

天气气候分析 “98·7” 北京大暴雨的中尺度分析

李廷福 廖晓农 俞连芬^①

(北京市气象台 100089)

提 要

对“98·7”北京大暴雨过程中的雨团、雷达回波、地面风场(流场)及气压场进行了分析。分析结果表明:大暴雨过程具有明显的中尺度特征,偏东风的中尺度切变线,风速辐合线和中尺度低压系统在大暴雨过程中发挥了重要作用。

关键词:大暴雨 雨团 中尺度分析

引 言

暴雨是各种尺度天气系统共同作用的结果。有利的大尺度环流是产生暴雨的背景,而中尺度系统是暴雨的直接组织者和制造者。所谓中尺度系统(中尺度天气)是指空间尺度在几十至几百公里、生命期为几小时至十几小时的天气系统(天气现象)。大量观测表明,暴雨是一种中尺度现象,它的时间和空间变率很大。频繁的中尺度扰动和中尺度雨团活动,构成了暴雨过程明显的中尺度特征。本文力求通过对1998年盛夏北京地区一次大暴雨过程的中分析来揭示在具备有利的大尺度环境条件下中尺度系统是如何在暴雨形成中发挥作用的。

1 雨情

1998年7月5日下午到夜间,北京地区出现了一次强降雨过程。全市21个气象观测站中,有9个测站总降水量超过100mm,其中最大的是昌平达225mm。另据水利部门加密的水文站观测资料显示,在延庆县的大庄科有一个强暴雨中心达351mm。从这次降雨的分布来看,大暴雨区(日降水量 \geq

100mm)主要位于北京的北部和西部地区,呈东北—西南走势(图略)而且绝大部分地区的强降雨出现在5日夜间。

分析表明,大暴雨区的分布具有较明显的中尺度特征。首先,强降雨区范围小。100mm的雨量外廓线是一个长近200km宽40~50km的区域,在空间上具有明显的中尺度特征;其次,中尺度暴雨中心是由多次降水时段的雨量累积而成的。由北京区域内几个气象站的逐时降水资料可以看到,暴雨中心是由两次到四次相互分隔的降水时段的雨量构成。每段降水持续时间1~4小时,其中相对最强的降水时段(称之为雨峰)持续时间仅1~2小时,但对雨量的贡献却很大。例如:延庆的第一个雨峰出现在5日20~22点,两小时降水量41.6mm,占总降水量的47.4%。

2 雨团活动与降水分布

雨团是指生命期在2小时以上,空间尺度数十至二百公里、1小时降水量为10mm的等雨量线所包围的区域。图1给出了雨团的移动路径。

^① 伏建国、时少英、苏德彬及北京市各区县气象局参加了资料的整理和图表的制作工作。

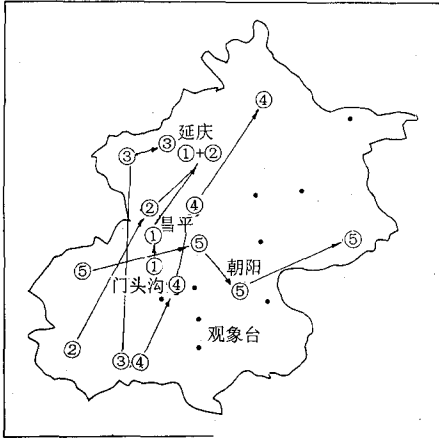


图1 雨团中心路径图

2.1 雨团活动

根据逐时降水量分析,在这次大暴雨过程中主要有5个雨团活动,它们都是移进北京西部或西南部山区后发展的,而且基本上都是移动性的雨团,只是移动路径不同(见图1)。前4个雨团是从南向北移动的,5号雨团则是偏西路径。由于前4个雨团路径基本相同,因此出现了前一个雨团未消失,后一个又发展北上的现象,雨团之间的界限模糊,并且有合并的特点,其中1号和2号雨团表现得较清楚。5号雨团则容易区分,由于雨团活动具有上述特点,使得“98·7”大暴雨过程的降水分为两个主要时段:一是5日15时~6日03时,其间由4次降水组成;二是6日03时~08时(见表1)。

