张守峰，余晖，向纯怡. 2015. 中央气象台台风强度综合预报误差分析. 气象，41(10)：1278-1285.

中央气象台台风强度综合预报误差分析*

张守峰[1] 余 晖[2] 向纯怡[1]

1 国家气象中心，北京 100081

2 上海台风研究所，上海 200030

提 要： 本文从总误差、逐年趋势、误差分布等方面对 2001—2012 年中央气象台(Central Meteorological Observatory，CMO)的台风(TC)强度综合预报水平进行分析，初步分析了强度迅速变化台风预报偏差大的原因。结果表明，强度预报水平没有明显改善，预报误差呈现逐年波动状态，强度稳定 TC 的预报误差最小，迅速加强 TC 的预报误差最大。24、96～120 h 预报偏强的概率较大，而 48～72 h 预报偏弱的概率大。南海东北部等海域的预报误差较大，应在业务预报中特别予以关注。随着 TC 强度的逐渐增强，强度预报在 120 h 内预报偏强的可能性变大，而强度预报偏弱的可能性减小。根据误差分析结果，提出了一个强度概率预报方案，检验结果表明可在业务中参考使用。

关键词： 台风，强度，预报误差，概率预报

中图分类号： P456 **文献标志码：** A **doi：** 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.10.011

Error Analysis on Official Typhoon Intensity Forecasts of CMO from 2001 to 2012

ZHANG Shoufeng[1] YU Hui[2] XIANG Chunyi[1]

1 National Meteorological Centre, Beijing 100081

2 Shanghai Typhoon Institute, CMA, Shanghai 200030

Abstract: Intensity forecast errors are analyzed according to the official forecasts from the Central Meteorological Observatory (CMO) of China Meteorological Administration (CMA) for typhoons in the western North Pacific during 2001—2012. It is shown that no significant improvement can be observed during the 12 years with undulating annual mean errors. The forecast errors are relatively small for steady intensity change process, but large for rapid intensity change process. There is a high probability for the forecasts to be stronger (weaker) than the observations at the leading time of 24, 96 and 120 h (48 and 72 h). It should be noted that the forecast errors are larger at the northeastern part of the South China Sea than other locations. The probability of the forecast intensity being stronger than the observations in 120 h is increased with the increase of typhoon intensity. The threshold error values of 70% accumulated probability are calculated for typhoons in different intensity and moving speed categories and a probability intensity forecast scheme is proposed to provide a guidance with an estimation of the forecast errors.

Key words: typhoon, intensity, forecast error, probability forecast

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006008)资助

2014 年 4 月 22 日收稿； 2015 年 7 月 14 日收修定稿

第一作者：张守峰，主要从事台风业务预报和相关科研总结. Email：zhangsf@cma.gov.cn

引　言

在过去的几十年中,世界各国的台风路径预报准确率在不断提高,尤其是近几年数值预报对路径确定性预报和集合预报平均的预报精度都有了大幅度提高,但是强度预报水平的显著提高还需要时间。改进强度预报可以从很多方面着手,其中对历年来预报结果的误差进行分析,可以提高预报准确率(高拴柱等,1996;,漆梁波等,2006;李佳等,2009;占瑞芬等,2010;汤杰等,2011;陈国民等,2012;2013;2014)。但是,对近十几年来中央气象台(Central Meteorological Observatory, CMO)综合预报的强度误差特征的分析工作并不多。另外,强度预报同路径预报一样(张守峰等,2010),也存在相当大的不确定性,同样需要在业务预报中引入强度预报概率曲线。美国飓风中心利用 2001 年以来的综合路径和强度预报资料,结合由 CLIPPER 方法计算得到的台风(TC)尺度分布,计算不同等级风速的预报累积概率值和风速极值概率分布和沿海受影响地点的不同等级风速概率分布值,从 2006 年在业务中实时发布 120 h 内的不同强度分级的风速概率预报文字和预报概率图。

基于以上原因,本文使用 2001—2012 年 CMO 发布的西北太平洋 TC 综合预报资料和最佳路径资料进行了强度实时误差分析,从总误差、逐年趋势、误差分布、不同强度趋势误差、误差分布区域等 5 个方面对 CMO 的强度预报结果进行了检验分析,初步分析了强度迅速变化台风预报偏差大的原因;计算了强度预报概率曲线值,结果可以在业务中参考使用,可以减少不可避免的预报错误,同时可以进一步提高台风强度预报准确率。

