

1982年夏季热带大气环流异常与 El Niño 事件发展机制的探讨

黄 真 陶诗言

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100080)

提 要

本文利用1980—1983年四个夏季(以7月平均为代表)的ECMRWF资料, 分析了1982—1983年El Niño事件强烈发展前的1982年夏季热带大气环流的异常。从一系列显著异常的观测事实分析中得出: 1982年夏季异常强的东亚高空东风急流是1982—1983年El Niño事件发展的一个可能促发机制; 1982年澳大利亚冬季冷空气的异常堆积导致澳大利亚至东太平洋纬向热力对比的增强, 是赤道太平洋偏东风迅速减弱的一个重要原因。

关键词: El Niño; 夏季; 环流异常; 高空东风急流。

一、引 言

近年来, 海气相互作用尤其是El Niño事件与热带大气环流异常的相互关系是气象学家们所重视的课题。1982—1983年的El Niño事件是本世纪以来最强的, 并且不同于其它年份的El Niño事件。关于这个事件的一些基本特征, Rasmusson^[1]等已作了详尽的论述。本文利用1980—1983年四个夏季(以7月平均为代表)的ECMRWF资料, 分析在此事件顶盛期(1982—1983年冬季)前的1982年夏季热带大气环流的异常, 并试图从显著异常的观测事实线索中寻找1982—1983年El Niño事件发展的可能因子。

人们就大气对海温异常的强迫至今还没有统一的认识。Rasmusson等^[2]指出, 在El Niño现象出现前的几个月中, 南美沿岸(以90°W, 25°S为中心的区域)低层的风场和温度场都有一些异常的变化。人们一直认为该区域低空偏东风的异常减弱是El Niño事件发生的一个因子。但有些研究则指出^[3, 4], 在El Niño发生前, 该区域的信风并未减弱, 信风的减弱发生在140°W以西甚远的区域, 并推测El Niño现象可能是通过赤道Kelvin波的远程强迫作用所引起的。本文将分析1982年夏季热带地区风场和温度场的一些异常特征, 探讨这些异常与信风减弱及El Niño发展的可能联系。

二、1982年夏季热带大气环流的异常

在El Niño形成和发展的机制中, 一个重要环节是赤道太平洋低空偏东风的减弱。为什么偏东风会异常减弱, 对此人们众说纷纭。1982—1983年El Niño事件的一个

显著特点是: 赤道太平洋 SST 增温开始于盛夏 (8 月份), 其它 El Niño 事件大多数开始于冬、春季^[5]. 1982 年中东太平洋的偏东信风在 7 月份以后才明显减弱, 图 1 给出 1980—1983 年 5—8 月 850 hPa 赤道中—东太平洋 (180—100°W) 纬向风风速中心强度距平 (相对于四年平均值) 逐旬演变图. 1982 年 7 月以后明显的持续正距平说明了偏东风的减弱, 因此, 对 1982—1983 年 El Niño 事件的发展来说, 1982 年夏季热带大气环流的异常应予以注意.

1982 年夏季热带大气环流的一个值得注意的异常特点是: 北半球热带对流层高层东风急流异常强大. 表 1 给出 1980—1983 年各年 100 hPa, 10°N 东风强度及距平. 北半球热带东风急流主要位于季风区上空, 由表 1 可知, 1982 年高空东风急流的异常在亚非季风区上空明显出现, 并且以东亚季风区最显著.

在东亚季风区, 对流层上部夏季存在全球最强的北风越赤道气流, 它对于南北半球之间的动量和热量输送与平衡起了不可忽视的作用. 我们对对流层高层 (100—200 hPa) 东亚季风区 (100—150°E) 越赤道 (10°S—10°N) 平均涡旋动量输送 (u^*v^*) 作了分析 (表 2 中 a), 得出 1982 年为异常强的正输送. 在东风急流区, $u^* < 0$, 而北风越赤道气流 $v^* < 0$, 故当 $u^*v^* > 0$ 时, 表明由北半球向南半球输送的东风动量异常强大.