表1 雨团活动一览表

降水时段	时间	影响雨团	1小时最大降雨	地点
I	5日15~18时	1号	24mm	昌平
	5日17时~18时	2号	39mm	霞云岭
	5日18时~20时	1和2合并	34mm	昌平
	5日19~23时	3号	31mm	房山
	5日22时~6日3时	4号	23mm	房山
II	6日3~8时	5号	47mm	昌平

2.2 雨团活动决定了降水分布

雨团的移动路径是决定大暴雨落区的主要因素。从图1可以看到,雨团1到雨团4的路径都是从北京的西南部向北或北偏东方向移动的,最后消失在北部山区,从而在北京的西部地区形成了一条近于东北—西南走向的狭长雨团通道。雨团5的路径虽然为东—西走向,但在其生成的初期仍然活动于西部地区,因此这条通道与大暴雨区具有较好的对应关系。

雨团静止或雨团中心多次经过的地区通常就是大暴雨中心。在大暴雨区中,昌平的降水量最大,雨团分析表明,虽然5个中尺度雨团都具有移动性,但是1号雨团于15时在门头沟生成后移到昌平停滞并与来自霞云岭的2号雨团合并,从宏观上看似乎有一个雨团从16~19时一直停留在昌平,使该站的降水量达77mm,占其总降水量的34%。此外,尽管5个雨团的源地不同但有三个雨团的一小时最大降雨中心都落在昌平(见表1),它是几个雨团路径的交汇点。这两个因素决定了大暴雨中心出现在昌平附近。

3 雷达回波分析

卫星云图资料显示(图略),大暴雨过程前期有两个中- α 尺度云团先后自山西高原和河套的东南部移进北京上空。之后,在冷锋云带断裂处新生了一个中- β 尺度云团。过程后期,又有一个中- α 尺度云团移进本市。这四个云团与多普勒雷达观测的强回波一一对应^①。

在大暴雨过程中共有三类回波,即:块状回波、带状回波和块絮状回波,它们与暴雨云团相对应。回波活动主要分为两个阶段。第一阶段以块状回波、带状回波和块絮状回波为主,产生了1号、2号、3号雨团;第二阶段是带状回波影响,产生了5号雨团。第二阶段回波强于第一阶段。下面分析雷达回

^① 雨团4产生时云图缺资料,本文中所说的“98·7”大暴雨中的云团是指与其它4个雨团对应的暴雨云团。

波在“98·7”大暴雨过程中的演变特点及与云团、雨团的关系。

受第一个中- α 尺度云团外部云区影响, 5 日 12 时多普勒雷达探测到测站西面 60~100km 处不断有对流单体生消。14 时以后对流单体在排列结构上呈现出东北—西南走向的结构, 回波强度为 40~45dBz。时隔一个多小时, 测站西面的对流回波组成了一条

180km 的雷雨带, 此时带上回波仍为离散分布, 但能分析出对流单体有合并的趋势, 这一特征意味着雷雨带将发展加强。雷雨带在形成过程中移动缓慢处于准静止状态。到 16 时 03 分对流回波沿着昌平、房山一线发展为一条较强的雷雨带(称 A 回波), 其强中心达 45~50dBz (见图 2a)。受 A 回波带的影响, 北京出现了 1 号雨团。

