

# 对 20 世纪 70 年代中后期 Walker 环流 异常减弱的分析\*

艾丽坤

(中国科学院大气物理研究所东亚区域气候-环境重点实验室, 全球变化东亚区域研究中心, 北京 100029)

**摘 要** 20 世纪 70 年代中后期以后, 位于达尔文岛的观测海平面气压值 (SLP) 不断升高, 而位于塔西提岛的观测 SLP 不断下降, 形成了在年代际尺度上最弱的热带太平洋东西向环流, 即 Walker 环流。70 年代中后期以后, 在 Walker 环流不断减弱的同时, 亚洲夏季季风也在减弱。通过对海平面气压场的长期变化特征分析, 我们发现 20 世纪 70 年代中期以后, 副热带西太平洋 ( $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) 的 SLP 不断下降, 与不断上升的热带西太平洋 ( $10^{\circ}\text{S}\sim 0^{\circ}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) SLP 形成了一个在年代际尺度上的反相关震荡型。这个负 SLP 距平与江淮流域的对流上升运动相对应, 造成了中国地区夏季江淮流域降水增加而华北降水减少的格局。

**关键词:** Walker 环流; 东亚季风; 海平面气压; 年代际变化

**文章编号** 1006-9585 (2004) 02-0303-13 **中图分类号** P448 **文献标识码** A

## 1 引言

20 世纪 20 年代英国的 Walker 等<sup>[1~3]</sup>首先发现了位于赤道东、西太平洋的涛动现象 (简称南方涛动), 南方涛动所形成的环流被 Bjerknes<sup>[4]</sup>称为 Walker Circulation (简称 Walker 环流)。之后以 Rasmusson 和 Carpenter<sup>[5]</sup>为代表的研究指出了 Walker 环流与 El Niño 及 La Niña 事件 (简称 ENSO 事件) 的关系。Shukla 和 Paolino<sup>[6]</sup>、Rasmusson 和 Carpenter<sup>[7]</sup>等在研究 ENSO 与印度季风年际变动的关系时发现: 弱 (强) 的印度夏季风降水与热带太平洋的 El Niño (La Niña) 事件相对应。

黄荣辉和吴仪芳<sup>[8]</sup>在研究东亚季风与 ENSO 的年际变动关系时发现: 中国夏季风降水异常与 ENSO 事件的发展阶段有关, 当事件处于发展阶段, 夏季江淮区域降水易偏多, 而黄河流域和华北地区降水偏少; 当 El Niño 事件处于衰弱或 La Niña 事件处于发展阶段, 夏季江淮区域降水偏少, 而黄河流域和华北降水偏多。另外, 很多的研究也发现: 当西太平洋暖池海温偏高时, 从菲律宾经南海到中印半岛的对流活动强, 江淮流域降水往往偏少; 相反, 当西太平洋暖池海温偏低时, 菲律宾周围的对流活动弱, 江淮流域降水往往偏多<sup>[9~11]</sup>。

最近年代际变化成为气候学研究的热点之一<sup>[12,13]</sup>, Nitta 和 Kachi<sup>[14]</sup>以及 Kachi 和

2004-02-16 收到, 2004-04-12 收到修改稿

\* 国家重点基础研究发展规划项目 G1999043400 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX3-SW-218 共同资助

Nitta<sup>[15]</sup>指出热带海温从1978年起有一个明显的增强趋势。Wang<sup>[16]</sup>指出了由于海平面温度(SST)的长期变化,1976年以后 ENSO 的爆发特点发生显著变化。王会军<sup>[17]</sup>、孙照渤等<sup>[18]</sup>也发现亚洲季风环流在20世纪70年代末发生了减弱现象。但是,在众多关于气候系统年代际变化的研究中,针对热带 Walker 环流的研究并不是很多。

在本文中我们通过研究热带东、西太平洋海平面气压场(SLP)的长期变化,试图揭示 Walker 环流的年代际变化特征,并且进一步发现其与亚洲季风年代际变化的关系。

## 2 资料

本研究中使用的风场资料是美国 NCEP/NCAR 再分析资料(NCEP Reanalysis I), 网格距为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 资料时间长度为1956年1月~2000年12月。月平均 SLP 使用美国气候数据中心 NCDC(National Climatic Data Center)的扩展重建海平面气压场(Extended Reconstructed Sea Level Pressure, ERSLP), 网格距为  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ , 资料时间长度为1854年1月~1997年12月。全球海平面温度场使用 Tom Smith 和 Dick Reynolds 的扩展重建海平面温度场(Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, ERSST), 网格距为  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ , 资料时间长度为1854年1月~1997年12月。本文还使用了1956年1月~1997年12月的中国160站气温、降水月平均资料和达尔文岛、塔希提岛的实测 SLP, 观测时间为1866年1月~2002年12月。

## 3 热带太平洋 Walker 环流与东亚夏季风的年代际变化

Walker 环流是由于热带东、西太平洋海温差造成的东西向环流, Walker 环流在海温偏高的热带西太平洋上升,在海温偏低的热带东太平洋下降。El Niño 是指热带东太平洋海温偏高而热带西太平洋海温偏低的异常气候现象,因此 El Niño 现象伴随的是减弱的 Walker 环流,而 La Niña 现象伴随的是加强的 Walker 环流。

