

# 地形对低涡大暴雨影响的数值模拟试验<sup>①</sup>

崔春光 房春花 胡伯威 王 中

(武汉暴雨研究所, 武汉 430074)

(重庆市气象台)

## 提 要

用 MM5 模式对 1998 年 6 月 28~29 日长江三峡及其附近的低涡大暴雨过程作了初步的模拟研究。通过两种地形方案模拟的对比表明,四川盆地东侧山地对西南低涡的产生没有明显影响,但对这次低涡暴雨的强度及其分布有重要影响,主要表现在:涡前暖湿气流受大巴山-神农架山脉拦截形成迎风麓大暴雨带,鄂西南山区南坡也有迎风坡暴雨区,降水系统在东移过程中受盆地东侧整个山体阻滞迫使上游降水显著增强,下游降水明显减弱。

关键词: 低涡 大暴雨 数值模拟

## 引 言

1998 年 6 月 28~29 日,三峡江北及其上游,即大巴山-神农架南麓发生了一场大暴雨。降水持续了 24 小时以上,50mm 以上雨带位于整个大巴山-神农架山脉南麓,它的东段在三峡区江北,其中 28 日 08 时~29 日 08

时降水量(图 1)超过 100mm 的最强区在达县~巫山一带,即大巴山主体南麓,此外,在三峡以南的鄂西南山地南坡另有一片暴雨区。从这种分布形势来看,上述山地地形对三峡及其附近的这场大暴雨有重要影响。

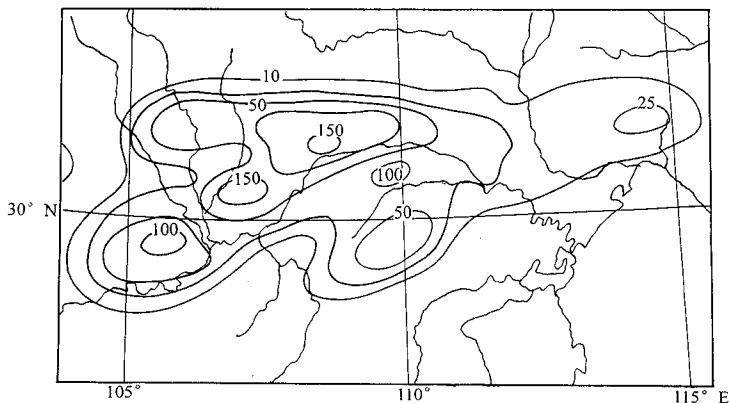


图 1 1998 年 6 月 28 日 08 时~29 日 08 时长江中上游地区实况降水量/mm

<sup>①</sup>中国气象局科技研究项目“三峡坝区降水及暴雨天气预报方法的开发研究”资助。

这是一次西南涡降水,青藏高原东侧地形与西南低涡的产生和发展有密切关系,国内外气象学家对此做过不少的观测、动力学理论和数值模拟研究,提出过各种不同的观点<sup>[1~9]</sup>,但是对四川盆地东侧长江三峡附近即川、陕、湘、鄂边境山区的地形对西南涡及其对三峡附近的暴雨有什么影响基本上没有人做过研究。我们用中尺度数值模拟对三峡附近一次大暴雨进行模拟试验,主要是通过模拟试验估计三峡附近地形对降水强度及其分布的影响,尚未深涉其机理。

### 1 环流背景和暴雨过程

暴雨期间 500hPa 上西太平洋副热带高压脊线在 25°N,西脊点伸至 105°E 附近。6 月 27 日 20 时(北京时,下同)500hPa 上青藏高原东部有一条 ENE~WSW 向的横切变(图略),28 日 08 时化为一个小槽移到四川盆地上空(图略)。此时低层夏季风暖湿气流从云贵高原经四川盆地直指大巴山脉(图略),在四川盆地已出现气旋性弯曲。28 日 20 时(图略)已有低涡形成(由于川西探空记录稀少,客观分析流线上没有显示出完整闭合环流)。

