

全球数值模式中的台风初始化 II : 业务应用^{* 1}

瞿安祥¹ 麻素红¹ 李娟¹ 胡江凯¹ LIU Qingfu²
QU Anxiang¹ MA Suhong¹ LI Juan¹ HU Jiangkai¹ LIU Qingfu²

1. 国家气象中心,北京,100081

2. National Centers for Environmental Prediction/Environmental Modeling Center, Camp Springs, MD, USA

1. *National Meteorological Center, Beijing 100081, China*

2. *National Centers for Environmental Prediction/Environmental Modeling Center, Camp Springs, MD, USA*

2008-08-28 收稿,2008-10-22 改回.

Qu Anxiang, Ma Suhong, Li Juan, Hu Jiangkai, Liu Qingfu. 2009. The initialization of tropical cyclones in the NMC global model Part II : Implementation. *Acta Meteorologica Sinica*, 67(5):727-735

Abstract Currently, the TC numerical prediction system at National Meteorological Center (NMC) of China is based on a global model using the initialization scheme of inserting a bogus vortex into the analysis field. Because the structure of the bogus vortex is not dynamically and physically consistent with the global model, the TC prediction system has always been run independent of the global analysis-forecast cycle since it was put into operation. In fact, TC circulation is one of the important components of large-scale analysis. An accurate description of initial TC structure will produce a positive effect on forecasting of large-scale circulation. In return, the large-scale circulation can steer TC's movement and speed correctly at each forecast time. Obviously, the TC prediction system with the bogus vortex scheme is so antiquated that it cannot provide better forecasts of TC track for operational use. Recently, a new TC numerical prediction system has been developed using a new TC initialization scheme based on the global analysis-forecast cycle in order to increase the skill of TC track forecasts. While the bogus vortex initialization of the old operational prediction system is carried out after data analysis, the TC initialization of the new system is accomplished before data analysis. It is significant that a few observations related to TC are not rejected during the quality check of the data assimilation, because the background field in which TC has been initialized is more consistent with observational data. The new TC numerical prediction system for TC forecasts over the western North Pacific was established at NMC in late 2006. To evaluate the impact of the new scheme on TC track predictions, 23 different TCs during the 2006 TC season were examined, which enables us to identify the case-to-case variability in the forecast results. It was found that the new scheme produced more accurate TC track forecast compared with the old bogus scheme. Statistical analysis shows a decrease in the average track error by 11%–23% in the 12 to 120 h forecast time periods for the 2006 typhoon season. The new TC numerical prediction system was applied to operational forecast parallel tests in the 2007 typhoon season and it showed improved performance in TC track forecasts. The system was scheduled to be into operation in place of the old TC system in 2008.

Key words TC numerical prediction system, TC initialization, TC track forecast

摘要 中国国家气象中心基于全球数值模式、采用人造 bogus 涡旋初始化方案建立起来的台风数值预报业务系统是独立于全球资料分析同化—预报循环过程来运行的。实际上,台风涡旋是全球数值预报中一个重要的、密不可分的中尺度系统,台风的正确描述会对周围的大尺度形势预报产生积极正面的影响,而这种影响反过来也会反馈到大尺度环流对台风移向移速的变化上,陈旧的台风初始化方案和不合理的台风数值预报业务系统流程已经严重阻碍了中国台风数值预报业务水平的进一步发展。最近,中国国家气象中心利用新开发的台风初始化方案、基于全球数值模式建立了新一代的台风数值预报业务系

* 资助课题:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB421500)和国家气象中心课题(07ZK2006-02)。

作者简介:瞿安祥,主要从事台风数值业务预报。E-mail:quax@cma.gov.cn

统,相比于旧系统而言,新系统巧妙地将台风初始化过程与全球资料分析同化—预报循环系统融合在了一起,这使得改进目前台风路径数值预报效果成为可能。应用新的台风数值预报系统,文中对2006年生成于西北太平洋23个不同类型的台风进行了连续数值试验,统计分析表明,新系统在改进台风路径预报效果上有了不俗的表现,相比于业务使用的人造 bogus 涡旋方案而言,120 h 预报时效内的平均路径误差有了十几公里到上百公里的下降。该系统在2007年台风季节投入了实时试验运行,并取得了令人惊喜的预报效果。

