

热带西太平洋暖池的某些海洋学特征分析*

张启龙 翁学传

(中国科学院海洋研究所)

热带西太平洋暖池幅员广阔,是全球大洋表层温度(SST)最高的海域(Philander, 1990),也是全球大气运动最主要的热源地,它的维持和变化对全球天气和气候的变化起着关键性的作用。

近年来,热带西太平洋暖池已成为科学家关注的热点研究课题。随着多项国际性实验研究在暖池域的开展,许多学者对热带西太平洋暖池的形成机制、与 ENSO 的关系,以及暖池的变化对东亚气候的影响等方面进行了研究,取得了一些有意义的成果。然而迄今有关热带西太平洋暖池本身主要特征的研究却较少,除 Wyrтки(1989)和 Luksa 等(1987)对暖池的某些特征作过初步研究外,尚未见有专文报道。本文利用 1950—1990 年间的 1,7 月 SST 资料,冬、夏季 137°E(1967—1992)断面和夏季 155°E(1972—1979, 1987—1991)断面的观测结果以及其它有关资料,对热带西太平洋暖池的主要海洋学特征进行分析,以期对暖池的特征进行更深入的探讨。

目前在现有的实测资料分析中对暖池并没有一个统一的定义。本文关于暖池的定义采用了 Wyrтки(1989)提出的标准,即热带西太平洋暖池是指热带太平洋西部水温高于 28℃ 的暖水域,它的边界除西部以菲律宾至新几内亚的岛群连线为界外,均以 28℃ 等温线确定。

一、暖池的形态

1. 形态的季节特征 根据 30 年(1950—1979)平均的各月 SST 资料(符淙斌等, 1990)绘制了热带西太平洋暖池分布图(图 1)。由图 1 可见,冬季(2 月)暖池的分布范围最小,向东略呈双舌状展布于赤道南、北两侧,其主体位于赤道以南。暖池在南半球向东扩展较远,可达 140°W,在北半球东伸仅及 174°W。暖池的南、北界分别位于 20°S 和 10°N 处。夏季(8 月)是暖池的强盛期,分布范围最大,主体位于赤道以北,虽然仍呈双舌状向东伸展,但其形态却与冬季相反:赤道以北的暖舌向东远伸至 146°W;而赤道以南的暖舌向东仅及 160°W。此时,暖池的北界已向北扩展到 31°N 附近,而南界也随之北移至 12°S。

春季(5 月)和秋季(11 月)系暖池分布类型的过渡季节。春季是暖池由冬季型向夏季型的过渡期,此时暖池的范围开始增大,位置北移,东界略向东伸展,北侧暖舌明显减弱,

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2686 号。
收稿日期:1996 年 1 月 2 日。

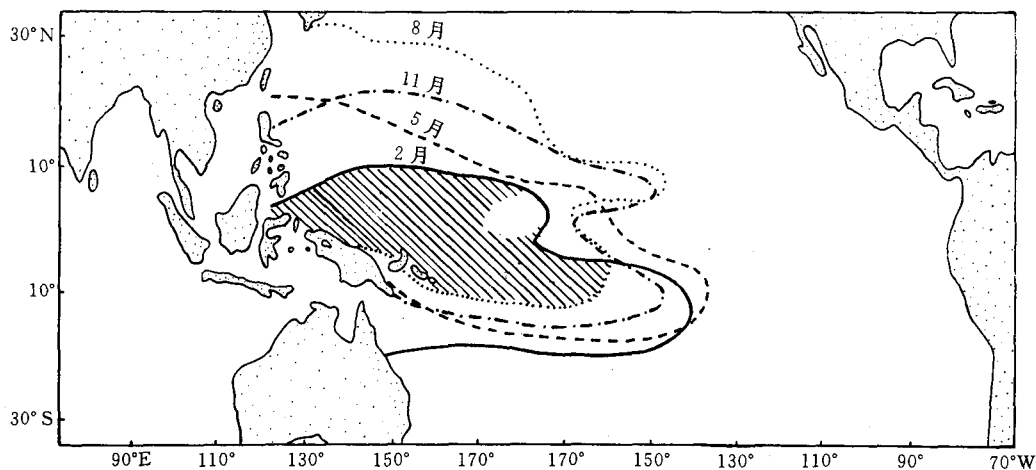


图1 各季度代表月份热带西太平洋暖池分布(表层)

