

海洋和气候的变化及其 对环境和资源的影响 论文集

陈则实

秦曾灏

蒲书箴

黄振宗

主编



海洋出版社

海洋和气候的变化及其对环境 和资源的影响论文集

陈则实 秦曾灏
蒲书箴 黄振宗

主编

海洋出版社

2001年·北京

内 容 简 介

本文集是“海洋和气候的变化及其对环境和资源的影响”学术讨论会论文汇编。内容包括以下5个方面:海洋-大气系统的低频变化及其预报和应用;海洋和大气的耦合问题;低频变化的数值模拟和可预报性;海洋(含海冰)和大气的动力过程及其数值模拟;海洋和气候变化对渔业、航海、滩涂资源的影响等方面。本文集可供海-气关系、气候预测预报、环境和资源开发利用等方面的科研、教学人员及科研管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

海洋和气候的变化及其对环境和资源的影响论文集/
陈则实编. —北京:海洋出版社, 2001.7

ISBN 7-5027-5329-X

I. 海... II. 陈... III. ①海洋-气候变化-影响-海洋环境-研究-文集②海洋-气候变化-影响-海洋资源-研究-文集 IV. X21-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第050889号

责任编辑 陈茂廷

责任印制 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.Oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京海洋印刷厂印刷 新华出版社发行所经销

2001年7月第1版 2001年7月北京第1次印刷

开本: 787×1029 1/16 印张: 9.5

字数: 243千字 印数: 1~400册

定价: 25.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

当今世界面临人口、资源、环境和发展失衡的严峻挑战，资源、环境与经济发展相协调，使社会、经济走向可持续发展的道路，已成为世界各国的共识。为此，1992年联合国环境与发展大会通过的《21世纪议程》，确立了人类社会未来发展要实施可持续发展战略，并把全球性资源和环境可持续利用作为其重要的行动方案领域之一，然而许多事实说明，目前影响可持续开发利用的环境和资源问题越来越突出。由全球性或区域性的海洋和气候异常引起的灾害频发；海洋资源的开发利用不合理造成资源与环境的破坏和严重浪费；入海污染物总量不断增加，致使某些海域环境污染加剧，生态环境趋于恶化；所有这些都已直接威胁着人类赖以生存的粮食、水和能源等基本条件的维持。

在诸多的环境和资源问题中，海洋和气候的变化是其中最重要的方面之一，而长时间尺度气候变化的预测预报又是当前海洋科学和大气科学研究中一个极其活跃的领域。气候变化研究的重点是侧重在数年级的气候短期变化和年际变化，其中一些异常事件是与热带海洋的厄尔尼诺和南方涛动（ENSO）事件有关。世界上许多著名气象学家和海洋学家已经一致认识到，欲对长时间尺度气候变化进行较准确的预测预报，其关键之一在于对海洋行为的充分了解，这是因为海洋是全球环境的重要调节器。它对长期气候变化有着很大的调节控制作用，它还有很强的净化能力，可分解和消除某些有害物质。

近20年来，全球气候和海洋变化问题，特别是海气相互作用已成为世界科学团体密切关注的重要科学问题，对其研究取得了十分迅速的发展。海气相互作用已被公认为气候问题的一个核心内容，尤其是热带西太平洋海气相互作用的研究，对于揭示造成全球气候异常的 ENSO 事件的发生机制是至关重要的。世界气候计划（WCRP）明确指出：“几年到几十年的变化及预测问题，只有在充分了解全球大气和海洋的耦合动力学的基础上才有可能解决”。世界气候计划把海洋过程和海气相互作用研究列为实现该计划所确定的第二（年际）和第三（10年以上）两个时间尺度的气候问题研究的最重要途径。为了掌握全球环境变化规律、预报海洋和气候变化、保护生态环境，国际组织和许多国家曾合作进行了“热带海洋和全球大气实验（GA）”、“热带海洋和全球大气—海洋耦合实验（TOGA—COARE）”和“世界环流试验（WOCE）”等研究活动以及当前正在合作进行的“气候变化和可预测性的研究（CLIVAR）”、全球海洋污染调查和深海探测及深海钻探等科学计划。这些研究活动和计划，不仅将对地球科学的发展做出重要贡献，而且也将为全球环境和资源可持续开发利用提供科学依据。

基于上述考虑,1996年10月22~25日,“中国气象学会海洋气象学委员会”和“中国海洋学会海气相互作用专业委员会”在浙江省杭州市联合召开了“海洋和气候的变化及其对环境和资源的影响”学术讨论会。来自全国海洋、气象和水产界地方和军队的业务、科研和高校等单位代表近60位领导、专家、学者出席了会议。与会代表就海洋-大气系统的低频变化及其预报和应用;海洋和大气的耦合问题;低频变化的数值模拟和可预报性;海洋(含海冰)和大气的动力过程及其数值模拟;海洋和气候变化对渔业、航海、滩涂资源的影响等5个方面交流了最新研究成果。

本论文集汇集了“海洋和气候的变化及其对环境和资源的影响”方面的论文20余篇。我们希望本论文集的出版,将在交流研究成果的基础上,促进我国海洋学家和气象学家的进一步密切合作,加深对海气耦合系统的研究,为长时间尺度气候变化预测预报问题的解决,为全球环境和资源可持续开发利用,作出应有的贡献。

