

文章编号: 2096-1618(2024)02-0208-08

2020年北上台风不同模式的预报误差分析

杨瑞雯^{1,2}, 曲荣强², 谭政华², 张宸赫², 李杨²

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110166; 2. 辽宁省气象台, 辽宁 沈阳 110166)

摘要:2020年台风“巴威”、“美莎克”和“海神”直接北上引发了辽宁地区大范围的强降水天气过程。针对业务数值预报模式在路径、强度和降水等方面预报存在一定偏差,利用多家数值模式台风预报资料,采用评分检验和空间检验方法对北上台风的模式预报结果进行检验评估,为以后的台风气象预报工作提供参考。结果表明:各模式对台风路径的可预报时效为72 h,随着台风逐渐北上,台风的路径预报误差偏大,台风的强度预报较稳定。在降水的MODE检验结果中,ECMWF全球模式的相似度更高,CMA_MESO_3KM区域模式对降水量级预报偏大,空报较多,但两者对台风降水都有着较好的可参考性,同时台风降水预报效果与台风路径和强度预报密切相关。

关键词:台风路径;降水预报;预报检验;空间检验(MODE)

中图分类号:P457.6

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2024.02.012

0 引言

北上台风是华北和东北地区暴雨的重要影响系统,其直接或间接引发的暴雨占东北地区大范围暴雨的40%^[1-3]。台风风雨预报与台风路径预报密切相关,台风路径预报是台风风雨预报基础^[4]。当前,关于北上台风路径和强度的研究受到气象学者的广泛关注。金荣花等^[5]提出台风登陆北上具有路径突然北折和持续北上的特点,而台风路径突变是目前的业务难点。倪钟萍等^[6]研究了北折突变路径突变时刻,24 h预报的距离误差达到145.6 km,比平均预报误差增加了29.3%,并从突变路径的物理机制分析突变路径预报的难点。端义宏等^[7]研究指出强度变化是多尺度融合问题;而路径预报主要依赖于大尺度环流,如果数值预报模式可以合理预报大尺度环流背景,就能够合理地预报出台风移动路径。Wu L等^[8]研究也表明台风环流和大尺度环境气流相互作用可导致台风路径突变。钟有亮等^[9]采用GRAPES集合预报对登陆台风的路径、强度预报进行检验,进一步认识其对登陆台风的预报性能。由于台风在北上过程中容易入海加强、路径突变和变性,导致台风预报不准^[10],所以应该利用数值模式预报产品展开对北上台风路径预报的检验,对其预报效果进行仔细评估。

而对于风雨预报,基于两分类检验评分TS(threat score)和ETS(equitable threat score)等无法客观反映降水预报的真实能力,而空间检验方法是当前检验评估中的热点,可以更好地检验风雨预报的中心、强度和落区

等。王新敏等^[11]采用FSS(fraction skill score)和CRA(contiguous rain area)方法对2018年8月3次台风过程的降水预报进行检验评估,对比分析各模式预报性能。公颖^[12]基于SAL(structure amplitude location)方法对2009年6月29日中下游的一次降水过程进行检验。苏翔等^[13]采用MODE(method for object-based diagnostic evaluation)方法对台风“利奇马”过程中的ECMWF全球模式和GRAPES模式预报的强降水目标对象进行分析,该方法受气候概率影响较小,检验结果更加客观,是目前国内外使用最为普遍的空间检验方法之一^[20-21]。

2020年8月26日至9月8日第8号台风“巴威”(BAVI),第9号台风“美莎克”(MAYSACK)和第10号台风“海神”(HAISHEN)接连北上,影响中国东北地区,这种情况极为罕见,为有气象记录以来首次,比常年全年影响东北地区台风个数(1.2个)偏多1.8个,受这些台风影响辽宁地区均出现了不同强度与性质的暴雨天气。因此,本文基于中国、日本和美国(BABJ、RJTD和PGTW)3家数值模式预报资料检验评估2020年在大尺度环流影响下,3个台风在整个生命史阶段和北上阶段不同起报时间、不同预报时效等条件下的路径、强度及其风雨中心、强度、落区偏差的可预报性,一方面可为预报员订正模式提供误差背景,实现预报员在模式预报基础上的附加值,同时也可为模式研发者和北上台风客观预报产品的研发提供有价值的模式偏差信息,进而有助于提高对北上台风模式预报的质量。

1 资料与方法

1.1 模式预报和观测资料

采用来自中国气象局台风海洋气象预报中心提供

收稿日期:2023-02-20

基金项目:中国气象局沈阳大气环境研究所联合开放基金课题资助项目(2021SYIAEKFMS06)

的中国(BABJ)、日本(RJTD)和美国(PGTW)不同起报时间不同预报时效的主观数值模式台风路径强度预报资料。采用来自中国气象数据网的CMA_MESO_3KM区域模式降水资料和ECMWF全球模式MWF数据门户网站,空间分辨率为 $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ 的ECMWF全球模式MWF全球模式降水预报资料。实况路径和强度资料采用西北太平洋热带气旋最佳路径资料集(CMABST)^[14-15],实况降水资料采用国家气象信息中心提供的融合地面观测、卫星和雷达反演降水资料的中国区域多源融合降水产品CMPAS(CMA multi-source merged precipitation analysis system),水平分辨率为 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ ^[16-17]。

1.2 检验方法

1.2.1 路径检验方法

以下检验方法根据中国气象局《台风业务和服务规定》(第三次修订版)中热带气旋定位和预报质量评定方法确定。距离误差计算方法如下:

$$\Delta R = 6371 \times \{ \sin \varphi_F \sin \varphi_R + \cos \varphi_F \cos \varphi_R \cos(\omega_F - \omega_R) \}$$

其中, φ_F 、 φ_R 为预报纬度和经度(弧度), ω_F 、 ω_R 为实况纬度和经度(弧度)^[18];作强度误差分析时,主要针对台风中心的最低气压和最大风速的预报误差。

