

2013–2016 年新疆地区闪电活动时空特征分析

钱 勇, 谭 侨, 焦 阳, 张永军, 王延慧, 张 晗

(新疆气象灾害防御技术中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要:针对新疆地区闪电活动特性的研究相对比较少,利用闪电监测定位系统(ADTD)获取的地闪资料,采用数理统计的方法,分析了新疆地区 2013–2016 年闪电活动的时空分布特征。结果表明:负地闪占闪电总数的 85.9%,平均电流强度为 39.9 kA;正地闪占闪电总数的 14.1%,平均电流强度为 71.9 kA;闪电频次月变化呈单峰型分布,主要集中在 5–9 月,占总闪电频次的 96.5%,高发月在 6–7 月,占总闪电频次的 67.5%;闪电频次日变化呈单峰单谷型,高发时段主要集中在 15–19 时,占闪电总频次的 46.3%;闪电强度主要集中在 10~50 kA,60% 的闪电不大于 35 kA,100 kA 以上闪电仅占总数的 6.2%;闪电主要分布在北疆西北地区,其中吉木乃县是闪电发生的高密度区,南疆闪电发生相对较少。闪电活动特征呈明显的地域性差异。

关 键 词:气象探测技术;雷电防护科学与技术;时间分布;空间分布;闪电强度;特征分析

中图分类号:P446

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.01.012

0 引言

闪电是指不同极性电荷中心区域之间的一种长距离放电现象,其中地闪是指发生在云中主电荷中心与大地之间的一种对地放电的过程,其电流强度可以达到几十千安至几百千安,所伴随的电磁场辐射、瞬时高温具有很强的破坏力,对空中物体、地面建筑物、周围的电子设备等会造成严重的破坏,甚至可能导致人员伤亡,是一种非常严重的自然灾害。在中国随着人口的增长城市的快速发展,闪电所产生的负面影响愈演愈烈。因此雷电防护工作的内容和范围也被逐渐的扩大,这就需要对区域闪电的分布特征、放电特征及活动规律有更多的了解,为探索有效的雷电防护新技术提供理论支撑^[1-3]。

闪电的分布特征从侧面揭示了区域对流活动规律。近年来,随着闪电探测技术的不断发展,国内外众多学者对区域闪电的活动特征开展了大量的观测研究。Soriano 等^[4]10 年的闪电资料分析了伊比利亚半岛的闪电活动特征,认为闪电活动高密度区与山区分布有关,其中地中海对闪电活动也有一定的影响。Ramos 等^[5]根据闪电定位资料分析了 2003–2009 年葡萄牙内陆地区不同季节的闪电活动特征,发现冬季葡萄牙内陆的闪电活动最弱。Villarini 等^[6]根据 16 年的闪电数据资料,研究发现一些极端的闪电活动主要分布在美国的中部及阿巴拉契亚山脉的西部,闪电主

要发生在夏季,且每年都有增长的趋势。YANG 等^[7]根据 2010–2013 年地闪数据资料分析了中国闪电的时空分布特征,闪电活动有明显的季节性变化特征,负闪频次最大值出现在 8 月,正闪频次最大值出现在 6 月,且冷季正极性闪电所占的百分比要远大于暖季。杨敏等^[8]利用闪电监测资料和地面雷暴观测资料分析了 2007–2015 年京津冀地区闪电活动特征,得出了京津冀地区闪电主要分布在山脉与平原过渡带和海陆交界处。杨春明等^[9]分析了 2010–2012 年安徽省闪电特征,认为闪电强度变化特征表现为暖季高冷季低,且闪电强度和密度高值区多发生在平原、丘陵和山区交接地带。吴安坤等^[10]结合中国闪电定位资料分析了云贵高原闪电活动特征,不同季节、时段云贵高原闪电密度均存在地域性差异,中部闪电密度最高。王基鑫等^[11]根据近 18 年的星载 LIS 等数据资料分析了中国内陆地区闪电活动与大气参数相关性,东南闪电高发区的闪电活动与多种稳定度参数存在一定的相关性,并建立了平均闪电密度与地面温度的回归方程。刘海兵等^[12]根据 2004–2015 年地闪资料,分析了江西省海拔高度的变化对闪电活动的影响,得出海拔越高闪电密度越小,且对于不同的海拔高度其变化率也不一样。综上所述,研究闪电活动的分布特征不仅能对该区域的对流活动规律有一个清楚的认识,对研究与雷暴形成宏观条件等许多有关的问题也有一定的意义。

