

厄尔尼诺对广西气候变化的影响

涂方旭 董蕙青 李 雄

摘要 用t检验和 χ^2 检验,分析了厄尔尼诺(EL Nino)对广西气候变化的影响。检验结果表明,厄尔尼诺对广西一些地区的月平均气温、月降水量及夏季洪涝有显著影响。厄尔尼诺当年6月,广西东部月平均气温可能偏低,厄尔尼诺次年6月,广西北部地区降水量可能偏多;厄尔尼诺次年夏季,柳江、桂江、西江流域发生洪涝的频率较高。

关键词 厄尔尼诺 气候变化 统计分析

中图法分类号 P 468.01

Effect of EL Nino on Climatic Variations in Guangxi

Tu Fangxu Dong Huiqing Li Xiong
 (Guangxi Climate Centre, Nanning, 530022)

Abstract Using methods of t-test and chi-squared test, the effect of EL Nino on climatic variations in Guangxi are analysed. The result shows that the climatic variation in Guangxi is influenced significantly by EL Nino. In the current year of EL Nino, the mean monthly temperatures in June are likely to be colder than normal in the East of Guangxi. In the next year of EL Nino, the rainfall amounts in June are likely to be more than normal in the north of Guangxi. In summer of the next year of EL Nino, there could occur flooding in Liujiang, Guijiang and Xijiang Rivers.

Key words EL Nino, climatic variation, statistical analysis

厄尔尼诺(EL Nino)是大尺度海洋和大气相互作用的结果。厄尔尼诺现象出现时,赤道太平洋上空信风减弱,赤道东太平洋海温明显增高,大气环流发生变化,往往造成全球性气候异常,不仅发生在美洲和热带地区,也会出现在世界其它地方。本文对厄尔尼诺与广西气温、降水量等气候要素的关系进行了统计分析。检验结果表明,厄尔尼诺现象对广西一些地区的月平均气温、降水量等气候要素及洪涝有显著的影响,从中得出一些有预报价值的结果。

1 厄尔尼诺年的确定

厄尔尼诺在历史上出现的年份和个例,不同文献^[1~4]的结果有一些差异。总的看来,40年代以前差别较大。50年代以后比较接近,但仍有一些个例不同(如1963年)。

从国家气候中心的《ENSO监测简报》看，提到的关键区海温指数有NINO1+2、NINO3和NINO4。重点分析的NINO3，范围为 $90^{\circ}\text{W} \sim 150^{\circ}\text{W}$ 。美国海洋大气署（NOAA）在互联网的专门网页上有一个厄尔尼诺和拉尼娜年表，提到赤道太平洋海温关键区是 150°W 到日期变更线（ 180° ）。

为了比较，我们尝试用赤道东太平洋特定区域的海温指数来确定厄尔尼诺年。使用的海温资料集为 $10^{\circ}\text{S} \sim 50^{\circ}\text{N}$ 的太平洋海域，网格距为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬度，共286个格点。资料年代为1951年~1997年。参考国家气候中心《月气候监测公报》中海温指数NINO1+2的区域，选定区域 $10^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ ， $90^{\circ}\text{W} \sim 80^{\circ}\text{W}$ 。统计此区域逐月平均海温及距平值，计值距平的多年平均基准取1951年~1995年。

考虑厄尔尼诺现象是一个强信号，应具有一定的持续时间和强度。参考各文献列出的厄尔尼诺年份，厄尔尼诺年的标准可以定为：(1)选定区域内，海温正距平持续期7个月；(2)正距平过程中，至少有一个月海温距平 >1.5 ；(3)如果正距平过程跨年，且正距平过程不中断（正距平持续），则取首先达到标准(1)、(2)的一年。若过程中断（有负距平出现），各年符合标准(1)、(2)，则各自统计为厄尔尼诺年。

文献[2,3]提到的1963年，区域中海温指数以负距平为主。对于不同文献，1986年、1986/1987年，我们定为1987年，差别不大。文献[3]提到了1994/1995年，实际上1991、1994、1995年的区域海温指数均符合标准(1)，但未达到标准(2)，我们认为可以灵活决定，本文暂时未取为厄尔尼诺年。我们按海温指数确定的厄尔尼诺年，与文献[1]列出的厄尔尼诺年比较，除去统计的起止时间不同之外，共同时间内的厄尔尼诺年都是相同的。由于文献[1]还列出了1878年~1950年间的厄尔尼诺年，而此时期海温资料不全，因此，当讨论1950年以前的厄尔尼诺年时，我们暂时以文献[1]为准。

