

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).

2017年西北太平洋和南海热带气旋预报精度评定*

陈国民 张喜平 白莉娜 万日金

中国气象局上海台风研究所,上海 200030

提 要:以中国气象局上海台风研究所整编的最佳路径数据集为依据,对2017年西北太平洋和南海海域热带气旋定位精度及路径、强度和登陆点预报精度进行了评定。评定结果表明:2017年定位总平均误差为26.7 km,比2016年略偏大。无论是主观预报还是客观预报方法,近两年在72 h以内的路径预报整体水平并没有超越2015年。2017年,中央气象台除了对台风纳沙在台湾宜兰的24 h登陆点预报较差外,其余台风的24 h登陆点预报误差基本在65 km以下。采用不同机构的最佳路径或实时定位定强数据作为参考会对精度评定的结果产生较大影响。

关键词:热带气旋,定位误差,路径误差,强度误差

中图分类号: P456

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2019.04.012

Verification on Forecasts of Tropical Cyclones over Western North Pacific and South China Sea in 2017

CHEN Guomin ZHANG Xiping BAI Lina WAN Rijin

Shanghai Typhoon Institute, CMA, Shanghai 200030

Abstract: Operational positioning, track, intensity and landfall point forecast errors of tropical cyclones (TCs) over Western North Pacific and South China Sea in 2017 were evaluated on the base of CMA/STI's best track dataset. The results show that the performance of TC positioning in 2017 was a little larger than in 2016, with an average error by all methods was 26.7 km. The overall track forecast accuracies within 72 h were not better than in 2015 in recent two years for both subjective and objective methods. Landfall prediction errors for the 24 h landfall point predictions of CMA were mainly less than 65 km, except for the landfall point of "Nesat" at Yilan Taiwan Province. The evaluation results could be strongly influenced by adopting different best tracks or operational real-time observed dataset from different official agencies.

Key words: tropical cyclone (TC), positioning error, track error, intensity error

引 言

2017年西北太平洋和南海海域共生成28个热带气旋(Tropical Cyclone, TC),较常年(1981—2010年气候平均值25.5个)略偏多,其中热带风暴

11个,强热带风暴5个,台风4个,强台风4个,超强台风4个。28个TC中,共有9个登陆我国,其中登陆华南7个,登陆华东2个。

随着我国社会经济不断发展,社会各界对TC路径、强度和登陆点的预报精度需求也随之不断提升。目前,一线台风预报业务人员能获取的关于

* 国家自然科学基金项目(41575108和41405060)及江苏省高校研究生科技创新项目(No. KYZZ16_0932)共同资助

2018年5月12日收稿; 2019年1月16日收修定稿

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

TC 路径和强度预报方法也越来越多,这些方法不乏国内外各官方台风预报机构和我国沿海部分省(区、市)气象台发布的主观预报方法,以及国内外各大业务和科研机构的全球、区域模式和统计预报方法,同时还包括近期发展较为迅猛的集合预报系统。但是,由于各类预报方法在技术水平、预报特点上存在一定的差异,它们对于 TC 路径、强度和登陆点的预报精度也存在着较大差距。中国气象局上海台风研究所长期以来负责从事西北太平洋及我国南海海域 TC 预报精度评定工作,同时一直致力于 TC 预报精度评定技术的开发。近期,上海台风研究所将 TC 预报精度评定工作的关注点从早前关注预报方法预报结果的优劣比较逐渐扩展到预报方法的特点分析。如 Chen et al(2013)分析了各 TC 路径预报方法的系统性偏差,以及用“路径误差玫瑰”图分析了 TC 预报方法在各预报时效中相对于 TC 中心不同方位角上预报误差的分布。Yu et al(2013)研发了一个新的 TC 路径预报评定指标用于分析预报路径与观测路径之间的相似程度,同时也分析了不同 TC 类型(TC 大小、移动方向等)和环境条件(海温、环境气压)下,各预报方法预报误差的分布特征。对于各预报方法预报特性的分析,有助于业务预报人员了解不同的预报方法在各类特定环境下对 TC 路径强度预报的能力,同时也为科研人员改进预报方法提供一定的参考。

本文参照最新出版的《台风业务和服务规定》(中国气象局,2012)所列举的 TC 预报精度评估方法对 2017 年西北太平洋及我国南海海域 TC 定位

精度和路径、强度及登陆点的预报精度进行评定,同时对部分预报方法的预报特点进行分析。

1 最佳路径资料和参评方法

与之前的精度评定工作(陈国民等,2012;2013;2015;2017;2018;陈国民和曹庆,2014;汤杰等,2011;占瑞芬等,2010)类似,本文使用中国气象局上海台风研究所整编的 TC 最佳路径数据(中国台风网*)作为精度评定的主要参考依据。此外,本文也将利用世界气象组织区域专业气象中心(Regional Specialized Meteorological Center, RSMC)——东京台风中心(RSMC-Tokyo)整编的最佳路径资料以及美国联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC)、香港天文台、韩国气象厅发布的实时定位和定强数据来分析参考不同的最佳路径或定位定强数据对评定结果的影响。需要指出的是,如无特别说明,本文的精度评定结果仅以上海台风研究所整编的最佳路径为参考依据。

参加本文精度评定的有 7 个定位方法、12 个主观预报方法和 16 个客观预报方法的确定性路径预报(含登陆点预报)性能,8 个主观预报方法和 15 个客观预报方法的确定性强度(近中心最大风速)预报性能及 6 个集合预报系统的集合路径预报性能。

2 TC 定位精度

表 1 是以上海台风研究所整编的 TC 最佳路径

表 1 2017 年 TC 定位误差

Table 1 Mean TC positioning errors in 2017

方法	中央气象台	日本气象厅	JTWC	韩国气象厅	香港天文台	北京卫星	日本卫星	平均
定位次数/次	462	527	472	476	379	415	709	/
误差/km	20.4	32.0	31.4	30.0	25.0	23.8	24.2	26.7

