

厄尔尼诺发生前的北半球大气环流 及我国天气气候异常分析*

施 能

(南京气象学院, 南京 210044)

曹鸿兴

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘 要 本文对 1951~1992 年期间发生的厄尔尼诺、反厄尔尼诺的前期冬季、秋季的 100 hPa、500 hPa 北半球环流及我国的气温、降水场进行了合成分析。结果表明, 前冬季 500 hPa 环流差异明显, 主要特征是厄尔尼诺发生前中、西太平洋地区高度负异常; 阿留申、堪察加 500 hPa 高度正异常, 呈强的正 WP 遥相关型。同时, 前冬期我国降水偏少、气温偏低, 盛行强东亚冬季风, 指出了具有这些特征的高相关区。所得的结果为早期预测厄尔尼诺事件提供了有价值的信息。

关键词 厄尔尼诺 环流异常 东亚冬季风 降水

1 引言

气象学与海洋学界对厄尔尼诺的成因进行了诸多研究, 试图发现更多厄尔尼诺发生的前期征兆, 以便早期预测。Wyrki^[1]认为赤道太平洋信风崩溃产生开尔文波使东太平洋 SST 增加。而对赤道西风的加强, Keen^[2], Ramage^[3]认为越赤道的热带双台风或近赤道气旋的加强是一个重要机制。观测事实表明, 厄尔尼诺发生前西太平洋有西风异常, 表明厄尔尼诺的前期征兆可能在西太平洋的中高纬度。文献[4]的研究认为东亚地区冬季频繁的寒潮活动是厄尔尼诺发生的一个重要原因。文献[5]研究了厄尔尼诺发生前冬季西北太平洋副高的特征。文献[6]研究了前冬东亚 500 hPa 环流与厄尔尼诺的关系, 但未对整个北半球环流异常进行研究, 而且尚未包括 80 年代以后的厄尔尼诺事件。文献[7]初步研究了厄尔尼诺前期北半球环流异常。文献[8]则从北半球遥相关型强度研究了厄尔尼诺的诊断问题。印度、澳大利亚干旱、赤道中太平洋、南美西岸洪涝是作为厄尔尼诺已经发生的重要征兆。那么厄尔尼诺前期是否有显著的要素场异常呢? 本文即对厄尔尼诺发生前的秋、冬季 500 hPa、100 hPa 以及我国降水、气温场的异常进行了研究。资料使用到 1992 年, 亦即包括了 1991 年发生的厄尔尼诺^[9]在内。

2 资料与方法

500 hPa、100 hPa 北半球环流资料取自国家气象中心。500 hPa, 10° 经度 × 5° 纬度, 576 格点。100 hPa, 10° 经度 × 10° 纬度, 288 格点。气温、降水资料使用我国 160

1994-07-18 收到, 1995-04-11 收到再改稿

* 获“八五”短期气候预测理论与方法及气象基金资助

个测站的季、月资料。资料年代 1951~1993 年。冬季取 12 月~2 月。

东亚冬季风强度指数取自我们最近计算的东亚冬季风指数序列。

分析 1951~1992 年间厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年。表 1 列出了事件的起始年。

表 1 1951~1993 的厄尔尼诺, 反厄尔尼诺起始年

厄尔尼诺	1951	1953	1957	1963	1965	1968	1972	1976	1982	1986	1991
反厄尔尼诺	1954	1955	1964	1967	1970	1973	1975	1988			

采用合成分析方法, 将厄尔尼诺与反厄尔尼诺前期要素的平均值进行差异显著性 t 检验

$$t = (\overline{x(1)} - \overline{x(2)}) / \left[\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}},$$

其中 $\overline{x(1)}$ 、 $\overline{x(2)}$ 分别为厄尔尼诺、反厄尔尼诺的多年平均; s_1^2 、 s_2^2 分别为其方差; n_1 、 n_2 为其样本个数。

