

从 2005 年台风数值预报误差探讨 决策预报中的几个问题

庄千宝¹ 叶子祥¹ 周功铤² 马永安²

(1. 浙江省乐清市气象局, 325600; 2. 浙江省温州市气象局)

提 要: 通过 2005 年 5 个台风 9 种数值模式在各时段的登陆点预报误差统计分析, 结合各次台风过程天气形势的分析, 探讨数值预报模式对台风路径的预报能力, 并对台风决策预报服务中的几个问题提出探讨意见。统计分析结果表明, 数值模式对台风路径的 72~96 小时预报的平均误差较大, 当天气形势出现较大的变化和调整时, 预报有可能出现一致性的误差。

关键词: 台风路径 数值预报 评估 决策

Approach to Some Problems about Decision-making Forecasting from Investigation of 2005 Typhoon Numerical Prediction Errors

Zhuang Qianbao¹ Ye Zixiang¹ Zhou Gongting¹ Ma Yong'an²

(1. Yueqing Meteorological Office, Zhejiang Province, 325600; 2. Wenzhou Meteorological Office, Zhejiang Province)

Abstract: The errors in landing location forecasting of 5 typhoons in 2005 with 9 numerical models were statistically analyzed, and the synoptic situations of each typhoon were also investigated. Then, the ability of typhoon track prediction and the valid time satisfying strategic decision service were discussed, and some preliminary suggestions on decision-making forecasting of typhoon predication were proposed. The statistical analysis results show that the average 72—96h prediction error of typhoon track by the numerical models is larger, and the identical errors could happen when the synoptic situations had great change and adjustment.

Key Words: typhoon track numerical prediction evaluation decision-making

引 言

2005 年浙江省受到 0505、0509、0513、0515、0519 等 5 次台风影响（图 1），其中 4 次为严重影响。在台风决策服务中，数值模式对台风路径的可预报时间、预报偏差、以及如何释用数值模式产品作台风决策预报等成为各级台站关注的问题。

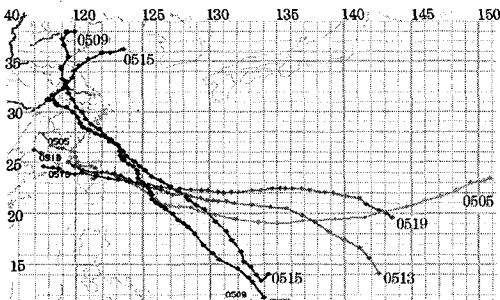


图 1 2005 年登陆台风路径图

本文通过各种数值模式对上述 5 个台风的登陆点预报误差的统计以及产生误差原因的初步分析，对上述问题进行探讨。罗哲贤等^[1]曾采用数值研究方法实施 15 组试验，试验结果指出：台风的可预报时间在 1~3 天。这一结果与西太平洋台风路径实际观测资料的计算结果是相同的。麻素红等^[2]对神威机上运行的 T213L31 模式进行分析，指出该模式 2002 年投入业务运行后，24、36、48 小时台风中心位置预报平均误差分别为 162、215、296km。马鹤年等^[3]计算得出改进后的热带气旋数值预报业务系统的 24、48、72 小时预报平均误差分别小于 200、400、580km。

近 10 年来，气象部门以数值预报为基础，综合运用各种气象信息和预报技术方法，已经成为当今天气预报的基本特点和基本技术路线^[4]，数值预报产品已成为台风路

径预报的主要依据。因此，探讨数值模式对台风路径的预报能力以及数值预报产品在台风预报中的释用问题很有必要。

1 数值预报模式对台风路径的可预报时间

陈联寿等^[1]研究指出：西太平洋西区（10~45°N、110~125°E）夏秋季节台风可预报时间为 1~3 天，而异常路径可预报时间较短（1~2 天）。根据这一论述，对台风的可预报时间明显短于西风带天气系统（如冷锋、槽、脊等）的预报，这可能是由于台风运动并不完全受大尺度环境基本气流支配，台风涡旋对环境基本气流存在反馈作用，它的运动主要是与环境气流相互作用的结果，这种作用就直接与台风结构有关。

