

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*

陆日宇 黄荣辉

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘要 本文利用 IAP-AGCM 模拟研究了实测海温异常和热带西太平洋假想海温异常对夏季东亚地区环流异常的影响, 并与观测结果进行了比较, 藉此间接地研究了海温异常对东北亚阻塞形势的影响。首先, 利用 1980 年实测海温异常, 分三种试验(全球海温异常试验、热带海温异常试验、热带外海温异常试验)模拟了该年 7 月和 8 月的大气环流异常, 指出海温异常是致使东北亚阻塞形势得以形成和维持的一个重要原因, 同时也表明在对东亚大气环流异常型的影响方面, 热带海温异常比热带外海温异常更为重要。此外, 我们还模拟研究了热带西太平洋的假想海温异常对东亚大气环流异常的影响, 表明了热带西太平洋海温负异常对东北亚阻塞形势形成和维持有着重要作用。

关键词 东北亚阻塞形势 海温异常 环流异常型

1 引言

阻塞形势的建立和崩溃伴随着纬向环流与经向环流之间的剧烈变化, 同时其维持时间较长, 空间分布稳定少变, 因此往往会造成阻塞高压所处地区及其附近地区的持续性气候异常, 甚至可达到月平均气温和降水量的局地纪录^[1,2]。阻塞形势不仅仅只是影响中高纬地区的大气环流和气候异常, 还可以影响到中纬度地区。我国的气象学家们很早就发现阻塞形势对我国的气候异常, 特别是对江淮地区的梅雨有很大的影响^[3~6]。这些研究发现俄罗斯滨海地区及鄂霍茨克海上空的阻塞高压对我国江淮地区的梅雨具有明显的作用。如 1954 年夏季, 因鄂霍茨克海阻塞高压异常强大, 引起气流分支, 偏南气流纬度偏低, 西风急流和副热带高压脊的位置偏南, 故梅雨一直维持到 7 月底, 比平常年份延长了一个月, 致使江淮地区发生了自有记录以来从未有过的洪涝。

1980 年夏季, 我国出现了严重的南涝北旱天气, 长江流域出现了建国以后仅次于 1954 年和 1991 年的特大洪涝, 同时华北地区出现了建国以来少有的干热天气。近来, 毕慕莹和丁一汇^[7]以及吴国雄等^[8]就该年夏季的环流形势进行了分析, 均指出我国的上述气候异常与 7、8 月份东北亚阻塞形势的稳定维持有关。

最近, Wang^[9]分析了东半球阻塞形势对江淮地区的梅雨和日本的 Baiu 的影响, 他将阻塞形势按地域分为三类: 欧洲地区阻塞、叶尼塞河地区阻塞和东北亚阻塞, 亦发现东北亚阻塞高压对我国江淮地区的梅雨具有非常显著的作用。

1996-01-16 收到

* 本研究得到中国科学院重大应用项目“KY85-10”的资助

以往对具体的阻塞演变过程的研究较多, 对阻塞高压形成和维持的可能物理机制进行了许多研究。这些研究无疑使我们对阻塞过程有细致的认识, 可以给我们对阻塞高压的建立和崩溃提供预报的基础, 但随着研究的深入, 近来开始了对阻塞形势频繁出现时的环流背景进行研究, 即在什么样的大尺度环流条件下阻塞形势能够易于形成并得到维持^[10~12]。因为这类研究可以对阻塞形势频繁出现提供预测的依据, 进而可以预测可能造成的短期气候异常, 所以也是非常有意义的。

许多研究表明, 热带海温的变化可以对中高纬阻塞形势的建立和维持产生影响, 有可能为阻塞形势的频繁出现提供环流背景^[13,14]。但这些研究还没有涉及到对我国夏季降水有显著作用的位于东北亚的阻塞形势, 因此, 有必要研究热带海温异常对东北亚阻塞形势的影响。

热带海温对热带外环流的影响已经得到了广泛的研究, 特别是最近的一些研究表明, 夏季西太平洋暖池的热力状况通过东亚/太平洋型(EAP型)遥相关对东亚地区及北太平洋地区的环流产生较大影响^[15~17]。这些研究结果表明当菲律宾附近的海温异常增高时, 其上空大气的对流活动将得到加强, 同时, 这种异常将以EAP型波列向中高纬度传播。表现在500 hPa等压面上, 就是在菲律宾和南海上空为位势高度的负异常区, 在我国东部的中纬度地区上空为正异常区, 而在东北亚的俄罗斯滨海地区和鄂霍茨克海上空为负异常区; 反之, 若菲律宾附近的海温异常降低时, 在东北亚上空为位势高度的正异常区。基于这种遥相关型, 我们可以认为菲律宾附近的海温异常有可能会对东北亚地区的阻塞形势产生影响, 即菲律宾附近海温降低时, 东北亚地区可能会有较多的阻塞形势发生和维持, 反之相反。

本文将对是否存在上述可能性进行研究。在第二节中我们给出1980年夏季的环流异常以及该年春、夏季的全球海温异常分布, 第三节中利用1980年的实际海温异常模拟研究了该年夏季海温异常对东亚环流异常和东北亚阻塞形势的影响, 在第四节中研究热带西太平洋负海温异常对东北亚阻塞形势的影响, 最后在第五节中将给予总结。

2 1980年夏季的东北亚阻塞形势

1980年夏季, 东北亚地区频繁出现阻塞形势, 对我国的气候异常产生了很大影响。毕慕莹和丁一汇^[7]分析了此期间环流形势的维持机制, 指出上游乌拉尔长波槽的涡旋强迫输送和来自青藏高原上空的低位涡空气输送是造成东北亚阻塞形势频繁出现的原因。吴国雄等^[8]选取了7月份中完整的东北亚阻高形成和加强过程进行分析, 指出源于欧洲强斜压带上的瞬变天气系统的输送过程在强迫阻高形成中的作用。

