

文章编号: 1006-4354 (2005) 03-0007-04

北极海冰及其与气候变化的关系研究进展

刘海文¹, 郜小青²

(1. 山西省气象台, 山西太原 030006; 2. 晋城市气象局, 山西晋城 048000)

摘 要: 简要介绍国内外关于北极海冰及其与气候变化的关系; 北极海冰面积变化的时空分布特征, 大气对北极海冰面积变化的影响, 以及北极海冰面积异常与气候变化的关系。其中北极海冰面积异常与气候变化的关系研究主要是基于遥相关型、三大涛动、季风系统和冰-海-气耦合系统等几方面的研究。结果可供基层台站寻找影响当地区域气候变化的北极海冰“强信号”域。

关键词: 北极海冰; 气候变化; 研究进展

中图分类号: P467

文献标识码: A

大气环流形成和维持的根本原因之一在于太阳辐射随纬度的不均匀性^[1]。作为极赤热机热汇的北极对大气环流的形成和发展有着重要的作用。海冰作为北冰洋的重要组成部分, 影响极地天气、气候, 并通过大气的相互作用影响中低纬甚至南半球的大气^[2], 加之北极海冰对温室气体的敏感(对南极)正按每十年 2.9% 的速率递减^[3,4], 引起人们的极大关注。海冰较之海水、陆地而言, 有其自身特性^[5]: ①海冰有比地表高出至少 60% 的反照率, 大大减少了地表或海洋对太阳辐射的吸收; ②海冰的融化会吸收大量的热能, 稀释海水的盐度; ③海冰覆盖削弱了海洋与大气的热交换。海冰阻止了海水的蒸发, 使大气不可能得到向赤道那样巨大的潜热; ④海冰是很好的热绝缘体, 抑制了海水对大气的感热输送。与东亚夏季风有密切联系的中国降水系统, 它不但受热带季风环流和副热带季风环流的影响, 还受中高纬度环流及其联系的冷空气的影响^[6]。黄仕松等^[7]指出: 冬季北极海冰异常和赤道海温异常对大气环流有同等重要的作用。前者的影响甚至超过后者, 应引起足够的重视。

1 北极海冰面积变化的时空特征

1.1 北极海冰面积变化空间分布特征

北极海冰面积的变化具有较强的地域性。北

极海冰的面积变化有随经度变化的特性^[5,8-10]; 夏季北极海冰冰界的年际变化多数沿经度变化超过 5 纬度^[10]; 文献 [11-15] 都发现冬季大西洋海盆北极海冰面积变化和太平洋海盆北极海冰面积变化呈反位相分布。

1.2 北极海冰面积变化的时间演变特征

Walsh 等^[16,17]指出: 热力过程主要产生年循环, 动力过程主要产生年际振荡。北极海冰面积的变化周期从数月到数年, 季节变化最为明显, 2—3 月面积最大, 8—9 月面积最小^[5,9,10,17]。汪代维等^[18]提出了适合北极海冰面积季节变化的四季划分。对北极海冰面积的年际和年代际变化研究更多。Lawrence A. Mysak 等^[19]发现一个相当好的 10 a 循环: 格陵兰岛—巴伦支海的海冰首先产生异常, 然后逐年地在北极海盆内按顺时针方向频散, 完成一个 10 a 振荡。北极海冰面积变化对同一地点因时而异, 同一时间因地而异。70°E ~ 110°W 海冰面积变化存在 3~4 a 振荡^[20]; 冬季格陵兰海冰有 6 a 变化周期, 而春季格陵兰海冰存在 12 a 变化周期, 另外还有 9 a 和 2 a 的变化周期^[21]。

2 北极海冰与大气的相互作用

2.1 大气对北极海冰的影响

海冰与大气的相互作用是一个问题的两个方

收稿日期: 2005-01-24

作者简介: 刘海文 (1969-), 男, 山西晋城人, 工程师, 硕士。

面。有人认为^[9,13]海冰面积的年际变化是由大气环流造成,有北极气温和风异常的观察事实所证实,海冰是大气持久作用的产物,目前这一结论基本上为大家所接受。诺贝尔和平奖获得者 Fridtjof Nansen 是最早从事北极研究的科学家,提出风和洋流使得海冰在北极陆地及从北极的西伯利亚到东格陵兰岛移动^[22]。文献 [5, 12, 13, 16] 研究表明: 北极地区的月平均气温对北极海冰有持续性影响, 而且海冰面积的年循环一般比大气的年循环滞后 1~2 个月。Clara Deser 等^[12]研究表明: 冬季北极海冰变化主要形式和大尺度的正的北大西洋涛动、北极涛动的海平面气压改变相联系; Mysak 等^[23]分析了 1972/1973, 1982/1983, 1991/1992 三个北大西洋涛动, ENSO 年认为: 由于大气环流的改变造成持续几个月的冷的表面大气温度异常, 使得哈得逊湾和拉布拉多海海区有较大的海冰面积异常。

