

# 南方涛动与赤道太平洋海温 和信风的耦合振荡

李月洪

(气象科学研究院气候研究所)

## 提 要

本文采用多维谱分析方法,用南方涛动指数与赤道东太平洋海温、信风指数分别进行计算分析,从中揭露了南方涛动和赤道太平洋海温的耦合振荡过程。它们的变化不仅基本上呈反位相,而且存在着明显的时间差异。此外,本文还分析了南方涛动与信风的相关性。

## 一、引 言

近年来,国内外许多气象学家和海洋学家对海—气相互作用予以极大的重视。人们普遍认为,作为全球大气环流重要组成部分之一,南方涛动与赤道太平洋地区海温及其它要素的耦合振荡过程,很可能是导致大气环流异常的重要原因之一。因此,人们对南方涛动与海温、副高、降水、气温等要素的关系进行了广泛的研究,揭示了不少有意义的事实。

鉴于对南方涛动与各种要素所取时间和空间尺度不一,所定义的指数与计算方法不同,所分析出的结果也不尽相同。本文试用赤道太平洋上大范围网格点的海温资料代替以往的区域平均值,进行较深入的多维谱分析,以了解它们与南方涛动的耦合振荡过程。此外,还对南方涛动与信风的关系予以探讨。

## 二、南方涛动的自谱特征

二十年代,沃克(G·Walker)通过对太平洋及印度洋地区气候变化的研究,指出在热带东太平洋与印度洋之间,存在着一种称作“南方涛动”的高低振动,即当东太平洋低空气压偏高时,印度洋上的气压就偏低;反之,情况相反。其后,人们从更多方面的工作,进一步揭露了这一现象,提出了几种表示南方涛动强弱的“南方涛动指数(SOI)”。

近年来,在海—气相互作用的研究中,人们又重新引起了对南方涛动的注意,并指出南方涛动的强弱变化与热带太平洋至印度洋一带的海温变化及厄尔尼诺现象的发生有很密切的关系。本文根据 A. J. Troup 所提出之南方涛动指数,取用塔希堤(Tahiti, 17°33' S、149°37' W)与达尔文(Darwin, 12°26' S、130°52' E)站多年逐月的资料,计算这两站的海平面气压差值作为 SOI。

资料取自 1949—1982 年逐月值,时间序列长度为 408 个月。图 1 给出南方涛动指数

的自谱(已消除年变化),红噪音检验的信度为5%。从图1可以看出,南方涛动的主要振荡集中在低频部分,有两种振荡最为突出。其中以53.2个月为主周期,29.6个月为次周期。这与Rasmusson等人<sup>[1]</sup>指出南方涛动的自谱的主周期略有出入,原因是他们仅采用1953—1974年共计22年的资料,而本文则采用了34年的资料。通过自谱分析使我们进一步了解了南方涛动的自身变化特征。

