

日本东部附近海域海温异常对鄂霍次克海高压的影响*

魏东¹ 王亚非¹ 董敏²

1 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室,北京,100081

2 国家气候中心,北京,100081

摘要

通过诊断分析和数值模拟,研究了初夏日本东部附近海域负的海温异常对 6 月鄂霍次克海地区阻塞高压的影响。首先,利用 1951—2000 年 6 月份的 500 hPa 月平均位势高度资料计算了历年 6 月鄂霍次克海阻塞高压指数,并分析了它的变化规律。其次,对阻塞高压年和非阻塞高压年的 500 hPa 位势高度及其异常进行合成和相关分析表明,阻塞高压年,鄂霍次克海地区存在明显的正高度异常,贝加尔湖附近为负高度异常,乌拉尔山附近为正异常,欧亚中高纬度地区纬向呈“+ - +”型;日本东部为负高度异常,东亚呈偶极型。这种高度异常形势为鄂霍次克海阻塞形势的形成和维持提供了大尺度环流背景。对鄂霍次克海阻塞高压指数与同期北太平洋海温的分析结果表明,当鄂霍次克海阻塞高压活跃时,日本东部附近海域为明显的负海温异常。此外,对 1998 年 6 月的典型个例的分析也发现,当年强盛的阻塞形势维持时,日本东部附近存在强大的负海温异常。最后,设计假想的负海温异常试验,利用 NCAR CAM3 模式模拟了日本东部附近海域负的海温异常对初夏欧亚大气环流的影响。结果表明,在该地区 5 和 6 月加入较大负的海温异常后 6 月份鄂霍次克海地区 500 hPa 会产生最大超过 4 dagpm 的正位势高度异常并经检验显著,这种正的高度异常显然对鄂霍次克海阻塞高压的形成十分有利。

关键词: 鄂霍次克海高压,海温异常,数值模拟。

1 引言

阻塞高压(阻高)是在西风带长波槽脊的发展演变过程中形成的大尺度高压环流系统,多发生于中高纬度地区,其实质是大气低频异常变化。人们常把阻高出现后的大范围环流形势称为阻塞形势。阻塞高压经常出现在某些固定的区域,它的长时期维持伴随其上下游的特殊环流型,往往引起大范围的天气气候异常,从而给周边地区造成严重的天气、气候灾害。

夏季,东亚地区阻塞高压的维持可以使中国长江流域梅雨雨带稳定,从而出现大范围洪涝天气。Wang^[1]对夏季欧亚阻塞高压与中国江淮和日本梅雨的关系作了较全面的研究。他指出,夏季东亚大

陆阻高在乌拉尔山地区、贝加尔湖地区和鄂霍次克海地区出现频率较高,梅雨季阻塞性反气旋在鄂霍次克海附近地区(50°—70°N,131°—150°E)的出现频率最高,而且鄂霍次克海阻高的出现频率与中国江淮梅雨期的持续时间及梅雨量有正相关。杨义文^[2]研究发现,东亚阻塞高压使副高位置偏南是 20 世纪 80 年代以来长江中下游地区夏季梅雨偏丰和雨带偏南的直接原因。而且,中国历史上出现的几次特大洪涝与鄂霍次克海地区长时期维持的阻塞形势有密切关系,如 1954 年江淮流域洪水就是由于东亚阻高的持久存在^[3],1998 年夏季频繁出现的阻高也是造成长江、松花江、嫩江流域降水异常偏多的主要原因之一,该年的几个多雨时段都与鄂霍次克海地区阻高的活跃相对应^[4]。另有研究表明^[5],鄂霍

* 初稿时间:2005 年 7 月 26 日;修改稿时间:2005 年 10 月 13 日。

资助课题:科技部 973 项目(2004CB418300)和国家自然科学基金委项目(40545019)。

作者简介:魏东,男,1980 年生,硕士,主要从事大尺度环流系统的相互作用方面的研究。

次克海高压偏强时,中国东北地区气温偏低,反之偏高。总之,鄂霍次克海地区阻高对中国夏季天气气候都有很大影响^[6],认识和解释夏季鄂霍次克海阻高的形成、维持机制十分必要。

自 20 世纪 40 年代以来,人们先后从内在机制和外源强迫等方面研究了阻高的形成和发展机制。Charney 等^[7]认为大气环流的多平衡态是大气运动中阻塞环流和纬向环流存在和转换的理论基础和依据。Hoskins 等^[8]认为天气尺度斜压波的能源输送与阻高的维持有密切关系。Long^[9]认为阻高可以看成是非线性孤立涡旋或孤立波的特解。于是罗德海等^[10]提出了包络 Rossby 孤立子理论,对偶极型阻塞的形成和维持给出了较好的解释。再有 Austin 等^[11-12]认为波与波之间的非线性相互作用是阻塞形成、维持的重要能源。另一方面,朱抱真^[13]研究认为,大地形和热源的存在与阻高的形成有重要关系,海温的异常变化对阻高的形成和维持也有重要作用。

人们研究发现,海温对阻高的影响可能有两种情况。一方面,海温异常激发遥相关波列影响中高纬地区的环流形成阻塞:Huang 等^[14-16]、吴国雄等^[17]研究认为赤道太平洋的海温异常对东亚阻高的发展有利。陆日宇等^[18-19]的模拟研究结果也表明热带西太平洋海温异常对东北亚阻塞形势有重要作用。另一方面,海陆温差导致阻高活跃:Okawa^[20]指出初夏东西伯利亚地表的迅速增温与白令海表面的相对低温形成的东西温度梯度对东亚阻高的形成有利。朱正心等^[21]也认为纬向不对称加热强迫在阻塞形成过程中有重要作用。Wang^[1]研究认为巨大的海陆热力差异可能是激发罗斯贝波传播的因素,而罗斯贝波的传播对鄂霍次克海附近的阻高有增幅作用。此外,许多数值研究结果也表明海陆热力差异与阻塞的建立和维持有密切关系^[22-27]。

