

无缝隙预报在舟山港口精细化服务中的应用

唐 跃, 陈梅汀, 徐 颖

(舟山市气象局, 浙江 舟山 316021)

摘 要: 应用浙江省气象台雷达定量降水估测产品、24h逐小时预报产品、多模式集成数值预报产品和舟山各港口自动气象站网等资料,采用双线性内插法和滑动平均误差法,进行舟山港口气象要素的本地化释用,建立各类指标和预报模型,形成港口10 min—168 h的无缝隙降水(非连续要素)、气温、风力精细化客观预报产品,再以图形的方式生成各类服务产品。通过该服务产品开展港口专项气象服务,有效提升了舟山海洋气象服务的精细化水平和船只的通航率及港口、临港产业的工作效率,也为政府、管理部门防灾减灾提供了决策依据,社会和经济效益明显。

关键词: 无缝隙预报;港口服务;精细化

中图分类号: P732.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)04-0084-06

1 引言

舟山位于中国东部黄金海岸线与长江黄金水道交汇处,是我国南北海运和长江水运的“T”型交汇要冲,背靠长三角经济腹地,对内是江海联运枢纽,对外是我国东部沿海和长江流域走向世界的主要海上门户,也是上海港、宁波-舟山港的主要港池和锚泊地。港口物流快速发展,已成为区域性水水中转大港,宁波-舟山港已跻身世界十大港口之列,每天有上千艘货运船只穿梭、锚泊于舟山海域,舟山港域港口货物吞吐量达到3.79亿吨;舟山已形成以船舶修造、临港石化等为支柱的临港产业体系,是全国重要的修造船基地。但是,舟山群岛地处中纬度,受南北天气系统和东西风环流影响,一年四季灾害性天气频发,特别是台风、低压、冷空气大风等对船舶靠离码头、港区装卸作业和海上航行等产生了严重的影响,极大地限制了舟山海洋经济的发展。近年来舟山气象部门越来越重视对舟山海域风力的精细化预报研究^[1-3],也取得了一些成果。很多专家和学者进行过释用数值预报产品的研究和试用方法^[4-9],效果显著。本文利用数值预报产品和

港口自动站进行对比分析,形成10 min—168 h的无缝隙天气、温度、风力精细化客观预报产品,并将之应用到日常预报。

2 资料与方法

2.1 资料来源

浙江省气象台雷达定量降水估测产品(基于自动气象站降水实况和雷达外推的格点预报产品,时间分辨率10 min,空间分辨率1 km,每10 min更新一次,预报时效3 h,预报范围114.67°~125.32°E、25.43°~32.42°N)、24 h逐小时预报产品(基于浙江省快速更新同化预报系统,时间分辨率1 h、空间分辨率3 km,每1 h更新一次,预报时效24 h,预报范围118°~123°E、26.75°~31.75°N)和多模式集成数值预报产品OCF(Objective Consensus Forecasting,基于中国数值预报、欧洲数值预报、美国数值预报和日本数值预报的最优集成,时间分辨率72 h内3 h、72—168 h为6 h,空间分辨率5 km,每天08时、20时更新一次,预报时效168 h时,预报范围116°~128°E、25°~33°N),以及舟山海域主要港口自动气象站资

收稿日期: 2016-09-26; 修回日期: 2017-04-21。

基金项目: 浙江省气象科技项目(2012YB01)。

作者简介: 唐跃(1977-),男,工程师,学士,主要从事海洋气象预报服务工作。E-mail: fuld121@sina.com

料。根据舟山的地理位置,资料范围取 $121^{\circ}\sim 123^{\circ}\text{E}$ 、 $29^{\circ}\sim 31^{\circ}\text{N}$ 之间。图1为舟山海域主要港口地理位置分布。

