

# 一种卫星和雷达资料结合的强降水临近预报方法<sup>1)</sup>

蔡晓云 伏建国 朱 革

(北京市气象局, 100081)

## 提 要

在短期和短时天气预报的基础上,通过对气象卫星红外数字资料的定量处理和统计分析,作出降水云系的实时降雨量估计,并根据降水云系生命史的演变和移动、传播等特征,结合天气系统分型和雷达回波资料,提出一种北京密云水库上游潮河、白河流域区域性0—3小时强降水临近预报方法。

**关键词:** 卫星云图 强降水 临近预报

## 引 言

夏季密云水库的安全蓄水,直接关系到首都居民的生活用水及郊区农村的防汛抗旱工作,密云水库上游潮河、白河流域降水量的多少及强度,对库中蓄水量的控制起着决定性作用。因此,夏季该流域的降水预报一直是北京市气象台的首要预报任务。

静止气象卫星资料具有高时空分辨率特征。在一张卫星云图上,可以同时看到从行星尺度到天气尺度、中尺度直至雷暴单体尺度等各尺度系统的特征,以及大气中正在发生着的动力和热力过程的结果,短时间间隔的云图动画栩栩如生地显示出中尺度系统形成和发展以及移动和传播中的种种显著特征。因此,可以根据这些特征的统计分析,作出这些云系的降水估计。并在此基础上,结合短期和短时天气预报的降水过程和雷达回波资料,追踪造成强降水的中尺度对流系统所处的生命史阶段,外推未来0—3小时的强降水量级和落区预报。

## 1 天气系统分型和环境场主要特征

在1990—1993年的4年夏季中,根据水文站雨量资料,潮河、白河流域3小时雨量 $\geq$

10mm的过程共16次,属蒙古低涡的有9次,西来槽过程5次,西北涡和西南涡过程各1次。在这16次降水过程出现前夕和刚开始时,对流层中低层环境场中有两个主要特征:低层有较强的西南气流或偏南气流伸向北京东北部的密云水库上游一带,数值预报的物理量场计算中显示出南部或东南部地区的水汽源源不断地输送到这里;华北地区为较大范围的 $\theta_{se}$ 高值不稳定区,北京周围地区的对流稳定度总指数(TTI)均在45℃以上(图略)。由此可见,这些较强的降水主要为对流性降水。

## 2 资料处理和降水量估计方法

由卫星云图接收机自动获取的GMS红外展宽数字资料,经过Novell网定时送入微机硬盘,运用Borland C语言编制处理程序,对35—45°N、110—125°E范围内的红外展宽数字资料作质量检查、投影变换,显示云顶TBB等值线分析场;确定中尺度对流系统(MCS),计算其面积及面积的逐时变化,追踪和分析它的移动及传播。根据个例分析中得到的知识,自动作出降水估计,整个工作流程如图1所示。

1) 本研究得到“用水文气象预报新技术提高密云水库蓄水效益”课题的资助。

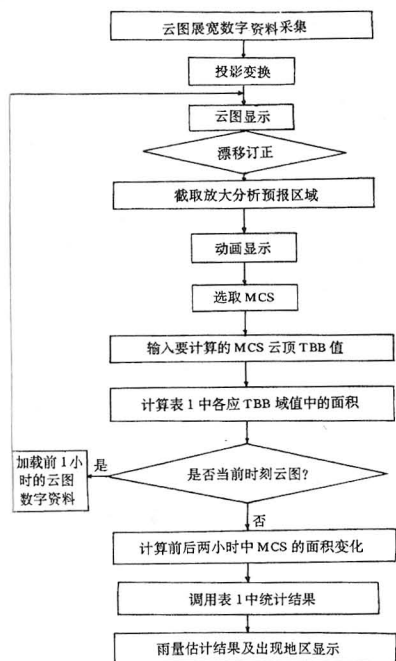


图1 卫星资料处理和降水量估计流程图

附表 MCS 云顶各 TBB 域面积变化与降水量对应关系(单位:mm)

温度	1 小时云区面积增加量/纬距			云区面积不变	云区面积减小
	$\leq \frac{1}{3}$	$> \frac{1}{3} \text{ 且 } \leq \frac{2}{3}$	$> \frac{2}{3}$		
-30℃—-40℃	2.5	4.0	5.0	1.5	T
-40℃—-50℃	3.0	5.0	12.0	2.0	0.3
-50℃—-60℃	5.0	10.0	20.0	4.0	0.5
-60℃—-70℃	7.0	15.0	25.0	5.0	1.0
-70℃—-80℃	10.0	20.0	40.0	8.0	2.0
$\leq -80℃$	12.0	25.0	50.0	10.0	3.0

