

陈国民, 汤杰, 曾智华. 2011 年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象, 2012, 38(10): 1238-1246.

2011 年西北太平洋热带气旋预报精度评定^{* 1}

陈国民 汤 杰 曾智华

中国气象局上海台风研究所, 中国气象局台风预报技术开放实验室, 上海 200030

提 要: 本文对 2011 年西北太平洋热带气旋(TC)业务定位和预报精度进行评定, 内容包括 TC 定位、确定性路径和强度预报以及路径集合预报。结果表明: 业务定位总平均误差为 24.9 km; 国内各综合预报方法 24、48 和 72 h 的总体平均距离误差分别为 112.6、209.7 和 333.6 km; 国内各业务数值模式 24、48 和 72 h 预报的总体平均距离误差分别为 121.4、220.1 和 380.5 km, 均比 2010 年有所减小, 但各模式的强度预报能力仍不如客观预报方法。对 7 个集合预报系统的 TC 路径预报能力进行评估, 发现 ECMWF 集合预报系统的整体表现最好, 其次是 NCEP 集合预报系统, 这两个系统在某些时效的集合平均预报接近或超过综合预报水平。国家气象中心集合预报系统中游水平。

关键词: 热带气旋, 预报, 集合预报系统, 误差分析

Error Analysis on the Forecasts of Tropical Cyclones over Western North Pacific in 2011

CHEN Guomin TANG Jie ZENG Zhihua

Key Laboratory of Typhoon Forecast Technique, Shanghai Typhoon Institute of CMA, Shanghai 200030

Abstract: Operational positioning and forecast errors of tropical cyclones (TC) over the western North Pacific in 2011 are evaluated. The evaluations are performed on the TC's positioning, the deterministic track and intensity forecasts, and the track ensemble prediction. The results show that the TC average operational positioning error is 24.9 km. The average errors of domestic integrated track forecast in 24 h, 48 h and 72 h are 112.6 km, 209.7 km and 333.6 km, respectively, which are 121.4 km, 220.1 km and 380.5 km for numerical weather prediction (NWP) models, and better than those of 2010. However, the results also show that the NWP intensity forecasting capability is still weaker than objective methods. ECMWF ensemble prediction system (EPS) shows the best performance among the 7 EPS methods, followed by NCEP EPS, occasionally, these two systems have near and even beyond subjective track forecast level. CMA-GEFS EPS was located at the middle level.

Key words: tropical cyclones, forecast, ensemble prediction system (EPS), error analysis

引 言

2011 年, 西北太平洋及南海海域共生成 21 个风暴及以上等级的热带气旋(以下简称 TC), 比常年偏少, 但影响我国的 TC 频数偏多、登陆比例偏

高。其中, 登陆我国的 TC 有 7 个(登陆华南 5 个, 华东 2 个), 接近常年平均。有 3 个 TC 两次登陆, 包括 1104 号热带风暴海马在广东登陆两次、1111 号超强台风南玛都在台湾和福建各登陆一次、1117 号强台风纳沙在海南和广东各登陆一次。

目前, 可供台风实际业务预报参考的主客观预

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2009CB421504)、国家自然科学基金项目(40921160381 和 40875039)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006008)和上海市气象局科技开发项目(QM201202)共同资助

2012 年 6 月 5 日收稿; 2012 年 8 月 29 日收修定稿

第一作者: 陈国民, 从事台风结构与强度及台风预报精度分析技术研究。Email: chengm@mail.typhoon.gov.cn

报方法众多,但是由于各方法的分析手段及技术水平的差异,不同方法对于不同类型、不同区域或不同季节台风的预报能力会有所不同^[1-6]。本文依据《台风业务和服务规定》^[7]中相关的客观评估办法,对 2011 年主客观业务方法进行定位、路径预报和强度预报的误差分析。特别地,对全球参加观测系统研究和可预报性试验(The Observing System Research and Predictability Experiment, THORPEX)的交互式全球集合(THORPEX Interactive Grand Global Ensemble, TIGGE)资料中的热带气旋资料交换的集合预报系统的路径预报能力进行了分析,以供业务预报参考。

整编的台风最佳路径数据集^[8],该数据集包括 6 小时间隔的 TC 最佳路径和强度记录[热带气旋强度包含有近中心附近最大(距地面 10 m 高度处)风速和中心最低(海平面)气压]。参加评定的各定位和确定性预报方法(表 1)数据取自 CMA-STI 实时业务资料库,包括 6 个定位方法、26 个路径预报方法(13 个综合预报方法、3 个客观预报方法和 10 个数值预报方法)、19 个强度预报方法(6 个综合预报方法、4 个客观预报方法和 9 个数值预报方法)。TC 路径集合预报方法数据取自 TIGGE 热带气旋资料交换网^[9],各方法名称、成员数、预报时效和预报间隔时间等详见表 2。

1 资料和方法

本文所进行的定位、路径和强度检验所参考的基础值是中国气象局上海台风研究所(CMA-STI)

