

陈国民,余晖,曹庆. 2012 年西北太平洋热带气旋预报精度评定. 气象, 39(10):1350-1358.

2012 年西北太平洋热带气旋预报精度评定^{* 1}

陈国民¹ 余晖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: 本文对 2012 年西北太平洋热带气旋定位、路径和强度预报精度进行了评定, 结果表明: 2012 年定位总平均误差 23.4 km, 与往年相当。国内各综合方法的路径预报平均误差分别为 94.3 km(24 h)、168.2 km(48 h) 和 284.2 km(72 h), 中央气象台 24 h 路径预报准确率相对于 2011 年有了较大幅度的提高。全球模式的平均距离误差分别为 96.8 km(24 h)、177.2 km(48 h)、283.6 km(72 h)、382.3 km(96 h) 和 583.6 km(120 h), 其中部分数值模式预报水平接近主观方法的平均预报水平, 但是最优的主观预报具有相对所有数值预报的正技巧, 表现出较强的数值预报应用能力。通过对比国际先进数值预报模式的误差表明, 国内区域模式的路径预报能力与国外先进模式相比仍有较大差距。4 个台风业务中心强度预报的平均绝对误差分别为 4.11~4.63 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (24 h)、6.10~6.90 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (48 h) 和 6.84~8.71 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (72 h)。部分客观强度预报方法表现出一定的系统性偏差。各方法对“海葵”在象山鹤浦镇的 24 h 登陆点预报较为成功, 而对“苏拉”在台湾花莲的 24 h 登陆点预报较为失败。

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: P459

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.10.014

Verification on Forecasts of Tropical Cyclones over Northwest Pacific in 2012

CHEN Guomin¹ YU Hui¹ CAO Qing²

1 Shanghai Typhoon Institute of CMA, Shanghai 200030

2 Shanghai Marine Meteorological Center, Shanghai 201300

Abstract: Operational positioning, track and intensity forecast error of tropical cyclones (TCs) over Northwest Pacific in 2012 are evaluated. The results show that the performance of TC positioning remains the same as that in the previous years, with an average error by all methods is 23.4 km. The average track forecast errors of domestic subjective methods are 94.3 km (24 h), 168.2 km (48 h) and 284.2 km (72 h). Compared with 2011, the performance of 24 h track forecast made by the National Meteorological Centre of CMA has made great progress in 2012. The average track forecast errors of global models are 96.8 km (24 h), 177.2 km (48 h), 283.6 km (72 h), 382.3 km (96 h) and 583.6 km (120 h), of which the performances of some numerical weather prediction (NWP) systems are approaching to the mean level of subjective forecasts, but the best subjective method still has the positive skill compared with any NWP method. In addition, through comparing the track errors of advanced NWP models in other countries the track forecast ability of regional NWP in China still has a large gap. The average absolute intensity errors of four typhoon operational centers at 24 h, 48 h and 72 h are 4.11~4.63 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 6.10~6.90 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ and

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006008)、国家自然科学基金项目(41275067)和上海市气象局科技开发项目(QM201202)共同资助

2013 年 6 月 21 日收稿; 2013 年 9 月 17 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. Email: chengm@mail.typhoon.gov.cn

6.84~8.71 m·s⁻¹, respectively. There is always a systematic bias in some objective intensity forecast methods. These methods have predicted well for the 24 h landfall location of “Haikui”, but not so good for “Saola”.

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

引 言

2012 年,西北太平洋及南海海域共生成 25 个编号热带气旋(以下简称 TC),其中登陆我国的有 7 个(其中 3 个登陆华南,2 个登陆华东,1 个登陆台湾,而 1209 号强台风苏拉先后在台湾和福建登陆两次),与常年平均数(7 个)相等。在 7 个登陆 TC 中,有 5 个集中在 8 月,1210 号台风达维是新中国成立以来同时期登陆长江以北的最强 TC。

当前可供台风实际业务预报参考的主客观方法众多,由于各个方法关注的重点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类型 TC 的预报表现并不一致,而同一方法对于不同区域或类型 TC 的预报能力也存在差异(占瑞芬等,2010;汤杰等,2011;陈国民等,2012)。因此,对各主客观预报方法在路径和强度等方面的预报性能进行客观的评估,一方面有利于预报人员定性地了解各方法的预报特性,提高预报和服务水平;另一方面也有利于科研人员分析各预报方法的预报性能,便于进一步改进预报方法。本文依据《台风业务和服务规定》(中国气象局预测减灾司,2012)中所提到的客观评估办法,对 2012 年参加全国业务发报的我国各 TC 预报方法和预报员常用的国外预报方法进行精度评定,以期能够帮助业务和科研人员对 2012 年度台汛期间各 TC 业务方法的预报表现有较为系统的认识,为今后进一步使用和改进这些方法提供参考。

1 资料和方法

本文所做精度评定均以中国气象局上海台风研究所(CMA-STI)整编的 2012 年西北太平洋 TC 最佳路径数据(中国台风网,http://www.typhoon.gov.cn/index.php?controller=spage&pid=169.)为依据。该数据提供西北太平洋(含南海,赤道以北,180°E 以西)海域 TC 每 6 h 的位置和强度信息(TC 强度包含近中心附近最大风速和中心海平面最低气压)。参加精度评定的定位和预报方法包括 6 个定

