

“98.7”武汉市特大暴雨的中尺度分析

徐双柱

(南京大学大气科学系,210093)

提 要

使用红外云图、雷达回波、武汉市城区自动雨量站和地面中尺度观测资料,对1998年7月21~22日武汉市历史上罕见的特大暴雨进行了分析。概括了武汉市特大暴雨的时空分布,云图和雷达回波演变特征以及中尺度天气系统。为以后进行武汉市特大暴雨的预报提供有价值的参考依据。

关键词: 特大暴雨 暴雨云团 雷达回波

引 言

1998年7月21~22日武汉市发生了历史上罕见的连续两天的特大暴雨。暴雨中心的48小时累计雨量值高达546.3mm,滑动1小时最大雨强达到107mm。本文通过卫星

云图资料、雷达回波资料以及地面中尺度网观测资料对该次特大暴雨过程进行中尺度分析。发现武汉市特大暴雨有许多明显的特征,如在卫星云图上的“指状云团”特征,在雷达回波上的复合体回波特征等。

1 “98.7”武汉市特大暴雨的时空分布特征

根据武汉市排水处提供的武汉市城区1998年7月20日20时至22日20时(北京时间,下同)10个自动雨量站逐时观测资料,选取其中四个代表站:武昌、汉阳、汉口、青山(下称城区4站)进行分析。

“98.7”武汉市特大暴雨是从7月21日凌晨04时开始的。7月21日06~09时为降水第一次加强时段,12~14时为降水第二次加强时段。在第一次降水加强时段中,武汉市城区4站降水波峰(按1小时降水量统计)先后顺序为汉口—汉阳—武昌—青山,波峰值的变化范围为25.5~77.0mm。在第二次降水加强时段中,降水主要集中在武昌、汉阳和汉口,降水波峰先后顺序为汉口—汉阳—武昌,波峰值的变化范围为47.5~90.0mm图略。由此可见,尽管武汉市整个城区位于武汉雷达站西方,方位220~350°,半径30km的狭长的区域内,但是城区4站“98.7”整个过程累加降水量有很大的差异,最大的汉阳鹦鹉洲为546.3mm,与最小的青山罗家路227.2mm相差近320mm。说明“98.7”特大暴雨过程是中-β到中-γ尺度天气现象,是由中小尺度天气系统直接造成的。

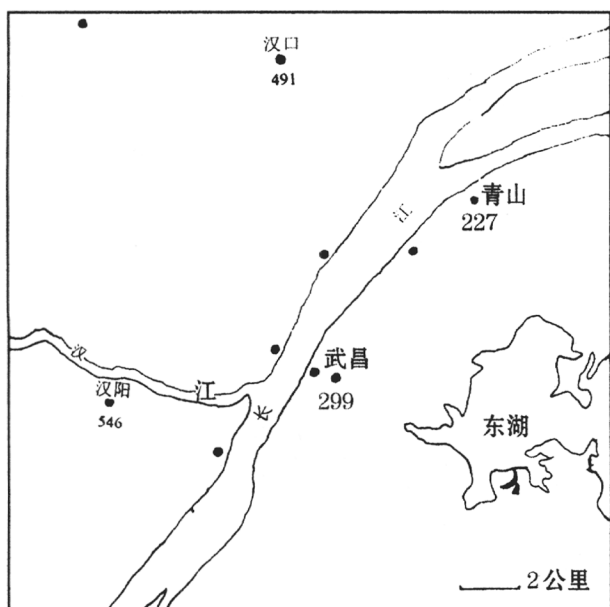


图1 武汉市城区10个自动雨量站(·)及武汉雷达站位置(▲)及武昌、汉阳、汉口、青山4站“98.7”总雨量(mm)

对1987~1998年5~8月武汉市特大暴雨的统计分析发现,汉口和武昌每小时 $\geq 40\text{mm}$ 降水易在凌晨04~08时发生,而汉阳和青山易在中午至傍晚即11~17时发生。每小时 $\geq 20\text{mm}$ 降水,汉口和武昌易在午后至傍晚即13~17时出现,汉阳和青山却易在下半夜至凌晨出现。也就是说,凌晨和傍晚前后武汉市最易发生强降水。

