

# 卫星资料变分分析“98·7”武汉—黄石地区特大暴雨中尺度锋面对流特征\*

徐祥德 翁永辉 孟智勇

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

周明煜

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

**摘要** 采用卫星 TOVS 反演资料变分—滤波处理技术对 1998 年 7 月 20~23 日武汉—黄石特大暴雨成因进行了诊断分析, 研究结果揭示了武汉—黄石特大暴雨过程呈类似中尺度对流复合体 (Mesoscale Convective Complex, 简称 MCC) 的中尺度锋面对流系统特征, 提出了“98·7”特大暴雨过程存在显著的对流系统的复合偶极子特征, 中尺度急流核的垂直复合体结构, 中尺度锋面“湿舌”异常特征以及大尺度梅雨系统中的中尺度锋面的“冷楔”以及高层“暖盖”结构, 上述综合特征描述了“98·7”特大暴雨过程类似 MCC 系统的三维中尺度锋面结构物理图像。采用卫星资料变分—滤波处理方案提出大尺度梅雨系统中突发性特大暴雨的中尺度物理模型, 其诊断及研究结论对“98·7”异常特大暴雨的成因及其形成机理提供了新的研究思路。

**关键词:** TOVS反演资料; 中尺度对流复合体; 暴雨

## 1 引言

1998 年 6~8 月副热带高压北侧边缘西南暖湿气流与北方冷空气频繁南下在我国长江流域交汇, 形成长江流域大部频降暴雨和特大暴雨。沿江及江南部分地区降水量比常年同期偏多 0.6~1.5 倍, 引起自 1954 年以来长江又一次全流域的大洪水, 造成了历史上罕见的严重灾害。尤其 1998 年长江流域局部异常持续暴雨的发生充分表现了各类尺度天气系统的相互作用及其反馈效应。有利于长江流域持续暴雨的大尺度环流特征 (如 1998 年副高西北边缘的暖湿气流及北方冷空气频繁交汇构成的准静止汇合流), 为长江流域特大暴雨的形成提供了关键的动力、热力结构背景条件。在持续特大暴雨过程中, 东亚地区大尺度环流形势稳定。鄂东南第一场暴雨 (7 月 20~21 日) 和第二场暴雨 (7 月 21~22 日) 主要影响系统类似, 但相似的典型梅雨带大尺度环流背景下梅雨局地降水强度与分布却存在显著不同特征, 尤其局地特大暴雨分布存在显著差异。1998 年 7 月 20~23 日, 湖北省南部发生了一次持续特大暴雨过程, 最强暴雨中心在黄石市和武汉市, 分别达到 513 mm 和 457 mm (图 1) [1]。对于上述“98·7”武汉—黄石局地

2001-01-03 收到, 2001-06-07 收到修改稿

\* 国家科技部“东亚季风科学试验”预研究 (2001CCB00400) 和国家重点基础研究发展规划项目 G1998040911 共同资助

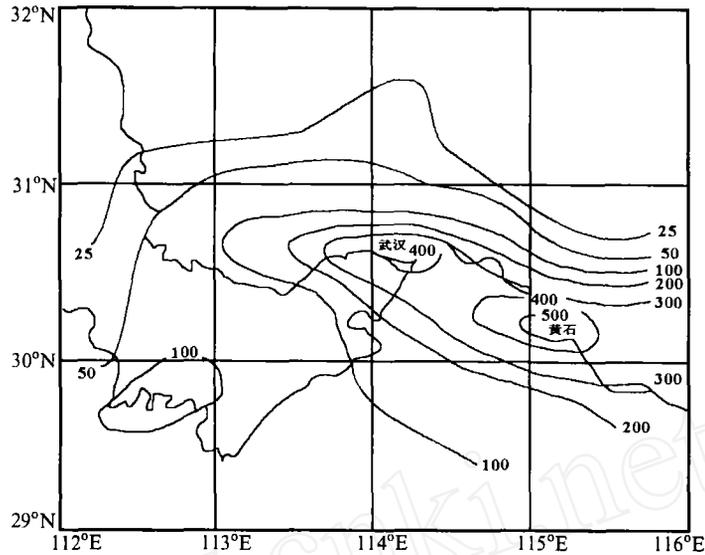


图1 1998年7月20日20时~23日20时湖北省南部持续特大暴雨过程雨量分布图<sup>[1]</sup> (单位: mm)

特大暴雨过程, 梅雨带内几十公里或数百公里空间尺度的中尺度系统, 及其不同尺度系统相互作用可能是此类特大暴雨的重要的动力系统或制造者。因此认识“98·7”特大暴雨形成机理, 关键在于揭示此类暴雨形成过程的中尺度系统结构特征。

近年来, 对有关特大暴雨系统特征的描述有了新的提法。中尺度对流复合体 (Mesoscale Convective Complex, 缩写为 MCC) 是 20 世纪 80 年代初从增强显示卫星云图分析中识别出来的一种  $\alpha$  中尺度对流系统。它是由很多较小的对流系统, 如塔状积云、对流群 (线) 或  $\beta$  中尺度的飚线等组合起来的一种对流复合体。它最突出的特征是有有一个范围很广、持续很久、近于圆形的砧状云罩<sup>[2]</sup>。

