

郭乙莹,周冠博,黄奕武,等.2203号台风“暹芭”的路径预报偏差及思考[J].海洋气象学报,2024,44(1):97-107.
GUO Yiyang, ZHOU Guanbo, HUANG Yiwu, et al. Track forecast deviation and thinking of Typhoon Chaba (2203)[J]. Journal of Marine Meteorology, 2024, 44(1): 97-107. DOI: 10.19513/j.cnki.hyqxxb.20221105001. (in Chinese)

2203号台风“暹芭”的路径预报偏差及思考

郭乙莹¹,周冠博^{1,2},黄奕武¹,吕心艳¹,王靖¹,张进³,许映龙¹

(1.国家气象中心,北京 100081;2.中国气象局上海台风研究所,上海 200030;3.中国气象局地球系统数值预报中心,北京 100081)

摘要 针对2022年第3号台风“暹芭”的主要特点和预报难点问题进行分析,得出如下主要结论:“暹芭”是2022年首个登陆我国的台风,在华南登陆减弱后,其残余环流继续北上,与西风带系统共同影响我国华中、华东、华北及东北等地的部分地区;累计雨量大、风雨强度高;台风外围出现多个龙卷。主要的预报难点问题有:弱台风准确定位问题表现突出,引进新的卫星产品有助于提高定位精度;72 h路径预报的偏差问题主要是由于模式对东台风、大陆高压和南压高压、西风急流等关键系统的预报偏差引起;台风登陆后北上长时间维持(含减弱后的残涡)的预报问题需关注持续的水汽通道和高层出流条件变化。

关键词 台风“暹芭”;路径调整;预报难点;弱台风定位;长时间维持

中图分类号: P444;P458.124 文献标志码: A 文章编号: 2096-3599(2024)01-0097-11

DOI:10.19513/j.cnki.hyqxxb.20221105001

Track forecast deviation and thinking of Typhoon Chaba (2203)

GUO Yiyang¹, ZHOU Guanbo^{1,2}, HUANG Yiwu¹, LÜ Xinyan¹,
WANG Qian¹, ZHANG Jin³, XU Yinglong¹

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081, China; 2. Shanghai Typhoon Institute, China Meteorological Administration, Shanghai 200030; 3. CMA Earth System Modeling and Prediction Centre (CEMC), Beijing 100081, China)

Abstract The main characteristics and forecast difficulties of Typhoon Chaba (2203) are analyzed and studied, and the main conclusions are as follows. Chaba is the first typhoon to make landfall in China in 2022. The typhoon lands in South China and weakens, and then its remnants continue to move northward and affect Central China, East China, North China, and Northeast China together with the westerly trough. The accumulated rainfall is large and the wind is strong. There are several tornadoes around the typhoon. There are three main difficulties in forecasting. First, the problem of accurate positioning of weak typhoons is obvious, and the introduction of new satellite products can improve the positioning accuracy. Second, the track deviation of the 72-h forecast is mainly caused by the models' inaccurate forecast of key systems, such as the east one of binary typhoons, continental high, South Asia high, and westerly jet. Third, the continuous adjustment of water vapor channel and high-level outflow conditions

收稿日期:2022-11-05;修回日期:2023-01-09

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC3004200);上海台风研究基金项目(TFJJ202204);国家自然科学基金项目(42375010);灾害天气国家重点实验室开放基金项目(2022LASW-B09)

第一作者简介:郭乙莹,女,本科,助理工程师,主要从事气象预报技术研究工作,guoyy@cma.gov.cn。

通信作者简介:周冠博,女,博士,正高级工程师,长期从事台风与海洋气象预报研究工作,zhougb@cma.gov.cn。

requires special attention in the prediction of the typhoon's long-term maintenance after landing (including the weakened residual vortex).

Keywords Typhoon Chaba; adjustment of track prediction; forecast difficulty; positioning of weak typhoon; long-term maintenance

引言

随着科技的进步和数值模式的发展,我国近几年的台风路径及强度预报水平得到了显著提高,尤其是台风24 h路径预报误差明显减小^[1]。然而,台风登陆后由于环流维持时间较长并与其他天气系统相互作用,导致其陆地上的路径预报误差增大;同时,因这类台风途经地域广、风雨影响大,因此从防灾减灾的角度出发,不仅要关注台风短时效的路径和强度预报,台风长时效的预报问题也是亟需考虑的方面。如2021年第6号台风“烟花”在近海和登陆后移动速度缓慢,影响我国东部地区的时间长达10 d,是自1949年有记录以来(截至2022年)影响我国大陆地区时间最长的台风。它不但为“21·7”河南极端暴雨提供了有利的水汽输送条件,同时由于持续时间长、累计雨量大、影响范围广,导致9个省(市)内50 mm及以上累计雨量覆盖面积达35.2万km²。“烟花”登陆期间和登陆后的路径预报对降雨的准确预报起到了非常重要的作用^[2]。2022年第3号台风“暹芭”及其减弱后的残余环流维持时间长、影响范围广,由于生成初期对其72 h的路径预报偏西,导致降水预报出现偏差。由以上分析可以看出,路径预报偏差会影响风雨等精细化预报的准确率和服务效果,台风的长时效路径预报依然是当前台风预报业务中的难点问题。

数值模式是各预警中心发布台风路径、强度和生成等主观预报的主要技术支撑,但数值预报的不确定性信息还未能能在台风预警中充分体现,也还未获得全社会充分认识^[3-4]。从过去几年的预报总结中可以看出,数值模式在疑难路径台风的路径预报和快速增强台风的强度预报两个方面技巧欠佳的问题尤为突出^[5-9]。疑难路径包括台风在海上和陆地上两种情况的非常规路径。造成海上台风疑难路径的主要原因有遭遇冷空气、双台风互旋、台风位于副热带高压(以下简称“副高”)内部缺乏强引导气流等;造成陆地上台风非常规路径的主要原因有与西

风槽或切断低涡合并、位于鞍形场等。除了考虑其他天气系统对路径的影响之外,陆地上台风是否会出现疑难路径,还要考虑台风登陆后影响自身强度维持的各种因素,如地形、水汽、切变、变性加强等,比海上台风的预报难度更大。例如,2017年的台风“纳沙”和“海棠”在1 d内先后登陆福建,尔后在陆地上出现了非常罕见的涡旋合并。而此次涡旋合并,并没有像预期那样由强度较强的“纳沙”吞并“海棠”,对合并方式预估错误导致涡旋合并后的位置出现偏差,由于所受引导气流不同,从而造成陆地上的台风路径出现了较大的预报偏差^[10]。又如2020年连续出现3个编号台风北上影响东北地区,其中由于对第8号台风“巴威”登陆后的强度维持时间估计错误,导致预报路径过长,风雨影响预报过强,造成过度预警^[11]。因此,台风登陆后的路径和强度预报在业务中是一个难点问题,它不仅影响台风路径和强度预报,还影响风雨预报、灾害评估和服务效果,应该引起足够重视。2022年第3号台风“暹芭”的预报难点中同样存在着登陆后的路径预报和陆上长时间维持等问题。本文通过分析“暹芭”的特点及路径预报难点问题,提出相应的解决思路和方案,以期对未来的台风业务预报积累经验 and 提供参考。

