

中- β 尺度对流云团造成特大暴雨过程的分析^①

薛秋芳 梁海河 张沛源

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

通过对发生于长江中游地区两个中- β 尺度对流云团引起的特大暴雨过程的分析,探讨中- β 尺度对流云团产生强降水的条件,研究其变化规律,从而为暴雨预报提供一定的物理依据。

关键词: 中- β 尺度 云团 对流回波 暴雨

引 言

中- β 尺度对流云团尺度小、发展快、生命史短,在有利的环境条件下可造成强降水。如 1977 年 8 月 21 日由于东风扰动中很小的对流云团西移而引起的上海历史上罕见的特大暴雨^[1]。1980 年 10 月 10 日发生在安徽省安庆一次小范围暴雨也是由尺度很小的对流云团造成的^[2]。本文通过对 1998 年 7 月 21~22 日分别造成武汉和黄石地区特大暴雨的两个中- β 尺度对流云团的分析,以提高对这类云团产生强降水天气过程的认识。

1 中- β 尺度对流云团和降水

1998 年 7 月 21~22 日,湖北东部沿江一带连续两天出现强降水,过程来势猛、雨势强,为罕见的特大暴雨过程,21 日雨量大于 200 mm 的站有汉口、汉阳、汉川、武昌,其中武汉 1 小时(06~07 时)最大降水量为 88.4mm,06~08 时两小时内下了 140mm 的雨,武汉 21 日 20 时~21 日 20 时的 24 小时降水量为 285.7mm;22 日黄石、鄂州、黄梅日雨量超过 300mm,特大暴雨中心在黄石,20 日 20 时~22 日 20 时日雨量为

360.4mm。

此两次强降水过程是由两个中- β 尺度对流云团产生的,第一个云团(简称 β_A) 是由 7 月 21 日 05 时 32 分生成,到 10 时 32 分与其南侧的一条螺旋状输入云带相接,其生命史约为 5 个小时。在 21 日 03 时 32 分的红外云图上,湖北省境内排湖附近和鄂州地区有两小块对流云(长度小于 20km),而在其西侧四川盆地以南有一中 α 尺度对流云团,为西南低涡云系;东南方武夷山地区为大片对流云区,夹在两大块云系中间的两小块对流云在相向移动过程中发展,05 时 32 分合并加强,到 07 时 32 分发展为尺度近 200km 的中- β 尺度对流云团,并出现低于 -70°C 的云顶温度区,云团西北方中间一小块云顶温度低于 -80°C (图 1)。从 08 时和 09 时湖北省常规天气雷达拼图上,可见武汉及其周围 200km 内有强降水回波。受 β_A 云团影响汉口 06~09 时降雨量 159.2mm,汉阳 07~09 时降雨量 79.8mm。到 10 时 32 分因与其东侧对流云合并并与南侧螺旋云带相连接而迅速发展,使得三汉地区雨势再次加大,11 时

① 本文受“我国重大天气灾害形成机理与预测理论研究”项目资助

后涡旋状回波在汉阳与黄陂之间,强回波在汉阳滞留,受其影响,11~14时三汉地区又出现强降水,其中汉川 114.5mm、汉阳 70mm、汉口 63.9mm。配合每小时雨量的分

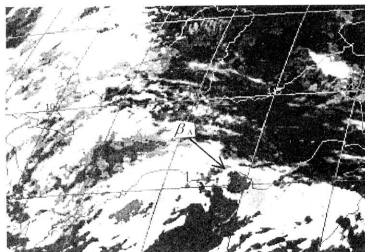


图 1 1998年7月21日7时30分红外卫星云图布,也可见其明显的中- β 尺度特征。第二个云团(简称 β_B)在7月22日02时33分卫星云图上,鄱阳湖及其以东地区为一强中- α 尺度对流云团,其西侧青山和黄石地区有两小块对流云,1小时后合并加强,黄石地区出现TBB 低于 -60°C 强对流云,其尺度约100km,04时32分发展成强中- β 尺度对流云团,出现低于 -70°C 的云顶温度区(图2),

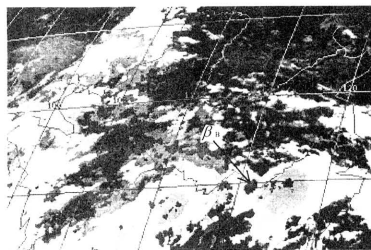


图 2 1998年7月22日4时30分红外卫星云图受其影响黄石03~04时一小时雨量为56.6mm。05时32分 β_B 与其东侧中- α 尺度对流云团合并,进一步发展成中- β 尺度对流系统。上述分析可知, β_A 和 β_B 演变过程相似,