对于对流复合体背景系统类型, Maddox<sup>[3]</sup>研究过美国的暴雨天气形势, 指出在美国落基山脉以东的暴雨和洪水事件按其天气形势背景的不同特征可以分成三种类型: 天气尺度系统型、锋型和中高压型。由于 MCC 通常伴有旺盛的降雨及突发性洪水, 因此 MCC 的类型和暴雨类型相同是可以理解的。由于暴雨和洪水经常与准静止对流系统相联系, 因此上述三种天气型也可以看作是准静止对流的天气型。天气尺度系统型暴雨和洪水事件与强的天气尺度气旋或锋系相联系。高空主槽常常缓慢地朝东或朝东北方向移动。地面锋通常是准静止的, 在这种形势下, 对流风暴重复发生、发展, 并频繁地移过同一地区, 这一地区一般正好位于冷锋前头的暖湿舌上。这种锋面边界有助于触发雷暴活动, 并聚集风暴。当暖湿不稳定空气流经锋区给风暴提供能量时, 暴雨出现在地面锋的冷侧。1998 年 7 月下旬长江流域处于大尺度梅雨锋区, 两天持续特大暴雨造成武汉市和黄石市等地外洪内涝, 这次暴雨过程涉及范围广。其中, 鄂东南特大暴雨过程由两场暴雨组成, 暴雨雨量异常集中, 呈显著的次天气或中尺度特征。第一场暴雨发生在 7 月 20 日夜到 21 日午后, 雨量大于 100 mm 的暴雨区约 200 km, 宽约 80 km, 日降雨量大于 200 mm 集中在武汉市及周围 4 个县市, 强暴雨中心在武汉市为 286 mm, 其

最大 1 小时降雨量为 88.4 mm; 第二场暴雨发生在 22 日凌晨至午后, 日降雨量大于 200 mm 发生在黄石及周围 6 个县市, 强暴雨中心在黄石市为 360 mm, 其最大 1 小时降雨量为 76.4 mm<sup>[1]</sup>。上述“98·7”武汉—黄石地区特大暴雨具有雨量高峰时间短、暴雨过程涉及范围广、暴雨形成于南方暖湿空气与北方冷空气交汇构成大尺度梅雨锋带, 其强暴雨中心空间尺度却呈显著次天气或中尺度特征, 且具有明显的区域突发性特征。此类特大暴雨突发过程是否与类似 MCC 系统的次天气或中尺度系统动力、热力结构特征相关? 若采用常规资料或分析方法揭示上述造成局地特大暴雨的中尺度系统或次天气尺度系统, 存在难以克服的资料分辨率低的困难。

## 2 资料、变分原理及分析方法

采用 NOAA-15 卫星 TOVS 反演 15 层 (1 000、850、700、500、400、300、250、200、150、100、70、50、30、20、10 hPa) 温度和位势高度、6 层 (1 000、850、700、500、400、300 hPa) 湿度场资料, 并用常规探空观测资料进行变分订正, 获取空间分辨率高的温度、湿度场信息, 并进一步通过滤波处理来描述特大暴雨过程的次天气尺度与中尺度系统特征。

根据变分原理<sup>[4]</sup>, 依赖于多个自变量的泛函:

$$J[U(x,y)] = \iint F\left(x,y,U,\frac{\partial U}{\partial x},\frac{\partial U}{\partial y}\right) dx dy, \quad (1)$$

$U(x,y)$  必须满足下列 Euler 方程:

$$Fu - \left(\frac{\partial}{\partial x} Fu_x + \frac{\partial}{\partial y} Fu_y\right) = 0. \quad (2)$$

设 TOVS 反演资料的要素场为  $\tilde{T}^*(x,y)$ , 与之相对应的有限点的实测探空资料的要素场为  $R_a(i,j)$ , 在实测探空点坐标  $(i,j)$  上, 上述两者的差值场, 即误差场为  $\tilde{C}_r(i,j)$ :

$$\tilde{C}_r(i,j) = R_a(i,j) - \tilde{T}^*(i,j). \quad (3)$$

实际上, 由于探空测站坐标  $(i,j)$  点数有限, 因此需要构造出全场更广义的订正因子场函数  $C_r(x,y)$ , 采用变分方法, 寻求  $C_r(x,y)$  函数, 需满足如下条件:

$$J^* = \iint_b (C_r - \tilde{C}_r)^2 dx dy \rightarrow \min, \quad (4)$$

即  $\sum_i \sum_j (C_r - \tilde{C}_r)^2$  达到极小值。

对于上述变分问题, 可假设为构造泛函  $J^*$

$$J^* = \iint \left\{ (C_r - \tilde{C}_r)^2 + \lambda \left[ \left( \frac{\partial C_r}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial C_r}{\partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy, \quad (5)$$

其中  $\lambda$  为约束系数。

上式可改写为

$$\delta J^* = \delta \sum \sum \left\{ (C_r - \tilde{C}_r)^2 + \lambda \left[ \left( \frac{\partial C_r}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial C_r}{\partial y} \right)^2 \right] \right\} = 0, \quad (6)$$

对应的 Euler 方程为

$$(C_r - \tilde{C}_r) - \tilde{\lambda} \left( \frac{\partial^2 C_r}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_r}{\partial y^2} \right) = 0, \quad (7)$$

