

初始化方案对有限区域海面风场 数值预报模式的影响*

谢 强

(中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境动力学开放实验室, 广州 510301)

侯 一 筠

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

王 东 晓 齐 义 泉

(中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境动力学开放实验室, 广州 510301)

摘 要 在一个已应用于海洋要素预报的有限区域海面风场预报模式的基础上, 以渤海海域为实验海区, 研究初始化方案对有限区域海面风场数值预报模式的影响。对“未采用初始化”与“采用初始化”方法进行了预报实验比较, 结果表明, 初始化方法对有限区域海面风场模式作用明显, 尤其是海面风场的开始阶段, 主要体现在海风与陆风预报能力的差异上。

关键词 有限区域 海面风场 初始化

中图分类号: P732

1 引言

中尺度气象模式为研究、预报中尺度气象现象以及由中尺度气象现象引发的近海海洋现象开辟了另一途径。现有的中尺度模式可分为 3 类。一类是中- α 模式, 其静力平衡的特点和较粗的水平分辨率($\Delta x > 30$ km)使它难以描述风暴的特征。另一类是非静力平衡中- γ 云模式。这类模式采用较高的水平分辨率($\Delta x \leq 30$ km), 能模拟出风暴的一些动力、微结构及宏观演变, 但其初值的理想化和极小的模式区域使它们的研究结果和预报应用受到了极大的限制。中- β 尺度模式网络距一般为 5~30 km, 模式区与中小尺度实验基地相当, 一方面利于充分

本文于 1999-09-25 收到, 修改稿于 2000-02-15 收到。

* 国家 863 计划(818-06-05)资助项目; 中国科学院“九五”项目(KZ952-S1-420)。

第一作者简介: 谢 强, 男, 29 岁, 副研究员, 博士, 现主要从事海气相互作用研究。

运用基地观测资料,另一方面具备了预报对流风暴发生环境和模拟研究风暴与环境间相互作用的能力.但目前尚没有较好的技术为中- β 模式提供初值,因此,中- β 模式很不成熟.

对于与半球或全球粗网格模式嵌套的区域细网格模式的初值,常常取自粗网格模式使用的客观分析场,或者利用粗网格模式提供的预报作为初估场进行细网格客观分析而得到^[1].这些初值,在观测资料稀少的地区,尤其是海上,往往难以描述细网格模式大气的结构特征,影响了预报的结果^[2].所以,不少气象中心在建立了半球或全球资料同化系统之后,又进行区域细网格资料同化方案的开发^[3~7],取得了较好的效果.

但是,由于海面风场资料,尤其是海上初始场资料的匮乏,使得有限区域海面风场,海洋要素的驱动力的研究明显滞后,对于海洋要素的预报,仍然没有与有限区域风场模式的迅速发展有效的结合起来,所利用的风场大多仍然是天气尺度风场的插值,也就是说,没有一个适合于海洋要素预报的有限区域风场模式.

本文在谢强^[8]针对海洋要素数值预报所建立的有限区域海面风场的基础上,结合以上工作基础,设计了针对区域海面风场的初始化方案.

2 初始化方案

本文所研究的区域海面风场属于中- β 尺度模式,其预报时效一般为0~12 h,对初值场要求较高.对变化剧烈的局地天气,我们寄希望于未来有效地将卫星、雷达、大气廓线仪、地面高分辨观测等提炼出的扰动信息和中- α 模式较精确的预报引入模式来改进它们的预报.当有足够可用的观测资料时,中尺度模式初值化方法主要有3类^[9]:(1)客观分析,(2)动力初值化,(3)正规波初值化.

但是,对中尺度情形,大范围的观测,特别是垂直结构的观测往往不能满足要求,通常在一个模式域内只有1个或2个探空站,而且一天只放一到两次探空,在这种情况下,本文首先采用探空资料的客观分析方法构造模式初始场.

2.1 探空资料客观分析

单点探空处理方法主要是根据地面和高空各层的温度、露点温度、气压诊断求出这些层上的比湿、饱和比湿和高度,再将这些参数线性插值(气压为对数插值)到地形坐标面上,最后诊断出密度、无量纲气压、位温、湿位温等初始值.而中央气象台发布的高空常规资料也是通过探空资料进行的客观分析.

例如:有3个探空站资料可用(本文选取大连、烟台两地结合一处位于渤海海上的平台资料),那么可用下式确定每个网点上应变量的值:

$$\phi = \left(\phi_1 \frac{1}{\gamma_1^2} + \phi_2 \frac{1}{\gamma_2^2} + \phi_3 \frac{1}{\gamma_3^2} \right) \left(\frac{1}{\gamma_1^2} + \frac{1}{\gamma_2^2} + \frac{1}{\gamma_3^2} \right)^{-1}, \quad (1)$$

式中, ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 是从3个分别与网格点相距 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ 的探空站上获得的观测值,而 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ 从规定的格点上求出.气象台接收到的常规高空资料也是采用类似的客观分析方法得到的.本文的计算同样参考了这些常规探空资料.

