

中国夏季高温与北极海冰的联系特征

方 茸¹ 杨修群²

(1. 安徽省合肥市气象局, 230031; 2. 南京大学大气科学系)

提 要: 为研究前期以及同时期北极海冰异常对中国夏季高温的影响, 根据近 50 年来中国 160 个台站的夏季高温资料以及近 50 年来的北极海冰资料, 用 SVD 诊断分析方法, 提取出两场相关最强, 协方差最大的三个时次——分别为同期、海冰超前夏季高温 9 个月和超前 13 个月。分析研究表明: 当北极海冰发生异常时, 中国夏季高温异常的响应是滞后的, 尤其是滞后 9 个月、13 个月时; 北极海冰在 1978—1979 年突然异常减少, 且 1979 年以后维持海冰偏少的态势; 当前期或同时期的北极海冰出现异常增多(减少)时, 在中国夏季高温场上的响应以“南区”、“北区”夏季高温异常偏低(偏高), 与海冰变化反位相; “中区”夏季高温异常偏高(偏低), 与海冰变化同位相。

关键词: 北极海冰 夏季平均最高气温 SVD

Summer Maximum Air Temperature Variability in China and Its Association with the Arctic Sea Ice Concentration

Fang Rong¹ Yang Xiuqun²

(1. Hefei Meteorological Office, Anhui Province 230031; 2. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University)

Abstract: The relationship between the Arctic sea-ice concentration (ASIC) and summer mean maximum air temperature (MMT) in China is analyzed by using Singular Value Decomposition(SVD), ASIC data and MMT data of 160 stations in China from 1951 to 2002. The results show that ASIC reduced significantly in 1978/1979 and still kept the low value after 1979. The response of MMT to the abnormal of SIC has 9—13 months lag. The response patterns are opposite phase for South China or North China, and same phase for central China areas. It is necessary to focus more attention on the Arctic sea-ice extent in the mechanism and prediction of summer MMT variation in China.

Key Words: Arctic sea-ice summer mean maximum air temperature Singular Value Decomposition (SVD)

引言

20世纪以来气候变化以全球增暖为主要特征,极端天气气候事件频繁发生,其中高温天气严重影响着人们的生产生活,因此高温作为一种气象灾害越来越被关注。1860年以来,全球平均气温升高了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ^[1],而在近20年中增暖则更加显著。极地海冰作为大气热机中的冷源,其气候效应越来越受到人们的关注,北极海冰稳定的冰盖占北冰洋面的2/3以上,并覆盖格陵兰和其他岛屿以及高纬度大陆地区,对气候的形成和演变有着十分重要的作用。北极海冰异常是造成大气环流和气候异常的重要因子,与东亚季风和东亚气候异常紧密联系^[2-4]。作者利用近50年来中国160个台站的夏季高温资料以及北极海冰资料,借助于SVD气候诊断工具研究了中国夏季高温与北极海冰异常之间的联系特征。

1 资料来源和研究方法

1.1 所用资料及来源

(1) 中国160站1951—2002年6—8月的月平均最高气温(为叙述方便,文中的“平均最高气温”用“高温”一词代替)资料,来源于中国气象局。

(2) 北极海冰浓度月平均资料,1900—1999年,由美国Illinois州立大学Walsh等编制,根据研究需要处理成与气温相对应的格式,并向前滑动了1~42个月,即3年半,以期找出前期海冰场与我国夏季高温之间的联系。

1.2 研究方法

SVD(Singular Value Decomposition)称奇异值分解,以两个场之间的最大协方差为基础的展开,提取两个场之间最大相关程度

的耦合信号,在研究两个要素场之间的关系时是一个非常有力的工具。此方法计算简单,所费机时少没有系统误差,又不需设置参数,因而具有很高的客观性,在气象领域中得到应用^[5]。

SVD计算为研究前期北极海冰对中国夏季高温的影响,在SVD计算之前,为消除单位量纲不同所造成的影响,首先将气温、海冰资料进行标准化处理。在SVD计算中,将气温固定,而将北极海冰向前滑动,并分别超前气温0个月,1个月,2个月,……,42个月(3年半),文中一共进行了43次SVD计算,目的是为了提取海冰场上前期的异常信号对中国夏季高温的影响。

