

一次连续性大暴雨成因及雷达回波特征分析

黄东兴 黄美金

(福建省建阳气象雷达站, 354200)

提 要

对1998年6月中旬发生在福建省北部地区的连续性大暴雨过程的环流特征、影响系统、特殊地形条件作用、中尺度回波系统活动及小尺度强核回波对降水强度的贡献进行了综合分析,力求从雷达回波演变特征找出规律,以提高其短时预报能力。

关键词: 连续性大暴雨 回波加强域 中尺度回波系统 小尺度强核回波

引 言

1998年6月12~22日由于受地面静止锋和中尺度切变线的共同影响,闽北地区出现了连续性大暴雨~特大暴雨天气过程。南平市10县市均遭受特大洪灾,过程持续时间长、降水强度大且集中,造成江河水位骤涨,建溪、富屯溪、崇阳溪、浦溪等溪流多次出现超危险水位,致使闽江干流出现150年一遇的特大洪灾,过程雨量超过900mm的有光泽、武夷山,其中光泽总雨量最大,达1014mm(图略)。

1 环流形势背景

1.1 500hPa 形势

1.1.1 中高纬大气环流异常稳定

在6月12~22日连续性暴雨过程中,500hPa中高纬地区维持二脊一槽型;乌拉尔山阻塞高压、贝加尔湖大槽和鄂霍次克海高压。稳定少动的双阻高存在,使亚洲地区西风带形势为倒 Ω 型,乌拉尔山阻高的存在加大了中高纬环流经向度,有利于冷空气自其东北侧不断向南输送,并在中西伯利亚地区堆积;鄂霍次克海高压的维持,使贝加尔湖切断低压无法快速东移入海,从而在中低纬形成一个阶梯槽,南伸到长江流域的低槽槽底不断分裂出冷空气补充南下影响福建。

1.1.2 西太平洋副热带高压稳定且偏强

12~22日,588线稳定在华南地区上空,副高呈带状纬向型,为东北东~西南西走向,脊线位于17~19°N,较常年同期偏南,副高西脊点维持在105°E附近。表明连续性暴雨期间,副高西伸,强度偏强,闽北地区一直处于副高西北侧的西南气流中。

1.1.3 南支槽活动频繁

16日以后,105~115°E附近稳定维持着南支槽,并与高原东部槽同相叠加,从而大大加强了来自孟加拉湾并伸向华南沿海的槽前西南风急流的水汽输送和垂直上升运动。

西风带双阻形势的存在、副高的稳定和脊线位置适中及高原南侧有槽配合,都有利于北方弱冷空气与南来的暖湿气流在福建省北部~江浙一带交绥,从而造成了持续降水。

1.2 850hPa 形势

1.2.1 低层切变线和西南低涡的作用

暴雨期间,切变线基本维持在27~33°N,即在汉口~邵武之间活动(图略),并先后有4次低涡从西南地区东部沿切变线东移影响闽北。由于切变线的扰动加剧了低层暖湿空气的辐合上升,低涡东移,又促使上升运动更加强烈,为强降水的产生和维持提供了必要的动力条件。

1.2.2 低空西南急流的活动

850hPa切变南侧始终维持着强劲的西南风急流,急流轴在115°E上位于25~28°N附近,即在南昌、郴州以南的华南上空(图略),风速达16~24m·s⁻¹,强风速中心摆动于桂林和赣州之间。由于它在三度空间上风速分布的不均匀,引起了垂直和水平切变,造成水汽通量的辐合,这是形成此次大暴雨的重要条件之一。

1.2.3 低层存在明显的风向和风速辐合

不仅西南急流上存在风速的脉动,在赣

州至邵武之间常有强烈的水平风速辐合,闽北~赣北之间有风向辐合,两者形成的辐合区促使低层暖湿空气产生质量堆积。四场大暴雨皆与低层强辐合有关,导致过程降水强度大、区域集中,如21日20时赣州与邵武之间的风速差达14m·s⁻¹,引起强烈的辐合上升运动,造成21日20时~22日08时光泽12小时降水达250mm。

