

# 北极海冰变化特征分析

魏立新<sup>1, 2</sup>, 张占海<sup>3</sup>

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003;

3. 中国极地研究中心, 上海 200136)

**摘 要:** 本文利用 NASA 的海冰密集度资料(时间为 1978 年 10 月~2002 年 9 月, 分辨率为  $1.0 \times 0.25$ ), 计算并分析了 1978~2002 年的北极海冰面积、范围的时间变化趋势以及变化的空间分布。

**关键词:** 北极海冰; 密集度; 面积; 范围

**中图分类号:** P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2007)4-0042-07

## 1 引言

全球变暖及其影响研究是 20 世纪 90 年代以来国际上最引人瞩目和关切的环境及科学问题, 其中极地高纬度地区作为全球变暖最为显著的区域更是近年来科学研究的热点之一。由于全球变暖, 北极地区的气候环境都发生了明显的变化, 包括海洋、海冰、大气环流、生态等, 特别是近 30 年来北极的海冰、海洋和大气等都发生了比其它地区更为明显的变化, 也是近 100 年来最显著的变化<sup>[1]</sup>, 由此引发了一系列的环境气候问题。海冰是气候变化最敏感的因素之一, 它可通过改变海洋与大气之间热量、太阳辐射与水汽的交换通量而影响全球气候。另一方面, 海冰本身是淡水载体, 其运移将影响到相关海域表层水的水团结构, 从而对海洋环流系统产生影响。全球变暖对北极海域最直接的影响就是海冰覆盖面积的减少。从已有的观测结果看, 北极海冰覆盖范围自上世纪 50 年代以来持续退缩, 而且在最近的 30 年中海冰减少的速度明显增快。已有观测结果表明, 北极海冰覆盖范围大约从 20 世纪 50 年代开始明显退缩, 过去 30 年北极海冰覆盖范围每 10 年减少约 3%, 其中夏季最为显著<sup>[2]</sup>。英国 Hadley 气候预测与研究中心的数值模拟结果表明, 如果按照目前的趋势发展下去, 到本世纪中末期北极夏季的海冰有可能完全消失。最近研究表明冬季海冰也将持续衰减<sup>[3]</sup>。

## 2 选取资料

本文利用 NASA 的海冰密集度资料(时间为 1978 年 10 月~2002 年 9 月, 分辨率为  $1.0 \times 0.25$ ), 分析了 1978~2002 年的海冰面积、范围的时间变化趋势、变化的空间分布

收稿日期: 2007-06-26; 修订日期: 2007-09-04

作者简介: 魏立新 (1973-), 女, 工程师, 从事中长期海洋预报工作。

以及主要模态。

2.1 海冰面积、范围的时间变化趋势

分析计算北极海冰面积时, 密集度大于 15% 的计入格点有效面积; 计算海冰范围时, 密集度大于 15% 的计入格点面积。为了能够清晰的反映极地不同区域的变化特征, 对极地地区进行了分区处理, 分别如下:

- 洋中区 70°N 以北, 大西洋一侧 80°N 以北;
- 北大西洋侧 55°~80°N, 45°W~60°E;
- 鄂霍次克海 42°~63°N, 131°~161°E;
- 白令海 53°~66°N, 161°E~158°W;
- 北太平洋侧 42°~70°N, 131°E~158°W。

(1) 从海冰的月平均值看, 北极海冰在 7~9 月最少, 10 月开始冻结, 次年 1~3 月最多, 6 月开始融化。北太平洋夏季海冰融化的很厉害, 说明以当年冰为主, 特别是白令海、鄂霍次克海 7~10 月份基本无冰(见表 1)。洋中区海冰季节变化较小, 多年冰占很大部分。海冰范围的季节变化趋势与面积基本一致(见表 2~4)。