1.2.2 空间检验方法

MODE方法是在定义并计算降水对象的不同属性的基础上,设定不同属性的权重系数,运用模糊逻辑算

法计算预报性能的总收益函数,从而判断预报的整体表现。它可以通过识别模式预报场与观测场的目标对象,计算两个对象的质心距离、角度差、面积比,重叠面积比例及中位数强度等。该检验方法可以弥补传统检验方法的不足,可以更好地检验降水预报目标的形状和位置等属性信息。具体检验方法步骤详见文献^[19]。

2 结果分析

2.1 台风路径的可预报性

图1为中国(BABJ)、日本(RJTD)以及美国(PGTW)对2020年台风“巴威”、“美莎克”和“海神”在08时和20时起报不同预报时效的平均路径误差折线图。3个台风相比,各中心对台风“巴威”的可预报性略差于台风“美莎克”和台风“海神”,台风“巴威”路径误差在预报时效为96 h后有大幅度的增加,当预报时效为120 h时各中心的路径误差在300 km以上,可预报性明显变差。将各中心进行对比可知,BABJ对2020年3个台风的可预报性较好,可以达到72~96 h,24 h路径误差在60~120 km;而日本和美国对3个台风的可预报性为48~72 h,略差于中国。随着预报时效增加,台风路径预报误差增大,72 h后各中心预报误差明显增大至200 km以上。因此,后文只讨论各中心可预报性即72 h以内的预报误差特征。

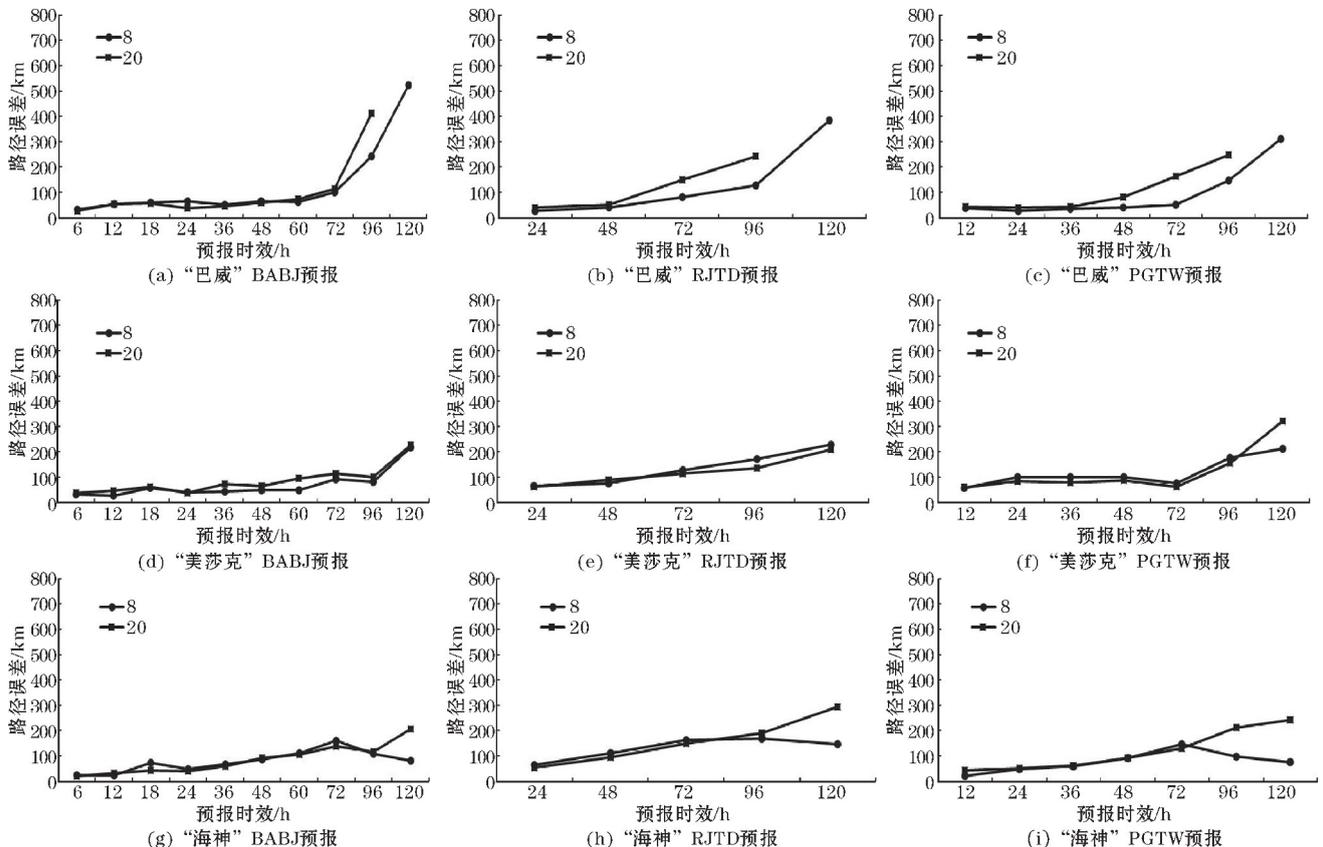


图1 不同模式预报中心对2020年台风在08时和20时起报不同预报时效的平均路径误差

2.2 台风路径误差特征

2.2.1 路径预报误差特征概述

图2为2020年不同模式预报中心对台风“巴威”、“美莎克”和“海神”和3个台风平均与中央台近5年平均路径预报误差的对比图。从图中可以发现,2020年3个台风不同中心的路径误差在40~130 km,