但是,把这种客观分析方法运用到探空资料时,尤其是应用到海面风场的计算时,由于海陆差异等原因,并不能肯定该探空资料就是全区域近地面、海面的代表值,例如,假设清晨从某处(陆地台站)旋设探空,那么陆地近地层辐射冷却情形下的探空结果,是不能代表海洋地区状

况的. 因此, 对于垂直方向的风场结构, 尤其是低层风结构, 尚需采用其他方法来处理, 以达到分辨海风与陆风的目的.

2.2 一维动力初值化方法

本文采用一维边界层模式来估计低层风(200 m 以下), 这种方法称为一维动力初值化方法. 在行星边界层可根据下列方程计算风廓线

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k(z) \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f(v - v_g), \quad \frac{\partial v}{\partial t} = k(z) \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f(u - u_g), \quad (2)$$

其中, u, v 为实测风分量; u_g, v_g 是地转风分量, 具体作法是积分上述方程组, 直到 u, v 随时间变化达到稳定为止, 一般积分到 6 倍惯性周期($2\lambda/f$) 便可以达到要求, 得到各层(本研究低层共分 8 层)上的初值后, 运用 Nudging 方法进行调整.

2.3 一维动力初始化结合 Nudging 方法^[10]

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= K(z) \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f(v - v_g) + G_u(u_{\text{obs}} - u), \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= K(z) \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f(u - u_g) + G_v(v_{\text{obs}} - v), \end{aligned} \quad (3)$$

其中, u_g, v_g 为地转风水平分量; G_u, G_v 是 Nudging 强迫系数; $u_{\text{obs}}, v_{\text{obs}}$ 为观测值.

方程中附加项的受迫系数可以假设是观测精度, 测站距离和格点以及受迫系数的函数, 也是预报方程中其他各项典型量级的函数, 利用该方法, 守恒方程本身被用以给出模式中各应变量初值, 并使其在物理上保持一致.

可见, 这种方法比伴随资料同化^[11]等方法要简便实用, 尤其适用于沿岸台站做业务化预报.

综上, 我们提出了一套较为科学, 又计算较为简便的初始化方法, 即:

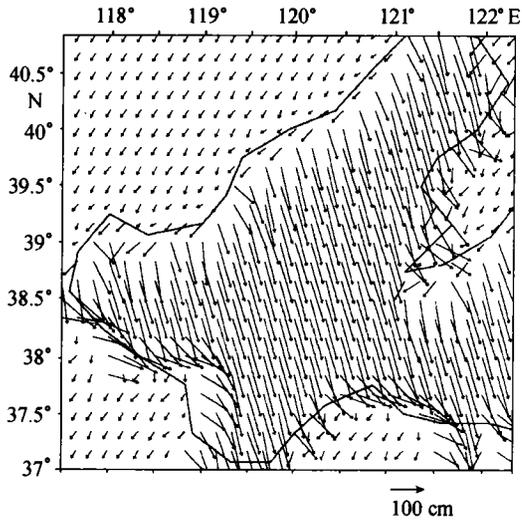
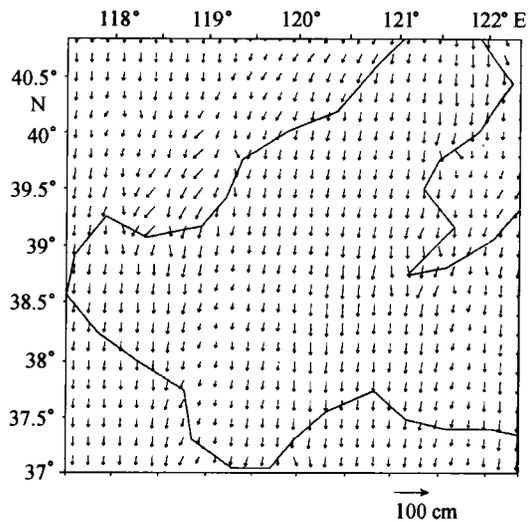
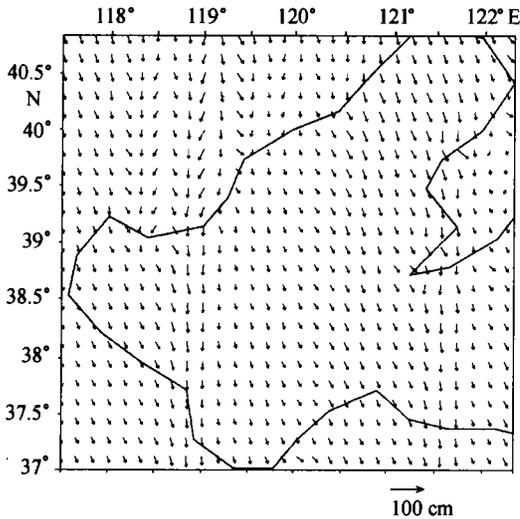
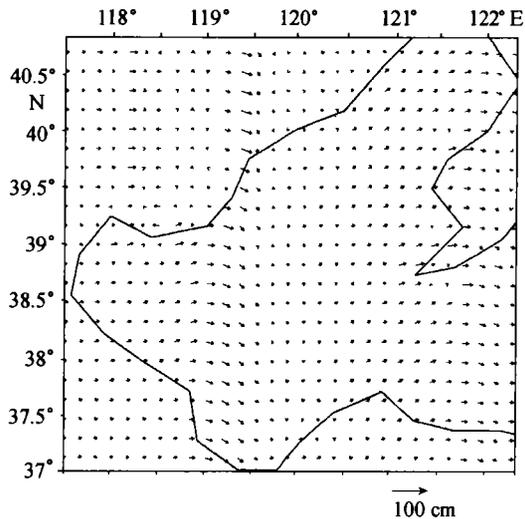
- (1) 低空资料(本研究低层共分 8 层)采用式(2)方法求出各垂直层上风速值.
- (2) 高空资料认为陆地与海洋差异不大, 直接运用探空资料水平插值获得.
- (3) 得到各个垂直分层上资料后, 运用 Nudging 方法进行调整, 获得最后的初始场, 应用于预报方程之中.

