

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.

2010 年西北太平洋台风预报精度评定及分析^{* 1}

汤 杰 陈国民 余 晖

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: 按照《台风业务和服务规定》的相关要求, 本文对 2010 年中央气象台编号的 14 个台风(即 1001~1014 号西北太平洋热带气旋, 以下统称为台风)的业务定位和业务预报精度进行了评定。评定结果表明: 国内各家综合预报 24 h, 48 h 和 72 h 平均距离误差分别为 110.0 km(1392 次)、210.6 km(945 次)和 322.4 km(364 次), 比 2009 年相应预报时效有一定减小。国内外各家数值模式同样本比较显示: 欧洲中心数值模式(ECMWF)在不同时效路径预报中均表现最好, 日本数值模式(JAPN)表现其次。相对于国内各家数值模式, 上述两家国外模式的路径预报表现出一定优势。进一步分析发现我国各数值模式与 ECMWF 模式更大的路径预报水平差距是由于台风移动方向预报差距, 而台风移动速度预报相对较好; 而日本数值与 ECMWF 模式的差距更主要的体现在移动速度方面。我国各家模式与 ECMWF 数值模式初始时效(12 h 和 24 h)的预报差距比后续预报时效(36 h 和 48 h)大。随着预报时效延长, 国内数值模式与 ECMWF 模式的预报差距逐步减小。

关键词: 台风, 预报精度, 误差分析

Precision Evaluation and Error Analysis on the Forecasts of Typhoons over the Western North Pacific in 2010

TANG Jie CHEN Guomin YU Hui

Shanghai Typhoon Institute, CMA, Shanghai 200030

Abstract: According to the Typhoon Operation and Service Requirements, forecast errors of the 14 typhoon cases in 2010 (1001—1014) were evaluated and analyzed. Generally, the average distance errors of domestic operational stations in 24 h, 48 h and 72 h forecasts are 110.0 km (1392 times), 210.6 km (945 times) and 322.4 km (364 times) respectively. Comparing with the results of the corresponding forecasting in 2009, the average errors of typhoon track forecast in different forecast time length in 2010 are decreased in different degrees. By the homogeneous comparison between different numerical models, ECMWF dominates the best track forecast performance and the Japanese model (JAPN) is the second best in 24 h, 48 h and 72 h forecasts. And these two models show some superiority comparing with the domestic models in the typhoon track forecasts. Further analysis of the homogeneous comparison to ECMWF shows that domestic numerical models have more obvious difference in the typhoon movement direction forecast while JAPN shows larger difference in the forecast of movement speed. On the other hand, the forecast difference between the domestic models and ECMWF model seems much larger in the initial forecast time (12—24 h) than that of the later forecast time (36—48 h). In other words, the forecast differences between them are gradually reduced with the extension of forecast time.

Key words: typhoon, forecast precision, error analysis

* 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(40905029, 40921160381)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006008)共同资助

2011 年 8 月 31 日收稿; 2011 年 9 月 14 日收修定稿

第一作者: 汤杰, 从事台风边界层动力学及台风预报精度分析技术研究. Email: tangj@mail.typhoon.gov.cn

引 言

2010 年,西北太平洋及南海海域共生成 14 个热带风暴以上的台风。不仅台风生成总频数平了 1998 年的最低纪录(同为 14 个),而且生成时间呈明显的阶段性特征:近 60% 的台风生成在 8 月下旬到 9 月下旬之间,而 11 月和 12 月没有台风生成,这在 1949 年有记录以来尚属首次。所有 14 个台风中登陆我国有 7 个,其中登陆海南 1 个,广东 1 个,台湾 1 个(1011 号台风凡比亚登陆台湾后在福建二次登陆),其余 4 个全部在福建登陆。虽然 2010 年登陆台风个数与常年相比趋于正常(气候平均为 7 个),但登陆个数与生成个数的比例之高为 1949 年以来之最,达 50%(气候平均为 27%)^[1]。2010 年两个超强台风均登陆我国,其中 1011 号超强台风凡比亚为当年登陆时强度最强的台风,也是 2010 年仅有的一个二次登陆的台风。1013 号超强台风鲇鱼为该年度最强台风,其路径复杂多变,最终于 10 月 23 日在福建漳浦登陆,成为新中国成立以来最晚登陆福建的台风。整体而言,登陆比例大,预报难度大,影响力强,个例偏少成为 2010 年西北太平洋台风活动特点。

当前可供台风实际业务预报参考的主客观方法众多,由于关注重点以及技术水平等差异,不同方法对于不同类型、不同区域台风的预报表现并不一致。因此,对各方法预报误差进行客观评定和综合分析,将有利于预报业务人员深入了解各种方法,更好地提高预报和服务水平;另一方面便于科研人员量化分析当前台风预报变化趋势,更好地改进预报方法。基于上面的考虑,多年来国内外有不少工作从不同侧面总结了西北太平洋台风(热带气旋)业务路径和强度预报情况^[2-10]。本文依据《台风业务和服务规定》^[11],对 2010 年主要的主客观预报方法进行性能客观评估并针对数值模式的路径预报误差进行初步分析,以期能够帮助台风业务科研人员加深对 2010 年度台汛期我国各种业务方法预报表现有较为系统的认识,从而为今后更好地改进和使用相关方法打好基础。

