

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2013.06.011

2012年西北太平洋多站台风预报误差比较分析

顾茜,丁雪霖,陈永平

(河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏南京 210098)

摘要:为了科学地确定台风浪和风暴潮预报时采用的台风参数,利用中央气象台、日本气象厅、美国国家天气局、香港天文台和中国台湾气象局发布的预报资料,对各台站发布的2012年发生在西北太平洋上25个热带气旋的预报成果总体误差进行了分析和比较,并就2012年出现的两次双台风的预报误差进行了个例分析。结果表明:就整体而言,台风路径预报中,香港天文台的24 h,48 h和72 h预报次数最少但精度最高,分别为85.8 km,129.8 km,209.0 km;台风强度(最大风速)预报中,中央气象台在不同预报时效的平均绝对误差最小(4.5 m/s,6.0 m/s,6.6 m/s)且预报最稳定。而对于双台风的移动过程和强度变化,各台站的预报精度水平不一。

关键词:热带气旋;台风路径;最大风速;预报精度

中图分类号:P444

文献标志码:A

文章编号:1000-1980(2013)06-0531-05

Comparison and analysis of forecasting errors at several stations for tropical typhoons over northwest Pacific region in 2012

GU Xi, DING Xuelin, CHEN Yongping

(College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098)

Abstract: In order to scientifically determine the typhoon parameters when forecasting the storm surge and waves during tropical typhoon events, the overall wind forecasting errors of 25 tropical typhoon events that occurred over the northwest Pacific region in 2012 were analyzed and compared, based on typhoon forecasting data from the National Meteorological Center (NMC) of China, the Japan Meteorological Agency (JMA), the National Weather Service (NWS) of the United States, the Hong Kong Observatory (HKO) of China, and the Taiwan Meteorological Center (TMC) of China. Meanwhile, the forecasting errors of two twin typhoon events in 2012 were evaluated. The results show that the HKO had the highest precision in forecasting the typhoon track: the average errors for 24-hour, 48-hour, and 72-hour typhoon track forecasts were 85.8 km, 129.8 km, and 209.0 km, respectively; and the NMC had the best performance in forecasting the maximum speed of the typhoon with the smallest mean absolute errors: the mean absolute errors of 24-hour, 48-hour, and 72-hour maximum speed forecasts were 4.5 m/s, 6.0 m/s, and 6.6 m/s, respectively. The results also show that the level of forecasting errors varied at different stations in terms of the forecast of the moving process and intensity variation of twin typhoons.

Key words: tropical typhoon; typhoon track; maximum wind velocity; forecast precision

台风是世界主要致灾的天气系统之一^[1],对工农业生产和人民日常生活造成了极大的影响,因此,台风预报历来受到广泛的关注。近年来,许多国家气象中心已运用数值模式进行台风预报,但数值预报存在初值误差、模式误差和离散误差等,这使得各气象中心台风预报情况存在差异。

2012年西北太平洋台风具有生成和登陆个数多、强台风数量多以及登陆强度偏强等特点,对我国影响广泛;且在7—8月形成两次双台风局面,分别为1209号“苏拉”和1210号“达维”、1214号“天秤”和1215号“布拉万”。一定距离内存在的两个台风相互影响、相互作用,使得台风路径和强度的预报变得复杂,为沿海

收稿日期:2013-02-27

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201201045)

作者简介:顾茜(1988—),女,江苏南通人,硕士研究生,主要从事河口海岸及近海工程水动力环境研究。E-mail: guxi_go@163.com

的台风灾害预防预警带来了巨大的挑战。据统计^[2],1209 号台风“苏拉”和 1210 号台风“达维”造成江苏、浙江、福建和山东 4 省 5 人死亡,1 人失踪,93.2 万人紧急转移。

本文选取 2012 年发生的 25 场台风作为研究对象,利用中央气象台(简称中国台)、日本气象厅(简称日本台)、美国国家天气局(简称美国台)、香港天文台(简称中国香港台)和中国台湾气象局(简称中国台湾台)5 个台站的预报结果,依据《台风业务和服务规定》^[3],并参照中国气象局上海台风研究所每年对西北太平洋台风定位和预报精度评定中所使用的方法^[4],对全年台风以及特殊双台风的路径和强度进行预报精度统计,综合比较各个台站的预报效果。