1　资料说明

本文所用资料是 CMO 发布的 2001—2012 年 12 年的西北太平洋 TC 逐 6 h 综合预报资料,包括路径和强度预报,预报时效分别为 24、48、72、96 和 120 h(其中 72 h 预报从 2001 年开始,96 h 预报从 2007 年 5 月开始,120 h 预报从 2009 年 5 月开始)。在进行强度误差计算时,采用中国气象局上海台风所发布的台风年鉴中的最佳路径资料强度作为真实强度值。作强度误差分析时,主要针对台风中心附近最大风力(最低气压)的预报误差。

2　2001—2012 年西北太平洋台风综合预报的误差分析

2.1　强度预报总误差分析

强度预报误差从风速和气压绝对误差、正误差(预报偏强/偏弱)和负误差(预报偏弱/偏强)三个方面检验。

从 2001—2012 年 CMO 强度预报 12 年年平均绝对误差(图 1)来看,24～120 h 中心最大风速预报平均绝对误差分别是 5.0、6.8、7.9、9.3 和 10.6 m·s^{-1}。中心最低气压预报平均绝对误差更大一些,分别为 9.2、12.4、14.3、17.2 和 19.7 hPa。强度预报误差有随着预报时效增加而逐渐增大的趋势。

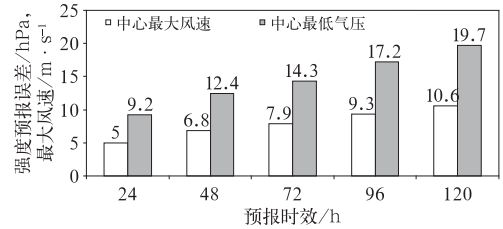

图 1　2001—2012 年强度预报 12 年年平均误差

Fig. 1　Mean forecast errors of intensity from 2001 to 2012

从正负误差来看,在 24～120 h 强度预报中,风速(气压)预报误差正值均多于(少于)负值,因此,CMA 综合强度预报各预报时次的预报均较实况明显偏强。如 24 h 预报偏差中,风速预报次数分别为正偏差 2354 次和负偏差 1573 次(气压预报次数分别为负偏差 2461 次和正偏差 1595 次),均值分别为 6.1 和－6.5 m·s^{-1}(－11.0 和 11.3 hPa),可见出现正误差次数较多(气压负误差次数较多),但误差幅度比负误差幅度略小(气压负误差幅度比正误差幅度略小)。其他预报时次中也有类似现象。这说明,在作 TC 强度预报时,预报风速偏强(气压预报偏低)几率较大,但当 TC 迅速加强时,一般情况下又无法做出合适的强度预报,导致风速预报偏弱(气压预报偏高)幅度较大。2001—2012 年,对于迅速加强 TC 的强度预报共有 95 次,只占总预报次数的

1.9%，但是预报均偏弱，风速平均偏小17.2 m·s^{-1}，气压平均偏高 32.2 hPa。迅速减弱 TC 共有 100 个样本，预报较实况一般偏强(87 个样本)。

2.2 逐年趋势分析

从 2001—2012 年逐年 CMO 强度预报误差来看(图 2a 和 2b)，预报水平没有明显改善，预报误差呈现逐年波动状态。

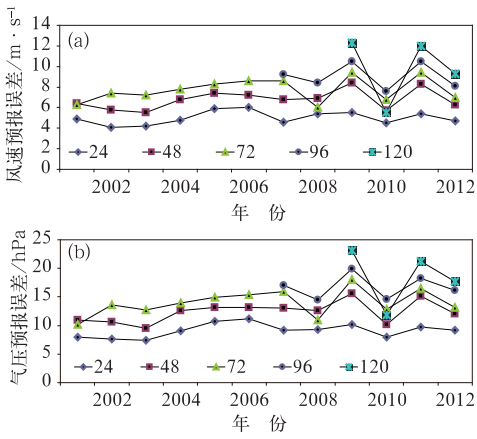

图 2 2001—2012 年逐年风速预报绝对误差演变(a)和逐年中心气压预报绝对误差演变(b)

