

文章编号:1000-2022(2002)01-0014-07

秋季区域海冰面积异常与冬季大气环流 及东亚区域气候的关系

管成功, 孙照渤

(南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044)

摘 要:利用北极海冰面积资料和 NCEP/NCAR 再分析逐月高度场、风场资料以及中国 160 站气温资料,探讨秋季区域海冰异常与冬季大气环流及区域气候的关系,结果表明,秋季东西伯利亚海海冰的年际变化与北半球冬季大气环流及东亚冬季风有着密切的关系,秋季该海区海冰偏多(偏少),相应冬季东亚冬季风偏强(偏弱);进一步分析发现秋季该海区海冰面积偏大(偏小),相应冬季中国大部地区气温明显偏低(偏高)。

关键词:海冰面积;大气环流;冬季风;冬季气温

中图分类号:P461.6 **文献标识码:**A

极地海冰作为大气活动的冷源很早就引起了气象工作者的注意,随着科学技术的发展以及全球性区域气候异常给世界各地的经济和社会发展带来的影响引起广泛的关注,海冰与大气环流及区域气候的关系的研究成为气象研究的热点之一。近年来国内外学者对此作了较多的研究:1)大气对海冰的响应:Agnew^[1]研究了海冰与大气的同期关系,发现冬季北极海冰整体偏多可能由于表面热通量的减少致使阿留申低压和冰岛低压减弱,从而减弱了经向环流和大气热量的向北输送,分区域研究发现 Davis 海海冰偏多则冰岛低压增强,而白令海海冰偏多则阿留申低压则减弱东移。Yi 等^[2]研究了北极海冰的年代际涛动和大气环流的关系,指出鄂霍次克海海冰和阿留申低压存在十几年振荡。方之芳等^[3]发现夏季北极海冰可激发北半球大气产生类似二维 Rossby 波列结构的遥相关型,在西风带中沿着固定的波导自高纬向低纬传播,从而影响北美的环流和天气。朱乾根等^[4]分析了北极海冰异常空间分布特征,并讨论了海冰异常空间分布与后期 500 hPa 大气遥相关型的关系,认为北极海冰异常空间分布主要表现为海冰在准东西半球间的反位相分布特征。2)海冰与东亚季风的联系:武炳义等^[5]研究发现,冬季喀拉海、巴伦支海海区海冰面积变化与大气 500 hPa 高度场的 EU 型遥相关以及东亚冬季风强、弱之间存在密切的关系。冬季该区海冰偏多,则 500 hPa 高度场容易出现 EU 遥相关型(日本及西欧 500 hPa 高度场偏高),相应地面系统上亚洲大陆上的冷高压减弱,而北太平洋海域海平面气压升高,致使东亚冬季风偏弱;而冬季该海区海冰偏少时,情况正好相反。方之

收稿日期:2001-05-25;改回日期:2001-09-19

基金项目:“国家重点基础研究发展规划”项目 G1998040901-3

第一作者简介:管成功(1975-),男,江苏南京人,硕士,主要从事短期气候预测研究,现在中国气象局国家气象中心工作。

芳^[6]分析指出,1月北极海冰面积偏多(少),则6月份整个环流形势表现为夏季风偏弱(强)的特征。前面的研究结果表明海冰变化与大气环流及气候异常存在明显关系。但多数侧重研究冬季海冰与同期冬季或后期夏季环流及季风的关系,其他季节的海冰与大气关系的研究却较少,因此本文将着重探讨秋季区域海冰的异常与后期冬季大气及东亚区域气候存在的联系。

1 资料说明

海冰资料为美国伊利诺斯大学 Walsh 教授提供的北极海冰面积指数月平均 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度) 网格点资料,时间为 1953 年 1 月至 1994 年 12 月,指数值为 0~10,0 表示网格点范围无冰覆盖,10 表示网格点范围全部为冰所覆盖,1 表示网格点范围有 10 % 为冰覆盖,其他值依次类推。位势高度场资料是 NCEP/NCAR 再分析月平均全球 500 hPa 位势高度场(1953—1995 年) $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度) 网格点资料。厚度场资料由取自 NCEP/NCAR 再分析月平均全球 500 hPa、850 hPa 位势高度场(1953—1995 年) $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度) 网格点资料进行差值计算(上层减去下层)得到。海平面气压资料选自英国气象局整理的北半球月平均海平面气压场资料(1953—1995 年),范围为 $(0^{\circ} \sim 360^{\circ}, 20^{\circ} \sim 80^{\circ} \text{N})$,网格间距为 $10^{\circ} \times 5^{\circ}$ (经度 $\times$ 纬度)。风场资料为 NCEP/NCAR 再分析月平均 850 hPa、500 hPa 的 u, v 资料(1958—1997 年);温度资料为中国国家气象局整编的 160 站气温(1953—1995 年)逐月资料。为表示东亚冬季风强度,采用施能等^[7]方案计算了东亚冬季风强度指数。

