

张峰. 2016. 2015 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 42(2): 246-253.

2015 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本 模式中中期预报性能检验^{*}

张 峰

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 对 2015 年 9—11 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具有较好的预报性能, 其中 ECMWF 模式预报效果最好。ECMWF 模式对副热带高压脊线位置预报较为准确, 而 T639 模式对副热带高压西脊点的位置把握更好。3 个模式对 850 hPa 温度的转折性变化趋势均有较好的预报能力, 其中对南方地区温度变化的预报能力明显优于北方地区。此外, 3 个模式对 1522 号强台风彩虹中心位置和强度 120 h 预报均存在不同程度的偏差, 特别是对台风彩虹发展初期的强度预报明显偏弱。T639 和 ECMWF 模式对静稳天气形势均有较好的中期预报能力, 但 ECMWF 模式对驱散雾-霾的冷空气预报与零场更加一致。

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.1000-0526.2016.02.013

Performance Verification of Medium-Range Forecast by T639 and ECMWF and Japan Models from September to November 2015

ZHANG Feng

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The medium-range forecasts are verified and compared for the models of T639, ECMWF and Japan from September to November 2015. 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. The ECMWF model has a good performance in predicting the position of the ridge line of western Pacific subtropical high, while T639 model is better at predicting the position of west ridge point. The three models do well in predicting the transitions of temperature at 850 hPa, and the temperature forecast biases for southern China are smaller than for northern China. As far as Typhoon Mujigae (No. 1522) is concerned, the three models show different biases in its track and intensity forecasts, especially they are weak in the intensity forecasting at the early stage of the typhoon. T639 and ECMWF perform better in forecasting medium-range static stability weather, while ECMWF does even better than T639 when forecasting cold airs that disperse fog and haze.

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

1 9—11 月天气概况

2015 年 9—11 月, 全国平均降水量为 151.0 mm,

较常年同期(119.8 mm)偏多 26.0%。从空间分布看, 我国大部分地区降水接近常年同期或偏多, 其中新疆大部、青海西北部、甘肃西北部、内蒙古大部、宁夏北部、陕西北部、华北大部、黄淮东部、江淮东部和

^{*} 2015 年 12 月 28 日收稿; 2016 年 1 月 7 日收修定稿

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

西南部、江南大部和华南大部等地降水偏多5成至2倍,部分地区偏多2倍以上;而西藏大部、新疆西部、青海西南部、内蒙古东北部局部、黑龙江东部、吉林东北部、辽宁西部、河南南部、广东东南部和海南西部等地降水偏少2~8成,部分地区偏少8成以上(国家气候中心,2015)。

9—11月,全国平均气温为 10.6°C ,较常年同期(9.9°C)偏高 0.7°C 。从空间分布看,全国大部分地区气温接近常年同期或偏高,其中西藏大部、新疆南部、青海、甘肃中部和南部、宁夏南部、内蒙古东北部和南部局部、陕西北部 and 西南部、山西西部、四川大部、贵州西部、云南东部、海南大部、广东中东部和福建东南部等地区偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,青海中南部等地偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$;仅新疆中部局地、内蒙古东南部局地和辽宁西部局地偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。

9—11月,西北太平洋和南海共生成10个热带气旋,生成个数较常年同期偏少(1981—2010年平均生成11.4个),其中有两个登陆我国,登陆个数也较常年同期偏少(1981—2010年平均登陆2.5个)。11月,我国东北和中东部地区出现3次大范围雾-霾天气,大部分地区霾日数在3d以上,其中,11月27日至12月1日,华北、黄淮等地出现严重持续性雾-霾天气。

2 资料

本文选取2015年9—11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高度场、850 hPa温度场和风场、海平面气压场等。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 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。

3 3个模式的中期预报性能检验

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(赵晓琳,2015;刘一,2014;蔡芃宁,2013;

符娇兰,2012;周宁芳,2011;尹珊,2015)。图1给出的是2015年9—11月T639、ECMWF和JP模式对西风指数不同时效预报和零场的相关系数,结果显示在144 h时效内,ECMWF模式预报效果较好,T639和JP模式预报效果较为接近,三家模式的预报场和零场的相关系数均大于0.8,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在168 h时效内预报场与零场的相关系数都在0.85以上,且预报误差随时效延长而增大的速率要低于其他两家模式,其综合预报性能明显优于其他两家模式。

