

北京城区一次大到暴雨的预报难点分析

李 津 王 华

(北京市气象台, 100089)

提 要: 2005年6月25日夜间北京城区出现了大到暴雨过程, 与预报的小到中雨有很大偏差。通过对常规资料及雷达、卫星、风廓线仪和自动站资料的综合分析, 发现这次降水不属于北京典型的大降水过程, 而是具有明显的中尺度特征。25日23时低层弱冷空气从北面侵入, 触发了具有高不稳定能量的对流发展; 同时, 低空西南急流携带大量水汽和能量到北京, 使降水得以加强并维持。另外, 位于山西的中尺度低压的东部有一条纬向辐合线, 北京的城区和南部成为了地面上偏东和偏南气流的风速辐合区。根据以上分析提出了预报着眼点。

关键词: 局地大到暴雨 预报 低空急流 中尺度辐合线

Forecast Difficulties for a Beijing Heavy Rainfall

Li Jin Wang Hua

(Beijing Meteorological Observatory, 100089)

Abstract: A heavy rainfall occurred in Beijing on June 25, 2005 is quite different from the weather forecast. With the data from satellite, radar, observations, wind profiler and automatic weather station, a study is made. The event is not a typical heavy rainfall, but it has clear mesoscale characteristics. The results show that low-level weak cold air from the north, low-level southwesterly jet stream and mesoscale convergence line in the south are the main factors.

Key Words: local heavy rainfall forecast low-level jet stream mesoscale convergence line

引言

暴雨是我国主要的灾害之一,对于暴雨的分析和预报历来是气象工作者关注的焦点。对华北地区来说,对区域性暴雨研究的较多,对北京暴雨也有一些研究,近几年葛国庆^[1]、李廷福^[2]、康玉霞^[3]等对北京暴雨从环流背景、中尺度影响系统及多普勒雷达资料特征等多方面进行了研究,得出一些有意义的结论。相对于他们的研究对象来说,2005年6月25日夜间发生在北京的大到暴雨过程历时更短,只有3小时,影响范围也只限于城区,因此局地性和突发性更强,预报难度更大。

本文即是在常规资料的基础上,结合卫星、雷达、风廓线仪及自动站的资料对这次过程进行分析,以期找到一些先兆,为今后预报这类突发性大到暴雨提供一些参考。

1 降水实况

2005年6月25日夜间北京城区和东部的通县出现了大到暴雨,北部山区和南部地区均为小到中雨,西部山区为中到大雨。降水量最大中心位于朝阳,雨量为72mm,城区五站(朝阳、海淀、丰台、石景山和观象台)的平均降雨量为45mm(见图1)。从全市自动站的逐时雨量演变可见,降水主要集中在25日23:00到26日02:00的3h内。雨强最大的两个站点是朝阳和海淀的车道沟,均超过了 $38\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。此次降水具有范围小、雨强强、历时短的特点。

2 预报难点

北京市气象台对这次降水的预报是小到

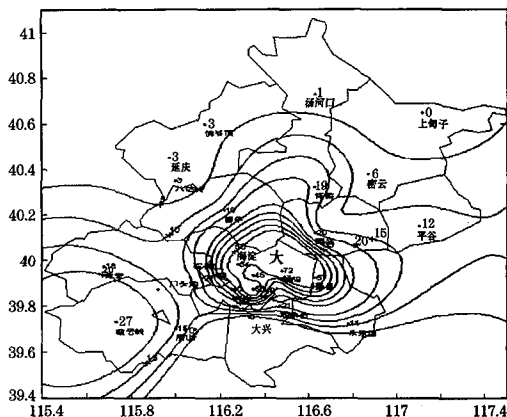


图1 25日20点至26日05点北京降雨量/mm

中雨,量级上与实况出现很大偏差。究其原因,主要有以下三点:

