

黄、渤海大风频次的年际变化及其影响因子分析

张志华¹, 郭伟², 魏皓²

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457)

摘 要:利用高分辨率的卫星海面风场数据,对黄、渤海大风频次(High-Wind Frequency, 以下简称为HWF)气候态特征和年际变化特征进行分析。结果表明,黄、渤海HWF气候态和年际变化具有明显的季节和区域性差异:冬季HWF最高,其次为秋季和春季,夏季最低;黄海海区各季节HWF明显高于渤海海区;各海区HWF由陆地向海洋逐渐升高,由高纬向低纬逐渐升高;近三十年来,HWF总体呈上升趋势,这种趋势存在于冬、春和秋季,夏季不明显。北极涛动(Arctic Oscillation 以下简称为AO)可能是影响冬季HWF的主要气候因子之一,它通过影响东亚冬季风强弱,影响到黄、渤海冬季HWF。当AO处于负(正)相位时,东亚冬季风增强(减弱),HWF上升(下降)。此外还探讨了冬季辽东湾HWF和该海区海冰之间的关系,发现HWF增高相应带来频繁的冷空气,使得海温骤降,冰情加剧。

关键词:黄、渤海;气候态;大风频次;年际变化;AO

中图分类号:P732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)01-0001-08

1 引言

渤海和黄海地处西太平洋边缘,北起辽东湾,南至长江口,南北跨越600多海里。大风是严重危害该海域海上活动安全的气象要素,同时,对于黄、渤海这样的浅海,稳定、持续的大风也会带来取之不尽的海上风能。深入研究该海域的海表风场特征尤其是大风发生特征,对该海域发展海洋经济、防灾减灾、开发海上风能等都具有重要的意义。

有学者^[1-2]利用台站资料研究渤海海峡大风气候特征,如年大风日数、持续日数、极大风速以及大风的季节变化特征等,然而台站的数量毕竟较少,而且受到陆地一定影响,因此不能很好代表海上风场。近些年来时空分辨率较高的卫星海面风场资料日益丰富,可以在一定程度上弥补台站资料的缺陷。郑崇伟^[3]等利用卫星资料研究了中国近海海表风场的季节特征、大风频次、极值风速、变化趋势等,但其研究重点主要集中在南、东海,并未关注黄、渤海风场的年际变化特征;徐蜜蜜和徐海明^[4]分析了中国近海各季节大风特征,并通过数值模拟研

究台湾岛地形对大风的影响;赵喜喜^[5]等对1992—2005年的中国海海面风场时空特征进行EOF分析,发现距平风场第一模态表现为冬—夏震荡型,这反映了中国海海面风场的季节特征;Cheng^[6]等则分析了北大西洋大风频次的年际变化,比较冬季HWF(High-wind Frequency, 大风频次)和冬季NAO(North Atlantic Oscillation, 北大西洋涛动)与 $U \cdot \nabla T$ (风暴路径强度)指数之间的相关性,研究了HWF年际变化的可能影响因素。

目前,虽然已经有一些使用高分辨率的卫星资料研究中国近海风场的工作,但主要是讨论风场或者大风的气候态特征,很少涉及大风的年际变化及哪些气候因子可能影响大风的年际变化。本文将利用长时间序列、高分辨率的卫星风场数据,针对黄、渤海海域大风频次的多年平均、年际变化特征进行分析,并讨论可能影响HWF的气候因子。

2 资料和方法

本文使用CCMP^[7]海面风场资料,该数据来自美国航空航天局ESE(NASA Earth Science Enter-

收稿日期: 2012-09-05

基金项目: 南北极环境综合考查与评估专项(CHINARE2012-04-04-05); 国家十一五科技支撑(2010BAC68B04)

作者简介: 张志华(1976-), 男, 博士, 主要从事 ENSO 动力学和海洋数值模拟等研究。E-mail: zhangzhihua@nmefc.gov.cn

prise)。该风场数据集采用一种增强的变分同化分析法(VAM)融合了 QuikSCAT/SeaWinds、ADEOS-II/SeaWindshield、AMSR-E、TRMM TMI 和 SSM/I 等诸多海洋被动微波和散射计遥感平台上采集的海面风场数据,于 2009 年由 NASA 推出,它提供了从 1987 年 7 月至今的海洋风场数据(本文使用 1987 年 12 月—2010 年 12 月共 23 年的数据)。CCMP 风场具有很高的精度和时空分辨率,其空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$,时间分辨率为 6 h(每天 4 个时刻分别为:0:00、6:00、12:00、18:00),空间范围为 78.375°S — 78.375°N , 0.125° — 359.875°E ,几乎可以覆盖全球所有海洋,并且具有很高的空间连续性。

