

陈国民, 杨梦琪, 张喜平, 等, 2022. 2020 年西北太平洋和南海台风预报精度评定[J]. 气象, 48(4): 516-525. Chen G M, Yang M Q, Zhang X P, et al, 2022. Verification on forecasts of typhoons over Western North Pacific and South China Sea in 2020[J]. Meteor Mon, 48(4): 516-525 (in Chinese).

2020 年西北太平洋和南海台风预报精度评定^{*}

陈国民^{1,2,3} 杨梦琪^{1,2} 张喜平^{1,2} 白莉娜^{1,2} 万日金^{1,2} 曹 庆⁴

1 中国气象局上海台风研究所, 上海 200030

2 中国气象局台风数值预报重点实验室, 上海 200030

3 温州台风监测预报技术重点实验室, 浙江温州 325000

4 上海海洋中心气象台, 上海 200030

提 要: 对 2020 年西北太平洋和南海海域 23 个编号台风的定位定强精度以及路径、强度、登陆点预报精度进行了评定。评定结果表明: 2020 年, 中央气象台的平均定位误差为 22.7 km, 平均定强误差为 $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 与 2019 年相比定位误差略偏大, 定强误差则略偏小。自 2013 年以来, 72 h 以内的主观和客观台风路径预报性能并没有实质性改进, 并且到了 2020 年, 路径预报误差极端偏大样本的误差平均值却仍能达到年平均误差的 2.3~3.0 倍。中央气象台在 72 h 以内的强度预报性能位居所有官方台风预报机构的前列。2020 年各预报方法较成功地预报出了热带风暴鹦鹉在广东阳江海陵岛的登陆点, 部分模式也精准预报出了强台风黑格比在浙江乐清以及强热带风暴浪卡在海南琼海的 24 h 登陆点。

关键词: 台风, 定位定强误差, 路径误差, 强度误差, 登陆点误差

中图分类号: P456

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2022.022101

Verification on Forecasts of Typhoons over Western North Pacific and South China Sea in 2020

CHEN Guomin^{1,2,3} YANG Mengqi^{1,2} ZHANG Xiping^{1,2} BAI Lina^{1,2} WAN Rijin^{1,2} CAO Qing⁴

1 Shanghai Typhoon Institute, CMA, Shanghai 200030

2 Key Laboratory of Typhoon Numerical Prediction, CMA, Shanghai 200030

3 Key Laboratory of Typhoon Observations and Forecasting, Zhejiang, Wenzhou 325000

4 Shanghai Marine Center Meteorological Observatory, Shanghai 200030

Abstract: Operational positioning and intensity estimation errors, track, intensity and landfall point forecast errors of 23 named typhoons over Western North Pacific and South China Sea in 2020 are evaluated in this paper. The verification results show that the total average positioning and intensity estimation errors of National Meteorological Centre (NMC), CMA, were 22.7 km and $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, respectively. Compared to the estimation in 2019, the value of positioning error was slightly larger than in 2019, but the intensity estimation error was a little bit smaller than in 2019. Since 2013, the overall track forecast performance within 72 h has not shown substantive improvement for both subjective and objective forecast methods. Moreover by 2020, the mean values of extreme large track error cases were still up to 2.3–3.0 times compared with their annual mean track errors, but the intensity forecast performance of NMC/CMA within 72 h was better than that of the other official typhoon forecast agencies. In 2020, the landfall point of tropical

^{*} 国家重点研发计划(2020YFE0201900)、上海市自然科学基金面上项目(20ZR1469700)和温州台风监测预报技术重点实验室项目共同资助

2022 年 1 月 12 日收稿; 2022 年 2 月 21 日收修定稿

第一作者: 陈国民, 从事台风预报精度分析技术研究. E-mail: chengm@typhoon.org.cn

Storm Nuri at Hailing Island, Yangjiang City, Guangdong Province was successfully predicted by all the official typhoon forecast agencies and some models also accurately forecasted in 24 h advance the Severe Typhoon Hagupit and Severe Tropical Storm Nangka's landfall points in Yueqing City, Zhejiang Province and Qionghai City, Hainan Province, respectively.

Key words: typhoon, positioning and intensity estimation error, track error, intensity error, landfall point error

引言

2020年西北太平洋和我国南海共有23个编号台风生成,较常年(1981—2010年的气候平均值为25.5个)偏少2.5个,生命史最大强度达到热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风级的台风数量分别为5、5、5、5和3个。2020年中央气象台在实时业务预报中发布共有5次台风登陆我国,分别为2002号热带风暴鹦鹉、2004号强台风黑格比、2006号台风米克拉、2007号台风海高斯和2016号强热带风暴浪卡。而第九届全国台风及海域气象专家工作组第三次会议通过了对2003号热带风暴森拉克路径修正的提议,新增“森拉克”在海南省万宁市的登陆点,登陆时间为2020年8月1日07:15。因此,在上海台风研究所整编的热带气旋年鉴中,2020年有6个编号台风在我国登陆,登陆台风数量较常年(1981—2010年气候平均值7.2个)偏少1.2个。

为了对西北太平洋和我国南海的台风预报结果进行预报性能分析,陈国民等(2012; 2013; 2015; 2017; 2018; 2019; 2021)、陈国民和曹庆(2014)每年会针对各类官方台风预报机构、确定性预报方法(包括全球模式、区域模式和统计方法)、集合预报系统发布的台风定位定强结果以及路径、强度、登陆点等预报结果,以中国气象局上海台风研究所整编的台风最佳路径数据(中国气象局热带气旋资料中心, <http://tcdata.typhoon.org.cn/index.html>; Ying et al, 2014)为基准进行预报精度评定。台风定位定强误差、路径、强度和登陆点预报误差的计算和统计标准均以2012年出版的《台风业务和服务规定》

(中国气象局, 2012)规定的台风分析和预报质量评定方法作为参考依据。本文对2020年西北太平洋和南海海域内23个编号台风的定位定强精度以及路径、强度、登陆点的预报效果进行评定和分析。

