

北京市自然雷电与雷电灾害的时空分布

郭 虎¹ 熊亚军¹ 付宗钰¹ 扈海波²

(1. 北京市气象台,北京 100089; 2. 中国气象局北京城市气象研究所)

提 要: 利用1995—2002的LIS/OTD卫星雷电资料(以下称自然雷电)及1995—2005年北京市18个区县的雷电灾害资料,对北京市自然雷电和雷电灾害的时空分布特征进行对比分析。结果表明,北京市雷电灾害的日变化与自然雷电的日变化趋势大体一致,两者不一致处主要与人们的出行生活规律以及电子设备与仪表的启用、关闭等有关。雷电灾害与自然雷电的季节变化大体一致,春、秋、冬三季较少,夏季较为集中。北京市自然雷电与雷电灾害的区域分布很不一致。自然雷电较多的北部偏远郊区雷电灾害并不频繁,相反,自然雷电较少的城区反而是雷电灾害的多发区域。结合北京市各区县的人口和经济资料进一步分析表明:自然雷电只是北京市雷电灾害的致灾因子之一,北京市雷电灾害的发生还受到人口密度及经济特征等因素的制约。

关键词: 自然雷电 雷电灾害 对比

Temporal-Spatial Characteristics of Lightning Activity and Lightning Disaster over Beijing

Guo Hu Xiong Yajun Fu Zongyu Hu Haibo

(Beijing Meteorological Observatory, Beijing 100089)

Abstract: By using 1995-2005 lightning disaster data and 1995-2002 LIS/OTD lightning data over Beijing, a contrast analysis of lightning activity with lightning disaster in temporal and spatial characteristics over Beijing was conducted. Results show that the diurnal variation of lightning activity and lightning disaster is generally agreement. The disagreement might be a result of human behavior and electrical/magnetical environment. The seasonal variation is also generally accordant. In summer, the peak period of lightning disaster is in August, but most lightning activity occurs in July. This research also shows that the spatial characteristics of lightning activity with

lightning disaster are obviously different. There are more lightning activities in the north of Beijing but less lightning disasters. By contraries, there are less lightning activities but more lightning disasters over the periphery of the city. Based on the economic and population data of eighteen boroughs, further analysis shows that lightning activity is only one of reasons which lead to lightning disasters. The lightning disaster is also related to economic development and population density.

Key Words: lightning disaster lightning activity contrast

引 言

雷电灾害是“联合国国际减灾十年”公布的 10 种最严重的自然灾害之一,被称为“电子时代的一大公害”^[1]。雷电灾害有两类,一类为直接雷击灾害,另一类为感应雷击灾害,前者会直接击死击伤人畜,击坏输电线、建筑物,甚至引发火灾。后者悄悄发生,不易察觉,主要以电磁感应和过电压波的形式对微电子设备构成危害。两种形式的雷击尽管表现形式不同,但对城市生命财产均构成严重威胁^[2]。长期以来雷电一直以直击雷的形式给地球上的生物以及人类文明带来灾难性的打击。随着人类文明进步的脚步,以 1973 年首次将 1 万个元件集成在 1cm^3 的芯片上为代表,人类由电子时代进入了信息时代。大量的以集成电路为主要元件的计算机设备、通讯设备为各行业创造了高速、大容量的工作环境,但与此同时集成电路与以往电子设备相比较,其耐受过电压和过电流的能力却大大降低了。文献^[3]指出,现代信息设备的耐受能力已由电子管的 $0.1\sim 10\text{J}$ (焦耳)降到 $10^{-8}\sim 10^{-6}\text{J}$,相差 7 个数量级!我国城市中电子设备和电器设备损坏的经济损失也达到总损失的 $70\%\sim 80\%$ 。来自上海市保险业信息显示,仅 1998 年一年的雷击赔偿便高达 3 亿元!北京市人口密度大,经济发达,

