

1982—1983 年的厄·尼诺与南方涛动 (ENSO)

王 绍 武

(北京大学)

1982—1983 年赤道东太平洋海温异常偏高, 这个现象在国际上引起了广泛的注意。热带海洋大气通讯(Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, 缩写 TO-AN) 1983 年 2 月及 10 月分别出版了两期专刊(No.16, No.21)。这份杂志是美国华盛顿大学、大气与海洋联合研究所(JISAO)在国家海洋大气局(NOAA)的赤道太平洋气候研究(EPOCS)规划支持下于 1980 年创刊的。目的是及时交流热带大气与海洋的研究成果。这是一份双月刊, 每逢单月出版。在这两期专刊上共发表了 40 篇文章, 介绍 1982—1983 年的 ENSO, 所谓 ENSO 即厄·尼诺(EI Niño)与南方涛动(Southern Oscillation)的联合缩写。下面对其主要内容做一介绍。

1982—1983 年赤道东太平洋的高温

大家知道, 所谓厄·尼诺是指赤道东太平洋海温异常升高的现象。TO-AN 的主编 Halpern 指出, 1982—1983 年的厄·尼诺可能是本世纪以来最突出的一次。至少从有比较详细记录的近期情况来看是非常突出的。

自 1970 年 4 月美国海洋渔业管理局 (NMFS)

开始在渔情公报中发布东太平洋海温距平。所用距平为对 1948—1967 年 20 年平均的偏差。1980 年 12 月停止发布, 但分析仍在继续进行。Wooster 对这份资料做了系统的研究。先把海温场分为 1 个经纬度的方格, 距平线采用 1°C 间隔 (1977 年 3 月之前为 2°F)。分析范围自美洲沿岸到 180°, 早期只是在 120°W 以东才达到赤道, 后来逐渐在很大范围扩大到 21°S。为了分析方便又将方格合并为一些区(图 1), 一般取 10° 纬度、15° 经度为 1 个区, 每个区包括 150 个方格, 面积约 1.84 百万平方公里。然后统计每个区有多少个方格距平值达到 1°C (或 2°F), 当距平值达到 2°C 取权重为 2, 依此类推。例如某个区的 150 个格之中全部为 1°C 以上的正距平, 而且有一半 (75 个格) 达到 2°C, 则整个

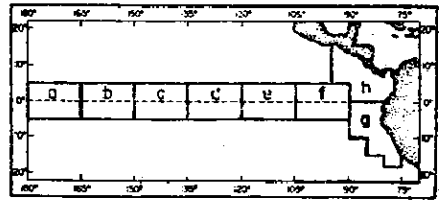


图 1 海温分区(Wooster)

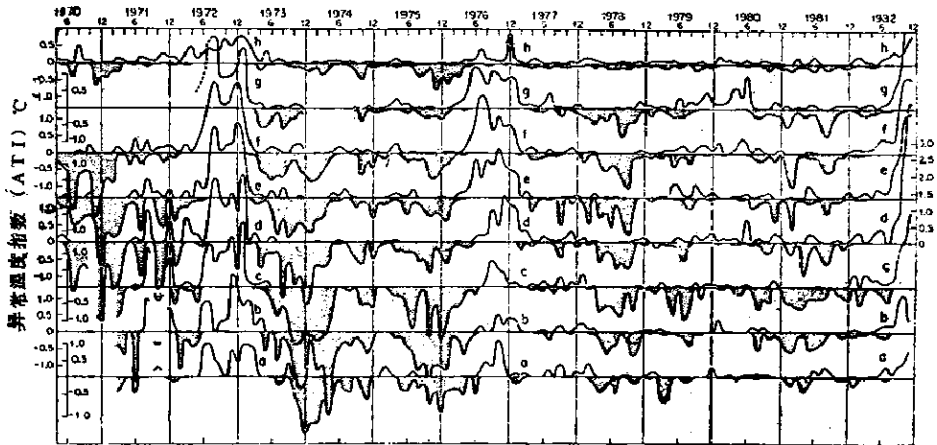


图 2 异常温度指数 (ATI), 自下而上为 a 区到 h 区, 区的划分见图 1 (Wooster)

