

# 来自大气内部的季节气候可预测性初探

王会军

中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心, 北京 100029

**摘 要** 这是一个十分初步的工作结果。通常认为, 气候的季节—年际可预测性主要来自缓慢变化的大气外强迫的异常(如海表温度、积雪、土壤温度和湿度等)。作者从大气月平均风场异常的持续性以及与东亚季风年际异常相关的全球大气环流异常特征两个方面初步探讨东亚夏季气候的可预测性。初步结果说明, 大气月平均风场在对流层上层和平流层下层的热带区域及一些关键区域可持续性可以超过一个季节, 并且与东亚季风有显著相关, 从而使得从大气内部变化来考虑东亚夏季风气候仍然有一定的可预测性。

**关键词** 大气内部 持续性 可预测性

**文章编号** 1006-9895 (2005) 01-0064-07

**中图分类号** P647

**文献标识码** A

## Preliminary Research on the Inner-Atmosphere-Originated Seasonal Climate Predictability

WANG Hui-Jun

*Nansen-Zhu International Research Center, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

**Abstract** This is a very preliminary work on detection of seasonal climate predictability arising from the internal atmosphere. Generally speaking, seasonal climate predictability is mostly determined by the external forcing that has larger scale of temporal variation, namely, the sea surface temperature, snow cover, soil wetness, and so on. Based on analyzing the persistence of monthly mean wind anomalies and the East Asian monsoon-related global-scale atmospheric circulation anomalies, the inner-atmosphere-originated seasonal climate predictability is discussed. The results show that the wind anomalies in spring in many key regions like upper troposphere and lower stratosphere in the tropics, which is closely related to the East Asian monsoon, may persist for up to 4 to 5 months. Thus, climate predictability may be partly originated by the internal processes of the atmosphere.

**Key words** inner-atmosphere, persistence, predictability

## 1 引言及问题的提出

Lorenz 等工作<sup>[1,2]</sup>证实, 大气的混沌性质决定了逐日的天气预报的上限为几个星期。而气候的季节预测(指提前预测季节平均的大气变量)则取决于低频率变化特征(如准两年振荡 QBO)和边界强迫<sup>[3,4]</sup>。这些强迫主要包括海表温度异常、冰雪异常、土壤湿度异常等等。而且, 人们认为主要的气候

可预测性来自大气外部。

国际上通常用来研究季节气候可预测性的方法, 是利用全球大气环流模式(AGCM)进行一系列的模拟试验来检查大气内部变化与大气外强迫所致的方差之比, 认为这个比值越小气候可预测性越大。这个方法被广泛用于研究非洲、美洲、亚非季风区等区域的气候季节可预测性<sup>[5-12]</sup>, 还认为 SST 引起的北半球夏季气候可预测性主要表现在纬向平均分量上。并且指

收稿日期 2004-10-15

资助项目 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 KZCX3-SW-221, 国家自然科学基金项目 40475037 和 40221503

作者简介 王会军, 男, 1964 年出生, 博士, 研究员, 主要从事古气候模拟、东亚季风气候变异及其可预测性的研究。E-mail: wanghj@mail.iap.ac.cn

出，热带、副热带对流层上层和中纬区的变异均与 SST 有密切关系，但区域不同。Timbal 等<sup>[13]</sup>则研究了土壤湿度对澳大利亚气候可预测性的影响，并认为土壤湿度可以加大气候异常的持续性和可预测性。这与林朝晖等<sup>[14]</sup>的研究结果类似。

Wang 等<sup>[15]</sup>指出，1998 年夏季中国长江和嫩江流域的夏季洪涝主要受控于 SST 的异常。但是，大气状态在 4 月份的异常也对后期的夏季降水异常起了显著作用。近来，郎咸梅等<sup>[16]</sup>的 30 年夏季气候回报试验研究又进一步证实了大气初始场在一些典型年份的显著作用。实际上，中国学者很早就注意到了大气的韵律现象<sup>[17]</sup>，还指出了冬季风异常对次年夏季风的影响<sup>[18,19]</sup>。当然，人们可以问这样一个问题，即 QBO 和冬季风对夏季风的影响到底是纯粹由大气内部运动

