

# 北极海冰 ‘强信号’ 影响域

柏晶瑜 徐祥德 苗秋菊

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

## 摘 要

冰冻圈作为下垫面的一个重要组成部分, 与大气处于不断的相互作用过程中。文中主要研究了北极海冰与中国华北地区降水的关系。研究结果揭示了中国区域与北半球季尺度气候变异前期北极海冰 ‘强信号’ 现象。探讨了中国华北地区旱涝前期北极海冰特征, 比较了华北旱涝前期北极海冰相关区域特征分布, 并揭示出北极海冰 ‘强信号’ 区与中国区域夏季降水的相关分布, 分析了北极海冰 ‘强信号’ 区对华北地区夏季旱涝影响的动力结构特征。

关键词: 北极海冰, 强信号, 华北地区, 旱涝。

## 1 引 言

冰雪覆盖形成以后, 就成为大气的冷源。关于北极海冰对大气环流和气候的影响早已有过许多研究。结果表明, 海冰的高反射率减少了下垫面接收的太阳辐射, 使得北极地区的热损失增加, 进而通过大气变冷增强了经向温度梯度和纬向环流<sup>[1]</sup>。海冰的存在显然对中高纬的气候有很大影响。海冰除了对局地 and 区域的气候产生影响外, 还对半球乃至全球的大气环流和气候产生影响<sup>[2]</sup>。

Walsh 等人的研究表明, 北极海冰对大气产生区域性的影响, 即与海冰的空间分布有关<sup>[3]</sup>。中国虽然离北极地区比较遥远, 但北极海冰的变动无疑能够改变极地气团的性质, 并通过大气环流和海洋环流影响中国的天气气候。

epcb 曾研究了巴伦支海和波罗的海海冰与前苏联南欧国土的旱涝间的关系<sup>[3]</sup>。彭公炳等人在研究影响中国长江中下游汛期水量丰枯的物理因子时, 发现北极海冰面积变化对长江中下游汛期水量有显著影响。

海(陆)冰及雪盖对世界范围内的大气环流以及许多地方的天气气候都有明显影响。从冰雪量上来说, 占地球冰雪约 90% 的是南极冰雪, 约 9% 是北极格陵兰冰雪, 山地冰川不过 1%<sup>[4]</sup>。

Lamb<sup>[5]</sup>、Carleton<sup>[6]</sup> 和 Overland<sup>[7]</sup> 发现, 海冰边缘影响风暴(气旋)路径, 他们分别确定了风暴路径与北大西洋和北太平洋的海冰边缘的位置之间有联系。

Rogers 和 van Loon<sup>[8]</sup>、Streten<sup>[9]</sup> 都发现海冰影响对流层中上层的行星波特点, 指出大尺度海冰异常的位置与对流层中上层大尺度行星波特点的年际变化是一致的。一般而言, 厚冰(厚度在 3 m 以上)往往出现在长波槽的西面, 而薄冰(厚度小于 0.6 m)则出现在长波槽的东面。当然这仅反映海冰与超长波位相之间的对应关系, 可以是海冰对大气环

流的影响,但也不排除大尺度海冰变化是对大尺度大气变化的一种响应的可能性<sup>[10]</sup>。

本文主要研究了北极海冰与华北地区旱涝的关系。我们所作的相关统计表明,北极海冰与华北地区旱涝相关联,但单纯的统计因子的选择可能造成误导。因此,本文的研究思路是:北极海冰强信号区域的选择条件既考虑了某区域海冰与华北地区降水显著相关性,又考虑到华北地区旱涝异常年在该区域海冰指数反位相特征显著,将这两者结合起来作为基本指标,从而认识北极海冰因子对华北地区夏季降水的影响。

## 2 华北地区夏季旱涝前期北极海冰的分布特征

关于遥相关现象,从动力学角度来认识,对于外界强迫,大气不仅存在源区有影响,而且在远区亦可出现影响。李崇银指出,在分析格陵兰和北大西洋地区的气压变化时,可以发现当格陵兰地区气压偏高时,北大西洋地区(主要是 30~40°N 地区)气压一般都偏低;反之亦然。在北大西洋地区的这种南北向跷跷板现象就被称为北大西洋涛动,简称 NAO (Walker 和 Bliss, 1932)。类似的南北向气压跷跷板现象在北太平洋地区也存在,当热带和副热带太平洋地区的气压偏高(低)时,东西伯利亚到加拿大一地区的气压往往偏低(高)。这就是所谓北太平洋涛动,简称 NPO (Rogers, 1981)。

