

连云港近海风速分布特征及分区预报

冯还岭¹, 张红华¹, 王桂臣¹, 魏建苏², 杨红梅¹

(1.连云港市气象局,江苏连云港,222006;2.江苏省气象台,江苏南京 210044)

摘 要:利用连云港海岛站资料,分析了连云港沿海风速的分布特征,在此基础上对连云港沿海进行了风速预报的分区;应用本地业务运行的WRFV3模式对近海风速进行预报,结果表明,模式预报能较好的反映海岛站风速的变化趋势,但在风速大小的预报上存在较大误差,同时,WRFV3模式对4个站的风速预报准确率分析表明,模式对特殊地理位置区域的预报准确率比较低;用Kalman滤波方法对本地业务运行的WRF模式的风速预报结果进行订正,结果表明,经过Kalman滤波方法订正后,对近海海岛站上风速的预报效果有明显的改善,且分区内其他站的预报效果也相应得到提高。

关键词:海岛站;近海风速;WRF模式;Kalman滤波

中图分类号:P457 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2012)04-0047-05

1 引言

由于海区观测资料稀缺,对海区天气的预报服务水平受到很大限制。近几年为了更好的服务海区经济发展,特别是近海海区的天气预报服务,气象部门在部分近海海岛上布设了气象站,这为充分掌握近海海区风速状况,更好的预报近海海区风速创造了有利条件。

海岛站观测资料使用方面,气象工作者做了大量工作。王日东等^[1]对渤海海峡海岛站与沿岸站大风进行了对比分析,充分肯定了海岛站对沿岸测站的补充作用;高荣珍等^[2]对青岛近海夏季海风特征进行了分析并对青岛近海海风的预报方法进行了研究,在近海风力的预报方面提供了宝贵经验;海岛自动测风资料在海区风力预报的应用方面,学者们努力寻找两者之间的关系^[3-4];高山红等^[5]通过海岛测站观测值与模拟值的对比分析,说明了借助数值模拟寻求测风资料订正方法的必要性与可能性。随着海岛站的不断布设,对近海风速的预报方法开展了很多研究^[6-8]。

风受环境因素的影响较大,因而风的预报尤其是局地风的预报难度较大。目前,风速预报主要依靠各种数值模式提供的海平面气压场,通过主观和经验相结合的预报方法进行,模式在环境风场的预报方面有很大的进步,但局地风场的预报精度仍然有待于提高。为充分了解连云港近海海区的风速情况,寻找客观预报近海风速的方法,本文对连云港近海4个海岛站的最大与极大风速进行了统计分析,并在此基础上对沿海海区进行了划分;同时,将海岛站的实况资料与模式预报结果相结合,研究制作近海风速预报的方法,并对上述方法进行了检验。

2 资料和方法

2.1 资料

本文使用的统计资料为连云港四个海岛站的日最大风速和日极大风速自记测风资料,时间长度为2009年8月—2010年7月,样本总数为365 d。检验时段内的自记测风资料为2011年6—10月每

收稿日期:2011-11-09

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106006);江苏省青年基金项目(Q201104)和连云港市科技支撑项目(SH0916)

作者简介:冯还岭(1968-),男,工程师,主要从事业务管理和科研工作。E-mail:lygfh1@yahoo.com.cn

小时的2分钟定时风速,样本总数为3342 h,本文WRF模式的背景场为GFS资料。

2.2 方法

Kalman滤波和基本统计方法。

3 海岛站测风资料分析及结果应用

3.1 连云港海岛站测风的时空分布特征

连云港海岸线分布比较特殊,在北部海岸线呈东北-西南走向,而在南部海岸线呈西北-东南走向,秦山岛、西连岛、高公岛和燕尾港四个站自北向南分布在连云港海岸线上(见图1),高公岛风速还受到西连岛和大陆延伸区的阻挡作用,对它们风场的统计特征基本代表了连云港近海海区的风场特征。图2给出了上述4个站2009年8月—2010年7月一整年的最大风速和极大风速的月际特征。统计表明:(1)4个站的最大和极大风速极值均出现在3—5月、8月和11月,具有明显的季节性特征。(2)四个站最大风速比较来看,秦山岛最大,高公岛最小。四个海岛站之间的年平均最大风速相差达到4.9 m/s;而从各月平均最大风速的统计来看,夏季差值(5.3 m/s)最大,冬季(4.1 m/s)最小。(3)四个站极大风速亦表现为秦山岛最大,高公岛最小,西连岛的极大风速值与秦山岛相同。各站年平均极大风速最大差值达3 m/s;月平均极大风速差值最大(3.9 m/s)亦在夏季,最小(2.0 m/s)亦在冬季。

