

中国科学院海洋研究所编辑

海洋科学集刊

STUDIA MARINA SINICA

Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences

43

科学出版社

2001年6月

001)
73

中国科学院海洋研究所

海洋科学集刊

STUDIA MARINA SINICA

Volume 13 Number 1 1991

13

• • • • •

1991.1

《海洋科学集刊》编辑委员会

主 编 相建海

副主编 孙 松 高 抒

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 雷 李新正 宋金明 张培军 周名江
范 晓 俞志明 赵永平 侯一筠 侯保荣
秦 松 阎 军 焦念志

海洋科学集刊

第43集

中国科学院海洋研究所 编辑

青岛市南海路7号

邮政编码 266071

科学出版社 出版

北京中轴线北街16号

邮政编码 100717

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年6月第 版 开本 787×1092 1/16

2001年6月第一次印刷 印张: 17 1/4

印数: 1—600 字数: 400 000

ISBN 7-03-009202-3/P·1266

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

ISBN 7-03-009202-3



9 787030 092021 >

海洋科学集刊 第 43 期

(2001 年 6 月)

目 录

太平洋表层海温的年代际变化·····	吴爱明、胡敦欣、白学志 (1)
北太平洋冬季大气年代际振荡及其相关的 SST 变化 ·····	····· 吴爱明、胡敦欣、白学志 (6)
清水沟流路期间黄河三角洲区潮波运动的模拟和预测 ·····	····· 乐肯堂、刘兴泉、郝琰等 (13)
沉积物输运对砂质海底稳定性影响的评估方法及应用实例 ·····	····· 高 抒、方国洪、于克俊等 (25)
南黄海辐射状沙脊成因的沉积动力学研究·····	朱玉荣、常瑞芳 (38)
黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响 I.	
黄河入海流量锐减和断流的成因及其发展趋势·····	李 凡、张秀荣 (51)
黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响 II.	
黄河断流和入海流量锐减所引起的海洋环境变化·····	李 凡、张秀荣 (60)
黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近海域环境资源可持续利用的影响 III.	
黄河入海口的长期稳定对港口建设的影响·····	李 凡、李永植、张秀荣 (68)
渤海南部海域柱状沉积物中磷与硅的形态特征·····	宋金明、罗延馨 (83)
海洋沉积物中的氮循环·····	马红波、宋金明 (96)
海藻中类胡萝卜素的提取及含量测定·····	严小军、范 晓、娄清香等 (108)
海藻中类胡萝卜素抗超氧自由基活性研究·····	严小军、范 晓、娄清香等 (115)
海藻抗肿瘤物质的筛选及其活性研究概况·····	范 晓、韩丽君、徐年军 (120)
海藻中有机碘的研究 II. 存在形态及含量 ·····	韩丽君、范 晓、李宪瑾 (129)
海水中金属设施防腐、防海洋生物污损及检测技术研究 ·····	····· 朱素兰、侯保荣、张经磊等 (136)
黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究 ·····	····· 朱鑫华、缪 锋、刘 栋等 (141)
卵磷脂强化活饵料对真鲷仔稚鱼生长、存活的影响 ·····	····· 刘镜恪、雷霖霖、林 洪等 (152)
假雄牙鲆消化器官中碱性磷酸酶比活性的研究·····	王宏田、徐永立、张培军 (157)
区带毛细管电泳法检测牙鲆血清蛋白组成的研究·····	王宏田、张培军 (161)
牙鲆外周血细胞的超显微结构观察研究·····	王宏田、张培军、姜 明 (166)

梭鱼出血性败血病药物防治研究..... 梁德海、王新成、彭树杰等 (173)

光照强度对海洋微藻脂肪含量及脂肪酸组成影响的研究..... 李荷芳、周汉秋 (178)

中国近海龙介虫科 (多毛纲: 缨鳃虫目) 的研究Ⅱ..... 孙瑞平、杨德渐 (184)

中国近海龙介虫科和螺旋虫科 (多毛纲: 缨鳃虫目) 的研究Ⅲ 孙瑞平、杨德渐 (209)

南沙群岛海区的前鳃亚纲中腹足目、新腹足目及异腹足目的研究..... 张素萍 (228)

中国海域浪瓢水虱科 (甲壳动物: 等足目) 种类记述..... 于海燕、李新正 (238)

STUDIA MARINA SINICA, No. 43

(Jun., 2001)

