

京、津、冀地区地闪特征的统计分析^{*}

周筠珺, 张健龙, 孙 凌

(成都信息工程学院 大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘 要: 京、津、冀地区地闪的区域特征十分明显, 利用该地区 2004 年的地闪的定位资料, 通过分析得到以下主要结论: (1) 正地闪占总闪的比率为 10.86%, 而各地区正地闪占总地闪的百分率与相应地闪产生地区的中心纬度之间都存在着很好的线性关系。由于与中、低纬度地区相比, 高纬度地区雷暴云整体高度发展得较低, 雷暴云中主正电荷区域的位置也较低, 因此高纬度地区较中、低纬度地区的正地闪发生得多。(2) 雷暴以 7 月份为最多, 且 7 月份地闪次数的逐日分布较均匀。(3) 地闪在空间分布上有 4 个相对较为集中的区域, 这些区域主要是山地的迎风坡、或下垫面水汽的充足处、或人口相对集中的城市中心区。

关键词: 京、津、冀地区; 地闪; 时空分布

中图分类号: P427.32⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)01-0101-05

0 引言

随着全球变暖的趋势日益明显, 在我国有越来越多的极端天气事件发生。雷暴作为极端天气事件中的一种, 不仅常产生强烈的降水、破坏性大风和冰雹等严重的天气灾害, 而且还伴有强烈的雷电, 造成雷击灾害, 其对国民经济及人民生命财产都造成严重的危害。然而到目前为止, 对强雷暴的雷电分布和演变特征的认识还是十分有限, 对其成因也不甚清楚。

在过去的 20 多年时间里, 国际上对雷暴中雷电活动特征曾进行了大量的研究, 特别是开展了一些较大规模的观测计划, 例如 1991 年开始的“对流和降水/起电计划 (CaPE)”^[1], 2000 年开始的“强雷暴起电和降水研究 (STEPS)”^[2]。都对雷暴中的雷电进行了较为详尽的观测。这些研究都极大地推动了对雷暴中雷电特征的认识。国内的研究者^[3-9]也曾对京、津、冀地区、广东、陕西、云南、甘肃、青海及西藏等地区的雷电都曾做过大量的研究, 通过这些研究加深了对于我国各个地区雷暴天气中雷电活动特征和雷害机理的了解, 同时也为我国雷电灾害防护措施的完善起到了积极的作用。

京、津、冀地区自古就是我国的政治经济及文化中心, 本区域的防雷工作任务相当重要, 而地闪恰恰是雷电危害中最为严重的一种。多数研究者的工作主要是针对该地区的核心区域北京进行的^[10,11], 而对其周边区域的研究尚不够充分。本项研究将通过在我国京、津、冀地区所布雷电定位系统 (LLS) 所得到的地闪定位资料, 详细分析京、津、冀地区地闪的时空分布特征。

1 资料来源

本文地闪资料来自华北电网 (覆盖山东、河北、河南、北京、天津等省市) 的雷电探测系统 LLS (Lightning Locating System), 该探测网由中国科学院空间技术应用研究中心研制和安装。根据理论计算其地闪定位精度约为 500 m, 探测效率约为 90%, 高压输电线路雷击故障点及地闪与雷暴云的雷达回波对比分析也表明该系统定位精度较高^[12,13]。本文所用资料是该系统 2004 年得到的, 资料覆盖地区为河北省、北京市和天津市。每条地闪资料均包括地闪出现的时间、位置、强度和极性。

为了分析该区域地闪的基本状况, 本文统计分析了京、津、冀地区地闪的主要特征参量; 在分析地闪的空间分布特征时, 将整个区域划分成

^{*} 收稿日期: 2008-09-03

基金项目: 四川省教育厅重点项目 (2006A125); 成都信息工程学院发展基金 (KYTZ200707)

作者简介: 周筠珺 (1968-), 男, 甘肃玉门市人, 教授, 主要研究方向: 大气电学. E-mail: zhouyj@cuit.edu.cn

63 × 64 的正方形网格, 网格距为 0.1 个经纬度, 然后统计位于每个格点周围 ±0.05 个经纬距范围内的闪击总数, 结合本地区地形和区域环境概况, 研究地闪的空间分布。

