

区域灾害性暴雨临近预报的云团概念模型

邓秋华 张敬业

(武汉中心气象台)(武汉暴雨研究所)

提 要

以卫星云图为主,结合雷达回波和地面资料,分析了长江三峡和荆江地区50次灾害性暴雨发生前0—6小时暴雨云团发生、发展与大尺度环境云场的关系。按暴雨云团的不同触发条件,建立了冷锋型、静止锋型、冷锋北侧辐合型、中尺度“锢囚型”和与台风有关的弧状云型等5种云团概念模型。为暴雨临近预报提供依据。经1989年6—8月预报应用检验,取得较好效果。

一、灾害性暴雨标准和概况

以测站出现1小时雨量大于20毫米的时间起算(北京时,下同),连续3小时雨量大于40毫米为暴雨标准,统计1980—1988年6—8月长江三峡和荆江地区16个测站共50次暴雨过程(表略)。暴雨集中在长江三峡和荆江地区之间的斜坡式地形过渡带(简称地形过渡带,下同)以及江汉平原东部,江汉平原中部为少发地带。暴雨发生的起始时间,有3个集中时段(22—23时,18—19时,6—7时)。

二、灾害性暴雨的云团概念模型

长江三峡和荆江地区的暴雨过程是多个天气系统综合作用下发生的。尤其是那些水平范围小、生命期短、突发性强的局地暴雨,只能运用有效的探测工具进行监测和预报。我们利用GMS—3卫星红外云图(下同)这种多尺度工具,结合雷达回波信息和地面加密观测资料等,建立暴雨临近预报的云团概念模型。由于多个系统相互作用的过程比较复杂,很难用统一的云团概念模型来概括,故按暴雨云团生成的触发条件及环境云场的不同,将其分成5种云团概念模型。

1.冷锋型暴雨云团

冷锋型暴雨占总暴雨个例的32%。其环境云场特征:暴雨云团发生在低槽冷锋云系和西南低空急流对流云团的交汇点上。冷锋到达预报区域(三峡和荆江地区,下同)的触发作用是此类暴雨云团生成的突出特点。

以1989年7月8日宜昌暴雨过程为例,分析冷锋型暴雨云团的发生、发展过程(图1)。

7日20时冷锋云系进入长江中游,冷锋尾部在江汉平原南部,冷锋云带后边界清楚且呈气旋性弯曲,冷锋后中低层切变线云区紧靠冷锋。移动性低槽云系已过秦岭,各

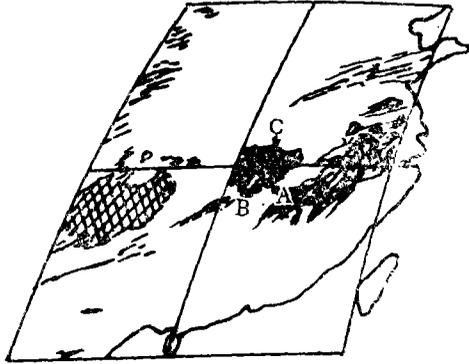


图1 1978年7月8日02时天气云图 C为A和B之间产生的暴雨云

层低值气压系统为后倾型,云带南北范围较宽,冷锋南侧是副热带高压控制下的晴空区。湘黔北部有多条西南低空急流积云线,其中鄂西南山地已有两个对流云团(一个在宜昌附近,整体不完全与冷锋尾部连接,另一个在山地西侧(即 110°E 西侧)。因此,地形过渡带处于低槽、切变云系南侧西南气流中,正是各种不同性质云团交汇的关键区。

8日02时,因冷锋与副热带高压势力相当,冷锋在 30°N 沿江一次移动缓慢,由于低槽云系南移,使得低槽、切变、冷锋云系垂直叠置,云带变窄,辐合上升运动加强。又因

西南低空急流作用(中等强度,最大风速10米/秒),山地西侧对流云团进入三峡区,与宜昌附近对流云团汇合处生成暴雨云团(即边界光滑、云核明亮,下同)。暴雨云团云顶温度低于 -58°C ,其北部温度梯度较大。因此宜昌等地开始产生对流回波单体和暴雨。

8日02时,宜昌附近暴雨云团到达成熟阶段,发展成准圆形坚实云团,云核明亮,其东部和南部向外伸出卷云羽(下同)。云核南移到 30°N 、 111.5°E ,其北部仍保持较大温度梯度,宜昌附近各个对流单体聚集成较强块状回波,暴雨强度也最大(达51毫米/小时)。

05时,暴雨云团继续向东南移到 29.5°N 、 112°E ,圆形面积继续扩大,但云核逐渐变暗,向四周伸出卷云羽,宜昌暴雨明显减弱。尔后,暴雨云团消散成西北-东南向的长条状。暴雨云团生命史为5个小时左右,移速30—40千米/小时。

