

陈国民, 曹庆. 2014. 2013 年西北太平洋热带气旋预报精度评定. 气象, 40(12): 1549-1557.

2013 年西北太平洋热带气旋预报精度评定^{* 1}

陈国民¹ 曹庆²

1 中国气象局上海台风研究所, 上海 200030

2 上海海洋气象台, 上海 201300

提 要: 本文以中国气象局上海台风研究所整理的最佳路径集为依据, 对 2013 年西北太平洋热带气旋(TC)定位、路径和强度预报精度进行了评定, 并对部分全球和区域模式在路径和强度预报中存在的系统性偏差进行了分析, 结果表明: 2013 年定位总平均误差为 21.7 km, 比往年略偏小。国内各省(自治区)主观预报方法路径预报平均误差为 80.2 km(24 h)、143.3 km(48 h)和 221.7 km(72 h), 与 2012 年同比分别降低了 13.9%、13.4%和 20.9%, 中央气象台 24 h 路径预报误差首次低于 90 km。全球和区域模式的路径预报性能稳步提升, 并表现出一定的系统性偏差。统计预报方法的强度预报整体性能仍然领先于数值模式, 而在数值模式中, 区域模式的强度预报性能则略优于全球模式。部分全球和区域模式在强度预报中也存在着系统性偏差。各主观方法对台风温比亚(1306)、台风尤特(1311)、台风潭美(1312)和台风菲特(1323)的 24 h 登陆点预报效果较好, 而对台风西马仑(1308)的 24 h 登陆点预报不是十分理想。

关键词: 热带气旋, 精度评定, 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.1000-0526.2014.12.014

Verification on Forecasts of Tropical Cyclones over Western North Pacific in 2013

CHEN Guomin¹ CAO Qing²

1 Shanghai Typhoon Institute of CMA, Shanghai 200030

2 Shanghai Marine Meteorological Observatory, Shanghai 201300

Abstract: Operational positioning, track and intensity forecast errors of tropical cyclones (TCs) over western North Pacific in 2013 are evaluated on the basis of CMA/STI's Best-track dataset. Meanwhile, the systematic biases of both global and regional models in track and intensity forecasts are analyzed. The results show that the performance of TC positioning is a little better than that in previous years, with an average error by all methods is 21.7 km. The average track forecast errors by the subjective methods of each province or autonomous regions are 80.2 km (24 h), 143.3 km (48 h) and 221.7 km (72 h), which are reduced by 13.9%, 13.4% and 20.9% compared to those in 2012. And the 24 h track forecast error of National Meteorological Centre (NMC) of CMA is less than 90 km for the first time. Global and regional models have steady improvement in the performance of track forecast, however, the models also display specific systematic biases. The overall performance of statistical forecast method is still better than numerical prediction method in intensity forecast. In the numerical prediction methods, the performance of regional models is slightly better than global models. Some global and regional models also have systematic biases in intensity prediction. The subjective methods predict well the 24 h landfall location of Typhoon 1308 "Cimaron", but are not so good for Typhoon 1306 "Rumbia", Typhoon 1311 "Utor", Typhoon 1312

* 上海市气象局科技开发项目(MS201403)和国家自然科学基金项目(41275067、41305049、41475058 和 41405060)共同资助

2014 年 8 月 1 日收稿; 2014 年 10 月 15 日收修定稿

第一作者: 陈国民, 从事台风强度及预报精度分析技术研究. Email: chengm@mail.typhoon.gov.cn

“Trami” and Typhoon 1323 “Fitow”.

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

引 言

2013 年西北太平洋及南海海域共有 31 个编号热带气旋(tropical cyclone, TC)生成,其中有 9 个 TC 登陆我国(5 个登陆华南,3 个登陆华东,1307 号超强台风苏力先后在台湾和福建两省登陆),登陆 TC 个数比常年平均(7 个)偏多。

目前在台风业务预报中,供预报员选择的主客观台风路径和强度预报方法多达几十种。由于各方法关注的区域和技术水平等方面存在一定的差异,不同的方法对于同一区域或者类型 TC 的预报能力并不一致(陈国民等,2013)。为了便于预报员定性地了解各个方法的预报特性,提高预报和服务水平,同时也为了便于科研人员进一步改进各预报方法,前人在 TC 预报精度评定工作中提出了多种关于 TC 路径和强度预报精度评估新方法。占瑞芬等(2010)提出了预报误差区域分布的概念,将不同的预报方法在不同时效中的路径和强度预报误差区域分布情况展现在了地图上;汤杰等(2011)提出了不同模式相对于 ECMWF-IFS 模式的移向与移速比的概念,用来衡量某次预报的误差主要是由移向还是由移速形成的;陈国民等(2013)考虑了在实际业务预报中,数值模式的预报结果一般比主观方法滞后约 12 h,因而将主观路径预报方法与滞后 12 h 的数值模式路径预报方法的误差分布进行了比较;Chen 等(2013)分析了在不同的台风自身特征(包括台风尺度、初始强度等)和环境特征(包括环境风垂直切变、引导流)下,各方法路径预报误差的精度和稳定性。

