

崔海华,金晓青,张彦勇,等. 京津冀地区雷电活动时空分布特征[J]. 干旱气象, 2017, 35(1): 36-42, [CUI Haihua, JIN Xiaoqing, ZHANG Yanyong, et al. Spatial and Temporal Distribution Characteristics of the CG Lightning over Beijing, Tianjin and Hebei[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(1): 36-42], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-

京津冀地区雷电活动时空分布特征

崔海华¹, 金晓青², 张彦勇¹, 扈勇¹, 李小龙¹

(1. 河北省防雷中心, 河北 石家庄 050021; 2. 河北省气象台, 河北 石家庄 050021)

摘要:基于河北省电力部门2005—2014年16站闪电定位资料,对京津冀地区地闪频次和雷电流强度的时空分布特征进行统计分析。结果表明,京津冀地区正地闪占地闪总数的7.33%,该比率高于河南的3.16%,低于内蒙古高原的9.60%。地闪主要出现在夏季,占全年的90.0%;春、秋两季,正地闪所占比率高于地闪频繁的夏季。地闪主要出现在15:00—19:00,最大值出现在16:00,其中正地闪的峰值比负地闪晚1h。该地区50%以上的地闪雷电流强度集中在20~45kA之间,其中负地闪与正地闪的平均雷电流强度分别为40.46kA、74.16kA,正地闪的平均雷电流强度是负地闪的1.8倍。3月的平均雷电流强度最大;上午的平均雷电流强度大于下午。地闪高密度区主要集中在燕山南麓和太行山东麓迎风坡面的山区与平原过渡区、下垫面水汽充足的水体和湿地区域以及人口相对集中的城市中心区;雷电流强度>80kA的闪电主要分布在京津冀地区的东部沿海、河北中东部平原、张家口西北部以及承德北部,且闪电强度较大的地区闪电密度较小。唐山、保定、沧州地区处于地闪密度和地闪雷电流强度的高值区,该区域在建设工程的选址和防雷装置设计中应充分重视并加强对雷电灾害的防御措施。

关键词:京津冀地区;地闪密度;地闪强度;时空分布

文章编号:1006-7639(2017)-01-0036-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-0036

中图分类号:P446

文献标识码:A

引言

雷电是发生于大气中的一种长距离、大电流、强电场的瞬时放电事件。雷击不仅可以造成人畜伤亡,引起森林、建筑物火灾,油库、化工厂爆炸,以及电力和通信中断等重大灾害,而且还严重干扰电气和电子设备的正常工作,甚至造成设备的严重损坏。由于雷电发生的瞬时性和随机性,对雷电气候特征的科学研究在很大程度上依赖于闪电探测技术的发展^[1]。

近年来,国内外从事雷电科研和雷电防护的学者利用卫星观测和地面观测的闪电资料做了大量的研究工作^[2-15]。我国不同地区闪电活动频数差别很大,由于局地的闪电活动跟当地的地形、气流、气候特征等许多因素有关,需要积累多年闪电观测资料才能全面、真实、可靠地归纳总结不同地区的闪电

活动特征。

对京津冀地区的闪电活动特征研究已取得一些成果^[12-14],但针对北京及其周边地区的研究较多,且仅为1a或2a的闪电资料。IEEE相关标准^[16]指出,1a的平均雷电日资料约有35%~40%的标准偏差,5a和10a的资料分别有30%及25%的标准偏差。由此可见,要得出可信度高的统计数据,至少选取连续积累10a的闪电资料。

本文选取2005—2014年共10a的闪电定位资料,从闪电极性、电流强度、时间和空间等方面对京津冀地区闪电活动的时空分布特征进行统计分析,以期气象防灾减灾提供科学的技术依据。

1 资料来源及说明

所用闪电定位资料来源于华北电网的闪电定位系统,该闪电定位系统采用方向时差综合雷电定位

收稿日期:2016-08-29;改回日期:2016-09-28

基金项目:国家自然科学基金面上项目(中高层大气放电“光—电”同步观测及其产生机理研究,41374153)及河北省气象局科研开发项目(河北省冰雹云的闪电活动特征研究,15ky19)共同资助

