

陈绍河,姚才,肖志祥,等.台风“威马逊”(1409)和“海鸥”(1415)影响广西风雨特征及预报偏差的比较分析[J].气象研究与应用,2023,44(2):08-15.

Chen Shaoh, Yao Cai, Xiao Zhixiang, et al. Comparative analysis of wind and rain characteristics and forecast deviations of typhoon “Rammasun”(1409) and “Kalmegi”(1415) affecting Guangxi[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(2): 08-15.

# 台风“威马逊”(1409)和“海鸥”(1415)影响广西风雨特征及 预报偏差的比较分析

陈绍河<sup>1</sup>, 姚才<sup>2\*</sup>, 肖志祥<sup>3</sup>, 罗小莉<sup>4</sup>

(1.防城港市气象局, 广西 防城港 538000; 2.广西壮族自治区气象局, 南宁 530022;

3.南宁师范大学, 南宁 530022; 4.广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

**摘要:** 基于观测资料、数值模式产品及主观预报,对 2014 年超强台风“威马逊”和强台风“海鸥”影响广西的风雨特征及预报偏差进行对比分析。结果表明:(1)“威马逊”深入广西内陆,高层辐散更强,副高西脊点偏东,低层急流南北宽度更广且风速更大,台风强度更强,这是“威马逊”强降雨范围更广,小时雨强更强的可能原因。(2)主客观预报台风路径及强度随预报时效增加误差明显增大且差别较明显。ECMWF、广西遗传神经网络与中央台分别对台风路径、台风强度预报有很好的参考价值。(3)主客观均能报出强降水的形态但强度偏弱,预报误差随时效增加而增大且存在明显的空漏报。大暴雨量级预报评分 ECMWF\_HR 明显高于广西主观,暴雨量级预报评分总体是广西主观优于 ECMWF\_HR。(4)ECMWF\_HR 没有准确预报副高西进南扩过程;副高预报的偏东偏北,是导致台风和急流中心偏南偏弱的可能原因。(5)ECMWF\_HR 预报 850hPa 水汽通量及其散度与实况在形态上基本一致,但位置偏西偏南,强度偏弱,这与预报副高偏东及台风偏西偏弱相关,应该引起今后业务预报关注。

**关键词:** 台风;“威马逊”;“海鸥”;风雨特征;预报偏差

**中图分类号:** P457.8

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.2.02

## 引言

台风引起的直接灾害通常是由狂风、暴雨和风暴潮造成的。尤其对于强台风,其引发的强风和暴雨更具有极端性,危害更严重。2014 年,超强台风“威马逊”(1409)和强台风“海鸥”(1415)相继影响华南西部,造成我国的直接经济损失高达 551.22 亿元,约占 2014 年我国全年洪涝灾害总损失的 33.3%<sup>[1]</sup>。其中,“威马逊”造成华南(海南、广东、广西三省区)重大人员伤亡和财产损失,海南省直接经济损失 119.5 亿元人民币,因灾死亡 25 人,失踪 6 人;广东省直接经济损失 130.19 亿元人民币;广西直接经济损失 138.4 亿元人民币,死亡 10 人<sup>[2]</sup>。“海鸥”造成海南、广西和广东直接经济损失分别为人民币 57.9 亿

元、27.93 亿元和 16.1 亿元<sup>[1-3]</sup>。因此,强台风引发的风雨成因及其预报技术一直是台风研究和业务预报关注的热点和难点。

开展历史相似个例和主客观预报的比较分析是提高台风机理认识和预报能力的重要途径。已有不少学者对“威马逊”和“海鸥”开展了分析工作<sup>[4-7]</sup>。杨素雨等<sup>[8]</sup>认为低空急流和西南季风强弱差异,是“威马逊”和“海鸥”残余低压造成云南暴雨落区差异的主要原因之一。梁红丽等<sup>[9]</sup>诊断分析表明 2014 年“威马逊”和“海鸥”造成云南暴雨分布差异主要是环境场气流造成锋生以及能量变化的不同。黄志都等<sup>[10]</sup>分析台风“威马逊”和“海鸥”的环流形势特征,表明两个台风具有多个共同点:生成后稳定地向西北移动,然后进入北部湾,生命史期间副高强盛,孟加拉湾水汽与南

收稿日期: 2022-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(41665006、41465003)和广西台风与海洋预报服务创新团队项目

作者简介: 陈绍河(1986—),男,高级工程师,主要从事短期天气预报及气候分析。E-mail: csh2005nuist@163.com

\* 通讯作者: 姚才(1963—),男,正研级高级工程师,博士,主要从事天气气候研究。E-mail: dlhntfyj@126.com

海水汽汇合,源源不断向台风东南部输送。

台风的数值模式预报和客观预报方法近年来已取得了明显的进展,已成为台风业务预报的重要基础<sup>[1]</sup>。杨亦萍等<sup>[12]</sup>比较分析了欧洲中期天气预报中心数值预报模式(ECMWF)对不同天气形势下影响浙江台风的路径预报评估。王晓峰等<sup>[13]</sup>综合评述了当前业务常用的几家数值模式对强台风“菲特”登陆期间的预报能力。许雯等<sup>[14]</sup>对比分析超强台风“利奇马”登陆前后多模式降水预报评估表明,各模式对850hpa水汽通量及辐合区的预报差异较大是导致“利奇马”预报降水差异显著的重要原因。

