

倪钟萍, 吴立广, 张玲. 2013. 2005—2010 年台风突变路径的预报误差及其环流背景. 气象, 39(6): 719-727.

2005—2010 年台风突变路径的预报 误差及其环流背景^{*1}

倪钟萍¹ 吴立广¹ 张 玲²

1 南京信息工程大学气象灾害省部共建教育部重点实验室, 南京 210044

2 中国气象局台风与海洋气象预报中心, 北京 100081

提 要: 本文主要分析了 2005—2010 年西北太平洋上台风突变路径的预报误差及其相联系的环流形势。通过分析北折和西折两种突变路径发现, 中央气象台对西折突变路径的 24 和 48 h 预报接近平均预报水平; 北折突变路径突变时刻, 24 h 预报的距离误差达到 145.6 km, 比平均预报误差增加了 29.3%, 48 h 预报的距离误差达 317.3 km, 比平均预报误差增加了 68.3%。从突变路径的物理机制方面分析突变路径预报的难点。将台风附近气流分解成低频和高频两部分, 合成分析发现两类突变路径的风场区别不仅表现在低频尺度上副热带高压的西伸程度, 还表现在天气尺度上台风附近的风场分布。

关键词: 突变路径, 预报误差, 副热带高压, 天气尺度大风区

中图分类号: P458

文献标识码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.06.008

Analysis on Forecasting Errors and Associated Circulations of Sudden Typhoon Track Changes During 2005—2010

NI Zhongping¹ WU Liguang¹ ZHANG Ling²

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education,

Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Typhoon and Ocean Prediction Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081

Abstract: The forecast errors and associated surrounding flows of sudden typhoon track changes in the western North Pacific during 2005—2010 are examined in this study. By analyzing the forecasts of National Meteorological Centre of China Meteorological Administration, it is found that the mean 24 h and 48 h forecast errors for the sudden north-turning cases are significantly large while the forecasts of sudden west-turning cases are close to the average forecasting levels. For the sudden northward change, compared to the average forecast errors, the mean 24 h and 48 h forecast errors are 145.6 km and 317.3 km respectively, increasing by 29.3% and 68.3%. Further composite analysis on the circulations shows that there are clear differences in the westward extension of the low-frequency component of the subtropical high and the synoptic-scale wind fields associated with the tropical cyclones with sudden track changes.

Key words: sudden track change, forecast error, subtropical high, synoptic-scale gale

* 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB421503)资助

2011 年 10 月 26 日收稿; 2012 年 5 月 16 日收修定稿

第一作者: 倪钟萍, 主要从事台风路径方面的研究. Email: violet0044@163.com

通信作者: 吴立广, 主要从事热带气象、台风动力学和全球气候变化研究. Email: liguang@nuist.edu.cn

引言

台风的到来往往伴随着狂风、暴雨、巨浪、风暴潮等,给我国沿海地区造成严重的生命财产损失(张娇艳等,2011)。为了有效减低台风灾害,路径预报是目前台风预报中最关键的问题。虽然自 20 世纪 90 年代以来我国台风业务预报取得了长足的进步,尤其是台风路径业务预报水平进展显著(许映龙等,2011),但是对于移动方向突然改变的路径,目前还不能有效地预报,给我国的防台减灾工作带来了挑战。如 2010 年的超强台风 Megi,10 月 20 日 00 时(UTC)在南海由向西北偏西方向运动突然转为向东北偏北方向运动,12 小时内移向变化 43.7° ,而中央气象台在该时刻预报未来台风仍向西北方向移动,甚至有向广东沿海登陆的趋势,但实际未来台风向东北偏北方向运动,10 月 23 日 4 时 55 分(UTC)在福建漳浦县沿海登陆。中央气象台对 Megi 路径北翘的预报存在一定的偏差和滞后现象,造成了当时业务预警服务的被动(许映龙,2011)。陈联寿(1985)也曾指出最严重的热带气旋预报误差往往由于移动路径的突变所引起。

作为研究台风突变路径的第一步,为了理解路径突变过程的物理机制,我们分析突变路径的预报误差特点及其相联系的天气尺度和低频风场特征。

1 资料

台风路径资料来自日本气象厅(JMA)的最佳路径资料,包括 6 h 一次的位置及强度,为了突出系统对一定强度热带气旋的影响,且不考虑变性气旋,只保留了发生在西北太平洋上 $0\sim 35.0^\circ\text{N}$ 范围内,强度连续 3 个时次(18 h)以上达到热带风暴(最大风速大于 $17.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)的热带气旋,这里统称为台风。为了计算气候上台风移动方向变化的平均值和标准差,资料范围为 1970—2010 年,但是只有 2005—2010 年的路径预报误差资料,误差资料来自中央气象台的西北太平洋综合台风路径业务预报数据,包括 24、48、72 和 96 h 的起始预报时刻(北京时)、路径预报误差、台风的预报位置及观测位置等,由于 72 和 96 h 在突变时刻的预报样本很少,这里只分析 24 和 48 h 的路径预报误差。风场和高度场运用了 2005—2010 年美国国家环境预报中心(the