都由两小块对流云合并后发展加强,出现强降水,暴雨偏于云团的西北侧,也就是偏于云顶温度梯度大的一侧,与文献[3]的结果一致。

表 1 中- β 尺度对流云团的一般特征

	β_A	β_B
云团演变过程	1998年7月21日 03~09时	1998年7月22日 03~04时
生命史/小时	6	2
最强阶段面积/ km^2	61000	21000
水平尺度/km	280	150
云形	葫芦状孤立云团,西侧为一块近似圆形的深对流区	椭圆形,嵌在云团中间为一块同样形状的深对流区
雨情	88.4mm·h ⁻¹ (06~07时) 140mm/2h (06~08时)	55.6mm·h ⁻¹ (03~04时)

2 雷达回波分析

对于1998年7月21~22日鄂东地区的特大暴雨过程,武汉中心气象台的张建国等使用武汉WSR-81S雷达数字化回波资料^[4]进行了详细分析,本文参考该文的雷达回波演变图和湖北省武汉、十堰、宜昌和恩施4部雷达拼图以说明中- β 尺度系统发生发展过程中回波的变化。图3为1998年7月21日03:00~06:27雷达回波演变图,由图可见21日03:00武汉西侧和南部有多个对流回波单体组成回波群,03:43回波群中又生成多个小对流单体,其中武汉西南方块状回波发展,中心强度增强到35dBz以上,此后继续向东北方向发展并与其西南侧的小回波单体合并,到06:27,其中心强度达45dBz,回波顶高10km,水平尺度70km,位于武汉地区上空(图上箭头所指A处),武汉地区出现强降水。在7月22日00:00的雷达回波图上,黄石以东有两块较大的强对流回波,01:32这两块对流回波东南移,强度有所减弱,

而黄石地区新生许多对流单体组成回波群，03:00 因对流单体的合并和发展，在黄石地区附近形成大的回波团（图4上箭头所指B处），中心回波强度为48dBz，回波顶高达10km，水平尺度10km，1小时雨强55.6mm。

07 时后由于武昌、鄂州地区的强回波东移南压，而影响黄石地区，使该地区 07~09 时再次出现强降水，1小时雨强达71.3mm（图略）。

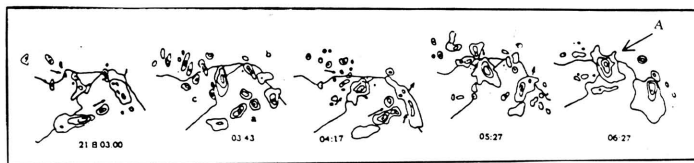


图3 1998年7月21日03:00~06:27 雷达回波演变图

环形线：回波强度等值线，最外圈15dBz，向内以10dBz递增；细实线：东西向为汉水；倒V形为长江

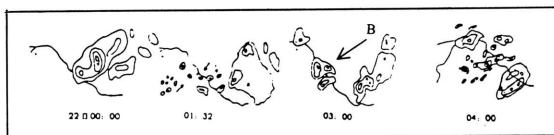


图4 1998年7月22日00:00~04:00 雷达回波图

说明同图3

3 中-β尺度对流云团形成的环境条件

由上面分析可知， β_A 和 β_B 是本次特大暴雨过程的直接影响系统。它们是在有利的环境条件下发展起来的。首先是副热带高压的影响，从7月20日开始西太平洋副高南撤西伸，副高脊线在20°N附近，西脊点位于105°E。副高西侧有一支强盛的西南风急流从孟加拉湾经中印半岛到长江中下游地区，其中南宁、桂林、彬州的西南风风速大于12m·s⁻¹，普遍为16~18m·s⁻¹，最强达22m·s⁻¹，这种情况持续近一周（7月17~25日）。30°N附近，110°E以东有一条东西向的暖切变，有利该地区产生辐合上升运动（图略）。在对流层上部200hPa图上，35~40°N之间有一支西风急流，长江中下游地区位于高空急流出口区、辐散流场下方。由于低空急流

在低层输送水汽和感热到长江流域风暴的初生区，而高空急流带向下伸展，在对流层中部向东输送干冷空气。7月20日20时500hPa图上，内蒙古东部锡林浩特附近为一大低压，低压后部有冷空气补充南下。这种不同输送的结果可产生对流不稳定（地面~500hPa）、降低自由对流高度和抬高潜在不稳定层上方的平衡高度，有利于深对流风暴的形成。这是通过传播的急流带引起的互相质量-动量调整使得深对流产生的条件^[5]。

4 逆向发展的对流风暴

β_A 和 β_B 发展趋向呈西北东南向，主要向西北方伸展，与气层的平均风方向相反，图5为1998年7月21日04~10时TBB等值线图，由此图-60℃等值线变化可见系统发展过程，21日05时武汉东南方有两小块深

对流云团, 09时这两块对流云团合并, 系统加强, 中心出现低于 -70°C 的对流云区, 且向东北方向伸展, 到21日11时武汉已进入深对流区。与其东西两侧中- α 尺度对流系统发展趋向不一样, 它们为西南东北向, 主要

