

1857—1987年南方涛动指数

石 伟 王绍武

(北京大学地球物理系)

提 要

本文利用塔希提和达尔文的气压差将美国气候分析中心的SOI序列从1935年向前接补到1857年,并用SOI周期及其与SST的关系进行了检验,证明可以将两段SOI接续起来。

一、引言

南方涛动指数(SOI)是定量描述ENSO系统强度的重要指标。Walker和Bliss⁽¹⁾、⁽²⁾(1924—1932)用气压、气温和降水等多种气象要素定义了SOI,用来反映印度洋气压与太平洋气压相反变化的关系,但其方法过于复杂,不利于计算和分析。后来Berlage⁽³⁾(1954)只利用雅加达气压定义SOI,又显得太简单。所以Quinn⁽⁴⁾(1972)用复活节岛气压减达尔文气压差做为SOI, Wright⁽⁵⁾(1975)以几个站的加权平均气压来定义SOI,而Trenberth⁽⁶⁾(1976)则用塔希提气压减达尔文站气压差来定义。

Egger⁽⁷⁾(1981)对孟买、达尔文、阿批亚、塔希提与复活节岛等5站气压求第一特征向量,用其时间系数来表征SOI。虽然用较多的站反映气压趋势也许有益,但计算繁琐,所以后来人们还是逐渐倾向于用太平洋与印度洋各一个站的气压差来定义SOI。

Van Loon⁽⁸⁾(1981)为了避免澳大利亚及印度尼西亚的局地影响,建议最好用塔希提与可可岛的气压差来代表SOI,不过这两个站气压观测序列较短,可可岛尤甚,所以当分析较长时期的SO变化时可用南美

圣地亚哥与达尔文港的气压差。确实在Walker最早的定义中就包括了这两个站的气压差,但是从相关图(图1)上看,塔希提处于与达尔文最大负相关中心附近,而圣地亚哥距相关中心太远。因此比较理想的是用塔希提与达尔文两站的气压差。

McBride和Nicholls⁽⁹⁾(1983)把塔希提与达尔文海平面气压距平之差经标准化后定义为SOI,而美国气候分析中心(CAC)则是把塔希提与达尔文气压分别对各自的序列标准化后相减再对1950—1980年标准化定为SOI。现在CAC每月气候诊断公报用的就是这种SOI,1986年3月还公布了自1935年以来的SOI值。前面提到的两种SOI虽然差不多,但从理论上讲CAC的要好一些。

目前经常使用的SOI就是CAC的指数,但是这个指数的序列不够长,甚至比可以得到的海温序列还要短得多,因此如何延长CAC的SOI序列是很重要的。达尔文气压的记录较长,始于1882年,而塔希提的气压记录太短。近来, Ropelewski 和 Jones⁽¹⁰⁾

(1987)从法国气象局得到了1876—1935年塔希提气压观测记录,尽管其中也有一些缺测,但仍提供了一个极好的机会去向前延伸CAC的SOI。

二、SOI的接补方法

我们利用相应站的记录插补了缺测的塔希提气压,把CAC的SOI从1935年向前推到1857年,得到一个长达131年的SOI序列。

为了插补塔希提与达尔文的气压,需要选择一些适合的站。Trenberth⁽¹¹⁾(1987)计算了达尔文与赤道地区各站年平均海平面气压之间的相关(图1)。我们选相关系数绝对值在0.5以上而且记录年代较长的站来插补达尔文和塔希提1935年以前的海平面气压,具体过程如下。

1. 分别将阿批亚、圣地亚哥、达尔文和阿德来的气压对1891—1920年标准化;将

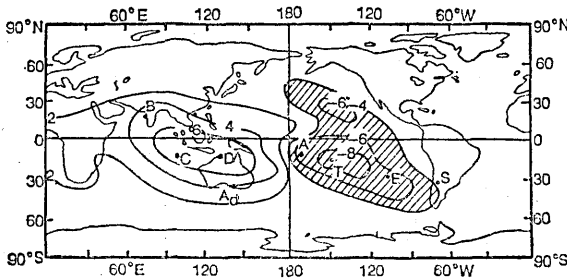


图1 达尔文气压与各地气压的相关系数⁽¹¹⁾ ($\times 10^{-1}$)

