

2203号台风“暹芭”数值模式产品释用分析与检验

龙思维*, 乔玮红, 曾 喜

民航海南空管分局气象台, 海南 海口

收稿日期: 2026年6月25日; 录用日期: 2026年7月22日; 发布日期: 2026年7月29日

摘 要

本文利用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“CMA-TYM”)、欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts简称“ECMWF”)和美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction简称NCEP)的确定性模式和集合预报产品对台风“暹芭”的路径、强度以及物理量和产生的风雨影响进行应用对比和检验分析, 分析表明: (1) 多家预报机构在“暹芭”的路径预报前期偏差较大, 后期趋于一致, 业务应用以CMA的路径预报结论为主要依据。(2) “暹芭”的环流形势弱且复杂, 通过EC和CMA形势场模式产品对比, CMA对广东沿海的风场预报与实况更接近。(3) 在降水预报中CMA的中尺度模式对降水的落区、时段和强度预报明显优于ECMWF和NCEP的预报结果。

关键词

“暹芭”, 数值模式, 预报检验

Interpretation Analysis and Verification of Numerical Model Products for Typhoon Chaba (2203)

Siwei Long*, Weihong Qiao, Xi Zeng

Meteorological Observatory, Hainan Air Traffic Control Sub-Bureau of CAAC, Haikou Hainan

Received: June 25, 2026; accepted: July 22, 2026; published: July 29, 2026

Abstract

Based on the deterministic forecasts and ensemble prediction products from three numerical models,

*通讯作者。

文章引用: 龙思维, 乔玮红, 曾喜. 2203 号台风“暹芭”数值模式产品释用分析与检验[J]. 气候变化研究快报, 2026, 15(4): 861-867. DOI: 10.12677/ccrl.2026.154091

namely the CMA Regional Typhoon Numerical Prediction System (CMA-TYM) developed by the Earth System Numerical Prediction Center of China Meteorological Administration, the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) model, and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) model, this paper conducts comparative verification analyses on the track, intensity, physical variables, as well as wind and rainfall impacts of Typhoon “Chaba”. The results are as follows: (1) All forecasting institutions exhibited obvious large biases in early track forecasts for “Chaba”, while forecast consistency improved in the later stage; the track prediction of CMA serves as the primary reference for operational forecasting. (2) The synoptic circulation of “Chaba” was weak and complicated. A comparison of synoptic fields between ECMWF and CMA indicates that the wind field forecast of CMA along the coastal areas of Guangdong matches observations better. (3) In terms of precipitation prediction, the mesoscale model of CMA outperforms ECMWF and NCEP considerably in forecasting precipitation coverage, duration and intensity.

Keywords

Typhoon “Chaba”, Numerical Model, Forecast Verification

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着科技和数值模式的发展,在业务工作中,对于台风的路径、强度以及风雨预报都以数值模式产品为主要技术支撑,但在实际应用过程中,数值模式对于登陆台风的路径强度变化以及造成的降水和大风天气仍然有很大难度。例如2022年第3号台风“暹芭”,由于其环境引导气流较弱,前期路径和强度不确定性较大,后期残留云系停留时间较长,导致多家模式预报产品在降水和风力影响上出现预报偏差。

复杂天气过程保障中的航空气象预报产品对民航飞行安全,航班运行决策有着重要影响,而台风保障又是雷雨季节中复杂天气保障中不可忽视的重要一部分,因此合理释用台风数值预报产品,对模式产品进行检验分析,积累总结相关业务预报经验,可以提高台风保障的准确性,促航班运行效率提升。

2. “暹芭”过程概况

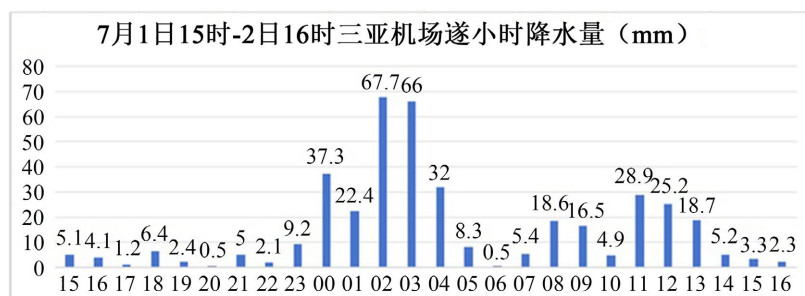


Figure 1. Hourly Precipitation at Sanya Phoenix International Airport from 15:00 on July 1 to 16:00 on July 2

