

高松影,刘天伟,李慧琳,等.日本数值产品对丹东暴雨预报的天气学检验与误差分析[J].暴雨灾害,2011,30(3):234-240

日本数值产品对丹东暴雨预报的天气学检验与误差分析

高松影,刘天伟,李慧琳,樊希彬,宋丽丽

(辽宁省丹东市气象台,丹东 118000)

摘要:使用2001年7月—2010年8月日本数值模式传真图资料,以辽宁丹东为代表站点,采用统计学与天气学检验相结合的方法,对日本数值模式暴雨预报性能和误差进行检验和分析。同时,对日本数值模式高空环流形势、中低层影响系统及物理量场预报进行检验。结果表明:1)日本数值模式对暴雨预报的 T_s 评分为21.8%,具有一定预报能力;预报正确率较低,仅23.8%,空报率也较低,为24.0%,命中率则高达76.0%。2)日本数值模式暴雨预报误差表现在预报量值偏小和落区偏差,其中对气旋(倒槽)型暴雨预报最好,对冷涡型暴雨预报最差。3)对不同季节暴雨预报有所不同,春季、夏季漏报多,秋季易出现空报。4)日本数值模式对欧亚中高纬地区环流形势预报较准确,对西风槽预报略偏西、强度偏弱、槽底位置偏北1个纬度;对低涡的位置、强度预报与分析场吻合,但范围偏小;对850 hPa低空急流的位置、最大风速值以及700 hPa垂直运动上升区中心值、位置的预报,与实况偏差不大。

关键词:日本数值模式;暴雨预报;性能检验;误差分析

中图分类号:P456.7 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2011)03-0234-07

Synoptic Verification and Error Analysis of JMA Model Products on Heavy Rain Forecast in Dandong

GAO Songying, LIU Tianwei, LI Huilin, FAN Xibin, SONG Lili

(Dandong Meteorological Office of Liaoning Province, Dandong 118000)

Abstract: Based on Dandong weather station in Liaoning province, the numerical prediction facsimile data of the JMA model from July 2001 to August 2010 and the statistical and synoptic methods were used to verify and analyze the heavy rain forecast capability and error of JMA model, and verify the JMA model's forecast capability for upper-air circulation, synoptic influence systems in the middle and lower level and physical quantity field. The main results are as follows. The capability of JMA model on heavy rain forecast is limited and the threat score of forecast is 21.8% with the low forecast accuracy rate (23.8%), forecast vacancy rate (24.0%) and high hit rate (76.0%). The forecast error of the JMA model on heavy rain shows the precipitation value is less and there is a deviation for distribution of rain and, the forecast capability on the heavy rain caused by the cyclone or inverted trough is the best but that caused by cold vortex is the worst. The forecast capability of JMA model on heavy rain varies in different seasons, and the miss rate of heavy rain is higher in spring and summer and the heavy rain false alarm easily appears in autumn. The JMA model shows a better forecast capability on Eurasian circulation situation in middle-high latitude, with further west position and weak intensity and 1 degree in latitude northwards for trough bottom of westerly trough. Meanwhile, the prediction of location and intensity of low vortex is consistent with the respect of the analysis fields, but the range is relatively smaller, while the prediction of the location, the maximum wind velocity of low-level jet at 850 hPa and the location and central value of vertical updraft motion area at 700 hPa is similar to the actual value.

Key words: JMA model; heavy rain forecast; capability verification; error analysis

0 引言

数值预报系统虽能提供可信用度较高的中期时效(一周或更长)的天气形势与大尺度天气过程的预报与

短期定点气象要素值,但数值预报毕竟不能替代预报员的综合预报^[1]。从预报业务应用上认识数值预报产品性能和误差,对数值产品进行主观分析、判断和误差订正,寻求客观预报与主观预报的最佳结合点,是提

收稿日期:2011-05-18;定稿日期:2011-07-05

第一作者:高松影,女,1966年生,高级工程师,主要从事短期天气预报工作。E-mail: ddgsy@163.com

高预报水平的有效途径^[2]。日本传真图是我国应用最早的数值模式产品之一,其预报性能一直为预报员所关注,各地预报员在分析与检验方面作了许多工作^[3-9]。

丹东地区位于 39°43'—41°09'N、123°22'—125°41'E 之间,坐落在辽东半岛经济开发区东南部,地处鸭绿江与黄海交汇处,暴雨是这一地区的重要天气。自 20 世纪 80 年代,日本传真图就作为丹东市气象台预报业务中主要的数值模式产品之一。伴随数值模式不断改进^[10-12],日本传真图已成为制作短期降水预报的重要参考依据;但预报业务中,日本数值模式对一般性降水预报性能较好,对暴雨预报性能较差。暴雨是小概率天气事件,受样本数限制,预报员缺乏对日本数值模式暴雨预报性能的系统认识,造成预报误差订正困难,预报暴雨信心不足。本文选取 2001 年 7 月—2010 年 8 月日本数值预报传真图资料,以格点(40°N、124°E)作为丹东地区的代表站点,采用统计学和天气学检验相结合的方法,检验日本数值模式的暴雨预报性能,并对误差进行分析。