本文将依据《台风业务和服务规定》(中国气象局预测减灾司,2012)中所列出的台风预报评估办法,将对 2013 年西北太平洋热带气旋预报精度进行系统地评定。同时本文也将对全球和区域模式在路

径和强度预报中的系统性偏差进行分析。

1 资料和方法

本文所使用的 TC 最佳路径数据由中国气象局上海台风研究所整编(中国台风网,http://tcdata.typhoon.gov.cn/zjljsjj_zlhq.html; Ying et al, 2014),该数据提供西北太平洋(含南海,赤道以北,180°E 以西)海域的 TC 每 6 h 的位置和强度信息(TC 强度包含 2 min 平均近中心最大风速和中心海平面最低气压)。参加本次精度评定的有 6 个定位方法,32 个路径预报方法(13 个主观路径预报方法、19 个客观路径预报方法)和 21 个强度预报方法(7 个主观强度预报方法、14 个客观强度预报方法)。

本次精度评定的内容涉及 TC 定位精度、路径预报、登陆点预报和强度预报,以中国气象局上海台风研究所最佳路径数据为评定依据,使用的计算方法均以《台风业务和服务规定》为标准。

2 TC 定位精度评定

统计中央气象台(CMA)、日本气象厅(JMA)、美国联合台风警报中心(JTWC)和韩国气象厅(KMA)的官方实时定位及北京、日本卫星实时定位的平均距离误差(表 1),结果表明:2013 年,6 个定位方法总平均误差 21.7 km,比往年略偏小(陈国民等,2012;2013);4 个官方实时定位方法中,CMA 实时定位误差最小,为 17.1 km,其后依次为 JMA、JTWC 和 KMA;与 2012 年相比,CMA 的定位误差略微偏大,而 JMA、JTWC 和 KMA 的定位误差有一定程度的减小;2 个卫星定位方法 2013 年的定位误差与 2012 年相当(2012 年北京卫星和日本卫星定位误差分别为 19.7 和 22.2 km)。

表 1 2013 年 TC 定位误差(单位:km)

Table 1 TC position errors in 2013 (unit: km)

	CMA	JMA	JTWC	KMA	北京卫星	日本卫星	平均误差
定位误差	17.1	22.7	23.2	24.3	21.8	20.9	21.7
样本数	514	522	469	524	497	417	/

3 TC 路径预报精度评定

3.1 路径预报误差评定

2013 年各主观预报方法路径预报误差统计信息列于表 2。通过比较 CMA、JMA、JTWC 和 KMA 这 4 大机构的路径预报误差发现, JTWC 在 24、72、96 和 120 h 这 4 个预报时效的路径预报表现优于其余 3 家机构, 平均误差分别为 79.2、197.1、312.0 和 518.2 km, 而 48 h 路径预报中 CMA 与 JTWC 表现相当, 误差分别为 138.2 和 138.3 km。进一步比较上述四大机构的同样本路径预报平均误差发现(表

略), 各时效预报误差最小的是 JTWC, 其后依次为 CMA、JMA 和 KMA。2013 年, CMA 24、48、72、96 和 120 h 主观路径预报平均误差分别达到 84.2 km (416 次)、138.2 km (310 次)、211.9 km (213 次)、319.5 km (134 次) 和 557.7 km (75 次), 与 2012 年相比, 除 120 h 外的其余各时效的路径预报水平均有显著提高(2012 年路径误差分别为 102.6、183.6、280.3、384.7 和 546.0 km), 24 h 路径预报误差更是首次低于 90 km。国内各省(自治区)主观预报方法 24、48 和 72 h 总的平均路径误差分别为 80.2 km (417 次)、143.3 km (275 次) 和 221.7 km (98 次), 各时效的路径预报误差与 2012 年同比分别降低了 13.9%、13.4% 和 20.9%。

表 2 2013 年各主观预报方法路径预报误差(单位: km)

Table 2 Average errors of subjective track forecast in 2013 (unit: km)

方法名称	24 h		48 h		72 h		96 h		120 h	
	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差
CMA	416	84.2	310	138.2	213	211.9	134	319.5	75	557.7
JMA	415	90.6	309	153.9	212	224.6	101	381.7	63	555.3
JTWC	407	79.2	303	138.3	207	197.1	130	312.0	77	518.2
KMA	412	91.2	308	143.8	211	224.9	133	370.5	76	605.8
广东主观	91	97.0	65	139.0						
上海主观	46	69.9	29	138.1						
浙江主观	184	90.2	124	148.9	73	274.7				
福建主观	40	53.7	24	89.4	10	148.9				
广西主观	15	94.2	6	212.0						
海南主观	41	76.2	27	132.6	15	241.4				
台风所	314	79.6	220	132.5	163	178.2				
菲律宾	107	240.4	67	258.9	55	466.0				
香港天文台	79	92.5	40	176.2	11	262.7				