变化造成还是由大气与其他系统的耦合作用造成，不过那是另一个问题了。

## 2 月平均大气风场的持续性

本节主要考虑月平均风场异常的持续性。在计算之前，所有变量的线性趋势均通过最小二乘法被去掉了。图 1a 是 4 月份 100 hPa 纬向风异常的持续月数（以持续相关超过 95% 信度为判断标准）。可以清楚地发现，持续性超过 1 个月甚至达到 3~5 个月的区域主要有非洲的副热带区、热带西太平洋区、中东太平洋的热带和副热带区南美洲和大西洋的低纬区。对东亚气候很重要是西太平洋和中东太平洋纬向风异常的持续性比较好，中心区域可达 4 个月之久，即可持续到 8 月份，而这种纬向风异常对太平洋区域 SST

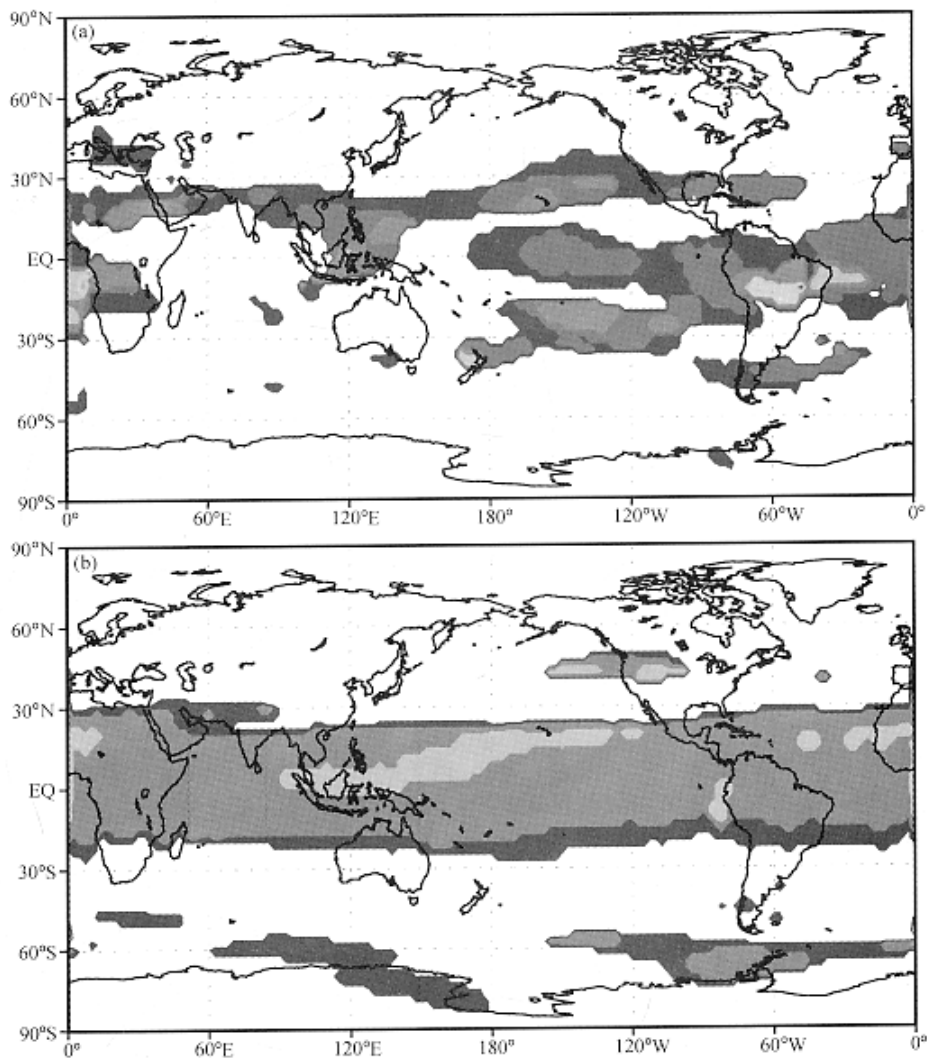


图 1 4 月份 100 hPa (a) 和 30 hPa (b) 纬向风异常的持续时间 (月)，阴影区为大于 1 个月的区域  