2 “98.7”武汉市特大暴雨的卫星云图和雷达回波演变特征

武汉市特大暴雨的红外云图特征表现为“指状云团”^[1]。伴随次天气尺度低槽或低涡的暴雨云团在东移到湖北省东部后,强度减弱,在其西部突然新生一个孤立的小亮点,并迅速发展为几十到一百公里左右大小的“指状云团”。这种新生发展的“指状云团”容易在下半夜到凌晨生成,可维持5~7小时,降雨量一般为 $20\sim 40\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,甚至可达 $50\sim 80\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,可产生几个小时的强降雨。经分析,历史上造成武汉市特大暴雨的“指状云团”的特点为,与中、低层暖式切变线相联系的“指状云团”指头指向西西北方,而与中、低层冷式切变线或冷锋相联系的“指状云团”指向西南方。“指状云团”的生成地与其前方减弱的暴雨云团有关,一般位于减弱的暴雨云团西部70~100km处。1998年7月21日武汉市特大暴雨表现为暖式切变线“指状云团”(如图2)。

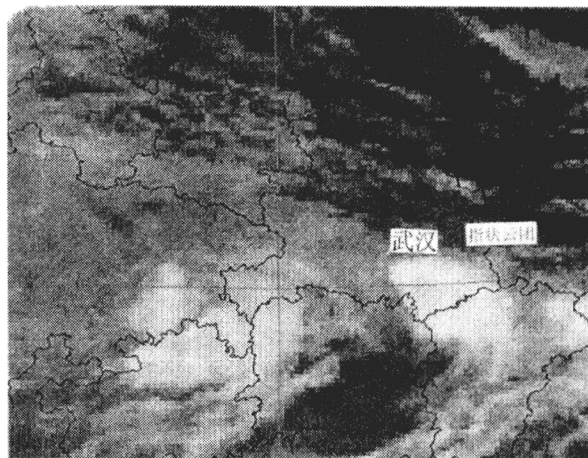


图2 1998年7月21日08时红外云图

1998年7月20日20时30分,卫星云图上在江汉平原和鄂东南有一个直径为3纬距的中- α 尺度暴雨云团,云顶温度 T_{BB} 为 -82°C 。对应雷达回波上表现为,在仙桃、洪湖、监利一带存在一个直径近200km的回波团,嘉鱼、咸宁一带有尺度为10~20km的对流单体。回波团以 $30\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 速度东移,21时回波团与对流单体合并后停滞在嘉鱼、咸宁一带,一直到23时,强度为50dBz,它造成21~23时嘉鱼、咸宁降雨分别为69.2mm和68.2mm。24时以后,回波减弱,以 $40\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 速度东移,03时移至江西北部。

21日04时30分,在江西弱回波团的西北部,即武汉市东南方的阳新和大冶一带有一尺度为30~40km的单体新生。另外在武汉市西北方的汉川、京山一带有小尺度单体新生。到05时武汉市西北方可见三条不连续的东北—西南向,长为60~80km、宽为15km的对流回波带,强度为40~50dBz(图3)。06时武汉市西北方三条对流回波带辐

合成一长轴80km、短轴40km的复合体,与此同时,在武汉东南的黄石附近的复合体却减弱扩散为 $30\times 80\text{km}^2$ 的回波带。07时黄石回波带加入到武汉复合体中,成为一个 $80\times 60\text{km}^2$ 的复合体,强度也增强到60dBz。之后武汉复合体开始分裂变成两个,西段向西南运动,东段向东南运动并且强度减弱。在云图上表现为指向西西北方的“指状云团”。在复合体分裂过程中,武汉市汉口站1小时降雨达到88.4mm。09时在武汉市西北方又有几个新单体,于10时在孝感附近辐合成一个 $40\times 60\text{km}^2$ 的复合体,强度为50dBz,它与先前武汉西南端分裂复合体并存(图3)。而武汉东南端的分裂复合体减弱扩散。11时武汉西南端分裂复合体与孝感附近复合体汇合成一体,尺度为 $80\times 50\text{km}^2$,强度为60dBz。以后该复合体在向南转动过程中又重复了一次分裂过程。14时以后武汉复合体减弱消失。从05~14时,造成武汉市特大暴雨的复合体回波经历了2次辐合、3次分