CONTENTS

Interdecadal Variability of the Sea Surface Temperature in the Pacific	
.....	Wu Aiming, Hu Dunxin, Bai Xuezhi (5)
Interdecadal Variability of Atmospheric Circulation over the North Pacific and Its Related SST Variation	Wu Aiming, Hu Dunxin, Bai Xuezhi (12)
A Simulation and Prediction about Tidal Movement off the Huanghe River Delta when the HR Passes Through the Qingshuigou Stream Outlet	
.....	Le Kentang, Liu Xingquan, Hao Yan <i>et al.</i> (24)
Methodology for Evaluating the Stability of Sandy Seabed Controlled by Sediment Movement, with an Example of Application	Gao Shu, Fang Guohong, Yu Kejun <i>et al.</i> (37)
Sediment Dynamics Study on the Origin of the Radial Sand Ridges in the Southern Yellow Sea	
.....	Zhu Yurong, Chang Ruifang (50)
Impact of Variation of Water and Sediment Fluxes on Sustainable Use of Marine Environment and Resources in the Huanghe River Estuary and Adjacent Sea I .Reason for the Cut-off Water Flow and Large Decrease of Runoff and Developing Trend of them	
.....	Li Fan, Zhang Xiurong (59)
Impact of Variation of Water and Sediment Fluxes on Sustainable Use of Marine Environment and Resources in the Huanghe River Estuary and Adjacent Sea II .Variation of Marine Environment due to Water Flow Cut-off and Decrease Greatly the Volume of Water Imputed the Sea from the Huanghe River	Li Fan, Zhang Xiurong (67)
Impact of Variation of Water and Sediment Fluxes on Sustainable Use of Marine Environment and Resources in the Huanghe River Estuary and Adjacent Sea III .Impact of Long-term Stabilization of the Lower Course of the Huanghe River on the Construction of Coastal Port	
.....	Li Fan, Li Yongzhi, Zhang Xiurong (81)
Form Characteristics of Phosphorus and Silicon in Southern Bohai Sea Core Sediments	
.....	Song Jinming, Luo Yanxin (95)
Nitrogen Cycling in Marine Sediments	Ma Hongbo, Song Jinming (106)
Isolation and Quantification of Carotenoids from Marine Algae	
.....	Yan Xiaojun, Fan Xiao, Lou Qingxiang <i>et al.</i> (114)
Superoxide Radical Scavenging Activities of Carotenoids Isolated from Marine Algae	
.....	Yan Xiaojun, Fan Xiao, Lou Qingxiang <i>et al.</i> (119)

Screening of Antitumor Compounds and the Activity Substances from Marine Algae	Fan Xiao, Han Lijun, Xu Nianjun (128)
Studies on Organic Iodine in Seaweed II . The States and Content of Organic Iodine in Seaneed	Han Lijun, Fan Xiao, Li Xiancui (135)
Protection Technology against Corrosion and Biological Filth for Seawater Direct Use System	Zhu Sulan, Hou Baorong, Zhang Jinglei <i>et al.</i> (139)
Spatiotemporal Pattern and Dominant Component of Fish Community in the Yellow River Estuary and its Adjacent Waters	Zhu Xinhua, Miao Feng, Liu Dong <i>et al.</i> (151)
Effects of Living Food Organisms Enriched by Lecithin on the Growth and Survival of the Red Sea Bream (<i>Pagrus major</i>) Larvae	Liu Jingke, Lei Jilin, Lin Hong <i>et al.</i> (156)
The Specific Activities of Alkaline Phosphatase in Different Digestive Tissues of Pseudomale Bastard Halibut <i>Paralichthys olivaceus</i>	Wang Hongtian, Xu Yongli, Zhang Peijun (159)
Analysis of the Serum Protein Components of Flounder, <i>Paralichthys Olivaceus</i> with Capillary Zone Electrophoresis(CZE)	Wang Hongtian, Zhang Peijun (165)
Identification of Peripheral Blood Cells of Flounder <i>Paralichthys olivaceus</i> by Electron Microscopy	Wang Hongtian, Zhang Peijun, Jiang Ming (169)
Study on Prevention and Control of Hemorrhagic Septicemia in Mugil So-iuy Basilewsky by Drug Administration	Liang Dehai, Wang Xincheng, Peng Shujie <i>et al.</i> (177)
Effects of Light Intensity on the Content of Total Lipid and Fatty Acid Composition of Marine Microalgae	Li Hefang, Zhou Hanqiu (183)
Study on Serpulidae (Polychaeta: Sabellida) from Waters off China II	Sun Ruiping, Yang Dejian (207)
Study on Serpulidae and Spirorbidae(Polychaeta: Sabellida) from the Waters off China III	Sun Ruiping, Yang Dejian (226)
Studies on the Species of Mesogastropoda, Neogastropoda and Heterogastropoda(Prosobranchia) of the Nansha Islands, Hainan Province, China	Zhang Suping (236)
Record on the Species of Cirolanidae(Crustacea Isopoda) from Chinese Waters	Yu Haiyan, Li Xinzhen (268)

太平洋表层海温的年代际变化*

吴爱明 胡敦欣 白学志

(中国科学院海洋研究所)

众所周知, ENSO (El Niño/Southern Oscillation) 是发生在热带太平洋的年际时间尺度上最强的气候信号, 与 El Niño (La Nina) 相应的正 (负) 海温距平 (SSTA) 主要分布于赤道中东太平洋地区 (Rasmusson *et al.*, 1982)。相对于热带太平洋的年际 ENSO 现象, 人们注意到北太平洋海平面气压 (SLP) 存在更长周期的年代际变化 (Trenberth *et al.*, 1994), 有人认为这与北太平洋的表层温度 (SST) 变化有关 (Latif *et al.*, 1994), 也有人认为与热带 SST 的异常关系更为密切 (Jacobs *et al.*, 1994)。20 世纪 80 年代后的 ENSO 事件和 20 世纪 60, 70 年代有明显的差别 (Wang, 1995), 20 世纪 90 年后 El Niño 发生频数增加, 并且在 1997 和 1998 年出现了 20 世纪最强的一次 El Niño 事件 (McPhaden, 1999)。

因此, 不论是作为大气年代际变化可能的一个驱动因子, 还是作为年际 ENSO 的背景场, 从整体上了解太平洋 SST 的年代际时间尺度上的时、空变化特征都是十分重要的。