中部阴影部分为暖池终年存在的范围

整个暖池大致展布于 138°W 以西, 17°S — 21°N 海域。秋季是暖池由夏季型向冬季型的过渡期,此时暖池的范围开始缩小,位置南移,其北侧暖舌有所减弱,而南侧暖舌明显东伸,暖池总体位于 146°W 以西, 14°S — 21°N 海域。

以上分析表明,暖池的分布存在明显的季节变化。一年中暖池的最北和最南位置分别出现在8月和2月。就南、北半球而言,暖池在赤道以北部分变动较大,而在赤道以南则变动相对较小,这主要表现在暖池南、北界位置的季节变异方面。统计结果表明,暖池北界南、北摆动的季节变幅达21个纬度,而南界仅8个纬度,暖池东界(即暖舌东边缘)位置的季节变化也较大,南、北两个暖舌东、西向的季节变动距离分别可达22和28个经度。总之,暖池终年盘踞的海域相对较小(图1中阴影部分),大致位于 12°S 到 10°N ,从印度尼西亚到 160°W 海域大约是暖池平均面积的一半。

暖池分布范围和南、北边界季节变化的原因较复杂,海洋周期性的加热和冷却是其主要原因之一。近期,有人提出风场和流场的变化也应是导致暖池季节变化的主要原因之一*。

暖池的厚度(亦称深度)目前研究尚少,Wyrtki(1989)利用XBT资料,得出了1—3月和7—9月热带西太平洋暖池厚度分布,并指出暖池的最大厚度刚超过100m,位于赤道和国际日期变更线附近。图2是本文统计得出的 137°E 断面和 155°E 断面冬、夏季暖池多年平均厚度分布。由图2可见,夏季暖池西部(137°E 和 155°E)的厚度呈现出明显的南厚、北薄的分布趋势,最大厚度刚超过110m,出现在南半球近赤道处(155°E , 3°S)。夏季暖池中部(165°E)的厚度较大,都在100m左右,最大可达130m(国家海洋局科学技术司,1993)。冬季,暖池厚度的南北差异明显减小,在暖池西部(137°E)最大厚度接近60m;暖池中部

