

关月. 2016. 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验. 气象, 42(11): 1410-1417.

2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本 模式中期预报性能检验^{*}

关 月

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 对 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本(文中简称 JP)数值模式的中期预报产品进行了分析和检验。结果表明:3 个模式对亚洲中高纬环流形势的调整和演变均具有较好的预报性能,其中 ECMWF 模式预报效果最好。对于副热带高压,ECMWF 和 T639 模式均能较好地预报副热带高压移动趋势,但具体过程存在不同偏差,ECMWF 模式偏差较小;3 个模式中中期时效均能报出四川盆地的持续高温过程,且对北方 850 hPa 温度的转折性变化趋势均有较好的预报能力,ECMWF 和 JP 模式对南方地区温度变化的预报能力明显优于北方地区,T639 模式对南方温度预报偏差较大,ECMWF 模式综合预报效果最好。对台风妮妲,ECMWF 模式预报与零场较为接近,T639 模式误差较大。

关键词: T639 模式,ECMWF 模式,日本模式,中期天气预报,天气学检验

中图分类号: P456

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.11.014

Performance Verification of Medium-Range Forecast by T639, ECMWF and Japan Models from June to August 2016

GUAN Yue

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The performance of medium-range forecast for the models of T639, ECMWF and Japan from June to August 2016 is verified and compared. The results show that all of the three models can predict the variation and adjustment of the atmospheric circulation over Asian middle and high latitude areas well, of which ECMWF model performs the best. Both ECMWF and T639 models have good performance in predicting the western Pacific subtropical high, and the bias of ECMWF is smaller than that of T639. The three models predict well on the sustained high-temperature process over Sichuan Basin, and also can perform well in predicting the transitions of temperature at 850 hPa. However, ECMWF model and JP model forecast temperature better for Southern China than for Northern China. Generally, ECMWF model shows a better performance than the other two models. For the Typhoon Nida, ECMWF model does best in predicting the track and intensity, while T639 shows larger errors.

Key words: T639 model, ECMWF model, JP model, medium-range forecast, synoptic verification

1 6—8 月天气概况

2016 年 6—8 月,全国平均降水量 343.4 mm,较常年同期偏多 5.6%,是 1999 年以来降水量第二

多年,仅次于 2008 年同期(345.1 mm)。从空间分布上看,主要呈南、北两条多雨带:长江中下游大部降水较常年偏多 2~5 成,其中湖北东部至安徽中部偏多 5 成以上;西北地区大部至华北大部降水也较常年偏多 2~5 成,部分地区偏多 5 成以上。长江流

* 2016 年 10 月 9 日收稿; 2016 年 11 月 16 日收修定稿
关月,主要从事中短期天气预报工作. Email: guany@cma.gov.cn

域梅雨于 6 月 19 日开始,7 月 21 日结束,梅雨期(32 d)较常年(29.3 d)略偏多 3 d,累计梅雨量(584.3 mm)较常年(281 mm)偏多 1 倍以上(国家气候中心,2016)。

2016 年 6—8 月,全国平均气温 21.8℃,较常年同期偏高 0.9℃,是 1961 年以来的最高值。从空间分布来看,全国大部地区气温较常年同期明显偏高,其中内蒙古中部,西北地区、西南地区东部和新疆东部地区气温较常年同期偏高 1~2℃,局部偏高 2~4℃。

2016 年 6—8 月,在西太平洋和南海共生成 11 个热带气旋,接近常年同期(11.6 个)略偏少,其中,6 月无台风生成,7 和 8 月分别有 4 和 7 个台风生成,6 月较历史同期明显偏少,7 和 8 月较历史同期偏多,首个台风尼伯特于 7 月 3 日生成,是 1949 年以来生成时间第二晚的首个台风。7—8 月内共有 4 个台风登陆我国,接近常年同期(4.5 个)(权婉晴等,2016;向纯怡等,2016;曹艳察等,2016)。

2 资 料

本文选取 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 及 JP 模式 20 时(北京时)分析场和中期预报时效预报场进行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 3 个模式的 500 hPa 位势高度场和风场、850 hPa 温度场和风场。T639 模式资料的分辨率为 $1.125^{\circ} \times 1.125^{\circ}$,ECMWF 和 JP 模式资料分辨率均为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。模式预报的西太平洋副热带高压(下文简称副高)脊线和西伸脊点根据各自的 500 hPa 高度场和风场计算得到。

3 模式中期预报性能检验

3.1 亚洲中高纬环流形势预报检验

西风指数可以反映中高纬地区对流层中层大尺度环流形势演变和调整,是中期预报最常用的指标之一,通过检验西风指数可以了解数值模式对中高纬地区对流层中层环流形势调整与演变的中期时效预报性能(尹姗,2015;张峰,2014;张博等,2013)。图 1 给出的是 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 和 JP 模式不同时效西风指数预报和零场的相关系数,