图1是近150年来(1856~1995年)赤道东、西太平洋年平均 SST 的时间序列变化曲线,鉴于可信度问题,我们只分析1900年以后的资料。赤道东、西太平洋 SST 的年代际变化特征非常不同,在东太平洋呈现10年左右的周期,而西太平洋则是20年左右的周期。从1950年到1995年,东、西太平洋海温都呈明显的上升趋势,在20世纪70年代以后其上升幅度加快,这应该是全球增暖的影响。从图1中东、西太平洋 SST 的长期变化无法判断 Walker 环流的强弱变化,因此需要继续检验其他量的变化。

图2是1880~1995年达尔文岛和塔希提岛年平均 SLP 观测值的时间序列变化。因为对资料做了5年(图2a)和11年(图2b)的滑动平均,两站点 SLP 在年际尺度上的变动已经被过滤掉。图2a中 ENSO 尺度的变动还十分明显,而图2b中10年以上的年代际变动周期则更加明显。可以发现,20世纪70年代中期以后达尔文岛的 SLP 有显著上升趋势,而塔希提岛 SLP 则不断下降, Walker 环流处于有观测资料以来最弱的时期,这一现象在图2b中更加清楚。另外,相比较而言,达尔文岛 SLP 的上升幅度要大于塔希提岛的下降幅度。从图2b可以清楚地看到,以70年代中后期为界,其后是

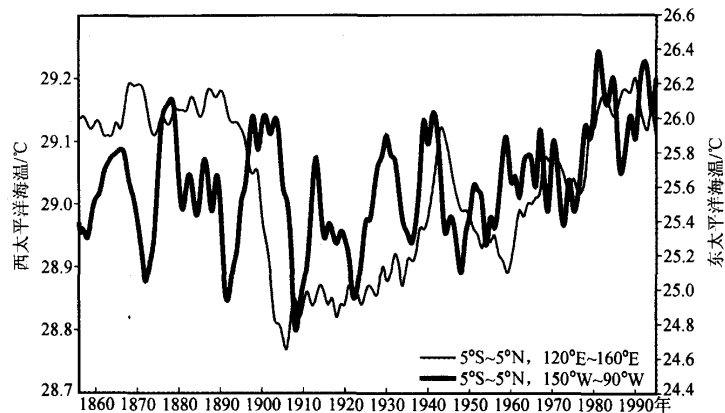


图 1 1856~1995 年赤道东太平洋 (5°S~5°N, 150~90°W) 和西太平洋 (5°S~5°N, 120~160°E) 年平均 SST 的时间序列 (资料均经过 5 年滑动平均)

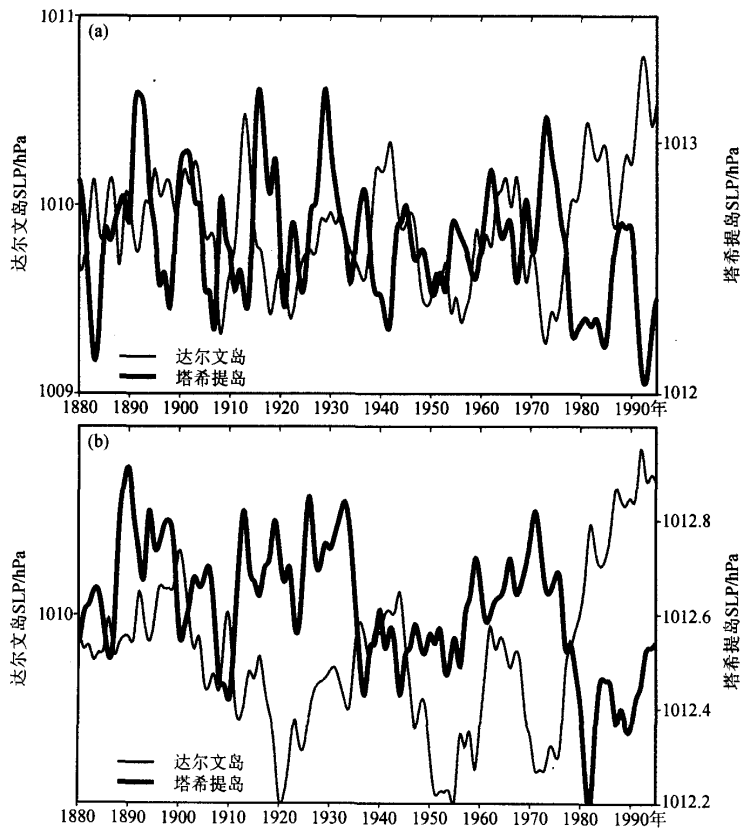


图 2 1880~1995 年达尔文岛和塔希提岛 SLP 观测值的时间序列  
(a) 经过 5 年滑动平均; (b) 经过 11 年滑动平均

Walker 环流明显减弱的时期, 之前是 Walker 环流相对较强的时期。

利用全球海平面气压场资料 (ERSLP), 图 3 给出了赤道东、西太平洋区域平均 SLP 的时间序列曲线, 这里东太平洋取 ( $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $150\sim 90^{\circ}\text{W}$ ), 西太平洋取 ( $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $120\sim 160^{\circ}\text{E}$ )。虽然图 3 与图 2a 不完全相同, 但是 20 世纪 70 年代中期以后, 赤道西太平洋 SLP 不断上升, 东太平洋 SLP 不断下降, 这意味着位于赤道西太平洋的上升运动减弱, 同时位于东太平洋的下沉运动也减弱。这种 Walker 环流减弱的现象在 70 年代中期以后非常明显, 而从 20 世纪 40 年代后期开始至 70 年代中期 Walker 环流是相对较强的时期。图 3 与图 2 相比, 赤道东太平洋区域平均的 SLP 要比塔希提岛观测的 SLP 下降得更明显。另外, 通过对达尔文岛、塔希提岛观测资料以及格点海平面气压资料的分析, 我们发现位于东、西热带太平洋的震荡型 (南方涛动) 在年代际尺度上也呈反位相关系。

