

“93·8”中尺度对流复合体的云图分析

刘玉芝 邹树峰

王广春

(山东省气象台, 济南 250031) (山东省菏泽地区气象局, 274030)

提 要

1993年8月4—5日在副热带高压北—西北边缘发生了一个很强的中尺度对流复合体(MCC)。该文应用GMS-4红外卫星云图分析了它的发生和发展。

关键词: 副热带高压 MCC 卫星云图

引 言

1993年8月4—5日在副热带高压北—西北边缘的晋、冀、鲁、豫、苏诸省交界地区发生了一个很强的中尺度对流复合体(MCC)。受其影响,上述诸省的部分地区发生了暴雨和特大暴雨,并引起了鲁南地区严重洪涝灾害。暴雨带呈西北—东南走向,降雨量一般为50—100mm,部分地区200—300mm,局部为300—500mm。50mm雨量的覆盖面积约为38万km²。4日下午至5日下午,山东省48个县(市)24小时雨量超过50mm,其中31个县(市)超过100mm,7个县(市)的部分乡镇超过300mm,微山和苍山两县分别为353.3和320.6mm,临沂市的盛庄镇最大为540mm,是20年来山东省最强的一次大范围暴雨过程。其间局部地区还伴有10级以上大风和龙卷风。MCC发生、发展在太平洋高压北侧到西北侧,移动方向为西北—东南向,与暴雨带方向一致。

MCC作为一种组织特别完好的中纬度风暴系统,近十几年来,国外特别是美国的许多人对它作了大量研究工作。鉴于国内至今

对发生在我们国家的MCC尚无统一鉴别标准,本文在分析其发生、发展时采用的定义是Cotton等人(1989)对Maddox(1980)的标准稍作修改后的定义(见表1)。即把-54℃红外温度等值线范围内的连续冷云区面积首先超过5万km²定义为“形成”,上述面积达到最大尺度时定义为“成熟”,当该面积再小于5万km²时定义为“终止”。

表1 中尺度对流复合体(MCC)的定义

判 据	描 述
尺度	红外温度 $\leq -54^{\circ}\text{C}$ 的连续冷云区面积必须 ≥ 5 万km ²
持续时间	尺度定义必须满足或超过6小时
形状	最大范围时偏心率(短轴/长轴) ≥ 0.7
开始	尺度定义首先满足
最大范围	低于 -54°C 的连续冷云区面积达到最大
终止	尺度定义不再满足

1 MCC 的发生

从7月底开始,500hPa上太平洋副热带高压发展强盛,并且大幅度向西北方向挺进。副热带急流相应北移。8月4日,副高外围虽稍有南退,但该日08时588线最北点仍旧维持在34°N附近。副高西北侧为大范围的层

状云并有几个对流云团嵌入其中,最强的一个位于郑州附近(A),另外一个位于邢台附近。它们是MCC初期风暴阶段中最早的两个对流云团。对流云团所在区域称为“征兆区”。4日12时这两个云团在鲁西与河南省交界处合并并处在回旋、发展中,6小时后发展成为MCC。8月4日08时,500hPa上的短波槽已移至太行山附近。

分析8月4日08时的850hPa风矢量场、比湿场和 θ_{se} 场后发现,在850hPa上有一个向北伸展的舌状高比湿(18g/kg)进入征兆区,它是由850hPa的强风输入征兆区的,为MCC的发生源源不断地提供充足的水汽。在 θ_{se} 场上,征兆区处于向北伸展的高 θ_{se} 区控制之下, θ_{se} 最大值高达 360K 以上。由此可见,MCC早期风暴阶段的对流云团显然是由低层的暖湿平流造成的,这与Velasco和Fritsch(1987)得出的MCCs往往集中于大尺度中层高压边缘的结论是一致的。

2 MCC的形成(13—18时)

8月4日11时以后,500hPa短波槽前的对流云系在汾河流域明显发展。其中以介休站附近的一个中- β 尺度对流云团B最强,云顶红外温度在 -60°C 以下。13时以后,该云团逐渐向回旋在鲁、豫两省交界处的初始风暴对流云团(云顶温度最低处已达 -70°C)靠近;17时以后,短波槽前云系与初始风暴对流云团完全合并(见图1、2)。与此同时,14—16时先后生成于河南省中、南部和安徽省的C、D、E3个云团迅速发展并向东北方向移动,逐渐与初始风暴对流云团靠拢、合并;18时30分左右以上各中- β 尺度云团合并过程基本完成(见图1),MCC随之形成。