3 厄尔尼诺发生前冬、秋季大气环流

3.1 500 hPa

图 1a、1b 分别是厄尔尼诺发生前冬、秋季 500 hPa 的 t 统计量图。由图看出, 冬季差异最显著的区域有 4 处:

x_1 : 中太平洋地区, 30°N , $170^\circ\sim 160^\circ\text{W}$; 25°N , $175^\circ\sim 155^\circ\text{W}$; 4 点高度平均的 t 值达 -2.07。

x_2 : 西太平洋地区, 20°N , $110^\circ\sim 150^\circ\text{E}$; 25°N , $145^\circ\sim 155^\circ\text{E}$; 8 点高度平均的 t 值

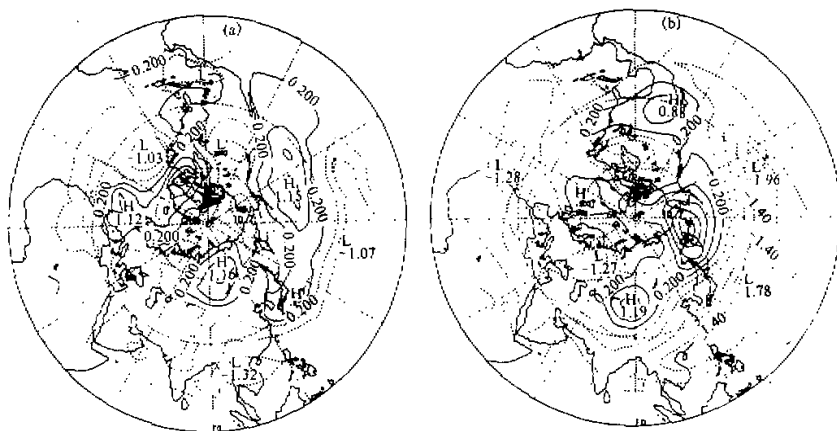


图 1 500 hPa 差异的 t 检验图 (厄尔尼诺减反厄尔尼诺)

(a) 上年冬季 (上年 12~2 月), (b) 上年秋季 (上年 9~11 月)

等值线间隔为 0.4, 虚线为负值

为-2.23。

x_3 : 中、西太平洋地区, 上述 12 个格点的高度平均的 t 值为-2.54。

x_4 : 阿留申西北、堪察加地区, 65°N , $165^{\circ}\text{E} \sim 175^{\circ}\text{W}$; 60°N , $160 \sim 180^{\circ}\text{E}$; 55°N , $155 \sim 165^{\circ}\text{E}$, 8 点高度平均, $t = 1.99$ 。

x_5 : 贝加尔湖西南, 45°N , $85 \sim 95^{\circ}\text{E}$; 2 点高度平均, $t = 1.23$ 。

需要指出, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 互为高正相关, x_5 虽未达 0.05 信度, 但与 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 几乎独立。此外, x_3 与 x_4 是一种南北正负的翘翘板结构, 经计算 x_3 与 x_4 负相关达到-0.88。据 Wallace 定义, x_3 、 x_4 的异常是属于 WP 遥相关型。这样, 厄尔尼诺发生前的冬季应是强的正 WP 型, 而反厄尔尼诺正相反, 是强的负 WP 型。表 2 是据文献[10]统计的 WP 型强度值。由于 WP 指数的多年平均是 0.0, 所以, 无论是将厄尔尼诺与反厄尔尼诺相比较还是将厄尔尼诺与多年平均值相比, 差异都很显著, 达到 0.001 的信度。

表 2 厄尔尼诺与反厄尔尼诺发生前冬季的 WP 遥相关型指数及 t 统计量

厄尔尼诺	1952/53	1956/57	1962/63	1964/65	1967/68	1971/72	1975/76	1985/86	1981-82	1990/91
WP 指数	0.05	1.01	1.23	0.32	0.97	-0.40	0.00	0.55	-0.06	0.92
反厄尔尼诺	1953/54	1954/55	1963/64	1966/67	1969/70	1972/73	1974/75	1987/88	$t = 4.10$	
WP 指数	-0.33	-0.18	-0.51	-0.41	-0.24	-0.83	-0.99	-0.99		

