

一次弱冷锋下的强对流天气过程分析

冯志娟

(安徽省气象台)

提 要

1987年8月10日，安徽省出现了一次弱冷锋形势下的大范围强对流天气过程。本文详细地分析了这次过程的特点。这有助于增加对这类非典型环境下产生的严重天气的认识，并为预报这类强对流天气提供了新的线索。

1987年8月10日上午到傍晚，在安徽省淮河以南到江南范围内先后出现了强对流天气，有近30个县、市出现了雷暴大风，22个县市下了冰雹，雹粒一般如蚕豆，大的如鸡蛋。在盛夏季节出现这样大范围的严重天气在安徽来说是不多见的，其环流背景与典型形势相差较远，从而造成预报失误。本文目的在于分析这次过程的特点，以增加对非典型环境下产生严重天气的可能性的了解，并为强对流天气预报提供一些有用的线索。

一、天气形势概况

在500hPa图上，过程前后在50区有一东移减弱的低涡，槽底在华北和东北地区，等压线稀疏；另外10日08时在石家庄、信阳到宜昌有一弱槽，槽后无明显偏北风和冷平流（图略）。在850hPa图上，华东地区正处于华北小高压与副高合并过程中，两高之间残留有微弱的NE风与SW风的弱切变。地面图上可以分析出弱冷锋东移过程，10日02时华东为均压区，在驻马店、钟祥、宜昌有一弱冷锋，08时冷锋已向东南方移动，14时在皖南山区附近锋消，如图1所示。总之，这次强对流的环流背景与以往的典型形势十分不同，它出现在西风带弱小槽东移引导地而弱冷锋南下的过程中。

二、雷达回波特征分析

从雷达回波发展来看，过程开始时为块状及条状回波，继而发展为带状回波，强度较强，高度比盛夏雷雨回波低。

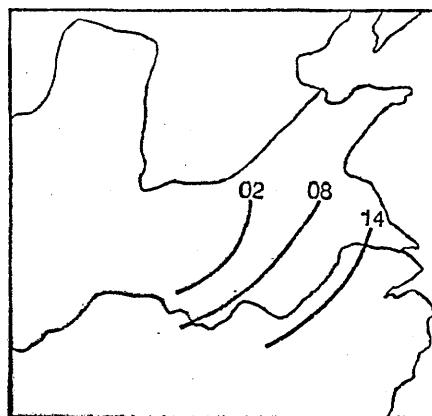


图1 8月10日02、08、14时地面冷锋位置

1. 条状回波的演变

对流回波于10日08时在沿淮西部发现，到11时左右在霍邱东部形成条状回波，其演变如图2所示。回波强度为45dBz左右，高度约为12—13km。条状回波初期为南北走向，其演变特点是在它的南端不断有对流单体新生、发展，而北段则不断减弱消散，因此中段总是处于对流系统的发展成熟阶段，回波

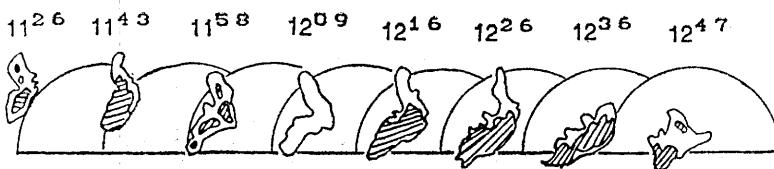


图2 条状回波的演变

阴影区：衰减20dB

最强处是雹云位置所在，所经之地有雷暴大风和冰雹发生。又由于中段回波的前沿不断向前传播，因而使条状回波由南北走向演变成东北—西南走向并略呈“弧状”。条状回波的平均移速为40km/hr，移向东南偏东，偏离高空平均风向右侧约40度。

2. 带状回波的形成

13时后，条状回波移到江淮之间南部，雷达观测发现除西南端仍然不断有回波新生发展（数量也加多）外，条状回波的东北端出现反常的发展加强，高度由12—13km增加到14—15km，到14时皖中南部已形成一条长约100余km的强对流回波带，该回波带在向南移动过程中多次出现跳跃式传播现象，是造成皖中东南部雷暴大风及冰雹灾害的主要回波系统，傍晚以后回波带在皖南山区域减弱消失，强对流过程结束。