Fig. 2 Annual mean absolute forecast errors of wind velocity (a) and annual mean absolute forecast errors of surface pressure (b) from 2001 to 2012

从 2001—2012 年 24～120 h 风速和强度预报趋势一致率逐年演变图上可看出(图略)，强度预报的风速和气压预报趋势一致率一般在 0.6～0.8，没有明显逐年增加趋势。风速预报趋势一致率 2007—2012 年波动较 2001—2006 年明显，气压预报趋势一致率一般也在 0.6～0.8 波动(2010 年 120 h 和 2012 年 96 h 的风速、气压预报趋势一致率分别为 0.9)，逐年变化频率和波动幅度较风速预报显著。

2.3 强度误差分布特征

图 3a、3b 为 2001—2012 年 CMO 24～120 h 强度预报误差箱线图。箱线图上最大－最小值横线端线给出了相应预报误差总体分布范围；柱体上下端给出了中值附近 50%样本分布域；柱体中间实线确切给出了各预报时效预报误差样本统计中值。可以看出，对于 24～120 h 风速预报，120 h 预报误差具有最大分布范围，其次是 96 和 48 h 预报，24 和 72 h 预报误差分布范围最小。对于 120 h 内中心气压预报误差范围分布，也有类似的分布特征。120 h 误差分布范围大也是 2.1 节中提到该预报时次多年平均绝对值误差大的原因。还可以看出，CMO24 h 风速预报 75%以上样本都在5 m·s^{-1}以下，48～120 h 预报在 7～14 m·s^{-1}；也就是说，24 h CMA 风速预报偏弱概率较大，而 48～120 h 风速预报偏强概率大。图 3b 中 CMO 24 和 120 h 中心气压预报 75%以上的样本在 5 hPa 以下，48～96 h 预报在 8～10 hPa；而 96～120 h 气压预报 50%以上样本在－5 hPa 以下。因此，24、96～120 h CMA 气压预报偏强概率较大，而 48～72 h 气压预报偏弱概率大。

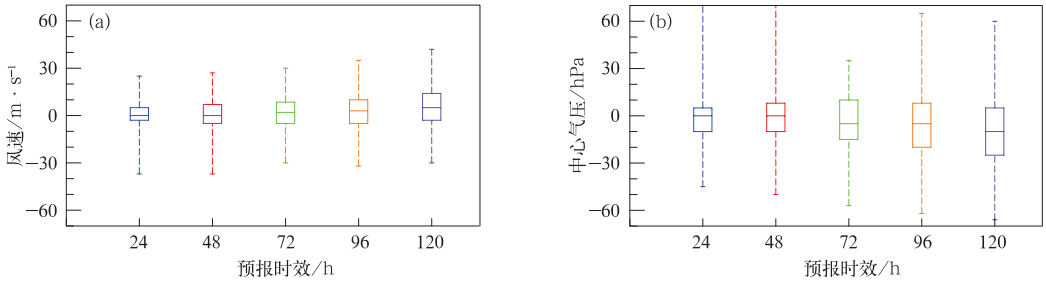

图 3 2001—2012 年 24～120 h 风速(a)和气压(b)强度误差箱线图

Fig. 3 Distribution of box plots of intensity forecast errors within 120 h from 2001 to 2012 (a) wind velocity, (b) surface pressure

2.4 不同强度变化趋势的误差分析

本小节将分析 TC 不同强度变化趋势预报误差，主要分析 24 h 预报时效误差。不同强度趋势变化误差分析是根据 24 h 内风速增强(减弱)值来界定(用 ΔV 来表示)。当 $-9\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\leqslant\Delta V\leqslant 9\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，认为 TC 强度稳定；$10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\leqslant\Delta V\leqslant 19\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，认为 TC 缓慢加强；$\Delta V\geqslant 20\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，认为 TC 迅速加强；$\Delta V\leqslant -20\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，认为 TC 迅速减弱；$-19\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\leqslant\Delta V\leqslant -10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，认为 TC 缓慢减弱(闫俊岳，1995)。图 4 描述了不同强度变化趋势的 TC 强度预报误差。由图 4 可见，CMO 对强度稳定的预报误差最小，风速预报误差只有 3.9 m·s^{-1}(气压 7.3 hPa)，其次是缓慢减弱和缓慢加强。对于

