

暴雨形成的条件

梁必骐

要做好暴雨预报，首先必须分析它的成因，了解它的形成条件。

我们知道，产生降水必须具备两个基本条件：一是要有适当的流场将充沛的水汽不断输送到降水区，并在降水区得到集中；二是要有一定强度的上升运动，使水汽辐合上升，凝结成云，云滴增长，形成雨滴。其过程如图1所示

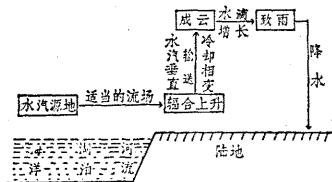


图1 降水过程机制示意图

暴雨是降水的一种特殊形式。只有当降水持续时间长和降水强度大时，才能形成暴雨。因此，暴雨形成的条件虽与一般降水的条件基本一致，但要求有源源不断的水汽输送和持续而强盛的上升运动。另外，因为暴雨大多属对流性质，所以要求有位势不稳定层结。

充沛的水汽是形成降水的基本条件，降水量的大小决定于空气中水汽含量的大小。据计算，以水汽含量最多的积雨云来说，可能降水量也只有10—20毫米；如以最潮湿的热带海洋气团为例，即使其全部水汽凝结成雨，可能降水量也只不过50—100毫米，而实际观测结果表明，实际降水量比云中含水量大得多，一天的降水量大于100毫米是不罕见的。可见，单靠源地的水汽含量，一般是下不了大暴雨的。要下大暴雨就要求在暴雨区的外围有源源不断的水汽向暴雨区输送，也就是说，在暴雨区外围的大尺度流场中存在水汽通量的辐合，这个

水汽通量辐合区一般要比暴雨区大十倍以上。通常这种大尺度水汽通量辐合区最易于出现在气旋、锋面和低空急流附近。正因为如此，大多数暴雨总是同这几类天气系统联系在一起。近年来，国内外在暴雨研究中，都强调低空急流的作用，这是因为低空急流是一支强大的水汽输送带，它的高速气流能最有效地将水汽输送到降水区，而急流轴附近的风速辐合又有利于水汽的积累。此外，这支低层暖湿气流与上层冷干气流配置时，易产生强烈的对流不稳定，而急流所造成的辐合上升，又有利于不稳定能的释放。因此，暴雨经常出现在低空急流附近。由以上讨论可见，暴雨的预报，不仅要考虑水汽含量，更重要的要考虑降水区外围的低层是否有源源不断的水汽输送和集中。

强烈的上升运动是暴雨产生的另一个基本条件。它的主要作用在于把低层的水汽迅速向上输送，而且它是水汽相变（水汽→雨滴）的转换机制。上升运动包括由大尺度天气系统造成的大范围系统性上升和中小尺度对流上升，以及地形抬升。不同尺度系统造成的上升运动的量级是不同的。常见的气旋、低槽、低涡、切变线、台风、低空急流等低层辐合上升和锋面抬升，当有高空辐散场与之配合时，其上升运动更强烈持久。这类上升运动的量级为 10^0 — 10^1 厘米/秒，还不足以产生大量的暴雨，但它是水汽垂直输送和中小尺度系统生产的重要机制。大暴雨的形成主要依赖于中小尺度系统及其伴随的强烈对流上升，其量级可达 10^1 — 10^2 厘米/秒。由此可见，一次暴雨过程实际上就是几种不同尺度上升气流迭加的结果。

大气强烈的对流不稳定，是对流活动中强烈上升气流的能量来源。所以持续的位势不稳定层结也是暴雨产生的一个必要条件。暴雨

的产生，一般要求大气中 $\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z}$

<0 ，即假相当位温随高度有明显减小。如低层愈暖湿，高层愈冷干，则位势愈不稳定，愈有利于暴雨和对流系统的发生发展。位势不稳定持续的时间愈长或不断重建，都有利于强烈对流的维持，促使降水强度增大。分析表明，强对流发生前，低空常有一逆温层存在，它可抑制对流活动过早地发展，有利于对流不稳定能的不断积累，当这种位势不稳定区与低层辐合系统相遇时，大量不稳定能便得以释放，因而易于导致暴雨和中小尺度系统的发生发展。