通过对观测资料和格点资料的分析, 可以清楚地看到: 以 20 世纪 70 年代中后期为转折点, 之前是热带 Walker 环流相对较强的时期, 之后的 Walker 环流相对较弱。在本研究中, 我们取 1978~1997 年的 20 年为弱 Walker 环流期 (简称 WW 期), 1958~1977 年的 20 年为强 Walker 环流期 (简称 SW 期)。为了解 Walker 环流的减弱与东亚季风的关系, 我们研究了在不同 Walker 环流背景下中国降水与气温的强弱变化与分布特点。

图 4 是强 Walker 环流期 (1958~1977 年) 和弱 Walker 环流期 (1978~1997 年) 中国地区的年降水距平百分率分布。图 5 是 1958~1977 年和 1978~1997 年夏季 (JJA) 降水距平百分率分布。

在 1958~1977 年的年降水分布上 (图 4a), 华北地区为正降水距平, 西北和东北北部为负降水距平。1978~1997 年的分布形势 (图 4b) 与图 4a 基本相反, 华北地区降水减少, 而西北和东北北部降水增加, 江淮流域也有增加。1958~1977 年的夏季 (JJA) 降水分布 (图 5a), 西北和江淮为负距平, 华北为正距平; 但是与年降水 (图 4a) 相比, 江淮地区的夏季降水负距平和华北的正距平更加明显, 同时华南也出现了

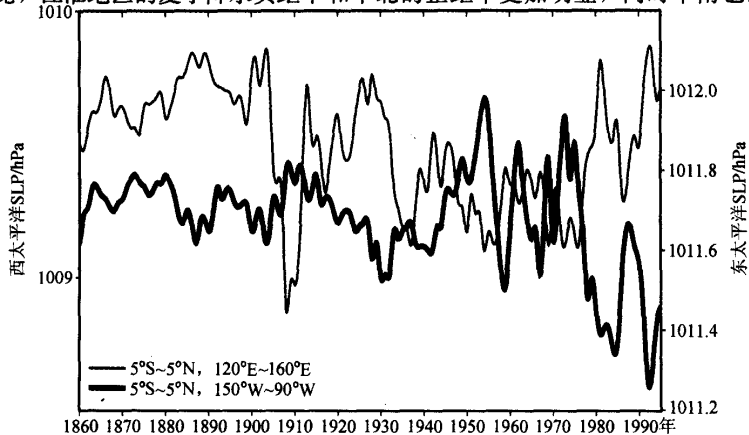


图 3 赤道东太平洋 ( $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $150\sim 90^{\circ}\text{W}$ ) 与西太平洋 ( $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $120\sim 160^{\circ}\text{E}$ ) 区域平均 SLP 的时间序列变化 (资料经过 5 年滑动平均)

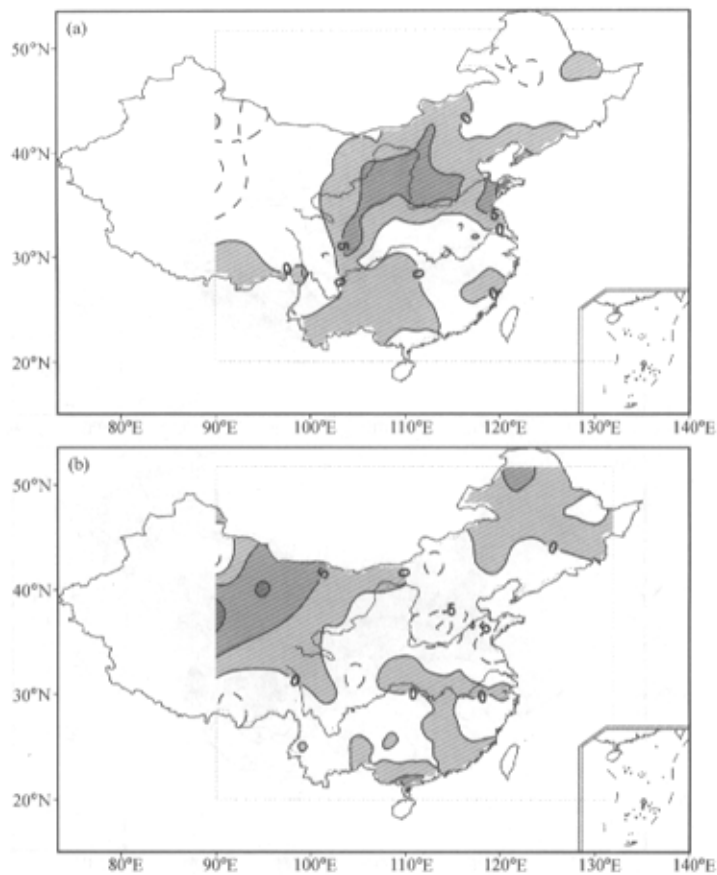


图 4 年平均降水距平百分率（单位：% ，气候值取 1956~2000 年的 45 年平均）  
(a) 1958~1977 年；(b) 1978~1997 年

一个正距平中心，形成了夏季江淮少华南华北多的南北多中间少的分布形势。1978~1997 年的夏季降水分布（图 5b）则相反，是江淮多华南华北少（南北少中间多）的分布形势。

