

尹珊,任宏昌,2018.2017年9—11月T639、ECMWF及日本模式中期预报性能检验[J].气象,44(2):326-333.

2017年9—11月T639、ECMWF及 日本模式中期预报性能检验*

尹 珊 任宏昌

国家气象中心,北京 100081

提 要: 对2017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:三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。在中期时效内ECMWF能够较好地预报副热带高压的南北摆动和东西移动趋势,T639模式对副热带高压位置的预报易偏北。对850 hPa温度场,ECMWF模式的平均预报误差较小,预报性能较好,T639(JP)模式预报较实况偏低(偏高)。三个模式对台风玛娃中心位置的预报较零场偏西偏南,强度预报均偏弱,其中ECMWF模式对台风转向有所体现。对于冷空气过程中的海平面气压场预报,ECMWF模式对冷高压的强度预报与零场更为一致,而T639和JP模式的预报偏差较大。

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: P459

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.02.013

Performance Verification of Medium-Range Forecasting by T639, ECMWF and Japan Models from September to November 2017

YIN Shan REN Hongchang

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The medium-range forecasting performances of T639, ECMWF and Japan (JP) models from September to November 2017 are verified and compared. The results show that all the three models could predict the variation and adjustment of the atmospheric circulation over Asian middle and high latitudes well. The ECMWF model has good performance in predicting activities of the western Pacific subtropical high (WPSH) while the T639 model predicts the position of WPSH further north. For temperature at 850 hPa, mean forecast error by ECMWF model is smaller than by other two models. The T639 (JP) model gives lower (higher) temperature forecast than the observation respectively. As far as Typhoon Mawar is concerned, all the three models predict its position more northwest and strength weaker. However, the ECMWF model could show the direction change of this typhoon. The ECMWF model performs much better in forecasting the intensity of cold high pressure during a cold air process while the T639 and Japan models create greater errors.

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

* 国家科技支撑计划项目(2015BAC03B07)资助

2018年1月11日收稿; 2018年1月29日收修定稿

第一作者:尹珊,主要从事中长期天气预报研究. Email: yins@cma.gov.cn

1 9—11 月天气气候概况

2017 年秋季,我国平均气温为 10.8°C ,较常年同期偏高 0.9°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,其中内蒙古西部、西北地区西南部和中部、西藏、西南地区西部、江南地区南部和华南地区东部等地气温较常年同期偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,局部偏高 2°C 以上;内蒙古东部、东北地区北部和东部、江淮地区西部和江汉地区东部等地气温较常年同期偏低,其中内蒙古地区东部局部和东北地区北部局部偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。季内我国主要有 8 次冷空气过程,其中 11 月 16—19 日的全国性中等强度冷空气过程使我国中东部大部气温出现入秋以来气温最低值。

2017 年秋季,全国平均降水量 123.2 mm ,较常年同期(119.8 mm)偏多 2.8% 。从空间分布看,西北地区中东部和西部局部、东北地区北部局部、华北地区大部、黄淮地区南部和西部、江汉、江淮大部、江南东北部局部、西南地区西北部和东南部、华南地区西部等地偏多 $2\sim 5$ 成,其中部分地区偏多 1 倍以上;内蒙古中东部大部、西北地区西部大部、西藏地区大部、西南地区西南部、东北地区中部和西南部、华北地区东北部局部、黄淮地区东北部、江南地区西部局部、华南地区东部等地降水偏少 $2\sim 5$ 成,其中部分地区偏少 8 成至 1 倍。2017 年华西秋雨总体偏多,其中华西秋雨北区秋雨从 2017 年 8 月 25 日开始至 10 月 18 日结束,累积降水量 234.1 mm ,较气候态偏多 71.5% ;华西秋雨南区秋雨从 2017 年 8 月 24 日开始至 10 月 26 日结束,累积降水量 322.19 mm ,较气候态偏多 74.7% (支蓉和陈丽娟, 2018)。期间,孟加拉湾低槽偏深,西北太平洋副热带高压(以下简称副高)位置偏西偏南,从而有利于西南季风输送的丰沛水汽与中纬度西风气流中的弱冷空气在华西地区交绥,造成较多降水。

2017 年 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 2 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)(张峰, 2016)。在两个登陆台风中,9 月 1 日凌晨生成的第 16 号台风玛娃(Mawar)较为独特。在“玛娃”整个生命史中,其移速非常缓慢,路径曲折复杂,对广东、福建两省造成较大影响。

