

四川盆地西北部一次暴雨过程数值试验

何光碧

郁淑华

(四川省气象台, 成都 610072)

(四川省科研所)

提 要

利用成都区域气象中心 η 坐标模式对1998年8月19日发生在四川盆地西北部的一次暴雨过程进行了数值模拟试验。结果表明: η 模式对此过程系统移动、降水强度和落区有较好的预报。在此暴雨过程中,高原低涡对暴雨强度、范围影响很大;高原地形对暴雨落区关系密切;河套小高压的存在有利降水加强。

关键词: 暴雨 数值试验 η 坐标模式

引 言

1998年6~8月,在长江流域出现了罕见洪灾。四川盆地的大暴雨,对长江洪峰影响很大。8月19~20日四川盆地西北部的一次大暴雨,就造成1998年长江最大的一次洪峰——第七次洪峰。

四川盆地毗邻青藏高原,地形复杂,夏季在该地区常出现强降水。在8月19日四川盆地西北部暴雨过程中,不同尺度的天气系统与高原特殊地形对暴雨有何影响,我们试图通过以1998年8月19日00UTC为初值,利用成都区域气象中心 η 坐标模式,对该过程

的某些影响系统和地形,进行数值模拟试验,从而探讨某些天气系统、高原地形对暴雨的影响。

1 实况简介

1998年8月19~20日,四川盆地西北部出现了一次大范围的暴雨天气过程(图1)。日雨量达50mm以上的有30个县市。最大降水时段在19日20时~20日08时(北京时,除注明外,下同)。强降水中心出现在安县、北川、江油三县。其中安县19日08时~21日08时总降水量达343.5mm。

从 500hPa 形势(图略)看,8月19日 00UTC 中纬度地区呈两槽一脊的环流形势。高压脊位于贝加尔湖东侧,两槽分别位于乌拉尔山东侧和我国东北地区。副高几乎控制了整个四川盆地,随后,副高有些东撤。河套地区有一小高压,此小高压在这次降水过程中缓慢东行。高原西部有一高值中心,酒泉一带位于低值环流区。到 20日 00UTC,四川盆地处于高原高压与副热带高压之间的低值区。700hPa 和 850hPa(图略)暴雨发生前和发生时,在云贵高原到四川盆地有一支强劲的西南气流,四川盆地到陕甘地区为东南气流。发生大暴雨的四川盆地西北部正好处于 500hPa 低值区前部、副高北侧边缘处和 700hPa 气旋曲度弯曲处。

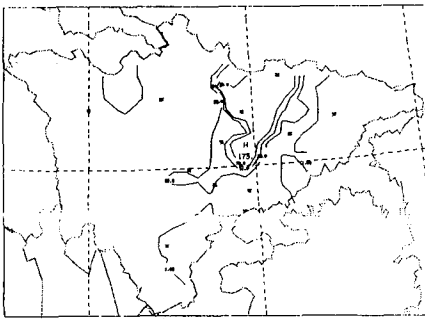


图1 1998年8月19日20时至20日20时降水实况

2 数值试验

2.1 模式简介

本个例试验采用成都区域气象中心 η 坐标模式(为引进的美国国家气象中心 1988 年版 η 模式)。该模式水平网格分布在 E 型旋转球面坐标系上,有 95×96 个格点,格距为纬向 $14/26$ 度、经向 $15/26$ 度,模式范围中心位于 35°N 、 100°E ,垂直 15 层,模式大气顶为 100hPa。

模式中降水采用常规的大尺度凝结方案和 Betts 的积云对流参数化方案。非地面层湍流输送过程的参数化采用 Mellor/Yamada 的 $2 \frac{1}{2}$ 阶方案,在近地面层采用 Mellor/Yamada 的二阶方案。辐射方案采用

的是美国 NASA 的快速辐射参数化方案。此外,还有地表过程和二阶/四阶水平扩散。

模式中的初值仅由常规观测资料经三维最优插值客观分析而得,未经任何初值化处理。模式地形来自美国海军 $1^\circ \times 1^\circ$ 的地形资料。

2.2 试验设计

根据前面的个例实况分析,我们以 1998 年 8 月 19 日 00UTC 为初始时刻,设计了以下四个试验:

试验一:为控制试验,在上述模式条件下进行的数值模拟。

试验二:为无河套小高压试验。即在初值中去除河套小高压。

试验三:为无高原涡试验,即在初值中去除高原涡。

试验四:为改变地形试验,即将模式地形东移两个经度。

2.3 对比试验分析

2.3.1 试验一的预报

试验一预报的降水(图 2)雨带呈南北向,降水区域与实况基本一致。从表 1 降水中心位置和强度变化看,降水中心位置几乎不随时间变化,且降水强度最大出现的时段在 19 日 20 时~20 日 20 时,与实况相符。降水中心较实况略偏东北约 1 个经、纬度。虽然强度较实况要弱,但仍报出了未来 12~36 小时累积雨量达 180mm 的降水。

8 月 19 日 00UTC 500hPa 24 小时预报(图 3):两槽一脊形势仍然维持,高压脊在河套地区较实况偏强,副高东南撤略偏慢。实况在高原上几乎为高压环流控制,试验一报的高原高压偏弱。在高原高压与副高之间为低值区,与实况相符。

控制试验结果分析表明, η 模式对该个例的预报,无论是形势预报还是降水预报,都具有较好的指导性。

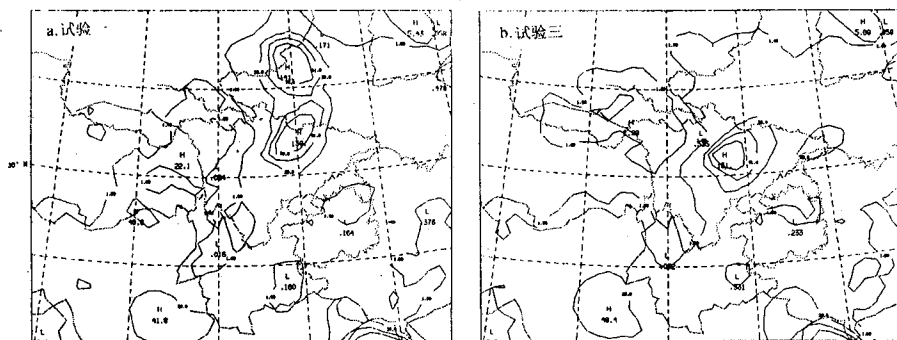


图2 8月19日~20日降水预报

a. 试验一 b. 试验三

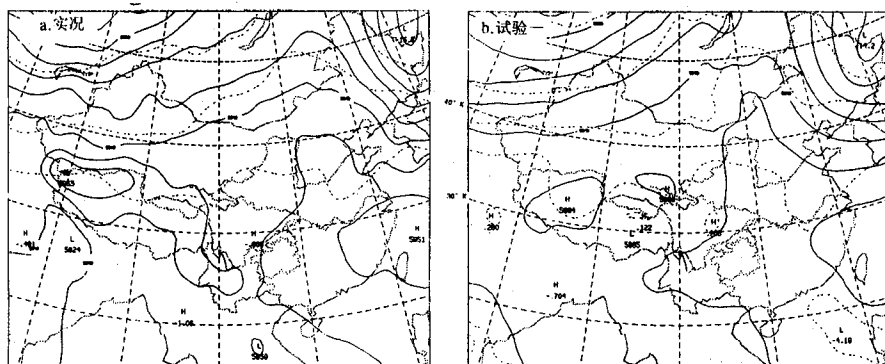


图3 8月20日00UTC500hPa形势

a. 实况 b. 试验一

2.3.2 试验三与试验一的对比分析

试验三较试验一,前24小时降水预报的强度有较大减弱(表1)。0~12、12~24小时雨量分别减少38.2%和24.9%,表明高原低涡的存在,有利于加大其影响区域降水强度。同时,降水中心位置偏西约2个经度、偏南约1个纬度。从图2a和图2b看到,降水中心区也由试验一的二个变为一个了,即陕甘南部

的强降水区消失。说明高原低涡对这次暴雨影响是明显的,它不仅影响暴雨强度,还影响暴雨区的范围。事实上,当我们在初值中去掉高原低涡,在高原东部地区仍为低值区,只是低值环流减弱。当低值系统东移,在有利的环流背景和有利地形条件下,在四川西北部仍造成了强降水,但是这种降水在强度、位置和降水区域分布上较试验一有较大变化。

