

韦惠红,赵玉春,龙利民,等.湖北省卫星云图短时暴雨概念模型研究[J].暴雨灾害,2010,29(1):14-19,37

# 湖北省卫星云图短时暴雨概念模型研究

韦惠红<sup>1</sup>,赵玉春<sup>2</sup>,龙利民<sup>1</sup>,王崇州<sup>1</sup>

(1.武汉中心气象台,武汉 430074;2.中国气象局武汉暴雨所,武汉 430074)

**摘要:**利用 FY-2C 卫星云图,结合 GMS、GOES 卫星云图资料和高空、地面常规观测资料,针对 2003—2008 年湖北省内出现的主要区域性暴雨过程,分析引发暴雨的中尺度对流云团发生、发展、成熟与消亡的典型特征。在此基础上,总结提炼出在暴雨短时预报时效(0~12 h)上,根据暴雨发生的不同大尺度环流背景和暴雨云团的演变特征,可建立 5 种卫星云图模型,即低涡冷槽东移型、冷切变南压型、春季暖倒槽型、梅雨锋切变型和台风西移型;湖北省短时暴雨云团主要发生在切变云带内,春季暖倒槽型和低涡冷槽东移型中,切变云带呈东北—西南向,暴雨云团沿东北—西南向发展,冷切变南压型和梅雨锋切变型中,切变云带呈准东西向,暴雨云团沿准东西向发展。

**关键词:**暴雨;切变云带;卫星云图模型;短时预报

**中图分类号:**P456.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2010)01-0014-07

## 1 引言

湖北省地处长江中游地区,暴雨灾害频繁。经统计发现,一般灾害性暴雨均在短时间内发生,如何提高短时暴雨预报准确率、减少灾情发生,成为气象科研与业务工作的一个重要方向。通过使用各种探测手段或资料(如卫星、雷达、自动站等资料),可提高短时暴雨预报准确率。卫星监测具有时空分辨率高的特点,在灾害性天气特别是暴雨监测预报中发挥着越来越重要的作用,尤其是在短时暴雨预报中,具有明显优势。

长期以来,预报和科研人员在利用卫星云图开展暴雨分析及预报方面积累了丰富的经验,总结出大量暴雨预报云图模型。王登炎等<sup>[1]</sup>不仅对长江中游暴雨卫星云图模型进行了归纳,还详细分析 1982—1996 年湖北省暴雨过程卫星云图,总结得到湖北省 12~24 h 暴雨过程的卫星云图模型,归纳出暴雨分级卫星云图模型<sup>[2-3]</sup>。邓秋华等<sup>[4]</sup>按照暴雨云团的不同触发机制,建立了 5 种云团概念模型,从而为暴雨临近预报提供依据。徐双柱等<sup>[5]</sup>概括武汉市暴雨卫星云图和雷达回波特征以及中尺度系统活动等,建立武汉城区暴雨短时预报概念模型。李世刚等<sup>[6]</sup>分析了 2007 年湖北省初夏一次暴雨天气过程,发现强对流云团或西南低涡中尺度云团是造成江汉平原北部、鄂东地区及鄂西南北部强降水的主要云团。方宗义等<sup>[7]</sup>对 2003 年 7 月 3 日梅雨锋切变线上  $\beta$  中尺度暴雨云团进行分析,给出暴雨

云团内部特征。覃丹宇等<sup>[8]</sup>分析了典型梅雨期暴雨系统的云系成员及其相互作用,结果发现,不同的云系成员和梅雨锋云系相互作用的结果形成不同的云系分布;并另文<sup>[9]</sup>分析了 2002 年 7 月 20—25 日梅雨暴雨过程中热带水汽羽变化及其与物理量场的配置,发现热带水汽羽和暴雨之间存在密切联系。

本文在他人工作的基础上,根据湖北省不同季节暴雨发生的天气形势,结合卫星云图上典型暴雨中尺度对流云团的演变特征,建立湖北省 0~12 h 短时暴雨预报的 5 种卫星云图模型,试图对今后短时暴雨预报提供有价值的信息。

## 2 资料与统计

文中使用的资料包括:2003 年 4—9 月 GMS 红外云图资料;2004 年 4—9 月 GOES 红外云图资料;2005—2008 年 4—9 月 FY-2C 红外云图资料;2003—2008 年 4—9 月高空、地面常规观测资料以及湖北省 77 个地面观测站 6 h 雨量资料。因 FY-2C 红外云图资料从 2005 年才开始投入业务应用,2003、2004 年则分别用 GMS 和 GOES 红外云图资料作补充分析。

在统计湖北省区域性暴雨过程时,将全省划分为鄂西北、鄂西南、江汉平原、鄂东北、鄂东南 5 个自然区。若其中任意两个自然区 12 h 分别出现 3 站雨量  $\geq 50$  mm,便定义该日出现一次区域性暴雨过程。统计结果表明,2003—2008 年湖北省共出现 58 次区域性暴雨过程。本文以上述资料和统计方法为基础,重

