

急流对海河南系一次特大暴雨影响的数值试验^①

胡欣 徐国强

苏华

(河北省气象台, 石家庄市 050021)

(河北省城乡建设学校)

提 要

利用 MM4 中尺度模式, 模拟了 1996 年 8 月发生在太行山南段的一次特大暴雨过程。采用对比试验的方法, 先后研究了减弱低空急流和减弱高空急流后, 降水及物理量的变化。数值试验结果表明, 低空急流和高空急流对本次暴雨过程的形成与维持均有促进作用; 相比之下, 低空急流对暴雨的影响更为显著。

关键词: 暴雨 低空急流 高空急流 数值试验

引 言

对流层高、低空急流对暴雨的作用早已引起人们的广泛关注。陶诗言^[1]研究指出了中国低空急流与暴雨的关系。Uccellini^[2]研究了高、低空急流的相互作用。黄安平等^[3]作了对流层高低空急流耦合作用的统计和动力学分析, 发现 80% 左右的高低空急流同时存在。陈联寿和丁一汇^[4]指出台风外围暴雨往往与台风外围低空急流相联系。蒋尚城等^[5]利用数值模拟的方法研究了高低空急流对暴雨过程的影响。胡欣等^[6]对 1996 年 8 月发生在太行山南段的这次特大暴雨过程(简称“96.8”)进行了剖析, 指出了强的中低空急流使海河南系产生了 MCC, 造成暴雨过程, 并给出了暴雨成因模型。徐国强等^[7]用数值试验的方法证实了太行山地形是造成海河南系暴雨增幅的重要因素之一。本文利用中尺度数值模式(MM4), 采用对比试验的方法, 研究了高、低空急流对“96.8”暴雨过程的影响。

1 模式、资料与模拟方案设计

1.1 模式简介

MM4 模式是美国宾州大学(PSU)和美

国国家大气研究中心(NCAR)研制出的一种中尺度数值模式, 它是目前国内外应用较广泛的一种模式。MM4 模式的动力学预报是采用一个三维、静力平衡、斜压原始方程组。坐标系为兰勃脱保角投影图上的直角坐标系, 垂直方向为 σ 坐标。模式中主要物理过程的参数化包括: Kuo-Anthes 积云对流参数化方案, 水平、垂直扩散方案等。预报方程组采取通量形式。

本文应用的 MM4 模式采用的水平方向是 41×41 个格点、垂直方向取 10 层, 格距为 60km, 海绵边界条件。

1.2 资料与模拟方案设计

1.2.1 控制试验

用 1996 年 8 月 4 日 08 时地面、高空常规观测资料, 采用 Gressman 逐步订正方案, 输入 MM4 模式, 预报时效取 24 小时, 即从 8 月 4 日 08 时~8 月 5 日 08 时, 这天是河北省降雨最强的一天, 从而得到降水及有关物理量的预报场(记为试验①)。

1.2.2 减弱低空急流试验

^① 资助课题: 中国气象局“96.8”特大暴雨研究

将低空急流区域(25~41°N、110~126°E),从地面到500hPa风场的 u, v 分量用式(1)作九点平滑,

$$V_{i,j}^* = [4V_{i,j} + 2(V_{i+1,j} + V_{i-1,j} + V_{i,j+1} + V_{i,j-1}) + V_{i+1,j+1} + V_{i-1,j+1} + V_{i+1,j-1} + V_{i-1,j-1}]/16 \quad (1)$$

其它区域的初值不变,将它们作为初始场,从4日08时积分24小时作试验,用于研究减弱低空急流后的影响(记为试验②)。

1.2.3 减弱高空急流试验

将高空急流区域(37~45°N、103~126°E)400~100hPa风场的 u, v 分量采用试验②的方法研究减弱高空急流后的影响(记为试验③)。

2 降水量预报场的对比分析

图1(a、b、c)分别给出了3个试验的24小时雨量预报。从降雨范围来看,3个试验的雨区差别不大,并且基本上与降水实况相符;但3个试验的降雨中心预报存在两方面的差异。