7日傍晚,地面冷锋到达江汉平原南部长江沿线,鄂西南山地为地面暖槽区和总温度场的高能区。冷空气从鄂北沿汉江等河谷深入江汉平原,20时江汉平原的荆门、钟祥、江陵均为6米/秒的偏北风。冷空气从江汉平原沿地形过渡带爬升倒灌,在地形过渡带形成南北向能量锋区(达 $50^{\circ}\text{C}/50$ 千米),宜昌等站转东风或东南风。由于受三峡地区更高的地形阻挡,气流呈气旋式旋转。8日02时,在宜昌和枝城与长阳之间形成东南风与偏北风的辐合线,维持到清晨。由0.5个经纬度格距计算得出的散度场(下同,图略),高能区也是辐合区。宜昌附近的暴雨云团正是在辐合区和能量锋区上发生、发展。05时后,冷空气控制地形过渡带,能量锋减弱消失,暴雨云团随冷锋向东南移入江汉平原南部辐散区,使暴雨云团减弱消散。

2. 静止锋型暴雨云团

静止锋型暴雨占总暴雨个例的34%。其环境云场特征:暴雨云团发生在静止锋云系西端与从西藏高原东移的小槽盾状云系和西南低空急流对流云团交汇处。西南低空急流的触发作用是此类暴雨云团生成的突出特点。

暴雨云团的发生、发展过程(见图2)。

6月10日20时,低槽云系在 35°N 以北,我国东南沿海为副热带高压控制,呈东西向带状晴空区,其北侧的斜压带内有一条以中低云为主的静止锋云系,沿长江呈东西向带状分布。云带比较宽,云区内云的分布不均匀。鄂西南山地和江汉平原处于中低层低压环流东南象限西南气流中,山地有高空小槽盾状云系,受西北干冷空气影响,盾状云系北部跳跃过山,形成一个与静止锋西端连接的对流云团。在静止锋南侧(30°N 以南)有多条明亮的西南低空急流对流云带,其中以武陵山地南部的对流云团最明亮,这个云团的北端已达 29°N 、 110°E 附近,相应在宜昌西南面有一条东北-西南向的回波带。11日00时,由于夜间西南低空急流加强(达12—16米/秒)的冲击作用,武陵山地的对流云团北进到鄂西南,在 30°N 、 111°E 附近与静止锋西端的对流云团合并,生成暴雨云团。在其云核(云顶)附近形成东北-西南向的带状回波,强度大于40dBz,松滋产生暴雨。

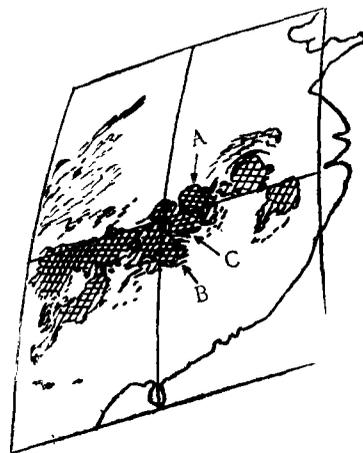


图2 1984年6月11日02时红外云图
A为鄂西南云团, B为武陵山对流云团, A与B之间生成暴雨云团, C

11日02时,随着静止锋和中低层切变线缓慢向东南方向移动,暴雨云团沿地形过渡带南部往东南方移动,发展为一个椭圆形密实云团,云核更加明亮,位于 30°N 、 112°E 。强回波带位于云团北部的温度梯度大值区,这时江陵的暴雨强度加大,1小时雨量约30毫米。

此后,暴雨云团以30千米/小时的速度沿静止锋东移,位于 30°N 、 113°E 附近,整条静止锋云系变成明亮相间,相应的回波带也呈东西带状强弱分布,亮云团处对应暴雨(可产生多处暴雨)。05时,暴雨云团云核面积扩大,云团开始减弱。暴雨云团生命史5个小时左右。

与暴雨云团发生、发展相联系的地面物理量场和流场情况为:10日20时至11日清晨,由于静止锋北侧为弱北风气流,其南侧为南风增温增湿区,在静止锋南侧沿江江南形成能量锋区,达 $3—5^{\circ}\text{C}/50$ 千米。地形过渡带西部的宜昌、长阳为西南风,而东部的松滋、江陵等站为偏北风,地面辐合线也维持到清晨。与地面东西向能量锋区相配合,地面散度场亦为东西向辐合带,其中宜昌东南部有一个辐合中心,松滋和江陵等地处于辐合和辐散的梯度较大的位置,为暴雨云团的发生、发展提供了有利条件。