另外，西太平洋和南海是热带气旋运动极为复杂的海域，也是台风发生异常运动和运动突变的高频地区，在每个突变的转折点，都潜伏着预报失败的危险^[1]。

2 数值模式的选取和登陆台风预报误差的分析计算方法

2.1 台风模式的选取

为分析各种数值模式对台风的实际预报水平，整理统计了 2005 年上述 5 个台风 9 种数值模式在台风登陆前 24~96 小时的预报资料。选取欧洲中心、美国国防部、NCEP 的 3 种全球模式、温州 MM5 区域模式和中央台、日本、台湾、夏威夷、NCEP/EMC 5 个台风模式进行统计。这 9 种数值模式中，全球模式和区域模式都属于天气形势预报模式，可输出高度（地面气压）场、温湿度场、流场、部分物理量场和降水量分布等预告图，台风预告位置可从形势场或流场图中读出。其中，温州模式以温

州市 (28°N、120.5°E) 为区域中心点, 外域 5445km×5445km, 网格距 45km; 内域 1095km×1095km, 套网格的网格距为 15km; 积分步长 30s, 可分辨台风 24~72 小时路径预报位置。

所统计的 5 种台风模式系国内外专门针对台风预报的数值预报模式, 各台风模式所采用的计算模型可能有所不同, 台风模式可输出 12~72 小时台风预告位置、强度 (中心气压和风力)、范围 (暴风半径) 等预报图表和资料。

为了分析各数值模式的预报误差, 我们计算了每种模式每个时段台风预报登陆点纬度 (从预报图读取或取自信息资料中) 和与台风登陆点实况的差值。

2.2 距离 D 的计算方法

距离 D 为预报登陆纬度与实际登陆纬度之差。正值表示预报比实际偏北, 反之则为偏南。表 1~5 给出了 5 个台风各个时段各个模式预报误差, 缺值用 “—” 表示。

对于预报转向的台风 (错报), 为了统计方便, 我们根据有关资料, 台风 48 小时的数值预报误差一般小于 400km, 对于 22~30°N 可近似取误差值 $D=400/110=3.6$, 转化为纬度, 误差取正值表示北上。

表 1~5 右边栏给出 2 个分析参考值。鉴于个例太少的原因, 不能采用常规的统计学方法, 为此设计了两个新参数 \bar{D}_i 和 \bar{D}_{ip} :

$$\bar{D}_i = \frac{1}{j_0} \sum_{j=1}^{j_0} |d_{ij}|$$

表 1 0505 号台风海棠登陆点预报误差/纬距 (20 时预报)

	欧洲	美国防部	NCEP	MM5	中央台	日本	台湾	夏威夷	NECP/EMC	\bar{D}_i	\bar{D}_{ip}
15/7	-1.4	0.9	—	—	—	—	—	+0.7	—	1.00	0.2
17/7	-2.2	-1.4	—	-2.0	-1.0	-0.7	-1.1	-2.0	-1.3	1.49	-1.49
17/7	-2.2	-0.4	—	-2.0	-0.9	-1.3	-0.9	-1.2	-0.6	1.19	-1.19
18/7	-2.1	-0.3	—	-1.6	-0.9	-1.2	-0.7	-1.2	-0.1	1.01	-1.01

表 2 0509 号台风麦莎登陆点预报误差/纬距 (20 时预报)

	欧洲	美国防部	NCEP	MM5	中央台	日本	台湾	夏威夷	NECP/EMC	\bar{D}_i	\bar{D}_{ip}
1/8	+1.7	转向*	转向*	—	—	—	—	—	—	2.96	2.96
2/8	-0.5	+0.6	转向*	转向*	转向*	转向*	转向*	—	3.6	2.84	2.26
3/8	+0.7	+0.4	-0.3	转向*	+1.4	转向*	转向*	+1.6	+0.7	1.77	1.70
4/8	0.0	-0.1	+0.6	+0.1	+0.8	+0.2	+0.5	0.0	-0.1	0.27	0.22

* 误差记为 3.6 纬距

表 3 0513 号台风泰利登陆点预报误差/纬距 (20 时预报)

	欧洲	美国防部	NCEP	MM5	中央台	日本	台湾	夏威夷	NECP/EMC	\bar{D}_i	\bar{D}_{ip}
28/8	-0.8	+2.5	+2.7	—	—	—	—	+1.5	+2.3	1.96	1.64
29/8	-0.4	+1.9	+0.9	+2.2	+0.7	+0.9	+1.8	+0.8	-0.7	1.14	0.90
30/8	-0.8	+0.6	+0.6	+1.2	+0.5	+0.9	+0.2	+0.4	+1.0	0.69	0.51
31/8	-0.3	-0.1	-0.4	+0.9	+0.3	-0.2	+0.6	-0.2	-0.1	0.34	0.06

