

北京地区对流云天气闪电特征及短时预报^①

蔡晓云 宛霞 郭虎

(北京市气象局, 100089)

提 要

使用北京地区 1999~2001 年 5~9 月 XDD03A 雷电资料, 用雷暴日逐时闪电频数与相应雷达反射率因子叠加的方法, 寻找对流天气闪电分布特征。根据闪电轨迹推断对流天气中小尺度系统活动。

关键词: 闪电特征 雷达 短时预报

引 言

闪电资料从探测范围和时空分辨率都高于常规天气图又先于雷达^[1]。通过计算机转换程序, 将同时次半小时积累闪电频数与雷达图像按相同比例叠加可以得到两者关系。闪电是云中、云地放电的真实写照, 并能被反演成单体、多单体、离散型、条状、带状等多种走势用于预报分析中。XDD03A 仪器目前只能监测到云地闪电。以 2000 年 8 月 27 日为例, 13:00(北京时, 下同)北京西部、西北有零星闪电出现, 1 小时后雷达有零散反射率因子与之对应(图略), 在以后的时间里闪电频数逐渐增加, 17:00 从闪电和雷达反射率因子叠加图(图 1a)看出, 闪电总数达 43 个, 正

闪电 38 个, 负闪电 5 个。雷达中心左侧边缘闪电已有带状的形态, 比雷达反射率因子带状提前 15~30 分钟。给预测人员发布雷电预报提供了宝贵的时间。闪电与雷达图像较好的配合, 给预报人员排除晴空闪电干扰、制作精细短时预报(0~3 小时, 下同)提供了参考依据。这对于研究对流天气过程的中尺度系统发展变化, 做好首都气象服务有一定的帮助。

1 北京地区对流天气闪电分布特征

1.1 单体闪电特征

单体闪电往往表现为闪电数量集中小范围紧密排列, 有时在屏幕上会重叠, 显示单体闪电中多次放电的特征, 闪电移动时快时慢,

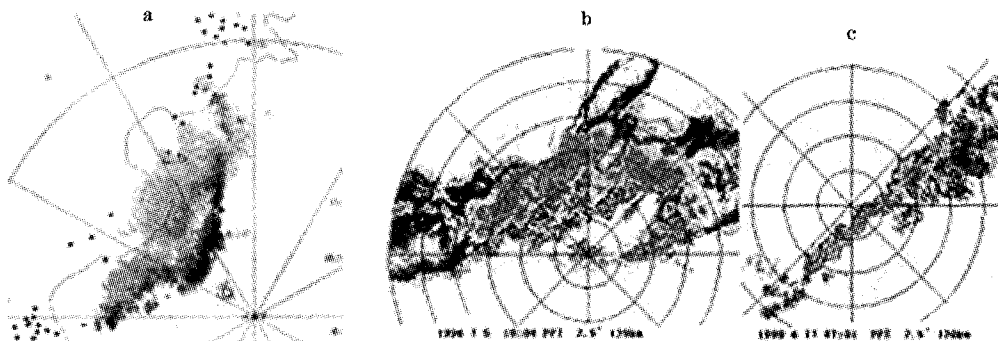


图 1a 2000 年 8 月 27 日闪电雷达叠加图(闪电为 16:30~17:00 的累积数, 雷达图像为 17:00 观测结果)b、c 为北京常见的带状回波

^①本项目得到北京市科委经费支持

从每小时的雷电数量随时间的分布图上可看出,单体闪电水平尺度可以从几公里到几十公里。该单体在 100km 范围 14:00~15:00 之间闪电总数达 28 个,其中正闪电 26 个,负闪电 2 个。全天北京区域内闪电总数 86 个,正闪电 72 个,负闪电 14 个(见图 2a1,方框内为以北京气象局为中心 100 km 范围,下同,为直观在此采用原始实况图,不采用叠加图)。由相应的雷达反射率因子图上可看出,对流云单体内还有尺度更小的对流小气