3. 高显特征

条状回波的高显形态如图3a所示。雹云高度在12—13km，负温区厚度为8—9km

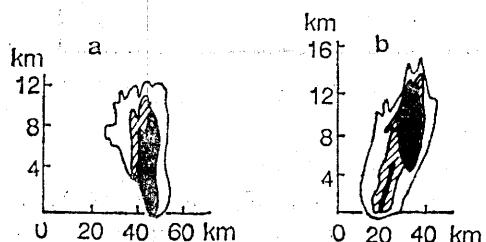


图3 高显形态

a: 11时48分，方位287°

b: 13时34分，方位83°

阴影区：20dB，黑影区：40dB

云体发展旺盛，云体上部的水平尺度达20余km，比下部大一倍以上，衰减后高度下降小，衰弱20dB高度平均下降1.2km。

带状回波的高显形态如图3b所示，其明显特征是在云体前部形成强大的悬挂回波，回波顶高14—15km，强回波位于云体的高层前部。这种悬挂回波的成因将在下一节解释。我们认为，这是由于“雨成锋”的促发作用，使对流系统前方的辐合抬升加强，较强的上升速度使低层的云滴来不及增长而进入高层，从而形成云体前部低层的无回波区。

另外，这次过程雹云回波高度比该季节雷雨回波还低，为了探讨这种条件下降雹的原因，我们分析了高空环境温度，发现该日的高空环境温度较低，不但比历年8月份平均环境温度低，比历年5月份的平均环境温度还略低些。8月10日的云顶环境温度达-57°C，衰减20dB后，云顶平均高度仅下降1.2km，所以-20°C以下的强回波区厚度仍达4—5km以上，足以满足雹胚产生并长大的条件。

三、中尺度系统分析

为了较详细地了解造成强对流天气的中尺度系统，并进一步说明雷达回波发展演变的原因，我们分析了每小时的地面流场和温湿场。

1. 中尺度涡旋和条状对流回波：从每小时地面流场分析看到，10日08时在皖北西部存在一条南北向的偏西风与偏东风的辐合线，在辐合线的南端有局地对流天气。随着辐合线的东移，于10日09时在其南端形成中尺度涡旋，其后1小时在原涡旋中心附近观测到强对流回波并出现强对流天气。这个涡旋继续向东南移动并有所加强，维持约4个小时，于13时由于大别山和长江河谷地形影

响，在皖中南部演变为辐合线（图4a—c），这就是我们在雷达回波图象上看到的条状回波的中尺度环流背景。

2. 雨成锋的反馈作用和强对流回波带的形成及传播：从每小时的温度场分析可以清楚看到，由于冷堆的出现引起了明显的边界层外流，加强了皖东地区的辐合线（图4d），使原来的条状回波发展成带状回波，

的山区局地对流系统。在低值系统尚未移到皖南以前，在皖南已有局地、分散的强对流事件出现，这类强对流事件有的产生于局地地形涡旋或辐合线上，有的可能与山地热力条件有关。由于山地地形的阻挡及地面摩擦作用，它们多无明显移动，基本上是局地生消的

四、对流云团的触发作用

从每3小时一次的增强显示红外云图的追踪分析，可以确认安徽省8月10日的强对流事件的发生，与起源于西风带中一条东移的弱冷锋尾部的对流云团有关。云图演变由图5给出，可见在9日14时的云图上，自 120°E 、 50°N 到 105°E 、 35°N 有一条NE—SW走向的冷锋云带，云系结构松散，说明系统很弱（天气图也说明这点）。同时，由于北段移速快使云带在 40°N 附近断裂，但此时其尾部有对流云团发展，范围达 2×2.5 纬距，云顶温度为 -44 — -57°C ，局部达 -57 — -64°C （就8月份而言，这个云团并不强），该云团于10日08时进入安徽沿淮西部地区，以后向东南移动，由于雨成锋的反馈作用于14时发展成带状结构，云带东移南压，11

