

在台风业务系统中使用卫星云导风资料的试验

张守峰 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预报业务系统中引入国家卫星气象中心提供的卫星云导风资料,进行两项预报试验。第一项是把卫星云导风资料作为观测资料进行最优插值客观分析;第二项是将云导风资料加入到轴对称的人造台风模型风场上,使之产生非对称风场。试验结果表明:卫星云导风资料作为观测资料进入模式后对减小台风路径预报误差效果明显;用云导风形成人造台风模型非对称风场可进一步提高台风路径预报精度。

关键词:台风路径预报 卫星云导风 试验

引 言

热带气旋的运动是中低纬度大气环流、不同尺度系统以及台风内部不同结构相互作用的产物,因此对台风路径的预测是一个十分困难的问题。目前国家气象中心使用的台风路径数值预报模式是1996年正式投入业务运行的^[1]。通过近几年的业务运行,发现该模式对近海登陆台风预报效果较好,而对日本以南洋面上的转向台风预报效果较差,这主要与洋面上缺乏常规观测资料有关。数值预报的一个关键问题是初始场的准确性。由于在海上缺乏观测资料,因而应开展卫星资料在台风数值模式中的应用研究,通过对卫星资料的分析处理,给出尽可能真实的台风结构及其环境特征,这必将有助于台风数值预报能力的提高^[2]。

从1997年开始,国家卫星中心每天4次(00、06、12、18时)向国家气象中心传送卫星云导风资料^[3]。如何充分利用好国家卫星中心加工处理的这批有价值的云导风资料,进一步提高台风模式业务预报精度是对我们提

出的迫切要求。

1 国家卫星气象中心的云导风简介及预处理

1.1 国家卫星气象中心卫星云导风简介

用静止气象卫星连续几幅图象推导的风称为云导风。这种资料据欧洲中期预报中心检验的结果是对数值天气预报有最大改进的非常规资料。目前我国卫星气象中心用GMS卫星资料所推导的云导风产品,无论在分布上还是误差检验上都有优良表现。

下面是国家卫星中心提供的卫星云导风质量情况。我国的红外通道卫星云导风与探空资料相比,在对流层上部和中部,风速的绝对平均偏差为 $7\sim 13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向的绝对平均偏差为20度左右;在对流层下部,风速的绝对平均偏差为 $6\sim 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向的绝对平均偏差为30度左右。对流层上中部风速偏差较大,对流层下部风向偏差较大。卫星中心卫星云导风和日本卫星云导风的资料虽然都用同一颗静止卫星GMS-5的图象推导而得,但是我国的卫星云导风与常规探空资料

相比,其偏差比日本的云导风资料与常规探空资料的偏差大。其原因可能是,日本云导风是经过人工剔除后的结果,而我们参与检验的云导风是未经筛选的原始数据。风速偏差还受季节的影响,冬季的偏差要高于春秋季节,这是因为冬季风速本身就大的缘故^[4]。

另外,我国对云图的定位精度不如日本好,但我国卫星云导风的反演点数量要远远大于日本云导风,约为日本卫星云导风数量的4~5倍,更有利于使用。

1.2 卫星云导风资料的分布情况

由国家卫星气象中心加工处理的云导风资料,每天4次定时向国家气象中心传送。我们选用4个个例进行云导风资料应用试验,它们分别是9709(TINA)号台风的1997年8月1日12时和8月6日12时(UTC,下同)的资料,9711(WINNIE)号台风的1997年8月14日00时和8月17日12时的资料。在这两个台风个例中,一个是近海转向台风,一个是近海登陆台风。1997年的云导风资料只有3个层次,即850、500和200hPa的风场。具体的资料分布情况参见表1(表中的资料数是指在地球范围内的资料数)。

表1 云导风资料数

资料日期	200hPa	500hPa	850hPa	总计
8月1日12时	2657	385	745	3787
8月6日12时	2276	408	758	3442
8月14日00时	2553	69	743	3365
8月17日12时	2393	474	779	3646

$$r_i^2 = cc \times \{ \sin^2[A_2 \times (\varphi_1 - \varphi_2)] + \cos(A_1 \times \varphi_1) + \cos(A_1 \times \varphi_2) \times \sin^2[A_2 \times (\lambda_1 - \lambda_2)] \}$$

其中: $A_1 = (\arctan 1.0)/45$, $A_2 = 0.5 \times A_1$, $cc = 4.0 \times R^2$, R 为地球半径($R = 6370\text{km}$), λ_1, λ_2 分别为格点与资料点的经度(弧度), φ_1, φ_2 分别为格点与资料点的纬度(弧度)。