表 4 0515 号台风卡努登陆点预报误差/纬距 (20 时预报)

	欧洲	美国防部	NCEP	MM5	中央台	日本	台湾	夏威夷	NECP/EMC	\bar{D}_i	\bar{D}_{IP}
7/9	-3.8	-5.4	-5.2	-	-	-	-	-3.5	-	4.50	-4.50
8/9	-3.5	-5.1	-2.1	-0.9	-2.5	-2.2	-3.3	-3.6	转向*	3.00	-2.20
9/9	-1.1	-3.8	-2.3	-0.2	-1.2	-1.0	-3.0	-2.2	转向*	2.04	-1.24
10/9	-0.8	-0.7	+1.7	-0.8	0.0	+0.3	-2.3	0.0	-0.3	0.77	-0.32

* 误差记为 3.6 纬距

表 5 0519 号台风龙王登陆点预报误差/纬距 (20 时预报)

	欧洲	美国防部	NCEP	MM5	中央台	日本	台湾	夏威夷	NECP/EMC	\bar{D}_i	\bar{D}_{IP}
28/9	-2.3	转向*	-2.1	-	-	-	-	+3.8	-	2.95	-0.75
29/9	-0.4	+1.1	+0.9	+1.9	+0.9	+0.8	+0.4	+0.5	-0.4	0.81	0.63
30/9	-0.6	-0.1	+0.6	+1.7	+0.4	+0.4	-0.5	-0.2	-0.6	0.56	0.12
1/10	-0.5	-0.3	-0.3	+0.6	+0.1	-0.3	+0.4	-0.4	-0.5	0.38	-0.15

* 误差记为 3.6 纬距

当 9 种模式都无缺值时 $j_0=9$, \bar{D}_i 值表示第 i 号台风预报在某时段 j_0 种模式预报总的平均偏差。

$$\bar{D}_{IP} = \frac{1}{j_0} \sum_{j=0}^{j_0} d_{ij}$$

\bar{D}_{IP} 为 d_{ij} 代数和取平均, 表征路径预报和实况比较, 偏南或偏北的情况。

3 2005 年台风路径数值预报误差统计分析

3.1 0505 号台风海棠

0505 号台风海棠 7 月 19 日 17 时在 26.2°N 登陆。从表 1 可以看出: 各个时次各种数值模式预报台风登陆点全部偏南。其中 24 小时预报平均偏南一个纬距, 24 小时预报误差是 2005 年 5 个台风中最大的。

分析造成这种误差的原因是: 由于海棠进入 125°E 以后移速明显减慢, 在台湾登陆前停滞打转, 登陆后进入台湾海峡又第二次停滞打转, 属于异常路径。这种路径异常一是由于 7 月 17 日 20 时—18 日天气形势快速调整, 即 300~500hPa 台风北侧副高减

弱, 台风东侧副高南落, 从 18 日 08 时 300hPa 流场图上可以看到台风在靠近台湾时处于鞍型场的弱引导场中 (图 2)。二是台湾地形的作用, 孟智勇、徐祥德的研究指出^[1]: 在弱引导场中, 当台风经过台湾岛时, 地形强迫、环境流场和台风涡旋三者之间相互作用是导致台风移动路径偏转的原因。各种数值模式对以上因素导致台风在台湾东海岸打转北上和台湾海峡打转缓慢北上没有报出, 这说明数值模式对异常台风路径预报能力较差。对于海棠的异常路径预报, 美国 NCEP (EMC) 和美国防部全球模式预报误差相对较小。

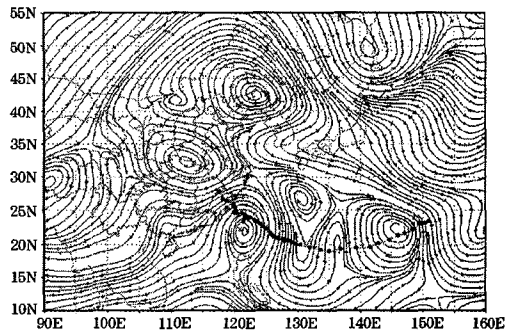


图 2 2005 年 7 月 18 日 08 时 300hPa 流场图
虚线和粗黑线为海棠台风路径

3.2 0509号台风麦莎

0509 台风麦莎 8 月 6 日 03 时在 28.3°N 登陆。从表 2 可以看出, 8 月 2—3 日, 48~72 小时预报除欧洲中心外, 其他数值预报模式都预报台风海上转向或偏北登陆, D 值较大, 72 小时有 5 个模式还给出了不登陆的错报。这可能是由于 8 月 3—4 日天气形势正处于一个调整期, 3 日华北槽发展加深, 槽底伸到长江以南, 副高东退; 4 日华北槽北缩减弱, 副高又加强西伸, 使台风移向从 NNW 转为 NW, 所以各种数值模式 24 小时的预报都同时向南订正。这种形势的快速调整使各种数值模式预报出现比较大的偏差。对麦莎的预报, 欧洲中心的预报较准确、稳定。