位方法、31 个路径预报方法(14 个综合预报方法和 17 个客观预报方法)、12 个强度预报方法(6 个综合预报方法和 6 个客观预报方法)。与往年相比,新增了 1 个全球模式(韩国 GDAPS)的路径预报精度评定。

精度评定的内容包括 TC 中心位置、登陆点和强度预报误差,评定时所使用的计算方法均严格按照《台风业务和服务规定》执行。

2 TC 定位精度评定

统计中央气象台、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:与 CMA 最佳路径相比,中央气象台实时定位误差最小,仅 14.2 km, JMA 实时定位误差最大,达到 31.1 km。各方法定位误差总平均为 23.4 km(共 3756 次),与 2011 年(24.9 km,共 2579 次)相比略有改进,但不如 2010 年(19.8 km,1382 次);4 个官方实时定位方法的平均误差为 24.6 km(2492 次),2 个卫星实时定位方法平均误差为 21.0 km(1264 次),官方定位误差与 2011 年(25.1 km,1695 次)相当,卫星定位误差比 2011 年(24.6 km,884 次)略有减小。若各中心的定位和各自的最佳路径相比(KMA 不发布最佳路径,因此没有 KMA 的数据),日本卫星的定位误差是所有方法中最小的,平均定位误差仅 1.4 km,其次是中央气象台。

表 1 2012 年 TC 定位误差(单位:km)

Table 1 TC position errors in 2012 (unit: km)

定位方法	与 CMA 最佳路径相比		与各自最佳路径相比	
	样本数	误差	样本数	误差
中央气象台	617	14.2	617	14.2
JMA	699	31.1	691	26.2
JTWC	616	26.6	634	22.8
KMA	560	26.4	—	—
北京卫星	568	19.7	568	19.7
日本卫星	696	22.3	742	1.4
平均误差	—	23.4	—	16.9

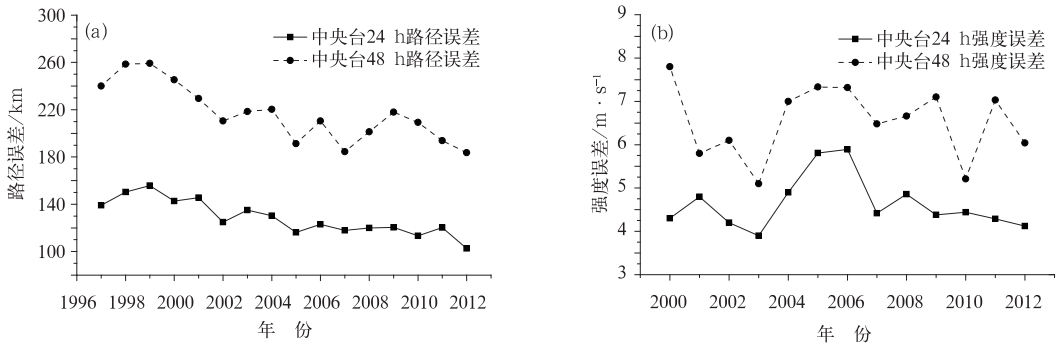


图 1 中央气象台历年路径(a)和强度(b)预报误差演变图

Fig. 1 Variation of forecast errors by National Meteorological Centre of CMA

(a) track, (b) intensity

3 TC 路径预报精度评定

3.1 路径预报误差评定

2012 年各综合预报方法 24~120 h 预报的 TC 路径误差信息列于表 2a。比较中央气象台、JMA、JTWC 和 KMA 四大机构的 24~120 h 路径预报误差发现, JTWC 的路径预报优于其余三家机构, 其 24、48、72、96 和 120 h 误差分别为 94.9 km(508 次)、168.8 km(412 次)、249.6 km(324 次)、314.5 km(245 次)和 443.9 km(176 次)。中央气象台 24、48、72、96 和 120 h 路径预报平均误差分别为 102.6 km(508 次)、183.6 km(410 次)、280.3 km(321 次)、384.7 km(246 次)和 546.0 km(180 次)。从中

央气象台历年路径预报误差演变图(图 1a)中可以看到, 近年来, 24 h 路径预报误差呈逐年下降趋势, 而 2012 与 2011 年相比, 24 h 路径预报准确率更是有大幅度的提高(2011 年为 120.3 km)。中央气象台 48 h 路径预报误差近 4 年来也呈下降趋势(图 1a)。国内各综合预报方法 24、48 和 72 h 的总的平均距离误差分别为 94.3 km(1373 次)、168.2 km(1120 次)和 284.2 km(823 次), 相较于 2011 年, 各时次的路径预报误差降低了 5%~7%。路径预报能力的显著提高应与我国预报员在 2012 年开展了 TC 路径集合预报产品的广泛应用密切相关。值得注意的是, 由于沿海各省级气象台所划分的责任海域的不同, 预报的 TC 个数和样本数同中央气象台相比有较大的差距(表 2), 为了更客观地认识各省级气象台与中央气象台的相对预报能力, 表 3

表 2 2012 年主观预报方法平均路径误差(单位: km)

Table 2 Average errors of subjective track forecast in 2012 (unit: km)

