

# ECMWF 对不同天气形势下影响浙江台风的路径预报评估

杨亦萍<sup>1</sup>, 刘力源<sup>1</sup>, 倪钟萍<sup>2</sup>, 高丽<sup>1</sup>

(1. 台州市气象局, 浙江 台州 318000; 2. 台州市路桥区气象局, 浙江 台州 318000)

**摘 要:** 对2012—2016年影响浙江台风进行天气形势场基本分型,依次是:(I)东侧副高+浅槽型、(II)副高+深槽+低涡型、(III)带状副高型、(IV)副高西伸脊型、(V)近海块状副高型、(VI)其他型。基于此对ECMWF台风路径预报进行评估,包括路径预报距离误差、移向误差和二者的分布特性。结果表明:(1)不同天气型的台风预报:24 h、48 h、72 h的平均距离误差为:57 km, 105 km, 183 km,其时效增长增大,以I类、II类预报效果最差,III类和IV类效果较好,与此对应路径多为登陆浙闽交界或者登陆浙江后西行和登陆台湾二次登陆闽中或登陆闽中转向北上;移向误差绝对值看:24 h、48 h、72 h绝对移向误差分别为5.41°, 4.85°, 6.46°,从移向偏差看,24 h预报移向总体偏右概率大,而对I类预报偏左概率大,III类、IV类预报偏右概率大;IV、V型偏离程度小,II型偏离程度大,I型、IV型、V型偏离程度随时效增长变化较小,较为稳定,II型和III型较不稳定;(2)从两种误差的分布可知:影响浙江的台风24 h距离误差主要在100 km内,移向误差范围是-10°~10°;随预报时效增长,离散程度增强,说明移向误差随着距离误差的增大而增大。

**关键词:** ECMWF; 台风路径; 距离误差; 方向误差; 预报评估

**中图分类号:** P457.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2019)02-0068-09

## 1 引言

台风是对浙江影响最大的天气系统之一,几乎每年都有数个登陆或者影响浙江。狂风、暴雨、风暴潮和次生的地质灾害都会直接或间接给浙江带来巨大损失<sup>[1]</sup>。台风因其强度大、影响广、频数高、灾害重和预报难度大等特点,一直是浙江气象工作者和预报员关注的热点,其中台风路径预报的准确性直接影响到台风的总体预报效果,是台风预报中最受瞩目的预报内容,也是一个预报难点。

不同模式的台风路径预报产品是做台风路径预报时的一个重要参考,国内学者做了很多对影响我国台风的路径预报效果进行评估的研究<sup>[2-10,12]</sup>,其中欧洲中期天气预报中心(European Centre for

Medium-Rauge Weather Forecasting, ECMWF)的台风确定性路径预报产品预报效果相对较好<sup>[2,4-5]</sup>。但影响台风路径的因素较多<sup>[1,6,11]</sup>,环境场、台风自身变化及周围天气系统都会对台风的移动路径造成影响,进而影响到模式对台风路径的预报性能,因此本文结合不同天气形势背景场分型,对影响浙江的ECMWF台风路径预报产品进行评估,为今后做好台风路径预报服务提供参考依据。

## 2 数据和方法

本文选取2012—2016年近5 a影响浙江的台风,运用美国国家环境预报中心(National Centers of Enviromental Prediction, NCEP)再分析资料对相

收稿日期: 2018-06-01; 修回日期: 2018-08-26。

基金项目: 浙江省预报员专项(2016YBY20)。

作者简介: 杨亦萍(1990-),女,助理工程师,硕士,主要从事海洋预报和天气预报工作。E-mail:ciel516@mail.ustc.edu.cn。

似的天气形势进行分类,根据天气分型结果分类评估ECMWF台风确定性路径预报产品,得到不同天气形势分型下ECMWF台风路径预报误差。

通常是根据过程雨量和过程极大风速来定义影响浙江的台风。文中对影响浙江的台风是根据《浙江省天气预报手册》<sup>[1]</sup>的定义内容进行定义的,即:

(1)经过浙江热带气旋警戒区,即东起离我国东南沿海海岸线10个纬距的弧形线,西至115°E,南起菲律宾北海岸,北至32°N;

(2)用浙江省气象站资料进行判断:5站以上(含5站)过程雨量 $\geq 50$  mm或者极大风速 $\geq 17.2$  m/s(8级);或者同时满足3站(含3站)过程雨量 $\geq 50$  mm或者极大风速 $\geq 17.2$  m/s(8级);或者8%测站过程雨量 $\geq 50$  mm或者极大风速 $\geq 17.2$  m/s。