* 梁晓东,1994,赤道西太平洋暖池结构和变异的初步分析(硕士论文)。

(165°E)厚度大都小于 100m, 仅在赤道附近(4°S—2°N)厚度略大, 可达 120m。由此可见, 暖池的厚度自 165°E 向西呈减薄趋势。

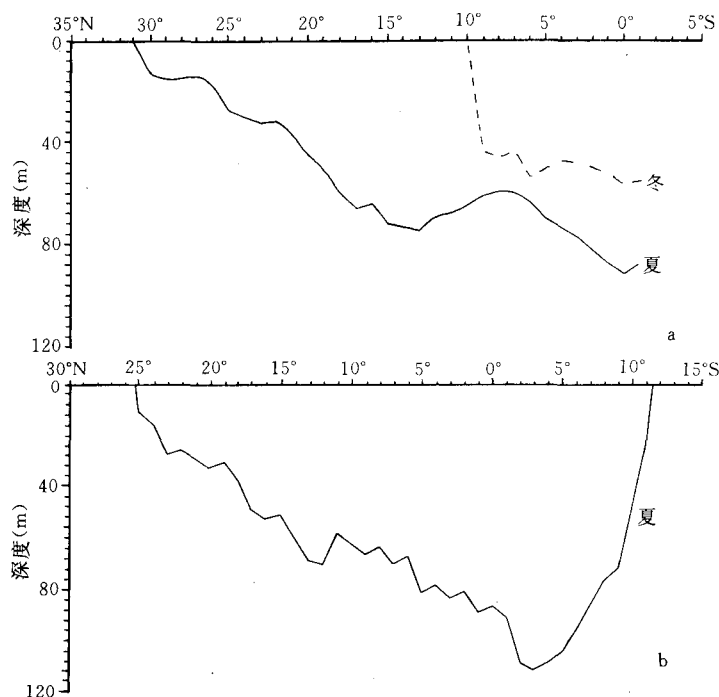


图2 冬、夏季暖池多年平均厚度分布

a. 137°E; b. 155°E

2. 年际变化 现以暖池的表层面积、边界位置和厚度来具体分析暖池的年际变化特征。

(1) 表层面积: 根据 1950—1990 年 1, 7 月 SST 资料确定的暖池表层面积的多年平均值为 $28.74 \times 10^6 \text{ km}^2$ *, 其中, 暖池的最大表层面积为 $41.35 \times 10^6 \text{ km}^2$ (1957.7), 最小仅为 $14.27 \times 10^6 \text{ km}^2$ (1956.1), 两者相差达 $27.08 \times 10^6 \text{ km}^2$, 可见暖池表层面积的年际差异是相当显著的。图 3 中的暖池表层面积的年际变化曲线表明, 暖池表层面积年际变化的峰、谷相当明显, 其中, 主峰值出现在 1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1983, 1987 年, 主谷值则见于 1956, 1965, 1968, 1971, 1974, 1984, 1985 年。此外, 在此相对短的周期性起伏上, 还叠加了一个较长周期的振动。由最大熵谱分析得出, 暖池表层面积年际变化的主周期为 3.8 年、4.9 年和 23.4 年。值得注意的是上述这些峰、谷值的出现时间分别与厄尔尼诺事件和反厄尔尼诺事件有较好的对应, 而且与厄尔尼诺事件有相近的主要变化周期。

(2) 北界、东界和南界位置: 暖池北界、东界和南界位置的年际变化各具特色, 其中, 暖池北界和南界的年际变化相对较小, 其变幅分别为 23 和 15 个纬度; 而暖池东界的年际变化却极为显著, 不仅变幅大 (最大达 62 个经度), 而且变化趋势也比较复杂 (图 3b)。由

* 在统计暖池表层面积和东界位置时, 暖池东伸的最远距离取为 110°W, 即东太平洋暖水西界的平均位置。

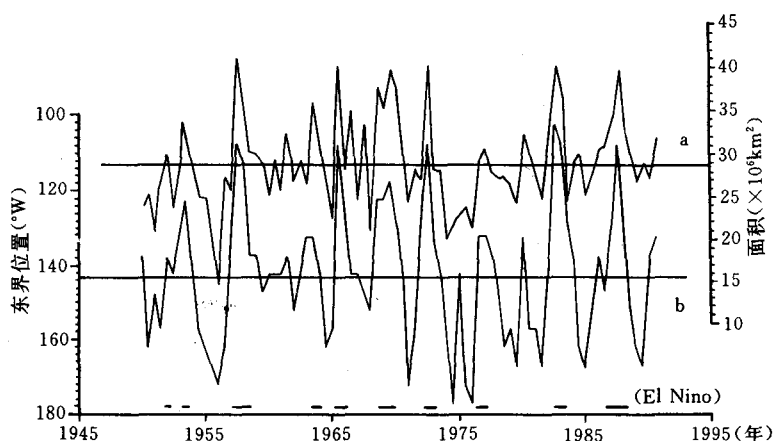


图3 热带西太平洋暖池表层面积(a)和东界位置(b)的年际变化

图3可见,暖池的东界位置和其表层面积的年际变化趋势比较一致,即暖池的东界位置东扩,其表层面积增大;反之,东界位置西缩,则表层面积减小。最大熵谱分析结果表明,暖池东界位置年际变化的主周期为准2年、3.7年和5.0年,与暖池表层面积年际变化的主要短周期(3.8年和4.9年)极为相近。由此可见,暖池东界位置的年际变化是影响暖池表层面积年际变化的一个重要因素。

(3) 厚度:暖池的厚度与暖池表面积和边界位置一样,也具有较明显的年际变化。图4为位于暖池西侧的137°E断面、3°N以北暖池平均厚度的年际变化曲线。由图4可见,该曲线的峰、谷比较明显,并且大的峰值和谷值大致分别与反厄尔尼诺和厄尔尼诺事件相对应,但其对应程度不如暖池的表面积和东界位置。分析表明,暖池平均厚度年际变化的主周期为2.5年、3.8年和5.5年;此外,12.1年周期也较明显。该断面暖池的各年冬、夏季平均厚度的最大值为90.1m(1989.1),最小值仅为7.8m(1980.1),多数年份其值在30—70m间,暖池的多年(1967—1992)平均厚度为47.6m。

