

北京地区闪电活动及其与强对流天气的关系^①

薛秋芳 孟 青 葛润生

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

利用单站闪电定位系统 M-LDARS 监测 1995~1997 年夏季北京地区的闪电活动。分析结果表明: 闪电频数的日变化与强对流天气发生有一定对应关系; 不同类型的天气过程, 如冰雹、暴雨发生时, 闪电中地闪和云闪的比例有明显的差异, 其中地闪中正、负闪和云闪中正、负闪的比例呈现一定的规律性。

关键词: 闪电定位系统 云地闪 闪电频数

引 言

雷电过程通常总是跟强对流天气和雷暴降雨过程联系在一起, 雷暴的起电和闪电研究是当今关于风暴研究的一个重要方面, 闪电定位和特征测量对于全面、深入地研究强风暴过程至关重要。Jayaratne^[1]等认为闪电的发生必需有非常强和深厚的上升气流才能促使过冷却水和冰粒混合态地区出现电荷分离现象; Antory^[2]分析云地闪(以下简称地闪)特征和强龙卷之间的关系, 指出超级单体中地闪趋势和龙卷的生成有明显的相关性, 地闪频数的峰值出现于龙卷生成前 10~20 分钟, 地闪活动减弱发生于龙卷触地时; Richard^[3]等分析了 1992~1995 年美国闪电活动中地闪的密度, 1993 年中西部地区地闪密度达到峰值, 超过 11 次/km², 与观测到的强降水相一致; Scott^[4]等研究美国中南部地区夏季云地闪与降水的关系, 结果表明地闪与地面降水的相关性较高。由于闪电资料具有很高的时空分辨力, 因此分析闪电资料可以及时发现强对流的活动及其变化趋势, 提高超短期预报的精度。

本文统计了 1995~1997 年夏季北京地区的雷电数据, 综合分析云地闪电的日变化及冰雹和暴雨过程中雷电活动, 发现闪电定

位资料在灾害性天气的监测和预报中有很好的应用价值。

1 资料概况

Rust 和 Arnold^[5]对强风暴中发生在云-地之间的闪电进行了总结, 指出云-地之间的闪电有正闪和负闪之分, 因对流云中电荷的分布为负电荷位于云体的下部, 正电荷位于云体的上部, 因此云的主体部分和地面之间的放电大多为负电, 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。

M-LDARS 系统能连续、实时、自动探测以测站为中心半径 300km 范围内的雷电活动, 其中包括云闪(云中闪)、地闪(云-地闪)、云闪中正负闪、地闪中正负闪发生的时间、方位、强度、极性等闪电特征。我们统计分析了 1995~1997 年 6~8 月三个月出现的云地闪频数、百分比及 18 个冰雹和 10 个暴雨个例中云地闪频数、百分比及云闪中正负闪频数、百分比和地闪中正负闪频数、百分比, 暴雨个例是指有三个或三个以上的站 24 小时雨量大于 100mm。发现了一些很有意义的事实。

2 北京地区夏季雷电活动的日变化

1995~1997 年夏季三个月中分别记录了 92、71、91 天雷电活动的数据, 表 1 为逐年逐月闪电频数, 除 1996 年 6 月因机器故障,

^① 本文得到中国气象局“九五”科研项目资助。

缺测较多外,其余数据能可靠地反映雷暴过程中雷电活动演变、移动的发展趋势^[6]。地闪百分比是指地闪和云闪中地闪 N_G 占总闪 $N_T(N_G + N_C)$ 的百分比,云闪百分比是指地闪和云闪中云闪 N_C 占总闪 $N_T(N_G + N_C)$ 的百分比,则:

$$P_G = \frac{N_G}{N_G + N_C} \% \quad P_C = \frac{N_C}{N_G + N_C} \%$$

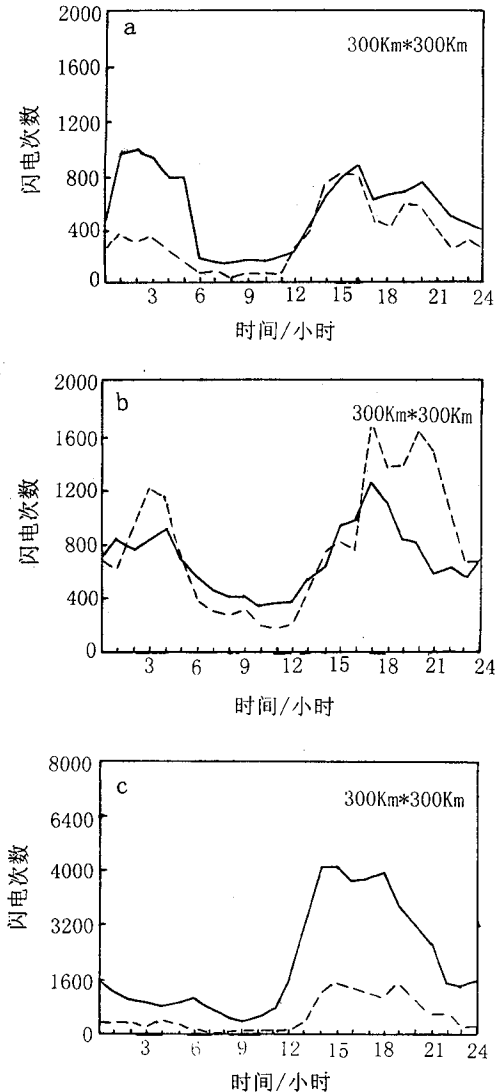


图1 1995~1997年6~8月地闪、云闪频数日变化

a. 1995年 b. 1996年 c. 1997年 (实线:地闪,虚线:云闪)

表1 统计结果表明:三年中6月份地闪

频数比云闪大;1995年、1997年7月份地闪频数占绝对优势,1996年7月云闪比地闪多。1997年地闪频数出现峰值,是其余两年的3~4倍,原因之一是1997年7月中旬连续多天出现干打雷现象,大部地区无降水,个别站有降水,但雨量很小,最大为5~6mm。1995、1996两年8月云地闪频数基本接近,1997年地闪百分比大于云闪;总的说在雷电活动中,地闪即云地闪活动为主,云闪较少。

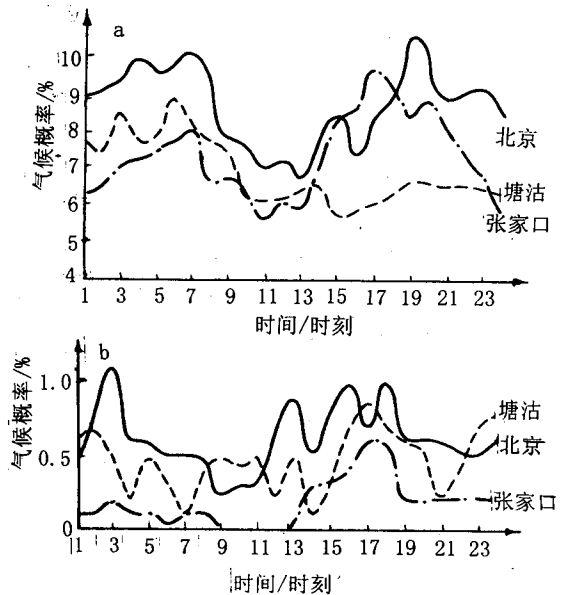


图2 6~8月平均降水气候概率日变化曲线

a 降水强度 $\geq 0.1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ b 降水强度 $\geq 10.0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$

图1(a、b、c)三张图分别表示1995~1997年夏季云地闪电频数的日变化,由此图可见1995、1996年为双峰型,1995年在后半夜02:00~03:00和16:00~17:00之间有两次峰值,谷值在07:00~11:00之间,主要因7月有3次过程强降水出现在02~08时之间,6小时雨量大于50mm;1996年凌晨04:00~05:00和傍晚17:00~18:00之间有两次峰值,谷值在07:00~12:00之间;1997年单峰型,与1989年和1990年情况相近^①,峰值在14:00~15:00,比1989、1990年早,这

① 陶祖钰等,京津冀地区闪电的气候分析,国家气象局强风暴实验室研究论文集,1990~1991年,113~121.

两年出现在 16~17 时,谷值相似在 08:00~11:00 之间。图 2 为 6~8 月平均降水气候概率日变化曲线^[7],对照图 1 和图 2 可见:双峰型与北京地区降水日变化相对应,降水峰值时间比闪电频数峰值出现时间偏晚 2~4 小时,由此可见闪电数据的分析有一定预报意义。

3 雷电活动与强对流天气的关系

我们所选择的冰雹个例,其中有 12 个是受高空冷涡的影响,5 个因高空槽所致,1 个发生于气旋后部;统计了冰雹过程和暴雨过

程中云闪、地闪数及百分比和云闪、地闪中正闪、负闪数及百分比,由表 2 可见,18 个冰雹个例中有 14 个云闪多于地闪,其中百分比高于 70% 的占一半,最高达 85.2%,且 4 个地闪比例高的个例中有两个伴有 6 小时雨量近 50mm 的强降水;云闪中正、负闪数相当,地闪中负闪占优势(图 3a、b、c)。表 3 表明 10 次暴雨过程中 7 次地闪数多于云闪数,一次两者相当,各占 50%,地闪中也是以负闪占绝对优势(图 4a、b、c)。