结果显示在 144 h 时效内,ECMWF 和 JP 模式预报效果较好,T639 模式预报效果相对略偏差,3 个模式的预报场和零场的相关系数均大于 0.7,对大尺度环流均有较好的预报能力;随着预报时效延长,3 个模式预报误差均不同程度增大,但 ECMWF 模式的预报误差随时效延长而增大的速率要低于 T639 和 JP 模式,其综合预报性能明显优于 T639 模式。

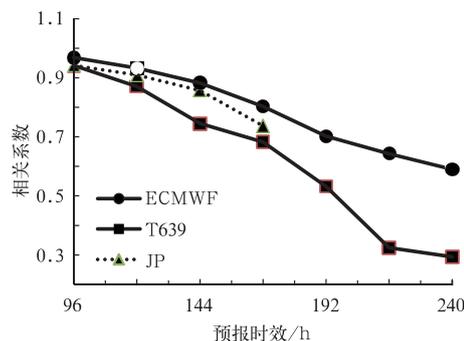


图 1 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 和 JP 模式对西风指数的预报与零场的相关系数随时效的变化

Fig. 1 Correlation coefficients of westerly index between 00 h and 96—240 h prediction fields by T639, ECMWF and JP models from June to August 2016

图 2 是根据 2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 和 JP 模式高度场零场及 120 h 预报场计算的亚洲中高纬西风指数逐日演变曲线。从 3 个模式的零场来看,6—8 月西风指数处于多波动状态,西风指数月内平均调整 2~3 次,振幅在 150 dagpm 左右,8 月中旬到下旬的调整较为剧烈,振幅超过 300 dagpm。6 月上旬到中旬西风指数由高指数向低指数调整,环流经向度明显增大,对应东北冷涡及其底部高空槽控制我国东部地区,6 月中旬多降雨过程。6 月中旬后期东北冷涡减弱东移后,西风指数由低指数向高指数调整并维持至下旬前期,但仍伴有小振幅波动,亚洲中高纬以纬向型环流为主并伴有短波槽活动。6 月下旬后期,西风指数又向低值调整,又一东北冷涡在东北地区生成,亚洲中高纬呈两槽一脊环流型,经向环流加大,引导冷空气南下,在此期间江南北部、长江中下游有两次大范围强降水过程。7 月,西风指数在上旬维持在 200 dagpm 的高值附近,我国北方降水过程偏少;中旬向低值调整并维持 10 d 左右,在此期间,我国共有 5 次降水过程,其中,

我国北方(18—22日)出现了持续时间较长的极端暴雨过程。8月,西风指数除了在中旬出现一次迅速下降并急剧升高的波动外,大部分时间西风指数都维持在高值,此月北方降水偏少,温度偏高,全国平均温度 22°C ,为1961年以来历史同期最高(向纯怡等,2016)。

整体来看,3个模式对2016年6—8月西风指数的趋势变化均表现出较好的预报能力,但对每次大尺度环流调整的幅度和转折时间的把握略有偏差,ECMWF、JP、T639 3个模式零场与120 h预报的相关系数分别为0.93,0.91和0.87,ECMWF模式的预报效果最好,JP略次,T639模式表现最差。

对6月西风指数的3次调整,3家模式都能很好地报出调整的趋势,ECMWF和T639模式均能准确地报出转折的时间点,JP模式在6月中旬从低值向高值调整的时间较零场滞后一天,此外JP和T639模式在6月初高估西风指数极值;T639模式对西风指数两次低值预报偏高,ECMWF模式对6月最后一次西风指数低值预报也偏高。对7月中旬到下旬,西风指数的调整并维持过程,3个模式预报效果较好,不过T639和JP模式在西风指数维持低值期间虚报了几个弱的波动过程。针对8月西风指数的快速调整过程,ECMWF和JP模式预报效果较好,T639在指数降低期间虚报了一个波动过程。

