

## 1998 年 7 月 21~22 日特大暴雨过程的中- $\beta$ 尺度云团特征\*

郑新江

(国家卫星气象中心,北京,100081)

陶诗言

(中国科学院大气物理研究所,北京,100029)

罗敬宁

(国家卫星气象中心,北京,100081)

朱福康

(中国气象科学研究院,北京,100081)

徐建芬

(甘肃省气象局,兰州,730020)

### 摘 要

文中以气象卫星云图为主,分析了 1998 年 7 月 21~22 日由于副热带高压减弱南移,长江中下游地区再次出现大范围暴雨过程的天气系统特征,发现:①暴雨是由两个中- $\beta$  尺度云团造成的,中- $\beta$  尺度云团是发生在两个中尺度云团之间的积云区中,均在清晨发生,午后减弱,其生命史约为 10 h 左右;②云团发生在低层水汽与能量条件较好的区域和 850~700 hPa 低涡切变上,这里有较强的地转偏差存在,并位于 6.7  $\mu\text{m}$  水汽图上干湿区交界的湿区-侧的环境中。

**关键词:** 暴雨,中- $\beta$  尺度云团,卫星云图。

### 1 引 言

暴雨研究及其预报一直是世界各国气象学界关注的课题之一。中国地处季风区,夏季多暴雨天气。长江中下游地区多年出现持续性特大暴雨过程,造成重大的生命财产损失,直接影响到中国国民经济可持续性发展。所以暴雨研究及其预报的课题至今仍然是中国气象学界的主要研究对象。

中国的暴雨研究及其预报在 1975 年 8 月河南大暴雨发生前,研究的重点是大尺度环流和天气尺度降水系统。河南大暴雨天气发生后,中国的暴雨研究及其预报有了飞速的发展,组织了多次野外观测试验和建立了 4 个中小尺度观测基地,研究工作的重点从天气尺度转向了中尺度。在此期间陶诗言等<sup>[1]</sup>、章淹等<sup>[2]</sup>、丁一汇主编<sup>[3]</sup>和斯公望<sup>[4]</sup>先后出版了

\* 初稿时间:1999 年 11 月 1 日;修改稿时间:2000 年 6 月 20 日。

资助课题:中国气象局 1998 年长江、嫩江流域特大暴雨成因及预报应用研究。

多部专著,从气候、天气系统、环流形势和形成机理等方面对中国暴雨及其预报的研究成果进行了汇总,为今后这方面的研究打下了一定的基础。

随着暴雨监测技术以及资料收集传输系统进一步现代化,特别是气象卫星监测的时间和空间分辨率的提高,更有助于深入地研究产生暴雨天气的直接影响天气系统、暴雨过程的形成机理。

在前人研究的基础上,文中用 MB 增强曲线处理的红外云图探讨了 1998 年 7 月 21~22 日鄂东南地区一场持续性暴雨过程的直接影响天气系统,并对该持续性暴雨过程的中- $\beta$  尺度云团的发生,进行了气象条件分析。

## 2 雨情

1998 年 7 月 21~22 日在鄂东南地区出现了一场持续性、特大降雨过程,连续两天日降水量均大于 150 mm。

从逐时降雨量分布(图 1)来看,21 日强降水(每小时降水量 $\geq 10$  mm)维持了 8 h,22 日维持了 6 h,两场大暴雨之间的时间间隔不到 24 h,其中 21 日 06~07 时(北京时),1 h 的降雨量高达 88.4 mm,实属罕见。

