

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0038-04

# 柳州市强对流暴雨的闪电和雷达回波特征及相关性研究

陈锐 刘洲荣

(柳州市气象局, 广西 柳州 545002)

**摘要:**利用闪电监测资料和多普勒天气雷达探测资料,对 2015 年汛期强对流暴雨的闪电和雷达回波特征及相关性进行分析,结果表明:柳州强对流性暴雨时的闪电以负闪电为主;暴雨日降水量与日闪电数相关小,强的降水不一定有强的闪电活动;伴随有闪电活动的强对流暴雨逐时降水量与逐时闪电频数演变曲线具有峰型特征和趋势一致,闪电先于降水之前开始,降水量峰值比闪电频数峰值落后 1 小时;径向速度不均匀风场结构存在利于对流回波的发展和闪电的发生,强对流暴雨的闪电活动与强回波区有较好的对应关系,闪电一般发生在反射率因子 $\geq 45\text{dBz}$ 和回波顶 $\geq 6\text{km}$ 的区域。

**关键词:**强对流暴雨;闪电特征;雷达回波;相关性

中图分类号:P49

文献标识码:A

## Characteristics of Lighting and Radar Echoes of Strong Convective Rainstorm and Their Relations in Liuzhou

Chen Rui, Liu Zhou-rong

(Liuzhou Municipal Meteorological Service, Liuzhou Guangxi 545002)

**Abstract:** Based on cloud-ground lightning data and Doppler weather radar echo data strong convective rainstorms in 2015 of Liuzhou, the characteristics of lightning and radar echoes and the relations between them are analyzed. The results show that: most lightning of convective rainstorms was negative; the relativity between precipitation and the number of lightning are small. The evolution curve of hourly rainfall of strong convective storm with lightning and the hourly lightning frequency show peak pattern and the similar changing trend. But the lightning occurred before raining about 1 hour. The uneven wind field structure in radial velocity is conducive to the development of convective echo and the occurrence of lightning, lightning activity of strong convection rainstorm and strong echo area have good corresponding relationships with lightning occurring when the reflectivity is  $\geq 45\text{ DBZ}$  and the area of top echo reaches up to above 6 km.

**Key words:** strong convective rainstorm; lightning characteristics; radar echo; relativity

## 1 引 言

根据经典的雷电学原理<sup>[1-2]</sup>,大气中通过起电机制生成的正电荷和负电荷被分离到不同的区域,在一定条件下发生放电就产生了闪电现象。随着我区闪电监测系统的建立和闪电数据的积累,有必要进

行暴雨、冰雹等强对流天气的闪电特征及其相关性的分析研究。许多科学工作者<sup>[3-5]</sup>进行了闪电活动与降水、冰雹等天气的统计分析研究,认为降水产生的云地闪中负闪占绝对多数,而冰雹产生的云地闪中正闪的数量可以和负闪相当甚至超过负闪。李照荣等<sup>[6]</sup>研究认为,闪电密度最大中心区出现在降雹位

收稿日期:2015-10-12

基金项目:2015 年柳州市气象局自立科研项目《柳州市闪电与气象要素相关关系研究

作者简介:陈锐(1978-),男,广西柳州人,工程师,硕士,主要从事防雷技术服务工作。

置之前, 闪电逐时空间分布标识出冰雹云的发展移动路径。然而 Carey 等<sup>[7]</sup>研究发现一些非常强的风暴并没有产生大量的正地闪; 另外有些学者<sup>[8-9]</sup>对强风暴的地闪活动特征进行分析发现, 一些强风暴产生非常低的地闪频数, 而并非通常认为的对流越强, 雷暴云中的地闪活动也越强。文献<sup>[10-11]</sup>则讨论了对流和降水特征的相关, 认为强烈的闪电活动与强降雨有很好的对应关系, 而与一般性降雨对应关系较差。林开平等<sup>[12]</sup>对影响华南的西风带系统和热带系统的各类云系的闪电时空分布特征进行分析研究后认为, 西风带系统云系的闪电分布形态特征和范围与热带系统云系有很大的差异。柳州属于多雷区, 雷暴天气频繁, 相伴的暴雨频繁且严重。因此本文对2015年汛期强对流暴雨的雷电和雷达回波特征及相关性进行分析, 以期对柳州市暴雨及雷电的监测预警提供依据。

2 资料来源

暴雨又有强对流天气性暴雨和非强对流天气性暴雨之分, 一般把伴随有闪电活动的暴雨称为强对流性暴雨。本文选取柳州市区 2015 年 5 月 1 日至 9 月 30 日之间的 6 次强对流暴雨过程进行分析, 研究暴雨过程中闪电与降水及雷达回波的相关性。

