时晓曚,孙即霖,孙雅文,等. 北大西洋秋季"三极子"海温结构对冬季大气环流场的影响[J]. 海洋学报,2015,37(7): 33－40,doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2015.07.004
Shi Xiaomeng, Sun Jilin, Sun Yawen, et al. The impact of the autumn Atlantic sea surface temperature three-pole structure on winter atmospheric circulation[J]. Haiyang Xuebao, 2015, 37(7): 33－40, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2015.07.004

北大西洋秋季"三极子"海温结构对冬季大气环流场的影响

时晓曚[1,2],孙即霖[2*],孙雅文[2],毕玮[1],周旋[2],衣立[2]

(1. 青岛市气象局 青岛市气象台,山东 青岛 266003;2. 中国海洋大学 物理海洋与海洋-大气相互作用实验室,山东 青岛 266100)

摘要: 利用 NCEP 再分析资料、Hadley 中心的海表面温度(SST)资料等,从北大西洋秋季海表面温度异常(SSTA)变化入手,对其影响后期冬季大气环流场的机制进行了分析。研究结果如下:(1)北大西洋 SST 异常与大气环流异常之间存在着相互作用;(2)秋季北大西洋 SSTA 具有较好的持续性,"正负正"海温异常空间分布导致 12 月巴伦支海上空 500 hPa 位势高度异常偏高;(3)异常环流形势对应的海表面风异常场(SSWA)通过阶段性风－蒸发－SST 异常反馈机制(WES 机制)利于海温异常分布的持续及对上空异常大气环流的反馈;(4)三极子海温结构中负异常海温自 10 月份开始有自西向东的移动,风作用下蒸发加大,伴随上升运动自欧洲西部爱尔兰群岛出现自西向东移动的降水正异常区,潜热释放有利于冬季巴伦支海上空的异常高压脊发展。研究表明,北大西洋秋季 SSTA 通过阶段性海气相互作用机制影响海洋温度分布和大气环流异常,对后期冬季中国东北部的气候变化产生影响。

关键词: 秋季;巴伦支海;北大西洋;SSTA;冬季气候

中图分类号: P731.2　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 0253-4193(2015)07-0033-08

1　引言

中国处于气候变化的复杂和脆弱的地带,气候变化受到 ENSO、副热带高压、高原大地形、大气环流、边缘海、极地冰雪等多种因素的影响。许多学者已对影响中国气候变化的因素进行了探讨[1—4]。长期以来,受多种因素复杂影响的制约,对中高纬度下垫面、大气环流的影响的研究与热带以及副热带天气、气候变化对东亚气候影响的研究相比,无论是数量还是影响机制,都相对薄弱[5]。中高纬度海洋可通过上下游效应影响中国气候。影响中国冬季冷空气活动的三大冷空气源地都在中高纬度。对巴伦支海、喀拉海两大冷空气源地,武炳义等[5—6]提出冬季喀拉海、巴伦支海海区是影响东亚以及北半球气候变化的关键区之一,冬季该海区海冰偏少,会导致亚洲大陆冷高压增强。Wu 等[7]对秋季和冬季北极海冰分布异常同冬季西伯利亚高压的变化关系的研究发现,二者存在反向变化。

同样,北大西洋是三大冷空气源地中的一员,该海域的异常海温可影响北半球大气行星尺度环流,从而影响东亚气候,对中国气候的变化也存在直接和间接的关系。而在对北大西洋 SSTA 的研究中,较多学

收稿日期: 2014-09-15;**修订日期:** 2015-01-27。
基金项目: 国家自然科学基金(41276012);高等学校博士学科点专项科研基金(20110132110017);中国海洋大学基本科研业务费(201261009)。
作者简介: 时晓曚(1987—),女,山东省济南市人,博士,工程师,主要从事海洋-大气相互作用研究。E-mail:shi198710@126.com
* **通信作者:** 孙即霖,教授,主要从事海洋-大气相互作用及气候变化研究。E-mail:rainbetimes@163.com

者将关注点放在了 AMO(Atlantic Multi-decadal Oscillation)的研究中。此外,部分研究者发现了北大西洋 SSTA 存在一种三极子结构,Kushnir[8] 的研究发现,在年代际尺度上,北大西洋暖冷位相年海温差呈现"正负正"结构,Kushnir 等[9] 还发现冬季北大西洋 SSTA 的主模态呈现"正负正"三极子结构。Frankignoul 等[10]、Czaya 和 Frankignoul[11] 发现北大西洋 SSTA 秋冬的三极子型可以通过热通量影响冬季 NAO 的变化、该三极子型在春末能够影响夏季 500 hPa 位势高度场。现有的研究大多分析三极子结构的模态特征,而针对北大西洋 SSTA 的秋季三极子对下游大气环流场及跨季节对冬季东亚气候的影响研究较少。