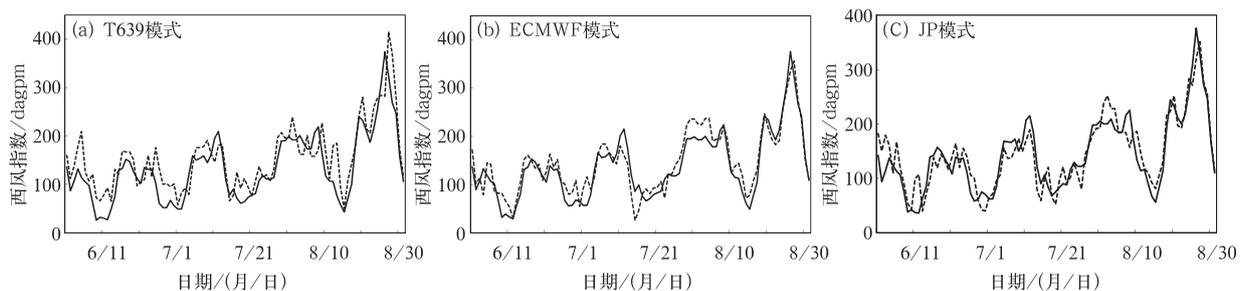


图2 2016年6—8月T639(a)、ECMWF(b)及JP模式(c)零场(实线)及其对应的120 h预报场(虚线)的西风指数逐日演变曲线

Fig. 2 Daily evolution curves of westerly index in 00 h (solid line) and the corresponding 120 h (dashed line) forecasts calculated by T639 (a), ECMWF (b) and JP (c) models from June to August 2016

3.2 西太平洋副高预报检验

西太平洋副高是夏季影响我国的主要天气系统之一,副高脊线的位置变化和脊点的东退西伸与我国夏季雨带的南北推移及强降水中心的分布有着密切的联系(朱乾根等,2007)。因此,中期数值预报模式对副高的预报能力是衡量该模式夏季预报性能好坏的重要标志之一(张博等,2013;张峰,2014)。本文选取T639与ECMWF模式对副高脊线和西脊点位置的预报进行分析,由此检验两个模式在中期时效内对副高的预报能力。

通过对T639和ECMWF模式零场和120 h预报的副高 120°E 脊线位置的检验可知(图3,当副高主体偏东、 586 dagpm 线未达到 120°E 时,脊线指数设为缺测),两家模式整体上均能报出副高的南北振荡趋势,仅在几次过程中存在偏差。6月上旬,副高

脊线从 20°N 南落至 8°N 后迅速北抬至 18°N ,T639模式未报出副高脊线的南落,ECMWF模式120 h预报较好。6月中旬,副高脊线缓慢北抬至 23°N ,并维持至7月21日,对应长江流域梅雨期(6月19日入梅),由于台风北上,7月8日副高脊线出现剧烈摆动,对副高脊线的缓慢北抬及维持时间两家模式预报效果较好,但是对由于台风引起的副高脊线的波动,两家模式均出现不同程度的滞后,T639模式并未报出副高南落,从逐日演变上看,ECMWF模式预报偏差更小。7月21日之后副高迅速北跳,并在7月31日后南落至 10°N ,两家模式均能很好地预报副高的季节性北抬与南落趋势,但是在逐日演变中两家模式均存在不同程度的超前或滞后。ECMWF、T639模式预报与零场相关系数分别为0.84和0.66,整体而言,ECMWF模式对副高脊线的预报能力优于T639模式。

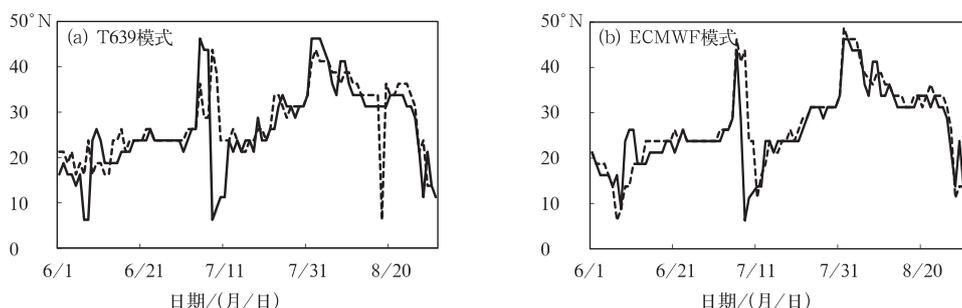


图 3 2016 年 6—8 月 T639 模式(a)和 ECMWF 模式(b)零场(实线)与对应的 120 h 预报(虚线)副高 120°E 脊线位置随时间演变曲线

Fig. 3 Temporal evolution curves of ridge line of subtropical high along 120°E in 00 h (solid line) and the corresponding 120 h (dashed line) forecasts calculated by T639 (a) and ECMWF (b) models from June to August 2016

图 4 给出了 T639 和 ECMWF 模式零场和 120 h 预报副高西脊点的逐日变化情况。ECMWF 模式整体预报与模式零场基本一致,偏差明显低于 T639 模式,模式零场与 120 h 预报相关系数,ECMWF 模式为 0.78 明显高于 T639 模式的 0.59。6 月下旬,ECMWF 模式 120 h 预报副高西脊点西伸的

