

# 热带东太平洋关键区海温与 中国东北地区气温的关系

曾昭美 章名立

(中国科学院大气物理研究所)

## 提 要

近三十年我国东北地区夏季异常低温与赤道东太平洋埃尔尼诺现象的出现遥相呼应。本文对此遥相关现象进行了分析,认为在埃尔尼诺现象发生时期低层海温异常影响到大尺度环流的异常,并把信息传到中纬度地区,从而产生处于中纬度的我国东北地区的气温异常。在这时期,沃克环流东移,热带中部和西部太平洋对流层高层东风增强,反气旋环流增强;相反,南亚高压弱而偏南,亚洲沿岸西风带偏南,冷空气活动频繁,出现大范围低温现象。

## 一、引 言

热带海洋热状况的变化对大范围气候的变化有很大的影响,它不仅影响到低纬度热带地区,而且涉及中纬度地区的气候状况,例如赤道东太平洋海水暖时,在加拿大西部常出现暖冬而美国东南部为异常的冷冬。不少学者<sup>[1]</sup>认为热带海温异常主要与中纬度地区冬半年的环流和气候异常有明显的遥相关。但是近十几年来我国许多气象学家<sup>[2-5]</sup>却注意到热带太平洋海温异常影响副热带高压强弱和位置的变化,并且影响到我国东部夏季旱涝和温度异常等灾害性气候的出现。因此,热带海洋温度的变化与夏季中纬度环流的遥相关关系如何?是个具有实际意义的问题。

我国许多气象学家注意到中国东北地区的气候与赤道东太平洋海温具有一种遥相关现象。即这个地区的温度变化与赤道东太平洋海温变化是反位相的<sup>[6,7]</sup>。特别是中国东北地区夏季低温出现的年份与秘鲁-厄瓜多尔沿岸埃尔尼诺现象发生的年份绝大多数是相一致的。本文将从分析赤道东太平洋海温的变化与东北低温的关系,讨论如何通过海气相互作用影响夏季大气环流,从而形成东北低温。在本文中我们用  $130^{\circ}\text{W}, 5^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$  海域的平均海温来代表热带东太平洋的海面温度<sup>[8]</sup>。

## 二、埃尔尼诺与东北的夏季低温

图1为1951—1977年哈尔滨站月气温距平和东太平洋海面温度距平的时间序列曲

线,显示了两者呈反位相变化的关系。特别是在几个海温异常暖或冷的时期,哈尔滨温度相对地呈现异常的冷或暖。二十七年间,两者同期反相关系数为 $-0.37$ (95%和99%统计显著性水平分别为0.11和0.14),超过了统计显著性水平。与赤道东太平洋海面温度的反相关不仅表现在我国东北的小范围地区上。为了了解大范围地区温度变化与赤道东太平洋海温的关系,我们作出了1969—1978年(样本为120个月)期间东太平洋海面温度距平分别与全球 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ 经、纬度网格点上地面气温距平的相关系数,可以看到我国东北地区的反相关是属于从亚洲东北部到西北太平洋上大范围负相关区,它中心最大值超过 $-0.7$ ,说明这种温度反相关不是偶然的现象。它可能反映了低纬度海气相互作用对中纬度大气环流变化的影响。从而反映在大范围气温的变化中(图略)。

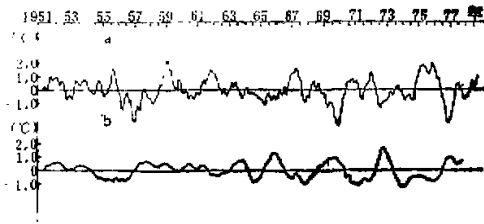


图1 哈尔滨气温距平(a)和 $130^{\circ}\text{W}$ 赤道地区海温(b)时间序列曲线

在最近三十年中,尤其是六十年代以来我国东北频繁地出现严重的夏季低温,它的年份为1957、1964、1965、1969、1972和1976等年,如与近三十年来厄尔尼诺出现年份相对照,可以看到我国东北严重夏季低温年与强厄尔尼诺现象发生的年份<sup>[9]</sup>1957、1965、1969、1972和1976年是基本相合的。其中仅1964年是例外,该年赤道东太平洋海温是在冷期,而我国东北却出现冷夏年。

仔细分析图1,在上述厄尔尼诺年海温与东北气温反位相的现象较其它年更为明显,亦就是海温异常暖年东北气温明显地低于正常。下面我们就热带海温对我国东北地区气温异常影响的机制进行讨论。