2 资料分析

2.1 海冰关键区的选取

对秋季海冰面积指数距平场作自然正交展开,由第一特征向量分布(占总方差百分比 15.3 %,图略)可知,绝对值大值区主要分布在北极附近大西洋和欧亚大陆北部附近的海区,欧亚大陆北部最大值区位于东西伯利亚海。为便于研究,选取东西伯利亚海区作为秋季海冰关键区来探讨北极区域海冰与后期冬季大气环流及东亚冬季气候的关系。为便于分析海冰关键区——东西伯利亚海区海冰与后期冬季北半球大气环流的关系,定义了海冰关键区海冰面积指数,得到一个标准化序列。具体做法是:选取海冰关键区秋季海冰面积指数将其进行面积平均,再对其序列作标准化(图 1)。所选取区域为 $(148.5^{\circ} \sim 179.5^{\circ} \text{E}, 67.5^{\circ} \sim 79.5^{\circ} \text{N})$ 。

2.2 冬季海平面气压场分析

众所周知,冬季东亚大部分地区的气候主要受冬季风的影响,关于冬季风的研究前人已做了大量详尽的工作。许多研究表明:在冬季海平面气压场上,与冬季风活动密切相关的两个大气活动中心分别为欧亚大陆上空的冷高压和日本以东洋面的阿留申低压,这两个大气活动中心的变化将对东亚冬季风活动产生显著的影响,在此作了冬季风与冬季海平面气压场的相关计算(图略)。可以发现:东亚冬季风强度与冬季海平面气压场的高相关区分别位于亚洲大陆的

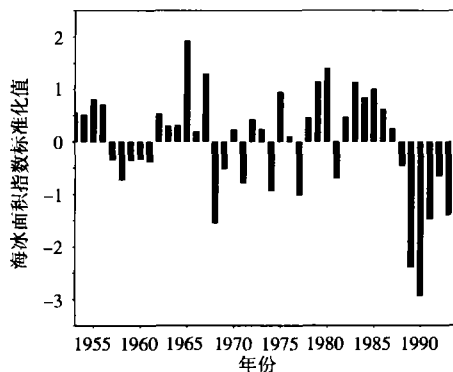


图 1 1953—1994 年秋季东西伯利亚海海冰面积指数标准化序列

Fig. 1 1953—1994 standardized series of autumn east Siberian sea-ice extent

贝加尔湖和巴尔喀什湖之间及中国西部地区等地的广大地区(正)和日本以东洋面上空(负),另外一较弱相关区位于欧洲西部地区。因此,可以认为冬季大陆上空的冷高压偏强,海洋上空的低压加深,有利于引发强冬季风。反之,有利于弱冬季风的发生。在此采用了合成分析的方法来分析秋季海冰偏多年(从序列中挑出 10 a: 1955、1956、1962、1965、1967、1975、1979、1980、1983、1985 年)和秋季海冰偏少年(从序列中挑出 10 a: 1958、1968、1971、1974、1977、1989、1990、1991、1992、1993 年)的后期冬季海平面气压距平平均场的分布特征。从秋季东西伯利亚海海冰偏多年冬季 SLP 距平合成图(图 2a),可以发现:欧洲西部为负距平区,欧洲西北