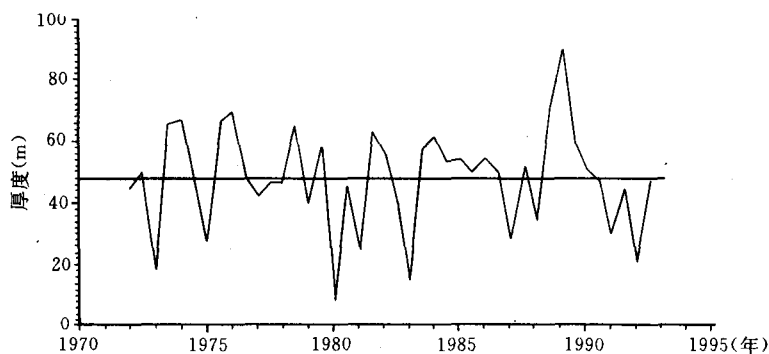


图4 137°E断面暖池平均厚度的年际变化

综上所述可见,暖池形态的年际变化是非常明显的,而且与厄尔尼诺事件和反厄尔尼诺事件有密切的联系。为此,分别统计了厄尔尼诺和反厄尔尼诺期间,以及常年情况下暖

池的形态特征(表1)*。由表1可以清楚地看出:在厄尔尼诺期间,暖池的表层面积最大,平均厚度(系指暖池西部137°E断面处,下同)最薄;在反厄尔尼诺期间,暖池的表层面积最小,东界位置偏西,平均厚度最大;在常年,暖池的形态特征介于上述两者之间。

表1 热带西太平洋暖池的形态特征

形态特征	表层面积 ($\times 10^6 \text{km}^2$)		东界位置 (°W)		平均厚度(m) (137°E断面)	
	冬	夏	冬	夏	冬	夏
厄尔尼诺事件	32.85	36.79	127°30'	118°00'	26.6	48.7
常年	26.79	27.57	142°17'	150°14'	42.8	55.3
反厄尔尼诺事件	22.19	26.36	166°47'	161°15'	59.7	60.1

二、暖池的温度

众所周知,热带西太平洋暖池的主要特征之一是水温较高,全域水温都在28℃以上。然而暖池域内水温的分布并不均匀,在垂直方向上,表层水温高(最高大于31℃),底部水温低(最低为28℃),自表层向下呈缓慢递减之势,最大表、底温差可达3℃多。暖池水温的水平分布也有明显差异,这主要表现在表层温差大,底部温差小。暖池表层水温大致呈中心高、边缘低的分布趋势,在暖池中部形成一个(有时两个)高温区。一些全球海—气耦合模式研究结果表明,暖池海域,特别是暖池高温区SST的微小变化对热带太平洋区大气环流形势的演变十分敏感(Philander, 1990),因此有必要对暖池高温区的变化特征进行分析。但是高温区的边界较难确定,如果取30℃等温线作为其边界,高温区不仅太小,而且有的年份根本就不存在;若用29℃等温线来确定,则所得出的高温区又显得太大。为方便起见,本文选用暖池的最高温度作为暖池的高温中心来分析高温区的变化特征。

1950—1990年1、7月SST资料统计结果表明,暖池高温中心的温度值各年不同(图5),其中最低为29.18℃(1951.1),最高达31.87℃(1970.7),多数年份在30.0—30.5℃间,而且冬、夏季的差异并不十分明显。尤其需要指出的是,暖池高温中心的地理位置具有较明显的季节和年际变化。在所统计的41年中,冬、夏季出现的范围分别为127.5°E—157.5°W, 17.5°S—2.5°N和127.5°E—172.5°W, 12.5°S—22.5°N。为便于对比分析,下面就常年、厄尔尼诺期间和反厄尔尼诺期间三种情况来分别讨论暖池高温中心位置的变化特征。

1. 常年情况 冬季,暖池高温中心的经向位置多数位于147.5°E—172.5°E间(出现频率为80%),且以出现在157.5°E附近居多(30%);纬向位置绝大多数年份限于7.5°S—2.5°S间(95%)。总的来说,暖池高温中心比较集中地出现在152.5°E—167.5°E, 7.5°S—2.5°S海域内(55%)。

夏季,高温中心位置变动范围较冬季大,其经向位置主要在137.5°E—162.5°E范围

* 厄尔尼诺事件和反厄尔尼诺事件的划分按我国ENSO监测小组提出的标准[气象, 15(3), 1989]。

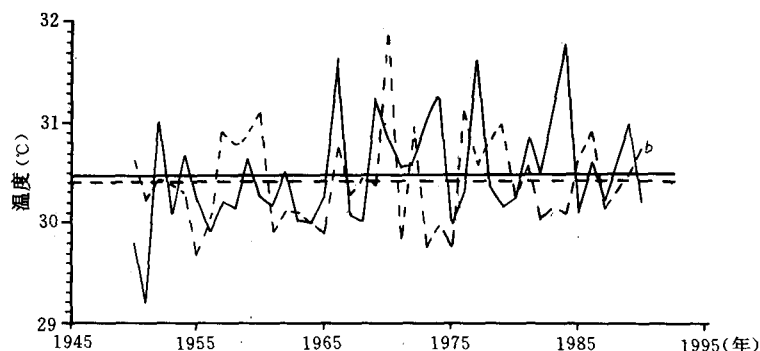


图5 暖池高温中心冬(a)、夏(b)季温度的年际变化

内变动(60%);纬向位置大多局限于 2.5°S — 7.5°N 间(60%)。由此可见,常年情况下,高温中心冬季主要出现在暖池的东南部,夏季则大多集中于西北部。