注: 由于各个台站各自的责任海区或每天预报的频次不同, 因而预报的样本数会存在差异。中国气象局上海台风研究所的主观预报方法是一种集成预报方法, 是利用典型相关集成法将 JMA、CMA、JTWC 3 家主观预报方法做了集成, 并对外发报。

2013 年, 7 个全球模式(ECMWF-IFS、NCEP-GFS、UKMO-MetUM、JMA-GSM、CMA-T213、CMA-T639 和 KMA-GDAPS) 24、48、72、96 和 120 h 的总平均路径误差分别为 90.9 km (1703 次)、161.4 km (1255 次)、249.2 km (830 次)、410.4 km (394 次) 和 618.0 km (226 次), 其中 NCEP-GFS 和 ECMWF-IFS 两个模式在 96 h 之内的平均路径预报误差十分接近, 但 NCEP-GFS 120 h 的误差明显小于 ECMWF-IFS (表 3)。通过同样本比较 NCEP-GFS 和 ECMWF-IFS 2 个模式后发现, ECMWF-IFS 在 24、48、72、96 和 120 h 的各时效路径预报误差仍比 NCEP-GFS 小 1.8 km (128 次)、14.5 km (96 次)、20.8 km (66 次)、64.1 km (42 次) 和 24.6 km

(25 次), 表明 ECMWF-IFS 模式仍略优于 NCEP-GFS 模式。

2013 年, 国内区域模式(GRAPES-TCM、广州数值、上海台风模式和辽宁数值) 24、48 和 72 h 的总平均路径预报误差分别为 98.8 km (578 次)、186.9 km (400 次) 和 343.4 km (209 次)。广州数值模式近年来路径预报能力稳步提高(陈国民等, 2012; 2013), 2013 年 24、48 和 72 h 的平均路径预报误差分别达到 71.9 km (164 次)、128.8 km (119 次) 和 207.9 km (73 次)。同样本比较结果表明(表略), 广州数值 24、48 和 72 h 的路径预报误差仅比 ECMWF-IFS 分别大了 8.4 km (163 次)、12.3 km (118 次) 和 20.3 km (73 次)。

表 3 2013 年各客观预报方法平均路径预报误差(单位:km)

Table 3 Average errors of objective track forecast in 2013 (unit: km)

方法名称	24 h		48 h		72 h		96 h		120 h	
	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差	样本数	平均误差
NCEP-GFS	253	66.6	196	117.5	127	186.1	84	289.2	48	431.4
ECMWF-IFS	206	67.8	153	115.4	105	188.4	66	289.1	38	538.8
UKMO-MetUM	203	87.2	151	150.4	100	224.6	64	332.8	38	553.8
JMA-GSM	413	91.3	309	164.4	211	245.1				
GRAPES-TCM	290	95.8	207	238.6	136	478.9				
CMA-T639	130	102.4	89	197.5	57	323.3	36	406.3	20	524.0
ACCESS-TC	200	93.1	148	169.6	93	285.9				
广西遗传神经	131	81.8	92	139.5	57	218.4				
KMA-GDAPS	165	110.1	123	187.3	80	270.5	54	723.2	31	1121.4
广州数值	164	71.9	119	128.8	73	207.9				
日本集合	374	105.2	274	188.8	184	282.1	108	404.1	57	535.9
辽宁数值	19	112.0	10	194.3						
上海台风模式	105	115.6	64	186.0						
模式集成	148	134.2	105	252.1	66	367.7				
CMA-T213	333	110.7	234	197.0	150	306.1	90	421.8	51	538.8
KMA-TWRF	136	117.1	97	221.5	62	359.4	36	607.9	15	1238.5
相似离度	332	208.8	236	456.0	155	696.8				
偏最小二乘	241	316.9	172	553.7	109	749.1	59	847.7	27	1002.6
气候持续法	389	229.6	283	509.7	190	703.8				

3.2 路径预报技巧评分

表 4 是 2013 年各客观预报方法相对于气候持续法 24、48 和 72 h 路径预报技巧水平。各客观方法相对于气候持续法均表现出了正技巧水平,其中,24、48 和 72 h 路径预报技巧水平最高的分别是 ECMWF-IFS (69.57%)、NCEP-GFS (77.12%) 和 NCEP-GFS(73.21%)。

表 4 2013 年客观方法路径预报技巧评分(单位:%)

Table 4 Skill score for objective methods on track forecast in 2013 (unit: %)

