

秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常对渤海、黄海冰情的影响

刘鑫^{1,2}, 赵倩³, 李大超⁴, 陈海军⁵, 初宇峰⁴, 聂晓文⁴, 隋俊鹏^{3*}

(1. 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 北京 102209; 2. 国家能源海上风电工程与运行技术研发中心, 北京 102209; 3. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 4. 华能辽宁清洁能源有限责任公司, 辽宁 沈阳 110015; 5. 辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 沈阳 110033)

摘要: 利用美国国家冰雪数据中心海冰覆盖面积月平均数据、美国气象环境预报中心/美国国家大气研究中心月平均再分析资料和渤海、黄海冰情等级数据, 研究了秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常对渤海、黄海冰情的影响。结果表明: 去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积与渤海、黄海冰情等级呈显著的负相关, 相关系数为-0.54; 秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少, 有利于高纬度冷空气南下, 冷空气活动频繁造成冬季我国北方地区气温偏低, 导致渤海、黄海冰情偏重, 反之亦然; 若前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈负异常, 则冬季渤海、黄海发生严重冰情的概率较大, 近42年冬季渤海、黄海冰情等级在3级以上的年份, 前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积均为负异常。因此, 前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积可以作为我国冬季渤海、黄海冰情的预测因子。

关键词: 海冰; 渤海、黄海; 巴伦支海-喀拉海; 冰情预测

中图分类号: P731.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2025)01-0032-06

0 引言

我国渤海及黄海北部是北半球纬度最低的季节性结冰海域^[1], 不同年份冰情差异显著, 严重的冰情会造成巨大的经济损失^[2-3], 准确的海冰中长期预测可以有效预防和减轻海冰灾害所造成的损失。

在海冰中长期预测方面, 前人已经开展了很多研究, 从不同角度分析了影响渤海、黄海冰情的气候成因。研究表明, 西太平洋副热带高压是影响渤海、黄海冰情的主要因子之一^[4-6]; 冰情年际变化周期与厄尔尼诺现象和太阳活动周期有关^[4]; 西伯利亚高压是导致渤海、黄海冬季气温年际变化的关键系统^[7], 也是影响渤海、黄海海冰年际变化的重要因子之一^[8]。但是诸如冬季北极涛动指数、冬季西伯利亚高压面积和强度指数等均是同期因子, 会影响冰情预测的时效性。在我国极端天气事件总体呈

增加趋势的背景下, 渤海、黄海冰情预测工作中还有很多潜在的因子需要进一步研究。

研究表明, 欧亚大陆严冬频发与秋冬季北极海冰减少有密切联系^[9-11], 秋季北极地区海冰异常偏少, 有利于极地冷气团中心向南偏移, 促使冬季欧亚大陆冷空气频繁活动, 从而提高了极端冷事件的发生频率^[12-14]。北极巴伦支海-喀拉海(Barents-Kara Sea)热通量变化强烈^[9], 是海-气相互作用的关键区。秋季巴伦支海-喀拉海海冰异常偏少, 会引起平流层-对流层的相互作用^[15], 通过大尺度的大气环流调整和行星波的传导, 导致西伯利亚高压增强, 同时西风急流发生摆动^[16], 进而影响东亚冬季天气和气候。本文分析了秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积与冬季渤海、黄海冰情等级的关系, 旨在为预测冬季渤海、黄海冰情提供一个前期因子, 为改进海冰中长期预测技术提供参考。

收稿日期: 2024-05-08。

基金项目: 中国华能集团有限公司科技项目(HNKJ20-H54)。

作者简介: 刘鑫(1987-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事新能源发电领域研究。E-mail: x_liu@qny.chng.com.cn