幅度较模式零场偏东 3~5 个经度,T639 模式偏东 5~7 个经度。在 7 月上旬的两次副高东退的过程中,ECMWF 模式略滞后或超前 1 d,T639 模式滞后 2~3 d。两家模式对 7 月中下旬至 8 月末副高西脊点东西摆动预报效果较好,但存在 1~3 个经度的偏差。

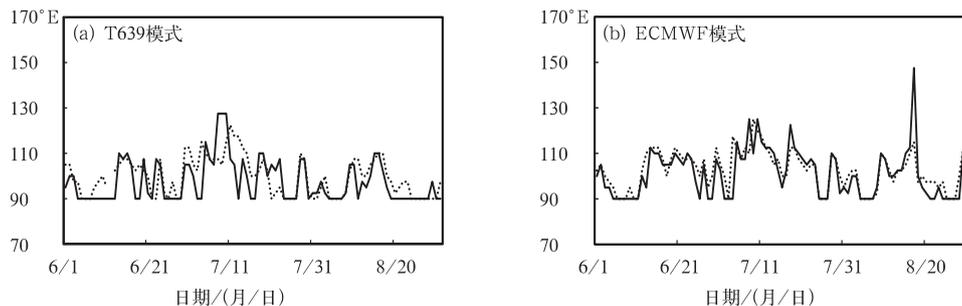


图 4 2016 年 6—8 月 T639(a)和 ECMWF(b)模式零场(实线)与 120 h 预报(虚线)副高西脊点位置逐日演变曲线

Fig. 4 Daily evolution curves of western ridge point of subtropical high in 00 h (solid line) and 120 h (dashed line) forecasts calculated by T639 (a) and ECMWF (b) models from June to August 2016

3.3 850 hPa 温度变化趋势预报检验

850 hPa 温度变化通常被用来表征天气的冷暖变化趋势,对于地面气温预报具有较好的指示意义。对 3 个模式 850 hPa 温度预报场进行检验也是了解和掌握模式预报性能的重要方法。图 5 是模式夏季 850 hPa 温度 120 h 预报偏差分布图,3 个模式 120 h 预报在内蒙古、西北地区东北部、华北地区大部都存在正偏差,最大偏差值位于内蒙古西部至西北地区东北部一带,达 1~2℃左右,表明在上述地

区,120 h 预报较模式零场偏高;在新疆、西藏、西南地区、华南、江南南部表现为负偏差,较大负偏差值位于我国南方及西南等易出高温地区,模式 120 h 对南方温度预报较模式零场偏低。此外,3 个模式的预报偏差在空间分布上也略有不同,T639 和 ECMWF 模式预报在东北地区为负偏差、JP 模式为正偏差;ECMWF 和 JP 模式在江淮、江汉等地有弱的正偏差。整体来看,ECMWF 模式预报偏差量值要小于其他两家模式,T639 模式正负偏差量值均较大,预报效果不如其他两家模式。

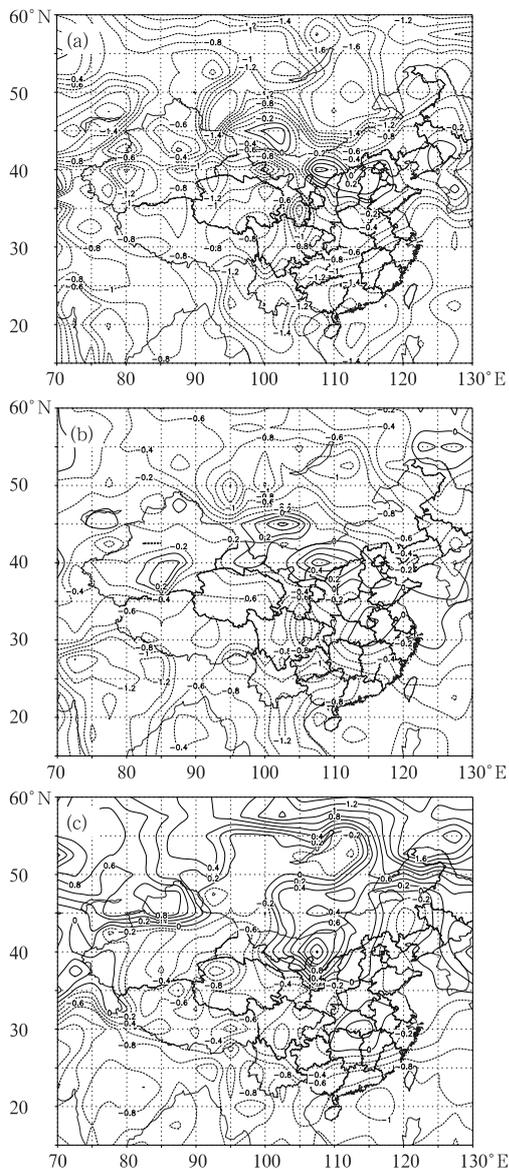


图 5 2016 年 6—8 月 T639 模式(a)、ECMWF 模式(b)和 JP 模式(c)120 h 预报相对零场的 850 hPa 温度预报偏差

Fig. 5 The bias of temperature at 850 hPa between 00 h and 120 h forecasts calculated by T639 (a), ECMWF (b) and JP (c) models from June to August in 2016

