

定点海洋气象要素预报技术及自动化发布平台

宋晓姜, 张 彤

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

摘 要:本文以MM5模式运算结果为基础资料,引进海上定点实况气象要素资料与之建立统计模型,最终得到高质量的定点、定时、定量的时效为72 h的客观天气预报。建立可视化操作平台,使其结果得到业务化运行,有效提高日常预报业务化能力和水平。

关键词:数值预报;统计方法;定点预报;自动化发布平台

中图分类号:P457 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2010)04-0079-06

1 引言

随着计算机技术的不断发展,短期天气的数值预报水平有了质的飞跃,使得其客观预报业务化成为可能。渤海的短期天气预报一直因为其复杂的地形特点,典型的局地变化规律和转换频繁的天气过程而较难准确掌握。为了提高该海域定点短期预报水平,我们采取现在先进的数值预报方法与传统的统计方法相结合的思路,得出高质量的定点、定时、定量的短期天气预报产品,最后再加上预报人员主观的人工干预,从而最大程度的提高预报精准度。

一直以来,海上实况资料的缺乏是难以对数值预报产品进行有效订正的一大问题,也一定程度地造成了主观预报由于没有观测数据,起始预报点实况不确定而产生的客观误差。由于我室与美国康菲石油公司有长期的合作项目,从2003年5月开始迄今,一直实时获取康菲公司在渤海海域定点石油平台(38.4°N、120.1°E)的逐日气象、水文资料。这对我们提高对其定点短期天气预报质量有着非常重要的作用。由于有了这些实测数据,使得我们可以利用数值模式给出该定点要素预报数据的同时,采用实测的数据来修正其预报结果,得出一个更精确的统计预报模型,再加上

预报员的人工干预,最终实现定点、定时、定量的海洋气象要素预报,达到提高预报质量,以及预报自动化的目的。

2 数值资料和订正因子确定方法

2.1 数值模拟资料

本文的数值模型背景场资料采用的是美国国家环境保护中心NCEP(National Centers for Environmental Prediction)提供的FNL(Final Analysis)客观分析资料,这是全球范围的格点资料,水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$,26层等压面,时间间隔为6 h;把GTS的观测资料做初步的质量控制并处理为MM5所需要的格式。MM5模式所算出的资料由双线性差分法进行差分。

2.2 模式运行

模式运行的硬件环境为两台双CPU工作站,操作系统为Linux,编译环境为PGI编译器,采用MPI并行方式进行运算。目前模式预报区域为两重嵌套,大区域为亚洲大部 and 西北太平洋海域,格点为 180×130 ,空间步长为60 km,时间步长为120 s;小区域为渤海及黄海北部,格点为 52×40 ,空间步长为20 km,时间步长为40 s^[1]。单点气象

要素提取采用的是双线性插值方法。

3 预报模型的建立

首先整理现有的康菲定站点气象观测数据。样本为2003年~2008年将近5年时间的定点气象数据,将整理好的气象观测数据与数值产品生成的该定点要素预报数据进行统计诊断分析。动力产品释用方法有完全预报法(PPM)、模式输出统计法(MOS)等。完全预报(PPM Perfect Prognosis)方法^[2],即以经验加统计的方法提取在不同的地面气压分布下的预报判断因子,采用因子排序、断绝拟合的方式确定各种预报判别因子的取值范围;预报制作时用数值预报模式输出的各预报时效相应地面气压和风的格点值,进行相应的客观定量分型,然后根据分型进行相应的因子判别,最后产生与数值预报模式输出相对应的各预报时效的海面定点风向风速预报。

3.1 预报因子与预报对象的相关性分析

在预报对象与预报因子单点相关普查的基础上,选取相关系数大而且相互独立的高相关因子,并依据相关系数大小,按能通过0.05显著性 t 检验的标准对因子库进行排序筛选,按不同季节分别建立因子库,和实况按一一对应关系建立分季回归方程(见表1)。最后选择风向、风速、站点气压(Slp)3个相关因子。将风向、风速按照矢量关系进行 U 、 V 分解。下表为实况风与预报风 U 分量、 V 分量之间的相关系数,以及实况风(U 、 V)与站点气压之间的相关系数。

表1 入选因子按季节划分列表

因子 月份	U	SlpU	V	SlpV
1~2	0.83	0.79	0.81	-0.91
3~4	0.73	0.70	0.80	-0.90
5~6	0.76	0.54	0.79	-0.91
7~8	0.68	0.76	0.87	-0.83
9~10	0.81	0.77	0.78	-0.94
11~12	0.81	0.78	0.81	-0.93

按照季节划分求得的回归方程组:

$$Y = a_0 + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_3 + \dots + b_k \times x_k$$

