

国家气象中心台风数值模式的改进及其应用试验*

王诗文**

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要

在国家气象中心台风数值模式中进行了扩大预报区域,两次嵌入人造台风模型和模式网格初始移动3个方案试验.试验结果表明:3个方案对台风路径预报效果都有所改进.该文还介绍了应用国家气象中心台风数值模式进行台风中心强度预报的进展.

关键词:台风数值模式 进展 台风强度预报

引 言

国家气象中心台风数值模式于1996年5月15日正式投入业务运行.每天在00:00(UTC,下同)和12:00共进行两次48h台风路径预报,并向各级气象台站发布.在1995年准业务运行中发现,原预报区域的南边界在 10°N ,而有的台风在 8°N 或 9°N 左右生成.原预报区域的西边界紧靠北部湾,不仅影响了处于北部湾地区台风的预报效果,而且也很难绘出正确的台风路径预报图.因此原预报区域均向南和向西扩大,并于1996年台风数值模式正式投入业务运行之前进行了台风数值模式扩大预报区域试验,使预报效果有所改进.

对于生成于边界附近的台风,扩区后的台风数值模式仍有一定的局限性,边界对预报结果也有影响,尤其对较长时间的预报影响更加明显.为避免由于区域的进一步扩大使机时增加,在扩区模式的基础上又加上了初始时刻细网格位置可随台风位置移动的功能,并进行了个例试验,取得了令人满意的结果.

为提高台风数值模式的预报水平,1996年还进行了人造台风模型两次嵌入方案试验,取得了明显效果.这项技术于1997年正式投入业务运行.同时还对台风的强度预报进行了一年的试运行,取得了可喜的进展.

1 扩大预报区域试验

台风数值模式原细网格预报区域为 $10.3125^{\circ}\sim 40.78125^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 150.46875^{\circ}\text{E}$,网

* 本文由‘八五’国家重点科技项目85-906-03-05资助.

** 李健军、麻素红、徐德勇参加了部分工作.

1998-01-12收到,1998-04-16收到修改稿.

格点数为 98×66 , 格距为 0.46875° (大约 50 km). 扩大后的预报区域为 $6.5625^\circ \sim 42.65625^\circ \text{N}$, $101.25^\circ \sim 150.46875^\circ \text{E}$, 网格点数为 106×78 , 格距仍为 0.46875° .

扩大预报区域与原预报区域的台风数值模式对 9605 号和 9612 号两个台风共进行了 14 次对比试验, 表 1 给出预报结果的平均距离差.

表 1 扩大区域与原区域的预报结果平均距离差(km)

台风编号	移动情况	原预报区域		扩大预报区域	
		24 h 距离差	48 h 距离差	24 h 距离差	48 h 距离差
TY9605(Eve)	转向	143.14(8)	191.24(6)	140.81(8)	185.25(6)
TY9612(Niki)	海南陵水登陆	116.55(6)	180.33(4)	109.24(6)	173.40(4)
平均		131.75(14)	186.88(10)	127.28(14)	180.51(10)

注: 括号中的数字代表预报台风个数(下同).

从表 1 中可以看出, 不论从单个台风的预报误差, 还是从总的台风路径预报平均距离误差来看, 扩大预报区域方案都比原方案的预报效果好. 这项技术在 1996 年正式投入业务运行.

1996 年中央气象台共编号 25 个热带气旋, 国家气象中心台风数值模式对 21 个热带气旋进行了一天两次预报, 并对其中 17 个热带气旋进行预报效果检验^[1], 24 h 预报的平均距离误差为 191 km, 48 h 为 356 km. 1996 年台风路径预报具有以下 2 个特点: ①登陆台风预报较好. 1996 年在我国登陆的台风共 6 个, 其中只有一个台风 24 h 预报的平均距离误差超过 200 km, 48 h 预报的平均距离误差超过 400 km; ②转向台风预报较差. 检验的转向台风共 11 个, 其中 24 h 预报的平均距离误差有 7 个超过 195 km, 占转向台风总数的 64%.