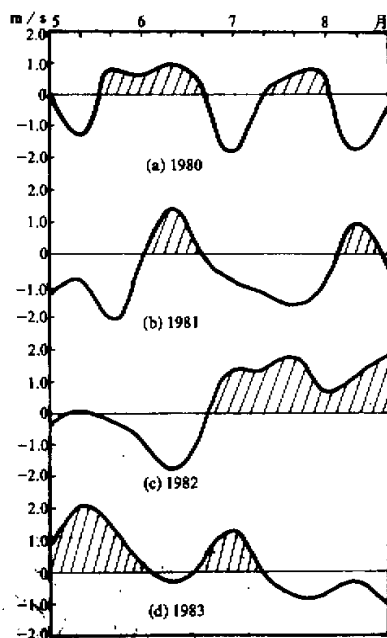


图 1 850 hPa 赤道中—东太平洋 (180—100°W) 纬向风距平

表 1 100 hPa 热带东风强度年际变化

(m/s)

	区域平均东风强度(I)				I 相对于四年平均的距平			
	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983
热带纬圈	-11.7	-11.2	-16.9	-11.4	+1.1	+1.7	-4.1	+1.4
季风区	-20.6	-21.6	-24.4	-21.2	+1.3	+0.3	-2.3	+0.7
非洲季风区	-16.4	-15.6	-17.1	-14.1	-0.6	+0.2	-1.3	+1.7
印度季风区	-25.6	-27.4	-28.3	-27.9	+1.7	-0.1	-1.0	-0.6
东亚季风区	-17.6	-14.2	-23.9	-18.7	+1.1	+4.4	-5.3	-0.1

注: (1) 各区域纬向范围: 季风区 (10°W—125°E); 非洲季风区 (30°W—40°E); 印度季风区 (40—100°E); 东亚季风区 (100—150°E).

(2) I 的定义: $I_i = \max_j \bar{U}_j^i$, $j = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ\text{N}$. “-A_i” 表示各区域的纬向平均值.

图 2a, b 分别是 1982 年 7 月和正常年份 (1980, 1981 年) 7 月 200 hPa 速度势场. 850 hPa 速度势分布与 200 hPa 符号相反, 形式类似 (图略). 由速度势场可推知, 1982 年散度风 Walker 环流, 除中太平洋很小区域外, 方向反转. 将 1982 年 7 月和一般年份

表 2 与1982年夏季大气环流异常有关的物理量的年际变化

	强 度 (I)				距 平 (D)			
	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983
a (m ² /s ²)	88.5	86.7	138.8	69.3	-7.3	-9.1	+43.0	-26.5
b (m/s · K)	-3.1	-4.0	-14.4	-9.1	+4.5	+3.6	-6.7	-1.4
c (℃)	-27.3	-27.4	-64.8	-44.7	+13.7	+13.6	-23.8	-3.7
d (℃)	33.4	30.9	53.0	36.4	-4.6	-7.1	+15.0	-1.6

注：(1) a：对流层高层东亚季风区越赤道涡旋动量输送 $I = \sum_{j,k} (u^* v^*)_{jk}$, $j = 10^{\circ}\text{S}, 5^{\circ}\text{S}, \dots, 10^{\circ}\text{N}$; $k = 100, 200 \text{ hPa}$.
b：对流层低层澳大利亚区域经向涡旋热量输送 $I = \sum_{j,k} (v^* T^*)_{jk}$, $j = 0^{\circ}, 5^{\circ}\text{S}, \dots, 20^{\circ}\text{S}$; $k = 850, 1000 \text{ hPa}$.
c：850 hPa 澳大利亚冷温距平 $I = \max T_{ij}^*$, $i = 20^{\circ}\text{S}$; $j = 100^{\circ}, 105^{\circ}, \dots, 150^{\circ}\text{E}$.
d：850 hPa 东太平洋暖温距平 $I = \max T_{ij}^*$, $i = 20^{\circ}\text{S}$; $j = 125^{\circ}, 120^{\circ}, \dots, 75^{\circ}\text{W}$.
(2) D 为 I 相对于四年平均值的距平.

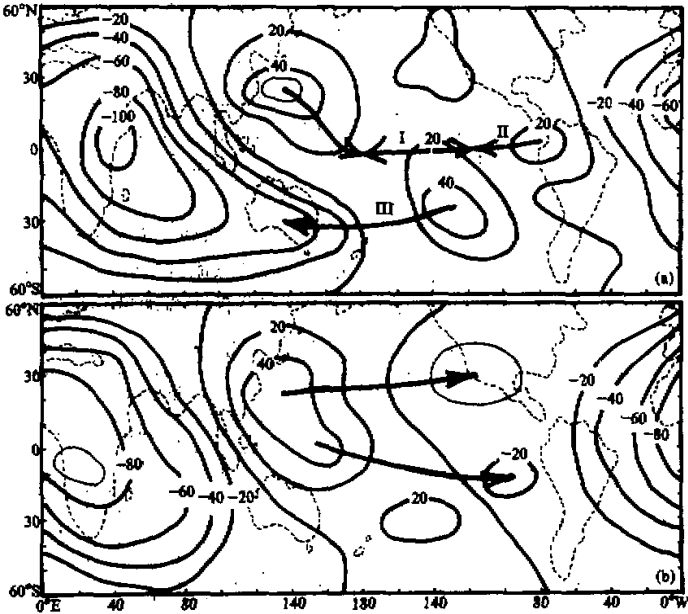


图 2 200 hPa 速度势场
单位：10⁶ m²/s. (a)1982 年 7 月, (b)1980—1981 年 7 月平均.