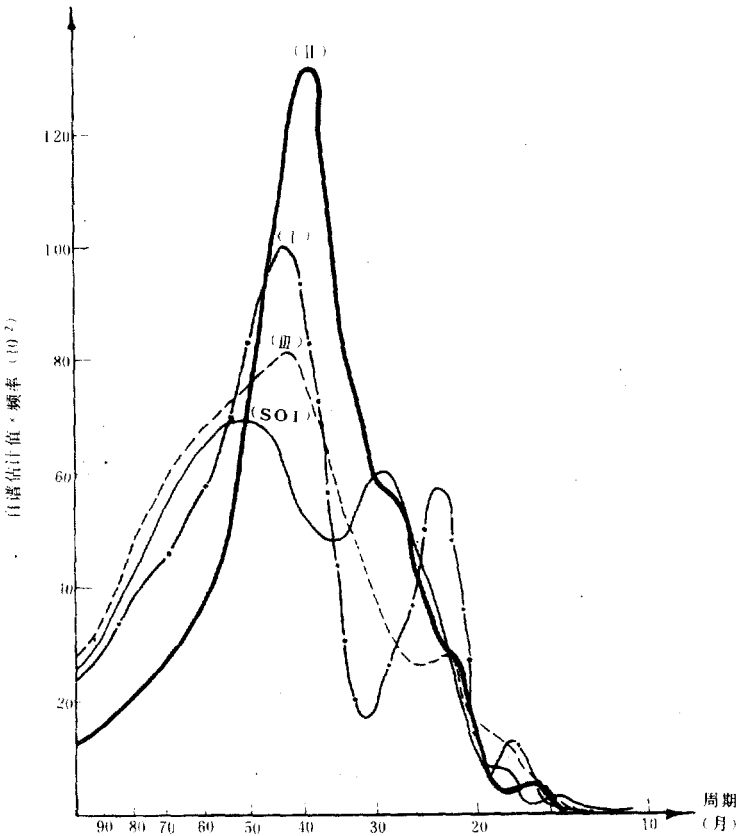


图1 SOI和赤道I、II、III区SST的自谱

### 三、赤道太平洋海温自谱

J. Bjerknes<sup>[2]</sup>指出,赤道局部地区海温的异常,可影响中纬度的大气环流,乃至北极的冰况,并有准两年的周期性。赤道海温变化常可预示大范围世界气候异常变化。为此,进一步了解赤道太平洋海温的特征是十分有益的。

本文在赤道太平洋地区上选取三个海区,分别记为I区(0—10°S、90—80°W)、II区(5°N—5°S、115—135°W)和III区(5°N—5°S、170°W—180°),计算各区内所有网格点(格距为5个经纬度)海温距平的逐月平均值。资料序列长度同样为408个月(1949—1982年逐月

海温距平值)。然后,分别计算 I、II 和 III 区上海温的自谱。赤道太平洋 I 区的地理位置位于厄瓜多尔、秘鲁沿岸,亦是厄尔尼诺发生的区域。从图 1 中可见,该区域的平均海温有两个明显的周期,分别为 44.3、23.5 个月。其中以 44.3 个月(3.7 年)为主周期。II 区位于东太平洋中部,该区域海温的主周期为 39.9 个月(3.3 年),所对应的谱密度在三个区域中为最大。III 区代表中太平洋的海温状况,该区域的海温主周期为 44.3 个月(3.7 年)。I 区和 III 区的海温主振荡周期相同。从平均状态来看,赤道东太平洋海温存在三年半的振荡周期。

#### 四、南方涛动与赤道太平洋海温的耦合振荡

关于赤道太平洋海温和南方涛动之间的关系,文献[3]指出,纬向平均海温的经验正交函数的时间序列与南方涛动指数有一定的关系,最大的相关系数为-0.61,南方涛动先于海温变化 2 个月。Newell<sup>[3]</sup>指出季节的 SOI 变化与赤道东太平洋海温变化相关,但 SOI 较赤道中部太平洋海温变化超前大约一个季节。

本文对 SST 和 SOI 资料(1949—1982 年逐月值)进行不同程度的平滑处理后,作了多维谱计算分析。表 1 说明 SOI (以主周期 53.2 个月为准)与赤道三个区域海温之间的位相关系。从表 1 可见,SOI 与 I、II、III 区平均海温的位相差都是正值,但其范围在 150—179 度之间。因此,可以认为 SOI 与 I、II、III 区平均海温大体上呈反位相的变化,其相关性较好,信度为 0.05。表中还指出赤道 I 区 SST 与 II、III 区 SST 的位相差分别为正的 21 和 31 度。亦说明 I 区的 SST 超前 II 区 SST 变化 3 个月,超前 III 区 SST 变化 5 个月的趋势。这可看出赤道太平洋海温本身的变化存在自东向西传递的趋势。

表 1 南方涛动与赤道各区海温位相差值(度)