高层建筑物林立,电子设备、仪表众多,是雷电灾害的多发区域之一。2008 年北京奥运会期间正是北京市雷电活动频繁的季节^[4-5]。因此北京市雷电灾害的预测预警研究具有十分重要的现实意义。目前,对自然雷电的预测预警是雷电灾害预警和防范的重要方法之一^[6]。但自然雷电是否一定会导致雷电灾害的发生?北京市自然雷电与雷电灾害的时空分布特征是否一致?北京市雷电灾害的频繁程度是否完全取决于自然雷电的多少?鉴于上述问题,本文对北京市自然雷电和雷电灾害的时空分布特征进行对比研究。

1 资料说明

本文的自然雷电资料取自美国全球水文资源中心(GHRC)(<http://ghrc.msfc.nasa.gov>),由 TRMM 卫星搭载的光学瞬态探测器(OTD, 1995. 4—2000. 3)和闪电成像器(LIS, 1997. 12—2002. 12)获取,美国航天航空局(NASA)的 LIS/OTD 科学小组对资料进行格点化。分析自然雷电的密度分布时使用 $0.5^\circ\times 0.5^\circ$ 的空间分辨率资料;分析时间变化特征时使用 $2.5^\circ\times 2.5^\circ$ 分辨率资料,北京区域的平均值 $38.75\sim 41.25^\circ\text{N}$ 、 $113.75\sim 118.75^\circ\text{E}$ 的平均值代替。

北京市雷电灾害资料取自 18 个区县的雷击灾害报告,由北京市防雷办公室提供,资

料时间为 1995—2005 年。雷电灾害频度表示各区县单位时间(年)内发生雷电灾害的次数。18 个区县的人口和经济特征资料来自北京市统计局(<http://www.bjstats.gov.cn>),并从资料中提取出两个参量:(1) 经济易损模数 $D(D=D_s/S)$,表示区域内发生雷电灾害时单位面积上的经济损失。 D_s 为各区县的 GDP 生产总值, S 为各区县的行政面积。参量 D 反映区域对雷电灾害的敏感性。(2) 生命易损模数 $L(L=L_s/S)$,表示区域内发生雷电灾害时单位面积上受危害的人口数量。 L_s 为各区县户籍人口和暂住人口的总和, S 为各区县的行政面积。参量 L 反映了区域生命对雷电灾害的敏感性。

2 北京市自然雷电与雷电灾害的时间变化特征对比分析

2.1 日变化

图 1 给出了北京市自然雷电与雷电灾害次数的日变化曲线。从图 1 可以看出,北京市自然雷电与雷电灾害的日变化趋势大体一致:当地时间 03:00—15:00 这一时段内,雷电灾害和自然雷电均相对较少,而 16:00—02:00 时段雷电灾害和自然雷电均相对较多。但自然雷电与雷电灾害曲线的变化趋势并非完全一致:早晨 08:00—09:00 这一时段的自然雷电相对较少,但雷电灾害却相对较多。从雷电灾情统计数据中可以看出,8—9 时的灾情中,人员伤亡事件和电子设备损毁事件相对较多。一种可能解释是 08:00—09:00 时为北京市的上班高峰期,露天行人相对较多,同时电子设备开始启用,自然雷电导致雷电灾害的几率相对较大。16:00—20:00 为北京市自然雷电和雷电灾害同时较多的时段,尤其是 20:00 左右正是北京市傍

晚雷暴的高发阶段。北京市 20:00 左右易出现层结不稳定,对流活动较易发生,这与梁爱民等^[7]的研究结果一致。夏季地面温度较高,20:00 左右低层大气已经充分受热,温度较高;而傍晚的云顶的辐射冷却温度较低,因此云内的不稳定性增大,若高层有冷平流配合,发生雷暴等强对流活动的几率较大。20:00 左右也是一天中雷电灾害最多的时段,占全天雷电灾害总量的 13%。22:00 和 01:00 左右虽然是北京市夜雷暴高发时段,但由于人们大部分已呆在户内,且大部分电子设备与仪表已停止运行,所以雷电灾害的几率相对较少。

