨等,在我国主要表现为暴雨及其它强烈对流天气,深入研究MCC对提高灾害性天气的预报水平有重要实际意义。本文使用1988年6月10—12日的GMS卫星云图、天气图、探空及雨量资料,详细分析这次MCC暴雨的环境流场、云团特征和动力、热力学特征。

一、环流特征

本次MCC天气过程主要以暴雨天气为主,从10日20时以后雨量明显加大,长江中游地区24小时雨量达到100mm,宜昌等地6小时雨量超过50mm,一些地区出现了雷暴大风等强对流天气,造成了长江流域的洪峰(图略)。

这次MCC的形成主要是多个孤立对流云团在辐合流场中叠加增强的结果。图1给出了这次中尺度云团的增强过程。10日20时在湖北西部山区附近产生了若干孤立发展的对流云团(图1a)。这些云团在500hPa西风槽及季风云系影响下得到合并加强。到11日08时分散的对流云团在110°E附近加强成一完整的MCC系统(图1b)。这时有组织的对流云区

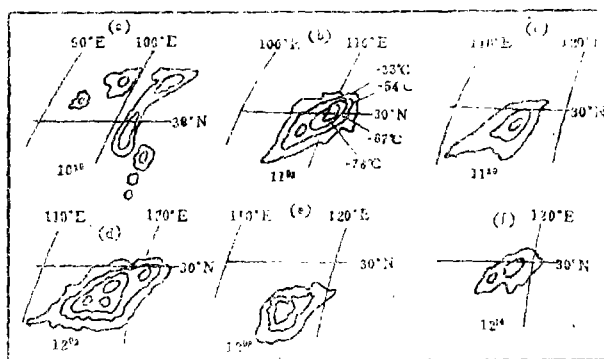


图1 卫星云图素描

$T_{BB} < -33^{\circ}\text{C}$ 的面积达到 $1.6 \times 10^5 \text{km}^2$ ； $T_{BB} < -54^{\circ}\text{C}$ 的面积为 $6 \times 10^4 \text{km}^2$ ，已达到MCC定义标准。中心白亮云顶 $T_{BB} < -78^{\circ}\text{C}$ ，云区温度梯度基本均匀。椭圆偏心率为0.625。

11日08时以后直到12日，MCC发展为成熟阶段(图1c、d、e)。MCC随500hPa低槽向东略偏南移动，移速约6个纬距/12h，天气以暴雨为主。值得注意的是MCC演变的日变化特征。11日08时以后其 $T_{BB} < -33^{\circ}\text{C}$ 区基本没有变化，但温度梯度明显减小，中心冷云顶面积明显减小。到11日20时以后温度梯度复又加强，至12日02时发展到最强。中心冷顶面积又增大， $T_{BB} < -54^{\circ}\text{C}$ 区面积为 $8.5 \times 10^4 \text{km}^2$ 。12日08时以后MCC明显减弱。国外研究认为，MCC演变的这种日变化和夜间低空急流加强等因素有关^[5]。12日08时以后MCC迅速减弱(图1f)。由于MCC内中-β尺度对流云团表现很不稳定且生命史短，因此降水落区也不规则。同MCC发展相应降雨量也出现明显日变化(图2)。MCC中心附近6小时雨量有两个峰值，一个处在MCC发展阶段，另一个则在MCC成熟阶段。在MCC发展及消亡阶段雨量均较小。

MCC在有利的环境场中才能得到发展和加强。本次MCC是在对流层中低层切变线及低涡活动中发展起来的。大范围的暖湿平流和辐合上升运动是MCC获得发展的主要因素。为了分析MCC中的这种情况，绘制了相对流场图(图3)。由图可见，在850和700hPa MCC前部有明显暖湿空气流入(图3a、3b)，随高度增加这种流入逐渐减弱，到对流层上层MCC对应明显反气旋辐散(图3c、3d)。MCC的这种相对环流特征同强对流系统前部低层有大量暖湿空气流入的情况有点相似。