图1. 三亚凤凰机场7月1日15时至2日16时逐时降水量

2022年第3号台风“暹芭”于6月30日08时在南海中南部海面生成,于7月2日08时加强为台风级,15时在广东电白沿海登陆(台风级,12级,35米/秒),3日17时“暹芭”减弱为热带低压并于4日08时在广西东北部减弱并停止编号。

作为 2022 年第一个登陆华南的台风。台风“暹芭”为华南多地带来强烈风雨影响，其中海南岛在 7 月 1 日 20 时至 2 日 20 时，540 个自动气象站累计雨量达暴雨级别，273 个站点达大暴雨级别，70 个站点达特大暴雨级别，多站降雨突破历史极值，特大暴雨主要集中在海南岛西南部(图略)。

值得一提的是，在 1 日 15 时至 2 日 16 时，三亚机场过程累计降水量高达 400.5 mm，是三亚凤凰机场有雨量记录以来最高降水量。根据三亚自动观测站的逐时降雨量(图 1)，三亚机场的降水时段主要集中在 2 日 00~05 时、08~14 时。

3. “暹芭”路径预报分析

台风路径预报是预报台风风雨过程的先决条件。通过 CMA 在内的多家预报机构的确定性路径预报以及集合路径预报等对台风未来路径和强度进行分析可知，在前期多家预报机构对“暹芭”西北偏北路径一致性较高，北上至 18°N 以北之后，各种机构在确定性路径上一致性分歧较大，同时集合路径预报的离散度较高[1] (图 2)。

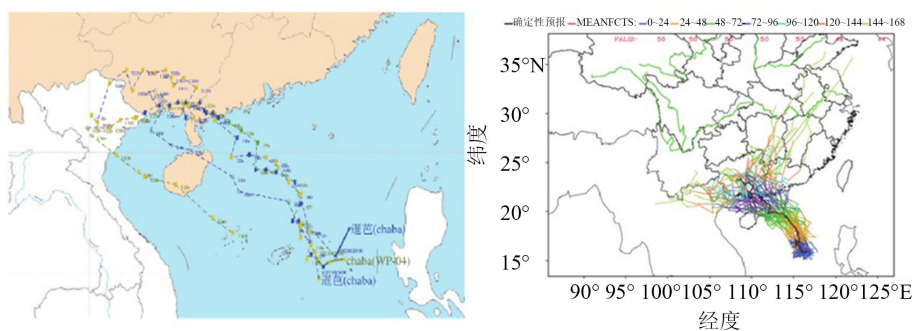


Figure 2. Track forecasts from deterministic models of UK, ECMWF and NCEP initialized at 08:00 on June 29, as well as ECMWF ensemble track forecasts

图 2. 6 月 29 日 08 时起报的 UK/ECMWF/NCEP 确定性模式路径预报以及 ECMWF 集合路径预报

一般情况下我们业务上重点参考关注 CMA 发布的预报结论，“暹芭”后期 CMA 不断对路径预报进行调整，逐渐趋于结论集中，偏差概率减小(图略)。

4. 环流形势预报分析

大气环流产生的引导气流是台风发生发展以及移动的重要因素，通过对环流形势的数值预报产品进行分析和追踪调整确定影响台风的关键系统的变化，比如 500 hPa 副高和西风槽、200 hPa 高空急流、850 hPa 西南季风和低值系统及锋面活动等有利于分析台风的影响趋势[2]。

