

东亚冬季风异常与全球大气环流变化

II. 冬季风异常对全球热带海温变化的影响

陈 隽 孙淑清

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 作为冬季风研究系列中的第 II 部分, 首先对第 I 部分中的强弱冬季风个例所对应的海温状况进行对比研究。然后, 利用中国气象局的 46 年历史资料挑选出多个强弱冬季风个例进行合成分析, 以进一步探讨个例分析中的一些主要结果。最后, 引用奇异值分解方法来诊断分析冬季风异常对海温的影响。分析结果表明: 冬季风异常不但造成了同期大尺度环流形势的差异, 而且对后期环流和天气状况也有较大的影响; 环流异常的持续性与海温异常的持续性密切相关, 海温可能是维持这种持续异常的中介, 它在冬夏季环流的隔季相关中起了重要的作用。

关键词 东亚冬季风 海表温度 奇异值分解分析

1 引言

东亚冬季风是全球最强的冬季风。近十几年来对东亚冬季风的研究已经引起越来越多的科学工作者的注意, 所取得的成果也很丰富。其中较为引人注目的是发现东亚冬季风的异常能引起全球性特别是中低纬度环流的变化, 并可明显地影响未来的环流与天气^[1~3]。此外, 冬季风异常对海洋变化的影响也受到人们的关注。李崇银^[4]认为频繁活动的东亚冬季风将是 El Niño 发生的启动机制。孙柏民等^[5]在研究海温在冬夏季风相互关系中的作用时也指出, 异常冬季风对海温的影响是明显的, 而且这种影响所产生的 SST 的异常有很长的持续性。纪立人^[6]的数值试验研究也得到了类似的结果。为了更深入地研究冬季风异常所产生的环流、海温的变化及其隔季相关现象, 本研究系列第 I 部分^[7]已经从冬季风个例分析入手, 对强弱冬季风所对应的各个要素场的异常特征进行对比, 揭示了冬季风异常与全球环流变化的关系以及冬季风异常对后期环流和天气的影响。本文作为研究系列的第 II 部分, 主要讨论冬季风异常与海温变化的关系, 并侧重于对多个个例进行合成和相关分析, 以进一步探讨冬季风对环流、海洋及后期天气的可能影响。

2 资料及计算方法

本文使用的资料与第 I 部分工作 (见文献[7]) 的大致相同。个例分析的年份也一样, 为进行合成分析, 还从中国气象局 46 年历史资料中选取了强弱各 7 个冬季风个例