2 正负地闪比率

本文地闪资料共记录了 2004 年 6 ~ 11 月间 106 个雷电日(至少记录到 1 次地闪的天数), 共计正、负地闪 98 210 次。从表 1 中可以看出, 负地闪占总地闪数的 89.14%, 正地闪占总地闪数的 10.86%, 负闪是正闪的 7 倍多。

表 1 京、津、冀地区地闪总体特征

闪电类型	次数	百分比/%	平均峰值电流强度/kA
正地闪	11 135	10.86	38.1
负地闪	87 075	89.14	10.8
总地闪	98 210	100.00	13.8

由于正地闪的峰值电流强度比负地闪大许多, 其对雷电防护更具实际意义。对我国各地及美国部分地区正负地闪分布情况进行统计(表 2), 可知, 各地区正地闪比率有着明显的差异, 低纬度地区的比率低, 而高纬度地区的比率高。图 1 为各地区正地闪占总地闪的百分比随相应地闪产生地区的中心纬度的变化。其中横坐标 L 为纬度, 纵坐标 r 为正地闪在总地闪中所占的百分率, 黑点为样本点, 实线为拟合线, 其方程如(1)式。

$$r = 0.372 2L, R^2 = 0.93。 \quad (1)$$

表 2 各地区正地闪比率

地区	中心纬度	正地闪占总 闪的百分率	手段
大兴安岭 ^[14]	51.5°N	17.69%	DF
美国缅因州 ^[15]	45.3°N	25%	NLDN
京、津、冀	37.0°N	10.86%	DF
北京 ^[10,16]	39.9°N	12.82%	DF
		15.9%	XDD03A
山东 ^[8]	36.5°N	12.24%	XDD03A
兰州 ^[17]	36.0°N	15.70%	XDD03A
青海 ^[18]	36.6°N	14.80%	ADTD
甘肃 ^[7]	35.5°N	15.3%	DF
		17.8%	ES
河南 ^[19]	31.3°N	7.11%	DF
美国佛罗 里达州 ^[15]	27.8°N	6.3%	NLDN
广东 ^[20]	23°N	5.03%	DF 和 TOA
广州 ^[21]	23.1°N	3.24%	DF 和 TOA

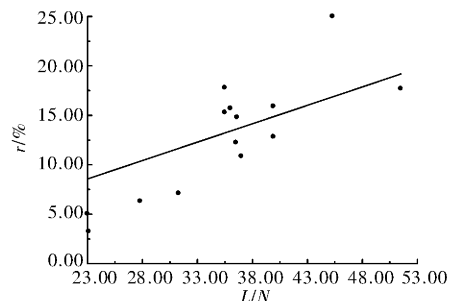


图 1 我国各地区正地闪占总地闪的百分比随中心纬度的变化

由图 1 和式(1)可知, 在各地区正地闪占总地闪的百分率与相应地闪产生地区的中心纬度之间存在着较好的线性关系。

正地闪的发生比率与雷暴云动力、微物理及其电荷结构都有十分密切的关系。正地闪不仅易发生在超强雷暴中, 而且也容易发生在较浅的雷暴云、消散阶段的小的孤立雷暴和弱降水的雷暴中。就其发生的位置而言, 正如 Rust 等^[22]所指出的, 正地闪主要源于雷暴云的云砧、上升气流前缘无雨的云底, 强降水核心区后部和主云塔后部。由于雷暴云中负电荷主要位于云体的中下部, 正电荷主要位于云体的上部, 因此云的主体部分和地面之间的放电大多为负闪, 而云体边缘部分, 特别是云砧部分和地面之间的放电大多为正闪, 同时由于负电荷位于云体的中下部, 离地面近, 放电相对容易, 正电荷位于云体的上部, 离地面远, 相对负地闪而言, 放电困难一些。这正是自然界中负闪发生的几率比正闪大的原因。

