

# GRAPES 模式对长江流域天气预报的检验分析

徐双柱<sup>1,2</sup> 张 兵<sup>1</sup> 谌 伟<sup>2</sup>

(1. 武汉暴雨研究所, 430074; 2. 武汉中心气象台)

**提 要:** GRAPES 是中国新一代数值天气预报模式。使用 GRAPES 中尺度模式产品和常规观测资料, 分析检验了 2005、2006 年汛期发生在长江流域的 11 次主要降水天气过程, 得到: GRAPES 模式对于长江流域的预报, 无论是降水、天气形势还是物理量都有比较强的预报能力; GRAPES 模式对级别较大的降水预报容易出现漏报, 而不易出现空报, 对于 10mm 以下的雨区预报比较准确, 而对于大于 50mm 的雨区预报, 尤其是大于 100mm 的降水中心存在较大的偏差; 对于西太平洋副热带高压的预报比实际情况偏南、偏东; 对于水汽通量散度的预报与实际情况比较吻合。

**关键词:** GRAPES 模式 长江流域 预报检验

## Forecasting Verification of GRAPES Model in the Reaches of Changjiang River

Xu Shuangzhu<sup>1,2</sup> Zhang Bing<sup>1</sup> Shen Wei<sup>2</sup>

(1. Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, 430074; 2. Wuhan Center Observatory)

**Abstract:** GRAPES (Global/Regional Assimilation and Prediction System) is a new general numerical weather model in China. using GRAPES products and conventional observation data 11 main precipitation courses that occurred in the reaches of the Changjiang River from 2005 to 2006 are checked, and the forecast evaluation of GRAPES model is given.

**Key Words:** GRAPES model reaches of the Changjiang River forecast verification

### 引 言

GRAPES<sup>[1-2]</sup> (Global/Regional Assimilation and Prediction System)——全球区域同化预报系统, 是中国气象局负责研究开发

的新一代数值天气预报系统。GRAPES 模式格点距离变化范围为 1~100km, 大气动力模式采用静力与非静力的选择开关, 可以同时静力与非静力方式试验和预报。GRAPES 模式采用半隐式半拉格朗日时空分离技术, 水平方向采用 C/网格设计, 垂直

方向采用 charney-phillips 跳层设计和高度地形追随坐标。GRAPES 模式从 2005 年汛期开始在中央气象台投入业务试运行,2006 年正式业务运行。该模式运行稳定,对于国家和省地各级预报员制作天气预报起到较好的指导作用。本文使用 GRAPES 中尺度模式产品和常规观测资料,对比分析检验了 2005、2006 年汛期 6—8 月发生在长江流域的 11 次主要降水天气过程,并对 2005 年 6 月 24—27 日发生在长江流域梅雨期首场大范围暴雨进行了剖析,得到 GRAPES 中尺度模式对于长江流域天气预报能力的初步评价,为该地区以后进行天气分析和预报以及对于该模式的进一步改进提供一些有意义的依据。

## 1 2005、2006 年汛期长江流域的主要降水天气过程

2005 年汛期长江流域暴雨频繁,尤其是 7、8 月份降水较常年明显偏多,登陆和深入内陆的台风也十分活跃。2006 年汛期长江流域降水分布不均,深入内陆的台风较常年明显偏多。长江流域在 2005、2006 年汛期(6—8 月)主要有 11 次明显的降水天气过程,其中 5 次为西风带低槽东移造成的长江流域大范围暴雨过程,5 次为台风低压深入内陆造成的暴雨过程,1 次为西太平洋副热带高压外围的西南气流造成的局地性强降水过程。

2005 年汛期出现的 7 次主要降水过程分别为:(1) 2005 年 6 月 24—27 日,长江流域受高空低槽和中低层切变共同影响,出现梅雨期首场大范围暴雨;(2) 2005 年 7 月 6—8 日,长江流域上游及其北部地区受西太平洋副热带高压外围的西南气流和中低层切变共同影响,出现了局地性的强降雨;(3) 2005 年 7 月 9—11 日,长江流域受高空低槽

