

# 1997/1998 年厄尔尼诺期间西太平洋 热带对流区的东移\*

江吉喜 范梅珠 吴 晓

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

**关键词** 强对流 东移 厄尔尼诺

## 1 引言

1997 年 5 月至 1998 年春季, 发生了本世纪以来最强的厄尔尼诺事件. 全球许多地区的天气气候出现了显著的异常特征, 并诱发了一系列的旱、涝及森林大火等重大灾害, 引起了许多国家政府和社会各界的高度关注.

厄尔尼诺事件的成因和影响是一个十分复杂的问题, 尽管自 1950 年以来已先后出现过 10 多次, 气象和海洋学家对此也作了大量研究, 但迄今对它的认识依然相当有限. 对它的成因, 近些年来许多研究认为<sup>[1,2]</sup>: 赤道东太平洋的强偏东信风, 将洋面表层暖水吹向西太平洋赤道地区堆积形成暖池; 由于某种原因, 一旦偏东信风张弛(减弱), 导致暖池中位能释放, 暖水向东回流, 赤道东太平洋洋面温度(SST)异常升高, 厄尔尼诺发生. 在这个过程中, 暖池和 SST 异常升高区中的一个显著特征是伴有强对流活动. 由此, 分析和追踪这些强对流活动的演变和移动, 有可能成为监测和预报厄尔尼诺的一种有效方法. 气象卫星为常规气象观测十分稀少的热带海洋地区提供的高时、空分辨率资料, 是监测热带对流活动的基础, 从而为厄尔尼诺监测和预报方法研究提供了重要条件.

## 2 资料和方法

日本静止气象卫星(GMS)红外探测通道获取的资料, 是云顶和无云或少云的地球表面相当黑体辐射温度(TBB), 又称为“亮度温度”, 或简称为“亮温”. 因此, 在无云或少云区中 TBB 是地表发射辐射温度, 其值较高, 所以 TBB 高值区常常与大气中的下沉运动相对应; 云区中的情况则相反, TBB 是云顶发射辐射温度, 其值较低, 并且 TBB 越低表明云顶伸展得越高, 对流活动越旺盛, 从而 TBB 低值区(如  $TBB < 0^{\circ}\text{C}$ )一般为云区, 尤其是夏季和热带海洋地区更是如此. 由此可见, GMS 探测中的 TBB 场, 可以直观地展示热带低纬度地区的对流活动, 并且能够有效地作跟踪监测.

本文于 1998-04-25 收到, 修改稿于 1998-12-15 收到.

\*本研究得到了 96-908-04 课题资助.

第一作者简介: 江吉喜, 男, 54 岁, 副研究员, 现从事卫星应用研究.

运用国家卫星气象中心的 TBB 业务产品 (分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$  经纬度), 计算和分析南北纬  $10^\circ$  之间 1997 年 1 月至 1998 年 6 月期间全年各月旬平均 TBB 时间剖面图, 以及根据日本气象研究所提供的 1980~1992 年期间相同资料制作的 TBB 距平时间剖面图, 研究热带低纬度地区的对流活动与厄尔尼诺形成和发展的关系。

在厄尔尼诺研究中, 由于赤道东太平洋洋域辽阔, 不同年份中出现的厄尔尼诺强度和特征又不尽相同, 为此国际上又将此海域细分成 4 个洋区分别作研究, 其中一个重要洋域称之为 Niño-4 区 ( $5^\circ\text{N}\sim 5^\circ\text{S}$ 、 $160^\circ\text{E}\sim 150^\circ\text{W}$ , 面积为  $6 \times 10^6 \text{km}^2$ )。虽然如此, 但是每次厄尔尼诺事件在 4 个区中均有相似的异常反应, 只是 SST 距平值在大小上有些差别。GMS 探测范围在东西方向上是  $0^\circ\text{E}\sim 160^\circ\text{W}$ , 基本上覆盖了 Niño-4 区。因此, 可以以该区为代表, 研究西太平洋上对流活动的演变和移动与厄尔尼诺形成和发展的关系。