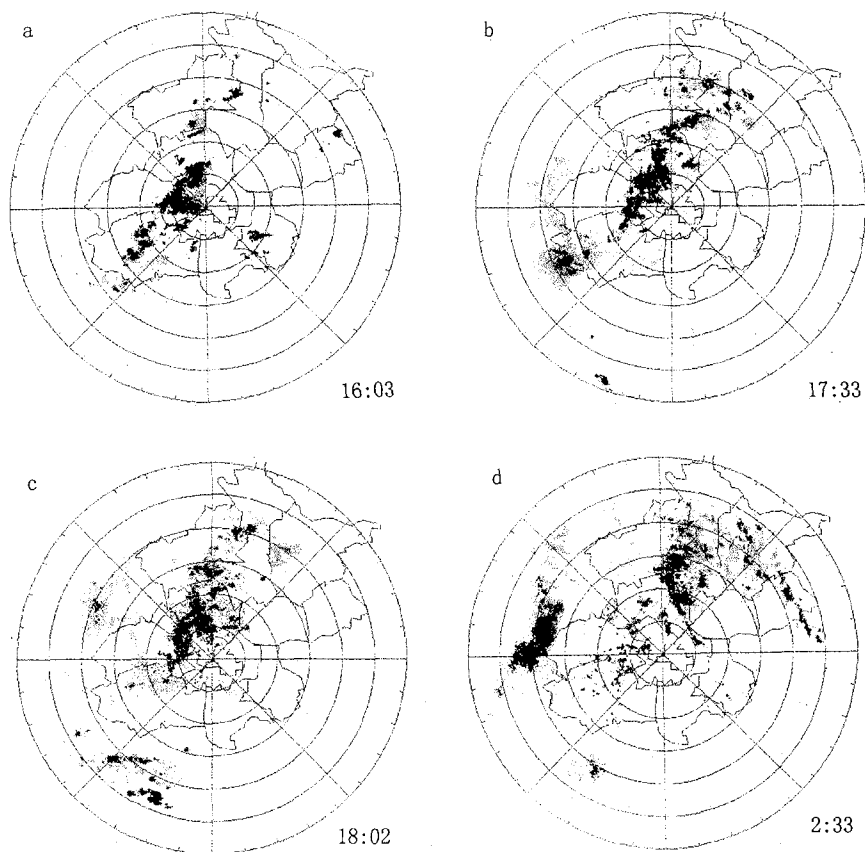


图 2 1998 年 7 月 5~6 日雷达回波

17 时 33 分 A 回波仍维持在原地, 而在它的西南面和南面又有新的回波产生(称 B 回波)(见图 2b)并随着第二个中- α 尺度云团向东北方向移动, 约于 18 时前后并入 A 回波形成 C 回波(见图 2c), 使昌平出现了 $34\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的强降水中心。以后, 又不断有

回波生成或移来, 在北京形成以测站为中心的块絮状回波(图略), 产生了 3 号和 4 号雨团。

到 6 日 02 时 33 分, 上述回波明显减弱并且分裂, 回波主体也迅速向东北方向移动逐渐消失在东北部山区。与此同时, 在怀来、

紫金关一带有新的雷雨带产生,强度为40~45dBz(称D回波)(见图2d),这条回波带与雨团D相对应。D回波产生后以 $15\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度缓慢移动。与前面回波不同的是,D回波是以偏西路径移动的,且在产生之处就已形成带状,而且云体密实、层次分明、发展迅猛。从2时33分到4时03分的一个多小时内就成为一条中尺度暴雨带(图略),45~50dBz的强中心由原来的星星点点变成了一条分布在云带前沿水平尺度达 $90\times 10\text{km}^2$ 的带状区域。在如此强的雷雨回波影响下,形成了5号雨团。该雷雨带一直维持到6日6时42分,随后移动加快并变宽,于7时13分移出北京减弱成阵雨回波。

4 中尺度系统分析

为了揭示大暴雨的发生,我们进一步分析了地面风场和气压场。分析表明:中尺度切变线(辐合线)和中低压(辐合中心)是产生较大降水的重要中尺度系统。

4.1 中尺度切变线(风速辐合线)

风场分析表明,在暴雨过程中,北京西部地区始终有一条偏东风切变线在活动。它的生命期为21小时(5日10时~6日7时),空间长度为50~200km。它对降水的动力作用主要表现在三个方面:

① 偏东气流呈气旋式弯曲,在曲率较大的偏东风与偏北风转折处构成中尺度切变线。切变线在偏东风时强时弱的情况下呈现东西摆动状(图略),摆动范围不超过50km。根据逐时地面风场与降水量的对比分析结果(图略),切变线附近有明显雨区相配合,当切变线随偏东风加强西进时,雨区内便有雨团生成(见图3)。

② 向西部山区辐合的偏东风风速时有加强的趋势。6日4时是这次大暴雨过程中偏东风最强的时段,其中海淀的风速最大为 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此时风速辐合线与风向切变线趋于一致,长度约200km。强劲的偏东气流不仅向西部山区迎风坡输送大量的水汽和动量,而且由于较强的风速辐合加强了切变线附近的上升运动而进一步触发潜在不稳定能量的释放(该地区为高能区,图略),形成较大范围的强降雨团。

③ 北京的地形是西北高、东南低。西部山区的阻挡将使偏东风切变线停滞在迎风坡一侧,相应的雨区或云团也在该地区停滞少动,产生持续性降水。同时,迎风坡及向东南开放的马蹄形、喇叭口地形使偏东气流产生强迫的辐合上升运动,从而使降水增幅。