根据SVD的计算结果,分别取其第一模态、第二模态的海冰时间系数与夏季高温做相关计算,得到海冰时间系数与气温的异性相关场;同时取第一模态、第二模态的气温时间系数与北极海冰做相关计算,得到气温时间系数与北极海冰的异性相关场。

合成分析根据第一模态、第二模态海冰时间系数,取其中的前10个最大正系数和前10个最小负系数,并分别对相应10年的海冰距平和标准化后的气温距平做合成分析。

2 中国夏季高温的空间分布

夏季高温的空间分布:中国夏季高温的总变化幅度为 $14\sim 36^{\circ}\text{C}$ 。在空间上呈“X”型分布,最热中心位于新疆吐鲁番盆地(36°C)、还有一个 $32\sim 34^{\circ}\text{C}$ 的次热中心位于华南的赣、闽、粤、湘东南等地。最冷中心位于青藏高原($14\sim 16^{\circ}\text{C}$),次冷中心位于东北和内蒙古的中东部($22\sim 24^{\circ}\text{C}$)。而全国其他地区夏季高温则在 $28\sim 32^{\circ}\text{C}$ 之间变化。

夏季高温的年际变率空间分布:中国夏季高温均方差总变幅为 $0.5\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 。均方差的高值区($\geq 0.9^{\circ}\text{C}$)位于陕西省—重庆—

内蒙古中部以东,长江流域以北的地区,高值中心($\geq 1.1^{\circ}\text{C}$)位于陕西西安、湖北十堰、安徽蚌埠、吉林珲春、新疆乌鲁木齐($\geq 1.3^{\circ}\text{C}$)。均方差低值区($\leq 0.9^{\circ}\text{C}$)位于华南、西南以及西北大部(除北疆地区为高值中心),低值中心($\leq 0.5^{\circ}\text{C}$)位于两广南部、云南南部、新疆若羌地区。

3 中国夏季高温与北极海冰的联系特征

以往的研究多集中于个别海区,集中于海气相互作用对气候平均状况的影响,而从大范围研究北极各海区海冰异常与中国夏季极端最高气温之间的联系尚不多见^[6-10]。文章对北极各海区海冰异常与同期、后期中国

夏季高温异常的关系分别进行了诊断分析,以揭示北极海冰与中国夏季最高气温之间的联系。

3.1 中国夏季高温与北极海冰联系特征分析

为研究前期以及同时期北极海冰异常对中国夏季高温的影响,用 SVD 方法重点诊断分析了两场相关最强、协方差最大的三个时次,分别为同期、海冰超前夏季高温 9 个月、13 个月来重点对比分析中国夏季高温与北极海冰的关系。表 1 给出这三个时次的 SVD 第一、第二模态的协方差,气温、海冰方差以及两场时间系数的相关系数。

表 1 北极海冰与中国夏季高温在不同时次上 SVD 第一、第二模态的协方差、海冰方差、气温方差以及场相关系数

项目	协方差(%)		海冰方差(%)		气温方差(%)		场相关系数	
	1	2	1	2	1	2	1	2
模态 1、模态 2								
海冰超前 13 个月	44.2	14.6	28.1	5.9	13.3	19.8	0.68	0.76
海冰超前 9 个月	48.8	15.3	29.8	3.7	13.8	18.4	0.67	0.81
二者同期	53.8	10.3	34.0	3.9	13.6	14.9	0.65	0.77

由表 1 可知,第一、第二模态的协方差之和占总协方差的 60%以上,说明前两个模态可以解释两个场协方差的大部分,并可以揭示出中国夏季高温与北极海冰异常的主要耦合信号。为进一步揭示二者的联系特征,根据第一、第二模态的海冰时间系数,挑选出前 10 个最大正系数和前 10 个最小负系数,并对海冰场和标准化后的气温场分别做距平合成。

3.2 海冰与夏季高温同期时的冰—气耦合特征

图 1 给出 SVD 第一模态北极海冰与夏季高温同期时的空间耦合场以及时间系数,由图可见,通过 95%信度检验的显著相关区位于巴芬湾、哈得孙湾、波弗特海、白令海峡、东西伯利亚海、拉普捷夫海、喀拉海、巴伦支

海、格陵兰海等海区,而且呈一致的同位相分布特征。强相关中心(相关系数达 0.5 以上)位于东西伯利亚海和格陵兰海等海区。气温场上的显著相关区位于陕南、川东、河南南部、湖北西北部、新疆哈密等地(称为“中区”)以及两广南部、云南南部、西藏南部、新疆西北部(称为“南区”),而且该南北两区呈反位相分布特征。

