

北极冰盖对我国气温和降水的影响

陈寅生

陈隆勋

(南京气象学院气象系, 南京, 210044) (中国气象局, 北京, 100081)

摘要 利用滤波、扩展经验正交函数(EEOF)、谱分析及相关分析方法研究了北极冰盖面积与我国气温和降水的联系。北极冰盖面积的功率谱密度曲线表明, 北极冰盖面积距平除存在半年和一年的周期变化, 还存在准两年的周期变化, 尤其在 6、9、11 月份表现更加突出。冰盖面积的低频滤波曲线还表现出与全球性 ENSO 现象的密切联系, 通过北极冰盖面积与我国月平均气温的 EEOF 分析, 表明两者之间存在相当好的匹配关系, 而且后期匹配更好。相关分析表明, 北极冰盖面积的变化对我国后期气温和降水存在一定的影响, 它包含明显的准两年低频振荡并伴有一定的传递规律。

关键词 北极冰盖, 扩展经验正交函数, 特征向量

分类号 P434.4

海冰对天气气候的影响, 从 19 世纪以来一直为人们所关注^[1,2]。由于早年海冰资料乏料, 精度较差, 使这个课题的研究进展相当缓慢。第二次世界大战以后, 海冰资料迅速增多, 使人们对海冰对天气气候的影响有了一些了解, 例如, Rogers (1978)^[3]把阿拉斯加北部海冰范围与阿拉斯加的巴罗风资料联系起来, 发现夏末冰状况对初夏温度和风场很敏感, 9 月份海冰范围与以后几个月气温在统计上有很显著的相关。Carleton (1981) 在一实测资料分析中指出, 威德尔冰隙不存在的那一年, 威德尔海区气旋活动往往比较少。Overland 和 Pease (1982)^[4,5]的研究表明, 白令海的薄冰年西白令海(厚冰年东白令海)气旋相当频繁。近年来国内也出现北极海冰与副热带高压关系方面的研究工作^[5,6](以上都是偏重于几个月的天气影响方面)。王绍武 (1983)^[7]在综合海冰和大气相互关系的研究中曾指出, 无论在近代的气候变化中, 还是在地质时期的冰期气候演变中, 冰雪覆盖都有着重要的作用。本文主要探索北极冰盖对我国天气气候的长期影响, 着重研究这种影响的传递过程。

1 资 料

北极冰盖面积资料主要取自美国 Illinois 大学 Walsh 教授提供经我国学者整理出版的文本^[8], 并把最近搜集的资料与之作归一化处理, 得到 1953 年 1 月~1989 年 2 月的北极冰盖面积逐月资料序列。我国 160 个站点的逐月平均温度和降水资料长度为 38 年(1951~1988 年), 由北京气象中心提供。为了分析方便, 把 160 个站点按地理位置分成 7 个区(a: 东北, b: 华北, c: 华东, d: 华中, e: 华南, f: 西南, g: 西北), 并计算各区月平均温度的资料序列。

2 功率谱分析

为了研究北极冰盖对我国天气气候的可能影响,我们对北极冰盖面积的长度为434个月的时间序列进行功率谱分析。为了消除资料序列的年变化,先作标准化处理,然后取最大后延为60个月计算功率谱密度函数,结果如图1a所示。图中的实曲线表示功率谱密度,长虚线和水平实线分别是信度为0.05的红、白噪声否定域上界。由图1a可以看出,北极冰盖面积的距平存在着半年、1年和2年的周期变化,其中2年周期偏弱。

为了揭示北极冰盖面积距平序列中2年周期特性的细节,我们对北极冰盖面积距平的逐月的分月时间序列(长度为36~37年)再进行功率谱密度的计算。结果发现其中6、9和11月份有明显的2年周期特性,尤以6月份的谱密度曲线反映更加突出(见图1b)。

以上分析的结果给我们两点启示:第1,计算长度为434个月的总时间序列的功率谱密度得到2年周期振动偏弱的原因,是组成总序列的各个分月序列并不都存在明显的2年周期振动(只有6、9、11月存在明显的2年周期振动)。第2,6月份北极冰盖面积有较明显的2年周期振动,可能与每年5、6月间正值冬夏季转换时期,北极冰处在融化时期,冰盖面积逐年之间的差异较为明显有关。在隆冬季节,长期寒冷的程度虽然可以在冰盖面积上有一定的反映,但冰盖的厚度变化应该更大些。