### 3 分析和结果

为了更好地揭示南北半球热带低纬度地区各自的对流活动特征及其与厄尔尼诺的关系, 将它们分别作分析。

#### 3.1 北半球热带低纬度对流区东移

在北半球  $0^\circ\sim 10^\circ\text{N}$ 、 $80^\circ\text{E}\sim 160^\circ\text{W}$  的热带洋面上, 如图 1a 所示, 1~2 月  $170^\circ\text{E}$  以西为 TBB 小于  $0^\circ\text{C}$  的多云区。并先后出现了几个 TBB 为  $-10\sim -15^\circ\text{C}$  的对流云区; Niño-4 区中主要为 TBB 大于  $0^\circ\text{C}$  的少云或无云区。云区和无云区的这种分布, 指示着 1~2 月的强对流活动集中在西北太平洋上。

3 月份上述洋区中的对流活动变得很弱, 仅在  $160^\circ\sim 170^\circ\text{E}$  中出现了很小范围的 TBB 小于  $-5^\circ\text{C}$  的多云区。4 月份开始至年底, 除 7 月份外热带低纬度地区的对流云区主要集中在东、西两个洋区, 西部在  $105^\circ\text{E}$  以西的东北印度洋上, 东部在  $140^\circ\text{E}$  以东并逐月东移和不断发展, 两者之间主要为 TBB 大于  $0^\circ\text{C}$  的少云和无云区。东部洋区中对流活动的具体发展和东移过程为 4 月份在  $145^\circ\sim 170^\circ\text{E}$  中出现了 TBB 小于  $-33^\circ\text{C}$  的强对流中心, 对流云区扩展到  $170^\circ\text{W}$  附近; 5 月份它进一步东伸至  $160^\circ\text{W}$  及其以东, 并在  $170^\circ\text{E}\sim 180^\circ$  处出现另一个 TBB 小于  $-10^\circ\text{C}$  的对流云区。在随后的 6 月至 7 月上旬, 上述的后一个对流云区东移至  $170^\circ\text{W}$  以东洋面上; 与此同时, 6 月下旬至 7 月期间东北印度洋上发展起来的对流云区, 也出现了连续地向东移动, 7 月下旬至 9 月中旬先后抵达 Niño-4 区及其以东洋面, 这是唯一一次东北印度洋上的强对流云区越过西北太平洋东移进入 Niño-4 区。10 月上旬在  $170^\circ\text{E}\sim 170^\circ\text{W}$  又发展出 TBB 小于  $-10^\circ\text{C}$  的对流云区, 中旬至下旬在  $170^\circ\text{W}$  以东出现了 TBB 约为  $-15^\circ\text{C}$  的强对流中心, 并在其西部还出现了另一个强对流中心, 两个对流云区连为一体。后经半个月的对流活动间歇期, 11 月下旬至 12 月,  $180^\circ\text{E}$  以东再次出现强对流活动, 并逐渐东移。1998 年 1、2 月, 对流活动区东移至  $170^\circ\text{W}$  以东, 并且强度显著减弱; 2 月下旬起西太平洋和 Niño-4 区中的对流活动已经消失。

在对应上图的距平时间剖面图 (见图 1b) 中, 上述 1~2 月份西北太平洋中、西部的强对流云区对应为 TBB 强负距平区, 表明对流活动比常年异常强盛, SST 显著偏高; Niño-4 区中为 TBB 强正距平, 无对流活动, 对应这两个月的 SST 均为负距平 (图略)。自 3 月下旬开始至年底, 同平均场一样, TBB 距平场同 1~2 月份相比也出现了相反变化, 即  $150^\circ\text{E}$  以西主要为强和较强的 TBB 正距平, 西太平洋中、西部的云系和对流活动比常年异常偏弱, 东北

印度洋上的对流活动也比常年弱得多; 150°E 以东的 Niño-4 区中为 TBB 强负距平区, 指示着对流活动比常年显著偏强. 在此期间, Niño-4 区中 3 月的 SST 距平开始由负值变为弱正值, SST 升高; 4 月开始较快地升高, 5 月 SST 的正距平迅速增至 1.5℃ 左右, 本次厄尔尼诺事件已经形成. 以后 SST 持续增高, 9 月正距平达到 3℃ 以上, 12 月最高潮时达到 4℃ 左右. 但是, 1998 年 1、2 月 TBB 负距平东缩至 170°W 以东, 强度也明显减弱, 并且 3 月份以后转变成了正距平. 相应地厄尔尼诺强度也从 1 月开始逐渐衰减, 但 SST 正距平仍有相当强度, 厄尔尼诺依然持续, 其原因与南半球热带对流活动仍然较强有关.