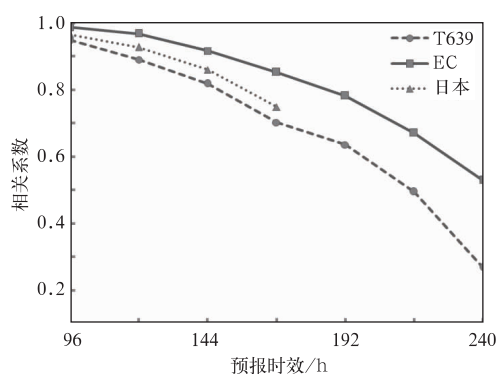


图1 2015年9—11月T639、ECMWF和日本模式对西风指数的预报与零场的相关系数随时效的变化

Fig. 1 Correlation coefficients of westerly-index between 00 h and 96–240 h prediction fields by T639, ECMWF and Japan models from September to November 2015

图2给出的是根据2015年9—11月T639、ECMWF和JP模式高度场零场及120 h预报场计算得到的亚洲中高纬西风指数逐日演变曲线。从3个模式的分析情况来看,9—11月西风指数处于多波动状态,共发生四次高低指数转换过程,西风指数变化较为剧烈。9月中旬西风指数从高指数逐渐降低,到9月底降低到100 dagpm附近,对应9月底的一次冷空气过程;西风指数在10月10日前后和10月底各出现一次由高向低的迅速调整,对应着10月中下旬的两次冷空气过程;11月20日以后,西风指数再次由高指数降到100 dagpm附近,对应11月23—27日的一次强冷空气过程。此次强冷空气过程覆盖了我国中东部大部地区,西北地区中东部、内蒙古中西部、东北地区南部、华北、黄淮,江淮、江汉、西南地区东部、江南、华南等地自北向南气温普遍下

降 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$, 其中, 内蒙古河套地区、陕西北部、山西、河北西北部、山东大部、苏皖及江南中东部等地最大过程降温幅度达 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$, 内蒙古、山西、河北和山东等局地降幅达 $16\sim 24^{\circ}\text{C}$, 其中 24—27 日, 河北保定、山东济南、济宁、河南登封等 113 个国家气象观测站的最低气温跌破 1961 年以来 11 月的最低气温纪录。

从 120 h 的预报结果来看, 3 个模式均能较好地反映出西风指数的波动情况, 但对每次波动幅度和发生时间的预报各有偏差。对 9 月中、下旬的西风指数下降过程, ECMWF 和 JP 模式表现较好, T639 模式预报的下降幅度偏大; 对 10 月上旬的剧烈下降过程, ECMWF 和 JP 模式预报表现较好, T639 模式预报的下降时间较零场偏晚; 对 10 月中、

下旬西风指数下降过程, ECMWF 模式表现较好, T639 和 JP 模式预报的下降幅度均较零场偏大; 对 11 月上、中旬由高指数向低指数变化的阶段, ECMWF 模式预报的变化趋势均与零场较为一致, 整体表现较好, T639 和 JP 模式预报的 11 月初的高指数峰值均较零场偏高, 而对 11 月中旬的指数下降过程预报较零场偏晚。

综合分析可以看到, 对大尺度环流形势演变和调整的预报, 3 个模式均表现出一定的中期预报能力, 但 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, 在预报西风指数变化幅度和变化趋势上与零场之间的误差更小, 对西风指数的预报效果明显优于 T639 和 JP 模式; 随着预报时效的延长, 3 个模式的预报误差均趋于增大。

