

“90·8”远安特大暴雨的中尺度分析*

徐双柱

(武汉中心气象台)

提 要

本文分析了1990年8月14日发生在湖北远安县的特大暴雨过程。发现：中低层切变线近于垂直的强烈辐合产生对流云团，对流云团在生成、发展维持和消亡阶段，在卫星云图上分别表现为云体强核反气旋式转动合并、气旋式转动和反气旋式转动过程；强降水与雷达回波上强单体的稳定维持相关联，强单体不断发生分裂、合并、分裂的过程；中尺度低压和地形辐合带等中尺度系统在暴雨形成过程中起重要的作用。

一、概述

1990年8月14日夜，湖北省远安县发生了一场特大暴雨。气象资料表明，这次特大暴雨为湖北省1880年有气象资料记录以来最大的一次。此过程总降水量为437mm，其中14日19时至15日01时（北京时，下同）6小时降水量为400mm（附表），占整个降

水量的91.5%。降水来势之猛，实属罕见。这次降雨给人民生命财产造成了极其严重的损失。过程发生时，正值“七·五”国家重点科技攻关课题“长江中上游灾害性天气监测预报研究”的试验期，试验人员成功地进行了预报并收集了较为完整的卫星云图、雷达回波以及地面中尺度网的密集资料。本文根据这些资料对该过程进行了中尺度分析。

附表 1990年8月14日17时至15日02时远安县的降水量（mm）

时间(时)	17—18	18—19	19—20	20—21	21—22	22—23	23—00	00—01	01—02
降水量	12.0	8.0	26.0	57.3	123.0	80.0	107.0	17.0	2.0

二、卫星云图分析

众所周知，静止卫星是监视中小尺度系统的有效工具之一〔1〕。稠密的卫星云图资料能够反映出强烈系统各个阶段的特征。

“90·8”特大暴雨的云图分析表明，在暴雨发生、发展维持和消亡阶段，云团具有各自的显著特征。

1. 发生阶段

14日18时，切变冷锋云带进入鄂西北，在其前沿产生两个对流云团，一个位于豫南的信阳和鄂北的随州附近，尺度为 $150 \times 200 \text{ km}^2$ （指红外卫星云图温度 $T \leq -43^\circ\text{C}$ 区域）；另一个在鄂西北，其中可见两个中心 R_1 、 R_2 （指红外温度 $T \leq -69.2^\circ\text{C}$ 的区域）（图1a），分别位于远安西北和荆门北部。 R_1

*本文得到湖北省气象局“七·五”科技攻关“51课题”的资助，胡才显、郭庆华、万玉发、马经魁等同志参与了本文工作。

尺度较大,呈逗点状,到19时 R_1 东移并发生反气旋式转动, R_2 原地发展(图1b)。20时 R_1 与 R_2 合并成一体,红外温度 $T \leq -69.2^\circ\text{C}$ 的区域约 $100 \times 100 \text{ km}^2$,远安位于其西南侧(图1c)。14日20时,850hPa、700hPa的切变线位于许昌—光化一线,中、低层切变线几乎是垂直的,说明中、低层有强烈的辐合,而在高层200hPa由槽后转为强烈的反气旋中心(图略)。在低层辐合线南侧触发生成对流云团。卫星云图连续动态显示发现,在对流云团中,中- β 尺度的云体强核在沿切变云带移动过程中,呈反气旋式转

动,通过合并组成中- α 尺度对流云团M(图1c)。

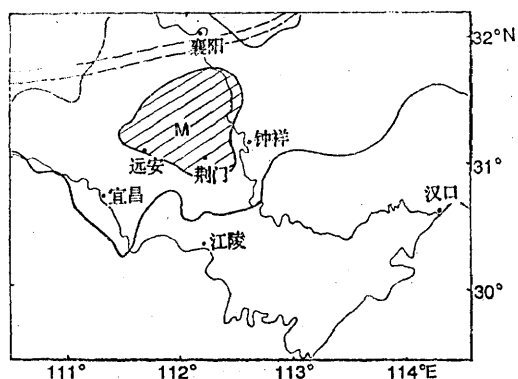


图1c 8月14日20时的红外云图素描
(说明同图1a)

