

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

2017 年 6—8 月 T639、ECMWF 及 日本模式中期预报性能检验^{*}

任宏昌

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 对 2017 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: 三个模式对欧亚中高纬环流形势的调整和演变均具有较好的预报性能, 能较准确地反映出欧亚地区中高纬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。ECMWF 和 T639 模式在中期时效能够较好地对应副热带高压的南北摆动和东西移动趋势进行预报, 其中 ECMWF 的预报偏差更小且模式对于盛夏副热带高压西伸脊点的预报优于初夏。ECMWF 和 T639 模式对全国大部分地区温度预报偏低, ECMWF 模式的预报效果最好, 而 JP 模式温度预报偏差相对较大, 各模式对温度的升降波动预报较为准确。对强台风天鸽, 三个模式对台风强度的预报均偏弱, 其中 ECMWF 模式相对更准确地把握了台风的强度变化和移动路径, 综合预报效果最好。

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.1000-0526.2017.11.013

Performance Verification of Medium-Range Forecasts by T639, ECMWF and Japan Models from June to August 2017

REN Hongchang

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The performance of medium-range forecasts is verified and compared for the T639, ECMWF and Japan models from June to August 2017. The results show that all of the three models could well predict the variation and adjustment of the atmospheric circulation over middle and high latitudes in Eurasia, of which ECMWF model performs the best. ECMWF and T639 models have good performance in predicting activity of western Pacific subtropical high (WPSH), and the ECMWF model shows better skill. The prediction bias of the west ridge of WPSH reduces from early summer to late summer. The T639 and ECMWF models underestimates the temperature over most of China at 850 hPa, and the JP model overestimates the temperature over most of China. In southern China, three models have smaller bias of temperature prediction than that in northern China. ECMWF model has better performance than T639 and Japan models. As far as Typhoon Hato (1713) is concerned, ECMWF model performs better in predicting the track, intensity and landing position, although the predicted strength is weaker. The T639 model shows a poor skill in the prediction of Typhoon Hato.

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

^{*} 国家科技支撑项目(2015BAC03B07)、国家自然科学基金青年基金项目(41205058)和国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430203)共同资助

2017 年 10 月 20 日收稿; 2017 年 11 月 3 日收修定稿

第一作者: 任宏昌, 主要从事中长期天气和短期气候预测研究. Email: renhongchang921@sina.com

1 6—8 月天气概况

2017 年夏季东亚夏季风偏弱,西太平洋副热带高压(以下简称副高)显著偏强,脊线位置偏南;欧亚中高纬呈现“两槽一脊”环流型,乌拉尔山地区高度场为负距平,高压脊偏弱,贝加尔湖地区为正距平控制,日本附近高度场为负距平,东北亚地区为槽区。低纬度和中高纬度的环流配置有利于冷暖气流在我国长江以南交汇,水汽通量辐合偏强,主要多雨带位于我国长江以南地区,降水显著偏多,全国平均降水量 348.6 mm,较常年同期(322.6 mm)偏多 8.1%,呈现南、北两条多雨带。全国平均气温 21.7℃,较常年同期(20.9℃)偏高 0.8℃,为 1961 年以来第二高,仅次于 2016 年。

2017 年江淮流域不同区域梅雨开始和结束有很大的差异。江南区梅雨入梅偏早 4 d,出梅偏早 2 d,雨量(491.9 mm)较常年偏多 34.6%;长江中下游区梅雨与气候平均值相比,入梅偏晚 7 d,出梅偏早 7 d,雨量(166.4 mm)较常年偏少 40.8%;江淮区梅雨入梅偏晚 9 d,出梅偏早 4 d,雨量偏少 56.1%。华北雨季开始较常年偏晚 3 d,结束较常年偏早 7 d,雨季内平均降水量(97.5 mm)较常年偏少 28.2%。

2017 年 6—8 月共有 12 个台风在我国南海和西北太平洋生成,与常年同期生成数量(11.6 个)相当。其中登陆我国的有 6 个,分别是:“苗柏”、“洛克”、“纳沙”、“海棠”、“天鸽”和“帕卡”,较常年同期略偏多。6 月有 1 个台风登陆,7 月有 3 个,8 月有 2 个。