National Center for Environmental Prediction, NCEP)6 h 一次的 FNL 全球分析资料(Final Operational Global Analysis, FNL),分辨率为 $1.0^\circ\times 1.0^\circ$,该资料包含了 26 个标准等压层(1000~10 hPa)的要素信息,包括海平面气压、位势高度、温度、相对湿度和风场等要素。

2 突变路径的定义

目前,国际上对台风突变路径的定义还没有统一的标准。很多研究中主要通过主观判断来确定路径类型及突变时刻。例如 Wu 等(2011a)分析近东海突然转向的台风时,主要通过判断路径转向超过 90° 来确定分析样本。部分学者从移动方向变化方面对突变路径做定量定义:如 Chan 等(1980)研究大西洋上气旋的突变路径时定义 12 h 内移向变化大于 20° 为向右转折路径,移向变化小于 -20° 为向左转折路径,移向变化大于 -10° 小于 10° 为直行路径;贺忠等(1995)将前后 12 h 平均移向角度差右折大于等于 45° 定义为右折突变,左折大于等于 30° 定义为左折突变;董贞花(2010)定义前后 12 h 平均移向向右偏折角大于等于 45° 为路径的突然东折,且由偏西行或西北行突然转向偏东行或东北行。上述定量定义的分析中一般用标准时 00 和 12 时的资料或 12 h 间隔的资料来计算移动方向和移动速度,再计算移向的变化和移速的变化。台风路径资料一般为 6 h 间隔,用 12 h 间隔的资料计算移动方向的变化,路径会被平滑,从而出现计算的偏转角度较大,但 6 h 路径资料显示是缓慢转向的情况。

一般某一时刻的移动方向是通过计算一段时间内的移动方向得到的,移动速度用单位时间内的移动距离近似表示。后 3 h 与前 3 h 时刻移动方向的变化表示该时刻为中心的 6 h 内的移向变化;类似的后 6 h 与前 6 h 时刻移动方向的变化表示各时刻为中心的 12 h 内的移向变化。为了突出路径的突变过程,排除路径偏转缓慢变化的情况,定义时不仅考虑了 12 h 内的移向变化,也考虑了 6 h 内的移向变化,而且路径的“突变”是小概率事件,所以移向变化大于一定角度时才认为是突变。主要分析向北或东北突然转向的台风,定义北折路径:

(1)突变时刻为中心的 12 h 内移向顺时针变化大于等于 40° ,6 h 内移向顺时针变化大于等于 37° ,突变前 24 h 内向西或向西北方向移动,突变后 12 h

内向偏北或东北方向运动;

(2)为了去除短时间内打转的台风,定义突变前 24 h 内和突变后 12 h 内,各时刻为中心的 6 h 内移向变化小于突变时刻的移向变化,即突变前和突变后台风移向基本稳定一段时间。

判断突变路径时首先需符合移向变化的突变情况,再判断突变前后移动方向是否符合定义。注意我们没有对台风移动速度有任何限制。定义北折路径时 12 h 内移向变化的临界值的选择是因为气候上(1970—2010 年)台风 12 h 内移向变化的 1.5 个标准差约为 47° ,同时考虑到样本不能太少使得临界值不能取得太大,所以选定 40° 为临界值。气候上台风 6 h 内移向变化的 1.5 个标准差为 37° ,所以 6 h 内移向变化的临界值选为 37° 。

为了比较分析,同时定义了西折路径,该西折路径有向西或向南的偏转过程。由于向西或向南偏转的角度一般较小,所以定义路径突变的临界值较小,西折路径定义:

(1)突变时刻为中心的 12 h 内和 6 h 内移向逆

时针变化都大于等于 25° ,突变前 24 h 内向偏西或偏北方向运动,突变后 12 h 内移向偏西或偏南;

(2)为了去除短时间内打转的台风,突变前和突变后一段时间内台风移向基本稳定。

我国台风 48 h 警戒线最东位于 132°E 左右,进入该区域的台风未来 48 h 内可能会对我国造成影响,由此限定突变点发生在 5—11 月, $0^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 135°E 以西。

由定义得到 2005—2010 年的样本如图 1,北折路径有 7 个,西折路径有 9 个,选取突变前 48 h 至突变后 24 h 的台风路径。路径突变前后移动方向变化较小,而突变时刻移向变化大。北折路径突变时刻平均的 6 h 内移向变化为 84.9° (正值表示顺时针转向),平均的 12 h 内移向变化为 78.6° 。而西折路径突变时刻,平均的 6 h 内移向变化为 -37.7° (负值表示逆时针转向),平均的 12 h 内移向变化为 -36.4° 。可见北折路径的移向突变远远明显于西折路径的移向突变。

