

“7.17”庐山雷击事件分析

许爱华¹ 马中元² 郭 艳¹

(1. 江西省气象台, 南昌 330046; 2. 江西省气象科学研究所)

提 要

通过对2002年7月17日雷电过程的天气形势、卫星云图、多普勒雷达资料,以及雷电探测定位系统资料的分析,指出水汽云图上的强水汽累积区、雷达回波上的回波合并与高层强回波区以及雷达回波速度场上的“零值线”等特征,是判断雷电发生和强对流天气的重要依据。

关键词: 雷击事件 雷电数据 天气雷达 雷电落点预报

引 言

雷暴云中的闪电能量很大,破坏作用也很大。据统计,一次闪电的最大功率可达10亿千瓦,它远远超过世界上任何发电厂的输出功率^[1]。但是由于闪电的持续时间很短,地闪电荷所释放的能量远小于计算值。

2002年7月17日9时50分左右,江西庐山五老峰发生一起死4人、伤20多人的雷击事件,死者中有两位台胞,在社会上引起强烈反响。事后在吉安、进贤等地又出现数起雷击死伤人事件,给人民生命财产带来严重威胁。因此,如何监测雷电和尽快开展雷电落点预报迫在眉睫。

本文利用卫星云图、多普勒雷达回波和雷电探测定位系统的雷电数据等资料,对“7.17”雷击过程的产生原因作初步分析,试图找出一些可供雷电落点预报使用的指标和特征。

1 天气形势背景

1.1 大气层结不稳定

16日开始,长江流域以南地区不稳定度增大,17日南昌成为不稳定中心, K 指数高达43℃,为14年(1983~1992年和1999~2002年)7月中的历史最高值。对流不稳定指数 $\Delta\theta_{850-500}$ 为-16K, SI 指数高达-7.7,大气层结很不稳定。

1.2 高温高湿天气

12~16日,江西出现了入夏以来的第一个持续高温天气。14日庐山日最高气温达30.8℃,为历史同期第五高值。大气湿度也逐渐增大,850hPa江南 $T - T_d \leq 3^\circ\text{C}$ 的站次均超过半数,特别是16~17日站次明显增多。持续的高温高湿天气,为大气低层能量积累、形成高能舌创造了条件(见图1)。

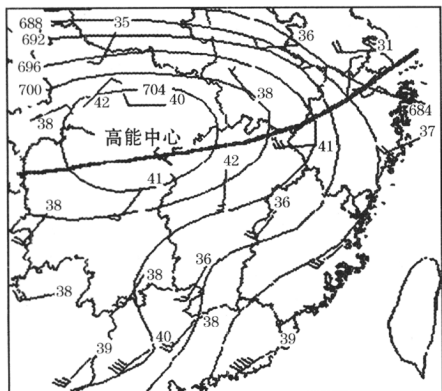


图1 2002年7月17日08时天气系统和物理量配置图

图中细实线为850、700hPa θ_{se} 之和,粗实线和风为850hPa的切变和风场,数值为K指数

1.3 天气系统配置

地面静止锋、850hPa切变线、500hPa的低槽在江西省北部近似垂直叠加(坡度陡),庐山正处冷暖空气交汇的辐合区,十分有利于产生强对流天气。从16日20时和17日08时安庆、汉口、长沙、南昌四站变温中可以看出,低层(850~700hPa)变温小(绝对值小于3),500hPa负变温大(绝对值大于8),表明中层冷空气已侵入江西省北部。

2 卫星云图与雷达回波特征

2.1 强水汽累积区云团

图2是水汽通道(W)和红外(I)云图。8时30分,在红外云图上很难判断庐山会出现强对流天气,而在水汽通道云图上西部有一强水汽累积区云团东移,9时30分发展壮大,10时30分缩小减弱,庐山雷电就发生在9时50分~10时之间。

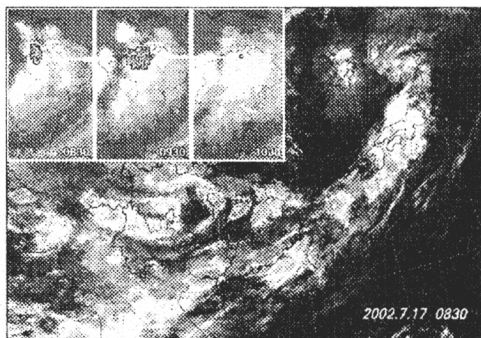


图2 2002年7月17日8时30分~10时30分的水汽通道和红外云图

强水汽累积区云团同时伴随着低层高能中心移动,表明云内整层含水量充沛,为雷电的发生创造了很好的物理条件。

2.2 回波合并与加强

图3是1.5°和2.4°仰角的雷达回波动态图。9时23分,东北—西南走向的短带回波结构较松散,但强度较强。9时29分,在短带回波的南端开始出现对流单体回波(黑圈内),这个对流单体回波是从中低层形成的,因为在2.4°仰角上没有发现。9时35分,对流单体回波有所扩大,2.4°仰角上也开始出现单体回波,整个短带回波缩窄加强。9时