### 三、赤道地区气温异常对中纬度气温变化的影响过程

根据七十年代全球月平均气温距平图<sup>[10]</sup>,我们可以制作出 $40^{\circ}\text{N}$ — $30^{\circ}\text{S}$ 范围内各纬圈平均温度距平时间序列曲线(图略),并作了赤道纬圈平均温度与其他各纬度平均温度的交叉相关系数(见表1),可以看到在赤道附近气温距平呈三年左右的周期性变化,这种变化与图1中给出的 $130^{\circ}\text{W}$ 上的海温距平变化十分一致。与赤道附近气温的周期性变化相对应,在南、北两个半球的热带和副热带地区气温亦有相应的变化,但他们的振幅较小,并且有位相落后,如1972年在赤道附近有一段时期气温是暖的,在两个半球从低纬度到中纬度也都有一个暖期出现,但出现的时间明显地落后于赤道,这种落后随纬度的增高而增加,表1中各纬度明显地反映这种现象,在 $40^{\circ}\text{N}$ 上最大时滞为10个月,相关系数为0.59,在 $20^{\circ}\text{N}$ 上最大时滞为4个月,相关系数为0.81。

表 1 在不同落后时间的纬向平均温度交叉系数

交叉相关系数 纬度	落后时间(月)						
	0	2	4	6	8	10	12
40°N	-0.40	-0.23	0.02	0.30	0.52	<u>0.59</u>	0.53
30°N	-0.05	0.08	0.25	0.44	<u>0.57</u>	0.59	0.52
20°N	0.66	0.78	<u>0.81</u>	0.73	0.59	0.41	0.23
10°N	-0.82	<u>0.91</u>	0.90	0.78	0.60	0.38	0.17
0°N	<u>1.00</u>	0.93	0.74	0.49	0.22	-0.02	-0.20
10°S	0.83	<u>0.88</u>	0.82	0.66	0.43	0.18	-0.06
20°S	0.46	0.61	<u>0.68</u>	0.65	0.52	0.33	0.08
30°S	<u>0.05</u>	0.17	0.27	0.34	<u>0.37</u>	0.33	0.22

上述这种现象说明在七十年代这十年中气温变化首先发生在赤道地区,然后逐渐向南向北由低纬向高纬传播,其影响可达到 40°N 和 30°S 地区。再比较沿赤道各不同地区的温度变化<sup>[10]</sup>,赤道东太平洋在这个纬度带上温度变化最为剧烈,它的变化大约是同纬度其它地区的四倍,从图 1 和各纬圈平均温度距平时间序列曲线<sup>[11]</sup>(图略)的比较中看到 130°W 上的海温变化与整个赤道地区气温变化基本上是一致的。所以赤道地区平均气温变化主要反映了赤道东太平洋地区海温变化。因此,我们认为中纬度气温的异常变化可能是与赤道东太平洋上出现的异常温度逐渐向北传递有关,这一点在下一节中将进一步说明中纬地区气温变化落后于赤道地区,而同期的相关却是反相关。

#### 四、1976 年我国东北地区夏季低温形成的诊断分析

关于赤道东太平洋海温异常影响西太平洋和亚洲东部地区的气候,和通过什么机制传递到亚洲东部,下面我们通过对 1976 年我国东北低温形成过程的诊断分析来讨论这个问题。

1976 年我国东北地区出现了严重的夏季低温冷害。表 2 是 1976 年 6—12 月东北各主要站月平均气温距平值,可以看出负距平值在各站持续达半年以上,最强低温达 -1.4℃。由于严重的低温冷害,使东北地区该年粮食大幅度减产。然而大家知道 1976 年又是一个埃尔尼诺年,赤道东太平洋海温在该年冬春季迅速增高。为了分析上述两地区温度演变的过程,下面给出的图 2 是 1975 年秋季至 1976 年夏季全球季平均气温距平图。1975 年秋季热带东太平洋上空是负距平。赤道附近为大范围的 -1℃ 冷区,有些地方甚至达 -2℃,热带西太平洋上温度分布比较凌乱,在中纬度亚洲东部到西北太平洋为大的正距平区(见图 2a),至冬季,负距平区向西扩展到整个热带太平洋,南中国海上出现 -1℃ 的负距平中心,然而原在东太平洋上的 -1℃ 区已经缩小并分裂,这时中纬度仍