和中低层切变共同影响,出现汛期第二场大范围暴雨;(4) 2005 年 7 月 20—22 日,长江中下游地区受 0505 号台风低压影响,出现了较大范围的暴雨;(5) 2005 年 8 月 2—3 日,长江流域受高空低槽和中低层切变共同影响,出现汛期第三场大范围暴雨;(6) 2005 年 8 月 14—16 日,长江中上游地区受 0510 号台风低压倒槽和西北低槽共同影响,出现了暴雨到大暴雨;(7) 2005 年 8 月 21—23 日,长江流域受高空低槽和中低层切变共同影响,出现汛期第四场大范围暴雨。

2006 年汛期出现的 4 次降水过程分别为:(1) 2006 年 7 月 6—9 日长江流域受高空低槽和中低层切变共同影响出现第一场大范围暴雨;(2) 2006 年 7 月 14—17 日受台风碧利斯影响,长江流域自东向西出现第二场大范围暴雨,湖南、江西部分地区还出现罕见的特大暴雨;(3) 2006 年 7 月 26—27 日受台风格美影响,长江中下游地区出现暴雨;(4) 2006 年 8 月 11—12 日受台风桑美影响,长江中下游地区出现暴雨局地大暴雨。

## 2 GRAPES 中尺度模式对于长江流域降水天气的预报检验

### 2.1 GRAPES 中尺模式降水预报检验方案设计

根据武汉区域气象中心计算机资源条件,设计了 GRAPES 模式的降水预报检验的方案。参加预报评分的区域范围为长江流域,其站点如图 1 所示。评分为 24 小时降水量评分,分为 6 个降水等级:大于 0.1、1、10、25、50、100mm。所检验的预报降水时段为 2 个:以 08 时为初始时刻模式预报的 0~24 小时和 24~48 小时降水量。检验采用站点对站点的方式,即将模式预报的格点降水量插值到各测站,与测站上的实况降水量进行比较。预报检验统计量为 TS 评分、漏报率、空

报率。公式详见文献[6]。

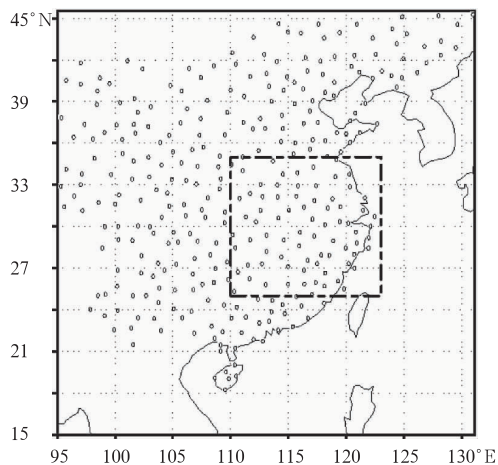


图 1 长江流域  $T_s$  评分站点  
(虚线方框内)分布示意图

## 2.2 GRAPES 模式对 2005 和 2006 年长江流域主要降水天气过程预报的检验

图 2 为 GRAPES 模式对 2005 和 2006 年长江流域主要降水天气过程即前述的 11 次暴雨过程预报的检验情况。由图 2a 的 0~24 小时预报(0.1、1、10、25、50、100mm)降水检验结果可见:

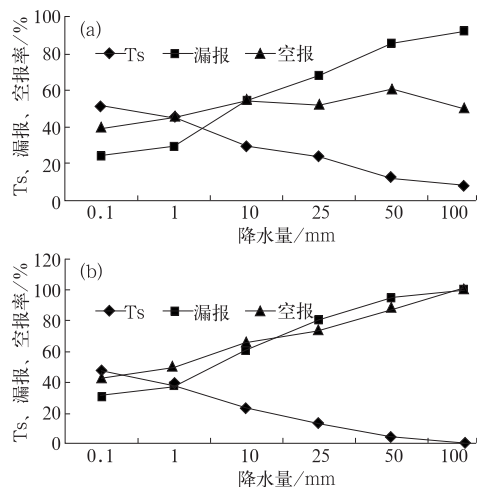


图 2 GRAPES 模式对长江流域 11 次主要天气过程降水预报 24(a)、48(b)小时评分

(1) GRAPES 对晴雨预报( $R \geq 0.1\text{mm}$ )评分最高,随着降水量的增加, $T_s$  评分逐渐降低。

(2) 从空报漏报率来看,大雨以下降水的空报率大于漏报率,漏报率随着降水量的增加而增加,空报率在中雨及中雨以上量级基本相当,在 0.67 左右。随着降水量的增加,漏报率与空报率的差别越来越显著,说明 GRAPES 模式对级别越大的降水的 0~24 小时预报容易漏报,而不易空报。