表1 各试验方案预报降水中心强度及位置

时效/小时	0~12		12~24		24~36		36~48	
	强度/mm	位置°N/°E	强度/mm	位置°N/°E	强度/mm	位置°N/°E	强度/mm	位置°N/°E
试验一	25.09	31.7/104.1	85.99	32.2/104.8	109.07	32.7/105.5	74.25	32.7/105.5
试验二	24.47	31.7/104.1	76.89	32.2/104.8	95.27	32.7/105.5	69.51	32.7/105.5
试验三	15.5	29.5/104.0	64.55	31.2/103.4	95.83	31.2/103.4	121.45	31.2/103.4
试验四	28.69	30.6/105.3	92.16	31.1/106.1	92.2	33.2/106.2	65.04	32.1/107.5

下面,我们从试验一与试验三的 500hPa 24 小时预报看有无高原涡存在时,物理量场反映如何。

图 4 给出涡度场情况。试验一在四川盆地到河套地区几乎为正涡度,中心位于河套

西南部(36°N、104°E)附近,达 $4.63 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。试验三在四川北面与甘肃南部交界带为弱的负涡度,四川大部为正涡度。试验三较试验一在四川盆地北部正涡度减弱,河套西南部的正涡度中心消失。

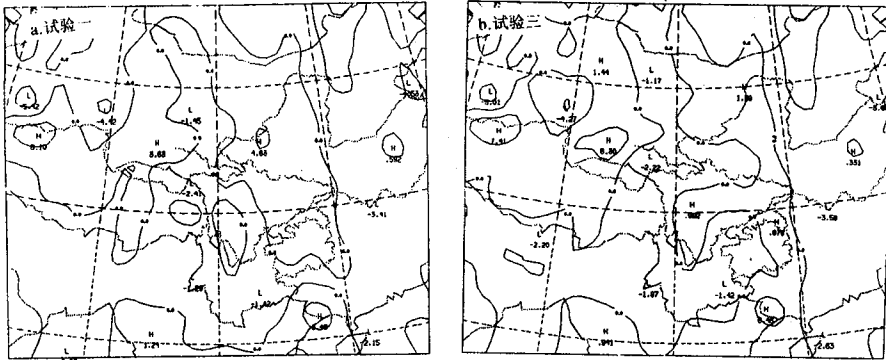


图 4 8月20日00UTC500hPa 预报涡度场

a. 试验一 b. 试验三

两试验散度分布较为一致(图略)。高原东部到四川西部为辐合区,试验三的辐合中心位置较试验一略偏东南,中心值接近。两试验预报四川盆地东部到河套地区为辐散区,但试验三的辐散区范围更为西扩。四川盆地西北部位于风场辐合区,试验三在川陕甘交界处的辐合区范围较试验一窄。

图 5 给出垂直运动场情况。两个试验都反映出从高原东部到四川西部为强烈的上升运动区。上升运动中心与辐合中心位置相对应。试验一从川西北到河套西部为一个呈南北向的上升运动带,试验三上升运动带的范围比试验一的窄,从高原东部到四川盆地西部呈西北~东南向。

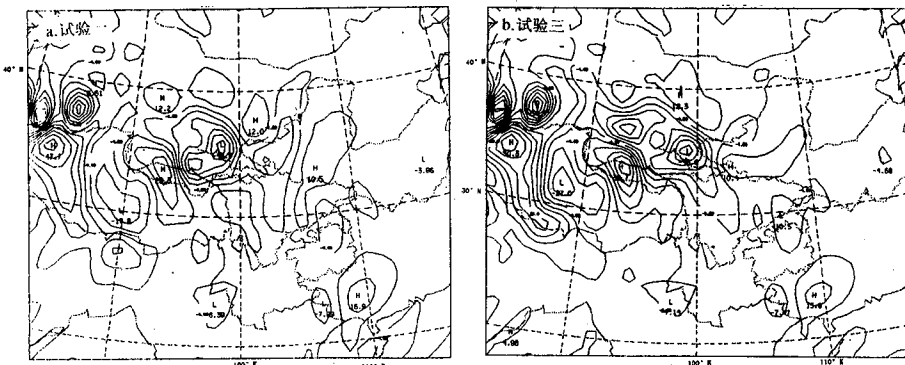


图 5 8月20日00UTC500hPa 预报垂直速度场

两试验预报的水汽通量散度分布与它们的风场散度分布一致(图略)。试验三在风场辐合中心位置对应有一水汽辐合中心,达 $-278.1 \times 10^{-10} g \cdot kg^{-1} (35^{\circ}N, 99.5^{\circ}E)$, 中心位置比试验一的略偏东一点。两试验盆地