南方涛动 周期(月)	项目 \ 海 区 (SST)		I	II	III
	SOI	I 区			
53.2 (主周期)	SOI	位相差	150	174	179
		凝聚值	0.96	0.95	0.96
	I 区	位相差		21	31
		凝聚值		0.96	0.97
46.0 (平均周期)	SOI	位相差	156	176	180
		凝聚值	0.94	0.93	0.97
	I 区	位相差		19	25
		凝聚值		0.97	0.96

另外,由表 1 还可看出,以 SOI 平均周期 46 个月为准的振荡周期下,SOI 与 I、II 和 III 区的 SST 基本上也呈反位相的变化,凝聚值在 0.94—0.97 之间。在这平均周期振荡下,I 区的 SST 比 II、III 区 SST 变化提前 2—3 个月。这可进一步说明,I 区(厄瓜多尔、秘鲁海区)SST 的变化是其它地区 SST 变化的前兆。

为了更好地全面了解整个赤道、热带太平洋 SST 和南方涛动的耦合振荡过程,本文用 111 个网格点上 SST (10°N—10°S、180—80°W) 分别与 SOI 作多维谱分析。图 2a 是 SOI (以主周期 53.2 个月为准)与 111 个网格点上 SST 的位相差分布图。图中实线是 180

度等值线, 以区分位相差的正、负值。从图中可见, 正位相差的范围占优势。180 度廓线自东太平洋赤道东端呈舌状向西伸展到 170°W 处。

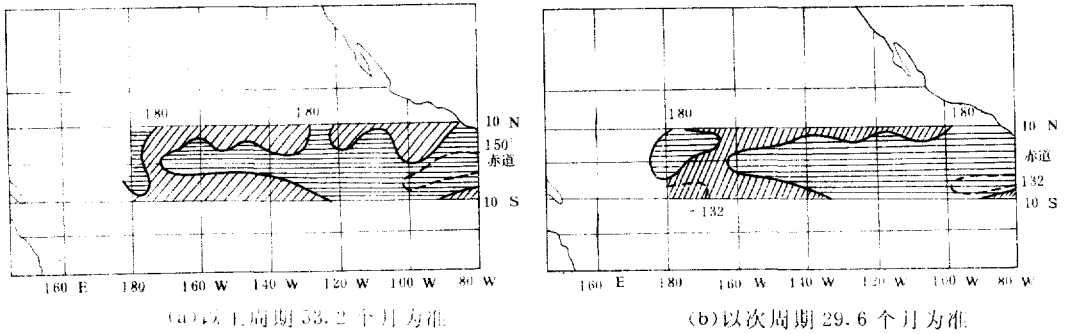


图 2 南方涛动指数和赤道、热带太平洋海温振荡的位相差分布图  
(斜线和横线部分分别代表负、正位相差值区)

在以 SOI 主周期 53.2 个月为准则的情况下, 其位相差为正(负)7 度时, 表明南方涛动超前(落后)SST 变化一个月。根据计算, 在 111 个网格点上, 尤其在赤道附近 SOI 和 SST 的位相差大多数为正值, 其值在 150—179 度之间。因此, 可认为在 SOI 主周期振荡下, SOI 和 SST 的耦合振荡几乎呈反位相变化。但 SOI 为低(高)指数时, 赤道、热带太平洋 SST 偏高(低)。这与文献[4]中指出赤道中、东太平洋多年平均的 SST 和 SOI 时间变化曲线呈反位相振动的观点相吻合。如较细致地分析, 还可见东太平洋东端(0—5°S、80—100°W)网格点上正位相差大约在 140—150 度左右。这表示 SOI(峰值)超前该区域 SST(峰值)变化 20—21 个月, 反映出南方涛动和海温还有一定的时滞关系。

