

88·5 闽北特大暴雨的雷达回波分析

杨贤茂

(福建省建阳地区气象台)

提 要

本文利用建阳 713 雷达探测资料和其它探测资料,分析了1988年5月21日出现在福建闽北的特大暴雨过程雷达回波活动特征,简要介绍了特大暴雨发生的环境条件,初步探讨了中尺度系统和地形对回波活动的作用。

1988年5月21日,在闽北地区发生了一次特大暴雨。这次特大暴雨来势猛、雨强大、时间集中。由于强降水在时空分布上的高度集中,致使河水猛涨、山洪暴发、山体滑坡、泥石流成流,造成严重的灾害。建阳 713 雷达对这次过程进行了连续跟踪观测,为暴雨的预报服务提供了确切的情报。本文根据雷达探测并结合其他探测资料,重点分析了此次降水回波的中尺度特征,简要介绍暴雨发生的环境条件。目的在于探讨综合使用各种探测资料时,如何充分发挥雷达探测在暴雨短时预报中的作用。

一、暴雨区的分布特征

这次闽北特大暴雨主要发生在5月20日19时到22日02时,过程总雨量分布如图1所示。特大暴雨区集中在武夷山东南部的建阳地区,其中心位于崇安县的五夫乡,总降水量为373mm。

过程主要由六段强降水构成,大于300mm的暴雨区呈东南—西北向的短带状,面积仅有1250km²。暴雨中心的五夫乡从20日20时至21日14时的18小时内,雨量达310.9mm;建阳县的坑下村在20日23时20分到21日03时40分的4小时20分内雨量达141.7mm。崇安

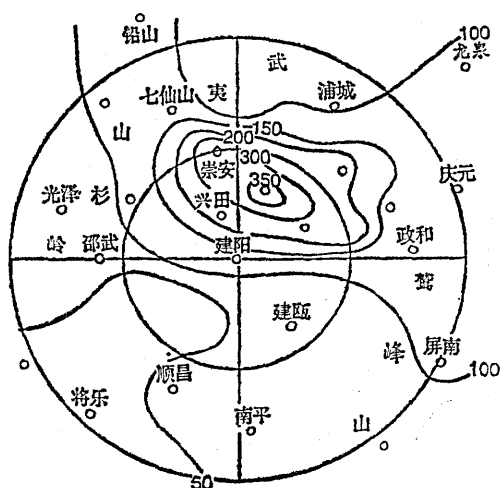


图1 1988年5月20日08时至
22日08时雨量分布

站21日的日雨量为245.5mm,为1956年有记录以来的次高值,仅次于1968年7月11日的247.2mm。降水在时空分布上的高度集中实属罕见。

二、雷达回波系统的活动与演变

雷达回波的连续演变表明,整个暴雨过程实际包含着5次回波系统的活动。

1. 对流回波团的发展与第一场强降水
20日15时23分雷达观测发现,在测站以

西的南城附近有对流回波东移。17时12分当其移到杉岭山脉附近时，已发展成为略呈弧

状的短回波带（图2），带中有多个回波单体，此间回波强度30dBz，高度9km。19时

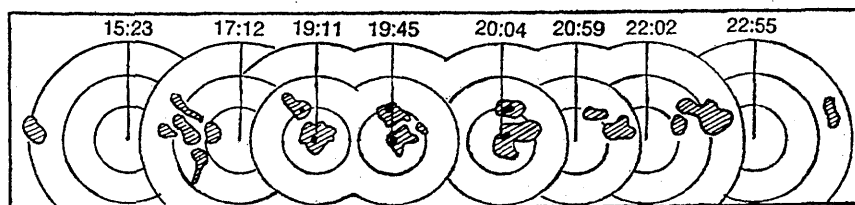


图2 1988年5月20日15:23—22:55回波演变素描图

距离每圈50km、仰角3°，回波外廓线0dBz，黑点强度40dBz

11分当其移到崇安及建阳上空时，发展加强成为两块强对流单体，单体水平尺度约为 $30 \times 30 \text{ km}^2$ ，强度40dBz，高度13km。受此回波影响，崇安和建阳在19—20时出现第一场强降雨，1小时雨量分别达29.2和23.5mm。而后回波继续向偏东方向移动，并逐渐趋于减弱。该系统活动过程经历约7小时之久，平均移速为 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这个回波系统活动时，虽然自西向东都出现降水，但强降水主要集中在建阳和崇安两地。