1 数据来源

所使用的数据资料主要包括:中国气象局(China Meteorological Administration, CMA)的官方主观分析和实时业务预报资料;国家气象信息中心提供的国家级气象观测站风雨观测资料和CMA全球大气和陆面再分析资料(CMA's Global Atmospheric/Land Surface Reanalysis, 简记为“CRA”)^[12];模式预报资料主要来自中国气象局地球系统数值预报中心区域台风数值预报系统(CMA Regional Typhoon Numerical Prediction System, 简称为“CMA_TYM”)、欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)和美国国家环境预报中心

(National Centers for Environmental Prediction, NCEP) 的确定性模式和集合预报产品。

2 台风“暹芭”概况及特点

2022 年第 3 号台风“暹芭”于 6 月 30 日在南海中部海面生成,7 月 2 日 08 时(北京时,下同)加强为台风级,15 时前后在广东电白沿海登陆(台风级,12 级,35 m·s⁻¹)。2 日夜间以强热带风暴级的强度进入广西境内,3 日下午在广西北部减弱为热带低压,4 日 08 时前后进入湖南境内,中央气象台对其停止编号。但“暹芭”减弱后的低压环流及其残余云系继续北上影响我国华中、华东、华北及东北地区(图 1a,其中台风残余位置所用资料和定位方式是使用地面观测 10 m 风场的涡旋环流中心进行定位的)。“暹芭”是近二十年来登陆广东最强的南海“土”台风(指在南海生成的台风),也是有记录以来首个登陆广东后由广西移入湖南、湖北继续北上的台风。“暹芭”特点如下:

(1)“首台”登陆时间偏晚、强度偏强。台风“暹芭”是 2022 年首个登陆我国的台风,较多年“首台”登陆平均时间(6 月 28 日)偏晚 4 d,较平均“首台”登陆强度(11 级,30.8 m·s⁻¹)偏强 4.2 m·s⁻¹。另外,“暹芭”在距离登陆点 110 km 时,在近海加强为台风级,并以峰值强度登陆广东电白沿海。

(2)影响范围广、持续时间长。台风“暹芭”环流庞大,其中心在海上时,云系已覆盖南海海域和华南地区。“暹芭”停止编号后,其残余环流继续北上,与西风带系统结合共同影响我国中东部地区。7

月 1—7 日主要影响海南、广东、广西、福建、湖南、江西、湖北、河南、安徽、江苏、山东、河北、天津、辽宁、吉林、黑龙江等 16 个省(区、市),上述地区 50 mm 和 100 mm 以上降雨面积分别达 139 万 km² 和 62 万 km²。另外,广东、广西东部等地降雨日数达 6~7 d。

(3)累计雨量大、风雨强度强。受“暹芭”影响,海南、广西中东部、广东、福建东南部、湖南、江西西部和南部、湖北中部、河南中东部、苏皖北部、山东中西部、河北东部、天津、辽宁、吉林中部、黑龙江南部等地部分地区出现 100~300 mm 降雨,广东、海南岛西南部、广西东部等局地降雨量为 400~580 mm,广东茂名信宜大成镇降雨量达 695.6 mm;海南、广东、广西、湖南、河南、安徽等地超过 60 个测站的日降雨量达到特大暴雨量级,海南三亚国家级气象观测站日降雨量(421.6 mm)突破当地有气象记录以来日降雨量历史极值(图 1c)。南海大部海域及西沙群岛、中沙群岛、华南沿海出现 6~8 级大风,珠江口外海面、海南岛东北部海面、西沙群岛附近海域出现 10~11 级阵风,广东西部沿海海面 and 陆地出现 13~14 级阵风(图 1b),广东阳西县大树岛观测到 15 级阵风(45.8 m·s⁻¹)。

(4)台风外围出现多个龙卷,历史罕见。受“暹芭”及其外围云系影响,华南地区多地出现短时强降雨,海南昌江 1 h 降雨量达 137.5 mm。广东先后出现 5 个陆地龙卷(广州花都和黄埔、佛山三水和西樵、潮州潮安)和 2 个海上龙卷(汕头南澳、湛江吴川),历史罕见。

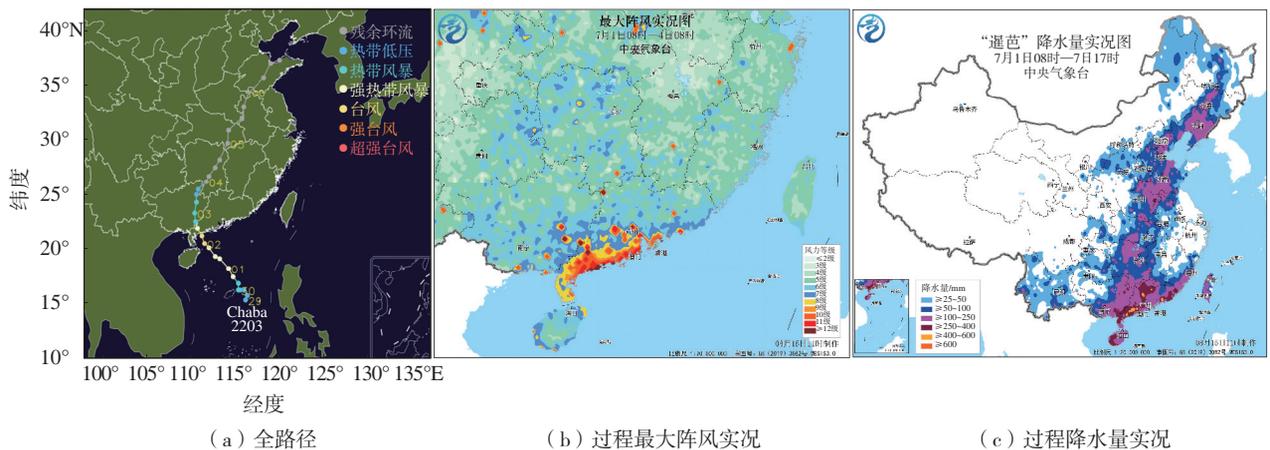


图 1 台风“暹芭”路径及实况资料
Fig.1 Track and observation of Typhoon Chaba

3 灾情及预报误差分析

据国家减灾中心统计,截至2022年7月7日早晨,台风“暹芭”共造成广东、广西、海南超过150万人受灾,6万余人紧急转移安置,400余间房屋倒塌,农作物受灾面积达9.57万 hm^2 。湖南、江西、湖北、安徽、河南、山东、河北、辽宁等地均出现暴雨洪涝灾害。另外,广东、广西、海南等地受台风风雨影响出现部分列车停运、航班停航或延误、航线停航以及河流水位大幅上涨、树木倒伏、路面塌陷、交通受阻等情况。“福景001”轮于2日凌晨在广东阳江附近海域走锚遇险,多人失联。