上述研究主要集中对“威马逊”和“海鸥”在云南、海南和广东的风雨特征进行对比分析研究,而且缺乏模式预报和客观预报在这两个台风业务预报中应用的比较。“威马逊”和“海鸥”是同一年影响广西的强台风,影响时间仅相隔两个月,并都造成广西严重经济损失,这在历史上是非常罕见的。比较这两个强台风影响广西风雨特征差异,尤其是主观和数值模式预报差异,对揭示影响广西强台风的风雨特征及其成因,并在分析其预报误差及其成因的基础上,探索台风预报主客观相结合的方法和途径是必要的,也是业务预报亟需的。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

文中分析所用的资料包括:(1)台风路径实况来源于中国气象局上海台风研究所热带气旋最佳路径数据集;(2)风雨实况采用中国地面观测资料(广西自动气象站共2228个),要素有小时降雨量和小时极大风向风速;(3)卫星云图采用2014年 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  FY2E TBB产品;(4)大尺度环流和物理量实况运用美国国家环境预报中心(NCEP) $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 逐6h再分析资料;(5)台风路径及强度预报资料运用2014年欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的台风确定性路径预报产品、中央气象台和广西遗传神经网络台风路径和强度预报产品;(6)降水落区预报采用广西气象台主观城镇降水落区预报资料和ECMWF细网格(简称ECMWF\_HR) $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 数值模式降水预报产品;(7)大尺度环流和物理量预报采用ECMWF\_HR  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 数值模式预报产品等。

### 1.2 方法

台风过程广西最强降水日是指台风影响广西过程期间出现暴雨站数最多当天(前一天20时到当天

20时,简称最强降水日)。台风过程广西最强降水日最大降雨量时段是指台风过程广西最强降水日4个时段(20—02时、02—08时、08—14时和14—20时)中自动气象站出现50mm以上降雨量站数最多的时段(简称最大降雨量时段)。

本文主要采用定性和定量误差比较方法,比较两个台风过程影响广西风雨及环流异同点特征;比较ECMWF、中央气象台和广西遗传神经网络预报台风路径和强度误差;比较主客观(广西气象台和ECMWF\_HR)72~24h起报最强降水日暴雨以上强降雨落区分布以及评分;比较ECMWF\_HR预报最大降雨量时段大尺度环流形势和物理量预报偏差。ECMWF\_HR是时间和空间均具有高分辨率的格点预报资料,实况观测资料是时间和空间分辨率都较低的站点观测资料,两者不好比较,因此大尺度环流形势和物理量预报偏差是指将ECMWF\_HR( $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ )数值模式预报产品插值到 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 水平分辨率,再与 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  NCEP再分析资料进行比较。台风影响广西关键区域是指台风中心进入到 $19^{\circ} \text{N}$ 以北, $112^{\circ} \text{E}$ 以西。

## 2 风雨及环流对比分析

超强台风“威马逊”于2014年7月18日08时前后以超强台风进入影响广西关键区域,继续向西北方向移动,18日15:30以超强台风登陆海南文昌市翁田镇沿海,18日19:30以超强台风登陆广东省徐闻县龙塘镇沿海,19日07:10以强台风再次登陆广西防城港市光坡镇,20日停止编号。强台风“海鸥”于2014年9月16日02时前后以强台风进入影响广西关键区域,继续向西北偏西方向移动,16日09:45登陆海南文昌市翁田镇沿海,16日12:45再次登陆广东省徐闻县南部沿海,16日23:00以台风强度在越南北部沿海再次登陆,17日停止编号。下面分析两个台风过程和最强降水日的风雨环流特征。

### 2.1 风雨实况特征

表1和图1给出了“威马逊”和“海鸥”造成广西强风雨实况对比,从中可以发现两个台风过程的异同之处。两者的相同点是:强降雨落区均呈西北-东南向,与台风西北行路径一致;大风影响范围广,主要出现在桂南和沿海地区;强降水影响范围广,持续时间长,过程累计雨量大,小时雨强强;台风暴雨过程均持续了2d,过程雨量200~300mm都达50个乡镇以上,最大小时雨量在80mm以上,12级大风多达24站。两者不同之处在于:“威马逊”产生的风雨

