

利用闪电资料分析冷锋过程的中小尺度系统

王易秋 石定朴

(国家气象中心) (气象科学研究院)

提 要

本文利用京津冀中尺度气象试验基地的资料,分析了1989年8月10日冷锋降水个例,对冷锋影响下闪电活动的特点,特别是其中的中小尺度特征进行了细致的分析和研究,探讨了用闪电资料分析中小尺度系统的方法及可能性。结果表明,利用闪电集中出现的活动带(区)的变化,可以分析冷锋过程中的中小尺度系统及演变。

一、前 言

用京津冀中尺度气象试验基地1989年汛期预试验期间所获取的资料,选取8月10日的一次冷锋降水过程进行个例分析。参考卫星云图和地面天气图,对闪电定位资料与逐时雨量及雷达回波进行对比分析,目的是找出冷锋影响下闪电活动的特点,特别是其中的中小尺度特征,并探讨用闪电资料分析中小尺度系统的方法和可能性。这里所用的闪电资料是由LLP80-02型闪电定位系统所测得的320km半径范围内的闪电位置(指云与地之间的闪电活动),由于此系统可以在24小时内随时记录下每一个闪电发生的位置,误差不超过6km,在时间和空间分辨率上,闪电资料要高于常规资料和卫星云图。因此,闪电资料可以反映出空间尺度为 10^1 — 10^2 km、生命史为几十分钟到几个小时的中尺度系统。

1989年8月10日00时(北京时,下同)至11日00时,京津冀地区出现了一次降水过程。雨区分为两片:北片在 39°N 以北,南片在邢台与邯郸之间,大部份地区的过程雨

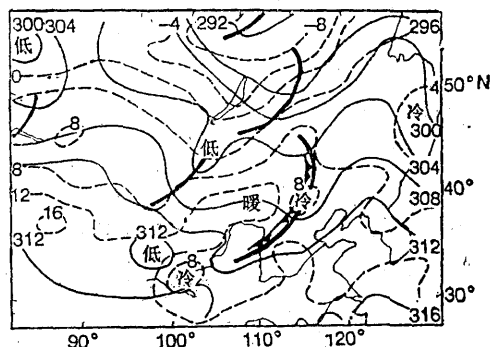


图1 8月10日08时(北京时)700hPa图

细实线:等高线,粗实线:槽线,虚线:等温线

量是小小中雨,局地有大雨。北片南区各站的雨强甚大,有4个气象站的一小时雨量大于25mm。这次过程的影响系统为700hPa上的一个小槽及地面冷锋,图1给出了8月10日08时700hPa小槽及地面冷锋位置。同时的500hPa上,中纬度是平直西风,仅有微弱浅槽,副高588线控制了北到 35°N ,南到 23°N ,西到成都的广大区域,中心强度达5990gpm,这种形势不利于水汽向北输送,故总雨量不大。但本次降水过程有很强的对流性,图2为此次过程中的闪电分布,可见冷锋过程中闪电活动频繁,且闪电活动

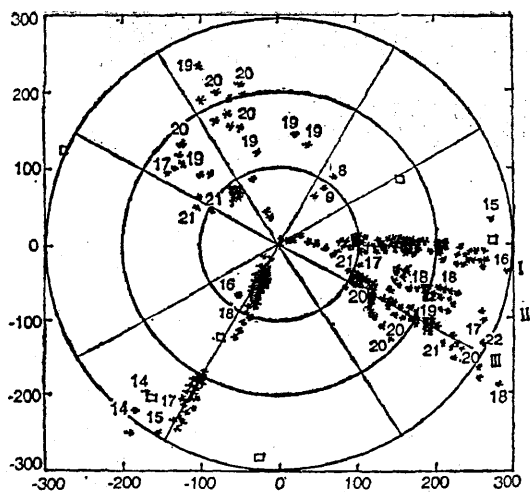


图2 8月10日闪电时空分布

的时空分布很有规律。

二、闪电活动的中小尺度特征

由图2可看出,这次降水过程中闪电活动表现出明显的中尺度特征。整个闪电活动的空间分布可分为三部分,每一部分中又有几次闪电活动,其空间尺度约20—200 km,生命史2—5小时。

第一部分为冷锋云带上的闪电活动,沿30°方位和200—220°方位,呈东北—西南向带状分布,总长400多公里,最宽处约80 km。此带又分为四段,最北一段发生在8—9时;位于中心的一段在9—10时;200—220°方位的两段发生在14时到18时。每段的长度约40—150 km不等,宽20—80 km。对照地面图上冷锋位置和卫星云图上的冷锋云系(图略),这条闪电带的活动大致反映了锋面的位置、移向和移速。如14—18时,此闪电带移动约80 km,其速度约为20 km·hr⁻¹,和锋面移速大致相同。