1 资料选取与说明

选取 2001 年 7 月—2010 年 8 月日本 JMH 台传真图共 3 292 个预报样本;降水检验选取 FSFE02/03(地面气压、降水量 12—24 h 和 24—36 h 预报图),用插值法读取丹东代表站点(40°N、124°E)12—24 h 和 24—36 h 降水预报值,二者之和为 24 h 降水预报值;降水实况资料来自该地区丹东(40°03'N、124°20'E),东港(39°53'N、124°10'E),凤城(40°28'N、124°04'E),

宽甸(40°43'N、124°47'E)四站逐日降水量,其中一站 24 h 降水量 ≥ 50 mm 就确定为一个暴雨个例,共计 80 个。高空环流形势、中低空影响系统和物理量场检验资料选取 FUF E502/503(500 hPa 高度、涡度的 24、36 h 预报图)、FXFE782/783(850 hPa 温度、风场与 700 hPa 垂直速度场的 24、36 h 预报图)与 AUF E50(500 hPa 高度、涡度分析图)、AXFE78(850 hPa 温度、风场与 700 hPa 垂直速度场分析图),对其中 850 hPa 风场和 700 hPa 垂直速度预报场进行天气学检验。

2 预报检验与误差分析

2.1 预报统计检验

暴雨预报检验样本包括暴雨实际发生个例数和数值模式暴雨空报样本数。暴雨预报正确次数,指降水预报量 ≥ 50 mm 而降水实况量 ≥ 50 mm 的次数;暴雨漏报次数,指预报无降水或降水预报量 < 50 mm 而降水实况量 ≥ 50 mm 的次数;暴雨空报次数,指降水预报量 ≥ 50 mm 而降水实况量 < 50 mm 的次数;暴雨预报次数,指暴雨预报正确与空报次数之和,即降水预报量 ≥ 50 mm 的次数。另外,根据天气影响系统,将丹东地区暴雨划分为气旋(倒槽)型、低槽冷锋型、冷涡型、西太平洋副热带高压西部型(简称副高西部型)、台风型五种。本文采用预报正确率、漏报率、空报率、命中率、 T_s 评分对日本数值模式暴雨预报(模式预报来自传真图)性能进行检验。表 1 给出丹东 2001 年 7 月—2010 年 8 月日本数值模式暴雨预报性能统计检验结果,表 2 给出其同期暴雨分型预报性能检验结果。

表 1 丹东地区 2001 年 7 月—2010 年 8 月日本数值模式暴雨预报性能检验结果

暴雨个例	正确		漏报		空报		预报		T_s 评定
	次数	百分率	次数	百分率	次数	百分率	次数	命中率	
80	19	23.8%	61	76.3%	6	24.0%	25	76.0%	21.8%

表 2 丹东地区 2001 年 7 月—2010 年 8 月日本数值模式暴雨分型预报性能检验结果统计表

暴雨分型	暴雨个例	预报量级正确个例	预报偏小量级个例		
			L_3	L_2	L_1
气旋(倒槽)型	10	4	0	0	6
低槽冷锋型	9	2	3	1	3
冷涡型	10	0	6	1	3
副高西部型	48	11	9	13	15
台风型	3	2	1	0	0
合计	80	19	19	15	27

注: L_1 、 L_2 、 L_3 、分别表示预报偏小 1、2、3 个量级

从表 1、2 中可见: 1) 日本数值模式暴雨预报 T_s 评分为 21.8%, 具有一定预报能力, 但预报正确率仅

23.8%, 不能满足暴雨预报业务的需求; 2) 空报率较低(24.0%), 命中率高达 76.0%, 这提示预报员当日本数值模式 24 h 降水预报量 ≥ 50 mm 时, 应引起重视, 并可考虑预报暴雨; 3) 与一般降水漏报不同, 日本数值模式能对全部暴雨做出有降水预报, 但 76.3% 的降水预报值 ≤ 50 mm, 其中偏小 1、2、3 个量级的分别占 33.8%、18.8% 和 23.8%, 由此造成暴雨漏报率偏高。

2.2 不同类型暴雨预报性能的检验分析

2.2.1 气旋(或倒槽)型

气旋(或倒槽)往往给丹东地区带来区域性暴雨。统计结果表明, 对此型暴雨, 日本数值模式能在范围、强度上反映出其强降水天气系统特征, 降水预报量相比其他类型暴雨最接近实况, 10 个暴雨个例, 其中 4 个

降水预报量 ≥ 50 mm, 6 个偏小 1 个量级, 预报性能最好。预报误差主要是暴雨落区的偏差。日本数值模式对气旋移动速度的预报以偏慢居多, 造成预报降水起始时间滞后; 暴雨中心强度接近实况或偏小。

举例分析如下: 2007 年 3 月 3—4 日辽宁省出现罕见特大暴雪(雨)天气过程其一典型气旋暴雪(雨)个例。其主要影响系统是强烈发展的江淮气旋, 伴随气旋东移北上及加深, 气旋北部的强降水区随之

北抬, 12—24 h 预报的强降水中心在山东半岛西部(图 1a), 中心值 48 mm; 24—36 h 强降水中心移至丹东地区(图 1b), 中心值未变。本文选取的 3 292 个预报样本中, 3 月份预报如此强的降水非常罕见, 实况证实对这次极端天气事件, 日本数值模式强降水范围和量级预报与实况较为接近(图 1c), 丹东地区为降水中心, 其中丹东、东港、凤城、宽甸四站降水量分别为 99、106、82、55 mm。