式中 $\tilde{\lambda}$ 为形变约束系数。

用迭代法求解上述方程的数值解, 得到新的变分订正因子场 $C_r(x, y)$ , 于是得到变分订正的 TOVS 反演资料要素场为

$$T'(x, y) = \tilde{T}^*(x, y) + C_r(x, y). \quad (8)$$

求取 TOVS 反演资料的变分订正温度、位势高度、湿度场 $T'(x, y)$ 后, 进一步通过诊断平衡模式初始化处理求取相应的分辨率为模式格点  $30 \text{ km} \times 30 \text{ km}$  的新风场,

$$V(x, y) = \eta \{ T'(x, y) \}, \quad (9)$$

以重点捕捉上述 1998 年 7 月 20~21 日武汉—黄石特大暴雨次天气与中尺度系统, 探讨局地特大暴雨成因及其形成机理。

本文的常规资料客观分析方案是对常规探空、地面观测和 T106 资料, 用 Cressman 客观分析方法进行分析, CTOVS 方案是对常规客观分析资料和变分订正后的 TOVS 资料用 Cressman 客观分析方法进行分析。在中尺度滤波分析中采用 Shuman-Shapiro 滤波方法, 在水平格点上用 9 点滤波算子, 取  $S=0.45$ , 连续进行 20 次运算, 再求原场与其之差而得到空间尺度约 400 km 以下的中尺度滤波场。

### 3 对流系统复合偶极子特征

中尺度对流系统经常以对流复合体 (MCC) 的形式存在。所谓“对流复合体”泛指由若干对流单体或孤立对流系统及其衍生的层状云系所组成的对流系统。它们的空间尺度和时间尺度均有幅度很宽的谱, 呈多尺度的时空特征。

由图 2a、b 可发现采用卫星 TOVS 变分订正、并经模式初始化处理后的流场 (CTOVS 方案, 图 2a) 与常规资料客观分析流场 (图 2b) 存在显著的差异。相应于 1998 年 7 月 21 日两个特大暴雨核 (武汉与鄂西南来凤县), 卫星变分处理资料 (图 2a) 揭示了上述暴雨核与局地流场动力结构相关特征, 武汉地区特大暴雨核处亦对应流场强辐合带, 且其东北方向有另一强辐散中心, 两者构成了成对偶极子, 即辐散—辐合系统, 其特征类似飚线的中高压结构。若采用常规客观分析武汉地区为西南辐散流场特征, 其辐合场与特大暴雨核位置对应不明显。以上分析结论表明, 采用 TOVS 卫星温度场、湿度场的变分订正的模式初值流场亦有助于描述 1998 年特大暴雨过程形成的局地中尺度动力系统及其结构特征。

若进一步采用滤波方法分离天气尺度与大尺度系统, 亦可发现 850 hPa 流场 (图

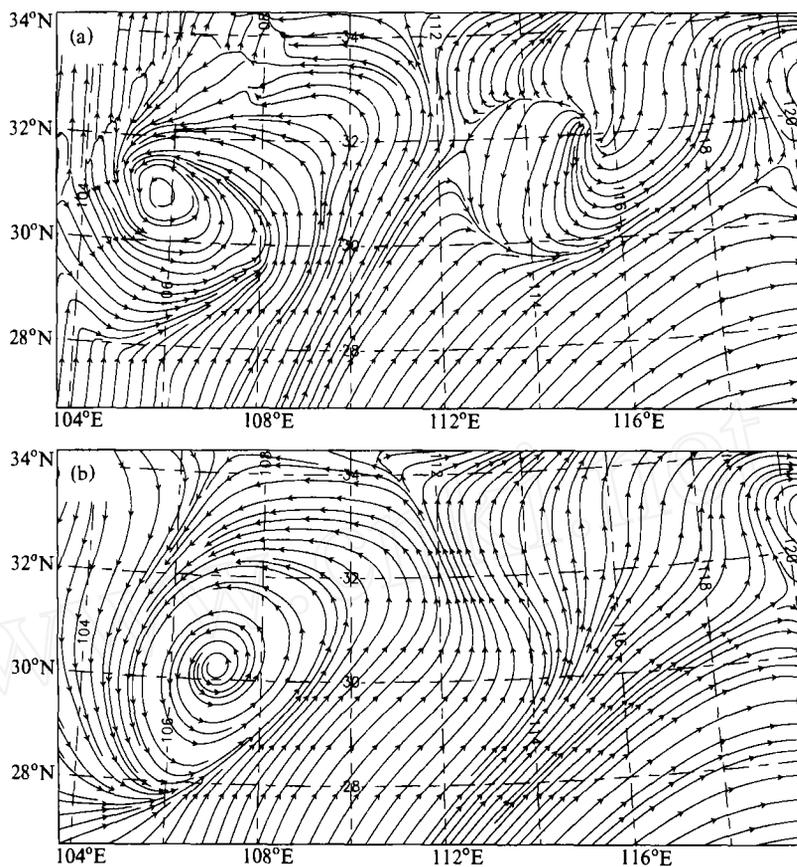


图2 1998年7月21日08时850 hPa流场  
(a) CTOVS方案; (b) 常规客观分析方案

略) 武汉与鄂西南地区梅雨锋带的特大暴雨核中心周边存在2~3个强辐散中心中尺度结构。此多个偶极子辐合一辐散复合型中尺度结构揭示了7月20~23日特大暴雨过程中尺度对流复合体二维结构特征, 其可能描述出暴雨形成过程局地质量平衡动力学适应机制。分析“98·7”特大暴雨过程天气图可发现, 在大尺度副高边缘暖湿西南气流与西风槽后干冷偏北气流汇合, 构成梅雨锋带南、北气流汇合流型, 但大范围梅雨锋区中降水分布极不均匀, 而天气图分析无法分辨强降水系统, 梅雨锋带中尺度对流系统结构特征尚不清楚, 尤其无法识别在梅雨锋带中是否亦存在类似MCC结构特征的强对流活动。