方法名称	24 h			48 h			72 h			96 h			120 h		
	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差
中央气象台	25	508	102.6	24	410	183.6	20	321	280.3	17	246	384.7	15	180	546.0
广东主观	16	251	94.8	15	212	191.1	12	161	321.6						
上海主观	10	58	76.5	8	45	163.7									
浙江主观	4	107	72.4	4	93	146.9	4	68	223.2						
福建主观	8	67	91.1	7	54	178.1	5	38	326.7						
广西主观	6	26	106.8	5	16	165.8									
海南主观	7	29	116.9	7	20	170.7	4	10	291.0						
江苏主观	4	9	93.7	3	4	141.4									
台风所	15	318	93.9	14	266	172.8	14	225	262.4						
JMA	25	512	107.8	24	411	208.3	21	320	317.0						
JTWC	25	508	94.9	24	412	168.8	22	324	249.6	17	245	314.5	15	176	443.9
KMA	24	464	117.2	23	374	188.8	20	291	263.7	15	222	352.1	13	165	470.8
菲律宾主观	14	191	226.5	13	133	348.0	13	120	442.3						
香港天文台	9	85	96.6	7	58	146.9	6	34	264.4						

注: 由于各个机构或者台站各自的责任海区不同, 因此预报的目标台风和样本数会存在一定的差异。

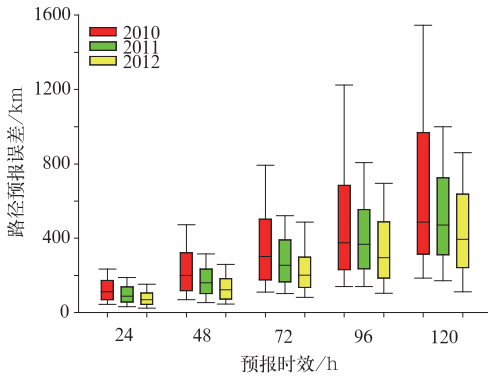


图 2 2010—2012 年 NCEP-GFS 路径预报误差分布特征图

[箱型图箱体上端(下端)为相对误差第三四分位数,即 75%(第一四分位数,即 25%),箱体内部横线为误差中位数,箱体外部顶端(底端)为误差的 90%(10%)处]

Fig. 2 The distribution of track forecast errors for NCEP-GFS from 2010 to 2012

[The upper and lower limits of the boxes present the third (75%) and the first (25%) quartiles of the errors, the median of errors is denoted by a bar in the box, the bars out of the boxes present the 90% (upper) and 10% (lower) of the errors]

给出了它们之间的路径预报同样本比较。整体而言,2012 年,上海主观、福建主观和江苏主观各时次的平均路径预报误差要略小于中央气象台。

2012 年,全球模式[NCEP-GFS(NCEP, 2012)、ECMWF-IFS(ECMWF, 2011)、英国数值(UKMO, 2012)、日本数值(Nakagawa, 2009)、T213(CMA,

2012)、T639(管成功等, 2008)、韩国 GDAPS(Lee et al, 2011)]24、48、72、96 和 120 h 总的平均路径预报误差分别为 96.8 km (2660 次)、177.2 km (2172 次)、283.6 km (1696 次)、382.3 km (935 次) 和 583.6 km (675 次), 其中各预报时效内平均误差最小的均为 ECMWF-IFS 模式, 分别为 68.2、120.8、196.8、301.2 和 430.4 km (表 4)。NCEP-GFS 模式 2012 年的预报表现较往年有了较大进步(图 2), 其 24~120 h 各预报时次平均误差已经十分接近 ECMWF-IFS 模式, 分别为 72.4、128.1、209.0、307.8 和 446.3 km。进一步作同样本比较后发现, NCEP-GFS 在 24、48 和 72 h 同样本误差仅比 ECMWF-IFS 大 3.9、10.8 和 17.0 km, 而 96 和 120 h 同样本误差比 ECMWF-IFS 要小 10.9 和 29.9 km。此外,

表 3 中央气象台与各省级气象台主观路径预报同样本比较

Table 3 Track error homogeneous comparison between National Meteorological Centre and provincial observatories

	24 h	48 h	72 h
广东主观	5.0(251)	12.5(212)	13.5(161)
上海主观	-4.2(58)	-3.5(45)	/
浙江主观	5.4(107)	18.0(93)	12.0(68)
福建主观	-1.1(67)	-0.8(54)	-12.8(38)
广西主观	12.3(26)	13.7(16)	/
海南主观	8.4(29)	5.3(20)	-10.6(10)
江苏主观	-3.8(11)	-18.4(7)	/

注:表中数值为省级气象台减去中央气象台平均路径误差值之差,括号内为同样本数。

表 4 2012 年客观预报方法平均路径误差 (单位: km)

Table 4 Average errors of objective track forecast in 2012 (unit: km)