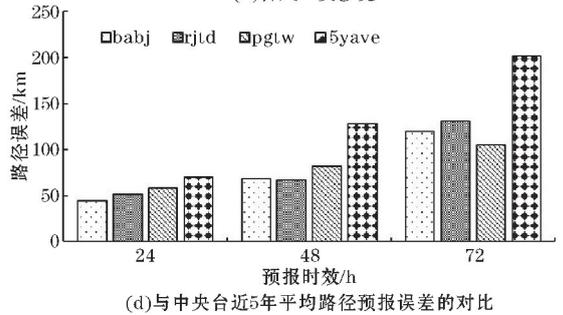
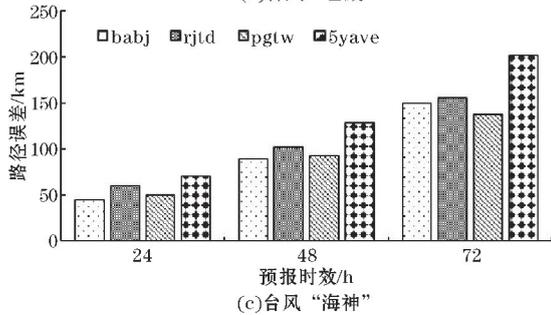
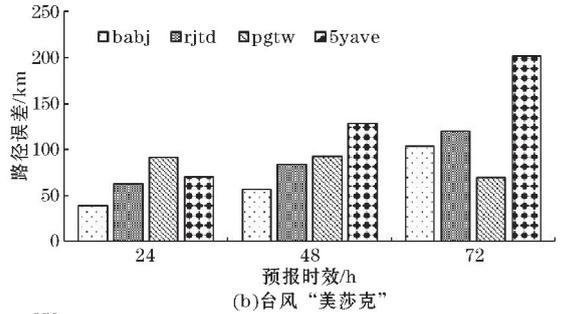
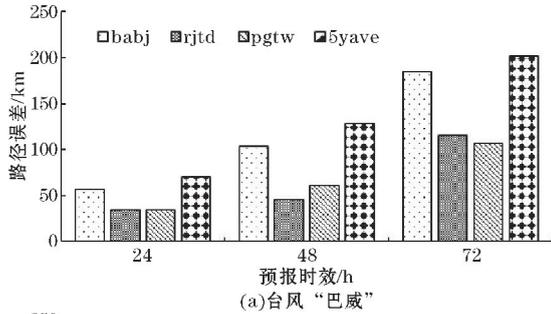


图2 不同模式预报中心对2020年台风和3个台风平均中央台近5年平均路径预报误差的对比图

2.2.2 北上期间的路径预报误差特征

着重对比台风北上过程中的路径预报误差与台风整个生命史阶段路径误差,根据历史上,辽宁受台风影响开始出现降水时,台风中心最南端是位于江苏南部(北纬 32.8°)及考虑到台风预报数据的分布,选择 32°N 作为台风北上的分界线,对比台风 32°N 以北、 32°N 以南及整个台风生命史阶段的路径预报误差。图3为中国、日本及美国对台风“巴威”、“美莎克”和“海神”在不同预报时效 32°N 以北、以南和整个台风生命史阶段的平均路径误差。对于台风“巴威”来说,48 h预报时效内,3个中心对 32°N 以南和以北的误差相差不大,在10~30 km RJTD和PGTW预报中心在48 h后对北上台风的预报误差明显增大,误差相差大于40 km;对于台风“美莎克”,BABJ和RJTD在24~36 h对 32°N 以北误差偏小外,其他时刻预报中心对北上台风的预报误差明显大于 32°N 以南,相差20~40 km;台风“海神”在预报时效为24 h以内,3个预报中心对北上过程预报误差略小于北上之前,24 h之后预报中心对北上台风的预报误差明显增大,增大幅度10~40 km。综上,各预报中心的预报误差趋势在不同生命史阶段较为一致;且在短预报时效内,各预报中心对于北上过程的预报误差与整个台风生命史的误差相差不大,但在36~48 h预报时效以后,各中心对于北

明显小于中央台近5年路径预报误差120~200 km,说明总体上各中心对3个台风在预报时效为72 h内的预报效果优于历史预报。对3个台风的平均路径误差而言,BABJ在24 h的路径预报误差优于RJTD和PGTW,48 h内BABJ和RJTD路径预报误差相当,72 h内PGTW预报效果较好,路径预报误差低于BABJ和RJTD。

上过程的预报误差明显大于整个台风生命史。中国研究学者在对台风突变路径预报误差检验中也得当相似结论,模式对于台风北折路径的预报误差在预报时效24 h之后较平均预报误差增加了68.3%^[6],路径误差显著增大。

图4为不同起报时刻中国、日本及美国对台风“巴威”、“美莎克”和“海神”在 32°N 以北和整个台风生命史的平均路径误差图。其中,BABJ对于台风“巴威”和台风“海神”以及PGTW对于台风“海神”在08时起报的北上路径误差大于整个台风生命史误差;PGTW对于台风“巴威”在20时起报的北上路径误差大于整个台风生命史误差;RJTD对于3个台风在北上阶段的路径误差均大于整个台风生命史误差;将3个台风的平均路径误差进行对比可知,无论是北上阶段还是整个台风生命史阶段08时起报的路径误差与20时起报的路径误差相差不大,均在5~15 km,但北上阶段的路径误差大于整个台风生命史的路径误差约10~20 km。其中,BABJ对于台风“美莎克”和“海神”的路径预报误差较小,在60~70 km,RJTD的路径预报误差较大,在90~110 km;PGTW对于台风“巴威”的路径预报误差较小为55 km,RJTD预报误差最大为65 km。综合来看,对于2020年北上台风路径误差预报,中国的路径预报误差小于日本和美国15~25 km,表现最优,日本表现最差,路径预报