模式在我国南北方预报偏差表现不同,为了检验模式对 850 hPa 温度变化趋势的中期预报能力(图 6),本文选取了天津北部(40°N、117.5°E)和江西南部(25°N、115°E)两个格点分别代表北方和南方地区。从 6—8 月模式温度逐日分析演变图(图 6)来看,我国北方地区气温偏差变化幅度较大,最大变化幅度可达 7℃,而南方地区气温偏差变化

则较小,最大温差仅为 3℃左右。在北方地区,6 月气温呈缓慢攀升的态势,3 个模式均可以预报出这种趋势,但是 T639 模式预报较模式零场超前,JP 模式 6 月平均偏差为负,ECMWF 模式偏差最小,但是明显高估了 6 月 22 日北方的升温程度。7 月北方气温在月中有一次明显波动,表明有一次较强的冷空气过境,ECMWF 和 JP 模式都能预报出温度的波动趋势,但 ECMWF 模式对温度升高及降温幅度预报仍较模式零场略偏高,JP 模式表现较好, T639 模式未报出 7 月中的降温过程,120 h 预报较模式零场明显偏高。8 月北方气温在波动中缓慢下降,ECMWF 模式预报偏差最小,JP 和 T639 模式在上中旬以正偏差为主,下旬以负偏差为主。3 个模式 6—8 月对南方地区的 120 h 模式预报偏差均为负,这表明模式对南方地区温度预报整体较模式零场偏低。ECMWF 和 JP 模式对南方地区温度的 120 h 预报偏差比北方地区明显偏小, T639 模式 120 h 预报在整个夏季均较零场明显偏低,且对温度的波动没有较好的预报能力,预报偏差绝对值大于其对北方地区预报。总体来看,ECMWF 模式的表现优于其他两个模式,模式预报偏差和相关系数均优于其他两家模式。

2016 年 8 月,全国大部气温偏高,为 1961 年以来历史同期最高,8 月下旬受大陆高压西伸影响,华南、江南、江汉及四川盆地等地出现高温天气,高温日数较长,重庆、江西、安徽、浙江等地高温日数达 15~20 d,超过历史同期,下文选取四川盆地(29°~31°N、103°~107°E)850 hPa 温度来检验 T639、ECMWF 和 JP 模式对这次持续高温过程的预报性能(图 7)。3 个模式 120 h 预报对 8 月四川盆地的升温 and 降温趋势均有较好的预报能力(ECMWF、T639 和 JP 模式的零场与 120h 预报场相关系数分别为 0.95、0.91、0.88), T639 和 ECMWF 模式对 8 月下旬持续高温天气结束的转折日期预报效果较好,JP 模式预报滞后一天。此外,在 8 月中旬气温缓慢升高阶段,3 个模式温度预报均较实况偏低,JP 模式最接近实况、模式偏差最小,而在 8 月下旬气温下降阶段,3 个模式又较实况偏高,但误差较升温阶段略小, T639 模式在此阶段最接近实况。模式对持续高温(降温)过程均存在温度升高(降低)量值低估的预报误差,但降温过程的中期预报误差较升温过程误差小。