满足以上(1)、(2)两个条件的台风为影响浙江的台风。

对台风路径预报误差评估选取两个基本评估参数<sup>[13]</sup>:距离误差( $\Delta R$ )、移向误差( $\Delta\alpha$ ),按公式(1)、(2)进行计算(参见图1):

$$\Delta R = 6371 \times \arccos\{\sin\varphi_F \sin\varphi_R + \cos\varphi_F \cos\varphi_R \cos(\lambda_F - \lambda_R)\} \quad (\text{km}) \quad (1)$$

$$\Delta\alpha = \arccos\{(\cos A - \cos B \cdot \cos C) / (\sin B \sin C)\} \quad (\text{方位角度}) \quad (2)$$

式中:6371 km是地球半径:

$$\cos A = \sin\varphi_F \sin\varphi_R + \cos\varphi_F \cos\varphi_R \cos(\lambda_F - \lambda_R) \quad (3)$$

$$\cos B = \sin\varphi_F \sin\varphi_I + \cos\varphi_R \cos\varphi_I \cos(\lambda_F - \lambda_I) \quad (4)$$

$$\cos C = \sin\varphi_R \sin\varphi_I + \cos\varphi_R \cos\varphi_I \cos(\lambda_R - \lambda_I) \quad (5)$$

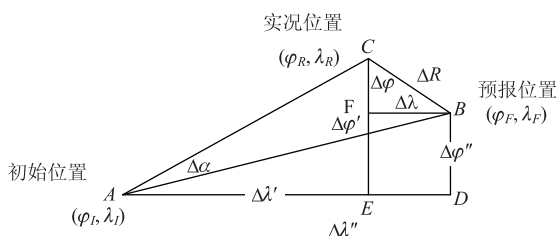


图1 位置图示

### 3 影响浙江的台风选取

对2012—2016年,共计146个台风的影响区域和风雨实况进行统计,对浙江有影响的台风总共有

表1 2012—2016年台风总数和影响浙江台风个数基本情况

年份	台风总数	影响浙江台风数
2012	27	7
2013	35	7
2014	26	5
2015	29	5
2016	29	6
合计	146	30
平均	29.2	6

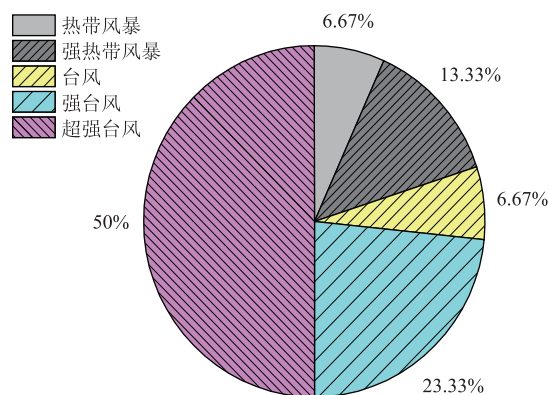


图2 2012—2016年影响浙江的台风的强度比

30个个例,对选取的台风进行统计分析得到表1,反映影响浙江台风个数与总台风个数的基本情况。

图2为2012—2016年影响浙江的台风强度统计分布,分析可知,近5 a,影响浙江的台风强度均偏强,73.33%为强台风以上级别,80%为台风以上级别。

## 4 影响浙江台风的天气形势背景场分型

### 4.1 影响浙江的台风路径分类

为了实现对台风背景场的分型,文中先对台风路径分类,因为路径是直接体现天气形势背景场的方式,一般地对于相似的路径,其背景场有很大的共同特征。从路径分类出发,再将各类路径下的台风天气形势背景场进行分析,从而获得背景场的分型结果,对同一类型路径台风进行归纳。

对所选的符合条件的个例按照路径进行分类,主要细分为表2中的7种类型。即:

除个别特殊情况(1214号台风打转北上)不做分类,具体分类情况如下,见图3:

(1)近海 125°E 以东转向日韩:此类台风多为自西太生成后沿着西北方向移动,到东海外海,在近

表 2 影响浙江台风个例路径分类

路径类型	个例编号	合计
近海 125°E 以东转向日韩	1215、1324、1408、1412、1618	5
台湾以东转向日本	1217、1506、1515	3
浙江近海转向日本	1304、1315、1616	3
登陆浙闽交界或者浙江,偏西行为主	1209、1211、1312、1323、	4
登陆台湾二次登陆闽中或登陆闽中转向北上	1307、1410、1513、1521、1601、1614、1617	7
近海擦过或登陆浙北沿海转向	1416、1509	2
登陆广东	1319、1622	2