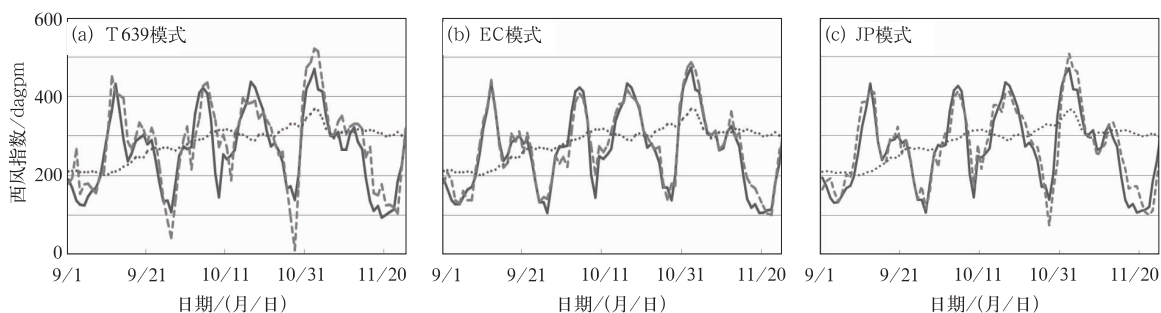


图 2 2015 年 9—11 月 T639(a)、ECMWF(b)及 JP 模式(c)零场(实线), 对应的 120 h 预报场(虚线)与气候平均(点线)的西风指数逐日演变曲线

Fig. 2 Daily evolution curves of westerly-index of 00 h (solid line), corresponding 120 h (dashed line) forecasts and climatology (dotted line) calculated by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from September to November 2015

3.2 西太平洋副热带高压预报检验

秋季是我国夏季风向冬季风转换的过渡季节, 而西太平洋副热带高压(以下简称副高)是影响我国的主要天气系统之一, 其位置和强度的变化不仅是影响我国强降雨带和气温分布的重要因素, 也能反映出季节转换的特点。因此, 中期数值预报模式对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(赵晓琳, 2015; 刘一, 2014; 蔡芃宁, 2013)。副高脊线、西伸脊点位置等特征量常用来表征副高的位置变动, 以下主要针对 T639 与 ECMWF 模式对 120°E 副高脊线和副高西脊点位置的预报进行检验。由于 JP 模式所缺资料较多, 因此未对其进行检验。

对 T639 和 ECMWF 模式预报的 120°E 脊线的检验如图 3 所示(当副高主体偏东、未达到 120°E

时, 脊线指数设为缺测), 9—11 月副高脊线的位置维持在 20°N 附近, 其中, 9 月 10 日前后有一次较为明显的北抬, T639 模式预报的脊线位置较零场明显偏北, ECMWF 模式表现较好; 9 月底副高脊线再次北抬到 30°N 以北地区, 对这一阶段副高脊线的变化, 两家模式预报均与零场较为一致; 10 月上旬, 副高脊线南落到 15°N 以南, 两家模式预报均表现较好; 10 月 20 日前后, 副高脊线再次大幅南落, T639 模式 120 h 预报较零场明显偏北, ECMWF 模式表现较好; 10 月 23 日至 11 月 19 日, 副高脊线稳定维持在 20°N 附近, 波动较小, 对这一阶段的副高位置, T639 模式预报仍较零场偏北, ECMWF 模式预报与零场较为一致; 11 月下旬, 副高脊线有一次明显的南北摆动, 对此两家模式预报在副高脊线位置 and 变化时间上均与零场存在一定偏差。

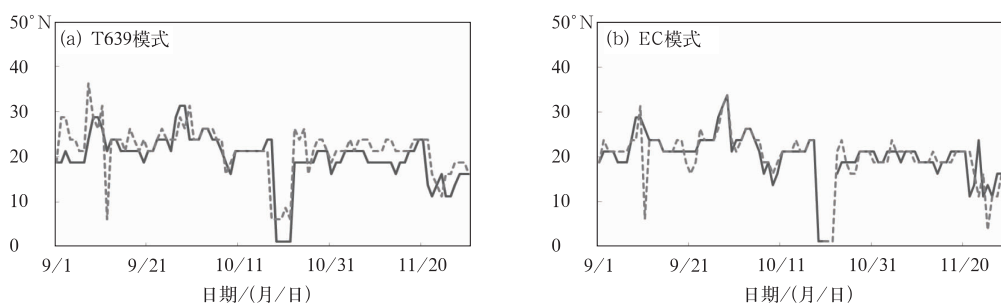


图3 2015年9—11月T639模式(a)和ECMWF模式(b)零场(实线)和对应的120 h(虚线)120°E副高脊线位置随时间演变曲线

Fig. 3 The temporal evolution curves of 00 h (solid line) and corresponding 120 h (dashed line) forecast ridge line of subtropical high along 120°E calculated by T639 (a) and ECMWF (b) models from September to November 2015