Fig. 1 The persistence time (in month) of the 100 hPa (a) and 30 hPa (b) zonal wind anomalies to the climatology in April. Area with values larger than 1 month is shaded

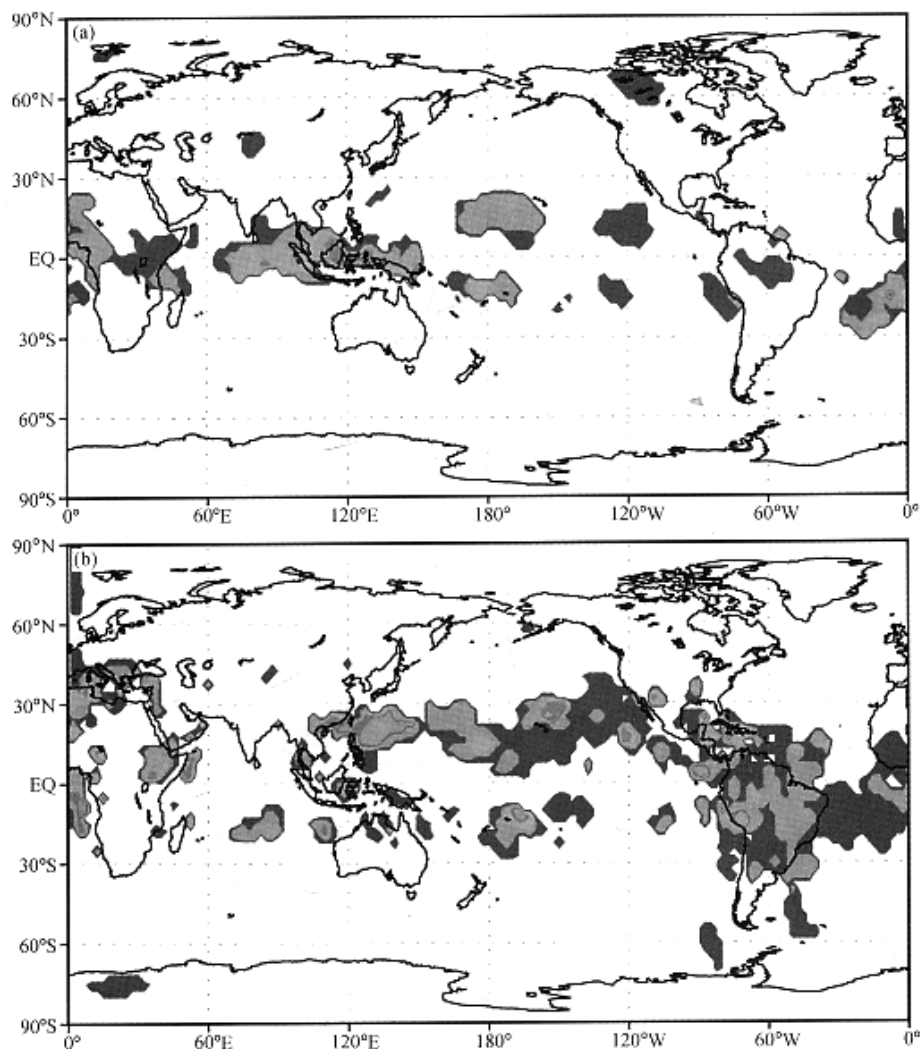


图2 同图1, 但为经向风

Fig. 2 Same as Fig. 1, but for the meridional wind anomalies

和 ENSO 的演变都至关重要。在 30 hPa (图 1b) 上, 持续性长的区域主要在 30°南北纬之内, 而且纬向很均一, 说明在低纬区域总体上纬向风异常具有相当好的持续性。

