

强对流天气雷电参数和雷达回波特征个例分析

罗树如¹ 支树林² 俞 炳²

(1 江西省气象局重点工程办公室,南昌 330046; 2 江西省气象台,南昌 330046)

摘要 分析 2003 年 4 月 12 日发生在江西省中北部的一次强对流过程的多普勒天气雷达探测资料和同时期的雷电参数结果发现:雷电参数对强对流天气反映更加敏感,雷电密集区的移动反映出强对流单体的移动趋势;雷电频率变化预示着强对流的不同发展阶段;根据雷电极性的变化,可判断强对流的种类。因此,结合雷达回波、卫星云图等资料,雷电参数可用于强对流天气的监测预报。雷电参数为强对流天气的短时预报增加了一种新的监测预警依据和手段。

关键词 强对流 雷电参数 雷达回波

引言

雷电监测资料在强对流天气短时预报中的应用问题,国外在 20 世纪 80 年代就开始了研究,目前在美国、法国、德国等发达国家得到一定的应用,国内由于雷电探测设备建设较晚,有关这方面的研究才刚刚起步。江西省雷电监测网自 2003 年建成以来,积累了一年半雷电资料,在验证雷电定位精度的基础上,本文从江西省“4.12”强对流天气过程雷电监测资料和雷达回波资料的分析中,试图找到雷电监测资料应用的着眼点,结合国内外有关应用情况,发

现具有预报意义的雷电特征参数。

1 雷电定位精度验证

为了验证雷电定位的精度,对 2003 年 4~8 月已造成灾害的庐山、弋阳、黎川等地的雷击事件进行了验证。到事发地点用高精度的 GPS 测量雷击落点经纬度,并取得事发的具体时间,再与雷电监测到的数据进行对比分析,结果显示,定位精度平均为 0.81 km,最小的为 0.4 km,最大误差为 1.2 km(表 1),基本满足运用要求。

表 1 2003 年 4~8 月雷电监测系统定位精度验证表

月 - 日	事故点实测坐标			闪电数据库检索结果				误差 km
	地名	纬度	经度	时间	纬度	经度	强度/kA	
04 - 12	余干	28.48°N	116.82°E	14:03:10	28.4944°N	116.8170°E	- 4.3	0.83
04 - 12	乐平	28.90°N	116.97°E	14:06:19	28.9052°N	116.9830°E	- 6.2	0.96
04 - 12	弋阳	28.40°N	117.45°E	14:51:48	28.3953°N	117.4460°E	- 8.8	1.03
04 - 12	圭峰	28.31°N	117.28°E	21:14:58	28.3043°N	117.2800°E	- 7.5	0.45
05 - 04	南昌	28.66°N	116.13°E	08:09:17	28.6726°N	116.1290°E	- 4.5	0.97
05 - 04	安义	28.50°N	115.70°E	07:44:43	28.4908°N	115.6923°E	- 6.3	1.20
07 - 27	黎川	28.66°N	116.13°E	08:09:17	28.6726°N	116.1290°E	- 4.5	0.60
08 - 10	庐山	29.55°N	116.01°E	15:04:59	29.5430°N	116.0049°E	- 9.4	0.46

2 强对流天气雷达回波及雷电演变过程

2003 年 4 月 12 日造成江西中北部强对流天气

主要是先后发生的 3 个中小尺度系统。12 日 05:00 左右南昌地区西南部有对流单体不断发展并向东部移动,影响了南昌地区东南部、抚州地区北部、鹰潭

作者简介:罗树如,男,1946 年生,高级工程师,主要从事天气预报与管理工作,Email:jxqxlsr@nc.jx.cn
收稿日期:2004 年 7 月 26 日;定稿日期:2004 年 10 月 6 日

地区和上饶地区西部。08:00左右宜春地区北部也有较大范围回波区处于发展之中,在东移时逐渐加强成飢线,主要影响了南昌和上饶地区的万年一带。两次对流过程以雷雨大风和局地短时强降水为主。而造成江西省东部大范围冰雹和雷雨大风天气的超级单体风暴在09:56左右在九江地区西部生成,随后在东移的过程中迅速发展;到达上饶地区西部时已呈现典型的弓形回波特征。风暴所过之处,江西省南昌、鹰潭、上饶和抚州地区出现了剧烈的雷雨大风、强降水和冰雹等严重的灾害性天气。

