

长江中游暴雨云团成因分类和暴雨预报

肖 稳 安

(南京气象学院)

提 要

本文选择了1980年以来长江中游地区22次暴雨和强对流天气过程的云团照片进行云团生成和云系演变过程的特征分析,概括出3类暴雨云团,发现影响AB区的暴雨云团大多数来自该区西南部偏南气流中的积云发展区,并初步建立了AB区暴雨监测预报程序。

一、暴雨云团的演变和分类

根据暴雨云团形成的云系演变过程及相应的环境云场配置关系,把22次过程分为3类。

1. 冷锋暴雨云团及其云系演变过程

冷锋暴雨云团指在AB区暴雨云团形成过程中与冷锋云带活动相联系的云团。依据云团相对冷锋云带的位置有下面两种情况。

(1)冷锋云带附近暴雨云团及云系演变过程 分5个阶段。云团生成前:如图1a所示,AB区暴雨出现前12—24小时,在AB区西部 100°E 附近有偏南方向的盾状卷云带北伸,东北或北部顶端在 $35-40^{\circ}\text{N}$, 110°E 以西。AB区东北部有东北—西南向的冷锋云带,云带西南尾端接近或已抵达AB区。冷锋云带以南为副热带高压的晴空区所在,晴空区的西边界位置在 113°E 附近。这种环境云场的配置说明了西来高空槽、冷锋和副热带高压的相互作用,AB区的西—西南部成为高空槽引导的高层干冷空气、冷锋引导的冷空气和副热带高压西侧大范围偏南暖湿空气的交汇区,有不均匀的积状云块或积云线生成。云团生成阶段:在环境云场持续稳定条件下,上述积云区有积云线、积云单体发展,或有数个小尺度的积云块集中、合并形成范围较大的明亮云团或云带(图1b),表明暴雨云团正在生成和增长。这些明亮云团或云带的生成或增长区常常对应着中尺度辐合区、辐合带或中尺度切变线的发展区,是这些系统组织中尺度云系的发展。这正如许多研究工作者注意到的,积云在低层气流的辐合区、辐合线或西南风的风速辐合带附近集中、发展演变成明亮的积雨云团。云团成熟阶段:云场特征指出了新生云团在高空槽前西南气流的上升运动区生成。冷锋(有时有两条冷锋云带相继南移)南下加入,从低层加翻了暖湿空气的上升运动。这时云团西—南部的对流云单体或对流云线持续不断地流

入, 有利于云团继续稳定增长加强成暴雨云团(图1c)。此外, 当在四川盆地初生的云团东移时, 受川东、鄂西山脉地形的阻挡, 山脉迎风坡强迫抬升作用常常使云团在鄂西发展, 云团进一步演变成圆形、椭圆形、涡旋状或长条形明亮的、至少有两个象限的边界光滑的云团, 在增强IR云图上为云顶温度低于 -32°C 或更冷、温度梯度大的云团。云团移动影响阶段: 30°N 、 110°E 以西云团何时东移、移向何方是AB区短时暴雨预报的关键问题之一。这时, 云团东移征兆常由西部高空槽卷云盾、冷锋云带和对流云团三者云系变化特征来指示。实例分析发现, 与暴雨云团移动关系最显著的征兆是 100°E 附近盾状卷云带转向东移, 即盾状卷云带北部顶端从指向东北方向转成指向正东方向, 且云盾前界跨越 110°E 时, 将使其东南方向的暴雨云团一起东移(图1c, d)。