1.3 高低空急流

12日08时200hPa上空在江淮流域维护一支西北偏西风急流,中心强度在36m·s⁻¹以上^[1],中低空急流也持续维持。急流轴随高度由SW~NE向转为准东西向,它们之间有明显的夹角,表明风随高度明显顺转,在垂直方向上存在风向、风速的切变。高空西风急流的右侧,存在水平风速的反气旋切变;同时低空急流最大风速中心的前方有明显的水汽质量辐合或强上升运动,对应为一个辐合中心。这种高空辐散、低空辐合的配置有利于大暴雨~特大暴雨等强对流天气的产生。

1.4 地面形势

地面图上,从日本海~我国华北稳定维持一高压脊,同时高原东部不断有加压补充到高压带中,致使地面静止锋相对稳定在26~30°N,不易北抬(图略)。

25日,日本海高压脊减弱东退,588线北抬至30°N以北,锋面随之北抬到长江流域,雨区移出本省,此次连续性暴雨过程结束。

2 物理量场特征

2.1 水汽条件和露点锋

12~16日,850hPa在27~29°N间存在稳定的 $T - T_d < 2^\circ\text{C}$ 且呈东西走向的饱和湿区,17日以后转为东北~西南走向,稳定在百色~大陈岛之间,表明这期间来自孟加拉湾、北部湾的水汽加强并源源不断地向暴雨区输送。该湿舌与北侧的干气流在武夷山

北侧交汇形成明显的露点锋,等露点温度线与急流轴交角也较大,可见暴雨区上空具有较大的湿度平流,同时露点锋强烈的抬升作用造成潜能的释放,激发了中尺度扰动发展。如21日20时中尺度对流性强降水回波就是在露点锋附近发展并产生强降水的。

2.2 层结稳定性和低层总能量场状况

$\Delta\theta_{se(500-850)}$ 负值中心在 $27\sim 29^{\circ}\text{N}$ 的暴雨区上空及上风方的连平、梧州附近,中心最低值位于衡县,为 -16.6°C (16日)。12~13日、15~18日和21日零度线在 30°N 附近呈纬向分布;14日、19~20日和22日零度线过闽北。总之,暴雨区位于零度线附近且偏向负值区一侧。分析低层总能量场(图略)可看出,从华南~福建省分布着一条东北~西南走向的高能舌区。当受到外界触发时,不稳定能量得到释放,易促使中尺度对流回波发生发展。

3 地形加强域对降水回波的增强作用

3.1 闽北地形特征

闽北地处福建北部山区,地形条件复杂:北有武夷山脉、东有鹭峰山脉、南有戴云山脉^[2]。东北西南走向的武夷山脉中部有一地形开口正好处在光泽、邵武之间,影响福建的冷空气受这一天然屏障的阻挡,移动方向发生改变,形成特殊地形条件下的降水特征,邵武南部有一向南开口的喇叭口地形,浦城正好处在武夷山脉与仙霞岭交界的开口处,松溪、政和位于两山之间峡谷地带,东面是鹭峰山脉,南部是由较低山系组成的开阔流域(标注的站点见图1)。由于特殊地形排列走向,影响了各区域降水回波的移向及降水强度。