2. 对流回波的停滞与第二场强降水

在上述对流回波东移的同时，19时11分在测站以西的黎川附近又有另一弧状回波正在东移。20时04分当其东移过武夷山脉时，分裂产生了多个对流回波单体。20时26分这些回波单体首先在光泽西南侧发生聚集（图3），而后回波在东移中由于杉岭山脉的阻挡，部分沿山谷向北扩展；到22时东移的回波与西南来的回波并合，在测站附近聚集，形成一西北—东南向的短回波带。回波聚集后强度逐渐发展加强，22时40分回波顶高达16km，强度40dBz。此后回波带在向东偏北

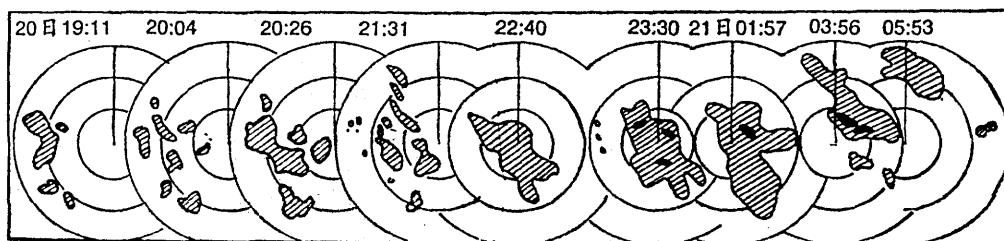


图3 1988年5月20日19:11—21日05:53回波演变素描图

距离每圈50km，仰角3°，回波外廓线0dBz，黑色区强度45dBz。

方向移动中减速，并进一步发展加强，到23时30分出现三个强回波中心；此间回波强度达45dBz，顶高17km，40dBz的强回波区高度仍达9km，对流发展已非常旺盛。在强回波区的影响下，21日00—01时崇安和建瓯1小时雨量分别达25.1和24.7mm；崇安的五夫和建阳的坑下降水亦开始加强。此后处在测站东北方的强回波区发生停滞，在这一带维持达4个多小时，造成了这一带极其强烈的降水，建阳县的坑下村4小时20分雨量

达141.7mm，崇安县的五夫乡3小时雨量达98.0mm。

3. 带状回波系统的活动与第三、四场强降水

21日01时57分，在测站西北方向的南城与金溪之间又有新的回波东移，该回波于03时56分在武夷山脉西侧发展加强，强度已达30dBz；并首先影响光泽、邵武，而后影响崇安。05时53分该回波移到崇安后进一步发展加强，强度45dBz、高度10km的强回波中

