

# 北太平洋中纬度地区加热场 2 年 ~ 4 年振荡的诊断分析

殷永红 蒋全荣

(南京大学大气科学系, 南京 210093)

**摘要** 对北太平洋中纬度地区蒸发潜热、净长波辐射、感热输送和净太阳射入辐射场的 30 年逐月平均资料进行功率谱、滤波、主分量和相关分析, 讨论它们的时间演变特征。结果表明各场均具有 2 年 ~ 4 年周期的年际振荡特征, 并发现这种准周期振荡与 ENSO 之间有联系。

**关键词** 北太平洋, 加热场, 2 年 ~ 4 年振荡, ENSO

**分类号** P467

准 2 年和准 3.5 年周期振荡是大气环流、海温等要素的重要变化周期。据对观测资料的谱分析研究<sup>[1-3]</sup>, 热带变量的年际变化主要由两种时间尺度的变化过程组成: 一是 3 年 ~ 6 年的甚低频变化模态, 另一种是准 2 年振荡。地面气象要素的准 2 年和准 3.5 年周期变化现象也不断被国内外气象学者所发现<sup>[4,5]</sup>。本文根据北太平洋中纬度地区加热场(蒸发潜热、净长波辐射、感热和净太阳射入辐射)的计算资料, 分析其时间尺度特征, 揭示出该地区加热场存在着 2 年 ~ 4 年年际振荡的事实。

## 1 资料及方法

使用了 Clark 计算的蒸发潜热、净长波辐射、感热、净太阳射入辐射通量的资料<sup>[6]</sup>, 时间序列长度为 1950 年 1 月 ~ 1979 年 12 月, 共 360 个月平均值, 计算范围为北太平洋中纬度地区 (22.5°N ~ 52.5°N, 122.5°E ~ 112.5°W) 128 个网格点, 格距为 5° × 5°。Nino3 指数资料取自 1962 年 1 月 ~ 1979 年 12 月。

关于北太平洋中纬度地区加热场多年平均的季节性变化特征, 已有研究<sup>[7,8]</sup>。为研究各时间尺度对原序列的方差贡献, 本文对各场逐个网格点的原序列进行功率谱分析。为得到年际时间尺度的信号, 采用滤波方法对原序列进行滤波和谱分析, 并对经滤波的资料标准化后进行 EOF 分解。最后使用相关分析方法, 分析各加热场的年际振荡与赤道中东太平洋海温年际变化的相关性。

## 2 结果分析

### 2.1 原序列的谱分析

(1) 年周期强度的分布特征 对北太平洋中纬度地区蒸发潜热、净长波辐射、感热、净太阳

射入辐射通量各网格点的月平均时间序列进行功率谱分析, 结果表明除低纬个别点外, 各点最大峰值的周期均为 12 个月, 说明年周期是原始序列中最强的周期。但分析发现, 不同区域年周期强度存在着明显差异, 各场年周期标准化功率谱值分布(图 1), 也反映了年周期对方差贡献的相对强弱。由图 1 可见, 蒸发潜热、净长波辐射、感热场的高低值区的分布, 从总体上看, 经向

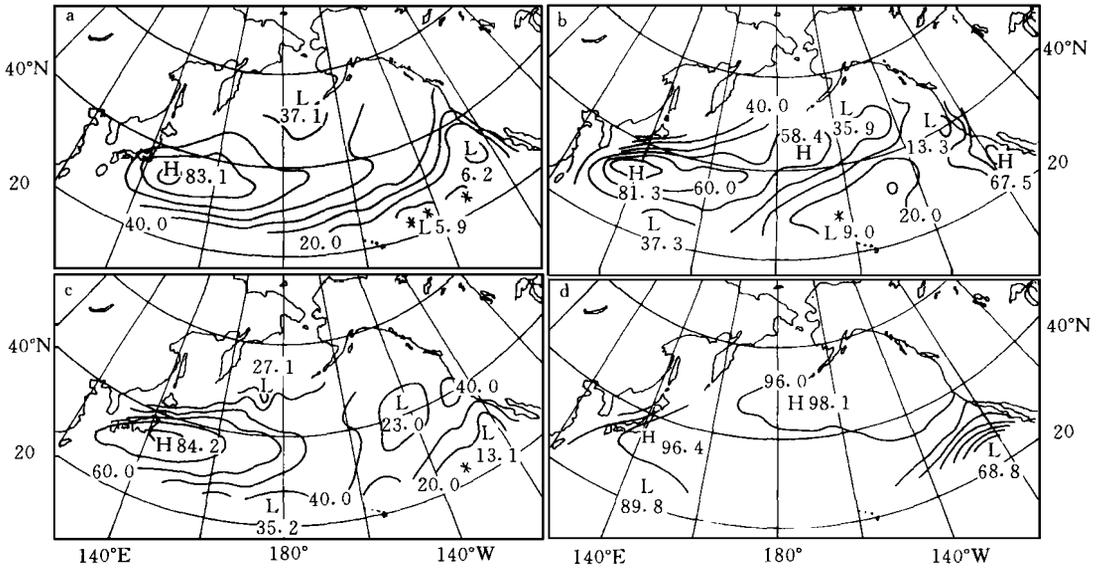


图 1 年周期的标准化功率谱分布  
(等值线的数值已放大 100 倍)