数据作为参考计算得到的 2017 年中央气象台、日本气象厅、JTWC、香港天文台和韩国气象厅 5 个官方实时台风定位机构以及北京卫星、日本卫星实时定位方法的全年平均定位误差。结果表明,7 种定位方法的总平均定位误差为 26.7 km,相比 2016 年的 24.8 km 略高。其中,定位误差最小的是中央气象台,为 20.4 km。

3 TC 路径预报误差

3.1 确定性方法路径预报误差

2017 年各主观预报方法 24、48、72、96 和 120 h 预报的 TC 路径预报误差信息列于表 2。横向比较

* http://tcdata.typhoon.gov.cn/zjljsjj_zlhq.html; Ying et al, 2014

中央气象台、日本气象厅、JTWC、香港天文台和韩国气象厅 5 个官方台风预报机构的路径预报误差可以发现,24、96 和 120 h 平均路径预报误差最小的机构为香港天文台,分别为 75.5、299.6 和 381.0 km,48 和 72 h 平均路径误差最小的机构为中央气象台,分别为 137.6 和 227.6 km。进一步通过同样本比较后发现,中央气象台 24 h 路径误差(表略)比日本气象厅、JTWC、香港天文台和韩国气象厅分别小 2.1 km(354 个样本)、7.9 km(333 个样本)、0.1 km(213 个样本)和 15.9 km(345 个样本);中央气象台 48 h 路径预报误差比日本气象厅、JTWC 和韩国气象厅分别小 0.5 km(259 个样本)、10.1 km(250 个样本)和 12.6 km(257 个样本),但比香港天文台大 5.7 km(139 个样本);72 h 同样本路径预报对比检验结果也表明中央气象台要优于日本气象厅、JTWC 和韩国气象厅,但略差于香港天文

台。纵向比较官方台风预报机构各自在近年来的 24、48 和 72 h 台风路径预报性能可以发现,对于香港天文台和韩国气象厅这 2 个官方台风预报机构的 48 h 预报而言,继 2016 年较 2015 年预报效果略有下降后(陈国民等,2018),2017 年预报性能再度下降(图 1),而 72 h 及以上路径预报性能虽较 2016 年有所改善,但整体上仍远逊于 2015 年。不过,中美日 3 个官方台风预报机构 2017 年的路径预报性能均有所改善。

表 3 列出的是 2017 年各客观预报方法(包括全球模式、区域模式和其他客观方法)路径预报平均误差信息。美国国家大气环境研究中心全球预报系统(National Centers for Environmental Prediction-Global Forecast System, NCEP-GFS)、欧洲中期天气预报中心综合预报系统(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts-Integrated Forecast

表 2 2017 年主观路径预报方法平均路径误差

Table 2 Average errors of subjective track forecast in 2017

方法名称	预报时效/h									
	24		48		72		96		120	
	样本数 /个	平均误差 /km								
中央气象台	359	75.7	270	137.6	194	227.6	144	337.6	104	479.6
日本气象厅	368	78.4	264	137.9	194	233.1	145	323.5	115	436.7
JTWC	359	82.8	269	146.6	193	246.5	142	338.5	104	399.5
韩国气象厅	368	93.2	274	158.6	199	266.2	143	334.6	104	411.1
香港天文台	217	75.5	140	137.9	87	231.9	52	299.6	34	381.0
广东主观	43	85.3	24	167.3	/	/	/	/	/	/
上海主观	355	77.3	263	144.2	191	250.3	/	/	/	/
浙江主观	6	73.8	3	160.5	1	173.0	1	300.5	/	/
福建主观	36	89.5	20	149.1	11	206.5	/	/	/	/
广西主观	20	81.7	9	115.8	/	/	/	/	/	/
海南主观	48	87.1	30	117.4	12	213.6	/	/	/	/

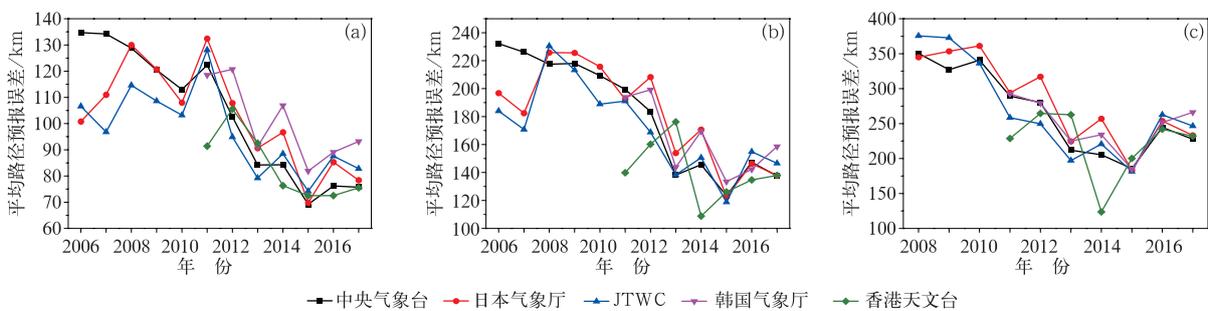


图 1 中央气象台、日本气象厅、JTWC、韩国气象厅和香港天文台近年来 24 h(a)、48 h(b)和 72 h(c)平均路径预报误差趋势

Fig. 1 The 24 h (a), 48 h (b), 72 h (c) TC track forecast error evolution by CMA, JMA, JTWC, KMA and HKO

System, ECMWF-IFS)、英国数值、日本数值、T639、韩国全球资料同化和预报系统(Global Data Assimilation and Prediction System, 以下简称韩国 GDAPS)这 6 个全球模式 24、48、72、96 和 120 h 总的平均路径误差分别为 76.1 km(1404 个样本)、132.3 km(1085 个样本)、222.7 km(797 个样本)、384.8 km(439 个样本)和 563.5 km(339 个样本)。全球模式的路径预报性能两极分化现象较为严重,以 ECMWF-IFS、NCEP-GFS 和英国数值为代表的全球模式相较于其他 3 个全球模式的优势较大。全球和区域资料同化及预报系统-台风模式(Global and Regional Assimilation and Prediction System-Typhoon Model, GRAPES-TYM)、全球和区域资料同化及预报系统-热带气旋模式(Global and Regional Assimilation and Prediction