图 1b 是厄尔尼诺发生前一年秋季的 t 统计量图。由该图看出, 低纬度的中、西太平洋是负值区, 表明冬季中、西太平洋高度的降低从上年秋季就开始了。比较显著的区域位于我国南海及中印半岛, 20°N , $100 \sim 110^{\circ}\text{E}$; 15°N , $95 \sim 115^{\circ}\text{E}$ 5 点高度平均的 t 值为-1.33。由于秋季 500 hPa 的这处高度与冬季 x_1 具有 0.53 的高正相关, 所以, 秋季该地区明显正异常可能预示着冬季整个中、西太平洋地区为负异常。

3.2 100 hPa

100 hPa 的差异显著区域 (图略) 与 500 hPa 非常接近。首先, 冬季在低纬度的中、西太平洋是大片负区。 30°N , $130^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{W}$; 20°N , $140 \sim 180^{\circ}\text{E}$; 10°N , $160 \sim 170^{\circ}\text{E}$ 14 个格点平均高度的 t 统计量值为-2.63。但是, 100 hPa 这个地区高度与 500 hPa 的 x_3 正相关高达 0.63。秋季, 一个明显的特征是负区范围很大, 288 个格点中, t 值负的占 228 个, 且都分布在中低纬度。这表明, 秋季 100 hPa 的中低纬度高度要比反厄尔尼诺低, 但是显著的地区尚未达 0.05 信度。

4 厄尔尼诺发生前冬、秋季我国气温、降水场的异常

4.1 降水场

我们将厄尔尼诺与反厄尔尼诺前的冬季 (12~2 月) 降水进行合成, 并进行差异显著性检验。结果, 在 160 个测站中有 122 个是 t 负值, 差异最显著的测站在长江中下游及以南地区。分月计算结果表明, 前冬 (12~1 月) 的特征更显著。为此, 用前冬的降水资料, 结果发现, 吉安、浦城、宁波、杭州、贵溪、彬县、赣州、广昌 8 站 12~1 月显著偏少的平均降水量可作为预测厄尔尼诺的参考, 见表 3。

表 3 厄尔尼诺、反厄尔尼诺前冬 8 站、秋季 7 站降水量 单位: mm

	(12~1月) 8 站	(9~11月) 7 站
厄尔尼诺平均	74.6	259.3
反厄尔尼诺平均	148.3	146.8
多年平均	113.7	191.4
差	-73.7	112.5

* 统计时未包括 1951 年的厄尔尼诺

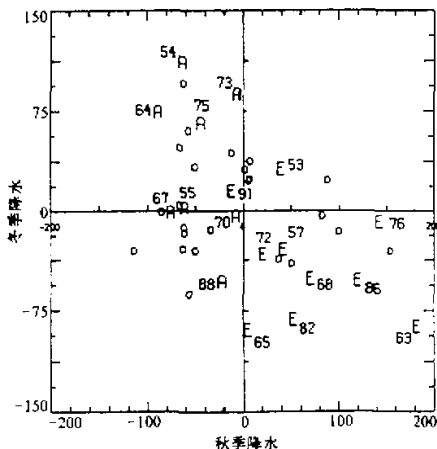


图 2 利用秋季及前冬降水量距平预测厄尔尼诺的点聚图 (1951~1992)
坐标单位: mm

站(资料只到 1979 年), 我们计算结果, 北京是负的 t 值, 但统计上也是不显著的。低温最显著的地区位于我国西南: 临沧、大理、西昌、会理、昌都、拉萨。由于 160 个测站中有 120 个测站的冬温在厄尔尼诺发生前比反厄尔尼诺年低, 所以, 冷冬特别是我国西南地区有利于厄尔尼诺事件的发生。

更早的秋季气温, 计算结果未能显示明显的差异。所以, 总的来看, 气温场的异常特征不如降水场明显。

5 东亚冬季风的年际变化与厄尔尼诺

关于东亚冬季风与厄尔尼诺的关系, 已有过一些研究^[4, 11, 12]。但尚未见用冬季风强度的定量指标从年际变化的角度作全面研究的。表 4 是厄尔尼诺发生前、后冬季的东亚冬季风强度距平^[13], 距平是对 1950~1989 年计算的。

