

# 近10年咸宁地闪回击特征分析

汪旭东 王林

(咸宁气象局, 咸宁 437100)

**摘要:** 以咸宁2007—2017年的雷电定位系统(ADTD)数据为基础, 利用数理统计等方法分析了咸宁六个县市区地闪回击次数、回击密度、回击强度的时间和空间变化特征。结果表明, 咸宁地闪回击以负极性居多, 占总地闪的90%以上。3—9月是雷电集中高发期, 午后至傍晚是雷电活动最活跃时段; 北部平原地闪回击密度较南部山区高, 平均电流强度低于山区; 南部山区总地闪回击次数较北部多, 通山县年平均回击次数达到8873次。咸宁地闪回击密度的地区差异性分布可能与地形和局地小气候有关。

**关键词:** 地闪回击, 雷电流, 强度, 时空分布

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.05.007

## Analysis of the Spatial and Temporal Distribution Characteristic of the 10 a Return Strokes of Cloud-to-Ground in Xianning Area

Wang Xudong, Wang Lin

(Xianning Weather Bureau, Xianning 437100)

**Abstract:** To further understand the pattern of lightning activities in southeast Hubei, based on the data obtained from lightning location system (ADTD) in Xianning between 2007 and 2017, the characteristics of the temporal and spatial variations of the number, density, and intensity of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning were analyzed with mathematical statistics and other methods. The results indicated noticeable seasonal variations in lightning activities in Xianning, spring and summer from March to September were the highest period of lightning with two peaks, the main peak and the secondary one being August and July respectively. And 13:00—18:00 BT saw the most active lightning activities in a day. With respect to the spatial distribution of lightning activities, the northern area showed higher density of return strokes compared with the south; Tongshan county in the south, which features mountainous terrain, was found with the highest number of total return strokes, reaching an annual average of 8873 times.

**Keywords:** return stroke of cloud-to-ground lightning, lightning current, intensity, spatial and temporal distribution

### 0 引言

雷电是雷暴天气中发生的一种长距离瞬时放电现象, 可对电力、通信、交通运输、自动控制等部门造成严重破坏或巨大损失, 甚至对人民生命财产安全构成严重威胁<sup>[1-2]</sup>。雷电地闪回击参数如地闪回击次数、地闪回击密度和地闪回击强度等是防雷工程设计、雷击风险评估的重要基础数据。对于区域性雷电的时空分布特征, 王欣眉等<sup>[3]</sup>发现青岛地区雷暴日数自东南向西北逐渐增多, 季节性分布特征明显, 主要集中在7月和8月; 吴清等<sup>[4]</sup>发现海南省雷电在空间分布呈现出内陆较沿海更为活跃的特点; 曾东好等<sup>[5]</sup>发现广东省梅州市有着午后至傍晚最多的雷电日变化特征。

雷电的空间分布也与地形地貌、土壤电阻率、天气气候条件等诸多因素有关。王学良等<sup>[6]</sup>对湖北山区和平原雷电参数进行了对比分析, 发现山区与丘陵、平原交界地带是雷电多发地带, 鄂东南的嘉鱼县、咸安区为地闪回击高密度区。申元等<sup>[7]</sup>分析了云南山地的雷电流幅值、地闪回击密度等参数随海拔高度的变化关系, 发现该地区的负雷电流幅值总体变化趋势是随海拔高度的增加而增大, 而地闪回击高密度的分布与气候、地形、地貌、地面大型水体和城市热岛效应又有着密切的关系<sup>[8]</sup>。

咸宁处于亚热带湿润型大陆性季风气候带, 境内山地、湖泊、河流呈南北向交错分布, 受西风带和亚热带季风环流的双重影响, 雷电灾害多发。本文利用湖北省闪电定位系统监测平台, 统计分析了咸宁地区近10年的雷电地闪回击次数、密度和电流强度等参数