上述研究几乎都是针对本地区的闪电数据资料进行的,而中国不同地区闪电活动时空分布特征存在明显的地域性差异。由于新疆地区的闪电监测系统于

2012 年建设完成,2013 年才完全投入使用,所以针对新疆地区闪电活动的时空分布特性的研究相对比较少。因此利用 2013–2016 年新疆地区闪电定位资料,对全疆闪电活动的时空分布特征进行分析,不仅可以进一步认识新疆地区对流活动规律和闪电分布特征,也为全疆的雷电防护以及研究雷暴形成等有关的问题提供理论基础。

1 资料来源及处理方法

所使用的闪电资料由新疆地区闪电监测定位系统 ADTD 获取,新疆闪电探测仪共架设 49 个,随海拔高度分布如图 1 所示。ADTD 系统由中国科学院空间科学与应用研究中心研制,利用到达时差法的原理对闪电进行定位,有效探测半径是 150 km,可以给出闪电发生的时间、电流强度、极性、经纬度、陡度等相关参数。

根据新疆闪电数据资料的质量控制研究,将原始数据经过数据预处理,首先剔除 $-2 \sim 2$ kA 的数据排除云闪数据的干扰,其次对一次闪电的多次回击过程进行归闪处理,按照相邻两次闪电的时间间隔 ≤ 0.5 s,并且这两次闪电距离 ≤ 10 km 才归为一次闪电,归闪之后该次闪电的参数取该闪电所有回击过程参数的平均值,最后剔除 200 kA 以上的数据^[13]。选用 2013 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日新疆地区的地闪数据资料,按照年、月、日时间尺度进行分析以及闪电强度分布统计分析,并且将新疆所在区域划分成 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ (经纬度)的空间网格,统计每个网格内的地闪频次,分析新疆地区闪电活动的空间分布特征。

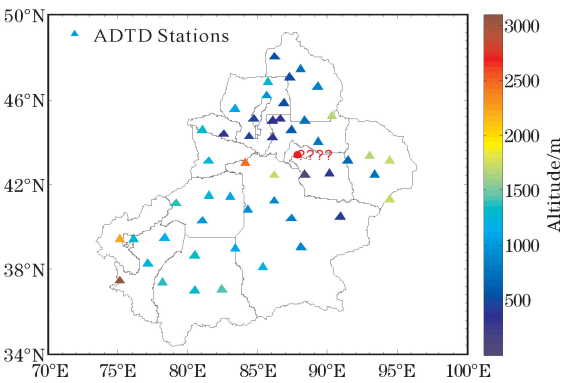


图 1 新疆地区闪电定位探测仪站点分布

2 结果与分析

2.1 空间分布特征

图 2 为 2013–2016 年新疆地区总闪频数的空间分

布。图中可见,闪电的空间分布呈明显的地域性差异,新疆西南地区大部分处于沙漠覆盖区域,由于水资源比较短缺,水汽条件不充足,对流活动比较少,所以常年几乎无闪电发生,而新疆的西北地区是山丘比较多的地区,地形复杂,海拔相对比较高,水资源丰富,这类地区的对流活动比较频繁,其中阿勒泰地区与塔城地区西北边的交界处吉木乃县是闪电的高密度区,最大值为 $0.48 \text{次}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。从全疆闪电分布上来看,闪电分布主要集中在北疆的西北地区,包括乌鲁木齐至博州一带、塔城地区、阿勒泰西部、伊犁河谷以及克拉玛依,而南疆闪电发生相对比较少。