图2是4月份经向风异常的持续时间分布, 从 100 hPa 来看, 持续时间长的区域较纬向风情况明显缩小, 在西太平洋和东印度洋是一个大值区, 该区域的经向风直接关系到跨赤道气流和南海夏季风以及东亚气候。在 30 hPa 上, 持续时间长的区域更大, 中国南海区和太平洋北半球副热带区域均是大值区。中、南美洲沿岸的大值区扩大更为明显。非洲北部和地中海地区的持续时间也较长。

这些情况说明, 大气风场异常在一些关键区的持续性较长, 应该对夏季气候的季节预测有指示意义。

### 3 季风的相关性和来自大气内部的气候可预测性

首先, 为了考虑与东亚夏季风异常相关的大气环流, 我们定义一个东亚季风指数。这里, 我们沿用 Wang<sup>[20]</sup> 的定义, 即 850 hPa 上区域 (20°N ~ 40°N, 110°E ~ 125°E) 平均的风速距平, 记为 EAMI。图3给出了 EAMI 与 30 hPa、100 hPa、500 hPa 的纬向风的年际相关 (均扣除了线性趋势, 下同)。30 hPa 上的显著负相关区在北半球中纬区 (30°N 附近), 而显著正相关在南半球副热带区 (20°S 附近), 即东亚夏季风 (EAM) 与北半球中纬度带和南半球副热带的纬向风关系密切。而在 100 hPa, 关系密切的区域为西太平洋区和中东太平洋至非洲的热带区 (负相关) 和