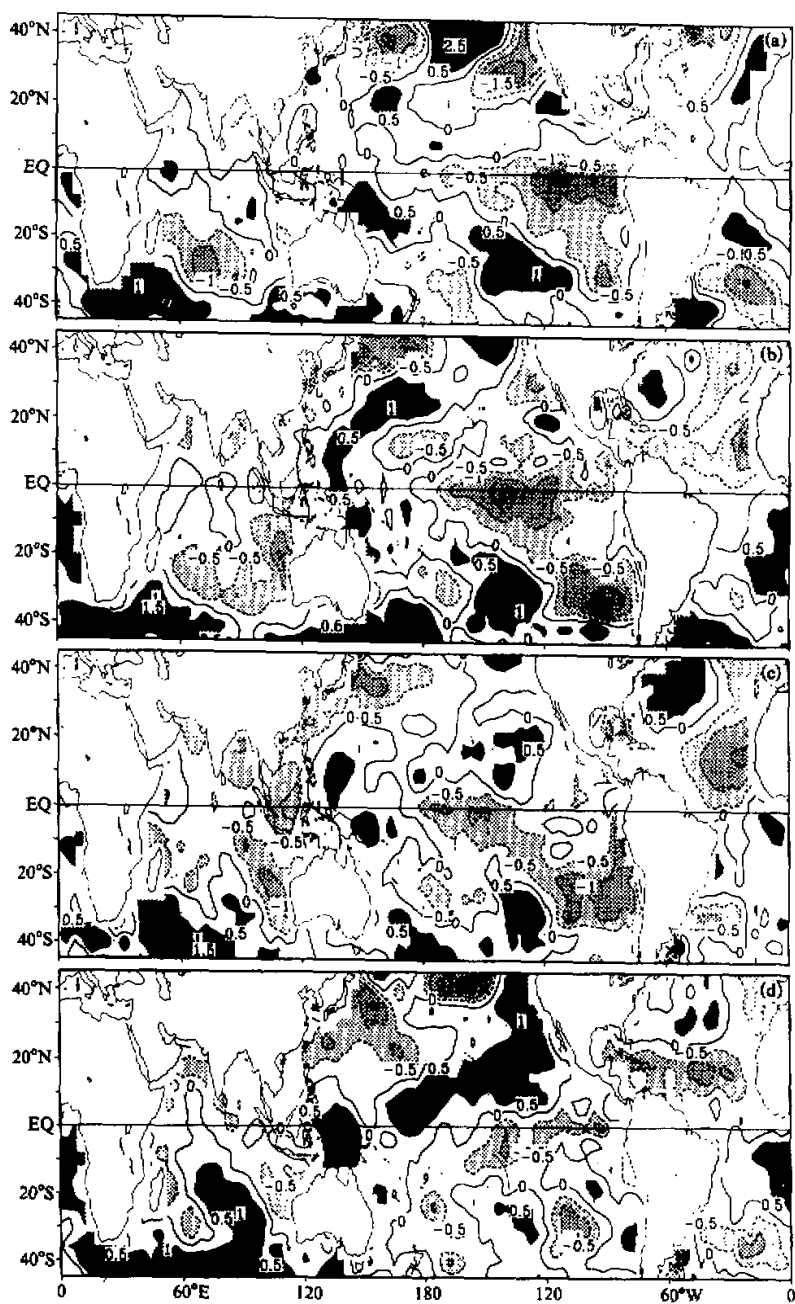


图1 与强弱冬季风年对应的海温差(强减弱)
(a) 前秋; (b) 冬季; (c) 春季; (d) 夏季

4 冬季风影响的统计研究

4.1 合成分析

上一节和本研究系列第 I 部分^[7]介绍的都是从两个个例分析出发所得的结果, 为进一步研究这些特征的普遍意义, 我们挑选出强弱各 7 个冬季风年的个例, 进行合成分析。

图 2 是 500hPa 高度场的合成图 (图中等值线单位为位势什米), 可以看到, 强年合成的结果是在东亚大槽和北美大槽的气候平均位置上出现负距平中心 (即大槽明显偏