4月12日全天江西境内共探测到20214次雷电,其中正闪1127次,负闪19087次,正负闪比例为59:1000,从雷电活动及移动趋势图(图略)中可以看出:这次过程分别由3个不同的中小尺度系统组成,分别影响赣、湘、鄂3省交界处、南昌地区和上饶、鹰

潭地区。雷电高密度区域主要集中在南昌和上饶地区,雷电密集区和雷达强回波区吻合,雷电的移动趋势和雷达回波的移向也基本一致。

3 阶段性过程对比分析

3.1 局部对流性降水阶段

南昌多普勒天气雷达获得的回波显示,4月12日00:00~05:00九江地区和上饶地区的回波稳定维持,强度35~40 dBz,以局部阵性降水为主。

比较00:00~05:25雷达回波和雷电资料可以看出:这段时间内雷电活动主要集中在北部的九江地区和东部的上饶地区。两地的雷电活动北部基本稳定,东部往东缓慢移动,频度(单位时间内雷电的数目)变化为北部呈下降趋势,东部呈增强趋势,如图1所示。

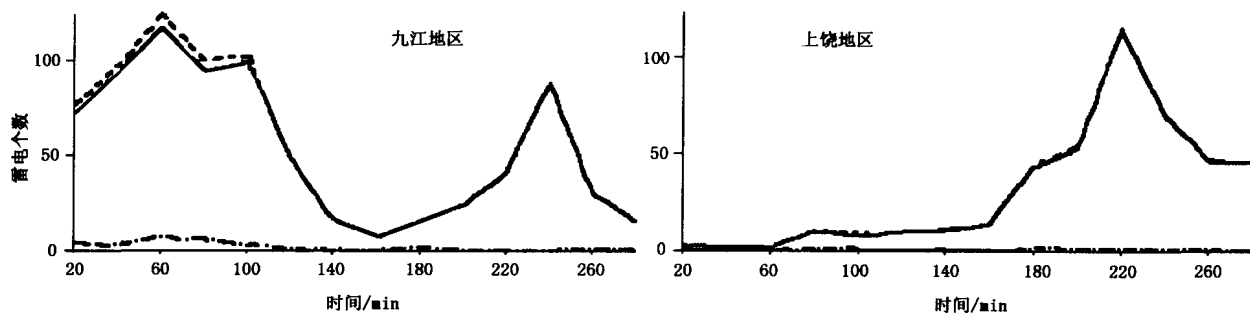


图1 2003年4月12日00:00~05:25雷电频度变化曲线

(正闪——负闪——总闪——,下闪)

3.2 第1次风暴发展和演变过程

由于从低层到高层均为一致强盛的西南暖湿气流,因此北方冷空气南下时,气团急速变性而极易产生强对流。4月12日05:00左右江西省中北部地区即出现了零散的对流性降水。南昌多普勒雷达观测到,05:25南昌地区西南部有对流单体发展,07:53该对流已发展成风暴,并与周围的对流单体合并形成一东北西南向的回波短带。08:25该回波带更加明显,南昌地区东南部、抚州地区北部、鹰潭地区和上饶地区西部都受其影响,产生了雷雨大风天气。09:56后,回波带东移至上饶地区南部,并逐渐减弱。

从雷电集中区的移动趋势可以看出:九江地区的雷电随时间的推移基本消失;上饶地区的雷电向东移动。图2是05:00~08:00上饶、宜春地区和湘、鄂、赣边界处的雷电频度分布图。根据频度变化

曲线,上饶地区的雷电继续呈增长、加强态,到07:00后转为下降趋势,宜春地区北部至南昌地区的雷电也呈增长、加强态。另外,在湖南、湖北及江西交界处,又有一片新的云产生,并向东移动,已经发生雷电,并呈增长、加强态,正闪比例较高,表明处于初始发展期。

