

基于 ADTD 的雷电活动规律分析

刘丹枫¹ 施佳驰² 廖启智¹ 李欣泽¹

1. 湖南省常宁市气象局 常宁 421500

2. 湖南省气象信息中心 长沙 410000

摘 要: 利用闪电定位数据资料, 对衡阳地区 2017–2020 年的闪电特征进行分析, 结果表明: 衡阳地区陡度的年际变化相对平稳; 负闪次数远多于正闪, 负闪强度幅值约为正闪强度幅值的 1.4 倍, 正闪平均强度约为负闪平均强度的 1.26 倍, 正闪陡度与负闪陡度大小比较接近; 闪电空间分布受地形影响呈中间低, 四周高的特征; 通过词云图对闪电数据可视化, 分别得到闪电出现次数最多的县区一级为耒阳市、乡镇一级为吴集镇; 通过分析闪电活动的时间分布特征, 得出强对流天气是形成雷电的主要因素, 且在夏季的午后到傍晚发生最为频繁; 秋冬季闪电强度弱且分布比较稀疏的, 而夏季较为集中, 强度也较强。

关键词: 雷电; 闪电定位仪; 强对流; 地闪

雷电是一种危害性极大的自然灾害, 是联合国公布的十种最严重的自然灾害之一, 也是目前中国十大自然灾害之一^[1]。随着电子信息系统在居民生产、生活和工作中的广泛应用, 遭受雷击的危险性几率愈来愈大, 造成的损失也越来越大。目前闪电探测具有全天候, 高精度, 高分辨率, 长距离覆盖等特点^[2], 面对闪电灾害及伴随的强对流灾害性天气预报服务的强烈社会需求, 为了强化短临预警科技支撑, 有效减少雷电事故的发生、保护人民生命财产免受雷电灾害的困扰, 研究闪电活动规律不论对于与雷暴活动密切相关的实际问题, 还是对与雷暴发生宏观条件等有关研究问题都具有重要意义。本文通过分析 2017–2020 年衡阳地区闪电活动分布特征, 为闪电资料在衡阳强对流天气监测研究等方面的应用提供背景知识, 对灾害性天气过程的短时预报服务提供更多的依据, 从而加深对该地区强对流天气气候规律的认识, 进一步提高预报准确度和精细化程度。

1. 资料来源与处理

雷电资料实时定位系统 (ADTD6.0) 由定位仪、数据处理站、数据服务网络及终端显示等组成。该系统是基于网络实时收集雷电数据, 实现自动化雷电数据高效定位、显示、资料存储及统计等重要功能, 并可自动生成雷电监测产品。通过采用时差法和定向时差联合法对云地闪进行定位^[3], 能够区分闪电的正、负极性, 定位精度在 500 米以内。系统终端部署在省局服务器上, 该数据为每天一个 txt 文件保存在

ADTA_SAV 目录下, 该文件的主要字段有: 序号、时间、纬度、经度、强度、陡度、误差、定位方式、省市县。

选用 2017–2020 年保存的雷电数据, 但由于数据量极其庞大且单个文件包含全国数据, 部分数据还缺失省市县字段, 因此首先对数据进行整合、清洗, 再通过衡阳市经纬度范围缩小闪电数据范围, 最后根据经纬度进行逆地理编码将每一条数据与省、市、县等地名挂钩, 并筛选形成新的数据集。

2. 闪电概况

闪电按发生的位置可划分为云闪 (不与大地和地物接触的闪电) 和地闪, 其中对地面设施和人员危害最大的是地闪。地闪按闪电电流方向又可以细分为: 正闪和负闪。首先对衡阳市辖区内的闪电总次数、正负地闪以及相应的强度和陡度做逐年平均统计。表 1 给出 2017–2020 年衡阳地区闪电的统计结果, 从中可见:

(1) 2017–2020 年平均每年发生闪电总次数约为 24034 次;

(2) 闪电强度的年际平均值约为 49.78 kA, 2017 年强度偏离值较大; 陡度的年际变化相对平稳, 平均值约为 21.5 kA/ μ s;

(3) 负闪次数远多于正闪, 约占全部闪电的 94%, 正闪次数仅占全部闪电的 6%;

(4) 负闪强度幅值约为正闪强度幅值的 1.4 倍, 正闪平均强度约为负闪平均强度的 1.26 倍, 正闪陡度与负闪陡

度大小比较接近。

表 1 2017–2020 年衡阳地区闪电统计表

年份	闪电总次数			正闪			负闪		
	次数	强度 /kA	陡度 / (kA/μs)	次数	强度 /kA	陡度 (kA/μs)	次数	强度 /kA	陡度 (kA/μs)
2017	19326	60.95	24.29	799	66.83	17.98	18527	−60.69	−24.56
2018	31267	44.35	20.71	1072	63.18	18.69	30195	−43.69	−20.78
2019	20097	46.18	19.49	1861	56.64	13.72	18236	−45.12	−20.08
2020	25444	47.64	21.51	2045	61.13	14.01	23399	−46.46	−22.16