3.3 0513号台风泰利

0513 号台风 9 月 1 日 17 时在 25.3°N 登陆。从表 3 可以看出: 8 月 28—30 日 48~96 小时的路径预报, 除欧洲中心外, 所有模式预报登陆点都比实况偏北, 而期间台风北侧副热带高压一直较稳定。我们分析可能是远距离双台风的作用引起。位于 140°E 附近的东台风向西北方向移动, 使副高西侧稍有南压, 从而使泰利登陆点偏南, 副高轴的偏转趋势在 8 月 30 日—9 月 1 日的 300hPa 流场图上可以看到 (图略)。陈联寿的研究指出: 当两个台风距离较远 (>15 个经距) 时, 通过其中一个台风改变周围环境场基本气流方向, 可间接地影响另一个台风的移动状况。如东台风向北移动将使副热带高压的轴向发生偏转, 进而使西台风有折向西南运动的趋势^[1]。我们推测, 这种远距离东台风对西台风移动的牵制作用, 有可能在数值模式中未充分反映。对泰利的路径预报, 欧洲中心模式预报较准确。

3.4 0515号台风卡努

0515 号台风卡努 9 月 11 日在 28.3°N 登陆。从表 4 可以看出: 9 月 7—8 日卡努的 72~96 小时预报平均偏差 3.4 个纬距, 是 5 次台风预报中最大的。除了 NECP/EMC 错报台风转向外, 其他模式预报均比实况明显偏南。10 日, 各种模式的 24 小时预报都同时向北订正。据分析, 这可能是由于 8—9 日 08 时华北槽东移, 副高脊线偏南, 而 9 日 20 时—10 日, 华北槽突然减弱北缩, 副高先东退北抬后又加强西伸, 并与大陆高压合并, 使卡努向西北方向移动在浙中登陆。48 小时内形势连续突变, 使台风路径的数值预报出现较大的误差。对于卡努的路径预报 MM5 区域模式和中央台的台风模式预报误差相对较小。

3.5 0519号台风龙王

0519 号台风龙王 10 月 2 日在 24.4°N 登陆。从表 5 可以看出, 各种模式各时段对龙王的路径预报偏差都较小, 48~72 小时预报比较准确。从 9 月 28 日—10 月 1 日副热带高压一直比较稳定, 台风在副高南侧稳定向西北偏西方向移动。

4 各种数值模式对 2005 年 5 次台风预报水平的总体评估

图 3 给出了各种数值模式对 5 个台风预报平均误差的示意图, 从图上看, 9 种模式 24、48、72、96 小时预告平均误差分别为 0.54、1.24、1.82、2.75 个纬距。根据图 3 以及对上述 5 次台风的分析, 我们对台风的路径数值预报提出如下初步的评估:

(1) 台风 72~96 小时的预报登陆点误差一般都在 1.7 个纬距以上, 96 小时误差 2~3.5 个纬距即: 350~550km, 这和上述

关于台风数值预报误差的结论基本一致。因此，以 72~96 小时路径预报为依据作出台风天气灾害具体决策预报不可靠，只能作趋势预报。

(2) 在天气形势快速调整或台风路径出现异常时，数值预报结果的误差较大。此时，一定要警惕依据数值预报结果分析带来的预报失误。

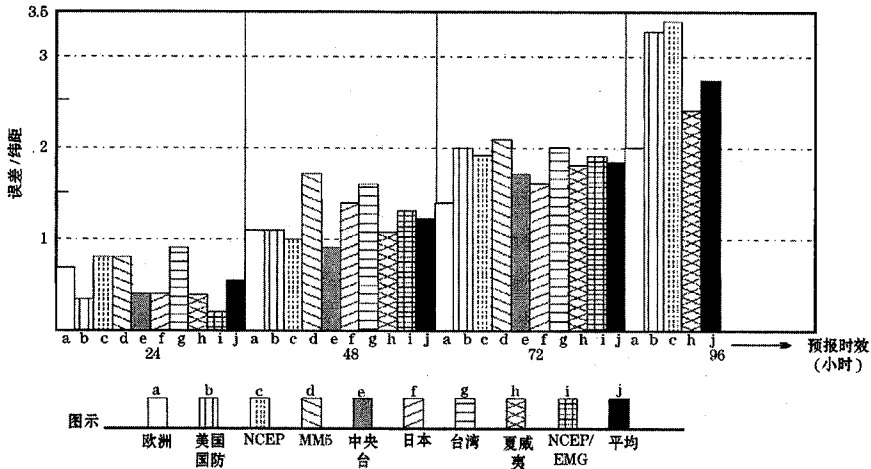


图 3 各数值模式各时段预报误差示意图

(3) 从表 1、表 2 和表 4 的统计可以看出，当各种数值模式对台风的路径预报都较一致时，不能认为预报结论一定可靠；因为各种模式预报结果有时会出现一致性、系统性的误差。例如对于麦莎、卡努的预报 72 小时各模式一致出现偏北或偏南登陆的误差，24 小时预报则同时订正。这可能是由于数值模式对初始场的误差极敏感，初始时微小的不确定性到一定时间成为明显的不确定性^[5]。同一个初始场的偏差会导致各种模式台风预报同样的失误。另外，正如上述分析所指出的，这是由台风移动路径预报技术上的复杂性所决定的。

小时预报全球模式稍优于台风模式，24 小时短期预报台风模式稍优于全球模式。

(5) 总的来说，台风路径的 24~48 小时数值预报误差较小，可以作为决策预报依据。

5 对台风预报服务决策的几点认识

台风预报服务决策的内容包括台风路径、台风灾害性天气（风力、雨量）、影响时间及防台抗灾建议等。台风预报中，受台风影响发生的大风、大暴雨雨量和落区预报在很大程度上和台风路径有关。根据上述台风路径数值预报水平的评估，我们对台风预报服务决策提出如下几点认识：

(4) 比较各种模式的预报结果可以看到，各次台风过程的最佳预报（即误差最小）并非固定某一模式，但相对来说，欧洲中心的台风路径 48、72、96 小时预报较为稳定，其预报误差分别为 1.1、1.4、2.0 个纬距，可作为趋势预报参考。另外，48~72

(1) 台风预报服务应适时给出决策意见。一般来说，决策性预报意见（牵涉到大批人员转移或大水库预放水）应在 48 小时预报以内给出，当天气形势复杂多变或台风

路径异常时还应推迟到 36 小时。

(2) 预报员对各种数值预报产品要根据天气学原理综合分析有关的天气形势场、流场、物理量场的预告场,而不是只着眼于台风移动路径的预报结果。例如对于麦莎的预报,各全球模式的 72 小时形势场、物理量场趋势预报都基本和实况相符,据此,乐清市气象台通过综合分析对台风的路径数值预报结果作了成功的订正。由此可见,为作好台风决策预报必须加强对数值预报释用技术的研究。

(3) 据上述分析,对于多种数值模式产品的应用有一个优选和综合分析的问题,特别是在各模式预报结果分歧较大的情况下。叶子祥等^[6]曾提出一个可信性优选验证方法,这方面的研究可为决策预报提供更可信的依据。

(4) 由于台风预报的复杂性,在形势调整、台风路径突变时,预报思路也应及时调

整,确保做好 48 小时以内的预报决策服务。

由于我们的统计受到个例数的局限,以上认识还是初步的,仅供参考。

参考文献

- [1] 陈联寿,徐祥德,罗哲贤等.热带气旋动力学引论[M].北京:气象出版社,2002.
- [2] 麻素红,瞿安祥,张怡.台风路径数值预报模式并行化及预报路径误差分析[G].2003年天气预报技术文集,北京:气象出版社,87-88.
- [3] 马鹤年,李泽椿,裘国庆.台风暴雨监测预报研究成果业务化和推广应用的研究综合报告[G].台风暴雨监测预报研究成果业务化和推广应用的研究技术文集.北京:气象出版社,2001:2-3.
- [4] 孔玉寿,章东华.现代天气预报技术[M].北京:气象出版社,2001:9.
- [5] 丑纪范.大气科学中的非线性与复杂性[M].北京:气象出版社,2002:151-152.
- [6] 叶子祥,杜友强,周功铤.从2004年台风预报分析过程探讨如何建立现代天气预报分析新思路[J].浙江气象.2005,26(4):4-5.