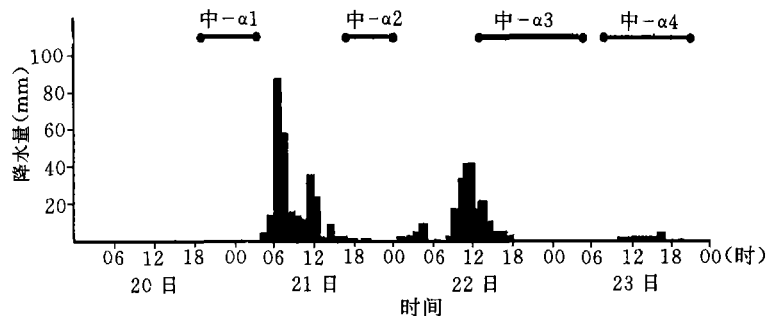


图 1 1998 年 7 月 20~24 日武汉市逐时降雨量分布和  
中- $\alpha$  尺度对流系统的影响时段

## 3 影响系统的云图特征

我们从 1998 年 7 月 19~23 日逐时红外云图的条幅图(25~35°N, 70~130°E, 图略)可见,在这 4 d 内有 4 个云团侵入武汉市,与图 1 上部的中- $\alpha$  尺度对流系统一致。这 4 个云团的有效直径都在  $10^2$  km 以上,根据 Orlanski<sup>[5]</sup> 中尺度系统的分类法,它们都属于中- $\alpha$  尺度。遗憾的是武汉市两次强降雨时段与它们配合得很差,恰好都发生在两个中- $\alpha$  云团之间。因此,1998 年 7 月下旬武汉市持续性强降雨过程并不是中- $\alpha$  尺度云团的强对流系统造成的。

图 2-1 是 1998 年 7 月 21 日 02~13 时用 MB 增强的红外云图,其中各种颜色为对应的云顶温度。由图可见,造成武汉市 21 日特大暴雨的天气系统发生在两个中- $\alpha$  尺度云团之间位于武汉上空小范围积云区中发展起来的中- $\beta$  尺度云团。

21日03时武汉位于两个中- $\alpha$ 尺度云团之间,其上空有零散的积云区。04~05时在积云区中有直径小于10 km的对流云团发展,并出现低于 $-64^{\circ}\text{C}$ 的云顶温度区(红色)。06~08时为云团快速发展期,云团出现两个冷中心,并发生合并现象,低于 $-64^{\circ}\text{C}$ 的冷云顶面积迅速扩大,并出现88.4 mm/h的强降雨。值得注意的是06~07时突发性暴雨发生以后中- $\beta$ 尺度云团的冷云顶面积明显扩大,于08时达到最大面积,这说明强降雨过程发生后,大量潜热的释放对强对流系统的发展有正的反馈增长过程,但其雨强与系统的大小无关,这进一步说明潜热释放不是产生第一个暴雨峰值的主要动力因素。10时云团冷中心分裂、减弱,并又一次再生过程,造成当天降雨出现第二个峰值。这种使云团再度发展,并出现第二个峰值的动力因素是否与潜热释放有关值得研究。

图2-2是1998年7月22日06~15时增强红外云图。由图可见,武汉市第二场强降雨时段的主要天气系统也是属于中- $\beta$ 尺度强对流系统,其尺度小于 $10^2$  km,发生在武汉东侧减弱的云团后部,生成后略向西北方向移动,其生命期也为10 h左右;06时,在武汉东侧云团的后部有新生云团发展,云顶温度低于 $-64^{\circ}\text{C}$ ;08~09时,云团发展到最大;09时以后云团开始分裂、减弱,最强降水(10~11时37.2 mm,11~12时41.4 mm)就发生在中- $\beta$ 尺度云团由强减弱的时段。同前一次中- $\beta$ 尺度云团一样,这一次中- $\beta$ 尺度云团在12 h以后也有一次再加强过程,出现第二次降水峰值(图1)。

通过以上分析可以得知,这种中- $\beta$ 尺度云团主要生命史为10 h左右,一般发生在凌晨或清晨,午后开始减弱,中间还有一次再生过程。低于 $-64^{\circ}\text{C}$ 的云顶面积最大时也仅为 $100\text{ km}^2$ 。最强降水即可发生在云团发展阶段,也可处在云团由最强开始减弱的阶段。

