

江淮地区梅雨期暴雨的降水机制分析

杜秉玉 楼文珠 欧玉光*

提 要

本文分析了一九八〇年六月中下旬安徽江淮地区梅雨期暴雨的雷达回波特征,指出:当这种强降水发生时,回波往往是由对流回波带或回波群嵌在层状云回波里而组成的混合型回波。发现梅雨期暴雨与热带积雨云降水的机制十分相似,而它本质上可能是热带气团北侵时在低层辐合作用下出现的强降水。据此我们提出了梅雨期暴雨的一个降水物理模式。

一、前 言

梅雨期出现的暴雨和大暴雨过程,已有许多研究指出,强而持久的偏南暖湿气流(低空急流)、频繁的中尺度扰动及伴随出现的积雨云系统的活动,几乎总会产生暴雨天气**。在雷达探测方面,对于产生暴雨回波系统的特征^[1],产生暴雨的积雨云单体与当地梅雨季节有时产生冰雹等强对流天气积雨云单体的差异,也都有了说明***,1980年6月中下旬,我们在安徽暴雨试验期间,对梅雨期暴雨的雷达回波特征作了进一步研究,本文是其中的一部分。

二、六月中下旬安徽暴雨的主要回波特征

在安徽暴雨试验期间,雷达探测除了加密的常规观测外,一般一小时一次,在有强降水时,甚至半小时一次。回波主要取平面位置显示图,也取距离高度显示图,并兼作不同仰角和中频衰减的扫描。所用的三公分波长雷达虽然受到较强的降水衰减,使探测能力降低,但因波长较短及脉冲长度和波瓣宽度较小,所以对于一定范围(例如一百公里或者五十公里)内的降水回波,仍能测得比较精细的结构。

1. 暴雨回波结构是混合型降水

在暴雨过程中,主要强降水单体是积雨云,其回波强度高,又常组成带或群,因此

*六安气象台

**湘中地区中小尺度天气预报分析文集,湖南省湘中地区中小系统灾害性天气预报科研协作区,油印本,1977年,1978年。

***杜秉玉等,用雷达回波比较暴雨和冰雹的一些特征,待发表。

最容易受到注意。当积雨云在本站附近时，甚强降水回波往往使它后面较弱的回波看不见了，而在比较远处，由于衰减影响，较弱的层状云降水也不容易被探测到，这时突出的仍然是积雨云。因而似乎有一种错觉，认为在暴雨过程中只有积雨云回波是产生暴雨的回波。

以一九八〇年六月二十六日安徽六安雷达探测为例，那天八时的红外云图上，在江淮地区，许多积雨云顶部的卷云连成一片，构成白亮的积雨云团（图1）。就在此云团中，雷达观测到一条积雨云回波带。其前缘清晰，带上块体分明，带的后部由于衰减的影响，只能见到一些强单体，整个降水回波带类似完全由对流云组成的中纬度飑线（图略）。当这条回波带前缘移过雷达站，雷达正处于它中间时，在近距离内就看出带内的降水结构了，如图2a、2b所示。在平面位置显示器上，除了带的前缘有雷暴外，带里也嵌有雷暴，在雷暴之间，

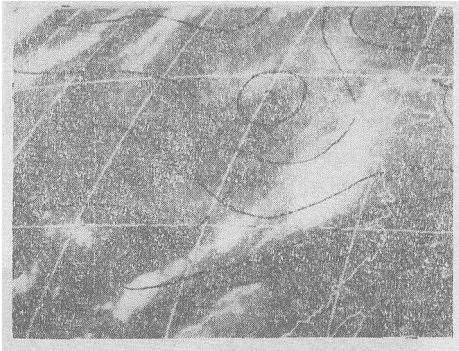
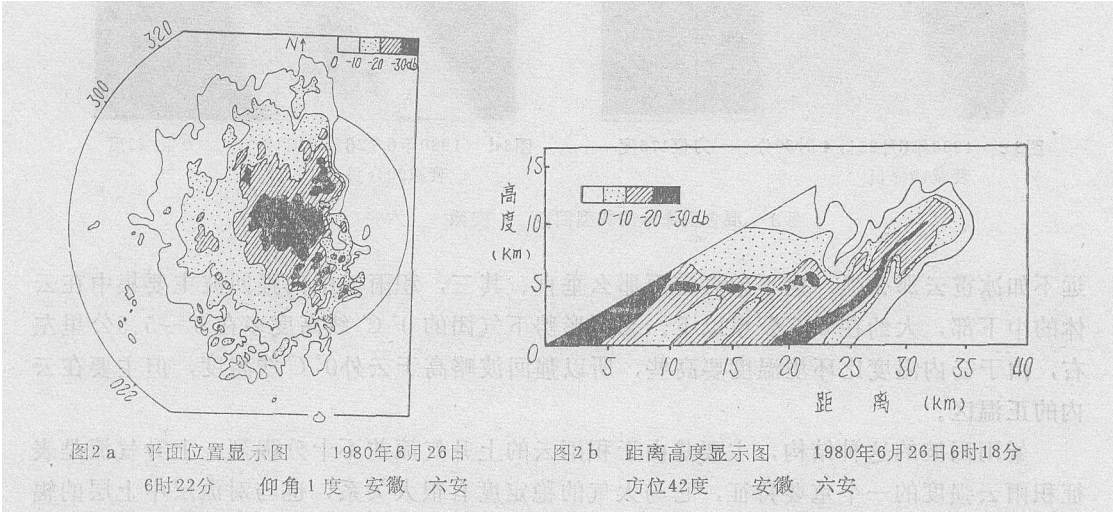