表 2 我国东北几个主要站 1976 年 6—12 月月平均气温距平值

海拉尔	嫩 江	齐齐哈尔	哈尔滨	长 春	沈 阳
-1.0	-1.3	-1.4	-1.3	-1.3	-1.1

为正距平所控制, 所以气温持续地偏暖。这段时期正如 Rasmussen 和 Carpenter<sup>[9]</sup>所指出的, 是厄尔尼诺爆发的时期, 这时秘鲁-厄瓜多尔沿岸海温已经变暖, 出现较暖的迹象(图略)。1976 年春季气温场的形势已经发生明显变化, 广大赤道东太平洋海温开始明显地增暖, 有  $+1^{\circ}\text{C}$  的正距平中心出现, 西太平洋上仍为冷区并开始向北发展, 中纬度正距平区缩小, 亚洲东部也有小块的负距平区出现(图略); 到了当年夏季, 温度场的形式与 1975 年秋季相比形势已经完全相反, 这时正是 Rasmussen 和 Carpenter 所指出的厄尔尼诺转折时期<sup>[9]</sup>。这时热带中、东太平洋已经成为大范围的暖区, 距平中心值达到  $+2^{\circ}\text{C}$  以上, 但亚洲东部和西太平洋中纬度地区温度变化却与赤道东太平洋地区相反, 此时已变为大面积的负距平区。距平中心位于亚洲的东北部, 最大负距平值低于  $-2^{\circ}\text{C}$ , 这时我国东北出现了夏季低温冷害现象(图 2b)。

因此, 1976 年东北夏季低温现象出现

在秘鲁沿岸厄尔尼诺爆发之后, 赤道东太平洋海温距平发生剧烈变化时期, 在这个时期赤道东太平洋海温由冷开始转为暖, 半年之后厄尔尼诺达到成熟期。在图 2 中, 值得注意的是在整个变化阶段赤道东太平洋气温负距平向西太平洋传播, 然后向北传递到中纬度地区, 影响那儿出现异常气候。

在我们所分析的 1969—1978 年 10 年月平均气温距平图中可以看到, 1972 年的冷夏发展过程与 1976 年相类似, 但 1969 年增暖的趋势开始得比 1972 和 1976 年要早, 所以东北低温出现的时间也早。

## 五、赤道东太平洋海温变化对中纬度大气环流的影响

在海温剧烈变化的同时, 热带和副热带地区环流也发生相应的调整来适应风场和温度场的变化。这种调整影响到中纬度大气环流的变化, 从而影响中纬地区的气候发生异

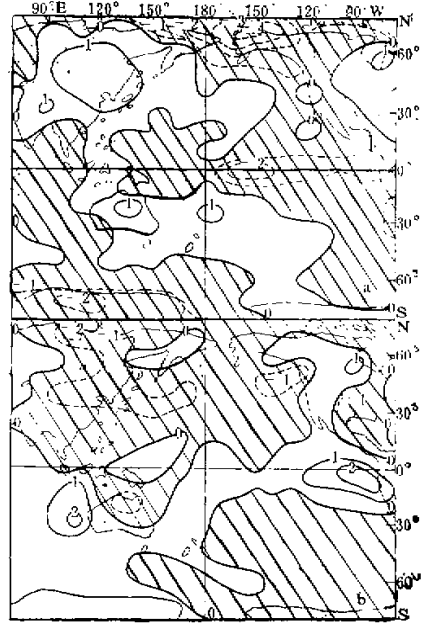


图 2 1975 年秋季 (a) 及 1976 年夏季 (b) 全球气温距平

常。

1976 年赤道东太平洋海温发生变化的时候低层东风信风减弱,图 3 是赤道附近太平洋上两个岛屿 1975—1976 年月平均纬向风剖面图,其中 Majnro 岛 ( $171^{\circ}23'E, 70^{\circ}5'N$ ) 位于太平洋中部,Atuona 岛 ( $139^{\circ}02'W, 9^{\circ}48'S$ ) 位于东太平洋。1976 年 1、2 月份东风首先在赤道中太平洋上减弱,4 月份东太平洋也明显减弱。信风层降低,高层西风亦减