3 初始化实验

为了验证上述初始化方法在海面风预报中的作用, 选取渤海海域作为实验区($37^\circ \sim 41^\circ \text{N}$, $117.5^\circ \sim 122.5^\circ \text{E}$), 分别采用“未用初始化方法”和“采用初始化方法”两种方案对 1998 年 3 月 19 日 8~16 时的风场进行预报实验, 将“采用初始化方法”获得的风场(定义为 \vec{v}_1) 减去“未用初始化方法”获得的风场(定义为 \vec{v}_0), 得到一个风场的矢量差 \vec{v}' , 通过分析整个预报过程 \vec{v}' 的变化来考察初始化的作用.

图 1 至图 4 分别是 8:30, 10:00, 12:00 和 20:00 \vec{v}' 的分布情况. 图中带箭头矢量为 \vec{v}' 矢量, 实线为渤海海域的岸形.

当预报开始阶段, 如图 1 为预报开始后半小时时刻, 从图中可见, \vec{v}' 的值较大, 尤其是海上更为明显(接近 3 m/s), 而且海陆的差异较明显(\vec{v}' 的大小和方向均有明显差异). 这说明初始

图 1 8:30 \bar{v} 场分布图 2 10:00 \bar{v} 场分布图 3 12:00 \bar{v} 场分布图 4 16:00 \bar{v} 场分布

化方案在预报的开始阶段非常敏感,尤其是对海陆差异的反映非常显著,这是因为,我们平常所获得的资料多为陆地站点的资料,海上资料很少,而未采取初始化方案的模式初始场的获得仅是这些陆地站点资料的简单插值,显然将海陆差异的影响抹杀掉了,而本文所采用的初始化方案正是针对海面风场(如本文 2.2 所述),考虑海陆差异即不规则水陆交界线对地(海)面流场的影响所采取的方案,这也正是图 1 中海上 \bar{v} 值比陆上 \bar{v} 值大的多的原因所在。

图 2 为预报开始后两小时,即 10:00 的 \bar{v} 值分布情况,与图 1 相比,最明显的区别就是海陆的差异明显减小,而且 \bar{v} 值也开始减小(为 1~2 m/s)。这些变化要归功于风场模式本身对海陆差异的热力效应、地形的动力效应等的考虑^[8],也就是说,随着预报时刻的推移,模式本

身的作用开始体现出来. 另外, 值得注意的是, 与图 1 相比, 就 \bar{v} 的方向而言, 海陆差别已不是很大, 而且方向与图 1 中陆地上的方向趋于一致, 这就更说明“采用初始化”与“未用初始化”相比, 最突出的区别就是海面风的区别.