表 1 “威马逊”(1409)和“海鸥”(1415)影响广西过程强风雨实况对比

台风	影响时段	强降水乡镇数量及站数	强降水影响范围	最大降水量/mm	小时雨强/mm·h <sup>-1</sup>	大风站数	最大阵风/m·s <sup>-1</sup>	降水性质
威马逊	2014 年 7 月 18 日 20 时—20 日 20 时 (影响过程)	300~400mm 19 个乡镇, 200~300 mm 50 个乡镇; ≥50mm 有 990 站	桂南桂西北	552(北海合浦常乐)	50mm·h <sup>-1</sup> 以上 44 站次, 最大小时雨强出现在北海合浦常乐 (136.9)	17 级 3 站, 12 级以上 24 站, 8 级以上 111 站	北海涠洲岛竹蔗寮 59.4	混合性降水, 局部有雷暴、大风、短时强降水
威马逊	2014 年 7 月 18 日 20 时—19 日 20 时 (最强降水日)	300~400mm 8 个乡镇, 200~300mm 29 个乡镇; ≥ 50mm 有 668 站	桂南	552(北海合浦常乐)	50mm·h <sup>-1</sup> 以上 42 站次, 最大小时雨强出现在北海合浦常乐 (136.9)	17 级 3 站, 12 级以上 24 站, 8 级以上 107 站	北海涠洲岛竹蔗寮 59.4	混合性降水, 局部有雷暴、大风、短时强降水
海鸥	2014 年 9 月 15 日 20 时—17 日 20 时 (影响过程)	300~400mm 8 个乡镇, 200~300mm 51 个乡镇; ≥ 50mm 有 1086 站	沿海地区桂西	477(钦州钦北大直)	50mm·h <sup>-1</sup> 以上 11 站次, 最大小时雨强出现在防城十万山瑶族乡 (81.7)	14 级 6 站, 12 级以上 24 站, 8 级以上 152 站	北海斜阳岛 46.0	混合性降水, 局部有雷暴、大风、短时强降水
海鸥	2014 年 9 月 16 日 20 时—17 日 20 时 (最强降水日)	300~400mm 6 个乡镇, 200~300mm 36 个乡镇; ≥ 50mm 有 873 站	桂西	412(钦州钦北大直)	50mm·h <sup>-1</sup> 以上 8 站次, 最大小时雨强出现在防城十万山瑶族乡 (81.7)	14 级 2 站, 12 级以上 13 站, 8 级以上 115 站	防城江山白龙 43.0	混合性降水, 局部有雷暴、大风、短时强降水

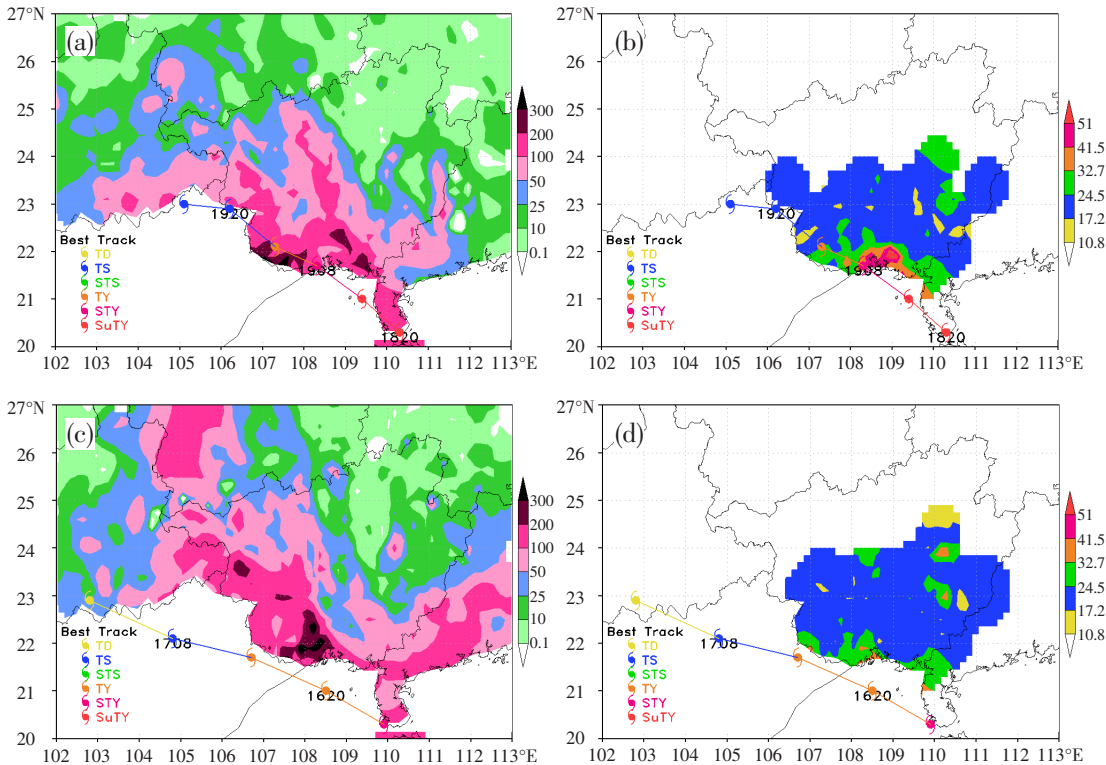


图 1 “威马逊”(a、b)和“海鸥”(c、d)过程累计降雨量(单位:mm)和过程广西 6 级以上极大风速分布(单位:m·s<sup>-1</sup>)