1 资料和方法

1.1 资料

路径和强度检验参考的基础数据来自日本台整编的台风最佳路径数据集^[5]以及福建水利信息网公布的实况资料^[6],而比较资料为中国台、日本台、美国台、中国香港台和中国台湾台于 2012 年期间发布的台风路径和强度(最大风速)预报数据。图 1 为 2012 年西北太平洋台风路径图。

1.2 方法

1.2.1 台风路径预报精度计算方法

分 24 h,48 h 和 72 h 3 个不同的预报时效,从以下两方面对 5 个预报中心进行误差比较。

a. 台风位置平均距离误差(ΔR):

$$\Delta R = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_k$$

(1)

式中: r_k ——各预报时刻的台风中心位置误差; n ——总预报次数。

b. 为了与中国台的路径预报结果进行比较,路径的预报技巧水平采用相对技巧水平(K_B)^[7]:

$$K_B = \frac{E_A - E_B}{E_A} \times 100\%$$

(2)

式中: E_A ——中国台的平均距离误差; E_B ——其余各台站的平均距离误差。计算结果若是正值,说明 B 台站预报值存在正技巧,即 B 台站预报值技巧较高,正值越大,技巧越高;负值说明 B 台站预报值存在负技巧。

1.2.2 台风强度预报精度计算方法

参考前人研究成果^[8-11],对台风强度及强度误差相关计算采用近中心底层最大风速作为计算量。从最大风速绝对平均误差、均方根误差和趋势一致率三方面对 4 个预报中心(中国台湾台未预报最大风速)进行误差比较。

a. 最大风速绝对平均误差 E_{MA} :

$$E_{MA} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |I_{fk} - I_k|$$

(3)

式中: I_k ——第 k 次台风实时强度; I_{fk} ——第 k 次台风预报强度。

b. 均方根误差 E_{RMS} 反映出预报值相对于实测值的平均变化幅度,可衡量各预报站预报的相对稳定性^[7,12]:

$$E_{RMS} = \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (I_{fk} - I_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(4)

c. 趋势一致率 T_{RC} :

$$T_{RC} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n P_k \times 100\%$$

(5)

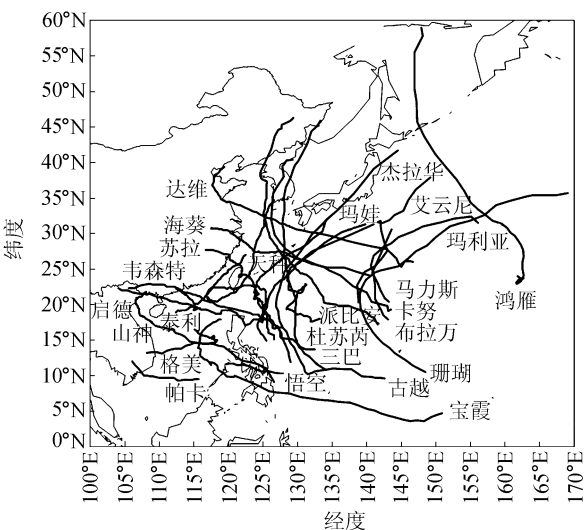


图 1 2012 年西北太平洋台风路径
Fig. 1 Typhoon tracks over northwest Pacific region in 2012

其中
$$P_k = \begin{cases} 1 & (I_k - I_{k0})(I_{fk} - I_{fk0}) > 0 \text{ 或 } k - I_{k0} = 0 \text{ 且 } I_{fk} - I_{fk0} = 0 \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}$$
式中: I_{k0} ——台风起报时刻的最佳强度; I_{fk0} ——台风起报时刻的实时强度; P_k ——同号率。

2 台风路径预报精度

2.1 平均距离误差

各台站 24 h、48 h 和 72 h 预报的台风位置平均距离误差见表 1~3,表中时间为世界时(UTC)。由表 1~3 可见,各台站 24 h 预报台风位置平均距离误差均小于 120 km,48 h 预报平均距离误差不超过 200 km,72 h 小于 300 km。中国香港台在 24 h、48 h 和 72 h 预报台风位置平均距离误差中均为最小,分别为 85.5 km (325 次),129.8 km(253 次)和 209.0 km(183 次),但是其预报次数最少;3 个预报时效中,日本台对 2012 年台风预报的效果最差。

表 1 24 h 预报台风位置平均距离误差
Table 1 Average errors of typhoon tracks in 24-hour forecast