1 资料和方法

本文所采用的台风最佳路径数据来源于中国气

象局上海台风研究所(CMA-STI)整编的台风最佳路径数据集^[12]。该数据集包括 6 小时间隔的台风最佳路径和强度记录(其中台风强度为近中心底层最大风速和近中心最低海平面气压)。参加业务评定的各预报方法数据取自实时业务资料库(各种数据已经与相关业务预报台站核对),主要参加业务评定与分析的方法有 12 个综合预报方法、3 个客观预报方法,6 个数值模式的确定性路径预报(含登陆点预报)精度评定以及 5 个方法的强度(以近台风中心地面最大风速为表示,下同)预报精度评定。本文利用最佳路径和相关方法的报文资料,利用上海台风研究所正在开发的台风预报评估与分析系统工具(Typhoon Forecast Evaluation and Analysis System, TFEAS)对数据进行量化分析。

表 1 2010 年参加台风精度评定的方法

Table 1 The analysis and forecast methods involved in typhoon evaluation in 2010

路径预报方法名称		强度预报	
综合	客观统计	数值预报	综合/客观统计
中央台 (综合方法)	江苏概率	北京数值	中央台
上海台所	上海集成	上海台风模式	广西遗传神经网络
上海台	广西遗传神经	上海 G-TCM	上海统计释用方法
江苏台		广州数值	偏最小二乘法
浙江台		日本数值	气候持续法
福建台		ECWMF	
广东台			
广西台			
海南台			
日本			
JTWC			
韩国			

2 台风路径预报精度分析

2.1 平均距离误差

各综合预报方法的 24 h、48 h 和 72 h 预报的台风平均距离误差列于表 2a。由表 2a 可见,绝大多数综合方法 24 h 预报平均距离误差小于 125 km; 所有综合方法 48 h 预报的平均距离误差均不超过 340 km; 72 h 路径预报的平均距离误差在 250~420 km 之间。各家综合预报 24 h、48 h 和 72 h 平均距离误差分别为 110.0 km(1392 次)、210.6 km(945 次)和 322.4 km(364 次),均小于 2009 年各家综合预报相应预报时效的平均距离误差[123.0 km(1697

次)、228.2 km(1371 次)和 376.0 km(699 次)]。中央台的 24 h、48 h 和 72 h 预报误差总平均为 113.0 km(220 次)、209.3 km(173 次)和 340.7 km(127 次),较 2009 年平均距离误差(分别为 120.3 km、218.1 km 和 327.1 km)有一定幅度减小。亚太地区 4 个国家级台风业务中心(中国、日本、JTWC 和韩国)预报横向比较, JTWC 24 h、48 h 和 72 h 平均距离误差中均为最小,分别为 103.2 km(204 次),188.9 km(162 次)和 336.1 km(127 次)。中央台在 48 h 和 72 h 路径预报平均距离误差均比日本(48 h:215.7 km,174 次;72 h:361.1 km,135 次)小,仅次于 JTWC;24 h 路径预报平均距离误差略大于日本(108.0 km,220 次),小于韩国 123.6 km(207 次)。

表 2b 列出各家数值模式对 2010 年台风预报平均距离误差。24 h 和 48 h 预报误差总平均分别为 118.2 km(971 次)和 226.7 km(797 次),与 2009 年

的 24 h 和 48 h 平均预报距离误差水平(118.5 km(482 次)和 225.4 km(394 次))相当。国内各家数值模式中,上海 G-TCM 模式 24 h 预报平均距离误差最小(118.7 km,206 次),48 h 预报平均距离误差最小的是广州数值(220.1 km,78 次),北京数值在 72 h 预报平均距离误差最小(393.1 km,128 次)。横向比较国内外各家数值模式预报,发现 ECMWF(欧洲中心数值模式)在 24 h、48 h 和 72 h 均为平均距离误差最小,分别为 68.2 km(83 次)、134.1 km(70 次)和 210.3 km(52 次)。24 h、48 h 和 72 h 的同样本比较显示(表略):欧洲中心模式(ECMWF)分别比相应预报时效的北京数值模式平均距离误差小 50.7 km(81 次)、87.0 km(66 次)和 126.1 km(47 次)。日本数值模式不同时效路径预报的总平均距离误差也均小于国内各家数值模式结果,仅次于欧洲中心模式(ECMWF)。

表 2a 综合预报台风位置平均距离误差(单位:km)

Table 2a The average errors of integrated track forecasts (unit: km)