对位于北半球中纬度的黄河中上游旱涝来说,最直接的影响应该来自于格陵兰的海冰。王绍武等提供的北极海冰的 DQ% 指数,分析它与黄河中上游 7 月份降水的联系。分析发现,前期 4, 5, 6 和 7 月(这可能与海冰较大持续性有关)格陵兰海冰 DQ% 指数与 7 月份黄河中上游平均降水距平百分率有明显的负相关(均达到 0.05 信度)。6 月份格陵兰海冰与黄河中上游 7 月份 10 个代表站平均降水距平百分率的相关系数为 -0.45, 达到了

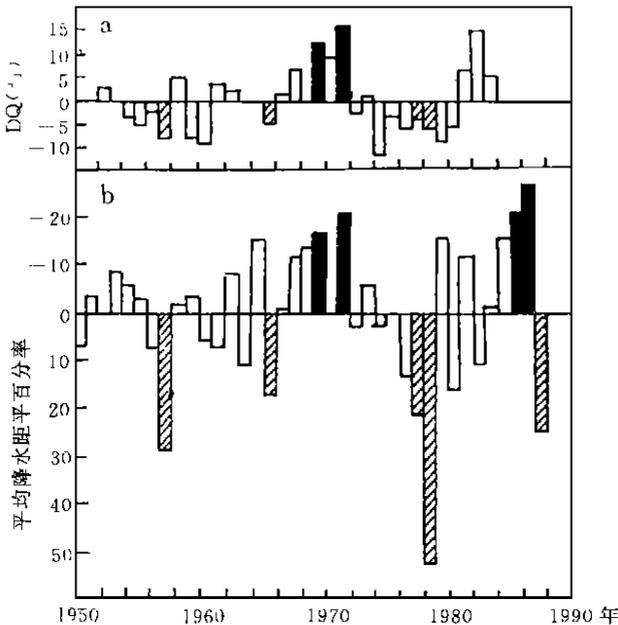


图 1 a. 6 月份格陵兰海冰 DQ% 指数; b. 7 月份黄河上游地区平均降水距平百分率  
(黑柱指此年为旱年, 有余线的柱指此年为涝年。引自王绍武等)

0.01 的信度<sup>[11]</sup>。Q 指数为海冰指数计算方法的一种, Q 指数系将海区中所有格点值进行加数累加而得, DQ 为 Q 指数的距平值, DQ% 为 Q 指数的距平百分率。

图 1 是王绍武等文献中提供的格陵兰 6 月份海冰 DQ% 指数与 7 月份全国 160 个站降水的相关。根据用统计模拟方法对此相关场进行的检验可知, 此相关场在 10% 的信度标准下是显著的。另外, 4, 5 月份格陵兰海冰 DQ% 指数与降水场的相关型式与图 1 类似, 也说明这种相关不是随机性的。由图 1 可以看出达到 0.05 信度标准的区主要在河套一带<sup>[11]</sup>。

本文使用的资料为华北地区 1954 ~ 1990 年夏季降水, 以及 1953 ~ 1989 年 12 ~ 2 月的北极海冰(冬季)资料。海冰资料是 Walsh J. E. 提供的北极月平均海冰覆盖范围资料, 该资料的观测区共 4640 个格点, x 轴取 80 个格点, y 轴取 58 个格点, 格点间距 1 度(60 海里)。以 20 W 和 160 E 的子午线为 x 轴, 以 70 E 和 110 W 的子午线为 y 轴, x 轴与 y 轴交点为北极。在上述网格范围内, 求出各分区内被海冰覆盖的网格总数, 若网格内仅有