区按 $150+75=225$ 统计, 再把这个值除以 150 得 1.5°C 称为异常温度指数 (ATI)。由于正负距平分别统计, 所以每个区的 ATI 有正负两个序列, 图 2 给出 1970 年到 1982 年各区的 ATI, 负值用阴影区表示。从图 2 可以看出, 1972 年及 1976 年都是明显的厄·尼诺年, 但 1982 年的强度更大。这十余年中, 在 1982 年之前最大的 ATI 仅 2.25°C , 而 1982 年 10 月及 11 月, 135°W 以东各区均超过了此值, d 区 ($120-135^{\circ}\text{W}$) 甚至达到 4.19°C 。图 3 为 1982 年 10 月赤道东太平洋海温距平。 1°C 以上的正距平区在 180° 以东, 10°N 到 10°S 之间。不过这次厄·尼诺事件的顶峰可能还在 10 月以后的 2—3 个月。图 4 是 Rasmusson 等在第 2 期专刊中发表的时间经度剖面图。他指出最大距平约 5°C 出现于 1982 年 12 月, $120-130^{\circ}\text{W}$ 之间。

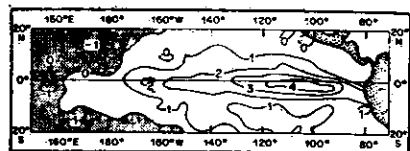


图 3 1982 年 10 月赤道东太平洋海温距平 (Rasmusson 等)

不过值得注意, 一直到 1983 年冬 (指南半球), 秘鲁沿岸海温正距平仍然很大, 甚至在太平洋东部形成了第 2 次极值 (见图 4c)。而第 2 次极值比第 1 次极值还要高一些。所以, 秘鲁沿岸海温变化的峰值可能在 1983 年 4—5 月, 最大正距平达到 $9-12^{\circ}\text{C}$ 。海水的热容量大, 活动层深, 因此一般变化

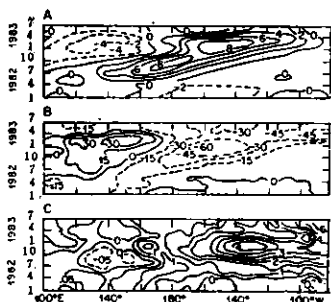


图 4 沿赤道 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$) 100°E 到 95°W 的时间经度剖面 (Rasmusson 等)。A. 850 毫巴纬向风距平 (米/秒), 正值为西风, 负值为东风。B. 射出长波辐射距平 (瓦/米²)。C. 海温距平 ($^{\circ}\text{C}$)

比较缓和, 中纬度月平均海温的方差大部在 1°C 以下, 有时还要更小一些。而 1982—1983 年, 赤道东太平洋海温能有这样大的距平, 可见过程之强烈了。只是最近的资料说明, 1983 年 7 月 120°W 以西正海温距平已下降到 1°C 以下, 而秘鲁到厄瓜多尔沿岸也下降到 5°C 以下。看来这次巨大的增温过程已逐渐趋于结束。但也有的作者 (Zuta 和 Farfán) 认为可能到 1983 年 9—10 月海温逐渐恢复到正常, 但此后又可能变暖, 直到 1984 年 2—3 月才结束这次厄·尼诺事件。

1982—1983 年的南方涛动与太平洋信风

出于对这次厄·尼诺事件的重视, 美国国家海洋大气局的气候分析中心于 1982 年 9 月 20 日出版了第 1 期特殊气候诊断公报, 以后共发表了 6 期。

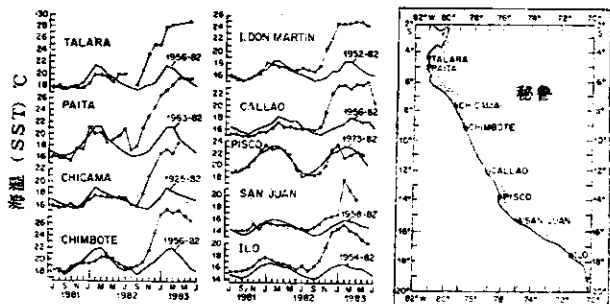


图 5 秘鲁沿岸各站海温 (站点见图) (Zuta 和 Farfán)