本文中亦把1980年夏季(7~8月)作为分析对象。图1给出了1980年7、8月份的位势高度距平。所用资料为自1980年到1989年的欧洲中心格点资料。从图1中可以看到在东北亚为正距平区, 特别是在8月份时该异常区不仅范围变大, 而且距平值也变大, 达到了105 gpm。这种异常分布与阻塞形势的演变过程是一致的, 7月份阻塞形势经过形成和加强后, 在8月份大体稳定存在, 直至9月上旬。异常的分布在东亚地区大致与EAP遥相关型符合, 即在我国江南和南海上空为正异常, 江淮地区和华北地区为负异常, 而在东北亚为正异常。这种在东北亚为正异常, 其南部为负异常的分布将十分

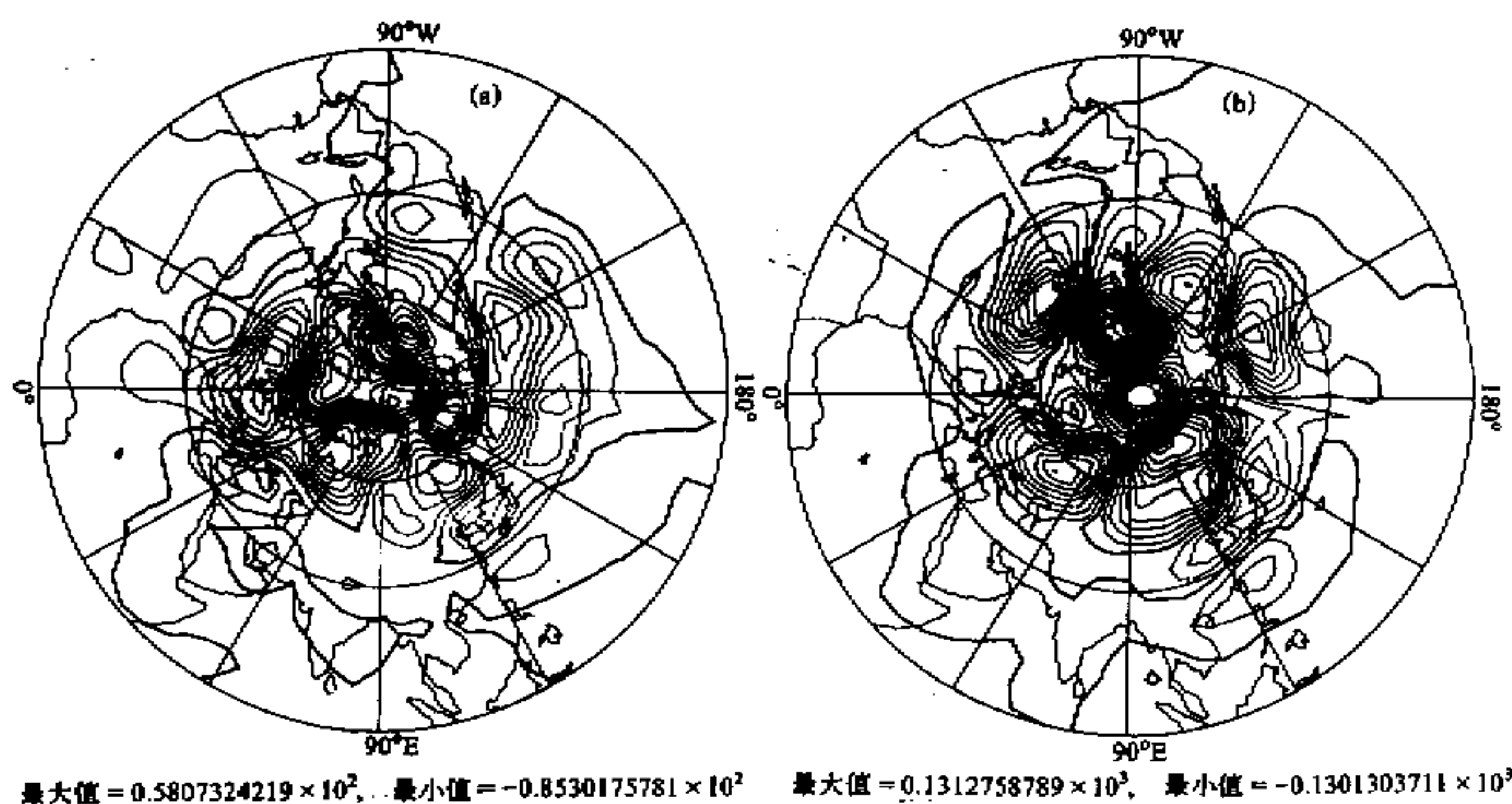


图 1 1980 年 7 月(a)和 8 月(b)500 hPa 位势高度异常。单位: gpm

有利于在东北亚形成阻塞形势。

因为本文的主要目的是讨论有利于阻塞形势形成和维持的大尺度背景环流, 因此在下面的研究中, 我们把重点放在 500 hPa 位势高度的异常分布上, 而不直接讨论阻塞形势, 这样可以避免模式对阻塞形势不能很好描述所带来的误差。

为了考察产生上述遥相关型的原因, 我们给出了 1980 年 3 月至 8 月的海温异常(见图 2), 其中海温平均值为 1979 年至 1988 年的 10 年平均海温。图 2 表明 1980 年 3 月到 8 月期间, 菲律宾附近的热带西太平洋地区一直为负海温异常, 特别是在 5 月份和 8 月份。这种海温异常或许是造成类似 EAP 型遥相关的原因。