表 1 海冰面积月平均 (1979 ~ 2001)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
全海区 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	12.7	13.5	13.5	12.8	11.3	9.6	7.5	5.5	5.2	7.2	9.3	11.2
北大西洋 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	1.3	1.4	1.5	1.4	1.1	0.8	0.4	0.2	0.2	0.4	0.7	1.0
北太平洋 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	1.4	1.8	1.8	1.4	0.6	0.2	0.05	0.02	0.02	0.05	0.2	0.7
洋中区 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.5	5.2	5.0	6.6	7.7	8.0
白令海 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	5.2	6.2	6.6	5.5	2.3	0.2	0	0	0	0	0.6	3.1
鄂霍次克海 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	6.2	9.2	9.5	5.9	1.6	0.3	0	0	0	0	0.1	2.0

表 2 海冰面积季节平均 (1979 ~ 2001)

	冬季	夏季
全海区 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	12.5	6.1
北大西洋 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	1.3	0.3
北太平洋 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	1.3	0.03
洋中区 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	8.0	5.5
白令海 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	5.0	0
鄂霍次克海 (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	5.8	0

表 3 海冰范围月平均 (1979 ~ 2001)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
全海区 ( $10^6\text{km}^2$ )	14.2	15.0	15.1	14.4	12.9	11.5	9.9	7.4	6.6	8.6	10.7	12.7
北大西洋 ( $10^6\text{km}^2$ )	1.7	1.9	1.9	1.8	1.5	1.2	0.8	0.4	0.3	0.6	1.1	1.5
北太平洋 ( $10^6\text{km}^2$ )	1.9	2.2	2.3	1.9	1.0	0.3	0.09	0.04	0.03	0.08	0.4	1.1
洋中区 ( $10^6\text{km}^2$ )	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	7.8	6.6	6.0	7.6	8.2	8.2
白令海 ( $10^6\text{km}^2$ )	7.2	8.2	8.7	7.9	4.9	0.7	0	0	0	0	1.6	5.0
鄂霍次克海 ( $10^6\text{km}^2$ )	9.2	12.0	12.2	9.2	3.2	0.7	0	0	0	0	0.4	4.0

表 4 海冰范围季节平均 (1979 ~ 2001)

	冬季	夏季
全海区 ( $10^6\text{km}^2$ )	14.0	7.9
北大西洋 ( $10^6\text{km}^2$ )	1.3	0.3
北太平洋 ( $10^6\text{km}^2$ )	1.3	0.03
洋中区 ( $10^6\text{km}^2$ )	8.3	6.8
白令海 ( $10^6\text{km}^2$ )	5.0	0
鄂霍次克海 ( $10^6\text{km}^2$ )	6.0	0

(2) 图1~6为冬季海冰面积、范围距平序列图,同时还给出了海冰范围的线形变化趋势曲线。由于面积和范围的变化趋势基本一致,所以这里只分析海冰范围。冬季整个北极地区、大西洋区、鄂霍次克海海冰均明显减少,其中线性减少的趋势在北极地区通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验,大西洋区通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,而鄂霍次克海在 $\alpha=0.10$ 水平上未通过显著性检验;太平洋区域冬季的海冰有增加趋势,但线形变化趋势在 $\alpha=0.10$ 水平上没用通过显著性检验;洋中区冬季海冰减少的趋势不明显;与众不同的是白令海的海冰明显增加,线形变化趋势通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。

(3) 图7~10为夏季海冰面积、范围距平序列图。北极地区、大西洋区、太平洋区、洋中区海冰均减少,线形变化趋势分别通过 $\alpha=0.001$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.2$ 、 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。与冬季相比,北极夏季海冰显著减少,并且这种减少具有一致性,这也是北极地区夏季气温升高的最好证据。