AO 指数由 David Thompson 提供,这里使用由美国国家环境预测中心/国家大气研究中心(NCEP/NCAR)再分析海平面气压资料计算的冬季 AO 指数,从 1987 年 1 月—2010 年 12 月, (http://jisao.washington.edu/data/annularmodes/Data/ao_index.html)。东亚冬季风指数采用国内外引用较多的 Chen

等^[8]提出的方法,由 NCEP/NCAR 再分析 10 m 风场数据计算得出。

本文选择蒲氏风级 6 级,即 10.8 m/s 为计算大风频率的门槛。大风频次的计算方法是统计出某个时间段内每个格点风速 ≥ 10.8 m/s 的观测次数,以及该时间段内的有效观测次数,用两者的比值(%)表示该时间段内 6 级以上的风频。

本文研究的海域范围为: 31.125° — 42.375°N , 117.125° — 127.125°E ,涵盖整个黄、渤海,东海北部海域也包含在内。另外,本文主要使用相关分析和线性回归等常用的统计分析方法。

3 黄、渤海大风频次气候态特征

图 1 为黄、渤海 1988 年 1 月—2010 年 12 月海表风场多年平均大风频次。由图可知,黄、渤海大风频次总体偏小,渤海低于 5%,而黄海大部分海域不超过 10%。从整个区域来看,渤海和黄海中部纬度越低,其大风频次越高;从地域来看,各海区大风频次存在由陆地向海洋逐渐升高的趋势。

以 3—5 月(MAM)、6—8 月(JJA)、9—11 月(SON)以及 12 月至来年 2 月(DJF)分别代表春夏秋冬四季,来看不同季节大风频次(见图 2)的变化规律。大风频次的季节变化与风速的季节变化(图略)类似,同样存在两个变化趋势:一是在黄、渤海中部,由高纬向低纬地区大风频次总体存在增强趋势;二是由陆地向海洋,大风频次总体存在减弱的趋势。渤海辽东浅滩处的四季大风频次均最大,且以其为中心大风频次向四周以“波浪式”递减;黄海则显示着由北黄海向南黄海大风频次增强的趋势。

从空间分布来看,DJF 黄、渤海整片海域大风频次等值线分布相对密集,大风频次梯度变化大;渤海大风频次低于 6%,而黄海沿海地区大风频次集中在 5%—10%,高值区(17%—20%)位于黄海中部。MAM,大风频次梯度变化较小,黄海大风频次最高不超过 6%,而在渤海整片海域大风频次仅为 1%。JJA,渤海除辽东浅滩附近大风频次接近 1%,其他海域基本出现大风天气可能很小;黄海大风频次小于 2%。SON,大风频次的分布特征已基本接近 DJF,多年平均大风频次等值线比较密集,沿岸地区大风频次梯度变化大,而在黄海中部海域大风频次可达在 9%左右。