2 资 料

本文选取 2017 年 6—8 月 T639、ECMWF 以及 JP 模式 20 时(北京时)模式零场和中期时效预报场进行天气学检验及预报效果的对比分析。所用资料主要包括上述三个模式的 500 hPa、850 hPa 的位势高度场、风场和温度场,资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,选用时段为 2017 年 6—8 月;模式预报的副高北界、西伸脊点和西风指数等根据各自的 500 hPa 位势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

西风指数能够定量表示纬向环流的强弱,是中期预报最常用的指标之一。通过检验西风指数,可以评估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时效预报性能(关月, 2016;尹珊, 2015;张峰, 2014;张博和李勇, 2013)。图 1 给出 2017 年 6—8 月 T639、ECMWF 和 JP 模式在不同时效下西风指数预报和模式零场的相关系数。结果表明,三个模式在 144 h 时效以内对大尺度环流均具备较好的预报能力,其中 ECMWF 的预报能力最优, T639 模式的预报能力相对偏弱。随着预报时效的延长,上述三个模式的预报误差均出现不同程度的增长。对比三个模式可以看到,在更长的时效下,虽然预报能力均出现不同程度的下降,但 ECMWF 模式相对另两者对大尺度环流有着更好的预报性能。

利用模式的零场和 120 h 预报场,分别计算了 T639、ECMWF 和 JP 模式亚洲中高纬西风指数的逐日演变曲线(图 2)。从三个模式的零场来看,6 月西风指数处于多波动状态,月内西风指数调整较为频繁,受高空槽的频繁影响,西北地区降水偏多。7 月上旬西风指数维持高指数状态,环流经向度较小,中高纬地区受平直纬向环流控制。7 月中旬西

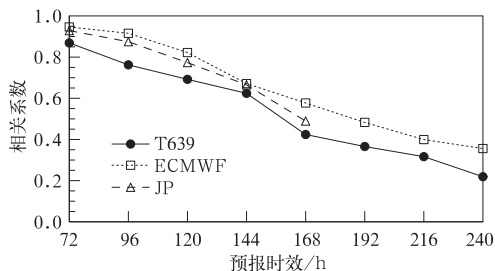


图 1 2017 年 6—8 月 T639、ECMWF 和 JP 模式对西风指数的预报与零场的相关系数随时效的变化

Fig. 1 Correlation coefficients of westerly index between 00 h and 72–240 h prediction fields by T639, ECMWF and Japan models from June to August 2017

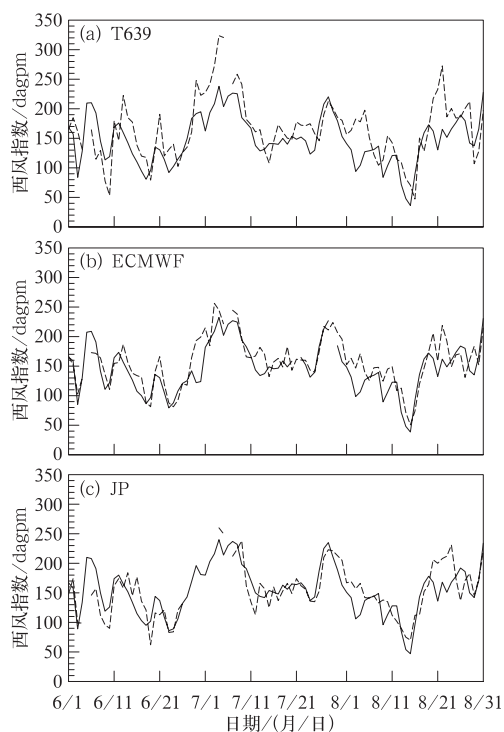


图 2 2017 年 6—8 月 T639(a), ECMWF(b) 及 JP 模式(c)零场(实线)及对应的 120 h 预报场(虚线)的西风指数逐日演变曲线

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 Japan (c) models from June to August 2017

风指数由高指数迅速向低指数调整,并维持较长一段时间直至 7 月末。7 月底至 8 月初,西风指数在短暂回升后迅速震荡下降,8 月中旬达到夏季最低值,有利于冷空气南下活动,导致西北地区中部至华北西部降水偏多。8 月下旬西风指数迅速回升,并维持在一个相对较高的水平上。