1 台风定位和定强精度

台风定位和定强是台风预报的基础,台风定位定强的精度不仅影响台风路径和强度预报,也会影响到台风大风、暴雨乃至风暴潮预报的准确性(钱传海等, 2012)。目前西北太平洋各主要官方台风预报机构(包括我国中央气象台、日本气象厅、美国联合台风警报中心、韩国气象厅、香港天文台等)主要依据Dvorak技术(Dvorak, 1975; 1984; 1995)来确定台风中心位置和强度(刘喆等, 2007)。表1是官方台风预报机构对2020年全部23个台风的定位和定强次数,及对应的定位和定强全年平均误差。五个官方台风预报机构的平均定位误差均超过了20 km,较2019年略偏大,其中平均定位误差最小的是中央气象台(22.7 km),较2019年的17.5 km偏大5.2 km;平均定强误差最小的是中央气象台($1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),略小于2019年的 $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2020年中央气象台业务定位误差超过100 km的样本集中出现在2011号强热带风暴红霞、2012号强热带风暴白海豚、2013号台风鲸鱼、2019号超强台风天鹅(图1a)。其中2020年11月1日20时至2日08时,“天鹅”穿过菲律宾进入到我国南海中东部海域时,强度逐渐减弱,路径略有北折,期间中央气象台连续3次的定位误差均超过了100 km。“鲸鱼”则是由于生成初期强度较弱、结构松散,给台

表1 2020年官方台风预报机构的平均定位和定强误差

Table 1 Mean positioning and intensity estimation errors of official typhoon forecast agencies in 2020

方法	中央气象台	日本气象厅	美国联合台风警报中心	韩国气象厅	香港天文台
定位定强次数	366	371	327	329	317
定位误差/km	22.7	26.0	25.0	24.3	23.1
定强误差/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	1.2	2.3	3.3	2.8	1.7

风业务定位带来了一定挑战,从而造成了较大的定位误差。导致“白海豚”停编之前的几次定位偏差较大的原因是它移动到日本南部海域后,受中高纬度较大垂直风切变的影响,台风低层中心被高层云系遮盖,影响了业务定位的准确性。“红霞”定位误差较大的原因是它临近登陆越南时,强度迅速减弱,中心难以判断,对业务定位造成了干扰。

上述定位误差较大的样本共同特征是台风强度较弱,且处于远海或邻国海域,业务定位工作仅能基于卫星资料,无法得到实时的地面观测或雷达资料做为参考。反观 2020 年近海和登陆我国的台风,在我国沿海高密度地面观测站资料和雷达资料的支撑下,定位误差基本都在 10 km 以下。

2020 年,中央气象台业务定强明显偏弱的样本集中出现在进入东海后的强台风黑格比、登陆前的台风米克拉、变性为温带气旋之前的台风鲸鱼和生成初期的超强台风天鹅,而对于“鹦鹉”和“海高斯”在登陆广东之前的几次业务定强则略偏强。

2 台风路径预报误差

2.1 确定性预报

2020 年,中央气象台、日本气象厅、美国联合台风警报中心、韩国气象厅和香港天文台五个官方台风预报机构的 24、48、72、96 和 120 h 平均路径预报误差和样本数信息列于表 2。2020 年,除韩国气象厅外,其余四个官方台风预报机构的 24 h 平均路径预报误差均小于 75 km。五个官方台风预报机构在 48、72、96 和 120 h 平均路径预报误差结果较为接近,误差区间分别在 117.4~131.3、174.0~185.5、217.4~232.3 和 286.0~297.6 km 范围内。

2020 年官方台风预报机构 72 h 以内的台风路

径预报性能整体较 2019 年略有提升(图 2a~2c),不过从图 2a~2c 中也可以看出官方台风预报机构的 24、48 和 72 h 路径预报误差自 2013 年起分别向下突破 100、150 和 250 km 整数关口,但从 2015 年开始整体的路径预报性能并没有显著改善。

表 3 给出的是 2020 年包括全球和区域模式在内的客观路径预报方法的 24、48、72、96 和 120 h 平均路径预报误差和样本数。从表 3 中可以看到,欧洲中期天气预报中心综合预报系统(European Centre for Medium-Range Weather Forecast-Integrated Forecast System, ECMWF-IFS)在各预报时效上的平均路径预报误差均小于其余全球模式。美国国家环境研究中心全球预报系统(National Centers for Environmental Prediction-Global Forecast System, NCEP-GFS)的台风路径预报综合性能则仅次于 ECMWF-IFS。

区域模式方面,24 h 和 48 h 平均路径误差最小的预报方法是上海台风模式,分别为 60.8 km 和 111.1 km;72 h 误差最小的则是广州数值,为 173.4 km。目前,仅 CMA-TYM(原 GRAPES-TYM)和 HWRF 这两个区域模式提供 72 h 以上的预报结果,其中 HWRF 的 96 h 和 120 h 路径预报误差分别达到 263.3 km 和 313.1 km,与全球模式的路径预报性能较为接近。

图 2d~2f 分别展示了全球和区域模多年来 24、48 和 72 h 平均路径预报误差演变趋势。从图 2d~2f 中可以发现,模式的路径预报性能在 2013 年之前每年都有较大幅度的改进,但 2013 年之后预报性能并没有实质性突破。由于模式结果是官方台风预报机构发布预报结果的重要参考,因此近几年来模式的路径预报整体性能停滞不前是导致官方台风预报机构路径预报水平没有显著提高的主要原因。

在官方台风预报机构、全球和区域模式的台风

表 2 2020 年官方台风预报机构不同预报时效的平均路径预报误差

Table 2 Average track errors with various lead times of official typhoon forecast agencies in 2020

方法名称	24 h		48 h		72 h		96 h		120 h	
	样本数/ 个	平均误差/ km	样本数/ 个	平均误差/ km	样本数/ 个	平均误差/ km	样本数/ 个	平均误差/ km	样本数/ 个	平均误差/ km
中央气象台	271	73.5	194	127.7	130	185.5	85	232.3	51	291.5
日本气象厅	288	74.2	210	122.9	148	182.0	94	231.0	55	292.4
美国联合台风警报中心	273	74.9	201	117.4	150	174.0	91	217.4	54	286.0
韩国气象厅	260	88.3	189	131.3	136	185.4	88	224.2	52	297.6
香港天文台	253	70.6	193	127.6	135	178.1	84	229.8	48	292.5