最后,向资助本文集出版的国家海局科学技术司调查处致以衷心的感谢。

陈 则 实
1998年7月

目 次

前言	I
热带海气耦合系统年际振荡中印尼 - 西太平洋暖池 SST 的作用.....	
..... 李永平 端义宏 刘秦玉 秦曾灏	1
异常东亚冬季风和 ENSO 循环	李崇银 6
赤道西太平洋上层海洋季节内振荡的特性和机制	孙即霖 刘秦玉 16
亚洲和澳大利亚冬季风在厄尔尼诺形成中的作用	陈烈庭 23
太平洋、印度洋信息区海温影响大气环流的数值研究.....	
..... 沙文钰 任 崇 蒋国荣 蔡剑平	31
全球海气耦合模式对大气 CO ₂ 含量变化的响应.....	
..... 王彰贵 巢纪平 陈英仪 蔡 怡 邢如楠	39
热带西太平洋海水和大气碳化学量的测试和应用	乔 然 王彰贵 46
西北太平洋迅速增强热带气旋及其类型特征	张秀芝 51
105°E 低层越赤道气流变化规律的初步研究	王韶霞 徐启春 许乃猷 李江龙 57
东亚盛夏北上转向台风与北太平洋海温场的关系	李 辑 张廷治 陆韬实 62
棉兰老潜流及其与南北半球间海水交换的关系	王 凡 胡敦欣 66
渤海、黄海、东海功能区划中的季风海洋学依据... 蒲书箴 于 非 赵 新 胡筱敏	72
东海海水中的过量二氧化碳	马黎明 80
气候变化对江苏沿海滩涂农业开发的可能影响 ... 顾显跃 缪启龙 曹书涛 施俊荣	90
南极冰消退对大气季节内振荡影响的数值试验	沙文钰 王成刚 97
上海地区与东海绿华山海平面变化对比分析.....	李永平 秦曾灏 端义宏 107
穿越山东半岛台风暴雨的数值模拟.....	
..... 黎清才 杨晓霞 王成恕 曹钢锋 于少晶 丛美环	111
地形、风应力和黑潮对南海环流的影响.....	蔡 怡 李毓湘 116
南海海洋年际变化的基本特征.....	王东晓 123
湖北大涝与海温、副高异常的关系分析.....	张书俊 132
全球大气中二氧化碳增加引起全球变暖和海平面上升及其对珠江三角洲可能影响的 研究.....	唐永奎 陈国能 曹军建 江 涛 138

热带海气耦合系统年际振荡中印尼—西太平洋暖池 SST 的作用^{*}

李永平 端义宏

刘秦玉 秦曾灏

(上海台风研究所, 上海 200030)

(青岛海洋大学物理海洋研究所, 青岛 266003)

摘 要 本文采用复经验正交函数展开 (CEOF) 等方法比较了热带海洋各海域 SSTA 在年际变化过程中的位相关系, 发现印尼—西太平洋暖池区 SSTA 变化信号最先出现, 它与热带中太平洋 SSTA 相比有提前 2 个月左右的反位相变化, 文章分析了产生这种现象的可能物理机制, 指出了印尼—西太平洋暖池 SSTA 变化信号的较早出现可能起因于阿拉伯海、赤道印度洋西部纬向风所激发的东传海洋 Kelvin 波的作用, 这种东传 Kelvin 波能通过印尼贯穿流通道把扰动信息传播至西太平洋暖池区。改变后的西太平洋暖池区 SSTA 再通过海气相互作用把扰动信息向东传播以影响热带中东太平洋的海气状况。

关键词 西太平洋暖池 位相 贯穿流通道

1 引言

观测事实揭示, 热带不同海域 SSTA 变化是作为一个有机的整体相互联系在一起^[1,2], ENSO 不仅与热带中东太平洋的海气耦合过程有关, 热带其他海域的海气过程也可以成为 ENSO 的发生机制。目前许多研究注意到 ENSO 与热带西太平洋的海气状况有联系, 例如异常的热带西太平洋暖池区的大气对流活动通过伴随的西风暴发可以激发厄尔尼诺现象, 这种异常西风也可以起源于赤道印度洋^[3]。一般在厄尔尼诺事件发生前期和初期, 印尼岛链区域 SST 首先出现负距平^[4], 该区域的 SSTA 变化与南方涛动指数是正交的^[5]。数值模拟结果表明, 大气对印尼和西太平洋暖池区小的 SSTA 变化是十分敏感的, 相对热带其他海洋而言, 该区域较小的 SSTA 可以引起较大的大气异常变化^[6]。总之, 已有的研究表明, 印尼和西太平洋暖池区 SSTA 变化对整个热带海洋海气相互作用可能是很重要的, 但是目前对于印尼—西太平洋暖池 SSTA 与热带其他海域海气相互作用的关系还不是很明确, 对于引起西太平洋暖池 SSTA 变化的原因也有待进一步的探讨。

2 资料和方法

热带海洋 SSTA 变化与海表面风场直接有关, 本文所用的 SSTA 和海表风月平均场资

^{*} 国家教委博士点基金(编号:9442307)和国家自然科学基金(编号:49576277)课题资助。本工作在国家气候中心开放实验室完成。

料取自 COADS 资料集, 其原始资料的空间分辨率为 2 个纬度 $\times$ 2 个经度, 这里依据不同空间点上的观测次数为权重, 把资料分辨率变成 4 个纬度 $\times$ 8 个经度, 资料年限为 1951~1987 年。考虑到海表面高度的变化能较好地反映海洋中波动信号的传递。这里选取美国夏威夷大学的沿印度洋—太平洋区域一些测站的月平均海平面高度作为分析资料, 其中热带太平洋区域的水位资料年限较长 (1974~1987 年), 而在印度洋区域资料年限则较短。

本文采用 CEOF 方法^[1]分析 SSTA、海表风场和海面高度变化的时空分布, 这种方法可以同时表示出某一要素场在不同空间位置上的振幅和位相关系, 为表达简便起见, 这里把不同空间点上特征向量的振幅和位相用矢量形式表示, 矢量长短表示振幅的大小, 矢量方向表示位相, 并且把各要素在不同空间点上的位相都表示成相对热带中东太平洋 SSTA 的位相, 这样便于不同要素位相之间的相互比较, 这里把热带中东太平洋 SSTA 位相规定为指向东。对任何两个矢量 $\vec{A}$ 和 $\vec{B}$, 如果矢量 $\vec{B}$ 逆时针旋转 (小于 180°) 后与矢量 $\vec{A}$ 方向一致, 则表示矢量 $\vec{A}$ 滞后于矢量 $\vec{B}$ 。如果矢量 $\vec{B}$ 顺时针旋转 (小于 180°) 后与矢量 $\vec{A}$ 方向一致, 则表示矢量 $\vec{A}$ 超前于矢量 $\vec{B}$ 。