方法名称	24 h			48 h			72 h			96 h			120 h		
	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差	TC 数	样本数	平均误差
NCEP-GFS	24	487	72.4	24	394	128.1	21	307	209.0	17	231	307.8	14	167	446.3
ECMWF-IFS	22	215	68.2	20	171	120.8	18	135	196.8	15	101	301.2	12	73	430.4
英国数值	22	208	103.6	21	170	189.8	16	128	309.4	14	98	404.3	11	64	510.4
日本数值	25	478	96.8	23	385	182.5	21	294	292.7						
GRAPES-TCM	20	344	88.0	19	277	208.8	16	216	385.9						
CMA-T639	21	218	103.3	19	180	200.7	18	142	322.8	15	108	457.7	13	80	539.3
KMA-GDAPS	25	558	119.0	25	471	207.2	25	377	341.5	25	166	642.4	19	125	976.0
广西遗传神经	6	30	91.5	4	19	167.5									
广州数值	22	206	90.3	19	158	173.8	16	106	247.2						
日本集合	24	441	110.6	23	351	213.4	21	273	316.2	16	204	436.7	13	139	530.4
江苏概率	10	44	77.0	7	35	191.2									
辽宁数值	5	28	112.9	4	20	196.4									
上海台风模式	14	291	121.6	12	241	227.7									
模式集成	22	344	73.4	21	276	166.8	16	199	296.5						
CMA-T213	25	496	114.4	24	401	211.5	20	313	312.8	16	231	440.4	13	166	600.0

ECMWF-IFS 模式在 24、48 和 72 h 三个预报时效中只有约 55%~58% 的样本的预报误差小于 NCEP-GFS 模式,而 96 和 120 h 2 个预报时效中分别只有 45.1% 和 47.7% 的样本的预报误差小于 NCEP-GFS(表 5)。除了 NCEP-GFS 之外,其余全球模式的表现与 ECMWF-IFS 模式仍然存在一定的差距。

我国区域模式(广州数值、上海台风模式、GRAPES-TCM 和辽宁数值)24、48 和 72 h 的总的平均路径误差分别为 103.2 km(869 次)、201.7 km(696 次)和 316.6 km(322 次)(表 4)。表 5 中统计的数据显示,ECMWF-IFS 模式 24、48 和 72 h 预报误差小于国内区域模式的样本比例高达 60%~85%,表明我国区域模式的预报效果与 ECMWF-IFS 模式的差距较大。统计预报方法中,江苏概率的 24 h 平均误差仅 77.0 km,而广西遗传神经的 48 h 平均误差仅 167.5 km,表现较为突出(表 4)。但同往年相似,受预报区域限制,这两个方法都存在样本数较少的状况。

图 3 是 2012 年主观方法和数值模式非同样本路径预报误差比较。由于在实际业务预报中,数值模式的预报结果一般要比主观方法的预报结果滞后 6~12 h,因此图 3 中所有数值模式路径误差均滞后 12 h 后与主观方法进行比较。以图中“24 h”预报时效为例,主观方法展示结果为真实的 24 h 路径预报误差,而数值模式展示的确是 36 h 的误差,以此类推。图 3 表明,2012 年,数值模式(包括全球和区域

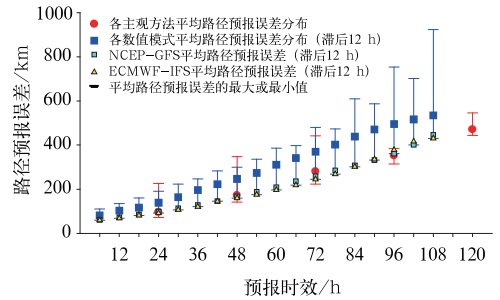


图 3 表 2 中所有主观方法与数值模式(滞后 12 h)非同样本路径预报误差比较(误差条线表示数值预报或主观预报方法平均路径误差分布,误差条线顶端(底端)为预报方法平均路径误差的最大值(最小值)。图中所有数值预报结果要比主观预报滞后 12 h,如横坐标“24 h”预报时效所对应的主观预报误差结果为 24 h,而数值预报误差结果为 36 h,以此类推)

Fig. 3 Non-homogeneous comparison between track forecast error of subjective methods in Table 2 and NWP methods (12 h delay) in 2012 (Error bars indicate the distributions of mean track error of all the NWP or subjective methods, the lines at top (bottom) of the error bars is the maximum (minimum) of mean track error All the NWP results are 12 h delay to the subjective results. For example, the forecast error for subjective is 24 h, but is 36 h for NWP at the tick label “24 h”, and so on)

数值模式)各预报时次平均路径预报水平与主观方法平均路径预报水平仍然具有一定的差距。部分模式(如 ECMWF-IFS 和 NCEP-GFS)各时次的平均路径预报误差接近或小于主观方法平均路径预报误差,尤其是 72 h 预报,这两个方法的平均路径预报误差已经小于主观方法平均误差。因此,图 3 一方面说明最好的数值模式预报水平正逐渐接近主观方法的平均预报水平,另一方面也说明最优的主观方法仍然优于所有模式结果。

3.2 登陆点预报精度评定

2012 年共有 7 个 TC 登陆我国,分别是 1206“杜苏芮”、1208“维森特”、1209“苏拉”、1210“达维”、1211“海葵”、1213“启德”以及 1214“天秤”,其中 1209“苏拉”先后在台湾花蓮和福建省福鼎市秦屿镇登陆两次,其余 6 个 TC 只登陆一次。各综合和客观预报方法 24 h 登陆点预报误差列于表 6 和表 7 中,各方法对不同 TC 登陆点的 24 h 预报误差最低只有几千米,而最高能达到几百千米。综合预报方法中(表 6),中央气象台、JMA、JTWC、KMA 这 4 大台风业务中心 24 h 平均登陆点误差分别为 103.5、