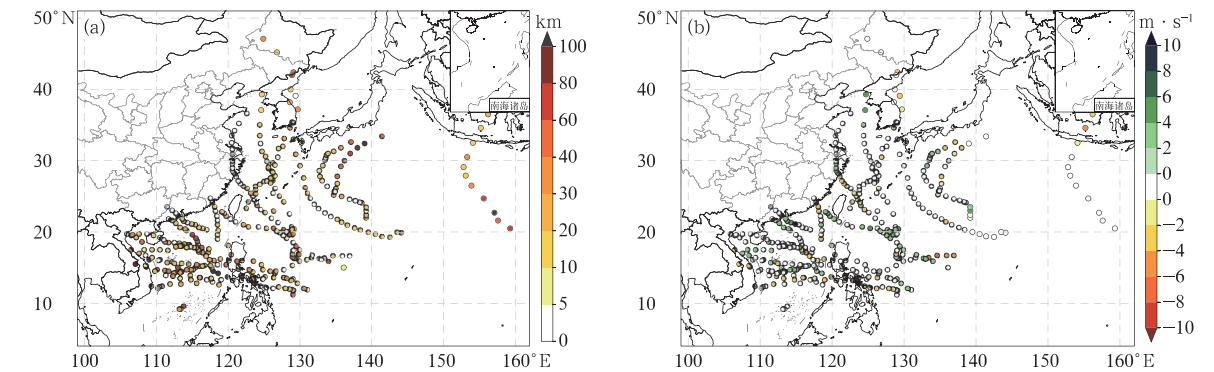


图 1 中央气象台对 2020 年 23 个台风的定位误差(a)和定强误差(b)分布
Fig.1 Distributions of positioning errors (a) and intensity estimation errors (b) of China National Meteorological Centre for 23 typhoons in 2020

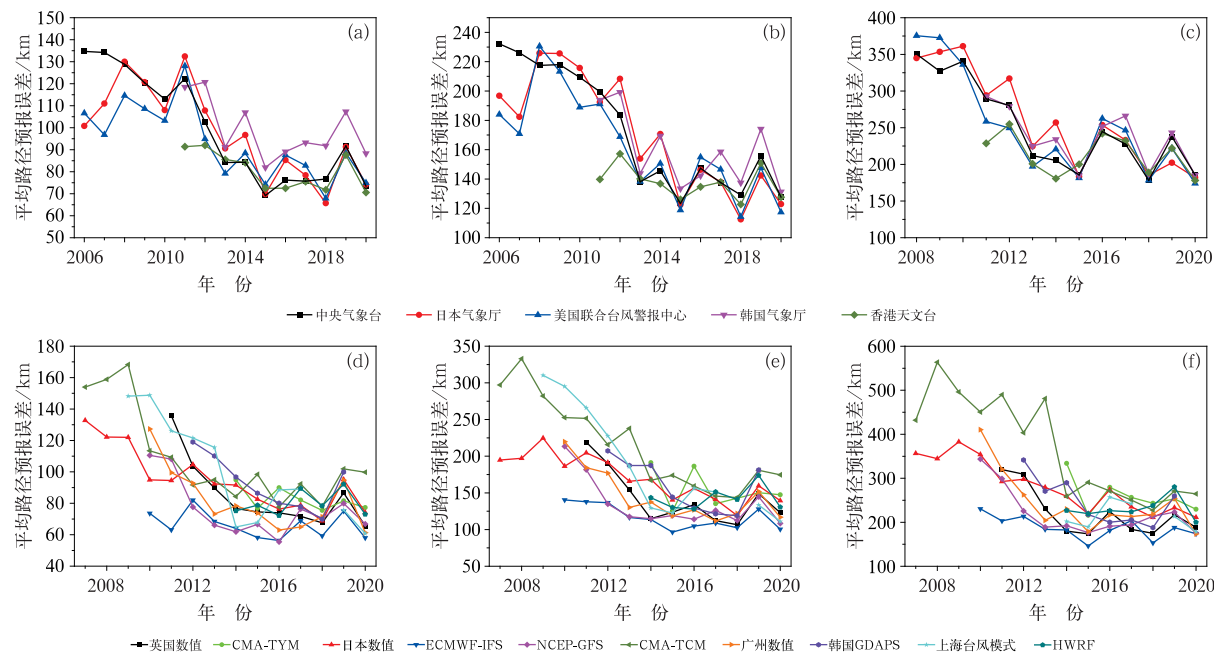


图 2 历年来 24 h(a,d)、48 h(b,e)和 72 h(c,f)台风路径预报误差趋势
(a,b,c)官方台风预报机构,(d,e,f)全球和区域模式

Fig. 2 Evolutions of historical typhoon track forecast errors in 24 h (a, d), 48 h (b, e) and 72 h (c, f) forecasts
(a, b, c) official typhoon forecast agencies, (d, e, f) global and regional models

表 3 2020 年客观预报方法不同时效的平均路径预报误差(单位:km)

Table 3 Average track errors at various lead times of objective forecast methods in 2020 (unit: km)

方法名称		12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	120 h
全球模式	NCEP-GFS	47.4(303)	66.8(266)	85.3(233)	108.4(205)	140.1(178)	175.4(157)	212.3(135)	256.8(112)	338.8(74)
	ECMWF-IFS	43.7(141)	58.0(120)	76.6(99)	100.4(80)	127.1(67)	174.0(52)	205.3(43)	234.4(30)	309.5(15)
	英国数值	46.1(157)	65.5(138)	88.4(119)	122.9(103)	153.3(88)	188.5(78)	230.4(68)	279.9(55)	359.8(32)
	日本数值	51.4(309)	74.1(272)	103.8(238)	139.5(208)	174.2(181)	211.3(154)	245.3(131)	281.9(106)	316.8(65)
区域模式	上海台风模式	46.2(148)	60.8(130)	85.9(115)	111.1(101)	145.9(84)	178.3(72)	/	/	/
	广州数值	46.1(150)	61.3(133)	80.8(114)	116.8(97)	135.4(86)	173.4(74)	/	/	/
	CMA-TYM	48.7(306)	77.3(269)	114.7(234)	147.5(203)	197.3(174)	229.6(143)	282.7(122)	336.1(97)	464.1(58)
	CMA-TCM	66.2(235)	99.8(211)	136.5(190)	174.6(168)	220.9(146)	264.6(126)	/	/	/
	HWRF	53.3(266)	73.0(233)	96.2(201)	130.6(174)	170.2(150)	199.9(129)	233.7(108)	263.3(89)	313.1(55)

注:“/”表示没有数据;括号内为样本数,单位:个。
Note:“/” represents no data, numbers in brackets are samples.