3.2 地形加强域作用

根据雷达实时资料与降水实况表明回波在某一特定区域发展加强,形成短时强降水。

中部、北部地区14、17、19、22日4场大暴雨~特大暴雨的产生,与有利的天气形势背景及地形加强域关系密切(图略)。过程中低层850hPa存在一支大于 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 低空西南风急流,急流将高温、高湿的不稳定大气源源不断地输送到暴雨区上空。在赣州至邵武之间存在明显的风速辐合,由于北部地区的特殊地形,促使云团辐合抬升,形成特定区域较长时间强降水,如14日凌晨武夷山北部加强域回波不断东传影响浦城,造成浦城5小时降水86.4mm,21日11~18时浦城仍受武夷山北部回波影响,造成7小时降水100.9mm的短时特大暴雨(图2a、d)。13日20时~14日08时、16日20时~17日08时回波在光泽北部和武夷山西部加强域发展东移影响武夷山,分别造成了187.6mm和226.3mm的短时特大暴雨(图2a、d)。19日08~13时受邵武南部加强域回波影响造成建阳5小时降水101.0mm的短时特大暴雨(图2c)。

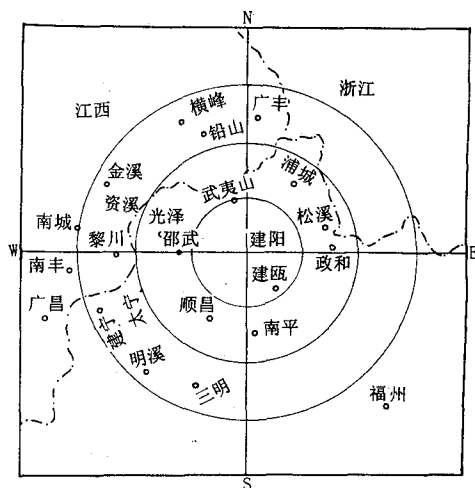


图1 建阳713天气雷达(每圈间隔50km)和站点分布

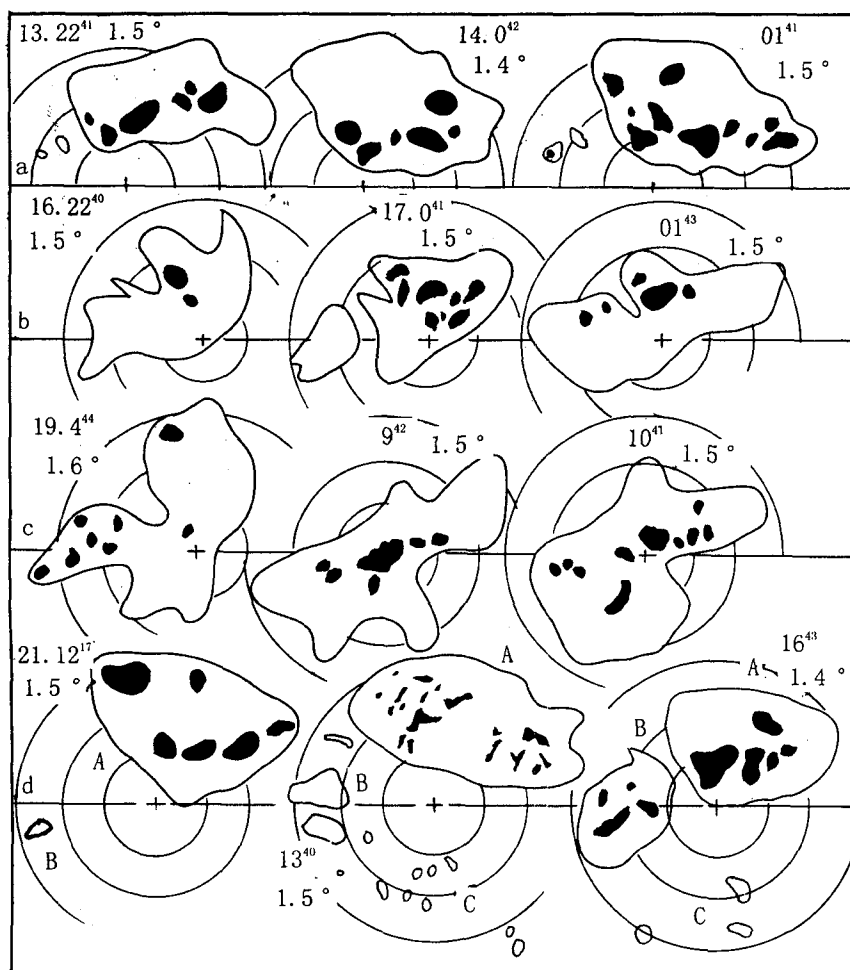


图2 建阳713雷达回波素描(每圈间隔50km)