时晓曦[12] 研究表明,北大西洋以冰岛的经度为界,秋季东西海域关键区 SSTA 分布对应冬季中国东北部海平面气压异常正异常,关键区海温分布类似于"正负正"三极子结构。同时,北大西洋秋季 SSTA 变化具有向后月份的持续性,加之北大西洋与巴伦支海水体相连,空间相近,北大西洋秋季的 SSTA 与巴伦支海上空 500 hPa 位势高度异常场有较好的相关性;12 月巴伦支海上空 500 hPa 位势高度异常场又与冬季中国东北部海平面气压异常场有较好的相关性。综合统计分析结果说明,巴伦支海区域的 500 hPa 高度场位势高度正异常,前期秋季北大西洋 SSTA 发生类似于三极子结构变化,脊前负涡度平流较易促进中国东北部地区地面冷高压发展。该研究只是进行了初步的统计分析,而对北大西洋三极子结构对巴伦支海 500 hPa 位势高度的影响机制并未进行分析。本文探究秋季北大西洋三极子结构对冬季大气环流场的影响,旨在为中国气候变化提供大气环流变化的参考,为中国以及东亚气候理论框架体系的建立提供一定的支持,为进一步完善高纬度海洋大气相互作用理论提供参考。

2 数据

本文使用的数据来源于:(1)哈得莱气候预报中心(Hadley Centre for Climate Prediction and Research)的全球月平均 SST 资料(1960—2011 年,分辨率为 1°×1°);1870—2004 年共 135 年全球长期月平均 SST 资料(分辨率为 1°×1°);(2)美国国家环境预测中心和大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的 1960 年 1 月至 2011 年 12 月月平均 1 000 hPa、500 hPa 位势高度场资料,月平均海平面气压场资料,海平面月平均风场资料、17 层月平均风场资料;GPCP(Global Precipitation Climatology Project)月平均降水资料。

3 秋季北大西洋"正负正"SSTA 分布对冬季大气环流场的影响

气候预测的具体实践发现,巴伦支海—新地岛上空区域的 500 hPa 位势高度异常变化会对冬季东亚冷高压活动产生影响,而北大西洋、巴伦支海区域的前期海温变化与初冬 12 月份巴伦支海—新地岛上空 500 hPa 位势高度的变化又密不可分。从气候预测的实际应用角度出发,须更加关注 500 hPa 位势高度增加所产生的影响,本章分析初冬 12 月份巴伦支海—新地岛上空 500 hPa 位势高度异常升高时,其前期秋季北大西洋及以北地区 SSTA 的变化特点。

3.1 秋季北大西洋"正负正"SSTA 分布影响巴伦支海上空环流场的阶段性海气相互作用机制

将 1948—2011 年逐年 12 月 500 hPa 位势高度场求距平场,按照位势高度呈现大范围偏高(偏低)且位势高度异常值的最大绝对值超过 100 位势米挑选巴伦支海—新地岛上空 500 hPa 位势高度异常显著高(低)年(表 1)。正异常年有 21 个,负异常年有 17 个。

表 1 巴伦支海—新地岛 12 月 500 hPa 位势高度异常高、低年份

Tab. 1 The positive and negative December 500 hPa geopotential height anomaly years in Barents—Novaya Zemlya area

位势高度高低	年份										
高年(21 个)	1953	1954	1956	1959	1960	1966	1968	1969	1972	1976	1977
	1984	1997	2000	2001	2002	2005	2007	2008	2009	2010	
低年(17 个)	1951	1955	1957	1961	1962	1963	1967	1973	1975	1980	1982
	1983	1987	1988	1989	1999	2003					

图 1 为 1948—2011 年 9—12 月北大西洋—巴伦支海海表面风(SSW)长期月平均风场。从图 1a,9 月月平均风场可以看出,在 20°~40°N 存在反气旋式环流,即亚速尔高压;40°~20°W,50°~65°N 存在气旋式

环流,即冰岛低压;高纬度巴伦支海区域是弱东风。9 月,北大西洋 SSW 在赤道至 35°N 的低纬度上为东风;35°～60°N 为西风。较之 9 月份,10 月份亚速尔高压基本不变,冰岛低压略有加强,高纬度巴伦支海区域 SSW 为偏东风,纬向风在南北方向上的分布与 9 月份大体相同。图 1c、d 分别为 11、12 月月平均风场,亚速尔高压减弱,冰岛低压加强,高纬度东风更加明显;纬向风在南北方向上的分布,北大西洋 11、12 月份 SSW 在赤道至 30°N 的低纬度上为东风;30°～70°N 为西风,高纬度巴伦支海是东风。下文中,将 SSW 简单称为背景风场。