但是,目前讨论北太平洋其他区域海温异常对夏季东亚阻高影响的较少。Wang 等^[28]提出在 ENSO 衰减年东亚阻高形成和维持的一种可能机制是:秋冬季节厄尔尼诺发生且强盛时,北太平洋西部中高纬地区 SSTA 通常是负值,会持续到夏季,它对大气有冷却作用,而北方夏季位于西伯利亚和鄂霍次克海之间的陆地被强的太阳辐射迅速加热,从而加热地面的空气。这样,大陆与西北太平洋对流层中下层出现强的温度梯度,东亚阻高变得活跃。

1998 年 6 月东亚中高纬地区持续出现强盛的阻高,同时日本东部海域存在相当显著的负海温异常,是否这样的海温异常对鄂霍次克海阻塞形势有重要影响? Wang 等^[28]提出来的这一机制是否合理? 本文就是要通过诊断分析和数值模拟对这种可能性进行研究。

2 资料与方法

2.1 使用资料

本研究使用了以下几部分资料:

- (1) NCEP/NCAR 1951—2000 年 500 hPa 日平均和月平均高度场资料,空间分辨率是 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$;
- (2) NCEP/NCAR 1951—2000 年共 50 a 月平均地面温度资料,纬向为均匀分布的 192 个格点,经向有 92 个高斯格点;
- (3) 英国哈得莱中心的月平均海平面温度资料 HadISST1,是由 GISST 发展而来。该海温资料是从 1870 年至今的全球月平均格点资料。资料纬向范围为 $89.5^\circ \text{S}—89.5^\circ \text{N}$,经向范围为 $179.5^\circ \text{W}—179.5^\circ \text{E}$,空间分辨率是 $1^\circ \times 1^\circ$ 。我们使用 1951—2000 年共 50 a 的部分资料做合成和相关分析。

2.2 方法

一般认为月平均的阻塞形势反映了逐日阻塞系统的持续活动,代表滤去高频波后的低频部分,应该用月平均的高度场来研究阻塞形势^[29]。而且,用月平均高度场研究阻塞形势,有利于更好地考察外部条件对阻塞的影响过程。众多研究结果还表明,夏季鄂霍次克海阻高在 6 月份发生频率较高^[5,6],本文就通过考察有利于 6 月鄂霍次克海阻塞形势形成和维持的环流背景来间接地研究阻塞形势。

按照赵振国^[30]的定义方法,选取 $50^\circ—60^\circ \text{N}$, $120^\circ—150^\circ \text{E}$ 代表鄂霍次克海阻高区,用 500 hPa 月平均位势高度资料,计算历年 6 月该区域高度(该区域内所有格点高度值之和)的标准化值,作为各年 6 月鄂霍次克海阻高指数 I_{OKH} 。我们可以用该指数的大小来代表环流异常的强弱:如果 $I_{OKH} > 1.0$,则表明高度异常超过 1 个标准差,500 hPa 月平均位势高度场上,鄂霍次克海地区有明显的高压脊存在,阻高活跃;反之,若 $I_{OKH} < -1.0$,阻高不活跃。

2.3 模式介绍

采用的模式是 NCAR CAM 3.0 (NCAR Community Atmosphere Model),它是由美国国家大气研

究中心(NCAR)研制的全球大气环流模式系列的最新版本,是从20世纪80年代的CCM0A版本发展而成。它是一个全球谱模式,采用三角形谱截断,水平分辨率为T42,纬向为均匀分布的128个格点,经向有64个高斯格点,垂直方向采用 σ 坐标,从上到下共分26层。时间积分采用半隐式方案,时间步长为20 min。模式包括辐射、云、对流、陆面及边界层等各种物理过程。有关模式的详细情况可参考模式描述文件^[31]。

模式提供了3种运行方式:以月平均海温和海冰作为边界场驱动模式大气运行,称为DOM(Data Ocean Model);与包括热动力海冰部分的简单海洋模式耦合运行,称为SOM(Slab Ocean Model);与海洋、陆面、海冰模式耦合运行,称为公共气候系统模式CCSM(Community Climate System Model)。3种运行方式都包括海、陆、气部分,构成了一个完整的地气系统模型。本文试验采用DOM方式运行。

一系列验证研究^[32-33]表明NCAR的大气环流模式能够较好地描述东亚地区的大尺度气候特征,模拟的高度场、风场、温度场等比较接近实际,而且已经被广泛地用于气候模拟研究。

