

一次辽宁暴雨的地形嵌套数值模拟试验

刘宁微 (中国气象局沈阳大气环境研究所 沈阳 110016)

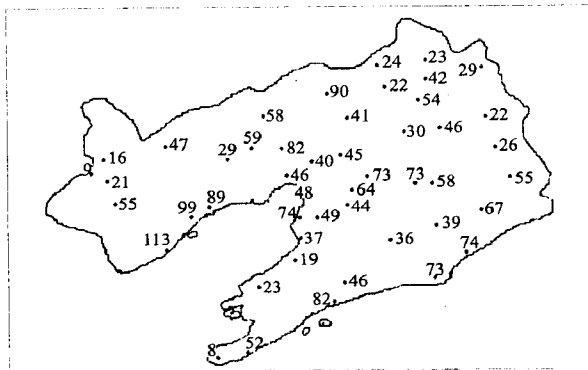
摘要 选取了2003年8月5~6日发生在辽宁地区的一次强降水过程,利用实际资料和MM5(v3.6)中尺度模式对这个过程进行了数值模拟试验,主要研究了地形嵌套对于数值模拟结果的影响。结果表明:嵌套后,随着水平分辨率的提高,模拟的降水量越来越接近实况;嵌套后内层网格信息的外传会使外层网格的模拟结果有所改善。

关键词 数值模拟 暴雨过程 地形嵌套

暴雨研究及其预报一直是气象学界关注的课题之一。中国地处季风区,夏季多暴雨天气。在1975年8月河南大暴雨发生之前,对中国暴雨研究及预报的重点是大尺度环流和天气尺度降水系统。河南大暴雨天气发生后,暴雨研究的工作重点从天气尺度转向了中尺度^[1]。利用数值模式模拟研究暴雨已成为一个重要的手段。然而,由于计算机条件的限制,利用高分辨率数值模式进行暴雨等中尺度天气现象的研究还比较困难,以至于对暴雨的预报效果仍不是十分理想。采用地形的多重嵌套可以在不必缩小整个模式区域的前提下尽可能提高模式预报中小尺度天气现象的水平分辨率,使预报更为精确。本文利用MM5(v3.6)中尺度模式和6h 1次的全球再分析NCEP资料,选取了2003年8月5日08时—6日08时计24h辽宁地区的暴雨过程,设计了三重嵌套、二重嵌套和未嵌套3种试验方案,对这个过程进行了数值模拟试验,主要从降水强度和落区方面研究了地形嵌套对于数值模拟结果的影响。

1 天气过程概况

2003年8月5日08时—6日08时,辽宁发生了1次区域性暴雨过程,局部地区达到大暴雨,绥中、兴城、葫芦岛3站降水较强,最强中心绥中站达113mm,如图1。



单位为 mm

图1 2003年8月5日08时—6日08时辽宁降水实况

在8月5日08时500hPa环流形势图上,贝加尔湖以东有一弱的高压脊,脊后是一个低压槽,在槽前形成一个暖性切变。同时有一温度槽落后于高度槽,未来槽有加深发展的趋势,辽宁处于槽前暖平流的控制下,西南暖湿气流不断地被输送到高纬地区,有利于强降水过程的形成。

2 模拟试验方案设计

2.1 试验I为三重嵌套

模式运行方案如表1。

表1 三重嵌套模式运行方案

项目	最外层粗网格	中间层细网格	最内层细网格
水平分辨率/km	45	15	5
预报区域格点数	75×81	88×94	109×121
网格中心	120°E, 43°N	120°E, 43°N	120°E, 43°N
垂直分辨率	23层	23层	23层
下垫面方案	24类	24类	24类
侧边界	时变, 出流, 入流	时变, 出流, 入流	时变, 出流, 入流
积云参数化方案	Grell	Kain-Fritsch	Kain-Fritsch
显示降水方案	Mixed-Phase	Mixed-Phase	Reisner graupel
行星边界层方案	高分辨率 PBL	高分辨率 PBL	高分辨率 PBL
预报场输出间隔/h	3	3	3

