

蔡芎宁. 2011 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J]. 气象, 2011, 37(8): 1026-1030.

2011 年 3—5 月 T639、ECMWF 及 日本模式中期预报性能检验^{*}

蔡芎宁

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 为了更好地应用 T639 模式中期预报产品, 对 2011 年 3—5 月 T639 模式 96 小时预报产品进行了天气学检验, 并与 ECMWF、日本模式进行了对比分析。结果表明: 三种模式均对亚洲中高纬环流形势的调整和演变具有较好的预报性能。综合来看, ECMWF 模式对各系统及要素的预报最接近实况; 日本模式和 T639 模式次之。另外, 选取了 2011 年 4 月 28—30 日的沙尘天气个例进行分析, 发现日本模式对于引发此次沙尘天气的地面高压系统的中期预报指示意义最好。

关键词: T639 模式, 中期天气预报, 天气学检验

Performance Verification of the Medium-Range Forecasting for T639, ECMWF and Japan Models from March to May 2011

CAI Xiangning

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: In order to improve the ability to use the products of T639, a synoptic verification on its medium-range forecasting in Spring 2011 is made in comparison with the NWP of ECMWF and Japan models. The results show that the three models have good performances on the aspect of predicting the large-scale circulation evolution and adjustment in Asian middle and high latitude areas. As a whole, the ECMWF model is better in forecasting most weather systems compared with the T639 and Japan models. Taking the sand-storm process during the period of April 28—30, 2011 as a case, it is found that the Japan model is more effective than the other two models in medium-range forecasting of strong surface wind, causing this sand and dust weather process.

Key words: T639 model, medium-range forecasting, synoptic verification

1 3—5 月天气概况

2011 年 3—5 月, 全国平均降水量较常年同期偏少, 为 1961 年以来历史同期最少。除西藏中部、东北地区中西部等地降水量偏多 3 成至 1 倍外, 全国其余大部地区接近常年或偏少, 其中内蒙古中西部、黄淮南部、长江中下游及其以南大部分地区、贵州等地降水量偏少 3 至 8 成。上海、浙江、安徽、江

西、湖北、湖南、贵州春季降水量为历史同期最小值, 江苏为历史同期次小值。

3—5 月, 全国平均气温较常年同期略偏高。除云南东南部、贵州南部、广西中西部地区气温偏低 1~2℃, 海南南部局地偏低 2~4℃外, 全国其余大部地区气温接近常年或偏高, 其中江淮中部、河南中部和南部、湖北中部和北部及新疆等地偏高 1~2℃。海南平均气温为历史同期最低值。

3—5 月, 长江中下游地区降水量异常偏少, 气

* 2011 年 6 月 27 日收稿; 2011 年 7 月 6 日收修定稿

作者: 蔡芎宁, 主要从事中期天气预报工作. Email: cxn@cma.gov.cn

温比常年同期偏高 0.7℃。雨少温高导致上述地区出现严重气象干旱,江河、湖泊、水库等水位异常偏低,水体面积减少明显,人们生产生活受到严重影响。此次干旱具有少雨程度重、持续时间长、干旱范围广、迎汛期受旱等特点。综合分析表明,此次气象干旱为该地区近 60 年历史同期最严重干旱。

2 资 料

本文选取 2011 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式 20 时(北京时)实况分析场和 96 小时预报场进行中期天气学检验及预报效果的对比分析,检验所用的资料主要包括各模式的 500 hPa 高度场、850 hPa 温度场以及海平面气压场。T639 模式资料分辨率为 1.125°×1.125°经纬网格、ECMWF 模式和日本模式资料分辨率均为 2.5°×2.5°经纬网格。

3 三种模式的中期预报性能检验

3.1 亚洲地区中高纬环流形势的预报检验

西风指数是反映中高纬大尺度环流形势演变和调整的重要指标,是中期预报最为常用的工具之一。图 1 是根据 2011 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式 500 hPa 高度实况分析和 96 小时预报计算所得的亚洲中高纬西风指数逐日演变曲线。