3 海温异常对东北亚位势高度异常的影响

在这一节里, 我们将模拟研究海温异常能否引起东北亚地区 500 hPa 上空位势高度的正异常, 并将模拟研究热带海温异常和热带外海温异常的相对重要性。

采用的模式为 IAP 2-L AGCM, 模式的网格点为 $5^{\circ} \times 4^{\circ}$, 控制试验(CNTL)结果取为该模式在气候平均海温状态下运行至第 22 年时的结果。在异常试验中, 我们只是将 1980 年的海温异常(图 2)加至控制试验时的海温中, 其他条件均与控制试验相同。异常试验的模拟时间为 3 月 1 日到 8 月 31 日, 但其中我们将只分析 7、8 月的结果。异常试验将分为 3 种: 全球海温异常试验(EXP. G)、热带海温异常试验(EXP. T)、热带外海温异常试验(EXP. E)。热带地区取为 $22^{\circ}\text{S} \sim 22^{\circ}\text{N}$, 而热带外地区为 $26 \sim 90^{\circ}\text{N}$ 以及 $26 \sim 90^{\circ}\text{S}$ 。在 EXP. T 和 EXP. E 中 3 月到 5 月的海温异常仍为全球海温异常, 即同 EXP. G, 而从 6 月到 8 月则分别取热带地区和热带外地区海温异常。

3.1 全球海温异常试验(EXP. G)

图 3 给出了加入全球海温异常时所产生的 500 hPa 位势高度异常(即 EXP. G 减去 CNTL)。从图 3 可以明显看到: 在东北亚上空为位势高度的正距平区, 在江淮流域和

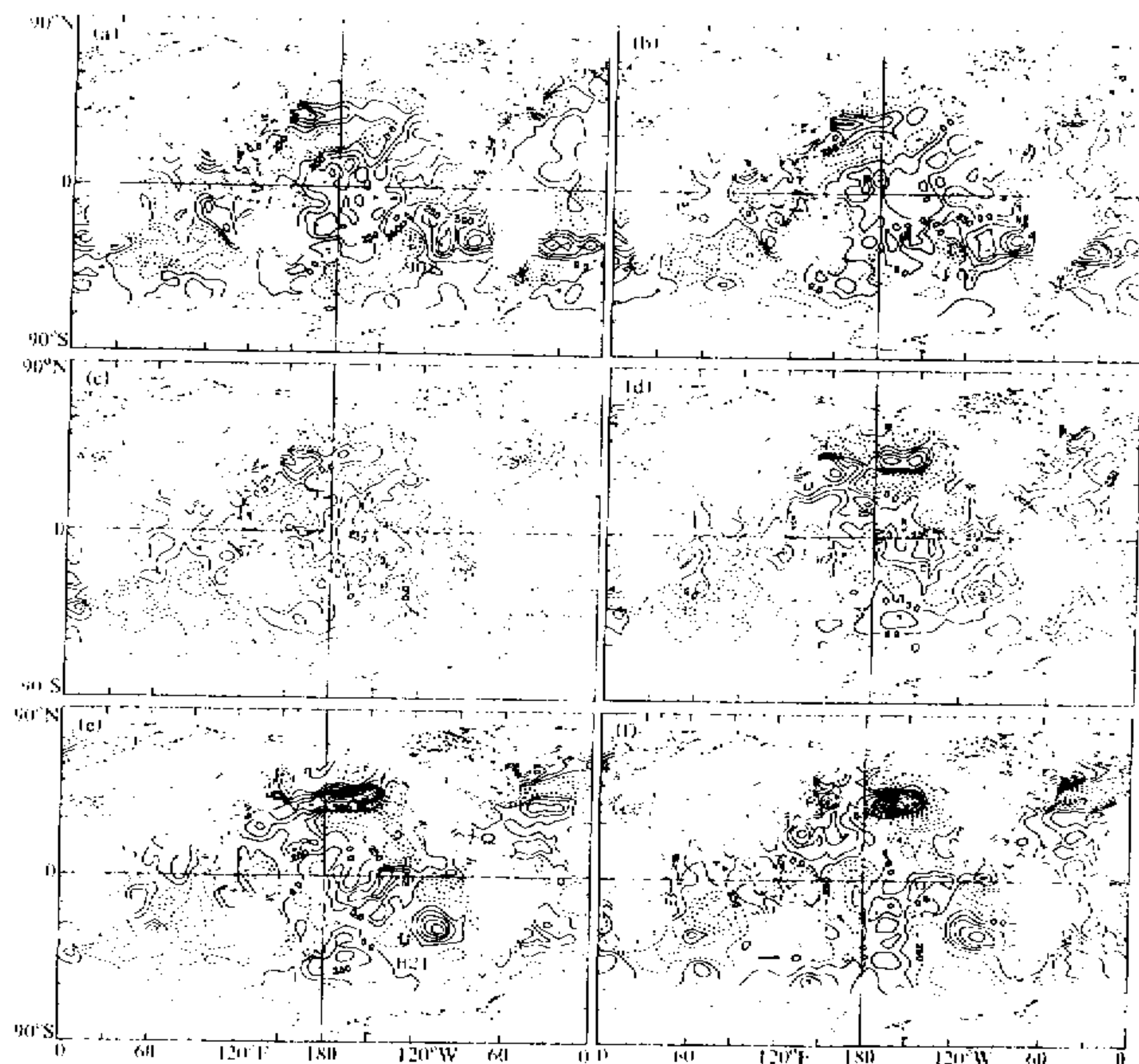


图2 1980年3月至8月海温异常。单位: $^{\circ}\text{C}$
(a) 3月; (b) 4月; (c) 5月; (d) 6月; (e) 7月; (f) 8月

华北地区为负距平,而在江南和南海上空为正距平。8月份在东北亚上空的正距平值较7月份更大,其范围也更大。这一切均与实际情况(图1)相同,说明海温异常对东亚地区月际时间尺度的大气环流异常起着相当大的作用,同时也说明了本文所采用的IAP-AGCM模式对海温异常造成的东亚地区大气环流异常型能够较好地给予模拟。

3.2 热带海温异常试验(EXP. T)