收稿日期: 2019年6月21日; 修回日期: 2020年11月16日

第一作者: 汪旭东, Email: wxd8263278@qq.com

通信作者: 王林(1986—), Email: sealaing@126.com

时空分布特征，以期为鄂东南雷电防护措施设计提供技术参考。

## 1 资料来源及统计方法

采用湖北省ADTD闪电定位系统2007—2017年的地闪回击资料，剔除了地闪回击强度 $\leq 5.4$  kA和大于等于500 kA的数据。分别统计分析咸宁包括市区、赤壁、嘉鱼、崇阳、通山和通城等六个县市区的年、季、月、日逐小时的地闪回击次数、正负地闪回击所占比例、各县市地闪回击密度、总地闪回击次数和各县市总地闪回击平均强度等雷电参数。

逐日统计每小时平均地闪回击次数；以3—5月、6—8月、9—11月和12月到次年2月，分别代表春、夏、秋、冬四个季节进行统计。

## 2 咸宁地闪回击次数分析

### 2.1 年变化特征分析

2007—2017年雷电监测资料表明，咸宁地区负地闪回击所占比例均在94%以上，地闪回击次数差异较大（表1）。咸宁南部地区以山地地形为主的通山县总地闪回击次数最多，可达97613次，年平均地闪回击次数有8873次，而相邻的通城县总地闪回击次数最少，只有19052次，年平均地闪回击次数为1732次，其他四个县市区的总地闪回击次数在37000~79000不等（图1）。11年

表1 2007—2017年咸宁各县市区地闪回击次数统计表

Table 1 The number of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

县市	赤壁市	崇阳县	嘉鱼县	通城县	通山县	咸宁市区	咸宁全市
总地闪回击次数	72956	62455	39142	19052	97613	80982	372200
正地闪回击次数	2413	3046	1872	1040	3784	2784	14939
负地闪回击次数	70543	59409	37270	18012	93829	78198	357261
负地闪回击占比/%	96.68	95.12	95.22	94.54	96.12	96.56	95.99
平均地闪回击密度 (次/(km <sup>2</sup> ·a))	3.85	2.89	3.49	1.53	3.31	4.90	3.38
年平均地闪回击次数	6632	5677	3558	1732	8873	7362	5639

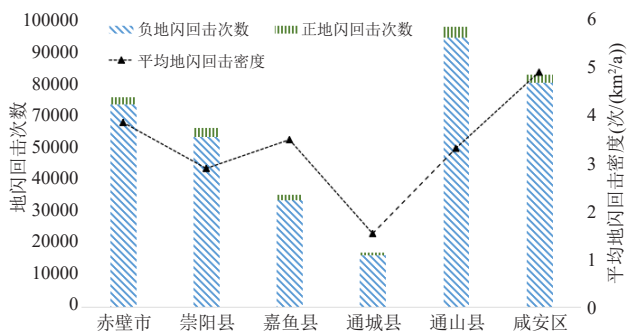


图1 2007—2017年咸宁各县市发生的地闪回击次数及地闪回击密度

Fig. 1 The number and density of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

间，咸宁六个县市区的年地闪回击次数峰值出现在2010年，而2010年的年降水量和年均湿度均为11年中的最大值。可见降水条件越好，降水量越充沛，地闪回击发生的概率就越大，地闪回击次数也越多（图2）。

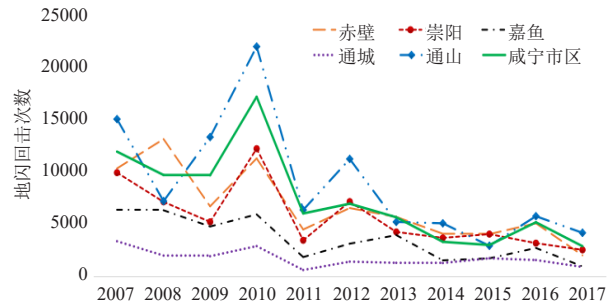


图2 2007—2017年咸宁各县市区地闪回击次数变化

Fig. 2 Changes in the number of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