关键词 台风数值预报系统, 台风初始化, 台风路径预报

中图法分类号 P457.8

1 引言

自从1996年中国国家气象中心将台风路径数值预报系统投入业务运行以来,一直稳定地为预报员提供指导性的西北太平洋台风路径预报产品。该系统最初是基于一个包含粗、细网格单向嵌套的有限区域模式建立起来的(王国民等,1996),系统运行所需的背景场来自全球资料分析同化系统输出的分析场,采用在背景场消除浅涡旋和嵌入人造 bogus 涡旋的台风初始化技术。尽管系统后来陆续经历了二次嵌入 bogus 涡旋和物理过程改进等技术更新(王诗文等,1999;陈德辉等,1996),但在提高台风路径业务预报水平上一直没有出现实质性的进步,24、48 h 的路径预报平均误差始终维持在180、370 km 左右。实际上,目前中国国家气象中心的全球数值模式的分辨率已经具有表达台风涡旋环流结构特征的水平,特别是2002年全球数值业务模式由 T106 升级到 T213 后(陈起英等,2004a,2004b;金之雁等,2004),模式的水平分辨率提高到了 $0.5625^\circ \times 0.5625^\circ$,模式性能已经远远超过了有限区域台风模式,而且全球数值模式还具有预报范围广、在积分预报过程中不受边界条件约束的优势。基于以上因素,中国国家气象中心在2004年将台风数值预报业务系统由区域模式升级到了全球数值模式(T213L31)(Ma, et al, 2007),升级后的台风路径预报性能有所提高。

近年来,随着台风灾害对人民财产损失和经济发展影响的加重,台风决策服务对台风数值预报业务系统提出了越来越精确的预报要求。而目前台风数值业务系统采用的是20世纪90年代开发的台风初始化方案(即嵌入人造 bogus 涡旋技术),该方案主观经验色彩太浓的缺陷严重束缚了台风数值预报水平的进一步发展。2006年,中国国家气象中心基于全球资料分析同化—预报循环系统,设计和开发

出了一套新的台风初始化方案,包括初始涡旋形成、涡旋重定位和涡旋调整3部分。相比于人造 bogus 涡旋技术而言,新方案大幅减少了人为主观因素对台风涡旋结构的影响,转而巧妙利用模式自身的动力属性与物理过程来约束产生台风涡旋环流结构,这样产生的涡旋结构不但与周围环流形势比较协调,而且涡旋自身的各种物理量在动力属性上也比较平衡。初步的个例试验表明,新方案在形成初始场中的台风涡旋结构方面有着令人鼓舞的表现,这使得提高目前中国国家气象中心台风路径数值预报业务水平成为可能。

应用新设计的一整套台风初始化方案,本文首先基于中国国家气象中心全球数值模式(T213L31)建立了台风数值预报业务系统的相关流程(文中提到的台风是指对最大阵风强度不小于18 m/s 的热带气旋);然后利用新建立的系统,对2006年生成于西北太平洋的23个台风进行了连续滚动的数值试验,并分析了新台风初始化方案在实际业务应用上的能力,同时,本文也应用了人造 bogus 涡旋方案对这23个台风进行了平行试验,来检验对比新旧台风初始化方案对各种移动路径台风的预报能力;最后本文介绍和总结了新台风数值预报系统在2007年台风季节实时业务试验运行情况,并展望了新系统下一步的完善工作以及在业务运行上的应用前景。

2 台风数值预报业务现状

2004年,针对当时有限区域台风模式性能落后、预报长度和预报范围太窄的缺陷,中国国家气象中心将台风数值业务系统由有限区域模式升级到了全球数值模式(T213L31),这次升级不但使台风预报性能有了一个不错幅度的提升(Ma, et al, 2007),而且台风数值业务的业务能力也得到了拓展:预报长度由48 h 延伸到了120 h,台风预报范围也由以前的有限区域(主要指近海区域)覆盖到了整个西北

太平洋。从目前台风数值预报业务系统的流程(图1)可以看出,当台风发生的时候,系统就会启动,以全球资料分析同化阶段输出的分析场作为初始场,在进行消除浅涡旋和嵌入人造 bogus 涡旋的台风初始化处理后,进行模式积分预报,输出台风数值预报产品。

为了提高全球数值模式初始场中台风涡旋的描述质量,目前国家气象中心台风数值预报业务系统采用的仍然是 20 世纪 90 年代开发的台风初始化方案,该方案产生的台风涡旋结构绝大部分是基于人为的、经验的因素而构建的,这种主观色彩太浓的初始化技术缺陷严重限制了台风数值预报水平的进一步提高。而另一方面,随着国家气象中心近两年来台风预报业务的不断拓展,预报员迫切需要数值业务系统提供越来越精确的台风数值预报产品,目前的台风路径预报水平已经远远达不到数值业务发展的需求。

实际上,除了自身技术落后以外,目前国家气象中心台风初始化方案在流程设计上还存在致命的缺陷。由于考虑到 bogus 技术产生的人造涡旋本身各物理量之间的动力属性并不平衡,而且还存在与周

围环境场不协调的问题,所以为了不影响全球资料同化系统的分析效果,目前台风初始化过程并没有融入到中国国家气象中心 6 h 间隔的全球客观资料分析同化—预报循环系统中去(图 1 虚线框部分),台风初始化过程是作为台风数值预报业务系统的一部分独立运行的。这就造成目前国家气象中心数值预报业务系统中出现了如下奇特现象:由于全球客观资料分析同化—预报循环系统中没有具体的台风初始化过程,使得直接(或间接)依赖于资料同化过程输出的分析场作为初始场的全球数值预报模式输出产品(及其他衍生数值系统产品,如区域预报、海浪预报等)对台风的发生发展几乎没有什么反应能力。然而,从天气学的角度来说,台风是全球数值预报中一个重要的、密不可分的尺度天气系统,台风的正确描述会对周围的大尺度环流形势预报产生积极正面的影响,而这种影响反过来又会反馈到大尺度环流对台风移向移速的影响变化上,所以从提高台风和全球数值模式的预报水平角度来说,台风初始化过程应该尽早融入到全球客观资料分析同化—预报循环系统中。其实,与国外发达国家相比,我们国家在这方面的工作已经显得远远落后(Heming, et