图 2b 为 24~48 小时降水预报的检验结果,情况与 0~24 小时预报类似。

对于 11 次主要降水过程仔细分析(图略)后发现:(1) 模式对于 5 次西风带低槽东移造成的长江流域大范围的暴雨过程,预报的强降水中心位置比实际情况偏南或者偏东 50~100km,对于四川盆地的暴雨存在明显的偏差;(2) 模式对于 5 次台风低压深入内陆造成的暴雨过程在长江流域的安徽、江苏、湖北的降雨与实况比较一致;(3) 模式对于西太平洋副热带高压外围的西南气流造成的局地性强降水过程的降水中心有明显的偏离,中心强度也比实际明显偏小;(4) 模式对于 10mm 以下的雨区预报比较准确,而对于 100mm 以上的雨区预报在中心位置上存在较大的偏差。

## 3 GRAPES 模式检验实例分析

2005 年 6 月 24—27 日,长江流域受高空低槽和中低层切变共同影响,出现梅雨期首场大范围暴雨。整个过程自西向东经历了完整的演变过程:24 日在长江上游的四川、重庆出现了暴雨到大暴雨,25—26 日在长江中游的湖北、河南、安徽出现了暴雨到大暴雨,26—27 日在长江下游江西、安徽、江苏、上海出现了暴雨到大暴雨,安徽的贵池 27 日降水 218mm。根据 GRAPES 模式输出的 24、48 小时的预报产品,包括降水、天气形

势、物理量等,与 NCEP 分析场进行比较分析,得到 GRAPES 模式对于长江流域暴雨天气预报的初步评价。

### 3.1 天气形势场检验

2005 年 6 月 25 日 08 时亚洲大陆  $40^{\circ}\text{N}$  以北为稳定的两槽一脊的环流形势, $40^{\circ}\text{N}$  以南我国大陆呈经向环流, $100\sim 120^{\circ}\text{E}$  为一宽广河套低槽。随着前期影响华南沿海的强降水锋区的消失,副热带高压与东移入海的华北高压合并加强,主体位于日本南部洋面上  $140^{\circ}\text{E}$  附近,其外围偏南气流控制我国东部沿海地区。25—27 日,西太平洋副热带高压与伊朗高压形成对峙,河套低槽东移速度减缓并停滞在长江流域。由于河套低槽东移速度缓慢,造成中低层切变的稳定维持,形成了这次暴雨过程稳定的大尺度天气系统。天气形势场的实况与 GRAPES 模式的 24 小时预报对比发现,GRAPES 模式对于造成此次暴雨过程的天气系统做出了较准确的预报,但是对于西太平洋副热带高压的预报比实际情况偏南、偏东,从图 3 可以看出 GRAPES 模

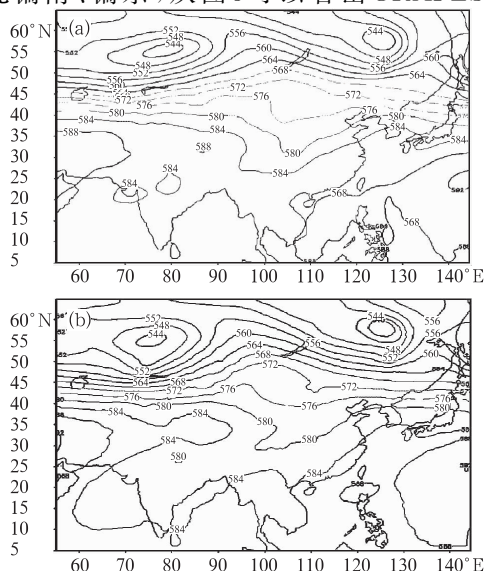


图 3 2005 年 6 月 25 日 08 时 500hPa 高度场实况(NCEP)(a)与 GRAPES 24 小时模式预报(b)

式对 584dgpm 线预报在长江流域比实际偏南了 200 多公里。而 GRAPES 模式的 48 小时预报对暴雨天气系统存在较大的偏差,对于西太平洋副热带高压的预报与 24 小时预报相类似,在青藏高原上的低值系统比实际情况低,如 2005 年 6 月 25 日 08 时多报出一个 580dgpm 的低涡(图略)。