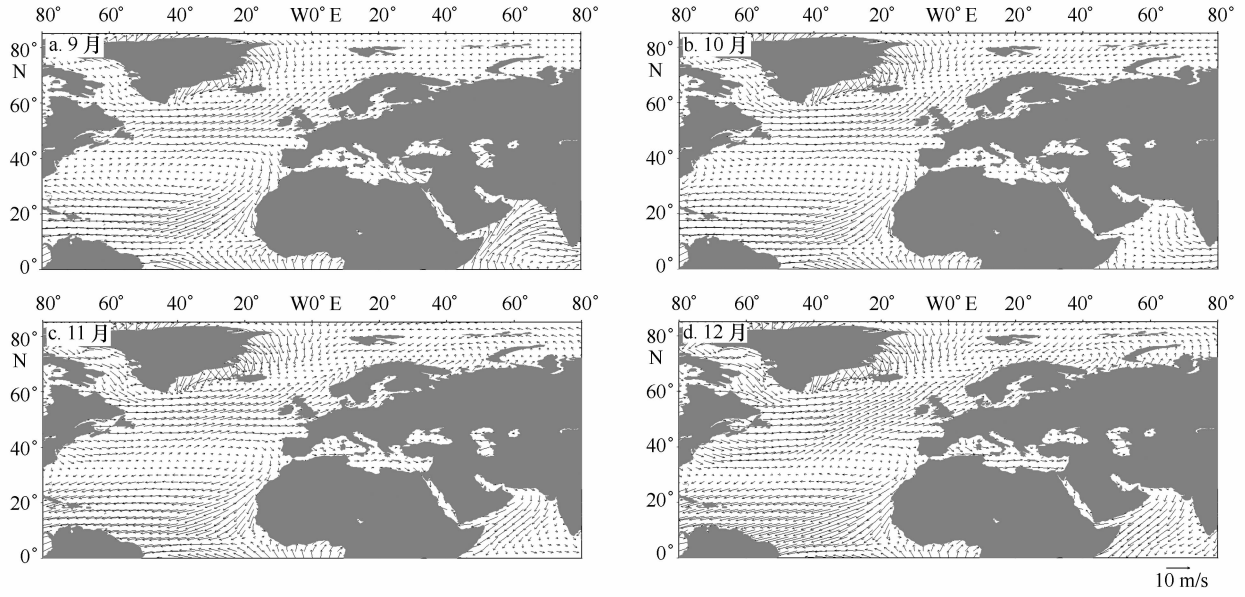

图 1　1948—2011 年 9－12 月北大西洋－巴伦支海海表面风长期月平均风场

Fig. 1　Long time mean (1948－2011) Atlantic－Barents monthly sea surface wind in September(a), October(b), November(c) and December(d)

图 2 是巴伦支海－新地岛上空区域的 12 月 500 hPa 位势高度正异常年前期(9－12 月)北大西洋－巴伦支海 SSTA、海表面风异常(SSWA)及 500 hPa 位势高度异常场合成分析图。9 月(见图 2a),SSTA 区域集中在冰岛以南海域、戴维斯海峡、美国以东区域,巴伦支海中东部海域 SSTA 正异常,西部海域负异常;SSWA 在 30°～60°N 为东风异常,60°N～高纬度为西风异常,且气流在冰岛正 SSTA 区域为辐散气流。结合图 1a,根据风－蒸发－SST(WES 机制[13—14]),有助于冰岛以南的正 SSTA 的维持。在 500 hPa,正 SSTA 上空位势高度将会升高。

10 月份为北半球大气环流季节突变月份(见图 2b),SSTA 中心位于 40°N、80°～60°W,40°N、50°～30°W,戴维斯海峡－冰岛以南,SSWA 的中心位于 45°～55°N、40°～10°W,低纬度 30°N 弱的西风异常有助于正 SSTA 的持续,60°N 的东风异常利于戴维斯海峡－冰岛以南异常正海温的持续。冰岛区域正 SSTA 处 SSWA 仍旧为辐散气流。根据 WES 机制,高纬度巴伦支海处 SSWA 的西风异常与 SSW 背景东风风向相反,巴伦支海海温升高。40°N 的西风异常与图 1b 中 SSW 背景西风风向一致,利于 40°N,50°～30°W 异常负海温的持续,在 500 hPa 位势高度异常场中,负 SSTA 上空位势高度降低。温娜[15]提到,一方面,中高纬度海温对大气的作用较易出现正压的结构,另外,SSTA 强迫场和大气响应场有一定的纬向分布特征,SSTA 强迫场发生移动时,500 hPa 位势高度场的响应中心也会跟着移动,且会产生一定偏移。这种“正负正”海温分布与 Kushnir 等[9]中模式模拟和 EOF 分解中北大西洋的主模态分布有类似的区域和分布。

图 2c、图 2d 中,SSTA 场仍旧保持“正负正”分布的结构,中心分别位于 40°N 北大西洋西部海域、40°N 北大西洋东部海域、60°N 冰岛附近海域。由 WES 机制,冰岛区域SSTA 正异常在SSWA 异常东风和长