收稿日期:2010-01-10;定稿日期:2010-03-09

基金项目:中国气象局风云气象卫星遥感与应用示范项目“卫星资料在暴雨监测和预报中的应用”(FiDAF-2-01)资助

作者简介:韦惠红,女,1978 年生,工程师,主要从事短时天气预报技术与方法研究。E-mail:whh1978@163.com

点研究大尺度环流背景下短时暴雨演变特征,并建立卫星云图短时暴雨概念模型。

### 3 暴雨概念模型

依据产生暴雨的不同季节、大尺度环流背景场和卫星云图特征,将 2003—2008 年湖北省出现的 58 次暴雨过程分为低涡冷槽东移型(21 次, 型)、冷切变南压型(16 次, 型)、春季暖倒槽型(9 次, 型)、梅雨锋切变型(7 次, 型)、台风西移型(5 次, 型)。

#### 3.1 低涡冷槽东移型( 型)

##### 3.1.1 型天气形势及模型

该型有 21 例,占个例总数的 36.2%,为最多。此型暴雨主要发生在盛夏季节,西太平洋副热带高压(以下简称副高)控制长江中下游地区,当 500 hPa 低槽逼近,副高维持使低槽东移受阻,此时副高外围有较强西南气流,低层有西南低涡沿冷式切变线东移,在 500 hPa 低槽、副高西北侧西南气流、低层西南低涡的作用下,激发中尺度天气系统在湖北产生大范围强降水。图 1 给出成熟阶段的低涡冷槽东移型短时暴雨概念模型。

从图 1 中可见,方框 1、2 表示 2 个关键区,1 区为低槽云系,2 区为孟加拉湾云涌和副高外围对流云泡;点画线为 700 hPa 假相当位温 73 °C 特征线,表示高温高湿能量区从孟加拉湾往东北方向伸展,湖北省位于能量舌前部;低槽云系从华北一直延伸到江淮流

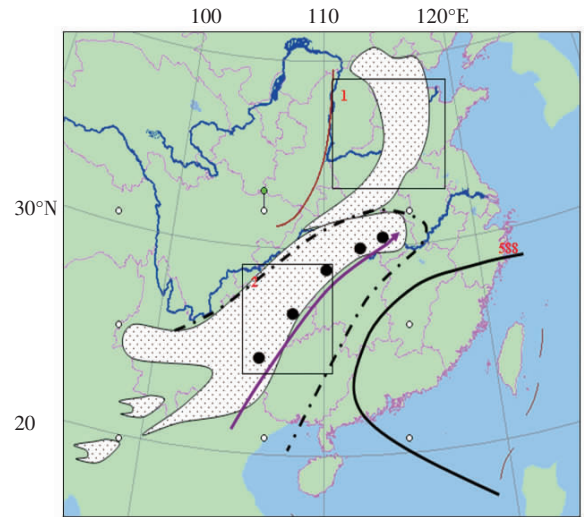


图 1 成熟阶段的湖北低涡冷槽东移型短时暴雨概念模型  
方框 1、2 为关键区;棕色实线为 500hPa 槽;  
黑色实线为 588 dagpm 特征线;实箭头为低空急流;  
点画线为 700 hPa 假相当位温 73 °C 线;  
实心黑圆圈为中尺度对流云团;阴影区为云带位置

域,从孟加拉湾有向东北方向发展的云羽,云羽与低槽云系结合,在副高外围形成西南—东北向带状云系,并有暴雨云团生成。

##### 3.1.2 型红外云图演变特征

以 2008 年 7 月 4—6 日发生在湖北省中北部的暴雨为例,分析 型红外云图演变特征(图 2)。

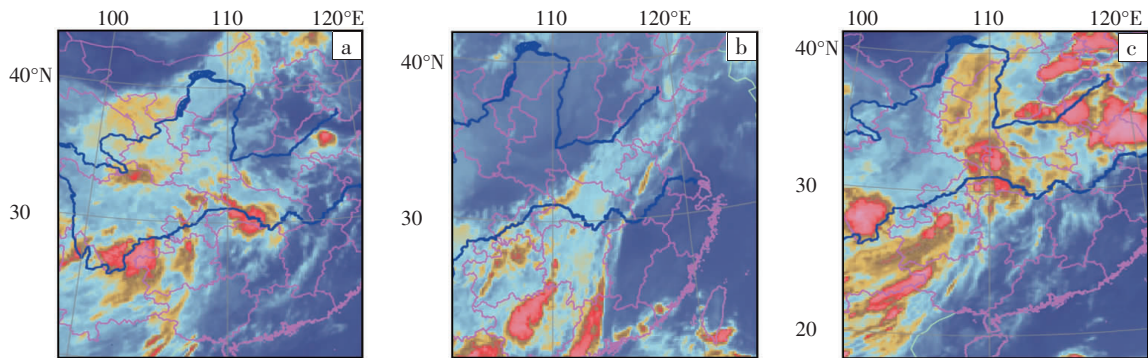


图 2 2008 年 7 月 4 日 08 时(a)、20 时(b)与 6 日 08 时(c) FY-2C 卫星红外云图

从 7 月 4 日 08 时对流层中低层天气图上可见(图略),500 hPa 西北槽位于河套西部,副高位于长江以南地区,其西脊点达 110°E;700 hPa 川西有低涡活动,850 hPa 西南急流强盛,最大风速达 20 m·s<sup>-1</sup>。对应卫星云图上(图 2a),低槽云系位于河套西部,呈西南—东北向,在孟加拉湾有云涌发展,此时湖北省西部已经开始有对流云团发展,未来 12 h 短时暴雨出现在鄂西南、鄂西北。4 日 20 时,500 hPa 低槽逼近,副高略有东退;850 hPa 鄂西冷式切变开始活跃,武汉风速达 16 m·s<sup>-1</sup>。低槽云系东移且有明显增强,其北端在华北地区,呈斜压叶状(图 2b),此时水汽图上(图略)有