## 4 中- $\beta$ 尺度云团发生的气象条件

### 4.1 天气系统分析

1998年7月21~22日武汉特大暴雨过程主要发生在西太平洋副热带高压减弱南移的过程中。7月上旬末副热带高压脊线曾一度北上到 $30^{\circ}\text{N}$ 附近,到7月下旬已南移到 $25^{\circ}\text{N}$ 以南,长江流域处于副热带高压北部边缘、北方干暖和南方潮热的交界区中。由于副热带高压偏南,西南季风只在中国南方维持,很难北伸到中纬度地区。850 hPa上西南低空急流于21日08时建立,并一直维持下去(图略)。因此,西南低空急流的建立与武汉特大暴雨的第一个峰值的出现几乎是同一时间。

### 4.2 水汽条件

造成武汉市特大暴雨的这两次中- $\beta$ 尺度云团都发生在低层水汽和能量条件较好的地区。例如大暴雨发生前20日20时850 hPa  $T - T_d \leq 4^{\circ}\text{C}$ (武汉地区  $T - T_d \leq 2^{\circ}\text{C}$ ),700 hPa  $\theta_e$  为大值区;中层(500 hPa)处于暖高压中,风速较小,为无辐散层,气温接近 $0^{\circ}\text{C}$ 的区域。因此中- $\beta$ 尺度云团形成在低层水汽辐合上升充分、中层无辐散流失、顶层云砧也不大的环境里。

上面分析了对流层中、低层水汽条件,这里利用 $6.7\ \mu\text{m}$ 波长的水汽图像(图3)分析对流层中、高层的水汽分布情况:19日08时,武汉与长江中、下游地区为干区控制(黑色),以后由于从青藏高原不断有中尺度云团向长江中下游地区移动,并带来大量潮湿空气,使对流层高层干区转为水汽控制区(灰色);20日20时至21日08时,武汉地区的上空位于对流层