预报台站	台风个数	预报次数	平均距离 误差/km	最大误差			最小误差		
				误差值/km	台风编号	起报时间	误差值/km	台风编号	起报时间
中国台	25	782	96.0	1 373.3	1214	08-21-12	0.0	1219	10-01T12
日本台	24	493	102.1	358.2	1213	08-13-21	0.0	1204	06-14T18
美国台	23	394	91.9	293.3	1210	08-21-12	0.0	1217	09-26T12
中国香港台	21	325	85.8	366.8	1210	08-02-12	0.0	1203	06-02T18
中国台湾台	24	483	96.2	345.2	1210	08-03-00	0.0	1214	08-28T00

表 2 48 h 预报台风位置平均距离误差
Table 2 Average errors of typhoon tracks in 48-hour forecast

预报台站	台风个数	预报次数	平均距离 误差/km	最大误差			最小误差		
				误差值/km	台风编号	起报时间	误差值/km	台风编号	起报时间
中国台	23	602	170.1	1 258.9	1214	08-21-18	0.0	1214	08-24T21
日本台	21	361	185.5	602.8	1203	06-04-00	11.1	1214	08-20T00
美国台	20	316	154.7	532.8	1224	12-06-18	0.0	1205	06-18T12
中国香港台	20	253	129.8	683.0	1210	08-02-00	10.8	1213	08-16T06
中国台湾台	22	385	166.0	543.8	1203	06-04-00	0.0	1203	06-01T06

表 3 72 h 预报台风位置平均距离误差
Table 3 Average errors of typhoon tracks in 72-hour forecast

预报台站	台风个数	预报次数	平均距离 误差/km	最大误差			最小误差		
				误差值/km	台风编号	起报时间	误差值/km	台风编号	起报时间
中国台	21	450	243.6	1 141.8	1222	10-15-18	0.0	1210	07-28T18
日本台	21	285	284.8	1 169.9	1221	10-15-18	15.2	1214	08-22T00
美国台	19	253	225.6	901.5	1210	08-01-00	9.1	1215	08-25T00
中国香港台	19	183	209.0	820.3	1221	10-15-12	24.8	1220	10-02T09
中国台湾台	21	299	245.2	832.3	1217	09-28-18	14.6	1215	08-24T12

分析各预报时效内 5 个预报站的最大和最小误差不难发现,24 h 预报时,除日本台以外,各台站的最大误差均出现在两次双台风期间;而 48 h 和 72 h 预报时,均有台站在此期间的预报误差最大。可见,双台风的形成使台风路径预报变得复杂。

2.2 预报技巧水平

以中国台为参照,计算其余各站相对于该参照的技巧评分见表 4。由表 4 可见,24 h 和 72 h 预报中,美国台和中国香港台均有正技巧,而日本台和中国台湾台均有负技巧;48 h 预报中,除了日本台其余 3 台均有正技巧;3 个预报时效中中国香港台的正技巧均较高。

3 台风强度预报精度

由于中国台湾台未报最大风速,故表 5 为 24 h、48 h 和 72 h 预报时效下,中国台、日本台、美国台和中国

表4 各台站相对于中国台的预报技巧水平

Table 4 Forecast technique level of various stations relative to NMC

预报台站	24 h			48 h			72 h		
	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	$K_B/\%$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	$K_B/\%$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	$K_B/\%$
日本台	493	102.1	-6.35	361	185.5	-9.05	285	284.8	-16.91
美国台	394	91.9	4.27	316	154.7	9.05	253	225.6	7.39
中国香港台	325	85.8	10.63	253	129.8	23.69	183	209.0	14.20
中国台湾台	483	96.2	-0.21	385	166.0	2.41	299	245.2	-0.66

表5 预报台风最大风速误差

Table 5 Average errors of maximum wind speed forecast

预报台站	24 h				48 h				72 h			
	$E_{MA}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$T_{RC}/\%$	$E_{RMS}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	预报次数	$E_{MA}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$T_{RC}/\%$	$E_{RMS}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	预报次数	$E_{MA}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$T_{RC}/\%$	$E_{RMS}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	预报次数
中国台	4.5	67.16	6.2	782	6.0	77.31	8.0	602	6.6	80.37	8.7	450
日本台	5.4	63.61	8.5	493	7.1	73.46	10.2	361	8.5	73.41	11.3	285
美国台	7.2	64.61	11.2	394	8.2	74.30	12.1	316	7.1	74.22	10.0	253
中国香港台	4.7	64.16	6.5	325	6.5	70.06	8.8	253	7.4	73.28	9.6	183

