

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*

王春红 蒋全荣 余志豪

(南京大学大气科学系, 南京 210093)

摘 要 北极 III 区海冰面积的低频变化所引起热力强迫作用, 可以激发出 EA 和类似于 WP 的大气遥相关型。冰气系统之间存在着 3~4 年的不规则振荡, 在振荡过程中, 它们是相互作用的。对比表明, 北极 III 区的重冰年和轻冰年, 北半球冬季中纬度地区大气环流以及我国的天气气候特征有十分明显的差异。

关键词 北极 海冰面积 大气环流异常 EA 型

1 引言

极冰面积的变化一方面是气候变化的结果, 另一方面又是引起大气环流异常的一个重要原因。研究表明, 北极海冰异常对大气的的影响可具有与赤道太平洋海温同等重要的作用, 有时甚至超过后者^[1]。它能够产生类似于赤道海温异常产生的全球气候异常现象^[2]。当赤道中、东太平洋海温异常时, 北半球冬季中纬度大气可以产生 PNA 等遥响应, 并存在约 3~4 年的低频振荡。因此很容易联想到, 极地作为大气的冷源, 当北极海冰面积异常时, 大气中是否也会出现遥相关结构。按通常划分, 北极冰分成四个区, 不同区域的海冰量存在着不同的年际变化特征, 其中 III 区在 70~160°E, 年平均海冰面积约 200 平方纬度^[3]。本文将讨论北极 III 区海冰面积变化与冬半年(11~4月)大气遥相关型的联系问题。文中使用了 Walsh《逐月北极海冰覆盖资料》中 III 区海冰面积和面积的 M 指数以及欧洲中心 1953~1984 年北半球 500 hPa 高度场月平均资料。

2 结果分析

首先对 III 区海冰面积在永冻线以南约 70~74°N 范围内具有代表性和有较明显年际变化的 30 个格点上的资料作 EOF 分解。结果表明, III 区海冰面积的第一特征向量(对总方差的贡献占 68.9%)均为负值, 中心在东西伯利亚海和拉普帖夫海靠近亚洲大陆的边缘部分(图略), 这与海冰的冻结和消融首先发生在靠近陆地边缘区域的事实相符。功率谱分析表明, 第一特征向量的时间系数存在两个主要周期, 最强的是 12 个月左右的年周期, 另一个为 40 个月左右, 后者与赤道热源所具有的 3~4 年低频振荡是一致的。

1994-06-28 收到, 1996-04-05 收到三改稿

* 本文由国家基础性研究重大关键项目“气候动力学和气候预测理论的研究”资助

图 1 为第一特征向量时间系数与北半球冬半年 500 hPa 高度场的相关。由图可见, 时间系数未经带通滤波时, 相关场只有较弱的 EA 遥相关型, 而整个北太平洋海域为一弱正相关区, 中心强度仅 0.31。经带通滤波 ($1/84 \leq f \leq 1/21$, 以突出 40 个月左右的周期变化) 后, 相关场发生了很大变化。首先, EA 型变得非常明显, 三个中心与 Wallace^[4]等所给出的位置基本吻合。其次, 北太平洋中部的相关水平亦大大增强。最显著的变化是北太平洋 30°N 以南海域从原来的正相关区变为负相关区, 中心在 (170°W, 20°N) 附近, 它与其北部的正中心构成南北偶极子型, 类似于 WP 遥相关型。

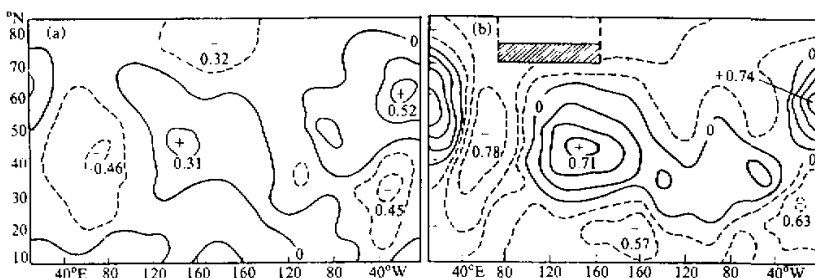


图 1 北极 III 区海冰面积 EOF 第一特征向量时间系数 (10~3 月平均) 与 500 hPa 高度场 (11~4 月平均) 的相关。(a) 未经滤波, (b) 经带通滤波 ($1/84 \leq f \leq 1/21$)。