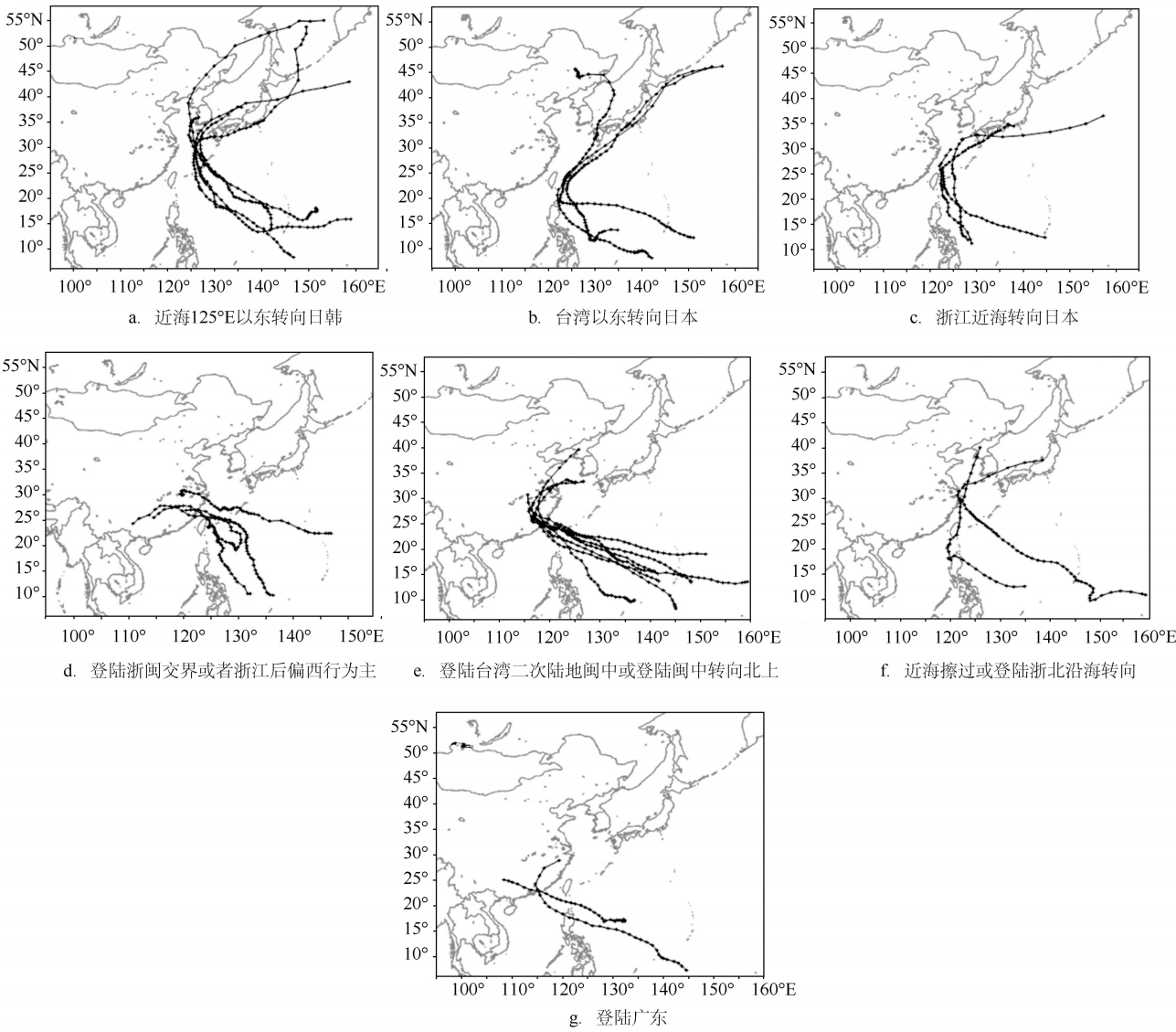


图 3 影响浙江台风的路径分类图

海125°E移动转向日本韩国;

(2)台湾以东转向日本:此类台风多为生成后偏西行到菲律宾以北沿海转向经台湾以洋面东北行向日本;

(3)浙江近海转向日本:此类台风多生成于菲律宾以东洋面,从菲律宾以北洋面偏北行,到浙江近海转向东北;

(4)登陆浙闽交界或者浙江后偏西行为主:此类台风生成后主要沿着西北西方向,经东海中南部登陆福建或者浙江,登陆强度一般较强;

(5)登陆台湾二次登陆闽中或登陆闽中转向北上:此类台风多生成后西北行经台湾以东洋面继续西北行,登陆台湾后二次登陆登陆福建后转向偏北行,此类台风对浙江往往造成巨大的影响,且登陆强度强;

(6)近海擦过或登陆浙北沿海转向:此类台风生成后西行或西北行,进入浙江沿海继续西北行,紧擦或登陆浙江北部沿海后转向东北行;