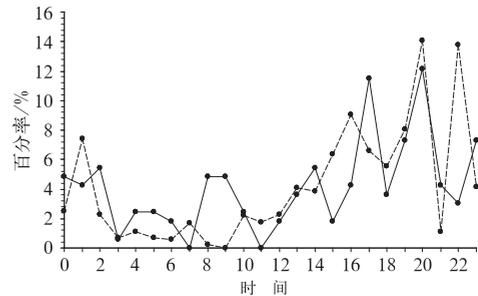


图 1 北京市雷电活动(虚线)与雷电灾害(实线)的日变化

2.2 月际变化

图 2 给出了北京市自然雷电和雷电灾害的月际变化曲线。从图中可以看出,北京市的自然雷电主要发生在夏季 6、7 和 8 月,约占全年的 65.7%。其中 7 月是北京市自然雷电最多的月份,约占全年的 24.4%。北京市的雷电灾害同样主要发生在夏季,6、7 和 8 月发生的雷电灾害约占全年的 70.2%。但雷电灾害最多的月份是 8 月,约占全年的 27.4%。而自然雷电最多月份为 7 月,约占全年的 20.4%。

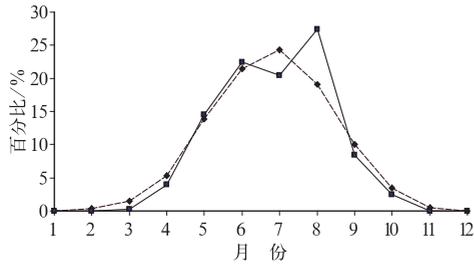


图 2 北京市自然雷电(虚线)和雷电灾害(实线)的月变化

据 2007 年南郊观象台(54511 站)的观测记录,2007 年 7 月和 8 月共有 13 个雷暴日,7 月份有 8 个雷暴日,而 8 月份有 5 个雷暴日。7 月份的雷暴活动要比 8 月份频繁。但根据 2007 年北京市 SAFAIR^[8]的观测记录表明,虽然总闪电数 7 月比 8 月多,但就其中云地闪占总闪电的比率来看,7 月为 9.2%,而 8 月为 11.1%。由于雷电灾害主要由云地闪导致,因此虽然 7 月的雷暴活动次数较 8 月频繁,但 8 月份的地闪比例比 7 月份的地闪比例高约 2 个百分点,因此 8 月份的雷暴类型可能更易于发生地闪,易导致雷电灾害的发生。当然上述只是假设,由于目前北京市的闪电定位系统投入业务运行不久,资料的积累还不完整,时间也不够长,对不同雷暴云云中的电荷结构研究也不够清楚,上述假设还需要进一步的验证。

3 自然雷电与雷电灾害的空间分布特征对比分析

北京地处中纬度季风气候区,夏季常受偏南季风暖湿气流的影响,不仅是对流活动频繁的地区^[8-9],同时也是雷电灾害较为活跃的地区。图 3 给出了北京市 1995—2002 年平均的闪电密度的分布特征。从图 3 中可以看出,位于北京市东北部的密云区和平谷区

是闪电活动最活跃的地区,其闪电密度值在 $10 \text{次} \cdot \text{a}^{-1} \text{km}^{-2}$ 以上。闪电密度的极值中心位于平谷区的东北部,闪电的密度值达到 $16 \text{次} \cdot \text{a}^{-1} \text{km}^{-2}$ 。在怀柔区及延庆区北部区域,闪电的密度分布较为均匀,约在 $10 \text{次} \cdot \text{a}^{-1} \text{km}^{-2}$ 。另外,从图 1 中还可以发现北京市六环路方形区域内闪电密度小于 $7 \text{次} \cdot \text{a}^{-1} \text{km}^{-2}$,方形区域的中心点在朝阳和海淀的交界处,区域中距离中心越远的地方闪电活动越频繁。从整个区域范围来看,北京市的闪电密度具有“北多南少”的分布特征。

图 4 给出了北京市 1995—2005 年平均的雷电灾害频度的分布特征。海淀区是北京市雷电灾害最严重的区域,其雷电灾害频度达到 $4.73 \text{次} \cdot \text{年}^{-1}$ 。值得注意的是,从自然雷电的空间分布(图 3)可以发现,海淀区属于雷暴活动较不频繁的区域。分析雷电灾害的灾情数据,可以发现海淀区大多数灾情以电子仪器的损毁为主。海淀区是国家的高新技术产业基地,科研院所林立,高等院校多,经济发展迅猛,电子仪器密集。海淀区虽然是自然雷电较少的区域,但雷电灾害的发生频率却相对较高,这种现象说明雷电灾害的发生不仅取决于自然雷电,还与下垫面承灾体的脆弱性有关系。