由表 4 看出:

更早的秋季, t 检验表明, 负区位于我国东北、西北, 而长江以北、江淮、华北以及西南是正区。最显著的正区位于江淮流域及黄河下游的清江、合肥、南京、蚌埠、信阳、东台、青岛 7 站, 见表 3。

图 2 是用表 3 中 (12~1 月) 8 站降水及秋季 7 站降水逐年距平值组成的点聚图。图中 E 代表厄尔尼诺发生, A 代表反厄尔尼诺发生, o 代表其他年份。可以看出, 该点聚图可以作为预测厄尔尼诺的参考。

需要指出, 秋、冬降水场的这些异常特征不是偶然的, 它们与厄尔尼诺发生前的 500 hPa 高度场异常有密切的联系。前已指出, 前冬 500 hPa 有 x_3 区负异常, x_4 区正异常的特征, 而 x_3 与 x_4 本身成 -0.88 相关的翘翘板结构。今将 $x_4 - x_3$ 作为特征量与冬季 8 站、秋季 7 站降水求相关, 结果分别为 -0.50 和 0.47。所以, 降水异常是间接反映了 500 hPa 高度场的异常。

4.2 气温场

结果表明, 160 个测站中有 120 个 t 为负值, 说明厄尔尼诺发生的上年冬季我国是低温天气。文献[6]也曾研究过北京

表 4 厄尔尼诺发生前后的东亚冬季风强度距平

发生前的冬季				发生后的冬季			
厄尔尼诺		反厄尔尼诺		厄尔尼诺		反厄尔尼诺	
1950 / 51	-0.18	1953 / 54	-1.27	1951 / 52	-1.40	1954 / 55	-0.24
1952 / 53	0.56	1954 / 55	-0.24	1953 / 54	-1.27	1955 / 56	-0.84
1956 / 57	1.29	1963 / 64	0.83	1957 / 58	-0.28	1964 / 65	-0.23
1962 / 63	2.02	1966 / 67	1.43	1963 / 64	0.83	1967 / 68	1.80
1964 / 65	-0.23	1969 / 70	0.05	1965 / 66	-1.36	1970 / 71	0.36
1967 / 68	1.80	1972 / 73	-1.62	1968 / 69	-1.21	1973 / 74	1.59
1971 / 72	-0.55	1974 / 75	0.39	1972 / 73	-1.62	1975 / 76	0.04
1975 / 76	0.04	1987 / 88	-1.19	1976 / 77	1.24	1988 / 89	-1.74
1981 / 82	0.48			1982 / 83	-1.11		
1985 / 86	0.93			1986 / 87	-0.34		
平 均	0.616	-0.203		-0.652		0.093	
均方差	0.836	1.017		0.944		1.10	

(1) 厄尔尼诺发生前的冬季东亚是强冬季风，反厄尔尼诺发生前是弱东亚冬季风。近 40 年来（1950~1989），最强的 3 年东亚冬季风是 1962 / 63，1983 / 84，1967 / 68，其中有 2 年发生了厄尔尼诺，而最弱的 9 年东亚冬季风中有 3 年发生了反厄尔尼诺：1972 / 73，1953 / 54，1987 / 88。此外，从资料看，历史上发生厄尔尼诺时，上年冬季风强度至少为-0.55，冬季风太弱时（小于-0.55）未发生过厄尔尼诺，13 年无一例外（小于-0.55 的气候频率为 13 / 40）。

当然，上述结果是从有利于厄尔尼诺发生来说的，是一些基本的统计结果，并且不是充分的。也就是说，强冬季风时，并不一定会发生厄尔尼诺。

(2) 厄尔尼诺发生后的冬季是弱冬季风，但也有例外。如 1976 / 77，1963 / 64 厄尔尼诺发生后的冬季仍是强东亚冬季风。由于是弱冬季风，厄尔尼诺发生后的冬季我国经常是暖冬天气，这同从气温场的研究结果一致^[2]。