3 SSTA、海表风场和海表面高度的年际变化空间分布特征

3.1 SSTA

图 1 为 SSTA CEOF 第一特征向量, 该特征向量的方差占其原始资料方差的 42%, 它明显大于其余特征向量所占的方差。

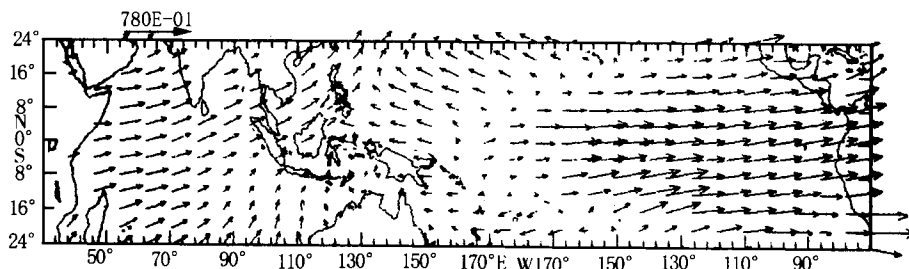


图 1 SSTA 第一特征向量

图 1 表明, 从 170°E 向东至南美沿岸的热带中东太平洋的空间矢量都一致地指向正东方向, 表明热带中东太平洋各处 SSTA 变化是一致的, 热带印度洋和南海矢量指向东略偏北方向, 即热带中东太平洋处特征向量逆时针旋转 $10^\circ \sim 15^\circ$ 就与热带印度洋特征向量的方向一致。根据 SSTA 第一特征向量的历史重建曲线 (图略), 可知它主要有 3.5 a 左右的准周期变化。因此, $10^\circ \sim 15^\circ$ 位相差约折合 2 个月时间, 即热带印度洋和南海 SSTA 滞后于热带中东太平洋 SSTA 约 2 个月。值得注意的是印尼—西太平洋暖池区 ($125^\circ \sim 150^\circ\text{E}$) 附近的矢量指向西略偏北, 即大致与热带中东太平洋 SSTA 呈反位相变化, 但两者并非正好相差 180° 位相, 相比之下, 印尼—西太平洋暖池区 SSTA 变化要超前 2 个月左右。由此可见, 整个热带太平洋和印度洋 SSTA 在年际变化过程中印尼—西太平洋暖池区 SSTA 变化信号最先出现。

3.2 海表面风场

图 2 为热带海表纬向风场的 CEOF 第一特征向量, 该特征向量占其原始资料方差的

38%。其历史重建曲线反映的主要周期与 SSTA 反映的周期相一致。

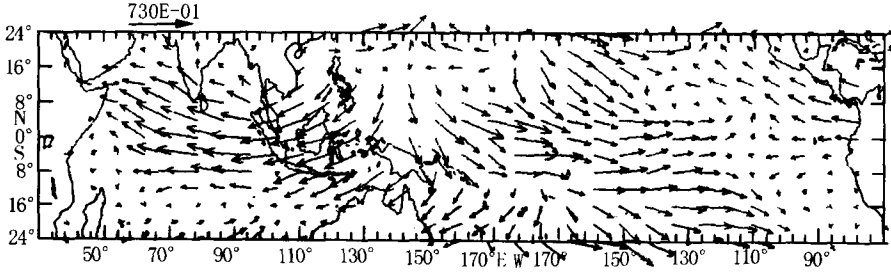


图 2 纬向风 U 的 EOF 第一特征向量

由图 2 可见,沿赤道中东太平洋 ($180^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{W}$) 的纬向风与赤道印度洋中东部 ($70^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{E}$) 的纬向风基本上呈反位相变化,即两者大致呈驻波型振荡,其波节点位于西太平洋暖池附近 (140°E)。

就热带中太平洋而言,其 SST 和海表纬向风是同位相变化的,两者基本上无位相差,说明热带中太平洋为纬向异常西风时,热带中东太平洋 SST 出现正距平,它反映了西风异常对应的信风减弱,以及西风异常所激发东传海洋暖 Kelvin 波的作用,当热带中太平洋有异常东风时,情况则相反,但是对于图 1 中为什么印尼贯穿流区和西太平洋暖池 SSTA 变化信号相对热带中东太平洋纬向风及 SSTA 要早 2 个月左右出现的事实则较难用位相相对滞后的赤道太平洋纬向风变化作出解释。图 2 显示,阿拉伯海和赤道印度洋西部的纬向风位相接近或略超前印尼和西太平洋暖池区 SSTA 的位相。根据近几年研究报告,连接赤道西太平洋和印度洋的印度尼西亚贯穿流通道对维持两大洋海表层的热量平衡起着十分重要的作用^[7],而贯穿流的变化主要取决于印度洋东传 Kelvin 波作用^[8]。因此,印尼和西太平洋暖池区 SSTA 变化信号的较早出现可能与阿拉伯海、赤道印度洋西部纬向风激发东传海洋 Kelvin 波有关,这种 Kelvin 波可能通过印尼贯穿流通道把扰动信息传播到热带西太平洋。结合图 1 和图 2 可见,当阿拉伯海、赤道印度洋西部有西风异常时,印尼贯穿流区和西太平洋暖池 SST 出现正距平,这可能反映了西风异常激发暖的 Kelvin 波迅速沿贯穿流区到达暖池区时所起的增温作用,当赤道印度洋西部有东风异常时,情况相反。

由于大气对热带西太平洋较小的 SSTA 变化是很敏感的,所以在西太平洋暖池 SSTA 首先发生变化后,随后即在其东西两侧产生纬向气流的辐合或辐散,它在位相上表现为两区域纬向风的反位相变化,暖池区及以东的纬向风异常可以进一步引起热带中东太平洋 SSTA 发生变化。例如当暖池区 SSTA 为正时,在其西侧的热带印度洋中东部形成异常西风,在其东侧的热带中太平洋形成异常东风,后者可以引起热带中东太平洋 SSTA 的下降,在位相上反映出热带中太平洋纬向风和 SSTA 略滞后(约 2 个月)热带西太平洋 SSTA 的反位相变化。