CMA主观路径预报误差在24 h、48 h和72 h的路径预报误差分别是69 km、189 km和331 km(图2),其中24 h、48 h的误差均小于ECMWF和NCEP的确定性路径预报误差,也明显小于台风路径集合预报订正(TYphoon Track Ensemble Correction, TYTEC)方法^[13],说明预报员对台风“暹芭”路径48 h内的订正有明显的正贡献,但72 h的路径预报误差略大于ECMWF的确定性路径预报误差和2021年CMA的72 h平均预报误差(195 km),这主要是由预报员在台风发展早期阶段的72 h路径预报偏西造成的,下面将进一步分析出现较大误差的具体原因。

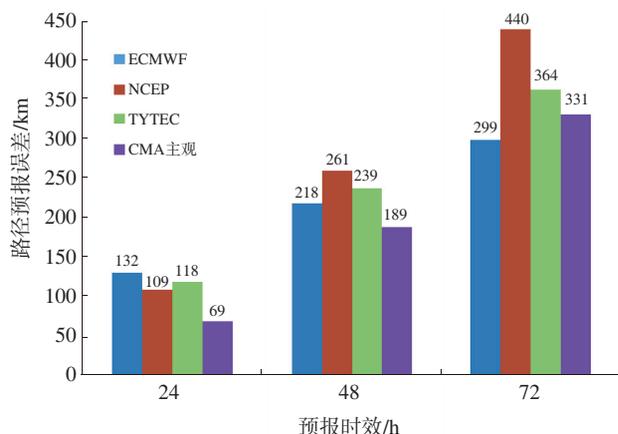


图2 台风“暹芭”的CMA主观路径预报误差与数值模式ECMWF、NCEP、TYTEC路径预报误差对比

Fig.2 Comparison of track forecast error of Typhoon Chaba between CMA subjective forecast and ECMWF/NCEP/TYTEC models

4 预报难点分析

4.1 弱台风定位问题

弱台风定位问题一直是业务中的难点,也是产生路径预报误差的因素之一,对于南海台风,甚至会导致预警出现重大偏差^[14]。有研究^[15]表明,台风的平均定位误差约为20 km,但是弱台风的平均定位误差远远高于平均值,2021年的4个弱台风定位误差达到50~80 km。弱台风定位困难主要是由缺乏有效的观测资料造成的。这个问题在“暹芭”强度较弱阶段表现比较突出。

“暹芭”登陆前的定位困难问题主要表现在6月29日夜间至30日凌晨。此时“暹芭”位于南海中部,由于强度弱,结构松散,雷达回波上尚无清晰的环流,分析卫星云图是最重要的定位手段。静止卫星探测的是云顶温度状况,台风定位则是要给出台风低层的中心位置。如果此时有可见光云图,可以通过分析低层云线的方式确定台风中心位置。从29日夜间开始,中国气象局(CMA)、日本气象厅(Japan Meteorological Agency, JMA)、美国联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC)3个预警中心的定位差异逐渐加大,30日05时,CMA与JMA定位差异为131 km,CMA与JTWC定位差异为108 km(图3a),由于夜间只有红外云图,低层云线在红外云图上非常不清晰,导致预报员无法准确定位(图3b),这种状况一直持续到30日07:30以后,台风附近海域有清晰的可见光云图后,3个预警中心的定位逐渐趋于一致(图3c)。初期的定位偏差在一定程度上也影响了数值模式的预报效果。由此可见,弱台风定位是各国预报员都要面对的难题,研发静止卫星夜间微光云图,在业务平台中引入极轨卫星洋面风场和微波图像,可以辅助预报员定位或在一段时间以后对之前的定位进行纠正。但是,由于卫星微光云图在夜间对云团的辨识度不高,极轨卫星资料的延时性和时间分辨率低,目前还无法完全解决弱台风定位问题。

4.2 72 h路径预报偏差的原因分析

由第3节的路径误差分析和CMA不同起报时间的路径预报(图4a—c)不难发现,CMA主观和多家确定性模式对“暹芭”早期(6月29日—7月1日起报)的72 h路径预报偏西,同时早期的集合预报路径发散度大,但大多数集合成员为登陆后在广西转向偏西方向缓慢移动或回旋的路径(图4b)。



(a) CMA/JMA/JTWC对台风“暹芭”的定位 (b) 04:30 FY-4A卫星红外云图 (c) 07:30 FY-4A卫星可见光云图
a中紫色线—CMA, 绿色线—JMA, 蓝色线—JTWC。

图 3 台风“暹芭”的定位及 6 月 30 日 FY-4A 卫星云图

Fig.3 Location of Typhoon Chaba by CMA/JMA/JTWC and FY-4A satellite cloud imagery on 30 June

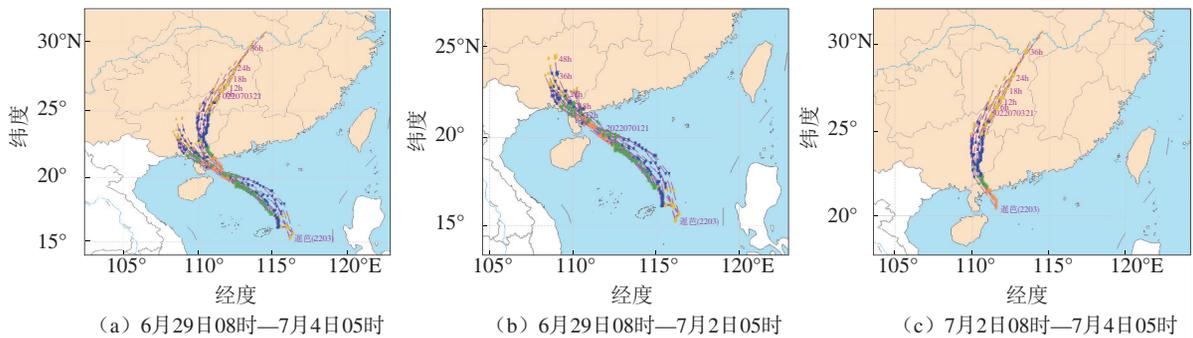


图 4 CMA 对“暹芭”在不同起报时刻的主观预报路径

Fig.4 Subjective track forecast of Typhoon Chaba initiated at different times by CMA

同时,多家预报机构的确定性路径预报和多个集合预报系统的集合成员,也给出了相似的 72 h 预报路径,说明此时模式预报有较好的一致性,以“暹芭”登陆后将继续西行为主(图 5a—b)。另外,历史相似个例的路径查询结果也表明,台风如果登陆广东再进入广西,绝大多数为继续西行或西北行进入

云南或贵州(图 5c),只有 7307 号台风“乔治娅”(Georgia)一个特例,可见这种路径比较罕见,出现这种路径是小概率事件,这也增加了预报员将“暹芭”登陆后的长时效路径预报为西行的信心。下文将给出 CMA 对“暹芭”72 h 路径预报偏西的主要原因及分析。