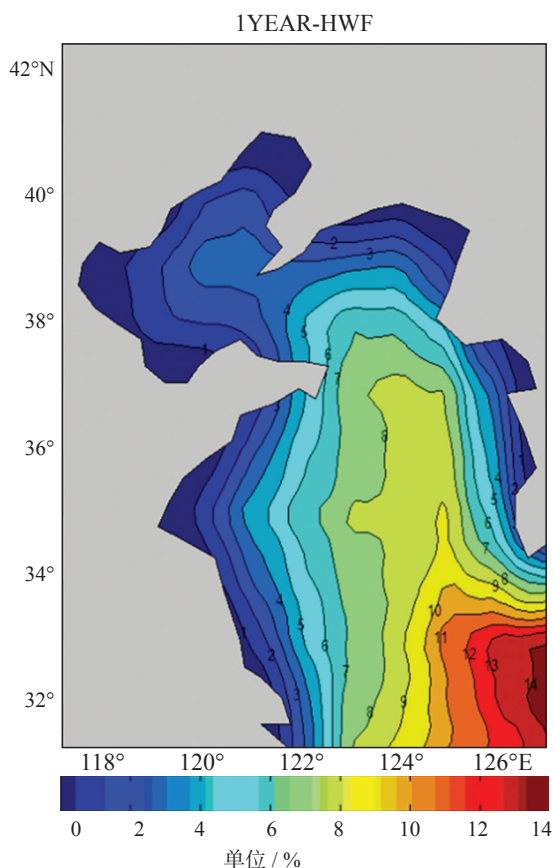


图 1 黄、渤海 1988—2010 年多年平均大风频次(HWF)

