

中国近海海面风场预报方法综述

李 敏¹, 王辉², 金啟华¹

(1. 中国气象科学研究院, 2. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

摘 要:海上大风是一种灾害性海洋天气现象,能够准确、及时的预报海上大风对沿海地区的防灾减灾具有十分重要的意义。目前近海风场的预报方法有经验预报、统计预报、数值模式预报和统计动力(数值产品的释用)预报等。本文主要针对这些预报方法进行汇总与分析,为预报员提供可靠的依据。

关键词:中国近海;海面风场;预报方法

中图分类号:P732 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2009)03-0114-07

1 引言

我国地处世界上最大的欧亚大陆东部,东临世界最大的海洋—太平洋,海岸线较长,南北跨越40多个纬度,沿岸有渤海、黄海、东海和南海。并且,我国近海海上风场具有十分明显的季节特征和空间特征,主要表现为^[1]:我国近海海域海上风速与同纬度的其他海域相比较强;冬季的东北风比夏季的西南风强;近海海面出现的台风、强冷空气活动等现象比较频繁。主要有黄、渤海的偏北大风和西南大风,东海的偏北大风和偏东大风,台湾海峡的东北大风,南海北部的偏北大风和西南大风,南海中部和南部的西南大风等。海上大风天气是我国沿海地区常出现的一种灾害性天气现象,对海洋工程、安全生产、航运作业危害甚大,所以准确、及时的海上大风预报尤为重要。

以前对海上大风的预报主要是靠个人经验来进行预报。但随着计算机能力的迅速提高和数值模式的不断完善,利用数值模式来预报海面风场现已成为一种趋势。同时,数值模式的输出结果包含了大量的信息,可视化软件也可以逼真的显示出天气系统的二维和三维结构及其动态的变化图像,在业务预报中随时可以输出以提供参考。

全球主要的数值天气预报中心和发达国家都拥有自己的全球中期预报模式,并且是发展的主要方向。国外目前的业务化预报模式^[2-3]主要有欧洲中心全球谱模式(TL799L 91,水平分辨率为25 km,垂直分91层)、日本全球谱模式(TL959L 60,水平分辨率为20km,垂直分60层)、GFDL(美国海洋大气局地球流体动力实验室有限区域数值预报模式)、NO2GAPS(美国海军全球大气预报谱模式)、UK2MET(英国气象局全球谱模式)等。国外对海上风场的预报研究的较早,所以发展较为成熟。数值预报产品可以提供多要素、

收稿日期:2009-05-30

基金项目:国家自然科学基金项目(40576012)

作者简介:李敏(1982-),女,硕士研究生,主要研究方向为海洋环境科学。

多时空尺度的预报产品,预报效果也比经验和统计方法有较大的提高。

我国对近海风场的研究起步较晚,在许多方面还存在着不足和改进的地方。针对我国近海大风的显著特点,通过业务科研人员多年对近海地区天气的研究,本文总结出了多种针对我国近海风场的预报方法及模式。

2 我国近海大风的主要预报方法

目前,各气象台站及研究所采用的预报方法主要有:经验预报、统计预报、数值模式预报和统计动力(数值产品的释用)预报等。

2.1 经验预报

经验预报主要是靠预报员根据天气学原理,结合多年的预报经验,如影响风的主要因素、变化规律等特点,总结出的预报方法。最为普遍的经验预报方法是用沿岸陆上测站的风代替或据经验推算出海面上的风。刘京雄^[4]等将东海区的海陆风相对比,得到了海面风速与陆上代表站风速的关系式,并通过海陆比值分析、差值分析和测站间对比分析,论证了所使用方程的可靠性,为实时、定量地预报海面风提供了一种方法。作者将陆上代表站实测的风速代入定量关系式中,算出对应的各海区代表站的风速值,并与海上各站的实测风速值进行对比发现,计算得到的海面风速代表性较好,偏差次数少,拟合率高。但是计算风速一般小于海上实际风速,且对9级以上大风敏感度较差,计算的偏差大。