一是较强降雨带和暴雨中心存在差异。控制试验(图1a)中的雨带呈东北~西南走向,主要暴雨强中心是位于太行山东麓的迎风坡上和由东北平原南下冷空气形成的中尺度锋区上^[6],沿太行山地形雨带与沿中尺度锋区雨带在石家庄附近相接在一起。中尺度锋区雨带由石家庄伸至渤海湾,中心位于平原地区。可见控制试验预报的降雨分布与实际降雨情况较为吻合^[7]。两个异常试验的强降雨带(图1b、1c)呈“T”字形分布,其中南~北向的暴雨中心明显向西偏移,到达山西省中部太行山的背风坡,也就是说,这个南~北向的雨带更接近台风减弱的低气压中心了。然而与中尺度锋区对应的降雨中心位置基本不变。这表明,在“96.8”特大暴雨中东南低空急流和高空急流对降水的贡献在太行山地形区域比在中尺度锋区上的响应表现得更为敏感。

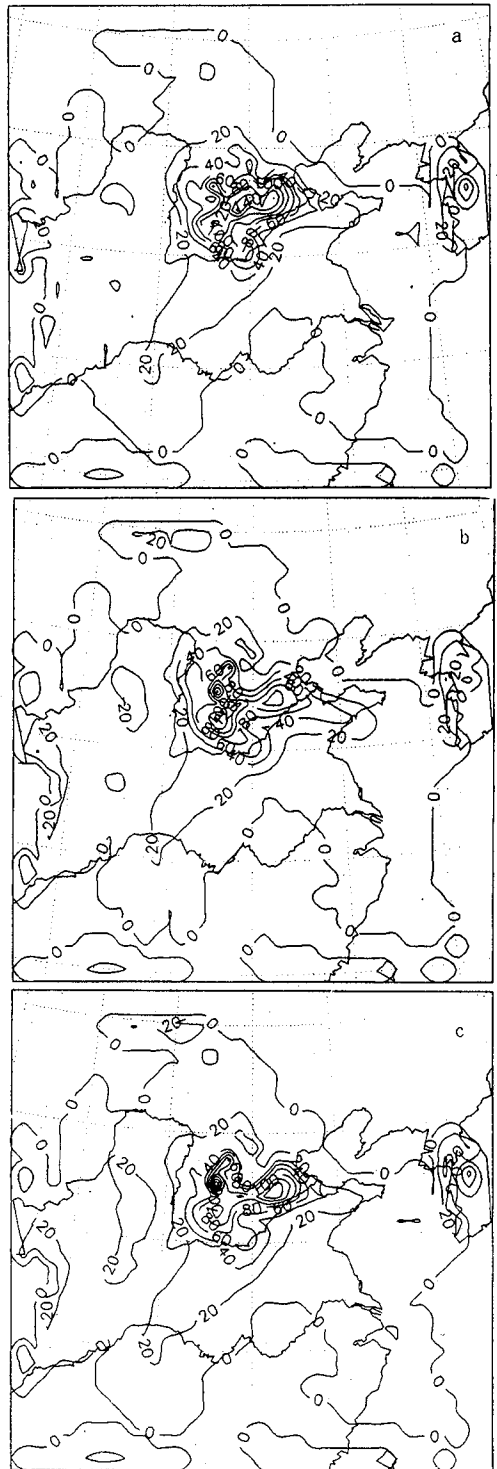


图1 三个试验的24小时雨量预报

a. 控制试验 b. 减弱低空急流试验 c. 减弱高空急流试验

二是降雨强度有明显变化，尤其是位于河北中南部区域的降雨中心强度变化明显。控制试验中，河北中南部的太行山迎风坡上的降雨中心强度为 170mm 左右，与实况最为接近，试验②为 100mm 左右，试验③为 140mm 左右。与控制试验相比，减弱低空急流（试验②）降水强度减少了 41.2%，沿太行山地形雨带和沿中尺度锋区雨带都有明显减弱；减弱高空急流（试验③）降雨中心强度减少了 17.6%，沿太行山地形雨带减弱明显，而沿中尺度锋区雨带变化不大。这说明，减弱低空急流和减弱高空急流后都引起了降雨强度的减弱，低空急流对降雨强度的影响比高空急流更明显，即本次暴雨过程中低空急流比高空急流的作用更为重要。太行山迎