这样，20世纪的厄尔尼诺年可以暂时定为：1918年、1925年、1932年、1939年、1941年、1951年、1953年、1957年、1965年、1969年、1972年、1976年、1982年、1987年、1992年、1993年、1997年等17年。

2 统计分析方法

要判断厄尔尼诺现象与一地的气候变化是否有关系，需要有一个客观的标准。我们采用统计分析中的t检验和 χ^2 检验作为判断的标准，简单介绍如下。

2.1 t检验

设厄尔尼诺年对应的气候要素的平均值为 \bar{x}_1 ，标准差为 s_1 ，样本数为 n_1 ；非厄尔尼诺年对应的气候要素平均值、标准差、样本数分别记为 \bar{x}_2 ， s_2 ， n_2 。

根据(1)式计算统计量 t [5]：

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

对于给定的信度 α 和自由度 n_1+n_2-2 ，查t分布的双侧分位数表得 $t_{\alpha/2}$ 。

若 $|t| > t_{\alpha/2}$ ，则说明厄尔尼诺年与非厄尔尼诺年对应气候要素的平均值有显著差异，可认为厄尔尼诺与该要素有显著关系；反之，若 $|t| < t_{\alpha/2}$ ，则认为厄尔尼诺与该要素的关系

不显著。

2.2 χ^2 检验

为确定厄尔尼诺对气候要素正负距平符号的指示作用,可进行 χ^2 检验 [6]。

$n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ 分别为厄尔尼诺年、非厄尔尼诺年对应的某气候要素正、负距平符号频数, $n_{1.}, n_{2.}$ 分别为正、负距平符号频数总和, $n_{.1}, n_{.2}$ 分别为厄尔尼诺年、非厄尔尼诺年总和。

按(2)式计算 χ^2 统计量

$$\chi^2 = \frac{(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21})^2 \cdot n}{n_{1.}n_{2.}n_{.1}n_{.2}} \quad (2)$$

对给定的信度 α , 自由度 $f=1$ 查 χ^2 分布的上侧分位数表, 得 $\chi^2_{\alpha}(1)$ 。

若 $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}(1)$, 则说明厄尔尼诺与对应的气候要素正负距平之间不相互独立, 而有一定关系, 可根据厄尔尼诺现象预报对应气候要素的正负, 其置信概率为 $1-\alpha$; 若 $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}(1)$, 则可认为厄尔尼诺现象与该气候要素之间相互独立。

如受资料限制, 不能统计出正、负平符号频数, 可用预报指标检验方法: 设厄尔尼诺年数为 n , 对应的洪涝发生 m 次, m/n 就是厄尔尼诺年对应预报对象发生的条件频率, 即准确率; 又设该洪涝的气候概率为 P , 则按(3)式计算统计量 [5]:

$$\chi^2 = \frac{(m - nP)^2}{nP(1 - P)} \quad (3)$$

若 $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}(1)$, 则认为对应预报对象的条件频率显著偏高, 厄尔尼诺对预报对象有显著影响; 若 $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}(1)$, 则厄尔尼诺对预报对象无显著影响。