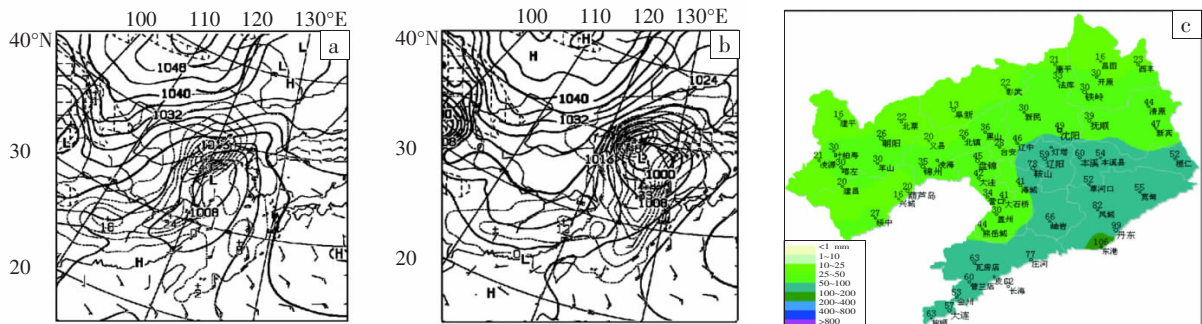


图 1 2007 年 3 月 4 日 08 时(北京时, 下同)JMHSFE02 12—24 h (a)、FSFE03 24—36 h (b) 降水预报图与辽宁省 3 日 08 时—5 日 08 时降水量分布图(c)

图 a、b 中, 点划线为降水等值线(间距 5), 单位: mm; 黑实线为地面等压线, 单位: hPa

2.2.2 低槽冷锋型

分析表明, 日本数值模式对发生在高空槽处于斜压发展阶段, 槽前暖平流、正涡度平流较强, 低空水汽输送充沛, 地面配合冷锋系统的区域性暴雨有较好的预报性能, 暴雨落区预报与实况较吻合, 但降水预报量级多数偏小; 尤其低槽与其它天气系统相互作用时, 预报偏差更大。由统计结果可知, 在此型 9 个暴雨个例中, 有 2 个降水预报量正确; 其余均偏小, 偏小 3、2、1 个量级的分别有 3、1、3 个。

举例分析如下: 2006 年 6 月 14 日在日本海高压稳定和西风槽与低涡相互作用下(图 2a), 丹东地区出

现区域性暴雨、局部大暴雨天气(图 2d), 这是一次较典型的“北槽南涡”型暴雨。高空槽前辐散与气旋东北部低层辐合的迭加为暴雨形成提供了动力条件; 低空低涡前部与海上高压后部偏南急流的建立为暴雨提供了水汽和能量来源。对于此次过程, 日本数值模式 12—24 h 预报有两个暴雨中心(图 2b), 其分别位于山东半岛东南部海域和辽宁省东部, 中心值分别为 60、50 mm, 丹东处于两个暴雨中心的中间区域; 24—36 h 预报图中(图 2c), 降水带东移, 对丹东的影响结束。与实况相比, 日本数值模式预报的暴雨中心偏差较大, 实况暴雨中心出现在两个暴雨预报中心之间的区域。

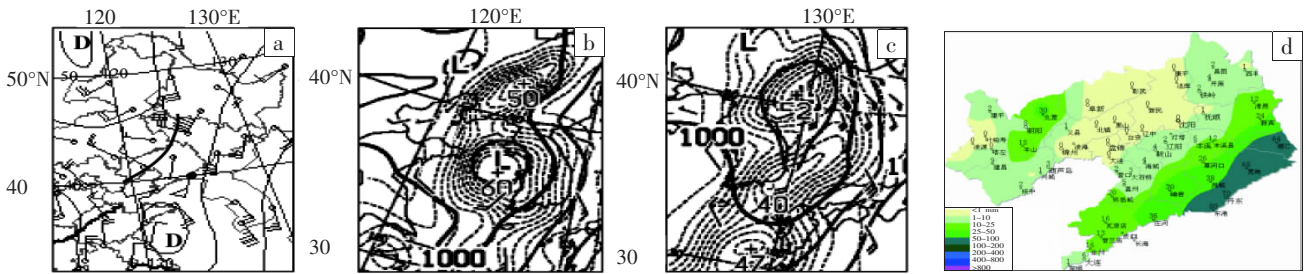


图 2 2006 年 6 月 14 日 08 时 850 hPa 高度场(a), 6 月 13 日 20 时 JMHSFE02 12—24 h (b)、FSFE03 24—36 h (c) 降水预报图, 6 月 14 日 08 时—15 日 08 时辽宁省降水分布图(d)

图 a 中, 细实线为等高线(dagpm), 黑实线为槽线。图 b、c 中, 点划线为降水等值线(间距 5), 单位: mm; 黑实线为地面等压线, 单位: hPa。图 d 中, 细实线为降水等值线, 单位: mm