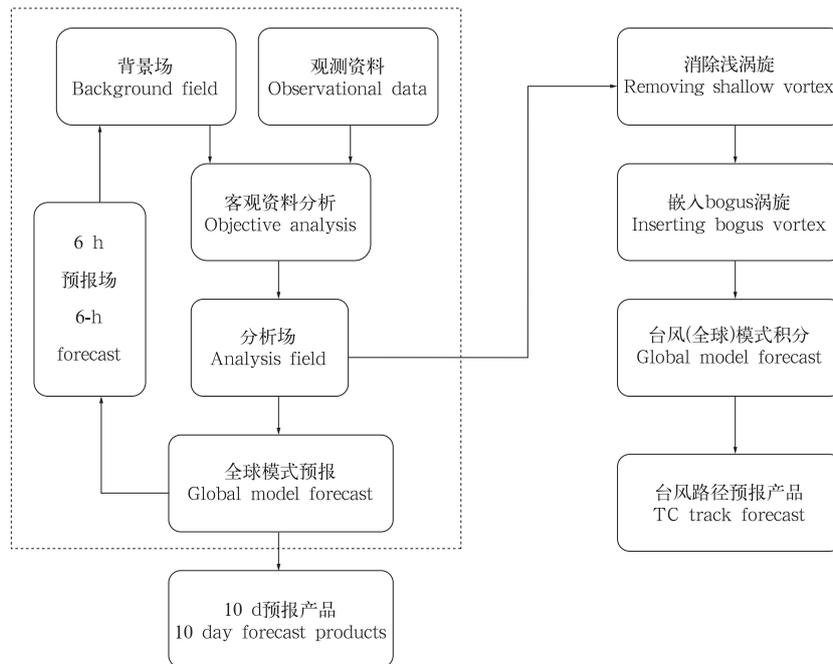


图 1 国家气象中心台风数值预报业务系统流程
Fig. 1 The flow chart of the operational system of TC numerical prediction at NMC of China

al, 1995; Mino, et al, 2001)。

3 新台风数值预报系统

目前,中国国家气象中心全球客观资料分析同化-预报循环系统主要由 T213L31 模式和资料分析同化过程两部分组成。T213L31 模式为三角截断的全球谱模式,截断波数为 213 个波,在格点空间其水平分辨率达到 $0.5625^{\circ} \times 0.5625^{\circ}$,垂直方向为 31 个 η 面,模式顶为 10 hPa,模式积分采用半拉格朗日方案,具体细节可参见陈起英等(2004a, 2004b, 2009)相关文献。资料分析同化过程最初应用的是最优插值方案(OI, Optimum Interpolation),从 2003 年起,国家气象中心开始尝试引进美国 NCEP/EMC 的三维变分资料同化系统 SSI(Spectral Statistical Interpolation),在龚建东等(2006a, 2006b)经过大量的本地化调试和试验后,中国国家气象中心于 2006 年下半年成功地将全球客观资料分析同化过程从 OI 系统升级到了 SSI 系统,新系统最大的特征是采用了三维变分同化技术,并且包含了辐射传输模式,可直接吸收同化 NOAA/ATOVS 辐射率资料(McNally, et al, 2000),它的应用也开创

了中国全球数值预报系统直接同化应用卫星探测资料的新局面。

由于中国国家气象中心实时业务中收到的台风有效观测资料特别稀少,全球客观资料分析同化-预报循环系统自从投入业务运行以来,一直对台风分析能力偏弱,有时对台风的发生发展几乎没有任何反应(这也是目前单独存在一个基于 bogus 涡旋初始化方案的台风数值预报业务系统的根本原因所在)。最近,中国国家气象中心开发了一套新的台风初始化方案,由初始涡旋形成、涡旋重定位和涡旋调整三部分组成,它的出现有效地解决了目前业务中由于台风观测资料缺失而造成的初始台风涡旋的形成问题。应用新方案,本文将台风初始化过程融入到了中国国家气象中心全球资料分析同化-预报循环系统中,并建立了相应的台风预报业务流程(图 2)。从图中我们可以看出,当有某个台风发生时,相关的台风初始化作业流程就会启动,针对不同编报时刻执行涡旋形成、涡旋重定位或涡旋调整过程;而如果多个台风并发时,就会执行不同编号台风应用不同的初始化过程。