2 资 料

本文选取 2017 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本(下文简称 JP)数值模式 20 时(北京时)零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三个模式 2017 年 9—11 月的 500 hPa 高度场、 850 hPa 温度场和风场以及海平面气压场(ECMWF 模式 10 月 13 日 20 时起报的 120 和 192 h 时效 500 hPa 高度场预报资料和 JP 模式 11 月 3 日 20 时起报的所有时效 500 hPa 高度场预报资料缺失)。T639 模式的资料分辨率均为 $1.125^{\circ}\times 1.125^{\circ}$,ECMWF 和 JP 模式的资料分辨率均为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。模式预报的副高北界和西伸脊点及亚洲中高纬西风指数根据各自的 500 hPa 位势高度场计算得到。

3 模式中中期预报性能检验

3.1 亚洲中高纬环流形势预报检验

西风指数可以较好地反映中高纬地区大尺度环流形势演变和调整,是中期预报常用的重要参考指标之一,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大尺度环流形势调整与演变的中期预报性能(任宏昌, 2017; 尹珊, 2016; 张峰, 2016)。图 1 给出了 2017 年 9—11 月 T639、ECMWF 及 JP 模式零场与 $96\sim 240\text{ h}$ 预报的亚洲中高纬西风指数的相关系数。由图可知,144 h 预报

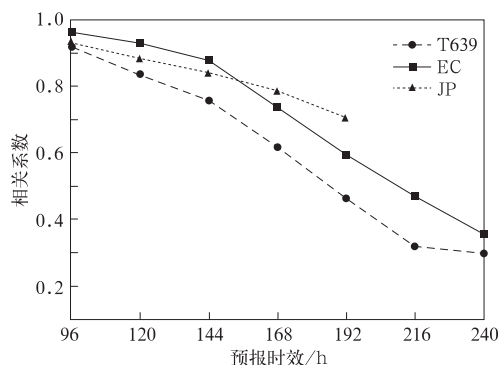


图 1 2017 年 9—11 月 T639、ECMWF 和 JP 模式的零场与 $96\sim 240\text{ h}$ 预报的西风指数相关系数

Fig. 1 Correlation coefficients of westerly index between 00 h and 96—240 h forecasting fields by T639, ECMWF and Japan models from September to November 2017

时效内三个模式零场和预报的相关系数均在 0.75 以上,三个模式对大尺度环流的预报效果较好,其中又以 ECMWF 模式的预报性能最佳。在中期预报时效内,随着预报时效的延长,各模式的预报误差有所加大。168 h 及其后的预报时效内 ECMWF 模式的预报效果均优于 T639 模式。JP 模式在 168~192 h 预报时效对西风指数的预报比 ECMWF 模式更接近零场。整体而言,相比 T639 模式,ECMWF 和 JP 模式对 2017 年 9—11 月亚洲中高纬大尺度环流的预报效果更好。

图 2 给出了 2017 年 9—11 月 T639、ECMWF 及 JP 模式零场及 120 h 预报的西风指数逐日演变曲线。分析三个模式零场发现,9 月上、中旬西风指数变化幅度较小。9 月中旬后期至月末,西风指数从高位逐渐降低至 100 dagpm 左右,亚洲中高纬环

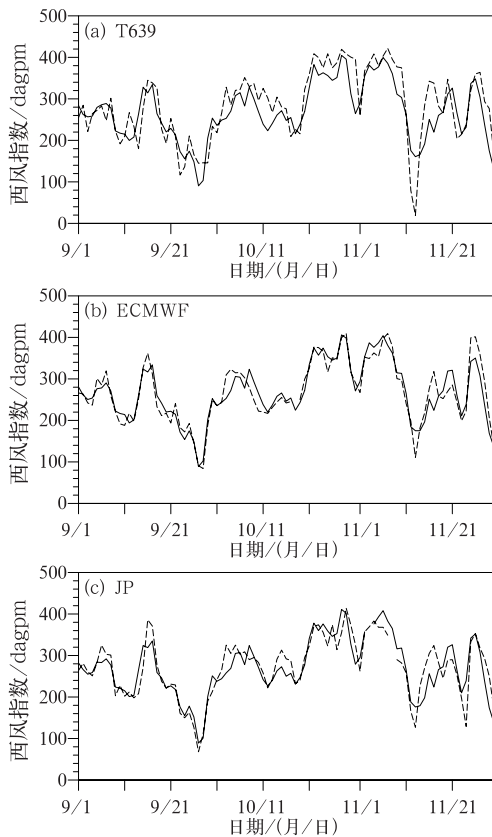


图 2 2017 年 9—11 月 T639(a)、ECMWF(b) 及 JP(c) 模式零场(实线)和 120 h 预报(虚线)的西风指数逐日演变曲线

Fig. 2 Daily evolution curves of 00 h (solid line) and 120 h (dashed line) forecasts of westerly index derived by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from September to November 2017

