

近500年的厄尔尼诺事件

王绍武

(北京大学地球物理系)

提 要

根据南美洪水、澳大利亚干旱、印度尼西亚干旱、登陆我国台风次数、东亚冷夏,用我国旱涝恢复的南方涛动指数,用北美树木年轮恢复的南方涛动指数,用北美树木年轮恢复的南方涛动指数等资料初步确定了1470年以来的厄尔尼诺事件。

一、引言

1982—1983年破纪录的强厄尔尼诺事件,造成世界范围的经济损失约达200亿美元。1986—1987年又发生了一次厄尔尼诺事件,其强度虽不如1982—1983年,但持续时间亦较长,而且这两次事件与50年代以来的其它厄尔尼诺事件的特征不同。开始于秋季,并首先在赤道中太平洋增暖,然后才扩展到南美沿岸。因此,当前国内外对厄尔尼诺的研究有增无已。

然而,大家知道,研究象厄尔尼诺这样的气候异常现象,建立一个长序列是非常重要的。作者曾根据世界范围的气候异常,对100多年以来的厄尔尼诺事件进行了研究⁽¹⁾,后来又专门利用赤道东太平洋海温资料作了校正,并同时列出1854年以来的反厄尔尼诺事件⁽²⁾。但如果希望得到更早期厄尔尼诺的信息,就不可能依靠直接观测资料了。Thompson等⁽³⁾(1984)利用秘鲁的QueLccaya冰帽来判断厄尔尼诺。近20年的记录表明,厄尔尼诺事件发生时积雪量减少,如果开发出深层冰芯,就有可能了解过去1500年的厄尔尼诺事件。Schrader及Pisias⁽⁴⁾(1965)研究了加利福尼亚Guaymas湾沉积中的花粉成份,认为花粉的一定集合与强厄尔尼诺事件有关,假如这种关系确实存在,

则有可能据以了解过去3000年的厄尔尼诺发生史。Shen与Boyle⁽⁵⁾(1984)把Galpagos岛珊瑚骨架的年轮与近20年的厄尔尼诺事件进行了比较,发现厄尔尼诺年镭含量减少。这反映了因海水上翻减弱而造成的海洋化学变化,利用这种技术也有可能揭示若干年前的厄尔尼诺事件,这些新技术的应用虽然暂时还没有提供一个长的厄尔尼诺事件序列,但是潜力是很大的。

另一方面,利用各种天气、气候及海洋、水文异常的史料,研究历史时期的厄尔尼诺也是可能的。Quinn等^(6, 7)利用南美的大雨、洪水、航海及渔业记载研究了1500年以来的厄尔尼诺事件。Hamilton与Garcia⁽⁸⁾(1986)分析了秘鲁的异常,定出1531—1841年期间的18个强厄尔尼诺事件。Nicholls⁽⁹⁾研究了澳大利亚的干旱记载,指出1788—1841年间有11次严重干旱,绝大部分与Quinn等⁽⁶⁾所定的厄尔尼诺年一致。作者曾指出东亚冷夏以及西太平洋台风数均同厄尔尼诺事件有较好的关系^(10, 11)。因此,1600年冷夏的序列⁽¹²⁾及1470—1987年的登陆我国台风序列⁽¹³⁾,亦可用来研究历史时期的厄尔尼诺事件。此外, Lough与Fritts⁽¹⁴⁾(1985)还尝试了应用树木年轮建立厄尔尼诺事件的长序列。

本文的目的即综合各种史料分析结果,

建立1470年以来的厄尔尼诺事件年表。

二、使用的指标

本文使用了6种指标,分述如下。

A. 低南方涛动指数(SOI)年。张先恭与宋洁(1988)根据中国旱涝图,重建了1472—1985年的低南方涛动指数年*,在514年中共定出71次低指数事件,自1854—1982年共19次,其中14次为公认的厄尔尼诺事件,由于所定的低指数事件的频率明显低于厄尔尼诺事件,因此可能有所遗漏。但因为拟合率较高,所以当这个序列表明为一次低指数事件时,存在一次厄尔尼诺事件的可能性很大。

