

影响北京地区东北方路径带状雷暴天气分析

李志楠 康玉霞

(北京市气象局气象台,北京 100081)

提 要

通过对1991年4次东北方路径的带状雷暴天气的大尺度合成分析,指出了这类天气发生的大尺度控制气流及热力环境场的主要特征。并分析了在这类天气的具体发展演变过程中,中尺度地面形势场及地形对其影响的事实。

关键词: 东北风控制气流 东北方对流回波带 中尺度切变线 地形波动作用 地形辐合作用

引 言

据分析统计研究^[1],影响津京地区的带状雷暴回波大多数形成于测站的西北象限,少数形成于测站西部,其移向多为自西北向东南、自西向东,移向频率分别为35.4%、64.6%,带的走向为NE—SW向。但是1991年北京市发生了4次形成于测站东北象限的带状对流回波自东北向西南移动,在本市造成了较大范围的雷暴天气,带的走向为NW—SE向(以下称为东北方对流回波带)。其路径异常的次数之多为历年少见。由于对此类天气认识不足,而造成对这类天气监测的忽视及短时预报的失误。为此,我们作了1991年此类天气4次过程的大尺度合成分析,以了解其发生的大尺度环境形势特征。由于资料的限制仅能对1991年8月8、10、18日3次东北路径带状雷暴回波天气进行了中尺度分析。

1 天气概况

此类天气一般发生在午后到傍晚前后,

日变化明显。雷暴发生前,有地面冷锋从蒙古东部向东南方向移动,由于锋后冷空气较为浅薄,在其移动过程中,其西段受到华北西北部高山的阻挡,使部分冷空气在华北西北部山区停滞,而冷空气主体沿华北北部山区东移到华北东北部地区时,从地势较低的东北部地区向西南方向扩散,触发不稳定,产生多块状对流回波,这些离散的块状回波在向西南移动过程中,发展为NW—SE走向的带状雷暴回波[图5、6、7]。

2 大尺度合成分析

500hPa合成场,本市上空处于槽后脊前偏北气流控制下,上风方有干冷温度槽,形成中高层的干冷平流(图略)。700hPa合成场中,华北西部到河套地区为一暖高压脊,本市受脊前东北气流控制,此东北风气流与东部海面伸向大陆的湿舌相对应(图1)。850hPa合成场中,本市处于华北西部与东部的两高之间的辐合切变线上(图略),切变线西北侧为夏季大陆性暖干气团控制,切变线南侧为

海洋性冷湿气团控制。这两种不同属性气团在切变线附近交汇,为雷暴天气发生发展提供了动力锋生条件。上述的对流层高低空的热力、流场配置形成了从华北东北部伸向华北西部的不稳定指数高值区(图1),及中低层的东北风控制气流为东北路径雷暴天气发生发展提供了有利的大尺度环境场。

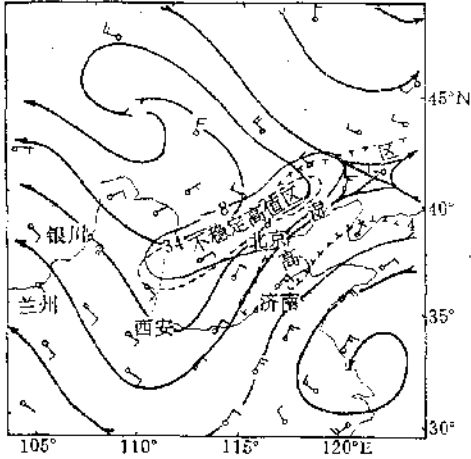


图1 东北方带状回波雷暴天气发生前大尺度合成
 细实线为 $\Delta\theta_{se}(500-850)$ 等值线;虚线为 k 指数等值线;齿线为 $700\text{hPa}(T-T_d)\leq 4^\circ\text{C}$;流线为 700hPa 流线

3 中尺度分析

3.1 地面中尺度切变线的加强作用

此种情形的发生,是当停滞在华北西北部山区的冷空气有一定强度时,尚可有小股冷空气通过华北西北部、北部山区的谷地触发不太强的对流天气,其对流下沉外流偏北风气流,与平原上的偏南气流形成一东北西南走向的中尺度切变线(图2)。此切变线稳定少动,而在测站东北部由冷空气主体触发的强对流回波带前缘的冷流出流边界——中尺度雷暴冷锋,自东北向西南移进北京,与这条中尺度切变线交汇,在汇合处形成了不同属性气团的汇合点。从图2中还可看出切变线