一、资料与分析

所用资料是 1945—1993 年全球 $1^\circ \times 1^\circ$ 的月平均 COADS 海温距平 (SSTA) 及相应气候场。

1. 太平洋 SST 年代际变化的时间结构

本研究选取 3 个区域: NINO3 区 (90°W — 150°W , 5°S — 5°N)、NINOC 区 (100°W — 140°W , 5°S — 15°S) 和 NINOD 区 (160°E — 160°W , 35°N — 45°N) 分别代表赤道中东太平洋、东太平洋的赤道南侧和北太平洋, 并将上述 3 海区内 SSTA 的区域平均分别称为 NINO3, NINOC 和 NINOD 指数。图 1b 给出 NINO3 指数 Morlet 小波变换系数 (实部) 的时间-频率 (周期) 分布 (阴影区为正, 这里只截取了周期在 7 a 以上的部分)。从图 1

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3889 号。

国家自然科学基金资助项目, 49906003 号。

收稿日期: 1999 年 10 月 8 日。

可以看出, NINO3 指数在 128—169 个月 (即 10—14 a) 的周期段上有明显的变化, 且 70 年代后强度明显加强。20 世纪 70 年代初、中期为负, 70 年代后期至 1985 年为正, 1986—1989 年为负, 20 世纪 90 年代为正。相对于 NINO3 指数而言, NINOD 指数的年代际变化更为显著 (图 1c), 其小波系数的量值明显大于 NINO3 指数的小波系数, 除 169 个月 (14 a) 左右的显著周期变化外, 最强的变化出现在 294 个月 (约 25 a) 左右的周期段。显然, NINOD 指数代表的北太平洋 SST 的年代际变化更趋于低频区。

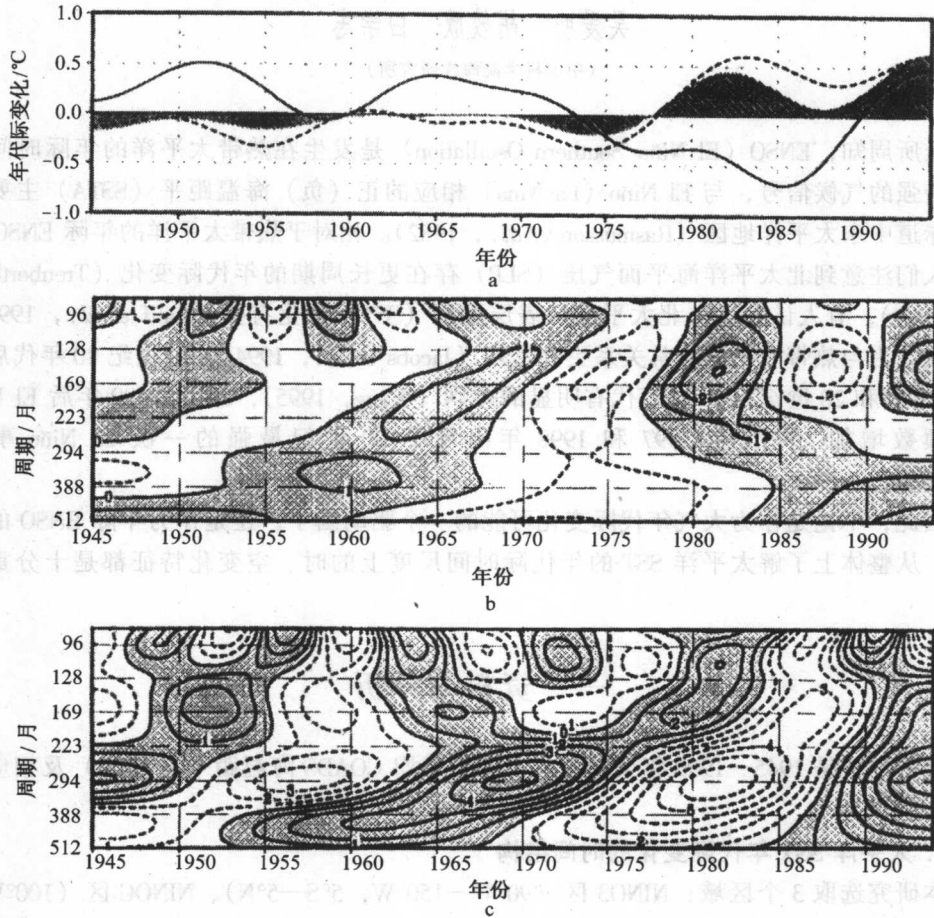


图 1 1945—1993 年太平洋海温指数的年代际变化

a. NINO3、NINOC 和 NINOD 指数 (分别用阴影、虚线和实线表示); b. NINO3 指数的 Morlet 小波变换系数 (实部) 的时-频分布 (阴影区为正); c. NINOD 指数小波变换系数的时-频分布

对上述 NINO3, NINOC 和 NINOD 指数序列进行低通滤波, 保留周期在 10 a 和 10 a 以上的部分, 得到它们相应的年代际分量序列 (图 1a)。从图 1 中可以看到, NINO3 和 NINOC 指数有相近的变化, 但后者的振幅略大一些, 说明 SST 年代际变化的最强区不在中东太平洋的赤道上, 两者指数 1997 年之前几乎全为负距平, 为年代际的冷期; 1977 年之后全为正距平, 为年代际的暖期; 20 世纪 80 年代初和 90 年代的正距平较强, 处强

暖期。而北太平洋, NINOD 指数和 NINO3 指数在大部分时间符号相反, 1973 年前基本上为正距平, 1973—1990 年为负距平, 20 世纪 90 年代后又转为正距平。由此可见, 太平洋海区 20 世纪 90 年代后几乎是整体变暖。