A: 阿批亚, B: 孟买, C: 可可岛, D: 达尔文
E: 复活节岛, Ad: 阿德来, S: 圣地亚哥,
T: 塔希提

塔希提气压对1886—1920年标准化。

2. 将阿批亚标准化气压距平补为塔希提标准化气压距平在1876—1935年间缺测的记录;将圣地亚哥标准化气压距平补足塔希提气压1861—1875年的标准化距平;将阿德来气压标准化距平补足达尔文气1857—1881年的标准化距平。

3. 将塔希提气压和达尔文气压的标准化距平分别乘以各自的方差再加上其均值,即得到1857—1935年的达尔文气压和1861—1935年塔希提气压的序列。

将插补得到的塔希提与达尔文气压,按照CAC的SOI的定义,对1951—1980年进行

二次标准化处理,就得到1857—1935年的SOI,其中1857—1860年的SOI是二次标准化后的塔希提气压乘以-2补足。

经过接补的SOI序列见表1。

三、检验

为了检验我们接补的SOI序列,分别计算了1935年前后两段的SOI与赤道东太平洋海温距平(SSTA)的交叉落后相关,并将两者进行了比较(表2)。所用的海温资料是Angell提供的(个人通信)。相关系数0.2达到99%的信度。由表2可清楚地看出,1935年前后的SOI与SST的关系是一致的,再加上两者的定义也完全相同,所以两者可以合起来组成一个完整的从1857—1987年的序列。

图2是1935年前后两段SOI及整个序列的功率谱。比较上图和中图可以看到,1857—1934年间SOI有显著的3.5年左右的周期,而1935—1987年间显著周期却是2.4年左右。