要比“海鸥”更强:“威马逊”在广西防城港沿海登陆,在广西内陆以强台风级和台风级共持续 9h,17 级大风有 3 站,这是有记录以来强度在台风以上级别的在广西滞留时间最长的台风;300~400mm 19 个乡镇,50mm·h<sup>-1</sup> 以上 44 站次,最大小时雨强出现在北海合浦常乐(136.9mm·h<sup>-1</sup>)。但是,“海鸥”的过程累计暴雨站数和最强降水日暴雨站数要比“威马逊”更多更广;“威马逊”强降水落区主要位于桂南和桂西北,“海鸥”主要位于沿海地区和桂西,广西 2228 个自动站≥50mm“海鸥”分别为 1080 站和 873 站,而“威马逊”则分别为 990 站和 668 站。

## 2.2 环流实况和卫星云图特征

对比分析“威马逊”和“海鸥”过程广西最强降水日最大降雨量时段环流形势和卫星云图特征(图 2)

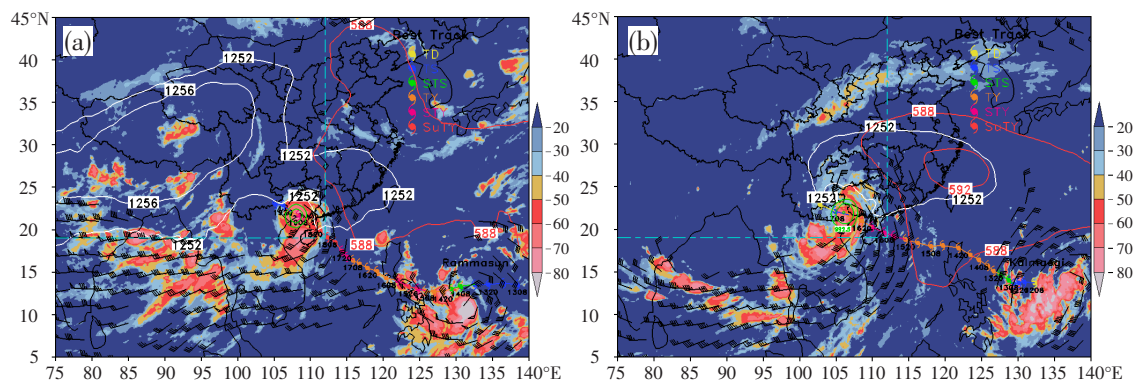


图 2 “威马逊”及“海鸥”移动路径、最大降雨量时段开始前(a:14 年 7 月 19 日 08 时;b:14 年 9 月 17 日 02 时)环流形势(白色:200hPa 南亚高压;红色:500hPa 副高;风向杆:850hPa 急流;绿色:地面气压)和 FY2E TBB(阴影)

时间更长,暴雨站数更多。

## 3 预报误差比较分析

在参考台风数值模式预报和客观方法的基础上,由预报员综合制作出综合预报是目前台风业务预报的基本流程。ECMWF 台风确定性路径预报产品和广西遗传神经网络客观方法产品广泛应用于广西台风业务预报中<sup>[17-19]</sup>。下面选取 ECMWF、中央气象台综合预报和广西遗传神经网络客观方法产品在台风“威马逊”和“海鸥”路径、强度、风雨、大尺度环流以及环境场预报情况进行深入比较分析。

### 3.1 台风路径及强度预报误差分析

统计表明,24~72h 预报“威马逊”移动路径误差最小分别为 ECMWF(63.1km)、广西遗传神经网络(104.8km)和广西遗传神经网络(144.3km);最大分别为中央台预报(86.7km)、中央台预报(143.9km)和 ECMWF(155.0km)。“海鸥”移动路径误差最小的均

可以看到,这两个台风都具有 200hPa 南亚高压强盛、500hPa 副高呈方头状、850hPa 急流范围广和台风本体云系结构密实类似的特征及配置,这样的特征和配置十分有利于大范围暴雨的产生<sup>[15-16]</sup>,这可能是两者都引发了大范围强暴雨过程的主要原因。但系统的强度和范围也存在明显的差别:“威马逊”南压高压中心强度 1256dagpm,高层辐散更强;低层急流南北宽度更广,最宽可达 20 个纬距,且风速更大,最大高达 34m·s<sup>-1</sup>;台风本体云系更紧密厚实,西南侧季风云系范围更广更活跃,这是“威马逊”强降雨范围更广,小时雨强更强的可能原因;而“海鸥”副高更强,中心强度达 592dagpm,西脊点(108°E,28°N)较“威马逊”(110°E,30°N)偏西偏北 2 个经纬度,导致“海鸥”强降雨落区较“威马逊”偏西偏北,持续