黑色片的强度为30~43dBz

4 中尺度回波系统与小尺度强核回波特征分析

4.1 中尺度回波系统特征

根据每小时雷达资料表明,闽北地区4场大~特大暴雨过程与地面静止锋和低层切变线活动有密切关系,对应8次中尺度回波系统活动,形成8次强降水集中时段。

13日01:43,江西德兴、横峰有小块对流回波发展,04:43形成的大片絮状回波不断东移(A回波,图略),18:41(图3a)在德兴又有新的对流回波生成,并迅速发展(B回波),

与A回波形成两个水平尺度 $100 \times 70 \text{ km}^2$ 的对流回波团,B回波强度不断发展,水平尺度扩大,A回波强度有所减弱。21:40,B回波团东移与减弱的A回波团合并形成大片絮状降水回波,在金溪、南城一带有新生对流回波发展东移,不断补充到AB回波团中,同时德兴一带有新生对流回波发展并不断向南输送,造成北部地区强降水长时间维持,形成第1次强降水。

14日04:42,德兴、横峰附近新生的对流回波迅速发展,形成水平尺度 $100 \times 100 \text{ km}^2$ 的C回波团。06:40造成第一次强降水的AB

回波团东移,强度明显减弱,此时南城一带新产生的对流回波D发展东移与向南扩展的C

回波团合并,形成大片絮状降水,形成第2次强降水。

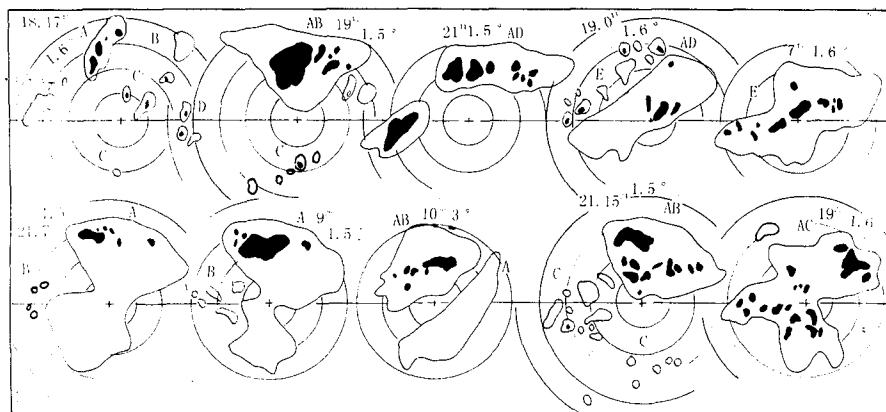


图3 建阳713雷达回波素描

说明同图2

16日10:40(图略)在德兴有一 $100 \times 70 \text{ km}^2$ 的大块对流回波(A回波),主体回波不断发展南伸,同时闽北、浙南分布着小尺度对流块体回波(B回波),回波不断向东北抬补充到北部回波的东部形成东西走向的回波带。15:15(图3b)西部南城一带产生新的块体对流回波(C回波),并不断东移发展,与A、B回波合并成一条长400km、宽100km的东北西南走向的D回波带。西部强核回波不断东传与北部回波交汇形成了第3次强降水。16日19:41D回波明显南压,强度趋于减弱。武夷山脉北坡横峰至广昌一带产生新的对流回波E并迅速发展,形成大片絮状降水。17日00:41南城、广昌一带对流回波F东传汇合于北部地区,使强降水长时间维持,造成第4次强降水。