图 6a 为中国地区 1958~1977 年的年平均气温距平分布。由图可见，西北、华北和东北等北方地区气温偏低，长江上中游地区是一片正距平区，气温偏高。1978~1997 年期间（图 6b），华北和东北地区年平均温度偏高，其中华北南部升温十分明显，而长江上中游则气温偏低。图 7a 是 1958~1977 年夏季（JJA）气温距平分布，江淮流域和内蒙西部为高温区，华南、西南、华北北部和东北为低温区。1978~1997 年夏季则基本相反（图 7b），江淮和内蒙西部为低温区，东北、华南和西南为高温区。综合降水和气温的分布，1978~1997 年（1958~1977 年）期间降水是江淮多（少）华北华南少（多）的形势，气温则是江淮低（高）华北华南高（低）的分布形势。

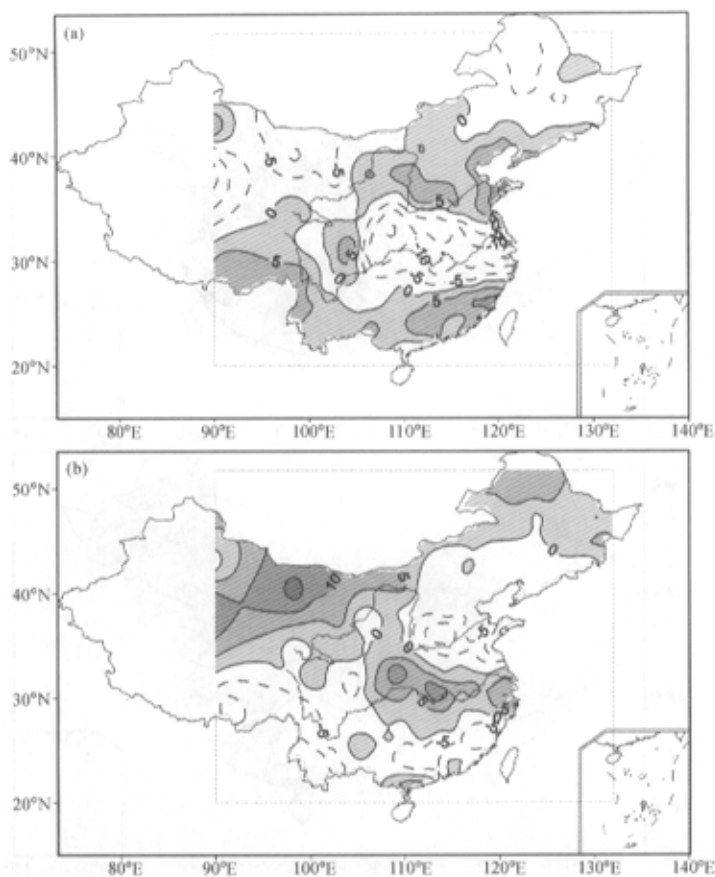


图5 与图4相同,但是夏季(JJA)的降水距平百分率

#### 4 Walker 环流强弱变化影响东亚夏季风的可能机制

通过上一节的分析得到以下结果:(1) 20 世纪 70 年代中后期以后 Walker 环流出现了明显的减弱趋势;(2) 中国降水出现中间多南北少,气温出现中间低南北高的分布形势。

图 8 和图 9 分别给出不同时期夏季(JJA) 850 hPa 和 500 hPa 风场与气候值的距平。在强 Walker 环流的 1958~1977 年期间,850 hPa 赤道太平洋为东风距平,西南风在印度季风区和东亚季风区都是加强的,这意味着赤道地区的强 Walker 环流对应的是强亚洲夏季风(图 8a);另外,在日本列岛南部菲律宾群岛东北部出现了一个气旋性环流。与图 8a 相反,在 1978~1997 年期间(图 8b),850 hPa 赤道太平洋地区为西风距平,亚洲季风区为东风或东北风距平(弱 Walker 环流对应的是弱夏季风),在菲律宾