7 月 1 日 20 时，500 hPa 副热带高压(以下简称“副高”)实况位置偏北偏东，脊线位于 30°N，引导气流偏弱，其中心位于海南岛东部海面，强度为强热带风暴级别。在环流形势分析预报中，业务应用一般参考 EC 模式以及 CMA 各模式，从图 3 的 CMA-GFS/ECMWF 的 500 hPa 高度场和风场分析来看，对副高的位置、台风“暹芭”的位置预报一致，副高位置偏东，且在西北太平洋的洋面预报了新的台风“艾利”生成，但强度较弱，互旋作用不明显，“暹芭”距离西侧的西风带低槽比较远，考虑台风“暹芭”引导气流复杂且较弱，台风未来预计移动偏慢，整体“暹芭”以西偏北行为主，但后续“艾利”强度的发展会对台风“暹芭”的路径带来较大的不确定性。在两种模式中，CMA 对广东沿海的风场预报较 EC 预报更为准确，与实况更接近。

台风“暹芭”影响期间正处西南夏季风爆发期间，850 hPa “暹芭”东侧偏南季风更强，使得引导气流有利于“暹芭”向偏北方向移动，来自孟加拉湾的强盛西南气流为台风“暹芭”输送大量的水汽和能量。台风“暹芭”外围西南侧的西北气流与越中南半岛的偏西和西南季风气流在海南岛东南部南海北部

洋面形成明显低层辐合, 台风西南侧的低层气流辐合导致的上升运动为持续强降水产生提供了有利条件(图 4(a))。在台风外围有较高的假相当位温, 台风周围的暖气流能维持台风的暖心结构, 2 日 08 时(图 4(b))假相当位温在海南岛西部及广东西南部区域有两个明显的大值中心, 对台风中心区域及海南岛西南部的强对流发展提供能量基础

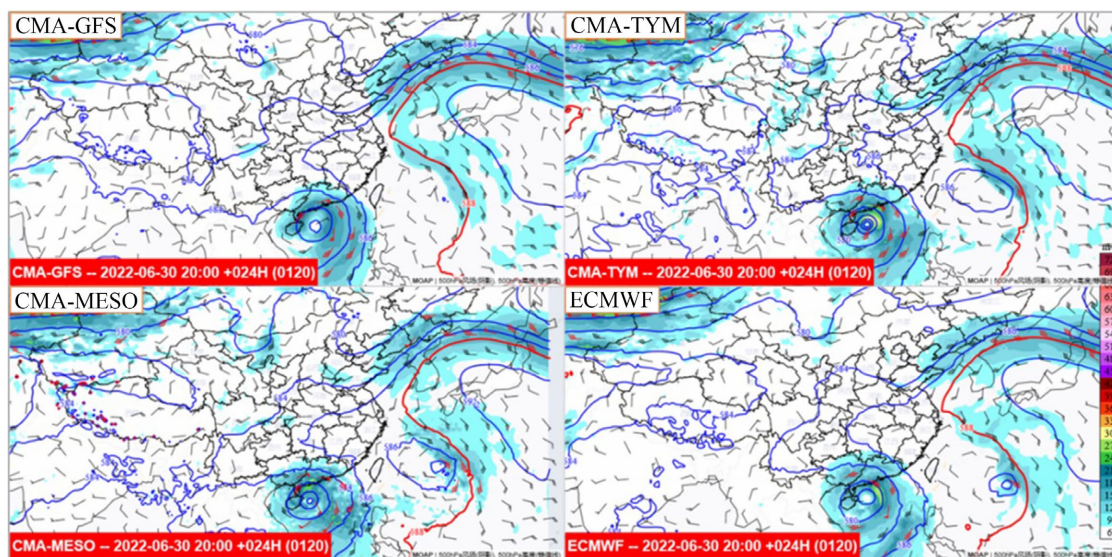


Figure 3. 500 hPa geopotential height and wind fields of CMA-GFS and ECMWF initialized at 20:00 on June 30, 2022
图 3. 2022 年 6 月 30 日 20 时起报的 CMA-GFS/ECMWF 的 500 hPa 高度场和风场