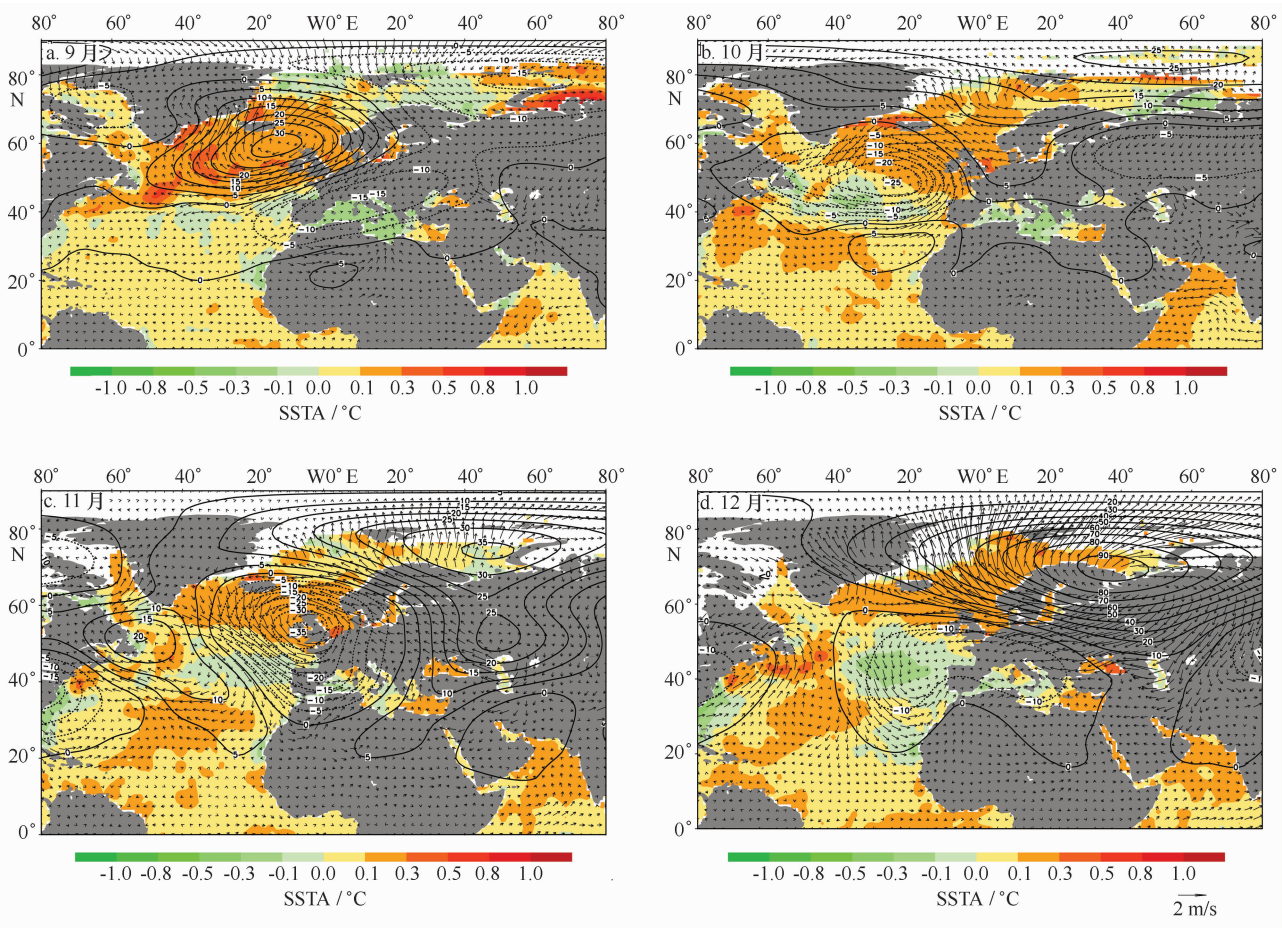

图 2 1948—2011 年 12 月巴伦支海—新地岛区域(65°～85°N,10°～60°E) 500 hPa 位势高度正异常年同年(a. 9 月、b. 10 月、c. 11 月和 d. 12 月)北大西洋—巴伦支海 SSTA(℃,填色图)、海表面风异常(SSWA,箭头)、500 hPa 位势高度异常(hPa,等值线)合成分析图

Fig. 2 Composite analysis of Atlantic—Barents sea surface temperature anomaly (℃, shaded), sea surface wind anomaly (SSWA, vector) and 500 hPa geopotential height anamaly (hPa, contour) in September(a), October(b), November (c) and December(d) in prominently positive December 500 hPa geopotential height years (between 1948—2011) in Barents—Novaya Zemlya area

期平均 SSW 背景西风的相互作用下得到保持,巴伦支海 SSTA 正异常在 SSWA 异常西风和长期平均 SSW 背景东风的作用下保持。图 2c 中,爱尔兰群岛西南海域 SSTA 的负异常使上空位势高度偏低,同时,美国以东 SSTA 正异常,使 50°N,50°W 为中心有位势高度正异常区域,在位势高度正异常前偏西北大风的作用下,异常高压脊向南延伸,在此异常高压脊和爱尔兰群岛上空异常低压槽中间,35°～55°N,40°～20°W 区域出现海面异常反气旋。反气旋前部西北气流同 SSW 背景西风一起促进蒸发,使得西班牙以西海域即 40°N 北大西洋东侧负 SSTA 持续;同时,反气旋后部东南气流与 SSW 背景西风风向相反,蒸发减弱,美国以东海域北大西洋西侧正 SSTA 持续。在此 WES 机制的作用下,11 月在 30°～50°N 区域 SSTA 出现西高东低的情况。12 月(图 2d)上述异常反气旋东侧偏西北气流和西侧偏东南气流仍旧保持,“正负正”海温分布得以持续。而且,从 10—12 月,“正负正”海温结构出现自西向东移动的过程,以北大西洋东部负海温的移动最为明显,SSWA 场上空的位势高度场也产生自西向东移动的过程。这种北大西洋在 WES 机制影响下移动的 SSTA、SSWA、高度场配置与 Wu 等[16]对东北太平洋中伴随 WES 机制的向赤道移动的风场和 SST 场及相应移动的位势高度场的原理有相似之处。