从三种模式实况分析来看,3—5 月,西风指数处于多波动状态,说明亚洲中高纬度环流形势不断调整,冷空气活动十分频繁。其中,3 月份西风指数出现了 3 次下降过程,但降幅相对较小,说明弱冷空气活动频繁,导致新疆、西藏、云南、甘肃、陕西、黑龙江等省(区)的部分地区遭受了低温冷冻害和雪灾;江南、华南、西南地区东部等地出现了低温阴雨寡照天气。4 月 6—20 日,西风指数出现了一次明显的下降过程,从 426 dagpm 不连续下降到 67 dagpm,为春季降幅最大的一次。这一时期我国山东、河南、江苏、湖南、四川、安徽、河北、北京等省(市)共有 75 站出现极端日降温事件,其中山东、江苏、河南、安徽等地有 20 站突破历史极值。5 月 16—20 日,西风指数又出现了 1 次明显的下降过程,从 323 dagpm 急剧下降到 101 dagpm,正好对应一次全国性强冷空气过程,过程降温幅度一般为 8~12℃,长江流域超过 14℃。四川等省共 71 站日降温幅度达到极端事件监测标准,其中甘肃、湖北、四川、重庆等地共

16 站日降温幅度突破历史极值。综合来看,三种模式都能较好地预报出西风指数的多波动状态以及明显的下降过程,96 小时预报与实况呈同位相变化,只是在时间或强度上存在一些偏差。相比较而言,对于西风指数的小幅波动,ECMWF 模式预报偏差比日本、T639 模式小。

为了进一步比较中期时段内其余时效预报场的性能,图 2 给出了三家模式对西风指数 96~168 小

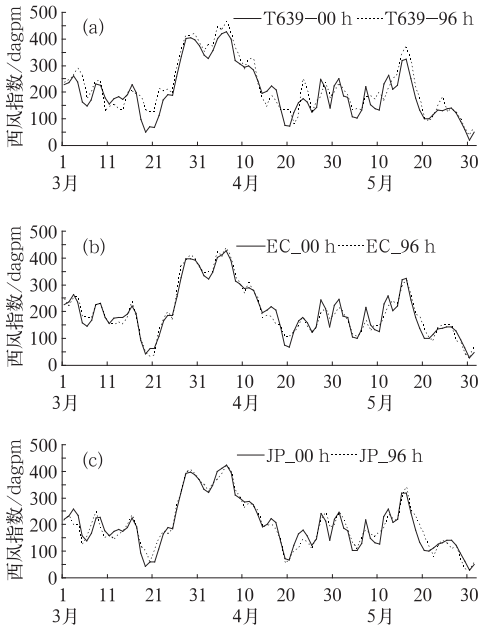


图 1 2011 年 3—5 月 T639(a)、ECMWF(b) 及日本模式(c)零场(实线)和对应的 96 小时预报场(虚线)西风指数逐日演变曲线
Fig. 1 The daily evolution curves of 00 h (solid line) and 96 h (dashed line) westerly-index derived by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from March to May 2011

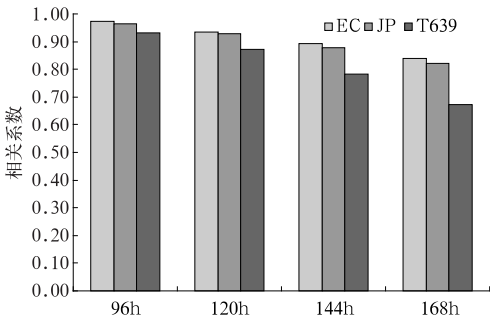


图 2 2011 年 3—5 月 ECMWF、日本及 T639 模式零场与 96~168 小时西风指数的相关系数

Fig. 2 The correlations of westerly-index between 00 h and 96 h, 120 h, 144 h, 168 h prediction fields by ECMWF, JP and T639 models from March to May 2011