图4为EXP. T的500 hPa位势高度距平分布,从图中可以发现在整个北半球范围内,无论是7月份还是8月份位势高度距平的分布与EXP. G非常相似。在东北亚地区,7月份和8月份都为正距平区,8月份的正距平区较7月份的范围和数值都大了很多,与实际(图1)和EXP. G(图3)所不同的只是7月份东北亚地区的正距平区范围与数值较小。

3.3 热带外海温异常试验(EXP. E)

图5为EXP. E的500 hPa位势高度距平分布。首先在图5a中我们可以看到7月份在东北亚的滨海地区为正异常区,而在鄂霍茨克海以及阿留申地区为负异常区。但到了8月份(图5b)这一带的正、负位势高度异常几乎与7月份的分布完全相反,即滨海地区为一强大的负异常区,阿留申地区为一强大的正异常区。EXP. E中8月份的异常分

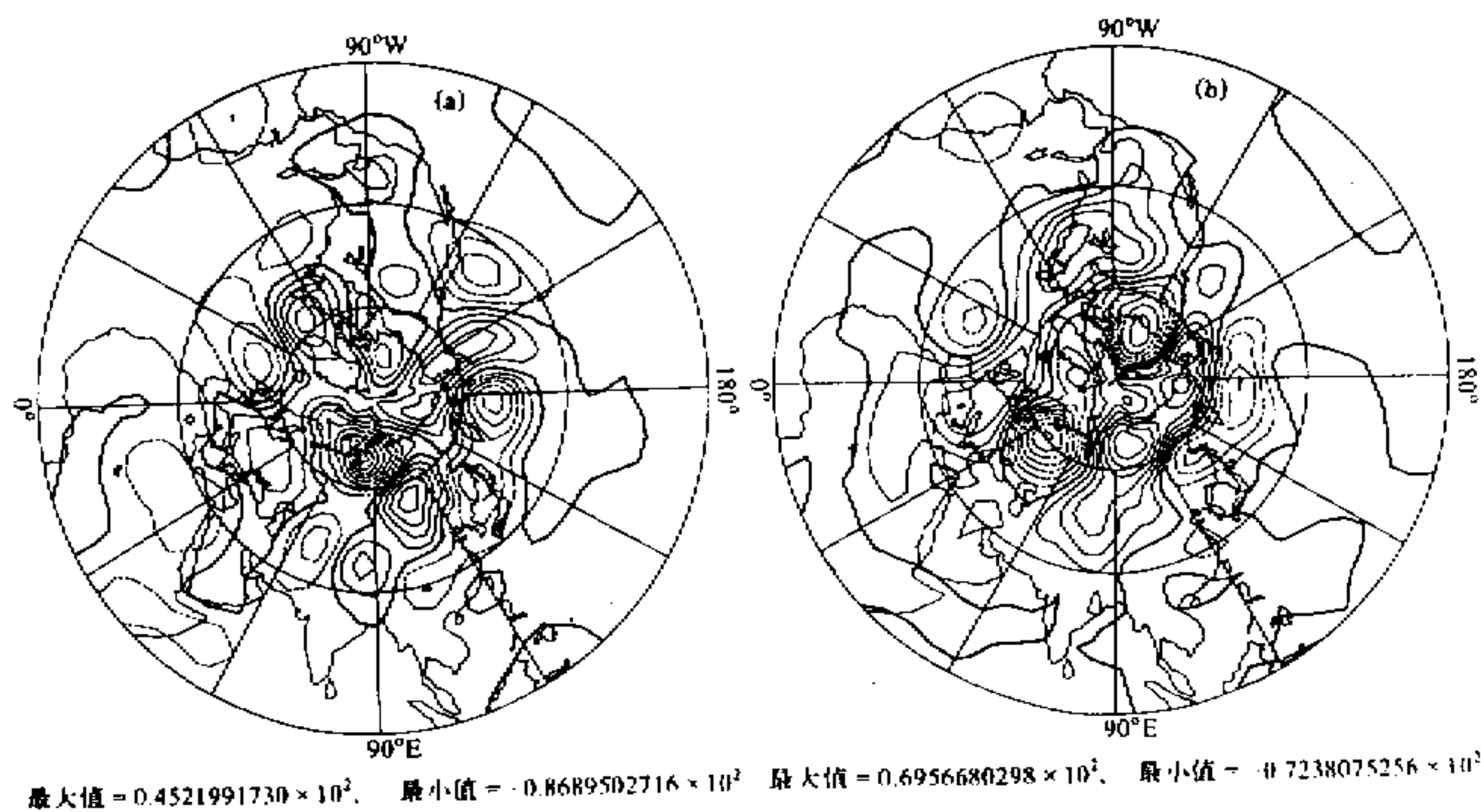


图3 全球海温异常试验中 500 hPa 位势高度距平分布
(a) 7 月; (b) 8 月。单位: gpm

