

# MM5 对南海一次特大暴雨过程的模拟

李天富

(海南省气象局,海口 570203)

## 提 要

利用 MM5 数值模式模拟了 2000 年 10 月发生在海南岛的特大暴雨天气过程。结果指出,这次特大暴雨发生在南海低压和大陆冷空气的交汇区上,交汇区的东西长度约为 800km。冷暖空气的交汇产生了持续的上升运动,交汇区内产生了大范围的特大暴雨,海南岛的陆地降水仅仅是其中的一部分。交汇区具有弱冷锋的热力结构。

**关键词:** 数值模拟 特大暴雨 南海低压

## 引 言

对于发生在陆地上的天气过程,一般可根据陆地观测站的观测资料对系统的结构、强度等性质进行研究,分析其发生、发展的过程和物理机制。而对于发生在海上的天气过程由于无观测资料可供利用,分析研究工作要困难得多。利用数值模拟的方法来研究海上天气系统的发生和发展一直是一种行之有效的办法<sup>[1]</sup>。目前国内使用较为普遍的数值模式为 MM5,但多用于陆地天气系统的模拟和预报<sup>[2,3]</sup>,用于海上的较为少见。

2000 年 10 月 11~17 日海南岛出现了一次特大暴雨天气过程,11 日 08 时~17 日 08 时共有 9 个市县过程总雨量超过 500mm,其中琼海、定安均超过 700mm,屯昌高达 893.1mm。此次过程降雨持续时间长、强度大为历史罕见。共有 6 个市县连续 3 日日降雨量超过 100mm,其中屯昌 13 日 08 时~14 日 08 时日降雨量高达 443mm。暴雨引发水库溢洪,江河水位暴涨,南渡江下游、龙洲河出现特大洪水,龙塘站达到百年一遇大洪水,万泉河下游出现近十年来最大洪水。15 个市县、230 个乡镇、296.5 万人受灾,直接经济

损失达 40 亿元人民币。

海南岛面积较小,东西及南北直线距离约为 200km,岛内仅有两个高空观测站分别位于岛南端(三亚)和岛北端(海口),周边海域无观测资料,给这次过程的天气分析造成了巨大困难。数值预报产品由于其网格距较大(如 T106 网格距约为 120km)以及在热带地区的可用性较低,并不足以揭示天气过程的细节。为了仔细研究这次过程发生发展的物理机制,我们使用 MM5 中尺度数值模式模拟了这次过程,结果较好地揭示了其发生发展的物理过程。

## 1 MM5 参数选择及初始资料

### 1.1 网格

模拟使用三重套网格方式进行,网格结构如图 1 所示,由外向内的三个方框依次为第一重、第二重、第三重。第一重网格 X 方向(东西向)格点数为 121, Y 方向为 64, 格距为 81km。第一重网格主要为第二重网格提供较大的环流背景和边界条件。第二重、第三重网格中心点位于 20°N、110°E, X 方向(东西向)格点数为 121, Y 方向为 91。第二重网格距为 27km, 第三重为 9km。第二重网

格主要是在满足 MM5 套网格格距要求的基础上希望其能够较为细致地描述长江以南和南海的天气系统,同时兼顾海南岛的降水预报。第三重网格主要用于模拟降水系统的细微结构和海南岛的降水。

垂直方向取为 29 层,模式顶层气压为 10hPa。第一重网格时间积分步长 180s,第二重网格为 60s,第三重网格为 20s。连续积分时间为 24h。模拟的时段为 12 日 08 时~16 日 08 时。