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	14	220	113.0	14	173	209.3	14	127	340.7
台风所	14	191	88.7	14	148	174.3	12	116	323.0
上海台	8	108	111.3	8	91	234.4	1	7	415.8
福建台	5	37	92.1	4	31	181.8	4	16	252.1
海南台	6	32	102.5	5	26	195	4	16	325.5
广东台	9	134	101.5	9	110	166.3	8	82	277.3
广西台	5	12	71.8	3	6	166.7			
江苏台	2	3	167.0	2	3	330.4			
浙江台	3	24	137.6	3	21	253.4			
日本	14	220	108.0	14	174	215.7	13	135	361.1
JTWC	14	204	103.2	13	162	188.9	13	127	336.1
韩国	14	207	123.6	13	168	213.9	13	126	369.4

表 2b 数值预报的台风位置平均距离误差(单位:km)

Table 2a The average errors of NWP track forecasts (unit: km)

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
北京数值	14	215	124.7	14	178	255.0	13	128	393.1
上海台风模式	14	172	148.8	14	145	295.2	13	111	478.9
上海 G-TCM	14	206	118.7	14	177	252.2	13	139	429.5
广州数值	14	106	124.9	14	78	220.1	13	55	414.5
辽宁数值	3	18	147.2	3	12	246.7			
日本数值	14	171	95.2	14	137	184.7	13	103	326.9
ECMWF	11	83	68.2	9	70	134.1	9	52	210.3

2.2 台风登陆点预报

2010 年共有 7 个编号热带气旋登陆我国,其中

2 个登陆华南(1 个登陆广东吴川,1 个登陆海南三亚),5 个登陆华东(全部均在福建登陆,但 1011 台风凡亚比为两次登陆,登陆点分别在台湾花莲和福

建漳浦)。各方法的 24 h 登陆点预报误差列于表 3a ~b(括号内为起报时间相对于台风登陆时间的提前时间(单位:h,下同)。可见,各方法对不同台风登陆点的预报误差从几千米到几百千米不等,国内综合预报大部分的平均登陆误差都小于100 km,登陆时间的预报,普遍都比实况提前 9~24 h。国内各家综合预报方法中,中央台和上海台风所集成方法对于登陆点预报误差最小且正确预报登陆命中率最高,分别为 49.4 km 和 49.1 km。从个例登陆情况看,国内各综合预报方法对 1010 台风凡亚比在台湾花莲的登陆预报比较成功,有多家方法预报误差小于 10 km。对于“凡亚比”在福建的登陆,各家主

客观以及数值模式预报也较为精确,其中广东台误差点预报误差最小(4.9 km)。北京数值和日本数值对于“凡亚比”登陆福建漳浦的预报在各家数值模式预报结果中误差较小,分别为 15.4 km 和 8.5 km。

2010 年台汛期,登陆预报误差最大的是对 1002 台风康森的预报。各家主客观方法对“康森”24 h 预报登陆误差在 70~410 km 不等;对 1008 热带风暴南川的登陆情况也相对较差,大部分主客观方法都没有正确预报其登陆,仅有北京数值和上海 G-TCM 模式分别提前 24 h 和 18 h 正确预报南川登陆,登陆误差分别为 162.3 km 和 52.4 km。

表 3a 综合预报方法 24 h 登陆点预报误差统计(单位:km)

Table 3a The 24 h forecast errors of landing point from integrated forecasts (unit: km)

台风编号	1002	1003	1006	1008	1010	1011	1011	1013	平均误差
登陆点	海南三亚	广东吴川	福建漳浦	福建南川	福建石狮	台湾花莲	福建漳浦	福建漳浦	
中央台	92.7(24)	29.3(24)	47.9(**)	A(**)	72.8(20)	0.0(24)	16.8(24)	86.3(23)	49.4
台风所	73.6(24)	19.8(24)	73.6(**)	15.2(15)	B(**)	A(**)	15.2(21)	96.9(23)	49.1
上海台	B(**)	B(**)	B(**)	A(24)	72.8(20)	46.2(24)	16.8(21)	86.3(23)	55.5
福建台	A(**)	A(**)	B(**)	B(**)	67.4(20)	11.0(24)	68.6(21)	85.1(23)	58.0
海南台	85.7(24)	184.2(6)	70.7(**)	B(**)	100.9(20)	B(**)	B(**)	48.0(17)	97.9
广东台	70.2(24)	18.9(24)	85.3(**)	B(**)	169.2(20)	21.8(21)	4.9(19)	A(23)	61.7
广西台	53.2(12)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	19.8(15)	36.9(17)	36.6
江苏台	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	/
浙江台	B(**)	B(**)	B(**)	A(**)	B(**)	0.0(24)	4.9(21)	B(**)	2.5
日本	111.3(24)	118.2(24)	134.3(**)	A(**)	26.3(20)	46.2(24)	30.3(21)	86.7(23)	79.0
JTWC	37.5(24)	19.6(24)	82.6(**)	A(**)	43.9(14)	23.6(24)	40.7(24)	84.5(23)	47.5
韩国	87.4(24)	39.4(24)	A(**)	A(**)	90.3(20)	32.0(24)	5.8(21)	86.7(23)	56.9