分析表明伴随着厄·尼诺的发展, 全球大气环流与气候发生激烈的振动。有些重要情节也刊载于 TO-AN 的两期专号上。Rasmusson 等介绍了南方涛动与信风的变化。图 6 A 为南方涛动指数 (SOI), 即

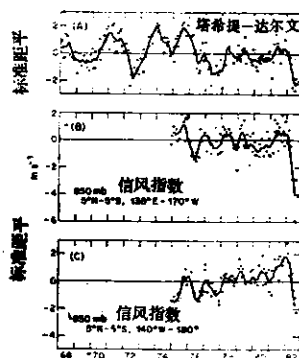


图 6 南方涛动指数 (A) 赤道西太平洋信风及 (B) 赤道东太平洋信风 (Rasmusson 等)

经过标准化的塔希提(Tahiti)减达尔文(Darwin)气压差。图中曲线为5个月滑动平均值。显然,伴随着这次强烈的厄·尼诺,SOI达到了很低的值。图中资料仅到1982年9月,后来的记录说明,1982年12月到1983年1月,SOI负距平达到方差的3.5倍,是自1935年有观测记录以来的最低值,达尔文气压很高,而塔希提气压很低,1983年2—3月SOI才开始回升。

图6B为西太平洋信风指数,是 5°N — 5°S , 135°E — 170°W 范围内850毫巴纬向风标准化距平的平均值。显然1982年达到了1975年以来的最低点(负值为西风)。到1982年9月 180° — 170°W 已观测到西风,西风距平达到10米/秒以上(图7)。

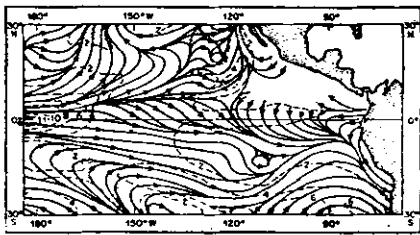


图7 1982年9月海面风距平,虚线为风速距平值(Sadler和Kilonsky)

180° 以东也均为西风距平所占据。一些作者认为信风的崩溃对厄·尼诺的形成是十分重要的。因此,仔细分析这次厄·尼诺事件发展过程中信风的变化是很有兴趣的。SOI的下降开始于1982年2—3月,这时整个赤道(5°N — 5°S)太平洋信风开始崩溃。但西太平洋换日线附近信风最大崩溃出现于1982年10月,比中太平洋(150°W)最大西风距平出现约早3个月。整个来讲西风距平在1982年6月明显出现于西太平洋,然后稳定东移,经过约一年时间达到东太平洋(图4A),到1983年6月纬向风的距平已大部分消失,整个太平洋已不再存在5米/秒以上的西风距平。

很明显,伴随着厄·尼诺的发展,SOI下降,信风崩溃,赤道西风增强,特别在西太平洋及中太平洋信风完全被西风代替。这时在西风两侧的南北两个半球低纬,经常同时各存在一个辐合区,因此会出现南北半球共生(twin)的热带气旋。Sadler在1967年已经指出了这种现象。图8就是一个例子,这时南半球的热带气旋已经达到了最低限度的风暴强度。几天之后热带气旋Iwa在 8°N , 167°W 生成。Iwa加强到风暴的强度,向北方运动在11月24日

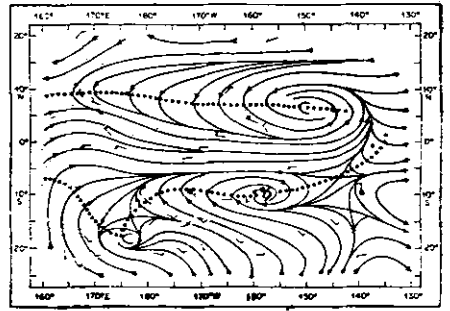


图8 1982年11月15日地面流场分析,槽线用圆点表示(Sadler和Kilonsky)