虽然大多路径突变发生在 00 和 12 时但也有

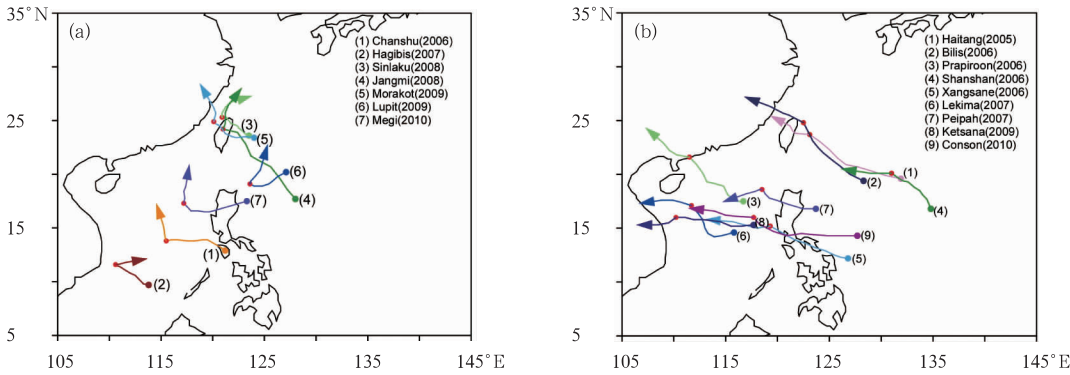


图 1 2005—2010 年突变路径样本

(a)北折路径,(b)西折路径

(路径从转向异常前 48 h 至转向异常后 24 h,红点表示路径突变时刻台风的位置)

Fig. 1 Selected cases of sudden northward (a) and westward (b) track changes during 2005—2010

[The track segments include the 72 h track around the sudden turning time (red dots)]

个例发生在 06 或 18 时(表 1 和表 2),所以仅 12 h 间隔的资料势必会对路径产生平滑,从而对台风路径突变时刻的确定产生偏差。突变时刻的强度方面,北折路径的平均强度比西折路径的平均强度略大。突变时刻的强度一般都小于台风所在生命史中达到的最大强度,个别台风如西折路径中 2007 年的 Lekima、2009 年的 Ketsana 在达到最大强度时出现了路径的突然转向。而且北折路径台风在生命史中

所达到的最大强度明显比西折路径的强。分析路径突变前后的平均纬向、经向移动速度分量(图 2),发现北折路径(设 T 为突变时刻,6 h 间隔,减号表示突变前,加号表示突变后,下同)在 $T-6$ 时刻,平均的纬向西行运动突然减速,6 h 内减小了 $1.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,转向后基本为向东运动。向北的经向速度从 $T-6$ 时刻至 $T+6$ 时刻有明显的增加过程,特别在突变后的 6 h 内平均经向速度增加了 $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而西

折路径纬向速度在临近突变时刻变化不大,但经向速度明显减小,特别在 $T-6$ 时刻至 $T+6$ 时刻平均经向速度减小了 $2.3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。北折路径临近突变

时出现的西行的减速和向北的加速与 Carr 等(1995)和 Wu 等(2011b)得到的个例台风突变前后的移速特征一致。

表 1 2005—2010 年北折路径样本的突变时刻及强度

Table 1 List of the sudden change time and intensity of north-turning tracks during 2005—2010			
气旋名称(年份)	突变时刻	强度(最大强度)/kt	气压/hPa
Chanchu(2006)	2006/05/14/18	90(95)	935
Hagibis(2007)	2007/11/23/12	65(70)	975
Sinlaku(2008)	2008/09/14/12	60(100)	985
Jangmi(2008)	2008/09/28/12	85(115)	950
Morakot(2009)	2009/08/08/18	60(75)	975
Lupit(2009)	2009/10/23/00	65(95)	970
Megi(2010)	2010/10/20/00	80(125)	950
平均		72.1(96.4)	962.9

表 2 2005—2010 年西折路径样本的突变时刻及强度

Table 2 List of the sudden change time and intensity of west-turning tracks during 2005—2010			
气旋名称(年份)	突变时刻	强度(最大强度)/kt	气压/hPa
Haitang(2005)	2005/07/17/18	90(105)	940
Bilis(2006)	2006/07/13/12	55(60)	975
Prapiroon(2006)	2006/08/03/12	60(65)	975
Shanshan(2006)	2006/09/12/12	85(110)	950
Xangsane(2006)	2006/09/28/12	60(85)	975
Lekima(2007)	2007/10/02/00	60(60)	975
Peipah(2007)	2007/11/06/06	65(70)	975
Ketsana(2009)	2009/09/28/18	70(70)	960
Conson(2010)	2010/07/14/12	45(70)	992
平均		65.6(77.2)	968.6

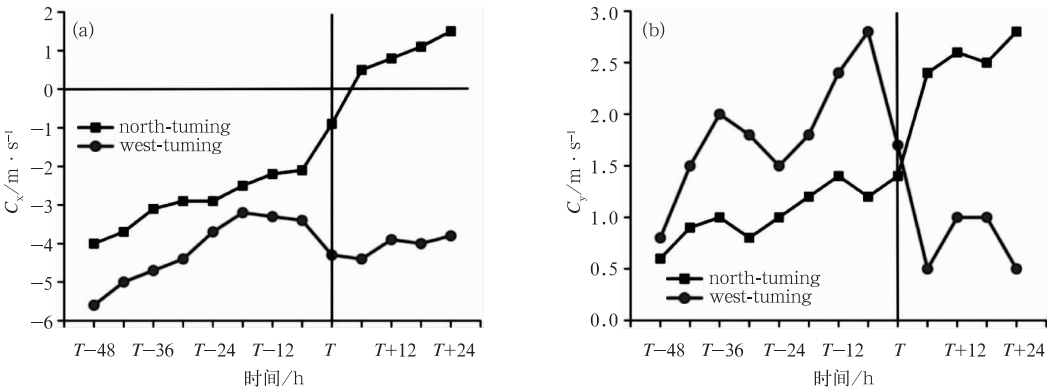


图 2 路径突变前后的平均纬向移动速度(a, $C_x, \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
和经向移动速度(b, $C_y, \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)(T 表示突变时刻)