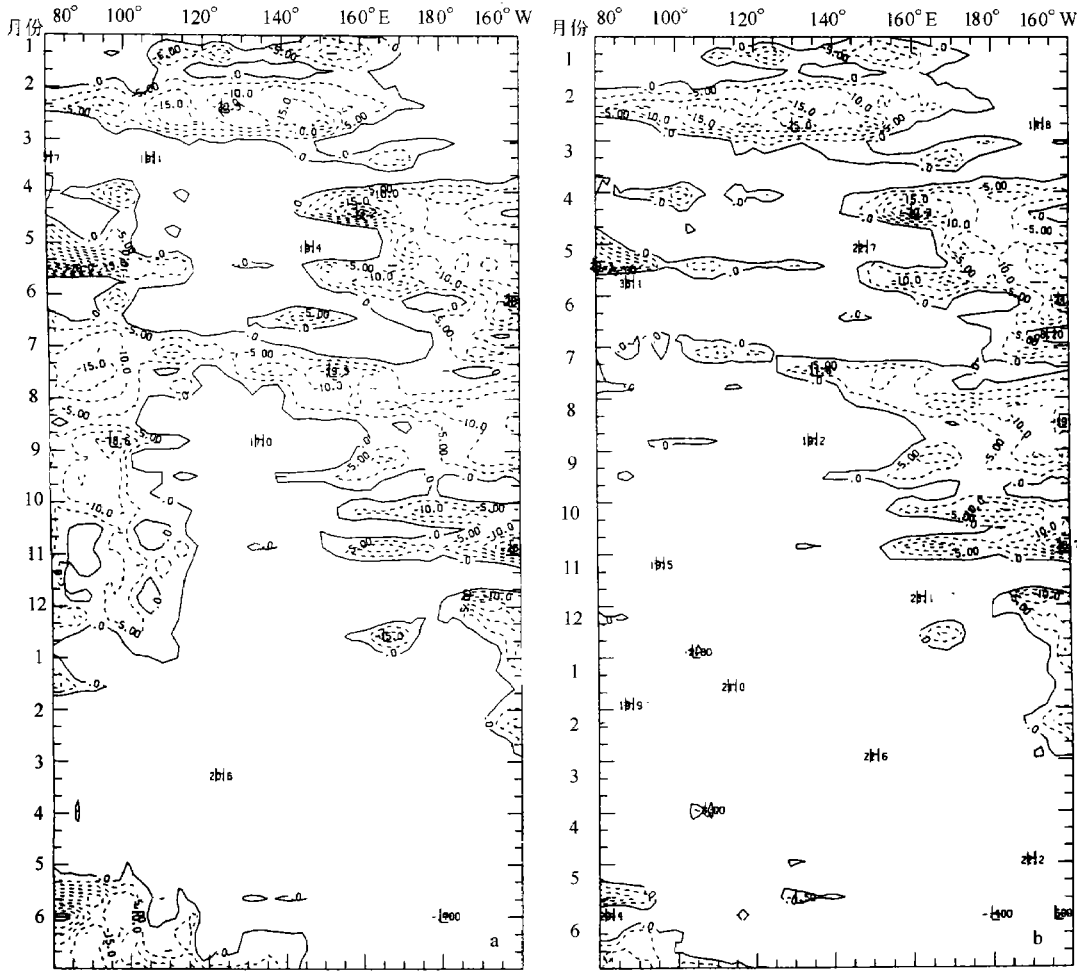


图 1 1997 年 1 月至 1998 年 6 月 80°E~160°W 中 0°~10°N TBB 小于等于 0℃ 旬平均 (a) 和距平 (b) 时间剖面图 (图中等值线间隔为 5℃)