作者简介:崔海华(1981-),女,河北唐县人,硕士,工程师,主要从事雷电监测和雷电临近预警技术研究。E-mail: cuihaihua1234@163.com

技术,覆盖河北省、山西省、河南省、山东省、北京市、天津市和内蒙古自治区等地区。其中京津冀地区闪电定位系统由张家口、抚宁、承德、宁河、三河、邯郸、石家庄、衡水、保定、沧州、遵化、丰宁、围场、房山 14 个探测站组成(图 1),其中遵化、丰宁、围场、房山站是 2004 年加入运行的探测站^[17-19]。根据理论计算该闪电定位系统的定位精度为 500 m,探测效率 > 90%,高压输电线路雷击故障点与雷达回波对比分析、人工引雷与闪电定位对比分析均表明该系统定位精度较高^[20-22]。为了能够得到京津冀地区详实可靠的雷电活动时空分布特征,选取 2005 年 1 月—2014 年 12 月该闪电定位系统的探测资料,每个闪电资料包括闪电发生的时间、经纬度、极性、幅值、回击数、定位站数等参数。根据闪电定位系统工作原理和地闪回击的定义对闪电数据进行筛选,采用回击数 > 0 且定位站数 ≥ 3 的定位数据,在此基础上进行各种闪电参数的统计^[12,17]。

使用京津冀 GIS 地图,将其划分成 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的空间分辨率网格,对各个网格中的地闪次数或雷电流强度求和(或平均),采用克里金插值法进行格点化分析并绘制地闪密度及强度的空间分布图。

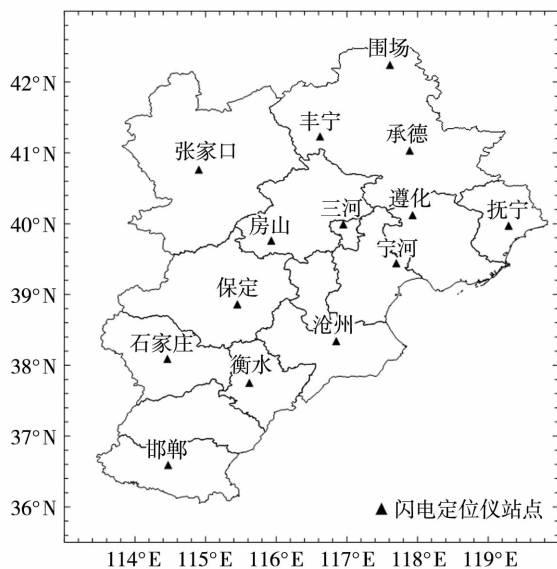


图 1 京津冀地区闪电定位站分布

Fig. 1 Distribution of lightning location sites in Beijing, Tianjin and Hebei

2 地闪的时间分布

2.1 地闪频次

2.1.1 年变化

2005—2014 年闪电定位系统共监测到京津冀地区发生地闪 5 142 540 次,年均达 51.4 万次(表

1)。2005 年为记录到地闪次数最少的年份,约为 17.7 万次,2011 年则高达 89.3 万次,是 2005 年的 5 倍之多。京津冀地区的正地闪所占比例约 7.33%,且有明显的年变化,最小为 6.01%,最大为 10.32%。与相邻的内蒙古和河南两地的正地闪所占比例进行对比,发现该地区明显高于河南的 3.46%^[5],低于内蒙古高原的 9.6%^[4]。内蒙古地区正地闪比例较高,是因为该地区属于我国高海拔的内陆高原地区,而随着海拔高度增加,正地闪比例也相应增加;河南地区纬度较低,随着纬度降低正地闪比例也有所减小。

从表 1 可以看出,京津冀地区正地闪的平均雷电流强度为 74.15 kA,负地闪的平均雷电流强度为 -40.46 kA,正地闪的平均雷电流强度约为负地闪的 1.8 倍。因正地闪具有大的峰值电流、长的连续电流放电过程及远的中和电荷矩,所造成的危害更加严重。可见,不同地区不同年度的雷电频数、地闪雷电流强度和正地闪比例等差异显著,仅使用一年或几年的资料很难对各地的雷电活动规律和雷害特征进行深入研究。

2.1.2 月变化

图 2 给出 2005—2014 年京津冀地区闪电的月平均分布情况。可以看出,6—8 月的地闪次数占全年地闪总数的 90.0%,7 月和 8 月为全年闪电活动的高峰期,占全年地闪总数的 32.3% 和 31.9%;12 月至次年 2 月只有零星闪电发生。

京津冀地区地闪的季节性变化非常明显,与西太平洋副热带高压的活动密切相关^[12]。京津冀地区的冬季(12 月—次年 2 月),气温低,天气干燥,很少出现雷暴过程,基本上没有地闪发生;春季(3—5 月),气温逐渐上升,地面的热力作用开始加强,对流活动自南向北也逐渐增多,会有少量的地闪发生;夏季(6—8 月),天气炎热,空气湿度大,大气层结不稳定,伴有雷暴大风的强对流天气高发,闪电活动频繁,地闪频次相对较高;秋季(9—11 月),气温逐渐降低,空气湿度减小,对流活动减少,随之地闪也减少。正地闪比例也存在明显的季节变化,春季和秋季较大,夏季和冬季较小。这一现象与雷暴电荷结构相关:春、秋两季的雷暴云顶低,风切变强,雷暴电荷结构倾斜,云上部的正电荷区直接暴露在地面之上,产生较多的正地闪;夏季雷暴云下部的主负电荷区距离地面较低,利于负地闪的发生^[23]。