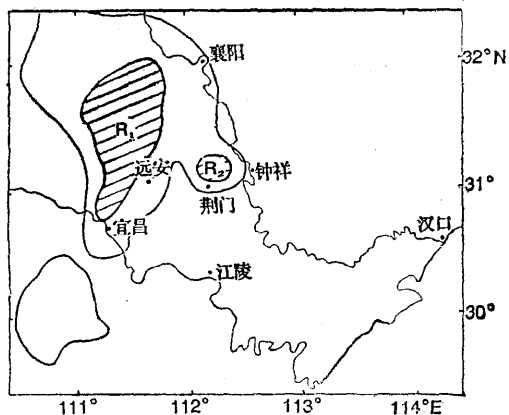


图1a 8月14日18时的红外云图素描
斜线区的 T 为 -69.2°C — -74.4°C , 外圈 T 为 -43.0°C — -48.2°C

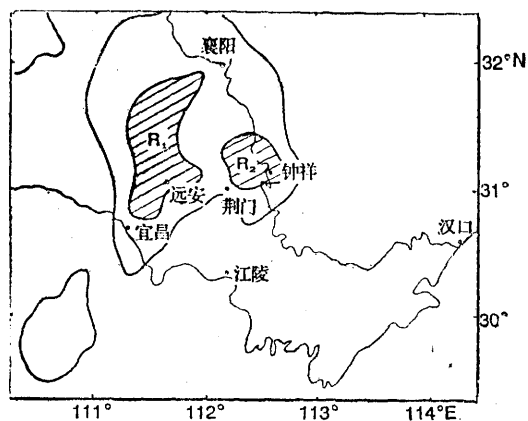


图1b 8月14日19时的红外云图素描
(说明同图1a)

2. 发展维持阶段

从14日21时到15日00时的4个小时为M云团的发展维持阶段。

21时,切变冷锋云带的西端南压、东移少动。M云团呈气旋式转动,这样表现为M强中心由东向西倒退(图2a)。后面的回波分析也发现,强回波呈不连续向西集结。远安位于云团椭圆的左焦点。从18—23时,云顶温度的最大强度梯度为 $-13^\circ\text{C}/10\text{km}$ 。云图连续演变是由云带向完整单个云团转化,云团最强范围不断加大(图中斜线区),到23时尺度发展为最大,云团也最为完整,为 $300 \times 250 \text{ km}^2$ (图2c)。在发展维持阶段的4小时内,云团的强度梯度都维持在 $-7^\circ\text{C}/10\text{km}$ — $-15^\circ\text{C}/10\text{km}$ 。根据文献[2],强降水就发生在云团强度梯度比较强的时段。在发展维持期间,远安每小时的降水量都超过50mm,其中21—22时、23—24时的每小时降水量超过100mm,它们恰好发生在带型向单个云团过渡的发展阶段和云团发展最强至趋向减弱的两个时段。