从图 3 降水合成图中可以看到,图 3a 中冰岛以西海域由于 9 月份 SSWA 与 SSW 相一致,蒸发增强,降水增多。图 3b～d,降水正异常区域有与图 2 负位势高度异常相一致的自欧洲西端(60°N,0°)自西向东

移动的过程。结合图 2,在移动的负 SSTA 的热力作用下,高空位势高度负异常。同时,海面异常风风向为西—西北风,与背景 SSW 盛行西风相一致,海面蒸发加大,上升作用强烈,高空位势高度负异常前部降水增多(图 3c、d)、潜热释放增多。潜热能够沿异常位势高度负异常中心东北部的偏东南气流向巴伦支海上空传递,异常潜热的输送能够加大巴伦支海上空的位势高度(示意图见图 4)。

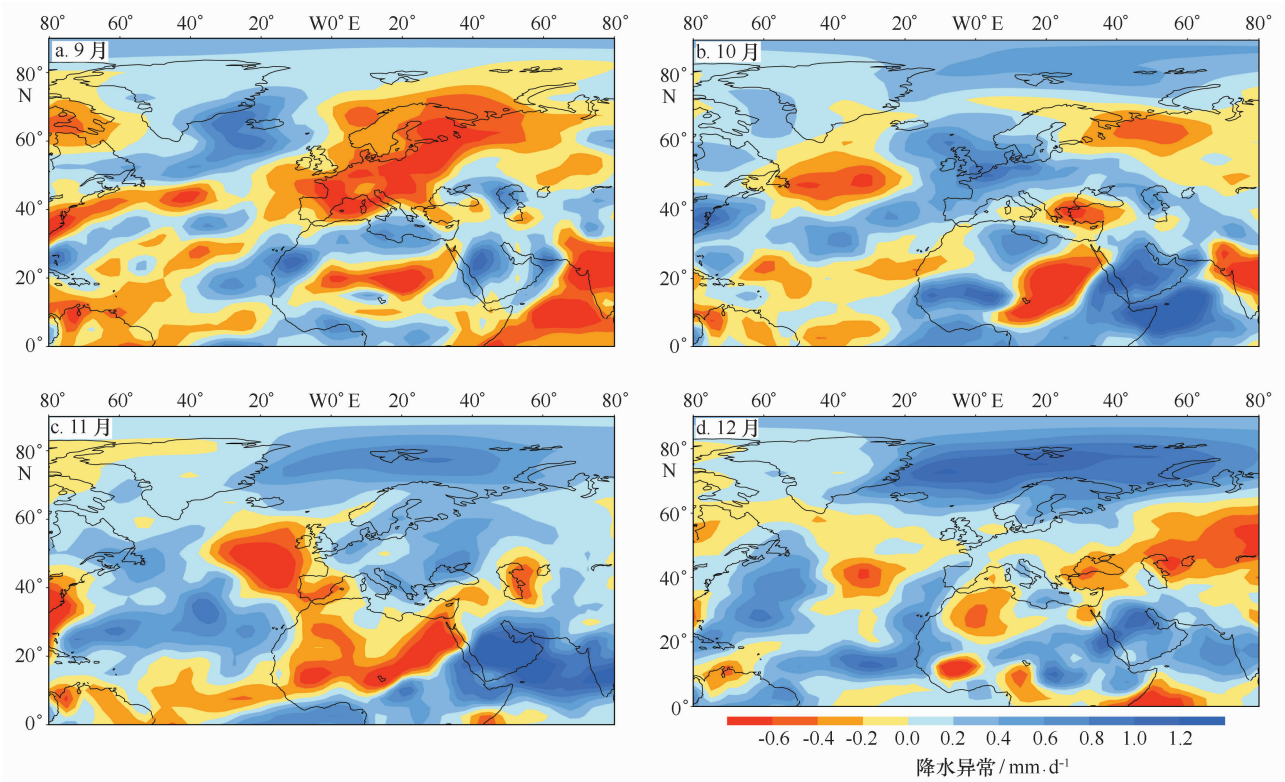

图 3　巴伦支海—新地岛上空区域(65°～85°N,10°～60°E)12 月 500 hPa 位势高度正异常年前期(9—12 月)北大西洋—巴伦支海降水异常(mm/d,填色图)合成分析图

Fig. 3　Composite analysis of Atlantic—Barents precipation anomaly (mm/d, shaded) in September(a), October(b), November (c) and December(d) in prominently positive December 500 hPa geopotential height years in Barents—Novaya Zemlya area