*通信作者: 隋俊鹏(1984-), 男, 高级工程师, 学士, 主要从事海冰预警工作。E-mail: sjp@nmeffc.cn

1 数据与相关分析

本文所用数据资料包括:①北极海冰面积数据来自美国国家冰雪数据中心(National Snow and Ice Data Center, NSIDC)提供的海冰覆盖面积月平均数据^[17],选用1979—2020年共42年的数据,以9—11月海冰面积平均值来表示秋季海冰面积;②1 000 hPa温度场、500 hPa位势高度场数据来自美国气象环境预报中心/美国国家大气研究中心(National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research, NCEP/NCAR)的月平均再分析资料,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,选用1979—2020年共42年的数据,以当年12月、翌年1月、2月数据的平均值来表示当年冬季的温度场、位势高度场;③渤海、黄海冰情等级数据来自国家海洋环境预报中心。图1为1979—2020年冬季渤海、黄海冰情等级的时间序列,根据冰情轻重分为5个等级,即轻冰年(1级)、偏轻冰年(2级)、常冰年(3级)、偏重冰年(4级)、重冰年(5级),若3.5级则代表常冰年略偏重,2.5级代表常冰年略偏轻,1.5级代表冰情介于轻

冰年和偏轻冰年之间。冰情等级数据的均值为2.3级,方差为0.68级。为了分析冬季冰情与前期秋季影响因子的关系,同时考虑渤海、黄海冰期时间跨度,本文的冰情等级年份指当年—翌年冬季,如1979年指的是1979—1980年冬季。

为了减小趋势变化的影响,首先对北极各海域的海冰覆盖面积数据进行去趋势处理,然后将1979—2020年北极各海域的秋季海冰面积数据与渤海、黄海冰情等级进行相关分析。表1为笔者计算得到的北极主要海域的秋季海冰面积与渤海、黄海冰情等级的相关系数,两者相关性较好的海域是巴伦支海和喀拉海,相关系数分别为-0.59和-0.43,考虑到巴伦支海-喀拉海是海-气相互作用的关键区,我们选取秋季该区域的海冰面积开展研究,分析其与冬季渤海、黄海冰情等级的关系。图2中黑色实线代表秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积的年际变化时间序列,黑色虚线代表秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积以每年 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的线性趋势减少,为了研究其与后期冬季渤海、黄海冰情等级的关系,对数据进行了去趋势处理,红线代表秋季巴伦

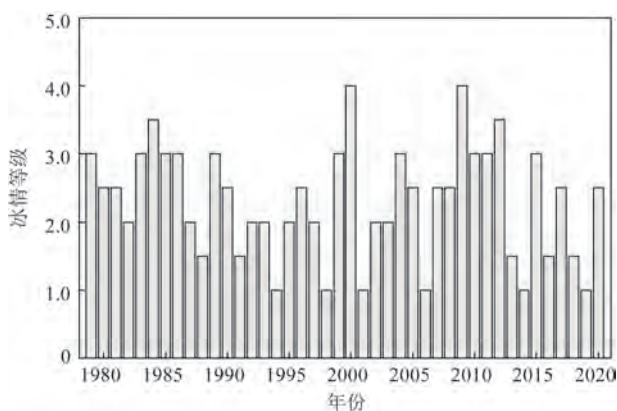


图1 1979—2020年渤海、黄海冰情等级年际变化序列

Fig.1 Time series of ice grade in the Bohai Sea and the Yellow Sea from 1979 to 2020

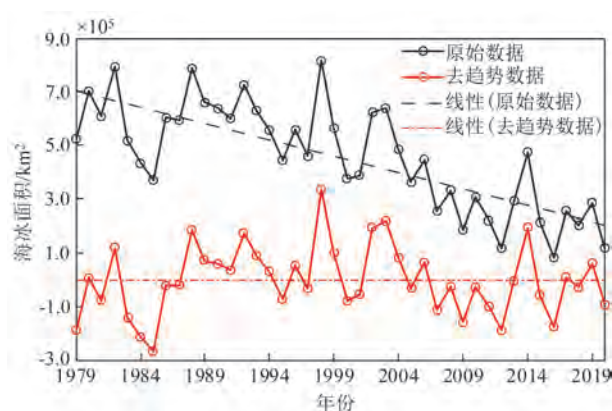


图2 1979—2020年秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积及其去趋势后的年际变化序列

Fig.2 Time series of original and detrended autumn sea ice area in the Barents-Kara Seas from 1979 to 2020

表1 北极各海域的秋季海冰面积数据与渤海、黄海冰情等级的相关系数

Tab.1 The correlation coefficient between autumn sea ice area in different Arctic regions and ice grade in the Bohai Sea and the Yellow Sea