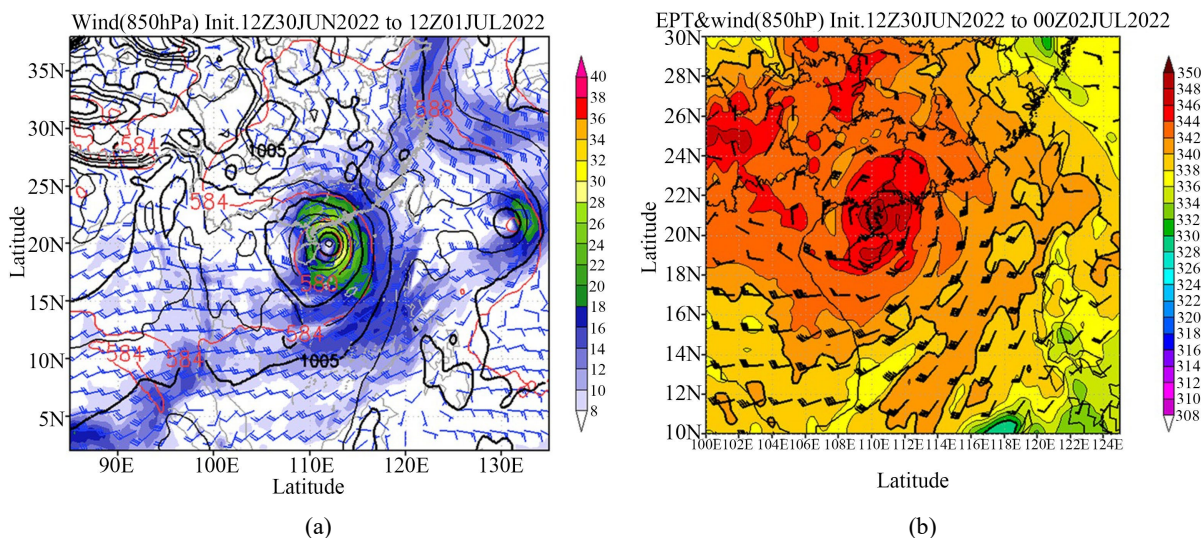


Figure 4. 850 hPa wind fields (a) valid at 20:00 July 1 and pseudo-equivalent potential temperature (b) valid at 08:00 July 2, from ECMWF initialized at 20:00 June 30, 2022

图 4. 2022 年 6 月 30 日 20 时起报 7 月 1 日 20 时 ECMWF 的 850 hPa 风场(a)和 7 月 2 日 08 时的假相当位温(b)

5. 物理量场分析检验

5.1. 有利的海温

海水温度是台风形成和维持的重要因素, 一般来说, 海水温度需要达到 26℃或以上, 才能为台风提供

足够的热量和水汽[3]。根据 2022 年 6 月 30 日海温实况和 2022 年 6 月 30 日 20 时起报的 7 月 1 日 20 时的海温预报南海区域海温稳定在 28℃ 以上, 预测后续台风“暹芭”将在南海区域继续加强与实况相符(图略)。

5.2. 充足的水汽条件

充足的水汽供应和水汽辐合是产生大暴雨必不可少的条件, 由于大气中水汽主要集中在中低层, 水汽辐合主要表现在低层[1]。分析 850 hPa 流场、水汽通量、低层水汽及整层云水含量等(图略), 水汽来源主要有三个, 一是来自孟加拉湾, 沿着夏季风的西南气流输送; 一个是来自南海, 沿着台风外围偏南气流输送; 还有一个来自西太平洋, 沿着副高南侧和西南侧的东至东北气流输送; 三支水汽在海南岛和南海北部上空汇聚。海南岛西部、东北部及广东南部地区分别有水汽通量及相对湿度高值中心。海南区域在西北转偏西风的输送下, 叠加中部山区的地形作用, 有源源不断的水汽在海南岛的西部聚集, 并随低空气流输送到海南岛南部地区。同时在广东南部及雷州半岛有强的水汽辐合区, 源源不断的水汽为海南岛及广东暴雨提供了强大的水汽。