2.2 海冰对大气的影响

海冰作为冰雪圈的主要组成部分, 与短期气候(年内, 年际, 年代际)变化存在重要的关系^[5]。海冰影响大气的主要途径有^[14, 24, 25]: 通过大气环流调整的快变过程和通过海洋调整的慢变过程。海冰影响大气首先使大气温度和海平面气压产生明显变化, 然后通过大气之间的相互作用影响中低纬甚至南半球地区^[2]。Brenneke 和 Meinardus^[26]就发现冰岛及格陵兰海冰偏多(重冰年)时, 冰岛及挪威海及挪威北部气压低, 反之亦然。

2.2.1 基于遥相关型的研究

Bjerkness^[27]指出, 大气对外源强迫可以产生一定的响应趋势。Rogers 和 Vanloon^[13]发现海冰影响对流层中上层的行星波, 指出大尺度海冰异常的位置与对流层中上层的大尺度行星波变动的年际变化一致。Wallace 等^[28]通过位势高度场的一点相关成功地证实了北半球典型大气遥相关型的存在事实。Hoskins 等^[29]考虑二维球面运动中大气行星波的能量频散特征, 较好地对遥相关和遥响应的波列路径给予解释, 提出了“大圆理论”。方之芳等^[30]研究表明: 夏季极冰冷源的存在, 可以激发一个具有相当正压结构的二维 Rossby 波, 进而影响

北美的天气气候。蒋全荣等^[20, 31]也指出, 北极区域海冰的异常可激发出东大西洋, 欧亚—太平洋或类似于西太平洋的大气遥相关型。朱乾根^[11]等讨论了海冰异常空间分布与后期 500 hPa 大气遥相关型和中国气温的关系, 指出, 北极海冰异常的空间第一模态可以在北半球激发 BSMI 型遥相关(经蒙古至印缅地区的波列)并对我国后期气温产生影响。

2.2.2 基于三大涛动关系的研究

Wang 等^[32]研究了北美哈德孙湾, 巴芬湾和拉布拉多海海冰与南方涛动负相关关系。文献 [33] 指出: 北极海冰四季对北极涛动有很好的响应, 而对北大西洋涛动仅在春、冬、秋明显, 夏天较弱。Meiji Honda^[34]分析了阿留申低压和冰岛低压的年际跷跷板变化。Mysak 等^[23]利用互相关系数分析方法认为: 冬季北极(3, 4 区)的大气温度和夏秋两季的南方涛动有显著相关, 和北大西洋涛动秋季相关。钱步东等^[35]研究不同区域海冰与 EL Nino 关系在时间和空间上存在很大差异。

2.2.3 基于季风系统的研究

杨修群^[36]研究了夏季北极海冰异常对大气环流和亚洲季风的影响, 发现北极冰偏多和赤道中东太平洋增暖对夏季北半球大气环流有同等效应, 在某些情况下海冰的影响还可超过海温的影响。武炳义等^[37]研究表明, 冬季巴伦支海、喀拉海海冰面积偏大, 亚洲大陆的冷高压减弱, 使得东亚冬季风偏弱及 2 月侵入我国的冷空气减少。数值试验指出^[38]: 北极海冰异常偏大, 我国夏季风偏弱。许多学者也对海冰与东亚季风各系统的相互联系进行了研究。方之芳^[39]的研究发现: 1 月北极海冰面积偏多年份, 太平洋副热带高压偏南。文献 [24] 表明, 冬季(12—2 月)喀拉海、巴伦支海海冰面积变化与西伯利亚高压强度指数、东亚冬季风强度指数均呈现相反的变化趋势, 海冰偏多(少), 则西伯利亚高压偏弱(强), 东亚冬季风也偏弱(强)。彭公炳等^[5]研究了北极海冰与我国长江上中游汛期降水间的关系, 发现我国长江上中游汛期降水量与北极海冰面积有滞后 6 个月左右的负相关关系。