7 月南半球热带太平洋 (140°E—100°W) 200 hPa 纬向散度风场 (图略) 作比较发现, 1982 年 140°W 以西的南半球中-西太平洋出现了异常的散度风东风分量, 并以澳大利亚地区 (150°E 左右) 为最强异常中心.

由图 2a 可知, 1982 年夏季在 140°W 以西的中太平洋 (I) 和 125°W 以东的东太平

洋(II)各存在一个散度风反 Walker 环流。此外,由中太平洋至澳大利亚的散度风东风(III)在 1982 年较一般年分强得多,并且与赤道中太平洋的散度风东风(I)属于同一散度风系统。因而可以认为,1982 年赤道中太平洋的这支异常的散度风东风(一般年份为西风,图 2b)的形成与南半球热带中太平洋至澳大利亚的东风加强密切相关。

滕星林¹⁾指出,1982 年实际的 Walker 环流并未反向,只是强度异常减弱而已。本文研究进一步表明,1982 年 Walker 环流的异常是由热力直接环流——散度风 Walker 环流的反向所引起的。

各年赤道太平洋 200 hPa 与 850 hPa 散度风纬向分量相对于四年平均的距平计算结果表明,1982 年 7 月 Walker 环流的异常在中-西太平洋较东太平洋显著,至 1983 年 7 月 Walker 环流在东太平洋的异常明显增强。这似乎表明, Walker 环流的异常具有自西向东的传播性。事实上,在 1982—1983 年 El Niño 事件中,暖的海温距平和低层西风距平也是自西太平洋向东太平洋传播的^[6]。热带太平洋西部似乎是大气对海洋强迫作用的一个关键区。这个地区在北半球是东亚季风区范围,1982 年东亚季风区高空东风急流的异常强大,可能是一个强迫因子。在南半球,澳大利亚区域是另一个关键区。

高空异常强的东风急流以及东风动量向南半球的涡旋输送,与赤道中-西太平洋异常的 Walker 环流之间有何内在联系? 下面就此问题作进一步讨论。

由以上分析可知,1982 年夏季北半球热带异常强的高空东风急流通过季风区北风越赤道气流将东风动量输送到南半球热带,由于涡旋动能与散度风动能的相互作用,使得中太平洋至澳大利亚的散度风东风大大增强,澳大利亚上空的辐合增强,由质量守恒原理,必然引起澳大利亚下沉运动的增强。由 1980—1983 年 7 月南半球副热带(15—20°S)澳大利亚至东太平洋(110°E—90°W)500 hPa 垂直运动强度分布(图 3)可明显地看出,1982 年夏季在澳大利亚地区出现了异常强的下沉运动。这种异常的动力因子势必会导致低层热力结构的变化,从而引起热力直接环流的异常。

表 2b 是各年澳大利亚地区(100—150°E)北部(0—20°S)经向涡旋温度输送(v^*T^*)在对流层低层(850—1000hPa)的强度年际变化。各年输送值均为负值,由于在 7 月澳大利亚地区相对海洋较冷,所以, $T^* < 0$ 总是成立的, $v^*T^* < 0$ 就意味着冷

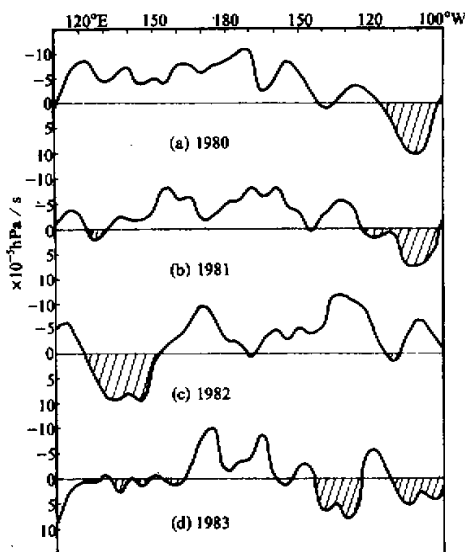


图 3 南半球副热带(15—20°S)澳大利亚至东太平洋 500 hPa 垂直运动

单位: 10^{-5} hPa/S

1) 滕星林, 1989, 1982—1983 ENSO 时期低纬大气环流的诊断分析, 中国科学院大气物理研究所硕士论文, 23—25.