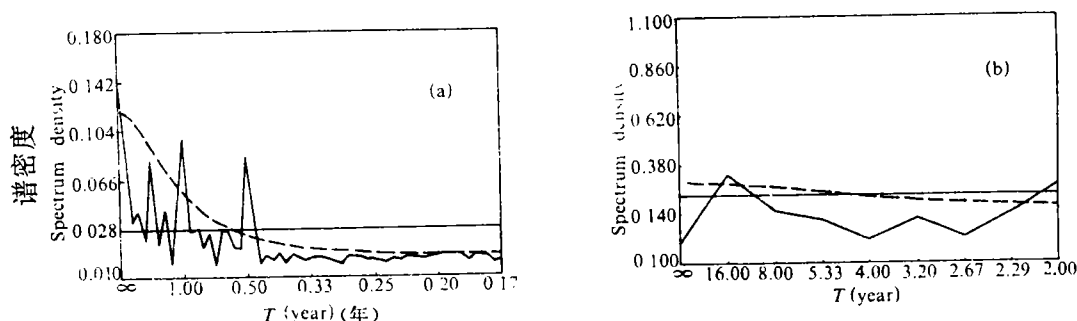


图1 北极冰盖面积总序列(a)和6月份序列(b)的功率谱分布曲线

3 北极冰盖面积距平振动与 El Niño 现象

图2给出了北极冰盖面积距平曲线和它的滤去一年以下振动的滤波曲线。在分析时期中, El Niño 事件出现在1953、1957/1958、1963/1964、1965/1966、1969、1972/1973、1976/1977、1982/1983、1986/1987等年份,反 El Niño 事件出现在1954/1956、1964、1967/1968、1970/1971、1973/1974、1975/1976、1978/1979、1984/1985、1988/1989等年份^[9]。由图2可以看出一个有趣的现象,即 El Niño 年几乎都出现在滤波曲线的相对峰值上,而反 El Niño 年几乎都出现在相对谷值上。对于历史上强的 El Niño 年,如1965、1972、1976、1982/1983、1986/1987这些年份,也都有这种对应现象。这说明,北极冰盖面积的变化与 El Niño 现象存在着某种联系,进而与全球的天气气候振动也存在某种联系。

4 北极冰盖面积与我国气温的 EEOF 分析

北极冰盖是全球陆地—大气—海洋耦合系统的重要成员,它兼有冰面和水面的双重特性。为了揭示它与我国气温之间的长期关联,可以把它与我国的气温序列联合起来进行扩展的自

然正交分解(即 EEOF 分析)。为此,我们把7个区的月平均气温序列与北极冰盖面积指数分别构成7个联合矩阵。北极冰盖面积矩阵以 $_{35}A_{12}$ 表示,气温矩阵以 $_{35}T_{12}$ 表示,由它们构成的联合矩阵可排成 $35 \begin{bmatrix} 12 & 12 \\ \hat{A} & \hat{T} \end{bmatrix}$ 形式,并对其扩展的自然正交分解。结果表明,只要取前4个特征向量即可拟合总方差的85%以上。

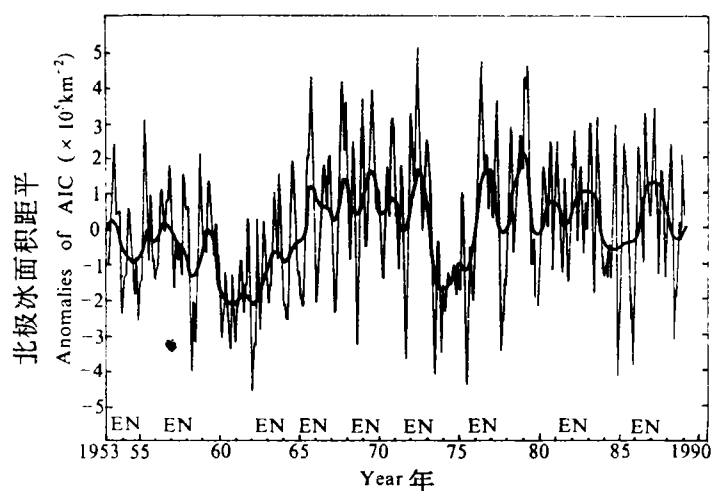


图2 北极冰盖面积距平和它的时间滤波序列曲线 “EN”表示 El Niño 年

第一特征向量在图3中给出,图中小图的右上角字母代表

区号。每张小图代表某一个区的12个月平均温度距平与北极冰盖12个月面积距平值经 EEOF 分解得到的联合特征向量,左边12个分量属于北极冰盖,右边12个分量属于某个区的平均温度。由图可见,当北极冰盖在一年的12个月中都表现为一致的距平符号,且距平值相当大时,我国7个区的温度距平符号与北极冰盖面积距平符号相反,距平绝对值只有北极冰盖面积距平的1/4左右。它的气象意义为:重(轻)冰年我国气温全年普遍偏低(高),但偏低(高)的幅度不大。