(1) 柳州市闪电定位监测资料, 主要指云-地之间发生的闪电。闪电定位资料选用广西区防雷中心的闪电监测定位系统, 该系统通过多个探测子站采用双曲时差技术为主、辅以磁方向定向算法、定向时差的混合交汇算法对闪电发生的时间、强度、位置进

行监测和定位。

(2) 日降水量主要收集柳州市气象观测站地面实况降水资料。根据逐站逐日的降水量统计, 2015 年 5 月 1 日—9 月 30 日全市共出现了 6 次强对流暴雨过程。

(3) 雷达回波资料选用柳州市气象局雷达站多普勒雷达探测资料。

3 柳州市暴雨闪电活动特征及相关性

2015 年 5 月 1 日—9 月 30 日全市共出现了 6 次强对流暴雨过程, 对每次过程的降雨量、闪电频数进行统计如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 在这 6 次暴雨过程中共发生闪电 385 次, 其中正闪 8 次, 负闪 377 次, 这表明柳州市暴雨的闪电以负闪为主, 这主要是由于强降雨过程中风垂直切变不太大, 云上部的正电荷层在水平方向无法远离负电荷层而直接暴露于地面之上, 另外可能没有足够多的冰相粒子, 因此产生强对流暴雨的对流云以负闪电为主, 一般很少产生正闪电。

从表 1 还可以看出, 暴雨日降水量峰值并没有与日闪电频数的峰值一一对应, 表明暴雨日降水量的大小与闪电总数没有明显的相关关系, 即强的降水不一定有强的闪电活动, 与文献<sup>[13-14]</sup>的研究结果一致。由于强降雨往往是对流云和层状云共同作用的结果, 层状云为对流云的发展提供潮湿环境, 促使强降雨得以维持和加强, 因此由于对流云和层状云共存, 云上少的闪电也能产生暴雨。

表 1 2015 年 5 月 1 日—9 月 30 日暴雨日降水量、日闪频数、负闪频数、正闪频数

日期	降雨量	总闪频数	正闪频数	负闪频数
2015 年 5 月 20 日	94.0	100	1	99
2015 年 6 月 11 日	68.0	118	1	117
2015 年 6 月 13 日	65.5	22	0	22
2015 年 6 月 14 日	54.3	33	2	31
2015 年 7 月 23 日	65.7	9	0	9
2015 年 9 月 7 日	54.0	103	4	99

4 总闪频数、负闪频数、正闪频数演变

下面对 2 个强对流暴雨过程个例的逐时降水量和闪电活动演变特征进行研究分析。

4.1 2015 年 6 月 11 日 1 时—17 时降水量、闪电频

数逐时演变特征

6 月 11 日 1 时—17 时的暴雨过程降水量为 68mm, 发生闪电 118 次, 逐时降水量、闪电频数的演变如图 1 所示, 从图 1 可以看出, 此次暴雨过程主要发生在 2 时到 6 时这个时间段内, 闪电频数峰值和

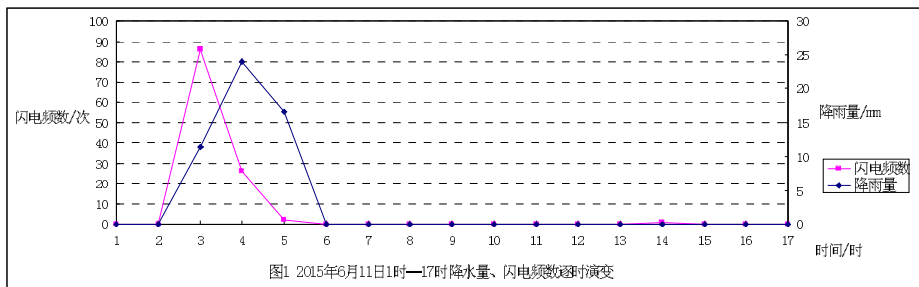


图1 2015年6月11日1时—17时降水量、闪电频数逐时演变

降雨量峰值都是只有1个,这表明此次暴雨的产生可能仅受到1个中尺度对流云团的影响,具有典型中尺度对流云团影响的特征,降水和闪电活动来势猛烈,结束比较迅速,产生短时暴雨,此次过程的闪电频数峰值出现在3点,发生了86次闪电,而降水量的峰值则出现在4时,降雨量为24mm,闪电频数的峰值出现在降水量峰值的前1个小时。