5.3. 抬升条件分析

台风外围低层的高温高湿气流和越中南半岛的季风气流为海南岛西南部低层输送了大量的水汽和能量。低层海南岛上空受海南岛中部五指山地形的影响, 低层气流在迎风坡辐合上升。1 日 20 时, 在海南岛及台风主体范围内 K 指数预报均在 36 以上, 有较好的抬升作用(图略)。三亚机场上空的垂直速度来看, 在 1 日白天至 2 日凌晨在三亚机场上空 800 hPa 高度以下有明显的上升运动, 2 日早间至下午在低层有弱的下沉运动, 但 930 hPa 以上有强的上升运动, 若存在触发机制突破下沉高度后, 强的上升运动有助于强天气的发生发展(图 5(a))。随着台风北进, 在海南岛西部至北部湾东南部形成台风西侧的偏北气流与越中南半岛的西南季风的辐合线叠加海南岛中部地形的作用有助于对流触发, 而且 CMA-SH9 模式在 2 日早间预报了海南岛西部海面为高能区域, 为对流的长时间维持提供了能量(图略)。预报三亚上空风场情况, 在 2 日早间低层风场转为偏西或西南气流时, 中层为西北气流(图 5(b)), 引导中层大陆干冷气流的入侵海南岛西部, 叠加在低层暖湿气流之上, 导致海南岛西部出现特大暴雨。

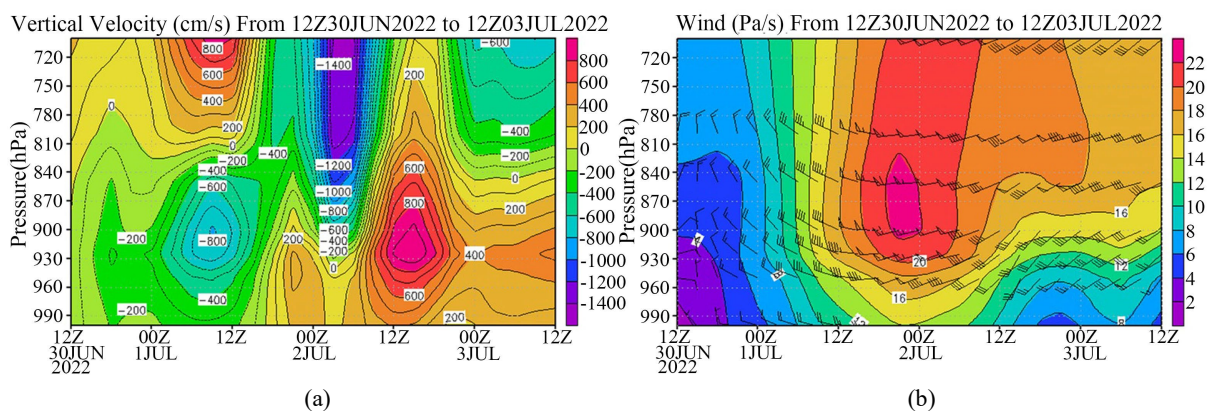


Figure 5. Vertical velocity distribution above Sanya Airport (a) and wind field distribution above Sanya Airport (b)

图 5. 三亚机场上空垂直速度分布(a)、三亚机场上空风场分布(b)

6. 风雨预报产品结论检验

6.1. 降水预报检验

图 6 给出了多模式预测的 2022 年 7 月 1 日 20 时至 2 日 20 时海南岛台风“暹芭”过程的降水量预报

与实况的对比。实况中海南岛北部、东南部有暴雨；东北部局地、中部、西部有大暴雨；西南部及南部出现特大暴雨。根据模式对比检验，GRAPES_SH9KM(上海9公里分辨率的区域同化预报系统)模式预报降水落区较为准确，预报出了南部和东北部两个降水中心，量级达到特大暴雨量级，但对东北部的降水量级预报偏大；GRAPES_GD3KM(广东3公里分辨率的区域同化预报系统)模式预报降水落区较为准确，但东部的降水量级预报明显偏高，西南部量级预报较弱；NCEP-GFS模式降水量级预报较准确，但落区有明显偏离，强中心报在东部和北部；EC模式降水量级明显较低，强降水落区有明显偏差，漏报南部的强降水，经过本地客观化订正的集合预报降水量级预报有所改善。

