

气象卫星资料在长江上游地区 强暴雨 3—5 天预报中的应用*

江吉喜 陈美珍 方宗义

(国家气象局卫星气象中心)

提 要

本文运用 GMS 云图和由极轨气象卫星处理出的射出长波辐射(OLR)候平均资料,在分析和研究 1978—1987 年间发生在长江上游地区的全部 11 次强暴雨过程的基础上,概括出了暴雨出现前后的三种云型演变模型图,两类强暴雨出现和不出现的 OLR 候平均场。揭示了中低纬度地区天气尺度乃至更大尺度系统云系的相互作用,是引起强暴雨过程的重要条件。文中还运用 1989 年 7 月上旬长江上游地区罕见的强暴雨过程,对上述结果作了检验,得到了满意的结果。

一、引 言

长江上游地区(26°—34°N、98°—112°E)夏季出现的强暴雨过程,是指连续两天以上并且较大范围内的总雨量为 100—200mm 或以上的强降雨。它不仅在当地形成洪涝,同时还给长江中上游地区的防汛抗洪带来威胁。由于我国西部大部分地区的常规气象测站稀少,给这种暴雨预报尤其是中期预报带来了很大困难。气象卫星资料为长江上游地区强暴雨过程的中期预报提供了可能性。

本文运用 GMS 云图和射出长波辐射(OLR)资料,对 1978—1987 年长江上游地区出现的全部 11 次强暴雨过程进行详细分析和研究,探索这两种资料在该地区强暴雨过程 3—5 天预报中的应用。

二、强暴雨过程中的三种云型演变模型图

根据长江上游地区 11 例强暴雨过程中 GMS 云图上中低纬度地区云系的特征和演变,概括出了强暴雨过程发生前后的三种云型演变模型:云团强烈发展型、逗点云系迭加

本文 1990 年 3 月 13 日收到,9 月 29 日收到再改稿。

* 本文得到了国家“75-16-07-01”攻关课题的资助。

型及静止锋云系尾部辐合型。

1. 云团强烈发展型

该型(图 1(a))是长江上游地区出现强暴雨的主要型式。在 11 例中占 6 例,暴雨强度最大。本型的主要特征,是孟加拉湾热带低压或扰动的北半部云系在西南季风推动下向东北方向伸展,与西风带东移的冷锋云系(F_1)尾部在暴雨区中合并,发展出较大云团(C),暴雨随之出现。接着西风带又一条冷锋云系(F_2)与 F_1 及 C 合并,造成 C 云团再度发展或有新的大云团迅速形成,降雨再次加强。以后,第三条冷锋云系(F_3)东移,促使前面的冷锋云系及云团向东南方向移出暴雨区,强降雨逐渐结束。

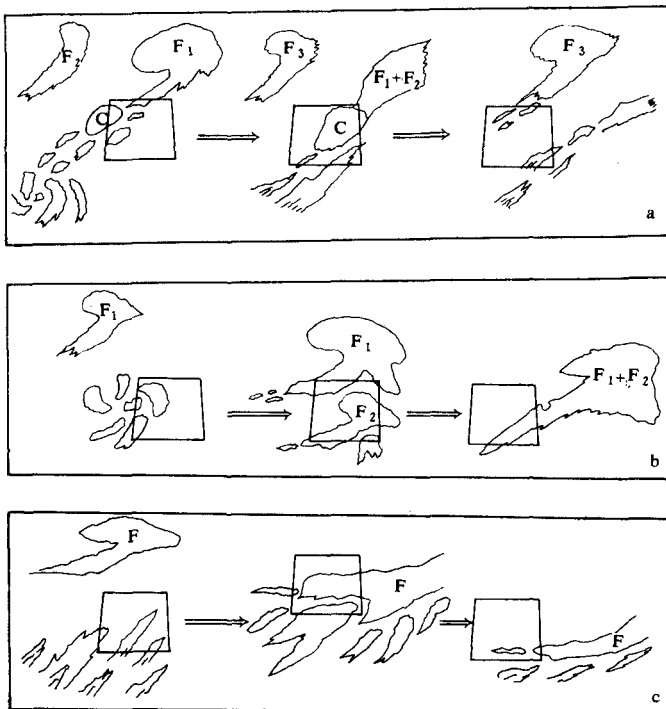


图 1 长江上游地区强暴雨过程的三种云型演变模型图
 (a)云团强烈发展型(b)逗点云系迭加型(c)静止锋尾部云系辐合型
 (方框为长江上游地区,即 26°—34°N、98°—112°E;曲线为云区廓线;
 每幅三张图分别为暴雨发生前、发生时及结束时的云场。)