从模式预报结果来看,三个模式在中期时效均对西风指数有着较好的预报能力,能够很好地把握环流的调整。其中 ECMWF 对西风指数的大幅度的调整预报能力最优,对转折时间的预报比较准确。而 JP 模式对西风指数的小幅度震荡表现出较好的预报能力,对 7 月下旬两次西风指数调整预报滞后,而对 8 月中旬的调整则存在过高估计。T639 模式对 6 月上旬和 8 月上旬两次大尺度环流调整把握能力较差,过高地估计了西风指数的极值,整体预报效果较差。ECMWF、JP 和 T639 三个模式 120 h 预报场与零场的相关系数分别为 0.8、0.78 和 0.70。

整体来看,三个模式在 2017 年对中高纬大尺度环流的预报能力不及过去两年(关月,2016;尹珊,2015)。

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重要天气系统,西太平洋副高南北位置的变化以及西伸脊点的进退与我国夏季雨带的南北推移以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的重要指标之一(张博和李勇,2013;张峰,2014)。

图 3 给出了 T639 模式和 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)。可以看到,2017 年夏季副高位置整体波动较大,6 月中旬有一次较为明显的南落,至 6 月下旬才逐渐北抬,在此期间雨带主要位于西南地区东部至江南地区。6 月下旬至 7 月,副高逐渐北抬,2017 年夏季长江中下游入梅(6 月 21 日)较常年偏晚 7 d。8 月副高逐渐南落至 30°N 附近,位置相对偏南。受副高影响,8 月江淮至江南地区降水偏多。8 月下旬副高再次北抬,西北至华北地区出

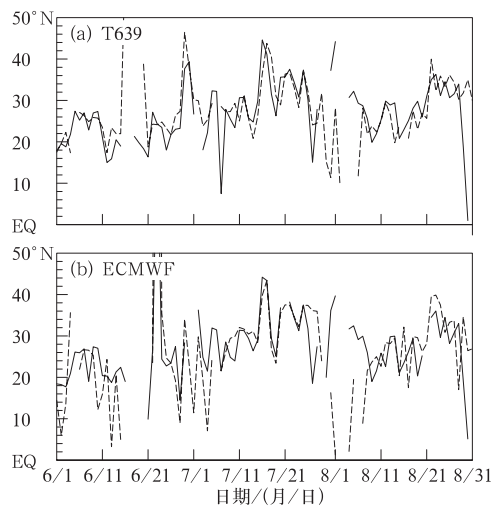


图 3 2017 年 6—8 月 T639(a)和 ECMWF(b) 模式零场(实线)与 120 h 预报(虚线) 副高 120°E 北界位置逐日演变曲线

Fig. 3 Temporal evolution curves of north border 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 2017

现明显的降水过程。

从逐日演变来看,两家模式均对副高北界有着较好的预报能力,对副高的季节性北跳和南落有着较好的把握。其中 T639 对 6 月上旬副高的南落把握更好,ECMWF 模式则过高估计了副高南落的程度。但是两个模式均未能很好地预报出 7 月下旬台风活动导致的副高断裂,没能预报出台风活跃期。整体而言,T639 模式对于副高北界的预报能力优于 ECMWF 模式。

图 4 给出了 T639 和 ECMWF 模式零场和 120 h 预报的副高西伸脊点逐日变化情况。ECMWF 模式预报结果与模式零场基本一致,而 T639 模式对于 7 月中下旬西伸脊点的西进预报则滞后 1 d。其中,T639 和 ECMWF 模式均高估了 6 月中旬和下旬副高的西伸幅度,T639 约偏西了 5~8 个经度,ECMWF 则偏西了 3~5 个经度。两个模式均较好地把握了 7 月下旬台风活跃期副高断裂后西段的西伸脊点。总体来看,两个模式对于盛夏副高西伸脊点预报能力优于初夏。

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,对于地面气温预报有着较好的指示意义。图 5

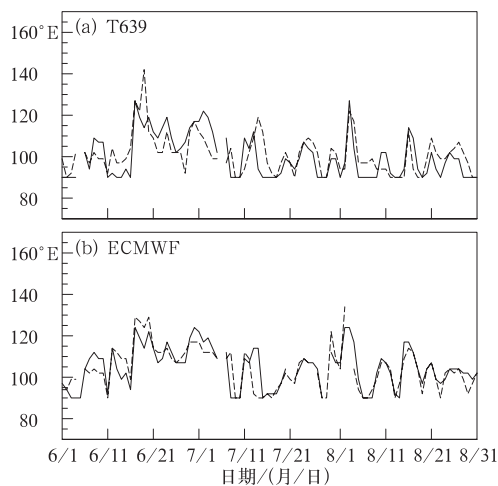


图 4 2017 年 6—8 月 T639(a)和 ECMWF(b)模式零场(实线)与 120 h 预报(虚线)副高西伸脊点位置逐日演变曲线

Fig. 4 Temporal evolution curves of west ridge point 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 2017