迅速加强的 TC 预报误差最大，风速平均误差绝对值达 17.2 m·s^{-1}，气压平均误差绝对值为32.2 hPa，其次是迅速减弱的 TC 误差次大。这说明目前对强度迅速变化(加强或减弱)TC 的强度预报能力还很弱。强度突变的预报仍是预报工作中的难点。

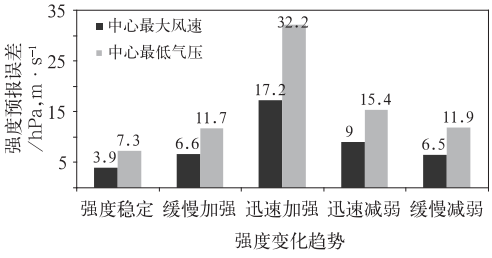

图 4　2001—2012 年不同强度变化趋势 TC 的预报误差比较

Fig. 4　Mean forecast errors of TC intensities with different intensity variation from 2001 to 2012

2.5　误差区域分布

强度预报误差在不同海域有不同的分布特征。图 5a～5c 为 2001—2012 年 24 h 风速预报绝对值误差区域分布，其中阴影代表误差值，格点内的数值代表样本数。从图 5a 可看到，在 18°～38°N 我国东南和华南沿海、北部湾和南海西部海域、日本中西部及以南海域(29°～38°N、127°～165°E)、菲律宾中北部附近海域(9°～19°N、117°～127°E)、关岛西部和东南部海域等四个区域预报误差最小，但在南海东北部、菲律宾以东附近海域(11°～19°N、127°～134°E)、关岛东北部及以南海域(15°～18°N、145°～157°E)等海域预报误差最大。TC 迅速加强(图 5b)主要发生在南海东北部、菲律宾东部到关岛以西海域以及马绍尔群岛西北部附近海域三处(迅速增强预报误差绝对值的最大和最小值的取值范围在5～

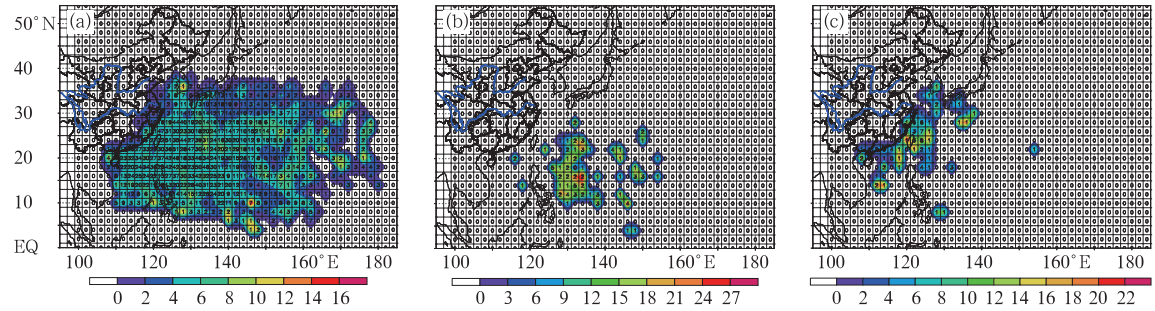

图 5　2001—2012 年 24 h 风速预报误差区域分布

(a)多年风速预报平均误差绝对值，(b)迅速加强的台风风速误差，(c)迅速减弱的台风风速误差

Fig. 5　The regional distribution of 24 h wind velocity forecast errors from 2001 to 2012

(a) mean absolute errors of wind velocity, (b) mean wind velocity errors of rapidly intensive TCs, (c) mean wind velocity errors that rapidly weakened TCs

37 m·s^{-1})，尤其要关注 TC 在南海东北部近海迅速加强，如果预报强度偏弱或预报开始减弱，均对防灾减灾造成较大影响。另外，TC 在南海东北部和中西部、东海、台湾海峡、台湾东北部洋面等海域会发生强度迅速减弱(图 5c)，也是业务综合预报误差偏大的地方(迅速减弱预报误差绝对值的最大和最小值的取值范围在 0～25 m·s^{-1})。