3. 减弱、消亡阶段

从15日00时开始,M云团减弱、消亡(图3)。云图上表现为云团的中心强度变小,上游方向梯度明显变小,只有最强时的

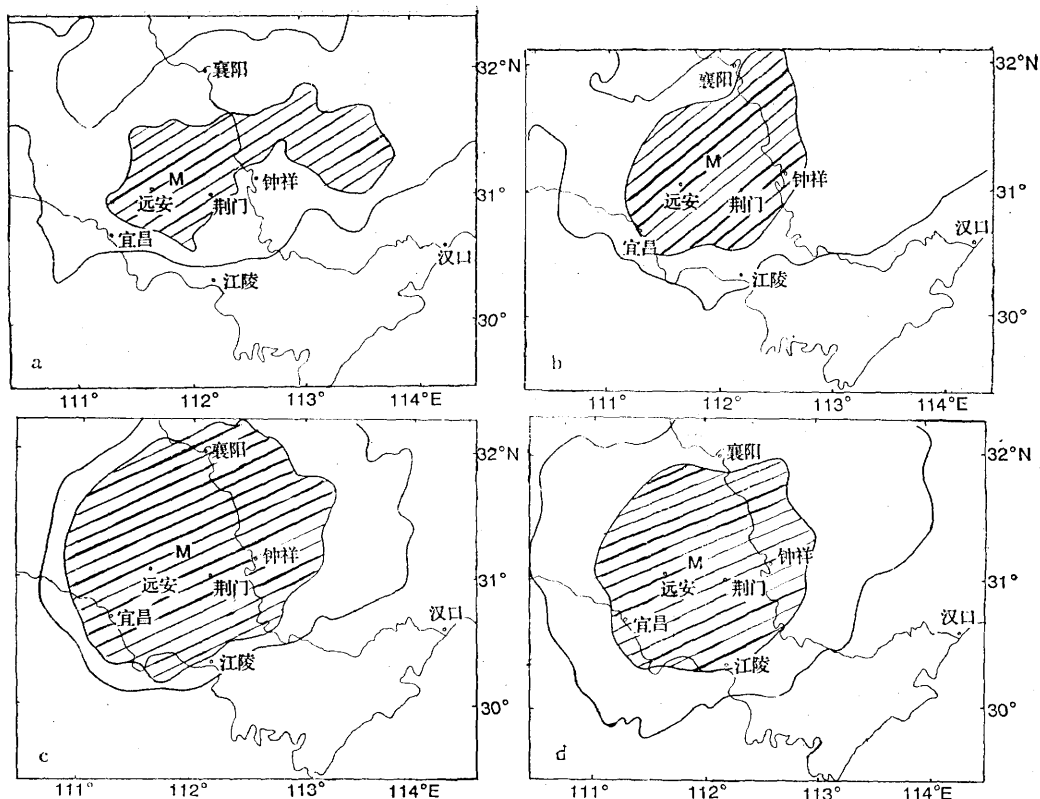


图 2 1990年8月14日21时 (a)、22时 (b)、23时 (c) 和24 (d) 的红外云图素描
(说明同图1)

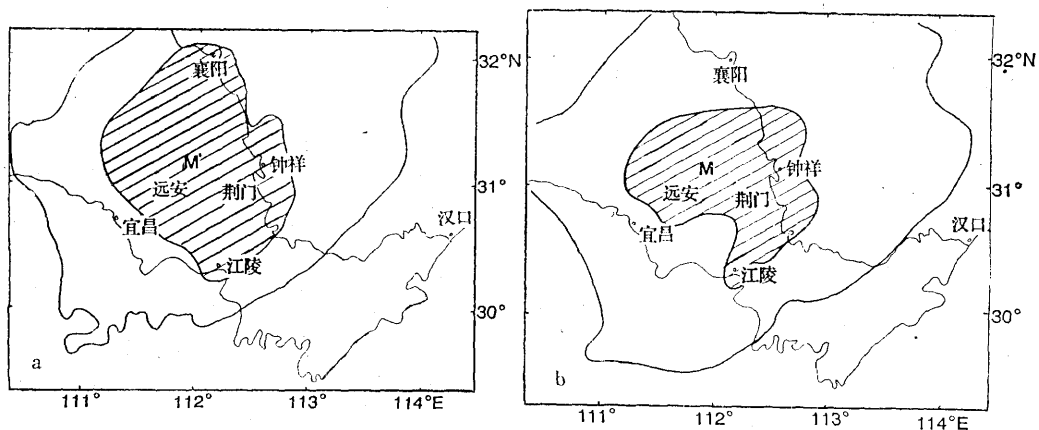


图 3 1990年8月15日01时 (a) 和02时 (b) 的红外云图素描
(说明同图1)

强度梯度的1/3。云团由西南向东北收缩，辐散卷云砧也表现明显。从云图的动画运动可以发现，云团内呈反气旋转动，降水明显减弱。

三、雷达回波分析

对于局地性灾害天气，天气雷达是目前唯一较为准确定位的工具(1)(2)。它可与卫

星云图相配合使用,制作较为准确的短时预报。“90.8”特大暴雨的准确预报说明了这一点。通过对整个过程的雷达回波分析发现,“90.8”特大暴雨有独特的雷达回波演变特征。“90.8”局地特大暴雨是由一个复合强单体造成的。这个强单体在维持过程中不断受到周围单体的补充并进行着分裂、集合、分裂的过程。下面就其演变作详细描述。

1. 远安强单体形成

14日17时20分,武汉雷达观测到在桐柏山南侧的枣阳、大洪山西侧、荆门、宜昌一线有不连续回波带 L_1 ,其中枣阳附近单体比较强,强度达第4级(相当于40dBZ),垂直剖面第4级强回波高达7km。 L_1 带的回

波单体沿带向东北方向运动,至19时在荆门附近集中成一复合单体, L_1 带整体由原来不连续渐变得密实。从每10分钟一张连续动态图看出,从17时20分到19时50分, L_1 带不连续强回波沿带向西集结,回波带西端北抬,东端少动。19时20分从 L_1 带西端左下方新生单体C, L_1 带强回波开始减弱,而C单体强度开始加强,达第2、3级(相当于30dBZ),以后 L_1 带渐渐分散,C单体由于其西端不断有单体补充而加强组织形成。到20时40分已形成一完整的单体C,尺度为 $30 \times 60 \text{ km}^2$,中心强度达第4级(相当于40dBZ),垂直剖面强回波上升到8—9km(图4)。