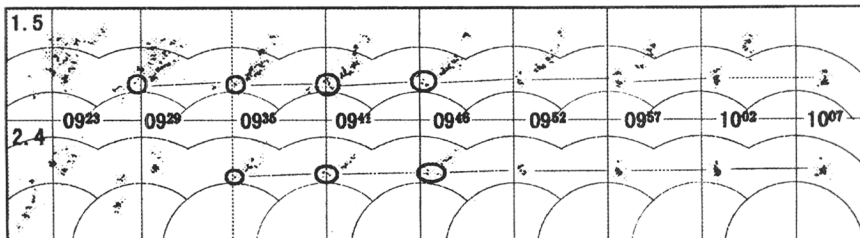


图3 9时23分~10时7分1.5°和2.4°仰角的雷达回波动态图

41~46分,短带回波南端对流回波快速发展,已出现若干个对流回波。9时52分后,多个对流单体回波在向东移动中不断合并壮大,强度达55dBz,9时57分已发展成强回波面积较大的超级单体回波,雷电事件就发生在这前几分钟。合并后的回波强度增强,维持时间延长,强回波面积扩大,产生的降水量可以增大数倍^[2],实况是庐山伴有强降水。

2.3 高层强回波区

从9时52分开始,东北—西南走向的短带回波(对应在湖口)在2.4°仰角上开始消失,只保留了庐山的超级单体回波。高仰角上仍出现强回波区,这表明造成雷电灾害的强回波具有深厚的水汽累积区和具有高层强回波区的特征。

追其成因,应该了解积雨云中的电结构分布。雷电主要来自积雨云,某些文献中给出雷暴云中电场结构是:积雨云分成三个电荷区,云最高区是正电荷(含冰晶、雪花),中间区是负电荷(含水汽、水滴),最低区是正电荷(低云区)。其中最低区的正电荷量较少,中间区的负电荷量最多^[1]。中间负电荷区正好对应着深厚的水汽和水滴累积区,水汽累积区从底层可达中高层(6000m高度),按照破碎起电学说,大水滴被极化带电,破碎时云中电荷增多,电场强度增大。因此,云中水汽含量越多,垂直高度越高,范围越大,带来的负电荷量就越多,电场强度越大。

强回波面积(指回波强度大于45dBz和回波面积大于10km²)用来判断强对流天气是一个很好的指标。高层强回波区是一个新的概念,我们定义为:5000m以上的强回波面积大于10km²(本次强回波区约在5600m),且强度大于45dBz。高层强回波区不仅可以判断强对流天气,而且可以用来判断产生雷电的强雷暴天气。

2.4 雷达回波速度场分析

理想的中尺度气旋(反气旋)结构在速度图上表现为以径向为轴左右对称的一对正负速度中心,辐散(辐合)区表现为沿径向对称

的一对正负速度中心。在这次庐山强雷电过程中出现了另外形式的辐合区——“逆风区”(图略)。它的天气学意义是风向切变区。分别从9:12和9:46开始,在大片正速度中包含了2小块封闭的负速度区,也就是在正速度区中产生了“逆风区”,水平尺度10~30km,9:35湖口上空的回波短带正处于稍大的“逆风区”南边缘的风向切变区中,伴随着它移动,湖口先后出现了雷雨大风和强降水天气。2个“逆风区”的位置刚好和灾害性天气发生区对应,时间也十分吻合并有提前量。

图4是9时46分~10时2分1.5°和3.4°仰角的雷达回波速度场动态图。白圈内庐山正值区不断加强,但尺度较小,庐山雷电则是发生在大片正速度(5~11m·s⁻¹)中出现了正速度快速增大“小块中心”(11~16m·s⁻¹)的形成过程中,它的天气学意义是风速由比较均匀变为有切变,水平尺度10km以下(仰角3.4°比仰角1.5°范围大)。这次局地强对流天气是和 γ - β 尺度的辐合和辐散区有关,即有中小尺度系统生成、维持和发展。对应强度场上是超级单体回波。西面是大范围的负值区,其值也达-13m·s⁻¹。这些特征是否对预报有指导意义,还需进行多个例子分析总结。

2.5 雷电定位数据的分析

一般情况下,雷击主要指云地闪过程,而雷电除云地闪外还包含云间闪。雷电探测定位系统对监测雷电的活动十分有效,与雷达回波、卫星云图等资料结合使用,使雷电落点预报(0~3小时临近预报)成为可能。这里我们利用2002年江西省电力局11个探测站组成的雷电探测定位系统所监测到资料来分析其闪电情况。这个系统采用高精度时差+方向综合定位,能测量每个云地闪的强度、极性、时间、方位和回击数,其雷电电流测量范围为1.5~800kA,雷电定位精度约0.5km,探测站间距在150~200km时,探测效率大于90%。图5是“7.17”过程9时40~58分