2.2.3 冷涡型

东北冷涡虽属天气尺度, 但其造成的灾害性天气带有明显的中小尺度特点^[13]。因此, 东北冷涡暴雨的局地性很强。统计结果表明, 日本数值模式对冷涡

暴雨预报能力微弱, 对 2001 年 7 月—2010 年 8 月丹东地区 10 个冷涡暴雨均漏报, 其中偏小 3 个量级的有 6 个, 偏小 2 个、1 个量级的分别有 1 个和 3 个; 尽管有时预报的降水中心与暴雨落区对应关系较好, 但

量级偏差大,预报图上往往是 5~15 mm 的弱降水区。

举例分析如下:受东北冷涡影响,2009 年 6 月 9 日 08 时至 10 日 08 时,丹东地区南部出现暴雨(图 3c),各地降水大多超过 50 mm,其中同兴镇达 73.4 mm。日

本数值模式对降水落区的预报与实况基本吻合,降水中心在丹东地区,12—24 h 降水预报值是 35 mm(图 3a),24—36 h 降水预报值为 10 mm(图 3b),24 h 降水预报值为 45 mm,比实况偏小 1 个量级。

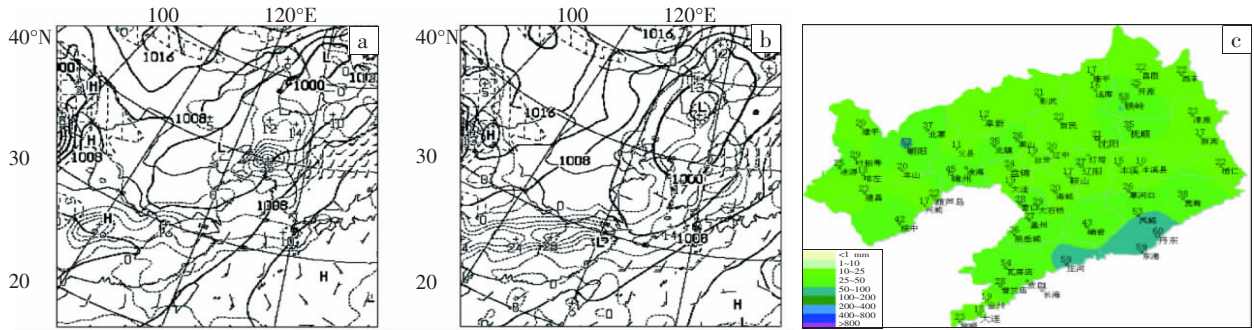


图 3 2009 年 6 月 8 日 20 时 JMHSFE02 12—24 h (a)、FSFE03 24—36 h (b)降水
 预报图,6 月 9 日 08 时—10 日 08 时辽宁省降水分布图(c)
 图 a、b 中,点划线为降水等值线(间隔 5),单位: mm;黑实线为地面等压线,单位: hPa

2.2.4 副高西部型

西太平洋副热带高压(副高)是丹东地区夏季主导系统,当副高西侧有切变线、低涡、西风槽、低空急流配合时,常引发该地区区域性或局地暴雨、大暴雨甚至特大暴雨。这类暴雨的预报既是预报业务的重点,也是难点;副高西部型暴雨占丹东地区暴雨总数的一半以上。由于副高西侧暴雨影响系统多具中尺度特征,如中尺度低涡、切变线或暴雨云团,日本数值模式对此型暴雨预报性能不好,对局地暴雨基本无预报能力。统计结果表明,在 2001 年 7 月—2010 年 8 月丹东地区 48 个副高西部暴雨个例中,预报正确的仅 11 个(占 22.9%)。经分析发现,日本数值模式对此型暴雨预报的失败主要有两种情况,

一是降水预报量偏小导致漏报,二是落区预报偏差导致空报。

对上述两种情况分别举例分析如下:2010 年 8 月 19 日 08 时—20 日 08 时,受西风槽和副热带高压共同影响,辽宁省西部和东部出现两条暴雨带,但最强降水中心位于丹东地区(图 4c),该市宽甸、凤城 24 h 降水量分别达 103 mm 和 201 mm。日本数值模式对暴雨落区、范围以及暴雨带走向、演变的预报非常好:12—24 h 预报(图 4a),暴雨带在辽宁省西部,降水中心值 38 mm;24—36 h 预报(图 4b),暴雨带东移至辽宁省东部,降水中心在丹东地区,但降水量预报与实况偏差非常大,中心预报值仅 28 mm。因此,降水预报量偏小导致漏报。

