

9608 台风外围对流云团 造成闽南暴雨成因分析

林 毅 刘爱鸣

(福建省气象台, 福州 350001)

提 要

分析表明:当 9608 台风在福建登陆并往西北行之后,台风东侧东南风和西南风加强并在闽南地区形成暖湿切变,台风西侧的下沉偏北气流南侵加强了闽南地区的湿斜压锋区,提供了中尺度对流云团发生发展的有利条件;台风低压西北方干舌卷入并向南扩展、地面中小尺度辐合系统、地面中尺度能量锋区以及闽南特殊的地形作用均加强了对流云团的发展。

关键词: 对流云团 暴雨 闽南

引 言

1996 年 8 月 2 日凌晨,当 9608 台风减弱为热带风暴,中心已进入江西境内时,在其中心东南方 200km 以外螺旋云带上有一对流云团新生并强烈发展,导致福建省东南部沿海地区出现暴雨一大暴雨。2 日 00 时—12 时 >50mm 的暴雨区呈东北—西南向带状分布在泉州市和漳州市南部(见图 1)。两个特大暴雨中心分别在同安(252mm)和漳浦(225mm)。为弄清导致这场大暴雨的中尺度对流云团发生发展的成因和提高短时强降水的预报水平,特对本过程作一分析。

1 对流云团发生发展的环境场特征

台风登陆后,8 月 1 日 20 时 500hPa 形势场上,副高呈稳定和加强状态,中心达 5960gpm,随着 9608 号台风的西北行,在台风低压的东到东北侧出现一加压区,台风与副高脊之间气压梯度和变压梯度增大,导致台风低压的东北象限中低空出现了一支东南风急流(850hPa 福州东南风达 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),它与台风南侧粤闽间的西南风急流(850hPa

厦门西南风 $26\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 在福建省中南部沿海到台湾海峡北部海区形成一条暖式切变线,由附表可见,福州与厦门之间纬向风切变自 31 日 08 时至 2 日 20 时一直保持明显正值,且在 1 日 20 时达最大,由此可见这一时段内

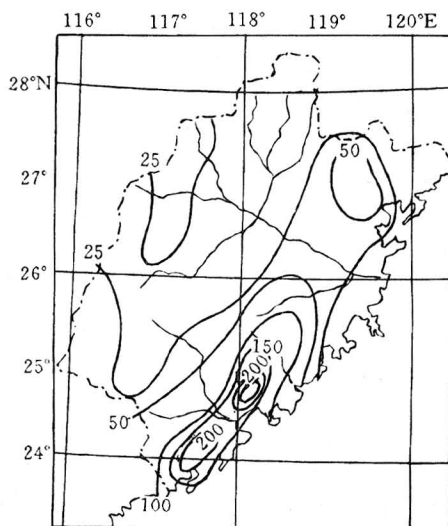


图 1 1996 年 8 月 2 日 00—12 时福建省雨量 (mm)

该地区中低层维持着很强的水平辐合。分析700hPa的垂直速度场(图2)可见,除了台风中心有一个强烈上升运动区外,在闽南沿海还有一个较强的垂直运动上升区,上升速度达 $-5.9 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。云图分析表明,对流云团最初是形成于台风低压西侧偏北气流与南侧西南气流汇合处的粤东沿海,以后在西南气流作用下,向东北方向移动,在暖式切变南侧强辐合上升运动区获得迅速发展。由此可见,对流云团发生发展的大尺度条件是低空东南风急流和西南风气流的辐合,台风西侧偏北气流的南侵与前述两支气流构成气旋式交汇区,亦是该中尺度对流云团得以发展维持的主要动力条件。

附表 福州与厦门之间850hPa纬向风切变化¹⁾

时/日	08/31	20/31	08/01	20/01	08/02	20/02
$-\Delta u/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	4.9	11.9	28.4	31.2	10.6	5.3

1): $-\Delta u = -(u_{\text{福}} - u_{\text{厦}})$

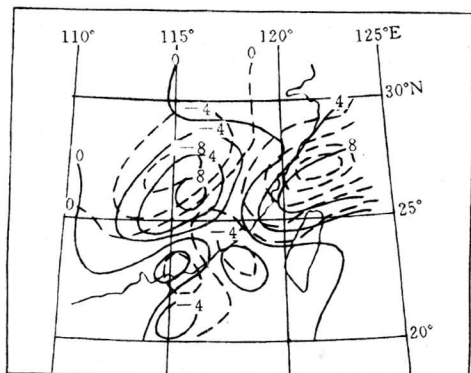


图2 8月1日20时(实线)和2日08时(虚线)700hPa垂直速度场($10^{-3} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

2 卫星云图动画分析

卫星云图动画显示系统能系统清晰地揭示云顶温度变化的细微特征,在显示云顶温度的同时还显示该时次冷云顶在不同强度区间上温度的变化趋势,并给出具体的变化量值。本过程利用逐时卫星云图动画与逐时降水量资料进行对比分析,从中揭示了造成闽

