

闽北大暴雨的中尺度特征分析

王怀俊 刘爱鸣 陈世阳

黄东兴

(福建省气象台,福州 350001)

(福建省建阳雷达站, 354200)

提 要

运用常规气象资料、逐时数字红外卫星云图及雷达回波资料,分析了1998年6月18~19日福建省闽北地区大暴雨过程的中尺度云团发生、发展等演变特征及湿斜压锋区和低空西南急流对中尺度对流云团发生发展的作用,揭示了大暴雨形成和发生的一些特点。

关键词: 大暴雨 中尺度 对流云团

1 概 况

1998年6月18日下午,地面冷锋进入江西境内,20时到达武夷山北侧,冷暖气流的交汇激发了中尺度对流云团的强烈发展,致使18日夜~19日闽西北地区再次出现大暴雨天气。5个县(市)日雨量超过100mm,部分乡镇超过200mm,暴雨中心建阳市5小时雨量达101mm。由于闽北前期已连续数日暴雨或大暴雨,这次大暴雨过程的出现,导致江河水位再次猛涨,闽北地区出现第三次洪峰,给南平市工农业生产和人民生命财产带来巨大损失。

2 中小尺度系统发生发展的特征分析

2.1 卫星云图分析

这次大暴雨过程是在稳定的大尺度环流背景下,由中尺度对流云团直接造成。分析逐时红外卫星云图,根据云团的发生地及演变趋势发现,这次大暴雨过程是由两次中尺度对流云团活动组成,分别对应18日上半夜和19日上午两个降水集中时段。

2.1.1 西南云团东北移并发展

18日夜间的强降水是由锋前暖区对流云团在南下冷锋激发下强烈发展所致。分析表明,18日,华南上空西南气流相当强盛,卫星云图上,从广东西部到赣南有一条由多个白亮浓密的对流云团组成的西南~东北向的云带,16时30分在赣州西部出现一个小对

流单体A,随着冷锋的逼近,A单体在向东北方向移动中范围不断扩大,强度迅速发展。18时30分云顶温度达 -81.2°C ,西南地区不断有对流云系北涌与其合并,到19时30分A云团发展成一个椭圆型云团, $<-70^{\circ}\text{C}$ 的云区面积达 2300km^2 。分析18日20时涡度场,A云团生成发展的区域在400hPa以下各层均为正涡度,最大正涡度出现在850hPa,其值达 $8.25 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。300hPa以上均为负涡度,最大负涡度出现在200hPa,其值达 $5.3 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。低层辐合、高层辐散,导致整层的上升运动,最大上升运动出现在500hPa,达 $-12.2 \times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这种物理量场的分布预示着A云团将要发展加强。21时30分A云团继续发展并靠近福建省,外围云系已影响闽北。22时30分A云团发展到最强盛,最冷云顶温度达 -85.8°C ,位于光泽附近,还出现 $<-80^{\circ}\text{C}$ 的云核,面积达 1500km^2 。A云团进入闽北后,最冷中心沿 27.8°N 向偏东方向移动,22~24时闽北上空为A云团所覆盖,云团最冷中心始终维持在 -80°C 左右。受其影响,闽北的光泽、邵武、崇安、浦城等地22~01时降水量达30~60mm,其中邵武22~24时2小时雨量达60mm。01时后A云团进入浙南,强度减弱(见图1)。