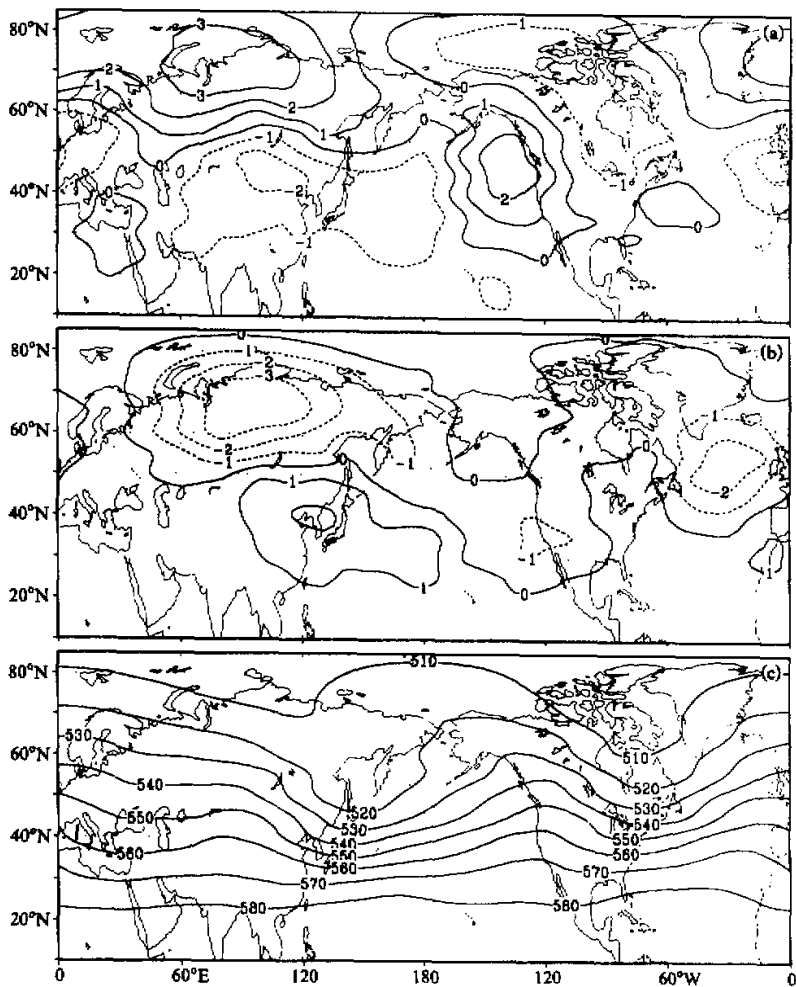


图 2 500hPa 高度场合成图 (单位: 位势什米)
(a) 强年距平; (b) 弱年距平; (c) 多年平均

深), 乌拉尔高压区和太平洋高压区则出现正距平中心, 使得环流经向度加大; 而弱年合成的结果是槽区出现正距平、脊区出现负距平, 与强年的情况刚好相反。这与第 I 部分^[7]的个例分析结果完全一致 (见第 I 部分中的图 3)。

下面再来看看海表温度场。图 3 给出了合成后的海温差值在冬季及后期春夏两季的分布情况。由图 3a 可见强年冬季亚洲大陆沿岸和赤道东太平洋均为负距平, 而西太平洋暖池区为正距平, 这与前面个例分析的结果是一致的 (见图 1a)。很有意思的是, 经过合成分析后, 海温异常的持续性依然存在, 合成后的春夏季海温距平与个例分析中春夏季的情况十分相似 (见图 3b、c 和图 1c、d)。