#### 4 中尺度锋面对流热力结构

MCC结构特征中水平方向上的湿度不连续线, 地面强水平露点梯度可达 $5\text{ }^{\circ}\text{C km}^{-1}$ 以上, 午后, 穿过不连续线2 km内露点温度可出现 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的变化。湿度不连续线的一侧是暖而干的空气, 另一侧是冷而湿的空气。冷、湿空气上方通常有逆温覆盖层, 这种逆温常称“盖帽”逆温或干暖盖, 它对储存位势不稳定能量, 触发对流发展具有重要作

用<sup>[5]</sup>。成熟的 MCC 结构具有如下特点：在对流层下半部，有从四面八方进入相对系统的流入；在对流层中层，相对气流很弱；在对流层上层，相对气流向系统周围辐散，下风方的辐散比上风方更强；MCC 出现在强暖平流区及低空偏南气流最大值鼻部的明显的辐合区中。

由 1998 年 7 月 21 日卫星资料变分订正，并经滤波处理获取温度场次天气尺度南北向垂直剖面图（图 3a），可发现 1998 年 7 月 21 日黄石、武汉暴雨落区中高层出现反映次天气尺度特征的逆温层结构，类似“暖盖现象”，它可抑制不稳定能量释放，而使不稳定能量持续累积，突发性的“98·7”武汉特大暴雨过程可能与暖盖热力结构能量累积及其过程“突变”相关。另外，

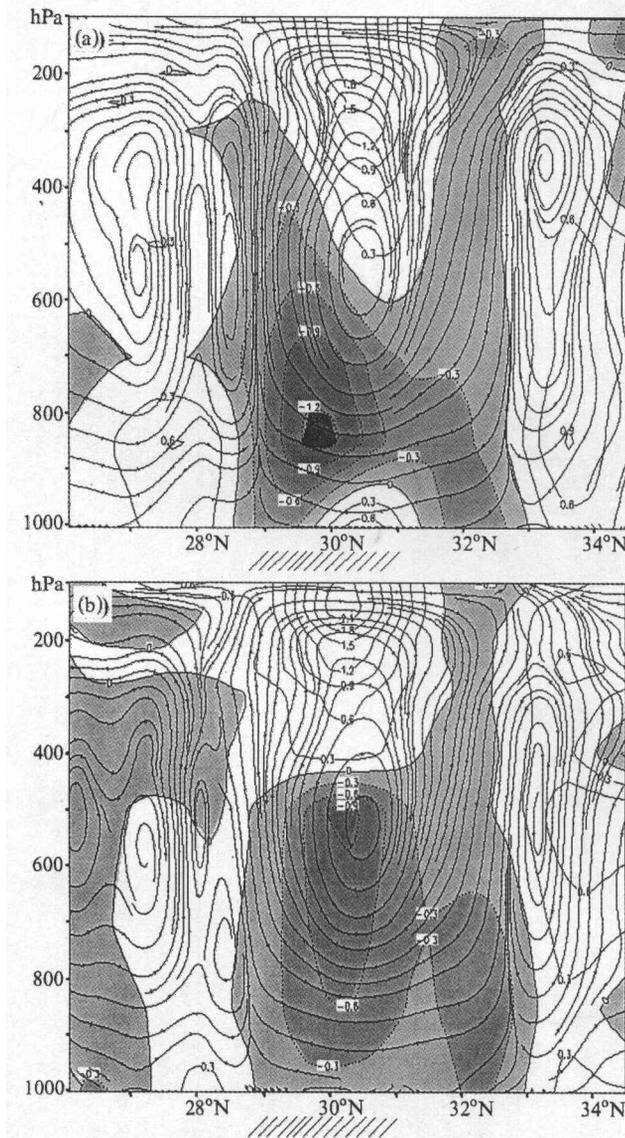


图 3 1998 年 7 月 21 日 08 时沿武汉南北剖面温度  
(K, 阴影为负值) 和流场  
(a) 滤波场; (b) 21 日 08 时与 20 日 08 时滤波差值

武汉特大暴雨落区中心（约 29~31°N）为冷楔（图 3a 阴影为滤波温度场负值区，其阴影深黑色中心为负值冷楔核，其前方为强烈上升运动处）。上述中尺度热力结构构成了失稳状态，且此结构对应着垂直剖面图中低层强上升气流区，亦与 850 hPa 垂直运动分布图上升运动极值区相配合。冷楔特征类似 MCC 系统中尺度冷锋，图 3b 滤波处理的热力场与流场垂直剖面时间偏差特征结构亦存在类似的中尺度冷楔和冷楔前部显著上升运动偏差场，此配置描述出，此中尺度热力结构的促发作用可能引起其前方强烈上升流及其动态特征（图 3a）。本文采用 1998 年 7 月 21 日与 20 日 TOVS 变分订正温度、湿度偏差场及模式初值处理偏差风场反映暴雨中尺度系统的时间变化动态特征。从图 3b 可发现，高层 500 hPa 以上对应着大范围的暖盖及其上升运动辐散区。在上述“暖盖”下方（约 28~32°N）存在“冷楔”插入，且强上升气流位于冷楔前部，“冷楔”内部为偏北下沉气流与冷