图1 1980年6月26日8时红外云图

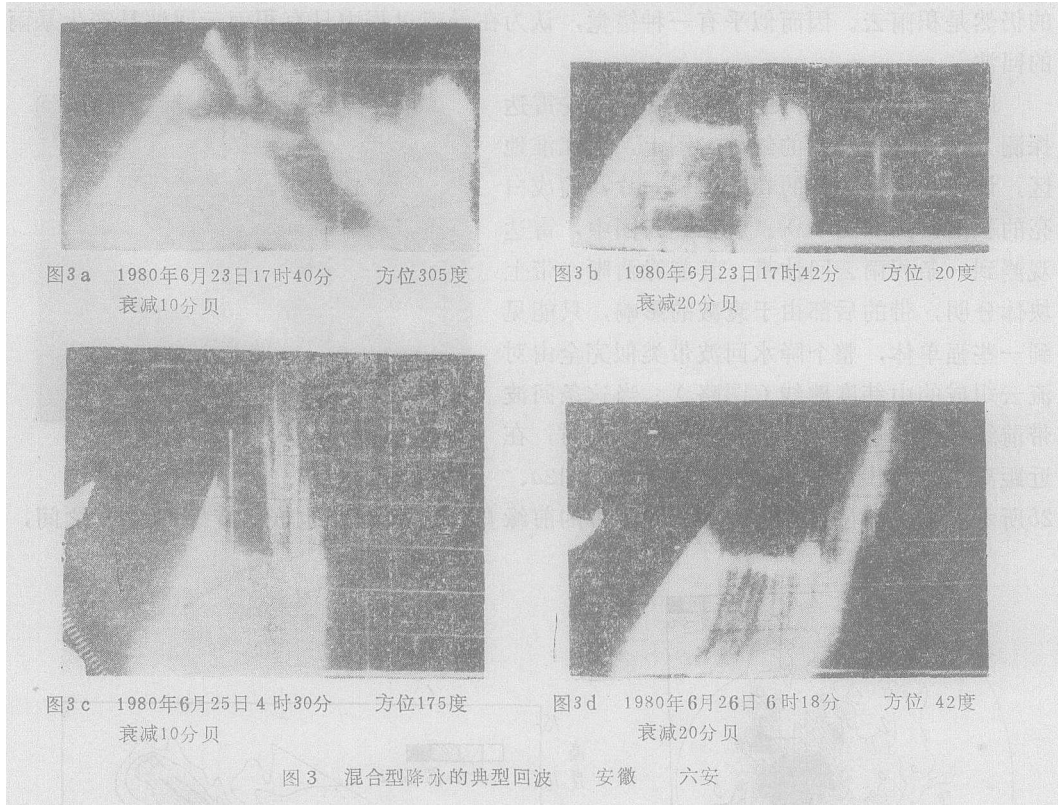


是一些相对的弱回波区；在距离高度显示器上，这种混合降水结构就更清楚，只见积雨云回波高高耸起，在积雨云之间是层状云降水，融化层亮带十分清楚。事实上，在这条回波带的前面还有大片层状云，六安、霍邱、合肥、肥西等站在雷雨带到达前的地面观测都报告有高层高积云。当回波带移到六安东面约八十公里处的合肥时，合肥雷达观测到类似的结果。在六月中下旬的降水中，仅六安气象台有雷达资料的八天中，都出现了这种回波结构，比较典型的如图3所示。