2 热带气旋定位精度评定

统计中央气象台(简称中央台)、日本气象厅(简称日本)、美国联合台风警报中心(简称 JTWC)和韩

表 1 2011 年参加热带气旋精度评定的确定性预报方法

Table 1 The deterministic forecast methods involved in TC evaluations in 2011

参加定位精度评定的方法	参加路径预报精度评定的方法			参加强度预报精度评定的方法		
	综合方法	客观方法	数值预报	综合方法	客观方法	数值预报
中央气象台(简称中央台)	中央台 广东台	江苏概率圆 上海集成	北京数值 上海台风模式	中央台 广东台	广西遗传神经 偏最小二乘	北京数值 上海台风模式
日本气象厅(简称日本)	上海台	广西遗传神经	GRAPES-TCM	日本	WIPS	GRAPES-TCM
韩国气象厅(简称韩国)	福建台 浙江台		广州数值 辽宁数值	JTWC 韩国	TCSP	广州数值 T639
美国联合台风警报中心(简称 JTWC)	江苏台 广西台 综合集成		日本数值 日本集合 英国数值	香港		英国数值 日本集合 日本数值
北京卫星定位	香港		欧洲中心数值			欧洲中心数值
日本卫星定位	日本 JTWC 韩国 菲律宾		T639			

注:GRAPES-TCM:上海台风研究所 GRAPES 台风模式;T639:国家气象中心 T639 模式;WIPS:西北太平洋热带气旋强度统计预报方法;TCSP:西北太平洋热带气旋强度气候持续性预报法。

Note: GRAPES-TCM: GRAPES typhoon model of Shanghai Typhoon Institute; T639: The T639 model of National Meteorological Centre; WIPS: WNP TC intensity prediction system; TCSP: Persistence of climate of WNP TC intensity prediction.

表 2 2011 年参加热带气旋精度评定的集合预报方法

Table 2 The ensemble forecast methods involved in TC evaluations in 2011

全称	模式名称缩写	集合成员数	预报台风个例	预报时效/h
国家气象中心集合	CMA-GEFS	15	21	0~120 (6 h 间隔)
欧洲中期天气预报中心集合	ECMWF-GEPS	51	21	0~120 (12 h 间隔)
美国国家环境预报中心集合	NCEP-GEFS	21	18	0~240 (6 h 间隔)
加拿大气象局集合	MSC-CENS	34	15	0~216 (6 h 间隔)
英国气象局集合	UKMO-MOGREPS	24	19	0~360 (12 h 间隔)
日本一周天气集合	JMA-WEPS	51	21	0~216 (6 h 间隔)
日本台风集合	JMA-TEPS	11	21	0~132 (6 h 间隔)

国气象厅(简称韩国)的主观实时定位及北京、日本卫星实时定位的平均距离误差(表3)。结果显示,6种方法总体平均定位误差为24.9 km,较2010年(平均误差19.8 km)略有偏大。其中,日本卫星的平均定位误差最小,为17.0 km,中央台误差次之,为20.7 km。2011年各方法定位误差与2009和2010年相比,除日本卫星误差较好于往年(2010年为20.7 km^[1]和2009年为15.7 km^[2])以外,其他方法的定位精度均有所降低,主要原因一方面与2011年强度较弱、定位难的TC个数占全年总TC个数的比例较高有关,另一方面与2011年某些TC生成初期定位误差较大(如1105号米雷和1112号塔拉斯)有关。

表3 热带气旋定位误差(单位:km)

Table 3 Positioning errors of TC (unit: km)

定位方法	2011年		2010年		2009年	
	样本数	误差	样本数	误差	样本数	误差
中央台	435	20.7	241	17.0	520	15.8
日本	417	27.4	240	20.7	501	16.0
JTWC	390	26.9	240	20.0	464	20.1
韩国	453	25.7	239	21.7	508	17.9
北京卫星	432	32.2	208	18.8	448	17.3
日本卫星	452	17.0	214	20.7	391	15.7
平均误差	/	24.9	/	19.8	/	17.1

3 热带气旋路径预报精度评定

3.1 平均距离误差

各综合预报方法的TC平均距离误差列于

表4a 2011年综合预报方法热带气旋平均距离误差(单位:km)

Table 4a The average errors of integrated track forecasts in 2011 (unit: km)

预报方法	24 h			48 h			72 h		
	台风个数	预报次数	平均误差	台风个数	预报次数	平均误差	台风个数	预报次数	平均误差
中央台	21	439	122.3	21	358	199.5	21	283	289.3
广东台	12	77	104.9	10	63	184.6			
上海台	8	43	112.9	7	38	215.3			
福建台	4	29	102.4	4	25	188.1	3	17	330.9
浙江台	2	26	97.5	2	19	231.3	1	11	450.6
江苏台	3	10	141.9	2	5	277.7			
广西台	7	25	102.4	4	15	192.1			
综合集成	21	359	116.4	21	284	189.2	21	265	263.4
日本	21	478	132.4	17	318	192.4	14	248	294.1
JTWC	18	460	128.1	18	386	191.1	16	326	258.5
韩国	21	425	118.5	21	358	193.9	21	284	292.6
菲律宾	12	139	251.3	12	81	247.9	13	71	668.0
香港	8	69	91.4	7	41	139.8	4	21	228.7