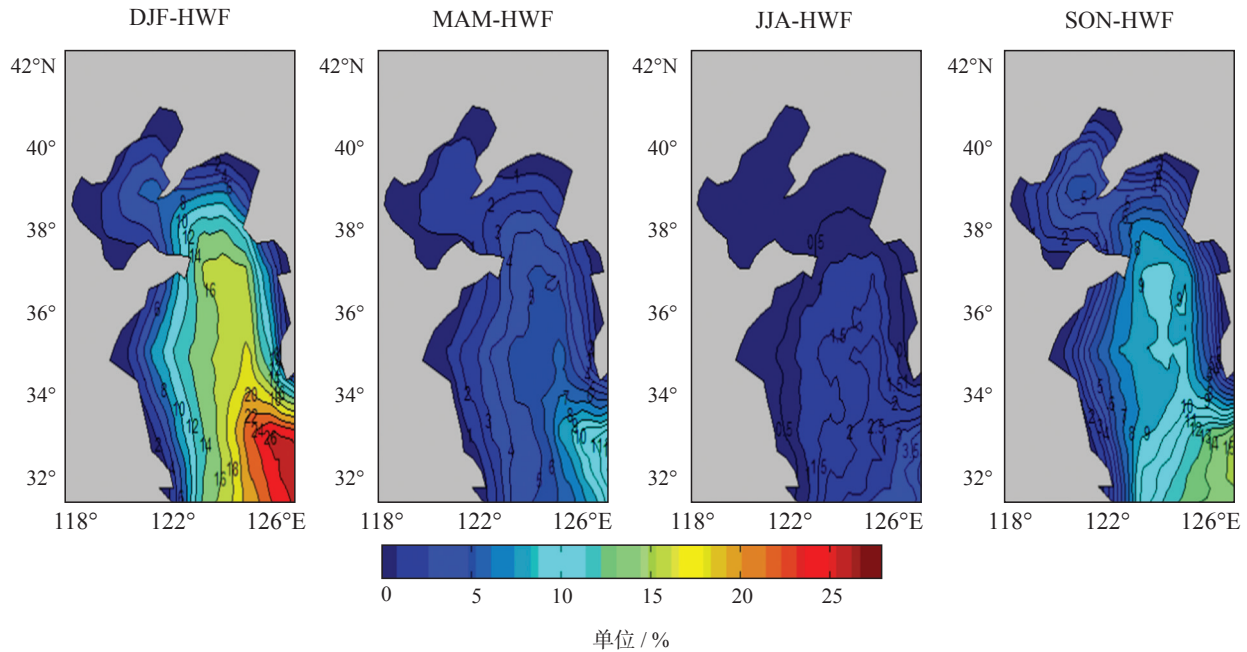


图2 黄、渤海1987年12月—2010年11月多年平均各季节HWF

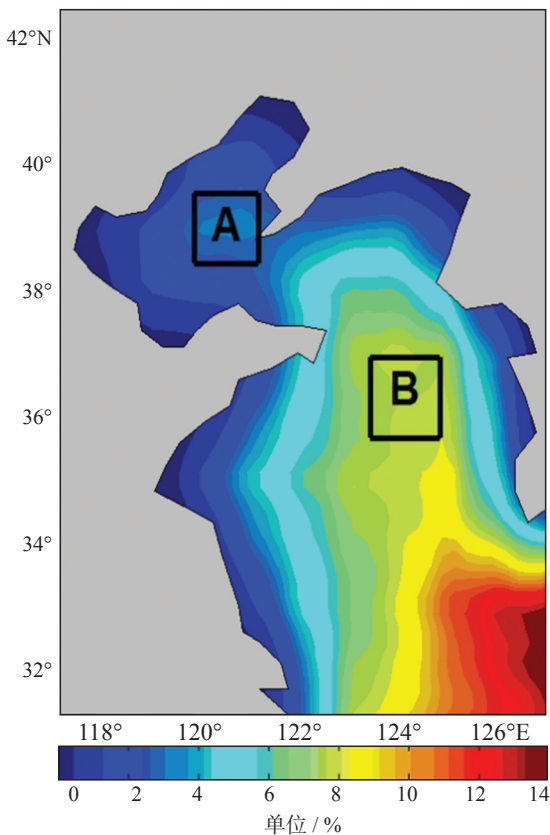


图3 黄、渤海代表区域示意图,A区表征渤海海区,B区表征黄海海区

4 黄、渤海大风频次的年际变化特征

在研究整个黄、渤海海区的同时,分别在渤海和黄海选取大风频次较高的区域来研究两海区的年际变化的异同。从图3上看,A区位于辽东浅滩(38.375°N—39.375°N, 119.625°E—120.875°E),B区为黄海中部(35.625°N—36.875°N, 123.125°E—124.625°E)。分别对A区和B区的所有格点做区域平均,进而再在时间尺度上计算每年平均和季节平均,从而得到年际尺度上的时间序列。

图4a为黄、渤海整个区域平均年际变化和A区与B区区域平均年际变化曲线。从图中可以看出,3个区域的多年的变化趋势基本一致,总体上均呈波动性上升特征,这与郑崇伟等^[3]的研究结论基本相同。

分季节来看(见图4b),无论整个黄、渤海区域、A区及B区都是冬季(DJF)HWF最大,其次秋季(SON)、春季(MAM),而夏季(JJA)最小;冬季HWF在四季中上升趋势最为明显,春、秋季也呈上升趋势,但幅度较为平缓,而夏季这种趋势并不明显。不同海区的各季节HWF年际变化略有差异,渤海(见图4c)相对与黄海(见图4d),秋季和冬季的