2. 太平洋 SST 年代际分量的 EOF 分解

为进一步了解太平洋 SST 年代际变化的时、空特征, 我们对 120°E — 60°W , 30°S — 60°N 范围内太平洋 SSTA 序列进行低通滤波 (保留周期在 10 a 和 10 a 以上的部分), 再对得到的年代际分量 (SSTA_{DEC}) 进行了经验正交函数 (EOF) 分解。

第一模态的时间序列和空间分布 (图 2a, b), 可解释总方差的 46.6%, 从时间变化上看, 很类似于图 1a 中 NINO3 或 NINOC 指数的变化。除 1960 年附近的弱正值外, 1977 年前基本上为负, 1977 年后全为正; 从空间分布上看 (阴影区值 ≥ 0.3), 北太平洋中纬度地区 (20°N — 45°N , 140°W 以西) 与赤道太平洋及北太平洋的其他地区具有相反的符号 (即位相相反), 但整个赤道太平洋具有统一的符号, 高值中心出现在日界线附近以及中东太平洋赤道南、北两侧, 其中之一对应于 NINOC 区。显然, EOF 第一模态揭示了北太平洋中纬度 SST 与周围海域 (包括热带太平洋) SST 的反位相振荡型, 结合图 2a, b 可知, 1977 年前 (后), 热带太平洋 SST 偏冷 (暖), 而北太平洋中纬度 SST 偏暖 (冷)。

第二模态 (图 2c, d) 的方差贡献为 21.2%, 在时间变化上, 1970 年前为正, 1970—1990 年为负, 1990 年后又转为正, 与图 1a 中的 NINOD 指数的变化非常接近, 只是由正转负的时间提前到 1970 年。其空间分布则是典型的北太平洋振荡型, 中心大约位于 160°W , 40°N , 该中心的指数值明显高于其他海区。前面我们提到, 20 世纪 90 年

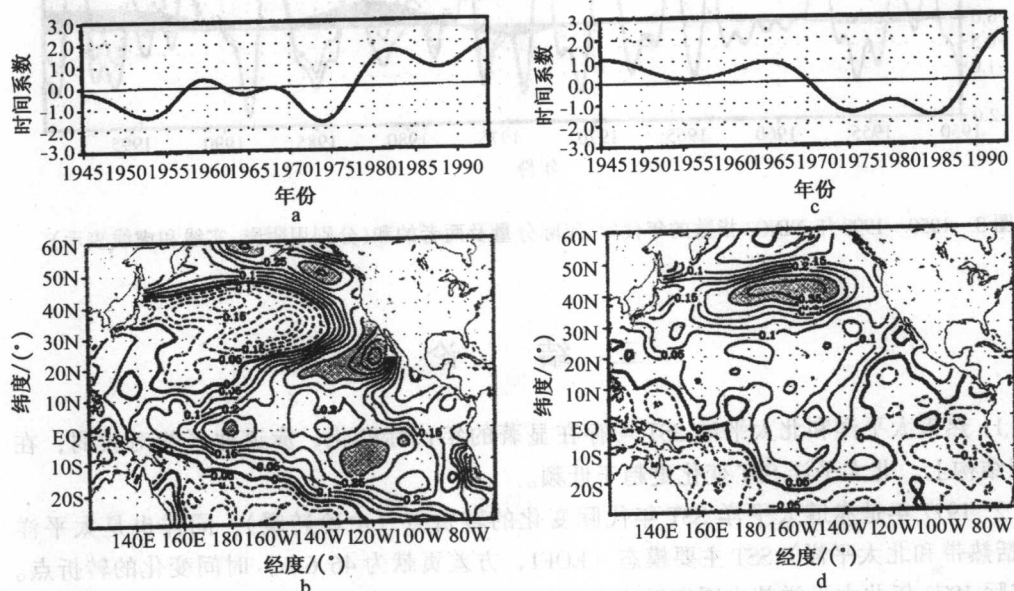


图 2 太平洋 SST 年代际分量 EOF 分解

a. 第一模态的时间序列; b. 第一模态的空间分布;

c. 第二模态的时间序列; d. 第二模态的空间分布 (图中阴影区值 ≥ 0.3)

代后北太平洋 SST 也偏暖,但从第一模态(图 2a, b)并不能看出此结果,显然,这应归结于第二模态的贡献。

3. 太平洋 SST 年代际变化与 ENSO 的关系

1982—1983 年发生的 El Niño 事件当时被认为是 20 世纪以来最强大的一次,但 1997—1998 年爆发的 El Niño 事件的强度又超过了 1982—1983 年。另外,进入 20 世纪 90 年代以后,仅 1995 年之前就有 3 次 El Niño 事件,也有人认为这是一次长过程的 El Niño。总之,与 20 世纪 60, 70 年代相比,20 世纪 80 年代以后的 El Niño 事件强度明显增大,频数明显增加。图 3 给出 NINO3 指数(1950 年 1 月—1999 年 8 月,直接取自 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices> 网址,它和 COADS 资料计算的结果基本相近)的年际分量(实线)和年代际分量(阴影),它们的和用虚线表示。从图 3 可以看出,1982—1983 年的强 El Niño 事件刚好处于赤道中东太平洋 SST 年代际变化的强暖期,1990 年后 NINO3 指数的年代际分量本身就达到了 El Niño 的标准(一般认为 NINO3 指数至少 6 个月维持 $+0.5^{\circ}\text{C}$ 以上就构成一次 El Niño 事件),如果没有年代际分量的贡献,1993—1994 年就构不成 El Niño 事件。另外,1997—1998 年也处于年代际的强暖位相。因此,频繁的、强大的 El Niño 事件都以暖的年代际变化为背景,后者是前者的必要条件。除强度外,在不同的年代,年际 ENSO 的发生、发展形态亦有明显的不同。