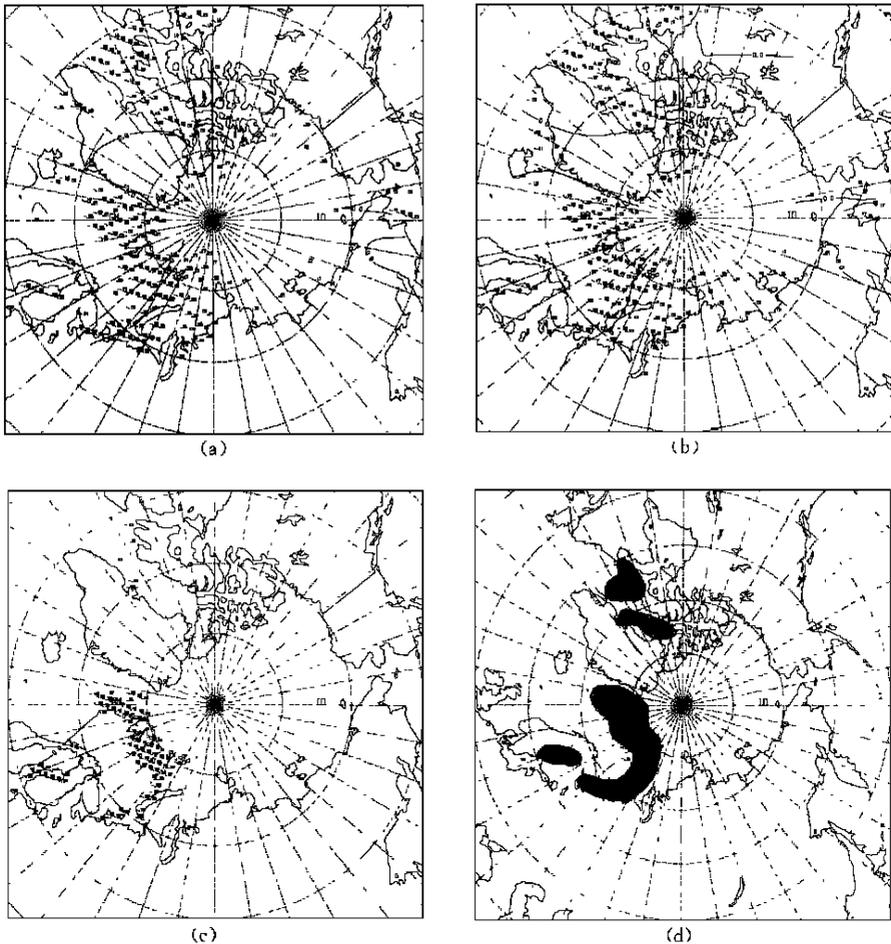


图 2 北极海冰面积指数与华北地区夏季降水相关

(a. 相关系数不低于 0.15(之一); b. 相关系数不低于 0.15(之二);

c. 相关系数不低于 0.32(信度为 0.05); d. 相关系数不低于 0.27(信度为 0.10, 阴影部分))

10%的面积被海冰覆盖,则以0.1个网格计入,于是得到了各分区的月平均海冰面积。

本文计算了北极海冰面积指数与华北地区夏季降水的相关,计算结果表明,大范围的相关高值(信度0.05)区主要分布在73~81°N,10°W~60°E区域,并呈现明显的反相关(如图2所示)。

本文所研究的对象与图1所示格陵兰海冰指数与河套一带月降水量的相关特征有所吻合。考虑北极各个区域与华北地区夏季降水相关性作了比较,我们将北极分为5个区域,统计了北极各区域海冰面积指数与华北地区夏季降水相关系数的区域平均值,由图3我们可以看到,北极海冰面积指数在上述格陵兰与新地岛之间区域(10°W~60°E区间),相关系数的平均值最大。但以上统计相关高值区是否具有一定的物理意义呢?是否能反映华北旱涝异常前期的海冰“强信号”特征呢?