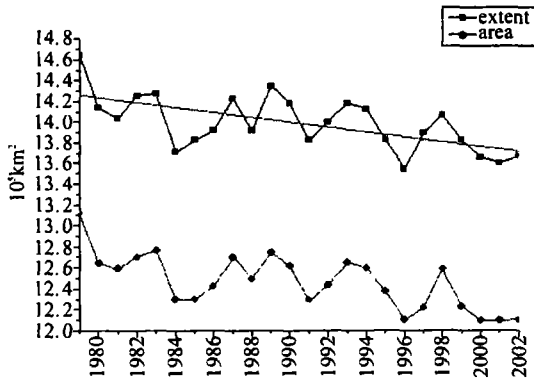


图 1 冬季北极海冰时间序列

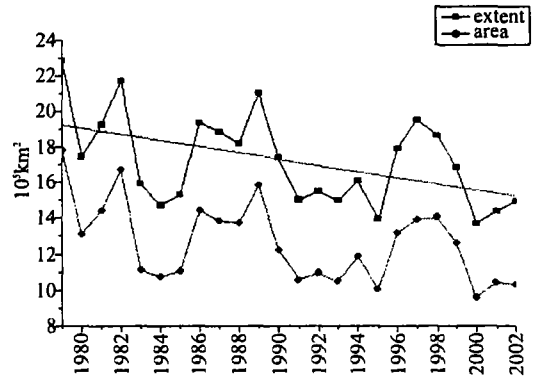


图 2 冬季北大西洋海冰时间序列

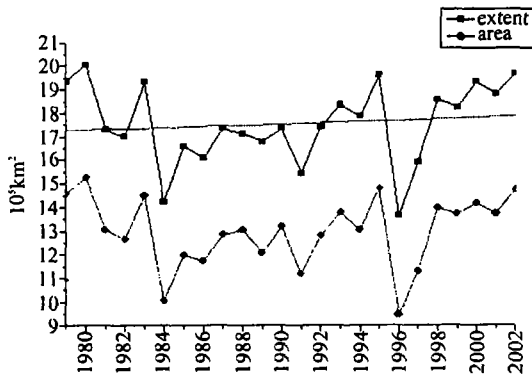


图 3 冬季北太平洋海冰时间序列

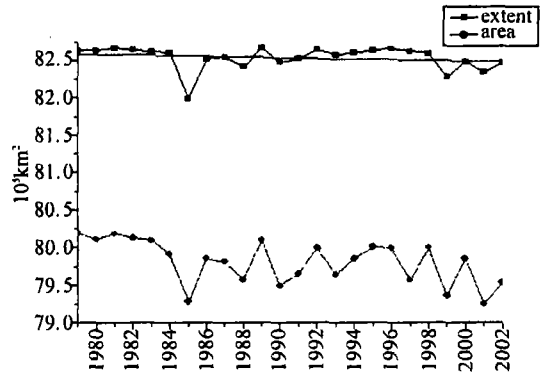


图 4 冬季 (DJF) 洋中区海冰时间序列

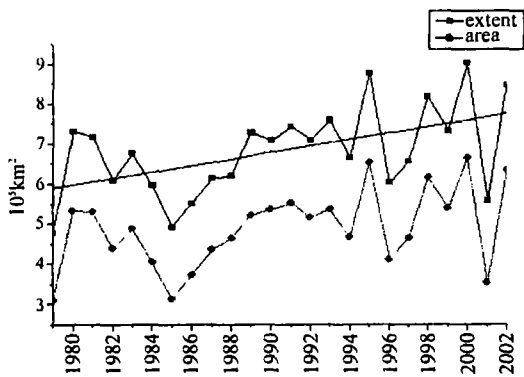


图 5 冬季 (DJF) 白令海海冰时间序列

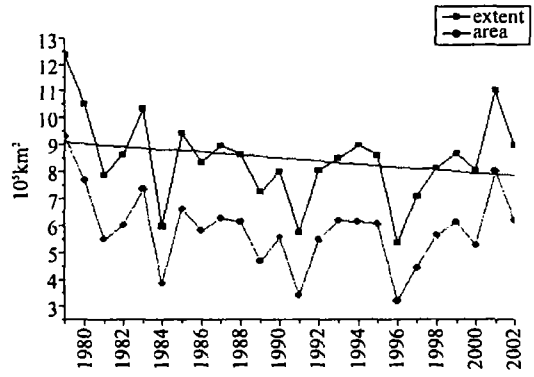


图 6 冬季 (DJF) 鄂霍次克海海冰时间序列

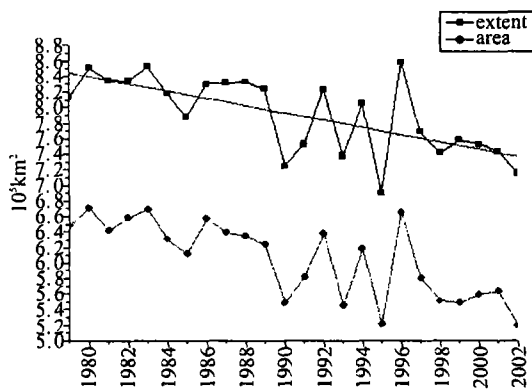


图7 夏季(JAS)北极海冰时间序列

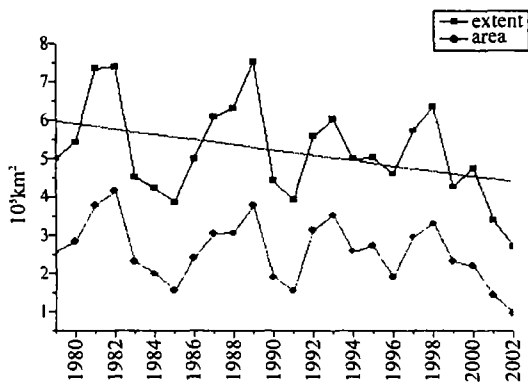


图8 夏季(JAS)北大西洋海冰时间序列

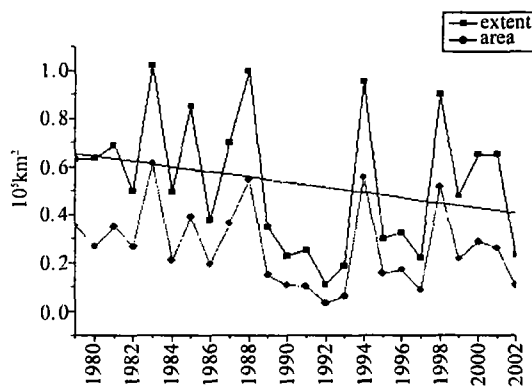