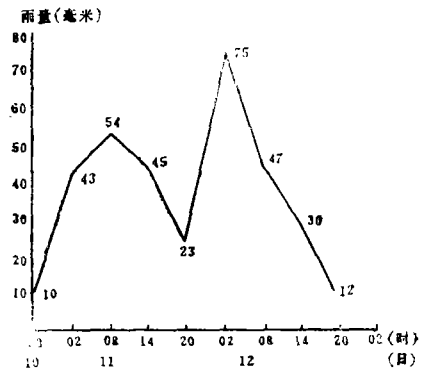


图2 MCC中心附近6小时雨量

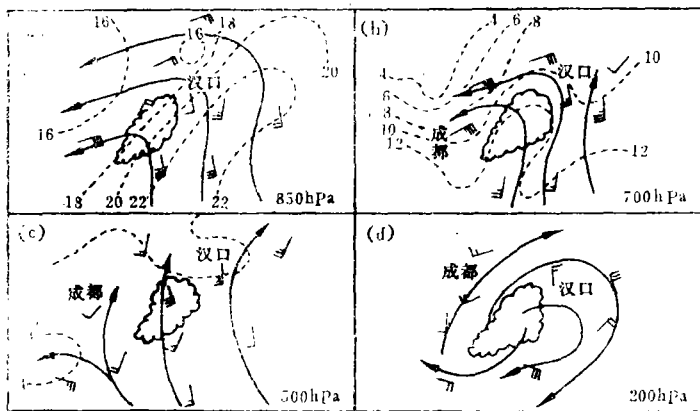


图3 MCC形成阶段各层相对流场

二、诊断分析

对MCC结构特征的诊断分析是深入理解MCC性质和作出天气预报的基础。但由于

资料限制,在MCC的诊断分析中,目前只能作有关中- α 尺度的描述。尽管如此,这种分析对MCC的预报也是有用的。

我们分析了11日08时MCC的某些平均动力学特征(图略)。MCC低层为大范围正涡度区,涡度平均值为 $3.09 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,850hPa正涡度最大,成熟的MCC正涡度可维持到400hPa高度。200hPa负涡度最大。相应的散度分布是400hPa以下辐合、以上辐散,最大辐散在200hPa($4.56 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$)。这表明MCC形成阶段辐合层相当高。MCC形成阶段整层均为上升运动,这是同其它强对流系统的不同之处。上升速度在400hPa最大达到 -8×10^{-3} 毫巴/秒,与美国大平原上典型的MCC(500hPa处上升速度为 $5-10 \times 10^{-3} \text{hPa/s}$)相比,本次MCC发展相当强。

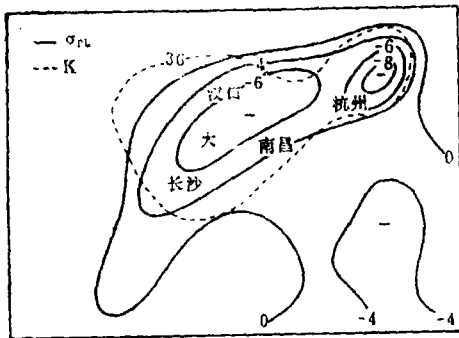


图4 6月11日08时 σ_{PL} 及K指数分布

的区域同暴雨中心相对应,反映了暴雨的对流特征(图略)。

由于低层850和700hPa正涡度中心对应地面静止锋,使低层出现大范围辐合上升,同时,暖湿平流的影响亦有利于对流发展。若干分散的对流云团在中- α 尺度辐合气流组织下相互合并,从而进一步加强对流发展,最后,使分散的中- β 对流群合并为MCC。12日08时以后MCC移进中层汇合区,有利的环流被破坏,水汽来源被切断,不稳定层消失,对流便失去其组织性,导致MCC的减弱和消亡。

为了了解MCC的热力结构,绘制了静力能量图(图略)。850hPa层的总温度分析表明,沿长江流域有一明显能量锋带,它与地面静止锋对应。能量锋南侧 $T_{850} > 64^\circ \text{C}$,北侧 $T_{850} < 52^\circ \text{C}$,MCC便发生在能量锋南侧的暖气团中。从低层看,MCC位于能量鞍形区。值得注意的是,北侧低能中心向MCC伸出一低能舌,说明北侧有弱冷空气参与了MCC的发展,这是MCC系统中能量转换的一种反映。在高层,由于能量锋区北倾,因此MCC与高能区对应,基本上无低能区的侵入。从能量场的E-W和S-N垂直剖面图的分析中可以观察到MCC的空间结构(图略)。在700hPa有一低能中心位于MCC系统东北方,高能轴位于西南方,这分别反映了冷空气入侵和潜热释放增暖的结果。

以上能量分析表明,由于MCC主体发生在高能区且高能轴位于MCC西南部,因此MCC具有一定的热带性,其形成可用CISK机制解释。另一方面这次MCC有低层冷空气侵入,反映了MCC的斜压性。但这种斜压性不能太强,否则系统将发展为线状而不发展成MCC。

MCC形成阶段水汽通量散度分析表明,对应MCC处有明显水汽辐合,这有利于暴雨的维持。

气层的不稳定确定了对流天气的强弱。图4显示出本次MCC的强烈不稳定。对流不稳定和潜在不稳定的综合指标 $\sigma_{PL} = [T_{850}^{*500} + T_{850}^{500}]$ 在该区为负值,与K指数最大值一致,这表明了MCC区的不稳定,且不稳定区偏于MCC前方,这同Maddox等人的分析结果一致。此外,理查逊数 $R_i < 5$

三、结 论

对本次MCC天气过程的分析表明：

1. MCC前部中低层暖湿气流流入是明显的，MCC高层为明显反气旋辐散。
2. MCC发生在能量锋南侧的高能区，在500hPa以上MCC与高能中心对应。
3. MCC的发展有明显日变化，常在夜间发展加强。
4. 大范围暖湿平流及辐合上升是MCC发展的有利因素。

参 考 文 献

- [1] Maddox, R.A., Bull. Amer. Meteor., 61, 1374—1387, 1980.
- [2] 陈乾, 关于中尺度对流复合体的若干问题, 气象科技, 1984, 3.
- [3] 张伟廉, 张少洪, 我国西南地区MCC发生的大尺度天气形势条件和卫星云图特征, 气象, 1987, 11.
- [4] 黄文根等, 长江中上游中尺度对流复合体的结构特征, 北京气象学院学术论文集, 1987.
- [5] Maddox, R.A. et al., Mesoscale Meteorology and Forecasting, 300—413.

A DIAGNOSTIC ANALYSIS OF THE MESOSCALE CONVECTIVE COMPLEX (MCC)

Huang Wengen* Sun Yonggang*

ABSTRACT

A heavy rain in an MCC occurred in the middle reaches of the Changjiang River in the period of June 10—11, 1988 was analyzed in much detail by using the synoptic-dynamic method, exposing the characteristics of the clusters, the environment flow field and the dynamics and thermodynamics of the event.

*Affiliated with the Beijing Institute of Meteorology