

北欧数值预报系统 HIRLAM 在中国的应用 ——长江流域暴雨的预报试验*

俞小鼎

(北京气象学院, 北京 100081)

黄向宇 L. Laursen E. Rasmussen

(丹麦气象局)

(丹麦哥本哈根大学)

提 要

将北欧有限区域模式 HIRLAM 应用于中国地区, 以检验该模式在定量预报夏季长江流域暴雨方面的能力. 3 次长江流域暴雨个例的预报试验表明: 0~24 h 的累积雨量预报是比较成功的, 能够报出长江流域大部分日降水 50 mm 以上的暴雨区; 24~48 h 累积雨量预报的质量各个例有较大差异, 总体上比 0~24 h 预报质量有相当大的下降, 尤其是在 50 mm 以上暴雨区的预报方面能力较差.

关键词: 高分辨率 有限区域模式 长江流域 暴雨 预报

引 言

作为北京气象学院、丹麦哥本哈根大学地球物理系和丹麦气象局的合作研究项目“长江流域暴雨研究”的一部分, 我们将北欧诸国联合研制的有限区域数值预报系统 HIRLAM (High Resolution Limited Area Modelling)^[1] 应用于中国地区, 以检验其在预报夏季长江流域暴雨方面的性能. 共选了 3 次暴雨个例. 对每次个例, 都做了 0~24 h 和 24~48 h 的 24 h 累积降水量预报, 并与观测的 24 h 累积降水量进行比较. 在比较时主要强调两个方面: 其一是看预报的 10 mm 雨量等值线所包围的雨区的走向、形状、位置和范围与观测是否符合; 其二是考察由预报的 50 mm 雨量等值线所包围的暴雨区的强度和暴雨中心的位置与观测是否一致.

HIRLAM 为有限区域格点模式. 预报变量为风速 u 、 v 、温度 T 、比湿 q 和地面气压 p_s . 该模式的特色之一是水平网格采用可旋转的球面经纬网格, 必要时总是可以将经过旋转后的球面的赤道置于所研究区域的中心部位, 以保证东西向水平格距从南到北变化不大. 在该水平网格上变量采用 Arakawa C 跳点分布. 垂直坐标为 σ - p 混合坐标. 时间

* 本研究得到国家教委留学归国人员科研启动基金以及丹麦外交部 DNAIDA 基金的资助.
1996-06-20 收到, 1996-10-08 收到修改稿.

积分采用半隐式方案. 水平扩散采用 4 阶线性方式. 初始化采用由 Machenhauer^[2]提出的非线性正规化方法. 所考虑的物理过程包括边界层湍流输送、辐射(包括云的长短波辐射)、凝结降水和地表热平衡过程. 凝结降水参数化有两种方案供选择: 一种是传统的“郭氏对流参数化+大尺度凝结降水诊断”方案; 另一种是 Sundqvist 方案^[3]. HIRLAM 的另一个特色是具有自己的数据同化系统, 循环周期为 6 h, 其中客观分析采用最优插值(OI)方法.

预报试验区的范围 $65^{\circ}\sim 145.5^{\circ}\text{E}$, $12.5^{\circ}\sim 62^{\circ}\text{N}$, 分辨率 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 经纬度, 垂直 31 层, 积分时间步长 150 s. 边界条件由欧洲中心(ECMWF)每 6 h 一次的全球客观分析所提供. 由于篇幅的关系, 我们只着重讨论所做 3 例中的两个, 讨论中谈及的时间均指世界时. 预报个例中使用的凝结降水方案为传统的“郭氏对流参数化+大尺度凝结降水诊断”.

1 预报结果

1.1 1991 年 7 月 4~7 日暴雨个例

这个例是发生于 1991 年江淮流域洪水期间的一次暴雨过程. 一个西南低涡在高空槽引导下沿梅雨锋向东偏北方向移动, 沿途造成暴雨. 7 月 6 日 00 时~7 日 00 时观测的 24 h 雨量分布如图 1a 所示. 主雨带呈东北—西南走向, 强度最大、范围最广的暴雨区位于主雨带东北部(苏皖两省). 自 113°E 向西, 雨带折向北, 成为东南南—西北北走向的窄雨带, 强度较弱.