System-Tropical Cyclone Model, GRAPES-TCM)、中国气象科学研究院台风区域资料同化和预报系统(Typhoon Regional Assimilation and Prediction System, T-RAPS)、广州数值、澳大利亚数值和上海台风模式这 6 个区域模式 24、48 和 72 h 总的平均路径误差分别为 83.3 km(1425 个样本)、139.5 km(1062 个样本)和 246.7 km(751 个样本)。图 2 展示的是部分全球和区域模式近年来 24、48 和 72 h 平均路径预报误差趋势,从图中可以看出,2012 年以来,模式的 24、48 和 72 h 路径预报误差分别基本低于 100、200 和 300 km 整数关口。不过与主观预报类似,近两年无论是全球模式还是区域模式对于 72 h 以内的台风路径预报性能并没有实质性的改进。

在统计预报方法中,广西遗传神经、台风所模式集成和福建优选概率权重法在 2017 年均有稳定的

表 3 同表 2, 但为客观路径预报方法

Table 3 Same as Table 2, but for objective track forecast

方法名称	预报时效/h										
	24		48		72		96		120		
	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	
全球模式	NCEP-GFS	194	71.9	143	122.0	101	194.7	74	260.5	58	347.1
	ECMWF-IFS	172	62.3	128	107.0	94	204.1	71	295.5	54	387.8
	英国数值	181	68.7	145	111.1	105	186.6	79	290.3	59	374.3
	日本数值	374	77.2	288	139.9	210	237.6	/	/	/	/
	T639	301	98.7	243	192.2	183	307.9	138	450.6	109	657.9
	韩国 GDAPS	182	77.9	138	121.5	104	205.2	77	627	59	1050.2
区域模式	澳大利亚数值	176	85.7	128	154.6	90	285.1	/	/	/	/
	广州数值	293	68.5	211	115.6	152	220.8	/	/	/	/
	气科院 T-RAPS	170	84.7	133	129.3	96	211.6	/	/	/	/
	上海台风模式	253	89.1	198	151.0	146	242.0	/	/	/	/
	GRAPES-TYM	280	82.1	205	135.3	137	256.5	96	495.8	66	823.0
	GRAPES-TCM	253	89.4	187	151.2	130	263.9	/	/	/	/
	台风所模式集成	335	65.7	260	107.5	189	180.3	/	/	/	/
	其他客观方法	福建优选概率权重	106	78.5	79	129.5	55	230.8	/	/	/
广西遗传神经	197	81.0	142	156.9	101	260.0	/	/	/	/	

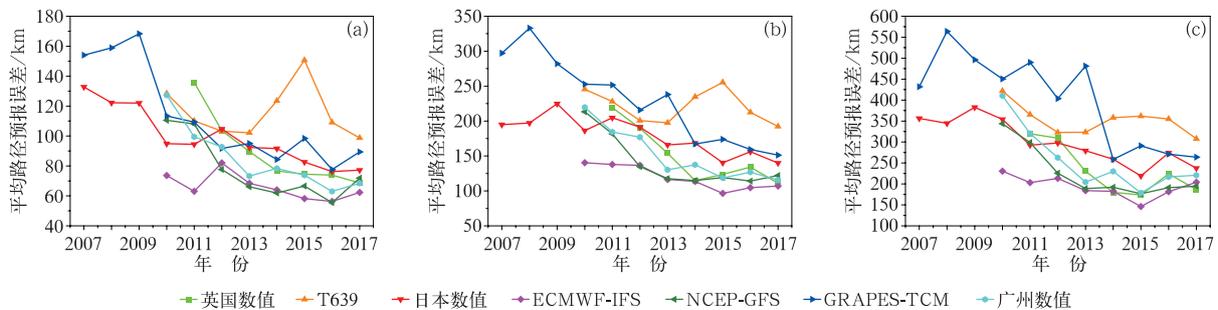


图 2 同图 1, 但为部分全球和区域模式

Fig. 2 Same as Fig. 1, but by global and regional models

表现,其中台风所模式集成方法 24、48 和 72 h 平均路径预报误差分别达到了 65.7、107.5 和 180.3 km。

由于各官方台风预报机构在确定台风位置时使用的定位方法存在一定差异,以及主观因素对台风定位结果的影响,使得各官方台风预报机构对台风实时定位或最佳路径中的台风位置结果会存在一定

的差异。本文利用 2017 年上海台风研究所最佳路径和日本气象厅最佳路径资料以及 JTWC、香港天文台、韩国气象厅对 2017 年台风的实时定位位置分别作为参考,计算得到的各官方主观预报、全球模式和区域模式平均路径预报误差均值、最大值和最小值(表 4),图 3 则是根据表 4 制作的误差区间分布。

表 4 分别利用上海台风研究所最佳路径和日本气象厅最佳路径以及 JTWC、韩国气象厅、香港天文台实时台风定位作为参考,计算得到的 2017 年各主观预报方法、全球模式和区域模式平均路径预报误差均值、最大值和最小值(单位:km)

Table 4 The average, maximum and minimum values of track errors by subjective methods, global models and regional models by using STI's best track, JMA's best track and operational positioning results from JTWC, KMA and HKO as reference (unit: km)

