

不同初值对台风路径预报的影响*

徐一鸣 C. J. Neumann, A. C. Pike

(上海台风研究所)

(美国国家飓风中心)

统计及数值模式客观预报已作为当今发布要素预报的重要参考依据，而制作客观预报的基础是初始资料及初始场的分析。气象场的客观分析方法有很多种，主要的有多项式插值法^[1]、逐次订正法^[2]、变分技术法^[3]、特征函数展开法^[4]，和统计插值法等^[5]。对于客观分析结果的一些特征近年来曾有过不少的研究。例如，对于美国国家气象中心的 Hough 函数业务客观分析(特征函数展开法的一种)的研究发现它的热带地区位势高度分析结果较差^[6,7]。美国国家飓风中心制作的热带气旋路径统计预报的失败，有时完全是由于使用了上述初始客观分析引起的^[8]，因此，预报结果对于初始分析的敏感性问题必须引起我们十分的重视。

此外，检验和评价客观分析效果的优劣除了静态地利用插值来计算分析结果的误差以外^[9]，最好的方法是将相同个例的不同客观分析结果用作同一个数值预报模式的初始场，比较不同预报结果的误差，以达到评价的目的^[10]。

本文以美国二种主要的业务客观分析作初始场，用一个数值预报模式来预报台风的路径，考察预报结果有多么的不同。

1. 客观分析方法和预报模式

两种业务客观分析是美国国家气象中心的 Hough 函数谱分析(以下简称 NMC)及美国海军舰队数值天气中心的变分分析(以下简称 Navy)。前者是一个三维全球分析，使用一组 Hough 函数来描述大气的状态。它在决定了经纬线交点上的参数值以后，再计算格点上的分析值。后者主要是基于数学变分法，并使被分析的气象场受一组控制的诊断和预报方程所制约。

数值预报模式是使用整层平均风的正压滤波模式(SANBAR)。它是由 Sanders 和 Burpee 在 1968 年提出的^[11]，并几经修改得到不断的改进^[12,13]。模式的基本方程为

$$\frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla \eta + f \frac{\partial \omega}{\partial p}$$

其中 ζ 为相对涡度， η 为绝对涡度， f 为柯氏参数， ω 为垂直 p 速度。对上过方程作整层平均，并略去相对小项，得预报方程为

$$\frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial t} = -\bar{\mathbf{V}} \cdot \nabla \bar{\eta}$$

其中 $(\bar{\quad})$ 表示整层平均。事实上，基本方程中 $\mathbf{V} \cdot \nabla \eta$ 对整层平均可得两项 $\bar{\mathbf{V}} \cdot \nabla \eta + \overline{\mathbf{V}' \cdot \nabla \eta'}$ ，一撇表示对平均值的偏差。根据风的垂直剖面结构的气候分析可知，在中纬地区风向自下而上接近一致而风速变化也有规则，第二项约为第一项的 1/4 大小，而在热带地区风的垂直变化则十分不规则、不一致，风向几乎各种方向都有。基于此物理考虑以及为了简单起见，在该热带气旋预报模式中将第二项略去。