北部处于其西北方强水汽辐合、东南方水汽辐散之间的辐合边缘区。

以上分析表明,试验一从四川盆地西北部到河套西南部地区为正涡度、辐合上升区。试验三正涡度强度减弱、辐合上升区范围变

窄,且正涡度、辐合上升区主要出现在四川盆地西北部。试验初值中是否引入高原低涡,表现出物理量特征的差异,从而决定了它们的雨区分布与强度是有区别的。

2.3.3 试验二、试验四的预报

试验二在初值中去掉河套小高压后,预报的雨带分布与试验一基本一致(图略)。降水中心位置无变化,中心强度略有减小(表1)。表明河套小高压的存在对此降水过程作用不明显。很显然,当去掉河套小高压时,河套地区反气旋环流有所减弱,随之也减弱了该地区气流的阻塞和辐合作用,造成川西北降雨量减小。

试验四是将实际地理位置所对应的地形东移2个经度(图略),原来的成都平原已处于青藏高原东部地形梯度陡峭处,而川东北处于低洼处为喇叭口地形。在试验一中,川西北以及河套西南部的雨带,在试验四中向东南移了约2个经度、1个纬度,盆地西北部原来的强降水区消失。从以上强降水区域位置变化看,在有利降水的环流背景下,陡峭地形存在,决定降水落区。这是由于某一地区地形高度加大,地形对气流的抬升作用和西风带系统在背风坡加深,都有利于在该地区产生强降水。

3 小结

(1)数值模拟结果表明, η 模式对此过程

系统移动、降水强度和落区有较强的预报能力,对高原涡切变线的强度预报偏弱,这是模式有待改进的方面。

(2)在这次暴雨过程中,高原低涡对暴雨强度、范围影响很大。初值去掉高原低涡,使该过程主要影响系统之一受到削弱,造成四川盆地西北部降水有所减弱,而河套西南部的强降水区消失。雨区分布与强度的差异体现在两试验方案中的物理量特征的变化上。

(3)高原地形对暴雨落区关系密切。当将地形东移两个经度时,雨区随之东移。而去掉河套小高压,对降水强度略有减弱,但不影响降水落区。

参考文献

- 1 滕家漠,何光碧,肖玉华. 阶梯形山脉模式地形 η 坐标嵌套网格数值预报模式. 成都区域气象中心业务系统技术手册. 北京:气象出版社,1994:158~199.
- 2 Betts A. K. A new convective adjustment scheme: observation and theoretical basis. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 1985(112):667~691.
- 3 Mellor, G. L., and T. Yamada. A hierarchy of turbulence models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, 1974(31):1791~1806.
- 4 Mellor, G. L. and T. Yamada. Development of a turbulence closure model for geophysical problems. *Rev. Geophys. Space phys.*, 1982(20):851~875.
- 5 Mesinger, F. 1984: A blocking technique for representation of mountains in atmospheric model. *Riv. Meteor. Aero nautica*, 1984(44):195~202.

A Numerical Experiment of Torrential Rain in the Northwest of Sichuan Basin

He Guangbi

(Sichuan Meteorological Observatory, Chendu 610073)

Yu Shuhua

(Sichuan Research Institute of Meteorological Science)

Abstract

By using the ETA model, a numerical simulation and experiment was conducted for a torrential rain in the northenwest of Sichuan basin on 19 August, 1998. The results show that the ETA model is of better abilities on the presage of the system movement, the intensity and area of precipitation. During the torrential rain, low vortex over the plateau has the greater effect on the intensity and area of precipitation. Topograpy has a close relation with the area of the torrential rain. The existence of small high pressure between Gashu and Shaanxi avails increment of the intensity of precipitation.

Key Words: torrential rain numerical experiment ETA model