2. 逗点云系迭加型

该型(图 1(b))在 11 例中占 3 例,也是长江上游地区出现强暴雨过程较主要类型。其过程是,暴雨区西北方的小逗点状冷锋云系(F_1)在向东偏南方向移动中,与青藏高原东部或四川盆地西部的涡旋状云系一并东移,并发展成较完善的逗点状云系(F_2),造成强降

雨。接着 F_1 在东移中发展,并在暴雨区中与 F_2 迭加,使降水再次加强。以后它们一起向东偏南方向移出暴雨区并逐渐合并,尾部云系较快减弱,暴雨结束。该类中另一种过程是,较弱的 F_1 云系并入涡旋状云系中,形成强西南涡云系并转向东北方向移动,在暴雨区中部和东北部产生强暴雨。

3. 静止锋云系尾部辐合型

该型(图 1(c))在 11 例中仅占 2 例。其特征是,当暴雨区北偏西部的冷锋云系(F)移至长江中上游一带后逐渐演变为东西向准静止锋云系。其尾部云区,与来自孟加拉湾和源于澳洲西部并移经中南半岛后向偏北方向伸展的越赤道云带在暴雨区中持续合并,形成连续性暴雨。以后随着准静止锋主体的减弱和向东偏南移,低纬度地区输入云带的减弱,强降雨减弱直至消失。

上述这三类强暴雨过程的云型演变模型,揭示了中低纬度地区天气尺度乃至更大尺度系统云系之间的相互作用,是长江上游地区强暴雨产生的原因之一。这些系统包括中纬度地区的冷锋云系、西南低涡及高原东部地区的涡旋状云系,低纬度地区的孟加拉湾热带低压或扰动云系、季风云涌及来自南半球的越赤道云带。在各类云型演变阶段中,每个阶段的时间为 2 天或更长,因此可以从中低纬度地区的云系特征及移动情况,提前 2—3 天作出强降雨是否出现及出现时段的预报。

三、强暴雨过程中的两种 OLR 候平均场

运用美国地球环境卫星资料情报局(NESDIS)处理的逐日全球 2.5 纬距 \times 2.5 经距的网格点 OLR 资料^{(1),(2)},计算了 $0^\circ-40^\circ\text{N}$ 、 $80^\circ-120^\circ\text{E}$ 区域中 1975—1982 年各年 6—8 月逐候的 OLR 平均值。对此期间出现的全部 8 次强暴雨过程逐一作了详细分析,将强暴雨过程前一候及当候的 OLR 场分为两种类型。

1. 中低纬度地区 OLR 低值区相向移动合并型

本型在 8 例中占 4 例。这类强暴雨过程,是暴雨区西北部的 OLR 低值区向东南方向移动,低纬度地区孟加拉湾北部和中南半岛西部的 OLR 低值区向东北方向移动,二者在暴雨区中合并形成的。其实质,是中低纬度地区不同性质气团的云系相互作用的结果。

在暴雨出现的前一候(图 2a),中纬度地区 OLR 等值线的经向度很大,暴雨区西北部及其附近地区,有一个轴呈准南北走向的大范围强 OLR 低值区,最内圈闭合等值线值达 175(单位为 W/m^2 ,下同)。在它上游和下游地区,分别有一个较强的 OLR 高值区。在 20°N 附近,暴雨区上游的西南部地区,孟加拉湾北部及其内陆附近是一个大范围的强 OLR 低值区,轴向呈东西向,最内圈的 OLR 等值线为 150;中南半岛上还有另一个轴向为东南—西北走向的低值区。暴雨区东南部,即我国西南地区的东南部及华南地区,是一个强大的 OLR 高值区。这两个大范围的 OLR 强低值区,表征着暴雨区上游的中低纬度地区有强的对流上升运动造成的多云量或降水存在,而其下游的中低纬度地区则为少云或无云的下沉区。