为 ECMWF,分别为 53.1km、103.3km 及 155.3km;最大分别为广西遗传神经网络(102.3km)和广西遗传神经网络(137.2km),中央台预报(242.0km)。24~72h 预报“威马逊”台风强度偏差最小分别为广西遗传神经网络(6.3m·s<sup>-1</sup>),中央台预报和广西遗传神经网络(均为 10.1m·s<sup>-1</sup>),中央台预报(8.7m·s<sup>-1</sup>);最大均为 ECMWF 预报,分别为:14.9m·s<sup>-1</sup>,21.6m·s<sup>-1</sup>,26.1m·s<sup>-1</sup>。“海鸥”强度预报偏差最小分别为广西遗传神经网络(3.7m·s<sup>-1</sup>),中央台预报(5.2m·s<sup>-1</sup>),中央台预报(3.1m·s<sup>-1</sup>)。最大均为 ECMWF 预报,分别为:11.8m·s<sup>-1</sup>,13.3m·s<sup>-1</sup>,12.0m·s<sup>-1</sup>。

总体来看,主观综合预报、模式及客观方法预报随预报时效增加误差明显增大,而且各方法间预报误差的差别也较明显。ECMWF 对两个台风路径预报较为稳定准确,均低于平均,对台风路径预报有很好的参考价值,但 ECMWF 台风强度预报存在较大的误差,远高于平均,在今后的业务预报中应该引起

重视。相对而言,广西遗传神经网络和中央气象台台风强度预报较为稳定,误差较小,对台风强度预报有很好的指导作用。

### 3.2 主客观强降雨强度落区预报误差分析

定时定点定量是降水预报的难点,但也是防灾减灾迫切需要解决的关键问题。下面以 ECMWF\_HR 和广西气象台主观 72~24h 预报“威马逊”和“海鸥”过程广西最强降水日降雨量强度和落区误差,探讨对比主客观预报能力。

分析比较可见(图略),ECMWF\_HR 72h 预报“威马逊”广西最强降水日降雨量落区范围明显偏小,强度偏弱,漏报桂南大暴雨和桂西北暴雨;24h 预报降雨落区范围和强度大体上与实况一致,只漏报桂西北暴雨。相对于 ECMWF\_HR 的预报,广西气象台主观 72h 和 24h 预报和 ECMWF\_HR 预报大体相当,略有差别是 24h 报对沿海地区大暴雨和桂南暴雨,范围较 ECMWF\_HR 模式要大。这与主客观预报台风路径强度明显偏西偏弱密切相关。类似的分析,ECMWF\_HR 72h 和 24h 预报“海鸥”广西最强降水日降雨量落区和实况形态相似,强度仍偏小 1 个量级以上。相对于 ECMWF\_HR 的预报,广西气象台主观 72h 和 24h 预报和 ECMWF\_HR 预报大体相当,略有差别是 24h 报对沿海地区大暴雨,范围较 ECMWF\_HR 模式要大,但空报桂东南暴雨。进一步

定量分析主客观预报两个台风暴雨和大暴雨,主观综合 24h 预报在超强台风“威马逊”暴雨量级的 TS 评分达 0.29,比 ECMWF\_HR 模式预报高 0.1。而在“海鸥”24h 预报中,ECMWF\_HR 模式暴雨预报 TS 评分达 0.40,比主观综合预报高 0.18。有趣的是,在大暴雨量级的预报,除了 72h 主观综合预报“海鸥”较 ECMWF\_HR 模式预报略高些,其余均是 ECMWF\_HR 模式预报比主观综合预报高,尤其在“海鸥”24h 预报中,ECMWF\_HR 模式预报 TS 评分达 0.56,比主观综合预报 0.16 高 0.40。

综上所述,主观综合预报和 ECMWF\_HR 模式预报均能报出强降水的形态,但强度偏弱,预报的误差随预报时效增加而增大,而且存在明显的空漏报。模式的大暴雨量级预报评分要明显高于主观综合预报,而在暴雨量级的预报方面,总体是主观综合预报优于模式。产生这些误差的原因是多方面的,一个可能的原因是与预报台风路径强度偏西偏弱密切相关。但是环流和环境场方面预报误差也是重要因素,尤其造成“威马逊”暴雨的漏报和“海鸥”暴雨的空报的可能原因还得从环流和环境场方面预报误差作进一步分析。