Fig. 2 The mean zonal component (a, $C_x, \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and meridional component (b, $C_y, \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
of the translation speed with T indicating the sudden change time

3 路径预报误差计算

分析路径预报误差,主要计算距离误差和移向误差。

距离误差用台风预报位置与观测位置间的球面距离表示,

$$S = R \cdot \arccos[\cos\beta_1 \cdot \cos\beta_2 \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \sin\beta_1 \cdot \sin\beta_2]$$

式中, R 表示地球半径, α_1 和 α_2 表示经度, β_1 和 β_2

表示纬度,距离误差单位为 km。

移向误差,分别计算预报资料与观测资料的移动方向,两者的移动方向之差为移向误差。负值表示预报的移动方向偏左,正值表示预报的移动方向偏右,单位°。

本文以日本气象厅的最佳路径资料为依据,分析中央气象台 24 和 48 h 预报资料相对 JMA 观测资料的误差。

考虑路径突变前 48 h 至突变后 24 h 间的预报情况,由于路径资料或观测资料样本的有限性,突变前后有些时次无法计算预报误差,总体来说,24 h 预报的平均样本,北折路径和西折路径都为 7 个;48 h 预报的平均样本,北折路径和西折路径约为 6 个,但西折路径突变后样本较少。

4 预报误差分析

根据中央气象台的西北太平洋综合台风路径业务预报数据资料及 JMA 最佳路径资料集,2005—

2010 年的 24 h 预报时次共 1637 个,平均预报误差达 112.6 km,48 h 预报时次共 1299 个,平均预报误差达 188.5 km。

图 3 为两类路径的 24 和 48 h 预报的距离误差和移向误差。首先分析 24 h 的预报误差(图 3a 和 3c),西折路径预报的距离误差在路径突变前后变化不大,平均误差约 120 km,接近中央气象台的平均预报水平。移向误差从 $T-12$ 时刻开始持续为正,西折路径在突变时刻向西偏转,移向误差为正说明预报向西偏转不够,但误差的绝对值在 20° 以下。北折路径在 $T-24$ 时刻以前预报的是台风向偏西或西北方向运动时的路径,距离误差较小,平均约 80 km,移向误差绝对值在 0° 左右,说明直行路径较容易预报。而 $T-24$ 时刻后预报的是台风突变以后的路径,距离误差逐渐增大, $T-6$ 时刻至 $T+18$ 时刻,平均误差超过 120 km,大于中央气象台的平均预报误差,突变时刻预报误差甚至达到 145.6 km,比平均的预报误差(112.6 km)增加了 29.3%。移向误差从 $T-24$ 时刻开始呈增加的趋