2 人造台风模型两次嵌入方案

由于洋面上的观测资料缺乏, 客观分析后台风的流场很弱而且台风位置不准确. 以此做初始场, 很难做出较好的热带气旋路径预报. 以前, 业务上采用人造台风模型一次嵌入方案^[2]. 有限区域最优插值客观分析方案, 除需要观测资料外, 还需要全球预报提供初估场, 即第一猜测场. 而这个初估场对台风的描述有较大误差, 其中包括台风位置不准确和强度偏弱, 从而影响台风分析. 因此需要在初估场上嵌入人造台风模型, 这是第一次嵌入. 通过客观分析后台风结构受到影响, 因此需要在分析场上再一次嵌入人造台风模型, 这就是所谓的人造台风模型两次嵌入方案. 此方案的要点和流程如下:

(1) 在初估场中消除不准确的浅台风^[3], 提供清晰的大尺度环境场;

(2) 在大尺度环境初估场中构造台风模型, 并嵌入该环境场上, 改善初估场中对台风环流的描述;

(3) 进行有限区域多变量最优插值客观分析;

(4) 在分析场中再次构造台风模型, 并嵌入在分析场上, 获得足够细节的台风初值用于模式预报.

采用人造台风模型两次嵌入方案对 9611 号和 9612 号两个台风进行了多个个例预报

试验,其 24 h 及 48 h 台风路径预报的平均距离误差分别为 123.7 km 和 295.3 km. 24 h 和 48 h 业务预报的平均距离误差分别为 197.9 km 和 304.4 km. 试验的初步结果表明,人造台风模型两次嵌入方案对 24 h 台风路径预报有明显改善,48 h 预报也有一定程度的改进.

图 1a 是 1996 年 8 月 9 日 12:00 起报的 9611 号台风 48 h 路径预报图. 从图 1a 中可以看出,从 1996 年 8 月 9 日 12:00 开始实况路径先向西再转向西北最后转向东北方向移动. 目前的业务预报的路径一直向西移动,出现较大的方向性错误. 而人造台风模型两次嵌入方案预报的路径与实况路径相比移动趋势基本上一致,但前 24 h 预报的移速太快,且转向点提前出现.

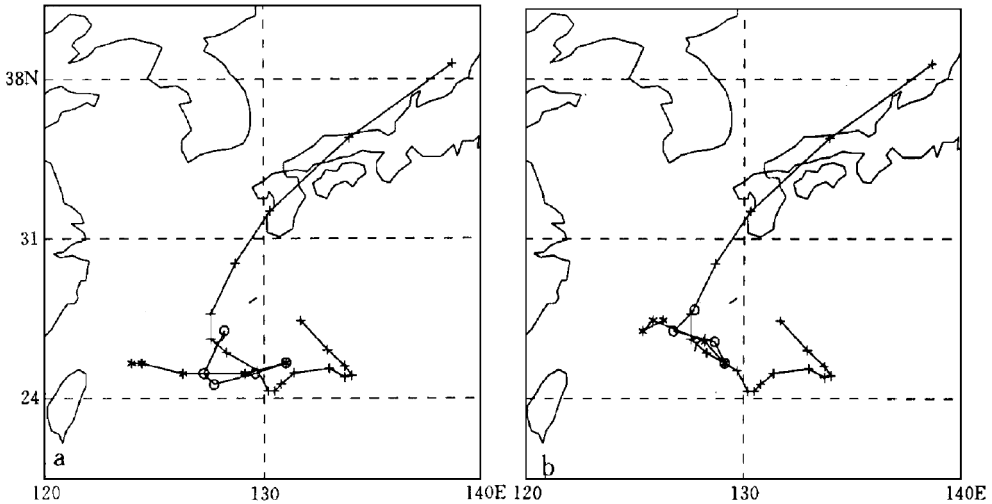


图 1 1996 年 8 月 9 日(a)和 8 月 11 日(b)12:00 起报的 9611 号台风的 48 h 预报路径图
(+: 实况路径, *: 目前业务预报的路径, o: 人造台风模型两次嵌入方案的预报路径)

图 1b 是 1996 年 8 月 11 日 12:00 起报的 9611 号台风的 48 h 路径预报图. 实况路径先向西北移动再转向东北方向. 目前业务预报的路径前 36 h 预报是向西北移动,但 48 h 预报路径向西移动是错误的. 而人造台风模型两次嵌入方案的预报路径与实况路径的移动趋势基本上一致.

图 2 是 1996 年 8 月 12 日 12:00 起报的 9611 号台风的 48 h 路径预报图. 实况路径向东北方向快速移动. 两种方案都能预报出这种移动趋势. 但目前的业务预报的路径转向偏离较大而且移速较慢. 两次嵌入方案预报路径的转向偏离较小而移速比实况稍慢.

图 3 是 1996 年 8 月 19 日 12:00 起报的 9612 号台风的 48 h 路径预报图. 实况路径向西移动并在海南岛南部地区登陆. 两种方案都能预报出这种移动趋势. 12 h 和 48 h 预报位置与实况位置的距离差两种方案是相当的. 而 24 h 和 36 h 预报的距离差目前业务方案要稍小一些.