图9 夏季(JAS)北太平洋海冰时间序列

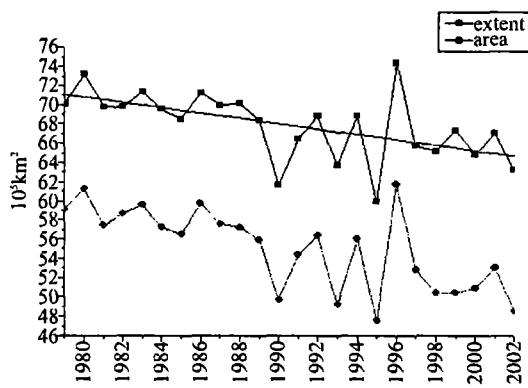


图10 夏季(JAS)洋中区海冰时间序列

## 2.2 海冰空间分布的主要模态

(1) 图11~12为前面提到的海冰密集度资料,进行EOF分解后得到的冬季(DEC-JAN-FEB平均)海冰分布的前3个模态。通过计算特征值误差范围的方法进行显著性检验,前两个是有价值的信号。从第一模态可以看到,太平洋侧表现为鄂霍次克海海冰减少和白令海海冰增加;大西洋侧表现为巴伦支海、格陵兰海海冰剧烈减少,巴芬湾、戴维斯海峡海冰增加;太平洋侧洋中区海冰还略微有所增加。从时间系数上可以看到这种空间分布型的年际变化趋势是由负值变为正值,目前以正值为主,说明该分布型在近年有增强的趋势,这个模态能够解释目前海冰变化的33%(见图11)。第二模态的空间分布表现为太平洋侧鄂霍次克海海冰剧烈减少和白令海海冰增加,洋中区海冰略微减少;大西洋侧表现为巴芬湾、戴维斯海峡、格陵兰海海冰增加,巴伦支海海冰剧烈减少,该模态的时间系数总体变化趋势不明显,从1998年以后为负值,即海冰空间变化特征与该模态相反,该模态能够解释方差的13%(见图12)。