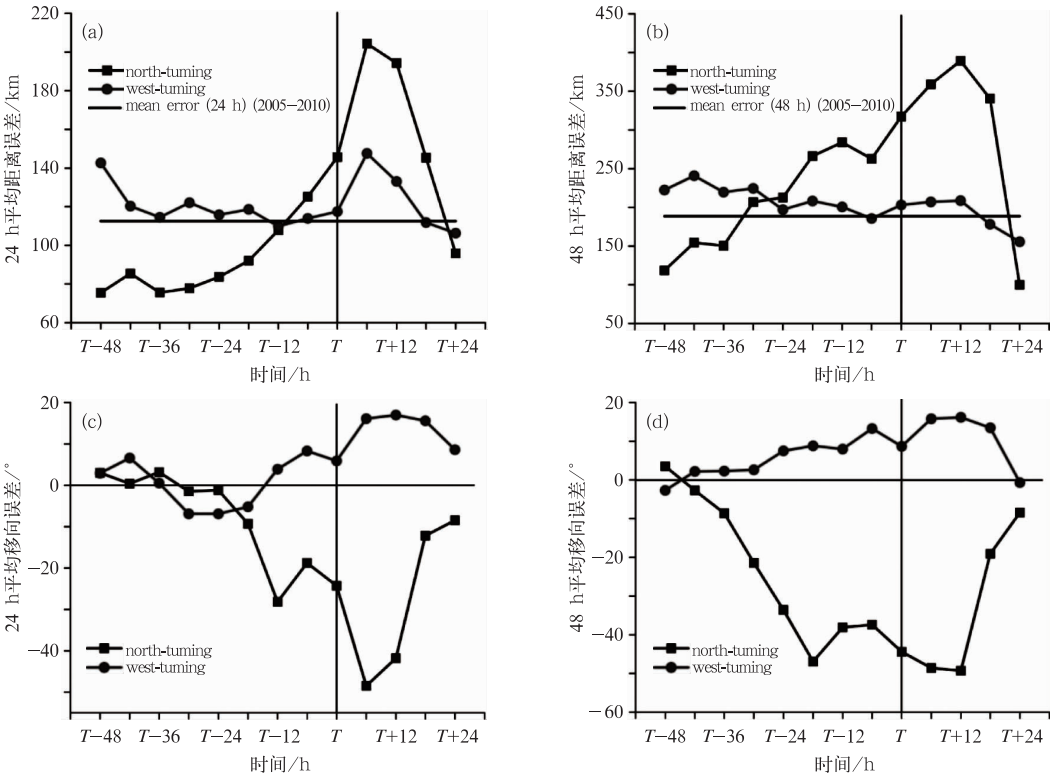


图 3 平均预报误差
(a)24 h 预报的距离误差(单位:km), (b)48 h 预报的距离误差(单位:km),
(c)24 h 预报的移向误差(单位:°), (d)48 h 预报的移向误差(单位:°)

Fig. 3 Mean forecast errors in track length for (a) 24 h forecast (unit: km) and (b) 48 h forecast (unit: km) and the mean direction errors for (c) 24 h forecast (unit: degree) and (d) 48 h forecast (unit: degree)

势,突变时刻台风向北偏转,移向误差为负值,从 $T-18$ 时刻至 $T+12$ 时刻,误差绝对值超过 20° ,说明预报的移向与台风实际走向偏差很大。可见,预报北折突变过程的距离误差和移向误差都很大,北折突变过程较难预报。

48 h 的预报情况类似(图 3b 和 3d),西折路径突变过程中距离误差平均约 210 km,与平均的预报误差相近,对突变后台风的移向,预报的偏转角度稍有不足,移向误差绝对值不大于 15° 。北折路径从 $T-48$ 时刻至 $T+12$ 时刻,预报 48 h 后台风突变时刻及突变后的位置,距离误差逐渐增大,从 $T-30$ 时刻至 $T+18$ 时刻,预报误差大于平均的 48 h 预报误差,突变时刻的距离误差达 317.3 km,比平均的预报误差(188.5 km)增加 68.3%。北折路径预报突变后台风向北偏转的角度明显不足,从 $T-24$ 时刻至 $T+12$ 时刻,移向误差绝对值大于 30° 。而且无论北折路径还是西折路径,48 h 的预报误差明显比 24 h 的预报误差大,说明路径的预报时效较短。

另外值得注意的是,虽然北折路径突变时刻的 24 和 48 h 预报误差很大,但是预报误差最大值出现在以 $T+6$ 、 $T+12$ 为预报起始点的时刻。董克勤等(1986)分析 1985 年西北太平洋台风 24 h 预报情况时指出,台风移速的显著变化会引起较大的预报误差,这种显著变化常常出现在转折点附近和转向以后。所以考虑移向突变路径的预报难点有移动速度变化问题。

分析两类路径在突变过程中平均移动速度的变化(图4)发现, $T-18$ 时刻以前,两类路径的移动速

度都呈减小的趋势,但从 $T-18$ 时刻以后平均的移动速度变化趋势有明显的不同。西折路径的移动速度先增加后减小,至突变时刻移动速度达 $4.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,突变前的 18 h 内速度增加 $0.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,突变后速度又逐渐减小。北折路径的平均移动速度至突变时刻呈明显减小的趋势,突变时刻的平均移动速度仅 $1.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,而且移动速度的突然减小主要发生在临近突变时刻,突变前的 6 h 内移动速度减小 $0.7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。路径突变后移动速度又突然增加,6 h 内平均移动速度增加 $0.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。北折路径临近突变时刻至转向以后,移速的突然变化使预报难度加大,从而产生了较大的预报误差。

5 与突变路径相联系的环流形势

对台风突变路径机制不理解,是北折台风路径预报误差偏大的原因之一。台风运动虽然由各种形式的外部强迫、内部过程及其相互作用所决定(王斌等,1998),但是,最近研究表明,台风环流与大尺度环境气流相互作用可以导致台风路径突变(Wu et al, 2011a; 2011b; Carr et al, 1995; Liang et al, 2011),也就是说,不能仅仅考虑环境气流的引导作用。在西北太平洋地区,大尺度环境气流包括 Madden Julian 振荡(MJO)(Madden et al, 1971; 1972; 1994; Wang et al, 1990)、准两周振荡(QBW)(Murakami et al, 1974; Kikuchi et al, 2009)和天气尺度变率(Lau et al, 1990; Chang et al, 1996)。Carr 等(1995)首次通过实际资料分析及无辐散正压模式模拟发现,台风在路径突变前西行的减速和向北的突然加速可以用台风与季风槽(Monsoon Gyre, MG)相互作用来解释。根据(Lander, 1994)的定义, MG 是西北太平洋上低层季风环流组织成的一个大的气旋性涡旋,海平面气压场上呈直径约 2500 km 的低压,持续 2~3 周以上。在突然转向时,台风会与 MG 合并,合并阶段,大的相对较弱的 MG 经过 Rossby 波能量频散在涡旋合并的东部或东南部产生反气旋性环流,气旋与反气旋之间梯度的增加使得西南风得到加强,促使气旋向北或东北偏转。Wu 等(2011a; 2011b)和 Liang 等(2011)分析的路径突变台风与 10~20 d 带通滤波场上的气旋性环流关系密切,而且天气尺度上(10 d 以下滤波场)台风东