3. 闪电活动的空间分布特征

3.1 闪电分布图

通过 geopandas、matplotlib 等库文件绘制闪电密度分布图。2017–2020 年间在衡阳地区的闪电活动总体分布上存在一定的不同，整个地区闪电次数呈中间低，四周高的特征，表明衡阳地区雷电灾害存在明显的区域性，高值区位于衡阳市区周边环境环绕的乡镇，这可能与衡阳典型的盆地地形有关。衡阳盆地四周山丘围绕，中部平岗丘交错，盆地由四周向中部降低，尤其北部衡山山脉一带附近地形作用有利于气流抬

升，冷暖交汇形成不稳定的大气层结，有利于对流性天气的发生，也为雷电多发区。

3.2 图形展示分析

通过 matplotlib 绘制 2017–2020 年衡阳区县闪电数量、面积、闪电密度柱状图。

3.2.1 区县柱状图

按照行政区域划分，对比图 1 中区县闪电数量及区县面积柱状图可知，衡阳地区闪电出现次数与各区县面积基本成正相关。

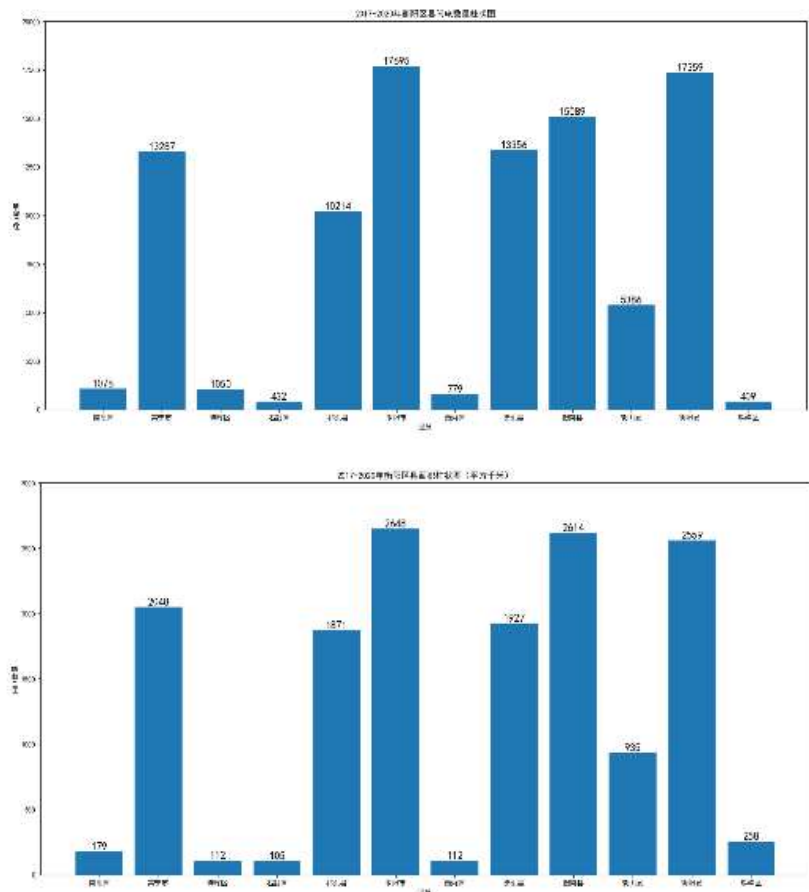


图 1 2017–2020 年衡阳区县闪电数量及区县面积柱状图

3.2.2 乡镇柱状图

集镇闪电次数最高，需注意加强雷电防护及短临预警。

绘制闪电频次前 20 名的乡镇如图 2 所示，可以得到吴

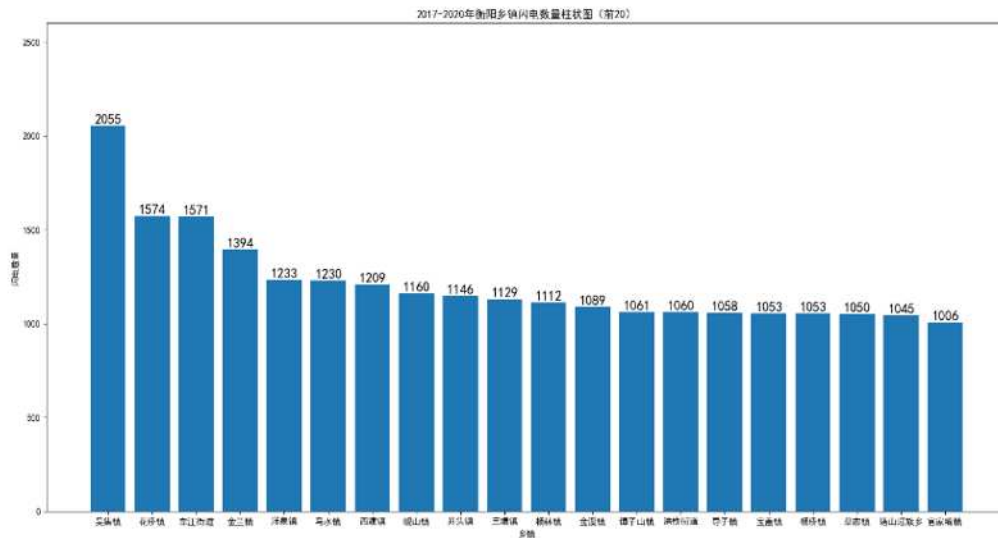


图 2 2017–2020 年衡阳乡镇闪电数量柱状图

4. 闪电的时间分布特征

通过 matplotlib 绘制 2017–2020 年衡阳地区 24 小时闪电出现数量折线图、每月闪电出现数量折线图、全年闪电出现数量折线图、衡阳地区日闪电折线图分别进行闪电的日变化、月变化、季节变化、年际变化分析。

4.1 闪电的日分布特征