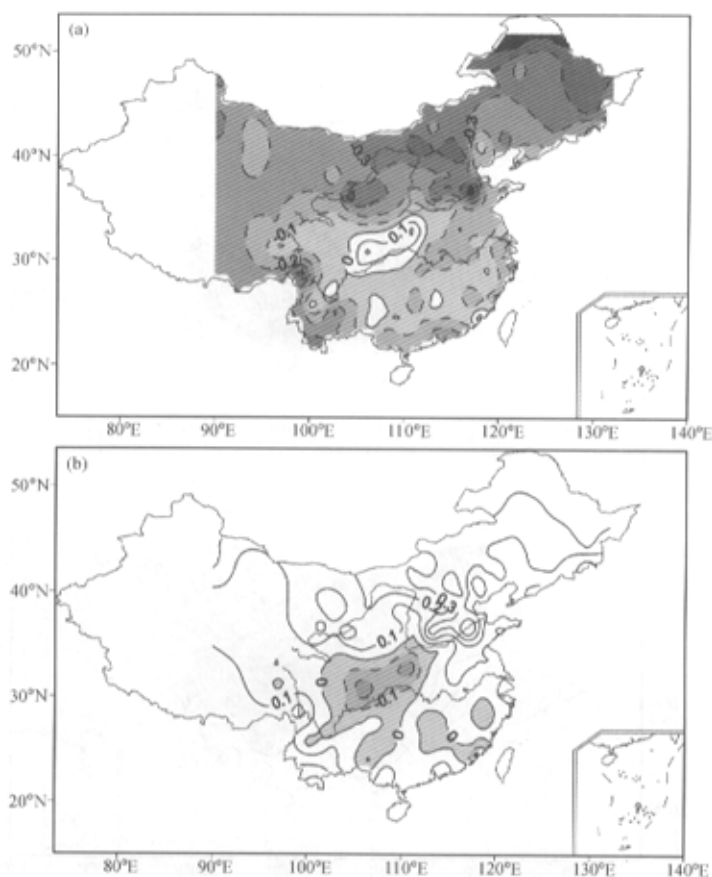


图 6 年平均气温距平分布 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ , 气候值取 1956~2000 年的 45 年平均)

(a) 1958~1977 年; (b) 1978~1997 年

群岛的东边出现了一个反气旋性环流。在 500 hPa, 1958~1977 年期间 (图 9a) 热带太平洋为东风距平, 亚洲季风区为西风或西南风距平, 中国的华北及东北地区都为西南风距平, 在  $30^{\circ}\text{N}$  以北的中国北方地区, 有一个反气旋环流, 这个低压环流与华北地区的多降水形势相对应。在 1978~1997 年期间 (图 9b), 热带太平洋 500 hPa 为西风距平, 亚洲季风区为东风或东北风距平。在  $30^{\circ}\text{N}$  以北是一个弱的气旋性环流, 与华北地区的少雨形势对应。

图 10 和图 11 分别是 1958~1977 年和 1978~1997 年年平均以及夏季 (JJA) 海平面气压 SLP 与气候值 (1948~1997 年) 的偏差分布, 资料经过了归一化处理。在 1958~1977 年的强 Walker 环流期 (图 10a), 印度洋和热带西太平洋为负值区,  $180^{\circ}\text{E}$  以西的东太平洋地区和副热带西太平洋地区为正值区。相反, 在 1978~1997 年的弱 Walker 环流期 (图 10b), 印度洋和热带西太平洋为正值区, 东太平洋和副热带西太平洋及北

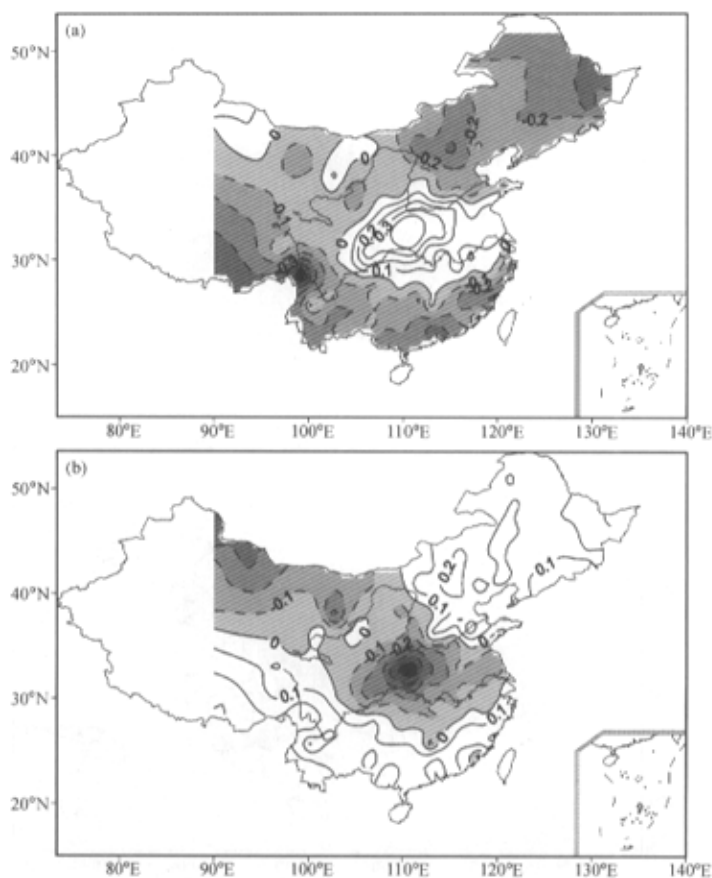


图7 与图6相同,但是夏季(JJA)的平均气温距平

太平洋为正值区。夏季的 SLP 分布(图 11)与图 10 基本相同,但是热带西太平洋与副热带西太平洋的跷跷板型更加清楚。从图 10 和 11 中可以看到两个跷跷板振荡型,一个位于东太平洋和西太平洋,即南方涛动型;另一个振荡型的两个中心分别位于热带西太平洋( $10^{\circ}\text{S}\sim 0^{\circ}$ ,  $130\sim 150^{\circ}\text{E}$ )和副热带西太平洋( $20\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $130\sim 150^{\circ}\text{E}$ )。第 2 种振荡型表明:当 Walker 环流加强(减弱)即热带西太平洋上升运动加强(减弱)时,位于  $20\sim 30^{\circ}\text{N}$  的低层副热带高压部分也被加强(减弱)。在年代际尺度上,热带 Walker 环流正是通过这个振荡型来影响东亚夏季风的变化。