3.2　秋季北大西洋“正负正”SSTA 分布影响巴伦支海上空环流场的影响模拟

20 世纪 80 年代开始,大气环流模式(Atmospheric Grid-point Circulation Model, AGCM)、海洋环流模式以及耦合(大气海洋耦合)模式逐渐应用在气候预报中。IAP-9L AGCM (Institute of Atmospheric Physic's 9 level Atmospheric Grid-point Circulation Model)是在中国科学院大气物理研究所的两层大气环流模式 IAP-2L AGCM 的基础上发展起来的。它起源于中国科学院大气物理研究所同美国国家能源部合作进行的 CO2-Climate 项目,是曾庆存院士等[17—19]在项目中不断完善、发展 IAP-2L,建立出的全球大气环流格点模式。

采用这一模式,对前文北大西洋“正负正”区域分别按照 1.6～2.5℃、—1.6～—2.5℃、2.6～3.5℃进行海温变化,对后期 11 月和 12 月巴伦支海—北欧上空 500 hPa 位势高度异常进行集合预报模拟(见图 5)。图中可见,经过 11 月的累积作用,12 月巴伦支海上空出现显著的位势高度正异常,异常高压脊发展,这与前文提到的“正负正”海温结构容易造成巴伦支海上空位势高度升高、高压脊发展结果一致。

此外,研究还针对秋季北大西洋“正负正”SSTA 分布后期 12 月—翌年 2 月东亚大气环流场进行了合成和模拟(图略)。结果表明,高空场东亚大槽在 12 月—翌年 2 月分别在俄罗斯—日本中部、东西伯利亚和中国东北地区加强,参考前人的研究结果,冬季蒙古高压脊经常伸向中国北方,强的西北冷空气南下,容易形成寒潮天气[20—21],前人有针对蒙古高压与东

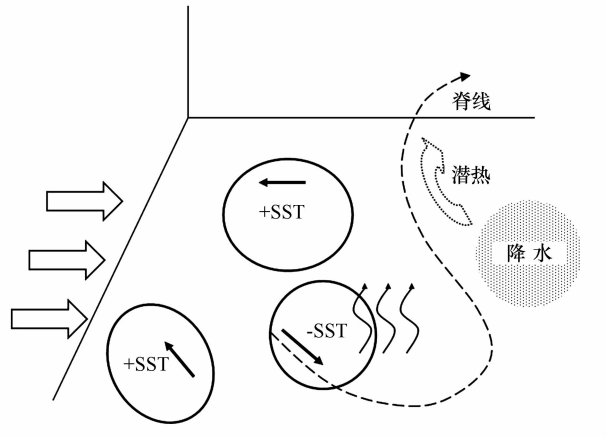

图 4 “正负正”SSTA 结构通过阶段性风－蒸发－SST 异常反馈机制(WES 机制)对 SSTA 分布的持续及对上空异常大气环流的反馈示意图

Fig. 4 The feedback schematic of “＋－＋” SSTA structure to the continuing of the SSTA distribution and to the atmospheric circulation anomalies through WES mechanism

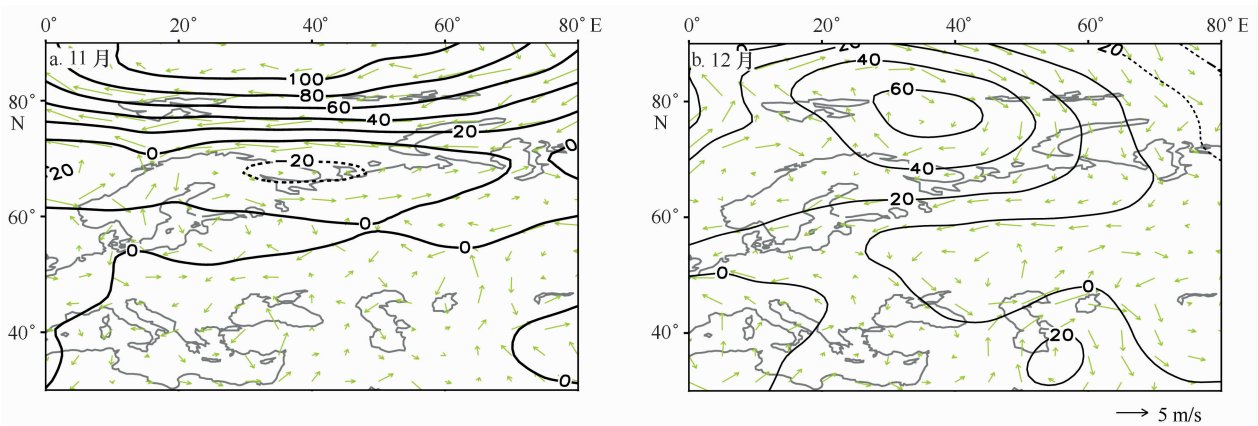

图 5 北大西洋秋季 SSTA 正－负－正持续异常模拟巴伦支海－北欧 500 hPa 11 月(a)、12 月(b)位势高度异常场(hPa,等值线)、风异常场

Fig. 5 The simulated November(a) and December(b) 500 hPa geopotential height anomaly(hPa,counter)、wind anomaly (m/s,arrows) while positive (＋－＋) SSTA remained in autumn in North Atlantic Sea

