

# MCC系统的卫星云图特征和 结构的初步分析

肖 稳 安      周 晓 兰\*

## 提      要

最近几年来,国内外一部分气象工作者经常提到一种有组织的中—小尺度的对流性天气系统,依据它们的形成机制和在卫星云图上的表现称之为中尺度对流复合体(MCC)<sup>[1]</sup>。

1978年以来,在我国大陆上由卫星云图观测到的MCC很多。其中1979年4月12日,6月8日,7月12日,1984年4月4日在我国东南部大陆上出现的中尺度系统是一些较典型的例子(如图4e)。本文以1979年6月8日在豫鄂东部和苏皖地区出现的MCC为例,分析讨论它们的发生、发展和消亡的云图特征,初步分析探讨它们的结构。

## 一、1979年6月8日对流云系的MCC特征

成熟的MCC系统在红外云图上表现为巨大的近似圆形的云区,覆盖面积约 $10^7$ 平方公里,生命史大于6小时,绝大部分MCC系统有较大范围的降水,并伴有冰雹、大风等剧烈天气<sup>[2]</sup>。

1979年6月8日鄂、豫、皖、苏中尺度对流复合体强盛时期对流云区范围达 $2.2 \times 10^5$ 平方公里以上,水平尺度达550公里,生命史十几小时以上,在卫星云图上表现为圆形白亮云区(图4e)。这次过程没有很强的降水,但是鄂豫东部和苏皖中西部大部分县市先后都降了冰雹,并伴有雷暴大风,有的地方还出现了龙卷。雹粒最大的如鸡蛋,直径5—6厘米,个别的甚至达8—9厘米,阵风9—10级,造成了历史上少见的重大灾害。

1984年12月18日收到,1985年6月1日收到修改稿

\* 我院1984届毕业生

## 二、天气尺度云场及大气状况

1979年6月上旬末,高空冷性涡旋云系移至东北西部地区后,先后有两股冷空气从涡后南下影响华北和华东地区,如图1。6月8日,当第一次冷空气移出华东北部后,在500百帕以下,来自偏西方向的强暖脊伸展到鄂豫和苏皖上空,在500百帕以上(500—300百帕)几乎全是负变温(图1),这就构成了该区特有的温度层结。

在上述温度层结下,鄂豫苏皖地区从8日上午到夜间地面—300百帕的大气始终处在湿不稳定的状态。图2是中尺度对流复合体MCC云系生成前几小时850百帕上的水汽通量分布,来自偏西和偏南方向的湿空气的大值区这时正位于鄂豫东部和苏皖上空,使该处出现了一个明显的湿空气中心。在500百帕以上直到300百帕,水汽通量分布却低于或接近于周围大气的情况(图略)。很显然,湿度场的分布又表示出鄂豫苏皖地区的空气层结是低层潮湿上层干冷的。

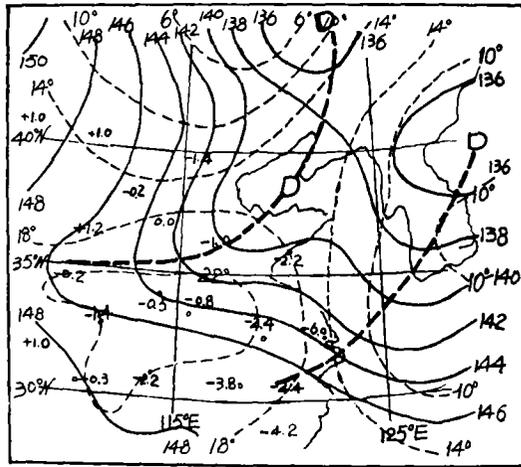


图1 1979年6月8日08时850百帕温压场分析  
实线为等压线,虚线为等温线,粗虚线为槽线,图中有+、一号的数字为7日08时—8日08时500百帕变温  
(单位:°C)

