

2007年西北太平洋热带气旋 定位和预报精度评定

李 佳 余 晖 应 明 梁旭东

(中国气象局上海台风研究所,中国气象局上海台风预报技术重点实验室,200030)

提 要: 依据《台风业务和服务规定》分析2007年TC业务定位和业务预报精度,结果表明:各方法的平均定位误差均小于25km,强度预报的24小时和48小时近中心最大风速平均误差为 $3\sim 7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $5\sim 11\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,均与往年相当;综合预报的24小时和48小时路径平均距离误差分别为129.8km和215.0km。虽然路径数值预报的能力仍然不能与综合预报相比,但是多模式集成方法相对于综合预报有正技巧,说明这类方法可能成为改善路径预报的途径之一。强度预报的主要参考仍然是统计类预报方法。

关键词: 热带气旋 定位 预报精度

Precision Assessment for Tropical Cyclone Positioning and Forecasts over the Northwest Pacific in 2007

Li Jia Yu Hui Ying Ming Liang Xudong

(Shanghai Typhoon Institute; Laboratory of Typhoon Forecast Technique, CMA, Shanghai 200030)

Abstract: Positioning and forecast errors of tropical cyclones over the Northwest Pacific in 2007 are analyzed. The results are as follows: (1) The average error of tropical cyclone position is less than 25 km. (2) Error of intensity forecasts is similar to that in past years with an average of $3\sim 7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $5\sim 11\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ for 24h and 48h forecasts, respectively. (3) Average error of synthetic track forecasts is 129.8 km (24h) and 215.0 km (48h). Although numerical models are still not as good as synthetic forecasters in track prediction, the super ensemble method of multiple numerical models demonstrates positive skill compared with synthetic forecasts. Statistical methods are still widely used in intensity prediction.

Key Words: tropical cyclone position forecast precision

引 言

2007 年,西北太平洋及南海海区共生成 25 个风暴级以上强度的热带气旋。由于热带气旋的影响不同,各国关注的 TC 个例亦不相同;又因实际分析手段和业务预报能力的差异,对 TC 强度和路径的认定以及预报水平亦存在差异。因此,有必要对 TC 定位以及预报的精度进行评定,一方面作为台汛期业务和服务的参考,另一方面促进预报水平的提高。

2006 年我国颁布的《热带气旋等级国家标准》^[1]将热带气旋分为 6 个强度等级:热带低压(TD)、热带风暴(TS)、强热带风暴(STS)、台风(TY)、强台风(STY)和超强台风(SuperTY)。在实际业务^[2]中,由国家气象中心对强度达到热带风暴以上的系统进行编号,并由世界气象组织东京区域气象中心(RSMC Tokyo)给予命名。本文以业务编号的热带风暴(以下称作 TC)为对象进行分析并作定位和预报精度的评定。往年热带气旋活动和预报的综合参见文献^[3]等。

1 资料和方法

1.1 资料

所用热带气旋历史资料取自中国气象局上海台风研究所(CMA-STI)热带气旋最佳路径数据集^[4],该数据集包含《热带气旋年鉴》所整编的每 6 小时的热带气旋最佳路径和强度记录;用于业务预报评价的数据则来自各相关业务预报中心。

1.2 方法

热带气旋定位和路径预报精度的评定依据《台风业务和服务规定》^[2]实行。技巧评分可描述各方法较基准方法而言是更优(正技巧评分)或是不及(负技巧评分)。综合考虑

路径预报的距离稳定度、方向稳定度、有效稳定度、转型灵敏度、变速灵敏度和相对于气候持续性方法的技巧水平等要素,分别取各要素的权重为 0.2、0.2、0.3、0.1、0.1 和 0.1,得到 1 级综合评定指标;在此基础上,再分别取 24 小时和 48 小时的权重为 0.4 和 0.6,得到 2 级综合评定指标(AI)^[2-3]。用综合评定指标可比较各方法的总体性能,AI 值较高说明方法的综合性能较好。

另根据《第 5 届全国台风及海洋气象专家工作组第 3 次会议纪要》的要求,从 2005 年起增加强度预报方法均方根误差分析和技巧评分。强度预报的评定依据近中心最大风速进行。强度预报均方根误差(RMSE)为:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (I_k - I_{fk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中 I_k 表示第 k 次实时强度, I_{fk} 为第 k 次预报强度, N 为总的预报次数。均方根误差不仅涵盖了平均绝对误差(以往评价中所用的指标),而且能反映出预报值相对于观测值的平均变化幅度,因而也可衡量各种预报方法的相对稳定性。