图 b 中的阴影区为作 EOF 分解的 30 个格点的范围

图 1b 中的遥相关结构是很稳定的。据计算, 经带通滤波后的第一特征向量的时间系数当年 9 月以及次年 6 月与冬半年 500 hPa 高度场的相关结构仍保持不变。由此看来, 秋初海冰由化到结, 由少到多的变化所引起的热力强迫作用可以在冬半年大气中激发产生 EA 型遥相关, 而冬半年 EA 型遥相关的建立又有利于海冰面积持续原来的变化趋势, 甚至可以影响到下一年的初夏海冰由结到化, 由多到少的变化, 因此 III 区海冰面积的低频变化与大气之间是一种正反馈机制。

利用北极 III 区海冰面积的 M 指数作上述相同计算, 所得结果仍完全一致 (图略), 即 EA 型主要是 III 区海冰面积 3~4 年低频变化的贡献。 M 指数是从整体上表征该区海冰面积的大小程度, 因此在一定程度上它等价于全海域呈同位相变化的第一特征向量场。作为 III 区海冰面积的低频变化与大气遥相关联系的另一事实, 图 2 给出了第一特征向量经带通滤波后的 11~1 月平均时间系数和 12~2 月平均的 EA 指数 (取法同文献[4]) 1961~1975 年的时间序列。冰气系统之间约 3~4 年的不规则振荡在图中是很清楚的, 且两者的正、负峰值基本一一对应。

如所知, Wallace 等通过高度场的一点相关进一步证实了北半球冬季大气遥相关型的存在^[4]。若将文献[4]中基点放在 (40°E, 50°N) 的一点相关图与图 1b 对比, 则不难发现它们是十分相似的。这隐含表明图 1b 中扰动是由相关水平为 -0.78 那一点向外传播的, 扰动的产生则是北极 III 区海冰面积低频变化的热力强迫, 海冰面积 3~4 年低频变化可能是激发产生 EA 遥相关的强迫机制之一。

为了更清楚地显示北极 III 区海冰面积变化对大气环流异常的影响。下面以 12 月为例来对比重、轻冰年的环流形势。重、轻冰年是根据第一特征向量经带通滤波后的时

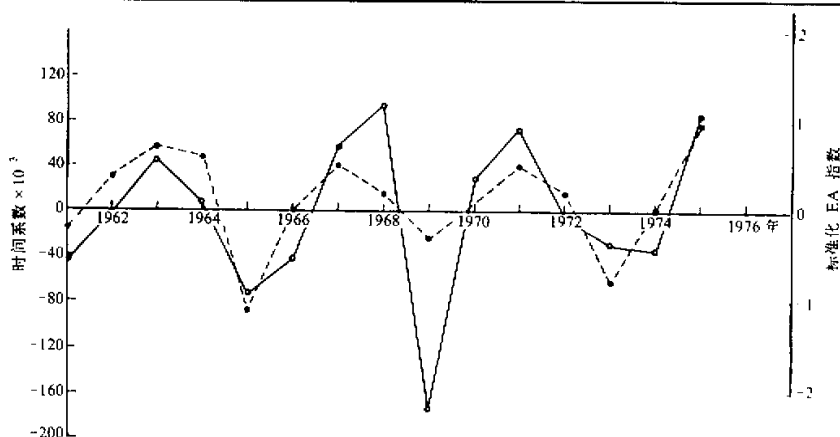


图2 经带滤波的北极 III 区海冰面积第一特征向量的时间系数 (11~1 月平均) 和 EA 指数 (12~2 月平均) 的时间序列。虚线: EA 指数, 实线: 时间系数

间系数来确定的。重冰年有 1965、1969 和 1974 年, 轻冰年有 1963、1964 和 1971 年。分析表明, 北极 III 区重冰年, 欧亚环流呈明显的经向型, 乌拉尔地区高脊加强, 东亚大槽加深, 西太平洋副高偏强, 有闭合单体, 而西欧沿岸脊则较弱 (图略)。在轻冰年, 欧亚环流平直, 乌拉尔高脊消失, 东亚大槽变浅, 西太平洋副高偏弱, 而西欧沿岸脊较明显 (图略)。重、轻冰年的这些差异在它们 500 hPa 平均高度场的差场中更为直观 (图 3)。正如所料, 差场与图 1b 十分相似, 有非常清楚的 EA 型以及类似于 WP 的遥相关结构。另据对比, 差场基本上是超长波为 2 波时的分布结构 (参见文献[5])。与图 3 相应的地面气压场特征是: 重冰年, 阿留申低压和冰岛低压明显加深, 西伯利亚冷高明显加强; 轻冰年则反之 (图略)。上述环流形势的差异还反映在对我国冬季天气气候的影响上。重冰年经向环流明显有利于冷空气南下, 使我国冬季偏冷; 而轻冰年环流平直, 冷空气影响范围偏北, 我国冬季则偏暖。表 1 给出了重、轻冰年我国 4 个台站的 12 月平均气温以及两者的差值, 上述结论是很显然的。