### 3 0—3 小时强降水诊断预报方法

该方法是对降水量强度、落区的短期和短时预报的一个重要补充和订正,对密云水库是蓄水还是放水决策具有重要作用。它是在短期和短时降水预报的基础上,将上述对进入预报区中 MCS 的降水估计作为背景场,然后追踪和考察其演变阶段、面积变化、移动和传播等特征,作 0—3 小时的降水量和出现地区的外推预报,具体操作流程见图 2。

### 4 实例分析

1990 年 8 月 7 日白天,潮河、白河流域出现了一次局地性大—暴雨天气过程。这两

从上述 16 例的卫星云图分析中发现,强和较强降水,均由嵌入在天气尺度和次天气尺度中的 MCS 直接造成。在潮河、白河流域及其附近地区,由于地形等多种因子的综合影响,MCS 的形成一般是由对流单体的发展、合并而成团状或带状复合体,云顶 TBB 为 $-30℃$ — $-80℃$ 不等。分析统计中还发现:对流单体发展和合并过程中,降水量迅速增大,云顶 TBB 达到最低时雨量达到最大,以后逐渐减弱;降水强处位于 TBB 梯度最大处和 MCS 中心附近;MCS 维持少动或移动缓慢时,对应的降水较强。

根据 MCS 云顶 TBB 和不同 TBB 值域所包围的面积及其变化,经过统计分析得出了它们与 1 小时降雨量关系表(附表),供估计降水量使用。

条河流域( $40.4^{\circ}\text{N}$ — $41.5^{\circ}\text{N}$ 、 $115.6^{\circ}\text{E}$ — $117.5^{\circ}\text{E}$ 区域)中 19 个水文站每小时的雨量记录表明,主要降雨时段出现在 07—17 时(北京时,下同)的 12 个小时中,各个小时中雨量分布不均,大部分站最强降雨发生在 09—15 时。总雨量以潮河水库站为最大,为 97.7mm,白河水库雨量站次之 61mm,其余站为 10—50mm 不等,其中密云县北部有 4 站的总雨量在 40mm 以上。

这次强降水过程,是一次西风带短波槽东移过程中槽前中尺度强对流云团发展、向后传播继而东移造成的。7 日 08 时,500 和

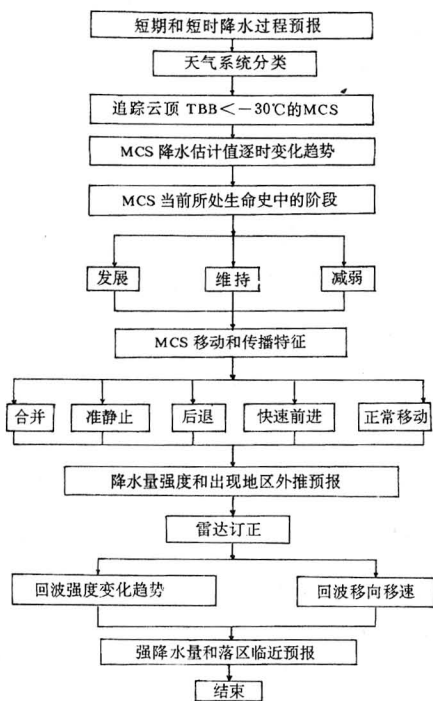


图2 0—3小时强降雨诊断预报流程框图

700hPa 上有一短波槽斜穿河套地区,槽前为较强 SW 气流,700hPa 上达  $8-12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 并且渤海空空的 700 和 850hPa 上各为一个清楚的暖高压对应,潮河和白河流域位于它的西北侧;地面图上  $40-45^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\text{E}$  附近为锢囚锋,华北北部的暖锋连续南移。200hPa 上  $42-43^{\circ}\text{N}$  一带为一条急流,中心在辽宁中部,上述两河流域一带处于急流入口区右后侧辐散区下方,有利于低层辐合。在这种天气尺度形势下,短期和短时预报均可能预报有一次降水过程,但强度和较强降水落区以及出现时段均难以预报出来。然而根据上述方法,运用 1 小时间隔的红外卫星资料,可以对这三个问题较好地作出临近预报。

运用上述的微机资料自动收集处理系统,截取潮河、白河流域所在的  $40-42^{\circ}\text{N}$ 、 $115-118^{\circ}\text{E}$  范围中的云顶红外 TBB 作了重点处理,得到了逐时云顶红外 TBB 的连续演变图(图 3)。MCS-b 在 7 日 04 时发展得最强,并表现为云团状,云顶最低 TBB 达