2.2.4 基于冰-海-气耦合系统的研究

Mysak

等^[25]认为: 北大西洋海水“大的盐度异常事件”是仅次于 ENSO 事件的第二大海洋异常信号。冬季与北大西洋接壤的北极海冰面积变化与北大西洋区域气候有非常密切的联系: 北大西洋涛动指数处于异常偏高(低)时期, 冰岛低涡加深(减弱), 位置偏北, 北太平洋副热带高压也偏强(弱), 受其影响中纬度北大西洋海温升高(降低), 因而增强(减弱)暖洋流向高纬度地区输送, 注入巴伦支海的北大西洋海水增多(减少), 致使巴伦支海南部混合层水温偏高(偏低)^[40]。周天军等^[41]发现热盐环流强度的变化与北大西洋涛动呈显著负相关, 大陆冰盖进退引起北大西洋的水温循环和热盐环流变化及导致的气候变化更触目惊心。北大西洋气候变化的时间尺度、冷暖时段出现和结束的突然性都是热盐环流引起的^[17]。

3 总结

近年来北极海冰面积异常及其与气候变化的关系的研究已取得了一定的成果。但是有好多问题还有待解决, 如关于北极海冰厚度变化的研究, 由于实际资料缺乏的原因, 研究的还较少(大多在模式中模拟); 海冰调节大洋盐度, 进而影响热盐环流, 热盐环流再进一步影响气候变化, 气候变化再影响海冰方面虽有所研究, 但仍还不够深入; 海冰对大气的反馈机制和物理过程还有好多未知之处; 海冰面积的趋势性减少^[3,4]原因, 是人类活动的影响(如温室气体的排放), 还是气候变化的自然振荡, 目前还存在有很大的争议。

参考文献:

- [1] 叶笃正, 朱抱真. 大气环流的基本问题 [M]. 北京: 科学出版社, 1958.
- [2] Herman G F, W S Johnson. The Sensitivity of the General Circulation to Arctic Sea Ice Boundaries: A Numerical Experiment [J]. *Mon Wea Rev*, 1978, 106 (12): 1664-1694.
- [3] Cavalier D J, Gloerson P, Parkinson C L. Observed Hemisphere Asymmetry in Global Sea Ice Change [J]. *Science*, 1997, 278: 1104-1106.
- [4] Gross M G. *Oceanography: A View of the Earth*, 4th edition [M]. Englewood cliffs: Prentice-Hall International Edition. 1996.
- [5] 彭公炳, 李倩, 钱步东. 气候与冰雪覆盖 [M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [6] 张庆云, 陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响 [J]. *气象学报*, 1998, 56 (2): 199-211.
- [7] 黄仕松, 杨修群, 谢倩. 北极海冰对大气环流与气候影响的观测分析和数值试验研究 [J]. *海洋学报*, 1992, 14 (6): 32-46.
- [8] 王小兰, 范钟秀, 彭公炳, 等. 北极海冰面积时空分布特征的统计学分析 [J]. *海洋学报*, 1991, 13 (4): 475-488.
- [9] Prinsenberg S J, I K Peterson, S Naraganan, *et al.* Arctic Sea Ice Extents, Areas and Trends 1978-1996 [J]. *Geophys Res*, 1999, 104 (19): 20837-20856.
- [10] Walsh J E, C M Johnson. An Analysis of Arctic Sea Ice Fluctuation, 1953-1977 [J]. *Phys Oceanogr*, 1979, 9 (3): 580-591.
- [11] 朱乾根, 田利庆. 北极海冰异常空间分布与大气遥相关型及中国气温的关系 [A]. 东亚季风和暴雨 [C]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [12] Deser Clara, J E Walsh, M S Timlin. Arctic Sea Ice Variability in the Context of recent Atmospheric Circulation Trends [J]. *J Climate*, 2000, 13 (2): 617-633.
- [13] Rogers J C, H Van Loon. The Seasaw in Winter Temperature between Greenland and Northern Europe, Part III: Some Oceanic and Atmospheric Effects in Middle and High Latitudes [J]. *Mon Wea Rev*, 1979, 107 (5): 509-519.
- [14] Slonosky V C, L A Mysak, J Derome. Linking Arctic Sea-Ice and Atmospheric Circulation Anomalies on Interannual and Decadal Timescale [J]. *Atmos-Ocean*, 1997, 25 (3): 333-366.
- [15] G Arfeuille, L A Mysak, L-B Tremblay. Simulation of the Interannual Variability of the Wind-Driven Arctic Sea-Ice Cover During 1958-1998 [J]. *Climate Dynamics*, 2000 16 (2-3): 107-121.
- [16] Walsh J E, C M Johnson. Interannual Atmospheric Variability and Associated Fluctuations in Arctic Sea Ice Extent [J]. *Geophys Res*, 1979, 84 (C11): 6915-6928.
- [17] 李培基. 北极海冰与全球气候变化 [J]. 冰川冻土,