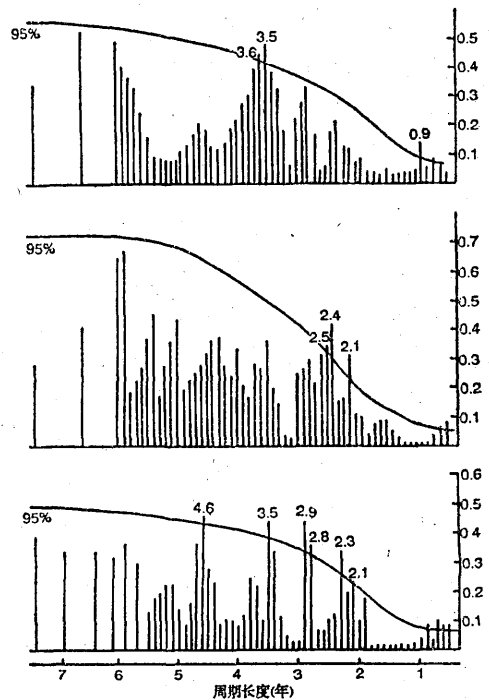


图2

表 1 南方涛动指数

| 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 | 年 | 冬 | 春 | 夏 | 秋 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1857 | 0.8 | 0.1 | 1.5 | -0.2 | 1901 | -0.1 | 0.6 | 1.6 | -1.6 | 1945 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0.2 |
| 1858 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 1902 | 0.4 | 1.1 | -0.1 | -0.9 | 1946 | 0.2 | -0.9 | -1.0 | -1.1 |
| 1859 | 0.9 | 0.4 | -0.4 | 0.1 | 1903 | -0.9 | 1.6 | 0.1 | 0.5 | 1947 | -0.7 | -0.2 | 0.6 | 0.5 |
| 1860 | 1.5 | 1.4 | 0.3 | 0.8 | 1904 | 1.5 | 1.7 | -0.6 | -0.5 | 1948 | -0.1 | 0.0 | -0.5 | 0.0 |
| 1861 | 1.4 | 0.9 | 1.6 | 1.2 | 1905 | -1.0 | -3.7 | -2.2 | -1.0 | 1949 | -0.5 | 0.1 | -0.8 | -0.1 |
| 1862 | 1.8 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 1906 | -0.9 | -0.9 | 0.5 | 1.6 | 1950 | 0.9 | 1.3 | 2.0 | 1.1 |
| 1863 | 0.2 | 0.5 | 1.1 | 0.9 | 1907 | 0.2 | -0.6 | 0.1 | -0.4 | 1951 | 1.4 | -1.0 | -0.9 | -1.2 |
| 1864 | 0.2 | -0.7 | -0.2 | 0.8 | 1908 | 0.2 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 1952 | -0.9 | 0.0 | 0.3 | -0.1 |
| 1865 | -0.1 | 1.1 | -0.3 | 0.0 | 1909 | -0.3 | -0.5 | 1.6 | 0.4 | 1953 | -0.7 | -1.2 | -0.8 | -0.7 |
| 1866 | 0.3 | -0.3 | 0.1 | 1.0 | 1910 | 1.0 | 0.6 | 1.9 | 1.4 | 1954 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.1 |
| 1867 | 0.4 | 0.9 | 0.5 | 0.6 | 1911 | 0.7 | 0.0 | -1.3 | -1.0 | 1955 | 0.6 | 0.0 | 1.6 | 1.4 |
| 1868 | 0.0 | -0.3 | 0.0 | -0.9 | 1912 | -1.1 | -1.4 | -0.6 | -0.3 | 1956 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.7 |
| 1869 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.7 | 1913 | -0.6 | -0.4 | -0.5 | -1.0 | 1957 | 0.3 | -0.5 | -0.5 | -0.8 |
| 1870 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | -0.1 | 1914 | -0.4 | -0.9 | -1.2 | -0.9 | 1958 | -1.0 | -0.5 | 0.2 | -0.5 |
| 1871 | 0.8 | -0.4 | 1.1 | 0.2 | 1915 | -1.1 | -1.0 | 1.6 | 0.3 | 1959 | -1.1 | 0.4 | -0.7 | 0.4 |
| 1872 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 2.4 | 1916 | 0.3 | -0.1 | 1.6 | 0.7 | 1960 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0.4 |
| 1873 | 1.6 | 3.1 | 0.6 | -0.9 | 1917 | 1.0 | 2.0 | 2.8 | 2.2 | 1961 | 0.3 | -0.4 | -0.2 | -0.1 |
| 1874 | 0.5 | 1.0 | 0.6 | 1.8 | 1918 | 1.8 | 0.9 | -0.9 | -0.4 | 1962 | 0.9 | 0.3 | 0.2 | 0.5 |
| 1875 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | -0.2 | 1919 | -1.2 | -0.7 | -1.0 | -1.0 | 1963 | 0.4 | 0.5 | -0.7 | -1.1 |
| 1876 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 1920 | -0.4 | -0.3 | 0.6 | 0.0 | 1964 | -0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9 |
| 1877 | -0.6 | -2.2 | -1.6 | -1.2 | 1921 | 0.9 | -0.1 | 0.6 | 0.8 | 1965 | -0.3 | -0.3 | -1.7 | -1.5 |
| 1878 | -1.8 | -0.7 | 1.0 | 1.1 | 1922 | 0.8 | -0.2 | 0.2 | 0.7 | 1966 | -0.6 | -1.0 | 0.1 | -0.2 |
| 1879 | 1.0 | 0.7 | 1.3 | 1.6 | 1923 | 0.6 | 0.6 | -1.1 | -1.1 | 1967 | 0.7 | 0.1 | 0.3 | -0.1 |
| 1880 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 1.2 | 1924 | -0.1 | -0.1 | 0.9 | 0.9 | 1968 | 0.2 | 0.1 | 0.6 | -0.3 |
| 1881 | -0.5 | 0.1 | -0.7 | -0.7 | 1925 | 0.8 | 0.9 | -1.0 | -1.0 | 1969 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.8 |
| 1882 | 0.2 | 1.0 | -0.8 | 0.3 | 1926 | -1.6 | -1.9 | -1.8 | -0.8 | 1970 | -0.7 | -0.1 | 0.3 | 1.3 |
| 1883 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 1927 | 0.0 | 1.1 | -0.1 | -0.4 | 1971 | 1.1 | 1.8 | 0.6 | 1.3 |
| 1884 | -0.7 | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 1928 | 0.2 | 0.9 | -0.1 | 0.7 | 1972 | 0.3 | -0.9 | -1.6 | -1.0 |
| 1885 | -0.5 | 1.0 | -0.3 | -0.6 | 1929 | 1.7 | 0.1 | 0.1 | 0.7 | 1973 | -1.1 | 0.0 | 1.0 | 1.6 |
| 1886 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 1.8 | 1930 | 0.8 | 0.1 | -0.5 | 0.1 | 1974 | 1.8 | 1.6 | 0.6 | 0.5 |
| 1887 | 1.7 | 1.2 | 1.2 | 0.9 | 1931 | -0.4 | -1.0 | 0.9 | -0.4 | 1975 | 0.0 | 1.0 | 1.9 | 1.7 |
| 1888 | 0.5 | -0.9 | -0.7 | -0.6 | 1932 | 0.3 | -1.3 | -0.7 | -0.6 | 1976 | 1.5 | 0.7 | -1.0 | -0.1 |
| 1889 | -0.5 | -0.3 | 1.7 | 1.7 | 1933 | -0.2 | 0.3 | -0.1 | 0.4 | 1977 | -0.1 | -1.2 | -1.7 | -1.3 |
| 1890 | 2.2 | 1.6 | 0.7 | 1.1 | 1934 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 0.5 | 1978 | -1.5 | -0.1 | 0.3 | -0.3 |
| 1891 | 0.8 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 1935 | 0.1 | 0.5 | -0.1 | 0.5 | 1979 | 0.0 | -0.2 | 0.4 | -0.3 |
| 1892 | 0.0 | 1.7 | 1.9 | 0.5 | 1936 | -0.3 | 0.3 | -0.4 | -0.5 | 1980 | -0.2 | -1.0 | -0.3 | -0.4 |
| 1893 | 1.1 | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 1937 | 0.1 | 0.3 | -0.1 | -0.4 | 1981 | -0.1 | -0.6 | 0.9 | -0.1 |
| 1894 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 1938 | 0.5 | 0.4 | 1.7 | 0.7 | 1982 | 0.5 | -0.2 | -2.4 | -2.4 |
| 1895 | 1.0 | 1.4 | 0.1 | -0.1 | 1939 | 1.2 | 0.7 | 0.1 | -1.3 | 1983 | -3.1 | -1.5 | -0.6 | 0.4 |
| 1896 | 0.8 | -0.3 | -1.2 | -0.4 | 1940 | -0.6 | -1.2 | -2.1 | -1.5 | 1984 | 0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.1 |
| 1897 | -0.5 | -1.0 | 0.7 | 0.4 | 1941 | -1.7 | -1.1 | -2.1 | -1.4 | 1985 | 0.0 | 0.5 | -0.3 | -0.4 |
| 1898 | 1.2 | 1.7 | 0.8 | 0.5 | 1942 | -1.0 | -0.4 | 0.3 | 0.3 | 1986 | -0.1 | -0.2 | 0.1 | -0.5 |
| 1899 | 0.9 | 0.4 | -0.9 | 0.8 | 1943 | 1.1 | 0.7 | -0.1 | 0.5 | 1987 | -1.3 | -2.2 | -2.1 | -0.6 |
| 1900 | -0.6 | -1.7 | 1.7 | -1.4 | 1944 | -0.6 | 0.0 | -0.5 | -0.6 | | | | | |