西部为较干气团,中尺度雷暴冷锋后部为冷湿气团,两辐合系统的南部为较暖气团,这3种不同属性气团的交汇有利于对流发展的中尺度动力锋生。由实测风产生的锋生可由下式计算

$$\frac{d}{dt} |\nabla\theta| = -\frac{1}{2} |\nabla\theta| (D - E \cos 2\beta)$$

式中, D 为水平散度; E 为变形率;

$\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$; β 为能量 θ 等值线与膨胀轴的夹角。我们所计算的网格距为 $10 \times 10\text{km}$ 。

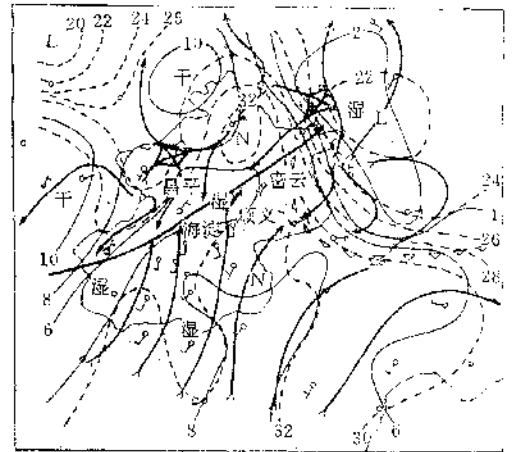


图2 1991年8月10日16时地面形势图
 细实线为 $T-T_d$ 线($^\circ\text{C}$);虚线为等温线($^\circ\text{C}$);三角断线为中尺度雷暴冷锋

从图3可见,16时在交汇点附近有较强的中尺度锋生区。18时交汇点附近的中尺度锋生区最大中心达 $1074 \times 10^{-10} \text{C} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。动力锋生是一个力平衡破坏和重建的非地转过程,是水平环流和垂直环流必然联系的过程,也是大气中各运动尺度相互影响、相互作用的过程,在此过程中天气必然产生和发展^[3]。从图4可见两辐合系统交汇后,对流强中心是随两辐合系统的交汇点而移动发展的。并且在汇合点附近的强回波($>45\text{dBz}$)

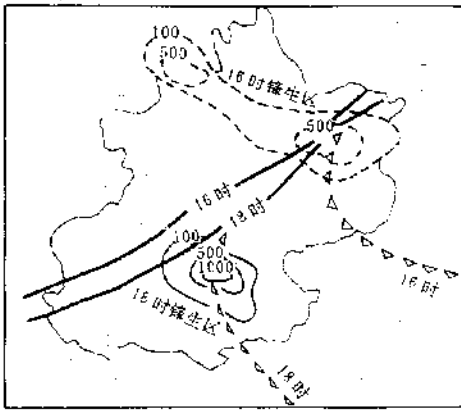


图3 1991年8月10日16时、18时地面中尺度切变线(粗实线)、中尺度雷暴冷锋(三角断线)和中尺度能量锋生区($10^{-1} \text{C} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

面积也迅速加大(图5),而远离汇合点的强回波中心逐渐减弱消失。18点58分在交汇点附近强回波面积发展到最大(有西南山前的动力抬升),此时西郊出现了大风和 $42 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 强度的短时暴雨。此后中尺度冷锋快速西南移,20时已远离本市进入河北省(图4),本市为单一雷暴冷气团控制,交汇点消失。此时对流回波移进本市西南山区,原回波强中