(7)登陆广东:此类台风多生成与菲律宾以东洋面,西北西方向行,登陆广东。

## 4.2 影响浙江台风的天气形势背景场分型

### 4.2.1 天气形势背景场分析的重要性

对于台风的路径预报而言,其对背景场有很强的依赖性。因此台风背景场是台风预报准确性的重要的因子,因此对预报路径进行分析的时候,先对其背景场进行分类讨论是很有必要的。通常台风路径分析预报最佳引导气流层一般选择500 hPa等压面,并且主要是“三带”,即90°~160°E,0°~50°N内的西风带、副热带高压带、赤道辐合带。当“三带”明显且较稳定时,有利于台风的西北西行;此外,对于台风路径的预报还应注意东北低压和副高进退较好的对应关系、西风带切断低涡的位置、副高长轴的带状变化、副高的增强变化和进退周期等因素。

下文对于台风背景场的相似分型主要就是把上文中台风路径分类结合台风路径变化的几方面因素出发,对2012—2016年影响浙江的台风背景场进行分类。

### 4.2.2 影响浙江台风的初始场分型

对于台风的背景场分析是运用的NCEP再分析

资料500 hPa的高度场叠加台风路径展开,对每个台风500 hPa的过程形势场进行分析。考虑影响台风的主要系统是西风槽和副热带高压,而对浙江有影响的台风定义其影响开始为台风到达警戒线或警戒区内生成时,所以定义影响浙江台风的初始背景场为台风到达警戒线或警戒区内生成时的500 hPa的天气形势。

根据台风路径的初步分类,对上述7种不同路径的台风形势场分析,依次分析每个台风在开始影响浙江时的初始场(图略),主要分析点集中在西风槽槽线的南缘位置和副高脊线位置、副高西脊点的位置变化,因其可以反映出西风槽系统和副高系统的强弱范围的变化。主要将2012—2016年影响浙江的30个台风个例的背景场分为6类,具体的类型描述如下:

(1) I型,即东侧副高+浅槽型,表现为西风槽较浅,大陆东侧沿海地区到海上为副高控制,此类型的台风包括:1215、1324、1408、1412、1509、1616、1618号台风;

(2) II型,即副高+深槽+低涡型,表现为高空槽较深,有时有东北冷涡存在影响,东环副高略偏东,此类型的台风包括:1217、1304、1315、1506、1515号台风;

(3) III型,即带状副高型,表现为副高呈带状,且范围延伸较广,副高控制我国华东江淮地区,大陆副高则影响我国南方地区,此类型的台风包括:1209、1211、1312、1323号台风;

(4) IV型,即副高西伸脊型,表现为海上西太副高很强,有脊线西脊点西伸到我国中南部,副高影响范围广,包括我国中东大部地区,此类型的台风包括:1307、1410、1513、1521、1601、1614、1617号台风;

(5) V型,即近海块状副高型,表现为副高在我国沿海一带维持,中高纬地区气流较平直,低纬地区有弱南支槽,此类型的台风包括:1319、1622号台风;