在MCC形成过程中,除有短波槽云系和副高西北边缘因潜在不稳定能量释放生成

的对流云团(如图1中的C、D、E)与初始风暴的对流云团合并外,还有一种伴随低空急流出现的小对流单体(见图2)沿低空急流轴连续不断地并入到MCC中,这种现象从8月4日13时一直维持到21时前后,对MCC的形成和发展起了重要作用。

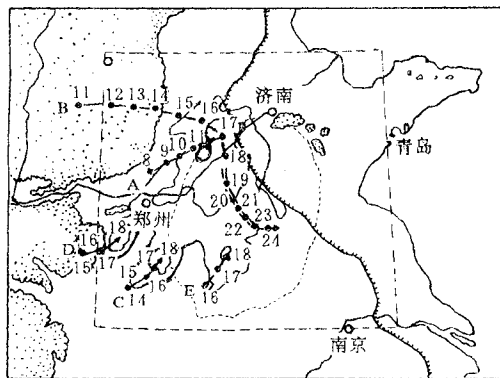


图1 1993年8月4日MCC形成过程示意图

黑点为逐小时云团强中心位置;细实线为18时30分— 54°C 冷云区范围;点虚线为22时30分— 54°C 冷云区范围;断线框为MCC活动区。

从以上分析可以看出,500hPa短波槽前的对流云系与在征兆区发生的初始风暴对流云系的合并是MCC形成的重要机制。Augustins(1991)指出,“MCC形成时中层短波槽的作用还是个悬而未决的问题”。本文为短波槽在MCC形成中的作用提供了一个实例。

3 MCC的强烈发展和成熟(19—24时)

如图3所示,8月4日20时500hPa短波槽减弱分裂。北段移至天津、济南、徐州一线,槽线末端与MCC相接;南段则残留在副高西北边缘,槽前有较强的对流云团。由于低空急流云系的对流云团不断与18时30分前后形成的MCC合并,以及自身的加强,这期间MCC得到迅速发展。低于 -54°C 、 -60°C 、 -70°C 的冷云区面积同时增长,局部

地区的一80℃冷云区也迅速扩大;至22时30分,低于-54℃的冷云区面积达到最大,约为16.4万km²、椭圆型,MCC进入成熟阶段。

分析逐小时的降水量(见表2)可以看出,强降水主要出现在形成阶段后期至成熟

阶段前MCC强烈发展的时段内。而且强降水区与-70℃冷云区相对应。低于-80℃的局部冷云区不但造成了定陶县18—20时2小时209.6mm的降水量,还引起了曹县、菏泽、郓城等地的龙卷风。

