第 58 卷 第 4 期　　气 象 学 报　　Vol. 58, No. 4
2000年8月　　ACTA METEOROLOGICA SINICA　　Aug., 2000

东亚季风指数及其与大尺度热力环流年际变化关系*

祝从文　　何金海

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)　　(南京气象学院气象系, 南京, 210044)

吴国雄

(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值
模拟国家重点实验室(LASG), 北京, 100080)

摘　要

将东西向海平面气压差与低纬度高、低层纬向风切变相结合, 定义了东亚季风指数, 该季风指数较好地反映了东亚冬、夏季风变化。其中, 夏季风指数年际异常对西太平洋副热带高压南北位置变化和长江中下游旱涝具有较强的反映能力。分析表明: 东亚夏季风年际变化与印度洋-西太平洋上空反 Walker 环流及夏季越赤道南北半球间的季风环流呈显著正相关关系。在强、弱异常东亚夏季风年份, 异常的 Walker 环流在西太平洋上的辐合(辐散)中心在垂直方向不重合, 高层(200 hPa)速度势与东亚夏季风显著相关区域位于西北太平洋上, 该异常环流的高层的辐合(辐散)通过改变低层空气质量而影响夏季 500 hPa 西北太平洋副热带高压。采用 SVD 分析进一步发现: 与海温耦合的异常 Walker 环流在西太平洋上空的上升支表现出南北半球关于赤道非对称结构, 亚澳季风区受该异常 Walker 环流控制。因而, 东亚季风与热带海气相互作用可直接通过这种纬向非对称的 Walker 环流发生联系。

关键词: 季风指数, Walker 环流, ENSO, 年际变化。

1　引　言

亚洲是世界的主要季风区之一, 由于海陆热力分布和青藏高原大地形的影响不同, 东亚与印度季风存在本质差异[1]。夏季降水是由夏季风活动造成的最直接后果, 由于夏季西太平洋副热带高压南北位置年际差异, 东亚降水异常主要表现为南北向正、负、正(或反向)雨型分布, 特别是 1980 年代以来更是这样, 长江中下游基本位于这种雨型分布的中心[2, 3]。因而, 就东亚季风系统而言, 西太平洋副热带高压是最关键的环流系统之一, 其中长江中下游夏季降水在反映东亚夏季风年际变异方面具有较强的指示意义。

季风主要是海-陆热力差异导致的大气环流现象, 海陆分布的非对称性造成的太阳辐射对大气加热非对称结果是季风地理分布不同和差异的主要原因[4]。东亚大陆东邻西太平洋, 南部是中国南海和海洋大陆, 不仅存在东西向的海陆热力对比, 同时也存在南北向的海陆热力差异。因此, 对东亚季风的整体变化研究应该考虑上述特点。

本文的目的是以东亚特殊的海陆分布为背景, 寻求一种对东亚季风的客观描述物理量—— 东亚季风指数, 讨论其反映东亚季风环流及旱涝年际变化的能力, 并在此基础上

* 初稿时间: 1998 年 11 月 23 日; 修改稿时间: 1999 年 1 月 25 日。
资助课题: 国家基金委员会重点项目 49635170 和项目 49575261。

分析它与大尺度热力环流及热带海气相互作用之间的年际变化关系和联系途径。

文中的主要资料取自美国的NCEP/NCAR月平均再分析数据集,时间为1980～1995年,网格分辨率为2.5°×2.5°。SST来自英国气象局(U.K),网格分辨率为5°×5°,时间为1980～1994年。西太平洋副热带高压脊线指数取自中国气象局国家气候中心。

2 东亚季风指数和东亚季风年际异常变化

季风指数是描述季风活动的简单物理量。海-陆热力差异的季节变化是季风的主要成因之一,考虑东西向海-陆热力差异,郭其蕴[5]采用10～50°N内各纬度上月平均110°E海平面气压减160°E海平面气压,对差值≤-5 hPa的各纬度值累加,取绝对值然后标准化,即为夏季风强度指数(简称SMI)。Webster和Yang[6]根据南亚纬向季风环流,采用0～20°N,40～110°E区域平均纬向850 hPa与200 hPa切变风定义了一个大尺度南亚季风指数(简称SAMI),夏季风指数年际距平大于(小于)零表示这一年夏季风强(弱)。此外,何敏曾采用热带高、低层纬向风切变将南海季风和Walker环流结合定义了一个热带环流指数(TCIX)。比较可以发现[7]:SMI虽然物理意义清楚,但夏季指数年际异常反映东亚旱、涝年际变化能力较弱;SAMI反映长江中下游旱涝的年际变化特征相对好些,但对1991,1992和1993典型年份长江流域降水反映失真;TCIX反映长江流域降水年际变化效果最好,TCIX高(低)指数年份往往对应长江流域相对旱(涝)年。由于该指数未考虑中高纬度影响,因此,从完整意义上讲,TCIX并未真正地反映东亚地区特殊的海陆热力差异年际变化。