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;括号内数字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,下同

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 without forecast results within 24 h before typhoon landing (B), the lead time before the typhoon landing can not be showed; the same hereinafter

表 3b 数值预报方法 24 h 登陆点预报误差统计(单位: km)

Table 3b The 24 h forecast errors of landing point from numerical model forecasts (unit: km)

台风编号	1002	1003	1006	1008	1010	1011	1011	1013	平均误差	预报登陆命中率
登陆点	海南三亚	广东吴川	福建漳浦	福建南川	福建石狮	台湾花莲	福建漳浦	福建漳浦		
北京数值	101.4(24)	97.2(24)	139.5(**)	162.3(24)	97.1(20)	32.2(24)	15.4(24)	17.7(23)	82.9	87.5%
上海台风模式	411.6(24)	B(**)	81.8(**)	B(**)	126.0(20)	53.0(18)	75.2(9)	368.8(23)	186.1	75.0%
上海 G-TCM	201.5(24)	147.2(18)	209.5(**)	52.4(18)	81.7(20)	A(11)	165.7(15)	86.7(23)	140.0	87.5%
广州数值	162.7(24)	132.4(18)	88.5(**)	B(**)	53.7(20)	32.6(24)	157.1(15)	147.1(17)	110.6	87.5%
日本数值	68.8(24)	69.1(24)	51.4(**)	B(**)	28.2(20)	67.6(24)	8.5(24)	39.7(23)	47.6	87.5%
ECMWF	B(**)	B(**)	90.6(**)	B(**)	71.6(20)	73.3(24)	15.2(3)	101.3(17)	70.4	62.5%

3 台风强度预报

3.1 平均强度误差

类似于前人工作^[2-8,13],本文对于台风强度及强度误差相关计算主要采用近中心底层最大风速作为计算量。统计中央气象台综合预报方法、广西遗传神经方法、上海统计释用方法、偏最小二乘法和气候持续法对台风强度的预报平均绝对误差、预报趋势一致率和均方根误差,结果如表 4 所示。24 h、48 h 和 72 h 近中心最大风速预报的误差范围分别为 3~6 m·s⁻¹、6~10 m·s⁻¹和 6~10 m·s⁻¹。除去新投入业务运行的偏最小二乘法,中央台综合预报、广西遗传神经方法和上海统计释用 3 个强度预报方法 24 h 和 48 h 平均强度预报误差分别为 5.32 m·s⁻¹

和 6.70 m·s⁻¹。而 2008 年 24 h 和 48 h 平均误差分别为 4.6 m·s⁻¹和 7.59 m·s⁻¹,2009 年则分别为 4.79 m·s⁻¹和 6.64 m·s⁻¹。对比发现,2010 年各种主客观方法 24 h 和 48 h 强度预报误差与前两年比水平相当。包括偏最小二乘法在内的 4 个强度预报方法 2010 年 24 h 和 48 h 的平均强度预报误差分别为 5.64 m·s⁻¹和 7.41 m·s⁻¹。

不同方法相比,24 h 平均强度误差最小的为中央台综合预报(4.44 m·s⁻¹,220 次),48 h 平均强度预报误差较小的是广西遗传神经方法(5.17 m·s⁻¹,18 次)。

在同样本比较中,中央台综合方法 24 h 平均强度预报误差比广西遗传神经方法大 0.9 m·s⁻¹(25 次),而 48 h 平均强度预报误差中央台综合方法比广西遗传神经方法小 0.3 m·s⁻¹(17 次)(表略)。

表 4 2010 年台风强度预报误差统计
Table 4 The typhoon intensity forecast errors in 2010

误差 方法	24 h			48 h			72 h					
	平均误差/ m·s ⁻¹	预报趋势 一致率/ %	均方根 误差/ m·s ⁻¹	预报 次数/次	平均误差/ m·s ⁻¹	预报趋势 一致率/ %	均方根 误差/ m·s ⁻¹	预报 次数/次	平均误差/ m·s ⁻¹	预报趋势 一致率/ %	均方根 误差/ m·s ⁻¹	预报 次数/次
中央台 (综合方法)	4.44	81.45	5.66	220	5.21	80.35	6.93	173	5.72	75.59	7.54	127
广西遗传 神经方法	4.54	73.08	5.68	26	5.17	66.67	6.17	18				
偏最小 二乘法	6.50	70.78	8.41	219	9.35	69.57	11.40	184	10.10	67.12	12.11	146
上海统计 释用方法	7.17	76.84	12.04	95	10.01	69.86	14.76	73	10.98	77.27	14.09	44
气候持 续法	6.67	68.78	8.53	205	9.16	72.99	11.54	174	9.73	73.27	12.33	101