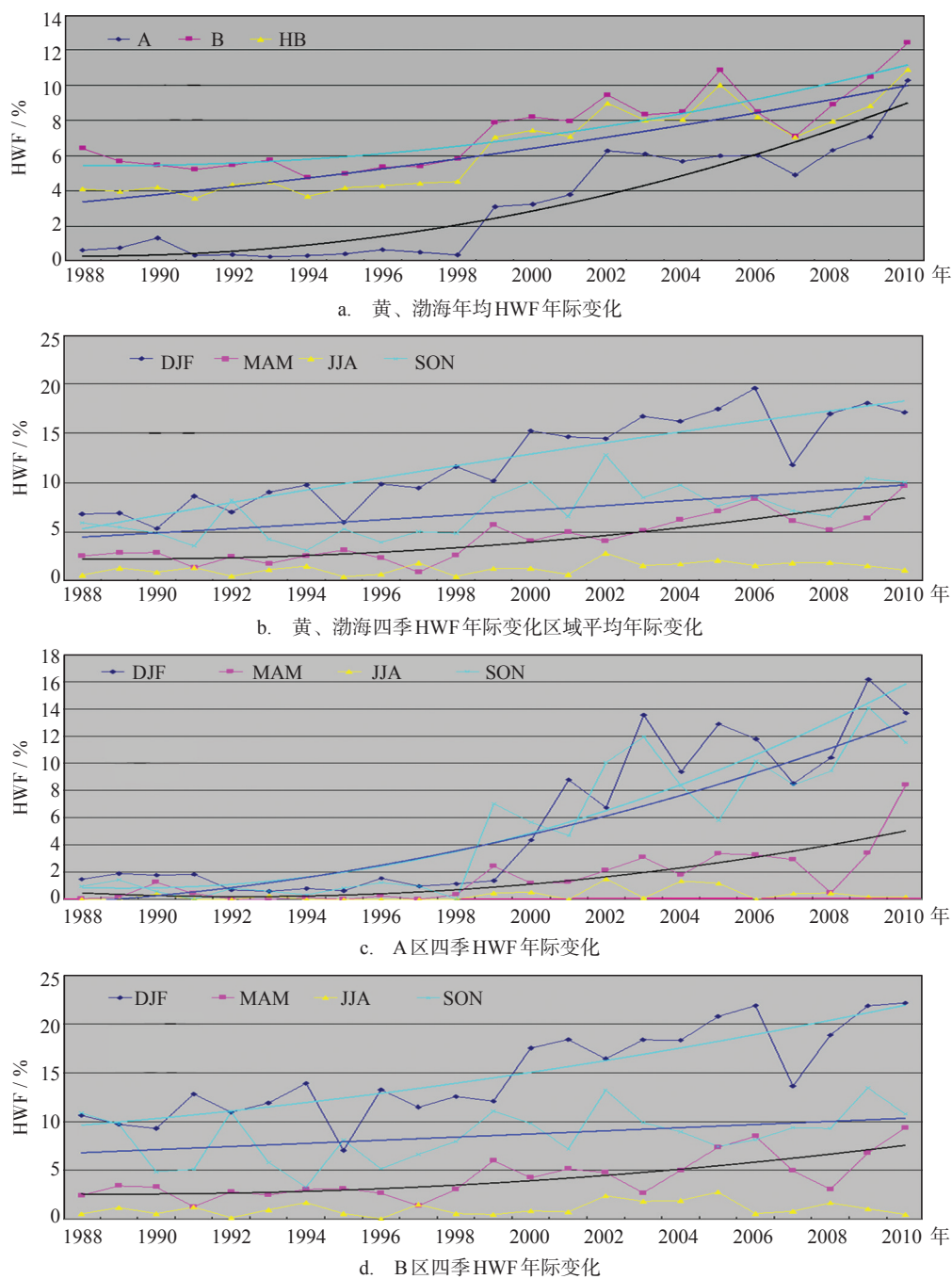


图4 a 为1988—2010年黄、渤海区域平均以及A、B区区域平均的HWF年际变化时间序列, b、c、d分别为黄、渤海、A区和B区的各个季节HWF年际变化时间序列图

HWF在数值上更为接近,有些年份甚至超过冬季,如1999年、2002年。

图4c为A区(渤海)海域区域平均的四季年际变化折线图。需要说明的是,图中A区1988—1998年四季均保持着一个低HWF且较为稳定的变化趋势,这是在1998年前,卫星还未能覆盖到渤海海域,

这一区域风场数据是通过数值模拟产生,而数值模拟手段虽然可以较好的模拟风场变化趋势,但对大风模拟有所欠缺^[7]。由于黄、渤海冬季大风频次数值上明显超出其它季节,下面仅针对影响冬季大风频次的气候因子进行分析。

5 冬季HWF年际变化的可能影响因子分析

AO是北半球冬季热带外行星尺度大气环流最重要的一个模态,对北半球及区域气候有重要影响。有研究指出AO的强弱会直接影响北半球中纬度地区与北极地区间大气活动,AO处于正(负)相位时,中纬度气压上升(下降)而极地下降(上升)^[9]。还有学者指出冬季北极涛动通过影响冬季西伯利亚高压系统,进而影响到东亚冬季风强度^[10]。而作为东亚季风的重要成员,东亚冬季风是北半球冬季最为活跃的环流系统之一。强东亚冬季风给东亚带来寒潮低温冷害、大风、冷冻雨雪等灾害性天气^[11]。因此黄、渤海大风与东亚冬季风也必然存在着一定的联系。

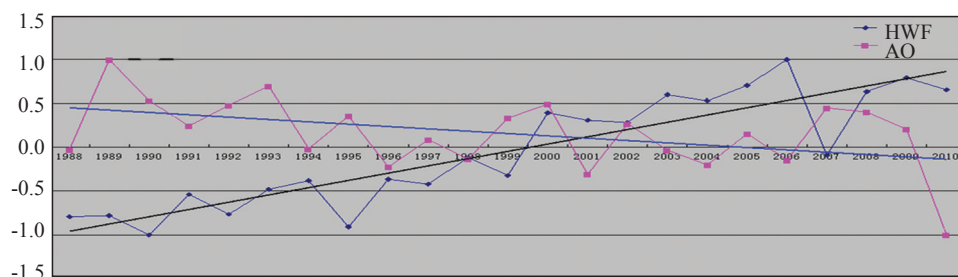
将历年冬季黄、渤海整个区域HWF计算区域平均,得到冬季黄、渤海HWF指数,分析其与AO指数和东亚冬季风(East Asian Winter Monsoon,简称EAWM)指数的关系。由图5a可见,冬季HWF和AO存在显著的负相关性($r=-0.458$,满足95%的显著性检验)。在年际尺度上HWF呈上升趋势,而AO在这期间则呈减弱趋势。将HWF指数和AO指数分别做线性回归,得到两个指数的线性趋势(HWF为黑色, AO为蓝色)。从趋势线中可以看到两个指数分别存在明显的上升和下降