2.1.3 日变化

图 3 为 2005—2014 年京津冀地区地闪频次的日变化。可以看出,地闪频次的日变化呈明显的单

表 1 2005—2014 年地闪总体特征

Tab.1 General characteristics of the CG lightning during 2005 - 2014

年份	总地闪次数 /次	正地闪		负地闪		正地闪比例 /%
		次数/次	平均电流强度/kA	次数/次	平均电流强度/kA	
2005	177 390	18 256	53.48	159 134	-33.79	10.29
2006	470 834	38 531	73.65	432 303	-38.65	8.18
2007	425 110	27 999	72.86	397 111	-38.89	6.59
2008	639 981	38 477	70.97	601 504	-38.80	6.01
2009	315 465	26 759	77.49	288 706	-40.04	8.48
2010	345 466	26 627	72.67	318 839	-41.97	7.71
2011	892 888	57 795	77.42	835 093	-43.63	6.47
2012	545 130	40 936	82.32	504 194	-39.91	7.51
2013	834 282	50 155	78.71	784 127	-46.02	6.01
2014	495 994	51 163	69.35	444 831	-32.34	10.32
年均	514 254	37 670	74.15	476 584	-40.46	7.33

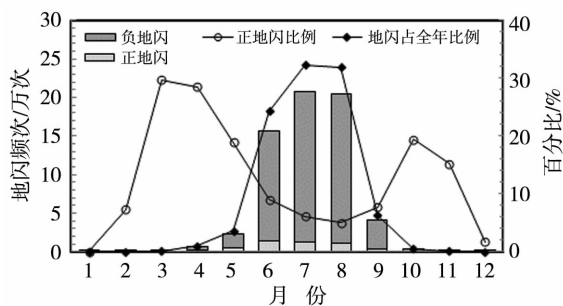


图 2 地闪频次的月变化

Fig.2 Monthly variation of the CG lightning frequency

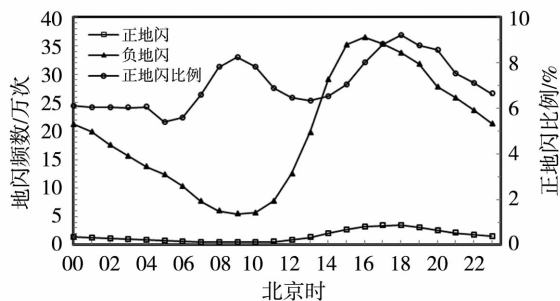


图 3 地闪频次的日变化

Fig.3 Diurnal variation of the CG lightning frequency

峰分布,16:00 前后闪电活动最为频繁,09:00 前后闪电最不活跃。造成这一现象的原因:从午后至傍晚,热力条件和不稳定条件达到鼎盛,属于不稳定能量的积累至爆发阶段,最有利于雷暴云的形成,地闪最多;傍晚至凌晨 02:00,往往处于不稳定能量爆发后的延续阶段,雷雨云多属于减弱或消散阶段,地闪

频数明显减少;上午热力条件不足,不利于雷暴云的形成,地闪最少。负地闪的变化特征与总地闪类似,而正地闪的峰值出现在 18:00,要比负地闪的峰值晚 1~2 h。正地闪比例有 2 个极大值,分别是在一天当中雷暴最不活跃期和负地闪峰值后 2 h,造成这一现象的原因是正地闪主要发生在弱雷暴或雷暴消散阶段。

2.2 地闪强度

统计 2005—2014 年京津冀地区闪电资料的雷电流幅值,得到地闪雷电流强度分布(图 4)。可以看出,正、负地闪的雷电流强度均呈单峰分布,且负地闪的分布曲线与总地闪基本一致,而正、负地闪的分布则有较大差异,主要原因是负地闪约占总地闪的 92.6%。负地闪的雷电流幅值与正地闪相比较为集中。负地闪雷电流强度的峰值出现在 25~30 kA 之间,约占 12.5%,雷电流幅值在 15~40 kA 之间的约占 54.8%。正地闪雷电流强度的峰值出现在 30~35 kA 之间,约占 5.5%,与负地闪雷电流强度分布相比,其变化相对平缓。雷电流强度在 0~50 kA 时,负地闪数百分比大于正地闪数百分比;>50 kA 时,正地闪数百分比要大于负地闪数百分比。将大于雷电流幅值 I 的闪电概率称为该雷电流幅值累积概率,得到地闪雷电流幅值累积概率分布(图 5)。由图 5 看出,强度在 50 kA 以上的正地闪概率为 61.2%,负地闪概率为 24.2%。说明正、负地闪数相同的情况下,>50 kA 的正地闪数要比负地闪数多。