2.2 统计预报

统计预报也是一种较为传统的预报方法,主要有:概率预报、回归预报、客观相似预报等。传统的预报方法具有预报效果较好、易于在日常业务中投入使用、参考价值高等特点。

概率预报即通过多年的数据资料经过一系列的数据处理运用气象统计的方法得出的概率统计方程组。冬季广东沿海海域盛行东北季风,毛绍荣^[5]等通过对1988~1997年10a中冷空气造成的广东沿海强东北季风过程进行统计,挑选出多个与强东北风相关程度较高的因子做最优因子组合,考虑各因子与强风的相关程度(最大概括率)不同,引入调整系数,建立了24条概率预报方程,形成了冬春季强东北季风概率预报方法。通过预报检验,该方法的预报结果效果良好,具有较高参考价值。

回归方程也是常用的方法之一。周伟隆等^[6]用统计方法建立粤东海面风的回归预报方程。由于海面风场观测资料较少,将福建东山作为指标站,取样本中与东山风速相关系数绝对值最大的15个气压差序列,再和与此15个气压差序列相对应的东山风建立多元线性回归方程。舍去相对量级较小的权重系数,对东山风再做回归分析,减少权重因子,最终得到一个较为准确的回归方程。检验表明该方法算出的海面风速可信度较高。

由于海上风场的变化具有一定的规律性,因此能够得知其规律性及主要影响因子对

海上风场的预报具有重要的意义。相似预报方法就是在此基础上的得到的预报方法。颜梅等^[7]根据朱乾根(1992)对影响地面风速的几个重要因素的结论以及多年的预报经验,选取和黄、渤海大风相关的因子,和海岛风场资料作逐步回归分析,设计了一种通过计算相似系数查找相似的方法,提出了渤海地区 24h 大风的客观预报方法。通过个例对比说明预报效果较好,预报得到的风速误差在 20 % 以下,满足大风预报业务的要求。但是相似系数预报方法还存在着一定的误差。相比较的两个大风过程的地面形势虽然相似,但实况相差很大,其原因:一是因为相似区之外的天气系统可能被忽略掉,二是影响地面风速的因素很多,如变压梯度、动量传递等,单纯用地面气压场作指标只能在一定程度上做出风场预报,却不能完全解决风场的预报问题,还需要通过设计包含高低空等多方面因素的综合相似系数来解决。

2.3 数值模式预报

近些年,计算机运行速度的显著提高,带动了数值预报模式的飞速发展,海面风场的预报模式也有了长足的进步。最早的海上风场的预报主要是二维模式,没有复杂的动力模式和初始场。高山红^[8]等建立的风场诊断模式就是这样一个简单的水平二维风场模式,该模式利用地面格点气压场,诊断出地面风场,再利用沿海观测站的实测风资料,通过简单的资料同化对诊断出的风场进行调整得到最终的预报结果。该模式的最大优点是简单、有效、实用,模拟得出的海上风场也能较好的与实际风场相吻合。

由于二维模式框架结构简单,想要准确、及时的预报海上风场还是远远不够的,所以研究人员在二维模式的基础上研究建立了复杂的三维预报模式。

国家海洋预报中心在 2003 年 8 月引进了由美国宾州大学(PSU)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合研制的有限区域中尺度大气模式—MM5^[9-10],将其进行改进并投入到海面风场的业务化预报中,该系统运行稳定、预报海面风效果较好。并且在大尺度天气背景场变化的情况下模拟和预报海岸带风场得到的结果较好。MM5 模式现在也是国家海洋环境预报中心预报海上大风的主要预报方法。