对不计算的格点的风速,用计算格点上 v_j 的平均值来代替。

2 云导风应用的预报试验及结果分析

2.1 云导风作为观测资料进行客观分析的

1.3 卫星云导风资料的预处理

这项工作主要为第二项试验准备资料。所谓预处理就是将云导风资料利用加权平均内插法插到台风模式的粗网格点上(83×55)。台风模式的粗网格预报区域为 $50.625 \sim 0^\circ\text{N}$, $84.375 \sim 161.25^\circ\text{E}$ 。下面简述该方法:首先把云导风 V 分解为 u, v 分量,然后再利用加权平均内插法。对于某一格点,扫描半径取 $3d$, $d = 0.9375^\circ$ 。若扫描区内只有一个值,则不计算。对扫描区内资料进行如下处理:

$$w_i = \frac{1}{1 + ar_i^2} \quad (1)$$

$$r_i^2 = (\Delta x_i)^2 + (\Delta y_i)^2 \quad (2)$$

$$\alpha = \begin{cases} 4 & p = 850\text{hPa} \\ 2 & p = 500\text{hPa} \\ 1 & p = 200\text{hPa} \end{cases} \quad (3)$$

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i v_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

其中, r_i :资料点到内插点的距离, v_i :资料点风场分量(u, v), Δx_i :格点与资料点之间在 x 方向上的距离(km), Δy_i :格点与资料点之间在 y 方向上的距离(km), α :权重系数, w_i :权重, v_j :风场的加权平均内插值。

式(2)中 r_i^2 是直角坐标中的距离,在球极坐标下 r_i^2 的表达式为:

预报试验

目前台风模式的客观分析场分为12层,即50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 850和1000hPa。而云导风资料只有200, 500和850hPa三层。但把云导风资料作为观测资料,可明显提高850、500和200hPa的风场观测资料量。以9711号台风的8月14日00时的客观分析为例,把观测资料加

入云导风前后的用来进行客观分析的资料量以表 2(表中 NH、NQ、NU、NV 分别表示高度、比湿、纬向风分量、经向风分量的资料数)给出。

表 2 观测资料加入云导风前后用来进行客观分析的资料数

层次/hPa	观测资料加入云导风前				观测资料加入云导风后			
	NH	NQ	NU	NV	NU	NV	NH	NQ
1000	1836	1630	231	231	231	231	1836	1630
850	380	341	547	547	1284	1284	380	341
700	398	358	333	333	333	333	398	358
500	408	362	334	334	387	387	408	362
400	403	357	338	338	338	338	403	357
300	401	284	346	346	346	346	401	284
250	393	0	341	341	341	341	393	0
200	390	0	603	603	2812	2812	390	0
100	368	0	281	281	281	281	368	0
70	304	0	224	224	224	224	304	0
50	293	0	215	215	215	215	293	0

从表 2 可看出,在 8 月 14 日 00 时的客观分析中,850、50 和 200hPa 的风场观测资料数分别由原来的 547、334 和 603 增加为 1284、387 和 2812,资料数明显增加。对卫星云导风进行客观分析前,先进行极值以及水平和垂直质量检验,然后用三维变量的最优插值方法进行客观分析^[5],可使云导风这种非常规观测资料直接用于改进模式的初值。

对 1.2 节中提到的 4 个个例,用上述方案进行台风路径数值预报试验。试验结果如表 3 所示。表中的数字代表 4 个个例预报误差的平均值。从表 3 中可以看出,该方案除 24h 预报不如业务预报外,12h、36h 和 48h 预报都比业务预报效果有明显改进。

表 3 台风路径预报的平均距离误差/km

预报时效	12h	24h	36h	48h
试验	110.8	186.0	279.2	451.3
业务	129.1	182.0	350.4	526.0

以本组试验的个例 8 月 14 日 00 时为例可以说明云导风作为观测资料进行客观分析后,得到的台风移动情况与业务相比(见表 4),它的 4 个预报时次的移动方向偏差均比业务小。从平均移动速度偏差(正值表示移动

比实况偏快,负值表示移动比实况偏慢)来看,加入云导风后台风的 12、24 和 36h 移动速度比业务偏慢,48h 速度则偏快。由此可得,云导风作为观测资料进入模式后,虽然使台风移动速度偏慢,但是移动方向偏差减小了,所以距离误差比业务有明显减小。

表 4 台风移动情况比较

试验方案	预报时次 /小时	移动方向偏差/度	平均移动速度偏差/km·h ⁻¹	距离误差 /km
没加入云导风资料	24	21.26	0.02	163.99
	36	33.37	-0.19	366.94
	48	34.05	-0.63	484.66
观测资料	12	1.73	-0.38	136.36
加入云导风资料	24	10.81	-0.22	112.53
	36	22.97	-0.44	285.95
	48	22.35	-0.56	362.24

