

不同源区雷达回波的汇合与暴雨的形成

范蓓芬

(南京大学气象系)

一、引言

暴雨是一种中尺度天气现象。关于暴雨形成的大尺度背景条件以及中尺度系统的天气学特征,有过许多分析研究。至于暴雨的触发机制,一些理论研究主要分析了不同条件下重力波对暴雨的触发作用。李麦村根据大尺度天气系统发展时的非地转平衡能激发重力波,指出其在条件不稳定大气中传播时,可以是发动暴雨的一种机制^[1]。最近又根据两层 f 平面的原始方程,在基本气流切变的情况下得到描写孤重力内波的 KDV 方程,指出低空急流上出现的飚线,是这种孤重力内波的非线性演变所形成的^[2]。巢纪平考虑了大气层结在水平方向分布不均匀性和随时间变化,指出当位势不稳定能量随时间增加时,或当波动是从位势不稳定能量的高值区向低值区传播时,其波动能量都将增加。在这样的背景条件下重力惯性波有可能激发暴雨的形成^[3]。孙淑清则根据高山站测风资料,提出急流风速的周期性脉动本质上是一种重力波,它对于中尺度雨团的形成起到触发作用^[4]。

我们曾经根据 1979 年 5 月 27 日粤中暴雨的中分析提出,锋前暖区中尺度辐合线的交汇和对流雨团的合并暴雨形成中有重要作用^[5]。本文根据暴雨前雷达回波带的波列结构和传播特征提出,在急流发展时,急流轴附近出现大的风速切变,有可能激发较强的重力惯性波,波源与雷达回波带源区甚为吻合。同时还指出不同源区的重力惯性波在位势不稳定大气中传播时,在条件合适的区域中发生波动的叠加,促使对流回波的发展与汇合,这对暴雨雨团的组织化起着重要作用。

二、背景条件

1979 年 5 月 26 日 08 时 850 毫巴上重庆-贵阳有向东发展的西南低涡,其南侧地面相应有一西南热低压槽。从暴雨前平均 24 小时变高看,华南低层位势高度明显降低,27 日 14 时广州、梧州和南宁分别为 -20、-15 和 -10 位势米,都是负变高。随着低涡的发展与东移,27 日 08 时 700—850 毫巴上在桂林、柳州、干州一线形成极值风速达 19 米/秒的西南急流。同时,在低涡附近桂林和干州,850 毫巴上分别有 15 米/秒和 14 米/秒由高压指向低压的非地转气流。地转偏差造成的水平辐合中心,850 毫巴上位于干州、吉安等地,辐合量达 $2.5 \times 10^{-3} \text{秒}^{-1}$; 700 毫巴上位于柳州附近,辐合量为 $1.1 \times 10^{-3} \text{秒}^{-1}$ (图

流扰动也是十分活跃的。从阳江 $\Delta\theta_{se}(600-1000\text{mb})$ 时间演变可见,这个地区是位势不稳定能量的增能区,而由图 2 还可以看出,这个地区对暴雨区来说,又是不稳定能量的高值区,所以由该地区激发起来的重力惯性波应有较强的生命力^[3,6]。事实上从恩平南侧发展起来的回波群向暴雨区传播时,发展非常旺盛,成为第一场暴雨雨团的主要组成部分。20 时华南沿海的西南急流仍维持,17 时开始的暴雨就发生在此急流的左侧。

由于地面的日间增热作用,27 日 14 时广州和梧州近地面层 500 米厚的大气层结达超绝热不稳定,3 公里高度上有一薄层逆温层,400—450 毫巴上又有一稳定层(图略)。这种大气层结结构非常有利于强对流的触发和发展^[7],为少数旺盛的对流云猛烈发展提供了极为有利的环境条件,尤以广州更为有利。广州中层空气比梧州干,逆温层高度比梧州高,近地层超绝热梯度层比梧州厚,整层大气位势不稳定能量也比梧州大。所以虽然两地同是暖湿不稳定地带,而且梧州对流扰动也十分活跃,但对于波动发展组织暴雨雨团来说,广州层结条件更为有利。

三、不同源区雷达回波的汇合与暴雨雨团的形成

5 月 27 日开始的粤中暴雨,过程总雨量三水为 226.8 毫米,主要降水集中在 27 日 14 时至 28 日 14 时,最大 24 小时雨量在三水为 208.9 毫米,大于 100 毫米的暴雨区位于广州地区。6 小时雨量大于 50 毫米的雨量中心依次位于三水、佛山、广州和东莞等地。暴雨中心缓慢向东偏南方向移动。