流出现一次明显的纬向型向经向型转换,对应 25—29 日的一次全国中等强度冷空气过程。10 月上旬西风指数回调,短暂维持纬向环流后下降,10 月 8—12 日再次出现全国性中等强度冷空气过程。11 月西风指数呈现多波动特征,共发生 4 次显著的高、低指数转换过程,在此期间我国有 4 次中等强度冷空气过程,分别出现在 10 月末至 11 月初,11 月上旬后期,11 月中旬和 11 月下旬末。从模式 120 h 预报与零场对比结果看,三个模式对西风指数均有着较好的预报能力,能够很好地把握环流的调整,但对环流形势调整幅度把握存在差异。相比之下,ECMWF 和 JP 模式的预报效果较好,两个模式均能较为准确地预报出上述高、低指数转换的时间,指数的预报偏差较小,但 JP 模式对西风指数下降幅度的预报偏差更大;T639 模式也能较好地预报指数转换的时间,指数预报较零场以偏高为主,存在系统性偏差。T639 模式对西风指数下降幅度的预报表现不稳定,9 月下旬指数的下降幅度预报偏小,11 月上旬后期指数的下降幅度预报明显偏大。

3.2 西太平洋副高预报检验

秋季是我国夏季风向冬季风转换的过渡季节,副高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秋季预报性能好坏的重要标志之一(张峰,2016;张夏琨,2017)。本文选取 T639 与 ECMWF 模式对副高北界和西脊点位置的预报进行检验。

图 3 给出了 2017 年秋季 T639 和 ECMWF 模式零场和 120 h 预报的西太平洋副高北界(当副高主体断裂或者位置偏东,588 dagpm 线未达到 120°E 时,副高北界设为缺测)的逐日演变曲线。由图可知,2017 年 9 月至 10 月上旬,副高北界基本维持在 30°N 及其以北地区,其中 9 月中旬出现一次明显的南北振荡,副高北界南落至 24°N 后再次北抬。10 月上旬后期,副高开始自北向南撤退,至 11 月中、下旬退至 22°N 附近,完成夏季至冬季的季节性转换。整体而言,两个模式均能很好地预报副高的季节性变化趋势,对副高北界位置有较好的中期预报能力。T639 模式对副高北界的预报较零场略偏北,ECMWF 模式的预报偏差小,预报与零场更接近。特别是 9 月,T639 模式对副高南撤的幅度估计不足,预报的南落位置较零场明显偏北。

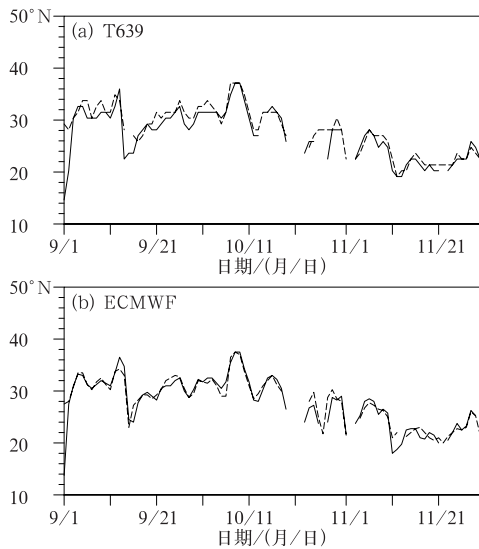


图3 2017年9—11月 T639(a)和 ECMWF(b)模式零场(实线)与 120 h 预报(虚线)副高 120°E 北界位置逐日演变曲线

Fig. 3 Daily evolution curves of north border of subtropical high along 120°E in 00 h (solid line) and corresponding 120 h (dashed line) forecasts derived by T639 (a) and ECMWF (b) models from September to November 2017

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—10 月副高西脊点位于 90°~100°E,相比于常年明显偏西,使冷空气与副高西侧的暖湿气流交汇于江汉、西南东部、四川北部等地,造成华西秋雨较常年明显偏多(吕爱民和董林,2017;聂高臻和高拴柱,2018)。T639 和 ECMWF 模式对上述两月中副高西脊点位置预报较准确,对于 10 月中旬副高出现的一次东退过程模式也有体现,但 T639 模式对东退幅度预报较零场偏小。11 月副高出现 4 次较明显的东退,两个模式均能较好地预报出这几次过程。T639 模式对其中一次过程中副高西脊点东西摆动的变化时间预报滞后,对 11 月下旬的第一次东退幅度预报较零场明显偏小。ECMWF 模式的预报整体较好,对 11 月中旬的东退幅度预报较零场偏大。