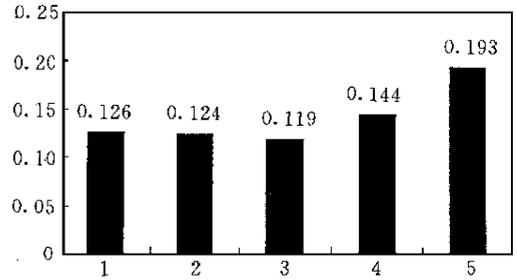


图3 北极各个区域与华北地区夏季降水相关性的比较

(1. 60~130°E; 2. 130°E~160°W; 3. 160~90°W; 4. 90~10°W; 5. 10°W~60°E)

### 3 旱涝年前冬北极海冰的“强信号”区特征

我们所定义的北极海冰“强信号区”具有两个特征:(1)这一区域海冰面积指数与华北降水的相关值高,(2)旱涝年前期这一区域海冰面积指数距平呈反位相。上述统计相关仅反映了其中一个特征条件。

考虑北极海冰“强信号”的时空分布特征,本文分别选取了旱年1968,1969,1972,1980,1981,1983,1985,1986,1989年共9a,涝年1954,1956,1959,1960,1963,1964,1973,1976,1978年共9a。并计算了与之相对应的海冰距平。计算结果发现,华北地区旱涝年前冬北极海冰面积指数距平有明显的差异,海冰面积指数距平大于0.15的主要集中在北极海冰

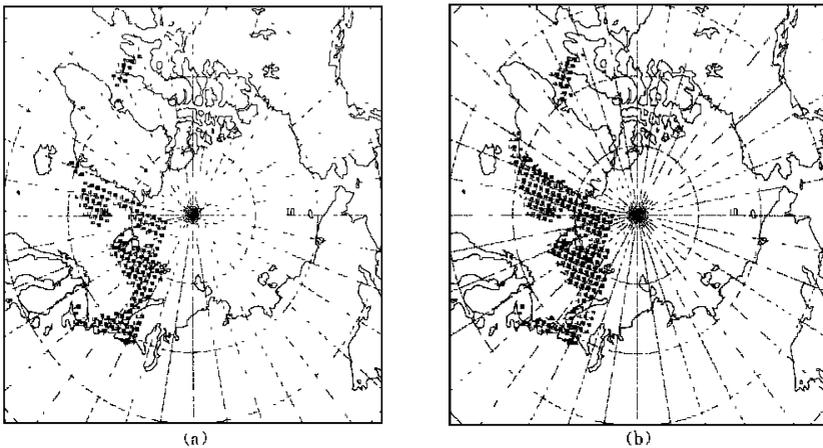


图4 华北地区旱涝年前冬北极海冰面积指数距平

(a. 旱年; b. 涝年)

的几个区域, 其中在格陵兰岛以东新地岛附近区域有旱涝距平反位相特征亦为最显著(如图 4 所示), 其次为巴芬岛地区。根据反相关显著性与旱涝反位相两个特征, 我们将格陵兰岛与新地岛之间区域定义为影响华北地区夏季降水的北极海冰 '强信号' 区。

我们统计上述北极海冰区域与全国 15 个区域(此划分标准为国家气候中心预测室提供)夏季降水的相关系数(如图 5 所示), 由图 5 可发现, 上述格陵兰岛与新地岛附近区域海冰面积指数与华北地区夏季降水的反相关最为显著, 其相关系数达到信度(0.01)。

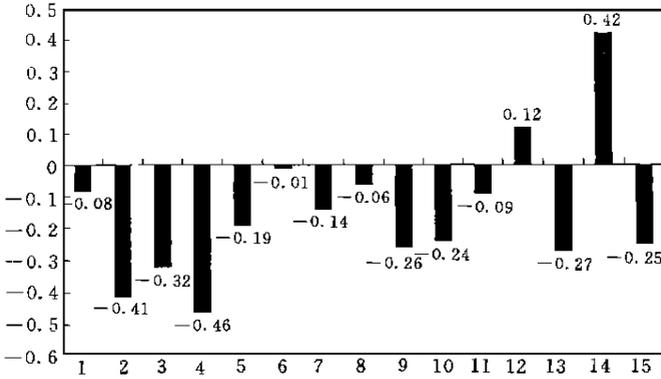


图 5 '强信号'区与全国 15 个区域夏季降水相关情况的比较

(1 新安; 2 松辽; 3 内蒙; 4 华北; 5 淮河; 6 长江; 7 江南; 8 华南  
9 云南; 10 四川; 11 河套; 12 河西; 13 北疆; 14 南疆; 15 高原)