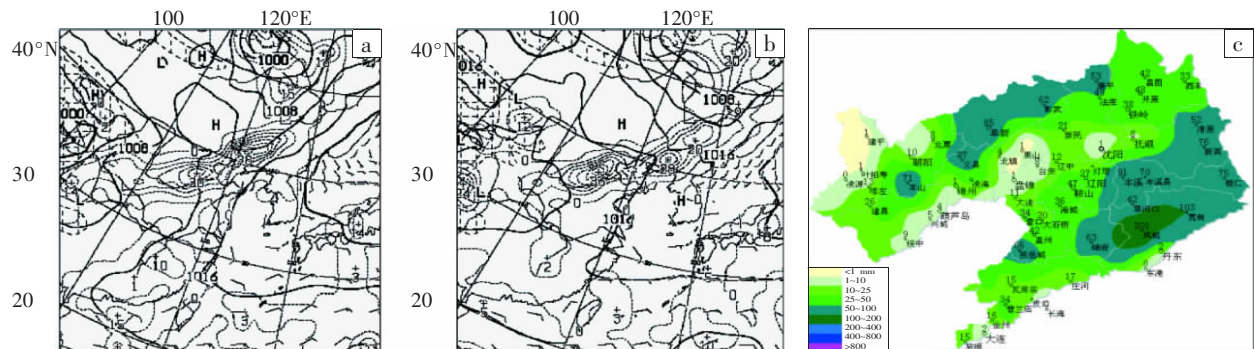


图 4 2010 年 8 月 18 日 20 时 JMHSFE02 12—24 h (a)、FSFE03 24—36 h (b)
 降水预报图与 8 月 19 日 08 时—20 日 08 时辽宁省降水量分布图(c)
 图 a、b 中,点划线为降水等值线(间距 5),单位: mm;黑实线为地面等压线,单位: hPa

2007 年 8 月 11—12 日,中纬度西风槽在东移过程中受东部副热带高压阻挡发展成低涡,受其影响丹东地区出现暴雨、局部大暴雨(图 5c),最大降水量(158 mm)出现在沙里寨镇,强降雨引发洪涝灾害。在这一预报个例

中,日本数值模式对降水量预报与实况非常吻合,暴雨中心 24 h 降水量为 143 mm,但暴雨落区预报与实况偏差很大,12—24 h(图 5a)和 24—36 h(图 5b)预报的暴雨中心均在辽宁省中西部,但实况暴雨中心出现在辽宁省东

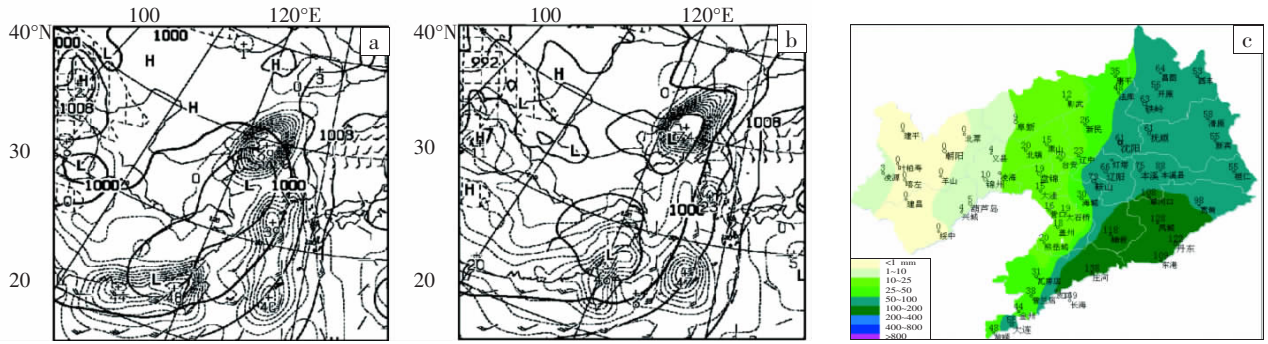


图 5 2007 年 8 月 11 日 08 时 JMHFSFE02 12—24 h (a)、FSFE03 24—36 h (b)降水
 预报图与 8 月 11 日 20 时—12 日 20 时辽宁省降水量分布图(c)

图 a、b 中,点划线为降水等值线(间距 5),单位: mm;黑实线为地面等压线,单位: hPa

部地区,中西部地区只降中雨,部分地区甚至无降水。因此,落区预报偏差导致此次过程空报。

2.2.5 台风型

2001 年 7 月—2010 年 8 月丹东地区台风型暴雨仅 3 例。分析表明,该地区此型暴雨很少由台风直接造成,虽有少数转向台风在向东北方向移动过程中可达 35°N 附近,但大都已减弱为热带低气压;对这类暴雨,日本数值模式预报的降水范围和强度能反映出热带低压环流系统的强降水特征,预报性能较好;暴雨预报误差多由热带低压移动路径预报偏差带来。台风外围影响造成的丹东地区台风型暴雨值得注意,因为这类暴雨多数有西风带系统配合,日本数值模式的降水量预报有时

偏小。上述分析结论有待进一步验证。

举例分析如下: 2007 年 9 月 18—19 日,当年第 13 号台风“韦帕”(WIPHA)在吕宋岛以东洋面生成后向西偏西方向移动,19 日在浙江登陆;之后转向东北方向移动,20 日到达山东半岛减弱为热带低气压(图 6a)。对于北上台风“韦帕”,日本数值模式表现出较好的预报性能,预报的暴雨区在辽宁东部,丹东地区也在暴雨区中。从预报的雨区形态、走向和范围看(图 7a、b),这是一次台风外围云系与西风带云系相结合(图 6b、c)的暴雨过程。对比降水实况(图 7c),日本数值模式对此次台风暴雨过程降水量的预报也较好,丹东代表站点 24 h 降水预报值为 65 mm,与实况基本一致。