a. 蒸发潜热; b. 净长波辐射; c. 感热; d. 净太阳射入辐射

Fig. 1 Standardized power spectra of one-year periods of latent heat (a), net longwave radiation (b), sensible heat (c) and net solar radiation (d)

Contour magnitude is multiplied by 100

呈南北低中间高, 纬向呈西高东低型。3 个场在日本以东洋面的黑潮区附近都有一高值区(净长波辐射在加利福尼亚海流区还有一高值中心, 但其强度较弱)。净太阳射入辐射场分布比较均匀, 北部略高于南部, 在 35°N 以南 140°W 以西的东部海岸附近有一明显的低值区, 与前 3 个场相似, 在黑潮区也有一高值中心, 不同的是在 40°N 以北的中东太平洋地区有更强的年周期方差贡献。4 个场中谱值最低(年周期相对最弱)的区域都在低纬, 净长波辐射场在 165°W 附近的中部海域, 其余 3 个场都在偏于东部的海域。净太阳射入辐射场的最高值与最低值相差不大, 数值从 68.8% ~ 98.1%, 表明该场所有区域的年周期都是最强的。而其余 3 个场的最高值与最低值相差达一个量级左右, 如蒸发潜热场的最低值只有 5.9% (因为该区域年周期是最弱)。信度为 0.05 的红噪声显著性检验表明, 除净太阳射入辐射场年周期在各点均显著以外, 其余 3 个场在低纬偏东部的海域均有个别点(于各场的最低中心附近, 见图 1 中的“\*”)的年周期不显著。

(2) 年际时间尺度周期方差贡献的分布特征 对各场的所有网格点, 计算了周期大于 12 个月各低频分量的标准化功率谱值之和, 以表示年际时间尺度的周期对原序列的总方差贡献(图略), 可以看出, 各场等值线分布与图 1 中相应场的等值线分布几乎完全一致, 只是高低值区分布完全相反, 前者为高(低)值区, 后者即为低(高)值区。年际时间尺度周期对原序列方差的贡献, 对于净太阳射入辐射场, 高值区分布于 35°N 以南低纬偏东部地区, 但数值偏小(最大

也只有 5.5 %), 而其他地区年际时间尺度周期的方差贡献只有 0.1 % 左右。对于蒸发潜热、净长波辐射和感热场, 低值区都在黑潮区附近, 数值在 2 % ~ 7 % 左右(净长波辐射场在加利福尼亚海流区又有一低值中心, 数值为 8.7 %), 而高、低纬(尤其在偏东海域)为高值区, 数值在 10 % ~ 25 % 左右, 且已超过年周期的强度。

可见, 北太平洋中纬度地区加热场的年周期与年际周期的方差贡献分布完全相反, 即年周期强的区域年际周期相对弱, 而年周期弱的区域年际周期相对强。不过这里的年际周期指的是所有周期大于 12 个月的低频分量的全体, 就具体的各周期来说, 对原序列方差贡献最大的仍是年周期。

## 2.2 年际时间尺度周期中 2 年 ~ 4 年低频分量的显著性

为了得到年际时间尺度的周期中最显著的分量, 采用两种方法进行分析, 结果均得到显著的 2 年 ~ 4 年周期分量。

(1) 低通滤波后的谱分析 对原序列进行低通滤波, 保留 13 个月以上的周期, 进行功率谱分析。发现各点的谱图虽有差异, 但基本相似。图 2 给出了蒸发潜热场中最有代表性的几幅, 可以看出图 2a、b 中具有明显的双峰, 分别对应准 2 年及准 3.5 年周期, 而图 2c、d 则为单峰或为平缓的连续谱带, 它们共同之处在于达到红噪声显著性水平的周期在 2 年 ~ 4 年之间。普查发现, 4 个场的所有格点均具有 2 年 ~ 4 年的周期, 可见北太平洋中纬度地区加热场 2 年 ~ 4 年的年际时间尺度周期是显著的。