3 鄂霍次克海阻高指数的变化特征

图1给出了1951—2000年6月鄂霍次克海阻高指数的变化情况。由图可看出,鄂霍次克海阻高指数年际变化明显,共有9 a(1954, 1966, 1975, 1986, 1988, 1989, 1992, 1995, 1998年)指数高于1.0,阻高活跃,称为阻高年;有8 a指数低于-1.0,它们是1958, 1961, 1962, 1964, 1965, 1969, 1972, 1978年,我们称这8 a为非阻高年。在9个阻高年中,有5 a阻高指数超过1.5,分别是1975, 1986, 1989, 1992和1998年,而且1998年更是达到1.7,这与该年6月份鄂霍次克海地区长期维持阻高的事实相符。在8个非阻高年中,1961, 1962, 1965, 1969和1972年低于-1.5, 1972年达到-2.5。从曲线的变化情况可以看出,20世纪70年代以前指数呈减小趋势,鄂霍次克海阻高发生频率减小,而70年代以后呈明显的上升趋势,鄂霍次克海阻高发生次数增多。在50 a中,阻高年平均每5, 6 a出现一次,其中50, 60, 70年代各有一次,而80年代和90年代各有3次;非阻高年集中在70年代以前,尤以60年代较多。

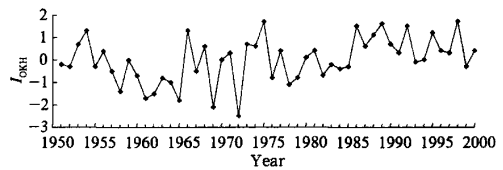


图1 1951—2000年6月鄂霍次克海阻高指数年际变化
Fig. 1 Okhotsk blocking high index I_{OKH} for June from 1951 to 2000

参考历史上 ENSO 统计结果^[29]还可发现,在9个阻高年中,1954, 1975和1989年都是发生拉尼娜事件的年份,1966, 1988, 1989, 1995和1998年则是厄尔尼诺事件的衰减年;在8个非阻高年中,1958, 1965, 1969和1972年都是厄尔尼诺年。这在一定程度上说明在La Nina年或El Niño的衰减年6月份鄂霍次克海阻高更易发生。

4 鄂霍次克海阻高与500 hPa位势高度场

由6月鄂霍次克海阻高指数与同期500 hPa位势高度的相关系数分布(图2)可看出,在乌拉尔山以西地区呈高的正相关,最大相关系数大于0.4,贝加尔湖以西为弱的负相关,而鄂霍次克海附近地区为高的正相关,相关中心位于(55°N, 135°E)附近,最大相关系数高于0.8,超过0.001的显著性水平,欧亚纬向呈“+ - +”型分布。这表明鄂霍次克海地区的位势高度异常与中高纬度西风带纬向的遥相关结构有关:当鄂霍次克海地区有阻塞形势维持时,位

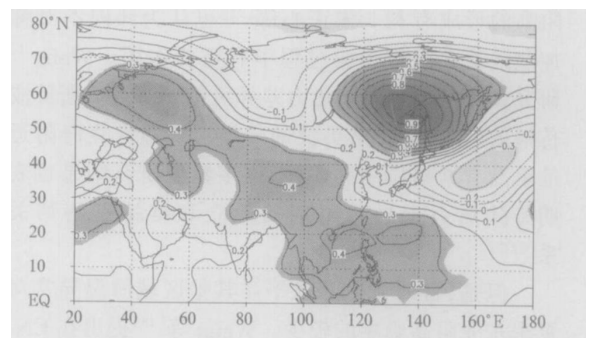


图2 6月鄂霍次克海阻高指数与同期500 hPa位势高度的相关系数分布
(阴影区的相关性超过0.05的显著性水平)

Fig. 2 Distribution of the correlation coefficients between I_{OKH} and 500 hPa geopotential heights for June (shaded areas indicate regions where the correlation is significant to the 0.05 confidence level)

势高度高,贝加尔湖地区位势高度低,乌拉尔山地区位势高;当贝加尔湖地区有阻高维持时,欧亚中高纬纬向呈相反的分布形势。同时,与鄂霍次克海地区强的正相关对应的日本东部海域为负相关,最大相关系数低于 -0.3 ,超过 0.05 的显著性水平,而副热带地区又为正相关。

另外,对阻高年 500 hPa 位势高度及其距平做合成(图略),高度场上欧亚从西向东呈“脊-槽-脊”形势:乌拉尔山以西为高压区,贝加尔湖以西为低槽区,而鄂霍次克海附近地区为强大的高压脊。距平场上,欧亚中高纬纬向呈“+ - +”型分布,在鄂霍次克海地区为强大的正距平,中心最大值高于 50 gpm 。在日本东部海域存在负高度异常,东亚呈类似偶极子型。这种距平波列存在时,中纬度西风分支,经向环流发展,锋区偏南,冷暖气流交汇于长江及其以南地区,常在长江流域形成多雨洪涝。非阻高年的合成图上呈现出与阻高年几乎相反的分布特征。

合成分析的结果与相关分析的结果相符,也与前人的研究结果一致^[4,29,35],鄂霍次克海地区与乌拉尔山附近地区的 500 hPa 位势高度异常为正相关,而与贝加尔湖附近和日本东部海域的位势高度异常呈反相关,即当鄂霍次克海地区存在正的高度异常时,乌拉尔山附近地区为正异常,而贝加尔湖附