表 1 1995~1998 年 6~8 月地闪和云闪数及其百分比

年度	6 月		7 月		8 月		年总量	
	地闪	云闪	地闪	云闪	地闪	云闪	地闪	云闪
1995 年	5513	3867	5712	2270	1685	1852	12919	7989
	58.8%	41.2%	71.6%	28.4%	47.6%	52.4%	61.8%	38.2%
1996 年*	3167	2292	7510	12132	8357	7870	19034	22294
	58.0%	42.0%	38.2%	61.8%	51.5%	48.5%	46.1%	53.9%
1997 年	4618	3665	28299	5063	18317	4784	51234	13512
	55.8%	44.2%	84.8%	15.2%	79.3%	20.7%	79.1%	20.9%

*1996 年因机器故障,6 月份资料缺测较多,数据仅供参考

表 2 冰雹过程中地闪数、地闪中正、负闪数及百分比和云闪数、云闪中正、负闪数及百分比

日期	地闪			云闪		
	正地闪	负地闪	地闪总数	正地闪	负地闪	地闪总数
	Ngp	Ngn	Ng	Ncp	Ncn	Nc
1995 年 6 月 2 日	89	258	347	196	350	546
	25.6%	74.4%	38.9%	35.9%	64.1%	61.1%
1995 年 6 月 22 日	82	34	116	153	307	461
	70.2%	29.3%	20.1%	33.3%	66.7%	79.9%
1995 年 6 月 26 日	91	206	297	127	428	555
	30.6%	69.4%	34.9%	22.9%	77.1%	65.1%
1995 年 6 月 30 日	65	163	228	171	462	634
	28.5%	71.5%	26.5%	27.0%	73.0%	73.5%
1995 年 7 月 4 日	142	213	355	148	124	273
	40.0%	60.0%	56.5%	54.4%	45.6%	43.5%
1995 年 8 月 22 日	23	173	196	112	125	237
	11.7%	88.3%	45.3%	47.3%	52.7%	54.7%
1995 年 8 月 29 日	16	22	38	84	135	219
	42.1%	57.9%	14.8%	38.4%	61.6%	85.2%
1996 年 6 月 22 日	45	41	86	235	227	462
	52.3%	47.7%	15.7%	50.9%	49.1%	84.3%
1996 年 6 月 29 日	153	160	313	196	317	513
	48.9%	51.1%	37.9%	38.2%	61.8%	62.1%
1996 年 7 月 4 日	142	213	249	375	326	701
	40.0%	60.0%	26.2%	53.5%	46.5%	73.8%

1996年7月25日	190	122	312	143	296	439
	60.9%	30.9%	41.5%	32.6%	67.4%	58.5%
1996年8月11日	113	1331	1444	1739	563	2302
	7.8%	92.2%	38.5%	75.5%	24.5%	61.5%
1997年6月10日	15	168	183	56	77	133
	8.2%	91.8%	57.9%	42.1%	57.9%	42.1%
1997年6月18日	39	439	478	97	170	267
	8.2%	91.8%	64.2%	36.3%	63.7%	35.8%
1997年6月19日	88	405	493	508	866	1374
	17.8%	82.2%	26.4%	37.0%	63.0%	73.6%
1997年6月20日	9	127	136	164	424	588
	6.6%	93.4%	18.8%	27.9%	72.1%	81.2%
1997年6月22日	23	382	405	285	392	677
	5.7%	94.3%	37.4%	42.1%	57.9%	62.6%
1997年6月24日	46	671	717	161	196	357
	6.4%	93.6%	66.8%	45.1%	54.9%	33.2%
合 计	1412	4981	6393	4950	5785	10730
	22.1%	77.9%	37.3%	46.1%	53.9%	62.7%

