

一次特大暴雨过程的数值试验分析

邓 雯^①

田万顺 孙景兰 布亚林

(南京大学大气科学系, 210093)

(河南省气象台)

提 要

2000年7月5~6日凌晨,豫北和郑州、许昌两地区普降暴雨,其中一些站达到特大暴雨,利用 LASGREM 模式对这次暴雨过程进行了数值试验,探讨地形、湿度场、风场对这次降水的贡献。试验结果表明:850hPa 上的湿度对此次降水过程的产生影响最大;太行山脉对雨带的走向及雨强中心位置有一定的影响;另外,风场对雨带的分布亦有一定的影响。

关键词: 数值试验 暴雨 湿度 风场 地形

引 言

2000年7月5~6日凌晨,豫北和郑州、许昌两地区普降暴雨,从5日5时至6日5时,有8个站降水量达到100mm,3个站达到200mm,延津站则超过400mm。此次降水过程中,在200hPa以下各层次,河南位于明显的低槽前或低压环流前部,天气系统基本是垂直的,系统异常深厚。4~6日,在许昌、豫北上空850~700hPa维持深厚的湿层,其西南方有湿舌存在,700~500hPa南阳、郑州一带温度露点差 $<3^{\circ}\text{C}$;5日08时,850hPa风场上存在一支最大风速为 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东南急流,由浙江沿海经安徽伸向河南东北部。5~6日豫北和郑州、许昌等地200hPa的垂直速度均为负值,整层大气均表现为强烈上升运动。这一切为此次特大暴雨的产生提供了充沛的水汽和能量。

采用宇如聪等^[1,2]设计的有限区域 η 坐标模式(LASGREM模式)对此次特大暴雨过程进行数值试验。LASGREM模式5日08时的24h预报的暴雨带的轴线与实况基本重合,最强中心位于原阳,降水量为128mm,其位置与实况基本一致。该文利用LASGREM模式对此次特大暴雨过程进行

了数值试验和分析,探讨地形、湿度场、风场对这次降水的贡献。

1 LASGREM 模式参数及物理过程

该模式水平分辨率为35km,格点数为 41×71 。垂直坐标采用 η 坐标,垂直方向等距分为16层,模式顶为100hPa。模式预报范围为 $20^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 、 $95^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$,模式预报时效包括0~24h、12~36h、24~48h、36~60h、48~72h。

模式中引入了水平扩散;降水过程包含大尺度凝结降水及Betts对流参数化方案;水汽平流采用正定保形方案;采用整块边界层参数化;地面温度利用地面热平衡方程计算所得。地形初始场采用 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的原始地形资料,采取包络地形构造方法,即在网格尺度地形之上叠加次网格地形。

2 试验方案设计

2.1 控制试验及结果

控制试验的初始场资料采用2000年7月5日08时的地面、高空常规观测资料,模式使用原有的与实际较为接近的地形资料,预报时效取24h,即从5日08时到6日08时,从而得到降水及有关物理量的预报场。

从图1可见,河南省的降水实况和控制

^① 工作单位:武汉中心气象台

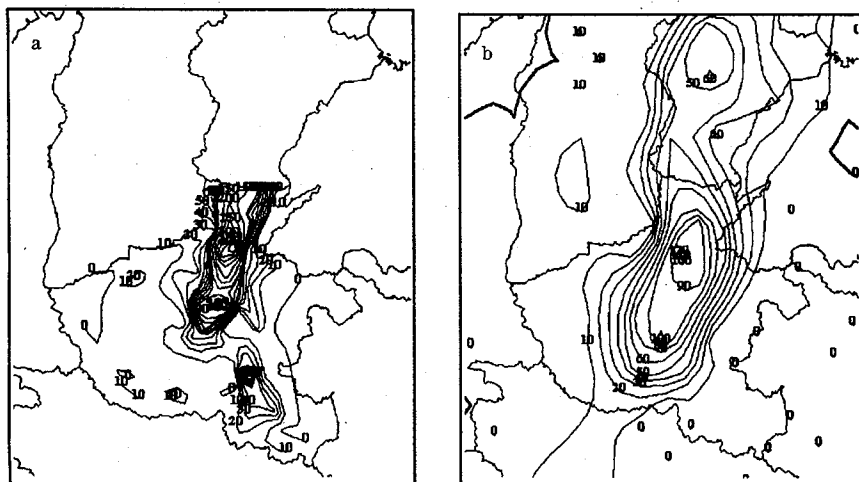


图1 5日05时至6日05时降水实况图(a)和5日08时24h降水预报图(b)

试验的预报结果在降水区域分布形状、强降雨带轴线位置等方面较为接近,特别是控制试验结果中位于原阳附近有一强中心,其位置与实况很接近,其预报值为123mm。控制试验的不足是降水预报范围比实况偏大,而强降雨中心则偏弱。在控制试验结果中还有一个相对的强降雨中心(103mm),它位于实况降水的河南中部和南部的强降雨中心之间,文中为方便叙述,称其为南中心,而称豫北的强中心为北中心。

