

# 灾害性天气的闪电活动和雷达回波特征分析

刘丹枫<sup>1</sup> 施佳驰<sup>2</sup> 肖冰霜<sup>1</sup>

1 衡阳市气象局 2 湖南省气象信息中心

DOI:10.12238/eep.v8i2.2549

**[摘要]** 利用ADTD闪电定位数据、多普勒雷达及地面自动站监测等资料,在对衡阳地区冰雹、雷暴大风和暴雨这三种灾害性天气过程的研究中发现:冰雹过程的闪电活动与雷达强回波高度匹配;雷暴大风过程的闪电活动与雷达强回波的关联性较弱;暴雨过程虽雷达回波强度不高,但闪电密度极大。这三种灾害性天气过程存在一个显著的共同特征:站点周边在各站点降水出现之前,就出现了闪电活动,且地面灾害性天气总是晚于闪电活动的发生。这一特征可为提升灾害性天气的短临预警工作提前量提供重要的参考依据。

**[关键词]** 灾害性天气; 闪电特征; 强对流

中图分类号: P429 文献标识码: A

## Analysis of Lightning Activity and Radar Echo Characteristics in Severe Weather

Danfeng Liu<sup>1</sup> Jiachi Shi<sup>2</sup> Bingshuang Xiao<sup>1</sup>

1 Hengyang Meteorological Bureau 2 Hunan Meteorological Information Center

**[Abstract]** By using the ADTD lightning location data, Doppler radar data, and monitoring data from surface automatic weather stations, this study on three types of severe weather processes in the Hengyang area, namely hail, thunderstorm gales, and heavy rainfall, reveals that: during the hail process, the lightning activity highly matches the strong radar echo; the correlation between the lightning activity and the strong radar echo is relatively weak during the thunderstorm gale process; although the radar echo intensity is not high during the heavy rainfall process, the lightning density is extremely large. These three types of severe weather processes share a remarkable common feature: lightning activity occurs around the weather stations before the precipitation at each station, and the surface severe weather always occurs later than the lightning activity. This feature can provide an important reference basis for increasing the lead time of short-term and nowcasting warnings of severe weather.

**[Key words]** severe weather; lightning characteristics; severe convection

闪电活动与强对流天气系统发展演变的关系研究,是气象预报员在闪电资料应用方面最关注的问题,也是强对流天气预报预警业务服务提供支撑的重要基础。Ge等<sup>[1]</sup>通过强对流天气个例研究指出,负地闪与中尺度对流系统的30dBZ以上的雷达回波有比较好的对应关系。钟幼军等<sup>[2]</sup>研究对比了黑龙江两次强对流过程中地闪与强回波之间关系,得到的结果与Ge等基本一致。随着闪电定位技术的发展,充分利用具有闪电定位的闪电监测数据对于更深入的分析理解强对流系统的发生发展机理,改进灾害性天气的分析诊断和预报预警,对提高预警提前量有着重要的意义。为此,我们选定衡阳地区三次分别以冰雹、雷暴大风、暴雨为典型特征的灾害性天气过程,利用ADTD闪电监测定位资料,结合雷达及地面自动站监测等数据,对比分析灾害性天气过程的闪电活动特征,从而为更深入

的揭示衡阳地区不同类型的灾害性天气的发生发展机理,提高对冰雹、雷暴大风、暴雨等灾害性天气的预警水平提供科学支撑。

### 1 闪电资料介绍及典型个例的选取

#### 1.1 闪电资料介绍

ADTD雷电监测定位系统的应用是气象部门进行雷电监测、预警预报的基础,为提高防雷技术服务、增强社会防御雷电灾害的能力、真正实现防雷减灾为社会经济发展保驾护航提供了科学依据<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 典型个例的选取

根据对近几年重要天气过程的整理,经过比较筛选后,最终选取以下三次最具代表性的典型强对流过程作为研究对象(表1)。

表1 选取的三次不同类型强对流天气过程的典型特征

日期	过程起止时间	最大降水量	最大小时雨强	有无冰雹及其最大直径	有无大风	天气背景	CAPE能量	强天气主要类型
2018年3月4日	08时~20时	47.6mm	33.4mm	2cm	局地伴有大风(22m/s)	高空槽、中低层切变线、地面辐合线	较大	冰雹
2019年3月21日	08时~20时	35.4mm	20.3mm	局地小冰雹	最大风速(23.9m/s)	高空槽、低涡切变、地面辐合线、低压倒槽	较大	雷暴大风
2019年5月26~27日	26日20时~27日20时	226.7mm	89mm	无	无	前倾槽、中低层切变线、地面辐合线	较小	暴雨