路径预报整体性能趋于平稳的大背景下,各预报方法每年仍然存在不少路径预报偏差较大的预报样本。若将各预报方法的路径预报误差排名前 10% 的样本定义为路径预报误差极端偏大样本,那么各预报方法的台风路径预报误差极端偏大样本的误差平均值普遍是其年平均路径误差的 2.3~3.0 倍(图 3)。香港天文台的 48 h 极端偏大样本平均值达到了年平均误差的 3.05 倍,而 ECMWF-IFS 的 72 h 极端偏大样本平均值更是达到了年平均误差的 3.34 倍。

2.2 集合预报

最近几年,随着集合预报系统的预报精度不断提高(Leonardo and Colle, 2017),集合路径和强度预报产品已广泛应用于台风业务预报和服务中。图 4 展示的是 2020 年欧洲中期天气预报中心集合预报系统(ECMWF-EPS)、日本气象厅全球集合预报系统(JMA-GEPS)、美国国家环境预报中心全球集合预报系统(NCEP-GEFS)、英国气象局集合预

报系统(UKMO-EPS)、加拿大气象局集合预报系统(MSC-CENS)以及上海台风研究所台风集合化预报系统(STI-TEDAPS)对于 23 个台风的集合平均路径预报误差(非同样本比较)。从图 4 中可以看到,国内外优秀的集合预报系统在 24、48、72、96 和 120 h 预报时效上的集合平均路径预报误差能控制在 80、130、200、300 和 400 km 以内。不过集合预报系统的路径预报性能两极分化比较严重,综合来看,2020 年 ECMWF-EPS 和 NCEP-GEFS 表现优异,而 JMA-GEPS 和 MSC-CENS 表现较差。通过对比各机构的集合预报系统集合平均路径预报误差与确定性预报模式路径预报误差后发现(表略),2020 年 ECMWF-EPS 的集合平均路径预报误差在 24、60、84 和 96 h 上比 ECMWF-IFS 确定性模式的路径预报误差要小;NCEP-GEFS 的集合平均路径预报误差在 24、36、60、72、84 和 96 h 上比 NCEP-GFS 确定性模式的路径预报误差要小;而 JMA 和 UKMO 两个机构的集合预报系统在各预报时效上的集合平均路径误差均比其确定性模式的路径误差要大。

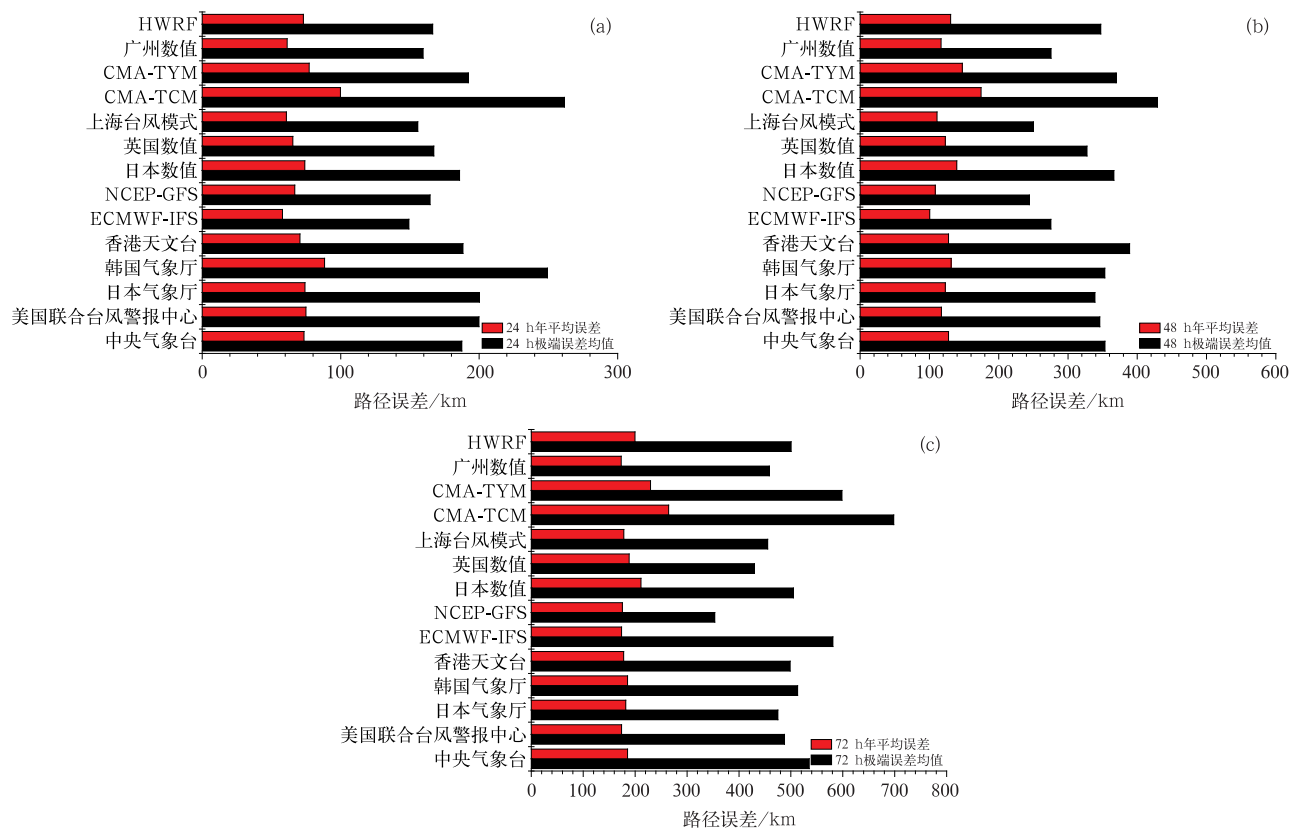


图 3 2020 年各预报方法 24 h(a)、48 h(b)和 72 h(c)路径预报全年平均误差和 10%极端误差样本的平均值

Fig. 3 The annual mean errors of typhoon track forecasts with 24 h (a), 48 h (b) and 72 h (c) lead times and the mean errors of 10% extreme track forecast samples by each forecast method in 2020

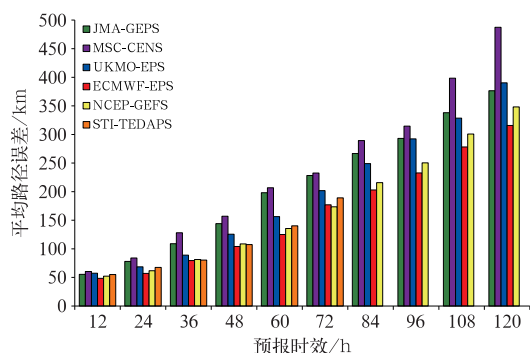


图4 2020年集合预报系统集合
平均路径预报误差

Fig. 4 Ensemble mean track forecast errors
of ensemble prediction systems in 2020

考量集合预报系统对于台风的路径预报能力除了使用路径预报误差这一指标外,分析集合离散度也是检验集合预报系统路径预报性能的重要指标。基于传统集合路径预报误差和集合离散度散点图,

陈国民等(2018;2021)引入双向分位图进一步分析了集合预报系统中的台风路径预报集合离散度和路径预报误差分布特征。在集合路径预报集合离散度和路径预报误差双向分位分析图中,当集合离散度大于集合路径预报误差时,一般认为集合预报系统高估了台风路径预报的不确定性,反之亦然。

