

北极海冰季节统计数据集 (1979–2012)

隋翠娟*, 李 熠, 李 凯

国家海洋环境预报中心, 北京 100081

摘 要: 北极海冰范围的变化是全球气候变化的一个指示剂。作者在美国冰雪中心发布的北极海冰监测卫星遥感密集度数据基础上, 按照海冰密集度大于 15% 的网格点计算, 获得 1979–2012 年北极海冰季节统计数据集。数据集包括: (1) 全北极 1979–2012 年海冰范围统计数据 (ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-1), 包括四季海冰范围统计数据表, 全北极海冰范围异常场数据统计表; 春季和夏季北极区域海冰范围滑动 t 统计表; (2) 北极各分区海冰范围统计数据, 其中包括 1979–2012 年各季节东半球、西半球、太平洋扇区和大西洋扇区四个海区海冰分布原始场和异常场共 8 个数据表 (ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-2); (3) 2007 年 9 月与 2012 年 9 月北极冰密集度数据 (ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-3); (4) 北极区域 1979–1988、1989–1998、1999–2008 和 2009–2012 的春季、夏季、秋季、冬季的季节平均冰密集度异常数据及对应的空间分布数据 (ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-4); (5) 春、夏、秋、冬北极海冰小波分析数据 (ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-5)。本数据集的分析研究成果发表在《极地研究》2015 年 27 卷第 2 期。

关键词: 北极; 海冰密集度; 海冰面积; 时空变化; 1979–2012

DOI: 10.3974/geodp.2017.04.05

1 前言

北冰洋是北半球最重要的冷源, 北冰洋的海冰对全球大气和海洋环流有重要和长期的影响^[1–4]。准确获取北极海冰的变化信息, 进行研究分析, 确定海冰变化对全球气候的响应, 是研究和预测全球气候变化趋势的关键之一^[5]。北极海冰的减少对北美、欧洲和东亚的冷冬及多雪起了关键作用。近年来北极的加速变暖使西北航道及东北航道的通航成为可能, 尤其是 2013 年夏季, 中远集团永盛轮成功首航北极东北航道, 成为第一艘成功经由北极东北航道到达欧洲的中国商船。

1978 年 10 月起 Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) 传感器提供卫星记录, 到目前为止海冰连续观测时间已经超过 30 年 (数据区域如图 1 所示)。2013 年 7 月美国冰雪中心按照美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 和世界气象组织 (WMO) 的标准将海冰气候场数据由原来的 1979–2000 年改为 1981–2010 年, 这也表明海冰观测数据时间序列已经足够长, 可以进行全北冰洋区域海冰的年际变化分析。Parkinson 和

收稿日期: 2017-10-30; 修订日期: 2017-12-19; 出版日期: 2017-12-25

基金项目: 国家自然科学基金 (41106165, 41106159); 国家海洋局 (CHINARE2014-04-04)

*通讯作者: 隋翠娟 K-8793-2017, 国家海洋环境预报中心, suicj@nmefc.gov.cn

论文引用格式: 隋翠娟, 李熠, 李凯. 北极海冰季节统计数据集 (1979–2012) [J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(2): 414–418. DOI: 10.3974/geodp.2017.04.05.

数据集引用格式: 隋翠娟, 张占海, 吴辉斌等. 北极海冰季节统计数据集 (1979–2012) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2016. DOI: 10.3974/geodb.2016.03.05.V1.

Cavalieri 分别于 1999 年、2008 年及 2012 年对 1978–1996 年、1979–2006 年及 1979–2010 年的北极海冰范围的长时间序列及趋势进行过描述^[6–8]。本数据集将时间序列延长至 2012 年，利用统计方法、小波分析及突变检验等，获得 1979–2012 年北极海冰季节统计数据集。