为彻底检验人造台风模型两次嵌入方案的预报性能,在 CRAY 机上建立平行系统. 在平

行系统中采用人造台风模型两次嵌入方案而在业务系统中采用一次嵌入方案. 除此以外, 业务系统和平行系统所用的资料以及模式、后处理等完全相同. 平行试验从1996年8月23日开始到10月2日止, 共对7个台风进行了32次试验, 表2给出其试验结果.

从表2中可以看出, 人造台风模型两次嵌入方案对转向台风的预报都比较好, 而对登陆台风的预报不如业务中的一次嵌入方案, 但登陆台风只做了3次预报, 还要多做几个例才能说明哪种方案更好些. 通过平行试验的32个个例的检验结果对比, 可以证实个例试验中所得到的初步结论, 即人造台风模型两次嵌入方案对24 h台风路径预报有明显改善, 对48 h预报也有一定程度的改进.

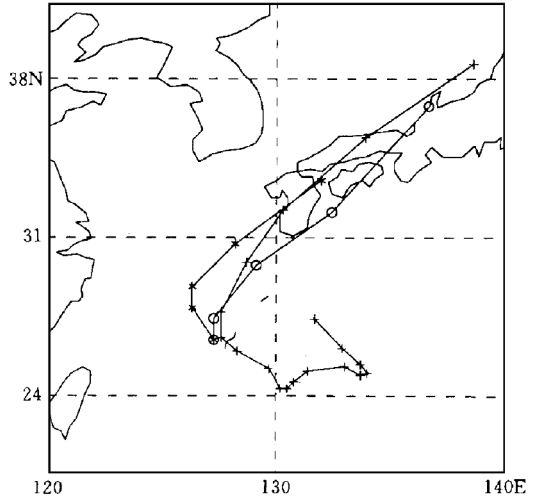


图2 1996年8月12日12:00起报的9611号台风的48 h预报路径图(说明同图1)

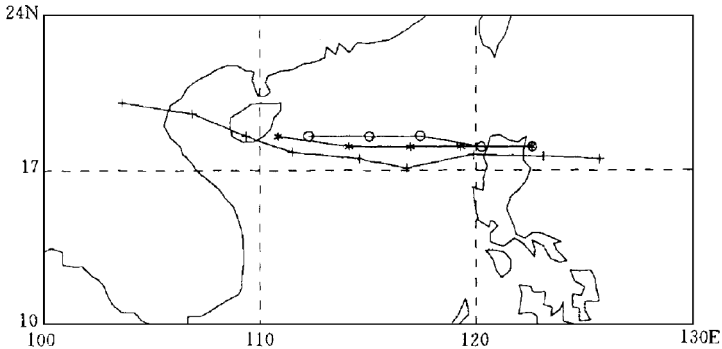


图3 1996年8月19日12:00起报的9612号台风的48 h预报路径图

表2 1996年人造台风模型两次嵌入方案试验结果

台风编号	活动期间 (月·日)	移动情况	24 h 距离差(km)		48 h 距离差(km)	
			业务方案	两次嵌入	业务方案	两次嵌入
TY9613(Orson)	8·23~9·2	转向	182.8(6)	166.4(6)	321.9(6)	317.8(6)
TY9615(Sally)	9·6~9·12	广东吴川登陆	76.2(1)	104.3(1)	52.4(1)	187.7(1)
TY9616(Violet)	9·13~9·23	转向	377.6(7)	303.5(7)	489.3(7)	454.6(7)
TY9617(Tom)	9·13~9·18	转向	272.2(4)	269.3(4)	403.4(4)	512.3(4)
TY9618(Willie)	9·18~9·22	广东徐闻登陆	150.7(2)	197.5(2)	147.1(2)	305.5(2)
TY9619(Yates)	9·23~10·1	转向	224.5(5)	182.0(5)	453.0(5)	405.5(5)
TY9620(Beth)	9·25~10·3	转向	310.9(7)	276.9(7)	571.8(7)	451.3(7)
平均			265.8(32)	235.9(32)	424.5(32)	410.1(32)

人造台风模型两次嵌入方案于 1997 年正式投入业务运行. 1997 年中央气象台共编号 25 个热带气旋, 国家气象中心台风数值模式对 19 个热带气旋进行一天两次预报, 并全部进行预报效果检验, 检验结果如表 3 所示. 1997 年在我国登陆的台风共 4 个, 24 h 预报