方法名称	预报时效/h														
	24			48			72			96			120		
	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值
中央气象台	78.8	82.6	72.7	138.4	145.0	131.7	224.7	239.3	217.2	330.8	359.0	315.4	441.9	472.4	429.6
日本气象厅	82.0	91.6	74.6	137.4	146.9	126.0	224.5	242.8	211.6	330.2	362.5	313.0	416.1	471.1	394.2
JTWC	86.8	93.8	80.9	151.9	170.9	140.4	245.6	272.2	229.5	343.5	385.5	316.9	384.9	426.3	357.7
韩国气象厅	93.7	101	89.6	153.7	160.7	141.8	249.2	263.8	233.3	327.0	349.9	311.3	380.0	421.0	352.8
香港天文台	80.0	87.0	79.5	138.8	146.6	127.5	220.2	233.4	203.0	307.7	331.9	286.6	350.0	369.7	324.8
ECMWF-IFS	67.8	73.5	60.0	107.6	116.5	91.3	197.4	223.7	172.2	284.7	306.7	253.0	337.3	383.0	285.0
NCEP-GFS	77.5	83.9	71.6	127.1	138.4	113.9	197.9	218.9	181.6	258.7	307.5	207.7	365.4	407.6	308.5
英国数值	71.9	76.9	68.8	111.5	120.3	103.3	183.3	199.9	167.9	302.5	324.5	282.2	389.9	427.3	356.2
T639	100.9	108.2	93.4	194.6	208.1	192.9	311.9	324.8	299.4	470.8	498.9	413.6	665.7	744.7	525.8
韩国 GDAPS	81.0	87.8	76.8	127.0	136.8	116.4	217.2	238.4	195.4	561.0	605.6	522.6	888.9	1017.7	838.2
日本数值	82.5	90.9	76.4	146.5	154.6	135.8	246.7	261.2	234.5	/	/	/	/	/	/
澳大利亚数值	85.8	90.9	82.4	253.5	265.5	238.3	260.9	276.8	236.6	/	/	/	/	/	/
GRAPES-TCM	94.4	99.3	90.8	159.1	164.6	152.2	267.0	287.2	246.6	/	/	/	/	/	/
上海台风模式	93.2	96.8	91.2	153.4	162.5	145.3	233.3	263.6	208.0	/	/	/	/	/	/
广州数值	64.8	72.4	60.2	113.9	125.5	103.0	210.4	225.1	206.1	/	/	/	/	/	/
GRAPES-TYM	85.9	89.2	82.5	139.2	146.6	130.7	252.9	270.1	242.5	470.3	513.3	436.9	720.3	790.1	624.0
HWRF	88.3	95.5	81.1	144.7	159.6	135.1	224.2	246.9	209.6	309.7	364.5	274.3	381.6	434.9	310.2

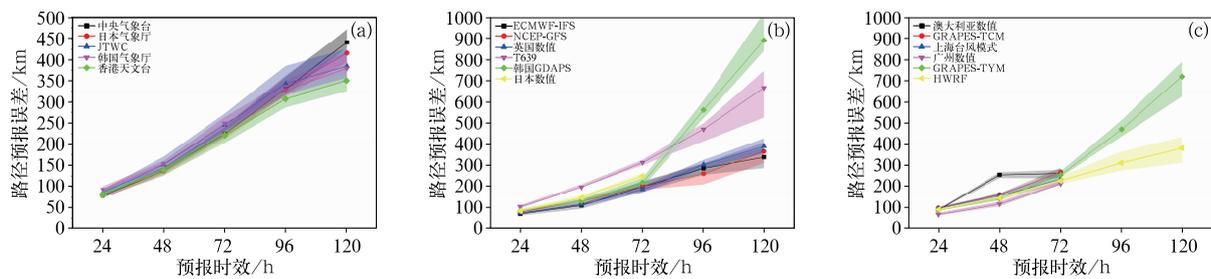


图 3 分别利用中国气象局上海台风研究所最佳路径和日本气象厅最佳路径以及 JTWC、韩国气象厅、香港天文台实时台风定位作为参考,计算得到的 2017 年各主观预报方法(a)、全球模式(b)和区域模式(c)平均路径预报误差值区间分布(点线表示以 5 个参考定位方法计算得到的平均路径预报误差均值,对应阴影区间的上/下限表示采用不同参考方法所计算得到的最大/最小误差)

Fig. 3 Track error intervals of subjective methods (a), global models (b) and regional models (c) by using STI's best track, JMA's best track and operational positioning results from JTWC, KMA and HKO as reference, respectively (Dot-lines indicate mean errors by referring those five different observed TC positions; the upper/lower borders of intervals indicate the maximum/minimum results by referring those five different observed TC positions)

从图 3 可以发现,以不同机构发布的实时定位或最佳路径作为参考计算得到的各方法路径误差在较短预报时效内(48 h 以内)存在 5%~8% 的差异,而随着预报时效的增加,路径误差差异也随之增加,到了 120 h 这种差异达到 10%~15%。

3.2 路径集合预报

图 4 展示的是 2017 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)、韩国气象厅全球集合预报系统(KMA-GBEPS)、加拿大气象局集合预报系统(MSC-CENS)、美国国家环境预报系统全球集合预报系统(NCEP-GEFS)和英国气象局集合预报系统(UKMO-EPS)6 个集合预报系统的集合平均路径预报误差。当预报时效在 60 h 内(含 60 h)时,预报性能表现最好的集合预报系统是 ECMWF-EPS,而当预报时效超过 60 h 后,表现最好的集合预报系统是 NCEP-GEFS。当前,优秀的集合预报系统在 24、48、72、96 和 120 h 的集合平均路径误差已分别接近或小于 70、120、200、300 和 400 km。

图 5 是 2017 年 6 个集合预报系统不同预报时效(时间间隔为 6 h)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图。双向分位分析图是在传统的散点图的基础上,分别对 X 轴方向(表示集合路径误差)和 Y 轴方向(表示集合离散度)的数据进行百分位分析后所绘制的图。在双向分位分析图中,某个预报时效的 25% 和 75% 分位的预报离散度(预报路径误差)分别位于中位数(50% 分位,图中用不同颜色方块表示)的上和下(左和右)两端。

从图 5 的分析结果可以发现,2017 年以 ECMWF-EPS、JMA-GEPS、NCEP-GEFS 和 UKMO-EPS

为代表的集合预报系统,它们在各预报时效上的集合离散度与集合路径误差的中位数值基本接近。MSC-CENS 在 3 d 以内的集合离散度中位数接近于集合路径误差的中位数,但是 3 d 以上路径预报的集合离散度则要明显大于集合路径误差;而 KMA-GBEPS 的集合离散度和集合路径误差仅在 2 d 的结果较为接近,2 d 以上的集合路径误差则远大于集合离散度。