	24 h	48 h	72 h
NCEP-GFS	68.84	77.12	73.21
ECMWF-IFS	69.57	76.60	73.07
UKMO-MetUM	61.10	68.89	66.34
JMA-GSM	59.36	66.85	64.54
KMA-GDAPS	51.44	62.48	59.61
CMA-T639	58.56	63.09	56.85
CMA-T213	50.72	60.84	55.45
ACCESS-TC	59.52	66.40	57.88
广州数值	67.95	72.99	68.00
日本集合	53.52	63.21	61.41
上海台风模式	44.06	55.91	/
GRAPES-TCM	55.38	43.82	14.04
模式集成	50.71	60.07	54.77
KMA-TWRF	50.44	59.21	53.69
广西遗传神经	59.42	66.91	63.06
辽宁数值	53.33	70.47	/

3.3 全球和区域模式路径预报系统性偏差分析

在实际业务应用中,数值预报模式(无论是全球模式还是区域模式)均会出现一定程度的系统性偏差(Clifford et al, 2008; Berner et al, 2012)。模式的系统性偏差一般会稳定地持续数天以上(Thomas et al, 1983)。数值预报模式自身的系统性偏差势必会影响 TC 路径和强度预报,通过分析不同模式在 TC 路径和强度预报中的系统性偏差,一方面将为预报员在参考模式预报结果时提供必要的修正依据,另一方面也为模式研发人员改进模式预报性能提供参考。

图 1 展示的是 2013 年国内外主要的全球和区域模式路径预报系统性偏差。图中极坐标原点可以理解为 TC 中心,径向坐标即表示距 TC 中心的距离,不同颜色的数字表示各个模式在不同时效相对于 TC 中心位置的全年平均位置。从图 1 中可以看出,全球和区域模式各时效的偏差基本集中在从东北方向沿顺时针到西南方向一侧,其中以位于 TC 中心东南侧象限的系统性偏差数量最多。各个模式表现出了各自不同的系统性偏差特征:在全球模式中,ECMWF-IFS 模式的系统性误差会随着预报时效的增加而逐渐偏南,其 120 h 的系统性偏差约在

偏南 150 km 处。而 NCEP-GFS 模式的系统性误差随着预报时效的增加而逐渐偏东,120 h 的系统性偏差约在东北东 190 km 处。此外,JMA-GSM 模式主要偏向西南方向,UKMO-MetUM 模式 72 h 之前偏向东南方向,72 h 之后转而偏向偏南方向。CMA-T213 模式并没有随预报时效的增加而一致偏向某个方向,偏差主要集中在正东方向附近 60~

100 km 扇形范围内。在区域模式中,ACCESS-TC 模式偏向偏南方向,上海台风模式偏向东北方向,KMA-TWRF 模式偏向东南方向。GRAPES-TCM 模式在 48 h 前偏向东南方向,而 48 h 之后则偏向偏南方向,广州数值模式在 48 h 之前偏向东北方向,而 48 h 之后则转而偏向正南方向。

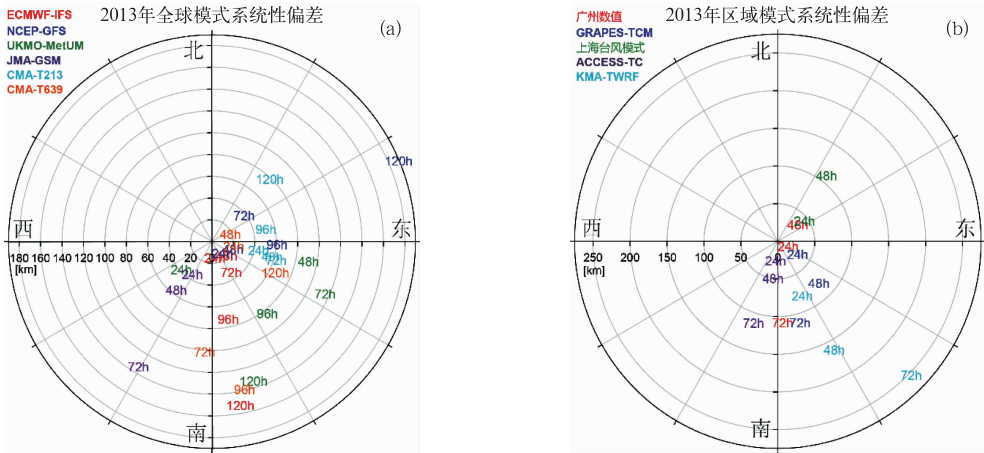


图 1 2013 年全球模式(a)和区域模式(b)路径预报系统性偏差
 [图中不同颜色的数值表示各个模式不同时效相对于 TC 中心的全年平均位置。
 径向轴表示距 TC 中心点的距离(单位:km)]

Fig. 1 The systematic bias of global models (a) and regional models (b)
 [The numbers with different colors represent the annual average positions relative to the TCs' centers for each model at each lead time. The radial axis represents the distance apart from TC center (unit: km)]