从图 1 的时间系数来看,1978 年以前海冰场、气温场均维持明显的正位相,1979 年,海冰场突然转为明显的负位相,而气温场是从 1980 年转入负位相,比海冰场滞后了一年。

为进一步清楚地看出两场的空间耦合型,图 2 给出 SVD 第一模态海冰系数中前 10 个最大正系数、前 10 个最小负系数时的海冰距平,标准化后气温的距平合成。

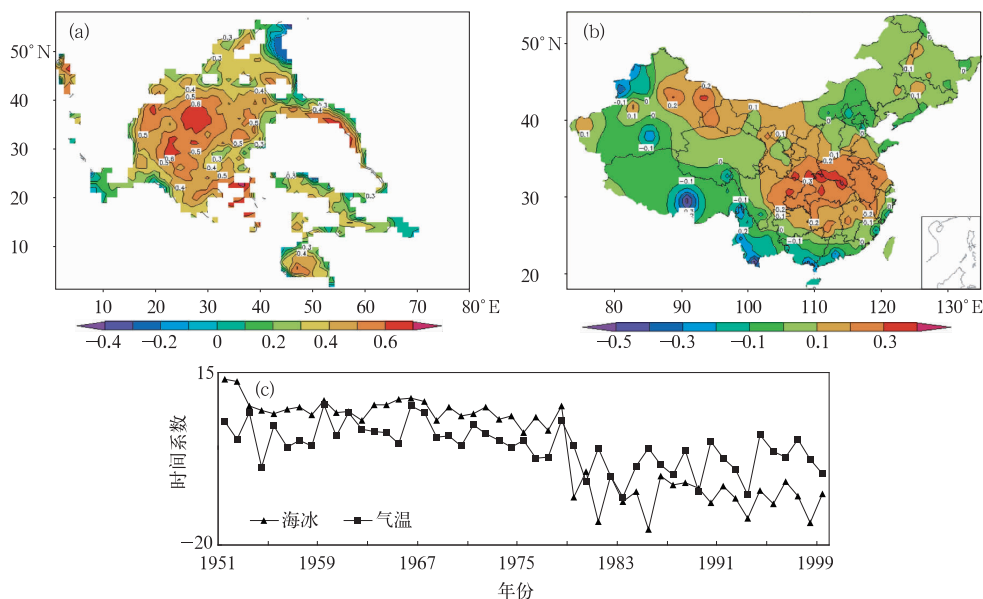


图 1 北极海冰(a)与同期中国夏季高温(b)的 SVD 第一空间模式及其对应的时间系数(c)