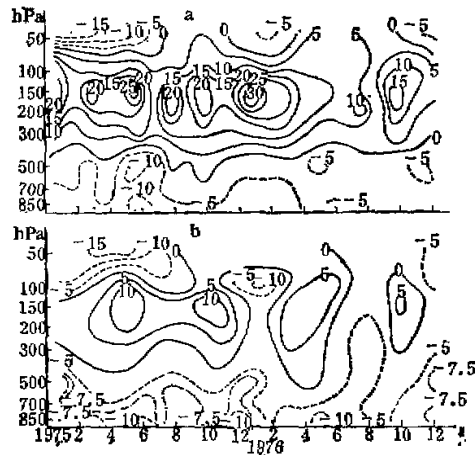


图 3 Atuona (91925 站)(a)、Majnro (91376 站)(b)岛  
1975—1976 年月平均纬向风剖面图  
实线为西风分量,虚线为东风分量。

弱。在太平洋中部 1976 年 6 月份后出现整层东风,一直到十月高层才重新出现西风,但比起 1975 年 10 月西风也弱得多。所以在热带太平洋地区 1976 年夏季除了低层东风信风较常年弱外,高层风场的特征表现为正常的西风减弱或为东风所代替,热带太平洋中部高层出现的东风是亚洲对流层上空高压南部的东风向东扩展一直延伸到太平洋中部的结果(见图 4b)。太平洋东部的西风也明显减弱。纬向风风场的这种变化必然反映在热带 Walker 环流的改变上。

在一般的情况下热带、副热带大气环流的季节变化是:冬季位于太平洋上的对流层高层反气旋在五月份由西太平洋移到印度-中南半岛上空,六月份北移到西藏高原上成为夏季对流层高层环流重要的成员,即“南亚高压”。它的位置、强弱的变化与当年南亚夏季季风的强弱有密切关系,同时与我国东北夏季温度变化也有关系。文献[12]中指出,当南亚高压强,它南侧东风强时,我国东北夏季常为暖夏,反之则相反。朱福康<sup>[1]</sup>指出,在北半球 100hPa 上南亚高压的变化与赤道东太平洋海温高低有一定的联系。他分析了 1958—1972 年的资料得出,当坎顿岛海温(用来代表东太平洋地区海温状况)冷时北半球 100hPa 高压面积小,脊线位置偏北,而当海水偏暖时高压面积大,脊线位置偏南。1976 年当赤道东太平洋海温出现异常增暖时,大气环流的季节变化也出现异常。其中一个重要特征是对流层上层 200hPa 上热带西太平洋反气旋环流持续维持。随着季节的演变,南亚高压虽然从 5 月开始移向大陆,但其中心位置较正常情况偏东。同时,在冬季和早春位于西太平

洋高层的反气旋并没有消失,从五月至八月它一直稳定在南中国海-加罗林群岛上空。因此,高层东风在中太平洋上明显增强(见图 3),从而影响北太平洋中部高层气旋式环流的建立和正常发展。这表现在 1976 年夏季太平洋洋中槽比正常情况建立稍晚并明显地向东北方面萎缩,槽底退到  $20^{\circ}\text{N}$  附近,气旋性曲率减弱。由于洋中槽的减弱,槽后偏北气流相应也减弱,因此亦影响到大陆上南亚高压的发展。

比较 1975、1976 年 8 月用流线形式表示的 200 hPa 平均环流图(图 4)就可以看到这些特征,1975 年夏季高层环流的特点是太平洋中部洋中槽南伸到赤道附近,向西扩展到  $160^{\circ}\text{E}$ ,在热带太平洋

中部以气旋式环流为主,南亚高压在大陆发展很强,南亚和东南亚地区东风急流强盛(短箭头表示)。但是 1976 年的形势却很不一样,在日界线以西地区南亚高压发展成为一个狭长的高压带,位置较 1975 年偏南,在中西太平洋,热带低纬度以反气旋环流为主,并且在 1975 年洋中槽南半部的位置上出现 3 个高层反气旋环流,同时北半球东亚西风急流加强位置也比 1975 年偏南(见图 4),在西藏高原的北部有浅的西风槽。这两年夏季热带太平洋上环流的差异是对应于这两年热带海面热状况的巨大差异的。1976 年东太平洋暖海水时期热带太平洋高层环流系统的位置比冷海水时期向东偏移,亚洲大陆东部西风带偏南,有利于中高纬度冷空气的活动。

对流层中、下层,反应在北太平洋副热带高压比常年偏南约 5 个纬度,并呈纬向带状分布,同时在  $90^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{E}$  附近持续维持一条西风带槽(图略),它不断引导冷空气南下使亚洲东部夏季温度较常年偏低,我们认为出现这种环流特点的关键在于热带东太平洋海温异常增高,引起了热带中、东太平洋上风场发生变化,进而使夏季中太平洋上反气旋维持,洋中槽减弱向北萎缩,间接影响南亚高压的发展而影响到东北的气候。上述分析表明,热带东太平洋海温的变化是通过热带、副热带环流的变化来影响中纬度环流,从而导致中纬度气候的变化。