3 厄尔尼诺对广西气温、降水量关系的统计分析

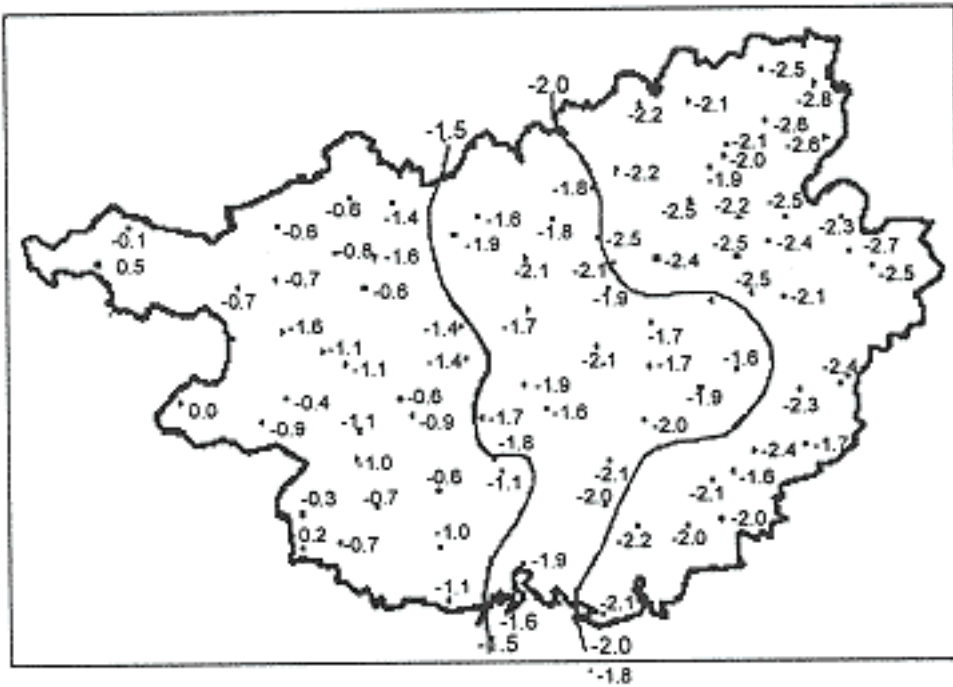


图1 厄尔尼诺与广西当年6月平均气温关系的t检验

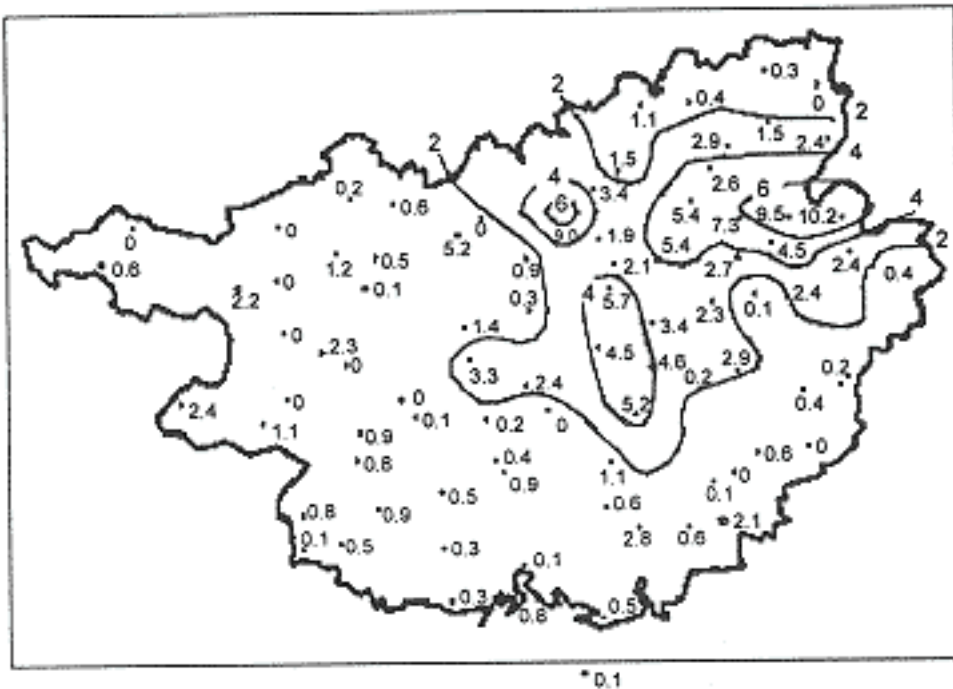


图2 厄尔尼诺与广西次年6月降水量关系的 F^2 检验

对厄尔尼诺与广西80余站的逐月气温、降水量序列的关系,利用(1)、(2)式分别进行统计检验。所用气温、降水量资料为广西气候中心整编的信息化资料,样本年代为建站至1997年。

对某一个序列(例如某站6月平均气温序列),以厄尔尼诺年对应的值为一个样本,其余年份为另一样本,按(1)式计算广西各站t值制成分布图(图1)。根据图1,即可分析出厄尔尼诺对此序列(当年6月平均气温)的相关地区。

从图1看,宜州、南宁、钦州一线东部, $|t| > 1.70$;且 t 为负值,说明厄尔尼诺与此区域当年6月平均气温有显著关系,是厄尔尼诺年,此地区6月平均气温偏低.这样的区域可以称为影响区。考虑气候要素的尺度较大,影响区范围应足够大,对小片区域不予考虑。