27 日 14 时随着热低压槽发展,在梧州和恩平沿海一带对流发展,成为两个主要的雷达回波源区(图略)。15 时梧州发展的对流回波带逐渐形成东北-西南向的三列回波带,并向暴雨区传播。16 时 54 分三列回波带都已分别出现降水(图 3),但是回波强度都不大,一般小于 30 分贝,雨量都不超过 50 毫米,降水时间不超过 2 小时,属于一般雷暴降水。只是当它的第一列回波带的前锋与从恩平源区发展起来的回波群在暴雨区交汇合并时,才组织成强大而持久的暴雨雨团。这表明,尽管在位势不稳定的暖湿大气中,对流扰动十分活跃,但单是对流回波的传播发展,一般是难以组织成暴雨雨团的。暴雨的触发与一般对流及雷暴的触发过程应该有所不同,看来不同源区对流回波带的汇合和合并对暴雨形成是一种重要的过程。由图 4 显见,暴雨主体雨团明显地是由两个对流云团合并组成的。合并后的对流雨团强度大增,回波强度达 40—50 分贝。地面相应地出现气旋性环流和辐合量达 $8.8 \times 10^{-3} \text{秒}^{-1}$ 的中尺度辐合中心(图 3c)。小涡旋由于叠加了中尺度辐合流场,发展成较大和较强的中尺度涡旋,它在对流雨团的进一步发展与合并中起着重要作用。18 时 55 分三水上空回波顶高 16000 米,回波强度超过 50 分贝。这期间正是地面降水最强的阶段,三水 19—21 时两小时雨量达 99.4 毫米。

由上述分析可见,不同源区的雷达回波带的汇合在暴雨雨团的形成中起着关键的作用。那么,促使不同源区对流回波汇合并合并的机制是什么呢?从北支回波带的形成过程可以看出,14 时回波带首先在梧州地区形成,15 时以后在其下游暴雨区西北侧开始有回波带发展,回波带的传播发展带有波动传播的特征。南支回波带的形成传播过程由于海陵站雷达观测时间间隔较长而反映不明显。定性的动力学分析表明,梧州以及阳江等

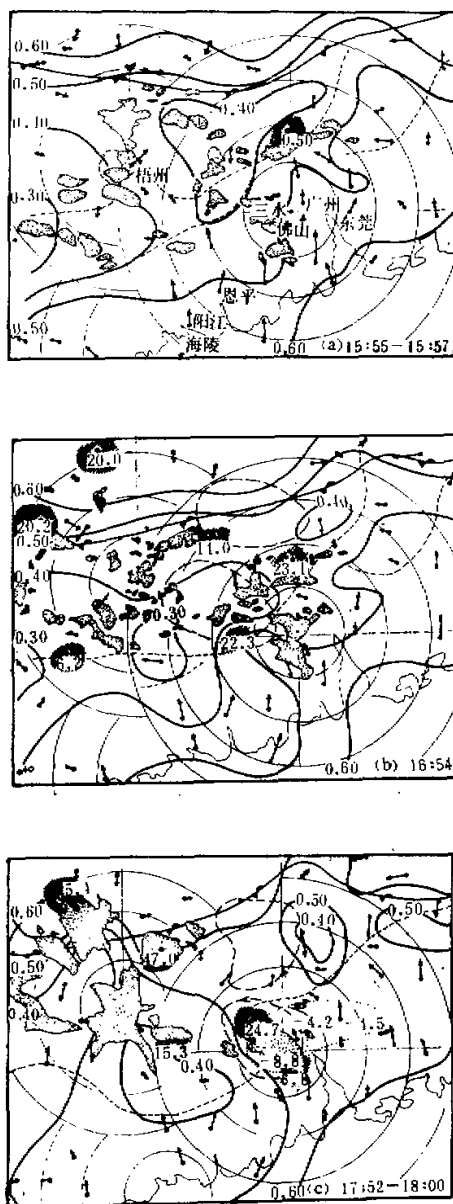


图3 暴雨前期中尺度系统和对流回波结构综合演变图

点影区为雷达回波区,斜影区为雨区(>5毫米/小时),
点线区为中尺度辐合区(单位: 10^{-1} 秒 $^{-1}$),长虚线区表
示涡旋环流,虚线表示辐合线。

