



近百年来的 ENSO 事件及其强度^①

王绍武 龚道溢

(北京大学 地球物理系 100871)

提 要

利用 Nino3 区、NinoC 区海表温度序列及两个 SOI 序列,同时考虑 SST 和 SOI 建立了 1867~1998 年季分辨率的 ENSO 指数序列。根据 ENSO 指数序列,并参考 Wright 的 SOI 指数及其它资料。确认了 1867~1998 年 ENSO 事件,共确定出 32 次暖事件(正 SST、负 SOI)及 32 次冷事件(负 SST、正 SOI)。对每次事件的强度分强、中、弱三等进行了评估。虽然 1982/1983 年暖事件的峰值最高,但从整个事件的平均强度来看,1997/1998 年的暖事件则是 130 多年来最强的一次。近 20 年是暖事件的多发期。

关键词: ENSO 强度 季分辨率

引 言

确认近百年来的厄尔尼诺和拉尼娜事件及其强度,是当前广泛关注的问题。对 ENSO 事件的划分历来就没有一个统一的结论,要确认历史上发生的 ENSO 事件及其强度,目前还存在着很多问题。这主要体现在几个方面,一是使用的表征指标在不断的发展中,早期多用南方涛动指数(SOI),后来又用赤道东太平洋海表温度(Nino3 区和 NinoC 区 SST),近来 Trenberth^[1]建议使用 Nino3、4 区(5°N~5°S,120°~170°W)SST,而且不同的指标判断 ENSO 事件的标准也不同。二是时间分辨率问题,以往一些工作在确认 ENSO 事件时,由于受到资料的限制,主要以年的资料为主^[2],在研究厄尔尼诺影响时,如果以年为单位,人们经常由于很难确定何年为厄尔尼诺年而困惑,因为厄尔尼诺一般并不是恰好发生在一个日历年之内,因此不同作

者所定的厄尔尼诺年往往有不少分歧;而另一方面研究厄尔尼诺的影响,往往是针对某一个季节,如夏季降水等,很难与年为单位的厄尔尼诺年或拉尼娜年比较。而且有时一年之内的上下半年,可能分别出现厄尔尼诺和拉尼娜事件,用年资料并不能反映出来。因此,以季为单位确认厄尔尼诺及拉尼娜是一个十分迫切的任务。

近来倾向于同时使用多种指标来确认 ENSO 事件。因为海温和气压等都只是体现了热带太平洋海-气系统的某些方面,如果只用 Nino 区 SST 或者只用 SOI,都不能很好代表 ENSO 这一热带太平洋海-气系统的变化特征。当然,一般情况下,海温与 SOI 有很好的对应关系,但是,有很多时候 Nino 区 SST 与 SOI 的变化并不一致,如 1946 年 Nino 区 SST 都为负距平,但同时 SOI 也是负距平,1984 年及 1985 年 SST 为明显负距

① 本研究由国家自然科学基金重点项目“49635190”及“攀登 95-预-21”项目共同资助。

平,但 SOI 也是负距平,这反映了大气与海洋状况的不协调。尤其是 SOI,因为许多高频或局地因素会对 Tahiti 和 Darwin 气压产生影响,所以有时 SOI 的变化并不真正反映大尺度的现象^[3,4]。所以,如果综合考虑 SST 和 SOI,一方面能更真实地反映热带太平洋海-气系统的状态,如 Kiladis 和 Van Loon^[5]就曾经将标准化的 SOI 与赤道东太平洋 SST 距平(4°N~4°S,160°W 以东)合起来表示赤道东太平洋海-气系统间的耦合状况,美国气候诊断中心(CDC)近期也提出了一个多变量的 ENSO 指标称为 MEI(Multivariate ENSO Index),同时用到了海平面气压、地面经向风和纬向风、海表温度、海面气温以及总云量共 6 个要素。而且从另一方面来看,不管是 SOI 还是 Nino 区 SST,早期的记录或是不连续或是观测点偏少,影响了代表性和可靠性。所以,如果综合考虑 SST 和 SOI,也可以弥补早期单一资料的观测不够的缺陷,使其代表性有所提高。