表4a。可见,2011年国内综合预报方法24 h平均距离误差均小于145 km,48 h不超过280 km,72 h预报的平均距离误差在260~340 km之间。2011年国内各综合预报方法24、48和72 h预报总体平均距离误差分别为112.6 km(1008次)、209.7 km(804次)和333.6 km(576次),其中24和48 h预报的平均距离误差与2010年相当,但72 h预报的平均距离误差比2010年略偏高(2010年国内各综合预报方法24、48和72 h预报的平均距离误差分别为110.0、210.6和322.4 km)。2011年中央台的24、48和72 h预报的平均距离误差分别为122.3 km(439次)、199.5 km(358次)和289.3 km(283次),与2010年相比(分别为113.0、209.3和340.7 km),24 h平均距离误差略有增加,48 h平均距离误差略有减小,而72 h平均距离误差则大幅减小。

2011年国内各数值预报方法(见表4b)24、48和72 h预报的总体平均距离误差分别为121.4 km(1310次)、220.1 km(1097次)和380.5 km(834次),均比2010年(132.9、253.8和429.0 km)要小。国内各数值模式中24、48和72 h平均距离误差最小的均为广州数值,分别为99.0 km(195次)、186.3 km(149次)和325.3 km(109次)。国外各数值模式中,日本数值24、48和72 h平均距离误差分别为119.6 km(458次)、201.9 km(382次)和292.0 km(304次),而欧洲中心数值模式24、48和72 h平均距离误差更是达到了63.1、127.4和208.6 km。广州数值与日本数值及欧洲中心数值的24、48和72 h预报的同样本比较显示(表略):日本数值分别比相应预报时效的广州数值模式平均距

表 4b 基于客观和数值预报方法的 2011 年热带气旋平均距离误差(单位: km)
Table 4b The average errors of objective and NWP track forecasts in 2011 (unit: km)

预报方法	24 h			48 h			72 h		
	台风个数	预报次数	平均误差	台风个数	预报次数	平均误差	台风个数	预报次数	平均误差
广西遗传神经	6	36	107.9	5	26	202.1			
上海集成	14	207	97.5	13	176	189.5	11	130	320.5
江苏概率圆	7	15	144.8	7	12	230			
英国数值	19	245	135.8	18	209	219.2	16	165	319.7
广州数值	21	195	99.0	21	149	186.3	21	109	325.3
日本集合	21	459	135.7	21	395	240.3	21	332	361.8
日本数值	21	458	119.6	21	382	201.9	21	304	292.0
辽宁数值	2	18	164.3	2	14	190.6			
GRAPES-TCM	21	356	108.5	21	296	238.2	21	214	435.6
上海台风模式	21	270	126.1	21	236	265.9	21	193	438.8
T639	8	69	110.1	8	56	227.9	7	42	365.4
北京数值	21	402	115.4	21	346	211.5	21	276	337.3
欧洲中心	13	139	63.1	13	121	127.4	10	98	208.6

离误差小 12.0 km(165 次)、15.9 km(127 次)、和 69.1 km(92 次);而欧洲中心数值模式比相应预报时效的广州数值模式平均距离误差小 36.1 km(125 次)、76.1 km(96 次)和 160.9 km(69 次)。此外,在参加评定的三个客观方法中,上海集成方法在 24 和 48 h 预报中的平均距离误差最小。

3.2 登陆点预报

2011 年共有 7 个编号热带气旋登陆我国,其中 5 个登陆华南、2 个登陆华东(表 5)。各综合预报方法 24 h 登陆点预报误差列于表 5。国内各主观方法 24 h 登陆点预报误差基本在 120 km 以下,其中中

央台准确地预报出 1117 号纳沙(第一次登陆)和 1119 号尼格的登陆点。从国内各主观方法的登陆命中率(即某方法正确预报 TC 登陆次数除以 TC 总的登陆次数再乘以 100%)上看,中央台和广东台均达到了 90%,两家预报的 TC 平均登陆点预报误差分别为 39.7 和 75.9 km。比较四大国家级台风业务中心登陆点预报误差发现,日本气象厅、JTWC、韩国气象厅的登陆命中率分别为 70%、60%和 70%,登陆点预报误差分别为 59.9、56.2 和 73.0 km,登陆命中率和登陆误差均比中央台要差。

2011 年 7 个登陆 TC 中,国内各综合方法对 1103 号热带风暴莎莉嘉在广东汕头的登陆点预报

表 5 2011 年综合预报方法 24 h 登陆点预报误差统计(单位: km)
Table 5 The 24 h forecast errors of landing point of integrated forecasts in 2011 (unit: km)

TC 编号	1103	1104	1104	1105	1108	1111	1111	1117	1117	1119
登陆点	广东汕头	广东阳西与电白交界处	广东吴川	山东荣成	海南文昌	台湾台东	福建惠安	海南文昌	广东徐闻	海南万宁
中央台	53.7(23)	64.7(22)	59.6(20)	A(**)	19.2(21)	71.8(24)	36.5(24)	0(24)	52.1(19)	0(22)
广东台	45(23)	84.4(22)	185.4(14)	B(**)	36.1(21)	97.4(18)	44.5(24)	60.9(18)	63.6(13)	65.8(4)
上海台	53.7(23)	B(**)	B(**)	A(**)	B(**)	45.5(18)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)
福建台	18.5(17)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	63.9(18)	33.6(24)	92.3(24)	B(**)	B(**)
广西台	53.7(23)	68.3(22)	55.5(14)	B(**)	7.3(21)	B(**)	36.5(24)	16.3(18)	116.9(13)	53.5(16)
日本	52.5(23)	49.2(22)	68(20)	A(**)	35(21)	B(**)	B(**)	23.9(24)	121.6(19)	66.6(22)
JTWC	21.7(23)	27.4(22)	70.9(20)	A(**)	71.8(21)	B(**)	B(**)	23.2(24)	122.2(19)	A(**)
韩国	A(**)	8.2(22)	180.3(20)	A(**)	26.1(21)	61(24)	58.7(24)	58.3(24)	118.7(19)	A(**)
菲律宾	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	62(18)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)
香港	A(**)	65.1(22)	235.1(20)	B(**)	41.1(21)	141(0)	41(24)	9.1(24)	29.9(7)	A(**)
综合集成	55(23)	27.7(22)	84.9(20)	A(**)	108.9(9)	123.2(24)	46.5(24)	19.8(24)	121.4(19)	A(**)