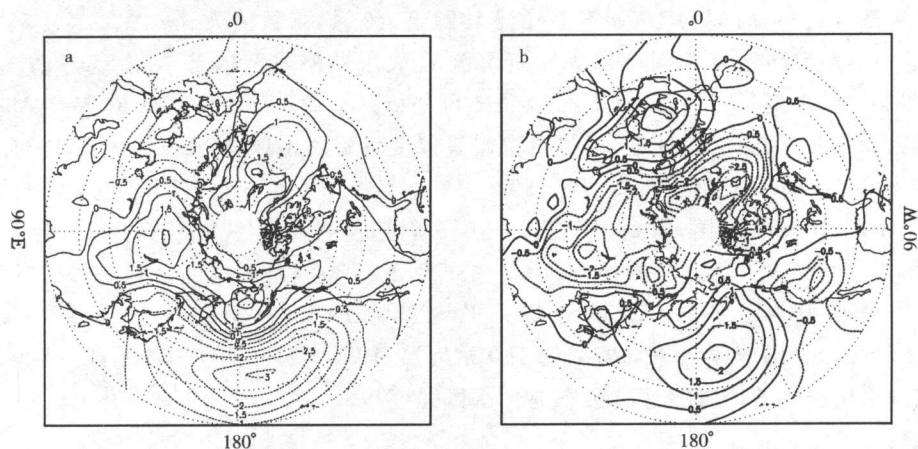


图 2 秋季海冰偏多(a)偏少(b)年冬季 SLP 距平合成

Fig. 2 Composite winter SLP departure

a. for autumn heavy sea-ice years; b. for autumn light sea-ice years

部及亚洲北部为大片正距平区,中心位于贝加尔湖西北部及东西伯利亚及白令海上空;日本以东洋面及北太平洋中部为大范围负距平区。这表明:秋季东西伯利亚海海冰偏多则大陆冷高压加强,而位于海洋上的低压加深,从而加大了海陆气压差,产生了有利于冬季风加强的气压场分布。而秋季东西伯利亚海海冰偏少年(图 2b),其后期冬季北半球 SLP 距平分布表现为相反的分布形势。

为进一步证实以上的特征,作了海平面气压场合成分析显著性检验(图 3),图中线条为秋季海冰偏多年相应冬季海平面气压减去海冰偏少年冬季海平面气压,实线为正,虚线为负。由图发现:合成显著区(达到 0.05 信度水平)主要位于欧洲西部、贝加尔湖附近,日本以东洋面以及北美大陆南部部分地区,分布形势与偏多、偏少年的海平面气压距平合成场基本相似。这充分说明:秋季东西伯利亚海冰偏多(偏少),相

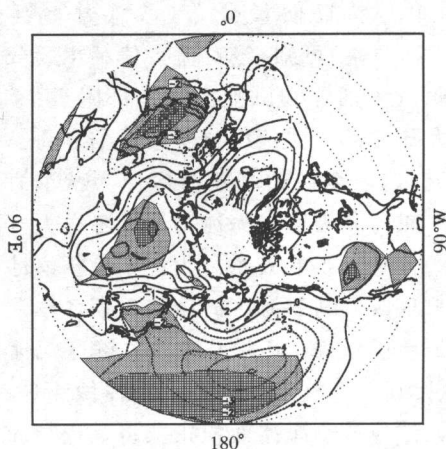


图 3 海平面气压距平合成显著性检验
(阴影区达到 0.05 信度水平)

Fig. 3 Significance test of
composite winter SLP departure
(Areas passing t -test at 0.05
significance level are shaded)

应冬季欧洲西部地区海平面气压明显下降(上升),而贝湖地区海平面气压升高(降低),日本以东洋面海平面气压下降(上升),北美南部海平面气压升高(下降),欧亚大陆与海洋上的气压差加强(减弱),东亚冬季风偏强(偏弱)。

2.3 冬季 500 hPa 位势高度场分析

从图 4a 可以看到,秋季海冰偏多年,相应冬季 500 hPa 位势高度正距平区主要位于欧洲

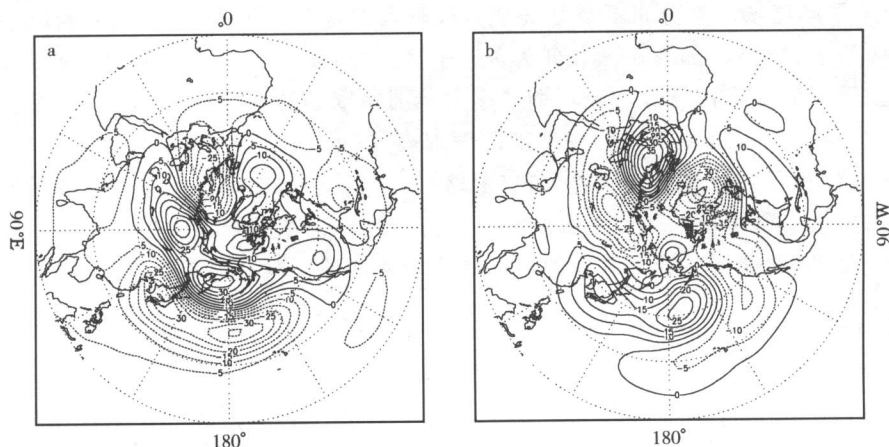


图 4 秋季海冰偏多(a)偏少(b)年冬季 500 hPa 高度距平合成

Fig. 4 Composite winter 500hPa geopotential height departure
a. for autumn heavy sea-ice years; b. for autumn light sea-ice years