2.6　TC 强度迅速变化预报误差产生原因初步分析

TC 迅速加强发生月份集中在 8—10 月，占样本总数 63.2%，5—7 月和 11—12 月也有出现，分别为 23.2%和 13.7%。6 h 平均移动速度一般≤20 km·h^{-1}(km·h^{-1}，73.7%)，20 km·h^{-1}<V≤30 km·h^{-1}的样本有 25.3%(24 小时路径预报误差一般在 100 km 以下，62.1%)，移动速度较慢也是业务中需要考虑是否迅速加强的可能原因，但是约有 26.3%的样本发生在移动速度＞20 km·h^{-1}时。从 2012 年样本的海洋热容量(OHC)和海温(SST)来看，快速加强点的 OHC 一般在 100～120 kJ·cm^{-2}(kJ·cm^{-2}，9 个样本)，5 个样本在 120～140 kJ·cm^{-2}，2 个样本在 140～160 kJ·cm^{-2}；，SST 一般在 29～30℃(13 个样本)，少数样本在 28～29℃(3 个样本)。迅速加强一般发生在风切变(200～850 hPa)小于 10 m·s^{-1}的情况下(9 个样本)，6 个样本在 10～20 m·s^{-1}，1 个样本在 25～30

$m \cdot s^{-1}$，均有明显的水汽辐合。

大多数 TC 强度迅速减弱是因为在我国东部沿海登陆(58 个样本，58.0%)，还有一些样本是登陆菲律宾、越南、日本和朝鲜半岛(35 个样本，35.0%)；有一些样本是转向类台风(7 个样本，7.0%)，强度迅速减弱发生在 30°N 附近东转向过程中，或者秋冬季节 TC 在较低纬度移动速度偏慢情况下发生。发生月份集中在 7—10 月，占 84.0%，3 月、5—6 月和 11—12 月也有出现。6 h 平均移动速度在 20 $km \cdot h^{-1} < V \leqslant 30$ $km \cdot h^{-1}$ 的样本有46.0%，$V > 30$ $km \cdot h^{-1}$ 的样本有 16.0%，$\leqslant 20$ $km \cdot h^{-1}$ 有 38.0%(24 h 路径预报误差一般在 100 km 以下，50.0%)。移动速度较快也是迅速减弱的原因之一。

目前在业务中还没有充分使用各种客观强度预报产品，对其预报可信度缺乏深入了解。在业务预报中，对影响强度发展变化的环境因子(海温、海洋热容量、垂直风切变、水汽、地表状况等)只作一般定性分析，还缺乏定量分析，小尺度系统对台风结构和强度的影响很少涉及，这可能是影响业务综合强度预报没有显著提高、对强度迅速变化的台风预报偏差较大的原因。在有利的环境因子配置情况下，是否发生强度的迅速加强也缺乏定量分析和深入研究。另外，中央气象台从 2012 年开始在业务中引入 DVORAK 定强方法，这对进一步提高实时业务定强水平、减小业务定强和预报偏差提供了有力的技术支持。

3 风速概率曲线制作

3.1 概率曲线的制作

由 CMO 过去 10 年(2001—2010 年)所有 TC 个例 120 h 内官方主观强度预报误差，计算所有误差样本的 70% 累计误差得到强度概率曲线值(表 1)。并分析预报误差和初始强度、移动路径(移动速度和方向)之间的统计关系，分别计算得到各预报时次 70%强度概率曲线值，见表 2a、2b 和表 3a、3b。从表 1 可得，24～120 h 的风速预报误差概率范围在－15～15 $m \cdot s^{-1}$，气压预报误差的概率范围在－30～30 hPa。

从表 2a、2b 中可分析 120 h 预报时效内预报误差和初始强度(即起报时 TC 强度实况)相关关系。一般而言，120 h 预报时效内，风速预报正误差和气压负误差随着初始强度增大而逐渐增大或持平(不包括 120 h 的风速正误差)。而 48～120 h 内风速负误差和气压正误差有随着初始强度增大而减小或持平的变化规律。前者和初始强度的相关关系更显著。即在 120 h 预报时效内，随着 TC 强度逐渐增强，强度预报偏强趋势变大，而强度预报偏弱可能性减小。