图 3 为 12:00 的 \bar{v} 值分布情况, 可以看出, 尽管 \bar{v} 值进一步减小, 但仍较大(1 m/s 左右), 说明尽管模式在不断起作用, 但初始化的作用仍有所体现. 也就是说, 初值对模式的影响随着预报时刻的推移, 开始逐渐减小, 可见模式的调整能力较强, 这可能与模式本身就是一个中尺度的海面风场模式并考虑了海陆差异以及陆海的动力、热力调整有关.

从图 4(16:00)看, \bar{v} 值进一步减小到 0.5 m/s 以下, 可以认为这时的风场主要依赖于模式本身. 也就是说, 当预报时刻开始后的 8~10 h, 随着模式本身的调整, 风场的预报对初值的敏感程度已经很小了.

综上所述, 我们认为: 在预报初始时刻, 模式对初值的敏感程度较大, “未采用初始化”与“采用初始化”预报的风场差异较大, 尤其是海上更为明显, 这是因为“未采用初始化”没有考虑海陆的动力、热力差异, 而“采用初始化”则考虑了这一差异; 随着预报时刻的推移, 预报值更依赖于模式的好坏, 因此, “未采用初始化”与“采用初始化”的预报能力的差异逐渐减小, 这与实际相符.

可见, 由于海面风观测资料较少, 而区域海面风场对初始场要求较高, 为了解决这一矛盾, 在今后的海面风场模式及初始化研究中, 随着卫星覆盖率的增加, 根据卫星遥感信息的实时性和细分辨性质, 将卫星遥感信息较好地引入, 将是一个发展的方向.

4 结论

与大尺度模式相比, 初始化方案对中尺度模式更加重要, 尤其是对提高短时、实时预报的准确性意义重大.

通过以上的比较研究, 得出以下结论:

- (1) 本文针对岸站资料设计的有限区域海面风场初始化方案能够改善海面风场的预报.
- (2) 本初始化方法对有限区域海面风场模式作用主要体现在海面风场的开始阶段以及海风与陆风预报能力的差异上.

综上所述, 我们认为, 为了更精确地描述海面风等大气、海洋及其相互作用的状态, 不仅需要高质量的预报模式和计算机系统, 实时准确的观测资料、科学合理的初始化方法也非常重要.

参考文献

- 1 朱宗申, 石曙光, 张跃堂. 国家气象中心全球资料四维同化试验. 应用气象学报, 1992, 3(增刊): 167~180
- 2 Bell R S. The meteorological office fine-mesh data assimilation scheme. Meteor Mag, 1986, 161~177
- 3 Mills G A, Seaman R S. The BMRC regional data assimilation system. Mon Wea Rev, 1990, 118: 1 217~1 237
- 4 Petersen R A, Dimego G J, Hoke J E, et al. Changes to NMCs regional analysis and forecast system. Weather and Forecasting, 1991, 6: 133~141
- 5 郭肖容, 郑国家, 朱宗申, 等. 一个有限区分析预报系统. 中期数值天气预报研究成果汇编(三). 北京: 气象出版社, 1991. 88~197
- 6 朱宗申, 郑国安. 分析初值对暴雨数值预报影响的试验. 应用气象学报, 1993, 4(3): 341~348

- 7 顾弘道, 钱正安, 焦彦军, 等. 有限区域模式中一些物理过程的参数化及预报试验. 中期数值天气预报研究成果汇编(三). 北京: 气象出版社, 1991. 225~265
- 8 谢 强. 有限区域海面风场数值模式及其在海洋动力要素预报中的应用[博士论文]. 中国科学院海洋研究所, 1999. 91
- 9 Pielke R A. A three-dimensional numerical model of sea breeze over south Florida. *Mon Wea Rev*, 1974, 102: 115~139
- 10 Ghil M, Malanotte-Rizzoli P. Data assimilation in meteorology and oceanography. *Adv Geophys Res Oceanogr*, 1991, 13: 1 093~1 104
- 11 王东晓, 吴国雄, 兰 健, 等. 一个海洋环流模式伴随系统的初步试验. *自然科学进展*, 1999, 9(9): 824~833

Influence of initializing on the sea surface wind field numerical forecasting model in limited areas

Xie Qiang,¹ Hou Yijun,² Wang Dongxiao,¹ Qi Yiquan¹

1. LED, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071

Abstract——On the base of the sea surface field numerical forecasting model which has been used in forecasting the marine elements, on the Bohai Sea, “initializing” and “non-initializing” are compared through a contrast experiment. The results show that the influence of initializing is very important to sea surface field numerical model in limited areas, especially the wind field or the sea at the beginning periods that can be seen from the different ability of forecasting between sea wind and land wind.

Key words Limited areas, sea surface wind field, initializing