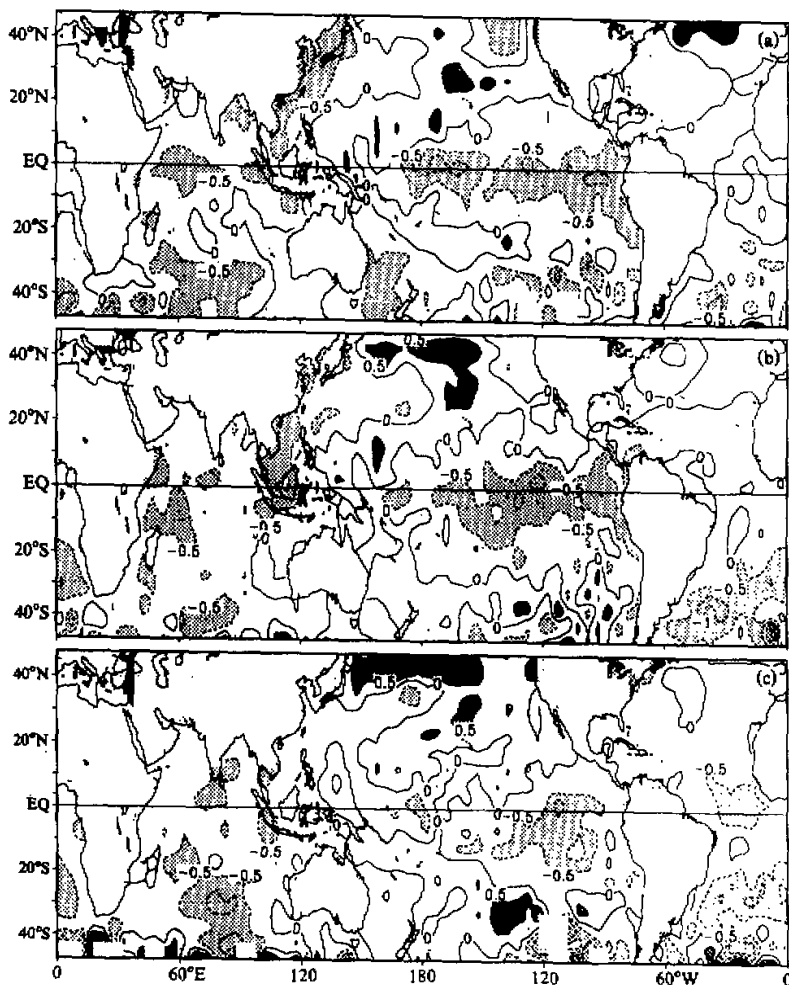


图 3 合成的海温强减弱差值图

(a) 冬季; (b) 春季; (c) 夏季

这些说明, 强弱冬季风年所对应的环流形势是有很大差异的, 它对海温所产生的影响也有季节尺度的持续性, 这就能很好地解释冬夏环流之间的隔季相关的物理过程。

4.2 奇异值分解分析

为了进一步研究冬季风异常对后期海温异常分布的影响, 我们用 SVD 方法研究表征冬季风异常的风场和高度场与后期海温的关系。由于风场资料时间较短 (只有 10 年: 1980~1989 年), 为了增加样本序列, 我们对每个冬季都采用逐月资料 (12、1、2 月, 简称为 DJF), 从而获得 30 个样本, 以满足 SVD 的样本要求。SVD (奇异值分解) 不仅能求出两个场的相关程度, 而且能对各个场进行分型, 找出它们的最佳耦合型, 其方法及功能请参考文献[10]、[11]。

我们首先对冬季的海温距平 (SSTA) 与同期的 500 hPa 位势高度 (H) 进行分析。它们的第一模态相关系数很大, 达到了 0.78, 两者耦合的累积方差占总方差的 42%。其中 SSTA 分布的特征是东亚大陆沿岸与赤道中东太平洋为负距平, 而西太平洋暖池区则为正距平, 大体上为 La Niña 海温型 (见图 4); 高度场 H 的特征则是东亚大槽区为较大的负值区 (表明槽偏深), 乌拉尔高压和太平洋高压区均为正值 (即脊偏强), 环流经向度大, 这显然是对应强冬季风的情形。SSTA 与 H 场的第一模态的这种配置表明 La Niña 型海温分布对应着强冬季风, 这与前面的个例及合成分析结果是一致的。从第二模上 (图略) 看, 高度场的分布特征与第一模的分布基本相反, 东亚大槽区