误差较大。且当某个模式对于整个台风生命史路径预报误差较小时,它对台风北上阶段的路径预报误差也依

然较小,也就是说模式对于某一个台风在不同阶段的表现较一致。

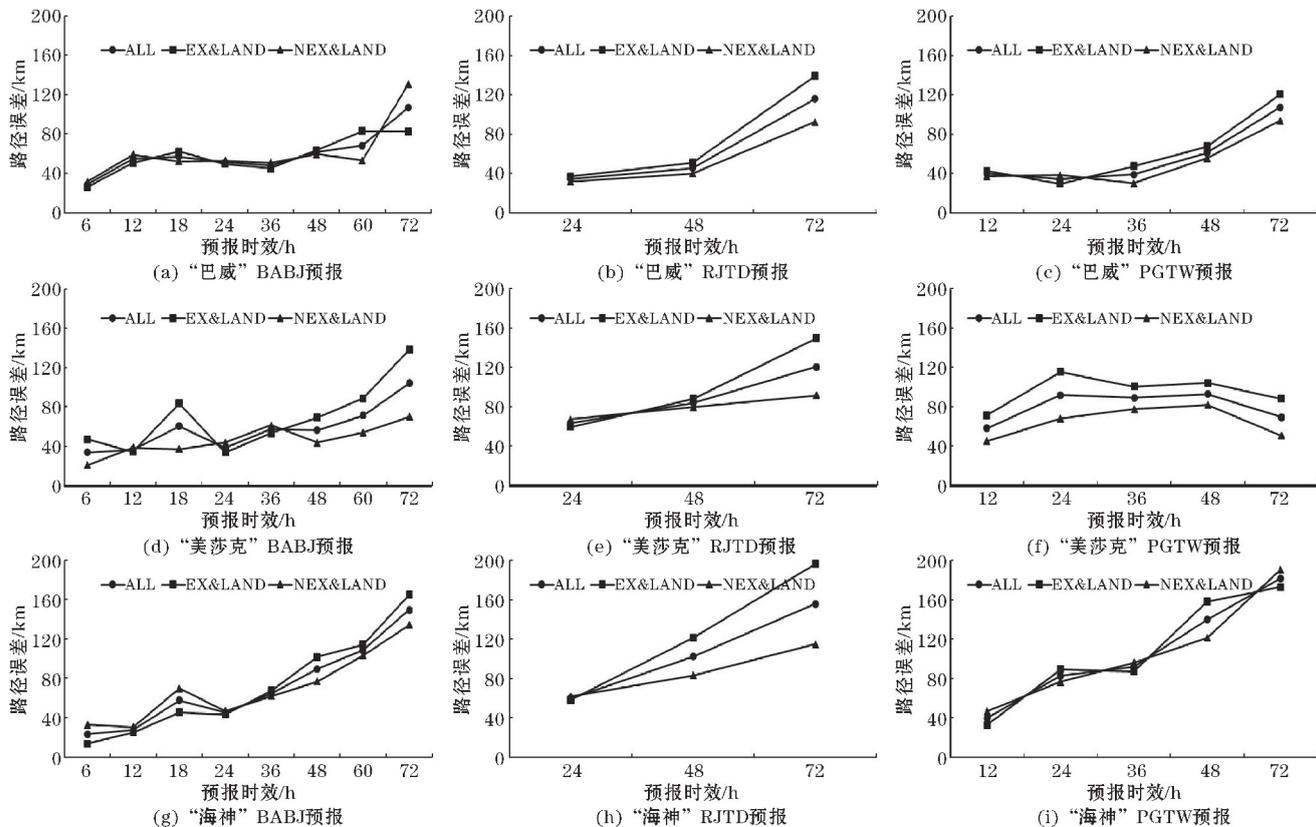


图 3 不同模式预报中心对 2020 年台风在北上过程中与台风整个生命史阶段不同预报时效的平均路径误差

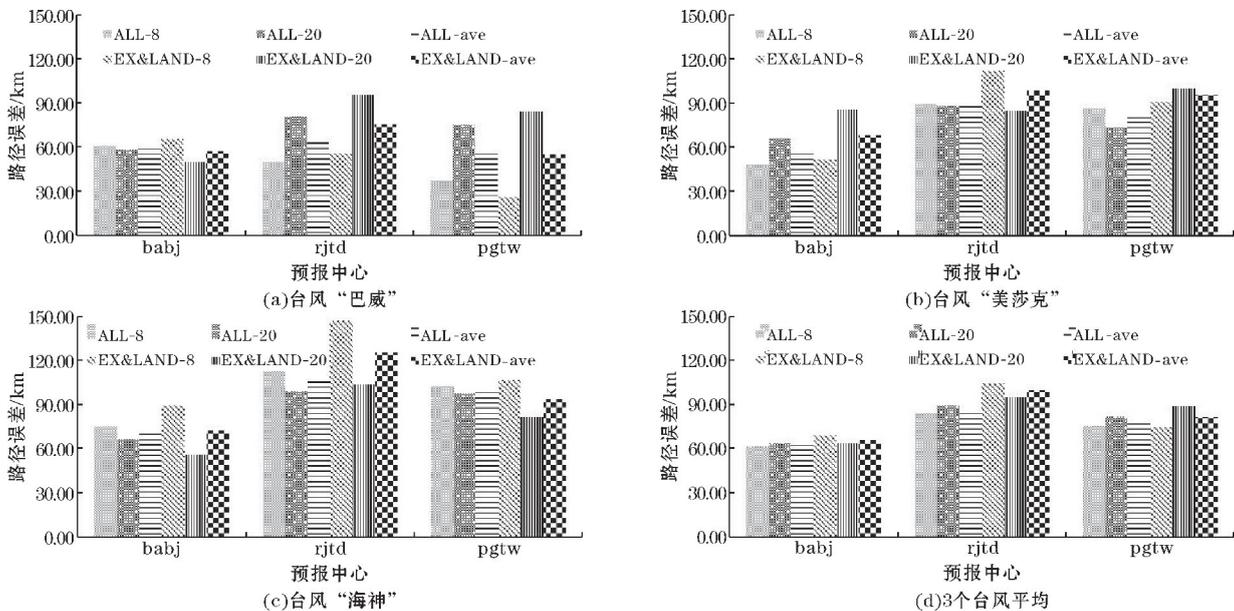


图 4 不同模式预报中心对 2020 年台风和 3 个台风平均在北上过程中与台风整个生命史阶段 08 时和 20 时起报的平均路径误差

2.3 台风强度预报误差特征

图 5 和图 6 为不同模式预报中心对 2020 年台风“巴威”、“美莎克”和“海神”和 3 个台风平均在北上过程中与整个台风生命史阶段平均中心最大风速和中心气压预报误差的对比图。可以发现,2020 年 3 个台风在