与上述观测的 24 h 雨量分布相应的 24 h 和 48 h 预报分别如图 1 b、图 1 c 所示. 24 h 预报的主雨带的走向、形状、位置和范围与观测相当一致. 在主雨带以西, 24 h 预报也报出了一条东南南—西北北走向的沿青藏高原东缘的狭窄雨带, 只是与主雨带相连的该弱雨带被预报为与主雨带断开, 即漏报了位于贵州和云南部分地区的弱降水. 下面进一步考察主雨带内几个暴雨区的预报情况. 观测的位于苏北(33°N , 119.5°E)的最大暴雨中心, 预报的位置偏南(32°N , 120°E), 但其强度的级别($>100\text{ mm}$)是正确的, 观测的位于黄山附近的次最大暴雨中心(30.5°N , 118°E), 预报的位置偏西(30.5°N , 116.5°E), 且预报的中心强度也偏弱, 没有报出观测的 100 mm 以上的大暴雨, 只报了 50 mm 以上的暴雨. 观测的分别位于湖北通城附近(29°N , 110°E)和湖南西北部(28.5°N , 110.5°E)的两个降水超过 50 mm 的暴雨区, 预报成一个略微狭长的雨区, 但预报的降水级别($>50\text{ mm}$)是正确的. 另外还报出了广西境内的暴雨区(24°N , 110°E), 但强度过大, 位置也比观测的偏西北约 100 km. 总之, 这次日降水分布的 24 h 预报不仅正确地预报了主要雨区的走向、形状、位置和大致范围, 而且还报出了雨带中暴雨区的降水级别和位置.

48 h 预报(图 1 c)的效果与 24 h 预报相比有较大程度的下降. 尽管报出了东北—西南走向的主雨带, 但 48 h 预报的该雨带位置和走向比观测的偏向西北, 观测的位于苏皖的最大暴雨区, 预报的向西北偏移 200 km 左右. 由于雨带的偏移, 无大降水的胶东半岛被预报为暴雨区. 观测的分别位于湖北(29°N , 113°E)、湖南(28.5°N , 110.5°E)和广西境

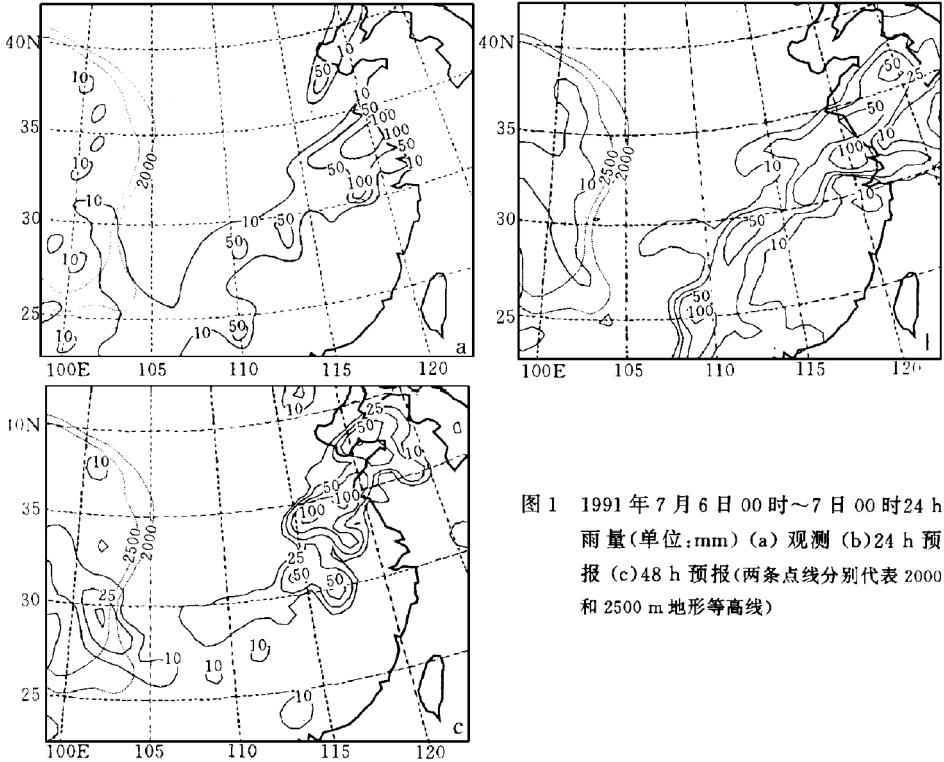


图1 1991年7月6日00时~7日00时24 h雨量(单位:mm) (a)观测 (b)24 h预报 (c)48 h预报(两条点线分别代表2000和2500 m地形等高线)