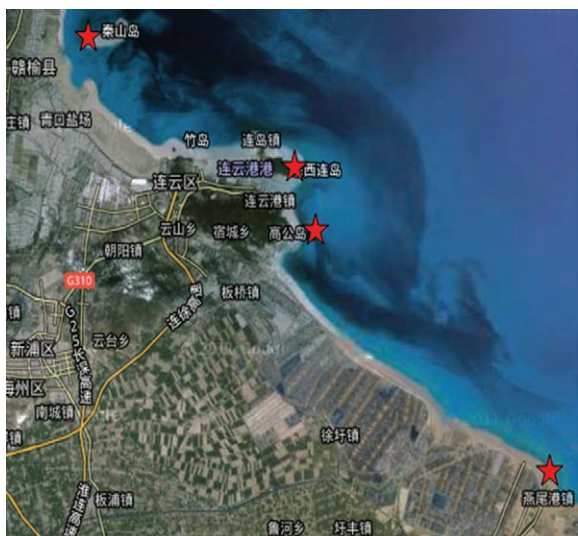


图1 连云港海岛站分布图

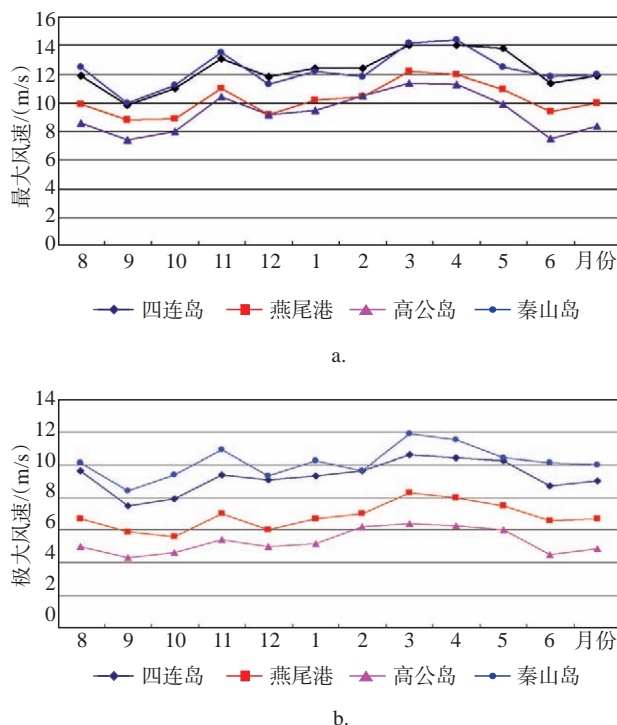


图2 2009年8月—2010年7月4站的最大风速和极大风速变化

综上所述,连云港沿海风速南北差异较大,近海区北部风速明显大于南部,比较燕尾港和高公岛,高公岛的风速更小,这可能与连云港特殊的海岸线分布和高公岛特殊的地理位置密切相关。因此,针对连云港近海区风速存在的南北差异,在海区大风预报过程中需根据各个区域(特别在海岸线附近的海域)的不同特点进行分区预报。

3.2 连云港近海风速预报分区

连云港海岸线长167 km,海岸线走向比较特殊,且受地形等因素的影响较大,月平均最大风速最大与最小区域的差可达5.6 m/s,传统方法预报连云港近海海区风速时无视南北差异,误差较大,因此对连云港近海海区进行分区预报显得尤为重要。

根据四个海岛站风速的统计结果,将连云港近海海区划分为4个区域(见图3)。其中,A区以秦山岛为代表,该区处于一个开阔的海区,受地形影响较小,因此该区风速较连云港沿海其它海区要