香港台对台风强度的预报平均绝对误差、预报趋势一致率以及均方根误差。可见,24 h,48 h 和 72 h 近中心最大风速的预报范围分别为 4~8 m/s,6~9 m/s 和 6~9 m/s。不同预报台站比较,24 h,48 h 和 72 h 预报中国台的平均绝对误差和均方根误差均小于其余 3 台,可见中国台的预报精度和预报稳定度相对较高。美国台 24 h 和 48 h 预报、日本台 72 h 预报的精度和稳定度都相对较差。

4 双台风预报精度

表6和表7为2012年两次台风的位置平均距离误差和最大风速误差。

表6 双台风位置平均距离误差

Table 6 Average errors of track forecast during twin typhoon events

预报台站	“苏拉”和“达维”						“天秤”和“布拉万”					
	24 h		48 h		72 h		24 h		48 h		72 h	
	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$	预报次数	$\Delta R/\text{km}$
中国台	74	96.9	56	145.8	43	126.1	137	82.2	115	130.3	99	181.3
日本台	44	107.1	37	171.1	29	227.7	84	77.1	66	140.2	58	211.5
美国台	43	121.8	34	170.9	28	232.0	74	77.0	66	136.4	58	186.6
香港台	25	88.9	19	124.6	13	170.2	87	64.2	77	92.7	67	170.8
台湾台	45	108.6	35	127.4	29	209.1	101	79.9	90	151.4	77	203.0

表7 双台风最大风速误差

Table 7 Average errors of maximum wind speed forecast during twin typhoon events

m/s

预报台站	“苏拉”和“达维”						“天秤”和“布拉万”					
	24 h		48 h		72 h		24 h		48 h		72 h	
	E_{MA}	E_{RMS}	E_{MA}	E_{RMS}	E_{MA}	E_{RMS}	E_{MA}	E_{RMS}	E_{MA}	E_{RMS}	E_{MA}	E_{RMS}
中国台	4.4	5.4	5.1	6.1	4.2	5.4	5.3	7.9	6.4	8.6	5.5	6.8
日本台	4.8	7.1	5.2	7.2	5.9	7.3	6.9	10.0	7.1	8.9	5.9	7.2
美国台	4.8	6.1	8.5	10.8	10.0	12.0	8.8	10.8	8.6	10.4	5.7	7.0
中国香港台	4.5	5.7	5.8	8.0	7.3	8.7	5.1	6.8	5.8	7.9	5.0	6.2

注:各台站强度的预报次数与路径的预报次数相同。

对于双台风“苏拉”和“达维”的路径预报,24 h 和 48 h 预报香港台虽然次数最少,但是预报精度最高,分别为 88.9 km 和 124.6 km,而中国台 72 h 预报的位置平均距离误差(126.1 km)最小。整体来说,美国台的 24 h,48 h 和 72 h 预报效果最差。对于最大风速预报,中国台在 3 个预报时效的平均绝对误差和均方根误差都最小,而美国台的两种误差均最大。

对于双台风“天秤”和“布拉万”,中国香港台在 24 h,48 h 和 72 h 路径预报中均表现最好,分别为 64.2 km,92.7 km 和 170.8 km,此次双台风中中国台 24 h 预报(82.2 km)、中国台湾台 48 h 预报(151.4 km)和日本台 72 h 预报(211.5 km)的台风位置平均距离误差最大。最大风速预报中表现最好的仍是中国香港台,而日本台整体来说预报精度较低。

可见,各预报台站对 2012 年这两次双台风路径和强度的预测不确定性明显,相对来说,中国香港台的路径预报精度较高。根据前人研究,双台风的相互作用可导致两者的气旋性互旋、相互吸引或排斥、西热带气旋停滞打转等现象,从而使路径变得很复杂,给预报工作带来很大困难^[13-14]。