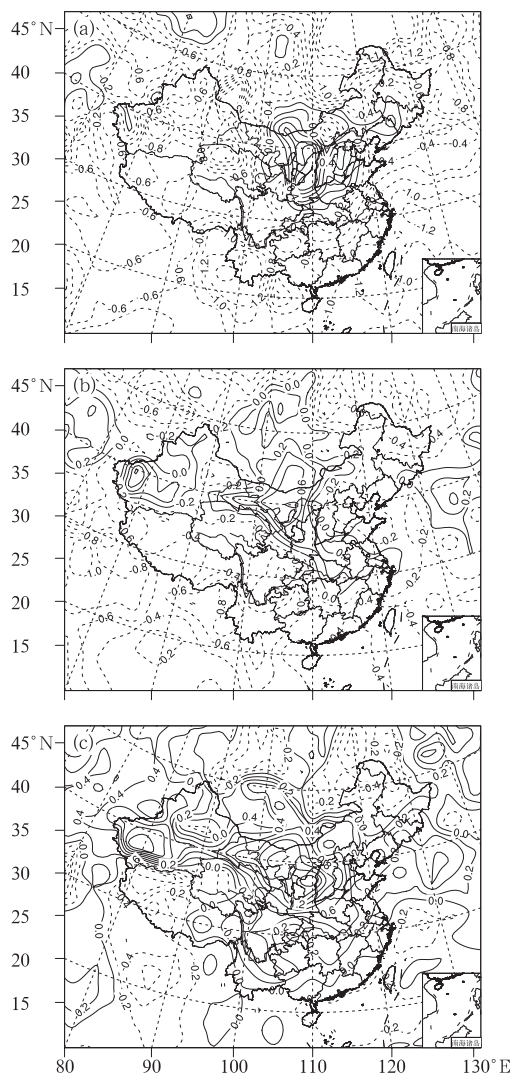


图 5 2017 年 6—8 月 T639 模式(a), ECMWF 模式(b)和 JP 模式(c) 120 h 预报相对零场的 850 hPa 温度预报偏差(单位: °C)

Fig. 5 The bias of 120 h temperature forecasts (unit: °C) at 850 hPa corresponding to 00 h calculated by T639 (a), ECMWF (b) and Japan (c) models from June to August 2017

给出了三个模式夏季平均 850 hPa 温度的 120 h 预报偏差分布图。T639 和 ECMWF 模式预报的 120 h 温度在全国大部分地区均显著偏低,而在河套地区、京津地区预报的温度偏高。JP 模式 120 h 预报则在全国大部分地区显著偏高。其中,T639 模式对内蒙古西部、山西、河北、河南北部温度预报存在正偏差,正偏差极值出现在山西,约偏高 1.2 °C。而在全国其他地区预报存在负偏差,其中华南地区 and 新疆地区负偏差较为明显,约偏低 0.6~0.8 °C。

ECMWF 模式同样在河套-内蒙古中部温度预报出现正偏差,但偏高的幅度小于 T639 模式。此外,ECMWF 模式在江淮流域的温度预报也出现了正偏差,约偏高 $0.3\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 。JP 模式虽然在季节平均而言,对全国大部分地区的温度预报均偏高,但预报偏低的次数则较多,预报性能相对不稳定。整体来看,ECMWF 模式的温度预报偏差相对较小,预报效果优于其他两个模式。

由于模式在我国南方和北方预报偏差表现不同,为了检验模式对我国南方和北方温度变化趋势的中期预报能力,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来进行检验(图 6)。可以看到,我国北方温度变化幅度较大,相应的温度偏差也较大。南方地区温度变化幅度较小,温度偏差也相对较小。7 月上中旬,受东亚中高纬平直纬向环流的影响,北方地区冷空气活动弱,温度显著偏高。而 7 月下旬副高断裂后,西段西伸北抬,盛行下沉气流,使得江