2. 厄尔尼诺期间 冬季,暖池高温中心的经向位置摆动较大,而纬向位置的变动则相对较小。多数年份高温中心主要出现在 162.5°E — 157.5°W , 12.5°S — 7.5°S 海域(64%),其中较多年份则集中在 177.5°E — 172.5°W , 7.5°S — 2.5°S 范围内(55%)。

夏季,高温中心的出现位置移向暖池的西北部,多数年份在 152.5°E — 172.5°E , 2.5°S — 7.5°N 海域内摆动(50%)。

3. 反厄尔尼诺期间 冬季,暖池高温中心的经向位置多数出现在 127.5°E — 157.5°E 间(70%);纬向位置则主要集中在 12.5°S — 7.5°S 间(80%)。就出现海域而言,高温中心大多集中在 147.5°E — 157.5°E , 12.5°S — 2.5°S 海域(60%)。

夏季,高温中心出现较多的海域为 132.5°E — 142.5°E , 2.5°N — 17.5°N (50%)。

以上分析表明,暖池高温中心的位置具有明显的季节变化。无论是常年、厄尔尼诺和反厄尔尼诺期间,高温中心冬季均主要出现在暖池的东南部,夏季则移至暖池的西北部。就各年高温中心的出现位置而言,在厄尔尼诺期间暖池高温中心偏东,在反厄尔尼诺期间偏西,而常年则居中。这是因为在厄尔尼诺期间,暖水向东输送,暖池向东扩展,高温中心随之东移;而在反厄尔尼诺期间,暖水在热带西太平洋堆积,暖池的分布范围西缩,中心西移。此外,暖池高温中心位置的变动范围各年也不尽相同,其中以厄尔尼诺期间最大,常年次之,反厄尔尼诺期间最小。

三、暖池的盐度

由于受资料所限,以往对热带西太平洋暖池的研究多侧重于温度特征,而暖池的盐度特征研究较少。本文利用 137°E , 155°E 和 165°E 三个断面的盐度资料来探讨暖池的盐度特征。

分析表明,暖池域海水盐度的主要特征是盐度值偏低,这与暖池所处的位置和丰富的海面降水密切相关。在上述三个断面,暖池的盐度值在33.39—35.16范围内,其表层的多年平均盐度为34.39。暖池域海水盐度的水平分布较复杂,其总的分布趋势是暖池南、北

两侧(特别是北侧)盐度较高,中心区(赤道附近)盐度较低,低盐中心($S < 34.00$)的位置多变。盐度的垂直分布与温度恰好相反,表层盐度最低,自表层向下呈缓慢递增之势,在暖池的下界处(100m 层附近),盐度值在 35.00 左右,大致与温跃层的位置相对应出现较强的盐跃层。盐跃层以下为具高盐($S > 35.00$)特征的南、北太平洋次表层水。

为便于进一步分析,本文统计了位于暖池西部的 137°E 断面暖池域内盐度的最高值、最低值、表层平均值,以及最高温度对应的盐度值,得出暖池西部海域的海水盐度具有以下主要特征:

(1) 暖池域海水盐度偏低,在 1967—1992 年间,其最低值为 33.39(1990.7),最高值为 35.16(1975.1),多数年份海水的盐度处于 33.80—34.95 间。

(2) 暖池盐度的季节变化较小,其变幅以表层最大,随深度迅速减小。以表层平均盐度为例,其最大季节变幅为 0.65,一般在 0.10—0.30 间。暖池盐度除极个别年份冬季略偏低外,多数年份均为冬季高于夏季,冬季一般多在 34.10—34.90 间,夏季多为 34.00—34.80。

(3) 暖池盐度的年际变化较明显,且与厄尔尼诺事件相联系。从冬季暖池最低盐度和表层平均盐度年际变化(图 6)来看,在厄尔尼诺期间,盐度值大都偏高,如 1969,1973,1977,1983,1987,1992 年;在反厄尔尼诺期间则与之相反,其相应的盐度值大都偏低,如 1971,1974,1976,1989 年。夏季暖池域海水盐度的年际变化亦与之类似(图略),不再赘述。