北上阶段的中心风速和中心气压误差小于或与整个台风生命阶段的误差相差不多,造成这样的原因有可能是因为台风在北上阶段强度已经减弱或变性,台风强度不大,因而预报与实况对于台风的强度预报误差不大,而在台风较强阶段,各中心对台风强度预报偏差较大所引起的。且将各中心进行对比可以发现,日本对于台风中

心风速的预报误差较小,误差在 $3 \sim 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 美国对于中心风速预报误差较大,误差在 $4 \sim 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 中国处于中等水平误差在 $3.5 \sim 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。日本和中国对于中心气压误差预报相差不大,误差均在 $6 \sim 10 \text{ hPa}$ 。且各模式中心气压和中心风速预报的效果在北上阶段和

整个台风生命是阶段较为一致,在整个生命史阶段误差较小的台风在北上阶段的预报误差一般来说表现依然较好,两者相差 $1 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 或者 $1 \sim 3 \text{ hPa}$ 。随着预报时效的增加,各模式中心风速和中心气压预报误差在北上阶段和整个台风生命史阶段增加不太显著。

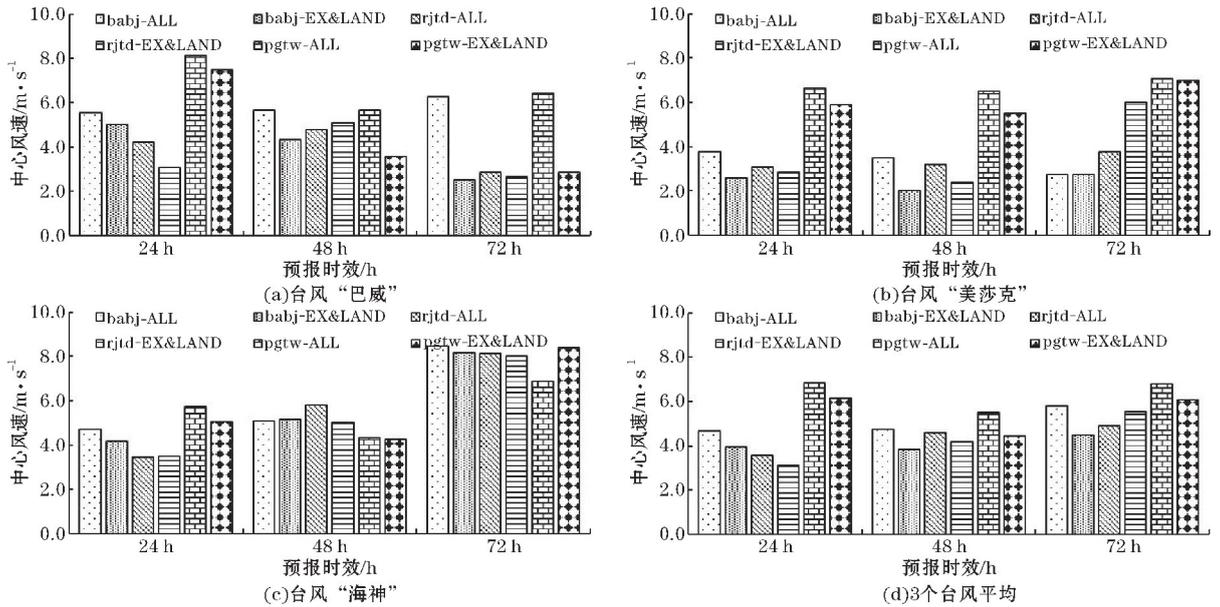


图5 不同模式预报中心对2020年台风和3个台风平均在北上过程中与整个台风生命史阶段平均中心最大风速预报误差

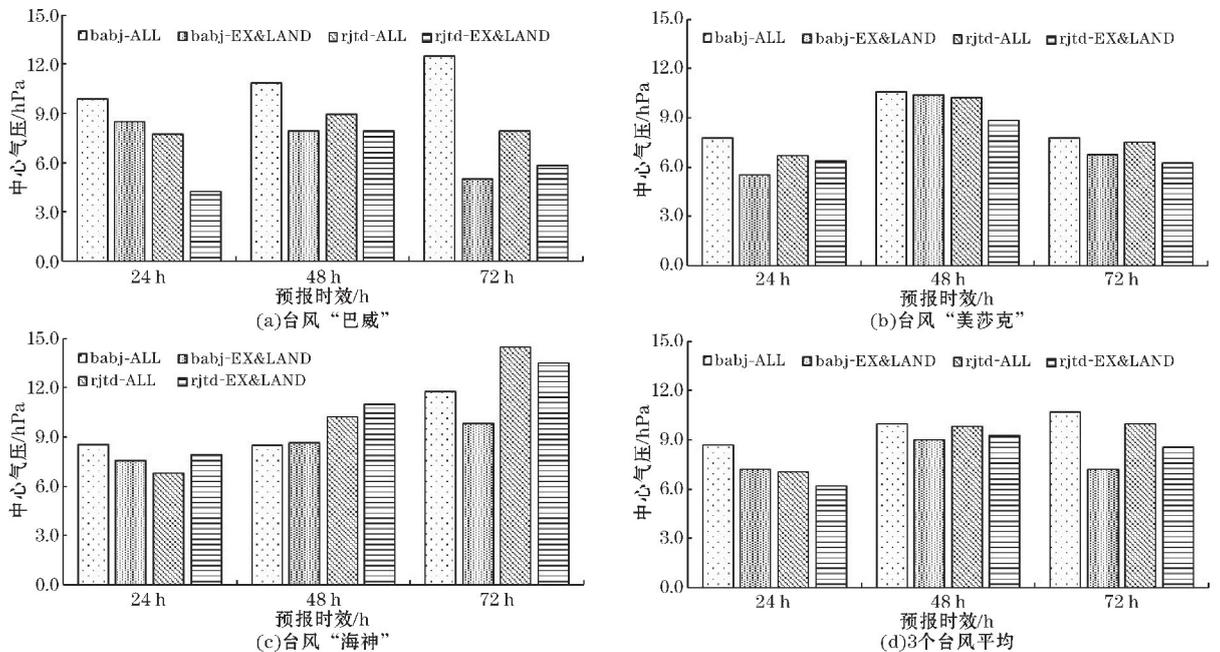


图6 不同模式预报中心对2020年台风在北上过程中与整个台风生命史阶段平均中心气压预报误差

2.4 台风登陆点误差预报检验