3.3 850 hPa 温度预报检验

850 hPa 温度的变化通常能较好地反映大气低层的冷暖变化,对地面气温的预报有较好的指示意

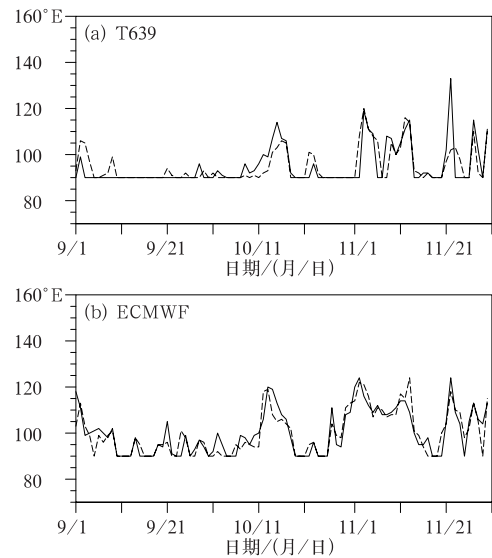


图4 同图3,但为副高西脊点逐日演变曲线

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for daily evolution curves of western ridge point of subtropical high

义,是中期温度预报的重要参考指标之一。了解和掌握数值模式的 850 hPa 温度中期预报性能对制作近地面气温及相关灾害性天气预报有重要参考价值。本文选取了天津北部(40°N、117.5°E)和江西南部(25°N、115°E)两个格点分别代表中国北方和南方地区,用于检验 T639、ECMWF 和 JP 三个模式对 850 hPa 温度变化的中期预报能力(图 5)。

从 2017 年 9—11 月 850 hPa 温度的整体变化可以看出,我国北方温度在起伏多变的过程中保持缓慢下降的趋势,南方 9 月的温度基本维持不变,随后气温伴随多次冷空气过程逐渐下降。三个模式对南、北方地区代表格点 850 hPa 温度的 120 h 预报与零场的相关系数均达到 0.92 以上,同时平均预报误差较小,表现出模式对 850 hPa 温度的变化均有较好的中期预报性能。在北方地区, T639 模式 850 hPa 温度预报较实况以偏低为主,代表格点的平均预报偏差为 -0.18℃; ECMWF 模式的预报较实况总体略偏高,平均预报偏差为 0.13℃; JP 模式对 850 hPa 温度的预报效果与前两个模式相比较差,其预报值比实况偏高(平均预报偏差为 0.36℃),但其逐日预报误差正负波动比 T639 模式小,说明相较 T639 模式,其预报性能更稳定。这种预报稳定性偏差在降温幅度方面也有体现, ECMWF 模式