B. 低 SOI 年。Lough 和 Fritts (14) (1985) 根据北美西部的树木年轮,重建了1600年以来的季平均SOI距平序列,其间连续两个季负距平达到一个方差的低指数事件有51次,并指出1792—1793年及1815—1816年可能发生了强度如1982—1983年的厄尔尼诺,但该文并没有列出所有的低指数年。我们根据其SOI季距平曲线定出52次低指数事件,在1854—1941年中共15次,有13次为厄尔尼诺事件(2),自1600—1850年Quinn等(7)共定出25次强厄尔尼诺事件,有11次包括在Lough等所定的低指数年中,另有4次与低指数年相邻,考虑到厄尔尼诺事件有时可能跨两年,并且可能有的指标在前一年强,有的指标可能在后一年强,因此这份低指数年表对确定厄尔尼诺事件也是有参考意义的。

C. 登陆台风**数。厄尔尼诺发生时西太平洋台风数减少(11),但考虑到史料只可能反映登陆台风数,所以这里一律用每年登陆我国的台风数来判断厄尔尼诺事件。图1为1950—1987年逐年登陆台风数。与厄尔尼诺事件比较,11个谷点中有7个为厄尔尼诺年。1884—1949年的登陆台风数有比较准确的天气记录(15)(16),1884年之前则只能依靠史料,《地学基本数据手册》(13)中有朱明道等整理的1470年以来的逐年登陆台风数。由

于史料的缺漏,早期登陆数偏少,后期逐渐增多,但这并不妨碍我们从曲线中定出低点。1470—1987年共有143个低点。在1880—1949年共有18个低点,有8个为厄尔尼诺年,6个与厄尔尼诺年相邻,在1790—1879年内有26个低点,有16个为Quinn等所定的

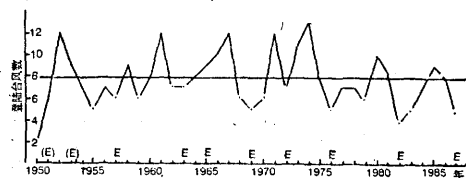


图1 1950—1987年登陆中国的台风数
E为厄尔尼诺年

厄尔尼诺年,还有6次与厄尔尼诺年相邻。因此,总的讲,关系也是比较好的。

D. 东亚冷夏。作者的研究表明,冷夏在东亚地区有很大的空间一致性(17),至少从日本北部经朝鲜半岛到我国东北,向北到苏联远东地区的南部,经常同时出现夏季低温。因此在这个地区选取10个站***求夏季(6—8月)平均气温距平。图2给出了1900—1987年的夏季10站平均气温距平曲线。按文献(12)中规定,气温距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 为冷夏。在22个冷夏中有13年为厄尔尼诺年,8年与厄尔尼诺年相邻(见图中E),显然冷夏也可以作为确定厄尔尼诺事件的指标。根据日本及东北地方的史料,并参考中国的旱涝史料,自1600—1987年共定出99个冷夏(12)。

E. 厄尔尼诺事件。Quinn等(6, 7)所定的厄尔尼诺事件,主要依据是南美的气候、水文及生物异常。近百年各种资料比较丰富。18世纪末到19世纪末有Eguiguren (1894)所定的1791—1890年秘鲁降水级别,他把降水分为5级:干(0)、少雨