通过研究位于热带西太平洋和副热带西太平洋的振荡型,我们发现它与南方涛动振荡型有很大不同。不仅在年际尺度上,而且在年代际尺度上,热带东太平洋和西太平洋 SLP 变动都呈现显著的反相关系;而赤道西太平洋和副热带西太平洋 SLP 在年际变动上则是正相关,1958~1997 年夏季(JJA)两者的相关系数为 0.31,超过了 95% 的信度检验。但是滤掉年际变动的热带西太平洋和副热带西太平洋 SLP 的变化则有很

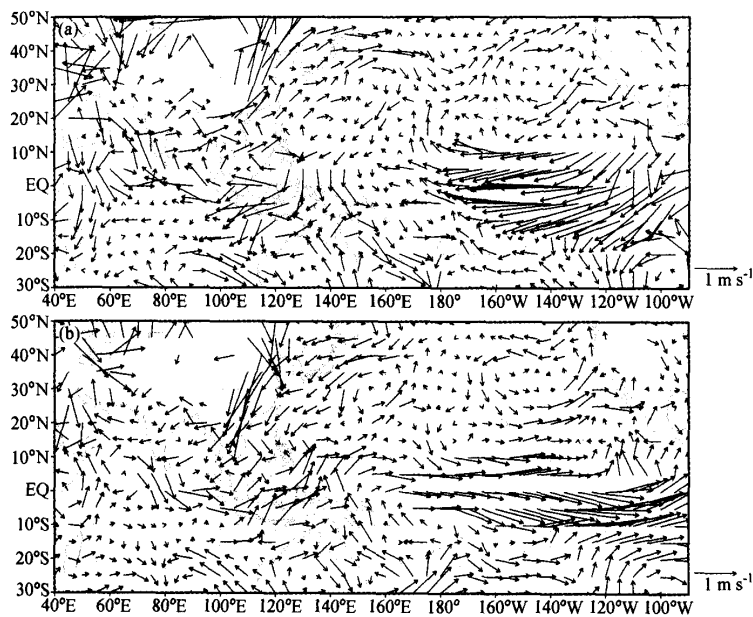


图 8 夏季 (JJA) 850 hPa 风场与气候值的距平 (气候值取 1958~2000 年的平均)  
(a) 1958~1977 年; (b) 1978~1997 年