丰台、朝阳、通州、东城、西城、崇文和宣武区的自然闪电相对较少,但由于这些区县人口密集,高层建筑物众多,也是北京市雷电灾害较多的区域,年平均雷电灾害在 $2.5 \text{次} \cdot \text{年}^{-1}$ 以上。延庆、密云、昌平、大兴和房山的雷电灾害频度在 $1.0 \sim 2.5 \text{次} \cdot \text{年}^{-1}$ 之间。怀柔、顺义和平谷虽然是北京市闪电密度相对较大的区域,但由于其地属郊区,高层建筑物和电子仪器等设备相对较少,雷电灾害并不是很多,雷电灾害频度为 $0.5 \sim 1.0 \text{次} \cdot \text{年}^{-1}$ 。位于北京市西部的门头沟和石景山是

雷电灾害最少的区县,年平均雷电灾害次数不足 $0.5 \text{次} \cdot \text{年}^{-1}$ 。门头沟和石景山每年的自然闪电本身就不是很多,再加上门头沟地处山区,高层建筑物、电子仪器和人口密度相对最少,因此其雷电灾害相对较少。通过上述分析可以发现,北京市的雷电灾害既与自然闪电的分布有一定的关系,但又不完全由自然闪电决定,自然闪电只是雷电灾害的致灾因子之一。

4 18 个区县雷电灾害频度与经济易损模数、生命易损模数与自然雷电的对比

通过北京市各区县的生产总值(GDP)资料、人口和行政面积资料,计算出各区县的

经济易损模数和生命易损模数。计算方法见文献[8]。依据 LIS/OTD 卫星雷电资料,通过插值确定各区县的雷电密度值。图 5 给出了北京市 18 个区县上述 3 种要素值与 18 个区县的雷电灾害频度。从图 5 可以看出,北京市 18 个区县的雷电灾害频度曲线与自然雷电曲线并没有很好的一致性,然而 18 个区县的雷电灾害频度曲线与生命易损模数及经济易损模数有相对较好的一致性。进一步计算出 18 个区县的雷电灾害频度与生命易损模数及经济易损模数的相关系数分别为 $R_1 = 0.59$ 和 $R_2 = 0.60$ 。这说明雷电灾害的频繁程度可能并不完全取决于自然雷电的多少。相比之下,人口密度大、经济发达的区县更易于遭受雷电灾害的袭击。