注:A:未能提前 24 h 预报登陆;B:台风登陆前 24 h 内无预报结果;括号内数值为起报时间相对于台风登陆时间的提前时间(h);**:由于未能提前 24 h 预报登陆(A)或者登陆前 24 h 内无预报结果(B)故相对于台风登陆时间的提前时间无法显示。

Note: A: not predicting the typhoon landing within advanced 24 h; B: without forecast results within 24 h before typhoon landing; the number in bracket is the advanced time to TC landing; **: when a method does not predicting the typhoon landing within 24 h (A) or there is no forecast results within 24 h before typhoon landing (B), the leading time before the typhoon landing can't be shown.

比较成功,几家综合预报方法都提前 23 小时左右预报出了“莎莉嘉”在广东汕头登陆,且登陆误差均未超过 55 km。国内外各方法对“海马”第二次在广东吴川的登陆预报较差,误差在 55~240 km 不等,而对于 1105 号强热带风暴米雷未能提前 24 h 预报登陆或登陆前 24 h 内无预报结果。

4 热带气旋强度预报精度评定

本文所涉及的台风强度均为近中心底层最大风速。统计各综合、客观和数值预报方法的平均绝对误差、预报趋势一致率和均方根误差(表 6a 和 6b)后可见,综合和客观预报方法 24、48 和 72 h 预报的平均误差范围分别为 3~5、5~9 和 7~12 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,四个国家级台风业务中心表现最好的是日本气象厅,平均误差分别为 3.9、6.4 和 6.9 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,广西遗传神经 24 和 48 h 强度预报误差分别为 3.5 和 5.3 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,不仅优于其他客观预报方法,其误差甚

至小于主观预报方法。

数值模式 24、48 和 72 h 的平均误差范围分别为 5~15、8~17 和 9~17 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。不同的数值模式方法对比后可知,24 h 平均预报误差最小的是日本集合,误差为 4.8 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,48 h 平均强度预报误差最小的是广州数值,误差为 7.8 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,而上海台风模式以 9.6 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的误差成为 72 h 平均强度预报误差最小的数值模式。显然,从平均误差上看数值模式强度预报水平与主观和客观预报还具有一定的差距。

5 集合预报路径精度评定

5.1 平均距离误差

台风集合预报技术作为减小台风预报初始条件不确定性和模式本身不确定性对数值预报结果的影响的有效方法,近年来在台风路径和强度预报上也

表 6a 2011 年综合预报方法强度预报误差

Table 6a The typhoon intensity forecast errors of integrated forecasts in 2011

方法名称	24 h				48 h				72 h			
	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数
中央台	4.3	66.4	5.7	381	7.0	69.06	9.1	320	8.1	71.88	10.3	256
广东台	4.9	67.16	6.5	67	7.9	61.11	10.1	54				
日本	3.9	60.97	5.0	351	6.4	69.92	8.0	266	6.9	74.77	8.7	214
JTWC	4.2	62.46	5.8	355	6.4	70.69	8.2	290	7.3	76.73	9.1	245
韩国	4.3	64.1	5.7	376	6.9	71.57	8.8	299	8.0	77.64	10.1	237
香港	2.9	61.9	4.1	42	6.9	33.33	8.0	21	11.7	16.67	13.4	6

表 6b 2011 年客观和数值预报方法强度预报误差

Table 6b The typhoon intensity forecast errors of objective and NWP in 2011

方法名称	24 h				48 h				72 h			
	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	预报趋势一致率/%	均方根误差	样本数
广西遗传神经	3.5	60.71	4.6	28	5.3	47.37	6.6	19				
英国数值	6.4	36.76	8.4	185	8.6	41.83	11.3	153	10.5	44.07	13.1	118
广州数值	4.9	47.59	6.2	145	7.8	59.63	9.2	109	10.4	58.75	12.6	80
日本集合	4.8	47.44	6.7	352	7.9	57.05	10.8	298	10.1	65.29	13.3	242
日本数值	5.1	52.66	6.9	357	8.9	58.22	11.7	292	11.0	63.04	14.3	230
偏最小二乘	4.3	70.96	5.7	365	6.2	78.16	8.2	316	6.7	82.31	8.9	260
GRAPES-TCM	14.4	46.67	17.4	285	16.9	54.74	20.3	232	17.0	64.2	20.6	162
上海台风模式	6.6	53.06	8.3	245	8.0	62.04	10.1	216	9.6	70.69	12.1	174
T639	6.8	37.93	8.1	58	10.3	40	12.1	45	12.2	41.67	14.7	36
WIPS	5.1	67.5	7.5	160	6.9	74.47	10.0	141	7.9	77.88	10.2	104
北京数值	6.1	41.29	8.1	373	8.7	51.58	11.9	316	10.9	58.89	14.3	253
欧洲中心	5.3	50.39	6.8	127	8.4	50.45	10.4	111	10.6	57.78	12.7	90

