

太平洋赤道纬圈环流在热带海洋 影响中纬度西风强度中的作用

潘 怡 航

(中国科学院大气物理研究所)

一、引 言

近年来,大尺度海气作用与长期天气过程的关系已普遍引起人们的注意^[1],其中 Bjerkness^[2,3] 分析了位于赤道太平洋中部坎顿岛的资料后指出,赤道太平洋中部及东部的海表温度为暖水时,其上空的纬圈环流(沃克环流)西端的上升分支将东移到坎顿岛附近,并获得加强,这一上升分支同时成为太平洋哈德莱环流的上升分支,这样由于加强了角动量的向北输送,将使得付热带高压、太平洋中部低压槽及东北太平洋中纬度的西风均增强;反之,当赤道太平洋中部与东部的海表为冷水时,则对大气影响的效果相反。但是,需要指出的是, Bjerkness 所分析的是赤道海表冷暖与冬季东北太平洋中纬度大气环流间的联系,没有注意到对西北太平洋中纬度大气环流的影响,同时在他的工作中也没有应用资料揭露赤道太平洋上空的纬圈环流与经圈输送之间的相互制约的关系。

由于西北太平洋中纬度大气环流的长期变化将直接关系到我国旱涝、低温等天气的长期预报,所以,有必要分析热带海洋的热状况对西北太平洋中纬度大气环流的影响。

二、东太平洋赤道海表温度与西北太平洋中 纬度西风强度间的时滞相关

西北太平洋付热带高压与中纬度的东亚大槽,是影响我国天气变化的半永久性大气环流系统,它们在一年中的生成、进退与强弱的变化,对我国的长期天气变化有重要的作用。我们发现它们的强度变化与东太平洋赤道地区的海表温度变化有密切的关系。图1给出东太平洋热带海面分别为冷水与暖水时的东亚大气环流形势的两个个例;图1A为冷水的1971年12月、图1B为暖水的1969年12月。可以看到当东太平洋热带海面为冷水时,付热带高压、东亚大槽与相应的中纬度西风强度,都比暖水时期明显减弱。为了说明热带太平洋的冷暖与东亚大气环流间这一响应关系是经常存在的,我们取200mb图上120—160°E地区、20—50°N的环流指数W表示这一地区的西风强度,由于与50°N、120—160°E与20°N、120—160°E分别为东亚大槽与副热带高压的平均位置,那么,

1977年11月3日收到。

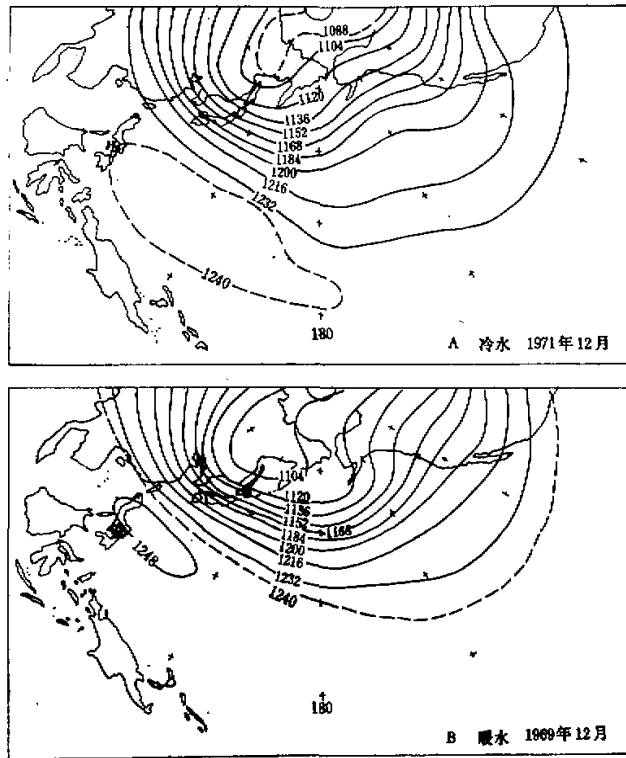


图1 东太平洋热带海面冷暖对东亚大气环流的影响

200 mb 图上这两个地区的平均高度可以在一定程度上分别表示了两者的强度。因此, 可以简单地用上述的西风环流指数 W 反映东亚大气环流形势的主要特征。同时用 5°N — 10°S 、 130°W 剖面上的平均海表温度 $T_{130\text{W}}$ 表示东太平洋赤道附近海水的冷暖, 做出 W 与 $T_{130\text{W}}$ 的 1965—1972 年逐月距平变化曲线 (图 2), 图中的粗线为 6 个月的滑动平均