1~2月回归方程:

$$U_{(i)} = 0.776365 \times u_{(i)} + 0.006008 \times slpu_{(i)} - 0.5487$$

$$V_{(i)} = 0.538742 \times v_{(i)} + 0.00815 \times slpv_{(i)} + 0.962732$$

3~4月回归方程:

$$U_{(i)} = 0.642848 \times u_{(i)} + 0.006203 \times slpu_{(i)} + 0.056589$$

$$V_{(i)} = 0.897415 \times v_{(i)} + 0.00396 \times slpv_{(i)} + 1.108861$$

5~6月回归方程:

$$U_{(i)} = 1.006754 \times u_{(i)} + 0.000699 \times slpu_{(i)} + 0.511959$$

$$V_{(i)} = 0.800573 \times v_{(i)} - 0.00273 \times slpv_{(i)} + 1.19981$$

7~8月回归方程:

$$U_{(i)} = 0.718626 \times u_{(i)} + 0.003328 \times slpu_{(i)} + 0.691313$$

$$V_{(i)} = 0.75366 \times v_{(i)} - 0.00642 \times slpv_{(i)} - 0.34691$$

9~10月回归方程:

$$U_{(i)} = 0.74263 \times u_{(i)} + 0.004375 \times slpu_{(i)} + 0.085773$$

$$V_{(i)} = 0.47046 \times v_{(i)} - 0.00595 \times slpv_{(i)} + 0.11176$$

11~12月回归方程:

$$U_{(i)} = 0.595412 \times u_{(i)} + 0.005997 \times slpu_{(i)} + 0.356301$$

$$V_{(i)} = 0.536998 \times v_{(i)} - 0.00484 \times slpv_{(i)} + 0.596731$$

3.2 真实风向、风速合成公式

$$speed_{(i)} = Sqr(u_{(i)}^2 + v_{(i)}^2)$$

$$direction_{(i)} = 270 - Atn\left(\frac{v_{(i)}}{u_{(i)}}\right) \times 180/\pi$$

4 预报效果个例评估

4.1 天气形势分析^[3]

分析2007年3月3日00UTC(描述天气形势均为世界时)地面天气图(见图1)可见,欧亚大陆由两大天气系统控制:一是地面冷高压盘踞在贝加

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \times \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$= \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]}}$$

尔湖西部到蒙古国西部一带,中心气压在1060 hPa以上,稳定少动;二是青藏高原东南部到我国长江下游一带维持了一个东西向的低压带。欧亚大陆呈现南低北高压场特征。长江以北的我国大部地区处于两者之间近于东西向的气压场中。3日12时以后,随着长江中下游低压倒槽不断加深北顶,15时在安徽境内地面倒槽内有气旋生成,并向东北方向移动,强度不断加深发展,4日03时东北移至山东威海成山头附近。其后,主要以向偏东方向移动为主,速度明显减慢,强度继续加深发展(见图3)。4日12时(见图2)中心东移到朝鲜半岛,中心气压994 hPa,较3日15时生成时加深

了近10 hPa。渤海、黄海北部之间气压梯度明显加大,所造成的东北向大风是这次温带气旋爆发的主要特征之一。

4.2 预报效果检验

2007年3月3~5日温带气旋引发的大风过程中,该预报点8级以上大风主要出现在3日21时到21时之间(以下描述均用北京时),下面给出的是该时段我们所获取的实况风向、风速值(见表1)。该纪录为十分钟一组数据,一个小时六组数据,这里提取的是正点前一小时内出现的最低值和最高值。