表 3 1997 年人造台风模型两次嵌入方案路径预报结果

台风编号	活动期间 (月·日)	移动情况	24 h 平均 距离差(km)	48 h 平均 距离差(km)
TY 9701(Isa)	4·13 ~ 4·23	转向	111.2(10)	325.7(8)
TS 9702(Levi)	5·28 ~ 5·29	生成到消亡一天		
TY 9703(Marie)	5·30 ~ 6·1	预报区域之外		
TY9704(Nestor)	6·8 ~ 6·14	转向	108.9(3)	44.9(1)
TY 9705(Opal)	6·16 ~ 6·21	转向日本登陆	149.3(8)	275.8(6)
STS9706(Peter)	6·25 ~ 6·29	转向日本登陆	154.6(5)	279.1(3)
TY 9707(Rosie)	7·20 ~ 7·27	转向日本登陆	128.4(12)	257.3(11)
TS 9708(Scott)	7·28 ~ 7·31	预报区域之外		
TY 9709(Tina)	7·31 ~ 8·9	转向韩国登陆	151.1(16)	417.1(14)
TY 9710(Victor)	7·31 ~ 8·3	香港登陆	78.1(2)	
TY 9711(Winnie)	8·10 ~ 8·20	浙江温岭登陆	167.2(15)	389.5(13)
STS9712(Yule)	8·19 ~ 8·22	预报区域之外		
TY 9713(Zita)	8·21 ~ 8·23	广东雷州市登陆	173.4(3)	93.3(1)
TY 9714(Amber)	8·22 ~ 8·29	福建福清市登陆	127.6(14)	324.2(12)
TY 9715(Bing)	8·30 ~ 9·4	转向	245.4(8)	374.3(6)
TY 9716(Oliwa)	9·4 ~ 9·16	转向日本登陆	144.6(9)	371.3(7)
TY 9717(David)	9·13 ~ 9·19	转向	131.7(2)	
TS 9718(Fritz)	9·23 ~ 9·25	转向越南登陆	235.7(3)	101.1(1)
TY 9719(Ginger)	9·24 ~ 9·30	预报区域之外		
TY 9720(Ivan)	10·14 ~ 10·24	转向	153.1(13)	228.0(11)
TY 9721(Joan)	10·14 ~ 10·23	转向	216.2(6)	293.9(4)
TY 9722(Keith)	10·29 ~ 11·8	转向	165.0(9)	420.3(7)
TS 9723(Linda)	11·1 ~ 11·2			
STS9724(Mort)	11·11 ~ 11·16	转向	245.8(8)	448.5(6)
TY 9725(Paka)	12·8 ~ 12·21	转向	141.5(8)	261.0(6)
平均			153.2(137)	317.8(104)

的平均距离误差均小于 200 km, 因此 1997 年的台风路径业务预报仍保持 1996 年登陆台风预报效果较好的特点. 检验的转向台风共 15 个, 其中 24 h 预报的平均距离误差超过 200 km 的有 4 个, 只占转向台风总数的 27%. 由此可以看出人造台风模型两次嵌入方案对转向台风的预报效果改进非常明显. 采用此方案使 1997 年全年的 24h 和 48h 台风路径预报的平均距离误差比 1996 年分别减少 38 和 39 km, 使国家气象中心台风数值模式的预报水平进一步提高.

3 模式网格初始移动方案

台风数值模式扩大预报区域后, 台风路径预报效果有所提高. 但对处于边界附近的台风, 扩区后的台风数值模式仍有一定的局限性, 边界对预报结果仍有影响, 尤其对较长时间的预报, 其影响更加明显, 在个别情况下还会使预报路径产生错误转向. 为避免由于区

域的进一步扩大所带来的机时增加,在扩区模式的基础上又加上了初始时刻细网格位置可随台风位置变化而移动的试验,即模式网格初始移动方案的试验.此方案是指在台风路径预报的初始时刻,将台风中心置于整个台风模式预报区域的中心,再产生细网格模式的预报区域,目前细网格预报区域仅在粗网格模式的区域内移动.粗网格模式的范围为 $0^{\circ} \sim 50.625^{\circ}\text{N}$, $84.375^{\circ} \sim 161.25^{\circ}\text{E}$. 网格点数为 83×55 , 格距为 0.9375° . 具体规则如下:

(1) 先将初始台风中心作为细网格模式的网格中心,再生成细网格模式预报范围.若此范围没有超出粗网格预报范围,这时的初始台风中心刚好处于细网格模式的网格中心上.

(2) 若生成的细网格范围超出粗网格范围,则将细网格移到粗网格内并与粗网格边界的最近距离定为一个粗网格格距.这时的初始台风中心只能位于细网格中心附近.位于固定网格边界附近的台风基本上属于第二种情况.