实际上, 正地闪的发生最主要的决定因子还是雷暴云中正电荷区域的位置, 雷暴云中较低的正电荷区域有利于正地闪的发生。在高纬度地区, 一方面在一年中地面辐射差额大于零的时间相对中低纬度地区要少; 另一方面在高纬度地区对流层厚度平均仅为 8 ~ 9 km, 而在中纬度为 10 ~ 12 km, 低纬度则为 17 ~ 18 km^[23]; 这些会使得在高纬度与中、低纬度地区相比, 对流发展得较弱、雷暴云较低, 正电荷区域的位置也较低; 因此高纬度较中、低纬度地区的正地闪多。

3 地闪的时间分布

图 2 为京、津、冀地区雷暴日和地闪的月分布。由图 2a 可知, 京、津、冀地区雷暴日数最多的月份出现在 7 月, 基本每天都有雷暴发生, 其它 6 月、8 月、9 月都是雷暴多发月。说明这 4 个月是该地区对流活动最为旺盛的时段。由图 2b 可知,

在 2004 年有 3d 地闪非常明显的极大值, 1 d 内分别有 11 475、7 700 和 8 960 次的地闪发生, 分别占到了年度内地闪次数的 11.68%、7.84% 和 9.12%, 共计占全年总闪击数的 28.65%。

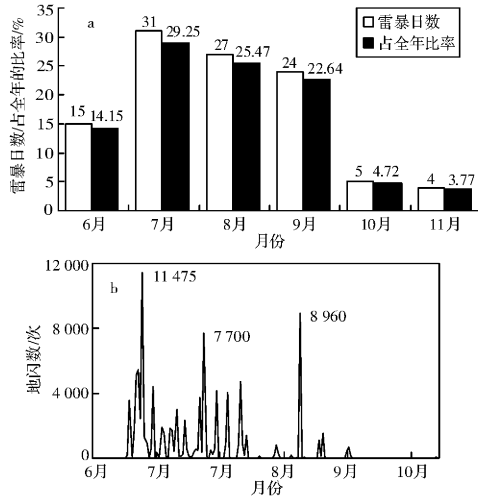


图2 雷暴日与地闪的月分布

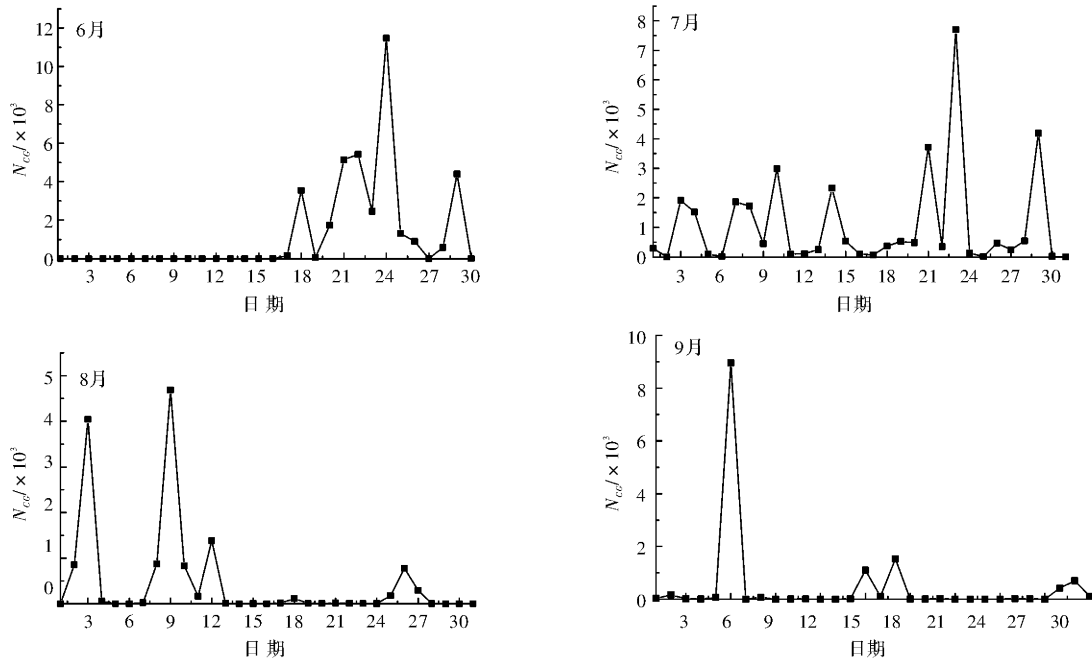


图3 京、津、冀地区各月逐日地闪分布(N_{cc} 为地闪数)