南至黄淮大部分地区出现持续性高温,三个模式在此时间段内均出现较明显的预报偏差。其中,T639 模式对北方温度预报偏高主要出现在 6 月下旬至 7 月,而对中国南方温度预报偏低则主要出现在 7 月中旬至 8 月。ECMWF 模式对 7 月中下旬中国北方温度预报较为偏高,对南方温度预报较为准确。JP 模式的结果与 T639 结果类似,但偏差幅度较 T639 模式更小。总体来看,各模式对温度的升降波动预报较为准确,ECMWF 模式的表现优于其他两个模式。

4 台风预报能力检验

2017 年 6—8 月共有 12 个台风在我国南海和西北太平洋生成,与常年同期生成数量相当。其中登陆我国的有 6 个,较常年同期略偏多。其中 1713 号台风天鸽(Hato)成为今年夏季登陆我国的最强台风。由于“天鸽”登陆期间正值天文大潮期,风雨潮叠加,灾害影响大,且登陆后持续超过 24 h,降水

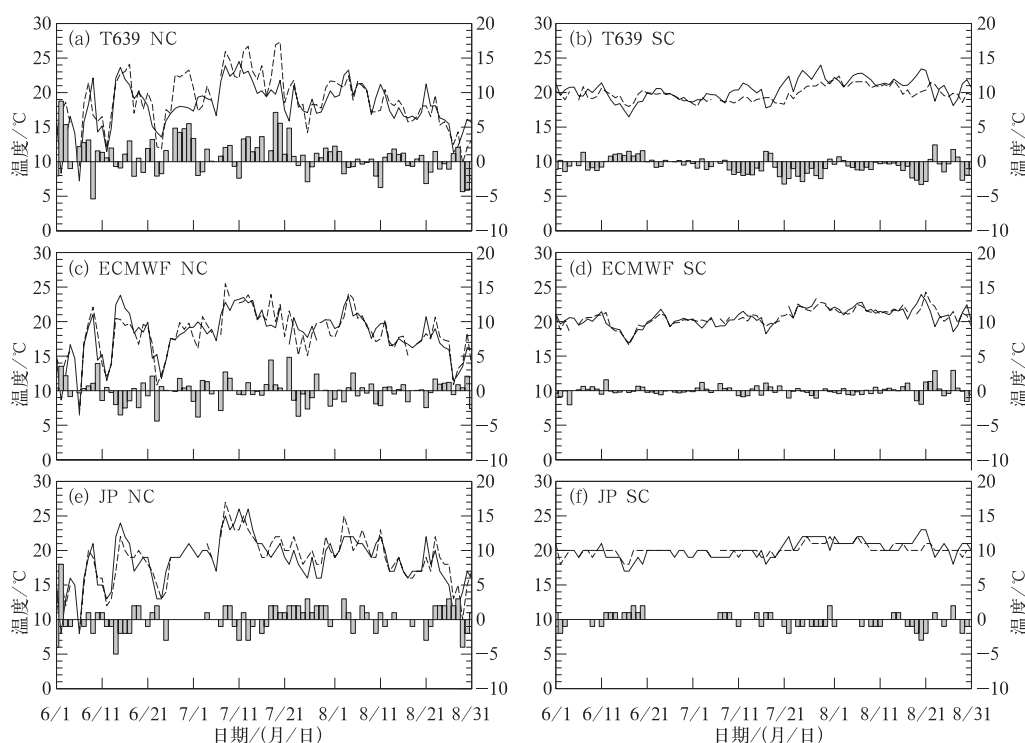


图 6 2017 年 6—8 月 T639 模式(a, b),ECMWF 模式(c, d)及 JP 模式(e, f)零场(实线)和相应的 120 h 预报场(虚线)850 hPa 温度随时间演变曲线及预报偏差(柱形)
(a, c, e)北方,(b, d, f)南方

Fig. 6 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, b), ECMWF (c, d) and Japan (e, f) from June to August 2017
(a, c, e) northern China, (b, d, f) southern China