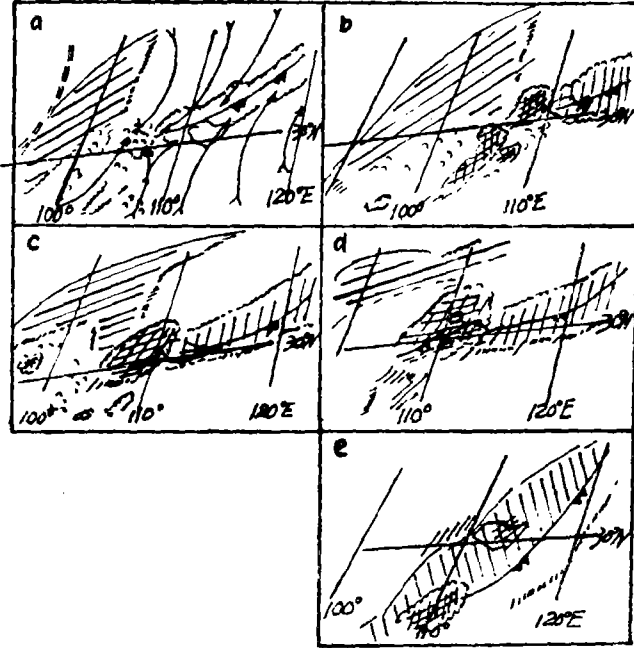


图1 冷锋暴雨云团(1)云系演变过程, 图中中线为850hPa槽线, 实曲线为500hPa槽线, 深影区为暴雨云团生成区, 浅影区为锋面云带和高空槽云系, 折线区为AB区范围(以下各图同)

云团东边界到达 111°E 是AB区0—6小时暴雨预报的警戒位置。一般来说, 东边界光滑整齐(IR增强图中东边界灰度梯度大)的云团影响AB区的机率很高, 这时需要把云团过去3小时的移速(或云区扩展速度)外推, 估计后0—3小时云团到达位置, 进行AB区的预报。云团由圆形、椭圆形变为长条形是云团衰弱的表现。如果云团东边界已在AB区的西边界上, 则仍然给AB区的西半部带来暴雨。演变为长条形的云团其长轴如果指向东或东北方向, 这往往就是云团的移向。云团消散东移阶段: 云团色调显著变暗、云体变松散, 预示云团将减弱东移。

(2)冷锋云带上暴雨云团及其云系演变过程 暴雨云团生成前, 有东北—西南向的冷锋云带向东南移动, 其西南地区也有从高原东部向北伸展的卷云带。冷锋云带到达AB区西北方时, 常可看到冷锋云带西南尾端的南边不均匀, 无带状结构, 有时有南北向或西南—东北向排列的枝状细云线的大片云区。由前面几个时次连续云图分析, 可知这是南来暖湿气流中积云的发展。冷锋到达这片云区北边时没有强的对流云系统发展。当冷锋南下进入这种积云区时, 产生沿锋面云带对流活动加强的变化, 锋面云带与积状云系叠置区云变调密, 生成明亮的锋面暴雨云团。此后, 只要云团南部还有流入积云存在, 云团继续发展并向锋面云带深处伸展, 使锋面云带局部北凸或前伸、变宽、变明亮, 相

应地区锋面降水迅速加大。

2. 静止锋暴雨云团及其云系演变过程

与静止锋云带活动相联系而生成的暴雨云团称之为静止锋暴雨云团，有3种情况。

(1) 静止锋云带与其它环境云场相互作用形成的暴雨云团及云系演变过程 暴雨云团生成的云系演变过程与第一种冷锋暴雨云团形成过程相似。不同的是云团生成阶段在AB区或以东不是冷锋云带而是静止锋云带。30°N、110°E以西生成的云团东移时与静止锋云带叠加，强度增大。强者为圆形或椭圆形稠密明亮的中—中间尺度云区，有时从云区边界上积云线的排列或云区纹线可以分析出涡旋状云结构，有风的气旋性辐合区对应，能引起锋面波动，使静止锋云带向北凸起，东移经过AB区产生暴雨。弱者为亮度中等的云团，在天气图上分析不出闭合环流，仅表现为弱风辐合区，也有降水加大的现象。