向东北方向发展。强降水就出现在系统西北部TBB等值线密集处。在制作短时天气预报时, 遇到逆向发展的对流风暴, 往往使预报员措手不及而导致失败。

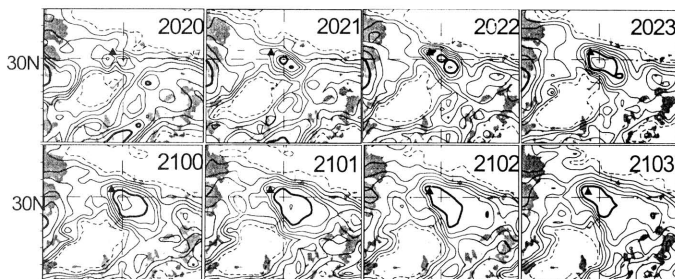


图5 1998年7月21日04~11时TBB等值线图

粗黑线为 -60°C , 等值线间隔 10°C , ▲为武汉所在地, 右上角数字表示世界时

对于环境风场和对流风暴的关系, C. W. Newton 和 H. R. Newton^[6]在研究对流风暴发展时, 考虑到风暴内部风速由于动量的垂直输送趋向均匀化, 以及云体与环境的质量差异把矗立在环境风场中的对流风暴视作刚体障碍物。当有数个对流风暴在同一风场时, 处于气流下游的对流风暴, 因上游对流风暴的障碍作用, 环境风场对其引导作用将减弱, 而对流风暴的自身活动将起主导作用。因此对流风暴的方向就有可能和高空气流的方向不一致, 甚至相反。河北省气象局赵亚民^[7]在研究了1990年6月27日京津冀地区的一系列对流风暴的移动规律后, 也提出同样的看法。我们分析的 β_A 和 β_B , 就是因其两侧东西方都有中 α 尺度对流系统存在, 基本气流的方向对 β_A 、 β_B 发展不起作用, 20日20时武汉300hPa风为 280° 、 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 500hPa风 290° 、 $9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 700hPa风为 270° 、 $9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 21日20时武汉300hPa、

500hPa和700hPa风分别为 315° 、 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 340° 、 $9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 225° 、 $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 因黄石与武汉相距很近, 黄石无探空资料, 故以武汉站代之, 可见高空风不利于 β_A 和 β_B 向西北方向伸展, 主要是其西侧的西南涡起障碍作用, 因此说明环境风场对对流风暴发展所起的作用, 并不都是起主导性的。雷暴生成后的移动路径, 多数偏于平均风向, 但当环境风场较弱, 且有几个对流风暴处于同一风场时, 则处于气流下游的对流风暴有逆向发展的可能。因此对于环境风场与雷暴移动的关系, 需作进一步的研究。

5 小结

(1) 中- β 尺度对流云团尽管其尺度小, 生命史短, 但在其快速发展过程中可以造成局地强降水, 在短时预报中, 不能忽略其影响, 尤其是温度梯度大的一侧。

(2) 雷达回波图上, 小单体的合并可使对流回波快速发展, 造成强降水。

(3) 高低空急流的相互作用有利于深对流的产生, 加上低层辐合、高层辐散使得上升运动加大, 是产生强降水的重要触发机制。

(4) 当有数个对流风暴发生于同一风场时, 处于下游的对流风暴, 环境风场对其作用减弱, 自身活动将起主要作用。

致谢: 本文的雷达资料由湖北省气象局提供, TBB 图由卫星气象中心师春香提供, 致以诚挚的谢意。

参考文献

- 1 蔡则怡, 李玉兰. 1977 年上海特大暴雨的初步分析、暴雨及强对流天气的研究. 中国科学院大气物理所集刊, 第 9 号, 北京: 科学出版社, 1980. 60
- 2 李玉兰. 中低纬系统相互作用的云系特征在暴雨预报中的作用. 气象卫星资料分析应用文集, 北京: 气象出版社, 1985: 28.

- 3 Li Yulan et al. The research on mesoscale convective complex (MCC) over the mainland of China. Annual Report of Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, 1990, 9 (1): 44~52.
- 4 张家国, 李德俊, 王佑兵. 9807 鄂东特大暴雨过程雷达回波分析. 98 全国重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流会文集, 2000 年.
- 5 丁一汇. 高空急流及其有关的次级环流. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991, 181.
- 6 C. W. Newton and H. R. Newton. Dynamical interactions between large convective clouds and environment with vertical shear J. Meteor., 483~496, (1959).
- 7 赵亚民. 逆向发展的对流风暴. 中尺度气象文集, 北京: 气象出版社, 1993: 333~336.

An Analysis of Meso- β -scale Convective Systems in a Heavy Rain Process

Xue Qiufang Liang Haihe Zhang Peiyuan

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

An analysis of the heavy rain over the Changjiang River basin during 21—22 July 1998 was made. It is mainly to inquire into the problems with the genesis and development of the meso- β -scale convective systems which caused severe convective weather. The results show that the environmental conditions, especially the interaction between the upper-level and lower-level jets for the formation of deep convection is very important.

Key Words: meso- β -scale convective system cloud cluster convective echo heavy rain