3. 冷锋北侧辐合型暴雨云团

冷锋北侧辐合型暴雨占总暴雨次数的18%。这类暴雨主要发生在江汉平原的南部。其环境云场特征:冷锋已南移过预报区,西来低槽云系又远离预报区。特点是在北风气流下有一支高空急流卷云线,高度大约7—9千米。暴雨云团产生在高空急流与冷锋北侧的交汇点上或中低云系与冷锋相交之处。暴雨云团就地产生就地降暴雨,无外来回波产生。

以1989年7月25日洪湖暴雨过程为例(图3)。24日20时,长江中游500百帕和700百帕为北风气流控制下的晴空区,850百帕宜昌与汉口为西南风,中低层风的垂直切变大,长江中游冷锋在 30°N 一线。25日03时,因黄淮反气旋加强,冷锋北侧晴空区南移,高空卷云线南伸到冷锋云带北侧,在武汉附近与冷锋相交,产生一个非常小的对流云团(小亮点云)。在北向气流引导下,对流云团向南发展,面积不断扩大。

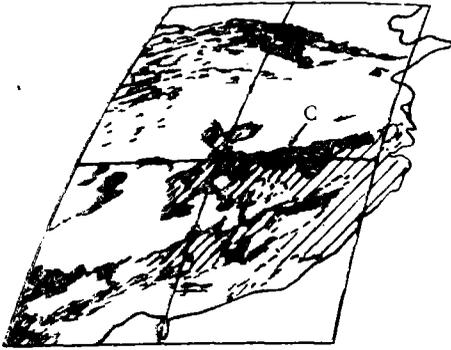


图3 1989年7月25日05时红外云图 C为暴雨云团

05—08时地面冷锋位于武汉、洪湖、常德一线,洪湖附近有明显能量锋区。洪湖东侧为 -5.22×10^{-5} /秒的辐合中心,而西侧为 4.18×10^{-5} /秒的辐散中心。这种散度场的特点足以引起局地强上升运动。当对流云团南移到洪湖附近,逐渐发展成椭圆形的暴雨云团(约1个经纬距面积)。洪湖位于其西部温度梯度大值区,07—09时发生了暴雨。暴雨云团生命史约5个小时。

4. 中尺度“锢囚型”暴雨云团

中尺度“锢囚型”暴雨有4次个例,主要发生在地形过渡带。环境云场特征:在暖区中,两个不同移向的对流云团相互靠近碰并,形成中尺度锢囚云系,在锢囚点上开始发展暴雨云团。在有利的地形条件下,暴雨云团持续发展并停滞在一个地区,产生局地特大暴雨。

以1987年8月18日荆门特大暴雨为例(图4)。

18日14时东南沿海为副热带高压控制,低槽云系在陕南到四川盆地,湖北省在西南气流下的暖湿不稳定区,不断有对流云团发生。17时 32°N — 33°N 、 110°E — 115°E 区域内,高空卷云线迅速发展,高空辐散场的加强,使其南侧鄂北地区的对流云团迅速发展,面积由1个经纬距扩大到2个经纬距以上,呈椭圆形,东北-西南走向。在对流云团南部枣阳附近出现强回波单体,随云团南移,强单体向东南移动,影响随州市、钟祥雷雨大风天气。并逐渐发展成东西带状回波带。同时高空卷云线辐散区南侧,鄂西南山地也有对流云团发展,面积达1个经纬距以上,近椭圆形,东北-西南走向,与鄂北对流云团相向移动。在这个云团东部(地形过渡带)宜昌—长阳一线,有一条多个单体组成的弱回波

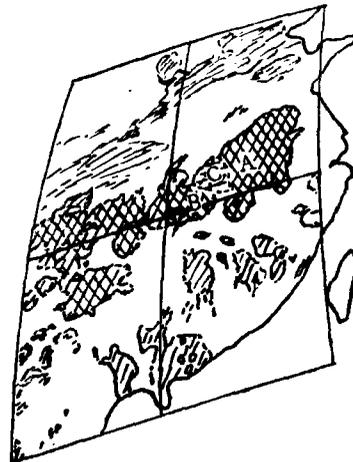


图4 1987年8月18日20时的红外云图
A为鄂北云团, B为鄂西南云团,
A与B之间生成暴雨云团C

带。20时，两个对流云团在 31°N 、 112°E 附近碰并，形成锢囚形势，在锢囚点附近生成暴雨云团。宜昌—长阳一线的南北向回波带北端与东西向的鄂北回波带西端交汇，在锢囚点上的荆门不断有对流单体并入，使其强单体发展旺盛。19日02时后，暴雨云团减弱。

地面上，由于鄂北雷雨大风产生低能区和雷暴出流线。鄂西南山地也因降水产生低能区，使地形过渡带高能区变得越来越窄。19时起，中尺度锢囚形成，荆门处于高能区能量锋区上，是西南气流、东南气流、偏北气流的汇合点，水汽、能量集中，使暴雨云团和强回波在荆门停滞达3个小时，造成特大暴雨。