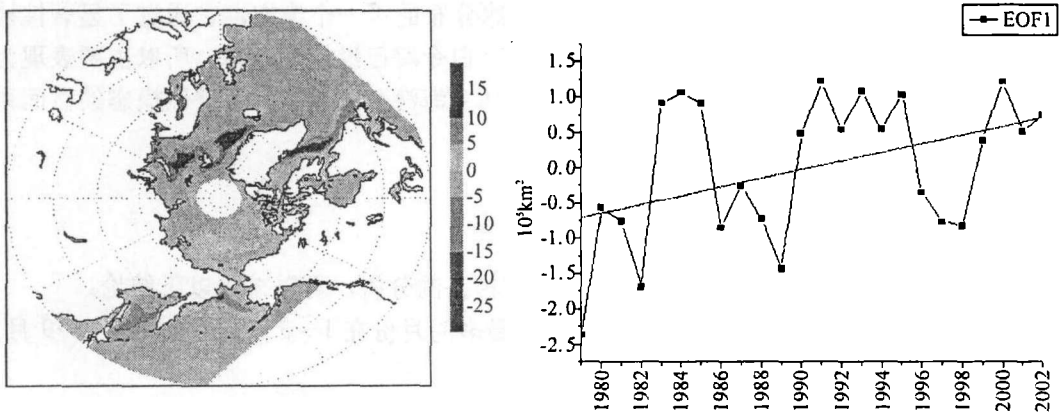


图 11 DJF-EOF1 33%

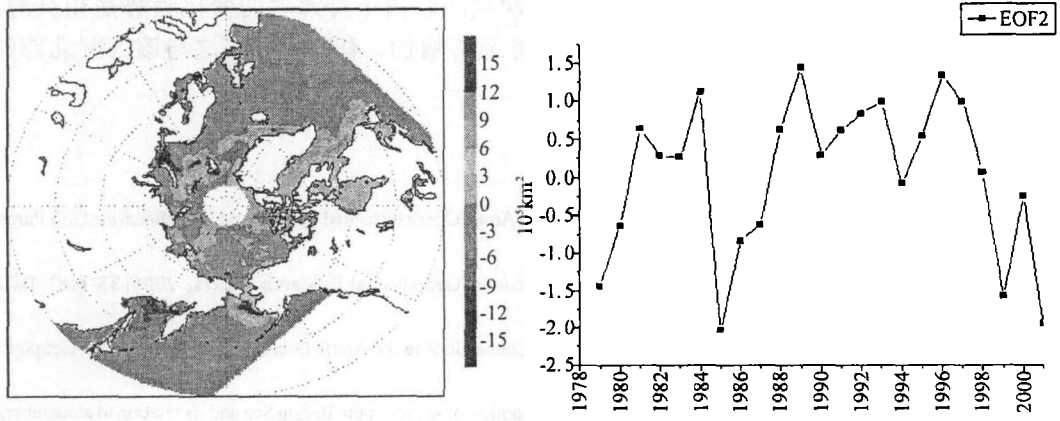


图 12 DJF-EOF2 13%

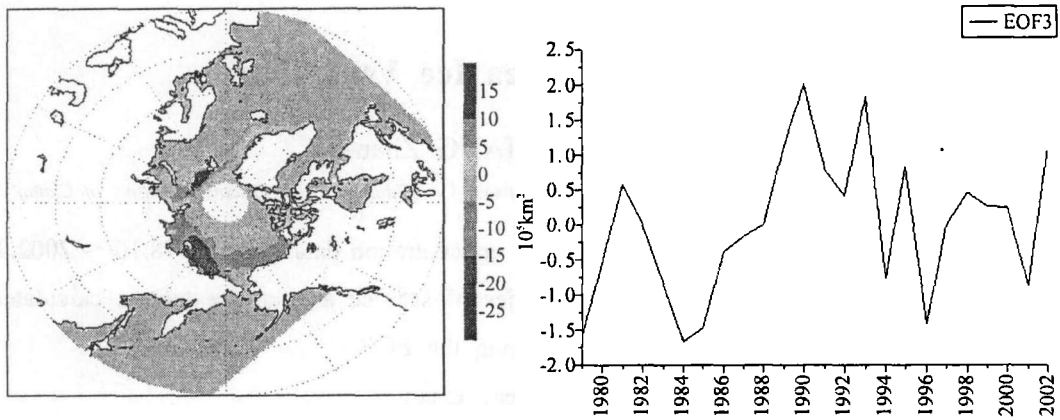


图 13 JAS-EOF1 20%

(2) 图 13 为夏季(JUL-AUG-SEP 平均)海冰分布的第一个模态,它通过了显著性检验,可解释方差的 20%。由于夏季鄂霍次克海、白令海已经没有海冰,所以主要表现为东西伯利亚海海冰的剧烈减少,巴伦支海和格林兰海海冰的增加,但是该模态的时间系数没有明显的变化趋势。

### 3 总结

通过上述对海冰面积、范围以及空间分布模态的分析,可以得到以下结论:

(1) 北极海冰具有明显的季节变化,海冰最多的月份在 1~3 月、最少的在 7~9 月,其中鄂霍次克海和白令海夏季无冰。

(2) 北极海冰变化的总体趋势是减少,特别是夏季为显著减少。这对全球变暖起着重要的指示作用,同时,海冰的减少必然会对大气、海洋、生物等带来巨大的影响。

(3) 值得关注的是,冬季太平洋侧鄂霍次克海和白令海海冰的变化趋势是相反的,特别是在海冰剧烈减少的背景下,白令海海冰显著增加。有研究表明这与该地区北部的西风异常有关<sup>[4]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Morison J, M Steele, R Anderson. Hydrography of the Upper Arctic Ocean measured from the nuclear submarine USS Pargo. Deep-Sea Research I, 1998, 45, 15~38.
- [2] Comiso J C. Abrupt decline in the Arctic winter sea ice cover. Geophysical Research Letters, 2006, 33 (18): DOI: 10.1029/2006GL027341.
- [3] Liu J, J A Curry, Y Hu. Recent Arctic sea ice variability: Connections to the Arctic Oscillation and the ENSO. Geophys Res Lett, 2004, 31, doi: 10.1029/2004GL019858.
- [4] Sasaki Y N, S Minobe. Seasonally dependent interannual variability of sea ice in the Bering Sea and its relation to atmospheric fluctuations. J Geophys Res, 2005, 110. C05011, doi: 10.1029/2004JC002486.

## Analysis of Arctic Sea Ice Variability

WEI Li-xin<sup>1, 2</sup>, ZHANG Zhan-hai<sup>3</sup>

(1. the National Marine Forecasting Center 2. Ocean University of China 3. Polar Research Institute of China)

**Abstract:** In this paper, using the NASA sea ice concentration data (time: 1978.10 ~ 2002.9, resolution: 1.0°×0.25°), the trend of the time series of sea ice area and extent is calculated and analyzed. The sea ice field is analyzed using the EOF.

**Key words:** Arctic sea ice; concentration; area; extent