华江特大暴雨的雷达回波分析

华南前汛期暴雨试验广西会战组

在1977年6月8日至11日的一次天气过程中，我区兴安县华江公社一带出现了特大暴雨，四次中尺度系统活动的总雨量达417.8毫米。其中9日20时到10日08时的雨量达371.1毫米（见图1）。而其主要的降水又产生在10日02时至05时，这三小时的降水量有268.2毫米，占整个过程总雨量的64%。这种范围小、强度大的局地特大暴雨是怎样形成的，能否运用雷达回波资料作出短期预报？我们结合桂林雷达站的雷达回波资料作一初步的探讨。

先从天气形势来看，9日20时500毫巴高空图上，588线从我国台湾省的台北，经厦门、梧州、北海、西沙群岛到菲律宾的马尼拉，西脊点在19°N、108°E处。高空槽位置在射阳、许昌、广元、昌都一线，槽前的桂林、南宁、梧州是个暖区，暖中心在南宁附近。在850毫巴图上，槽线位置在南京、汉口、宜昌、成都一线；我区西部有一个暖性低压环流；西南急流从8日开始建立，9日达最强，9日20时西南急流轴线在桂林、吉安、上饶、杭州一线。对应的地面图上，与槽线相配合的是一条由上海经杭州、常德、贵阳到丽江的静止锋，在静止锋及锋面暖区中局部地区有雷阵雨天气。因此，华江特大暴雨是产生在付热带高压西北方的高空槽前、850毫巴西南风急流轴的左前方和地面静止锋的暖区中。这个区域是暖湿不稳定区，从地面到850毫巴都有湿舌存在。

下面我们再分析几个物理量。9日08时在850毫巴图上，桂林附近是辐合中心，散度值为 -3.0×10^{-5} 秒$^{-1}$；在200毫巴图上，桂林附近又是辐散中心，其散度值为 $+10.7\times10^{-5}$秒$^{-1}$。很明显，这种抽气作用使低空辐合加强，有利对流发展。

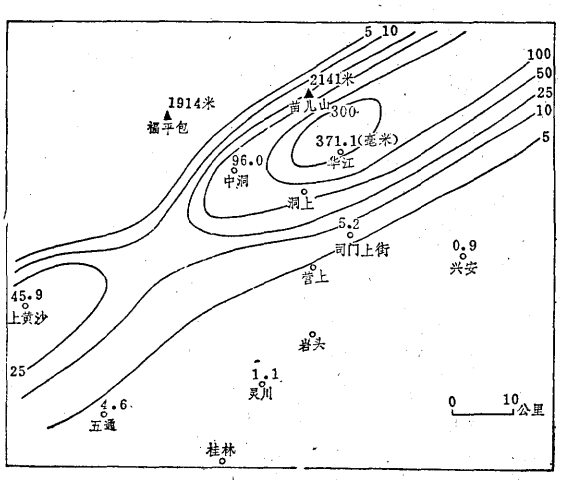


图1　9日20时至10日08时等雨量线

表1

项目 \ θse \ 日期	7	8	9	10	11
850毫巴	74	88	89	89	75
500毫巴	76	73	69	72	73
差值	+2	−15	−20	−17	−2

注：表中的假相当位温数值已减去了273.16℃。

从河池站850毫巴和500毫巴的θ_{se}（假相当位温）的逐日（08时）变化中（见表1），可以看出在整个过程中，850毫巴的θse是逐渐升高的，9日达最大值（89℃），θse随高度的变化值也在9日达到最大，为−20℃。桂林站的θse的变化情况与河池站相似。θse的变化说明了在桂林附近的区域是非常不稳定的，只要有触发源，不稳定能量就会立即释放出来。

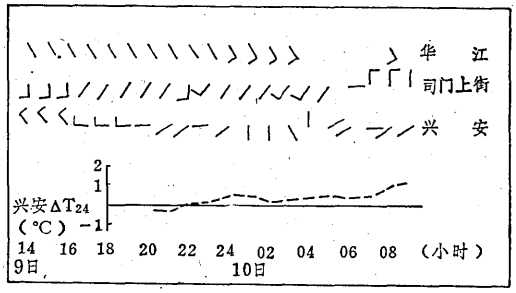


图2

华江附近的地面风场和兴安站24小时变温（ΔT_{24}）（见图2）及华江的降水时段表明：当兴安县北部测站吹偏南风时，由于地形的抬升作用而引起辐合上升运动，北部山区可形成积状云，并产生局地降水；当兴安本站也吹偏南风、且24小时变温为正时，原来北部山区发展的积状云进一步加强，这时在山区北侧如有静止锋存在，则锋前可形成局地暴雨。

从桂林雷达站观测到的雷达回波，可以清楚地看到华江公社这次的特大暴雨是小尺度天气系统造成的。暴雨雨量的分布也说明了这一点（参见图1），图上的等雨量线参照雷达回波画出。雷达回波的演变大体可分为初始形成、发展强盛、减弱衰亡三个阶段。

1.初始形成阶段（9日21时至24时）

9日21时前，测站南部有零散的对流单体回波。它的出现说明在雷达探测范围内，大气层结不稳定。从连续观测的雷达回波资料上，可看到华江附近的回波，是由华江西南的回波向北移动，在华江附近合并