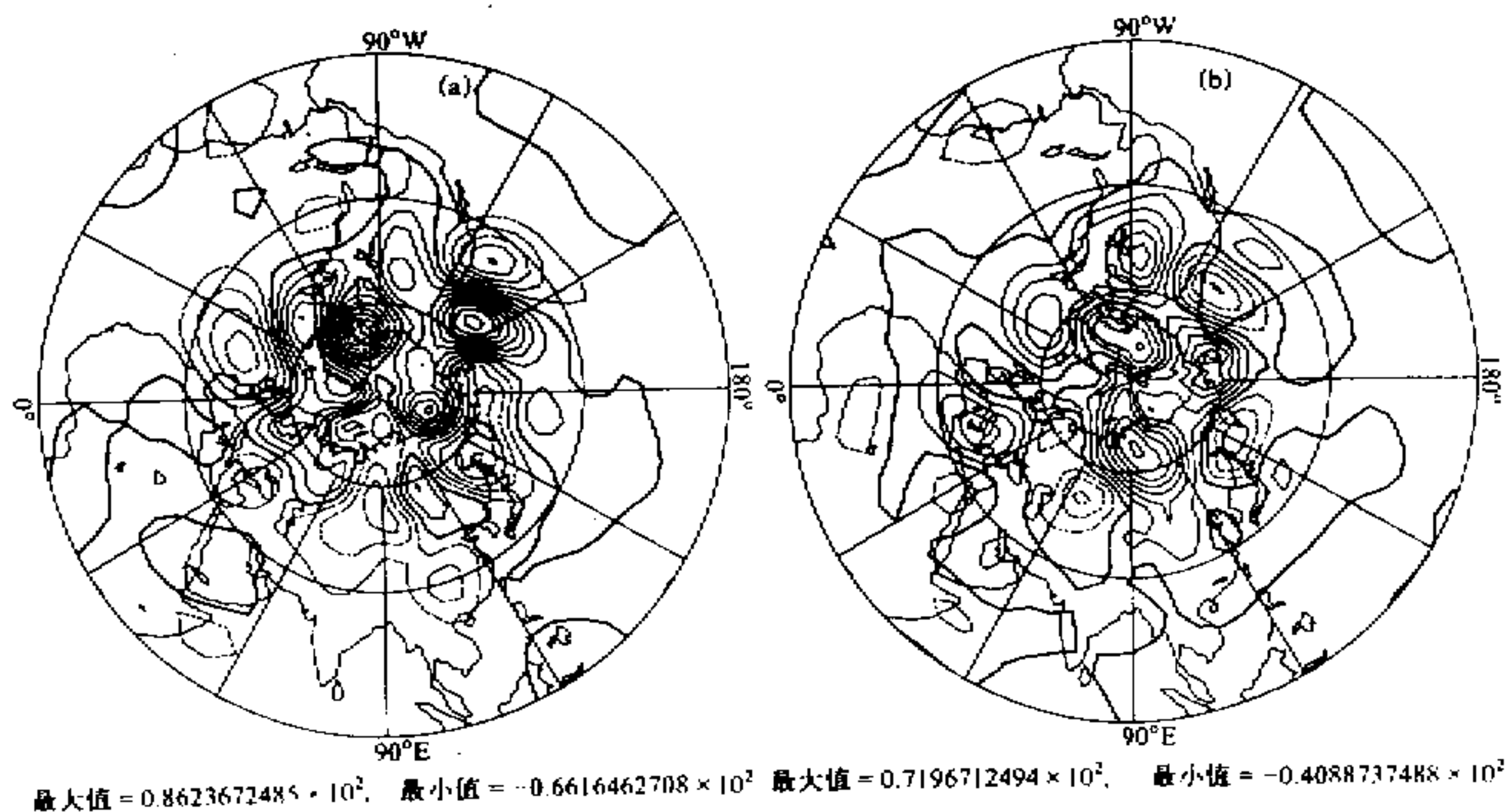


图4 热带海温异常试验中 500 hPa 位势高度异常分布
(a) 7 月; (b) 8 月。单位: gpm

布(图 5b)与 EXP. G(图 3b)中的差异非常大, 7 月份(图 5a)虽与 EXP. G(图 3a)有些相似, 但其相似程度远没有达到 EXP. T 与 EXP. G 之间的相似程度。

结合上述这 3 个试验, 我们可以发现 EXP. G 在整体上与观测结果最符合, EXP. T 也和观测结果非常接近, 同时它也和 EXP. G 十分接近, 但 EXP. E 则与观测结果差别较大。这说明热带海温异常对全球大气环流的异常有着重要作用, 而热带外海温异常的作用则弱一些。

此外, 在对东亚地区环流异常型的模拟方面, 三个异常试验中也是 EXP. G 最好。EXP. T 除对 7 月份东北亚滨海地区的位势高度正异常的模拟略有不足外, 其他方面均