2 数据集元数据简介

北极海冰季节统计数据集^[9]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

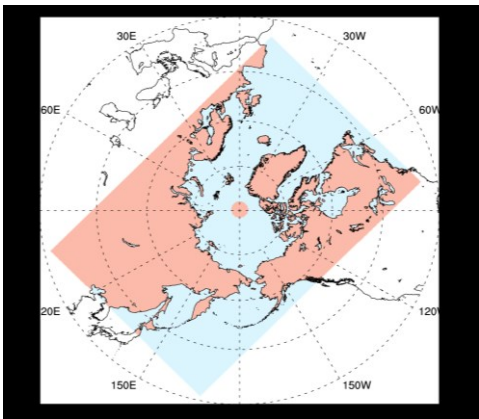


图 1 美国冰雪中心发布的海冰密集度卫星反演产品区域（粉色为陆地及缺省值区域）

表 1 北极海冰季节统计数据集元数据简表

条 目	描 述		
数据集名称	北极海冰季节统计数据集（1979–2012）		
数据集短名	ArcticSeasonalSeaIce1979_2012		
作者信息	隋翠娟 K-8793-2017, 国家海洋环境预报中心, suicj@nmefc.gov.cn 张占海 D-8383-2018, 国家海洋局, zhangzhanhai@pric.org.cn 吴辉碇 D-8409-2018, 国家海洋环境预报中心, wuhuiding@pric.org.cn 李熠 V-8491-2017, 国家海洋环境预报中心, liyi@nmefc.gov.cn		
地理区域	北极地区		
数据年代	1979–2012		
时间分辨率	月	空间分辨率	25 km
数据格式	.xlsx, .dat, .shp	数据量	52.9 MB（压缩后）
数据集组成	数据集包括五部分：（1）全北极 1979–2012 年海冰范围统计数据；（2）北极各分区海冰范围统计数据，包括 1979–2012 年四季四个海区（东、西半球、太平洋扇区和大西洋扇区）海冰分布原始场和异常场数据；（3）2007 年 9 月与 2012 年 9 月北极冰密集度数据；（4）北极区域 1979–1988、1989–1998、1999–2008 和 2009–2012 年四季的季节平均冰密集度异常数据及对应的空间分布数据；（5）北极四季海冰小波分析数据		
基金项目	国家自然科学基金（41106165, 41106159）；国家海洋局（CHINARE2014-04-04）		
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn		
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所		
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[10]		

3 数据研发方法

3.1 数据来源

本数据集所用的海冰密集度月数据由亮温反演所得，时间为 1979 年 1 月-2012 年 12 月。数据来源于不同的卫星微波辐射，雨云-7 卫星搭载的 Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) 提供了 1978 年 10 月-1987 年 8 月数据，美国国防气象卫星 (Defense Meteorological Satellite Program, DMSP) F8、F11、F13 搭载 Special Sensor Microwave Imagers (SSMI) 的分别提供了 1987 年 9 月-1991 年 12 月、1992 年 1 月-1995 年 5 月、1995 年 6 月-2007 年 12 月间的数据，2008 年 1 月-2012 年 12 月的数据来自 F17 的 Special Sensor Microwave Imager Sounder (SSMIS)。各数据具体信息列于表 2。

表 2 数据来源统计表

卫星	传感器	时间范围	空间分辨率	数据类型	数据量
雨云-7	SMMR	1978.10-1987.08	25 km	二进制	13.90 MB
DMSP-F8	SSMI	1987.09-1991.12	25 km	二进制	6.76 MB
DMSP-F11	SSMI	1992.01-1995.05	25 km	二进制	5.33 MB
DMSP-F13	SSMI	1995.06-2007.12	25 km	二进制	21.20 MB
DMSP-F17	SSMIS	2008.01-2012.12	25 km	二进制	7.80 MB

3.2 算法原理

海冰范围与海冰面积是两个不同的概念，计算方法也有差别。海冰范围 SIE (sea ice extent) 的计算方法是海冰密集度大于 15% 的网格点面积全部相加起来，见式 (1)， C_i 为格点 i 上的海冰密集度， A_i 为格点的面积， ω_i 为权重系数；而海冰面积 SIA (sea ice area) 则是密集度大于 15% 的网格点面积与密集度相乘后相加，如式 (2) [1]。因此理论上讲，海冰范围数值要大于海冰面积 (因为密集度 $C_i \leq 1$)。

$$SIE = \sum_{i=1}^n \omega_i A_i \begin{cases} \omega_i = 1 & C_i \geq 15\% \\ \omega_i = 0 & C_i < 15\% \end{cases} \quad (1)$$

$$SIA = \sum_{i=1}^n \omega_i C_i A_i \begin{cases} \omega_i = 1 & C_i \geq 15\% \\ \omega_i = 0 & C_i < 15\% \end{cases} \quad (2)$$