心就位于该地附近(图4),结果崇安的降水又开始加强,1小时雨量达19.8mm。与此同时,西部又有新的回波移入,与前一块

回波趋近,组成一条近东西向的回波带。两块回波趋近时,回波发展更为强烈,06时44分回波顶高达13km,强回波区范围扩大。

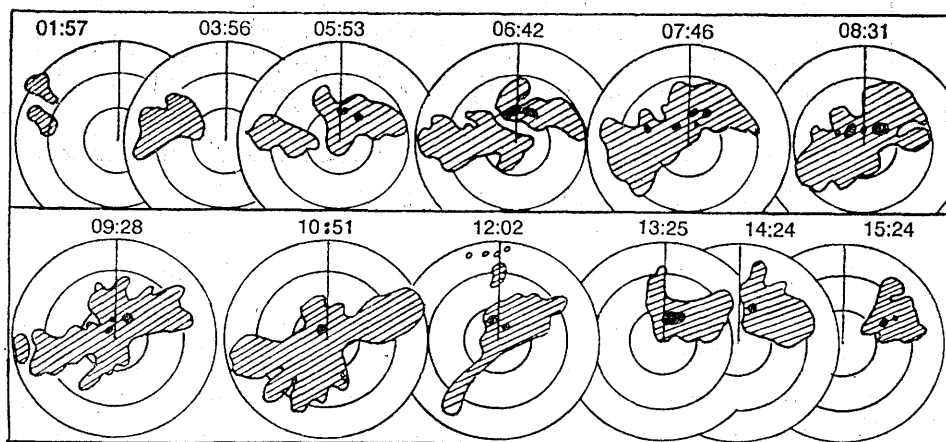


图4 1988年5月21日01:57—15:24回波演变素描图

距离每圈50km,仰角3°,回波外廓线0 dBz,黑色区强度45dBz

此时降水也进一步加强,崇安站6—8时雨量达59.1mm。回波带活动过程的显著特点是强回波区呈东西向排列,始终摆动在测站以北30—50km范围内。这条回波带先后维持约7个小时,12时后随着回波带的东移,带的西段趋于减弱,东段仍原地维持缓慢东移。此间北来回波又并入该回波,因此造成了崇安及以东地区出现第四次雨峰,崇安1小时降水达18.9mm。

在北端出现了45dBz的强中心,相应的光泽县云际降水也开始加强,该地15—16时雨量

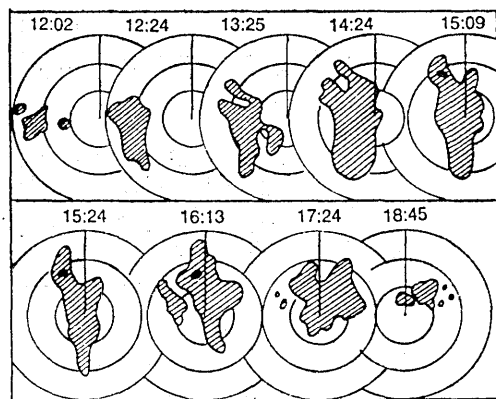


图5 1988年5月21日12:02—18:45

回波演变素描图

距离每圈50km,仰角3°回波外廓线0 dBz,黑点45dBz。

达40.8mm。而后回波在继续东移中强度减弱。受这个回波系统的影响,造成了第五次强降水,但最强降水的落点已发生变化。整个回波影响过程除光泽的云际和七仙山、崇安外,大多雨量在10mm左右及其以下。

带状回波系统的活动,使得强降水向东扩展,扩大了暴雨的地域范围。但由于强回波中心的活动局限于一个狭窄的地带,又促使强降水在地域上的高度集中。大于100mm的雨量中心与强回波区的活动区域是相吻合的。

4. 南北向短回波带的活动与第五场强降水

12时02分在测站以西的江西境内,又有一个回波团东移,当其向武夷山脉靠近时,回波区向南延伸,成为近南北向的短回波带(图5)。该回波带在东移中由于受杉岭山脉的阻挡,北端沿山谷向北扩展,15时09分

5. 南移型回波带的活动与第六场强降水

21日18时45分,在测站以北出现了NE—SW向的回波带,带中单体明显,其中在75km(七仙山)附近有一强度45dBz、顶高17km的强回波(图6)。而后回波带在东移南压中其单体相互并合,使回波进一步发展加强,出现了新的强回波中心。因此出现了第六次强降水,强回波移过的地区1小时

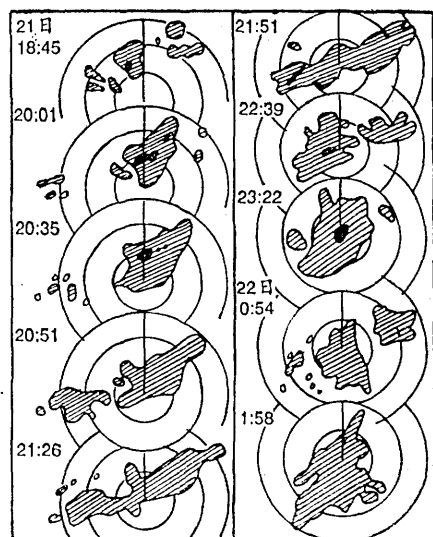


图6 1988年5月21日18:45—22日
1:58回波演变

距离每圈50km,仰角 2° ,回波外廓线
0 dBz,黑点为45 dBz强回波区。

最大降水分别达32.1(七仙山)、31.7(崇安)和28.5(浦城)mm。20时51分由于西部回波移入后汇集并合,使回波带变长,并在带的西南段发展起新的强回波区,其顶高达16km;当其东移影响建阳时也出现了1小时31.0mm的降水。此后回波带东段东移并逐渐与带体脱离减弱,西段继续东移南压,影响我省中部及东部地区。该回波系统活动的过程雨量大多达30mm以上,其中屏南、周宁分别达73.6和50.2mm。随着回波系统的南压,闽北特大暴雨过程终告结束。