图5展示的是2020年6个集合预报系统不同预报时效的台风路径预报集合离散度和路径预报误差双向分位分析结果。6个集合预报系统对于2020年台风的路径预报主要特征表现如下:首先是以ECMWF-EPS(图5a)、JMA-GEPS(图5b)和MSC-CENS(图5e)为代表的集合预报系统,随着预报时效的增加,其集合离散度的中位数值会逐渐大于集合路径预报误差中位数值,这意味着ECMWF-EPS、JMA-GEPS和MSC-CENS高估了2020年台风的路径预报不确定性;其次是STI-TEDAPS(图5f),虽然该集合预报系统最大的预报时效仅为72h,但随着预报时效的增加,集合离散度的中位数

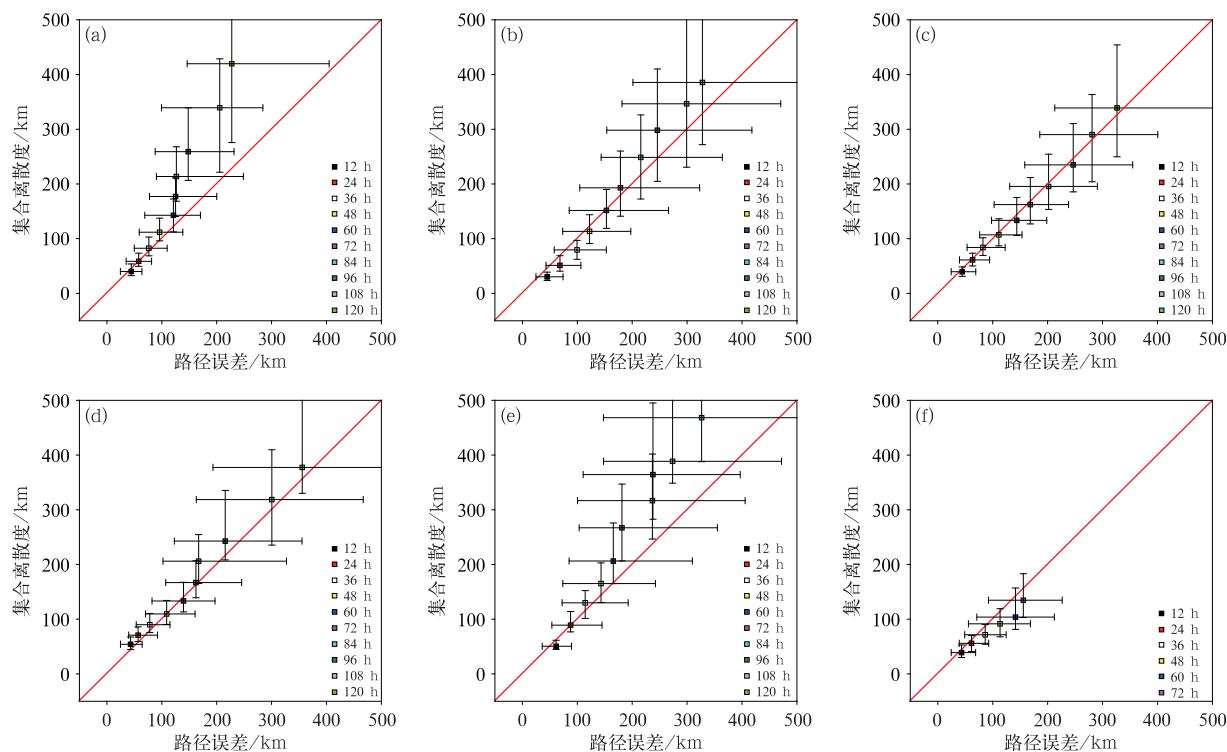


图5 2020年集合预报系统台风路径预报集合离散度和路径预报误差双向分位分析

(a)ECMWF-EPS, (b)JMA-GEPS, (c)NCEP-GEFS, (d)UKMO-EPS,
(e)MSC-CENS, (f)STI-TEDAPS

Fig. 5 Bi-direction quantile analysis chart between typhoon track forecast ensemble spread
and position error for ensemble prediction systems in 2020

(a)ECMWF-EPS, (b) JMA-GEPS, (c) NCEP-GEFS, (d) UKMO-EPS,
(e) MSC-CENS, (f) STI-TEDAPS

值会逐渐小于集合路径预报误差中位数值,表明 STI-TEDAPS 低估了 2020 年台风的路径预报不确定性;最后对于 NCEP-GEFS(图 5c)和 UKMO-EPS(图 5d)这两个集合预报系统而言,它们的集合离散度和集合路径预报误差的中位数值基本相当。

3 台风强度预报误差

2020 年各官方台风预报机构的主观预报方法强度(指近台风中心地面最大风速,下同)预报的平均绝对误差、平均均方根误差及样本数列于表 4。在计算强度预报误差之前,各官方台风预报机构的近台风中心地面最大风速预报数值,已按照世界气象组织发布的台风条件下风速转换系数(Harper et al, 2010),转换成了与上海台风研究所的西北太平洋台风最佳路径制定标准相同的 2 min 平均风速。

2020 年官方台风预报机构的 24 h 强度预报平均绝对误差差别较小,误差范围在 $4.5 \sim 4.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;48~120 h 强度预报平均绝对误差出现明显的分化,48、72、96 和 120 h 强度预报平均绝对误差最大与最小的机构之间的差值分别达到 1.1、2.3、2.5 和 $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。2020 年,中央气象台对于 72 h 以内的台风强度预报性能位列五个官方台风预报机构

第一位或并列第一位,对于 96 h 和 120 h 长时效的强度预报性能也高于五个机构的平均强度预测水准。

表 5 是 2020 年客观预报方法(全球和区域模式)强度预报的误差评定结果。从整体上看,区域模式的强度预报性能要略优于全球模式,不过 NCEP-GEFS 却是 24、60、72、84 和 96 h 的强度平均绝对误差最小的客观预报方法,其余预报时效上 NCEP-GEFS 的强度预报平均绝对误差也与优秀的强度预报模式接近或持平。

进一步分析近 10 年来台风强度预报年平均误差趋势,可以看到官方台风预报机构自 2011 年以来的 24 h 台风强度预报性能没有明显改进(图 6a),48 h 和 72 h 的强度预报误差在 2017 年有了小幅度减小,并在此后三年一直维持着与 2017 年相当的预报性能(图 6b 和 6c)。全球和区域模式近年来的台风强度预报性能则呈现出稳步提升的态势(图 6d~6f)。