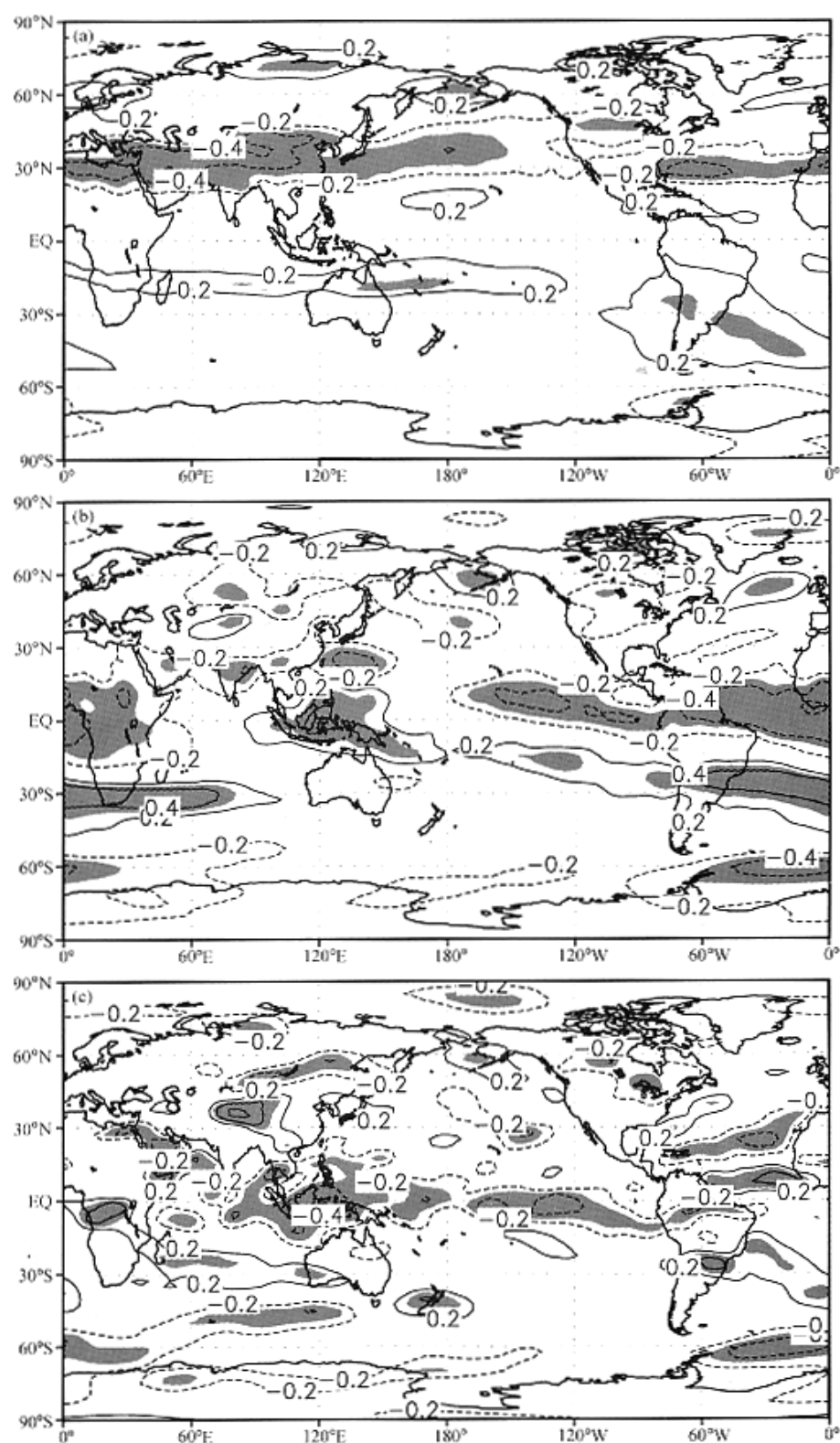


图3 东亚季风指数 EAMI 与 30 hPa (a)、100 hPa (b) 和 500 hPa (c) 纬向风的相关分布, 阴影区为信度超过 95% 的区域

Fig. 3 The correlation coefficient between EAMI and zonal wind anomalies at 30 hPa (a), 100 hPa (b), and 500 hPa (c). The linear trend for the period (1949 – 2002) has been removed. Areas with 95% significance are shaded