分析可以发现,SMI能较好地描述对流层低层(850 hPa)经向风和地转经向风季节演变,相对地表征了大陆上气压及其气压反映的热力状况的季节转换特征和东西向海陆热力差异,而SAMI主要反映的是南北向海陆热力状况季节转换及年际变化(图略)。如前所述,东亚不仅存在东西向海陆热力差异,而且还存在南北向海陆热力对比。考虑到海平面气压在反映南北向海陆热力差异的局限性,根据热带大气行星尺度运动具有准地转这一性质[8],分别计算了东亚季风在热带的主要活动区域的100～130°E范围内的0～10°N和2.5～10°N区域平均的850 hPa和200 hPa纬向风和纬向地转风切变,后者表示由于南北热力梯度导致的热成风变化。对比可以发现(见图1),该区域平均的实际风与地转风切变的季节变化趋势完全一致,所不同的是前者的量级大于后者,地转风切变表现出更清楚的季节转换特征,该指数反映的冬、夏季风转换的大尺度海陆热力背景在4月份就已显示出来。通过比较看出,

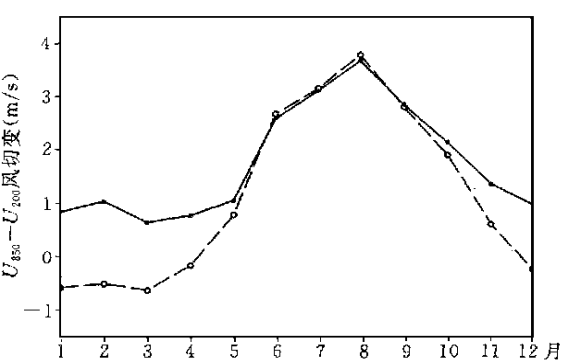

图1 0～10°N,100～130°E平均$U_{850}-U_{200}$纬向风切变季节变化(实线)与2.5～10°N,100～130°E平均地转纬向风切变季节变化(虚线)
(纬向地转风切变被缩小6倍,单位:m/s,资料取自NCEP/NCAR)

实际风切变基本反映了这种南北热力状况的季节变化特征。

考虑到将反映东西和南北向热力差异的季风指数相结合, 以及所要定义的季风指数简单化, 借鉴以往作者经验, 首先将 0～10 °N, 100～130 °E 区域的 850 hPa 与 200 hPa 的纬向风切变($U_{850}-U_{200}$) 和 10～50 °N 内各纬度上月平均 160 °E 海平面气压减去 110 °E 海平面气压差分别作归一化处理, 然后将经过标准化的两个指数相加, 表示东亚特殊的海陆热力对比对东亚季风的影响, 称为东亚季风指数(简称 EAMI) , 其值大于零表示夏季风(西南风) 占优, 小于零表示冬季风(东北风) 占优。

东亚季风指数存在明显的季节变化(图 2) , 夏季风盛行期为 5～9 月, 与以往指数不同, 该夏季风指数 8 月达到峰值, 冬季风 1 月最强。与西太平洋副热带高压脊线位置的季节变化对比, 可以发现: 东亚季风指数的季节变化能较好地反映副热带高压的南北移动季节演变和春夏季节的突变特征。西太平洋副热带高压的活动是影响东亚天气和气候的最关键系统之一, 尤其是夏季的南北位置异常是导致东亚旱、涝区域分布不均的主要原因之一。分析东亚夏季风指数(6～8 月指数平均) 年际异常可以发现(图 3) , 除 1988～1989 年外, 该指数与西太平洋副高脊线位置年际异常变化规律基本一致, 对应强(弱) 东亚夏季风指数年份, 副热带高压容易偏北(偏南) , 长江中下游夏季容易旱(涝) 。1～2 月是东亚寒潮活动频繁的月份, 该季节的季风指数在反映冬季风方面具有代表性。考虑到最初定义的季风指数是以夏季风方向出发点, 因而冬、夏季风指数在符号上相反。取 1～2 月指数平均之后乘以– 1 来反映冬季风强度, 通过比较冬、夏季风强度年际异常变化可以发现, 除 1990 年之外, 东亚冬季风与随后的夏季风强

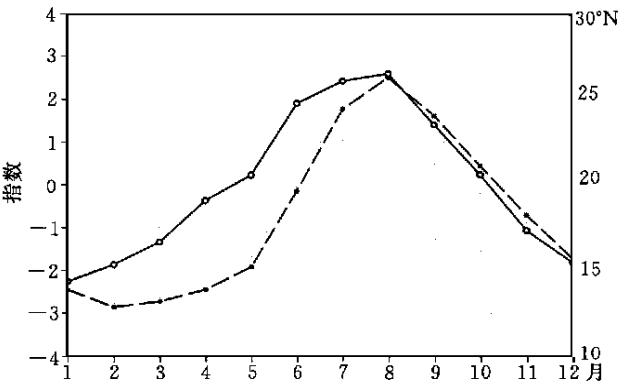

图 2　东亚季风指数(实线) 和西太平洋副热带高压脊线指数(虚线) 的季节变化

(横坐标表示月份, 纵坐标分别表示季风指数强度和副高脊线纬度)