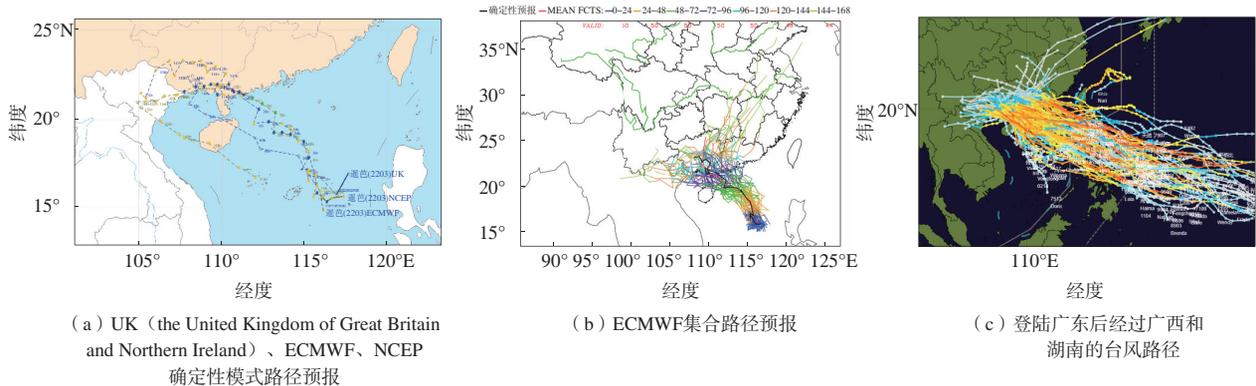


图 5 UK、ECMWF、NCEP 模式在 6 月 29 日 08 时起报的“暹芭”路径预报及 1949—2021 年相似登陆台风的路径

Fig.5 Track forecast of Typhoon Chaba initiated at 08:00 BST 29 June by UK/ECMWF/NCEP models and tracks of similar landfalling typhoons from 1949 to 2021

从“暹芭”还处于低压阶段时(28日),预报员能获得到的确定性模式长时效预报形势场可以看到“暹芭”登陆后,500 hPa 流场(图 6a)显示“暹芭”北侧的大陆上为一个很宽的鞍形场占据,台风距西风带低槽区较远,不利于北行;并且“暹芭”进入广西后更靠近大陆高压一侧,台风西侧的东北气流明显强于东侧的偏南气流,更加有利于台风西南行或回旋。850 hPa 流场(图 6b)表明“暹芭”附近环境场中南侧的风速并不比其他象限的风速强,说明低层对台风移动的引导不明确;但是“艾利”附近的季风流入更强,有利于东台风加强。一旦“艾利”的强度超过“暹芭”且纬度高于“暹芭”,2个台风可能会出现明显的双台风效应,西侧台风将西行或回旋。在高空 200 hPa(图 6c),“暹芭”北侧为南压高压脊线,脊线北侧有高空槽,但位置偏西,导致“暹芭”的高空出流与槽前的西风急流不相连,高压脊线的阻挡作用、出流与急流不相连是高空形势场中不支持台风北行的重要信号。因此,通过早期起报的环流形势分析可以看出,“暹芭”登陆后进入广西以后,其周边高低空各层的环境条件和东台风“艾利”的发展趋势,均支持其转向偏西方向移动的路径预报。

模式对环流形势预报的偏差是逐渐纠正的过程,

但台风将北行而不是西行的明显信号直到7月1日20时的实况、分析场和预报场才出现,特别是东台风“艾利”的强度并没有像预期那样加强。从7月1日20时的云导风图(图略)可以看出,台风北侧的高空出流已经有了将与北侧的西风急流相连的迹象,该时刻模式的分析场也证实了这一现象。由预报场和分析场的对比不难看出,早期在环流形势中支持预报员做出台风后期将西行结论的几个关键系统都有变化。500 hPa流场(图 6d)显示,尽管大陆上有鞍形场,但是宽度明显很小,并且台风距东侧的高压更近,东侧的偏南气流明显更强,意味着中层的引导有利于台风向偏北方向移动;而 850 hPa 流场(图 6e)则表明,东台风“艾利”由于没有像预期那样有充足的低层水汽流入,强度发展不理想,同时“暹芭”东侧偏南季风更强,将引导台风北行;200 hPa 高空流场(图 6f)上,阻挡“暹芭”北行的南压高压脊线位于台风的西侧而不是北侧,台风北侧脊区被西风槽取代,槽前的西风急流与台风出流连接,意味着在高空上,台风北行的通道已经打开。基于实况的分析场和预报场的变化,CMA 对台风“暹芭”的 72 h 预报路径在 7月2日08时进行了一次较大的调整,将路径由原来的西折慢行调整为北偏东方向移动。