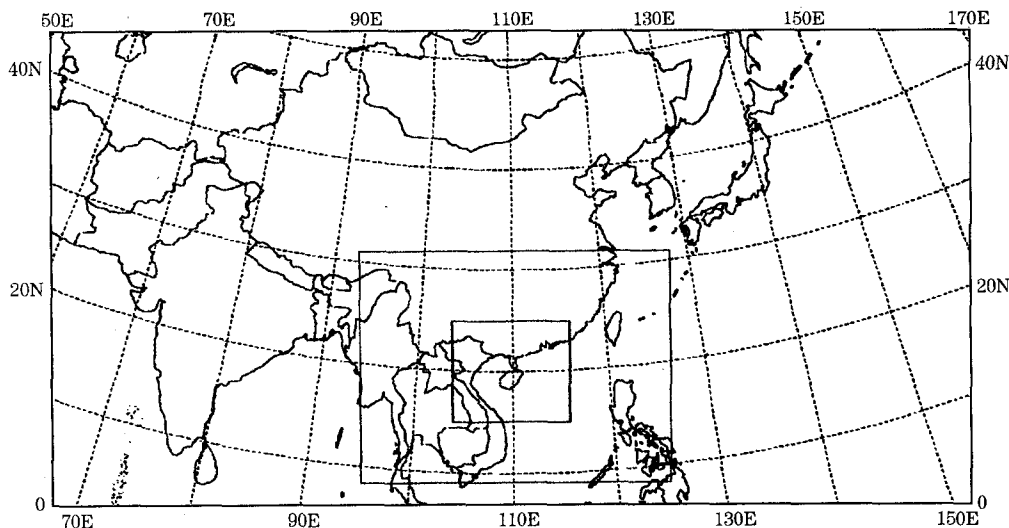


图 1 数值模拟积分网格区域

## 1.2 物理过程及边界层

第一重网格选取 Reisner I 混合相显湿方案, Betts-Miller 积云对流参数化方案, MRF 边界层方案。第二重网格选取 Reisner I 混合相显湿方案, Grell 积云对流参数化方案, Eta 边界层方案。第三重网格选取 Reisner I 混合相显湿方案, Eta 边界层方案。

## 1.3 初始资料

初始资料使用 ECMWF TOGA 全球等压面分析资料作为第一猜测场,观测资料使用 NCAR 资料。

## 2 形势背景

图 2 给出了 2000 年 10 月 12 日 08 时第二重网格的初始海平面气压场。南海中部有一热带低压在活动,其中心位于 14.5°N、113.5°E。该热带低压形成于 10 月 7 日 14 时,其中心一直在 14°N 以南活动,11 日 08 时后开始向北移动,13 日 08 时最北达到 17.5°N,其后逐渐南退,于 16 日 08 时消失。

在暴雨发生的时段内热带低压中心以东的南海洋面盛行偏南气流。40°N 以北有冷高压在逐步向东南方向移动,冷高压底部的冷锋逐渐压向华南沿海地区,在特大暴雨发生的时段内,华南沿海地区盛行东北风。

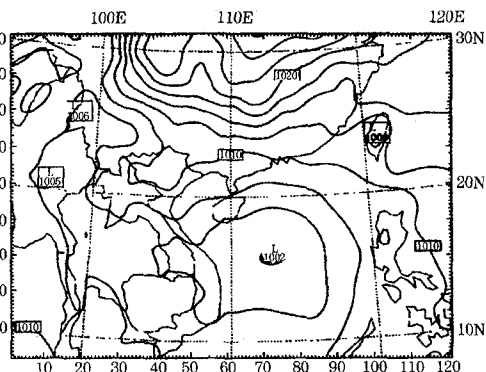


图 2 2000 年 10 月 12 日 08 时海平面气压场

## 3 中- $\alpha$ 尺度天气系统

### 3.1 概述

根据第二重网格的数值模拟结果,造成

海南岛特大暴雨的主要天气系统是冷暖空气在南海北部海面形成的中- $\alpha$  尺度气流交汇区。从10月11日开始,随着南海低压的北移,在海南岛及其以东洋面上逐步形成了一条明显的气流交汇区。

图3给出了2000年10月12日20时1.5km高度的模拟流场分布。图中的AB线即为气流交汇区,东西跨度约为800km。交汇区以南为暖湿的偏南和东南气流,交汇区以北为干冷的东北气流。交汇区上出现了大范围的特大暴雨天气(降雨量图略),海南岛内的陆地特大暴雨仅仅是其中的一部分。此交汇区在此海域内一直维持到15日(其它时次图略),共存在了近90个小时。在此时段内其东端曾逐渐缓慢向北推进,最北接近广东珠江口以东近海,而后南移。

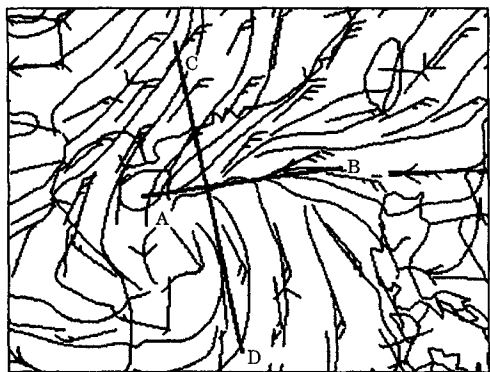


图3 2000年10月12日20时1.5km高度的模拟流场分布

AB线为气流交汇区,CD线为剖面位置

### 3.2 空间结构

图4为沿图3中CD线的模拟剖面流线图,图中下方中部的X点为剖面与气流交汇区AB线的交点。偏南气流与偏北气流在交汇区相遇,产生了强烈的辐合上升运动(上升运动图略),在此基础上产生了特大暴雨天气过程。辐合上升区为一深厚系统,其最大高度接近于25km。上升区轴线在15km以下一般接近于垂直或略向北倾斜,15km以上多向北倾斜(其它时次图略)。



图4 沿图3中CD线的模拟剖面流线图

### 3.3 热力结构

图5为沿图3中CD线的模拟相当位温 $\theta_e$ 剖面图,图中下方中部的X点为剖面与气流交汇区AB线的交点。交汇区以北相当位温随高度递增,为稳定层结,且对流层中存在 $\theta_e$ 等值线的密集区,显示了与干冷空气相配合的弱冷锋的存在。动画显示(图略)可看出在特大暴雨发生期中,伴随着偏北和东北气流不断有小股冷空气向南释放。交汇区以南20km以下相当位温随高度递减,为不稳定层结。交汇点以南附近地区存在一个明显的暖湿舌由海平面向上延伸到18km附近,与交汇区以南的暖湿上升气流相对应。