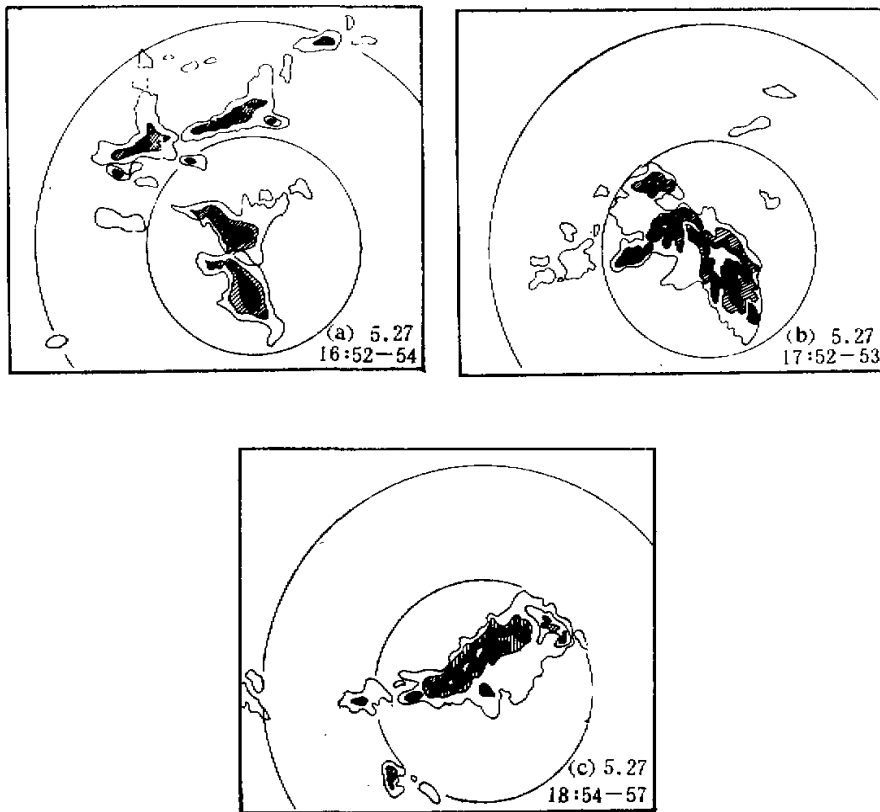


图4 暴雨区雷达回波的合并过程和回波强度演变图
斜影区为 20db, 黑影区为 30db, 白影区为 40db, 中心横影区为 50db.

急流风速切变较大的地区,是容易激发重力惯性波的源区。这一点在文献[6]中也有所阐述。这些地区激发的重力惯性波在位势不稳定大气传播过程中可以发生波动的叠加,特别当它们传播至急流轴左侧大尺度天气条件包括层结条件以及地形条件等有利的地区交汇时,波动的非线性叠加能使波动本身猛烈发展。我们认为很有可能正是这种波动的叠加促使了不同源区的对流回波进一步发展与合并的。从卫星云图(略)可见,暴雨雨团形成以后,暴雨区上空高层形成水平尺度东西宽约 130 公里,南北长达 200 公里的云团辐散区,抑制了暴雨区四周的对流活动,从而组织成以暴雨区为中心的中尺度对流环流,暴雨雨团得以较长期地发展与维持。第一场暴雨从 17—23 时大约持续了 6 个小时。由此可见,不同源区的重力惯性波在位势不稳定大气传播过程中的非线性叠加,可能是组织暴雨雨团、激发对流性暴雨形成的重要机制。

致谢: 本文插图由石宗祥、金仪璐同志绘制,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 李麦村, 重力波对特大暴雨的触发作用, 大气科学, 2 卷 3 期, 201—209, 1978.
- [2] 李麦村, 大气中飑线形成的非线性过程与 KDV 方程, 中国科学, 24 卷 3 期, 1981.
- [3] 巢纪平, 非均匀层结大气中的重力惯性波及其在暴雨预报中的初步应用, 大气科学, 4 卷 3 期, 230—235, 1980.
- [4] 孙淑清, 关于低空急流对暴雨的触发作用的一种机制, 气象, 4, 8—9, 1979.
- [5] 范蓓芬, 对流雨团的组织化对暴雨形成的触发意义, 《华南前汛期暴雨文集》, 气象出版社(待出版).
- [6] 曾庆存, 数值天气预报的数学物理基础, 科学出版社, 第一卷, 1979.
- [7] 李麦村, 飑线形成的非线性过程, 中国科学, 19 卷 6 期, 592—601, 1976.

ON THE TRIGGER ACTION OF MERGENCE OF THE CONVECTIVE CLOUD ECHO BANDS GENERATED IN DIFFERENT SOURCES IN FORMATION OF HEAVY-RAIN

Fan Peifen

(Department of meteorology, Nanjing University)

Abstract

In this paper, the wave-train structure of convective cloud echo bands and inertio-gravitational wave source are qualitatively analysed. It is shown that as the jet stream develops, the strong wind shear generated near the jet stream will excite the formation of inertio-gravitational wave with large amplitude. The source region of inertio-gravitational wave is fit for the radar echo band source region. During the period of propagation of inertio-gravitational waves through the conditional unstable atmosphere, the mergence of these waves in suitable region is favourable for promoting the formation of the heavy-rain.