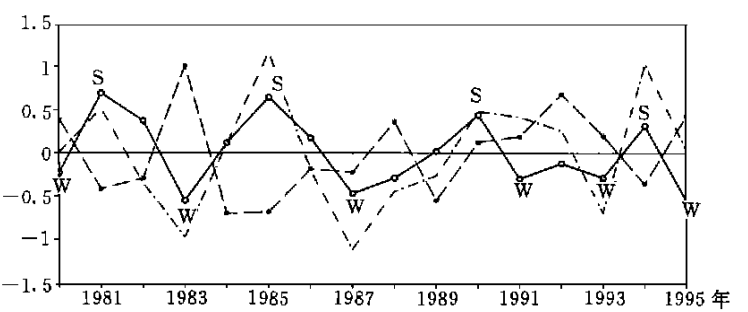

图 3　1980～1995 年东亚夏季(6～8 月平均) 风指数(实线) 、冬季(1～2 月平均) 风指数(虚线) 和西太平洋副热带高压脊线位置(点虚线) 年际标准化异常变化

(横坐标表示年, 纵坐标表示指数距平)

度表现出明显的反向变化关系, 强(弱)冬季风之后往往伴随的是弱(强)夏季风, 这与通常的理解比较一致。将冬季风指数与同期的 500 hPa 高度和温度场做相关, 分析可以发现(图略), 冬季的东亚大槽以及中国大陆东部地区的高度和温度场与指数呈显著负相关, 即强(弱)冬季风指数异常与强(弱)冬季异常环流具有一致关系。对夏季风指数与同期 500 hPa 位势高度相关分析发现(图 4), 相关场基本以 30°N 为纬向轴, 从孟加拉湾到日界线呈东北—西南倾斜状的南负北正分布, 对应夏季西太平洋副热带高压活动区, 最大相关系数达到 -0.7 以上, 超过 0.001 信度检验, 即: 强(弱)东亚夏季风年副热带高压易偏北(偏南), 这与上面分析结果是一致的, 上述结果进一步证明东亚季风指数定义的合理性和反映东亚大气环流变化的客观性。

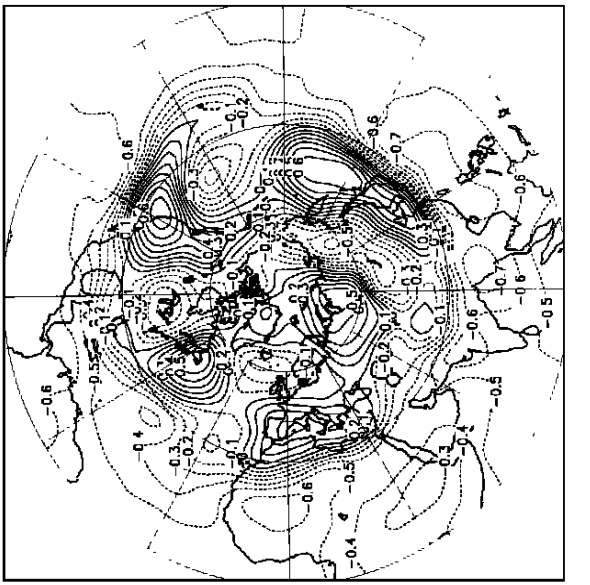

图 4 1980～1995 年东亚夏季风(6～8 月指数平均)指数与同期 500 hPa 位势高度相关系数分布
(等值线间隔: 0.1)

3 东亚夏季风与大尺度热力环流年际变化关系

东亚夏季风既独立于印度季风又与之发生联系, 此外, 南北半球环流也对其发生作用, 上述环流主要表现为纬向型和南北半球热力差异导致的经向跨赤道气流。为了分析东亚夏季风年际变化与大尺度热力驱动的纬向环流和南北半球越赤道季风环流关系, 对 850 hPa 和 200 hPa 速度势采用对称和反对称分解, 对称和反对称模分别代表纬向 Walker 环流和南北半球越赤道季风环流[6]。

取夏季风指数极端峰值的 1981, 1985, 1990 和 1994 年以及极端谷值的 1980, 1983, 1987, 1991, 1993 和 1995 年为强、弱夏季风年份, 分别对强、弱东亚夏季风指数年份夏季的对称和反对称模年际距平做合成和相关分析。合成分析结果表明(见图 5): 在强东亚夏季风年份(图 5a), 夏季 Walker 环流表现较强特征。速度势对称模异常表现为关于赤道对称和高、低层符号相反的 Walker 环流 2 波型分布, 其中低层(850 hPa)的辐散中心主要位于赤道西印度洋和赤道东太平洋上空, 辐合中心主要位于赤道西太平洋和赤道美洲上空。高层(200 hPa)的辐散和辐合中心与低层分布刚好相反。在东亚弱夏季风年份(图 5b), 同期的 Walker 环流表现较弱特点。异常速度势对称模反映的 Walker 环流主要表现为 1 波型, 表现为以赤道西太平洋暖池为中心的低层辐散、高层辐合特征, 而在印度洋中部和东太平洋上空分别存在低层辐合和高层辐散中心。与较强季风年情形相比, 印度洋、西太平洋及东太平洋上空的高低层的辐散(或辐合)中心整体位置明显东移, 除此以外, 西太平洋