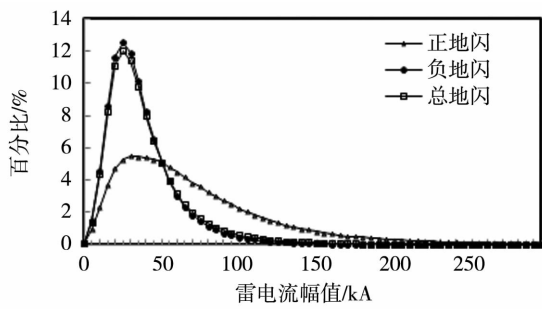


图 4 雷电流强度分布

Fig. 4 Distribution of the CG lightning current amplitude

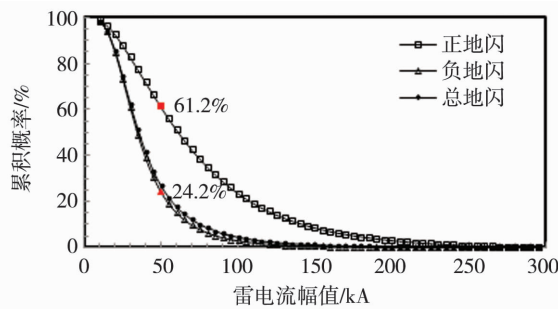


图 5 雷电流幅值的累积概率分布

Fig. 5 Cumulative probability distribution of the CG lightning current amplitude

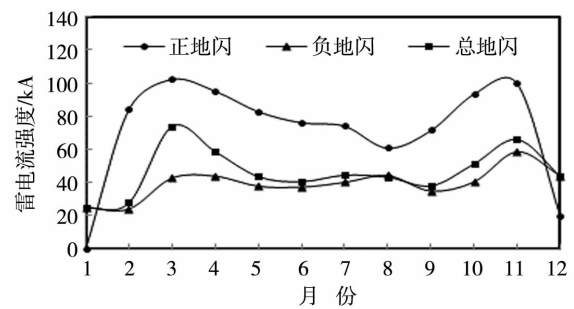


图 6 雷电流强度的月变化

Fig. 6 Monthly variation of the CG lightning current intensity

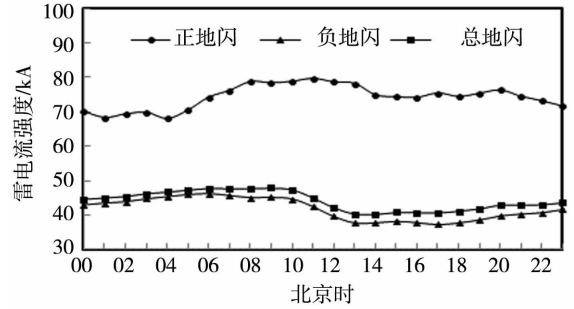


图 7 雷电流强度的日变化

Fig. 7 Diurnal variation of the CG lightning current intensity

2.2.1 地闪强度的月变化

图 6 为京津冀地区正负地闪雷电流强度的月变化。可以看出,总地闪的月平均雷电流强度最大值出现在 3 月,峰值为 73.95 kA,5—9 月雷电流强度在 38~44 kA 之间,最小值出现在 9 月(38.18 kA)。负地闪的雷电流强度全年变化幅度不大,3—10 月的雷电流强度主要集中在 37~44 kA,最大值出现在 11 月(58.8 kA),最小值出现在 2 月(24 kA)。正地闪雷电流强度全年变化幅度较大,最大值出现在 3 月(102.50 kA),最小值在 12 月(19.97 kA)。可见,全年负地闪和总地闪的月平均雷电流强度变化趋势基本一致,只有 3 月相差较大。图 6 与图 2 对比分析得出:正地闪所占比例较高的月份(3 月和 11 月),平均雷电流强度也相对较大。