(1) 降雨的范围小、时间短,是一次突发性局地降雨,说明这次降雨主要是中尺度系统影响而成,这样的特点就决定了它的预报难度很大。因为我们的观测网无论是空间还是时间都比较稀疏,中小尺度的系统是很难捕捉到的。

(2) 这次降雨的天气形势不典型,所以经验预报不能发挥作用。一般北京典型的大降水应具备:存在500hPa、700hPa整层的偏南气流和850hPa的低空急流;三层高空都存在配合不错的深槽;数值预报图中700hPa存在较强的上升中心,地面有倒槽或清楚的辐合对应。而对于这次降水上述条件都不具备。

(3) 数值预报的表现也差强人意。日本的形势场预报25日20时的低层既无上升区也无高湿度区,中层没有清楚的正涡度平流,所以日本数值预报和MM5对于这次降水均只报了小雨。

3 局地强降水的成因

3.1 大尺度环流背景

在这次降水之前的近一周中,北京连续4天

出现接近或超过 37°C 的高温天气, 24 日和 25 日的白天出现了微量降水。说明降水前北京具有高温高湿的特点, 这对于 25 日夜间的降水是一个有利的因素。

从 24~26 日, 500hPa 43°N 以北的欧亚大陆为两槽一脊型。24 日 08 时, 河套有浅槽, 槽线位于 106°E , 之后的时间里槽逐步加深但少动, 槽底南伸过了 35°N ; 26 日 08 时, 槽线东移到 110°E , 并在河套和华北之间形成低涡。

从 500hPa 的形势演变来看: 24 日 08 时, 进入新疆东部的冷空气分为两股, 一股东移在河套附近形成小槽, 另一股南下至兰州南部形成低涡东移并加强; 25 日 20 时, 河套的槽和南部的低涡合并为一深槽 (图 2); 26 日 08 时, 低涡中心明显加强, 位于太原西, 涡后仍有冷平流。因为槽后一直有冷空气补充, 促使槽一路发展。

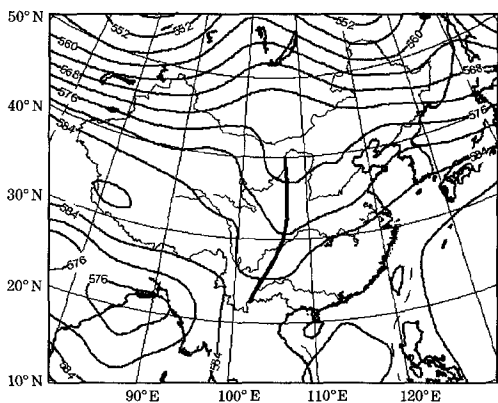


图 2 6 月 25 日 20 时 500hPa 的高度场

副热带高压是夏季对北京有重要意义的系统, 其位置的变化会影响到北京的天气变化。从 24~26 日, 副高的变化主要在 25 日 08 时到 20 时。从图 2 中, 我们可以清楚地看到: 副高加强, 北界北抬至 35°N , 副高与位于 $120\sim 130^{\circ}\text{E}$ 脊叠加, 从而使位于我国中部、 40°N 以南的南北大槽移速变缓。

26 日 08 时, 副高明显减弱东退。

6 月 25 日白天我国的大降水主要集中在湖北、河南等地, 是西南涡东移北上造成的, 出现了大范围的暴雨; 20 时以后强降水区北上到了山东、河北南部, 这是同时间距离北京最近的大降水区, 约为 300km。

3.2 高低空急流

高低空急流对于强降水天气的产生具有重要作用。在许多情况下, 高空急流是产生高空辐散的机制之一。它的一个重要作用就是抽气作用, 有利于上升气流的维持和加强^[4]。

一般情况下, 当有区域性暴雨发生时, 200hPa 高空急流轴位于 45°N 附近, 北京位于其出口区。而这次过程中, 高空急流轴几乎从北京穿过, 位置偏南, 对这次降水还是有贡献的。