图 2b 是以 SOI 次周期(29.6 个月)为准则的两者耦合振荡位相差图。位相差值正(负)12 度相当于南方涛动超前(落后)SST 变化一个月。由图中可见, 180 度等值线呈东西带状分布, 80—160°W 赤道、热带太平洋地区基本上为正位相差。东太平洋赤道地区的位相差大多数在 160—179 度之间, 所以同样可认为 SOI 与 SST 基本上呈反位相变化。在东太平洋东端(5—10°S、100—80°W), 大多数网格点上正的位相差为 132—120 度左右, 说明南方涛动超前该区 SST 变化 10—11 个月。该区位于厄瓜多尔、秘鲁沿岸, 它们的时滞关系对厄尔尼诺现象的预测有参考意义。而在中太平洋 5—10°S、180—170°W 地区, 多数网格上位相差为 -132—-120 度。即这里的 SST 超前南方涛动变化 10—11 个月左右。由此可知, 南方涛动和赤道、热带太平洋海温的耦合振荡过程并非是完全一致, 而是有区域性差异。

## 五、 南方涛动与黑潮、西风漂流区的耦合振荡

中纬度地区的黑潮和西风漂流区的海温变化对大气环流的影响一直很受重视。如有的学者曾指出<sup>[4]</sup>, 黑潮暖流与我国东部地区的旱涝有较好的关系。本文分别讨论南方涛动与它们的耦合振荡情况。

这里黑潮区域的海温选用 1949—1982 年逐月的 11 个网格点上(20°N、25°N、30°N, 125—135°E, 35°N、140—145°E)海温的平均值来代表。西风漂流区海温用 30—40°N、175°

E—170°W 共 12 个网格点海温的平均值来代表。

表 2 南方涛动与黑潮区、西风漂流区海温位相差

南方涛动 周期(月)	区域		黑潮区海温	西风漂流区海温
	项目			
46 (平均周期)	南方涛动 指数	凝聚值	0.33	0.79
		位相差(度)	43	15
		时间长度(月)	6	2
	黑潮区 海温	凝聚值		0.37
		位相差(度)		-5
		时间长度(月)		1

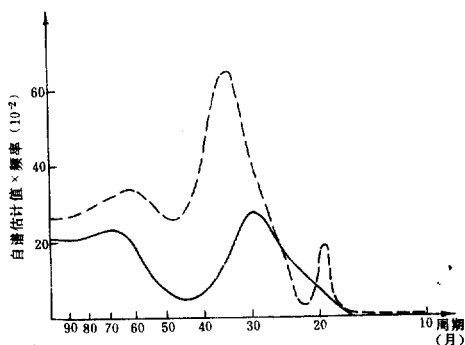


图 3 黑潮和西风漂流区海温的自谱  
(实线和虚线分别代表黑潮区域和  
西风漂流区)

区域海温变化落后西风漂流区海温一个月左右。

为进一步了解黑潮区和西风漂流区海温的自身变化规律,又分别作了自谱分析,如图 3 所示。黑潮区域 SST 的自谱曲线呈双峰型,从计算中可知,主周期为 29.6 个月(2.5 年)。西风漂流区域 SST 的主周期为 33.2 个月(2.7 年)。同时还可看出,西风漂流区海温的自谱估计值比黑潮区域海温的自谱估计值要大得多。

## 六、南方涛动与信风的耦合振荡

南方涛动是用来衡量太平洋赤道区域上两大气团内的气压差变动。这种地面气压差的增大(缩小),使得信风得到进一步增强(减弱),海面水温差就变大(小)。看来,南方涛动和信风之间有着一定的关系。为此,本文采用 1975 年 1 月—1983 年 12 月 850 百帕信风指数资料(取自美国气候分析中心),包括东太平洋(5°N—5°S、135—120°W)、中太平洋(5°N—5°S、175—140°W)和西太平洋(5°N—5°S、135°E—180°)信风指数,正(负)值代表东(西)风。表 3 列出 SOI 与东、中和西太平洋信风指数的位相关系(以 SOI 的平均周期 26 个月为准)。从表中可见,南方涛动与东、中太平洋信风几乎是同位相,而与西太平洋信风为负的位相差。西太平洋信风变化超前南方涛动变化 4 个月,相关系数达 0.91。同时还指出太平洋不同地区信风之间的位相变化,从表中可见,西太平洋信风变化超前东、中太