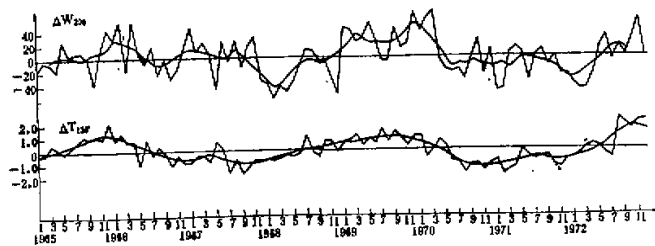


图2 赤道东太平洋海表温度 $T_{130\text{W}}$ 距平与 200mb 西风环流指数 W 距平的逐月变化与 6 个月滑动平均曲线

1) 这组相关系数为梁幼林同志协助计算, 特此致谢。

曲线。图 2 表明：当东太平洋海表温度增高时，西北太平洋中纬度的西风加强。为了看清两者间的相应关系，图 3 给出海温 T_{130W} 与西风强度 W 的逐月时滞相关系数¹⁾变化曲线。可以看出西北太平洋中纬度西风强度比东太平洋赤道海表温度落后两个月的相关系数最大。

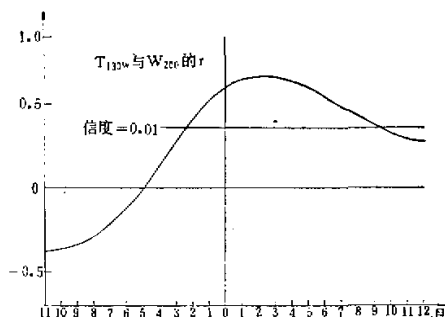


图 3 海表温度 T_{130W} 距平与西风环流指数 W 距平的逐月时滞相关系数

三、太平洋赤道海表温度与纬圈环流的相互作用

众所周知，东太平洋赤道附近的海表温度比西太平洋显著降低，而且越往东面越低。图 4 给出赤道西太平洋(140—160°E、0—10°N)与赤道东太平洋(110°W、5°N—10°S)多年平均各月海表温度曲线，可以看出两者的差值在温差最小的月份也有 1—2℃。由于西太平洋赤道海域的海表温度的季节变化不明显，所以，东西方向之间的海表温度差主要由东太平洋的温度变化所决定。因此，可以认为东太平洋海温的“冷舌”区是制约热带太平洋海气相互作用的一个关键区。

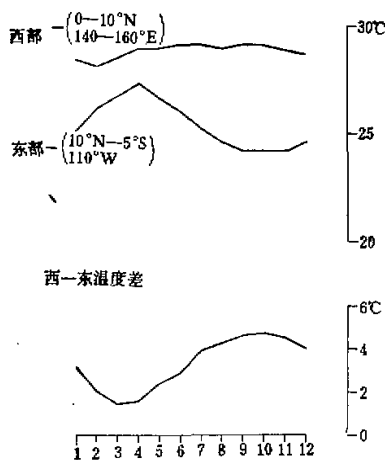


图 4 赤道太平洋东部与西部海表温度多年平均年变化

在赤道太平洋洋面东冷西暖的热力差异作用下，将造成大气中沿赤道方向在西部上升，东部下沉的纬圈环流 (Bjerkness 称之为沃克环流)。根据 Newell 等人^[4]已做的多年平均状态的冬季与夏季沿赤道南北纬各 5 度的纬圈环流，可以看出在东太平洋存在地面为偏东风、高空为偏西风，并在西太平洋上升、东太平洋下沉的这一热力环流。根据 Sadler 从卫星观测资料所做出的热带地区的各月平均云图^[5]，现将其中的 1 月与 7 月的情况分别给在图 5 A 与 B 中，可以看出西太平洋沿赤道南北的大片云区正是沃克环流的强大上升分支所造成，而东太