2.2 水汽敏感性试验

为了研究暴雨对水汽变化的敏感性,试验中将主要降水区和急流影响区($28 \sim 40^\circ \text{N}$, $109 \sim 123^\circ \text{E}$) 925hPa、850hPa、700hPa、500hPa、400hPa各层的比湿初始场分别乘以系数0.5,此外还选取了一些层次进行组合试验,其它区域的初值不变,预报时效取24h,共进行了9次模拟试验。

2.3 风场敏感性试验

该试验的主要目的在于研究急流和高空风场在此次暴雨过程中的作用。试验中将包含中低层急流的区域($28 \sim 40^\circ \text{N}$, $111 \sim 123^\circ \text{E}$)的925hPa、850hPa、700hPa、500hPa、400hPa各层风的纬向分量(u)和经向分量(v)的值分别减半;925hPa到500hPa、400~100hPa各层的风的纬向分量(u)和经向分量

(v)的值均减半(这相当于风向不变,而风速减半),其它区域的初值不变,预报时效取24h,共进行了7次模拟试验。

2.4 太行山地形影响试验

该方案对太行山区域($34.5 \sim 40^\circ \text{N}$, $110 \sim 116^\circ \text{E}$)的地形高度分别乘以系数0.25、0.5、1.3、1.5,即对太行山地形进行降低和增高处理,其它初始条件不变,进行了4次试验,以讨论地形对降水区域、强度和垂直运动等方面的影响。

3 试验结果分析

3.1 水汽试验结果分析

表1是水汽敏感性试验的统计结果。从表中可以看出,850hPa的水汽变化对降水的影响最大,925hPa、700hPa次之,500hPa影响较小,400hPa影响更小,更高层次,估计影响更小。若多个层次的水汽条件同时变化,其影响比单独一个层次影响要大。需要指出的是,虽然水汽的变化对雨区的范围、强度及中心的强度都有影响,但对强中心的位置却影响不大。图2是试验1和试验2的降水预报结果。

3.2 风场敏感性试验

从各层风场试验结果来看,多数层次风场的变化对降水的影响不明显,有些使降水强度增大,有些则导致降水强度减小,其原因

可能是低层的急流所处位置上的湿度比较低。925hPa到500hPa各层风场减弱能导致降水强度减弱25%左右、400~100hPa各层

的风场减弱能导致降水强度减弱15%左右。此外,风场的改变对雨带的位置有一定的影响。

表1 水汽试验统计结果

试验序号	试验敏感性因子	降水区变化情况	降水强中心变化情况
1	925hPa 比湿减半	整个雨区强度降低一半	北中心比控制试验略减弱,位置没变,南中心几乎消失
2	850hPa 比湿减半	雨区强度降为原来的 1/4	只剩下南中心(25mm)
3	925~850hPa 比湿减半	几乎无降水	无明显强中心
4	700hPa 比湿减半	整个雨区强度降低一半	北中心仅一个格点值达 21mm,位置不变,南中心几乎消失
5	500hPa 比湿减半	暴雨区范围缩小	北中心仅一个格点值达 164mm,位置不变,其附近值比控制试验小。
6	700~500hPa 比湿减半	比试验 4 更弱,南部降水减弱更明显	北中心比控制试验弱,位置不变,南中心消失
7	400hPa 比湿减半	降水强度与控制试验差不多	北中心稍加强,南中心稍减弱,位置不变
8	400~500hPa 比湿减半	雨区范围比试验 5 小	仅有北中心,位置不变

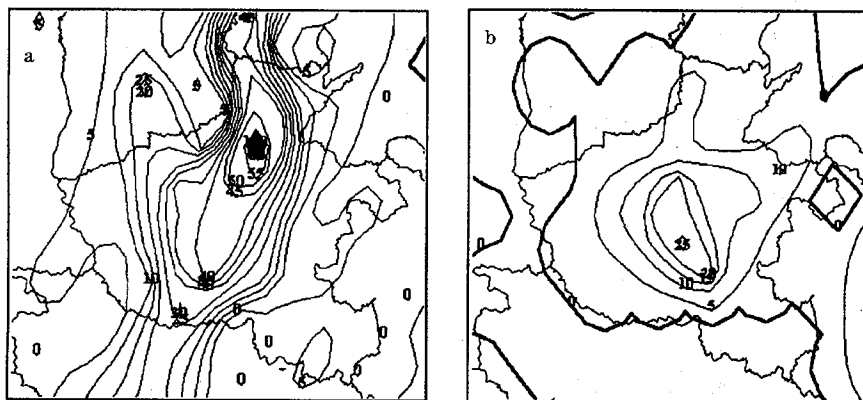


图2 925hPa比湿减半(a)和850hPa比湿减半时的试验结果(b)