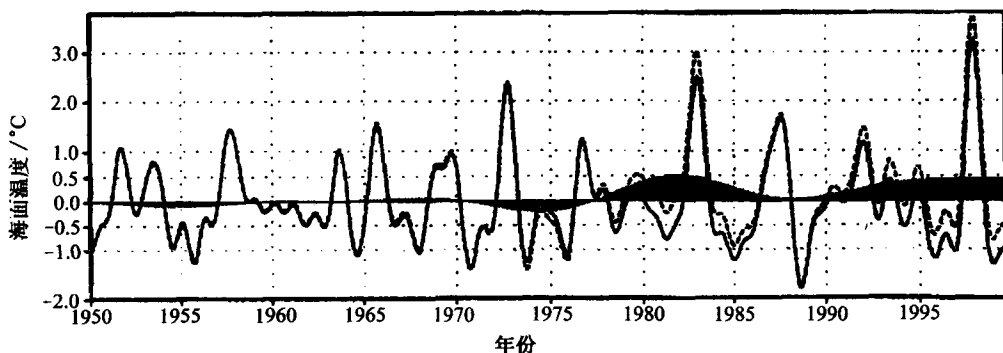


图 3 1950—1998 年 NINO3 指数的年代际、年际分量及两者的和(分别用阴影、实线和虚线表示)

二、结 论

1. 热带太平洋和北太平洋 SST 均存在显著的年代际变化,赤道地区相对较弱;在时间结构上,北太平洋 SST 变化更趋于低频。

2. 1977 年是赤道太平洋 SST 年代际变化的转折点(由冷转暖),同样也是太平洋(包括热带和北太平洋)SST 主要模态(EOF1, 方差贡献为 46.6%)时间变化的转折点。但实际 1973 年北太平洋就由暖期转入冷期,这主要归结于第二模态(EOF2, 方差贡献为 21.2%)的作用;1990 年后赤道太平洋及北太平洋均进入暖期。

3. EOF 第一模态揭示了北太平洋中纬度 SST 与周围海域(包括热带太平洋)SST 的反位相振荡型,而第二模态揭示了北太平洋振荡型。

4. 赤道 SST 的年代际变化对年际 ENSO 的强度有重要的影响。强、暖的 SST 年代际背景是频繁的、强大的 El Niño 事件发生的必要条件。

参 考 文 献

- Jacobs, G., *et al.*, 1994, Decadal-scale trans-Pacific propagation and warming effects of an El Niño anomaly, *Nature*, 370:365—370.
- Latif, M. and T. Barnett, 1994, Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America, *Science*, 266:634—637.
- McPhaden, M., 1999, Genesis and evolution of the 1997—1998 El Niño, *Science*, 283:950—954.
- Rasmusson, E. and T. Carpenter, 1982, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, 110:354—384.
- Trenberth, K., and J. Hurrell, 1994, Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific, *Clim. Dyn.*, 9:303—319.
- Wang, B., 1995, Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades, *J. Clim.*, 8:267—285.

INTERDECADEAL VARIABILITY OF THE SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE PACIFIC*

Wu Aiming, Hu Dunxin, Bai Xuezhi

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

ABSTRACT

Temporal and spatial characteristics of interdecadal SST variability of the North Pacific Ocean were investigated and its effect on ENSO was discussed. Interdecadal variability in SST obviously exists in both the tropical and north Pacific Ocean, while it is relatively weak in the equatorial Pacific and SST changes in the north Pacific possess lower frequencies. 1977 was a turning point for interdecadal SST variations (from cold to warm) in the equatorial Pacific as well as for the SST principal mode (EOF1) of the Pacific SST in terms of temporal change. But the north Pacific changed from warm to cold period from 1973, which is attributed mainly to the second mode. Both equatorial and north Pacific Ocean has turned to warm period since 1990. Revealed by the first mode, SST oscillation of the middle latitude North Pacific Ocean and its adjacent area are out of phase, while oscillation of the north Pacific was revealed by the second mode. Significant impact of interdecadal changes of equatorial SST on ENSO strength is shown. It seems that warm decadal background is a prerequisite condition for frequent and strong ENSO events.

* Contribution No. 3889 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.

北太平洋冬季大气年代际振荡 及其相关的 SST 变化*

吴爱明 胡敦欣 白学志

(中国科学院海洋研究所)

20 世纪 60 年代, Namias (1969) 就发现北太平洋海平面气压 (SLP) 存在 10 a 以上长周期的变化, 这种变化与北美冬季气温异常密切相关。70 年代以后, 又有人 (White *et al.*, 1972; Trenberth, 1990; Trenberth *et al.*, 1994) 对上述变化作了进一步的验证, 并指出 1976 年以后北太平洋的 SLP 异常偏低, 即阿留申低压异常偏强。以阿留申低压为主要活动中心的大气年代际振荡被称为北太平洋涛动 (NPDO), 它与北大西洋涛动 (NAO) 一起构成年代际气候变动最重要的观测依据, 北太平洋年代际振荡的机制也引起了人们的广泛兴趣。作为大气运动的缓变下垫面强迫之一的海表面温度 (SST), 它的异常变化对年际气候的显著影响已被公认 (Wallace *et al.*, 1981, 1998), 由此推断, 其对年代际时间尺度气候变化的影响可能也不可忽视。众所周知, SST 年际变化最显著区位于赤道中东太平洋 (如 Niño 3 区), 而与北太平洋年代际振荡显著相关的 SST 变化 (时间变化和空间分布) 又如何呢? 作者就这一问题, 分析了北太平洋大气环流年际振荡的时、空变化特征, 并揭示了与之相关的 SST 变化的时间变化和空间分布。