2.2.2 地闪强度的日变化

图 7 为京津冀地区 2005—2014 年平均雷电流强度的日变化。可以看出,一天内各个时段正地闪雷电流强度均大于负地闪,约为负地闪的 2 倍;正地闪雷电流强度在 00:00—05:00 比较小,其他时段雷电流强度值较大,且变化幅度不大。总地闪的变化特征与负地闪相似,上午的雷电流强度要大于下午的雷电流强度。将图 7 与图 3 对比发现,上午地闪的雷电流强度大、频次小,下午的雷电流强度小、频次大。

3 地闪的空间分布

对北京、天津和河北省所辖 11 个地市的地闪密度、雷电流强度以及正地闪比例进行统计(表 2),这与文献^[13]中仅用 2004 年闪电资料得到的结论差异较大。

从表 2 中可以发现,邯郸和邢台的地闪密度、雷

表 2 京津冀地区地闪密度统计
Tab. 2 Statistics of the CG flash density in the region of Beijing, Tianjin and Hebei

地区	地闪次数	正地闪比例/%	地闪密度 / $\text{fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$	雷电流强度 / $\text{kA} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
北京	340 114	8.01	2.07	80.98
天津	244 275	7.00	2.05	86.14
石家庄	314 489	8.24	1.98	80.43
保定	488 487	8.55	2.21	93.21
张家口	548 042	7.58	1.49	61.17
承德	636 592	7.06	1.61	60.83
唐山	301 006	7.00	2.23	99.49
廊坊	119 025	7.88	1.85	79.50
沧州	261 903	7.11	1.95	92.29
衡水	141 714	8.23	1.61	71.39
邢台	194 365	7.13	1.56	50.59
邯郸	162 195	7.07	1.34	51.56
秦皇岛	142 659	7.42	1.83	77.32

电流强度均为较小值。地闪密度 $> 2 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 的地区有北京、天津、保定、唐山, 雷电流强度 $> 90 \text{ kA} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 的地区有保定、唐山、沧州, 这些地区建筑物在防雷工程设计过程中应加强; 唐山的地闪密度和雷电流强度均为最大值, 保定次之, 这两地区的建筑物防雷工程设计更应特别加强。

3.1 地闪密度的空间分布

地闪密度是确定地闪对人类和建筑物危害的重要参数。京津冀地区 2005—2014 年精细化地闪密度分布如图 8a 所示。

京津冀地区地势地貌复杂多样, 有坝上高原、燕山和太行山山地、河北平原三大地貌单元, 其中燕山和太行山山地包括山地、丘陵和山间盆地等 (图 8b)。丘陵主要分布在燕山南麓以及太行山东麓。从图 8 可以看出, 在燕山山脉中部迎风坡、太行山脉中南部迎风坡以及冀中南地区 (保定—沧州一带), 地闪密度相对较大。地闪的高密度区 ($> 4 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 主要出现在京津唐承交界地带 (A)、保定与石家庄的西部山区及交界地带 (B)、邢台西部 (C) 以及较分散的小区域 (D、E、F、G、H)。关于 A、B、C 3 个区域地闪密度较高的成因在文献^[12]中有较详细的分析, 与其结论有所不同的是京津冀地区有 4 个强雷区 (C、D、F、G), 全部在河北省境内。第一强雷区出现在秦皇岛的抚宁县, 地闪密度可达 $14.08 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 该区域为人口相对集中的山地丘陵, 而雷电灾次比的最大值也出现在该区

域^[24], 说明抚宁县不仅闪电密度大, 雷灾也多; 第二强雷区出现在沧州市区, 地闪密度可达 $13.07 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 该区域为人口相对集中的城市中心区; 第三强雷区出现在邢台的前南峪生态旅游区, 地闪密度可达 $10.23 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 为下垫面水汽丰富且三面环山的喇叭口地形; 第四强雷区出现在邯郸市, 地闪密度可达 $9.8 \text{ fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 为人口相对集中的城市中心区。可见, 京津冀地区地闪密度高值区主要在山脉迎风坡面从山区到平原的过渡区、下垫面为水汽充足的水体和湿地区域以及人口相对集中的城市中心区。对于地闪密度高的区域应普及防雷科普知识、强化雷电防护意识、加强雷电防护措施, 以提升防雷减灾能力和防护水平。

强降水天气常伴随着明显的闪电活动, 闪电密度与降水量有密切关系^[25]。从图 8c 可以看出, 京津冀地区年降水量空间分布极不均匀, 总的趋势是东南部多于西北部。从整体上看, 降水量与地闪密度的分布有较好的一致性。从局部看, 尤其是 4 个强雷区差别较大: 抚宁县的地闪密度和降水量均为最大, 该区域是燕山南麓的山地丘陵, 受地形抬升影响明显; 沧州市区的地闪密度和降水量均较大, 地处华北平原的沿海地区, 河流湖泊较多; 前南峪生态旅游区的地闪密度较大, 降水量较小, 为太行山东麓的山区, 河流湖泊少; 邯郸市的地闪密度较大, 降水量小, 为内陆城市, 河流湖泊少。可见, 雷暴受大气环流、地形地貌和局部地区条件等因素影响明显。