海域名称	巴伦支海	喀拉海	北冰洋中心区	巴芬湾	楚科奇海	格陵兰海	东西伯利亚海	拉普特夫海	波弗特海	白令海
相关系数	-0.59	-0.43	-0.27	0.16	-0.15	-0.14	-0.11	-0.10	-0.03	0.03

支海-喀拉海海冰面积去除线性趋势后的年际变化时间序列。

相关分析结果表明,去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积与渤海、黄海冰情等级呈显著的负相关,相关系数为-0.54,通过了0.95信度检验。图3显示,在前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少的年份,冬季渤海、黄海发生较严重冰情的概率较大;而前期秋季海冰面积异常偏多则可能对应当年冰情偏轻。从图4散点图及线性拟合结果也可以看到,当前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少(偏多),冬季渤海、黄海冰情偏重(偏轻)的可能性大。

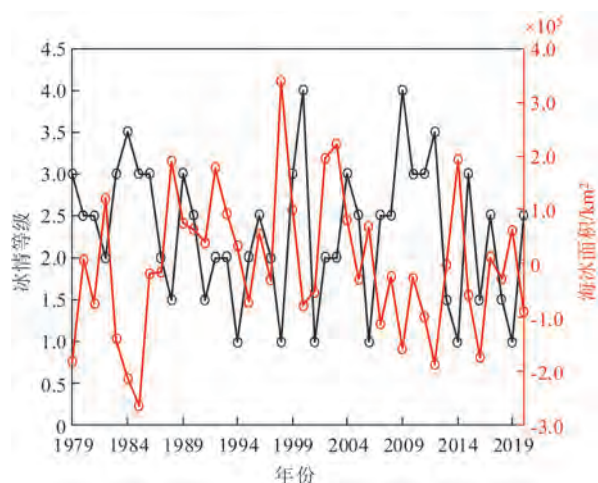


图3 1979—2020年渤海、黄海冰情等级(黑线)和去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积(红线)年际变化序列

Fig.3 Time series of ice grade in the Bohai Sea and the Yellow Sea (black line) and detrended autumn sea ice area in the Barents-Kara Seas (red line) from 1979 to 2020

2 秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常对渤海、黄海冰情的影响

对1979—2020年渤海、黄海冰情等级和秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积的年际变化序列进行分析。首先将秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积划分为正异常(去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积 $> 0.5 \times 10^5 \text{ km}^2$)、中性($-0.5 \times 10^5 \text{ km}^2 \leq$ 去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积 $\leq 0.5 \times 10^5 \text{ km}^2$)、负异常(去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积 $< -0.5 \times 10^5 \text{ km}^2$)。表2为秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积正异常、中性、负异常年份所对应的冬季渤海、黄海冰

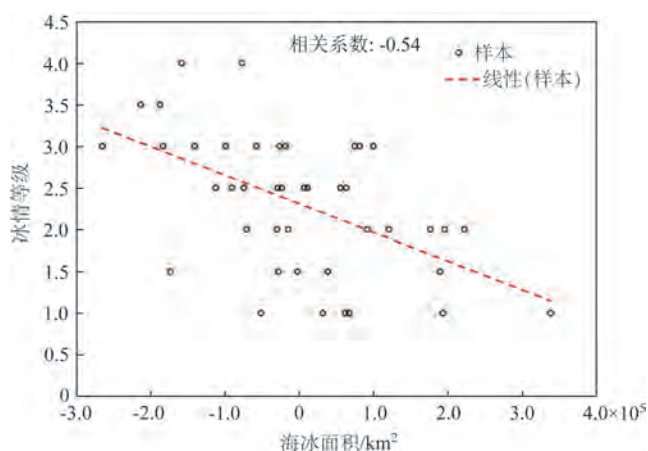


图4 渤海、黄海冰情等级和去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积散点图

Fig.4 Scatter graph of ice grade in the Bohai Sea and the Yellow Sea and detrended autumn sea ice area in the Barents-Kara Seas