3.3 海平面高度

热带海洋波动传播的信息能较好地反映在海平面高度的变化上,当海平面高度抬升时,斜温层加深, SST 升高,反之, SST 则降低。

图 3 为根据印尼岛链区向东至热带中太平洋有较长资料序列的 10 个测站海面高度距平所作的 EOF 分析结果。

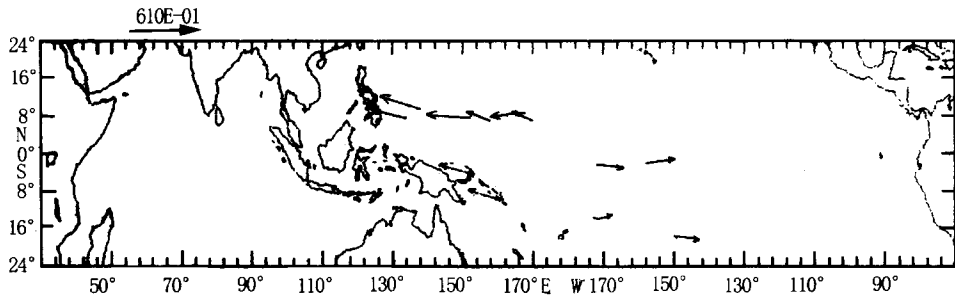


图3 海平面高度距平 CEOF 第一特征向量

图3显示,西太平洋暖池海面高度比热带中太平洋海面高度也提前2个月左右的反位相变化,而且海面高度的变化位相与当地SSTA的变化位相接近一致,即当西太平洋暖池水位升高时,该区域SST上升,之后不久,热带中东太平洋水位下降,对应SST下降。反之也成立。

由于热带印度洋区域水位资料年限较短,不便作CEOF分析,故图3中没有给出热带印度洋区域水位变化的位相。为了说明西太平洋暖池水位和SSTA变化与热带印度洋西部纬向风对海洋强迫作用的关系,以及估计印尼贯穿流通道在此期间所起的作用,这里给出一次El Niño事件(1986~1987年)期间热带印度洋西部纬向风异常的时间序列和赤道印度洋东部(以Keppe Harbour水文站为代表)和西太平洋暖池区(以Davao水文站为代表)的月平均水位高度距平的实况曲线。

图4表明,印尼贯穿流通道以东的西太平洋暖池区和其以西的赤道印度洋东部的水位变化具有较好的一致性。例如在厄尔尼诺现象发生初期(1986年5~6月),两区域水位都略偏低,这可能与赤道印度洋西部存在异常纬向东风有关(1986年4~5月),而在厄尔尼诺现象发展盛期(1986年12月至1987年10月),两区域水位更趋一致的偏低,它们对应赤道印度洋明显的东风异常。

4 总结

本文的工作表明,热带太平洋SSTA在年际变化过程中,西太平洋暖池区的SSTA与热带中东太平洋SSTA相比较有提早2个月左右的反位相变化,究其原因可能与阿拉伯海、赤道印度洋西部大气低层纬向风异常所强迫的东传海洋Kelvin波有关,这种海洋Kelvin波可能通过印尼贯穿流通道把扰动信息迅速传递至西太平洋暖池区,变化之后的西太平洋暖池区SSTA通过海气相互作用改变热带中太平洋海表风场,从而影响赤道中东太平洋的SSTA。

本文提出的物理机制是对年际变化(3~5a)尺度上热带海气相互作用过程的一种推测。实际热带海气相互作用过程要复杂得多,海洋中除存在东传的Kelvin波外还存在西传的Rossby波作用,特别是两大洋中波动在作为海洋松散边界的印尼贯穿流区形成的反射、衍射更为复杂。对于控制热带印度洋SSTA变化的物理因子也需作出合理的解释。这些问题有待作深入的探讨。

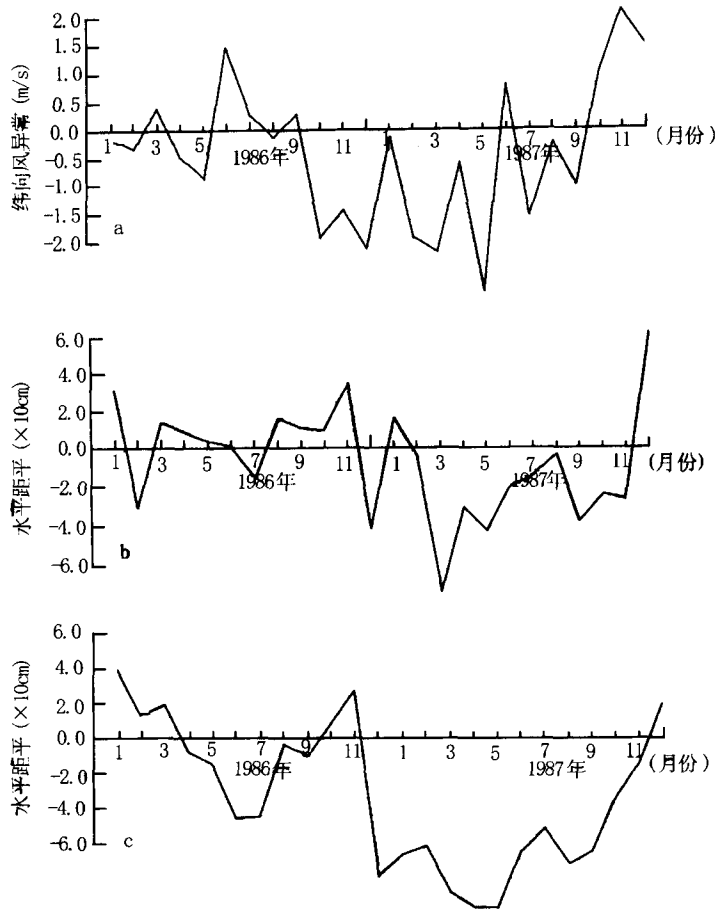


图4 赤道印度洋西部纬向风异常(a)和 Keppel Harbour(1.26°N,103°E)
(b)及 Davao(7.08°N,125.63°E)(c)水文站水位距平