有了长足的发展。在此对 TIGGE 网站上参加 TC 集合预报资料交换的集合预报方法进行距离误差精度评定。如表 2 所示,各集合预报方法在集合成员数、预报台风个数、预报时效及预报间隔上均存在一定的差异,尤其是预报时效,从 120 到 360 h 不等,本文只选取前 120 h(间隔 12 h)的预报结果进行距离误差评定。图 1 是 2011 年各集合预报方法 12~120 h 平均距离误差图。从图 1 中可以发现,欧洲中心集合预报系统除了 12 和 24 h 集合平均预报误差达到 82.8 和 111.9 km 略逊于 NCEP 集合预报(68.5 和 108.8 km)以外,剩下的各时次平均预报误差(36~120 h 误差分别为 144.4、184.0、229.3、

273.8、322.6、382.8、452.9 和 523.8 km)均小于其余 6 个集合预报系统。NCEP 集合预报系统 36~120 h 集合平均预报误差分别为 151.0、197.5、250.6、304.9、363.2、434.2、498.3 和 586.5 km,略高于欧洲中心集合预报的误差水平。国家气象中心集合预报系统集合平均预报误差水平处于中游水平,72 h 以内的中短期平均预报误差略高于日本一周天气集合预报系统,84~120 h 的中长期平均预报误差与日本一周天气集合持平或略优于它,而总体上要优于日本台风集合系统。加拿大集合预报系统各时次的距离预报误差在所有参加评定的集合预报系统中均为最大。

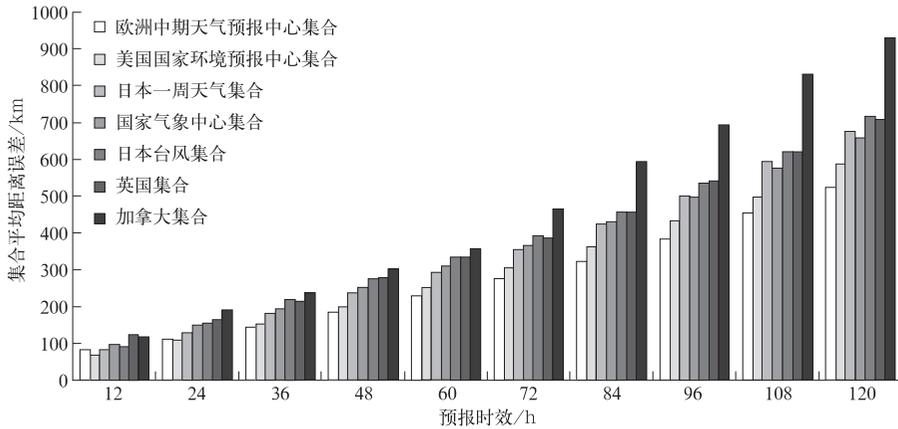


图 1 2011 年各集合预报方法 12~120 h 平均距离误差

Fig. 1 The average distance errors of each ensemble prediction system from 12 h to 120 h in 2011

5.2 集合预报路径预报误差特点分析

中央台、日本气象厅和 JTWC 三家国家级台风业务中心作为发布西北太平洋台风路径和强度预报的主要机构,其预报结果和效果备受广大科技和业务人员关注。同时,通过第 3 节关于距离误差的相关分析,发现欧洲中心数值模式在各预报时效内误差表现均优于国内外各数值模式。对各集合预报系统与中央台、日本气象厅和 JTWC 三家主观预报结果及国内外数值预报方法中预报效果最好的欧洲中心数值模式进行同样本比较分析,以期对国内外各集合预报系统的预报能力有更进一步的认识。

图 2~4 分别是 7 个集合预报系统与中央台、JTWC 和日本气象厅主观预报不同时效的同样本误差相对差异的箱线图。误差相对差异的定义是:

$$\Delta E = E_{\text{eps}}(x) - E_{\text{sub}}$$

式中, E_{sub} 表示某种主观预报方法的路径预报误差, $E_{\text{eps}}(x)$ 表示某个集合预报第 x 个成员与 E_{sub} 对应的同样本的路径预报误差,则 ΔE 则为集合预报与主观预报同样本误差相对差异。从上述公式的定义中不难发现,当 $\Delta E > 0$ 时,表明某个集合预报的集合成员预报误差要大于主观预报, ΔE 越大,说明该集合成员预报表现越逊于主观预报;反之亦然。

从各集合预报系统各预报时效与中央台主观预报的同样本误差比较中可以看发现(图 2),美国国家环境预报中心(NCEP)和欧洲中心集合预报系统各个时效与中央台主观预报相比的相对差异的中位数均小于零,其中欧洲中心集合预报系统各预报时效误差相对差异的中位数数值在 $-50 \sim -20$ km 之间,而 NCEP 集合预报 96 和 120 h 预报误差相对差异的中位数达到了 -59.5 和 -65.3 km。欧洲中心集合系统在 24、48 和 72 h 以及 NCEP 集合在 72 h