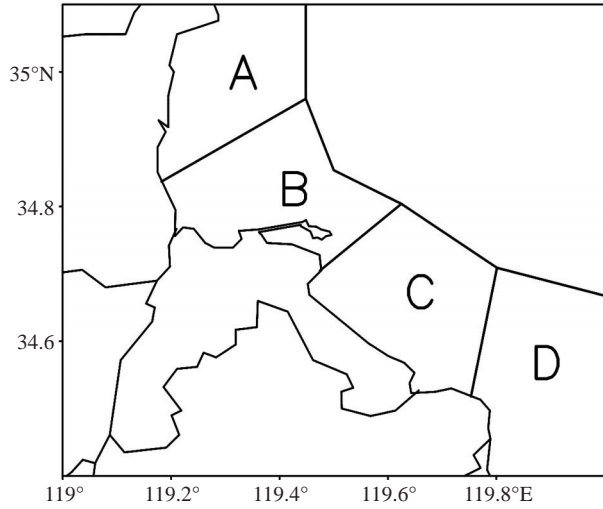


图3 连云港近海风速预报分区情况

大; B区以西连岛为代表,其风速大小仅次于A区,由于西连岛处于大陆的突出区域,并且该区陆上对应连云港的最高山——云台山,风速受到一定程度的影响,风速有所减弱;而C区受复杂地形的影响最大,是连云港沿海海区风速最小的区域;D区受地形的影响相对减小,属于C区与其东南方向开阔海区的过渡地带。

4 连云港分海区大风预报及结果检验

4.1 连云港分海区大风预报方法

目前, WRFV3模式在本地正式投入业务运行,其背景场资料采用美国GFS 72 h预报场,模式采用3重双向嵌套,内层网格空间最高分辨率为3.3 km×3.3 km,时间分辨率为1 h,覆盖连云港市及其近海海区。模式输出10m风场资料虽然包含了地形对风速的影响,但从实际的应用效果来看结果并不理想,为了更好的使用模式预报效果,本文应用Kalman滤波方法对连云港近海不同分区的风速进行预报。

Kalman滤波递推公式^[9]为:

$$\hat{Y}_t = X_t \hat{\beta}_{t-1} \quad (1)$$

$$R_t = C_{t-1} + W \quad (2)$$

$$\sigma_t = X_t R_t X_t^T + V \quad (3)$$

$$A_t = R_t X_t^T \sigma_t^{-1} \quad (4)$$

$$\hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t-1} + A_t(Y_t - \hat{Y}_t) \quad (5)$$

$$C_t = R_t - A_t \sigma_t A_t^T \quad (6)$$

式中, \hat{Y}_t 为t时刻估计值, X_t 为t时刻预报因子, $\hat{\beta}_{t-1}$ 为t-1时刻的回归系数, C_{t-1} 为t-1时刻滤波误差, W和V分别是动态噪声和测量噪声,这里假设它们为白噪声, Y_t 为t时刻观测值。

由上述公式1—6可知递推的进行首先需要确定 $\hat{\beta}_0$ 、 C_0 、W和V的值。一般的以样本的回归系数矩阵作为 $\hat{\beta}_0$,设 C_0 为零矩阵, W和V分别由下列矩阵给出:

$$W \approx \begin{pmatrix} \frac{(\Delta\beta_1)^2}{\Delta T} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{(\Delta\beta_2)^2}{\Delta T} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{(\Delta\beta_n)^2}{\Delta T} \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} \frac{q_1}{k-m-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{q_2}{k-m-1} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{q_n}{k-m-1} \end{pmatrix}$$

式中 q_i ($i=1,2, \dots, n$)为利用资料样本建立回归方程后的残差, k为样本数。

本文以WRF模式预报的地面风场作为预报因子,具体预报步骤如下:

(1) 求取模式预报地面风场与海岛站观测的相关关系,确定海岛站风速预报的关键区。本文确定的风速预报关键区分别为:秦山岛站(34.7°N, 119.3°E)—(35.1°N, 119.7°E),西连岛站(34.6°N, 119.4°E)—(35.0°N, 119.8°E),燕尾港站(34.2°N, 119.5°E)—(34.6°N, 119.9°E),高公岛站(34.5°N, 119.2°E)—(34.9°N, 119.6°E)。

(2) 确定Kalman滤波递推所需要的初值。通过对2011年6—7月两个月模式预报风速与实况资料的统计分析得到秦山岛、西连岛、高公岛和燕尾港四个站的 $\hat{\beta}_0$ 分别为0.7、0.64、0.23和0.54; W分别为0.0015、0.0021、0.0013和0.0003; V分别为0.0046、0.0047、0.0016和0.0017;另外,设 C_0 为零矩阵。

(3) 根据模式预报结果和确定的 Kalman 滤波初值进行递推, 预报未来 48 小时海岛站风速。

(4) 对分区内其它海岛气象站点的预报, 以分区内代表站的 Kalman 滤波初值为准, 对模式预报的该站点风速进行订正。

4.2 预报效果检验

在建立上述预报方法的基础上, 本文对 2011 年 8—10 月四个海岛站预报结果进行检验, 检验结果见表 1:

表 1 4 个海岛站风速经过 Kalman 滤波订正前后预报准确率 (误差小于 2 m/s)