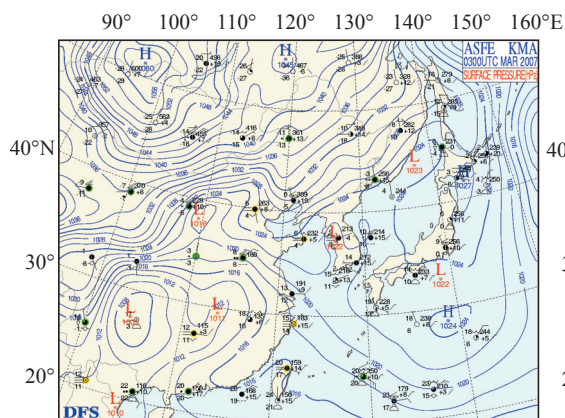


图1 030300UTC地面天气分析图

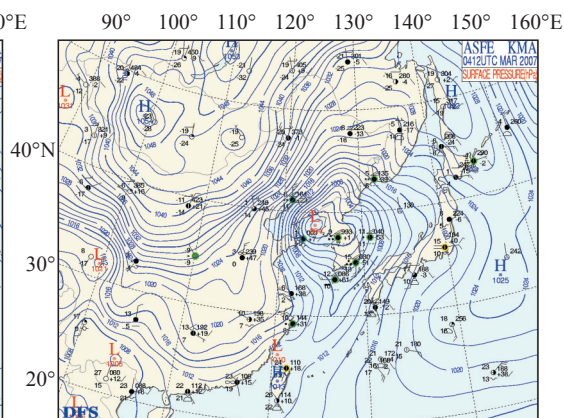


图2 030412UTC地面天气分析图

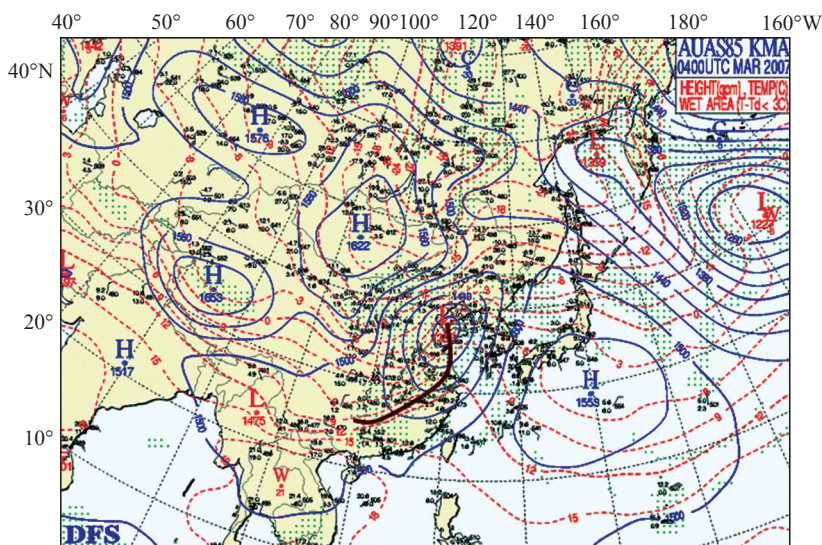


图3 030400UTC 850 hPa高空天气分析图

表2 实况风向风速表

月日	时间	风向	风速
3月3日	21:00	57	17.0~21.0
3月3日	23:00	54	17.0~23.0
3月3日	00:00	52	18.0~24.0
3月4日	12:00	25	25.0~30.0
3月4日	13:00	25	25.0~30.0
3月4日	14:00	23	26.0~31.0
3月4日	15:00	11	23.0~28.0
3月4日	16:00	10	23.0~29.0
3月4日	17:00	2	26.0~33.0
3月4日	18:00	5	26.0~32.0
3月4日	19:00	5	24.0~30.0
3月4日	20:00	1	27.0~32.0
3月4日	21:00	1	20.0~24.0

图4为数值72 h预报与加入统计模型后的72 h预报以及实况风速对比图,每6小时为一个输出点。从图中看出,数值预报的趋势与实况风速是比较吻合的,但对大风的预报整体较实况偏小,本次过程最大风速出现在4日20时前后,从1日、2日、3日20时制作的时效分别为72 h、48 h、24 h对该时次的预报中不难发现,数值预报的风速均比实况要低出7~8 m/s。而经过统计模型优化以后的预报产品,不仅在趋势上更吻合于实况的变

化,同时对最大风速的预报也大大好于数值预报,基本与实况值重合。

5 预报发布平台建立

图5~7为预报平台发布界面,该平台使用VB6.0编程语言开发,是一个及数据调用、运算处理、可视化预报结果为一体的操作平台,最终将量化的时效为72 h的风向、风速预报结果提供给预报员参考。该平台一共分为三个操控键,用三个步骤实现建立统计模型以后的72 h客观化预报。首先调数据,将每天20点MM5数值预报的格点数据下载到微机;第二步将数据插值到预报站点,并用现有统计模型进行调整;最后用公式计算出量化的风向、风速,显示在预报框中,48 h内,每隔6小时输出一组数据,48~72 h输出一组数据。因为模拟的这次强天气过程,主要是气旋出海与冷空气相配合造成的北到东北向的大风,所以在风向的预报上,基本与实况吻合,没有太