4 TC 强度预报误差

表 5 列出了 2017 年主观预报方法强度(近台风中心地面最大风速,下同)预报的平均绝对误差、预报趋势一致率和均方根误差的情况。5 个官方主观预报方法 24、48、72、96 和 120 h 强度预报的绝对平均误差范围区间分别为 3.4~5.0、5.1~6.4、5.1~7.1、5.6~7.4 和 6.4~8.4 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,主观强度预报性能整体优于 2016 年。其中,24 h 强度预报平均绝对误差最小是香港天文台,达到了 3.4 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,48 h 强度预报平均绝对误差最小的是韩国气象厅,为 5.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,72 h 强度预报平均绝对误差最小的是日本气象厅,为 5.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,而 96 和 120 h 强度预报绝对平均误差最小的也是韩国气象厅,分别为 5.6 和 6.4 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于中央气象台、日本气象厅和 JTWC 各自在表示台风强度时所选取的平均风速有所差异,因此在进行精度评定之前,已经根据 WMO 相关业务文档(Harper et al, 2010)将各机构报文中的风速换算成与中央气象台一致的 2 min 平均风。

客观预报方法强度预报检验结果表明(表 6),与往年类似,统计预报方法的强度预报整体水平仍

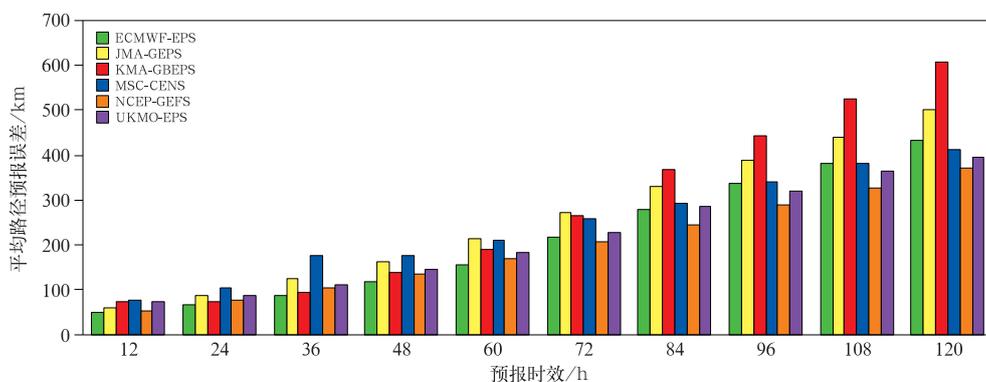


图 4 2017 年集合平均路径预报误差

Fig. 4 Ensemble mean track forecast errors in 2017

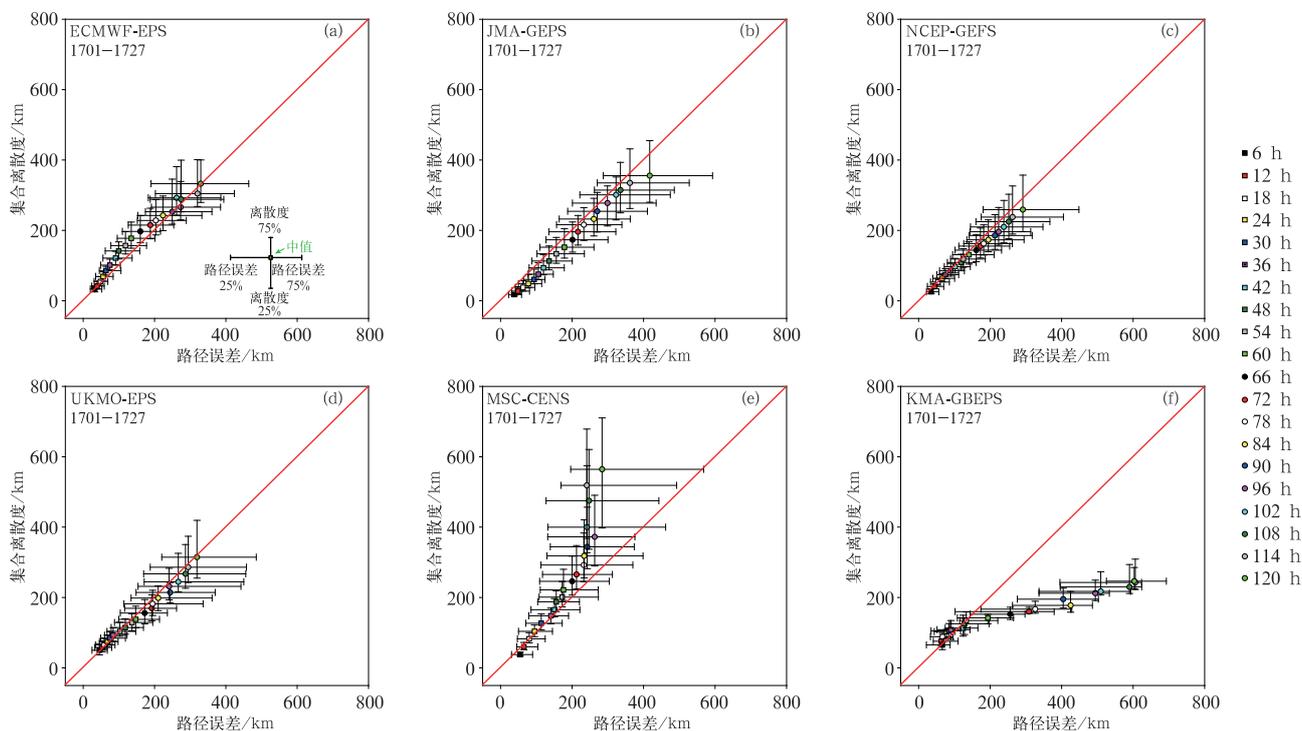


图 5 2017 年 6 个集合预报系统台风路径预报集合离散度和路径预报误差双向分位分析图
 (a)ECMWF-EPS, (b)JMA-GEPS, (c)NCEP-GEFS, (d)UKMO-EPS, (e)MSC-CENS, (f)KMA-GBEPS