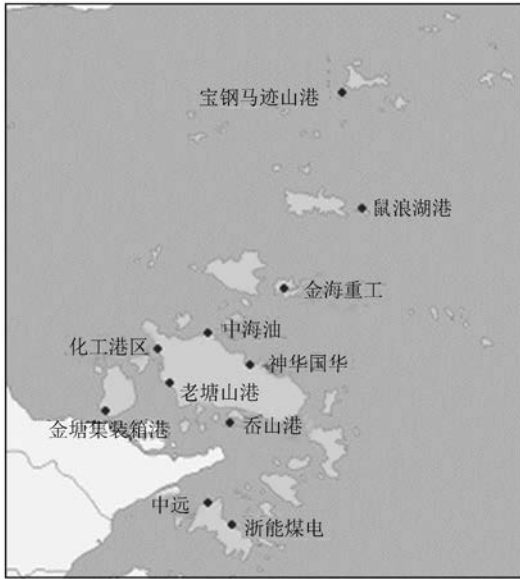


图1 舟山海域主要港口地理位置分布

2.2 资料处理

随着计算机技术和气象科技的不断发展,数值预报在气象预报中的作用越来越重要,而且其预报准确率也在逐年提高,但是受到本地气候、地形和环境等的影响,各类数值预报都存在一定的预报误差。去除预报误差的方法有很多,最常见的就是利用大量历史数据建立方程的MOS方法,但是其存在一定的局限性,一是所需的气象资料繁多,二是方程一旦建立就无法随时修改,随着数值预报准确率的不断提高,预报误差就不能及时反馈到MOS方程中。

因此,本文采用双线性内插法和滑动平均误差法对精细化格点数值预报产品的气象要素进行释用,且预报均取自模式预报时间点上的预报值。首先,利用数值预报的格点气象资料通过双线性内插法插值到港口自动气象站所在的经纬度,得到该港口某一时刻不同气象要素的预报值;再通过该时刻前期预报和实况的误差反馈到当前预报时刻方程,及时修正预报方程参数,以此提高下一时刻的预报精度,而且该方法不需要大量的历史数据资料,大大减少了存储量和计算量。

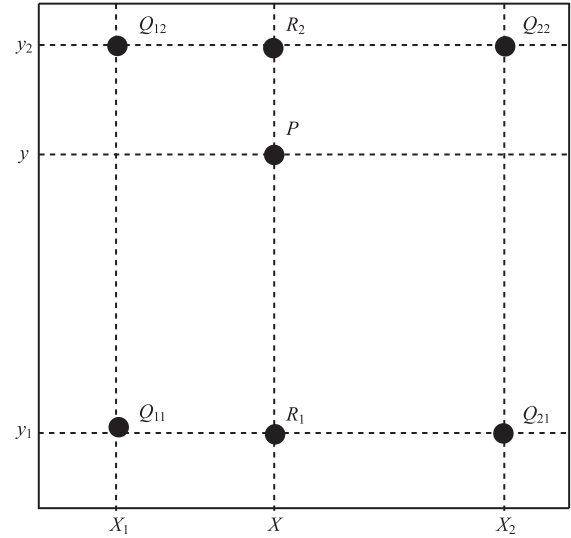


图2 双线性内插示意图

以下为双线性内插的计算方法:

假设有得到 P 点,坐标为 (x, y) 的值(见图2),已知 P 点四周最近的4个坐标 (x_1, y_1) 、 (x_1, y_2) 、 (x_2, y_1) 、 (x_2, y_2) 的值分别为 Q_{11} 、 Q_{12} 、 Q_{21} 、 Q_{22} 。首先在 X 方向进行线性插值,得到:

$$R_1 \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} Q_{11} + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} Q_{21} \quad (1)$$

$$R_2 \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} Q_{12} + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} Q_{22} \quad (2)$$

然后在 y 方向上进行线性插值,得到:

$$P \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} R_1 + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} R_2 \quad (3)$$

然后将式(1)和(2)代入式(3)这样就得到用双线性内插法得到 P 点所要的结果式(4)。

$$P \approx \frac{(x_2 - x)(y_2 - y)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} Q_{11} + \frac{(x - x_1)(y_2 - y)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} Q_{21} + \frac{(x_2 - x)(y - y_1)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} Q_{12} + \frac{(x - x_1)(y - y_1)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} Q_{22} \quad (4)$$

用滑动平均误差法计算下一时刻要素预报方法如下:

$$Y_{n+1} = y_{n+1} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - z_i) \quad (5)$$