近和日本东部海域为负的高度异常,反之亦然。这种异常环流形势有利于鄂霍次克海阻高的形成和维持。

5 6月鄂霍次克海阻高与北太平洋海温

分别做阻高年和非阻高年太平洋海温距平的合成(图3)。由图3a可见,当鄂霍次克海阻高活跃时,赤道中东太平洋地区的负异常最为突出,异常中心值低于 -0.8 。 30°N 以北为大片负值区,其中在日本东部附近区域($35^\circ\text{--}45^\circ \text{N}$, $140^\circ\text{--}170^\circ \text{E}$)的负距平最为明显,中心位于(40°N , 155°E)附近,最大异常值低于 -0.6 。菲律宾群岛的东部和赤道东太平洋的北部为正异常。在非阻高年(图3b),海温异常的分布形势与阻高年的形势几乎相反,在日本东部海域存在明显的正异常,异常区域的范围相对图3a中的负异常区域偏南,异常中心大致位于(35°N , 165°E),中心值高于 0.6 。菲律宾群岛的东部附近地区为负异常。 $20^\circ\text{--}30^\circ \text{N}$ 区域有一片较明显的负异常,但在图3a中并没有正异常与其对应。赤道中东太平洋地区为正异常,但异常程度不如图3a中的负异常强,并没有明显的 El Niño 形势。对比两张图,最明显的是,日本东部海域的海温异常较强,而且阻高年和非阻高年呈相反分布。

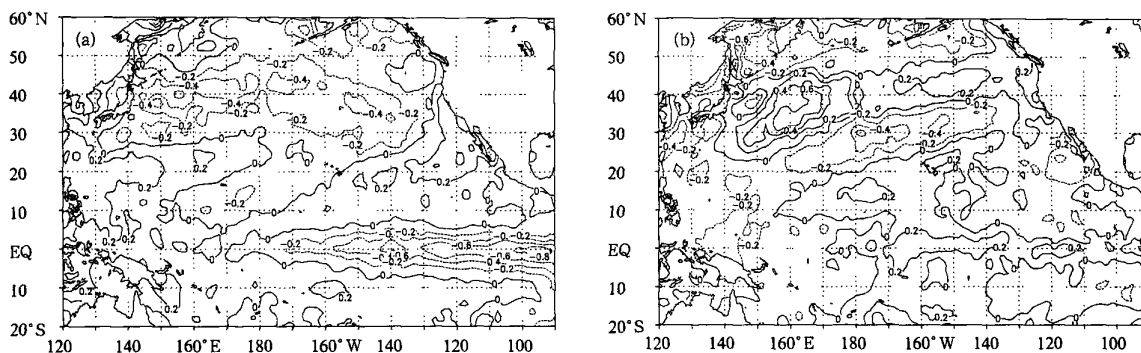


图3 鄂霍次克海阻高年(a)和非阻高年(b)6月北太平洋海温距平的合成(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig 3 Composites of the sea surface temperature anomaly (SSTA) over the North Pacific for June when the I_{OKH} was over 1.0 (a, blocking years) and below -1.0 (b, non-blocking years)

(solid lines: positive anomalies; and dashed lines: negative anomalies; unit: $^{\circ}\text{C}$)

由鄂霍次克海阻高指数与同期北太平洋海温的相关系数分布图(图略)可以看到,日本东部地区的负相关最显著,负相关中心位于(35°N , 160°E)附近,相关系数最大值低于 -0.4 ,超过 0.01 的显著性

水平。赤道中东太平洋地区为负相关系数次大值区,中心值低于 -0.3 。显著正相关位于菲律宾群岛东部附近,最大相关系数超过 0.4 。

这表明,6月鄂霍次克海阻高与同期北太平洋

海温关系密切:当鄂霍次克海地区有阻高时,位势高度异常高,日本东部附近海域为明显的负海温异常,菲律宾东部海区为海温正异常。当鄂霍次克海地区位势高度异常偏低时,分布形势相反。而且,结合高度场与海温场的分布,日本东部附近海域海温异常偏低时该地区上空位势高度异常偏低,这可能与强的海-气相互作用有关。

6 1998年典型个例分析

1998年夏季,长江流域发生了20世纪以来仅次于1954年的全流域特大洪涝,6月份最大降水距平位于长江中下游,距平值超过100%,研究认为^[4]此次大水与欧亚长时期维持的阻塞形势有密切关系。

从逐日500 hPa高度图(略)可以看到,1998年夏季阻高出现异常频繁,其中6月的大部分时间鄂霍次克海地区有阻塞形势维持,其余时间也为稳定的长波脊。从500 hPa月平均高度及其距平图(图4)上可以看到与鄂霍次克海阻高年高度场合成图类似的分布特征。欧亚高度场呈“脊-槽-脊”型,鄂霍次克海地区为宽广的脊区,高压脊在130°—150°E,脊线向西倾斜。在位势高度距平场上,欧亚从西到东呈“+ - +”型,鄂霍次克海地区有强的正位势高度距平,中心最大值超过8 dagpm,这样的环流形势成为1998年6月鄂霍次克海阻高维持的大尺度环流背景。

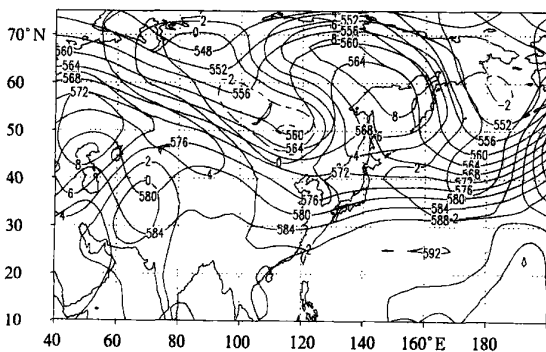


图4 1998年6月500 hPa位势高度及其距平分布(单位:dagpm;细实线是等位势高度线;粗线是位势高度异常,实线为正值,虚线为负值)

Fig. 4 500 hPa geopotential height (thin solid lines) and its anomaly (bold solid lines: positive anomalies; and bold dashed lines: negative anomalies) for June 1998 (unit: dagpm)