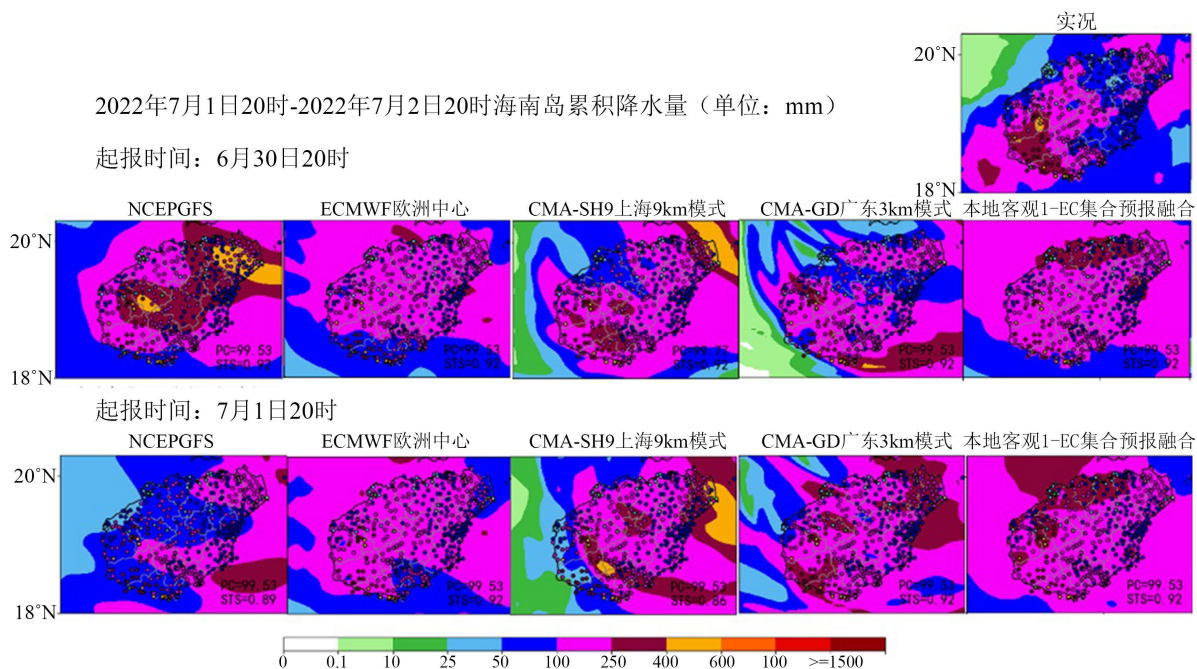


Figure 6. Observed precipitation from 20:00 July 1 to 20:00 July 2, 2022, and 24-h precipitation forecasts from NCEP-GFS, ECMWF, CMA_SH9KM, CMA_GD3KM and ECMWF ensemble (unit: mm), initialized at 20:00 June 30 and 20:00 July 1

图 6. 2022 年 7 月 1 日 20 时~7 月 2 日 20 时降水量实况及 NCEP-GFS、ECMWF、CMA_SH9KM、CMA_GD3KM、ECMWF 集合 24 小时降水量预报(单位: mm) (6 月 30 日 20 时起报、7 月 1 日 20 时起报)