东部和亚洲大陆北部、白令海峡、北美大陆及北大西洋北部;负距平区主要位于我国渤海湾—日本海—日本以东太平洋上和欧洲西北部。秋季海冰偏少年(图 4b),相应冬季 500 hPa 位势高度距平场则表现出近似相反的分布特征。但在太平洋上空的距平中心略有北移。且负相关区中心只有一个。可见秋季东西伯利亚海海冰偏多、偏少年,其后期冬季 500 hPa 位势高度场发生明显变化。

现在分析显著检验情况,图 5 是 500 hPa 合成分析显著性检验分布图。由图可发现前期秋季东西伯利亚海冰异常引起冬季 500 hPa 位势高度场欧亚及太平洋地区大气环流异常,其显著区的分布形势与 Wallace 等^[8]在 1981 年提出的欧亚遥相关型非常相似。因此认为秋季东西伯利亚海海冰异常会激发出后期冬季 500 hPa 位势高度上的 EU 遥相关型进而通过该遥相关型影响北半球冬季气候。以往的研究表明:东亚冬季风与欧亚遥相关型关系密切,这里又计算了东亚冬季风指数与冬季 500 hPa 位势高度场的相关分布系数(图略),不难发现冬季风与 EU 遥相关型的三个中心中的两个:西伯

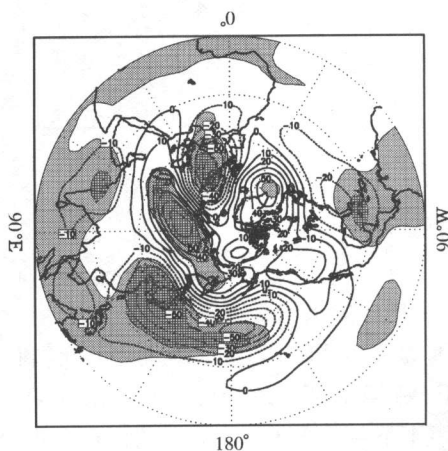


图 5 冬季 500 hPa 距平合成显著性检验
(阴影区达到 0.05 信度水平)

Fig. 5 Significance test of composite winter 500 hPa geopotential height departure
(Areas passing t -test at 0.05 significance level are shaded)

利亚地区和日本海附近的中心关系密切。

2.4 冬季厚度场分析

这里给出秋季海冰偏多和偏少年后期冬季厚度距平场的合成分析图(图 6),比较两图不难发现:前期海冰偏多年(图 6a)冬季欧洲西北部、我国东部及日本海及其以东附近洋面厚度降低,而欧洲其他地区 and 亚洲北部经鄂霍次克海、白令海至北美大陆厚度增加。秋季海冰偏少年(图 6b)冬季厚度场距平分布形势则表现为欧洲西北部和中国东部、日本海及以东大片海洋上空为正距平区,欧洲东部及亚洲北部为负距平区。在 Davis 海峡附近亦有一负距平区。可以认为秋季东西伯利亚海海冰异常与后期冬季大范围厚度场的异常变化有密切关系。体现为:秋季海冰偏多(偏少),欧洲东部及亚洲北部厚度偏高(偏低),东亚及日本以东洋面厚度偏低(偏高)。这里又计算了合成显著性检验分布(图略),可以看出前期海冰异常引起的后期冬季厚度场异常绝对值大值区主要位于欧亚大陆及其沿海。最显著、范围最大的地区位于我国中北部及日本附近。可见,前期海冰异常对应的后期冬季东亚区域气候有显著变化。