3.3 太行山地形影响试验结果分析

3.3.1 试验结果

(1)高度减半时:仅出现一个强降水中心,其值为123mm,它位于控制试验的南、北两个中心的中间,河南境内暴雨区呈南北向分布。

(2)高度降为原来的1/4时:河南境内仅一个强降水中心,降水强度比控制试验增强,其值为151mm,整个雨带轴线呈南北走向(河南到河北),雨带明显西扩,位于河北的中心西移,强度减为45mm。

(3)高度乘以系数1.3时:河南境内仍维持两个降水中心,位置没变,南中心值为

114mm,北中心值为117mm,北中心稍减弱,位于河北的强中心减弱为55mm,但范围向东扩大,位于河北的主要降水区稍东移。

(4)高度乘系数1.5:河南境内仍维持两个强降水中心,位置没变,北中心稍减弱,位于河北的中心减弱为60mm,且位于河北的主要降水区略为东移。

3.3.2 结果分析

从上述试验结果看,虽然这次过程的降水区在太行山东侧的平原上,太行山对其仍然有重要影响:地形高度减弱有利于降水区西扩,而增高则有利于降水区东移,在这次过程中位于河北的降水区表现更明显。河南北

部位于太行山南端,故河南降水受其地形的影响相对来说要小一些,但太行山脉对雨带的走向以及强降水中心的位置和强度的影响

还是存在。图3是地形高度分别乘以系数0.25和1.5后的模拟试验结果。

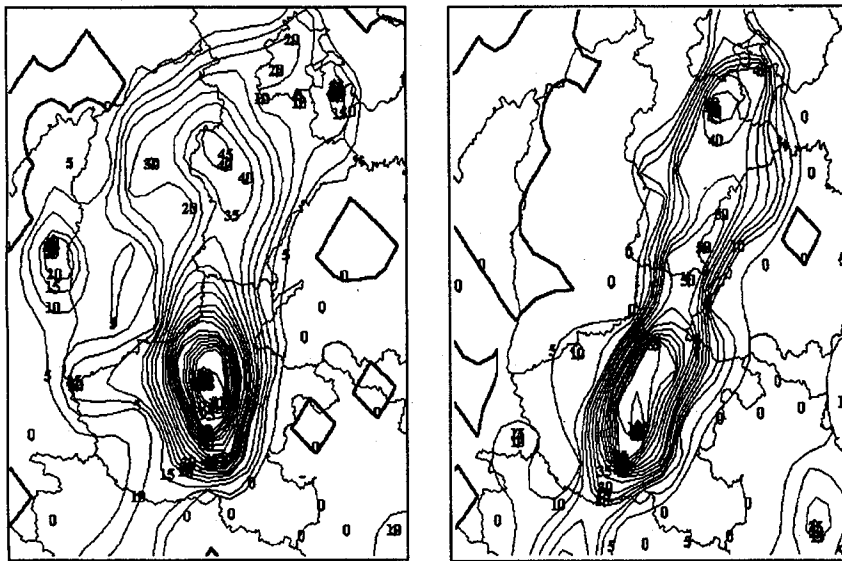


图3 地形高度乘以系数0.25(a)和1.5(b)时的试验结果

4 结 论

(1)在这次降水过程中,低层的湿度,特别是850hPa的湿度对降水的产生影响最大,但其对雨带的走向影响不大;而高层的湿度对降水的影响相对较小,越往高层影响越小。

(2)太行山地形对于雨带的走向、降水强中心的位置有很大影响,地形高度减弱则有利于降水区西扩,增高则有利于降水区东移。

(3)风场对这次降水过程的贡献相对于湿度场来说较小,但其对雨带的位置有一定的影响。

参考文献

- 1 字如聪. 陡峭地形有限区域数值预报模式设计. 大气科学, 1989, 13(2): 139~149.
- 2 字如聪. 一个 η 坐标有限区域数值预报模式对1993年中国汛期降水的实时预报试验. 大气科学, 1994, 18(3): 283~292.

A Numerical Experiment and Analysis of Heavy Rainfall Process

Deng Wen

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, 210093)

Tian Wanshun Sun Jinglan Bu Yalin

(Henan Meteorological Bureau, Zhengzhou 450003)

Abstract

Using LASGREM model, a numerical experiment of the heavy rainfall in the north and central Henan Province on 5 to 6 July of 2000 is made. The result shows that the humidity at 850hPa is the most important factor effecting rainfall, and the Taihang Mountain also affects the rainfall area and the position of the most intensity of the rainfall as well. Besides, wind has some effects on the distribution of rainfall area.

Key Words: numerical experiment heavy rainfall humidity wind topography