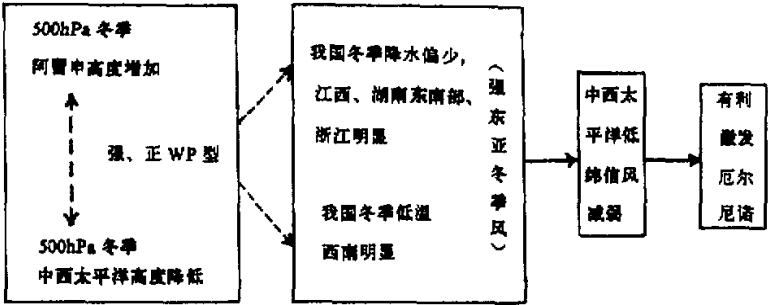


图 3 早期诊断预测厄尔尼诺示意图

6 总结

上述研究的主要结果归纳为图 3, 图中实箭头表示正关系, 虚箭头为负关系。虽然它们的机制还可深入研究, 但这些结果无疑对早期诊断预测厄尔尼诺有参考意义。

参 考 文 献

- 1 Wyrski, K., 1983. The Southern Oscillation ocean-atmosphere interaction and El Niño. *Marine Technology Society Journal*, **16**(1), 3~10.
- 2 Keen, R.A., 1983. The role of cross-equatorial tropical pairs in the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* **110**, 1405~1416.
- 3 Ramage, C.S., 1985. El Niño variability and tropical cyclones. *TO-AN*, **30**, 3~5.
- 4 李宗根, 1988. El Niño 事件发生的一个重要原因——东亚寒潮的频繁活动. *大气科学 (特刊)*, 125~132.
- 5 杨淑瑞, 战淑云, 王咏亮, 1992. 埃儿尼诺发生前的冬季西北太平洋高压的特征. *海洋通报*, **9**(1), 29~33.
- 6 李宗根, 胡季, 1987. 东亚大气环流与埃儿尼诺相互影响的一个分析研究. *大气科学*, **11**, 359~364.
- 7 阮均石, 施能, 王永忠, 1994. 厄尔尼诺发生前的某些气象征兆. *南京气象学院学报*, **17**, No.1, 32~38.
- 8 施能, 曹鸿兴, 1992. 一个用于诊断厄尔尼诺的三级判别模型. *气象*, **18**(2), 9~13.
- 9 王绍武, 1994. 美国第 18 届气候诊断年会. *气象科技*, (4), 7~16.
- 10 Zhu Qiangen and Shi Neng, 1992. Variation in the teleconnection intensity indices and their remote response to the El Niño events in the Northern Hemisphere. *Acta. Meteor. Sinica*, **6**(4), 433~445.
- 11 杨桂英, 章淹, 1987. 东亚冬季冷空气活动异常对 ENSO 的影响. *长期天气预报研究通讯*, 总第 39 期, 16~17.
- 12 李宗根, 1989. 中国东部地区的暖冬与 El Niño. *科学通报*, (4), 283~286.
- 13 施能, 1996. 近 40 年东亚冬季风强度的多时间尺度变化特征及其与我国天气、气候的关系. *应用气象学报*, **7**, No.2.

Analysis of the Atmospheric Circulation and Synoptic-Climatic Anomalies in China before El Niño Onset

Shi Neng

(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Cao Hongxing

(Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)

Abstract In this study we compositely analyzes the Northern Hemisphere winter and autumn 100 hPa and 500 hPa circulation and temperature and precepitation fields in China in the winter of the year preceding the El Niño and Anti-El Niño events during the year of 1951~1992 and Student's *t*-statistics are calculated. Results show that there is significant discrepance in the 500 hPa circulation in the previous winter, characterized mainly by a vigorous WP teleconnection pattern and highly negative anomaly in the central and Western Pacific and highly positive anomaly over Aleutians and Kamchatka. Meanwhile China experiences scanty rainfall, low temperature, strong East Asian winter monsoon and high correlation area with all the characteristic fertures. The results obtained provide valuable information for early prediction of El Niño events.

Key words El Niño circulation anomaly rainfall East Asian winter monsoon