发展而成的（桂林站的雷达回波演变图和相应的华江站的雨量对照见本期封三）。最明显的是9日21时55分在桂林25度方位、距离28公里（即岩头）附近的回波，到22时00分移到20度方位、距离35公里（即营上）附近，这时回波的北部边缘在洞上，5分钟后到达华江。回波形状变化不大，仅向北移动了5公里。这时平均风速达17米/秒，相当于700毫巴上的风速，但回波的移向与700毫巴的风向有45度交角。这块对流性回波在移动过程中，水平尺度和垂直厚度（取桂林站20度左右方位的垂直剖面资料）均有发展。回波继续向北偏西方向移动，遇到山脉的阻挡便停滞下来。暖湿气流在这里受地形的抬升辐合，使回波得以发展。

从23时50分的回波照片和回波各参数随时间的变化（见表2）可以看到，雷达回波的垂直增长率大于水平增长率时，就预示以后的降雨量会暂时减小。这时回波高度的增长表明低层的上升气流的强度增强，使得原来要降落的雨滴又带上来保留在对流云的云塔中。因此，这时回波进入发展强盛阶段。

表2

项目	时分 / 高度、距离（千米） / 雨量（毫米）	21^{55}	23^{00}	23^{50}	00^{55}	01^{55}	02^{56}	03^{58}	04^{50}	05^{51}	06^{57}
桂林雷达站回波	最大高度	9.5	9.0	13.0	14.5	16.0	15.0	15.0	15.0	14.0	8.0
	20分贝高度	6.5	6.5	5.0	6.0	9.5	6.0/10.0	13.0	13.0	6.0/9.0	
	垂直剖面宽度	10.0	10.0	13.0	10.0	15.0	15.0	20.0	10.0	35.0	80.0
	中心与测站距离	40.0	50.0	52.0	55.0	55.0	50.0	55.0	55.0	55.0	40.0
华江站一小时雨量		2.8	16.6	22.1	14.7	8.8	58.5	111.4	98.3	17.5	3.3
暴雨发展阶段		初始形成			发展强盛					减弱衰亡	

2.发展强盛阶段（10日00时至05时）

从10日00时55分的雷达回波与9日23时50分的相比，平显中带的长度缩短，宽度增加。这表明回波带东西方向的辐合强于南北方向。强回波区的水平范围略有扩展。回波的垂直高度从13公里增高到14.5公里。衰减20分贝（图中灰色区）后的强回波区出现在2—4公里高度上。强回波的抬升，反映出云中含水量大的区域被抬升，这时的上升速度比前面更大。这种现象也表明雨量仍将暂时减小。01时55分位于华江附近的雷达回波进一步增强，强度达30多分贝（图中黑色区），回波高度将近16公里，达这次过程的最大高度。强回波区高度的继续上升，本来意味着地面降雨量还要减少。但这时的高显强回波区明显地分为并立的两个区域，又预示着地面降雨量将要增大。此后回波带变化不大，地面降雨量也确不断增大。至03时58分，平显回波排列成直线带状，在远离测站一侧的直线状更为明显。回波的这种形状，是由于北方冷空气在南移过程中，在山脉的北侧堆积到一定程度后翻越山脉所造成的。直线状回波带上强度最强的位置正是地势最高的地方。03时58分华江附近的回波强度仍很强，经30分贝衰减后的强回波区（图中黑色区）在1—9公里高度上。到04时50分，由于冷空气的不断侵入，使回波带南压。平显上的直线状回波带被破坏。高显上的回波宽度变狭，原来笔直的强回波区发生了弯曲，回波顶部开始发毛，在6—8公里高度处出现了层状回波。这些都意味着回波已进入减弱衰亡阶段。

3.减弱衰亡阶段（10日05时至08时）

04时50分的雷达回波特征，说明上升气流已开始减弱；而降雨的泄带作用又会使下沉气流增大，这就使上升气流进一步减弱。这种“雪崩”现象的出现，表明对流性回波将迅速减弱消亡，这次过程结束。

这次华江特大暴雨的形成与大尺度天气形势有关，但与局部的地形条件关系更为密切。华江公社的西北面是1500—2000米的高山，距华江1000米，地势就抬高150米。东北面也是1000多米高的山坡，地形坡度也很大。华江一带正好是一个向南开口的地形。当司门上街吹南风时，华江吹东南风。当兴安和司门上街转南风或东南风时，华江一带的雨量迅速增大。因此，可以认为这次特大暴雨是地形对偏南暖湿气流强迫抬升而形成的。

通过这次华江特大暴雨过程的分析，我们有如下几点体会：

1.暴雨或特大暴雨过程虽然有其时间短、强度大的特点，但它的变化和自然界中其他事物变化一样，也有其发生、发展和消亡的过程。只要详细观测，并结合天气条件和地形、地貌进行认真的分析，暴雨的发生、发展情况也是可以了解和预测的。这次华江特大暴雨在大、小天气图上均无反映，甚至漓江涨水后还不知雨水从何而来。但是，桂林雷达站在9日23时根据雷达回波演变，结合当时天气条件和地形情况，预报了这场特大暴雨，并把情况及时告诉了有关单位。这说明雷达观测不仅能提供当时的情况，而且还可以根据雷达回波的演变作出短期的天气预报。

2.要运用雷达回波分析作好局地特大暴雨的预报，必须适当增加观测次数，以发现和监视雷达视野范围内的对流性回波的集聚和集聚点。当发现集聚点或停滞性的雷达回波特别是强回波（≥20分贝）区的垂直增长率大于水平增长率时，预示着不久可能有局地暴雨或特大暴雨产生。当集聚点或停滞性的对流性雷达回波顶部边缘由轮廓清楚变成模糊，强回波区高度下降以至接地和在对流性回波附近出现层状回波时，暴雨过程就即将结束。