综上所述可见,这次特大暴雨过程,是

五次回波系统活动的综合结果。由于它们在活动过程中表现了各自不同的特性,因而引起了降水在时空分布上的极大不均匀性。但它们活动的路径都是相继通过一个特定的区域,并在这个区域中达到它们发展的鼎盛时期,而强烈降水也都出现在这个区域中,因此又造成了该地域降水的高度集中。

三、特大暴雨发生的环境场

20日08时500hPa东亚中纬度为移动性短波,位于 110°E 附近的南支槽和中支槽正在东移,并于21日08时相互御接。低纬副热带高压十分强大,中心在海南岛,强度5920 gpm,其588线北界达到 26°N ,西脊点西伸到 100°E 。与此同时对流层低层有低涡切变活动。850hPa低涡位于重庆附近,暖式切变从低涡中心东伸到常德;在其东南侧有一支 $14-18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风急流(图7a)。相应的地面图上我国西南地区有热低压发展,倒槽东伸到湖南、江西境内,槽内静止锋伸展到浙南沿海(图7b)。此后随着南支槽东移,低涡分裂沿加强东伸的切变线东传,西南急流加强。

在上述大尺度形势背景的作用下,造成闽北地区低层强大的暖湿平流。当天08时地面和850hPa的露点温度分别高达 $22-24^\circ\text{C}$ 和 $16-18^\circ\text{C}$, θ_{se} 高值舌明显。与此同时,在700hPa以上却出现了增温降湿,从而使这一带的大气具备了中高层较干燥,低层较潮湿的垂直水汽分布状态,大气层结很不稳定。 $\Delta\theta_{se}$ 分布表明,特大暴雨发生地上空为 $\Delta\theta_{se}(500-850)$ 负值中心所在地(见图7a)。20时后随着南支槽的东移和降水的发生,湿层增厚,400hPa以下比湿显著增大,湿舌明显。此间位势不稳定性略有减小,但不稳定中心仍然维持。另外,邵武站上空风的垂直切变较强(1500—12000m间为 $2.7\times 10^{-3}\text{s}^{-1}$)。上述分析表明,环境场的动力、热力属性均有利于暴雨的发生发

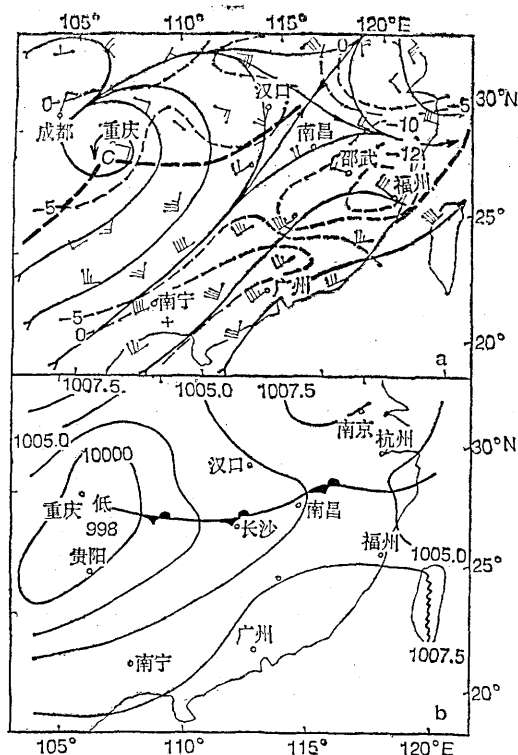


图7 1988年5月20日08时850hPa
流场 $\Delta\theta_{se}(500-850)$ 分布和地面图
图a中实线为流线, 断线为等 $\Delta\theta_{se}$ 线