穿过夏威夷群岛,成为那里仅有的第2次非季节性风暴。而另一次出现于1957年11月,也是强厄·尼诺时期。但1982年12月之后形势起了变化,随着系统的季节性南移,北半球的辐合带南移到赤道,形成赤道缓冲带,而南半球的槽线则稳定持续在 11°S ,这种形势一直维持到1983年4月。图9是一个典型的例子。缓冲带与槽之间为稳定的西风,风速一般在7—10米/秒之间,有时可达15米/秒。这在南半球造成了理想的热带气旋形成条件。1983年在 180° 以东,南太平洋热带气旋数目多、分布范围大、延续时间长。自1982年12月到1983年5月

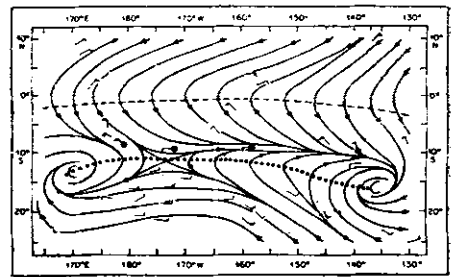


图9 1983年3月21日地面流场分析,槽线用圆点表示,缓冲带用虚线表示(Sadler和Kilonsky)

共有11个热带风暴、3个热带低压。这种情况过去还未观测到过。有人认为能达到玻利尼西亚(150°W)的风暴,频率为50年一遇,而1983年居然有6次风暴向东穿过这里。由此可见1983年西风异常之强烈。

1983年西风之强盛还可以从降水量的异常反映出来。由于西风异常有利于低压辐合,因此降水量增加。表1给出圣诞岛(Christmas)及奥托那(Autuona)的月降水量,同时列出多年平均与过去

表 1 1982—1983年中太平洋降水(Sadler 和 Kilonsky)

Christmas (2°N, 157°W)				Autuona (10° S, 139°W)			
月份	1982—1983	多年平均	过去最高记录(年)	月份	1982—1983	多年平均	过去最高记录(年)
8月	243	29	164(1965)	12月	360	78	297(1957)
9月	154	28	251(1972)	1月	883	90	246(1931, 1942)
10月	340	17	123(1972)	2月	1021	90	295(1931, 1942)
11月	485	25	342(1972)	3月	664	125	370(1931)
12月	285	35	347(1957)	4月	384	103	321(1931)
1月	772	65	575(1958)	5月	515	108	513(1931)

的最高记录。可见圣诞岛 6 个月之中有 4 个月破了记录，而奥托那则 6 个月全破了记录。有时甚至能达到多年平均值的 10—20 倍。所以从中太平洋降水的异常也可以推测出 1982—1983 年西风的异常。顺便指出，以前的降水记录，全部是在过去著名的厄·尼诺年观测到的。

因此，可以肯定 1982—1983 年南方涛动、赤道信风及与之密切相联系的中太平洋降水也都是十分异常的。

1982—1983 年厄·尼诺的特点

许多作者过去曾指出厄·尼诺事件中，异常高的海温是从秘鲁、厄瓜多尔沿岸逐渐向西传播的。图 2 中各区的 ATI 也确实表现出一定的时间落后。在过去的两次厄·尼诺过程中，1972 年及 1976 年均有所反映，甚至在厄·尼诺之后的低温阶段（负 ATI 占优势）也能观测到这种倾向。据 Wooster 估计向西传的速度约 1 米/秒，即大约每个月 23 经度，自 90°W 到 180° 一般需 3—4 个月。然而 1982—1983 年的情况则大为不同。许多作者很快发现这年是自西向东传播的，这在图 4 中表现最清楚。从图 4 C 可见，1982 年 7 月之前 1°C 以上正距平区在 160°E 附近，7 月才移到换日线附近。东太平洋的正距平区多少是同时出现的，但峰值在 1982 年 12 月前后，约比中太平洋落后半年。

事实上不仅海温，其它要素也是向东传播的，甚至传播的过程看起来还要更清楚一些。图 4 A 为 850 毫巴纬向风距平。正距平表示西风偏强（或东风偏弱）。很明显正距平开始于 1982 年 2—3 月，但强度还很弱。4 月以后西风距平增强，7 月以后 8 米/秒的距平中心达到换日线以西，1983 年上半年赤道东太平洋西风距平占优势，直到 6 月正距平趋于消失，在换日线以西，西风距平在 1982 年 10 月最强。