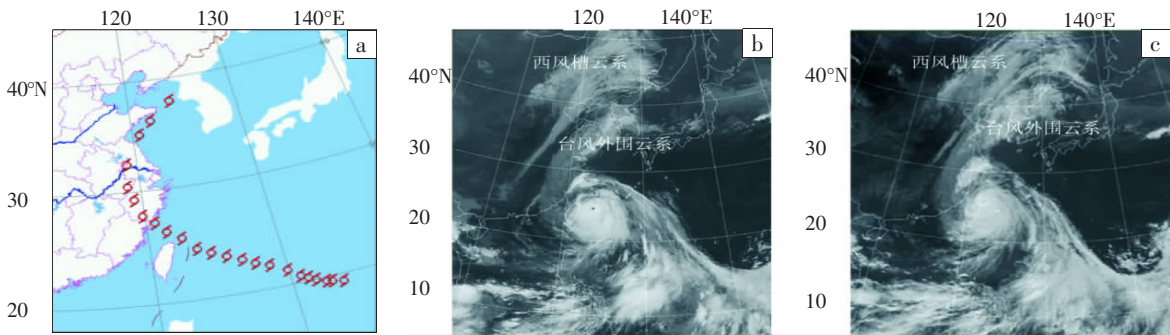


图 6 2007 年 13 号台风“韦帕”路径图(a)与 9 月 18 日 08 时(b)、14 时(c) FY-2C 卫星红外图像

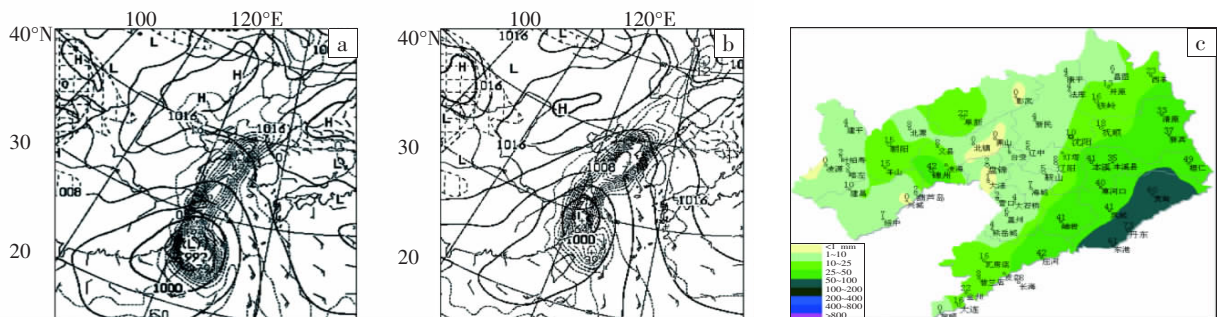


图 7 2007 年 9 月 17 日 20 时 JMHFSFE02 12—24 h (a)、FSFE03 24—36 h (b)降水
 预报图以及 9 月 18 日 08 时—19 日 08 时辽宁省降水量分布图(c)

图 a、b 中,点划线为降水等值线(间距 5),单位: mm;黑实线为地面等压线,单位: hPa

2.3 不同季节暴雨预报能力检验

丹东地区暴雨发生期一般在 4—10 月,盛夏 7—8 月是集中出现时段,日本数值模式对不同季节暴雨预报性能有所不同。统计结果表明,日本数值模式对春季 4—5 月降水预报量虽偏小,大都在 30 mm 左右,但在春季这一量级降水的预报应引起关注;进入初夏 6 月,丹东地区暴雨多冷涡型,对此型暴雨日本数值模式预报性能不好,但如果丹东地区处在稳定的黄海或日本海高压后部,低空水汽输送带明显,日本数值模式预报性能较好;夏季 7—8 月,日本数值模式对暴雨预报不稳定,漏报和空报均较多,尤其对这段时间出现的局地暴雨,其预报能力更差;9 月进入秋季,丹东地区暴雨明显减少,该季节暴雨发生所需的水汽、能量条件虽不如盛夏,但日本数值模式似乎对降水预报未作出及时调整,降水预报量级偏大,往往出现暴雨空报;另外,9—10 月暴雨多冷涡型,其局地性明显,日本数值模式对此型暴雨往往漏报。

2.4 高空环流和物理量场预报天气学检验与误差分析

2.4.1 500 hPa 环流形势预报检验

暴雨是在一定大尺度环流背景下由多种尺度天气系统相互作用、相互影响产生,500 hPa 天气系统演变能很好地反映对流层中层大气的活动和动力特征,并对低层大气具有引导作用,诱发中小尺度天气系统发生发展^[4]。日本数值模式对 500 hPa 环流形势及高空系统具有较好的预报性能,表现在高空槽脊、高低压环流位置及强度预报与分析图偏差不大。统计 FUF502/503(500 hPa 高度、涡度的 24、36 h 预报图) 30°—50°N、110°—125°E 范围内的高空槽(北支槽取槽线与 40°N、45°N、50°N 相交点经度平均值作为槽线位置,南支槽取槽线与 40°N、35°N、30°N 相交点经度值

作为槽线位置),与 AUF50(500 hPa 高度、涡度分析图)对比,北支槽与南支槽预报略偏西,偏差在 2 个经度以内;北支槽底位置偏北 1 个纬度。对同样范围内低涡位置和强度预报分析表明,预报与实况吻合,但低涡范围偏小;对短波槽分辨能力差,往往漏报。