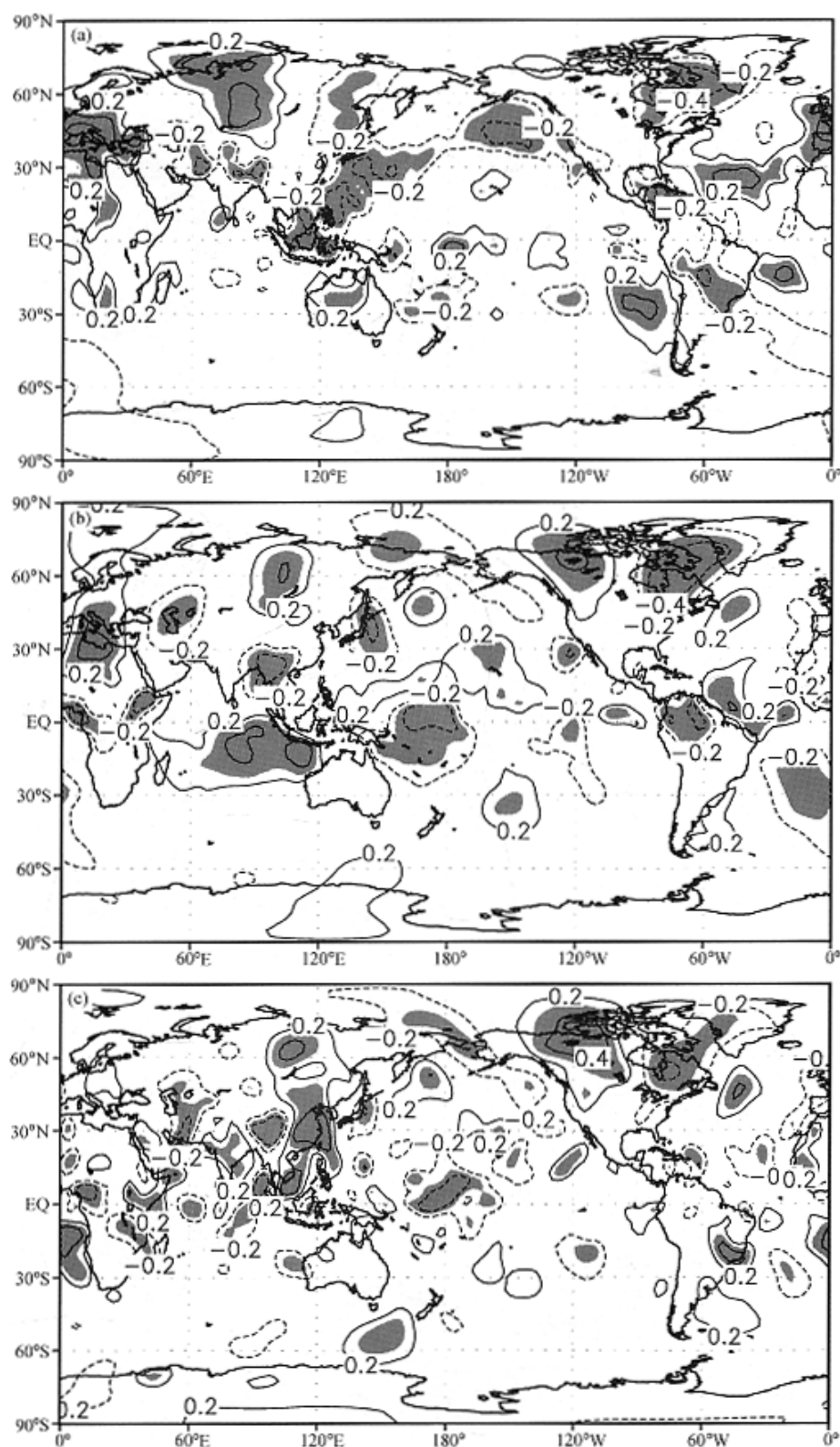


图4 同图3, 但为经向风

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for the meridional wind

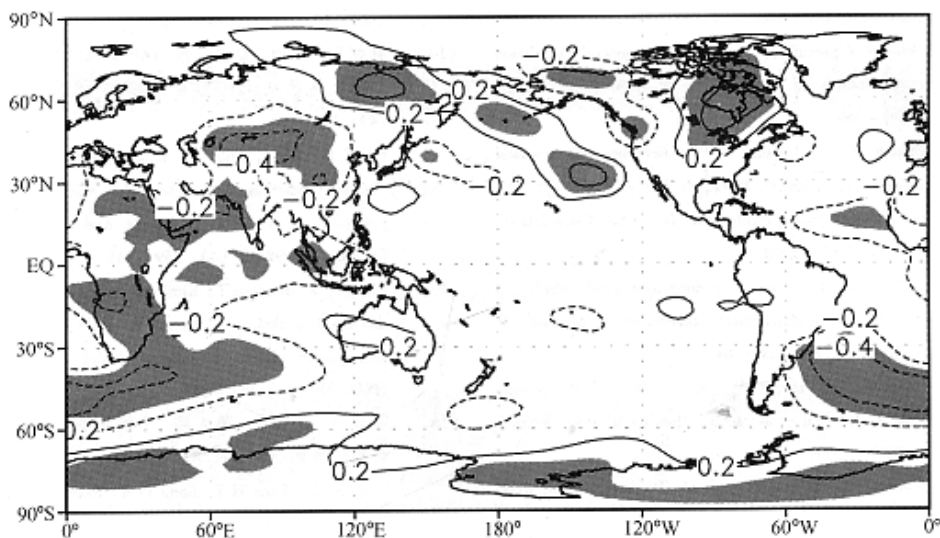


图 5 东亚季风指数 EAMI 与 500 hPa 高度场的相关分布，阴影区为信度超过 95% 的区域

Fig. 5 The correlation coefficient between EAMI and 500 hPa geopotential height. The linear trend for the period (1949 – 2002) has been removed. Areas with 95% significance are shaded