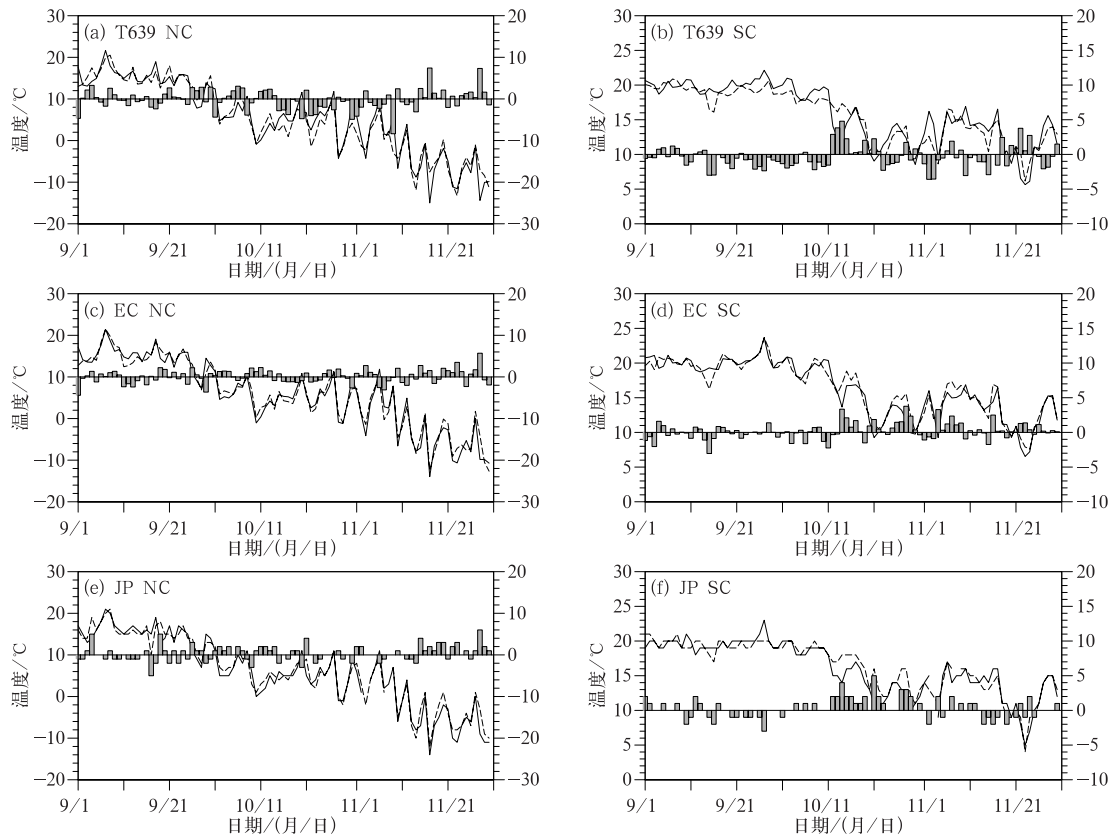


图 5 2017 年 9—11 月 T639(a, b)、ECMWF(c, d)及 JP(e, f)模式零场(实线)与 120 h 预报(虚线)在南、北方两点的 850 hPa 温度随时间演变曲线及预报偏差(柱状)

(a, c, e)北方地区, (b, d, f)南方地区

Fig. 5 Daily evolution curves of 00 h (solid line) and 120 h (dashed line) 850 hPa temperature forecasts and their bias (histogram) by T639 (a, b), ECMWF (c, d) and Japan (e, f) models in two grids from September to November 2017

(a, c, e) North China, (b, d, f) South China

的预报零场较一致, T639 和 JP 模式对降温幅度预报时而偏大时而偏小, 与零场存在一定差距。在南方地区, ECMWF 和 JP 模式对代表格点的温度预报较实况均偏高, T639 模式偏低, 其中 ECMWF 模式的平均预报误差是 0.22°C , 为三个模式中最小, 逐日预报误差正负波动也最小, 说明模式预报性能最稳定; T639 模式的平均预报误差为 -0.32°C , 其绝对值为三个模式中最大, 且正负波动也较大, 表现出相对较差的预报稳定性。总体而言, ECMWF 模式的 850 hPa 温度预报性能在三个模式中最好, 平均预报误差较小; T639 (JP) 模式对南、北方地区的温度预报以偏低(偏高)为主, 两个模式的预报稳定性与 ECMWF 模式存在差距。

3.4 台风预报能力检验

2017 年秋季共有两个台风登陆我国。本文以造成严重影响、移动路径曲折复杂的 1716 号台风玛娃(Mawar)为例, 分析 T639、ECMWF 及 JP 模式对秋季台风路径和强度的中期预报能力。

今年第 16 号台风玛娃(Mawar)于 9 月 1 日 02 时在南海东北部海面上生成, 2 日下午加强为强热带风暴, 3 日 21:30 前后在广东汕尾陆丰市沿海登陆, 登陆时中心附近最大风力有 8 级($20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 热带风暴级), 中心最低气压 995 hPa。受“玛娃”影响, 广东、福建两省避险转移近 5.7 万人, 期间恰逢新学期开学, 广东多地宣布停课, 东莞多地积水严