WRF(Weather Research and Forecast)模式是由许多美国研究部门及大学科学家共同参与进行开发研究的新一代中尺度预报模式和同化系统^[11-13]。WRF 模式具有可移植、易维护、可扩充、高效率、方便等特性。国家海洋环境预报中心分别用 MM5 和 WRF 模式进行了海面风场的模拟试验发现,WRF 预报的结果好于 MM5,MM5 模拟的结果与实际天气系统相比有一定的滞后性,而 WRF 模拟的结果与实际的海面大风过程更接近,预报效果更好。现 WRF 模式已经在国家海洋环境预报中心投入准业务化阶段。WRF 模式的初始条件、边界条件与 MM5 一致却有更好的同化方案和很多优点,但是由于引入时间不长,所以 WRF 模式还需经过一段时间的摸索与改进。

除有限区域风场模式外,用于业务化的海面风场的预报模式还有国家气象中心数值室使用的 T_{213L31}(水平分辨率为 60km,垂直分 31 层)^[14]。该模式是全球模式,在引进的欧洲中期天气预报中心 IFS(Integrated Forecasting System)模式框架的基础上,经改造和开

发形成的新一代全球中期数值预报业务 T_L213L31 系统。并与原 T_L106L19 系统进行了平行试验,于 2002 年 3 月投入准业务运行,2002 年 9 月 1 日在国家气象中心正式业务化。T_L213L31 是我国第一代大规模并行化的中期数值预报模式,比 TL106L19 有较显著的进步,但与欧洲中心的中期预报相比,还存在着较明显的差距,需进一步的改进和完善。现全球谱模式升级为 T_L639L60(水平分辨率为 30km,垂直分 60 层)全球中期数值预报系统,并于 2007 年 12 月准业务化运行。运行结果显示,T_L639L60 提供的风场资料比 T_L213L31 更能准确的预报海上风场的发展形势,得到的预报效果更好。

带来海上大风的另一普遍现象就是夏季台风。而我国在台风数值预报模式研制和应用方面起步相对较晚。先前国内外对台风预报多采用的是对称风场,但是台风存在着很明显的非对称性,所以用对称性的风场来预报台风存在一定的误差。陈孔沫^[15]用一根热带气旋外围的等压线代替难以确定的最大风速半径,可以避免使用最大风速半径产生的误差,但外围等压线预报场位置的确定比较复杂。国外 Zou^[16]利用对称的台风模型通过四维同化方法得到非对称的初始场,从而得到较好的预报效果。

我国东南海域夏季经常遭受台风的袭击,所以能准确及时的对台风的路径及强度做出预报极为重要。由国家气象中心、上海台风研究所和广州热带海洋气象研究所建立的台风模式现已投入到业务使用^[17-18]。该模式是将全球谱模式 T_L213L31 系统,进行客观分析,并在分析场中加入了非对称的人造台风,对台风进行每天 4 次的 120 h 预报。通过检验其预报能力已接近中央气象台的主观预报。

近年,中国气象局气象数值预报创新基地开发了多尺度的同化与数值预报系统(简称 GRAPES, Global Regional Assimilation and Prediction System)。GRAPES 对天气形势和中尺度天气系统有较好的预报能力。GRAPES 于 2004 年 6 月开始准业务预报试验。广州热带海洋气象研究所现在运用于海上风场的预报模式是在 GRAPES 的基础上又进一步考虑地形等环境要素所研发出来的的区域中尺度模式,分辨率可以达到 $0.36^{\circ} \times 0.36^{\circ}$,预报区域在 $0^{\circ} \sim 56^{\circ}N$, $81^{\circ} \sim 160^{\circ}E$ 。业务化至今,该模式对热带气旋路径具有良好的预报精度和预报稳定性。

目前,数值模式在近海海面风场预报业务中所占的比重越来越高,且预报水平和准确度也有了较大的提升。但是和国外的先进的预报模式仍然存在着较大差距,数值模式现在仍不能很好的在实际业务中得到合理、充分的运用。主要原因有:(1)海上实况资料缺乏,无论是海面或高空资料都较少,为构造真实准确的初始场带来了困难;(2)现有模式的空间分辨率仍较低;(3)各种非常规观测资料的同化能力效果不理想,需要进一步的研究。