(见图 2a2),强中心垂直剖面呈柱状结构(见图 2d1)。在图 2d2 中单体垂直剖面径向速度与强度保持一致,呈柱状,回波下部低空为负径向速度,有下沉气流分量存在。而在回波上部为正径向速度,有上升气流分量。在回波强度较强处,径向速度等值线分布比较密集,该处可能存在辐合或辐散流场^[2]。正是因为单体内部上升气流的剧烈活动,导致局地雷雨、冰雹天气发生。单体闪电生命史较短,约十几分钟到几十分钟。

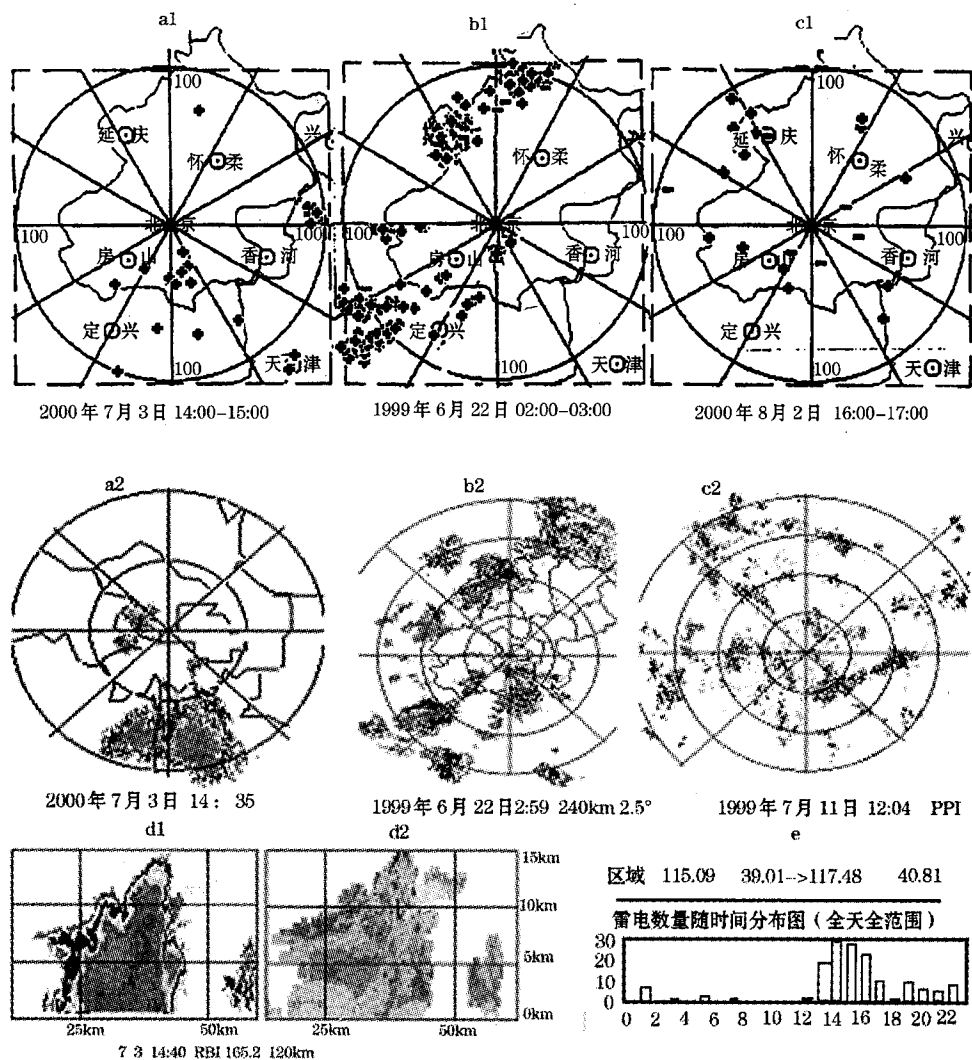


图2 a、b、c分别为北京地区闪电与雷达对比图,d为2000年7月3日14:40RHI雷达图,e为2000年7月3日闪电数量随时间分布图

1.2 多单体闪电特征

多单体闪电在同一时间或接近同一时刻有两个或更多的单体闪电出现,生命史约0.5~1小时,水平尺度可达100~200km。随着高空风、地形影响和单体自身的演变将合并成一个大的单体闪电群。合并后的单体闪电群常伴有冰雹、雷雨大风出现,受灾的面积和程度比单体闪电大。也有多单体闪电不合并,自生自灭的现象。多单体闪电频数比单体闪电频数明显增多。例如:1999年6月22日(图2b1)全天北京地区闪电频数达398个,其中正闪电367个,负闪电31个。无论是某一时间、某一范围的闪电数量还是全天某一范围累计闪电,多单体型闪电频数均高于单体闪电。