2.暴雨中积雨云单体的特征

图3中的积雨云，它的雷达回波在垂直结构上有下列几个明显的特征。其一，回波的垂直高度不高，在较强的降水中，最高的仅13—14公里，绝大多数积雨云的回波顶高度只有8—10公里。而在这期间，没有暴雨的单个积雨云，却往往发展高达17—18公

里，回波强度也比较强，但降水量却不大。其二，积雨云上部卷云砧伸展不很广，上升气流略有倾斜，个别较强的单体，可以看出有较弱的穹和悬挂回波（图 2 b），但它们



远不如冰雹云那么强，也不象热雷雨那么垂直。其三，积雨云中的强回波主要集中在云体的中下部，大约在 6.5 公里以下。暴雨形势下气团的 0°C 线高度多在 5—5.5 公里左右，由于云内温度比环境温度要高些，所以强回波略高于云外 0°C 线高度，但主要在云内的正温区。

暴雨回波的这种结构，主要是由于积雨云的上升气流并不十分强烈。上升气流是表征积雨云强度的一个重要特征，它与大气的稳定度有很大关系，也与对流层中上层的辐散机制（例如高空急流）有关。在中纬度的强对流天气中，大气都极不稳定。对流被触发后，积雨云强烈发展，垂直对流十分旺盛。而在暴雨天气中，暴雨区往往位于稳定与不稳定区之间的过渡区。只是由于对流层中下层非常潮湿，当低层有强的辐合时，大量暖湿空气堆积被动上升，才形成积雨云。

以 6 月 26 日为例，早上 6 时左右，在霍邱、六安、岳西一线的雷雨带，经过约一个半小时发展并缓慢移动后，突然加速向东横扫过去，近 50 分钟内移速达到 16.7 米/秒。根据 7 时庐江的高空风记录，雷雨带前部相对于雷暴的东风入流在 300 米高度处最大达到 22.6 米/秒，再向上迅速减小。用三角形法计算了阜阳、安庆、庐江这个三角形内边界层各层的散度，也是在 300 米高度上出现辐合最大值，向上迅速减小，1000 米高度上的辐合只及 300 米高度上的三分之一，到 1500 米高度上接近于零，如图 4 所示。由图 4 可见，

强烈的辐合和入流只出现在几百米高度上。在这个例子中，如果用 850 毫巴的辐散情况来表示低层流场的辐散情况，显然它不能反映这种积雨云的低层强烈辐合强迫抬升作用。在高空，正涡度和辐散都不强。

低层的辐合线是引起这种低层强烈辐合的原因，它与这条雷雨带相配合，地面流场上也存在明显的辐合线，8时的情况比较典型，如图5所示。在雷雨带前，是大片的较强的东南偏东气流，而在雷雨带后，则是偏西气流。图5上还标出了7时安庆、庐江两站风随高度的变化，庐江处于辐合线前，而安庆则在辐合线后。由剖面图可见，在辐合线前的庐江，一公里以下有明显的东南风—西南风之间的切变，当辐合线一过，边界层立刻转为一致的西南气流（安庆）。而在一般代表低层的850毫巴上（约1.5公里高），低层辐