因此,本文根据海温和 SOI 的长序列资料,建立季分辨率的 ENSO 指数系列,在此基础上对近百年来暖事件和冷事件及其强度进行确认。

1 资料

本文所用的长系列包括两个 SOI 系列,一个 Nino3 区 SST 序列及两个 Nino C 区 SST 序列。这些序列最原始均有月的值,但是考虑到早期资料贫乏,月的资料误差较大,所以,本文的分析以季为基础。四季以北半球为准:春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12月~2月)。例如 1859 年冬即 1859 年 12 月~1860 年 2 月。所有序列均补足到 1998 年春,并重新对 1961~1990 年平均求距平。具体资料说明如下。

一是 Nino 3 区 SST 序列,这是目前序列最长,而最有系统的海面温度序列。资料来源见 Kaplan 等^[6]及 Cane 等^[7]。序列开始于

1856 年春、到 1991 年秋,从 1991 年冬开始用 CPC(美国气候预测中心)的资料续补。

二是 Nino C 区 SST 序列。这个区即 Angell(1981)^[8]的定义域,即 90°W~180°,0°~10°S。承 Angell 提供原始季平均距平序列,序列开始于 1867 年夏,到 1987 年冬(即 1987 年 12 月~1988 年 2 月止)。王绍武与石伟(1992 年)^[9]曾根据 COADS 资料建立了 1854 年以来 Nino C 区的 SST 序列,因此,可以对 Angell 序列中的缺测作补充。并且,可以与之比较,剔除 Angell 序列中的明显错误。王绍武与石伟的序列到 1989 年冬为止。以后的资料用国家气候中心的 SST 资料续补。

三是 Jones 等的 SOI 序列。资料来源见 Allan 等^[10]、Ropelewski 与 Jones^[11]。序列从 1866 年春开始,到 1997 年秋。1997 年冬及 1998 年春用 CPC 资料续补。

四是石伟与王绍武的 SOI 序列。根据与 Jones 大体相同的资料来源,但早期用了不同的站插补,使序列向前延长到 1856 年冬^[12]。这个序列采用了 CPC 的最新规定,对塔希提与达尔文两个站的气压先分别标准化,然后对其差值再作标准化。同时采用对全年统一标准化而不是分月标准化。因此完全可以与 CPC 的最新结果衔接。所以 1989 年后用 CPC 每月公报的资料插补。

相关分析表明,这些序列间有很好的相关性。见表 1。

表 1 各要素及 ENSO 指数间的相关系数

	A	B	C	D	E
A	1.0	0.81	-0.57	-0.59	0.84
B	0.81	1.0	-0.66	-0.68	0.89
C	-0.57	-0.66	1.0	0.94	-0.90
D	-0.59	-0.68	0.94	1.0	-0.91
E	0.84	0.89	-0.90	-0.91	1.0

$n = 525$ 季, A: Nino C 区 SST; B: Nino 3 区 SST; C: Jones 等的 SOI; D: 石伟和王绍武的 SOI 序列; E: ENSO 指数

2 ENSO 事件的确认

将上述4个序列中月的原始资料都处理为季平均,都取共同的1867年以来时段,再把这4个季平均序列分别标准化(取1961~

1990为参考时段),然后再取平均,就得到一个序列即 ENSO 指数(ESI)序列。在相加时取 $-SOI$,这样当 SST 为正,SOI 为负时指数高。SST 为负,SOI 为正时指数低。见图1。