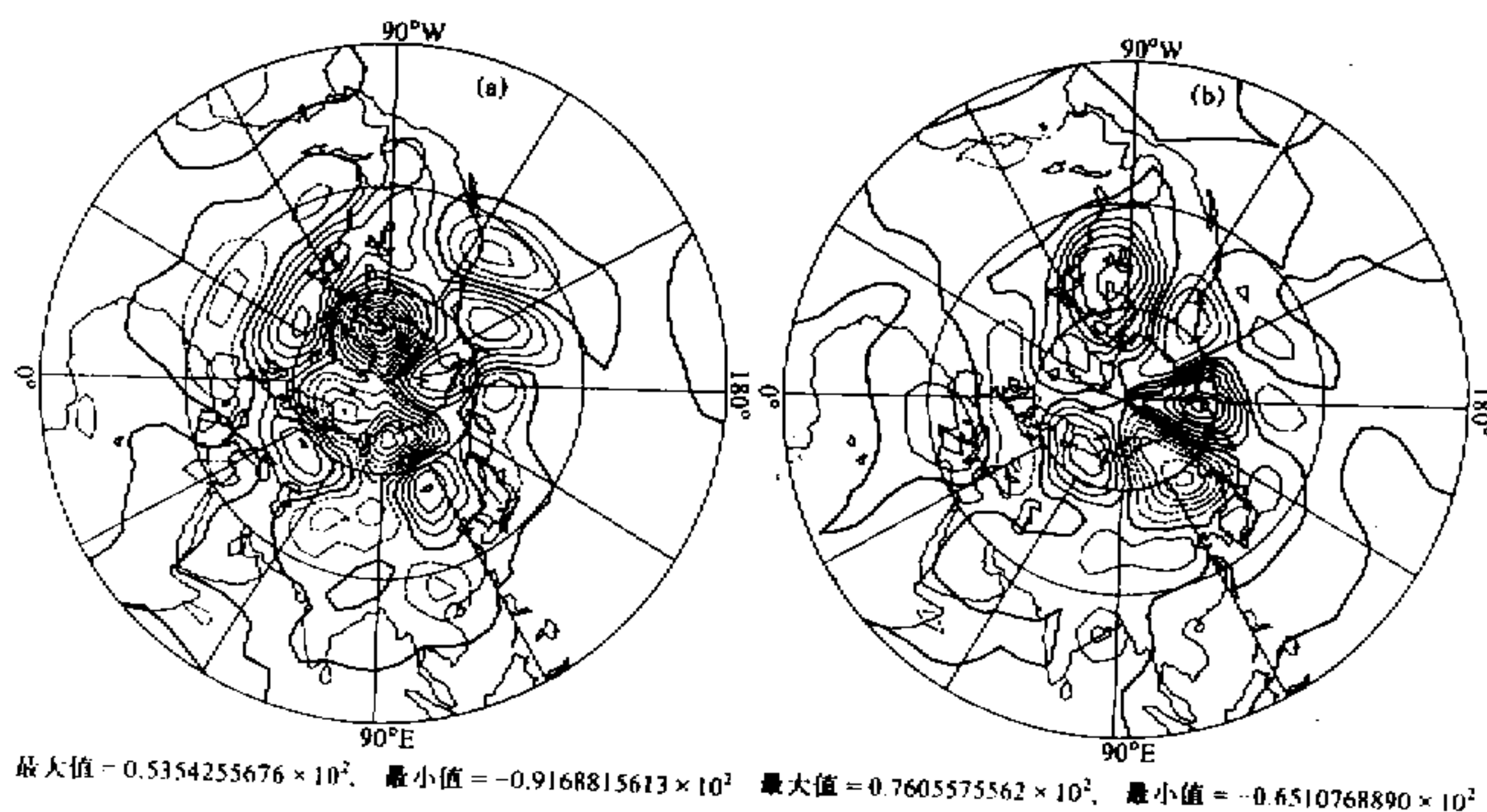


图5 热带外海温异常试验中 500 hPa 位势高度异常分布
(a) 7 月; (b) 8 月。单位: gpm

与观测结果一致, 而 EXP. E 除对 7 月份东北亚滨海地区的位势高度正异常模拟与观测结果比较一致以外, 其他方面则与观测结果差别较大。这也从另外一方面说明了热带海温异常对全球大气环流异常的重要影响, 而正是通过这种影响, 热带海温异常改变了大尺度的环流背景, 进而影响东北亚的阻塞形势。

4 热带西太平洋海温异常对东北亚阻塞形势的影响

本文的前言曾指出一系列的研究结果表明了热带西太平洋海温的负异常可以通过 EAP 型遥相关在东北亚上空产生正的位势高度异常。事实上, 在本文的第 2、3 节中, 我们已经指出不论是观测结果, 还是数值模拟结果(EXP. G 和 EXP. T), 1980 年 7 月和 8 月均存在类似 EAP 型遥相关的位势高度异常型, 而且热带西太平洋的海温从 3 月到 8 月一直处于负异常状态。此外, 1991 年的情景也与 1980 年非常相似。在 1991 年夏季, 东北亚阻塞高压形势异常强大, 在东亚地区形成十分明显的偶极型。这种阻塞形势使得我国华北地区出现了干旱, 同时在江淮地区出现了洪涝。在 1991 年 7 月和 8 月, 也存在类似 EAP 型遥相关的位势高度异常型, 同时热带西太平洋海温也为负异常(图略)。上述情况说明热带西太平洋负海温异常可能是产生东亚环流异常并进而影响东北亚阻塞形势的重要原因。

在第 3 节中, 我们已经指出热带海温异常对 1980 年 7 月和 8 月的环流异常起到了非常重要的作用。而在热带海温异常中, 热带西太平洋海温异常对东亚环流异常可能会起到主导性作用。

为了更清楚地说明热带西太平洋海温负异常对鄂霍茨克海上空阻塞高压建立的作用, 下面我们将利用假想的海温异常试验来考察热带西太平洋负海温异常对东北亚阻塞形势的影响。同前面一样, 我们并不试图直接讨论阻塞形势, 而是通过研究东亚环流异