技巧水平的评定以气候持续性方法(CLIPER)预报强度为基准方法,某强度预报方法相对于基准方法的技巧水平为:

$$K_i = \frac{E_c - E_i}{E_c} \times 100\% \quad (2)$$

式中, K_i 为某方法的强度预报技巧水平, E_c 为 CLIPER 方法预报平均绝对误差, E_i 为某方法预报平均绝对误差,其含义同路径预报技巧评分。

2 TC 定位与预报精度评定

2.1 TC 定位精度评定

以《热带气旋年鉴》确定的 TC 最佳路径^[4]为依据,按照文献^[2]的方法统计中央气象台、香港天文台、日本气象厅和美国联合台风警报中心(JTWC)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(见表 1)。2007 年以中央台定位误差最小,仅 15.9 km。各方法定位误差总平均为 23.2km(共 2134 次),与 2006 年(总平均为 20.5km)相当。4 个官方实时定位方法的平均误差为 21.1km(1306 次),2 个卫星实时定位平均误差为 26.4km(828 次)。

表 1 TC 定位误差

方法	中央台	香港天文台	日本气象厅	JT-WC	北京卫星	日本卫星	平均
次数	414	104	409	379	389	439	2134
误差/km	15.9	27.4	20.9	25.4	21.0	31.1	23.2

表 2 综合预报的 TC 位置平均距离误差(单位:km)

	24 小时预报					48 小时预报				
	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差
中央台	24	378	135.7	997.2,0723.11/12/0	0.0,0709.8/16/0	20	302	225.6	1344.0,0720.10/20/6	0.0,0714.9/23/12
江苏台	2	8	148.4	349.5,0716.10/8/0	45.4,0713.9/19/0	1	3	123.1	172.5,0713.9/17/12	93.3,0713.9/18/0
上海台	9	84	122.7	514.5,0716.10/8/6	10.1,0709.8/18/6	7	68	244.6	1106.8,0716.10/8/0	22.2,0709.8/17/12
浙江台	5	11	116.1	238.3,0712.9/15/0	22.5,0716.10/7/0	5	10	357.5	772.3,0712.9/15/0	45.2,0709.8/18/12
福建台	3	17	75.4	174.2,0713.9/18/0	23.2,0709.8/17/0	3	15	129.3	305.6,0716.10/7/0	23.2,0716.10/4/12
广东台	13	118	127.4	508.8,0725.11/26/12	0.0,0725.11/25/0	11	97	185.6	638.2,0725.11/26/0	10.3,0714.9/23/12
海南台	4	16	124.3	199.8,0722.11/7/0	64.0,0715.10/2/0	4	11	103.2	241.0,0715.10/2/12	39.6,0722.11/6/12
广西台	7	28	149.5	444.5,0707.8/9/0	23.9,0722.11/6/12	5	13	265.1	895.7,0707.8/9/0	45.7,0714.9/23/12
香港	10	90	120.3	376.8,0716.10/8/0	10.8,0725.11/23/12	7	59	187.0	955.9,0716.10/8/0	0.0,0725.11/24/6
日本	20	315	117.3	567.9,0720.10/20/18	0.0,0711.9/9/18	17	241	201.1	1268.1,0720.10/20/0	11.2,0716.10/4/12
JTWC	22	290	111.1	999.6,0715.9/30/0	10.1,0709.8/17/12	18	217	181.2	700.8,0725.11/23/18	10.3,0709.8/15/12

注:最大最小误差栏内依次为误差、TC 编号和起报时间(月/日/世界时,下同)

表 3 为 TC 路径客观预报的平均距离误差。24 小时和 48 小时预报误差总平均分别为 122.2k (271 次)和 201.5km (215 次),比 2006 年(194.5km 和 436.1km)有显著提高。

表 4 是数值模式预报的路径平均距离误差。国内各数值预报方法的 24 小时和 48 小时预报误差总平均分别为:162.5km (989 次)、287.6km(802 次),较 2006 年(174.7km

2.2 TC 路径预报精度评定

2.2.1 平均距离误差

各台站 24 小时和 48 小时 TC 路径综合预报的平均距离误差见表 2。各台站 24 小时综合预报平均距离误差均小于 150km; 48 小时预报的平均距离误差除浙江台外均不超过 270km。我国 TC 路径综合预报的 24 小时和 48 小时距离误差总平均分别为 129.8km(750 次)和 215.0km(578 次),24 小时预报与 2006 年(129.1km)相当,48 小时略优于 2006 年(227.4km)。

和 321.8km) 也有明显提高。

2.2.2 技巧评分

表 5 为各预报方法相对于气候持续性 (CLIPER) 方法^[2] 的预报技巧评分(仅有一个样本的不作统计,下同)。除浙江台 48 小时、上海 SD90 方法 24 小时和 48 小时预报为负技巧外,其余各方法的 24、48 小时预报均为正技巧。