暖池及中东太平洋至非洲的 30°S 附近（负相关）。因此，在暖池区和西太平洋区形成一个波列分布。另外，在 100 hPa 上与 EAM 异常相关联的纬向风异常在非洲季风区、印度季风区和东亚季风区是一致的，而这些区域的南部为相反的异常分布。在 850 hPa 上，暖池区和热带地区基本上是负相关区域。总之，在高层中纬区的纬向风异常与 EAM 联系最紧密，在低层热带的纬向风异常最为紧要，并且均是显著的负相关关系。

EAM 与经向风的相关分布特征与纬向风情况很不一样（图 4），在 30 hPa 上，西太平洋到西伯利亚地区及东北部太平洋区为负相关，而欧洲北部为正相关区。100 hPa 上的北半球中高纬分布型与 30 hPa 相似，但在澳大利亚东北部和西北部的太平洋区和印度洋区分别存在一个显著负相关区和正相关区，说明这两个区域的越赤道气流是很重要的。在 60°N 及其以北的欧亚大陆—北太平洋—北美大陆区域有一个遥相关波列存在，它在 500 hPa 上尤为明显，在北美大陆上反映为一个偶极型分布。

在 EAM 与 500 hPa 高度场的相关分布上，也清晰地显示了这个波列，而且，通过非洲、亚洲区域的越赤道气流与南半球中高纬环流密切关联，另外，还可以发现南极涛动（AAO）所反映的南半球中高纬区纬向平均的径向模与 EAM 紧密相关。

由此可见，对流层中低层热带的风场变化、高层中高纬区的风场变化，特别是欧亚大陆—北太平洋—北美大陆的遥相关波列、以及南半球中高纬环流（特

别是 AAO）的变化都是与 EAM 密切相关的。这些系统的持续性和可预测性必然带来 EAM 的可预测性，这种可预测性主要决定于大气内部自身的变动规律。

## 4 结语

通过本文的工作发现，大气 4 月份平均风场的持续性在热带的对流层上层和平流层下层可达数月，在西太平洋、中东太平洋的副热带区及中美洲附近均存在非常好的持续性。反映出大气内部运动变化所决定的异常信息的持续特征。这与大气低频振荡特征有联系，但不同。一个是异常信息的持续性质，另一个是异常信息的振动性质。

大气运动的这种长时间尺度持续性导致了东亚季风气候的部分可预测性，纽带就是与东亚季风变动相联系的全球范围内有关环流因子的变化，比如，中低纬和西太平洋等区域的风场变化即与 EAM 密切相关又具有较长的持续性，这种区域还包括两个半球中高纬区的风场变化。

实际上，探索来自大气内部的气候可预测性还可以从不同区域大气变量的非同时相关入手来研究。本文仅仅是对季节尺度气候可预测性之大气内部因素作了非常粗浅的探讨，以期就教于同行，并祈望推动气候可预测性研究的深入，因为这个问题实在是太重要了。

## 参考文献

- [1] Lorenz E N. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the Atmospheric*