南大暴雨对流云团发展演变特征及与降水关系。

2.1 云团的发生阶段

对流云团是在8月1日夜间由一些零散的对流单体迅速合并发展起来的。2日凌晨发展最旺盛,从形成到发展最旺盛历时约10个小时。

卫星云图动画分析表明,对流云团的发生发展与台风低压西北方有一干舌卷入并向南扩展有关。在1日20时30分的云图上(图略),位于粤东沿海的螺旋云带内有几个云顶温度为 -65°C 小对流单体,而在台风低压的西北侧螺旋云带间的闽赣交界处和台风东南侧福建省南部地区各有一条云顶温度相对较高的云带(对应下沉干区),以后台风低压西北侧的干区呈气旋性旋转伸向台风低压西南侧并与台风东南侧的干区打通,2小时后(1日22时30分)合并加强的干舌区南压到粤东沿海螺旋云带西北侧,此时位于螺旋云带上的小对流单体迅速发展合并,云区中心降温达 -70°C 以上,云团中强冷云区($T < -70^\circ\text{C}$)的面积由20时的4个零星小点组合成面积约为 1400km^2 的密实椭圆型对流云团,23—24时,云图上冷云团的东北方向出现大片的强降温区(每小时云顶温度下降 $>4^\circ\text{C}$),表明此处云团处于发展增强阶段,这时强降水区(每小时 $R > 10\text{mm}$)主要出现在强冷云团中心并偏向云团发展最强的方向。

2.2 云团的稳定发展阶段

2日02—03时,干舌区继续向南扩展,区内温度继续上升,04时干舌区南压到 24°N ,中心温度达 -3°C ,在对流云团的西北侧形成温度梯度大值区,温度梯度最大值达 $-13^\circ\text{C}/50\text{km}$,这时云团发展也达最强盛,冷云区面积达 6000km^2 ,冷云区中心最低值达 -94°C ,强云区内云顶温度变化以 $-4\sim-6^\circ\text{C}/\text{小时}$ 为主,对流云团处于稳定发展阶段,这时强降水区出现在云团的强冷云中心附近并偏向冷云顶温度等值线曲率较大的方向。

2.3 云团的减弱阶段

2日06时,对流云团西北侧的干舌区明显北缩,云团西北侧的温度梯度减小,08时后对流云团进入减弱阶段。冷云团中心开始出现零星升温区,随后升温区逐渐扩大,并以云团的东侧升温最显著,云团冷中心东侧被

升温区所蚕食,成为锯齿状,云团冷中心温度由07时的 -88°C 上升到09时的 -75°C ,11时后冷云中心由完整密实区分解为零星小区,中心温度急剧上升。在云团减弱阶段强降水区出现在冷云中心偏向冷云顶温度等值线梯度较大的方向(即锯齿形一侧,图3)。

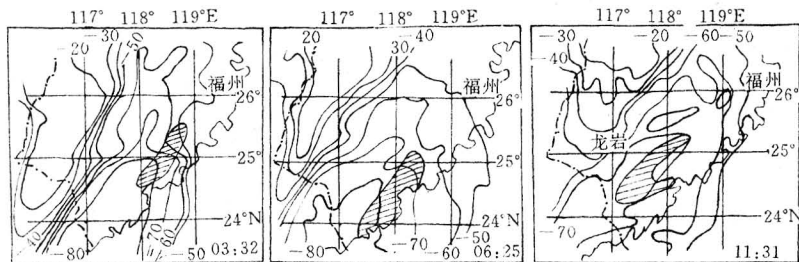


图3 8月2日03—11时卫星云图素描

阴影区为1小时 $R > 10\text{mm}$ 雨区

上述分析表明,在对流云团的发生发展过程中其西北方始终伴随着干舌区,这在对流云团与干舌区之间形成温度梯度大值区。干舌区加强并扩展到最南时,对流云团发展并达最强,当干舌区北缩减弱1—2小时后,对流云团也开始减弱。干舌区对应下沉运动,与对流云团的上升运动构成一个垂直环流,当下沉运动加强,有利上升支上升运动加强,促使对流云团发展和加强;当下沉支减弱,相应上升支上升运动减弱,对流云团发展减慢。

3 地面中小尺度系统

3.1 地面中小尺度辐合系统

暴雨是在有利的大尺度环流形势下由中尺度天气系统直接造成的。分析本过程地面逐时风场,在闽南地区多次出现中尺度辐合线,并且有较强的地域性,其多出现在木兰溪和九龙江南侧。地面中小尺度辐合线与未来强降水区有很好对应关系,表明地面的中小尺度辐合线所产生的辐合上升作用,触发并加强了中尺度对流云团的发生和发展,造成辐合线附近降水量加大。以8月2日07时地

面风场为例,在诏安与云霄之间、漳浦与龙海之间、同安与安溪之间分别存在三条中小尺度辐合线,在这三条辐合线附近,均对应未来一小时 $>30\text{mm}$ 的强降水区。