第二部分发生在冷锋前的暖区,闪电活动呈三个带,且依时间顺序由北向南排列,即图2中的I、II、III。这三条带相交于中心站西北60 km处,若以此点为圆心,三条带分别沿100°、115°、125°方位辐射出去,长度约300 km,发生在12—22时,对应着暖

区中较强的对流活动。

第三部分位于图2中的西北象限,呈块状,分散在300°到15°范围,发生在17—21时,持续5小时,该区域在地面图上为一个冷锋后的气压槽,有较大的风向切变和露点梯度,卫星云图上表现为在冷锋云系的后面有发展不太高的、色调较白的对流云团。

图3为8月10日闪电活动动态图,清楚地反映了上述三部分闪电活动的中小尺度特征。

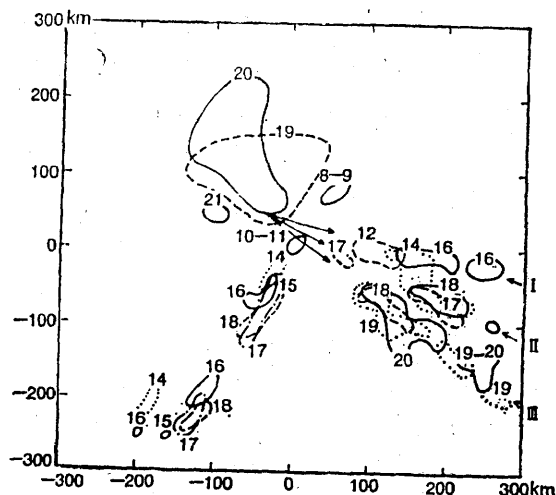


图3 8月10日闪电综合动态图

图中,线条为闪电活动区域;1,2,……,21表示闪电发生时间(时);I、II、III表示暖区三条闪电带

三、冷锋过程中的中小尺度系统

把闪电活动所表现出来的中小尺度特征与逐时雨量图和雷达回波图进行对比分析,就可以发现,利用闪电资料能够反映冷锋过程中存在的中小尺度系统及其演变。

1. 闪电活动与降水的关系

图4为8月10日降雨量图。与图2比较,闪电区大部分对应着大的降雨区。冷锋上的闪电活动,北段8—9时的闪电对应8—11时滦平、承德和下板城等降雨中心;北京附近9—10时的闪电,对应朝阳和通县9—11时的降水;北京西南方200—320 km的一段,对应的降雨中心在邢台与邯郸之间,距

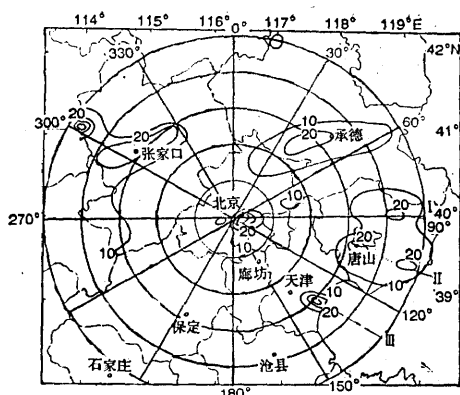


图4 8月10日00—24时 $\geq 10\text{mm}$ 降雨量分布
实线为等雨量线；极坐标中圆间隔为50km

北京约360—400km，发生时段一致，但地理位置稍有差异。图2中西北象限的闪电对应着尚义的降水，发生时段同为17—21时，强降水中心位于闪电区边缘。图2中东南象限的I、II两条闪电带与图4中I、II两条雨带对应较好，第I条闪电带发生在12—16时，降水在12—14时，第II条闪电带发生于14—18时，降水出现在14—16时。第III闪电带大部分位于渤海湾，无降水资料，不做分析，但此带的闪电与降水在时空上都有偏差，可能因为闪电资料在时空上是连续的，可以反映中小尺度系统的活动，而雨量站空间间隔在20—40km以上，不足以反映中小尺度系统，所以会出现二者之间的时空差

异。

另外，在张家口地区0—5时降雨却无闪电活动与之对应，这说明降水是非对流性的，虽有降雨却无闪电。相反，图2中西南象限距北京30—150km的闪电带无明显的雨区相配合，可能由于此处对流云中虽有强雷电现象，却无足够大而密的雨滴降落地面。