1.3 离散型闪电特征

离散型闪电特征为闪电排列均匀分散,每个闪电点之间都有几公里~几十公里的距离,多为一种对流天气的初始状况。同一时刻雷达反射率因子图上会出现许多小的单体,水平尺度只有几公里到几十公里,单体既有向左又有向右作离散传播^[3]。在图2c1 2000年8月2日16:00~17:00指定范围内有22个闪电,正闪电16个,负闪电6个。随着对流云的发展会演变成其它形状,因此离散型闪电生命史较短。这种闪电出现常使地面在较短的时间里多处降雹或降雨。2000年8月2日北京昌平、平谷、延庆佛爷顶3个气象站有降雹记录,6个气象站降水超过30mm,20个气象站都有响雷记录(由于8月2日雷达故障特选用1999年7月11日雷达资料说明离散型)。

1.4 带状闪电特征

带状闪电初始是由几个单体闪电组成,先生成的单体闪电维持少动,随着北京夏季自西北向东南方向冷锋云系的影响,新生的单体闪电不断出现,逐渐形成东北西南向的带状闪电(见图1c)。带状闪电频数增加尺度增大,相应反射率因子带状维持的时间增长,造成的灾害也大。从雷达资料和实况对

比观察,带状闪电有时在一条带中几处降雹,有时在带的移动中边移动边降雹,时常伴随着雷雨大风。北京东北、西南向带状对流云系出现次数最多,其次是南北向和东西向带状(见图1b),由于从闪电资料上难以看出对流云强度的具体位置,目前只能靠雷达观察带状强中心位置。例如1996年7月5日东西向的对流云带横贯北京(图1b),使本市自西向东的霞云岭、门头沟、海淀、永定门、顺义、通县几个郊县受雷雨大风袭击,风力达16~20m·s⁻¹,怀柔降了冰雹。带状闪电应引起我们的警惕。

2 中小尺度对流天气系统和闪电活动

闪电定位系统可以连续记录闪电发生的时间和位置,通过分析闪电频数的演变,揭示生命史只有几十分钟到几小时的中小尺度对流天气系统活动^[4]以指导短时预报。

2.1 蒙古低涡型中小尺度天气系统

从2000年7月3日每小时连续闪电分布图可以看出,1个单体闪电13:00在北京西部形成小范围密集区(图略),1小时后新的单体闪电在中心以南形成并向北移动(见图3a),在以后的3~4小时里演变成150~180km、宽30~50km的南北向的闪电密集带,集中在北京中部。表明至少存在长约200km,宽50km小尺度对流云活动(图3b)。从全天雷电数量随时间分布图可看出(图2e),闪电集中出现在13:00~17:00,生命史有4~5个小时。

2000年7月3日天气形势为蒙古低涡槽前暖区,500hPa天气图上蒙古低涡槽08时切断在河套,位于42°N、105°E,低涡槽在105°E,20时500hPa天气图河套涡位于40°N、109°E,低涡槽在109°E。850hPa天气图上河套到东北地区南部的暖温度脊附近有切变线,位于108°E,20时南压到40°N,本市位于切变南侧西南气流里。地面图上河套东部有低压发展,弱冷锋停滞在华北西部山区,属常见的蒙古低涡型对流天气。

此次过程存在着2种不同尺度的对流活

动。一类是水平尺度只有 30~40km 的单体雷暴,生命史只有 0.5~1 小时。另一类是与偏南气流中的切变线相联系较大尺度的对流活动,可以看出在北京地区 100km 范围几个小时内有两个闪电单体演变,它们分别构成了 50×50km,长 150~200km,宽 30~50km 闪电单体,西部的单体生命史仅有 1 小时,另一个单体由南向北移动,生命史达 5 个小时,显示夏季中小尺度对流活动十分活跃。当日 18:00 累计雨量顺义 98mm、朝阳 73mm、丽泽桥 70mm、丰台、石景山、通县、大兴及 3 个自动气象站降水均在 40mm 以上。