表 5 2012 年 ECMWF-IFS 模式路径误差小于其他数值模式的样本占总的同样本比率(单位:%)
Table 5 The ratios between which ECMWF-IFS track error is smaller than other models account for total number of homogeneous samples (unit: %)

	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
NCEP-GFS	57.1	55.8	57.7	45.1	47.7
日本数值	66.7	73.2	66.7	/	/
CMA-T213	75.7	75.9	71.2	62.4	68.3
CMA-T639	70.7	71.4	66.7	62.5	58.7
英国数值	68.3	68.4	61.4	57.1	51.0
KMA-GDAPS	72.0	80.3	75.6	79.3	83.9
ACCESS-TC	70.2	68.6	68.6	/	/
GRAPES-TCM	71.6	76.3	81.9	/	/
上海台风模式	76.4	83.7	/	/	/
广州数值	60.8	64.1	60.0	/	/
KMA-TWRF	84.1	85.2	81.4	76.3	66.7

注:百分比=ECMWF-IFS 模式误差小于其他模式的样本数/同样本总数×100%。例如:NCEP-GFS 在 24 h 对应的数值为 57.1,即表示 24 h 预报中,ECMWF-IFS 模式比 NCEP-GFS 模式误差小的样本数占 57.1%。

123.3、143.3 和 146.6km,除了 JMA 对 1209“苏拉”在台湾花莲的登陆点未能提前 24 h 预报出以外,其余三家机构均提前预报出了 8 个登陆点,24 h 登陆点预报命中率(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%。客观预报方法中(表 7),各方法对于 7 个登陆 TC 的 24 h 登陆点预报均没有特别稳定的表现,某一方法对于某几个 TC 24 h 登陆点预报误差可能低于 50 km,但对于其他 TC 往往又能达到几百千

米的误差。

在登陆的 7 个 TC 中,各综合和客观方法对 1211“海葵”的 24 h 登陆点预报误差均较小,在 60 km 以下。对 1209“苏拉”在台湾花莲的登陆点,无论综合预报还是客观预报,24 h 登陆点预报较为失败,综合预报除了上海主观外,其余方法的登陆点预报误差均超过了 280 km,客观方法中除了个别模式外,其余方法的登陆误差也超过了 260 km。

总体上看,2012 年无论是主观预报方法还是数

表 6 2012 年综合预报方法 24 h 登陆点误差统计(单位:km)

Table 6 24 h forecast errors of landing point of integrated forecasts in 2012 (unit: km)

TC 编号	1206 杜苏芮	1208 维森特	1209 苏拉	1209 苏拉	1210 达维	1211 海葵	1213 启德	1214 天秤
登陆点	广东省 珠海市	广东省 台山市	台湾省 花莲市	福建省 福鼎市	江苏省 响水县	浙江省 象山县	湛江市 麻章区	台湾省 屏东县
中央气象台	39.3(20)	100.8(20)	288.2(**)	44.4(23)	143.9(**)	59.1(22)	120.6(22)	33.1(20)
广东主观	3.1(20)	146.8(20)	292.4(**)	38.6(23)	B(**)	B(**)	70.7(22)	56.1(20)
上海主观	B(**)	B(**)	20.9(**)	7.6(23)	B(**)	46.9(22)	B(**)	33.1(20)
浙江主观	B(**)	B(**)	322.1(**)	29.0(23)	B(**)	4.9(22)	B(**)	33.5(20)
福建主观	70.8(20)	157.4(20)	287.8(**)	25.3(23)	B(**)	46.6(22)	64.0(22)	31.0(20)
广西主观	68.8(20)	161.0(20)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	64.0(16)	B(**)
海南主观	20.6(20)	67.8(20)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	59.7(16)	B(**)
江苏主观	B(**)	B(**)	A(**)	29.1(23)	10.5(16)	7.6(10)	B(**)	B(**)
台风所	B(**)	B(**)	316.0(**)	62.6(23)	184.0(**)	3.8(22)	20.6(22)	59.2(20)
JMA	89.0(19)	344.7(20)	A(**)	17.7(23)	312.0(**)	31.3(22)	33.4(22)	34.9(20)
JTWC	158.8(19)	105.7(20)	330.1(**)	98.1(23)	361.1(**)	33.5(22)	0(22)	59.4(20)
KMA	50.1(19)	455.3(20)	296.9(**)	109.7(23)	69.6(**)	55.4(22)	65.3(22)	70.8(20)
菲律宾主观	B(**)	B(**)	A(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	A(**)
香港天文台	40.4(19)	147.5(20)	B(**)	38.4(5)	B(**)	B(**)	40.7(22)	B(**)

注:A:未能提前 24 h 预报登陆;B:TC 登陆前 24 h 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(h);** :代表没有具体数值,下同。

表 7 2012 年客观预报方法 24 h 登陆点误差统计(单位:km)

Table 7 24 h forecast errors of landing point of objective forecasts in 2012 (unit: km)