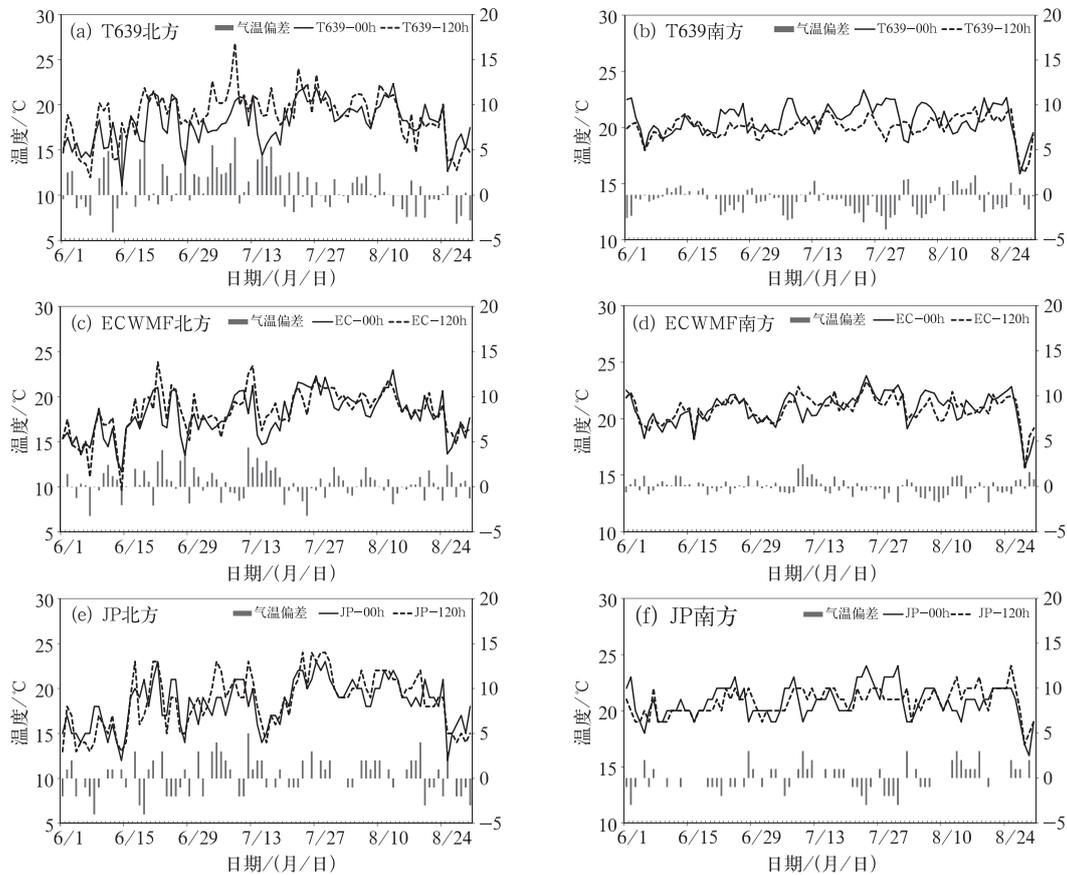


图 6 2016 年 6—8 月 T639 模式(a,b)、ECMWF 模式(c,d)和 JP 模式(e,f)零场(实线)和对应的 120 h 预报场(虚线)850 hPa 温度随时间演变曲线及预报偏差(柱状)
(a,c,e)北方,(b,d,f)南方

Fig. 6 Temporal evolution curves of temperatures at 850 hPa in 00 h (solid line) and the corresponding 120 h (dashed line) forecasts and their bias (histogram) calculated by T639 (a,b), ECMWF (c,d) and JP (e,f) models from June to August 2016
(a,c,e) Northern China, (b,d,f) Southern China

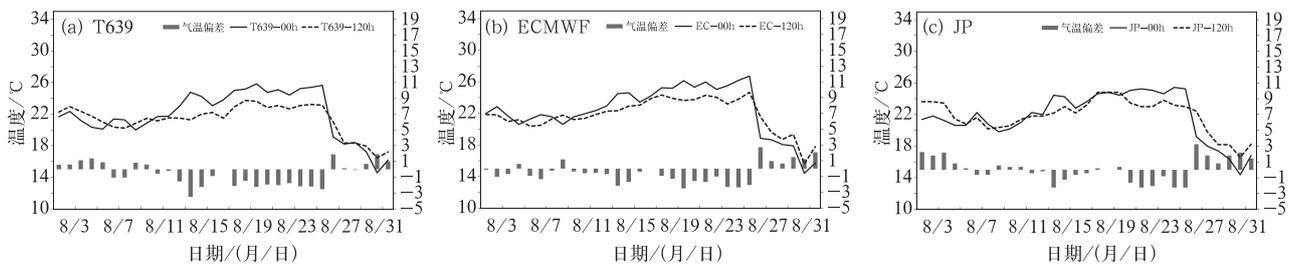


图 7 2016 年 6—8 月四川盆地 T639 模式(a)、ECMWF 模式(b)和 JP 模式(c)零场(实线)和对应的 120 h 预报场(虚线)850 hPa 温度随时间演变曲线及预报偏差(柱状)

Fig. 7 Temporal evolution curves of temperature at 850 hPa in 00 h (solid line) and the corresponding 120 h (dashed line) forecasts and their bias (histogram) calculated by T639 (a), ECMWF (b) and JP (c) models from June to August 2016 over Sichuan Basin