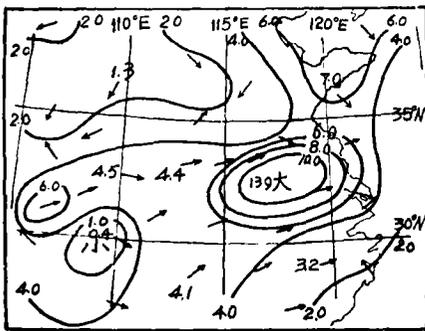


图2 1979年6月8日20时850百帕上的水汽通量分布  
(单位:克/秒·百帕·厘米),  
矢线为气流方向

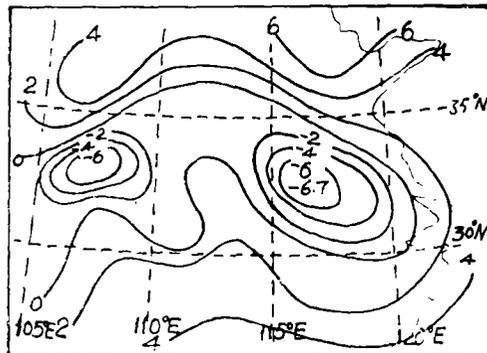


图3 1979年6月8日20时SI分布(单位:°C)

图3是8日20时沙氏指数(SI)的空间分布,鄂豫东部苏皖一带处于大片的负值区,最大负值中心在皖北和江苏中北部,达 $-6.7^{\circ}\text{C}$ ,大大超过了对流发展的指标,在这里

对流很容易发生。

总的来说，在 MCC 云系生成前的对流发展区，大气层结很不稳定，潜藏着大量的不稳定能量。这是这次天气过程能够激烈发展并持续较久的重要原因。

### 三、不同尺度云系的相互作用与MCC的形成

#### 1. 锋面上的对流云发展

如前所述，6月8日，当一个完好的涡旋状云系在东北西部地区出现后（图4a），有一条与涡旋云系相连接的锋面云带（LOL'）从涡旋云区南侧向南延伸到渤海，然后转向西南到济南—西安一线。锋面云带北段（LO），云体稠密明亮。自渤海湾向西南伸展的锋段（OL'），云体稀疏、不连续，

以中低云为主，在卫星云图分析中称这段锋面云带为不活跃锋面云带。伴随着涡旋云系的移动，锋面云带跟着自北向南移动，8日上午通过华北，14时左右进入鲁南、苏皖和豫中，这时在以灰白色的中低云为背景的锋面云带中段出现明亮的积云（图4b），1小时后，在其南部出现雷暴、冰雹和大风（图5），这是锋面上对流发展的结果。值得注意的是，3小时以后，锋面云带移速减慢，但锋面云带上的对流继续发展，表现出对流云系变得更加旺盛，云的色调变得很明亮，云区范围明显扩大（图4c），与同时刻中分析（图4c素描）比较，它们与沿锋面分布的中尺度低压辐合区相一致，每个中系统云体组织虽然连接在一起，但其结构清晰可辨。