而在 150°W 最大西风距平则出现于大约 3 个月之后，即 1983 年 1 月。图 10 给出 1982 年 6 月到 1983 年 7 月海温 28°C 线、高层东风及低层西风距平中心、射出长波辐射负距平中心位置变化。图中同时绘出 28°C 线的多年平均位置。显然这条等海温线

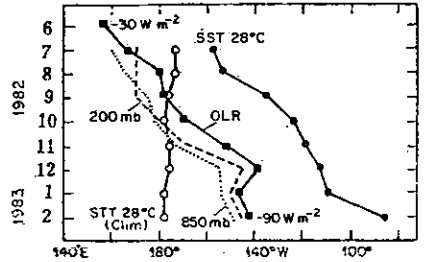


图 10 赤道地区(5°N—5°S)时间经度剖面(Rasmusson 等)。SST 28°C——28°C线的东界，SST 28°C (Clim)——28°C线东界的气候平均位置，OLR——射出长波辐射负距平中心位置，850 mb——850 毫巴西风距平中心位置，200 mb——200 毫巴东风距平中心位置

的位置季节变化不明显，但 1982—1983 年期间却有规律地东移，自然这不能用季节变化来解释。1982 年 7 月仅比多年平均偏东 15°左右，但到 1983 年 2 月则偏东了大约 100°经度。即平均每个月约东移 10°经度，这与从海温正距平中心移动得到的结论一致。有趣的是，低层的西风距平中心与高层的东风距平中心，自 1982 年 7 月到 1982 年 12 月也从 160—170°E 东移到 150°W 左右，以后即基本上稳定下来，移速也大约为 1 个月 10 经度。我们知道，赤道太平洋存在东西向的瓦克环流 (Walker Circulation)，这个环流是东部下沉西部上升，低层为东风高层为西风。自西太平洋到中太平洋低层为西风距平，高层为东风距平，可能正好说明瓦克环流的减弱，而距平中心的东移则反映在这段时期瓦

克环流向东收缩。

瓦克环流西面是上升支，地面为太平洋赤道辐合带，瓦克环流向东收缩，辐合带也东移。致使原处于辐合带控制下的印度尼西亚到澳大利亚一带产生严重干旱，自1982年12月到1983年2月澳大利亚降水减少50%，到1983年3月才恢复，南太平洋辐合带（SPCZ）直到1983年6月才重新建立。这种情况可以从卫星观测的射出长波辐射（OLR）来判断。因为OLR是反映热带降水的良好指标。凡OLR高表示云少或者云顶低，这时自然降水少。OLR低则说明云多或者云顶高，即表示降水多。从图4B可见，OLR的最大负值（-60）出现于1982年12月到1983年1月之间，整个负距平区明显自西向东传播。图10中的负OLR中心位置清楚地反映了这种东传的现象，而且在东传过程中距平中心不断加强，从1982年6月的一30瓦/米²到1983年2月增加到-90瓦/米²。

其它厄·尼诺年则不一定有类似的特征。图11给出1976—1977年，1972—1973年及1982—1983年赤道地区（5°N—5°S）高反射率云（HRC）频率百分比（%）的时间经度剖面。3%的频率约相当月降水量100毫米，10%相当175毫米，20%相当300毫米，30%相当400毫米。从图11可以看出同是厄·尼诺年，但前两次多雨区（斜线范围，即月降水量在300毫米以上的地区）基本是稳定的，最大降水出现于12月—2月之间。而1982—1983年的情况有显著不同，多雨时间长、范围大，且多雨区明显

随时间之推移而向东扩展。同时，比较这三次过程，似乎厄·尼诺强度愈大，多雨区的经度也愈偏东。1972年的厄·尼诺比1976年强。按图2，1972年的累积ATI达到61.0°C，而1976年仅30.1°C，即前者比后者强了一倍。但从图11看多雨区也偏东了35—40经度。1982年的厄·尼诺强度更大，HRC的平均位置也比1972年又偏东了大约30经度。值得注意的是，这里是HRC本身的值，并不是距平，HRC最大的地区就是多雨区，应该与瓦克环流的上升支相对应。因此这从另一个角度说明1982—1983年瓦克环流向东收缩十分激烈。