类似可按(2)式进行检验,并确定影响区。从图2中可以看出厄尔尼诺影响广西6月降水量的区域。

为了看出厄尔尼诺影响的准确率,还可以根据各站的条件频率 n_{11}/n_1 。制成分布图。考虑准确率应在70%以上才有预报意义。则条件频率 70%的区域就是正相关影响区,即厄尔尼诺年气温偏高(降水量偏多);条件频率 30%的区域则是负相关影响区,即厄尔尼诺对应年气温偏低(降水量偏少)。

检验的气候要素主要是月平均气温,月总降水量、夏季、前汛期、后汛期、主汛期总降水量。检验的时段主要是厄尔尼诺年次年1月~12月。也检验厄尔尼诺当年6月~12月。

表1列出了厄尔尼诺影响显著的广西气温序列及其区域(t 检验 χ^2 检验信度达到 <0.1)。

表2列出了厄尔尼诺影响较显著的广西降水量序列及其区域。

表1 厄尔尼诺对广西部分气温序列的影响区域

温度序列	相关	厄尔尼诺影响的主要区域		
		t检验	χ^2 检验	条件频率 70%
当年6月	偏低	宜州、南宁、钦州一线以东	环江、上林、灵山、北海一线以东	河池、都安、武鸣、灵山、涠洲岛一线以东
次年5月	偏高	沿海各市、玉林市、贵港市、梧州市南部、南宁地区东部	百色地区、河池地区西南部、南宁地区东部、北海、钦州、贵港三市,玉林、梧州两市局部	梧州、金秀、忻城、隆安、东兴一线东南部;百色地区、河池地区西部
次年11月	偏低		贺州、来宾、上林、那坡一线以南大部地区	贺州、来宾、上林、那坡一线以南大部地区

表2 厄尔尼诺对广西部分地区降水量的影响

降水量序列	相关	厄尔尼诺影响的主要区域		
		t检验	χ^2 检验	条件频率 70%
当年10月	偏多	桂林、柳州两地市,河池地区东部	桂林、柳州两地市	桂林市
次年6月	偏多	桂林市南部和中部、柳州地区大部、河池地区东部、贺州地区北部	桂林市南部、柳州地区南部和中部	桂林、柳州两地市中部分

次年11月	偏少	河池地区、百色地区大部，桂林、柳州两地区的北部和中部	河池地区、百色地区，桂林、柳州两地区市北部	桂林、柳州、河池、百色4地，南宁地区大部，钦州、防城港两市，梧州市南部，玉林市北部
次年夏季	偏多	柳州、桂林、贺州三地区大部，河池地区东部	柳州地区北部和中部，桂林市中部、河池地区北部	柳州地区北部和中部，桂林市中部、河池地区北部
次年主汛期	偏多	柳州地区北部和中部，河池地区东部，贺州地区北部	柳州地区北部、中部，桂林市中部，河池地区东部	柳州地区北部、中部，河池地区东部

4 厄尔尼诺对广西一些地区洪涝的影响

为了检验厄尔尼诺现象与广西洪涝的关系，我们统计了柳江流域（11站，1959年~1996年）、桂江流域（7站，1957年~1996年）、红水河流域（9站，1959年~1996年）、左右江流域（14站，1958年~1996年）、郁江西江流域（10站，1959年~1996年）等流域逐月降水量序列。并由此形成冬、春、夏、秋、年、前汛期（4月~6月）、后汛期（7月~9月）、主汛期（5月~8月）等降水量序列。对上述各序列，取1961年~1995年平均，分别形成上述各降水量序列的距平序列。

对厄尔尼诺年与次年各流域降水量，按(1)式计算统计量 t 。按(2)式计算统计量 χ^2 。其中柳江流域、桂江流域、红水河流域汛期降水量检验的部分结果(信度 <0.10)列于表3。

从表3可知，厄尔尼诺对次年广西柳江、桂江等流域夏季降水量，特别6月降水量影响很显著。厄尔尼诺年次年，这些流域6月、夏季降水量偏多，易发生洪涝灾害。

江河流域的最高洪峰水位，可以反映该流域最重一次洪涝的严重程度。最高水位越高，洪涝越严重。我们统计了厄尔尼诺次年柳江流域柳州水位站的最高水位，厄尔尼诺次年柳江最高水位为：1939年,85.75 m；1941年,84.16 m；1951年,83.27 m;1953年,84.87 m;1957年,80.13 m;1965年,83.70 m;1969年,88.54 m;1972年,79.00 m;1976年,80.06 m;1982年,86.38 m;1987年,89.04 m;1992年,85.99 m;1993年,89.25 m;1997年,85.36 m。最高水位资料抄自《广西灾害性洪水分析》（区水文总站）、《柳州文史》、《气候公报》。