在暴雨出现的当候(图 2b), OLR 场的形势发生了很大变化。上候中低纬度地区的两个大范围 OLR 强低值区, 在环境场偏西风 and 西南季风的输送下相向移动, 在暴雨区中合并形成一个较强的低值区。暴雨伴随在合并过程中。与此同时, 暴雨区上游中纬度地区的 OLR 值显著增大, 低纬度地区孟加拉湾西北部及印度大陆东北部的 OLR 值也增大了 50 以上, 原来的强低值区已被高值区代替。该高值区向东伸展, 并有与华南至西南地区东南部向西伸展的 OLR 高值区合并的趋势, 它们减弱或阻止了孟加拉湾和中南半岛地区舌状 OLR 低值区向北伸入暴雨区。它预示着未来中低纬度地区没有新的 OLR 低值区东移进入暴雨区, 低纬度的 OLR 低值区范围较小、强度较弱, 更为重要的是向北伸展受阻。下候在暴雨区中没有出现中低纬度地区 OLR 低值系统的相互作用, 也没有出现强暴雨过程。由此我们用这种 OLR 候平均场作为下候无强暴雨过程出现的模型。

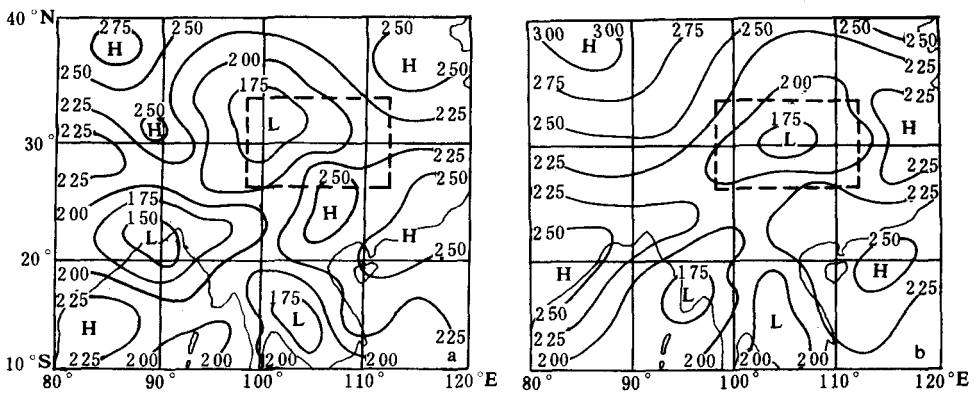


图 2 中低纬 OLR 低值区相向移动合并型的 OLR 候平均场

(a) 暴雨过程出现的前一候 (b) 暴雨过程出现的当候

(OLR 值的单位为 W/m^2 , H、L 分别为高、低值中心; 虚线方框说明同图 1)

2. 高原和南亚地区 OLR 低值区东移北上汇合型

该型是长江上游地区强暴雨过程 OLR 候平均场的另外一种类型, 8 例中也占 4 例。它是由青藏高原上的 OLR 低值区东移、孟加拉湾至中南半岛一带 OLR 低值区向偏北移, 而在暴雨区中汇合形成的。这种过程也是一种相互作用的结果。同第一类比较, 其主要差别是中纬度地区 OLR 低值区的来源不同。由于高原上的 OLR 低值区呈纬向带状, 内嵌的低值中心一个一个的东传; 低纬度地区 OLR 低值区的范围较广, 反映出强暴雨过程持续时间较长。

在暴雨出现的前一候(图 3a), 35° — 40° N 地区为纬向带状 OLR 高值区, 暴雨区及其以东地区是较强的 OLR 高值区; 暴雨区上游的高原东部是一个宽带状 OLR 低值区, 内嵌两个低值中心。低纬地区除我国南海是 OLR 高值区外, 其它为大范围 OLR 低值区, 并有三个强低值中心。高原东部和低纬地区的这两个大范围 OLR 低值区, 反映了暴雨区西部和南—西南部地区存在着活跃的对流活动或降雨区, 而暴雨区中为无云或少云区。