空气向北爆发。1982年7月澳大利亚的冷空气活动异常强, 强的冷空气造成澳大利亚地区低层出现了异常强的负纬向温度距平(见表2c)。由于强冷空气在澳大利亚地区的堆积, 使得澳大利亚至太平洋的纬向热力对比加强, 导致纬向热力“直接环流”的加强, 低层澳大利亚至太平洋的西风加强, 通过经向动量的向北输送, 抑制了赤道太平洋偏东风并使其减弱。

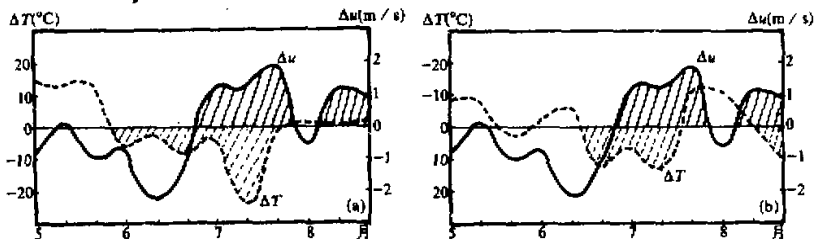


图4 1982年5—8月850 hPa东太平洋偏东风距平(Δu)与:(a)850 hPa澳大利亚冷中心距平, (b)850 hPa东太平洋(90°W)温度距平逐旬演变关系

图4a是1982年5—8月澳大利亚冷中心强度和180°E以东的中-东太平洋信风中心强度随时间变化关系图。为对比方便, 图中数值为各个旬相对于5—8月四个月平均值的距平。澳大利亚冷空气的活动超前于中东太平洋偏东风的减弱, 这说明, 澳大利亚冷空气的活动与中东太平洋偏东风的减弱有关。此外, 1982年7月东太平洋的暖温距平中心明显增强(表2中d), 东太平洋的主要增暖过程也超前于偏东风的减弱(图4b)。然而, 比较表2中的c和d可知, 在一般年份, 澳大利亚的温度负偏差强度较东太平洋正偏差强度小, 而在1982和1983年则相反(尤其是1982年), 并且, 澳大利亚负温度距平的年际变化较东太平洋正温度距平的年际变化明显, 因而可以认为, 在1982年夏季, 澳大利亚的异常增冷较之东太平洋的异常增暖对于赤道中-东太平洋偏东风的减弱起了更重要的作用。

三、1982—1983年El Niño发展机制的探讨

本文以1982年热带大气环流的一个显著异常特点——北半球热带东风急流异常强大为线索, 从一系列的异常观测事实中, 得出1982—1983年El Niño事件的一种可能机制是来自对流层高层热带东风急流, 其作用过程可概括为: 东亚季风区对流层高层异常强的东风急流, 通过高层北风越赤道气流向南输送东风动量, 使得高层澳大利亚至中太平洋散度东风增强, 澳大利亚上空辐合增强, 下沉运动加强, 导致澳大利亚低层冷空气堆积, 澳大利亚至东太平洋纬向热力对比增强, 引起低层澳大利亚至太平洋辐散西风增强, 通过低层南风越赤道气流向北输送西风动量, 抑制了赤道太平洋偏东风, 从而使得中太平洋Walker环流出现异常, El Niño发展。

从1982—1983年El Niño事件的特殊性来看, 大气和海洋的异常均是自西向东传播的, 这给我们这样的启示, 大气对海洋的强迫关键区可能在太平洋的西部。从本文的分析中可知, 东亚季风区及澳大利亚地区是两个关键区, 前者的高层东风急流异常是动力强迫因子, 后者的低层冷空气活动异常是热力强迫因子。

导致 El Niño 事件发展的原因可能是多方面的. 1982 年春季(3 月开始)赤道太平洋已出现小的正的 SST 距平^[1], 并且在 1982 年夏季(6 月)赤道东太平洋已出现散度风反 Walker 环流, 因此, 我们认为, 在 1982—1983 年 El Niño 事件中, 1982 年 7 月以后低层赤道中太平洋偏东信风的迅速减弱是对高层大气异常的某种响应, 它对于 El Niño 事件在 7 月以后的迅速发展及向东传播起了重要作用, 而东太平洋前期较弱的 El Niño 现象和偏东信风的减弱则可能是其它因子作用所致, 有待进一步讨论.