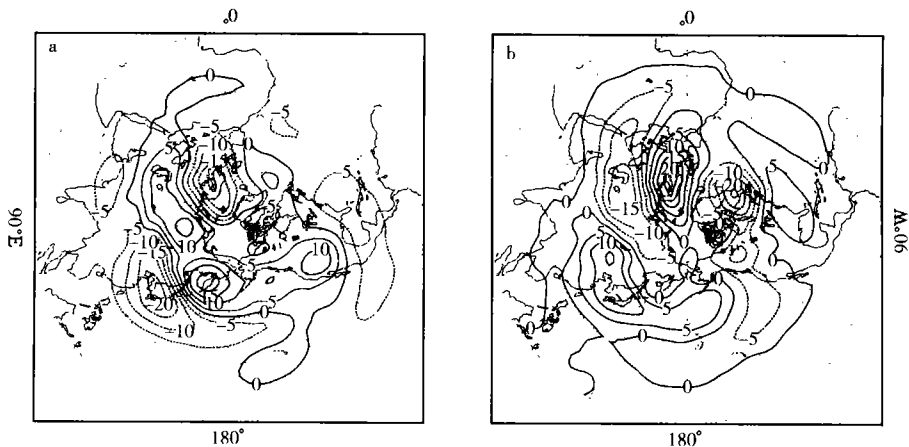


图 6 秋季海冰偏多(a)偏少(b)年冬季厚度场距平合成

Fig. 6 Composite winter thickness departure

a. for autumn heavy sea-ice years; b. for autumn light sea-ice years

2.5 后期冬季大气流场分析

因为资料原因,这里秋季冬西伯利亚海海冰偏多年取 8 a,偏少年取 10 a,分别进行 850hPa 流场距平合成分析。从图 7a 中可以看出,在欧亚区域,西欧为距平气旋所控制,格陵兰岛为距平反气旋控制;贝加尔湖西部和白令海为反气旋距平所控制,日本以东洋面为气旋距平区,因此欧洲西北部和东亚区域距平偏北风,而西西伯利亚地区及白令海区域偏南风距平,即西欧为距平气旋,中亚为距平反气旋,而日本上空为距平气旋,这样在欧亚大陆形成类似 EU 型的流场分布。我国东北、东部沿海区域及日本上空为距平偏北风。而前期秋季东西伯利亚海海冰偏少年后期冬季的 850 hPa 流场分布(图 7b),其环流异常形势正好基本相反。比较 500 hPa 流场分布情况(图略),可以看出前期海冰偏多年后期冬季 500 hPa 流场气旋、反气旋距平中心与 850 hPa 有很好的对应关系,日本海上空出现了气旋距平中心,而且在印度半岛上空又有一个新的气旋距平中心出现。前期海冰偏少年后期冬季 500 hPa 流场的分布形势偏多年流场分布形势基本相反,但在日本海上空无反气旋距平中心。

2.6 秋季东西伯利亚海海冰异常与冬季中国气温的关系

秋季东西伯利亚海海冰变化与后期冬季中国气温是否存在明显关系是我们比较关注的问

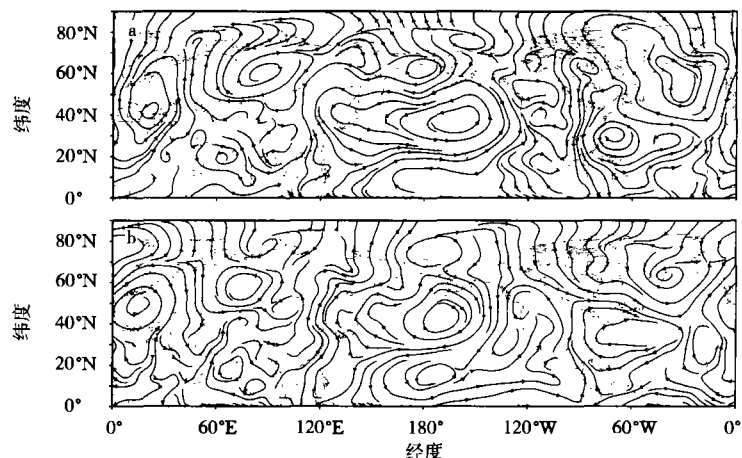


图 7 秋季海冰偏多(a)偏少(b)年后后期冬季 850 hPa 流场距平成

Fig. 7 Composite winter 850 hPa streamline field departure

a. for autumn heavy sea-ice years; b. for autumn light sea-ice years

题。本文采用距平合成的方法来探讨中国冬季气温与前期海冰的可能联系。从图 8 可以发现,前期秋季东西伯利亚海海冰偏多年后期冬季(图 8a),除新疆西部和黑龙江北部个别站点外,全国范围为普遍降温区,降温中心主要位于东北东部、内蒙、华北、华东地区。前期秋季东西伯利亚海海冰偏少年后期冬季(图 8b),中国气温除了少数地区为负距平外,其余地区为正距平区,距平较大值主要位于东北东部、内蒙、河套北部,新疆地区和华东沿海地区。因此,认为秋季东西伯利亚海海冰偏多(偏少),后期中国冬季气温偏低(偏高)。同样计算了海冰偏多偏少年中国冬季气温距平合成场显著性检验(图略),不难看出冬季气温异常显著区域位于中国沿海地区和内蒙,黄河中上游。最显著区为华东地区及东北东部。