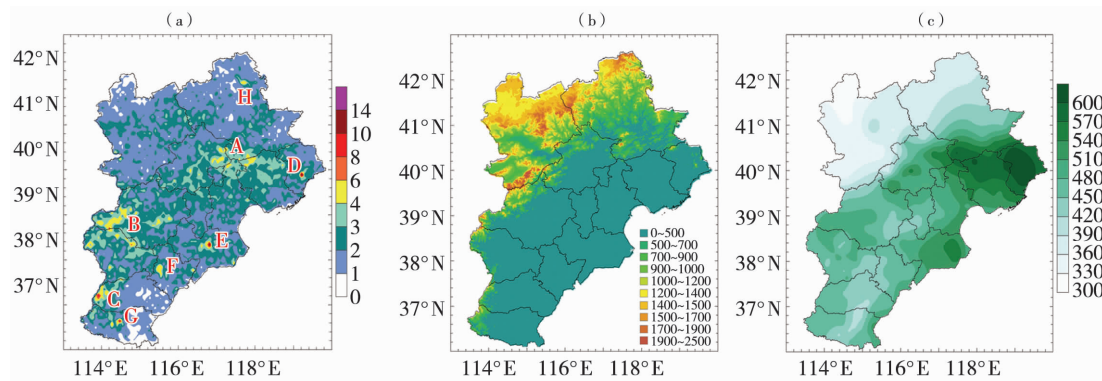


图 8 京津冀地区地闪密度 (a, 单位: $\text{fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)、地形 (b, 单位: m) 及降水量 (c, 单位: mm) 的空间分布

Fig. 8 The spatial distribution of the CG flash density (a, Unit: $\text{fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), terrain (b, Unit: m) and precipitation (c, Unit: mm) in the region of Beijing, Tianjin and Hebei

3.2 地闪强度的空间分布

雷电流的幅值, 是描述雷电流的一个重要参量, 它在建筑物、电气系统、电子系统以及各种其它场所、设施、设备等的防雷装置设计时是一个重要设计参数。图 9 为以 $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ 为网格单元统计得

到的京津冀地区的正、负地闪平均雷电流强度以及地闪密度分布。

从图 9 分析可知, 正地闪雷电流强度在 80 kA 以上的地区分布区域较小且分散, 主要有张家口西北部的康保和尚义、承德北部的围场、沧州的大部分

地区(除市区周围)、邢台和邯郸的东部地区。负地闪的雷电流强度在 80 kA 以上地区分布区域范围较广,主要在京津冀的东南沿海、河北中东部平原、张家口西北部以及承德北部。总地闪的平均雷电流强度较大的地区主要在沧州东部沿海、唐山南部沿海

和衡水东部等地区。与相应的正地闪、负地闪及总地闪密度对比分析发现:地闪密度较大的地区,闪电强度较小;与之相反,闪电密度较小的地区,闪电强度较大。此外,在保定与石家庄交界的中部不仅地闪密度大且电流强度也大。