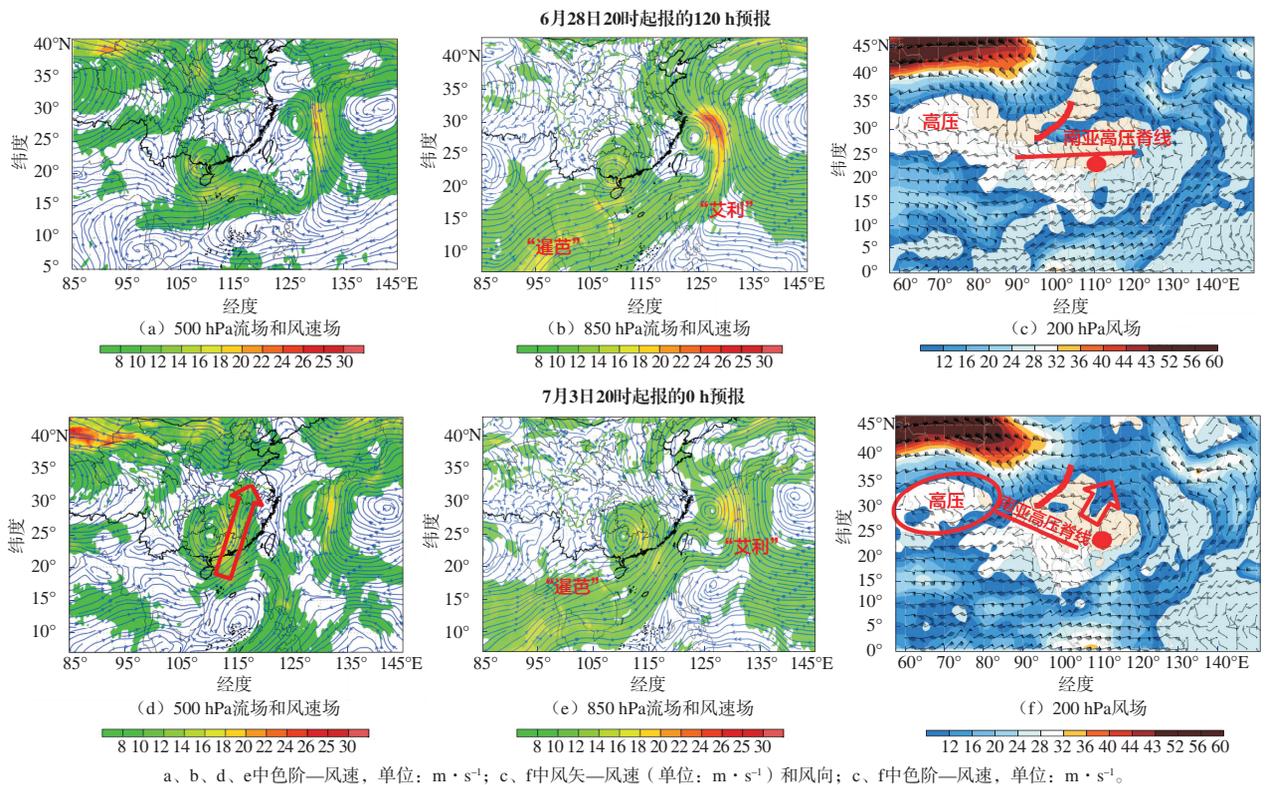


图6 ECMWF 确定性模式预报结果

Fig.6 Forecast results of ECWFM deterministic model

通过对比模式在不同时间起报的形势场预报偏差(图 7a—b),发现早期模式在 500 hPa 高度场的预报中对“暹芭”北侧的大陆高压、东台风“艾利”的预报偏强;同时从 200 hPa 风矢量场(图 7c)可以看出,模式早期对“暹芭”北侧高空急流的预报偏差较大,晚起报的预报场中台风北侧出现了明显的偏北出流。这与前面对环流形势的预报和实况的对比分

析基本一致。对台风中心的位置与 200 hPa 高度、200 hPa 风速进行敏感性测试(图略),可以看出“暹芭”的移向对其北侧的高空槽和高空出流比较敏感。以上分析表明,东台风“艾利”的强度、“暹芭”北侧的大陆高压、台风北侧的高空风是影响“暹芭”长时效路径及环流预报调整的关键系统或关键区。