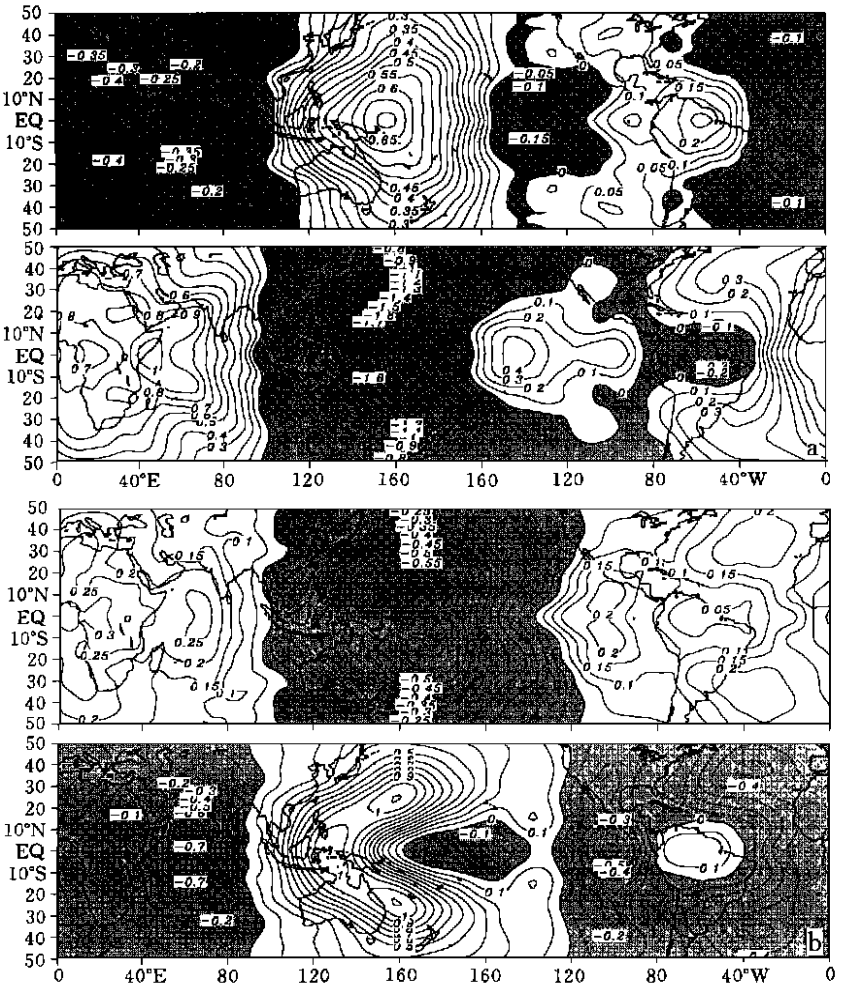

图 5　强东亚夏季风年份 850 hPa(a) 和 200 hPa(b) 速度势对称模夏季(6～8 月) 平均年际异常合成

(阴影区表示负异常区等值线间隔 0.1, 单位: 1.0E+ 6 m^2/s)

上空以赤道对称分裂成南北对称的低层辐散和高层辐合两个中心, 其中北半球高层的辐合中心轴呈东北—西南向分布。

反对称模合成分析表明(图 6): 东亚 100°E～160°W 范围内, 对应强东亚夏季风年份(图 6a), 速度势反对称模表现为南(北) 半球低层的辐散(辐合) 和高层的辐合(辐散) 特点, 此外, 南北半球 160°E～160°W 中、低纬度表现为高、低层局地反向变化, 高层变化明显。弱夏季风年份(图 6b), 除 120°W 以东外, 速度势关于赤道反对称模异常分布与强季风年基本相反。反对称模的异常分布表明: 强东亚夏季风年, 东亚经度范围, 低层南半球具有大范围辐散气流, 北半球辐合, 高层相反, 南北半球季风经向越赤道气流较强; 弱夏季风与之相反, 越赤道气流较弱。160°E～160°W 范围内, 强、弱东亚夏季风年份速度势反对称模差异除表现出高、低层南北半球分布反向外, 还表现为中低纬度分布反向特点, 由此可以猜测, 该区域的大尺度速度势反对称模的分布特征除与南北半热力球差异有关外, 与中、