明显水汽羽从孟加拉湾往东北方向伸展,水汽羽与低槽云系南端结合,形成稳定的西南—东北向降水云带,未来 12 h 短时暴雨出现在鄂西北、鄂西南、江汉平原、鄂东北。6 日 08 时,副高减弱东退至洋面上,500 hPa 低槽在鄂东出现断裂,其北段东移北收,南段减弱消失;卫星云图上(图 2c),此时湖北省上空云系亮温明显增高,暴雨区南压,强降水区移至广东、广西一带,此次过程结束。

综上所述可知, 型暴雨环流背景下,由于副高的阻挡作用,低槽云系在东移过程中受阻,易造成湖北省 2~3 天的暴雨天气过程。

### 3.2 冷切变南压型( 型)

#### 3.2.1 型天气形势及模型

该型有 16 例, 占个例总数的 27.6%, 居次多。此型暴雨一般发生在春季或初夏季节。暴雨发生前期, 湖北省地面为西南暖低压控制, 回暖明显; 低层有暖切变发展, 省内局地有不稳定性降水发生; 随着 500 hPa 低槽东移, 其冷槽引导地面冷空气侵入西南暖低压中, 使冷暖气团在湖北省上空交汇, 产生剧烈雷雨大风天气; 当地面冷空气完全控制湖北省, 降水结束。卫星云图上, 此型初始阶段, 高纬度地区为一宽广低槽云系, 云系一般位于贝加尔湖到我国东北地区, 江南受地面暖低压控制, 云顶亮温较高, 湖北省局地有对流云泡生成, 说明环境大气处于对流不稳定状态。成熟阶段, 随着 500 hPa 低槽和地面冷高压东移南压, 长江中下游地区形成一条非常清晰的准东西向冷锋云系, 其前沿有中尺度对流云团发展。图 3 为其成熟阶段模型图。

从图 3 中可见, 方框 1、2 表示 2 个关键区, 1 区为低槽云系, 2 区为冷锋云系, 1 区和 2 区分别对应 500 hPa 低槽和地面冷锋; 点画线为 700 hPa 假相当位温 72 °C 特征线, 为高温高湿能量区; 1 区通常表现为涡旋云系或盾状云系、斜压叶状云系, 其尾部与冷锋云系相连, 冷锋云系表现为准东西向, 在冷锋云系上有暴雨云团

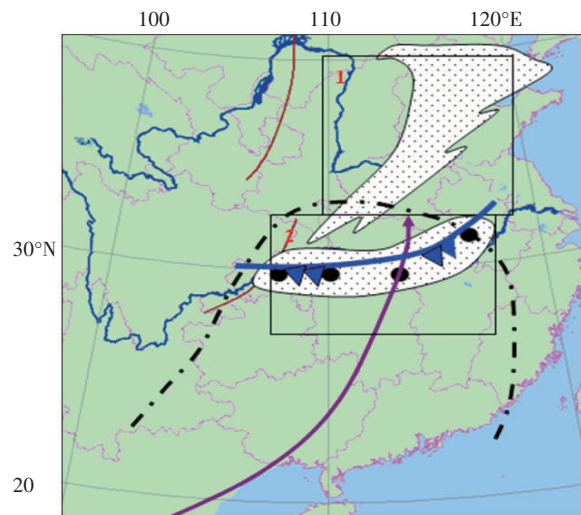


图 3 成熟阶段的湖北冷切变南压型短时暴雨概念模型

方框 1、2 为关键区; 棕色实线为 500 hPa 槽线; 实箭头为低空急流; 点画线为 700 hPa 假相当位温 72 °C 线;

实心黑圆圈为中尺度系统; 蓝线为地面冷锋; 阴影区为云带位置

东传。消亡阶段, 冷锋云系南压, 地面图上湖北省为变性高压控制, 天气转好。短时暴雨一般发生在暖区内或冷暖空气结合带上。

#### 3.2.2 型红外云图演变特征

以 2007 年 5 月 23—24 日江汉平原、鄂西南等地暴雨过程为例, 分析 型红外云图演变特征(图 4)。

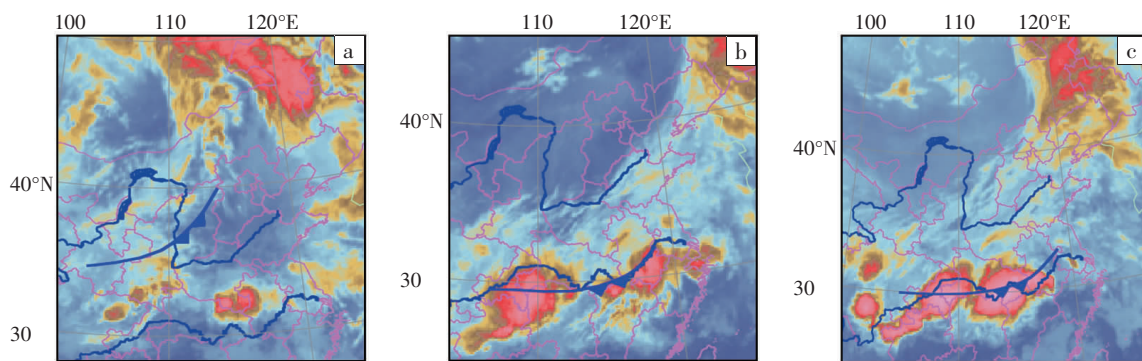


图 4 2007 年 5 月 23 日 08 时、20 时与 24 日 08 时(c ) FY-2C 卫星红外云图(蓝线为冷锋位置)