注：其中1935年以后为CAC公布的SOI

表 2 南方涛动指数与赤道东太平洋海温距平的交叉落后相关系数

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| SOI | 0.10 | 0.20 | 0.31 | 0.49 | 0.58 | 0.47 | 0.34 | 0.18 | -0.02 | SST* |
| SOI | 0.03 | 0.19 | 0.36 | 0.55 | 0.63 | 0.62 | 0.40 | 0.13 | -0.08 | SST |

SOI*、SST*指1870—1935年序列； SOI、SST为1936—1987年序列；

-4, -3, …… 4表示落后季数； 相关系数负值表示右侧指数落后，正值表示左侧指数落后。

这说明在过去100多年中厄尔尼诺发生频率是随时间变化的。最近几十年厄尔尼诺出现频率要比上个世纪高。在对131年SOI的功率谱分析中，我们发现在低频部分70年左右存在一个明显的峰值。最近，日本学者在研究火山活动时发现地壳活动存在70年左右的周期。王绍武在研究500年来厄尔尼诺事件时发现厄尔尼诺出现频率中有类似的变化。

另外，从图2下部发现SOI在很宽的频带上都有显著的周期，如4.6年，3.5年，3年左右，2年左右和半年左右。这说明厄尔尼诺过程的出现没有严格意义上的周期性。不仅如此，而且每次厄尔尼诺（反厄尔尼诺）事件的起始时间及持续长短也有明显的差别。赵汉光等人在研究厄尔尼诺与中国灾害天气的关系时发现，厄尔尼诺事件起始早或晚，大气对海温异常的响应刚好相反，表现为中国洪涝的分布型明显不同。