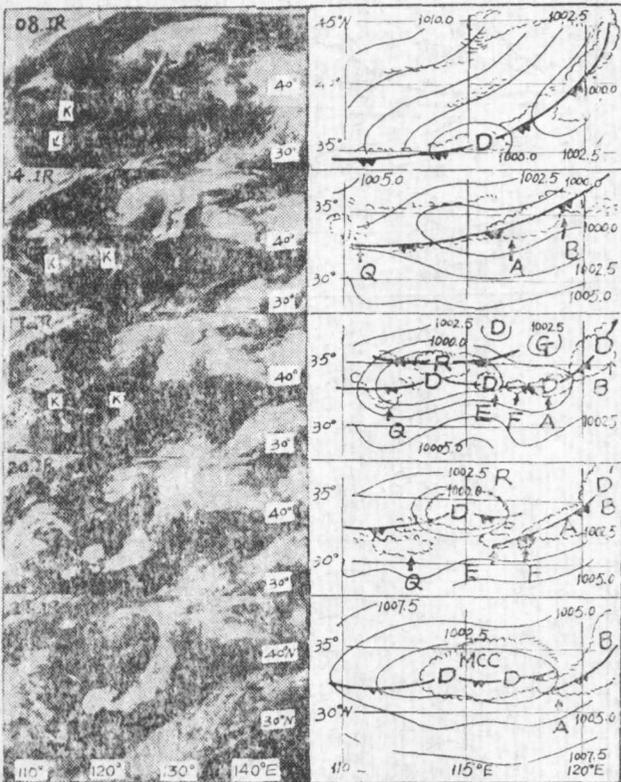


图4 1979年6月8日08时、14时、17时、20时、24时GMS红外（IR）云图和同一时间的地面图  
实线为等压线（单位：百帕），弧线为同时刻云区素描

此外，在锋面云带的末端低云背景上又生长了两个小的对流云块E和F（图4c），半小时一次的连续卫星云图观测到这些对流云生成后具有强的生命力，它们持续数小时不但不消，而且还在增长，冰雹、大风、雷暴天气从苏皖东北部向南连续发生。其中最激烈最严重的对流活动还是在图4d中锋面对流云系E、F、A、B与锋面以外的对流云系R等合并之后，因此，南下不活跃锋面是影响豫鄂东部苏皖地区这次对流活动的重要系统之一。

## 2. 锋后积云线上和积云区对流的发展

6月8日08时,在涡旋状云区后部,  $41^{\circ}\text{N}$  和  $36^{\circ}-37^{\circ}\text{N}$  附近又出现两条近东西向的细云线mn和kk(见图4a)。kk的西南还有一片积状云发展区,这些云系初生(08时)时,云的色调较暗,不连续,在卫星云图上表现不十分清晰,仅能辨认出来。在天气图上没有气压波与之对应,间或有温度槽对应,也容易被忽略。可是这次天气事实表明,这种云系的存在和发展在后来所到达地区的对流活动中常常又起着重要作用。

14时,沿kk的对流云初生,云的色调还较暗,由几个细小的云点组成东西线状。在14时的天气图上看不出它是什么系统。在17时的云图上(图4c),kk云线演变为中部明亮、边界清楚的Cb云体,这时在kk经过的豫东和皖苏西北部出现了雷暴、冰雹和大风(图5)。以后依据半小时一次的云图继续观察,发现kk云线中段在南移中不断向南扩展,西端云系消失。到20时,演变为一个近圆形的中尺度云团R,在同一时刻的天气图上可以清楚地分析出R是苏皖北部又一个中尺度低压系统(图4c素描),它是这一天影响豫鄂东部和苏皖地区对流活动的第二个系统。

在kk发展的同时,锋面云带和kk云线的西边还生长了一片积状云Q(图4b),它的西侧还联系着高原槽前卷云。随着锋面移动,它也继续发展,与kk云线发展相似,到17时才确定这是锋面西南侧的一个弱中低压云区。它也给豫鄂东部带来对流性天气,构成豫鄂东部苏皖地区对流活动的第三个系统。

在20时的云图上(图4d),除了看到上述几个中尺度云团的发展外,在它们之间生成的细小的Cb云系也一一被观测到了。因此,可以说,多时次的卫星云图把MCC生成前不同尺度的对流系统提前3—9小时以云系形式表示出来。

## 3. MCC云系的形成

不同尺度对流云系的合并和相交常常会在交点处形成更强烈的对流发展。在这个例子中,当锋面对流云区,沿云线kk发展的对流云团R以及对流云区Q得到进一步充分发展之后,分别从东北、西北和西南向豫鄂东部和皖苏地区汇集,到8日20时,它们仍然是一些彼此孤立的对流云体。不过可以看到在R、Q、E、F等较大对流云之间新生的许多明亮的Cb云点,和不同对流云区有连接的趋势。实际上,到24时,R、Q、E、F合并成一个直径大约为450公里左右的异常明亮的近圆形强对流云区——一个MCC系统(图4e)。冰雹、大风和雷暴等激烈天气也从东北、西北、西南三个方向集中到豫鄂东部和苏皖中北部(图5)。24时后,随MCC云区的停留和东移,对流天气影响苏皖中南部,并一直延续到9日14时以后。