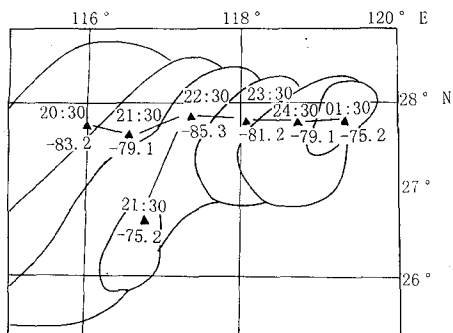


图1 1998年6月18日20时~19日01时(北京时,下同) $TBB < -70^{\circ}\text{C}$ 云区演变特征

2.1.2 锋面残留云系上发展起来的对流云团

第二个云团活动在19日08~11时,它的强度和范围都较第一个云团弱。它的前期胚胎可以追溯到19日04时,在锋后残留云系上发展起来的几个小对流单体合并成一个较大的对流云团所致。云图分析表明,19日02时以后,闽北地区上空的对流活动减弱,减弱的锋面云系云顶温度在 $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$,但到了04时30分~06时30分在锋后残留云系上沿闽赣交界处先后有3个云顶温度 $<-60^{\circ}\text{C}$ 的对流单体发展起来(图2a),07时30分合并成一条东北~西南向带状中尺度对流云团B,其间有序地排列着3个云顶温度 $<-65^{\circ}\text{C}$ 的云核,分别位于松溪、建阳、泰宁。而此时来自华南沿海一带低空急流中的中尺度云团在向东北方向移动中已逐渐靠近锋面云系,在其东北方有对流单体C分裂出,位于广昌附近(图2b)。19日08时的诊断分析结果表明,此时B云团形成区域上空上升运动很强,400hPa以下各层均为较强的正涡度,最大正涡度出现在700hPa,达 $6.2 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。400hPa以上各层均为负涡度,最大负涡度出现在200hPa,达 $5.0 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。08时30分西南气流输送来的对流云团与锋面连接,C单体并入B云团(图2c),不同性质云团的合并,使B云团强烈发展,其

间的两个云顶温度分别达 -73.7°C 和 -71.6°C ,位于建宁和建阳附近,08时,建宁、建阳等地出现 $>10\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的降水。此后B云团稳定少动,建宁9~10时雨量达31.6mm,建阳09~11时雨量达62.2mm。11时30分以后B云团开始减弱(图2d)。

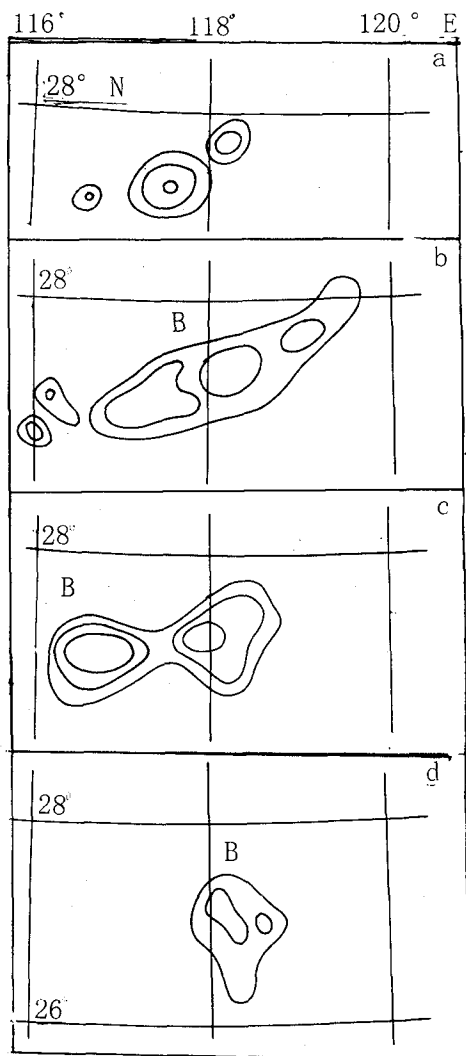


图2 1998年6月19日05~11时 $TBB < -60^{\circ}\text{C}$ 云区演变特征

2.2 雷达回波分析

雷达回波分析也表明这次大暴雨过程是

由两个中尺度回波系统直接造成。

2.2.1 第一时段回波演变特征

由图 3 可见,18 日 16 时 40 分闽北北部~江西境内有一 A 回波呈东西走向,17 时 41 分演变成东北~西南走向的带状回波,其西南端有对流单体 B 回波。以后 A 回波向东偏南方向移动,B 回波在东移过程中逐渐减弱,而在三明地区有块状回波 C 迅速发展加强,回波呈明显的暖区对流降水,回波沿山谷向东北方向移动。18 时 41 分(图略)A 回波移至武夷山脉北坡时改向偏东方向移动,回波主体演变成东西走向,南部 C 回波不断补充到 A 回波带的东段。此时在芫州至广昌有东北~西南走向的对流回波短带 d 发展东移。21 时 41 分 d 回波越过武夷山脉与 A 回波合并形成一条东北~西南走向的带状回波。30~43dBz 强核位于带的前沿,整体回波向东南压,单体回波及 d 回波仍向偏东移。强核水平尺度 25km,高度 14km。邵武 22~24 时受带南端强核影响,2 小时雨量达 58.5mm。由此可见闽北第一时段强降水是由北部回波 A、暖区回波 C 及西南回波 d 三部分组合共同影响所致。