楔前部偏南气流辐合, 形成特大暴雨中尺度锋区的强对流运动, 图 3b 类似图 3a 的热力结构。此类动态结构特征揭示了类似 MCC 中尺度锋面强对流机制。

## 5 中尺度急流核的垂直复合体

“98·7”暴雨天气分析<sup>[1]</sup>表明, 第一场暴雨 700 hPa 切变线上宜昌至武汉有一闭合气旋式环流并不完整的低涡, 第二场暴雨临近, 宜昌至武汉又有一低涡, 并有闭合气旋式环流配合, 并且低涡区的辐合强度不断加强。低空西南急流是产生和维持低涡区强烈辐合的重要因素, 这支低空西南急流的北端及上游存在着中尺度扰动的强风速中心, 在它前面的低涡产生明显的辐合上升运动, 第一场暴雨过程中, 低涡区散度场为低层辐合高层辐散。第二场暴雨临近, 低涡区辐合和辐散相间分布, 较强的辐合在边界层内, 而 500 hPa 出现强辐散。特大暴雨过程中维持低层正涡度、高层负涡度结构。

从风速分布图 (图 4) 可发现, 在西南气流大尺度水汽输送特征背景下, 范围集中时间短的降水异常发生区域 (武汉与鄂南) 两个暴雨核心区恰位于低层强辐合偏南与偏北两支低空中尺度急流核汇合“对撞”的弱风速带。在预报强雷暴或强暴雨天气时, 应考虑对流层上部高空辐散机制。在许多情况下, 高空急流是产生高空辐散的机制之一。在中纬度, 强雷暴或雹线最常出现的地点是高 (中) 空急流影响区。高空辐散机制具有两个作用: 抽气和通风作用<sup>[3]</sup>。

由 1998 年 7 月 21 日 08 时武汉地区东西分量风速及垂直运动流场沿南北方向剖面图 (图 5) 可发现, 1998 年 7 月 21 日武汉特大暴雨仍存在显著的高低中尺度急流配置特征, 暴雨区 (约 29~31°N) 南侧为强涡旋区, 中低层强涡旋区南侧为偏西风其北侧为偏东风, 强中尺度气旋性环流在中高层, 300 hPa 以上则暴雨区位于中尺度偏西急流与偏东急流间的反气旋环流

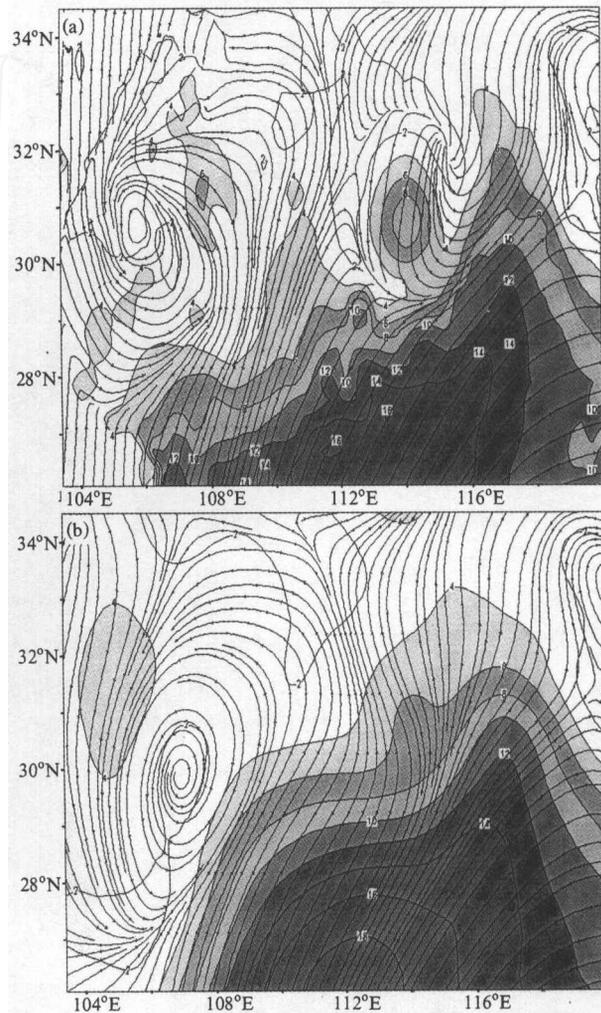


图 4 1998 年 7 月 21 日 08 时 850 hPa 风速 ( $\text{m s}^{-1}$ ) 及流线场  
(a) CTOVS 方案; (b) 常规客观分析方案

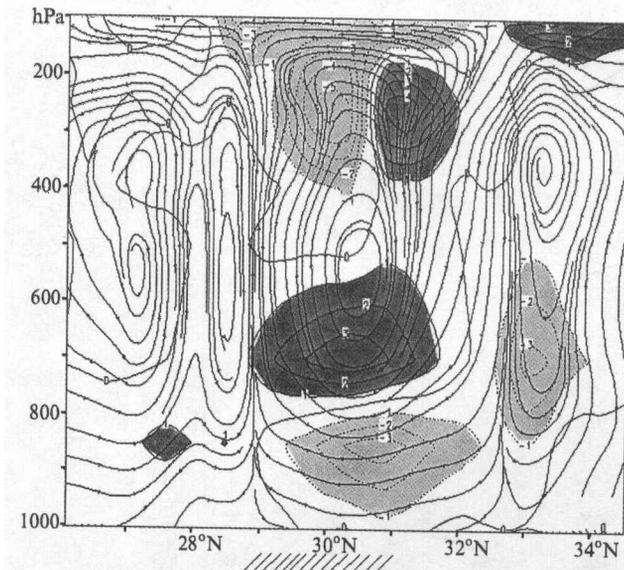


图5 1998年7月21日08时沿武汉南北剖面滤波  
西风分量风速等值线( $u$ , 单位:  $\text{m s}^{-1}$ )和  
流线场( $v$ , 单位:  $\text{m s}^{-1}$ ;  $w$ , 单位:  $0.1 \text{ m s}^{-1}$ )