### 3.3 大尺度环流形势预报误差分析

比较 ECMWF\_HR 模式预报“威马逊”和“海鸥”过程最强降水日最大降雨量时段环流形势主要影响系统误差(图 3),发现两者异同点是:两个台风 72~

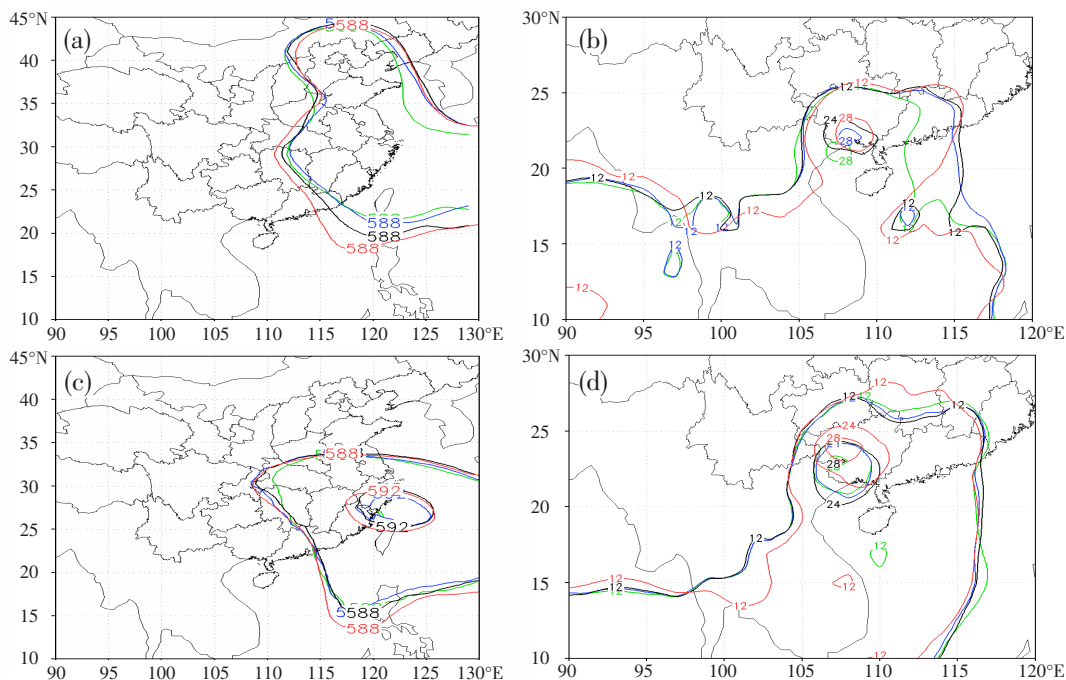


图3 ECMWF\_HR 14年7月16~18日20时起报“威马逊”和14年9月14~16日20时起报“海鸥”最大降雨量时段开始前(a、b:14年7月19日08时;c、d:14年9月17日02时)主要系统(a、c:500hPa副高,单位:dagpm;b、d:850hPa急流,单位:m/s)与实况(红色)比较(绿色:72h起报,蓝色:48h起报;黑色:24h起报)

24h 预报 200hPa 南亚高压,500hPa 副高以及 850hPa 孟加拉湾经南海到华南地区急流带在形态上与实况基本吻合,这与预报最强降水日形态大体相符是一致的。但误差也是明显的:“威马逊”副高西脊点 72h 偏东 2 个经度,“海鸥”副高西脊点 72~48h 偏东 2 个经度。更重要的是,两个台风 72h 预报 588 线南端点较实况偏北 4 个纬度,850hPa 孟加拉湾经南海到华南地区急流带范围 72~24h 较实况偏小,尤其是  $28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  急流核范围和位置随预测时段的延长明显偏南偏小。这些环流预报的差异,说明 ECMWF\_HR 模式没有准确预报 500hPa 副高西进南扩过程,尤其是 72h 的预报误差明显。副高预报的偏东偏北,是导致台风和急流中心偏南偏弱的可能原因。

### 3.4 850hPa 水汽通量和水汽通量散度预报误差分析

ECMWF\_HR 预报“威马逊”850hPa 水汽通量误差:72~24h 都预报中南半岛南部经北部湾到广西有一条宽广的强度  $20\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$  的水汽输送带,与实况对比,72~48h 预报水汽输送带范围略偏小,位置略偏西,24h 大体上吻合;实况水汽通量中心出现在桂南地区,强度  $40\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,主要误差是 72h 预报位置略偏西,强度偏弱。与水汽通量误差分析相对应,ECMWF\_HR 预报“威马逊”850hPa 水汽通量散度:72~48h 都预报北部湾西部近海面到越南北部有较大范围  $-5\times 10^{-5}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$  以上的水汽辐合大值区,中心强度  $(-10\sim -20)\times 10^{-5}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,与实况相比,主要误差也是 72h 预报位置略偏南,强度偏弱。值得指出的是,漏报广西中部水汽通量散度次中心,这与前述漏报广西中北部暴雨落区一致。