咸宁地区11年来平均地闪回击密度为3.38次/(km<sup>2</sup>·a)，北部平原的市区、赤壁市及嘉鱼县的年平均地闪回击密度超过咸宁地区地闪回击密度的年平均值，市区的平均地闪回击密度最高，达到4.90次/(km<sup>2</sup>·a)；南部山区的崇阳县、通山县、通城县年平均地闪回击密度均小于咸宁地区年平均值，通城县的平均地闪回击密度最小，只有1.53次/(km<sup>2</sup>·a)。咸宁北部平原地区的地闪回击密度明显高于南部山区的原因可能有两个：一是咸宁南部山区位于湖北地区边缘，其在80%~85%，低于北部（闪电理论探测效率90%）<sup>[6]</sup>；二是山区地质状况与平原不同，南部山区多岩石构造，土壤电阻率较大，北部平原地区水田丰富，土壤电阻率小，更有利于云地间闪电的发生；三是与局地小气候环境有关。

### 2.2 季变化特征

咸宁地区不同县市季节性的总地闪回击次数相差较大，均呈现明显的季节变化。其中夏季总地闪回击次数最多，六个县市区夏季总地闪回击次数均占全年总地闪回击次数的66.98%以上，其中赤壁市夏季总地闪回击次数的占比最高，达到73.72%。春季总地闪回击次数的占比多于秋季，冬季最少。咸宁地区春夏季总地闪回击次数占全年总地闪回击次数的比率均在86.26%以上，赤壁市最高，可达91.36%。由此可见，春夏季是雷电多发季节，也是雷电防护的关键季节。

### 2.3 月变化特征

图3是2007—2017年咸宁地区各县市区总地闪回击次数的月际变化。可以看出，咸宁地区各县市区的月总地闪回击次数变化峰值出现在8月。通山县最

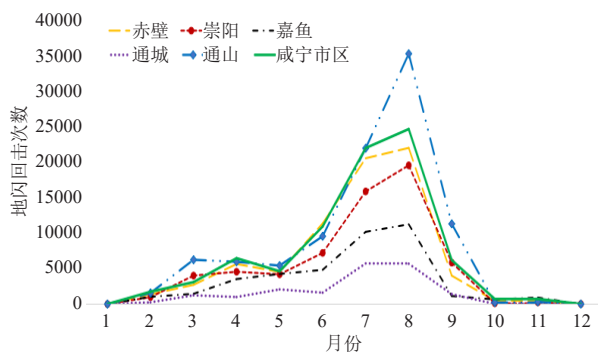


图3 2007—2017年咸宁各县市雷电地闪回击次数月际变化  
Fig. 3 Monthly Changes in the number of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

多, 8月达到35188次。一年中, 咸宁地区各县市区3—9月总地闪回击次数均占全年的93.31%以上, 属雷电集中高发期, 其中通城县该时段的地闪回击次数占比最多, 可达98.18%。

## 2.4 日变化特征

咸宁地区各县市区总地闪回击次数日变化显示, 最大值一般出现在13—18时, 最小值出现在08—12时(图4)。即凌晨至上午气温较低时段, 总地闪回击次数较少, 下午至傍晚气温相对较高, 其总地闪回击次数也相对较高。其中, 通山、咸安、赤壁和崇阳四个地区的日总地闪回击次数变化峰值较明显, 通山峰值出现在14时, 其他三个地区峰值出现在15—16时。通城和嘉鱼县两个地区的日总地闪回击次数变化较平缓, 峰值出现在15—17时。下午至傍晚总地闪回击次数较高, 主要是受太阳辐射影响, 地面温度升高, 从而较好的热力条件有利于对流云的发展。而一般对流云是在午后开始发展, 在傍晚时最为活跃。

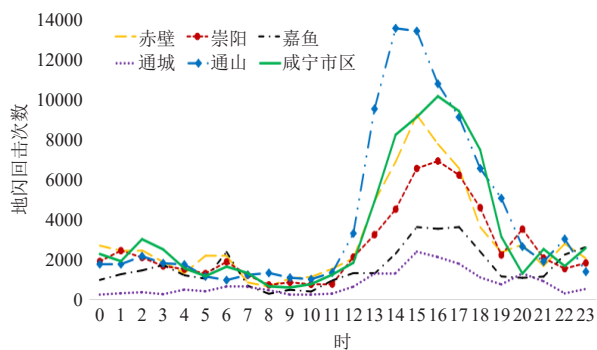


图4 2007—2017年咸宁各县市雷电总地闪回击次数日变化  
Fig. 4 Daily Changes in the number of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