式中: n 为滑动窗口, y 为利用数值预报通过双线性插值法算得某港口某一时刻的预报值, z 为 y 对应时刻港口自动气象站测得的实况值,

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - z_i)$ 为前 n 天预报和实况的滑动平均误差, Y_{n+1} 为下一时刻通过滑动平均误差法计算得出的最终预报值。

由于数值预报对雨量的预报无连续性,而且受诸多因素影响,因此对港口雨量 10 min—168 h 的预报直接采用数值预报中雨量预报进行双线性插值到港口取得。对于气温和风力因为有较好的连续性,因此在双线性插值数值预报的基础上,利用滑动平均误差法对港口的全风速和气温进行释用。针对不同的预报时效和数值模式,系统产生的误差也不尽相同,所以分别取滑动窗口为 5 d、10 d、15 d、20 d、25 d、30 d 对不同时效的预报准确率进行对比分析,最终得出采用滑动窗口为 5 d 的 24 h 内逐小时气温和风力平均预报准确率分别为 82% 和 86%,滑动窗口为 15 d 的 24—72 h 内逐 3 h 气温和风力平均预报准确率分别为 84% 和 85%,滑动窗口为 30 d 的 72—168 h 内逐 6 h 气温和风力平均预报准确率分别为 80% 和 79%,均为不同滑动窗口中准确率最高的。因此,分别采用 5 d、15 d、30 d 为不同预报时效的滑动窗口。表 1 为各港口 10 min—168 h 无缝隙雨量、气温、风力精细化客观预报产品。

2.3 预报流程

通过以上预报流程生成各个港口 10 min—168 h 不同时效的预报服务产品(见图 4),该产品可视性强,为预报服务人员和港口单位提供了更直观的预报参考。

3 预报应用

为及时得到预报产品准确情况,本文对预报产品进行了必要的评估和检验。主要分为 1—24 h(间隔 1 h)、24—72 h(间隔 3 h)和 72—168 h(间隔 6 h)的晴雨、气温、风力检验。其中,风力检验采用 5 级

以下不作检验,5 级以上采用每相差 1 级扣 20 分,气温检验采用每相差 1 °C 扣 20 分计算。

通过 2015 年 1 月 1 日—12 月 31 日每天 2 次(08 时、20 时)对舟山海域所有港口的晴雨、气温和风力的准确率进行统计(见图 5),发现晴雨预报 24 h 内均在 70% 以上,其他随着时次的增加震荡下降;气温预报相对在午后的最高气温预报上会在 80% 以下,其余均在 80% 以上;风力预报准确率相对平稳,随着时次的增加而降低,但 72 h 内一般均在 80% 以上。

利用本预报方法在实际的港口预报服务中,通过专门的港口精细化预报服务平台,供预报业务人员和港口单位使用,效果非常显著。不仅确保了舟山各港口(港区)、临港产业基地的生产安全,而且明显减少了港口大型船舶的滞港、增加了作业时间和港口的吞吐量。根据 2015 年的统计,利用港口精细化预报服务平台所作的专项预报进行生产计划、调度,各港口平均增加作业天数 30 d,社会和经济效益明显。

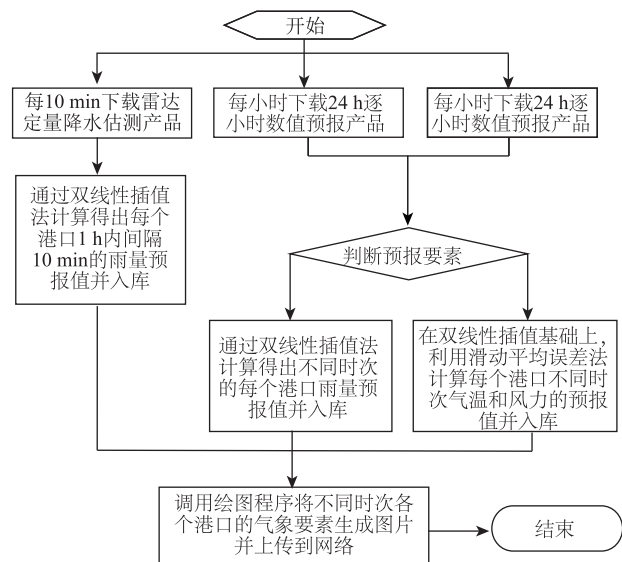
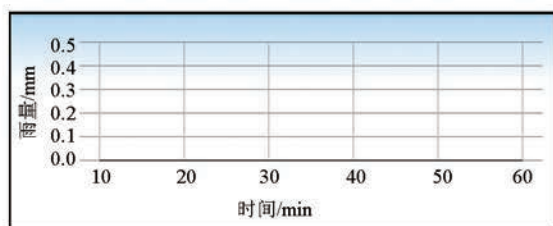