表3 暴雨过程中地闪数、地闪中正、负闪数及百分比和云闪数、云闪中正、负闪数及百分比

日期	地闪			云闪		
	正地闪	负地闪	地闪总数	正地闪	负地闪	地闪总数
	Ngp	Ngn	Ng	Ncp	Ncn	Nc
1995年7月22~23日	70	328	398	111	94	205
	17.6%	82.4%	66.0%	54.1%	45.9%	34.0%
1995年7月28~29日	29	382	411	172	178	350
	7.1%	92.9%	54.0%	49.1%	50.9%	46.0%
1995年8月5日	18	62	80	53	3	56
	22.5%	77.5%	58.8%	94.6%	5.4%	41.2%
1996年7月28日	27	150	177	216	126	342
	15.3%	84.7%	34.1%	63.2%	36.8%	65.9%
1996年7月30日	9	65	74	45	4	49
	12.2%	87.8%	60.2%	91.8%	8.2%	39.8%
1996年8月2日	33	194	227	411	51	462
	14.5%	85.5%	32.9%	89.0%	11.0%	67.1%
1996年8月3~5日	396	1153	1549	1470	76	1546
	25.6%	74.4%	50.0%	95.1%	4.9%	50.0%
1996年8月9日	90	417	507	371	14	385
	17.8%	82.2%	56.8%	96.4%	3.6%	43.2%
1997年7月19日	54	164	218	54	29	84
	24.8%	75.2%	72.2%	65.1%	34.9%	27.8%
1997年7月31~8月1日	218	2059	2277	381	574	381
	9.6%	90.4%	70.4%	39.9%	60.1%	29.6%
合 计	1107	5183	6290	3627	1173	4800
	17.6%	82.4%	56.7%	75.6%	24.4%	43.3%

下面以1995年6月22日北京地区的一次冰雹过程为例,22日下午14:47~16:17北京房山区的河北镇、霞云岭等二十几个乡镇及大兴县大辛庄等七个乡镇大面积遭受

风、雹袭击,风力一般为5~6级,最大风力达8级,冰雹直径为0.8cm,密度为50~2000ge/km²,给当地农副业生产造成很大损失。这天云地闪及云闪中正负闪活动情况是:

从13时始,闪电数急剧增加,主要以云闪为主,15:00~16:00出现峰值,云闪中正闪和负闪同步增加,峰值在同一时间出现,闪电频数快速增加的时间比冰雹发生的时间要早;在1997年7月31~8月1日暴雨个例中地闪、云闪及地闪中正闪、负闪变化,与10个例

子集成结果相似,以地闪活动为主,地闪中又以负地闪占优势(图略)。以前的统计分析也表明:闪电的强度和频数变化比回波强度的变化超前半到一小时。因此综合利用各类遥感资料,如卫星、雷达、闪电定位系统等,可以提高短时预报的正确性。

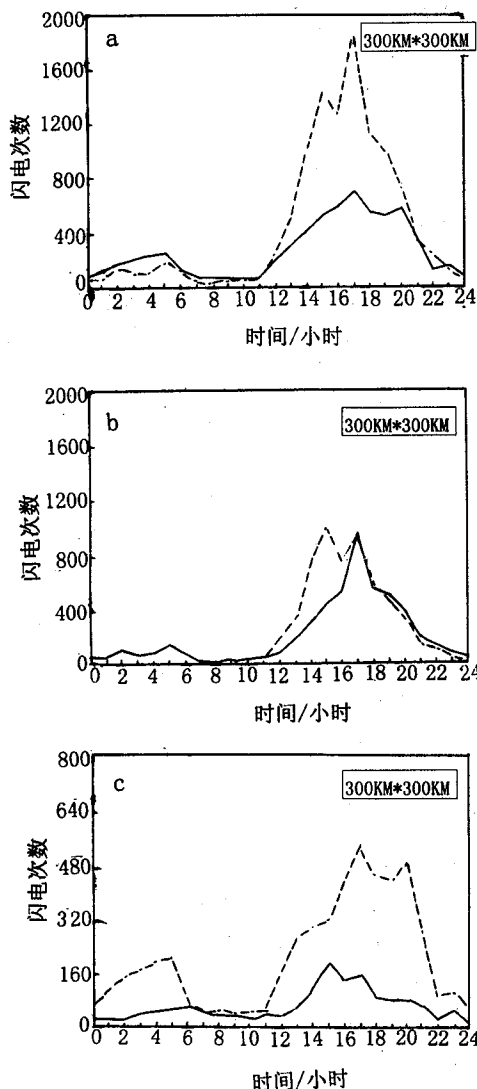


图3 冰雹个例中云地闪的日变化 a. 云闪、地闪日变化 (实线:地闪,虚线:云闪)

b. 云闪中正闪、负闪日变化(实线:正云闪,虚线:负云闪)

c. 地闪中正闪、负闪日变化(实线:正地闪,虚线:负地闪)