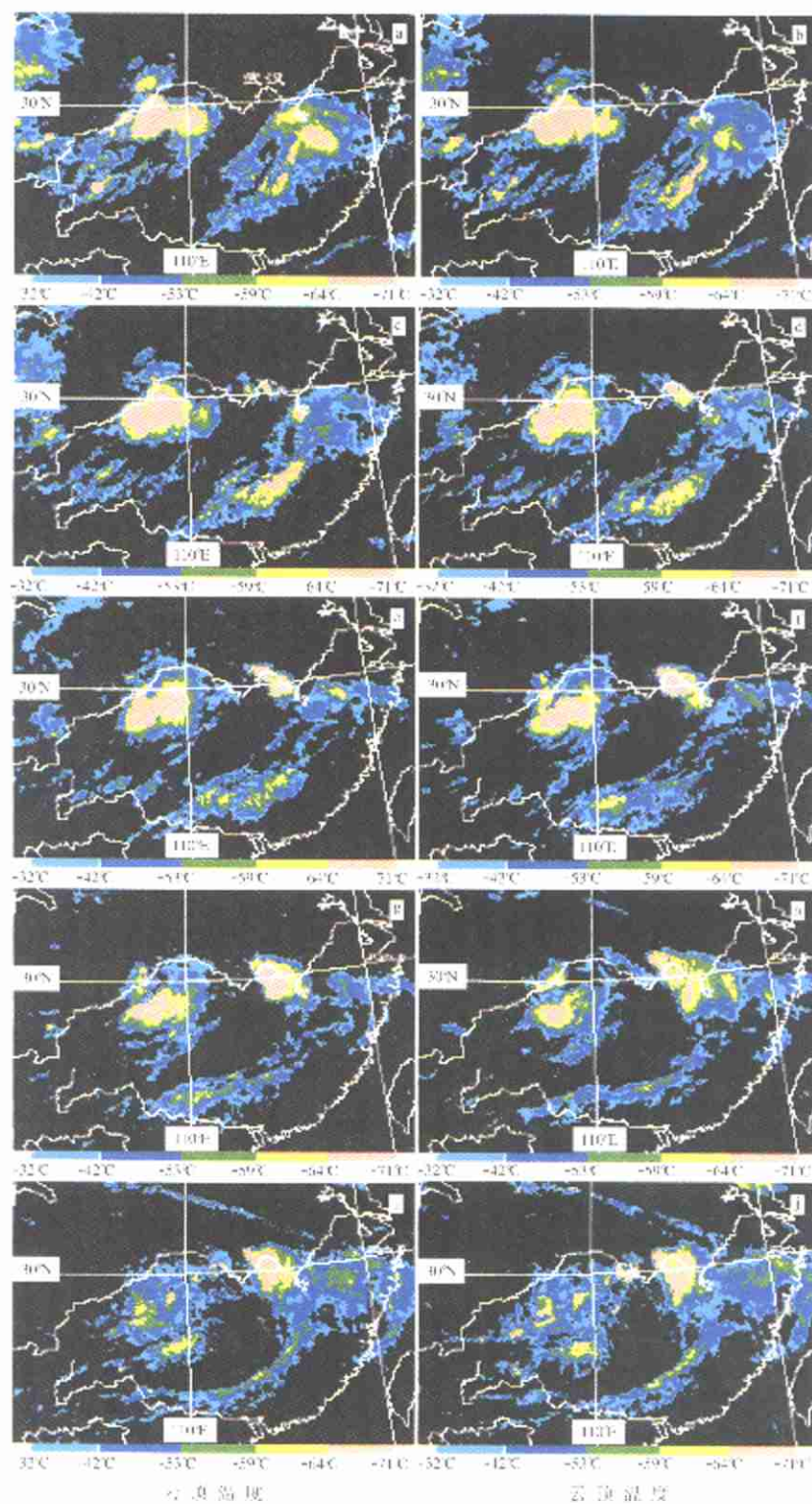


图2-1 1998年7月21日02~14时MB红外增强云图

(a:02时, b:04时, c:06时, d:08时, e:10时, f:12时, g:14时)