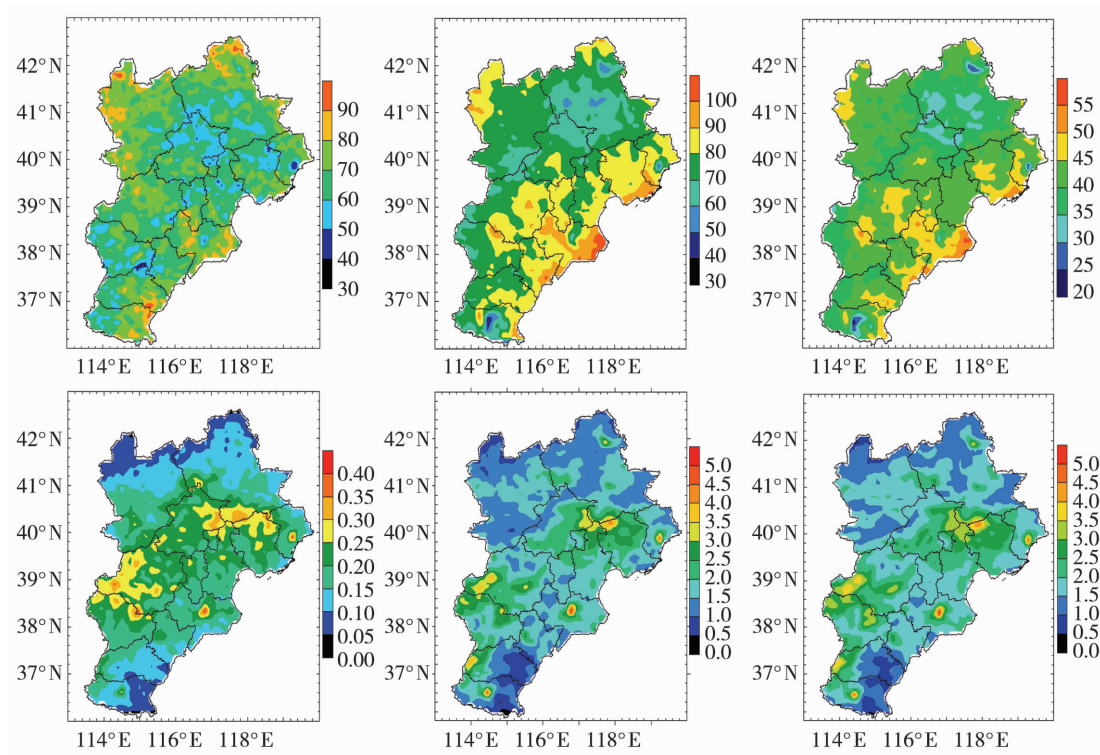


图9 正地闪(左)、负地闪(中)及总地闪(右)平均雷电流强度(上,单位: $\text{kA} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)与地闪密度(下,单位: $\text{fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)分布对比

Fig. 9 Distribution comparison of the CG lightning current intensity (the top, Unit: $\text{kA} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) and the CG lightning density (the bottom, Unit: $\text{fl} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) of the positive CG lightning (the left), negative CG lightning (the middle) and the total CG lightning (the right)

4 结 论

(1)京津冀地区以负地闪为主,正地闪约占 7.33%。正地闪的平均雷电流强度为 74.15 kA,负地闪的平均雷电流强度为 -40.46 kA,正地闪的平均雷电流强度约为负地闪的 1.8 倍。

(2)京津冀地区的雷电活动有显著的季节性变化,主要集中在夏季(6—8月),占全年的 90.0%,是雷电发生的高峰期。在春、秋两季,正地闪所占比例明显高于雷电高发夏季,尤其是春季。

(3)京津冀地区雷电活动的日变化呈单峰型。16:00 前后闪电活动最为频繁,09:00 前后闪电最不活跃。正地闪的峰值要比负地闪晚 1~2 h。正地闪比例的 2 个极大值均出现在雷暴最不活跃期和负地闪峰值后 2 h,说明正地闪主要出现在弱雷暴或雷暴消散阶段。

(4)京津冀地区地闪密度大值区主要在燕山南麓和太行山东麓迎风坡面的山区与平原过渡区、下垫面水汽充足的水体和湿地区域以及人口相对集中的城市中心区。从整体上看,京津冀地区的地闪密度与降水量有较好的一致性,东南部多于西北部。

(5)京津冀地区的正、负地闪雷电流强度主要集中在 10~60 kA。强度 > 80 kA 的闪电主要在京津冀的东南沿海、河北中东部平原、张家口西北部以及承德北部。闪电强度较大的地区,闪电密度较小。

参考文献

- [1] 郗秀书,张其林,袁铁,等. 雷电物理学[M]. 北京:科学出版社, 2013.
- [2] Schulz W, Cummins K, Diendorfer G, et al. Cloud-to-ground lightning in Austria: A 10-year study using data from a lightning location system[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2005, 110(D9): 1637-1639.