3.4 台风预报能力检验

2016 年 6—8 月共有 4 个台风登陆我国,其中

第 4 号台风妮妤登陆广东省深圳市大鹏半岛,受其影响,台湾、广东、福建、海南、广西、贵州和云南等地先后出现强降水,风雨范围广,移速快,登陆强度高,

是今年以来影响我国范围最大的台风。因此,本文以台风妮妲为例,分析 T639 和 ECMWF 模式对台风路径和强度的中期预报能力。

1604 号台风妮妲于 7 月 30 日 17 时在菲律宾以东的西北太平洋洋面上生成,之后向西北方向移动,强度逐渐加强,31 日夜间加强为台风,8 月 2 日凌晨加强为强台风级,并于 2 日凌晨 03:35 在广东省深圳市大鹏半岛登陆,登陆时强度为强台风级,中心附近最大风速为 $42 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (14 级),中心最低气压为 960 hPa,登陆后继续向西北方向移动,于 8 月 3 日 00 时在广西境内减弱为热带低压,中央气象台于 08 时停止对其编号。8 月 1—4 日“妮妲”在广东、广西、贵州、福建南部等地累计降水量在 50 mm 以上,广东中西部、海南北部、广西东部、贵州东南部等地有 100~250 mm,局地大于 250 mm。为比较各个模式对台风强度及移动路径的预报能力,本文

选取 8 月 1 日 20 时、2 日 20 时两个时次 850 hPa 风场和 500 hPa 高度场进行分析和对比。

从两个模式的零场(图 8)可以看到 1 日 20 时“妮妲”位于广东沿海,风速较大,2 日 20 时移动到广西境内,强度明显减弱。对比 1 日 20 时模式零场和 120 h 预报发现,ECMWF 模式预报的台风中心位置较零场略偏南 $3^\circ \sim 4^\circ \text{N}$,移速偏慢,且 500 hPa 低压中心强度较模式零场偏弱,但其北部的西北—东南走向的副高位置与模式零场较为一致;T639 模式 120 h 没有预报出闭合的台风环流系统,但在菲律宾北部预报出弱的气旋式环流,虽然没有预报出完整的带状大陆高压,但是在陕西北部、日本西南部和南部有 3 个断裂的高压中心,走势与模式零场一致。到 2 日 20 时,台风妮妲登陆,T639 模式 120 h 预报在菲律宾东北部预报了一个台风中心,较模式零场明显偏东偏南,且在台风的北侧陆地上虚报了