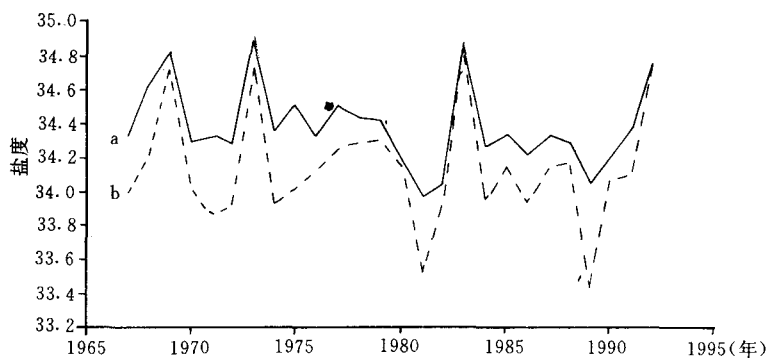


图 6 137°E 断面冬季暖池最低盐度(a)和表层平均盐度(b)年际变化

暖池西部海域海水盐度出现的变化与暖池本身的变动有关。因为在厄尔尼诺期间,暖池的低盐水向东输移,而其南、北两侧及底部的高盐水随之进而补充,致使暖池的盐度升高;相反,在反厄尔尼诺期间,高温、低盐水在热带西太平洋堆积,使暖池西部(或全域)盐度降低。此外,暖池盐度的这种年际变化还与厄尔尼诺期间热带西太平洋上空对流减弱及降水区东移也有一定联系(周静亚等,1994)。

(4) 暖池的最高温度与其最低盐度并不相互对应,这主要是由于引起温度和盐度变化的主导因子不同而造成的。统计结果表明,最高温度值所对应的盐度并非是最值,而是居于最低盐度和最高盐度之间;冬季盐度值在 34.18—34.96 间,夏季则为 33.86—34.94。

四、结 语

1. 暖池的形态具有明显的季节和年际变化。冬季(2月)暖池的位置处于最南,分布范围最小;夏季(8月)暖池位于最北,而且分布范围最大。暖池边界的季节摆动在南界相对较小,而北界和东界则较大。

暖池形态的年际变化与厄尔尼诺事件密切相关。在厄尔尼诺期间,暖池表层面积最大,东界偏东,厚度(系指暖池西部 137°E 断面处)最薄;在反厄尔尼诺期间,暖池表层面积最小,东界偏西,厚度最大。

2. 暖池的主要特征是高温。高温中心冬季出现在暖池的东南部,夏季则移至其西北部。就各年高温中心出现位置而言,在厄尔尼诺期间高温中心偏东,在反厄尔尼诺期间偏西。

3. 暖池的盐度偏低,低盐中心位于暖池中央区。暖池的盐度在厄尔尼诺期间偏高,而在反厄尔尼诺期间偏低。

参 考 文 献

- 周静亚、杨大升,1994,海洋气象学,气象出版社,243—250。
国家海洋局科学技术司,1993,热带西太平洋海气相互作用综合研究,海洋出版社,35—62。
符淙斌等,1990,热带太平洋物理气候图,气象出版社,30—35。
Lukas, R. and Lindstrom, E., 1987, The mixed layer of the western equatorial Pacific Ocean. *Proceedings of the Aha Huliko a Hawaiian Winter Workshop on the Dynamics of the Oceanic Surface Mixed Layer*, Honolulu, 67—94。
Philander, S. G., 1990, El Nino, La Nina and the Southern Oscillation (Chap. 1), *Academica Press, Inc.* 1—171。
Wyrtki, K., 1989, Some thoughts about the West Pacific Warm Pool, *Proceedings of the Western Pacific International Meeting and Workshop on TOGA—COARE*, 99—109。

ANALYSIS OF SOME OCEANOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE TROPICAL WESTERN PACIFIC WARM POOL*

Zhang Qilong and Weng Xuechuan

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

ABSTRACT

This paper deals with the analysis of main oceanographic characteristics of the tropical Western Pacific Warm Pool based on data on SST, temperature, and salinity along Sections 137°E and 155°E. The results showed that the shape of the warm pool (surface area, thickness, and northern, eastern and southern boundary locations), the highest temperature, and the salinity have obvious seasonal and interannual variations related to El Nino events.

* Contribution No. 2686 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.