据广西区水文总站《广西灾害性洪水分析》中的资料，柳州1939年~1980年最高水位平均值为80.42 m，从上面的资料可知厄尔尼诺次年柳州最高水位平均值为84.68 m。柳江防洪警戒水位81.5 m，1939年~1980年，超过警戒水位的频率为19/41。而1939年以来，厄尔尼诺次年超过警戒水位的条件频率达11/14。

将以上情况代入(3)式， $n=14, m=11, p=19/41$ ，算得 $\chi^2=5.85$ 。因为 $\chi^2 > \chi^2_{0.05}(1) = 3.84$ 。可以认为：厄尔尼诺次年，柳州最高水位超过警戒水位的条件频率明显偏高，易发生洪涝。

西江梧州1900年~1980年最高水位平均值为20.33 m，高于平均最高水位的频率为41/80。而厄尔尼诺次年，高于平均最高水位的条件频率达12/16，偏高也较明显。说明厄尔尼诺次年西江易发生洪涝。自1915年以后，西江1994年、1998年两次特大洪水，前一年均为厄尔尼诺年。

表3 厄尔尼诺与广西一些流域降水量的统计分析

项目	6月		夏季	
	t检验	x ² 检验	t检验	x ² 检验
柳江流域	3.91***	4.27*	3.20**	5.04*
桂江流域	3.13**	8.43**	2.82**	-
红水河流	1.76	3.58	2.00	-

*表示信度 <0.05 , **表示信度 <0.01 , ***表示信度 <0.001 。

5 结语

根据对厄尔尼诺与广西气候变化关系的统计分析,可以认为,厄尔尼诺与广西一些气候要素和部分地区的洪涝有较显著的关系。

厄尔尼诺对广西当年6月,次年5月、11月平均气温的影响较显著。厄尔尼诺当年6月,广西东半部地区气温偏低的可能性大;厄尔尼诺次年5月,广西南部大部地区气温偏高的可能性大;次年11月广西南部大部地区气温偏低的可能性大。

厄尔尼诺对广西当年10月、次年6月、11月降水量的影响较显著。当年10月,桂林、柳州两地市、河池地区东部等地降水量偏多的可能性大;次年6月,桂林、柳州两地市中部和南部,河池地区东部一带降水量偏多的可能性大;次年11月,广西北部、西部降水量偏少的可能性大。厄尔尼诺对广西北部中部一些地区的洪涝有显著的影响。厄尔尼诺次年,柳江、桂江、西江发生洪涝的频率较高,洪涝较严重,发生洪涝的时间比较早。我们发现厄尔尼诺与广西某些气候变化的关系很明显。例如厄尔尼诺当年1月,广西全区气温都有偏高的趋势。这一现象可能是海气相互影响的一种反映。

厄尔尼诺与广西气候变化有较明显的关系。但是,研究表明,广西气候变化不仅受厄尔尼诺影响,还受其它大气系统的影响。厄尔尼诺不可能解释广西气候变化的各个方面。例如广西1968年的夏涝。把一切气候异常都归结到厄尔尼诺名下也是不科学的。

董蕙青 广西气象台,南宁,530022

作者单位:广西气候中心 南宁 530022

参考文献

- 1 李英英编译.周顺泰校.厄尔尼诺和南方涛动.气象教育与科技,1986,(2):54~56.
- 2 巢纪平.厄尔尼诺现象与气候异常.人民日报,1998-03-25(7).
- 3 于淑秋,林学椿.北太平洋海温的气候跃度及其对中国汛期降水的影响.热带气象学报,1997,13(1):265~275.
- 4 钱步东.我国汛期降水与ENSO不同位相的联系.地理科学,1996,16(1):3~9.
- 5 刘钧枢,赵贻成,涂方旭.气象站天气预报.北京:气象出版社,1985.146~148,167~170.
- 6 魏淑秋.农业气象统计.福州:福建科学出版社,1985.58~63.

(责任编辑：黎贞崇)
1999-05-23收稿。