2.2 冷锋过程中的中小尺度天气系统

从 1999 年 9 月 8 日夜间~9 日闪电分布图看出,这次中小尺度闪电对流系统有明显的沿冷锋移动的特征。它们和冷锋一起自西北向东南方移动,闪电比冷锋移速快,当冷锋过境后暖区内的中小尺度对流系统继续发展,仍向东南方向移动,与原冷锋排列位置垂直(见图 4)。整个冷锋活动发生 2 次中小尺度对流活动,2 种闪电排列方向虽有差异,但它们的移动路径基本没变。锋面过境形成“人”字型的闪电分布与锋前锋后风向不同是相当吻合的。

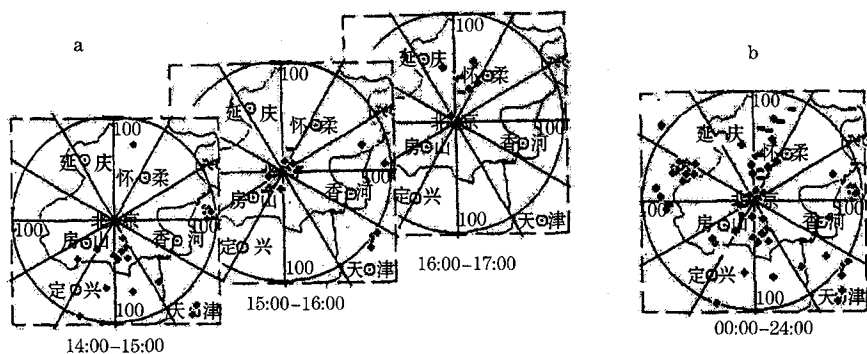


图 3 2000 年 7 月 3 日 14:00~17:00(a)及 0:00~24:00(b)闪电分布图

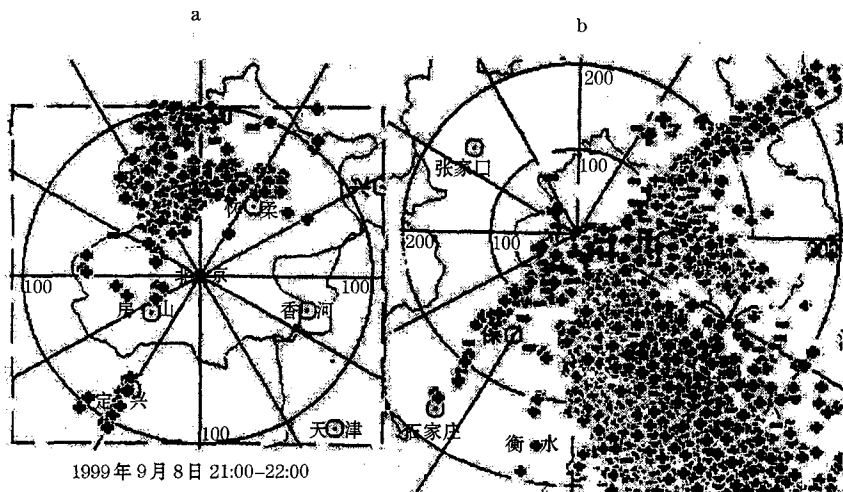


图 4 1999 年 9 月 8 日 21:00~22:00(a)和 1999 年 9 月 9 日 00:00~24:00(b)闪电分布图

地面天气图上西北有次天气尺度冷高压,冷锋东移后锋面加强,已形成东西向的冷锋。同时华北南部有低压发展、呈偏东风气

流。由图 4b 可以看出由冷锋引起的对流系统闪电排列,水平尺度可以延伸到长 400~700km、宽 100~400km 的范围,使 8 日 20 时

到9日06时平谷雨量达76mm。全天500km范围内闪电总数2110个。北京地区内全天闪电1237个,其中正闪电1171个,负闪电66个,在图4a中1小时指定范围内闪电数达338个,显示了较大范围冷锋活动闪电数量较多的特征。