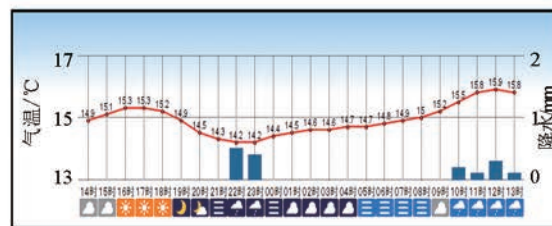
图3 预报流程图

表1 各港口无缝隙 10 min—168 h 天气、温度、风力精细化客观预报产品

产品	所用数值预报	时间间隔	更新频次	预报时长
10 min 雨量	雷达定量降水估测产品	10 min	10 min	60 min
1 h 雨量、气温、风力	24 h 逐小时预报产品	1 h	1 h	24 h
3 h 雨量、气温、风力	OCF 数值预报产品	3 h	08、20 时更新	24—72 h
6 h 雨量、气温、风力	OCF 数值预报产品	6 h	08、20 时更新	72—168 h



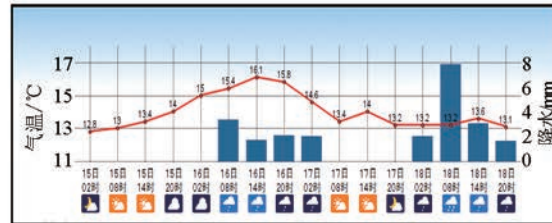
a. 马迹山未来1 h逐10 min雨量



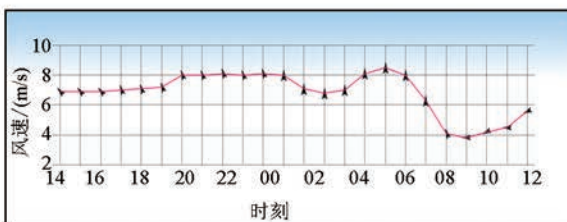
b. 马迹山未来24 h逐1 h天气预报



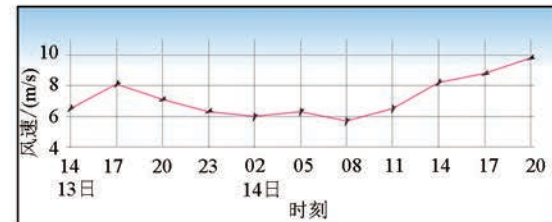
c. 马迹山未来72 h逐3 h天气预报