登陆地点预报误差是检验模式对台风预报性能的另一个重要因素。选择台风登陆前2次预报资料,如台风“巴威”登陆时间为8月27日8:30,则26日08时和25日08时,分别代表24h和48h登陆误差,其余台风以此类推。图7是各台风登陆前不同预报中心台

风预报路径图,对于台风“巴威”,08时起报24h和48h预报时效的路径预报点与台风实际登陆点时间相近,其计算的路径误差更具有比较价值。在25日08时起报和26日08时起报的台风登陆点均是PGTW预报与实况更接近,在朝鲜登陆,而BABJ和RJTD预报的登陆点在辽宁省丹东市,相比实况登陆点更偏西。PGTW的24h预报时效相比48h预报时效的登陆点更

偏东,但两者相较实况的距离误差相差不大,约为 20 km。对于台风“美莎克”和“海神”,两者路径较为相似,登陆地点均在朝鲜半岛附近,BABJ 在两个时次

登陆点的预报更接近于实况,略偏西,其余两个预报中心对登陆点的预报均偏西。因此在日后有相似台风路径登陆北上时,可以参考 BABJ 的预报且略向东调整。

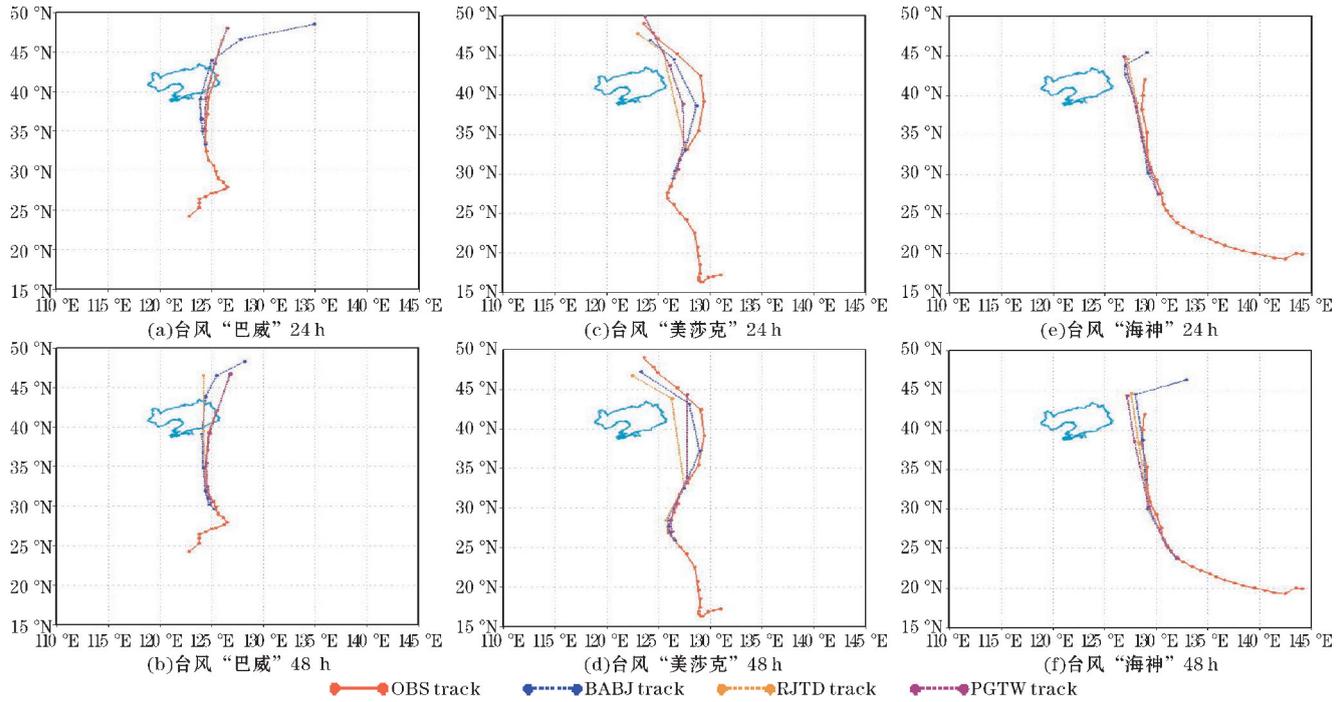


图 7 不同模式预报中心分别在预报时效为 24 h 和 48 h 下对 2020 年台风登陆点预报路径图

2.5 台风数值模式降水范围预报检验

对于台风“巴威”的检验时间段分为两段:一段是台风远距离影响 25 日 20 时至 26 日 20 时,以对流性降水为主(一阶段);一段是台风外围螺旋云带和本体影响 26 日 20 时至 27 日 20 时,混合性质降水,以稳定性降水为主(二阶段)。台风“美莎克”和“海神”的检验时段分别是主要影响辽宁地区产生降水的 9 月 2 日 20 时至 9 月 3 日 20 时和 9 月 7 日 20 时至 9 月 8 日 20 时。表 1 和表 2 分别为 ECMWF 全球模式和 CMA_MESO_3KM 区域模式对 2020 年 3 个台风降水预报阶段降水阈值为 10 mm 和 50 mm 匹配目标的 MODE 检验属性评分。可以看出,两个模式均能够预报出和实况非常匹配的降水对象。在降水阈值为 10 mm 的情况下,两个模式对台风“美莎克”和“海神”的质心距离较