日02与停留在海上的静止锋云系合并而消失。这个云团从初生到消失经历了约22个小时。

回波强度加强，高度增加，强对流天气的范围扩大，这就是众所周知的雨成锋的促发作用，它是强对流回波带的形成及跳跃式传播的重要因素。

3. 山区局地对流：造成这次大范围强对流天气事件的中尺度系统除了以上的中尺度涡旋、辐合线和雨成锋外，还有若干分散的短时

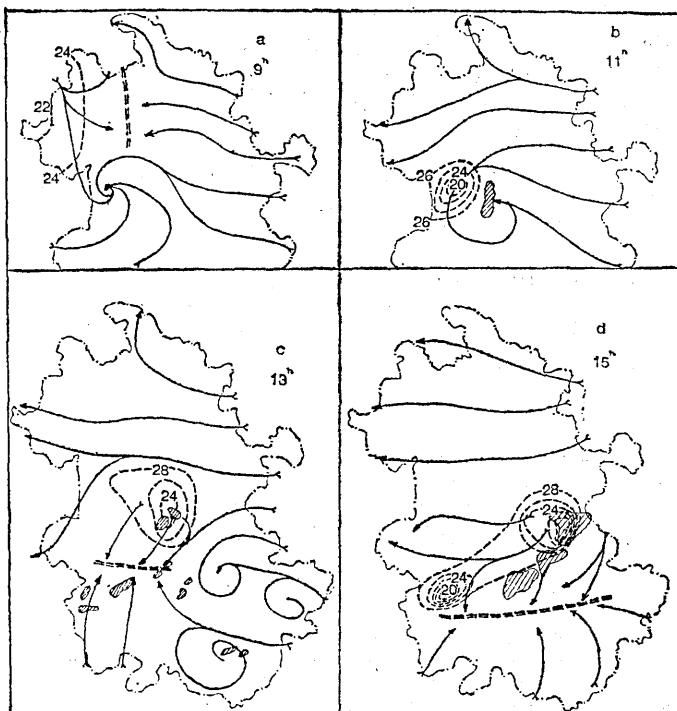


图4 8月10日9时、11时、13时和15时地面小图

实线为流线，虚线为等温线，
双虚线为辐合线，阴影区为雷达回波

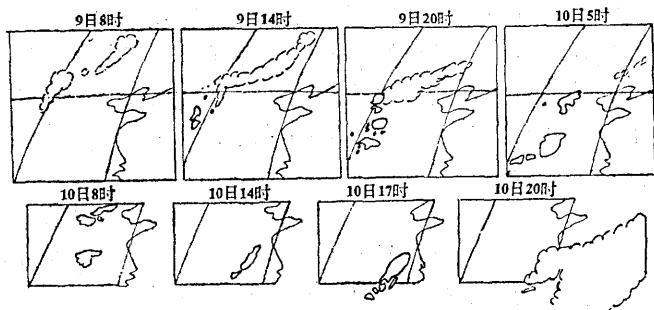


图5 8月9—10日增强显示红外云图

时，是触发这次强对流事件的中尺度系统。

五、对流发展的能量分析

为了分析这种弱天气系统条件下的强对

表 1 阜阳 8月 7—11 日 08 时 稳定度状况

| 项目 日期 | 自由对流高度 hPa | 不稳定层厚度 hPa | 不稳定能量 焦尔/公斤 |
|----------|---------------|---------------|----------------|
| 7日 | 707 | 28 | 3 |
| 8日 | 718 | 331 | 215 |
| 9日 | 739 | 464 | 671 |
| 10日 | 777 | 574 | 1111 |
| 11日 | 无潜在不稳定能量 | | |

流发生的能源，我们定量地分析了安徽省大气层结状况，计算了阜阳、安庆两个探空站的不稳定能量廓线，现以阜阳为例加以说明。由表 1 可见，强对流事件前不稳定能量有一累积过程，不稳定层的厚度及潜在不稳定能量在逐日增加，自由对流高度不断下降，在强对流日当天不稳定能量已达 $1111 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，到 11 日潜在不稳定能量为零，强对流事件结束。所以必须指出这次强对流的能源主要还是气层的潜在不稳定能量，其能量演变特点是强对流事件前不稳定能量不断累积，事件的发生与不稳定能量突然释放同时实现。