3.2 技巧水平

如表 5 所示,中央台的 2010 年台风强度预报对于各种客观方法有一定优势,其 24 h、48 h 和 72 h

相对于气候持续法技巧分别为 35.94(220 次),46.93(173 次)和 44.52(127 次)。广西遗传神经方法在 24 h 和 48 h 时效预报也具有较高的正预报技巧。表 5 给出了 2009 和 2010 年强度预报方法相对

表 5 2009—2010 年强度预报方法的技巧水平
相对于 CLIPPER 法,单位:%,括号内为预报次数

Table 5 The skill score of intensity forecast errors in 2009—2010
skill score is related to the clipper method, unit:%, the number in the bracket is the sample number

时效 年份 方法	24 h		48 h		72 h	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
中央台(综合方法)	8.59(417)	35.94(220)	-13.15(335)	46.93(173)	30.35(199)	44.52(127)
广西遗传神经方法	40.09(36)	31.03(26)	30.86(19)	36.80(18)		
偏最小二乘法		3.31(219)		0.35(184)		-7.22(146)
上海统计释用方法	2.18(169)	-7.20(95)	-38.21(146)	-12.99(73)	-31.76(80)	-32.64(44)

于气候持续法的技巧水平。统计显示:除上海统计释用方法在 24 h、48 h 和 72 h 以及偏最小二乘法 72 h 强度预报均为负技巧外,其他业务化的强度预报方法 24 h、48 h 和 72 h 预报相对于气候持续法主要为正技巧。

4 台风数值模式路径预报误差分析

通过第 3 节关于路径预报误差的相关讨论,可以发现 ECMWF 数值模式在各个预报时效误差表现均优于国内外各家数值模式。本节针对国内外主要数值模式(本文主要选取在 2010 年台汛期内预报报文样本数相对较多的北京数值模式、上海 G-TCM 模式、广州数值模式以及作为参照的日本数值模式作为参与比较的模式),以 ECMWF 模式为参照从不同方面进行更深入的分析,以期能对国内外数值

模式的差异有更进一步的认识。

4.1 与 ECMWF 数值模式的同样本距离误差比较

为了更准确对比和分析不同模式与 ECMWF 模式的差异,本节对不同模式与 ECMWF 模式的 24 h 和 48 h 平均预报距离进行对比误差分析(图 1 和图 2)。通过与 ECMWF 模式进行同样本比较(图 1,图 2 和表 6),可以发现 3 个国内数值模式(北京数值、上海 G-TCM 和广州数值)在 24 h 和 48 h 预报时效预报表现均有超过 60% 以上的样本数的预报距离误差大于 ECMWF 模式(即图 1 和图 2 中斜线以下的距离误差个数),这可能意味着 2010 年台风路径预报业务个例中,有占总数超过 60%~70% 的台风个例,ECMWF 模式的路径预报距离误差比国内主要数值模式要小。而日本数值则有约 50%~60% 的台风预报个例预报误差大于 ECMWF 模式。