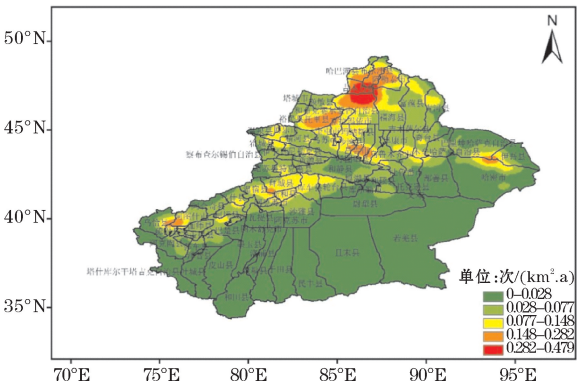


图 2 2013–2016 年新疆地区闪电密度分布图

2.2 时间分布

2.2.1 年度分布

2013–2016 年新疆地区共监测到云地闪电 252149 个(图 3 是闪电频次逐年变化图),其中负地闪 216630 个,占闪电总数的 85.9%,正地闪 35519 个,占闪电总数的 14.1%。这与何晖^[14]、冯桂力^[15]等报道的北京、山东等地正闪的比例在 12%~13% 基本一致。但与王学良等^[16]报道的湖北地区 2006–2007 年正地闪约占 3.7%,赵伟等^[17]报道的浙江地区 2005–2011 年正闪比例占总闪电的 5%,杨春明等^[9]报到的安徽省 2010–2012 年正闪比例占 4.2% 左右,朱晶晶等^[18]报道的海南省 2014–2015 年正闪比例占 20.2% 左右都有一定的差别。这可能是由于中国南北方地区雷暴云的电荷结构不同导致的,北方地区雷暴云的电荷结构大多表现为三级性即上部为主正电荷区,中部为主负电荷区,下部为次正电荷区,而南方地区雷暴云电荷结构多数表现为偶极性即上部为主正电荷区,下部为主负电荷区^[19]。另外,负极性闪电发生的概率都是远大于正极性闪电的,这主要是由于雷暴云中负电荷区的电荷密度远大于正电荷区,并且根据雷暴云电荷结构的分布主负电荷区都位于云的底部,更容易击穿空气对地放电。

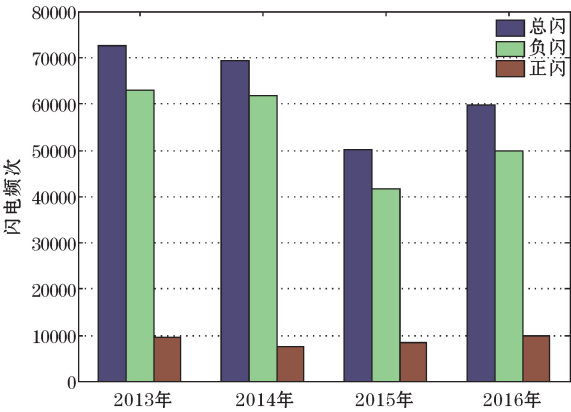


图 3 2013–2016 年新疆地区闪电频次逐年分布

2.2.2 月变化

图 4 为 2013–2016 年新疆地区闪电频次的逐月变化图。可以看出,闪电总频次、负闪频次、正闪频次都呈现出单峰型分布,具有明显的季节变化特征,并且三者随月份的变化基本一致,正闪的变化趋势相对平缓。秋夏两季闪电活动比较频繁,主要集中在 5–9 月,占总闪电频次的 96.5 %,高发月在 6–7 月,占总闪电频次的 67.5 %,6 月份闪电达到峰值,占总闪电频次的 36 %,1–3 月和 10–12 月发生闪电很少,仅占闪电总频次的 1.8 %。这主要是由于暖季受太阳辐射下垫面温度容易升高,蒸腾作用比较明显,对流活动比较旺盛,这有利于云内正负电荷相互碰撞分离,容易导致闪电发生,而冬季气温较低,蒸腾作用比较弱,所以对流活动不强,闪电发生的概率相对比较低。图 5 为 2013–2016 年每年闪电频次逐月变化图,可以发现,2013–2015 年每年闪电频次月变化都呈现出单峰型分布,其中 2013 年峰值出现在 7 月,而 2014 年和 2015 年峰值出现在 6 月,2016 年闪电频次月变化呈现出弱的双峰型,主峰出现在 7 月,次峰出现在 9 月。