表 2 给出 8 月 8—10 日 强对流区阜阳、安庆两个探空站各标准层的温、湿状况，由

表 2 阜阳、安庆 8 月 8—10 日 08 时 各层的温度露点

| 日期 | 高度 项 目 | 地面 | | 850hPa | | 700hPa | | 500hPa | | 400hPa | | 300hPa | | 250hPa | | 200hPa | |
|--------|--------------|----|----|--------|----|--------|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|---|
| | | T | Td | T | Td | T | Td | T | Td | T | Td | T | Td | T | T | T | T |
| 阜 阳 | 8日 | 24 | 21 | 21 | 8 | 6 | 0 | -10 | -26 | -20 | -36 | -28 | -36 | -36 | -36 | -45 | |
| | 9日 | 24 | 21 | 17 | 13 | 6 | 2 | -11 | -21 | -23 | -35 | -37 | -42 | -42 | -42 | -49 | |
| | 10日 | 24 | 22 | 18 | 13 | 6 | -2 | -10 | -21 | -21 | -32 | -37 | -47 | -47 | -47 | -56 | |
| 安 庆 | 8日 | 25 | 22 | 18 | 9 | 7 | -3 | -5 | -34 | -14 | -34 | -26 | -36 | -36 | -36 | -47 | |
| | 9日 | 27 | 24 | 15 | 8 | 7 | -4 | -10 | -25 | -19 | -38 | -31 | -38 | -38 | -38 | -49 | |
| | 10日 | 27 | 22 | 19 | 12 | 7 | -5 | -9 | -26 | -19 | -34 | -33 | -41 | -41 | -41 | -51 | |

表 2 我们可以更细致地了解气层不稳定能量的累积过程。自 8 日到 10 日 850hPa 以下气层温度略有上升，但变化不甚显著，而湿度增大则很明显。另外，高空较大幅度降温主要发生在 400hPa 以上各层，而中层在强对流天气发生前有变干趋势。因此可以推断强对流天气发生前大气低层的高湿状态是气层不稳定的主要原因，而高层的持续降温则使气层不稳定性得到加强，从而为强对流的发生提供能量基础。

六、几点认识

1. 这次强对流过程是发生在东移减弱的弱冷锋形势下，天气尺度系统较弱，用经

典的形势来判断这次强对流天气的发生是有困难的，因而造成预报的失误。但是从不稳定条件的分析可见，这次强对流的不稳定能量还是很可观的，有明显的能量累积过程。所以尽管环流形势不很明显，如果气层有足够的不稳定能量，则强对流发生的基本条件是满足的，其发生的可能性是不可忽视的。

2. 这次强对流天气过程在云图上展示为冷锋尾部的中尺度对流云团，这些云团的演变是有规律的，持续时间可达 24 小时（9 日 08 时云团即形成），因此云图是判断弱天气系统下是否有中尺度系统存在的良好判据。

3. 这次过程的直接触发系统是中尺度

涡旋，但雨成锋的反馈作用对中尺度系统的加强、更新和维持有重要意义，也是进行强对流天气短时预报极需注意的问题。

4. 一般认为范围较大的雷暴大风多是由移速快的回波带造成的，但是从此次过程来看，回波系统的移速并不很快，不论条状回波或带状回波移速均在40km/hr左右，而在回波所经过的地方多有雷暴大风出现，所以看来雷暴大风的产生并不一定要求回波移速很快，而只是要求有较强的冷堆和下泄气流，在冷空气迅速外流中造成雷暴大风。因此，对于发展旺盛的强回波就要考虑

出现雷暴大风的可能性。

5. 这次雹云的回波高度只有13—14km，比历年盛夏常见的雷雨回波高度都低，其所以仍能降雹主要是由于环境温度较低，使负温区厚度仍达8—9km以上，所以在判别雹云时，不应单纯的看回波高度，还应结合强回波顶所处的环境温度、负温区厚度等共同判别。

6. 在潜在不稳定的气层中，午后山区易有局地对流甚至强对流产生，但其一般无明显的移动，大多数是局地生消的。