时预报场与零场的相关系数。从中可以看出,三家模式 96 小时预报场与各自零场的相关系数都达到 0.9 以上,说明三种模式在 96 小时时效内对于亚洲中高纬大尺度环流的重大调整过程均有一定的预报能力,对灾害性天气的中期预报都有较好的指示意义,这与马杰等^[1-3]的检验结果比较一致。另外,不论哪个时效,仍然是 ECMWF 模式对于西风指数的预报效果最好,日本模式仅次于 ECMWF 模式, T639 模式第三,且随着预报时效的延长,与前两种模式的差距越来越大。

3.2 500 hPa 环流形势的预报检验

在天气分析中,通常利用 500 hPa 等高线来分析对流层中层的形势变化。中期数值预报模式对 500 hPa 环流形势及西北太平洋副热带高压(以下简称副高)的预报能力是衡量该模式预报性能好坏的重要标志之一。下面就对 2011 年 3—5 月 T639

模式、ECMWF 模式和日本模式 500 hPa 平均位势高度零场及对应的 96 小时预报场进行比较。

如图 3 所示,对于 500 hPa 平均位势高度场, ECMWF(图 3b)和日本模式(图 3c)的 96 小时预报场都与其各自的零场吻合得较好,特别是在中高纬地区 96 小时预报场的可信度相当高,预报场与零场的偏差只在 ± 1 dagpm 左右。而在低纬度地区, ECMWF 和日本模式的零场虽然显示的副高均呈块状分布,但还是略有差异。ECMWF 模式零场中副高的面积比日本模式大,96 小时预报场中 ECMWF 模式的副高比其零场预报的偏弱、日本模式则比其零场预报的偏东。ECMWF 模式对 20°N 以南地区的高度场预报均偏弱,此为 ECMWF 模式的系统性误差,可在日常业务预报中进行相应的订正。而 T639 模式(图 3a)的预报场与其零场的偏差幅度比前两种模式都大,对于副高的预报比其零场偏强。

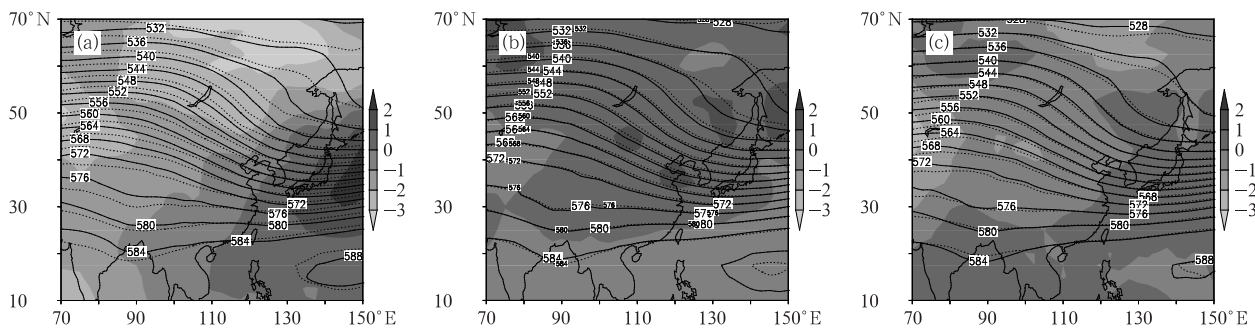


图 3 2011 年 3—5 月 T639(a)、ECMWF(b)及日本模式(c) 500 hPa 平均位势高度零场(实线)和对应的 96 小时预报场(虚线)及两者的偏差(阴影)

Fig. 3 The 00 h (solid line) and 96 h (dashed line) average 500 hPa geopotential height fields and the errors between 96 h and 00 h fields (shaded) made by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from March to May 2011

再对比一下三家模式中南支槽的表现。南支槽是冬半年副热带南支西风气流在高原南侧孟加拉湾地区产生的半永久性低压槽,是冬半年影响南亚和东亚的主要天气系统之一,而春季又是南支槽最活跃的时期。2011 年 3 月,南支槽较常年同期偏强,槽前西南暖湿气流活跃,配合北方频繁南下的弱冷空气,江南、华南、西南地区东部等地出现了持续阴雨寡照天气。从图 3 可以看出,ECMWF 模式对于南支槽的预报与其零场相当吻合,说明 ECMWF 模式对于青藏高原及其以南地区平均位势高度场的描述十分细致;日本模式预报场也和其零场比较接近;而 T639 模式对南支槽的预报比其零场明显偏强。