按闪电出现小时进行分类，从图 3 可以看出，衡阳地区雷电闪电次数图呈单峰型，集中发生在 12:00–20:00，共 68461 次，占比 71.21%。峰值出现在 16:00，共 12120 次，占比 12.6%；谷值出现在 10:00，共 535 次，占比 0.55%。

将一天分为 00:00–06:00（后半夜）、06:00–12:00（上午）、12:00–18:00（下午）和 18:00–24:00（前半夜）四个时段，则主峰值时段出现在下午到傍晚、次峰值时段出现在夜晚到凌晨、而上午是雷电活动的低谷。衡阳雷电活动的这种日变化，与衡阳的地形及大气活动比较吻合，且由于清晨受太阳辐射影响较小，对流天气发生得不太频繁，大气活动能量主要在午后太阳辐射增加下得到加强，造成大气层结不稳定，对流活动频繁，因此在午后强对流天气发生频繁时地闪数量有明显增加。

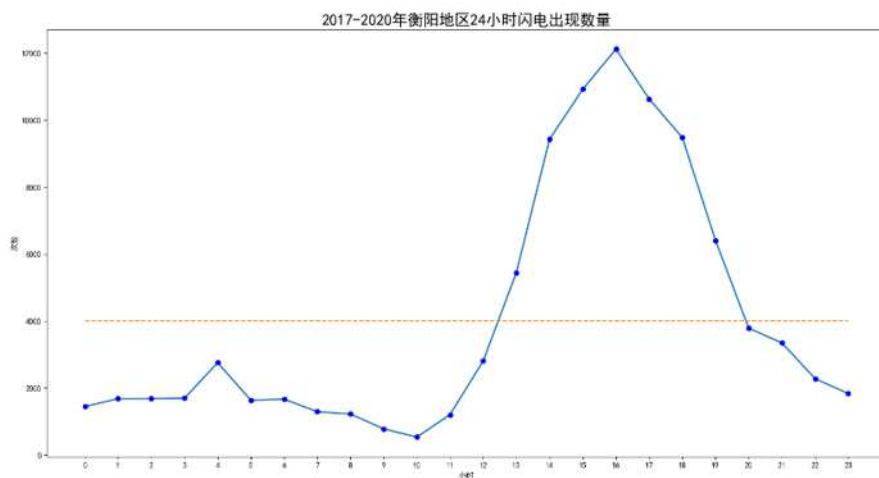


图 3 2017–2020 年衡阳地区 24 小时闪电出现数量折线图

4.2 闪电的季节分布特征

由图 4 看出, 衡阳地区绝大部分闪电集中发生在夏季 (6-8 月), 闪电出现次数远大于其他季节的闪电次数, 这也正是太阳辐射最强的季节, 考虑由于太阳强烈加热下垫面的时间最长, 最容易形成午后热对流; 其次, 春季 (3-5 月) 均有一定的雷电次数产生, 考虑受北方冷空气在此期间南下

渗透影响, 冷暖气流交汇易触发衡阳局地性的强对流天气, 如大风、短时强降水、冰雹等; 秋季 (9-11 月) 出现的闪电主要集中在 9 月, 此时受热带低压外围暖湿气流作用, 衡阳地区上空不稳定能量配合垂直上升运动, 导致局地对流性天气的发生; 冬季 (12-2 月) 相比其他季节, 总体数值很小。可见, 强对流天气是形成雷电的主要因素。