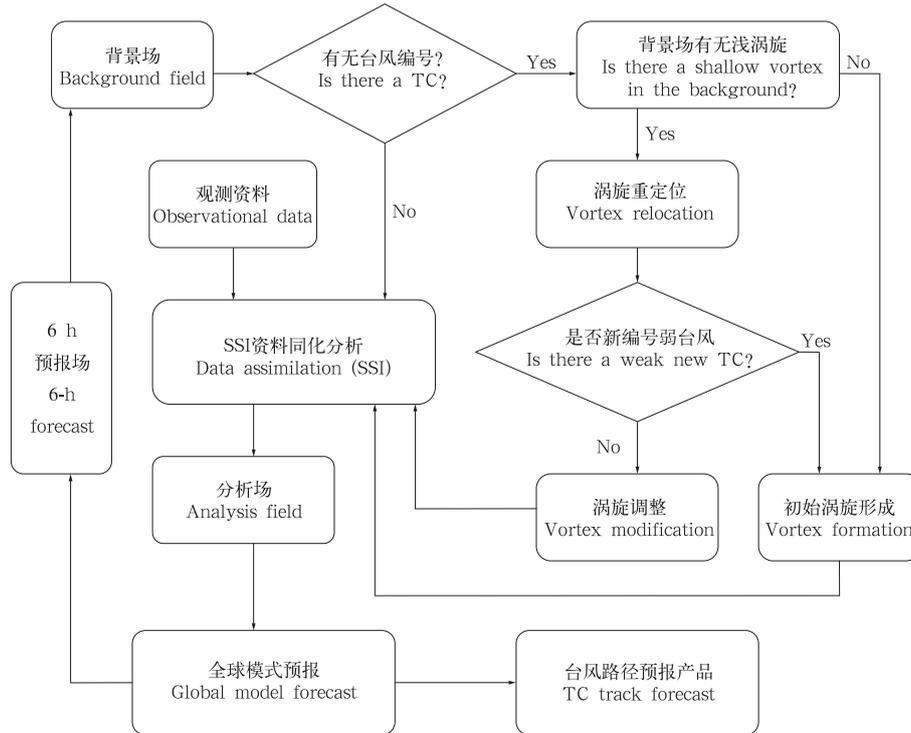


图 2 国家气象中心新台风数值预报业务系统流程

Fig. 2 The flow chart of the new operational system of TC numerical prediction at NMC of China

另外从图 2 中也看出,与目前业务中的台风初始化流程(图 1)不同的是,新台风初始化方案完全溶入到了中国国家气象中心 6 h 间隔的全球客观资料分析同化—预报循环系统中,而且台风初始化过程是被设计在全球客观资料分析同化阶段之前完成,这样安排有两方面的优势:一方面,它使得经过初始化后的背景场中的涡旋场与实际台风观测资料更加协调,从而会加大分析同化阶段(质量检查)对这些宝贵资料的吸收率,使得部分有效观测信息(卫星、船舶、浮标等)得以最大化的利用;另一方面,经过这样的设计处理,同化阶段输出的分析场必定具备了描述台风涡旋结构的能力,如果用这个已经具备台风初始化过程的分析场来替换目前业务中的全球客观资料分析同化阶段输出的分析场,将大大改观目前 10 d 全球中期数值预报产品和其他模式系统(区域模式、海浪模式)对台风的预报反应能力,从而也会进一步提高国家气象中心对台风灾害的数值预报水平。实际上,当没有台风发生时,图 2 中展示的相关流程是目前国家气象中心的全球资料分析同化—预报循环业务系统流程,由此看来,新的台风初

始化过程已经从技术上真正实现台风预报与全球数值预报系统的一体化,这也为今后两者合而为一的实际业务运行打下了基础。

4 平行试验

利用新建立的台风数值预报系统,对 2006 年发生在西北太平洋的 23 个台风进行了平行数值试验。试验的标准严格按照实时业务预报的需求,资料也取自实时业务运行的数据。每个台风样本试验选取的时段从预报员初始编报开始,一直到消亡停编为止,在此生命史期间,每天共进行 4 个时刻的循环滚动预报,分别对应于业务上的 00、06、12、18 时(UTC)的资料分析时刻,每个时刻输出 120 h 时效的台风路径预报产品。

4.1 试验样本

试验选取了 2006 年生成于西北太平洋的 23 个台风作为样本(包括前文试验的 0605 号台风),编号分别是 0602、0603……0624 号(来源于中央气象台实时编号数据)。在这 23 个台风当中(图 3),有 5 个登陆中国,分别是编号为 0604、0605、0606、0608