(6)其他形势,如1416号台风凤凰,此类台风往往较强,其背景场表现为东西两环+槽型,图略。

## 5 台风路径预报的评估参数的选取和评估检验

台风路径资料数据是选日本气象厅(Japan Meteorological Agency, JAM)的最佳路径资料,包括



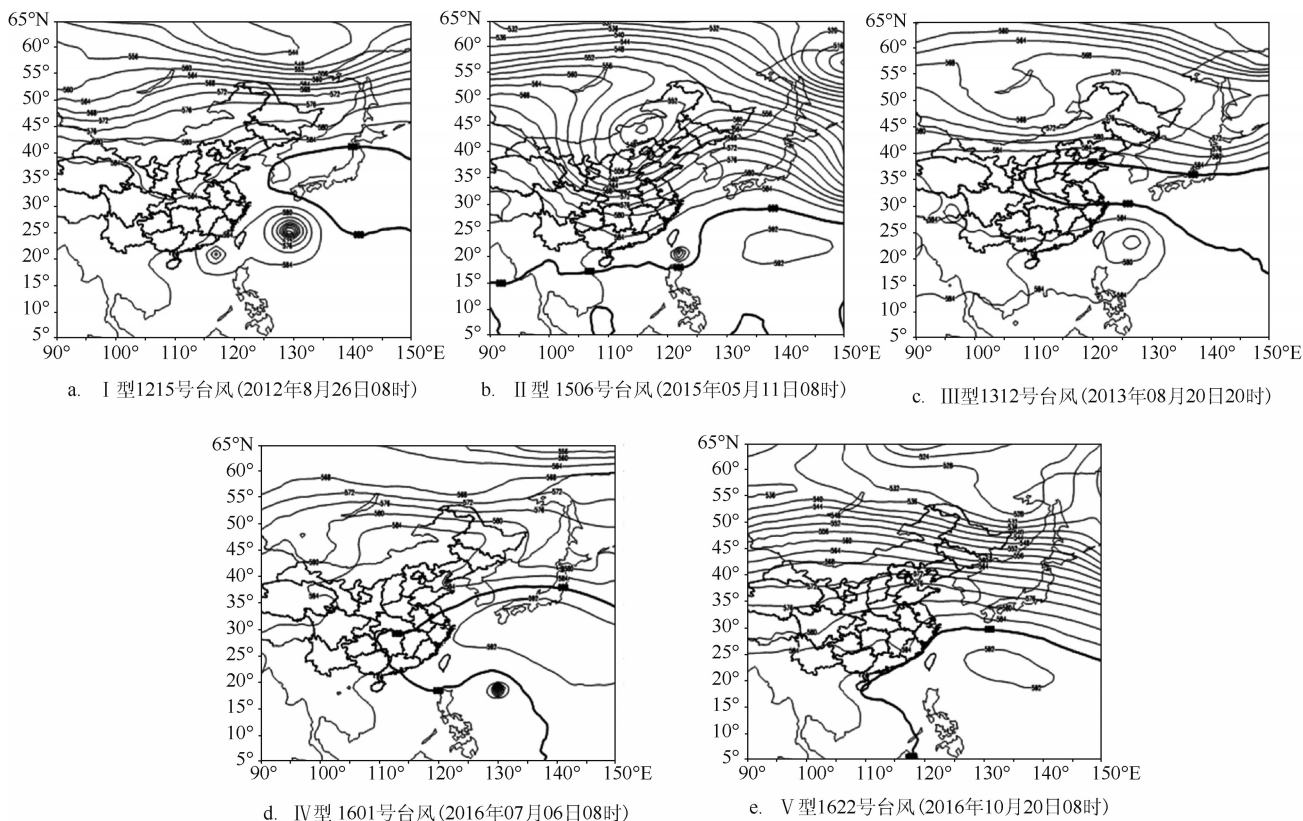


图4 影响浙江的台风的背景场分类模型示意图(世界时,下同)

每隔6 h一次的位置和强度,而预报路径资料选取的是来自ECMWF的台风路径预报资料,包括每12 h一次的经纬度资料。运用的是日本气象厅的台风最佳路径资料和ECMWF台风确定性路径24 h、48 h和72 h的预报产品,分析了ECMWF的24 h、48 h、72 h相对JMA最佳路径资料的预报误差。

### 5.1 距离误差

首先计算台风中心位置的预报距离误差( $\Delta R$ ),得到2012—2016年所有影响浙江台风个例的24 h、48 h、72 h距离误差值。

根据不同背景场的分类,分为六种类型,即(I)东侧副高+浅槽、(II)副高+深槽\低涡、(III)带状副高、(IV)副高西伸脊、(V)近海块状副高维持、其他形势。将距离误差的计算结果再分类,除去缺值的1304和1416,下表为天气背景场分型后的预报距离误差结果(表略)。将5类样本个例误差结果进行统计分析,可计算得到5种天气形势下的24 h、48 h、

72 h平均的距离误差如表3所示,将结果用图6表示:

由于V类样本量较少,本文分析主要针对前4类,通过分析台风路径预报24 h、48 h、72 h的距离误差可以发现,5种天气型ECMWF预报台风路径距离的误差的特点:

(1)不同的天气形势背景场条件下,影响浙江的台风预报的距离误差都是随着时效的增长逐渐增大

表3 不同类型天气形势下台风路径预报距离的平均误差  
(单位:km)

形势分类	24 h	48 h	72 h
I	66	114	188
II	57	115	205
III	53	88	158
IV	62	116	174
V	49	94	189
平均值	57	105	183

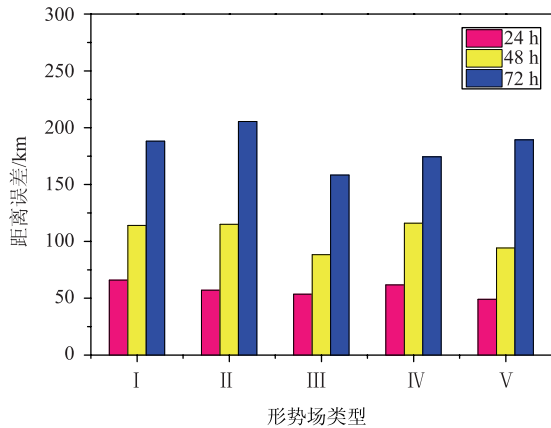


图5 5种形势的台风路径预报距离的平均误差

的, 24 h、48 h、72 h距离误差依次为 57 km, 105 km, 183 km。各类天气型背景场的 24 h 距离预报误差差异较小, 接近平均误差。其中, II 类形势下的台风 72 h 距离误差大于其他类型, 分析其原因主要是此类型的台风路径同时受到两个强大系统即高空深槽和副热带高压的直接影响, 二者在强度和位置上的微小变化, 都会对台风路径产生很大影响; 而其他几类主要受较为稳定的副高系统影响, 所以预报时效略长的 72 h, 误差相对较小;