风坡上，低空急流变化造成暴雨强度衰减的幅度要比高空急流大些，这也可能意味着太行山地形对东南低空急流具有较显著的抬升作用。

3 物理量模拟结果的研究

3.1 高、低空散度预报场的变化

图 2 (a、b) 分别为试验①减去试验②和试验①减去试验③的 850hPa 12 小时散度预报变化图。从图 2a 可看出，减弱低空急流后，华北区域均为负值区，说明低空辐合减弱，在暴雨区上空的低层辐合减弱最明显。而在图 2b 中，散度变化在华北区域有正有负，中心也不强，说明减弱高空急流后，引起的低层散度变化不明显。

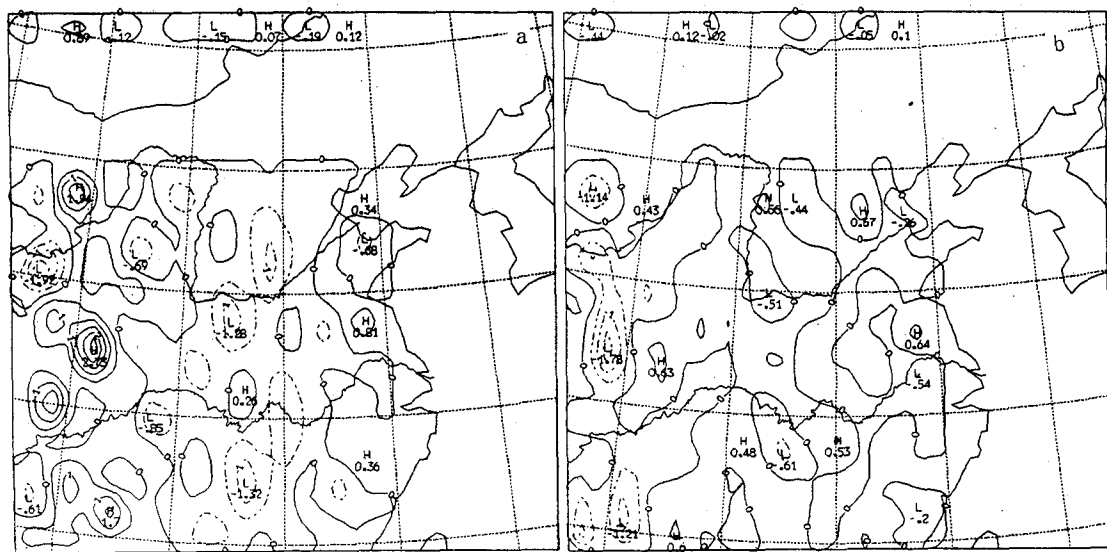


图 2 850hPa 12 小时预报的散度变化 (单位: $10^{-5} \cdot s^{-1}$)

a. 试验①-试验② b. 试验①-试验③

在 200hPa 散度变化图上 (图略)，试验②、试验③均削弱了暴雨区上空的高空辐散，而减弱低空急流所引起的高空辐散减弱比减弱高空急流所引起的高层辐散减弱明显一些。

3.2 水汽通量的变化分析

减弱低、高空急流后，其 1000hPa 水汽通量的 12 小时预报结果与控制试验结果的差见图 3 (a、b)。从图 3 可看到，试验②、试验③均减弱了暴雨区低层水汽通量的输送。减弱低空急流所引起的水所通量减弱范围较小，但数值较大，减弱了 $10.9g \cdot cm^{-1} \cdot$

$\text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 中心位于暴雨区南侧, 这可能是由于暴雨区一般仅位于低层水汽通量最大轴的下风方, 即暴雨区南侧。减弱高空急流所引起的水汽通量减弱范围略宽, 但强度较小,

为 $4.9 \text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这揭示出低空急流所引起的低层水汽通量变化比高空急流明显。这与大气中水汽主要集中在低层的事实是一致的。