预报上的同样本误差相对于日本气象厅主观预报也具有一定的优势(图 3);与 JTWC 主观预报相比,只

有 NCEP 集合 24 h 预报及欧洲中心集合 24 和 48 h 预报占据一定优势(图 4)。其余 5 个集合预报系统

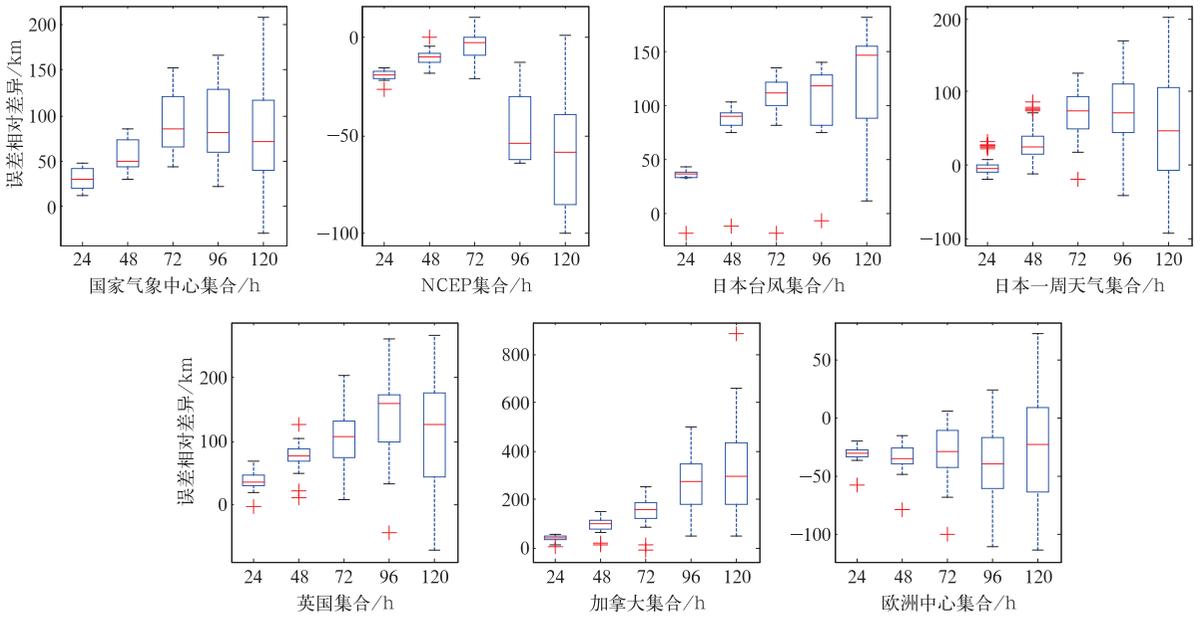


图 2 集合预报相对于中央台主观预报不同时次的同样本误差相对差异

[图中横坐标为预报时效,纵坐标为同样本误差相对差异,箱体上端(下端)为误差第三四分位数,即 75%(第一四分位数,即 25%),箱体中间的线表示误差中位数,实线顶端(底端)为最大(最小)非异常值,十字符号表示异常值]

Fig. 2 The relative differences of homogeneous errors between ensemble prediction systems and CMA subjective forecast

[The abscissa presents the period of validity and the ordinate the relative difference of homogeneous errors, the upper and lower limits of the boxes present the third (75%) and the first (25%) quartiles of the relative difference, the median of errors is denoted by a horizontal bar in the box, the upper and lower limits of the solid line present the maxima and minima of non-outliers]