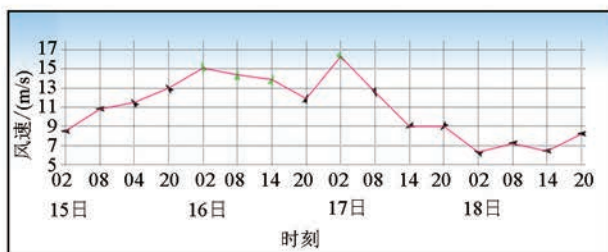
d. 马迹山未来168 h逐6 h天气预报



e. 马迹山未来24 h逐1 h风力预报

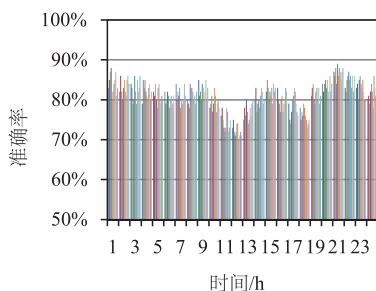


f. 马迹山未来72 h逐3 h风力预报

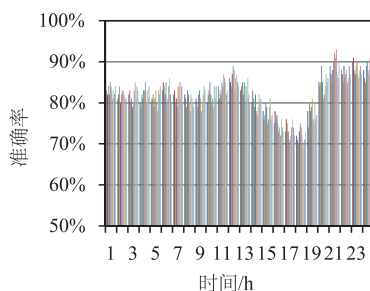


g. 马迹山未来168 h逐6 h风力预报

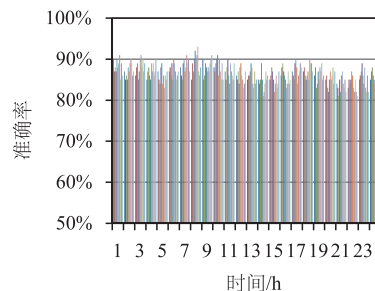
图4 马迹山港预报服务产品图



a. 1—24 h晴雨预报



b. 1—24 h气温预报



c. 1—24 h风力预报

■ 马迹山港 ■ 鼠浪湖港 ■ 金海重工 ■ 中海油 ■ 化工港区 ■ 老塘山港 ■ 神华国华 ■ 岙山港 ■ 金塘港 ■ 中远 ■ 浙能煤电

图5 2015年舟山各港口晴雨、气温、风力预报准确率图

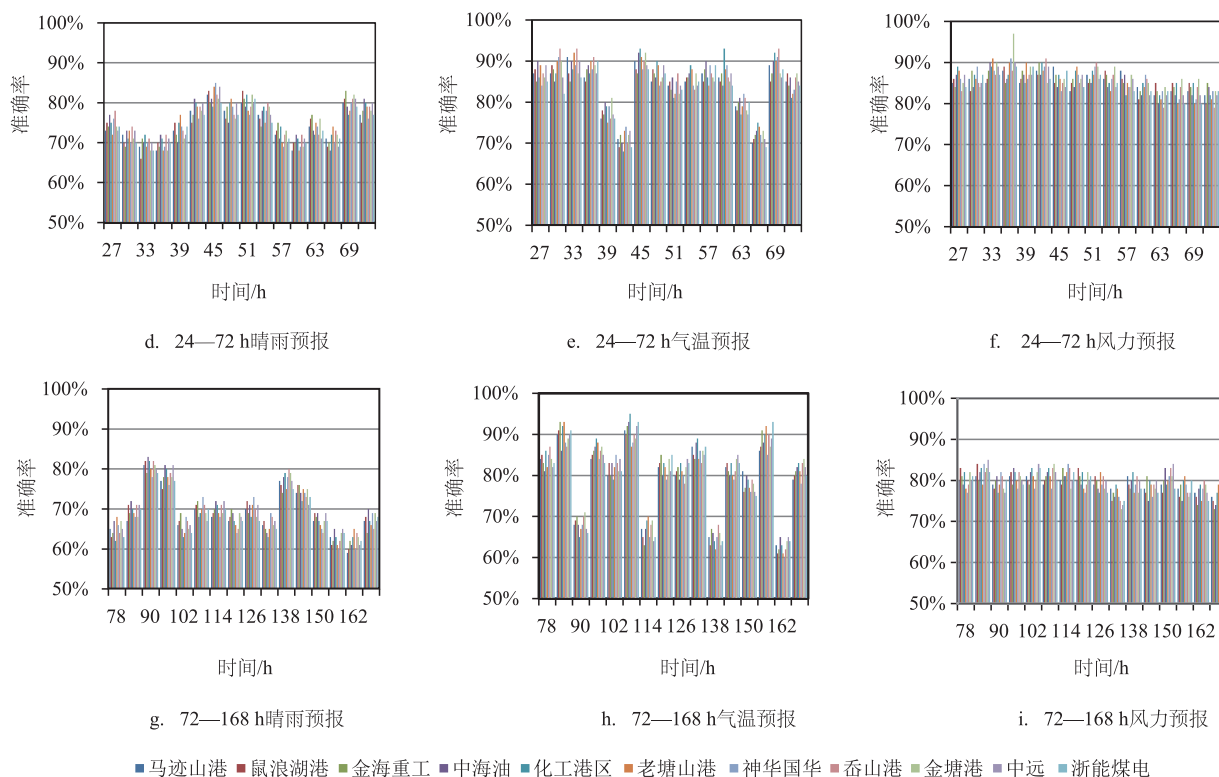


图5 (续)