一、资料与方法

1. 资料

1945 年 1 月—1993 年 12 月 COADS 全球 $1^\circ \times 1^\circ$ 月平均 SST 距平; 1949 年 1 月—1998 年 10 月 NCEP 再分析 500 hPa 全球 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 高度场资料。

2. 方法

(1) 低通滤波, 用一个四极低通滤波器 (4-pole low-pass filter; Kaylor, 1977) 将原距平序列滤掉周期在 10 a 以下的变化, 即得到其年代际信号。

(2) 经验正交函数展开 (EOF), 用来揭示某物理量场主要模态的时间变化和空间

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3888 号。

国家自然科学基金资助项目, 49906003 号。

收稿日期: 1999 年 10 月 8 日。

分布。

(3) 通过 Morlet 小波变换, 揭示时间序列的时间-频率(或周期)结构。

(4) 奇异值分解(SVD)(丁裕国等, 1996)用于提取两个场的优势耦合信息, 揭示显著相关型的分布。

二、北太平洋冬季大气年代际振荡的时空特征

1. 时间结构

若用赤道太平洋 SST 异常(如 Niño 3 海温指数)与北半球冬季中、高纬大气环流异常求单点相关(Wallace *et al.*, 1981), 或直接对北半球冬季大气高度场距平进行 EOF 分解, 均会发现主要的遥相关型或主要模态的分布呈明显的波列结构, 在太平洋-北美地区有非常清楚的 PNA 波列存在, 其主要的 4 个活动中心依次出现在北太平洋副热带地区、北太平洋、加拿大及美国东南部, 据此, 人们给出 PNA 指数的定义为(倪允琪, 1993)。

$$PNA = 0.25 * [z^*(20^{\circ}N, 160^{\circ}W) - z^*(45^{\circ}N, 165^{\circ}W) + z^*(55^{\circ}N, 115^{\circ}W) - z^*(30^{\circ}N, 85^{\circ}W)]$$

其中, z^* 表示北半球冬季(取每年 1 月份) 500 hPa 位势高度距平(这里距平是相对于 50 a 平均的距平值)。

图 1b 给出 PNA 指数(1949—1998 年) Morlet 小波变换系数(实部)的时间-周期(频率)分布(阴影为正值区, 这里只截取了周期在 8 a 以上的部分)。从图 1 中可以看

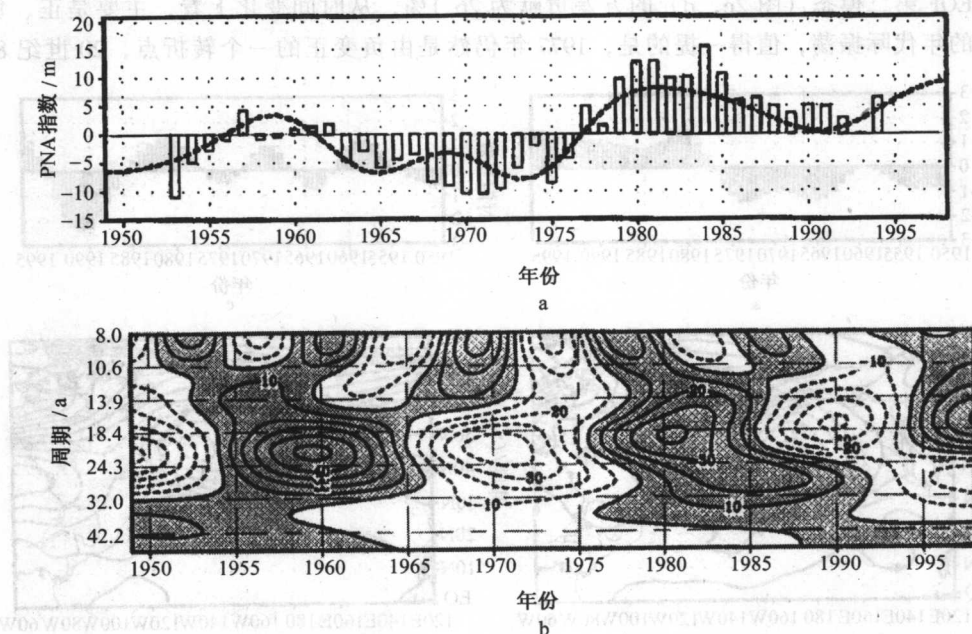


图 1 PNA 指数的年代际变化

a. 9 年滑动平均和低通滤波的结果(分别由竖条和虚线表示);

b. PNA 指数 Morlet 小波变换系数(实部)的时间-周期分布(阴影为正值区)

出, 在 14—32 a 周期段上 PNA 指数有显著的变化, 中心主要出现在 16—22 a 之间。从时间变化上看, 正、负距平交替出现 (20 世纪 50 年代初为负、1954—1965 年为正、1965—1975 年为负、1976 年之后和 1994 年之后为正, 20 世纪 80 年代后期和 90 年代初为负), 另外, 随着时间的变化, 高值中心有向高频区缓慢频移现象 (从 20 世纪 50 年代初的 22 a 变至 20 世纪 90 年代的 16 a)。总之, PNA 指数具有显著的年代际变化。