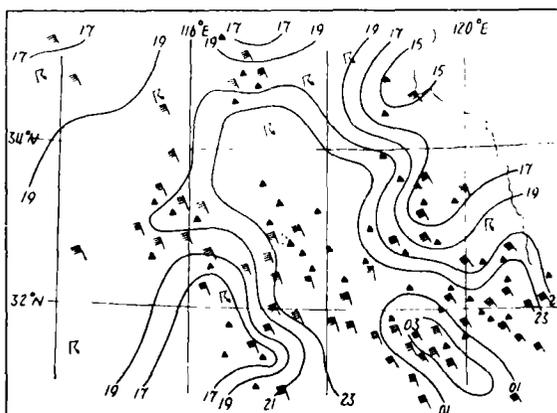


图5 1979年6月8日(17—24时)—9日(1—3时)冰雹、大风、雷暴等时线分析  
图中天气符号位置为该天天气出现台站位置,  
15—23指8日时序,01、03指9日时序

## 四、MCC 系统的云系结构

### 1. 中—小尺度系统的复合体

从MCC的云系演变与相应的中尺度分析描述了MCC是天气尺度下的中尺度对流云的复合体,如用稠密测站的中分析和雷达回波能更进一步揭示出MCC系统还是中—小尺度的复合体。

自8日24时MCC生成之后,一直持续到9日14时,在此期间,MCC系统又经历了与

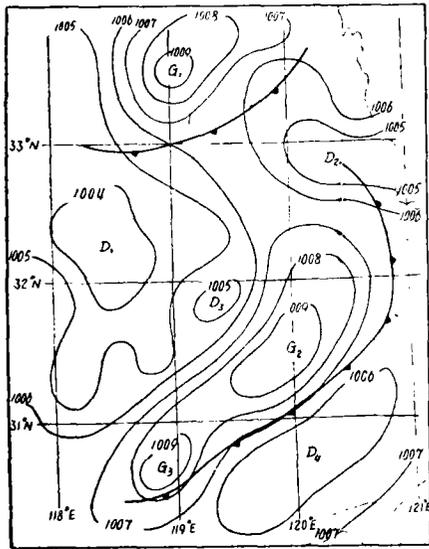


图6 1979年6月8日00时MCC云区里部分地区的  
中尺度天气图。图中等压单位为百帕

### 2. 散度场和垂直运动场

计算MCC云区地面—100百帕各层的平均散度分布,在400百帕以下的对流层中下部为辐合层,无辐散层大约在420百帕左右(如图8中细实线所示)。其上部是辐散层,300—200百帕辐散最强。在对流层中部没有强辐合现象,最大辐合层在850—600百帕高度。从边界层到400百帕都是辐合,即空气辐合层很厚,在深厚的辐合层上部,有强大的辐散层,提供了MCC得以强烈、持续发展的必要条件。

MCC云区空气的垂直运动如图8粗实线所示,最大对流上升区出现在500—300百帕高度上,与一般暴雨云区空气垂直运动情况有一定的相似之处。

锋面对流云区A和B的合并,控制了苏皖大部。从云的外形观察,除了能够看到云的边界上流出的卷云羽外,整个云区色调明亮,分不出它们的复合结构,然而云的合并过程和这时的中尺度分析(图6, MCC云区里部分地区中尺度分析)表示了,在MCC云区中至少有两对以上的中低压和中高压( $G_1, D_1, D_2, D_3$ 和 $G_2, G_3, D_4$ )的复合体。

图7是合肥8日夜里23时25分的雷达回波(斜线区)和卫星云图上的对流云区(弧线区)的相对分布。它表示出在卫星观测的MCC云区又有尺度更小的对流单体,这是因为云的覆盖遮蔽了云图上的尺度分析,雷达回波弥补了这一点。

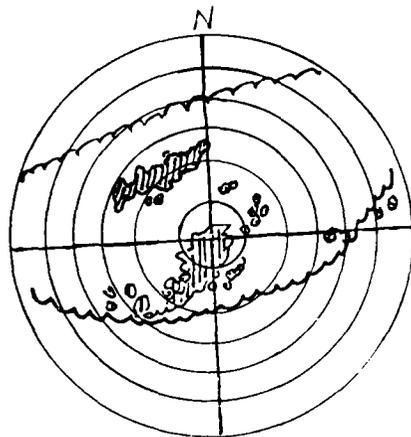


图7 1979年6月8日23时25分的雷达回波  
和卫星观测云区(24时)范围的  
相对分布(仰角 $0^\circ$  衰减30dB)