参考文献

- 1 Barnett T. P. The interaction of multiple time scales in the tropical climate system. *J. Climate*, 1991, (4): 269~285
- 2 李永平, 秦曾灏, 孙照渤. 冬季热带太平洋和印度洋 SSTA 对大气协同作用的数值试验. *气象学报*, 1996, 54(5): 612~619
- 3 Lau K M *et al.* Dynamics of super cloud clusters, westerly wind bursts, 30 - 60 day oscillations and ENSO: A unified view. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1989, 67: 205~219
- 4 Rasmusson E M, Carpenter T H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino. *Mon. Wea. Rev.*, 1982, 110: 354~384.
- 5 Nicholls N. Sea surface temperatures and Australian winter rainfall. *J. Climate.*, 1989, (2): 965~973.
- 6 Palmer T N, Mansfield P A. Response of two atmospheric general circulation models to sea - surface temperature anomalies in the tropical East and West Pacific. *Nature*, 1984, 310: 483~485.
- 7 Hirst A C, Godfrey J S. The response to a sudden change in the Indonesian throughflow in a global ocean GCM. *J. Phys. Oceanogr.*, 1994, 24: 1 894~1 910.
- 8 Godfrey J S. The effect of the Indonesian throughflow on ocean circulation and heat exchange with the atmosphere: A review. *J. Geophys. Res.*, 1996, 12: 217~237.

异常东亚冬季风和 ENSO 循环^{*}

李 崇 银

(LASG, 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要 本文的资料分析清楚地表明, ENSO 和异常东亚冬季风两个循环是彼此衔接又相互影响的。强东亚冬季风通过引发赤道西太平洋区域的信风和对流活动的异常, 最终对厄尔尼诺的发生起激发作用; 相反, 弱东亚冬季风却对拉尼娜的发生有重要作用。另一方面, ENSO 又对东亚冬季风的异常有重要影响, 在厄尔尼诺年冬季, 东亚冬季风往往偏弱, 表明了厄尔尼诺对东亚冬季风的削弱作用; 拉尼娜年冬季, 东亚冬季风却一般偏强。文中对它们相互影响的主要过程, 作了初步分析研究。

关键词 ENSO 循环 东亚冬季风异常

1 引言

厄尔尼诺和南方涛动 (ENSO) 是地球气候年际变化的强信号, 也是热带海-气相互作用的清楚反映。由于厄尔尼诺和拉尼娜往往是相继发生, 20 世纪 80 年代后期以来又将 ENSO 称为 ENSO 循环。

虽然目前有关 ENSO 的发生机理尚未彻底搞清楚, 但已先后提出过信风张弛理论^[1]、海气耦合波不稳定性理论^[2,3]。这些理论从某些方面对于 ENSO 的发生提出了解释, 由于对大气环流异常的作用考虑不够, 上述理论尚未很好说明 ENSO 的发生机理。一个海洋模式的数值试验结果表明, 在厄尔尼诺发生期赤道西太平洋海面有明显下降, 而且这种下沉开始于前一年冬季或该年春季, 比赤道东太平洋海面的升高及海表水温 (SST) 的正异常要早^[4]。基于这个海洋模式试验结果的启示, 我们首先认为厄尔尼诺事件的前期征兆应该在赤道西太平洋地区, 进一步通过资料统计和理论分析研究, 我们提出了东亚强寒潮异常活动对厄尔尼诺的发生有激发作用^[5]。更进一步的分析研究, 我们提出了东亚冬季风异常与厄尔尼诺相互作用的理论^[6~8], 并提出强冬季风造成赤道西太平洋地区信风的持续减弱和对流活动的持续增强, 将分别导致异常海洋 Kelvin 波和强大气季节内振荡的产生, 通过海气相互作用而最终激发出厄尔尼诺。

本文将在已有研究基础上进一步指出 ENSO 循环 (厄尔尼诺→拉尼娜→厄尔尼诺……) 同异常东亚冬季风循环 (极强东亚冬季风→极弱东亚冬季风……) 之间是相互衔接和相互影响的。

^{*} 本研究得到国家自然科学基金 (49635180) 资助。

2 东亚寒潮异常与 ENSO

大家知道东亚冬季风就是东亚寒潮活动的结果，而寒潮活动总是同东亚大槽的加深发展，西北利亚地面高压的加强以及中国东部的低温密切联系。因此我们可以用西北利亚地面气压的异常，中国东部气温的异常以及东亚 500 hPa 高度距平同 ENSO 的关系，说明东亚寒潮（冬季风）异常对 ENSO 的影响。

表 1 给出了厄尔尼诺事件发生前的冬半年（11 月至 4 月），西北利亚（ $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ， $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ）地区平均的地面气压距平和中国东部 15 个测站（北京、青岛、上海和广州等）平均的气温距平。很显然，在厄尔尼诺事件发生前的冬半年，西北利亚地面高压持续偏强，而中国东部气温持续偏低。也就是说在厄尔尼诺事件发生前的冬半年，东亚冬季风持续偏强。与之相反，资料分析表明在拉尼娜之前的冬半年，东亚冬季风却持续偏弱。

表 1 厄尔尼诺发生前的冬半年（11 月至 4 月）西北利亚高压中心区
（ $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ， $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ）地面气压距平和中国东部平均气温距平

时 间	1950 年	1952 年	1956 年	1962 年	1964 年	1967 年	1971 年	1975 年	1981 年	1985 年
	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月	11 月
	至 1951	至 1953	至 1957	至 1963	至 1965	至 1968	至 1972	至 1976	至 1982	至 1986
	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月	年 4 月
$\Delta P_s(\text{hPa})$	4.3	12.0	21.4	2.3	-2.4	12.0	6.8	5.8	2.6	3.4
$\Delta T_s(^{\circ}\text{C})$	-4.1	-1.2	-9.0	-0.3	1.5	-6.0	-2.5	-1.5	-0.7	-1.8