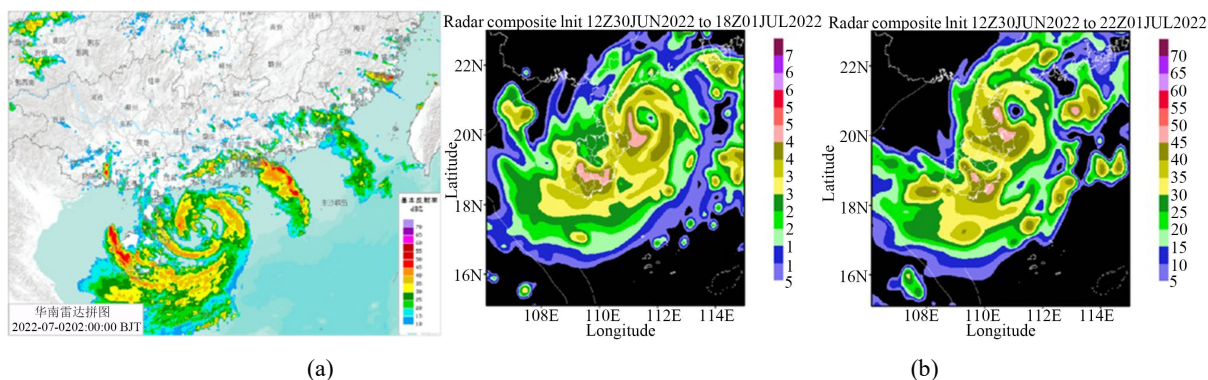


Figure 7. Radar composite reflectivity image at 02:00 July 2, 2022 (a), and CMA-SH9 predicted radar reflectivity valid at 02:00 and 06:00 July 2 initialized at 20:00 June 30 (b)

图 7. 2022 年 7 月 2 日 02 时雷达图(a)和 6 月 30 日 20 时起报的 7 月 2 日 02 时和 06 时 CMA-SH9 雷达反射率预报(b)

“暹芭”的降水云系主要集中在其西侧、南侧及东北侧。从 2 日 02 时华南基本反射率雷达拼图上看

(图 7(a)), “暹芭”台风眼清晰, 其左右两侧均各有明显的螺旋回波, 海南岛西部受其台风外围的螺旋回波带影响, 在海南岛中部五指山前迎风坡处发展加强并在中层西北气流的引导下向东南方向移动, 形成列车效应不断影响三亚地区, CMA-SH9 的雷达反射率预报(图 7(b))中对台风外围的螺旋回波带有准确预报, 在海南岛的南部预报了明显的强中心, 与实况吻合。

在逐小时预报产品与实况的对比中(图略), 对于 2 日强降水过程 CMA 的模式对螺旋云带降水预测效果较好, 时段预报和强降水的落区预报基本准确, 强度有所偏差; NCEP 对对流的落区和时段预报均有影响偏差, EC 对三亚早间的强降水漏报, 对上午时段的对流预报强度和区域均偏大。

6.2. 大风预报检验

台风“暹芭”影响过程中海南岛整体风力较弱, 强风主要出现在广东西部沿海以及南海北部、琼州海峡。对比 2022 年 7 月 1 日 20 时~7 月 2 日 20 时最大阵风实况可以看出, ECMWF 模式对地面风预报与实际比较吻合, 大风主要在海南岛附近海面, 陆地风力偏弱; 而 CMA_SH9KM 模式对地面风的预报比实况明显偏强(图略)。

7. 结论

综上在台风“暹芭”的预报中, 根据各家模式产品的优点以及对产品的释用检验可以看出:

(1) 我国在台风预报业务上, 各家路径强度预报产品偏差越小越具有参考性, 其中以 CMA 的台风路径和强度预报产品作为主要技术支撑。

(2) ECMWF、CMA 各模式对天气形势的预报一致性都较好。

(3) 在降水预报中 CMA 的中尺度模式包括雷达反射率预报, 逐小时预报对降水的落区、时段和强度预报明显优于 ECMWF 和 NCEP 的预报结果。

(4) ECMWF 对广东沿海的风力预报偏弱, 对海南岛地面风预报较为准确。

在以后针对华南沿海及海南登陆的台风预报业务中, 可根据上述结论参考各模式进行对比使用。

参考文献

- [1] 林良勋, 等. 广东省天气预报技术手册[M]. 2009 修订版. 北京: 气象出版社.
- [2] 钱奇峰, 董林, 许映龙, 周冠博, 王靖. 2022 年西北太平洋和南海台风活动特征和预报难点分析[J]. 气象, 2023, 49(10): 1254-1266.
- [3] 郭乙莹, 周冠博, 黄奕武, 吕心艳, 王靖, 张进, 许映龙. 2203 号台风“暹芭”的路径预报偏差及思考[J]. 海洋气象学报, 2023, 44(1): 97-107.