日本数值模式对副热带高压位置与演变预报也较好,统计分析 588 dagpm 线西脊点位置预报,其预报偏东居多;用 588 dagpm 线与 110°E、120°E、130°E 的交点位置代表副高北界位置,北界位置在 110°—120°E 之间偏南居多,在 120°—130°E 之间略偏北居多。

2.4.2 850 hPa 风场和 700 hPa 垂直速度场预报检验

日本数值模式 FXFE782/783(850 hPa 温度、风场及 700 hPa 垂直速度场 24、36 h 预报图)中,850 hPa 西南或东南风急流和 700 hPa $\leq -20 \text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ 负垂直速度中心的预报对丹东地区强降水预报有很好的指示意义,以往对丹东地区 41 个强降水样本统计中^[5],有 18 个样本 850 hPa 风场预报有低空急流(最大风速 $\geq 14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),有 21 个样本 700 hPa 垂直速度场预报有 $\leq -20 \text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ 负垂直速度中心与丹东代表站点对应。

挑选 2010 年 8 月 5 日、28 日两个暴雨个例,对日本数值模式 FXFE782、FXFE783 预报图中 850 hPa 风场、700 hPa 垂直速度场 24—36 h 预报进行检验。8 月 5 日暴雨个例 850 hPa 风场 08、20 时分析图显示(图 8a、b),850 hPa 低空有西南风急流出现并向偏东南方向移动,急流最大风速 $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,丹东地区处于急流左侧;从 8 月 4 日 08 时 FXFE782 (24 h)和 FXFE783 (36 h)预报图上可见(图 8e、f),日本数值模式预报的西南风急流的位置、演变与分析图吻合,但 36 h 预报的急流最大风速是 $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,分析场仅为 $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,前者比后者偏大。

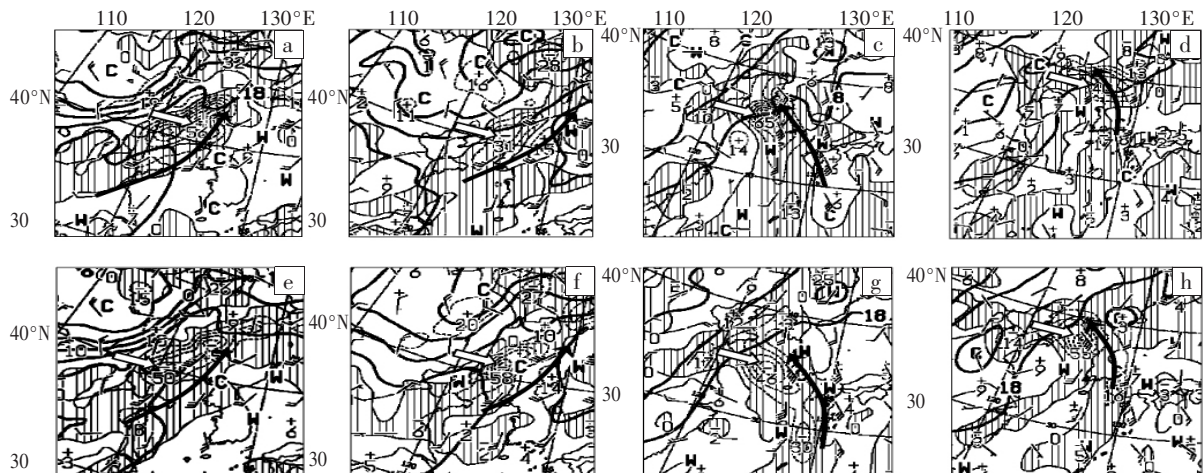


图 8 2010 年 8 月 5 日 08 时(a)、20 时(b)与 28 日 08 时(c)、20 时(d) AXFE78 分析图,以及 8 月 4 日 24 h (e)、36 h (f)与 27 日 24 h (g)、36 h (h) JMH FXFE782/783 预报图
图中,点划线为 700 hPa 垂直速度等值线,单位: $\text{hPa}\cdot\text{h}^{-1}$,黑实线为 850 hPa 等温线,带箭头粗实线为 850 hPa 急流,空心箭头所示为垂直上升运动中心

8月28日暴雨个例,850 hPa低空出现的是东南风急流(图8c,d),急流在向偏东方向移动过程中北伸,急流最大风速 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,丹东地区处于急流前方;8月27日08时FXFE782(24 h)和FXFE783(36 h)预报图上(图8g,h),预报的东南风急流的位置、演变与分析场的吻合,24 h和36 h预报的急流最大风速分别为 $18,16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,分析场的为 $16,12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,前者比后者偏大。

以上两个暴雨个例中,日本数值模式对出现在低空急流左侧和前方的700 hPa垂直上升运动区作出了很好的预报。统计检验表明,日本数值模式对槽前以及伴随切变线、低涡、气旋出现的700 hPa垂直上升运动区的预报均较好,但对垂直上升运动中心值的24 h预报往往偏弱、36 h的往往偏强;中心位置预报偏南。在这两个暴雨样本中,预报图中700 hPa垂直上升运动区中心24 h预报值分别为 $-50\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8e)、 $-46\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8g),对应分析图垂直上升运动中心值分别为 $-56\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8a)、 $-65\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8c),预报偏弱,预报中心位置偏南;36 h预报值分别为 $-58\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8b)、 $-55\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8d),对应的分析图垂直上升运动中心值分别为 $-31\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8g)、 $-40\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ (图8h),预报偏强;垂直上升运动中心位置8月5日暴雨个例预报图与分析图基本一致,8月28日个例偏南。这可能与日本数值模式24 h暴雨预报量偏小、36 h降水预报偏大和降水结束时间预报出现滞后有关。