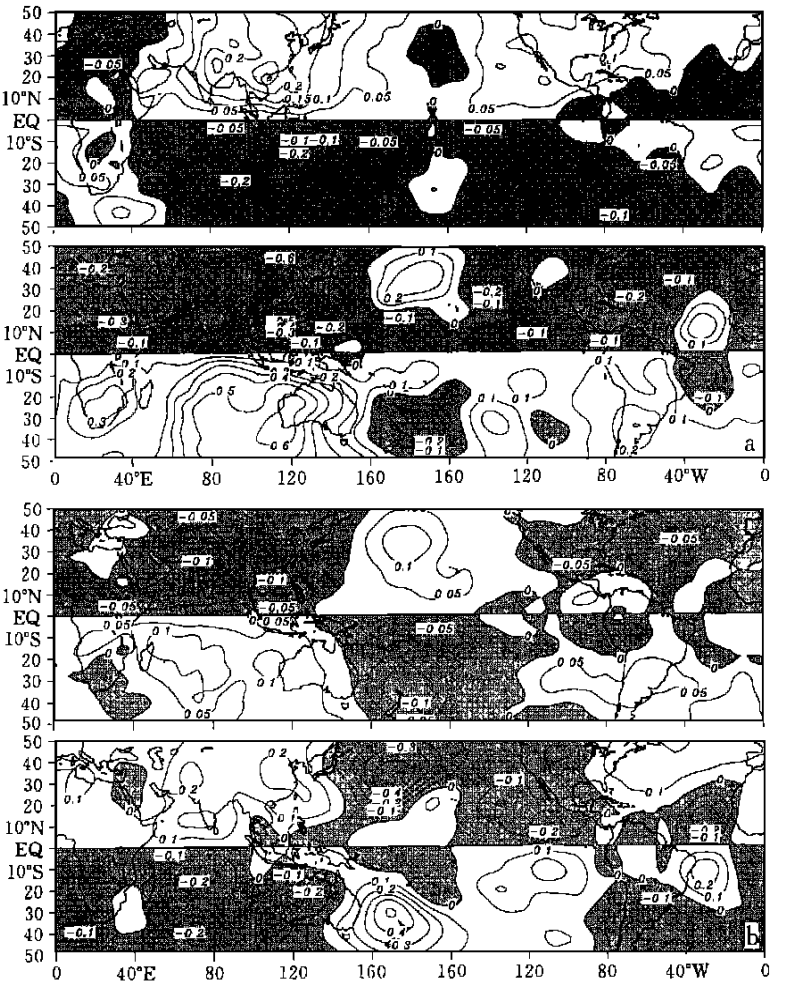

图6 强东亚夏季风年份850 hPa(a)和200 hPa(b)速度势关于赤道反对称模夏季(6～8月)平均年际异常合成

(阴影区表示负异常区,等值线间隔0.1,单位:1.0E+6 m^2/s)

低纬度热力对比也存在一定联系。

对东亚夏季风指数与同期的速度势对称模相关分析表明(图7),相关系数分布大致以120°E为界限,低层表现为东西反向变化,最大正、负相关系数达到0.8,-0.6,中心分别位于160°E左右的赤道西太平洋和60°E左右印度洋上空;高层除与低层符号相反之外,在120°E～180°的北半球范围内相关-0.8以上的中心轴还表现出明显的东北—西南走向特征。同样,与前面弱季风年合成结果一致,最大相关系数中心轴不在赤道上空。夏季风指数与速度势反对称模的显著相关主要表现为80～160°E南亚到亚澳季风区的南北半球和高低层反向分布,即东亚夏季风强度与上述区域南北半球高低层辐散(辐合)气流一致,强夏季风年对应南半球低层辐散、北半球辐合,高层变化相反。弱季风年份与强季风年变化相反。合成分析也反映类似结果。

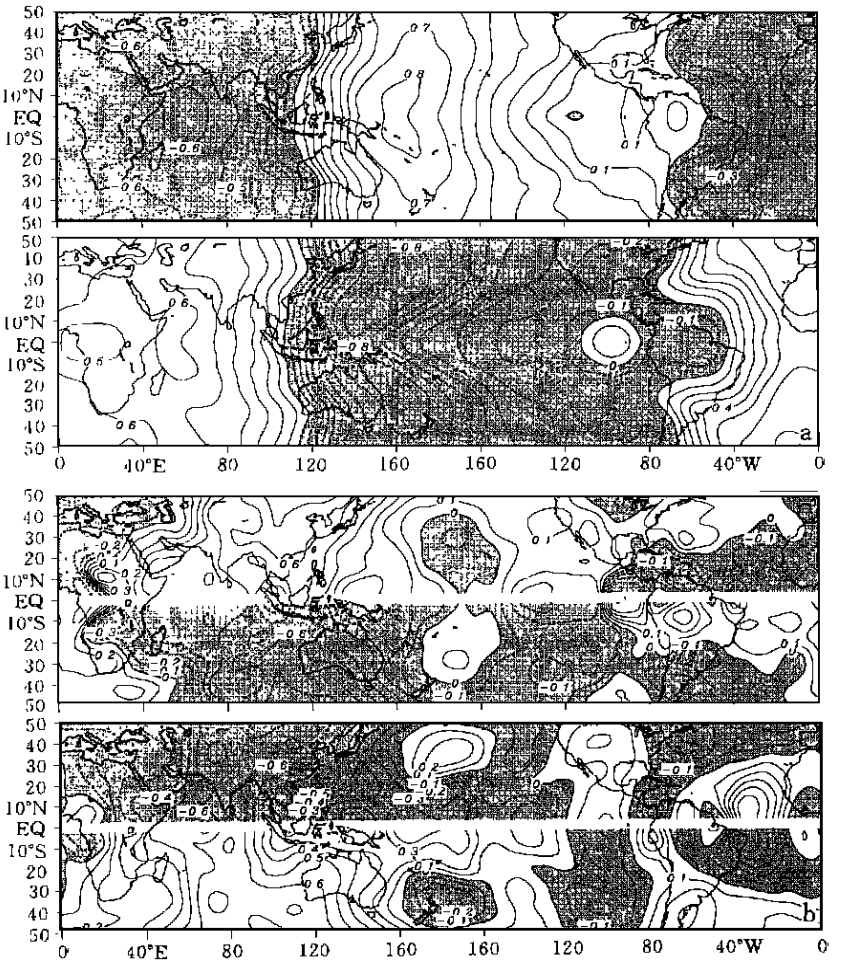

图 7　东亚夏季风指数与同期(6～8 月) 850 hPa(a) 和 200 hPa(b) 速度势关于赤道对称模相关分布
(阴影区表示负相关区, 等值线间隔 0. 1)