3 雷电短时预报

3.1 确定雷暴不同的发展和消散阶段

利用闪电资料能预报雷暴的发展和减弱阶段,通常正闪电频数在发展、消散阶段明显大于成熟阶段,而闪电总数却在成熟阶段最多。当雷暴的闪电频数明显减少时,雷暴开始消散。以2000年8月27日雷暴过程为例(图1a),在雷暴的发展阶段闪电位于雷达反射率因子的左侧,正闪电比例高于负闪电,闪电的分布已显现出带状的形态,当闪电出现并延迟30分钟后,雷达监测到长100km宽40km带状。这现象在冷锋过程中非常明显,可以推测此时是雷暴的发展阶段。20:00闪电频数明显减少,预示雷暴呈减弱消散阶段。30分钟后雷达反射率因子开始减弱(图略)。闪电指示雷暴消散早于雷达,当闪电和上升气流已经停止10~30分钟后,雷达回波开始减弱^[5]。

3.2 雷电短时预报

依据闪电能够确定雷暴发展、消散阶段的理论和监测经验,可以作出对流天气的短时预报。因为风暴中的电荷分离、累积及闪电过程与对流活动密切相关,而上升气流则是风暴生命史中最先出现的,所以测定闪电首次出现的时刻以及闪电频数的时序变化,有可能推断是否存在对流区和对流位置以及是否有进一步发展的可能性^[6]。

在用闪电资料制作北京地区雷电短时预报的过程中,应密切关注天气系统的变化,当出现利于产生对流天气系统时,即可排除晴空闪电的干扰。监测人员可根据闪电频数形态、正、负闪电比例及演变趋势,考虑闪电有按原来移向移速继续运动的趋势,有沿山谷、

山区边界移动的趋势,有沿冷锋移动的趋势,闪电单体合并有增强趋势等因素进行外推预报和服务。

4 小 结

(1)闪电资料能较好地指示中小尺度对流云的存在、移动、结构、范围和活跃动态,给监测人员提供短时预报参考。由于闪电提供的是云中、云地间放电位置,雷达反映的是某一角度云体的面积,单独利用闪电制作雷电外推预报应适当扩大范围。

(2)对流性天气与地理分布有密切关系,北京三面环山,地形的抬升作用使雷电易于形成。闪电资料不受高山、建筑物遮挡的影响仍能监测和识别,而雷达低仰角探测常有地物遮挡现象,因此雷达监测人员可以关注闪电的初始位置。

(3)实时的闪电数据可以24小时自动连续监测闪电活动,为了制作精细短时预报,预测人员可在几分钟甚至几十秒钟内刷新和重现闪电记录,即使雷电活动已经伴随降水开始,仍能有效地识别强对流天气的区域和发展趋势。

致谢:本项目得到吴宝俊先生、李志楠同志的帮助和指导,特此致谢!

参考文献

- 1 蔡晓云,宛霞,郭虎.北京地区闪电定位资料的应用分析.气象科技,2001,(4):33~35.
- 2 张培昌,杜秉玉,戴铁丕.雷达气象学.北京:气象出版社,2002:314~333.
- 3 刘洪恩.北方暴雨雷达回波概念模型.永定河官厅山峡雷达降水定量测量和洪水预报系统研究论文集,1992:121~129.
- 4 石定朴,顾映欣,陶祖钰.闪电活动和中小尺度对流系统.中尺度气象文集,北京:气象出版社,1993:202~208.
- 5 Edman D A., Operational use of lightning location on an interactive system., Proc 11th Conf. on Wether Forecasting and Analysis, Amer. Meteor. Soc., 1986:165~170.
- 6 鄯秀书,言穆弘,郭昌明.闪电资料及风暴短时预报初探.中尺度气象文集,北京:气象出版社,1993:189~194.

Characteristics of Lightning and Convective Cloud Synoptic Type in Beijing and Nowcasting

Cai Xiaoyun Wan Xia Guo Hu

(Beijing Meteorological Bureau, 100089)

Abstract

Based on XDD03A lightning data in Beijing from 1999 to 2001, the lightning distribution characteristics of convection are given with hourly lightning frequency of thunderstorm combined reflectivity factors. And therefore, meso-scale convections could be deduced based on lightning tracks.

Key Words: lightning radar nowcasting