从1998年6月的海温距平图(图5)上可以看到,在日本东部附近海域(35°—45°N, 155°E—180°)

为明显的负距平,中心大概位于(40°N, 170°E),距平最大值低于-1.5,赤道中东太平洋地区的负距平中心值也超过-1.5。最大正距平区位于菲律宾东部附近海区,中心最大值超过1.0。这样的海温异常分布形势与鄂霍次克海阻高年的分布形势(图3a)类似。这表明,日本东部附近海域负的海温异常可能对1998年6月的鄂霍次克海阻塞形势有利。

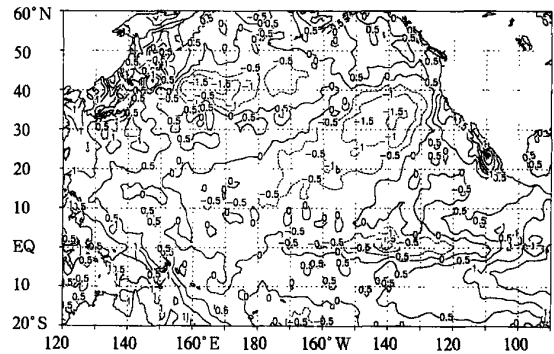


图5 1998年6月北太平洋海温异常分布(单位:)
Fig. 5 Distribution of the SSTA (solid lines: positive anomalies; dashed lines: negative anomalies) over the North Pacific for June 1998 (unit:)

7 海温异常对初夏鄂霍次克海阻塞形势影响的数值模拟

通过以上分析,6月日本东部附近海域负的海温异常与鄂霍次克海阻塞形势关系密切,那么该海温异常是否有利于鄂霍次克海阻塞形势的建立和维持?下面我们通过数值试验来研究。

7.1 试验设计

(1) 对照试验(Exp. C):以模式气候海温作为边界条件,模式运行10a,采用后8a的平均作为对照试验的结果。

(2) 海温异常试验(Exp. A):根据1998年6月海温异常分布(图5)和阻高年合成的海温异常分布(图3a),选择异常区域为35°—45°N, 155°—175°E,在该区域5,6月的气候平均海温场中加入假想的海温异常,作为模式的下边界,而不改变其他参数。图6给出了异常试验中加入的负海温异常,异常中心位于(40.4°N, 163.1°E)和(40.4°N, 165.9°E),中心最大值取-1.5。分别从8个不同的大气初始条件(对照试验中的第3,4,5,6,7,8,9,10年的5月1日)开始,积分两个月。8次积分的平均结果作为敏感性试验的模拟结果,我们只分析6月份的结果。

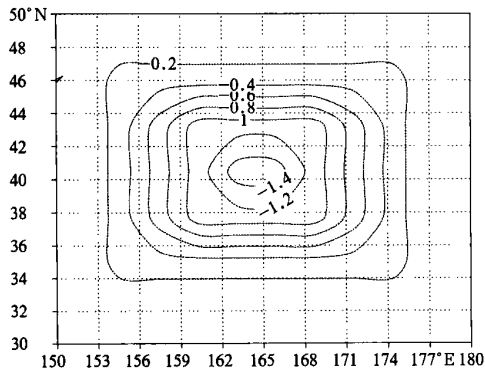


图 6 海温异常试验 Exp. A 中加入的 5 月和 6 月假想的海温异常分布(单位:)

Fig. 6 Distribution of the SSTA assumed for May and June in Exp. A (unit:)

7.2 试验结果

图 7 是 Exp. A 试验模拟出的 6 月 500 hPa 位势高度及其异常(Exp. A 试验结果与 Exp. C 试验结果相减;经过 t 检验,阴影区的差异超过 0.05 的显著性水平)分布。由图可以看到,在位势高度场上,等位势高度线比较平缓,但是在鄂霍次克海北部有一个浅脊,南部有一个浅槽,这和鄂霍次克海阻高存在时西风分为南北两支的情形相似。欧亚中高纬呈明显的“+ - +”高度距平分布:乌拉尔山附近地区为正异常,贝加尔湖附近地区为负异常,鄂霍次克海地

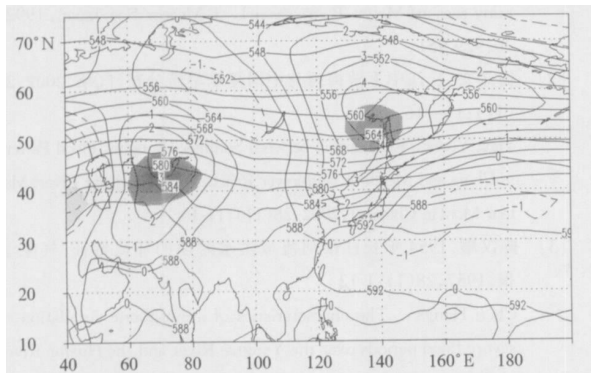


图 7 海温异常试验模拟出的 6 月 500 hPa 位势高度及异常分布(阴影区表示两场的差异超过 0.05 的显著性水平;细实线是等位势高度线;粗线是位势高度异常,实线为正值,虚线为负值;单位: dagpm)

Fig. 7 500 hPa geopotential height (thin solid lines) and its anomaly (shaded areas indicate regions where differences in geopotential heights simulated by Exp. A and the control experiment C are significant at the 0.05 confidence level; bold solid lines: positive anomalies; and bold dashed lines: negative anomalies) for June (unit: dagpm)