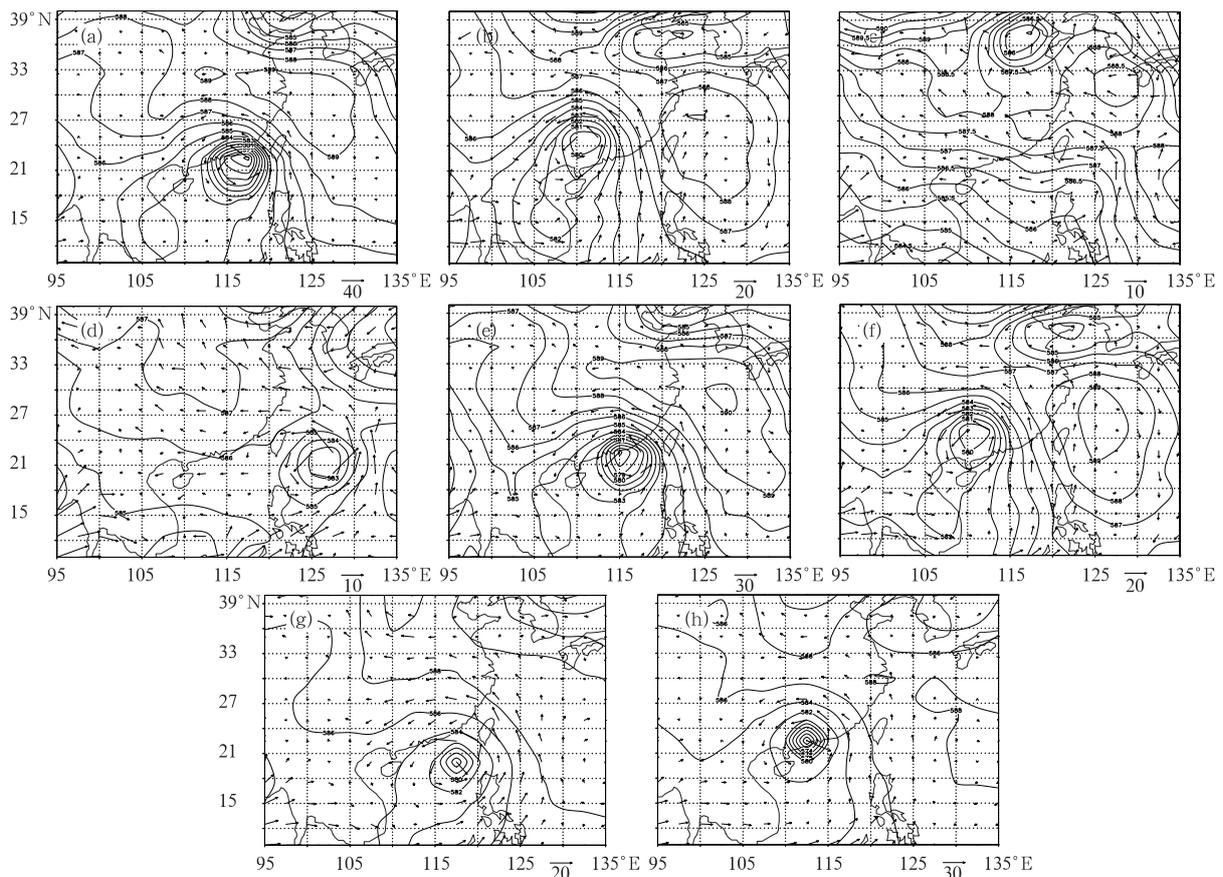


图 8 2016 年 8 月 1—2 日 20 时 T639 (a~d)、ECMWF (e~h) 模式 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场零场(a, b, e, f)及 120 h 预报场(c, d, g, h)

Fig. 8 The 00 h (a, b, e, f) and 120 h (c, d, g, h) forecasts of geopotential heights at 500 hPa and winds at 850 hPa by T639 (a—d) and ECMWF (e—h) models in 1—2 August 2016

一个强的大陆高压,这可能是 T639 预报台风移速偏慢没有登陆的原因。ECMWF 模式 120 h 预报的台风位置较零场仍偏南,但强度比零场偏强,其东侧的副热带高压较模式零场偏弱。

综上所述,T639 模式中期预报在台风临近登陆前仍没有预报出台风环流,台风强度和位置与零场偏差较大。ECMWF 模式中期预报尽管略慢,但对台风的移动路径预报较好,只是登陆后台风强度预报明显偏强。

4 结 论

本文通过对 T639、ECMWF 及日本模式中期时段预报产品的检验,主要得出以下几点结论。

(1)对 2016 年 6—8 月 500 hPa 西风指数的变化趋势,3 个模式在 144 h 时效内的预报均与零场较为一致,能准确地反映亚洲中高纬地区大尺度环流形势的演变和调整,表现出较好的中期预报能力。其中,ECMWF 模式预报的西风指数变化趋势较其他两家模式与零场更为接近,其综合预报性能明显优于 T639 和 JP 模式。

(2)对副高脊线的预报,T639 和 ECMWF 模式 120 h 时效预报较好地反映了副高的南北摆动趋势,而且 ECMWF 模式对逐日演变的预报更接近实况。对副高的东西移动,ECMWF 模式预报偏差更小,但在 7 月上旬的两次副高东退的过程中,ECMWF 模式略滞后或超前 1 d,T639 模式滞后 2~3 d,其他时段两个模式对副高东西移动预报效果较好。

(3)对 850 hPa 温度的预报,ECMWF 模式对

南、北方地区温度变化的预报能力整体优于 T639 和 JP 模式。3 个模式对我国北方 850 hPa 温度的转折性变化趋势均有较好的预报能力,对北方 6 月中旬到 7 月上旬中期温度预报存在整体偏高的问题,T639 预报偏差最大,ECMWF 模式预报偏差最小。对南方地区温度预报整体较模式零场偏低,除 T639 模式外,模式温度预报较北方误差更小,T639 模式中期预报与零场差异较大。3 个模式均能较好地预报四川盆地 8 月中旬到下旬前期的高温过程,但对升温和降温幅度均有低估。

(4)对“妮妲”台风的预报,ECMWF 模式 120 h 时效预报能较好地预报出台风中心的位置和移动方向,较零场略偏慢;T639 模式在中期时段对台风的预报与零场差异较大。

参考文献

- 曹艳察,张涛. 2016. 2016 年 6 月大气环流和天气分析. 气象,42(9): 1154-1160.
- 国家气候中心. 2016. 2016 年夏季气候特征及异常成因分析.
- 权婉晴,何立富. 2016. 2016 年 7 月大气环流和天气分析. 气象,42(10):1283-1288.
- 向纯怡,许映龙. 2016. 2016 年 8 月大气环流和天气分析. 气象,42(11):1418-1424.
- 尹姗. 2015. 2015 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验. 气象,41(11):1417-1424.
- 张博,李勇. 2013. 2013 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验. 气象,39(11):1514-1520.
- 张峰. 2014. 2014 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验. 气象,40(11):1414-1421.
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 2007. 天气学原理和方法(第四版). 北京:气象出版社,198-203.