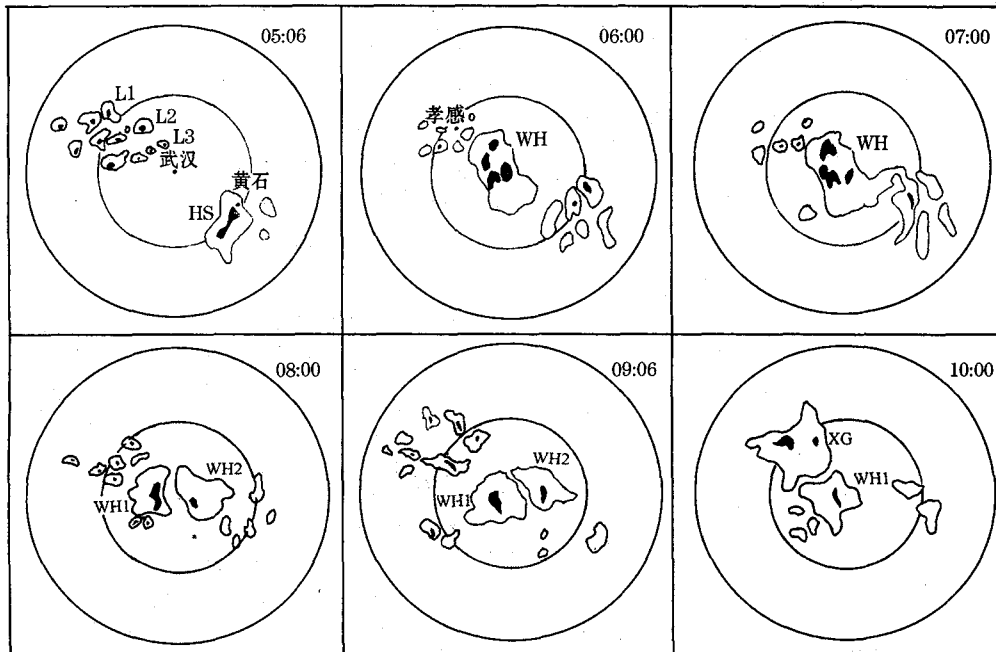


图3 1998年7月21日5~10时武汉数字化雷达回波图
(每圈80km,等值线数值 $\geq 20\text{dBz}$,黑实心 $\geq 50\text{dBz}$)

裂的过程。

武汉市特大暴雨在雷达回波上的特征为复合体回波。复合体回波表现为积雨云组成的块状强回波。其短轴尺度超过 30km 以上,强度很强,在 45dBz 以上,垂直回波高度在 13km 以上。武汉市特大暴雨的形成与复合体回波稳定维持有关。复合体回波每间隔 2~3 小时有一次分裂过程,即复合体回波成熟后,一般尺度为 $60 \times 80 \text{ km}^2$,强度达到 60dBz 以上,即开始分裂成几个尺度稍小的单体。经过 2~3 小时又重新组合合并。强降雨发生在复合体最强至分裂过程中。武汉市特大暴雨发生时常常表现为复合体回波出现 2~3 次这样的组合过程。复合体回波的最初形式表现为武汉市周围的南北几个回波短带或单体的复合。

3 武汉市特大暴雨的中尺度天气系统

1998 年 7 月 21 日逐小时地面风场分析表明,暴雨发生时武汉市的东部比较稳定维持一支 $4 \sim 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的东南风,而其西部或北部存在一站或几站偏北气流,其西南侧存在西南气流。三支气流在武汉汇合。与雷达回波上看到的回波两两复合是一致的。雷达回波与地面中尺度分析对比发现,武汉复合体发生在地面中尺度低压的北部和东部,这种中尺度低压是暖性的,并且有一较强的中尺度水汽辐合中心与它相伴。武汉的东部存在一个中尺度冷高压,高压底部存在一支比较明显的偏东气流。这种偏东气流对武汉特大暴雨的形成起到十分重要的作用(如图 4)。

特大暴雨的发生与雷达回波的辐合、合并有关。武汉市特大暴雨的辐合、合并方式主要有两种:汇合式合并和交叉式合并^[2]。综合历史上武汉市特大暴雨地面中尺度分析表明,武汉市特大暴雨发生时所对应的中尺度辐合系统存在以下 4 种形式:①暖式切变线,②东风切变线,③东风气流汇合线,④涡旋。中尺度辐合线的产生与三支气流有关,一支是江汉平原地区即武汉西南方的西南暖湿气流;第二支是武汉以东的高压后部的偏东气流,而且大别山与幕阜山的长江河谷有

偏东风急流;第三支是沿江汉河谷南下的偏北气流。这三支气流两两组织成辐合线或单独组成风速辐合线。由于受到大别山的阻挡,中尺度辐合线在移到武汉以东后,发生气旋式转动。