*见宋洁硕士毕业论文,尚未发表。

**见本文所说的台风,即风力 ≥ 8 级的热带气旋。

***尼古拉耶夫斯克、南萨哈林斯克、札幌、根室、秋田、符拉迪沃斯托克、爱辉、海拉尔、哈尔滨、沈阳。

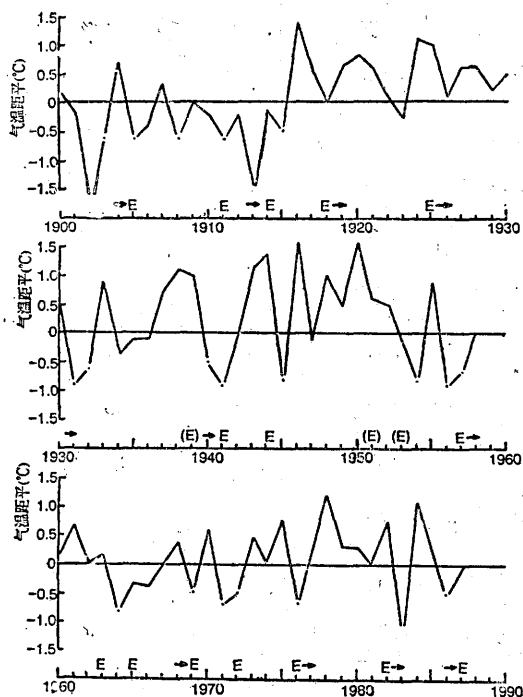


图2 东亚10个站平均夏季气温距平
黑点表示冷夏，E表示厄尔尼诺年

(1)、中等(2)、多雨(3)及异常多雨(4)。Quinn等^[6]把4级定为强厄尔尼诺，3级定为中等强度厄尔尼诺，2级和1级定为弱及非常弱厄尔尼诺。因为那里是沙漠地带，经常干旱，只有少数年有雨，所以只要有一定的降水就可能说明有一次厄尔尼诺事件。Quinn等^[6, 7]还参考了历史学家、船长、海员、牧师关于大雨、洪水、航行时间变化，海鸟死亡与迁徙，鱼类大量死亡的记载，在1541—1983年间共定出44次强厄尔尼诺事件，在1800—1983年间另有30次弱厄尔尼诺事件。这样，如果同时考虑强和弱的事件，则频率显然比我们过去^[2]定的要高，但在1800年之前因为只有强厄尔尼诺事件，则频率又显著偏低。

F. 秘鲁降水。Hamilton与Garcia^[8]研究了秘鲁早期降水史料，在1541—1982年间共18次多雨，其中17次为Quinn等^[7]所

定强厄尔尼诺事件，只有1770年Quinn等^[6]曾定为弱厄尔尼诺年，但在1986年的表^[7]中未列入，此外尚有1532年可能多雨，但证据不很充分。因此，这份年表主要是对Quinn等研究的支持，但也对确定早期的厄尔尼诺事件有帮助。

G. 厄尔尼诺事件。作者根据赤道东太平洋(0—10°S, 90°W—180°)海温定的厄尔尼诺事件，凡连续两个季以上季平均海温距平 ≥ 0.5 ，或海温月距平峰值达到1.0°C定为厄尔尼诺事件，1854—1987年共有31次达到上述标准，其中有3次稍弱。

三、划定厄尔尼诺年的方法及结论

图3给出1470—1987年6种指标(A—F)，并列入了1850—1987年根据海温划定的厄尔尼诺事件(G)，以资比较。本文定的厄尔尼诺年用直线或方框划出。关于划定的方法，根据资料情况可分4段讨论。

(1) 1950—1987年。这段时间资料最完善，在文献^[2]中所定的10次厄尔尼诺事件中，1951及1953年一向认为是弱事件，在其它指标中反映不明显，为了保持序列前后的统一，这次不再列为厄尔尼诺事件，其余8次则反映比较一致，而且均达到了海温所定标准，所以都定为厄尔尼诺事件，38年中发生8次事件，频率为21.1%。

(2) 1850—1949年。这段时间有海温观测记录^[2]，又有强、弱厄尔尼诺事件年表^{[6][7]}，可靠性较大。从图3可以看出，大部分指标支持了文献^[2]的分析。如1884、1905、1941年均是前5种指标一致反映有一次厄尔尼诺事件。所以我们仍以^[2]为基础，仅稍作修改；1884及1896年两次厄尔尼诺事件次年有不少指数有反映，实际海温正距平也较明显，说明这两次事件可能过程较长，故改为1884—1885及1896—1897年，同理，1911年事件改为1911—1912年，而1913—1914年事件改为1914年。此外，去掉了1939