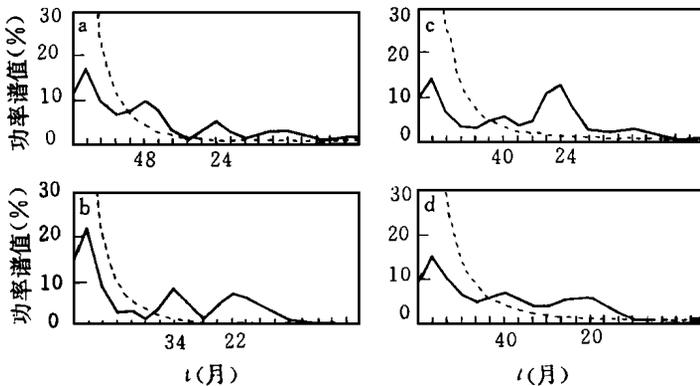


图 2 不同点蒸发潜热场(大于 13 月周期)低通滤波后的功率谱

a. (52.5°N, 157.5°W); b. (27.5°N, 132.5°W); c. (52.5°N, 142.5°W); d. (27.5°N, 142.5°E)  
虚线为红噪声谱线

Fig. 2 Power spectra of filtered heat fluxes at > 13-month periods in different sites

a. (52.5°N, 157.5°W); b. (27.5°N, 132.5°W); c. (52.5°N, 142.5°W); d. (27.5°N, 142.5°E)  
The dashed line denotes red noise

(2) 低通滤波后主分量的谱分析 对原序列进行低通滤波, 滤除 10 个月以下的高频分量, 保留年及年以上的周期, 对所得序列标准化后进行 EOF 分解, 再对各主分量进行分析。表 1 是各场前 5 个主分量的功率谱分析结果。表中波数值域一栏是指功率谱值超过红噪声 95 % 置信限上界的波数值(波数  $L$  与周期  $T$  的计算公式为  $T = 2M/L$ , 最大落后步长取  $M = 120$ (月))。从表 1 可见, 各场第 1 主分量的解释方差比其他各主分量大一个量级以上, 其中净太阳射入辐射场的数值最大, 达到 96.6 %。从波数值域一栏可以看出各场的第 1 主分量以及净太阳射入

辐射场的第 2 主分量都有较严格的年周期, 其余的主分量中, 除年周期外还包含更长时间尺度的周期(即年际变化的信号)。从主要峰值周期一栏可见各场的年际时间尺度最主要是准 2 年及 3 年 ~ 4 年周期, 由于它们之间的连续性, 所以统称为 2 年 ~ 4 年周期。各主分量中均包含年周期, 说明年周期变化可以分为与 2 年 ~ 4 年的年际变化无关(如第一主分量, 功率谱为 12 个月周期的单谱)和与 2 年 ~ 4 年的年际变化相耦合两种。这与 X L Wang<sup>0)</sup>的热带太平洋年循环与 ENSO 的耦合研究中的结论相似。

表 1 不同加热场前 5 个主分量的解释方差(EV)、波数值域(WD)和主要峰值周期(CPP)

Table 1 Explained variance (%), wavenumber domain and chief peak periods from the first five principal components for the study fields

主分量序号	蒸发潜热			净长波辐射			感 热			净太阳射入辐射		
	EV (%)	WD	CPP (月)	EV (%)	WD	CPP (月)	EV (%)	WD	CPP (月)	EV (%)	WD	CPP (月)
1	62.5	19~21	12	58.6	19~21	12	62.6	19~21	12	96.6	19~21	12
2	8.5	7~21	35, 24	5.7	16~21	12	7.2	9~21	24, 12	0.7	19~21	12
3	3.1	16~21	12	3.7	7~21	35, 20	3.6	12~21	20, 12	0.4	5~21	40
4	2.7	8~21	24	3.1	11~21	12	2.7	6~21	40, 18	0.2	9~21	24
5	2.1	5~21	40	2.5	6~21	19	2.1	6~21	24	0.2	6~21	40, 24

### 2.3 2 年 ~ 4 年周期振荡与赤道中东太平洋海温年际变化的联系

热带太平洋海温距平(SSTA)具有显著的 2 年 ~ 4 年的年际变化, 那么北太平洋中纬度地区加热场 2 年 ~ 4 年的年际变化与 SSTA 之间又有何种关系? 为此作了低纬东部海域一点(22.5°N, 112.5°W)上的蒸发潜热通量经 15 个月 ~ 60 个月带通滤波后的时间序列曲线(图