ECMWF\_HR 预报“海鸥”850hPa 水汽通量误差:72~24h 都预报南海到华南地区有一条强度在  $20\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$  以上的水汽输送带,水汽通量大值中心实况出现在桂西地区,强度达  $40\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,与实况对比,48~24h 预报强度中心位置略偏南,72h 水汽输送带范围略偏小。再看 ECMWF\_HR 预报“海鸥”850hPa 水汽通量散度误差:72~24h 都预报桂西到越南北部有较大范围  $-5\times 10^{-5}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$  以上的水汽辐合大值区,中心强度  $(-20\sim -25)\times 10^{-5}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,与实况相比,72~24h 中心强度相当,72h 预报中心区域偏东偏南。

综上所述,ECMWF\_HR 预报两个台风 850hPa 水汽通量和水汽通量散度预报在形态上还是基本一

致的,但位置偏西偏南,强度偏弱,这可能与预报 500hPa 副高偏东及路径偏西偏弱相关,但也存在局部区域的漏报,尤其是 72h 部分区域预报误差较为明显,这也是 ECMWF\_HR 降雨强度预报偏弱的原因之一,应该引起今后业务预报关注。

## 4 结论

通过两个强台风影响广西风雨特征及数值模式预报偏差的比较分析,得出如下结论:

(1)“威马逊”深入广西内陆,高层辐散更强,低层急流南北宽度更广,且风速更大;台风本体云系更紧密厚实,西南侧季风云系范围更广更活跃,这是“威马逊”强降雨范围更广,小时雨强更强的可能原因。“海鸥”副高更强,西脊点偏西偏北,导致“海鸥”强降雨落区偏西偏北,持续时间更长,暴雨站数更多。

(2)主观综合预报、模式及客观方法预报台风路径和强度随预报时效增加误差明显增大,而且各方法间预报误差的差别也较明显。ECMWF 对台风路径预报有很好的参考价值,但 ECMWF 台风强度预报存在较大的误差,在今后的业务预报中应该引起重视。相对而言,广西遗传神经网络和中央台对台风强度预报有很好的指导作用。

(3)主观综合预报和 ECMWF\_HR 模式预报均能报出强降水的形态,但强度偏弱,预报的误差随预报时效增加而增大,而且存在明显的空漏报。模式的大暴雨量级预报评分要明显高于主观综合预报,而在暴雨量级的预报方面,总体是主观综合预报优于模式。产生这些误差的原因是多方面的,一个可能的原因是与预报台风路径强度偏西偏弱密切相关。另外,环流形势和环境场方面预报误差也是重要因素。

(4)ECMWF\_HR 模式没有准确预报台风期间 500hPa 副高西进南扩的过程,尤其是 72h 的预报误差明显。副高预报的偏东偏北,是导致台风和急流中心偏南偏弱的可能原因。

(5)ECMWF\_HR 预报 850hPa 水汽通量及其散度与实况在形态上是基本一致的,但位置偏西偏南,强度偏弱,这可能与预报 500hPa 副高偏东及路径偏西偏弱相关,但也存在局部区域的漏报,尤其是 72h 部分区域预报误差较为明显,应该引起今后业务预报关注。

上述结果表明,发生在同一季节的两个路径和强度相近的台风,其产生的风雨、环流形势具有类似的特征,ECMWF\_HR 数值模式、广西遗传神经网络



以及基于这些客观方法的主观综合预报,基本能预报出这些特征的形态及演变趋势,但随预报时段的延长误差明显增大。尤其是 ECMWF\_HR 数值模式在本文分析的两个台风 72h 预报中,未能准确预报副高西进南扩的过程,从而引起台风路径强度和急流预报的误差,进而导致风雨预报的偏差和空漏报。这说明今后的台风业务预报,既要台风数值模式预报为基础,仍然要不断的改进模式,尤其是副高和急流的预报能力。同时,要更好地发挥预报员的主观能动作用,作更多的分析检验和机理研究,以便提高模式的订正水平。目前业务中非常强调国产模式的业务化应用,而且国产模式产品的预报质量也是不断在提升,但由于部分国产模式近几年才获业务准入运行,部分国产资料因为一些客观原因当时并没有保存,因而主客观强降雨强度落区预报误差分析中只用了 ECMWF\_HR 和广西气象台主观的预报进行对比分析,分析上还不够全面,在以后的个例总结分析中需要更注重对国产和本地化客观预报工具的误差检验。