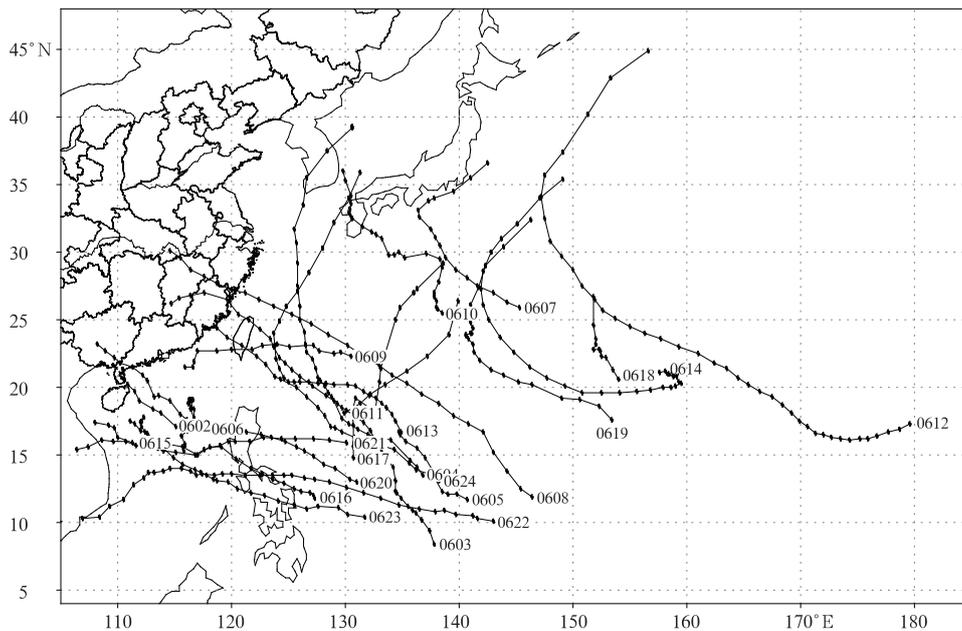


图 3 试验选取的 2006 年西北太平洋的台风样本

Fig. 3 Selected TC cases over the western North Pacific in 2006

和 0609 的台风;有 8 个热带气旋虽未在中国登陆,但对中国近海有影响,它们分别是编号为 0603、0613、0615、0616、0620、0621、0622 和 0623 的台风。

与近 10 多年来台风灾害相比,台风给中国造成的直接经济损失偏重。其中 08 号台风“桑美”在浙江省苍南县登陆时中心附近最大风力有 17 级(60 m/s),

最低气压为 920 hPa, 为近 50 年来直接登陆中国大陆最强的台风。因此本文选取的这 23 个台风样本具有较典型的代表意义。

4.2 结果分析

本文对选取的 23 个台风前后共进行 506 次连续滚动的预报试验, 同时, 为了对比新方案与现行业务中方案的优劣, 我们也应用人造 bogus 涡旋台风初始化方案对这 23 个台风进行了平行试验。

表 1 基于新台风初始化方案和 bogus 涡旋方案的 T213L31 系统的台风路径预报平均误差分析

Table 1 The mean track forecast errors with the new typhoon initialization scheme and the bogus scheme

预报时效 (试验样本数)	bogus 方案平均 路径误差 (km)	新初始化方案 平均路径误差 (km)	提高百分比 (单位: %)
+00 h(506)	6.6	6.4	0.3
+12 h(461)	95.2	74.0	22.3
+24 h(413)	145.6	127.7	12.3
+36 h(369)	204.1	180.0	11.8
+48 h(328)	265.8	233.4	12.2
+60 h(289)	334.3	286.3	14.3
+72 h(252)	410.6	337.2	17.9
+84 h(217)	492.9	391.5	20.6
+96 h(185)	575.1	442.7	23.0
+108 h(157)	639.0	524.2	17.9
+120 h(127)	729.3	635.1	12.9

全球数值模式 T213L31 在 120 h 时效内预报的台风路径平均误差对比分析(表 1)表明, 应用新

台风初始化方案后, 台风平均路径预报误差普遍降低, 在 12—120 h 的预报中, 路径误差有了几十公里到上百公里的下降, 下降百分比都明显在 11% 以上, 其中 24 h 减少 12.3%, 48 h 减少 12.2%, 72 h 减少 17.9%, 特别是在 96 h 的降幅达到了 23%。这说明, 在间隔为 12 h 的 5 d 预报时效内, 基于新方案预报的台风路径平均误差整体上都要小于业务 bogus 方案的路径误差。

为了进一步分析新初始化方案对这 23 个不同台风类型的路径预报误差分布特点, 本文将每个台风样本的 6、12、24、48 h 的平均路径误差进行了对比分析(图 4)。从图 4a、4b 可以看出, 在试验的 23 个台风样本中, 除 0604、0619、0621、0623 号 4 个台风外, 绝大部分台风的短时效(6、12 h)路径预报误差都呈现减小的趋势, 而即使误差有偏大的 4 个台风中, 有两个台风的误差增加的幅度很小(0619、0621 号), 这表明, 相比于 bogus 方案, 新台风初始化方案大大减少了全球数值模式 T213L31 对台风的短时效预报路径误差。同时也从侧面证明: 由于新方案依靠和利用数值模式积分产生的涡旋环流来进行台风初始化(很大程度上减少了人为经验技术对涡旋初始结构的影响), 在动力物理属性上与数值模式本身比较协调, 大大减少了模式初始积分过程中产生的振荡问题。实际上, 这也是新台风初始化方案的一个主要优点。