众所周知, 由于太阳辐射季节变化, 夏季大气热源由海洋大陆移向北半球东亚和南亚季风区, 东亚盛行夏季风, 东西向辐合(辐散) 环流结构反映了大尺度东亚与印度西南季风的联系, 同时, 东亚经度范围的速度势反对称模的分布大体上反映亚澳越赤道季风环流。因此, 由上述相关分析结果可得出: 东亚夏季风与南亚季风热力环流、南北半球越赤道气流呈显著的正相关关系, 从相关系数大小可以得出, 印度–西太平洋纬向热力环流与东亚夏季风关系更加密切。

速度势表现的异常环流与西太平洋副热带高压具有密切关系。从合成和相关分析可以看出: 强夏季风年, 西太平洋速度势对称模表现为低层(850 hPa) 辐合和高层(200 hPa) 辐散特征, 印度洋上空则与之相反, 上述两个区域环流构成反 Walker 环流。又由于弱季风年份西北太平洋 200 hPa 速度势异常中心远离赤道位于副热带高压主体上空, 因此可以认为这个反 Walker 环流中心在高层的变化通过改变西太平洋上空的大气质量影响西

太平洋副热带高压,即:强(弱)东亚夏季风年,西北太平洋高空的异常辐散气流(辐合气流),可能会导致西太平洋副热带高压的异常减弱(加强),其中弱季风年份上述特点表现更加明显。

4 东亚季风与热带海气相互作用联系的可能途径

由上面分析可以发现,东亚强冬季风(弱夏季风)年份多数发生在El Niño年中(1980,1995年除外),很自然地将这种变化与ENSO联系在一起。最近,吴国雄、孟文[9]的研究表明,印度洋纬向季风环流与太平洋Walker环流通过齿轮式耦合在一起,并指出印度洋上空纬向环流异常可以通过上述齿轮式耦合而影响中东太平洋的海气相互作用并触发ENSO事件发生。热带环流(尤其是纬向环流)的年际变化在很大程度上反映了热带海气耦合信号。从夏季风指数与热力环流关系中可以看出:东亚夏季风以及西太平洋副热带高压的年际变化与印度洋和西太平洋暖池的局地海气相互作用关系密切,而与热带海气相互作用最强烈的赤道东太平洋不存在显著的相关关系。尽管如此,东亚季风年际变化中反映了ENSO信号,因此不能轻易否定东亚夏季风与ENSO关系的存在。多数研究者认为:El Niño年,正常的Walker环流减弱东移,太平洋海温的东暖西冷异常分布容易导致暖池上空的对流减弱,从而造成局地Hadley环流减弱和西太平洋副热带高压的偏南。反之,则相反。然而,臧恒范、王绍武[10]的研究表明,在El Niño年,西太平洋副热带高压较常年偏强、面积大和西伸明显;在La Niña年则相反。由于El Niño(La Niña)年,西太平洋暖池海温异常偏低(高),假如局地Hadley环流存在,则必将导致Hadley环流减弱(加强),从而采用异常的Hadley无法解释西太平洋副热带高压强度加强(减弱)。那么,东亚季风的年际异常是否与热带海气相互作用发生联系,它们之间的联系途径是什么?

为讨论上述问题,接下来将整个印度洋和太平洋作为研究对象,采用SVD(Singular Value Decomposition)方法,着重分析热带海气同步线性耦合在东亚区域的大尺度热力环流表现形式。首先,将原始的850 PhPa速度势减去200 PhPa速度势,差值表示大尺度辐合(辐散)热力环流场,正值区表示低层辐合、高层辐散。反之,则相反。为方便计算,将速度势格点资料分别处理成为10°×5°较粗分辨率数据,这样做的结果对研究大尺度环流不会造成大影响。之后将经过处理后的速度势与SSTA进行SVD分析。其中,分析的起止时间为1980～1994年,分析的范围为印度洋—太平洋地区。

图8a,b分别表示速度势反映的热力环流与SSTA第一对线性耦合模及其随时间变化。分析结果表明,第一对SVD模相关系数达到0.73,它们联合解释原始方差的85%,左(热力环流场)、右特征场(海表温度)占原始场方差百分比分别为44.8%和18.0%。左、右异性(heterogeneous)相关分布型分别反映了反Walker环流和El Niño型海温异常分布特征。对SVD特征模分析可以发现(见图8a),与海温原始场显著相关的左特征场相关中心有两个,它们分别位于近赤道东太平洋上空和100～160°E的澳大利亚到东亚30°N的亚澳季风区,后者表现出明显的纬向非对称特征,最大相关系数分别为0.7和-0.6。印度洋上的相关系数虽表现与亚澳季风区同符号特点,但相关系数并不高(不到-0.4)。与热力环流场相匹配,海温异性相关分布在太平洋表现为东西向反相关特征,最大相关系数分别位于中东太平洋近赤道地区,相关系数分别为0.6和-0.6。其中,超过0.5以上的大值区呈赤道对称