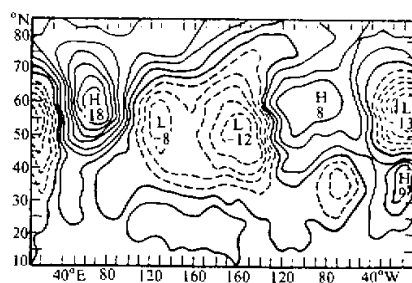


图3 北极 III 区重冰年和轻冰年 500 hPa 平均高度场的差场

表1 北极 III 区重、轻冰年我国 4 个测站 12 月平均气温及其差值 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

平均气温 测站	III 区 海冰	轻冰年	重冰年	重、轻冰 年之差
克拉玛依		-8.9	-14.3	5.4
兰州		-4.4	-6.4	2.0
上海		7.4	5.4	2.0
福州		14.3	12.7	1.6

3 结语

经分析, 本文揭示了北极 III 区海冰面积变化对北半球冬季大气环流异常影响的

些新的观测事实。主要有:

(1) 北极 III 区海冰面积变化也具有 40 个月左右 (3~4 年) 的低频振荡周期。

(2) 北极 III 区海冰面积的低频变化可激发产生 EA 及类似于 WP 的遥相关型, 使冰气系统具有 3~4 年的不规则振荡。在振荡过程中, 冰气系统是相互作用的, 海冰的异常有利于 EA 的形成, 而 EA 的建立又有利于海冰异常的继续维持; 反之亦然。这是一种正反馈机制。利用 III 区海冰面积前期 (如 9 月) 的异常还可以预报冬半年 (同年 11 月至下年 4 月) 大气环流异常的趋势。

(3) 北极 III 区海冰面积异常对北半球冬季大气环流异常的影响, 尤其是对冬季半永久性中心的影响是十分明显的。在重冰年, 欧亚环流呈经向型, 西伯利亚冷高强大, 阿留申低压加深, 我国气温偏低。在轻冰年, 欧亚环流平直, 西伯利亚冷高减弱, 阿留申低压变浅, 我国气温偏暖。

致谢: 石宗祥先生帮助绘图, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 黄士松、杨修群, 1992, 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, 海洋学报, 14(6), 32~47.
- 2 倪允琪, 1993, 气候动力学, 北京: 气象出版社.
- 3 彭公炳、李晴、钱步东, 1992, 气候与冰雪覆盖, 北京: 气象出版社.
- 4 Wallace, J.M. and D.S. Gutzler, 1981, Teleconnections in the Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere Winter. *Mon. Wea. Rev.*, 109(4), 784~812.
- 5 王绍武、赵宗慈, 1987, 长期天气预报基础, 上海: 上海科技出版社.

Effect of the Low-Frequency Variability of the Region III Arctic Sea Ice Cover upon the Northern Hemisphere Atmosphere General Circulation Anomaly in Winter

Wang Chunhong, Jiang Quanrong and Yu Zhihao

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract The Eastern Atlantic pattern (EA) teleconnection and teleconnection like the western Pacific pattern (WP) can be aroused by the low-frequency variability of the Region III Arctic sea ice cover. The irregular fluctuation of 3~4 years exists in the ice-air system. In the process of this fluctuation, the ice and the air affect each other. The following conclusions are obtained from the analysis in this paper: (1) the characteristics of the atmospheric circulation in winter in the mid-latitude region of the Northern Hemisphere show the bigger difference in the heavy ice years and in the light ice years of the Region III Arctic sea ice cover, and (2) the characteristics of the weather-climate in China also show the bigger difference in the above two periods.

Key words Region III sea ice cover atmosphere general circulation anomaly eastern Atlantic pattern (EA)