亚冬季风的关系的具体研究[6,22—23]；1 000 hPa 位势高度场的统计和模拟发现，前冬，蒙古高压西部位势高度正异常，冷高压活动，此后高压东移，伴随东西伯利亚处低压配合，高低压之间有向中国东北和华北的偏西北大风；后冬冷高压移出中国。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1)巴伦支海 500 hPa 正异常年前期 SSTA 场呈现“正负正”分布的结构，中心分别位于 40°N 北大西洋西部海域、40°N 北大西洋东部海域、60°N 冰岛附近海域，巴伦支海海温 9 月份中东部正异常、10 月份起正异常区域扩大。在 WES 机制的作用下，SSWA 风场利于这种海温分布的持续。

(2)“正负正”SSTA 分布中，负 SSTA 海温有从 10－12 月自西向东的移动的过程，SSWA 与 SSW 方向相同，负 SSTA 海区蒸发加大，上升运动强烈，欧洲西部爱尔兰群岛开始自西向东产生降水正异常区，释放的潜热沿东南气流进入巴伦支海上空，巴伦支海上空高压脊发展(图 4)。

(3)发生在北大西洋和巴伦支海附近地区、北半球冬季环流季节性变化后的阶段性海气相互作用机制，导致了巴伦支海及以东地区上空异常高压脊的发展和维持，可用以解释北大西洋和巴伦支海热力异常

对中国冬季气候变化影响的原因。

4.2　讨论

(1)“正负正”海温呈现反向结构“负正负”时,异常高压脊消失,地面上冷高压难以影响到中国,反向结构时冬季冷空气活动可能受到多重因素的制约,不单单是受到上游环流场的上下游效应影响。

(2)时晓曚[24]曾提出巴伦支海 SSTA 正异常有利于冬季蒙古高压南部发展。本文北大西洋的“正负正”SSTA 结构促进高纬度高空脊发展,地面蒙古高压中西部增强,冷空气影响中国加剧。这二者是否是一样的路径呢?经过对巴伦支海秋季—初冬(9—12月)SSTA 与高压脊 12 月位置进行相关分析(图略),除了 12 月外,二者并未存在明显的过信度检验的对应关系。可见,巴伦支海和北大西洋对中国冷空气的影响机制并非是相同的。但是当北大西洋秋季海温异常正负正配置和巴伦支海秋季海温异常增暖时,可以共同加剧蒙古高压的发展,共同促进冬季中国冷空气的活动。

参考文献:

[1] 高辉,高晶. 黑潮冬季海温对我国东北地区夏季降水预测信号的增强[J]. 海洋学报,2014,36(7):27—33.
Gao Hui,Gao Jing. Increased influences of the SST along the Kuroshio in previous winter on the summer precipitation in northeastern China[J]. Haiyang Xuebao,2014,36(7):27—33.

[2] 曲维政,黄菲,赵进平,等. 影响东海气候的太阳活动信息分析[J]. 海洋学报,2006,28(2):39—45.
Qu Weizheng,Huang Fei,Zhao Jinping,et al. Analysis on the information of solar activities impacted on the climate over East China Sea[J]. Haiyang Xuebao,2006,28(2):39—45.

[3] 刘煜,刘钦政,隋俊鹏,等. 渤、黄海冬季海冰对大气环流及气候变化的响应[J]. 海洋学报,2013,35(3):18—27.
Liu Yu,Liu Qinzheng,Sui Junpeng,et al. The respond of ice for the Bohai Sea and the Huanghai Sea with the general circulation and the climate change in winters[J]. Haiyang Xuebao,2013,35(3):18—27.

[4] 刘成龙,赵进平. 夏季北极密集冰区范围确定及其时空变化研究[J]. 海洋学报,2013,35(4):36—46.
Liu Chenglong,Zhao Jinping. Pack ice extent and its spatiotemporal variation in summer Arctic[J]. Haiyang Xuebao,2013,35(4):36—46.

[5] 武炳义,卞林根,张人禾. 冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候变化的影响[J]. 极地研究,2004,16(3):211—220.
Wu Bingyi,Bian Lingen,Zhang Renhe. Effects of the winter AO and the Arctic Sea ice variations on climate variation over East Asia[J]. Chinese Journal of Polar Research,2004,16(3):211—220.

[6] 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.
Wu Bingyi,Huang Ronghui,Gao Dengyi. The impact of variation of sea-Ice extent in the Kara Sea and the Barents Seas in winter on the winter monsoon over East Asia[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,1999,23(3):267—275.

[7] Wu B Y,Su J Z,Zhang R H. Effects of autume-winter Arctic sea ice on winter Siberian High[J]. Chinese Sci Bull,2011,56(30):3220—3228.

[8] Kushnir Y. Interdecadal variations in North Atlantic sea surface temperature and associated atmospheric conditions[J]. J Climate,1994,7:141—157.

[9] Kushnir Y,Robinson W A,Blade I,et al. Atmospheric GCM response to extratropical SST anomalies: synthesis and evaluation[J]. J Climate,2002,15:2233—2256.

[10] Frankignoul C,Czaja A,L'Heveder B. Air-sea feedback in the North Atlantic and surface boundary conditions for ocean models[J]. J Climate,1998,11: 2310—2324.

[11] Czaya A,Frankignoul C. Influence of the North Atlantic SST on the atmospheric circulation[J]. Geophys Res Lett,1999,26 : 2969—2972.

