

一次局地特大暴雨的成因分析

周晓平 刘凤辉 崔继良

(北京市气象局,100089)

提 要

在卫星云图分析的基础上,结合常规气象资料和 T106 数值产品分析了北京地区 1998 年 7 月 23 日局地特大暴雨的成因和中尺度系统在 IR 云图中的特征。中尺度系统是在有利的天气尺度背景下,水汽辐合中心和高能区中产生发展的。

关键词:局地暴雨 中尺度对流单体 成因分析

引 言

1998 年 7 月 23 日夜北京地区出现了一次强降水,朝阳、顺义、怀柔 12 小时降雨均超过了 100mm,其中怀柔雨量最大达 204mm,形成了特大暴雨。另外城区 10 个自动观测站,有 8 个站降雨量超过 50mm,平均为 67.1mm。这是一次强雷雨天气过程,雨量分布极不均匀(图略),强降雨主要集中在北京的中东部地区,其它地区雨量很小,仅为小雨。强降雨出现的时间主要集中在 23 日 22 时~24 日 02 时(北京时)的 5 个小时中。

本文以卫星云图为主,结合常规气象资料和 T106 数值预报产品,分析了这次强降雨天气过程的中尺度系统形成、发展、演变的云图特征和环境场条件,试图揭示这次强天气过程产生的成因,为今后的预报提供一些启示和参考。

1 暴雨过程的云图特征

连续每小时一张的云图中显示,这次局地特大暴雨是由两个发展强盛的中尺度对流单体活动所造成。

1.1 中尺度系统生成的背景

7 月 23 日 05UTC 的 GMS 云图上(图 1),在贝加尔湖以西至蒙古中部有一个涡旋云系,该云系的东南方有一条伸向华北的高空槽云带,云带北强南弱,一直伸到黄河中下游,长约 2000km,北京位于云带中部。此时在 40°N 附近的云带(宽度较宽,约 700~

800km)已很松散,它后部的河套地区已是晴空区。但从连续 3 小时的云顶亮温 TBB 分析,系统略有加强,TBB 已达到 -32°C。由于环流形势稳定,云带的移动缓慢。

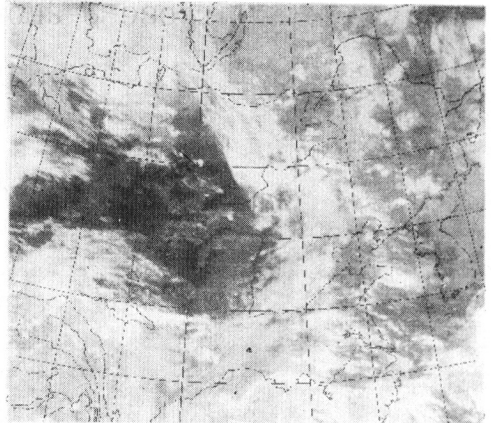


图 1 1998 年 7 月 23 日 05UTC 的 GMS 云图

1.2 对流单体的发展演变

由(图 2)可看到,23 日 13UTC,在北京的东北部(约 41°N,117°E)附近灰色的云带中出现一个很小的亮点,云顶亮温 TBB = -35°C,云顶亮温 TBB < -32°C 的面积(以下相同)只有 20km²左右,这是第一个对流单体将要发展的前兆;14UTC,亮点很快增大了一倍多,面积达到 43km²,TBB 达到 -37°C;15UTC,单体继续发展扩大,并向东北方向伸展,TBB = -38°C 的面积为 54km²;16UTC,对流单体开始向南扩展,接近 40°N,

同时在它的右侧又出现了一个新的对流单体;17UTC,两个对流单体都在迅速增长、加强,并相互靠近,同时第一个对流单体的发展已超过40°N,此时是两个对流单体发展最强盛的时期,TBB≤-32℃的廓线已把两者连在了一起,形成一个对流复合体,云顶亮温

TBB=-43℃,面积扩展到138km²,这也是降雨强度最大的时刻;18UTC,合并后的两个对流单体已明显减弱,TBB升高至-38℃,面积减小为75km²;20UTC,对流单体基本消失。