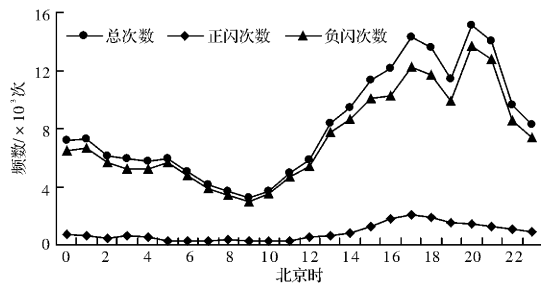


图4 京、津、冀地区地闪频数日变化

图3为各月逐日地闪分布, 该地区只有7月份地闪次数的逐日分布较均匀, 其它月份地闪次数相对都集中在较为短的时间段内, 日地闪数都比较高。结合图3看, 6月份的雷暴日数虽然只占本月总天数的一半, 但是6月的闪击次数却最多而且集中, 占到了全年总闪击次数的 37.91%。特别的在6月第5侯的5 d里, 平均每天有5 000 次以上的地闪发生, 也就是平均每 h 都有 200 多次地闪发生。

图4为地闪活动在1 d内的分布情况, 每一个时间点上的值代表了它之后1 h的地闪数。由图4可知, 京、津、冀地区 20:00 出现地闪的最大值为 15 116 次, 08:00 ~ 11:00 地闪发生得最少。这说明对流天气在午后缓慢发展, 到傍晚发展到最强。正地闪的日变化在 17:00 出现峰值为 2 110。16:00 ~ 18:00 为全天正闪相对高值时间段。

4 地闪的空间分布

由于雷暴受局地因素的影响明显, 故有必要分析地闪的空间分布。从图5a所给的地闪(总闪)密度分布图可以看出, 京、津、冀地区地闪主要集中在4个区域。第1区域位于北京市的西北方, 在太行山脉迎风坡和密云水库一带, 如图5a中所示A区域; 第2区域位于河北省唐山市北边, 位

于燕山山脉和滦河流域一线,如图 5a 中所示 B 区域;第 3 个区域位于天津市和河北省廊坊市一线,处于海河流域与渤海海滨,如图 5a 中所示 C 区域;第 4 个区域位于北京市西南至河北省保定市附近,处于拒马河流域范围内,如图 5a 中所示 D 区域。此外,整个北京、天津、唐山地区也是明显的地闪多发区。其中,最强的中心位于天津大港区附近,地闪密度最高值达到了 $291 \text{ 次}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。这与陶祖铨^[24]等对京、津、冀地区闪电的气候分析中给出的高值区域比较一致。