为了进一步检验模式对副高演变的预报能力,对T639和ECMWF模式副高西脊点120 h预报进行检验分析,结果如图4所示。9月副高三次较明显东退过程,T639模式预报整体把握较好,ECMWF模式预报的东退幅度较零场明显偏大;两家模式预报对10月副高西脊点稳定少动的阶段预报均

表现较好;11月上旬副高有一次东退过程,T639模式对东退的幅度预报较零场偏小,ECMWF模式预报与零场较为接近;11月下旬副高有两次明显的东退过程,西脊点位置东退到120°E附近,T639模式对这一阶段的预报表现较好,ECMWF模式对副高第二次东退的幅度预报较零场偏大。

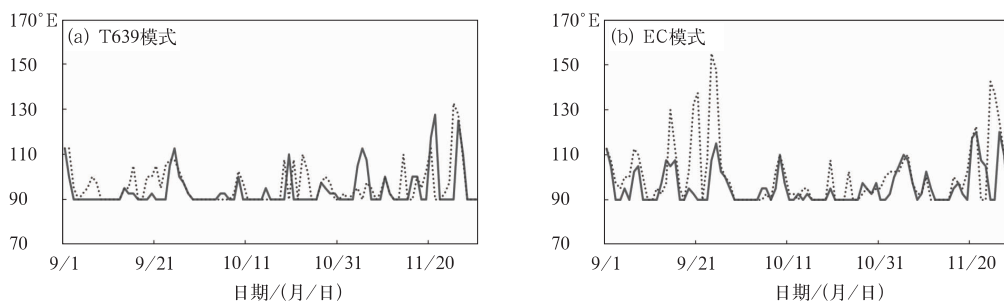


图4 同图3,但为副高西脊点

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for west ridge point of subtropical high

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,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,用于检验3个模式对850 hPa 温度变化趋势的中期预报能力(图5)。

对比3个模式的850 hPa 温度逐日演变图可以看出,我国北方地区850 hPa 温度在9—10月中旬期间呈现缓慢下降趋势,而在10月中旬以后气温下降速率明显加快,南方地区气温则始终保持缓慢下

降的趋势,北方地区气温变化幅度较大,南方地区气温变化幅度相对缓和,3个模式的120 h 预报均能较好地反映出温度的这种变化趋势。对北方地区9月的小幅波动状态,T639和ECMWF模式整体表现较好,而JP模式大部分时段850 hPa 温度预报较零场明显偏高(9—11月T639、ECMWF和JP模式对北方地区的平均预报偏差分别为0.67、0.60和1.42℃);对10月上旬的冷空气过程,T639和JP模式120 h 预报的温度均较零场偏高,ECMWF模式预报与零场较为一致;对10月下旬的降温过程,3个模式预报的温度均较零场略偏高;对11月上旬一次温度的小幅下降过程,3个模式预报的温度变化趋势均与零场存在一定偏差;对11月下旬的强冷空气过程,3个模式预报的温度下降幅度均较零场偏

小。

对于南方地区的温度变化,3 个模式的 120 h 预报偏差均比北方地区小。整体上来看,ECMWF 和 JP 模式对南方地区 9—11 月逐日温度变化的 120 h 预报要优于 T639 模式,上述 3 个模式零场和 120 h 预报场逐日温度的相关系数分别为 0.94、0.93 和 0.87;对 9 月上中旬的温度变化,T639 模式预报的 850 hPa 温度较零场整体偏低,ECMWF 和 JP 模式表现较好;对 10 月上旬的降温过程,3 个模

式预报的降温幅度较零场均不同程度偏小;对 11 月中旬的较弱降温,T639 和 JP 模式预报的温度均较零场偏高,ECMWF 模式的预报偏差较小。

综上所述,3 个模式对南方地区温度变化的预报能力明显优于北方地区,JP 模式对北方地区温度预报存在整体偏高的误差,对 11 月下旬的强冷空气过程,3 个模式预报的温度下降幅度均较零场偏小,ECMWF 和 JP 模式对南方地区温度变化的预报能力要优于 T639 模式。