图3是SOI和SST (Angell提供)对厄尔尼诺和反厄尔尼诺的叠加。用这两个指数

表3

| 第一类 | | 第二类 | |
|------|-------|------|-------|
| 厄尔尼诺 | 反厄尔尼诺 | 厄尔尼诺 | 反厄尔尼诺 |
| 1877 | 1886 | 1884 | 1889 |
| 1878 | 1898 | 1899 | 1903 |
| 1891 | 1924 | 1904 | 1906 |
| 1896 | 1833 | 1911 | 1949 |
| 1902 | 1964 | 1913 | 1970 |
| 1951 | | 1925 | |
| 1957 | | 1930 | |
| 1963 | | 1968 | |
| 1965 | | 1976 | |
| 1972 | | 1982 | |

叠加得到的结论是一致的。我们把厄尔尼诺和反厄尔尼诺分别分为两类。第一类厄尔尼诺（反厄尔尼诺）从春季开始，持续时间短，到下一年夏季结束（见图3a、b），第二类过程从夏季开始，持续时间长，到第三年冬季才结束（图3c、d）。叠加所用年表见表3。

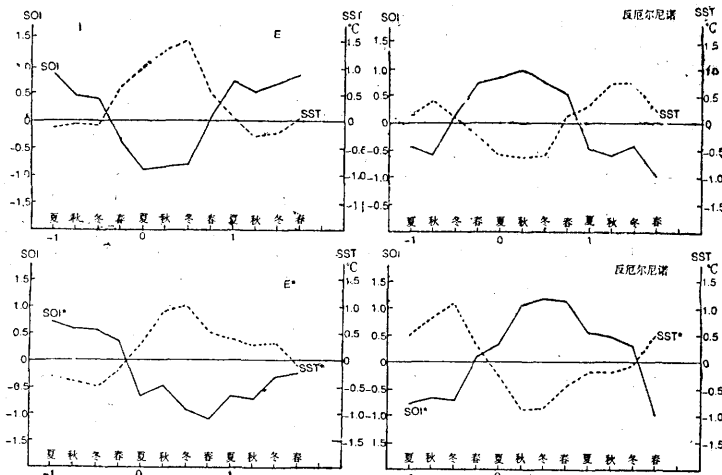


图 3 SOI和SSI对厄尔尼诺(反厄尔尼诺)的叠加图

参考文献

- (1) Walker, G. T., and E. W. Bliss. World Weather 11. Mem. India Meteor. Dep. 24, 275-332, 1924.
- (2) Walker, G. T., and E. W. Bliss, world Weather V. Mem. Roy. Meteor. Soc., 4, 5384, 1932.
- (3) Berlage, H. P., The Souther Oscillation, a 2-3 year fundermental oscillation of worldwide significane. Scientific Proceedings of the International Association of Meteorology, Rome, 1954.
- (4) Quinn, W.H., and M. V. Burt, Use of the Southern Oscillation in weather prediction, J. Appl. Meteor., 2, 616-628, 1.72.
- (5) Wright, P.B., An index of the Southern Oscillation.
- (6) Trenberth, E. K., Spatial and temporal Variations of the Southern Oscillation. Quart. J. Roy. Met. Soc., 102, 639-653, 1976.
- (7) Egger, J., G. Meyer and P.B. Wright, Pressure, wind and cloudness in the tropical Pacific related to the Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 109, 1139-1149, 1981.
- (8) Van Loon, H., and R. A. Madden, The Southern Oscillation, part I: Global associations with pressure and temperature in Northern Winter, Mon. Wea. Rev., 109, 1150-1162, 1981.
- (9) McBride, J. L., and N. Nicholls, Seasonal relationships between Australian rainfall and the Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 111, 517-528, 1983.
- (10) Ropelewski, C. F., and P. D. Jones, An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. Mon. Wea. Rev., 115, 2161-2165, 1987.
- (11) Trenberth, E. K., and D. J. Shea, On the evolution of the Southern Oscillation, Mon. Wea. Rev., 115, 3078-3096, 1987.

Southern Oscillation Index, 1857—1897

Shi Wei

Wang Shaowu

(Departement of Geophysics, Beijing University)

Abstract

The series of the Southern Oscillation Index (SOI) published by US CAC is extended from 1935 back to 1857 using the sea level pressure differences between Tahiti and Darwin. The periodicities of SOI and its relationship to the SST are examined.