* 本文于 1986 年 3 月 21 日收到，1986 年 8 月 2 日收到修改稿。

取预报区域为在 Mercator 投影图上自赤道至 55°N 及 73°W 到 160°W 之间的范围。格点网格距为 154 km。

2. 结 果

取 1976—1981 年暖季(6—10 月)的东太平洋台风作为预报对象,在二种客观分析初始场的基础上,利用 SANBAR 模式作台风路径数值预报。

在上述的东太平洋热带气旋的生命史中,凡在 0000 GMT 或 1200 GMT 其最大风速达到或超过 17.5 m/s 时,这一时刻即取为我们的个例时刻。这时刻的二个不同客观分析场及同一份风暴自身资料即作为 SANBAR 模式的初始场及风暴初始资料,预报得二种直至 72 小时的风暴路径。对应于预报时段分别为 12 小时,24 小时……72 小时的最后个例数分别是 432,404,360,311,260 及 219。SANBAR 所需要的初始整层风场是从 NMC 分析的 1000, 700, 400 及 250 hPa 风场及从 Navy 分析的地面, 700, 400, 250hPa 风场算得的,并将 NMC 的在极射赤道投影图上的北半球格点系统值及 Navy 的在 Mercator 投影图上的全球带域格点系统值内插成 SANBAR 的在 Mercator 投影图上的格点系统值。将基于二种初始场的二组风暴路径预报位置与实况(即最佳定位,它是在风暴季节过去以后,事后根据一切可能得到的资料来推断的位置)进行比较,得到二组预报误差。

各预报时刻的二组平均误差的比较由表 1 给出。大圆弧距离误差 GCD (单位 km) 是这样计算的

$$\text{GCD} = \cos^{-1}[\sin Y_0 \sin Y_r + \cos Y_0 \cos Y_r \cos(X_0 - X_r)] \cdot 111.12$$

其中 X_r, X_0 分别为预报及观测的经度, Y_r, Y_0 为预报及观测纬度。直角距离误差 RIAN 是预报位置到实况路径的垂直(即最短)GCD 距离。由表可见,除了 12 小时预报以外,二种预报位置之间的大圆弧距离的平均值(即预报差异)是很大的,它们达到甚至超过了预报误差的一半。而且还可看出, NMC 分析的大圆弧距离误差在每一个预报时段都比 Navy 分析小,而 Navy 分析的直角距离误差在 48 小时以后的预报时段较小。

考察台风活动路径的预报及实况对照图发现,预报常有速度偏慢(即纬向移动偏东),路径偏北的情况。表 2 就是用于说明这一问题,其列出的数字是这样得到的,对每个个例算出台风移动的经、纬度变化的预报误差再对所有个例进行平均,分别求出经、纬向移动预报的平均误差。由表可见,就平均情况而言,二种分析所对应的预报往往有速度偏慢及路径偏北的偏向,把这种偏向看作是系统性的,将这些数字称为偏差,可设法将它们从每次所作的相应预报时刻的预报值中扣除以改进预报效果。表中 Navy 分析有较大的经、纬向预报偏差,这可能是分析与预报系统不太配合所致。事实上, Fiorino 等基于 7 个大西洋飓风的 40 个个例,使用 NMC 分析和与之配套的可移动细网格模式(MFM)以及 Navy 分析和与之配套的海军套网格热带气旋模式(NTCM)作为二个系统分别进行预报,得出了二者效果相当的结论^[14]。

表 1 平均预报误差比较表 (单位 km)

(GCD 表示大圆弧距离误差, RIAN 表示直角距离误差)

	12 h		24 h		36 h		48 h		60 h		72 h	
	GCD	RIAN	GCD	RIAN	GCD	RIAN	GCD	RIAN	GCD	RIAN	GCD	RIAN
NMC分析	55.6	35.2	114.6	74.1	205.0	129.6	313.0	190.1	440.4	254.5	568.9	318.2
Navy分析	59.3	37.0	132.6	76.1	251.1	130.2	392.6	186.9	555.4	244.7	721.0	298.5
差 异	17.2		59.5		128.7		213.5		302.1		395.8	
个 例 数	432		404		360		311		260		219	

表 2 风暴经、纬向移动预报的偏差表 (单位km)
(经向运动的正值表示向北的偏差, 纬向运动的正值表示向西的偏差)

		12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
NMC分析	经向 移动预报偏差	15.4	26.9	61.3	116.1	197.6	285.8
	纬向	-0.6	6.1	13.0	5.2	-16.1	-59.1
Navy分析	经向 移动预报偏差	20.7	51.3	117.8	209.1	308.5	398.9
	纬向	-1.3	-11.9	-42.6	-102.2	-192.1	-295.8