表 3 客观预报的 TC 位置平均距离误差(单位:km)

	48 小时预报					24 小时预报				
	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差
江苏概率	5	12	167.3	470.1,0716.10/8/6	45.0,0716.10/7/6	4	8	271.1	568.5,0712.9/15/6	97.3,0709.8/18/6
上海集成	21	242	116.7	116.7,0706.8/5/12	9.8,0710.9/3/18	18	196	195.6	1068.4,0720.10/20/6	11.2,0702.5/18/12
上海 SD90	2	2	160.5	177.5,0709.8/13/18	143.6,0716.10/2/18	2	2	201.4	235.7,0709.8/13/18	167.1,0716.10/2/18
广西遗传神经	3	15	170.3	408.3,0706.8/4/12	45.7,0715.10/1/12	2	9	268.7	503.4,0706.8/4/12	53.9,0715.10/1/0

表 4 数值预报的 TC 位置平均距离误差(单位: km)

	48 小时预报					24 小时预报				
	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差	TC 个数	预报次数	平均误差	最大误差	最小误差
日本数值	18	233	127.6	714.6,0721.10/26/6	9.8,0716.10/7/0	16	177	194.8	1132.8,0720.10/20/0	11.2,0705.7/31/18
北京数值	23	364	172.9	944.3,0720.10/21/12	19.8,0710.9/6/18	18	299	290.9	1031.0,0720.10/20/18	21.2,0705.8/1/0
上海台风模式	20	259	150.8	728.8,0716.10/8/12	11.2,0709.8/15/6	18	218	268.7	984.1,0716.10/8/0	20.4,0716.10/4/0
上海 GRAPES-TCM	22	260	147.9	487.3,0715.10/3/18	10.1,0710.8/29/12	19	220	294.6	1185.9,0720.10/20/6	15.6,0724.11/21/12
广州数值	15	84	210.8	1415.8,0713.9/19/0	11.2,0713.9/17/0	11	53	335.6	1006.8,071610/7/0	14.9,0713.9/17/0
辽宁数值	5	22	118.0	267.3,0713.9/18/0	22.2,0709.8/17/12	3	12	210.4	375.9,0704.7/13/12	45.6,0709.8/18/12

表 5 各种预报方法的技巧评分(相对于 CLIPER 法)

方法	24 小时预报			48 小时预报		
	预报次数	平均距离误差/km	技巧水平/%	预报次数	平均距离误差/km	技巧水平/%
中央台	286	134.2	60.38	223	226.1	60.82
江苏台	8	148.4	38.40	3	123.1	81.15
上海台	81	123.3	45.88	66	246.5	45.56
浙江台	11	116.1	0.13	10	357.5	-33.41
福建台	16	76.9	49.03	14	126.7	68.45
广东台	74	120.6	47.65	62	182.2	62.64
海南台	10	121.3	35.24	6	122.6	79.47
广西台	22	153.0	23.47	11	298.0	40.02
香港	66	127.0	56.40	41	226.0	63.29
日本	233	111.0	63.86	173	182.4	67.71
JTWC	181	96.8	56.57	128	170.8	64.54
江苏概率	12	167.3	36.58	8	271.1	25.48
上海集成	181	108.6	65.65	141	185.5	63.84
上海 SD90	1	177.5	-2.83	1	235.7	-40.17
广西遗传神经	10	153.9	6.90	5	320.7	23.28
日本数值	166	113.6	64.00	118	174.9	69.45
北京数值	285	173.4	48.34	229	302.7	48.29
上海台风模式	203	152.7	49.90	167	276.1	45.09
上海 GRAPES-TCM	198	140.8	51.67	164	291.9	41.40
广州数值	61	195.6	8.83	38	324.5	28.33
辽宁数值	21	117.5	45.13	11	200.5	61.95

以中央气象台综合预报方法为第 2 基准方法,国内各方法相对于第 2 基准方法的技巧评分,除江苏和福建台外,其他台站的综合预报方法 24 小时和 48 小时预报均有正的第 2 技巧评分.各数值模式的预报仍达不到综合预报的水准.然而客观预报方法中,江苏概率和上海集成的 24 小时和 48 小时预报均有正的第 2 技巧评分,这两种方法均以数值模式的预报为基础,说明随着数值模式预报水平的不断提高,这类集成方法的优势也越来越明显。