在 200hPa 的形势场中, 25 日 08 时, 在 100°E 有一深槽, 槽前有西南急流到达太原, 北京为偏西急流控制; 25 日 20 时, 槽东移到 104°E , 槽前的西南急流北上到了北京。这支高空急流对北京空中的物理量场产生了作用。在 25 日 20 时沿 116°E 的剖面图中, 发现北京上空出现了 $14 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心。同一时次的垂直速度场沿 40°N 的剖面图中可以清楚看到北京的中高空均为上升区, 300hPa 是上升中心, 600hPa 以下则是弱的下沉气流。这种物理量场显然不利于北京的降水。但由于高层的强烈辐散而产生了抽吸作用, 使得中低层在 4 小时之后的 26 日 00 时也转为上升气流。

大部分暴雨的发生都与低空急流有关。偏南低空急流可以将南方的大量水汽和能量携带而来, 是形成大降水的主要水汽来源^[5]。

在 25 日 20 时的低层高空图中, 北京附近没有发现大尺度的低空急流。但 25 日 22

时以后,位于北京城区南部的风廓线仪为我们捕捉到了它(见图3)。从图3中,可以看到,22:00之前北京上空各层的风速都比较小,没有急流。之后近20分钟的时间里,700hPa附近出现很强的西南急流(多边形内),风速达到 $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上;23:00之后,700hPa附近又一次出现西南急流

(椭圆形内),风速在 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,而且整层西南风的风速都加大了,850hPa以下也出现了低空西南急流(矩形内),风速达到 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。主要降雨是在23:00之后,最大雨强出现在00:00之后,和低空急流的对应关系还是不错的。

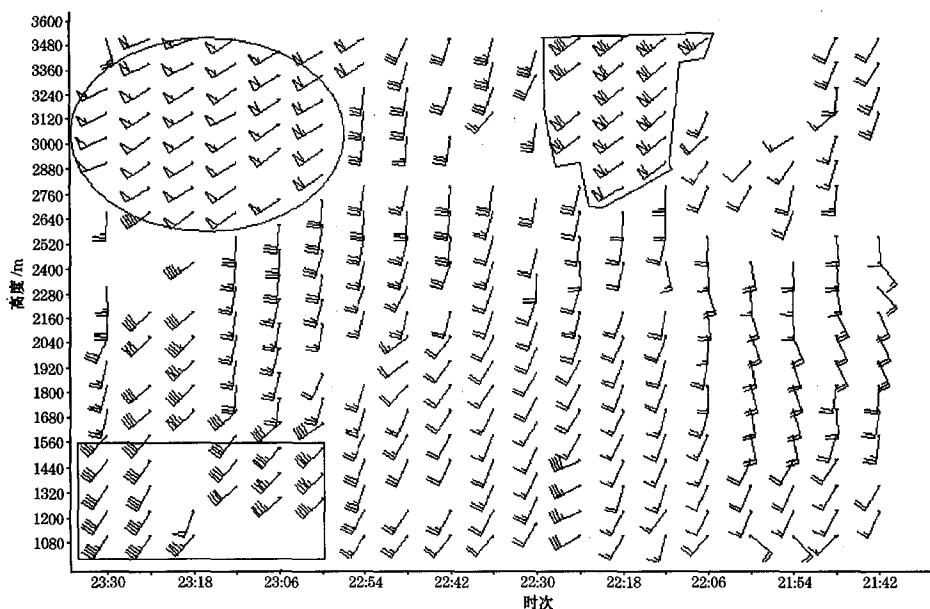


图3 北京观象台2005年6月25日21:42~23:30的风廓线资料

3.3 中尺度分析

因为本次强降水的范围小——只有北京城区几百平方公里,时间短——只有3个小时,具有典型的中尺度特征,属于中- β 尺度。所以只有对其进行中尺度分析才有可能找到降雨的主要原因^[6,7]。所用资料为25日20时、23时和26日02时等三个时次的华北区域地面小图的观测资料,以及卫星云图、雷达和自动站的资料。