的趋势。而EAWM指数和黄、渤海冬季HWF存在显著负相关性($r=-0.658$,通过99%的显著性检验),由于该EAWM指数为正时表征弱的东亚冬季风,图5b说明了强的东亚冬季风往往引起黄、渤海区HWF值较大,而弱的东亚冬季风往往对应较小的HWF。

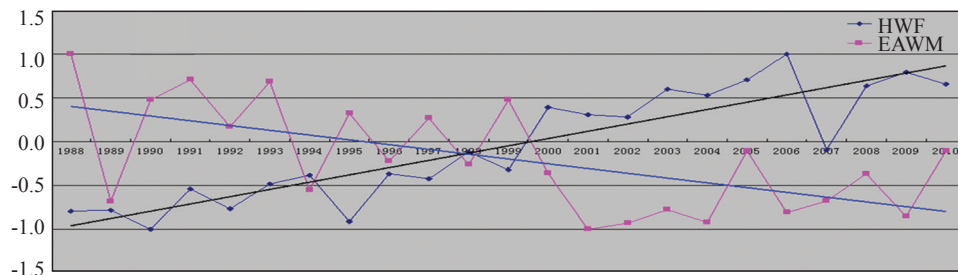
通过对黄、渤海整个区域与AO指数进行线性回归分析,得到图6a。图中彩色区域通过了95%显著性检验。在渤海,只有辽东浅滩以南,渤海海峡处HWF与AO指数相关较好;而黄海绝大部分海域均存在较好的相关性,尤其是在黄海中部相关性更为显著。图6b则显示,几乎黄、渤海整个海区冬季HWF都是受EAWM的影响,且最高相关系数可达-0.7。相关性关系较好区域集中在北黄海和南黄海南部。因此,在年际时间尺度上,黄、渤海冬季HWF的变化受东亚冬季风的影响,HWF和东亚冬季风呈现正相关性关系,随着东亚冬季风的增强,HWF也往往随之增大。

6 冬季HWF与辽东湾海冰关系

渤海和黄海北部,属于典型的季风气候,冬季盛行偏北风,天气寒冷干燥,常有冷空气或寒潮侵袭,气温骤然下降,导致海面温度下降。当海温降至冰点以后,海水发生相变,由液态转变成固态晶