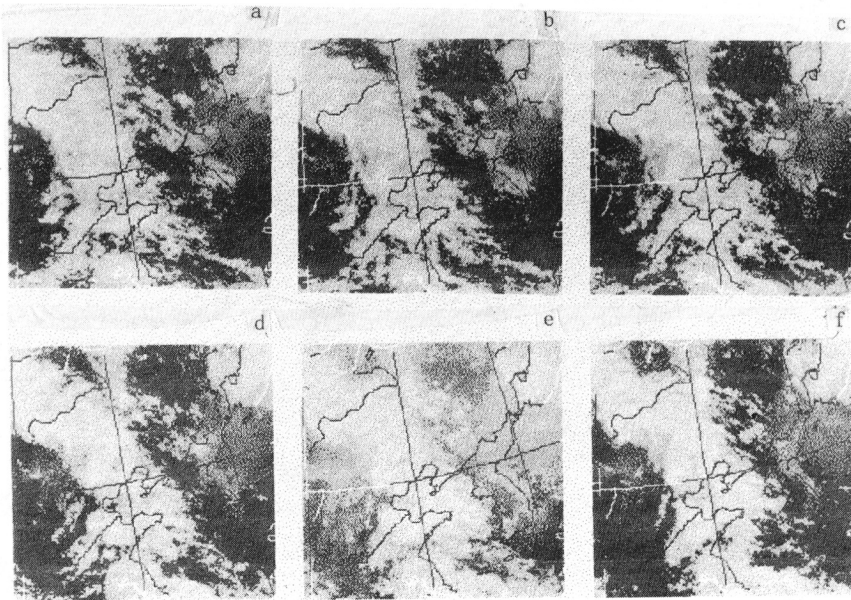


图2 1998年7月23日13~18UTC的GMS云图
a~f分别为13、14、15、16、17、18UTC

以上是这两个对流单体的发展、演变,它们属于中尺度系统。这两个中尺度系统在生成、发展到消亡过程中,几乎很少移动,只是在原地生消。其生命史,长的有6~7个小时,短的仅3、4小时;面积在最强盛时期也有一百多平方公里,这在天气图上是无法捕捉到的。但就是这种中尺度系统,却可以产生每小时60~70mm的强降雨。

1.3 云顶亮温、面积与雨量的关系

表1中显示的是云顶亮温TBB、TBB≤-32℃的面积和朝阳、顺义、怀柔3站的降雨量逐时变化。通过分析,我们看到TBB和降雨量并没有明确的一一对应的关系,但当TBB降低,冷云面积增大时,即对流单体处于发展最强盛阶段,每小时的降雨强度大。当TBB升高,面积缩小,则降雨强度很快衰减。

表1 TBB、面积和雨量

时间	TBB/℃	TBB≤-32℃的		降雨量/mm		
		云团面积/km ²	朝阳	顺义	怀柔	
13UTC	-35	20	0.3	0.2	35.7	
14UTC	-37	43	2.0	0.5	54.1	
15UTC	-38	54	6.1	4.5	78.6	
16UTC	-41	110	1.8	46.4	26.2	
17UTC	-43	138	76.7	69.0	3.3	
18UTC	-38	113	41.4	7.1	1.2	
19UTC	-37	63	1.2	1.1	1.1	
20UTC	-35	35		0.4	1.7	

2 影响暴雨的天气系统及环境场

2.1 天气尺度系统背景

造成这次局地特大暴雨的主要天气尺度系统是蒙古低涡南部的低压槽,对流云单体就产生在该槽前方。7月23日500hPa图上(图3),亚洲中高纬度为两脊一槽型,蒙古中

部是一低压带,鄂木斯克~车里雅宾斯克和库页岛各为一高压脊,中纬度多小槽脊活动,为波动型。在河套中部有一高空槽,槽的振幅约7~8个纬距(34~42°N附近)。副热带高压较弱,位于我国南海,但华东有移动性小高压脊。高压脊后部的偏南风 and 川黔低压前部的偏南风连在一起,并与河套槽前偏南气流相呼应。这种形势有利于南部的水汽和能量沿偏南气流向北输送,影响京津地区。700、850hPa的环流形势与此类似。23日12UTC当500hPa的高空槽逼近北京时,700、850hPa的低槽也移到北京上空。这点从北京每日两次的高空风时间剖面图上(图略)可以清楚地看到。高、中、低层槽线越靠近越易于在槽线附近产生较强的垂直运动,在云图上表现为原减弱的云带中有小的对流云团发展。与此同时,地面图上北京一直处于东北高压后部,盛行偏南风,河套为低压倒槽区,这种高低空配置是夏季北京地区产生强降水的重要天气形势之一。