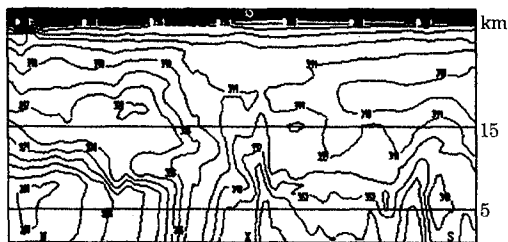


图5 沿图3中CD线的模拟相当位温 $\theta_e$ 剖面图

### 4 中- $\beta$ 尺度系统

上述中- $\alpha$  尺度气流交汇区为特大暴雨的发生提供了一个较大的环流背景,仔细分析三重网格的模拟结果(图略),我们发现暴雨的产生是以众多的中- $\beta$  尺度系统的活动为代表的。在气流交汇区以南的暖湿气流中不断有中- $\beta$  尺度系统生成,并随着偏南和东南气流向偏北和西北方向移动,在气流辐合区内随着偏东气流向西移动,在移动过程

中不断发展、加强和消亡,并伴有降水出现,正是众多中- $\beta$  尺度系统的降水累积形成了特大暴雨。中- $\alpha$  尺度气流交汇区上由于众多的中- $\beta$  尺度系统中不断有新的系统形成、发展和加强以及旧系统的消亡呈现出一种此起彼伏、汹涌澎湃的状况。

从模拟结果的彩色立体云相图(图略)上可以看出,这些处于不同发展阶段的中- $\beta$  尺度系统由于发展的高度不同而云相具有不同的相态,处于发展旺盛阶段的云一般高层为冰相,中层为雪相,低层为水相。每个不同的中- $\beta$  尺度系统都与一个上升运动区相对应。

### 5 降水量的模拟结果

海南岛内的陆地特大暴雨是这次天气过程的主要特征,数值模拟能否对海南岛内的陆地降水给出一个较好的结果是检验模拟成功与否的重要依据。为此,我们根据现行《重要天气预报质量评定办法》对岛内 18 个市县地面观测站的降水进行了正确率 TS 定性评定。表 1 给出了每日第二重网格和第三重网格的正确、空报、漏报站数统计。从总体上看,数值模拟预报结果的正确率接近或略高于预报员的主观预报。第三重网格的结果好于第二重网格,这可能与第三重网格的网格较细密有关。从时间演变角度看正确率似乎持续下降,这可能与数值模拟的积分性质有关,由于这次过程为一连续性降水过程,而数

表 1 第二、三重网格数值模拟降水量定性评定结果

时段/日.时	第二重网格				第三重网格			
	正确站数	空报站数	漏报站数	正确率/%	正确站数	空报站数	漏报站数	正确率/%
12.08~13.08	15	3	0	83.3	16	1	1	88.9
13.08~14.08	12	2	4	66.7	15	2	1	83.3
14.08~15.08	10	0	8	55.6	14	0	4	77.8
15.08~16.08	12	3	3	66.7	12	2	4	66.7
平均				68.1				79.2

值模拟 24 小时积分中的前几个小时主要用于形成和产生降水的中小尺度系统,因而影响了总的降水量,漏报次数多于空报次数这一事实也支持这一结论。

### 6 结论

根据以上分析可以给出以下结论:2000 年 10 月海南岛出现的特大暴雨发生在南海低压和大陆冷空气的交汇区上,交汇区的东西长度约为 800km。冷暖空气的交汇产生了持续的上升运动,交汇区内产生了大范围的特大暴雨,海南岛的陆地降水仅仅是其中的一部分。交汇区具有弱冷锋的热力结构。

### 参考文献

- 1 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展.大气科学,2001,25(3):420~432.
- 2 周小珊等.中尺度数值模式(MM5V3)在沈阳区域气象中心的试用.气象,2001,27(8):28~32.
- 3 杨育强等.区域数值天气实时预报系统的研制.气象,2002,28(3):24~27.

## Simulation of a Rainstorm in Hainan Island with MM5

Li Tianfu

(Hainan Meteorological Bureau, Haikou 570203)

### Abstract

A heavy rain event in Oct.2000 of Hainan Island is simulated with numerical model MM5. The result indicates that the event occurred at the stream convergence area of South China Sea depression and north cold air. The length of convergence area is about 800km from west to east. The convergence of warm and cold air produced the strong ascending motion, then derived the heavy rain in the large area. The precipitation in Hainan Island is a part of the event. Furthermore, the convergence area possesses the characteristics of the weak cold front.

**Key Words:** numerical simulation heavy rain South China Sea depression