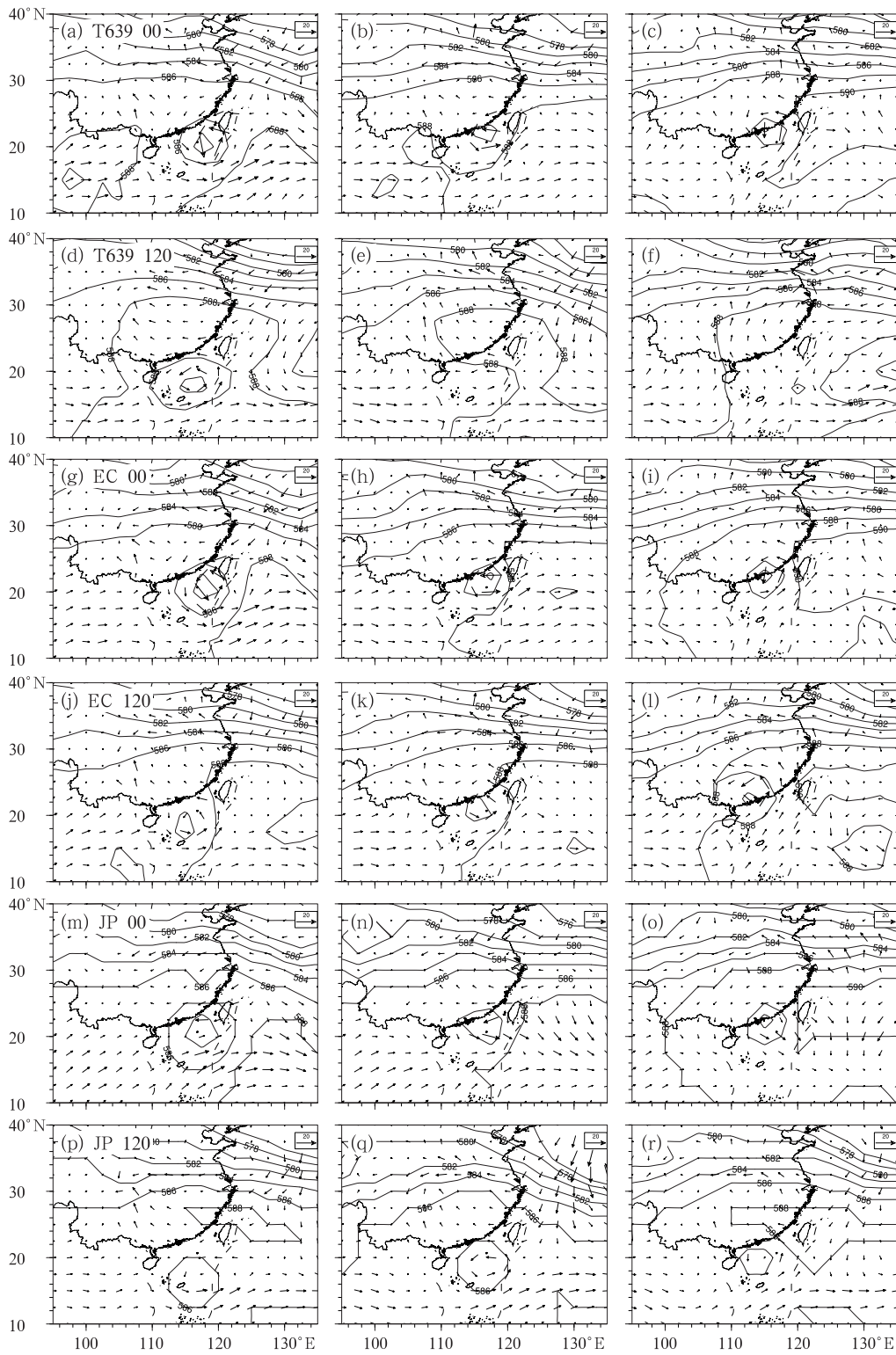


图 6 2017 年 9 月 1—3 日 20 时 T639(a~f)、ECMWF(g~l)及 JP(m~r)模式
500 hPa 高度场(单位:dagpm)和 850 hPa 风场零场(a~c,g~i,m~o,单位: $m \cdot s^{-1}$)
及对应的 12 h 预报(d~f,j~l,p~r)

Fig. 6 Daily evolution curves of 00 h (a~c, g~i, m~o) and corresponding 12 h (d~f, j~l, p~r)
500 hPa geopotential height (unit: dagpm) and 850 hPa wind forecasts (unit: $m \cdot s^{-1}$)
by T639 (a~f), ECMWF (g~l) and Japan (m~r) models at 20:00 BT 1~3 September 2017

重。通常台风的平均移速约为 $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 而“玛娃”整个生命史的平均移速都维持在 $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右, 尤其是靠近广东省沿海约 200 km 后, 移动速度非常缓慢, 部分时段原地少动; 同时, “玛娃”在南海东北部海面移动方向多变, 以蛇形路径逼近粤东, 在 1 日早晨和 2 日夜间断先后两次折向东北方向移动, 出现曲折复杂的路径(吕爱民和董林, 2017)。