海温异常与热带大气环流的异常和 Walker 环流强弱的变化早已有经典性的研究<sup>[14]</sup>,下面我们企图通过对垂直圈环流的分析来探讨在埃尔尼诺成熟时期热带太平洋高层反气旋环流的形成。

## 六、赤道东太平洋海温变化与太平洋经、纬圈垂直环流变化的关系

我们用实测资料计算了 1975 和 1976 年 8 月太平洋地区的大范围垂直速度。图 5a、b

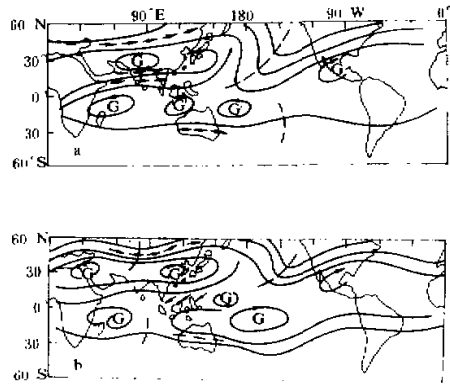


图 4 1975(a)、1976(b) 年 8 月平均 200 hPa 流线图

分别为 1975 和 1976 年 8 月  $150^{\circ}\text{E}$ — $130^{\circ}\text{W}$  太平洋地区的平均经圈垂直环流。图中水平风速是根据实际风的分析值平均而得,垂直速度是用实测风计算得到的。从图上可以看到

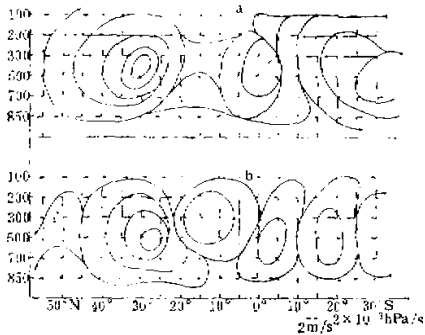


图 5 1975(a) 和 1976 年(b) 8 月  $150^{\circ}\text{E}$ — $130^{\circ}\text{W}$  太平洋地区的平均经圈垂直环流

1975 年与常年太平洋地区夏季经圈环流相似,在赤道南北热带地区出现一个赤道环流圈<sup>[1]</sup>,它在北半球  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}\text{N}$  上升,赤道及  $5^{\circ}\text{S}$  附近下沉。北半球中纬度 Hadley 反环流范围较大,下沉气流扩展到副热带地区,副热带高层辐散明显。这些特征可能与 1975 年 8 月中、低对流层上太平洋副热带高压经向发展较强、位置偏北相吻合。但图 5b 却与图 5a 有明显的差异,赤道附近是上升区,可以看到中、低层上升气流到达对流上层后,向南、北两方向辐散,分别在  $20^{\circ}$ — $25^{\circ}\text{N}$  及  $10^{\circ}$ — $15^{\circ}\text{S}$  地区下沉,因而构成了与正常夏季不同的情况,南北半球热带地区各出现一个 Hadley 环流,北半球的甚至强于南半球的。赤道地区上升气流的增加,显然是由于中、东太平洋海温显著增高的结果。在两个 Hadley 环流圈交界处的高层有明显的辐散气流流向南、北半球,这个辐散区可能导致了 1976 年热带太平洋上高层反气旋环流的加强,并促使太平洋中部的大槽退到较北的位置。因此,我们认为上节中指出的 1976 年高层环流的特点是与底层海面温度增暖直接相关的。1976 年 8 月北半球热带 Hadley 环流增强,相应中纬度 Hadley 反环流也发生变化,它的范围缩小,上升区南移,下沉支与热带 Hadley 环流圈的下沉支在  $20^{\circ}\text{N}$ 、300 hPa 上汇合下沉,下沉带比 1975 年要狭窄,中、下层略偏南,这可能与 1976 年对流层中、下层副热带高压偏南,呈纬向型发展,西风带较正常年偏南的特点(见图 5b)有关。