及其辐散区,且暴雨核高层正位于中尺度强西风急流区与东风急流之间的强辐散区。此结构造成暴雨核上空强辐散及强“抽气泵”作用。

## 6 水汽通量强辐合及中尺度锋面边界“湿舌”特征

卫星变分分析的850 hPa水汽通量图(图6a)表明,武汉暴雨落区存在显著水汽通量辐合特征,其水汽源为长江中游低空西南急流带,特大暴雨落区位于两支南北强水汽流辐合地带。

由南北向水汽通量垂直剖面图(图6b)亦可发现,对应武汉地区暴雨核区冷空气“冷楔”前部,存在一显著沿冷楔上爬的水汽通量流带,其类似中尺度“湿舌”沿低层中尺度冷锋中“干冷楔”结构,发生暖湿气流“爬越”异常爬越特征。

## 7 “98·7”特大暴雨中尺度系统三维物理图像的描述

本文的计算结果表明,“98·7”特大暴雨发生、发展及其突发过程存在着显著的中尺度强对流结构特征,且对比分析证实此类中尺度强对流系统若采用常规资料滤波分析方法是难以发现的。

本文采用TOVS卫星资料变分订正及其滤波尺度分离技术明显地提高了对“98·7”特大暴雨中尺度结构特征的描述能力。本文研究结论揭示了“98·7”特大暴雨过程类似MCC强对流系统的三维结构,即特大暴雨突发过程中高空存在“暖盖”,这促使特大暴雨突发前的大量能量的贮存,其特征表现出能量积累现象;诊断分析亦表明,暴雨过程发生区域冷楔前部中层存在显著的“柱型暖湿辐合区”;冷楔底部呈显著的“上冷下暖”强不稳定层结特征的“翻滚”失稳状态。采用上述卫星变分技术与滤波分析所揭示出的“暖盖”与“翻滚”失稳层结特征描述了特大暴雨过程强对流发生的能量贮存爆发机制及其中尺度特征;另外,与上述对流突发前期热力结构相应,特大暴雨落区中低层存在中尺度强上升气流区,高层亦存在显著的中尺度辐散流场动力结构,且洪涝过程长江流域特大暴雨强降水中心区域低层均存在若干强中尺度辐合区及其各自对应的中尺度辐散区,即在二维平面流场上呈显著的若干对辐合一辐散“偶极子”型中尺度动力系统;暴雨过程大尺度背景场低层北方小股“冷空气楔”以及强西南暖湿气流均是局地特大暴雨形成的环境重要热力条件及其促发因素;“98·7”特大暴雨过程不同尺度低空急流与高空急流