3.3 第2次风暴发展和演变过程

图3(见图版2)为宜春北部雷达回波的演变过程。在清晨形成的较强雷达回波带影响南昌、抚州地区北部、鹰潭和上饶地区西部的同时,08:00宜春地区北部也有较大范围回波区处于发展之中(图3a)。09:38左右回波移到南昌地区西部时,回波核心强度已达55~60 dBz,且表现出东北西南向的线状,呈典型的飢线特征,但其持续时间不长(图3b)。强回波不断东移的过程中对流单体相互碰并增长,促成了超级单体风暴的形成,11:15该风暴已移至

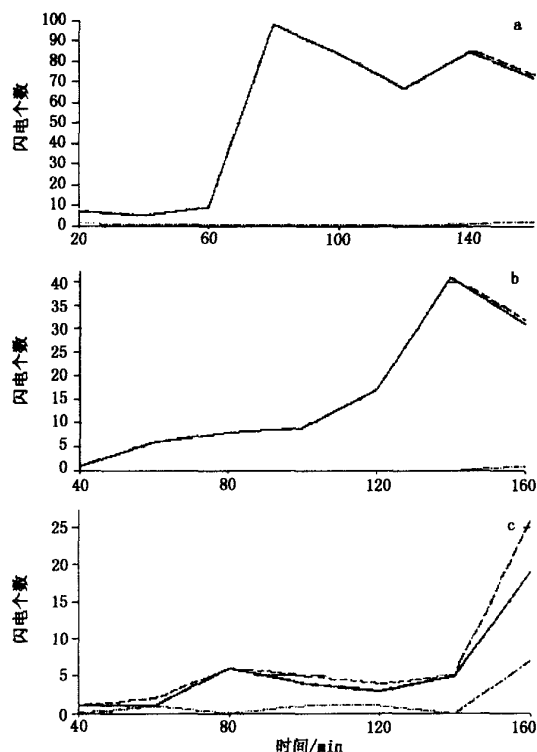


图2 05:00~08:00 雷电频度变化曲线

(a. 上饶地区, b. 宜春地区, c. 湖南、湖北及江西交界处)

上饶地区的万年一带(图3c),随后逐渐减弱,至12:34左右变成一般性降水(图3d)。受该风暴的影响,09:50 奉新出现了30 mm 强降水,11:34 万年出现极大瞬间风19 m/s,14:38 出现32 mm/h 强降水。

08:00~11:00 湘、鄂边界处、宜春地区北部和上饶地区的3处雷电密集区频度变化如图4所示。3处雷电区变化情况如下:湖南、湖北交界处雷电区继续向东移动,11:00 前锋已经移到九江武宁县,呈增长、加强态;正闪比例依然很高;原宜春北部雷电区快速东移穿过南昌地区,11:00 到达余干县,呈增长、加强态;上饶地区的雷电缓慢东移,呈衰退、消亡态,可以预测该对流云团已进入消亡期。

3.4 第3次风暴发展和演变过程

图5(见图版2)为第3次风暴发展及演变的雷达回波图。南昌多普勒天气雷达观测发现,造成江西省东部大范围雷雨大风和冰雹天气的超级单体风暴自09:56左右即在九江地区西部生成(图5a),它在东移的过程中迅速发展,至10:51 回波核心强度已达60 dBz,地面开始出现雷雨大风(图5b)。移至南昌地区西部时强回波区域明显扩大(图5c);13:

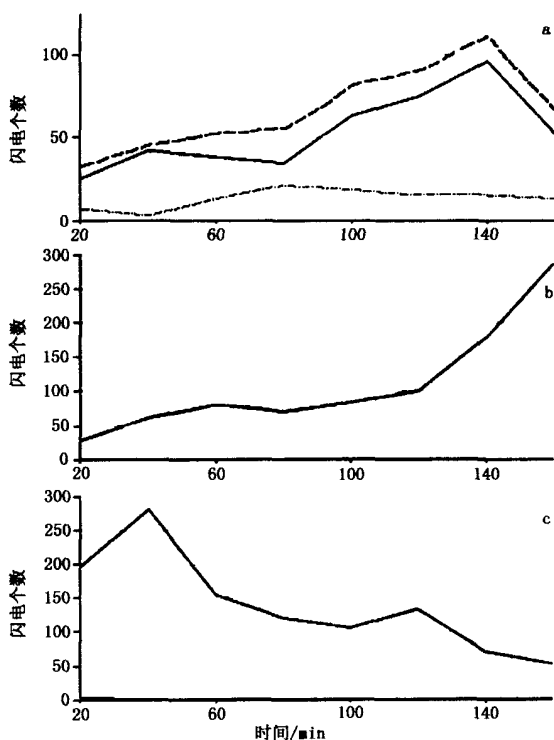


图4 08:00~11:00 雷电频度变化曲线

(a. 湘、鄂边界处东移的雷电区域, b. 从宜春北部东移的雷电区域, c. 上饶地区东移的雷电区域,其中b与c中总闪与负闪曲线几乎重合,正闪曲线几乎与横轴重合)

42 移至南昌地区东部,并逐渐影响到上饶地区西部,风暴也加强成超级单体风暴,强中心呈明显的前倾,为典型的弓形回波特征(图5d)。随后超级单体风暴继续东移加强,逐渐影响了上饶地区中东部的弋阳、横峰、铅山和抚州北部的金溪,回波核心强度超过了70 dBz,14:25 回波强度最大,达79 dBz(图5e)。剧烈的对流性天气给上饶和抚州两市造成了重大的损失。南昌、鹰潭、抚州和上饶地区出现了雷雨大风,弋阳、横峰和铅山还遭受了冰雹袭击。15:36 后强回波逐渐移至上饶地区东部,但此时雷达回波强度依然很强(图5f),随后逐渐减弱。

从雷电信息可以看到,湖南、湖北交界处的雷电集中区域继续向东移动,前锋13:00 已经移到南昌市区,呈增长、加强态,正闪比例依然很高;从宜春北部东移的雷电区域穿过南昌后继续东移,频度由每10 min 160次降为30次,呈衰退、消亡态,可以预测该对流云团已进入消亡期。13:00 开始从江西西北部来的雷电区域面积进一步增大,往东南方向移动,17:00 前峰移到江西与福建交界处。由图6 雷电频

度变化曲线可见,此段时间雷电为高频度发展期,平均为每 10 min 300 次,4 次峰值分别为每 10 min 560 次(13:53)、400 次(14:30)、310 次(15:10)、350 次(16:30)。雷达回波和雷电活动对比分析(选择雷达图与同时段的雷电数据资料叠加)发现,雷电密集区和雷达强回波区分布基本一致。17:00 以后,雷电活动没有特别明显的移动趋势,数量减少,趋于消亡阶段,平均频度为每 10 min 50 次,21:40 以后降为每 10 min 20 次。预示对流云已进入消亡期。

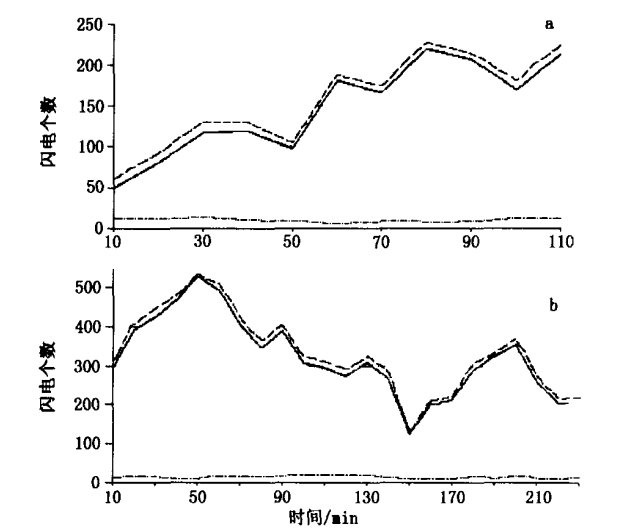


图 6 11:00~17:00 影响东部地区的雷电频度变化曲线
(a.11:00~13:00,b.13:00~17:00)

4 雷电极性、频度和风暴发展阶段的关系

比较风暴影响过程的不同阶段与所对应的雷电极性分布后发现,对流单体初生和风暴处发展阶段时正闪数明显多于风暴处于成熟和消亡阶段时的正闪数,而风暴处于成熟阶段时正闪数最少;与此相应,风暴处于成熟阶段时负闪数较其他阶段多出很多。这表明正闪集中预示着能量的不断积累^[1],而负闪的集中则表明风暴已渐趋成熟,风暴对地面的影响形式也由局地雷雨大风为主转为以降水为主。