区为正异常,其中心大致位于(55°N, 140°E),中心最大值超过 4 dagpm。在日本东部地区为负异常,东亚呈偶极子型。这样的分布形势与阻高年合成的 500 hPa 位势高度异常形势十分类似。

这表明,日本东部海域负的海温异常产生的高度异常分布与阻高年的情况相近,这样的大尺度环流异常形势有利于鄂霍次克海阻高的形成和维持,说明初夏该海区负的海温异常对鄂霍次克海阻塞形势可能有重要影响。

8 结论与讨论

本文使用合成分析和相关分析方法,通过阻高指数,分析了 6 月鄂霍次克海地区月尺度阻高的变化特征及其与北太平洋海温异常的关系,并且用模式模拟研究了日本东部海域负的海温异常对鄂霍次克海阻塞形势的影响。得到以下主要结论:

(1) 6 月份鄂霍次克海阻高指数年际变化明显。对阻高年和非阻高年 500 hPa 位势高度及其异常的分析结果表明,鄂霍次克海阻高活跃年,欧亚中高纬向呈“+ - +”型遥相关波列,鄂霍次克海和乌拉尔山附近地区存在正的位势高度异常,而贝加尔湖和日本东部海域附近为负的高度异常。非阻高年高度异常的分布与阻高年几乎相反。这验证了 Wang 提出的鄂霍次克海阻高与波列相联系的结论。

(2) 6 月鄂霍次克海阻高与同期北太平洋海温关系密切。在鄂霍次克海阻高活跃年,日本东部附近海域和赤道中东太平洋海温为负异常,在菲律宾东北为正异常,非阻高年海温异常呈大致相反的分布形态。1998 年 6 月 500 hPa 的环流场为典型的鄂霍次克海阻高形势,同期北太平洋海温距平场上日本东部海域为明显的负异常。

(3) 数值模拟试验的结果表明,在 5 和 6 月份将较强的负海温异常加入到模式中的日本东部附近海域,6 月鄂霍次克海附近地区呈现较大正高度异常(中心超过 4 dagpm)并经检验显著,可以认为初夏该海区的负海温异常对鄂霍次克海高压的形成有重要贡献。

对阻高年和非阻高年 500 hPa 位势高度及其异常的分析表明,鄂霍次克海地区和日本东部的位势高度呈相反的变化趋势,这种类似翘翘板的反相变化机制是什么? Wang^[1]研究了 6 月关键点(30°N, 150°E) OLR(射出长波辐射)与 500 hPa 位势高度场

的相关关系,正负相关中心的连线从里海-巴尔喀什湖-鄂霍次克海-日本东部形成一条波列路径。而在鄂霍次克海阻高指数与500 hPa位势高度的相关图上,也存在一条从里海-贝加尔湖-鄂霍次克海-日本东部的正负相关中心的连线路径,两条路径走势相近,尤其在鄂霍次克海地区和日本东部地区的位置非常接近。两条路径在西部存在差别的原因可能是,Wang^[1]作的是OLR与500 hPa位势高度的相关,且使用候平均资料;本文做的是鄂霍次克海阻高指数与500 hPa高度场的相关,且使用月平均资料。但是,这条路径很可能是罗斯贝波的传播路径,最终到达日本东部海域,而这与Huang等^[14-16]提出的热带西太平洋暖池的海温异常造成的东亚-太平洋型遥相关波列不同,Wang^[1]认为这种波列的被激发很可能是由海陆热力差异造成。

文中分析结果表明,日本东部海域存在明显的负海温异常时,该地区上空有负的高度异常,而同时鄂霍次克海地区有正的高度异常。一般认为,夏季热带-温带区域大气呈准正压性,由于海-气相互作用,冷的海面都对高空低的位势高度,相反,暖海面对应高空则为高的位势高度^[17]。日本东部附近地区的这种高层大气和底层海洋的关系是促使鄂霍次克海阻高发展和维持的可能因素,而鄂霍次克海地区高空的阻塞环流系统可能又加强了日本东部地区的高低层配置关系,这种复杂的海-气相互关系可能是鄂霍次克海阻高长期维持的原因,它们之间的相互关系还有待于深入研究。

数值试验结果表明,只在日本东部附近海域存在负的海温异常,6月份鄂霍次克海地区产生较强的正位势高度异常,并呈现高脊形态,而在日本东部海域为负异常。这种异常环流形势为鄂霍次克海阻塞形势的形成和维持提供了有利的大尺度环流背景。这说明,初夏日本东部地区负的海温异常可能对鄂霍次克海阻塞形势有重要影响。这种影响很可能是由初夏强的太阳辐射迅速加热的鄂霍次克海附近的陆地与日本东部冷的海表之间强的海陆热力差异造成。我们从阻高年6月地表温度的异常合成图(图8)上可以看到,在东西伯利亚有强的正异常存在,中心最大值超过2,而在日本东部附近则为负异常。非阻高年的分布形势与其相反(图略)。因此,对照Wang^[28]提出的机制,可以这样解释:初夏,若日本东部附近海域海表异常冷,OLR低,对其上

部大气有冷却作用;而鄂霍次克海附近陆地被强的太阳辐射迅速加热,从而加热其上大气,这样形成的强的海陆热力差异使对流层中部鄂霍次克海地区与日本东部地区的位势高度异常差异加大,为鄂霍次克海阻塞形势的建立和维持提供了有利的大尺度环流背景,阻高活跃。