综合来看,对于 500 hPa 平均位势高度场,

ECMWF 模式和日本模式对中高纬地区的 96 小时预报可信度相当高,但在低纬度地区还是略有偏差;而 T639 模式的预报场与其零场的偏差幅度比前两种模式都大。

3.3 850 hPa 温度趋势预报检验

为了解各模式对 850 hPa 温度的预报性能,选取了(40°N 、 117.5°E)和(25°N 、 115°E)两个格点分别代表北方和南方地区,检验三种模式对 850 hPa 温度变化趋势的中期预报能力。

2011 年春季,我国冷空气活动频繁,气温多起伏、冷暖变化幅度较大。从三种模式 850 hPa 温度逐日演变图中可以看出(图 4),各家模式的 850 hPa

温度变化均呈多波动状态,96 小时预报场与各自的零场基本都吻合得较好。其中,5 月 18—22 日,受强冷空气影响,我国出现了大范围明显降温天气,过程降温幅度一般为 8~12℃,长江流域超过 14℃。三家模式对北方地区这次大幅降温的趋势预报均较接近零场,但强度预报各有偏差,日本模式的偏差最小,ECMWF 和 T639 模式对前期回温都预报过高,T639 模式偏高的幅度更大。而对于南方地区温度 96 小时预报,三家模式对这次强降温过程的降幅预

报均偏小,从而造成对冷空气强度预报偏弱,T639 模式偏差幅度最大。

综合来看,三种模式基本都能反映出温度的转折性变化趋势。比较而言,ECMWF 和日本模式对 850 hPa 温度的预报效果较好,不论是升降温幅度或是时间都与实况较为接近,无明显系统性误差;而 T639 模式对温度剧烈变化的预报有时偏差较大,它对于北方地区强降温过程的幅度预报往往偏强,而对南方地区预报往往偏弱,需要在日常业务预报中