由第二特征向量(图略)知,北极冰盖面积距平在一年中只转变一次符号,转变的时间都在5、6月份。这与上述北极冰盖面积分月时间序列功率谱分析的结果一致。同期的温度距平有与北极冰盖距平符号一致的响应,即北极多(少)冰,我国气温反而偏暖(冷)。距平绝对值除东北和西南两区外,其他各区的响应都不很大。与第一特征向量相比较,北极冰盖面积在第二特征向量中表现在5、6月份有距平符号的改变,因而温度的响应也不同。可见,北极冰对我国气温的影响机制是复杂的。冰—气之间存在相互作用,只有在北极冰盖面积很大或很小且终年维持同一种距平符号时(我们称之为重或轻冰年),才能迫使我国温度与之同步冷暖。上述两个特征向量的方差百分比之和约为63%,反映了北极冰盖与我国气温之间的主要匹配关系。

第三特征向量(图略)与第二特征向量有些相似,即北极冰盖大多在6月份前后转变距平符号,同期我国气温也与之保持近于一致。所不同的是两者的距平绝对值呈现反比关系,即当北极冰盖的距平绝对值大时,我国气温的距平绝对值反而小,反之亦然。

第四特征向量(图略)所表现的主要特征是北极冰盖面积距平符号在一年有两次转折,第一次转折各区不一样,但第二次转折几乎都发生在9、10月间,这与上述北极冰盖面积分月序列谱分析的结果也是一致的。在第四特征向量中,同时的温度也有较大的距平响应,且符号与北极冰盖距平近于一致。

进一步的计算(略)表明,北极冰盖与我国温度变化间的匹配关系并非当月最好,而是延后数月的匹配更好(方差百分比之和最大),这意味着北极冰盖对我国后期温度的影响更大些。

由于分区进行的 EEOF 分析是粗略的,不利于揭示关联的具体细微的结构和变化。为此我们运用相关分析法,进一步揭示北极冰盖面积的变化对我国后期气温的影响及其传递过程。