5 结 语

根据 2012 年台风资料进行误差比较分析,选定中国台、日本台、美国台、中国香港台和中国台湾台等 5 个台站,对 2012 年西北太平洋上生成的 25 场台风路径和强度预报结果进行了误差统计和比较,结果表明:整体而言,中国香港台 24 h,48 h 和 72 h 预报的次数最少但精度相对较高,分别为 85.8 km,129.8 km,209 km,而日本台的预报效果相对较差(102.1 km,185.5 km,284.8 km);强度(最大风速)预报中,中国台的预报精度最高,24 h,48 h 和 72 h 平均预报误差分别为 4.5 m/s,6.0 m/s,6.6 m/s,而美国台 24 h 和 48 h 预报误差(7.2 m/s,8.2 m/s)和日本台 72 h 预报误差(8.5 m/s)相对较大。各台对 2012 年发生的两次双台风“苏拉”和“达维”、“天秤”和“布拉万”的预报水平不一,总体上误差较单一台风偏大,这可能与双台风之间的相互影响有一定的关系。

参考文献:

[1] 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. (TANG Jie. Preliminary analysis on the track error of typhoon operational forecasts in the western North Pacific[J]. Atmospheric Science Research and Application,2009(2): 21-31. (in Chinese))

[2] 赵京安,江南,徐锦庚,等. 各地积极应对双台风[N]. 人民日报,2012-8-05(1).

[3] 中国气象局预测减灾司. 台风业务和服务规定[M]. 3 版. 北京:气象出版社,2001:40-47.

[4] 李佳,王晓峰,梁旭东. 2006 年西北太平洋热带气旋综述[J]. 大气科学研究与应用,2007(2): 12-27. (LI Jia,WANG Xiaofeng,LIANG Xudong. Review on the tropical cyclones over the western North Pacific in 2006[J]. Atmospheric Science Research and Application,2007(2): 12-27. (in Chinese))

[5] 日本气象厅网[EB/OL]. [2013-01-16]. <http://www.jma.go.jp/jma>.

[6] 福建水利信息网[EB/OL]. [2013-01-06]. <http://www.fjwater.gov.cn>.

[7] 李佳,余晖,应明,等. 2007 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定[J]. 气象,2009,35(2): 101-105. (LI Jia,YU Hui,YING Ming,et al. Precision assessment for the tropical cyclone positioning and forecasts over the Northwest Pacific in 2007[J]. Meteorological Monthly,2009,35(2): 101-105. (in Chinese))

[8] 漆梁波,黄丹青,余晖. 1999—2003 年西北太平洋热带气旋综合预报的误差分析[J]. 应用气象学报,2006,17(1): 73-80. (QI Liangbo,HUANG Danqing,YU Hui. Error analysis on tropical cyclone official forecast in the Northwest Pacific from 1999 to 2003[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2006,17(1): 73-80. (in Chinese))

[9] 占瑞芬,汤杰,余晖. 2009 年西北太平洋热带气旋定位和业务预报精度评定[J]. 气象,2010,36(10): 114-121. (ZHAN Ruifen,TANG Jie,YU Hui. Precision of tropical cyclone positioning and forecasts over the western North Pacific in 2009[J]. Meteorological Monthly,2010,36(10): 114-121. (in Chinese))

[10] 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. (TANG Jie,CHEN Guomin,YU Hui. Precision evaluation and error analysis on the forecasts of typhoons over the western North Pacific in 2010[J]. Meteorological Monthly,2011,37(10): 1320-1328. (in Chinese))

[11] 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. (CHEN Guomin,TANG Jie,ZENG Zhihua. Error analysis on the forecasts of tropical cyclones over the western North Pacific in 2011[J]. Meteorological Monthly,2012,38(10): 1238-1246. (in Chinese))

[12] 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. (TAN Yan,YU Hui,ZHAN Ruifen. Verification of the tropical cyclone positioning and forecasts over the western North Pacific in 2008[J]. Atmospheric Science Research and Application,2009(2): 52-61. (in Chinese))

[13] 王玉清,朱永提. 双热带气旋相互作用的机制分析及数值研究(一):物理机制的分析[J]. 大气科学,1992,16(5): 573-582. (WANG Yuqing,ZHU Yongti. Analysis and numerical study of the interactions of binary tropical cyclones part I:analysis of physical mechanism[J]. Scientia Atmospherica Sinica,1992,16(5): 573-582. (in Chinese))

[14] 炎利军,田永祥,黄先香. 双台风相互作用的数值研究[J]. 热带气象学报,2004,20(2): 167-175. (YAN Lijun,TIAN Yongxiang,HUANG Xianxiang. A numerical study of the interaction of twin typhoons[J]. Journal of Tropical Meteorology,2004,20(2): 167-175. (in Chinese))