表2 秋季巴伦支海—喀拉海海冰面积正异常、中性、负异常年份对应的渤海、黄海冰情等级

Tab.2 Ice grades in the Bohai Sea and the Yellow Sea corresponding to years with positive, neutral and negative anomaly autumn sea ice area in the Barents-Kara Seas

秋季巴伦支海—喀拉海海冰面积	年份	冬季渤海、黄海冰情等级
正异常	1982、1988、1989、1990、1992、1993、1996、1998、 1999、2002、2003、2004、2006、2014、2019	2.0、1.5、3.0、2.5、2.0、2.0、2.5、1.0、3.0、2.0、 2.0、3.0、1.0、1.0、1.0
中性	1980、1986、1987、1991、1994、1997、2001、2005、 2008、2010、2013、2017、2018	2.5、3.0、2.0、1.5、1.0、2.0、1.0、2.5、2.5、3.0、 1.5、2.5、1.5
负异常	1979、1981、1983、1984、1985、1995、2000、2007、 2009、2011、2012、2015、2016、2020	3.0、2.5、3.0、3.5、3.0、2.0、4.0、2.5、4.0、3.0、 3.5、3.0、1.5、2.5

情等级。统计表明,前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈正异常,当年冬季渤海、黄海没有发生过严重冰情,且出现轻冰年(1级)或偏轻冰年(2级)的概率较大;前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈中性状态,当年冬季渤海、黄海没有发生过严重冰情,且出现常冰年(3级)或偏轻冰年(2级)的概率较大;前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈负异常,当年冬季渤海、黄海发生严重冰情的概率较大,近42年冬季渤海、黄海冰情等级在3级以上的年份,前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积均为负异常。

图5用不同形状的点分别代表秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积正异常、中性、负异常对应的冬季渤海、黄海冰情等级,从中可以看到,20世纪80年代后期—90年代,秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积极少出现负异常,渤海、黄海冰情明显偏轻,这与全球和东亚地区气候变暖趋势一致。2000年之后秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积出现负异常的频率明显增大,北极海冰持续减少,北极与中纬度地区联系加强,从而造成中纬度地区极端天气事件发生频率增加。

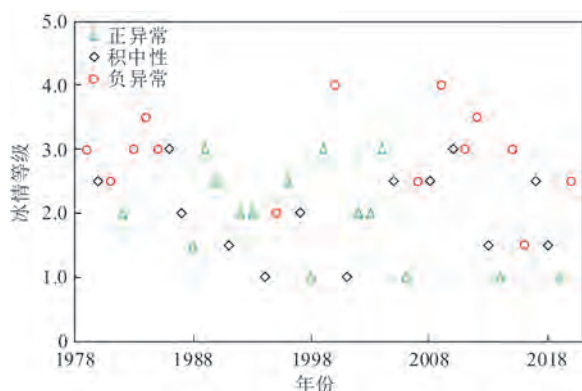


图5 秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积正异常、中性、负异常对应的渤海、黄海冰情等级散点图

Fig.5 Scatter graph of ice grades in the Bohai Sea and the Yellow Sea corresponding to years with positive, neutral and negative anomaly autumn sea ice area in the Barents-Kara Seas

前人对秋季北极海冰异常偏少造成欧亚大陆极端严寒事件频发的物理机制已经做了很多研究^[13,15]。秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少,导致海区异常增暖,从而减弱了北极与欧亚大陆中高纬度的经向大气热力梯度,使中纬度的纬向西风

减弱。在这种大气环流形势下,乌拉尔阻塞高压更加稳定且持续时间变长^[18-19],有利于高纬度地区的冷空气南下,频繁的冷空气活动造成冬季我国北方大部分地区气温偏低,渤海、黄海海冰情偏重。

当秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少,会引起平流层-对流层相互作用,通过大尺度的大气环流调整和行星波的传导,导致后期冬季东亚大槽加深^[16]。这说明在秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积负异常年,后期冬季的大气环流特征有利于高纬度地区的冷空气南下,造成我国冬季北方大部分地区气温偏低,渤海、黄海冰情偏重。在秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏多的年份,后期冬季东亚地区气温偏高,渤海、黄海冰情偏轻。