### 3.2 南半球热带低纬度对流活动区东移

如图 2a 所示, 1~2 月 Niño-4 区南半球部分中仅 1 月上旬为 TBB 小于等于 -5℃ 的多云区, 其余时间也为 TBB 大于 0℃ 的少云或无云区; 该区以西至 80°E 为 TBB 为 -5~-15℃ 的对流活动区. 3 月西部对流区东移进入 Niño-4 区, 并在其中的 170°~180°E 处发展出 TBB 约为 -39℃ 的强对流中心区. 自 4 月份至 12 月中旬, Niño-4 区以西的西南太平洋中、西部几乎全为 TBB 大于 0℃ 的少云或无云区, 并且内嵌多个 TBB 大于 20℃ 的无云区; 东北印度

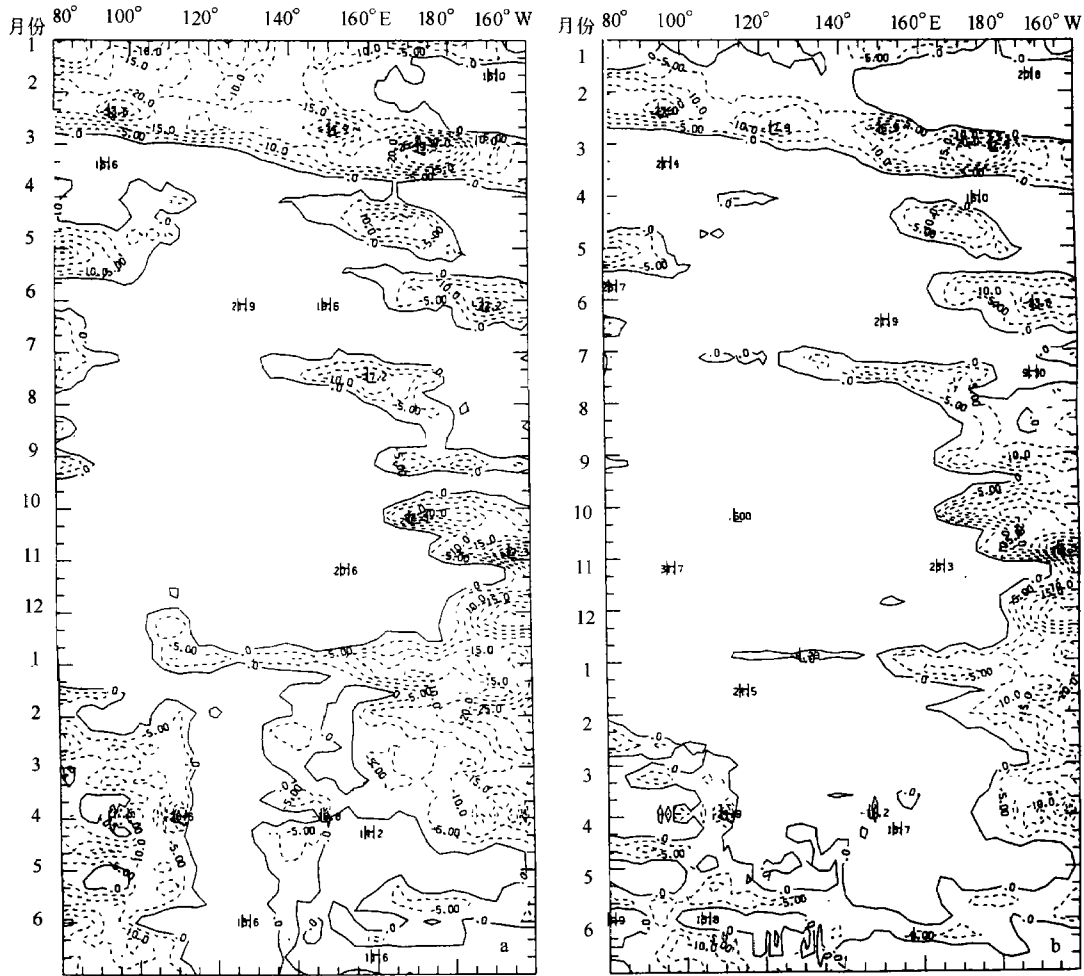


图2 1997年1月至1998年6月80°E~160°W中0°~10°S TBB小于等于0℃  
旬平均(a)和距平(b)时间剖面图(图中等值线间隔为5℃)