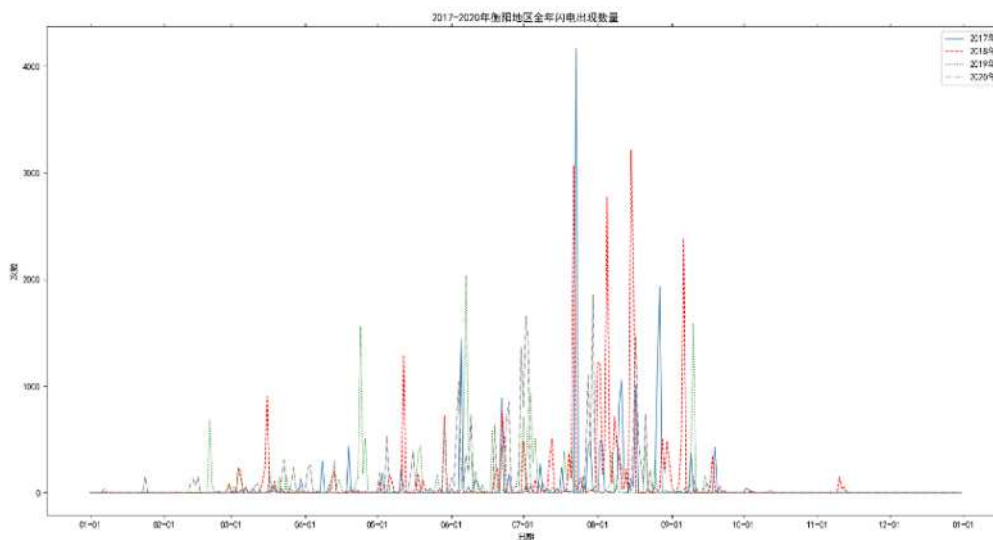


图 4 2017-2020 年衡阳地区全年闪电出现数量折线图

4.3 闪电的年际分布特征

从图 5 得知, 2017-2020 年闪击次数相对稳定, 全市每年闪击总次数在 20000-30000 次之间, 2018 年略偏高, 2017 年略偏低。

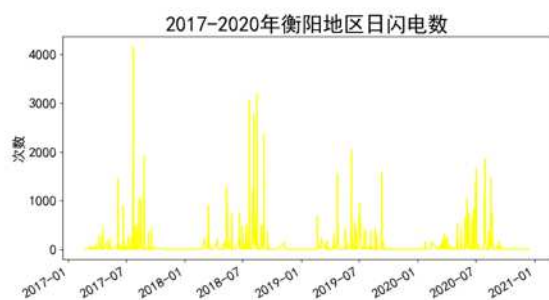


图 5 2017-2020 年衡阳地区日闪电数折线图

5. 结论

本文利用闪电定位数据, 分析了衡阳地区 2017-2020 年闪电活动的分布特征, 主要结论如下:

(1) 闪电强度的年际平均值约为 49.78 kA, 2017 年强度偏离值较大; 陡度的年际变化相对平稳, 平均值约为 21.5

kA/ μ s;

(2) 负闪次数远多于正闪, 约占全部闪电的 94%; 负闪强度幅值约为正闪强度幅值的 1.4 倍, 正闪平均强度约为负闪平均强度的 1.26 倍, 正闪陡度与负闪陡度大小比较接近;

(3) 由于衡阳盆地地形及衡山山脉的存在, 闪电空间分布呈区域中心相对较低而四周较高的情况分布, 且北部衡山山脉一带受地形抬升作用为雷电多发区;

(4) 通过县区一级、乡镇一级的词云图对闪电数据可视化展示, 得出 2017-2020 年衡阳地区耒阳市、衡阳县、衡南县等县区闪电出现次数较多, 吴集镇、花桥镇、车江街道等乡镇闪电出现频次较高;

(5) 闪电活动存在明显的日变化、月变化、季变化及年际变化特征, 通过分析, 强对流天气是形成雷电的主要因素, 且在夏季的午后到傍晚发生最为频繁, 尤以 8 月最甚;

(6) 衡阳地区秋冬季是正闪为主, 夏季是负闪居多; 秋冬季闪电强度弱且分布比较稀疏的, 而夏季较为集中, 强度也较强。

参考文献:

- [1] 孟德东,高霞.利用大气电场监测数据实现雷电预警的尝试[C].第28届中国气象学会年会,2011.
- [2] 夏菡梦,袁铁.闪电资料在中尺度模式中的同化应用研究.第33届中国气象学会年会,2016.
- [3] 段和平,周洁晨,夏雪,等.基于ADTD闪电定位资料的江西省历史15年雷电活动规律分析[J].河南科技,2020(10):133-135.

作者简介:刘丹枫(1990—),女,湖南衡阳人,汉族,硕士研究生,高级工程师,台长,从事天气预报业务及研究。