### 3.2 降水场预报检验

实况表明,24 日 08 时至 25 日 08 时在长江上游的四川、重庆出现了暴雨到大暴雨。GRAPES 模式 24 日 08 时利用 23 日 20 时的初始场做出了较为准确的预报,但是预报的降水中心比实际情况偏东了近 100km,降水量也偏小了几十毫米(图略)。25—26 日在长江中游的湖北、河南、安徽出现了暴雨到大暴雨。湖北省共存在三个强降水中心:一个位于鄂西北十堰、丹江口附近;一个位于江汉平原东部至鄂东北西部,24 小时降水普遍为暴雨到大暴雨;另外一个位于鄂东南至鄂东北南部,24 小时降水强度达到暴雨到大暴雨。

降水实况与 GRAPES 模式的 24 小时降水预报对比发现,GRAPES 模式对于降水的区域、强度都做出了较正确的预报,整体上看,长江流域的雨带分布与实际情况相符合,但是总体强度预报偏弱,对于  $R\geq 100\text{mm}$  的降水中心没有预报出来(图 4)。GRAPES 模式的 48 小时降水预报对于  $R\geq 50\text{mm}$  的范围较实际情况小, $R\geq 100\text{mm}$  的降水中心与实际情况偏离较大(图略)。总之,GRAPES 模式的 24 小时降水预报比 48 小时降水预报效果好。

### 3.3 物理量场检验

#### (1) 比湿

在暴雨发生期间,有一条从南海延伸至湖南和湖北的强水汽输送带,在水汽输送带

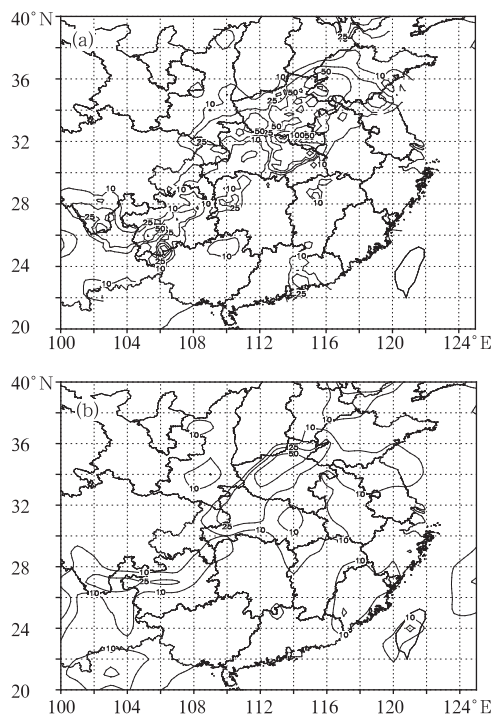


图 4 2005 年 6 月 25 日 08 时至 26 日 08 时降水实况(a)与 GRAPES 模式 24 小时预报(b)

上一个最强中心位于鄂东北,即暴雨区上风方。850hPa 比湿中心达到  $1.9 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

比湿的实况与 GRAPES 模式 24 小时的预报对比发现,GRAPES 模式预报出从广西、湖南、湖北的一条水汽通道,但是水汽通道较实际宽,比湿强度偏小,比湿中心偏北了 100km(图 5)。48 小时对于水汽通道的预报仍然较准确,但比湿中心位置的偏差与 24 小时相同。

## (2) 水汽通量散度

25 日 08 时,随着 500hPa 河套低槽的东移,中低层在川东、鄂西、河南有一条东北—西南向的切变线,其南侧有一支  $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的偏南风急流,在切变线上有低涡活动,在其作用下,水汽经广西、贵州输送到重庆和鄂西附近,形成一水汽辐合中心。随着中低层低涡