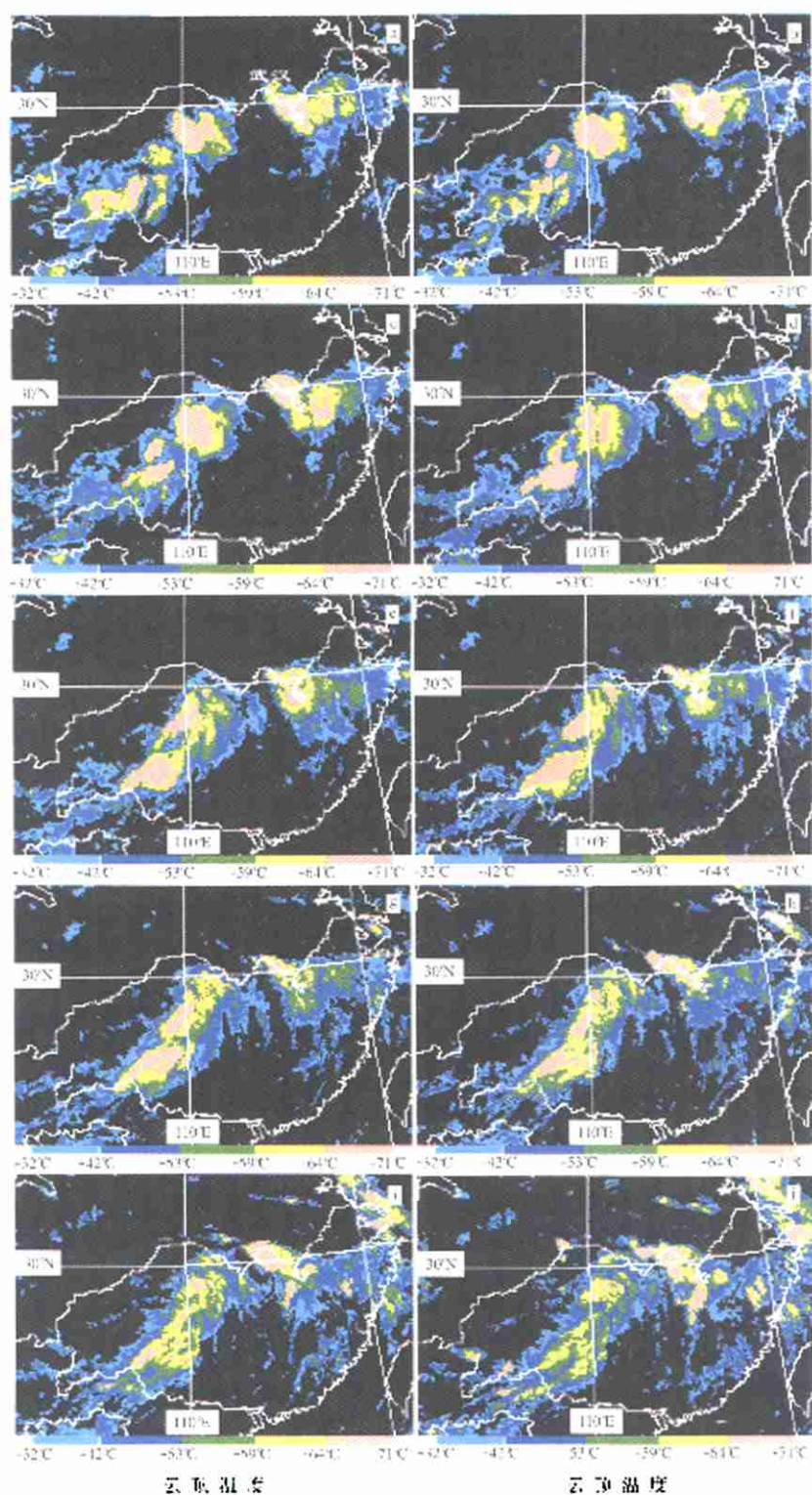


图 2.2 1998年7月21日06-15时MB红外强云系

(a.06时, b.07时, c.08时, d.09时, e.10时, f.11时, g.12时, h.13时, i.14时, j.15时)

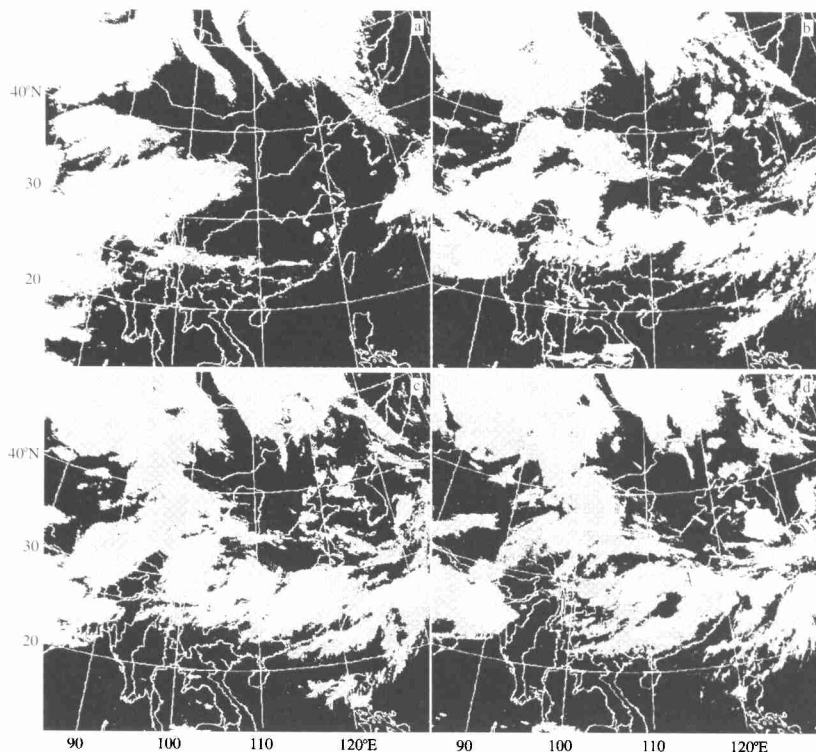


图3 1998年7月 GMS-5水汽图像

(a. 19日08时, b. 20日20时, c. 21日02时, d. 21日08时)