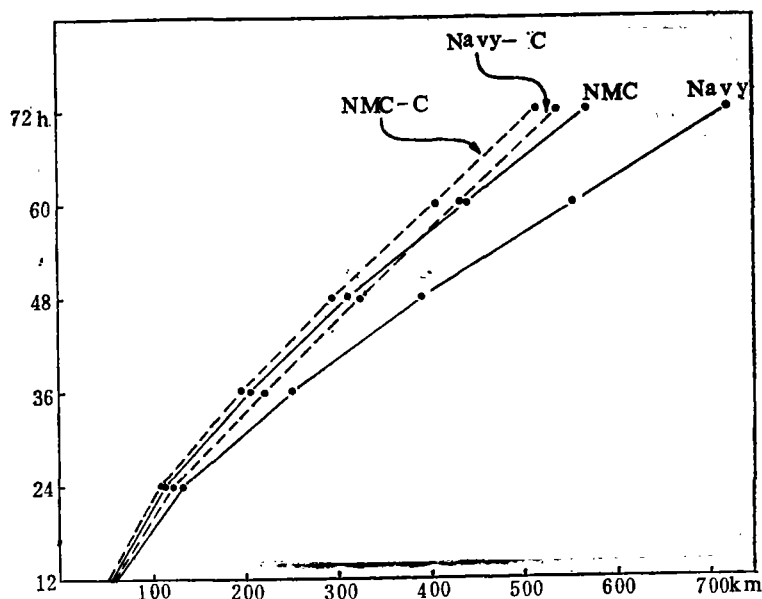


图 1 使用 NMC 和 Navy 分析的原始预报平均误差及经过偏差订正后的平均误差 (NMC-C, Navy-C) 曲线

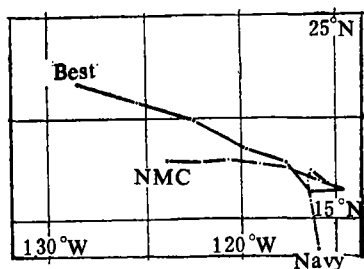


图 2 1978 年 7 月 17 日 0000 GMT 风暴 GILMA 的预报与实况路径图 (Best 为实况路径, NMC 及 Navy 分别为二种分析场下的预报路径)

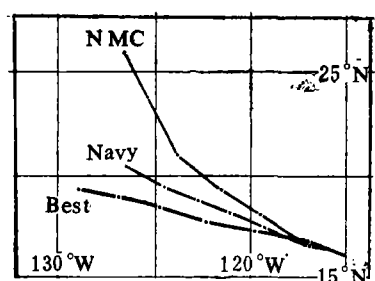


图 3 1981 年 7 月 13 日 1200 GMT 对风暴 DORA 的预报 (说明同图 2)

图1是使用二种分析所对应的原始平均预报误差曲线及经过偏差订正后的平均预报误差曲线。所谓经过偏差订正是在预报位置中扣除偏差后的预报位置值。后者的预报均较原始预报效果为好,但是基于二种不同分析的预报仍有差别。

有一个仍然值得我们重视的问题是,对于个别预报来说,二种不同的初始场分析究竟能造成多么不同的预报结果。图2和图3就是由于使用二种分析所造成的个别预报的最大差异。图2是用NMC而优于Navy的情况,图3是用Navy而优于用NMC的情况,由图可见二种预报之间的差异是十分可观的。