表 2 是这次对流天气发生的一个对流单体 3 个不同时段正闪数目对比。可以看到:该对流单体初生和发展时,地面天气不甚剧烈,正闪数目也较少,产生一般降水;而随着正闪数目明显增多,产生了雷雨大风,并出现短时强降水;到 14:00~16:00,正闪数达最大值,同时地面产生了冰雹。

表 2 部分灾害性天气和正闪数目的关系			
时 间	强天气发生区域	强对流天气 主要表现	1°×1°经纬度 网格内正闪数目
09:00~10:00	九江地区西部	一般降水	57
12:00~13:00	南昌地区	雷雨大风、短时 强降水	84
14:00~15:00	上饶地区	冰雹	113

从与风暴不同发展阶段所对应的雷电频度分布图(图 3~4,图 5~6)可以看出:①风暴形成之初,正闪和负闪数目均会增多,但负闪数目的增加明显快于正闪;②风暴处于发展并至成熟阶段时雷电频度也会增大,且雷电频度的变化和雷达回波的变化基本一致,有时雷电频度的变化超前于风暴在雷达回波上的反映。如将 13:27~13:30 的雷电信息叠加到 13:30 的仰角 1.5°的雷达基本反射率产品上时,可以看出雷电信息明显超前于回波 10 min(图略)。这就为灾害性天气的落区预报提供了依据,也赢得了更多的提前预警时间。

5 结语

(1)这次过程的雷电密集区的位置和雷达回波位置基本吻合,雷电位置稍有超前。雷电密集区的移动可以准确地反映出对流单体和风暴系统的移动趋势,因此可以将雷电监测资料引入对流性天气的跟踪监测。

(2)雷电的频度变化很好地预示着风暴的不同发展阶段,这与美国 Williams 在佛罗里达州的研究结论类似^[2],它对预报风暴的形成、发展、消亡有指示作用。

(3)在这次天气过程中,从雷电的极性分布可以判断出强对流天气的性质,为这次对流风暴可能造成的灾害的判断增加了新的依据。

(4)随着强对流天气分析个例的增多,人们对雷电参数在强对流天气短时预报中的运用将会有更深的认识。从这次过程的分析可以看出,制作强对流天气短时预报,需结合雷达回波、卫星云图等资料,雷电监测资料是新增的一种预报依据。

参考文献

1 蔡晓云,宛霞,郭虎.北京地区闪电定位资料的应用分析.气象科技,2001,29(4):33-36
2 彭治班等编译.国外雷电监测和预报研究.北京:气象出版社,2003.5-88

Analysis of Radar Echoes and Thunder Lighting Parameter Characteristics of a Severe Convective Weather Event

Luo Shuru¹ Zhi Shulin² Yu Bing²

(1 Jiangxi Provincial Meteorological Bureau , Nanchang 330046 ; 2 Jiangxi Provincial Meteorological Office , Nanchang 330046)

Abstract : An analysis was made of the Doppler radar products and the thunder-lightning parameters of a severe convective weather event occurred on 12 April 2003 over the central and the northern Jiangxi Province . Results show that the thunder-lightning parameters are more sensitive to the strong convection weather . The movement of the thunder-lightning zone corresponds with the moving track of the strong convective cell . The thunder-lightning frequency change indicates the different development phases of the severe convective weather event . The type of convection can be identified through thunder-lightning polarity change . Therefore , the thunder-lightning parameters can be used in weather forecasting in combination with radar echo data and satellite cloud pictures .