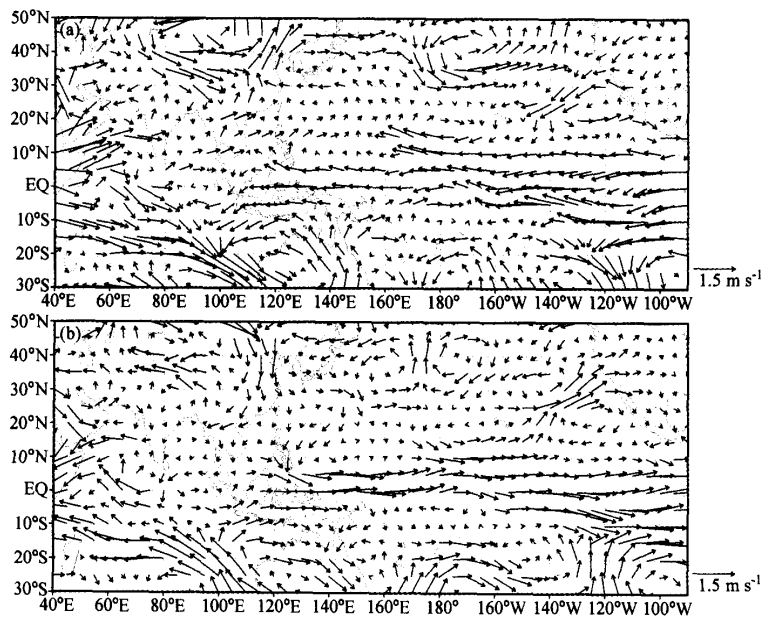


图 9 与图 8 相同, 但是 500 hPa 风场距平

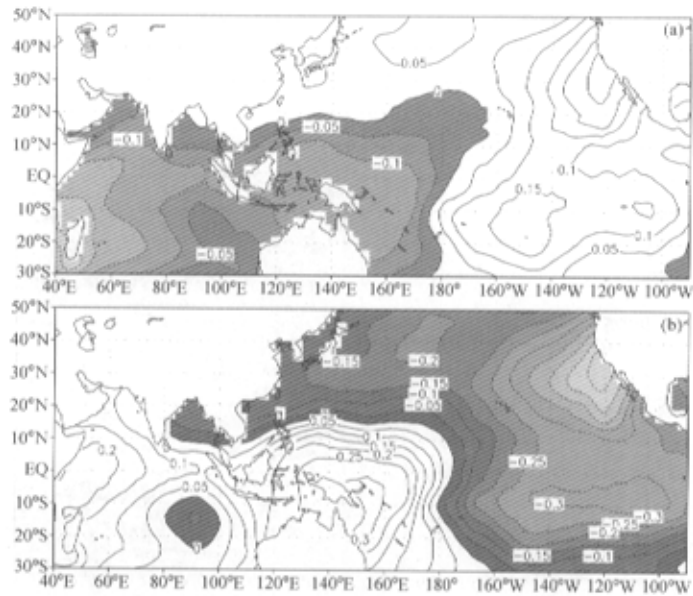


图 10 年平均 SLP 与气候值的偏差 (气候值取 1948~1997 年 50 年的平均, 资料经过归一化处理)  
(a) 1958~1977 年; (b) 1978~1997 年

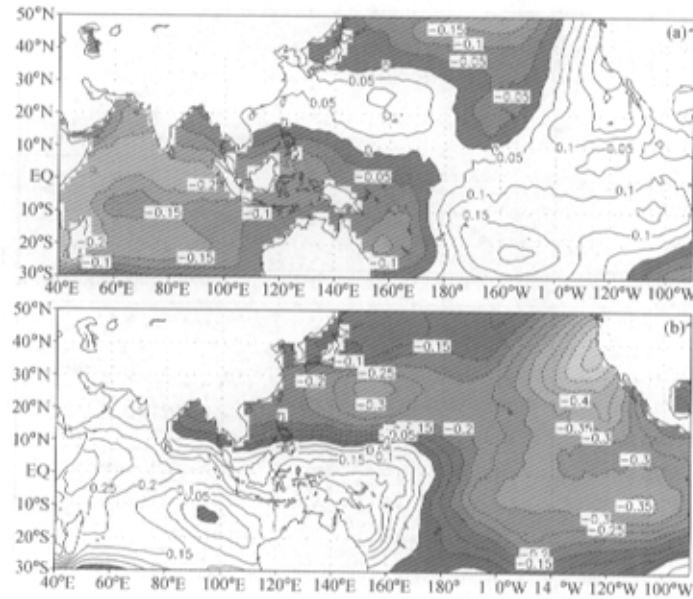


图 11 与图 10 相同, 但是夏季 (JJA)

大不同。图 12 是经过 5 年滑动平均的夏季 (JJA) 热带西太平洋 ( $10^{\circ}\text{S}\sim 0^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) 和副热带西太平洋 ( $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) SLP 的时间变化序列。可以看到, 从 1900 年到 1960 年这一时期, 副热带西太平洋的 SLP 呈现显著的 30 年周期振荡。进入 20 世纪 60 年代后副热带西太平洋的 SLP 的变动出现异常, 如果按照 30 年周期振荡规律, 在 70 年代初期或中期左右 SLP 应该停止下降转为上升趋势; 但是副热带西太平洋 SLP 却继续降低, 没有升高的趋势。从 20 世纪 70 年代中期开始, 热带西太平洋 SLP 不断升高, 相反副热带西北太平洋却不断下降, 形成了一个在年代际尺度上位相相反的振荡型。

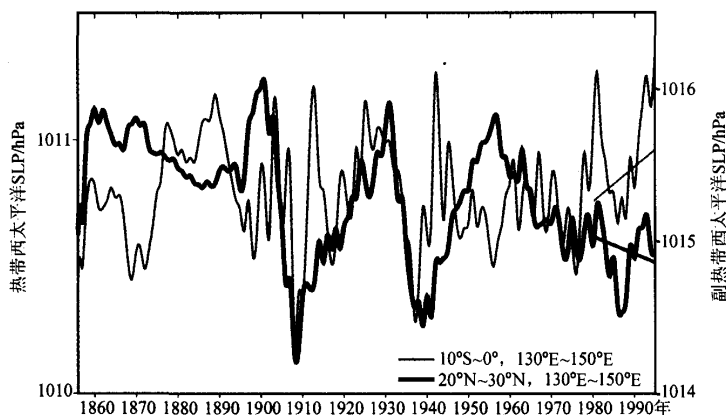


图 12 热带西太平洋 ( $10^{\circ}\text{S}\sim 0^{\circ}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) 和副热带西太平洋 ( $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) 区域平均夏季 (JJA) 海平面气压 SLP 的时间序列变化 (资料经过 5 年滑动平均, 直线为 20 世纪 70 年代中期以后的线性趋势)

## 6 结论和讨论

本文通过研究赤道太平洋 Walker 环流的长期变化及其与东亚季风的关系, 得到以下结论:

(1) 20 世纪 70 年代中期开始, 赤道西太平洋 SLP 不断上升, 东太平洋 SLP 不断下降, 在年代际尺度变化上热带太平洋 Walker 环流出现了明显的减弱趋势。

(2) 20 世纪 70 年代中后期以后, Walker 环流不断减弱的同时, 亚洲夏季风显著减弱, 中国降水呈现华北华南少江淮多即中间多两边少的分布形势; 而 70 年代中期之前较强的 Walker 环流对应的是较强的亚洲夏季风, 中国降水呈中间少两边多的分布形势。