(2) 单一静止锋云带上暴雨云团及云系演变过程 如图2所示，静止锋沿长江分布，连续的以中低云为主的静止锋云带明暗差异较大。亮云区与暴雨区对应。对AB区有影响的云团是从西部东移的明亮云团或在AB区合并加强的亮云团。云团从西部移入常常是在静止锋云带西端有对流云群或云线随西南气流北上并入静止锋，使静止锋西端局地变稠密明亮，形成中—中间尺度的暴雨云团，然后沿静止锋东移。在AB区合并加强的

云团是在两个或更多时次云团上有相互气旋性旋转运动的云区合并，形成亮云团，产生暴雨。这时应注意到，这种云团生成时效短，特别需要仔细观察每个时次的云系变化，寻找云团合并的前期征兆，进行合并时间的估计。

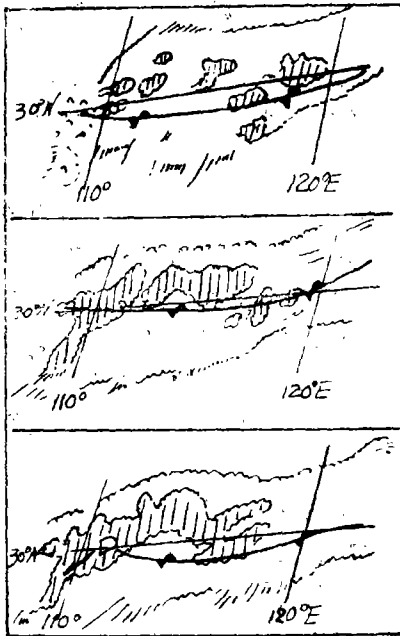


图2 静止锋暴雨云团(2)云系演变过程

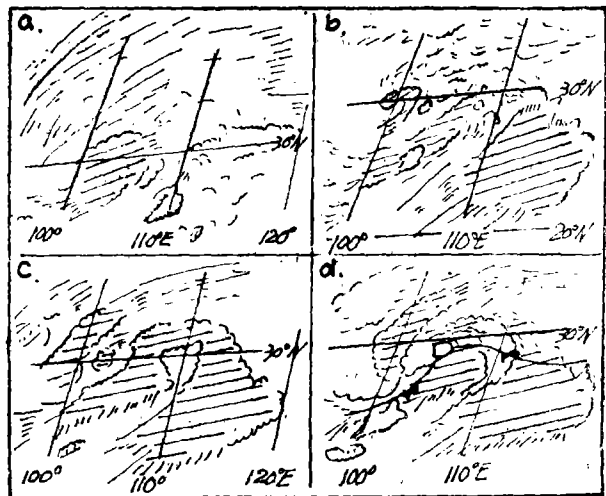


图3 静止锋云区暴雨云团(3)云系演变过程

(3) 宽广静止锋云带加强的锋面气旋云区的暴雨云团及云系演变过程 如图3，静止锋云系东西带状结构在大陆上不清楚，尤其在115°E以西地区云区南北跨度很大，达6—10纬距甚至更大，云区西北方(100—105°E)边界呈清晰的反气旋弯曲，表

示西部紧接着高空槽云区。整个云区的云系分布和云的色调很不均匀，由云系分布和云系之间的纹线可粗略地分析出整个云区呈气旋性涡旋结构。在涡旋状云区中心附近以及周围分布着一些相对较亮的积云区。当表示高空槽云系的反气旋西边界东移时，涡旋状云区发展，表现出更明显的涡状结构或那些中心较亮云区变成圆形或螺旋状中心稠密云区，中心亮云区周围的积云区也明显变亮，暴雨云团生成。静止锋波动为有冷暖锋配置的锋面气旋云系。在这一气旋发展过程中，无论是锋面气旋性涡旋中心的还是中心云区周围的亮云团，经过AB区时均可产生暴雨天气。尤其是中心亮云团经过时，降水持续时间长，雨量也大。

3. 高空槽卷云盾前暴雨云团及云系演变过程

在卫星云图上，有时会看到沿长江排列的几个连续盾状云带。在每一盾状云带东南侧总有明亮对流云团相伴。卷云盾排列有序，顺次东移，积云团也表现出有规律地沿长江东移，经过AB区的云团会造成一次暴雨过程。图4表示了这类暴雨云团的云系演变过程。