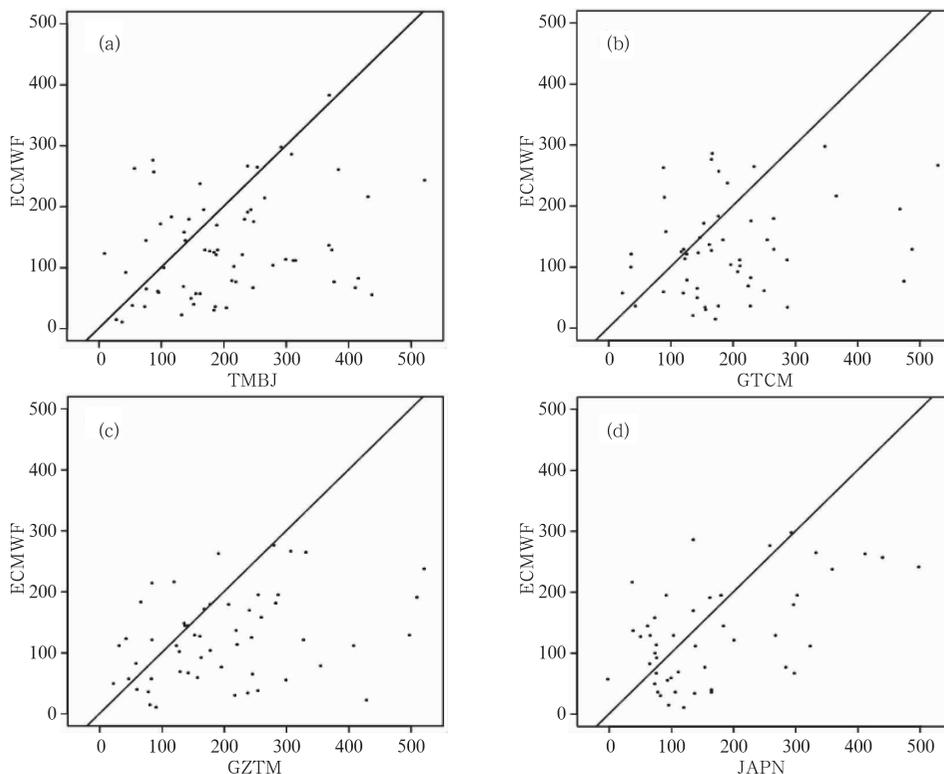


图 1 各模式与 ECMWF 模式 24 h 路径预报距离预报误差同样本比较的散点图

(a) 北京数值; (b) 上海 G-TCM; (c) 广州数值; (d) 日本数值

横坐标为当前数值模式预报误差,单位为 km,纵坐标为 ECMWF 模式,单位为 km,图中斜线以上表示 ECMWF 模式误差大于当前模式的个例,斜线以下部分表示 ECMWF 模式的预报误差小于当前模式的误差

Fig. 1 Scatter diagrams of homogeneous comparison between different model with ECMWF of the 24 h forecast distance errors

X-axis denotes the errors (unit:km) of various models; Y-axis the ECMWF model error (unit: km); (a) TMBJ, (b) GTCM, (c) GZTM, and (d) JAPN. The sample in the upper part of oblique line means the error of ECMWF model is larger than that of the comparison model

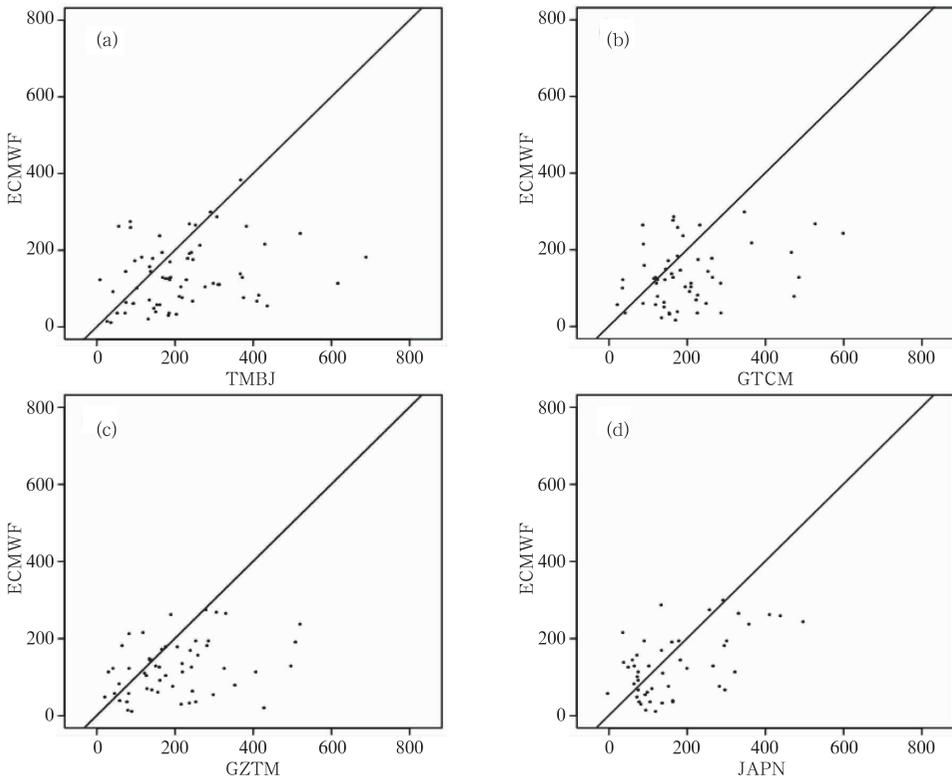


图 2 与图 1 图示相同,不同之处为预报时效是 48 h 预报
Fig. 2 As in Fig. 1, but for 48 h forecast distance errors

表 6 与 ECMWF 模式同样本比较,不同时效的各模式距离误差大于 ECMWF 模式占总样本数比例(单位:%)

Table 6 Homogeneous comparison with ECMWF, represented by the ratio of the samples with forecast distance errors larger than ECMWF errors to the total comparison samples (unit: %)

数值模式 \ 预报时效	12 h	24 h	36 h	48 h
北京数值	76.40	80.24	72.22	74.24
上海 G-TCM	60.25	67.10	70.76	72.22
广州数值	72.94	80.26	69.23	72.22
日本数值	53.12	64.60	59.61	59.57

4.2 与 ECMWF 数值模式的同样本移动速度与移动方向误差比较

在业务预报中,台风移动速度大小和方向的变化往往会成为台风路径预报难点,而移动速度和移动方向的预报误差共同构成预报路径平均距离误差。在 4.1 节中已经提到,国内外各模式在不同预报时效的平均误差表现均落后于 ECMWF 模式。为深入了解不同模式相对于 ECMWF 模式的优劣之处,拟以 ECMWF 模式为参照,针对不同模式的台风移动速度和移动方向误差做进一步定量分析。