18~19日凌晨造成北部地区强降水的回波主要由A、D、C三部分回波组成,18日17:41(图4a)A回波移至武夷山脉北坡时受地形抬升,形成与地形走向一致的带状回波,强度明显增强。位于三明地区东、南部的对流C回波迅速发展并向东北推移。由于北部特殊地形分布和C回波的不断北抬补充,造成

北部回波长时间滞留在武夷山北坡并形成东西走向的回波带。在抚州至广昌附近有新生的对流回波(D回波)发展,回波东移至武夷山脉北坡时与北部A回波形成“人”字形AD回波带,回波东移影响邵武时两小时降水58.5mm。造成第5次强降水。19日04:43武夷山脉北坡江西玉山、资溪、南丰一带产生新的对流回波(E回波),主体向东偏南移动,单体回波仍向偏东移。回波不断发展加强,此时AD回波带南端强度明显减弱。04:44E回波带与强度明显减弱的AD带合并,强核回波分布在武夷山脉北坡,回波整体明显向东南移,单体回波仍向东移。07:41~11:45西部回波不断东移,移入邵武后由于受回波加强域影响,回波不断发展加强并向偏东移,造成建阳5小时降水达101.0mm、松溪4小时降水66.4mm,形成第6次强降水。

21日07:56(图4b)江西横峰~广丰一线强核回波(A回波)迅速发展并向东南移。西部广昌~南城新生的回波(B回波)不断东移汇合于武夷山北部并发展加强,影响武夷山、浦城,造成北部地区第7次强降水:武夷山6小时降水111.2mm,浦城7小时降水

100.9mm。15:24 三明地区东部、福州地区西北部有新生对流回波(C 回波)发展,三路回波汇合于闽北地区,形成大片絮状降水回波持续维持在闽北上空,造成该地区长时间的

大暴雨天气。22 日 04:42 强核回波逐渐向南延伸,南平市北部降水开始减弱。11:43 回波强度明显减弱、范围缩小,造成第 8 次大范围强降水后告结束。

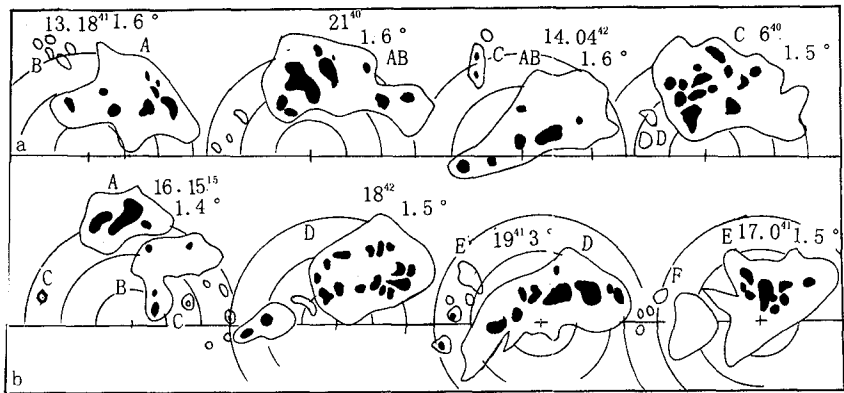


图 4 建阳 713 雷达回波素描
说明同图 2

4.2 小尺度强核回波特征及降水强度分析

根据雷达逐时观测资料与逐时降水实况表明,造成闽北地区大暴雨~特大暴雨均是受一个中尺度系统中若干个小尺度强核回波影响,而这些小尺度强核回波的发展与回波加强域有密切关系。闽北地区第 1、2 场特大暴雨,回波均在光泽北部、武夷山北部、西部区域发展加强的(图 1);北部地区第 3 场大暴雨主要受来自西部回波东移影响,回波在邵武西、南侧区域发展加强并东移影响南平市中部地区。闽北地区第 4 场大范围大暴雨主要由三部分回波系统造成,北部回波不断向南输送、西部回波不断东传、南部块体对流回波北抬,从而形成大范围持续的强降水。