### 2 三次不同类型灾害性天气过程简介

本文所选取的三次灾害性天气过程,均发生在春季高空槽、切变线和地面辐合线背景下(图1),在雷达回波上都有强对流特征。其中,冰雹过程主要是以冰雹灾害为特征;雷暴大风过程,以单站出现17.2m/s以上大风为标准;暴雨过程,以日降水达到暴雨( $\geq 50\text{mm}$ ),且1站以上站点出现短时强降水( $\geq 20\text{mm/h}$ )为标准。

冰雹过程(图1a):2018年3月4日衡阳市出现了强对流天气,以冰雹为主,伴有雷暴大风天气,出现的冰雹直径最大为2cm。

雷暴大风过程(图1b):2019年3月21日衡阳市出现了一次强对流天气过程,雨量不大,以风雹天气为主。最大风速出现在衡山县紫金山农场,为23.9m/s。

暴雨过程(图1c):此次过程衡阳市出现了大范围的暴雨天气,北部以及中南部地区出现了较大范围的大暴雨。过程共计90站次超过50mm,17站次超过100mm,1站次超过200mm,最大累计雨量出现在耒阳市哲桥站(226.7mm),最大小时雨强亦出现在耒阳市哲桥站(89mm/h)。

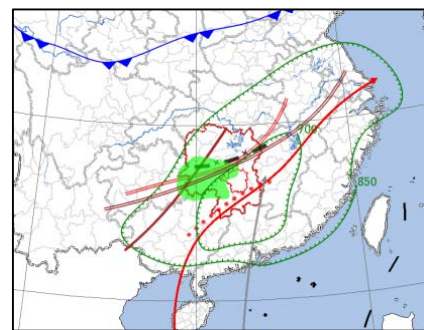


图1 三次灾害性个例主要影响系统配置中的分析  
(a: 2018年3月4日冰雹, b: 2019年3月21日雷暴大风, c: 2019年5月26日~27日暴雨)

### 3 三次不同类型灾害性过程的探空分析

#### 3.1 冰雹过程的T-lnP

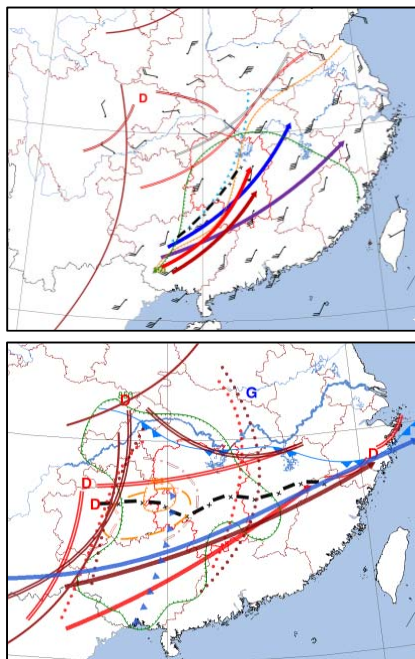
4日08时(图2a),对流有效位能CAPE为601.1J/kg,表明大气上空存在一定的对流不稳定能量,上干冷下暖湿及“喇叭口”状表明在600hPa高度附近湿度开始明显下降,而T500-850很大,进一步证实了大气层结的不稳定性。湿层厚度较薄,这也是此次灾害性天气过程主要是以冰雹和雷暴大风为主,而非暴雨的原因。湿球温度0℃层高度在4Km上下,-20℃层高度在7Km左右,存在逆温层,对风雹天气的发生发展十分有利。此外,600hPa以下风呈明显的顺时针旋转,垂直风切变大,低层有很强的暖平流,均有利于冰雹的发展。

#### 3.2 雷暴大风过程的T-lnP

21日08时(图2b),上空存在一定的不稳定能量,这表明强对流天气有可能发生。同理,上干冷下暖湿、探空曲线图呈“喇叭口”状,700hPa高度附近湿度开始明显下降,T500-850较大,都有利于对流不稳定的发展,可能导致强对流天气的发生。湿层厚度较薄,以雷暴大风为主。

#### 3.3 暴雨过程的T-lnP

27日08时(图2c),大气层结中具有非常深厚的湿层,厚度达到了500hPa以上。由于上空具有一定的垂直风切变,风向随高度逆转显示受到了冷平流的影响,指示着26~27日的强降雨落区主要是集中在偏南的位置。从层结和状态曲线的形状来看,CAPE