由图 2 可见,当夏季巴芬湾、哈得孙湾、波弗特海、白令海峡、东西伯利亚海、拉普捷夫海、喀拉海、巴伦支海、格陵兰海等海区(尤

其是东西伯利亚海和格陵兰海)海冰异常增多(减少)时,对应上述“中区”的夏季高温异常偏高(偏低)，“南区”高温异常偏低(高)。

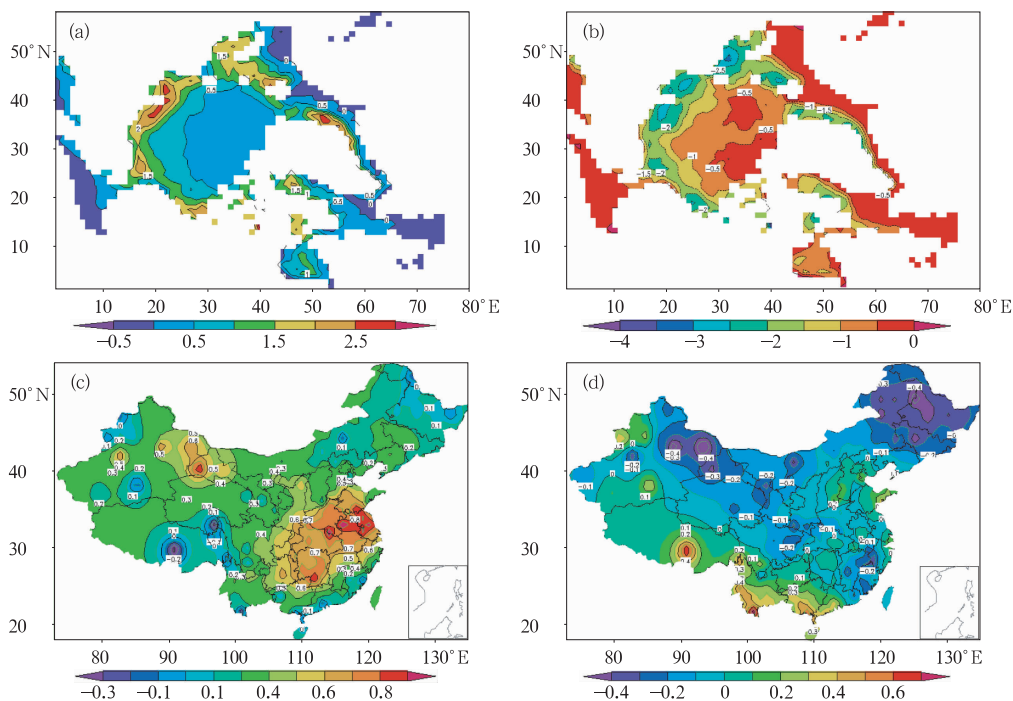


图 2 北极海冰(a)(b)与同期中国夏季高温(c)(d)的 SVD 第一模式海冰系数中正、负系数时的海冰距平、标准化气温距平合成图

将图1时间系数与空间型结合可以知道,北极海冰区1978—1979年突然转为异常减少,“中区”的夏季高温异常偏低,与海冰呈同位相分布。而“南区”的夏季高温异常偏高,与海冰呈反位相分布。

SVD第二模态北极海冰与夏季高温同时期的空间耦合场以及时间系数图(图略)上可见,显著相关区位于巴芬湾和哈得孙湾南部、东西伯利亚海、喀拉海、北部巴伦支海、格陵兰海等海区。气温场上的显著相关区在中国黄河以北的大部分地区除新疆准葛尔盆地(称为“北区”)呈同位相分布,强相关区(相关系数达0.4以上)位于新疆塔里木盆地、甘肃、东北、内蒙古中东部等地区,其中内蒙古东部地区的相关系数超过0.5。

SVD第二模态海冰系数中前10个最大正系数、前10个最小负系数时对应年份的海冰距平、标准化气温距平合成图(图略)可以进一步清楚地看出两场的空间耦合型:当夏季巴芬湾和哈得孙湾南部、东西伯利亚海、喀拉海、北部巴伦支海、格陵兰海等海区海冰异常偏少时,中国黄河以北地区夏季高温会异常偏高。反之,“北区”夏季高温异常偏低。

时间系数表明,海冰场和气温场呈同位相分布,1990年代初以来,两场有转为正位相的趋势,结合该模态的空间型可以看出,夏季巴芬湾和哈得孙湾南部、东西伯利亚海、喀拉海、北部巴伦支海、格陵兰海等海区海冰呈减少趋势,中国夏季高温的响应为“北区”的夏季高温异常偏高,与海冰呈反位相分布。

4 北极海冰对我国夏季高温影响机理的讨论

许多研究表明,极地海冰不仅与局地的高纬大气环流存在联系,而且与中低纬乃至全球的大气环流存在联系。北极海冰面积变化可激发遥相关型波列影响大气环流和气

候。方之芳^[11]等认为,极冰可以激发北半球大气产生遥相关型,这种遥相关型可以看作具有相当正压结构的二维Rossby波,沿一定的波导传播。陈明轩等^[12]指出,北极海冰异常时,从格陵兰到低纬度地区有一正负相间的波列出现,由于这一波列向下游的传播,使得北半球中低纬地区后期的天气气候产生明显异常。

武炳义等^[10]通过利用两层大气环流模式模拟研究了北极海冰厚度和面积变化对大气环流的影响,尤其是对东亚区域气候变化的影响。研究表明,北极海冰变化对大气环流有显著影响。海冰偏多(少)时,夏季亚洲大陆热低压加深(减弱),500hPa西太平洋副热带高压位置偏北(南)、强度偏强(弱),南压高压偏弱(强),东亚夏季风易偏强(弱),华北地区气流以上升(下沉)为主,降水偏多(少),夏季气温偏低(偏高)。长江中下游地区气流以下沉(上升)为主,降水偏少(多),夏季气温偏高(偏低)。不难发现,文章结论“当北极关键海区的海冰出现异常偏少(多)时,中国夏季高温场上“南区”、“北区”夏季高温异常偏高(低),与海冰变化反位相。“中区”夏季高温异常偏低(高),与海冰变化同位相”,与以上研究结果是一致的。