表 1 2001—2010 年强度综合预报误差 70%概率曲线值

Table 1 The 70% probability curves of the intensity forecast errors within 120 h from 2001 to 2010

预报时效	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
风速误差为正值/$m \cdot s^{-1}$	7.0	10.0	10.0	15.0	15.0
风速误差为负值/$m \cdot s^{-1}$	－7.0	－10.0	－10.0	－10.0	－15.0
气压误差为正值/hPa	15.0	20.0	20.0	20.0	30.0
气压误差为负值/hPa	－13.0	－19.0	－20.0	－25.0	－30.0

注：风速预报误差为正值，即预报较实况偏强；预报误差为负值，即预报较实况偏弱。中心气压预报误差为正值，即预报较实况偏弱；预报误差为负值，即预报较实况偏强，下表同。

表 2a 风速预报误差 70%概率曲线值(与台风强度相关性)(单位：$m \cdot s^{-1}$)

Table 2a The 70% probability curves of the wind velocity forecast errors relative to TC intensities (unit: $m \cdot s^{-1}$)

预报时效	热带风暴		强热带风暴		台风及其以上		误差总计	
	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
24 h	5.0	－7.0	5.0	－8.0	10.0	－10.0	7.0	－7.0
48 h	8.0	－10.0	8.0	－10.0	10.0	－10.0	10.0	－10.0
72 h	10.0	－12.0	10.0	－10.0	12.0	－10.0	10.0	－10.0
96 h	10.0	－12.0	15.0	－10.0	15.0	－8.0	15.0	－10.0
120 h	10.0	－22.0	9.0	－15.0	17.0	－5.0	15.0	－15.0

注：＋ 表示误差为正值，－ 表示误差为负值，下同。

表 2b　中心气压预报误差 70%概率曲线值(与台风强度相关性)(单位:hPa)

Table 2b　The 70% probability curves of the surface pressure errors relative to TC intensities (unit: hPa)

预报时效	热带风暴		强热带风暴		台风及其以上		误差总计	
	+	−	+	−	+	−	+	−
24 h	10.0	−10.0	15.0	−10.0	15.0	−15.0	15.0	−13.0
48 h	20.0	−13.0	20.0	−15.0	15.0	−20.0	20.0	−19.0
72 h	23.0	−15.0	20.0	−20.0	15.0	−20.0	20.0	−20.0
96 h	22.0	−15.0	20.0	−25.0	15.0	−25.0	20.0	−25.0
120 h	30.0	−16.0	30.0	−20.0	5.0	−35.0	30.0	−30.0

另外,本文还分析了强度预报误差与 TC 移动方向和移动速度的关系。TC 移动方向(移向正北为 0°,顺时针旋转 360°)依据预报移动方向分为三种类型,即转向前(180°～320°),转向中(320°～10°)和转向后(10°～180°)。而移动速度根据 1949—2007 年西北太平洋海域所有编号 TC 实况移动速度划分)分为 6 类,即移动速度＜10.0,10.0～15.0,15.0～20.0,20.0～25.0,25.0～35.0 和＞35.0 km・h^{-1}。

从文献(张守峰等,2010)中得到,路径预报误差随移动方向和移动速度变化而相应变化,同样强度预报误差也有一定的规律可循。在移动速度＜20 km・h^{-1}时,24～96 h 风速和气压正负误差(不含 24 h 风速正误差和 48 h 气压负误差)有随着移动方向顺时针旋转而减小或持平的趋势;当移动速度在 20～35 km・h^{-1}时,风速 24、72 h 正负误差和 96 h 正误差以及 24～72 h 气压正误差和 24、96 h 负误差也有类似特点。在转向前,24～96 h 内,风速和气压正负误差均随着移动速度(V≤35.0 km・h^{-1}以内)增大而增大或持平。转向中 72 h 内风速正误差、气压负误差和转向后风速正误差、气压正负误差有持平或增大趋势;而风速负误差、气压正误差在转向中有减小或持平趋势。为了方便在业务中使用,可以将上述结果简化整理为表 3a 和 3b。

表 3a　风速预报误差 70%概率曲线值(与移动速度相关性)(单位:m・s^{-1})

Table 3a　The 70% probability curves of the wind velocity pressure relative to moving speed (unit: m・s^{-1})