2. 闪电活动与中小尺度系统

闪电活动不仅反映了冷锋云带上的中小尺度对流系统，而且也反映了冷锋前暖区中的中小尺度对流活动，这可以由中小尺度雨团的演变得到证实。

冷锋上的中小尺度闪电带长约100km，宽约30km，一般都对应着中小尺度的强降雨区，可由逐时 $\geq 10\text{mm}$ 的降雨中心的移动说明。由图3可见冷锋上有4个闪电活动区。附表列出10个雨量站逐时降水分布。其中，8—9时的闪电所对应的强雨团从滦平移到承德后，南压到下板城，持续3个小时，9—10时的闪电对应北京地区的中小尺度雨团， $\geq 10\text{mm}$ 的降水中心在朝阳、通县，朝阳一小时的雨量就达30.5mm。因此，闪电活动可以反映出冷锋上的中小尺度系统，而中小尺度雨团的活动则证实了这些系统的存在。

由图3可以看出，暖区的闪电带其尺度大于冷锋上的中小尺度系统，长约200km，

附表

10个雨量站逐时降水量(mm)分布

时 间 (时)			7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
冷锋雨带	第1雨团	滦平(39° 138km)	1.9	13.9	8.3						
		承德(59° 190km)			15.0						
	第2雨团	下板城(70° 180km)		1.1	1.2	10.9	1.4				
		朝阳(41° 20km)			3.1	30.5					
暖区雨带	第1雨团	通县(109° 25km)			18.6	1.7					
		迁西(83° 170km)						8.4	8.8		
	第2雨团	迁安(87° 200km)						3.1	16.8		
		滦县(97° 205km)								14.9	
		唐山(104° 161km)						1.3	26.9		
		乐亭(105° 230km)									24.8

注：表中只列出 $\geq 1.0\text{mm}$ 的降水，地点栏中括号内为距北京测站方位和距离。

宽约50km。从 $\geq 10\text{mm}$ 的降水中心逐时分布(见附表)看出,由迁西东移到迁安略南压至滦县的雨团,持续3个小时,与图3中I带对应;另一个雨团从唐山移至乐亭,对应闪电带II,另外还有一雨团在新城,仅16—17时降水达25.5mm,由于海上缺降雨资料,无法做出详细分析,与第III条闪电带的关系不做进一步分析。从上述可以看出,暖区中的闪电活动同样可以反映出其中的中小尺度系统活动。

3. 冷锋过程中中小尺度系统的演变

利用闪电资料与逐时的雷达回波进行对比分析,可以进一步了解冷锋过程中中小尺度系统的演变过程。

8月10日00—12时雷达回波的形状是片状带状混合,以片状为主。00时在西北方向观测到范围约 $50 \times 100\text{km}^2$ 、强度只有20—30dBz的片状回波,距北京雷达站(以下简称本站)100—150km,向东南方向移动(图略)。03时本站以东150km出现几小块回波,强度小于20dBz,范围也不大,移向本站(图略)。7—9时两片回波区经过合并、发展,移到本站,最强中心达40—50dBz,范围为 $100 \times 300\text{km}^2$,并出现闪电。这一时段的闪电反映了上述回波的对流活动。

12—20时的回波演变图(图5)可以看出,原来的片状回波逐渐减弱,而在其前方发展起来一条东北—西南向的带状回波,并逐渐加强。回波带中有多个强回波中心顺序生成,最大强度达45—55dBz,回波带在向东南方向移动时,其东端回波中心减弱,西端回波单体新生,强度增强,单体的移向为东南偏东方向。这条回波带处于冷锋前的暖区中,对应了3条闪电带(图2),比较它们的特点如下:

a. 回波带呈东北—西南向,闪电带为西北—东或东南走向。

b. 回波带从西北向东南移动,闪电带大致从 90° 方位顺时针跳跃。

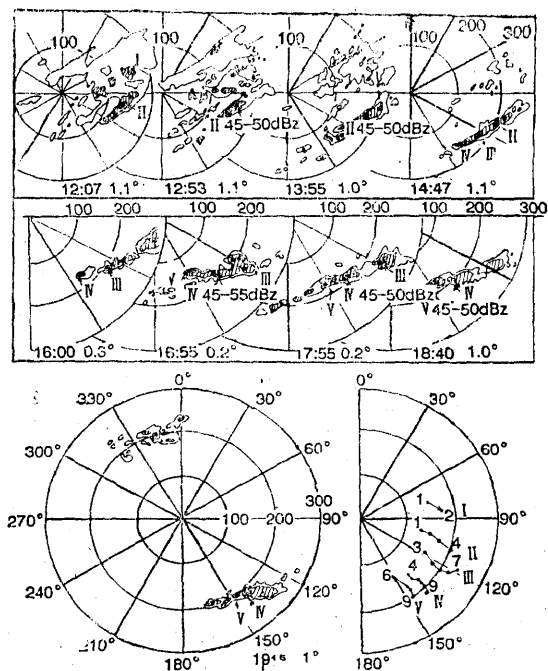


图5 12—20时雷达回波演变实况(上)及强回波中心移动路径(右下)