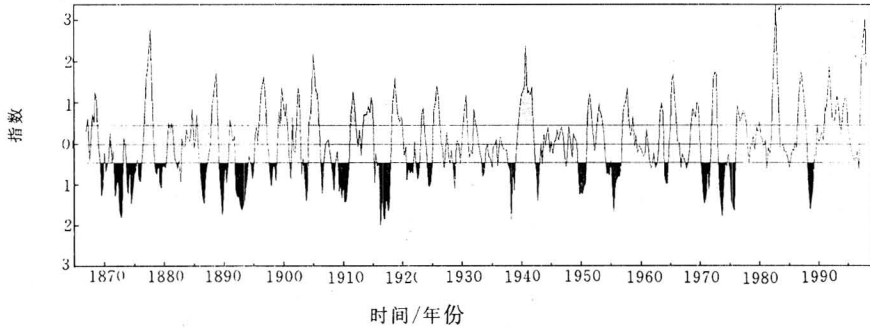


图1 ENSO 指数序列

阴影及涂黑部分分别表示超过0.5和低于-0.5

凡 ENSO 指数连续两个季 ≥ 0.5 ,定为暖事件; ≤ -0.5 为冷事件。达到这个标准的第一个季度作为事件开始期,最后一个季度为结束期。具体确认过程中有几点需要特殊说明的情况:一是1977年因为SOI为很强的负值,距平达到 -1.0 以下,但SST仅为微弱正值,并且从未达到 0.5°C 以上,所以虽然综合指数为较大正值也不定为暖事件。二是1991~1994年,过去有人认为是延长的厄尔尼诺事件,但详细分析各种物理量,似乎仍以分为3次事件为宜。实际从SST正距平在1992年末及1993年末两次明显下降来看确实划分3次事件更好。因此,1992年末及1994年初,虽综合指数在 0.5 以上,并未划为暖事件。

所以,在1867~1998年的132年期间,共确认出32次暖事件及32次冷事件,表2中具体列出了每次暖事件和冷事件,及其发生和结束的时间。

这种对 ENSO 事件的确认结果比以往的划分有了很大的进步,如有的年过去由于

缺少系统的季平均资料,因此,只能定全年为某事件,但实际可能年初与年末不同。比如1925年过去定为厄尔尼诺年,实际春季仍为冷事件,后3个季才是暖事件。又如有时连续几年SST偏低(或偏高),或SOI偏高(或偏低),只根据年的值无法判断是一次,还是几次暖事件(或冷事件),本文根据季的资料则作明确的划分,过去认为1872~1875年连续4年SST偏低,这次根据1873年及1875年夏、秋两季 ENSO 指数值的减少定为3次冷事件;1939~1941年连续3年SST偏高,但过去定为1939年及1940~1941年两次厄尔尼诺事件,这次分析表明,这是一次很强的持续性暖事件。

从确认的 ENSO 事件来看,一次事件以持续一年左右,即3~5个季的居多。但也有个别事件可以持续到两年或两年半(8~10个季),不过没有再长的事件了。这就是说有时一种距平也可能持续到3年或4年如1872~1875年及1908~1910年的负SST及1991~1994年的正SST距平,但均可划分