为了检验模式网格初始移动方案对生成于边界附近的台风的预报能力,我们选择了 9604 号台风(靠近东北边界)、9619 号台风及 9623 号台风(均靠近东南边界)各一个时次的资料作试验,并同固定网格模式加以对比,模式网格初始移动方案的 24 h 台风路径预报的平均距离误差为 160.4 km, 48 h 为 323.9 km. 固定网格模式 24 h 预报的平均距离误差为 164.9 km, 48 h 为 394.2 km.

从以上可以看出,模式网格初始移动方案的 24 h 预报的平均距离误差比固定网格的稍好,而 48 h 预报的平均距离误差比固定网格好得较多.实验结果与有限区域模式积分时间越长,边界的影响越严重的结论是一致的.仅用 3 个个例试验来说明初始移动网格的优越性显然还不够充分,为此在 1997 年对模式网格初始移动方案进行了 55 次平行试验.有的台风处于模式网格中心附近,这时网格不移动与业务模式固定网格的预报结果是完全一样的,剔除 6 个这样的试验个例,另外在多台风情况下规定不移动网格,这样又剔除 10 个个例,现对 39 个试验个例进行检验,检验结果列入表 4.从表 4 上可以看出初始网格移动方案与业务模式固定网格方案相比,24 h 预报的平均距离误差减小 8 km, 48 h 减小 6 km.从上述结果来看,模式网格初始移动方案不仅提高了台风数值模式路径预报的准确率,而且避免了在预报区域的边界附近产生预报路径错误的大转向.

表 4 1997 年模式网格初始移动方案与固定网格方案平均距离差的对比(km)

台风编号	网格初始移动		固定网格	
	24 h 距离差	48 h 距离差	24 h 距离差	48 h 距离差
TY9704(Nestor)	138.0(1)	412.4(1)	180.7(1)	471.6(1)
TY 9705(Opal)	169.2(4)	278.0(3)	170.2(4)	277.8(3)
STS9706(Peter)	138.0(2)	113.5(1)	170.6(2)	104.3(1)
TY 9707(Rosie)	51.16(5)	174.26(5)	62.89(5)	184.63(5)
TY 9709(Tina)	86.33(3)	419.79(3)	102.76(3)	438.28(3)
TY 9711(Winnie)	128.58(8)	374.57(7)	148.22(8)	372.12(7)
TY 9713(Zita)	179.21(1)		201.39(1)	
TY 9714(Amber)	165.49(5)	455.21(4)	154.31(5)	460.26(4)
TY 9715(Bing)	273.29(4)	387.85(3)	275.55(4)	391.18(3)
TY 9716(Oliwa)	116.59(3)	377.67(3)	124.83(3)	387.64(3)
TY 9717(David)	135.07(1)		90.11(1)	
TY 9718(Fritz)	206.76(2)	115.55(1)	204.82(2)	104.19(1)
平均	144.42(39)	333.73(31)	152.83(39)	339.80(31)

4 台风强度预报

在国家气象中心台风数值业务模式研制的初期也进行过台风中心强度预报的试验. 台风中心的强度经常随着预报时效的增加而减弱, 预报效果较差. 当引入改进的物理过程参数化方案后, 台风中心的强度预报有了明显改善^[4]. 1997 年利用国家气象中心台风数值业务模式首次对台风中心强度进行全年准业务预报. 24 h 预报的台风中心强度与实况的误差为 9.2 hPa, 而 48 h 为 13.2 hPa. 若再进行一些统计误差订正, 误差还会减小, 完全可以满足业务预报的需要.

参 考 文 献

- 1 王诗文. 国家气象中心台风数值模式的进展. 国家气象中心科技年报 A 册气象类, 1997, 1 ~ 5.
- 2 王诗文, 李健军. 台风路径实时预报的初步试验. 应用气象学报, 1994, 5(4): 462~469.
- 3 李健军, 陈德辉, 王诗文. 台风 BOGUS 合成场的质量场调整试验. 中山大学学报, 1994, (5): 54~60.
- 4 陈德辉, 王诗文, 汪厚君. 改进的物理过程参数化对台风路径数值预报的影响. 应用气象学报, 1996, 7(1): 1~8.

ADVANCES ON TYPHOON NUMERICAL MODEL OF NMC AND APPLIED EXPERIMENTS

Wang Shiwen

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The enlarged forecast area, the twice nested typhoon bogusing technique and the model mesh initial movable scheme are performed in typhoon numerical model of National Meteorological Center (NMC). The experimental results show that the typhoon track predictions for the three schemes are all improved, and the advances for the typhoon intensity prediction with NMC typhoon numerical model are described.

Key words: Typhoon numerical model Advance Typhoon intensity prediction