不过,目前无论是官方台风预报机构的主观预报还是各类模式的客观预报,每年都会出现大量强度预报极端偏弱或偏强的样本。从统计结果看,2020 年各类预报方法的 24 h 和 48 h 台风强度预报结果中,极端偏弱的程度远大于极端偏强的程度,而 72 h 极端偏弱和偏强的程度则相当(图 7)。这表明,各预报方法容易低估未来 48 h 以内的台风强

表 4 2020 年官方台风预报机构不同预报时效的强度平均绝对误差

Table 4 Average intensity absolute errors of official typhoon forecast agencies in 2020

方法名称	24 h			48 h			72 h			96 h			120 h		
	平均绝对 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	平均均方根 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	样本数 /个	平均绝对 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	平均均方根 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	样本数 /个	平均绝对 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	平均均方根 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	样本数 /个	平均绝对 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	平均均方根 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	样本数 /个	平均绝对 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	平均均方根 误差/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	样本数 /个
中央气象台	4.5	6.4	271	5.4	7.4	194	5.1	6.8	130	6.1	7.5	85	5.9	7.9	51
日本气象厅	4.5	6.9	267	5.4	8.0	187	5.6	7.6	134	5.9	7.2	84	5.7	8.2	45
美国联合台风警报中心	4.9	6.6	273	6.5	8.3	201	7.4	9.1	150	8.4	10	91	8.2	9.3	54
韩国气象厅	4.7	7.2	260	6.0	8.6	189	5.7	7.7	136	6.0	7.7	88	5.1	6.4	52
香港天文台	4.7	6.8	246	6.2	8.6	180	6.6	8.0	125	7.2	8.8	78	6.9	8.4	42

表 5 2020 年客观预报方法不同预报时效的强度平均绝对误差(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;括号内为样本数,单位:个)

Table 5 Average intensity absolute errors with various lead times by objective forecast methods in 2020

(unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, numbers in brackets are samples)

方法名称	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	120 h
全球模式	NCEP-GEFS	4.1(303)	4.7(266)	5.1(233)	5.2(205)	5.2(175)	5.4(157)	5.3(135)	5.2(112)
	ECMWF-IFS	6.5(141)	6.7(120)	7.4(99)	8.0(80)	7.6(67)	6.9(52)	6.9(43)	7.8(30)
	英国数值	5.3(157)	6.1(138)	7.4(119)	8.0(103)	8.5(88)	8.8(78)	8.8(68)	8.7(55)
	日本数值	4.1(309)	6.0(272)	7.3(238)	8.4(208)	8.9(181)	9.0(154)	9.4(131)	9.3(106)
区域模式	上海台风模式	5.6(148)	5.8(130)	5.9(115)	5.8(101)	6.1(84)	5.7(72)	/	/
	广州数值	4.0(150)	5.2(133)	6.5(114)	6.3(97)	6.9(86)	6.7(74)	/	/
	CMA-TYM	4.4(306)	5.2(269)	5.1(234)	5.2(203)	5.9(174)	6.6(143)	7.3(122)	7.5(97)
	CMA-TCM	4.2(233)	5.7(209)	6.3(188)	6.6(166)	6.9(144)	7.5(124)	/	/
	HWRF	3.9(266)	4.8(233)	5.1(201)	5.2(174)	5.6(150)	5.8(129)	6.0(108)	6.1(89)

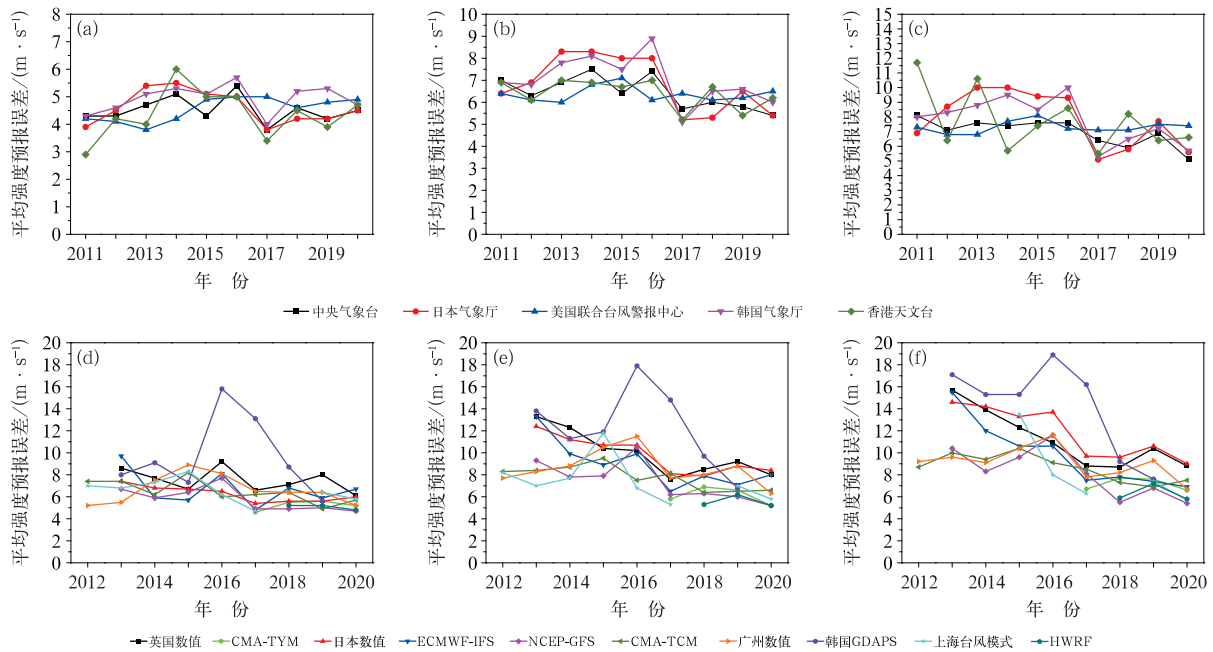


图6 历年24 h(a,d)、48 h(b,e)和72 h(c,f)台风强度预报误差趋势
(a,b,c)官方主观台风预报方法,(d,e,f)全球和区域模式

Fig. 6 Evolutions of typhoon intensity forecast errors in 24 h (a, d), 48 h (b, e) and 72 h (c, f) forecasts
(a, b, c) official typhoon forecast agencies, (d, e, f) global and regional models