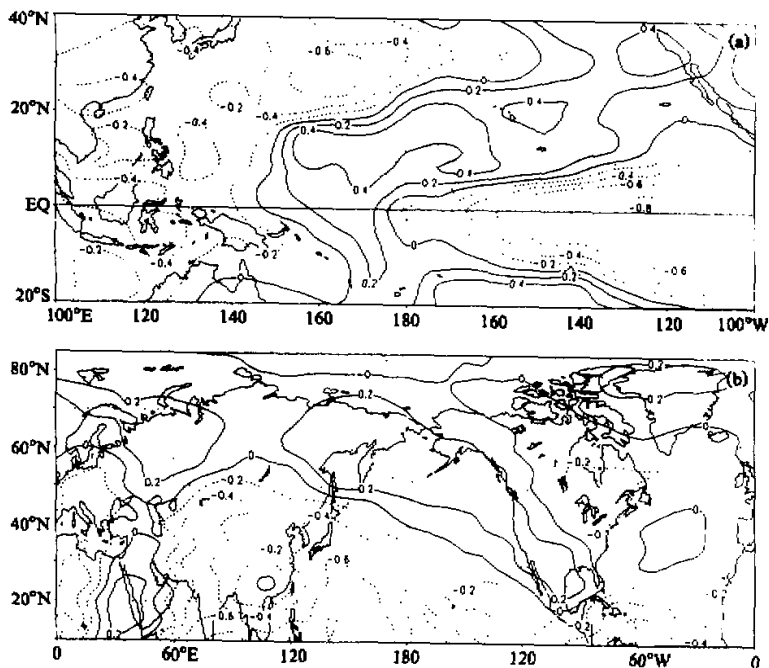


图 4 用 SSTA (DJF) 与 H (DJF) 作 SVD 所得的第一模态分布图
(a) SSTA 场; (b) 高度场

为正, 乌拉尔高压和太平洋高压区为负, 即对应弱冬季风年情形; 而此时 SSTA 的分布在几个关键海域距平符号大体上与上述的相反, 这个结果从另一方面反映了冬季风与海温的关系。

考虑到冬季风异常的滞后影响, 我们又用滞后一个月 (1、2、3 月, 简称为 JFM) 的 SSTA 与冬季 (DJF) 的 H 场作了 SVD 分析。第一模态的结果是: H 与 SSTA 的分布类似于 DJF 的情况 (见图 5), 只是滞后比同期的相关系数更大 (达到 0.80), 每个模态占其自身的方差分量也更大。另外, H 的第一模更好地反映了冬季风强年乌拉尔高压和太平洋高压加强的特征。SSTA 场的第一模中, 西太平洋暖池区的正距平中心更强, 位置也比用同期的 SSTA 第一模的情况偏西, 后者的正距平区在 150°E 以东, 而前者正距平区已移至菲律宾附近 125°E 的洋面上, 比较接近个例及合成分析的结果。滞后相关的第二模也与同期的类似。

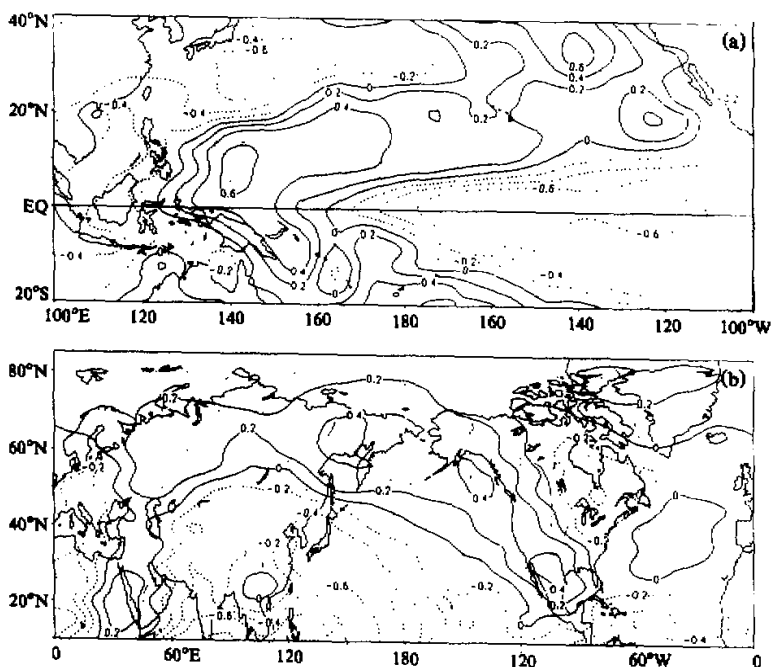


图 5 用 SSTA (JFM) 与 H (DJF) 作 SVD 所得的第一模态分布图

(a) SSTA 场; (b) 高度场

进一步作春季 (MAM) 及夏季 (JJA) 海温与冬季 (DJF) 高度场的相关, 发现 SSTA 和 H 的前两个模态分布与上述 DJF 及 JFM 前两模的情况基本一样, 而且春季更加清楚地反映了强冬季风对应 La Niña 型海温及弱冬季风对应 El Niño 型海温的信息, 直到夏季第一模的异常才稍有减弱, 而第二模的特征仍然是很强的 (图略)。可见冬季中高纬大尺度环流对其后期海温的影响是明显的, 特别是在上述几个关键的海域。