平洋赤道附近则为下沉气流所控制的少云带, 清楚地说明太平洋赤道上空的这一纬圈环流常年存在。

可以推测, 在沃克环流的上升分支中空气将不断从暖海面上取得能量带到高空以增强沃克环流使高空西风增强, 到东部下沉分支中又增强地面东风, 这样使得东太平洋海面上的赤道冷水舌能够维持; 因此, 当空气从西部的上升分支中得到的能量越多时, 沃克环流将越强, 这将表现在东太平洋赤道高空的西风及地面的东风加强上, 于是东太平洋赤道冷水舌也相应要发展。

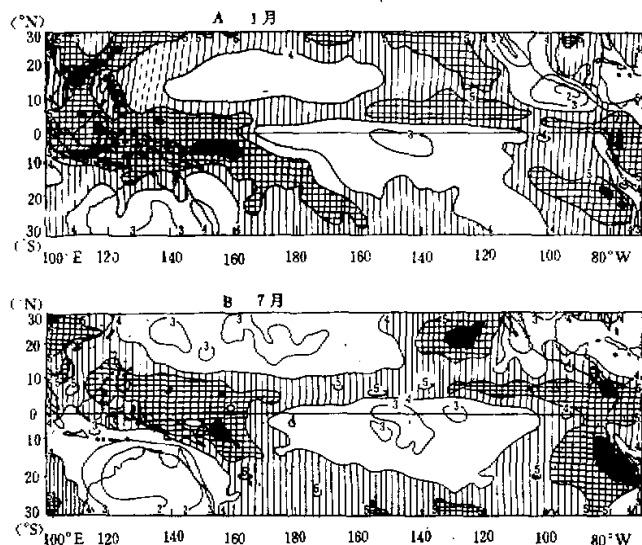


图5 热带地区月平均云图

根据上面的看法, 我们用位于东太平洋赤道附近的马克萨斯岛¹⁾高空 200mb 的西风风速 u_A 表示沃克环流的强弱, 做出逐月距平曲线 Δu_A 又取沃克环流上升分支海域即西太平洋 130°E—180°E 沿赤道南北纬 10° 以内 12 个岛屿²⁾的平均降水量 R 表示沃克环流的上升分支从海洋上得到的潜热多少, 做出逐月距平曲线 ΔR , 从图 6 可以看到 Δu_A 与 ΔR 的变化趋势一致, 而与 ΔT_{130W} 的变化反相, 这一事实说明上述的推测是可以成立的。

如果进一步分析, 则又注意到 ΔT_{130W} 与 Δu_A 的反相关趋势几乎是同时的, 而 ΔR 则落后于 Δu_A 的变化, 这一事实表明, 就平均情况来讲, 沃克环流直接由海表温度的东西方

1) Atuona Marquesas Isl. 09°48S, 139°02W.

2) Koror 07°20N, 134°29E, Yap 09°29N, 138°05E, Truk 07°28N, 151°51E, Ponape 06°58N, 158°13E, Kwajalein 08°43N, 167°44E, Majuro 07°05N, 171°23E, Madang 05°13S, 145°46E, Lae 06°44S, 147°00E, Port Moreby 09°26S, 147°13E, Rabaul 04°13S, 152°11E, Honiara 09°25S, 159°58E, Funafuti 08°31S, 179°13E.

向的梯度所推动,而当沃克环流发展起来以后,才在上升分支的部位,释放出潜热,当然,潜热的释放反过来又将加强沃克环流。

四、纬圈环流与经向输送的相互制约

第二节的东亚大气环流特征量的位置,正好在沃克环流西部上升分支的北面,而海表温度的指标区则位于沃克环流的宽大下沉分支的海面中部;因此,很自然地要分析这一上升分支部位的南北方向的输送与沃克环流间的联系。由 Newell 等人^[4]所做的多年平均各纬圈上空南北风速图可见,冬季在这一上升分支所在的经度(120—160°E)上,低空有偏北风、高空有偏南风,说明在这一上升分支的高低空的确存在着南北方向的经向输送。因此,可以设想沃克环流的上升分支除把能量带到高空以加强沃克环流东部的高空西风外,还将有一部分能量通过这一经向输送与中纬度发生交换。所以,西太平洋赤道上空的这支上升气流,即成为调节东西方向的沃克环流与南北方向的经向输送的枢纽。