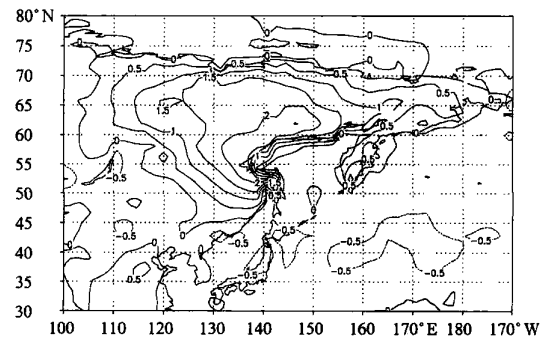


图8 鄂霍次克海阻高年6月表面温度异常的合成(单位:)

Fig. 8 Composite of the surface temperature anomaly for June when the I_{OKH} was over 1.0 (unit:)

参考文献

- [1] Wang Y F. Impact of blocking anticyclones in Eurasia in the rainy season (Meiyu/Baiu season). *J Meteor Soc Japan*, 1992, 70:929-951
- [2] 杨义文. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. *气象*, 2002, 28(11):11-16
Yang Yiwen. Relationship between Summer Drought/ Flood Pattern in China and Meiyu of Mid-lower Reaches of Changjiang River. *Meteor Mon(in Chinese)*, 2002, 28(11):11-16
- [3] 陈汉耀. 1954年长江淮河流域洪水时期的环流特征. *气象学报*, 1957, 28(1):1-12
Chen Hanyao. The characteristics of atmospheric circulation of severe flood periods over the Yangtze River and the Huaihe River reaches during the 1954. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)*, 1957, 28(1):1-12
- [4] 陶诗言,倪允琪,赵思雄等. 1998夏季中国暴雨的形成机理与预报研究. 北京:气象出版社, 2001. 31-35
Tao Shiyang, Ni Yunqi, et al. The Mechanism and Forecast of Heavy Rainfall in China in Summer of 1998 (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2001. 31-35
- [5] 任广成. 夏季鄂霍次克海高压的长期预报研究. *气象科学研究所院刊*, 1989, 4(2):193-198
Ren Guangcheng. The study on the long-range forecasting of the Okhotsk high in summer. *J Chinese Academy of Meteor Sci (in*

- Chinese), 1989, 4(2):193-198
- [6] 汤懋苍. 亚洲东部的阻塞形势及其对天气气候的影响. 气象学报, 1957, 28(4):282-293
Tang Maocang. On the blocking situation around the East Asia and it's climate effects. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1957, 28(4):282-293
- [7] Charney J G, Devore J G. Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking. J Atmos Sci, 1979, 36:1205-1216
- [8] Hoskins B J, James I N, White G H. The shape propagation and mean flow interaction of large scale weather systems. J Atmos Sci, 1983, 40:1595-1612
- [9] Long R R. Solitary waves in the westerlies. J Atmos Sci, 1964, 21:197-200
- [10] 罗德海, 纪立人. 大气中阻塞形成的一个理论. 中国科学(B), 1989, 1:103-112
Luo Dehai, Ji Liren. A theory of the formation of the blocking situation in atmosphere. Science in China Series B(in Chinese), 1989, 1:103-112
- [11] Austin T J. The blocking of middle latitude westerly winds by planetary waves. Quart J Roy Meteor Soc, 1980, 106:327-350
- [12] 缪锦海. 波与波的相互作用对阻塞的形成、维持和衰退的影响. 气象学报, 1984, 42(1):35-44
Miao Jinhai. Contributions of the nonlinear interactions among waves to the formation, persistence and decay of the blocking. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1984, 42(1):35-44
- [13] 朱抱真. 大地形和热源的动力控制与超长波活动关系的初步研究. 气象学报, 1964, 34(3):285-298
Zhu Baozhen. A preliminary study on the activities of ultra-long waves in relation to the dynamic control of large-scale orography and heat sources. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1964, 34(3):285-298
- [14] Huang R H, Li W J. Influence of the heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia. Proc. International Conference on the General Circulation of East Asia, April 10-15, 1987, Chengdu, 40-51
- [15] Huang Ronghui. The East Asia/Pacific pattern teleconnection of summer circulation and climate anomaly in East Asia. Acta Meteor Sinica, 1992, 6(1):25-37
- [16] Huang Ronghui, Sun Fengying. Impacts of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. J Meteor Soc Japan, 1992, 70:243-256
- [17] 吴国雄, 王敬方. 夏季中高纬 500 hPa 高度和海表温度异常特征及其相关分析. 气象学报, 1998, 56(1):46-54
Wu Guoxiong, Wang Jingfang. Summer time characteristics and correlation of the extratropical 500 hPa geopotential height field and Sea Surface Temperature. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 1998, 56(1):46-54
- [18] 陆日宇, 黄荣辉. 热带西太平洋海温异常对东北亚阻塞形势影响的数值模拟. 气候与环境研究, 1996, 1(2):134-142
Lu Riyu, Huang Ronghui. Effects of the SSTa in the Tropical Western Pacific on the Blocking Highs over Northeastern Asia. Climate Environ Res(in Chinese), 1996, 1(2):134-142
- [19] 陆日宇, 黄荣辉. 东亚-太平洋遥相关型波列对夏季东北亚阻高年际变化的影响. 大气科学, 1998, 22(5):727-734
Lu Riyu, Huang Ronghui. Influence of East Asia/Pacific teleconnection pattern on the interannual variations of the blocking highs over the Northeastern Asia in summer. Scientia Atmospherica Sinica(in Chinese), 1998, 22(5):727-734
- [20] Okawa T. Growth mechanism of the Okhotsk high. J Meteor Res, 1973, 25:65-77
- [21] 朱正心, 朱抱真. 纬向不对称热力强迫下超长波的非线性平衡态与阻塞形势. 中国科学(B), 1982, (4):361-371
Zhu Zhengxin, Zhu Baozhen. Equilibrium states of ultra-long waves driven by non-adiabatic heating and blocking situation. Science in China Series B(in Chinese), 1982, (4):361-371
- [22] Kikuchi Y. Numerical simulation of the blocking process. J Meteor Soc Japan, 1969, 47:29-54
- [23] Kikuchi Y. Influence of mountains and land-sea distribution on blocking action. J Meteor Soc Japan, 1971, 49(Special Issue):564-572
- [24] Kutzbach J E, Chervin R M, Houghton D D. Response of the NCAR general circulation model to prescribed changes in ocean surface temperature. Part I: Mid-latitude changes. J Atmos Sci, 1977, 34:1200-1213
- [25] Chervin R M, Kutzbach J E, Houghton D D. Response of the NCAR general circulation model to prescribed changes in ocean surface temperature. Part II: Mid-latitude and subtropical changes. J Atmos Sci, 1980, 37:308-332
- [26] Shukla J, Bangaru B. Effect of a Pacific SST anomaly on the circulation over North America: A numerical experiment with the GLAS model. GARP Publ Ser, 1979, 22:501-518
- [27] Ji L R, Tibaldi S T. Numerical simulations of a case of blocking the effects of orography and land-sea contrast. Mon Wea Rev, 1983, 111(10):2068-2086
- [28] Wang Y F, Wang Bin, Jai-Ho Oh. Impact of preceding El Nino on the East Asian summer atmosphere circulation. J Meteor Soc Japan, 2001, 79:575-588
- [29] 章基嘉, 陈菊英, 罗勇等. 北半球月平均阻塞的时空特征及其与我国大范围月气温异常的关系. 见: 章基嘉编. 长期天气预报论文集. 北京: 海洋出版社, 1992. 211pp
Zhang Jijia, Chen Juying, Luo Yong. The relationship between the temporal-spatial characteristics of the monthly blocking events in Northern Hemisphere and the large-scale monthly air temperature anomaly over China. In: Zhang Jijia, ed. Paper Series of Long Range Weather Forecast. Beijing: China Ocean Press, 1992. 211pp
- [30] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场. 北京: 气象出版社, 1999. 75-78, 100-101
Zhao Zhenguo. The Relationship between China Summer Drought/Flood and the Environmental Fields. Beijing: China Meteorological