内(24°N, 110°E)的大于 50 mm 的暴雨区均未被报出。在主雨带的西面, 预报了沿青藏高原东缘的雨带, 与观测是部分符合的, 但预报的该雨带中位于四川康定附近(29°N, 102°E)的大于 50 mm 的降水中心在观测时并不存在。

1.2 1993年7月6日暴雨个例

1993年7月6日00~7日00时24 h观测的雨量分布如图2 a所示。主要雨区为一条东北-西南走向的2000多公里长的雨带, 自山东南部穿过苏皖北部、湖北、湖南、贵州直至云南。雨带内自东向西排列着5个日降水超过50 mm的暴雨区。在雨带的东部, 有一条较弱的分支雨带伸向苏杭一带。在主雨带北面的华北地区, 还有一片雨区。

这个例的24 h预报(图2 b)报出了主雨带及其北面的降水区。观测的位于主雨带内的5个超过50 mm降水的暴雨区报出了3个(从东边数第一、二和第三个), 其中第二个(28°N, 110.5°E)和第三个(26.5°N, 108°E)暴雨区的中心强度预报得偏小, 只报了50 mm级别, 而观测的强度超过100 mm。在观测的主雨带内位于贵州西南部的暴雨区(25.5°N, 105.5°E, 从东边数第四个)附近, 预报给出了一个超过25 mm的降水中心, 虽未达到观测的50 mm级别, 但仍有指导意义。预报漏报了云南大理附近(26°N, 101°E)的暴雨区。观测的主雨带东北部伸向鲁南的部分(中心降水超过25 mm)也没有预报出来。预报的北方雨区, 在该雨区的北部与观测比较符合, 而在该雨区的南部与观测差别较大。预报的北方雨区南端过于靠南, 雨区内降水中心的强度也过份地夸大了。此外,

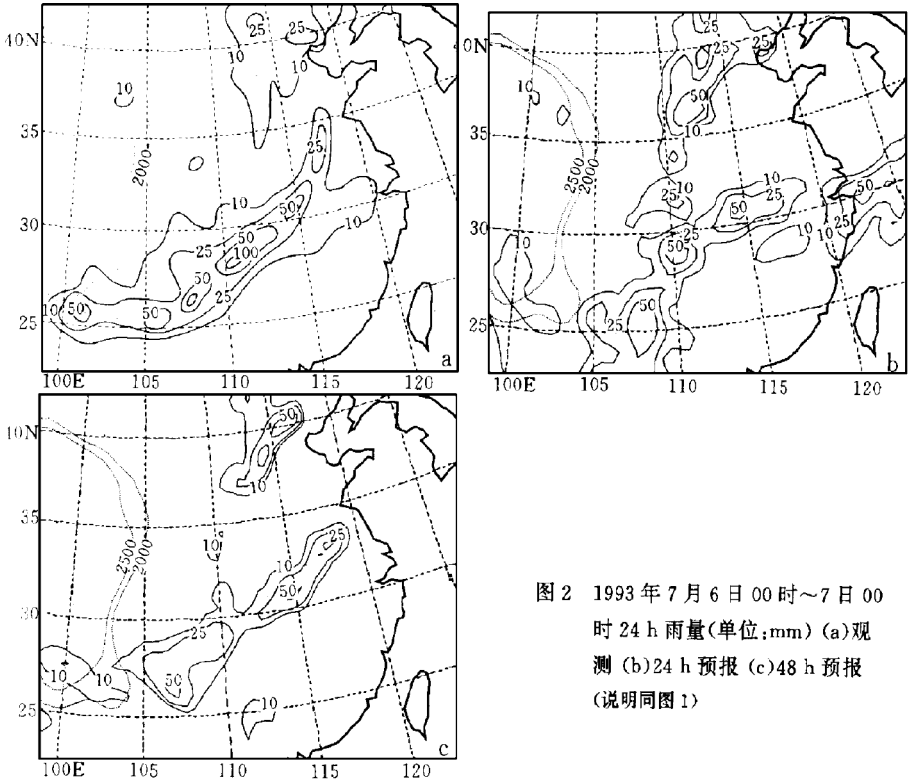


图2 1993年7月6日00时~7日00时24h雨量(单位:mm)(a)观测(b)24h预报(c)48h预报(说明同图1)