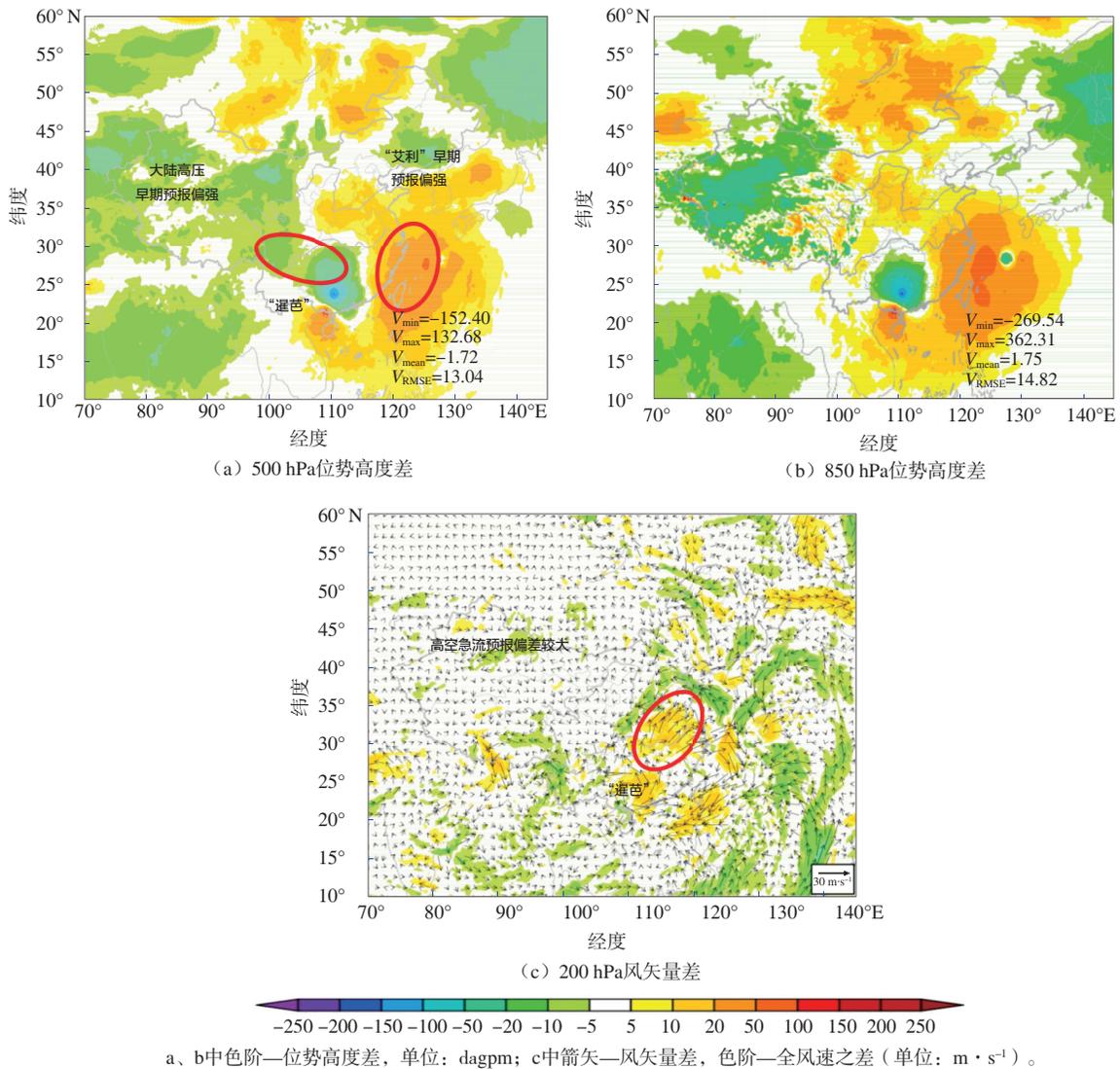


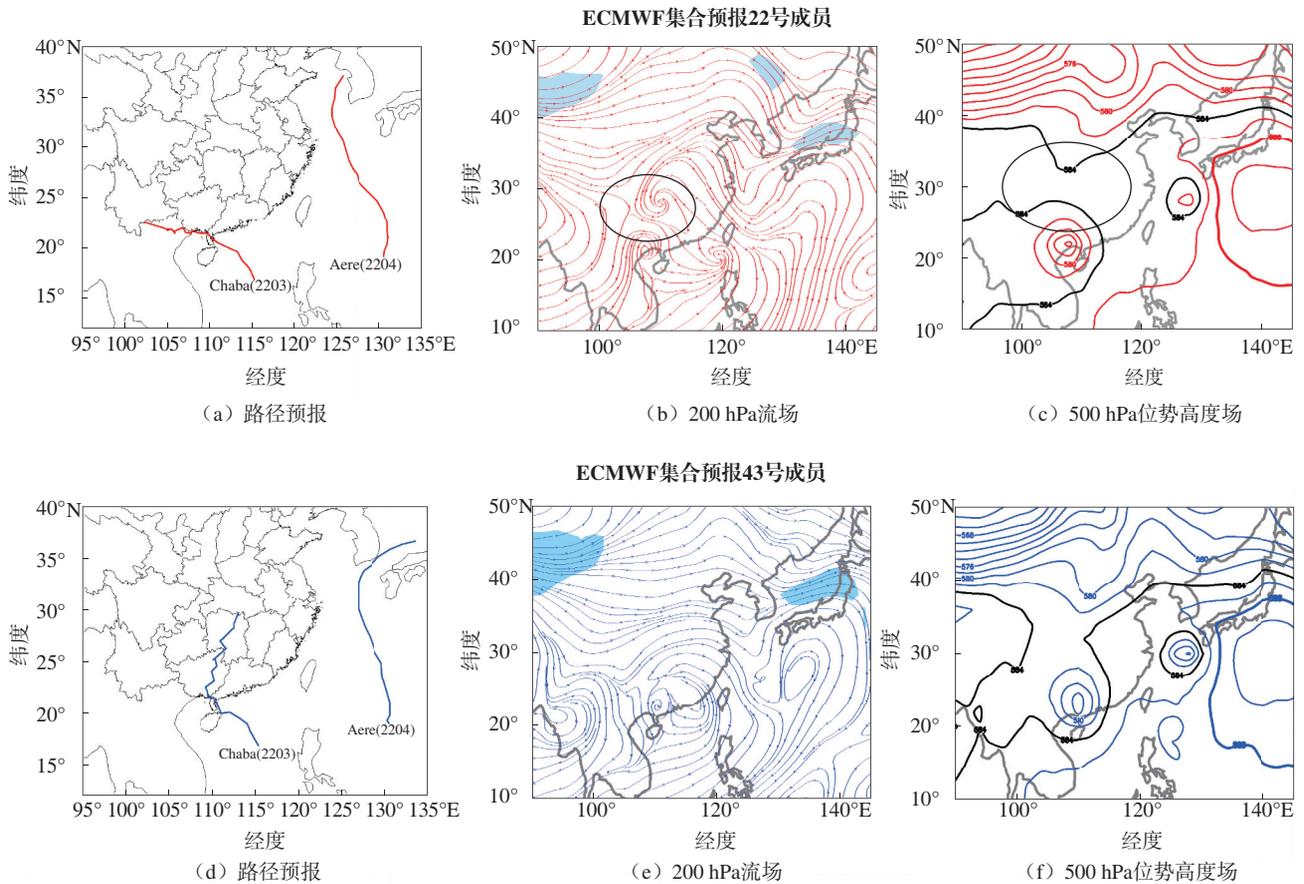
图 7 CMA-TYM 6 月 30 日 08 时起报和 7 月 2 日 08 时起报对 7 月 3 日 08 时天气形势场的预报偏差
 Fig.7 Deviation of the situation field at 08:00 BST 3 July from the forecast initiated at 08:00 BST 30 June and 08:00 BST 2 July by CMA-TYM

进一步通过同一时刻起报的典型集成员环流形势对比的方式对以上结论进行验证。从 6 月 30 日 20 时起报的 72 h 集合预报成员中挑选 2 个有代表性的成员进行对比分析,其中 22 号成员预报“暹芭”路径是所有集成员中最偏西的(图 8a—c),43 号成员

预报“暹芭”路径与实况最接近(图 8d—f)。可以看出,在 22 号成员 200 hPa 流场预报中,“暹芭”北侧的出流与“暹芭”是处于分离的状态(图 8b 中黑色椭圆),而在 500 hPa 高度场预报中,东西两环副高呈现打通的状态(图 8c 中黑色椭圆),说明集合预报对中

层的大陆高压预报偏强,而对高层北侧出流与西风带系统相连估测不足。这2个偏差与前文所述对确定

性模式的分析所得结论一致,说明“暹芭”的路径偏差与北侧高空出流、北侧的高压区有明显的相关性。



a中红色线—左侧为“暹芭”路径,右侧为“艾利”路径; b中黑色椭圆—“暹芭”北侧出流与“暹芭”属于分离状态,红色等值线—200 hPa 流场; c中黑色椭圆—东西两环副高呈现打通的状态,红色等值线—500 hPa高度场,单位: dagpm, 红色粗等值线—500 hPa高度场的588等高线; d中蓝色线—左侧为“暹芭”路径,右侧为“艾利”路径; e中蓝色等值线—200 hPa流场; f中蓝色等值线—500 hPa高度场,单位: dagpm, 蓝色粗等值线—500 hPa高度场的588等高线。

图8 ECMWF集合预报22号和43号成员预报的“暹芭”与“艾利”路径预报与形势场

Fig.8 Track forecast and situation field of Typhoon Chaba and Aere by No.22 and No.43 of ECMWF ensemble forecast

由此可见,模式对台风“暹芭”早期长时效路径预报偏西,主要是由对东台风“艾利”的强度、大陆高压区的强度、高空流场(包括南亚高压脊线的位置和西风带高空槽以及西风急流)等关键系统的预报偏差引起。预报员对模式预报形势场中的关键系统或者关键区的及时检验和订正能力,一方面取决于预报经验的积累和对模式预报细微调整的敏感程度,另一方面取决于实时检验产品和平台的完善。因此,从以上2个方面入手,积累预报经验,对模式预报进行详细分析,在业务中建立完善的实时检验产品和平台,有助于预报员及时订正台风预报路径。