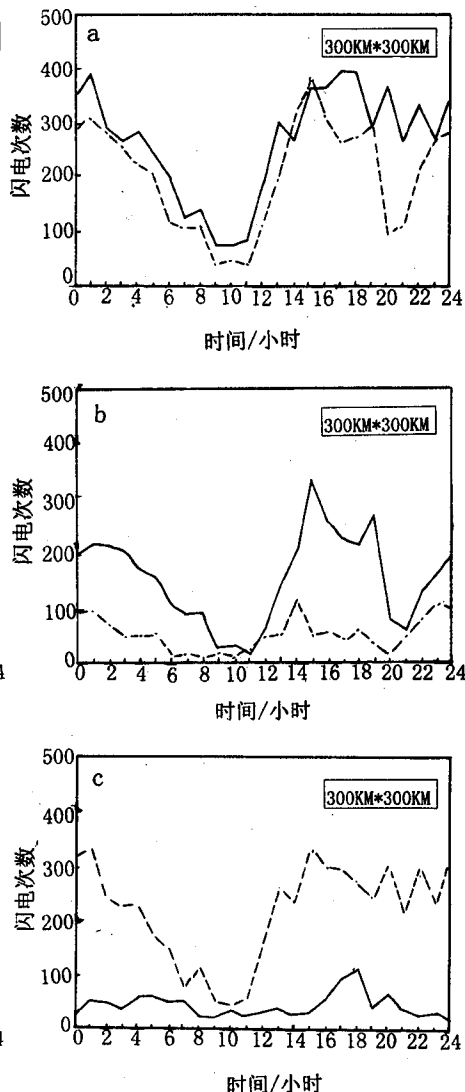


图4 暴雨过程中云地闪日变化 a. 云闪、地闪日变化 (实线:地闪,虚线:云闪)

b. 云闪中正闪、负闪日变化(实线:正云闪,虚线:负云闪)

c. 地闪中正闪、负闪日变化(实线:正地闪,虚线:负地闪)

(下转封三)

(上接第 19 页)

4 小结

①闪电活动提供了强对流天气信息,是分析雷暴活动的一个重要工具,详细分析闪电数据,能在短时预报中发挥重要作用。

②北京地区雷电活动的日变化与北京地区降水的日变化有较好的对应关系,而峰值出现时间比降水峰值时间要早。

③冰雹和暴雨等不同类型的强对流天气,云闪、地闪有不同反映,冰雹过程以云闪活动为主,暴雨过程则以地闪为主,但无论云闪还是地闪,其中都是负云闪和负地闪占优势。

致谢:北京市气象局为本工作提供冰雹信息并得到傅建国和蔡晓云的具体帮助。

参考文献

1 Stephen Hodanish and David Sharp Waylon Collins. A 10-yr Monthly Lightning Climate Florida: 1986-95, Weather

and Forecasting. 1997;12(3),439~448.

2 Antory H. Perez, Louis J. Wicker, and Richard E. Orrille. Characteristics of Cloud-to-Ground Lightning Associated with Violent Tornadoes. Weather and Forecasting. 1997; 12(3),428~437.

3 Richard E. Orville and Alan c. Silver. Lightning Ground Flash in the Contiguous United States:1992-95. M. W. R. 1997;125(4),631~638.

4 Scott C. Sheridan, John f. Griffiths, and Kichard E. Orville, Warm Season Cloud-to-Ground Precipitation Relationships in the South-central United States. Weather and Forecasting. 1997;12(3),449~458.

5 Rust, W. D. et. al. Research on Electrical Properties of Severe Thunderstorms in the Great Plains. Bull. Amer. Meteor. Soc. 1981;62,9,1286~1293.

6 Tao Shanchang et al. Comparison of Single-station Lightning Location with Three-station Measurements and Radar data. Acta. Meteorologica. Sinica, 1993;7(2),232~243.

7 《华北暴雨》编写组. 华北暴雨. 北京:气象出版社,1992.

The relationship between Lightning Activity and Severe Convection Weather in Beijing Area in summer from 1995 to 1997

Xue Qiufang Meng Qing Ge Runsheng

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The lightning activities Beijing area were monitored with single-station lightning detection system(M-LDARS)in summer of 1995—1997. The result shows that the relationship between diurnal variation of lightning frequency and severe convection weather. In the different weather types, such as hail or heavy rain, the proportions of ground flash and cloud flash aren't the same. The high amounts of cloud flash are attributed to the presence of hail, and a great deal of ground flash associated with the observations of heavy rain.

Key Words: Lightning detection system Cloud-to-ground lightning Lightning-flash frequency