2.2.2 第二时段回波演变特征

19 日 00 时 42 分 A、d 带的后部武夷山脉的北坡江西玉山、资溪、南丰产生新的对流块体组成的第二条回波带 B(见图 4)。B 回波强度逐渐加强并向东偏南方向移动。此时 A、d 回波带南端强度明显减弱,强降水集中在带的中段建阳~武夷山之间乡镇。04 时 44 分 A、d 回波带并入 B 回波带内,强核回波分布在武夷山脉北坡,回波整体明显向东南移,单体回波向偏东移。回波移入闽北不断发展加强并向东移动。30~43dBz 强核呈纬向排列,分布在建阳西部及北部,移速 $40\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,建阳 09~13 时受西部强核回波的影响,5 小时降水量达 101.1mm。建阳北部强核东移影响松溪时,该地 4 小时雨量 66.4mm,其

中 11 时雨量 30.9mm。11 时 45 分回波向南扩展,北部回波强度逐渐减弱,结构松散,强核回波水平尺度明显变小且分布零散,回波特征的明显变化预示着大的降水将告结束。

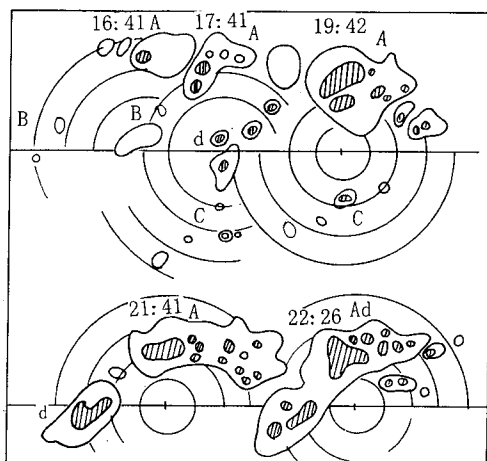


图 3 1998 年 6 月 18 日建阳站 713 雷达回波动态图
每圈 50km,阴影区为 30~40dBz

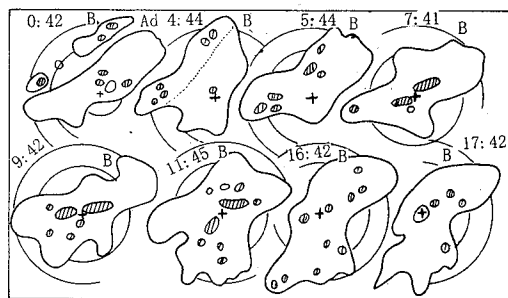


图 4 1998 年 6 月 19 日建阳站 713 雷达回波动态图
3 中尺度对流云团发生发展的环流背景

分析 18 日 08 时中尺度对流云团发生发展前的 500hPa 图(略)发现,高原东部有西风槽东移,引导地面冷空气南下。在 27°N 以南的华南地区, $105^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 维持着南支槽,副高成带状从太平洋伸到南海中部,槽前和副高西北侧的辐合区中,活跃的西南暖湿气流携带大量的水汽和热量向东北方向涌进。08 时地面冷锋和切变线近乎重叠,位于济

南、汉口、重庆,20时切变、冷锋逼近武夷山北侧,触发锋前暖区内中尺度对流云团的发生发展,导致闽北22~24时第一阶段的暴雨。随着500hPa西风槽发展东移,19日08时逼近闽北上空,槽前强烈的上升运动使锋后残留云系上又有新对流单体生成、合并成强对流云团,致使闽北19日白天出现第二场暴雨。

4 湿斜压锋区对中尺度对流云团发生发展的作用

分析18日20时850hPa流场与 $T-T_d$ 场可见(图略),在长江流域及其以北地区是一支偏北气流,不断携带干冷空气南下,与这支气流相对应,江淮流域是一片 $T-T_d$ 大值区;华南地区上空则是一支强的西南暖湿气流,携带大量暖湿气流向北输送,与这支气流相对应的是 $T-T_d$ 低值区,湿舌从华西伸向长江口,湿中心分别位于南宁和衢州。此湿舌与干冷气流相遇形成强的湿斜压锋区,18日20时锋区位于武夷山北侧,19日08时随冷空气南下,北侧干区加强南压,湿斜压锋区南压到闽北,湿中心位于邵武。湿斜压锋区附近存在强的湿斜压不稳定能量,冷锋南压和高空槽东移,触发了不稳定能量的释放和中尺度对流云团的发生发展。暴雨区位于湿斜压锋区南侧的湿中心附近。18日晚暴雨带在 $27.5\sim 28.0^\circ\text{N}$ 附近。19日上午暴雨带南压到 $27.0\sim 27.5^\circ\text{N}$ 。