冬半年东亚大槽的异常同样可以反映出东亚冬季风与 ENSO 的关系。图 1 给出了对 20 世纪 80 年代的厄尔尼诺和拉尼娜分别合成的 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 纬度带平均的 500 hPa 高度距平的时间—经度剖面。十分清楚，在厄尔尼诺事件发生之前的冬半年东亚和西北太平洋地区（ $110^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ ）一直是高度负距平，表明东亚大槽持续偏强，东亚寒潮（冬季风）偏强；与之相反，在拉尼娜发生前的冬半年，东亚和西北太平洋地区却一直为高度正距平，表明东亚大槽持续偏弱，东亚寒潮（冬季风）偏弱。同时，图 1 也十分清楚地表明了厄尔尼诺和拉尼娜发生之后的相反情况，在厄尔尼诺年的冬季，东亚和西北太平洋地区持续高度正距平；在拉尼娜年的冬季，东亚和西北太平洋地区持续高度负距平。也就是说，在厄尔尼诺年的冬半年东亚寒潮（冬季风）偏弱，而在拉尼娜年的冬半年东亚寒潮（冬季风）偏强。

异常东亚冬季风影响 ENSO 的基本过程也在我们已有研究中指出，强（弱）冬季风首先将引起赤道西太平洋地面信风的减弱（增强）和积云对流的加强（减弱），进而分别造成赤道太平洋地区海洋异常 Kelvin 波和大气季节内振荡的异常，最终在海气耦合相互作用下，导致厄尔尼诺（拉尼娜）的发生。另一方面，厄尔尼诺或拉尼娜的发生又将通过大气遥相关等过程影响东亚冬季风的活动。下面我们就将分别对这些问题进行讨论，因篇幅关系本文主要分析厄尔尼诺事件相联系的情况。

3 强东亚冬季风削弱赤道西太平洋地区的信风

对 20 世纪 60~80 年代几次厄尔尼诺事件发生前赤道西太平洋地区纬向风的分析表

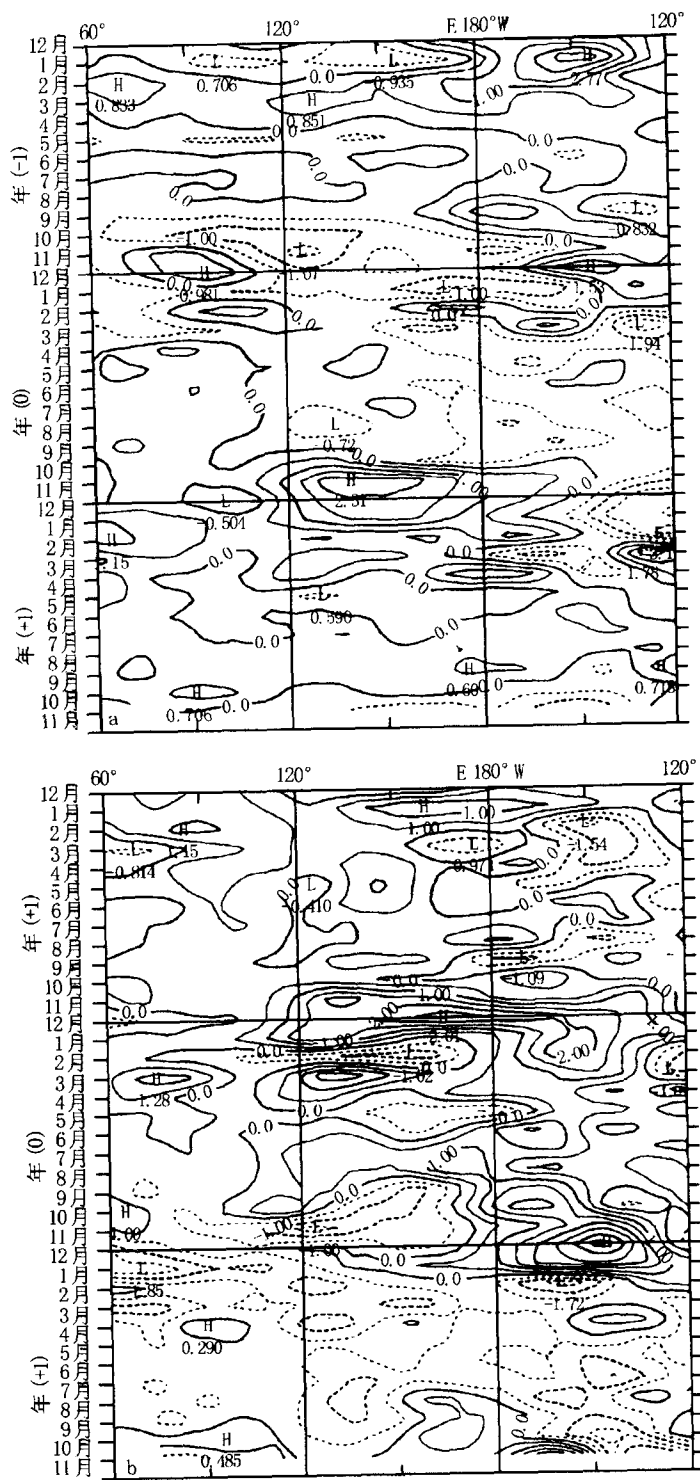


图1 同厄尔尼诺 (a) 和拉尼娜 (b) 相对应的 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}\text{N}$ 纬带平均的 500 hPa 高度距平的时间-经度剖面
实线和虚线分别表示正距平和负距平, 等值线间隔为 ± 10 m

明, 几乎都有信风的持续减弱。表 2 是厄尔尼诺发生前的冬半年特鲁克岛 (7.28°N , 151.51°E) 850 hPa 月平均纬向风的距平值, 正(负)距平表示有信风减弱(加强), 或者有异常西(东)风产生。很明显, 在几次厄尔尼诺事件发生之前赤道西太平洋地区几乎均出现了持续的西风异常; 同表 1 相比较, 这些异常西风的持续出现正好同强东亚寒潮(冬季风)活动相对应。

表 2 厄尔尼诺发生前的冬半年 (11 月至 4 月) 特鲁克岛 850 hPa 月平均纬向风距平 (Δu)