通过对 PNA 指数进行低通滤波 (仅保留年代际信号) 和 9 a 等权重滑动平均, 分别得到 PNA 指数的时间变化 (图 1a), 使年代际变化更为清楚。除 20 世纪 50 年代后期的弱正距平外, 1976 年前全为负距平 (尤其是 1970 年左右); 1977 年以后则全为正距平, 1990 年左右有一次下降, 但又很快回升。图 1a 中的 PNA 指数变化显然与图 1b 中小波系数的分布完全对应, 两图均显示 1977 年是北太平洋大气环流年代际变化的转折点。

2. 北太平洋冬季大气环流年代际分量的 EOF 分解

首先将 1949—1998 年 1 月的 500 hPa 高度场距平序列进行低通滤波, 得到其年代际分量, 选取太平洋—北美地区 (0° — 80°N , 120°E — 60°W) 的高度场距平进行 EOF 分解, 其第一模态的方差贡献为 34.8% (图 2a, b)。从时间变化上看, 变化趋势与图 1a 中的曲线基本一致, 1977 年后全为正, 之前全为负, 1977 年是由负变正的转折点, 1990 年之后的正值呈不断增强的趋势。从空间分布上看, 北太平洋上为一闭合的负值区, 中心位置约为 170°W , 45°N , 这就是典型的北太平洋振荡型, 其东北部是一个闭合正值区, 强度较强, 中心位于加拿大的西海岸。结合时间序列可知, 1977 年前 (后) 北太平洋 500 hPa 高度场偏高 (低), 这与 Trenberth (1990, 1994) 的分析结果是一致的。

EOF 第二模态 (图 2c, d) 的方差贡献为 26.1%, 从时间变化上看, 主要是正、负交替的年代际振荡, 值得一提的是, 1977 年仍然是由负变正的一个转折点, 20 世纪 80

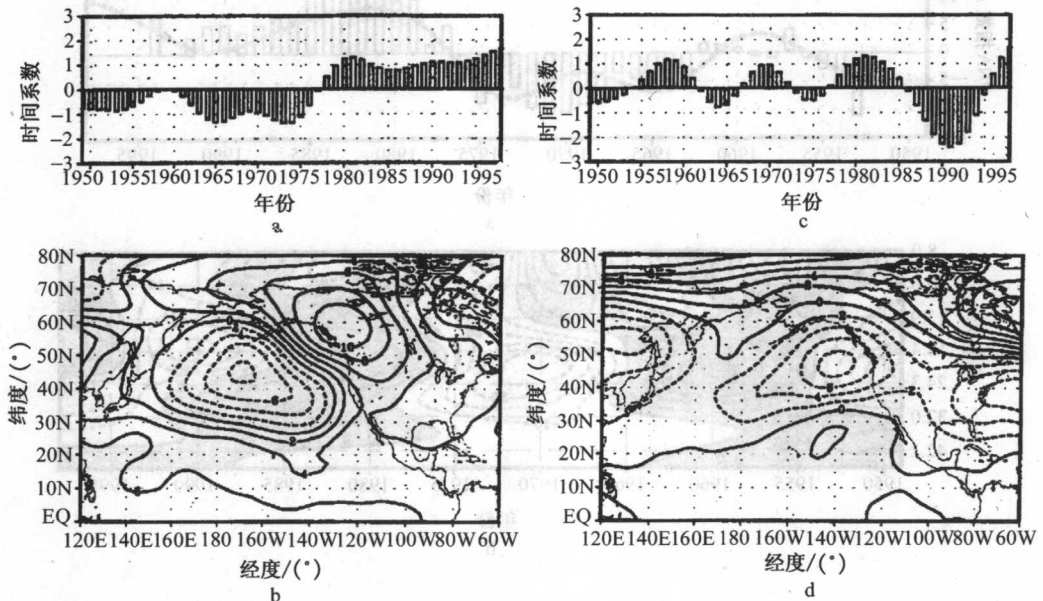


图 2 北太平洋冬季 500 hPa 高度场年代际分量 EOF 分解

a. 第一模态的时间序列; b. 第一模态的空间分布; c. 第二模态的时间序列; d. 第二模态的空间分布

年代后期和 90 年代初期为较强的负值。从空间分布上看,北太平洋中纬度地区及其东西两侧均为负值,其北部为正值区。结合图 2c, d 可知,在该模态中,20 世纪 70 年代后期与 80 年代前期北太平洋高度场为负距平,20 世纪 80 年代后期和 90 年代初期为正距平,1995 年后又转为负距平。

如果考虑第一、二模态的叠加(或合成)则不难看出,图 1a 中 PNA 指数在 1990 年左右正距平的下降主要是由 EOF 的第二模态所引起,第二模态的加入虽不影响时间变化的大致趋势,但影响到具体位相上强度的大小。

三、与北太平洋大气年代际振荡显著相关的 SST 变化

用 1949—1993 年太平洋-北美地区冬季(1 月份)500 hPa 高度场距平年代际分量场序列(作为左场)和同期的太平洋 SST 距平场原始序列(不进行任何滤波处理,海温范围 30°S — 60°N , 120°E — 60°W , 作为右场)进行 SVD 分解,第一模态(图 3)的联合协方差贡献为 58.8%。