TC 编号	1206 杜苏芮	1208 维森特	1209 苏拉	1209 苏拉	1210 达维	1211 海葵	1213 启德	1214 天秤
登陆点	广东省 珠海市	广东省 台山市	台湾省 花莲市	福建省 福鼎市	江苏省 响水县	浙江省 象山县	湛江市 麻章区	台湾省 屏东县
NCEP-GFS	135.6(19)	40.6(20)	328.3(**)	23.2(23)	323.3(**)	42.3(22)	98.7(22)	22.3(20)
ECMWF-IFS	85.5(19)	A(**)	306.7(**)	19.0(23)	190.4(16)	31.2(22)	22.4(16)	87.5(20)
英国数值	100.0(19)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	3.1(22)	60.1(16)	33.1(20)
日本数值	20.6(19)	120.5(20)	288.1(**)	100.6(23)	179.2(**)	26.6(22)	37.5(22)	69.9(14)
GRAPES-TCM	B(**)	71.6(14)	271.5(**)	87.8(23)	148.3(**)	28.6(22)	151.5(22)	86.7(20)
CMA-T639	B(**)	24.8(20)	B(**)	B(**)	138.0(16)	8.5(22)	63.4(16)	128.4(20)
ACCESS-TC	75.6(19)	93.3(20)	51.2(**)	156.6(23)	48.9(16)	52.1(22)	34.6(16)	13.4(20)
广西遗传神经	68.2(19)	137.4(20)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	63.5(16)	28.1(9)
KMA-GDAPS	B(**)	360.2(20)	361.5(**)	42.4(23)	374.9(**)	26.8(22)	97.2(22)	A(**)
广州数值	14.8(7)	7.9(20)	260.1(**)	14.4(23)	155.6(16)	5.4(22)	100.6(16)	91.2(20)
日本集合	16.5(19)	0.0(14)	305.6(**)	144.3(23)	266.1(**)	26.6(22)	39.0(22)	48.3(20)
江苏概率	52.1(13)	105.8(14)	A(**)	6.2(17)	B(**)	31.3(16)	63.4(4)	40.0(20)
辽宁数值	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	B(**)	114.3(22)	B(**)	B(**)
上海台风模式	B(**)	B(**)	A(23)	12.0(23)	B(**)	54.6(22)	179.4(22)	36.0(20)
模式集成	56.3(19)	167.3(20)	34.4(17)	A(**)	66.4(10)	25.5(16)	185.1(24)	37.3(22)
CMA-T213	27.3(19)	56.3(20)	288.7(**)	31.9(23)	A(**)	5.4(22)	125.1(22)	173.7(20)

注:说明同表 6

值预报方法,对 1211“海葵”的 24 h 登陆点预报均较为成功,而对 1209“苏拉”在台湾花莲的登陆点预报较为失败。

4 强度预报精度评定

表 8 和表 9 分别列出了综合和客观预报方法强度(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情况。4 个国家级台风业务中心 24、48 和 72 h 强度预报的绝对平均误差范围区间分别为 4.11~4.63、6.10~6.90 和 6.84~8.71 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,其中 JTWC 在 24、48 和 72 h 主观强度预报的平均误差均为最小,分别为 4.11、6.10 和 6.84 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。中央气象台 24 h 强度预报误差自 2008 年以来,呈逐年下降的趋势,而 48 h 强度预报近几年来并没有显著的改善(图 1b)。需要说明的是,由于中央气象台、JMA 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^①中所述的风速转换系数将各机构的风速换算成与中央气象台一致的平均风速。

客观预报方法检验结果显示(表 9),统计预报方法的强度预报能力仍然略优于数值模式的强度预

报,这一结果与往年类似。24 h 平均强度预报绝对误差最小的方法为广西遗传神经,误差为 3.80 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,而 48 和 72 h 平均强度预报绝对误差最小的方法是 WIPS,误差分别为 5.76 和 6.85 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

同样本比较四大国家级业务中心的预报发现(表略),JTWC 在 24、48 和 72 h 同样本强度预报结果中的误差均小于其他三家机构,其次是中央气象台,其同样本强度预报误差小于剩余的两家机构。客观方法之间的同样本比较显示(表略),广西遗传神经在 24 h 同样本强度预报结果中的误差小于其余的统计和模式预报方法的误差,而 WIPS 方法在 48 和 72 h 同样本强度预报结果中的误差要小于其余的统计和模式预报方法的误差。

进一步分析国内各主要客观强度预报方法强度相对误差的分布特征(图 4),GRAPES-TCM、上海台风模式、偏最小二乘和 WIPS 这 4 个方法的 24 h 相对误差中值为负,说明预报偏弱,而广州数值预报偏强,广西遗传神经方法并没有明显的系统性偏差。48 h 强度预报偏弱的预报方法与 24 h 强度预报相同,而广州数值和广西遗传神经却没有表现出显著的系统性偏差。72 h 强度预报中,除了 WIPS 强度预报偏弱得较为明显以外,其余方法的预报相对误差中值均位于零线附近。此外,通过比较各个方法