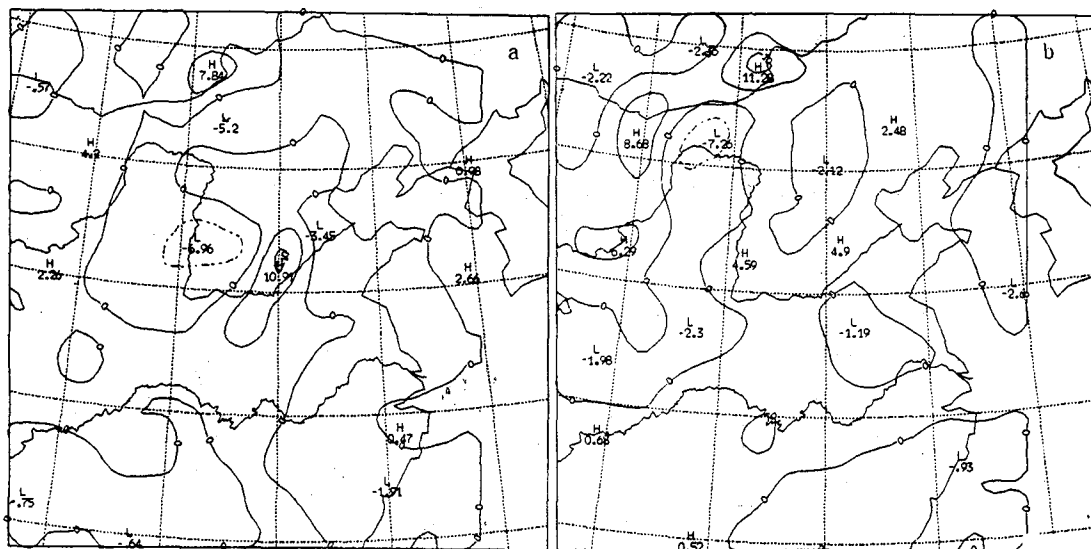


图3 1000hPa 12小时预报的水汽通量变化 (单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

a. 试验①—试验② b. 试验①—试验③

4 小结

综上所述, 我们通过模拟研究可得到如下结论:

(1) 低空急流和高空急流的减弱均减弱了暴雨区的降水。因此高、低空急流对本次暴雨过程的形成都起到了促进作用, 低空急流比高空急流的作用更明显, 这与人们的经验是一致的。所以, 暴雨预报更应着眼于低空急流的变化。

(2) 减弱低空急流将削弱低层辐合、高层辐散、引起上升运动的减弱, 从而使降水减弱; 减弱高空急流将主要使高层辐散减弱。

(3) 减弱低空急流和高空急流, 将使暴雨区低层水汽通量输送减少, 其中前者比后者作用明显。

参考文献

- 1 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980: 51~64, 115~133.
- 2 Uccellini L. W., Johnson D. R.. The coupling of upper and lower tropospheric jet stream and implication for the development of severe convective storm. *Mon. Wea. Rev.*, 1979, 107 (6): 682~703.
- 3 黄安丽, 高 坤. 对流层高低空急流耦合作用的动力学分析. *杭州大学学报*, 1982 (3): 356~364.
- 4 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概况. 北京: 科学出版社, 1979: 442~474.
- 5 蒋尚城等. 一次黄河暴雨的不同尺度系统相互作用的数值模拟. *南京气象学院学报*, 1997, 20 (1): 71~79.
- 6 胡 欣, 马瑞勇. 海河南系“96.8”特大暴雨的天气剖析. *气象*, 1998, 24 (5): 8~13.
- 7 徐国强, 胡 欣, 苏 华. 太行山地形对“96.8”暴雨影响的数值试验研究. *气象*, 1999, 25, (7): 3~7.

(下转第 16 页)

The Numerical Simulation Experiments of the Jets Effects on Torrential Rain over the Southern Haihe River Basin during August 1996

Hu Xin Xu Guoqiang

(Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021)

Su Hua

(Hebei City and Countryside Construction School)

Abstract

By means of MM4 model, the process of torrential rain over the southern Haihe River Basin during August 1996 was simulated. Through compared tests, the changes of precipitation and elements were studied after low-and high-level jets were weakened. The results demonstrate that the jets are favorable to the torrential rain occurrence and maintenance, the low-level jet has more important effects on the rain compared with that of the high-level jet.

Key Words: torrential rain low-level jet high-level jet numerical simulation experiments