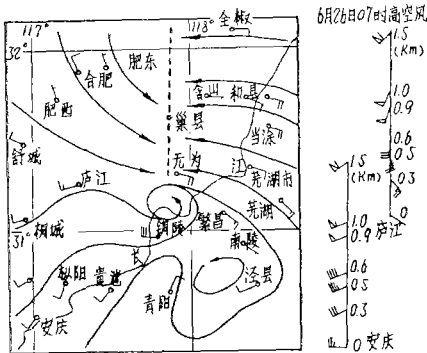


图5 1980年6月26日8时地面流场图和同日7时庐江、安庆高空风垂直剖面图

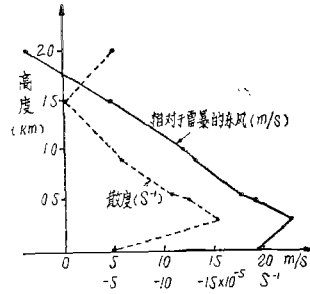


图4 1980年6月26日7时阜阳、安庆、庐江(白湖)三角形内散度随高度的变化和相对于雷暴的东风分量。

合线前后的庐江、安庆都是一致的强西南气流，完全看不出这种低空扰动的存在。

由于主要因低层被动抬升引起的这种对流不如强风暴中那么强，所以这种积雨云的卷云砧伸展不广，积雨云顶部的冰晶、雪花不致被吹得很远，使低层辐合聚集的水汽，能集中在一个相对较小的范围内变成雨滴降落，这就提高了积雨云的降水效率。其次，暴雨中积雨云的中上部没有因强上升气流支持而存在的过冷却水滴累积区。在云中，负温区底部集中了过冷却水滴和长大了的冰晶、雪花，0℃以下的雨滴碰并长大后即降落，因而形成了积雨云中下

部（约 6.5 公里以下）的强回波区。所以在暴雨时绝少同时出现冰雹，降水的阵性也不如强风暴那么明显。再其次，强风暴中的强上升气流，尤其是超级单体中的强上升气流，往往在它周围形成一个铅直环流圈。这个铅直环流圈的下沉运动，抑制了强风暴周围其它云的发展。在中纬度的强烈飊线天气过程中经常可以见到，当飊线就要来临时，已经发展的一些积云都消散了，随着强风暴巨大的卷云砧的移来，紧接着就是狂风、冰雹、局地暴雨等强烈天气；个别特别强烈发展的单体附近，有时甚至积雨云或弱雹云都减弱了。而在暴雨中的积雨云附近，因为积雨云中的上升气流不强，这种铅直环流圈对周围云体没有这种抑制作用。相反，这种弱的铅直环流把积雨云云砧中的冰晶、雪花就近对层状云进行“播种”，提高了层状云的降水效率，使层状云降水明显增强（在热带，这种层状云降水甚至可以达到系统降水的 40%^[2]），並出现清楚的融化层亮带。同时，层状云中的云滴及降下的小雨滴，随低层入流又进入积雨云，增加了积雨云中的含水量，使积雨云中下部的雨滴碰并增长过程更有效，从而加强了积雨云中下部的回波的强度。地面也出现了更多的降水。大片混合的层状云和对流云区也占据相当大的范围，它

们移过某地，就出现了一片暴雨区。对于这种降水机制，今后我们将用观测资料作进一步研究。

三、梅雨期暴雨与热带降水的比较

在全球大气研究计划大西洋热带试验（*GATE*）中，对热带海洋上的飑线系统降水已有详细研究^[2]。图6是（*GATE*的第三阶段期间）一个飑线系统的综合图，图7是印度季风雷暴的剖面图。与图2b和图3的雷暴单体进行比较，可以看出梅雨期暴雨的雷达回波结构与热带降水回波结构十分相似，它们都是对流云与层状云相结合的混合型降水，雷暴单体顶部没有大的云砧，强回波都集中在云体的中下部，是一种暖雨过程。这种降水结构特征，在台风中也已有所观测。

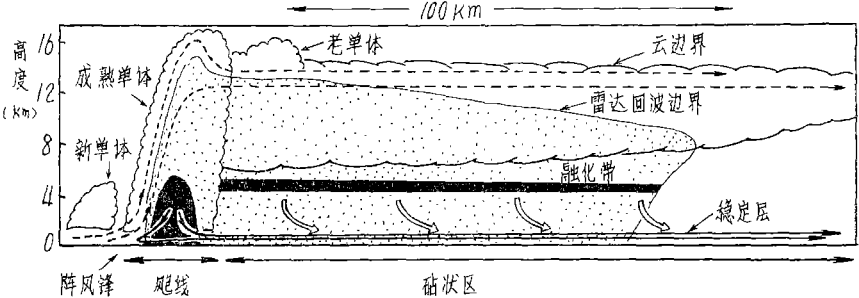


图6 通过热带飑线系统的剖面图

在主要降水时段上，与热带海洋上类似，强降水多在早晨。这是因为层状云区夜间的长波辐射与周围晴空的不同，云区相对较暖，增强了云内上升、云外下沉的铅直环流，使云区降水增加，格雷（Gray）以此解释海洋上的夜雨^[3]。在梅雨期暴雨中，由于层状云的存在，热力因子的作用也有类似情况。在梅雨期，热带空气是由低空急流输送过来的，暴雨的形成应与急流的关系十分密切。而低空急流具有明显的日变化，它在地方时凌晨3时左右最强，急流左前侧超地转风引起的辐合，对暴雨的形成有很大的关系^[4]。