时 间	1962 年 11 月至 1963 年 4 月	1964 年 11 月至 1965 年 4 月	1967 年 11 月至 1968 年 4 月	1971 年 11 月至 1972 年 4 月	1975 年 11 月至 1976 年 4 月	1981 年 11 月至 1982 年 4 月	1986 年 11 月至 1986 年 4 月
$\Delta u(\text{m/s})$	0.9	-0.3	1.2	0.1	1.1	1.6	0.4

对比分析 1986 年厄尔尼诺和 1988 年拉尼娜发生之前赤道太平洋地区 850 hPa 纬向风的时间-经度剖面(图略)可以清楚看到其显著的差异, 在 1986 年厄尔尼诺发生之前的冬半年, 赤道西太平洋地区 ($110^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$) 850 hPa 一直持续西风, 而在 1988 年拉尼娜发生之前的 1988 年 1 月中旬之后那里却一直持续东风。也就是说, 在厄尔尼诺(拉尼娜)发生之前, 赤道西太平洋地区有异常西(东)风出现, 而这种赤道西太平洋地区纬向风的异常正好同东亚冬季风的强(弱)异常相联系。1985~1986 年冬半年的强东亚冬季风既同赤道西太平洋信风减弱相联系, 又同其后厄尔尼诺的发生相联系; 1987~1988 年冬半年的弱东亚冬季风既同赤道西太平洋信风的加强相联系, 又同其后拉尼娜的发生相联系。

图 2a 和图 2b 分别给出了 1992 年 12 月到 1993 年 2 月 (30°N , $125^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$) 地区 500 hPa 位势高度的时间演变以及上海地区地面气压和气温的时间演变, 不难发现在 1992 年 12 月 10 日前后和 1993 年 1 月 15 日前后有两次很强的东亚大槽加深(图中箭头标出)及与之相伴的两次强东亚寒潮活动。正好这期间有 TOGA-COARE 观测, 图 2c 和图 2d 分别是在“科学”1 号船 (4°S , 156°E) 和诺鲁岛 (0.54°S , 166.92°E) 上观测到的表面风矢量。很显然两个观测点的风场都表明, 在 1992 年 12 月中到 1993 年 1 月初, 以及 1993 年 1 月底到 2 月中, 赤道西太平洋有两次“西风暴发”。比较图 2 中的曲线和风矢可以发现, 两次较强东亚寒潮的活动之后, 赤道西太平洋地区都出现了异常西风。

上面无论是较长时间的平均还是寒潮过程的分析都表明, 冬半年东亚强寒潮(冬季风)的活动必然造成赤道西太平洋地区的西风异常, 而赤道西太平洋的异常西风已被证明可以激发产生异常海洋 Kelvin 波, 在海气耦合相互作用下对厄尔尼诺的发生起重要作用。

4 强东亚冬季风增强赤道西太平洋地区对流活动和季节内振荡

强东亚冬季风不仅会削弱赤道西太平洋地区的信风, 产生异常西风, 而且可以使得该地区对流活动加强。热带地区的降水主要是对流性的, 因此其降水量在一定程度上可以反映对流活动的强弱。赤道西太平洋地区对流活动与东亚冬季风异常的关系可以从表 3 看到, 这里 ΔT_s 是琉球群岛中的石垣和南大东西岛平均的冬半年 (11 月至 4 月) 地面气温距平, 其负值反映了强冬季风活动; ΔR 是特鲁克岛 ($7^{\circ}28'\text{N}$, $151^{\circ}51'\text{E}$) 的冬半年降水量距

平, 可以反映赤道西太平洋地区的对流活动情况。很明显, 对应厄尔尼诺事件发生前东亚冬季风活动偏强, 赤道西太平洋地区的对流活动也加强, 降水量普遍为正距平(1981 ~ 1982 年冬半年赤道西太平洋降水正距平略偏东一些。特鲁克变成弱负距平)。

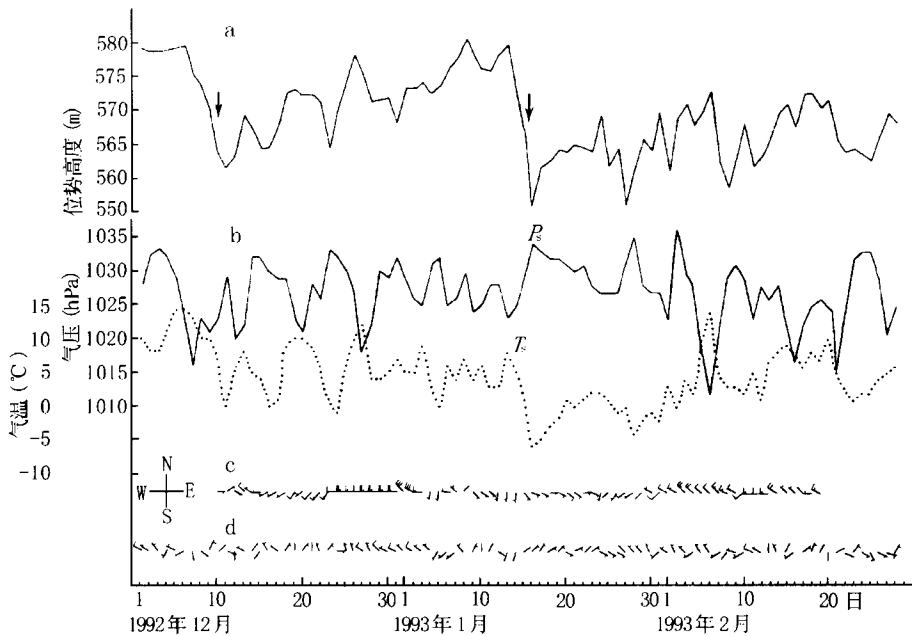


图2 TOGA-COARE 观测到的赤道西太平洋地区西风异常与东亚寒潮活动的关系
a. 30°N, 125°~135°E 地区 500 hPa 位势高度, b. 上海的气压(实线)和气温(虚线),
c. 在“科学1”号船观测的海面风矢, d. 诺鲁岛上观测的地面风矢