总之1982—1983年正海温距平不但没有象过去自东向西传播，反而自西向东移动，并且伴随着一系列的环流与气候异常也自西向东传播。这个重要的事实对过去试图建立的厄·尼诺理论模式提出了严重的挑战。

1982—1983年深层海洋的异常

以上谈到的海温均只是海洋表面的温度，要了解厄·尼诺这样一个海洋异常现象，显然对较深层海洋的知识是非常重要的。可惜过去这方面的资料实在是太少了。1981年末以来EPOCS进行了许多很有意义的观测。特别是一些断面的资料大大地扩展了人们对表面层以下的海洋的了解，这对建立厄·尼诺形成的理论有重要的意义。图12为1981年11—12月与1982年11—12月沿85°W断面的海温分布。这个断面观测深达1000米，这里仅给出到350米深的情况。从等温线的位置差异可以明显看出这两年的不同。实际上，从等温线深度来看，即使到1000米也有差异。不过在上层这种差异更为明显。相比之下，1982年15°C等温线下降了160米，整个斜温层深度下降50—100米不等。

不过应当注意，海温上升，等温线位置下降，斜温层加深，这仅仅是东太平洋的情况，西太平洋与中太平洋则完全不同。图13为西太平洋（140—160°E）、中太平洋（170—150°W）及东太平洋（110—90°W）海温的深度时间剖面。在西太平洋一直到1982年中变化都很小，斜温层的明显上升出现于1982年8月，即西太平洋西风完全确立之后一个月。等温线位置最浅时约在1983年1—2月之间。与上一年同期相比，等温线上升约50米，到1983年3月等温线开始有下降趋势。中太平洋情况基本与西太平洋一致。东太平洋则厄·尼诺影响明显，从

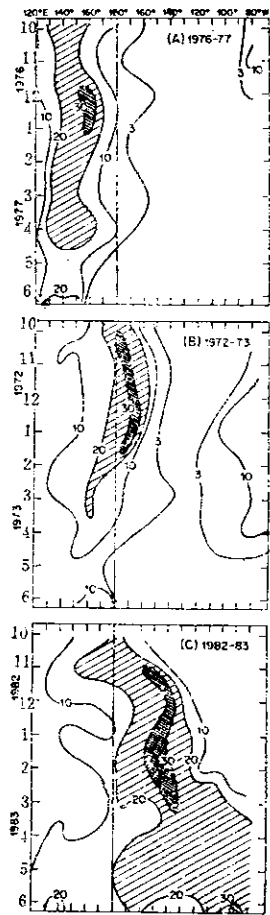


图11 赤道地区(5°N—5°S)高反射率云百分比(%)的时间经度剖面(Garcia)

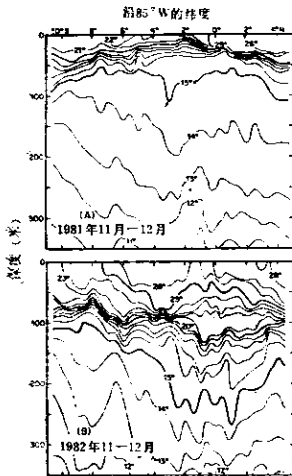


图 12 沿85°W, 1981年11—12月(A)及1982年11—12月(B)海温断面 (Leetmaa)

1982年8月到10月等温线深度突然增加, 12月达到最大深度, 斜温层上部21°C等温线比上一年低

表 2 南方涛动指数(SOI)、西风应力(τ_x)与等温线深度(DT)的插播落后相关, 括弧中为落后月数, 正值为 a 超前 b (Rebert 等)

a \ b	SOT	Δ SOT	τ_x 西	τ_x 中	τ_x 东	DT 西	DT 中	DT 东
SOI	x	x	-0.2(2)	-0.4(1)	—	0.6(5)	0.3(3.8)	-0.6(3.5)
Δ SOI		x	-0.5(1)	-0.5(1)	-0.4(4)	0.8(5)	0.6(7)	-0.7(2)
τ_x 西			x	0.4(2)	0.3(5)	-0.7(3)	-0.7(3)	0.7(2.5)
τ_x 中				x	0.3(4)	-0.6(3)	-0.5(4)	0.6(0)
τ_x 东					x	x	-0.3(4)	0.5(-2.5)
DT 西						x	0.7(1)	-0.9(-2)
DT 中							x	-0.6(-2)
DT 东								x