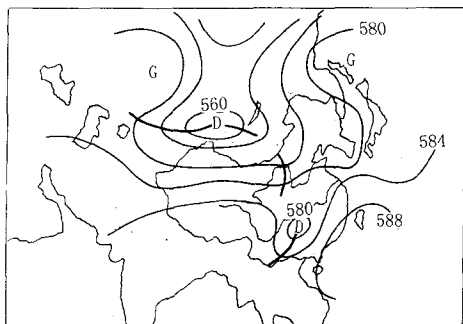


图3 1998年7月23日00UTC500hPa形势示意图
2.2 环境场特征

深厚的能量和中下层充沛的水汽是暴雨产生的必要条件之一。在这场强降雨的前一天,即22日夜间北京地区已出现了一场局地暴雨,而且23日白天一直断断续续地在下雨,下午3、4时京城大部分地区还出现了雷暴天气。在这样的条件下,夜间还会有暴雨出现吗?从23日00UTC的物理量诊断场可以看到,500hPa在北京上游的呼和浩特到二连

浩特附近有一个 $54 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 的正涡度中心向北京输送正涡度平流;同时中低层已处于上升区和水汽辐合区中。在T106数值产品24和36小时的物理量预报场中,我们发现500hPa上23日12UTC北京位于从郑州、济南伸向华北的 θ_{se} 高能脊中(图略),北京的 $\theta_{se} > 333\text{K}$ 。直到24日00UTC θ_{se} 高能脊才东移出去。在K指数场中,河北西北部到山西有一个313K的大值中心,北京K指数也已经在305K以上了。同时在700hPa的水汽通量散度图上(图略),23日12UTC从北京中部伸向北京东北,经唐山到辽宁西部有一个狭长的水汽辐合带,其强度达 $-8 \times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 就是在这个水汽辐合带里,23日15UTC被激发出来的小对流单体迅速发展。将上述的这几种物理量场叠加起来,就会发现:在 θ_{se} 高能区、不稳定能量区、水汽辐合中心和上升运动区中是这次中尺度系统产生和发展的地方。这次T106的24小时预报场已预报出了当天可能发生的强天气。另外,由于天气尺度的环流形势稳定,23日北京上空高空风速一直很小,3000~6000m的风速最大仅 $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,这就使生成的对流云单体滞留在原地少动,为其发展和造成局地暴雨提供了条件。

3 结语

这次局地暴雨是在典型的低涡低槽-东阻高强降水模型下产生的。但受刚刚已出现强降雨实况的影响和云图05UTC以后丢失的缘故,当时主观地作出系统减弱并将移出的判断,造成漏报。

本例分析表明,产生强降雨的中小尺度系统,必须依靠短时间间隔的卫星云图和雷达才能捕捉到。然而这些系统是在一定的天气尺度背景下产生和发展的,因此必须运用数值天气预报产品,寻找高能、高湿、层结极不稳定、上升运动等条件。由此可见,卫星云图和数值预报产品的综合使用,是当前我们预报强天气的重要方法。

注:感谢卫星气象中心江吉喜同志多方指导。

(下转第10页)

Analysis on the the Occurrence Cause of a Local Torrential Rain in Beijing Area

Zhou Xiaoping Liu Fenghui Cui Jilian

(Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089)

Abstract

On the basis of analysis of the satellite cloud picture, combined with routine meteorological information and the product of T106 mathematical forecast, the mechanic of a local torrential rain in Beijing on 23 July, 1998 and the character of mesoscale structure about IR cloud atlas were analyzed. It is shown that the advantageous conditions are favorable to the birth and development of the mesoscale system including the favorable synoptic condition, the water vapor convergence and high instability energy.

Key Words: Local torrential rain Mesoscale convection cell satellite cloud picture