- [3] 袁铁, 鄒秀书. 卫星观测到的我国闪电活动的时空分布特征[J]. 高原气象, 2004, 23(4): 488-494.
- [4] 刘晓冬, 冯旭宁, 宋昊泽, 等. 内蒙古地区雷电活动及灾害特征分析[J]. 灾害学, 2016, 31(1): 60-65.
- [5] 程丽丹, 杨美荣, 李鹏, 等. 河南省雷电活动时空分布特征[J]. 气象与环境科学, 2013, 36(1): 50-53.
- [6] 酈嘉城, 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.
- [7] 李照荣, 陈添宇, 康凤琴, 等. 兰州周边地市分布特征[J]. 干旱气象, 2004, 22(2): 45-51.
- [8] 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.
- [9] 潘娅英, 王亚云, 周良女, 等. 浙江省地闪活动特征分析[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010, 5(3): 82-88.
- [10] 王维佳, 刘建西, 孙林生. 成都地区地闪时空特征分析[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 667-673.
- [11] 杨鹏武, 尹丽云, 许迎杰, 等. 2008年云南省雷电活动及雷电灾害特征分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2011(supp. 1): 26-34.
- [12] 柴东红, 李宗涛, 田艳婷, 等. 河北省近年地闪特征分析[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 13-17.
- [13] 周筠珺, 张健龙, 孙凌. 京、津、冀地区地闪特征的统计分析[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 101-105.
- [14] 李如箭, 逯曦, 张华明, 等. 2008-2010年北京地区云地闪时空分布特征[J]. 气象与环境科学, 2013, 36(2): 52-56.
- [15] 刘维成, 陶健红, 邵爱梅. 甘肃和广东 2008-2011年闪电特征对比[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 588-592.
- [16] IEEE Std 1243-1997. IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines[S].
- [17] 孙增杰, 习新魁, 郑广辉, 等. 河北省南部电网雷电定位系统分析[J]. 河北电力技术, 2007, 26(6): 35-37.
- [18] 刘晓冬, 苏红梅, 孙增杰, 等. 应用雷电定位系统对河北省电网雷电活动的分析[J]. 河北电力技术, 2002, 21(5): 12-14.
- [19] 王学彬. 河北南网雷电活动分析研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2009.
- [20] 刘方兴, 李学勇, 曹志东, 等. 山东雷电监测定位系统数据分析与应用[J]. 山东电力技术, 1997, 96(4): 1-8.
- [21] 冯桂力, 鄒秀书, 袁铁, 等. 一次冷涡天气系统中雷暴过程的地闪特征分析[J]. 气象学报, 2006, 64(2): 211-220.
- [22] Zhang Y, Yang S, Lu W, et al. Experiments of artificially triggered lightning and its application in Conghua, Guangdong, China[J]. Atmospheric Research, 2014, 135-136(1): 330-343.
- [23] 孙哲, 魏鸣. 春季与夏季两次雷暴大气结构地闪特征对比[J]. 大气科学学报, 2016, 39(2): 260-269.
- [24] 孙霞, 俞海洋, 孙斌, 等. 河北省主要气象灾害时空变化的统计分析[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 388-392.
- [25] 杨晓辉, 刘维成, 宋强, 等. 甘肃中部地区短时强降水与闪电关系初步分析[J]. 干旱气象, 2015, 33(5): 802-807.

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of the CG Lightning over Beijing, Tianjin and Hebei

CUI Haihua¹, JIN Xiaoqing², ZHANG Yanyong¹, HU Yong¹, LI Xiaolong¹

(1. Lightning Protection Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;
2. Meteorological Observatory of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Based on the cloud-to-ground (CG) lightning data collected by the lightning location system of Power Department during 2005-2014, the spatial and temporal distribution characteristics of the CG lightning flashes and lightning current intensity over Beijing, Tianjin and Hebei were analyzed. The results are showed as follows: the positive CG lightning in the area of Beijing, Tianjin and Hebei was 7.33% of the total CG lightning, the ratio was higher than He'nan's 3.16%, but less than that of the Inner Mongolia plateau (9.60%). The CG lightning mainly appeared in summer, which accounted for 90.0% of the whole year. In spring and autumn, the percentage of positive flash was higher than that in summer. The ground flash occurred mainly from 15:00 to 19:00, and the maximum value appeared at 16:00, but the peak of positive lightning occurred one hour late. More than 50% of the ground lightning current intensity concentrated from 20 to 45 kA, the average current intensity of negative lightning was 40.46 kA, and the average current intensity of the positive ground flash is 1.8 times more than that of the negative ground flash. The average lightning current intensity was largest in March and it was greater in the morning than that in the afternoon. The high density area of the CG lightning mainly concentrated in mountains and plains transition zone of the southern foot of the Yanshan Mountain and the eastern foot of the Taihang Mountain, the underlying surface with sufficient water vapor and wetland area, the relative population concentration city center area. The lightning with current intensity greater than 80 kA mainly distributed in the southeast coastal of Beijing, Tianjin and Hebei, the middle-east plain of Hebei Province, the northwest Zhangjiakou and north Chengde. The bigger the lightning current intensity was, the smaller the lightning density was. Due to Tangshan, Baoding and Cangzhou are all in the high value area of ground flash density and lightning current intensity, so the design of lightning protection engineering should be strengthened in these areas.

Key words: Beijing, Tianjin and Hebei; the CG lightning density; the CG lightning current intensity; temporal-spatial distribution