#### 4.2 2015年9月6日18时—9月7日9时降水量、闪电频数逐时演变特征

9月6日18时—9月7日9时的暴雨过程降水量为54mm,发生闪电103次,逐时降水量、闪电频数的演变如图2所示,从图2可以看出,此次过程共出现了2次闪电频数峰值和降水量峰值,第一次过程从6日18时开始出现闪电,但此时并未有降水,从19时开始,闪电活动剧烈,降水量也在逐渐增加,闪电频数的第一次峰值出现在6日20时,共发生90次闪电,降水量的第一次峰值则出现在21时,降水量为17.4mm,闪电频数峰值出现在降水量峰值之前的1个小时;第二次过程从7日3时开始出现闪电,此时也未有降水,闪电频数的第二次峰值出现在7日4时,共发生3次闪电,降水量的第二次峰值则出现在5时,降水量为22.6mm,闪电频数峰值也是出现在降水量峰值之前的1个小时。

从以上分析可以看出,强对流暴雨的产生一般是在一定大尺度环流背景下,由中尺度对流系统直

接引起<sup>[15-17]</sup>,中尺度对流系统产生的降水具有强度大、来势猛和持续时间短的特点,致使降水量与闪电频数的演变趋势比较一致并具有峰型演变特征,也证实了具有强烈闪电活动的1个或者多个中尺度对流云团是强对流暴雨的直接制造者。再者闪电的发生与云中气流的运动强度有关,强烈的上升运动会引起云层内各种微粒碰撞摩擦加强和电荷积累,当电荷增加到一定程度就会因为局部电场强度达到或超过空气的电击穿强度,从而引起强烈的闪电活动;同时强烈的上升运动又促使云滴迅速增长,当云滴大到上升气流无法托住时就形成降水,可见闪电是伴随强对流云的一种天气现象,而强降水是其发展的产物,降水量峰值会与闪电频数峰值同相或者落后1个时次。

### 5 闪电活动与雷达回波的关系

为了进一步研究闪电活动与造成暴雨的对流云结构之间的关系,本文把上述2个个例的闪电叠加到雷达回波上进行分析(图略)。

经过对6月24日03:29柳州雷达站反射率因子和闪电的叠加发现,对流回波发展旺盛,呈块状分布,45dBz以上的强对流回波区与闪电活动对应较好,尤其在50dBz以上强回波中心区域闪电密集。分析雷达回波顶和闪电叠加(图略)发现,6km以上的回波顶区与闪电活动对应较好,而且在8km以上的高回波顶中心区闪电密集,最高达9km;从图中还可以看到,由于对流回波强度强、顶高高,闪电活动比较激烈。同时配合分析了雷达回波径向速度产品和闪电数据后发现,闪电发生在回波径向速度分布不均匀的对流回波上,具有径向速度大小不均匀、大风区、逆风区和风的辐合等

中尺度特征,这些风场特征的存在有利于对流回波的发展。

同样分析9月6日20:20雷达站反射率因子、回波顶和回波径向速度产品与闪电叠加发现,这是一中尺度对流回波块(块状回波),其上虽然

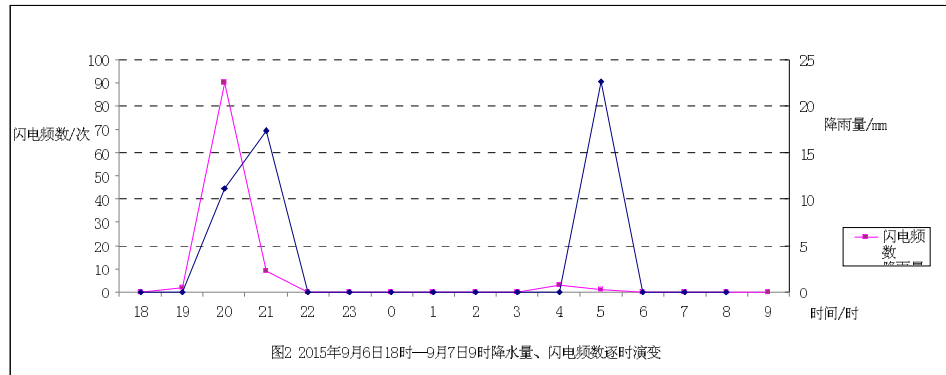


图2 2015年9月6日18时—9月7日9时降水量、闪电频数逐时演变

闪电发生少, 强回波区上并非都有闪电发生, 但发生的闪电基本还是在反射率因子 $\geq 45\text{dB}^2$ 和回波顶 $\geq 8\text{km}$ 的强回波区及其周围, 径向速度具有逆风区和辐合等不均匀分布的中尺度特征。

分析这 2 次强对流暴雨过程发现, 强对流暴雨的闪电活动与强回波区有较好的对应关系<sup>[18-20]</sup>, 闪电一般发生在反射率因子 $\geq 45\text{dB}^2$ 和回波顶 $\geq 6\text{km}$ 的区域, 并且对流回波发展越旺盛, 即对流回波强度越强、回波顶越高, 闪电活动就越激烈。