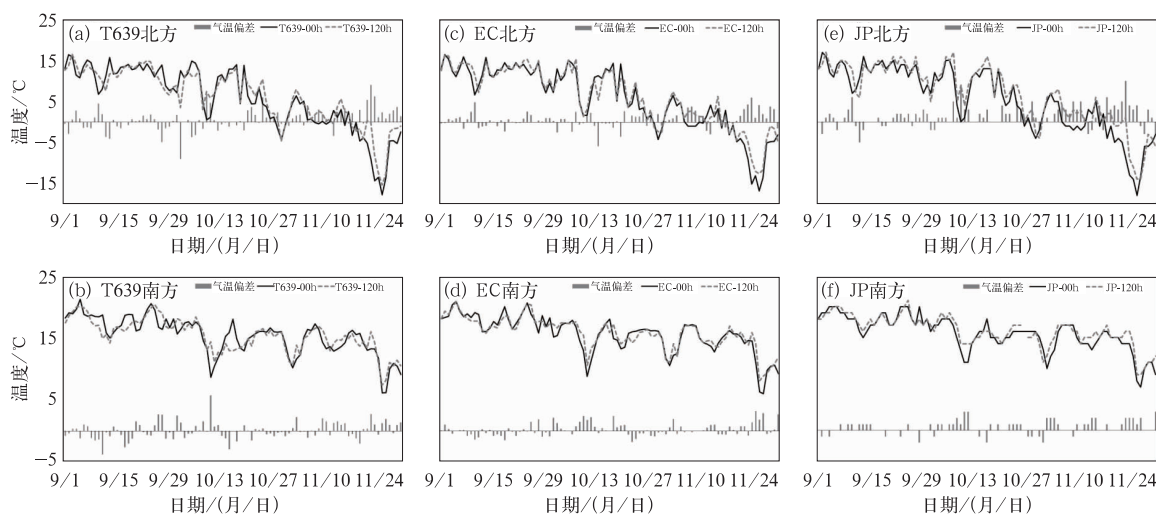


图 5 2015 年 9—11 月 T639 模式(a,b)、ECMWF 模式(c,d)和 JP 模式(e,f)零场(实线)和对应的 120 h 预报场(虚线)850 hPa 温度随时间演变曲线及预报偏差(柱状)
(a,c,e)北方,(b,d,f)南方

Fig. 5 The temporal evolution curves of 00 h (solid line) and corresponding 120 h (dashed line) temperature forecasts at 850 hPa and their bias (histogram) calculated by T639 (a,b), ECMWF (c,d) and Japan (e,f) models from September to November 2015
(a,c,e) northern China, (b,d,f) southern China

3.4 台风预报能力检验

本文以 9—11 月登陆台风中造成严重影响的 1522 号强台风彩虹(Mujigae)为例,分析 T639、ECMWF 及 JP 模式对台风路径和强度的中期预报能力。

1522 号强台风彩虹于 10 月 4 日 14:10 前后在广东省湛江市坡头区沿海登陆,登陆时中心附近最大风速为 $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,中心最低气压 940 hPa,是 1949 年以来 10 月登陆我国的最强台风之一。“彩虹”给两广和海南等地带来强降水(广东阳春局地累计降水超过 400 mm),并使琼粤桂沿海等地出现大风,其中广东湛江麻章区湖光镇阵风超过 17 级($67.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)。此外,受“彩虹”外围螺旋云带触发,广东佛山顺德和广州番禺等多地出现龙卷风,广州番禺区北部和海珠区出现大面积停电。“彩虹”共