3.3 数据研发技术路线

北极海冰范围数据研发流程如图 2 所示。北极各区域地理位置不同，海冰融化特征也不相同。我们将北极划分为东半球航道区域 (0°-180°E)、西半球航道区域 (0°-180°W) 及太平洋扇区 (120°E-120°W) 和大西洋扇区 (60°W-60°E) 四个区域，进行海冰范围计算。同时由于海冰融化季节性非常明显，如 9 月份海冰范围达到最低点，3 月份为最高，我们对四个季节分别进行讨论。本数据集按照北半球传统季节划分方法进行研究，即春 (3-5 月)、夏 (6-8 月)、秋 (9-11 月)、冬 (12 月-次年 2 月)。此外本文关注异常场 (正常场减去气候场)，取 1981-2010 共 30 年作为气候场。

4 数据结果与验证

4.1 数据结果组成

数据结果包括：

（1）全北极 1979–2012 年海冰面积统计数据（ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-1），其中包括 1979–2012 年历年四季（春夏秋冬）海冰分布面积统计数据表，全北极海冰范围异常场数据统计表；历年春季和夏季北极区域海冰范围滑动 t 统计表；

（2）北极各分区海冰面积统计数据，其中包括 1979–2012 年历年季节（春夏秋冬）东半球（ 0° – 180° E）、西半球（ 0° – 180° W）、太平洋扇区（ 120° E– 120° W）和大西洋扇区（ 60° W– 60° E）四个海区海冰分布原始场和异常场共 8 个数据表（ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-2）；

（3）2007 年 9 月至 2012 年 9 月北极冰密集度数据（ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-3）；

（4）北极区域 1979–1988、1989–1998、1999–2008 和 2009–2012 的春季（3 月–5 月）、夏季（6–8 月）、秋季（9–11 月）和冬季（12 月至次年 1 月–2 月）的季节平均冰密集度异常数据及对应的空间分布数据（ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-4）；

（5）春、夏、秋、冬北极海冰小波分析数据（ArcticSeasonalSeaIce1979_2012-5）。

4.2 数据结果验证

数据结果图 3 对应数据集 1，数据集 2–5 对应图像见已发表论文“1979–2012 年北极海冰范围年际和年代际变化分析”中图 2–图 5^[12]。结果表明计算值与实况吻合较好。