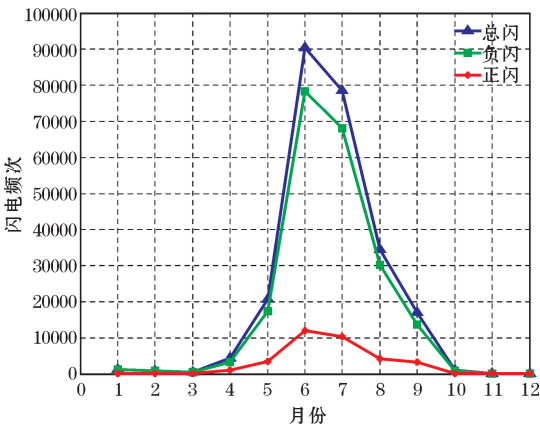


图 4 2013–2016 年新疆地区闪电总频次逐月变化

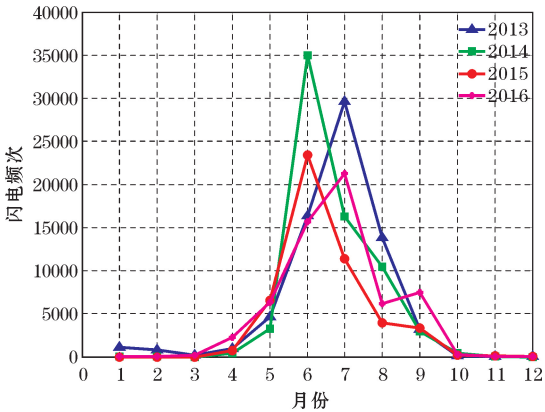


图 5 2013–2016 年新疆地区每年闪电总频次逐月变化

2.2.3 日变化

图 6 给出新疆地区闪电频次的日变化,可以发现,新疆地区闪电频次的日变化呈明显的单峰单谷型,并且正闪、负闪及总闪的变化趋势基本一致。从凌晨开始到 10 时地闪频次逐渐减少,在 10 时达到最小,之后 10–12 时地闪频次开始小幅度的增加,12–17 时地闪频次开始大幅度的增加,在 17 时达到峰值,随后开始逐渐的下降。闪电高发时段主要集中在 15–19 时,占闪电总频次的 46.3 %,是新疆地区雷电防御的关键时期,这种情况主要是由于午后受太阳辐射影响,地表温度升高,热力条件较好,容易形成对流天气,从而有利于雷暴的发生。郦嘉诚等^[20]研究发现江苏省闪电的高发时段 14–17 时。赵伟等^[17]发现浙江省闪电主要集中在 15–17 时,在 16 时达到峰值,可以发现,相比于中国南方地区,新疆地区的闪电多发时段向后延迟了两个多小时,这与所处地理位置有关。郑栋等^[21]在分析北京及周边闪电活动特征时发现了闪电日变化存在两个峰值时段。吴安坤等^[10]发现云贵高原地区闪电的高发时段在 17 时。这表明闪电活动日变化具有地域性。

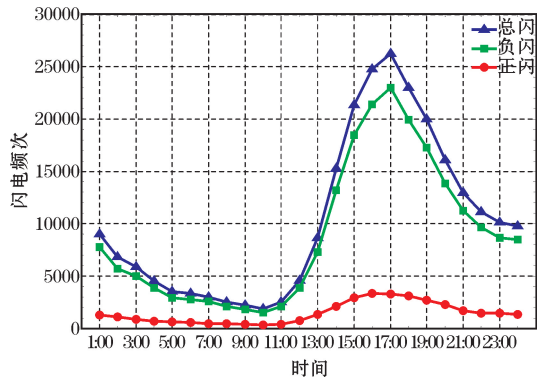


图 6 2013–2016 年新疆地区闪电总频次逐日变化

2.2.4 闪电强度分布

表 1 给出 2013–2016 年新疆地区负地闪占闪电总数的百分比和电流强度,负地闪的平均电流强度 39.9 kA,正地闪的平均电流强度 71.9 kA,王学良

等^[17]统计分析湖北地区负闪电的平均电流强度为 32.33 kA,正闪电的平均电流强度为 42.24 kA,赵伟等^[17]统计分析了浙江地区负闪的平均电流强度为 26.78 kA,正闪的平均电流强度为 36.21 kA,相比中国南方地区,新疆地区正地闪的平均电流强度偏大。进一步统计分析在不同强度区间内的闪电频次,100 kA 及以下的地闪频次占闪电总数的 93.8%,所以为简化统计,地闪强度只研究该区间的样本。按照间隔 5 kA,将地闪强度分成 20 个区间,分别统计各区间内的正、负闪电及总闪频次,统计结果如图 7 所示。可以发现,负闪频次和总闪频次随闪电强度的曲线变化几乎完全一致,但正地闪频次和总闪频次随闪电强度的曲线变化差异较大,其主要原因是负闪频次占闪电总数的比例比较大。负闪的电流强度主要集中在 10~50 kA,占负闪总数的 84%,在 20~25 kA 的闪电频次分布最多,负闪频次随电流强度的变化呈上升较快下降缓慢的分布特征,正闪的电流强度主要集中 20~60 kA,占正闪总数的 55.9%,在 30~35 kA 的闪电频次分布最多,正闪频次随电流强度的变化呈上升与下降都比较缓慢的趋势。