造成 19 人死亡,直接经济损失超过 260 亿元,其中广东经济损失最为严重。“彩虹”也成为 2015 年至今造成我国经济损失最重的台风。

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 10 月 2 日 20 时、3 日 20 时和 4 日 20 时 3 个时次的 850 hPa 风场及 500 hPa 高度场进行分析对比。从 3 个模式的零场(图 6)可以看到,3 个模式零场的台风环流中心位置基本相同。10 月 2 日 20 时“彩虹”中心位于菲律宾以东洋面,并向西北方向移动,对比 10 月 2 日 20 时的 3 个模式零场和 120 h 预报场,可以发现 3 个模式预报的台风中心位置均较零场偏东偏南,台风强度预报偏弱,副高强度预报偏强,对 500 hPa 高度场的台风低值环流均没有反映。对 10 月 3 日 20 时“彩虹”在海南以东的位置,T639 模式预报较零场明显偏东偏南,ECMWF 和 JP 模式预报较零场偏东,3 个模式预报的台

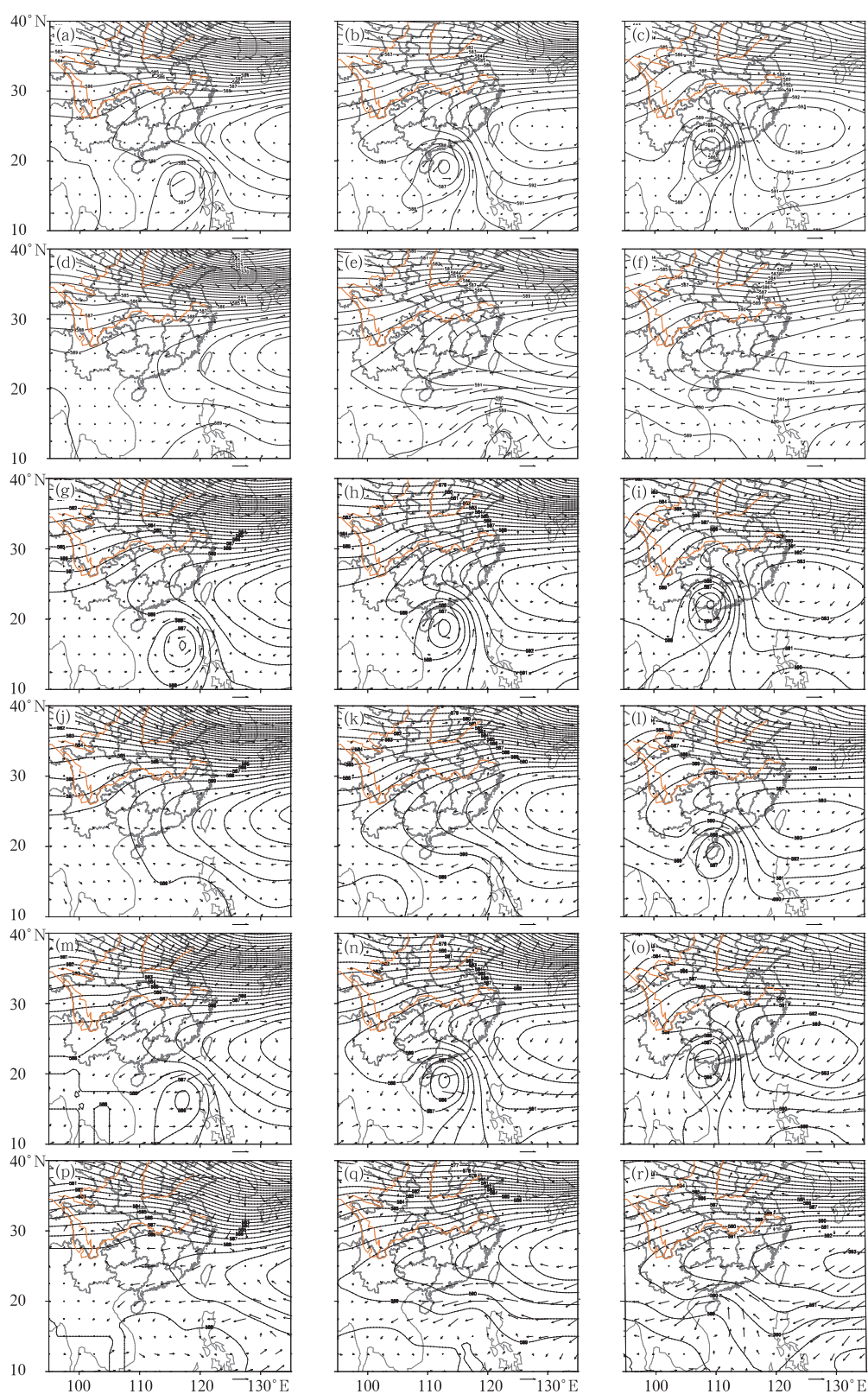


图6 2015年10月2—4日T639(a~f)、ECMWF(g~l)及JP(m~r)模式500 hPa高度场和850 hPa风场零场(a~c,g~i,m~o)及120 h预报(d~f,j~l,p~r)