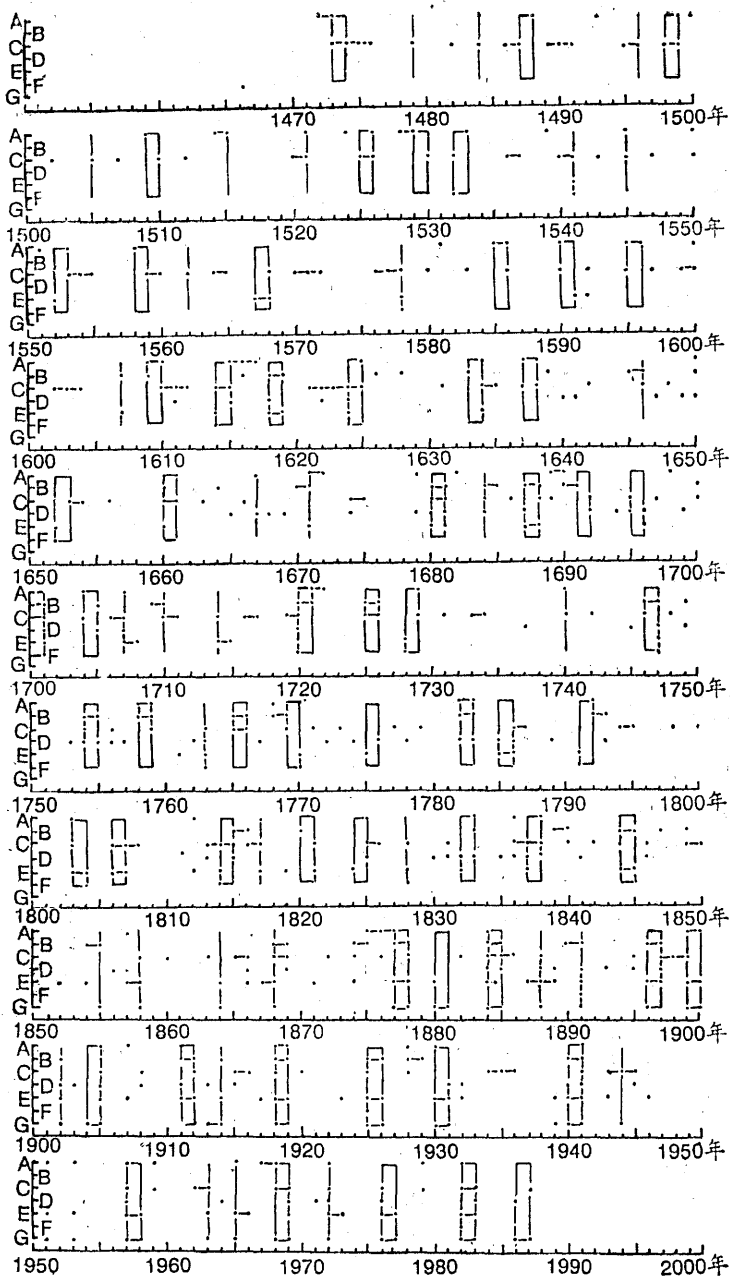


图3 1470—1987年的厄尔尼诺指标(圆点)及确定的厄尔尼诺年(直线与方框)

年弱厄尔尼诺事件, 这样, 100年中发生了20次厄尔尼诺事件, 频率为20.0%。

(3) 1600—1849年。一般至少有3个指标一致有反映时才定为厄尔尼诺事件。因为这6个指标除E与F有关外, 其余均为独立因素, 指标集中说明发生厄尔尼诺的可能

性较大。当只有少数指标有反映时, 可能说明过程较弱, 或是其它与厄尔尼诺无关的因子在起作用, 故不定为厄尔尼诺事件。个别情况下, Quinn等^[6, 7]定为弱或甚至强厄尔尼诺, 但其它指标无反映或反映不强, 如1850、1762年, 我们认为可能主要在南美发

生气候异常,也不作为厄尔尼诺处理。这样250年间共定出48次事件,发生频率为19.2%。

(4) 1470—1599年。这段时期一般仅有A、C、E三种指标。1541年以前只有A、C两种指标。A是中国旱涝,一般认为与厄尔尼诺的关系不如其它指标,C为登陆中国的台风数,早期资料也比较缺乏,即使在1541年以后,有E指标,也仅有强厄尔尼诺,频率很低。所以这段时期所定的厄尔尼诺事件可靠性显著低于1600年以后。把凡有2个以上指标有反映的定为厄尔尼诺事件,仅21次,因此又将只有C指标为低点,且登陆台风数为零的3年,即1479年,1496及1505年也列入。这样共定出24次事件,频率为18.5%,仍稍低于其它时期。

在1470—1987年共定出100次厄尔尼诺事件,总发生频率为 $100/518=19.3\%$,但其中有63次事件是跨两年的,因此共有163年为厄尔尼诺年或相邻年(详见附表),约占总年数的 $1/3$,与近100多年的结果^[2]一致。对于这个年表,有两点要说明:第一,这个表是初步分析,特别是早期,还有待于根据更多的资料修订。第二,目前我们还很难定出这100次厄尔尼诺事件的强度,也无法象文献^[2]一样判断其类型,这也是需要进一步研究的。

最后,顺便指出,从表中可见,厄尔尼诺发生频率可能有长期变化。以每10年发生一次或0次为少发期,每10年发生3次为多发期,则少发期之间或多发期之间的距离平均都是70年。如果未来仍按这个规律发展,则显然未来20—30年,厄尔尼诺的发生频率要低于1960—1980年代。这无疑是一个值得研究的问题。