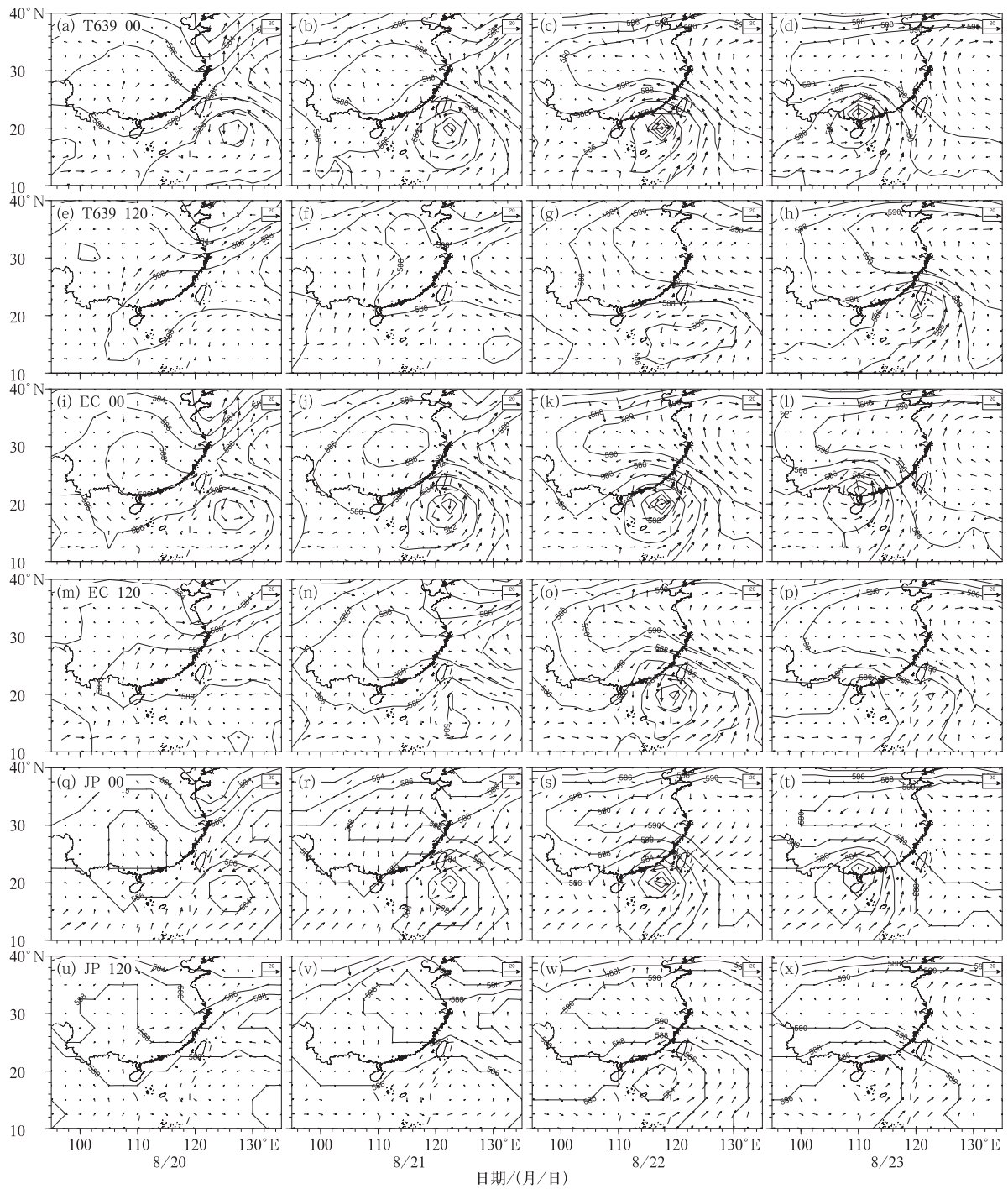


图 7 2017 年 8 月 20—23 日 20 时 T639(a~h), ECMWF(i~p) 和 JP(q~x) 模式 500 hPa 高度场(单位: dagpm) 和 850 hPa 风场零场(a~d, i~l, q~t; 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 以及相应 120 h 预报场(e~h, m~p, u~x)

Fig. 7 The 00 h (a~d, i~l, q~t) and 120 h (e~h, m~p, u~x) forecasts of geopotential heights at 500 hPa (unit: dagpm) and winds at 850 hPa (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) by T639 (a~h), ECMWF (i~p) and Japan (q~x) models at 20:00 BT 20—23 August 2017