Fig. 6 The 00 h (a—c,g—i,m—o) and 120 h (d—f,j—l,p—r) forecasts of 500 hPa geopotential height field and 850 hPa wind field calculated from T639 (a—f), ECMWF (g—l) and JP (m—r) models on 2—4 October 2015

风强度偏弱,且在 500 hPa 高度场上没有预报出台风低值环流。10 月 4 日 20 时,“彩虹”登陆,中心位置位于广西南部地区,T639 模式预报的 850 hPa 台风环流已经趋于消散,ECMWF 模式对这一时刻的 850 hPa 风场和 500 hPa 高度场均把握较好,JP 模式预报的 850 hPa 风场环流中心较零场偏南,T639 和 JP 模式对 500 hPa 高度场的预报均与零场偏差较大。

综上所述,3 个模式对强台风彩虹的中心位置的 120 h 预报均存在不同程度的偏差,对台风强度的预报均较零场偏弱,尤其是对流层中层环流预报明显偏弱。相较而言,ECMWF 模式 120 h 预报在台风发展后期表现出较好的调整能力。

3.5 雾-霾预报能力检验

2015 年 11 月,我国中东部和东北地区出现 4 次大范围雾-霾天气,大部分地区雾-霾日数在 3 d 以上,其中,11 月 27 日至 12 月 1 日,北京、天津、河北、山西、山东、河南北部、陕西关中等地持续出现中度至重度雾-霾,上述部分地区 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度超过 $250 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,北京部分站点 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度超过 $700 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,河北中部局地 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度超过 $900 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

华北、黄淮等地维持静稳天气,大气水平和垂直扩散条件均较差,近地面的弱南风和高湿条件等气象要素是导致上述地区雾-霾天气持续发展的主要原因。选取 11 月 27 日 20 时、29 日 20 时和 12 月 1 日 20 时 3 个时次的海平面气压场零场及 120 h 预报场,对比分析了 T639 和 ECMWF 模式对雾-霾天气发生、发展和结束的中期预报能力。

11 月 27 日夜间,华北、黄淮地区处于均压场控制,天气形势静稳,对比分析模式的零场和 120 h 预报场(图 7),T639 和 ECMWF 模式均预报出 27 日 20 时我国中东部处于均压场控制,但对华北北部和内蒙古中东部地区的气压场预报均与零场存在一定偏差;29 日 20 时,华北、黄淮等地维持静稳天气形势,两个模式对位于蒙古国境内的冷空气前沿的预报均与零场较为一致,T639 模式对中东部气压场的预报与零场更为接近;12 月 1 日 20 时冷空气开始影响华北中西部,雾-霾逐渐减弱消散,ECMWF 模式对冷锋的预报与零场基本一致,T639 模式 120 h 预报冷锋移动速度较零场偏快。整体而言,两个模式对雾-霾天气均有较好的中期预报能力,但 ECMWF 模式对冷锋的预报与零场更加一致,对雾-霾天气结束时间的预报更加准确。