(2) 对比时效与误差的关系, 可知随着时效的增长, I 类 (即东侧副高+浅槽类型) 和 II 类 (即副高+深槽\低涡) 的距离误差较大, 即 ECMWF 对海上转向型台风路径预报效果最差; III 类和 IV 类预报误差较小, 即在带状副高西伸类和副高脊线西伸加强并控制我国中东部地区的天气形势场下, ECMWF 预报效果较好, 与此对应的是台风路径多为登陆浙闽交界或者浙江后偏西行为主和登陆台湾二次登陆闽中或登陆闽中转向北上, 而这两类台风路径也正是给浙江造成影响较大的路径。

## 5.2 移向误差

距离误差分析的是实际位置与预报位置的距离差值, 而移向误差反映的则是预报的方向差值。分类计算并统计 2012—2016 年影响浙江的台风个例路径预报的移向误差值 ( $\Delta\alpha$ ), 由于移向角误差有正负值, 所以通过计算其算术平均值和误差绝对值的平均来计算样本个例的移向误差, 分别表征台风移向误差的总体移向的偏向性和偏离程度。

### 5.2.1 移向误差的算术平均

计算得到移向误差的算数平均值, 再根据 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类和其他类这六个不同的背景场类型, 将计算的移向误差结果再分类, 并统计结果如下:

移向误差是预报资料与实测资料这二者移动方向的误差, 正值表示预报的移动方向偏右, 负值表示预报的移动方向偏左。对台风路径预报的移向误差的分类结果分析可知:

(1) 随着时效的增长, 48 h 后预报移向误差整体呈现增大的趋势;

(2) 不同天气型下 24 h 台风路径移向误差多为正值, 24 h 平均误差值为  $1.00^\circ$ , 说明 24 h 的预报移向偏右概率大, 而对 48 h、72 h 的移向预报对不同天气型其差异较大;

(3) 对 I 类天气型, 移向误差均为负, 说明预报偏左概率大。对 II 类、V 类天气型, 移向误差从正转负值, 且负值逐渐增大, 说明随着时效的增长, 对此类天气型的台风移向预报逐渐偏左, 且移向偏差

表4 不同类型天气形势下台风路径预报移向误差的算数平均值(单位:  $^\circ$ )

形势分类	24 h	48 h	72 h
I	-0.28	-1.06	-1.76
II	1.28	-0.33	-2.88
III	2.76	3.19	5.22
IV	1.20	0.56	0.04
V	0.06	-1.69	-3.69

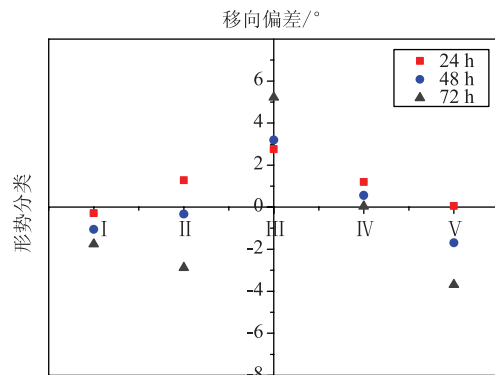


图6 5种形势台风路径预报移向误差的算数平均值

逐渐变大。对Ⅲ类、Ⅳ类移向误差均为正值,说明预报偏右概率大,其中Ⅳ类的移向误差小,说明其移向预报效果好。

### 5.2.2 移向误差的绝对平均

为了进一步分析不同天气背景场分型下台风路径预报移向偏移程度,本文计算了台风移向误差的绝对值的平均误差展开分析。将计算得到的24 h、48 h、72 h的移向误差的绝对值的平均值,根据不同天气型分类进行再分类,得到不同天气型的移向绝对误差平均值(见表5)。可根据移向误差的绝对平均值可以分析移向偏差的程度,值越大,偏差程度越大,说明预报效果越差;值越小,偏差程度越小,预报效果越好。

从移向误差的绝对值平均来看,结合图表分析可知:

(1)对不同天气型的台风移向偏离程度,从总体平均值看24 h、48 h误差分别为 $5.41^{\circ}$ 、 $4.85^{\circ}$ ,而72 h表现出增大趋势,为 $6.46^{\circ}$ ;从每一类的误差看,

表5 不同类型天气形势下台风路径预报移向误差的绝对平均值(单位:°)

类型	24 h	48 h	72 h
I	4.47	4.49	6.13
II	7.10	6.5	9.0
III	6.48	4.28	6.60
IV	5.00	5.45	5.98
V	4.03	3.55	4.60
平均	5.41	4.85	6.46