2.4 统计动力预报(数值产品释用)

统计动力预报(数值产品释用)是在模式预报现有能力的基础上,进一步提高预报准确率的有效的途径之一,常见有 PP 法和 MOS 方法。

完全预报(Perfect Prognosis)方法,即利用历史天气图中的气压场资料进行客观分析

和根据不同的地面气压分布进行客观定量分型,并以经验加统计的方法提取在不同的地面气压分布型下的预报判断因子,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强风预报。林良勋^[19]等根据梯度风原理,用经验和统计方法挑选出相关因子,形成了一套应用日本数值预报模式输出、适用于广东海面强风预报的完全预报(PP)方法。检验后说明,PP方法在较长的预报时效内仍能保持较高的预报准确率,而这却是主观预报所不容易达到的。通过比较还发现:冷空气的强度越强,PP方法的预报准确率越高;试用期间不同月份其预报准确率的差异不明显,说明PP法预报能力在不同的季节下相对稳定。所以PP法对广东的海面强风具有较强的预报能力;用完全预报方法做沿海海面强风预报是可行的。

另外一种常见的模式与统计相结合的海上风场预报方法—模式输出统计(Model Output Statistics, 简称MOS)^[20-25]法。它是一种将数值模式所输出的历史资料结果进行加工处理,再与要预报的天气要素利用统计方法建立统计方程,预报时将方程中所需要的数值产品代入方程中即可得到所要预报的天气要素的预报。首先将数值模式输出的历史值进行差值处理,再选取预报因子进行回归、相关性分析,剔除与预报相关不大且物理意义不明显的因子,将选取留下的因子和实况按对应关系建立回归方程即MOS预报方程,最后用历史的资料带到预报方程中进行检验。一般对于多个因子采用的是多元线性回归和逐步回归。国家气象中心也用MOS法来做海面风的预报。通过预报效果评估可以看出MOS法预报效果较好,但是MOS预报结果有时会受到季节的影响,所以还需要改进完善。

3 总结与讨论

传统的经验预报和统计预报是经过长时间的实践经验积累起来的,在某些特定情况下具有一定的优势。但是由于预报员的经验有个体差异,存在着不确定性,另外统计预报要大量的实际观测数据,而海上的观测数据稀少,开展起来有困难。由于以上原因,传统预报方法准确率的提高有限。

模式预报可以提供多时空尺度的数值预报产品,可视化程度高,便于应用,同时由于模式的不断改进,已经具有相当的准确率。但是由于海上数据资料缺乏,为构造真实准确的初始场带来了一定的困难;现有模式的空间分辨率相对较低,得出的结果仍存在一定的误差;各种非常规观测资料的同化效果不太理想等因素也制约了模式预报的准确率。

由于模式的改进需要花费大量的人力、物力和财力,所以大力发展统计动力预报(数值产品释用技术)的研究和应用,将统计和模式结合起来,发挥各自优势,应是海面风预报方法的主要发展方向之一。

参考文献:

- [1] 阎俊岳, 陈乾金. 中国近海气候[M]. 科学出版社.1993.
- [2] 杨昌贤, 郑艳, 林建兴等. 数值预报产品检验和评估[J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (2): 32-37.
- [3] 张建海, 诸晓明. 数值预报产品和客观预报方法预报能力检验[J]. 气象, 2008, 32 (2): 58-63.
- [4] 刘京雄, 唐文伟, 朱持则等. 浙闽沿海和台湾海峡海域冬季大风风速计算方法探讨[J]. 台湾海峡, 2004, 23 (1): 8-13.
- [5] 毛绍荣, 林镇国, 梁健等. 广东沿海强东北季风的概率预报方法[J]. 热带气象学报, 2003 19 (1): 94-100.
- [6] 周伟隆, 陈往溪, 肖巍. 粤东海面冷空气强风的统计分析与预报[J]. 广东气象, 2005, 4: 20-22.
- [7] 颜梅, 范宝东, 满柯等. 黄渤海大风的客观相似预报[J]. 气象科技, 2004, 32 (6): 467-470.
- [8] 高山红, 张新玲, 吴增茂. 渤海海面风场的一种动力诊断方法[J]. 海洋学报, 2001, 23 (6): 51-58.
- [9] 季晓阳, 吴辉碇, 杨学联. 海面风场数值预报的历史和现状[J]. 海洋预报, 2005, 22: 167-171.
- [10] 凌铁军, 张蕴斐, 杨学联等. 中尺度数值预报模式(MM5)在海面风场预报中的应用[J]. 海洋预报, 2004, 11: 1-9.
- [11] Georgy A. Grell et al. A description of the fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale model (MM5V2), NCAR/TN-398+STR. NCAR TECHNICAL NOTE 1995.
- [12] 赵洪, 杨学联, 刑建勇等. WFR 与 MM5 对 2007 年 3 月初强冷空气数值预报结果的对比分析[J]. 海洋预报, 2007, 24 (2): 1-8.
- [13] Michalakos J, Dudhia J, Gill D, et al. Design of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model, <http://www.wrf-model.org> 2001.
- [14] 朱振铎, 端义宏, 陈德辉. GRAPES-TCM 业务实验结果分析[J]. 气象, 2007, 33 (7): 44-54.
- [15] 陈孔沫. 台风海面最大风速的计算[J]. 海洋学报, 1989, 11: 31-41.
- [16] Zou X, XIAO Q. Studies on the initialization and simulation of a mature hurricane using a variational bogus data assimilation scheme[J]. J Atmos Sci, 2000, 57: 836-860.
- [17] 陈起英, 姚明明, 王雨. 国家气象中心新一代业务中期预报模式 T213L31 的主要特点[J]. 气象, 2004, 30(10): 16-21.
- [18] 陈德辉, 沈学顺. 新一代数值预报系统 GRAPES 研究进展[J]. 应用气象学报, 2006, 17 (6): 773-777.
- [19] 林良勋, 程正泉, 张兵等. 完全预报(PP)方法在广东冬半年海面强风业务预报中的应用[J]. 应用气象学报, 2004, 15 (4): 486-493.
- [20] 叶燕华, 王平鲁, 孙兰东. 用 MOS 法建立预报方程的试验流程[J]. 甘肃气象, 2002, 20 (1): 13-15.
- [21] Facsimile Products :Max/Min temperature forecasts. National Weather Service Forecasting Handbook No.1 (July 1979) U.S. Department of commerce NOAA National Weather Service.
- [22] 刘还珠, 赵声蓉, 陆志善等. 国家气象中心气象要素的客观预报—MOS 系统[J]. 应用气象学报, 2004, 15 (2): 181-191.
- [23] 陈豫英, 陈晓光, 马金仁, 等. 风的精细化 MOS 预报方法研究[J]. 气象科学, 2006, 26 (2): 210-216.
- [24] 陈贝, 张勇, 詹晓琴等. MOS 预报方法研究[J]. 四川气象, 2005, 92: 6-8.
- [25] 辜旭赞. 湖北分县 MOS 预报系统建立与评分[J]. 气象, 2008, 34 (2): 43-51.

A review on the forecast method of China offshore wind

LI Min¹, WANG Hui², JIN Qi-hua¹

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081 China; 2. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

Abstract: The strong wind occurring in the coastal region is a disaster phenomenon, therefore it is important to predict the strong wind events timely and accurately for disaster prevention and mitigation. At present, the strong wind forecasting methods are experiment forecast, statistical forecast, the numerical model forecast, statistical dynamic (using the result of the numerical model) forecast, and et al. This paper aims at introducing and summarizing these forecasting methods to provide an effective basis to forecasters.

Keywords: offshore China; sea surface wind; forecasting methods