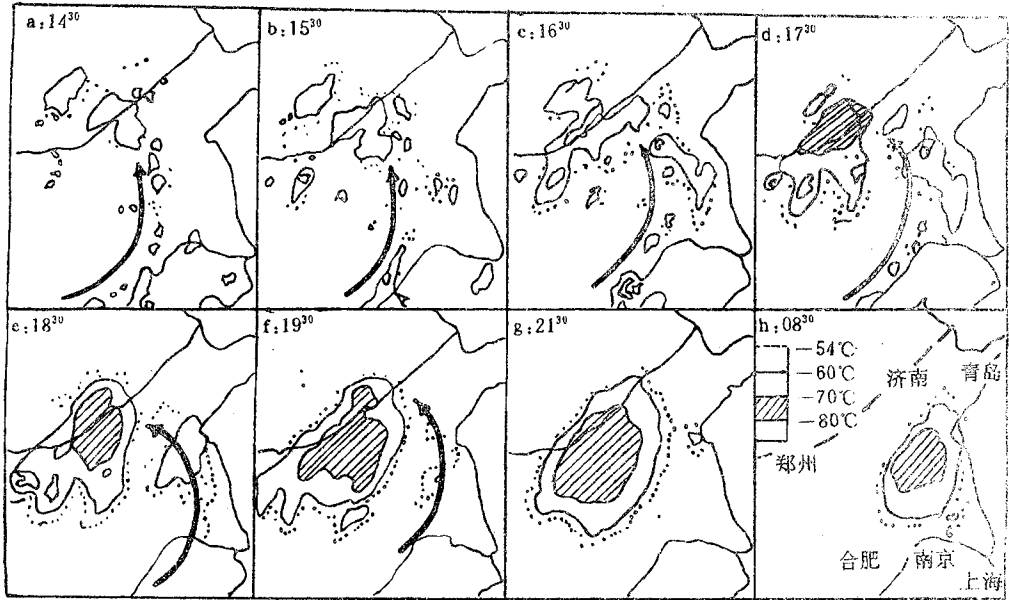


图2 8月4—5日GMS-4卫星云图素描图
实矢线代表低空急流轴,沿轴线的云表示低空急流云系

表2 1993年8月4日17时至5日04时鲁西南(菏泽、济宁)逐时降水量

时间/时	17—18	18—19	19—20	20—21	21—22	22—23	23—24	0—1	1—2	2—3	3—4
平均雨量/mm	5.7	15.6	21.3	20.1	12.7	13.6	15.1	10.9	14.3	8.3	4.0
最大雨量/mm	40.2	108.9	100.9	121.3	59.3	45.0	100.0	44.4	89.6	66.1	42.5

从8月4日21时开始(图2),MCC前方的低空急流云系很快消失(这可能与MCC的强下沉气流有关)。此时冷云区只是单纯扩展,不再有对流云团与之合并。

分析距MCC中心最近的徐州站4日20时探空资料发现,对流层低层极为潮湿,925hPa的 θ_{se} 高达365K。整层饱和差很小,湿层十分深厚。从地面至400hPa风随高度

顺转,表明有暖平流。400hPa以下 θ_{se} 随高度明显下降,不仅大气层结不稳定,而且潜在不稳定能区面积很大。自由对流高度很低(位于850hPa附近),对流层高层(200hPa)为强辐散($60 \times 10^{-5} s^{-1}$),因而非常有利于MCC的发展。

4 MCC的消散和再生(5日01时以后)

MCC的成熟阶段维持了4个小时(4日

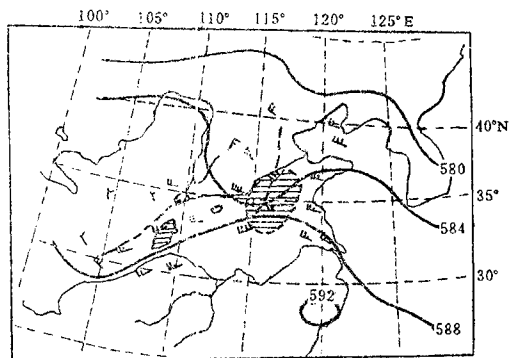


图3 8月4日20时MCC达到最大面积范围时
500hPa环流特征
实线:等高线,虚线:短波槽槽线,虚线阴影区:4
日22时30分的MCC,实线阴影区:短波槽南段
对应的对流云团

21时至24时),4日24时以后,低于 -54°C 的冷云区逐渐演变为长条形,云系混乱并迅速减弱。5日04时冷云区减至最小,约为最大范围面积时的1/10。但十分有趣的是,5日

05时以后低于 -54°C 、 -60°C 、 -70°C 的冷云区面积又同时重新扩展起来,前方的低空急流云系也再次出现。至5日11时, -54°C 冷云区又几乎达到4日22时30分时的尺度范围。但 -70°C 的冷云区面积比较小。以后MCC又演变为长条形,云系减弱,至5日19时消散。

5 结论

通过对1993年8月4—5日副高北—西北边缘发生的MCC逐小时卫星云图分析得出:①MCC形成前12小时中- β 尺度的初始风暴(MCC的胚胎)首先生成;②500hPa的短波槽对于MCC的贡献可能是在MCC形成之前向MCC形成征兆区输送中- β 尺度的对流云团;③与低空急流相关的分散对流单体,在MCC的发生、发展阶段不断向MCC输送对流云团,促使其迅速加强;④温度较低的冷云区与强降雨带相对应。

致谢:感谢“西南低涡影响山东暴雨的机制分析”课题组的同志提供资料。

Satellite Images Analysis of a Mesoscale Convective Complex in August 1993

Liu Yuzhi Zou Shufeng Wang Guangchun

(Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031)

Abstract

Infrared satellite images from GMS-4 were used to document the growth and development of a severe Mesoscale Convective Complex (MCC) that occurred near N—NW periphery of the subtropical high on 4—5 August 1993.

Key Words: subtropical high MCC satellite images