表3 厄尔尼诺发生前的强东亚冬季风异常和赤道西太平洋地区降水量距平

时 间	1962 年 11 月 至 1963 年 4 月	1964 年 11 月 至 1965 年 4 月	1967 年 11 月 至 1968 年 4 月	1971 年 11 月 至 1972 年 4 月	1975 年 11 月 至 1976 年 4 月	1981 年 11 月 至 1982 年 4 月	1985 年 11 月 至 1986 年 4 月
ΔT_s (°C)	-8.3	-2.7	-7.7	-1.5	-1.5	-2.2	-4.4
ΔR (mm)	209	150	544	51	223	-34	347

为了进一步说明东亚寒潮活动同赤道西太平洋地区对流活动的关系, 图3给出了TBB(云顶黑影温度)与500 hPa 东亚大槽强度变化的相关系数的分布。TBB 值的高或低反映了积云对流的弱或强, 而 30°~45°N, 125°~145°E 地区 500 hPa 高度值的大或小反映了东亚寒潮的弱或强。图3很清楚地表明赤道西太平洋地区的对流活动同东亚大槽(寒潮)活动有明显关系, 强对流活动同强东亚季风相联系, 而且强对流出现在东亚寒潮暴发后的5~10 d 发生。

一系列动力学研究已经指出, 热带积云对流加热反馈是激发产生热带大气季节内振荡的重要机制^[10~12], 强东亚冬季风所引起的赤道西太平洋地区对流活动的加强必然在那里激发出较强的季节内振荡。作为例子, 我们用 ECMWF 的资料(1980~1988 年)所计算的季节内振荡的动能变化确实清楚地表明, 在 1982~1983 年和 1986~1987 年两次厄尔尼诺

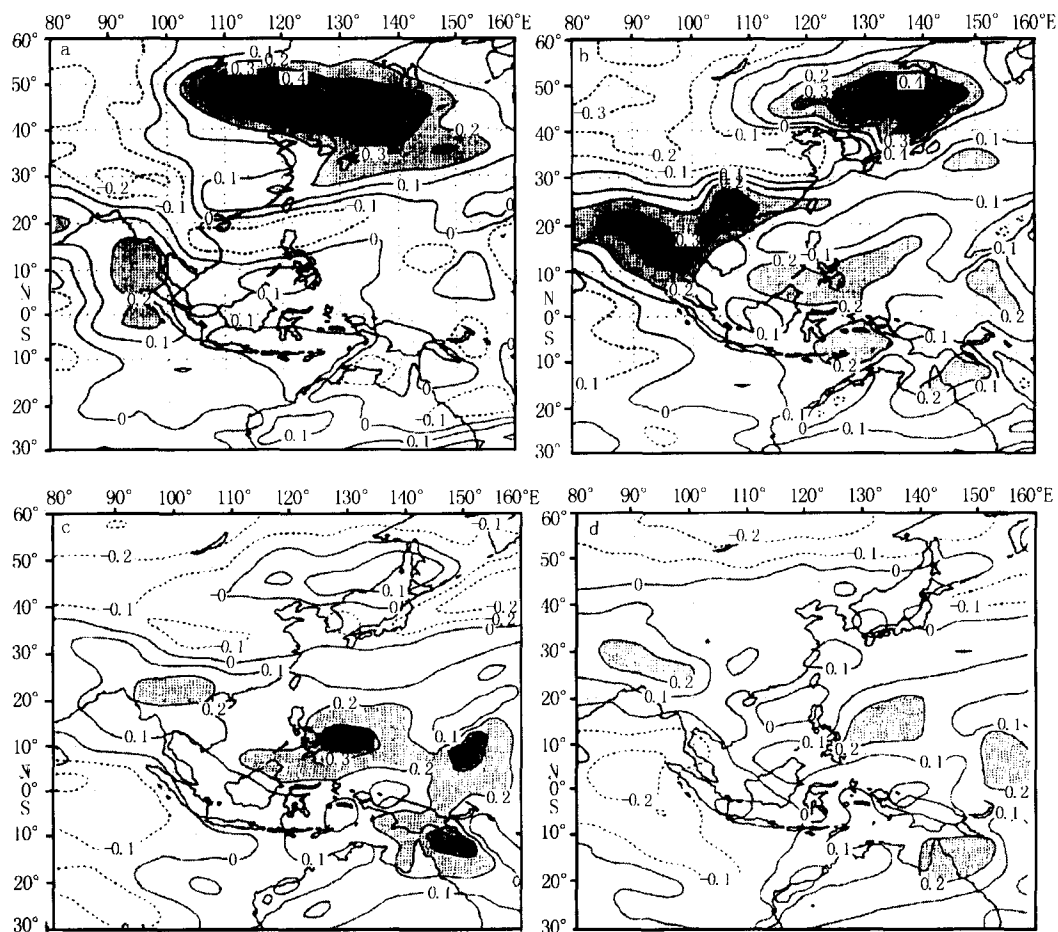


图3 东亚 500 hPa 高空槽活动与 TBB 间相关系数的分布

- a. TBB 超前高空槽 5 d 的相关, b. TBB 与高空槽的同时相关,
c. TBB 迟后高空槽 5 d 的相关, d. TBB 迟后高空槽 10 d 的相关

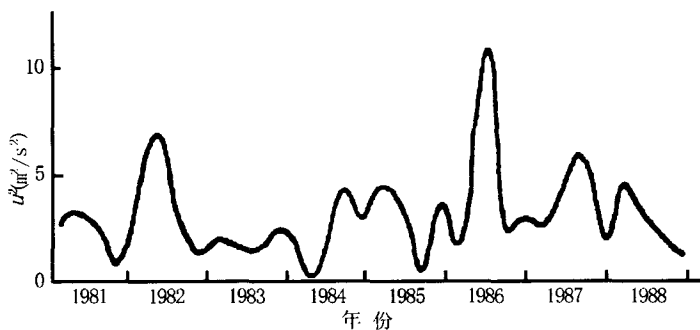


图4 赤道西太平洋地区 200 hPa 上季节
内振荡纬向风平方 (u^2) 的时间演变