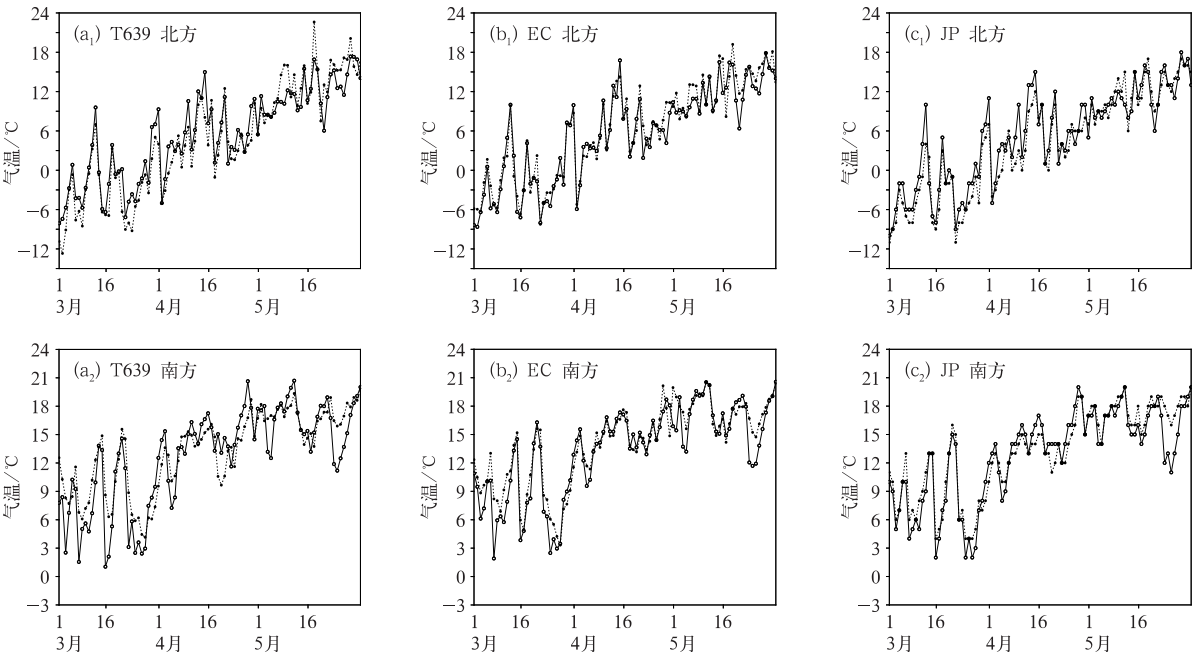


图 4 2011 年 3—5 月 T639(a)、ECMWF(b)及日本模式(c)零场(实线)和对应的 96 小时预报场(虚线)850 hPa 温度逐日演变曲线(℃)(a₁、b₁、c₁ 为北方;a₂、b₂、c₂ 为南方)

Fig. 4 The daily evolution curves of 00 h (solid line) and 96 h (dashed line) predicted temperature (°C) at 850 hPa made by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from March to May 2011 (a₁, b₁, c₁ refer to northern China; a₂, b₂, c₂ refer to southern China)

进行相应的订正。

3.4 沙尘天气的预报能力检验

沙尘天气是春季天气预报重点关注的对象。2011 年 3—5 月,我国共出现 8 次沙尘天气过程(4 次扬沙,2 次沙尘暴,2 次强沙尘暴过程),沙尘天气过程数比常年同期(19.2 次)明显偏少,比 2001—2010 年近 10 年同期平均(12.7 次)偏少 4.7 次。首次沙尘天气过程发生时间为 3 月 12 日,与近 10 年沙尘首发时间(2 月 4 日)相比偏晚 1 个多月,是 2001 年以来最晚的一年。

2011 年 4 月 28—30 日,北方地区出现 2011 年

以来强度最强的沙尘天气过程。新疆东部和南疆盆地、甘肃大部、内蒙古中西部、宁夏、陕西大部、山西、河北、北京、天津、山东北部、河南西部和北部等地出现扬沙或沙尘暴,新疆南疆盆地、甘肃金塔、酒泉、永昌等地出现强沙尘暴。其中,甘肃省受灾人口 39.2 万人,农作物受灾面积 2.28 万 hm²,直接经济损失 1.12 亿元。下面就以其为例分析三种模式对沙尘天气的预报能力。

预报沙尘天气的发生,重点在于参考气压梯度来预报地面大风。本文以 T639、ECMWF 和日本模式 4 月 28 日 20 时的海平面气压零场和对应的 96 小时预报场进行对比分析(图 5)。

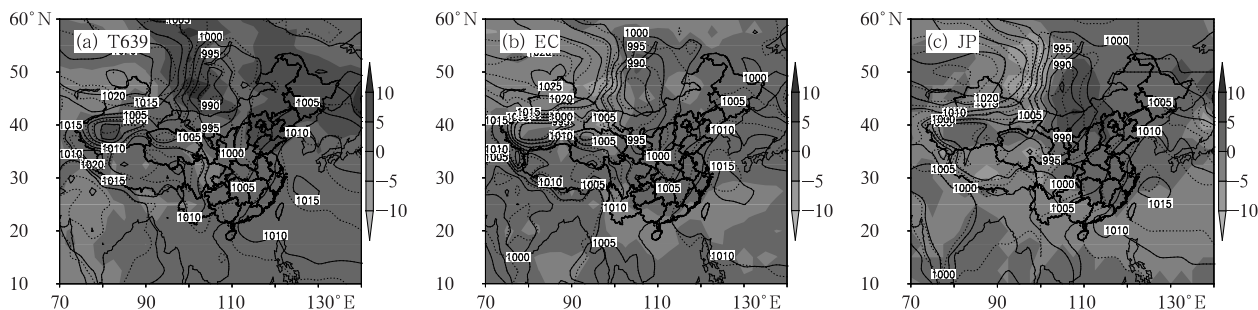


图 5 2011 年 4 月 28 日 20 时 T639(a)、ECMWF(b)及日本模式(c)海平面气压实况分析(实线)