如式(1)所示,定义针对同一台风预报个例的相

对误差比 R 。

$$R = \frac{E_{cp}}{E_{rf}} \quad (1)$$

式中, E_{cp} 为当前比较模式的预报误差, E_{rf} 为参考模式的预报误差(本节中所采用的参照模式均为 ECMWF 模式)。根据定义,当 $R > 1$, 表示对于某个预报个例,当前比较模式预报误差大于参照模式预报误差, R 越大,说明比较模式预报表现越差于参照模式;反之亦相反。

分别计算 2010 年不同模式相对于 ECMWF 模式的移动速度和移动方向相对误差比 (R_{spd} 和 R_{dir})。

当 $\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$ 时,可以认为对于当前个例,相对于 EC-

MWF 模式,移速预报的水平差距成为(与 ECMWF 模式相比)路径预报水平差距的整体主导地位;反之当 $\frac{R_{spd}}{R_{dir}} < 1$ 说明是移向预报水平差异更显著。从移动速度相对误差比大于移动方向相对误差比(即 $\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$)的个例占总同样本个例比例表格(表 7)中所示,日本数值模式移动速度相对误差比占主导地位的比例($\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$)在不同预报时效均超过 50%,这说明日本数值模式与 ECMWF 模式路径预报能力的差距更主要的是由于移动速度预报能力相对较弱,而移向预报能力相对较强。与之不同的是国内三家主要数值模式移动速度不同预报时效的相对误差比占主导地位($\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$)比例均小于 50%,即移动方向相对误差是导致与 ECMWF 模式路径预报表

现差距的主要原因。这说明就 2010 年台风个例的路径预报表现而言,我国几个主要数值模式与 ECMWF 模式主要差距更多体现在台风移动方向的预报能力相对较弱。这可能意味着,一方面台风业务预报人员在借鉴国内外不同模式时,应该针对其各自特点有所侧重;另一方面,我国的台风数值模式相关开发人员可能更需关注台风移动方向方面的改进。

为进一步了解不同模式与参照模式的整体误差差异,如(2)式定义平均相对误差比 \bar{R}

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{E_{cp}^i}{E_{rf}^i} \quad (2)$$

从定义可知 \bar{R} 越大,说明比较模式预报水平与参照模式的水平差距越大。

从图 3a 和 3b,移动方向误差比 \bar{R}_{spd} 和移动速度误差比 \bar{R}_{dir} 在模式起始积分阶段(12~24 h)相对较

表 7 与 ECMWF 模式同样本比较,移动速度相对误差比大于移动方向

相对误差比($\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$)个例占总同样本个例比例(单位:%)

Table 7 Homogeneous comparison with ECMWF, represented by the ratio of samples with

$\frac{R_{spd}}{R_{dir}} > 1$ to the total comparison samples (unit:%)

数值模式 \ 预报时效	预报时效			
	12 h	24 h	36 h	48 h
北京数值	46.75	44.87	43.47	43.47
上海 G-TCM	43.83	40.27	40.32	44.23
广州数值	54.66	48.51	44.26	47.16
日本数值	54.38	54.38	54.00	56.81

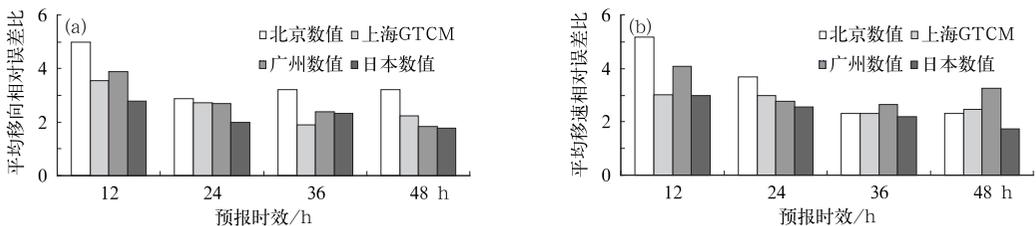


图 3 (a)不同预报时效下各模式与同样本 ECMWF 模式移向误差比较和 (b)不同预报时效各模式与同样本 ECMWF 模式移速误差比较

Fig. 3 The comparisons of various models with the ECMWF model in (a) the relative moving direction and (b) the relative moving speed

大($3 < \bar{R} < 5$);随着预报时效的延长, R 逐步减小,直至 48 h 预报时效已经减小。这说明 ECMWF 模式在最初的预报时效 12~24 h 对于其他模式领先幅度更大;而随着预报时效的延长,ECMWF 模式

优势逐步减少,但仍有一定优势。一般认为,模式同化技术对于初始场的改进作用于预报改进效果会在模式积分 12~24 h 之后开始减弱。因而 12~24 h ECMWF 模式有较大的优势,可能更主要是由于