由北极海冰 '强信号' 区面积指数与全国 160 个站夏季降水的相关统计(如图 6 所示)可以看到, 北极海洋 '强信号' 区对中国华北地区夏季降水的影响比其它区域影响相对显著。

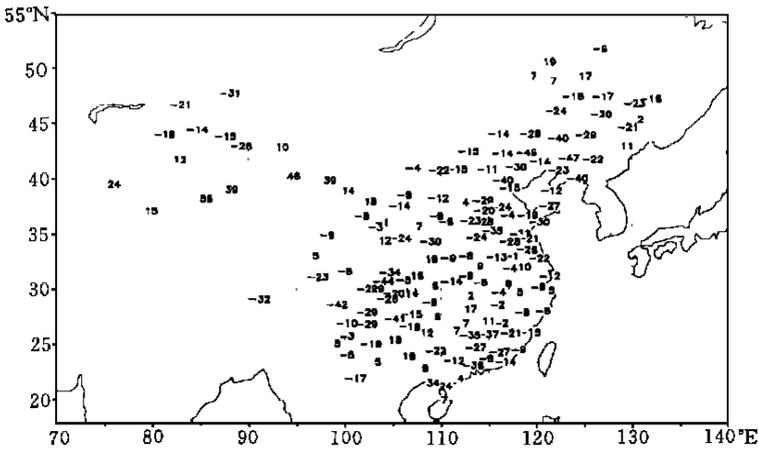


图 6 '强信号'区对全国 160 个站夏季降水影响的比较

#### 4 北极海冰 '强信号' 区与华北地区夏季降水相关动力结构特征

冬季北极海冰 '强信号' 区的海冰面积指数与北半球夏季 500 hPa 高度场的相关(如图 7a 所示)可以看到, 当冬季北极海冰 '强信号' 区的海冰面积指数减小时, 华北地区的东

南部为反相关中心区,即反气旋流型,西北部为正相关中心区,即气旋流型。这样,华北地区为西南气流控制,会产生降水;同样,冬季北极海冰“强信号”区的海冰面积指数与北半球夏季500 hPa 涡度场的相关(如图7b所示)可以看到,当冬季北极海冰“强信号”区的海冰面积指数减小时,华北地区的东南部为正涡度区,西北部为负涡度区,则华北地区形成有利于降水偏多的流场特征(如图7箭头所示),这与前面的统计结果是一致的。