展。

四、中尺度系统和地形对回波 发展的促发作用

回波系统的活动是在有利的天气尺度环境场下发生的。然而回波进一步发展加强的具体时间和地点则取决于促发机制。分析发现中尺度系统和地形在促发回波发展的过程中起了重要的作用。

20日08时以后, 随着500hPa南支槽的东移, 850hPa切变线和地面倒槽东伸; 处在倒槽区内的特大暴雨发生地, 由于大尺度系统的激发, 在18时出现了一个中尺度涡旋。这种辐合涡旋的存在对已经发生的回波系统, 会促使其迅猛发展。20日19时第一次西来的回波系统就是在这样的流场环境里发展加强的, 从图8中可见, 当时的回波正处

于中涡旋附近, 相应的崇安和建阳骤降雷雨, 19—20时1小时雨量分别达29.2和23.5 mm。

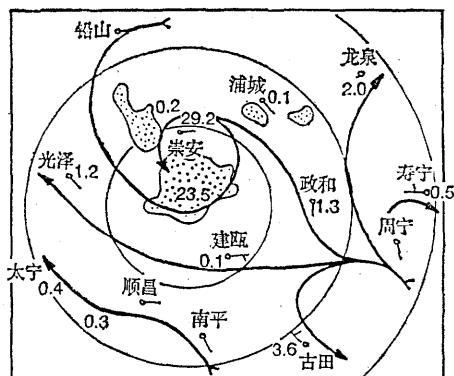


图8 1988年5月20日19时地面流场
和回波场以及19—20时雨量

21日08时850hPa上分裂的低涡沿切变线已东移到江西境内(图9), 处在低涡前部的闽北地区, 相应的地面流场上在21日05时又发展起一个中尺度涡旋, 第三次回波系统到达该地时, 在其激发下也发展加强。图9给出了21日06时的地面流场和回波配置, 从中可见当时强回波与中涡旋相对应, 此间的06—07时崇安的1小时雨量剧增至33.1 mm。

08时地面中尺度涡旋蜕变为东西向切变线, 继续维持在暴雨发生地(见图10上), 又为回波的持续发展, 促成回波进一步组织化创造了有利的条件。切变线的活动组织了一条近东西向的回波带, 导致强降水亦呈东西向分布, 此间的08—11时崇安县的黎源、兴田、五夫3小时雨量分别达98.5、96.6和72.3mm。10时以后切变线向东收缩, 回波带的西段亦南压东移减弱, 而东段却继续维持, 并持续发展, 在此后的11—14时崇安县的五夫和兴田3小时雨量分别达88.4和62.4 mm。20时后随着850hPa低涡的东移和切变线的明显南压, 地面再次出现一条近东西向的中尺度切变线(见图10下), 从而又组织

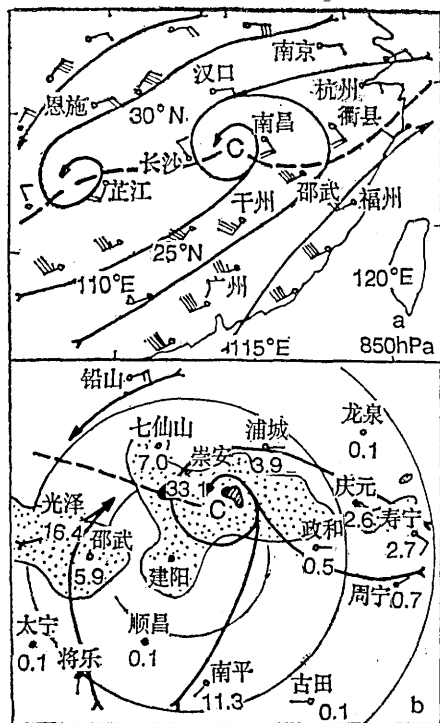


图9 1988年5月21日08时850hPa
流场 (a) 和06时地面流场及回波场 (b)
斜影区为强回波 (强度45dBz), 数字为
06—07时雨量。

了新的回波带, 该回波带随着切变线的东移南压而相应移动, 强降水也从西北向东南推进, 促成雨量分布在较广的地域中相对均匀。上述回波的发展加强, 暴雨雨峰的出现与中尺度系统的相互吻合, 说明有利的中尺度系统对回波的发展具有促发作用。