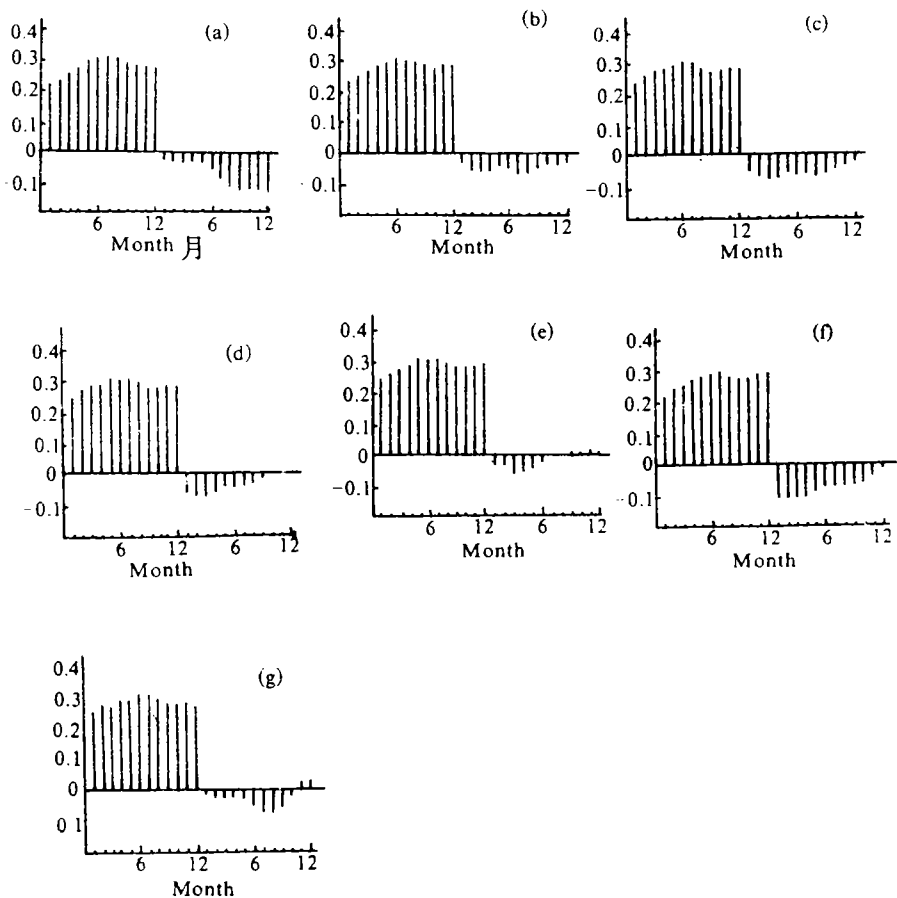


图3 北极冰盖面积和7个区月平均温度 EEOF 分析的第一联合特征向量

5 北极冰盖对我国气温影响的低频振荡过程

5.1 低频振荡的一般描述

如前所述,北极冰盖面积6月份时间序列有较明显的2年周期。于是我们计算了6月份北极冰盖面积与我国160站各后延月气温之间的相关系数(共计4000个),分别绘制当月和各后延月的全国相关系数分布图(共25幅)。我们只列其中的6幅(图4),它们的相关系数分别对应:(1)当年6月冰盖与当年6月我国气温;(2)当年6月冰盖与当年10月我国气温;(3)当年6月冰盖与次年1月我国气温;(4)当年6月冰盖与次年6月我国气温;(5)当年6月冰盖与后年1月我国气温;(6)当年6月冰盖与后年6月我国气温。我们称当年6月到第3年6月这25个月为一个振荡周期,称当年6月为振荡起始月(简称起始月),第3年6月为振荡终止月(简称终止月),第2年6月前后为振荡中期。

由图4可以看出,起始月我国绝大部分地区都是负相关区,分成4个中心块,分别位于长江流域、河套以东、河套以西及新疆地区。其中以长江流域的负相关区最大,中心强度达-0.51,河套以东的一块负相关区一直伸展到东北地区。南方在云南、贵州、川西、广西、广东、福建一带为正相关区(中心位于云南省西部,强度大于0.40)。另在黑龙江省北部有一小片正相关区。