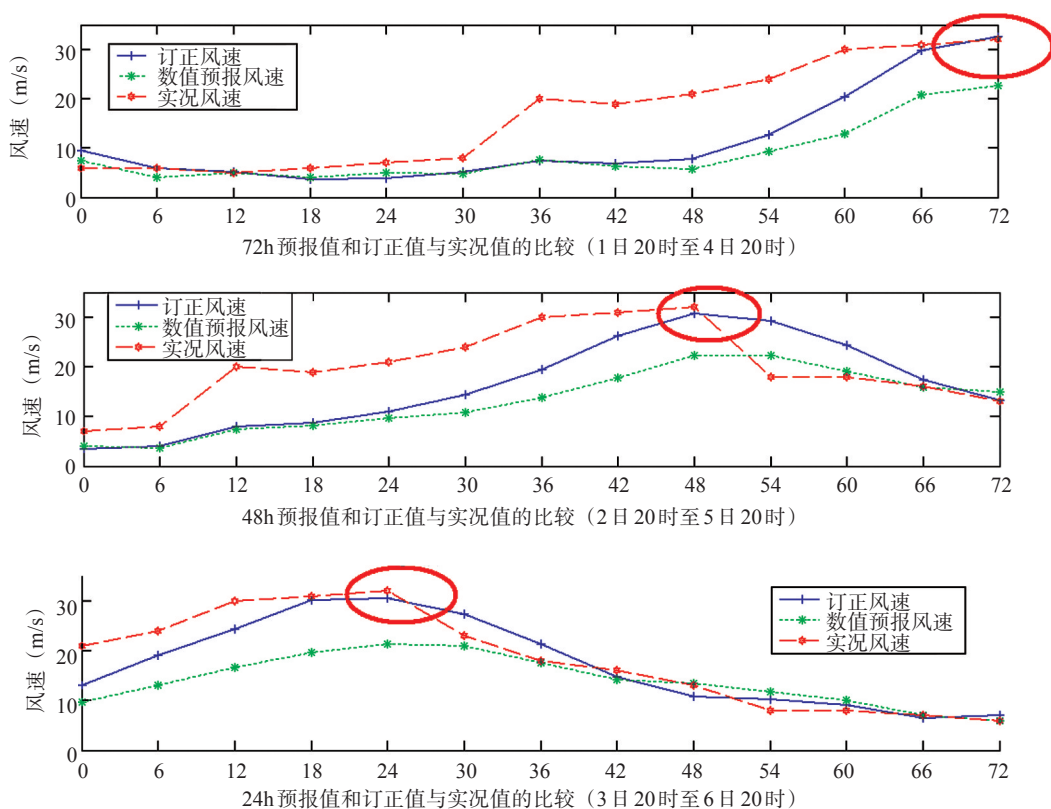


图4 数值预报值和统计模型订正值与实况的比较

预报时间	风向	风速	预报时间	风向	风速
06小时预报: 5号02点	222	6.00	30小时预报: 5号02点	22	5.14
12小时预报: 5号08点	187	5.10	36小时预报: 5号08点	36	7.46
18小时预报: 5号14点	356	3.73	42小时预报: 5号14点	50	6.83
24小时预报: 5号20点	207	3.85	48小时预报: 5号20点	57	7.89
72小时预报: 4号20点	7	32.70	20时分析场: 1号20点	276	9.50

起报点为4月1日20时,最大风速为72 h预报点

图5 平台界面

预报时间	风向	风速	预报时间	风向	风速
06小时预报: 5号02点	56	4.10	30小时预报: 4号02点	48	14.36
12小时预报: 5号08点	31	8.00	36小时预报: 4号08点	52	19.52
18小时预报: 5号14点	36	8.84	42小时预报: 4号14点	29	26.27
24小时预报: 5号20点	46	10.95	48小时预报: 4号20点	11	30.79
72小时预报: 5号20点	50	13.21	20时分析场: 2号20点	220	3.44

起报点为4月2日20时,最大风速为48 h预报点

图6 平台界面

预报时间	风向	风速	预报时间	风向	风速
06小时预报: 4号02点	49	19.17	30小时预报: 5号02点	26	27.35
12小时预报: 4号08点	34	24.31	36小时预报: 5号08点	46	21.30
18小时预报: 4号14点	10	30.15	42小时预报: 5号14点	57	14.86
24小时预报: 4号20点	16	30.64	48小时预报: 5号20点	57	10.78
72小时预报: 6号20点	272	6.98	20时分析场: 5号20点	47	13.11

起报点为4月3日20时,最大风速为24 h预报点

图7 平台界面

大出入。下图用黑色椭圆框在发布平台上标注出了最大风速的时次。

6 结论

当平台获得数值产品之后,通过进行上述统计模型的处理,可以得到该定点区域气象要素(风向、风速)每6小时一次共72 h的预报定量数据。通过0703强温带气旋对选定区域的影响分析与试报结果来看,效果还是比较令人满意的,有效地订正了数值模式结果。如果以后可以从海上获取更多定点的气象要素实况,我们就可以对更多预报单点进行定量、客观的预报,节省人力的

同时还能够有效提高预报质量。

利用现有的预报平台将数值模式的结果通过统计方法改进后,最后加入人工干预可实现定点海洋气象要素预报质量的提高,以及预报自动化的目的。

参考文献:

- [1] 凌铁军等.中尺度数值预报模式(MM5)在海面风场预报中的作用[J].海洋预报,2004,21(4):1-9.
- [2] 中国气象局科教司.省地气象台短期预报岗位培训教材[M].北京:气象出版社,1998,98-102.
- [3] 闫丽凤等. GRAPES 模式对“0703”强风暴潮的数值模拟分析[J].海洋预报,2008,25(4):33-40.