3.4 登陆点预报精度评定

2013 年共有 9 个 TC 登陆我国,分别是 1305 “贝碧嘉”、1306 “温比亚”、1307 “苏力”、1308 “西马仑”、1309 “飞燕”、1311 “尤特”、1312 “潭美”、1319 “天兔”和 1323 “菲特”,其中 1307 “苏力”先后在台湾省新北市与宜兰县交界处和福建省连江县登陆两次,其余 8 个 TC 只登陆一次。2013 年各主观预报方法 24 h 登陆点预报误差列于表 5,表中字母“A”表示该方法未能提前 24 h 预报登陆,字母“B”表示 TC 登陆前 24 h 内无预报结果,括号中的数字为起报时间相对于 TC 登陆时间的提前时间。各主观预报方法中,CMA、JMA、JTWC 和 KMA 这四大台风业务中心 2013 年 24 h 平均登陆误差分别为 80.2、94.5、101.5 和 87.0 km,且 24 h 登陆点预报平均分别能提前 19.8、20.3、20.5 和 19.5 h。此外,四大台风业

务中心 24 h 登陆预报命中率(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%)均达到了 100%,体现出了良好的 24 h 登陆点预报水平。国内各主观预报方法由于各自的责任海域不同,部分预报方法对于某些 TC 在登陆前 24 h 内无预报结果(表 5 中以字母“B”表示)。2013 年广东主观、上海主观、浙江主观、福建主观、广西主观和海南主观 24 h 年平均登陆点预报误差分别为 148.8、61.4、82.8、70.8、91.4 和 86.4 km。

在 9 个登陆的 TC 中,各主观方法对 1306 “温比亚”、1311 “尤特”、1312 “潭美”和 1323 “菲特”的 24 h 登陆点预报效果较好,24 h 登陆点误差均在 100 km 以下,而对 1308 “西马仑”的 24 h 登陆点预报误差均较大,普遍在 150 km 以上,个别方法的误差甚至达到了 250 km 以上。

表5 2013年主观预报方法24h登陆点预报误差统计(单位:km)

Table 5 24 h forecast errors of landing point of subjective forecast in 2013 (unit: km)

TC 编号	1305 贝碧嘉	1306 温比亚	1307 苏力	1307 苏力	1308 西马仑	1309 飞燕	1311 尤特	1312 潭美	1319 天兔	1323 菲特
登陆点 位置	海南省 琼海市	广东省 湛江市	福建省 连江县	台湾省 新北市	福建省 漳浦县	海南省 文昌市	广东省 阳西县	福建省 福清市	广东省 汕尾市	福建省 福鼎市
CMA	141.1(21)	49.9(15)	55.6(19)	48.4(20)	147.5(19)	12.4(13)	56.8(20)	42.4(24)	174.2(24)	73.6(23)
广东主观	238.5(15)	116.3(18)	90.1(19)	306.5(8)	170.3(13)	A	86.4(20)	5.4(18)	176.8(24)	B
上海主观	B	B	65.5(19)	3.1(20)	B	B	B	5.4(18)	171.4(24)	B
浙江主观	171.2(21)	40.9(12)	78.5(19)	0.0(20)	118.1(19)	5.8(13)	94.4(20)	59.7(24)	176.7(24)	82.9(23)
福建主观	B	B	22.2(19)	27.3(20)	197.3(13)	B	B	5.4(18)	170.1(24)	2.2(11)
广西主观	108.1(15)	66.4(21)	B	B	253.3(13)	12.4(16)	17.0(8)	B	A	B
海南主观	B	148.6(13)	B	B	225.6(13)	0.0(15)	41.4(20)	B	16.5(0)	B
台风所	234.1(21)	113.8(23)	57.9(19)	5.4(20)	178.3(19)	58.7(14)	68.3(20)	35.6(24)	171.9(24)	2.2(23)
JMA	234.2(21)	24.3(18)	87.8(19)	57.4(20)	162.7(19)	100.3(15)	51.0(20)	19.9(24)	171.0(24)	36.8(23)
JTWC	179.1(21)	130.7(12)	25.7(19)	49.2(20)	186.2(19)	122.9(23)	77.9(20)	35.5(24)	176.6(24)	31.0(23)
KMA	178.7(21)	119.9(14)	83.6(19)	15.6(20)	111.9(19)	34.1(11)	76.0(20)	14.8(24)	226.0(24)	9.3(23)
香港天文台	143.5(21)	163.6(17)	13.2(7)	B	164.6(19)	34.1(11)	33.7(20)	2.2(0)	173.1(24)	B