分布特征, 西部最大异常相关系数正好位于西太平洋暖池地区。对比不难发现: 与热力环流相类似, 西太平洋海温异性相关分布同样表现出南北半球关于赤道的非对称性。印度洋海温异性相关系数虽与中东太平洋表现为同符号, 但从数值上可以看出, 该海域海温与热力环流相关不显著。SVD 左、右奇异向量对应的时间系数年际变化趋势表现出较好的一致性(图 8b)。结合特征向量场可以看出: 对应 El Niño(La Niña) 年, Walker 环流表现为弱(强) 特征。

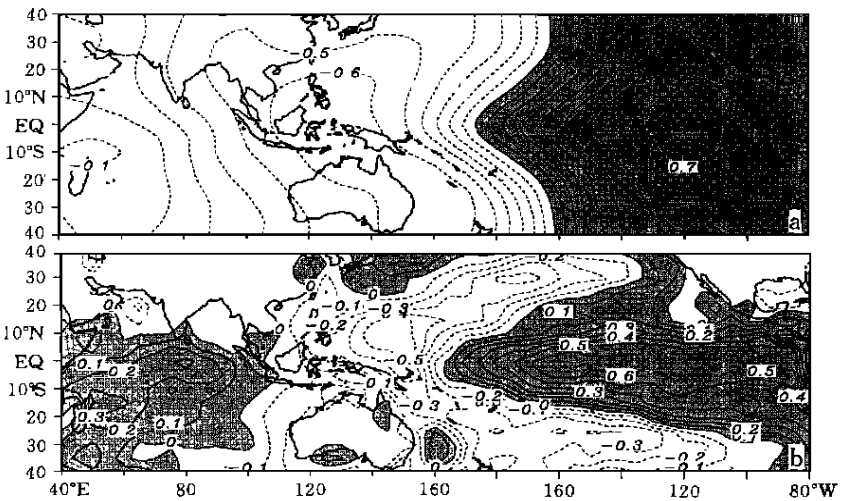

图 8　热力环流场与海表温度年际异常 SVD 分析第一对左(右) 特征模态分布

(a. 左特征场: 热力环流场特征模; b. 右特征场: 海表温度特征模)

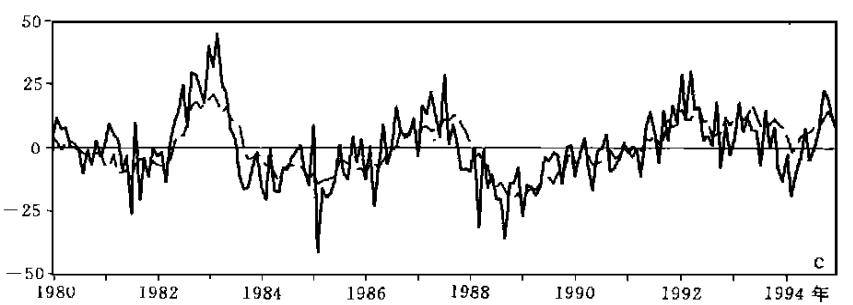

图 8c　SVD 分析的第一对左、右特征场对应的时间系数

(实线表示左场(热力环流) 对应的时间演变, 虚线表示右场(海表温度) 对应的时间演变)

综上分析, 与热带海表温度相耦合的异常 Walker 环流在亚澳季风区域表现出关于赤道的非对称特点, 亚澳季风区受该异常环流的西支影响。因而, 东亚季风可直接通过这种异常 Walker 环流与太平洋海气相互作用发生联系, 其中, 西太平洋暖池是这种联系的关键环节之一。热带海气相互作用对东亚季风的影响可以通过下面途径完成: 1) 异常 Walker 环流通过改变西太平洋上空的上升(下沉) 气流, 使低层的空气质量产生流出(流入) 直接影响西太平洋副热带高压的强度、位置; 2) 在东亚中低纬度, 热带海气相互作用导

致的辐合(辐散)气流通过异常 Walker 环流与东亚正常的季风环流相叠加, 从而加强(减弱)东亚季风夏季风(或冬季风)。例如, 处于 El Niño(La Niña)位相, 受这种异常 Walker 环流影响, 在东亚中低纬度上空存在下沉(上升)气流, 若此时正处于夏季, 该下沉(上升)流向低纬度气流与西南季风相叠加, 其结果可导致夏季风减弱(加强)。若此时为冬季风季节, 如上道理, El Niño(La Niña)位相时的热带海气相互作用则将加强(减弱)东亚冬季风, 热带海气相互作用对东亚季风影响和作用的时间取决于它的时间演变位相与东亚季风的季节变化之间的锁相关系。