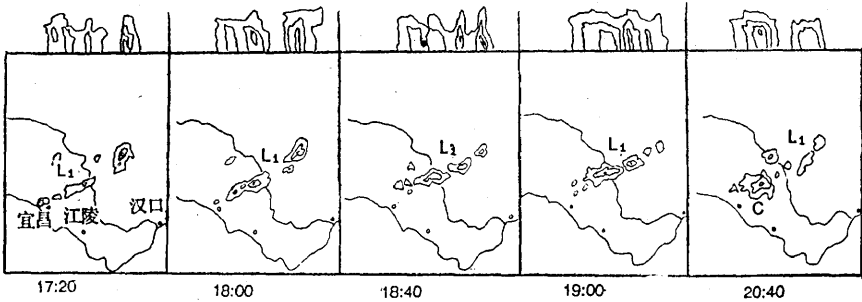


图4 1990年8月14日17:20—20:40雷达回波演变素描图

2. 强单体发展阶段

“90.8”特大暴雨与C单体的稳定维持相关联。这与过去有关局地暴雨的研究(3)(4)是一致的。从20时40分强单体形成开始,到21时10分单体回波强度不断发展加强,21时10分中心强度达第5级(相当于45

dBZ)。21时20分C单体分裂成3块,强度减弱。21时30分在西南端分裂出的单体 C_1 强烈发展(图5),中心强度发展至最强级,达第7级(相当于60dBZ),只有一个象素($4 \times 4 \text{ km}^2$),在高显上位于5km高度处。它正好位于远安上空。这个小尺度的强中心

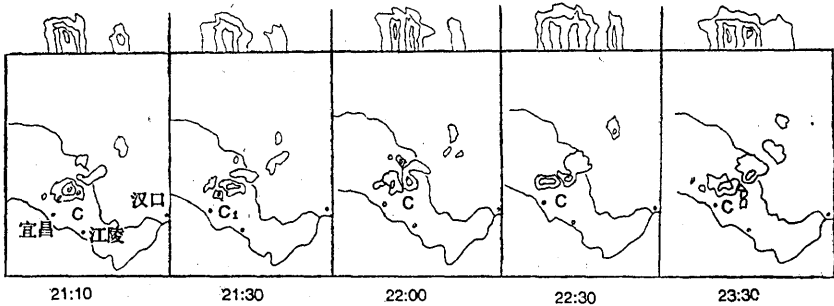


图5 1990年8月14日21:00—23:30的雷达回波演变素描图

维持了近半个小时,在这期间垂直剖面高度第7级由原来的5km上升到7—8km。它造成远安特强降水,1小时降水量达123mm。回波分析发现,从整体上远安附近存在一个半径为40km的气旋,使回波发生转动,在转动过程中,其西端的单体发展。从22时开始,在远安的西部不断有单体并入 C_1 ,并且每间隔半小时进行一次分裂、合并调整过程。23时20分在远安的东南新生出几个小单体,这些小单体也不断向远安单体卷入,使远安的单体得以进一步维持。尽管局地短时间出现了特别强的回波(这只能在显示器上仔细分辨才能辨别出),但是在单体维持阶段,回波总的来说不是特别强,说明强烈的暴雨并非要特别强的回波。降水效率高与降水微物理过程有关。过去的分析^[5]曾指出,强降水与强回波对应。特别强的降水要求回波强度在45dBz以上,但不一定必须要有特别强的回波。

3. 强单体减弱消亡阶段

15日00时20分,远安强单体开始东移,尺度变小,回波整体也开始变得松散、收缩。回波高度下降。至02时20分单体基本消亡(图6)。

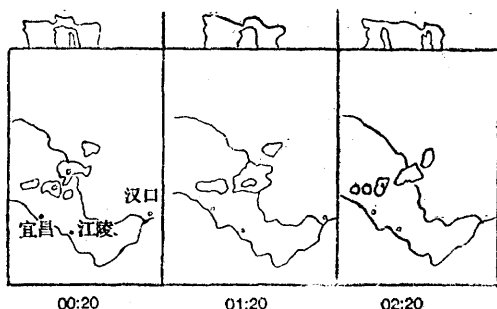


图6 1990年8月15日00:20—02:20
雷达回波演变素描图

四、地面中尺度分析

分析表明,“90.8”局地特大暴雨与地面中小尺度系统密切相关。中小尺度系统的产生一方面与天气尺度系统有关,另一方面

也与局地地形特征及地形辐合带的日变化等有关。这些地面中小尺度系统是中小尺度低压、中尺度能量锋区、地形辐合线。这里分析讨论它们对“90.8”特大暴雨的贡献。

1. 中尺度低压

一些研究表明^[6],暴雨与地面中尺度低压有密切联系,中低压是暖性的,并有一较强的中尺度水汽辐合中心与它相伴,位于它的北部或东部。“90.8”特大暴雨的中尺度分析证明了这一点。