为 2~3 次事件(见表 2)。

表 2 1851~1998 年的 ENSO 事件

暖 事 件						冷 事 件							
序 号	开 年	始 季	结 年	束 季	持续 季数	强 度	序 号	开 年	始 季	结 年	束 季	持续 季数	强 度
1	1868	1	1868	4	4	2	1	1869	2	1869	4	3	2
2	1876	4	1878	1	6	1	2	1871	4	1873	1	6	1
3	1880	4	1881	3	4	3	3	1873	4	1875	2	7	2
4	1884	3	1884	4	2	3	4	1875	4	1876	2	3	2
5	1888	1	1889	1	5	1	5	1878	3	1880	2	8	3
6	1891	1	1891	2	2	3	6	1882	2	1882	4	3	3
7	1896	2	1897	1	4	1	7	1886	1	1887	2	6	2
8	1899	2	1900	3	6	2	8	1889	2	1890	4	7	2
9	1902	2	1902	4	3	2	9	1892	1	1894	1	9	1
10	1904	2	1905	4	7	1	10	1894	3	1895	1	3	3
11	1911	2	1912	1	4	2	11	1897	4	1898	4	5	2
12	1913	3	1915	1	7	2	12	1903	2	1904	1	4	2
13	1918	2	1920	1	8	2	13	1906	2	1906	4	3	3
14	1923	2	1923	3	2	3	14	1908	1	1908	4	4	3
15	1925	2	1926	2	5	2	15	1909	2	1910	4	7	1
16	1930	2	1930	4	3	2	16	1915	4	1917	4	9	1
17	1932	1	1932	2	2	3	17	1920	4	1921	4	5	3
18	1939	3	1941	4	10	1	18	1922	2	1923	1	4	3
19	1951	1	1951	4	4	2	19	1924	2	1925	1	4	2
20	1952	4	1953	3	4	3	20	1928	3	1928	4	2	2
21	1957	1	1958	1	5	2	21	1933	2	1933	4	3	3
22	1963	2	1963	4	3	3	22	1937	4	1939	1	6	2
23	1965	1	1966	1	5	2	23	1942	3	1943	1	3	2
24	1968	3	1969	4	6	3	24	1947	2	1947	3	2	3
25	1972	1	1972	4	4	1	25	1949	3	1950	4	6	1
26	1976	2	1976	4	3	3	26	1954	2	1956	3	10	2
27	1982	2	1983	2	5	1	27	1962	3	1962	4	2	3
28	1986	3	1987	4	6	1	28	1964	1	1964	3	3	2
29	1991	1	1992	2	6	2	29	1970	2	1971	4	7	2
30	1993	1	1993	3	3	2	30	1973	2	1974	3	6	1
31	1994	2	1994	4	3	2	31	1975	1	1975	4	4	1
32	1997	1	1998	1	5	1	32	1988	2	1989	1	4	1

3 ENSO 事件的强度

过去只有 Quinn(1978)在列出何年曾发生厄尔尼诺事件的同时给出了少数厄尔尼诺事件的强度。我们现在由于有了 ENSO 指数序列,可以对每个事件的强度给予评价。经过分析,并与其他作者如 Quinn(1978)的研究比较,取事件平均综合指数在 0.85 以下的为弱暖事件、1.20 以上为强暖事件,在 0.85~

1.20 之间为中等强度暖事件。对冷事件的临界值分别为 -0.75 及 -1.00。这样对暖事件及冷事件均划为强、中、弱三等,在表 1 中用 1、2、3 表示。

强事件仅占总事件的 1/4 左右,以中等强度的事件最为常见。从最强峰值来看,1982/1983 年曾达到过 3.37 的最高值。但是,从平均强度来看,最强的暖事件是 1997/

1998 年的这次,季平均 ENSO 指数达到了 2.21,其次为 1982/1983 年为 2.02,其余各次暖事件的平均 ENSO 指数均在 2.0 以下。从最低峰值来看,1915/1917 曾达 -1.98 的最低值,从平均强度来看,也是以 1915/1917 年这次冷事件最强,平均 ENSO 指数为 -1.40,其次为 1975 年及 1988/1989 年,平均 ENSO 指数分别为 -1.31 及 -1.27。

在所有的 525 个季中(1867 年春到 1998 年春)总共有 146 个季为暖事件,占 27.8%,有 158 个月为冷事件,占 30.1%,其余 221 个月(占 42.1%)为正常状态。根据所有 ENSO 指数资料统计,表明 ENSO 指数并非正态分布,图 2 表明,ENSO 系统可能存在多个平衡态。据 1867 年以来的全部资料,至少有三种比较明显的模态,一个是正常态,表现为 0 值附近的高频次,二是冷事件模态,三是暖事件模态。从整个频次分布看,负距平区与正距平区并不对称,正距平区的分布表现出长长的拖尾现象,这说明强的暖事件要比强的冷事件多。而且,比较 1950 年以来的频次分布就会发现,近 40 多年来,冷事件的频率在下降,而强的暖事件的增加则非常突出。