注:A:未能提前24h预报登陆;B:TC登陆前24h内无预报结果;括号中的数值为起报时间相对于TC登陆时间的提前时间(单位:h)。

江主观,分别达到3.99、5.55和7.26 $m \cdot s^{-1}$ 。

客观预报方法包含国内外的全球、区域模式以及统计预报方法。如表7所示,广西遗传神经24、48和72h平均绝对误差分别达到4.32、6.60和7.09 $m \cdot s^{-1}$,强度预报能力优于其余各客观预报方法。6个全球模式(ECMWF-IFS、NCEP-GFS、UK-MO-MetUM、JMA-GSM、CMA-T639和KMA-GDAPS)24、48、72、96和120h总平均绝对误差分别为7.91、12.20、14.53、14.49和14.50 $m \cdot s^{-1}$ 。4个区域模式(广州数值、上海台风模式、ACCESS-TC和GRAPES-TCM)24、48和72h总平均绝对误差分别为6.47、8.26和10.06 $m \cdot s^{-1}$ 。从评定结果看,2013年统计预报方法的强度预报整体性能仍领先于数值模式,而在数值模式中,区域模式的强度预报性能则略优于全球模式。

4 TC强度预报精度评定

4.1 强度预报误差评定

表6和表7分别列出了2013年主观和客观预报方法强度(2min平均近中心最大风速,下同)预报的平均绝对误差和均方根误差信息。表6中,CMA、JMA、JTWC和KMA4个国家级台风业务中心24、48和72h强度预报的绝对平均误差区间分别为3.82~5.43、6.03~8.28和6.87~10.05 $m \cdot s^{-1}$,这3个预报时效强度误差最小是JTWC,分别为3.82、6.03和6.87 $m \cdot s^{-1}$,96和120h误差最小的是CMA,分别为7.02和8.15 $m \cdot s^{-1}$ 。国内的3个主观强度预报方法中,24、48和72h平均绝对误差最小的分别是香港天文台、广东主观和浙

表6 2013年主观预报方法强度误差(单位: $m \cdot s^{-1}$)Table 6 The intensity forecast errors of subjective methods in 2013 (unit: $m \cdot s^{-1}$)

方法名称	24 h			48 h			72 h			96 h			120 h		
	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数
CMA	4.67	6.16	416	6.91	9.02	310	7.60	9.64	213	7.02	9.43	134	8.15	10.09	75
广东主观	4.20	5.62	91	5.55	7.29	65									
浙江主观	4.59	6.15	184	7.02	8.99	124	7.26	9.05	73						
JMA	5.43	7.18	404	8.28	10.89	300	10.05	12.8	208						
JTWC	3.82	5.14	407	6.03	8.10	303	6.87	9.33	207	7.34	10.51	130	8.26	11.15	77
KMA	5.11	6.84	404	7.83	10.21	300	8.78	11.1	205	8.17	10.38	132	9.54	11.30	76
香港天文台	3.99	5.06	79	6.97	9.07	40	10.55	12.21	11						

表 7 2013 年客观预报方法强度误差(单位: $m \cdot s^{-1}$)Table 7 The intensity forecast errors of objective methods in 2013 (unit: $m \cdot s^{-1}$)

方法名称	24 h			48 h			72 h			96 h			120 h		
	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数	平均 误差	均方根 误差	样本 数
NCEP-GFS	6.71	9.02	259	9.28	12.02	196	10.38	13.3	133	8.01	10.09	84	6.60	7.96	48
ECMWF-IFS	9.71	12.35	205	13.29	17.36	153	15.49	20.13	105	15.97	20.22	66	17.24	20.91	38
UKMO-MetUM	8.58	10.88	203	13.35	16.34	151	15.77	19.49	100	14.89	18.90	64	15.08	18.39	38
JMA-GSM	7.43	9.73	413	12.44	15.66	309	14.62	17.89	211						
KMA-GDAPS	8.00	10.72	165	13.82	17.69	123	17.15	22.02	80	18.06	21.56	54	16.90	20.79	31
CMA-T639	7.02	9.28	130	11.03	14.70	89	13.81	18.41	57	15.53	19.61	36	16.70	18.84	20
GRAPES-TCM	7.39	9.34	290	8.36	10.82	207	10.04	12.88	136						
ACCESS-TC	6.19	8.31	200	9.39	12.08	148	10.52	13.56	93						
广州数值	5.51	7.89	164	8.30	10.87	119	9.63	12.11	73						
上海台风模式	6.79	8.60	105	6.98	8.76	64									
广西遗传神经	4.32	5.60	131	6.60	8.35	92	7.09	9.27	57						
WIPS	5.75	8.10	177	8.95	12.48	129	10.56	13.67	79						
偏最小二乘	5.21	7.35	241	7.85	10.17	172	9.25	11.77	109	10.36	13.03	59	13.81	16.02	27
气候持续法	5.57	7.20	318	8.17	10.81	231	9.43	11.80	114						

4.2 强度预报技巧评分

2013 年,在参加评定的综合预报方法中,除了 JMA 在 72 h 的强度预报技巧评分为负技巧以外,其余方法在 24、48 和 72 h 强度预报相对于气候持续法的技巧水平表现为正技巧(表 8)。JMA 在 24、48 和 72 h 中的强度预报技巧评分分别为 2.75、4.41 和 -0.40,强度技巧水平与其他主观方法有一定的差距。客观预报方法的强度预报技巧评分中,广西遗传神经、WIPS、偏最小二乘和广州数值在 24、48 和 72 h 强度预报均为正技巧。