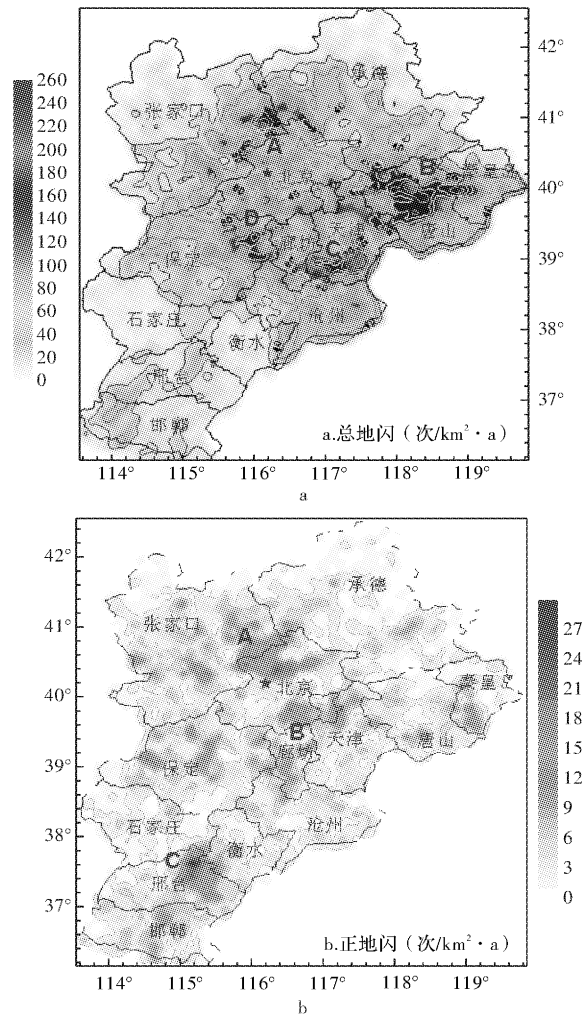


图 5 地闪分布图

因为负地闪占总地闪的 89.14%,所以负地闪的分布与总地闪的分布基本一致。由于正地闪的峰值电流强度较高,因此有必要对正闪的分布情况做单独的分析。用同样的分析方法做出了如图 5b 的正闪分布图,从图中可以看见三个大值区域。分别是位于北京市西北的 A 区域,廊坊与天津一带的 B 区域和邢台北部的 C 区域。A、B 区域的分布与总闪的分布基本重合,但是 C 区域在总闪的高值区没有出现,且这一区域为正闪分布的最大

值区,正地闪密度最高值达到了 $30 \text{ 次}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。而且从表 3 中可以看到,邢台地区年均地闪次数和地闪密度为本区域最少的地区之一,而正地闪占总地闪比例又高于其它地区,加之正地闪的峰值电流强度很大,所以本地区建筑物在进行防雷工程设计过程中要特别加强,以应对正地闪的较强峰值电流强度。

表 3 京、津、冀地区地闪统计

地区	闪击次数	正闪次数	日均 闪电数	面积/ km^2	闪击密度 /(次/ km^2)
北京	22 219	1 330	331.6	16 410.5	1.35
天津	35 814	2 626	534.5	11 919.7	2.18
承德	3 012	265	45	39 519	0.18
张家口	21 850	2 781	326.1	36 873	1.33
石家庄	539	146	8	15 848	0.03
邯郸	2 355	627	35.1	12 062	0.14
衡水	2 194	919	32.7	8 815	0.13
邢台	3 250	993	48.5	12 439	0.2
保定	16 594	1 978	247.7	22 113	1.01
廊坊	15 155	1 214	226.2	6 429	0.92
唐山	23 095	1 140	344.7	13 472	1.41
秦皇岛	8 994	587	134.2	7 812.4	0.55
沧州	14 857	1 074	221.7	13 419	0.91
平均值	13 071.38	1 206.15	195.08		0.80

5 小结

通过以上对于我国京、津、冀地区地闪特征的分析可以得到以下主要结论:

(1) 各地区正地闪占总地闪的百分率(r)与纬度(L)之间存在着较好的线性关系,其具体关系式为: $r = 0.372 \ 2L$, $R^2 = 0.93$ 。由于与中、低纬度地区相比,高纬度地区雷暴云整体高度发展得较低,主正电荷区域的中心也较低,因此高纬度地区较中、低纬度地区的正地闪更易发生。

(2) 该地区正地闪占总闪的比率为 10.86%,而负地闪的比率则为 89.14%。

(3) 该地区 6、7、8、9 月为雷暴的多发月,其中尤其以 7 月份为最多,且 7 月份地闪次数的逐日分布较均匀。

(4) 该地区地闪分布有 4 个相对较为集中的区域,这些区域主要是山地的迎风坡、下垫面水汽的充足处、及人口相对较为集中的城市中心区;正地闪有 3 个相对较为集中的区域,其中有 2 个与总地闪中心区相重合,而最大的正地闪中心区位于冀西山地区东缘的邢台附近。

参考文献:

- [1] Murphy M. J. and E. P. Krider, Lightning charge analyses in small Convection and Precipitation Electrification (CaPE) experiment storms [J]. JGR., 1996, 101(D23): 29 615–29 626.
- [2] Lang T. J. et al., The Severe Thunderstorm Electrification and Precipitation Study [J]. Bulletin of the American Meteorological Society. 2004, 85(8): 1107–1125.
- [3] 李荣, 王才伟. 甘肃雷暴云电荷分布和闪电特征的个体差异[J]. 高电压技术, 2001, 27(2): 74–75.
- [4] 郗秀书, 余晔, 王怀斌, 等. 中国内陆高原地闪特征的统计分析[J]. 高原气象, 2001, 20(4): 395–400.
- [5] 冯桂力, 郗秀书, 周筠珺. 一次中尺度对流系统的闪电演变特征[J]. 高原气象, 2006, 25(2): 220–228.
- [6] 孔祥贞, 郗秀书, 陈成品, 等. 回击过程中具有多个接地通道闪电的研究[J]. 高电压技术, 2005, 31(4): 63–87.
- [7] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市雷电灾害情况综合评估模式[J]. 灾害学, 2008, 23(1): 14–17.
- [8] 伊丽云, 许迎杰, 张腾飞, 等. 云南雷暴的时空分布特征[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 87–92.
- [9] 李彩莲, 赵西社, 赵东, 等. 陕西省雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 53–57.
- [10] 李建华, 郭学良, 肖稳安. 北京强雷暴的地闪活动与雷达回波和降水的关系[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(2): 228–234.
- [11] 秦丽, 李耀东, 高守亭, 北京地区雷暴大风的天气-气候学特征研究[J]. 气候与环境研究, 2006 11(6): 754–762.
- [12] 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.
- [13] 冯桂力, 郗秀书, 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.
- [14] 张敏锋, 刘欣生, 葛正谟. 我国北方地区雷电活动的时空特征[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 277–283.
- [15] Orville R. E. and Silver A. C. Lightning Ground Flash Density in the Contiguous United States: 1992–1995 [J]. Mon. Wea. Rev., 1997, (125): 631–637.
- [16] 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.
- [17] 李照荣, 陈添宇, 康凤琴, 等. 兰州周边地闪分布特征[J]. 干旱气象, 2004, 22(2): 45–51.
- [18] 郭三刚, 龚静, 何生存, 等. 青海东北部地区雷电活动的时空分布特征[J]. 青海科技, 2005, (6): 22–25.
- [19] 周筠珺, 杜克磊, 孙凌. 我国中部地貌过渡带的雷电特征[J]. 高电压技术, 2008, 34(7): 1347–1352.
- [20] 张敏锋, 刘欣生, 张义军, 等. 广东地区雷电活动的气候分布特征[J]. 热带气象学报, 2000, 16(1): 46–53.
- [21] 易燕明, 杨兆礼, 万齐林. 广州市闪电密度特征分析[J]. 资源科学, 2006, 28(1): 151–155.
- [22] Rust W D, et al. Research on electrical properties of severe thunder – storms in the Great Plains [J]. Bull Amer Meteo Soc, 1981, 62(9): 1286–1293.
- [23] 周淑贞, 张如一, 张超. 气象学与气候学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997: 10–11.
- [24] 陶祖钰, 赵昕奕. 京津冀地区闪电的气候分析[J]. 气象学报, 1993, 51(3): 325–332.

Statistic Analysis on Cloud-to-Ground Lightning Characteristics over Beijing, Tianjin and Hebei Province

Zhou Yunjun, Zhang Jianlong and Sun Ling

(College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Based on the cloud-to-ground (CG) data collected by the lightning detection system in North Power Network of China in 2004, the characteristics of CG lightning over Beijing, Tianjin and Hebei province in China are analyzed. The results show as follows. (1) The percentage of positive CG lightning flashes is 10.86%, while the relationship between the percentage of positive CG lightning flashes and the center latitude of the area with CG lightning flashes is linear in areas with CG lightning. Compared with low and middle latitude areas, the heights of thunderstorm clouds and their main positive charge centers are lower in high latitude areas, thus more positive CG lightning flashes are produced there. (2) The maximum number of lightning days is in July, and lightning occurs almost every day. (3) CG lightning flashes are mainly concentrated in 4 areas, where are windward slope, the underlying surface with abundance water vapor, or cities with dense population.

Key words: Beijing, Tianjin and Hebei Province; CG lightning; temporal and spatial distribution