暴雨的反馈作用是大暴雨形成的一个重要因素。暴雨产生后，由于暴雨区的强烈对流作用，可使大气能量、动量和质量在铅直方向上进行强烈交换，因而形成新的特殊的风场、温度场、湿度场和大气层结结构，反过来又将使暴雨进一步加强，这就是所谓的“暴雨反馈作用”。这种反馈作用如图2所示，暴雨区强烈的对流活动向上输送大量水汽，在高空凝结，释放潜热，这种潜热和对流向上输送的感热，可使气柱增暖，空气浮力增大，因而使上升运动增强，对流也随之增强。由于暴雨区上空气柱增暖，导致高空等压面抬高，因而形成高空辐散场，使上升运动进一步加强；同时，由于高空质量流出，导致地面减压，有利于低压（槽）的形成或加强，因而低层质量和水汽辐合也加强。另一方面，根据热成风关系，在增暖区（暴雨区）的北侧，风随高度增大，使得高空急流维持或加强，因而使暴雨区的垂直环流加强，即暴雨“热机”效应加大。这些都有利于暴雨的维持和加强。此外，暴雨区的强对流活动，造成上下层水平动量交换，高层动量下传，使低空风

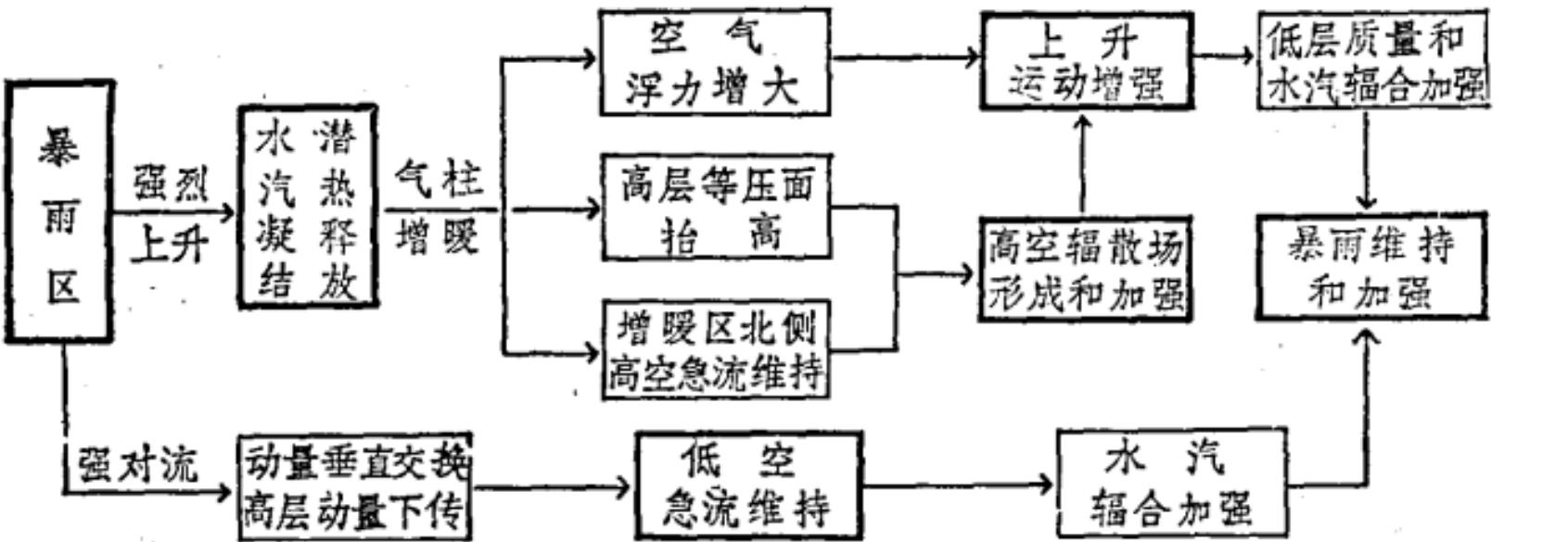


图 2 暴雨“反馈”作用示意图

速增大，导致中尺度低空急流的形成或维持，这也有利于暴雨的维持。所以在考虑暴雨预报时，暴雨的反馈作用也是不能忽视的。

此外，暴雨与地形也有密切的关系。地形对暴雨的作用主要是气流遇山脉时的机械抬升和特殊地形引起的辐合上升，造成地形降水或使降水加强。