当然，长江中下游的纬度已达北纬30度左右，梅雨期暴雨与中纬度西风带低值系统也有一定的关系，但在降水的主要特征上，则与热带降水有更多的相似性。因此我们认为，江淮地区梅雨期暴雨的本质是热带气团北侵时在气团内部发生的强降水。

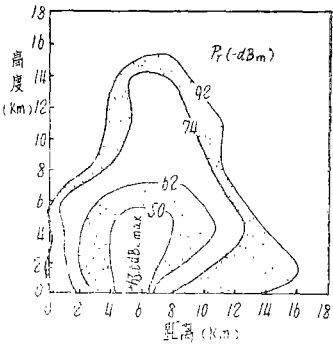


图7 一个印度季风雷暴的剖面图，
低层入流的方向是从左到右

四、梅雨期暴雨的物理模式

根据上面分析，我们提出下列梅雨期暴雨的降水物理模式（图8），它的主要特点为：

1.有对流云与层状云的混合型降水,云系能维持较长的时间,在有利的天气形势下,这样的云群有一片暴雨区;

2.在降水云体上,积雨云是主要的降水单体,但它与层状云结合(相互作用)提高了整个系统的降水效率;

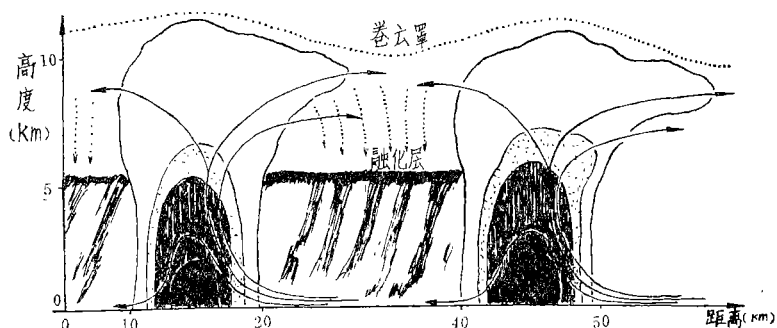


图8 通过暴雨区的雷达回波剖面图。

3.积雨云的强回波区主要在云体的中下部,这里是主要的造雨区;层状云具有清楚的融化层亮带,有一定的降水能力;

4.积雨云是由于低层强辐合而被动抬升触发形成的,它的入流集中在几百米的边界层内;

5.在积雨云和层状云顶部,是一片卷云罩。这在红外云图上看起来,是一片白亮的积雨云团。

6.在热带飑线系统中,新单体在飑线前新生,进入飑线时已趋成熟,在飑线后部减弱并入砧状云区,有点类似于多单体雷暴的演变情况;而在暴雨中,积雨云不但出现在雷雨回波带的前缘,而且带内还有,往往形成一个雷暴群,而不是雷暴线。

本文蒙王鹏飞老师指导,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 杜秉玉,湘中地区4—6月对流性暴雨的雷达回波特征,南京气象学院学报,1979,1.
- [2] Houze, R. A. Jr., Structure and Dynamics of a Tropical Squall-line System, Mon. Wea. Rev., Vol. 105, No. 12, pp. 1540-1567, 1977.
- [3] Gray, W. M., and R. W. Jacobson, Jr., Diurnal Variation of Deep Cumulus Convection, Mon. Wea. Rev., Vol. 105, No. 9, pp. 1171-1188, 1977.
- [4] 雷雨顺,特大暴雨的夜间多发性,自然杂志,3卷,10期,774-777页,上海科学技术出版社,1980.

Precipitation Mechanism of the Torrential Rain in the Jiang-Huai Area* during the Plum Rain Season

Du Bingyu, Lou Wengzhu, Ou Yuguang**

ABSTRACT

The echo features of the torrential rain occurring in the Jiang-Huai area, Anhui province, during the Plum rain season of 1980 are analyzed. It is found that the echoes are of a combined type of convective cloud belt or crowd mosaicked in the stratiform clouds and the precipitation mechanism of this torrential rain is very similar to that of the tropical convective precipitation. Most probably it is substantially a kind of severe rainstorm resulting under the action of the low-level convergence when the tropical air masses move northward. Thus a physical model for the torrential rain in the Plum rain season is presented.

* The area between the Changjiang River and the Huaihe River

** The Meteorological Observatory of Lu-an prefecture, Anhui Province