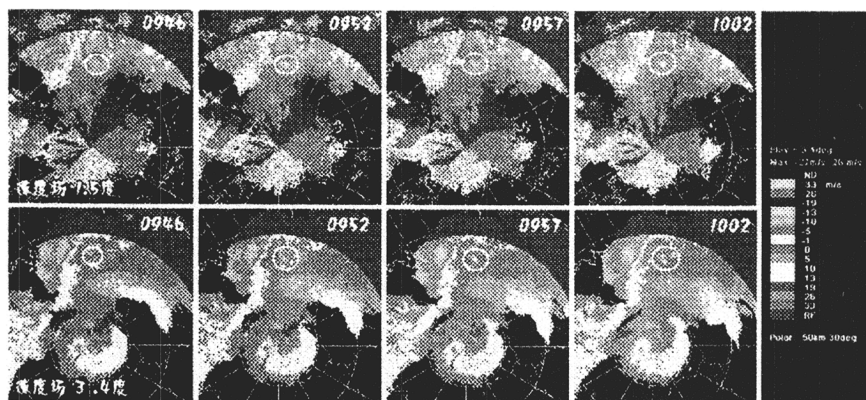


图4 9时46分~10时2分1.5°和3.4°仰角的雷达回波速度场动态图

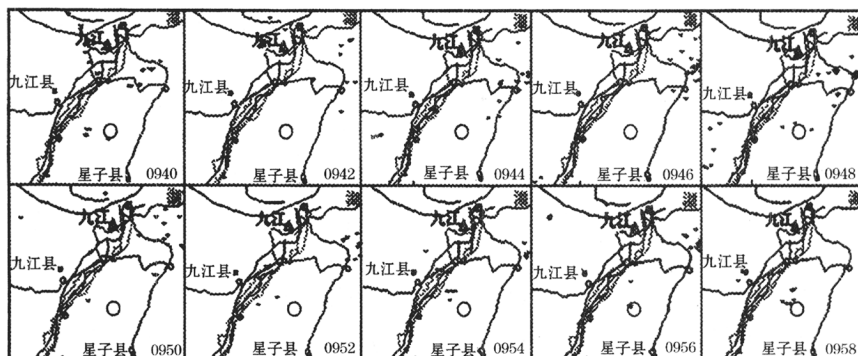


图5 2002年7月17日过程9时40分~58分的雷电数据

的雷电数据。图中黑圈是五老峰所在地,小三角为雷电发生点。每时次为两分钟的累计,如0940是9时40~42分;0958是9时58分~10时,时间间隔为两分钟。可以看出,这次雷电发生在9时56分~58分之间,雷电强度为-46kA,这与雷达回波超级单体的形成时间对应很好。

3 结 语

庐山强雷电天气是发生在局地小尺度系统对应的单体回波中,这些系统是在有利对流天气的大尺度天气形势背景下产生的,在天气形势场、卫星云图、雷达回波上都有明显的特征。强雷电往往与强降水、雷雨大风等灾害性天气伴随,在水汽云图上表现为高层亮温区,在雷达回波强度上表现为强回波区伸展高度较高和在回波速度场上出现了“逆风区”和“正速度快速增大区”。这些特征为

开展雷电预报提供了思路 and 依据。

另外,由强对流天气造成的雷电灾害是频繁的,但不是所有的雷电天气都造成灾害,有些雷电也没有灾害出现,关键在于雷电发生在那里、灾情是否能获得(反馈信息)、致灾的雷电特征等因素。根据不同的预报服务对象(如旅游名胜区、大型易燃易爆场所)建立雷电信息地理信息库,使用雷电探测定位系统和多普勒雷达回波、卫星云图和天气实况等资料,密切监视雷电的活动,开展雷电落点预报是可行的。

参考文献

- 1 虞昊,臧庚媛,赵大铜. 现代防雷技术基础. 北京:气象出版社,1995:40~42.
- 2 邵玲玲,黄炎. 上海“8.5”特大暴雨的成因和特点. 气象,2002,28(8):47~50.

Analysis of a Lightning Disaster Event on July 17, 2002 in Lushan Mountain

Xu Aihua¹ Ma Zhongyuan² Guo Yan¹

(1. Jiangxi Province Meteorological Observatory, Nanchang 330046;

2. Jiangxi Province Meteorological Science Institute)

Abstract

Some instructive conclusions are given through analyzing the data of synoptic situation, satellite image, Doppler radar and lightning locating system of the course of lightning disaster on July 17. It is emphasized that it is important in judging the occurrence of lightning and convective weather to find the features such as strong vapor cumulating area in moisture chart, integrated echo and high strong echo area in the chart of radar echo and zero value line occurred in the velocity field of radar echo.

Key Words: lightning disaster weather radar lightning striking