- Press, 1999. 75-78, 100-101
- [31] Collins W D, Rasch P J, et al. Description of the NCAR Community Atmosphere Model (CAM 3.0), Technical Report NCAR/TN-464 + STR, National Center for Atmospheric Research. Boulder, Colorado, 2004. 210pp
- [32] 董敏, 李跃凤, 沈文海. 东亚气候的模拟与验证研究. 气象学报, 1997, 55(1): 692-702
Dong Min, Li Yuefeng, Shen Wenhai. Validation study on the east Asian climate simulated by CCM2. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1997, 55(1): 692-702
- [33] 高学杰, 林万涛, Fred Kucharsky 等. 实况海温强迫的 CCM3 模式对中国区域气候的模拟能力. 大气科学, 2004, 28(1): 78-90
Gao Xuejie, Lin Wantao, Fred Kucharsky, et al. A simulation of regional climate in China by using CCM3 and observed SST. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 2004, 28(1): 78-90

IMPACT OF THE SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALY OF THE EAST COAST OF JAPAN ON THE DEVELOPMENT OF THE OKHOTSK HIGH

Wei Dong¹ Wang Yafei¹ Dong Min²

1 State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 10008

2 National Climate Center, Beijing 100081

Abstract

This study examines the impact of the anomaly of the sea surface temperature (SSTA) off the east coast of Japan on the Okhotsk high in early summer by diagnostic analysis and numerical simulation. Firstly, based on the 500 hPa geopotential height data for June from 1951 to 2000, the index of Okhotsk high (I_{OKH}) is calculated and analyzed. The results indicate that the I_{OKH} had obvious inter-annual and inter-decadal variations, and there were nine years of high I_{OKH} and eight years of low I_{OKH} in the fifties years. Secondly, the composite analyses of the 500 hPa geopotential height and its anomaly for blocking years and non-blocking years suggest that in the blocking year, the potential height anomaly displayed a “+ (the Ural mountains) - (the Baikal lake) + (the Okhotsk Sea)” pattern across Eurasia in the mid-high latitudes, and a “+ - ” pattern from high to low latitudes over the East Asia, which is in favor of the formation and the maintenance of the Okhotsk high. The relationship between the I_{OKH} and the SSTA over the north Pacific is further investigated in early summer by using correlation and composite analysis. We find that when the blocking circulation occurred over the Okhotsk Sea, there was an obvious negative SSTA off the east coast of Japan in early summer. In order to confirm the analysis result we simulate the impact of the negative SSTA on the atmospheric circulation anomaly over the East Asia through the control and sensitive experiments of the NCAR CAM3 model. The simulation shows that the assumed negative SSTA off the east coast of Japan in May and June does result in a significant positive anomaly more than 4 dagpm of the 500 hPa geopotential height over the Okhotsk Sea and a negative anomaly off the east coast of Japan in June, which might contribute to the formation and development of the Okhotsk high in June.

Key words: Okhotsk high, Sea surface temperature anomaly, Numerical simulation.