## 3 地闪回击强度变化特征

2007—2017年咸宁地闪回击平均电流强度约为

33.47 kA, 各县市区各季度总地闪回击平均强度呈现出明显的南北差异。南部的通城、通山和崇阳县三个地区的地闪回击平均电流强度大于北部的赤壁、嘉鱼和咸宁市区。其中, 通城县总地闪回击平均电流强度最大, 高达43.87 kA, 咸宁市辖区的总地闪回击平均电流强度最小, 只有26.50 kA(图5)。从季节上看, 通城县和咸宁市区的总地闪回击强度夏季最高, 赤壁、通山和嘉鱼三个地区的总地闪回击电流强度春季最高, 只有崇阳县的总地闪回击电流强度在秋季达到最大值。咸宁地区各县市冬季的总地闪回击电流强度均为最低。

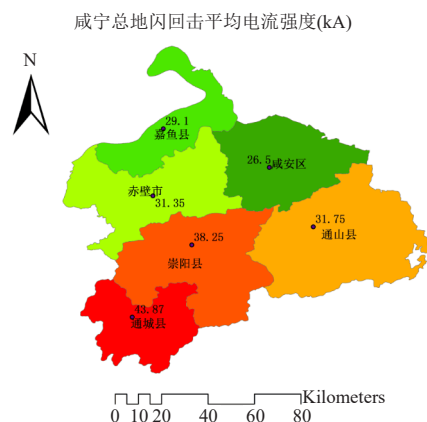


图5 2007—2017年咸宁各县市雷电总地闪回击平均电流强度分布

Fig. 5 Average intensity distribution of return strokes of cloud-to-ground lightning in six counties and districts in Xianning in 2007—2017

## 4 结论

通过湖北省2007—2017年ADTD闪电定位仪的相关资料对咸宁地区的地闪回击次数、极性以及地闪回击密度和地闪回击强度等参数进行分析, 得到以下结论。

1) 咸宁各地区总地闪回击次数峰值出现在2010年, 当年降水量较其他年份充沛。地闪回击次数与降水量密切相关。

2) 不同县市季节性的总地闪回击次数相差较大, 其中夏季总地闪回击次数最多, 春季总地闪回击次数的占比多于秋季, 冬季最少; 月总地闪回击次数峰值出现在8月。春夏季3—9月属雷电集中高发期, 也是雷电防护的关键季节; 日总地闪回击次数最大值一般出现在13—18时, 最小值出现在08—12时。

3) 咸宁北部区域与南部区域的地闪回击密度、地闪回击强度有明显差异。南三县的年平均地闪回击

(下转181页)

## 附录：

2015年主要国家气象预算收支与在职人员概况一览表

国别	气象部门人数	每万km <sup>2</sup> 气象部门人数	每百万人口气象部门人数	预算支出/百万美元	人员经费支出/百万美元	政府购买服务或公共基金或政府拨款/百万美元	人均支出/(万美元/人)	人员经费占预算支出比例/%	公共资金占预算支出比例/%	公共资金占GDP比例/%	国民人均预算支出/(美元/人)	气象人员人均人员经费/美元	气象人员人均公共资金/美元
美国 (NWS+OAR+NESDIS)	5609	6.13	17.49	3828.66	956.21	3828.66	68.26	24.98	100.00	0.21	11.94	170477.80	682592.26
加拿大 (MSC)	1459	1.60	40.87	201.14	122.00	142.05	13.79	60.65	70.62	0.09	5.63	83618.92	97361.21
英国 (MO)	2154	89.05	33.08	322.20	162.52	290.83	14.96	50.44	90.26	0.11	4.95	75450.32	135018.57
法国 (MF)	3201	58.46	48.10	389.27	283.90	216.67	12.16	72.93	55.66	0.08	5.85	88691.03	67688.22
德国 (DWD)	2385	68.36	29.20	331.01	123.69	266.8	13.88	37.37	80.60	0.07	4.05	51861.64	111865.83
澳大利亚 (BoM)	1654	2.15	69.44	254.1	132.64	158.96	15.36	52.20	62.56	0.14	10.67	80193.47	96106.41
日本 (JMA)	5167	141.72	40.64	593.13	292.67	593.13	11.48	49.34	100.00	0.12	4.67	56642.15	114791.95
韩国 (KMA)	1461	149.85	28.64	308.55	65.42	305.74	21.12	21.20	99.09	0.16	6.05	44777.55	209267.62
8个国家平均	2886	64.66	38.43	778.51	267.38	725.36	26.98	34.35	93.17	0.12	6.73	81464.11	189336.51
中国 (CMA)	53781	56.02	39.22	4482.94	671.29	1908.83	8.34	14.97	42.58	0.10	3.27	12481.92	35492.65