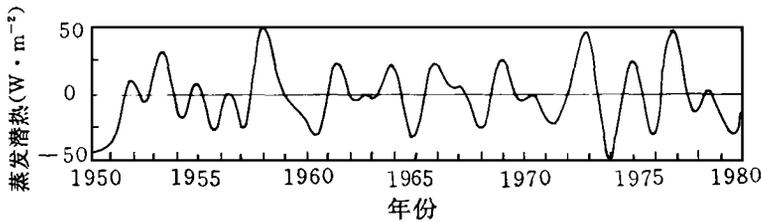


图 3 1950 年 1 月 ~ 1979 年 12 月蒸发潜热场经 15 ~ 60 个月带通滤波后在(22.5°N, 112.5°W)点的变化曲线

Fig. 3 Variation in 1950 ~ 1979 latent heat flux treated by a 15-60-month bandpass filter at 22.5°N, 112.5°W

3) 和 1962 年 1 月 ~ 1979 年 12 月的 Nino3 指数变化曲线(代表赤道中东太平洋 SSTA 的变化, 图 4)。可以看出两图中的变化趋势基本一致, 峰谷对应(即在 El Niño 年该地区蒸发潜热输送明显加强, La Niña 年则反之), 说明两者之间有密切的联系。进一步分析该场各点带通滤波的资料与 Nino3 指数, 计算时滞为 -12 月(SSTA 落后蒸发潜热场 12 个月)到 +11 月的相关系数。发现各网格点上的相关系数随时滞月数而呈波状变化, 周期在两年以上; 但各点相位不同步, 具体表现为(1)同一时滞场上存在明显的相关区, 且随着时滞时间的变化, 相关区的位置有连续而有规律的相应变化(图略); (2)各点出现最强相关的时间, 有的超前于赤道中东太平洋海温, 有的则滞后。其相关性分布见图 5。图中的箭头长度表示所在点相关系数绝对值的最

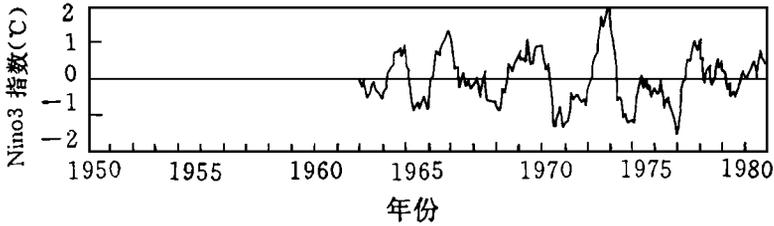


图4 1962年1月~1979年12月 Nino3 指数的变化曲线

Fig. 4 Variation of Nino3 (for equatorial central/ eastern Pacific SST A) in 1962~1979

大值, 箭头方向表示相位, 即相关系数绝对值达最大时的时滞月数(以箭头指向正南方表示时滞月数为 0, 即同时相关; 以指向正南为参考方向, 箭头方向若右偏  $15 \sim 180^\circ$ ; 表示蒸发潜热超前 Nino3 指数 1月~12月, 若左偏  $15 \sim 165^\circ$ ; 表示蒸发潜热落后 Nino3 指数 1月~11月。例如某点箭头指向东, 表示该点蒸发潜热超前 Nino3 指数 6 个月时两者相关最好。图中只给出

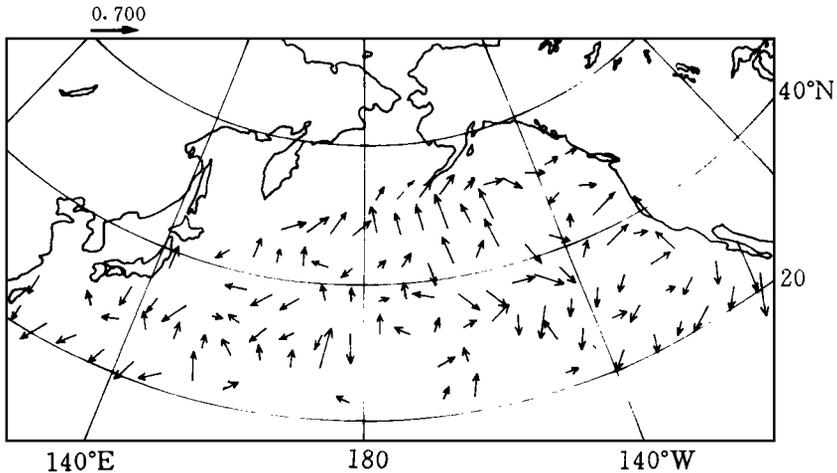


图5 经 15~60 个月带通滤波的蒸发潜热场与 Nino3 指数的最大相关和位相图

Fig. 5 Maximum correlation between 15~60 month bandpass filtered latent heat fluxes and Nino3 with their phases