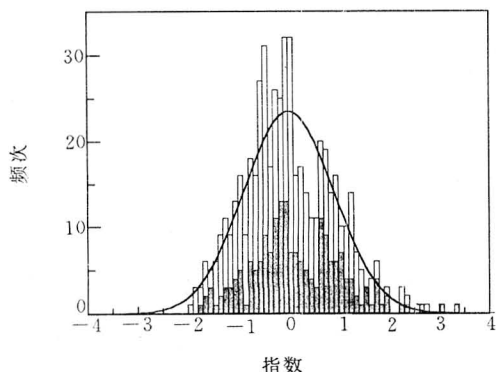


图 2 ENSO 指数的频次分布

空柱为根据 1867 年以来全部数据统计,光滑实线为相应正态分布的理论频次;阴影柱为 1950 年以来的频次分布

4 结论

同时考虑用赤道东太平洋海温和 SOI 来建立 ENSO 指数,能较好反映热带太平洋海-气系统的变化特征。季分辨率的 ENSO 指数可以较好确认出近百年来 ENSO 事件(32 次暖事件和 32 次冷事件)及其强度。ENSO 指数的频次分布表明 ENSO 存在多个平衡态。近几十年来,冷事件的发生频率在下降,而强的暖事件的发生更为频繁。

参考文献

- 1 Trenberth K E. The definition of El Nino. *Bull. Amer. Mete. Soc.*, 1997,78(12):2771~2777.
- 2 Zang Hengfan and Wang Showu. El Nino and anti-El Nino events in 1854~1987. *Acta Oceanologica Sinica*, 1990,9(3):353~362.
- 3 Trenberth K E. Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1984,112:326~332.
- 4 Trenberth KE. and Hoar, T. J. The 1990~1995 El Nino-Southern Oscillation event: Longest on record. *Geophysic Res. Lett.*, 1995,23:57~60.
- 5 Kiladis G N and Van Loon H. The Southern Oscillation. Part VI: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1998,116:120~136.
- 6 Kaplan A et al. Reduced space optimal analysis for historical datasets: 136 years of Atlantic sea surface temperatures. *J G R.*, 1997,102(C13):27835~27860.
- 7 Cane M A et al. Twentieth-century sea surface temperature trends. *Science*, 1997,275:957~960.
- 8 Angell J K. Comparison of variations in atmospheric quantities with sea surface tempertaure variations in the equatorial eastern Pacific. *Mon Wea Rev*, 1981, 109(2):230~241.
- 9 王绍武,石伟. 两类 ENSO 及其对中国夏季降水的不同影响. 国家海洋局科学技术司编. 海洋对气候变化调节与控制作用学术研讨会论文集. 北京:海洋出版社, 1992. 76~87.
- 10 Allan R J et al. A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early ENSO events and Darwin pressure. *J Climate*, 1991,4(4):743~749.
- 11 Ropelewski C F and Jones P D. An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. *Mon. Wea. Rev.*, 1987, 115(10):2161~2165.
- 12 石伟,王绍武. 1857~1987 年南方涛动指数. *气象*, 1989,15(5):29~33.

ENSO Events and Their Intensity during the Past Century

Wang Shaowu Gong Daoyi

(Department of Geophysics, Beijing University, Beijing 100871)

Abstract

To explore the coupling between the atmosphere and the ocean in ENSO events, the combination of 2 SST indices and 2 SOIs which are all beginning from 1880 are used to define the ENSO index. The 2 SSTs are SST of Nino C (i. e. $180^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$, $0^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{S}$, Angell, 1981) and SST of Nino 3 (i. e. $160^{\circ}\text{E}\sim 90^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}$, Cane et al. , 1997), 2 SOIs are SOI of Ropelewski and Jones and SOI of Shi and Wang respectively. Then 32 "warm phase" ENSO events and 32 "cold phase" ENSO events in total are identified from spring 1880 through spring 1998. The intensity of each ENSO event was also classified.

Key Words: ENSO intensity past century