3.3.1 动力条件分析

从三个时次的华北区域地面图中可以分析出:地面大形势比较稳定,朝鲜半岛和河

套地区均为高压,两高之间——内蒙古至华北中部为低压辐合带。其中25日20时大同以南有一个中尺度低压,23时中尺度低压东南移动至保定南(图4),且其东部出现一条辐合线,26日02时中尺度低压减弱消失。

从图4a中,可以清楚地看到中尺度辐合线(点划线)的存在,辐合线是由南风 and 东风的切变组成,北京位于辐合线的北面,为偏东气流控制。

从图4b的地面流场分析中,清楚看到了山西的辐合中心,即中尺度低压中心。发现北京出现强降水的直接原因是:23时北

京恰好处于风速辐合区（点划线圈起的区域为北京），而且城区及南部的辐合比北部更

强些，偏东和偏南的气流在这里汇聚，是之后三个小时较强降水的主要原因。

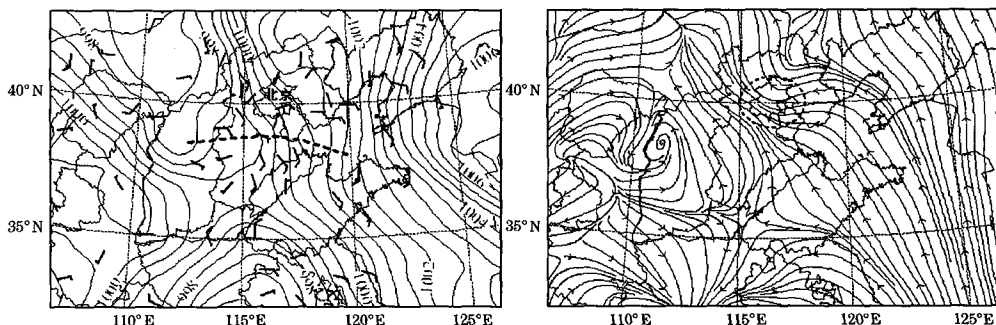


图4 2005年6月25日23时的气压场和风场(a)以及地面流场(b)的诊断分析

3.3.2 能量条件分析

我们知道 K 指数、沙氏指数和 $(\theta_{e500} - \theta_{e850})$ 是衡量一个站不稳定能量的指标。通过对比发现：25日08时， $K=31$ ，沙氏指数 $=0.8$ ， $\Delta\theta_e=2.8$ ；20时： $K=39$ ，沙氏指数 $=-6.5$ ， $\Delta\theta_e=-15.9$ 。三项指数一致显示了20时的北京具有很强的不稳定能量。

从温度场分析得出（图略）：北京南面为一暖脊，北面为冷气团控制。25日20时冷空气到达张家口，造成这一地区的雷雨。23时冷空气到达北京，激发了北京的不稳定能量，使对流发展起来。26日00时左右海淀听到了雷声，但南郊观象台只见了闪电。降水开始是不稳定降水，而后转为稳定性降水。

3.3.3 卫星云图和雷达的分析

相对于常规观测资料来说，卫星云图和雷达提供了更为详尽的信息，可以抓住中小尺度的系统，所以对于这次的局地强降水的过程分析非常有用。

3.3.3.1 卫星云图

从25日08~20时的红外卫星云图中，可以清楚地看到位于整个华夏大地上空的云系发展过程，图中可以看到高空西南急流的

北端从08时的山西沿东北方向到达河北北部。

25日18~20时，豫鄂边界有云团迅速发展扩大，23时，云团东北向移动，面积扩大近一倍，北界到达山东西部，云顶温度为 -80°C 。26日00时云团的北界到达河北南部，而后整体东移。虽然云团没有直接影响北京，但在这个云团和北京之间的大片云系中可以看到，不断有云顶温度在 -40°C 的小块云生成。从水汽图中可以看到北京的水汽区和南部的强降水云系是连在一起的。