从 23 日 08 时天气图上可见(图略), 西南暖低压强烈发展, 低压中心值达 997.5 hPa, 冷高压中心位于青海, 其中心值达 1 025 hPa, 500 hPa 低槽位于新疆东部。此时(图 4a), 低槽云系北端出现大片云顶亮温低于-65 °C 区, 南端云系表现为较为灰暗, 云顶亮温较高, 低槽云系后边界呈气旋性弯曲, 前侧向东部和南部伸出卷云羽, 此时鄂西北、东北局地有对流云泡发展。23 日下午鄂西北、鄂东北、鄂西南出现短时暴雨。23 日 20 时(图 4b), 500 hPa 低槽在河套东部, 冷暖空气在长江中游地区交汇, 低槽云系发展成逗点状。低槽云系南部较弱, 在华东、江淮地区云图上表现为灰白区。24 日 01 时, 鄂西南较强中尺度对流云团东传(图略), 冷锋云系发展到成熟阶段, 低槽云系南端与冷

锋云系在长江中游结合, 云系几乎呈准东西向, 暴雨云团面积达到最大, 云团内最低云顶亮温达-85 °C。24 日凌晨江汉平原、鄂西南、鄂东北、鄂东南出现短时暴雨。24 日 08 时(图 4c), 随着低槽云系东移, 冷锋云系减弱南压, 湖北省为冷空气控制, 暴雨过程结束。

### 3.3 春季暖倒槽型( 型)

#### 3.3.1 型天气形势及模型

该型有 9 例, 占个例总数的 15.5 %。此型暴雨一般发生在春季或初夏季节, 湖北省地面为暖低压或暖倒槽控制, 前期回暖明显。随 500 hPa 低槽东移, 在槽前正涡度平流的作用下, 湖北省低层冷切变形成, 随低槽逼近, 低层辐合加强。在地面暖低压、500 hPa 低槽和低层切变线共同影响下, 湖北省发生强降水过

程。整个降雨过程中,湖北省都受暖低压控制。图 5 给出成熟阶段的春季暖倒槽型短时暴雨概念模型。

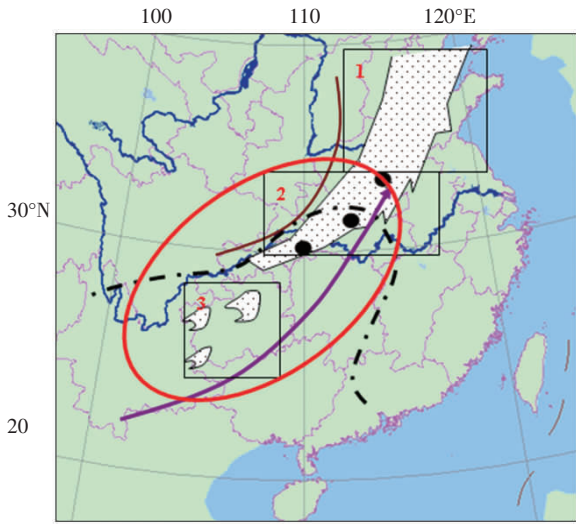


图 5 成熟阶段的湖北春季暖倒槽型短时暴雨概念模型  
方框 1、2、3 为关键区;棕色实线为 500 hPa 槽;实箭头为低空急流;  
点画线为 700 hPa 假相当位温 65℃线;实心黑圆为中小尺度系统;  
闭合红色线区为地面暖低压;阴影区为云带位置

从图 5 中可见,方框 1、2、3 表示 3 个关键区,1 区为低槽云系,2 区为切变云系,3 区为急流云涌,点画线为 700 hPa 假相当位温 65℃特征线;低槽云系与

切变云系在西南侧结合,形成西南—东北向云带,在云带上嵌有密实、白亮暴雨云团,云团影响之地,出现短时暴雨。

### 3.3.2 型红外云图演变特征

以 2006 年 5 月 4—5 日全省性暴雨天气过程(除鄂西南外)为例,分析 型红外云图演变特征(图 6)。

从 5 月 4 日 08 时各层天气图上可见(图略),500 hPa 低槽在四川盆地到河套之间,700 hPa 川西中部有低涡,850 hPa 贵州、湖南出现 14 m·s<sup>-1</sup> 急流区。同时(图 6a),低槽云系在 108°E 附近与低涡云团结合,形成准南北向云带,低槽云系后边界呈斜压叶状,且边缘有锯齿,纹理不均匀,前边界有向东发展的不规则云羽,低涡云团在低槽云系底部,云团呈椭圆形。4 日 20 时(图 6b),随着 500 hPa 低槽东移,引导川西低涡移出,低槽云系和切变云系在长江中下游地区形成带状,云带呈南北向,东移到湖北省中东部时加强,并伴有中尺度对流云团产生。850 hPa 湖南境内出现 16 m·s<sup>-1</sup> 急流区,湖南、贵州有对流云泡发展,说明有较强的西南暖湿气流输送,未来 12 h 鄂东北、江汉平原和鄂东南出现暴雨。5 日 08 时(图 6c),700 hPa 低涡移到江汉平原地区,云团减弱快速东移,短时暴雨出现在鄂东北、鄂东南。随 500 hPa 高空槽进一步东移,湖北省降水结束。