了相关系数通过  $\alpha = 0.05$  信度检验的格点)。从该图可以看到, 蒸发潜热场除个别点外, 均存在与 Nino3 指数的显著相关。从箭头的方向可以看出, 超前 Nino3 指数相关最强的区域主要在北部和东部, 分布于  $52.5^\circ\text{N}$  纬带以及日界线以西  $47.5^\circ\text{N}$  纬带附近的海域, 另外在日界线以东、 $37.5^\circ\text{N}$  纬带附近的海域以及  $30^\circ\text{N}$  以北的东部沿岸也以超前相关为主, 其余均为滞后相关区。其他 3 个场与 Nino3 指数也有类似的相关性。

以上分析说明, 北太平洋中纬度地区加热场 2 年~4 年年际振荡与 ENSO 之间有显著的相关性, 但不同的区域相关达最大的时滞月数有明显差异, 反映了相关场随时间的演变特点。

### 3 结 论

(1) 通过功率谱分析, 揭示了北太平洋中纬度地区海气热交换场(蒸发潜热、净长波辐射、感热输送) 年际变化相对较强的区域, 它们对总方差的贡献约占  $10\% \sim 25\%$ , 分布在黑潮及其续流区以南的较低纬度海域及以北的较高纬度海域, 对于短期气候变化与预测来说, 这些海

域是值得注意的。黑潮及其续流区有着很强的年周期变化而年际变化弱。净太阳射入辐射场年际变化也很弱, 大部分区域年际变化对总方差的贡献仅 0.1% 左右, 低纬东部的最强区域也只有 5.5%。

(2) 对各场逐个格点滤去年及年以下周期时间序列的功率谱和只滤去 10 个月以下高频分量的各主分量的功率谱分析中, 发现均存在显著的 2 年 ~ 4 年年际时间尺度的周期。说明北太平洋中纬度地区加热场具有显著的 2 年 ~ 4 年年际振荡的特征。

(3) 各场带通滤波资料与 Nino3 指数间有明显的相关, 进一步证实了北太平洋中纬度地区海气热交换场 2 年 ~ 4 年振荡的存在。从最大相关出现的时间来看, 某些海域超前而某些海域落后于赤道中东太平洋海温距平, 这不仅揭示了两者的联系, 也可能为 ENSO 预报提供某些线索。

## 参 考 文 献

- 1 Lau K M, Shen P. Annual cycle, quasi-biennial oscillation and southern oscillation in global precipitation. *J Geophys Res*, 1988, 93(D9): 10975 ~ 10987
- 2 王彰贵, 巢纪平. 北半球冬季大气环流与热带太平洋海表温度二年振荡相互作用的若干事实. *气象学报*, 1990, 48(4): 438 ~ 449
- 3 巢纪平, 王彰贵. 北半球大气环流与热带太平洋海表温度 3 ~ 4 年振荡相互作用的若干事实. *气象学报*, 1992, 50(3): 272 ~ 278
- 4 黄嘉佑. 准两年周期振荡在我国月降水量中的表现. *大气科学*, 1988, 12(3): 267 ~ 273
- 5 莫如平. 中国降水、气温的年际振荡及其与埃尔尼诺的关系. *海洋学报*, 1989, 11(2): 143 ~ 149
- 6 Talley L. Meridional heat transport in the Pacific Ocean. *J Phys Oceanogr*, 1984, 14(1): 231 ~ 241
- 7 蒋全荣, 王宁邦. 太阳辐射与西北太平洋副高季节性移动关系的研究. *热带气象*, 1989, 5(4): 289 ~ 294
- 8 蒋全荣. 北太平洋中纬度地区海气热交换场的 EOF 分析. *气象学报*, 1993, 51(1): 122 ~ 125
- 9 Wang X L. The coupling of the annual cycle and ENSO over the tropical Pacific. *J A S*, 1994, 51(8): 1115 ~ 1136

# DIAGNOSIS OF 2 ~ 4 YEAR OSCILLATIONS OF HEAT FLUXES OVER THE MIDLATITUDE NORTH PACIFIC

Yin Yonghong Jiang Quanrong

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract** 1950 ~ 1979 fluxes of latent heat, net longwave radiation, sensible heat and net solar radiation of the midlatitude North Pacific were investigated by means of power spectral, filtering, principal component and correlation techniques to reveal their time-dependent variation features. Results suggest that all of the heating fields show 2 ~ 4 year oscillation in some relation to ENSO.

**Keywords** North Pacific, heating field, 2-4-year oscillation, ENSO