附表 1471—1987年间厄尔尼诺事件年表

年代	厄尔尼诺	次数	年代	厄尔尼诺	次数
1470	73-74,79	2	1730		0
1480	84,87-88	2	1740	40,46-47	2
1490	96,98-99	2	1750	54-55,58-59	2
1500	05,09-10	2	1760	63,65-66,69-70	3
1510	15	1	1770	75-76	1
1520	21,25-26,29-30	3	1780	82-83,85-86	2
1530	32-33	1	1790	91-92	1
1540	41,45	2	1800	03-04,06-07	2
1550	50,52-53,58-59	3	1810	14-15,17	2
1560	62,67-68	2	1820	20-21,24-25,28	3
1570	78	1	1830	32-33,37-38	2
1580	85-86	1	1840	44-45	1
1590	90-91,95-96	2	1850	55,58	2
1600	00,07,09-10	3	1860	64,68	2
1610	14-15,18-19	3	1870	77-78	1
1620	24-25	1	1880	80-81,84-85,88	3
1630	33-34,37-38	2	1890	91,96-97,99-00	3
1640	46	1	1900	02,04-05	2
1650	50,52-53	2	1910	11-12,14,18-19	3
1660	60-61,67	2	1920	25-26	1
1670	71	1	1930	30-31	1
1680	80-81,84,87-88	3	1940	40-41,44	2
1690	91-92,95-96	2	1950	57-58	1
1700	00-01,04-05,07	3	1960	63-65,68-69	3
1710	10,14	2	1970	72,76-77	2
1720	20-21,25-26,28-29	3	1980	82-83,86-87	2

参考文献

- (1) 王绍武, 1860—1979年期间的厄尼诺年, 科学通报, 30 (1985), 52—56.
- (2) 臧恒范, 王绍武, 1854—1987年期间的厄尔尼诺年与反厄尔尼诺事件, 海洋学报, 11(1989) 即将发表.
- (3) Thompson L.G., E. Mosely-Thompson and B.M. Arnao. El Nino—Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya ice cap Peru, Science, 226(1984) 50—53.
- (4) Schrader, H., and N.G. Pisias. High resolution paleoclimatic records of the last 3000 years from marine varved Gulf of California sediments, Terra Cognita.

- 5 (1985). 83.
- [5] Shen, G.T., and E.A. Boyle. Lead and cadmium in corals: tracers of global industrial fallout and paleo - upwelling. *Eos*. 65(1984) 961.
- [6] Quinn, W.H., D.O. Zopf, K.S. Short and R.T. Kuo Yang. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation. El Nino. and Indonesian droughts. *Fish Bull*, U.S., 76(1978) 663—678.
- [7] Quinn, W.H., V.T. Neal. Preliminary Report on El Nino Occurrences over the Past Four and a Half Centuries. College of Oceanography, Oregon State University. 1986. December.
- [8] Hamilton, K. and R.R. Garcia. El Nino / Southern Oscillation events and their associated midlatitude teleconnections 1531—1841. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 67(1986). 1354—1361.
- [9] Nicholls, N. More on early ENSOs: Evidence from Australian Documentary sources. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 69(1988) 4—6.
- [10] 王绍武、朱宏, 东亚的夏季低温与厄尔尼诺, *科学通报*. 31 (1986) , 1323—1325.
- [11] Wang Shaowu et al., Relationship between Eastern Equatorial Pacific sea surface temperature and subtropical high in the Western Pacific. *TO—AN. NO*. 23(1984), 13—14.
- [12] 王绍武, 近四百年东亚的冷夏 (即将发表于国家气候蓝皮书).
- [13] 张家诚主编, 地学基本数据手册, 1986, 301—302, 海洋出版社.
- [14] Lough J.M. and H.C. Fritts, The Southern Oscillation and tree rings: 1600—1961, *J. Climate, Appl. Meteo.*, 24(1985), 952—966.
- [15] 高由禧、曾佑思, 台风的路径图及其一些统计, 科学出版社, 1957.
- [16] Chin, P.C., Tropical cyclone climatology for the China Seas and Western Pacific from 1884—1970, Vol. 1972, 2—207, Royal observatory, Hong Kong.
- [17] 王绍武、朱宏, 东亚夏季低温, 北方天气文集 6 (1981), 85—99.

El Nino events from 1470 to 1988

Wang Shaowu

(Peking University)

Abstract

The El Nino events in the period of 1470 to 1988 are identified using the given proxy data such as Peruvian floods, Indonesian and Australian droughts, typhoon landed in China, Cool Summers in East Asia, and SOI reconstructed from drought / flood data in China and tree-rings in North America.