4 结论

本文综合应用各类数值预报产品和舟山港口自动站观测资料,形成舟山港口无缝隙、精细化预报服务产品,并将此应用于港口、临港产业专项气象服务,取得了显著的社会和经济效益,也为舟山新区发展做出了积极贡献,现将主要结论总结如下:

(1)基于浙江省气象台雷达定量降水估测产品、24 h逐小时预报产品和多模式集成数值预报产品(OCF),利用舟山各港口自动气象站网资料,通过双线性内插和滑动平均误差法,进行舟山各港口的本地化释用,建立各类指标和预报模型,形成港口10 min—168 h的无缝隙天气、温度、风力精细化客观预报产品;

(2)通过对港口晴雨、气温和风力的准确率进行评估,效果令人满意,并且具有比较高的预报稳定性和针对性,目前已经将该精细化预报服务平台应用于日常港口预报中;

(3)利用此方法建立的港口精细化预报服务平台,不仅有效提升了舟山海洋气象服务的精细化水平,而且在舟山各航线、港口、临港产业基地预报服务中发挥了重要作用;也为政府、管理部门防灾减灾提供了决策依据;在保证安全的前提下,使企业的工作效率明显增加,社会和经济效益明显。

参考文献:

- [1] 范其平, 林伟, 唐跃, 等. 利用NCEP产品制作舟山港口精细化风力预报方法研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2008, 27(3): 311-315.
- [2] 黄辉, 陈淑琴. 舟山海域风力分布特征分析[J]. 海洋预报, 2006, 23(1): 76-80.
- [3] 黄辉, 陈淑琴. MM5数值预报产品在舟山海域风力分区预报中的释用[J]. 海洋预报, 2006, 23(2): 67-71.
- [4] 龚强, 袁国恩, 汪宏宇, 等. 应用MM5模式对地面大风过程的模拟试验[J]. 气象, 2005, 31(4): 53-57.
- [5] 凌铁军, 张蕴斐, 杨学联, 等. 中尺度数值预报模式(MM5)在海上风场预报中的应用[J]. 海洋预报, 2004, 21(4): 1-7.
- [6] 刘鸿升, 余功梅. 偏北大风的数值预报释用方法研究[J]. 气象科学, 2002, 22(1): 100-106.

- [7] 陈锦冠, 林少冰. 10分钟平均最大风速与极大风速评估方程的建立[J]. 气象, 2001, 27(10): 38-41.
- [8] 高山红, 吴增茂. 海岛测站大风资料代表性的数值模型分析[J].

- 应用气象学报, 1999, 10(3): 333-338.
- [9] 王咏亮, 孟上. 数值预报产品二次开发在近海大风预报上的一次试验[J]. 海洋预报, 1999, 16(2): 69-73.

Application of seamless forecast fine service in Zhoushan harbor

TANG Yue, CHEN Mei-ting, XU Yin

(Zhoushan Meteorological Bureau, Zhoushan 316021 China)

Abstract: Based on the quantitative precipitation estimation products derived from radar at the Zhejiang Meteorological Station, 24-hourly forecasting products, ensemble forecasting products from multi-models and automatic meteorological station data at every harbor in Zhoushan, using Bilinear Interpolation method and slide average error method, the interpretation and application of meteorological elements are conducted locally. Some kinds of indexes and forecast models are established to produce a seamless fine objective forecast products of precipitation (non-continuous element), temperature and wind from 10-min to 168 hour and generate kinds of service productions by figures. Such service products can promote the fine prediction level of marine meteorology in Zhoushan and greatly improve the ratio of navigation and the working efficiency of harbor and port-vicinity industries. It can provide the decision-making for the government and the administrative departments' disaster prevention and reduction with obvious social and economic benefits.

Key words: seamless forecast; harbor service; fine