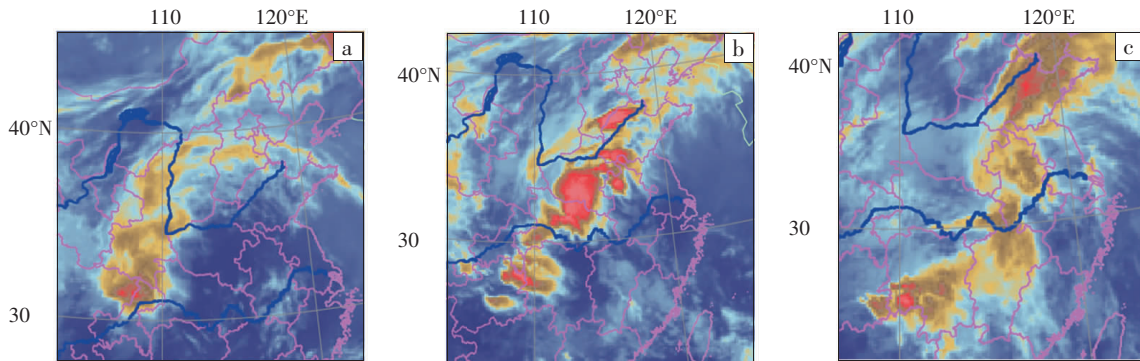


图 6 2006 年 5 月 4 日 08 时(a)、20 时(b)与 5 日 08 时(c) FY-2C 卫星红外云图

## 3.4 梅雨锋切变型(型)

### 3.4.1 型天气形势及模型

该型有 7 例,占个例总数的 12.1%。6 月中旬到 7 月上旬,地面江淮流域为静止锋活跃地带,500 hPa 西太平洋副热带高压稳定在东南沿海一带,略有西伸,汉口高度场在 582~588 dagpm 之间,120°E 副热带高压脊线在 20°—24°N 区间稳定少动,长江中下游位于副热带高压西北侧西南暖湿气流中。当河套地区有短波槽东移时,引导 700 或 850 hPa 西南低涡沿江淮流域静止锋移出,带来长江中下游地区持续暴雨天气。图 7 为成熟阶段的梅雨锋切变型短时暴雨概念模型。

从图 7 中可见,方框 1、2、3、4 表示 4 个关键区,1 区为河套低槽云系,2 区为渤海低槽云系,3 区为东西

向梅雨锋云系,4 区为孟加拉湾云涌和副高外围对流云泡,点画线为 700 hPa 假相当位温 73℃特征线;梅雨锋云系为 2 区低槽云系向西伸出的尾部,2 种云系结合形成一条云带。随着 1 区低槽云系逼近,500 hPa 槽前正涡度叠加在低层切变线上,使得低层切变线进一步加强,导致梅雨锋云带稳定维持。

### 3.5.2 型红外云图演变特征

以 2003 年 6 月 23—26 日梅雨锋暴雨过程为例,分析 型红外云图演变特征(图 8)。

从 6 月 23 日 08 时对流层中低层天气图上可见(图略),西太平洋副热带高压控制我国华南地区,东亚中高纬地区为两槽一脊型,乌拉尔山和我国东北各有一低槽;850 hPa 切变线位于湖北省南部。在卫星云图

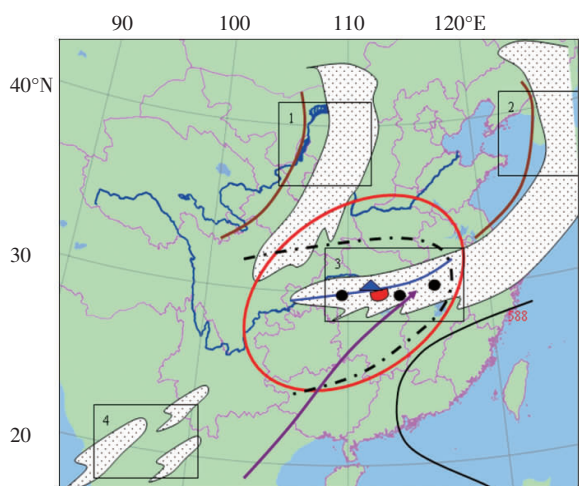


图 7 成熟阶段的湖北梅雨锋切变型短时暴雨概念模型  
 方框 1、2、3、4 为关键区；棕色实线为 500 hPa 槽线；  
 实箭头为低空急流；点画线为 700 hPa  
 假相当位温 73 °C 线；实心黑圆圈为为中尺度系统；  
 闭合红色线区为地面暖低压；阴影区为云带位置