对大气场而言,其时间变化(图 3a 实线)、空间分布(图 3b)及 EOF 第一模态的结果(图 2a, b)十分相近[图 3b 中的阴影区表示异性相关系数(左场)超过 99% 的信度 0.38],说明 EOF 第一模态揭示的也就是与 SST 显著相关的大气振荡型。对海温场而言,由其时间序列(图 3a 虚线)可以看出,除年际变化外,亦表现出显著的年代际变化,1977 年后(1989 年除外)全为正距平。我们对上述 SST 时间序列又进行了 Morlet 小波变换,其系数(实部)的时频分布(图 4)在年代际周期段上的分布与图 1b 完全一致,最显著的变化存在于 14—32 a 周期段,而年际时间尺度的变化处于次要地位(相应小波系数的量值较小)。

图 3c 给出了异性相关系数(右场)的空间分布,它的意义是左场(即大气场)第一模态时间序列与右场原始序列的相关,图中阴影区(相关系数)的绝对值已超过 99% 的信度。可见,北太平洋中纬度为显著的负相关区,表示当该地区 SST 距平为负(正)时,大气场的时间序列为正(负)值。由图 3b 可知,北太平洋大气高度场距平为负(正)。即此时北太平洋 SST 与该地区大气高度场呈正相关。此外, 160°W 以东,包括上述负相关区则为显著的正相关,东太平洋的赤道南侧也存在一块显著的正相关区。必须指出的是,图 3c 的这种分布与太平洋 SST 年代际分量的 EOF 第一模态分布(图 5)极为相似,说明与北太平洋大气年代际振荡显著相关的 SST 异常的空间分布也恰恰是 SST 年代际分量主要模态的分布。

所以,不论从时间变化上看,还是从空间分布上看,SVD 揭示的与北太平洋大气年代际振荡显著相关的 SST 变化很大程度上就是太平洋 SST 的年代际分量本身。也就是说,同种时间尺度(都为年代际)的海洋-大气的相互作用仍然是主要的。

四、结论与讨论

1. 北太平洋冬季大气环流具有显著的年代际变化,主要周期为 16—22 a。冬季 PNA 指数在 1977 年前基本为负距平,1977 年后全为正距平,1977 年是年代际变动的转折点。

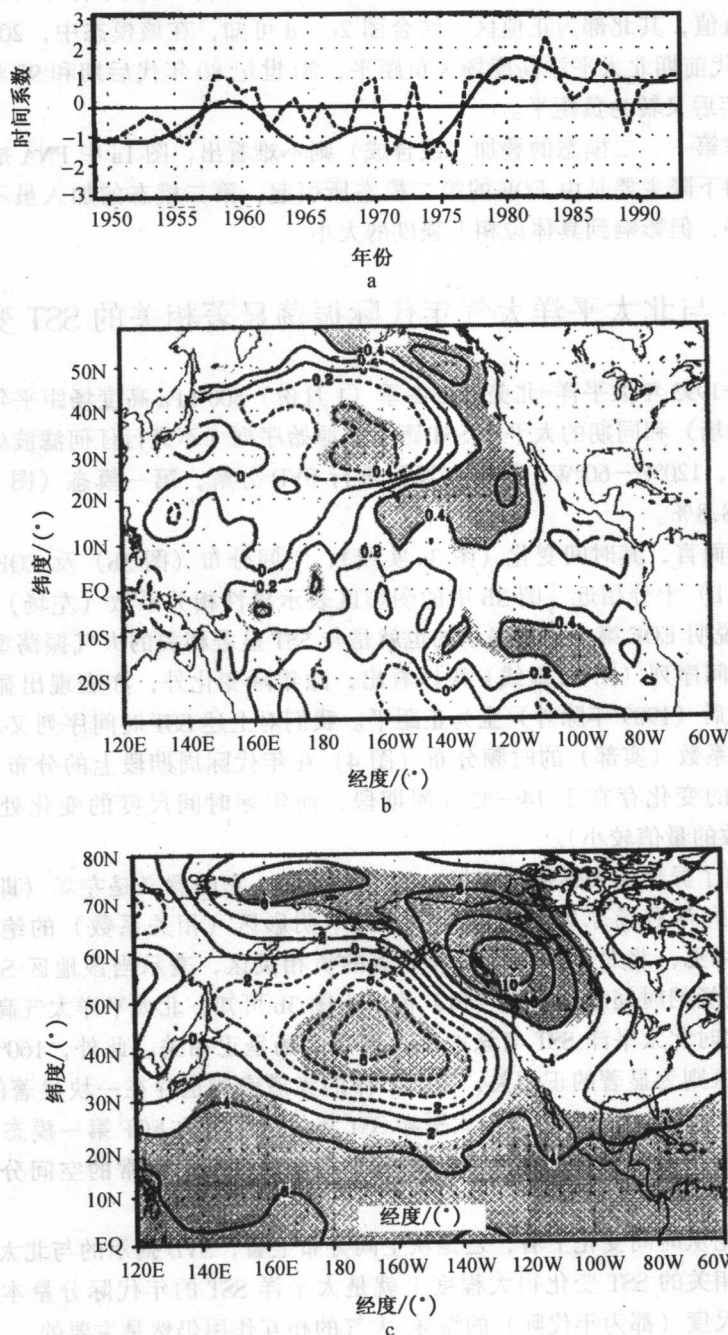


图3 太平洋-北美地区冬季 500 hPa 高度场距平年代际分量和同期的太平洋 SST 距平 (原序列)

SVD 第一模态结果

- a. 时间序列 (实线表示大气高度场, 虚线表示海温场); b. 大气场 (左场) 的空间分布 (阴影区为异性相关系数超过 99% 的信度水平); c. 异性相关系数 (右场) 的分布 (阴影区为相关系数超过 99% 的信度水平)