表 1 2013–2016 年正、负闪电占闪电总数的百分比和电流强度			
年度	负闪占总闪百分比/%	负闪平均强度/kA	正闪平均强度/kA
2013	86.8	47.8	90.1
2014	89.2	36.8	61.2
2015	83.2	41.1	70.4
2016	83.3	32.7	63.6
平均值	85.9	39.9	71.9

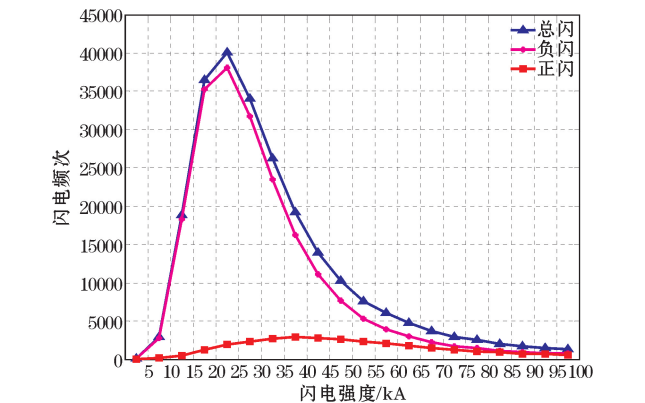


图 7 不同强度区间内的闪电频次分布

图 8 为不同强度闪电占闪电总数的百分比及闪电强度累计概率分布图。可以发现,总闪中闪电强度主要集中在 10~50 kA,其中 20~25 kA 的闪电频次分布最多,占闪电总数的 15.9%,15~20 kA 的闪电占闪电总数的 14.5%,25~30 kA 的闪电占闪电总数的 13.5%。此

外,60% 的闪电强度不大于 35 kA,90% 的闪电强度都不大于 70 kA,100 kA 及以下的闪电占闪电总数的 93.8%,大于 100 kA 的闪电仅占闪电总数的 6.2%。随着闪电强度的增加,闪电频次表现为逐渐下降趋势。

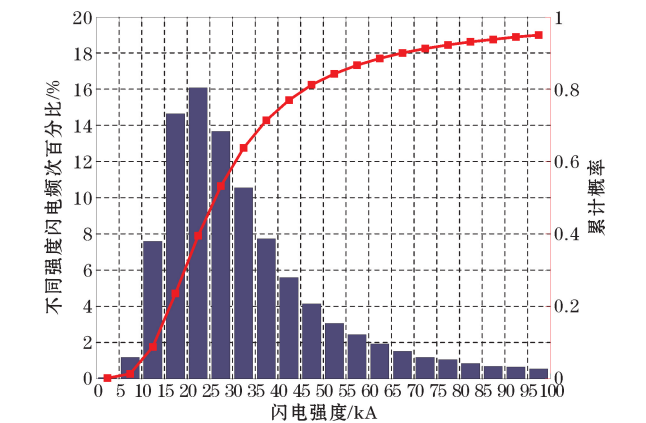


图 8 不同强度总闪电频次百分比与闪电强度累计百分率分布

2.3 南北疆闪电时间分布

天山山脉将新疆分为南北两大部分,称天山以南为南疆、天山以北为北疆。沿天山山脉北坡常年覆盖积雪,并受西伯利亚暖湿气流的影响,所以北疆气候相对比较湿润,降雨量稍多,闪电发生也较多,而南疆由于天山阻隔,暖湿气流无法逾越天山山脉,所以气候较为干旱,降雨量稀少,闪电发生也比较少。图 9 是 2013–2016 年全疆和南北疆的逐年的闪电分布,可以发现,南疆每年闪电发生频次相对比较稳定,而北疆每年闪电发生频次变化比较大,2013 年和 2014 年闪电频次比较接近,2015 年闪电频次最少,这主要是由于每年西伯利亚暖湿气流的影响导致的。图 10 是 2013–2016 年全疆及南北疆闪电频次月分布,可以发现,全疆和北疆的闪电频次月变化呈现单峰型分布,而南疆呈双峰型分布,闪电的高发月都是在 6 月。8 月中旬之前北疆闪电发生频次大于南疆,之后南疆闪电发生频次高于北疆,这可能与局地地形环境、气候条件的影响有关。