洋上的对流活动很弱, 仅在4月下旬至5月中旬和6月中旬至7月中旬出现了两个较长时段的对流活动, 但均未向东移动出来. 在此期间, Niño-4区中对流活动主要出现在3个时段. 第一个时段为4月在该区西部出现TBB为 $-5 \sim -15$ ℃的对流云区, 5月下旬至6月上旬东移至该区中西部, 对流强度明显减弱. 第二个时段为7月下旬在Niño-4区西部的 $140^\circ \sim 180^\circ$ E又出现一个强对流云区, 并逐渐东移, 9月上旬进入Niño-4区中, 对流强度略有减弱. 第三个时段为10月至1998年4月Niño-4区中连续出现强对流, 并且逐渐东移. 4月下旬起, Niño-4区中的对流显著减弱, 6月就基本消失, 厄尔尼诺也随之减弱和结束.

在对应的距平时间剖面图(图2b)中, 1~2月Niño-4区及其西部附近为异常强的TBB正距平, 中心值达 $22.3^\circ\text{C}$ , 表明这里的云系活动比常年弱得多或为无云晴空. 对应上述的1月中旬至2月中旬从印度洋东北部向东移动的强对流区, 为较强的TBB负距平, 其中3月份Niño-4区的负距平达 $-5 \sim -15^\circ\text{C}$ , 中心为 $-30^\circ\text{C}$ , 对流活动十分强盛. 上述4月份以后3个时段的强对流活动期间, 均有很强的TBB负距平对应, 并且后两个时段中负距平低达 $-30^\circ\text{C}$ 以下, 对流活动异常强盛; 其中尤其是在1998年1~4月中Niño-4区北半球部分

对流减弱的情况下, 对流活动仍很强, 导致了厄尔尼诺依然持续, 衰减很慢.

从上述分析可清楚地看出, Niño-4 区中超出常年的持续强对流活动, 是厄尔尼诺形成和发展的一个重要标志; 而这种强对流活动, 包括有西太平洋中、西部对流活动的东移, 以及该区中不断形成和发展的强对流和它们的不断东移. 相反, 1997年1~2月中该区无对流活动, 以及其后的1998年6月该区对流活动消失, 分别对应着厄尔尼诺尚未形成和已经结束.

对比图2和图1中南北半球热带低纬度的对流活动发现, 它们的强度、出现时段等均有着较大差别, 但它们分别与厄尔尼诺事件的形成、发展及衰减阶段有着良好的对应关系. 比如 Niño-4 区中的北半球部分, 1997年1~3月主要为 TBB 大于  $0^{\circ}\text{C}$  的少云或无云区, 1~2月出现在西太平洋中西部的强对流云区并没有东移或东传, 而 Niño-4 区中的南半球部分, 虽然1~2月也为少云或无云区, 但印度洋东北部的强对流云区连续东移, 3月抵达 Niño-4 区, 并且强对流区范围和对流强度均有发展, 对应的该月的 SST 距平由原来的负值转变为正值, 厄尔尼诺处于酝酿之中, 4~9月, 北半球的东北印度洋上的对流活动明显地强于南半球部分, 并且6~7月还有一次强对流活动区东移进入 Niño-4 区; Niño-4 区中的对流活动就整体而言, 也是北半球的强于南半球. 10~12月, Niño-4 区中两半球的对流活动均很强, 并且南半球的比北半球更强, 厄尔尼诺此时发展到鼎盛时期; 1998年1~4月仅南半球部分对流活跃, 而北半球部分迅速减弱, 厄尔尼诺强度出现衰减. 这就是说, 在本次厄尔尼诺形成和前期发展中, 北半球热带低纬度的对流活动表现得更加突出; 而在它后期发展和持续中, 南半球热带低纬度的对流活动占着主导地位. 南、北半球对流活动出现的时间上差异, 主要由于二者季节相反的缘故, ITCZ 的活跃时段也恰好相反.