5 结论

分析了中国160站夏季高温的空间分布,然后用SVD方法,研究了北极海冰与中国夏季高温之间的联系特征。得出主要结论如下:

(1) 中国夏季高温在地理分布上呈“X”型分布,变幅为14~36℃。有两个冷中心和两个热中心:热中心在新疆吐鲁番盆地以及中国华南的赣、闽、粤、湘等省;冷中心位于青藏高原以及东北北部、内蒙古东部。夏季高温的年际变率为0.5~1.3℃。低值中心位

于华南南部、西南南部、西北大部(除北疆地区);高值区位于东北、北疆地区、陕西、四川、黄淮、江淮地区。高值中心位于陕西西安、湖北十堰、安徽蚌埠、吉林珲春、新疆乌鲁木齐。

(2) 北极海冰和中国夏季高温的 SVD 第一、第二模态的协方差之和占总协方差的 60% 以上,用这两个模态可以揭示出中国夏季高温与北极海冰之间的主要联系。北极海冰在 1978—1979 年突然异常减少,而且 1979 年以后维持海冰偏少的态势。当北极海冰发生异常时,中国夏季高温异常的响应是滞后的。

(3) SVD 第一模态表明,1979 年以来,夏季巴芬湾、哈得孙湾、波弗特海、白令海峡、东西伯利亚海、拉普捷夫海、喀拉海、巴伦支海、格陵兰海等海区(尤其是东西伯利亚海和格陵兰海)海冰是异常减少的,与之对应的中国中部地区的陕南、四川东部、河南南部、湖北西北部以及新疆哈密等地的夏季同期高温异常偏低,而中国的两广、云南、西藏和新疆南部高温则异常偏高。第二模态表明,1990 年代以来,夏季巴芬湾和哈得孙湾南部、东西伯利亚海、喀拉海、北部巴伦支海、格陵兰海等海区的海冰减少,而中国黄河以北地区夏季高温则是异常偏高的。

(4) 当北极关键区域的海冰出现异常增多(减少)时,中国夏季高温场上:“南区”和“北区”夏季高温为异常偏低(偏高),与海冰变化反位相。“中区”夏季高温异常偏高(偏低),与海冰变化同位相。

参考文献

[1] 中国气象事业发展战略研究课题组. 中国气象事业发

展战略研究总论卷[G]. 北京:气象出版社,2004:13.

- [2] 谢倩,黄士松. 冬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研究[J]. 气象科学,1990,10(4):325-338.
- [3] 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. 东亚季风和中国暴雨[M]. 北京:气象出版社,1998:201-209.
- [4] 黄士松,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.
- [5] 施能编著. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [6] Wu Bingyi, Gao Dengyi and Huang Ronghui. 1997, ENSO events and interannual variation of winter sea-ice in the Greenland. The Kara and the Barents Seas, Chinese science Bulletin, 42(16):1382-1385.
- [7] 武炳义. 北极海冰变化及其对东亚和北半球气候变化的影响研究[学位论文][D]. 北京:中国科学院大气物理研究所,1997.
- [8] Niebauer H J. Sea ice and temperature variability in the Eastern Bering Sea and the relation to atmospheric Fluctuation[J]. J Geophys Res, 1980, 85: 7507-7515.
- [9] 柏晶瑜,徐祥德,苗秋菊. 北极海冰“强信号”影响域[J]. 气象学报,2000,58(4):485-491.
- [10] 武炳义,黄荣辉,高登义. 北极海冰的厚度和面积变化对大气环流影响的数值模拟[J]. 气象学报,2001,59(4):414-428.
- [11] 方之芳,谭友邦,隋学海. 夏季北极海冰激发的 500hPa 遥相关型[J]. 大气科学,1991,15(1):53-60.
- [12] 陈明轩,徐海明,管兆勇. 春季格陵兰海冰与夏季中国气温和降水的关系[J]. 南京气象学院学报,2001,24(4):483-490.