4.3 “暹芭”登陆北上后长时间维持的原因分析

影响我国的重大台风灾害往往与台风登陆后的

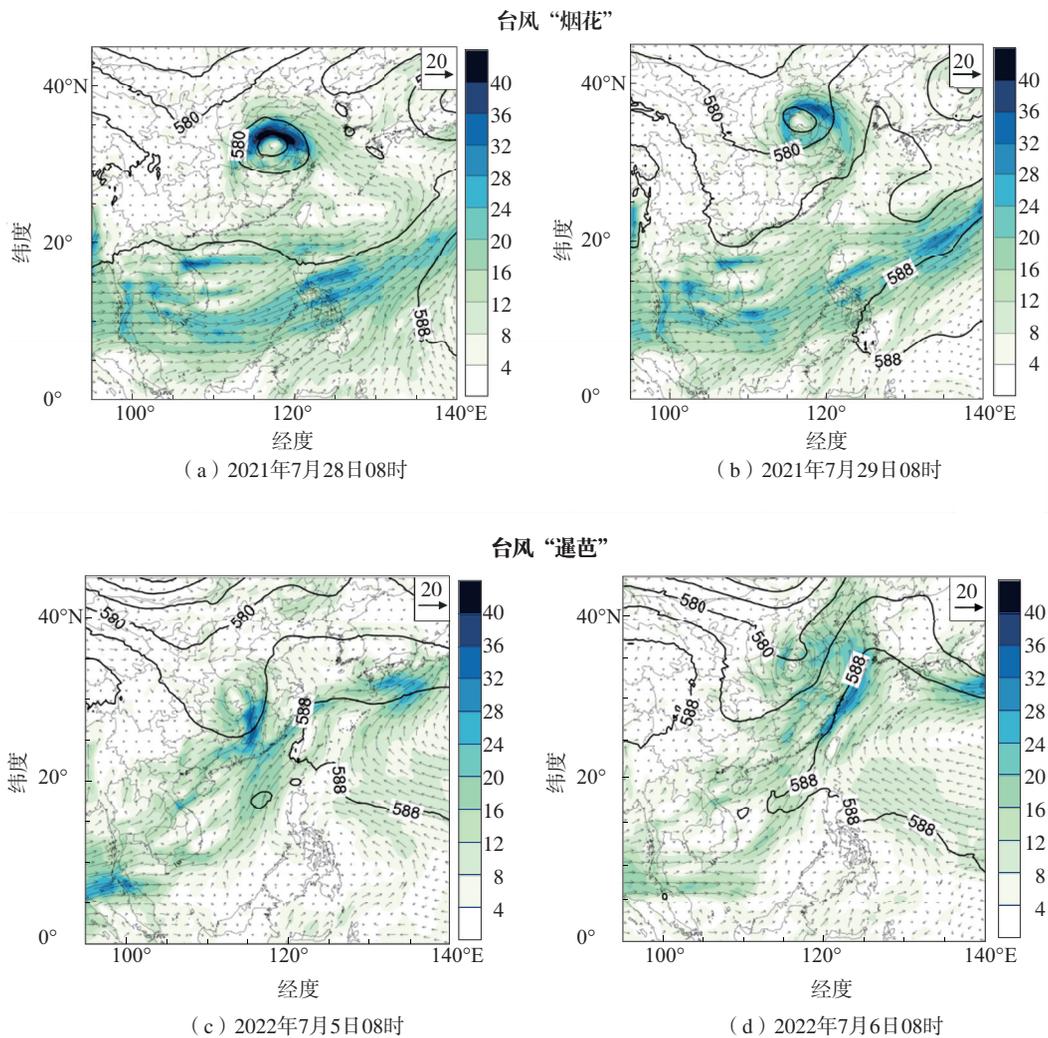
长久维持有密切关系^[16]。通常由下垫面状况、水汽输送、与西风带系统的相互作用和高空出流等特征,初步判断其登陆后是否可以长时间维持或者迅速衰减。“暹芭”于7月2日15时以台风强度在广东电白沿海登陆,登陆后转向东北方向移动,强度逐渐减弱。但其减弱后的低压环流及其残余云系继续北上,影响我国华中、华东、华北及东北地区。“暹芭”及其残余环流在陆上维持时间长达101 h。像“暹芭”这样在华南登陆后转向东北方向移动,经过湖南南北上的台风路径非常罕见,而且“暹芭”陆上维持时间如此之长更是早期没有预料到的。粤西登陆的台风一般不会出现北转向和长时间的陆上维持,主要还是由登陆位置和环流配置决定。华东登陆的台

风,登陆后略北转,位置超过副高脊线后,更容易与西风带系统结合。而台风如果在粤西登陆,说明副高处于一种西伸偏强的状态,因此台风登陆后路径大多为继续西行。此时,即使有少部分北行台风,由于大陆上为高压区或者鞍形场,台风也很难移动到与西风带系统结合的位置。初步分析表明,“暹芭”登陆后所经之处地势较平坦,其北侧有较好的高空出流条件,且低空有持续的水汽输送是其环流陆上长时间维持的主要原因,这与 2021 年登陆后长久维持的台风“烟花”形成原因类似,下面针对“烟花”和“暹芭”的长久维持原因进行对比分析。

与 2021 年台风“烟花”对比,两者的相同点为:移速慢,都以台风级别登陆后一路北上,影响范围广,维持时间长,同时多涡旋共存,水汽充足。不同

点为:“暹芭”在南海季风槽中生成,从华南登陆后北上,降水以台风本体影响为主,水汽来源于孟加拉湾,具有高温高湿的特性,导致局地对流强、有龙卷;而“烟花”是从华东登陆后北上,以台风远距离水汽输送影响为主,水汽主要来源于东海和黄海,雨势平缓,累计雨量大。

台风陆上的长久维持与低空水汽通道的连结,高空出流的强辐散,登陆后的移向和特殊的下垫面等密切相关^[17-18]。由“烟花”与“暹芭”的 500 hPa 位势高度场和 850 hPa 风场及水汽通量来看,“烟花”的水汽输送早期是以东侧的水汽通道为主,而后转为以西南季风通道为主(图 9a—b),但是“暹芭”的水汽通道基本上一直都是以西南季风为主(图 9c—d)。



黑色等值线—500 hPa位势高度, 单位: dagpm; 箭矢—850 hPa风场, 单位: $m \cdot s^{-1}$;
色阶—850 hPa水汽通量, 单位: $g \cdot s^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot cm^{-1}$ 。

图 9 CRA 中台风“烟花”与“暹芭”的形势场资料
Fig.9 Situation field of Typhoon In-fa and Chaba by CRA

尽管水汽的来源不同,2个台风登陆后的水汽流入都是非常充沛的。由“烟花”和“暹芭”登陆后的净水汽流入时序变化(图10a、c)来看,2个台风登陆后的高净水汽流入的维持时间都较长,量值基本相当。同时,由高层出流条件(图10b、d)来看,“烟花”和“暹芭”的北侧出流均在登陆后很短时间与西风急流相连,有利于环流的长时间维持。

综上所述,台风“暹芭”北上后长久维持的主要原因是登陆后净水汽流入持续时间较长,高层出流与西风急流相连。随着全球变暖,极端事件发生的频率不断增加。在业务预报中,考虑陆上维持时间时,不能受到是否为极端路径的制约,应更多关注环流维持的几个条件,特别是持续的水汽通道和高层出流等环境条件变化。