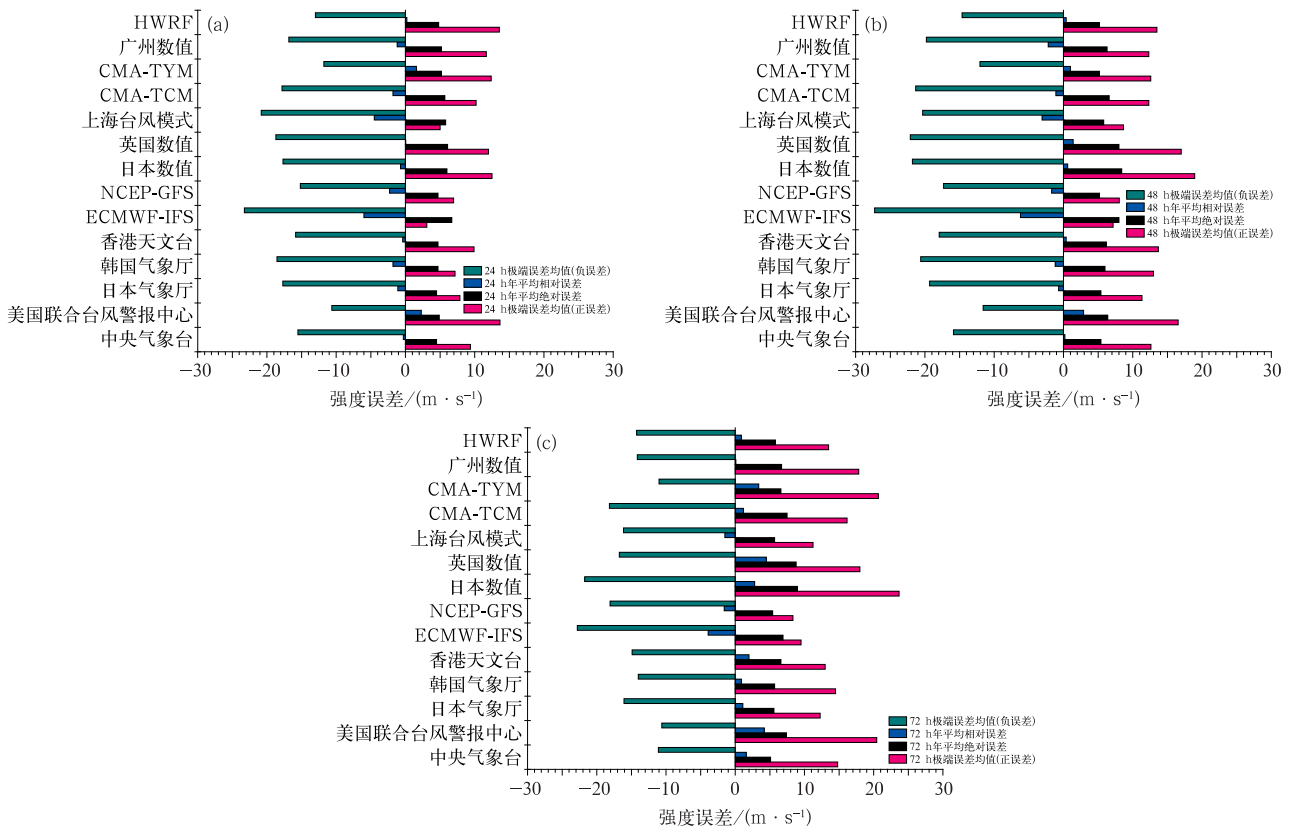


图7 2020年各预报方法24 h(a)、48 h(b)和72 h(c)强度预报全年平均相对误差、
平均绝对误差和10%极端正(负)误差样本平均值

Fig. 7 The annual mean relative errors and absolute errors of typhoon intensity forecasts with
24 h (a), 48 h (b) and 72 h (c) lead times and the mean errors of 10% positive (negative)
extreme intensity forecast samples by each forecast method in 2020

度,特别是台风处于快速增强阶段时,各预报方法往往会出现重大的强度预报负偏差,即会严重低估台风的强度。

4 台风登陆点预报误差

表 6 给出的是官方台风预报机构在台风登陆前 24 h 内发布的路径预报连线与海岸线交叉点相对于台风实际登陆点之间的误差。2020 年,各官方台风预报机构对热带风暴鹦鹉在广东阳江海陵岛的 24 h 登陆点的整体预报效果是最优的,其中中央气象台 24 h 登陆误差仅为 11 km,而误差最大的美国

联合台风警报中心,也仅为 45.6 km。相较而言,各官方台风预报机构对于台风海高斯在广东珠海的登陆点预报效果较差,24 h 登陆点误差均在 100 km 以上,韩国气象厅的误差达到了 201.8 km。

对于全球和区域模式而言,24 h 登陆点预报误差最小的也是热带风暴鹦鹉在广东阳江海陵岛的登陆点(表 7)。此外,除 CMA-TCM(原 GRAPES-TCM)外的其他模式能精准预报出强台风黑格比在浙江乐清和强热带风暴浪卡在海南琼海的登陆点,其中 ECMWF-IFS、广州数值和 HWRF 对黑格比的 24 h 登陆点预报误差仅为 0 km,英国数值和 HWRF 对浪卡的 24 h 登陆点预报误差也为 0 km。

表 6 2020 年官方台风预报机构 24 h 登陆点预报误差(单位:km)

台风名 (登陆点)	鹦鹉 (广东阳江海陵岛)	森拉克 (海南万宁)	黑格比 (浙江乐清)	米克拉 (福建漳浦)	海高斯 (广东珠海)	浪卡 (海南琼海)
中央气象台	11.0	93.6	33.6	129.7	138.4	44.0
香港天文台	17.0	28.7	21.4	#	*	35.5
日本气象厅	18.1	*	4.4	#	146.2	48.6
美国联合台风 警报中心	45.6	*	41.3	99.3	119.5	39.1
韩国气象厅	33.1	67.1	76.8	88.0	201.8	75.0

注: * 表示台风登陆前 24 h 该方法没有预报数据, # 表示该方法没有预报出登陆点,下同。

Note: * represents no data before typhoon landing in 24 h advance, # represents the method which can not predict the landfall point, the same as below.