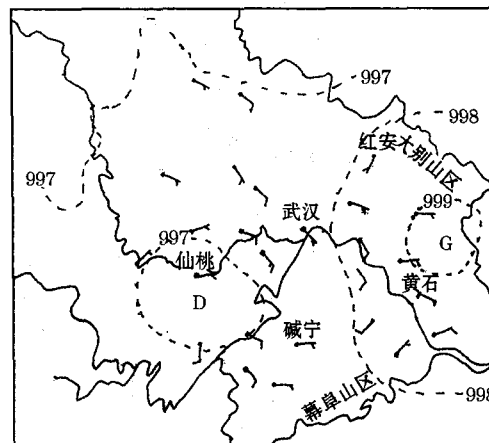


图 4 1998 年 7 月 20 日 20 时地面气压场和 21 日 05 时风场

综合历史上武汉市特大暴雨雷达回波的分析表明,中尺度回波带是武汉市特大暴雨在雷达上回波的重要表现形式之一。对比地面中尺度分析发现,中尺度回波带较多地发生在中尺度低压的北部和东部。这种中尺度低压是暖性的并且有一较强的中尺度水汽辐合中心与它相伴,武汉市特大暴雨对应的中尺度低压表现较多的为仙桃中尺度低压。

地面中尺度分析表明,武汉市特大暴雨发生前,鄂东北的红安、麻城和英山一带为一中尺度冷高压,冷高压底部存在一支比较明显的偏东风气流。该中尺度冷高压形成是两个方面的原因造成的。一方面是由于天气尺度系统影响。另一方面是由于大别山区带来的地形高度的差异导致热力差异。晚上山地为冷源,平原为热源,鄂东北中尺度冷高压较多在晚上出现。据周军^[4]等作的湖北省地形对温压风的降水场影响的分析研究表明,在白天由于地形高度差异产生上山风,夜晚为下山风,最大的下山风出现在凌晨 02~03 时。大别山地的下山风为东北气流,幕阜山

(下转封3)

(上接第 57 页)

地的下山风为东南气流,它们都与中尺度冷高压的底部偏东风相对应。偏东冷干气流与西南暖湿气流组成中尺度锋区和湿度锋区,触发并组织中尺度辐合系统产生特大暴雨。武汉市特大暴雨较多地发生在凌晨也许这是其中重要原因之一。

4 结论

(1)武汉市特大暴雨是中- β 尺度以下天气系统直接造成的。凌晨和傍晚前后武汉市最易发生强降水。每小时 $\geq 40\text{mm}$ 降水汉口和武昌易在凌晨 04~08 时发生,而汉阳和青山易在中午至傍晚即 11~17 时发生。

(2)次天气尺度暴雨云团移到武汉东部减弱后,其尾部新生的“指状云团”是武汉市特大暴雨在卫星云图上的显著表现形式。在雷达回波上特大暴雨表现为复合体回波,并且常常表现为复合体回波出现 2~3 次分裂、组合过程。

(3)中尺度系统在激发、加强武汉市特大暴

雨过程中起重要作用。武汉市特大暴雨时地面中尺度辐合系统存在四种形式为:①暖式切变线,②东风切变线,③东风气流汇合线,④涡旋。较重要的地面中尺度天气系统还有仙桃中尺度低压、鄂东北中尺度冷高压。这些中尺度天气系统与武汉市特定的地形有关。

致谢:本文武汉市城区逐小时降水资料由武汉市排水处王平总工程师帮助提供,在此表示感谢!

参考文献

- 1 胡才望.长江流域的暴雨云团.湖北气象,1985,(4):18~23.
- 2 徐双柱,邓秋华.WSR-81S 数字化雷达对暴雨监测的分析研究.大气科学,1998,22(5):798~804.
- 3 徐双柱,吴翠红.武汉市城区暴雨的卫星云图和雷达回波研究及其概念模型.华中师范大学学报,1998,32(2):229~334.
- 4 周军.湖北省地形风日变化的特征及其数值模拟.南京气象学院学报,1990,13(4):24~29.

Mesoscale Analysis of Extremely Heavy Rain in July 1998 in Wuhan City

Xu Shuangzhu

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract

In the light of satellite images, Wuhan digitized radar (WSR-81s) echo data, together with Wuhan auto-raingauges and mesoscale surface observation data obtained during July 21-22, 1998, the features of the extremely heavy rain occurred in Wuhan city are analyzed. The extremely heavy rain information of mesoscale climatology and satellite images and radar echoes and mesoscale surface system activities in Wuhan city are summarized.

Key Words: extremely heavy rain rain cloud cluster radar echo