5 低空西南急流的作用

5.1 低空西南急流提供了充沛的水汽。暴雨期间,华南沿海稳定着一支低空西南急流,急流中心稳定在赣州,18日20时达 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,19日08时达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。图5是水汽通量散度分布图,图中有两个水汽通量辐合中心,一个位于赣州附近,强度达 $-8.7\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,与云团生成发展区相对应,另一个位于南平北部,强度达 $-5.2\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,与闽北暴雨区相对

应。这两个水汽辐合中心是偏北风与强西南风所形成的辐合区及低空西南风急流内风速差异共同造成低空暖湿空气堆积所致,并由此产生强烈的上升运动,在500hPa达到最强,中心均达到 $12.2\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ (图略)。

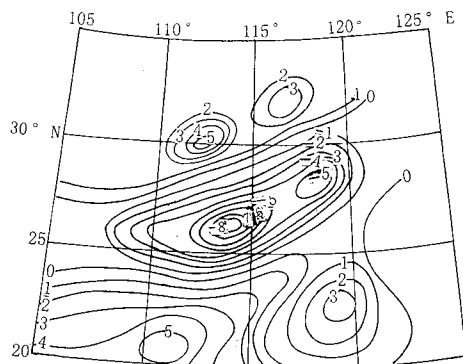


图5 1998年6月18日20时850hPa水汽通量散度分布图
(单位: $10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

5.2 低空西南风急流提供了暖湿不稳定空气,使低层明显增温增湿, θ_{se} 迅速增大,在暴雨区及下风方形成强烈位势不稳定。图6为18日20时 θ_{se} 垂直剖面图。由图可见,18日夜西南急流轴上,邵武及其下风方存在对流不稳定区,邵武上空500hPa θ_{se} 值与850hPa θ_{se} 值之差达 -15K 。18日暴雨主要由暖区强对流不稳定所致。19日上午,随冷空气南下和暴雨后能量的释放,邵武上层层结趋于中性,但由于低空急流的加强,闽北上空中低层仍存在很强的湿斜压锋区,同时下风方仍存在强的对流不稳定,造成19日中尺度对流云团再次发生发展和闽北的暴雨。

综上所述,低空西南急流对暴雨的作用是强西南急流与西北气流相遇,产生湿斜压不稳定,在辐合线附近造成锋面与锋后降水;锋前暖区在强西南急流作用下,产生对流不稳定,与低空西南急流左前方辐合作用相结合,加强上升运动,造成暖区降水。

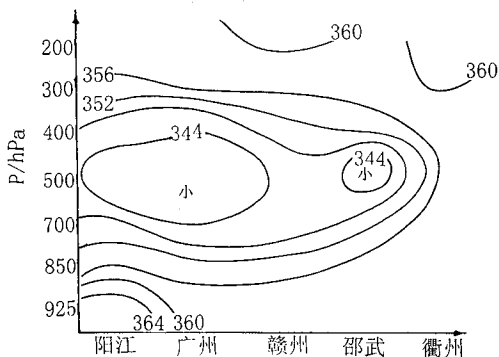


图 6 1998 年 6 月 18 日 20 时沿西南急流轴的 θ_e 垂直剖面图(单位:K)

6 结语

(1) 闽北的这场大暴雨过程是在稳定的环流形势下, 低空西南急流将南海高温高湿的不稳定大气源源不断地输送到闽北上空, 急流轴上的风速分布不均造成水平气流辐合并产生强烈上升运动。

(2) 北方冷空气的南下, 在暴雨区形成湿斜压锋区, 产生湿斜压不稳定, 冷锋切变和高空槽的逼近, 提供天气尺度的动力抬升作用, 触发了不稳定能量的释放。

(3) 卫星云图和雷达回波分析表明, 这场大暴雨是由两次中尺度对流云团的活动直接造成。

Mesoscale Features of the Cloudburst over the Northern Fujian in 18—19 June 1998

Wang Huaijun Liu Aiming Chen Shiyang
(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001)

Huan Dongxing
(Jiangyan Radar Station)

Abstract

By means of the conventional meteorological data, digitized infrared satellite imagery and the radar echoes, the developing characteristics of the mesoscale convective cloud clusters which caused the cloudburst over the northern Fujian in 18—19 June 1998 were analysed, and the effect of the wet-baroclinic front zone and the southwest jet flow in low altitude on the mesoscale convective cloud clusters were discussed. Some features of cloudburst during the developing were given.

Key Words: cloudburst mesoscale convective cloud clusters