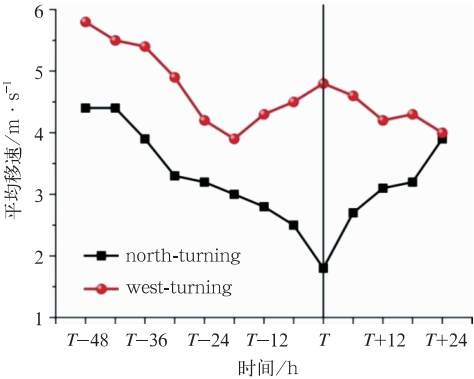


图 4 路径突变前后的平均移动速度
($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, T 表示突变时刻)

Fig. 4 The mean translation speed (unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) with T denoting the sudden change time

南侧有西南风明显增强的过程,从而导致路径突然向东北偏转。虽然季风涡旋的定义还不明确,但 Carr 等(1995)、Wu 等(2011a; 2011b)和 Liang 等(2011)分析的共同点是台风向北或东北突然转向与低频场上的气旋性环流有很大的联系。

用 Lanczos 滤波方法,将总风场在时间尺度上

分解成 10 d 以上分量(低频部分)和 10 d 以下分量(天气尺度分量),其中天气尺度分量包括台风本身和环境气流。各时刻以台风中心为基础,做双线性插值,保证台风中心在格点上。对插值后的风场再以台风中心进行合成,主要分析突变过程中 700 hPa 的环流形势。

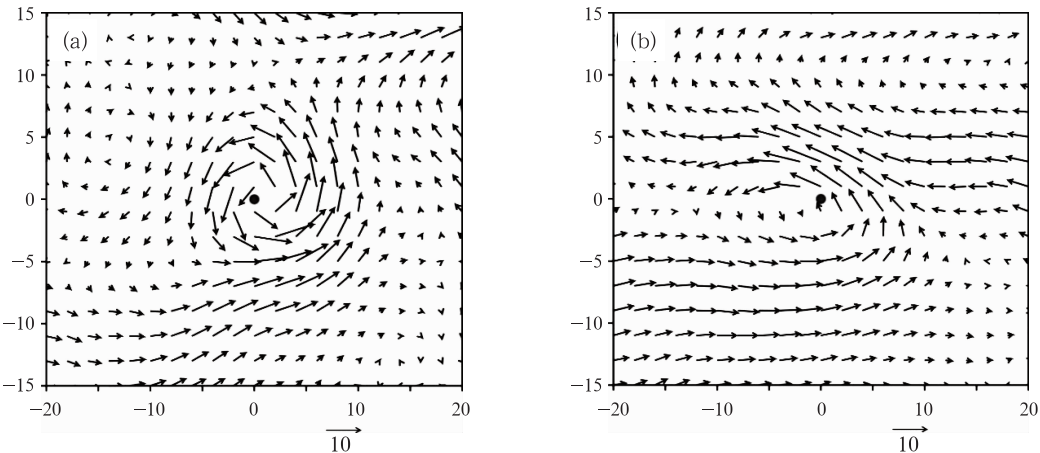


图 5 路径突变时刻 700 hPa 低频风场的合成场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a)北折路径,(b)西折路径
(横纵坐标表示相对台风中心的经纬度)

Fig. 5 Composites fields of low frequency wind fields (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 700 hPa at the sudden track change time with black dots indicating the typhoon center
(a) northward turning and (b) westward turning cases

(The abscissa and ordinate represent the longitude and latitude relative to the typhoon center, respectively)

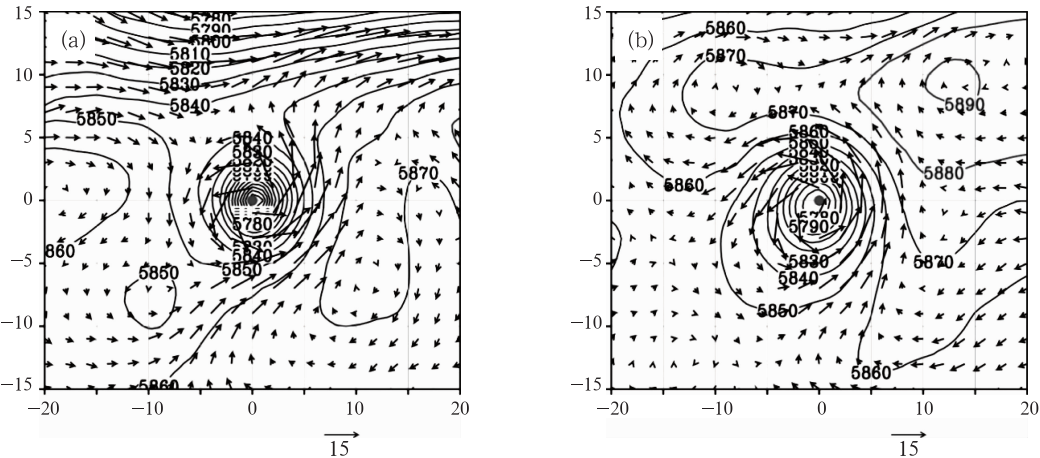


图 6 路径突变时刻 500 hPa 全风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和高度场(单位: gpm)的合成场
(a)北折路径,(b)西折路径
(黑点表示台风中心,横纵坐标表示相对台风中心的经纬度)