因为冬季风的强弱在风场上表现得更为显著, 为此我们还用冬季 (DJF) 东亚地区的 1000 hPa 经向风分量 (V) 分别与同期 (DJF) 及滞后 (JFM, MAM, JJA) 的海温距平场作了 SVD 分析, 其主要结果与用高度场与海温场所作的结果类似。因篇幅有限这里只给出冬季同期相关的情况。风场第一模的特征是从日本海、朝鲜半岛至东亚大陆沿岸及海洋大陆地区出现较强的负距平, 这正对应着冬季风偏强的情况, 此时海温场的特征是东亚大陆沿岸和赤道中东太平洋为负距平, 西太平洋暖池区为正距平 (即类似于 La Niña 型, 见图 6), 这与前面高度场与海温场的配置是一致的。所不同的是用风场与海温场作 SVD 得到的第一模没有高度场与海温的第一模理想。

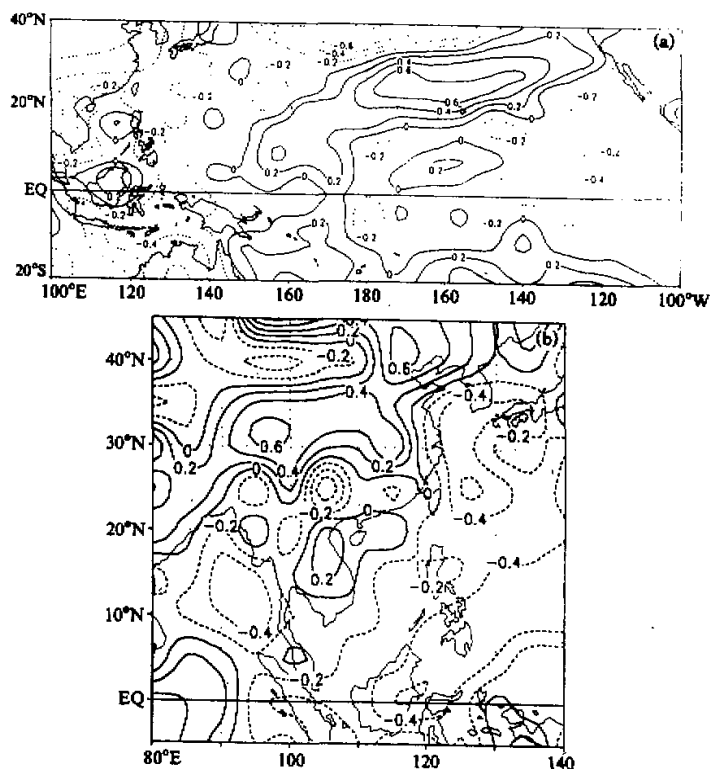


图 6 用 V (DJF) 与 $SSTA$ (DJF) 作 SVD 所得的第一模态分布图
(a) $SSTA$ 场; (b) V 场

由此看来, 不论是风场或是高度场所反映的冬季风异常与其后期的海温场的关系都是十分一致的, 特别是中高纬度大尺度环流形势在反映冬季风环流异常对海温的持续影响方面具有更大的优越性。也即冬季风所对应的大尺度环流 (或风场) 的异常明显地影响了同期或后期的海温, 强弱冬季风对应着相反的海温距平分布。这个结果有力地支持了海温在隔季相关中所起的中介作用的观点。

5 结论

本文在对东亚地区的一个强冬季风年(1986年)和一个弱冬季风年(1980年)进行了对比分析的基础上,又对强弱各7个冬季风年进行了合成分析,以揭示冬季风异常对全球,特别是低纬热带地区流场所产生影响的普遍意义。此外,还引用SVD方法对冬季风异常对海温所产生的影响进行了研究,给出了它们的最佳耦合模态和滞后相关。结果表明,这些分析都得到比较一致的结论,它们是:

(1) 东亚冬季风环流是全球大气环流的一个重要组成部分,冬季风异常与全球环流的异常密切相关。冬季风强年,中高纬地区环流经向度大,冷涌活动频繁,亚洲沿岸至南海北部则海温偏低,赤道东太平洋海温也偏冷,而赤道西太平洋特别是暖池区海温偏暖。弱年则基本上呈现出相反的趋势。

(2) 合成分析与个例分析结果非常一致,说明冬季风的强弱确实能使同期和后期的环流和海洋状况出现明显的差异。

(3) 海温在环流的隔季相关中起到重要作用。海温距平分布与环流异常均有较好的跨季节持续性。SVD分析不仅揭示了海温与冬季风有较大的相关性,而且很好地描述了海温对冬季风异常滞后响应的特征。海温可能是维持环流持续异常的一种中介。

参 考 文 献

- 1 Liu, H., E. Tosi and S. Tibaldi, 1994, On the relationship between northern hemisphere weather regimes in winter time and spring precipitation over China, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **120**, 185~194.
- 2 Sun Bomin and Sun Shuqing, 1994, The analysis on the features of the atmospheric circulation in preceding winter for the summer drought and flooding in the Yangtze and Huaihe river valley, *Advance in Atmospheric Sciences*, **11**, 79~90.
- 3 孙淑清、孙柏民, 1995, 东亚冬季风环流异常与中国江淮流域夏季旱涝天气的关系, *气象学报*, **53**, 438~450.
- 4 Li Chongyin, 1990, Interaction between anomalous winter monsoon in East Asia and El Niño events, *Advances in Atmospheric Sciences*, **7**(1), 36~46.
- 5 孙柏民、孙淑清, 1996, 海温在东亚冬季风影响江淮流域旱涝中的作用, 灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 46~53.
- 6 Ji Liren and Sun Shuqing, 1996, Observational and model study on interseasonal connection of atmospheric circulation, in: *From Atmospheric Circulation of Global Change*, Beijing: China Meteorological Press, 365~376.
- 7 陈隽、孙淑清, 1999, 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 I. 强弱冬季风影响的对比研究, *大气科学*, **23**(1), 101~111.
- 8 郭其蕴、王日升, 1990, 东亚冬季风活动与厄·尼诺的关系, *地理学报*, **45**, 68~87.
- 9 Molteni, F., T. N. Palmer et al., 1993, The role of tropical-extratropical interactions in the maintenance of global scale anomalies during the La Niña event of 1988/1989, in: *Climate Variability*, China Meteorological Press, 67~79.
- 10 Wallace, J. M. et al., 1992, An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data, *Journal of Climate*, **5**, 541~560.
- 11 Wallace, J. M. et al., 1992, Singular value decomposition of wintertime sea surface temperature and 500-mb height anomalies, *Journal of Climate*, **5**, 561~576.

Eastern Asian Winter Monsoon Anomaly and Variation of Global Circulation

Part II: Influence on SST by Winter Monsoon

Chen Jun and Sun Shuqing

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

Abstract It is the second part of a series of studies on the winter monsoon. Firstly the difference of SST in a strong winter monsoon year (1986) and a weak one (1980) chosen from Part I is compared. Then, a composite study, based on seven cases both for strong and weak winter monsoon years, is made to further illustrate the results obtained from the case study. Finally, the SVD method is introduced to investigate the relationship, simultaneously and lagged, between the winter monsoon and the sea surface temperature anomaly. The main results show that: the East Asian Winter Monsoon anomaly not only results in the difference of the circulations in winter, but also affects the circulations and weather in the following seasons. The persistence of the winter monsoon anomaly is well relative to that of SSTA. The sea surface temperature seems to play a medium role in the interseasonal connection.

Key words Asian winter monsoon sea surface temperature singular value decomposition analysis