	秦山岛	西连岛	高公岛	燕尾港
Kalman 滤波	74 %	80.2 %	91.7 %	89.4 %
模式预报	45.3 %	50.7 %	57.5 %	57.3 %

表 1 给出了模式直接预报结果与 Kalman 滤波订正后风速预报的准确率, 由表 1 可知, 经过 Kalman 滤波订正后对各站的预报效果均有明显改善。4 个站的预报效果比较来看, 秦山岛的预报准确率为 74 %, 较其它 3 个站低。除秦山岛站以外, 其余站的预报效果较好, 预报准确率在 80 % 以上。这可能是由于秦山岛处于东北-西南走向与西北-东南走向海岸线交汇区附近, 地理位置较为特殊, 风速变化较大, 因此对其预报难度相对也较大。WRF 模式的预报结果也表明, 对地理位置特殊地区风速预报的准确率也相对较低。

本文另选取不同分区内的港口站、车牛岛站和开山岛站来进行检验。Kalman 滤波的初值选取时, 港口站以高公岛站为准, 车牛岛站以秦山岛站为准, 开山岛站以燕尾港站为准。对港口、车牛岛和开山岛三个月预报准确率见表 2:

表 2 分区内各气象站 Kalman 滤波前后预报风速准确率 (误差小于 2 m/s)

	港口	车牛岛	开山岛
Kalman 滤波	77.8 %	82.6 %	80.7 %
模式预报	50.4 %	43.2 %	48.4 %

从表 2 可以看出, 经 Kalman 滤波订正后预报效果比模式预报有了明显的改善, 预报准确率达到 80 % 左右。由于这些站的订正是以分区内代表站的基准进行订正的, 因此这也从一定程度上肯定了本文分区预报的可行性, 能够极大地提高连云港

海区风速预报的准确率。

5 总结和讨论

(1) 通过对四个海岛站一年的数据分析可知, 连云港沿海海区, 北部风速总体上大于南部风速, 比较燕尾港和高公岛风速, 高公岛的较小, 这可能与连云港特殊海岸线的分布有一定的关系, 因此对连云港近海海区进行分区预报显得尤为重要。

(2) WRFV3 模式对近海风速的预报与海岛站观测风速实况的相关关系表明, WRFV3 模式对近海风速的预报能较好的反映海岛站风速的趋势, 但在风速大小的预报上存在较大误差。同时, WRFV3 模式对 4 个站的风速预报准确率分析表明模式对地理位置特殊区域的预报准确率也相应较低。

(3) 经过 Kalman 滤波方法订正后, 对近海海岛站上风速的预报效果有明显的改善, 且分区内其他站的预报效果也相应得到提高, 一定程度上肯定了连云港沿海风速分区预报的有效性。

参考文献:

- [1] 王日东, 姜俊玲, 郭卫华, 等. 渤海海峡海岛站与沿岸站大风对比分析[J]. 海洋预报, 2010, 27(2): 22-29.
- [2] 高荣珍, 林行, 孙贞. 青岛近海夏季海风特征及其预报方法研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2008, 38(5): 699-704.
- [3] 徐天真, 方俊雄, 张淮. 近岸陆地与海面风速关系分析研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(4): 355-361.
- [4] 井传才, 唐万林, 王建平, 等. 青岛近海海陆大风的对比分析[J]. 黄渤海海洋, 1995, 13(4): 17-22.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 王雷, 黄辉, 何文岳. 舟山群岛海域航线气象预报[J]. 气象科技, 2002, 30(4): 241-245.
- [9] 陆如华, 徐传玉, 张玲, 等. 卡尔曼滤波的初值计算方法及其应用[J]. 应用气象学报, 1997, 8(1): 34-42.

Characteristics of wind speed in LianYun-gang and forecast in the sub-region

FENG Huan-ling¹; ZHANG Hong-hua¹; WANG Gui-chen¹; WEI Jian-su²; YANG Hong-mei¹

(1.Lian Yun-gang Meteorological Bureau, Jiangsu Lian Yun-gang 222006 China; 2.Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210044 China))

Abstract: Based on the observing data from island station, the characteristics of wind speed in Lian Yun-gang were analyzed and the sub-regions of wind prediction were set up. The result of WRF model showed that the model could resolve the variation trend of wind, speed, but the deviation of the wind speed was high. The results also showed that the model forecasting performance of wind speed was lower for the special geographical region. After the adjustment with the Kalman filter method, the forecasting accuracy of wind speed was improved for the island station and all the other sub-regions.

Key words: island station; offshore wind speed; WRF model; Kalman filter