14日15时在校江的西北部可分析出一个直径为100km的1002hPa的中低压,这个中低压同时又是一个暖中心。以后这个中低压不断向北发展。至17时可在当阳附近(距远安约30km)分析出一个直径为60km的中低压,该中低压在原地稳定维持了近3个小时,以后尽管由于冷空气的侵入强度有所减弱,但中低压的位置仍在远安附近或略有南移,直到23时。局地特大暴雨发生地远安县的单站气压变化曲线图(图略)表明,在19时以前远安一直保持着低气压的发展。

2. 中尺度能量锋区

“90.8”特大暴雨发生在“Ω”型能量场的密集能量锋区上。

从14日14时开始一直到21时,沿常德、松滋、宜都、当阳一线维持一南北向高能舌,高能中心的总温度达91.6℃。从17时开始从豫南有一股冷空气沿襄阳、荆门的汉江河谷南下,带来一低能区,18时在荆门与远安、当阳之间形成密集的能量锋区,能量锋区最强时的梯度达 $-13^{\circ}\text{C}/50\text{km}$ 。特大暴雨就发生在高能轴右上侧强能量锋区上(图7)。22时高能舌转为东西向,23时又转为近南北向。在整个强烈降水过程中,高能舌基本上维持着南北向或近南北向。15日01时能量锋区明显疏散,降水明显减弱。

3. 地形的作用

研究发现,在某一区域性范围内,中小尺度系统的发生、发展,与该地区内水平尺

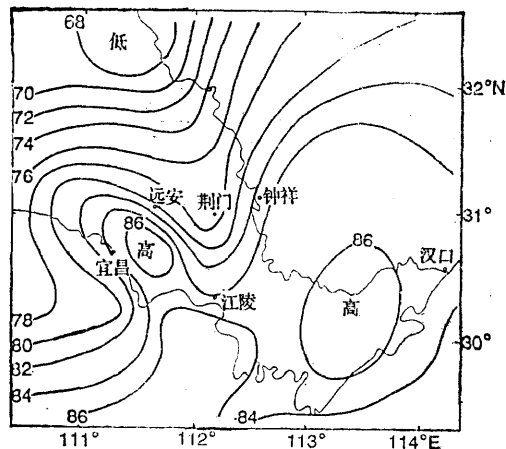


图7 1990年8月14日20时地面能量场

度为数百公里或更小一些的地形、地貌的热力差异和动力作用有关。据周军等人的工作〔7〕，湖北省单站地形风有明显的日变化，白天盛行上山风，夜间则相反。但各站因其所处的环境不同，上下山风的风速和它们相互转换的时间也不同。于是在湖北省内形成与地形尺度相应的地形风辐合、辐散系统。地形风辐合（散）系统也非常有规律、有明显的日变化。

根据历史资料统计表明，远安及其周围

容易在20时至02时这段时间爆发局地特大暴雨，如1987年8月18日荆门特大暴雨，1984年7月24日远安特大暴雨等。20时至02时这段时间这些地区恰好是上山风系与下山风系之间辐合带的变化范围（图示参见文献〔7〕的图4）。这说明由地形风系产生的辐合带在形成局地特大暴雨过程中起重要的作用。

参 考 文 献

- 〔1〕 K.A. Browning, The mesoscale data base and its use in meso-scale forecasting, Q.J.R. Met. Soc., Vol. 115, pp717--762, 1989.
- 〔2〕 徐双柱，暴雨数字化云图与回波特征的比较，湖北气象，1990年第2期。
- 〔3〕 徐双柱，一次连续暴雨过程的数字化雷达回波分析，气象，1988年第10期。
- 〔4〕 徐双柱，连续暴雨过程中各阶段的数字化雷达回波特征的分析，湖北气象，1993年第3期。
- 〔5〕 徐双柱，长江中游暴雨数字化雷达回波特征分析，湖北气象，1991年第3期（待出版）。
- 〔6〕 俞樟孝，浙江暴雨过程的中尺度低压，大气科学，1989年第2期。
- 〔7〕 周军等，湖北省地形风日变化的特征及数值模拟，“长江中上游灾害性天气监测预报研究”文集（待出版）。