## 6 结论与展望

(1) 柳州的强对流性暴雨常伴随闪电现象发生, 且以负闪电活动为主。

(2) 暴雨日降水量的大小与闪电总数没有明显的相关关系, 即强的降水不一定有强的闪电活动。

(3) 强对流暴雨的逐时降水量与闪电频数随时间的演变曲线具有峰型演变特征, 且两者演变趋势比较一致。表明柳州强对流暴雨的产生与具有闪电活动的中尺度对流云团密切相关, 可能存在多个或单个中尺度对流云团影响产生强对流暴雨。但闪电总是先于降水之前开始, 降水量峰值与闪电频数峰值落后 1 个时次。

(4) 多普勒雷达径向速度不均匀风场结构的存在有利于对流回波的发展, 促进闪电发生。强对流暴雨的闪电活动与强回波区有较好的对应关系。闪电一般发生在反射率因子 $\geq 45\text{dBZ}$ 和回波顶 $\geq 6\text{km}$ 的区域, 对流回波强度越强、回波顶越高, 闪电活动越激烈。

(5) 由于受到雷电数据和雷达回波产品有限的限制, 本文所选择分析的天气个例还比较少。今后应积累并选择更多更有代表性的柳州市区强雷暴天气的相关资料, 对降水雷达回波及其闪电特征做更为深入的研究。

### 参考文献:

- [1] MASONBJ. 云物理学 [M]. 中国科学院大气物理所译. 北京: 科学出版社, 1978: 504-584.
- [2] 周秀骥, 陶善昌, 姚克亚. 高等大气物理学 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 535-602.
- [3] 李建华, 郭学良, 肖稳安. 北京强雷暴的地闪活动与雷达回波和降水的关系 [J]. 南京气象学院学报, 2006, 29 (2): 228-234.
- [4] 陈哲彰. 冰雹与雷电大风的云对地闪电特征 [J]. 气象学报, 1995, 53 (3): 365-374.
- [5] 李南, 魏鸣, 姚叶青. 安徽闪电与雷达资料的相关分析以及机理初探 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (3): 265-272.
- [6] 李照荣, 付双喜, 李宝梓, 等. 冰雹云中闪电特征观测研究 [J]. 热带气象学报, 2005, 21 (6): 589-596.
- [7] CAREY L D, RUTLEDGE S A. Electrical and multiparameter radar observations of a severe hailstorm [J]. J Geophys Res, 1998, 103 (D12): 13979-14000.
- [8] LANG T J, RUTLEDGE S A, DYE J E, et al. Anomalous low negative cloud-to-ground lightning flash rates in intense convective storms observed during STERAO-A [J]. Mon Wea Rev, 2000, 128 (1): 160-173.
- [9] SOULA S, SEITY Y, FERL L, et al. Cloud-to-ground lightning activity in hail-bearing storms [J]. J Geophys Res, 2004, 109, D02101, doi: 0.1029/2003JD003669.
- [10] 周筠君, 鄢秀书, 张义军, 等. 地闪与对流性天气系统中降水关系的分析 [J]. 气象学报, 1999, 57 (1): 103-110.
- [11] 张义军, 华贵义, 言穆弘. 对流和层状云系电活动对降水特性的相关分析 [J]. 高原气象, 1995, 14 (4): 396-405.
- [12] 林开平, 林宗桂, 易燕明, 等. 各类云系的闪电时空分布特征 [J]. 热带气象学报, 2005, 21 (4): 384-392.
- [13] 李英, 郭荣芬, 索渺清, 等. 初夏孟加拉湾对流云团北上低纬高原的初步研究 [J]. 热带气象学报, 2003, 19 (3): 277-284.
- [14] 张腾飞, 段旭, 张杰. 初夏孟湾风暴造成云南连续性强降水的中尺度分析 [J]. 热带气象学报, 2006, 22 (1): 67-73.
- [15] 王晓明, 谢静芳, 王侠飞. 强对流天气的分析及短时预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [16] 叶树春, 莫贤清, 胡淑娟. 一次强雷暴天气过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 371-373.
- [17] 农孟松, 董良森, 曾小团等. “070613” 广西柳州极端暴雨中尺度环境场特征和预报技术分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S3): 6-7, 15.
- [18] 乔琪, 汤俊. 春季两次强对流天气过程多普勒雷达回波中尺度特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 42-45.
- [19] 王艳兰, 唐桥义. 桂林市年 5 月 1 日雷电等强对流天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (增刊 I): 305-306.
- [20] 黄冬梅, 黄彩东, 韦美闹. 2011 年河池市冰雹天气过程雷达产品分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (S1): 53-54.