2.2.3 综合评定指标

表 6~表 8 为各预报方法的综合评定指标 AI 值,其中 AI 值下方为 48 小时的预报

次数.可见,海南台综合预报的二级综合评定指标最高,达 0.86.各综合方法的 AI 值均超过 0.60.客观预报方法中,上海集成方法的 AI 最高,达 0.81.各数值预报方法的综合评定结果为 0.65~0.79。

2.3 TC 登陆点预报

2007 年共有 7 个 TC 登陆我国.其中,0703 号 TS 桃芝(Toraji)、0709 号 SuperTY 圣帕(Sepat)两次登陆,0707 号 STS 帕布(Pabuk)、0716 号 SuperTY 罗莎(Krosa)三次登陆.各方法对不同 TC 登陆点的预报误差从几十到上百公里不等.中央气象台对各 TC 登陆点的 24 小时最小预报误差为 7.0km,最

大为 209.9km;对 0716 号 SuperTY 罗莎(Krosa)在台湾的第二次登陆未预报。

表 6 综合预报方法的综合评定指标

	中央台	江苏台	上海台	浙江台	福建台	广东台	海南台	广西台	香港	日本	JTWC
AI	0.74	0.81	0.74	0.61	0.80	0.74	0.86	0.62	0.77	0.79	0.77
次数	302	3	68	10	15	97	11	13	59	241	217

表 7 客观预报方法的综合评定指标

	江苏概率	上海集成	上海 SD90	广西遗传神经
AI	0.61	0.81	0.68	0.56
次数	8	196	2	9

表 8 数值预报方法的综合评定指标

	日本数值	北京数值	上海台风模式	上海 GRAP ES-TCM	广州数值	辽宁数值
AI	0.82	0.68	0.70	0.69	0.65	0.79
次数	177	299	218	220	53	12

表 9 TC 强度预报误差统计

	24 小时预报				48 小时预报			
	平均误差/ $m \cdot s^{-1}$	预报趋势一 致率/%	均方根误差/ $m \cdot s^{-1}$	预报次数	平均误差/ $m \cdot s^{-1}$	预报趋势一 致率/%	均方根误差/ $m \cdot s^{-1}$	预报次数
中央台	4.42	74.64	5.83	378	6.48	81.88	8.25	302
广西遗传神经	2.60	82.61	3.24	15	4.33	89.13	4.73	9
上海统计释用	5.98	70.83	7.49	96	10.28	77.50	12.70	85
气候持续法	6.83	67.63	8.67	229	10.03	78.84	12.20	190

各预报方法相对 CLIPER 法的预报技巧水平表明,中央台和广西遗传神经网络预报方法相对 CLIPER 法有正技巧,上海统计释用方法预报效果不如气候持续法,48 小时为负技巧。

3 结 语

根据对 2007 年 TC 活动及定位和预报情况的分析,初步得到以下结论。

2007 年各方法的平均定位误差均小于 25km,与 2006 年相当。强度预报的水平也与历年相当,24 小时和 48 小时预报的近中心最大风速平均误差分别为 $3 \sim 7m \cdot s^{-1}$ 和 $5 \sim 11m \cdot s^{-1}$ 。

国内综合预报的 24 小时和 48 小时路径平均距离误差分别为 129.8km 和 215.0km;客观预报方法 24 小时和 48 小时路径预报的

2.4 TC 强度预报

以《热带气旋年鉴》确定的 TC 最佳强度^[4]为依据,统计了中央气象台综合预报方法、广西遗传神经网络预报方法、上海统计释用预报方法和气候持续法对 TC 强度的预报平均绝对误差、均方根误差、预报趋势一致率。由表 9 可见,强度预报误差与历年情况相当,24、48 小时近中心最大风速预报的平均误差分别为 $3 \sim 7m \cdot s^{-1}$ 和 $5 \sim 11m \cdot s^{-1}$ 。

平均距离误差分别为 122.2km 和 201.5km,即 48 小时的预报误差明显低于综合预报。目前数值预报仍不能与综合预报相比,24 小时和 48 小时路径预报的平均距离误差分别为 162.5km 和 287.6km,但基于数值模式预报的集成方法相对于综合预报有正技巧,说明随着数值模式预报水平的不断提高,其优势逐步展现,这可能成为我们改善路径预报的途径之一。

参考文献

- [1] 热带气旋等级国家标准[Z]. GB/T 19201—2006.
- [2] 中国气象局. 台风业务和服务规定[S]. 北京: 气象出版社, 2001: 112.
- [3] 吴达铭, 陈雪峰, 邱君瑞. 1994 年西北太平洋热带气旋综述[J]. 大气科学研究与应用, 1995(9): 91-102.
- [4] 中国气象局上海台风研究所, <http://www.typhoon.gov.cn/en/data/>.