表 7 2020 年客观预报方法 24 h 登陆点预报误差(单位:km)

台风名 (登陆点)	鹦鹉 (广东阳江海陵岛)	森拉克 (海南万宁)	黑格比 (浙江乐清)	米克拉 (福建漳浦)	海高斯 (广东珠海)	浪卡 (海南琼海)
ECMWF-IFS	3.1	*	0.0	65.9	3.1	29.2
日本数值	4.4	61.9	34.4	#	36.5	74.9
NCEP-GFS	40.9	*	27.6	78.0	128.0	69.6
英国数值	*	*	55.3	#	40.6	0.0
广州数值	15.4	*	0.0	66.1	*	18.3
CMA-TYM	9.6	86.3	12.4	76.3	89.7	87.1
CMA-TCM	45.8	182.3	111.4	89.9	96.7	113.1
上海台风模式	67.5	*	6.6	*	36.2	29.6
HWRF	45.7	*	0.0	118.0	87.3	0.0

5 结 论

本文对 2020 年西北太平洋及我国南海海域台风定位定强精度及路径、强度和登陆点预报精度进行了评定,主要结论如下。

(1)中央气象台对 23 个台风的平均定位误差为 22.7 km,略小于日本气象厅、美国联合台风警报中心、香港天文台和韩国气象厅,但同比 2019 年的

17.5 km,则偏大了 5.2 km;而其平均定强误差为 $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,定强性能略优于 2019 年的 $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(2)自 2015 年以来,无论是官方台风预报机构还是各类全球或区域模式对于 72 h 以内的台风路径预报性能并没有实质性的改进,且各预报方法每年都会出现不少路径预报误差极端偏大的样本,这些样本的误差平均值基本达到了年平均误差的 2.3 ~ 3.0 倍。

(3)2020 年 ECMWF-EPS、MSC-CENS 和 JMA-

GEPS三个集合预报系统随着预报时效的增长,会逐渐高估台风路径预报的不确定性;而STI-TEDAPS则会低估台风路径预报的不确定性;NCEP-GEFS和UKMO-EPS的集合离散度和集合路径预报误差的中位数值则基本相当。

(4)官方台风预报机构的24 h强度预报平均绝对误差差别较小,误差范围区间在 $4.5\sim 4.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;48、72、96和120 h强度预报平均绝对误差最大与最小的机构之间的差值分别达到1.1、2.3、2.5和 $3.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。中央气象台对于72 h以内的短时效强度预报性能位居所有官方台风预报机构的前列。

(5)各官方台风预报机构和模式,能提前24 h准确地预报出热带风暴鹦鹉在广东阳江海陵岛的登陆点。此外,ECMWF-IFS、广州数值和HWRF对强台风黑格比在浙江乐清的24 h登陆点预报误差仅为0 km,英国数值和HWRF对强热带风暴浪卡在海南琼海的24 h登陆点预报误差也为0 km,体现出了良好的登陆点预报性能。

参考文献

- 陈国民,白莉娜,万日金,2017. 2015年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,43(4):501-507. Chen G M, Bai L N, Wan R J, 2017. Verification on forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific in 2015[J]. Meteor Mon, 43(4):501-507 (in Chinese).
- 陈国民,曹庆,2014. 2013年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,40(12):1549-1557. Chen G M, Cao Q, 2014. Verification on forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific in 2013[J]. Meteor Mon, 40(12):1549-1557 (in Chinese).
- 陈国民,曹庆,白莉娜,2015. 2014年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,41(12):1554-1561. Chen G M, Cao Q, Bai L N, 2015. Verification on forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific in 2014[J]. Meteor Mon, 41(12):1554-1561 (in Chinese).
- 陈国民,汤杰,曾智华,2012. 2011年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,38(10):1238-1246. Chen G M, Tang J, Zeng Z H, 2012. Error analysis on the forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific in 2011[J]. Meteor Mon, 38(10):1238-1246 (in Chinese).
- 陈国民,余晖,曹庆,2013. 2012年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,39(10):1350-1358. Chen G M, Yu H, Cao Q, 2013. Verification on forecasts of tropical cyclones over North-west Pacific in 2012[J]. Meteor Mon, 39(10):1350-1358 (in Chinese).
- 陈国民,张喜平,白莉娜,等,2018. 2016年西北太平洋和南海热带气旋预报精度评定[J]. 气象,44(4):582-589. Chen G M, Zhang X P, Bai L N, et al, 2018. Verification on forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific in 2016[J]. Meteor Mon, 44(4):582-589 (in Chinese).
- 陈国民,张喜平,白莉娜,等,2019. 2017年西北太平洋和南海热带气旋预报精度评定[J]. 气象,45(4):577-586. Chen G M, Zhang X P, Bai L N, et al, 2019. Verification on forecasts of tropical cyclones over Western North Pacific and South China Sea in 2017[J]. Meteor Mon, 45(4):577-586 (in Chinese).
- 陈国民,张喜平,杨梦琪,等,2021. 2019年西北太平洋和南海台风预报精度评定[J]. 气象,47(10):1266-1276. Chen G M, Zhang X P, Yang M Q, et al, 2021. Verification on forecasts of typhoons over Western North Pacific and South China Sea in 2019[J]. Meteor Mon, 47(10):1266-1276 (in Chinese).
- 刘喆,王新,李万彪,等,2007. Dvorak技术估测热带气旋强度研究进展[J]. 气象科技,35(4):453-457. Liu Z, Wang X, Li W B, et al, 2007. Progresses in estimation of tropical cyclone intensity with Dvorak technique[J]. Meteor Sci Technol, 35(4):453-457 (in Chinese).
- 钱传海,端义宏,麻素红,等,2012. 我国台风业务现状及其关键技术[J]. 气象科技进展,2(5):36-43. Qian C H, Duan Y H, Ma S H, et al, 2012. The current status and future development of China operational typhoon forecasting and its key technologies[J]. Adv Meteor Sci Technol, 2(5):36-43 (in Chinese).
- 中国气象局,2012. 台风业务和服务规定:第四次修订版[M]. 北京:气象出版社:38-41. China Meteorological Administration, 2012. Regulations on Typhoon Operations and Services[M]. Forth Revision. Beijing: China Meteorological Press: 38-41 (in Chinese).
- Dvorak V F, 1975. Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery[J]. Mon Wea Rev, 103(5):420-430.
- Dvorak V F, 1984. Tropical cyclone intensity analysis using satellite data[R]. NOAA Technical Report NESDIS 11:45.
- Dvorak V F, 1995. Tropical Clouds and Cloud Systems Observed in Satellite Imagery: Tropical Cyclones[M]. Workbook Vol. 2: 359.
- Harper B A, Kepert J D, Ginger J D, 2010. Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions[R]. World Meteorological Organization, TCP Sub-Project Report, WMO/TD-No. 1555.
- Leonardo N M, Colle B A, 2017. Verification of multimodel ensemble forecasts of North Atlantic tropical cyclones[J]. Wea Forecasting, 32(6):2083-2101.
- Ying M, Zhang W, Yu H, et al, 2014. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database[J]. J Atmos Oceanic Technol, 31(2):287-301.

(本文责编:何晓欢)