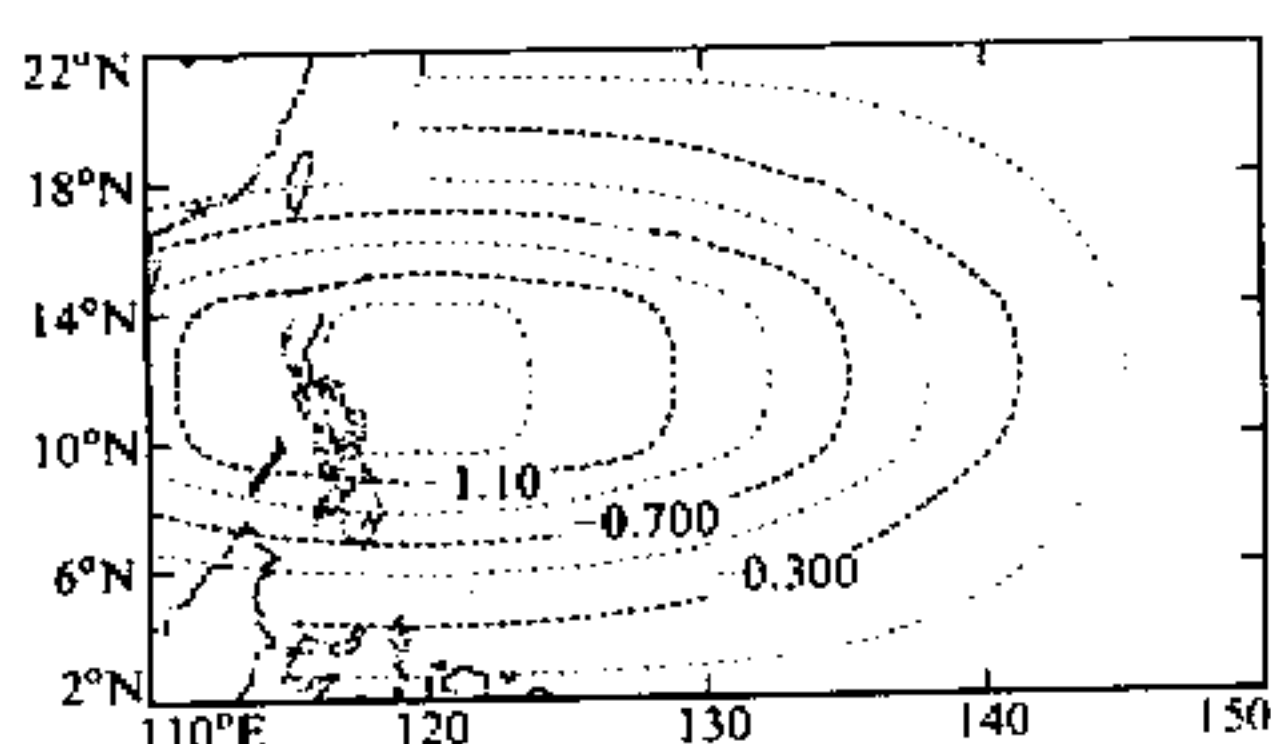
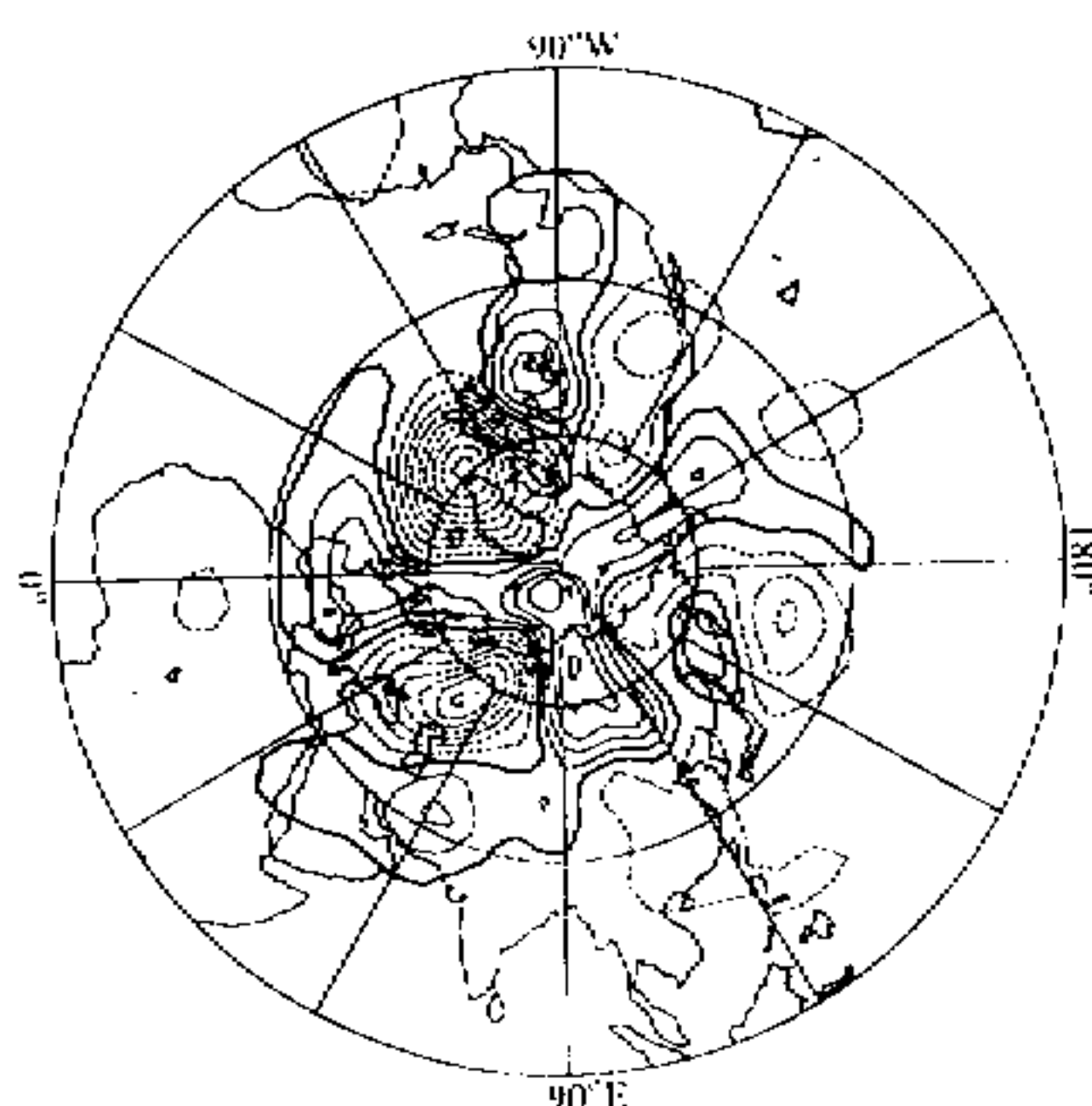


图6 异常试验中加入热带西太平洋的理想海温距平分布。单位: $^{\circ}\text{C}$



最大值 = 0.5128753662×10^7 , 最小值 = $-0.9280581665 \times 10^7$

图7 热带西太平洋海温负异常试验中7月份平均的500 hPa位势高度异常

常型间接地研究海温异常对阻塞形势的影响。采用的模式仍为 IAP-AGCM, 控制试验结果也仍为该模式在气候平均海温状态下运行至第 22 年时的结果。图 6 给出了异常试验中加入热带西太平洋的负海温异常, 异常的范围取为 2°N ~ 22°N , 110°E ~ 150°E , 异常的最大值取在 $(12^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{E})$ 。异常试验的模拟时间为 6 月 1 日到 7 月 31 日。由于篇幅关系, 我们只分析 7 月份的结果。