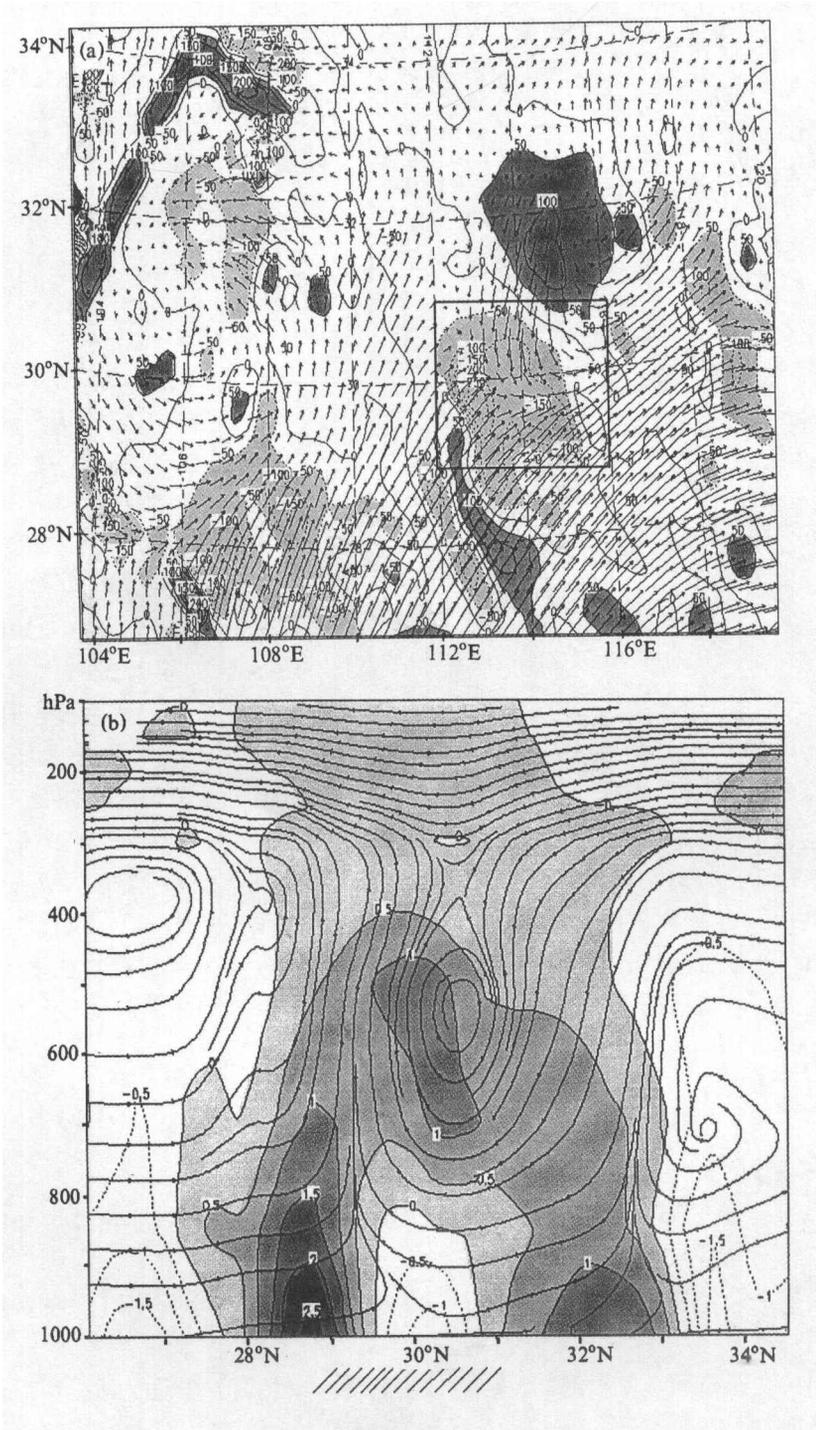


图6 1998年7月21日08时卫星变分水汽通量  
 (a) 850 hPa水汽通量 ( $\text{g kg}^{-1} \text{m s}^{-1}$ ) 和水汽通量散度 ( $\text{g kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ , 阴影), 方形阴影区为暴雨落区; (b) 沿武汉南北剖面水汽通量 ( $q^*v$ , 单位:  $\text{g kg}^{-1} \text{m s}^{-1}$ , 阴影); 和水汽通量流线 ( $v^*q; w^*q$ ), 斜线区为暴雨落区

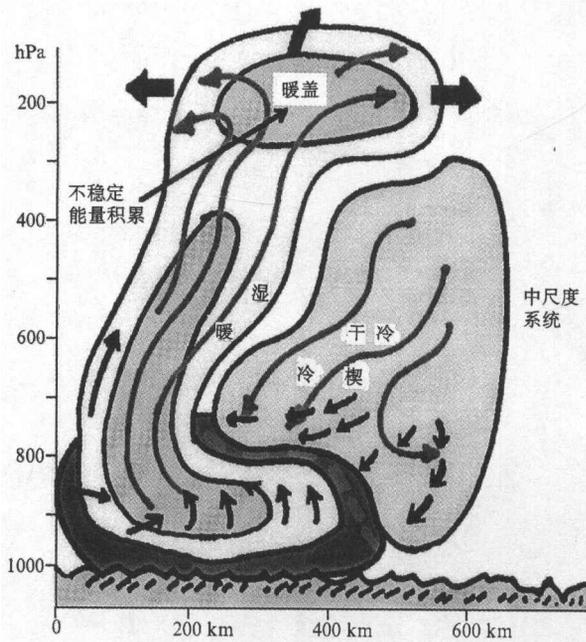


图7 “98·7”特大暴雨发生期间发生过程梅雨锋面边界的中尺度锋面边界复合对流结构三维综合物理图像

有效垂直配置亦是暴雨突发的环境动能能源。上述热力与动力结构图像(与图3a与图3b热力结构特征相似)的描述可构成“98·7”特大暴雨梅雨锋面边界的中尺度锋面对流结构三维综合物理图像(图7)。

## 8 数值模拟结果

本文数值试验用非静力MM5模式,模式格距45 km,采用Grell积云参数化方案。数值试验证实温度、湿度场卫星资料变分订正的模式初始场可以提高对武汉—黄石(114~116°E, 30~31°N)1998年7月21日特大暴雨降水分布特征及其降水强度的模拟能力,

对比图8b、c可发现,采用卫星TOVS变分订正的模式初始场可模拟出武汉—黄石21日特大暴雨的雨量中心及其分布(图8b)与实况两个主要暴雨落区特征分布(图8a)有所对应,但范围大小差异较大,而仅用T106与实测探空资料客观分析(取同等范围侧边界区域)构造模式初始场,模拟出特大暴雨与实况两个主要暴雨落区分布特征偏差较大,即其中黄石暴雨中心(115°E, 30°N)未能模拟出来(图8c),这进一步表明卫星TOVS变分订正能获取的要素场信息具有相当的客观性,而且对特征暴雨次天气、中尺度系统具有较显著的描述能力。

## 9 研究结论

本文的研究结果表明:

(1) 采用卫星TOVS反演资料变分—滤波技术可以有效地揭示出特大暴雨的中尺度系统特征。

(2) 提出了大尺度梅雨系统中突发性特大暴雨过程存在类似MCS系统类型之一的中尺度锋面对流系统。

(3) 中尺度锋面系统呈对流性复合偶极子结构,中尺度急流复合体呈锋面边界异常“湿舌”,锋面“冷楔”、“热垫”以及高层“暖盖”现象,描述了特大暴雨的异常对流复合结构。