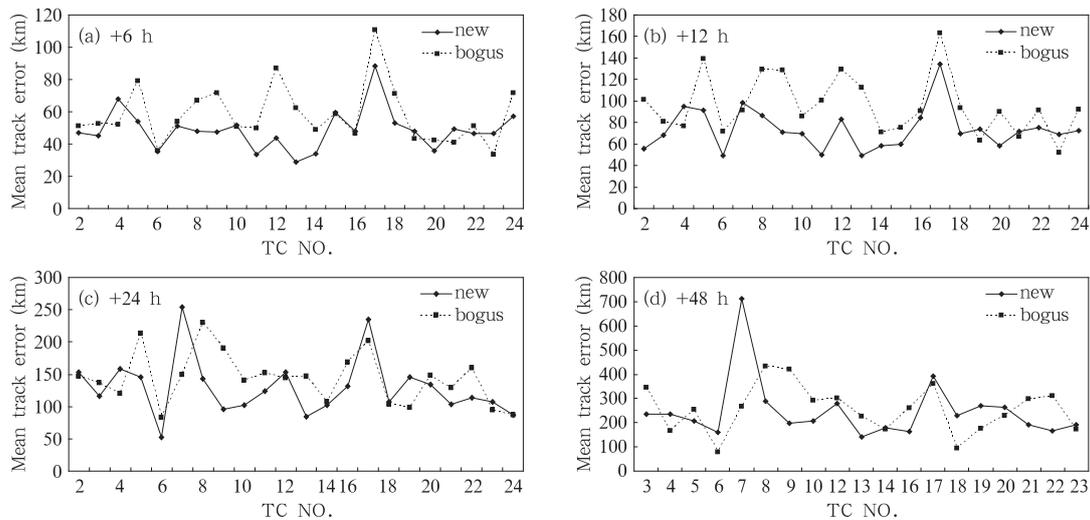


图 4 23 个台风的 6—48 h 平均路径误差分布

Fig. 4 6—48-h mean track forecast errors for 23 TCs

从 24 和 48 h 的路径误差分布(图 4c、4d)中也可以看出,在试验的 23 个台风样本中,新方案对大部分台风预报的平均路径误差都要小于 bogus 方案的预报。对比图 3 还可以发现,新方案预报效果较好的台风实际移动路径多为西行、西北行登陆路线,尤其是偏西行路线的台风(如 0605、0606、0608、0609、0616、0621、0622 号等),而效果较差的台风多为洋面上转向后东北行或东北偏北行路线(如 0607、0617、0619 号)。实际上,从试验的 23 个台风中,如果我们将登陆中国的 0604、0605、0606、0608、0609 号台风和对中国近海有影响的 0603、0613、0615、0616、0620、0621、0622 和 0623 号台风的试验数据挑选出来进行单独分析的话,更能充分说明新台风初始化方案的预报特点。

表 2 为应用两种方案后,全球数值模式对这些登陆或近海台风在 120 h 时效内的平均路径预报误差对比分析。从表 2 中可以明显看出,相比于整体路径预报的改进效果而言(表 1),新台风初始化方案对近海和登陆台风的路径预报效果改进的尤为明显,其 12—120 h 的预报时效中,平均路径误差下降百分比都明显在 22% 以上,96 h 时效的降幅甚至接近了 39%(路径误差直降 263 km)。

表 2 基于新台风初始化方案和 bogus 涡旋方案的 T213L31 系统的台风路径预报平均误差分析(近海或登陆台风)

Table 2 The mean track forecast errors with the new typhoon initialization scheme and the bogus scheme for landfall and offshore TCs

预报时效 (试验样本数)	bogus 方案 平均路径误 差(km)	新初始化 方案平均路径 误差(km)	提高百分比 (:%)
+00 h(333)	6.0	6.3	5.0
+12 h(305)	94.0	72.0	23.4
+24 h(275)	152.6	119.1	22.0
+36 h(249)	210.0	161.0	23.3
+48 h(224)	273.8	209.0	23.6
+60 h(199)	339.4	247.7	27.0
+72 h(176)	416.9	293.3	29.6
+84 h(152)	512.7	334.0	34.8
+96 h(130)	620.3	377.7	39.1
+108 h(110)	705.7	468.2	33.6
+120 h(88)	821.1	601.0	26.8