3.2 地面中尺度能量锋区

闽南的大暴雨发生在密集能量锋区上,8月1日14时—2日08时,沿同安、漳浦、邵安维持一条高能舌,高能中心的总温度达 84.5°C ,图4是2日02时地面湿静力温度场,高能舌从广东汕头伸向闽中南沿海,而在福建中西部则为低值区,在闽中南形成了一条东北—西南向的能量锋区,有利扰动在锋区上发展。

4 地形对降水的增幅作用

三支气流的相互作用在闽南地区为中尺度对流云团提供有利的环流场,但从雨量分布图可见,主要降水中心呈长条状分布在闽南的中部半山地带,而沿海雨量仅为 100mm 左右,两者相差一倍多,这表明闽南特殊的地形对降水起了明显的增幅作用。

地形对降水的增幅作用包括地形摩擦辐

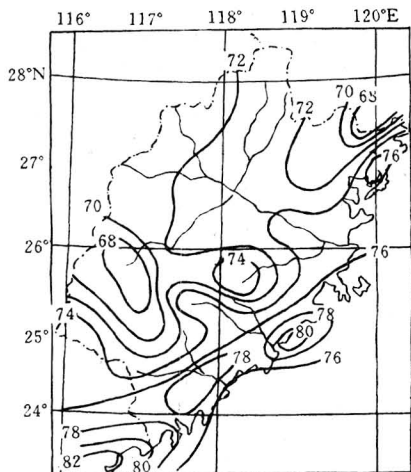


图4 8月2日02时地面湿静力温度场(°C)

合作用、地形抬升作用、喇叭口地形的气流辐合作用及气流碰到山地的扰动等。据研究,地形引起降水增幅主要取决于两个因素,一是低层风速,风速愈大增幅愈强。二是气流的暖湿程度,气流愈暖愈湿地形对降水的增幅愈大。在台风活动过程中,这两个条件都具备,因而地形对降水的增幅极为明显。因资料条件的限制,仅对地形作用的其中几个方面进行分析。

4.1 地形的摩擦辐合作用

闽南沿海地形为东北—西南走向,西北高东南低,西北侧的戴云山和博平岭山脉为海拔高度达1500m以上的高山地带,当9608号台风深入内地时,闽南沿海风向由西南风转为偏南风或东南风,风向与沿海的山脉走向成正交,造成地形摩擦辐合作用加强。

分析闽南沿海地区逐时风向风速分布及变化可发现,闽南地形对偏南气流有显著的摩擦辐合作用,在8月1日20时—2日08时期间,位于海岸线上的崇武、厦门、东山的东南到偏南风速均在 $8-13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,而距海岸线20—30km的南安、同安、长泰的风速只

为 $4-6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,距海岸线50—60km的永春、安溪、平和风速仅 $2-3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,可见在闽南地区,由于自东南向西北的地形升高,地形对偏南的气流摩擦辐合作用很明显。经计算本过程这种辐合量级可达中小尺度系统的辐合量级。气流辐合所产生的上升运动,加强了该地区中尺度对流云团的发展,造成了降水的明显增幅。强降水中心呈带状分布在距海岸线30—50km的山坡地带,正是地形摩擦辐合作用的结果。

4.2 喇叭口地形的辐合作用

本过程的暴雨极值中心出现在同安和漳浦两县,12小时雨量分别为252和225mm,这与两县特殊的地形条件有关。这两县均位于三面环山、向东南开口的环形地带,并以西北侧高达1000m以上的高山为屏障,当低空盛行风转为东南风时,喇叭口似的地形条件加剧了气流的辐合及抬升作用,使该两县较沿海邻近县市降水增大。

5 结 语

5.1 台风东侧东南风和西南风加强并在闽南地区形成暖湿切变为对流云团的发展提供了有利的辐合上升环境场,台风西侧的下沉偏北气流南侵加强了闽南地区的湿斜压锋区,有利扰动在其上发展。

5.2 对流云团的发生发展与台风低压西北侧有一干舌卷入并向南扩展有关。

5.3 卫星云图动画分析提供了云团发展变化的细微特征,本过程强降水出现在云团冷中心偏向云团稳定发展方向及冷云区湿度廓线曲率较大的方向。

5.4 闽南特殊地形的摩擦辐合作用和喇叭口地形辐合作用造成了本过程降水的明显增幅。

(下转第30页)

An Analysis of Heavy Rain in Southern Fujian Caused by Mesoscale Convective Cloud Cluster

Lin Yi Liu Aiming

(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001)

Abstract

The analysis results showed that after Typhoon 9608 landed on Fujian and moved northwestward, the enhance of the southeast wind and southwest wind at the east side of the typhoon, the warm moisture shear line formed over, southern Fujian, the descend of north wind at typhoon's west side moving southward and then the enhanced moisture baroclinic front zone in southern Fujian, provided the favourable conditions for developing the mesoscale convective cloud cluster. The involvement of a dry tongue from northwest of the typhoon and moving southward, the small and mesoscale convergence system at surface, the surface mesoscale energy frontal zone and the special topography at southern Fujian all enhanced the development of convective cloud cluster.

Key Words: mesoscale convective cloud cluster heavy rain southern Fujian