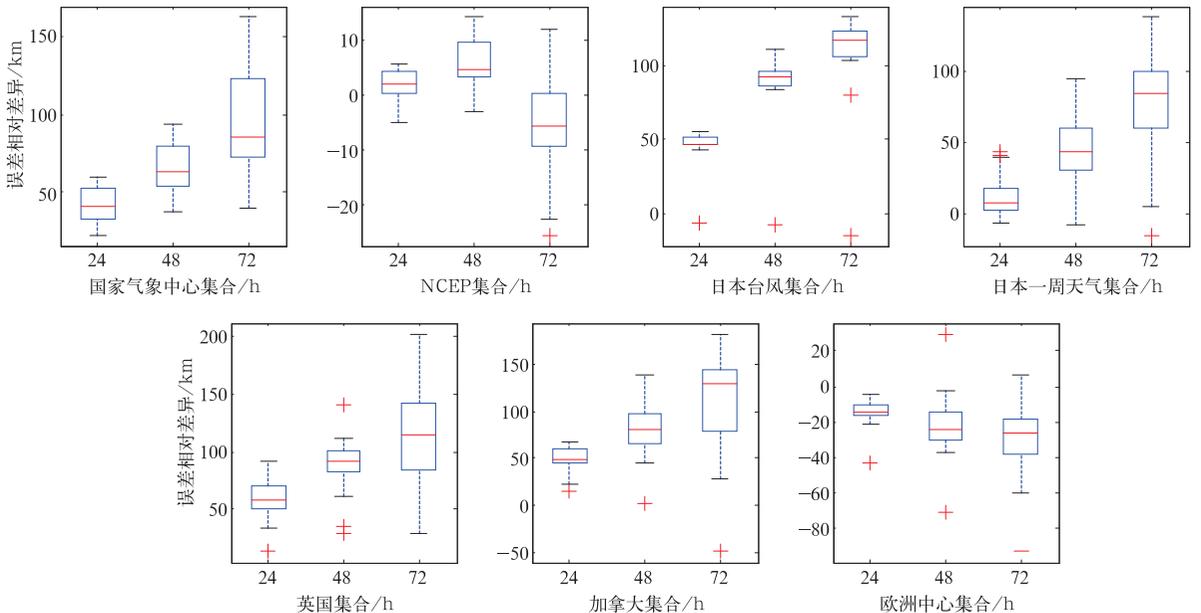


图 3 与图 2 类似,但是与日本气象厅主观预报相比

Fig. 3 The same as Fig. 2, but comparisons between ensemble prediction systems and JMA subjective forecast

相对于三家主观预报均无明显优势。上述结果表明,NCEP 和欧洲中心集合预报系统在某些时效的路径预报水平已经接近甚至超过主观路径预报水平。

欧洲中心数值模式与各集合预报结果进行同样本比较后可以发现(图 5),各集合预报与其 24 h 预报结果相比,相对误差差异中位数数值在 30~

70 km之间,48 和 72 h 达到 40~150 km 和 50~220 km。可见,集合预报系统与欧洲中心数值模式的确定性预报相比还是有一定差距。

集合预报的一大特点就是能够利用各集合成员不同的初始扰动和物理方案,充分考虑各种不确定性来预测台风未来可能的移动路径。将集合预报与主观预报和数值预报进行同样本比较,考虑的是集

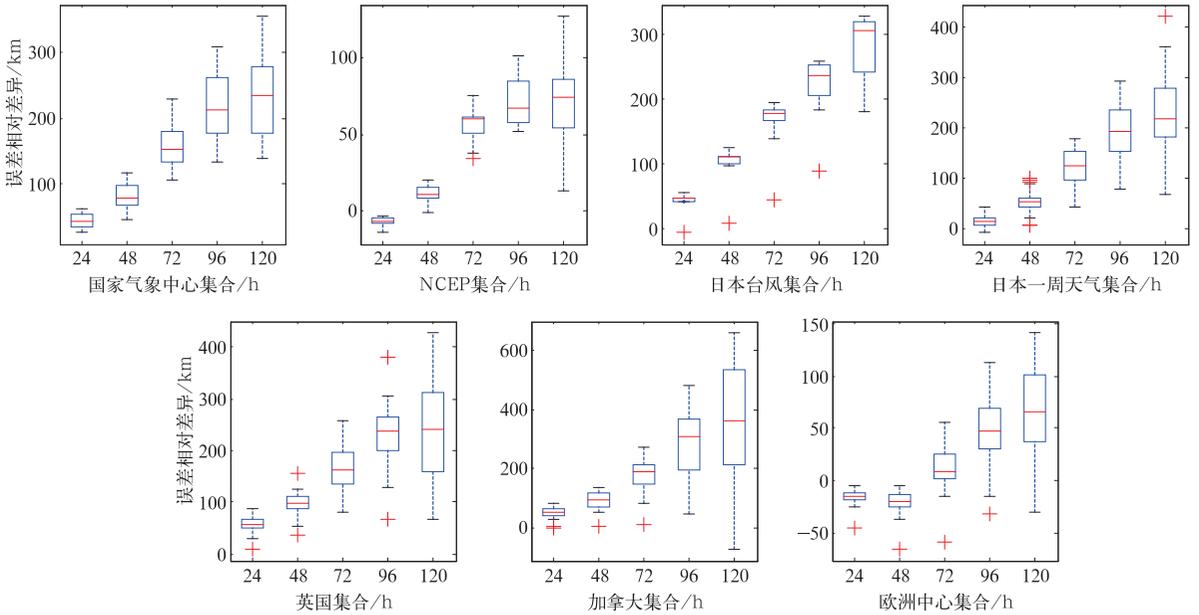


图 4 与图 2 类似,但是与 JTWC 主观预报相比

Fig. 4 The same as Fig. 2, but comparisons between ensemble prediction systems and JTWC subjective forecast