最外层网格主要为中间层细格提供较大的环流背景和边界条件^[2]。中间层网格主要是在满足MM5套网格格距要求的基础上希望其能够较为细致地描述东北地区的天气系统,同时兼顾辽宁降水预报。最内层网格主要用于模拟降水系统的细微结构和辽宁降水。

2.2 试验II为二重嵌套

粗、细网格的运行方案分别与试验I中的最外层粗网格和中间层细网格的设计相对应。

2.3 试验III为未嵌套

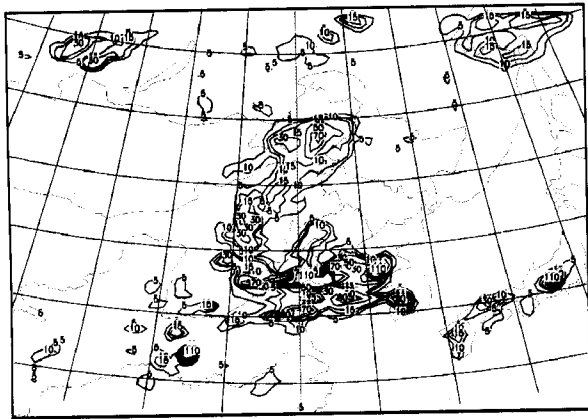
运行方案与试验I中的最外层粗网格的设计相对应。

3 模拟结果对比分析

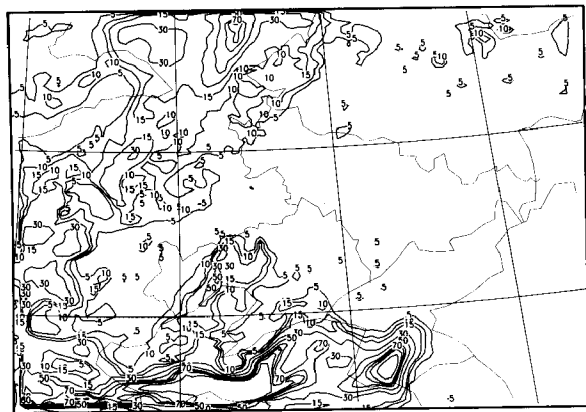
3.1 降水强度与降水落区

图2是试验I中三重套网格模拟的24h累积降水分布,图2的(a)(b)(c)分别代表最外层粗网格、中间层细网格、最内层细网格。由图2可见,随着水平分辨率的提高,模拟的降水量也越来越大;最外层粗网格在辽西地区模拟出一个东北—西南走向的带状降水中心,位置和形状与实况基本一致,但是最大值只有15mm,远小于实况。在葫芦岛和兴城模拟出了2个降水中心,最大降水量为50mm,比实况略小,雨带的位置和形状与实况很相似。最内层细网格中,雨带上包含了若干个中-β甚至中-γ尺度的强降水中心,呈现出很大的不

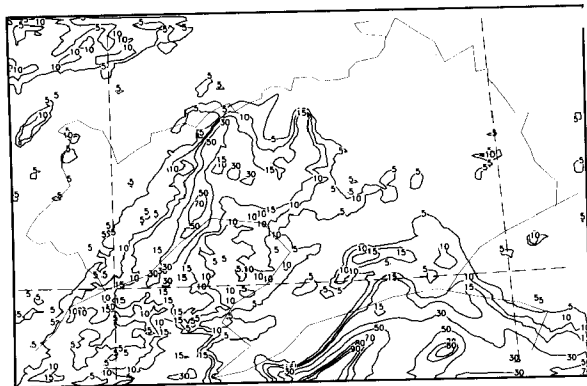
规则性。最大值为 70 mm, 已经十分接近实况了。由图 2 可以看出对辽西的降水模拟效果较好, 而对辽东个别强降水中心未能模拟出来, 这可能是由于模拟时效没有达到足够长, 致使这些地区来不及响应辽西上空低压槽影响的缘故。