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 9 月 1 日 08 和 20 时, 2 日 20 时, 3 日 20 时四个时次的 850 hPa 风场及 500 hPa 高度场进行分析对比(由于 JP 模式缺少 08 时起报的 120 h 预报资料, 故 1 日 08 时图略)。台风玛娃在 9 月 1 日 08—20 时的移动路径为东北向, 是该台风西北向移动过程中的一次转向。对比 T639 和 ECMWF 模式上述两时次的 120 h 预报场发现, T639 模式完全没有预报出台风的这一转向移动, ECMWF 模式的预报略有体现。两个模式对对流层低层台风中心位置的预报较零场均偏西偏南, 500 hPa 高度场能反映出台风的低值环流, 但预报的强度较零场均偏弱。JP 模式对 1 日 20 时台风低值环流强度预报偏弱, 中心位置预报明显偏南; 2 日 20 时, 台风向西北方向移至东沙礁北部, T639 模式对台风强度的预报偏弱, 对台风中心位置的预报较上一时刻变化不明显, 与零场存在较大偏差。ECMWF 和 JP 模式对台风低值环流的强度预报偏弱, 台风中心位置的预报较零场依旧偏西偏南, 但 ECMWF 模式对台风中心位置的预报误差较小; 3 日 20 时, 台风逼近我国沿海, 即将登陆广东。T639 模式 120 h 预报场上, 副高明显偏强, 500 hPa 无低值环流, 对流层低层也无气旋性环流, 预报与零场差异较大。ECMWF 模式预报的台风移速较快, 此时已登陆, 台风中心位置较零场偏西偏北。JP 模式对台风低值环流的强度预报基本准确, 对台风中心位置的预报较零场明显偏西偏南。就台风移动速度而言, ECMWF 和 JP 模式的预报均较零场偏快, T639 模式的预报与零场存在较大偏差。

综上所述, 三个模式对台风玛娃的中心位置的 120 h 预报较零场以偏西偏南为主, 对其强度的预报偏弱。ECMWF 模式的整体预报效果相对较好, 尽管其预报的台风移速偏快, 但对台风移动中的路径转向有所体现, 且预报的台风中心位置与零场最接近。T639 和 JP 模式的 120 h 预报均存在不同程度的偏差。

3.5 冷空气过程中冷高压的预报能力检验

2017 年 11 月 16 日夜间断至 19 日白天, 受强冷空气影响, 我国中东部大部降温 $6 \sim 10^\circ\text{C}$ 并伴有 4~6 级大风, 其中山东、苏皖、浙江北部等地部分地区降温幅度达 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ 。中东部大部气温出现入秋以来气温最低值, 气温 0°C 线位于山西南部、河南北部至江苏中部一带。本文选取这次冷空气过程分析三个模式对地面冷高压的预报性能。

图 7 给出了 2017 年 11 月 16、17 和 18 日 20 时三个模式海平面气压零场与 120 h 预报场及预报偏差。可以看到, 16 日 20 时地面冷高压主体控制贝加尔湖以西地区, 中心强度超过 1040 hPa。ECMWF 模式 120 h 预报对冷高压的强度和位置把握较准确, JP 和 T639 模式对冷高压的位置预报与零场较接近, 但强度预报均较零场明显偏弱; 17 日 20 时, 冷空气东移南压, 地面冷高压中心位于内蒙古中部, 中心强度达到 1045 hPa。ECMWF 模式 120 h 预报较零场略偏强, JP 模式预报的冷高压中心位置较零场偏北 4 个纬度左右, 强度也偏弱, T639 模式对冷高压中心的预报较零场明显偏西偏南, 强度明显偏弱; 地面冷高压在向南入侵的过程中逐渐减弱, 18 日 20 时 1030 hPa 等高线前沿移至江淮地区。ECMWF 和 T639 模式 120 h 预报较零场略偏强, JP 模式 1030 hPa 等高线范围预报明显偏小。整体而言, 三个模式中 ECMWF 模式对冷空气过程中海平面气压场的中期预报较为准确, JP 模式对冷高压强度的预报偏弱, T639 模式的预报较零场前期偏弱、后期偏强。

4 结 论

本文通过对 T639、ECMWF 及 JP 模式中后期时效预报产品的检验, 主要得到以下结论:

(1) 三个模式能较准确地预报 2017 年 9—11 月亚洲中高纬大尺度环流的调整和演变, 其中 ECMWF 模式的预报性能最好; JP 模式次之, 对西风指数的下降幅度预报偏大; T639 模式对指数下降幅度的预报稳定性相对较差。

(2) 对于副高北界和西脊点的变化趋势, ECMWF 和 T639 模式都有较好的中期预报能力, ECMWF 模式比 T639 模式的预报偏差小, 预报与零场更吻合。T639 模式对副高位置的预报较零场略偏北。