表 8 2012 年综合方法强度预报误差

Table 8 Intensity forecast errors of integrated methods in 2012

方法名称	24 h				48 h				72 h			
	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数
中央气象台	4.36	72.83	6.1	508	6.27	78.29	8.32	410	7.10	82.55	9.21	321
广东主观	5.00	63.75	6.85	251	5.85	73.24	7.81	213	6.61	78.4	8.77	162
JMA	4.47	70.54	6.26	499	6.90	74.5	8.87	400	8.71	73.14	10.62	309
JTWC	4.11	75.98	5.66	508	6.10	78.4	7.77	412	6.84	79.63	8.58	324
KMA	4.63	68.06	6.36	454	6.67	78.3	8.77	364	8.25	79.08	9.98	282
香港天文台	4.22	58.82	5.96	85	6.05	58.62	7.57	58	6.44	52.94	8.39	34

表 9 2012 年国内各客观预报方法强度预报误差

Table 9 Intensity forecast errors of objective methods in 2012

方法名称	24 h				48 h				72 h			
	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数	平均误差	趋势一致率/%	均方根误差	样本数
GRAPES-TCM	7.43	67.37	9.39	331	8.27	71.22	10.52	271	8.74	71.96	11.27	214
广西遗传神经	3.8	73.33	5.2	30	6.37	57.89	7.75	19				
广州数值	5.17	61.17	7.39	206	7.75	74.05	10.42	158	9.19	72.64	11.9	106
上海台风模式	6.99	64.6	9.54	291	8.2	77.18	10.91	241				
WIPS	4.31	76.47	5.99	204	5.76	86.79	7.77	159	6.85	82.2	8.95	118
偏最小二乘	5.04	73.11	7.01	502	7.4	78.45	9.61	413	8.5	82.92	10.99	322

① World Meteorological Organization (WMO), Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions.

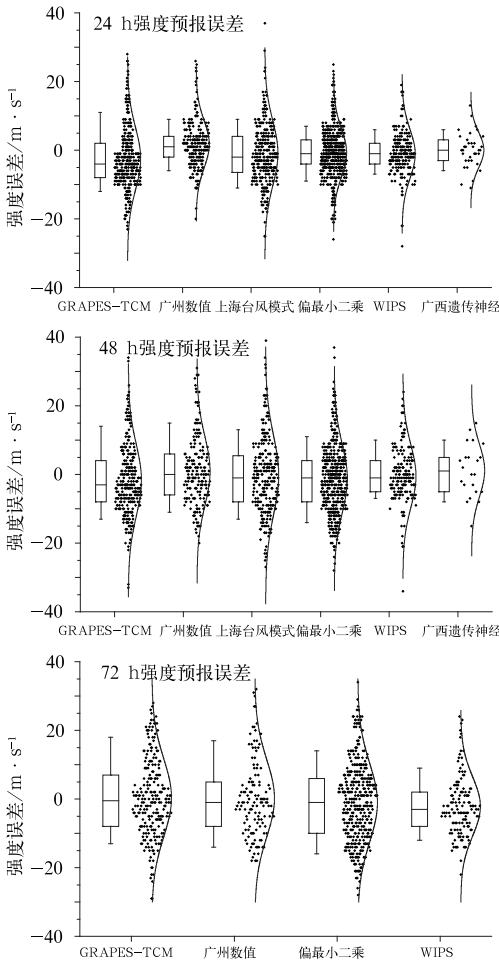


图 4 2012 年国内各主要客观强度预报方法强度相对误差分布特征图 (强度预报相对误差分布特征由箱型图及相对误差样本的具体分布两部分组成。箱型图的描述同图 2。箱体右侧则为对应的方法相对误差样本的具体分布及其分布曲线)

Fig. 4 The distribution of relative intensity errors in 2012 for domestic subjective forecasts (The description of the boxes is the same as Fig 2. The figures are comprised with boxes and samples' distribution. The dots at the right side of the boxes present the distribution of the relative intensity errors)

自身在 24、48 和 72 h 强度预报相对误差的分布后发现,大部分方法相对预报误差最大最小值并没有因预报时效的缩短而减小,如 GRAPES-TCM 在 24 h 预报中,误差上下限基本接近于 $\pm 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,而 48 和 72 h 的误差范围也基本在 $\pm 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间。

5 结 语

本文对 2012 年西北太平洋 TC 定位、路径和强

度预报精度进行了系统的评定,得到的结论如下:

(1) 6 种主要的定位方法的总平均误差为 23.4 km,较 2011 年略有改进。其中,中央气象台的平均定位误差最小,为 14.2 km。

(2) 国内各综合预报方法 24、48 和 72 h 总的平均距离误差分别为 94.3、168.2 和 284.2 km,相较于 2011 年,各时次的路径预报误差降低了 5%~7%。中央气象台 24 h 路径预报准确率更是相对于 2011 年有了大幅度的提高。全球模式 24、48、72、96 和 120 h 总的平均路径误差分别为 96.8、177.2、283.6、382.3 和 505.3 km。国内区域模式 24、48 和 72 h 总的平均路径误差分别为 103.2、201.7 和 316.6 km。

(3) 4 个国家级台风业务中心 24、48 和 72 h 强度预报的绝对误差范围区间分别为 4.11~4.63、6.10~6.90 和 6.84~8.71 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。统计预报方法的强度预报结果仍然略优于数值模式的强度预报结果。

(4) 最优的主观方法优于所有模式结果,这反映了预报员具备较强的模式应用能力,但是并非所有的主观方法都优于模式,说明不同的预报中心对模式的应用能力有差异,有些中心(如 JTWC)的应用能力很强。

(5) 2012 年,各预报方法对 1211“海葵”的 24 h 登陆点预报较为成功,而对 1209“苏拉”在台湾花莲的登陆点预报较为失败。

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.