a. 黄、渤海冬季AO和HWF年际变化相关性



b. 黄、渤海冬季EAWM和HWF年际变化相关性

图5 黄、渤海1988—2010年冬季HWF和AO(a)、EAWM(b)指数时间序列

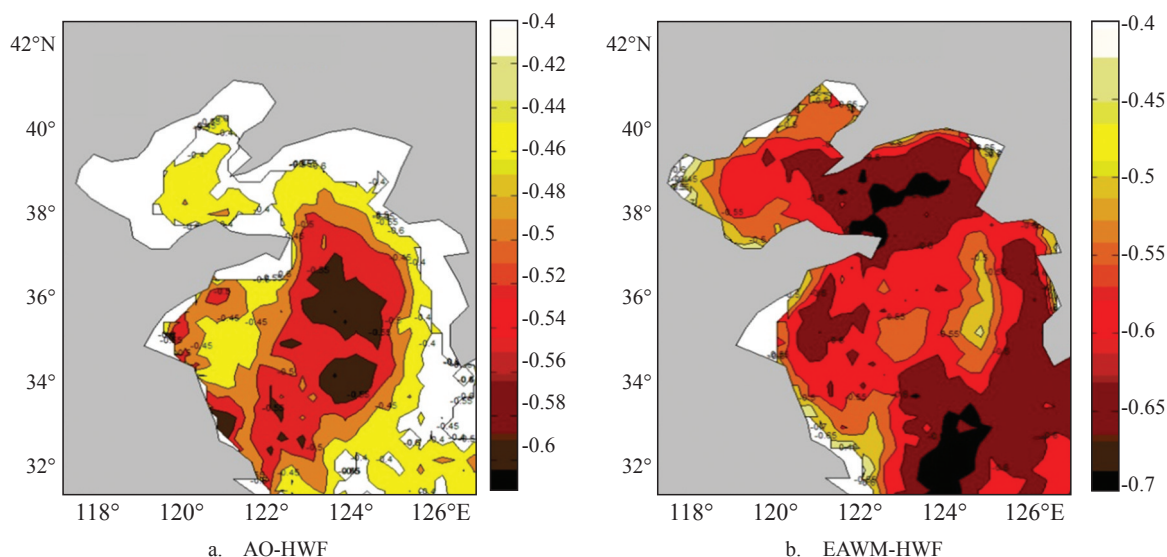
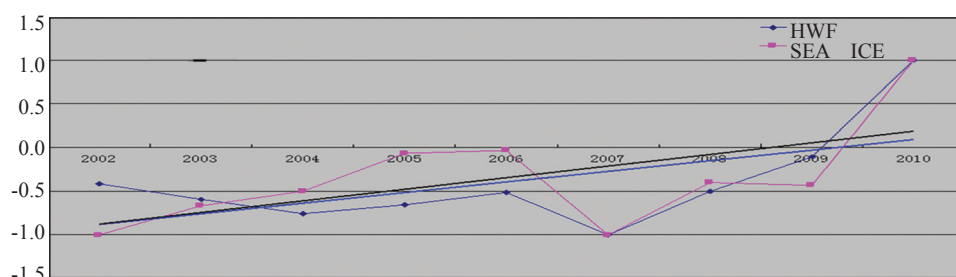


图6 黄、渤海1988年—2010年23年冬季HWF和AO、EAWM相关系数

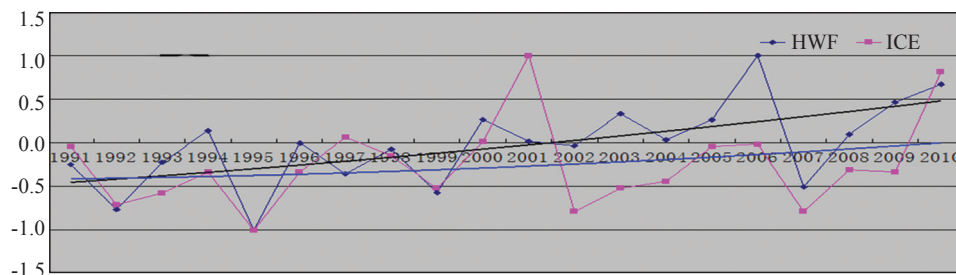
体,形成海冰。每年冬季,渤海及黄海北部皆有程度不同的结冰现象。中国近海的海冰,都是“一冬(年)冰”,即当年冬季形成、次年春季消失,冰龄不超过一个冬季。本文使用的海冰资料是国家海洋环境预报中心海冰组提供的辽东湾近20年海冰最大外沿线范围数据。

由图7可以发现辽东湾海冰与冬季HWF的年际变化有很好的正相关关系。其中1991—2010年冬季辽东湾海冰外沿线与冬季HWF相关系数为0.58,2002—2010年相关系数达0.832,均满足95 %

的显著性检验。也即,随着冬季HWF的增大,辽东湾海冰外沿线也随之增长。在大风天气频发的冬季,海温必然下降,海冰的外沿线也随之增长。所以HWF通过影响辽东湾的海温,进而间接影响到辽东湾海冰。但也有海冰与HWF关系不明显的年份,例如2001年辽东湾海冰最大外沿线达115 n mile为近30年来最严重冰清,而HWF却并不高,这其中可能的原因是当年有多次冷空气过程,但冷空气造成的大风却没有达到6级以上,具体原因还有待进一步深入研究。



a. 2002—2010年辽东湾冰区外缘线和HWF年际变化相关性



b. 1991—2010年辽东湾冰和HWF年际变化相关性

图7 1991—2010年冬季辽东湾HWF和海冰外沿线范围

7 结论

利用1987年12月—2010年12月CCMP风场资料,对中国近23年黄、渤海海表风场气候态特征、HWF年际变化及可能影响因子进行分析,得到以下结论:

(1)黄、渤海HWF年际变化总体表现为波动性上升。季节特征上,四季HWF大小及上升趋势均存在DJF>SON>MAM>JJA的特征;区域差异上,黄、渤海中部纬度越低,HWF越高,黄海HWF高于渤海,且各海区HWF存在由陆地向海洋升高的趋势;

(2)AO通过影响东亚冬季风强弱,影响到黄、渤海冬季HWF,当AO处于负(正)相位,东亚冬季风增强(减弱),导致频繁的冷空气过程,引起大风天气的增多,从而使得冬季HWF上升(下降);

(3)冬季渤海海上随着HWF增加,带来强冷空气使得海表温度下降,导致辽东湾冰情加剧;

本文仅讨论了冬季HWF的主要影响因子,而其它季节还有待深入研究。而HWF与辽东湾海冰的关系也比较复杂,有待于针对个例详细进行分析。

致谢:感谢国家海洋环境预报中心海冰组提供1991—2010年辽东湾冬季海冰外沿线数据。

参考文献:

[1] 高瑞华,王式功,张孝峰,等.渤海海峡大风的气候特征分析[J].

海洋预报, 2008, 25(3): 7-15.

[2] 曲海涛,刘学萍.黄渤海大风统计分析和预报方法[J]. 辽宁气象, 2002, 18(4): 11-12.

[3] 郑崇伟. 基于CCMP风场的近22年中国海海表风场特征分析[J]. 气象与减灾研究, 2011, 34(3): 41-46.

[4] 徐蜜蜜,徐海明.我国近海大风分布特征及成因[J]. 热带气象学报, 2011, 26(6): 716-723.

[5] 赵喜喜,侯一筠,齐鹏.中国海海面风场时空变化特征分析[J]. 高技术通讯, 2007, 17(5): 523-528.

[6] Cheng X, Xie S P, Tokinaga, H, et al. Interannual variability of High-Wind Occurrence over the North Atlantic[J]. Journal of Climate, 2011, 24: 6515-6527.

[7] Atlas R, Hoffman R N, Ardizzone, et al. A Cross-calibrated, multiplatform ocean surface wind velocity product for meteorological and oceanographic applications[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2011, 92(2): 157-174.

[8] Chen W, Graf H F, Ronghui H. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2000, 17(1): 48-60.

[9] 邓伟涛,孙照渤.冬季北极涛动与极涡的变化分析[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(5): 613-619.

[10] 杨辉,李崇银.冬季北极涛动的影响分析[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(4): 395-404.

[11] 晏红明,周文,杨辉,等.东亚冬季风指数的定义及其年际年代际异常[J]. 大气科学学报, 2009, 32(3): 367-376.

Analysis of the interannual variability and influence factors of HWF occurrence over the Yellow Sea and the Bohai Sea

ZHANG Zhi-hua¹, GUO Wei², WEI Hao²

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China; 2. College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, School of Marine and Environment, Tianjin 300457 China)

Abstract: The climatology and interannual variability of high-wind-frequency (thereafter HWF) occurrence over the Yellow Sea and the Bohai Sea are investigated based on the high-resolution satellite wind field data. The results show that the climatology of wind and interannual variability of HWF have obvious seasonal characteristics and regional differences. HWF is the highest in winter, followed by autumn and spring, and the lowest in summer. HWF occurrence over the Yellow Sea is significantly higher than that over the Bohai Sea in any seasons. HWF is rising from the land to the sea, and from the high-latitude to the low-latitude. Over the past 30 years, the underlying trend of HWF has been raised. This trend exists in winter, autumn and spring respectively while it is not yet evident in summer. It is indicated that the Arctic Oscillation (AO) possibly plays a key role in the HWF over this area in winter. It works by affecting the East Asian Winter Monsoon. When AO is in negative (positive) phase, the East Asian winter monsoon enhancing (weakening) and HWF rising (falling). The relationship between sea ices and HWF in the Liaodong Bay is also discussed. It is found that the cold air occurring is more frequently when HWF is high, which makes the sudden drop of sea surface temperature and sea ice is intensified.

Key words: Yellow Sea and Bohai Sea; HWF; interannual variability; AO