### 3. 温度和湿度场与对流性天气

图8中点画线和断线分别表示MCC中平均温度与周围大气温度之差( $\Delta T$ )、比湿与周围大气比湿之差( $\Delta Q$ )。在500百帕以下,  $\Delta T$  随高度迅速减小, 其上减小的速度变慢, 从300百帕开始随高度略有回升, 表示在MCC云区低层是暖性结构, 在对流层上部又是增暖区, 在500—300百帕是降温层, 最大降温在300百帕。由此可见, 在MCC云区的低层是高温高湿, 对流层中上部干冷, 很显然, 这是对流性天气典型的温湿结构。联系到云区具体的比湿随高度的变化, 潮湿空气主要集中在700百帕以下的大气层中, 700百帕以上比湿值迅速减小, 说明这次过程湿层浅薄; 而且如图2所示, 在MCC生成前几小时上游水汽通量值相对较小, 这些因素可能是这次MCC系统以冰雹、大风等对流性天气为主, 降水强度不大的重要原因。

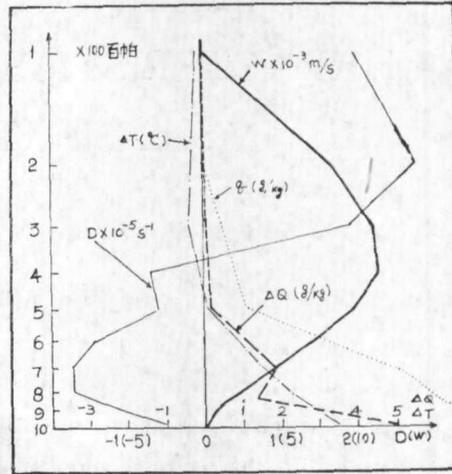


图8 1979年6月8日MCC云区的D、W、q和云区温度、湿度与周围大气温度、湿度之差 $\Delta T$ 、 $\Delta Q$ 随高度的变化

## 五、结 语

从1979年6月8—9日MCC系统的分析可以看出:

(1)MCC系统是一种中小尺度天气系统的复合体。它与超级对流单体不同, 它的范围大, 强度也大, 发展较快, 常规天气图资料分析预报比较困难, 单一雷达观测不能了解全貌。高分辨率、多时次的GMS云图提供了一种新的观测资料, 卫星云图的观测把中一小尺度的对流系统与不同大小的对流云区相联系。从云系演变上发现、监视、追踪和了解MCC前期的各类系统和生成后的MCC系统。根据云系生成、发展、合并规律预报它们的影响。

(2)从这次MCC系统形成过程分析表明, 弱的锋面云带和高空弱切变线云带在合适的大气温湿层结条件下都具有组织、激发对流发展的能力。它们所产生的对流云区与其它系统的对流云系合并以及其它中小尺度对流云系相互合并, 均能发展成强MCC系统。

(3)一般情况下, MCC系统有强降水。当湿层较浅薄和水汽来源不充分时, 虽产生强对流天气, 但没有强降水。

## 参 考 文 献

- [1] Maddox, R. A., Mesoscale Convective Complexes, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 61, No. 11, 1374—1387, 1980.
- [2] Maddox, R. A., Perkey, D. J. and Fritsch, J. M., The Evolution of Upper-Tropospheric Features During The Development of A Midlatitude, Mesoscale Convective Complex, Eighth Conference on Weather Forecasting and Analysis, 233—239, June 10—13, 1980.

# A PRELIMINARY ANALYSIS OF CHARACTERISTICS AND STRUCTURE OF MCC IN SATELLITE CLOUD PICTURES

Xiao Wen'an      Zhou Xiaolan

## ABSTRACT

A systematic convective weather event called the MCC (Mesoscale Convective Complex) has been noted for its mechanism of formation and appearances in the satellite pictures by many meteorologists.

A great number of MCC's have been identified in the cloud pictures over mainland China since 1978. Typical cases are the ones occurred over East China on April 12, June 8, and July 12 of 1979 and April 4, 1984. Cloud picture characteristics of the formation, development and dissipation of the MCC over the eastern parts of Henan and Hubei and the provinces of Jiangsu and Anhui on June 8, 1979 are analysed and its structure is investigated.