Fig. 5 Bi-direction quantile analysis chart between typhoon track forecast ensemble spread and position error for six ensemble systems in 2017

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

表 5 2017 年主观预报方法强度预报误差

Table 5 Average errors of subjective intensity forecast in 2017

方法名称	预报时效/h														
	24			48			72			96			120		
	平均绝对误差 $/m \cdot s^{-1}$	均方根误差 $/m \cdot s^{-1}$	样本数 /个	平均绝对误差 $/m \cdot s^{-1}$	均方根误差 $/m \cdot s^{-1}$	样本数 /个	平均绝对误差 $/m \cdot s^{-1}$	均方根误差 $/m \cdot s^{-1}$	样本数 /个	平均绝对误差 $/m \cdot s^{-1}$	均方根误差 $/m \cdot s^{-1}$	样本数 /个	平均绝对误差 $/m \cdot s^{-1}$	均方根误差 $/m \cdot s^{-1}$	样本数 /个
中央气象台	3.8	5.4	359	5.7	7.4	270	6.4	7.9	194	7.2	9.0	144	7.6	9.5	104
日本气象厅	3.8	5.1	349	5.2	6.7	248	5.1	6.5	179	/	/	/	/	/	/
JTWC	5.0	6.9	359	6.4	8.5	269	7.1	9.0	193	7.4	9.5	142	8.4	10.8	104
韩国气象厅	4.0	5.2	349	5.1	6.6	259	5.3	6.8	179	5.6	7.2	128	6.4	8.2	93
香港天文台	3.4	4.4	213	5.2	6.5	134	5.5	6.5	76	7.4	9.4	142	8.2	10.5	26
上海主观	4.1	5.7	355	6.0	7.8	263	6.9	8.7	191	/	/	/	/	/	/
广东主观	3.1	4.1	43	5.0	6.5	24	/	/	/	/	/	/	/	/	/

略优于数值模式强度预报水平, 不过数值预报模式正在逐渐缩小与统计预报方法的差距。

与路径预报相似, 本文同样利用不同机构的最佳路径定强或者实时定强作为参考真值对主观预报、全球模式和区域模式的强度进行了重新计算, 得到的强度误差均值、最大值和最小值(表 7), 以及根据表 7 制作的强度误差区间图(图 6)。图 6 同样表明, 强度误差会因为参考的机构不同而不同, 误差的差异区间虽然也会随着预报时效的增加而略微增加,

但强度误差区间与强度平均误差之比要远大于路径误差区间与路径平均误差, 也就是说采用不同机构的定强数据作为参考对强度预报精度评估结果影响更大。

5 TC 登陆点预报误差

2017 年, 登陆我国的热带风暴以上等级 TC 共有 9 个, 其中 8 个编号命名台风分别是强热带风暴

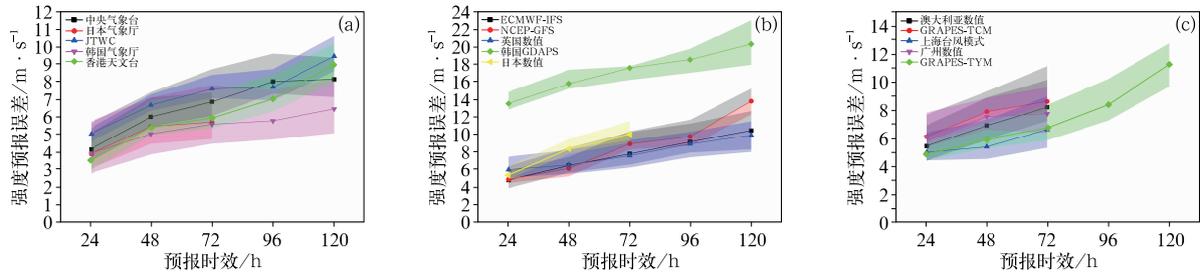


图 6 同图 3,但是为强度预报结果
Fig. 6 Same as Fig. 3, but for intensity forecast results

表 6 同表 5,但为客观预报
Table 6 Same as Fig. 5, but for objective intensity forecast

方法名称		预报时效/h														
		24			48			72			96			120		
		平均绝对误差 /m·s ⁻¹	均方根误差 /m·s ⁻¹	样本数 /个												
全球模式	NCEP-GFS	4.9	6.0	194	6.2	7.7	143	8.1	9.7	101	8.5	10.8	74	10.0	12.9	58
	ECMWF-IFS	4.8	6.1	172	6.5	8.2	128	7.5	9.2	94	8.4	10.6	71	8.3	10.8	56
	英国数值	6.6	8.0	191	7.6	9.3	145	8.8	10.5	105	10.5	12.2	79	11.5	12.9	59
	日本数值	5.4	6.9	374	8.1	10.3	288	9.7	12.2	210	/	/	/	/	/	/
	韩国 GDAPS	13.1	16.1	182	14.8	17.7	138	16.2	19.3	104	16.5	19.9	77	16.2	19.5	59
区域模式	澳大利亚数值	5.6	7.4	176	7.1	9.1	128	8.2	10.5	90	/	/	/	/	/	/
	广州数值	6.5	8	82	7.7	9.9	57	7.8	10.1	41	/	/	/	/	/	/
	气科院 T-RAPS	7.0	8.5	170	8.3	10.2	133	10.9	12.9	96	/	/	/	/	/	/
	上海台风模式	4.7	6.1	248	5.3	6.6	194	6.3	7.8	144	/	/	/	/	/	/
	GRAPES-TYM	4.6	6	280	5.8	7.2	205	6.7	8.4	137	8.3	10.2	96	10.6	12.9	66
	GRAPES-TCM	6.2	7.7	253	8.1	10.7	187	8.5	10.7	130	/	/	/	/	/	/
其他客观方法	广西遗传神经	4.1	5.8	197	6.5	8.1	142	6.9	8.4	101	/	/	/	/	/	/
	台风所 WIPS	4.7	6.4	340	5.7	7.3	240	7.5	9.9	164	/	/	/	/	/	/
	台风所相似强度	4.5	6.2	343	6.1	7.8	266	7.0	8.6	197	/	/	/	/	/	/
	偏小二乘法	5.0	6.9	362	6.4	8.7	252	6.8	8.2	209	7.2	9.5	156	8.3	11.2	119