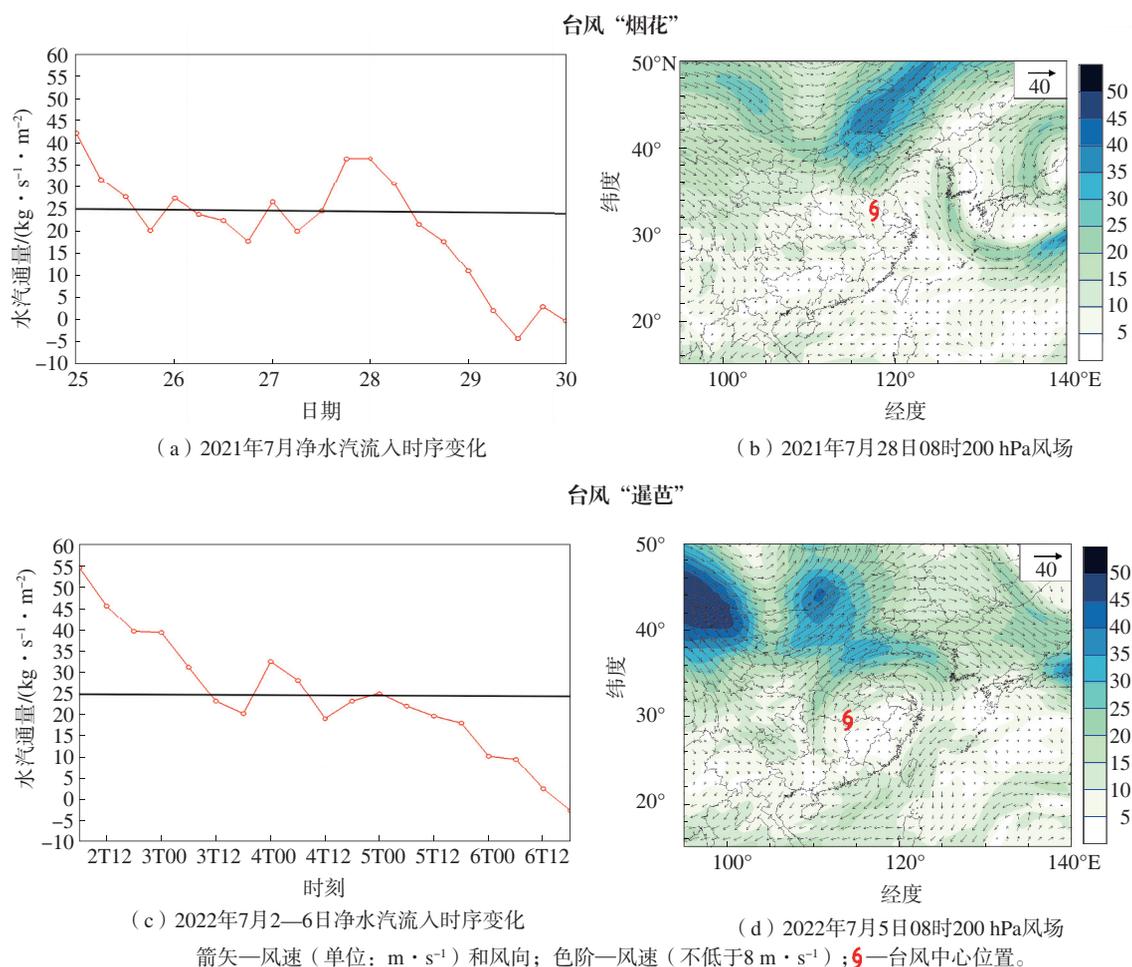


图10 台风登陆后净水汽流入时序变化(台风周围 $8^\circ \times 8^\circ$ 范围)和CRA再分析资料200 hPa风场分布
Fig.10 Variation of net vapor inflow after the typhoon lands (a range of $8^\circ \times 8^\circ$ around the typhoon) and 200-hPa wind field by CRA

5 结论

利用多家客观模式资料和CMA实时业务预报资料对2022年第3号台风“暹芭”的主要特点和预报难点问题进行了分析和研究,得出如下主要结论。

(1) 台风“暹芭”的主要特点:2022年首个登陆我国的台风,较多年“首台”登陆平均时间偏晚,较平均首台登陆强度偏强;影响范围广,登陆减弱后残余环流继续北上,与西风带系统一起继续影响我国

华中、华东、华北及东北地区;累计雨量大、风雨强度高;台风外围出现多个龙卷。

(2) 弱台风定位难度大:弱台风准确定位一直是台风预报业务中的难点,也是产生预报误差的因素之一;研发静止卫星夜间微光云图,在业务平台中引入极轨卫星洋面风场和微波图像产品,可以辅助预报员定位或在一段时间以后对之前的定位进行纠正,以提高弱台风的定位精度。

(3) “暹芭”72 h路径预报的偏差主要是由数值

模式对东台风、大陆高压、高空环流(南亚高压脊线、高空急流)等关键系统的预报偏差引起的,特别是双涡旋共存期间的预报偏差比较大;业务预报中应积累预报经验,加强对关键影响系统的实时检验,可以为预报员及时订正关键系统,提早发现调整迹象提供支撑。

(4)台风登陆后北上长维持时间(含减弱后的残涡)的预报需关注持续的水汽输送和高层出流条件变化;此外,近年来伴随台风登陆的龙卷时有发生,应加强相关监测预警技术的能力提升。

参考文献:

- [1] QI L B, YU H, CHEN P Y. Selective ensemble-mean technique for tropical cyclone track forecast by using ensemble prediction systems [J]. *Quart J Roy Meteor Soc*, 2014, 140(680): 805-813.
- [2] 王海平,董林,许映龙,等.台风“烟花”的主要特点和路径预报难点分析[J].*海洋气象学报*, 2022, 42(1): 83-91.
- [3] 端义宏,陈联寿,许映龙,等.我国台风监测预报预警体系的现状及建议[J].*中国工程科学*, 2012, 14(9): 4-9.
- [4] 赵杨洁,李江南,董雪晗,等.模式分辨率对台风“天鸽”(2017)模拟效果的影响[J].*热带气象学报*, 2019, 35(5): 629-643.
- [5] 王海平,董林,许映龙,等.2019年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J].*气象*, 2021, 47(8): 1009-1020.
- [6] 周冠博,柳龙生,董林,等.2020年西北太平洋台风活动特征和预报难点分析[J].*气象*, 2022, 48(4): 504-515.
- [7] 周冠博,董林,王海平,等.2020年西北太平洋和南海台风活动概述[J].*海洋气象学报*, 2021, 41(1): 1-10.
- [8] 周冠博,董林,柳龙生,等.2007号台风“海高斯”快速加强的成因分析[J].*海洋气象学报*, 2021, 41(1): 100-108.
- [9] 周冠博,董林,吕心艳,等.台风“海高斯”和“天鸽”快速加强成因的对比分析[J].*气候与环境研究*, 2022, 27(2): 285-298.
- [10] 董林,许映龙,吕心艳,等.台风纳沙和海棠的预报着眼点分析[J].*气象*, 2020, 46(1): 29-36.
- [11] 蔡柠泽,于文立,王太然.2009号台风“美莎克”登陆后长时间维持及给吉林省带来强降水的成因分析[J].*气象灾害防御*, 2021, 28(1): 33-38.
- [12] 师春香,姜立鹏,张涛.CMA陆面数据同化业务系统及产品介绍[C]//中国气象学会.第30届中国气象学会年会论文集.南京:中国气象学会, 2013.
- [13] 钱奇峰,张长安,高拴柱,等.台风路径集合预报的实时订正技术研究[J].*热带气象学报*, 2014, 30(5): 905-910.
- [14] 郑艳,程守长,蔡亲波,等.台风鲸鱼(1508)路径和降水业务预报偏差原因分析[J].*气象*, 2018, 44(1): 170-179.
- [15] 陈国民,杨梦琪,张喜平,等.2020年西北太平洋和南海台风预报精度评定[J].*气象*, 2022, 48(4): 516-525.
- [16] 李英,陈联寿,王继志.登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征[J].*气象学报*, 2004, 62(2): 167-179.
- [17] 郭蕊,贾小卫,吴丹,等.1810号台风“安比”登陆后长时间维持机制分析[J].*地球科学前沿*, 2019, 9(5): 408-419.
- [18] 张建海,沈桐立,薛根元.0414号台风“云娜”登陆后西折路径和陆上维持机制的诊断分析[J].*台湾海峡*, 2006, 25(2): 166-173.