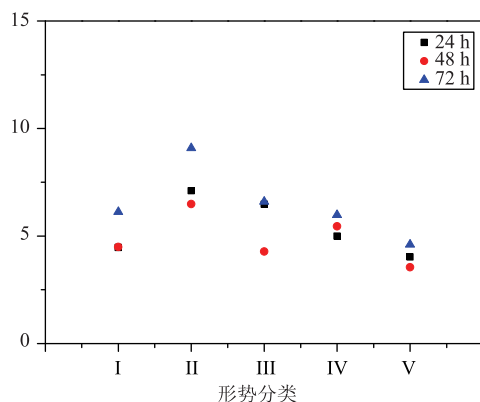


图7 5种形势下台风路径预报移向误差的绝对值平均值(单位:°)

结果也是相似的,从即48 h之后的预报移向偏离大;

(2)从数值上分析:Ⅳ、Ⅴ型值较小,Ⅱ型较大,说明Ⅳ、Ⅴ型下的预报移向偏离程度小,而Ⅱ型预报移向偏离程度大。从预报时效分析:Ⅰ型、Ⅳ型、Ⅴ型24 h、48 h、72 h偏差绝对值差异较小,说明预报移向偏离程度随时效增长变化较小,较为稳定,Ⅱ型和Ⅲ型随时效变化较大,即较不稳定。

对于以上结论,本文进行了实况检验:2017年1718号台风“泰利”是影响浙江的一个个例,在进入浙江警戒区后,其预报路径是不断往东调整,即ECMWF的确定性预报路径较实况是偏左的,分析其路径是浙江近海转向日韩,而500 hPa初始背景场为是一个比较典型的副高+低涡型,即Ⅱ类,与上文其移向误差从正转负值,且负值逐渐增大的结论是相一致的,也反映了本文对于预报移向误差评估结果在实际的预报应用中有一定的现实参考意义。

### 5.3 移向误差和距离误差的离散分布结果

将台风预报路径的距离误差和方向误差之间的关系进行分析,如图8所示,为移向误差和距离误差的结果,其中移向误差为横坐标,距离误差为纵坐标。

比较24 h、48 h和72 h的距离误差和移向误差的分布图,可以发现:24 h距离误差值比较集中,主要集中在小于100 km范围内,而48 h和72 h距离误差值比较分散,且误差值不断增大;移向误差的集中

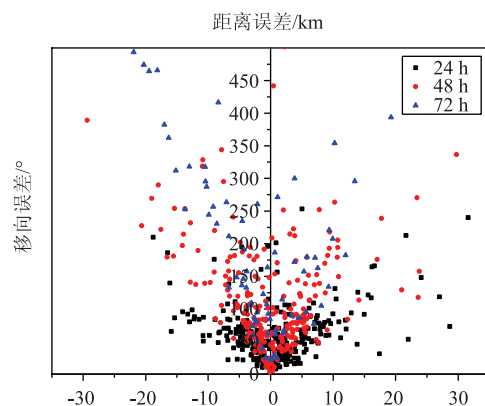


图8 2012—2016年影响浙江台风的预报误差分布

范围是 $-10^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之间;随着预报时效的增长,点的离散程度增强,说明随着时效增长,预报距离误差不断增大,而移向误差随着距离误差的增大而增大。

## 6 主要结论

本文通过对2012—2016年影响浙江的台风进行路径分类,结合天气形势背景场进行分型,依次得到:(I)东侧副高+浅槽型、(II)副高+深槽\低涡型、(III)带状副高型、(IV)副高西伸脊型、(V)近海块状副高型、(VI)其他形势;对不同天气型的ECMWF预报路径资料进行评估,分析了对不同天气型下ECMWF预报产品的24 h、48 h、72 h的距离误差、移向误差和二者分布特征,主要结论如下:

(1)通过对距离误差的分类分析可知:不同的天气形势背景场条件下,影响浙江的台风预报的距离误差都是随着时效的增长逐渐增大的,而24 h、48 h、72 h距离误差依次为57 km、105 km、183 km。各类天气型背景场的24 h距离预报误差差异较小,接近平均误差;随着时效的增长,I类、II类形势下,ECMWF的台风路径预报效果最差;对III类和IV类的ECMWF预报效果较好,与此对应的是台风路径多为登陆浙闽交界或者浙江后偏西行为主和登陆台湾二次登陆闽中或登陆闽中转向北上;