图 7 为模拟出的西太平洋负海温异常产生的 500 hPa 位势高度异常的分布(即异常试验结果减去控制试验结果)。从图 7 可以发现在东北亚为位势高度的正异常区, 这个正距平为阻塞高压的建立和维持提供了环流条件。并且在江淮流域和华北地区为负异常区。这种分布与图 1、图 2、图 4 十分类似, 说明在热带地区海温异常中, 热带西太平洋海温异常对东亚环流异常起着主导性作用。

从以上模拟结果可以看到, 热带西太平洋海温负异常不仅使得西太平洋副热带高压偏南, 从而使夏季东亚季风雨带长期在江淮流域维持, 而且它还使得在东北亚出现阻塞高压, 从而使低槽长期在我国东北到贝加尔

湖一带维持, 为江淮梅雨锋提供了冷空气来源, 为梅雨的长期维持提供中纬度环流条件。

5 结论

本文利用 1980 年实测海温异常, 分 3 个试验(全球海温异常试验、热带海温异常试验、热带外海温异常试验)模拟了该年夏季 7 月和 8 月的环流异常, 并将模拟出的东亚地区环流异常与观测结果进行了比较。

研究结果表明, 1980 年夏季 7 月和 8 月在东北亚地区出现稳定的阻塞形势是因为在东亚/太平洋遥相关呈现出的环流背景所提供的先行条件。利用数值试验, 我们发现海温异常是产生这种环流背景的一个重要原因, 全球海温异常试验能够很好地模拟出使东北亚阻塞形势得以形成和维持的环流异常型。进一步地, 我们将海温异常分为热带地区和热带外地区, 试验结果表明热带海温异常试验比热带外海温异常试验更为接近全球海温异常试验, 对东北亚阻塞形势得以存在的环流异常型也模拟得更好, 因而可以说热

带海温异常是影响东亚环流异常和东北亚阻塞形势的一个重要因素。

最后, 我们利用假想的热带西太平洋海温负异常模拟出 EAP 型遥相关, 结果与热带海温异常试验结果十分相似, 这说明热带西太平洋海温异常对东北亚阻塞形势有着重要影响, 负的海温异常将有利于东北亚阻塞形势的形成和维持。

参 考 文 献

- 1 Taubensee, R.E., 1979, Weather and circulation of December 1978—Record and near-record cold in the West, *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 354~360.
- 2 Wagner, A.J., 1981, Weather and circulation of January 1981: record warmth in the West, record cold in the Southeast and widespread severe drought, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 920~928.
- 3 陶诗言, 1957, 阻塞形势破坏时期的东亚一次寒潮过程, *气象学报*, **28**, 63~74.
- 4 叶笃正等, 1962, 北半球冬季阻塞形式的研究, 科学出版社.
- 5 汤懋苍, 1957, 亚洲东部的阻塞形势及其对天气气候的影响, *气象学报*, **28**, 282~293.
- 6 陈汉耀, 1957, 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征, *气象学报*, **28**, 1~12.
- 7 毕嘉莹、丁一汇, 1992, 1980 年夏季华北干旱时期东亚阻塞形势的位涡分析, *应用气象学报*, **3**, 145~156.
- 8 吴国雄、刘 晖、陈 飞、赵宇澄、卢 莹, 1994, 时变涡动输送和阻塞形成——1980 年夏中国的持续异常天气, *气象学报*, **52**, 308~320.
- 9 Wang, Y. 1992, Effects of blocking anticyclones in Eurasia in the rainy season (Meiyu / Baiu season), *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 929~951.
- 10 陆日宇、黄荣辉, 1996, 变形的经向环流变化方程及其在诊断阻塞高压形成中的应用, *大气科学*, **20**, No.2, 138~148.
- 11 陆日宇、黄荣辉, 1996, 关于阻塞形势演变过程中波数域能量的诊断分析, *大气科学*, **20**, No.3, 269~278.
- 12 Kaas, E. and G. Branstator, 1993, The relationship between a zonal index and blocking activity, *J. Atmos. Sci.*, **50**, 3061~3077.
- 13 陆日宇、黄荣辉, 1996, 热带西太平洋海温异常对阻塞形势影响的数值模拟研究, 《灾害性气候的模拟和预测》, 气象出版社, 141~150.
- 14 Ferranti, L., F. Molteni and T.N. Palmer, 1994, Impact of localized tropical and extratropical SST anomalies in ensembles of seasonal GCM integrations, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **120**, 1613~1645.
- 15 Huang Ronghui, 1992, The East Asia / Pacific pattern teleconnection of summer circulation and climate anomaly in East Asia, *Acta Meteorologica Sinica*, **6**, No.1, 25~37.
- 16 Huang Ronghui and Sun Fengying, 1992, Impacts of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 243~256.
- 17 Haung R.H. and W.J. Li, 1987, 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.

Effects of the SSTA in the Tropical Western Pacific on the Blocking Highs over Northeastern Asia

Lu Riyu and Huang Ronghui

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract The effects of the observed sea surface temperature anomalies (SSTA) and the idealized SSTA in the tropical western Pacific on the atmospheric circulation anomaly during summer over East Asia were simulated by the IAP-AGCM. By comparing the simulated results to the observed results, we

studied indirectly the influence of SSTA on the blocking situations over northeastern Asia. At first, by the use of the observed SSTA in 1980, we simulated the atmospheric circulation anomaly in the July and August of the year, through three anomalous runs (Global SSTA run, Tropical SSTA run, and Extratropical SSTA run). It was shown that the SSTA influence greatly the formation and maintenance of the blocking highs over northeastern Asia. It was also shown that the tropical SSTA play a more important role in influencing the atmospheric circulation anomaly than the extratropical SSTA. We also simulated the effects of the idealized SSTA in the tropical western Pacific on the atmospheric circulation anomaly over East Asia. The simulated results showed that the negative SSTA in the tropical western Pacific are beneficial to the formation and maintenance of the blocking highs over northeastern Asia.

Key words blocking highs SSTA circulation anomaly