一场大暴雨中,小尺度强核回波的降水起到相当重要的作用(表 1)。从表 1 中可以清楚看出:短时强降水总量占降水总量的 50%以上,而造成这些强降水往往是由若干个小尺度强核回波组成,因此小尺度强核回波的演变趋势、排列走向、水平尺度及移向、

移速直接关系到某区域的降水强度。

表 1 短时强降水对暴雨的贡献量(20~20 时)

站名	日期	降水总量 R/mm	短时强降水总量 R*/mm	每小时 ≥10mm 降水/次	(R*/R)/%
浦城	13	134.3	82.9	4	61
	14	123.4	86.4	5	70
	19	109.8	64.3	3	58
	21	132.5	100.9	7	75
邵武	19	143.5	95.8	5	66
	22	179.8	133.0	9	74
	19	166.9	122.1	7	73
建阳	22	107.7	54.3	4	50
	19	129.5	60.4	3	46
松溪	22	100.4	41.4	3	41
	20	125.3	108.8	7	86
建瓯	22	114.3	38.4	3	33
	20	117.2	51.9	2	44
政和	22	120.8	82.6	6	68
	14	106.9	79.9	4	75
光泽	17	100.9	49.5	2	49
	21	105.0	63.5	3	60
	22	244.3	239.2	12	97
顺昌	22	112.2	66.3	4	58

(下转封二)

(上接第 55 页)

5 小结

(1) 中高纬 500hPa 环流形势为稳定的二脊一槽型、西太平洋副热带高压稳定且位置偏南及南支槽活动频繁,是造成闽北 1998 年 6 月中旬强降水的主要因素之一。

(2) 本过程中,西南低空急流的出现和维持对暴雨的形成起到非常重要的作用,它提供了暴雨所需的水汽和不稳定能量,随高度明显顺转的高低空急流的配置形成了一个对流反馈过程。

(3) 过程中有 4 次西南低涡沿切变线东移影响闽北,低层有明显的风向和风速辐合,地面高原正变压不断东传导致静止锋相对稳定在江南南部,这些都为暴雨的产生和维持提供了必要的动力条件。

(4) 特殊地形条件促使降水回波发展加强,地形迎风坡、地形喇叭口是回波的加强域。造成闽北地区的连续性暴雨主要来自两个回波输送源:横峰一带和南丰、广昌一带。

(5) “98.6”过程中有 4 场大~特大暴雨过程,对应 8 次中尺度回波的活动,降水回波的汇合、停滞是造成某区域强降水的重要因素之一。

(6) 小尺度强核回波的排列走向直接影响某区域降水的大小。此次大暴雨过程中,只要有 4 次以上强核回波影响某站,它就可形成该站降水总量 50% 以上的降水。

参考文献

- 1 夏丽花,许金镜.“98.6”闽北持续性暴雨的初步分析.福建省 1998 年重大灾害性天气预报技术研讨会文集,1999.
- 2 黄东兴.“98.6.19”南平市中北部大暴雨雷达回波特征分析.福建气象,1998(4).

An Analysis of Contributing Factors and Radar Echoes of a Continuity Heavy Rainstorm over North Fujian Province

Huang Dongxing Huang Meijin

(Jianyang Radar Station of Meteorology, Fujian 354200)

Abstract

In the case of continuity heavy rain over north Fujian province during the middle ten-days of June in 1998, the circulation features, the influence of weather system and particular topography on the radar echoes, the activities of the meso-scale echo system and the minor scale intensive echo group devoting to precipitation were synthetically analysed. The regularity of echo development is helpful to increase the very short-range forecast effectiveness of the radar.

Key Words: continuity heavy rain circulation feature intensive area meso-scale echo system minor scale intensive echo group