24 h 预报空报了在浙江沿海的降水。

相应的 48 h 预报令人满意地报出了观测的主要雨带以及北方的降水区。主雨带的走向、位置和形状与观测符合得较好。24 h 预报的北方雨区过度南伸的现象，在 48 h 预报中得到了克服。但在有关主雨带内自东向西排列的几个暴雨区的预报方面，48 h 预报不如相应的 24 h 预报，只报出了武汉附近(31°N, 115°E)的暴雨区，而漏报了湖南西北部(28°N, 110.5°E)的最大暴雨区和云南大理附近(26°N, 101°E)的暴雨区。贵州东部(26.5°N, 108°E)和西南部(25.5°N, 105.5°E)的两个暴雨区被预报成一个，位置在上述两个观测的暴雨区之间。

1.3 1993年7月18日暴雨个例

由于篇幅的关系只简要地介绍该个例的预报结果(图略)。1993年7月18日00时~19日00时观测的24h雨量分布特征是沿长江中下游排列着的4个相互分离的雨区。24h预报夸大了10mm等值线所围的雨区范围，但对雨区中暴雨区的预报与观测基本相符。相应的48h预报是令人失望的。尽管在110°E以东的长江流域，预报给出的东西向雨带部分地与观测相符，该48h预报完全漏报了位于长江三峡地区的最大暴雨区和长江下游的两个暴雨区，并在强度和范围上大大地夸大了西南地区和青藏高原东缘的降水。

2 小 结

HIRLAM 模式对上述 3 次长江流域暴雨个例的预报试验表明: (1) 日降水分布的 24 h 预报能较正确地给出长江流域主要雨带的走向和位置, 而预报的主雨带的形状和范围与观测的符合程度各个例有很大的差异; (2) 在模式水平分辨率 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (经纬度), 垂直方向 31 层的情况下, 24 h 预报能够报出长江流域大部分日降水 50 mm 以上的暴雨区, 这是令人鼓舞的; (3) 日降水的 48 h 预报的质量各个例也有较大差异, 有时表现出相当好的技巧, 有时却很差, 总体上较之相应的 24 h 预报能力有相当大的下降, 特别是在 50 mm 以上的暴雨区的预报方面能力较差。

参 考 文 献

- 1 Machenhauer B. 1988; HIRLAM final report. HIRLAM Tech. Rep., **5**, 116pp (Available from Danish Meteorological Institute, DK-2100 Copenhagen, Denmark).
- 2 Machenhauer B. On dynamics of gravity oscillations in a shallow water model with applications to normal mode initialization. *Contrib. Atmos. Phys.*, 1977, **50**: 253~271.
- 3 Sundqvist H, Berge E and Kristjansson J E. Condensation and cloud parameterization studies with a mesoscale numerical weather prediction model. *Mon. Wea. Rev.*, 1989, **117**: 1641~1657.

APPLICATION OF THE HIRLAM SYSTEM IN CHINA —— TORRENTIAL RAIN FORECASTING EXPERIMENTS IN YANGTZE RIVER VALLEY

Yu Xiaoding

(Beijing Institute of Meteorology, Beijing 100081)

Huang Xiangyu L. Laursen

E. Rasmussen

(Danish Meteorological Institute)

(University of Copenhagen)

Abstract

The HIRLAM system was used in China to test its ability in forecasting the summer torrential rain in Yangtze River valley. The experiments of three selected torrential rain cases show that 0~24 h accumulated rainfall forecasts are quite successful, being able to reproduce most of the observed torrential rain areas (daily rainfall ≥ 50 mm) in the Yangtze River valley. The 24~48 h accumulated rainfall forecasts vary with different cases. Some cases are successful, some are failure. On the whole the 24~48 h rainfall forecasts are worse than 0~24 h forecasts, especially for the forecast of daily rainfall ≥ 50 mm.

Key words: HIRLAM Yangtze River valley Torrential rain forecast