2012年是秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少的典型年份,秋季去趋势的巴伦支海-喀拉海海冰覆盖面积为 $1.20 \times 10^5 \text{ km}^2$,是1979—2020年的历史第三低值,去趋势的秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈明显的负异常($-1.87 \times 10^5 \text{ km}^2$)。2012—2013年冬季影响我国的冷空气活动偏多、势力偏强,渤海、黄海沿岸各站气温较常年同期明显偏低。图6是2012—2013年冬季和2014—2015年冬季辽东湾海冰范围逐日演变与多年平均的对比图,从图中可以看到2012—2013年冬季渤海、黄海冰情较多年平均明显偏重,该年冰情等级为3.5级,冰期为106天,较常年偏长^[20]。

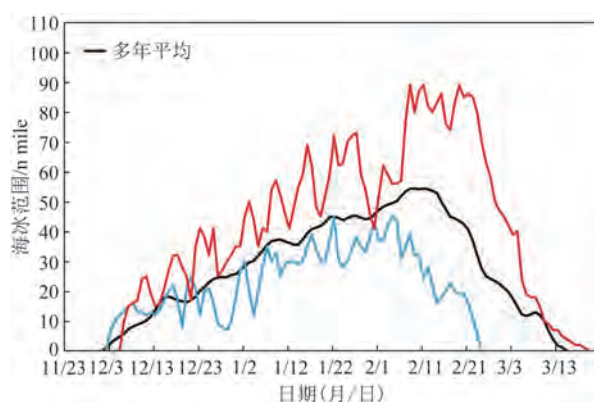


图6 2012—2013年(红线)、2014—2015年(蓝线)冬季辽东湾海冰范围逐日变化图

Fig.6 Daily variation of sea ice extent in Liaodong Bay during the winters of 2012—2013 (red line) and 2014—2015 (blue line)

秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏多,导

致海区气温出现负异常,从而加强北极与欧亚大陆中高纬度的经向温度梯度,使中纬度的纬向西风加强,增强的西风阻碍了高纬度地区冷气团向南偏移^[21],冷空气活动偏少造成冬季我国北方大部分地区气温偏高,导致渤海、黄海冰情偏轻。2014年是秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏多的典型年份,秋季去趋势的海冰覆盖面积为 $4.76 \times 10^5 \text{ km}^2$,呈明显正异常($1.93 \times 10^5 \text{ km}^2$)。2014—2015年冬季影响我国的冷空气活动偏少、势力偏弱,渤海、黄海沿岸各站气温较常年同期明显偏高。2014—2015年冬季渤海、黄海冰情等级为1级,该年度冬季各海区海冰范围明显偏小,冰厚明显偏薄。从图6中可以看出,2014—2015年冬季辽东湾盛冰期仅为22天,较常年明显偏短,该年度冬季冰期辽东湾最大海冰范围为45 n mile。

3 结论与讨论

秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常为预测冬季渤海、黄海冰情提供了前期预测因子。秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常偏少,减弱了北极与欧亚大陆中高纬度的经向大气热力梯度,使中纬度的纬向西风减弱,乌拉尔阻塞高压更加稳定且持续时间变长,有利于高纬度地区的冷空气南下,频繁的冷空气活动造成我国冬季北方大部分地区气温偏低,渤海及黄海北部冰情偏重,反之亦然。

前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积呈正异常,则当年冬季渤海、黄海出现轻冰年(1级)或偏轻冰年(2级)的概率较大;前期秋季呈中性状态,当年出现常冰年(3级)或偏轻冰年(2级)的概率较大;前期秋季呈负异常,则当年发生严重冰情的概率较大,近42年冬季渤海、黄海冰情等级在3级以上的年份,前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积均为负异常。

本文从统计角度出发分析了前期秋季巴伦支海-喀拉海海冰面积异常对冬季渤海、黄海冰情的影响,前者可以通过影响大气环流进而影响后者。除此之外,影响渤海、黄海冰情的因子还有很多,如海温、太阳活动、厄尔尼诺等,各种影响因子之间也有一定的调制作用,这个问题在渤海、黄海水冰中长期预测中还需要进一步研究。除了统计方法,机器学习在冰情长期预测中也具有一定的数据分析和预报潜力,