管成功,陈起英,佟华,等. 2008. T639L60 全球中期预报系统预报试验和性能评估. 气象, 34(6):11-16.

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.

CMA. 2012. Regulations for typhoon operation and warning service in CMA, 91.

ECMWF. 2011. IFS DOCUMENTATION-Cy37r2, operational implementation. (Available online at <http://www.ecmwf.int/research/ifsdocs/>).

Lee W J, Park H, Kim D J, et al. 2011. Overview and development strategy for numerical weather prediction in KMA. Korea Meteorological Society, 12.

Nakagawa M. 2009. Outline of the high resolution global model at the Japan Meteorological Agency. RSMC Tokyo-Typhoon Cen-

ter Technical Review, 11:1-13.

NCEP. 2012. GFS/GDAS CHANGES SINCE 1991, history of recent modifications to the global forecast/analysis system. (Available online at http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/STATS/html/model_changes.html).

UKMO. 2012. Met Office Unified Model. (Available online at <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model>).



《大气波谱分析及其不稳定性 (第四卷)》

张铭 等著

该书以 2008 年 8 月 25 日上海暴雨卫星云图中出现的螺旋结构雨团为切入点,对大气中的位势稳定度及雨团的结构、演变特征做了细致研究。本卷书分为两部分:第一部分提出了圆柱坐标中的数学模型,分别针对湿层结参数为常数和非常数情形时的位势稳定性及扰动结构进行解析研究和数值计算,对该模型中的扰动进行波谱分析,给出了典型湿层结条件下的扰动结构及其演变特征;提出了该数学模型可称之为雨团模型以及其中的最不稳定扰动也可称为模型雨团的理由。第二部分则用 WRF 数值模式对此次上海暴雨过程进行了粗、中、细网格的数值模拟,并将模拟得到的数据集作为该暴雨过程的资料集,用以进行统计动力诊断,以揭示此次暴雨过程大、中尺度系统的空间结构和暴雨过程发展演变的原因。本书不但在位势稳定度和暴雨雨团研究方面具有理论意义,而且对实际暴雨特别是突发性暴雨的预报也有应用价值。本书可供从事暴雨和位势稳定度研究的学者参考,也可作为该方面的研究生教材。

16 开 定价: 48.00 元

《基层台站气象业务系列培训教材 农业气象业务》

汪扩军 主编

该书共分八章,即绪论、农业气象学基础、农业气象观测、农业气象试验、农业气象情报与预报、农业气象灾害、农业气候资源与利用、农业气象服务及附录。教材较系统地介绍了农业气象基本概念、基本原理,农业气象业务规范及业务流程,着重介绍了农业气象业务常用的技术和方法、现代农业气象业务发展所需要的一些新技术和新方法及我国业务应用实例,便于基层农业气象服务和管理人员掌握相关农业气象业务知识、技术和方法、提高农业气象业务服务能力和管理水平。

该书是专门针对地县级、特别是县级基层气象机构农业气象业务人员编写的一本业务培训教材,既可作为基层台站

气象业务人员和相关管理人员的自学参考材料,也可作为高等院校农业气象专业学生的参阅资料。

16 开 定价: 50.00 元

《极端天气事件与公共气象服务发展论坛文集 2012》

端义宏 等主编

该书汇集了第十四届中国科协年会分会场“极端天气事件与公共气象服务发展论坛”的报告和论文,涵盖了极端天气事件特征及形成机理研究、极端天气过程分析及预报着眼点、极端天气监测技术、气象信息服务、公众气象服务、专业气象服务等领域的一些研究方法和研究成果,展示了近年来各级气象部门天气预报业务和公共气象服务发展取得的成绩。可供从事天气气候、公共气象服务和气象防灾减灾业务、管理和研究人员参考。

16 开 定价: 98.00 元

《随机过程与控制》

郭业才 编著

该书系统介绍了随机过程与随机控制的基础知识与基本理论,主要有随机过程与随机控制两部分。随机过程部分包括随机信号基础、随机过程的统计特性、随机分析及平稳随机过程、正态随机过程、泊松过程及马尔可夫链等内容;随机控制部分包括随机系统的自回归滑动平均模型与受控自回归滑动平均模型的统计特性、参数辨识、模型定阶及预测、滤波与平滑及最小方差控制,随机系统状态模型与最优状态估计等内容。选材注重基础性、实用性、新颖性与实践性,内容论述由浅入深、逻辑严谨、表述清晰,符合工科学生的认知规律。

该书可作为信息与通信工程、电子与通信工程、控制理论与控制工程、电路与系统;大气科学等专业的研究生教材;也可作为电子信息类专业及大气科学专业高年级本科生教材;也可作为工程技术人员的参考用书。

16 开 定价: 42.00 元