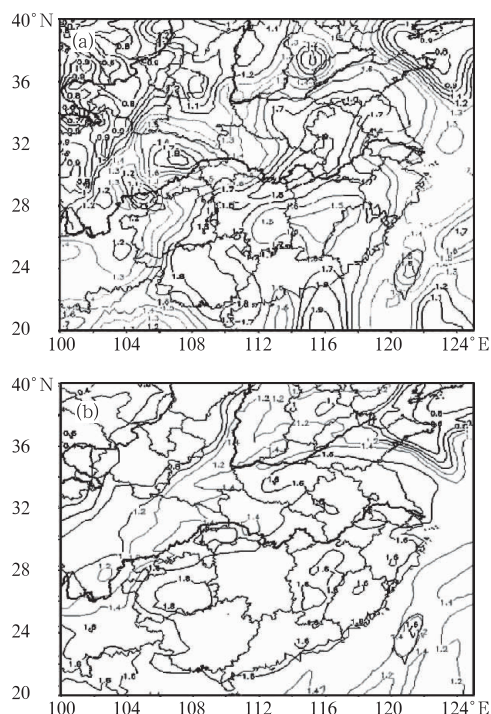


图 5 26 日 08 时 850hPa 水汽实况(NCEP)(a)与 GRAPES 模式 24 小时预报(b)  
(单位:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

向东北方向的运动,水汽辐合中心也向北推移,20 时低涡位于鄂西北与河南交界处,水汽辐合中心与之相对应。26 日 08 时,低层南风急流强烈发展,长沙至阜阳一线出现了  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的南风,在湖南北部形成较强的水汽辐合中心。

水汽通量散度的实况与 GRAPES 模式 24 小时的预报对比发现,GRAPES 模式对于长江流域水汽通量散度的辐合、辐散预报与实际情况相吻合(图 6),26 日 08 时水汽通量散度辐合中心位于重庆东部,随后的演变与实际情况相吻合,即随着中低层低涡向东北方向的运动,水汽辐合中心向东北方向移动。GRAPES 模式 48 小时的预报水汽通量散度辐合中心明显偏小。

## (3) 涡度、散度

分析 6 月 25—27 日 850hPa 涡度的强弱、



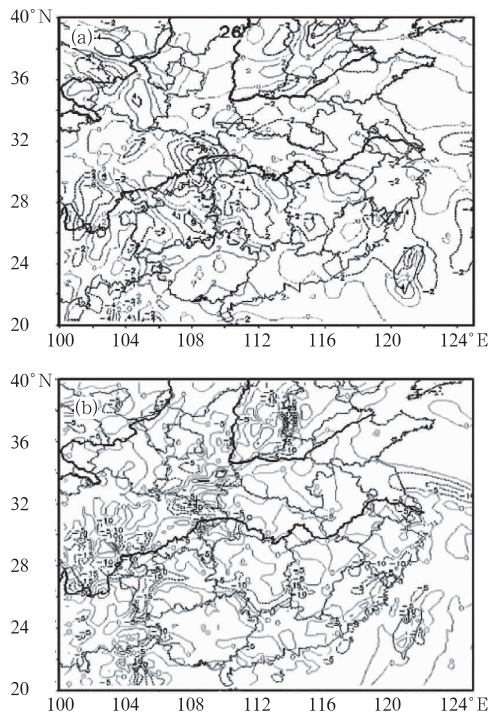


图 6 26 日 08 时 850hPa 水汽通量散度实况(a)与 GRAPES 模式 24 小时预报(b)  
(单位: $\text{g} \cdot (\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})^{-1}$ )

位置变化情况发现,在暴雨区上一直维持一条东北-西南向的狭长正涡度带,暴雨中心随着涡度中心的位置不断转移,对于湖北省而言,上述 3 段强降水均对应有低层正涡度,配合逐时次散度分布,与涡度分布正好相反,高层正散度,低层负散度,有利于上升运动的发展,且 500hPa 常有正涡度平流形成动力因素,有利中低层低值系统维持和新生,引发暴雨产生。

850hPa 涡度实况与 GRAPES 模式 24 小时预报对比发现,GRAPES 模式对于长江流域 850hPa 正、负涡度的预报比较准确,在河南北部的正涡度中心预报与实际情况相吻合,而在贵州南部的(图 7)正涡度中心预报比实际情况大。GRAPES 模式 48 小时正、负涡度中心预报较实际情况有明显偏差,总体偏南。GRAPES 模式对于长江流域 850hPa 散度预