$-54^{\circ}\text{C}$ ,以后在向东偏北移中逐渐减弱(图略),至 07 时仍处于减弱之中,降水锐减。MCS-c 是在 MCS-b 东南方发展起来的,06 时达到最强,也呈小云团状,到 07 时也出现减弱,并且与 MCS-b 合并在一起,在其中心附近造成  $2-10\text{mm}$  的降水。从它们的演变趋势,可以预计它们将继续减弱,降水逐渐消失,至 10 时它们却已消散。值得注意的是对流单体 a,07 时还很小,云顶 TBB 仅为  $-30^{\circ}\text{C}$ ,在以后的几小时连续强烈发展,云团面积急剧扩展,云顶 TBB 每小时平均降低  $10^{\circ}\text{C}$  以上,降水迅速加大,09—11 时的 2 小时中云团中心附近的喇叭沟门、三道营、长哨营雨量达  $34-47\text{mm}$ ,其中长哨营 09—10 时 1 小时雨量达  $37.5\text{mm}$ ;而云团周围 TBB 梯度较大处的雨量也达到每小时  $3-12\text{mm}$  不等。10—11 时,a 云团在继续缓慢东移中范围仍在扩大,但其中心处云顶 TBB 已从  $-64^{\circ}\text{C}$  升至  $-58^{\circ}\text{C}$ ,这预示着该云团已进入减弱阶段,云团中心附近的降水将显著减弱,但其东南侧 TBB 的梯度加大,预示这里降水还会加强。实况表明,在随后 2 小时中云团中心附近降水锐减为  $1-4\text{mm}$ ,而其东南侧增大至  $8-15\text{mm}$ 。此外,根据云团中心向东北方向移动的特征,可以预报其东南方的较强 TBB 梯度很快会减小,降水也会随之减小,其后的实况也证实了这一点。

在 a 云团逐渐拉伸成 SW—NE 走向的 MCS 和主要降水即将结束之际,13 时又有 d、e 两个 MCS 在其西南端发展、合并,缓慢东移进入预报区南部。在 14 时合并前后,造成 13—16 时中每小时  $10-14\text{mm}$  的降水,其中潮河站、白河站有的时次达  $20\text{mm}$  以上。16 时起,合并后的 d+e 已出现减弱迹象,并在继续东移,预计降水也会迅速衰减,与实况完全一致。

综观上述 b、a、d、e 4 个 MCS 的形成和发展演变,属于较为典型的向后传播过程。对于潮河、白河流域预报区来说,降水过程在 6

小时中重复出现,尤其是在该区的南半部更为显著,从而形成了这场暴雨。

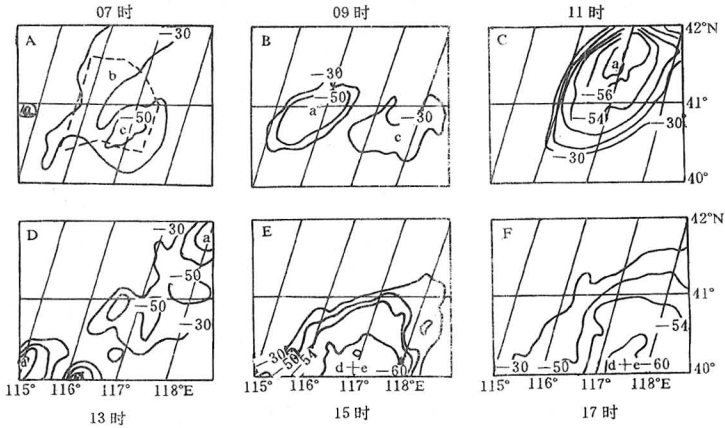


图3 1990年8月7日07—17时GMS-4隔时云顶TBB<-30℃等值线分析图  
TBB单位为C,小写字母为MCS的代号,闭合断线区为潮河、白河流域预报区

### 5 小结

水库周围地区强降水的落区和强度的临近预报,对于水库水量控制和确保安全十分重要。然而这种预报迄今仍十分困难。近些年的研究表明,暴雨通常是由嵌入在天气尺度系统中的中尺度系统直接造成。本文中分析的这个例子,是由几个中-β尺度系统所造成。然而在天气形势分析中,只能预报有一次降水过程,其强度和落区以及出现的主要时段是难以预报出来的。在我们分析过的16次

强降水过程中,几乎都碰到了这样的问题。由此,我们研究出了本文中所提供的这个方法。当然,此方法尚属初步,需要作进一步的改进和客观化,但是卫星、雷达资料作为常规和数值天气预报的一种补充,的确可以发挥其独特的功能,并且有着广阔前景,尤其在临近预报中更具优越性。

致谢:本研究工作得到了江喜喜、项续康同志的指导,特致谢意。

## A Nowcasting Method of the Heavy Precipitation by means of Satellite and Radar Data

Cai Xiaoyun Fu Jianguo Zhu Ge

(Beijing Meteorological Bureau, 100081)

### Abstract

Based on the short-range forecasting, the meteorological satellite infrared digital data was quantitatively processed and statistically analysed, the rainfall estimation was given. According to the motion and propagating feature of the precipitaton cloud systems, combined with the weather system classification and the radar echo data, a 0-3 hours nowcasting method of the heavy precipitation was described. It may be used to forecast rainfall in the regions of the Miyun Reservoir of Beijing and upper reaches of Chao River and Bai River.

**Key Words:** satellite infrared digital data heavy precipitation radar echo data nowcasting method