在强暴雨过程出现的当候(图 3b), 上候中纬度地区的两个 OLR 低值区分别东移和北

上并汇合,造成暴雨区内的 OLR 值下降了 25—50,200 等值线包络了暴雨区中的大部分地区及其西部和南部附近地区,并出现了强降雨。而暴雨区上游的中纬度地区 OLR 值增大,低纬孟加拉湾及其附近的印度东部和中南半岛地区的 OLR 值也显著增大。值得注意的是,孟加拉湾中部至中南半岛中南部的 OLR 值升高了 50—100,形成了纬向 OLR 高值区,切断了低纬地区的云量和水汽向暴雨区中输送,是下一候不再出现暴雨的低纬度地区的重要特征。该候的候平均场,是下候长江上游地区无强暴雨过程出现的又一种型式。

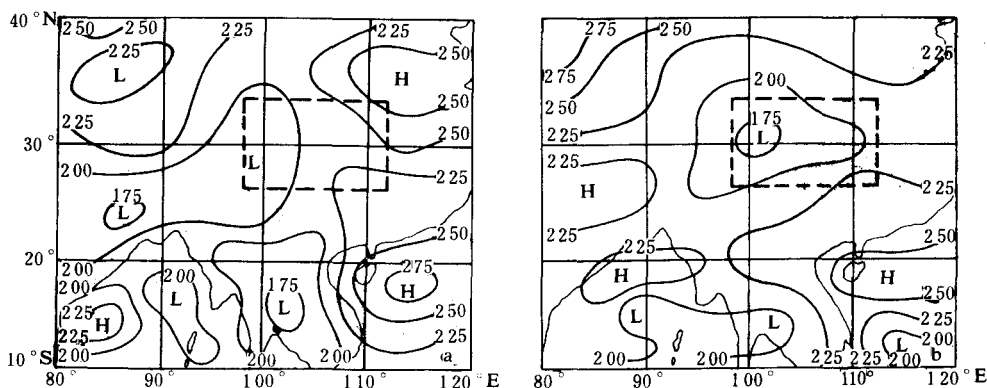


图 3 高原和南亚地区 OLR 低值区东移北上汇合型的 OLR 候平均场
(a)暴雨出现的前一候 (b)暴雨出现的当候 (说明同图 2)

四、1989 年 7 月上旬川、鄂大暴雨过程

1989 年 7 月 7 日晚至 11 日,受西南涡和切变线的影响,川南、川东及鄂西北先后出现了建国以来罕见的持续性暴雨,其中 9—10 日降雨最强。四川省 43 个县市的雨量均 > 100mm,其中 19 个县市的雨量 > 200mm;300mm 以上的有 4 个县,其中武胜县总雨量达到 504.5mm。湖北恩施 3 小时雨量达到 141mm。由于暴雨来势猛,雨量集中,长江干流和支流均超过警界水位,长江上游连续两次出现洪峰。

以这次强暴雨过程为例,对上述归纳概括出来的云型模型和 OLR 候平均场模型作一检验。

(1)卫星云图上的特征

这次强暴雨过程前后经历了近 5 天,主要由两次过程组成。第一次是 7—8 日的静止锋云系尾部辐合型(图略),伴随着第一次强降雨;第二次是 9—11 日出现的云团强烈发展型,在西南涡前部发展出的大云团缓慢移动,造成了剧烈的降雨(图略)。这两次云系演变过程,分别与前面概括出的两种模型相当一致。

(2)OLR 候平均场特征

在暴雨出现前的 7 月 1—5 日候平均图(图 4a)上,暴雨区西北部的中纬度地区,有一个较大范围的闭合状 OLR 等值线低值区,暴雨区中东部及其以东的下游地区为 OLR 高

值区。在低纬度地区,暴雨区上游的西南部地区有一个舌状 OLR 高值区伸向暴雨区西部,低值中心位于印度平原东部;孟加拉湾东北部和中南半岛上是 OLR 低值区,其中后者很强;我国南海北部、华南至江南南部为大范围 OLR 高值区,其中南海北部出现了 275 的闭合圈强中心。OLR 场的这种形势,其主要特征与文中前面给出的第一种有利于下一候出现强暴雨过程的类型相同。

在 7 月 6—10 日暴雨出现的当候(图 4b),上候中暴雨区西北部、西南部及南部的 OLR 低值区相向移动,在暴雨区内中西部合并成一个强 OLR 低值区,暴雨区中的西部还出现了一个 175 等值线闭合圈,暴雨从 7 日开始。由于 OLR 强低值中心位于暴雨区西部,在它以后的东移中,11 日在东部继续产生强降雨。与此同时,暴雨区上游的西部和南部,OLR 值显著增大,OLR 高值区包围了暴雨区,下一候也没有再出现强降雨。综观该候的 OLR 候平均场,它与前面给出的第一种下一候无强降雨出现的候平均 OLR 场很相似。