和对应的 96 小时预报场(虚线)及两者的偏差(阴影)

Fig. 5 The 00 h (solid line) and 96 h (dashed line) predicted sea level pressure and the error between 96 h and 00 h fields (shaded) made by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models on 20 BT 28 April, 2011

此次沙尘天气的直接影响系统是蒙古气旋和地面冷锋。4 月 28 日 20 时,气旋位于蒙古国中部,中心气压 990 hPa;冷锋位于内蒙古西部至新疆天山一带;锋后的冷高压中心强度为 1025 hPa。锋后的强冷平流和锋前的强暖平流造成强的斜压性发展,使锋区附近产生较大的气压梯度和变压梯度,使得冷锋后部出现地面强风,从而引发了此次沙尘天气过程。由图 5 不难发现,三家模式的零场中自蒙古国西部到新疆天山一带均存在较大的气压梯度、且冷高压位置相似,即模式对冷空气和造成强风的地面气压梯度的表征较为准确。再比较三家模式的 96 小时预报场可知,三者对于冷高压和蒙古气旋中心位置和强度的预报与其各自的零场都比较接近,只是略有偏差,均能够指示上述地区将有沙尘天气发生。ECMWF 和 T639 模式预报的冷高压中心强度均为 1020 hPa,比零场偏弱 5 hPa;T639 模式预报的蒙古气旋中心强度也偏弱 5 hPa,因此等压线的密集程度比零场偏弱;日本模式预报的蒙古气旋比其零场略偏北,但其等压线的走向和密集程度与零场最接近,对于此次沙尘天气的预报具有更好的参考价值。

值得注意的是,沙尘天气个例不同,各模式预报性能差异较大,结合王超等^[4-5]的分析结果,各家模式对沙尘天气的预报各有优劣。

4 小 结

(1) 三种模式对 2011 年 3—5 月 96 小时 500 hPa 西风指数的变化趋势预报与实况较为一致,能较准确地反映亚洲中高纬地区大尺度环流的调整和演变,对转折性、灾害性等重大天气过程均具有较强

的指示意义。另外,不论哪个时效,仍然是 ECMWF 模式对于西风指数的预报效果最好,日本模式仅次于 ECMWF 模式,T639 模式第三,且随着预报时效的延长,与前两种模式的差距越来越大。

(2) 对于 500 hPa 平均位势高度场的预报,ECMWF 和日本模式对中高纬地区的 96 小时预报可信度相当高,但在低纬度地区还是略有偏差;而 T639 模式的预报场与其零场的偏差幅度比前两种模式都大。

(3) 对于 850 hPa 温度预报,三种模式基本都能反映出温度的转折性变化趋势,ECMWF 和日本模式对 850 hPa 温度的预报效果较好,不论是升降温幅度或是时间都与实况较为接近,无明显系统性误差;而 T639 模式对温度剧烈变化的预报有时偏差较大,对于北方地区强降温过程的幅度预报往往偏强,而对南方地区降温过程预报往往偏弱。

(4) 对于 2011 年 4 月 28—30 日的沙尘天气过程,三家模式的预报能力相当,都较好地预报出引起本次沙尘天气的冷空气位置和范围,其中日本模式对此次沙尘天气的预报具有更好的参考价值。

参考文献

- [1] 马杰. 2009 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2009, 35 (8): 112-117.
- [2] 蔡蓁宁. 2008 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2008, 34 (11): 111-116.
- [3] 蔡蓁宁. 2009 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2010, 36 (2): 130-135.
- [4] 王超. 2008 年 3—5 月 T213 与 ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2008, 34 (8): 112-118.
- [5] 蔡蓁宁. 2010 年 3—5 月 T639、ECMWF 及日本模式中后期预报性能检验[J]. 气象, 2010, 36 (8): 106-110.