表1 武汉地区上空1000~400 hPa 各层的地转偏差风

层次 (hPa)	$u'$				$v'$			
	19日	20日	21日	22日	19日	20日	21日	22日
400	6.6	8.3	4.1	2.2	-0.7	-0.8	-1.2	-1.4
500	3.6	5.2	7.1	2.8	-0.1	-0.7	-0.7	-0.1
700	1.7	1.9	3.5	3.4	1.1	1.0	1.9	1.8
850	2.4	2.5	3.6	3.7	2.8	2.7	3.9	2.5
1000	-1.9	-3.5	-2.6	-1.7	2.1	1.2	1.3	-0.4

中、上层的干、湿区边界附近,中- $\beta$ 尺度云团就发生在湿区一侧(A处),威尔顿<sup>[6]</sup>认为这种边界附近存在着垂直运动,有利于云团发生发展。

### 4.3 动力条件

中- $\beta$ 尺度云团如何在两个中- $\alpha$ 尺度云团之间生成发展?它的发展与前一个中- $\alpha$ 尺度云团有什么联系?这些都是很有趣的问题,但目前尚无相应尺度的观测资料,难以得到明确的答案。

Spencer 和 Stensrud<sup>[7]</sup>采用 MM4 中尺度静力模式对6次暴洪个例进行了数值试验。模拟结果表明,暴洪是前次对流的外流气流和流入的低层暖湿空气相互作用的结果。因此他们认为,加入下泄气流参数化方案是成功模拟暴洪事件的关键所在。

目前的探测手段还无法捕捉到下泄气流,但我们利用 T106的 $1^\circ \times 1^\circ$ 格点资料对本次大暴雨过程进行了动力条件分析,发现有两点值得注意:

(1)大暴雨发生前,20日400~500 hPa地转偏差风速不断加强,而大暴雨结束时的23日,地转偏差风速从22日开始减弱(见表1)。

(2)从19~22日低层辐合,高层辐散,整层为上升运动,而且上升速度是不断增强的。

以上分析可见,中- $\beta$ 尺度云团是发生在非地转风不断加强和具有辐合强上升运动的深厚低涡切变天气系统中。

**致谢:**李志楠(北京市气象局)给予很大支持。

### 参考文献

- 1 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京:科学出版社,1980,1~225
- 2 章淹等. 暴雨预报. 北京:气象出版社,1990,1~424
- 3 丁一汇主编. 1991年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京:气象出版社,1993,1~255
- 4 斯公翌. 暴雨和强对流环流系统. 北京:气象出版社,1990,1~350
- 5 I Orlandi. A rational subdivision of scale for atmospheric processes. Bull Amer Met Soc, 1975,56,527~530
- 6 陈渭民等. 卫星气象学. 北京:气象出版社,1989,602pp
- 7 罗格 B. 威尔顿等著. 水汽图像在天气分析与预报中应用. 郑新江等译,北京:气象出版社,1994. 9,70~71
- 8 Spencer P L, Stensrud D J. Simulating flash flood events: Importance of the subgrid representation of convection. Mon Wea Rev, 1998,126:2884~2912

**CHARACTERISTICS OF MESO- $\beta$  SCALE CLOUD CLUSTER  
DURING TORRENTIAL RAIN  
PROCESS IN WUHAN ON 21—22 JULY 1998**

Zheng Xinjiang

*(Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)*

Tao Shiyan

*(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)*

Luo Jingning

Zhu Fukang

*(Satellite Meteorological Center, Beijing 100081) (Chinese Academy of Meteorological Sciences)*

Xu Jianfen

*(Gansu Meteorological Bureau, Lanzhou 730020)*

**Abstract**

The torrential rain process occurred again in the lower and middle reaches of Yangtze River on 21—22 July 1998, due to the fact that the subtropical high decreased and withdrawn southward. By using of cloud picture, an analysis of the characteristics of weather system which caused torrential rain process was made and it is shown that, firstly, the torrential rain was caused by two meso- $\beta$  scale cloud clusters which appeared in cumulus area between meso- $\alpha$  scale cloud clusters and its life cycle was about 10 h; secondly, the cloud clusters occurred in the area with rich vapor and energy and over the 850—700 hPa shear line with strong ageostrophic wind, and was located in the moist side of cloud system boundary.

**Key words:** Torrential rain, Meso- $\beta$  scale cloud cluster, Satellite cloud picture.