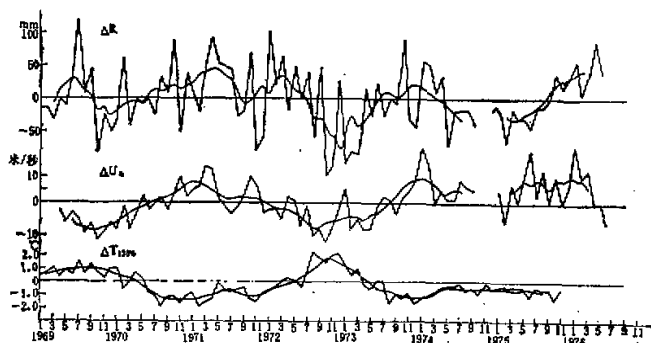


图6 海表温度 T_{sow} 距平、马克萨斯岛 200 毫巴的西风风速 u_A 距平与西太平洋赤道附近 12 个岛屿的平均降水量 R 距平逐月变化及其 6 个月滑动平均曲线

为了探讨在赤道东太平洋不同海表温度情况下,这一上升气流区中的经向输送与纬圈环流间的相互联系,我们分析了这一区域上空的气流变化。所用的资料是西太平洋赤道以北、15°N°以南、130—160°E 间的 5 个岛屿¹⁾各层的高空风。图 7A 给出赤道东太平洋为冷水时的个例: 1971 年 2 月的高空南北风风速,图 7B 给出暖水个例 1973 年 2 月。可以看出,暖水时,明显地存在着低空为偏北风分量、高空为偏南风分量的经向输送,而在冷水时,这种南北风分量减弱。

为了检验这一对冷暖水个例所反映的事实是否经常存在,我们做出这 5 个站 200 mb 的从 1969—1975 年逐月平均南风风速距平 Δv_s ,表示高空向北输送的强弱。图 8 给出上节中表示沃克环流强度的马克萨斯岛 200 mb 西风风速距平 Δu_A 与这里的 Δv_s 的变化及它们的 6 个月滑动平均曲线。由图可以看到两者之间存在同期的反相变化。这个事实清楚

1) Koror, Yap, Truk, Ponape, Guam. 前 4 个岛经纬度见前面, Guam 13°33'N, 144°50'E.

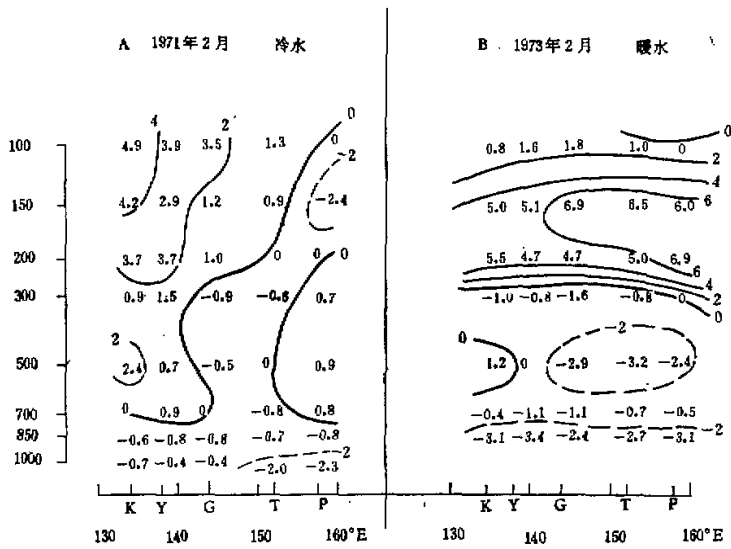
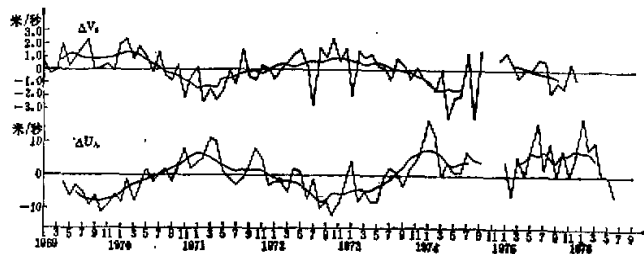