小在 0.5 以下,预报的降水中心位置与观测最接近,其中对于台风“海神”的预报形状与实况最为接近,角度差最小,差值在 1 以下。在降水范围预报上,各模式对除台风“巴威”第一阶段对流性降水预报范围偏小外,对台风“巴威”第二阶段稳定性降水和另两个台风的预报范围较好,面积重叠比例均在 0.8~0.9;将各模式进行对比可以发现,ECMWF 全球模式对于台风降水范围重叠面积比例均好于 CMA_MESO_3KM 区域模式,降水预报范围更接近于实况范围。从预报强度上来看,GRAPES 对于 3 个台风在降水阈值为 10 mm 下的预报强度偏大,中位数强度均在 1 以下,即目标范围内预报降水中位数大于实况降水中位数。两个模式对于在降水阈值为 10 mm 下的相似度评分相差不大,ECMWF 全球模式略优于 CMA_MESO_3KM 区域。

表 1 ECMWF 全球模式和 CMA_MESO_3KM 区域模式对 2020 年 3 台风降水阈值为 10 mm 匹配目标的 MODE 检验属性评分

模式	质心距离	角度差	面积重叠比例	中位数强度比	相似度
ECMWF 全球模式(BAVI 一阶段)	1.17	1.31	0.48	1.37	0.95
CMA_MESO_3KM 区域(BAVI 一阶段)	1.29	2.06	0.41	1.04	0.89
ECMWF 全球模式(BAVI 二阶段)	0.47	9.18	0.90	0.76	0.91
CMA_MESO_3KM 区域(BAVI 二阶段)	1.29	11.17	0.82	0.59	0.89
ECMWF 全球模式(MAYSAK)	0.48	71.90	0.91	0.65	0.89
CMA_MESO_3KM 区域(MAYSAK)	0.22	3.152	0.89	0.58	0.90
ECMWF 全球模式(HAISHEN)	0.40	0.39	0.82	1.23	0.93
CMA_MESO_3KM 区域(HAISHEN)	0.43	0.507	0.82	0.84	0.93

注:中位数强度比为实况与预报的比值。

表2 ECMWF和CMA_MESO_3KM区域模式对2020年3台风降水阈值为50 mm匹配目标的MODE检验属性评分

模式	质心距离	角度差	面积重叠比例	中位数强度比	相似度
ECMWF 全球模式(BAVI 一阶段)	0.82	9.69	0.24	1.4	0.90
CMA_MESO_3KM 区域(BAVI 一阶段)	1.03	94.83	0.30	1.42	0.88
ECMWF 全球模式(BAVI 二阶段)	1.42	88.59	0.12	1.24	0.78
CMA_MESO_3KM 区域(BAVI 二阶段)	3.22	9.30	0.17	1.13	0.60
ECMWF 全球模式(MAYSAK)	0.52	7.36	0.84	0.83	0.94
CMA_MESO_3KM 区域(MAYSAK)	0.58	75.66	0.76	0.75	0.87
ECMWF 全球模式(HAISHEN)	3.83	64.88	0.30	0.95	0.91
CMA_MESO_3KM 区域(HAISHEN)	3.64	67.34	0.25	0.71	0.81

在降水阈值为50 mm的情况下,两个模式对于台风“美莎克”的质心距离较小在1以下,其中ECMWF全球模式的质心距离最短为0.52;各模式对台风降水预报的中心位置预报效果没有在降水阈值为10 mm以下目标属性的预报效果好,角度差较大。在降水范围预报上,各模式对台风“美莎克”的预报范围较好,面积重叠比例分别为0.84和0.76。在预报强度上,各模式对于台风“巴威”的暴雨预报量级不足,中位数强度比均在1.2~1.4,而对于另外两个台风,ECMWF全球模式的暴雨预报量级与实况最为接近略偏小,中位数强度比在1附近,CMA_MESO_3KM区域模式预报量级偏大,空报较多。将两个模式进行对比发现,ECMWF全球模式对于3个台风的相似度评分均好于CMA_MESO_3KM区域模式。这样的研究结果与国内学者对2018年3次登陆台风暴雨过程的检验结果相似,区域模式对于局地强降水或者大尺度降水的强中心预报相对于全球模式有一定的优势,但全球模式对于较小量级降水的范围预报可参考性更高^[22]。而对比各台风的相似度评分,台风“美莎克”和“海神”的相似度评分值略高于台风“巴威”,各模式对于台风“巴威”的降水预报效果没有另外两个台风准确度高。

对比不同降水阈值下各数值模式对3个台风目标属性的MODE检验评分可知,各模式对降水阈值为10 mm的多种空间检验评分总体上高于降水阈值为50 mm的评分值,也就是说各模式对暴雨预报的效果还有待提高。而台风“巴威”在两个不同降水阈值下第一阶段对流性降水比第二阶段的稳定性降水的质心距离小,角度差小,重叠面积比例大,相似度评分高;也就是说,各模式对于台风的对流性降水预报效果好于稳定性降水预报,造成这样的原因有可能是因为数值模式对于台风北上后产生稳定性降水的影响系统预报强度不准确,在日后的预报服务工作中,应该更为注意北上台风系统预报偏差对产生稳定性降水预报的影响^[21]。将2020年3个台风进行对比发现,各模式对台风“巴威”的24 h路径预报误差相比其他两个台风的

路径误差偏大60 km左右,中心风速偏大1~2 m·s⁻¹,中心气压预报偏大2~3 hPa,其MODE空间检验属性评分效果也略差,即台风降水预报效果也与台风路径预报和强度预报密切相关。