关注北京上游的云系发展并结合天气图综合分析后发现：从08时到20时，呼和浩特附近的低空（850hPa）增温了 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，而中层（500hPa）出现了 1°C 的降温，同时低空有辐合、高空有槽靠近，促成了此范围在25日傍晚有对流云生成并逐渐东移，23时到达北京北部。

在23时到02时城区出现最强降水的三个小时里，影响北京的云系云顶温度最低为 -40°C ，范围有所变化。 -40°C 的区域在23时在北部，00时位于城区及南部，01时有所缩小以城区为主，02时又扩大为全市，可见城区几乎一直在此区域内。03时之后， -40°C 的区域逐渐减弱东移，06时已全部

移出北京。

3.3.3.2 雷达

雷达测站的位置在城区的西部,其图像的时间密度只有6分钟,可以清楚看到造成北京城区强降水的系统发展过程。

22时房山和通州各有一小块回波,分别向城区方向移动,中心均为45dBz,尺度约为15km。23时20分,两块回波移至城区后相遇叠加,中心强度略减弱为40dBz,但稳定少动,造成了城区的大到暴雨。从回波顶高的图中可以看到,本次过程的系统对流旺盛,云高达到10km以上。从雷达的速度场上,可以清楚看到00时37分,测站附近的风向辐合非常清楚,气流从东南、东北、西北三个方向流向测站,只有西南方向流出,说明测站附近是以辐合为主。这也是之后城区回波有所发展的原因。

00时16分的强度场中可以看到测站的正东方约10~15km的地方,有一小块接近40dBz的强回波;对应同时刻的速度场发现,同一位置有风向的辐合存在,说明之后的一段时间这里的强回波可能会维持发展。实际上,这块接近40dBz的强回波在接下来的近一个小时里面积有所增大,略向测站移动,强度一直维持,从而造成了城区东部的强降水。

03时,回波整体减弱西撤,中心只有20dBz,城区降水明显减小。06时全市降水基本停止。

4 预报着眼点

此次降水预报不理想主要是因为造成降水的系统是中小尺度的,在大尺度基础上的观测网很难捕捉到。数值预报也主要以常规观测网为基础的,目前预报中小尺度系统的

能力还较差。所以,对于局地强降水来说,预报人员可以利用的资料非常有限。但是通过以上的分析,我们还是可以找到一些先兆,特别是对短时预报还是有意义的。主要需要关注以下几点:

(1)在前期本站具备高温高湿的条件下,关注天气尺度的水汽输送条件,有时高空图上不明显的时候,注意风廓线仪的图像资料,低空西南急流的建立对强降水预报有十分关键的作用;

(2)低层是否存在弱冷空气以及本站的能量条件,在本站处在高能量区时,弱冷空气的入侵可能会触发不稳定能量,造成强对流天气;

(3)华北区域是否存在中尺度低压和辐合线;

(4)关注卫星云图和雷达图像的演变,预测系统的发展趋势。

参考文献

- 1 葛国庆,钱婷婷,陶祖钰.一次北京暴雨的环流成因分析.气象,2002,28(9):3~6.
- 2 李廷福,廖晓农,俞莲芬.“98.7”北京大暴雨的中尺度分析.气象,1999,25(5):44~48.
- 3 康玉霞,王令,李志楠.北京地区一次降雨过程的多普勒雷达资料分析.气象,2002,28(9):38~41.
- 4 丁一汇编著.高等天气学.北京:气象出版社,1991:392~590.
- 5 林毅编著.高低空急流在2002年6月闽西北大暴雨过程中的作用分析.中国气象局预测减灾司编.天气预报技术文集(2003).北京:气象出版社,2003:108~111.
- 6 刘勇,张科翔.2002年6月8日佛坪突发性特大暴雨天气过程分析.应用气象学报,2005,16(1):60~69.
- 7 陆汉城主编.中尺度天气原理和预报.北京:气象出版社,2004.