影响范围广、时间长。本文以 1713 号台风天鸽为例, 分析 T639、ECMWF 以及 JP 模式对台风路径和

强度的中期预报能力。

强台风天鸽于 2017 年 8 月 20 日在西北太平洋

上生成,22 日下午加强为台风级,23 日早晨加强为强台风级,23 日 12:50 在广东珠海市登陆。为比较各模式对台风各阶段强度和位置的预报能力,本文选取与 8 月 20—23 日 20 时 4 个时次对应的 850 hPa 风场及 500 hPa 高度场 120 h 预报进行对比分析(图 7)。从模式对 8 月 20 日预报可以看出,虽然三个模式均在菲律宾以东洋面上预报出了气旋性环流,但其位置较为偏南,且强度明显偏弱,均未能较好地“天鸽”的生成做出预报。对应 21 日的 120 h 预报中,ECMWF 模式对气旋性环流的位置向西北方向进行了明显的调整,强度显著增强,但其中心位置较零场仍然偏东,强度偏弱。T639 和 JP 模式相比 20 日仅进行了小幅度的调整,预报结果较差。对 8 月 22 日的 120 h 预报,ECMWF 和 JP 模式预报出了闭合的台风环流系统,其中 ECMWF 模式预报的中心位置和强度仍偏东和偏弱。JP 模式预报的中心位置更加偏东南,强度也显著偏弱。T639 模式预报出了西北太平洋闭合的气旋性环流。8 月 23 日,台风登陆我国广东。从 20 时的预报来看,ECMWF 模式对台风登陆的预报偏东约 5 个经度,强度也较为偏弱,JP 模式的预报结果与 ECMWF 较为近似。而 T639 模式的预报结果仍然较差。总体来看,由于强台风天鸽进入南海后强度迅速发展,24 h 内经历了从强热带风暴级到台风级,台风级继续加强到强台风级的“三连跳”,因此对台风强度的预报存在着较大的难度。ECMWF 模式对强台风天鸽的生成预报较差,但此后对台风的增强、移动路径有着相对较好的预报能力。JP 模式虽然针对 8 月 20 和 21 日的预报能力较差,但较好地把握了 22 日后台风的移动路径。T639 模式对台风天鸽的生成、发展和登陆过程未表现出较好的预报能力。

以上分析可知,ECMWF 模式对强台风天鸽的预报尽管偏弱,位置相对偏东,但较好地把握了台风强度变化和移动路径。JP 模式对“天鸽”的生成预报能力较差,对“天鸽”进入中国南海后的预报能力较好。而 T639 模式中期预报则基本未能预报出“天鸽”的环流和移动路径。三个模式对台风的强度预报均偏弱。

5 结论和讨论

本文通过对 2017 年夏季 T639、ECMWF 以及 JP 模式中期时段预报产品的检验,主要得到如下结

论:

(1) 对 2017 年夏季 500 hPa 西风指数的变化趋势,3 个模式在 144 h 时效内均具有较好的模拟能力,能较准确地反映出欧亚地区中高纬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 对西风指数的变化趋势较其他两家模式与零场更为接近,其预报能力优于 T639 和 JP 模式。

(2) ECMWF 和 T639 模式在 120 h 能够较好地对副高的南北摆动趋势进行预报,其中 ECMWF 模式对副高北界的逐日演变预报更接近实况。对副高的东西移动,ECMWF 和 T639 模式均具备较好的预报能力,其中 ECMWF 模式的预报偏差更小,T639 对副高 7 月中下旬西伸脊点的变化预报则要滞后 1 d。总体来看,两个模式对于初夏副高的西伸脊点预报能力相对较弱,对盛夏副高西伸脊点的预报能力则较强。

(3) 对 850 hPa 温度的预报,T639 模式对全国大部分地区温度预报偏低,对河套地区温度预报偏高,ECMWF 模式的预报结果更接近实况。而 JP 模式预报偏差相对较大。从三个模式对中国南方、北方代表性站点的预报能力来看,各模式对中国南方温度的升降波动预报较为准确,ECMWF 模式的表现优于其他两个模式。

(4) 对强台风天鸽的预报,ECMWF 模式较好地把握了台风的加强和移动路径。JP 模式对“天鸽”的生成预报能力较差,对“天鸽”进入中国南海后的预报能力较好。而 T639 模式中期预报则基本未能预报出“天鸽”的环流和移动路径。三个模式对台风的强度预报均偏弱。

致谢:感谢国家气象中心吕爱民,国家气候中心郑志海为本文部分内容提供的数据支持。

参考文献

- 关月,2016.2016 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J].气象,42(11):1410-1417.
- 尹珊,2015.2015 年 6—8 月 T639、ECMWF 及日本模式中期预报性能检验[J].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[J].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[J].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)[M].北京:气象出版社:198-203.