ECMWF 模式有更好的初始场或者同化技术。另外一方面,36~48 h 不同模式相对于 ECMWF 模式的相对误差比 R 仍然大于 1,这说明 ECMWF 模式本身相对于其他模式也有一定优势。对模式的改进一方面是初始场改进即各种资料的同化技术,另一方面是模式自身框架和参数化方案等的改进即模式改进。如果将 ECMWF 模式作为我们国内台风模式追赶的目标,则改进模式初始场和改进模式物理框架对于提高台风路径预报水平都存在一定的改进空间,但其中可能通过同化形成最优台风模式初始场对于台风路径预报的改善效果可能相对更明显,其效率应约在 1~2 倍于改进模式框架方面的工作。

5 结 语

通过对 2010 年台风路径和强度预报精度评定和分析,我们得到以下初步结论:

(1) 国内各家综合预报 24 h、48 h 和 72 h 平均距离误差为 110.0 km(1392 次),210.6 km(945 次)和 322.4 km(364 次),比 2009 年有一定减小;而国内数值预报方法不同时效的平均距离预报误差整体比各台站综合预报方法误差大。亚太地区 4 个国家级台风业务中心(中国、日本、JTWC 和韩国)的预报横向比较:JTWC 24 h、48 h 和 72 h 平均距离误差均为最小;中央台在 48 h 和 72 h 路径预报次之,平均距离误差均比日本综合预报小;24 h 平均路径预报误差略大于日本。

(2) 整体而言,各家业务台综合方法对于台风登陆预报的 24 小时预报误差明显小于各家数值模式(如表 3 所示)。中央台与 JTWC 综合预报对 2010 年 8 次台风登陆预报相对较好,且水平相当(分别为 49.4 km 和 47.5 km)。数值模式登陆点平均预报误差较小的为日本数值模式(47.6 km)而大多数的数值模式均在 70~190 km。这可能意味着目前阶段登陆预报更应偏重于各主要业务预报中心的综合预报经验,他们的预报表现证明对于 24 h 以内台风登陆点的预报误差已经小于 100 km,登陆点预报时效也普遍在 9~24 h,具有较高的可信度。

(3) 比较国内外各家数值模式预报,发现 ECMWF(欧洲中心数值模式)在 24 h、48 h 和 72 h 均为平均距离误差最小。24 h、48 h 和 72 h 时效的同样本比较显示:欧洲中心模式(ECMWF)分别比相应时效的北京数值平均距离误差小;日本数值模

式 24 h、48 h 和 72 h 平均距离误差也均小于国内各个数值模式。

(4) 通过与 ECMWF 模式同样本分析,我国的各家模式与 ECMWF 模式更大的差距体现在移动方向误差方面。这可能意味着,一方面台风业务预报人员在借鉴国内外不同模式时,应该有所侧重;另外一方面,我国的台风数值模式相关开发人员可能更需要关注台风移动方向方面的改进。国内主要台风数值模式在较早时效预报时(12~24 h 阶段)相对于 ECMWF 模式落后的幅度更大;而随着预报时效的延长,ECMWF 模式优势逐步减少,但仍有一定优势。

本文针对 2010 年多种业务化的台风预报方法的定位,路径,强度,以及登陆点分别进行了分析,并通过同样本分析,分析了国内外数值模式的路径预报差异。需要指出的是,由于样本数有限,相关统计工作得出的结论很可能不准确。这可能需要后面更多的工作去补充和完善。

致谢:张维、陈佩燕、占瑞芬副研究员也为本文提供部分资料和计算帮助,特此致谢!

参考文献

- [1] 占瑞芬. 2010 年西北太平洋台风活动综述. 2011 年待投.
- [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 年西北太平洋台风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):74-85.
- [5] 应明,余晖,梁旭东,等. 2007 年西北太平洋台风活动综述[J]. 气象,2009,35(2):94-100.
- [6] 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.
- [7] 汤杰. 西北太平洋台风路径业务预报误差初步分析[J]. 大气科学研究与应用,2009,(2):21-31.
- [8] 许映龙,张玲,高控柱. 我国台风业务预报的现状和思考[J]. 气象,2010,36(7):43-49.
- [9] 许映龙. 超强台风鲑鱼路北翘预报分析[J]. 气象,2011,37(7):821-826.
- [10] 涂小萍,许映龙. 基于 ECMWF 海平面气压场的热带气旋路径预报效果检验[J]. 气象,2010,36(3):107-111.
- [11] 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). 北京:气象出版社,2001:40-47.
- [12] 中国台风网. <http://www.typhoon.gov.cn>.
- [13] Elsberry R L, Lambert T D B, Boothe M A. Accuracy of Atlantic and eastern North Pacific tropical cyclone intensity forecast guidance. Wea Forecasting,2007,22:747-762.