[12] 时晓曚. 高纬度海洋热状况与中国东部近海冷空气活动状况的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.
Shi Xiaomeng. The relationship between ocean thermal conditions in high latitudes and cold air activity in China Eastern coastal[D]. Qingdao:Ocean University of China,2009.

[13] Xie S P,Philander S G H. A coupled ocean-atmospheric model of relevance to the ITCZ in the Eastern Pacific[J]. Tellus,1994,46(A):340—350.

[14] Wang B,Zhang Q. Pacific—East Asian teleconnection. Part II: How the Philippine Sea anomalous anticyclone is established during El Nino development[J]. J Climate,2002,15:3252—3265.

[15] 温娜. 广义平衡反馈方法及其在研究海洋对大气反馈中的初步应用[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.
Wen Na. The generalized equilibrium feedback assessment and its preliminary application in oceanic feedback to atmosphere[D]. Qingdao:Ocean University of China,2009.

[16] Wu L X,Liu Z Y,Li C,et al. Extratropical control of recent tropical Pacific decadal climate variability: A relay teleconnection[J]. Climate Dyn,2007,28:99—112.

[17] Zeng Q C,Yuan C G,Zhang X H,et al. A global gridpoint general circulation model[C]//Collection of Papers Presented at the WMO/IUGG NWP Symposium (Special Volume of J. Meteorol. Soc. Japan),1987:421—430.

[18] Zhang X H. Dynamical framework of IAP nine-level atmospheric general circulation mode1[J]. Adv Atmos Sci,1990,7(1):66—77.

[19] Liang X Z. Description of a nine-level grid point atmospheric general circulation model[J]. Adv Atmos Sci,1996,13:269—298.

[20] 陶诗言. 十年来我国对东亚寒潮的研究[J]. 气象学报,1959,30(3):226－230.
Tao Shiyan. The research on the East Asian cold wave in recent ten years in China[J]. Acta Meteorologica Sinica,1959,30(3):226－230.
[21] 王遵娅,丁一汇. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J]. 大气科学,2006,30(6): 1068－1076.
Wang Zunya,Ding Yihui. Climate change of the cold wave frequency of China in the last 53 years and the possible reasons[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2006,30(6): 1068－1076.
[22] 武炳义,黄荣辉. 冬季北大西洋涛动极端异常变化与东亚冬季风[J]. 大气科学,1999,23(6): 641－651.
Wu Bingyi,Huang Ronghui. Effects of the extremes in the North Atlantic Oscillation on East Asia winter monsoon[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,1999,23(6): 641－651.
[23] 王力群,李崇银,谭言科,等. 冬季蒙古高压的时空变化和突变特征研究[J]. 高原气象,2010,29(1): 23－32.
Wang Liqun,Li Chongyin,Tan Yanke,et al. Study on time-spacial changes and sudden characteristic of winter Mongolia High[J]. Pla Teau Meteorology,2010,29(1): 23－32.
[24] 时晓曚. 中高纬海洋对中国东北部气候变化影响的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.
Shi Xiaomeng. The Impact of the Mid-high Latitude Oceans on Climate Change over North and Northeast China[D]. Qingdao:Ocean University of China,2014.

The impact of the autumn Atlantic sea surface temperature three-pole structure on winter atmospheric circulation

Shi Xiaomeng[1,2], Sun Jilin[2], Sun Yawen[2], Bi Wei[1], Zhou Xuan[2], Yi Li[2]

(1. *Qingdao Meteorological Observatory*, *Qingdao Meteorological Bureau*, *Qingdao* 266003, *China*; 2. *College of Physical and Environmental Oceanography*, *Ocean University of China*, *Qingdao* 266100, *China*)

Abstract: Based on the National Center for Environmental Prediction (NCEP) reanalysis data, Hadley Sea Surface Temperature (SST) and so on, this thesis analysed the mechanism of the autumn Atlantic SSTA effecting on the winter high altitude circulation. The research results are as follows: (1) There is an interaction between North Atlantic SSTA and the atmospheric circulation anomaly; (2) The autumn Atlantic SSTA has good continuity. Due to the continuity of the autumn SSTA in North Atlantic, the "positive－negative－positive (＋－＋)" distribution of North Atlantic SSTA leads to larger December 500 hPa geopotential height over the Barents Sea; (3) Under the sea surface wind anomaly (SSWA) actions, the feedback mechanism and wind-evaporation-SSTA can benefit the '＋－＋' SSTA lasting and the feedback to atmospheric circulation anomaly; (4) The negative SSTA moves easterly from October to December, and the stronger evaporation, because of the same wind direction of the SSWA and background wind, produces stronger up-vertical movement. With the positive precipitation area moving easterly from Western Europe, the latent heat transport to the Barents Sea along with the southeast airflow in front of the low trough, promotes the development of the Ridge. Research shows the SSTA and atmospheric circulation anomaly can be affected by autumn Atlantic SSTA through the periodic air-sea interaction mechanism and the winter climate change in Northeast China produces a corresponding change.

Key words: autumn; Barents Sea; North Atlantic; SSTA; winter climate