在低涡产生之前的 27 日夜间高原东麓的绵阳、成都、雅安一带以及盆地东南部的涪、沱、嘉陵三江下游先后开始降水。南片降

水持续 12 小时以上,其中不少站雨量超过 100mm。28 日白天强降水中心移到盆地东北缘大巴山南麓,低涡是在暴雨过程中发展起来的。大巴山南麓的暴雨区延伸到神农架南麓、巫峡北岸,到鄂西山地东部降水明显衰减。

### 2 数值模式和试验方案

应用 NCAR 的 MM5 非静力中尺度数值预报模式,模式大范围水平格距为 60km,73×76 个格点,嵌套内域以 31°N、108°E(即三峡入口万县附近)为中心,水平格距 20km,76×79 个格点。铅直方向 23 个非均匀  $\sigma$  层,外域和内域地形分辨率分别为 10' 和 5',地表物理参数 10'。模式物理过程配置为 Duhia 显式降水,Grell 积云参数化方案、Blackader 高分辨边界层方案、显式云-气-地辐射方案。

我们主要关注三峡附近地形对该地暴雨的影响,原用 5' 的模式地形格点数据明显削减了中尺度山脉脊顶的高度。为了更准确反映山脉对气流的屏障作用,在第一个地形方案(下称方案 A)中,将三峡两岸山地的模式地形高度加倍,使之接近于包络地形(图 2a)。此外作为对比方案(下称方案 B),将盆地东侧即三峡两岸地形基本削平(图 2b)。

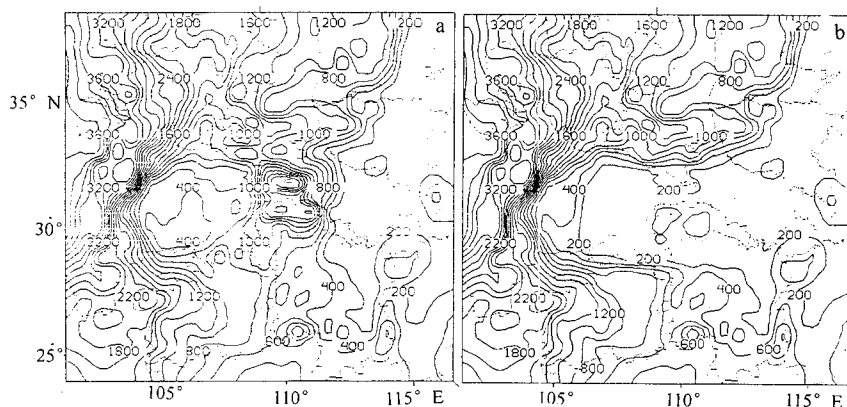


图 2 三峡两岸地形高度加倍后(a)和基本削平后(b)模式地形高度分布/m(间隔 200)

以27日20时为初始时刻,采用NCAR/TOGA $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 再将资料简单插值到大小网格点,积分36小时,对比两种地形方案下模式的降水过程和低层流场变化。

### 3 结果和分析

(1)在两个方案的模拟中,积分4小时以后低层南风气流逐渐出现明显的气旋性弯曲。28日08时盆地北部为东南气流,28日16时高原东麓出现偏北气流构成闭合环流,28日20时,两个模拟中都形成了明显的低涡(图3),流场过程基本一致,说明西南涡的产生与盆地东侧的地形没有重要关系。

(2)当南风气流形成明显气旋性弯曲而盆地北部为东南风时,高原东麓开始降水,当东麓转北风时(28日16时),降水结束。两种方案对这片降水的模拟结果完全一致,降水范围与实况大体一致,但都报得偏大,最大预报降水量都达到100mm以上(图略)。但实际上降水记录最大的只有23mm,而且主要降水发生在28日08时以前。据我们的经验,高原东麓这个地带夏季常有对流性降水,PSU/NCAR中尺度模式(包括我们用以作过多年预报试验的MM4)一般都能报出,但降水量往往报得偏大,原因有待探究。