在今后的预测工作中我们将进行这方面的研究。

参考文献:

- [1] 刘煜, 吴辉碇. 第1讲渤、黄海的海冰[J]. 海洋预报, 2017, 34(3): 94-101.
LIU Y, WU H D. Sea ice in the Bohai Sea and the northern Yellow Sea[J]. Marine Forecasts, 2017, 34(3): 94-101.
- [2] 包澄澜. 海冰灾害及预报[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 137-139.
BAO C L. Sea ice disaster and forecast[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991: 137-139.
- [3] 自然资源部. 2010年中国海洋灾害公报[EB/OL]. (2011-04-22) [2011-04-22]. http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798014.html.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Ministry of natural resources China marine disaster bulletin 2010 [EB/OL]. (2011-04-22)[2011-04-22]. http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798014.html.
- [4] 白珊, 刘钦政, 吴辉碇, 等. 渤海、北黄海海冰与气候变化的关系[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 33-41.
BAI S, LIU Q Z, WU H D, et al. Relation of ice conditions with climate change in the Bohai Sea and the northern Huanghai Sea[J]. Haiyang Xuebao, 2001, 23(5): 33-41.
- [5] 刘钦政, 黄嘉佑, 白珊, 等. 渤海冬季海冰气候变异的成因分析[J]. 海洋学报, 2004, 26(2): 11-19.
LIU Q Z, HUANG J Y, BAI S, et al. Studies on the causation of sea ice decadal variation in the Bohai Sea of China[J]. Haiyang Xuebao, 2004, 26(2): 11-19.
- [6] 李春花, 刘钦政, 黄焕卿. 渤海、北黄海冰情与太平洋副热带高压的统计关系[J]. 海洋通报, 2009, 28(5): 43-47.
LI C H, LIU Q Z, HUANG H Q. Statistic relation between sea ice in the Bohai Sea and North Yellow Sea of China and the subtropical high in the Pacific Ocean[J]. Marine Science Bulletin, 2009, 28(5): 43-47.
- [7] 刘煜, 刘钦政, 隋俊鹏, 等. 渤、黄海冬季海冰对大气环流及气候变化的响应[J]. 海洋学报, 2013, 35(3): 18-27.
LIU Y, LIU Q Z, SUI J P, et al. The respond of ice for the Bohai Sea and the Huanghai Sea with the general circulation and the climate change in winters[J]. Haiyang Xuebao, 2013, 35(3): 18-27.
- [8] 唐茂宁, 洪洁莉, 刘煜, 等. 气候因子对渤海冰情影响的统计分析[J]. 海洋通报, 2015, 34(2): 152-157.
TANG M N, HONG J L, LIU Y, et al. Statistical analysis of climatic factors impacting on the Bohai Sea ice[J]. Marine Science Bulletin, 2015, 34(2): 152-157.
- [9] PETOUKHOV V, SEMENOV V A. A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2010, 115(D21): D21111.
- [10] HONDA M, INOUE J, YAMANE S. Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters[J]. Geophysical Research Letters, 2009, 36(8): L08707.
- [11] WU B Y, HANDORF D, DETHLOFF K, et al. Winter weather