- Sciences*, 1963, **20** (2): 130 ~ 148
- [ 2 ] Lorenz E N. A history of prevailing ideas about the general circulation of the atmosphere. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1983, **64** (7): 730 ~ 769
- [ 3 ] Brankovic C, Palmer T N, Feranti L. Predictability of seasonal atmospheric variations. *J. Climate*, 1994, **7**: 217 ~ 237
- [ 4 ] Ebisuzaki W. The potential predictability in a 14-year GCM simulation. *J. Climate*, 1995, **8**: 2749 ~ 2761
- [ 5 ] Koster R, Suarez D, Max J, et al. Variance and predictability of precipitation at seasonal-to-interannual timescales. *Journal of Hydrometeorology*, 2000, **1** (1): 26 ~ 46
- [ 6 ] Sperber K R, Brankovic C, Déqué M, et al. Dynamical seasonal predictability of the Asian summer monsoon. *Monthly Weather Review*, 2001, **129** (9): 2226 ~ 2248
- [ 7 ] Schubert S D, Suarez M J, Pegion P J, et al. Predictability of zonal means during boreal summer. *J. Climate*, 2002, **15** (4): 420 ~ 434
- [ 8 ] Camberlin P, Philippon N. The East African March-May rainy season: Associated atmospheric dynamics and predictability over the 1968 – 97 period. *J. Climate*, 2002, **15** (9): 1002 ~ 1019
- [ 9 ] Straus D, Shukla J, Paolino D, et al. Predictability of the seasonal mean atmospheric circulation during autumn, winter, and spring. *J. Climate*, 2003, **16** (22): 3629 ~ 3649
- [ 10 ] Molteni F, Corti S, Ferranti L, et al. Predictability experiments for the Asian summer monsoon: Impact of SST anomalies on interannual and intraseasonal variability. *J. Climate*, 2003, **16** (24): 4001 ~ 4021
- [ 11 ] Kang In-Sik, June-Yi Lee, Chung-Kyu Park. Potential predictability of summer mean precipitation in a dynamical seasonal prediction system with systematic error correction. *J. Climate*, 2004, **17** (4): 834 ~ 844
- [ 12 ] Misra V. An evaluation of the predictability of Austral summer season precipitation over South America. *J. Climate*, 2004, **17** (6): 1161 ~ 1175
- [ 13 ] Timbal B, Power S, Colman R, et al. Does soil moisture influence climate variability and predictability over Australia? *J. Climate*, 2002, **15** (10): 1230 ~ 1238
- [ 14 ] 林朝晖, 李旭, 赵彦, 等. IAP 短期气候预测系统的改进及其对 1998 全国汛期旱涝形势的预测. *气候与环境研究*, 1998, **3** (4): 339 ~ 348
- Lin Z H, Li X, Zhao Y, et al. Improvement of the IAP short-term climate prediction system and the real-time prediction for summer precipitation of 1998. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 1998, **3** (4): 339 ~ 348
- [ 15 ] Wang H J, Matsuno T, Kurihara Y. Ensemble hindcast experiments for the flood period over China in 1998 by use of the CCSR/NIES atmospheric general circulation model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2000, **78** (4): 357 ~ 365
- [ 16 ] 郎咸梅, 王会军, 姜大膀. 中国冬季气候可预测性的跨季度集合数值预测研究. *科学通报*, 2003, **48** (15): 1700 ~ 1704
- Lang X M, Wang H J, Jiang D B. Extraseasonal ensemble numerical prediction of winter climate over China. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 2003, **48** (19): 2121 ~ 2125
- [ 17 ] 王绍武. 气候系统引论. 北京: 气象出版社, 1994
- Wang S W. *Introduction to the Climate System* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1994
- [ 18 ] 李崇银. 频繁的强大东亚大槽活动与 El Niño 的发生. *中国科学 (B)*, 1988, **18** (6): 667 ~ 674
- Li C Y. Frequent strong East Asia trough activities and the occurrence of the El Niño. *Science in China* (Series B, in Chinese), 1988, **18** (6): 667 ~ 674
- [ 19 ] 孙淑清, 孙柏民. 东亚冬季风环流异常与江淮流域旱涝的关系. *气象学报*, 1995, **53**: 440 ~ 450
- Sun S Q, Sun B M. The relationship between the anomalous winter monsoon circulation over East Asia and summer drought / flooding in the Yangtze and Huaihe River valley. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1995, **53**: 440 ~ 450
- [ 20 ] Wang H J. Instability of the East Asian summer monsoon-ENSO relations. *Adv. Atmos. Sci.*, 2002, **19**: 1 ~ 11