预报时效	V≤20.0 km・h^{-1}		20.0 km・h^{-1}＜V≤35.0 km・h^{-1}		V＞35.0 km・h^{-1}		误差总计	
	+	−	+	−	+	−	+	−
24 h	7.0	−8.0	7.0	−7.0	7.0	−7.0	7.0	−7.0
48 h	10.0	−10.0	10.0	−10.0	10.0	−7.0	10.0	−10.0
72 h	10.0	−10.0	12.0	−10.0	10.0	−15.0	10.0	−10.0
96 h	15.0	−10.0	10.0	−12.0	12.0	−12.0	15.0	−10.0
120 h	15.0	−15.0	15.0	−8.0	7.0	−−−	15.0	−15.0

表 3b　中心气压预报误差 70%概率曲线值(与移动速度相关性)(单位:hPa)

Table 3b　The 70% probability curves of the surface pressure errors relative to movement speed (unit: hPa)

预报时效	V≤20.0 km・h^{-1}		20.0 km・h^{-1}＜V≤35.0 km・h^{-1}		V＞35.0 km・h^{-1}		误差总计	
	+	−	+	−	+	−	+	−
24 h	15.0	−11.0	10.0	−15.0	10.0	−14.0	15.0	−13.0
48 h	20.0	−18.0	20.0	−20.0	10.0	−15.0	20.0	−19.0
72 h	20.0	−20.0	20.0	−20.0	15.0	−15.0	20.0	−20.0
96 h	20.0	−25.0	20.0	−20.0	15.0	−25.0	20.0	−25.0
120 h	30.0	−30.0	5.0	−30.0	—	−15.0	30.0	−30.0

3.2　概率曲线应用

3.2.1　2011—2012 年强度预报

图 6 为 2011—2012 年 120 h 内强度预报包含在概率曲线范围内的比例(图 6 为风速预报,气压预报图略)。从图中可以看到,2011—2012 年风速和气压预报在 24～120 h 内落入 70%概率曲线的比例逐年增加(不包含 24 h 风速和气压正误差以及96 h 风速负误差和气压正误差),表明近两年 120 h 内综合预报水平有逐年提高改进倾向。2012 年风速预报正误差在 120 h 预报时效内平均落入比率均在 65%以上,24～72 h 和 120 h 风速负误差在 61%以

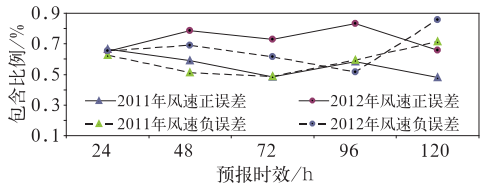

图 6 2011—2012 年风速预报包含在概率曲线的比例

Fig. 6 The proportion of wind velocity forecast within the probability curve range from 2011 to 2012

上;而 2012 年 24～96 h 的气压负误差在 71%以上,24～72 h 和 120 h 的气压正误差在 63%以上,这说明强度预报概率曲线基本能正确实现 70%的概率预报,同时也表明了强度主观预报水平的逐步改进和提高,相应的可见图 2 中的 CMA 主观强度预报误差的逐年变化趋势。

3.2.2 概率曲线在台风强度业务预报中的应用

以 2013 年 1330 号台风海燕 11 月 6 日 02 时(北京时)强度预报(风速和中心气压)为例(赖芬芬等,2014),分别制作 24～120 h 内强度预报 70%概率预报曲线(图 7a 和 7b)。由图 7a 可知,6 日 02 时起报的风速预报在 24～72 h 预报较实况偏弱,96～120 h 预报则偏强。而 70%概率曲线基本可包含强度变化实况,给出了风速预报偏强或偏弱的区间,这对风速预报的不确定是一个有益补充。同样,中心气压预报也有类似情况(图 7b)。