表 7 同表 4,但为参考不同机构观测真值计算得到的强度误差(单位:km)
Table 7 Same as Table 4, but for the intensity errors by referring the true values from different agencies (unit: km)

方法名称		预报时效/h														
		24			48			72			96			120		
		均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值
中央气象台		4.1	5.6	3.4	6.0	7.4	5.4	6.9	8.8	6.1	8	9.6	7.3	8.2	1.2	7.2
日本气象厅		3.9	5.1	3.1	5.5	7.2	4.5	5.7	7.4	4.7	/	/	/	/	/	/
JTWC		5	5.3	4.5	6.7	7.3	6.4	7.6	8.4	7.1	7.7	8.7	6.9	9.5	1.1	8.7
韩国气象厅		3.9	5.7	2.8	5.0	7.0	3.8	5.6	7.9	4.5	5.8	7.6	4.7	6.5	1.7	5.1
香港天文台		3.5	4.9	2.9	5.4	7.0	5.0	5.9	7.4	5.3	7.0	8.4	6.3	9.0	1.2	8.0
ECMWF-IFS		4.9	6.5	4.0	6.5	8.5	5.3	7.8	10.3	6.6	9.1	11.2	7.9	10.4	2.2	8.3
NCEP-GFS		4.9	5.9	4.5	6.2	7.5	5.3	8.9	10.3	8.3	9.7	11.63	8.6	13.8	1.5	12.3
英国数值		6.0	7.5	5.1	6.5	8.2	5.5	7.6	9.4	6.3	8.9	10.3	7.4	9.9	1.6	8.0
韩国 GDAPS		13.5	14.8	12.8	15.8	17.3	15.2	17.6	17.8	16.2	18.5	19.7	17.0	20.3	2.7	18
日本数值		5.4	6.4	4.9	8.4	9.5	7.8	10.0	11.5	9.0	/	/	/	/	/	/
澳大利亚数值		5.4	7.6	4.4	6.9	9.4	5.9	8.2	11.1	7.2	/	/	/	/	/	/
GRAPES-TCM		6.1	6.9	5.7	7.9	8.9	7.5	8.6	10.2	7.8	/	/	/	/	/	/
上海台风模式		5.0	6.4	4.4	5.4	7.3	4.5	6.6	9.0	5.3	/	/	/	/	/	/
广州数值		6.1	7.8	5.3	7.5	8.8	6.6	7.7	9.6	6.3	/	/	/	/	/	/
GRAPES-TYM		4.9	5.7	4.5	5.9	7.1	5.3	6.7	8.3	5.8	8.4	10.2	7.2	11.2	1.5	9.6
HWRP		5.5	6.6	4.5	6.5	8.1	5.5	7.6	9.9	6.2	6.0	9.8	3.8	6.3	2.9	3.8

苗柏(Merbok,1702)、热带风暴洛克(Roke,1707)、台风纳沙(Nesat,1709)、热带风暴海棠(Haitang,1710)、超强台风天鸽(Hato,1713)、强热带风暴帕卡(Pakhar,1714)、强热带风暴玛娃(Mawar,1716)和强台风卡努(Khanun,1720),此外还有 1 个南海无名台风登陆海南万宁。其中,“纳沙”先后登陆台湾宜兰和福建福清,而时隔一天后“海棠”又先后登陆台湾屏东和福建福清。

表 8 和表 9 分别列出了 2017 年各主观和客观预报方法 24 h 登陆点预报误差。2017 年,中央气象台除了对强台风卡努没有有在登陆前 24 h 内给出

登陆预报以及对于台风纳沙在台湾宜兰的 24 h 登陆点预报误差高达 238.8 km 外,对于其余台风 24 h 登陆点预报误差均小于 65 km。总体而言,5 个官方台风预报机构对“纳沙”在台湾宜兰的 24 h 登陆点预报较差,误差基本在 200 km 左右;而 5 个机构对于“苗柏”“玛娃”和“卡努”的 24 h 登陆点预报误差维持在 65 km 以下。全球模式和区域模式对于 2017 年登陆台风的 24 h 登陆点预报整体性能略优于主观方法,其中 ECMWF-IFS 和 NCEP-GFS 的 24 h 登陆点预报误差均在 100 km 以下。

表 8 2017 年主观预报方法 24 h 登陆点误差统计(单位:km)

Table 8 The 24 h forecast errors of landing point by subjective methods in 2017 (unit: km)

方法名称	台风名称(登陆地点)										
	苗柏 (深圳)	洛克 (香港)	纳沙 (福建福清)	纳沙 (台湾宜兰)	海棠 (福建福清)	海棠 (台湾屏东)	天鸽 (广东珠海)	帕卡 (广东珠海)	玛娃 (汕尾陆丰)	无名台风 (海南万宁)	卡努 (广东徐闻)
中央气象台	50.5	34.8	20.0	238.8	14.9	4.4	23.8	23.3	62.6	57.1	/
香港天文台	7.6	28.3	55.1	203.3	66.3	352.5	40.1	84.7	18.7	/	27.8
日本气象厅	60.7	87.0	81.0	189.1	345.6	145.6	29.1	165.0	17.6	68.3	29.3
JTWC	/	/	/	/	48.0	92.3	28.1	214.5	21.0	87.7	31.5
韩国气象厅	45.1	14.3	88.3	199.6	26.3	358.4	59.7	126.9	42.4	/	21.3
广东主观	70.0	85.0	4.9	240.9	21.2	340.4	38.4	118.7	16.6	/	/
上海主观	84.5	7.0	21.0	240.9	23.6	351.6	31.2	56.5	41.2	/	210.8
浙江主观	/	/	/	/	38.4	25.4	/	/	/	/	/
福建主观	39.1	/	21.0	232.2	79.1	351.1	/	/	6.2	/	28.0
广西主观	/	/	/	/	62.0	325.3	27.6	94.8	/	/	/
海南主观	/	/	/	/	23.6	351.6	/	80.6	/	/	227.5
江苏主观	/	/	/	/	/	324.8	/	/	/	/	/