年变化的南方涛动指数, Δ SOI 为南方涛动指数的距平值。可见去掉年变化之后相关普遍提高。从相关系数来看, 南方涛动与等温线深度的关系更好一些。这里与等温线深度的相关是 23°C 到 19°C 等温线计算结果的平均值, 因此代表了斜温层的情况。这些交叉相关说明南方涛动弱, 西太平洋及中太平洋等温线深度浅, 而东太平洋深度增加, 即反映西部及中部海温低, 东部海温高。落后月数为正值表示 SOI 超前, 同时西风应力与等温线深度也是西、中太平洋为负相关, 东太平洋为正相关, 即西风增强时西部、中部海温低, 东部海温高。西部及中部为风应力超前, 东部则海温超前。至于海温之间则东部与西部负相关明显, 且东部略超前。

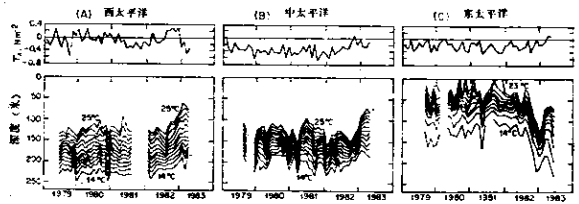


图 13 赤道(2°N—2°S)太平洋西部(A)、中部(B)及东部(C)海温的深度-时间剖面(Rebert 等)

了约 100 米。1983 年 1 月等温线开始上升, 但 5 月又再次下降到 1 月达到的深度。也许这与上面谈到的秘鲁沿岸海温第 2 个峰值是联系在一起的。

图 13 上部给出三个地区纬向风应力(西风为正), 可以看出西太平洋及中太平洋 1982 年西风应力增加, 等温线深度变浅。而东太平洋在 1982 年西风应力变化不明显, 1983 年有所增加, 但等温线总的趋势是加深。为了说明海温与风应力及南方涛动的关系, 计算了交叉相关。表 2 中 SOI 是没有去掉

小 结

通过以上简略介绍可以发现 1982—1983 年的厄·尼诺有几个特点:

(1) 这是一次极强的厄·尼诺。无论海温距平、中太平洋降水都证明了这个结论。

(2) 这次正海温距平不象以前几次是自东向西传播, 而是先出现于西太平洋、中太平洋, 以后才出现于东太平洋。赤道西风异常及射出长波辐射的东传则更为明显。这可能反映了瓦克环流的有规则向东收缩。

(3) 这次过程在 1982 年 6 月已很强, 而不象一般要到 10—12 月才加强, 同时过程结束也迟。通常

翌年 2—3 月即结束，但这次到 1983 年 6 月东太平洋海温再次上升。

(4) 这次过程开始前信风并未明显加强，也并不是在信风张弛之后海温才上升。这次海洋与大气的变化几乎是同时的。

目前关于 ENSO 还没有很好的理论解释。一些海洋学家如 Wyrski(1975)、McCreary (1976)、Hurlburt 等(1976) 试图用信风的减弱来解释中太平洋及东太平洋海温的升高。而有的气象学家如 Matsuno(1976)、Webster(1972)、Gill(1980) 则用异常高的海温来解释信风的减弱。根据过去的观测

事实，已经做了一些理论研究。但 1982—1983 年出现了不少与过去不同的特点，这就更增加问题的复杂性。当然，这实际上应该说对理论工作是一个新的推动，有利于建立更接近实际情况的理论模式。

TO-AN 更大程度上是海洋学杂志，因此谈到大气的情况不太多，所以这里虽然是介绍 ENSO，但主要还是 EN，而不是 SO。此外这两期专刊中还有不少更专门的海洋学研究，如关于赤道潜流、海洋中 Kelvin 波及反射 Rossby 波在海温变化中的作用、秘鲁沿岸渔产量的下降、海鸟和海狗的死亡等的工作，限于篇幅，就不一一介绍了。