热带高空东风急流作为触发 El Niño 发展的一个可能机制, 其重要意义在于它给了我们这样的启示: 大气对海洋的强迫可能来自更高层的大气, 例如平流层大气. Holton 等^[7]与 Quiroz^[8]的研究表明, 对流层高空东风急流在结构上是与平流层下延的东风相联的, 并且两者的变化具有一定的关联. 那么, 这种异常是否可追溯到平流层大气的年际变化上? 对此, 有必要在热带大气环流-海洋热力状况-平流层大气特征的年际变化之间建立某种具体的联系, 这给我们今后的研究提供了一个方向.

四、结 论

本文从 1980—1983 年夏季热带大气环流年际变化的分析, 以显著异常特征为线索, 探讨了大气对 El Niño 事件发展的可能强迫. 结果表明, 1982 年夏季异常强的东亚高空东风急流是 1982—1983 年 El Niño 事件发展的一个可能促发机制; 1982 年澳大利亚冬季冷空气的异常堆积导致澳大利亚至太平洋纬向热力对比的增强, 是赤道太平洋偏东信风迅速减弱的一个重要原因.

本文的讨论是对 1982—1983 年的 El Niño 事件而言的.

参 考 文 献

- [1] Rasmusson, E. M. & J. M. Hall, 1983, El Niño: The great equatorial Pacific Ocean warming event of 1982—83, *Weatherwise*, 36, 166—175.
- [2] Rasmusson, E. M. & Carpenter, T. H., 1982, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillating El Niño, *Mon. Wea. Rev.* 110, 354—384.
- [3] Wyrtki, K., 1975, El Niño: the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing, *J. Phys. Ocean.* 5, 572—584.
- [4] Hickey, B., 1975, The relationship between fluctuations in sea level, wind stress and sea surface temperature in the equatorial Pacific, *J. Phys. Ocean.* 5, 460—475.
- [5] 符淙斌等, 1988, 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺 / 南方涛动现象的关系, 大气科学, 特刊, 133—141.
- [6] Gill, A. E. & E. M. Rasmusson, 1983, The 1982—1983 climate anomaly in the equatorial Pacific, *Nature*, 306, 229—234.
- [7] Holton, J. R. & Tan, H.-C., 1980, The influence of the equatorial quasi-biennial oscillation on the global circulation at 50 mb, *J. Atmos. Sci.*, 37, 2200—2208.
- [8] Quiroz, R. S., 1980, Variations in the zonal mean and planetary wave properties of the stratosphere and links with the troposphere, *Pure Appl. Geophys.*, 118, 416—427.

Primary Study on the Anomaly of Tropical Circulations and the Mechanism of El Niño Development in the Summer of 1982

Huang Zhen Tao Shiyan

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029)

Abstract

The relationship between the anomaly of tropical circulation and development of 1982 — 1983 El Niño event was studied through the analysis on interannual variations of tropical circulations during 1980 — 1983 summer with ECMRWF data. The abnormally strong east jet in the upper troposphere in East-Asia in the summer of 1982 is a possible mechanism which results in the great development of the 1982 — 1983 El Niño event after July of 1982. The thermal contrast between Australia and the eastern Pacific due to the abnormal activities of the cold air in Australia is an important reason why the trade wind over Equatorial Pacific is weakened largely.

Key words: El Niño; Summer; Anomaly of Circulation; Upper East Jet.

国家基础性研究重大关键项目启动 一批著名科学家挂帅出征

国家基础性研究重大关键项目首席科学家联席会议于 1991 年 8 月 31 日在京举行, 国务委员、国家科委主任宋健向各项目的首席科学家颁发了聘书。

国家基础性研究重大关键项目的提出, 有利于实现我国科技的纵深部署; 有利于吸引一批学术带头人, 形成高水平的研究队伍; 有利于集中力量在一些有优势的重要领域取得突破, 发挥其对经济发展的革命性影响。

为了加强国家对基础研究和应用基础研究(统称基础性研究)工作的领导, 促使基础性研究的持续、稳定发展, 国家科委从 1988 年开始着手准备国家基础性研究重大关键项目的遴选工作, 并于 1989 年初步选出了“高临界温度超导电性的基础研究”等 12 个重大关键项目, 还制定了这些项目的计划编制、立项和管理的暂行办法, 并征询了中国科学院各学部常务委员和有关部委的意见。这批项目已在去年全国七届人大第四次会议上被列入《中华人民共和国国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划纲要》。

联席会议上宣布聘任了 10 个重大关键项目的首席科学家, 其中由我所科学家承担的两项是:

学部委员曾庆存为“气候动力和气候预测理论的研究”项目首席科学家, 谢义炳、叶笃正、陶诗言为项目顾问;

学部委员叶笃正为“我国未来(20—50 年)生存环境变化趋势的预测及对策研究”项目首席科学家。