廓线区 $< 20\text{dBz}$,斜线区20—30dBz,黑影区35—45dBz; 1,2,...,9分别表示12—20时各时次顺序;中心站为本站;每圈间隔为100km

c. 回波带在12—20时这段时间里被覆盖的范围比闪电带大。说明闪电带反映的只是回波带中的强回波中心的的活动,即强对流单体的动态。

d. 不同时刻的回波带大体平行,闪电带呈辐射状。

沿着极坐标中三个不同方位呈放射状的两条闪电带,其延长线相交于本站西北约60km处,此交点恰是军都山的一个山口。山口北面为1278m高的燕羽山,南面是1015m的八达岭,西面为官厅水库,上游为通洋河。当冷锋过境时,冷空气逼近军都山并为其所阻,会首先从此山口流出,进入北京东南部的平原地带,激发对流活动发展,这便导致了不同方向上的对流和闪电活动。

用雷达回波的演变可以进一步解释闪电带的辐射状分布。暖区中的回波带向东南移动过程中,带上的强回波中心随带一起移

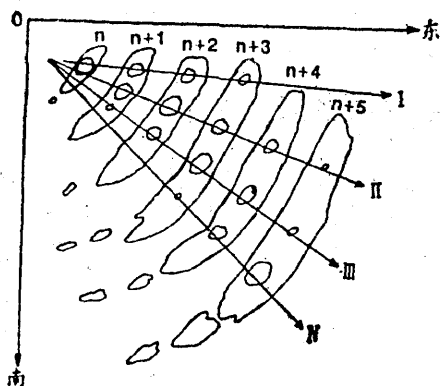


图6 回波带上强回波中心生消动态示意图
 $n, n+1, \dots$, 表示回波带的时间序列; 矢线上的圆为强回波中心

动, 但它们的移向与回波带移向不尽相同。我们追踪回波带上强中心 ($\geq 45\text{dBz}$) 的活动, 如图5中的 I、II、III……所示, 它们的排列大致有序, 从北向南相继出现。图6是这一现象的示意图。这些强回波中心依次新生、发展、成熟、衰弱和消散, 强中心的移动轨迹组成一条条带, 图6中的 I、II、III……各条带与图2中暖区闪电活动带对应起来, 也许可以解释和证实闪电带呈辐射状的事实, 同时证明闪电活动是与对流单体的发展过程相联系的。

在暖区回波带向东南移的同时, 北京西北部山区18时又出现新的块状回波, 且发展

很快, 18时40分已观测到 45dBz 的强回波中心, 同时19—20时闪电开始活跃和密集 (图略), 18—20时出现大于 20mm/小时 的降雨中心。

另外还发现有的强闪电带 (图2西南象限, 累积强度、频数、回击数等都很高) 并无强的回波带对应, 这可能由于对流活动中的云内雨滴太小或密度不够, 雷达观测不到, 也可能是雷达仰角和地球曲率影响, 使 $200\text{—}300\text{km}$ 处的闪电无回波对应。

四、小结

通过上述分析可以看出, 利用闪电资料中闪电集中出现的活动带 (区) 变化, 可以分析冷锋过程中的中小尺度系统及演变。

1. 闪电活动反映了对流单体的新生、发展及移动。闪电活动带的走向与回波带的走向可以垂直, 回波带反映了对流单体的排列而单体的移向与对流带垂直。

2. 从闪电分布可以看出冷锋的大致走向、位置, 和某些时段的移速。

3. 从闪电活动的逐时分布可以分析出冷锋上和冷锋前暖区里 $20\text{—}200\text{km}$ 的中小尺度对流系统的活动。

4. 从锋前暖区闪电活动的特点可以看出冷空气激发对流发展和闪电活动的事实。

本文得到陶祖钰老师的指导, 并由赵亚民、陈哲彰和顾映欣等同志提供资料, 在此表示感谢。

Analyses on the meso (micro)-scale systems during the process of cold front using the data of lightning

Wang Yiqiu

(National Meteorological Center)

Shi Dingpu

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

In this paper, a case of the cold front precipitation is analysed using the data from the Beijing—Tianjin—Hebei Mesoscale Meteorological Experiment. The characteristics of the lightning activity affected by the cold front, especially, the features of the meso (micro)-scale systems are analysed and studied. The method and the possibility to analyse the meso (micro)-scale systems using the data of lightning is approached. The results show that the meso (micro)-scale systems and their evolution can be analysed according to the variation of the active band (zone) where lightning occurred frequently.