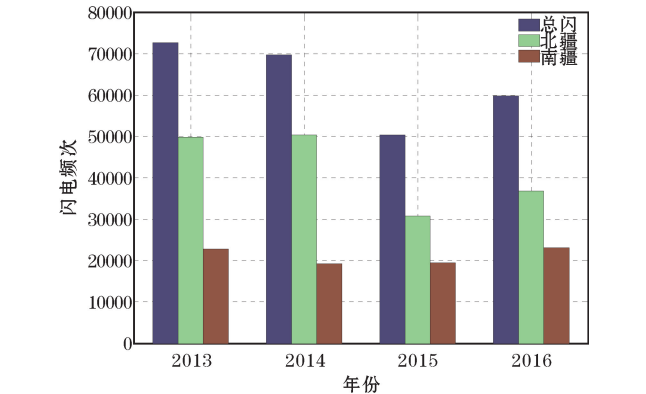


图 9 2013–2016 年南北疆闪电频次年变化

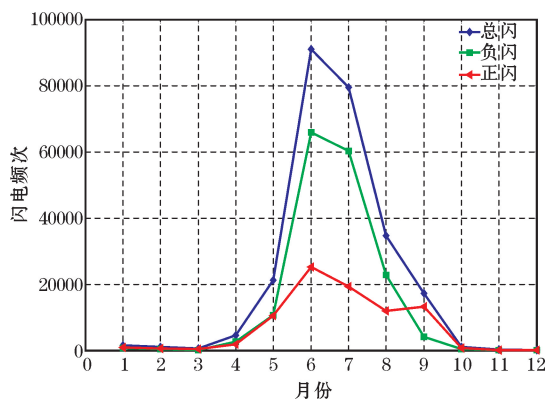


图10 2013-2016年南北疆闪电频次月变化

3 结论

通过对新疆地区2013-2016年地闪数据资料的统计分析,得出如下几点结论:

(1) 2013-2016年新疆地区负闪占闪电总数的85.9%,平均电流强度为39.9 kA,正闪电占闪电总数的14.1%,平均电流强度为71.9 kA。

(2) 闪电频次月变化呈现单峰型分布,具有明显的季节变化特征,闪电主要集中在5-9月,占总闪电频次的96.5%,高发月在6-7月,占总闪电频次的67.5%。

(3) 闪电频次日变化呈单峰单谷型。闪电高发时段主要集中在15-19时,占闪电总频次的46.3%,在10时达到最小,在17时达到峰值。

(4) 闪电强度主要集中在10~50 kA,在20~25 kA的闪电频次分布最多,占闪电总数的15.9%,60%的闪电强度不大于35 kA,90%的闪电强度不大于70 kA,100 kA以上的闪电仅占闪电总数的6.2%。

(5) 闪电活动呈明显的地域性差异,闪电主要发生在北疆的西北地区,其中阿勒泰与塔城西北边的交界处吉木乃县是闪电的高密度区,南疆闪电发生相对比较少。

参考文献:

[1] 王道洪, 郗秀书, 郭昌明. 雷电与人工引雷[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2000: 1-12.

[2] 陈渭明. 雷电学原理[M]. 北京: 气象出版社, 2006.

[3] 张义军, 周秀骥. 雷电研究的回顾和进展[J]. 应用气象学报, 2006, 17(6): 829-834.

[4] Soriano L R, Pablo F D, Tomas C. Ten-year study of cloud-to-ground lightning activity in the Iberian Peninsula[J]. Journal of Atmospheric and Solar-

Terrestrial Physics, 2005, 67(16): 1632-1639.

[5] Ramos A M, Ramos R, Sousa P, et al. Cloud to ground lightning activity over Portugal and its association with circulation weather types[J]. Atmospheric Research, 2011, 101(1-2): 84-101.

[6] Villarini G, Smith J A. Spatial and temporal variability of cloud-to-ground lightning over the continental U. S. during the period 1995-2010[J]. Atmospheric Research, 2013, 124(124): 137-148.