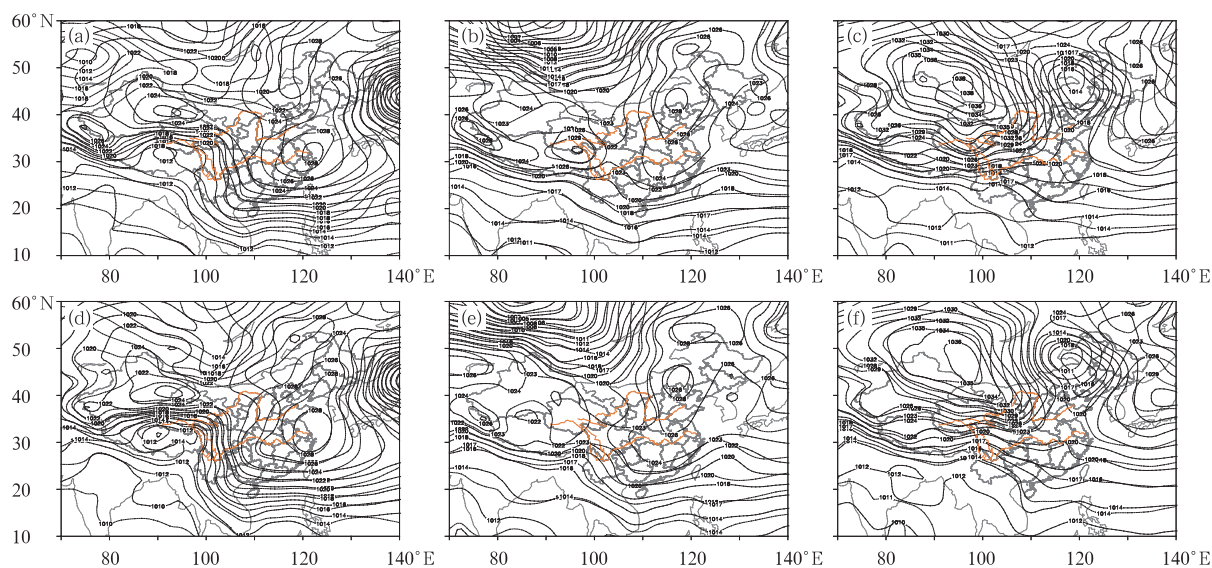


图 7 2015 年 11 月 27 日 20 时(a,d)、29 日 20 时(b,e)和 12 月 1 日 20 时(c,f)T639 (a, b, c)、ECMWF (d, e, f)模式海平面气压场零场(实线)及 120 h 预报(虚线)

Fig. 7 The sea level pressure initial field (solid line) and 120 h forecasts (dashed line) calculated by T639 (a, b, c) and ECMWF (d, e, f) models at 20:00 BT 27 (a,d), 20:00 BT 29 (b,e) November and 20:00 BT 1 December (c,f) 2015

4 结 论

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

(1)对2015年9—11月500 hPa西风指数的变化趋势,3个模式在120 h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,对西风指数的预报效果明显优于T639和JP模式。

(2)对副高脊线,T639和ECMWF模式均有较好的预报能力,ECMWF模式比T639模式预报偏差小。T639模式对副高西脊点的位置把握较好,ECMWF模式对副高东退过程的预报幅度较零场偏大。

(3)对850 hPa温度的预报,3个模式对我国南方和北方850 hPa温度的转折性变化趋势均有较好的预报能力,对南方地区温度变化的预报能力明显优于北方地区,JP模式对北方地区温度预报存在偏高的系统性误差,对11月下旬的强冷空气过程,3个模式预报的温度下降幅度均较零场偏小,ECM-

WF和JP模式对南方地区温度变化的预报能力要优于T639模式。

(4)3个模式对1522号强台风彩虹中心位置的120 h预报均存在不同程度的偏差,对台风强度的预报均较零场偏弱。相较而言,ECMWF模式120 h预报在台风发展后期表现出较好的调整能力。

(5)T639和ECMWF模式对雾-霾天气均有较好的中期预报能力,但ECMWF模式对冷锋的预报与零场更加一致,对雾-霾天气结束时间的预报更加准确。

参考文献

- 蔡芎宁. 2013. 2012年9—11月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 39(2): 253-258.
- 符娇兰. 2012. 2011年9—11月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 38(2): 238-243.
- 国家气候中心. 2015. 2015年秋季气候特征及异常成因分析.
- 刘一. 2014. 2013年9—11月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 40(2): 247-252.
- 尹珊. 2015. 2015年6—8月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 41(11): 1417-1424.
- 赵晓琳. 2015. 2014年9—11月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 41(2): 247-253.
- 周宁芳. 2011. 2010年9—11月T639、ECMWF及日本模式中中期预报性能检验. 气象, 37(2): 237-241.