(4) 诊断分析及其模拟试验证实,采用卫星TOVS资料变分处理的模式初始场能提取模式初始信息中尺度特征,不仅能有效地描述特大暴雨中尺度系统异常特征,

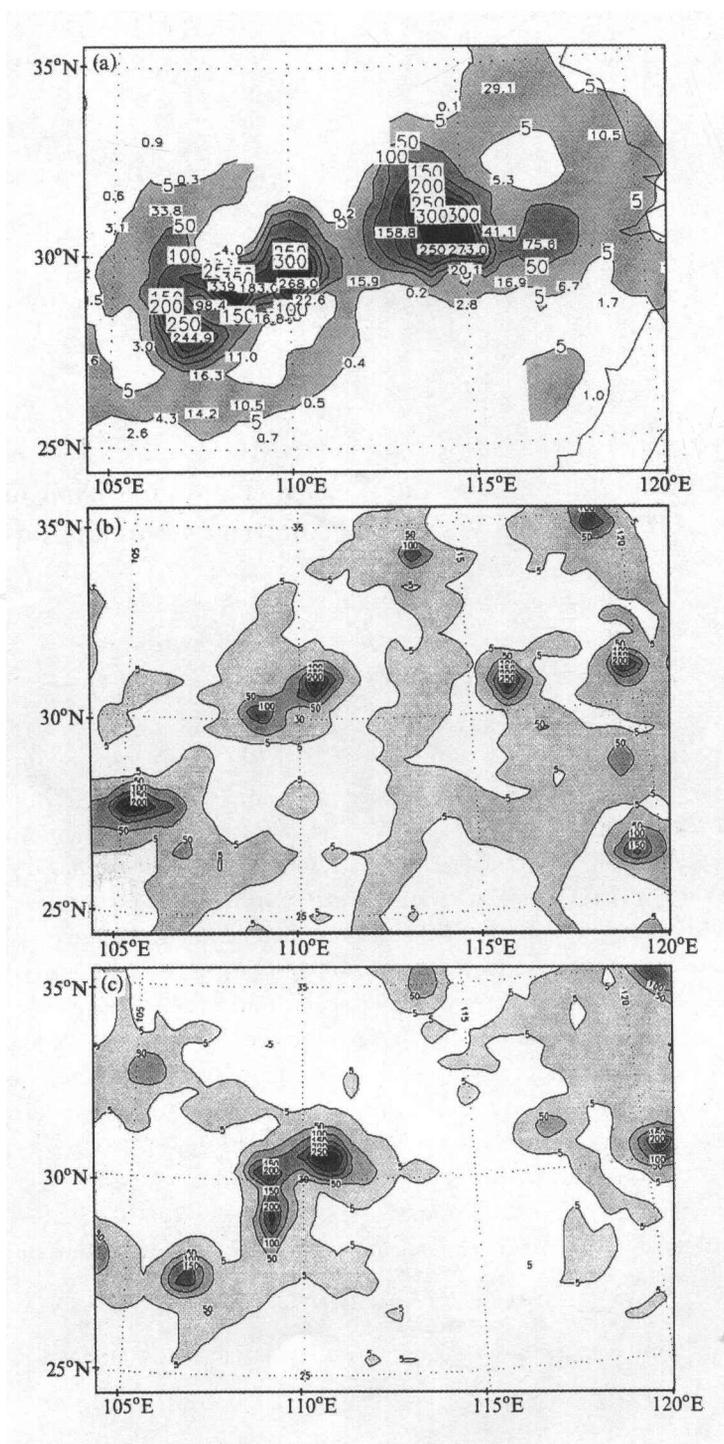


图8 1998年7月21日24小时降水  
(a) 实况; (b) 模式 TOVS 卫星变分订正场为初值; (c) 模式客观分析场为初值

而且能显著地提高对于“98·7”特大暴雨的模拟能力, 这为异常特大暴雨的预报技术的改进提供了有应用价值的科学依据。

### 参 考 文 献

- 1 国家气象中心、国家卫星气象中心, 98中国大洪水与天气预报, 北京: 气象出版社, 1999, 180~183
- 2 寿绍文、杜秉玉等, 中尺度对流系统及其预报, 北京: 气象出版社, 1993, 83~99.
- 3 Maddox, R. A., Chappell, C. F. and Hoxit, L. R., Synoptic and meso- $\alpha$  scale aspects of flush flood events, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1979, **60**, 115~123.
- 4 翁永辉、徐祥德, TOVS资料的变分处理方法在青藏高原地区的数值试验, *大气科学*, 1999, **23**, 703~712.
- 5 陆汉城, 中尺度天气原理和预报, 北京: 气象出版社, 2000, 170~175.

## Characteristics of the Convection in the Meso-Scale Front of the Serious Storm Rainfall over the Wuhan-Huangshi Region during July of 1998 through Variational Analysis by Satellite Data

Xu Xiangde, Weng Yonghui and Meng Zhiyong

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Zhou Mingyu

(National Research Center for Marine Environmental Forecasts, Beijing 100081)

**Abstract** The prognostic analysis on the cause of the serious storm rainfall over the Wuhan-Huangshi region during July 20~23 1998 is carried out through variational-filtering processing method by satellite TOVS retrieval data. The results showed that the process of the serious storm rainfall over the Wuhan-Huangshi region showed characteristics of convective system in the meso-scale front like MCC. It also indicated that the obvious characteristics of the multiple dipole of the convective system existed in the serious storm rainfall during the July of 1998, as well as the structure of the vertical multicell of the meso-scale jet nucleus, the anomalous characteristics of the "wet tongue", the "cold wedge", "warm mat" of the meso-scale front verge in large-scale Meiyu system and the phenomenon of the "warm canopy" at higher level. The above synthesized feature showed that the physical image of the three-dimensional meso-scale structure of the meso-scale front is like the MCC system existing in the process of the serious storm rainfall during the July of 1998. The meso-scale physical model of the paroxysmal serious storm rainfall in the large-scale Meiyu system was suggested through variational-filtering processing method by satellite data. Its prognostic analysis and the study result provided a new study thinking for the cause and the mechanism of the anomalous serious storm rainfall during the July of 1998.

**Key words:** TOVS retrieval data; mesoscale convective complex; torrential rainfall