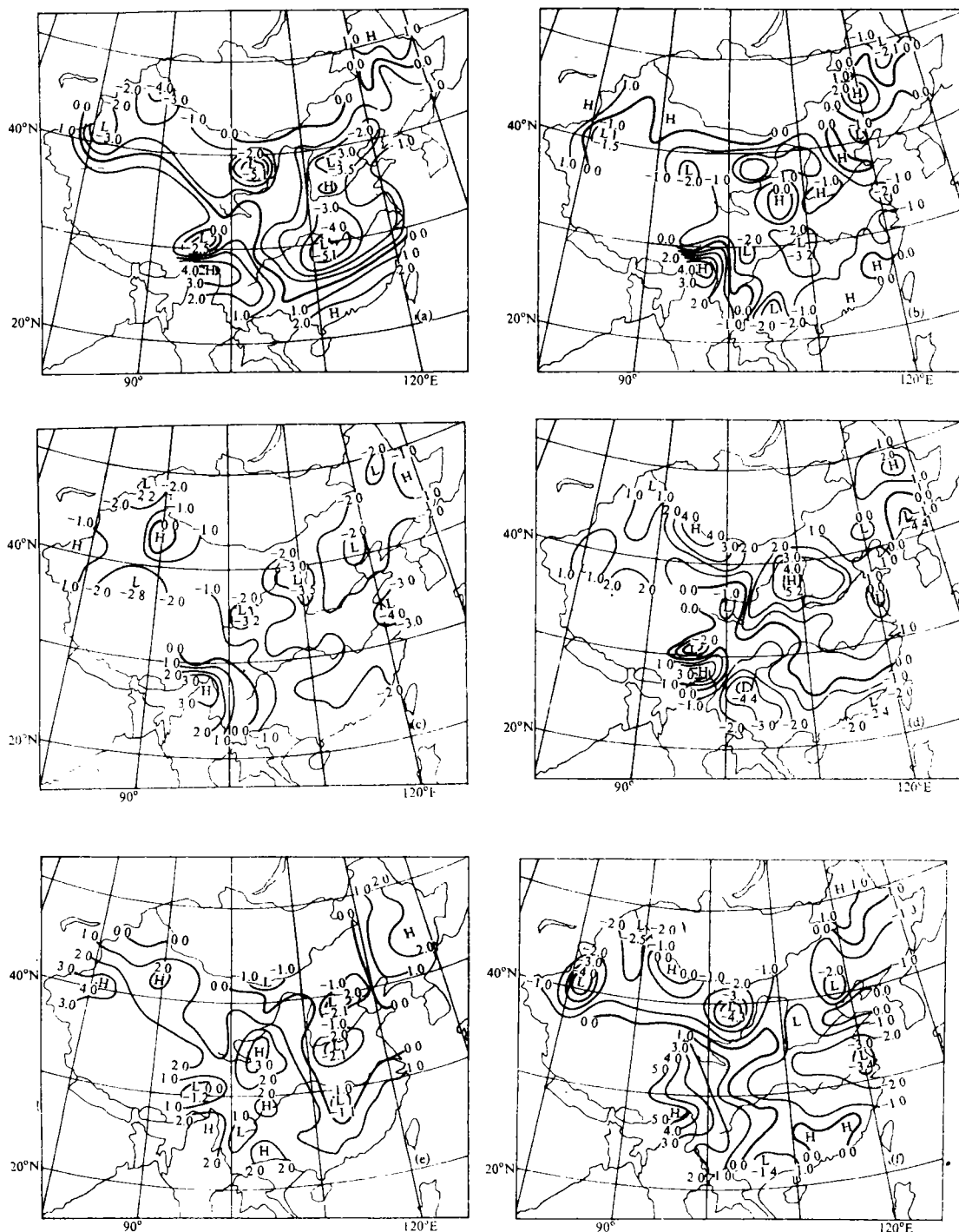


图4 6月份北极冰盖对我国后期气温影响的低频振荡过程

图中的相关系数值都已扩大10倍

振荡的中期,从新疆—长江流域以及华北—东北地区的广大区域都转变为正相关区。正相关中心主要有两个:一个位于河套,强度达0.52,另一个位于甘肃西部,强度大于0.40。在南方的云南、贵州、四川、广西、广东、福建一带建立起负相关区,最强的负相关中心位于云南省北

部。由此可见,到振荡中期,北极冰盖面积与我国月平均温度的相关特性已几乎全部转变为与起始月相反的分布。振荡的终止月,我国绝大部分地区又转而呈现负相关特性,并且也可以分为4个中心块(分别位于新疆、河套西部、河套东部和长江流域),最强的负相关中心位于河套西部(强度达 -0.43),河套以东的负相关已相当弱,长江流域的负相关中心位于长江口(强度为 -0.32)。西南、华南一带以及黑龙江省北部的正相关区都比起始月略大。

通过对相关形势的准两年振荡特性的考察,发现我国的月平均气温与6月份北极冰盖面积之间存在着近于一致的低频涨落关系。

5.2 振荡的传递过程

起始月以后,河套以东的负相关区向东南方向移动,长江流域的大片负相关区向西南移动并逐渐与越南北部的负相关区连通,河套西部的负相关区移入河套,强度减弱,与此同时,由新疆东部和内蒙西部传出一大片正相关区并占据河套地区,逐渐向东南方向伸展,迫使原在长江流域的负相关区南撤至云南、贵州、广西、广东、福建一带,原来在河套以东的负相关区被这个来自新疆、内蒙的正相关区推入黄海和东移朝鲜。从这个演变可以看出,在振荡的前半周期,主要是由新疆东部、内蒙西部传出一个强大的正相关区,迫使原来位于河套西部、河套东部以及长江流域的负相关区向沿海和西南地区退去。另外,从第2年1月开始,由内蒙东部向东北地区还传出一片负相关区,逐步向朝鲜移去。振荡中期以后,西南、华南的负相关区再度活跃,向北推进,同时青藏高原东北部的负相关区北推,迫使河西走廊的正相关区撤回蒙古,这两股负相关区一致向黄河流域推进,迫使那里的大片正相关区减弱、收缩,几乎消失。最后,这两股负相关区合并占据华北和长江中下游一带,与此同时,由中缅边境向川西、云南方面伸出正相关区。由此可以看出,在振荡的下半周期是西南方向的负相关区在向北传递的过程中成为主要角色。