均匀；东北低槽云系 B 从华东一直延伸到日本海附近，后边界清晰，呈气旋性弯曲，湖北省上空为准东西向切变云系，并与低槽云系 B 相连；此时，从孟加拉湾有大量水汽往东北方向输送，在云图上表现为孟加拉湾有向东北方向发展的云羽，其前部与切变云系西端结合，梅雨锋云带形成。25 日 08 时(图 8b)，长江流域云系维持且呈准东西向。乌拉尔山低槽移至河套地区，低槽云系 A 呈南北带状。随着乌拉尔山低槽进一步东移，槽前正涡度平流叠加在低层切变线上，使得低层切变线增强，梅雨锋云系达到鼎盛阶段。26 日 08 时(图 8c)，西太平洋副热带高压东退入海，低槽云系 B 逐渐移到 140°E 以东，云系 B 和梅雨锋云系 C 断裂，且梅雨锋云系 C 由原来的准东西向逐渐变为西南—东北向，随后低槽云系 A 南端并入梅雨锋云系，预示着梅雨锋云系将进入消亡阶段。随着低槽云系 A 进一步东移，850 hPa 切变线南压，带状云系随之东移南压，湖北省降水过程结束。

上(图 8a)，乌拉尔山有低槽云系 A 发展，其边界纹理不

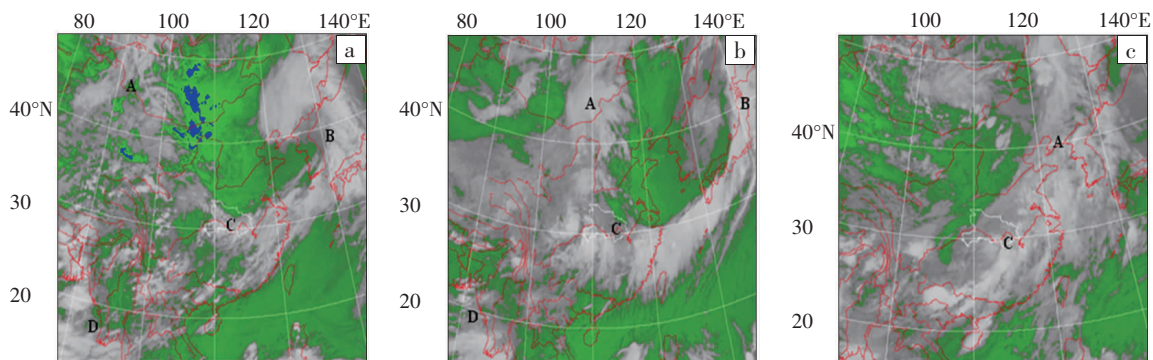


图 8 2003 年 6 月 23 日 08 时(a)、25 日 08 时(b)、26 日 08 时(c) GMS 卫星红外云图

### 3.5 台风西移型( 型)

#### 3.5.1 型天气形势及模型

该型有 5 例，占个例总数的 8.6%，为最少。此型暴雨主要出现在 8 月份，西太平洋副热带高压控制华北、华东大部分地区，588 dagpm 线一般西伸至 110°E。台风在广东北部到浙江南部一带登陆后在西太平洋副热带高压南侧偏东气流的引导下往西偏北方向移动，当台风低压中心到达江西和湖南境内时，湖北省内降水达到最强，大部地区出现暴雨天气，特别是在鄂西山区。图 9 为成熟阶段的台风西移型短时暴雨概念模型。

从图 9 中可见，方框 1、2 表示 2 个关键区，1 区为低槽云系，2 区为台风涡旋云系，点画线所围成的区域为 700 hPa 假相当位温  $\geq 74$  °C 区，高温高湿能量区与台风涡旋几乎重合。湖北省内暴雨云团位于台风外围东南风和东北风形成的东风波倒槽辐合区内，1 区低槽云系在东移过程中受西太平洋副热带高压阻挡而移速减慢，500 hPa 槽后偏北气流引导高空弱冷平流

南下影响鄂西北山区，对流云团得以发展，表现为暴雨云团持续时间长且降水效率高，容易出现地质灾害。

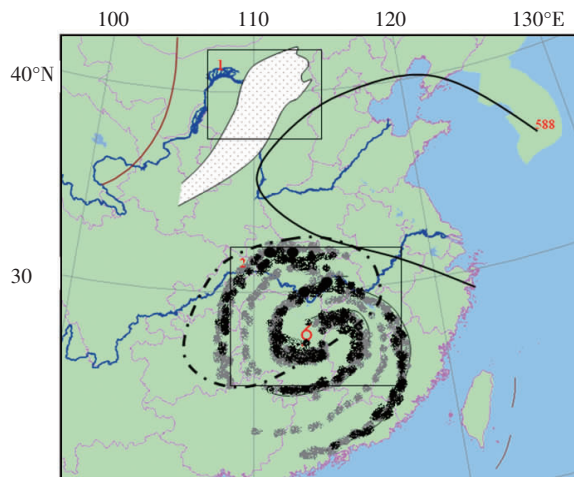


图 9 成熟阶段的湖北台风西移型短时暴雨概念模型  
 方框 1、2 为关键区；棕色实线为 500 hPa 槽；  
 黑色实线为 588 dagpm 特征线；  
 点画线为 700 hPa 假相当位温 74 °C 线；  
 实心线黑圆圈为中尺度系统；阴影区为云带位置