表 8 2013 年主客观方法强度预报技巧评分(单位: %)

Table 8 Skill score for subjective and objective methods on intensity forecast in 2013 (unit: %)

	24 h	48 h	72 h
CMA	16.14	20.50	26.46
广东主观	22.32	32.61	/
JMA	2.75	4.41	-0.40
JTWC	27.00	16.83	18.14
KMA	9.44	10.34	13.80
香港天文台	44.19	25.35	5.71
GRAPES-TCM	-43.48	-2.26	0.93
广西遗传神经	10.16	7.07	25.14
广州数值	6.93	3.76	9.36
上海台风模式	-26.00	-6.98	/
WIPS	3.32	0.23	0.48
偏最小二乘	5.19	1.96	14.36

4.3 全球和区域模式强度预报系统性偏差分析

图 2 给出了 2013 年部分全球和区域模式在不

同预报时效中的近 TC 中心最大风速和中心最低气压误差的箱型分布图,目的是通过箱型图直观地了解强度误差各分位数以及异常值的分布情况,从中分析全球和区域模式强度预报的系统性偏差。

从 2013 年全球模式最大风速误差分布(图 2a)中可以看到,ECMWF-IFS 模式各时效预报的最大风速误差中位数在 $5 \sim 10 m \cdot s^{-1}$,而第一分位数基本大于 $0 m \cdot s^{-1}$,表明 ECMWF-IFS 模式预报的最大风速比实况偏强。NCEP-GFS 和 CMA-T639 两个模式的最大风速误差中位数基本处于 $0 m \cdot s^{-1}$ 以下,说明这两个模式预报的最大风速比实况略偏弱。JMA-GSM 模式预报的 24 和 72 h 最大风速误差中位数接近于 $0 m \cdot s^{-1}$,而 48 h 略大于 $0 m \cdot s^{-1}$ 。此外,从图 2a 中还可以看出,NECP-GFS 模式在各个预报时效中的箱型比其余全球模式略窄,表明 NECP-GFS 模式在最大风速预报中的稳定性较高。从全球模式最低气压误差分布(图 2c)中可以发现 ECMWF-IFS、JMA-GSM 和 CMA-T639 这 3 个模式并没有像最大风速预报那样存在显著的系统性偏差。而 NCEP-GFS 模式各预报时效的最低气压误差中位数处于 $0 \sim 10 hPa$ 之间,表明该模式强度预报要比实况略偏弱,这与最大风速预报的系统性偏差结果一致。

同样的,通过分析区域模式最大风速和最低气压误差分布(图 2b 和 2d)后发现,广州数值、GRAPES-TCM 和 ACCESS-TC 这 3 个模式并没有存在显著的强度预报系统性偏差,而上海台风模式