表现为“狭长型”，且CAPE值都较小，不易出现强的单体风暴，因而本次过程是一次强降水过程，以短时强降水为主，几乎没有风雹天气出现。

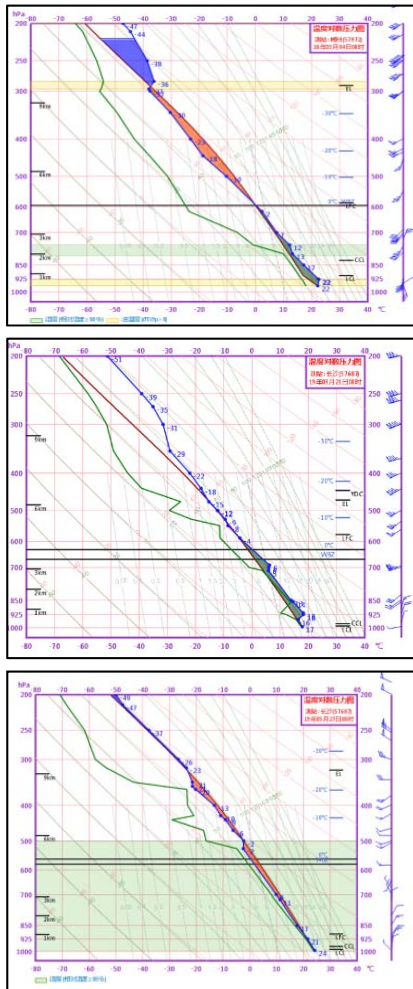


图2 T-lnP图

#### 4 雷达回波的演变特征及其与闪电分布的关系

在闪电活动与灾害性天气的雷达回波演变关系研究的基础上，预报员从预报预警的业务需求出发，期望从闪电特征的变化方面找到灾害性天气，尤其是强对流天气的提前预报预警时间。

##### 4.1 冰雹过程的雷达回波与闪电分布

3月4日10:00~12:00回波自西南向东北方向移动，强风暴单体于10:45开始移入衡南县境内，至11:02发展至最强，衡南出现降雹，因此将这一时段定为降雹期间。降雹发生前，衡南西部边缘形成较强回波，最大回波强度超过30dBz，在东移进入衡南的过程中不断发展；10:45在衡南西南角形成东北—西南走向的强回波带，偏西一侧达55dBz以上；随后系统继续发展且强度迅速加强，整体向东北方向移动，对流云区逐渐加强，层状云区也

向北向东不断扩大，闪电活动主要分布在对流系统移动方向的前部。降雹发生前，闪电发生频数较少。降雹期间，11:02衡南中部局地回波强度达到65dBz以上，且强中心移向南部边缘，回波强度梯度变大，闪电频数在附近显著增加；随后，强回波区(>65dBz)继续加强发展，系统进入发展的最旺盛阶段，地面出现大冰雹。闪电活动主要集中在向东北移动的对流系统的强回波中心及其前部的雷达反射率因子梯度较大区域，层状云区域很少有闪电发生。降雹结束后，强回波也基本移出衡南，闪电频数显著减少，并且主要发生在强回波中心外围前侧，强回波中心基本没有闪电发生。此次冰雹过程降水并不明显，以小到中雨为主，且呈现显著滞后性，雷暴大风方面也没有超过20m/s。

#### 5 小结

通过对比分析闪电活动与雷达回波、降水及雷暴大风的对应位置关系，可以得出以下结论：

(1) 冰雹过程的闪电活动与雷达强回波的对应性很好，尤其在强单体回波阶段几乎完全分布在强回波周围，随着强回波的移动而移动，其他地区仅有零星闪电发生；

(2) 雷暴大风过程的闪电活动与雷达强回波的对应性不是很好，闪电比较分散，并且闪电密度并没有因风暴单体的增加而增大；

(3) 暴雨过程中平均而言，雷达回波强度并不是很强，多集中在30~45dBZ之间，但闪电密度极大，回波在刚进入衡阳南部常宁与耒阳交界处时，闪电密度极大，之后迅速减少；

(4) 暴雨过程的雷达回波强度虽然不及风雹过程，但它所发生的闪电最为集中。由此可见，并不是回波强度越强，闪电次数就越多；

(5) 对于这三次不同类型的灾害性天气过程，它们的共同特征是：在各站点出现降水前，站点周围就已经出现闪电活动，且闪电活动逐渐活跃，闪电总是超前于地面灾害天气的发生，这对于灾害性天气的预报和预警都有着重要意义。

#### [参考文献]

[1] GE Zhengmo, YAN Muhong, GUO Changming, et al. Analysis of cloud-to-ground lightning characteristics in mesoscale storm in Beijing area[J]. Acta Meteor. Sinica, 1992, 6(4): 491-500.

[2] 钟幼军, 张治, 曹铁英, 等. 黑龙江省两次强对流过程地闪特征的对比如分析[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(1): 127-133.

[3] 郭润霞, 张文龙, 王迎春. 三次不同类型强对流天气过程的闪电特征对比分析[J]. 自然灾害学报, 2020, 29(02): 173-184.

#### 作者简介:

刘丹枫(1990--), 女, 汉族, 中国湖南衡阳人, 研究生, 高级, 主要从事天气预报业务及研究。