### 3.3 南北半球热带对流活动的波动特征

上述分析和讨论的对流活动, 是热带低纬度波动的具体反映.

根据图1和图2中对流活动时段和强度的简单统计, 得到了这些对流活动的一些主要波动特征(表1):

**3.3.1** 两半球共出现20次波动, 南北半球分别为10个. 两者波数相等; 它们中的第1、2两个波动及北半球的第5个波动是在 Niño-4 区以西洋面上形成后东移的, 其余波动均产生在 Niño-4 区中以及西部边缘附近, 并逐渐东移.

**3.3.2** 两半球的波动仅第4、5、9波动出现时间相同, 其余为相间出现, 这表明两半球的波动为两个不同波列<sup>[3]</sup>, 并且在厄尔尼诺形成和强度变化中的作用呈现出交替现象.

**3.3.3** 波动周期为30~60 d, 其中40~50 d的占了近90%, 与过去有关研究得到的30~60 d周期相同<sup>[4]</sup>.

**3.3.4** 南半球波动的对流中心强度普遍比北半球强一些.

表1 1997年1月至1998年6月  $100^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{W}$  热带低纬度波动特征统计表

	$0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$										$0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$									
波动序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
出现时间(月、旬)	1上	2中	4上	5下	7中	8中	10上	11上	12上	2上	1下	3上	4中	5下	7中	9上	10中	12上	1下	3上
周期/d	40	50	50	50	30	50	30	30	60		40	40	40	50	50	40	50	50	40	
TBB强度/ $^{\circ}\text{C}$	-15	-19	-33	-19	-10	-15	-10	-15	-15	-10	-15	-38	-15	-21	-17	-10	-37	-25	-25	-20

## 4 结论

通过上述的分析, 提出以下 4 点看法:

- 4.1 气象卫星的 TBB 资料所展示的对流活动演变和移动特征, 十分直观地揭示了厄尔尼诺事件的形成、发展及衰减和结束的全过程.
- 4.2 1997 年 1~3 月西太平洋中西部至印度洋东北部强对流区的逐渐东移, 是这次厄尔尼诺事件酝酿的重要信号; 4 月开始的西太平洋中西部转为少云和 Niño-4 区中变为持续的强对流活动, 是厄尔尼诺事件形成和持续发展的具体指示. 1998 年 4 月下旬开始的强对流活动衰减和直接消失, 对应着这次厄尔尼诺事件的减弱和结束.
- 4.3 对流活动所展示的波动特征属热带低频振荡, 周期为 30~60 d, 并且由于南北半球季节相反而表现为两个不同的波列.
- 4.4 对流活动持续时间和移动演变的良好连续性特征, 是 SST 异常变化的具体反映. 因此, 它可以用作监测和预报这种厄尔尼诺事件中的参考. 需要指出的是, 卫星监测对流活动十分快捷, 并且由单星完成, 而 SST 是由多种观测获取的, 相对而言前者的误差可能更小.

## 参考文献

- 1 Rasmusson E M, Carpenter T. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 1982, **110**, 354~384
- 2 Peter W J. The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interaction, air-sea interaction in tropical western Pacific. In: *Proceeding of US-PRC International TOGA Symposium*, Beijing: China Ocean Press, 1988, 263~294
- 3 夏友龙, 姜达雍. 1982/1983 ENSO 过程中暖池和赤道辐合带相互作用对大气表面风的影响. *热带气象学报*, 1996, **12** (1): 1~8
- 4 Lau K-M. Oscillation in a simple equatorial climate system. *J. A. S.*, 1981, **38**, 248~261

## Severe convective region moving eastward over tropical Pacific Ocean during 1997/1998 El Niño event

Jiang Jixi,<sup>1</sup> Fan Meizhu,<sup>1</sup> Wu Xiao<sup>1</sup>

1. *National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081*

**Key words** Severe convective activity, moving eastward, El Niño event