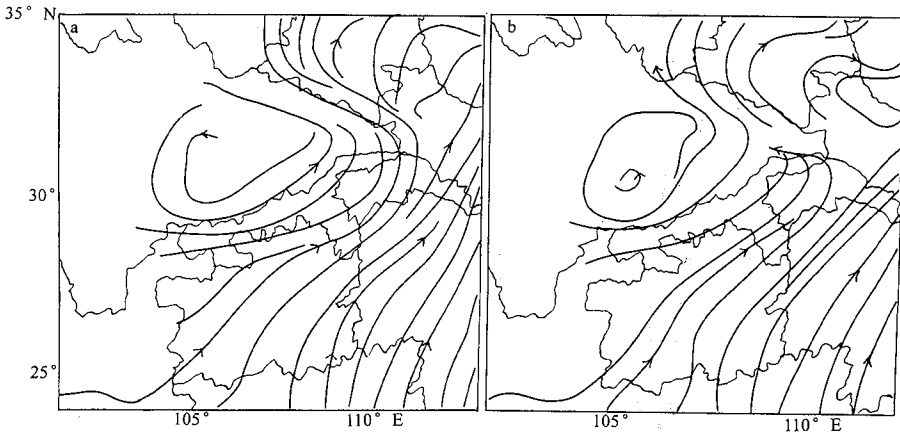


图3 方案A(a)和方案B(b)中模式预报28日20时2km海拔高度流场

(3)在方案A模拟中,28日10时盆地东部开始降水,下午16时结束,其中最大降水量 $\geq 50\text{mm}$ (图4a)。盆地降水基本上预报出来了,只是开始时间(图4)约比实际延迟了10个小时,降水量报得偏小,降水区位置偏于实际雨区东北。而在方案B模拟中,这里的降水报得更弱,在20mm以下(图4b)。

(4)在方案A模拟中,当28日16时盆地东部降水结束时,大巴山南麓即出现新的降水区。从预报24小时降水量图(图4a)上看到两片降水区是分开的。从新雨带的位置和走向以及跳跃式的转移看来,盆地东侧山脉阻挡对新雨区的发生有重要作用。在B方

案模拟中(4b)降水是连续朝EWE方向移动,累积雨量带是连续的。

(5)在方案A模拟中,36小时预报总降水量(图5a)与28日08时~29日08时降水量图(图1)酷似(实际上因为28日08时以前整个区域没有明显降水,所以两者基本上可对照)。最强降水量出现在大巴山南侧,中心位置和强度都模拟得非常准确。当降水系统翻越三峡两岸山区时,明显减弱。此外在鄂西南山区南坡(亦为低层暖湿气流迎风坡)有一个与实况一致的强降水中心。而在方案B模拟中(图5b)降水系统连续顺畅地向EWE方向移动,形成一条整体平直的雨带。最强降

水中心报在实际上无明显降水的神农架以 北,鄂西南山区南坡的降水没有模拟出来。

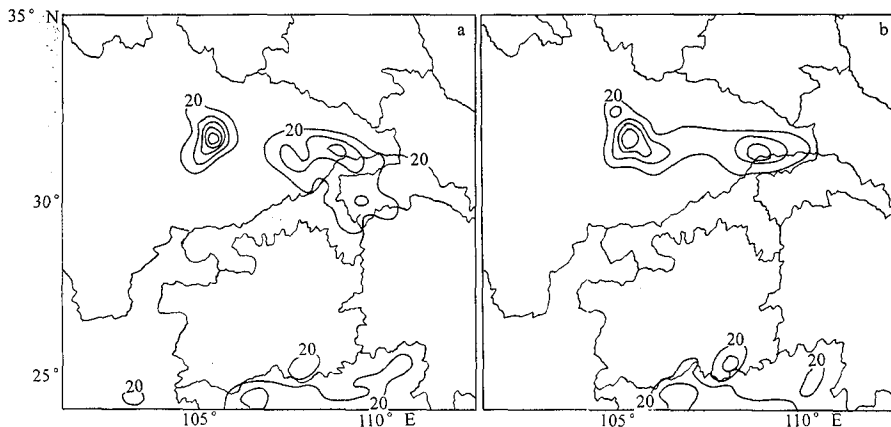


图4 方案A(a)和方案B(b)中模式预报27日20时~28日20时降水量分布/mm(间隔20)