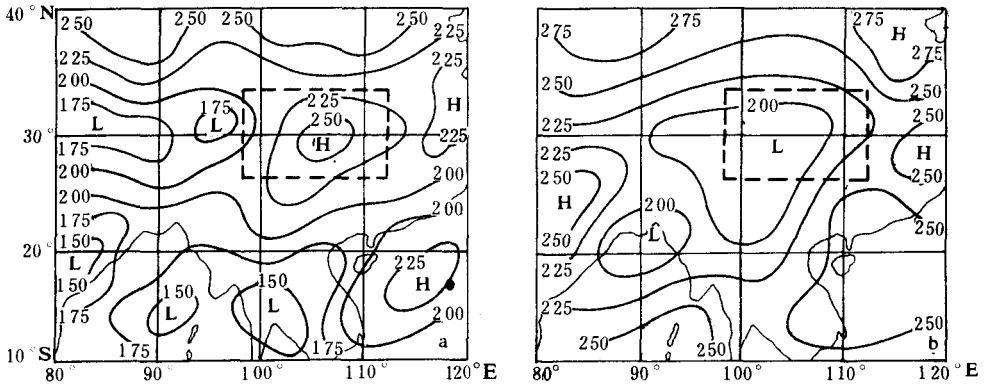


图 4 1989 年 7 月上旬川、鄂强暴雨过程中的 OLR 候平均图

(a)7 月 1—5 日 OLR 候平均场 (b)7 月 6—10 日 OLR 候平均场 (说明同图 2)

五、小 结

本文运用卫星云图上云系移动及演变的定性判释和 OLR 定量资料,揭示了中低纬度地区天气尺度乃至更大尺度系统的相互作用是夏季长江上游地区强暴雨过程产生的重要原因,并提出了这两种资料在这种强暴雨过程 3—5 天预报中的使用方法。这种相互作用的主要方式是:

1. 卫星云图上表现为三种云型演变过程,即云团强烈发展型、逗点云系迭加型和静止锋云系尾部辐合型。这些云型模型,较为完整地概括出了中低纬度地区低值系统云系在暴雨发生前、发生时及结束时的演变过程,可能表示了长江上游地区强暴雨过程中的云场演变特征。

2. OLR 候平均场上表现为两种过程,即中低纬度地区的 OLR 低值区相向移动在暴雨区中合并、以及高原和南亚地区 OLR 低值区东移北上在暴雨区中汇合。这两种过程,揭示

了中低纬度地区的对流上升运动造成的多云量或降雨以及大气中的凝结释放的潜热,在暴雨区中的辐合。从中得到了下候有无强降雨过程出现的各两种近乎相反的 OLR 候平均预报场。

在实际预报中,先由计算获得的 OLR 候平均预报场,确定下一候是否有暴雨过程出现。一旦有,再用上述的三种云型演变模型,确定强暴雨过程出现的具体日期。

参 考 文 献

- [1] NOAA Polar Orbiter Data (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7 and NOAA-8) User's Guide, NOAA/NESDIS, 1983.
- [2] Ohring, G., et al., Satellite determinations of the relationship between total longwave flux and infrared window radiance, *JCAM*, **23**, 416—425, 1984.

APPLICATION OF METEOROLOGICAL SATELLITE DATA FOR FORECASTING MEDIUM-RANGE (3—5 DAYS) RAIN STORM OVER THE CHANGJIANG RIVER

Jiang Jixi Chen Meizhen Fang Zongyi

(*Satellite Meteorology Center, SMA*)

Abstract

This paper presents three kinds of evolutionary cloud patterns summarized from GMS images and two kinds of OLR pentad mean fields from POS for the mediumrange rain storm prediction over the upstream reaches of Changjiang river based on the analysis of all eleven cases in the summers from 1978 through 1987. It is revealed that the interaction among the cloud systems of synoptic scales even larger scales over the middle or lower latitude areas is very important condition. In addition, in order to verify the mentioned above, we used the severe rain data in early July 1989. The results are satisfactory.