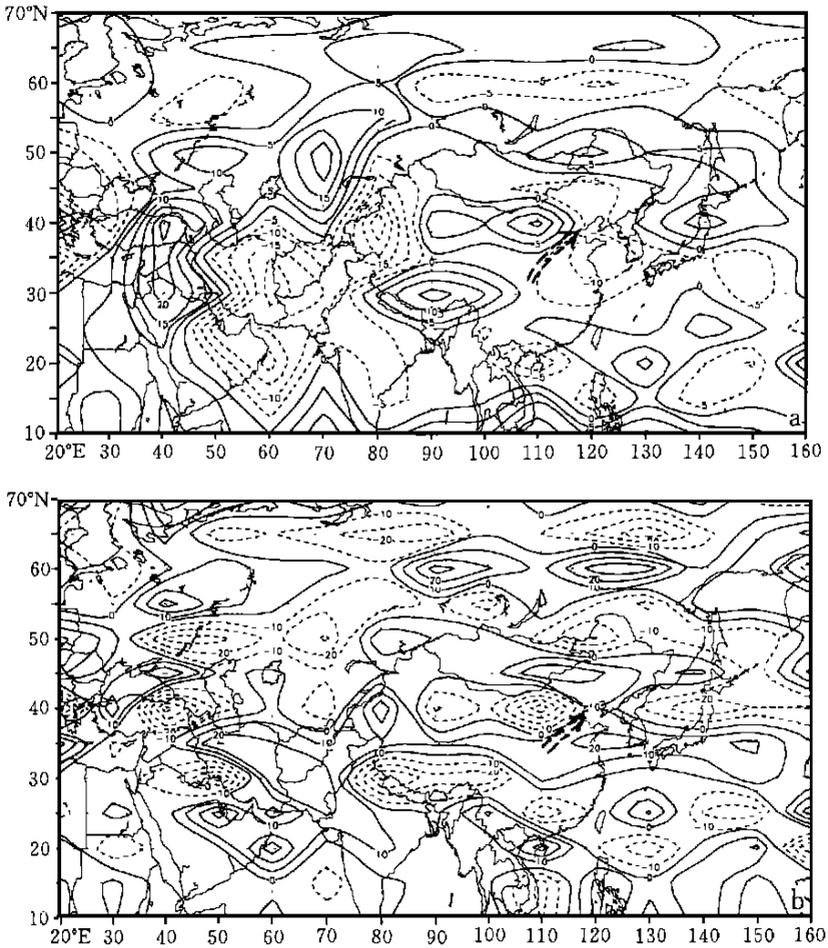


图7 冬季北极海冰“强信号”区的海冰面积指数与北半球夏季500hPa高度场以及涡度场的相关  
(a. 高度场; b. 涡度场)

## 5 结论

本文的研究结果可得出以下结论:

- (1) 北极格陵兰岛以东、新地岛附近为华北地区旱涝异常年海冰面积指数距平反位相最为显著区域,其次是巴芬岛地区;
- (2) 北极格陵兰岛与新地岛附近区域亦为北极海冰分布状况与华北地区夏季降水反相关

最为显著地区;

(3) 本文将上述两类条件同时满足的北极格陵兰岛以东新地岛附近区域称为华北旱涝“强信号”区;

(4) 冬季北极“强信号”区的海冰面积指数特征对后期夏季华北地区降水系统及其环流型变异存在较为显著的影响,并具有一定的动力学意义。

## 参考文献

- 1 Fletcher J O. The influence of the Arctic pack ice on climate. *Meteorological Monographs*, 1968, 83(3)
- 2 Walsh J E. The role of sea ice in climate variability. *Atmosphere-Ocean*, 1983, 23(3)
- 3 彭公炳等. 气候与冰雪覆盖. 气象出版社, 1992. P73, P81
- 4 中国科学院地理研究所气候变化组. 气候变化若干问题. 北京: 科学出版社, 1997, 11~29
- 5 Lamb H H. *Climate: Past, Present and Future*. Methuen and Co. Ltd, London, 1972. 1: 613
- 6 Carleton A M. Monthly variability of satellite-derived cyclone activity for the Southern Hemisphere winter. *J Climatology*, 1981, 1, 21-38
- 7 Overland J E, Pease C H. Cyclone climatology of the Bering Sea relation to sea ice extent. *Mon Wea Rev*, 1982, 110: 5-13
- 8 Rogers J, van Loon C H. The seasaw in winter temperature between Greenland and northern Europe. Part III: Some oceanic and atmospheric effects in middle and high latitudes. *Mon Wea Rev*, 1979, 107: 509-519
- 9 Stretten N A, Pike D J. Characteristics of the broadscale Antarctic Sea ice extent and associated atmospheric circulation, 1972-77. *Arch Meteor Geophys, Bioklim*, 1980, 29: 277-299
- 10 林本达等. 动力气候学引论. 北京: 气象出版社, 1994. P175
- 11 王绍武等. 气候预测与模拟研究. 北京: 气象出版社, 1993. p255~p256

# THE ARCTIC SEA-ICE “STRONG-SIGNAL” REGION

Bai Jingyu Xu Xiangde Miao Qiuju

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081*)

## Abstract

As an important part of underlying surface, cryosphere is in the process of continuous interaction with atmosphere. The present paper is mainly about the relationship between Arctic sea-ice and the precipitation of North China. It is shown that the Arctic sea-ice strong signal region is highly correlated with the summer precipitation of North China. The mechanism of how the Arctic sea-ice would affect North hemisphere summer circulation and the flood-drought of north China is put forward, namely how the Arctic strong signal region may affect the abnormal precipitation of North China is put forward.

**Key words:** Arctic sea-ice, Precipitation of North China, Strong signal region.