#### 参考文献:

- [1] 万金红,张葆蔚,杨向权,等.海南省台风灾害特征分析[J].人民珠江,2016,37(1):45-48.
- [2] “威马逊”与“达维”进入北部湾强度变化的对比分析[J].暴雨灾害,2014,33(4):392-400.
- [3] 赖珍权,翟丽萍,古文保.1415 号台风“海鸥”的卫星云图及雷达资料分析[J].气象研究与应用,2017,38(2):10-13.
- [4] 苏玉婷,林开平,肖志祥,等.广西沿海地形对超强台风“威马逊”影响的数值试验[J].气象研究与应用,2018,39(1):11-14.
- [5] 黄滢,黄春华,林文桦.台风“威马逊”登陆后长时间维持原因分析[J].气象研究与应用,2019,40(4):24-27.
- [6] 肖志祥,黎金玲,罗小莉.1415 号台风“海鸥”广西极端暴雨预报偏差分析及地形订正[J].气象研究与应用,2021,42(4):14-19.
- [7] 周过海,蔡小辉,劳小青,等.超强台风“威马逊”的地内活动及大气电场特征[J].气象研究与应用,2019,40(2):98-102.
- [8] 杨素雨,张秀年,邹阳,等.台风“威马逊”和“海鸥”与大尺度环流相互作用对云南暴雨落区的影响[J].成都信息工程大学学报,2019,34(5):552-559.
- [9] 梁红丽,程正泉.2014 年两次相似路径影响云南台风降水差异成因分析[J].气象,2017,43(11):1339-1353.
- [10] 黄志都,俸波,叶庚姣,等.影响广西电网输电线路的台风“威马逊”和“海鸥”环流特征分析[J].气象与环境科学,2018,41(4):90-97.
- [11] 李泽椿,张玲,钱奇峰,等.中央气象台台风预报业务的发展及思考[J].大气科学学报,2020,43(1):10-19.
- [12] 杨亦萍,刘力源,倪钟萍,等.ECMWF 对不同天气形势下影响浙江台风的路径预报评估[J].海洋预报,2019,36(2):68-76.
- [13] 王晓峰,许晓林,杨续超,等.数值模式对强台风“菲特”登陆期间预报能力评述[J].大气科学学报,2017,40(5):609-618.
- [14] 许雯,余贞寿,邱金晶,等.超强台风“利奇马”登陆前后多模式降水预报评估对比分析[J].气象科学,2020,40(3):303-314.
- [15] 高安宁,李菁,陈见,等.台风“威马逊”近海加强及引发广西异常暴雨分析[J].气象科技,2016,44(4):653-658.
- [16] 高安宁.影响广西热带气旋暴雨的环境流场和一些物理量特征分析[J].广西气象,2004,25(3):1-5.
- [17] 姚才,金龙,黄明策,等.遗传算法与神经网络相结合的热带气旋强度预报方法试验[J].海洋学报,2007,29(4):11-19.
- [18] 黄小燕,赵华生,黄颖,等.遗传-神经网络集合预报方法在广西热带气旋降水预报中的应用[J].自然灾害学报,2017,26(6):184-196.
- [19] 金龙,黄颖,姚才,等.人工智能技术的热带气旋预报综述(之一)[J].气象研究与应用,2020,41(2):1-6.

# Comparative analysis of wind and rain characteristics and forecast deviations of typhoon “Rammasun”(1409) and “Kalmaegi”(1415) affecting Guangxi

Chen Shaohe<sup>1</sup>, Yao Cai<sup>2\*</sup>, Xiao Zhixiang<sup>3</sup>, Luo Xiaoli<sup>4</sup>

(1.Fangchenggang Meteorological Bureau, Guangxi Fangchenggang 538000, China; 2.Guangxi Meteorological Bureau, Nanning 530022, China; 3.Nanning Normal University, Nanning 530022, China; 4.Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

**Abstract:** Based on the observation data, numerical model products and subjective forecasts, this paper made a comparative analysis of wind and rain characteristics and forecast deviation of super typhoon “Rammasun” and strong typhoon “Kalmaegi” affecting Guangxi in 2014. The results show that: (1) “Rammasun” penetrated deep inland of Guangxi with a stronger typhoon intensity, accompanied by stronger upper-level divergence, more eastward west ridge of subtropical high, and stronger low-level jet which was wider in north-south width. These was the possible reasons for the wider range and stronger hourly rainfall of “Rammasun”. (2) The errors of subjective and objective forecasting of typhoon track and intensity increased significantly and differ more significantly with the increasing forecast time. The ECMWF model, Guangxi genetic neural network model and the forecast of Central Meteorological Observatory had good reference values for typhoon track and typhoon intensity forecasts, respectively. (3) Both subjective and objective forecasts could report the pattern of heavy rainfall, but with a weak rainfall intensity. The prediction error increased with the increase of time lapse and there are obvious omissions. The heavy rain forecast score of ECMWF\_HR was obviously higher than Guangxi subjective forecasting, and the torrential rain forecast score of Guangxi subjective forecasting was better than that in ECMWF\_HR. (4) ECMWF\_HR did not accurately predict the westward and southward expansion of the subtropical high. The easterly and northerly forecast of subtropical high was the possible reason for the southward and weaker center of typhoon and jet center. (5) The water vapor flux and its divergence at 850 hPa predicted by ECMWF\_HR were basically consistent with the actual situation in terms of morphology, but the position was to the west and south, and the intensity was weak, which was related to the easterly position of the subtropical high and the westerly position of the weaker typhoon, what should be paid attention to in future operational forecasting.

**Key words:** Typhoon; Rammasun; Kalmaegi; wind and rain characteristics; forecast deviation