表 9 同表 8,但为客观预报方法

Table 9 Same as Table 8, but by objective methods

方法名称	台风名称(登陆地点)										
	苗柏 (深圳)	洛克 (香港)	纳沙 (福建福清)	纳沙 (台湾宜兰)	海棠 (福建福清)	海棠 (台湾屏东)	天鸽 (广东珠海)	帕卡 (广东珠海)	玛娃 (汕尾陆丰)	无名台风 (海南万宁)	卡努 (广东徐闻)
T639	56.7	/	8.8	94.1	25.4	322.0	76.0	0.0	83.9	/	45.5
ECMWF-IFS	/	/	26.9	73.6	22.8	17.2	28.9	37.1	3.1	/	6.2
日本数值	88.4	/	93.2	108.5	8.8	12.2	45.0	71.9	44.0	/	56.6
韩国 GDAPS	82.1	/	48.5	164.7	35.5	331	34.4	74.3	65.7	/	117.2
NCEP-GFS	29.3	77.0	80.9	7.3	10.5	97.5	/	39.1	29.6	/	/
英国数值	77.9	/	112.8	174.7	42.2	/	43.3	71.6	71.0	/	/
广州数值	/	126.3	5.8	5.4	127.5	18.3	23.9	56.4	16.2	/	/
GRAPES-TYM	/	/	47.3	72.7	98.4	160.9	47.2	57.2	105.3	/	66.2
GRAPES-TCM	22.9	/	77.4	108.5	49.5	53.1	34.4	26.2	62.6	/	/
上海台风模式	622.4	23.1	4.9	148.1	139.1	19.3	24.0	48.7	/	/	115.0
澳大利亚数值	104.7	36.0	65.4	108.7	53.9	280.3	48.7	42.0	13.6	/	77.5
HWRF	23.5	139.4	47.3	50.7	5.4	248.3	/	58.4	16.9	/	/
日本集合	86.8	/	83.7	131.2	21.2	7.0	46.8	79.6	44.1	/	46.5
福建优选概率权重	648.1	/	9.6	145.6	37.3	315.0	26.5	46.8	40.9	/	30.6
广西遗传神经	/	/	6.6	223.4	9.1	395.3	38.3	102.9	31.6	/	9.8
台风所模式集成	/	14.8	40.6	119.4	25.8	21.9	23.9	16.2	20.5	/	42.8

6 结 论

本文对 2017 年西北太平洋海域热带气旋定位精度及路径、强度和登陆点预报精度进行了评定,得到的结论如下:

(1) 中央气象台、日本气象厅、JTWC、香港天文台和韩国气象厅 5 个官方预报机构 2 个卫星定位方法总平均定位误差为 26.7 km,比 2016 年(24.8 km)略偏大。

(2) 无论是主观预报还是包括全球模式、区域模式等在内的客观预报方法,近两年在 72 h 以内的路径预报整体水平并没有超越 2015 年。

(3) 2017 年,优秀的集合预报系统在 24、48、72、96 和 120 h 的集合平均路径误差已分别接近或小于 70、120、200、300 和 400 km。

(4) 5 个官方预报机构 24、48、72、96 和 120 h 强度预报的绝对平均误差范围分别为 3.4~5.0、5.1~6.4、5.1~7.1、5.6~7.4 和 6.4~8.4 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,预报性能总体优于 2016 年。

(5) 中央气象台除了对“纳沙”在台湾宜兰的 24 h 登陆点预报结果较差外,其余台风的 24 h 登陆点预报误差基本在 65 km 以下。

(6) 采用不同机构的最佳路径或实时定位定强数据作为参考会对精度评定的结果产生较大影响。从实际分析结果上看,强度预报精度评定结果受到的影响要远大于路径预报精度评定结果。

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 Northwest 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).

汤杰,陈国民,余晖,2011. 2010 年西北太平洋台风预报精度评定及分析[J]. 气象,37(10):1320-1328. Tang J, Chen G M, Yu H, 2011. Precision evaluation and error analysis on the forecasts of typhoons over the Western North Pacific in 2010[J]. Meteor Mon, 37(10):1320-1328(in Chinese).

占瑞芬,汤杰,余晖,2010. 2009 年西北太平洋热带气旋定位和业务预报精度评定[J]. 气象,36(10):114-121. Zhan R F, Tang J, Yu H, 2010. Precision of the tropical cyclone positioning and forecasts over the Western North Pacific in 2009[J]. Meteor Mon, 36(10):114-121(in Chinese).

中国气象局,2012. 台风业务和服务规定[M]. 北京:气象出版社,38-41. China Meteorological Administration, 2012. Regulations on Typhoon Operations and Services[M]. Beijing: China Meteorological Press: 38-41(in Chinese).

Chen G M, Yu H, Cao Q, et al, 2013. The performance of global models in TC track forecasting over the Western North Pacific from 2010 to 2012[J]. Trop Cyclone Res Rev, 2(3):149-158.

Harper B A, Kepert J D, Ginger J D, 2010. Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions[R]. Geneva: World Meteorological Organization, TCP Sub-Project Report, WMO/TD-No. 1555.

Ying M, Zhang W, Yu H, et al, 2014. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database[J]. J Atmos Ocean Technol, 31(2):287-301. DOI:10.1175/JTECH-D-12-00119.1

Yu H, Chen G M, Brown B, 2013. A new verification measure for tropical cyclone track forecasts and its experimental application[J]. Trop Cyclone Res Rev, 2(4):185-195.