[7] Yang, Xinlin, Sun, Jianhua, Li, Wanli. An Analysis of Cloud-to-Ground Lightning in China during 2010-2013[J]. Weather & Forecasting, 2015, 30(6).

[8] 杨敏, 杨晓亮. 2007-2015年京津冀地区闪电分布特征[J]. 气象与环境学报, 2016(4): 119-125.

[9] 杨春明, 马林, 曹辉. 2010-2012年安徽省闪电特征分析与应用研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(29): 155-160.

[10] 吴安坤, 吴仕军, 曾勇, 等. 云贵高原闪电活动特征分析[J]. 电瓷避雷器, 2017(2): 74-79.

[11] 王基鑫, 祝宝友, 马明. 中国东南区域闪电活动特征及其与大气环境参数的关系[J]. 中国科学技术大学学报, 2017, 47(5): 403-412.

[12] 刘海兵, 张云峰, 李玉塔. 江西闪电特征海拔高度影响分析[J]. 气象科技, 2017, 45(2): 342-348.

[13] Zheng D, Zhang Y, Meng Q, et al. Climatological Comparison of Small- and Large-Current Cloud-to-Ground Lightning Flashes over Southern China[J]. Journal of Climate, 2016, 29(8): 2831-2848.

[14] 何晖, 李宏宇. 北京地区闪电特征初探[J]. 气象科技, 2005, 33(6): 496-500.

[15] 冯桂力, 陈文选, 刘诗军, 等. 山东地区闪电的特征分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13(3): 347-355.

[16] 王学良, 刘学春, 黄小彦, 等. 2006-2007年湖北地区云地闪电时空分布特征分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(4): 359-362.

[17] 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[J]. 电网技术, 2013, 37(5): 1425-1431.

[18] 朱晶晶, 赵小平, 邢彩盈, 等. 基于闪电定位系统的海南岛闪电活动特征分析[J]. 海南大学学报(自然科学版) 自然科学版, 2017, 35(1): 37-43.

[19] 张义军, 刘欣生, 肖庆复. 中国南北方雷暴及人工触发闪电电特征对比分析[J]. 高原气象, 1997, 16(2): 113-121.

- [20] 郇嘉诚,钟颖颖,冯民学. 江苏省区域闪电分布特征[J]. 大气科学学报,2012,35(3):380–384.
- [21] 郑栋,孟青,吕伟涛,等. 北京及其周边地区夏季地闪活动时空特征分析[J]. 应用气象学报,2005,16(5):638–644.

Analysis on the Spatio-temporal Distribution Features of Lightning Activity in Xinjiang Province during 2013–2016

QIAN Yong, TAN Qiao, JIAO Yang, ZHANG Yong-jun, WANG Yan-hui, ZHANG Han
(Xinjiang Meteorological Disaster Prevention Technology Centre, Wulumuqi, China, 830001)

Abstract: There are relatively few studies on the characteristics of lightning activity in Xinjiang Province, based on the cloud-to-ground lightning data collected by the lightning detection and location system, the method of mathematical statistics is used. Moreover, the spatio-temporal distribution features of cloud-to-ground lightning in Xinjiang area from 2013 to 2016 are analyzed. The results are showed as follows: the percentage of negative lightning to total lightning number is 85.9 % with the average lightning intensity of 39.9 kA, the percentage of positive lightning is 14.1 % with the average intensity of 71.9 kA; monthly variation of lightning frequency shows obviously single peak, and the number of the lightning appearing from May to September is 96.7 % of the annual total. The lightning appears most frequently in June to July, accounting for 67.5 % of the total frequency of lightning; daily variation of lightning frequency shows obviously single peak and single valley, and lightning duration is mainly concentrated at 3–7 PM, accounting for 46.3 % of the total frequency of lightning; the intensity of positive and negative lightning mainly concentrate in 10 ~ 50 kA, and its maximum value appears during 20 ~ 25 kA. About 60 % of the lightning intensity is not more than 35 kA, and the number of the lightning whose intensity is more than 100 kA accounts for 6.2 % of the total; lightning is mainly distributed in the northwest of Xinjiang, Jimunai County is high density area of lightning frequency, and the lightning occurrence is relatively small in the southern of Xinjiang. The characteristics of lightning activity are obviously different in different regions.

Keywords: meteorological detection technology; lightning protection science and technology; time distribution; spatial distribution; lightning intensity; feature analysis