### 3.6.2 型红外云图演变特征

以 2005 年 8 月 14—15 日珊瑚台风登陆西行带

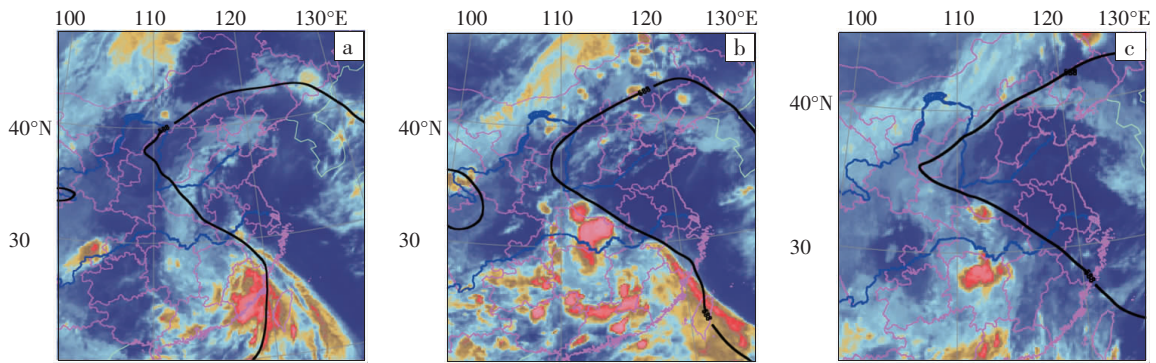


图 10 2005 年 8 月 14 日 08 时(a)、20 时(b)与 15 日 08 时(c) FY-2C 卫星红外云图(黑色实线为 588 dagpm 特征线)

13 日 12 时(图略),珊瑚台风在广东汕头登陆,台风低压东侧外围云系活跃,沿海地区上空有明显入流螺旋云带。台风低压左侧云顶较低,呈灰白色。总体上看,台风云系为较完整的涡旋结构,但云带分布不对称。台风登陆后在西太平洋副热带高压南侧东南气流引导下往西偏北方向移动。14 日 08 时(图略),登陆台风低压中心到达江西西部,主要强降水区位于其右后方,湖北省处登陆台风低压左前方。在红外云图上(图 10a)湖北省中东部表现为大片灰白云区,其云顶亮温 $\geq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。14 日 12 时(图略),湖北省上空灰白云区中开始出现密实、白亮云团,且逐渐增大,16 时出现云顶亮温低于 $-88\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的椭圆形暴雨对流云团,在登陆台风低压外围东南风引导下往西北方向移动。从 14 日 08—20 时,江汉平原、鄂东北、鄂西北出现了短时暴雨。14 日 20 时(图 10b),登陆台风低压中心到达湖南中部,暴雨云团在登陆台风低压外围东南气流引导下继续缓慢往西偏北方向移动。此时 500 hPa 低槽到达河套地区(图 9 关键区 1),受西太平洋副热带高压阻挡,低槽云系缓慢东移。登陆台风低压外围东风气流在鄂西山区强迫抬升,对降水有增幅作用,且 500 hPa 河套低槽引导高空冷平流南下,导致台风低压外围西移暴雨云团在鄂西维持 12 h 左右。15 日 08 时(图 10c),登陆台风低压进一步西移和西太平洋副热带高压西进,使低槽减弱北收,随着登陆台风低压减弱,涡旋结构不再明显,并逐渐减弱消失。

## 4 结论与讨论

(1)在上述 5 种湖北省卫星云图短时暴雨概念模型中,500 hPa 低槽云系起关键作用,可影响到切变云系的强度,从而影响暴雨云团持续时间和发展变化。

(2)地面气压场性质对春季暖倒槽型、冷切变南压型分类起主要作用;西太平洋副热带高压强度和位置

来的一次大范围暴雨天气过程为例,分析型红外云图演变特征(图 10)。

对梅雨锋切变型、低涡冷槽东移型和台风西移型影响较大,决定了暴雨云带的位置、强度和水汽输送。

(3)湖北省短时暴雨云团主要发生在切变云带内。春季暖倒槽型和低涡冷槽东移型中,切变云带呈东北—西南向,暴雨云团沿东北—西南向发展;冷切变南压型和梅雨锋切变型中,切变云带呈准东西向,暴雨云团沿准东西向发展。