详细对比分析表 2 与表 1 还可以发现,对于 bogus 台风初始化方案而言,其对登陆或近海台风的路径预报统计误差要明显的高于整体 23 个台风的平均路径误差,也就是说,相对于远海的台风,bo-

gus 方案对近海或登陆台风的预报技巧要略差些,这个结论也和多年的业务检验结果相吻合(造成这种现象的主要原因与 bogus 方案所采用的技术特点有关)。但是,对于新应用的台风初始化方案而言,其结论却完全相反。如表 1 显示新方案对全体 23 个台风预报的 72 h 的路径平均误差为 337.2 km,而表 2 中却揭示新方案对近海和登陆台风的 72 h 的路径预报平均误差仅为 293.3 km,下降了 44 km。再如 96 h 的路径误差分别为 442.7 和 377.7 km,下降了 65 km。实际上,在整个 120 h 时效的预报长度中,新方案对近海和登陆台风的平均预报路径误差都要低于整体 23 个台风的路径误差,换句话说,新方案对那些登陆台风和近海影响中国海域台风的预报偏差要远远低于那些远海的台风。其实如果我们单单分析表 2 中登陆和近海台风的统计检验数据,也可以看出,新开发的台风初始化方案在 24、48、72 h 的平均路径预报误差仅有 119、209 和 293 km,这个结果是相当令人鼓舞的。之所以出现这种现象的主要原因是,实时台风数值业务滚动预报中,相比于远海区域,近海区域或多或少可以接收到一些零散的台风观测资料(如船舶、浮标、岛屿站等),由于新台风初始化过程是被设计在全球资料分析过程之前完成,这样在资料分析同化阶段就可以有效地吸收和利用这些台风观测信息,使得输出分析场中的涡旋与周围环流场更加能代表实际天气特征,从而产生更加准确的台风路径预报。

5 应用表现

在取得平行试验成功的基础上,2007 年台风季节,中国国家气象中心应用新台风初始化方案、基于 SSI-T213L31 建立的新一代台风数值预报系统投入了业务试验运行。经过近一年实际试应用发现,新系统在向预报员提供指导性的台风路径数值预报产品方面起到了良好效果。

从 2005 年到 2007 年中国国家气象中心目前台风数值预报业务系统对台风路径的平均预报误差统计,以及新系统对 2007 年台风的预报检验数据(图 5)可以看出,2005—2007 年业务台风数值预报系统的误差基本呈现稳定均态的趋势,没有太大的摆动幅度,但是新台风数值系统 2007 年的检验数据与业务近 3 年平均数据比较,有一个明显改进提高的过程,无论是短期的 1—3 d 预报,还是较长期的

4—5 d的预报,都出现了较大幅度的下降。实际上,从新旧两个系统对2007年台风预报数据直接对比发现,新台风数值预报系统在提高120 h时效的路径预报效果方面有了大幅度的进步。统计发现,24、48、72、96、120 h的路径预报平均误差分别降低了27%、25%、30%、36%、41%,平均幅度为31%。

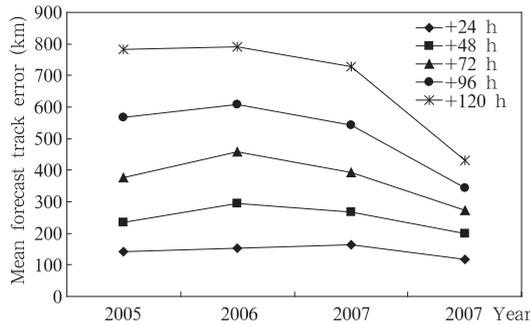


图5 2005—2007年台风平均路径预报误差
Fig. 5 Mean TC track forecast error of during 2005—2007

实际检验数据显示,新台风数值预报业务系统对2007年台风的24、48和72 h的路径预报的平均误差仅为119、201、272 km,这个数据是历年来表现最好的。

6 结论和讨论

利用新设计的台风初始化方案(包括涡旋形成、涡旋重定位和涡旋调整),本文基于国家气象中心全球客观资料分析同化—预报循环系统建立了中国新一代的台风数值预报业务系统,应用于2006年西北太平洋的23个台风试验表明,相比于目前业务上应用的人造bogus涡旋方案而言,新的台风初始化方案在120 h时效内的平均路径预报误差有了大幅的进步,尤其对登陆中国和影响近海的台风取得了令人振奋的预报效果。2007年实时试验运行的数据也显示,新建立的台风数值预报业务系统大幅提高了中国国家气象中心现有的台风路径预报效果。

尽管目前在洋面上还没有足够的观测资料来塑造台风的三维结构,但是实时业务中有些时刻(特别是近海区域)还是可以接收到部分卫星探测资料和零散的常规船舶和飞机探测资料,以新设计的流程运行方案可以让这部分资料在分析阶段被吸收进来,从而进一步改进初始涡旋结构。从资料的使用角度来说,新方案最大化的利用了背景场的台风涡

旋结构信息,这使得上个预报时次的或前几个预报时次的台风观测资料(如果在分析阶段融入了部分观测资料的话)的演变信息被吸收了进来,这在目前台风观测资料缺失的业务情况下,提供了一条便捷的路径。同时,新方案又会吸收当前时刻的台风观测资料(如果有的话),而这些资料与前一个时刻的资料在特征和属性上常常是不一致的,特别是对那些常规的零散的探测资料而言,这样既能最大限度的吸收实时的观测资料,又能保留背景场中有价值的涡旋信息,有效地满足了实际业务应用中的实时预报需要。