图7 西太平洋赤道偏北附近上空的南北风风速分布个例

图8 马克萨斯岛200mb的西风风速距平 ΔU_A 与西太平洋赤道以北附近5岛平均北风风速距平 ΔV_z 逐月变化及其6个月滑动平均曲线

地表明: 当东太平洋赤道上空的纬圈环流加强时, 西太平洋上空的经向输送将减弱, 反之当纬圈环流减弱时, 经向输送将加强。

五、讨 论

以上的资料分析表明, 当赤道东太平洋海表温度比正常值冷(暖)时, 纬向的沃克环流将增强(减弱), 而赤道太平洋西部的经向输送将减弱(增强)。

为什么当东太平洋为冷水的纬向环流加强时, 西太平洋的经向输送会减弱呢? 这在物理上可以给予简单的解释。当冷水时, 沃克环流东部高空的西风大为加强, 而沃克环流上升分支及其西部的高空仍吹东风, 所以, 大量的空气质量向东输送, 单靠上升分支的供给已感不足, 由于质量连续性的要求, 就需将高空沃克环流偏北地区中的空气质量吸引到

沃克环流的高空西风中去,亦即在沃克环流上升分支的东侧,高空将吹北风,或者是使南风减弱。从动力学上看,由于所讨论的地区已偏离赤道,准地转关系已成立,沃克环流高空西风的加强,使得西风气流北边的高度比正常值降低,这样就使得该地区在正常分布的高度场中产生一个西高东低的高度差距平,这一东西向高度梯度距平,又因地转关系的存在将在沃克环流上升分支附近的南北方向的正常气流中产生一个北风风速距平,或者说减弱南风分量。反之,当暖水时,沃克环流高空的西风将减弱,因此,其北边的气压将升高,在准地转关系下,高空将增加南风分量。

为了说明这样的介释是有根据的,我们点出位于沃克环流上升分支北面的关岛($13^{\circ}33'N$, $144^{\circ}50'E$)和沃克环流高空西风北面的约翰斯顿岛($16^{\circ}44'N$, $169^{\circ}31'W$) 200毫巴的高度差距平 $\Delta(G-J)$ (图9),可以看到当沃克环流高空西风(用马克萨斯岛 200mb 西风风速 u_A 表示)增强时,约翰斯顿岛与关岛的 200mb 高度差也比正常的差值为低。

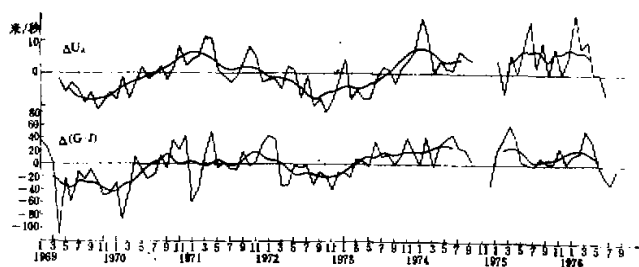


图9 关岛与约翰斯顿岛的 200mb 高度差 $(G-J)$ 距平与马克萨斯岛 200mb 西风风速 u_A 距平逐月变化及其 6 个月滑动平均曲线

另外,第二节的统计资料表明,西北太平洋中纬度西风的加强,就平均来讲,要比海表温度的增强落后两个月左右。这种现象可以这样来介释,通过沃克环流的上升分支,将低层东风带从地球得到的角动量带到高空,并向北面输送,使中纬度西风得以加强,这种过程需要一定的时间。由于在上升分支中的潜热释放一般要比东太平洋海表温度的变化落后 1—2 个月,潜热释放的结果必然将使上升分支强度增强,因此,向较高纬度输送的角动量也将增多。所以,中纬度西风强度极值出现的时间将晚于海表温度极值出现的时间。

参 考 资 料

- [1] 巢纪平, 大尺度海气相互作用和长期天气预报, 大气科学, 1977 年 3 期, pp. 223—233.
- [2] J. Bjerknes, A. possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature, *Tellus*, 1966, 28, pp. 820—828.
- [3] J. Bjerknes, Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Mon. Wea. Rev.*, 1969, Vol. 97, No. 3.
- [4] R. E. Newell et al., The general circulation of the tropical atmosphere and interactions with extratropical latitudes. 1971, MIT, Press.
- [5] J. C. Sadler Average Cloudiness in the tropics from satellite observations, 1968, Honolulu, East-West Center Press.