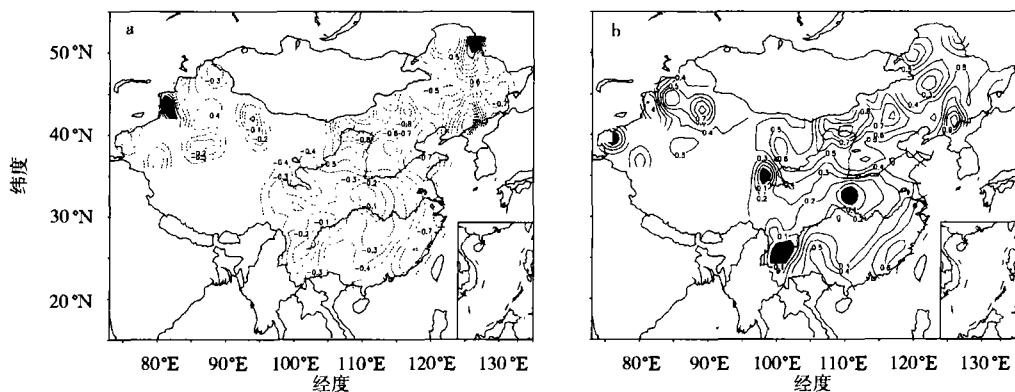


图 8 秋季海冰偏多(a)、偏少(b)年后后期中国冬季气温距平成

Fig. 8 Composite China winter temperature departure

a. for autumn heavy sea-ice years; b. for autumn light sea-ice years

3 结 论

(1) 秋季东西伯利亚海海冰的异常与冬季海平面气压场、500 hPa 位势高度场,厚度场有显著关系,尤其与冬季 500 hPa EU 遥相关型关系密切。

(2)秋季东西伯利亚海海冰偏多(偏少)对应冬季 500 hPa 位势高度场出现正(反)EU 遥相关型,引起与东亚冬季风密切相关区域的环流场异常,导致冬季风异常偏强(偏弱)。

(3)秋季东西伯利亚海海冰与中国冬季气温关系密切,若前期该海区海冰偏多(偏少),中国大部分地区冬季气温偏低(偏高),尤以东部地区最为显著。

参考文献:

- [1] Agnew T. Simultaneous winter sea-ice and atmospheric circulation anomaly patterns[J]. *Atmosphere-Ocean*, 1993, 31(2): 259-280.
- [2] Yi Dingrong, Lawrence A, Mysak, et al. Decadal-to-interdecadal fluctuations of Arctic sea-ice cover and the atmospheric circulation during 1954-1994[J]. *Atmosphere-Ocean*, 1999, 37(4): 389-415.
- [3] 方之芳, 谭有邦, 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.
- [4] 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]//中国科学院大气物理所编. 东亚季风和暴雨[C]. 北京: 气象出版社, 1998. 201-209.
- [5] 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冬季风的影响[J]. *大气科学*, 1999, 23(3): 267-275.
- [6] 方之芳. 一月北极海冰对六月亚洲-太平洋环流的影响[J]. *大气科学*, 1990, 14(1): 102-107.
- [7] 施 能, 鲁建军, 朱乾根. 东亚冬、夏季风百年强度指数及其气候变化[J]. *南京气象学院学报*, 1996, 12(2): 168-177.
- [8] Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter[J]. *Mon Wea Rev*, 1981, 109(4): 784-812.

Relationship of East Siberian Autumn Sea Ice Anomaly with Winter Atmospheric Circulation and East Asia Climate

GUAN Cheng-gong, SUN Zhao-bo

(Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: The relationship between autumn sea-ice anomaly and winter atmospheric circulation as well as east Asia regional climate is investigated by means of correlation and composite analysis. It bears evident connection between the autumn sea-ice anomaly and winter atmospheric circulation as well as winter monsoon with heavy(light) sea-ice corresponding to strong(weak) East Asia monsoon. Further study shows that autumn heavy(light) sea-ice extent is followed by low(high) winter temperature in most of China.

Key words: sea-ice extent; atmospheric circulation; winter monsoon; winter temperature