综上所述,振荡传递的全过程表现为正、负相关特性南北往返一次扫过我国境内,即振荡前半周期主要是由来自北边的正相关特性向南传递,振荡的后半周期则主要是由来自西南方面的负相关区向北传递的过程。

6 结 论

(1) 北极冰盖面积的逐年变化存在准两年的低频振荡,这种准两年周期在6月份、9月份和11月份比较明显,尤其在6月份最为明显。这是因为6月份正值冬夏季节转换时期,它的年际变化对天气气候的反应更为敏感。

(2) 北极冰盖面积的滤波曲线与 ENSO 有较好的对应关系,即 El Niño 年都出现在滤波曲线的相对峰值年,反 El Niño 年都出现在相对谷值年。这个现象说明,北极冰盖在全球陆地—大气—海洋耦合系统中是重要成员之一。

(3) 通过对北极冰盖与我国气温的 EEOF 分析,方差百分比为40%以上的第一特征向量表明,重(轻)冰年,我国气温全年偏冷(暖),偏冷(暖)的幅度并不大,但持续时间长。方差百分比在22%以上的第二特征向量表明,北极冰盖面积的距平符号常在一年中的5、6月份转变,我国大部分地区的月平均气温与北极冰盖的距平符号相同,即北极地区多(少)冰,气温偏暖(冷)。因此,6月份的北极冰盖面积是否改变距平符号对我国后期的气温变化具有关键的指示意义。

(4) 6月份北极冰盖面积变化对我国后期气温的影响存在准两年的低频传递过程。在一个振荡周期中,对气温的正相关影响来自新疆、内蒙西部,然后在振荡的后半周期又被来自中缅边境的负相关影响所取代。

参 考 文 献

- 1 Walsh J E. The role of sea ice in climatic variability theories and evidence. *Atmosphere Ocean*, 1983, 21(3): 229~242
- 2 Schell I I. Arctic ice and sea temperature anomalies in the north-eastern North Atlantic and their significance for seasonal foreshadowing locally and to the eastward. *Mon Wea Rev*, 1970, 98: 833~850
- 3 Rogers J C. Meteorological factors affecting the interannual variability of summer time ice extent the Beaufort Sea. *Mon Wea Rev*, 1978, 106: 890~897
- 4 Overland J E, Pease C H. Cyclone climatology of the Bering Sea and its relation to sea ice extent. *Mon Wea Rev*, 1982, 110: 5~13
- 5 方之芳. 北半球副热带高压与极地海冰的相互作用. *科学通报*, 1986, 31: 286~289
- 6 方之芳. 极地海冰对北太平洋副热带高压影响的可能途径. *海洋学报*, 1986, 8: 558~565
- 7 王绍武. 冰雪覆盖与气候变化. *地理研究*, 1983, 2(3): 73~86
- 8 许健民等. 北极逐月海面冰覆盖资料. 北京: 气象出版社, 1985. 301~360
- 9 Yasunari T J. Global structure of the El Niño/Southern Oscillation. *Met Soc, Japan*, 1985, 65(1): 67~102

EFFECT OF ARCTIC ICE COVER ON THE TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN CHINA

Chen Yinsheng¹⁾ Chen Longxun²⁾

(1) Department of Meteorology, Nanjing Institute of Meteorology, 210044, Nanjing, PRC.

2) State Meteorological Administration, 100081, Beijing, PRC)

Abstract Filtering technique, extended empirical orthogonal function (EEOF), spectrum and correlation analyses have been employed to study the relationship between Arctic ice cover (AIC) and monthly mean temperature and precipitation in China. The curve of power spectrum density shows that not only a semi-annual and an annual oscillation but a quasi-biennial oscillation can be found in AIC area index anomaly, especially in June, September and November. One can also see that there exists a close relation between the global ENSO events and AIC area low-frequency filtering curve. Analysis based on EEOF of AIC and the monthly mean temperature over China exhibits a good matching which is even better in the later period. The correlation analysis indicates that the variation of AIC area has some influence on the temperature and precipitation in subsequent months over China. In addition, it experiences a quasi-biennial low-frequency oscillation and displays some kind of propagation.

Keywords Arctic ice cover, extended empirical orthogonal function, eigenvector