在预报最大风速时比实况略大,但是在预报最低气压时却比实况略偏高。此外,区域模式在 24、48 和

72 h 中整体的箱型要略窄于全球模式,表明区域模式的强度预报稳定性要略优于全球模式。

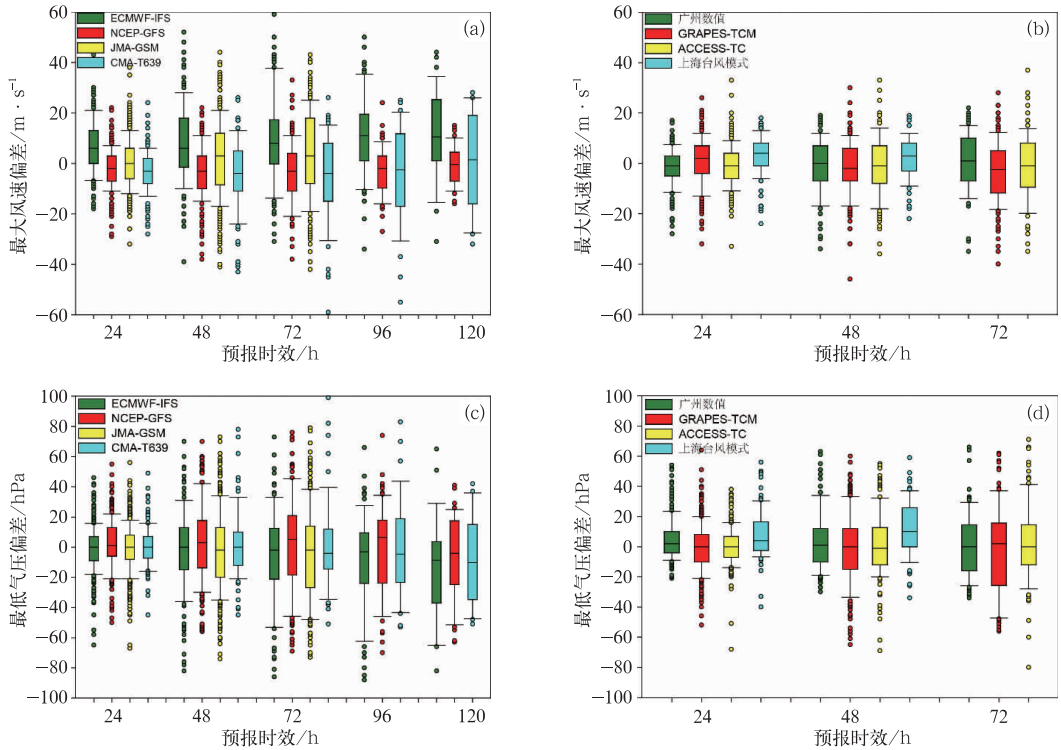


图 2 2013 年全球模式(a)和区域模式(b)最大风速误差分布及全球模式(c)和区域模式(d)最低气压误差分布

[图中箱体上端和下端为偏差第三(75%)和第一(25%)四分位数,箱体外部上(下)端横线表示 90%(10%),箱体内的线表示偏差中位数,圆点表示异常值]

Fig. 2 The error distribution of maximum wind for global models (a) and regional models (b) and the error distribution of minimum pressure for global models (c) and regional models (d) in 2013 [The upper and lower limits of the boxes represent the third (75%) and the first (25%) quartiles of the biases, the bars at top and bottom of boxes represent 90% and 10%, the median of biases is denoted by a horizontal bar inside the box, the circle dots represent the outliers]

5 结 论

本文对 2013 年西北太平洋海域 TC 定位、路径和强度预报精度进行了系统的评定,并对全球和区域模式在路径和强度预报中存在的系统性偏差进行了分析,得到结论如下:

(1) 6 个定位方法总平均误差为 21.7 km,比往年略偏小。CMA 的定位误差最小,但是与 2012 年相比略微偏大,而 JMA、JTWC 和 KMA 的定位误差有一定程度的减小。

(2) CMA 24、48、72、96 和 120 h 主观路径预报平均误差与 2012 年相比,除 120 h 以外的其余各时

效的路径预报水平均有显著提高,24 h 路径预报误差首次低于 90 km。国内各省(自治区)主观预报方法 24、48 和 72 h 总的平均路径误差与 2012 年同比分别降低了 13.9%、13.4%和 20.9%。全球模式路径预报误差分别为 90.9 km(24 h)、161.4 km(48 h)、249.2 km(72 h)、410.4 km(96 h)和 618.0 km(120 h),国内区域模式路径预报平均误差分别为 98.8 km(24 h)、186.9 km(48 h)和 343.4 km(72 h)。

(3) 全球和区域模式的路径预报均不同程度地存在系统性偏差,各时效的偏差基本集中在从东北方向沿顺时针到西南方向一侧,其中以位于 TC 中心东南侧象限的系统性误差数量最多。

(4) 各主观方法对 1306“温比亚”、1311“尤特”、1312“潭美”和 1323“菲特”的 24 h 登陆点预报效果较好,而对 1308“西马仑”的 24 h 登陆点预报不是十分理想。

(5) 与往年类似,统计预报方法的强度预报整体性能仍领先于数值模式,而在数值模式中,区域模式的强度预报性能则略优于全球模式。

(6) 部分全球和区域模式在强度预报中也存在着系统性偏差,ECMWF-IFS 预报的强度比实况略偏强,而 NCEP-GFS 模式则略偏弱。此外,NCEP-GFS 模式在最大风速预报中与其他全球模式相比,表现出了较高的稳定性。

参考文献

- 陈国民,汤杰,曾智华. 2012. 2011 年西北太平洋 TC 预报精度评定. 气象,38(10):1196-1204.
- 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. 气象,39(10):1350-1358.
- 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. 气象,37(10):1320-1328.
- 占瑞芬,汤杰,余晖. 2010. 2009 年西北太平洋台风定位和预报精度评定. 气象,36(10):114-121.
- 中国气象局预测减灾司. 2012. 台风业务和服务规定. 北京:气象出版社,38-41.
- Berner J, Jung T, Palmer T N. 2012. Systematic model error: The impact of increased horizontal resolution versus improved stochastic and deterministic parameterizations. *J Climate*, 25(14): 4946-4962.
- 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. *Trop Cycl Res Rev*, 2(3):149-158.
- Clifford F Mass, Jeffrey Baars, Garrett Wedam, et al. 2008. Removal of systematic model Bias on a model Grid. *Wea Forecasting*, 23(3):438-459.
- Thomas W Bettge. 1983. A systematic error comparison between the ECMWF and NMC prediction models. *Mon Wea Rev*, 111(12): 2385-2389.
- Ying, M, Zhang W, Yu H, et al. 2014. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database. *J Atmos Oceanic Technol*, 31,287-301.