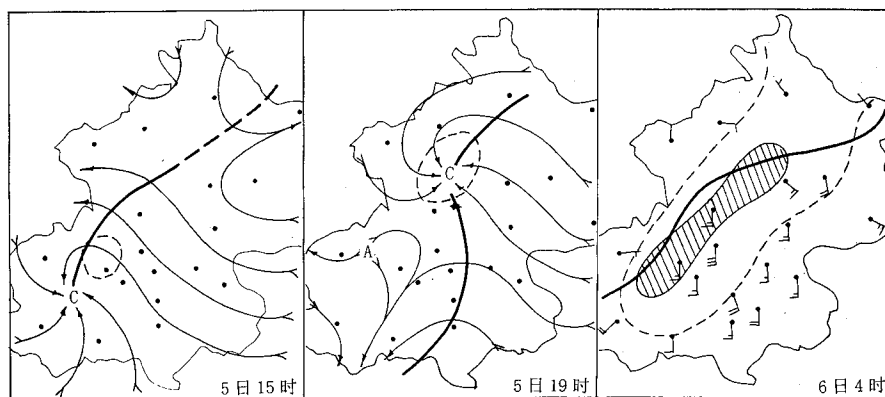


图3 1998年7月5~6日地面风场(流场)与雨团位置
虚线为雨团,阴影区为强降雨团,粗实线为切变线或风速辐合线

4.2 中尺度低压

在各时次的地面风场分析中,东风切变线附近常有风向辐合中心出现。图3给出了三个时次位于西南部山区或西北部山区迎风坡的辐合中心位置(即中尺度低压)。当辐合中心偏北时,在西南部地区有时有中尺度高压出现(见图3),在辐合中心附近或偏北侧有雨团配合。当偏东风加强或天气尺度系统临近时,雨团随之加强,范围也有所扩大(见图3)。

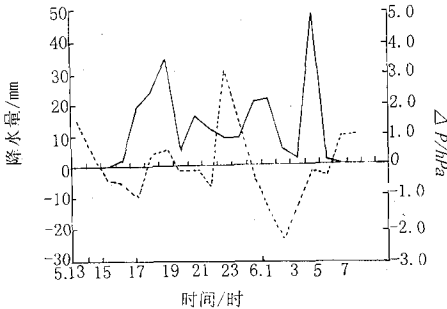


图4 昌平 Δp 与降水量曲线

虚线:海平面气压距平 实线:降水量

我们采用带通滤波的方法,消除非中尺度系统造成的气压变化,给出了7月5日13

时至6日08时雨团通道中昌平区气象站的海平面气压5小时滑动距平与降水量综合图(图4)。图中有3个负距平时段和4个正距平时段,说明大暴雨过程中共有3个中尺度低压和4个中尺度高压相继影响。图中显示:中尺度低压往往在雨团出现前1~2小时生成,并随着降水发生而发展加深;雨峰一般出现在中尺度低压向中尺度高压转换的时期;中尺度低压愈强,相应的峰值愈大。

5 结论

综合以上分析可得出以下结论:

(1) 观测事实及地面风场、气压场分析结果表明:“98·7”大暴雨具有明显的中尺度特征。

(2) 本次大暴雨过程由5个移动性雨团造成。雨团活动决定了大暴雨的分布。

(3) 产生大暴雨的雷达回波有三类:块状回波、块絮状回波和带状回波。回波的生消、移动与云团活动相对应。

(4) 东风切变线(包括风向切变及风速辐合)和中尺度低压是产生大暴雨的重要中尺度系统。西部山区对东风气流的动力抬升作用和阻挡作用可使降水增幅。

Mesoscale Analysis on Torrential Rain over Beijing Area in July, 1998

Li Tingfu Liao Xiaonong Yu Lianfen

(Beijing Meteorological Observatory, 100089)

Abstract

The rain cluster, the radar echo, surface wind field (streamline field) and pressure field during torrential rain over Beijing area in July, 1998 were analysed. The results show that there is an obvious mesoscale characteristic for torrential rain process. The mesoscale easterly shear line, the convergence line of wind velocity and the mesoscale depression system all played important role during the torrential rain events.

Key Words: torrential rain rain cluster mesoscale analysis