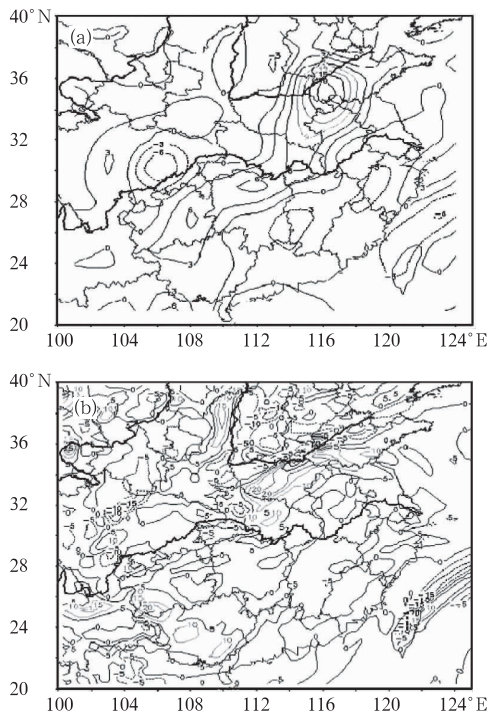


图 7 2005 年 6 月 26 日 08 时 850hPa 涡度实况(a)与 GRAPES 模式 24 小时预报(b)  
(单位: $\text{s}^{-1}$ )

报情况与涡度预报情况相类似。

#### 4 结论和讨论

通过以上的初步分析,可以得到以下几点结论:

(1) GRAPES 模式作为我国自主研发的新一代数值天气预报模式较过去取得了明显的进步。GRAPES 模式对于长江流域的预报,无论是降水、天气形势还是物理量都有比较强的预报能力。

(2) GRAPES 模式随着降水量级的增加  $T_s$  评分逐渐降低,相对而言,对级别较大的降水预报容易出现漏报,而不易出现空报。

(3) GRAPES 模式对于长江流域降水的区域、强度都能做出较正确的预报,但是对于  $R \geq 50\text{mm}$  的范围较实际情况小,预报的

强降水中心位置比实际情况偏南或者偏东 50~100km,对于四川盆地的暴雨存在明显的偏差。

(4) GRAPES 模式对于造成长江流域天气过程的天气系统能提前 24 小时做出较准确的预报,但是对于西太平洋副热带高压的预报比实际情况偏南、偏东 200km 以上。

(5) GRAPES 模式 24 小时预报对于长江流域暴雨的物理量场有比较强的预报能力,尤其对于水汽通量散度的预报与实际情况相吻合。

(6) 2005、2006 年汛期 GRAPES 模式对于降水预报的总体情况为模式对于 10mm 以下的雨区预报比较准确,而对于大于 50mm 的雨区预报,尤其是大于 100mm 的降水中心存在较大的偏差。

GRAPES 模式 24、48 小时预报在天气形势场、降水量场和物理量场方面,对于长江流域地区的预报,与实况相比较还是存在一定的偏差。根据初步分析,GRAPES 模式存在的问题和原因主要有:

(1) 对于西太平洋副热带高压预报的位置偏东、偏南,这可能是因为热带常规观测资

料较少的原因造成的,所以模式还需要进一步加强对于非常规观测资料的处理技术;

(2) 对于降水中心的预报强度偏弱,这可能是因为暴雨产生与一定的物理过程有关;

(3) 对于四川盆地的降水预报存在较大的偏差,这可能是特定的地形影响所造成的。

## 参考文献

- [1] 陈建萍. 全球区域同化预报系统的使用及其数值模拟[J]. 江西气象科技, 2005, 28(2): 10-12.
- [2] 章建成, 刘奇俊. GRAPES 模式不同云物理方案对短期气候模拟的影响[J]. 气象, 2006, 32(7): 3-12.
- [3] 黄卓, 陈德辉. 不同国家全球业务数值预报模式对中国 1998 年夏季降水预报的检验比较[M]. 1998 年长江嫩江流域特大暴雨的成因及预报应用研究, 北京: 气象出版社, 2001: 281-290.
- [4] 李延香, 闫之辉. '98 特大洪水期间国家气象中心主客观降水预报对比检验[M]. 1998 年长江嫩江流域特大暴雨的成因及预报应用研究. 北京: 气象出版社, 2001: 300-307.
- [5] 雷恒池, 王宏, 胡朝霞, 等. 1998 年 7 月 21 日武汉暴雨小尺度动力特征的数值模拟研究[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2002, 26(5): 647-662.
- [6] 刘还珠, 黄卓. NMC 与 HLAFS 降水预报的比较[J]. 气象, 1998, 24(1): 47-52.