本文从大尺度背景场出发研究短时暴雨过程,其模型建立在大尺度云带上,对小尺度暴雨云团发展变化分析未涉及。此外,文中概括的模型主要基于对暴雨云团主观分析,这在一定程度上限制了云图概念模型的应用。如何实现该模型的计算机自动识别,逐步实现客观化、定量化,使之在实际业务中运行,为湖北省短时暴雨预报提供客观预报产品,还有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 王登炎,黄小吉,邓秋华.长江中游暴雨卫星云图模型[J].湖北气象,1997(2):23-25.
- [2] 王登炎.暴雨分级卫星云图模型和模式识别[J].热带气象学报,2001,17(3):242-250.
- [3] 王登炎,周小兰,马文炎.湖北省特大暴雨形成的物理图像和机理[J].暴雨灾害,2008,27(4):295-300.
- [4] 邓秋华,张敬业.区域灾害性暴雨临近预报的云团概念模型[J].南京气象学院学报,1990,13(4):561-567.
- [5] 徐双柱,吴翠红.武汉市城区暴雨的卫星云图和雷达回波研究及其概念模型[J].华中师范大学学报,1998,32(2):229-234.
- [6] 李世刚,梁涛,彭盼盼,等.“07.5”湖北大暴雨的中尺度及降水成因分析[J].暴雨灾害,2007,26(3):230-235.
- [7] 方宗义,项续康,方翔,等.2003 年 7 月 3 日梅雨锋切变线上的 $\beta$ -中尺度暴雨云团分析[J].应用气象学报,2005,16(5):569-575.
- [8] 覃丹宇,方宗义,江吉喜.典型梅雨暴雨系统的云系及其相互作用[J].大气科学,2006,30(4):578-586.
- [9] 覃丹宇,方宗义,江吉喜.2002 年 7 月 20—25 日揭示的热带水汽羽和暴雨的关系[J].气象学报,2005,63(4):493-503.

(下转第 37 页)

- 报试验[J].气象学报,2003,61(4):432-446.
- [12] 王晨稀,姚建群,梁旭东.上海区域降水集合预报系统的建立与运行结果的检验[J].应用气象学报,2007,18(2):173-180.
- [13] 宇如聪,薛纪善,徐幼平.AREMS 中尺度暴雨数值预报模式系统[M].北京:气象出版社,2004:3-7.
- [14] 宇如聪,徐幼平.AREM 及其对 2003 年汛期降水的模拟.气象学报[J],2004,62(6):715-724.
- [15] 李俊,沈铁元,宋星原,等.AREM 中尺度暴雨模式降水预报试验[J].武汉大学学报(工学版),2007,40(1):13-17.
- [16] Zoltan T, Kalnay E. Ensemble forecasting at NMC: the generation of perturbations [J]. Bul Amer Meteor Soc, 1993, 74:2317-2330.
- [17] Zoltan T, Kalnay E. Ensemble Forecasting at NCEP and the Breeding Method [J]. Mon Wea Rev, 1997, 125: 3297-3319.
- [18] 李俊,杜钧,王明欢,等.中尺度暴雨集合预报系统研发中的初值扰动试验.高原气象,2009,28(6):1365-1375.
- [19] Du Jun, Tracton S M. Impact of lateral boundary conditions on regional model ensemble prediction [A]// Ritchie H. Research Activities in Atmospheric and Ocean Modeling [R]. 1999, Report 28, CAS/JSC working group numerical experimentation (WGNE), WMO/TD-No 942: 6.7-6.8.

## Precipitation Verifications to an Ensemble Prediction System Based on AREM

LI Jun, WANG Ming-huan, GONG Ying, LI Can, LI Wu-jie

(Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074)

**Abstract:** Based on a regional model AREM (Advanced Regional Eta Model) and its initial conditions and lateral boundary conditions, a Short-Range Ensemble Forecast system which has 11 members in 37km horizontal resolution over China is structured by using BGM scheme. The system was run daily in a quasi operation and evaluated for two months during flood season in 2009. The results show that ensemble forecasts have an advantage over the single deterministic forecasts with additional forecast information. As for the  $T_s$  score the ensemble average forecast can improve forecast accuracy of precipitation with a lower rainfall grade. It shows that probability forecast seems to be better than ensemble average forecast and control forecast. Furthermore, the decision-making forecast will be more scientific by analyzing various ensemble products comprehensively.

**Key words:** Short-range ensemble forecast; AREM model; Precipitation forecast; Result verification

(上接第 19 页)

## Study on the Conceptual Model of Satellite Images for Short-time Rainstorm in Hubei Province

WEI Hui-hong<sup>1</sup>, ZHAO Yu-chun<sup>2</sup>, LONG Li-min<sup>1</sup>, WANG Chong-zhou<sup>1</sup>

(1. Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074;

2. Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074)

**Abstract:** Focusing on the main regional rainstorms taking place from 2003 to 2008 in Hubei province, the data from the satellite images of FY-2C, GMS, GOES and the conventional observation data are used to analyze the evolvement characteristic of MCC leading to a rainstorm. The five types of the satellite image models in short-time forecasting are created on the basis of summarizing large-scale circulation and evolving characteristics of cloud clusters. The models include the vortex and cold trough moving eastwards model, the cold shear line moving southwards model, the spring warm reverted trough model, the Meiyu front shear model and the typhoon moving westwards model. The short-time rainstorms mainly happen in the shear cloud band. The shear cloud bands of the spring warm reverted trough model and the vortex and cold trough moving eastwards model represent the direction from northeast to southwest, and the rainstorm cloud clusters move from the northeast to the southwest. The shear cloud bands of the cold shear line moving southwards model and the Meiyu front shear model represent quasi east-west in direction, and the rainstorm cloud clusters move along a quasi east-west.

**Key words:** Rainstorm; Shear cloud band; Conception Model of satellite images; Short-time forecasting