表 2 是以 SOI 平均周期 46 个月为准,分别给出了 SOI 与黑潮、西风漂流区 SST 的位相差、凝聚值、落后(超前)时间长度。从表中可见,南方涛动指数与黑潮、西风漂流区的海温位相差均为正值,南方涛动变化超前黑潮地区的海温变化 6 个月,超前西风漂流区变化 2 个月。不过,南方涛动与黑潮区域海温的相关性较差,其凝聚值为 0.33。而与西风漂流区海温的关系较好,凝聚值为 0.79 (信度达 0.05)。从表中还可看出,黑潮

表 3 南方涛动指数与 850 百帕信风指数位相差

南方涛动周期(月)	项目	信风区			
		东太平洋信风指数	中太平洋信风指数	西太平洋信风指数	
26 平均周期	南方涛动 指数	位相差(度)	4	5	-57
		长 度(月)	0.3	0.4	4
		凝聚值	0.54	0.79	0.91
	东太平洋 信风指数	位相差(度)		-19	-78
		长 度(月)		1.4	6
		凝聚值		0.82	0.60
	中太平洋 信风指数	位相差(度)			-63
		长 度(月)			5
		凝聚值			0.88

平洋信风变化 5—6 个月,而中太平洋信风超前东太平洋信风变化 1 个多月。这可粗略地认为,东、中和西太平洋信风相互之间的耦合振荡过程有自西向东传递的趋势,这个事实是十分有趣的,值得进一步探讨。

## 七、结 论

综上所述,南方涛动与赤道太平洋海温之间的关系较为密切,在赤道地区两者大体呈反位相的变化。在赤道东太平洋的东端表现出南方涛动变化超前该海域海温变化几个月,且明显地表现出有 4—3.5 年的准周期。这些对进一步研究南方涛动的振荡特性,对赤道东太平洋海温异常(厄尔尼诺现象)的预测是有帮助的。

本文还揭示出南方涛动的变化超前黑潮和西风漂流区海温变化大约 2—6 个月,不过南方涛动与黑潮暖流的相关性较差。此外,我们又阐述了南方涛动与赤道太平洋地区信风的耦合振荡过程,认为它们之间的振荡有区域性差异。南方涛动和东、中太平洋信风基本上呈同位相变化,与西太平洋信风的位相差则为负变化,并且西太平洋信风超前南方涛动变化 4 个月,两者之间的相关性较好。

总之,本文通过大量的计算工作,初步揭示出南方涛动与海温、信风的耦合振荡的一些客观事实,这些可能对制作有关项目的长期预报将是有益的。其耦合振荡的物理图象和机制有待今后进一步地探讨,以用于长期天气预报实践。

## 参 考 文 献

- [1] E. M. Rasmusson and Thomash Carpenter, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino, *Monthly Weather Review.*, 110, 5, 354—384, 1982.
- [2] J. Bjerknes, Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Monthly Weather Review.*, 97, 3, 1969.
- [3] Reginald E. Newell, Variations of zonal mean sea surface temperature and large-scale air-sea interaction, *Quart. J. R. Met. Soc.*, 109, 153—168, 1983.
- [4] 绪孔,厄尔尼诺现象与东海黑潮关系的初步研究及青岛汛期降水预报, *海洋通报*, 2, 2, 10—15, 1983.

## THE COUPLING OSCILLATION BETWEEN THE SOUTHERN OSCILLATION AND THE SEA SURFACE TEMPERATURE AND TRADE WIND

Li Yuehong

(*Institute of Climatology, AMS*)

### Abstract

In this paper, by using multi-spectral analysis, some factors such as the southern oscillation index, sea surface temperature and trade wind index have been calculated, and the coupling oscillation between the southern oscillation and the sea surface temperature over the equatorial Pacific is revealed. It is found that their variations are seemed to be out of phase, and there is a few months phase difference between the sea surface temperature and the southern oscillation. In addition, the correlation between southern oscillation and the trade wind over the Pacific is analysed.