目前,试验工作所关注的仅仅是新的台风初始化方案对台风的数值预报表现能力上。以后研究重点将放在新提出的台风初始化方案能否提高全球数值模式的预报效果上,评估台风涡旋正确初始化是否对周围环流形势场的预报产生积极正面的影响?影响程度多大?从而进一步推动和实现国家气象中心台风预报与全球数值预报系统的合而为一过程。

References

- Chen Dehui, Wang Shiwen, Wang Houjun. 1996. Performance of parameterization of sub-scale physical processes in numerical model and its effects on typhoon track forecastings. *Quart J Appl Meteor (in Chinese)*, 7(1):1-8
- Chen Qiyong, Li Zechun, Guan Chengong. 2009. The revised cloud and convective parameterization schemes in the operational T213L31 global model of China and associated forecast experiments. *Acta Meteor Sinica(in Chinese)*, 67(2):227-240
- Chen Qiyong, Jin Zhiyan, Wu Xiangjun, et al. 2004a. Foundation of medium-range numerical forecast system t213l31 on high performance computer IBM/SP. *J Appl Meteor Sci (in Chinese)*, 15(5): 523-533
- Chen Qiyong, Yao Mingming, Wang Yu. 2004b. A new generation of operational medium-range weather forecast model T213L31 in National Meteorological Center. *Meteor Mon (in Chinese)*, 30(10):16-21
- Gong Jiandong, Wei Li, Tao Shiwei, et al. 2006a. Accurate estimation and application of 3-D error covariance structures in global data assimilation part I: accurate estimation of error covariance in observation space. *Acta Meteor Sinica(in Chinese)*, 64(6): 669-683
- Gong Jiandong, Zhao Gang. 2006b. Accurate estimation and application of 3-D error covariance structures in global data assimilation part II: background error covariance structure adjustments and numerical experiments. *Acta Meteor Sinica(in Chi-*

- nese), 64(6): 684-698
- Heming J T, Chan J C L, Radford A M. 1995. A new scheme for the initialization of tropical cyclones in the UK Meteorological Office global model. *Meteor Appl*, 2: 171-184
- Jin Zhiyan, Chen Qiying. 2004. The new generation medium range weather forecast system T213L31 of the National Meteorological Center. *Bimonthly Xinjiang Meteor (in Chinese)*, 27(4): 1-4
- Ma Suhong, Qu Anxiang, Wang Y. 2007. The performance of the new tropical cyclone track prediction system of the China National Meteorological Center. *Meteor Atmos Phys*, 97: 29-39
- McNally A P, Derber J C, Wu W S, et al. 2000. The use of TOVS level-1B radiances in the NCEP SSI analysis system. *Quart J Roy Meteor Soc*, 126: 689-724
- Mino H, Nagata M. 2001. Outline of the new typhoon prediction models at JMA. *RSMC Tokyo-Typhoon Center Technical Review*, No. 4: 1-13
- Parrish D F, Derber J C, 1992. The National Meteorological Center's spectral statistical interpolation analysis system. *Mon Wea Rev*, 120: 1747-1763
- Wang Guomin, Wang Shiwen, Li Jianjun. 1996. A bogus typhoon scheme and its application to a movable nested mesh model. *J Tropical Meteor (in Chinese)*, 12(1): 9-17
- Wang Shiwen. 1999. Advances on typhoon numerical model of NMC and applied experiments. *Quart J Appl Meteor (in Chinese)*, 10(3): 347-353
- 陈德辉,王诗文,汪厚君. 1996. 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*, 7(1): 1-8
- 陈起英,金之雁,伍湘君等. 2004a. 中期数值预报系统 T213L31 在 IBM/SP 高性能计算机上的建立. *应用气象学报*, 15(5): 523-533
- 陈起英,姚明明,王雨. 2004b. 国家气象中心新一代业务中起预报模式 T213L31 的主要特点. *气象*, 30(10): 16-21
- 陈起英,李泽椿,管成功等. 2009. T213L31 全球模式的云和对流参数化方案改进试验. *气象学报*, 67(2): 227-240
- 龚建东,魏丽,陶士伟等. 2006a. 全球资料同化中误差协方差三维结构的准确估计与应用 I: 观测空间协方差的准确估计. *气象学报*, 64(6): 669-683
- 龚建东,赵刚. 2006b. 全球资料同化中误差协方差三维结构的准确估计与应用 II: 背景误差协方差调整与数值试验分析. *气象学报*, 64(6): 684-698
- 金之雁,陈起英. 2004. 国家气象中心新一代业务中期预报系统 T213L31. *新疆气象*, 27(4): 1-4
- 王国民,王诗文,李建军. 1996. 一个人造台风方案及其在移动套网格模式中的应用. *热带气象学报*, 12(1): 9-17
- 王诗文. 1999. 国家气象中心台风数值模式的改进及其应用试验. *应用气象学报*, 10(3): 347-353