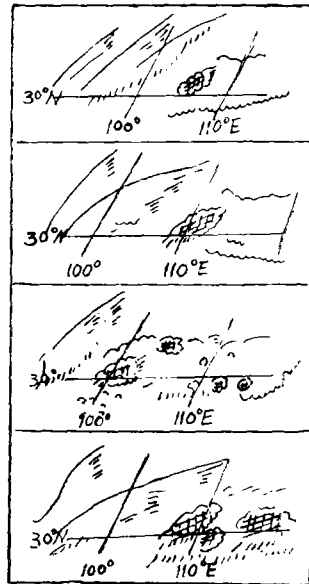


图4 高空槽卷云盾前暴雨云团云系演变过程

二、暴雨云团的移动路径

统计22次暴雨过程的云团移动路径，可归纳为4条路径(图5)。第一，有14次暴雨云团来自AB区的西南方向(30.5—29.0°N, 110°E以西)，称西南路径。云团大多数在

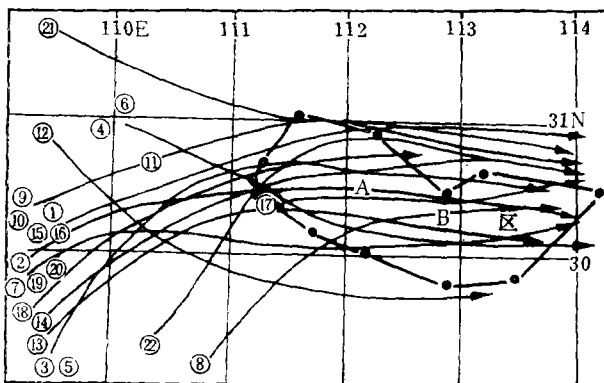


图5 22次暴雨过程云团移动路径分布

30°N以南、110—100°E地区生成，增长北上，到29—30°N附近东移。第二，AB区西北方100°E附近的高空槽卷云带东南方生成明亮暴雨云团，它们常成卵状或积云群，随着西部卷云带北部转向东伸，在卷云带之前向东南方向移到AB区，称为西北路径。有4次。第三，在30°N、110°E以西维持一个大范围的涡旋状或圆形低压云区时，其南部或东南部有暴雨云团生成，它们

沿涡旋外围从南向北旋转，到AB区，称偏南路径，有2次。最后一条路径是在环境云场影响下，在AB区生成并加强成暴雨云团的过程，称原地生成路径，也有2次。图5是22次暴雨云团质心移动路径分布。影响AB区的暴雨云团大部分来自西南路径。

三、AB区暴雨短时监测预报步骤

云的形态演变是大气中不同尺度的动力过程和热力过程的综合效应,因此,把握中尺度暴雨云团形成的云系变化和移动规律,就能推论大气中的中尺度运动状态,概括出中尺度天气预报方法。根据这一原理,总结AB区暴雨短时预报步骤如下:

1. 分析暴雨云团生成的环境云场

有利于暴雨云团生成的环境云场特征是:(1)冷锋云带移到长江中游地区或在该区维持着一条东西向的静止锋云带;(2) 30°N 、 100°E 附近有南北向盾状卷云带活动或者在长江中上游地区从西向东有一连串盾状卷云带存在;(3) 30°N 以南副热带高压晴空区西边界在 113°E 附近,西侧有大片积状云系从南向北伸展到 30°N 以北;(4) 110°E 以西有一螺旋云带构成的涡旋云区,在云区中心周围有对流云团沿涡旋气流从南向北运动。

2. 绘制综合图确定暴雨云团的形成

把常规资料和卫星资料描绘在一张图上,构成一张综合图,分析暴雨云团的潜在区和生成:(1)几种天气系统共同作用的区域有积状云发展;(2)积云发展区有明亮小积云块合并趋势,中尺度积云团或积云线的生成和增长,有数条弯曲积云线的旋转,有积云线、干线与锋面等其它云系相交、合并的可能;(3)积云团在有地形抬升作用的地区发展。