参 考 文 献

- [1] Panofsky, H. A., Objective weather map analysis, *J. Meteor.*, **6**, 386—392, 1949.
- [2] Cressman, G. P., An operational objective analysis system, *Mon. Wea. Rev.*, **87**, 367—374, 1959.
- [3] Sasaky, Y., An objective analysis based on the variational method, *J. Meteor. Soc. Japan*, **36**, 77—88, 1958.
- [4] Flattery, T. W., Spectral models for global analysis and forecasting, Proc., Sixth AWS Tech. Exchange Conf., U. S. Naval Academy 21—24 Sept. 1974, Air Weather Service Tech. Rept. 242 42—54, 1970.
- [5] Gandin, L. S., Objective analysis. Lectures on Numerical Short-Range Weather Prediction, WMO Regional Training Seminar, Moscow, 17 Nov.—14 Dec. 1965, Hydrometeoizdat, Leningrad, 633—677.
- [6] Leftwich, P., C. Neumann and H. Friedman, Characteristics of the NMC spectral analysis in tropical regions of the Western Hemisphere, proceedings of the 11th AMS Conferences on Hurricanes and Tropical Meteorology, 478—483, 1977.
- [7] Mathur, M., A case study of analyses and forecasts over the tropics with NMC operational models, NMC Office Note, No. 187, 1978.
- [8] Neumann, C., A guide to Atlantic and Eastern Pacific models for the prediction of tropical cyclone motions, NOAA Tech. Memo. NWS-NHC-11, 1979.
- [9] 上海市气象局研究所数值预报组, 高空图的业务客观分析, *大气科学*, **3**, 184—189, 1979.
- [10] Gandin, L. S., and K. M. Lugina, Comparison of the accuracy of objective analyses produced in various countries, Proceedings of the WMO/IUGG Symposium on Numerical Weather Prediction in Tokyo Nov. 26—Dec. 4, 1968, *Meteor. Soc. Japan*, March 1969, VI-3.
- [11] Sanders, F., and R. Burpee, Experiments in hurricane track forecasting, *J. Appl. Meteor.*, **7**, 313—323, 1968.
- [12] Pike, A., Improved barotropic hurricane track prediction by adjustment of the initial wind field, NOAA Tech. Memo. NWS SR-66, 1972.
- [13] Sanders, F., A Pike and J. Gaertner, A barotropic model for operational prediction of tracks tropical storms, *J. Appl. Meteor.*, **14**, 265—280, 1975.
- [14] Fiorino M., and E. J. Harrison, Jr., A comparison of the performance of two operational dynamic tropical cyclone models, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 651—656, 1982.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT INITIAL CONDITIONS ON THE PROGNOSTIC TRACKS OF TYPHOONS

Xu Yiming

(*Shanghai Typhoon Research Institute, Shanghai*)

C. J. Neumann, A. C. Pike

(*National Hurricane Center, U. S. A.*)

Abstract

An investigation of the performance of numerical model for forecasting tropical cyclone in East Pacific Ocean was conducted using two different initial analysis schemes. It was found that the storm track forecasts are very different, because of the different initial fields. A comparison of two sets of prediction errors is given.

气象保障与航空、航天安全学术讨论会在西安召开

1987年11月5日至10日中国气象学会航空与航天气象学委员会在西安召开了气象保障与航空、航天安全学术讨论会。

会上交流了近年来航空气象理论及预报技术研究成果,以及航空天气预报新技术方法的推广应用,研讨了气象保障对航空、航天安全的重要作用;介绍了航天活动面临的大气环境问题,会议收到论文123篇,会上交流41篇。学术活动内容有四个方面:1.学习“灰色系统”基本知识及其在气象上的应用。由国家气象局气象科学院曹鸿兴副研究员概要介绍了〈灰色系统〉基本知识和应用方法。武汉空军气象部门和空一军气象处的同志介绍了运用灰色系统理论研究梅雨量、低云和大风的预测,以及用灰色系统理论解决长期趋势预报等论文。2.为实现航空天气预报的客观化、定量化,介绍广泛应用新技术的科研成果。*Mos*方法由地方*Mos*预报发展到中心指导*Mos*方法研制。*GEM*模式在全国航空气象部门推广的科研成果。以及有关晴空颠簸、飞机积冰等异难问题进行了分析和探讨。3.有关航空,航天面临的大气环境问题。总参大气环境研究等刘春达同志介绍了航空、航天活动面临的大气、空间环境问题,阐述了大气环境对航天活动的影响。4.总结了保障飞行安全的经验教训,用血的事实分析了气象保障对飞行安全和重要作用,提出转场飞行中造成保障不良的各种因素,探讨了保障理论建设、改进保障方法,提高保障能力的重要意义。

代表们一致认为,会议开得活跃、学术气氛浓厚、内容丰富、达到了交流经验、切磋技术、促进航空、航天气象科学发展的目的。

杨永节 刘景秀