(2)通过对移向误差的分类分析可知:24 h、48 h、72 h的移向误差绝对值依次为 $5.41^{\circ}$ 、 $4.85^{\circ}$ 和 $6.46^{\circ}$ ,也就是说随着时效的增长,48 h后整体呈现预报移向误差增大,从偏离程度看,其偏离程度呈增大趋势;不同天气型下24 h台风路径移向误差多为正值,说明24 h的预报移向偏右概率大。从偏向上看:对I类天气型的预报偏左概率大,II类、V类天气型的台风移向预报逐渐偏左,且移向偏差逐渐变大,III类、IV类预报偏右概率大;从偏离程度上看:IV、V型下的预报移向偏离程度小,而II型预报移

向偏离程度大,I型、IV型、V型预报移向偏离程度随时效增长变化较小,较为稳定,II型和III型随时效变化较大,较不稳定;

(3)分析距离误差和移向误差的分布关系可知:影响浙江的台风24 h距离误差主要集中在小于100 km内,移向误差的集中范围是 $-10^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 之间;随着预报时效的增长,点的离散程度增强,说明随着时效增长,预报距离误差不断增大,而移向误差随着距离误差的增大而增大。

## 参考文献:

- [1] 王镇铭,杜惠良,杨诗芳. 浙江省天气预报手册[M]. 北京:气象出版社,2013: 51-100.
- [2] 陈国民,白莉娜,万日金. 2015年西北太平洋热带气旋预报精度评定[J]. 气象,2017,43(4): 501-507.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 涂小萍,姚日升,张春花,等. 西北太平洋(含南海)热带气旋路径集成预报分析[J]. 热带气象学报,2012,28(2): 204-210.
- [6] 钟元,余晖,王东法. 环境场对东海登陆热带气旋陆地路径的影响[J]. 热带气象学报,2006,22(4): 313-320.
- [7] 马雷鸣,李佳,黄伟,等. 2007年国内台风模式路径预报效果评估[J]. 气象,2008,34(10): 74-80.
- [8] 杨国杰,沙天阳,程正泉,等. 2013年欧洲中心台风集合预报的检验[J]. 广东气象,2014,36(2): 1-5, 12.
- [9] 安成,王云峰,袁金南,等. 一种分析台风路径预报误差的新方法[J]. 海洋学报,2014,36(5): 46-53.
- [10] 倪钟萍,吴立广,张玲. 2005—2010年台风突变路径的预报误差及其环流背景[J]. 气象,2013,39(6): 719-727.
- [11] 余锦华,唐家翔,戴雨涵,等. 我国台风路径业务预报误差及成因分析[J]. 气象,2012,38(6): 695-700.
- [12] Lam C C. Performance of the ECMWF model in forecasting the tracks of tropical cyclones in the South China Sea and parts of the western North Pacific[J]. Meteorological Applications, 2001, 8(3): 339-344.
- [13] 中国气象局. 台风业务和服务规定[M]. 北京:气象出版社,2001: 112.



## Evaluation on ECMWF typhoon track forecast that affects Zhejiang province under different synoptic situation

YNAG Yi-ping<sup>1</sup>, LIU Li-yuan<sup>1</sup>, NI Zhong-ping<sup>1</sup>, GAO Li<sup>2</sup>

(1. Taizhou Meteorological Bureau, Taizhou 318000 China; 2. Luqiao Meteorological Bureau, Taizhou 318000 China)

**Abstract:** Based on ECMWF typhoon data from 2012 to 2016, the synoptic situation that affects Zhejiang province could be categorized into six types: (I) Subtropical High + shallow upper trough, (II) Subtropical high + deep upper trough, (III) Banded subtropical high, (IV) Subtropical high western ridge, (V) Blocky subtropical high, (VI) Others. This article evaluates the ECMWF typhoon track prediction, including the distance error, moving direction error as well as their distribution characteristics. It is found that the average distance error of the forecast periods 24 h, 48 h, 72 h are 57 km, 105 km and 183 km, respectively. The forecast accuracy is lowest for type I and II, while it is relatively higher for type III and IV, which mostly makes landfall at the junction of Zhejiang and Fujian provinces, in Zhejiang province and moves westward, and in central Fujian and moves northward. The moving direction error of the forecast periods 24 h, 48 h, 72 h are  $5.41^\circ$ ,  $4.85^\circ$  and  $6.46^\circ$ , respectively. The probability of moving direction errors to the right is large in the 24h forecast. The moving direction error shows high probability in type I, type III and IV to the left and right, respectively. The degree of deviation is smaller in type IV and V, while it is larger in type II. Furthermore, the degree of deviation in type I, IV, and V change slightly along with the increase of forecast period, while type II, and III are more unstable. We further find that the distance error of forecast period 24 h is mainly within 100 km, and the moving direction error is between  $-10^\circ$  and  $10^\circ$ . The degree of dispersion increases along with the increase of forecast period, indicating the moving direction error increases with the increase of distance error.

**Key words:** ECMWF; typhoon track; distance error; direction error; forecast evaluation