3 结论与讨论

使用2001年7月—2010年8月日本数值模式传真图资料,以丹东为代表站,采用统计学和天气学检验方法,对日本数值模式暴雨预报性能和误差进行检验分析;同时,对日本数值模式高空环流形势、中低层影响系统及物理量场预报进行检验。其主要结论如下:

(1) 日本数值模式对暴雨预报,其 T_s 评分为21.8%,具有一定预报能力;预报正确率较低,仅23.8%;空报率也较低,为24.0%,命中率高达76.0%;其虽能对全部暴雨作出有降水预报,但76.3%的降水预报值 $\leq 50\text{ mm}$,降水量预报偏小造成暴雨漏报率高。

(2) 日本数值模式对不同类型暴雨预报性能不同,误差主要表现为降水量偏小和暴雨落区偏差,其中对气旋(倒槽)型暴雨预报性能最好,其次是低槽冷锋型;对副高西部型暴雨预报能力较差,尤其对局部暴雨基本无预报能力;对冷涡型暴雨预报性能最差;台风型暴雨预报误差多由台风路径预报偏差引起。

(3) 日本数值模式对春季暴雨预报量级偏小,但指示意义强;对夏季暴雨漏报多,对秋季暴雨易空报。

(4) 日本数值模式对欧亚中高纬环流形势能做

出较准确预报,对西风槽预报略偏西,强度偏弱,槽底位置偏北1个纬度;对低涡位置、强度预报与分析场吻合,但范围偏小;对短波槽分辨能力差;对副高588 dagpm线西脊点预报偏东,北界位置在 $110^\circ\text{—}120^\circ\text{E}$ 偏南居多,在 $120^\circ\text{—}130^\circ\text{E}$ 略偏北居多。

(5) 日本数值模式850 hPa风场和700 hPa垂直速度场预报,对丹东地区暴雨预报指示意义很好,但850 hPa风场最大风速预报偏大,700 hPa垂直速度中心24 h预报偏弱,36 h中心预报偏强,中心位置偏南。

日本数值模式暴雨预报性能的天气学检验与误差分析表明,全球模式对中尺度天气预报的局限性很大。因此,在实际预报业务中应提高中尺度模式释用水平和中尺度天气分析能力,加强卫星云图和雷达探测资料的应用。另外,上述工作虽建立在资料序列时间较长、样本较多基础上,但从业务应用角度出发,其分析方法以定性为主,有些结论缺乏严谨性和科学性。近年来,各种数值模式发展很快,今后如果能将日本数值模式与各种数值模式的暴雨预报性能作系统性分析比较,有望进一步提高暴雨预报水平。

参考文献:

- [1] 薛纪善.和预报员谈数值预报[J].气象,2007,33(8):3-11.
- [2] 章国材.预报员在未来天气预报中的作用探讨[J].气象,2004,30(7):8-11.
- [3] 刘素洁,项英芬,关颖.关于日本传真图强降水预报的统计解释[J].辽宁气象,1995(4):10-11.
- [4] 张文达.日本数值预报产品降水预报准确性检验[J].气象,1997,23(4):封2-3.
- [5] 陈淑媛,骆铜海.日本雨量图对应武穴站单点预报的质量评定[J].湖北气象,2004,23(2):7-9.
- [6] 卢振礼,郑美琴.日本数值预报产品降水量预报的应用和检验[J].河南气象,2005,(4):20.
- [7] 王雨,闫之辉.2004年汛期(5—9月)主观降水预报检验[J].热带气象学报,2006,22(4):331-338.
- [8] 王丽,金琪,柯怡明.三种数值预报产品短期强降水预报定量误差评估[J].暴雨灾害,2007,26(4):301-305.
- [9] 孟英杰,吴洪宝,王丽,等.2007年主汛期武汉区域四种数值模式定量降水预报评估[J].暴雨灾害,2008,27(3):273-277.
- [10] 王世平.日本气象厅1977年的数值天气预报概况[J].气象科技,1979(4):9-10.
- [11] 殷显曦.日本气象厅数值天气预报业务发展计划[J].气象科技,1981(5):31-32.
- [12] 陈德辉,薛纪善.数值天气预报业务模式现状与展望[J].气象学报,2004,62(5):623-633.
- [13] 张云,雷恒池,钱贞成.一次东北冷涡衰退阶段暴雨成因分析[J].大气科学,2008,32(3):481-498.
- [14] 周慧,崔应杰,胡江凯,等.T639模式对2008年长江流域重大灾害性降水天气过程预报性能的检验分析[J].气象,2010,36(9):60-67.
- [15] 高松影,孙连强.日本数值预报产品在丹东地区降水预报检验和评估[J].气象,2006,32(6):79-83.