4 结论与讨论

1) 反映东亚东西和南北海陆热力差异的季风指数无论其季节和年际变化均能较客观地描述东亚季风活动。夏季风指数异常对长江中下游旱涝和西太平洋高压具有较好的反映, 对应东亚强(弱)夏季风年, 长江中下游易旱(涝), 西太平洋副热带高压容易偏北(偏南)。此外, 东亚冬季风指数对东亚冬季风也具有较强的反映, 并表现与夏季风强度呈反向变化特征。

2) 东亚夏季风年际变化与同期反 Walker 环流呈显著正相关, 显著相关中心位于西太平洋和赤道印度洋上空。对应强东亚夏季风年份, 同期 Walker 环流表现 2 波型, 西太平洋为辐合上升运动, Walker 环流强; 弱季风年份反 Walker 环流以 1 波型分布为主, 西太平洋上空为辐散下沉运动, Walker 环流弱。此外, 东亚夏季风与 Walker 环流在 200 hPa 西北太平洋上空速度势呈东北—西南向显著正相关, 该区域空气的辐合上升(辐散下沉)通过对 500 hPa 层空气质量的输出(输入)从而减弱(加强)夏季西太平洋副热带高压, 进而影响夏季风强度。

3) 热带海表温度异常激发的 Walker 环流中心主要位于太平洋上空。在东亚中低纬度及邻近海域的 Walker 环流辐合上升(辐散下沉)支与西太平洋暖池海温相互耦合, 表现为关于赤道非对称结构。因此, 东亚季风可直接通过上面关于赤道非对称的 Walker 环流与热带海气相互作用发生联系。El Niño 对东亚夏(冬)季风的影响取决于 El Niño (La Niña) 位相与季风的季节变化锁相关系: El Niño(La Niña)位相, 受异常 Walker 环流影响, 在东亚中低纬度上空存在下沉(上升)气流, 若此时正处于夏季, 该下沉(上升)流向低纬度气流与西南季风相叠加, 其结果可导致夏季风减弱(加强)。对应冬季风季节, 如上道理, El Niño(La Niña)位相时的海气作用则将加强(减弱)东亚冬季风。

本文主要讨论了东亚季风指数及其与热带海气相互作用年际变化关系, 指出热带海气相互作用可直接通过南北向非对称的纬向 Walker 环流与季风发生作用。由于季风与 ENSO 之间作用是相互的, 因而东亚季风对 ENSO 同样存在影响。限于篇幅, 关于东亚季风(主要是冬季风)对 ENSO 的影响及其可能途径作者将在另文中加以阐述。

参考文献

1 Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asian Summer monsoon in China. Monsoon. Meteorology, Oxford University press, 1987. 60—92

2 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状况及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学, 1994,

18 (2): 141～151
3 孙柏民, 孙淑清. 海温在东亚冬季风影响江淮流域旱涝中的作用. 灾害性气候过程及诊断. 北京: 气象出版社, 1995. 46～53
4 Krishnamurti T N, Ramanathan Y. Sensitivity of monsoon onset of differential heating. J Atmos Sci, 1982, 39: 1290～1306
5 郭其蕴. 东亚夏季风强度指数及其变化的分析. 地理学报, 1983, 38(3): 207～216
6 Webster P J Yang S. Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems. Quart J Roy Meteor Soc, 1992, 118: 877—926
7 祝从文, 何敏, 何金海. 热带环流指数与夏季长江中下游旱涝的年际变化. 南京气象学院学报, 1998, 21(1): 15～22
8 李崇银. 热带大气运动的特征. 大气科学, 1985, 9: 366～376
9 吴国雄, 孟文. 赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件 I: 资料分析. 大气科学, 1998, 22 (4): 470～480
10 臧恒范, 王绍武. 赤道东太平洋海温对低纬大气环流的影响. 海洋学报, 1984, 6: 16～24

EAST ASIAN MONSOON INDEX AND ITS INTER-ANNUAL RELATIONSHIP WITH LARGESCALE THERMAL DYNAMIC CIRCULATION

Zhu Congwen
(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing*, 100081)
He Jinhai
(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing*, 210044)
Wu Guoxiong
(*State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing*, 100080)

Abstract

A new East Asian monsoon index is developed for land-sea between zonal and meridional thermal difference in terms of East Asian zonal sea-level pressure contrast combined with high and low-level zonal wind shear at low latitudes. The index-shown seasonal and interannual variation of summer monsoon goes well with the western Pacific subtropical high (WPSH) ridge and better reflect the drought/flood in the middle-low reaches of Yangtze river. Results show that the summer monsoon bears significant anti-correlation relationship with the anti-Walker circulation over Indian and western Pacific oceans and the cross-equatorial monsoon circulation in Asia. The convergence and divergence center of anomalous Walker circulation over western Pacific ocean at low and high level is not vertical superimposed in stronger and weaker summer

monsoon year. The pronounced correlation region between velocity potential at 200 hPa level and summer monsoon index is over western North Pacific, thereby the anomalous zonal circulation can affect the WPSH at 500 hPa by virtue of its convergence anomaly. The Walker circulation coupled with SSTA exhibits a meridional asymmetrical character over Australian and Asian monsoon regions on the basis of SVD, there exists directly connection between East Asian monsoon and air-sea interaction in the framework of such circulation.

Key words: Monsoon index, Walker circulation, ENSO, Interannual variability.