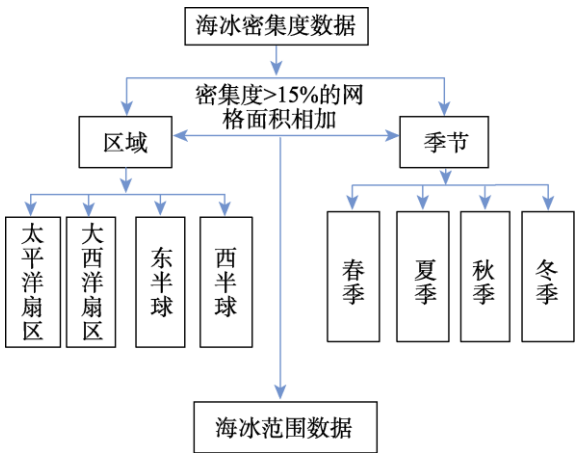


图 2 北极海冰范围数据研发流程图

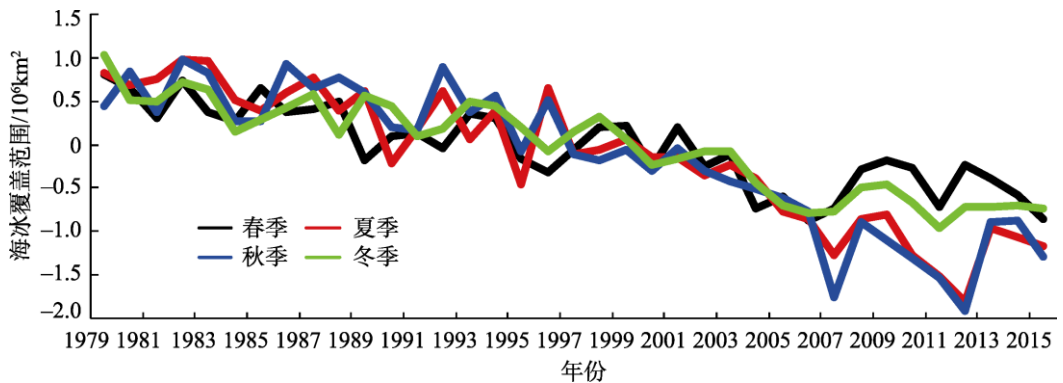


图 3 北极区域海冰范围季节异常变化时间序列数据图^[12]

5 讨论和总结

随着北极海冰的快速融化,其气候效应越来越明显。表征海冰融化的要素包括海冰范围、冰厚及冰龄,但是冰范围是三者中大面积可获取的最精确的物理量,且时间序列最长。因此在对北极海冰融化进行研究时,海冰覆盖范围是首要要素。由于冰融化有季节性及空间性,我们整理数据集时按照四个区域(太平洋扇区、大西洋扇区、东半球及西半球)四个季节(春夏秋冬)进行归类并进行了统计分析。需要注意的是,近几年北极海冰出现增长长期增速减缓的特征,2016年10月为有历史记录以来10月份海冰覆盖范围最低值。因此后续工作需要将时间序列延长,适时更新。

作者分工:隋翠娟对数据集的开发设计了模型和算法;李熠等采集和处理了海冰密集度数据;隋翠娟、李熠及李凯撰写了数据论文等。

参考文献

- [1] Aagaard, K., Carmack, E. C. The role of sea ice and other freshwater in the Arctic circulation [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1989, 94: 14485–14498.
- [2] Dickson, B. All Change in the Arctic [J]. *Nature*, 1999, 397(6718): 389–391.
- [3] 卢鹏, 李志军, 董西路等. 基于遥感影像的北极海冰厚度和密集度分析方法[J]. 极地研究, 2004, 16(4): 317–323.
- [4] 邓娟, 柯长青, 雷瑞波等. 2009年春夏季节北极海冰运动及其变化监测[J]. 极地研究, 2013, 25(1): 97–104.
- [5] 张璐, 张占海, 李群等. 近30年北极海冰异常变化趋势[J]. 极地研究, 2009, 21(4): 345–352.
- [6] Parkinson, C. L., Cavalieri, D. J., Gloersen, P., *et al.* Arctic sea ice extents, areas, and trends 1978–1996 [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1999, 104(C9): 20837–20856.
- [7] Parkinson, C. L., Cavalieri, D. J. Arctic sea ice variability and trends, 1979–2006 [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2008, 113: C07003.
- [8] Cavalieri, D. J., Parkinson, C. L. Arctic sea ice variability and trends, 1979–2010 [J]. *The Cryosphere*, 2012, 6: 881–889.
- [9] 隋翠娟, 张占海, 吴辉碁等. 北极海冰季节统计数据(1979–2012) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2016. DOI: 10.3974/geodb.2016.03.05.V1.
- [10] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017年更新).
- [11] Su, J., Wei, J. F., Li, X., *et al.* Sea ice area inter-annual variability in the Pacific Sector of the Arctic and its correlations with oceanographic and atmospheric main patterns [C]. *The Proceeding of Twenty-first*, 2011.
- [12] 隋翠娟, 张占海, 吴辉碁等. 1979–2012年北极海冰范围年际和年代际变化分析[J]. 极地研究, 2015, 27(2): 174–182.