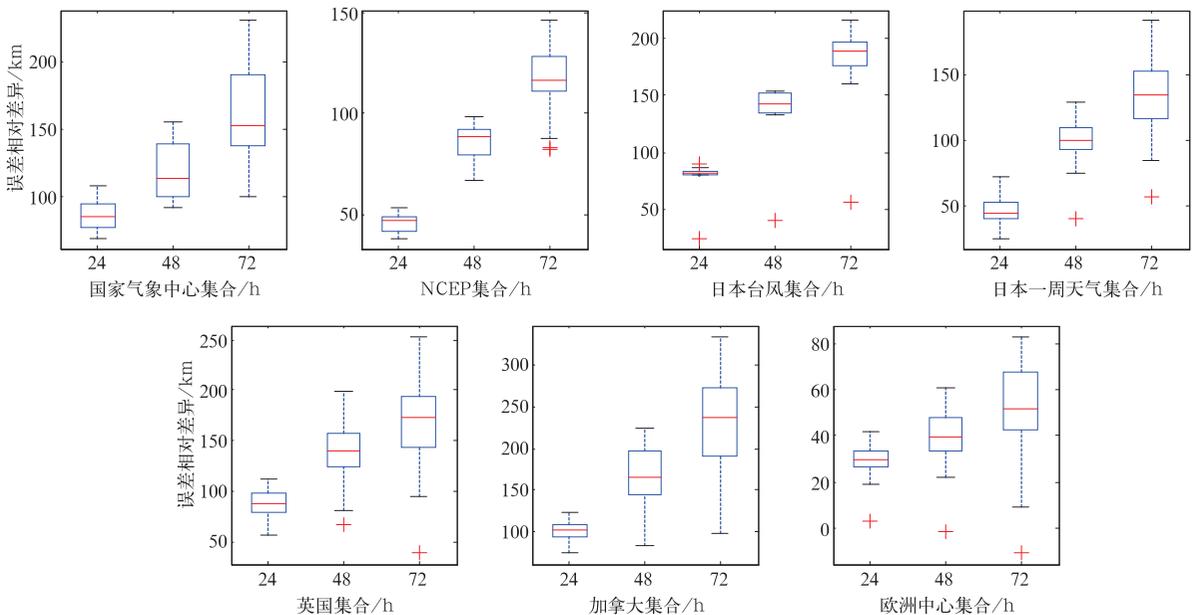


图 5 与图 2 类似,但是与欧洲中心数值模式相比

Fig. 5 The same as Fig. 2, but comparisons between ensemble prediction systems and ECMWF NWP model

合预报整体的预报水平与主观和数值预报之间的差异,当然,这样的同样本分析的目的不是为了说明集合预报与主观和数值预报之间孰优孰劣,只是想展现世界先进的台风集合预报系统的发展程度,为预报员更好地利用台风集合预报系统提供参考。

6 结 语

本文通过对 2011 年西北太平洋台风定位、路径和强度预报精度评定和分析,得到以下结论:

(1) 6 种定位方法总体平均定位误差为 24.9 km,较 2010 年(平均误差 19.8 km)略有偏大,其中,日本卫星的平均定位误差最小,为 17.0 km,中央台误差次之,为 20.7 km。

(2) 国内各综合预报方法 24、48 和 72 h 预报的总体平均距离误差分别为 112.6、209.7 和 333.6 km,24 和 48 h 预报的平均距离误差与 2010 年相当,但 72 h 预报的平均距离误差比 2010 年略偏高。国内各数值方法 24、48 和 72 h 预报的总体平均距离误差分别为 121.4、220.1 和 380.5 km,均比 2010 年的预报总体平均距离误差要小,表现最好的是广州数值,其 24、48 和 72 h 平均距离误差分别为 99.0、186.3 和 325.3 km,但与欧洲中心数值模式相比(63.1、127.4 和 208.6 km)还具有一定的差距。

(3) 四个国家级台风业务中心在台风强度预报中表现最好的是日本气象厅,平均误差分别为 3.9、6.4 和 6.9 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。广西遗传神经 24 和 48 h 强度预报误差分别为 3.5 和 5.3 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在各客观预报方法中表现最好。数值模式强度预报水平与主观和客观预报还具有一定的差距,其 24、48 和 72 h 近中

心底层最大风速预报的平均误差范围分别为 5~15、8~17 和 9~17 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,且与气候持续法相比,均表现为负技巧水平。

(4) 参加评定的集合预报系统的路径预报平均误差结果显示,整体表现最好的是欧洲中心集合预报系统,其次是 NCEP 集合系统,国家气象中心集合预报系统处于中游水平,预报水平介于日本一周天气集合和日本台风集合之间。通过与中央台、日本气象厅和 JTWC 三家主观预报同样本比较后表明,欧洲中心和 NCEP 集合预报系统在某些时效的路径预报水平已经接近甚至超过主观预报水平。

致谢: 余晖研究员,张维、陈佩燕、占瑞芬副研究员为本文提供部分资料和计算帮助,特此感谢!

参考文献

- [1] 汤杰,陈国民,余晖. 2010 年西北太平洋台风预报精度评定及分析[J]. 气象,2011,37(10):1320-1328.
- [2] 占瑞芬,汤杰,余晖. 2009 年西北太平洋台风定位和预报精度评定[J]. 气象,2010,36(10):114-121.
- [3] 谭燕,余晖,占瑞芬. 2008 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定[J]. 大气科学研究与应用,2009,(2):52-61.
- [4] 马雷鸣,李佳,黄伟,等. 2007 年国内台风模式路径预报效果评估[J]. 气象,2008,34(10):74-80.
- [5] 李佳,余晖,应明,等. 2007 年西北太平洋台风定位和预报精度评定[J]. 气象,2009,35(2):101-105.
- [6] 许映龙. 超强台风鲇鱼路径北翘预报分析[J]. 气象,2011,37(7):821-826.
- [7] 中国气象局预测减灾司. 台风业务和服务规定(第 3 次修订版)[M]. 北京:气象出版社,2001:40-47.
- [8] 中国台风网. <http://www.typhoon.gov.cn>.
- [9] TIGGE 热带气旋资料交换网. <http://cawcr.gov.au/projects/THORPEX/TC/index.html>.