Key words : severe convective weather , thunder and lighting characteristics , Radar echo

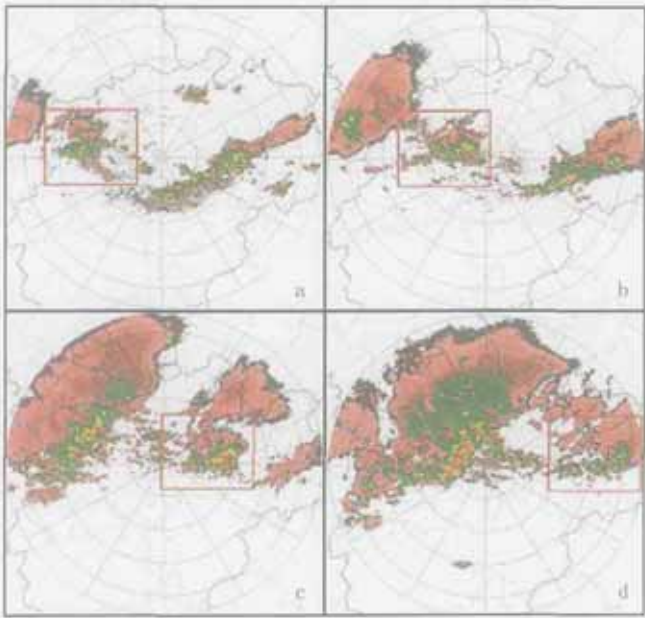


图3 宜春北部雷达回波的演变
(a. 08:00, b. 09:38, c. 11:15, d. 12:34)

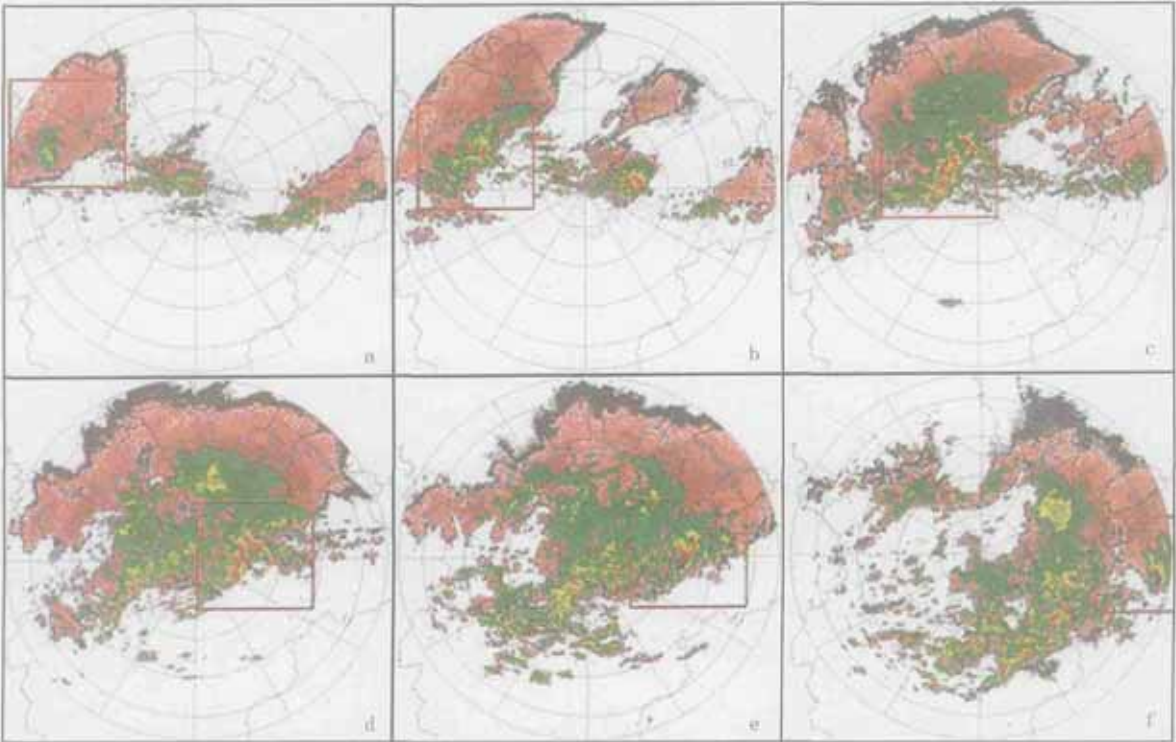


图5 第3次风暴发展及演变的雷达回波图(1.5° 基本反射率)
(a. 09:56, b. 10:51, c. 12:34, d. 13:42, e. 14:25, f. 15:36)