- patterns over Northern Eurasia and Arctic Sea ice loss[J]. *Monthly Weather Review*, 2013, 141(11): 3786-3800.
- [12] ZHAO J P, CAO Y, SHI J X. Core region of Arctic Oscillation and the main atmospheric events impact on the Arctic[J]. *Geophysical Research Letters*, 2006, 33(22): L22708.
- [13] WU B Y, SU J Z, ZHANG R H. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2011, 56(30): 3220-3228.
- [14] 周群, 魏立新, 黄焕卿. 秋季巴伦支海海温异常对冬季我国渤海冰情的可能影响[J]. *海洋学报*, 2016, 38(3): 40-48.
- ZHOU Q, WEI L X, HUANG H Q. Possible effect of SSTa in the Barents Sea in fall on the variations of Bohai Sea ice in the following winter[J]. *Haiyang Xuebao*, 2016, 38(3): 40-48.
- [15] 武炳义. 北极海冰融化影响东亚冬季天气和气候的研究进展以及学术争论焦点问题[J]. *大气科学*, 2018, 42(4): 786-805.
- WU B Y. Progresses in the impact study of arctic sea ice loss on wintertime weather and climate variability over East Asia and key academic disputes[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2018, 42(4): 786-805.
- [16] XU M, TIAN W S, ZHANG J K, et al. Impact of sea ice reduction in the Barents and Kara Seas on the variation of the East Asian trough in late winter[J]. *Journal of Climate*, 2021, 34(3): 1081-1097.
- [17] NSIDC. Sea ice index, Version 3.0 [EB/OL]. [2021-11-22]. <https://nsidc.org/data/G02135/versions/3>.
- [18] YAO Y, LUO D H, DAI A G, et al. Increased quasi stationarity and persistence of winter Ural blocking and Eurasian extreme cold events in response to arctic warming. Part I: insights from observational analyses[J]. *Journal of Climate*, 2017, 30(10): 3549-3568.
- [19] 李言蹊, 陈海山. 冬季亚洲中纬度极端低温事件与巴伦支-喀拉海异常增暖的关系及联系机制[J]. *大气科学*, 2021, 45(4): 889-900.
- LI Y X, CHEN H S. The relationship between winter extremely low temperature events in mid-latitude Asia and abnormal warming over Barents-Kara Seas and associated mechanism[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2021, 45(4): 889-900.
- [20] 赵倩, 刘煜, 唐茂宁, 等. 2012-2013 年冬季渤海海冰数值预报[J]. *海洋预报*, 2014, 31(2): 73-79.
- ZHAO Q, LIU Y, TANG M N, et al. Numerical sea ice forecast for the Bohai Sea in the winter of 2012-2013[J]. *Marine Forecasts*, 2014, 31(2): 73-79.
- [21] 秦大河, 周波涛, 效存德. 冰冻圈变化及其对中国气候的影响[J]. *气象学报*, 2014, 72(5): 869-879.
- QIN D H, ZHOU B T, XIAO C D. Progress in studies of cryospheric changes and their impacts on climate of China[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2014, 72(5): 869-879.

Effect of autumn sea ice area anomaly in the Barents–Kara Seas on ice condition of the Bohai Sea and the Yellow Sea

LIU Xin^{1,2}, ZHAO Qian³, LI Dachao⁴, CHEN Haijun⁵, CHU Yufeng⁴, NIE Xiaowen⁴, SUI Junpeng^{3*}

(1. China Huaneng Clean Energy Research Institute, Beijing 102209, China; 2. National Energy R&D Center of Offshore Wind Power Engineering and Operation, Beijing 102209, China; 3. China National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081, China; 4. Huaneng Liaoning Clean Energy Co., Ltd, Shenyang 110015, China; 5. Liaoning Provincial Natural Resources Affairs Service Center, Shenyang 110033, China)

Abstract: The effect of autumn sea ice area anomaly in the Barents–Kara Seas on ice condition of the Bohai Sea and the Yellow Sea was analyzed based on the National Snow and Ice Data Center monthly sea ice area data, the National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research reanalysis data, and the ice grade data in the Bohai Sea and the Yellow Sea. The results show that the detrended autumn sea ice area anomaly in the Barents–Kara Seas is negatively correlated to the ice grade in the Bohai Sea and the Yellow Sea with a correlation of -0.54 . During the low autumn sea ice year in the Barents–Kara Seas, the frequency of cold air activity increases and winter temperature in north China is below normal, leading to heavier ice condition in the Bohai Sea and the Yellow Sea, and vice versa. When autumn sea ice area is negative anomaly in the Barents–Kara Seas, there is a high probability of heavier ice condition in the Bohai Sea and the Yellow Sea. Autumn sea ice area is negative anomaly in the Barents–Kara Seas when ice grade is above Grade 3 in the past 42 years. Therefore, the autumn sea ice area in the Barents–Kara Seas is a good predictor of ice condition in the Bohai Sea and the Yellow Sea.

Key words: sea ice; the Bohai Sea and the Yellow Sea; Barents–Kara Sea; ice condition prediction