Fig. 6 The composite fields of wind fields (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and height fields (unit: gpm) at 500 hPa at the sudden track change time with black dots indicating the typhoon center
(a) northward turning and (b) westward turning cases

(The abscissa and ordinate represent the longitude and latitude relative to the typhoon center, respectively)

路径突变时刻低频合成场上(图 5),台风附近的气旋性涡旋都比较明显,北折路径低频气旋性涡旋发展很好,且台风并入涡旋中心,而对西折路径气旋性涡旋相对较弱,台风中心没有与涡旋中心一致。低频场上最主要的差别是台风北侧的高压,该高压可看做西北太平洋副热带高压在低频场上的分量,从 500 hPa 高度场上能明显看到副热带高压的形势(图 6),北折路径副热带高压与大陆高压断裂,台风位于两个高压之间,副热带高压西侧较强的偏南风利于台风北折。而西折路径,副热带高压外围气流一直维持在台风北侧,副热带高压脊点西伸至台风西北象限,受强的偏东气流的引导台风易向西运动。

天气尺度合成风场上,可以明显看到两类路径的台风东南侧都有西南风的增强过程,但突变时刻环流场上大风区仍有明显差别(图 7)。北折路径,仅台风东南侧存在能量频散激发的反气旋性环流,西南气流增强,使台风产生向北或东北的加速度,台风附近大风区主要呈非对称形式,同时在低频副热带高压强的偏南气流引导下,利于台风向北运动。

西折路径,台风西北侧一直存在反气旋性环流加上台风东南侧频散出的反气旋性环流与台风环流的共同挤压,维持对称的大风区,偏南风与偏北风相当,从而不利于台风的向北转折,结合低频场上副热带高压强的偏东气流的引导,利于台风西行。台风东南侧的西南风的增强与 Rossby 波能量频散有关(Wu et al, 2011a; 2011b; Carr et al, 1995; Liang et al, 2011)。Carr 等(1995)发现,当台风与低频季风涡旋相互作用并合并时, Rossby 波能量频散容易发生。这与我们的合成分析基本一致。西折台风西北侧东北风的加强可能与台风和副热带高压相互作用有关,需要进一步的研究。由此可见,台风的突然北折与天气尺度上台风附近非对称的风场分布有密切关系。对于西折型台风路径,东南侧偏南大风与西北侧偏北大风几乎抵消,低频的偏东风起主要作用,而对于北折型台风路径,正确预报台风东南侧的西南风加强是台风路径预报的关键,它是台风与大尺度环流相互作用的结果。相比较而言,西折台风路径较容易预报。

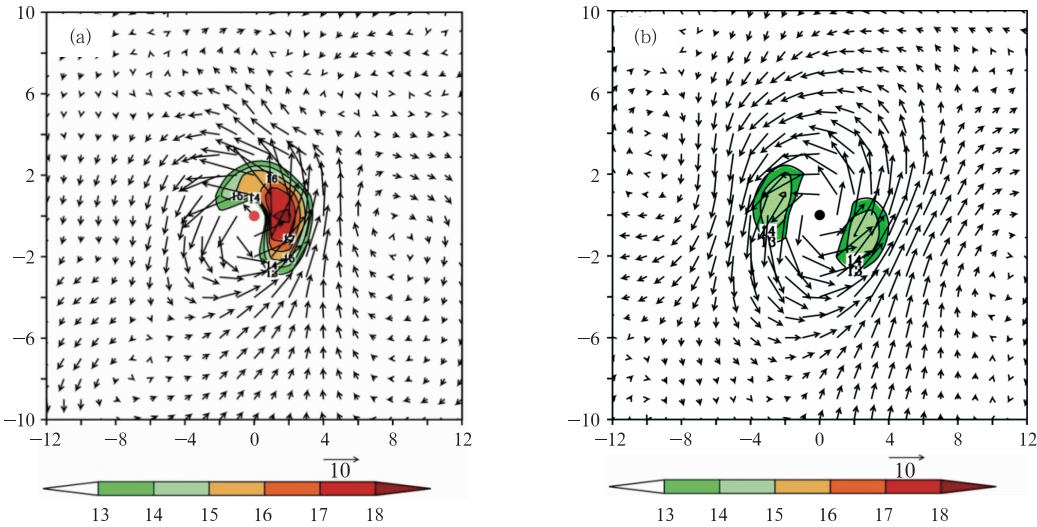


图 7 路径突变时刻 700 hPa 高频风场的合成场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a)北折路径 (b)西折路径
(圆点表示台风中心,横纵坐标表示相对台风中心的经纬度,阴影表示大风区)

Fig. 7 The composite synoptic-scale wind fields (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 700 hPa at the sudden track change time with dots indicating the typhoon center for