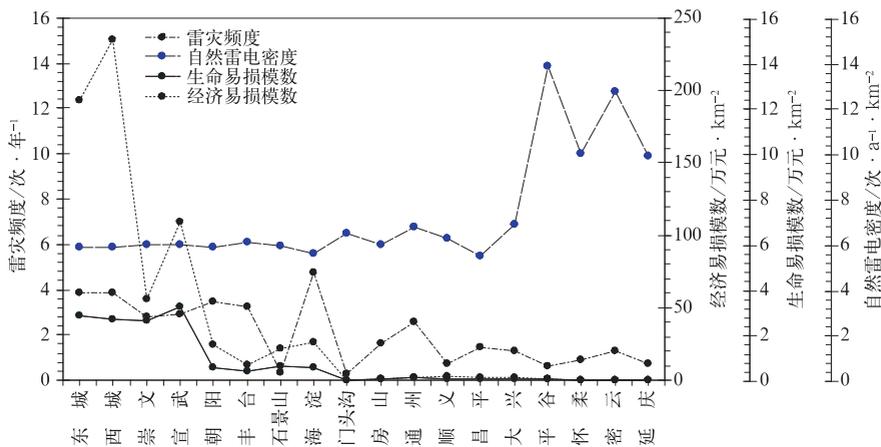


图 5 18 个区县雷电灾害频度与经济易损模数、生命易损模数及自然雷电密度的对比

5 结 论

通过北京市自然雷电和雷电灾害时空变化特征的对比研究,本文得出下列主要结论。

(1) 北京市雷电灾害与自然雷电的日变化趋势大体一致,但也有一些时段存在差异。当地时间 03:00—15:00 这一时段内,雷电灾

害和自然雷电均相对较少,而 16:00—02:00 雷电灾害和自然雷电均相对较多。两者存在差异的时段可能主要与人们的出行生活规律及电子设备的运行等有关。08:00—09:00 时段内虽然自然雷电并不多,但雷电灾害却比较频繁;而在北京的夜雷暴频发时段(22:00左右),由于人们大多呆在户内,且大部分电子设备已停止运行,故雷电灾害可能

相对较少。

(2) 北京市的自然雷电和雷电灾害的季节变化大体一致,具有春、秋、冬少,夏季集中的季节分布特征。但自然雷电的峰值月份为 7 月,而雷电灾害的峰值月份是 8 月,这种现象可能与两月不同雷暴类型有关系。

(3) 北京市自然雷电具有“北多南少”的空间分布特点,而雷电灾害分布则具有“近郊灾害多,远郊灾害少”的分布特征。北京市雷电灾害的空间分布并不完全取决于自然雷电。相比之下,人口密度大、电子设备密度高的城区和近郊区县更易于遭受雷电灾害袭击。

参考文献

- [1] 王昂生. 大气灾害学[J]. 地球科学进展, 1991, 6(5):74-75.
- [2] 金磊. 城市灾害学原理[M]. 北京:气象出版社, 1997:56-61.
- [3] 马鹤年. 气象服务学基础[M]. 北京:气象出版社, 2001:449-455.
- [4] 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.
- [5] 马明, 陶善昌, 祝宝友, 等. 卫星观测的中国及周边地区闪电密度的气候分布[J]. 中国科学(D辑), 2004, 34(4):298-306.
- [6] 许小峰. 雷电灾害与监测预报[J]. 气象, 2004, 30(12):17-21.
- [7] 梁爱民, 张庆红, 申红喜, 等. 北京地区雷暴大风预报研究[J]. 气象, 2006, 32(11):73-80.
- [8] 崔鹏, 杨坤, 韦方强, 等. 泥石流灾情评估指标体系[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(4):36-41.
- [9] 蔡晓云, 宛霞, 郭虎. 北京地区对流云天气闪电特征及短时预报[J]. 气象, 2003, 29(8):16-21.
- [10] 薛秋芳, 孟青. 北京地区闪电活动及其与强对流天气的关系[J]. 气象, 1999, 25(11):15-19.

郭虎等：北京市自然雷电与雷电灾害的时空分布

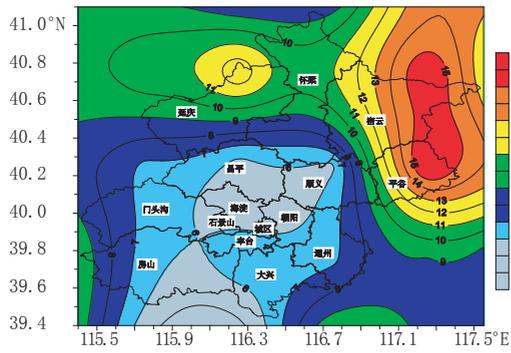


图3 北京市闪电密度分布图
(单位: $f1 \cdot a^{-1} \cdot km^{-2}$)

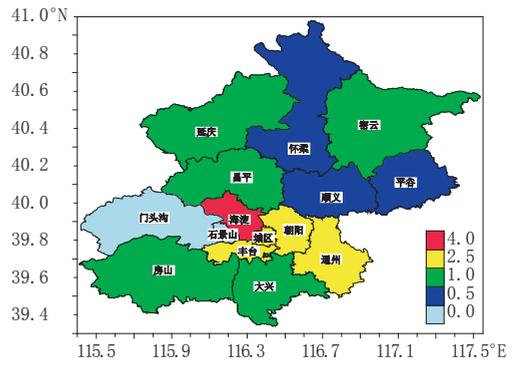


图4 北京市雷电灾害频度分布图
(单位: $f1 \cdot a^{-1} \cdot km^{-2}$)