3. 分析暴雨云团的持续和增长

用序列云图确定暴雨云团的持续和增长:(1)云团在AB区以南 29°N 附近生成,尺度小,周围有对流云流入合并;(2)暴雨云团在四川生成,但持续时间短,降水小;(3)云团正在由不规则形状变成圆形、椭圆形或涡状;(4)在增强云图上云团灰度等级尚未达到最冷色调,图中最冷灰度区正在扩大;(5)在增强云图上云顶温度正在继续变冷和冷顶温度区正在变圆;(6)暴雨云团接近静止锋、冷锋云带或高空槽卷云带正在移向云团上空;(7)云团正在爬山。

4. 确定暴雨云团的移动

首先,根据最近2—3个时次的云图作出暴雨云团历史移动路径,求取移动速度和移动方向,外推云团未来3和6小时的移向移速和路径。然后,对确定的云团移向和路径进行修正。修正的原则是:(1)云团西侧8—10个经度内有盾状卷云带,北端由原指向东北方向开始向东弯折、东移,云团又与东侧东西向锋面云带连接,这时云团沿锋面云带东移。(2)云团之西卷云带东移中继续向东北方向伸展,云团将向东偏北方向移动。(3)若云团是东西向锋面云带的一部分,则仍沿锋面东移。(4)西南气流中的云团与静止锋云带结合后,沿锋面东移。(5)在 110°E 以西的螺旋云区之南—东南部的云团沿涡旋云区旋转。

5. 用持续外推作AB区短时暴雨预报

把由最近时刻云图上估计的暴雨云团强度、移向、移速和降水外推,确定到达AB区的时间、位置、范围和强度,做AB区的暴雨预报。

6. 用趋势预报和展望原则估计以后几小时云团的演变,修正第五步的预报结果

(1) 暴雨加强的修正原则: (a) 假若最后一个时次降水趋势是增加的。(b) 最冷云顶移速正在下降或变静止。(c) 预计未来有积云单体、积雨云团的合并, 积云线的相交, 不同边界云线相交。(d) 假若低空暖湿流入气流正在增加并垂直地向着云团中心方向流入。(e) 根据历史资料统计, 云团强度还没达到最大强度的持续时间。(f) 假若环境云场表示的大气不稳定性正在增加, 空气正在变得更潮湿。

(2) 不进行暴雨加强的修正原则: 进行暴雨加强校正的各条规则处于不变化、正常、无合并、保持原来状态。

(3) 暴雨减弱的修正原则: 与各条暴雨加强修正原则呈相反情况。

总结历史暴雨和强对流过程中天气尺度环境云场特征, 寻找中小尺度暴雨云系变化规律, 概括不同暴雨云系演变过程, 建立短时暴雨和强对流预报程序是用多时次高分辨率的卫星云图作短时暴雨和强对流天气预报的有效方法。本文关于 AB 区短时暴雨预报程序是在这一思想指导下提出来的。但是由于个例不多, 资料不十分完整, 该预报程序显得粗糙, 有待于充实和改进。

CLASSIFICATION OF THUNDERSTORM CLOUD CLUSTER FORMATIONS AND HEAVY RAIN FORECASTING IN THE MIDDLE REACHES OF THE CHANGJIANG RIVER

Xiao Wenan

ABSTRACT

In this paper, by using satellite cloud pictures for 22 episodes of heavy rain and severe convective weather over the middle reaches of the Changjiang River since 1980, the formation of cloud clusters and evolution of cloud systems are analyzed, and three types of heavy rain cloud clusters summarized. It is found that most of the cloud clusters affecting the AB area originate from the cumulus clouds in the southerly flow in the southwest of the area. Accordingly, a useful procedure for monitoring and forecasting the heavy rain in the area is preliminarily established.