(a)最外层粗网格



(b)中间层细网格

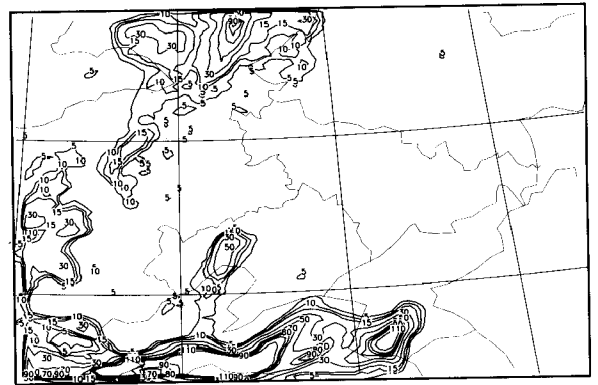


(c)最内层细网格
单位为 mm

图 2 试验 I 模拟的 24 h 累积降水分布

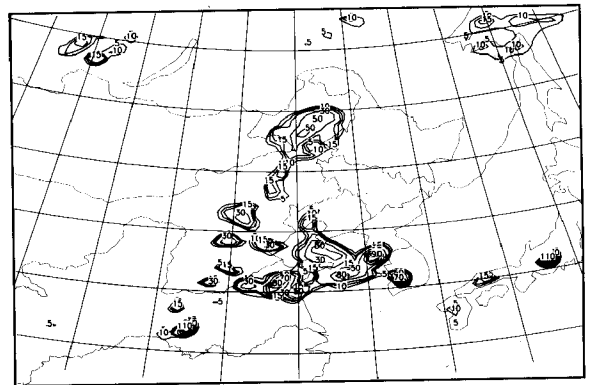
为了讨论试验 I 中最内层细网格对中间层粗网格的影响, 将图 2(b)试验 I 中间层细网格的降水输出结果与试验 II 中双层嵌套的内层细网格模拟结果对比分析(图 3)。可见, 图 2 和图 3 中雨带位置和形状基本一致, 但是图 3 中辽西的最强降水中心只有 1 个 50 mm, 图 2(b)中有 2 个 50 mm 的降水中心, 且强降水范围明显大于图 3。这说明嵌套使内外层网格相互影响, 模拟效果比没有最内层细网格有所改善。同

样, 用类似的方法可以分析中间层细网格对最外层粗网格的影响。将图 2(a)试验 I 中最外层粗网格的降水输出结果与试验 III 中未嵌套时的单层模拟结果对比(图 4), 同样可以发



单位为 mm

图 3 试验 II 模拟的 24 h 累积降水分布



单位为 mm

图 4 试验 III 模拟的 24 h 累积降水分布

现, 图 4 中辽西地区雨带范围小于图 2(a)。2 次对比都说明嵌套后内层细网格的信息可以向外传递, 使模拟结果更加准确。

3.2 形势场对比

为了讨论地形嵌套对天气系统生成、发展和演变的影响, 将试验 I 中中间层细网格与试验 II 中内层细网格输出的 500, 850 hPa 位势高度场对比; 将试验 I 中最外层粗网格与试验 III 中单层网格输出的 500, 850 hPa 位势高度场对比, 发现基本上都没有区别, 这说明嵌套后内层网格对外层网格形势场的模拟结果影响不大。

4 结论

4.1 嵌套后, 随着水平分辨率的提高, 模拟的降水量逐渐增大, 接近实况。

4.2 嵌套后, 内层网格信息的外传会使外层网格的模拟结果有所改善。

4.3 嵌套后, 内层网格对外层网格形势场的模拟结果影响不大。

(致谢: 本文得到辽宁省气象台副台长陈艳秋修改指导)

参考文献

- 1 郑新江, 陶诗言. 1998 年 7 月 21~22 日特大暴雨过程的中-β 尺度云团特征. 气象学报, 2001, 59(5).
- 2 李天富. MMS 对南海一次特大暴雨过程的模拟. 气象, 2003, 29(1).