(3) 20 世纪 70 年代中期以后, 热带西太平洋上 SLP 不断上升的同时, 位于副热带西太平洋 ( $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ ) 的 SLP 不断下降。这个负 SLP 距平与江淮流域形成的上升运动相对应, 可能是造成 70 年代以后江淮流域夏季降水增加而华北降水减少的主要原因。

最后说明两点:

一个是年代际变动与年际变动的差别问题。本文揭示的 Walker 环流减弱现象及其

对亚洲季风的影响,都是年代际尺度上的变化。虽然位于热带东太平洋和西太平洋的振荡(南方涛动)在年际变化和年代际尺度上的变化都呈反位相关系,但是图10~12中揭示的热带西太平洋和副热带西太平洋 SLP 的反位相型是年代际尺度上的变化,而在年际尺度上两者的变化是同位相的。因此,在选择副热带西太平洋 SLP 作为年度预报或诊断的依据时应当十分慎重。

另一个是在使用 NCEP 资料时,我们发现在描述 Walker 环流长期变化方面 NCEP 资料问题很多。虽然从达尔文岛和塔希提岛的观测 SLP 可以清楚地发现 20 世纪 70 年代以后 Walker 环流减弱的现象(图2、3),但是 NCEP 的 SLP 资料和低层高度场却无法描述出这种长期变化趋势(图略),是非常值得注意的问题。

### 参 考 文 献

- 1 Walker, G. T., Correlation in seasonal variation of weather. VIII; A preliminary study of world weather, *Mem. Indian Meteor. Dept.*, 1923, **24**, 75~131.
- 2 Walker, G. T., Correlation in seasonal variation of weather. IV; A further study of world weather, *Mem. Indian Meteor. Dept.*, 1924, **24**, 275~332.
- 3 Walker, G. T., and E. W. Bliss, World weather, V. *Mem. Roy. Met. Soc.*, 1932, **4**, 53~84.
- 4 Bjerknes, J., Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Mon. Wea. Rev.*, 1969, **97**, 163~172.
- 5 Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, 1982, **110**, 354~384.
- 6 Shukla, J., and D. Paoline, The southern oscillation and long-range forecasting of summer monsoon rainfall over India, *Mon. Wea. Rev.*, 1983, **111**, 1830~1837.
- 7 Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, The relationships between eastern equatorial Pacific sea surface temperature and rainfall over Indian and Sri Lanka, *Mon. Wea. Rev.*, 1983, **111**, 517~528.
- 8 Huang Ronghui, and Wu Yifang, The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms, *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, **6**, 21~32.
- 9 Nitta, T., Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, **64**, 373~390.
- 10 Kurihara, K., A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical high in the western northern Pacific, *Geophys. Mag.*, 1989, **43**, 45~104.
- 11 黄荣辉、孙凤英, 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季风气候异常的影响, *大气科学*, 1994, **18**, 141~151.
- 12 Mann, M. E., J. Park, and R. S. Bradley, Global interdecadal and century-scale climate oscillation during the past five centuries, *Nature*, 1995, **378**, 266~270.
- 13 王绍武、朱锦红, 国外关于年代际气候变率的研究, *气象学报*, 1999, **57**, 376~386.
- 14 Nitta, T., and M. Kachi, Interdecadal variations of precipitation over tropical Pacific and Indian Oceans, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1994, **72**, 823~830.
- 15 Kachi, M., and T. Nitta, Decadal variations of global atmosphere-ocean system, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1997, **75**, 657~675.
- 16 Wang, B., Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades, *J. Climate*, 1995, **8**, 267~285.
- 17 Wang Huijun, The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's, *Advanced in Atmospheric Sciences*, 2001, **18**, 376~386.
- 18 孙照渤、李春、陈海山, 东亚夏季风的年代际变化及其与华北降水的联系, 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究, 黄荣辉、李崇银、王绍武主编, 北京: 气象出版社, 2003, 391~400.

## The Weakening of the Walker Circulation After the Late 1970s

Ailikun

*(Key Laboratory of Regional Climate-Environment for Temperate East Asia,  
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences;  
START Regional Center for Temperate East Asia, Beijing 100029)*

**Abstract** Based on the observational sea surface pressure (SLP) data (1866~2002), it was found that the SLP at Darwin keeps on increasing and that at Tahiti decreasing from the late 1970s. This phenomenon indicates the significant weakening of tropical Walker Circulation. In the same period, the intensity of Asian summer monsoon becomes weakening too. Depending on the composite analysis from 1978 to 1997 (1958~1977), the summer precipitation is upon (below) normal at the Yangtze River valley, and below (upon) normal at the central China and southern China. This distribution of precipitation over China is related to the weakening (strengthening) of Walker Circulation. After the late 1970s, while the SLP over tropical western Pacific ( $10^{\circ}\text{S}\sim 0^{\circ}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) keeps on increasing, that over subtropical western Pacific area ( $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ ) keeps on decreasing at the same time. The decreasing of SLP over subtropical western Pacific area is related to the strengthening of convective activities at the Yangtze River valley.

**Key words:** Walker Circulation; east Asian monsoon; sea surface pressure; interdecadal variability