5. 与台风有关的弧状云线型暴雨云团

此类暴雨也只有4个个例。其环境云场特征：在台风外围，由于台风在消亡过程中产生一个冷出流线，触发台风外围对流云带或台风倒槽中低云系产生暴雨云团。

图5为1988年8月9日宜昌特大暴雨个例，台风在鄂西北襄阳和谷城之间停留了6个小时后消失，未直接影响宜昌，其云内下沉外流气流引起的弧状云线对暴雨云团的产生起了很好的触发作用。17时台风为密实白亮圆形云团。18时，在台风移动方向的西南部开始出现弧状云线，紧靠低压云团，宜昌东面有零星对流云。19时，弧状云线向南发展，它与台风云团间出现一小片黑色无云区，弧状云线靠近宜昌东面小亮点云，并出现单体回波。20时后台风云团开始消散，弧状云线迅速南扩，由于地形作用，云线出现波动，气旋弯曲较大处与宜昌东面小亮点云相交，迅速生成暴雨云团，并向西南方移动，单体回波也加强向西移停滞在宜昌，产生特大暴雨。23时后，暴雨云团与弧状云线断开，又与西南气流结合，暴雨云团再度加强，产生第二场暴雨，直至10日03时暴雨云团面积扩大开始减弱。生命期大约6个小时。



图5 1988年8月9日21时红外云图 C为暴雨云团

9日傍晚到夜间，地形过渡带有一个西北—东南向的高能区，宜昌在高能轴线附近。随着能量锋区南移，22时后宜昌逐渐处于能量锋区上。江汉平原为一个下沉气流造成的小高压，一支东南气流加强了地形过渡带的进山气流，在宜昌附近形成气旋式气流辐合，这些都是暴雨云团发生、发展和稳定少动的原因。

三、结语和应用检验

我们应用GMS红外云图，分析了 $25^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{N}$ 、 $105^{\circ}\text{--}115^{\circ}\text{E}$ 区域内的环境云场，揭示

中尺度暴雨云团发生、发展与环境云场之间的关系,得出了5种云团概念模型。认识到绝大多数暴雨云团在影响预报区前0—6小时,在 $29^{\circ}\text{--}32^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\text{--}115^{\circ}\text{E}$ 沿江两岸的丘陵山地生成。在地形过渡带产生暴雨云团次数最多。地面高能区和能量锋区及地面风场辐合线附近,即辐合区或下风方都为暴雨云团的发生、发展和确定暴雨落区提供了依据。从而总结出临近预报方案(预报指标略):

1. 确定大尺度环流背景条件,查找天气图上低层(700和850百帕)是否有切变线或低槽进入预报区北侧,即安康、南阳以南,长沙以北。如冷锋型要注意移动性高空低槽云系在沿江江南副高北缘移过,偏北气流足够强,使地面冷锋、切变线叠置在狭窄的汇合区内,同时有中等强度的西南低空急流。静止锋型要注意有强西南低空急流及小槽盾状卷云跳跃过山。从而提供暴雨的可能性预报。

2. 确定环境云场的特征分布符合那种模型,如:

- (1) 低槽冷锋云系西端和西南低空急流上的对流云团等云系交汇处。
- (2) 小槽盾状卷云、静止锋中低云系和西南低空急流上的对流云团等云系交汇处。
- (3) 锋面云系北侧有高空急流云或中低云移近诱生出对流云团。
- (4) 南北向河谷东西两侧暖区对流云团,在其交汇处发生的对流云团。
- (5) 正在消亡的对流云团形成的弧状云线与热带低压中零星对流云结合。

3. 云团中低温区(温度及其梯度达到一定临界值),雷达回波有增强、合并、交叉成强回波,则进一步做外推预报和定量估计降水量。

4. 地面降水实况开始加强到10毫米/小时左右,发布0—3小时暴雨临近预报,落区在3—4个测站。

1989年6—8月预报应用,对长江三峡和荆江地区16个测站,暴雨预报成功率为4/8。

CLOUD CLUSTER CONCEPT MODELS FOR NOWCASTING REGIONAL DISASTROUS HEAVY RAIN

Deng Qiuhua* Zhang Jingye**

ABSTRACT

By using mainly GMS pictures, together with radar echo and ground data, this paper analyzes the relation between the development of heavy rain cloud clusters in 0-6 hrs before 50 heavy rain occurrences in the regions of the Three-Gorges and Jingjiang River, and the large-scale environmental cloud field. Established according to different trigger mechanisms are five types of concept models: cold front, stationary front, convergence north of the front, mesoscale occlusion and arcus line related to typhoon, upon which criteria are provided for nowcasting heavy rain. Satisfactory effects have been achieved in the operational tests in the period of June-August, 1989.

*Affiliated with the Wuhan Central Meteorological Observatory

**Affiliated with the Wuhan Research Institute of Heavy Rain