2.2 用云导风构造非对称的人造台风模型风场试验

在卫星云导风作为观测资料进行客观分析试验的基础上,再把云导风用 1.3 中提到的方法进行预处理后,引入到 bogus 模型风场中。目前的台风数值预报模式是采用轴对称的人造台风模型。人造台风模型的风场主要依靠低层辐合,利用圆柱坐标系中包含摩擦项的定常动量方程组,计算法向风和切向风。在对流层上层假定法向风与低层相反。在本文中,将云导风场以下面简单的方式引入到轴对称风场上形成非对称的人造台风模型风场,并进行预报试验,探索用云导风构造非对称的人造台风模型风场是否可行。

具体的订正公式如下:

$$V_n = V_s \times w + V_c \times (1 - w) \quad (5)$$

其中, V_s : 轴对称风场, V_c : 云导风场, V_n : 非对称风场, w : 权重系数。

在本试验中, V_c 分别代表 200、500 和 850hPa 云导风场, $w = 0.5$ 。

同上面的试验一样,对 1.2 节中提到的 4 个个例,用上述方案分别进行台风路径预报,预报的平均距离误差如表 5 所示。从表 5 可以看出,该方案的预报效果较试验 1 有了进一步提高。它的 12、24、36、48h 的平均距离

误差均比业务误差有明显减小。从这个试验中可以看出,只要用实测的经过处理的云导风更新一部分用经验公式计算出的人造台风模型风场并形成非对称风场,就对台风路径预报有改进。

表 5 云导风构造非对称风场进行台风路径预报的平均距离误差/km

预报时效	12h	24h	36h	48h
试验	89.8	166.0	279.1	431.3
业务	129.1	182.0	350.4	526.0

3 小结

(1)卫星云导风资料作为非常规观测资料进入台风预报模式,可以显著增加观测资料数,尤其是洋面上的资料数。用三维多变量最优插值方法对其进行分析后,可以得到比较真实的环境流场,这对提高台风预报模式的精度是十分重要的。

(2)在卫星云导风作为观测资料进行客观分析的基础上,构造非对称人造台风模型风场,使台风路径预报水平进一步提高。这说明非对称的人造台风模型对台风路径预报起着重要作用。用云导风资料构造非对称人造

台风模型工作是一项新的工作。

(3)最近国家卫星气象中心的云导风资料层次有所增加,质量有所提高,即将提供正式使用,这对克服洋面上资料缺乏,提高台风路径预报的质量是个好消息。上面进行的预报试验只是初步尝试,如何更科学地使用卫星云导风资料有待于进一步探讨。

致谢:在本文的完成过程中,国家卫星气象中心的许健民、方翔提供了卫星云导风资料,国家气象中心的陶士伟在资料分析上提供了帮助,石曙卫、马秀君提供了客观分析资料,在此深表谢意。

参考文献

- 1 王诗文,李建军.台风路径实时数值预报的初步试验.应用气象学报,1994,(4):462~469.
- 2 陈联寿.热带气旋运动研究的新进展.中国气象学会第二十四届全国会员代表大会学术报告论文摘要汇编,1998:63~72.
- 3 许健民.气象卫星和卫星气象进展.中国气象学会第二十四届全国会员代表大会学术报告论文摘要汇编,1998:43~46.
- 4 方翔,张其松,许健民.卫星导风检测报告.待发表.
- 5 Geoffrey J. Dimego, Patricia A. Phoebus, James E. McDonnell. 陶士伟.在 NMC 的 OI 分析中资料处理、质量控制和选取.全球气象资料四维同化译文集,国家气象中心,1985:158~175.

Applied Experiments of the Prediction of Typhoon Tracks by Using Cloud Motion Wind Vectors

Zhang Shoufeng Wang Shiwen

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The cloud motion wind vectors provided by the National Satellite Meteorological Center are applied to the numerical weather prediction system of typhoon tracks at the National Meteorological Center. Numerical experiments of the prediction of typhoon tracks are done for initially inquiring into the method of using cloud motion wind vectors in improving typhoon model.

The experiments consist of two forecast trials. The first one is to take cloud motion wind vectors as observation data to do optimum interpolation objective analysis. Based on the first test, the second one is to put cloud motion wind into the axisymmetric vortex wind field to form asymmetric wind field of bogus vortex. The result indicates that the first one can distinctly reduce the prediction errors of typhoon tracks and the second one can further improve the prediction precision.

Key Word: cloud motion wind vectors experiments prediction of typhoon tracks