(a) northward turning and (b) westward turning cases

(The abscissa and ordinate represent the longitude and latitude relative to the typhoon center, respectively)

6 结 论

台风路径的预报水平在近十多年来有很大提

高,但突变路径依然很难预报。本文主要对 2005—2010 年的突变路径进行误差分析,并探讨与路径突变相联系的环流形势,希望对突变路径预报提供一定的参考。

对西折路径和北折路径进行距离误差和移向误差的分析发现,西折路径在突变过程中预报的距离误差变化不大,预报水平与平均预报水平相当,预报向西偏转的角度偏小但误差值较小。北折路径临近突变时刻至突变后预报误差明显增大,且移向预报向北偏转的角度明显不足,突变时刻,24 h 预报误差达到 145.6 km,比中央气象台的平均预报误差增加了 29.3%;48 h 预报误差达 317.3 km,比平均预报误差增加了 68.3%。北折路径 $T+6$ 、 $T+12$ 时刻预报误差最大,这与突变后台风移动速度的突然增加有关。

合成分析表明,这两种路径所对应的低频环流形势和天气尺度上台风附近的风场分布明显不同。北折路径天气尺度上台风附近大风区呈非对称分布形式,强的西南风促使台风产生向北的加速度,且在低频场上副热带高压强的偏南气流引导下,利于北折。西折路径天气尺度上大风区呈对称分布形式,偏南风与偏北风相当,但在低频场上一直接持在台风北侧的副热带高压强的偏东气流引导下,利于西行。天气尺度上台风东南侧的西南风的增强与 Rossby 波能量频散有关。台风西北侧东北风的加强可能与台风和副热带高压相互作用有关,需要进一步的研究。值得指出的是,由于本研究的样本有限,结论有待进一步验证。

参考文献

- 陈联寿. 1985. 热带气旋运动研究和业务预报的现状和发展//台风会议文集. 北京:气象出版社,6-30.
- 董克勤,杨麟美,周江兴. 1986. 台风路径预报现状分析. 气象,12(7): 2-6.
- 董贞花. 2010. 近年来影响中国的热带气旋东折成因的诊断分析. 浙江大学硕士学位论文.
- 贺忠,胡斯团,张儒林. 1995. 台风路径突变诊断预报方法与 1994 年试用结果. 气象,21(8):7-12.
- 王斌, Russell L Elsberry, 王玉清, 等. 1998. 热带气旋运动的动力学研究进展. 大气科学, 22:535-547.
- 许映龙. 2011. 超强台风鲑鱼路径北翘预报分析. 气象,37(7):821-826.
- 许映龙,张玲,高栓柱. 2011. 我国台风预报业务的现状及思考. 气象,

36(7):43-49.

- 张娇艳,吴立广,张强. 2011. 全球变暖背景下我国热带气旋灾害趋势分析. 热带气象学报,27(3): 217-230.
- Carr L E, Elsberry R L. 1995. Monsoonal interactions leading to sudden tropical cyclone track changes. Mon Wea Rev,123: 265-290.
- Chan Johnny C L, William M Gray, Stanley Q Kidder. 1980. Forecast tropical cyclone turning motion from surrounding wind and temperature fields. Mon Wea Rev, 108: 778-792.
- Chang C P, Chen J, Harr P, et al. 1996. Northwestward-propagating wave patterns over the tropical western North Pacific during summer. Mon Wea Rev, 124:2245-2266.
- Kikuchi K, Wang B. 2009. Global perspective of the quasi-biweekly oscillation. J Climate, 22:1340-1359.
- Lander M A. 1994. Description of a monsoon gyre and its effects on the tropical cyclones in the western North Pacific during August 1991. Wea Forecasting,9: 640-654.
- Lau K-H, Lau N-C. 1990. Observed structure and propagation characteristics of tropical summertime synoptic scale disturbances. Mon Wea Rev, 118:1888-1913.
- Liang Jia, Wu Liguang, Ge Xuyang, et al. 2011. Monsoonal influence on typhoon Morakot (2009). Part II: Numerical study. J Atmos Sci, 68: 2222-2235.
- Madden R A, Julian P R. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. J Atmos Sci, 28: 702-708.
- Madden R A, Julian P R. 1972. Description of global-scale circulation cells in tropics with a 40-50 day period. J Atmos Sci, 29: 1109-1123.
- Madden R A, Julian P R. 1994. Observations of the 40-50-day tropical oscillation: A review. Mon Wea Rev, 122:814-837.
- Murakami M, Frydrych M. 1974. On the preferred period of upper wind fluctuations during the summer monsoon. J Atmos Sci, 31:1549-1555.
- Wang B, Rui H. 1990. Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies: 1975-1985. Meteor Atmos Phys, 44:43-61.
- Wu L, Zong H, Liang J. 2011a. Observational analysis of sudden tropical cyclone track changes in the vicinity of the East China Sea. J Atmos Sci, 68:3012-3031.
- Wu L, Liang J, Wu Chun-Chieh. 2011b. Monsoonal influence on typhoon Morakot (2009). Part I: Observational analysis. J Atmos Sci, 68:2208-2221.