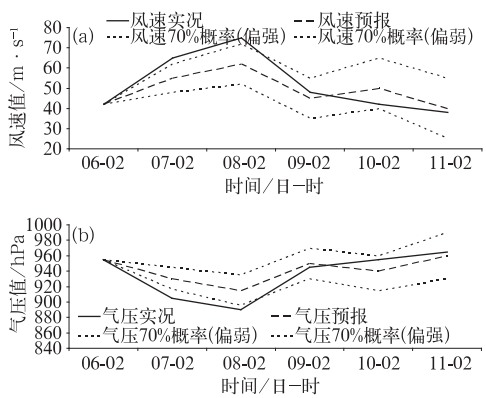

图 7 1330 号台风海燕 2013 年 11 月 6 日 02 时起报的(a)风速预报和(b)中心气压预报 70%概率预报曲线图

Fig. 7 The 70% probability curves of wind velocity forecast (a) and surface pressure forecast (b) of No. 1330 Typhoon Haiyan at 02:00 BT 16 November 2013

4 结 论

本文使用 2001—2012 年 CMO 综合预报资料,进行了实时强度误差检验分析。主要从总误差、逐年趋势、误差分布、不同强度趋势误差、误差分布区域等五个方面对 CMO 强度预报结果进行了分析,并计算了强度预报概率曲线,结果可以在业务中参考使用。

(1) 近 12 年来 CMO 综合预报水平没有明显改善。预报强度(风速和气压)偏强几率较大,但当 TC 迅速加强时(出现比例少),风速预报偏弱幅度较大。强度预报趋势一致率一般在 0.6～0.8,没有明显逐年增加趋势。

(2) 对 TC 不同强度变化趋势预报,CMO 对强度稳定 TC 预报误差是最小的(风速平均绝对偏差为 3.9 m·s^{-1},气压为 7.3 hPa),而迅速加强 TC 预报误差(风速平均绝对偏差为 17.2 m·s^{-1},气压为 32.2 hPa)明显比其他三种情况误差要大得多(风速平均绝对偏差为 6～9 m·s^{-1},气压为 11～16 hPa)。这说明目前对迅速增强 TC 强度预报水平有限。另外,强度迅速变化(加强或减弱)TC 强度预报误差比强度稳定或缓慢变化(加强或减弱)等情况的误差要大,TC 强度突变预报仍是预报工作中的难点。

(3) 强度预报误差在不同海域有不同分布特征。在 TC 迅速加强的三个海域,在业务预报中要特别关注南海东北部近海,如果预报强度偏强或预报减弱,均对防灾减灾造成较大影响;TC 在近海和台湾附近海域迅速减弱,是预报欠缺的地方。另外,本文仅对 TC 迅速变化时强度预报误差产生的可能原因作了初步分析,对影响强度发展的原因还需要进一步深入研究分析。

(4) 强度预报误差和 TC 强度有明显相关性。随着 TC 强度逐渐增强,强度预报在 120 h 内预报偏强的可能性变大,而强度预报偏弱的可能性减小。用 CMO 过去 10 年官方综合强度预报误差,计算得到各预报时次 70%强度概率曲线值,结果表明在业务中可以参考使用,能进一步提高台风强度预报准确率,同时减少不可避免的预报错误。

致谢:国家气象中心的瞿安祥、林玉成和钱奇峰在本文资料整理过程中提供了帮助,在此表示感谢!

参考文献

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.

陈国民，汤杰，曾志华. 2012. 2011 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定. 气象，38(10)：1238-1246.

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.

高拴柱，杨克明. 1996. 1995 年西北太平洋和南海热带风暴特征分析. 气象，22(6)：19-24.

赖芬芬，何立富. 2014. 2013 年 11 月大气环流和天气分析. 气象，40(2)：253-260.

李佳，余晖，应明，等. 2009. 2007 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定. 气象，35(2)：101-105.

漆梁波，黄丹青，余晖. 2006. 1999—2003 年西北太平洋热带气旋综合预报的误差分析. 应用气象学报，17(1)：73-80.

汤杰，陈国民，余晖. 2011. 2010 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定. 气象，37(10)：1320-1328.

闫俊岳. 1995. 热带气旋迅速加强标准的研究. 气象，21(5)：9-13.

占瑞芬，汤杰，余晖. 2010. 2009 年西北太平洋热带气旋定位和预报精度评定. 气象，36(10)：114-121.

张守峰，钱传海，高拴柱，等. 2010. 热带气旋路径预报概率圆应用. 气象科技，l38(2)：159-164.

Tropical Cyclone Wind Speed Probabilities Products, NHC official web site.