2016年中主要国家气象预算收支与在职人员概况一览表

国别	气象部门人数	每万km <sup>2</sup> 气象部门人数	每百万人口气象部门人数	预算支出/百万美元	人员经费支出/百万美元	政府购买服务或公共基金或政府拨款/百万美元	人均支出/(万美元/人)	人员经费占预算支出比例/%	公共资金占预算支出比例/%	公共资金占GDP比例/%	国民人均预算支出/(美元/人)	气象人员人均人员经费/美元	气象人员人均公共资金/美元
美国 (NWS+OAR+NESDIS)	5555	6.07	17.20	3908.17	958.93	3908.17	70.35	24.54	100.00	0.21	12.10	172624.66	703540.95
加拿大 (MSC)	1429	1.57	39.57	179.01	120.69	145.67	12.53	67.42	81.38	0.09	4.96	84457.66	101938.42
英国 (MO)	2045	84.54	31.17	273.95	144.91	240.49	13.40	52.90	87.79	0.08	4.18	70860.64	117599.02
法国 (MF)	3124	57.05	46.82	398.80	263.12	199.76	12.77	65.98	50.09	0.07	5.98	84225.35	63943.66
德国 (DWD)	2323	66.58	28.21	352.28	119.80	285.44	15.16	34.01	81.03	0.07	4.28	51571.24	122875.59
澳大利亚 (BoM)	1664	2.17	68.79	268.26	137.58	154.09	16.12	51.29	57.44	0.13	11.09	82680.29	92602.16
日本 (JMA)	5169	141.77	40.70	611.70	308.22	611.7	11.83	50.39	100.00	0.12	4.82	59628.55	118340.10
韩国 (KMA)	1463	150.05	28.56	321.67	69.66	317.05	21.99	21.66	98.56	0.16	6.28	47614.49	216712.24
8个国家平均	2847	63.73	37.63	789.23	265.36	732.80	27.72	46.02	92.85	0.12	6.71	81707.86	192194.02
中国 (CMA)	53314	55.54	38.67	4341.89	993.74	2018.59	8.14	22.89	46.49	0.10	3.15	18639.38	37862.29

(作者单位：中国气象局气象发展与规划院)

(上接41页)

密度均小于北部三个县市，且小于咸宁地区年平均值，但总地闪回击强度却高于北部区域。地闪回击密度或与闪电理论探测效率、地质结构、局地小气候有关。

## 参考文献

- [1] 张义军, 孟青, 马明, 等. 闪电探测技术发展和资料应用. 应用气象学报, 2006, 17(5): 611-620.
- [2] 陈家宏, 冯万兴, 王海涛, 等. 雷电参数统计方法. 高电压技术, 2007, 33(10): 6-10.
- [3] 王欣眉, 宋琳, 王新功, 等. 1971—2008年青岛地区雷电时空分布特征. 气象与环境学报, 2011, 27(4): 39-43.
- [4] 吴清, 梁亚峰, 黄松, 等. 海南省雷电分布特征分析. 电力科学与工程, 2015, 31(增刊): 1-7.
- [5] 曾东好, 郭青, 高国靖, 等. 梅州城区雷电基础参数分析. 现代农业科技, 2013, 18: 235-236.
- [6] 王学良, 刘学春, 黄小彦, 等. 湖北地区云地闪电时空分布特征分析. 气象, 2010, 36(10): 91-96.
- [7] 申元, 王磊, 马御棠, 等. 海拔变化对雷电参数影响分析与探讨. 2012年云南店里技术论坛论文集, 2012: 240-242.
- [8] 赵伟, 童杭伟, 张俊, 等. 浙江省雷电时空分布特征及影响因素分析. 电网技术, 2013, 37(5): 1425-1431.