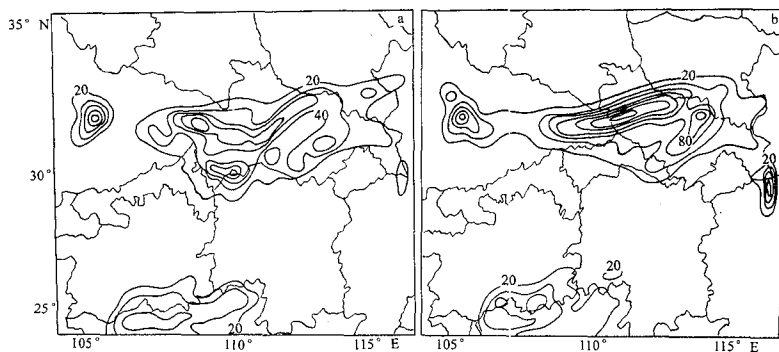


图5 方案A(a)和方案B(b)中模式预报36小时降水量

图例同图4

#### 4 结 语

用MM5模拟了1998年6月28日~29日长江三峡及其上游的大暴雨过程,比较了两种模式地形的结果。模式中盆地东侧山地是否存在对西南低涡的产生没有重要影响,但对低涡暴雨的强度分布有重大影响。在模式地形接近实际的情况下,虽然对四川盆地内的降水模拟得偏迟偏弱,但三峡及其附近

明显受地形影响的降水强度及其分布模拟得极为成功。而模式中抹去盆地东侧的山地后,模拟雨区大大偏离实际。地形的作用突出表现在:涡前暖湿气流受大巴山-神农架阻挡产生山脉迎风麓大暴雨带;鄂西南山区南坡爬升造成暴雨;降水系统受盆地东侧整个山地阻滞而在上游增强,下游减弱。具体作用机理有待探讨。

参考文献

- 1 卢敬华. 西南低涡概论. 北京: 气象出版社, 1986.
- 2 胡伯威, 王灵艳. 梅雨锋上中间尺度扰动的发生. 长江流域暴雨文集. 北京: 气象出版社, 1982, 1~11.
- 3 Chen S. J., L. Dell Osso, Numerical prediction on the heavy rain vortex over the eastern Asia monsoon region. *J. Meteor. Soc. Japan.* 1984, 62, 730~747.
- 4 Kuo Y. H., Chen L. S and Bao J. W. Numerical simulation of the Sichun flood. *Mon. Wea. Rev.* 1988, 116, 2481~2504.
- 5 万军, 卢敬华. 论西南低涡初期发展的一种机制, 成都: 成都气象学院学报, 1986, 1: 25~33.
- 6 黄福均, 肖洪郁. 西南涡暴雨的中尺度特征. *气象*, 1989, 15(8): 3~9.
- 7 濮梅娟, 刘富明, 沈如金. 一次夏季西南低涡形成机理的数值试验. *高原气象*, 1989, 8: 321~330.
- 8 李国平, 万军, 卢敬华. 暖性西南低涡生成的一种可能机制. *应用气象学报*, 1991, 2: 91~99.
- 9 郑庆林, 王必正, 宋青丽. 青藏高原背风坡地形对西南低涡过程影响的数值试验. *高原气象*, 1997, 16: 225~234.

## Numerical Simulation of the Topographic Effects on Torrential Rain with South west China Vortex

Cui Chunguang Fang Chunhua Hu Bowei

(Wuhan Heavy Rain Institute, Hubei Province 430074)

Wang Zhong

(Chongqing Meteorological Observatory, 400039)

### Abstract

The torrential rain brought about by a South west China vortex in Changjiang Gorges and its vicinity in 28—29, June 1998 was simulated using MM5. Comparing the two simulations with different model topography schemes, it is indicated that the mountains in east Sichuan Basin has no significant effects on the genesis of South west China vortex, but has important influence on the intensity and the feature of distribution of the heavy rain events. Mainly, the warm and wet flow was blocked by Daba-Shenonggia mountain range and resulted in a torrential rain bend to the windward foot of the mountain range, which was also a heavy rain region at the windward slope of the southwest Hubei mountainous district, and the east moving precipitation system was detained by the mountains in east of the basin, as the sequence, the precipitation strengthened upstream and weakened downstream.

**Key Words:** vortex torrential rain numerical simulation