3 结论与讨论

利用多家数值模式资料对2020年3个北上台风进行检验,针对台风的路径、强度、登陆点以及降水等预报性能进行检验,得到结论如下。

(1)各模式对2020年3个台风路径的可预报时效为72 h,随着预报时效的增加路径误差逐渐增大,其中中国模式预报效果较好;随着其逐渐北上,它的路径预报误差相对于整个台风生命史期间的路径误差偏大60~120 km;不同模式预报中心对不同生命史阶段的预报能力基本相同,预报表现较好的模式中心在台风北上期间其预报效果依然表现较好。

(2)各模式对台风中心气压和中心最大风速的平均预报误差特征随时效及位置无明显变化,其中日本和中国模式对于台风强度预报效果较好;对于台风登陆地点误差而言,各家模式都有预报均偏西的问题,相较而言,中国模式的预报的与实况更为相近。

(3)ECMWF全球模式和CMA_MESO_3KM区域模式对台风降水落区与实况较为接近;其中CMA_MESO_3KM区域模式预报降水量级偏大,空报较多;ECMWF全球模式MODE检验相似度评分较好,且台风降水预报效果与台风路径和强度预报密切相关。

参考文献:

- [1] 孙力,隋波,王小明,等.我国东北地区夏季暴雨的气候学特征[J].气候与环境研究,2010,15(6):778-786.
- [2] 杨磊,孙丽,王东东,等.2017年“海棠”台风影响辽宁不同区域极端暴雨成因分析[J].气象与

- 环境学报,2020,36(1):1-10.
- [3] 崔曜鹏,杨磊,孙丽,等. 辽宁东南半岛两次北上台风暴雨特征及成因对比分析[J]. 气象与环境学报,2022,38(2):1-11.
- [4] 危国飞,刘会军,潘宁,等. 台风路径数值预报实时订正技术及其集成应用[J]. 大气科学,2021,45(1):195-204.
- [5] 金荣花,高拴柱,顾华,等. 近31年登陆北上台风特征及其成因分析[J]. 气象,2006(7):33-39.
- [6] 倪钟萍,吴广立,张玲. 2005-2010年台风突变路径的预报误差及其环流背景[J]. 气象,39(6):719-727.
- [7] 端义宏,余晖,伍荣升. 热带气象强度变化研究进展[J]. 气象学报,2005,63(5):636-645.
- [8] Wu L, Liang J, Wu Chun Chieh. Monsoonal influence on typhoon Morakot(2009). Part I: Observation analysis[J]. J Atmos Sci,2011,68:2208-2221.
- [9] 钟有亮,陈静,王静,等. GRAPES区域集合预报系统对登陆台风预报的检验评估[J]. 热带气象学报,2017,33(6):953-964.
- [10] 端义宏. 登陆台风精细结构的观测、预报与影响评估[J]. 地球科学进展,2015,30(8):847-854.
- [11] 王新敏,栗晗. 多数值模式对台风暴雨过程预报的空间检验评估[J]. 气象,2020,46(6):753-764.
- [12] 公颖. SAL定量降水预报检验方法的解释与应用[J]. 暴雨灾害,2010,29(2):153-159.
- [13] 苏翔,康志明. 基于对象诊断的超强台风“利奇马”(1909)模式强降水预报检验[J]. 气象科学,2020,40(1):30-40.
- [14] Ying M,Zhang W,Yu H, et al. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database [J]. J. Atmos. Oceanic Technol. 2014,31,287-301.
- [15] Lu X,Yu Q,Ying M, et al. Western North Pacific tropical cyclone database created by the China Meteorological Administration [J]. Adv. Atmos. Sci.,2021,38(4),690-699.
- [16] 孙帅,师春香,潘旻,等. 中国区域三源融合降水产品的改进效果评估[J]. 水文,2020,40(6):10-15+23.
- [17] 潘留杰,张宏芳,薛春芳,等. 数值模式评估系统MET及其初步应用[J]. 气象科技进展,2016,6(4):37-43.
- [18] 马雷鸣,李佳,黄伟,等. 2007年国内台风模式路径预报效果评估[J]. 气象,2008(10):74-80.
- [19] 李佳,陈葆德,徐同. 目标检验方法在高分辨率数值天气预报检验中的应用[J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(5):1-9.
- [20] 蔡义勇,危国飞,党皓飞,等. 基于降水目标的主雨带识别及预报误差空间检验[J]. 气象与环境学报,2020,36(1):36-42.
- [21] 王东东,孙丽,杨磊,等. 台风“巴威”不同类型降水多模式预报与空间检验对比评估[J]. 气象与环境学报,2022,38(4):37-46.
- [22] 王新敏,栗晗. 多数值模式对台风暴雨过程预报的空间检验评估[J]. 气象,2020,46(6):753-764.

Forecast Error Analysis of Typhoon going North for Different Models in 2020

YANG Ruiwen^{1,2}, QU Rongqiang², TAN Zhenghua², ZHANG Chenhe², LI Yang²

(1. Institute of Atmosphere Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110166, China; 2. Liaoning Meteorological Observation, Shenyang 110166, China)

Abstract: BAVI, MAYSACK and HAISHEN, which moved directly northward, triggered heavy precipitation in the Liaoning region in 2020. However, the numerical forecast models showed some deviation in predicting the path, intensity, and precipitation. Based on the typhoon forecasting data from multiple numerical models, we evaluated the forecasting results of the three typhoons using score tests and object-based diagnosis evaluation (MODE). to evaluate the forecasting results of three typhoons. In addition, providing a reference for future typhoon weather forecasting work. The result indicated that the model forecasting time for typhoon track is 72 hours. With the typhoon moving northward, the error of the typhoon's path forecast is larger, while the forecast of its intensity is relatively stable. The ECMWF model has a higher target similarity score, while the CMA_MESO_3KM model has a larger forecast of precipitation amount and a high false alarm rate, based on the MODE results. Both of them have a good reference for typhoon precipitation, and typhoon precipitation prediction is closely related to typhoon track and intensity prediction.

Keywords: typhoon track; precipitation forecast; forecast verification; the method of object-based diagnosis evaluation verification (MODE)