此外, 在本次过程中, 有利的地形对回波的发展加强也有着重要的影响。这次产生特大暴雨的区域是一个朝西南开口的喇叭口地形。武夷山向南逶迤的支脉, 又把这个大的地形喇叭口分隔成两个, 崇安、五夫和坑下就位于南面的喇叭口中。这样的地形对当时低层盛行的西南暖湿气流不仅具有辐合抬升作用, 而且会使局地气旋性环流加强, 容易形成中小尺度系统^{[1][2]}; 导致回波的发展加强。从上述分析表明, 在特大暴雨发生

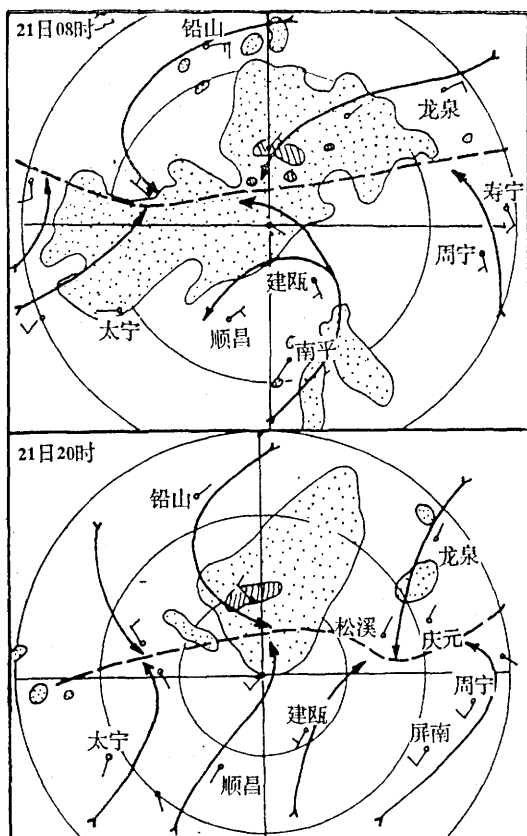


图10 1988年5月21日08时 (上) 和20时
(下) 地面流场和回波场

点阴影回波区外廓线为0 dBz; 斜线阴影回波
区为45 dBz强回波区。

时, 回波均是进入这个区域后发展, 大多数的强回波中心都集中分布在这个区域。同时, 各段的雨量中心也集中在这个很小的范围。它明显反映出有利地形的附加影响。

五、小 结

1. 这次闽北特大暴雨是在有利的大尺度形势背景下建立起来的位势不稳定区中发展的。低层低涡切变和西南急流以及地面静止锋的相互配置是中尺度回波系统发生和维持的重要条件。

2. 中尺度回波系统持续通过位势不稳定区, 在有利的中尺度流场系统和地形的作

用下,相继在这个区域发生聚集、并合和停滞,促使回波发展加强,是造成这次特大暴雨的重要因素。

3. 回波系统在活动过程中,发展加强的程度受到中尺度系统的强烈影响。处在不同中尺度系统控制下的降水回波,可表现出完全不同的特性。

4. 本次过程降水为对流性降水。目前对这类天气的落区落时预报还十分困难,但就雷达监测和短时预报来说,紧密配合天气

形势背景,注意分析层结稳定度情况,密切注意回波系统的演变和有利地形的影响是十分重要的。

参考文献

- (1) 黄土松等,华南前汛期暴雨, p109, 广东科技出版社, 1986.
- (2) 杨国祥, 中小尺度天气学, p130, 气象出版社, 1983.

An analysis on radar echoes of 88.5 heavy rain over the north of Fujian

Yang Xianmao

(Jianyang Meteorological Observatory, Fujian Province)

Abstract

In this paper, the radar echoes in the case of heavy rain over the north of Fujian on 21, May, 1988 are analysed. The characteristics of the echoes and the embient condition are introduced. The meso-scale weather system and the influence of topography on the radar echoes are discussed.