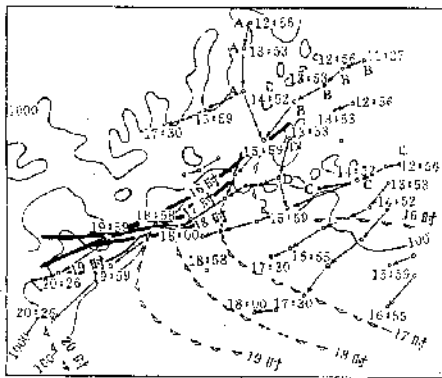


图4 1991年8月10日主要强对流中心移动路径
粗实线为地面切变线,三角断线为中尺度雷暴冷锋,箭头线为强中心移动路径,细实线为地形等高线

心逐渐分裂减弱。以上分析表明,两中尺度辐合系统的交汇锋生作用,是东北方对流回波带进入本市平原地区加强发展的重要动力机制。

3.2 地形作用

3.2.1 地形波动作用

当蒙古冷空气势力较弱或路径更加偏北,没有近地面小股冷空气进入华北西北部山区,触发对流下沉外流,形成地面中尺度辐合切变线时,东北方对流回波带进入本市后的发展变化将明显受到其移经地形的波动作用影响。

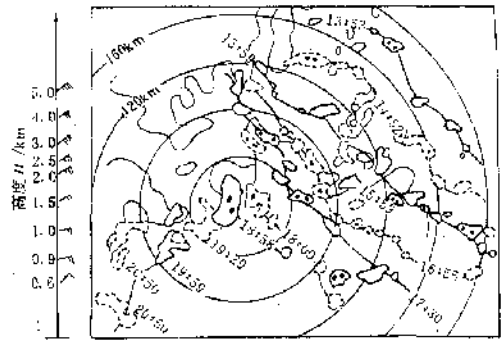


图5 1991年8月10日雷达回波(>45db)动态图

黑实处为55db

在8月18日东北方对流回波带移过北京东北部山区进入平原地区时,取西南偏南路径移动(图6),由于背风坡作用强度有所减弱,仅造成了本市偏东地区的雷暴天气。

8月8日东北方对流回波带进入北京地区后,在其系统雷暴移行前方40—50km处不断有新的雷暴回波产生,在新的雷暴回波体后部的旧回波体则逐渐减弱(图8a、b),形成对流系统的新陈代谢不连续传播现象,可造成本市自东北向西南的大部分地区的雷雨天气。分析认为,这种对流回波的更新传播现象是受北京的地形波动作用而产生的。图8b

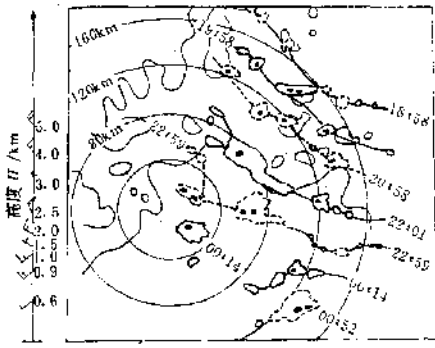


图6 1991年8月18日雷达回波动态图
说明同图5

分析出8月8日的A、B、C、D 4个主要回波体,它们的发生发展过程为:东北方的对流回波带18时59分到达北京东北边境的雾灵山一带,进入密云水库,其雷暴辐散流出气流受到移行前方的军都山脉、西端的云蒙山、黑坨山的抬升触发产生回波B。20时06分又在其移行前方的怀柔水库西部的大羊山东麓及海淀西北的妙峰山东麓又分别产生了回波C、D,可看出对流回波B、C、D的产生发展与其雷暴系统移行前方的地形波动相吻合。

比较1991年8月8、18两日雷暴回波的移动路径可看出有明显差异(图6、7),在北京复杂的地形条件下,它们移经的下垫面动力作用不同,因此产生不同的雷暴天气发展演变及传播方式。

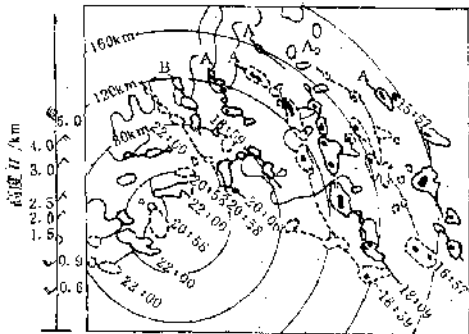


图7 1991年8月8日雷达回波动态图
说明同图5

根据北京有关雷暴回波路径外推研究,采用700hPa风场统计模式^[3]:

$$\alpha(\text{移向}) = 54 + 0.77 \times (\text{700hPa 风向})$$

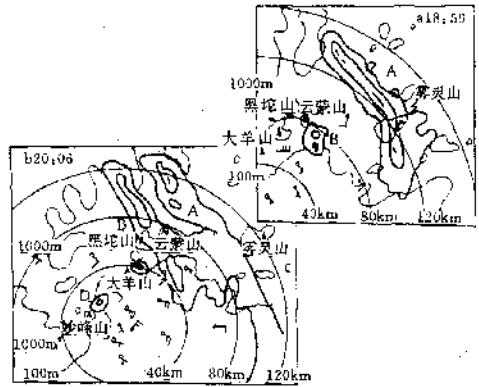


图8 1991年8月8日雷达回波图
廓线最外圈为25db,中间圈为35db,黑实处为>55db

8月8日雷暴天气发生时,20时本市700hPa风向10°计算外推移向66°,而18日20时700hPa风向为0°计算外推移向为54°。比较两日外推移向,其中8月8日利于雷暴主体取西南偏西路径,易于与北京的北部、西部地形波动正交,因此,易造成雷暴的辐散流出气流在移行前方不断地受到波动的地形抬升作用,而产生新的对流体,从图7可以看出,当回波带越过雾灵山以后受到移行前方的波动地形的波动作用,在同一时刻移行前方出现两条(块)或两条(块)以上的雷达强回波,如20时06分在本市测站东北方出现两条相距40km左右的雷达回波带。而18日雷暴主体移向较偏南,在进入北京平原地区的过程中主要受下坡风的减弱作用,回波呈现连续移动并逐渐减弱消失。

3.2.2 地形走向对强回波中心移动的约束作用

东北方对流回波带在移经华北东北部山区进入本市东北部时,一般是发展加强的,这

是因为地形走向起着一定作用。例如,8月10日(图4)雷达回波的强中心动态图可见有A、B、C 3个主要强中心,移向分别为:南北向(A强中心)、东北西南向(B强中心)和偏西移向(C强中心)。3个强中心的移向呈辐合、合并趋势,它们在同一大尺度的高空东北风引导气流条件下,移向发生明显辐合的现象。这是由于受到不同走向的地形约束作用而造成的。

此次过程前后本市700hPa风向为 45° ,根据上面的统计模式,外推移向应为 89° ,基本为西行路径。由图4配合海拔1000m高度等值线,可见A强中心受其移行右侧的南北走向的山脉约束,沿山脉近于南向移动。B强中心受其移行右侧的东北西南向的带状山群约束,呈西南向移动。C强中心亦沿其移行右侧的东西略偏南走向的带状山群呈西西南向移动。由此可见华北东北部山区的地形走向的辐合,可使东北方对流回波带中的强中心在向西移动过程中发生辐合、合并增强作用。

4 结 语

4.1 当在北京地区西北山前有地面中尺度

切变线与东北方移来的对流回波带系统发生交汇时,在其汇合处附近有较强的中尺度能量锋生,对流回波在其附近强烈发展,强中心并随汇合点向西南移动,造成本市大部分地区强对流天气。

4.2 当地面没有中尺度辐合切变线时,东北方对流回波带系统沿本市波动地形移动时,受连续的地形波动作用,对流呈不连续更新的波动传播,雷暴天气范围较大。当其直接越山进入本市平原时,受下坡风减弱作用,雷暴回波在移动过程中呈连续减弱,仅造成本市偏东地区的雷暴天气。

4.3 东北方对流回波带,移经华北东北部山区受到地形走向辐合作用,使回波带中的强中心有合并增强作用。

参考文献

- 1 王慕维,余志敏.京津地区带状回波分析研究.京、津、冀中尺度气象试验基地文集,1989年3月.
- 2 杨国祥.中尺度天气学.北京:气象出版社,1991年5月.
- 3 俞连芬,焦热光.数字化雷达资料在降水临近预报中的应用.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年10月.

An Analysis of Northeastern Route Banded Storm Weather

Li Zhinan Kang Yuxia

(Beijing Meteorological Office, 100081)

Abstract

By large-scale synthetic analysis of four northeastern banded storm weather in 1991, the main characteristics of the large-scale air current and the thermodynamic environmental field are pointed out when this kind of weather happens. Meanwhile the effect of the meso-scale surface patterns and the topography upon the progress of system development also have been studied.

Key Words: northeastern wind control air current northeastern convective echo belt meso-scale shear line topographically generated wave topographic convergence