我们分析了 1975 和 1976 年 8 月  $70^{\circ}\text{E}$ — $80^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{N}$ — $5^{\circ}\text{S}$  的平均纬向垂直环流(图略)。1976 年 8 月,赤道东太平洋为暖水时,在整个赤道太平洋上,上升区范围比 1975 年扩大了。上升气流在  $130^{\circ}\text{W}$  高层分为东西两支,一支向东在南美大陆下沉构成热带 Walker 环流,它比正常位置向东偏移了大约 60 个经度。另一支向西在  $120^{\circ}\text{E}$  附近印度尼西亚地区下沉后转向东在  $140^{\circ}$ — $160^{\circ}\text{E}$  处再辐合上升,形成一个完整的 Walker 反环流。整个赤道中、西太平洋地区几乎为上升气流控制,但其下沉范围、强度又远不如上升气流强。空气是连续介质,大量上升气流必然在高层辐散,这是否与我们前面指出的 1976 年太平洋热带地区南北半球 Hadley 环流强(见图 5b)有密切关系呢? 这是值得研究的。

## 七、结 论

(1) 我国东北地区的气候与赤道东太平洋海温具有一种遥相关现象,即这个地区的变化与赤道东太平洋海温变化是反位相的。

(2) 亚洲近二十年来几次低温都发生在秘鲁沿岸埃尔尼诺爆发之后, 这个地区温度发生剧烈变化的时期。

(3) 赤道东太平洋海温变化首先是由赤道东太平洋向西传播然后向北扩展影响亚洲东部和我国东北地区, 其落后时间随纬度增高而增加到  $40^{\circ}\text{N}$  时大约需要 10 个月。

(4) 1976 年夏季赤道东太平洋海温异常增高影响到热带太平洋地区高、低层风场发生异常, 从而使热带太平洋地区经圈, 纬圈垂直环流及热带、副热带地区高、低层水平环流也发生改变, 使赤道东太平洋海温的异常信息带向中纬地区, 影响中纬及我国东北地区的气候发生变化。

### 参 考 文 献

- [1] Hord J. D. and J. M. Wallace, 1981. *M. W. R.*, Vol. 109, No. 4, 813—829.
- [2] 中国科学院地理研究所长期预报组, 1977, 科学通报, 5 期, 313—317.
- [3] 陈烈庭, 1977, 大气科学, 第 1 卷第 1 期, 1—12.
- [4] 许致远等, 1982, 海洋学报, 第 4 卷第 3 期, 169—173.
- [5] 章名立等, 1983, 大气科学, 第 7 卷第 1 期, 23—32.
- [6] 郭家林等, 1983, 气象科技, 1—2, 9—18.
- [7] 章名立, 曾昭美, 1984, 1, *Newsletter*, No. 23, 5—7.
- [8] 潘柏航, 1978, 大气科学, 第 2 卷第 3 期, 246—252.
- [9] Rasmussen E. M. and T. H. Carpenter, 1982, *M. W. R.*, Vol. 110, 354—384.
- [10] 章名立等, 1982, 大气科学, 第 6 卷第 3 期, 229—236.
- [11] 章名立, 曾昭美, 1984, 中国科学 B 辑, 第 1 期, 87—96.
- [12] 吉林省气象局, 1981, 气象学报, 第 39 卷, 483—493.
- [13] 朱福康等, 1980, 南亚高压, 科学出版社.
- [14] Bjerknes, J., 1969, *M. W. R.*, Vol. 97, No. 3, 163—172.
- [15] 符淙斌, 1979, 气象学报, 第 37 卷第 1 期, 74—85.

## RELATIONSHIP BETWEEN THE KEY REGION SST OF THE TROPICAL EASTERN PACIFIC AND AIR TEMPERATURE OF NORTHEAST CHINA

Zeng Zhaomei Zhang Mingli

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

### Abstract

The occurrence of serious cold summer in northeast China is well consistent with the appearance of the El Niño event in the Eastern Equatorial Pacific during the last thirty years (1951—1980). The teleconnection is analyzed and it is found that the SST anomalies in the low level have an effect on the large-scale atmospheric circulation anomalies, transfer the effect to the midlatitude area and cause temperature anomalies in northeast China during the El Niño event. At the same time, the "Walker cell" shifts eastward while an upper troposphere easterly wind and anticyclone cell strengthen over the tropical central and Western Pacific. But the South-Asia anticyclone (Tibetan High) is weak and farther to the south, the westerly belt along the Asia coast is also farther to the south. The cold air is more active than normal. Then the low temperature phenomenon in the most part of this area appears.