- 1996, 18 (1): 72-80.
- [18] 汪代维, 杨修群. 北极海冰变化的时间和空间型 [J]. 气象学报, 2002, 60 (2): 129-138.
- [19] Mysak L A, S A Venegas. Decadal Climate Oscillation in the Arctic: A New Feedback Loop for Atmosphere-Ice-Ocean Interaction [J]. Geophysical Research Letters, 1998, 25(19): 3607-3610.
- [20] 蒋全荣, 王春红, 徐桂玉. 北极 I 区海冰面积变化及其与大气遥相关型的联系 [J]. 气象学报, 1996, 54 (2): 240-247.
- [21] 武炳义, 高登义, 黄荣辉. 冬春季节北极海冰的年际和年代际变化 [J]. 气候与环境研究, 2000, 5 (3): 249-257.
- [22] Folland C K, T R Karl. IPCC [M]. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2001.
- [23] Mysak L A, R G. Ingram, J Wang, *et al.* The Anomalous Sea-ice Extent in Hudson Bay, Baffin Bay and the Labrador Sea during Three Simulation NAO and ENSO Episode [J]. Atmos-Ocean, 1996, 34 (2): 313-343.
- [24] 高登义, 武炳义. 北半球海-冰-气系统的 10 年震荡及其震源初探 [J]. 大气科学, 1998, 22 (2): 137-144.
- [25] Mysak L A, D K Manak, R F Marsden. Sea-Ice Anomalies Observed in the Greenland and Labrador Seas during 1901-1984 and Their Relation to An Interdecadal Arctic Climate Cycle [J]. Clim Dyn, 1990, 5 (2): 111-133.
- [26] 王绍武. 冰雪覆盖与气候变化 [J]. 地理研究, 1983, 2 (3): 73-86.
- [27] Bjerckness J. A Possible Response of the Atmospheric Hadley Circulation to Equatorial Anomalies of Ocean Temperature [J]. Tellus, 1966, 18 (4): 820-829.
- [28] Wallace J M, D S Gutzler. Teleconnections in the Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere Winter [J]. Mon Wea Rev, 1981, 109 (4): 784-812.
- [29] Hoskins B J, D J Karoly. The Steady Linear Response of a Spherical Atmosphere to Thermal and Orographic Forcing [J]. Atmos Sci, 1981, 38 (6): 1179-1196.
- [30] 方之芳, 谭友邦, 隋学海. 夏季北极海冰激发的 500 hPa 遥相关型 [J]. 大气科学, 1991, 15 (1): 53-60.
- [31] 王春红, 蒋全荣, 余志豪. 北极 III 区海冰面积低频变化对北半球冬季大气环流异常的作用 [J]. 大气科学, 1997, 21 (1): 123-126.
- [32] Wang J, L A Mysak, R G Ingram. Interannual Variability of Sea-Ice Cover in Hudson Bay, Baffin Bay and the Labrador Sea [J]. Atmos-Ocean, 1994, 32 (2): 421-447.
- [33] Wang J, Moto Ikeda. Arctic Oscillation and Arctic Sea-Ice Oscillation [J]. Geophys Res Lett, 2000, 27 (9): 1287-1290.
- [34] Meiji Honda, Hisashi Nakamura, Jinro Ukita, *et al.* Interannual Seasaw Between the Aleutian and Icelandic lows. Part I: Seasonal dependence and Life Cycle [J]. Climate, 2001, 14 (15): 1029-1042.
- [35] 钱步东, 范钟秀, 彭公炳, 等. 北极海冰与赤道东太平洋海温的相互影响及与 E1 Nino 的联系 [J]. 热带气象学报, 1994, 10 (4): 325-333.
- [36] 杨修群, 谢倩, 黄仕松. 夏季赤道中东太平洋海温和北极海冰异常对大气环流影响的数值模拟 [J]. 海洋学报, 1995, 17 (1): 24-31.
- [37] 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 冬季北极喀拉海、巴伦支海海冰面积变化对东亚季风的影响 [J]. 大气科学, 1999, 23 (3): 267-275.
- [38] 吴尚森, 梁建茵, 纪忠萍. 极地海冰异常对我国夏季大气环流和降水影响的数值研究 [J]. 热带气象学报, 1996, 12 (2): 105-111.
- [39] 方之芳. 一月北极海冰对六月亚洲-西太平洋环流的影响 [J]. 大气科学, 1990, 14 (1): 102-107.
- [40] 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 与北大西洋接壤的北极海冰和年代际气候变化 [J]. 科学通报, 2000, 45 (18): 1993-1998.
- [41] 周天军. 大洋热盐环流与气候变率的关系研究 [J]. 地球科学进展, 2002, 15 (16): 654-660.