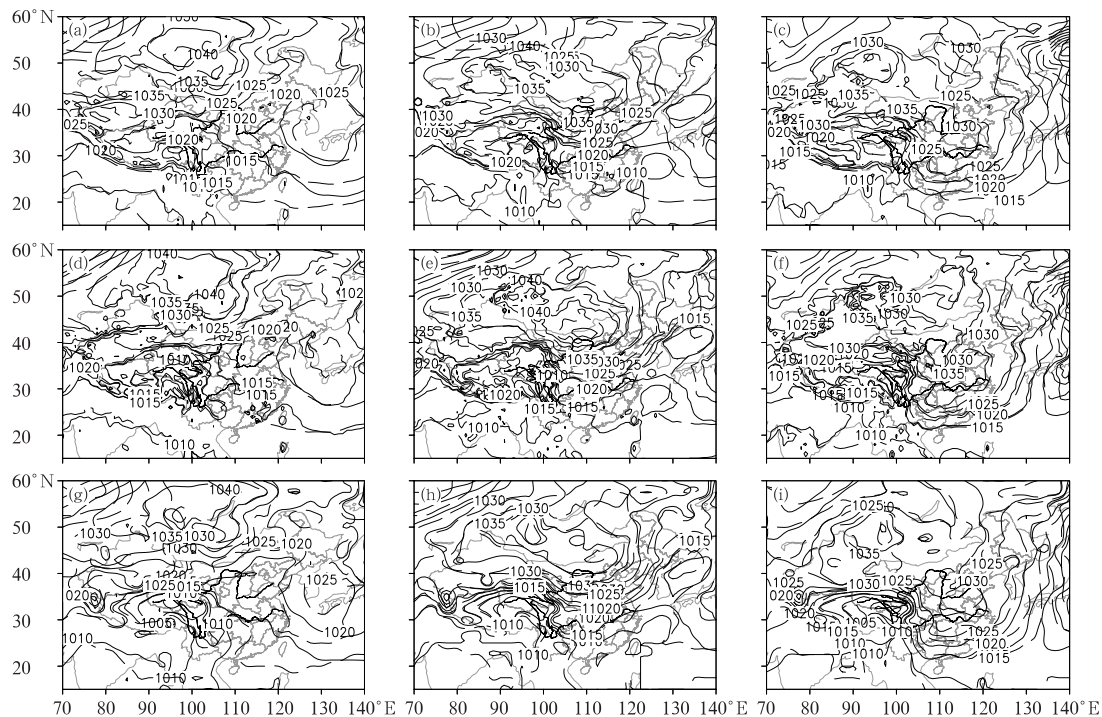


图 7 2016 年 11 月 16—18 日 20 时 T639(a~c)、ECMWF(d~f)和 JP(g~i)模式海平面气压场零场(实线)及 120 h 预报场(虚线)

Fig. 7 The 00 h (solid line) and 120 h (dashed line) sea level pressure forecasts by T639 (a~c), ECMWF (d~f) and Japan (g~i) models at 20:00 BT 16~18 November 2017

(3) 对于 850 hPa 温度,ECMWF 模式的平均预报误差较小,预报性能在三个模式中最好;T639 (JP)模式对南、北方地区的温度预报以偏低(偏高)为主,两个模式的预报稳定性不如 ECMWF 模式。

(4) 三个模式对台风玛娃的中心位置的 120 h 预报较零场以偏西偏南为主,台风强度预报偏弱。ECMWF 模式整体预报效果相对较好,尽管其预报的台风移速偏快,但对台风移动中的路径转向有所体现,且预报的台风中心位置与零场最接近。T639 和 JP 模式的 120 h 预报均存在不同程度的偏差。

(5) 通过对 11 月的一次冷空气过程进行检验发现,ECMWF 模式对此次冷空气过程中海平面气压场的中期预报较为准确,JP 模式对冷高压强度预报偏弱,T639 模式的预报较零场前期偏弱、后期偏强。

参考文献

吕爱民,董林,2017. 2017 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象,43 (12):1594-1600.

聂高臻,高拴柱,2018. 2017 年 10 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 44(1):206-212.

任宏昌,2017. 2017 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中中期预报性能检验[J]. 气象,43(11):1439-1445.

尹珊,2016. 2015 年 12 月至 2016 年 2 月 T639、ECMWF 及日本模式中中期预报性能检验[J]. 气象,42(5):1-10.

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

张夏琨,2017. 2016 年 9—11 月 T639、ECMWF 及日本模式中中期预报性能检验[J]. 气象,43(2):240-248.

支蓉,陈丽娟,2018. 2017 年秋季我国北方地区降水异常偏多成因分析[J]. 气象,已接收.